

**METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
JULKAISUJA**

**COMMUNICATIONES
INSTITUTI FORESTALIS FENNIAE**

MEDDELANDEN FRÅN SKOGSFORSKNINGSANSTALTEN I FINLAND
MITTEILUNGEN DER FORSTLICHEN FORSCHUNGSANSTALTEN IN FINNLAND
PUBLICATIONS OF THE FOREST RESEARCH INSTITUTE IN FINLAND
PUBLICATIONS DE L'INSTITUT DE RECHERCHES FORESTIÈRES DE LA FINLANDE

49

HELSINKI 1959

**METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
JULKAISUJA**

**COMMUNICATIONES
INSTITUTI FORESTALIS FENNIAE**

MEDDELANDEN FRÅN SKOGSFORSKNINGSANSTALTEN I FINLAND
MITTEILUNGEN DER FORSTLICHEN FORSCHUNGSANSTALTEN IN FINNLAND
PUBLICATIONS OF THE FOREST RESEARCH INSTITUTE IN FINLAND
PUBLICATIONS DE L'INSTITUT DE RECHERCHES FORESTIÈRES DE LA FINLANDE

49

HELSINKI 1959

Helsinki 1960. Valtioneuvoston kirjapaino

COMMUNICATIONES
INSTITUTI FORESTALIS FENNIAE

49

-
49. 1 Yli-Vakkuri, Paavo, 1957. Tutkimuksia taimien pakkauksesta ja kuljetuksesta. *Summary*: Investigations into the packing and transportation of plants 1—59
49. 2 Mikola, Peitsa, 1957. Tutkimuksia taimitarhamaasta ja sen vaikutuksesta taimien kehitykseen. *Summary in English*: Studies on soil properties and seedling growth in Finnish forest nurseries 1—78
49. 3 Heiskanen, Veijo, 1958. Tutkimuksia koivun karsimisesta. *Summary*: Studies on pruning of birch 1—68
49. 4 Viro, P. J., 1958. Suomen metsämaiden kivisyydestä. *Summary*: Stoniness of forest soil in Finland 1—45
49. 5 Heiskanen, Veijo ja Tiihonen, Paavo, 1958. Rinnan-
korkeusläpimittaan perustuvat sahapuiden kuutioimistaulukot. *Summary*: Volume tables for saw timber stems based on breast height diameter 1—76
49. 6 Nyysönen, Arne, 1958. Kiertoaika ja sen määrittäminen. *Summary in English*: Rotation and its determination 1—87
49. 7 Sarvas, Risto, 1958. Kaksi triploidista haapaa ja koivua. *Summary in English*: Two triploid aspens and two triploid birches 1—25
49. 8 Aro, Paavo ja Nisula, Pentti, 1958. Kuusi- ja mänty-
paperipuurankojen kuutio- ja mittaustaulukoita. *Deutsches Referat*:
Kubik- und Aufnahmetabellen für Fichten- und Kiefern-Faserlangholz 1—98

Oikaisu!

Julkaisu *Olavi Huikari*: »Metsäojituksen koneellistamisesta»
on painettu sarjajulkaisuna 49.7
Pitää olla: 50.5



V. T. Aaltonen

Professori V. T. Aaltonen

in memoriam

Metsäntutkimuslaitoksemme maantutkimusosaston esimies, professori, tohtori V. T. Aaltonen kuoli 24. 3. 1955.

Aaltonen syntyi Kalannissa 25. 9. 1889. Hän valmistui metsänhoitajaksi 1913, fil. maisteriksi 1916, väitteli tohtoriksi 1919 ja sai fil. tohtorin arvon 1920. 1922—23 hän opiskeli Saksassa prof. Ehrenbergin johdolla. Hän toimi metsänhoitajana valtion metsähallinnon Lapin ja Kemin tarkastuspiireissä 1913—17, Metsätieteellisen koelaitoksen (nyk. Metsäntutkimuslaitos) assistenttina 1918—19, Evon metsäkoulun johtajana 1919—21, sekä Metsäntutkimuslaitoksen metsämaatieteen professorina vuodesta 1923 alkaen. Sen lisäksi hän oli Helsingin Yliopiston dosenttina 1938—51.

Aaltonen tuli Suomen Metsätieteellisen Seuran jäseneksi 1915 sekä kutsuttiin Seuran kunniajäseneksi 1949. Suomalaisen Tiedeakatemian jäseneksi hänet valittiin 1945. Hän oli myös Suomalaisten Kemistien Seuran ja Suomen Maantieteellisen Seuran jäsen ja Suomen turkiseläinten kasvattajain liiton kunniajäsen. Svenska Skogsvårdsföreningen oli kutsunut hänet kirjeenvaihtajajäsenekseen.

Aaltosen kirjallinen tuotanto on erittäin laaja. Siihen sisältyy kuutisenkymmentä tieteellistä julkaisua, laajuudeltaan yhteensä runsaasti yli 2 000 sivua. Lisäksi hän on kirjoittanut kymmeniä käytännöllisluontoisia artikkeleita omalta alaltaan metsätaloudellisiin ammattilehtiin. Erittäin tärkeän osan hänen tuotannostaan muodostavat oppi- ja käsikirjat, joiden yhteinen sivumäärä myös nousee yli 2 000. Lukuisat ovat myös hänen artikkelinsa oman alansa ulkopuolelta.

Aaltonen toimi aluksi käytännön metsätalouden palveluksessa ja siten onkin luonnollista, että hänen väitöskirjansa, samoin kuin muukin hänen varhempi tuotantonsa, liikkuu miltei puhtaasti metsänhoitotieteen alalla. Hänen ensimmäinen huomattavampi julkaisunsa oli väitöskirja »Kangas-metsien luontaisesta uudistumisesta Suomen Lapissa», joka on edelleen eräs täydellisimpiä ja monipuolisimpia Lapin metsiä käsitteleviä tieteellisiä julkaisuja. Julkaisua »Über den Aziditätsgrad des Waldbodens» on pidettävä

hänen ensimmäisenä maatieteellisenä julkaisunaan, ja tämän jälkeen ovat hänen julkaisunsa tältä alalta hyvin monilukuiset.

Kasvupaikan bonitointi tapahtuu Suomessa metsätyyppien mukaisesti pintakasvillisuuteen perustuen, mutta Aaltonen osoitti julkaisuissaan »Über die Möglichkeit einer Bonitierung der Waldstandorte mit Hilfe von Bodenuntersuchungen», »Die Entwicklung des Waldbestandes und die Wachstumsfaktoren» ja »Über die bodenkundliche Bonitierung der Waldstandorte», että bonitoinnissa voidaan käyttää myös kemiallisia ja fysikaalisia keinoja. Tässä yhteydessä on mainittava myös hänen julkaisunsa »Die Blattanalyse als Bonitierungsgrundlage des Waldbodens I—II», jotka käsittelevät metsämaan viljavuuden määrittämistä lehti- ja neulasanalyysin avulla. Kasvupaikan bonitoimiseen tähtäävät myös hänen viimeiset tutkimuksensa, jotka käsittelevät maansäteilyn metsätaloudellista merkitystä.

Toisena keskeisenä osana Aaltosen tieteellisessä tuotannossa ovat maanostumiseen kohdistuneet tutkimukset. Nämä tutkimukset alkoivat 1929 ja jatkuivat parin vuosikymmenen ajan. Julkaisut »Zur Stratigraphie des Podsolprofils I—III» sekä »Studien über die Bodenbildung in den Hainwäldern Finnlands» ovat muodostuneet podsolimaiden tutkimuksen klassillisiksi teoksiksi.

Aaltonen huolehti esimerkillisesti alansa oppi- ja käsikirjojen kirjoittamisesta. »Metsänhoito-opin alkeet» ja »Metsämiehen maaoppi» oli tarkoitettu metsäkouluille. Metsäkurseille ohjekirjaksi oli tarkoitettu hänen kirjasensa »Metsämaaopin aakkoset» ja suurelle yleisölle »Maa — josta elämme». Huomatavasti näitä tärkeämmäksi on kuitenkin arvioitava hänen yli 600-sivuinen, sadoilla tekijäviittauksilla varustettu käsikirjansa »Metsämaa», jota käytetään yliopistollisena kurssikirjana, mutta joka on ehkä vielä merkityksellisempi tieteellisenä käsikirjana. Kirjan ammattimiespiireissä saamasta arvonnosta johtui, että häntä pyydettiin toimittamaan siitä saksankielinen laitos, joka kokonaan uusittuna ilmestyi nimellä »Boden und Wald». Tämä teos on kansainvälisissä maantutkijapiireissä arvostettu hyvin korkealle. Helpottaakseen nuoremman tiedemiespiirin tutkimus- ja julkaisutyötä hän kirjoitti opaskirjan »Tieteellinen tutkimustyö», joka on miltei jokaisen suomalaisen nuoren metsätieteen tutkijan kirjastossa.

Oman alansa tuntemusta Aaltonen laajensi useilla tutkimusmatkoillaan Skandinavian maihin, Englantiin ja mannermaalle. Hän esitelmöi tieteenalansa keskeisistä kysymyksistä kansainvälisissä maantutkijain kongresseissa Englannissa ja Hollannissa, metsäntutkimuslaitosten kongressissa Unkarissa sekä Maailman metsäkongressissa Suomessa.

Aaltonen oli tunnettu tiedemiehenä kriitilliseksi ja tasapuoliseksi. Sen vuoksi hän joutuikin useita kertoja asiantuntijaksi professorin ja muita virkoja täytettäessä. Erittäin tärkeän osan hänen työstään muodosti nuorempien tutkijoiden ohjaus. Lukuisat ovatkin ne metsätieteilijät, jotka kiitollisena muistelevat julkaisujensa osakseen saamaa asiallista kritiikkiä.

Aaltosen työlle oli leimaa-antavana rakkaus tieteeseen, voipa sanoa, että hänen koko elämänsä oli pyhitetty tieteelle. Luonteeltaan hän oli vähäpuheinen ja monet pitivät häntä suorastaan jörönä. Kun oppi häntä tuntemaan lähemmin, huomasi kuitenkin hänen suuren mielenkiintonsa elävään elämään. Peruspiirteenä hänessä oli tinkimätön totuuden etsintä.

P. J. Viro

Metsäntutkimuslaitos omistaa tämän niteen monivuotisen tutkijansa professori, tohtori V. T. Aaltosen muistolle.

Professor Dr. V. T. Aaltonen

in memoriam

Der Vorsteher der Bodenforschungsabteilung in der Forstlichen Forschungsanstalt in Finnland, Professor, Doktor V. T. Aaltonen verstarb am 24. März 1955.

Aaltonen war am 25. 9. 1889 in Kalanti geboren. Er wurde Forstmeister 1913, Magister der Philosophie 1916 und promovierte 1919. Während der Jahre 1922—23 studierte er in Breslau unter der Leitung von Professor Ehrenberg. Aaltonen arbeitete als Forstmeister in den Verwaltungsbezirken Lappi und Kemi der staatlichen Forstverwaltung 1913—17, als Assistent der Forstlichen Forschungsanstalt 1918—19, als Direktor der Forstschule Evo 1919—21, sowie als Professor der forstlichen Bodenkunde an der Forstlichen Forschungsanstalt seit 1923. Ausserdem war er 1938—51 Dozent der Universität Helsinki.

Aaltonen wurde 1915 Mitglied der Finnischen Forstwissenschaftlichen Gesellschaft, zu deren Ehrenmitglied er 1949 berufen wurde. Zum Mitglied der Finnischen Akademie der Wissenschaften wurde er 1945 gewählt. Er war auch Mitglied der Finnischen Chemiker-Gesellschaft und der Finnischen Geographischen Gesellschaft sowie Ehrenmitglied des Verbandes der Finnischen Pelztierzüchter. Der Schwedische Waldbauverband (Svenska Skogs-vårdsföreningen) hatte ihn als korrespondierendes Mitglied bestellt.

Das schriftliche Lebenswerk Aaltonens ist ausserordentlich umfangreich. Es enthält etwa sechzig wissenschaftliche Veröffentlichungen mit zusammen weit über 2 000 Seiten. Daneben hat er zahlreiche praktische Artikel über sein Gebiet in den forstwirtschaftlichen Fachzeitschriften geschrieben. Einen sehr wichtigen Teil seines Schaffens bilden die Lehr- und Handbücher, die zusammen auch über 2 000 Seiten ausmachen. Viele Artikel hat er auch ausserhalb seines Fachgebietes geschrieben.

Aaltonen arbeitete anfangs bei der praktischen Forstwirtschaft, und so ist es denn auch natürlich, dass seine Dissertation, wie auch seine sonstige

frühere schriftliche Wirksamkeit, sich fast ausschliesslich auf dem Gebiet des Waldbaus bewegt. Seine erste beachtenswerte Veröffentlichung war die Dissertation »Über die natürliche Verjüngung der Heidewälder im finnischen Lappland«, die auch weiterhin eine der vollkommensten und vielseitigsten wissenschaftlichen Veröffentlichungen über die Wälder Lapplands ist. »Über den Aziditätsgrad des Waldbodens« muss man als seine erste bodenkundliche Veröffentlichung ansehen, und danach sind die Veröffentlichungen auf diesem Gebiete von ihm recht zahlreich.

In seinen Veröffentlichungen »Über die Möglichkeit einer Bonitierung der Waldstandorte mit Hilfe von Bodenuntersuchungen«, »Die Entwicklung des Waldbestandes und die Wachstumsfaktoren« und »Über die bodenkundliche Bonitierung der Waldstandorte«, zeigte Aaltonen, dass man bei der Bonitierung erfolgreich chemische und physikalische Mittel zur Ergänzung der in Finnland üblichen Bonitierung auf Grund der Bodenflora verwenden kann. In diesem Zusammenhang müssen auch seine Veröffentlichungen »Die Blattanalyse als Bonitierungsgrundlage des Waldbodens I—II« genannt werden, die die Bestimmung der Fruchtbarkeit des Waldbodens mit Hilfe der Blatt- und Nadelanalyse behandeln. Auf die Standortsbonitierung beziehen sich auch seine letzten Untersuchungen, die die forstwirtschaftliche Bedeutung der Erdstrahlung behandeln.

Den zweiten zentralen Teil der wissenschaftlichen Leistung Aaltonens bilden die Untersuchungen über die Bodenbildung. Diese Untersuchungen begannen 1929 und erstreckten sich dann über zwei Jahrzehnte. Die Veröffentlichungen »Zur Stratigraphie des Podsolprofils I—III« sowie »Studien über die Bodenbildung in den Hainwäldern Finnlands« sind zu klassischen Werken der Erforschung der Podsolböden geworden.

Aaltonen sorgte in beispielhafter Weise auch für das Verfassen von Lehr- und Handbüchern. Die »Einleitende Waldbaulehre« und die »Bodenkunde für Forstmänner« waren für die Forstschulen bestimmt. Sein »ABC der Waldbodenkunde« war als Leitfaden für Forstkurse gedacht, und »Der Boden von dem wir leben« für die Allgemeinheit. Für bedeutend wichtiger als diese muss man jedoch sein über 600-seitiges, mit Hunderten von Literaturverzeichnissen versehenes Handbuch »Waldboden« ansehen, das auch als ein akademisches Lehrbuch verwendet wird, das aber vielleicht als wissenschaftliches Handbuch noch grössere Bedeutung hat. Aus dem Ansehen, das sich das Buch in Fachkreisen erworben hatte, erklärt sich wohl, dass man Aaltonen bat, davon eine deutschsprachige Ausgabe herauszugeben. Diese erschien in Deutschland, vollkommen umgearbeitet, unter dem Titel »Boden und Wald«. Dieses Werk wird in internationalen Bodenkundlerkreisen hoch eingeschätzt. Um den jüngeren Wissenschaftlern die Forschungs- und Veröffentlichungsarbeit zu erleichtern, schrieb Aaltonen einen

»Leitfaden zur wissenschaftlichen Forschungsarbeit«, der zu Bücherei fast jedes jungen finnischen Forstwissenschaftlers gehört.

Die Kenntnis seines eigenen Faches erweiterte Aaltonen auf mehreren Studienreisen in Skandinavien, England und auf den Kontinent. Er referierte über zentrale Fragen seines Faches auf den internationalen bodenkundlichen Kongressen in England und Holland, auf dem Kongress der Forstlichen Forschungsanstalten in Ungarn sowie auf dem Weltforstkongress in Helsinki.

Der Wissenschaftler Aaltonen war als kritisch und ausgeglichen bekannt. Daher wurde er auch mehrmals bei der Besetzung wissenschaftlicher Ämter als Gutachter berufen. Einen besonders wichtigen Teil seiner Arbeit bildete die Führung der jüngeren Forscher. Zahlreiche sind dafür die finnischen Forstwissenschaftler, die sich dankbar an seine sachliche Kritik über ihre Veröffentlichungen erinnern. Kennzeichnend für die Arbeit Aaltonens war die Liebe zur Wissenschaft; man kann sogar sagen, dass sein ganzes Leben der Wissenschaft geweiht war. Seinem Wesen nach war er wortkarg und viele hielten ihn direkt für mürrisch. Wenn man ihn aber näher kennenlernte, wunderte man sein grosses Interesse für alle Seiten des menschlichen Lebens. Ein Grundzug seines Wesens war dabei die unbedingte Suche nach Wahrheit.

P. J. Viro

Forstliche Forschungsanstalt widmet diesen Band dem Andenken ihres langjährigen Forschers, Professor Dr. V. T. Aaltonens.

Professori V. T. Aaltosen kirjallinen tuotanto

Professor V. T. Aaltonens schriftliches Schaffen

Tieteelliset julkaisut — Wissenschaftliche Veröffentlichungen

- Metsien nuorentumissuhteista Pohjois-Suomen jäkäläkankailla. Helsinki, 1915. MA 32: 3, s. 108—119.
- Hieman poron metsänhoidollisesta merkityksestä. Helsinki, 1915. MA 32: 6—7, s. 301—309.
- Lapin kruununmetsien hoidosta. Esitelmä. Helsinki, 1917. AFF 7, s. 245—262.
- Lapin valtionmetsät, I. Muutamia metsänhoidollisia toimenpiteitä. Helsinki, 1917. MA 34: 6—7, s. 320—332.
- Kangasmetsien luonnollisesta uudistumisesta Suomen Lapissa, I. Referat: Über die natürliche Verjüngung der Heidewälder im Finnischen Lappland, I. Väitöskirja. Helsinki, 1919. MTJ 1, s. 1—320, 1—56, karttaliite.
- Lapin valtionmetsät, II. Muutamia tutkimustehtäviä. Helsinki, 1919. MA 36: 4—5, s. 183—185.
- Riidanalaisista kysymyksistä metsänhoidon alalla. Helsinki, 1920. MA 37: 1—2, s. 19—25.
- Über die Ausbreitung und den Reichtum der Baumwurzeln in den Heidewäldern Lapplands. Helsinki, 1920. AFF 14, S. 1—55.
- Wasserverbrauch der Bäume und Feuchtigkeitsverhältnisse des Bodens. Helsinki, 1920. AFF 14, S. 1—24.
- Über die räumliche Ordnung der Pflanzen auf dem Felde und im Walde. Helsinki, 1923. AFF 25, S. 1—85.
- Zur Kenntnis der Ausfällung des Eisens im Boden. Helsinki, 1923. AFF 25, S. 1—10.
- Versuche zur Klärung der Schutzwirkungen von wässerigen Humusauszügen. Helsinki, 1923. AFF 25, S. 1—18.
- Über neuere forstliche Betriebsarten in Deutschland. Helsinki, 1924. AFF 25, S. 1—20.
- Allgemeines über die Einwirkung der Bäume auf einander. Helsinki, 1925. AFF 29, S. 1—19.
- Harvennushakkauksien perusteista. Helsinki, 1925. MA 42: 2, s. 100—115.
- Metsikön itseharventumisesta ja puiden kasvutilasta luonnonmetsissä. Referat: Über die Selbstabscheidung und den Wuchsraum der Bäume in Naturbeständen. Beilage. Helsinki, 1925. MTJ 9, s. 1—16, 17, 18—20.
- Über den Aziditätsgrad (pH) des Waldbodens. Selostus: Metsämaan happamuusasteesta (pH). Beilage. Helsinki, 1925. MTJ 9, S. 1—33, 34—50, 51—54.
- On the Space Arrangement of Trees and Root Competition. Washington, 1926. Journal of Forestry XXIV, p. 627—644.
- Über die Umsetzungen der Stickstoffverbindungen im Waldboden. Summary: The Composition of Nitrogenous Compounds in Woodland Soils. Beilage 1, 2. Helsinki, 1926. MTJ 10, S. 1—48, 49—56, 57—61.

- Über den Einfluss des Waldes auf die Kornzusammensetzung des Erdbodens in Sandböden. Summary: The Effect of Forest upon the Mechanical Composition of Soil in Sandy Soils. Helsinki, 1928. MJT 13, S. 1—23, 24.
- Über die Möglichkeit einer Bonitierung der Waldstandorte mit Hilfe von Bodenuntersuchungen. Helsinki, 1929. AFF 34: 28, S. 1—10.
- Über den Einfluss der Holzart auf den Boden. Summary: The Effect of Different Species of Tree on the Soil. Tabellen 1—19. Helsinki, 1932. MTJ 17: 5, S. 1—62, 63—68, 69—88.
- Über die postglazialen, natürlichen Veränderungen des Waldbodens in Finnland. Selostus: Suomen metsämaaperän luontaisista muutoksista jääkauden jälkeen. Helsinki, 1933. MTJ 18: 4, S. 1—20, 21—22.
- Die Entwicklung des Waldbestandes und die Wachstumsfaktoren. Selostus: Metsikön kehitys ja kasvutekijät. Helsinki, 1934. AFF 40:21, S. 517—547, 548—549.
- Maa, maaperä ja niitä selvittelyvä tiede. Hieman nimistön ja käsitteiden tarkastelua. Helsinki, 1934. MTJ 20: 1, s. 1—16.
- Kasvatushakkauksien perusteista. Helsinki, 1935. Suomen metsänhoitoyhdistyksen vuosikirja; Uusi sarja V, s. 85—103.
- Metsämaamme valtakunnan metsien toisen arvioinnin tulosten valossa. Referat: Die finnischen Waldböden nach den Erhebungen der zweiten Reichswaldschätzung. Helsinki, 1941. MTJ 29: 5, s. 1—62, 63—71.
- Maalajien luokituksesta. Referat: Über die Klassifizierung der Bodenarten. Helsinki, 1941. MTJ 29: 6, s. 1—40, 41—42.
- Zur Stratigraphie des Podsolprofils besonders vom Standpunkt der Bodenfruchtbarkeit, I. Selostus: Valaisua podsolimaan kerrallisuuteen silmälläpitäen varsinkin maan viljavuutta, I. Analyseergebnisse. Tafel I—VIII. Helsinki, 1935. MTJ 20: 6, S. 1—113, 114—122, 123—140, 141—150.
- Zur Stratigraphie des Podsolprofils. Oxford, 1935. Transactions of the III International Congress of Soil Science, Vol. I, S. 364—368.
- Über die Podsolierung des Bodens und ihre forstliche Bedeutung. Buda-Pest, 1936. Verhandlungen des IX Kongresses des Internationalen Verbands Forstlicher Forschungsanstalten.
- Kuusi maan huonotajana. Helsinki, 1936. MA 53: 3, s. 71—73.
- Kuusi männyn kilpailijana kasvupaikasta. Referat: Die Fichte als Konkurrentin der Kiefer um den Standort. Helsinki, 1936. AFF 42: 8, s. 1—34, 35—39.
- Laiduntamisen vaikutuksesta metsämaiden kasvinravintoaineväriin. Helsinki, 1936. MA 53: 5, s. 129—130.
- Einige pH-Bestimmungen in Waldböden. Selostus: Muutamia pH-määryksiä metsämaissa. Tabellen 19—21. Helsinki, 1937. MTJ 25: 2, S. 1—44, 45—48, 49—52.
- Über die bodenkundliche Bonitierung der Waldstandorte, I. Selostus: Metsäkasvupaikkojen bonitoinnista maan ominaisuuksien perusteella, I. Tabellen 20—30. Helsinki, 1937. MTJ 25: 1, S. 1—74, 75—78, 79—90.
- Maa ja metsän uudistuminen. Metsänhoitajien jatkokurssit 1937: III. Helsinki, 1938. SF 46, s. 25—42.
- Über die zeitliche Entwicklung des Podsolprofils. Helsinki, 1938. Transactions of the Second Commission and Alkali-Subcommission of the International Society of Soil Science, S. 41—46.
- Zur Klassifizierung der natürlichen, nicht vom Grundwasser bedingten Bodentypen in Finnland. Helsinki, 1938. Verhandlungen der V Kommission der Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft, S. 20—25.

- Puiden juuristot ja metsänhoito. Metsänhoitajien jatkokurssit 1938: IV. Helsinki, 1939. SF 52, s. 38—52.
- Zur Stratigraphie des Podsolprofils besonders vom Standpunkt der Bodenfruchtbarkeit, II. Selostus: Valaisua podsolimaan kerrallisuuteen silmälläpitäen varsinkin maan viljavuutta, II. Analyseergebnisse. Helsinki, 1939. MTJ 27: 4, S. 1—89, 90—94, 95—134.
- Tiedemiehestä ja hänen työstään. Esitelmä. Helsinki, 1940. AFF 47: 1, s. 55—72.
- Über die Bodenbildung in Finnland. Berlin, 1940. Bodenkunde und Pflanzenernährung. Neue Folge der Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde, 21/22 (66/67), S. 142—154.
- Zur Stratigraphie des Podsolprofils besonders vom Standpunkt der Bodenfruchtbarkeit, III. Selostus: Valaisua podsolimaan kerrallisuuteen silmälläpitäen varsinkin maan viljavuutta, III. Helsinki, 1941. MTJ 29: 7, S. 1—43, 44—47.
- Muutamia kasvukokeita puuntaimilla. Referat: Einige Vegetationsversuche mit Baumpflanzen. Helsinki, 1942. AFF 50: 6, s. 1—31, 32—33.
- Metsätieteellisen tutkimuksemme kehittämisestä. Helsinki, 1944. MA 61: 6—7, s. 119—121.
- Studien über die Bodenbildung in den Hainwäldern Finnlands mit einigen Beobachtungen über ausländische Braunerden. Selostus: Tutkimuksia maannostumisesta lehtometsissä sekä muutamia havaintoja ulkolaisista ruskomaista. Analysenergebnisse. Helsinki, 1947. MTJ 35: 1, S. 1—64, 65—68, 69—92.
- Boden — Bodenkunde — Forstliche Bodenkunde. Begriffliches und Terminologisches. Helsinki, 1949. MTJ 36: 5, S. 1—16.
- Influence of Forestry on Soil Fertility. Helsinki, 1949. III World Forestry Congress. Summaries of the Special Papers, Section I, p. 21—22.
- Die Blattanalyse als Bonitierungsgrundlage des Waldbodens. Selostus: Lehtianalyysi metsämaan hyvyysluokituksen perusteena. Tabellen. Helsinki, 1950. MTJ 37: 8, S. 1—29, 30—32, 33—42.
- Die Blattanalyse als Bonitierungsgrundlage des Waldbodens. Berlin, 1950. Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde 50 (95): 1/3, S. 17—24.
- Forest Soil Research in Finland. Washington, 1950. Unasylva IV: 3, p. 116—121.
- Jordstrålningen såsom växtfaktor för skogsträden. Stockholm, 1950. Svenska Skogsårdsföreningens Tidskrift 48, s. 284—297.
- Maansäteily metsäpuiden kasvutekijänä. Referat: Die Bodenstrahlung als Wachstumsbedingung der Waldbäume. Helsinki, 1950. MTJ 37: 9, s. 1—42, 43—48.
- Die Blattanalyse als Bonitierungsgrundlage des Waldbodens. Amsterdam, 1950. Transactions of the Fourth International Congress of Soil Science, Vol. I, S. 229—231.
- Bodenstrahlung als Bonitierungsgrundlage des Waldbodens. Hannover, 1951. Forstarchiv, 22: 11—12, S. 169—171.
- De finska skogstyperna i markforskningens ljus. Stockholm, 1951. Svenska Skogsårdsföreningens Tidskrift 49: 3, s. 228—242.
- Earth Radiation in the Light of Forest Investigations. Selostus: Maansäteily metsätutkimuksen valossa. Helsinki, 1952. MTJ 40: 15, p. 1—42, 43—47.
- Die Blattanalyse als Bonitierungsgrundlage des Waldbodens, II. Selostus: Lehtianalyysi metsämaan hyvyysluokituksen perusteena, II. Tabellen 5—7. Helsinki, 1955. MTJ 45: 2, S. 1—15, 16—21.

Käytännön metsätalous — Praktische Forstwirtschaft

- Männyn nuorentumisesta Lapin jäkäläkankailla. Helsinki, 1915. Tapio 8, s. 65—74.
- Perä-Pohjolan yksityismetsistä ja metsätaloudesta. Helsinki, 1916. Tapio 9, s. 10—18.
- Perä-Pohjolan metsien hoito. Helsinki, 1918. Suomen metsänhoitoyhdistys Tapion kansankirjasia 8, 32 s.
- Harjavallan jäkäläkankaat. Helsinki, 1919. Tapio 12, s. 113—115.
- Lapin metsät. Porvoo, Werner Söderström Oy., 1920. Tiede ja elämä II, s. 443—457.
- Valon merkitys metsänhoidollisissa hakkauksissa. Helsinki, 1920. Tapio 13, s. 81—85.
- Uudistushakkauksien perusteista. Helsinki, 1920. Tapio 13, s. 185—189.
- Muutamia näkökohtia uudistushakkausten toimittamisessa. Helsinki, 1921. Tapio 14, s. 25—30.
- Metsiemme hoidosta ja tuotannon kohottamisesta. Helsinki, 1922. Tapio 15, s. 171—174.
- Maaperätieteen asema tieteenä ja korkeakoulun oppiaineena. Helsinki, 1924. Valvoja-Aika II, s. 316—322.
- Metsiemme maaperä ja sen metsänhoidollinen merkitys. Lahti, 1926. Suomen metsänhoitoyhdistys Tapion käsikirjasia 14, 63 s.
- Maaperä ja metsä. Helsinki, 1932. Tapio 25, s. 460—466.
- Puulajin vaikutuksesta maaperään. Helsinki, 1932. Metsätietoa I: 3, s. 85—91.
- Pohjois-Suomen metsien uudistumisesta. Helsinki, 1933. Metsälehti 38.
- Laihtuuko metsämaamme? Helsinki, 1934. Metsätietoa I: 7, s. 257—267.
- Metsämaan tuottokyky ja kallioperä. Helsinki, 1935. Metsätietoa I: 10, s. 403—414.
- Mäntyä kasvaneiden metsien kuusikoiksi muuttumisen syistä. Helsinki, 1935. Suomen Sosialidemokraatti 343.
- Metsämaan tuottokyvyn arvioinnista. Helsinki, 1936. Metsälehti 1.
- Heikko vai vahva harvennus. Helsinki, 1936. Metsälehti 25—26.
- Maan viljelyskelpoisuuden arviointi. Helsinki, 1941. Metsälehti 22.
- Pohjois-Ruotsin metsämaasta. Selostus prof. Tammin oppikirjasta. Helsinki, 1941. Metsälehti 32.
- Hakkuutavoitteet ja harvennukset. Helsinki, 1944. Metsälehti 25—26.
- Metsiemme tuoton kohottamisesta. Helsinki, 1944. Metsälehti 36.
- Minkälaisiin puulajisuhteisiin on pyrittävä. Helsinki, 1944. Metsälehti 42.
- Istutusajan lähestyessä. Helsinki, 1950. Metsälehti 14.
- Maansäteily tieteen valossa. Maansäteilyn esiintyminen ja toteaminen. Helsinki, 1951. Pellervo 19—20, s. 730—732.
- Maansäteilyn todellisuus. Helsinki, 1951. Metsälehti 8.
- Jordstrålningens realitet. Stockholm, 1951. Skogen 38: 9.

Oppi- ja käsikirjat — Lehr- und Handbücher

- Metsiemme maaperä. Porvoo, Werner Söderström Oy., 1930. Maa ja metsä IV: 2, s. 317—324.
- Metsähoito-opin alkeet. Porvoo—Helsinki, Werner Söderström Oy., 1934. 260 s.
- Maannos. Helsinki, Kustannusoy. Otava, 1936. Suomen maantieteen käsikirja, s. 141—150.
- Metsämiehen maaoppi. Helsinki, 1939. Keskusmetsäseura Tapion käsikirjasia 26. 143 s.

- Metsämaa. Metsämaatieteen oppi- ja käsikirja. Porvoo—Helsinki, Werner Söderström Oy., 1940. 616 s.
- Metsämiehen maaoppi. 2. painos. Helsinki, Keskusmetsäseura Tapio, 1945. 171 s. Tieteellinen tutkimustyö. Opastusta aloitteleville luonnontutkijoille. Porvoo—Helsinki, Werner Söderström Oy., 1945. 270 s.
- Metsämaaopin aakkoset. Helsinki, Keskusmetsäseura Tapio, 1946. 80 s.
- Maa — josta elämme. Porvoo—Helsinki, Werner Söderström Oy., 1947. 146 s.
- Boden und Wald. Unter besonderer Berücksichtigung des nordeuropäischen Waldbaus. Berlin—Hamburg, Paul Parey, 1948. XII, 458 s.
- Metsämaa. Porvoo—Helsinki, Werner Söderström Oy., 1949. Suuri Metsäkirja I, s. 73—99.
- Maannostuminen ja maannos. Helsinki, Kustannusoy. Otava, 1951. Suomen maantieteen käsikirja. Uusittu laitos, s. 57—64.
- Maansäteily tieteen valossa. Helsinki, Pellervo-Seura, 1952. 208 s.

Artikkelit metsätalouden ulkopuolelta — *Artikkel ausserhalb Forstwirtschaft*

- Hopeaketun hoito. Porvoo, Werner Söderström Oy., 1930. 112 s.
- Turkistuotannon edistämisestä. Turkisnahat ja puu ovat maamme luonnollisinta vientitavaraa. Helsinki, 1932. Metsälehti, näytenumero 1.
- Uusi kotieläin — hopeakettu. Helsinki, 1932. Kansan Kuvalehti 47.
- Kettujen juoksutarhat. Helsinki, 1933. Metsälehti 38.
- Kurische Nehrung — Pohjolan Sahara. Helsinki, 1933. Kansan Kuvalehti 42, s. 18—19.
- Turkistuotantomme elvyttämisestä. Helsinki, 1933. Metsälehti 16.
- Kemiallinen tutkimustyömme. Helsinki, 1935. Uusi Suomi 263.
- Tiedemies kapinassa. Helsinki, 1937. Helsingin Sanomat 28.
- Väestökysymyksen ongelmista. Helsinki, 1944. Suomalainen Suomi 2, s. 67—76.
- Euroopan väestökato. Helsinki, 1945. Suomen Kuvalehti 22.
- Luonnontieteellisen ja teknillisen tutkimustyömme saavutukset. Artikkelit Suomen Kulttuurirahastolle 1945. (Artikkeli julkaistu 13. 10. 1945—6. 11. 1945 seuraavissa lehdissä: Aamulehti, Keskisuomalainen, Laatokka, Länsi-Uusimaa, Savo, Sisä-Suomi, Turunmaa.)
- Tieteellisen työmme näköaloista. Helsinki, 1945. Suomalainen Suomi 5, s. 305—313.
- Tieteen tehtävästä. Helsinki, 1946. Suomalainen Suomi 8, s. 411—416.
- Tieteen vapaudesta. Helsinki, 1946. Suomalainen Suomi 6, s. 301—305.
- Nuorten tutkijain koulutuksesta. Helsinki, 1947. Valvoja 67, s. 39—43.
- Miksi en ole kristitty. Helsinki, 1948. Kansankulttuuri Oy, 215 s.
- Uskonvapauslakimme 5 §. Helsinki, 1952. Vapaa-ajatteliija 4.
- Jumala ja Einstein. Helsinki, 1952. Vapaa-ajatteliija 5.
- Puoluepolitiikka ja uskonto. Helsinki, 1952. Vapaa-ajatteliija 5.
- Jumalan puolustajien kivitettävänä. Helsinki, 1953. Vapaa-ajatteliija 2.
- Uskonnonvapautemme. Helsinki, 1953. Vapaa-ajatteliija 3.
- Jotta lampaat eivät karkaisi. Helsinki, 1953. Vapaa-ajatteliija 4.
- Helvetti puntaroitavana. Helsinki, 1953. Vapaa-ajatteliija 10.
- Miksi en kuulu kirkkoon. Helsinki, 1953. Vapaa-ajattelijain liitto r.y. 40 s.
- Taistelumme. Helsinki, 1954. Vapaa-ajatteliija 4.
- Saul, Saul, miksi vainoat minua? Helsinki, 1954. Vapaa-ajatteliija 5.

Luonnontieteiden yhteiskunnallinen merkitys. Helsinki, 1954. Vapaa-ajatteliija 9.
Uskonto ja totuus. Helsinki, 1954. Vapaa-ajatteliija 11.
Moraalisesta selkärangattomuudesta. Kotka, 1955. Vapaa-ajatteliija 2.
Onko Jeesuksen ylösnousemus tosi? Kotka, 1955. Vapaa-ajatteliija 4.
Ristiriitainen raamattumme. Kotka, 1955. Vapaa-ajattelijain liitto r.y. 47 s.

Lyhennyksiä — *Abkürzungen*

MA = Metsätaloudellinen Aikakauslehti
AFF = Acta Forestalia Fennica
MTJ = Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja (Communicationes Instituti Forestalis Fenniae)
SF = Silva Fennica

TUTKIMUKSIA TAIMIEN
PAKKAUKSESTA JA KULJETUKSESTA

PAAVO YLI-VAKKURI

INVESTIGATIONS INTO THE PACKING AND TRANSPORTATION
OF PLANTS

S U M M A R Y

HELSINKI 1957

Helsinki 1957. Valtioneuvoston kirjapaino

Alkusanat

Ne ongelmat, joita tässä tutkimuksessa pyritään selvittämään, ovat sellaisia käytännölliseen metsänviljelytoimintaan läheisesti liittyviä kysymyksiä, joiden kanssa olen joutunut tekemisiin työskennellessäni aikaisemmin Keskusmetsäseura Tapiossa ja jotka saamieni kokemusten mukaan ovat tärkeitä taimituotannon ohjaamisen ja kehittämisen kannalta. Kun tutkimus on tämänlaatuinen, se on suoritettu kiinteästi käytännölliseen toimintaan liittyvänä. Tämä on käynyt mahdolliseksi sen vuoksi, että Keskusmetsäseura Tapion, metsänhoitolautakuntien ja metsänhoitoyhdistysten toimihenkilöt sekä myös yksityiset metsänomistajat ovat auliisti antaneet tarvittavaa apua.

Tutkimuksen suorittamista varten olen saanut apurahaa Suomen Luonnonvarain Tutkimussäätiöltä ja Metsäntutkimuslaitokselle varatuista vientimaksuvaroista. Metsänhoitajat Kurtti Arola, Ilkka Pukkila, Eero Renko ja Jaakko Ylänen ovat eri vaiheissa avustaneet tutkimuksen käytännöllisessä suorituksessa. Heitä kaikkia pyydän kiittää hyvin tehdystä työstä.

Helsingissä huhtikuun 16 päivänä 1957

Paavo Yli-Vakkuri

Sisällysluettelo

	Sivu
Alkusanat	3
1. Johdanto	5
2. Tilastollinen selvittely	6
21. Tutkimusmenetelmä	6
22. Tutkimusaineisto	9
23. Tilastollisen selvittelyn tulokset	17
231. Varastoinisaika taimitarhassa	17
232. Pakkaustavat	18
233. Kaukokuljetus	21
234. Säilytys vastaanottajan huostassa	24
235. Lähikuljetus	27
236. Noston ja istutuksen välinen kokonaisaika	29
3. Kokeelliset tutkimukset	31
31. Suojaamattomien juurien kuivuminen	31
32. Taimipakkausten lämpötilan muutokset	34
33. Istutuskelpoisuuden säilyminen erilaisissa pakkauksissa	42
34. Varastoinimisesta kärsineiden taimien istutuskelpoisuuden parantaminen	46
35. Taimipakkausten painon muutokset varastoinnin ja kuljetuksen aikana	47
4. Tulosten yhdistelmä	49
Kirjallisuusluettelo	52
<i>Summary</i>	53

1. Johdanto

Vaikka Suomen olosuhteissa luontaisella uudistamisella onkin merkittävä sija, tarvitaan sen ohella myös kylvöä ja istutusta. Valtakunnan metsien kolmannen inventoinnin (Ilvessalo 1956) mukaan on maamme metsistä 16.1 % eli 2 791 000 ha sellaisia, joita lähiaikoina uudistettaessa joudutaan käyttämään metsänviljelyä. Tämän metsänviljelytehtävän suorittamiseen tarvitaan myös runsaasti taimia. Niiden saannin turvaamiseksi on viime vuosina lisätty suuresti taimituotantoa. On arvioitu, että jo lähivuosina kyettäisiin toimittamaan yhteensä yli 50 milj. tainta (Ylivakkuri 1955). Tällaisen taimimäärän siirtäminen hyvässä kunnossa taimitarhoilta istutuspaikoille on jo suuri ja vastuunalainen tehtävä. Sen onnistunut suorittaminen edellyttää mahdollisimman perusteellisia tietoja taimien pakkaukseen ja kuljetukseen liittyvistä seikoista. Pyrittäessä tutkimuksin syventymään näihin asioihin törmätään varsin monitahoiseen ongelmaan, sillä taimien toimittaminen istutuspaikoille ei ole pelkkä organisaatio- tai kustannuskysymys, vaan samanaikaisesti tehtävä, jossa on kaiken aikaa huolehdittava myös siitä, että taimet tulevat perille hyvässä fysiologisessa tilassa.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on tilastollista ja kokeellista menetelmää käyttäen luoda lisävalaistusta männyn ja kuusen taimien pakkausta ja kuljetusta koskeviin seikkoihin. Tilastollista menetelmää käyttäen pyritään saamaan selvyys, mitkä ovat taimien vaiheet taimitarhalta tuleville kasvupaikoille eli sinä aikana, jolloin taimet maasta irrallaan olevina ovat erityisen arkoja vaurioille. Kokeellisten menetelmien avulla selvitetään juurien suojauksen vaikutusta taimien istutuskelpoisuuteen, taimipakkausten lämpötilan muutoksia erilaisissa olosuhteissa, taimien istutuskelpoisuuden säilymistä erilaisissa pakkauksissa ja istutuskelpoisuuden parantamismahdollisuuksia kastelulla ja ravintoliuksella sekä pakkausten keventymistä varastoinnin ja kuljetuksen aikana. Tällaista selvitystä on pidetty tarpeellisena erityisesti sen vuoksi, että rinnan taimituotannon lisääntymisen kanssa on tapahtunut suuria muutoksia pakkaus- ja kuljetustavoissa. Lisäksi on huomattava, että tämänlaatuiset asiat eivät ole meillä aikaisemmin olleet sanottavasti tieteellisen mielenkiinnon kohteina.

2. Tilastollinen selvittely

21. Tutkimusmenetelmä

Tilastollisen tutkimuksen tavoitteeksi asetettiin selvittää taimien vaiheet siitä lähtien, kun ne nostetaan maasta taimitarhassa, siihen asti, kun ne istutetaan metsään tuleville kasvupaikoilleen. Kun tätä selvittelyä varten kehitetyn menetelmän käyttökelpoisuudesta ei edeltäkin ollut tietoa, rajoitettiin tutkimus koskemaan vain eräitä tyypillisiä taimitarhoja eri puolilla maata. Tällainen rajoittaminen oli tarpeen lisäksi tutkimuksen rahoitusta silmällä pitäen. Kaikkiaan oli tässä tilastollisessa selvittelyssä mukana 10 taimitarhaa. Kysymystä, missä määrin nämä mahdollisesti edustavat koko maamme taimituotantoa, käsitellään tutkimusaineistoa koskevassa osassa.

Tilastollinen selvittely jakaantui taimitarhoissa taimien noston ja lähetysten aikana koottaviin tietoihin ja taimipakkausten mukana lähetettyjen tiedustelulomakkeiden perusteella kerättyyn aineistoon. Taimitarhoissa selvitys suoritettiin siten, että pidettiin lähetettävistä pakkauksista yhtenäisen kaavan mukaista pöytäkirjaa. Tähän pöytäkirjaan tehtiin tarkat merkinnät kuitenkin vain osasta lähetettyjä pakkauksia eli niistä, joihin sijoitettiin tiedustelulomake. Nämä taas valittiin pyrkien tasaväliseen, systemaattiseen näytteeseen (*systematic sampling*), kuten myöhemmin tarkemmin selostetaan. Pöytäkirjoissa oli tilaa seuraaville merkinnöille.

Pakkauksen tunnus. Pakkauksen tunnuksena käytettiin siihen sijoitetun tiedustelulomakkeen numeroa. Tätä varten oli muovipussiin pantu lomake niin taitettu, että lomakkeen järjestysnumero helposti näkyi pussia avaamatta.

Taimien ikä ja laatu. Tähän sarakkeeseen merkittiin puulaji sekä taimien ikä (kasvukausien lukumäärä) siten, että ilmeni, olivatko taimet koulittuja vai koulimattomia.

Taimien nosto-, pakkaus- ja lähetyspäivä. Näihin sarakkeisiin merkittiin kunkin lomakkeellisen pakkauksen osalta kysymyksessä oleva päivämäärä.

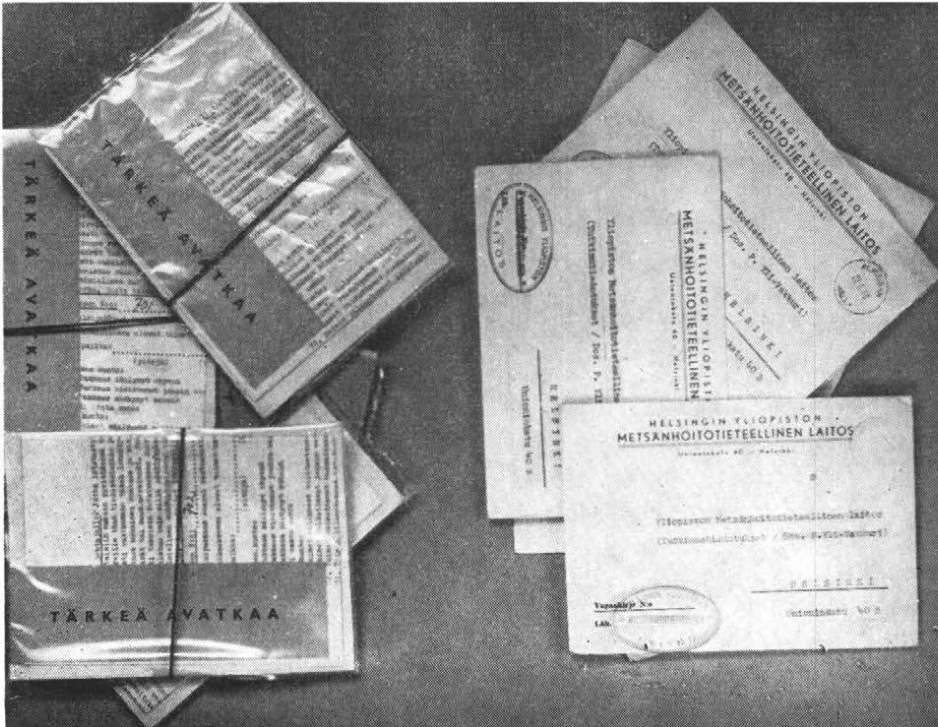
Pakkaustapa. Tähän merkittiin pakkaustapa käyttäen taimitarhassa omaksuttuja nimityksiä.

Taimien lukumäärä pakkauksessa. Tämä ilmaistiin niin tarkasti kuin se oli tiedossa ilman erityistä laskemista.

Pakkauksen vastaanottaja. Pöytäkirjaan merkittiin taimilähetysten vastaanottajan nimi ja osoite. Jos taimet lähetettiin jollekin metsäneuvojalle, merkittiin hänet vastaanottajaksi.

Kaukokuljetus vastaanottajalle. Tähän merkittiin kuljetustapa tai kuljetustavat kaksi- tai useampivaiheisessa kuljetuksessa.

Taimipakkauksiin pantavia tiedustelulomakkeita lähetettiin tutkimuksessa mukana olleille taimitarhoille 150. Ohjeiden mukaisesti tuli lomakkeet tasaisesti sijoittaa lähteviin pakkauksiin. Tämän saavuttamiseksi meneteltiin siten, että arvioitiin ensin taimitarhasta lähetettävien pakkausten lukumäärä ja tämän perusteella laskettiin kuinka monenteen pakkaukseen lomake pitäisi sijoittaa, jotta kaikki lomakkeet tulisivat lähetytyiksi. Pakkausten lukumäärästä riippuen lomakkeita pantiin joko jokaiseen, joka toiseen, joka kolmanteen, joka neljänteen tai jne. pakkaukseen. Lomake sijoitettiin vuorossa olevaan pakkaukseen huolimatta siitä, menikö samalle vastaanottajalle yksi tai useampia pakkauksia. Aitakuusi- yms.



Kuva 1. Vasemmalla taimipakkausten sisälle pantuja muovipäällysteisiä pakkauksia, joissa on kyselylomake, palautusosoitteella varustettu kirjekuori ja värikäs paperisuikale tekstein: »Tärkeä, avatkaa». Oikealla saapuneita vastauskirjeitä. Valok. Veli-Matti Kauhanen.
 Fig. 1. On the left, plastic-covered packages enclosed in the plant packages. They contain the questionnaire, a ready-addressed envelope for the reply, and a coloured paper strip with the text, »Important, please open». On the right, replies received. Photo Veli-Matti Kauhanen.

pakkauksiin ei lomakkeita sijoitettu. Ei myöskään pakkauksiin, jotka menivät ulkomaille tai joissa siirrettiin koulittavia taimia taimitarhasta toiseen. Muista rajoituksista mainitaan taimitarhoja koskevan selostuksen yhteydessä.

Tiedustelulomakkeet sijoitettiin pakkausten sisälle siten, ettei niitä ulkoapäin voita havaita. Lomakkeet tulivat siis esiin vasta taimipakkauksia purettaessa. Näin katsottiin olevan tarpeellista menetellä sen vuoksi, etteivät lomakkeelliset pakkaukset ulkonaisesti erottuisi muista ja tulisi mahdollisesti käsitellyiksi muista pakkauksista poikkeavalla tavalla. Jotta taimien sekaan pantu tiedustelulomake ja palautusosoitteella varustettu kirjekuori sekä muut paperit säilyisivät kosteudelta, pakattiin ne muovipussiin kuvan 1 esittämällä tavalla. Kaikki lomakkeet oli numeroitu ja kullakin taimitarhalla pidettiin tämän numeroinnin mukaista pöytäkirjaa, kuten edellä on jo mainittu. Käytetty tiedustelulomake oli kokonaisuudessaan seuraavan sisältöinen.

Istutustyön johtajalle: Jotta istutustöitä hoitavien henkilöiden tekemät tärkeät havainnot ja suuri kokemus saataisiin mukaan pyrittäessä kehittämään taimien pakkaus- ja kuljetustapoja, on pantu vireille tämä tiedusteluihin perustuva tutkimus. Teitä pyydetään sen vuoksi ystävällisesti vastaamaan tässä lomakkeessa esitettyihin tiedusteluihin alleviivamalla käsityksenne mukainen vastaus ja kirjoittamalla asianomaisiin paikkoihin tiedustellut päivämäärät tai muut merkinnät. Mukana olevaan kuoreen pantuna tämä lomake tulee postivapaasti takaisin tutkimuksen suorittajalle tohtori Paavo Yli-Vakkurille. Koska tutkimus onnistuu vain sillä edellytyksellä, että lomakkeet täytettyinä palaavat, on Teidän myötämielinen suhtautumisenne tähän yritykseen laadultaan ratkaiseva.

1. Taimitarha, josta taimet lähetettiin
2. Lähetyksen N:o
3. Tämä taimipakkaus saapui vastaanottajalle/..... 1956
4. Tässä pakkauksessa olevat taimet istutettiin/..... 1956
5. Istutuspaikka

(pitäjä)	(kylä)	(talo)	(omistaja)
----------	--------	--------	------------
6. Pakkauksen kunto
 - a. Pakkaus on säilynyt ehyenä
 - b. Pakkaus vioittunut jonkin verran
 - c. Pakkaus särkynyt pahoin
 - d. Ei osata sanoa
7. Taimien kunto
 - a. Taimet säilyneet moitteettomassa kunnossa
 - b. Taimet vaikuttavat jonkin verran kuljetuksesta kärsineiltä

- c. Taimet vaikuttavat huomattavasti kuljetuksesta kärsineiltä
 d. Taimet pilaantuneet istutuskelvottomiksi
 e. Ei osata sanoa
8. Taimipakkauksen säilytys vastaanottajan luona
 a. Pakkausta säilytetty kellarissa
 b. Pakkausta säilytetty liiterissä tai vastaavassa
 c. Pakkausta säilytetty taivasalla
 d. Pakkausta säilytetty muulla tavalla. Millä?
 e. Pakkausta ei säilytetty, koska taimet istutettiin välittömästi
9. Taimien käsittely istutuspaikalla ennen istutusta
 a. Taimet pidetty alkuperäisessä pakkauksessa
 b. Taimet valeistutettu
 c. Taimia käsitelty muulla tavalla. Millä?
 d. Ei osata sanoa
10. Taimipakkauksen lähikuljetus vastaanottajan luota istutuspaikalle
 a. Kantaen kilometriä
 b. Hevosella kilometriä
 c. Traktorilla kilometriä
 d. Henkilöautolla kilometriä
 e. Kuorma-autolla kilometriä
 f. Muulla tavalla. Millä? kilometriä
11. Ilmoituksen tekijä
 Nimi ja arvo
 Osoite

Annettujen ohjeiden lisäksi varmistettiin aineiston keruun yhtenäistä suoritustapaa siten, että tutkimusta avustanut metsänhoitaja matkusti taimitarhoille antamaan asianomaisille taimitarhan hoitajille henkilökoh- taista opastusta. Kustannussyistä ei etäällä sijaitseville Taimelan ja Kai- nuun taimitarhoille tehty tällaista matkaa.

Sanomalehdistöön toimitettiin muutamia uutisia, joissa mainittiin, että tämänlaatuinen tutkimus oli käynnissä. Yksityiskohtiin menevää tiedoi- tusta tutkimuksen luonteesta pyrittiin välttämään, jotta taimipakkaukset ja taimet eivät saisi sen vuoksi osakseen tavallisuudesta poikkeavaa käsit- telyä.

22. Tutkimusaineisto

Tutkitut taimitarhat sijaitsevat, kuten kuvasta 2 ilmenee, eri puolilla maata ja niiden joukossa on sekä mäntyä että pääasiallisesti kuusta tuot-

tavia taimitarhoja. Hallinnollisesti ne kuuluvat metsänhoitolautakunnille ja Keskusmetsäseura Tapiolle. Kooltaan nämä jäljempänä mainitut taimitarhat ovat meillä vallitsevan käsityksen mukaan keskikokoisia ja suuria edustaen siis taimitarhatyyppejä, jonkalaiset tuottavat pääosan istutettavista taimistamme.

Kannuksen taimitarha. Taimitarha sijaitsee Kannuksen pitäjässä ja sen omistaa Keski-Pohjanmaan metsänhoitolautakunta. Taimitarha on perustettu vuonna 1936 ja siinä on nykyisin taimitarhapinta-alaa yhteensä 4.5 ha. Taimitarha tuottaa melkein yksinomaan männyn taimia ja toimittaa niitä Keski-Pohjanmaalle ja siihen liittyville lähialueille. Vuonna 1956 se luovutti erilaisia taimia yhteensä 1 989 000.

Aholankankaan taimitarha. Taimitarha sijaitsee Kuortaneen pitäjässä ja sen omistaa Etelä-Pohjanmaan metsänhoitolautakunta. Taimitarha on perustettu vuonna 1938 ja siinä on nykyisin taimitarhamaata yhteensä 2.0 ha. Taimitarha on tarkoitettu tyydyttämään lähinnä Etelä-Pohjanmaan metsänhoitolautakunnan alueen tarvetta. Vuonna 1956 taimitarha luovutti erilaisia taimia yhteensä 500 000.

Kankaanrannan taimitarha. Taimitarha sijaitsee Ahlaisten pitäjässä ja sen omistaa Satakunnan metsänhoitolautakunta. Taimitarha on perustettu vuonna 1951 ja siinä on nykyisin taimitarhapinta-alaa yhteensä 4.5 ha. Taimitarha tuottaa pääasiallisesti männyn taimia lähialueiden käyttöön. Vuonna 1956 taimitarhasta luovutettiin erilaisia taimia yhteensä 1 000 000. Tiedustelulomakkeita pantiin vain männyn taimien pakkauksiin.

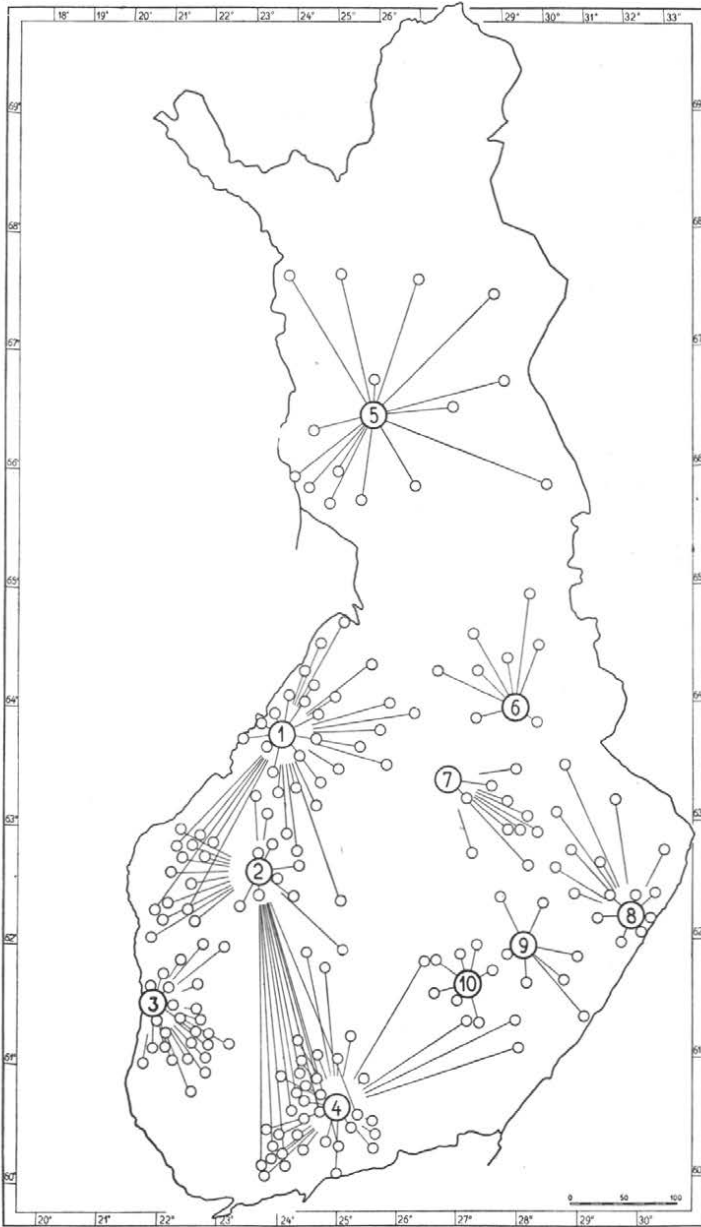
Mattilan taimitarha. Taimitarha sijaitsee Hausjärven pitäjässä lähellä Oitin asemaa ja se kuuluu Keskusmetsäseura Tapiolle. Taimien kasvatukseen on maata varattu 18 ha. Taimitarha on perustettu vuonna 1951 ja se tuottaa männyn ja kuusen taimia maan eteläisiä alueita varten. Vuonna 1956 taimitarhasta luovutettiin erilaisia taimia yhteensä 6 489 000. Keväällä tiedustelulomakkeita pantiin vain männyn taimien pakkauksiin.

Taimelan taimitarha. Taimitarha sijaitsee Rovaniemen kauppalassa ja sen omistaa Lapin metsänhoitolautakunta. Taimitarha on perustettu vuonna 1935 ja taimitarhapinta-alaa siihen kuuluu nykyisin yhteensä 6.4 ha. Taimitarha tuottaa yksinomaan männyn taimia Lapin yksityismetsiä silmällä pitäen. Taimitarhasta luovutettiin vuonna 1956 erilaisia taimia yhteensä 2 530 000.

Kainuun taimitarha. Taimitarha sijaitsee Sotkamon pitäjässä ja sen omistaa Kainuun metsänhoitolautakunta. Taimitarha on perustettu vuonna 1937 ja siinä on taimitarhapinta-alaa yhteensä 5.0 ha. Taimitarha tuottaa sekä kuusen että männyn taimia ja toimittaa niitä Kainuun alueen tarpeisiin. Vuonna 1956 taimitarha luovutti erilaisia taimia yhteensä 1 358 000.

Savipellon taimitarha. Taimitarha sijaitsee Iisalmen maalaiskunnassa ja sen omistaa Pohjois-Savon metsänhoitolautakunta. Taimitarha on perustettu vuonna 1935 ja sen pinta-ala on 7.0 ha. Se toimittaa kuusen ja jonkin verran myös männyn taimia Pohjois-Savon tarpeisiin. Vuonna 1956 taimitarhasta luovutettiin erilaisia taimia yhteensä 1 851 000.

Onkamon taimitarha. Taimitarha sijaitsee Tohmajärven pitäjässä ja sen omistaa Pohjois-Karjalan metsänhoitolautakunta. Taimitarha on perustettu vuonna 1952 ja sen pinta-ala on 10 ha. Se tuottaa kuusen ja männyn taimia ja toimittaa niitä Pohjois-Karjalan alueelle. Vuonna 1956 taimitarhasta luovutettiin erilaisia taimia yhteensä 2 937 000. Tutkimuksen alaisena oli vain vajaa toinen



Taimitarhat — Nurseries: Kannus = 1, Aholankangas = 2, Kankaanranta = 3, Mattila = 4, Taimela = 5, Kainuu = 6, Savipelto = 7, Onkamo = 8, Puupelto = 9, Närepelto = 10.

Kuva 2. Kartassa merkitsevät suuret numeroidut ympyrät tutkimuksessa mukana olleita taimitarhoja ja pienet ympyrät pitäjiä, joista on saatu vastauksia toimitettuun tiedusteluun.

Fig. 2. In the picture the large, numbered circles refer to the nurseries included in the investigation and the small circles to the districts from which replies to the questionnaire were received.

puoli 2 + 2-vuotiaista, syksyllä lähetetyistä taimista, sillä lomakkeita ei aluksi pantu metsänparannuspiiriin meneviin lähetyksiin.

Puupellon taimitarha. Taimitarha, jonka omistaa Keskusmetsäseura Tapio, sijaitsee Rantasalmen pitäjässä. Taimitarha on perustettu vuonna 1953 silmällä pitäen Savon metsien taimitarvetta. Sen pinta-ala on 15 ha. Vuonna 1956 taimitarhasta luovutettiin erilaisia taimia yhteensä 1 984 000.

Närepellon taimitarha. Taimitarha, joka on Etelä-Savon metsänhoitolautakunnan hallinnassa, sijaitsee Mikkelin maalaiskunnassa ja on pinta-alaltaan 5.5 ha. Se on perustettu Etelä-Savon taimitarvetta silmällä pitäen vuonna 1935 ja se tuottaa melkein pä yksinomaan kuusen taimia. Vuonna 1956 taimitarhasta luovutettiin erilaisia taimia yhteensä 604 000.

Kannuksen, Aholankankaan ja Kankaanrannan taimitarhoissa havainnot tehtiin keväällä 1956, Taimelan, Kainuun, Savipellon, Onkamon, Puupellon ja Närepellon taimitarhoissa syksyllä samana vuonna. Mattilan taimitarhassa suoritettiin selvittelyt sekä keväällä että syksyllä 1956. Onkamon ja Närepellon taimitarhoissa pöytäkirjain pito suoritettiin siksi puutteellisesti, että niiden perusteella ei voitu suorittaa suunniteltuja laskelmia. Sen vuoksi näistä taimitarhoista tuloksia esittelevissä taulukoissa puuttuvat eräät tiedot. Muista taimitarhoista saatiin laskelmia varten asianmukaiset pöytäkirjat.

Tavoitteena oli saada 150 näytettä jokaisesta taimitarhasta, mutta kun taimien lähetys syksyllä Kainuun ja Mattilan taimitarhoista jäi odotettua vähäisemmäksi, supistui näiden taimitarhojen aineisto vastaavasti. Ottaen huomioon näytteen hankkimisessa noudatetun menetelmän ja näytteiden määrän ja osuuden perusjoukosta, joka on taimitarhoittain vaihdellut 12—100 %, voitaneen kertynyttä aineistoa pitää riittävänä ja edustavana valaisemaan tutkittavia seikkoja taimitarhoittain.

Yhdistettynä aineistosta saadaan koko taimituotantoammekin ajatellen ainakin suuntaa osoittavia tietoja, sillä tutkimuksessa mukana olevan laatuiset taimitarhat tuottavat valtaosan vuosittain käytetyistä taimista (vrt. Yli-Vakkuri 1955). Kertyneestä aineistosta on poissa kyllä kokonaan mm. valtion ja yhtiöiden harjoittama taimituotanto, mutta se on, niinkuin tiedetään, ollut toistaiseksi vähäistä. Lisäksi on syytä todeta, että Keskusmetsäseura Tapion vuosittain pitämät taimitarhakurssit ovat suuresti yhtenäistäneet nyt kysymyksessä olevaa toimintaa.

Tiedustelun alaiset männyn taimet olivat pääasiallisesti 2 + 0-vuotiaita. Vain Kankaanrannan, Mattilan (keväällä) ja Taimelan taimitarhoista toimitettiin tämän ohella runsaasti myös 3-vuotiaita männyn taimia. Kannuksen, Aholankankaan ja Puupellon taimilähetyksissä, joissa niitä myös esiintyi, niiden osuus oli vähäinen. Kuusen taimet olivat sen sijaan 2 + 2-vuotiaita, lukuunottamatta Aholankankaan taimitarhasta lähetettyä pie-nehköä 3 + 0-vuotiaitten taimien erää. Taimien puulajin mukaista jakaantumista valaisee lähemmin seuraava asetelma.

Taimitarha	Pakkausten jakaantuminen puulajin mukaan, %	
	Mänty	Kuusi
Kevättiedustelu		
Kannus	95	5
Aholankangas	31	69
Kankaanranta	100	—
Mattila	100	—
Keskimäärin	82	18
Syystiedustelu		
Taimela	100	—
Kainuu	63	37
Savipelto	—	100
Onkamo	—	100
Puupelto	3	97
Närepelto	—	100
Mattila	—	100
Keskimäärin	22	78
Koko tiedustelu		
Keskimäärin	46	54

Edellä esitetty aineisto valaisee taimien vaiheita kaukokuljetukseen saakka. Siitä eteenpäin antavat tietoja pakkausten mukana lähetetyt tiedustelulomakkeet. Ennen tulosten esittelyä on syytä tarkastella myös näin kertyneen aineisto-osan määrää ja laatua.

Ensinnäkin voitaneen tällöin todeta, että käytetty menetelmä, sijoittaa lomakkeet tasavälisesti pakkauksiin, täyttää ne vaatimukset, jotka asetetaan edustavan näytteen hankkimiselle. Sen, että lomake on asetettu eräissä tapauksissa joka toiseen, joka kolmanteen jne. pakkaukseen, ei ole todettu aiheuttaneen vastaavaa rytmillisyyttä pakkausten tekotapaan ja käsittelyyn. Taimien lähetys taimitarhoilla on työryhmittäin tapahtuvaa, menetelmiltään vakiintunutta, kiireistä työtä, johon sellainen pieni lisä kuin lomakkeiden liittäminen mukaan tuskin pystyy aiheuttamaan muutoksia. Lähetettyjen tiedustelulomakkeiden ja saatujen vastausten määrä ilmenee seuraavasta asetelmasta.

Taimitarha	Lähetettyjä tiedusteluita,		Saapuneita vastauksia,	
	kpl	kpl	%	
Kevättiedustelu				
Kannus	150	116	77.3	
Aholankangas	150	113	75.3	
Kankaanranta	149	75	50.3	
Mattila	156	85	54.5	
Yhteensä/keskimäärin	605	389	64.3	

Syystiedustelu			
Taimela	133	102	76.7
Kainuu	95	67	70.5
Savipelto	151	70	46.3
Onkamo	150	127	84.7
Puupelto	150	69	46.0
Närepelto	150	97	64.7
Mattila	75	44	58.7
Yhteensä/keskimäärin	904	576	63.7
Koko tiedustelu			
Yhteensä/keskimäärin	1 509	965	64.0

Kun otetaan huomioon, että tiedustelu koski taimipakkauksia, jotka monien vaiheiden kautta kulkeutuvat työkohteeseen metsäiseen maastoon, jossa lomake voi jäädä huomaamatta tai sopivan säilytyspaikan puutteessa unohtua jonnekin tai hukkaantua, on tiedustelun tulosta pidettävä ilahduttavana ja myös selvänä osoituksena siitä, että tutkimus on kiinnostanut vastaajia. Näin kertynyttä aineistoa lähemmin tarkasteltaessa voidaan todeta, että vaikka näytteen osuus perusjoukosta on kaikkien taimitarhojen osalta huomattavan suuri, vaihdellen 5—75%, on saapuneita vastauksia muutamien taimitarhojen osalta siksi niukasti, että niiden perusteella ei voida tehdä pitkälle meneviä päätelmiä. Aineiston käsittelyssä nämä on kuitenkin säilytetty mukana erityisesti sen vuoksi, että aineisto näin täydennettynä jakaantuu eri puolille maata (vrt. kuva 2) ja tekee näin paremmin mahdolliseksi esittää taimitarhoittaisten tulosten lisäksi myös laajempaan kokonaisuuteen perustuvia tuloksia. Samasta syystä on otettu mukaan myös sellaiset aineiston osat, joissa vastausten kato on ollut suuri. Tällaista menettelyä on pidetty tarpeellisena erityisesti sen vuoksi, että käytännöllisen metsänviljelytoiminnan tiedetään kipeästi kaipaavan lähinnä suuntaa osoittavia lukuja nyt kysymyksessä olevasta asiasta. Kysymystä, missä määrin kertyneet vastaukset muuten antavat luotettavaa selvittelyaineistoa, on aihetta vielä lähemmin käsitellä.

Vastausten tarkastus osoitti, että lomakkeet oli yleensä huolellisesti täytetty. Vain 16 lomaketta jouduttiin palauttamaan lähettäjäille täydennettäväksi, lähinnä siitä syystä, että vastaus jonkin osakysymyksen, istutusajan, lähikuljetustavan tms. kohdalla oli jäänyt antamatta. Yksi lomakkeista täytyi hylätä sen vuoksi, että se oli pantu johonkin muuhun pakkaukseen kuin mitä taimitarhapöytäkirja osoitti, kahdeksan siitä syystä, että aineisto oli niiden saapuessa jo pitkälle käsitelty. Muutamia erehdyksiä vastauksissa, kuten esimerkiksi päivämäärän ja kuukauden vaihtuminen päiväyksessä, mikä toisten saman lähettäjän vastausten ja muiden asiapapereiden perusteella oli aivan ilmeistä, oikaistiin lomaketta lähettäjäille palauttamatta.

Vastausten lähettäjät ovat olleet pääasiallisesti metsäammattimiehiä, kuten seuraavasta asetelmasta ilmenee.

Taimitarha	Vastaajien ammattiryhmittäinen jakaantuminen, %				
	Metsä- ammatti- miehet	Metsän- omistajat	Muut	Ei tietoa	Yhteensä
Kannus	94	2	1	3	100
Aholankangas	86	10	2	2	100
Kankaanranta	95	3	1	1	100
Mattila, kev.	86	11	2	1	100
Taimela	83	12	5	—	100
Kainuu	94	6	—	—	100
Savipelto	80	20	—	—	100
Onkamo	98	2	—	—	100
Puupelto	73	27	—	—	100
Närepelto	76	15	—	9	100
Mattila, syks.	82	18	—	—	100
Keskimäärin/yhteensä	88	9	1	2	100

Pääosa vastauksen antaneista metsäammattimiehistä on ollut metsänhoitoyhdistysten ja metsänhoitolautakuntien neuvoja, mutta jonkin verran on mukana myös muita metsäammattimiehiä sen vuoksi, että taimitarhoilta on luovutettu taimia myös yhtiöille ja valtiolle. Kun kokemuksen mukaan myös sellaiset metsänomistajat, jotka suorittavat metsissään istutustöitä, ovat metsätaloudellisesti valistuneita, voidaan todeta, että vastaajien ammattitaito on ollut korkea, joten heillä on ollut mahdollisuus antaa ammatillisessa mielessä luotettavia vastauksia.

Kun vastausten kato on melko huomattava, kuten aina tämänlaatuisissa selvittelyissä, on aihetta yrittää selvittää, edustavatko vastaamatta jääneet tapaukset muista poikkeavia piirteitä ja aiheuttavatko ne mahdollisesti harhaisuutta tuloksiin.

Tarkastelemalla pidettyjen pöytäkirjojen perusteella vastaamatta jääneitä tapauksia taimitarhoilla, joilla tämä merkintöjen perusteella on mahdollista, havaitaan, että vastaamatta jättäneet jakaantuvat eri ammattiryhmien kesken samaan tapaan kuin vastauksen lähettäneet. Edelleen voidaan todeta, että vastausten kato ei ole syntynyt siten, että vain tietyt vastaanottajat olisivat jättäneet vastaamatta. Kun lomakkeilla tämänlaatuisessa selvittelyssä on aina vaara jäädä huomaamatta tai hukkuu, on hyvin todennäköistä, että vastausten kato johtuu suureksi osaksi tällaisista satunnaisista seikoista.

Vastausten kadon mahdollista vaikutusta voidaan osittain myös eräin vertailuin tarkistaa. Taimitarhalla pidetyistä pöytäkirjoista voidaan nimittäin laskea useita seikkoja ottaen huomioon toisaalta kaikki lomakkeelliset

pakkaukset ja toisaalta vain ne pakkaukset, joiden osalta on saatu vastaukset. Jos tarkastellaan näin esimerkiksi sitä keskimääräistä aikaa, jonka taimet ovat olleet varastoituna taimitarhalla ennen lähetystä, saadaan seuraavan asetelman mukainen tulos. Asetelmasta puuttuvat taimitarhat, joilta ei ole taimitarhapöytäkirja käytettävissä.

Taimitarha	Varastomisaika taimitarhalla, vrk	
	Lähetettyjen tiedustelujen mukaan	Palautuneiden vastausten mukaan
Kevättiedustelu		
Kannus	1.9	2.0
Aholankangas	0.5	0.5
Kankaanranta	2.8	2.6
Mattila	3.5	2.9
Keskimäärin	2.2	1.9
Syystiedustelu		
Taimela	2.4	2.4
Kainuu	1.0	1.1
Savipelto	2.8	3.3
Puupelto	1.3	1.1
Mattila	2.3	2.2
Keskimäärin	2.0	2.0
Koko tiedustelu		
	2.1	2.0

Edellä olevasta voidaan todeta, että tulos on suuruusluokaltaan jotta-kuinkin yhtäläinen eri teitä laskien. Tarkastelemalla erilaisten pakkaus-
tapojen jakaantumista, pakkausten suuruutta, taimien laatua ja kauko-
kuljetustapaa päädyttiin samanluontoiseen tuloksiin. Myös eri teitä lasketut
jakaantumissarjat ovat, Savipellon pieneen aineistoon perustuvaa tapaa
lukuun ottamatta, suuressa määrin toistensa kaltaisia, kuten seuraava
asetelma osoittaa.

	Varastomisaika taimitarhalla, vrk	Lähetettyjen tiedustelujen mukaan	Palautuneiden vastausten mukaan
			Pakkauksia, kpl
		1 209	741
		Pakkausten jakaantuminen, %	
> 1		32	34
1		23	24
2		17	17
3		12	8
4		6	9

5— 9	6	5
10—14	4	3
15—19	0	0
20—	0	0

Edellä esitetyn perusteella voitaneen näin ollen päätellä, että vastausten kato ei liene aiheuttanut ainakaan kovin suurta harhaisuutta tuloksiin. Kun ei ole nähty mitään syitä, jotka olisivat antaneet vastaajille aiheita säävyttää vastauksiaan johonkin suuntaan, ja kun vastaajat ovat pääasiallisesti vastuuntuntoisia metsäammattimiehiä tai valistuneita metsänomistajia, ei ole katsottu aiheelliseksi yrittää tarkistaa vastausten luotettavuutta erillisin selvittelyin. Jälkitiedustelua vastausten kadon pienentämiseksi ei toimitettu, koska katsottiin, että taimien vastaanottajat eivät kykene enää jälkikäteen antamaan luotettavia vastauksia tiedustelulomakkeessa esitettyihin kysymyksiin.

Kun seuraavassa esitetään taimitarhoittaiten tulosten, jotka puolestaan yleensä edustavat tilannetta joko keväällä tai syksyllä ja eräissä tapauksissa muutenkin vain osaa taimitarhan tuotannosta, ohella joitakin yhdistettyjä tuloksia, täytyy ottaa huomioon, että ne ovat pelkästään kertyneen aineiston keskimääriä tai sen jakaantumisia, eivätkä tutkittujen taimitarhojen tuotannolla tms. punnittuja kokonaistuloksia, jonkalaisten laskemiseen ei ole katsottu olevan riittäviä perusteita.

23. Tilastollisen selvittelyn tulokset

231. Varastoimis aika taimitarhassa

Kaikissa tutkituissa taimitarhoissa on valtaosa taimista pakattu neljän ensimmäisen vuorokauden sisällä noston jälkeen, kuten ilmenee taulukosta 1. Ainoastaan Kannuksen ja Kankaanrannan sekä Mattilan taimitarhoissa on esiintynyt tarvetta pitempiäaikaiseen varastointiin ennen pakkausta. Yli kaksi viikkoa kestänyttä säilytystä esiintyy vain poikkeuksellisesti. Keskimääräinen varastoimis aika pakkaamatta on ollut koko aineiston perusteella laskettuna vuorokauden pituinen. Keskimääräistä aikaa laskettaessa on mittayksikköä, vuorokautta, lyhyemmille varastoimisajoille annettu lukuarvo 0. Taimien määrä on ilmaistu pakkauksina. Näin on menetelty myöhemmin muissakin vastaavanlaatuisissa tapauksissa.

Koska pakkaamattomien taimien varastointi on yleensä ollut lyhyt-aikaista, ei ole katsottu olevan aiheita tämän tutkimuksen yhteydessä puuttua sen yksityiskohtiin. Asia on sivuutettu myös kokeellisissa tutkimuksissa sen vuoksi, että kysymystä parhaillaan selvitetään muualla (vrt. Björkman 1956).

Taulukko 1. Taimien varastoimisaika taimitarhoilla pakkaamattomina ja pakattuina

Table 1. The storing time of packed and unpacked plants in the nurseries

Varastoimis- aika, vrk Storing time, days	Taimitarha — Nursery									Koko aineisto Whole material
	Kannus	Aholan- kangas	Kankaan- ranta	Mattila keväällä	Taimela	Kainuu	Savipelto	Puupelto	Mattila syksyllä	
	Pakkauksia, kpl — Number of packings									
	150	150	149	156	133	95	151	150	75	1 209
	Pakkaamattomien taimien jakaantuminen, % Distribution of unpacked plants, %									
0—1	81	100	69	55	100	62	100	89	44	80
2—4	6	—	14	20	—	38	—	11	56	13
5—9	7	—	12	25	—	—	—	—	—	6
10—14	3	—	5	—	—	—	—	0	—	1
15—19	2	—	—	—	—	—	—	—	—	0
20—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	0
Yhteensä — Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	Pakattujen taimien jakaantuminen, % Distribution of packed plants, %									
0—1	100	100	83	81	55	100	—	68	100	74
2—4	—	—	17	19	27	—	100	27	—	24
5—9	—	—	0	—	9	—	—	2	—	1
10—14	—	—	—	—	9	—	—	3	—	1
Yhteensä — Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

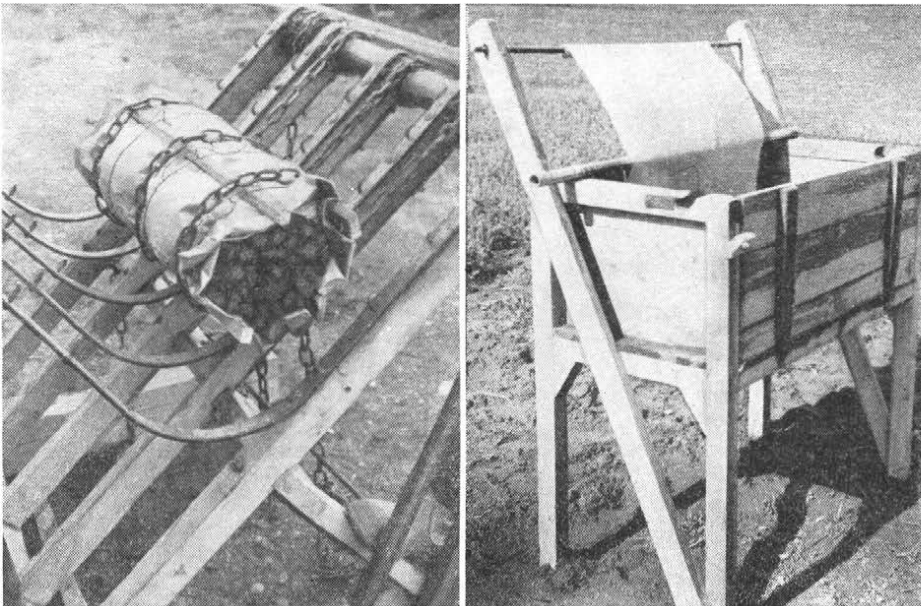
Valtaosa pakatuista taimista on saatu kuljetukseen viimeistään kahden, kolmen vuorokauden kuluessa pakkauksesta, usealta taimitarhalla jo pakkauspäivänä tai sitä seuraavana päivänä. Tosin pitempiäkin varastoimis-aikoja esiintyy, mutta niiden osuus on koko toimintaa silmällä pitäen vähäinen. Keskimäärin taimet ovat pakattuina olleet taimitarhalla yhden vuorokauden. Koko noston jälkeinen keskimääräinen varastoimisaika taimitarhalla on näin ollen supistunut kahteen vuorokauteen.

Edellä puheena ollut varastoiminen sattui keväällä pääasiallisesti toukuu-kuun puolivälin ja sen loppupuoliskon seutuville, syksyllä elokuun lopulle ja syyskuun parille ensimmäiselle viikolle.

232. Pakkaustavat

Tarkasteltaessa taimien pakkaustapoja eri taimitarhoissa voidaan yhteisenä piirteenä havaita, että ennen yleisesti käytetyistä laatikoista on luovuttu. Sijalle ovat tulleet erilaiset paperipakkaukset. Aholankankaan taimitarhalla on niiden ohella käytetty tavallisia pärekoreja.

Paali on useimmissa taimitarhoissa, kuten Kankaanrannassa, Taimelassa, Kainuussa, Savipellossa, Onkamossa, Närepellossa ja syksyllä Mattilassa, ollut joko yksinomainen tai yleisimmin käytetty pakkaustapa. Kuva 3 valaisee tyypillisen paalipakkauksen rakennetta ja pakkauksen teossa käytettyjä koneita. Yksityiskohtaisesti on paalipakkauksen eräs tekotapa selvitetty kokeiden yhteydessä sivulla 36. Pakkausten tekotavassa esiintyy pieniä eroja eri taimitarhojen välillä. Yleinen menettelytapa näyttää olevan se, että taimet pannaan pakkaukseen juuret vastakkain. Vain Kankaanrannan taimitarhassa on tehty sellaisia suuria paaleja, joissa on sijoitettu peräkkäin kaksi tällaista ryhmää taimia. Pakkauksen keskellä ovat taimien latvat siis olleet vastakkain. Juurien suojana on yleensä käytetty hieman maatonutta, kosteata rahkaturvetta. Sen sijoittamisessa esiintyy jossain määrin vaihtelua. Eräissä taimitarhoissa sitä on pantu vain niiden juurien peitteeksi, jotka ovat olleet paperia vasten. Toisilla taimitarhoilla on turvetta sijoitettu tämän lisäksi myös juurten väliin pakkauksen sisälle. Pakkauspaperina on käytetty joko kaksinkertaista voimapaperia, jossa on bitumikerros välissä, tai vanhojen paperisäkkien paperia. Eräissä tapauksissa on pakkausta juurten kohdalta vahvistettu vuoraus- tai muulla paperilla. Pakkausten tukena on käytetty vähintään kolmea rimaa tai harvennuspuista saatuja keppejä. Pakkaus on sidottu tavallisesti rautalangalla



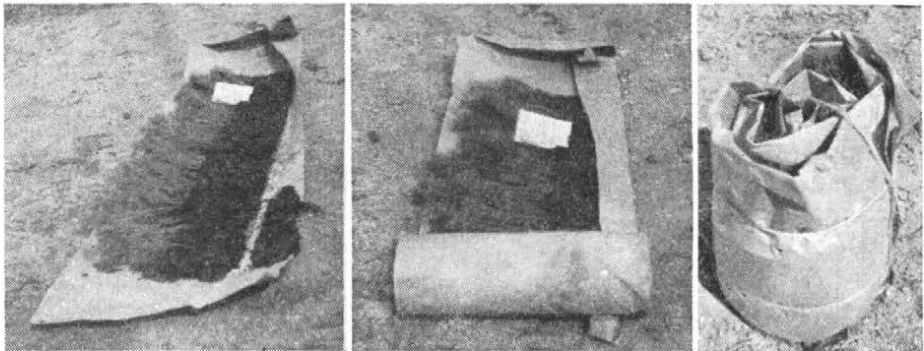
Kuva 3. Vasemmalla on Hämeenlinnan, oikealla Savipellon taimitarhan paalauslaitte. Valok. Ilkka Pukkila.

Fig. 3. On the left the baling device at the Hämeenlinna nursery and on the right that at the Savipello nursery. Photo Ilkka Pukkila.

parista kolmesta kohdasta. Rautatiekuljetukseen toimitetut pakkaukset on joissakin tapauksissa pyritty tekemään vahvemmiksi kuin esimerkiksi kuorma-autokuljetukseen menneet pakkaukset. Paalipakkaukseen on pantu eräitä tavallisimpia taimilaatuja keskimäärin seuraavasti.

Taimitarha	Taimia pakkauksessa, kpl
Mänty 2 + 0	
Taimela	2 450
Mattila	3 000
Kainuu	6 400
Kankaanranta	7 550
Kuusi 2 + 2	
Savipelto	450
Onkamo	500
Närepelto	500
Mattila	550
Kainuu	600

Paalin ohella näyttää myös nyytti olleen suosittu pakkaustapa. Niinpä se tutkimushetkellä on ollut melkein pä yksinomaisena pakkaustapana Kainuun ja Puupellon taimitarhoissa ja jokseenkin yhtä yleisenä keväällä Mattilan taimitarhassa sekä jonkin verran käytettynä myös Kainuun taimitarhassa. Tämän pakkauksen laatua ja valmistustapaa valaisee kuva 4. Yksityiskohtaisesti se on selostettu kokeiden yhteydessä sivulla 36. Pakkauspapery on ollut samanlaista kuin edellisissäkin pakkaustavassa. Tässä



Kuva 4. Nyyttipakkauksen valmistusvaiheet. Valok. Eero Renko ja Paavo Yli-Vakkuri.
Fig. 4. The preparatory phase of preparing the bundle. Photo Eero Renko and Paavo Yli-Vakkuri.

kääretortun tekotapaa muistuttavassa pakkauksessa tulevat taimien juuret hyvin suojatuiksi kosteaan turpeeseen. Menetelmän on kehittänyt Onkamon taimitarhan hoitaja, metsäteknikko Väinö Hartikainen. Nyyttiin on pantu erilaisia taimia keskimäärin seuraavasti.

Taimitarha	Taimia pakkauksessa, kpl
Mänty 2 + 0	
Mattila	950
Kannus	2 000
Kainuu	2 550
Mänty 3 + 0	
Mattila	650
Kannus	950
Kuusi 2 + 2	
Mattila	200
Puupelto	200
Kainuu	350
Kannus	500

Myös vanhoja paperisäkkejä on käytetty pakkaamiseen. Tällöin on pussin suupuoli kääritty alas aina pohjan tasalle ja pantu taimet näin syntyneeseen matalaan pussiin aivan samaan tapaan suojaten juuret kostealla turpeella pohjasta ja sivuilta kuin entisen laatusissa laatikkopakkausissakin. Syntynyt pakkaus on sidottu narulla niinkuin nytytti. Kannuksen taimitarhassa on tällaiseen pakkaukseen pantu 2 + 0 männyn taimia keskimäärin 1 250 ja Aholankankaan taimitarhassa 2 + 2 kuusen taimia keskimäärin 500. Viimeksi mainitussa taimitarhassa käytettyihin pärekoppiin on pantu 2 + 0 männyn taimia keskimäärin 4 450 ja 2 + 1 männyn taimia 2 200 sekä 2 + 2 kuusen taimia 850.

233. Kaukokuljetus

Kuten taulukosta 2 ilmenee, taimien kaukokuljetus on tutkituilla taimitarhoilla yleensä järjestetty joko pääasiallisesti tai yksinomaan autolla tapahtuvaksi. Merkille pantavaa on, että tähän kuljetustapaan on päädytty sellaisillakin taimitarhoilla (Närepelto, Savipelto), joilta on hyvät rautatiekuljetusmahdollisuudet. Rautatiekuljetus on ollut hallitsevana kaukokuljetustapana vain Kannuksen ja Kainuun taimitarhoilta. Kaksi-vaiheinen rautatie-auto- ja auto-rautatiekuljetus on edellä mainittujen kuljetustapojen rinnalla jäänyt vähäiseksi.

Autokuljetus on puolestaan järjestetty eri tavoin. Kannuksen taimitarhalla on autokuljetus ollut jokseenkin yksinomaan linja-autokuljetusta. Vain poikkeustapauksessa on taimia viety suoraan henkilöautolla. Linja-auto on ollut hallitsevassa asemassa myös Kuortaneen, Kankaanrannan, Taimelan sekä syksyllä Mattilan taimitarhan autokuljetuksissa. Närepellon taimitarhalla on kaikki taimet toimitettu perille kuorma-autolla, samoin suurin osa Savipellon ja Puupellon sekä keväällä Mattilan taimitarhojen

autokuljetuksen taimista. Kuorma-autokuljetuksia varten on tällöin laadittu yksityiskohtainen kuljetussuunnitelma. Suoraan henkilöautolla on tämän ohella taimia viety runsaasti Mattilan, Kainuun ja Puupellon taimitarhoilta.

Taulukko 2. Erilaisten kaukokuljetustapojen yleisyys
Table 2. Frequency of different long-distance transportation methods

Kaukokuljetustapa Long-distance transportation method	Taimitarha — Nursery										Koko aineisto Whole material
	Kannus	Aholan-kangas	Kankaan-ranta	Mattila kevällä	Taimela	Kainuu	Savipelto	Puupelto	Närepelto	Mattila syksyllä	
	Pakkauksia, kpl — Number of packings										
	150	150	149	156	133	95	151	150	150	75	1 359
	Pakkausten jakaantuminen, % — Distribution of packings, %										
Auto — Motor vehicle	33	83	96	79	89	19	100	67	100	43	71
Rautatie — Railway	51	—	—	21	8	79	—	24	—	40	22
Rautatie + auto — Railway + motor vehicle	16	17	4	—	3	2	—	—	—	17	6
Ei kaukokuljetusta — No long-distance transportation	—	—	—	—	—	—	—	9	—	—	1
Yhteensä — Total..	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Onkamon taimitarhalta on käytettävissä kaukokuljetuksesta vain Pohjois-Karjalan metsänhoitolautakunnan ilmoitus. Sen mukaan on kaukokuljetus tapahtunut pääasiallisesti metsänhoitolautakunnan kuorma-autolla. Osa taimista on kuljetettu myös henkilöautoilla ja junalla sekä taimitarhan lähialueelle traktorilla, jolloin kysymyksessä lienee lähikuljetukseksi laskettava paikalliskuljetus.

Taimien kaukokuljetus keskittyi keväällä tutkituissa tapauksissa pääasiallisesti toukokuun loppupuoliskolle. Syksyllä suoritettiin suurin osa kuljetuksista syyskuun alkupuoliskolla.

Taulukon 3 perusteella voidaan todeta, että pääosa taimista on saapunut vastaanottajille jo ensimmäisen vuorokauden kuluessa. Tämän nopean kuljetuksen ohella esiintyy jonkin verran tapauksia, jolloin kuljetus on kestänyt muutamia vuorokausia ja hajatapauksia, jolloin taimipakkaus on ajelehtinut kaukokuljetusvaiheessa pitkäänkin. Keskimäärin on kuljetus kestänyt vuorokauden.

Pakkausten ilmoitetaan yleensä säilyneen ehjinä kuljetuksessa, kuten ilmenee taulukosta 4. Monien taimitarhojen pakkauksista on jonkin verran voittuneita aivan niukasti, ja pahoin särkyneitä pakkauksia esiintyy vain harvoina poikkeuksina. Kun pakkauksen kunnan luokittelu on subjektiivinen

nen, ei taimitarhan välisiin eroihin ole syytä kiinnittää kovin suurta huomiota. Eräillä taimitarhoilla esiintyy kuitenkin siksi suuri määrä pakkauksia, joiden kunto on kuljetuksesta kärsinyt, että lienee aihetta pitää silmällä pakkausten kestävyyttä. Jonkin verran vioittuneet ja särkyneet pakkaukset ovat olleet pääasiallisesti paaleja, joten nimenomaan niiden kestävyyttä on syytä tarkkailla.

Pakkausten vioittuminen jonkin verran on ilmeisesti vaikuttanut epäedullisesti taimien kuntoon, sillä vioittuneiden pakkausten taimet ilmoitetaan huomattavasti useammassa tapauksessa kuljetuksesta kärsineiksi kuin ehjinä säilyneissä pakkauksissa olleet taimet, kuten ilmenee seuraavasta asetelmasta. Pakkausten särkymisen vaikutusta taimien kuntoon ei voida tapausten vähälukuisuuden vuoksi tarkastella.

Taimien kunto	Pakkauksen kunto	
	Säilynyt ehyenä	Vioittunut jonkin verran
Moitteeton	94 %	79 %
Kuljetuksesta jonkin verran kärsineitä	6 »	21 »
Yhteensä	100 %	100 %

Kun pelkästään kuljetuksen osuutta taimien kunnan heikkenemiseen on luonnollisesti vastaanottajan vaikea arvioida, voi niissä vastauksissa, joissa on merkitty taimet kuljetuksesta kärsineiksi, olla tapauksia, joissa taimet ovat esimerkiksi tautisuuden tai muun syyn takia olleet kunnoltaan heikkoja jo taimitarhalla lähtiessään. Tämä on syytä ottaa huomioon, kun tarkastellaan vastaanottajien esittämiä mielipiteitä tältä osalta. Ilmeistä on, että arvostelma pikemminkin osoittaa käsitystä taimien kunnosta yleensä. Saatujen vastausten mukaan taimet ovat saapuneet vastaanottajille yleensä moitteettomassa kunnossa, kuten ilmenee taulukosta 4. Vain joidenkin taimitarhojen taimien ilmoitetaan olleen eräissä tapauksissa jonkin verran kärsineitä. Huomattavasti kuljetuksesta kärsineitä taimia esiintyy vain poikkeustapauksissa ja istutuskelvottomiksi pilaantuneiksi ilmoitetaan vain yhden pakkauksen taimet.

234. Säilytys vastaanottajan huostassa

Vastaanottajan luona taimet ovat joutuneet odottamaan istutusta usein pitkän aikaa, kuten ilmenee taulukosta 5. Pakkausten keskimääräinen varastoimis aika on koko tiedustelun perusteella ollut neljä vuorokautta eli 57 % koko siitä ajasta, jonka taimet ovat olleet irti maasta niitä toimitettaessa taimitarhasta istutuspaikalle. Muu aika on kulunut varastoituna

olemiseen taimitarhalla ja kuljetukseen. Pääosa kaikkien tutkittujen taimitarhojen taimilähetyksistä on istutettu kuitenkin viikon sisällä siitä, kun ne ovat vastaanottajalle saapuneet. Yleensä eri taimitarhoilta lähteneiden pakkausten jakaantuminen kysymyksessä olevan varastoimisajan mukaan on hyvin erilainen. Pisimpiä varastoimisaikoja esiintyy nimenomaan kuusta lähettäneiden taimitarhojen kohdalla. Varastoimisajan pitkittyminen yli 10 vuorokauden ei yleensä ole ollut kovin harvinaista, ja lisäksi esiintyy sen ohella paikka paikoin yli 15, jopa yli 20 vuorokauden pituisia varastoimisaikoja. Käytännöllisen metsänviljelytoiminnan kannalta tämä tulos merkitsee sitä, että taimien varastointiin ja sen kehittämiseen vastaanottajan luona on kiinnitettävä erityistä huomiota. Kun taimien pitkäaikainen säilytys pyrkii tuomaan mukanaan vaurioita, kuten myöhemmin osoitetaan, olisi tällöin nimenomaan pyrittävä lyhentämään varastoimisaikaa.

Taulukko 5. Taimien varastoimisaika vastaanottajan huostassa ennen istutusta

Table 5. Time plants stored by receiver before planting

Varastoimisaika, vrk Storing time, days	Taimitarha — Nursery											Koko aineisto Whole material
	Kannus	Aholan- kangas	Kankaan- ranta	Mattila keväällä	Tainela	Kainuu	Savipelto	Onkamo	Puupelto	Närepelto	Mattila syksyllä	
	Pakkauksia, kpl — Number of packings											965
	116	113	75	85	102	67	70	127	69	97	44	
	Pakkausten jakaantuminen, % — Distribution of packings, %											
0—1.....	39	24	11	24	39	16	14	10	13	15	29	22
2—4.....	45	57	31	41	42	54	25	36	50	41	37	43
5—9.....	12	16	41	28	15	26	29	37	33	28	20	25
10—14.....	3	2	13	6	3	3	20	12	4	9	5	7
15—19.....	1	1	4	1	1	1	6	4	—	4	9	2
20—.....	—	—	—	—	—	—	6	1	—	3	—	1
Yhteensä — Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Koska varastoimisaika vastaanottajan luona näyttää olleen suhteellisen pitkä, on mielenkiintoista tarkastella, miten varastointi vastaanottajan luona on järjestetty. Taulukosta 6 voidaan todeta, että mikäli taimia ei ole istutettu välittömästi, taimipakkauksia on varsin yleisesti pyritty säilyttämään kellareissa tai liitereissä tai vastaavissa paikoissa. Tämänkaltaisen huolehtiminen taimista on keväällä ollut jonkin verran yleisempää kuin syksyllä. Tähän lienee vaikuttanut myös se, että syksyllä on ollut kysymyksessä usealla taimitarhalla pääasiallisesti tai yksinomaan kuusi, jota ilmeisesti pidetään kestävämpänä kuin mäntyä. Pakkausten pito

Taulukko 6. Pakkausten säilytystapa vastaanottajan huostassa
 Table 6. Receiver's method of storing packings

Säilytystapa Storing method	Taimitarha — Nursery											Koko aineisto Whole material
	Kannus	Aholan- kangas	Kankaan- ranta	Mattila keväällä	Taimela	Kainuu	Savipelto	Onkamo	Puupelto	Närepelto	Mattila syksyllä	
	Pakkauksia, kpl — Number of packings											
	116	113	75	85	102	67	70	127	69	97	44	965
	Pakkausten jakaantuminen, % — Distribution of packings, %											
Kellarissa — In cellar	53	52	88	51	18	58	17	17	26	13	52	39
Liiterissä tai vastaavassa — In storeroom or other shelter	25	33	4	6	32	19	34	32	37	28	2	24
Taivasalla — Out-of-doors	4	4	1	6	18	9	42	27	34	43	12	18
Muulla tavalla — Otherwise	3	1	—	13	5	2	3	2	—	1	—	3
Istutettu välittömästi — Planted immediately	15	10	7	24	27	12	4	22	3	15	34	16
Yhteensä — Total ..	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

taivasalla, mikä keväällä on ollut jokseenkin vähäistä, on ollut syksyllä monin paikoin yleisin tai lähinnä yleisin pakkausten säilytystapa.

Välittömästi istutettujen ryhmä täytyy tässä yhteydessä ottaa väljästi, sillä vastauksien tarkastelu osoitti, että samana päivänä tapahtuneen istutuksen lisäksi oli merkitty mukaan sellaisia tapauksia, joissa istutus oli suoritettu taimipakkauksen saapumisen lähipäivinä. Eräissä vastauksissa oli tähän ryhmään merkitty myös tapauksia, joissa taimia ei oltu säilytetty vastaanottajaksi merkityn luona, vaan istutuspaikalla.

Kuten taulukosta 7 selviää, on taimia istutusalueella yleensä pidetty alkuperäisissä pakkauksissa. Tämän säilytystavan osuus näyttää vaihtelevan melkoisesti eri puolilla maata. Valeistutusta on käytetty varsinkin eräillä alueilla runsaasti. Koko tiedustelun perusteella on noin viidennes pakkauksista tällä tavalla käsitelty. Muunlainen käsittely on yleensä ollut vähäistä. Pakkauksista puretut taimet on tällöin suojattu tavallisimmin kosteilla sammalilla. Joissakin tapauksissa taimet on pantu vetiseen ojaan, lätäkköön tai muuhun kosteaan paikkaan.

Istutustyön suoritus keskittyi keväällä tutkitulla alueella pääasiallisesti kolmen viikon pituiseen ajanjaksoon toukokuun puolivälistä eteenpäin. Syksyllä istutuksien pääosa tehtiin maan eteläosassa syyskuun aikana, pohjoisempana jo elokuun lopusta syyskuun puoliväliin mennessä. Istutustyöt tosin jatkuivat Etelä-Suomessa aina lokakuun lopulle ja Pohjois-Suomessakin syys—lokakuun vaihteeseen asti.

Taulukko 7. Taimien säilytystapa istutusalueella

Table 7. Method of storing plants at planting site

Säilytystapa Storing method	Taimitarha — Nursery											Koko aineisto Whole material
	Kannus	Aholan- kangas	Kankaan- ranta	Mattila keväällä	Taimela	Kainuu	Savipelto	Onkamo	Puupelto	Närepelto	Mattila syksyllä	
	Pakkauksia, kpl — Number of packings											
	116	113	75	85	102	67	70	127	69	97	44	965
	Pakkausten jakaantuminen, % — Distribution of packings, %											
Alkuperäisessä pak- kauksessa — In ori- ginal packing	80	87	67	44	75	58	96	48	96	76	75	72
Valeistutettu — Heeled in	10	10	11	44	16	39	3	44	3	18	14	20
Muulla tavalla — Otherwise	10	3	21	11	9	3	—	8	1	6	11	8
Ei osata sanoa — Not classified	—	—	1	1	—	—	1	—	—	—	—	0
Yhteensä — Total ..	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

235. Lähikuljetus

Lähikuljetuksella tarkoitetaan kaukokuljetuksen päätyttyä tapahtunutta taimien kuljetusta istutuspaikalle. Jolloinkin on lyhyt kuljetus taimitarhalta istutuspaikalle viety lähikuljetuksen, kuten taulukosta 2 selviää. Vaikka kauko- ja lähikuljetuksen erottaminen toisistaan on yleensä helppoa, koska edellisenä on pidetty kuljetusta vastaanottajan luo ja jälkimmäisenä kuljetusta siitä edelleen istutuspaikalle, on tietenkin joissakin tapauksissa tulkinnanvaraisuutta siinä, mihin kuljetusvaiheeseen jokin kuljetus on ollut aiheellisinta viedä. Vastaukset on tässä suhteessa tarkastettu ja voitu säilyttää sellaisinaan, koska tulkinta on vaikuttanut yhtenäiseltä.

Keskimääräinen lähikuljetusmatka on koko tiedustelun mukaan ollut 8 km. Sekä kevät- että syystiedustelussa on saatu suuruusluokaltaan tähän verrattava tulos. Kuljetusmatkaa tarkasteltaessa on otettava huomioon, että taimien vastaanottajina ovat useimmiten olleet metsäammattimiehet, joten lähikuljetus tässä on usein taimien siirtämistä heidän luotaan istutuspaikalle. Olosuhteista ja käytetyistä kuljetustavoista johtuen vaihtelee lähikuljetusmatkan keskimääräinen pituus eri taimitarhoilta lähteiden pakkausten osalta huomattavasti eli 4—16 km:iin.

Taimipakkauksista on 64 % toimitettu istutuspaikalle vain yhtä kuljetustapaa noudattaen, loput 36 % on saatettu perille käyttäen kahta tai useampaa kuljetustapaa. Seuraava asetelma osoittaa lähemmin, mikä osa pakkauksista on lähikuljetuksessa joutunut eri kuljetustapojen piiriin ja miten pitkistä kuljetusosuudesta tällöin keskimäärin on ollut kysymys.

Lähikuljetustapa	Pakkauksista kuljetettu, %	Kuljetusmatka keskimäärin, km
Kantaen	49	1.4
Henkilöautolla	44	16
Hevosella	14	4
Polkupyörällä	8	8
Kuorma-autolla	6	17
Traktorilla	4	7
Linja-autolla	3	20
Moottoripyörällä	2	10
Muulla tavalla	4	6
Ei lähikuljetusta	4	

Asetelman perusteella voidaan todeta, että kantaminen on lähikuljetustapa, jota on useimmiten käytetty. Henkilöautokuljetus on ollut lähes yhtä yleinen. Hevoskuljetukseen joutuneiden pakkausten osuus on sen sijaan jo huomattavasti pienempi. Harvemmin ovat pakkaukset lähikuljetuksessa joutuneet kuljetettaviksi polkupyörällä, moottoripyörällä, traktorilla, kuorma- tai linja-autolla, joskin näitä kuljetustapoja on esiintynyt. Asetelmassa oleva muu kuljetustapa on pääasiallisesti moottorivene- tai venekuljetusta. Ilman lähikuljetusta on selvitty vain poikkeustapauksissa. Yleisten olosuhteiden ohella vaikuttaa lähikuljetusmuotoihin suuresti se, mitä kulkuvälinettä asianomainen istutustoista huolehtiva metsäammattimies yleensä käyttää, sillä hän ottaa varsin usein taimet mukaansa mennessään työmaalle.

Lähikuljetus on harvoin ollut yli 30 km. Vain muutamat autokuljetukset ovat tämän rajan ylittäneet. Hevosella, polkupyörällä ja traktorilla on tehty matkaa taimia kuljetettaessa korkeintaan parikymmentä kilometriä. Kantomatkojen laatua valaisee lähemmin seuraava asetelma.

Kantomatka, km	Pakkausten jakaantuminen, %
0.5	42
1	27
2	17
3	8
4	2
5 —	4

Kantaen tapahtuvan kuljetuksen tarpeellisuus aiheutuu ilmeisesti suureksi osaksi tieverkoston ja erityisesti metsätaloutta palvelevan tieverkoston puutteellisuudesta. Toisaalta moottoroidun kuljetuksen suuri osuus jo nykyoloissa osoittaa, että sitä käyttäen tulee taimien kuljetus sujumaan yhä vaivattomammin, sikäli kuin tieolot kehittyvät.

Kun taimet ovat merkittävän osan edellä mainitusta ajasta taimitarhojen ulkopuolella, missä taimien hoitoon ei ole sellaisia mahdollisuuksia kuin taimitarhoissa, voidaan todeta, että taimet matkallaan taimitarhasta istutuspaikoille saattavat joutua olosuhteisiin, joissa niiden istutuskelpoisuus voi vähetä. On näin ollen aiheellista ja mielenkiintoista yrittää kokeellisesti selvittää taimien vioittumisalttiutta yleensä ja istutuskelpoisuuden säilymistä varastoinnin ja kuljetuksen aikana.

3. Kokeelliset tutkimukset

31. Suojaamattomien juurien kuivuminen

Taimien juuret voivat joutua ulkoilman kuivattavalle vaikutukselle alttiiksi taimien noston, lajittelun, pakkauksen, pakkauksen purkamisen, valeistutuksen ja istutuksen yhteydessä. Näin ollen on tärkeätä tietää minkälaisia vaurioita se voi taimille aiheuttaa. Kun asiaa ei ole meidän olosuhteissamme aikaisemmin tutkittu, näytti tarpeelliselta järjestää muutamia sitä valaisevia kokeita. Kokeiden avulla toivottiin voitavan antaa oppi- ja käsikirjojen ylimalkaisille kehoituksille varovaisuuden noudattamisesta nykyistä täsmällisempää sisältöä. Tämänkaltaiset kokeet katsottiin aiheellisiksi myös sen vuoksi, että voitaisiin saatujen tulosten valossa paremmin soveltaa muualla saavutettuja tutkimustuloksia (vrt. H e d e m a n - G a d e 1948, W i k s t e n 1950, W a k e l e y 1954) meidän olosuhteisiimme.

Kokeet suoritettiin Keskusmetsäseura Tapion Hämeenlinnan taimitarhassa. Ne pantiin alkuun 15. 5. 1956 ja lopetettiin 9. 10. 1956. Kokeisiin käytettiin 600 kpl 2-vuotisia, koulimattomia, lajiteltuja männyn taimia ja sama määrä 2-vuotisia, koulimattomia, lajiteltuja kuusen taimia. Taimet nostettiin maasta välittömästi ennen kokeen alkua ja lajiteltiin katoksen suojassa. Kummankin puulajin taimet jaettiin kolmeen samansuuruiseen ja -laatuiseen osaan ja järjestettiin niistä seuraavat koesarjat.

Otettiin ensin 200 taimen koe-erä ja sijoitettiin se koriin, jonka pohjalla oli kosteata rahkasammalta. Taimien juuret peitettiin rahkasammalella ja taimia pidettiin ulkosalla puolen tunnin ajan. Tämän jälkeen taimet koulittiin lautakouluista käyttäen koepaikalle. Toinen 200 taimen koe-erä levitettiin mullokselle puolen tunnin ajaksi. Sen jälkeen taimet koulittiin. Kolmannen 200 taimen koe-erän kanssa meneteltiin kuten edellisessäkin tapauksessa, mutta liotettiin taimien juuria vesiastiassa puolen minuutin ajan ennenkuin ne asetettiin alttiiksi kuivumiselle. Koetta varten muokattiin tarpeellinen maa-alue kesantona olleesta alueesta, joka oli vapaa rikkaruohoista. Istutusalue sijaitsi pensasaitojen rajoittaman saran keskellä.

Männyn taimet oli levitetty kuivumaan kello 14.00—14.30 väliseksi ajaksi. Lämpötila oli tällöin välittömästi maanpinnan yläpuolella auringon paistaessa 15°C ja pilvisenä ajankohtana 13°C paljaalla mittarilla mitattuna. Taivaasta oli pilvien peitossa 1/3. Ilman suhteellinen kosteus, joka mitattiin Lambrecht-merkkisellä aspiraatiohygrometrillä, oli välittömästi maanpinnan yläpuolella keskimäärin 57 %. Lämpö- ja kosteusmittausten jatkuva tarkkailua varten oli koepaikalla käynnissä itsemerkitsevä hygrotermografi. Kokeen kestäessä vallitsi puuskainen tuuli, jonka nopeus kokeen aikana oli 7 metriä sekunnissa.

Kuusen taimien koe-erät olivat kuivumassa kello 14.45—15.15 välisen ajan. Tällöin oli lämpötila välittömästi maanpinnan yläpuolella auringon paistaessa 14°C ja taivaan vetäytyessä pilveen 12°C elohopealämpömittareilla mitattuna. Ilman suhteellinen kosteus oli keskimäärin 63 %. Taivaasta oli pilvien peitossa 1/3. Tuulisuhteet olivat samantapaiset kuin männyn taimia koskevassa kokeessa.

Ne sekä männyn että kuusen taimierät, joita ei saatettu kuivumiselle alttiiksi, säilytettiin kaikissa vaiheissa istutuskorissa kostean turpeen suojaamina. Taimien juuret joutuivat ulkoilmalle alttiiksi siis vain lyhyen hetken taimia nostettaessa, lajiteltaessa ja koulittaessa. Kuivumassa olleet taimet valeistutettiin maahan heti, kun puolen tunnin koeaika päättyi. Taimet koulittiin sitten tästä valeistutuksesta välittömästi koepaikalle. Taimet saivat tämän jälkeen kasvaa koko kasvukauden vapaasti koepaikalla. Koetaimia ei kasteltu eikä lannoitettu koko kesän aikana. Rikka-ruohot kitkettiin alueelta varovasti aika ajoittain.

Taimet nostettiin maasta 9. 10. 1956. Nosto pyrittiin suorittamaan siten, että mahdollisuuksien mukaan myös juuristo saataisiin vahingoittumattomana mukaan. Taimien juuret olivat kuitenkin osittain levittäytyneet siinä määrin rivien välialueille ja tunkeutuneet niin syvään, ettei ollut mahdollista saada kaikkia juurensia talteen.

Nostetut taimet pakattiin koesarjoittain muovipusseihin ja kuljetettiin laboratorioon yksityiskohtaisia selvittelyjä varten. Tässä selvittelyssä ryhmiteltiin taimet eläviin ja kuolleisiin. Kustakin elävästä taimesta mitattiin viimeisen latvakasvaimen ja maanpäällisen osan koko pituus. Lisäksi punnittiin erikseen jokaisen koe-erän elävien taimien maanpäällisten ja maanalaisten osien paino. Tätä varten taimet katkaistiin juuren niskan korkeudelta.

Kokeiden tulokset (vrt. taulukko 9) osoittavat, että jos taimien juuret joutuvat olemaan suojaamattomina puolen tunnin ajan, ne kärsivät siitä hyvin merkittävästi. Männyllä tämä käsittely aiheutti sen, että taimista kolme neljännestä kuoli. Lisäksi ne taimet, jotka säilyivät hengissä, kasvoivat huonosti. Juurten lyhytaikainen liotus ennen koetta ei aiheuttanut ainakaan merkittäviä muutoksia näihin tuloksiin.

Taulukko 9. Juurien kuivumisen vaikutus taimien istutuskelpoisuuteen
 Table 9. The effect of drying of roots on the survival and growth of seedlings

Koetaimien käsittely <i>Treatment of seedlings</i>	Taimia kuollut <i>Mortality</i>	Elävät taimet keskimäärin <i>Living seedlings, on the average</i>			
		Pituus <i>Height</i>	Latvakasvain <i>Top shoot</i>	Maanpäälliset osat <i>Shoot</i>	Juuret <i>Root</i>
		cm		g	
Mänty — <i>Pine</i>					
Juuret suojattu — <i>Roots protected</i>	—	14.3 ± 0.27	7.3 ± 0.19	8.62	0.69
Juuret suojaamattomina 0.5 t — <i>Roots unprotected 0.5 hr.</i>	76	12.2 ± 0.37	3.6 ± 0.23	3.16	0.30
Juuret suojaamattomina 0.5 t, liotettu vedessä sitä ennen 0.5 min — <i>Roots first soaked in water 30 sec., then unprotected 0.5 hr.</i> ..	78	11.4 ± 0.39	3.6 ± 0.26	3.51	0.31
Kuusi — <i>Spruce</i>					
Juuret suojattu — <i>Roots protected</i>	4	12.8 ± 0.58	4.3 ± 0.14	1.94	0.33
Juuret suojaamattomina 0.5 t — <i>Roots unprotected 0.5 hr.</i>	66	10.3 ± 0.29	2.1 ± 0.24	1.03	0.14
Juuret suojaamattomina 0.5 t, liotettu vedessä sitä ennen 0.5 min — <i>Roots first soaked in water 30 sec., then unprotected 0.5 hr.</i> ..	53	10.8 ± 0.23	2.4 ± 0.18	1.11	0.14

Kuusen taimista on nähtävissä samansuuntaiset tulokset kuin männyn taimistakin. Kuusen taimien juurien joutuminen kuivumiselle alttiiksi puolen tunnin ajaksi aiheutti sen, että taimista kuoli kaksi kolmannelta, kun sen sijaan suoraan kuolituiusta kuoli vain 4 %. Lisäksi eloon jääneet taimet kasvoivat kituen. Taimien juurien lyhytaikainen huuhtelu ennen koetta näytti aiheuttaneen sen, että taimien kuolleisuus siitä jossakin määrin väheni.

Kokeen perusteella ei voida tehdä varmoja päätelmiä männyn ja kuusen taimien juurien kuivumisherkkyydestä, sillä männyn ja kuusen taimet eivät olleet vertailukelpoisia, koska männyn taimet nostettiin suoraan koskemattomasta taimipenkistä, kuusen taimet sen sijaan taimipenkeistä, jotka oli möyhennetty taimien nostajalla jo joitakin päiviä ennen taimien ottamista kokeeseen.

Saatuja tuloksia on aihetta verrata eräisiin suunnilleen vastaavissa olosuhteissa saavutettuihin. Eri puolilla Ruotsia suorittamiensa kokeiden perusteella on Wiksten (1950) päätenyt siihen, että männyn ja kuusen taimien juuria on hyvin suojattava ja että niitä ei saisi asettaa auringonpaisteen tai ulkoilman kuivattavalle vaikutukselle alttiiksi missään tapauk-

sessä 5—10 min. pitemmäksi ajaksi. Hänen kokeissaan, joiden selostuksista ei valitettavasti selviä tutkimushetkellä vallinnut sää, on 30 min:n pituinen juurien olo kuivumiselle alttiina aiheuttanut taimille samanlaatuisia vaurioita kuin edellä selostetuissa kokeissa. Myös M c K i n o n (1946), joka antaa British Columbiaa varten ohjeita sikäläisten havupuiden taimien kasvatuksesta, esittää, että taimille on kohtalokasta jo se, että niiden juuret joutuvat kuivumiselle alttiiksi noin 5—10 min. ajaksi.

Kun juuret ovat niin herkästi vaurioituvia kuin edellä on käynyt ilmi ja kun ne taimia metsään siirrettäessä monessa vaiheessa voivat joutua ulkoilman kuivattavalle vaikutukselle alttiiksi, on ilmeistä, että tällaista myös tapahtuu ja että monet epäonnistumiset metsänviljelytyössä saattavat aiheutua tästä. Juurien lievä vaurioituminen hidastaa taimien alkukehitystä, vakava vaurioituminen johtaa taimien kuolemiseen. On varsin luultavaa, että taimien usein havaittu ja paljon tutkittu jurominen (vrt. H e i k i n h e i m o 1940 ja 1941; B j ö r k m a n 1953) istutuspaikalla monesti johtuu niistä vaurioista, joita juuret ovat kärsineet taimia istutuspaikalle siirrettäessä.

32. Taimipakkausten lämpötilan muutokset

Taimien kuumenemisvaarasta puhutaan usein käytännössä, kun on kysymys taimien pakkauksesta. Tällaiseen vaaraan viitataan myös käsikirjoissa (vrt. A h o l a 1946, A r n b o r g ja S t e f a n s s o n 1951, W a k e l e y 1954). Tämän vuoksi katsottiin tarpeelliseksi järjestää kokeita, jotta saataisiin selville, tarjoavatko taimipakkaukset mahdollisesti lämpöä kehittäville sienille ja bakteereille tavanomaisissa olosuhteissa sellaisen ympäristön, että kuumentumista tapahtuisi samaan tapaan kuin esimerkiksi tuoreissa heinissä, tai nouseeko taimipakkausten lämpötila muuten taimien elintoiminnan tuloksena.

Kokeet suoritettiin Hämeenlinnan taimitarhassa keväällä 1956 ja Oitissa Mattilan taimitarhalla saman vuoden syksyllä. Näihin kokeisiin käytettiin 25 500 männyn ja 28 250 kuusen tainta eli yhteensä 53 750 tainta. Taimista tehtiin yhteensä 22 koepakkausta, jotka sitten sijoitettiin erilaisiin olosuhteisiin. Pakkausten lämpötilamuutoksia tarkkailtiin 11—16 päivää.

Hämeenlinnan taimitarhassa järjetetyissä kokeissa käytetyt männyn ja kuusen taimet olivat 2 + 0-vuotisia, elinvoimaisia ja hyväkuntoisia taimia, joissa ei ollut havaittavissa mitään erityisiä sairauksia. Taimien latvakasvaimen kasvu ei ollut vielä alkanut, joskin se oli juuri alkamassa päätesilmun turvonneisuudesta päätellen. Noston, lajittelun ja pakkauksen suorittivat taimitarhatöihin tottuneet työntekijät tavanomaisia työtapojaan noudattaen.

Männyn taimien nosto aloitettiin 15. 5. 1956 klo 12. Ennen nostoon ryhtymistä oli taimirivit ajettu irti traktorivetoisella nostolaitteella. Taimet olivat tämän laitteen jäljeltä siinä määrin irti, että lapiota ei juuri tarvinnut käyttää apuna. Nostettaessa taimista karistettiin multa pois. Sen jälkeen ne asetettiin tiiviisti laatikoihin, joiden pohjalle oli pantu kosteata turvetta. Sitä mukaa kuin laatikot täyttyivät ne nostettiin vajaan, jossa niputus tapahtui.

Kuusen taimet oli nostettu jo aamupäivällä ja valeistutettu välittömästi nostopaikalle. Kun kuusen taimien pakkaus aloitettiin klo 13.15, haettiin taimet valeistutuksesta ja pantiin laatikoihin tavalliseen tapaan juuret suojattuina sekä vietiin vajaan niputettaviksi. Kuusen taimet olivat näin ollen ennen niputuksen alkamista noin 3 tuntia valeistutettuina taimitarhassa.

Koska Hämeenlinnan taimitarhalla on tapana niputtaa lähetettävät taimet 50 kappaleen eriin, tehtiin näin myös tässä tutkimuksessa, jotta pakkauksista tulisi rakenteeltaan tavanomaisia. Koepakkauksiin käytettyjä taimia ei lajiteltu lainkaan. Tämä johtui siitä, että haluttiin säästää taimia. Sen sijaan taimien juuret irroitettiin kyllä toisistaan. Nippujen sidontaan käytettiin ohutta narua. Valmiit niput asetettiin tiiviisti laatikoihin. Laatikoiden pohjalla ja sivuilla oli suojana kosteata turvetta. Taimien niputus kesti klo 12—15. Taimet joutuivat siis olemaan ennen pakkausta niputettuina laatikoissa hyvin suojattuna 0—1.5 tuntia.



Kuva 5. Hämeenlinnan taimitarhassa järjestetyissä kokeissa käytetyt pakkaustavat. Edessä vasemmalla paali, oikealla nyytti, takana laatikot. Valok. Paavo Yli-Vakkuri.
 Fig. 5. Methods of packing used in the experiments carried out at the Hämeenlinna nursery. Front/left, the bale: right, the bundle: behind, the boxes. Photo Paavo Yli-Vakkuri.

Pääosa nipuista pakattiin sellaisinaan. Kastelun vaikutuksen selvittämiseksi osa männyn taimista kasteltiin ennen pakkaamista upottamalla niput ylösalaisin juuren niskaa myöten vesisammioon. Taimien juuria ei siis kasteltu. Männyn taimista tehtiin *Hylobius*-tuhojen torjunnan järjestelyä ajatellen myös sellainen koe-erä, jossa neulasto kasteltiin vastavasti 1 %:een DDT-maidokseen. Kokeisiin käytetyt pakkaukset, joiden laatua valaisee kuva 5, valmistettiin seuraavaan tapaan.

N y y t i t. Nyytteihin pakattiin 1 000 männyn tai kuusen tainta. Pakkauksen tekoon käytettiin kaksinkertaista voimapaperia, jossa oli välissä kerros bitumia. Käytetty paperi oli 1.5 m:n levyisissä rullissa. Nyytin tekoon sitä tarvittiin noin 2 m:n pituinen pätkä. Pakkausta tehtäessä (vrt. kuvat 4—5) käännettiin paperi ensin pitkittäissuunnassa kaksinkerroin. Tämän jälkeen levitettiin paperin päälle 2—3 cm:n vahvuudelta kosteata turvetta. Turvekerroksen leveys vastasi taimien juurien keskimääräistä pituutta. Sitten asetettiin taiminiput paperille niin, että juuret tulivat turpeen päälle, pantiin kerros sammalta juurille, taivutettiin paperi juurten puolelta taimien päälle ja käärittiin taimet niitä maata vasten painaen ja polvea apuna käyttäen tiukaksi rullaksi. Näin muodostunut pakkaus sidottiin narulla kiinni kahdesta kohtaa ympäri ja ristiin nyytin alta sekä yläpuolelta, niin että syntyi samalla eräänlainen sanka pakkaukseen.

P a a l i t. Paalipakkauksiin pantiin männyn taimia 3 500 ja kuusen taimia 5 000—5 500. Paalit tehtiin tanskalaismallisella taimien pakkauskoneella (vrt. kuva 3). Pakkausta valmistettaessa pantiin ketjujen päälle paalauslaitteeseen ensin 50 cm:n levyinen suikale kaksinkerroin taitettua, edellisessä pakkaustavassa mainittua paperia. Paperin alle oli tätä ennen asetettu tukirimoja, jotka olivat paperin leveyden mittaisia. Näitä tukirimoja oli 5 kpl. Tämän jälkeen pantiin paperin keskikohtalle, johon taimien juuret tulivat, kosteata turvetta 3—5 cm:n vahvuudelta. Tämän päälle ladottiin sitten taiminiput, niin että niiden juuret tulivat vastakkain. Taimikasan kasvaessa lisättiin turvetta niin paljon, että paperin ja juurten väliin tuli kauttaaltaan 3—5 cm:n turvekerros. Tämän jälkeen paperin päät käännettiin taimien yli, asetettiin tarvittavat tukirimat paikoilleen ja kiristettiin nippu kokoon sekä sidottiin kolmesta kohtaa rautalangalla. Tehdyissä pakkauksissa ei pantu turvetta eri taiminippujen juurten väliin.

L a a t i k o t. Tätä tavanomaista pakkaustapaa käytettäessä pantiin laatikon pohjalle kosteata turvetta 3—5 cm:n vahvuudelta. Laatikon täyttäminen aloitettiin jostakin laidasta, josta lähtien laatikko täytettiin panemalla laatikon reunoille kosteata turvetta. Laatikot, joihin pantiin männyn taimia, olivat suuruudeltaan $70 \times 40 \times 20$ cm. Tällaisiin laatikkoihin mahtui 6 250 männyn tainta. Kuusen taimien laatikkopakkauksissa käytettiin taimien säästämiseksi tavallista pienempiä laatikoita, joiden suuruus oli $38 \times 38 \times 25$ ja $40 \times 40 \times 20$ cm. Edelliseen mahtui kuusen taimia 5 000, jälkimmäiseen 6 250.

Kun kaikki pakkaukset olivat valmiina, nostettiin ne taimitarhan laidassa kuusiaidan vieressä olevaan lautarakenteiseen kojuun. Peittämällä oviaukko pahvilevyillä ja asettamalla niitä myöskin seinän viereen, saatiin koju sellaiseksi, että pakkaukset olivat suoranaiselta auringon paisteelta suojattuina. Katto oli siksi ehjä, että se suojausi pakkauksia sateelta. Koska

koju oli maapohjainen, asetettiin pakkausten alle lautoja niin, että pakkaukset olivat selvästi maasta irti. Taimet olivat nyyteissä ja laatikoissa pystyasennossa ja paaleissa makaavassa asennossa. Kojun laatua ja pakkausten sijoitusta kojussa valaisevat lähemmin kuvat 6 ja 7.



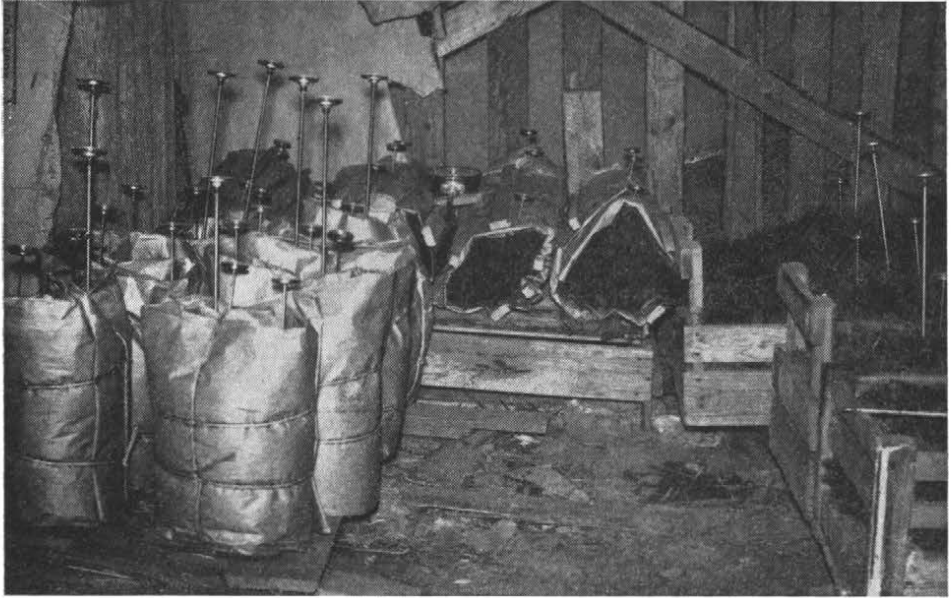
Kuva 6. Vaja, jossa taimipakkauksia säilytettiin Hämeenlinnan taimitarhassa järjestetyissä kokeissa. Valok. Paavo Yli-Vakkuri.

Fig. 6. Shed in which the plant packages were kept during the experiments organised at the Hämeenlinna nursery. Photo Paavo Yli-Vakkuri.

Kun pakkaukset oli saatu paikoilleen, sijoitettiin niihin kiinteästi lämpömittarit (vrt. kuva 7). Jokaiseen nyyttiin pantiin kolme lämpömittaria. Näistä yksi oli sijoitettu siten, että sen herkkä osa oli latvusten sisällä, uloimmassa kiertessä, yksi siten, että mittarin herkkä osa oli vastaavasti asetettuna sisempään kierteseen ja yksi siten, että mittarin herkkä osa oli juurten tasolla sisimmässä kiertessä.

Paaleissa mittareista kaksi pantiin latvusten tasolle pakkauksen päihin, yksi juurten tasolle. Mittarien herkät osat työnnettiin paalin keskusta. Jokaiseen pakkaukseen tuli näin ollen kolme lämpömittaria.

Laatikoissa toinen mittareista sijoitettiin laatikon keskelle, niin että sen herkkä osa oli taimien latvusten sisällä, toinen pantiin vastaavasti



Kuva 7. Koepakkaukset lämpömittareineen vajassa Hämeenlinnan taimitarhassa. Valok. Ero Renko.

Fig. 7. Experimental packages with their thermometers in the shed at the Hämeenlinna nursery. Photo Ero Renko.

juurten tasolle. Pariin laatikkoon työnnettiin lämpömittari lisäksi taimien latvustoon 5 cm:n päähän laatikon reunasta.

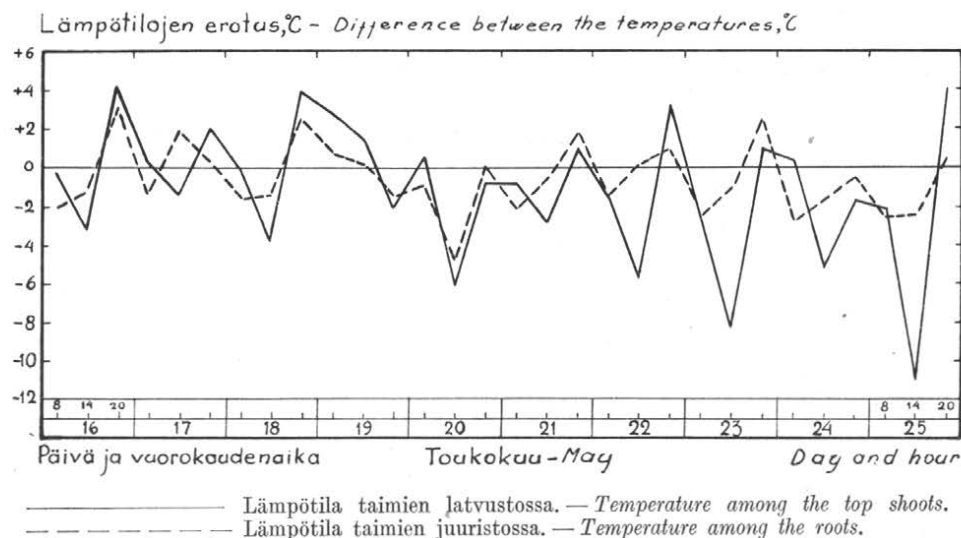
Kojussa vallitsevaa lämpötilaa seurattiin kolmella lämpömittarilla, jotka oli sijoitettu välittömästi pakkausten yläpuolelle. Lisäksi oli kojussa hygrotermografi ja Lambrecht'in kosteusmittari. Mittarien lukemat merkittiin muistiin kolme kertaa vuorokaudessa, nimittäin klo 8.00, 14.00 ja 20.00.

Keväällä saatujen tulosten tarkistamiseksi suoritettiin jatkokokeita Mattilan taimitarhassa Oitissa syksyllä 1956. Nämä kokeet alkoivat 21. 9. 1956 ja päättyivät 1. 10. 1956. Kokeisiin käytettiin 3 + 0 vuotisia kuusen taimia. Kokeiltavina olivat nytytti- ja paalipakkaukset. Nytytti-pakkauksiin pantiin 500 tainta ja paalipakkauksiin 1 000 tainta. Pakkausten teossa ja kokeiden muussa järjestelyssä noudatettiin samoja tapoja kuin Hämeenlinnan kokeissa. Vain paalipakkauksissa esiintyi sellainen ero, että turvetta sijoitettiin taiminippujen juurille myöskin pakkauksen sisään eikä vain pitkin seinämää kuten Hämeenlinnan taimitarhassa. Pakkauksista muodostettiin kolme koesarjaa, joihin kuhunkin kuului nytytti- ja paalipakkaus. Yhtä koe-erää säilytettiin ulkona, toista lautavajassa ja kolmatta sisällä huonelämmössä. Kaikki pakkaukset asetettiin niin, että

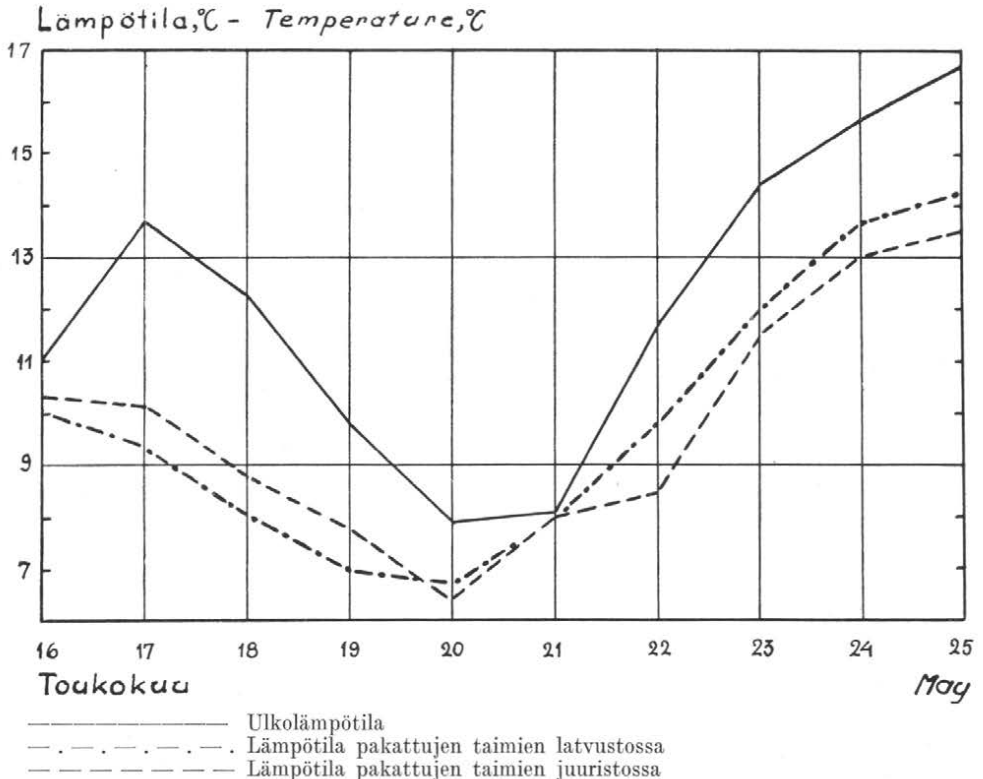
taimet olivat makaavassa asennossa. Kuhunkin pakkaukseen sijoitettiin kaksi lämpömittaria juuren niskan korkeudelle keskelle pakkausta. Havainnot tehtiin samaan tapaan kuin Hämeenlinnan taimitarhassa kolme kertaa vuorokaudessa.

Kuva 9a valaisee Hämeenlinnan taimitarhan kokeissa mukana olleiden 16 pakkauksen keskimääräisiä lämpötilamuutoksia koeaikana. Sen perusteella voidaan todeta, että päivälämpötila oli pakkauksissa keskimäärin alhaisempi kuin ulkolämpötila. Lämpötila säilyi pakkausten sisällä ulkolämpötilaa alhaisempana sekä juuriston että latvuston korkeudella. Tällaisia tuloksia antoi koe, joka kesti 11 vuorokautta. Muutamien pakkausten osalta jatkettiin koetta niin, että pakkaukset tulivat olleeksi tarkkailun alaisina yhteensä 16 vuorokautta. Tämä lisäaika ei aiheuttanut muutosta kokeen tulokseen.

Vuorokauden keskilämpötilojen kehityksen tarkastelu (vrt. kuva 9b) osoittaa, että lämpötila on pakkausten sisällä ulkolämpötilaa korkeampi lämpökäyrän laskiessa ja alempi lämpökäyrän noustessa. Tämä johtuu siitä, että lämpötila pakkausten sisällä noudattaa hidastellen ulkolämpötilan muutoksia. Mainitut muutokset tapahtuvat juuriston korkeudella hitaammin kuin latvuston korkeudella. Tämä tulee esiin erityisen selvästi tarkasteltaessa lämpötiloja eri vuorokaudenaikoina (vrt. kuva 8). Lisäkokeet, jotka järjestettiin Mattilan taimitarhassa Oitissa syksyllä 1956 ja joista on päivittäiset mittaustulokset 22.—30. 9. väliseltä ajalta, antoivat



Kuva 8. Kuusen taimien nuyttipakkauksessa vallinneiden lämpötilojen ja ulkolämpötilan, joka on merkitty nollassi, väliset erot vuorokauden eri ajankohtina Hämeenlinnan taimitarhassa. Fig. 8. The differences between the temperatures of the bundle packages of spruce seedlings and the outdoor temperature, denoted by 0, at different times of the day in the Hämeenlinna nursery.

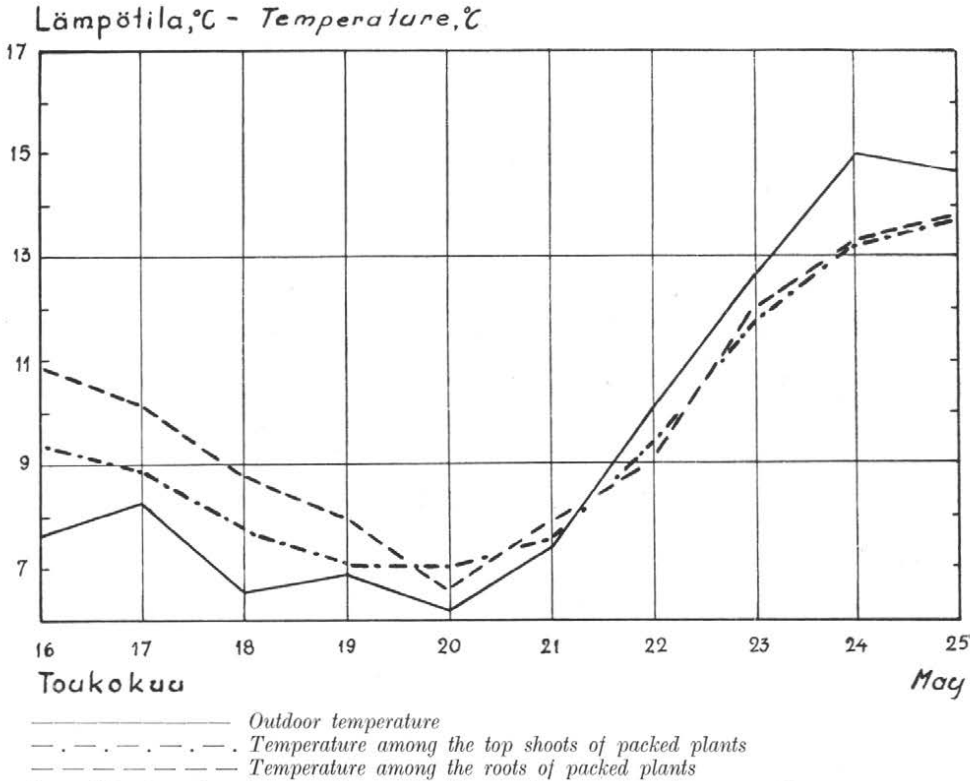


Kuva 9 a. Päivittäiset keskilämpötilat Hämeenlinnan taimitarhan koepakkausten mukaan.
 Fig. 9 a. Daily mean temperatures from the experimental packages of the Hämeenlinna nursery.

saman laatuista tuloksia, kuten alempana oleva asetelmä osoittaa. Merkille pantavaa on, että kuumenemistä ei tapahtunut niissäkään pakkauksissa, joita säilytettiin huonelämmössä. Ulkona säilytettyjen pakkausten keskimääräisen vuorokautisen lämpötilan eroavuus ulkolämpötilasta johtuu parista kylmästä yöstä, joiden lämpötiloihin päivällä auringossa olleet pakkaukset eivät ehtineet mukautua.

Päivän keskimääräinen lämpötila, °C	Pakkausten säilytyspaikka		
	Ulkona	Vajassa	Huoneessa
Pakkausten ulkopuolella	8.8	8.7	18.2
Pakkausten sisällä	8.8	8.5	18.4
Vuorokauden keskimääräinen lämpötila, °C			
Pakkausten ulkopuolella	5.6	8.2	18.1
Pakkausten sisällä	8.5	8.6	18.8

Lämpötilojen kehitys eri pakkauksissa oli hyvin yhdenmukainen. Mitään merkittäviä eroja ei voitu todeta eri pakkaustapojen kesken. Lämpötilan keskimääräinen kehitys pakkauksissa oli myöskin riippumaton siitä, oliko pakkaus tehty kuusen vai männyn taimista. Merkittävää poikkeavuutta



Kuva 9 b. Vuorokautiset keskilämpötilat Hämeenlinnan taimitarhan koepakkausten mukaan.
Fig. 9 b. Diurnal mean temperatures from the experimental packages of the Hämeenlinna nursery.

yleisestä lämpötilan kehityksestä eivät osoittaneet myöskään ne taimet, joiden latvukset oli kasteltu vedellä tai DDT-maidoksella, kuten seuraava asetelma osoittaa.

	Päivälämpötila keskimäärin, °C	Keskimääräinen vuorokausi- lämpötila, °C
Kastelemattomat	9.9	9.6
Vedellä kastellut	10.7	9.9
DDT-maidoksella kastellut	10.4	10.1

Suoritettut kokeet viittaavat siihen, että taimet eivät pakkauksissa helposti kuumene, kuten yleisesti otaksutaan, vaan että taimipakkausten lämpötila riippuu kiinteästi ulkoilman lämpötilasta. Pakkauksen sisäisen lämpötilan hidas mukautuminen ulkolämpötilan muutoksiin saattaa aiheuttaa sen, että pakkaus voi joissakin olosuhteissa tuntua kuumalta. Tämä saattaa olla eräs syy siihen väitteeseen, että pakkaukset helposti kuumenevat. Tässä yhteydessä on syytä mainita, että Mattilan taimitarhalla järjestettyjen kokeiden selostuksissa on merkintä, että eräät pakkaukset olivat kuumenneet. Tämä merkintä oli tehty pakkauksia purettaessa tietämättä

lämpötilan mittauksien antamista tuloksista. Mittaustulokset kuitenkin osoittivat, että mitään tällaista kuumenemistä ei ollut tapahtunut. Pakkaukset, joita oli säilytetty huonelämmössä, tuntuivat vain kuumilta, kun niitä purettiin viileässä vajassa.

Tässä yhdeydessä lienee vielä syytä korostaa, että pakkaukset edellä selostetuissa kokeissa olivat aina pienissä erissä hyvin tuuletetuissa tiloissa. Taimien elintoiminnan yhteydessä kehittyvä lämpö ei siis päässyt kohottamaan ympäristön lämpötilaa. Missä määrin tällaista lämpenemistä yleensä tapahtuu, jos suuria taimimääriä kuljetuksen tai varastoinnin aikana joudutaan sulkemaan pieneen tilaan, olisi erikseen selvitettävä.

33. Istutuskelpoisuuden säilyminen erilaisissa pakkauksissa

Kokeet suoritettiin Hämeenlinnan taimitarhassa keväällä 1956. Koeaineistona käytettiin taimia niistä pakkauksista, joista oli tehty lämpötilahavainnot. Pakkauksia purettaessa 26. 5. ja 31. 5. otettiin niistä 200 tainta käsittäviä, edustavia näytteitä ja kouluttiin ne samaan tapaan kuin taimien juurien kuivumisherkkyyttä selvitettäessä (vrt. s. 31). Ennen näytteen ottoa taimet lajiteltiin pituutta perusteena käyttäen tavalliseen tapaan, koska taimet olivat alun perin lajittelemattomia. Koe-eriä otettaessa yhdistettiin kaksi männyn laatikkopakkausta, samoin kaksi kuusen laatikkopakkausta. Pakkauksia purettaessa tehtiin myös silmämääräisiä havaintoja taimien yleisestä kunnosta. Lisäksi otettiin pakkauksista 10—20 taimen näytteitä, joista selvitettiin taimien elävien juurien kärkien määrä.

Istutuskelpoisuuden säilymistä koskevien kokeiden tulokset ilmenevät taulukosta 10. Sen perusteella voidaan tehdä monia päätelmiä. Jo taimien kuolleisuuden tarkastelu osoittaa, että heti istutetut taimet ovat menestyneet paremmin kuin pakkauksissa olleet. Vertaamalla pakkauksissa olleiden, eloon jääneiden taimien kasvutuloksia suoraan istutettujen taimien kasvutuloksiin tämä käsitys varmistuu. Havainnollisesti tämä asia ilmenee seuraavasta männyn taimia koskevasta asetelmasta. Vertailu kuusen taimien osalta on jätetty tässä pois sen vuoksi, että heti istutettu taimierä ei ole, hieman eri paikasta otettuna, täysin vertailukelpoinen pakkauksissa olleiden taimien kanssa. Tuloksiensa puolesta vertailu tosin suuressa määrin yhtyisi männyn taimien antamaan kuvaan.

Pakkauksen n:o	Taimia kuollut	Pituus Heti istutettujen taimien	Latva- kasvain	Maan- päälliset osat	Maan- alaiset osat
				vastaavista	arvoista, %
1	—	85	81	64	71
9 + 10	3.0	80	68	49	58
15	3.5	81	66	46	43
2	5.5	75	64	47	55
16	19.5	80	58	43	46

Taulukko 10. Eri tavalla käsiteltyjen taimien istutustulokset
 Table 10. Effect of various treatments on the survival and growth of seedlings

Pakkauksen n:o Package no.	Pakkaus- tapa Packing method	Taimia kuollut Mortality %	Elävät taimet keskimäärin Living seedlings, on the average			
			Pituus Height	Latva- kasvain Top shoot	Maanpääl- liset osat Shoot	Juuret Roots
Männyn taimet — Pine seedlings						
Istutettu heti — Planted immediately						
		—	14.3 ± 0.27	7.3 ± 0.19	8.62	0.69
Pakattuina 11 vrk — 11 days in packages						
Ilman erikoiskäsittelyä — Without special treatment						
1	A ¹⁾	—	12.2 ± 0.21	5.9 ± 0.15	5.49	0.49
15	B ²⁾	3.5	11.6 ± 0.20	4.8 ± 0.13	3.98	0.30
9+10	C ³⁾	3.0	11.5 ± 0.18	5.0 ± 0.15	4.19	0.40
Latvukset kasteltu vedellä — Shoots soaked in water before packing						
3+ 4	A	1.5	11.5 ± 0.20	5.0 ± 0.16	4.21	0.33
Latvukset kasteltu DDT-maidoksella Shoots soaked in DDT suspension before packing						
5+ 6	A	1.5	11.9 ± 0.19	5.3 ± 0.14	4.08	0.33
Juuret 0.5 t vedessä — Roots 0.5 hr. in water before planting						
9+10	C	2.5	11.2 ± 0.20	5.0 ± 0.14	4.13	0.32
Pakattuina 16 vrk — 16 days in packages						
Ilman erikoiskäsittelyä — Without special treatment						
2	A	5.5	10.7 ± 0.18	4.7 ± 0.15	4.06	0.38
16	B	19.5	11.4 ± 0.27	4.2 ± 0.18	3.67	0.32
Juuret 0.5 t vedessä — Roots 0.5 hr. in water before planting						
2	A	2.5	10.3 ± 0.18	4.2 ± 0.14	3.51	0.34
16	B	5.5	11.0 ± 0.21	4.6 ± 0.15	3.71	0.36
Juuret 0.5 t ravintoliuoksessa — Roots 0.5 hr. in nutrient solution before planting						
2	A	9.0	10.2 ± 0.18	3.8 ± 0.13	3.32	0.36
16	B	2.5	11.8 ± 0.19	5.3 ± 0.14	4.30	0.37
Kuusen taimet — Spruce seedlings						
Istutettu heti — Planted immediately						
		(4)	(12.8 ± 0.58)	(4.3 ± 0.14)	(1.94)	(0.33)
Pakattuina 11 vrk — 11 days in packages						
Ilman erikoiskäsittelyä — Without special treatment						
8	A	17.0	12.3 ± 0.21	3.7 ± 0.14	1.23	0.21
14	B	42.0	11.6 ± 0.20	2.9 ± 0.15	1.07	0.33
11+12	C	60.0	11.5 ± 0.32	2.9 ± 0.23	1.00	0.15

¹⁾ A = Nyytti Bundle, open above. See Fig. 5

²⁾ B = Paali Bale, open at both ends. See Fig. 5

³⁾ C = Laatikko Wooden box. See Fig. 5

Taulukko 10 jatk.

Table 10 cont.

Pakkauksen n:o Package no.	Pakkaus- tapa Packing method	Taimia kuollut Mortality %	Elävät taimet keskimäärin <i>Living seedlings, on the average</i>			
			Pituus Height	Latva- kasvain Top shoot	Maanpääl- liset osat Shoot	Juuret Roots
			cm		g	
11+12	C	Juuret 0.5 t vedessä — <i>Roots 0.5 hr. in water before planting</i> 52.0	10.9 ± 0.23	2.4 ± 0.18	1.04	0.15
		Pakattuina 16 vrk — <i>16 days in packages</i> Ilman erikoiskäsittelyä — <i>Without special treatment</i>				
7	A	13.0	12.8 ± 0.20	4.3 ± 0.17	1.58	0.24
13	B	48.0	12.4 ± 0.30	3.2 ± 0.19	1.37	0.20
7	A	Juuret 0.5 t vedessä — <i>Roots 0.5 hr. in water before planting</i> 7.5	13.8 ± 0.20	5.3 ± 0.14	1.83	0.28
13	B	26.5	12.7 ± 0.22	4.1 ± 0.16	1.45	0.19
7	A	Juuret 0.5 t ravintoliuoksessa — <i>Roots 0.5 hr. in nutrient solution before planting</i> 4.5	13.3 ± 0.18	4.9 ± 0.13	1.68	0.23
13	B	25.0	12.6 ± 0.22	3.9 ± 0.15	1.52	0.22

Heikentynyt kasvu ilmenee taimien ja niiden latvakasvainten pituudessa sekä maanpäällisten osien ja juurien painoissa. Erityisesti voidaan panna merkille, että sellaisten taimierien, joista on kuollut runsaasti taimia, kasvitulos on ollut eloon jääneidenkin taimien osalta heikko. Pakattujen taimien huono kasvitulos ei tietenkään aiheudu yksinomaan pakkauksista, sillä taimet ovat niissä mahdollisesti saamiensa vaurioiden lisäksi menettäneet kasvuaikaa. Voidaan myöskin väittää, että sääolosuhteet eri koulutusajankohtina ja välittömästi niiden jälkeen ovat olleet erilaiset ja että tämä on vaikuttanut tuloksiin.

Asiaa puulajeittain tarkasteltaessa voidaan panna merkille, että pakkauksissa olleiden kuusen taimien kuolleisuus on ollut huomattavasti suurempi kuin männyn taimien kuolleisuus, joka 11, osittain 16 vuorokaudenkin pituisen varastoimisen jälkeen on pysynyt varsin alhaisena. Tämän ei tarvitse kuvata asian todellista luonnetta, sillä kuusen ja männyn taimierät eivät olleet vertailukelpoisia. Kuusen taimet oli näet nostettu ja valeistutettu taimitarhaan jo ennenkuin kokeita siellä ryhdyttiin järjestämään ja tästä nosto- ja valeistutusvaiheesta ei ole muuta tietoa olemassa kuin, että se tapahtui muutamia tunteja ennen männyn taimien nostoa. Kokeissa käytetyille kuusen taimille on jo 11 vuorokauden varastoimis-aika joka tapauksessa merkinnyt kaikissa pakkauksissa taimien varsin huomattavaa heikentymistä, joka ilmenee selvästi suurena kuolleisuutena.

Eri taimierien kuolleisuuden ja osittain myös eloon jääneiden taimien kasvutulosten perusteella voidaan päätellä, että taimet ovat säilyneet parhaiten nyyttipakkauksissa. Erityisesti pitkäaikaisessa varastoinnissa näyttää nyytin edullisuus paaleihinkin nähden tulevan esille. Paali- ja laatikkopakkausten välistä paremmuusjärjestyistä ei kertyneen aineiston perusteella voida ratkaista. Arvosteltaessa saatujen tulosten perusteella yleisemmin eri pakkaustapoja, täytyy ottaa huomioon, miten pakkaukset näissä kokeissa oli tehty (vrt. sivu 36). Selvää on, että voidaan saada toisenlaisiakin tuloksia, jos pakkaukset tehdään toisella tavalla. Tulokset ovat siis päteviä vain kokeessa käytetyistä pakkausten tekotavoista puheen ollen. Ilmeistä on, että taimien säilyminen olisi paaleissa ja laatikoissa ollut varmempaa, jos kosteata turvetta niissä olisi pantu myös yksittäisten taiminippujen juurten ympärille. Taimet, joiden latvukset oli ennen pakkausta kasteltu vedessä tai DDT-maidoksessa, olivat kärsineet pakkauksessa olosta vain hieman enemmän kuin näin käsittelemättömät taimet.

Kun pakkauksia ennen koulitusta purettiin, tehtiin taimien kunnosta silmävaraisia havaintoja. Kun nämä havainnot yhdistettiin, voitiin todeta, että taimien kuolleisuus oli suurin näyte-erissä, jotka oli otettu pakkauksista, joissa jo silmävaraisesti voitiin todeta kuivumisen merkkejä ja pienin sellaisissa, joissa taimet näyttivät olevan hyvässä kunnossa. Tämä havainto vahvistaa sitä käsitystä, että edellä selostettuun pakkauksissa olleiden taimien heikkoon viihtymiseen ovat syynä olleet nimenomaan ne vauriot, joita taimet ovat pakkauksissa saaneet.

Jotta tällaiselle taimien istutuskelpoisuuden arvostelulle saataisiin luotettavaa pohjaa, otettiin eri pakkauksista 10—20 näytettä, joista luettiin elävien juurien kärkien määrä, kuten aiemmin on mainittu. Yhdistämällä nämä havainnot saadaan seuraavan asetelman mukainen tulos.

	Eläviä juuren kärkiä ennen koulitusta keskimäärin taimella, kpl	Tutkittuja taimia, kpl
Männyn taimet		
Koulittujen taimien kuolleisuus, %		
0—1.5	34	30
3.0—5.5	16	60
19.5	5	20
Kuusen taimet		
Koulittujen taimien kuolleisuus, %		
13.0—17.0	20	20
42.0—60.0	4	60

Koulittujen taimien kuolleisuuden ja taimissa koulittaessa esiintyneiden elävien juuren kärkien välillä näyttää siis olevan selvä riippuvuus siten,

että mitä niukemmin kysymyksessä olevan taimierän taimien juurissa on esiintynyt eläviä juuren kärkiä, sitä suuremmaksi on noussut taimien kuolleisuus. Taimien istutuskelpoisuutta arvosteltaessa voidaan näin ollen kiinnittää huomiota taimien elävien juuren kärkien määrään. Edellä esitetyn perusteella voidaan myös korostaa sitä, että taimien nosto on toimitettava huolellisesti, jotta taimilla olisi alun perin runsaasti tallella juuren kärkiä.

34. Varastoimisesta kärsineiden taimien istutuskelpoisuuden parantaminen

Kokeet suoritettiin Hämeenlinnan taimitarhassa keväällä 1956. Koeaineistona käytettiin taimia niistä pakkauksista, joista oli tehty lämpötilahavaintoja. Pakkauksista otettiin näyte-erät samaan tapaan kuin edellä sivulla 42 on selostettu. Koe-eriä käsiteltiin ennen koulitusta siten, että taimien juuret asetettiin puoleksi tunniksi joko veteen tai ravintoliuokseen. Liuoksessa oli Knopin ravintoliuoksen edellyttämät määrät ravinteita (myös hivenaineita: B, Mn, Cu ja Zn). Koe-erät otettiin ja koulittiin samanaikaisesti kuin sivulla 42 mainitut koe-erät. Kokeiden tuloksia valaisee seuraava asetelma.

Puulaji	Kasteluaine	Kuolleisuus ilman kastelua, %	Kuolleisuuden väheneminen kastelun vuoksi, %
Mänty	Vesi	3.0	0.5
»	»	5.5	3.0
»	Ravintoliuos	5.5	—3.5
Kuusi	Vesi	13.0	5.5
»	Ravintoliuos	13.0	8.5
Mänty	Vesi	19.5	14.0
»	Ravintoliuos	19.5	17.0
Kuusi	Vesi	48.0	21.5
»	Ravintoliuos	48.0	23.0
»	Vesi	60.0	8.0

Saavutetut tulokset näyttävät viittaavan siihen, että kastelu vedellä tai ravintoliuoksella parantaa sellaisten taimien istutuskelpoisuutta, jotka ovat melkoisesti kärsineet pakkauksessa olost. Pakkauksissa hyvin säilyneisiin taimiin ei kastelulla ole samaa vaikutusta. Kastelulla ja ravintoliuoksella ei sen sijaan tietenkään voida pahoin vaurioituneita taimia enää auttaa. Kastelun ja ravintoliuoksen vaikutus ilmeni pakkauksissa kärsineissä taimissa myös siten, että elonjääneiden taimien kasvutulos oli yleensä jossain määrin parempi kuin käsittelemättömien taimierien kasvutulos.

Saatu tulos, joka sinänsä vastaa sitä jokapäiväistä kokemusta, että kasvit virkistyvät, kun niitä kastellaan, on tässä yhteydessä huomion arvoinen sen vuoksi, että käytännössä on yleisesti vältetty taimien juurien asettamista suoraan veteen, koska on katsottu, että niistä näin menetellen häviävät juuria suojaavat hienot maahiukkaset ja että juuret sen vuoksi ulkoilman vaikutuksesta herkästi vaurioituvat. Kun niissä kokeissa, joissa selvitettiin taimien juurien kuivumisherkkyyttä (vrt. s. 33), lisäksi todettiin, että kastellut juuret, jos ne ovat kastelusta vielä märät, eivät vioitu sen herkemmin kuin kastelemattomakaan, tuntuisi olevan aihetta epäillä edellä mainittua ohjetta, mikäli on kysymyksessä puheena olevan laatuinen kastelu välittömästi ennen istutusta.

35. Taimipakkausten painon muutokset varastoinnin ja kuljetuksen aikana

Järjestettäessä taimien pakkausta koskevia kokeita Hämeenlinnan taimitarhassa keväällä 1956 punnittiin siellä muutamia taimipakkauksia ennen kokeen alkua ja sen päätyttyä. Näin saatiin selville pakkausten bruttopainon muutokset kokeen aikana. Mattilan taimitarhassa syksyllä 1956 suoritetuissa kokeissa seurattiin erikseen taimipakkausten bruttopainon ja taimien painon muutoksia. Lisäksi tehtiin autokuljetusta koskeva koe. Tätä koetta varten valmistettiin nyytti- ja paalipakkaus. Pakkaukset sijoitettiin Helsinkiin menevän linja-auton katolle. Molemmat pakkaukset olivat auton pituussuunnassa, nyytin taimien latvukset menosuuntaan. Taimet lähetettiin Mattilan taimitarhalla 22. 9. 1956 klo 9.10 ja ne palautettiin 22. 9. klo 18.00. Kuljetusmatkaa kertyi taimille kaikkiaan 180 km. Kuljetuksen aikana vallitsi kirkas aurinkoinen sää. Lämpötila oli edellisenä päivänä 6.5°C ja jälkimmäisenä 4.9°C ja ilman suhteellinen kosteus vastaavasti 61 % ja 70 % sekä tuuli 3 ja 2 m/sek. Pakkausten painon muutokset eri kokeissa selviävät seuraavasta asetelmasta.

Kokeet vajassa Hämeenlinnan taimitarhassa

Pakkaustapa	Varastoimis- aika, vrk	Koko pakkauk- sen painon vähennys alkupainosta, %	Pakkauksia, kpl
Männyn taimet			
Nyytti	11	2	7
Paali	11	4	2
Kuusen taimet			
Nyytti	11	2	2
Paali	11	3	2
Nyytti	16	8	1
Paali	16	5	1

Kokeet kuusen taimilla Mattilan taimitarhassa

Pakkaustapa, säilytyspaikka ja -aika	Koko pakkausk- sen painon vähennys alkupainosta, %	Taimien painon vähennys alkupainosta, %
Nyytti linja-auton katolla 9 t	3	—
Paali »	6	2
Nyytti ulkona 11 vrk	6	—
Paali »	3	—
Nyytti vajassa 11 vrk	5	8
Paali »	9	1
Nyytti huoneenlämmössä 11 vrk	10	4
Paali »	16	6

Asetelman perusteella voidaan todeta, että pakkausten paino vähenee sitä nopeammin mitä lämpimämmässä taimia säilytetään ja että tämä keventyminen ainakin aluksi merkitsee ennen kaikkea pakkausaineena käytetyn turpeen kuivumista, sillä pakkausten bruttopaino näyttää keventyneen yleensä enemmän kuin taimien paino. Autokuljetuskoe osoittaa, että taimipakkaukset linja-auton katolla voivat joutua vaaralle alttiiksi sen vuoksi, että haihtuminen niistä lyhyen ajan kuluessa muodostuu suureksi.

4. Tulosten yhdistelmä

Kun tarkastellaan sitä tutkimustyötä, joka on kohdistunut istuttaen tapahtuvaan metsänviljelyyn, havaitaan, että tieteellinen mielenkiinto on suuntautunut sikäli epätasaisesti tähän kysymykseen, että on olemassa runsaasti selvityksiä taimien kasvatuksesta taimitarhassa ja taimien istutuksesta maastoon, mutta sen sijaan suhteellisen niukasti tietoja mainittujen vaiheiden välille jäävästä taimien pakkauksesta ja kuljetuksesta. Kuitenkin taimet nimenomaan tässä vaiheessa maasta irti olevina ovat alttiita monenlaisille vaurioille. Käytännöstä myös tiedetään, että tällaisia vaurioita sattuu ja että ne lisäävät epäonnistuneiden metsänviljelyksien määrää ja näin aiheuttavat harmia ja kustannuksia. Jotta taimille varastoimis- ja kuljetusvaiheessa sattuneet vauriot voitaisiin välttää, on tästä vaiheesta saatava tarkkoja tietoja. Kun taimituotanto meillä on, metsänviljelytyön suuresti lisääntyessä, laajentunut, on tähän aivan erityisesti aihetta.

Käsillä olevaa tutkimusta suunniteltaessa kävi selväksi, että otteen saamiseksi kysymysryhmään on ensinnä selvitettävä minkälaiset ovat ne vaiheet, jotka taimet läpikäyvät sinä aikana, kun ne siirretään taimitarhalta istutuspaikalle metsään. Menetelmä, joka asian selvittämiseksi kehitettiin, on osoittautunut käyttökelpoiseksi. Sen avulla on taimien vaiheista taimitarhalta istutuspaikalle saatu esiin monia mielenkiintoisia seikkoja. Tämän aihepiirin eräänlaisen peruskartoituksen ohella suoritettiin runsaasti yksityiskohtia valaisevia kokeellisia tutkimuksia. Asian käsittelemiseksi saatiin näin kokoon monipuolinen aineisto. Tutkimuksen päätulokset ovat seuraavat.

1. Taimet on tutkituilta keskustaimitarhoilta toimitettu noston jälkeen kuljetukseen yleensä nopeasti eli keskimäärin kahden vuorokauden kuluessa.
2. Eri tavoin valmistetut paperipäällysteiset pakkaukset ovat taimien kuljetuksessa syrjäyttäneet ennen käytetyt puulaatikot.
3. Taimien kaukokuljetuksessa on auto ollut yleisin kuljetusväline. Toisella tilalla on ollut pelkkä rautatiekuljetus. Yhdistettyä auto- rautatie- tai rautatie-autokuljetusta on käytetty niukasti.

4. Pääosa taimitarhoista lähetetyistä taimista on saapunut vastaanottajille jo ensimmäisen vuorokauden kuluessa. Keskimäärin on kaukokuljetus kestänyt vuorokauden. Pakkaukset ja taimet ovat kaukokuljetuksen jälkeen yleensä olleet moitteettomassa kunnossa.
5. Taimien vastaanottajina ovat olleet pääasiallisesti metsäammattimiehet, vaikka käyttäjinä ovatkin jokseenkin yksinomaan olleet yksityiset metsänomistajat. Merkittävä osa taimista on kuljetettu istutuspaikoille metsäammattimiesten autoissa tai muissa kulkuvälineissä. Noin 50 % taimipakkauksista on jouduttu jossakin vaiheessa kantamaan. Keskimäärin on koko lähikuljetusmatka ollut 8 km.
6. Vastaanottajien luona taimet ovat olleet keskimäärin neljä vuorokautta, eli 57 % siitä ajasta, jonka taimet ovat olleet irti maasta noston ja istutuksen välillä. Nopean istutuksen ohella esiintyy huolestuttavan pitkiäkin varastoimisaikoja.
7. Yleensä on taimia vastaanottajan huostassa säilytetty kellareissa tai liitereissä tai sitten ne on viety istutuspaikalle tai muualle valeistutukseen. Istutuspaikalla ovat taimet loppujen lopuksi kuitenkin olleet yleisimmin alkuperäisissä pakkauksissaan.
8. Kaikki taimet on kuukauden sisällä nostosta istutettu, pääosa niistä kahden viikon sisällä. Keskimäärin ovat taimet olleet irti maasta noston ja istutuksen välillä viikon.
9. Männyn ja kuusen taimista, joiden juuret saatettiin ennen istutusta puoleksi tunniksi alttiiksi ulkoilman suoranaistulle vaikutukselle, kuoli yhden kasvukauden kuluessa pääosa ja eloon jääneet kasvoivat heikosti.
10. Lukuisat mittaukset taimipakkausten lämpötilasta osoittivat, että pakkausten sisäinen lämpötila noudattaa hidastellen ulkolämpötilan muutoksia. Taimipakkausten omaehtoista kuumenemistä ei havaittu säilytettäessä pakkauksia 11—16 vuorokautta ulkosalla, vajassa ja huonelämmössä. Eräät vajassa säilytetyt pakkaukset oli tehty taimista, joiden latvukset oli kasteltu ennen pakkaamista vedellä tai DDT-maidoksella.
11. Männyn taimet, joita pidettiin erilaisissa pakkauksissa ulkolämpötilan vaihteluille alttiissa vajassa 11 vuorokautta ja koulittiin sen jälkeen taimitarhaan, jäivät kaikki tai jokseenkin kaikki eloon. Niiden kasvu sitävastoin oli huomattavasti heikompaa kuin suoraan koulittujen taimien. Parhaimman pakkaustavan osalta tulos oli jokseenkin yhtä hyvä vielä 16 vuorokauden varastoimisen jälkeen. Heikkolaatuisissa pakkauksissa olleiden taimien kuolleisuus nousi näin pitkän varastoimisajan jälkeen sen sijaan suureksi. Taimet näyttivät säilyvän sitä paremmin mitä paremmin niiden juuret olivat kostean turpeen suojaamina.

12. Kokeissa käytetyt kuusen taimet säilyivät pakkauksissa heikomminkin kuin männyn taimet. Kun kuusen taimien nostoa ei oltu tilaisuudessa seuraamaan, ei tiedetä varmaan, johtuuko tulos kuusen taimien heikommasta säilymiskyvystä vai niiden noston yhteydessä saamista vaurioista.
 13. Edellä mainituissa pakkauksissa olleiden taimien juurten elävien kärkien määrän ja taimierän kuolleisuuden välillä havaittiin olevan selvän riippuvuuden siten, että mitä vähemmän koe-erän taimien juurissa tavattiin eläviä kärkiä, sitä suuremmaksi nousi taimien kuolleisuus istutettaessa. Sellaisten koe-erien eloon jääneet taimet, joissa kuolleisuus oli suuri, kasvoivat heikosti.
 14. Upottamalla pakkauksissa olleiden taimien juuret veteen tai miettoon ravintoliuokseen puoleksi tunniksi väheni taimien kuolleisuus istutettaessa. Parhain tulos saatiin taimierillä, jotka olivat jonkin verran, mutta eivät pahoin kärsineet pakkauksessa olost. Hyvin säilyneisiin taimiin ei käsittely vaikuttanut.
 15. Taimipakkausten bruttopainon havaittiin vähenevän yleensä varastoinnin ja kuljetuksen aikana nopeammin kuin taimien painon. Jos pakkaukset autokuljetuksessa olivat suojaamattomina ja näin alttiina syntyvän ilmavirran kuivattavalle vaikutukselle, niiden paino väheni nopeasti.
 16. Tutkimus on antanut aiheen moniin käytännöllisiin johtopäätöksiin. Ne on kuitenkin esitetty toisaalla (Y l i - V a k k u r i 1957 a, b).
-

Kirjallisuusluettelo

- A h o l a, V. K. 1946. Taimitarha sen valmistus, kunnossapito ja hoito. Helsinki.
- A r n b o r g, T o r e ja S t e f a n s s o n, E r i k. 1951. Handledning i plantskole-skötsel. Stockholm.
- B j ö r k m a n, E r i k. 1953. Om orsakerna till granens tillväxtsvårigheter efter plantering i nordsvensk skogsmark. *Summary*: Factors arresting early growth of the spruce after plantation in northern Sweden. Norrlands skogsvårdsförbunds tidsskrift, ss. 285—316.
- »— 1956. Om lagring av tall- och granplantor. *Summary*: On storage of pine and spruce plants. Norrlands skogsvårdsförbunds tidskrift, ss. 465—483.
- H e d e m a n n - G a d e, E. 1948. Plantrötternas känslighet för solbelysning. Skogen 9, s. 110.
- H e i k i n h e i m o, O l l i. 1940. Metsäpuiden taimien kasvatusta taimitarhassa. *Referat*: Versuche in Baumschulen. Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja 29.
- »— 1941. Metsänistutusmenetelmistä. *Referat*: Versuche mit waldbaulichen Pflanzenmethoden. Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja 29.
- I l v e s s a l o, Y r j ö. 1956. Suomen metsät vuosista 1921—24 vuosiin 1951—53. *Summary*: The forests of Finland from 1921—24 to 1951—53. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 47.
- M c K i n n o n, F. S. 1946. Growing coniferous trees in British Columbia. Dep. of lands and forests. B. C. Forest service. Economics division.
- W a k e l e y, P h i l i p C. 1954. Planting the southern pines. Agriculture monograph 18, Forest service, U. S. Department of agriculture.
- W i k s t e n, Å k e. 1950. Några försök med omskolning av tall och gran. Norrlands skogsvårdsförbunds tidsskrift, ss. 231—268.
- Y l i - V a k k u r i, P a a v o. 1955. Metsänviljelytöiden taimi- ja siemenhuollon nykyvaihe. *Summary*: The present provision of seedlings and seed for silvicultural work. Metsätaloudellinen aikakauslehti 5, ss. 145—149.
- »— 1957 a. Tutkimustuloksia taimien pakkauksesta ja kuljetuksesta. Metsälehti 14—15, 16, 17, 18, 19, 20, 21.
- »— 1957 b. Eräitä tutkimustuloksia taimien pakkauksesta ja kuljetuksesta. *Summary*: Some results of a study on packing and transportation of planting stock. Metsätaloudellinen aikakauslehti 6, ss. 192—195.

Investigations into the Packing and Transportation of Plants

Summary

Introduction

Research into forest cultivation has shown a certain lack of balance in that there are many accounts of the growing of plants in nurseries and the planting of seedlings in forests, but relatively little data on the two intervening phases, the packing and the transportation of the plants. Yet, at these stages, the plants, being out of the ground, are exposed to many kinds of damage. We know from practical experience that such damage does occur and that it adds to the number of unsuccessful forest plantations, causing trouble and increasing costs.

The present investigation aims, by statistical and experimental methods, at elucidating the effect that packing and transporting has on seedlings of the pine (*Pinus silvestris*) and the spruce (*Picea Abies*). An endeavour is made to find out, by means of the statistical method, the harmful changes suffered by the plants during their journey from the nursery to the planting sites. Experimental methods are used to illustrate the effect that protection of the roots has on the plantability of the seedlings, the temperature changes of the plant packages in different conditions, the preservation of the plantability of the plants in different packages, the improvement of the plantability by soaking in water or nutrient solutions, and, finally, the weight loss of the packages during storage and transport. Such an investigation was especially required in Finland, where with increasing plant production, great changes have occurred in the methods of packing and transport.

Statistical studies

The object of the statistical study was to shed light on the harmful changes that occur in the plants from the moment they are lifted from the nursery bed until they are planted in their final habitats. As no information was available on the suitability of the method developed for this study, the investigation was limited to some typical nurseries in different parts of the country, a limitation rendered necessary also by the finances available. The statistical study covered thus in all ten different nurseries.

The statistical material was divided into data collected during the lifting and despatching of the plants and into that collected by means of questionnaires enclosed in the packages. At the nurseries a record of the departing packages was kept, which conformed to a uniform formula. On it were entered the marking of the package, the age and quality of the seedlings, the date of packing and despatch, the method of packing, the number of seedlings or transplants per package, the recipient of the package and the method of long-distance transport. The record contained entries on only part of all the packages despatched, namely, on those with which a questionnaire was enclosed: these were selected by systematic sampling.

The number of questionnaires sent to each nursery for enclosure in the seedling packages was 150. The instructions were that the questionnaires were to be distributed evenly among the packages despatched. The following procedure was adopted. The number of packages to be despatched from the nursery was divided by the number of questionnaires to be sent off. On the basis of this calculation, the questionnaires

were enclosed in every second, every third or every fourth package, irrespective of whether one or more packages went to the same recipient.

The questionnaires were placed inside the packages, so that they were invisible from outside. Consequently, they could not be found, before the package of seedlings was opened. This was found necessary to prevent the packages including a questionnaire being distinguished externally from other packages and maybe being treated in a different manner. As a protection against humidity, the questionnaire enclosed with the plants, the addressed envelope for its return and other papers were packed in a plastic bag, as shown in Fig. 1. The questionnaire employed is given below in full.

1. Nursery from which the seedlings were despatched:
2. No. of the despatch:
3. This seedling package reached the recipient:/..... 1956
4. The seedlings contained in this package were planted:/..... 1956
5. Place where planted:
6. Condition of package:
 - a. In good condition
 - b. Slightly damaged
 - c. Badly damaged
 - d. Not classified.
7. Condition of plants:
 - a. In good condition
 - b. Seem to be slightly damaged by transportation
 - c. Seem to be badly damaged by transportation
 - d. Spoilt, cannot be planted
 - e. Not classified.
8. Storage of seedling packages at the recipient's:
 - a. In cellar
 - b. In storage-room or other shelter
 - c. Out-of doors
 - d. By other methods. How?
 - e. Not stored but planted immediately.
9. Treatment of plants at the planting site prior to planting:
 - a. Kept in original package
 - b. Heeled in
 - c. Treated by another method. How?
 - d. Not classified.
10. Short-distance transport of plants from recipient to planting site:

a. By carrying	kilometres	d. By car	kilometres
b. By horse.....	kilometres	e. By lorry	kilometres
c. By tractor.....	kilometres	f. By other methods. How?	
11. Report filled in by: kilometres
 Name and position:
 Address:

As shown in Fig. 2, the nurseries covered by the study are situated throughout the country and include both pine and spruce-producing nurseries, chiefly the latter. They are administered by the Forestry Boards and the Tapio Central Forestry Association and raise seedlings chiefly for private forests. Their size varies from 2

to 18 hectares and the annual production from 500 000 to 6 489 000 seedlings. In the year under review, 1956, their total plant production was 21 245 000 seedlings, the majority of the pine seedlings being 2 + 0 years old, and the majority of the spruce transplants 2 + 2 years old.

The question of the scope of the material and its statistical fitness is discussed in detail in the original report. Some main features should be mentioned. Firstly, the research material has been treated mainly by nurseries. In addition, since the nurseries in this study produce the bulk of the seedlings used annually (cf. Yli-Vakkuri 1955), the material well represents the total nursery production of Finland.

An important part of the statistical data is based on the records kept at the nurseries. Information on the vicissitudes of the plants due to the long-distance transport phase onwards was obtained from the questionnaires, 1 509 of which were sent out. The number of replies received was 965, i. e. 64 per cent. A check showed that failure to reply was due principally to incidental factors. Hence, they may not have caused any major errors in the results.

The principal results of the statistical studies are given in Tables 1—8.

Experimental investigations

Drying of unprotected roots

The roots of the seedlings may be exposed to the drying effect of the air in connection with lifting, sorting, packing, unpacking, heeling in and planting. Hence, it is important to know what damage this may cause to the seedlings. Experiments to elucidate the matter were conducted in a nursery in the spring of 1956. The seedlings used in the experiments were 2-year old, non-transplanted pine and spruce seedlings, which had been lifted from the ground immediately before the beginning of the experiment and sorted under shelter. The seedlings of both species were divided into three lots of 200 seedlings of the same quality, the following experimental series being derived from them:

- (1) the seedlings were spread on the ground to dry for 1/2 hour and were transplanted in the usual manner;
- (2) the roots were kept in water for 1/2 minute and then placed on the ground to dry in the manner mentioned above; and
- (3) were transplanted immediately.

A fresh, gusty wind, speed 7 m/second, prevailed during the experiment and the unprotected thermometer registered 12—15°C immediately above the surface of the earth. The relative humidity of the air was 60 per cent. One-third of the sky was covered by clouds. — In the autumn the seedlings were lifted from the ground and carefully examined. Table 9 on p. 33 gives the results of the experiment. The experiment shows that if the roots of pine or spruce seedlings are exposed to the air for 1/2 hour most of the seedlings die and the others grow poorly.

As the experimental lots of pine and spruce seedlings were not mutually comparable, no comparisons of the different species may be made on the basis of the experiment.

As the roots of the seedlings are exposed to the open air at the different stages of their journey from the nursery to the forest, obviously drying of roots often occurs. The resultant, slight damage to the roots retards the initial development of the plants, while serious damage causes their death. It is very probable that root damage of this type is often one reason for the slow initial development or stunting of the seedlings.

Temperature changes in the seedling packages

It is generally believed that the packing of the seedlings may lead to a rise in their temperature. Such a danger is also referred to in handbooks (cf. Ahola 1946, Arnborg and Stefansson 1951, and Wakely 1954). It was, therefore, deemed necessary to find out by experiments whether the seedling packages perhaps offered to thermophilic fungi and bacteria an environment in which a risk of heating could occur as, e. g., in fresh hay, or whether the temperature of seedling packages rises due to respiration of the seedlings.

The experiments were carried out in two nurseries in Southern Finland in the spring and autumn of 1956. A total of 53 750 pine seedlings, done up into 22 experimental packages, was employed. The seedlings used in the experiments were 2 + 0 or 3 + 0 years of age. Temperature changes in the packages were observed for 11—16 days. The packages, the nature and construction of which are illustrated in Figs. 3—5, were kept, some out-of-doors, some in a storage-room and some at room temperature (cf. Figs. 6 and 7).

The experiments gave the same results consistently: the packages did not become heated. On the contrary, the temperature inside the package followed, at a retarded rate, the changes in the outside temperature (cf. Figs. 8, 9a, 9b), the changes occurring more slowly between roots than between shoots. The packages, in which the tops, of the seedlings had been moistened with water or DDT emulsion prior to packing did not differ from the other packages in regard to temperature.

The preservation of plantability in different packages

The experiments were carried out in a nursery in spring 1956, the material consisting of seedlings from the packages on which temperature observations had been made. When the packages were undone on May 26 and May 31, representative samples comprising 200 seedlings were taken from them and were transplanted in the same way as that used in the experiments to elucidate the drying effect on the seedling roots.

Table 10 presents the results of the experiments on the preservation of plantability. Many conclusions may be drawn from it. A glance at the mortality percentages at once shows that seedlings planted immediately fared better during the first growing season than the seedlings kept in packages for 11—16 days. This conclusion is confirmed by a comparison of the growth records of seedlings kept in packages with those of seedlings immediately planted. The following table of pine seedlings illustrates this point.

No. of package	Mortality	Height % of the corresponding values for seedlings planted immediately	Top shoots	Shoot weight	Root weight
1	—	85	81	64	71
9 + 10	3.0	80	68	49	58
15	3.5	81	66	46	43
2	5.5	75	64	47	55
16	19.5	80	58	43	46

The weakened growth, which appears in the height of the seedlings and their top shoots and in the shoot and root weights, is probably attributable both to damage while in the package and to lost growing season.

The mortality rate of the spruce seedlings kept in packages was considerably greater than that of the pine, which remained fairly low during storage periods of

11, or even as much as 16 days. No generalization can be made, however, for the pine and spruce seedling lots were not comparable.

From the mortalities of the different seedling lots and partly also from the growth results of the surviving seedlings, we may conclude that the seedlings were best preserved in paper packages and that the roots of the seedlings were best protected by moist peat (cf. Fig. 4). The advantage of the paper package even over bales emerges especially in long-term storage. A more general assessment of the results of the different methods of packing should take into account that the roots of the individual bundles inside the bale and box packages had no peat around them. The seedlings, the tops of which had been dipped in water or DDT emulsion before packing, had suffered only slightly more than the seedlings not treated in this manner.

When the packages were undone prior to transplanting, ocular observations were made on the condition of the plants, 10—20 sample seedlings being taken from the different packages and the number of living root tips being counted. By combining these observations the following results were obtained:

		Average of living root tips before transplanting per seedling, total	Seedlings examined, total
Pine seedlings			
Mortality rate of transplanted seedlings, %	0—1.5	34	30
	3.0—5.5	16	60
	19.5	5	20
Spruce seedlings			
Mortality rate of transplanted seedlings, %	13.0—17.0	20	20
	42.0—60.0	4	60

There seems to be a distinct correlation between the mortality of the transplanted seedlings and the number of living root tips. This implies that the smaller the number of living root tips among the roots of the particular seedling lot, the greater the mortality of the seedlings.

Improving the plantability of seedlings suffering from storage

Experiments to improve the plantability of seedlings kept in the packages for 11—16 days were carried out by immersing the roots of the seedlings in water or in Knop's nutrient solution for half an hour. The seedlings were then transplanted in the nursery and results were recorded in the autumn. Table 10 illustrates the results.

Tree species	Immersed in	Mortality without moistening, %	Decrease in mortality because of moistening, %
Pine	water	3.0	0.5
»	»	5.5	3.0
»	nutrient solution.....	5.5	—3.5
Spruce	water	13.0	5.5
»	nutrient solution	13.0	8.5
Pine	water	19.5	14.0
»	nutrient solution	19.5	17.0
Spruce	water	48.0	21.5
»	nutrient solution	48.0	23.0
»	water	60.0	8.0

The results obtained indicate that moistening with water or nutrient solution improves the plantability of seedlings that have suffered slightly but not badly in packages. On the other hand moistening has not the same effect on seedlings that have fared well in packages.

Changes in the weight of seedling packages during storage and transportation

The warmer their place of storage, the more rapidly did the weight of the packages decrease. Since the gross weight of the packages seems to diminish in general more rapidly than the weight of the seedlings, this weight loss arises, at least to begin with, primarily from the drying of the peat used as packing material. The transport experiment shows that seedling packages carried on the roof of a bus even for a short time may be damaged by increased evaporation.

Abstract of the results

The investigation aims at shedding additional light by means of statistical and experimental methods on questions concerned with the packing and transportation of pine and spruce seedlings. The principal results of the study are as follows.

1. After lifting, the seedlings were generally despatched from the nurseries quickly, viz: within two days on the average.
2. For transporting the seedlings the previously-used, wooden boxes were replaced by paper-covered packages prepared in different ways.
3. For long-distance transport of the seedlings cars, vans and lorries were the most common transport vehicles. Rail transport held second place. Combined car-rail or rail-car transport was used but slightly.
4. The majority of the seedlings despatched from the nurseries reached the recipient at the latest within two days. The long-distance transport took one day on the average. The packages and seedlings were generally in irreproachable condition after long-distance transport.
5. The recipients of the seedlings were mainly trained foresters, although the users comprised almost exclusively private forest owners. A considerable part of the seedlings were taken to the planting site in the foresters' cars or by other means of conveyance. Half of the seedling packages had to be carried at some stage. The total short-distance transport averaged 8 km.
6. The seedlings remained an average of 4 days at the recipients, i. e. 57 per cent of the time spent between lifting and planting. Both rapid planting and surprisingly long storage periods occurred.
7. The seedlings were generally stored by the recipients in cellars or storage rooms or were taken to the planting site or elsewhere to be heeled in. However, the seedlings generally arrived at the planting site in their original packages.
8. All the seedlings were planted within a month of lifting, the great majority within a fortnight. On an average the seedlings were a week out of the earth between lifting and planting.
9. The majority of those pine and spruce seedlings that had their roots exposed to the direct effect of open air for half an hour prior to planting, died during the growing season and the survivors grew poorly (cf. Table 9).

10. Repeated readings of the temperature of seedling packages showed that the internal temperature of the packages followed tardily on the changes in the external temperature. No spontaneous heating of the seedling packages was observed when they were stored for 11—16 days out-of-doors, in a storage room, and at room temperature. Some packages kept in a storage room contained seedlings the tops of which had been moistened with water or DDT emulsion prior to packing.
11. Of the pine seedlings exposed in different packages to the changes in the outside temperature for just under 11 days and then transplanted to a nursery, all or practically all survived. Their growth, however, was considerably poorer than that of immediately transplanted seedlings. With the best method of packing, the result was practically as good even after 16 days of storage. On the other hand, the mortality rate of seedlings in packages of poor quality was high after this latter period of storage. The better their roots were protected by moist peat, the better did the seedlings seem to keep.
12. The spruce seedlings used in the experiments were preserved less well in the packages than the pine seedlings. As it was not possible to observe the lifting of the spruce seedlings, it cannot be said with certainty whether the result is attributable to the poorer keeping quality of the spruce seedlings or to damage sustained by them in connection with lifting.
13. A distinct correlation was observed between the number of living root tips and the mortality rate of the seedlings, i. e. the smaller the number of living root tips per seedling, the higher the mortality rate on planting.
14. When the roots of the seedlings in the packages were immersed in water or mild nutrient solution for half an hour, the mortality rate on planting diminished (cf. Table 10). The best result was achieved with seedlings that had suffered slightly in the package. The treatment did not affect well-preserved seedlings.
15. The gross weight of seedling packages was found generally to decrease during storage and transportation faster than the weight of the seedlings. If the packages were unprotected when carried by motor vehicle and thus exposed to the drying effect of the air current, their weight decreased rapidly.
16. The results obtained give rise to many practical conclusions. These are introduced elsewhere (cf. Yli-Vakkuri 1957 b).

TUTKIMUKSIA TAIMITARHAMAASTA JA SEN
VAIKUTUKSESTA TAIMIEN KEHITYKSEEN

PEITSA MIKOLA

STUDIES ON SOIL PROPERTIES AND SEEDLING GROWTH IN FINNISH
FOREST NURSERIES

SUMMARY IN ENGLISH

HELSINKI 1957

Helsinki 1957. Valtioneuvoston kirjapaino

Alkusanat

Metsänhoidon alalla on maassamme viime vuosina tapahtunut voimakasta siirtymistä avohakkuuta ja metsänviljelyä käyttäviin uudistusmenetelmiin. Todennäköistä myös on, että metsätaloutemme voima-peräistyessä tällainen kehitys tulee edelleen jatkumaan. Ei enää tyydytä odottamaan epämääräisin väliajoin toistuvia siemenvuosia, vaan uudistettavat alat on saatava välittömästi hakkuun jälkeen uutta sukupolvea kasvaamaan. Myös ollaan siirtymässä yhä enemmän istutuksen käyttöön kylvön asemesta. Istutusta käyttämällä tullaan mm. toimeen paljon pienemmällä siemenmäärällä, mikä seikka tulee hyvin merkittäväksi, kun siirrytään yhä yleisemmin käyttämään rodullisesti hyvää valiometsiköiden tai siemenviljelmien siementä.

Nykyinen kehitys on siis lisännyt huomattavasti taimitarhojen ja taimien kasvattamisen merkitystä metsänhoidon työkentällä. Samalla on tutkimuksen tehtäväksi tullut mm. selvittää, millaisia metsänistutuksessa käytettävien taimien tulee olla ja miten juuri sellaisia taimia taloudellisesti edullisimmin pystytään tuottamaan. Sen vuoksi **Vientimaksurahasto** myönsi 1954 ja 1955 Metsäntutkimuslaitoksen käytettäväksi varoja metsänviljelyn edellytysten kaikinpuolista tutkimista varten.

Metsäntutkimuslaitos antoi allekirjoittaneen suoritettavaksi sen osan kokonaisuohjelmasta, joka koskee taimitarhamaan ominaisuuksia ja taimien laadun riippuvuutta niistä.

Työn suunnittelussa ja sen eri vaiheissa olen saanut arvokasta apua useilta tahoilta. Professorit **Risto Sarvas** ja **P. J. Viro** olivat mukana jo tutkimussuunnitelmaa laadittaessa. He ovat myös lukeneet käsikirjoituksen ja antaneet arvokkaita viitteitä sen johdosta. Taimitarhain omistajat — **Metsähallitus**, keskusmetsäseurat, metsänhoitolautakunnat ja monet metsäteollisuusyhtiöt — ja hoitajat ovat monin tavoin edistäneet tutkimuksen suorittamista avustamalla aineiston keruussa ja antamalla käytettäväksi arvokkaita tietoja. Maa-analyysit on tehty **Metsäntutkimuslaitoksen** maantutkimusosaston laboratorioissa prof. **P. J. Viron** johdolla. Suuritoiset maa-analyysit ja taimien mittaukset ovat suorittaneet pääasiassa rouva **Työne Aaltonen**, herrat **Olli Halonen**, **Heikki Tulkki**, **Aarno Nyberg** ja **Lauri Hytönen** sekä neiti **Saija Jokinen**.

Lausun kaikille neuvonantajille ja avustajille parhaat kiitokseni.

Helsingissä, toukokuussa 1957.

Peitsa Mikola

Sisällys

	Sivu
Alkusanat	3
Johdanto	5
Tutkimuksen suorittaminen	7
Tiedustelu	7
Näytteiden otto	7
Näytetaimitarhat	8
Laboratoriotyöt	14
Maa-analyysit	14
Taimien mittaukset	15
Tutkimusmenetelmän rajoitukset	16
Taimitarhamaan ominaisuudet	19
Maalaji	19
Humus	26
Happamuus	27
Typpi	29
Vaihtuvat kationit	30
Fosfori	32
Hivenaineet	34
»Normaalimaa»	35
Maan vaikutus taimien laatuun	38
Taimien laatu	38
Tarkastelu taimitarhoittain	45
Yleistarkastelu	55
Maan ominaisuudet ja taimien koko	55
Juuriston kehitys	59
Neulasanalyysit	61
Maan muut vaikutukset	63
Taimitarhamaan valinta ja hoito	65
Maan laatu	65
Maanparannus ja lannoitus	67
Kirjallisuutta	71
<i>Summary</i>	74

Johdanto

Maassamme olevia taimitarhoja perustettaessa lienee yleensä kiinnitetty verraten vähän huomiota maan laatuun. Taimitarhain paikkaa valittaessa ovat olleet vaikuttamassa niin monet muut seikat — työvoima- ja kuljetuskysymykset, maan hinta ja taimitarhan perustamiskustannukset sekä missä maata on yleensä ko. tarkoitukseen ollut saatavissa — että maan ominaisuuksia ei ole sanottavasti otettu huomioon; lisäksi monien tärkeiden ominaisuuksien selville saaminen olisi vaatinut melko kalliita erikoistutkimuksia ja toisaalta ei ole ollut varmaa tietoa siitä, millainen maa eri puulajien taimien kasvattamiseen parhaiten soveltuu. Sitäpaitsi maan laatua voidaan melkoisesti muuttaa lannoituksella ja maanparannusaineilla. Koska taimitarhan hoito on pääpiirtein rinnastettavissa maanviljelykseen, on tavallisesti edellytetty, että peltomaa, joka kivettömyytensä ym. puolesta on maanviljelykseen kelpollista, soveltuu myös puiden taimien kasvattamiseen. Kun taimitarhan perustamiskustannukset valmista peltoa käyttämällä ovat paljon pienemmät kuin metsästä raivaamalla, on taimitarhaa perustettaessa ehkä useimmiten ollut ratkaisevimpana se seikka, missä valmista peltoa on tähän tarkoitukseen voitu luovuttaa tai ollut halvalla ostettavissa. Näin ollen lienee mahdollista, että taimitarhaksi on usein käytetty huonossa kunnossa olevia peltomaita.

Maassamme on nykyään noin 150 pysyvää metsätaimitarhaa. Koska ne on perustettu ilman erityisen täsmällisiä vaatimuksia maan laatuun nähden, on todennäköistä, että ne maalajin ja maan muiden ominaisuuksien puolesta poikkeavat toisistaan ja että maan alkuperäistä tilaa on maanparannuksella eri tavoin muuteltu.

Metsänviljelyn lisääntyessä tullaan maahamme perustamaan edelleen uusia taimitarhoja sekä laajentamaan entisiä. Toiminnassa olevien taimitarhojen maan viljavuutta on maanparannusainein ja lannoittein ylläpidettävä ja mikäli mahdollista parannettava. Nämä käytännön tehtävät kaipaavat tueksi ja perustaksi jatkuvaa tutkimus- ja koetoimintaa. Taimitarhakysymykset ovatkin jo kauan olleet tutkimusten kohteena Metsäntutkimuslaitoksessa ja arvokkaita tuloksia on julkaistu (H e i k i n h e i m o 1940). Sotien ajaksi nämä tutkimukset kuitenkin keskeytyivät, ja ne on voitu aloittaa uudelleen vasta äskettäin. Taimitarhakysymykset ovat yleensä sellaisia, että ne voidaan sitovasti selvittää vain kokeellisin tutki-

muksin. Koska kokeet kuitenkin vaativat aikaa ja monet kysymykset kaipaavat pikaista vastausta taimitarhoja parhaillaan perustettaessa, pyritään seuraavassa selvittämään taimitarhamaata koskevia kysymyksiä pääasiassa tiedustelujen ja näyteanalyysien avulla.

Tämän tutkimuksen pyrkimyksenä on hankkia valaistusta seuraaviin kysymyksiin:

1. Millaista maa on Suomen taimitarhoissa ja millaisia eroja tässä suhteessa on eri taimitarhojen välillä?
 2. Miten taimien menestyminen ja laatu riippuvat maan eri ominaisuuksista?
 3. Miten erilaiset maat soveltuvat taimien kasvattamiseen sekä miten taimitarhan maata on hoidettava, jotta se tuottaisi mahdollisimman hyviä taimia?
-

Tutkimuksen suorittaminen

Tiedustelu

Ryhdyttäessä suorittamaan taimien kasvattamista koskevia tutkimuksia katsottiin tarpeelliseksi aluksi hankkia mahdollisimman monipuoliset tiedot maamme taimitarhoista ja niiden hoidosta sekä koota taimitarhain hoitajien kokemuksia. Sen vuoksi lähetettiin maan kaikkien taimitarhain hoitajille keväällä 1954 tiedustelukaavake, joka koski mm. taimitarhan maata, työmenetelmiä ja tuhojen esiintymistä sekä taimitarhain hoitajain mieltä eri kysymyksistä. Tämän taimitarhatiedustelun antamista tuloksista on julkaistu yhdistelmä (M i k o l a 1957).

Maan osalta tiedustelulomakkeessa kysyttiin maalajia, onko taimitarha perustettu pellolle vai metsämaalle sekä taimitarhan hoitajan käsitystä maan sopivaisuudesta taimitarhaksi. Edelleen tiedusteltiin eri maanparannus- ja lannoitusaineiden sekä -menetelmien käyttöä sekä taimitarhain hoitajien kokemuksia niistä.

Tiedustelun antamien tulosten perusteella valittiin 24 taimitarhaa, joista otettiin maa- ja taiminäytteitä edelleen laboratorioissa tutkittaviksi.

Näytteiden otto

Maa- ja taiminäytteet otettiin taimitarhoista 4—13. 8. 1954 välisenä aikana. Tällöin taimet olivat jo lopettaneet sen kesän kasvunsa tai ainakin olivat kaikissa näytteissä jokseenkin samassa kehitysvaiheessa.

Näytteet otettiin sellaisista kohdista, joissa kasvoi 1953 kylvettyä mäntyä ja kuusta, ts. joissa taimet olivat 2-vuotisia. Näytekohdat valittiin siten, että ne edustivat taimiston keskimääräistä, keskinkertaista parempaa ja keskinkertaista huonompaa osaa. Näin otettiin koetaimitarhasta tavallisesti kuusi taiminäytettä, nim. kolme näytettä männyn taimia ja kolme kuusen taimia sekä vastaavat maanäytteet.

Näytteiden otto tapahtui seuraavasti: Näytekohdasta rajoitettiin rimoilla 1 m²:n suuruinen ruutu, joka edelleen jaettiin neljään osaan. Näytteenottoputki työnnettiin 15 cm:n syvyyteen ruudun keskellä sekä kunkin neljänneksen keskellä, ja näin saatiin ruutua edustamaan noin

0.5 kg:n suuruinen maanäyte, joka pantiin kangaspussiin. Taiminäyte otettiin kaivamalla lapiolla kunkin neljännesruudun keskeltä juurineen taiminippu niin, että ruudusta tuli kaikkiaan vähintään 100 tainta. Myös taiminäytteet pantiin kangaspusseihin.

Maanäytteet saivat kangaspusseissa kuivua huoneen lämmössä. Taiminäytteet toimitettiin mahdollisimman nopeasti jäähdytettyyn varastoon, missä ne säilytettiin jäädytettynä myöhempää tutkimusta varten.

Sekä maa- että taiminäytteet varustettiin seuraavilla merkinnöillä, joita myös jäljempänä tullaan käyttämään: taimitarhan numero, puulaji (1 = mänty, 2 = kuusi) ja näytekohdan taimien laatu (1 = huonot taimet, 2 = taimitarhan keskimääräistä vastaavat, 3 = hyvät taimet). Esim. 1—2 : 3 tarkoittaa seuraavaa: Tuomarniemen taimitarha (1), kuusi (2), hyvä kohta (3).

Näytteiden oton yhteydessä tehtiin muistiinpanoja näytekohtien maan laadusta, taimiston tiheydestä, tuhoista ym. sekä tiedusteltiin taimitarhan hoitajalta näytekohtien aikaisempaa käyttöä, lannoitusta ym.

Näytetaimitarhat

Taimitarhat, joista otettiin maa- ja taiminäytteitä, on merkitty oheiseen karttaan (kuva 1). Nämä taimitarhat valittiin niin, että ne sijaitsivat ilmastollisesti jokseenkin samanlaisissa oloissa; sen vuoksi näytteiden keruu rajoitettiin Suomen eteläosaan, 63 leveysasteen eteläpuolelle. Kuten kartasta nähdään, sijaitsee suurin osa taimitarhoista alueella, jossa kasvukauden tehoisa lämpösumma on 1 000—1 100°. Ainoastaan kaksi taimitarhaa (n:ot 1 ja 2) sijaitsee alueella, missä tehoisa lämpösumma on alle 1 000°, ja viisi alueella, missä tämä luku on yli 1 100° (näissä viidessä taimitarhassa taimien suhteellisen suuri koko voitaneenkin selittää osittain ilmaston edullisuudesta johtuvaksi).

Valittaessa taimitarhoja näytteiden ottoa varten kiinnitettiin huomiota myös siihen, että mahdollisimman monenlaiset maalajit tulisivat aineistoon mukaan. Taimitarhatiedustelun vastausten mukaan puolet niistä sijaitsee karkealla tai keskikarkealla maalla (hiekk- ja hietaisella moreenimaalla) ja puolet hienolla maalla (hiesu-, savi- ja savisella moreenimaalla). Noin kolmannes näytetaimitarhoista on sellaisia, joiden maa oli em. tiedustelussa ilmoitettu sopimattomaksi.

Näytetaimitarhoista on 20 alkuaan perustettu peltomaalle, 4 on raivattu metsään; viimeksi mainituista on kaksi ollut jo vuosikymmeniä taimitarhana, kun taas kaksi on uudempia. Ikänsä puolesta taimitarhat ovat myös hyvin erilaisia, vanhimmat ovat olleet taimitarhana useita vuosikymmeniä, kun taas nuorimmissa ovat vasta ensimmäiset taimet kasvamassa.



Kuva 1. Näytetaimitarhojen sijainti sekä tutkimusalueen tehoisat lämpösummat.

Fig 1. Location of sampled nurseries and the effective thermal sums in the research area.

Näytetaimitarhojen joukossa ovat miltei kaikki Etelä-Suomen suuret taimitarhat. Puolet näytetaimitarhoista on sellaisia, joiden pinta-ala on vähintään 1 ha. Vertauksen vuoksi on joukossa joitakin aivan pieniäkin taimitarhoja. Koska suurestakin taimitarhasta otettiin vain 6 näytettä, eivät näytteet suinkaan edusta koko taimitarhaa. Tarkasteltaessa, miten maa vaikuttaa siinä kasvavien taimien laatuun, kukin näyte edustaa vain kyseistä näytekohtaa.

Seuraavassa esitetään muutamia taimitarhain hoitajien antamia tietoja näytetaimitarhoista sekä erityisesti näytteiden ottokohdista.

1. *Tuomarniemen metsäkoulun taimitarha, Ähtäri (Metsähallitus)*. Taimitarha on vanha (per. 1904), peltomaalle perustettu ja ollut jatkuvasti käytössä. Maa on moreenia. Maanparannusaineena on käytetty suomutaa ja lannoitukseen sekä karjanlantaä että väkilannoitteita. Myös vihantalannoitusta ilmoitetaan käytetyn ja ajoittain on kasvatettu heinää. Näytekohta on ennen kylvöä ollut neljä vuotta heinällä; ennen kylvöä on annettu Y-lannosta noin 200 kg/ha; pinalannoitusta ei

ole käytetty. Näytteet on otettu melko lähekkäin, näytekohtien taimien koossa ei ollut selvää eroa, mutta taimiston tiheydessä oli huomattavasti eroa; aukkoisuus johtui luultavasti lintujen kylvöksissä tekemästä vahingosta.

2. *Aholankankaan taimitarha, Kuortane (Etelä-Pohjanmaan Mhl.)*. Taimitarha on 1939 perustettu peltomaalle ja ollut myöhemminkin osittain peltoviljelyssä. Maa on tasaista hietamaata ja arvioitu taimitarhaksi sopivaksi. Maanparannusaineena on käytetty suomutaa, savea ja kalkkia. Ennen kylvöä näytekohtien maa on ollut 2 vuotta kesantona, minkä jälkeen on annettu Y-lannosta 1 000 kg/ha sekä jonkin verran kalkkia. Pintalannoitusta ei ole käytetty. Taimirivit ovat tuuheat ja aukottomat.

3. *Kurun metsäkoulun taimitarha, Kuru (Metsähallitus)*. Taimitarha on n. 20 vuotta vanha, pellolle perustettu, ja on ennen kylvöä ollut useita vuosia peltoviljelyssä, viimeksi perunalla. Maa on savinen ja ilmoitettu sopimattomaksi. Ennen kylvöä maa on saanut runsaan kompostilannoituksen (kitkemis- ym. jätteitä) sekä näytteenottokesänä pintalannoituksena kalkkityyppä 200 kg/ha. Taimirivit ovat hyvin harvat ja aukkoiset, huonojen näytteiden kohdat melkein tyhjä. Aukkoisuus johtunee pääasiassa routimisvaurioista. Taimien koossa ei eri näytteiden välillä ole huomattavaa eroa.

4. *Juholan taimitarha, Mänttä (G. A. Serlachius Oy)*. Taimitarha on pienehkö, (0.60 ha), 1946 metsästä raivaamalla perustettu ja kasvanut siitä saakka jatkuvasti puun taimia, välillä kesannoimatta. Maa on savista moreenia ja ilmoitetaan routivuuden vuoksi sopimattomaksi. Maanparannusaineina on sekä taimitarhaa perustettaessa että myöhemmin käytetty sekä hiekkaa että suomutaa. Ennen viimeistä kylvöä on annettu vain karjanlantaa, mutta aikaisemmin myös fosfaattia. Pintalannoitusta ei ole käytetty. V:n 1953 männyn kylvökset olivat tuhoutuneet kokonaan, joten näytteitä on vain kuusesta. Taimien koossa ei ole suuria eroja eri näytteissä, mutta tiheydessä on selvät erot.

5. *Sulun taimitarha, Jyväskylä (Keski-Suomen Mhl.)*. Taimitarha on suurehko (5.8 ha), perustettu 1935 peltomaalle. Maasto ja maan laatu vaihtelee huomattavasti taimitarhan eri osissa. Maalaji on suurimmassa osassa (näytteet 1 : 3 ja 2 : 2) hietaista moreenia, mutta osalla taimitarhaa (näytteet 1 : 1, 1 : 2, 2 : 1 ja 2 : 3) hiesuisempaa, missä kohtaa ilmoitetaan huomattavia roudan tuhoja. Maanparannusaineina on käytetty suomutaa ja kalkkia sekä hiesuisella osalla myös hiekkaa. Hiesuinen osa oli ennen kylvöä kesantona, hiekkaisella osalla kasvoi koulittuja kuusen taimia. Ennen kylvöä maa on saanut melko runsaan väkilannoituksen (Y-lannosta 1 000 kg/ha) ja näytteenottokesänä pintalannoituksena kalkkisalpietaria 150 kg/ha. Taimirivit ovat hiekkaisella osalla aukottomat, hiesuisella osalla sangen aukkoiset. Roudan nostelemaat taimet on hiesuisella osalla paineltu keväällä takaisin maahan.

6. *Nikkarilan metsäkoulun taimitarha, Pieksämäki (Metsähallitus)*. Taimitarha on pieni (0.44 ha), vanha, perustettu 1904 metsästä raivaamalla. Maa on hiekka- maata, ilmoituksen mukaan laihooden vuoksi taimitarhaksi sopimatonta. Maanparannusaineena on käytetty kalkittua suomutaa ja ennen kylvöä lannoitteena kalisuolaa ja superfosfaattia, kumpaakin 400 kg/ha. Kumpanakin kasvukautena on taimille annettu pintalannoituksena kalkkisalpietaria 200 kg/ha. Kylvöä edeltävänä kesänä näytekohdissa kasvoi lehtikuusen taimia. Näytekohdat ovat lähekkäin, taimirivit tasaiset ja jokseenkin aukottomat.

7. *Pyöreän taimitarha, Leppävirta (Enso-Gutzeit Oy.)*. Taimitarha on pieni, 1928 pellolle perustettu, mutta on ajoittain ollut kokonaan maatalouskäytössä. Näytekohdat ovat ennen kylvöä olleet useita vuosia heinämaana. Maa on hikevää moreenia ja taimitarhaksi sopivaa. Maanparannusaineita ei ole käytetty. Lannoitukseen ilmoitetaan käytetyn runsaasti karjanlantaa sekä kesällä 1954 pintalannoituksena Ca-NH₄-salpietaria 200 kg/ha. Taimet ovat kooltaan ja laadultaan joka kohdassa jokseenkin samanlaisia, joten »huonoa» edustavat näytteet puuttuvat. Taimirivit ovat tasaiset ja aukottomat.

8. *Virtalan taimitarha, Heinävesi (Metsähallitus)*. Taimitarha on pieni (0.22 ha), 1935 peltomaalle perustettu. Maa on savista moreenia ja ilmoituksen mukaan taimitarhaksi sopimatonta. Maanparannusaineena on käytetty viime aikoina suomutaa, ja aikaisemmin maata on kalkittu. Kesällä 1954 on pintalannoituksena annettu jonkin verran Y-lannosta. Ennen kylvöä näytekohdissa on kasvanut puun taimia. Taimirivit ovat varsinkin kuusipenkeissä ja huonon mäntynäytteen (1 : 1) kohdalla harvoja ja aukkoisia, mikä johtuu maan kuoretumisesta sekä myös roudan vaurioista.

9. *Onkamon taimitarha, Tohmajärvi (Pohjois-Karjalan Mhl.)*. Taimitarha on suuri (8.5 ha), aivan uusi, metsästä raivattu ja ensi kertaa puun taimilla. Maa on tasainen, moreenia ja hoitajan arvion mukaan taimitarhaksi sopivaa. Taimitarhaa perustettaessa on maahan lisätty kalkkia ja hienofosfaattia, kumpaakin 2 000 kg/ha. Muuta lannoitusta ei ole annettu. Taimirivit ovat tasatiheät ja aukottomat, mutta taimien koko vaihtelee suuresti. Maan pinta on aaltoileva, ja suurimmat taimet ovat aaltojen harjoilla ja pienimmät painanteissa.

10. *Punkaharjun taimitarha, Punkaharju (Metsäntutkimuslaitos)*. Taimitarha on suurehko, vanha (per. 1924) ja alkuaan pellolle perustettu. Maa on hietaista moreenia ja taimitarhaksi sopivaa. Näytekohdat kasvoivat kylvöä edeltäneenä vuonna männyn taimia, mutta sitä ennen oli paikka ollut useita vuosia vihanneskasvien viljelyssä. Vihannesmaata on lannoitettu ja kalkittu voimakkaasti, etenkin kompostia on käytetty runsaasti. Kesällä 1954 on taimille annettu pintalannoituksena NH₄-salpietaria 150 kg/ha. Koska taimitarhassa oli kaikki männyn taimet koulittu 1-vuotisinä, on näytteet otettu vain kuusipenkeistä. Taimirivit ovat melko aukkoisia, etenkin huonossa kohdassa. Aukkoisuus johtuu ainakin osittain taimipolteesta.

11. *Murtomäen taimitarha, Sulkava (Metsähallitus)*. Taimitarha on pieni (0.40 ha), perustettu pellolle 1934. Maa on hietaista moreenia ja ilmoitetaan tarkoitukseen sopivaksi. Maanparannusaineena on jatkuvasti käytetty kalkittua suomutaa. Ennen kylvöä maa oli vuoden kesantona, jolloin samalla annettiin vihantalannoitus (herne). Sen jälkeen lisättiin maahan hietaa kohti 200 m³ kompostia, jossa on ollut m³:iä kohti 4 kg kalkkia, 2 kg superfosfaattia ja 1 kg kalisuolaa. Lisäksi on taimille kumpanakin kesänä annettu pintalannoituksena Y-lannosta 200—300 kg/ha. Taimirivit ovat hyvin tasalaatuiset ja aukottomat, minkä vuoksi »huonoja» kohtia edustavat näytteet puuttuvat.

12. *Närepellon taimitarha, Mikkeli (Etelä-Savon Mhl.)*. Taimitarha on suuri (4.8 ha), perustettu pellolle 1935. Maa on hiesuista moreenia ja hoitajan arvion mukaan taimitarhaksi sopivaa, vaikka savisimmassa osassa sattuu routimisvaurioita. Maanparannusaineena käytetään jatkuvasti kalkittua suomutaa. Kylvöä edeltävän vuoden maa on ollut kesantona, paitsi näytekohdat 2 : 1 ja 2 : 2, joissa oli kuusen taimia.

Ennen kylvöä on maahan lisätty ha:ia kohti 600 kg fosfaattia, 100 kg kalisuolaa ja 200 kg NH_4 -sulfaattia. Lisäksi on kesällä 1954 annettu pintalannoituksena kalkkisalpietaria 200 kg/ha (näyte 2 : 3 400 kg/ha). Taimirivit ovat tasaiset ja aukottomat. Näyte 1 : 1 puuttuu.

13. *Uuden-Kompan taimitarha, Hirvensalmi (Etelä-Savon Mhl.)*. Taimitarha on suurehko (3.0 ha), perustettu 1931 pellolle. Maa on kivistä, hietaista moreenia, hoitajan arvostelun mukaan tarkoitukseen sopivaa, joskin kivisyydestä on haittaa. Maanparannusaineena on jatkuvasti käytetty suomutaa sekä kompostin mukana kalkkia. Kylvöä edeltäneen vuoden maa oli kesantona, ennen kylvöä maahan lisättiin karjanlantaa sekä hienofosfaattia 600 kg/ha ja NH_4 -salpietaria 150 kg/ha. Kesällä 1954 on pintalannoituksena annettu kalkkisalpietaria 250 kg/ha. Taimirivit ovat jokseenkin aukottomat.

14. *Hartolan taimitarha, Hartola (Itä-Hämeen Mhl.)*. Taimitarha on suurehko (1.6 ha), melko uusi, 1949 tasaiselle pellolle perustettu. Maa on hiesupitoista hietaa, arvioitu tarkoitukseen sopivaksi. Kylvöä edeltäneen vuoden maa oli kesantona, sen jälkeen se kalkittiin (1 500 kg/ha) ja ennen kylvöä annettiin Y-lannosta 200 kg/ha. Pintalannoituksena on kesällä 1954 annettu taimille kalkkisalpietaria 200 kg/ha sekä syksyllä 1953 osassa taimitarhaa erilaisia fosforilannoitteita. Taimirivit ovat melko aukkoisia, aukot johtuvat naakkojen kylvöksille aiheuttamista vahingoista.

15. *Uudenkylän taimitarha, Nastola (Itä-Hämeen Mhl.)*. Taimitarha on keskikokoinen (n. 1 ha), 1937 peltomaalle perustettu. Maasto on pohjoiseen viettävä harjun rinne, maa harjusoraa, joka on arvosteltu sopimattomaksi kivisyyden ja kuivumisen vuoksi. Maanparannusaineena on lisätty maahan runsaasti suomutaa, viimeksi 1952. Ennen kylvöä on maahan lisätty Y-lannosta 400 kg/ha ja kalkkisalpietaria on annettu pintalannoituksena 1953 ja (vain kuusen taimille) 1954. Taimirivit ovat hyvin tuuheat (siementä käytetty runsaasti), joskin paikoin on aukkoja, jotka johtuvat lintujen kylvöksille aiheuttamista vahingoista.

16. *Tapion taimitarha, Hausjärvi, Oitti (Keskusmetsäseura Tapio)*. Taimitarha on maan suurin, aivan uusi (ensi kertaa puun taimia kasvamassa), pellolle perustettu. Maa on hiesusavea, näytteiden ottokohdissa jonkin verran turvepitoista. Hoitajan arvion mukaan maa on saviuuden vuoksi taimitarhaksi sopimatonta. Viimeksi ennen taimitarhan perustamista maa on ollut heinällä. Taimitarhaa perustettaessa maahan on lisätty hyvin runsaasti suomutaa sekä hienofosfaattia 1 000 kg/ha ja vuolukivijauhoa 400 kg/ha. Pintalannoituksena on taimille annettu 1953 kalkkisalpietaria 300 kg/ha sekä 1954 kalkkisalpietaria 300 kg/ha ja Y-lannosta 200 kg/ha. Taimirivit ovat varsinkin huonojen näytteiden kohdalla melko aukkoiset, aukot johtuvat roudan tuhoista. Keväällä 1954 oli roudan nostelemat taimet painettu takaisin maahan.

17. *Evon metsäkoulun taimitarha, Lammi (Metsähallitus)*. Taimitarha on pienehkö (0.8 ha), sangen vanha, 1902 metsämaalle perustettu. Maa on hiekkaa ja arvosteltu tarkoitukseen sopivaksi. Maanparannusaineina siihen on eri aikoina lisätty savea, mutaa ja kalkkia. Näytekohdassa on taimia kasvatettu useita vuosia välillä kesannoimatta. Ennen kylvöä on maahan lisätty jonkin verran hevoslantaa sekä hienofosfaattia 150 kg/ha. 1954 on pintalannoituksena annettu Y-lannosta 100 kg/ha. Taimirivit ovat harvahkot, mikä johtunee niukasta siemenen käytöstä.

18. *Hyytiälän taimitarha, Juupajoki (Metsähallitus)*. Taimitarha on pieni (0.5 ha), perustettu peltomaalle 1910, mutta se osa, josta näytteet otettiin, on ollut jatkuvasti peltoviljelyssä ja nyt ensi kertaa puun taimilla. Kylvöä edeltävänä kesänä se kasvoi kauraa. Maa on hietaista moreenia. Ennen kylvöä maata ei lannoitettu, mutta kesällä 1953 annettiin pintalannoituksena niukalti NH_4 -sulfaattia. Taimirivit ovat harvahkot ja paikoin aukkoiset, mikä johtuu niukasta siemenen käytöstä sekä osittain kitkemisvaurioista.

19. *Lappfjärdin taimitarha, Lappfjärd (Keskusmetsäseura Skogskultur)*. Taimitarha on pieni (0.5 ha) ja melko nuori, perustettu 1947 peltomaalle. Maa on tasaista hiekkaa, ja ilmoitettu laihuuden vuoksi tarkoitukseen sopimattomaksi. Maassa on kasvatettu puun taimia jatkuvasti, välillä kesannoimatta. Maanparannusaineena on lisätty suomutaa. Taimitarhassa kasvatetaan vain männyn taimia, jotka koulitaan 1-vuotiaina. Sen vuoksi ei sieltä saatu toisia taimitarhoja vastaavia näytteitä, vaan otettiin vain kaksi maanäytettä sekä yksi näyte koulittuja taimia.

20. *Kankaanrannan taimitarha, Ahlainen (Satakunnan Mhl.)*. Taimitarha on suurehko, aivan uusi, 1951 peltomaalle perustettu ja näytekohdat ensi kertaa puun taimilla. Maa on tasaista hietamaata ja ilmoitettu tarkoitukseen sopivaksi. Ennen kylvöä maa on saanut voimakkaan lannoituksen (selluloosatehtaan jätelipeätä, suomutaa ja karjanlantaa, lisäksi fosfaattia 1 100 kg/ha ja kaliumsulfaattia 150 kg/ha). Myös pintalannoitus on ollut runsas (1953 kalkkisalpietaria 200 kg/ha ja 1954 Ca-NH_4 -salpietaria 200 kg/ha ja Y-lannosta 250 kg/ha). Taimirivit ovat aukottomat ja erittäin tuuheat, mikä osaltaan johtuu runsaasta siemenen käytöstä.

21. *Halikon taimitarha, Halikko (Lounais-Suomen Mhl.)*. Taimitarha on piehkö (0.8 ha), melko uusi, perustettu peltomaalle 1948. Maasto viettää voimakkaasti itään, ja maalaji vaihtelee suuresti taimitarhan eri osissa. Rinteen yläosa (näyte 1 : 2) on hiekkamaata, alareuna (näytteet 1 : 1, 2 : 1 ja 2 : 3) on hietasavea. Maa ilmoitetaan kaltevuuden sekä osittain savisuuden vuoksi taimien kasvattamiseen sopimattomaksi. Taimitarhan uusin osa (näytteet 1 : 1 ja 2 : 1) on ensi kertaa käytössä viljan jälkeen, muissa osissa on kasvatettu puun taimia välillä kesannoimatta. Ennen kylvöä maahan on lisätty kalia ja fosfaattia ja pintalannoituksena on kaikille taimille keväällä 1954 annettu kalkkisalpietaria 100—200 kg/ha. Taimirivit ovat savisessa osassa roudan tuhojen vuoksi aukkoisia, muualla aukottomia.

22. *Leksvallin taimitarha, Tammisaari (Helsingin Mhl.)*. Taimitarha on suuri (9 ha), perustettu pellolle 1938 ja laajennettu 1952. Maa on hietaista moreenia, osittain hiesua ja on ilmoitettu hiesuosalta routimisen vuoksi sopimattomaksi. Mänty-näytteet ovat taimitarhan uudesta osasta, jossa on ensi kertaa puun taimia ja joka oli sitä ennen heinäpeltona. Kuusinäytteet ovat vanhasta osasta, jossa kylvöä edeltäneenä vuonna kasvoi männyn taimia. Ennen kylvöä annettiin mäntyosalle superfosfaattia 400 kg/ha ja kalisuolaa 300 kg/ha, kuusiosalle hevoslantaa sekä Y-lannosta 300 kg/ha. Pintalannoitus ei taimille ole annettu. Taimirivit ovat aukottomat, mutta ei kovin tiheät, mikä johtuu siemenen säästeliäästä käytöstä.

23. *Tapion taimitarha, Hämeenlinna (Keskusmetsäseura Tapio)*. Taimitarha on suuri (5.8 ha), perustettu peltomaalle 1932 ja on ollut jatkuvasti voimaperäisessä käytössä. Maa on hietaista moreenia ja taimitarhaksi sopivaa. Maanparannusaineina on käytetty kalkkia ja suomutaa. Kylvöä edeltäneenä vuonna näytekohdat kasvoi-

vat perunaa. Ennen kylvöä maahan lisättiin hienofosfaattia 1 000 kg/ha. Pintalannoitusta taimille on annettu kumpanakin kasvukեսänä, 1953 Ca-NH₄-salpietaria 150 kg/ha ja 1954 Ca-NH₄-salpietaria ja Y-lannosta 100—150 kg/ha kumpaakin. Taimirivit ovat tasaiset, melko tiheet ja aukottomat.

24. *Vatjalan taimitarha, Kangasala (Pohjois-Hämeen Mhl.)*. Taimitarha on suurehko (3.5 ha), perustettu 1940 tasaiselle pellolle. Maalaji on hiesua ja arvosteltu sopivaksi. Maanparannusaineina on käytetty kalkkia ja suomutaa. Kylvöä edeltäneenä kesänä näytekohdat olivat puun taimilla. Ennen kylvöä maahan lisättiin lantavettä ja superfosfaattia. Pintalannoituksena on taimille annettu 1954 Ca-NH₄-salpietaria 200 kg/ha, kuusen taimille myös 1953. Taimirivit ovat melko aukkoisia, varsinkin kuuset. Aukkoisuus johtuu lintujen aiheuttamista vaurioista ja taimipolteesta, mutta myös routa- ja kitkemisvaurioita on sattunut.

Laboratoriotyöt

Maa-analyysit

Maa-analyysit tehtiin Metsäntutkimuslaitoksen maantutkimusosaston käyttämien standardimenetelmien mukaan.

Maanäytteet seulottiin aluksi 2 mm:n seulalla. Kemialliset analyysit tehtiin seulan läpi menneestä osasta. Mekaanista raekokoomusta laskettaessa on myös soralajite otettu huomioon.

Mekaaninen maa-analyysi tehtiin Aaltosen (1941, ss. 23—24) ja Viron (1947, s. 36) selostamalla menetelmällä määrittämällä 0.2 mm:iä karkeimmat lajitteet seulomalla ja sitä hienommat pipetoimalla.

Maan vedenpidätyskyky (Vk) määritettiin Bouyoucosin (1929; Viro 1947, s. 37) menetelmällä.

pH:n määrittystä varten pieneen määrään maata lisättiin vettä, kunnes syntyi puuromainen seos, annettiin sen seistä yli yön ja mitattiin pH Beckmanin lasielektrodimittarilla (malli H-2).

Orgaaninen hiili määritettiin Tiurinin menetelmällä, hapettamalla orgaaninen aine K₂Cr₂O₇:llä ja titraamalla jäljellä oleva kromihappo FeSO₄:llä (Aaltonen 1939, s. 36).

Typpi määritettiin tavallisella Kjeldahlin menetelmällä.

Ammoniaki- ja nitraattityypen määrittystä varten maa uutettiin 0.5-n. KCl-liuoksella. Näissä määrittelyissä käytetty vesi oli puhdistettu ensin tislamalla ja sen jälkeen ionivaihtajalla. Emäksiseksi tehdystä uutteesta tislattiin ensin NH₄-typpi. Sen jälkeen pelkistettiin nitraatti ammoniakiksi Dewardan seoksella ja määritettiin se samalla tavalla.

Vaihtuvien kationien, jotka likimäärin osoittavat kasveille käyttökelpoisten kivennäisravinteiden määriä, uuttamiseen käytettiin NH₄-asetaattiliuosta pH 4.65, joka saatiin neutraloimalla 1-n. etikkahappo puoliksi ammoniakilla (Vuorinen & Mäkitie 1955). Uutoksesta määritettiin K₂O, Na₂O, CaO ja MgO Beckman-B liekkifotometrillä sekä MnO kolorimetrisesti. Koska metsämaa- ja taimitarhatutkimuksissa on eri aikoina ja eri maissa käytetty erilaisia uuttamisaineita ja määrittelymenetelmiä, eivät tulokset ole täysin vertauskelpoisia keskenään.

Myös fosfori (P_2O_5) määritettiin samasta asetaattiuutteesta kuin kationit. Tois-
 taiseksi ei liene olemassa täysin luotettavaa menetelmää kasveille — ja nimenomaisesti
 havupuille — käyttökelpoisen fosforin määrittämiseksi. Monia eri liuottimia on
 käytetty ns. helpoliukoista fosforia määrittettäessä ja kaikissa menetelmissä on to-
 dettu enemmän tai vähemmän heikkouksia (vrt. V i r o 1951, ss. 9—10). Kuiten-
 kin, kuten V i r o (1951, ss. 23—26) on osoittanut, vaikka eri menetelmät antavat
 hyvin erilaisia tuloksia helpoliukoisen fosforin absoluuttisista määristä, ne yleensä
 antavat melko yhtäpitävän kuvan eri maiden suhteellisesta fosforipitoisuudesta.
 Hapanta NH_4 -asetaatia käytetään liuottimena fosforin määrittämisessä nykyisin
 myös Maatalouskoelaitoksen maantutkimusosastolla (V u o r i n e n & M ä k i t i e
 1955). Käyttämällä samaa liuotinta fosforin ja kationien määrittämisessä voitiin melko
 suuren maanäyttemäärän analysointia huomattavasti nopeuttaa.

Osasta maanäytteitä analysoitiin myös hivenaineet Cu ja Zn. Uutosliuoksena
 käytettiin tällöin 0.05-n. etyleenidiaminitetraetikkahapon ammoniumsuolaa (EDTA,
 pH 9.0), joka on todettu hyvin tehokkaaksi liuottimeksi (V i r o 1955 a ja b). EDTA-
 uutoksista analysoitiin samat ionit kuin asetaattiuutoksista, lukuun ottamatta natriu-
 mia, joten melkoisesta osasta aineistoa (30 maanäytettä yhteensä 11 taimitarhasta)
 on rinnakkaisanalyytit kahta liuotinta käyttämällä. Liuottimien vertailu suoritetaan
 tulosten esittelyn yhteydessä. Rinnakkaisanalyytit tehtiin sellaisista maanäytteistä,
 joiden oletettiin taimien laadun perusteella edustavan ravinteisuuden alhaista, keski-
 määräistä ja korkeata tasoa.

Taimien mittaukset

Taiminäytteet varastoitiin, kuten edellä on mainittu, jäädytettynä laboratorio-
 tutkimuksia varten.

Kun näyte oli tuotu laboratorioon, pestiin taimet ensin puhtaiksi maasta ja sen
 jälkeen ne mitattiin yksitellen. Jokaisesta taimesta mitattiin:

1. pituus juurenniskasta latvasilmun kärkeen (tarkkuus 1 cm),
2. varren paksuus (tarkkuus 0.1 mm),
3. neulasten keskim. pituus v:n 1954 kasvaimen keskikohdalla (tarkkuus män-
 nällä 1 cm ja kuusella 0.2 cm).

Mittausta jatkettiin, kunnes 100 tainta oli mitattu (muutamissa näytteissä tai-
 mien kokonaismäärä tosin oli jonkin verran alle 100).

Em. mittausten jälkeen taimi katkaistiin juurenniskan kohdalta ja molemmat
 osat saivat kuivua huoneilmassa, kunnes paino pysyi muuttumattomana (vähintään
 2 viikkoa). Sen jälkeen kunkin taimen verso ja juuristo punnittiin (tarkkuus 1 mg).
 Jäljempänä esitettävät painot ovat siis huonekuivia painoja, joihin sisältyy kos-
 teutta 6—7 %.

Havupuiden juuristojen fysiologista kuntoa voidaan arvostella mykoritsain kehi-
 tyksen perusteella. Niinpä on joissakin tutkimuksissa määritetty taimen mykorit-
 saisten juuren kärkien lukumäärä (esim. H a t c h 1937, B j ö r k m a n 1942). Nyt
 puheena olevassa rutiiniosassa, jossa mitattiin kaikkiaan yli 10 000 tainta, ei jokaisen
 taimen yksityiskohtaista tutkimista pidetty tarkoituksen mukaisena, vaan meneteltiin
 seuraavasti. Koska männyn hyvin kehittyneet mykoritsat ovat tunnusomaisesti
 hankahaaraisia ja sen vuoksi helposti tunnettavia, rajoitettiin mykoritsain runsauden
 selvittely mäntyihin lukemalla vain haaraiset mykoritsat (erikseen 2-, 4-, 8- ja
 useampihaaraiset) kussakin näytteessä 20 taimesta (n:ot 1—10 ja 51—60). Lukemi-
 nen tapahtui taimen mittauksen yhteydessä pitämällä juuristoa vedessä laakeassa

lasimaljassa. Kullekin männyn taiminäytteelle laskettiin sitten haaraisten mykoritsain kärkien keskimääräinen luku tainta kohti, joka siis kuvastaa mykoritsain suhteellista runsautta eri taiminäytteissä.

Osasta taimia (19 mänty- ja 21 kuusinäytteestä) tehtiin vielä kemiallinen neulas-analyysi. Neulaset poltettiin platinamaljassa +550° C lämpötilassa. Tuhkasta määritettiin K₂O, Na₂O, CaO, MgO, MnO ja P₂O₅. Typpi määritettiin toisesta neulas-erästä Kjeldahlin menetelmällä.

Tutkimusmenetelmän rajoitukset

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, miten taimien laatu riippuu taimitarhan maan ominaisuuksista, ja on siis syytä tarkastella, missä määrin käytetyllä tutkimusmenetelmällä on mahdollista saada vastausta asetettuun kysymykseen. Tällöin on syytä kiinnittää huomiota muutama maasta riippumattomiin tai tässä tutkimuksessa käsittelemättömiin tekijöihin, jotka myös vaikuttavat taimien laatuun, sekä eräisiin edellä selostetun menetelmän heikkouksiin.

Vesi on tunnetusti tärkeä kasvutekijä. Taimien kehitys riippuu olennaisesti niiden veden saannista. Maan hydrologisiin ominaisuuksiin ei tässä tutkimuksessa ole kuitenkaan kiinnitetty huomiota, lukuun ottamatta vedenpidätyskykyä, koska toisia taimitarhoja on kasteltu, toisia ei, ja tämän aineiston pohjalla on jokseenkin mahdotonta päätellä, missä määrin keinokastelulla on ollut vaikutusta eri taimitarhojen maan hydrologiaan ja taimien menestymiseen.

Näytteet otettiin loppukesällä 1954, ja taimien kehitys ja laatu on siis suuressa määrässä riippuvainen sen ja jossain määrin edellisen kesän sääsuhteista. Molemmat kesät olivat huomattavasti keskimääräistä sateisimpia (Taulukko 1), jopa niin, että keinokastelua käytettiin melko vähän sellai-

Taulukko 1. Kasvukausien 1953 ja 1954 lämpö- ja sadeolot tutkimus-
—alueella normaalivuosiin verrattuina.

Table 1. Average temperature and rainfall of the growing seasons on the study area in 1953 and 1954 and the normal values.

	Keskilämpö Average temperature			Sademäärä, mm Rainfall, mm					
	Tampere			Tampere			Punkaharju		
	1953	1954	1901— 1930	1953	1954	1886— 1935	1953	1954	1886— 1935
Kesäkuu — June	17.6	13.1	13.5	43	65	63	59	63	60
Heinäkuu — July	16.2	16.4	16.9	140	130	73	93	86	63
Elokuu — August	14.3	14.6	14.4	114	104	79	116	77	78
Keskim. — Average Yhteensä — Total	16.0	14.7	14.9	297	299	215	268	226	201

sissakin taimitarhoissa, joissa oli kastelulaitteet. Karkeat maat, jotka normaalikesänä voivat kärsiä kuivuudesta, ovat ehkä saaneet vettä riittävästi, kun taas hienojakoisemmat maat ovat saattaneet kärsiä liiasta kosteudesta. Tuloksia ei siis voida kovin pitkälle yleistää, vaan sääsuhteiltaan toisenlaisena kesänä taimien laatu eri taimitarhoissa olisi mahdollisesti ollut kokonaan toisenlainen. Taimien veden tarve sekä maan hydrologisten ominaisuuksien ja kastelun vaikutus taimien laatuun voidaan selvittää vain kokeellisin tutkimuksin.

Puiden rodulliset ominaisuudet taimien kasvunopeuteen ja laatuun vaikuttavina tekijöinä sivuutetaan. Siemenen alkuperä on tuntematon — useimmiten on käytetty paikallista rotua olevaa »osuuskauppasiementä». On mahdollista, että joissakin taimitarhoissa taimet ovat keskimäärin perinnöllisesti nopeakasvuisempia kuin toisissa, mutta tätä kysymystä ei voida käytettävissä olevan aineiston perusteella tutkia.

Tutkimusaineisto on koottu laajahkolta alueelta, jonka eri osissa ilmasto on jossakin määrin erilainen. Paikallisilmaston vaikutus taimien laatuun onkin ilmeinen, kuten jo edellä (sivu 8) on huomautettu.

Paitsi maan laatu ja sen hoito, taimien kehitykseen vaikuttaa monin tavoin taimitarhatekniikka, kuten kylvötapa, -aika ja -tiheys, rikkaruohojen torjunta jne., samoin erilaiset tuhot ja niiden torjuntatoimenpiteet. Varsinkin kylvötiheys vaikuttaa hyvin tuntuvasti sekä taimien keskikokoon että koon vaihteluun, kuten useissa tutkimuksissa (vrt. esim. H e i k i n h e i m o 1940, S t e f a n s s o n 1948, M o r k 1952, M i k o l a 1956) on osoitettu. Huonossa maassa harvassa kasvavien taimien keskikoko saattaa olla suurempikin kuin hyvässä maassa tiheässä kasvavien. Samoin monien suoranaisesti maahan kohdistuvien viljelysteknillisten toimenpiteiden, kuten ojituksen, muokkauksen ja viljelykierron, mahdollinen vaikutus tulee pitää mielessä. Kaikista tällaisista seikoista tehtiin havaintoihin ja taimitarhain hoitajien antamiin tietoihin perustuvia merkintöjä, mutta vaikuttavia tekijöitä on niin paljon, saadut tiedot usein puutteellisia ja aineisto siksi suppea, että sen perusteella on jokseenkin toivotonta pyrkiä selvittämään yhden tietyn tekijän vaikutusta. Sen sijaan on mahdollista kussakin taimitarhassa erikseen tarkastella, mitkä tekijät ovat olleet vaikuttamassa taimien kehitykseen edullisesti ja mitkä haitallisesti.

Tärkeimmät maan ominaisuudet, jotka vaikuttavat taimien kasvuun, ovat fysikaalinen rakenne sekä ravinteisuus. Fysikaaliset ominaisuudet, kuten raekoostumus ja humuspitoisuus, ovat tiettyssä taimitarhassa melkein muuttumattomia tai muuttuvat hitaasti. Sen sijaan ravinteisuus vaihtelee hyvin paljon; ravinteita tulee maahan lannoituksessa ja poistuu maasta taimien ottamina tai huuhtoutumisen kautta. Kun maanäytteet otettiin taimien toisen kasvukauden loppupuolella, ei ravinteiden senhetkinen määrä maassa läheskään osoita, paljonko ravinteita maassa on

alkuaan ollut tai millaiset kasvuolosuhteet taimilla on ravinteisuuden puolesta ollut. Onhan mahdollista, että jossakin taimitarhassa kaikki muut edellytykset ovat olleet suotuisat ja taimet ovat siis pystyneet myös käyttämään tehokkaasti hyväkseen tarjolla olleet ravinteet, joten tutkimushetkellä taimet ovat suuret, mutta maassa niukasti ravinteita, kun taas toisessa taimitarhassa taimien kasvu on ravinteiden runsaudesta huolimatta ollut jonkin epäsuotuisan tekijän vuoksi heikko ja siis tutkimushetkellä taimet ovat pienet, mutta maassa runsaasti ravinteita jäljellä. Samaten, jos taimitarhan kaikissa näytekohdissa on jotakin tiettyä ravinnetta ollut alkuaan yhtä paljon, on sitä tutkimushetkellä todennäköisesti vähiten siinä kohdassa, jossa taimet ovat kasvaneet eniten.

Maa-analyysien ja taimien mittaustulosten tulkintaa vaikeuttaa erityisen paljon monissa taimitarhoissa käytetty pintalannoitus. Useimmiten on käytetty helppoliukoista tyyppiä (nitraattia), jonka avulla taimien kasvua on mahdollista suuresti lisätä, mutta joka myös nopeasti huuhtoutuu maasta. NO_3 -tyypin määrä maanäytteissä riippuu siis suureksi osaksi siitä, kuinka pitkä aika on kulunut viimeisestä pintalannoituksesta.

Tutkimuksen yhteydessä tiedusteltiin taimitarhain hoitajilta sekä ennen kylvöä että pintalannoituksena annettuja lannoitemääriä. Saadut tiedot ovat kuitenkin melko ylimalkaisia, sillä koska kysymyksessä ei ole ollut varsinainen koe, ei lannoitemääriä ole tarkoin punnittu (pintalannoitemäärät ovat todennäköisesti yleensä olleet suurempia kuin on arvioitu) eikä muistiinpanoja tehty, levitys on ollut epätasaista, ja parissa taimitarhassa oli kylvön ja näytteiden oton välillä hoitajakin vaihtunut.

Lienee syytä korostaa, että tämä tutkimus on kokonaan havaintoihin perustuva; kokeita ei ole tehty. Kun otetaan huomioon edellä mainitut tutkimusmenetelmän rajoitukset, ei voida odottaa, että esim. jonkin ravinteiden määrän ja taimien keskipituuden välillä olisi selvää riippuvuutta löydettävissä. Sen sijaan kunkin taimitarhan puitteissa erikseen on mahdollista tarkastella taimien kuntoa maan ominaisuuksien yhteisvaikutuksen tuloksena sekä vertailla saman taimitarhan eri näytteitä, joissa osa ominaisuuksista on samoja. Johtopäätösten teko onkin mahdollista etupäässä taimitarhoittain suoritettujen tulosten tarkastelun perusteella. Monet esille tulevista kysymyksistä ovat kuitenkin sellaisia, että ne voidaan ratkaista vain kokeellisin tutkimuksin.

Taimitarhamaan ominaisuudet

Maalaji

Metsänhoidon oppi- ja käsikirjoissa varoitetaan yleensä perustamasta taimitarhaa savimaalle, koska savipitoisella maalla muokkaus ja taimien nosto on hankalaa, maa kovettuu ja halkeilee kuivana aikana ja routimisvahingot muodostuvat suuriksi (esim. D e n g l e r 1935, s. 399; A h o l a 1949, s. 213; R u p f 1952, s. 26; H e i k i n h e i m o 1956, s. 103). Usein esitetään joitakin raja-arvoja, joita hienoimpien ainesten määrä maassa ei saa ylittää, jotta maa soveltuisi taimitarhaksi. Niinpä A r n b o r g ja S t e f a n s s o n (1951) mainitsevat, että saven ja hiesun (raesuuruus <0.02 mm) osuus saa nousta enintään 15 %:iin. W i l d e n (1946) mukaan parasta on sellainen maa, jossa hienoja aineksia (raesuuruus <0.05 mm) on 15—20 %, ja W a k e l e y (1954) suosittelee maata, jossa vastaavaa raesuuruutta (<0.05 mm) on 15—25 %. S t e w a r t i n (1954) mukaan saa sekä hiesua (0.02—0.002 mm) että savea (<0.002 mm) olla enintään 10—12 % eli molempia yhteensä enintään 20—24 %.

Taulukko 2 esittää Suomen kaikkien taimitarhojen jakaantumista maalajeittain taimitarhatiedustelun mukaan. Vaikka taimitarhaohjeissa yleisesti varoitetaan perustamasta taimitarhaa kovin savipitoiselle maalle, sijaitsee siis 41 % kaikista ja jopa puolet suurista taimitarhoista hienojakoisiin luettavilla mailla. Tähän on luonnollinen selitys siinä, että taimitarhat on useimmiten perustettu peltomaille ja pellot ovat yleensä suhteellisen savipitoisia metsämaihin verrattuina. Tiedustelun mukaan näyte-

Taulukko 2. Taimitarhain jakaantuminen maalajeittain (prosentteina).

Table 2. Percentages of nurseries on different soils.

Maalaji <i>Soil</i>	Isot taimitarhat <i>Large nurseries</i>	Pienet taimitarhat <i>Small nurseries</i>	Kaikki taimitarhat <i>All nurseries</i>
Hiekka — <i>Sand</i>	12	20	18
Hietainen moreeni — <i>Sandy loam</i>	38	42	41
Savinen moreeni — <i>Silt loam</i>	4	13	11
Hiesu — <i>Silt</i>	34	18	22
Savi — <i>Clay</i>	12	7	8
	} 50	} 62	} 59
	} 50	} 38	} 41

Taulukko 3. Maa-analyysit. — Table 3. Soil analyses.

Taimi- tarha <i>Nursery</i>	Näyte <i>Sample</i>	Raekokoomus — <i>Mechanical composition</i>					Vk <i>Wc</i>	pH	Org. <i>C</i>
		20—2 mm	2—0.2 mm	0.2—0.02 mm	0.02-0.002 mm	<0.002 mm			
		%							
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
1	1:1	5.6	27.8	47.1	11.4	8.1	16.9	5.7	2.93
	1:2	8.4	25.3	47.8	11.4	7.1	16.4	6.0	2.54
	1:3	5.7	28.6	45.7	11.6	8.4	18.1	5.7	3.36
	2:1	5.0	29.9	44.8	12.1	8.2	20.2	5.7	3.07
	2:2	5.5	28.9	46.0	11.2	8.4	20.2	5.6	3.50
	2:3	6.4	29.2	45.7	11.0	7.7	18.3	5.6	3.17
2	1:1	1.3	42.6	41.3	11.4	3.4	10.6	5.8	1.97
	1:2	0.8	41.3	43.7	10.2	4.0	10.2	5.7	1.78
	1:3	0.8	46.8	39.5	8.9	4.0	14.5	6.5	3.55
	2:1	0.8	61.6	25.7	8.2	3.7	11.6	6.8	2.50
	2:2	0.5	60.2	25.4	8.4	5.5	11.6	6.4	2.50
	2:3	0.4	56.6	30.0	7.0	6.0	11.8	6.0	2.45
3	1:1	0.5	22.8	43.3	22.1	11.3	22.4	6.1	2.69
	1:2	0.4	13.2	47.9	26.1	12.4	30.8	5.9	2.76
	1:3	0.4	15.9	55.4	18.7	9.6	21.9	6.5	2.59
	2:1	3.7	18.7	43.1	23.1	11.4	29.9	6.0	2.40
	2:2	0.7	8.7	36.6	37.7	16.3	35.4	5.8	3.02
	2:3	0.7	10.0	30.8	38.7	19.8	36.3	5.7	2.40
4	2:1	6.8	55.3	21.1	10.6	6.2	12.8	5.3	2.14
	2:2	7.2	39.2	29.0	18.4	6.2	17.7	5.4	2.74
	2:3	6.3	39.6	34.2	14.1	5.8	18.4	5.4	3.12
5	1:1	2.8	11.5	71.6	10.7	3.4	19.6	5.6	4.58
	1:2	0.8	4.9	83.4	7.0	3.9	17.4	6.1	3.65
	1:3	7.7	17.3	60.8	11.0	3.2	31.7	5.9	6.91
	2:1	1.0	4.7	79.6	10.8	3.9	24.2	5.6	5.23
	2:2	5.9	18.8	66.0	6.7	2.6	20.0	5.7	5.14
	2:3	0.8	3.1	83.5	9.0	3.6	27.7	5.5	5.16
6	1:1	2.3	56.2	35.6	2.1	3.8	17.5	6.0	5.26
	1:2	3.6	46.0	44.7	1.6	4.1	14.6	6.1	4.29
	1:3	2.3	57.1	34.9	1.6	4.1	16.1	6.0	5.06
	2:1	1.8	49.6	45.5	1.6	1.5	5.9	6.2	1.30
	2:2	2.6	53.2	40.0	2.0	2.2	10.6	6.2	2.98
	2:3	4.3	49.0	40.4	3.0	3.3	15.3	6.6	4.80
7	1:2	1.1	15.5	66.6	10.8	6.0	20.2	6.1	3.96
	1:3	1.5	17.3	61.5	12.4	7.3	20.7	5.7	4.58
	2:2	0.8	15.5	67.6	10.6	5.5	18.7	6.1	3.55
	2:3	1.7	17.2	59.5	14.7	6.9	26.7	5.9	4.82
8	1:1	12.6	31.6	34.9	15.8	5.1	20.0	6.8	3.19
	1:2	12.2	33.3	33.2	15.5	5.8	17.9	6.1	2.06
	1:3	9.4	31.1	32.7	20.3	6.5	20.9	6.5	2.33
	2:1	13.1	33.7	34.6	13.0	5.6	16.4	6.9	2.40
	2:2	15.2	32.1	32.8	14.3	5.6	17.1	6.6	2.78
	2:3	13.8	32.5	33.1	14.6	6.0	17.8	6.7	2.78

C : N	Typpi <i>Nitrogen</i>			NH ₄ -asetaattiin liukeneva <i>NH₄ acetate soluble</i>					
	Kokonais- Total %	NO ₃	NH ₄	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO	MnO	P ₂ O ₅
		mg/100 g								mg/100 g
11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.
12.0	0.245	3.00	2.54	6.93	8.54	111.8	24.0	13.25	5.14
10.8	0.245	3.08	1.98	7.09	6.86	121.0	25.7	12.73	7.56
12.0	0.280	3.91	2.38	6.80	6.93	130.7	29.3	16.23	7.40
10.4	0.294	3.76	2.08	6.13	8.00	161.3	33.3	17.30	10.20
11.1	0.315	3.98	2.72	6.86	13.42	167.0	39.8	12.68	11.40
12.2	0.259	3.51	2.58	8.66	6.06	123.2	28.0	15.87	6.62
12.2	0.161	1.31	1.34	9.80	8.54	86.6	14.4	5.31	3.14
9.4	0.189	1.58	1.40	7.66	4.00	65.1	4.6	5.44	2.79
12.1	0.294	1.72	1.78	10.00	9.26	190.7	30.7	6.61	3.11
13.7	0.182	2.04	1.48	19.80	7.20	152.0	47.1	6.41	4.88
12.3	0.203	2.19	1.62	16.70	12.59	110.0	32.2	6.61	6.03
12.5	0.196	1.76	2.08	14.00	8.20	114.8	21.3	6.87	4.60
11.6	0.231	3.53	4.26	32.50	8.20	128.7	28.0	8.25	1.75
12.4	0.231	4.45	4.92	20.80	9.86	110.8	21.3	8.38	1.61
11.9	0.217	3.78	4.88	32.50	16.08	152.0	32.0	7.92	2.00
11.4	0.210	4.30	3.06	29.10	7.20	118.8	25.1	8.18	1.82
11.4	0.266	5.78	7.24	29.90	8.86	120.0	26.7	10.00	1.48
11.4	0.210	4.73	3.42	31.60	8.00	126.0	29.3	9.03	1.58
13.3	0.161	2.36	1.52	14.35	16.08	80.0	25.1	5.96	5.04
15.1	0.182	3.30	2.40	21.50	10.20	97.3	36.4	7.14	6.50
15.4	0.203	4.13	2.30	21.50	10.52	97.3	37.1	7.26	6.56
15.1	0.308	3.80	2.00	13.85	8.54	154.8	23.3	10.27	2.05
13.4	0.273	2.93	2.10	16.60	17.40	154.8	24.7	8.25	1.82
17.3	0.399	3.87	2.30	11.00	20.80	250.5	46.7	12.16	2.60
15.6	0.336	3.56	2.36	14.93	11.28	128.7	22.7	10.40	2.24
16.0	0.322	2.84	2.36	16.88	11.67	161.3	32.0	11.58	2.64
15.4	0.336	2.97	2.30	8.47	13.92	148.0	24.7	10.40	2.18
22.1	0.238	3.98	2.02	6.70	17.88	173.3	34.7	8.37	3.70
22.7	0.189	3.91	1.82	6.93	17.40	167.2	32.0	7.06	2.36
24.1	0.210	2.96	2.04	6.40	10.20	173.3	36.0	6.48	2.54
12.9	0.091	4.69	1.16	5.46	13.20	72.0	12.7	3.36	1.11
22.4	0.133	3.34	1.64	8.06	10.52	148.0	30.0	6.81	2.96
23.6	0.203	2.97	1.94	8.94	18.80	180.8	36.0	8.18	2.86
13.7	0.287	3.21	1.86	14.28	14.33	186.8	29.3	6.87	1.73
14.9	0.308	3.91	2.10	15.20	10.20	180.8	32.0	9.35	2.18
14.5	0.245	3.56	1.82	15.20	18.33	154.8	28.0	7.40	1.67
14.7	0.329	4.22	1.98	14.93	16.47	194.6	38.4	9.48	2.06
18.2	0.175	3.52	1.38	23.10	10.29	304.0	54.9	5.57	2.30
12.8	0.161	2.84	1.66	18.13	16.93	123.3	41.0	4.27	1.91
13.3	0.175	3.42	1.54	23.50	7.31	195.0	47.2	5.70	1.85
17.2	0.140	3.56	2.10	16.11	7.31	195.0	40.9	4.46	2.18
16.6	0.168	3.74	2.06	15.74	12.00	173.3	49.6	4.92	2.01
17.3	0.161	3.86	2.24	17.15	6.86	160.0	37.2	5.83	1.89

Taulukko 3 jatk. — Table 3 cont.

Taimi- tarha <i>Nursery</i>	Näyte <i>Sample</i>	Raekokoomus — <i>Mechanical composition</i>					Vk <i>Wc</i>	pH	Org. <i>C</i>
		20—2 mm	2—0.2 mm	0.2— 0.02 mm	0.02— 0.002 mm	<0.002 mm			
		%							
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
9	1:1	4.3	29.2	50.5	11.3	4.7	14.9	5.5	2.35
	1:2	6.9	32.2	47.7	8.8	4.4	12.5	5.9	2.33
	1:3	5.0	27.0	52.5	10.7	5.1	20.1	5.6	3.12
	2:1	6.1	23.5	56.1	10.5	3.8	18.7	5.7	1.70
	2:2	10.1	22.1	53.7	10.8	3.3	15.4	4.8	2.16
	2:3	3.5	24.8	54.7	11.6	5.4	16.4	5.8	3.17
10	2:1	3.4	44.0	42.1	5.4	5.1	19.0	7.1	4.22
	2:2	2.4	44.3	41.5	7.5	4.3	19.2	7.1	4.22
	2:3	2.6	44.2	42.4	5.8	5.0	20.4	7.2	4.70
11	1:2	10.5	34.8	41.0	6.4	7.3	27.3	5.3	8.11
	1:3	8.0	31.1	46.7	6.2	8.0	27.2	5.4	9.70
	2:2	7.8	36.6	42.4	5.6	7.6	21.0	5.3	8.54
	2:3	7.9	33.7	44.6	5.6	8.2	26.8	5.2	8.30
12	1:2	6.3	32.2	43.3	11.3	6.9	12.5	6.2	2.42
	1:3	7.3	28.9	41.6	13.7	8.5	14.0	6.0	2.23
	2:1	6.0	29.7	43.5	12.7	8.1	16.7	6.6	2.50
	2:2	6.0	28.4	43.9	13.1	8.6	17.2	6.6	3.58
	2:3	8.4	32.9	42.1	10.2	6.4	13.5	6.1	2.66
13	1:1	10.4	28.2	43.4	11.2	6.8	20.1	5.6	5.85
	1:2	11.6	29.0	42.5	10.3	6.6	21.2	5.7	5.90
	1:3	17.5	30.4	39.1	8.2	4.8	20.2	5.7	5.76
	2:1	11.4	28.5	43.2	9.0	7.9	30.8	6.3	8.54
	2:2	11.8	30.5	40.3	9.0	8.4	33.3	6.6	9.98
	2:3	8.9	28.7	43.8	9.7	8.9	28.9	5.7	9.36
14	1:1	0.4	25.9	56.7	9.7	7.3	15.6	5.8	2.02
	1:2	0.2	27.3	58.2	6.9	7.4	14.0	6.3	1.82
	1:3	0.5	27.2	55.2	8.4	8.7	16.1	5.8	1.92
	2:1	0.9	23.3	54.8	11.5	9.5	16.2	5.9	2.74
	2:2	0.6	24.7	57.1	9.4	8.2	17.9	6.1	3.65
	2:3	0.2	28.0	53.4	8.8	9.6	16.0	5.9	3.50
15	1:1	13.5	45.6	24.9	10.0	6.0	15.6	5.5	3.31
	1:2	14.6	45.6	24.3	9.9	5.6	20.1	5.5	4.22
	1:3	16.4	43.2	25.6	8.8	6.0	22.9	5.1	5.74
	2:1	15.3	49.4	22.9	8.0	4.4	16.4	4.6	3.48
	2:2	18.2	50.0	20.5	6.9	4.4	13.8	4.8	2.93
	2:3	15.6	47.4	24.6	7.8	4.6	17.0	4.8	4.08
16	1:1	2.4	9.3	28.7	44.9	14.7	45.0	5.7	9.31
	1:2	2.3	20.4	28.2	32.7	16.4	47.3	5.3	10.48
	1:3	2.4	17.1	28.1	35.9	16.5	47.0	5.6	11.23
	2:1	3.4	27.5	26.0	30.7	12.4	38.9	5.5	8.35
	2:2	2.4	19.2	27.6	34.6	16.2	44.3	5.2	10.75
	2:3	0.9	12.7	29.6	36.6	20.2	51.4	5.4	13.50

C : N	Typpi <i>Nitrogen</i>			NH ₄ -asetattiin liukeneva <i>NH₄ acetate soluble</i>					
	Kokonais- Total %	NO ₃	NH ₄	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO	MnO	P ₂ O ₅
		mg/100 g			mg/100 g				
11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.
14.6	0.161	1.53	2.10	5.60	4.97	23.8	2.1	3.75	1.18
14.5	0.161	2.07	2.04	10.27	10.20	105.3	24.0	3.16	5.04
15.4	0.203	1.78	2.32	7.89	7.03	45.6	5.7	5.24	1.57
20.2	0.084	1.40	1.50	5.03	8.74	80.0	10.9	2.62	2.88
17.2	0.126	1.76	1.84	5.26	16.08	100.0	21.3	4.40	3.78
17.4	0.182	2.66	2.46	7.26	9.37	73.2	12.3	5.18	2.38
16.3	0.259	3.25	2.32	17.25	12.73	361.5	65.3	6.48	14.13
15.9	0.266	2.18	1.98	29.90	10.20	402.0	69.3	6.47	17.30
16.8	0.280	3.62	2.16	47.40	11.28	395.0	69.3	7.53	16.62
21.1	0.385	3.03	2.46	31.20	16.08	151.2	32.7	9.74	2.38
20.4	0.476	3.49	2.90	39.20	19.80	229.5	45.3	10.00	2.36
23.0	0.371	6.29	2.50	36.25	16.47	194.6	36.3	9.35	2.94
19.1	0.434	5.04	2.72	39.20	13.53	216.0	37.4	9.74	2.74
12.9	0.189	2.34	2.10	10.53	8.54	148.0	23.3	5.38	8.20
11.8	0.189	2.33	1.78	22.80	13.92	130.7	23.3	6.09	11.60
11.5	0.217	6.32	1.78	21.50	13.20	232.5	33.1	6.35	8.40
14.6	0.245	3.28	1.84	26.24	9.26	272.5	36.7	6.61	8.65
12.3	0.217	2.41	1.84	11.47	13.53	161.3	21.6	6.42	14.30
17.0	0.343	3.28	2.50	10.27	7.20	157.3	20.3	7.46	3.14
16.9	0.350	2.36	2.34	9.80	17.40	154.8	21.6	7.72	3.06
17.5	0.329	2.36	1.74	8.47	14.80	154.8	20.3	5.70	2.50
18.8	0.455	2.80	2.34	16.00	9.53	424.0	49.3	7.92	3.98
19.8	0.504	3.81	2.18	18.46	16.47	748.0	63.3	9.35	5.72
18.1	0.518	3.55	2.76	14.93	8.86	284.0	36.7	8.89	3.86
8.3	0.245	2.99	1.74	16.00	13.53	128.7	20.3	5.31	2.08
7.2	0.252	2.23	1.58	8.94	17.40	154.8	19.3	4.40	1.65
7.6	0.252	2.09	1.40	12.20	5.46	136.0	20.3	4.40	1.85
14.5	0.189	1.75	1.06	16.00	10.93	118.8	20.3	4.46	1.42
14.5	0.252	2.24	1.58	15.46	5.46	167.2	22.9	4.92	1.89
14.3	0.245	2.84	1.60	16.00	13.92	164.0	25.6	4.46	3.14
14.3	0.231	2.09	1.72	9.80	19.98	105.3	20.3	10.79	7.16
14.0	0.301	2.92	1.76	9.83	7.03	141.0	21.9	12.60	6.08
16.1	0.357	3.32	2.34	12.35	23.60	178.0	33.7	18.60	7.16
13.4	0.259	12.20	4.22	8.47	6.34	97.3	18.0	16.50	10.38
13.5	0.217	8.06	4.18	6.40	16.11	77.7	13.5	13.52	7.56
14.6	0.280	12.90	3.56	10.53	12.72	126.0	24.7	17.42	12.00
21.1	0.441	5.91	1.88	14.28	21.32	466.0	115.2	7.92	4.56
23.1	0.434	3.81	1.90	9.03	30.40	390.0	103.0	10.85	2.01
22.3	0.504	4.29	1.84	10.72	17.88	463.0	98.0	9.48	4.96
24.8	0.336	2.77	1.98	14.62	17.40	309.5	89.4	10.20	4.14
26.9	0.399	3.60	1.98	11.42	14.84	386.0	98.8	9.55	1.57
24.7	0.546	4.10	2.20	16.60	21.86	697.0	146.8	10.00	7.78

Taulukko 3 jatk. — Table 3 cont.

Taimi- tarha Nursery	Näyte Sample	Raekokoomus — Mechanical composition					Vk Wc	pH	Org. C
		20—2 mm	2—0.2 mm	0.2— 0.02 mm	0.02— 0.002 mm	<0.002 mm			
		%							
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
17	1:1	9.7	37.8	33.7	11.7	7.1	20.9	6.4	4.89
	1:2	6.3	37.6	37.0	12.5	6.6	21.2	6.4	5.16
	1:3	9.2	38.8	34.6	10.0	7.4	22.8	6.5	5.23
	2:1	14.5	32.5	38.5	9.2	5.3	13.6	6.1	2.81
	2:2	10.1	27.4	43.8	12.3	6.4	18.3	6.2	3.84
	2:3	4.4	32.7	41.7	13.6	7.6	22.0	5.8	4.01
18	1:1	1.6	22.8	58.6	10.8	6.2	19.8	6.1	3.65
	1:2	0.9	24.5	64.4	6.1	4.1	10.1	6.0	1.94
	1:3	0.9	16.2	68.2	10.6	4.1	18.5	6.6	2.21
	2:1	0.6	16.6	73.1	6.1	3.6	9.6	6.2	1.82
	2:2	0.9	23.2	62.9	7.7	5.3	14.2	5.9	2.78
	2:3	1.0	19.4	63.1	10.8	5.7	18.2	5.7	3.14
19	1 a	1.3	54.9	38.5	2.5	2.8	7.7	5.3	1.56
	1 b	2.0	43.6	48.1	2.9	3.4	8.6	5.3	1.70
20	1:1	3.6	31.7	45.6	11.2	7.9	22.6	7.2	4.34
	1:2	3.4	35.5	45.6	7.8	7.7	17.2	7.0	3.96
	1:3	1.7	23.6	60.5	6.9	7.2	14.9	5.7	2.18
	2:1	2.4	30.1	50.9	9.1	7.5	20.7	6.8	3.84
	2:2	2.2	31.8	48.7	9.0	8.3	19.5	5.9	3.72
	2:3	3.0	16.5	60.3	10.9	9.3	24.3	7.0	4.13
21	1:1	4.4	51.4	22.2	10.7	11.3	15.2	5.8	1.68
	1:2	1.9	75.4	14.5	3.2	5.0	8.6	6.1	1.73
	1:3	4.7	62.5	16.0	7.9	8.9	11.9	5.7	1.66
	2:1	4.3	50.3	24.9	8.7	11.8	14.0	5.6	1.49
	2:2	5.2	55.6	24.8	5.5	8.9	13.7	5.9	1.75
	2:3	3.5	46.2	26.1	11.5	12.7	16.7	5.8	2.02
22	1:1	3.5	65.3	22.6	4.8	3.8	11.0	6.1	2.35
	1:2	3.0	56.3	25.8	7.4	7.5	14.2	5.3	2.66
	1:3	5.2	38.3	37.4	10.9	8.2	15.8	5.1	2.16
	2:1	0.4	39.2	53.4	3.3	3.7	11.4	5.9	2.21
	2:2	2.7	29.9	52.0	7.7	7.7	16.4	5.4	3.10
	2:3	1.5	28.9	57.0	6.1	6.5	13.2	5.9	2.69
23	1:1	1.5	20.1	56.4	11.0	11.0	28.7	5.5	4.39
	1:2	3.7	23.8	52.5	11.2	8.8	20.1	5.8	3.60
	1:3	3.1	21.1	53.1	13.5	9.2	16.4	5.2	3.12
	2:1	1.6	17.7	48.7	21.0	11.0	29.9	6.9	3.43
	2:2	4.3	23.0	49.7	13.9	9.1	17.5	5.5	3.26
	2:3	2.3	21.5	56.0	10.9	9.3	18.4	5.7	4.20
24	1:1	0.9	3.7	70.3	14.7	10.4	27.7	5.9	1.99
	1:2	1.0	4.3	68.2	16.3	10.2	19.7	5.4	2.40
	1:3	0.5	3.9	68.3	16.2	11.1	28.6	5.3	2.78
	2:1	0.5	3.4	70.2	15.5	10.4	18.7	5.7	2.30
	2:2	0.5	3.6	72.7	14.5	8.7	18.1	6.2	1.90
	2:3	0.3	3.6	69.4	14.9	11.8	23.4	5.5	2.26

C : N	Typpi <i>Nitrogen</i>			NH ₄ -asetattiin liukeneva <i>NH₄ acetate soluble</i>					
	Kokonais- Total %	NO ₃	NH ₄	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO	MnO	P ₂ O ₅
		mg/100 g			mg/100 g				
11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.
22.5	0.217	2.41	1.70	28.20	21.86	268.0	41.6	6.35	11.52
23.0	0.224	1.61	1.70	26.40	13.42	320.0	49.7	6.87	6.70
22.0	0.238	1.30	2.10	23.28	9.86	321.5	48.6	6.68	9.25
16.7	0.168	2.19	1.90	35.40	9.94	121.0	25.7	4.53	4.00
20.3	0.189	2.56	1.56	39.72	10.93	167.2	32.0	5.38	7.12
19.1	0.210	2.92	1.98	27.90	22.60	170.0	29.7	6.55	4.51
13.0	0.280	2.89	2.40	11.00	9.26	208.0	52.9	13.63	4.70
13.2	0.147	1.65	1.98	7.26	4.97	82.3	8.6	6.42	1.41
11.7	0.189	2.49	1.72	14.28	8.86	170.8	38.7	9.48	4.16
12.4	0.147	2.46	1.56	7.66	6.86	94.9	12.3	9.68	2.05
13.7	0.203	3.26	2.00	6.13	8.20	120.0	22.7	6.42	1.78
12.8	0.245	3.28	2.30	5.49	7.03	112.0	14.6	12.29	1.41
13.1	0.119	1.93	1.84	11.73	7.20	51.2	12.7	3.68	5.62
12.8	0.133	1.28	2.14	9.13	7.20	48.4	8.7	5.70	4.14
18.2	0.238	8.96	1.96	17.25	133.3	(2820.0)	185.2	8.05	4.82
18.0	0.217	6.20	1.68	27.40	25.60	460.0	54.9	5.50	9.05
14.1	0.154	4.71	1.64	20.13	11.28	120.0	20.9	2.64	3.98
15.2	0.252	7.34	1.92	25.15	29.85	528.0	63.7	6.68	6.14
15.6	0.238	7.50	1.62	20.90	17.37	206.0	38.3	8.44	4.48
14.8	0.280	7.46	1.68	24.75	51.25	944.0	76.6	5.83	3.32
10.9	0.154	1.24	1.72	9.60	9.20	93.4	16.7	3.75	2.28
13.0	0.133	0.82	1.40	19.80	5.46	90.7	15.3	3.62	9.66
14.8	0.112	1.23	2.56	13.53	5.74	88.0	16.7	2.80	4.16
11.8	0.126	1.13	1.56	8.27	5.74	78.6	11.5	2.80	2.08
15.6	0.112	0.84	1.34	13.33	5.74	97.4	22.7	4.01	4.20
13.1	0.154	1.03	1.58	19.47	6.66	122.8	28.0	4.20	5.10
12.0	0.196	1.78	1.88	8.23	4.97	102.0	19.4	3.68	1.85
13.0	0.203	1.35	2.50	9.60	4.94	66.7	8.7	3.03	2.96
12.3	0.175	1.24	1.86	7.27	6.34	38.6	6.0	4.86	2.10
12.6	0.175	1.40	1.56	3.20	5.20	94.9	12.3	3.03	0.95
14.3	0.217	1.25	2.32	5.83	6.17	75.4	12.3	2.44	1.33
12.8	0.210	1.42	2.02	15.46	6.93	88.0	14.4	1.99	2.12
14.6	0.301	1.49	2.84	18.75	8.86	154.8	28.0	9.54	4.82
16.1	0.224	1.27	1.74	17.49	6.51	137.0	15.8	7.46	3.87
13.1	0.238	1.31	1.84	13.33	6.66	95.4	11.5	8.05	3.30
14.0	0.245	1.62	1.58	20.55	11.28	477.0	52.6	12.80	5.52
13.7	0.238	1.06	1.54	14.40	8.46	130.0	20.8	7.19	2.71
15.0	0.280	1.31	2.08	21.50	6.66	157.3	22.7	8.05	3.90
11.4	0.175	4.80	1.96	33.48	8.86	123.3	19.6	8.95	2.52
12.7	0.189	2.40	1.78	23.28	9.53	118.8	16.7	8.95	4.12
12.4	0.224	3.39	2.20	25.47	10.93	130.7	24.7	10.07	3.38
11.7	0.196	2.39	1.96	18.46	10.93	108.0	21.3	10.20	1.62
11.3	0.168	2.12	2.26	17.87	8.20	170.8	26.0	7.13	1.48
11.5	0.196	1.67	1.98	15.46	8.86	108.0	21.3	10.20	1.67

taimitarhat jakaantuivat eri maalajeille jokseenkin samassa suhteessa kuin muutkin taimitarhat, joten ne maan laatunsa puolesta edustanevat jokseenkin hyvin maan kaikkia taimitarhoja.

Näytetaimitarhojen maa-analyysien tulokset ovat taulukossa 3. Taulukkoa tarkastellessa todetaan, että maan raekokoomus vaihtelee hyvin suuresti eri taimitarhoissa. Erityisesti hiesu- ja savilajitteen (<0.02 mm) määrä, jolle annetaan taimitarhojen ohjekirjoissa tärkeä merkitys, vaihtelee tuntuvasti. Se on pienin hiekkamaille perustetuissa taimitarhoissa, esim. taimitarhoissa 6 ja 19 3—6 %, suurin taas savimaan taimitarhoissa 3 (30—50 %) ja 16 (40—60 %). Keskimäärin taimitarhojen maa sisältää varsin runsaasti hiesua ja savea, kuten jo taimitarhatiedustelunkin tulokset osoittivat. Kaikista maanäytteistä oli nim. 62 %:ssa hiesua ja savea yli 15 %, jota *Arnborg* ja *Stefansson* (1951) pitävät sopivan taimitarhamaan ylärajana, ja 31 %:ssa yli 20 %, kun taas alle 10 % hiesua ja savea oli vain 10 %:ssa näytteistä. Melko suuri hiesun ja saven määrä joissakin hiekka- ja someromaankin taimitarhoissa (esim. 2 ja 15) selittyy sillä, että taimitarhat on perustettu pelloille, joita nähtävästi on joskus savettu.

Myös soralajitteen osuus on muutamissa taimitarhamaisissa melko suuri (yli 10 % taimitarhoissa 8, 13 ja 15), minkä ilmoitetaan haittaavan työskentelyä.

On syytä kiinnittää huomiota vielä siihen seikkaan, miten taimitarhain hoitajat ovat arvostelleet maan soveltuvuuden taimitarhaksi. Sopimattomiksi oli arvosteltu eri maalajien taimitarhoista seuraavat sadannekset:

hiekkamaat	25 %	syynä kuivuus tai laihuus,
hietaiset moreenimaat	7 %	» kivisyys,
hiesumaat	38 %	} » roudan tuhot.
saviset moreeni- ja savimaat	48 %	
kaikki taimitarhat	24 %	

Humus

Maassa olevan orgaanisen aineen eli humuksen merkitys on siinä, että se lisää savipitoisen maan kuohkeutta ja karkean maan vedenpidätyskykyä sekä on lannoittamattomassa maassa kasvien pääasiallinen typen lähde. Riittävän humuspitoisuuden tärkeyttä korostetaan taimitarhaoppaissa. Niinpä *Arnborgin* ja *Stefanssonin* (1951) mukaan tulee maan hehkuskevennyksen olla vähintään 8 %. Amerikkalaisten ohjeiden mukaan riittää huomattavasti pienempikin humuspitoisuus, 2—2.5 %

(Wilde 1946, Wakeley 1954). Suomalaisessa peltoviljelyssä pidetään humuksen lisäystä tarpeellisenä, jos maan hehkuskevennys on alle 9 % (Valmari & Salonen 1940).¹⁾

Taimitarhatiedustelun vastauksista kävi ilmi, että suomutaa on yleisesti käytetty maanparannusaineena ja taimitarhain hoitajat korostavat mudan hyvää vaikutusta tai suorastaan välttämättömyyttä.

Taulukosta 3 todetaan, että taimitarhain humuspitoisuus vaihtelee suuresti. Keskimäärin orgaanista hiiltä on 2.5—3.5 %, mikä vastaa 4.3—6 % humuspitoisuutta tai 5.7—8 % hehkuskevennystä, mutta on joissakin näytteissä jopa alle 1.5 % ja muutamissa yli 10 %. Em. Arnborgin ja Stefanssonin normien mukaan taimitarhojemme maan humuspitoisuus on siis yleensä jonkin verran liian alhainen (8 %:n hehkuskevennystä vastaava orgaanisen hiilen pitoisuus on noin 3.5 %), kun taas amerikkalaisten normien mukaan humuspitoisuus on yleensä riittävä, jopa usein sangen runsaskin.

Maan humuspitoisuus vaihtelee tuntuvasti samankin taimitarhan eri näytteissä. Tämä johtuu siitä, että maanparannusaineena käytetty muta tai komposti on sekoittuneena maahan epätasaisesti.

Maan vedenpidätyskyky (Vk) riippuu kiinteästi sekä hienoimpien lajitteiden (hiesun ja saven) että orgaanisen aineen runsaudesta. Keskimäärin Vk vaihtelee taulukon 3 mukaan 15—20 %, mutta on muutamissa karkeahkoissa ja vähämultaisissa maissa alle 10 % ja hienojakoisissa tai runsasmultaisissa maissa jopa 30—50 %.

Happamuus

Maan pH-lukuun viljavuustekijänä on kiinnitetty paljon huomiota. Suomen maat, varsinkin humuskerros, ovat tunnetusti sangen happamia, ja kun useimmat viljelyskasvit antavat parhaita satoja lähes neutraalissa reaktiossa, kuuluu maan kalkitseminen happamuuden lieventämiseksi maanviljelyksen vakiotoimenpiteisiin. Metsäpuiden, nimenomaan havupuiden, luonnolliset kasvupaikat ovat yleensä melko happamia, joten niille ilmeisestikään maan happamuus ei ole ainakaan suuresti haitaksi. Eri puolajien suhtautumista kasvualustan happamuuteen ei tarkoin tunneta; vaikka

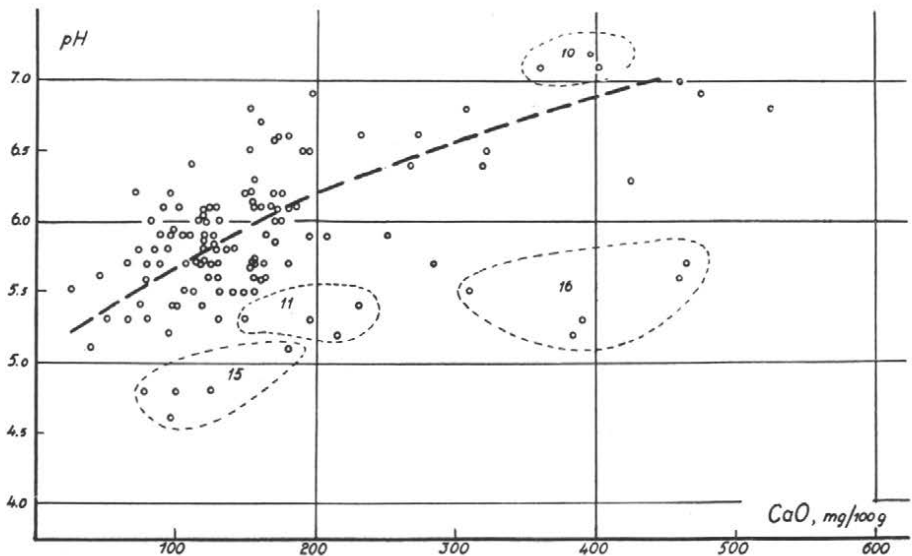
¹⁾ Humuspitoisuus eli multavuus on tapana käytännön tarpeita varten määrittää joko orgaanisen hiilen tai hehkuskevennyksen avulla. Molemmat määritykset ovat likimääräisiä. Orgaanisen hiilen määrä on tapana kertoa luvulla 1.724, mikä edellyttää 58 %:n hiilipitoisuutta humuksessa. Valmarin (1938) mukaan Suomen peltomaiden orgaanisen aineen hiilipitoisuus tuskin kuitenkaan on yli 50 %, joten oikeampi kerroin olisi noin 2.0. Hehkuskevennyksen taas sisältyy orgaanisen aineen lisäksi jonkin verran hygroskooppista vettä, joten todellinen humuspitoisuus on hiekka- ja hietasavimailla 1—2 % alhaisempi kuin hehkuskevennys (Ekström 1927).

Yhdeksästä erilaisista maita edustavasta näytteestä määritettiin tässä tutkimuksessa myös hehkuskevennys, jolloin ilmeni, että keskimääräinen hehkuskevennyksen ja orgaanisen hiilen suhde oli 2.3 (vaihtelu 2.1—2.7).

puut luonnossa kasvavat hyvinkin happamassa maassa, suositellaan taimitarhoissa vain lievästi hapanta maata. Esim. Heikinheimo (1956) suosittelee pH-aluetta 5.5—6.0, Wilde (1946) havupuille 5.0—5.5, samoin Wakeley (1954), kun taas lehtipuille pidetään jokseenkin neutraalia maata sopivimpana.

Pelloille perustettuja taimitarhoja on yleensä aikaisemmin maataloudellisessa käytössä kalkittu. Samoin taimitarhoja metsämaalle perustettaessa on tapana suorittaa peruskalkitus. Mutta taimitarhatiedustelun mukaan ajoittain toistuva kalkitus on tavallista taimitarhain jatkuvassa hoidossakin. Kalkitus taimitarhoissa johtunee yleensä maataloudessa saadusta tottumuksesta. Muutamissa tiedustelun vastauksissa pidettiin kalkitusta tarpeellisena happamuuden lieventämisen vuoksi. Kun kuitenkin ei monessakaan tapauksessa happamuutta ollut mitattu, ei käsitys kalkin maata parantavasta vaikutuksesta perustune taimitarhan hoidossa, vaan maataloudessa saatuihin kokemuksiin. pH:n ja kalkin merkitystä lienee maataloudenkin alalla yliarvioitu (vrt. Åsländer 1953; Wilde 1954), ja happamuuden tilille on pantu sellaista, mikä johtuu ravinteiden puutteesta.

Näytetaimitarhojen maiden pH-luvut ovat taulukossa 3. On huomattava, että maan pH vaihtelee vuoden eri aikoina, se myös yleensä jonkin verran laskee maanäytteiden kuivuessa ja eri mittaustavat antavat hieman erilaisia tuloksia, joten eri tutkijain ilmoittamia pH-lukuja ei voida ilman muuta rinnastaa. Taulukosta nähdään, että taimitarhojen pH vaihtelee



Kuva 2. Maanäytteiden kalkkipitoisuuden ja pH:n välinen riippuvuus.
Fig. 2. Relation between the lime content and the pH of the soil samples.

melko vähän. Useimmissa tapauksissa se on 5.5—6.0, mutta yleisesti nousee 6:n yläpuolelle, jopa 7:ään, mutta vain parissa tapauksessa on alle 5.0. Jokseenkin samanlaisen kuvan Suomen taimitarhamaiden happamuudesta antoi Heikinheimon (1940) tutkimus. Samankin taimitarhan eri näytteiden välillä on huomattavia eroja, mikä johtuu osittain happaman suomudan, osittain kalkin epätasaisesta sekaantumisesta maahan. Kuten jo taulukosta 3 voidaan huomata, maan pH on melko kiinteästi riippuvainen kalkkipitoisuudesta. Kalkkipitoisuuden ja pH:n välistä suhdetta osoittaa kuva 2. Paitsi vaihtuvan kalkin määrä, happamuuteen vaikuttaa maalaji sekä orgaanisen aineen laatu ja määrä. Niinpä esim. taimitarhassa 16 on pH suuresta kalkkipitoisuudesta huolimatta suhteellisen alhainen, koska maahan on äskettäin lisätty runsaasti hapanta ja melko raakaa turvetta. Samoin taimitarhassa 11 on suomudan käyttö ollut runsasta.

Typpi

Taimitarhain maanäytteiden kokonaistypen sekä erikseen ammoniakki- ja nitraattitypen pitoisuudet nähdään taulukosta 3.

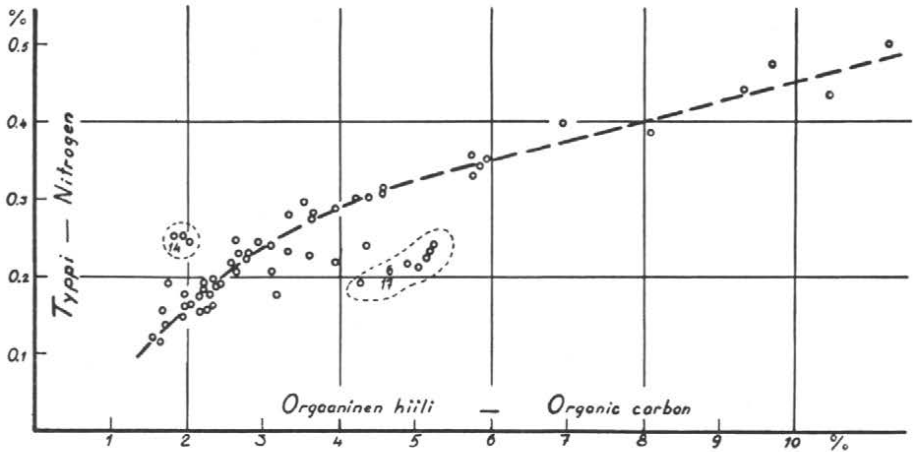
Kokonaistyyppipitoisuus vaihtelee suuresti eri taimitarhoissa ja näytteissä, kuten orgaaninen hiilikin, josta typen määrä on melko kiinteästi riippuvainen. Pienimmät tyyppipitoisuudet ovat noin 0.1 %, suurimmat yli 0.5 %. Keskimääräinen tyyppipitoisuus on 0.20—0.25 %.

Nitraattitypen määrä vaihtelee hyvin paljon, kuten odottaa sopiikin ottaen huomioon, että taimitarhoissa on yleisesti käytetty nitraattipintalannoitusta, vieläpä melko suuria määriä, ja toisaalta nitraatti myös nopeasti huuhtoutuu maasta. Suurimmat nitraattipitoisuudet onkin todettu taimitarhoissa, joissa on annettu suuria pintalannoitemääriä melko hiljan ennen näytteiden ottoa. Keskimääräinen nitraattityppipitoisuus on noin 3.0 mg/100 g, mutta vaihteluväli on 0.8—12.9 mg/100 g.

Ammoniakkitypen pitoisuus vaihtelee huomattavasti vähemmän kuin nitraatin (1.1—7.2 mg/100 g), mikä on luonnollista, koska ammoniumpintalannoitteita on käytetty vain harvoissa tapauksissa ja NH_4 -ioni myös sitoutuu maahan paremmin. Nitraattityppeä on taimitarhamaissa useimmiten ollut enemmän kuin ammoniakkityppeä, päinvastoin kuin maassa yleensä, mutta selityksenä on nitraattilannoitteiden yleinen käyttö. Osaltaan lienee tosin syynä tällaiseen suhteeseen myös se, että analyysit on tehty kuivatuista maanäytteistä ja kuivumisen aikana osa maassa olevasta ammoniakista muuttuu nitraatiksi (Piper 1950).

Ammoniakki- ja nitraattityppi muodostavat yhteensä keskimäärin noin 2 % maanäytteiden kokonaistypestä.

Hiilen ja typen suhde (C : N) vaihtelee eri taimitarhojen maissa tuntuvasti (ääriarvot 7.2 ja 26.9). Se on selvästi riippuvainen maan humus-



Kuva 3. Typen ja orgaanisen hiilen suhde taimitarhamaissa.
 Fig. 3. Relation of nitrogen and organic carbon contents in nursery soils.

pitoisuudesta siten, että mitä suurempi on humuspitoisuus, sitä pienempi on typen suhteellinen määrä humuksessa ja sitä suurempi on siis suhde C : N (kuva 3). Tämä näkyy myös seuraavasta keskimääräisiä suhdelukuja esittävästä asetelmasta.

Orgaaninen hiili, %	2	4	6	8	10
Kokonaistyyppi, %	0.17	0.28	0.35	0.42	0.48
Typpeä humuksessa, %	4.9	4.1	3.4	3.0	2.8
C : N	11.7	14.4	16.9	19.0	21.0

Typpeä on maan orgaanisesta aineesta eri taimitarhojen näytteissä keskimäärin 4.0 %, mutta vaihteluväli on melko suuri (2.2—8.1 %). Eri-tyisesti herättää huomiota kaksi taimitarhaa (6 ja 17), joissa typpeä on humuksen määrään verrattuna sangen vähän, sekä yksi (14), jossa humuksen typpipitoisuus on poikkeuksellisen suuri (näitä taimitarhoja vastaavat pisteet on kuvassa 3 ympäröity katkoviivoin).

Vaihtuvat kationit

Tärkeimpien vaihtuvien kationien pitoisuudet taimitarhojen maanäytteissä on esitetty taulukossa 3. Yleiskatsauksen vuoksi on taulukkoon 4 koottu yhdistelmä tutkimuksessa tavatuista ääri- ja keskimääräisistä arvoista. Ravinnemäärät hehtaaria kohti on laskettu 15 cm:n vahvuiselle pintakerrokselle edellyttäen maan tilavuuspainoksi 1.10.

Koska taimitarhain maan laatu, aikaisempi käyttö ja lannoituksen voimakkuus vaihtelevat hyvin suuresti eri taimitarhoissa, on luonnollista, että myös vaihtuvien kationien määrissä on suurta vaihtelua.

Kali on ravinne, jota puun taimet tarvitsevat runsaasti ja jonka täydennyksestä taimitarhoissa säännöllisesti huolehditaan lannoituksella. Todetut kalimäärät ovat monissa taimitarhoissa sangen pieniä, jopa pienempiä kuin tavallisessa metsämaassa (Viro 1951), mutta koska näytteet on otettu taimien toisen kasvukauden lopulla, ovat maan kalivarat tällöin ilmeisesti pienimmillään.

Natronpitoisuus eri taimitarhoissa vaihtelee vähemmän kuin kalin. Määrät ovat 2—3 kertaa suurempia kuin metsämaissa. Taimien natronin tarve on melko pieni, joten sen puute tuskin tulee kysymykseen, mutta tuskin pitoisuus helposti nousee liian suureksi. Natronia tulee maahan pääasiassa väkilannoitteiden mukana, ja sitä onkin eniten maassa niissä taimitarhoissa, joissa on käytetty runsaimmin pintalannoitusta. Selvä yhteys on todettavissa maan nitraattitypen ja natronin välillä, mutta korrelaatio on kuitenkin heikko, koska nitraatti poistuu maasta melko nopeasti kasvien ottamana tai huuhtoutumalla, mutta natroni säilyy kauemmin.

Taulukko 4. Yhdistelmä taimitarhoissa tavatuista alhaisimmista, korkeimmista ja keskimääräisistä ravinnepitoisuuksista.

Table 4. Highest, lowest, and average nutrient contents in analyzed nursery soils.

	Alhaisin <i>Lowest</i>		Korkein <i>Highest</i>		Keskimääräinen <i>Average</i>	
	mg/100 g	kg/ha	mg/100 g	kg/ha	mg/100 g	kg/ha
K ₂ O	3.2	53	47.4	780	14.0	230
Na ₂ O	4.0	66	30.4	500	10.0	165
CaO	24	396	944	15 400	147	2 400
MgO	2.1	35	115.2	1 900	27.0	450
MnO	2.0	33	18.6	310	7.2	120
P ₂ O ₅	1.0	16.5	17.3	285	3.3	54
N	84	1 400	546	9 000	230	3 800

Kalkkia taimitarhain maassa on yleensä 10—20 kertaa enemmän kuin metsämaissa, jopa vieläkin enemmän. Kuten edellä on mainittu, taimitarhat on useimmiten perustettu aiemmin kalkituille pelloille ja monia on taimitarhanakin kalkittu.

Magnesiaa on maahan tullut kalkin mukana ja sen määrä onkin jokseenkin suorassa suhteessa kalkkipitoisuuteen. Useimmissa taimitarhoissa kalsiumia on 5—7 kertaa enemmän kuin magnesiumia. Selvä poikkeuksena on taimitarha 16, jossa magnesiumia on huomattavasti enemmän kuin muissa taimitarhoissa, mutta siellä onkin maahan — osittain kokeilutaroituksessa — lisätty vuolukivijauhoa.

Maan mangaanipitoisuus vaihtelee myös suuresti eri taimitarhoissa. Määrät ovat niin suuria, että taimet ovat tuskin missään taimitarhassa joutuneet kärsimään mangaanin puutetta. Mangaania on maahan luon- taisten varojen lisäksi tullut lannoitteiden mukana.

Kuten aikaisemmin on mainittu, määritettiin 30 maanäytteestä kationit myös EDTA:n avulla. Tulokset ovat taulukossa 5; vertailu kummankin määritystavan välillä käy parhaiten päinsä kuvien 4—7 avulla.

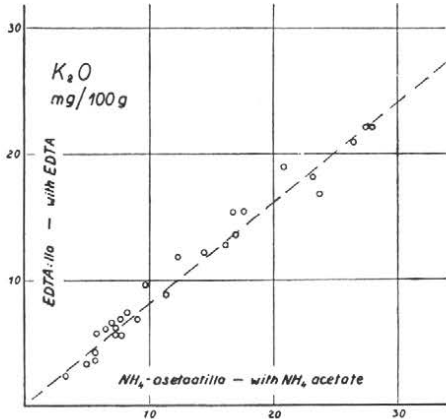
Molemmilla tavoilla saadut maan kalipitoisuudet ovat melko hyvässä korrelaatiossa keskenään (kuva 4). Asetaatti on irroittanut maasta kalia noin 10 % enemmän kuin EDTA. Kalkkimääritysten välillä korrelaatio on, jos mahdollista, vielä parempi (kuva 5). EDTA on antanut kalkkia noin 10 % enemmän kuin asetaatti. Magnesiaa molemmat määritykset ovat antaneet saman verran, paitsi niissä maissa, missä magnesiumia on vähiten, EDTA on antanut selvästi enemmän kuin asetaatti (kuva 6).

Mangaanin kohdalla asia on toisin (kuva 7). Korrelaatio eri määritys- tapojen välillä on huomattavasti huonompi kuin toisilla kationeilla. EDTA on irroittanut maasta huomattavasti enemmän mangaania kuin asetaatti, ja ero on sitä suurempi, mitä enemmän maassa on mangaania.

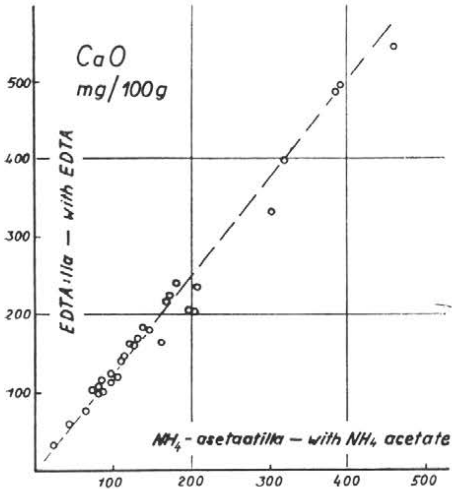
Fosfori

Fosfori on tärkeä ravinne, jota kasvit ottavat maasta melko runsaasti ja jonka täydennyksestä sen vuoksi niin peltoviljelyksessä kuin taimi- tarhoissakin huolehditaan lannoituksella. Maantutkimuksissa fosforilla on erikoisasema sikäli, että sen määrittämiseen maassa on käytetty monia eri menetelmiä, jotka ovat antaneet sangen erilaisia ja keskenään usein jonkin verran ristiriitaisia tuloksia (vrt. V i r o 1951). Erityisesti havu- puille käyttökelpoisen fosforin määrittäminen on toistaiseksi ratkaisematta, koska havupuut mykoritsoillaan pystyvät todennäköisesti ottamaan maasta fosforia sellaisessakin muodossa, jota mykoritsattomat kasvit eivät voi käyttää hyväkseen (vrt. esim. M c C o m b & G r i f f i t h 1946, S t o n e 1950).

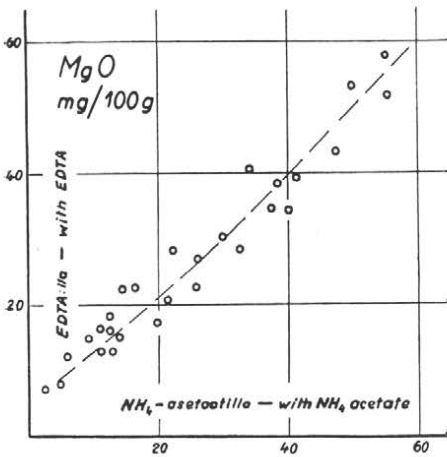
»Kasveille käyttökelpoisen fosforin» pitoisuus taimitarhamaissa asetaati- tilla määritettynä on taulukossa 3 ja EDTA:lla määritettynä taulukossa 5. Menetelmien tulosten vertailu on kuvassa 8. Huomataan, että asetaatti- ja EDTA-menetelmien antamien tulosten välinen korrelaatio on sangen heikko. Milloin maassa on fosforia niukasti, on EDTA irroittanut sitä keski- määrin noin 10 kertaa enemmän kuin asetaatti, mutta runsaasti fosforia sisältävistä maista jopa yli 20 kertaa enemmän. Myös V i r o n (1955 a) analyyseissä on EDTA (pH 9.0) antanut 5—10 kertaa suurempia fosfori- määriä kuin ammoniumasetaatti (pH 7.0). V i r o n (1955 b, 1951) suoma- laisista metsämaista tekemissä analyyseissä EDTA-menetelmällä saadut



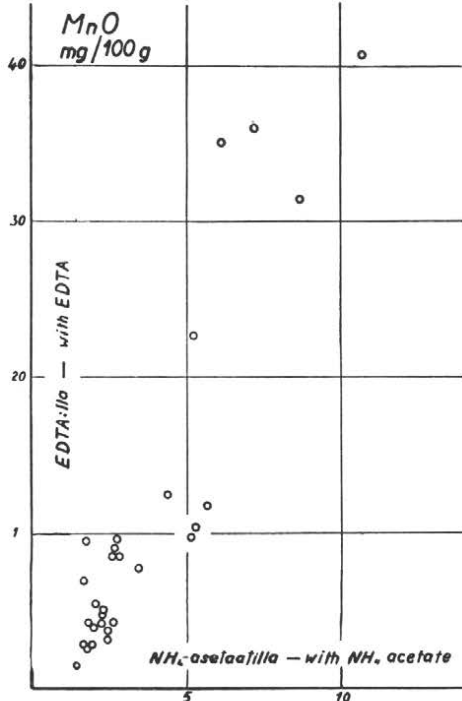
Kuva 4. — Fig. 4.



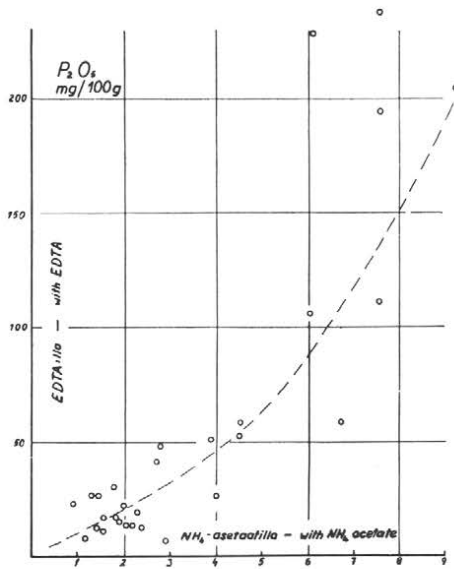
Kuva 5. — Fig. 5.



Kuva 6. — Fig. 6.



Kuva 7. — Fig. 7.



Kuva 8. — Fig. 8.

Taulukko 5. Taimitarhamaiden ravinteisuus EDTA:lla määritettynä.

Table 5. Nutrient contents of some nursery soils, determined with EDTA.

Taimitarha Nursery	Näyte Sample	K ₂ O	CaO	MgO	MnO	P ₂ O ₅	Cu	Zn
		mg/100 g					p.p.m.	
1	1:2	6.6	162	26.4	22.62	111.9	6.89	34.02
	2:2	6.6	214	34.0	35.90	208.3	12.57	41.42
2	1:2	6.8	79	8.0	6.97	48.5	1.61	6.38
	2:2	15.4	146	28.6	9.45	105.9	2.18	12.57
8	1:1	18.2	330	57.4	4.24	19.4	3.83	5.82
	1:3	16.8	204	43.0	3.98	17.3	2.38	5.62
	2:1	12.8	204	39.0	2.80	13.1	2.99	4.40
9	2:3	13.6	166	34.6	3.85	14.5	2.94	5.68
	1:1	4.4	33	7.0	3.20	8.4	1.96	2.42
	1:3	6.4	60	12.0	4.36	11.8	2.17	2.58
15	2:1	3.4	107	16.0	1.50	7.1	1.67	2.02
	2:3	5.8	103	16.0	3.72	12.7	1.96	3.21
	1:2	9.6	180	28.0	35.00	228.3	8.82	24.37
16	1:3	11.8	242	40.0	40.65	243.5	11.75	31.02
	2:2	6.2	106	15.0	31.40	193.9	4.96	24.77
	1:2	6.8	494	107.0	11.68	22.7	2.24	4.80
17	2:2	9.0	484	107.0	10.35	17.6	3.32	4.84
	1:2	21.0	400	53.0	8.54	58.9	26.07	22.57
18	2:1	26.8	168	22.4	5.41	25.9	5.67	13.27
	2:3	22.2	224	30.0	9.71	52.9	4.77	15.62
20	1:2	6.2	116	15.0	8.54	12.4	0.75	17.27
	2:1	5.6	124	18.2	5.01	13.5	1.69	8.27
	2:3	3.6	150	22.4	12.45	26.5	1.69	25.27
22	1:2	22.2	544	51.4	7.75	98.9	3.14	9.77
	2:2	19.0	236	38.0	9.84	58.3	0.92	10.82
23	1:1	7.4	120	17.0	3.98	30.9	2.58	10.92
	2:1	2.4	116	12.6	2.80	22.9	3.57	6.02
	2:2	5.8	110	11.0	2.67	25.9	9.87	11.17
23	1:2	15.4	184	22.4	9.06	51.9	5.67	17.42
	2:2	12.2	168	20.4	8.54	41.7	6.85	16.02

fosforimäärät ovat jokseenkin samaa suuruusluokkaa kuin fluoridimenetelmällä saadut, kun taas yleisesti käytetyllä laktaattimenetelmällä saadut fosforimäärät ovat olleet vain noin kymmenesosa edellisistä. Vuorisen ja Mäkitien (1955) mukaan laktaattimenetelmällä saatu fosforimäärä on 2—4 kertaa suurempi kuin asetaattimenetelmällä saatu.

Maan fosforipitoisuus vaihtelee eri taimitarhoissa hyvin suuresti, kuten on muidenkin ravinteiden laita (taulukko 4). Keskimääräinen fosforipitoisuus (asettaattimenetelmällä määritettynä) on yli kaksi kertaa suurempi kuin keskimäärin MT:n männiköiden maassa Viron (1951) mukaan (laktaattimenetelmällä määritettynä), mutta joukossa esiintyy joitakin huomattavan alhaisiakin fosforipitoisuuksia.

Hivenaineet

Kupari ja sinkki määritettiin 30 maanäytteestä EDTA-menetelmällä. Tulokset ovat taulukossa 5.

Sekä kuparin että sinkin pitoisuus on yleensä yhtä suuri tai suurempi kuin MT:n metsämaissa (V i r o 1955 b). Näiden hivenaineiden puutetta, ainakaan huomattavassa määrässä, tuskin esiintyykään kivennäismaiden taimitarhoissa.

Kuparipitoisuus on maassa selvästi sitä korkeampi, mitä vanhempi taimitarha on. Kuparivalmisteita käytetään yleisesti karistetautien torjuntaan taimitarhoissa, ja on ilmeistä, että jatkuvan käytön seurauksena tapahtuu tämän aineen rikastumista maahan. Koska kupari suurehkoina määrinä esiintyessään on myrkyllistä, on siis vaara olemassa, että sen pitoisuus taimitarhan maassa nousee liian suureksi.

Kokeilla olisi selvitettävä, kuinka suurta kuparipitoisuutta taimet haitatta sietävät.

»Normaalimaa»

Arvosteltaessa taimitarhan maan ravinteisuutta ym. ominaisuuksia tarvitaan myös vertailukohde, jonkinlainen »normaali- tai »ihannemaa», johon tarkasteltavana olevaa maata verrataan, ja vasta vertailu osoittaa, missä suhteissa ja kuinka paljon maa poikkeaa siitä, millaista sen mieluummin tulisi olla.

Taimitarhain ohjekirjoissa on yleisesti mainittu melko väljiä optimialueita tai raja-arvoja, mitä tulee maan raakoostumukseen, happamuuteen ja humuspitoisuuteen, kuten edellä on mainittu. W i l d e (1938) ja W i l d e ja P a t z e r (1940) ovat esittäneet myös melko täsmälliset maan ravinteisuusvaatimukset eri puulajien kasvattamista varten.

Koska ei ole käytettävissä sellaisinaan Suomen oloihin soveltuvia normeja taimitarhamaan ominaisuuksille, on edellä esitettyjen maa-analyysien perusteella muodostettu teoreettinen »keskiarvomaa» seuraavasti: Rae-kokoomus on saatu laskemalla aritmeettisena keskiarvona kaikista maanäytteistä. Kemiallisten ominaisuuksien osalta ei aritmeettisen keskiarvon laskemista pidetty tarkoituksen mukaisena, koska muutamissa näytteissä esiintyy poikkeuksellisen korkeita pitoisuuksia, jotka vaikuttaisivat tuntuvasti keskiarvoihin. Sen sijaan etsittiin kussakin näyteryhmässä keskimäinen arvo (mediaani) ja laskettiin näin saatujen kuuden arvon aritmeettinen keskiarvo. Näin saadun »keskiarvomaa» ei suinkaan tarvitse edustaa hyvää taimitarhamaata, sen ei edes tarvitse olla taimitarhaksi erityisen sopivaakaan; se vain edustaa tutkimukseen sisältyvien taimitarhojen keskimäärää, johon yksityisiä taimitarhoja voidaan verrata.

»Normaalimaan» ominaisuudet on esitetty taulukossa 6. Rinnalle on merkitty W i l d e n (1938) suosittelemat ravinteisuustekijät puna- ja valkomäntyä (*Pinus resinosa* ja *P. strobus*) sekä valkokuusta (*Picea canadensis*) varten. W i l d e n mukaan punamännyn ja valkokuusen luvut soveltu-

Taulukko 6. Taimitarhamaiden keskimääräiset ominaisuudet sekä Wilden (1938) viljavuusnormit.

Table 6. Average nursery soil properties and the fertility standards of Wilde (1938).

	Keskimäärin tutkituissa taimi- tarhoissa <i>On the average in Finnish nurseries</i>	Wilden (1938) mukaan ¹⁾ <i>After Wilde (1938)</i>		
		<i>Pinus resinosa</i>	<i>Pinus strobus</i>	<i>Picea canadensis</i>
Raekokoomus, % <i>Mechanical composition, %</i>				
20 —2 mm	6.0			
2 —0.2 »	31.0			
0.2 —0.02 »	45.5			
0.02—0.002 »	10.5			
< 0.002 »	7.0			
pH	5.8—5.9	5.4	5.4	5.2
Org. C, %	3.0			
N, tot. %	0.23	0.12	0.14	0.25
miner. kg/ha	80	22	26	33
K ₂ O mg/100 g	14.0			
kg/ha	230	110	150	210
Na ₂ O mg/100 g	10.0			
CaO mg/100 g	147.0			
kg/ha	2 400	1 100	1 900	2 250
MgO mg/100 g	27.0			
kg/ha	450	220	340	450
MnO mg/100 g	7.2			
P ₂ O ₅ mg/100 g	3.3			
kg/ha	54	40	60	75

vat myös eurooppalaiselle männylle ja kuuselle. Amerikkalaiselle kelta-koivulle (*Betula lutea*) Wilde ja Patzer (1940) suosittelevat likimain samoja viljavuusnormeja kuin valkomännylle.

Taulukkoa 6 tarkasteltaessa voidaan panna merkille jo edellä mainittu seikka, että maat ovat keskimäärin melko hienorakeisia; hiesun ja saven osuus on keskimäärin 17.5 %, jollaista Arnborg ja Stefansson (1951) eivät enää hyväksy ollenkaan taimitarhamaaksi. pH on keskimäärin korkeampi kuin Wilden havupuille suosittelema. Ravinteita taimitarhoissa on suhteellisen runsaasti eli Wilden mukaan kuusenkin tarpeita tyydyttävästi. Ainoastaan fosforia on taulukon 6 mukaan taimitarhoissa suhteellisen vähän, mutta on huomattava, että tässä tutkimuksessa esitetyt fosforipitoisuudet eivät ole täysin vertailukelpoisia

¹⁾ Wilden alkuperäiset luvut, on esitetty nauloina aerea kohti 8 tuuman vahvuudessa maakerroksessa. Tässä taulukossa luvut on muunnettu kg:ksi hehtaaria kohti 15 cm:n maakerroksessa, hieman pyörästettyinä.

Wilden esittämien lukujen kanssa, koska määritykset on suoritettu erilaisin menetelmin (Wilde on määrittänyt helppoliukoisien fosforin käyttämällä uutostnesteenä 0.002-n. rikkihappoa).

Taimitarhojen viljavuustekijöitä on syytä verrata myös vastaaviin lukuihin peltomaissa Maatalouskoelaitoksen viljavuustutkimusten mukaan (Vuorinen 1952, 1953). Humuspitoisuudeltaan taimitarhat vastaavat asteita multava (humusta 3—6 %) ja runsasmultainen (6—15 %). Taimitarhojen keskimääräinen kalkkipitoisuus on viljavuustutkimuksen asteikon mukaan huononlainen (4—8 tonnia CaCO_3 hehtaarilla 20 cm:n maakerroksessa), kalipitoisuus samoin huononlainen, mutta fosforipitoisuus hyvä tai tyydyttävä. Voimaperäisessä viljelyssä, johon taimitarhan hoito voidaan rinnastaa, tulisi ravinteisuuden olla Vuorisen mukaan melkoista korkeammalla tasolla.

Maan vaikutus taimien laatuun

Taimien laatu

Taiminäytteiden mittaustulokset ovat taulukossa 7. Siinä voidaan panna merkille taimien keskikoon suuri vaihtelu sekä eri taimitarhoissa että joissakin tapauksissa myös saman taimitarhan eri näytteissä. Eri näyteryhmien keskimääräiset (mediaani-) luvut on koottu taulukkoon 8.

Taimien laatua arvostellaan tavallisesti pituuden tai painon perusteella. Pituus ja paino ovat yleensä jokseenkin suorassa suhteessa keskenään, mutta ovat silti jossakin määrin eri tekijöistä riippuvaisia, kuten taulukkoa 7 tarkastellessakin voidaan huomata. Tiheässä olevat taimet ovat usein pitkiä, mutta suhteellisen kevyitä. Näytekohdat oli valittu silmävaraisesti, ja ilmeisesti ns. hyvissä kohdissa taimisto on usein ollut erityisen tiheätä, sillä monessa tapauksessa »hyvän» näytteen taimien keskipituus on suurempi, mutta paino pienempi kuin keskinkertaisen. Hyvissä näytteissä, missä taimet ovat tiheässä ja niiden kasvu hyvä, on myös taimien välinen kilpailu ollut ankarin, ja sen vuoksi hyvissä näytteissä on usein runsaasti jälkeen jääneitä taimia ja sekä pituus- että varsinkin painovaihtelu suurta, kuten vaihtelukertoimista voidaan päätellä. Vaihtelukerroin osoittaa taimien laadun tasaisuutta ja samalla lajittelussa hylättävien suhteellista määrää ja siihen voidaan kiinnittää huomiota taimitarhan tuotantoa arvosteltaessa (Wilde & Voigt 1955, Mikola 1956). Esim. taimitarhassa 22, missä taimisto oli sulkeutunut, mutta ei liian tiheä, näytteen 1 : 3 taimet ovat lyhempiä, mutta painavampia kuin vastaavassa näytteessä taimitarhassa 23, joka oli tiheämpään kylvetty, ja erilaisesta tiheydestä johtuen ovat myös vaihtelukertoimet erilaiset. Myös varren paksuus näyttää riippuvan jossain määrin taimiston tiheydestä.

Koska taiminäytteisiin sisältyy yleensä melkoinen määrä pieniä ja lajittelussa hylättäviä taimia, ei näytteen kaikkien taimien keskikoko anna täysin oikeata kuvaa käyttökelpoisten taimien laadusta. Sen vuoksi laskettiin näytteistä myös »valtataimien» keskikoko näytteen 20 suurimman taimen keskipituutena ja -painona (kuvat 9—10). »Valtataimien» keskipituus on noin 50 % ja paino noin 100 % suurempi kuin näytteen kaikkien taimien keskiarvot, kuitenkin niin, että harvahkoissa taimistoissa »keskitaimen» ja »valtataimen» ero on tätä pienempi ja hyvin tiheissä taas suurempi.

Taulukko 7. Taiminäytteiden mittaustulokset.
Table 7. Mensurational data of the seedling samples.

Taimitarha Nursery	Näyte Sample	Keskipituus Av. height		Paksuus Diam. mm	Neulas- ten pituus Needle length	Verson paino Shoot weight		Juuriston paino Root weight	Verso : juuri Shoot : root	Mykor. kärkiä Mycor- rhizal root tips
		cm	V %			mg	V %			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1 ¹⁾ : 1 ²⁾	6.4±0.27	30.2	1.7	6.0	213±16.6	56.0	39±2.7	5.5	50
	1: 2	7.3±0.19	25.5	1.7	6.0	215±14.0	65.4	39±1.9	5.5	112
	1: 3	7.6±0.21	27.6	1.7	5.2	202±15.3	75.8	25±1.5	8.2	64
	2: 1	6.0±0.25	32.2	1.1	1.1	80± 6.2	61.4	30±2.4	2.7	
	2: 2	7.1±0.24	31.2	1.0	1.3	102± 6.9	60.0	32±2.1	3.2	
	2: 3	8.2±0.27	29.7	1.2	1.4	118± 7.2	56.0	40±2.2	2.9	
	2	1: 1	5.4±0.15	28.1	1.3	4.1	96± 6.2	65.2	21±1.1	4.5	68
1: 2		5.4±0.16	29.3	1.2	3.8	70± 5.8	82.4	16±0.8	4.4	118
1: 3		7.2±0.21	29.9	1.3	4.5	142±11.7	82.6	25±1.6	5.7	106
2: 1		5.7±0.14	24.0	1.0	1.1	58± 3.0	52.8	31±1.4	1.8	
2: 2		7.5±0.20	26.6	1.1	1.3	81± 4.5	55.7	33±1.6	2.5	
2: 3		9.5±0.27	25.4	1.2	1.5	158± 8.8	50.6	51±2.8	3.1	
3		1: 1	3.9±0.13	23.5	1.5	4.6	100± 8.0	56.2	31±2.0	3.2	61
	1: 2	4.3±0.13	23.1	1.5	5.1	102±11.3	83.7	30±2.2	3.4	87
	1: 3	4.7±0.09	19.4	0.9	5.2	85± 5.6	65.1	23±1.2	3.7	261
	2: 1	4.3±0.09	21.6	0.9	0.8	34± 1.5	43.6	19±0.7	1.8	
	2: 2	5.0±0.12	24.2	0.7	1.0	43± 2.2	50.6	20±0.9	2.2	
	2: 3	5.3±0.16	30.8	0.8	1.0	60± 3.1	51.8	27±1.2	2.2	
	4	2: 1	5.1±0.12	23.2	1.0	0.9	47± 1.0	54.4	22±1.0	2.1
2: 2		5.8±0.17	28.8	0.9	1.0	51± 2.9	57.5	18±1.0	2.8	
2: 3		6.6±0.18	26.7	0.9	1.1	50± 3.1	61.8	16±1.0	3.1	
5	1: 1	6.2±0.15	21.4	1.6	2.5	74± 4.0	46.9	23±1.3	3.2	88
	1: 2	3.8±0.08	20.8	1.2	4.8	73± 4.9	67.9	17±0.8	4.2	53
	1: 3	5.1±0.13	25.7	1.4	5.9	119± 7.6	68.7	23±1.1	5.2	124
	2: 1	6.0±0.13	22.3	1.2	1.0	82± 4.7	57.5	36±2.3	2.3	
	2: 2	6.6±0.21	32.3	1.2	1.2	75± 4.3	56.9	23±1.3	3.3	
	2: 3	7.2±0.26	36.3	1.2	1.2	94± 5.4	57.1	25±1.2	3.8	
	6	1: 1	4.4±0.07	16.2	1.3	4.4	66± 3.5	52.6	16±0.7	4.1	47
1: 2		4.8±0.12	24.1	1.1	5.3	60± 3.7	62.3	12±0.7	4.9	46
1: 3		5.5±0.12	21.7	1.4	6.5	143± 7.6	53.1	28±1.2	5.2	101
2: 1		5.0±0.13	25.9	0.9	0.9	48± 2.8	57.8	16±0.9	2.9	
2: 2		6.1±0.11	18.3	1.0	1.1	48± 1.8	37.1	16±0.5	3.1	
2: 3		8.8±0.25	28.0	1.2	1.4	128± 7.9	62.0	40±2.3	3.2	
7		1: 2	4.4±0.08	18.7	1.1	5.5	86± 4.0	45.9	21±0.8	4.1
	1: 3	4.7±0.10	20.3	1.3	6.0	94± 4.4	47.2	20±0.7	4.6	217
	2: 2	7.0±0.20	28.3	1.0	1.2	75± 3.8	51.5	22±0.9	3.4	
	2: 3	6.8±0.18	27.1	1.1	1.2	82± 4.1	49.8	26±1.2	3.1	
8	1: 1	5.3±0.17	28.3	1.4	4.9	135±11.4	72.7	27±1.5	5.0	103
	1: 2	4.5±0.14	31.1	1.3	4.7	118± 9.1	75.9	27±1.4	4.4	80
	1: 3	6.9±0.27	39.8	1.6	5.4	228±18.7	81.8	31±2.3	7.4	82
	2: 1	4.8±0.19	34.1	1.0	1.0	66± 4.3	58.1	25±1.5	2.7	
	2: 2	6.0±0.22	36.2	1.2	1.2	95± 6.5	60.6	30±1.9	3.1	
	2: 3	7.6±0.24	31.0	1.2	1.3	124± 6.2	48.2	39±1.9	3.2	

¹⁾ 1 = Mänty — Pine, 2 = Kuusi — Spruce.

²⁾ 1 = Huono — Poor, 2 = Keskinäkö — Medium, 3 = Hyvä — Good.

Taulukko 7 jatk. — Table 7 cont.

Taimitarha Nursery	Näyte Sample	Keskikipituus Av. height		Paksuus Diam. mm	Neulas- ten pituus Needle length	Verson paino Shoot weight		Juuriston paino Root weight	Verso : juuri Shoot : root	Mykor. kärkiä Mycor- rhizal root tips
		cm	V %			mg	V %			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
9	1:1	3.4±0.09	25.3	1.0	3.1	56± 2.6	47.4	14±0.6	4.0	56
	1:2	4.6±0.10	22.0	1.3	4.7	136± 7.2	52.5	26±1.1	5.4	58
	1:3	5.2±0.13	25.5	1.5	6.0	187±13.1	72.0	20±0.9	9.5	12
	2:1	3.3±0.07	22.1	0.6	0.8	24± 1.0	42.3	16±0.7	1.5	
	2:2	4.5±0.15	32.6	1.0	1.1	65± 3.2	49.4	30±1.4	2.2	
	2:3	6.6±0.35	54.0	1.3	1.3	104± 8.4	81.4	29±2.0	3.6	
10	2:1	5.4±0.12	21.3	1.0	1.0	63± 2.6	40.8	34±1.3	1.8	
	2:2	5.6±0.13	23.4	1.0	1.0	54± 3.0	55.5	30±1.6	1.8	
	2:3	7.2±0.19	26.3	1.2	1.2	105± 4.6	43.9	36±1.5	2.8	
11	1:2	6.0±0.11	18.3	1.5	5.3	150± 8.6	57.0	29±1.3	5.2	97
	1:3	6.2±0.13	20.7	1.4	5.4	108± 6.6	61.6	16±0.9	6.5	65
	2:2	8.2±0.29	28.2	1.3	1.3	118± 7.9	53.1	37±2.2	3.2	
	2:3	10.6±0.31	29.8	1.1	1.3	129± 7.7	59.2	29±1.7	4.5	
12	1:2	4.8±0.11	23.2	1.4	5.7	198± 9.9	50.0	59±2.5	3.3	133
	1:3	7.5±0.23	24.5	1.9	6.4	429±31.5	66.2	83±5.4	5.2	202
	2:1	5.9±0.13	22.2	0.9	1.2	61± 3.2	52.7	21±0.8	2.8	
	2:2	7.7±0.21	27.8	1.0	1.1	82± 4.2	51.8	28±1.4	2.9	
	2:3	10.6±0.36	33.5	1.1	1.3	135± 8.9	65.4	36±2.4	3.8	
13	1:1	6.6±0.11	17.1	1.3	3.6	104± 5.5	52.5	25±1.2	4.2	270
	1:2	5.8±0.13	23.1	1.3	6.0	161± 9.1	56.5	32±1.7	5.1	174
	1:3	6.0±0.13	21.9	1.4	6.0	108± 8.9	82.1	20±1.3	5.3	102
	2:1	5.4±0.19	35.4	0.8	1.0	51± 3.8	75.0	16±0.9	3.3	
	2:2	5.9±0.19	31.7	0.8	0.9	45± 3.6	79.9	12±0.7	3.7	
	2:3	7.0±0.24	34.2	1.0	1.1	66± 4.6	70.2	20±1.1	3.4	
14	1:1	4.1±0.09	22.5	1.1	6.0	98± 6.4	65.3	23±1.3	4.3	34
	1:2	7.4±0.22	24.7	1.9	7.4	405±33.6	69.0	56±4.2	7.2	114
	1:3	6.6±0.17	24.8	1.8	7.3	342±22.1	61.8	59±3.7	5.8	88
	2:1	8.2±0.16	19.5	1.0	1.2	85± 4.4	51.3	30±1.8	2.8	
	2:2	8.5±0.22	26.1	1.1	1.2	99± 5.6	64.5	24±1.4	3.8	
	2:3	8.8±0.25	28.0	1.1	1.2	91± 5.0	55.0	24±1.4	3.8	
15	1:1	5.9±0.14	24.2	1.1	2.9	111± 7.8	69.7	21±1.4	5.4	48
	1:2	7.4±0.19	26.5	1.5	3.9	168±12.5	68.8	33±2.2	5.0	76
	1:3	9.7±0.30	30.5	1.5	3.6	317±33.8	106.6	41±4.9	7.7	31
	2:1	6.6±0.17	25.5	0.9	0.9	81± 4.6	57.0	31±1.7	2.6	
	2:2	7.9±0.28	35.4	1.0	0.9	84± 6.8	81.7	24±1.9	3.6	
	2:3	12.0±0.39	32.5	1.5	1.4	218±14.0	64.0	56±3.8	3.9	
16	1:1	5.1±0.10	20.5	1.4	5.2	119± 7.5	63.0	25±1.8	4.8	10
	1:2	6.4±0.16	25.0	1.5	6.4	179±12.5	69.8	31±1.8	5.8	65
	1:3	8.6±0.17	19.6	1.6	6.1	288±14.1	48.9	33±1.9	8.9	74
	2:1	5.9±0.17	28.5	1.0	1.0	81± 4.4	54.1	30±1.6	2.7	
	2:2	9.0±0.30	32.7	1.1	1.2	133± 7.6	55.2	35±2.2	3.8	
	2:3	9.0±0.37	41.5	1.2	1.2	104± 8.3	79.5	28±2.1	3.7	

Taulukko 7 jatk. — Table 7 cont.

Taimitarha Nursery	Näyte Sample	Keskipituus Av. height		Paksuus Diam. mm	Neulas- ten pituus Needle length	Verson paino Shoot weight		Juuriston paino Root weight mg	Verso : juuri Shoot : root	Mykor. kärkiä Mycor- rhizal root tips
		cm	V %			mg	V %			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
17	1:1	3.9±0.08	20.5	0.9	3.5	47±2.5	53.0	11±0.5	4.2	75
	1:2	4.6±0.09	19.2	1.1	4.6	71±4.2	58.6	15±0.7	4.8	57
	1:3	5.2±0.11	21.2	1.1	4.6	70±5.5	79.0	13±0.7	5.5	51
	2:1	4.6±0.12	25.7	0.9	1.0	43±2.3	52.3	15±0.6	2.9	
	2:2	5.0±0.15	31.0	0.9	1.0	40±2.3	57.7	14±0.8	2.8	
	2:3	6.5±0.21	32.0	1.0	1.1	64±4.2	66.6	19±1.2	3.3	
	18	1:1	4.6±0.15	29.0	1.2	4.6	74±5.1	60.9	17±0.9	4.4	83
1:2		5.9±0.13	22.1	1.5	6.3	142±6.9	48.3	28±1.2	5.0	112
1:3		6.5±0.19	29.4	1.5	6.0	148±11.2	75.4	30±1.8	4.9	214
2:1		5.3±0.12	22.0	1.0	0.9	50±2.2	41.4	21±0.8	2.4	
2:2		6.2±0.15	24.1	1.1	1.1	66±3.0	45.9	23±0.8	2.9	
2:3		8.8±0.20	22.6	1.2	1.4	110±4.3	38.8	31±1.2	3.6	
19		1 a	5.8±0.23	22.5	1.8	4.6	132±8.9	38.6	32±2.1	4.1	98
20	1:1	5.0±0.13	26.1	1.5	5.5	148±14.0	94.1	25±2.1	5.9	83
	1:2	5.7±0.16	27.7	1.7	5.6	217±21.8	100.0	40±3.1	5.5	122
	1:3	8.5±0.24	28.3	1.7	4.9	204±18.8	92.4	27±1.9	7.5	160
	2:1	5.6±0.24	43.1	0.9	1.1	55±4.8	86.2	18±1.1	3.1	
	2:2	6.8±0.26	38.8	1.0	1.0	67±5.3	78.8	15±1.1	4.4	
	2:3	8.2±0.32	39.3	1.2	1.2	87±6.3	71.7	23±1.5	3.8	
	21	1:1	5.8±0.16	21.8	1.5	6.0	167±11.6	55.4	39±1.8	4.3	309
1:2		6.9±0.16	21.2	1.6	5.1	202±13.2	58.1	41±2.1	5.0	360
1:3		10.4±0.33	24.3	2.1	6.0	345±26.7	60.5	48±3.7	7.1	237
2:1		5.2±0.08	15.9	0.9	1.0	32±1.2	37.6	17±0.8	1.8	
2:2		6.0±0.12	19.5	1.0	1.1	45±2.0	44.9	20±1.0	2.2	
2:3		6.4±0.14	21.3	0.9	1.1	51±3.0	58.9	20±0.9	2.6	
22		1:1	4.1±0.08	19.8	1.1	5.0	90±3.9	42.8	24±0.8	3.8	270
	1:2	6.5±0.19	25.8	1.6	5.8	256±16.2	56.7	48±2.7	5.4	355
	1:3	8.8±0.32	27.3	2.2	7.4	446±34.1	56.7	60±3.9	7.5	324
	2:1	5.2±0.11	20.7	1.0	1.1	82±3.1	37.3	30±1.2	2.7	
	2:2	6.3±0.14	23.0	1.2	1.1	86±3.8	44.5	37±2.0	2.3	
	2:3	9.1±0.32	34.6	1.3	1.4	134±9.1	66.8	39±2.6	3.4	
	23	1:1	5.7±0.15	26.5	1.5	4.3	161±10.1	62.8	33±2.0	4.8
1:2		7.4±0.24	27.8	1.8	6.1	330±30.9	81.5	47±3.8	7.0	206
1:3		10.1±0.29	28.3	1.7	5.3	349±31.2	91.0	47±3.4	7.4	400
2:1		7.1±0.23	32.6	0.9	1.0	84±5.4	64.4	24±1.5	3.4	
2:2		9.9±0.43	34.4	1.2	1.3	179±13.9	66.8	48±4.0	3.7	
2:3		10.4±0.38	36.2	1.3	1.2	155±14.2	91.1	34±2.8	4.6	
24		1:1	4.7±0.15	28.4	1.5	5.1	128±9.7	66.2	26±1.5	4.9
	1:2	6.0±0.20	28.6	1.8	4.7	240±12.1	58.5	33±2.1	7.2	141
	1:3	5.9±0.31	39.2	1.8	5.0	339±38.1	81.8	52±5.2	6.6	190
	2:1	5.9±0.16	27.2	1.0	1.0	57±4.0	69.9	16±1.1	3.6	
	2:2	6.3±0.22	36.0	1.0	1.1	87±6.4	73.9	23±1.5	3.9	
	2:3	7.8±0.27	34.3	1.0	1.2	76±5.8	75.6	16±1.3	4.7	

Taulukko 8. Taiminäytteiden taimien keskimääräiset koot.

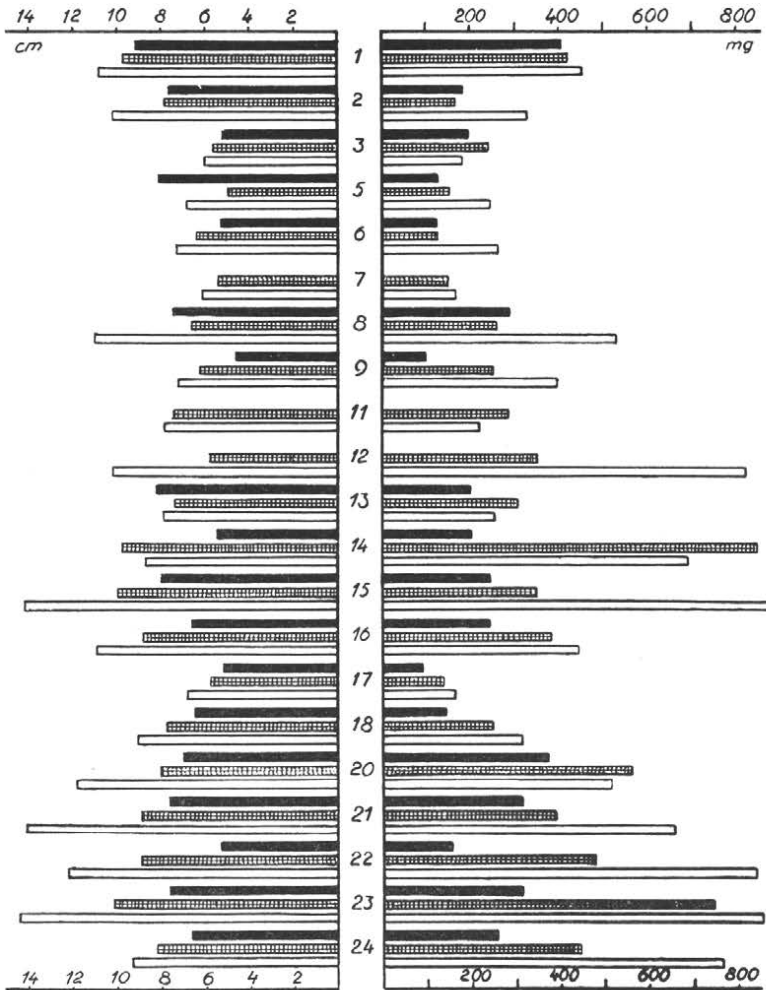
Table 8. Average size of sample seedlings.

	Mänty <i>Pine</i>			Kuusi <i>Spruce</i>		
	Huonot näytteet <i>Poor samples</i>	Keskinkert. näytteet <i>Medium samples</i>	Hyvät näytteet <i>Good samples</i>	Huonot näytteet <i>Poor samples</i>	Keskinkert. näytteet <i>Medium samples</i>	Hyvät näytteet <i>Good samples</i>
Pituus } <i>Height</i> } cm	5.0	5.9	6.6	5.4	6.5	8.2
Paksuus } <i>Diameter</i> } mm	1.3	1.5	1.5	1.0	1.0	1.2
Neulasten pituus } <i>Needle length</i> } cm ...	4.6	5.3	5.9	1.0	1.1	1.2
Verson paino } <i>Shoot weight</i> } mg	100	161	202	58	75	105
Juuriston paino } <i>Root weight</i> } mg	24	31	28	22	23	29

Neulasten pituus osoittaa taimien elinvoimaisuutta, mutta lienee sekin samalla riippuvainen taimiston tiheydestä sekä saattaa kuvastaa epänormaaleja ravinteisuussuhteita maassa.

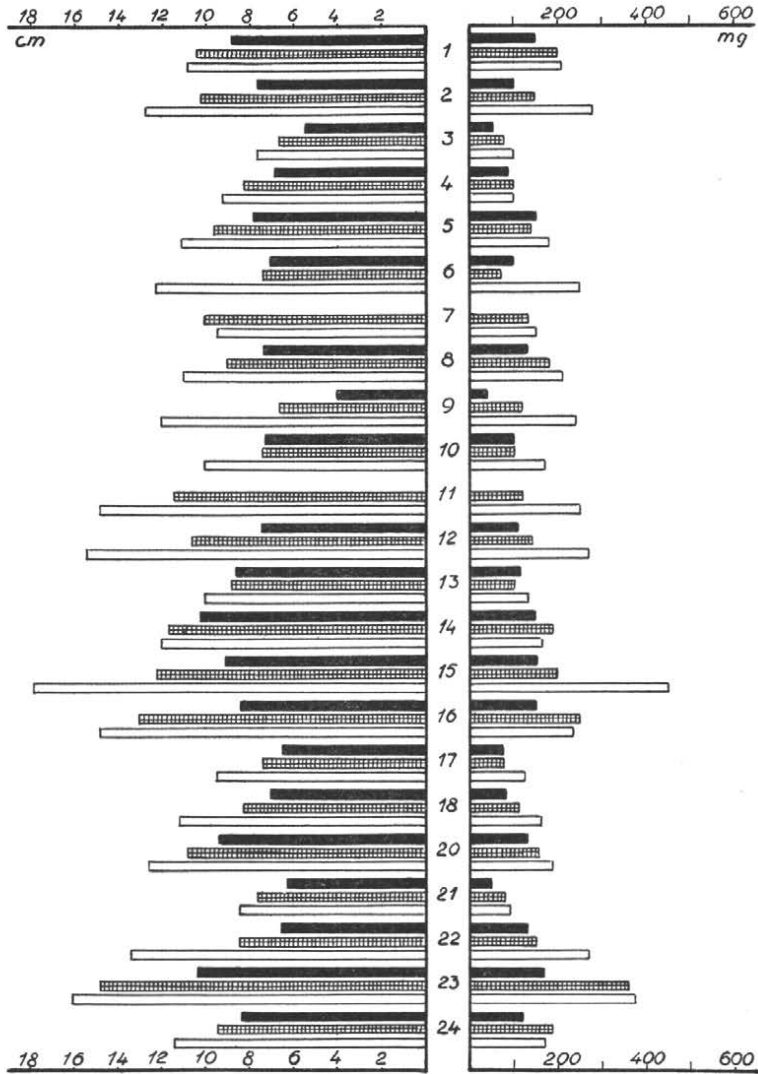
Taimien käyttökelpoisuuden kannalta olisi tärkeätä tuntea sellaiset ominaisuudet kuin niiden kestävyys kuivuutta ja tuholaisia vastaan, ts. taimien fysiologinen laatu, joka ei ole aina taimien koon kanssa suoraan verrannollinen. Fysiologisen laadun selvittämiseksi on kokeiltu useita keinoja (vrt. esim. Wilde, Voigt, White & Youngberg 1952), mutta ne ovat monet sangen suuritöisiä ja ei ole toistaiseksi täyttä selvyttä, miten ko. mittausten ja analyysien antamia tuloksia on käytännön kannalta tulkittava. Sen vuoksi tähän tutkimukseen sisällytettiin vain taimien verson ja juuriston painosuhteen määrittäminen ja männyn taimien mykorrhitsain tarkkailu sekä kokeeksi muutamia kemiallisia neulasanalyysijä, joihin palataan myöhemmässä yhteydessä.

Verson ja juuriston välinen painosuhte osoittaa toisaalta maan viljavuutta, toisaalta taimien kuivuuden kestävyttä. Laihassa maassa juuristo kehittyy suhteellisesti laajemmaksi kuin viljavassa ja ko. suhdeluku on siis laihassa maassa alhaisempi. Kovin korkea suhdeluku taas antaa aiheutta epäillä, että juuristo on taimen kuivumisvaaraa ajatellen liian pieni. Ko. suhdeluku on voimakkaasti riippuvainen myös taimien iästä — se nousee iän lisääntyessä — joten vain saman ikäisiä taimia voidaan siinä suhteessa verrata keskenään. Lisäksi siihen vaikuttavat eräät muutkin tekijät, joiden vuoksi varoitetaan antamasta kovin suurta painoa tälle suhdeluvulle (Wakelley 1954, s. 103). Suhde näytti olevan hyvin tiheässä kasvaneilla taimilla korkeampi kuin harvassa kasvaneilla.



Kuva 9. Mäntynäytteiden »valtataimen» pituus (vas.) ja verson paino (oik.).
 Fig. 9. Average heights (left) and shoot weights (right) of dominant pine seedlings.

Verson ja juuriston painosuhteet taulukossa 7 ovat suhteellisen korkeita. Tähän lienee yhtenä syynä ko. kesän sateisuus, jonka ansiosta taimitarhain pintamaa on sisältänyt jatkuvasti riittävästi kosteutta, jota syvemmillä on joissakin taimitarhoissa ollut ilmeisesti liikaakin. Suhde on selvästi yleensä sitä korkeampi, mitä suurempia taimet ovat. Tällaista suuntausta on ehkä jossakin määrin jyrkentänyt se seikka, että mitä suurempia taimet ovat, sitä laajempia ovat niiden juuristot ja sitä vaikeampi on saada juuristoja kokonaisuudessaan maasta.



Kuva 10. Kuusinäytteiden »valtataimen» pituus (vas.) ja verson paino (oik.).
 Fig. 10. Average heights (left) and shoot weights (right) of dominant spruce seedlings.

Mykoritsain kohdalla antaisi aihetta huolestumiseen niiden kokonaan puuttuminen tai ylrünsaus tai deformatunut ulkonäkö. Tällaisia tapauksia ei aineistossa esiintynyt yhtään, vaan kaikissa mäntynäytteissä esiintyi normaalisti kehittyneitä hankahaaraisia mykoritsoja. Niiden lukumäärä vaihtelee kuitenkin suuresti ja todennäköisesti on yhteydessä tiettyihin maan ominaisuuksiin.

Kasvutekijäin lain mukaan sadon suuruus riippuu ensi sijassa kulloinkin vähemmän suotuisasta kasvutekijästä. Niinpä jonkin ravinteen, jota maassa on jokseenkin riittävästi, lisäys ei vaikuta sanottavasti satoon, jos jokin toinen tekijä on minimitekijänä. Eri taimitarhat poikkeavat toisistaan eri kasvutekijäin puolesta hyvin paljon, ja eri taimitarhoissa, jopa eri näytekohdissakin, saattaa olla eri minimitekijänsä. Tietyllä tekijällä voidaan osoittaa olevan selvää vaikutusta taimien laatuun vain niissä tapauksissa, kun ko. tekijä on lähellä minimiä. Maan ominaisuuksien vaikutusta taimien laatuun voidaan sen vuoksi tarkastella parhaiten taimitarhoittain, ts. toteamalla taimien laatu ja maan ominaisuudet sekä sen jälkeen tarkastelemalla, mikä tekijä tai mitkä tekijät ovat kulloinkin todennäköisimpiä minimitekijöitä. Tarkastelussa tehdyt huomiot ja arvostelut eivät koske ko. taimitarhoja kokonaisuudessaan, vaan rajoittuvat nimenomaisesti näytekohtiin.

Tarkastelu taimitarhoittain

Taimitarha 1.

Männyn taimet ovat kaikissa näytteissä jokseenkin saman painoisia, mutta keskipituuden erot ovat selvät, mikä johtuu erilaisesta tiheydestä. Taimet ovat suurehkoja vastaten jokseenkin kaikkien taimitarhojen hyvien näytteiden keskimäärää. Myös kuusen taimet ovat keskimääräistä kookkaampia. Taimisto on harvempaa kuin taimitarhossa keskimäärin, mutta aukkoja lukuun ottamatta riittävän tiheää.

Taimitarhan eri maanäytteiden välillä ei ole olennaisia eroja. Raekokoomukseltaan maa on hieman keskimääräistä savisempaa (hiesu + savi noin 20 %), humuspitoisuus on keskimääräinen, samoin happamuus. Typpeä on keskimääräistä enemmän ja vastaavasti suhde C : N on suhteellisen alhainen.

Ravinteista on kalia suhteellisen vähän (6—8 mg/100 g, mikä on noin puolet kaikkien taimitarhojen keskiarvosta ja alhaisimpia arvoja, mitä aineistoon sisältyy). Fosforia sen sijaan on 2—3 kertaa enemmän kuin taimitarhoissa keskimäärin, ja kalkkipitoisuus on jokseenkin keskimääräinen.

Taimitarhan taimiaines on hyvää, mitään puutosoireita ei näy eikä esiinny maasta johtuvia tuhoja, joten maan laatu ja ravinteisuus ovat tyydyttävät.

Taimitarha 2.

Männyn taimet ovat (varsinkin näytteessä 1 : 2) keskimääräistä pienempiä, kuusen taimet kooltaan keskimääräisiä tai (näyte 2 : 3) suurempia. Mäntyjen pieni koko johtuu liian tiheästä kylvöksestä, mihin viittaa myös neulasten lyhyys sekä se, että taimet ovat painoonsa verrattuina melko pitkiä.

Ravinteiden niukkuuteen maassa viittaa se, että taimet olivat penkkien reunimmaisissa riveissä selvästi kookkaampia kuin keskiriveissä (näytteet ovat keskiriveistä).

Maa on hienoa hiekkaa, hienoja aineksia on vähemmän kuin taimitarhoissa keskimäärin; hiesua ja savea on 12—14 %, mikä vastaa jokseenkin optimia *A r n b o r g i n* ja *S t e f a n s s o n i n* (1951) mukaan. Humus- ja samalla typpipitoisuus ovat keskimääräistä pienempiä (paitsi näytteessä 1 : 3). Kali- ja fosforipitoisuus lienee tyydyttävä, lähellä taimitarhain keskimäärää.

Taimet lienevät kärsineet — osittain tiheän kylvön vuoksi — jossakin määrin typen puutetta. Muutoin ravinteisuus on ollut riittävä. Syynä näytteen 1 : 3 taimien paremmuuteen lienee maan suurempi humus- ja typpipitoisuus. Kuusipenkien maanäytteiden välillä ei ole olennaisia eroja, vaikka taimien koossa erot ovat selvät. Helposti vettä läpäisevässä maassa taimien juuristot ovat laajat (suhde verso : juuristo keskimääräistä alhaisempi).

Taimitarha 3.

Taimien menestyminen on heikkoa. Kylvöksistä on melkoinen osa tuhoutunut (pääasiallisena syynä routa), ja jäljellä olevat taimet ovat sangen pieniä.

Maalajiltaan taimitarha on savipitoisimpia koko tutkimusaineistossa (hiesua + savea 30—50 %). Humuspitoisuus on aineiston keskimäärää pienempi ja — ottaen huomioon maan savisuus — ilmeisestikin liian alhainen.

Ravinteisuus on myös huomattavasti keskimääräisestä poikkeava, sillä kalialia on noin 2 kertaa keskimääräistä enemmän ja fosforia vain puolet keskimääräisestä. Liukoista typpeä on runsaasti. Ravinteista siis vain fosforista voi olla puutetta.

Erot taiminäytteiden välillä lienevät satunnaisia. Tosin aukottoman taiminäytteen 1 : 3 kohdalla savisuus on vähäisintä, mutta toisaalta savisin maanäyte (2 : 3) on myös hyvästä taimikohdasta. Taimien juuristot ovat huomattavan laajat ja mykoritsoja on runsaasti.

Syy taimien heikkoon menestymiseen on ilmeisestikin maan fysikaalisissa ominaisuuksissa (suuri savi- ja alhainen humuspitoisuus), joskin myös kalin ja fosforin poikkeuksellinen paljousuhde herättää huomiota.

Taimitarha 4.

Kuusen taimet ovat kaikissa näytteissä jokseenkin saman painoisia, mutta tiheys ja keskipituus ovat erilaisia. Taimisto on melko aukkoista, aukkoisuus johtuu roudan tuhoista sekä mahdollisesti myös taimipolteesta. Taimet ovat kooltaan tuntuvasti keskimääräistä pienempiä.

Maa on laadultaan melko savipitoinen (hiesua + savea n. 20 %). Humuspitoisuus on keskimääräistä alhaisempi.

Ravinteisuus on kivennäisravinteiden osalta kohtalainen, sekä kalialia että fosforia on enemmän kuin taimitarhoissa keskimäärin. Sen sijaan typpipitoisuus on pieni, ja erityisesti voidaan panna merkille korkea suhdeluku C : N, suhteellisen pienestä humuspitoisuudesta huolimatta.

Taimien menestymistä rajoittavana tekijänä lienevät maan fysikaaliset ominaisuudet, ts. suurehko savi- ja pieni humuspitoisuus. Humus- ja typpipitoisuuden lisääntyessä taimien laatu paranee, muita olennaisia eroja ei taimitarhan maanäytteiden välillä olekaan. Taimien menestymiseen vaikuttavana tekijänä on myös syytä ottaa huomioon, että taimia on samalla paikalla kasvatettu kesannoimatta 8 vuotta. Maan »väsyminen» on paljon käytetty sanonta, jolla lienee tietty oikeutuksensa, vaikka sen sisältöä paremmin kuin ilmiön syytäkään ei aina pystytä selittämään.

Taimitarha 5.

Taimet ovat eri näytteissä hyvin erilaisia. Huonojen näytteiden kohdalla (1 : 1 ja 2 : 1) on ollut roudan tuhoja, roudan nostamia taimia on painettu maahan takaisin, ja niiden kehitys on siksi ollut epänormaalia. Myös näytekohdassa 1 : 1 oli itäminen ollut huono ja kylvö oli myöhemmin samana kesänä täydennetty, jolloin taas oli syntynyt ylitihyettä. Myöhäisen kylvön ja routavaurioiden vuoksi monet männyn

taimet olivat vielä toisena kesänä kasvattaneet vain alkeisneulasia (mistä johtuu neulasten lyhyt keskipituus näytteessä 1 : 1). Männyn taimet ovat keskimääräistä pienempiä, kuusen taimet jokseenkin taimitarhojen keskimäärää vastaavia (taimien suhteellisen suuri keskipaino näytteessä 2 : 1 johtuu taimiston harvuudesta).

Maan humuspitoisuus — ja siitä johtuen myös typpipitoisuus — on huomattavan suuri. Ravinteisuus on niukahko, varsinkin fosforia on keskimääräistä vähemmän. Olennaisia eroja eri maanäytteiden ravinnepitoisuuksissa ei ole.

Taimitarhan savipitoisimmissa osissa taimet ovat kärsineet roudan tuhoja.

Taimitarha 6.

Männyn taimet ovat koko aineiston keskimäärää pienempiä, kuusen taimet jokseenkin keskimääräisiä kooltaan. Molemmilla puolajaeilla ns. hyvät taimet ovat huomattavasti toisia suurempia, kun taas huonon ja keskinkertaisen taimiston ero on nähtävästi ollut suuressa.

Maa on hiekkää. Hienojen aineisten määrä maassa on pienimpiä koko tutkimusaineistossa. Maan pH-luku on keskimääräistä korkeampi ja — turvekompostin ansiosta — humuspitoisuus on myös keskimäärää suurempi, vaikkakin kompostin epätasaisen sekaantumisen vuoksi vaihtelee varsinkin kuusipenkien näytteissä.

Ravinteisuus vaihtelee samassa suhteessa kuin humuspitoisuuskin, ts. typen lisäksi myös kalialia ja fosforia on vähiten näytteessä 2 : 1, jossa humuspitoisuus on pienin, ja kalialia eniten myös näytteessä 2 : 3. Mäntynäytteiden maat ovat keskenään jokseenkin samanlaisia. Sekä kalialia että fosforia on vähemmän kuin taimitarhoissa keskimäärin. Erityisesti herättää huomiota orgaanisen hiilen runsauteen verrattuna pieni typpipitoisuus, minkä vuoksi suhde C : N on paljon alhaisempi kuin toisissa vastaavan humuspitoisuuden omaavissa maissa.

Maassa on minimitekijänä nähtävästi ravinteiden niukkuus, kun taas fyysikaalinen rakenne on ollut itämisen ja kehityksen kannalta suotuisa. Varsinaisia puutosoireita ei näkynyt. Typen puute on todennäköinen päätellen epänormaalista C : N-suhteesta. Mahdollinen typen puute on voitu kuitenkin torjua pintalannoituksella, jonka vaikutuksen ei tarvitse näkyä maa-analyyseissä.

Selvä riippuvuus on kuusen taimien kehityksen sekä maan humus- ja typpipitoisuuden välillä, joskin myös muiden ravinteiden määrä vaihtelee samassa suhteessa kuin humus.

Taimitarha 7.

Männyn taimet ovat taimitarhojen keskimäärää pienempiä, kuusen taimet kooltaan keskimääräisiä. Taimiaines on sangen tasalaatuista ja silmämääräisesti arvostellen tervettä ja hyvälaatuista. Roudan tuhoja tai puutosoireita ei esiinny.

Maa on raekokoomukseltaan lähellä taimitarhojen keskimäärää. Samoin happamuus on keskimääräinen. Humuspitoisuus on keskimääräistä suurempi ja vastaavasti typpipitoisuus. Hiilen ja typen suhde on normaali.

Myös ravinteisuudeltaan maa on jokseenkin taimitarhojen keskimäärää vastaava; vain fosforia on selvästi vähemmän.

Sekä männyn että kuusen kohdalla on hyvää taiminäytettä vastaavassa maanäytteessä humuspitoisuus suurempi kuin keskinkertaista vastaavassa. Typpi ja fosfori vaihtelevat humuksen mukaisesti, joten ne voivat kaikki olla vaikuttamassa taimien laadun vaihteluun.

Maan ravinteisuus on nähtävästi likimain riittävä ja maan laatu myös taimitarhaksi sopiva.

Taimitarha 8.

Taimisto on harvahkoa, aukkoista ja laadultaan epätasaista. Aukkoisuutta on eniten huonoissa näytekohdissa. Kooltaan taimet ovat keskimääräistä jonkin verran suurempia, mikä johtunee ainakin osittain taimiston harvuudesta.

Maa on raekokoomukseltaan erikoislaatuista: hienoja aineksia on keskimääräistä enemmän (hiesu + savi noin 20—25 %), mutta maa on samalla kivistä ja soralajitetta runsaasti. Maalla on taipumusta liettymiseen ja kuorettumiseen. Humuspitoisuus on keskimääräistä pienempi.

Maan pH on huomattavan korkea, 6.1—6.8, mikä johtuu runsaasta kalkituksesta.

Typpipitoisuus on huomattavan pieni ja suhde C : N pieneen humuspitoisuuteen verrattuna korkea. Muista ravinteista on kalia jonkin verran keskimääräistä runsammin, mutta fosforia huomattavasti vähemmän.

Vaikka taimien keskikoko on keskimääräistä suurempi, on taimitarhamaata pidetty sopimattomana routimisvaurioiden, kuorettumisen ja maantakertuman vuoksi. Maa-analyysien perusteella näyttävät epäsuotuisilta ominaisuuksilta pienet humus- ja typpi- samoin kuin fosforipitoisuus, korkea hiilen ja typen suhde sekä mahdollisesti myös liian korkea pH. Mitään johdonmukaisia eroja ei voida huomata huonojen, keskinkertaisten ja hyvien näytekohtien maassa. Fosforia on parhaiden näytteiden kohdalla vähiten, ilmeisesti koska niissä kohdin taimet ovat eniten fosforia ottaneet ja maan fosforireservit ovat nähtävästi vähäiset.

Taimitarha 9.

Sekä männyn että kuusen taimet ovat, varsinkin huonoa taimiainesta edustavat näytteet, taimitarhojen keskimäärää pienempiä; vain hyvä kuusinäyte vastaa hyvien näytteiden keskiarvoa. Taimet ovat painoonsa verrattuina melko lyhyitä; tiheys lienee sopiva. Kaikissa näytekohdissa taimistot ovat yhtä tiheitä ja aukottomia, mutta taimien keskikoon erot ovat suuret, mikä ilmeisestikin johtuu maan ominaisuuksista.

Taimitarha on äskettäin metsästä raivattua ja perusparannukset on suoritettu, mutta maa on eri näytekohdissa hyvin erilaista. Hyvät näytekohdat ovat taimitarhan kohokohdissa, missä humuspitoisuus on korkein (org. C yli 3 %, mikä vastaa noin taimitarhamaiden keskiarvoa), kun taas painanteissa, mistä ovat huonot näytteet, humuspitoisuus on pieni. Typpipitoisuus vaihtelee humuspitoisuuden mukaan, mutta on kaikissa näytteissä taimitarhain keskiarvoa pienempi. Raekokoomukseltaan maa vastaa sitä, mitä taimitarhaoppaissa suositellaan (hiesu + savi 13—16 %). Peruskalkituksesta huolimatta maan pH on suhteellisen alhainen.

Kalia ja fosforia on vähemmän kuin taimitarhoissa keskimäärin, mutta niiden pitoisuus vaihtelee huomattavasti eri näytteissä.

Hyvin selvä korrelaatio vallitsee maan humus- ja typpipitoisuuden sekä taimien koon välillä (kuva 11). Sen sijaan kalin tai fosforin puute ei nähtävästi ole rajoittanut taimien kasvua.

Näytteessä 2 : 1 neulaset olivat kellertäviä, todennäköisesti typen puutteen vuoksi. Muita puutosoireita ei ollut, ei myöskään roudan tai muita tuhoja.

Taimitarha 10.

Kuusen taimet ovat kooltaan jokseenkin taimitarhojen keskitasoa vastaavia. Huonon näytteen taimet ovat keskinkertaisia painavampia, mikä johtuu pienemmästä tiheydestä.

Raekokoomukseltaan maa on keskimääräistä karkeampaa (hiesu + savi 11 %). Humuspitoisuus on 50 % keskimääräistä suurempi ja typpipitoisuus sitä vastaava. pH on runsaan kalkkipitoisuuden vuoksi kaikista tutkituista taimitarhoista korkein (7.1—7.2).

Myös kivennäisravinteita on runsaasti, koko aineiston suurimmat kali- ja fosforipitoisuudet on todettu tässä taimitarhassa.

Taimien kasvu ei ollut niin hyvä kuin humuspitoisuuden ja ravinteisuuden perusteella voisi odottaa. Mahdollisina syinä saattaa olla liian korkea pH tai tiettyjen kivennäis-ionien liika runsaus.

Hyvän kohdan maanäyte eroaa toisista suuremman humuspitoisuuden vuoksi. Myös maan kalipitoisuus nousee jyrkästi huonosta hyvään näytteeseen, mutta kalia on kaikissa näytteissä niin runsaasti, että se tuskin voi olla syynä kuusen erilaiseen kasvuun eri näytekohdissa. Taimien juuristot ovat huomattavan painavat (painosuhte verso : juuristo alhainen), päinvastoin kuin maan runsaan ravinteisuuden perusteella voisi odottaa.

Yhtenä syynä taimirivien aukkoisuuteen on ollut taimipolte, jonka esiintymistä korkea pH edistää.

Taimitarha 11.

Männyn taimet ovat kooltaan taimitarhojen keskitasoa vastaavia, kuusen taimet keskinkertaista suurempia. Eri näytteiden väliset erot ovat sangen pienet. Taimisto on myös melko tasalaatuista, vaikka tiheyden vuoksi on jälkeen jääneitä, hylättäviä taimia melkoisesti.

Maa on raekokoomukseltaan jonkin verran keskimääräistä karkeampaa (hiesu + savi 13—14 %, myös soralajitetta runsaan puoleisesti). Humuspitoisuus on sangen suuri, suurimpia koko aineistossa (mutakompostia on pitkän aikaa käytetty säännöllisesti).

Maa on keskimääräistä happamampaa, vaikka kalkkipitoisuus on suuri, mikä on yhteydessä turvekompostin käytön kanssa.

Ravinteita on runsaasti. Suuren humuspitoisuuden seurauksena on typpeä runsaasti, mutta analysit osoittavat myös melko runsaasti liukoista typpeä (mikä suurelta osalta johtuu pintalannoituksesta). Kalipitoisuus on keskimääräistä yli 2 kertaa suurempi, vain fosforia on jonkin verran keskimääräistä vähemmän.

Maan laatu ja ravinteisuus ovat taimien kasvattamisen kannalta ilmeisesti hyvät. Puutosoireita tai tuhoja ei taimitarhassa ole. Merkille voidaan panna taimien juuriston suhteellinen pienuus, mikä lienee yhteydessä suuren humuspitoisuuden ja kohtalaisen ravinteisuuden sekä sateisen kesän kanssa.

Taimitarha 12.

Taimet ovat huomattavasti taimitarhojen keskitasoa kookkaampia, muutamat kuuluen koko tutkimusaineiston kookkaimpiin. Eri näytteiden välillä on selvät kokoerot.

Maa on raekokoomukseltaan melkein taimitarhain keskitasoa vastaava, hieman savipitoisempi (hiesu + savi 17—22 %). Humuspitoisuus on keskimääräinen tai vähän pienempi. pH on suuren kalkkipitoisuuden vuoksi korkea (6.0—6.6).

Typpeä on humuspitoisuuteen verrattuna kohtalaisesti, liukoista typpeä melko runsaasti, mikä johtuu pintalannoituksesta. Erityisesti fosforia on paljon, 3—5 kertaa enemmän kuin keskimäärin, ja myös kalipitoisuudet ovat suurehkoja vaikkakin eri näytteiden välillä on vaihtelua.

Maa-analyysit eivät osoita sellaisia maassa tavattavia eroja, joista taimien erilaisuus johtuisi. Ero johtuukin ilmeisesti siitä, että hyvät näytteet ovat saaneet muita runsaamman pintalannoituksen. Heikoin näyte (2 : 1) on kohdasta, jossa myös kylvöä edellisellä vuonna kasvoi kuusen taimia, kun taas muut näytekohdat on kylvetty kesannon jälkeen.

Taimien laatu on hyvä, myös juuristot ovat taimien kokoon ja maan ravinteisuuteen verrattuna suuret. — Taimitarhassa mainitaan esiintyvän jonkin verran roudan tuhoja, etenkin savisimmissä osissa.

Taimitarha 13.

Taimien keskikoon erot ovat pienet ja taimet vastaavat kaikkien taimitarhojen huonojen tai keskikokoisten taiminäytteiden keskikokoa.

Maa mainittiin haitallisen kiviseksi, ja analyyseissä on soralajitettakin suhteellisen runsaasti. Hienojen aineiden määrä vastaa jokseenkin taimitarhojen keskitasoa (hiesu + savi 14—18 %). Maan humuspitoisuus on sangen suuri, varsinkin kuusta kasvavassa osassa.

pH on kahdessa näytteessä yli 6, missä myös kalkkipitoisuus on sangen suuri; muissa näytteissä kalkkia on keskitasoa vastaavasti ja pH 5.6—5.7.

Typpipitoisuus on suuri, humuspitoisuutta vastaavasti. Kalin ja fosforin pitoisuudet vastaavat jokseenkin taimitarhojen keskitasoa, joskin eri näytteiden välillä on suurta vaihtelua.

Taimien keskikoko on ehkä pienempi kuin maan laadun ja kohtalaisen ravinteisuuden perusteella voisi odottaa. Yhtenä syynä lienee tiheä kylvö. Eri taiminäytteiden väliset erot ovat vähäiset, eikä maa-analyysienkään välillä ole johdonmukaisia eroja. Taimitarhan maa on tarkoitukseen sopivaa; kivisyys on viljelyteknillinen haitta.

Taimien juuristot ovat suhteellisen pienet, mihin yhtenä syynä on suuri tiheys.

Taimitarhassa on paikoin sattunut taimipoltetuhoja, mikä lienee yhteydessä paikoin esiintyvän suuren kalkkipitoisuuden kanssa.

Taimitarha 14.

Männyn taimet ovat kahdessa näytteessä huomattavasti keskimääräistä suurempia. Kuusen taimet ovat kaikissa näytteissä lähes saman kokoisia, melko suuria.

Raekokoomukseltaan maa on keskimääräistä hieman hienojakoisempaa (hiesu + savi 15—21 %). Mäntyjen maanäytteissä humuspitoisuus on sangen pieni, kuusen näytteissä sen sijaan jokseenkin keskimääräinen. Happamuudeltaan ja kalkkipitoisuudeltaan maa vastaa taimitarhojen keskimäärää, vaikka eri näytteiden välillä on vaihtelua.

Typpipitoisuus on varsinkin männyn maanäytteissä alhaiseen humuspitoisuuteen verrattuna suuri, ja männyn maanäytteissä suhde C : N onkin koko tutkimusaineiston alhaisin. Kalia on keskimääräisesti ja fosforia niukasti. Pintalannoituksena on näytekohtiin 1 : 3 ja 2 : 2 annettu 1954 hienofosfaattia 200 kg/ha, kohtaan 1 : 2 superfosfaattia 200 kg/ha ja kohtaan 2 : 3 luujauhoa 300 kg/ha. Pintalannoituksen vaikutus ei kuitenkaan ilmene kaikissa maa-analyyseissä.

Männyn taimet ovat kasvaneet huomattavan suuriksi pienestä humus- ja fosforipitoisuudesta huolimatta. Edullinen on alhainen C : N-suhde, jonka vuoksi typpeä on suhteellisen runsaasti ollut käytettävissä. Pääsyynä taimien suureen kokoon on nähtävästi kuitenkin ollut typpipintalannoitus sekä taimiston suhteellinen harvuus.

Näytekohdassa 2 : 1 ilmoitetaan sattuneen roudan vaurioita.

Taimitarha 15.

Kaikki taiminäytteet, mutta varsinkin hyvät, ovat keskikokoa suurempia. Hyvän kuusinäytteen 2 : 3 taimet ovat kaikista näytteistä suurimpia ja myös mäntynäyte 1 : 3 kuuluu suurimpiin. Näytteiden väliset kokoerot ovat selvät. Kylvä on hyvin tiheä.

Maa on harjusoraa. Soralajitteen osuus on suurempi kuin missään muussa taimitarhassa. Maata on kuitenkin todennäköisesti joskus savettu, sillä myös hienoimpia aineksia on kohtalaisesti (hiesu + savi 12—16 %).

Humuspitoisuus on keskimääräistä suurempi. Maahan on hiljakkoin lisätty runsaasti suomutaa, joka toistaiseksi on sekoittunut epätasaisesti, ja siksi humuspitoisuus vaihtelee melkoisesti eri näytteissä.

Maa on keskimääräistä huomattavasti happamampaa, kuusen maanäytteiden pH on alhaisin koko tutkimusaineistossa.

Typeä maassa on korkeasta humuspitoisuudesta johtuen runsaasti, mutta erikoisen suuri on myös kuusinäytteiden maan nitraattipitoisuus, runsaan salpietari-lannoituksen seurauksena. Kalia on jonkin verran keskimääräistä vähemmän, mutta fosforia 2—4 kertaa keskimääräistä enemmän.

Taimien hyvään kasvuun lienevät pääsyyinä maan fysikaalinen rakenne — runsasateisena vuonna on hyvä vedenläpäisykyky kenties ollut edullinenkin — suuri humuspitoisuus ja ravinteisuus. Erityisesti runsaalla nitraattilannoituksella on huomattava osuus. Runsaasta typpilannoituksesta ja samalla kylvöksen tiheydestä johtunee, että männyn taimet ovat sangen pitkiä, mutta neulaset lyhyitä. Myös neulasten typpipitoisuus on huomattavan suuri (taul. 9). Kokoero eri näytteiden taimien välillä johtunee pääasiassa erilaisesta nitraattilannoituksesta, mutta merkille pantavaa myös on, että hyvien kohtien maanäytteissä humuspitoisuus on huomattavasti suurempi kuin muissa.

Taimitarha 16.

Sekä männyn että kuusen taimet ovat suurikokoisempia kuin taimitarhoissa keskimäärin. Taimien juuristot ovat suhteellisen pienet ja suhde verso : juuristo korkea.

Maa on savipitoisinta kaikista tutkituista taimitarhoista (hiesu + savi 45—55 %).

Humuspitoisuus on suurimpia koko näyteaineistossa. Maa on happamampaa kuin taimitarhat keskimäärin (pH 5.2—5.7) huolimatta siitä, että kalkkia on 2—4 kertaa enemmän kuin taimitarhoissa keskimäärin. Suuri humuspitoisuus ja verraten voimakas happamuus johtuu siitä, että taimitarhaan on ennen kylvöä ajettu hyvin runsaasti melko raakaa suomutaa. Suuri kalkkipitoisuus on peräisin aikaisemmalta maatalouskäytön ajalta.

Typpipitoisuus on suuren humuspitoisuuden seurauksena suuri, joskin suhde C : N on myös korkea. Erityisesti nitraattityppeä on maassa runsaasti, voimakkaan pintalannoituksen seurauksena. Kalia on jokseenkin keskimääräisesti ja fosforia useimmissa näytteissä keskimääräistä enemmän, joskin fosforipitoisuus vaihtelee suuresti eri näytteissä, koska runsas fosforiperuslannoitus ei ole vielä sekaantunut maahan tasaisesti.

Taimitarhassa on sattunut suuria roudan tuhoja, jotka ovat suurimmat huonoissa näytekohdissa, joissa myös maan humuspitoisuus on pienin. Roudan nostamia taimia on paineltu takaisin maahan.

Taimien suuri koko on runsaan lannoituksen tulos. Eri maanäytteiden välillä ei ole olennaisia eroja, lukuun ottamatta humus- ja typpipitoisuutta, joka tasaisesti kasvaa hyviin näytteisiin päin.

Huomattava piirre taimissa on juuriston pienuus; myös mykoritsoja on vähän. Syynä on voimakas lannoitus — typen lisäksi on kalialia ja fosforia lisätty suoraan maan pinnalle — ja sateinen kesä. Sekä ravinteita että vettä on ollut runsaasti aivan maan pinnassa, kun taas savinen maa on syvemmältä ollut ehkä kokonaan veden kyllästävä. Runsaan nitraattilannoituksen vaikutusta on myös neulasten suuri typpipitoisuus (taul. 9).

Taimitarha 17.

Kaikki taimet ovat kooltaan selvästi taimitarhain keskimäärää pienempiä. Taimistot ovat harvahkoja. Taimien koon erot eri näytteiden välillä ovat melko pienet.

Maan raekokoomus vastaa jokseenkin taimitarhojen keskimäärää (hiesu + savi 15—20 %). Maan humuspitoisuus on useimmissa näytteissä keskimääräistä suurempi. Myös kalkkia on useimmissa näytteissä huomattavasti keskimääräistä enemmän ja sen seurauksena pH on 6:n yläpuolella.

Maan typpipitoisuus on pieni, varsinkin suureen humuspitoisuuteen verrattuna. Sen vuoksi suhde C : N on hiilen määrään verrattuna korkea ja selvästi yleisestä suunnasta poikkeava (ks. kuva 3). Sekä kalialia että fosforia on huomattavasti keskimääräistä enemmän.

Taimitarhassa on siis sekä kivennäisravinteita että humusta keskimääräistä enemmän ja maan raekokoomus keskimääräinen, mutta taimien menestyminen huonoa. Taimien huono kasvu johtunee todennäköisimmin typen puutteesta, sillä suhde C : N on epäedullinen ja muista taimitarhoista poikkeava. Varsinkin kuusen taimien kohdalla huomataan selvä kasvun parantuminen humuspitoisuuden lisääntyessä. Toisena mahdollisena syynä mainittakoon maan »väsyminen», sillä paikalla on kasvatettu taimia yhtämittäisesti useita vuosia välillä kesannoimatta (vrt. taimitarha 4). Vielä on syytä kiinnittää huomiota maan suureen kuparipitoisuuteen (ks. taul. 5). Ko. taimitarha on näyteaineiston vanhin, ja kun taimitarhoissa on tapana torjua karisteita kuparisuoloilla, on mahdollista, että tätä maahan hyvin pidättyvää, suuremmissa väkevyyksissä esiintyessään myrkyllistä ionia on rikastunut maahan (vrt. J a m a l a i n e n 1956).

Taimitarha 18.

Taimet ovat kaikissa näytteissä kooltaan pienehköjä. Taimistojen tiheys on jokseenkin sama ja näytteiden taimien koossa melko selvät erot.

Maa on raekokoomukseltaan keskimääräistä karkeampaa (hiesu + savi 10—16 %).

Eri maanäytteet poikkeavat toisistaan melkoisesti sekä humuspitoisuuden ja happamuuden että ravinteisuuden puolesta. Vaihtelu johtuu turve-väkilannoitekompostin epätasaisesta sekaantumisesta maahan. Useimmissa näytteissä humusta on keskimääräistä vähemmän. Kalkkia on myös useimmissa näytteissä keskimääräistä vähemmän, mutta maan karkeuden ja humuksen vähyden vuoksi silti pH on useimmissa näytteissä keskimääräistä korkeampi.

Typen, kalin ja fosforin pitoisuudet vaihtelevat suuresti, mutta ovat yleensä keskimääräistä jopa huomattavasti pienempiä.

Taimien pieni koko johtuu nähtävästi ravinteiden puutteesta. Taimien keskikoko olisi vieläkin pienempi ellei kylvös olisi suhteellisen harva. Melko selvä riippuvuus voidaan todeta taimien menestymisen sekä maan humus- ja typpipitoisuuden välillä. Poikkeuksena on heikko näyte 1 : 1. Se on taimitarhan laitaosasta, missä lähellä kasvavien suurten koivujen taholta tullut juuristokilpailu on ilmeisesti ollut männyn taimille haitaksi.

Taimitarha 19.

Vertauskelpoista taiminäytettä ei taimitarhasta ole, mutta sekä silmämääräisen arvioinnin että taimitarhan hoitajan ilmoituksen mukaan taimien menestyminen on sangen huonoa.

Maa on voimakkaasti lajittunutta hienoa hiekkaa, hienojen aineiden osuus on kaikista taimitarhoista alhaisin (hiesu + savi 5—6 %). Humus- ja typpipitoisuudet ovat vain puolet taimitarhojen keskimääräisestä. Kalkkia on kolmannes taimitarhain keskimäärästä ja pH keskimäärää alhaisempi.

Kalia ja fosforia on melko tyydyttävästi, kalia lähes keskimääräisesti ja fosforia huomattavasti keskimäärää enemmän.

Pääsyinä taimien huonoon menestymiseen lienevät kolloidisten aineiden (savi-lajitteen ja humuksen) vähyys sekä typen puute.

Taimitarha 20.

Taimistot ovat hyvin tiheitä. Männyn taimien keskikoko on taimitarhojen keskitasoa suurempi, huolimatta siitä, että ylitiheyden vuoksi on paljon toisista jälkeen jääneitä taimia (huom. suuret pituuden ja painon vaihtelukertoimet). Kuusen taimien keskikoko jää ylitiheyden vuoksi keskimääräiselle tasolle.

Maan raekokoomus vastaa jokseenkin taimitarhain keskitasoa (hiesu + savi 15—20 %). Humuspitoisuus on useimmissa näytteissä jonkin verran keskimäärää suurempi.

Maa on hyvin voimakkaasti kalkittu ja siksi pH on korkea. Kuitenkin eri näytekohdat poikkeavat suuresti toisistaan, näyte 1 : 1 (pH 7.2) on sattunut erittäin kalkkirikkaaseen kohtaan, kun taas näytekohdassa 1 : 3 (pH 5.7) kalkkia on vähänlaisesti.

Typpipitoisuus on vain hieman keskimääräistä suurempi, mutta nitraattia on runsaan pintalannoituksen vuoksi erittäin paljon.

Kivennäisravinteita on maassa huomattavan runsaasti, sekä kalia että fosforia noin 2 kertaa keskimääräistä enemmän, vaikkakin näytekohtien välillä on huomattavia eroja.

Taimilla on ollut ravinteita hyvin runsaasti käytettävissä (pintalannoitus on paikoin ollut liiankin runsas ja neulaset ovat sen johdosta palaneet ruskeiksi). Taimien keskikoko olisi suurempikin, mutta kylvöksen tiheyden vuoksi suuri osa taimista on jäänyt kilpailussa jälkeen. Runsaan ravinteisuuden (ja riittävän kosteuden) vuoksi ovat juuristot suhteellisen pienet ja painosuhde verso : juuristo on korkea.

Suuri kalkkipitoisuus ja korkea pH lieenee ollut joissakin kohdissa männyn taimille haitaksi; parhaan taiminäytteen kohdalla pH on alhaisin. — Taimitarhassa esiintyy myös jonkin verran taimipoltetta.

Taimitarha 21.

Taimitarha on monessa suhteessa mielenkiintoinen. Männyn taimet ovat huomattavasti keskimääräistä kookkaampia, kun taas kuusen taimet kuuluvat pienimpiin koko näyteaineistossa.

Taimitarha on rinteessä ja maa vaihtelee paljon eri näytteissä. Karkeimmasta hiekkamaasta on näyte 1 : 2 (hiesu + savi 8 %), vähän alampaa 1 : 3 (hiesu + savi 17 %) ja alimpaa savisimmalta maalta näytteet 1 : 1 ja 2 : 1 (hiesu + savi 22—24 %).

Humuspitoisuus on kaikissa näytteissä huomattavasti keskimääräistä pienempi ja typpipitoisuus vastaavasti. Happamuus vastaa jokseenkin taimitarhojen keski-

tasoa, kun taas kalkkia on huomattavasti keskimääräistä vähemmän. Vähähumuksisessa maassa on pienikin kalkkimäärä riittänyt nostamaan pH:n keskinkertaiselle tasolle (vrt. esim. pH-lukuja ja CaO-pitoisuuksia taimitarhoissa 21 ja 16).

Nitraattityypen pitoisuus on vähäinen, koska pintalannoituksesta on kulunut pitkäkko aika.

Kalia ja fosforia on taimitarhan uusimmassa osassa (1 : 1 ja 2 : 1) niukanlaisesti, muualla vähän keskimääräistä runsaammin.

Kuusen taimet näyttävät kärsineen niukasta humus- ja typpipitoisuudesta. Humuspitoisuuden sekä kuusen taimien koon välillä on selvä korrelaatio. Männyn taimille ei humuksen puuttuminen näytä olleen niin haitallista. — Roudan tuhot ovat melkoiset näytekohdissa 1 : 1 ja 2 : 1, missä savipitoisuus on suuri ja humuspitoisuus pieni.

Taimitarha 22.

Taimet ovat keskimääräistä suurempia, yhdessä näytteessä (1 : 3) männyn taimien keskipaino on koko näyteaineiston suurin. Taimitarhassa on käytetty omaa kylvötekniikkaa, jossa kylvö tapahtuu melko pienellä siemenmäärällä ja taimistoon ei sisälly paljoa pieniä, jälkeenjääneitä taimia (huom. pienehköt pituus- ja painovaihtelun vaihtelukertoimet).

Maan raekokoomus vaihtelee jonkin verran laajan taimitarhan eri osissa, mutta hienojen aineksien osuus on kaikissa näytekohdissa taimitarhojen keskitasoa pienempi tai korkeintaan keskimääräinen (1 : 3). (Osassa taimitarhaa ilmoitetaan esiintyvän savisuuden vuoksi roudan tuhoja, mutta sitä osaa ei käytetä kylvöihin.)

Maan humuspitoisuus on jonkin verran taimitarhain keskitasoa pienempi. pH on keskimääräinen tai sitä alempi. Kalkkipitoisuus on huomattavasti keskimääräistä pienempi, jopa alle puolet siitä, mutta karkeahkossa ja vähähumuksisessa maassa se on ollut riittävä.

Kokonaistypen pitoisuus on niukahkon humuspitoisuuden vuoksi melko pieni. Nitraattia on alle puolet keskimääräisestä, koska pintalannoitusta ei ole käytetty.

Sekä kali- että fosforipitoisuudet ovat huomattavasti keskimääräistä pienempiä, näytteessä 2 : 1 jopa pienimpiä koko näyteaineistossa.

Huomiota herättää taimien suuri keskikoko, vaikka monet viljavuustekijät ovat taimitarhain keskitason alapuolella. Taimien keskikokoa suurentavasti vaikuttavia tekijöitä ovat taimitarhan edullinen ilmastollinen sijainti, maan raekokoomus ja viljelytekniikka (mm. harvahko kylvö).

Näytteessä 2 : 1 taimien punertava väri oli merkinä todennäköisestä fosforin puutteesta. Kuusinäytteissä taimien koko on suoraan verrannollinen maan fosfori- ja kalipitoisuuteen. Kaikkien mäntynäytteiden maassa on ravinteita jäljellä saman verran, mutta koska kasvituotto on eri kohdissa ollut hyvin erilainen, ovat maan alkuperäiset ravinnevarat ilmeisesti olleet erilaiset.

Taimien juuristot ovat suhteellisen suuret ja painosuhte verso : juuristo alhainen. Myös mykoritsain runsaus on osoituksena juuriston voimakkaasta kehityksestä. Juuriston laajuus on merkinä siitä, että ravinteita ei ole ollut kovin runsaasti tarjolla.

Taimitarha 23.

Sekä männyn että kuusen taimet kuuluvat keskikooltaan suurimpiin koko näyteaineistossa.

Maa on melko savipitoista (hiesu + savi 20—30 %). Maan humuspitoisuus on jonkin verran keskimääräistä suurempi. pH ja samalla kalkkipitoisuus vaihtelee taimitarhain keskimäärän molemmiin puolin.

Typpipitoisuus on — humuspitoisuuden mukaisesti — jonkin verran keskimääräistä suurempi. Nitraattia on keskimääräistä vähemmän, vaikka pintalannoitusta on annettu, mutta voimakkaasti kasvavat taimet ovat nähtävästi käyttäneet sen, mikä ei ole huuhtoutunut pois.

Sekä kali- että fosforipitoisuudet ovat lähes keskimääräisiä, kuitenkin jonkin verran sitä suurempia.

Taimien hyvä kasvu johtunee, paitsi ilmastollisesti edullisesta sijainnista ja taimitarhan voimaperäisestä hoidosta, maan melko hyvästä ravinteisuudesta sekä tehokkaasta pintalannoituksesta (pintalannoitus on annettu useana pienenä eränä). Mikäli maa on liian savipitoinen, on sen nähtävästi korvannut suurempi humuspitoisuus, sillä maa on kuohkeata ja roudan tuhoja ei valiteta. Keskinkertaisten ja hyvien näytteiden pääasiallinen ero johtunee taimiston erilaisesta tiheydestä. Huonoista näytteistä 1 : 1 on taimitarhan laidasta, missä taimien kasvuun on vaikuttanut 6 m:n päässä olleiden isojen koivujen juuristokilpailu, ja näytekohta 2 : 1 on huomattavasti toisia savipitoisempi ja erittäin runsaskalkkinen.

Juuristot ovat tosin hyvin kehittyneet, mutta suppeahkot, minkä vuoksi painosuhte verso : juuristo on korkea (vrt. tässä suhteessa taimitarhoja 22 ja 23).

Taimitarha 24.

Männyn taimet ovat lyhyehköjä, mutta keskimääräistä painavampia. Kuusen taimien koko vastaa jokseenkin näyteaineiston keskimäärää.

Maa on hienojakoista (hiesu + savi 25—27 %), päälajitteena on hietä, ja karkeampia lajitteita (hiekkaa ja soraa) on vähemmän kuin missään muussa näyte-tarhassa.

Humuspitoisuus on keskimääräistä pienempi. Myös kokonaistyyppiä on keskimääräistä vähemmän, mutta pieneen humuspitoisuuteen verrattuna runsaanlaisesti ja suhde C : N on alhainen.

pH on useimmissa näytteissä vähän keskimääräistä alempi, kuten kalkkipitoisuuskin.

Sekä kalia että fosforia on mäntynäytteiden maassa huomattavasti enemmän kuin kuusinäytteiden, mikä osittain selittänee sen eron, mikä on taimien koossa näyteaineiston keskikokoihin verrattuna. Männyn maanäytteissä on kalia keskimääräistä enemmän ja fosforia jokseenkin keskimääräisesti, kun taas kuusen maanäytteissä on kalia keskimääräisesti ja fosforia vain puolet keskimääräisestä.

Negatiivisina tekijöinä maassa esiintyvät savisuus ja pieni humuspitoisuus sekä kuusen kohdalla pieni fosforipitoisuus. Kasvua parantavasti lienee vaikuttanut melko tehokas pintalannoitus (jonka vaikutusta ei maa-analyysi osoita).

Männyn kohdalla taimien laatu paranee maan humuspitoisuuden lisääntyessä.

Taimien juuristot ovat melko pienet, mikä johtuu sateisesta kesästä, huonosti vettä läpäisevästä maasta ja tehokkaasta pintalannoituksesta.

Roudan tuhoja esiintyy, mikä johtuu savipitoisuudesta ja humuksen niukkuudesta.

Yleistarkastelu

Maan ominaisuudet ja taimien koko

Kuten edellä on mainittu, poikkeavat eri näytetarhat sekä maalajinsa että maan muiden ominaisuuksien puolesta suuresti toisistaan. Samoin eri taimitarhoista ja samankin taimitarhan eri kohdista otettujen taimien keskikoko vaihtelee paljon.

Tarkasteltaessa taimien kehitystä eri maalajeilla voidaan panna merkille, että sekä pieniä että suuria taimia on kasvanut kaikenlaisilla maalajeilla. Niinpä hiekkamaata, jossa hienoimpia lajitteita on vähän, moititaan yleisesti liiasta kuivuudesta tai laihuudesta, ja pieni vedenpidätyskyky sekä ravinteiden niukkuus onkin nähtävästi ollut minimitekijänä muutamissa taimitarhoissa (6 ja 19), mutta myös muutamat parhaimpiin kuuluvat taiminäytteet olivat kasvaneet melko karkeassa maassa (esim. taimitarhassa 15). Samaten hienojakoisella maalla, jonka haitat tosin ovat pääasiassa viljelysteknillistä laatua, olivat taimet muutamissa tapauksissa sangen pieniä (3 ja 21), mutta myös joissakin sangen savipitoisissa näytekohdissa taimet olivat suurikokoisia (esim. 16, 23 ja 24).

Kaikista tutkituista maan ominaisuuksista humuspitoisuuden vaikutus taimien menestymiseen on ilmeisin. Kuusen taimille kohtuullinen humuspitoisuus näyttää olevan tärkeämpi kuin männylle. Humuksen vaikutus kuusen taimien kasvuun näkyy luonnollisesti parhaiten niissä taimitarhoissa ja näytekohdissa, missä humuspitoisuus on pieni (vrt. humuspitoisuuksia ja taimien keskikokoa esim. taimitarhoissa 4, 6, 9, 18 ja 21), mutta myös joissakin taimitarhoissa, joissa maa sisältää runsaasti humusta, taimien koko suurenee humuspitoisuuden lisääntyessä (esim. 16).

Riittävän humuspitoisuuden edullinen vaikutus on tuntuvin taimitarhoissa, joissa maassa on hiesua ja savea vähän (<10 %) tai hyvin runsaasti (>20 %). Sen sijaan maissa, joissa hiesua ja savea on kohtalaisesti (noin 15 %) ovat taimet — varsinkin männyt — saattaneet menestyä sangen hyvin niukasta humuspitoisuudesta huolimatta (esim. 14 ja 22).

Orgaaninen aines vaikuttaa monin tavoin maan ominaisuuksiin, ja ilmeisesti kivennäismaan laadusta riippuu, mihin humuksen ominaisuuksiin sen edullinen vaikutus kulloinkin lähinnä perustuu. Karkeassa ja niukasti mineraalikalloideja sisältävässä maassa, esim. hiekkassa, humus lisää maan vedenpidätyskykyä samoin kuin emästenvaihtokykyä, vähentäen siten kuivumisvaaraa ja ravinteiden huuhtoutumista. Hienojakoisessa maassa taas orgaaninen aines lisää maan mururakennetta ja edistää siten sekä ilmanvaihtoa että veden liikkumista maassa. Riittävä humuspitoisuus eli multavuus on tärkeä erityisesti pienissä taimitarhoissa, joissa ei ole keinokastelua. Tällöin maalla tulee olla hyvä vedenpidätyskyky, mutta koska suuri hiesu- ja savipitoisuus on monin tavoin haitaksi, tulee vedenpidätyskyvyn perustua etupäässä maan orgaaniseen ainekseen. — Suuri humuspitoisuus vähentää savisissa maissa myös selvästi routimisvahinkoja.

Myös orgaanisen aineksen laatu on otettava huomioon pyrittäessä parantamaan taimitarhamaata humuksen lisäyksellä. Hiekkamaassa, missä humuksen tehtävä on ennen kaikkea lisätä veden ja ravinteiden pidättymistä, on parasta hienojakoinen, kolloidinen humus. Savimaassa taas on pyrkimyksenä lisätä maan kuohkeutta ja voidaan käyttää karkeata, säi-

keistä humusta, esim. heikosti lahonnuttu saraturvetta, kun taas kolloidinen humus voi jopa vähentää huokostilavuutta ja aiheuttaa savikolloidien kanssa maan kovettumista (vrt. Wilde & Hull 1937).

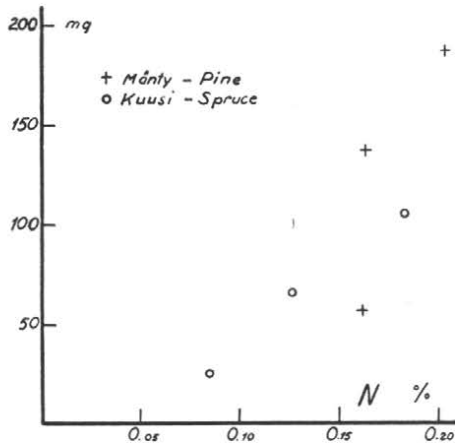
Paitsi maan fysikaalisia ominaisuuksia muuttamalla, maan orgaaninen aines vaikuttaa taimien kasvuun sisältämillään ravinteilla. Metsämaassa humus muodostaa miltei ainoan typenlähteen, ja typen puute lieneekin suurin vaikeus hyvin vähähumuksisia maita metsitettäessä (Wilde & Patzer 1940 b). Taimitarhoja tosin lannoitetaan yleensä myös mineraalityypellä, mutta käytetyt nitraatti- ja ammoniummäärät ovat kuitenkin melko vähäisiä maan orgaanisiin typpivaroihin verrattuna. Lisäksi maahan lisätty mineraalityypikin muuttuu suureksi osaksi orgaaniseen muotoon mikrobien vaikutuksesta ja estyy siten huuhtoutumasta maasta. Kuten edellä on todettu, kiinteä riippuvuus vallitsee maassa typen ja orgaanisen hiilen määrien välillä. Humuksen typpipitoisuudella on sangen huomattava vaikutus taimien kasvuun. Jos maassa suhde C:N on keskimääräistä selvästi korkeampi, ovat taimet jääneet pienehköiksi, vaikka muita ravinteita olisi runsaastikin (taimitarhat 6 ja 17, kuva 3), kun taas niukastikin humusta ja typpeä sisältävässä maassa taimet ovat kasvaneet hyvin, jos tämä suhde poikkeaa keskimääräisestä päinvastaiseen suuntaan (mänty taimitarhassa 14). Lisättäessä maahan orgaanista ainetta tulee pitää silmällä, että se sisältää riittävästi typpeä, tai muussa tapauksessa on orgaanisen aineen ohella maahan lisättävä mineraalityppeä. Wilden ja Hullin (1937) mukaan tulisi taimitarhassa käytettävän turpeen sisältää vähintään 1 %, mutta mieluummin yli 2 % typpeä.

Paitsi typpeä, maan orgaaninen aines sisältää muitakin ravinteita, kuten kalia ja fosforia, joiden tarve kuitenkin taimitarhoissa tyydytetään pääasiassa väkilannoitteilla. Ko. ravinteiden määrä näyttää kuitenkin, ainakin muutamissa taimitarhoissa, olevan jokseenkin suoraan verrannollinen maan humuspitoisuuteen. Tämä johtuu sekä orgaanisen aineen mukana tulleista ravinteista että humuksen ravinteita pidättävistä ominaisuuksista.

Maan orgaanisen aineksen edullisen vaikutuksen syytä tutkittaessa voidaan vielä panna merkille, että havupuiden taimien ensimmäinen kasvualusta metsässä on kangashumuskerros, ja mitä enemmän siis taimitarhan maa sisältää humusta, sitä enemmän se muistuttaa taimien luonnollista kasvuympäristöä. Runsaan humuspitoisuuden on todettu myös vähentävän sienitautien vaaraa (Wilde & Hull 1937, Mikola 1952).

Maan happamuuden vaikutus taimien kasvuun on vähäinen. Happamuusvaihtelu on tosin suurimmassa osassa taimitarhoja sangen pieni (pH 5.5—6.2), mutta joukossa on kumpaankin suuntaan melkoisia poikkeuksiakin (koko vaihteluväli pH 4.6—7.2). Ainoassakaan tapauksessa ei voida huomata liian happamuuden haitallista vaikutusta. Päinvastoin ovat suurimmat kuusen taimet — tosin ehkä sattumalta — taimitarhassa, jossa

pH on kaikkein alhaisin (taimitarha 15). Sen sijaan lähes neutraali reaktio (pH yli 6.5) voi jo olla haitallinen. Niinpä taimitarhassa 10, missä pH on yli 7.0, taimet ovat jääneet yllättävän pieniksi, huomioon ottaen suuren humuspitoisuuden ja runsaan ravinteisuuden.



Kuva 11. Maan typpipitoisuuden ja verson painon suhde taimitarhassa 9.

Fig. 11. Relation of soil nitrogen and shoot weight in nursery no. 9.

nemättä maa-analyyseissä. Suoranaista typen puutetta, joka ilmenee taimien kellertävänä värinä, on todettu vain parissa tapauksessa (näytteet 2 : 1 taimitarhoissa 9 ja 21). Typpikysymys on taimitarhoissa sikäli yksinkertainen, että typen puute on taimien värin perusteella helppo todeta ja pintalannoituksella myös helppo korjata. Taimien herkkä reagointi typpi-pintalannoitukseen on yleisesti tunnettu ilmiö, jota taimitarhain hoidossa paljon käytetään hyväksi. Suurimmat taimet olivat yleensä taimitarhoissa, joissa oli käytetty voimakasta pintalannoitusta (esim. 12, 14, 15, 16, 20, 23 ja 24), joskin oli joitakin poikkeuksiakin (esim. 22).

Mitä tulee tärkeimpiin kivinäisravinteisiin, kaliin ja fosforiin taimitarhoissa, niin selviä puutosoireita tavattiin vain yhdessä tapauksessa, nim. taimitarhan 22 näytteessä 2 : 1, jossa taimien punertava väri osoitti fosforin puutetta.

Ruotsissa esiintyy taimitarhoissa kuusella melko tavallisena »keltäkärkitaudin» (gulspetssjuka) nimellä käyvä tauti, jonka on todettu johtuvan kalin puutteesta (B j ö r k m a n 1953, T a m m 1953). Tauti ilmenee herkemmin runsaasti kalkkia sisältävässä ja neutraalia lähentelevässä kuin happamassa maassa, koska suuri kalkkipitoisuus vaikeuttaa taimien kalin

Kuten edellä on mainittu, maan ravinteisuuden vaikutuksesta taimien kokoon on vaikea tehdä päätelmiä tämän tutkimuksen aineiston perusteella, koska analyysien osoittamat ravinnemäärät eivät ilmaise taimien käytettävissä kaikkiaan olleita ravinteita. Maan typpipitoisuuden ja taimien koon välillä on melko selvä yhteys olemassa, mutta toisaalta typen määrä on suoranaisesti riippuvainen humuspitoisuudesta, jonka vaikutus taimiin perustuu useampiin humuksen ominaisuuksiin, ja toisaalta taas väkilannoitteiden mineraalityppi helposti huuhtoutuu maasta, joten sitä on saattanut eri taimien käytettävissä olla hyvinkin erilaisia määriä tämän seikan ilme-

saantia. Björkmanin (1953) mukaan tautia on esiintynyt kuusen taimissa, jos kalia on maassa vähemmän kuin 3 mg/100 g, ja mänty pystyy tyydyttämään kalin tarpeensa vielä niukemmista varoista kuin kuusi. Tämän tutkimuksen maanäytteissä oli pienin kalipitoisuus 3.2 mg/100 g ja keskimääräinen 14.0 mg/100 g, joten selvä kalin puuttuminen lienee Suomen taimitarhoissa harvinaista. Mitään johdonmukaista eroa ei ole myöskään taimitarhojen hyvien, keskinkertaisten ja huonojen näytekohtien kalipitoisuuksien välillä.

Fosforin kohdalla ei myöskään ole johdonmukaista eroa hyvien, keskinkertaisten ja huonojen näytekohtien maiden välillä. Kuitenkin fosforin niukkuus on todennäköinen niissä näytekohdissa, missä sitä on vähiten (alle 2 mg/100 g). Fosforin vaikutuksen arviointia vaikeuttaa erityisesti se, että havupuut pystyvät ottamaan maasta sellaisessakin muodossa olevaa fosforia, jota viljelyskasvit eivät pysty käyttämään hyväkseen ja jota käytetyt analyysimenetelmät eivät ehkä ilmaise. Niinpä Vlamis, Biswell ja Schultz (1957) ovat osoittaneet, että tietyssä maassa saattaa fosforin lisäyksellä olla viljelyskasveille hyvin edullinen vaikutus, mutta männyn taimille ei mitään vaikutusta.

Natronia, kalkkia ja magnesiaa on riittävästi kaikissa tutkituissa taimitarhoissa eikä pitoisuuden vaihteluilla ole ollut merkitystä taimien kokoon, lukuunottamatta muutamia edellä mainittuja tapauksia, joissa runsaasta kalkin määrästä johtuen pH on ollut havupuille haitallisen korkea.

Hivenravinteiden, joista on suoritettu vain Mn-, Cu- ja Zn-määrittämiä, puute ei ole todennäköinen tutkituissa taimitarhoissa. Sitä vastoin on mahdollista, että kasvinsuojeluaineiden käytön seurauksena maan kuparipitoisuus saattaa nousta vahingollisen suureksi. Tämän kysymyksen selvitys vaatii kuitenkin lisätutkimuksia.

Parissa tapauksessa (näyte 1 : 1 taimitarhoissa 18 ja 23) on taimien kehitys ilmeisesti kärsinyt lähellä näytekohtaa (5—6 metrin päässä) kasvaneiden suurehkojen koivujen taholta tulevasta juuristokilpailusta. Näissä tapauksissa ei maa-analyysissä näy mitään olennaisia eroja näytteistä 1 : 2 ja 1 : 3, mutta taimet ovat paljon pienempiä.

Edellä on myös mainittu epämääräisestä ilmiöstä, josta on käytetty nimitystä »maan väsyminen». Jos taimitarhassa on kasvatettu havupuun taimia useita vuosia yhtämittaisesti, on taimien menestyminen huonoa, mutta pelkästään maa-analyysien tulosten perusteella siihen on vaikea löytää täysin tyydyttävää selitystä (esim. taimitarhat 4 ja 17).

Juuriston kehitys

Taimien metsään istuttamista silmällä pitäen on tärkeätä, että haihduttava latvus ja vettä ja ravinteita ottava juuristo ovat oikeassa suhteessa

keskenään. Mikä on optimaalinen suhde, sen selvittäminen on mahdollista vain kokeellisin tutkimuksin. Toistaiseksi voitaneen olettaa, että taimitarhojen keskimäärää edustavissa taimissa tämä suhde ei ole ainakaan pahasti epänormaali, siis 2-vuotiailla männyillä esim. 4—7 ja kuusilla 2.5—4, kun taas on syytä varoa taimia, joissa tämä suhde poikkeaa paljon keskimääräisestä puoleen tai toiseen. Taimen kokoon verrattuna suuri juuristo on hankala taimia käsiteltäessä ja istutettaessa sekä vahingoittuu helposti. Jos juuristo taas on haihduttavaan latvukseen verrattuna kovin pieni, on taimen kuivumisen vaara metsään istutettuna ilmeinen.

Kuten taulukosta 7 näkyy, vaihtelee verson ja juuriston painosuhte eri taimitarhoissa ja eri näytteissä hyvin paljon (männyllä 3.2—9.5 ja kuusella 1.5—4.7). Yleisenä piirteenä voidaan panna merkille, että mitä suurempia taimet ovat, sitä korkeampi on verson ja juuriston välinen painosuhte. Samoin tämä suhde on männyllä keskimäärin $1\frac{1}{2}$ —2 kertaa korkeampi kuin kuusella.

Verson ja juuriston välinen painosuhte riippuu tunnetusti taimen veden ja ravinteiden saannista siten, että laihassa ja helposti vettä läpäisevässä maassa juuristo kehittyy laajaksi ja suhde muodostuu alhaiseksi, kun taas suhde on sitä korkeampi, mitä paremmin veden ja ravinteiden saanti on tyydytetty. Tämä näkyy jossakin määrin myös tämän tutkimuksen aineistossa, vaikka juuriston kehitys on riippuvainen sellaisistakin seikoista kuin keinokastelun ja pintalannoituksen käytöstä, joiden vaikutus ei ilmene maa-analyyseissä. Verson ja juuriston painosuhteeseen erilaisissa maissa vaikuttaa ilmeisesti myös ko. kasvukauden sateisuus, kuten edellä on huomautettu. Samoin maan lämpötila, joka riippuu sekä taimitarhan sijainnista että maan muista ominaisuuksista, vaikuttaa verson ja juuriston väliseen painosuhteeseen (A l t o n e n 1942).

Erityisen suppeaksi juuristo on (sateisena) tutkimuskesänä jäänyt taimitarhoissa, joissa maassa on runsaasti ravinteita ja orgaanista ainetta (11 ja 16). Samoin taimitarhoissa, joissa tiedetään käytetyn runsasta pintalannoitusta (esim. 14, 15, 23 ja 24), juuristot ovat maanpäällisiin osiin verrattuina pienet. Poikkeuksiakin kuitenkin tästä yleisestä suunnasta on, niinpä taimitarhassa 10, jossa humuspitoisuus on keskimääräistä suurempi ja ravinteisuus suurimpia koko aineistossa, verson ja juuriston painosuhte on silmiinpistävä alhainen.

Paremmiin kuin pelkkä latvuksen ja juuriston painosuhte juuriston fysiologista tilaa ja mahdollisuuksia selviytyä alkuaian vaikeuksista istutuksen jälkeen osoittaa mykoritsain lukumäärää (B j ö r k m a n 1956). Kuten mm. H a t c h i n (1937) ja B j ö r k m a n i n (1942) tutkimukset ovat osoittaneet, mykoritsain kehitys on heikko, jos taimelle on tarjolla hyvin runsaasti kaikkia ravinteita, ja sellaisella taimella on ilmeisesti melkoisia alkuvaikeuksia istutettuna metsämaahan, jossa normaalisti taimilla

on runsaasti mykoritsoja (Björkman 1944). Taulukosta 7 todetaan, että haaraisia mykoritsoja on useimmissa männyn taimissa kohtalaisesti, sekä tainta että juuriston painoyksikköä kohti laskettuna. Mistään näytteestä ne eivät kokonaan puutu eikä myöskään tavattu patologisuuteen viittaavaa mykoritsain runsautta tai epänormaaleja muotoja. Vain voimakkaan pintalannoituksen saaneissa taimitarhoissa 14, 15 ja 16 sekä joissakin yksittäisissä näytteissä muissakin taimitarhoissa mykoritsoja on taimien suureen kokoon verrattuna vähänlaisesti (alle 2 kpl/mg; kaikkien näytteiden keskimäärä on 3.5—4 kpl/mg, mutta muutamissa tapauksissa haaraisten mykoritsain kärkiä on jopa 10 kpl/mg).

Aineiston perusteella on vaikea päätellä, miten mykoritsain kehitys mahdollisesti on riippuvainen maan muista ominaisuuksista, kuten maalajista, humuspitoisuudesta ja happamuudesta.

Neulasanalyysit

Kemiallisia neulasanalyysejä tehtiin muutamista taiminäytteistä, jotka edustivat erilaisia taimitarhamaita. Analyysien tärkeimmät tulokset ovat taulukossa 9.

Neulasanalyysit tehtiin samoista taimista kuin mittauksetkin, taimet oli siis varastoitu jäädytettynä. Kun taimissa sateisen kesän vuoksi oli runsaasti maantakertumaa ja kun ne oli varastoitu juurineen, oli neulasiin tarttunut melko runsaasti maata, joka oli poistettava. Silti sisältynee neulasanalyysien tuhkaan vaihtelevia määriä hiesua ja savea, joten tuhkamääritykset ovat likimääräisiä. Maan poistaminen taimista oli mahdollista vain huuhtelemalla, ja samalla on neulasista liennut tiettyjä aineita. Kuten Tam m (1953 a) on osoittanut, sadevesi yksin liuottaa kuusen neulasista huomattavia ravinnemääriä, etenkin kalia. Toisessa yhteydessä Tam m (1953 b) huomauttaa nimenomaisesti, että otettaessa taimitarhasta neulasnäytteitä analyysejä varten maa on pyrittävä poistamaan neulasista huuhtelematta. Ravinteiden liukeneminen jäädytetyistä neulasista on todennäköisesti ollut paljon suurempi kuin tuoreista. Niinpä osoit-tautuikin, että analyyseissä neulasten kalipitoisuus vaihteli luonnottoman paljon ja oli joissakin tapauksissa hyvin pieni, joten kalin liukenemista on todennäköisesti suuressa määrässä tapahtunut ja kalin osalta ei siis saatu lainkaan käyttökelpoisia tuloksia. Typen, kalkin ja fosforin osalta liukene-minen on ollut vähäisempää, joten analyysitulosten perusteella, vaikka luvut eivät olekaan täsmällisiä, voidaan tehdä joitakin päätelmiä.

Neulasten typpipitoisuus kasvaa yleensä taimien koon lisääntyessä. Tämä näkyy selvästi esim. taimitarhassa 9, missä eri taiminäytteiden koon erot ovat suuret. Myös voidaan panna merkille, että taimitarhoissa, joissa on käytetty voimakasta typpipintalannoitusta (15 ja 16), neulasten

Taulukko 9. Neulasanalyysit.

Table 9. Needle analyses.

Taimitarha <i>Nursery</i>	Näyte <i>Sample</i>	Typpi <i>Nitrogen</i> %	Tuhka <i>Ash</i> %	CaO	MgO	P ₂ O ₅
				% kuiva-aineesta % of dry matter		
Mänty — <i>Pine</i>						
9	1:1	1.53	2.05	0.50	0.20	0.29
	1:2	1.60	1.81	0.40	0.23	0.31
	1:3	2.60	2.13	0.28	0.18	0.37
11	1:2	1.74	2.15	0.48	0.18	0.34
	1:3	2.10	2.92	0.62	0.21	0.38
15	1:3	2.41	3.66	0.46	0.20	0.44
16	1:1	2.74	2.68	0.64	0.18	0.31
	1:2	2.07	2.15	0.42	0.18	0.34
	1:3	2.74	4.63	0.63	0.24	0.40
17	1:1	1.64	4.30	0.66	0.21	0.38
	1:2	1.61	2.86	0.46	0.20	0.39
	1:3	1.68	2.08	0.45	0.15	0.33
21	1:1	1.70	1.89	0.42	0.14	0.32
	1:2	1.76	2.46	0.40	0.15	0.38
	1:3	1.97	2.54	0.40	0.15	0.35
22	1:1	2.46	1.86	0.45	0.14	0.38
	1:2	2.14	2.28	0.42	0.17	0.37
	1:3	2.19	1.86	0.48	0.18	0.32
23	1:2	1.88	2.88	0.43	0.19	0.37
Kuusi — <i>Spruce</i>						
9	2:1	1.38	3.90	1.60	0.42	0.42
	2:2	1.56	3.81	1.10	0.37	0.57
	2:3	2.38	3.92	0.90	0.31	0.56
10	2:1	1.49	3.52	1.14	0.27	0.35
	2:2	1.29	3.53	1.26	0.27	0.33
	2:3	2.36	5.79	1.41	0.26	0.36
11	2:2	2.11	4.07	0.99	0.26	0.38
	2:3	2.44	4.62	0.86	0.27	0.45
15	2:3	2.72	5.59	1.27	0.24	0.45
16	2:1	1.79	5.65	0.98	0.35	0.45
	2:2	2.36	4.21	1.06	0.29	0.52
	2:3	2.89	5.47	1.45	0.26	0.45
17	2:1	2.32	6.28	1.00	0.28	0.59
	2:2	2.35	5.58	1.17	0.22	0.45
	2:3	2.17	3.98	0.97	0.25	0.45
21	2:1	1.37	4.29	1.24	0.24	0.43
	2:2	1.28	4.03	0.96	0.29	0.46
	2:3	1.83	4.67	0.93	0.30	0.48
22	2:1	1.89	3.79	0.95	0.29	0.41
	2:2	1.29	2.79	0.93	0.25	0.30
	2:3	2.30	3.85	0.79	0.26	0.46

typpipitoisuus on suuri, kun taas typpipitoisuus on pieni taimitarhoissa, joissa maassa on niukalti typpeä (21) ja pintalannoitusta ei ole käytetty (22). Kuusella tällainen riippuvuus on selvempää kuin männyllä (kuva 12).

Kivennäisaineiden kohdalla ei ole havaittavissa yhtä selvää suhdetta neulasten kokoomuksen ja taimien koon tai maan ravinteisuuden välillä. Kokonaistuhkamäärä vaihtelee eri näytteissä melkoisesti, mutta ei johdon-

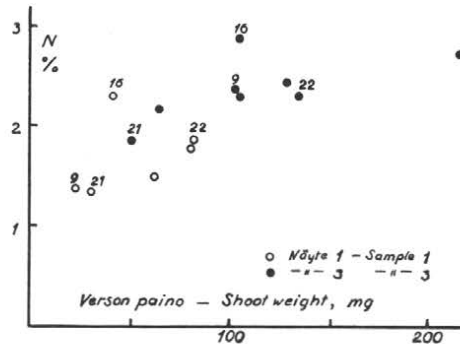
mukaisesti. Tosin ehkä ainakin kuusen neulasten tuhkapitoisuus on runsaasti lannoitettujen taimitarhojen (esim. 15 ja 16) suurissa taimissa keskimäärin suurempi kuin niukkaravinteisessa maassa kasvaneissa (esim. 9, 21 ja 22), mutta poikkeuksiakin tästä on. Neulasten fosforipitoisuuden vaihtelu on melko vähäistä, eikä maan fosforipitoisuudella tai taimien koolla näytä olevan siihen selvää vaikutusta, paitsi taimitarhassa 9, jossa neulasten fosforipitoisuus lisääntyy taimien suuressa. Neulasten kalkkipitoisuus sen sijaan pienenee taimitarhassa 9 sekä kuusella että männällä taimien koon lisääntyessä, mutta eräissä toisissa taimitarhoissa suuntaus on päinvastainen (kuusi taimitarhoissa 10 ja 16). Sama koskee magnesiumia.

Wilde, Nalbandov ja Yu (1948) totesivat tutkimuksessaan, että hyvin voimakkaasti lannoitetuissa *Pinus banksianan* taimissa sekä typpi- että tuhkapitoisuudet olivat huomattavasti korkeammat kuin kohtalaisesti lannoitetuissa tai luonnon taimissa. Samoin Heikinheimon (1940) mukaan pintalannoitusta saaneiden taimien tuhkapitoisuus oli suurempi kuin lannoittamattomien. Toisaalta lannoitus vaikuttaa taimien anatomiseen rakenteeseen siten, että voimakkaasti lannoitetuissa taimissa on suuremmat solut, ohuimmat soluseinät ja pienempi ominaispaino kuin heikommin lannoitetuissa (Wilde & Voigt 1948). Sen seikan selvittäminen, miten taimien anatominen rakenne ja kemiallinen kokoomus vaikuttaa mm. niiden kestävyyyteen erilaisia tuhoja vastaan, vaatisi laajoja kokeellisia tutkimuksia erilaisissa olosuhteissa.

Maan muut vaikutukset

Paitsi taimien kokoon sekä niiden anatomiseen rakenteeseen ja fysiologiseen kuntoon maan ominaisuudet vaikuttavat erilaisten tuhojen esiintymiseen sekä viljelyteknillisiin toimenpiteisiin. Erityisesti on syytä tarkastella roudan tuhojen ja rikkaruohottumisen suhdetta maahan. Tämä tarkastelu perustuu näytetaimitarhoissa tehtyihin silmämääräisiin arviointeihin ja muistiinpanoihin sekä taimitarhain hoitajien antamiin tietoihin.

Kuten taimitarhoissa suoritettu tiedustelu osoitti, roudan tuhot ovat yleisimmät ja suurimmat kaikista taimitarhatuhoista (Mikola 1957,



Kuva 12. Kuusen taimen painon ja neulasten typpipitoisuuden välinen riippuvuus.

Fig. 12. Relation of shoot weight and nitrogen content of spruce seedlings.

ss. 14—15). Roudan tuhot ovat myös selvästi riippuvaisia maan laadusta; mitä enemmän maa sisältää hiesua ja savea, sitä suurempia tuhoja routa aiheuttaa. Suurimmat roudan tuhot tavattiin savipitoisimmissa taimitarhoissa (16 ja 3), joissa maan hiesu- ja savipitoisuus ylitti 30 %. Tuhot olivat sangen yleisiä, joskus suuriakin, taimitarhoissa, joissa hiesua ja savea oli 15—30 %, mutta karkeammilla mailla tavattiin roudan tuhoja melko vähän.

Selvästi voitiin myös panna merkille, että humuspitoisuuden lisääntyessä roudan tuhot yleensä pienenevät. Mikäli taimitarha siis on tullut perustetuksi liian savipitoiselle maalle, voidaan roudan tuhoja torjua maan humuspitoisuutta lisäämällä. Muutamat taimitarhain hoitajat ilmoittivat nimenomaisesti, että roudan tuhoja sattui ennen viimeistä mutausta, mutta ei sen jälkeen.

Roudan tuhot ovat luonnollisesti eri vuosina hyvin erilaisia, sääsuhteista riippuen. Niinpä saattavat taimet jonakin vuonna selviytyä savimaassakin jokseenkin ilman vaurioita ja toisena vuonna sattuu roudan tuhoja jopa hiekkamaallakin. Samoin lienee paikallisilmastolla oma vaikutuksensa. Kuitenkin voitaneen, mitä maan laatuun tulee, tämänkin tutkimuksen perusteella yhtyä taimitarhaoppaissa esitettyihin ohjeisiin, että taimitarhan maan tulisi sisältää hiesua ja savea alle 20 %, mutta mieluummin alle 15 %.

Rikkaruohottuminen oli vähäisintä uudessa metsämaalle perustetussa taimitarhassa (9). Pahimmin rikkaruohosta kärsivät melko savisen ja runsasravinteisen maan taimitarhat, varsinkin jos maata ei ollut hiljakkoin kesannoitu. Mitä hienojakoisempaa maa on, sitä työläämpää on myös rikkaruohojen torjunta. Melko vähäistä oli rikkaruohoisuus suhteellisen niukkaravinteisissa ja karkeahkoissa maissa (esim. 2 ja 6), missä myös kitkentä on helpointa. Maan happamuus myös vähentää jonkin verran rikkaruohoisuutta.

Taimitarhamaan valinta ja hoito

Maan laatu

Taimitarhaa perustettaessa tulee — monien mitä erilaisimpien kysymysten ohella — vastaan kaksi maata koskevaa kysymystä, nim. millainen maan tulisi laadultaan olla sekä onko taimitarha parempi perustaa valmiille pellolle vai raivata metsästä. Seuraavassa tarkastellaan näitä kysymyksiä edellä esitettyjen tulosten valossa.

Maan raekokoomukseen nähden saadut tulokset vahvistavat taimitarhaoppaiden ohjeen, että hiesu- ja savipitoinen maa ei sovi taimitarhaksi. Pääasiallinen syy hiesu- ja savipitoisen maan sopimattomuuteen on roudan tuhojen runsaus, mutta myös viljelytekniikan ja rikkaruohottumisen kannalta kevyet maat ovat edullisempia. Hiesu- ja savipitoisen maan haitat ovat sitä suuremmat, mitä vähemmän maassa on orgaanista ainetta.

Koska maan raekokoomusta on vaikeata muuttaa ja koska siis epäedullisesta raekokoomuksesta johtuvat haitat ovat jatkuvia, on maan laatuun syytä kiinnittää erityistä huomiota taimitarhan paikkaa valittaessa. Tämäkin tutkimus vahvistaa suurin piirtein taimitarhaoppaiden ohjeen, että hiesu- ja savilajitetta tulisi olla vähämultaisissa ja multavissa maissa enintään 15 % ja runsasmultaisissa maissa enintään 20 %.

Runsas humuspitoisuus on todettu taimitarhamaassa edulliseksi. Humuksen määrään ei kuitenkaan tarvitse kiinnittää yhtä suurta huomiota kuin maalajiin taimitarhamaata valittaessa, koska humuksen puute on helpommin korjattavissa. Tärkeämpi seikka on, että suomudan jatkuva saanti on turvattu.

Sopivimpana taimitarhamaaksi voitaneen pitää hiekkamaata, jossa hiesua ja savea on 5—10 %. Viljelyteknilisesti ja rikkaruohojen torjunnan kannalta maa on sitä edullisempi, mitä kevyempää se on. Moreenimaassa on hiesu- ja savipitoisuus helposti liian suuri ja lisäksi kivisyydestä on haittaa, mitä ei esiinny hiekkamaalla. Tosin hiekkamaata on monissa tapauksissa pidetty sopimattomana ravinteiden niukkuuden ja kuivuuden vuoksi. Nämä molemmat haitat ovat kuitenkin maanparannuksella (humuksen lisäyksellä) ja lannoituksella sekä keinokastelulla helposti korjattavissa ja säännösteltävissä.

Maan happamuuteen ei Suomessa ole tarpeen kiinnittää erityisen suurta huomiota. Maan happamuuden haitallisuutta taimitarhoissa lienee yleensä liioiteltu. Sopivin pH-aste lienee 5.0—5.5 — jota myös W a k e l e y (1954) ja W i l d e (1946) suosittelevat havupuita kasvatettaessa — mutta taimet kasvavat sängen hyvin koko vaihteluvälillä pH 4.5—6.0. Mikäli maa on voimakkaasti hapanta, kuten Suomen metsämaat usein ovat, voidaan happamuutta helposti vähentää lievällä kalkituksella. Runsaasti kalkituita peltomaita, joiden pH on yli 6.0, on sen sijaan syytä välttää.

Taimitarhamaalle asetettavat vaatimukset riippuvat jossakin määrin siitä, minkä kokoinen taimitarha on kysymyksessä. Suuressa taimitarhassa, jossa on keinokastelulaitteet ja taimien veden saanti siis voidaan kaikissa oloissa turvata, ei maan vedenpidätyskyky merkitse niin paljoa, kun sen sijaan maan viljelysteknilliset ominaisuudet erityisesti koneiden käyttöä silmällä pitäen ovat tärkeitä. Näin ollen kivetön hiekkamaa tai karkea hietamaa soveltuu suuren taimitarhan paikaksi. Koska peltomaat useimmiten sisältävät melko runsaasti hiesu- ja savilajitetta, lienee metsämaa jo maalajinkin kannalta asetettava peltomaan edelle. Metsämaan etuina ovat lisäksi pienempi rikkaruohovaara, havupuiden kannalta sopiva luonnollinen maamikrobisto ja ravinteiden keskinäiset paljousuhteet, jotka peltomaassa ovat saattaneet muuttua puiden kannalta hyvinkin epänormaaleiksi. Näillä samoilla perusteilla asettaa myös B j ö r k m a n (1954, 1956) metsämaan ehdottomasti peltomaan edelle taimitarhamaan valinnassa. Jos taimitarhaksi valitaan kivetön hiekka- tai hietamaa, eivät raivauskustannuksetkaan muodostu kovin suuriksi.

Pienessä taimitarhassa, jossa ei ole keinokastelua, on tärkeätä, että maa pidättää hyvin vettä (Vk vähintään 15 %), jotta taimet eivät pouta-kausina joudu kärsimään kuivuudesta. Siksi tulee pienen taimitarhan maassa olla kohtalaisesti myös hienompia lajitteita (hiesua ja savea ehkä noin 10—20 %) sekä suurehko humuspitoisuus (orgaanista hiiltä noin 3 %, jos hiesua ja savea on 10—15 %, mutta enemmän, jos hiesun ja saven osuus on alle 10 % tai yli 15 %). Sopivinta pienen taimitarhan paikaksi lienee näin ollen mahdollisimman kivetön hietainen moreenimaa.

Taimitarhamaan valintaan vaikuttaa myös se seikka, millä puulajeilla taimitarhassa tulee olemaan pääpaino. Männylle sopii paremmin lajittunut kevyt maa, kun taas kuuselle on eduksi kohtuullinen hiesu- ja savipitoisuus (10—20 %) sekä runsaampi multavuus.

Tässä yhteydessä on syytä myös korostaa maan tutkimuksen merkitystä taimitarhaa perustettaessa. Kunnollinen maan tutkimus on tietenkin sitä tärkeämpää, mitä suuremman taimitarhan perustamisesta on kysymys. Maan mekaaninen kokoomus osoittaa maan sopivuuden tai sopimattomuuden taimitarhaksi, kun taas happamuus-, multavuus- ja ravinteisuustutkimuksella selvitetään tiettyjen perusparannusten tarpeellisuus.

Maanparannus ja lannoitus

Taimien ravinnetarpeen tyydyttämiseksi on olemassa kaksi erilaista menetelmää:

1. Maassa on ravinteita sangen niukasti ja siihen lisätään lyhyin väliajoin — vuosittain tai mahdollisesti vielä useammin — ravinteita helppoliukoisessa muodossa sen mukaan kuin taimet niitä tarvitsevat.

2. Maassa on melko runsaat ravinnevarat — osaksi vaikealiukoisessa muodossa, jolloin huuhtoutumisvaara on pienempi — ja niiden täydentämisestä huolehditaan ajoittain tapahtuvalla perusteellisella maanparannuksella ja lannoituksella.

Ensiksi mainittua menetelmää suosittelee Björkman (1954, 1956), ja se on laajassa käytössä esim. Amerikassa taimitarhoissa, joissa maa on helposti vettä läpäisevää sekä orgaanista ainetta on maassa vähän ja sen lisääminen vaikeata. Tällaisessa maassa tapahtuu helposti ravinteiden huuhtoutumista, joten niitä on syytä antaa usein ja pienissä erissä sekä sellaiseen aikaan, jolloin taimien elintoiminta on vilkasta. Taimitarhassa tulee ehdottomasti olla myös keinokastelu. Tällöin voidaan taimien sekä veden että ravinteiden saantia halutulla tavalla säännöstellä; lannoitusta voidaan lisätä, jos taimissa ilmenee puutosoireita, tai vähentää, milloin oireet viittaavat ravinteiden liikaan runsauteen. Taimien kasvattaminen tapahtuu siis ikäänkuin hiekka- ja vesiviljelmässä, missä taimista on parhaat mahdollisuudet kasvattaa sellaisia kuin halutaan, mutta missä olosuhteet kieltämättä ovat melko kaukana metsäpuiden luonnollisesta kasvuympäristöstä.

Tällaista taimien kasvatusmenetelmää voidaan ajatella käytettäväksi etupäässä suurissa taimitarhoissa, missä on kiinteät kastelulaitteet ja vakituinen henkilökunta huolehtimassa, että taimet saavat, mitä ne kulloinkin tarvitsevat. Björkmanin (1956) mukaan menetelmää on Ruotsissa kokeiltu 10 vuotta ja pelkästään myönteisten kokemusten nojalla perustetaan parhaillaan lisää tällä tavalla toimivia taimitarhoja. Vaikka useimmissa aikaisemmissa tutkimuksissa ja taimitarhaohjeissa korostetaan humuksen ja kompostin merkitystä taimitarhamaassa, ei Björkmanin mukaan vielä 10 vuodessa ole ilmennyt mitään humuksen puutteesta johtuvaa haittaa hiekkamaan taimitarhoissa, joita on lannoitettu ainoastaan helppoliukoisilla kivennäislannoitteilla. Suomessa ei tällaista taimitarhan hoitoa ole ainakaan tietoisesti kokeiltu. Mikäli hyviä taimia voidaan kasvattaa kivennäismaassa ilman orgaanisia lannoitteita tai maanparannusaineita, merkitsee se mm. huomattavaa kustannusten alenemista, mutta kokemukset ovat vielä Ruotsissakin siksi lyhytaikaisia, että tuskin on toistaiseksi syytä ainakaan laajassa mitassa siirtyä kuvatuunlaiseen taimitarhamenetelmään.

Useimmissa taimitarhaoppaissa ja -tutkimuksissa korostetaan kuitenkin orgaanisen aineen merkitystä taimitarhamaassa, ja sen täydentäminen kuuluu olennaisena osana taimitarhan maan hoitoon (vrt. esim. *Arnborg & Stefansson* 1951, *Rupf* 1952, *Wakeley* 1954, *Wilde & Hull* 1937, *Rayner* 1948). Edellä on myös todettu, että humuspitoisuus on se maan ominaisuus, joka selvimminkin näyttää vaikuttavan taimien kehitykseen, ja on tarkasteltu niitä syitä, joihin orgaanisen aineksen edullinen vaikutus perustuu. »Epäorgaaninen» taimitarhan hoito tulee kysymykseen nähtävästi vain hiekkamaan taimitarhassa, jossa on täydellinen keinokasteluverkosto ja siis maan vedenpidätyskyvyn merkitys vähäinen, kun taas muunlaisissa taimitarhoissa tietty multavuus on miltei välttämätön. Monissa taimitarhoissa voitaisiin tuotosta parantaa maan multavuutta lisäämällä, ja multavuuden säilyttäminen on kysymys, joka taimitarhoissa on jatkuvasti ajankohtainen.

Maan orgaaninen aines vähenee jatkuvasti mikrobien hajoitustoiminnan seurauksena ja myös sitä kulkeutuu taimitarhasta pois taimien mukana. Kuinka suuri tämä vähennys vuotta kohti keskimäärin on ja millaisia määriä mutaa tai kompostia olisi siis sen korvaamiseksi käytettävä, ei liene Suomessa tutkittu. Ohjekirjoissa suositellaan kompostia lisättäväksi maahan joka toinen vuosi 0.5—3 m³ aaria kohti multavuuden säilyttämiseksi. Mikäli multavuuden lisääminen on kysymyksessä, on luonnollisesti käytettävä paljon suurempia määriä. Humuksen vähenemisnopeus ja täydennystarve riippuu tietenkin hyvin paljon siitä, missä muodossa orgaanista ainetta maahan lisätään. Suomessa yleisimmin käytetty suoturpe hajaantuu maassa paljon hitaammin kuin esim. karjanlanta tai olkikomposti, puhumattakaan vihantalannoituksen mukana maahan tulevasta orgaanisesta aineksestä.

Metsäpuiden taimien kasvatuksessa käytettävän lannoituksen voimakkuudesta on esitetty sängen erilaisia käsityksiä ja annettu myös erilaisia ohjeita. Niinpä *Heikinheimon* (1940) mukaan taimet ottavat maasta ravinteita vähemmän kuin viljakasvit, joten lannoitustarve olisi myös sen mukainen. Ulkomailla sen sijaan suositellaan huomattavasti voimakkaampaa lannoitusta. *Rupf* (1952) käyttää lannoitustarpeen arvioimiseen sokerijuurikkaalle laskettuja normeja ja samoin Amerikassa suositellaan sekä eteläisille (*Wakeley* 1954) että pohjoisille (*Wilde* 1946) havupuille huomattavasti suurempia lannoitemääriä kuin viljakasveille. Tosin näitä suosituksia ei voida ilman muuta omaksua Suomessa; ovathan esim. Amerikan eteläiset männyt taimina monin verroin nopeakasvuisempia kuin Suomen havupuut ja niiden ravinteiden tarve sen mukainen, ja sokerijuurikkaan voimakkaalla lannoituksella pyritään Suomessa korvaamaan kasvukauden lyhyys, mitä tarvetta puun taimia kasvatettaessa ei ole. Millainen lannoitus on taimien istutuskelpoisuutta silmällä pitäen paras,

se voidaan selvittää vain kokeellisin tutkimuksin, ja olisikin tarpeen ainakin kaikissa suurehkoissa taimitarhoissa suorittaa jatkuvaa kokeilua ko. oloihin sopivien lannoitteiden ja väkevyyksien löytämiseksi.

Ulkomailla suoritettut kokeet ovat osoittaneet, että suurikokoiset ja voimakkaat taimet ovat metsään istutettuina säilyneet elossa paremmin ja kasvaneet aluksi nopeammin kuin pienet ja keskikokoiset (Wilde, Wittenkamp, Stone & Galloway 1940; Björkman 1954). Ilmeisesti olisi Suomessakin syytä siirtyä runsaampaan lannoitukseen kuin mitä taimitarhoissamme keskimäärin on tähän saakka käytetty (Simolina 1955). Täsmällisten normien antaminen on vaikeata, koska kulloinkin tarvittava lannoitus riippuu sekä maan laadusta että sen entisistä ravinnevaroista. Jos kuitenkin edellytetään, että puun taimia tulisi lannoittaa jonkin verran voimakkaammin kuin korsiviljaa, voitaneen ohjeeksi ottaa esim. perunalle suositellut lannoitemäärät. Jokseenkin perunaa vastaaviin lannoituksiin on päädytty myös Ruotsissa (Björkman 1954) ja Saksassa (Die Anwendung — 1956).

Koska havupuiden itäminen on melko hidasta ja taimien alkukehitys tapahtuu kokonaan siemenessä olleen vararavinnon turvin, on vaara olemassa, että ennen kylvöä maahan lisätyt helppoliukoiset ravinteet huuhtoutuvat ja menevät hukkaan. Samaten jos taimien 2-vuotisena kehityskautenaan tarvitsemat ravinteet lisätään maahan yhdellä kertaa, voi väkevyys olla tilapäisesti liian suuri. Näistä syistä, jos lannoitusta nykyisestäään lisätään, sen tulee tapahtua osittain vaikealiukoisessa muodossa (kompostina), osittain pieninä erinä tapahtuvana pintalannoituksena. Ne havupuiden ravitsemusta ja taimitarhan lannoitusta koskevat tutkimukset, joita Amerikassa on runsaasti suoritettu ja joihin Wakeley (1954) on hoito-ohjeensa perustanut, ovat vakuuttavasti osoittaneet sekä kompostin että pintalannoituksen tehokkuuden, ja näiden molempien lannoitustapojen tasapuoliseen käyttöön päätyvät ohjeissaan myös Becker-Dillingen (1939) ja Ruff (1952) sekä käytännön kokemuksen että keskieuropalaisten tutkimusten perusteella.

Pintalannoituksen etuna on erityisesti, että sitä käytettäessä voidaan taimien ravinteiden saantia lisätä tai rajoittaa sen mukaan, miten taimien kehitys osoittaa tarpeelliseksi. Jotta taimet olisivat istutuskelpoisia, niillä tulee olla kehityskykyinen juuristo. Siksi taimitarhan hoidossa tulee juuristojen ja erityisesti mykoritsojen kehitystä seurata. Hyvin runsaasti ravinteita saaneilta taimilta mykoritsat puuttuvat tai ovat heikosti kehittyneet, ja sellaiset taimet luonnolliseen metsämaahan siirrettyinä helposti kuolevat tai juovat pitkiä aikoja. Voimakkaat taimet, joilla samalla on runsasmykoritsaiset juuret, sen sijaan säilyvät elossa ja alkavat juromatta kasvaa (Björkman 1953, 1956).

Yksityiskohtaisempia ohjeita taimitarhan maan hoidosta ei tämän tutkimuksen perusteella vielä voida antaa. Taimien metsitysarvon riippuvuus lannoituksen voimakkuudesta ja muista taimitarhatekijöistä voidaan selvittää vain kokeellisin tutkimuksin. Koska maaperälliset ym. olosuhteet vaihtelevat suuresti eri taimitarhoissa, olisi tarpeen jokaisessa suurehkossa taimitarhassa harjoittaa myös koetoimintaa nimenomaan omaa tarvetta varten. Samoin korostettakoon vielä taimien, nimenomaan myös juuriston, kehityksen jatkuvan tarkkailun merkitystä.

Eri lannoitusmenetelmien vertailu ei ole mahdollista tämän tutkimuksen perusteella. Sekä Suomessa että ulkomailla suoritettut kokeet ovat järjestään osoittaneet sekä kompostin että vihantalannoituksen edullisen vaikutuksen, mutta missä määrin niitä kumpaakin on syytä käyttää on samalla kustannuskysymys, johon edellä ei ole puututtu. Sen sijaan jo edellä selostetuissa tutkimuksissa on selvästi ilmennyt kesannon merkitys taimitarhan hoidossa, nimenomaan rikkaruohojen torjunnan kannalta. Ns. »maan väsyminen» on ilmiö, joka kaipaa lisätutkimista.

Kirjallisuutta

- Aaltonen, V. T. 1939. Zur Stratigraphie des Podsolprofils, II. (Selostus: Valaisua podsolimaan kerrallisuuteen, II.) — *Comm. Inst. Forest. Fenn.* 27. 4.
- 1941. Maalajien luokituksesta. (Zusammenfassung: Über die Klassifizierung der Bodenarten.) — *Ibid.* 29. 6.
- 1942. Muutamia kasvukokeita puuntaimilla. (Referat: Einige Vegetationsversuche mit Baumpflanzen.) — *Acta Forest. Fenn.* 50. 6.
- Ahola, V. K. 1949. Metsänviljely. — *Suuri Metsäkirja I.* Porvoo.
- Arnborg, T. och Stefansson, E. 1951. Handledning i plantskoleskötsel. — Stockholm.
- Becker-Dilling, J. 1939. Die Ernährung des Waldes. Handbuch der Forstdüngung. — Berlin.
- Björkman, E. 1942. Über die Bedingungen der Mykorrhizabildung bei Kiefer und Fichte. — *Symb. Bot. Upsal.* 6: 2.
- 1944. Skogsplanterings markbiologiska förutsättningar. (Summary: Forest planting and soil biology.) — *Sv. Skogsvårdsför. Tidskr.* 42: 333—355.
- 1953 a. Om »granens gulspetsjuka» i plantskolor. (Summary: The »yellow tip disease» of spruce plants in forest nurseries.) — *Ibid.* 51: 211—229.
- 1953 b. Om orsakerna till granens tillväxtsvårigheter efter plantering i nordsvensk skogsmark. (Summary: Factors arresting early growth of the spruce after plantation in northern Sweden.) — *Norrl. Skogsvårdsförb. Tidskr.* 285—315.
- 1954. Betydelsen av gödsling i skogsträdsplantskolor för plantornas första utveckling i skogsmarken. — *Ibid.* 546—566.
- 1956. Über die Natur der Mykorrhizabildung unter besonderer Berücksichtigung der Waldbäume und die Anwendung in der forstlichen Praxis. — *Forstwiss. Centralbl.* 75: 265—286.
- Bouyoucos, G. J. 1929. A new, simple, and rapid method for determining the moisture equivalent of soil, and the role of soil colloids on this moisture equivalent. — *Soil. Sci.* 27: 233—240.
- Dengler, A. 1935. Waldbau auf ökologischer Grundlage. 2. Aufl. — Berlin.
- Die Anwendung von Düngemitteln in der Forstwirtschaft. 1956. — Ruhr-Stickstoff Ag. Bochum.
- Eksström, G. 1927. Klassifikation av svenska åkerjordar. — *Sveriges Geol. Undersökn. Årbok* 20.
- Hatch, A. B. 1937. The physical basis of mycotrophy in Pinus. — *Black Rock Forest Bull.* 6.
- Heikinheimo, O. 1940. Metsäpuiden taimien kasvatus taimitarhassa. (Versuche in Baumschulen.) — *Comm. Inst. Forest. Fenn.* 29. 1.
- 1956. Metsän viljely. — *Tapion Taskukirja*, 13 p. Ss. 96—110. Helsinki.
- Jamalainen, E. A. 1956. Männyn karisteen torjunta kemiallisilla aineilla Leksvallin taimitarhassa. — *Silva Fennica* 88.

- M c C o m b, A. L. and G r i f f i t h, J. E. 1946. Growth stimulation and phosphorus absorption of mycorrhizal and non-mycorrhizal northern white pine and Douglas fir seedlings in relation to fertilizer treatment. — *Plant Physiology*, 21: 11—17.
- M i k o l a, P. 1952. Effect of forest humus on parasitic fungi causing damping-off disease of coniferous seedlings. — *Phytopathology*, 42: 202—203.
- 1956. Kylvötiheyden vaikutus taimien laatuun taimitarhoissa. — *Metsät. Aikakl.* 177—180.
- 1957. Taimitarhojen nykyiset työmenetelmät. (Summary: Nursery practice in Finland.) — *Comm. Inst. Forest. Fenn.* 48. 4.
- M o r k, E. 1952. Forsøk med forskjellige såtykkelser og planteavstander for gran i Kvatninga planteskole. (Summary: Experiments with different densities of sowing and different spacings for Norway spruce in Kvatninga nursery.) — *Medd. f. d. Norske Skogforsøksvesen*, 11: 3.
- P i p e r, C. S. 1942. Soil and plant analysis. — Adelaide.
- R a y n e r, M. C. 1948. Behavior of Corsican pine stock following different nursery treatments. — *Forestry*, 21: 204—216.
- R u p f, H. 1952. Der Forstplanzgarten. — Bayer. Landv.verlag. München.
- S i m o l i n n a, J. 1955. Taimitarhan lannoitus. — *Tapion taimitarhakurssien luennot v. 1954.* (Moniste.) Helsinki.
- S t e f a n s s o n, E. 1948. Försök med olika såddtäthet i plantskola. — *Skogen*, 35: 132—133.
- S t e w a r d, A. B. 1954. Gödsling i skogsträdsplantskolor i Skottland. — *Växtnäringsnytt*, 10. 2: 25—30.
- S t o n e, E. L. 1950. Some effects of mycorrhizae on the phosphorus nutrition of Monterey pine seedlings. — *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 14: 320—345.
- T a m m, C. O. 1953 a. Growth, yield and nutrition in carpets of forest moss (*Hylacomium splendens*). — *Medd. f. Statens Skogforskningsinst.* 41. 1.
- 1953 b. Mera om granens gulspetsjuka. (Some more observations on the »yellow tip disease» of spruce.) — *Sv. Skogvårdsför. Tidskr.* 51: 390—396
- W a k e l e y, P. C. 1954. Planting the southern pines. — *Agric. Monagr.* 18. Forest Service, U. S. Dept. Agric.
- V a l m a r i, J. 1938. Maanviljelyskemian perusteita. — Porvoo.
- V a l m a r i, J. ja S a l o n e n, M. 1940. Lannoitusoppi. — Porvoo.
- W i l d e, S. A. 1938. Soil-fertility standards for growing northern conifers in forest nurseries. — *Jour. Agr. Res.* 57: 945—952.
- W i l d e, S. A. 1946. Forest soils and forest growth. — *Chronica Botanica Co.* Waltham, Mass.
- 1954. Reaction of soils: Facts and fallacies. — *Ecology*, 35: 89—92.
- W i l d e, S. A. and H u l l, H. H. 1937. Use and function of peat in forest nurseries. — *Jour. Amer. Soc. Agronomy*, 29: 299—313.
- W i l d e, S. A., N a l b a n d o v, O. G. and Y u, T. M. 1948. Ash, protein and organo-solubles of jack pine seedlings in relation to soil fertility. — *Jour. Forestry*, 46: 829—831.
- W i l d e, S. A. and P a t z e r, W. E. 1940 a. Soil-fertility standards for growing northern hardwoods in forest nurseries. — *Jour. Agr. Res.* 61: 215—221.
- 1940 b. The role of soil organic matter in reforestation. — *Jour. Amer. Soc. Agronomy*, 32: 551—562.

- Wilde, S. A. Wittenkamp, R., Stone, E. L. and Galloway, H. M. 1940. Effect of high rate fertilizer treatment of nursery stock upon its survival and growth in the field. — *Jour. Forestry*, 38: 806—809.
- Wilde, S. A. and Voigt, G. K. 1948. Specific gravity of the wood of jack pine seedlings raised under different levels of soil fertility. — *Jour. Forestry*, 46: 521—523.
- »— 1955. Analysis of soils and plants for foresters and horticulturists. — Ann Arbor, Mich.
- Wilde, S. A., Voigt, G. K., White, D. P. and Youngberg, C. T. 1952. Characteristics of nursery stock related to its resistance against adverse environmental factors. — *Techn. Notes N:o 47. State Cons. Dept. & College of Agr., Madison, Wis.*
- Viro, P. J. 1947. Metsämaan raekokoomus ja viljavuus varsinkin maan kivisyyttä silmällä pitäen. (Summary: The mechanical composition and fertility of forest soil taking into consideration especially the stoniness of the soil.) — *Comm. Inst. Forest. Fenn.* 35. 2.
- »— 1951. Nutrient status and fertility of forest soil. I. Pine stands. (Selostus: Metsämaan ravinnesuhteet ja viljavuus. I. Männiköt.) — *Ibid.* 39. 4.
- »— 1955 a. Use of ethylenediaminetetraacetic acid in soil analysis: I. Experimental. — *Soil Sci.* 79: 459—465.
- »— 1955 b. Use of ethylenediaminetetraacetic acid in soil analysis: II. Determination of soil fertility. — *Ibid.* 80: 69—74.
- Vlamin, J., Biswell, H. H. and Schultz, A. M. 1957. Nutrient response of ponderosa pine seedlings. — *Jour. Forestry*, 55: 25—28.
- Vuorinen, J. 1952. Koetilojen peltojen viljavuudesta. (Summary: On the fertility of soils on experimental farms in Finland.) — *Maatalouskoelait. Maatutk. os., Agrogeol. julk.* 59.
- »— 1953. Koulutilojen peltojen viljavuudesta. (Summary: On the fertility of soils on school farms in Finland.) — *Ibid.* 60.
- Vuorinen, J. and Mäkitie, O. 1955. The method of soil testing in use in Finland. (Selostus: Viljavuustutkimuksen analyysimenetelmästä.) — *Ibid.* 63.
- Åsländer, A. 1954. Lime and agricultural plants. A discussion of the problem in its bearing on plant ecology. — *Proc. 7th Int. Bot. Congress, Stockholm 1950.*

STUDIES ON SOIL PROPERTIES AND SEEDLING GROWTH IN FINNISH FOREST NURSERIES

Summary

Introduction

In Finnish forestry practice, the importance of artificial reforestation is rapidly increasing. To-day there are some 150 permanent forest nurseries in the country, their area has grown threefold in five years, now totalling 250 hectares, and nursery practice is still expanding. Under these conditions, several research projects related to nursery practice — both actual inventories and long-term experiments — have been included in the programme of the Finnish Forest Research Institute. The aim of the present study has been to investigate:

- 1) how soil properties vary in Finnish forest nurseries,
- 2) how the growth and quality of seedlings depend on different soil properties,
- 3) how nursery soils are and should be managed in Finland.

Methods of the Study

This study is based partly on information obtained through questionnaires and partly on soil and plant analyses from 24 representative nurseries.

In the spring of 1954, a questionnaire was sent to all Finnish nurseries, and filled-in forms were returned from 90 of them. The aim of the inquiry was to furnish basic information on Finnish nurseries and current practices, and several points relating to soil were included.

Then soil and plant samples were taken from 24 selected nurseries in the first half of August, 1954. Ordinarily, 6 samples were taken from each nursery. They represent poor (1), medium (2) and good (3) 2-year-old pine (1) and spruce (2) seedling stock and the corresponding soils. In a sampling plot (1 sq.m.) four clumps of seedlings were dug up to make at least 100 seedlings. Soil samples were taken with a sampling tube to a depth of 15 cm (6 in.). Soil samples were stored for analyzing in dry condition, seedling samples in a deep-freeze cellar.

The location of the nurseries selected is marked in Fig. 1. The area of investigation is climatically more or less uniform (cf. curves of effective thermal sums) although the effect of a more favourable climate can be traced in the growth of seedlings from the southwestern nurseries.

Soil samples were analyzed at the Soils Department of the Finnish Forest Research Institute according to its standard methods. The extractant used was acid ammonium acetate, pH 4.65 (cf. Vuorinen & Mäkitie 1955). 30 samples were also analyzed with chelating EDTA solution (pH 9.0) as extractant, the micronutrients Cu and Zn also being determined. Thus the results of two methods are available and comparisons can be made (Figs. 4—8).

On removal from the store-room, the seedlings were washed and measured, then dried at room temperature and shoots and roots weighed separately. In 20 seedlings of each pine sample, forked mycorrhizae were counted. The contents of nitrogen and of the main mineral constituents of the needles were analyzed in 40 samples. Because the needles were first frozen and then washed, leaching of some elements, potassium and sodium in particular, is probable and therefore the results in this respect are unreliable.

The relationship between soil properties and seedling quality is best investigated by experiments. No experiments, however, have been included in the present study, and therefore several limitations of the method should be considered. The size and quality of seedlings depend not only on the soil but on many other factors, such as climatic conditions (the year of sampling as well as the preceding one were exceptionally rainy, cf. table 1), artificial irrigation, sowing density, intensity of weed control and other management, etc. These factors have been ignored, and therefore it might be expected that no close correlation between certain soil properties and seedling quality could be established. On the other hand, if each nursery is studied separately, favourable and unfavourable soil factors are readily detectable and by combining these observations, valuable information on the effect of various soil properties can be obtained.

Thus this paper gives a general idea of the present status of nursery soils in Finland and at the same time forms a starting point for experimental studies.

Properties of Nursery Soils

Mechanical Composition

The distribution of nurseries on different soils, as revealed the inquiry, is presented in Table 2, and the mechanical analyses of the soil samples in Table 3. Although light soils are recommended in manuals and textbooks (cf. e. g. Wilde 1946, Wakeley 1954), very many nurseries in Finland are located on rather heavy soils, the proportion of silt and clay exceeding often 20 %. The reason for this is that the ground used for forest nurseries is mostly old agricultural land and only a quarter of the nurseries have been established by clearing forest land. Not less than 24 % of all nurseries were considered by nurserymen as unsuitable with regard to soil properties.

Organic Matter

The humus content of the nursery soils is expressed as percentage of organic carbon (Table 3). The loss on ignition is, on the average, 2.3 times as high as this percentage. The average content of organic carbon in Finnish nurseries is 3.0 % but it varies greatly.

The water-holding capacity of a soil (W_c) is closely related to its content of organic matter and finer mineral particles (silt and clay). The W_c usually varies between 15 and 20 % but in some coarse soils, poor in humus, is below 10 %, and in heavy soils with a high humus content may rise up to 30—50 %.

Acidity

The pH of the nursery soils varies between 4.6 and 7.2, the average being 5.8—5.9 (Table 3). Correlation between the pH and lime content of a soil is evident (Fig. 2).

In Finnish agriculture, liming of soil is very common practice and accordingly the lime content of nursery soils, which are usually old agricultural soils, is relatively high. Liming is very common in nursery practice too, although conifers are known to stand and even to prefer rather high acidity.

Nitrogen

The nitrogen content of the nursery soils (Table 3) is closely related to their humus content. The average percentage of nitrogen is 0.20—0.25 % but the total variation 0.1—0.5 %. NO_3 and NH_4 nitrogen together make up approx. 2 % of the total nitrogen. Nitrate is generally used as top dressing, it is easily taken up by the plants and also rapidly leached away; therefore the actual nitrate content of the soil varies tremendously and depends mainly on the time that has elapsed since its last application.

Exchangeable Cations and Phosphorus

The contents of exchangeable cations and phosphores in the nursery soil samples are also presented in Table 3. As in seen in Table 4, there is tremendous variation in the nutrient contents of different soils. The actual content of a certain nutrient at the time of sampling, *i. e.* at the end of the second growing season, depends on the original soil fertility, application of fertilizers before sowing and as top dressing during the growing seasons, and the removal through leaching and uptake by the seedlings. Thus soil analyses do not reflect the actual amounts of nutrients that have been available to the seedlings. Very likely, at the end of second growing season, just before the seedlings were lifted, the nutrient content of the soil is at a minimum. Thus the figures in Table 3 represent the lower limit of the nutrient contents of the respective nurseries.

Micro Elements

The copper and zinc contents of some soil samples are presented in Table 5. It is concluded that shortage of these elements hardly exists in those nurseries. On the contrary, it is possible that in some old nurseries, where copper compounds have been regularly used as fungicides, enrichment of copper in the soil may be dangerous to the seedlings.

»Normal Soil»

For evaluating the level of various fertility factors of nursery soils, some kind of normal or desirable values are needed for comparison. Since such standards are so far lacking for Finnish nurseries, a theoretical »normal soil» was established by taking the medium value of all samples, for each measured property separately. In Table 6, such a »normal soil» is compared with the fertility standards of Wilde (1938).

The Influence of Soil on Seedling Quality

Quality of Seedlings

The main properties of the seedlings (averages of 100 seedlings in each sample) are presented in Table 7. Table 8 presents the averages of all nurseries — separately for poor (1), medium (2), and good (3) samples.

A detailed survey of the soil properties and seedling quality in each nursery is given on pp. 45—55. The following conclusion can be drawn:

Soil Properties and Seedling Size

Both good and poor seedlings have grown in all kinds of soil. Thus, some coarse light soils produced small seedlings (e. g. nurseries 6 and 19), probably owing to drought or lack of nutrients, but some of the largest seedlings likewise grew in sandy and gravelly soil (nursery 15). Heavy soils, too, produced both small (3 and 21) and large seedlings (16, 23 and 24).

The best correlation exists between the humus content and the growth of seedlings. A sufficient humus supply seems to be most important in soils with low (<10 %) and fairly high (>20 %) silt and clay contents.

Organic matter affects both the physical conditions and the nutrient content of the soil. Soil rich in humus is the most natural substrate for coniferous seedlings, and acid humus substances are known to decrease some fungal diseases in forest nurseries.

The reaction of the soil is less important. Good, large seedlings have grown in soils with a pH 4.5—6.5.

In few cases were distinct symptoms of nutrient deficiency found (probable deficiency of nitrogen in samples 9—2: 1 and 21—2: 1, and of phosphorus in 22—2: 1).

In some cases seedlings at the edge of a nursery suffered from root competition by older trees in the neighbourhood.

»Soil tiredness» was likely in some nurseries that had grown seedlings for several years without fallowing. In these cases the seedlings grew poorly, although no evident defects in physical conditions or nutrient status of the soil were detectable.

Root Development

The physiological condition of tree seedlings is characterized by the shoot:root ratio and the number of forked mycorrhizae. The shoot:root ratio usually decreases with increasing size of the seedlings. Remarkably high ratios were found in nursery soils with a high humus content (e. g. 11 and 16), as well as in nurseries in which top fertilization with nitrate had been applied profusely.

The number of mycorrhizae was usually satisfactory. Neither complete lack nor pathological abundance occurred. However, the seedlings had remarkably few mycorrhizae in some heavily fertilized nurseries.

Other Soil Influences

The higher the percentage of silt and clay in the soil, the greater were the injuries by frost-heaving. A high humus content in some degree reduces the losses through frost-heaving.

Weeds caused least trouble in young nurseries established by clearing forest land. The higher the content of silt and clay, the more numerous were the weeds and the more difficult was the weeding.

Choice and Care of Nursery Soil

Soil Quality

The present study mainly confirms the earlier statements of textbooks that the content of silt and clay (<0.02 mm) should not exceed 15 or 20 % (the latter figure

refers to soil with a relatively high humus content). A stoneless sandy soil is recommended, and forest soil is preferred to agricultural soils. Agricultural soils usually have too high a content of clay and large quantities of weeds, and the proportion of the different nutrients is often incorrect.

An adequate humus content is important. The percentage of organic carbon should preferably be at least 3 %, in heavier soils even more. An insufficient humus content is easier to correct than an inadequate mechanical composition.

The reaction of most Finnish soils (pH 4.5—6.0) corresponds to the requirements of coniferous seedlings.

Soil Improvement and Fertilizing

The nutrient requirements of nursery stock can be fulfilled either by maintaining a high level of soil fertility or by repeated application of readily soluble fertilizers during the growing seasons.

Chiefly the latter method of management has been recently recommended by Björkman (1954, 1956). Of course, permanent watering equipment is then necessary, while the water-holding capacity and basic change capacity of soil are not so important.

Most investigations, both in Europe and in America, have shown, however, that organic matter is very beneficial in nursery soil, and the maintenance of an adequate humus content is an essential point in nursery management. Especially in small nurseries without watering equipment, water supply of soil is very important, and since a high clay content is unfavourable for several reasons, a sufficient water-holding capacity can only be established with humus. The present study indicates, too, that the humus content is the property of the soil which is most evidently correlated with seedling growth. Therefore the author recommends balanced application of peat and compost between crops and top dressing during growing seasons.

The amounts of fertilizers required should be determined by experiment. It is concluded, however, that the amounts of fertilizers hitherto generally used in Finnish forest nurseries have been insufficient for optimum seedling quality. Roughly, the annual fertilizer recommendations for potato might also be used for forest nurseries.

TUTKIMUKSIA
KOIVUN KARSIMISESTA

VEIJO HEISKANEN

STUDIES ON PRUNING OF BIRCH

SUMMARY

HELSINKI 1958

Helsinki 1958. Valtioneuvoston kirjapaino

Sisällysluettelo

	Sivu
I. Johdanto	7
II. Oksatutkimukset	10
1. Mittausten suoritus	10
2. Oksa-aineisto	12
3. Tutkimuksen tulokset	13
31. Kylesytyminen	13
311. Kylesytymistäpahtuma	13
312. Kylesytymisaika	16
32. Laho- ja väriviat	18
321. Vikojen ryhmittely	18
322. Oksan ympärillä olevat laho- ja väriviat	20
3221. Yleistä	20
3222. Oksan laadun ja koon vaikutus	21
3223. Karsimisesta kuluneen ajan vaikutus	23
3224. Koivulajin ja latvuskerroksen vaikutus	25
3225. Karsimisvälineen vaikutus	26
323. Lahoviat rungon sisäosissa	27
33. Yhdistelmä	29
III. Koesorvaukset	30
1. Näytemetsiköiden valinta	30
2. Näytepuiden valinta ja mittaus	31
3. Koesorvaukset	32
4. Tutkimusaineisto	36
5. Tutkimuksen tulokset	38
51. Sorvaustulos rungon läpimittaluokittain	38
52. Sorvaustulos pöllin läpimittaluokittain	40
53. Karsimisen jälkeisen paksuuskasvun vaikutus sorvaustulokseen	43
54. Karsitun puun laatuluokitus	46
541. Pöllien laatuluokkajakaantuma	46
542. Eri laatuluokkien sorvaustuloksen laatu	48
55. Karsimisesta aiheutuneet vikaisuudet	52
56. Muita näkökohtia	55
57. Keskimääräiset laatujaakaantumat	55
58. Karsittu ja karsimaton puu toisiinsa verrattuina	57
59. Yhdistelmä	60
Kirjallisuusluettelo	62
Summary	64
Liitetaulukko	68

Alkusanat

Tämä tutkimus on suoritettu Metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian tutkimusosastossa vv. 1955—57 Keskusmetsäseura Tapion, Suomen Puunjalostusteollisuuden Keskusliiton ja Koivukeskuksen aloitteesta.

Tässä yhteydessä pyydän esittää parhaat kiitokseni kaikille niille, joiden antama apu on edistänyt työn suoritusta ja valmistumista. Heistä haluan mainita esimieheni professori P a a v o A r o n, jolta olen saanut monia arvokkaita neuvoja työn eri vaiheissa, metsäpäällikkö N. S t o l p e n, jonka kanssa minulla oli ilo neuvotella tutkimuksen suunnitteluvaiheessa ja metsänhoitaja E e r o O k s a s e n, joka on Koivukeskuksen puolesta jatkuvasti avustanut tutkimuksen suorittamista ja joka myös on tutustunut käsikirjoitukseen sekä antanut monia varteen otettuja neuvoja työn viimeistelyvaiheessa. Kiitoksella mainitsen myös professorien R i s t o S a r v a k s e n ja V i l j o K u j a l a n antamat ohjeet ja käsikirjoitukseen tekemät parannusehdotukset.

Tutkimuksen suoritukselle on myös korvaamaton apu eri puutavara-yhtiöiden metsäosastojen, Metsähallituksen ja vaneritehtaiden suopealla suhtautumisella asiaan. Erityisesti kiitollisena mainitsen V i i a l a O Y:n, Saastamoisen F a n e r i O Y:n, O Y. W i l h. S c h a u m a n A B:n ja E n s o - G u t z e i t O Y, Parviaisen tehtaات, joiden teollisuuslaitoksilla tutkimuksia saatiin suorittaa ja jotka osallistuivat myös työstä aiheutuneisiin kustannuksiin.

Tutkimuksen kenttä- ja laskentatyöt on hoitanut suurimmaksi osaksi ylioppilas T e u v o N i e m i n e n, jolle lausun kiitokseni. Hän on myös ottanut kaikki julkaistavat valokuvat.

Tutkimuksen suorittamista varten olen saanut apurahan Valtion Luonnontieteelliseltä Toimikunnalta ja Koivukeskukselta, joille esitän parhaat kiitokseni.

Helsinki, heinäkuussa 1957.

Veijo Heiskanen

I. Johdanto

Metsähoidollinen karsiminen sai meillä alkunsa ensimmäisen kerran A. G. Blomqvistin (1879) aloitteesta 1870- ja 1880-lukujen vaihteessa. Hän saikin innostuksen karsimiseen leviämään, mutta saavutetut tulokset havaittiin huonoiksi puita muutaman vuosikymmenen kuluttua hakattaessa ja tutkittaessa. Puihin oli alkanut muodostua lahovikoja, ja varsinkin kuusen karsiminen joutui hyvin huonoon huutoon 1900-luvun alussa suoritettujen tutkimusten tulosten valossa (Venho 1915, Lakari 1920). Laitakari (1935) sanookin, että mainittu Lakarin tutkimus muodosti loppupisteen metsänhoidollisen karsimisen tälle vaiheelle, sillä se osoitti karsimisella saavutettavat edut varsin kevyiksi siitä aiheutuviin haittoihin verrattuna. Vielä nykyisinkin meillä pelätään kuusen karsimista Lakarin esittämien tulosten takia.

Karsimisen tämän vaiheen heikot tulokset on usein laskettu huolimattoman työn aiheuttamiksi. Silloin karsittiin myös paljon eläviä oksia havujen saamiseksi karjan kuivikkeeksi. Puulajit, joita käsiteltiin karsimalla, olivat kuusi ja mänty, kun taas koivua ei silloin vielä katsottu kannattavan karsia.

Seurasi hiljainen kausi karsimisrintamalla, mutta jo 1930-luvun alussa alettiin karsimisesta vähitellen puhua suopeassa hengessä. Vähitellen innostus levisi, ja 1930-luvun puolivälissä alkoi oikea kukoistuksen aika metsänhoidolliselle karsimiselle, jota sitten on jatkunut aivan tähän saakka. Tosin sodat keskeyttivät tämän harrastuksen, mutta nyt se näyttää jälleen virinneen ennen kaikkea männiköiden hoidossa.

1930-luvulta lähtien karsimisessa keskityttiin pääasiassa koivikoihin ja myös männiköihin. Usko karsimisen tuottamaan hyötyyn oli suuri. Karsimista pidettiin jopa jonkinlaisena yleislääkkeenä koivikoiden hoidossa, ja sitä on suositeltu hyvänä ja asiaankuuluvana koivikoiden hoitotoimenpiteenä useissa yhteyksissä (Laitakari 1930, 1936, Lappi-Seppälä 1933 a, b, c, 1934, Heikinheimo 1935, 1936, 1953, Barth 1945, Appelroth 1949, Jalava 1949, Lehonkoski 1949, Kalela 1950). Harvoin ja ainoastaan ulkomaalaisissa tutkimuksissa on esiintynyt mielihaitteita, joiden mukaan karsimista on pidettävä koivun kasvatuksessa vain

hätäratkaisuna (K n u c h e l 1947, N y l i n d e r 1952). Myös Saksassa on suhtauduttu epäillen koivun karsimiseen, ja sille on asetettu annetuissa ohjeissa ankaria rajoituksia oksien paksuuteen nähden (M a y e r - W e g e l i n 1936, 1952).

Huolimatta karsimisen saavuttamasta suuresta suosiosta ei meillä enempää kuin muuallakaan ole perusteellisin tutkimuksin selvitetty karsimisen vaikutusta koivun laatuun. Asiaa on tosin kosketeltu monissa kirjoituksissa ja teoreettisin laskelmin on koetettu osoittaa karsiminen edulliseksi ja kannattavaksi. Tällaisia arviointeja ovat oikein numeerisin esimerkein esittäneet meillä mm. L a p p i - S e p p ä l ä (1933a), L e h o n k o s k i (1939, 1950) ja H o l o p a i n e n (1949), ja kaikki ovat saaneet karsimisen kannattavuuden erittäin hyväksi. Nämä arviolaskelmat on kuitenkin perustettu yleensä ainoastaan vahvaan uskoon ja monestikin vain olettamuksiin, joten tulosten luotettavuus ei ole suuri. Ne ovat joka tapauksessa johtaneet siihen, että karsimisen tuloksiin on yleensä uskottu ja monesti kuviteltu, että kaikki karsimisen jälkeen muodostunut puu on täysin virheetöntä.

Varsinkin Saksassa on sitä vastoin jo kauan aikaa kiinnitetty huomiota karsimisen aiheuttamiin lahovikoihin koivusta tuoreita oksia karsittaessa (H e r r m a n n 1893, S c h ö n i n g h 1935, ks. myös M a y e r - W e g e l i n 1936, 1952). Myös Pohjoismaissa on myöhemmin mainittu kirjoituksissa samasta asiasta (esim. L a i t a k a r i 1936, H e i k i n h e i m o 1938, N y l i n d e r 1952). Kuivien oksien karsimista pidettiin kuitenkin aivan vaarattomana tai jopa lahovikoja estävänä toimenpiteenä (mm. L a p p i - S e p p ä l ä 1933c, 1934), kunnes H e i k i n h e i m o (1953) osoitti yhdessä metsikössä suorittamiensa tutkimusten tuloksena, että lahovikoja esiintyy myös kuolleena karsittujen koivun oksien ympärillä.

1950-luvun alussa, kun ensimmäiset karsitut puut tulivat vaneritehtaille, alettiin muutoinkin suhtautua epäillen koivun karsimiseen ja sen edullisuuteen. Tilanne muistutti siis hyvin paljon B l o m q v i s t i n alkuunpaneman karsimisharrastuksen loppuvaiheita. Tulokset ensimmäisistä karsittujen koivujen sorvauksista olivatkin tietävästi melko huonot, mikä johtui ainakin osittain puiden myöhäisestä karsimisesta, niiden virheellisestä valinnasta jne. Alkoi kuulua ääniä, jotka pitivät karsimista aivan kannattamattomana ja jopa haitallisenakin toimenpiteenä. Silloin kaivattiin entistä enemmän tutkimustuloksia asiasta.

Keväällä 1955 aloitettiin Metsäntutkimuslaitoksessa tutkimus karsimisen aiheuttamien lahovikojen ja sen aikaan saaman laadun parantumisen selvillesaamiseksi. Tämän tutkimuksen, jonka tuloksia selostetaan esillä olevassa julkaisussa, tärkeimpänä päämääränä on ollut vastauksen löytäminen seuraaviin kysymyksiin.

1. Karsimisen aiheuttamien laho- ja värivikojen yleisyys ja sen riippuvuus eri tekijöistä, kuten puun paksuuskasvusta, koivulajista, latvuskor-

roksesta, oksan laadusta jne. Tähän liittyvänä tutkitaan myös kylestymistä tapahtumaa ja kylestymisnopeutta.

2. Karsitun puun laatu ja siihen vaikuttavat tekijät sekä karsitun puun arvo verrattuna karsimattoman puun arvoon.

Tutkimuksia on suoritettu vv. 1955—56 useissa karsituissa metsiköissä ja vaneritehtailla. Tutkimus jakaantuukin kahteen eri osaan, oksatutkimuksiin, joissa on selvitetty kohdassa 1 mainittuja seikkoja ja koesorvauksiin, joissa on tutkittu kohdassa 2 mainittuja kysymyksiä. Esillä oleva julkaisu jakaantuu samalla tavalla kahteen osaan.

II. Oksatutkimukset

1. Mittausten suoritus

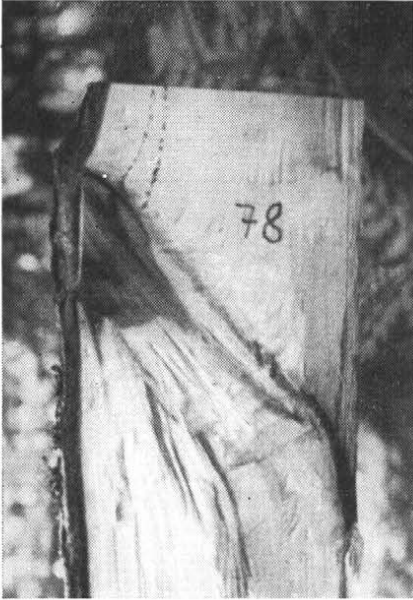
Tutkimusta aloitettaessa otettiin selville Metsäntutkimuslaitoksen metsissä olevat karsitut koivikot, joissa tutkimuksia voitaisiin suorittaa. Samanaikaisesti lähetettiin Metsähallitukselle ja useille puutavarayhtiöille kirjelmät joissa tiedusteltiin tutkimukseen sopivia n. 20 vuotta tai kauemmin karsituina olleita koivikkoja. Osassa näitä metsiköitä suoritettiin sitten tutkimuksia karsituista oksista.

Jokaisesta valitusta metsiköstä määritettiin metsätyyppi ja karsimisvuosi sekä otettiin selville karsimisessa käytetyt työvälineet ja menetelmät. Monissa tapauksissa niistä oli kuitenkin varsin vaikea saada luotettavia tietoja.

Kustakin metsästä valittiin tutkimuksen kohteeksi 3—5 runkoa siten, että kummatkin koivulajit tulivat aineistossa edustetuiksi. Samoin valittiin tutkittavaksi kaikkien latvuskerrosten puita. Näytepuista määritettiin koivulaji, (raudus ja hies), latvuskerros, ikä ja rinnankorkeusläpimitta.

Valitut näytepuut kaadettiin ja niistä etsittiin karsitun osan yläpäästä lähtien mahdollisuuksien mukaan kaikki karsitut oksat halkaisemalla puu oksan kohdalta kirveellä. Sen jälkeen pintaa tasoitettiin puukolla niin että oksan ydin tuli näkyviin ja oksa siis halkaistuksi pitkin ydintä. Jokaisesta näin löydetystä oksasta määritettiin ensin, oliko se karsittu vai luontaisesti karsiutunut. Tässä työssä esiintyikin suuria vaikeuksia, sillä raudalla ja raudan varrella karsitut oksat on monesti erittäin vaikea erottaa karsimattomista. On tietenkin eräitä selviä tapauksia, jotka voidaan helposti todeta luontaisesti karsiutuneiksi esim. oksan pään lahoamisen avulla, mutta paljon oksia jäi määritettäväksi karsiutumivuoden perusteella. Sahalla karsitut oksat oli sen sijaan helppo tuntea tasaisesta katkaisupinnasta (kuva 1), kun taas raudalla ja kepillä karsituissa katkaisupinta on usein epätasainen varsinkin, jos oksa on ollut pitkään kuolleena ennen karsimista (kuva 2).

Kun oksa oli todettu karsituksi, selvitettiin, oliko se karsittu kuolleena vai elävänä. Siinäkin esiintyi tiettyjä vaikeuksia, sillä useissa tapauksissa on mahdotonta sanoa, onko ollut kysymyksessä vastikään ennen karsimista



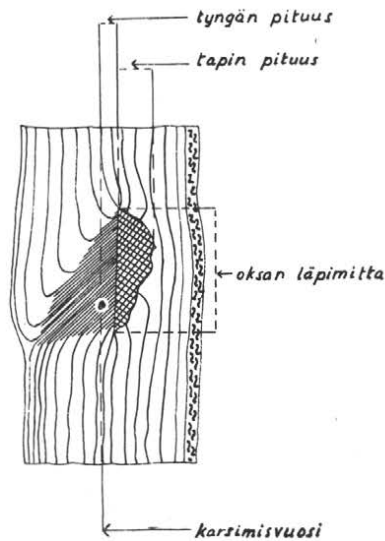
Kuva 1. Sahalla karsittu oksa tunnetaan tasaisesta katkaisupinnasta

Figure 1. The knot pruned with pruning saw is recognised by its even cut surface



Kuva 2. Raudalla karsitun oksan katkaisupinta on epätasainen ja epäsäännöllinen

Figure 2. The cut surface of the knot pruned with pruning iron is uneven and irregular



Kuva 3. Karsittujen oksien mittaustapa
Figure 3. The measuring method of the knots pruned

kuollut oksa vai elävänä karsittu oksa. Yleensä luettiin elävänä karsituiksi sellaiset oksat, jotka olivat kokonaisuudessaan kiinni ympäröivässä puu-aineuksessa.

Kaikista löydetyistä oksista, siihen katsomatta olivatko ne karsittuja vai luontaisesti karsiutuneita, mitattiin kuvan 3 osoittamalla tavalla oksan läpimitta karsimisaikana, kylestymisaika ja kylestymän paksuus. Lisäksi määritettiin, kuten jo mainittiin, oliko oksa karsittu vai luontaisesti karsiutunut ja karsituista oksista, oliko ne sahattu vai ei. Vielä merkittiin muistiin, oliko oksa lahonnut vai ei ja oliko oksan ympärillä puussa lahoa tai värivikaa. Yleensä laho- ja värivioista ei tehty mittauksia, mutta muutamissa metsissä selvitettiin kuitenkin, kuinka kauas oksasta nämä viat ulottuivat oksan ulkopuolelle.

Tutkimuksia tehtäessä suoritettiin myös havaintoja siitä, kuinka pitkä oksan tynkä oli puuhun jäänyt karsimisen yhteydessä (ks. kuva 3). Tämänkin seikan määrittäminen oli melko vaikeaa, mutta useimmiten se onnistuttiin suorittamaan verraten suurella tarkkuudella. Tyngän pituus mitattiin oksan pään ja karsimisvuoden vuosiluston välisenä etäisyytenä, kuten kuvassa 3 on esitetty. Tyngän pituushavainnot jäivät varsin vähäisiksi, joten niiden avulla ei voida tehdä pitkälle meneviä johtopäätöksiä. — Erillinen merkintä tehtiin osasta oksia mm. oksan päässä olevan tapin pituudesta.

Jokaisen tutkitun rungon karsitusta osasta tehtiin runkoanalyysi, jossa joka metrin päästä mitattiin läpimitta kaatohetkellä ja läpimitta karsimisaikana sekä mahdollisesti esiintyvien lahovikojen suurin ulottuvuus ytimestä pintaan päin. Erikseen merkittiin muistiin pehmeiden lahovikojen esiintyminen. Lisäksi otettiin jokaisesta lahoesiintymästä selville, millä tavoin tartunta oli puuhun tunkeutunut.

2. Oksa-aineisto

Oksatutkimuksia suoritettiin kaikkiaan 22 metsikössä, jotka sijaitsivat seuraavissa kunnissa: Asikkala (2 metsikköä), Bromarv (2), Heinävesi (2), Kerimäki, Keuruu (2), Lammi (2), Padasjoki, Pertunmaa (2), Punkaharju, Puumala, Ristiina, Tervo, Tuusula (2), ja Vilppula (2). Metsiköistä oli yhdeksäntoista karsittu 1930- luvulla ja kolme 1940- luvulla. Karsimistapa ja välineet vaihtelivat eri paikoilla verraten paljon, kuten liitetaulukossa 1 esitetyistä tutkimusmetsiköistä koskevista tiedoista nähdään. Metsiköistä kaadettiin kaikkiaan 74 runkoa, joista 56 määritettiin rauduskoivuiksi ja 18 hieskoivuiksi. Kaikkiaan analysoitiin 1045 oksaa, joista 452 oli varmasti karsittuja ja 593 todennäköisesti luontaisesti karsiutuneita. Niiden jakaantuminen eri läpimittaluokkiin on esitetty taulukossa 1. Taulukosta nähdään, että läpimittajakaantuma on melko suppea, vaikka raja-arvot ovatkin 4 mm

ja 58 mm. Yli 30 mm:n oksia sisältyy aineistoon kuitenkin hyvin vähän. Se osoittaa, että meillä on 1930-luvulla suoritetuissa karsimisissa yleensä vältetty suurien oksien karsimista.

Taulukko 1. Analysoitujen karsittujen oksien jakaantuminen eri läpimittaluokkiin.

Table 1. The division into diameter classes of the pruned knots analyzed.

Oksien läpimitta, mm <i>Diameter of knots, mm</i>	Tutkimusaineisto <i>Studied</i>	
	kpl <i>knots</i>	% <i>per cent</i>
1—5	3	0.7
6—10	105	23.2
11—15	190	42.1
16—20	96	21.2
21—25	33	7.3
26—30	18	4.0
31—35	2	0.4
36—40	3	0.7
41—45	1	0.2
46—50	—	—
51—55	—	—
56—60	1	0.2
Yht.— <i>Total</i>	452	100.0

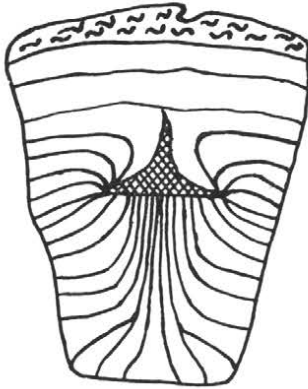
Karsituista oksista oli elävinä karsittuja 54 kpl ja kuolleena karsittuja 398 kpl. Rauduskoivuista tutkittiin 272 oksaa ja hieskoivuista 180 oksaa. Sahalla karsittuja oli 229 kpl ja raudalla, vesurilla tai kepillä karsittuja 223 kpl. Oksista oli kylestyneitä 377 kpl ja vielä kylestymättömiä 75 kpl.

3. Tutkimuksen tulokset

31. Kylestyminen

311. Kylestymistapahtuma

Kylestymistä tutkittaessa on aluksi syytä tarkastella tapaa, jolla koivun oksien kylestyminen tapahtuu. Siinä vuosilustot ikäänkuin rullaavat oksan yli, kuten kuvasta 4 nähdään (Nylinder 1952). Oksan päähän muodostuu siis eräänlainen tappi (ks. myös kuvat 3 ja 5), jossa on kuorta tai muita eritteitä. Seuraavassa nimitetäänkin tätä muodostumaa lyhyesti tapiksi. Selvimpänä tämä muodostus on havaittavissa elävinä karsituissa oksissa, mutta myös kuolleena karsituissa oksissa se esiintyy, mutta on monesti vaikeasti havaittavissa ja määritettävissä. Sahalla karsituista oksista, joissa leikkauspinta on tasainen, tämän tapin pituus voidaan aina



Kuva 4. Karsitun koivunoksan kylestyminen

Figure 4. The healing over of the knot of birch pruned



Kuva 5. Oksan ulkopuolelle muodostuu koivussa ns. tappi

Figure 5. Outside the knot of birch develops the so-called tap

mitata. Kun kuiva tai laho oksa on karsittu raudalla tai varsinkin jos se on lyöty poikki kepillä tai karsimisraudan varrella, on tapin määrittäminen sitä vastoin erittäin vaikeaa.

Kuten tutkimusmenetelmää selostettaessa mainittiin, suoritettiin osasta oksia tapin pituuden mittauksia. Ne osoittivat sen pituudeksi keskimäärin 4.8 mm. Seuraavia vaihteluita oli havaittavissa oksan läpimittaluokittain.

Oksan läpimitta, mm Diameter of knot, mm	»Tapin» pituus, mm Length of tap, mm
1—10	1.8
11—20	4.4
21—30	5.0
>31	8.5

Oksan päähän muodostuvan tapin pituus suurenee siis oksan läpimitan suurenessa. Mitä suurempana oksa karsitaan, sitä myöhemmin karsimisen jälkeen alkaa muodostua kokonaan virheetöntä puuta. Pienten oksien

tappi on myös läpimitaltaan pienempi, joten se vahingoittaa monesti hyvin vähän viilua. Sen aiheuttama vika voidaan useissa tapauksissa sallia B-laadunkin viilussa.

Virheettömän puun muodostuminen karsimisen jälkeen on varsin tärkeä saada selville. Kuten nämä tappia koskevat tutkimukset osoittavat, sitä ei ala syntyä heti karsimisvuoden vuosiluston ulkopuolelta. Toinen tekijä, joka vaikuttaa samaan suuntaan on se, että oksaa ei yleensä pystytä katkaisemaan em. vuosiluston tasalta. Sahalla karsittaessa jää aina vähintään kuoren paksuinen tynkä karsimisvuoden vuosiluston ulkopuolelle. Eikä kuoren paksuuskkaan riitä osoittamaan oksan tyngän pituutta, vaan oksa katkaistaan useimmiten jonkin verran kuoren ulkopuolelta, vaikka pyrittäisiin kuinka tarkkaan työhön tahansa. Monesti sahaus ei tapahdu aivan puun rungon suuntaisesti, ja usein taas pelätään kuorta vioitettavan ja jätetään senvuoksi oksaan pitkä tynkä. Tuoreita oksia karsittaessa vaikeuttaa oksan kynnäs aivan oksan tyvestä karsimista.

Raudalla tapahtuvassa karsimisessa tilanne on sama. Oksaan jää aina jonkin verran kuoren paksuutta pitempi tynkä. Kepillä tai työvälineen varrella karsittaessa on tulos vaihtelevin. Useimmiten silloinkin jää oksaan pitkä tynkä, mutta joskus laho-oxsa saattaa katketa kuoren sisältäkin. Sellaiset tapaukset lienevät kuitenkin harvinaisia poikkeuksia.

Oksantyngän pituudesta tehdyt hajahavainnot osoittavat, että tyngän pituus ylittää yleensä jonkin verran kuoren paksuuden ja on keskimäärin kenties n. 1.5 kertaa kuoren paksuinen. Lisäksi näyttää siltä, että paksuista oksista jää pitempi tynkä kuin ohuista ja elävistä oksista pitempi kuin kuolleista. Keskimääräinen tyngän pituus lienee 10—15 mm, mutta erittäin huolellisella karsimisella voidaan päästä lyhyempiinkin tynkiin.

Mainittakoon, että Nylinderin (1956) mukaan tammen elävistä oksista jää eri paksuuksissa suunnilleen seuraavan pituiset tyngät: 1 cm 11 mm, 2 cm 14 mm, 3 cm 17 mm, 4 cm 20 mm.

Loppupäätelmänä edellä esitetystä voidaan sanoa, että kuolleita oksia karsittaessa alkaa virheetöntä puuta syntyä vasta n. 10—20 mm:n päässä karsimisvuoden vuosiluston ulkopuolelta. Keskimäärin lienee tätä viallista puuta n. 15 mm:n paksuudelta. Jos karsiminen on suoritettu huolimattomasti on viallista puuta karsimisvuoden vuosiluston ulkopuolella tietenkin paljon enemmän (kuva 6 a ja b).

Tässä yhteydessä voidaankin mainita eräitä havaintoja tutkimustyön yhteydessä todetuista karsimistyössä tapahtuneista virheistä, jotka aina myöhästyttävät virheettömän puun muodostuksen alkamista. Tutkituissa puissa esiintyi useita tapauksia, joissa keskellä karsittua osaa oli jokin oksa jäänyt karsimatta, ja se ulottui huomattavasti lähemmäksi puun pintaa kuin muut oksat (vrt. s. 55). Eniten tällaisia oksia oli rungon yläosissa, jossa karsiminen oli siis suoritettu tavallista huolimattomammin. Siellä saattaa



Kuva 6. Jos karsiminen on suoritettu huolimattomasti kestää kauan ennenkuin virheetöntä puuta alkaa muodostua

Figure 6. If pruning is made carelessly it will take a long time before sound wood begins to develop

jokin oksa jäädä helposti huomaamatta naavan tai muun esteen takia. Runkojen yläosissa oksan tynkien pituus oli myös keskimäärin suurempi kuin runkojen alaosissa. Karsittaessa korkealla olevia oksia ei näet voida päästä niin tarkkaan työhön kuin lähellä maata olevia oksia katkaistaessa.

Koesorvausten tuloksista ilmeni, että sellaisissa rungoissa, jotka olivat luontaisesti hyvin karsiutuneet muutamaa harvaa oksan tynkää lukuun ottamatta, nämä tyngät olivat jääneet monesti karsimatta.

312. *Kylestymisaika*

Karsittujen oksien kylestyminen riippuu monista eri tekijöistä, kuten useat tutkijat ovat osoittaneet. Esillä olevassa työssä on selvitetty puun paksuuskasvun ja oksan koon vaikutusta kylestymisen nopeuteen. Niitä koskevat tulokset on esitetty taulukossa 2.

Taulukosta nähdään, että paksuuskasvun lisääntyessä kylestymiseen kuluva aika lyhenee useimmissa oksan läpimittaluokissa. Vain suurimmassa luokassa ei ole havaittavissa tätä selvää suuntaa, mikä johtuu aineiston

Taulukko 2. Kylestymisajan riippuvuus puiden paksuuskasvusta ja oksien läpimitasta.

Table 2. Dependence of healing over time upon the diameter growth of the tree and upon the diameter of knots.

Oksan läpimitta mm Diameter of knot, mm	Vuosiluston paksuus, cm Thickness of annual rings, cm.		
	0.10—0.24	0.25—0.40	>0.41
	vuotta — years		
1—10	4.2	4.6	3.1
11—20	7.6	6.3	6.1
21—30	8.9	8.7	7.3
>31	7.5	12.5	9.5

vähyydestä. Myös aikaisemmat tutkijat ovat osoittaneet kylestymisnopeuden suurenevan puun paksuuskasvun lisääntyessä. (Esim. Heikinheimon 1953, Nylander 1956).

Oksan läpimitan vaikutus kylestymisen nopeuteen ilmenee vieläkin selvempänä kuin paksuuskasvun vaikutus. Oksan suuretsa kylestymiseen kuluva aika lisääntyy. Samanlaisia tuloksia on esitetty aikaisemminkin. Niistä mainittakoon muutamia koivua koskevia. Herrmannin (1893) esittämien tulosten mukaan 2 cm:n paksuisina karsittujen koivujen oksien kylestymiseen oli kulunut 5 vuotta, 3 cm:n oksien 7 vuotta ja 4 cm:n oksien 11 vuotta. Heikinheimon (1953) tutkimassa metsikössä oli 14 vuoden kuluttua karsimisesta alle 1 cm:n oksista kylestynyt 50 %, 1.0—1.5 cm:n oksista 36 % ja yli 1.5 cm:n oksista vain 29 %. Tässä metsikössä oli vuosiluston paksuus keskimäärin vain n. 1 mm.

Oksien kylestymisen nopeuteen vaikuttavat myös monet muut tekijät, joiden vaikutusta ei kuitenkaan esillä olevasta aineistosta ole saatu selville. Nylanderin (1956) mukaan oksantynngän pituus vaikuttaa erittäin voimakkaasti kylestymisaikaan tammessa. Hän sanookin, että vaikka eläviä oksia karsittaessa oksan läpimitta kasvaakin hyvin paljon pyrittäessä karsimaan aivan rungon vierestä, saavutetaan siten kuitenkin huomattava kylestymisajan lyheneminen.

Näytemetsikössä n:o 9 oli oksat karsittu tavallista pitempään tynkään ja siellä kylestyminen olikin tapahtunut hitaasti. Karsituista oksista oli 20 vuoden kuluttua karsimisesta kylestynyt vain 24 %, ja siis 76 % oli edelleen avoinna. Kylestymättömien oksien keskimääräinen läpimitta oli 18 mm ja kylestyneiden 14 mm. Nämäkin luvut osoittavat, että oksan tynngän pituus vaikuttaa hyvin voimakkaasti kylestymistä hidastavasti.

Aikaisemmissa tutkimuksissa on lisäksi todettu, että elävinä karsitut oksat kylestyvät nopeammin kuin kuolleena karsitut. Se johtunee siitä, että elävissä oksissa niiden oma jälsi osallistuu umpeen kasvattamiseen, mutta kuolleissa oksissa kylestyminen tapahtuu vain rungon jällen avulla. (vrt.

Mayer-Wegelin 1936, Nylinder 1952, Heikinheimo 1953). Esillä olevassa aineistossa ei sitä vastoin havaittu selvää eroa kuivien ja elävien oksien kylestymisessä.

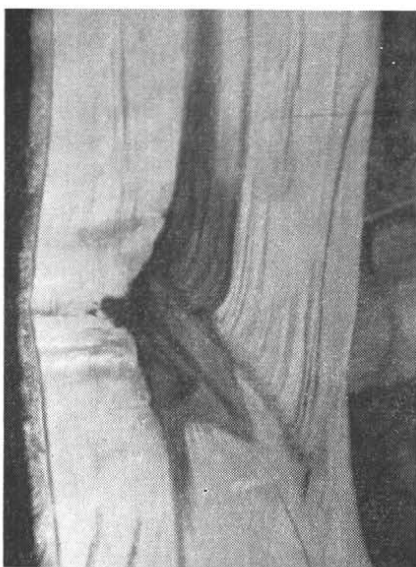
Mayer-Wegelin (1952) mainitsee, että myös karsimisvuodenaika vaikuttaa kylestymisnopeuteen. Parhaiten kylestyvät myöhäistalvella ja varhaiskevällä karsitut oksat. Ei ole kuitenkaan selvitetty, pitävätkö nämä Keski-Euroopassa tehdyt havainnot paikkansa myös meidän maassamme.

32. Laho- ja väriasiat

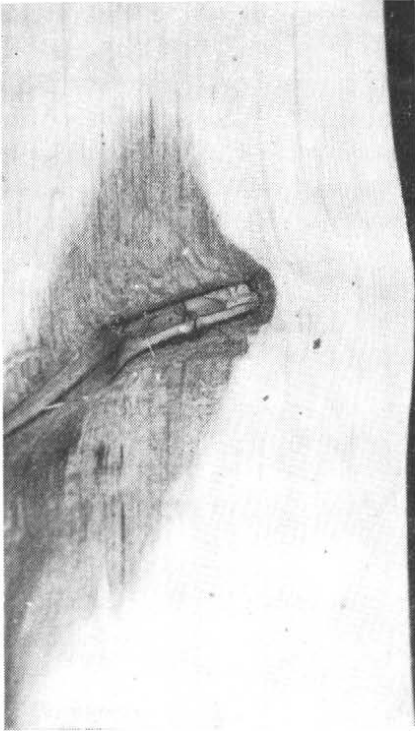
321. Vikojen ryhmittely

Varsin yleisesti korostetaan karsimista koskevassa kirjallisuudessa koivun arkuutta lahovioille, etenkin kun karsitaan eläviä oksia (esim. Herrmann 1893, Lappi-Seppälä 1934, Schöningh 1935, Mayer-Wegelin 1936, 1952, Nylinder 1952, Heikinheimo 1953). Näytepuiden analysointitulosten perusteella voidaankin erottaa kolmenlaisia laho- ja väriavikoja karsittujen oksien yhteydessä.

1. Yleisin tapaus on se, että oksa lahoo, mutta laho ei leviä siitä puuhun. Analysoiduista oksista tehtyjen merkintöjen perusteella saadut tulokset osoittavat, että käytännöllisesti katsoen kaikki karsitut oksat ovat enemmän tai vähemmän lahoja. Tämä ryhmä ei vaadi tarkempaa tarkastelua osakseen.

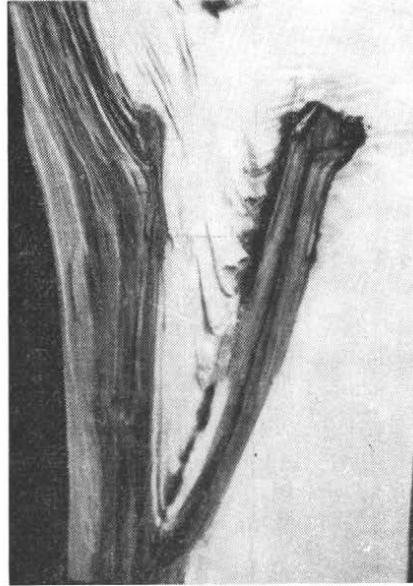


Kuva 7. Karsitusta oksasta leviää monesti lahoa ja väriavikaa oksan ylä- ja alapuolelle
 Figure 7. The knot pruned spreads often rot and discoloration defects above and below the knot



Kuva 8. Samanlaisia vikoja tavataan myös luontaisesti karsiutuneiden oksien ympärillä

Figure 8. Similar defects are also found around the knots self-pruned



Kuva 9. Karsittu pystyoksa. Laha siirtyy karsitusta oksasta myös puun sisäosiin
Figure 9. Vertical knot pruned. Rot spreads from the knot pruned also into the inner parts of the tree

Siinä olisikin monia vaikeuksia, sillä kuolleista oksista ei voida tietää, onko oksa lahonnut karsimisen johdosta vai ei, sillä tunnettua on, että koivun kuolleet oksat lahoavat hyvin yleisesti myös karsimattomina (esim. Heikinheimo 1957).

2. Laha oli useissa tapauksissa levinnyt karsitun oksan ylä- ja alapuolelle runkopuuhun (kuva 7). Nämä viat ovat tangentin suunnassa hyvin kapeita ja esiintyvät vaneeriviilussa kapeina pituudeltaan vaihtelevina juovina. Tutkimukset osoittavat, että nämä viat eivät kuitenkaan koskaan leviä karsimisvuoden vuosiluston ulkopuolelle (vrt. Nylander 1952, 1956, Heikinheimo 1953). Ne eivät siis vioita karsimalla aikaansaattua oksatonta puuta, joten niiden merkitys puusta saatavan viilun laatua alentavana tekijänä on varsin vähäinen. Kun puut karsitaan riittävän pieninä, nämä viat jäävät kokonaisuudessaan purilaaseen. — Tällaista vikaa esiintyy monesti myös luontaisesti karsiutuneen oksan ympärillä, kuten kuvasta 8 nähdään.

3. Lahoja leviää usein karsitusta oksasta puun sisäosiin, keskustaan päin kuvan 9 osoittamalla tavalla, kuten mm. Hermann (1893) ja Schöningh (1935) ovat osoittaneet. Aineistossa esiintyi tapauksia, joissa puun koko keskusta oli lahonnut todennäköisesti juuri karsituista oksista levinneen lahon johdosta. Näitäkin vikoja esiintyy varsin yleisesti myös luontaisesti karsiutuneiden oksien yhteydessä, kuten tunnettua. Tällainen vika on teknillisesti varsin vähän vahingollinen, sillä se rajoittuu aina puun sisäosiin eikä siis vahingoita oksatonta puuta. Vikaa on pidettävä teknillisesti vaarallisenä vain silloin, kun lahoominen kehittyy pehmeäksi lahoksi, jota vaneripuussa ei voida sallia. Pehmeää lahoa sisältäviä puita oli aineistossa ainoastaan kolme kappaletta. Kaikissa niissäkin laho oli rajoittunut hyvin suppealle alalle.

Näistä vioista ei ole voitu tehdä havaintoja oksa oksalta, sillä jos puun koko sisäosa on laho, ei voida arvioida, mitkä oksat ovat olleet »syypäitä» siihen. Tähän ryhmään kuuluvia lahovikoja tutkitaankin vain runkoanalyysien tulosten perusteella.

Laho- ja värivikoja käsittelevien tutkimustulosten tarkastelu jaetaan kahteen osaan. Ensiksi tutkitaan oksan ympärillä olevia laho- ja värivikoja oksa oksalta. Sitten käsitellään puun sisäosissa esiintyviä vikaisuuksia.

322. Oksan ympärillä olevat laho- ja väriviat

3221. Yleistä

Laho- ja värivikoja syntyy oksan ympärille mm. seuraavalla tavalla. Kun elävä oksa karsitaan, syntyy oksan kohdalle avohaava puuhun. Sen kautta pääsee lahosienien itiöitä, sienirihmoja tunkeutumaan oksaan ja siitä puuhun. Karsittaessa kuivia, kuolleita oksia lahovikojen syntyminen aiheutuu siitä, että oksaa ympäröivää puuta on kolhittu ja siten aikaansaatu haava nilaan. Myös eläviä oksia karsittaessa on näillä kuorivaurioilla tärkeä merkitys vikojen syntymisessä (Nylander 1956). Toinen seikka, joka aiheuttaa lahovikoja on se, että oksa heiluu karsittaessa. Siinäkin tapauksessa nila vahingoittuu ja se johtaa haavan muodostumiseen (Heikinheimo 1953). Kuolleiden oksien karsiminen saattaa olla lahovikoja ehkäiseväkin toimenpide, kuten mm. Lappi-Seppälä (1934) ja Heikinheimo (1953) mainitsevat. Poistettaessa lahoja oksan tynkiä puusta, vähenee oksasta puuhun siirtyvän lahotartunnan vaara.

Karsittujen oksien aiheuttamia laho- ja värivikoja havaittiin oksia ympäröivässä puuaineessa 43.1 %:ssa tutkituista tapauksista. Eri metsiköissä lahovikoja levittäneiden oksien osuus vaihtelee seuraavasti:

Vikoja levitt. oksia	% < 20	21—40	41—60	61—80	81—100
Metsiköiden lukumäärä	3	5	5	3	6

Vaihtelu eri metsiköiden välillä on erittäin suuri, mutta lahovikojen syntymiseen vaikuttaakin yhtä aikaa monia eri tekijöitä (vrt. Heikinheimo 1953, Nylander 1956). Tällaisina seikkoina on otettu käsiteltäväksi seuraavat tekijät: karsimisaika, oksan laatu, oksan suuruus, koivulaji ja latvuskerros sekä karsimisväline.

3222. Oksan laadun ja koon vaikutus

Taulukosta 3 nähdään lahoa ja värivikaa levittäneiden oksien osuus tutkituista kuolleista ja elävistä oksista läpimittaluokittain. Taulukko osoittaa hyvin selvästi, että kuivien oksien karsiminen on keskimäärin vähemmän vahingollinen toimenpide kuin elävien oksien karsiminen. Ero on kuitenkin odottamattoman vähäinen, sillä yleensä korostetaan tuoreiden oksien karsimisen vahingollisuutta kuivien oksien karsimiseen verrattuna. Esim. Nylander (1952) mainitsee vain elävien oksien karsimisesta laho- ja värivikojen aiheuttajana sanoen, että kaikilla puulajeilla on kuivien oksien karsiminen täysin vaaraton toimenpide. Tämän tutkimuksen tulokset osoittavat kuitenkin tuon päätelmän virheelliseksi (vrt. Heikinheimo 1953).

Ero elävien ja kuolleiden oksien välillä onkin selvä vasta yli 1.5 cm:n paksuisista oksista lähtien, ja kaikki yli 2.5 cm:n elävät oksat ovat levittäneet lahoa puuhun. Herrmann (1893) ilmoittaaakin käsityksensä, että yli 1 cm:n paksuisia eläviä oksia ei koivuissa saisi karsia. Schönningh (1935) taas sanoo, että vain aivan pieniä oksia saa koivuista karsia elävinä rungon myötäisesti. Sitä suuremmat on katkaistava 3—5 cm tynkään, joka sitten myöhemmin poistetaan. Yli 3 cm:n eläviä oksia ei enää saisi lainkaan karsia. Heikinheimo (1953) mukaan olisi koivussa vältettävä yli 1.5 cm:n läpimittaisten elävien oksien karsimista.

Taulukko 3. Lahoja oksan ympärille levittäneiden oksien osuus. Erikseen kuolleina ja elävinä karsituista oksista.

Table 3. The percentage of the knots which have spread rot around knot. Separate figures for dry-pruned and green-pruned knots.

Oksan läpimitta, mm Diameter of knot, mm	Kuolleet—Dead	Elävät—Green	Kaikki—All
	oksat — knots		
	Lahoa levittäneitä oksia, % Knots which have spread rot, %		
1—5	0	..	0
6—10	20	13	18
11—15	35	41	37
16—20	49	58	51
21—25	53	77	61
26—30	81	100	83
>31	100	100	100

Tässä yhteydessä on vielä mainittava, että laho- ja värivikaa esiintyy myös luontaisesti karsiutuneiden oksien ympärillä. Tutkituista, todennäköisesti luontaisesti karsiutuneista oksista 35.1 % oli levittänyt lahoa ja värivikaa ym. päriin. Mainittu osuus on siis miltei yhtä suuri kuin karsituistakin oksista.

Taulukosta 3 havaitaan myös, että oksan läpimitalla on hyvin voimakas vaikutus laho- ja värivikojen syntymiseen karsimisen jälkeen. Se on havaittavissa hyvin selvänä sekä kuolleissa että elävissä oksissa. Molemmissa oksalajeissa lahoa levittäneiden oksien määrä lisääntyy läpimitan suureudessa. Samanlainen riippuvuus on todettu myös aikaisemmissa tutkimuksissa. Heikinheimo (1953) mainitsee, että hänen tutkimistaan alle 1.0 cm:n oksista oli 20 % ja yli 1.0 cm:n n. 50 % levittänyt lahoa puuhun, joten hänen tutkimassaan metsikössä lahoviat ovat olleet siis vielä yleisempiä kuin esillä olevan aineiston keskiarvojen mukaan. (vrt. Nylinder 1956).

Osasta karsittuja kuivia oksia selvitettiin myös laho- ja värivian ulottuvuus oksan ylä- ja alapuolelle. Näiden mittausten mukaan laho- ja värivikojen keskimääräinen suurin ulottuvuus oksan ylä- tai alapuolelle oli seuraava oksien eri läpimittaluokissa:

Oksan läpimitta, mm <i>Diameter of knot, mm</i>	Vian ulottuvuus, mm <i>Length of defect, mm.</i>
1—10	4
11—20	9
21—30	22
>30	29

Nämä luvut osoittavat, että oksan läpimitta vaikuttaa myös laho- ja värivikojen suuruuteen. Vian laajuus lisääntyy oksan kasvaessa. Selvä suureneminen on havaittavissa yli 2 cm:n oksissa. Nylinder (1956) on todennut samanlaista riippuvuutta tammen karsimista tutkiessaan.

Asetelman luvuista voidaan myös havaita, että viat ovat keskimäärin hyvin pieniä. Useimmissa tapauksissa ne ovat keskittyneet aivan oksan lähimpään ympäristöön. Monesti oli havaittavissa vain pieni väri- tai laho- läikkä oksan yläpuolella, mutta nämäkin tapaukset on otettu ylös vikoina. Em. tapaukset, joissa vian ulottuvuus mitattiin, jakaantuivat viat pituden perusteella seuraavasti:

Vian ulottuvuus mm <i>Length of defect, mm</i>	% oksista <i>% of knots</i>
<5	46.1
6—15	35.3
16—50	12.4
>50	6.2

Viat, joiden suurin ulottuvuus on alle 5 mm, ovat sellaisenaan yleensä vailla käytännöllistä merkitystä, varsinkin jos ne ovat pienen oksan ympärillä. Ja niinhän on yleensä laita. Voidaankin päätellä, että suurin osa näistä vioista on vailla käytännöllistä merkitystä. Ne eivät alenna vaneriviilun laatua niin paljon, että se tulisi käytännön laatuluokituksessa esille. Ne eivät toisin sanoen suurena oksaa niin, ettei sitä voi paikata. Mainittakoon, että luontaisesti karsiutuneiden oksien ympärillä tavattavat vikaisuudet olivat alaltaan vieläkin pienempiä.

3223. Karsimisesta kuluneen ajan vaikutus

Karsimisesta kuluneen ajan vaikutus vikojen esiintymisrunsautteen ilmenee seuraavasta asetelmasta, jossa on esitetty eri aikoina karsittujen metsiköiden lahoa levittäneiden oksien osuudet:

Karsimis- aika <i>Pruning time</i>	Lahoa levittäneitä oksia, % <i>Knobs having spread rot, in per cent</i>
1930—35	64
1936—40	59
1941—47	27

Nämä luvut osoittavat, että lahovikojen määrä lisääntyy karsimisesta kuluneen ajan pidentyessä. Tulos tuntuu hieman yllättävältä, sillä esim. N y l i n d e r (1952) arvelee, että koivussa lahoviat pian kylestyvät tai koteloituvat, eivätkä siis ajanmittaan suurene ja leviä. Sitä osoittavat myös eri aikoina karsituista oksista levinneiden vikojen ulottuvuudet. Vv. 1930—35 karsittujen oksien ympärillä niiden pituus oli keskimäärin 10 mm ja vv. 1936—40 karsituissa puissa 13 mm. Aikaisemmin karsituissa puissa väri- ja lahoviat ovat siis kooltaan jonkin verran pienempiä kuin myöhemmin karsituissa.

Eroihiin ovat saattaneet vaikuttaa oksien läpimitoissa havaittavat eroavaisuudet. Vv. 1930—35 karsittujen oksien läpimita oli keskimäärin 15 mm, vv. 1936—40 karsittujen 17 mm ja vv. 1941—47 karsittujen 13 mm.

Väri- ja lahovikoja tutkittaessa havaittiin, että vikojen värisävy tummenee niiden vanhetessa. Ne siis tulevat helpommin huomattaviksi vanhetessaan. Kun kysymyksessä ovat useinkin varsin pienialaiset vioittumat oksan välittömässä läheisyydessä, saattavat ne vaaleina jäädä huomaamatta. Niin ollen voi edellisessä asetelmassa esitetty suunta värivikojen lisääntymisestä olla virheellinen. Se osoittaa kuitenkin erään tärkeän tosiasian. Väri- viat pahenevat, tulevat sitä selvemmin eroittuviksi, mitä pitempi aika karsimisesta on kulunut. Mainittakoon, että N y l i n d e r i n (1956) mukaan tam-

messa ei tapahdu vikojen värissä muutoksia karsimisesta kuluneen ajan pidentyessä. Tulos on siis päinvastainen tässä koivusta saatuun tulokseen nähden.

Tässä yhteydessä on mainittava saksalaisten käsitys, että karsimisen aiheuttamat lahoviat leviävät koivussa nopeasti (Mayer-Wegelin 1936, 1952). Se lienee saanut alkunsa Hermannin (1893) ja Schöninghin (1935) tutkimuksen tuloksista, jotka koskivat elävien oksien karsimista ja lahon leviämistä oksassa ja siitä puun sisäosiin. Myös esillä olevaa tutkimusta tehtäessä suoritettut havainnot osoittavat nämä päätelmät oikeiksi, mutta vain oksien lahoomisen kyseessä ollen. Nämä viat ovat kuitenkin yleensä käytännölliseltä merkitykseltään vähäisiä, kuten edellä mainittiin. Asiaa käsitellään jäljempänä yksityiskohtaisemmin.

Karsimisaikaan liittyy myös kysymys karsimiskuukaudesta. Tutkituista metsiköistä ei aina saatu sitä selville, vaan usein todettiin vain, että karsiminen oli suoritettu kesällä. Niistä tapauksista, joista karsimisaika on tarkemmin tiedossa, yksi metsikkö oli karsittu keväällä, muut syyskesällä. Keväällä karsitussa metsässä olivat kaikki karsitut oksat levittäneet lahoa puuhun, mutta myös syyskesällä karsituissa metsissä esiintyi samanlaisia tapauksia. Vuodenajan vaikutus laho- ja värivikojen syntymiseen ei siis selviä esillä olevasta aineistosta. Jotta asiasta saataisiin jonkinlainen kuva, on luotava katsaus aikaisempien tutkimusten tuloksiin.

Kaikki tutkijat ovat olleet yksimielisiä siitä, että suuren lahovaaran takia karsimista olisi vältettävä keväällä mahla-aikana (esim. Heikinheimon 1935, 1936, 1938, 1953, Mayer-Wegelin 1936, 1952, Barth 1945, Knuchel 1947, Nylander 1952). Suositeltavimmasta ja siis lahovikojen estämisen kannalta parhaasta karsimisajasta ei sen sijaan ole päästy yksimielisyyteen. Heikinheimon on kaikissa kirjoituksissaan suositellut kesän jälkipuoliskoa, joka onkin esillä olevan aineiston perusteella arvosteltuna yleisin karsimisvuodenaika maassamme. Mayer-Wegelin (1952) taas on sitä mieltä, että kuivien oksien karsimista voidaan suorittaa aina paitsi mahla-aikana. Lindblad (1933) mainitsee kuivien oksien karsimisen kepillä pakkasaikana kokeilemisen arvoiseksi.

Elävien oksien karsimiselle pidetään Keski-Euroopassa myöhäistalvea ja varhaiskevättä sopivimpana, ja aina kehoitetaan välttämään karsimista kasvukauden aikana (Donald 1936, Knuchel 1947, Mayer-Wegelin 1936, 1952). Myös Romell (1940) on Ruotsissa tullut samaan männyn ja kuusen karsimista selvitellessään. Heikinheimon (1953) taas mainitsee, että syyskuun ja toukokuun välisenä aikana karsittu koivun tuore oksa vuotaa mahlaa seuraavana keväänä. Nylander (1956) arvelee tammea koskevien tutkimustensa tulosten perusteella, että on miltei parempi suorittaa karsimiset kesällä kuin kasvukauden ulkopuolella.

Nämä esitetyt tiedot koskevat yleensä muita puulajeja kuin koivua, mutta sopinevat pääpiirtein myös koivulle.

3224. Koivulajin ja latvuskerroksen vaikutus

Molempien koivulajiemme vertailu on mielenkiintoinen, sillä hieskoivua on yleensä pidetty laholle alttiimpana kuin rauduskoivua (H e i k i n h e i m o 1915, vrt. myös H e i s k a n e n 1957). Taulukossa 4 on esitetty laho- ja värivikojen esiintyminen oksan ympärillä olevassa puussa koivulajeittain eri latvuskerroksissa. Nämä luvut osoittavat, että rauduskoivussa esiintyi vikoja enemmän kuin hieskoivussa. Poikkeuksen tekevät vain suurimmat oksat, joista kuitenkin on perin vähän aineistoa. Syynä rauduskoivun suurempaan lahonalttiuteen lienee se, että oksakulma on rauduskoivussa pienempi kuin hieskoivussa. Asianlaita lienee näet niin, että mitä pystymmässä oksat ovat sitä helpommin ne lahoavat. — Puun sisäosissa esiintyvää lahoa selvittävät tutkimustulokset eivät osoita selviä eroja koivulajien välillä.

Taulukko 4. Lahoa oksan ympärille levittäneiden oksien osuus. Erikseen eri koivulajeista ja latvuskerroksista.

Table 4. The percentage of the knots which have spread rot around knot. Separate figures for various birch species and crown layers.

Oksan läpimitta, mm <i>Diameter of knot, mm</i>	Raudus — Common			Hies — White		
	Latuskerros — Crownlayer					
	1.	2. ja 3.	Keskim. Aver.	1.	2. ja 3.	Keskim. Aver.
Lahoa levittäneitä olevia. % — Knots which have spread rot, %						
1—5	0	0	0	·	0	0
6—10	41	13	27	0	7	7
11—15	51	50	50	29	23	25
16—20	65	67	65	53	43	49
21—25	89	0	86	23	33	25
26—30	89	·	89	80	75	78
> 31	100	·	100	100	100	100

Latuskerrosten vertailu ei osoita suurta eroavuutta eri kerrosten välillä. Tosin näyttää siltä, että sekä raudus- että hieskoivun alemmissa latuskerroksissa esiintyy vähemmän lahovikoja kuin päävaltaapuissa, mutta tämä ero ei liene merkitsevä.

Latuskerrokseen liittyy läheisesti myös puun paksuuskasvu; valtapuut kasvavat nopeammin kuin vallitut puut. Onkin asiallista tarkastella tässä yhteydessä myös vuosiluston paksuuden vaikutusta tutkittavana olevien värin ja lahovikojen esiintymiseen. Sitä koskevat tulokset on esitetty taulukossa 5.

Taulukosta ilmenee, että vuosiluston keskimääräisellä paksuudella ei ole lainkaan vaikutusta näiden vikaisuuksien esiintymiseen. Ainakaan se ei tästä aineistosta näy. Tämän johdosta voidaan päätellä, että lahovikojen syntymiseen kuolleena karsittuihin oksiin ei kylestymisnopeudella ole niin selvää vaikutusta, kuin elävien oksien ollessa kyseessä (esim. N y l i n d e r 1956). Tuntuu siltä, että vikojen syntyminen johtuu suurimmaksi osaksi oksien

Taulukko 5. Lahoja oksan ympärille levittäneiden oksien osuus. Erikseen hidas- ja nopeakasvuiset puut vuosiluston paksuuden mukaan.

Table 5. The percentage of the knots which have spread rot around knot. Separate figures for slow-growing and fast-growing trees.

Oksan läpimitta, mm Diameter of knot, mm	Vuosiluston paksuus, mm Width of annual ring, mm		
	1.0—2.4	2.5—4.0	>4.1
	Lahoa levittäneitä oksia, % Knots which have spread rot, %		
1—5	0	..	0
6—10	26	18	9
11—15	38	53	20
16—20	50	50	57
21—25	60	65	71
26—30	100	100	83
>31 .....	..	100	100

heilumisesta karsittaessa tai pääasiallisesti kuoren vahingoittumisesta oksan ympäristössä, kuten Heikinheimo (1953) arvelee. Niiden esiintyminen ei johdu lainkaan puun kasvunopeudesta. Lisäksi kylestymisaika on kaikissa luokissa niin pitkä, että lahosienien itiöt pääsevät vaikeuksista pesiytymään karsimisessa syntyneisiin haavoihin. Se, että vikoja esiintyy eniten suurien oksien ympärillä, johtuu siis ensi sijassa siitä, että niitä karsittaessa helpoimmin vahingoitetaan puuta.

3225. Karsimisvälineen vaikutus

Karsimisvälineistä voidaan vertailla sahaa ja muita, siis rautaa, keppiä, raudanvartta toisiinsa väri- ja lahovikojen syntymiseen vaikuttavina tekijöinä. Vertailun tulokset nähdään taulukosta 6, jossa on esitetty lahoa levittäneiden oksien osuus karsimistavan mukaan eroteltuina.

Taulukko 6. Karsimistavan vaikutus lahovikojen syntyyn.

Table 6. The effect of the pruning method upon the development of rot defects.

Oksan läpimitta, mm Diameter of knot, mm	Sahalla karsitut Pruned with saw	Muuten karsitut Pruned otherwise
		Lahoa lev. oksia, % — Knots which have spread rot, %.
1—5	0	0
6—10	19	16
11—15	30	40
16—20	74	30
21—25	67	57
26—30	78	86
>31	100	100

Tuloksista nähdään, että eroja lahotapausten määrässä ei ole eri karsimisvälineitä käytettäessä. Sahaa ei siis voida pitää parempana tältä kannalta. Elävien oksien karsimisesta ei aineistoa ole riittävästi. Niiden käsittelyssä jo työn suorituksen kannalta tuntuu karsimissaha kuitenkin olevan parempi kuin muut välineet.

323. Lahoviat rungon sisäosissa

Kuten karsimisen aiheuttamia väri- ja lahovikoja ryhmiteltäessä mainittiin, lahoa leviää karsitusta oksasta hyvin usein myös rungon sisäosiin. Näistä vioista on tehty vain rungoittaisia havaintoja, jotka valaisevatkin varsin hyvin niiden esiintymistä ja laatua alentavaa merkitystä.

Oksan laadun, siis sen, onko oksa ollut karsittaessa elävä vai kuollut, vaikutus ilmenee varsin selvänä myös rungon sisäosissa olevien vikojen esiintymisessä. Eri aikoina karsituista rungoista oli puun sisäosissa esiintyvän, karsimisesta aiheutuneen lahon saastuttamia seuraavan asetelman osoittamat määrät. Asetelmassa on erotettu toisistaan rungot, joista on karsittu eläviä oksia, ja rungot, joista on poistettu vain jo kuolleita oksia.

Karsimis- aika <i>Pruning time</i>	Karsittu eläviä oksia <i>Green- pruned</i>	Karsittu kuolleita oksia <i>Dry- pruned</i>	Koko aineisto <i>Total</i>
1930—35	100	52	56
1936—40	72	48	53
1941—47	67	0	37

Luvut osoittavat, että elävien oksien karsiminen on ollut selvästi vahingollisempaa kuin kuolleiden oksien karsiminen. Vielä voidaan mainita, että kaikista niistä rungoista, joista tavattiin pehmeää lahoa, oli karsittu eläviä oksia. Laho oli tullut puuhun näiden oksien kautta. Tämä elävien oksien suurempi lahoalttius johtuu siitä, että oksan kuollessa luontaisesti muodostuu siihen ns. suoja-eli eristyskerros, joka on väriltään tummempaa kuin muu puu. Koivussa se on V:n muotoinen. Tämä kerros sisältää runsaasti tyllejä ym. suoja-aineita. Se on puun keino erottaa elävä puu kuolleesta oksasta ja siten suojella itseään lahotartunnalta (esim. Schöningh 1935, Mayer-Wegelein 1936, 1952, Heikinheim 1953). On kuitenkin todettu, että suurimpiin oksiin ei tällaista suojakerrosta muodostu.

Kun elävä oksa katkaistaan aivan rungon myötäisesti ei suojakerrosta pääse muodostumaan ja lahon leviäminen puuhun on helpompaa. Schöninghin suosittelema pitkään tynkään karsiminen on tarkoitettu aikaansaamaan eristyskerros myös elävään oksaan tyngän kuoltua.

Asetelmasta havaitaan myös, että rungon sisäosissa esiintyvät lahoviat tulevat tavallisemmiksi karsimisesta kuluneen ajan pidentyessä. Viat siis laajenevat, kuten Schöningh (1935) ja Mayer-Wegelin (1936) ovat myös todenneet.

Aineiston tarkastelu osoittaa myös, että lahon vertikaalinen ulottuvuus on jonkin verran suurentunut karsimisesta kuluneen ajan lisääntyessä. Se oli eri aikoina karsituissa puissa seuraava:

Karsimis- aika <i>Pruning time</i>	m/runko <i>m/stem</i>
1930—35	2.2
1936—39	2.1
1941—	1.0

Eroa kahden ensimmäisen ajanjakson välillä ei voida pitää merkitsevänä, mutta 1940-luvun karsimisissa käsitellyissä puissa lahoviat ovat olleet vähäisempiä kuin 1930-luvulla karsituissa puissa.

Vielä mainittakoon, että puissa, joissa oli lahoa puun sisäosissa, suurin karsittu oksa oli keskimäärin 22 mm ja puissa, joissa tällaista lahoa ei tavattu, 19 mm.

Herrmannin (1893) mukaan lahovikojen ulottuvuus suurenee oksan suuretessa seuraavasti.

Oksan läpimitta, cm	1	2	3	4
Lahoa, cm	2	6	11	25

Lahon horisontaalinen laajuus vaihtelee myös eri aikoina karsituissa rungoissa, kuten seuraavista luvuista nähdään.

Karsimis- aika <i>Pruning time</i>	mm
1930—35	28
1936—39	37
1941—	18

Lahon horisontaalinen laajuus ei siis näytä paljonkaan vaihtelevan eri aikoina karsituissa puissa. On kuitenkin havaittavissa, että laajimmat lahot on tavattu 1930-luvulla karsituissa puissa, mikä onkin luonnollista edellä esitetyn laajenemisteorian valossa. Puun sisäosissa esiintyvä laho ei ole yhdessäkään tutkitussa tapauksessa ehtinyt laajentua karsimisvuoden vuosiluston ulkopuolelle. Se ei siis ole pilannut karsimalla aikaan saatua virhee-

töntä, oksatonta puuta. Jos puut olisi karsittu hyvin aikaisin, siis pieninä, tällaista olisi tietenkin voinut tapahtua. Sama olisi ehkä tilanne, jos nämä puut olisivat saaneet kasvaa vielä kauemmin, jolloin vaara karsitun puun pilaantumiseen olisi lisääntynyt.

Lahovioista puun sisäosissa on kuitenkin teknillisessäkin mielessä haittaa. Näin on laita tapauksissa, joissa se on pehmeää. Pehmeää lahoa näet ei sallita vanerikoivujen laatuluokitusohjeiden mukaan lainkaan vaneripuussa, vaikka se rajoittuisi aivan puun sisäosiin. On myös todennäköistä, että tulevaisuudessa puun sisäosissa tavattavaan lahoon suhtaudutaan vielä ankarammin kuin nykyisin, sillä parhaillaan tehtaat ovat luopumassa purilasorvauksista. Kun pölkky sorvataan loppuun asti täysipituisena, on erittäin tärkeää, että sorvin kynnet pysyvät lujasti kiinni puussa.

Näistä lahovioista on myös haittaa puun kehitykselle, sillä ne heikentävät puuta ja saattavat hidastaa sen kasvuakin.

33. Yhdistelmä

Karsittujen oksien 22 eri metsikössä suoritettut analysoinnit, joissa käsiteltiin 452 karsittua oksaa, osoittavat seuraavat tärkeimmät tulokset.

1. Oksien kylestyminen kestää sitä kauemmin mitä suurempi oksa on ja mitä hitaampi on puun kasvu.

2. Virheetöntä puuta ei ala muodostua heti karsimisvuoden vuosiluston ulkopuolelle, vaan oksan tynkä ja oksan päähän muodostuva tappi ovat pituudeltaan yhteensä n. 10—20 mm. Niiden pituus suurenee oksan läpimitan kasvaessa.

3. Karsiminen aiheuttaa puuhun helposti laho- ja värivikoja, jotka eivät kuitenkaan esillä olevan aineiston mukaan koskaan ulotu karsimisvuoden vuosiluston ulkopuolelle.

4. Oksan ylä- ja alapuolella esiintyvät viat ovat suurissa oksissa yleisempiä kuin pienissä ja elävissä yleisempiä kuin kuolleissa. Latvuskerroksella ja karsimisvälineellä ei niiden esiintymiseen näytä olevan vaikutusta. Hieskoivussa vikoja näyttää esiintyvän vähemmän kuin rauduskoivussa.

5. Keskimäärin vikoja esiintyi n. 40 %:ssä karsituista oksista, mutta useissa, n. 45 %:ssä tapauksissa ne ulottuivat vain muutaman millimetrin oksan ulkopuolelle.

6. Karsitusta oksasta leviää usein lahoa puun sisäosiin oksaa pitkin, ja nämä viat ovat yleisempiä rungoissa, joista on karsittu eläviä oksia. Vikojen laajuus kasvaa karsimisesta kuluneen ajan pidetessä.

III. Koesorvaukset

1. Näytemetsiköiden valinta

Tutkittaessa karsimisen vaikutusta koivun laatuun on näytteiksi valittava sellaisia puita, jotka on karsittu ja kasvatettu nykyisin oikeiksi ja parhaiksi todettujen periaatteiden mukaisesti. Esillä olevaan tutkimukseen oli siis saatava sorvattavaksi puita, jotka olivat olleet riittävän kauan karsittuina, kasvoivat hyvällä maalla sekä kuuluivat ja, mikäli mahdollista, olivat alusta pitäen kuuluneet vallitseviin latvuskerroksiin.

Keväällä 1955 lähetettiin Metsähallitukselle ja muutamille metsää omistaville puutavarayhtiöille kirjelmä, jossa tiedusteltiin ko. tarkoitukseen sopivia metsiköitä. Vaatimuksena pidettiin, että karsiminen oli suoritettu vähintään n. 20 vuotta sitten. Näin saatiin tietoon maan eri puolilta n. 60 karsittua koivikkoa, jotka täyttivät suurin piirtein karsimisajalle asetetut vaatimukset. Suurin osa metsiköistä käytiin tarkastamassa, ja sitten valittiin neljä metsikköä, jotka näyttivät laadultaan parhaita. Laadun arvostelu tapahtui pääasiallisesti karsitun osan oksankyhmyjen perusteella siten, että sorvattavaksi valittiin puita vain metsiköistä, joissa puiden karsittu osa oli mahdollisimman sileä ja kyhmytön. Oksankyhmyt ovat nimittäin parhaat lehtipuiden sisäisen oksaisuuden osoittajat (vrt. esim. Mayer-Wegelin 1929). Myös on todettu, että suurimpien oksankyhmyjen alla on usein suuri laho-oksa, joka on lahottanut myös ympärillään olevan puun (vrt. Heiskanen 1957). Puun laadun lisäksi pantiin pääpaino metsiköitä valittaessa seuraaviin seikkoihin: karsittujen puiden kuuluminen vallitseviin latvuskerroksiin, karsittujen puiden selvä merkintä, mahdollisimman täydelliset tiedot karsimisen ajankohdasta ja käytetyistä työvälineistä ja -menetelmistä, sekä puiden helppo kuljetus tehtaalle.

Yksinomaan näillä perusteilla valittiin tutkimuksen kohteeksi seuraavat neljä metsikköä:

- Autiosaari, Keuruu (n:o 1)
- Maarianvaara, Kaavi (n:o 2)
- Tavisärkkä, Eno (n:o 3)
- Huistinvaara, Liperi (n:o 4)

Lisäksi otettiin näytepuita kahdesta koivikosta, Liukko, Keuruun kunnassa (n:o 5) ja Porraskoski, Lammin kunnassa (n:o 6), joissa oli parhaillaan vanerikoivuhakkuu käynnissä ja jotka suurin piirtein täyttivät edellä esitetyt vaatimukset. Seitsemänneksi näytemetsiköksi valittiin Linnonsaaren koivikko Tervon kunnassa (n:o 7), josta Metsähallitus tarjosi puita kokeita varten.

Valintaperiaatteisiin kokonaisuutena on varsin suuresti vaikuttamassa se, että 20—30 vuotta sitten karsimismenetelmä oli jossain määrin nykyisestä poikkeava. Silloin karsittiin usein läpimitaltaan myös melko suuria puita, molempia koivulajeja, kaikissa metsätyypeissä ja kaikista latvuskerroksista sekä monesti kaikki metsikön rungot mahdollisesti saavutettavan hyödyn määrästä välittämättä jne. Karsittavalle koivulle nykyisin asetettavat vaatimukset ovat jo huomattavasti tarkemmat ja jossain määrin päinvastaiset kuin 1930-luvulla. Ollaanhan nykyään yleensä sitä mieltä, että karsimista kannattaa suorittaa vain hyvissä metsätyypeissä, että puiden tulee olla läpimitaltaan pieniä ja että niiden tulee kuulua vallitsevaan latvuskerrokseen (vrt. esim. L ö f 1931, L a p p i - S e p p ä l ä 1934, H e i k i n h e i m o 1935, 1936, B a r t h 1945, A p p e l r o t h 1949, N y l i n d e r 1952). Esillä olevaa tutkimusta suunniteltaessa onkin tultu siihen tulokseen, että em. näytemetsiköiden ja -puiden valintaperusteet antavat parhaan mahdollisen kuvan nykyisiä periaatteita noudattavan karsimisen tuloksista, johon tällä tutkimuksella pyritäänkin. Toisaalta sanottakoon kuitenkin, että tutkimuksen tulokset antavat jonkin verran liian edullisen tuloksen 1930-luvun karsimisten tuloksista keskimäärin.

Näytemetsiköistä pyrittiin selvittämään mahdollisimman paljon asiaa valaisuvia seikkoja. Huomioitiin mm. metsikön ikä, metsätyyppi, karimisaika ja -tapa, myöhempi käsittelytapa ja -aika. Karsimisaika pyrittiin selvittämään kuukauden tarkkuudella, mutta tietojen ristiriitaisuuksien takia ei ole aina varmasti voitu todeta edes vuotta, jolloin työ on suoritettu. Sama koskee karsimistapaa. Tämä tietojen ristiriitaisuus johtuu siitä, että karsimisesta ei ole olemassa täydellisiä muistiinpanoja, joihin olisi voinut joka kohdassa luottaa. Tällöin on ollut pakko kääntyä niiden henkilöiden puoleen, jotka ovat työn suorittaneet, sikäli kuin sellaisia on enää tavoitettavissa, eivätkä muistikuvat ole suinkaan olleet aina yhtäpitäviä. Tällöin on ollut pakko harkita, mikä tiedoista on ollut todennäköisin huomioonottaen metsikön myöhemmän kehityksen.

2. Näytepuiden valinta ja mittaus

Kuten jo edellä mainittiin, aineisto sisältää puita seitsemästä metsiköstä. Näistä on kuusi sellaista metsikköä, joista hakattiin 30—50 ensimmäiseksi eteensattunutta, karsituksi merkittyä runkoa. Tosin oksatutkimuksia suori-

tettaessa havaittiin, etteivät kaikki merkityt rungot ole karsittuja. Osa rungoista on merkitty karsituiksi, koska niissä ei ole ollut karsimisaikana enää lainkaan oksia karsittavalla osalla. Tämä ei kuitenkaan muuta asiaa sanottavasti, koska merkityt rungot ovat siis kuitenkin oksattomia sorvatavilta osiltaan. Leimikossa n:o 7 jouduttiin suorittamaan myös runkojen valintaa, koska siinä oli karsittu myös hyvin paljon vallittujen latvuserosten puita, joita ei haluttu suuremmassa määrin tutkimukseen mukaan. Näitten runkojen paksuuskasvu oli ollut niin vähäistä, että karsimisen jälkeen muodostunut puu olisi jäänyt miltei kokonaan sorvipölliin pyöristys-häviöihin. Sorvaustulos olisi silloin koskenut puuainesta, joka on kehittynyt jo ennen karsimista. Tämä ei suinkaan ole tutkimuksen tarkoituksena, joten runkojen valinta oli tässä tapauksessa välttämätöntä.

Kaadon yhteydessä pyrittiin näytepuista saamaan mahdollisimman tarkat mittatiedot. Jokaisessa leimikossa otettiin näytepuista seuraavat mitat: tyviläpimitta, rinnankorkeusläpimitta, karsitun osan latvaläpimitta, kuuden metrin läpimitta, karsitun osan pituus, oksattoman osan pituus, latvuksen alarajan korkeus, koko pituus, vaneritukin latvaläpimitta kaato- ja karsimisaikana kuoren alta sekä vaneritukin pituus.

Läpimitat mitattiin kuoren päältä, ellei toisin ole mainittu. Myös määritettiin koivulaji ja havaittiin, että kahta Autiosaaren leimikon hieskoivua lukuunottamatta näytepuut olivat rauduskoivuja.

Katkottaessa rungot tukeiksi koetettiin karsittu osa aina saada yhteen tukkiin, missä poikkeuksetta onnistuttiinkin pienen karsimiskorkeuden vuoksi. Joihinkin tukkeihin tuli latvaan myös karsimatonta puuta, joka erotettiin karsitusta osasta punaisella maalirenkaalla ja jota osaa ei sorvattu kokeissa. Jokainen vaneritukki maalattiin punaisella värillä toisesta tai molemmista päistään. Puiden tuntemiseksi myöhemmässä vaiheessa lyötiin jokaisen tukin molempiin päihin juokseva numero numerovasaralla.

Kuljetus tehtaalle pyrittiin järjestämään mahdollisimman nopeasti kaadon jälkeen. Kuljetusaika vaihteli muutamasta päivästä pariin viikkoon. Ainoastaan yhdessä tapauksessa (n:o 7) oli välttämätöntä käyttää uitto-kuljetusta, mikä sekin tapahtui juuri ennen vesien jäätymistä ja kesti vain muutaman päivän ajan. Muut erät kuljetettiin kokonaan maitse. Täten päästiin mahdollisimman pieneen kuljetushukkaan, ja kuljetus- sekä varastointiviat jäivät miltei kokonaan pois. Mainittakoon kuitenkin, että erä n:o 4 joutui yleislakon vuoksi olemaan kolme viikkoa tehtaan haudonta-altaassa, mikä aiheutti hieman ruskettumisvikoja.

3. Koesorvaukset

Valitut puut sorvattiin talven 1955—56 kuluessa seuraavilla vaneritehtailla:

Saastamoisen Faneri OY, Kuopio (erät 2 ja 7)
 OY Wilh. Schauman AB, Joensuu (erä 3)
 Viiala OY, Viiala (erät 1, 5 ja 6)
 Enso-Gutzeit OY, Parviaisen tehtaait, Säynätsalo (erä 4)

Nämä tehtaait osoittautuivat koesorvauksiin soveliaimmiksi kuljetusmatkan lyhyiden tai muiden seikkojen vuoksi.

Eri tehtaitten yleiset katkomisohjeet pyrkivät kaikki samaan päämäärään, mahdollisimman suureen hyötysuhteeseen ja hyvään laatujuakaantumaan. Tämän saavuttamiseksi suorat ja paksut tyvet katkotaan pitemmiksi ja mutkaiset, oksaiset rungon osat joskus hyvinkin lyhyiksi sorvipöilleiksi. Tällöin pyörityshäviöt sorvilla pienenevät ja hyötysuhde kasvaa. Samoin pyritään katkomisessa ottamaan huomioon tukkien pituudet siten, että kokonaispituudesta menee mahdollisimman vähän hukkaan sorvauskelpoiseksi liian lyhyinä pätkinä. Katkomishäviö vaihtelee 0—10 %:iin, ja on R i n t e e n (1944) mukaan keskimäärin 5—6 %.

Esillä olevan tutkimuksen puitteissa katsottiin aiheelliseksi rajoittaa ainoastaan yhteen pituuteen, joksi valittiin 64" (63—65), koska saatavissa oleva tutkimusaineisto oli liian pieni useampaan pituuteen. Myös käytännölliset seikat vaativat tällaista järjestelyä. Tämän takia jouduttiin poikkeamaan jossakin määrin tehtaitten omista katkomisohjeista, sillä oli välttämätöntä saada tutkimuksen kohteeksi tulevia 64" pöllejä mahdollisimman paljon. Näin ollen katkottiin tukit mainitun mittaisiksi pölleiksi laatuluokkarajoista, tukin pituudesta ym. seikoista riippumatta, kuitenkin siten, että pakottavissa tapauksissa, kuten pahojen mutkien takia, otettiin leikko välistä. Se latva- tai tyvipää, josta ei enää saatu 64" pölliä, jäi tutkimuksen ulkopuolelle.

Välittömästi katkomisen jälkeen suoritettiin sorvattavien pöllien numeerointi. Tällöin ne varustettiin rungon ja pöllin järjestysnumerolla, joka merkittiin sorvipöllin toiseen päähän numerovasaralla tai väriliidulla. Väriliidulla merkittäessä saatiin kirjanpitoon suoraan pöllin järjestys, koska hautomovaihe oli jo suoritettu. Numerovasaralla merkittiin ne pöllit, jotka haudottiin vasta katkonnan jälkeen. Koska tällöin ei järjestelyvaikeuksien takia voitu lyödä pöllin päähän sen järjestysnumeroa, vaan ainoastaan tukin numero, suoritettiin pöllien järjestäminen vasta laskentatöiden yhteydessä läpimitan mukaan.

Pöllien saavuttua sorvin taakse niistä mitattiin läpimitta keskeltä sentin tarkkuudella. Lisäksi suoritettiin tässä vaiheessa pöllien laatuluokitus ja merkittiin vika, jonka vuoksi pölli mahdollisesti joutui alempaan laatuluokkaan. Pöllien laatuluokitus suoritettiin yleisiä, Keskusmetsäseura Tapion ja Koivukeskuksen hyväksymiä laatuluokitusohjeita käyttäen, jotka on esitetty taulukossa 7. Luokitusohjeista poikettiin kuitenkin siten, että suuria, selvästi

Taulukko 7. Vanerikoivujen laatuluokitusohjeet Koivukeskuksen mukaan.
 Table 7. The grading instructions for veneer birches by Koivukeskus.

Peruste	I lk	II lk	III lk
Pölkyn paksuus latvasta kuoren päältä ohuimmalta puolen vähintään	8"	7"	6"
Oksia 6 jalan pituudella	Vian enimmäismäärä		
— tuoreita	Ei	5 kpl 1"	7 kpl 2". Ei kiehkurassa
tai vaihtoehtoina niistä	Ei	2 kpl 3/4"	2 kpl 1 1/2"
— joko kuivia	Ei	Ei	2 kpl 1"
— tai lahoja			
Lenkoutta 6 jalan pituudella pienimmästä läpimitasta	5 %	10 %	20 %
Soikeutta samalta mittauskohdalta otetun suurimman ja pienimmän läpimitan erona pienimmästä laskettuna	10 %	15 %	20 %
Oksankyhyjä	Ei	Sallitaan	Sallitaan
Kovapohjaisia koroja, rosoja yms.	Ei	Yhdellä puolella 1/2" syviä	Yhdellä puolella 1" syviä
Tuoheamisvikoja	Ei	Ei	3' pitkiä
Pehmeätä lahoa	Ei	Ei	Ei
Suoria halkeamia	Ei	Ei	Sallitaan
Värivikaa:	Kovaa, värillistä puuta saa poikkileikkauksen keskustassa olla vain sen verran, ettei se ulotu keskipisteestä mihinkään suuntaan pitemmälle kuin 1/4 säteestä, kuorta huomioon ottamatta.		

havaittavia oksankyhyjä sallittiin vain III laatuluokassa (vrt. Heiskanen 1957). Laatuluokkaa määritettäessä ei myöskään otettu läpimittaa huomioon, vaan luokituksessa kiinnitettiin huomiota vain puussa esiintyviin vikaisuuksiin. Sorvauksen aikana mitattiin pöllin paksuus myös silloin, kun ensimmäinen oksa tuli näkyviin.

Pölleistä saadun viulun lajittelussa noudatettiin kunkin tehtaan omia laatuluokitustapoja. Lajittelun suoritti tehtaan oma, kokenut työntekijä. Tämä tosin aiheutti eroja eri tehtaitten lajittelutulosten välille, mutta on havaittu, että erot ovat selviä vain A:n ja B:n välisessä rajassa sekä väliviulun ylärajassa. Selvimmin erosi Viialan lajittelutapa muiden tehtaiden käyttämistä tavoista. Siellä sallittiin parhaissa laaduissa enemmän värivikoja kuin muualla. Oksaisuuteen nähden lajittelu oli sitä vastoin kaikilla tutkimuspai-koilla suunnilleen samanlainen. Sovellettu lajittelutapa on katsottu yhden miehen lajittelua paremmaksi, koska siten saadaan käytäntöä vastaavia lukuja. Myös teoreettisilla, yhdenmukaisilla laatuajakaantumilla, jotka olisi saatu käytettäessä yhtä lajittelijaa, olisi tietty mielenkiintonsa. Kun aineisto käsitellään myös metsiköittäin käytetyn menetelmän virheiden voidaan katsoa jäävän hyvin vähäisiksi.

Yleisenä perustana viilun laatuoluokituksessa voidaan esittää OY Wilh. Schauman AB:lta saatu lajitteluohje (vrt. R i n n e 1944).

- A Täysin virheetön, ei värivikaa, ei toukankuvioita.
- B Saa olla vähäisiä mustia oksia, yksi rivi 6 mm ja yksi rivi 3mm, lievää värivikaa ja vähän ruskeita juovia toukan jäljeltä sallitaan, avo-oksat kitataan, valmistusvikoja ei sallita.
- BJ Liitoskappaleista kokoonpantua, oksia saa olla 2—3 kpl 6 mm ja 3—4 kpl 3 mm, pieniä mustia oksia, lievää värivikaa ja vähän juovia sallitaan, jyrkkiä värieroja on vältettävä eri suikaleissa, avo-oksat kitataan.
- BBx Oksia saa olla: 4—5 riviä 3 mm, 2 riviä 6 mm, joku 11 mm oksa, värivikaa saa olla rajattomasti, jatkos- ja liitossaumoja ei sallita, oksat ja halkeamat kitataan.
- BB Mustat ja valkoiset oksat poistetaan paikkaamalla, liitossaumoja sekä harvoja pieniä korjattuja halkeamia sallitaan, värivikaa saa olla rajattomasti.
- WG Isoja ja pieniä, vaaleita, terveitä oksia, pieniä avo-oksia, halkeamia, tehdasteluvirheitä ja värivikaa sallitaan, liitos- ja jatkosaumoja saa olla, isommat avo-oksat voidaan paikata.

Edellisten lisäksi on käytännössä ollut laatu BBxJ, joka on liitettyä BBx-laatua. Kaikki ne viilut, jotka eivät huonoutensa takia kelvanneet mihinkään em. laatuoluokista, on merkitty väliwiiluksi (Vv). Väliwiiluja ei ole enää jaettu eri luokkiin, vaan ne on käsitelty yhtenä kokonaisuutena.

Vaneriviilun eri laatuojen hinnat eroavat toisistaan varsin selvästi, kuten tunnettua. Toisaalta on silti muistettava, että hintasuhteet vaihtelevat suhdanteesta riippuen melko herkästi, joten tietyn ajankohdan hintasuhteelluvut saattavat olla aivan virheelliset jo lyhyen ajan kuluttua. Tutkimustulokset on kuitenkin helpointa esittää lyhyesti hinnoittamalla sorvaustulokset tietyillä hintaluvuilla. Esillä olevassa tutkimuksessa on käytetty Koivukeskuksen (1953) suorittaman tutkimuksen mukaisia arvoja, jotka ovat seuraavat, kun BB-laadun arvoa merkitään suhdeluvulla 100. Ne kuvaavat sorvaustuloksen puuaineen arvoja toisiinsa verrattuina.

Viillalaatu <i>Veneer grade</i>	Arvoluku <i>Value index</i>
A	564
B	314
BJ	174
BBx	168
BBxJ	168
BB	100
WG	91
Vv	68

Asetelmassa on BBxJ- laadulle saatu todennäköisesti jonkin verran liian korkea arvo, mutta se ei vaikuttane lopullisiin tuloksiin merkittävästi, koska mainitun laadun osuus viulun laatujaakaantumassa on sangen vähäinen.

Lajitteluohjeita ei tutkimuksen luonteesta johtuen katsottu asialliseksi noudattaa kaikin kohdin aivan kirjaimellisesti. Kaikki kuljetuksessa ja käsittelyssä syntyneet viat, samoin kuin sorvattaessa syntyneet ns. valmistusvirheet jätettiin huomioon ottamatta. Tämä tosin johtaa käytännön kannalta liian hyvään laatujaakaantumaan, mutta tutkimuksen kannalta oli tärkeätä selvittää vain kasvun aikana syntyneet viat, eikä ensinkään viallisista tai virheellisistä työvälaineistä tai -menetelmistä syntyneitä vikaisuuksia.

Karsimisesta syntyneitä vikaisuuksia pyrittiin selvittämään myös viuluja tutkimalla. Tätä tarkistusta varten otettiin viallisista viuluista runsaasti valokuvia, jotka kuvaavat erittäin hyvin esiintyneitä vikoja.

4. Tutkimusaineisto

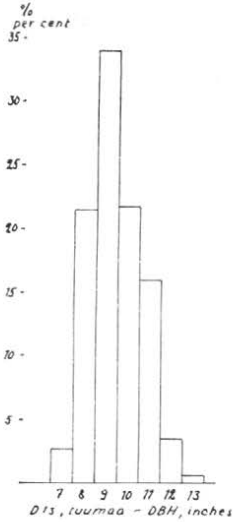
Tutkimusaineisto sisälsi kaikkiaan 312 rungon karsitut osat. Tietoja näiden runkojen mitoista on esitetty taulukossa 8 näyte-erien keskiarvoina. Koko aineiston jakaantuminen rinnankorkeusläpimittaluokkiin nähdään piirroksesta 1.

Metsiköissä oli noudatettu sangen vaihtelevia karsimistapoja. Metsikössä n:o 1 oli karsittu vain kuivia, kuolleita oksia rautaa käyttäen, mutta alimmat oksat oli katkottu vesurilla. Metsiköissä n:o 2 ja n:o 3 oli käytetty lisäksi ylimpien oksien karsimisessa sahaa ja niissäkin oli karsittu vain kuolleita

Taulukko 8. Näytemetsiköiden ja niistä otettujen näytepuiden keskimääräisiä ominaisuuksia.

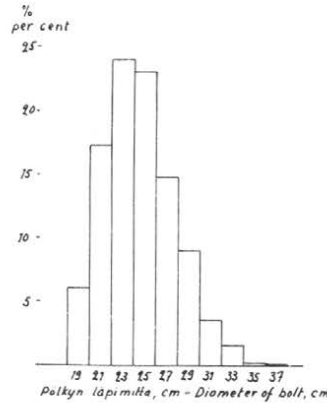
Table 8. The average characteristics of the sample stands and of the sample trees taken from them.

Näyte- erä Sample parcel	Ikä, v. Age, yrs	Metsä- tyyppi Site type	Karsi- misaika Prun- ing year	Runko- luku No. of stems	Läpimitta, tuumaa Diameter, in.		Rungon pituus, m Height, m	Kar- sittu osa, j Pruned part, ft.	Tukin pituus, j Log length, ft.	Tukin läpim., Diameter of log, in
					1.3 m	6.0 m				
1	60	MT	1930	30	9.86 11 ³ / ₄ —8	8.41 10 ¹ / ₂ —7	21.6 18.0—24.0	23.5 12—35	19.2 11—23	8.5 7—10 ¹ / ₂
2	80	MT	1930	38	9.28 12—8	8.18 9 ³ / ₄ —7 ¹ / ₄	20.1 18.0—22.5	17.3 13—23	18.4 16—23	8.3 7 ¹ / ₄ —10
3	70	MT	1932	32	9.96 11 ¹ / ₂ —8 ¹ / ₄	8.75 10 ¹ / ₂ —7 ¹ / ₄	21.8 20.0—24.0	17.3 13—20	17.0 13—20	8.9 7 ¹ / ₄ —11
4	60	OMT	1930	49	10.36 13 ¹ / ₂ —8	9.01 12 ¹ / ₂ —6 ¹ / ₂	22.7 18.5—25.5	18.2 14—32	20.4 14—23	9.4 7 ¹ / ₂ —13
5	70	MT	1931	30	9.47 12 ¹ / ₄ —7 ¹ / ₄	8.01 10 ¹ / ₄ —6	23.7 20.0—27.0	23.5 17—36	21.4 16—23	8.0 7—10 ¹ / ₄
6	70	MT	1937	50	9.53 12 ¹ / ₂ —7 ¹ / ₂	8.10 11—6 ¹ / ₂	23.5 17.0—26.5	19.0 14—32	19.5 16—22	8.2 7—12
7	60	MT	1937	83	9.97 13—8	8.66 10 ³ / ₄ —6 ³ / ₄	21.7 19.0—25.0	19.3 13—24	18.2 13—23	8.8 7—11 ¹ / ₄



Piirros 1. Koesorvausten aineiston jakaantuminen rungon rinnankorkeusläpimitan perusteella

Drawing 1. The distribution of the material of the experimental peelings on the DBH-basis



Piirros 2. Koesorvausten aineiston jakaantuminen pöllien läpimitan perusteella
Drawing 2. The distribution of the material of the experimental peelings on the basis of the diameters of the bolts

oksia. Metsikössä n:o 4 oli karsimiseen käytetty pelkästään sahaa, ja karsinta oli koskenut sekä kuolleita että eläviä oksia. Metsikössä n:o 5 oli käsitelty suunnilleen samoin kuin metsikkö n:o 1 ja metsikkö n:o 6 kuten metsiköt n:o 2 ja n:o 3. Metsikössä n:o 7 oli käytetty pelkästään sahaa; ja siellä oli karsittu sekä kuolleita että eläviä oksia.

Kuten jo aikaisemmin on selostettu, on tutkimus rajoitettu koskemaan vain 64" sorvipöllejä. Taulukkoon 9 on merkitty pöllien lukumäärä ja keskimääräinen paksuus ja piirroksesta 2 nähdään aineiston jakaantuminen läpimittaluokittain.

Vertailun vuoksi on taulukossa esitetty myös J a l a v a n (1938) ja Koivukeskuksen (1953) aineistojen vastaavat tiedot, sikäli kuin niitä on ollut saatavissa. J a l a v a n aineisto tosin koskee 53" sorvipöllejä, mutta ne lienevät ainakin tässä vaiheessa vielä suoraan verrattavissa tämän tutkimuksen vastaaviin tietoihin. Koivukeskuksen aineistosta on mainittu vain se osa, joka koskee 64" sorvipöllejä. Verrattaessa edelläoleviin kolmen eri tutkimuksen sorvattua pöllimäärää havaitaan, että J a l a v a n aineisto on ehdottomasti suurin. Sen sijaan tämän tutkimuksen pöllimäärä on jonkin verran suurempi kuin Koivukeskuksen 64"-pöllien aineisto.

Taulukosta nähdään myös, että eri vaneritehtailla sorvattiin vain 60—80 % tehdyistä pölleistä, s.o. 64"-pöllien osuus kaikista pölleistä oli tämä. Tällöin ovat kysymyksessä kappale- eivätkä kuutio- tai viilumäärät. Sor-

Taulukko 9. Sorvattujen pöllien lukumäärä ja mitat näyte-erittäin.

Table 9. The number and measurements of the logs peeled, by sample items.

Näyte-erä Sample parcel	Runkoja, kpl No. of stems	Sorvipöllejä — Peeling bolts			Sorvipölkyn keskim. läpim. cm Aver diameter of bolt, cm
		Tehty, kpl Made	Sorvattu — Peeled		
			kpl bolts	% tehdyistä % of made	
1	30	110	89	81.0	23.9
2	38	139	86	61.9	23.0
3	32	117	71	60.7	24.3
4	49	182	141	77.5	25.6
5	30	128	95	74.2	22.4
6	50	195	157	80.5	23.1
7	83	301	190	63.1	24.5
Yht/keskimäärin.	312	1 172	829	70.7	23.9
Jalava (1938)			4 500		..
Koivukeskus (1953)			615		24.9

vattujen pöllien osuus kuutiomäärästä on huomattavasti suurempi. Kun oletetaan katkaisuhäviö 5 %:ksi, joka vastaa suunnilleen Koivukeskuksen (1953) tutkimuksen keskimääräistä katkaisuhäviötä 5.14 % (4.42—7.59 %), saadaan näytesorvaukseen kuulumattomien pöllien keskipituuksiksi näyte-erittäin sorvattujen pöllien lukumäärää ja tukkien pituutta perustana pitäen: 1. 41", 2. 45", 3. 36", 4. 28", 5. 40", 6. 25", 7. 43". Näiden lukujen avulla voidaan laskea, että karsittujen osien pituudesta sorvatut pöllit muodostavat seuraavat sadannekset: 1. 86.9 %, 2. 69.8 %, 3. 73.3 %, 4. 88.7 %, 5. 82.1 %, 6. 91.4 %, 7. 71.8 %.

Koska sorvatut pöllit muodostavat kaikilla tutkimuspaikoilla n. 70 % tai enemmän karsitun osan pituudesta, voidaan aineiston katsoa kuvaavan hyvin koko karsitun osan laatua. Niiden osuudet kuutiomäärästä ovat samaa suuruusluokkaa, todennäköisesti hieman suuremmat.

Koesorvauksen yhteydessä ei pyritty selvittämään lainkaan hyötysuhdetta, vaan myös tässä kohdin on nojaututtava muihin tutkimuksiin. Tämän vuoksi ei myöskään tukkeja, sorvipöllejä, sorvaustulosta eikä purilaita kuutioitu. Aineiston ollessa melko pieni eri näyte-erissä ei aivan kaikkia seikkoja ole voitu tutkia, vaan ne on täytynyt jättää mahdollisesti suoritettavien erillisten tutkimusten varaan.

5. Tutkimuksen tulokset

51. Sorvaustulos rungon läpimittaluokittain

Rungon rinnankorkeusläpimitta lienee se tunnus, joka on metsässä helpoimmin määritettävissä. On senvuoksi mielenkiintoista tutkia karsittujen puiden sorvaustulosta tämän tunnuksen puitteissa. Taulukosta 10 onkin

Taulukko 10. Karsitun osan sorvaustuloksen arvoluvun riippuvuus rinnankorkeusmitasta.

Table 10. The dependence upon DBH of the value index of the peeling outcome of the pruned part.

Näyte-erä Sample parcel	Rinnankorkeusläpimitta, tuumaa — DBH, inches						
	7	8	9	10	11	12	13
	Arvoluku (BB = 100) — Value index (BB = 100)						
1	290	207	168	138	198	..	..
2 .....	..	178	173	190	160	..	..
3 .....	..	170	166	162	192	..	..
4 .....	..	182	162	164	195	223	280
5	190	171	171	168	133	190	..
1930—32 keskim. - 1930—32 aver.	215	182	168	163	186	215	280
6	145	144	138	185	175	158	..
7 .....	..	190	140	166	162	140	270
1937 keskim. - 1937 aver.	145	167	139	171	165	149	270
Keskimäärin - Average	180	175	157	167	178	171	275

nähtävänä rinnankorkeusläpimittaluokkien keskimääräiset sorvaustuloksen arvoluvut näyte-erittäin. Ne on laskettu sivulla 35 esitettyä arvolukusarjaa ja ao. läpimittaluokan sorvaustuloksen laatujaakaantumaa käyttäen. Näkyviin on merkitty myös viiluluvulla punnitut keskiarvot koko aineistosta.

Taulukossa 10 esitetyistä keskiarvoista voidaan havaita, että sorvaustuloksen arvo laskee aluksi suurempiin läpimittoihin mennessä. Tämä suunta on v. 1937 karsituissa erissä verrattain epäselvä, mutta vv. 1930—32 karsitujen puiden keskiarvoissa se on hyvin selvänä nähtävissä. Alhaisimmillaan sorvaustuloksen arvo on 9—10" kohdalla ja alkaa senjälkeen nousta. Arvon aleneminen johtuu siitä, että kaadettaessa pienimmät puut ovat olleet pienimpiä myös karsimisaikana. Niissä jää karsimaton osa suurimmaksi osaksi purilaaseen. Suuremmat rungot ovat sitä vastoin olleet jo karsimisaikana melko paksuja, joten suuri osa viiluista on saatu puun karsimattomasta sisäosasta. Tosin suurista puista on saatu määrältään enemmän A- ja B-viiluja kuin pienistä, mutta suhteellisesti niiden osuus on vähäisempi. Alkuperäiset sorvaustuloksen laatujaakaantumukset, jotka säilytetään Metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian osastossa, osoittavat myös, että suurista rungoista saadut oksaiset viilut ovat yleensä huonompia laadultaan kuin pienistä rungoista saadut. Suuret rungot ovat siis olleet karsimisaikana paksumpioksaisia kuin pienet.

Tarkasteltaessa alkuperäisiä lukuja karsimisen kannattavuutta silmälläpitäen voidaan kuitenkin todeta, että yleensä saavutettu tulos on ollut suuremmissa läpimittaluokissa edullisin. Voidaan näet olettaa, että BB- ja

väliviilut on saatu karsimista edeltäneeltä ajalta ja yleensä niiden suhde toisiinsa on epäedullisin suuremmissa luokissa. Niistä on saatu väliviilua BB-viiluun verrattuna enemmän kuin pienistä luokista. Suuria puita karsittaessa on siis puun laatu parantunut suhteellisesti eniten.

Korostettakoon, että näin on täydellä varmuudella asianlaita vain tässä aineistossa, jossa pienet puut kuuluvat tai ovat kuuluneet vallittuihin latvuseroksiin. Vaikka metsiköt valittiinkin siten, että puut kuuluivat yleensä ja pääasiassa vallitseviin latvuseroksiin, ei voitu välttää muutamien vallittujen puiden tuloa aineistoon.

Taulukosta 10 ilmenee, että 10" jälkeen sorvaustuloksen arvo alkaa jälleen nousta suurempiin läpimittoihin mentäessä. Tämä johtunee siitä, että nämä puut ovat jo karsittaessa olleet syystä tai toisesta verrattain oksattomia. Tärkein seikka on kuitenkin se, että näihin läpimittaluoikiin kuuluvat puut ovat varmasti päävaltapuita ja siten huomattavasti nopeakasvuisempia kuin pienemmät rungot. Niihin on siis ehtinyt muodostua riittävästi oksatonta puuta karsimisen ansiosta. Taulukon keskiarvoista nähdään myös, että vv. 1930—32 karsittujen puiden arvo on selvästi suurempi kuin v. 1937 karsittujen näytepuiden sorvaustuloksen arvo.

Esitettyjen tutkimustulosten perusteella voidaan tehdä päätelmä, että karsiminen on suoritettava riittävän aikaisin, jolloin puut ovat vielä kooltaan pieniä (vrt. L ö f 1931, L a p p i - S e p p ä l ä 1934, H e i k i n h e i m o 1935, 1953, B a r t h 1945, A p p e l r o t h 1949). Jotta koko sorvattava osa saataisiin mahdollisimman oksattomaksi olisi karsiminen suoritettava jo puiden ollessa 2—3" paksuisia (vrt. N y l i n d e r 1952). Asia on erikseen, kannattaako näin pienien puiden karsiminen sillä niissä ei voida käsitellä koko 16—20 jalan pituista karsittavaksi tulevaa osaa yhdellä kerralla, vaan karsiminen tulee suoritettavaksi useammassa vaiheessa. Lisäksi joudutaan pieniä puita karsimaan huomattavasti suurempi määrä kuin isompia puita, jotta voitaisiin olla varmoja riittävästä karsitusta runkomäärästä metsikön saavuttaessa hakkuukypsyden.

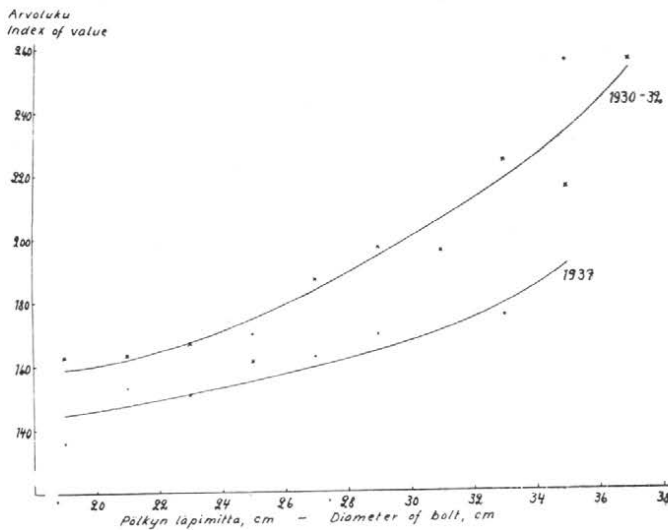
52. Sorvaustulos pöllin läpimitalluokittain

Sorvipöllin läpimitan vaikutus sorvaustuloksen laatuun on esitetty taulukossa 11. Siitä nähdään sorvaustuloksen arvoluvut näyte-erittäin.

Taulukosta 11 ilmenee, että yleensä ja keskimäärin sorvaustuloksen arvo nousee pöllin läpimitan suuretessa. Eri aikoina karsittujen puiden piirroksista 3 nähtäviä arvolukuja tarkasteltaessa havaitaan, kuten edelläkin, että vv. 1930—32 karsittujen puiden arvo on selvästi suurempi kuin v. 1937 karsittujen puiden arvo.

Taulukko 11. Pöllin läpimitan vaikutus sorvaustuloksen arvoon.
 Table 11. The effect of the diameter of the log upon the value of peeling outcome.

Näyte-erä Sample parcel	Pölkyn läpimita, cm — Bolt diameter, cm									
	18—19	20—21	22—23	24—25	26—27	28—29	30—31	32—33	34—35	36—37
	Arvoluku (BB = 100) — Value index (BB = 100)									
1	140	178	139	171	155	201	162	255	..	..
2	135	156	170	171	191	170	..	..	..	..
3	125	162	168	162	194	178	235	..	..	..
4	105	171	166	157	190	207	193	231	215	255
5	179	153	183	145	200	185	..	155	..	..
1930—1932 keskim. — 1930—1932 aver.	162	163	167	161	187	196	195	223	215	255
6	136	139	147	187	149	148	127	208	..	..
7	135	171	150	155	154	177	185	125	255	..
1937 keskim.—1937 aver.	136	153	150	170	152	170	163	175	255	..
Keskimäärin — Averaged	151	159	160	165	172	186	181	203	235	255



Piirros 3. Sorvaustuloksen arvon (BB=100) riippuvuus pöllien läpimitasta vv. 1930—32 ja v. 1937 karsituissa näyte-erissä

Drawing 3. The dependence of the value of the peeling outcome (BB=100) on the diameter of the bolt in the sample items pruned during the years 1930—32 and in 1937

Pöllin läpimitan vaikutus poikkeaa siis huomattavasti rungon läpimitan vaikutuksesta. Siinä on kuitenkin kysymys eri asiasta kuin rungon läpimitoissa, mikä ilmenee tutkittaessa pöllin aseman vaikutusta sorvaustuloksen arvoon, joka on esitetty taulukossa 12.

Taulukko 12. Pöllin aseman vaikutus sorvaustuloksen arvoon.
 Table 12. The effect of the position of the log upon the value of peeling outcome.

Näyte-erä Sample parcel	1. pölli 1. st. bolt	2. pölli 2. nd bolt	3. pölli 3. rd bolt	4. pölli 4. th bolt
	Arvoluku (BB = 100) — Value index (BB = 100)			
1	164	204	143	83
2	186	164	143	95
3	168	186	146	133
4	209	186	146	133
5	190	158	181	135
1930—32 keskim. — 1930—32 aver. ...	183	184	139	120
6	140	166	164	110
7	167	163	146	143
1937 keskim. — 1937 aver.	157	164	156	125
Keskimäärin — Averaged	171	177	152	122

Keskimääräisistä luvuista voidaan nähdä, että rungon toinen 64"-pölli tyvestä lukien on ollut sekä vv. 1930—32 että v. 1937 karsituissa puissa sorvaustuloksensa arvolta paras. Tämä johtuu siitä, että tyvipölliissä on monesti erilaisia pintavioittumia ja lahoa, jotka aiheuttavat viulun laadun alenemista. Lisäksi ruskotäpläkärpäsen värilliseksi saastuttamaa puuta on tyviosissa enemmän kuin ylempänä puussa (K a n g a s 1935, H e i s k a n e n 1957). Kolmas ja neljäs pölli ovat edellisiä huomattavasti huonompia.

Tutkittaessa karsimisen vaikutusta laatuun onkin päähuomio kiinnitettävä näihin ylempiin pölliin, sillä ne ovat varmasti karsittuja. Sitä vastoin puun tyviosia on saattanut olla karsiutunut jo aikaisemmin, siis ennen karsimista, mikä seikka osaltaan aiheuttaakin alimpien pölliin laadun paremmuuden ylempiin pölliin verrattuna. Se ilmenee myös eri asemassa olevien pölliin laatuluokkajakaantumisesta, joka nähdään seuraavasta asetelmasta.

Laatu- luokka Bolt grade	Pöllin asema — Bolt number from the butt			
	1.	2.	3.	4.
I	35	36	26	17
II	60	62	71	83
III	5	2	3	—

Toinen tekijä, joka on aiheuttanut ylempänä olevien pölliin huonommuuden on se, että karsittavat oksat suurenevat ylöspäin mentäessä. Niihin jää pitempi tynkä ja niihin muodostuu pitempi tappi kuin alempaa karsituihin pienempiin oksiin (vrt. s. 14). Lisäksi on oksatutkimuksissa todettu, että karsimistyö on monesti rungon yläosissa huolimattomampaa kuin alaosissa, ja sama havainto tehtiin myös koesorvausten yhteydessä.

Vaikka ylempien pöllien sorvaustuloksen arvo on huomattavasti alhaisempi kuin lähempää tyveä otettujen pöllien sorvaustuloksen arvo, ei se osoita, että karsiminen siellä olisi huonommin kannattanut. Ylemmät pöllit olisivat näet myös karsimattomina huomattavasti huonompilaatuisia kuin alemmat pöllit. Vertailua on kuitenkin mahdotonta tehdä, sillä ei ole saata- vissa vastaavia tietoja karsimattomista puista.

Nämä laskelmat osoittavat, että pöllin läpimitan vaikutus sorvaus- tuloksen arvoon ei johdu kokonaan puun koosta, vaan suureksi osaksi pöllin asemasta. On kuitenkin havaittavissa, että kussakin ryhmässä s.o. tyvi-, väli- ja latvapöleissä sorvaustuloksen arvoluku nousee pöllin läpimitan lisääntyessä. Siitä ilmenee, että karsitun puun arvon kohoamiseen vaikut- taa myös sorvipöllin läpimitan suureneminen.

53. Karsimisen jälkeisen paksuuskasvun vaikutus sorvaustulokseen

Karsimisen jälkeinen paksuuskasvu on tärkein tekijä, joka vaikuttaa sorvaustuloksen laatuun. Sen perusteella on mm. L a p p i - S e p p ä l ä (1933 a) tehnyt laskelmia eri vahvuisten oksattomien osien osuudesta rungon kuutiosta ja niiden käyttöarvosta. Hän esittää, että oksaton pintaosa muo- dostaa, purilaan läpimitan ollessa 4", muutamissa tuumaluokissa seuraavan osuuden käyttöpuusta.

Puun läpimitta, tuumaa <i>Diameter of bolt, in.</i>	Vaipan vahvuus, tuumaa — <i>Thickness of mantle, in.</i>					
	½	1	1½	2	2½	3
	% kuutiosta, — <i>per cent of volume</i>					
7	39	73	100	.	.	.
8	31	58	81	100	.	.
9	26	49	69	87	100	.
10	23	43	61	76	89	100
11	20	38	54	69	81	91
12	18	34	49	62	74	84
13	16	31	45	58	69	78

Juuri näiden teoreettisten lukujen perusteella on usein ajateltu, että kaikki karsimisen jälkeen syntyvä puu on täysin virheetöntä. Edellä esi- tetyt oksatutkimukset ovat kuitenkin osoittaneet, ettei tällainen olettamus pidä paikkaansa. Onkin mielenkiintoista tutkia, millaisia eroja on todel- listen ja em. teoreettisten oksattoman puun osuuksien välillä.

Laskelmaa tehtäessä on määritetty koko tutkimusaineiston läpimitat puun paksuuskasvun luokittain ja niistä on vähennetty kuoren osuutena 12 % (J a l a v a 1938). Kuorettoman läpimitan ja karsimisen jälkeisen paksuuskasvun avulla on laskettu teoreettinen oksattoman puun osuus käyttöpuusta olettamalla purilaan vahvuudeksi 3½". Paksuuskasvu lasket- tiin karsitun osan latvapäästä kaatoajan ja karsimisajan läpimittojen erona.

Todellista oksattoman viilun määrää laskettaessa on oksattomaksi laskettu A-, B- ja BJ-viilut, joiden osuus on määritetty rungon paksuus- kasvun mukaan erotetuissa luokissa. Laskelmassa on siis myös B- ja BJ-viilut luettu oksattomiksi, jota ne ovatkin suureksi osaksi, vaikka niissä sallitaankin joitakin oksia. Yleensä kuitenkin muut viat, kuten ruskotäpläkärpäsen toukanjuovat tai oksien päähän muodostuvat tapit ovat B- ja BJ-viiluissa laatua määräävinä tekijöinä. Vain perin harvinaisissa tapauksissa näissä laaduissa esiintyy todella oksia.

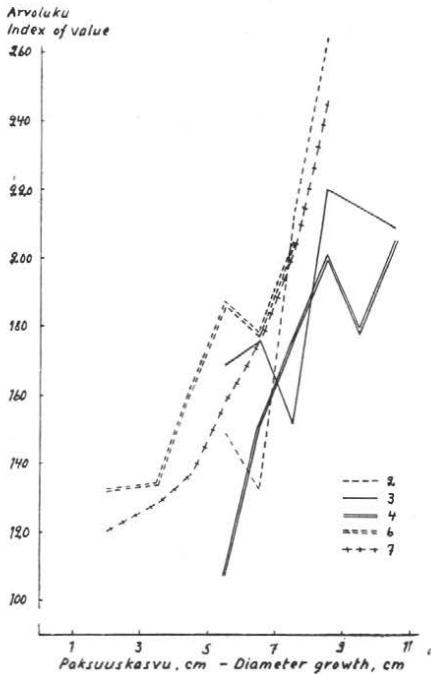
Laskelmat osoittavat, että oksattoman (A, B, BJ) viilun osuus on eri paksuuskasvu- luokissa seuraava.

Paksuuskasvu, cm <i>Increment, cm</i>	A, B, BJ % <i>per cent</i>	Tod. oksaton osa, % teo- reettisestä <i>A, B and BJ in per cent of theor. maximum of knotless veneer</i>
< 4.0	14.2	43.8
4.1—6.0	21.0	41.2
6.1—8.0	32.2	50.1
8.1—10.0	37.3	50.7
> 10.1	45.7	56.4

Asetelma osoittaa, että käytännössä oksattoman viilun osuus on huomattavasti pienempi kuin teoreettiset laskelmat osoittavat. Sen osuus teoreettisesta maksimista on vain n. 40—60 %, joka siis voidaan käytännössä saavuttaa.

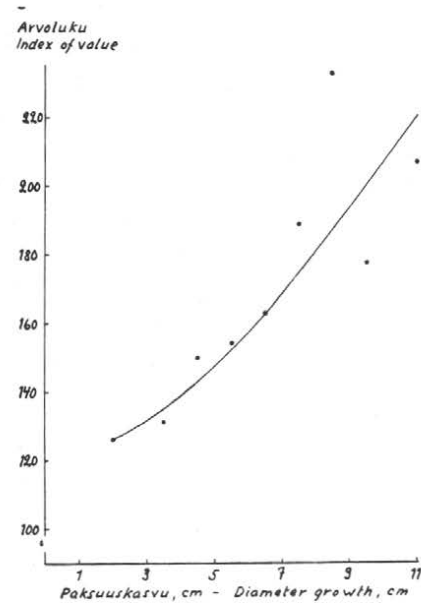
Syyt, jotka tähän vaikuttavat, ovat monet. Ensinnäkin on vielä korostettava sitä seikkaa, että virheetöntä puuta ei ala muodostua heti karsimisvuoden vuosiluston ulkopuolelle. Puissa esiintyy myös oksaisuudesta riippumattomia vikoja laatua alentavina tekijöinä, ja niitä ei voida poistaa karsimalla. Päinvastoin karsiminen saattaa aiheuttaa joitakin vikaisuuksia lisää (ks. s. 55). Saattavatpa joskus muutamat oksat jäädä kokonaan karsimatta, kuten on mainittu.

Teoreettisia arvoja laskettaessa on myös unohdettu pyörityshäviö. Se on leikkurijätteet mukaanluettuna J a l a v a n (1938) mukaan eri kokoisissa I ja II luokan pölkyissä seuraavaa suuruusluokkaa: 7—8" 18—25 %, 9—10" 20—27 %, > 11" 22—35 %. Myös näissä näytesorvauksissa, joissa puut vastaavat laadultaan lähinnä I luokkaa tai hieman sitä huonompaa, pyöritys- ja leikkurihäviö lienee ollut samaa suuruusluokkaa. Arvona voidaan pitää n. 20—25 %. Kun se vähennetään teoreettisista oksattoman viilun osuuksista nähdään, että todellisuudessa karsittuja puuta sorvattaessa saadaan oksatonta tai lähes oksatonta viilua n. 50—75 % teoreettisesta maksimista.



Piirros 4. Sorvaustuloksen arvon (BB=100) riippuvuus puun karsimisen jälkeisestä paksuuskasvusta eri näyte-erissä

Drawing 4. The dependence of the value of the peeling outcome (BB=100) on the diameter growth since the pruning, in the different sample items



Piirros 5. Sorvaustuloksen arvon (BB=100) riippuvuus puun karsimisen jälkeisestä paksuuskasvusta. Tasoitetut keskiarvot

Drawing 5. The dependence of the value of the peeling outcome (BB=100) on the diameter growth since the pruning. Smoothed averages

Asetelmasta havaitaan myös, että A-, B- ja BJ-viilujen osuus kasvaa nopeasti karsimisen jälkeen muodostuneen puun paksuuden lisääntyessä. Tulos on luonnollinen ja se ilmenee myös piirroksissa 4 ja 5 esitettyistä sorvaustuloksen arvoluvuista.

Eri näyte-erien kohdalla on havaittavissa melko suuriakin epätasaisuuksia (piirros 4), mutta kaikissa sorvaustuloksen arvo nousee keskimäärin karsimisen jälkeen muodostuneen puun vahvuuden lisääntyessä. Nämä tulokset osoittavat, että karsitut puut olisi kasvatettava väljässä tilassa, jotta niiden paksuuskasvu saataisiin nopeaksi (vrt. esim. Appelroth 1949, Heikinheim 1953). Kun oksattoman puun paksuus on niin tärkeä tekijä, ei karsimista ole syytä harjoittaa muuta kuin hyvillä kasvupaikoilla, joilla on olemassa edellytykset oksattoman pintakerroksen kannattavaan kasvattamiseen. Lisäksi on huomattava, että suoritettaessa karsiminen nuorella iällä puiden kasvukyky on parhaimmillaan. Puut ovat silloin ohuita, kuten myös oksat, mikä sekin on edullista karsimistuloksia ajateltaessa.

54. Karsitun puun laatuluokitus

541. Pölliin laatujakaantuma

Laatuluokitus on alunperin tarkoitettu osoittamaan vain luontaisesti karsituneiden puiden laatua. Kun kuitenkin tiedetään, että oksankyhyt osoittavat lehtipuiden sisäisen oksaisuuden verraten hyvin, kuten M a y e r - W e g e l i n (1929) on tutkimuksellaan näyttänyt, voitaneen oksankyhyjen ja muiden karsitussa puussa esiintyvien vikojen perusteella tehdä havainnot puun laadusta. Jokaisella vaneritehtaalla luokitettiin pöllit taulukossa 7 (s. 34) esitettyjen luokitusohjeiden perusteella. Luokkaa määritettäessä otettiin huomioon vain puun pinnalle näkyvät, ulkoiset vikaisuudet. Myös läpimitta jätettiin huomioon ottamatta, sillä sen vaikutus estäisi näkemästä todellisten vikaisuuksien vaikutusta, siis puiden todellista laatua.

Taulukossa 13 on esitetty tutkimuserien laatuluokkajakaantumat.

Taulukko 13. Koepölliin laatuluokkajakaantuma.

Table 13. The grade distribution of the sample logs.

Näyte-erä Sample parcel	Pöllejä kpl No of bolts	Laatuluokka — Grade			Yht. Total
		I	II	III	
		%			
1	89	51.7	44.9	3.4	100.0
2	86	19.8	76.7	3.5	100.0
3	71	32.4	64.8	2.8	100.0
4	141	52.5	45.4	2.1	100.0
5	95	43.2	51.5	5.3	100.0
1930—32 keskim. — 1930—32 aver.	482	39.9	56.7	3.4	100.0
6	157	19.1	77.1	3.8	100.0
7	190	19.5	77.4	3.1	100.0
1937 keskim. — 1937 aver.	347	19.3	77.3	3.4	100.0
Yht/keskimäärin — Total/averaged	829	34.0	62.6	3.4	100.0

Taulukosta nähdään, että eri näyte-erissä jakaantumat poikkeavat verraten paljon toisistaan I ja II luokkiin nähden, mutta III luokan osuus on kaikissa häviävän pieni. V. 1937 karsituissa näyte-erissä n:o 6 ja n:o 7 I luokan osuus on keskimäärin 19.3 % ja selvästi pienempi kuin vv. 1930-32 karsittujen näyte-erien keskiarvoinen osuus 39.9 %. Näyte-erä n:o 2, joka on karsittu jo v. 1930, on laatuluokkajakaantumiseltaan melko heikko, koska tässä metsikössä puut olivat melko lenkoja ja mutkaisia. Metsikön väljyys ei myöskään ollut riittävä. Tästä poikkeuksesta huolimatta voidaan siltäkin todeta, että karsittujen koivujen laatujakaantuma paranee puiden vanhetessa, s.o. puut ovat ulkoisilta laatuomaisuuksiltaan sitä parempia, mitä pitempi aika karsimisesta on kulunut.

Jos läpimitta olisi otettu huomioon laatuluokkaa määritettäessä, olisi laatujakaantuma muuttunut hieman epäedullisemmaksi eli suunnilleen seuraavaksi: I 30 %, II 66 %, III 4 %.

Verrattaessa taulukossa 13 esitettyjä laatuluokkajakaantumia karsimattomien koivujen laatuluokista saataviin tietoihin, havaitaan erittäin selvät erot. Heiskasen (1957) on esittänyt seuraavan jakaantuman kovien maiden koivikoista: I 3.5 %, II 65.5 %, III 31.0 %.

Muissa yhteyksissä esitetyt sarjat poikkeavat tästä sillä tavoin, että I ja III luokan osuus on yleensä suurempi ja II luokan vastaavasti pienempi kuin edellä on esitetty (Jalava 1938, Lehonkoski 1949, Sarvas 1951, Koivukeskus, Iivessalo 1956). Näistä sarjoista mainittakoon tyypillisenä koivujen keskimääräinen laatuluokkajakaantuma Suomen eteläpuolisessa valtakunnan metsien III arvioinnin mukaan: I 16 %, II 42 %, III 42 %

Luokitusperusteet ovat esillä olevassa työssä ja Heiskasen (1957) tutkimuksessa olleet samanlaiset, joten niiden tarkastelu antaa parhaan kuvan karsitun ja karsimattoman koivun laatuluokista toisiinsa verrattuina. Nähdään, että tässä tutkimuksessa käsiteltyjen karsittujen koivujen karsitun osan I laatuluokan osuus on lähes 10 kertaa niin suuri kuin karsimattomissa puissa ja III luokan osuus vain 1/10 karsimattomien koivujen III luokan osuudesta. Ulkoisilta laatuomerkiltään ovat karsitut koivut siis huomattavasti parempia kuin karsimattomat koivut.

Karsitut koivut eroavat laatuluokkajakaantumisen lisäksi myös laatua alentaneiden vikojen kannalta karsimattomista. Taulukosta 14 ilmenee, että karsittuja pöllejä II laatuluokkaan vieneinä vikoina esiintyvät vain oksan-

Taulukko 14. Eri vikojen osuus pölkköjen laatuluokan alentajana.

Table 14. The importance of different defects in lowering the grade.

Näyte-erä Sample parcel	Vika — Defects							Yhteensä Total
	Oksan- kyhmyt Knot bumps	Lenkous ja mutkat Sweep and crook	Korot Scars	Soikeus Ovalness	Halke- amat Shakes	Oksat Knots	Laho ja tuohemat Decay	
%								
II laatuluokka — Grade II								
1	61.2	38.8	—	—	—	—	—	100.0
2	51.5	45.5	—	3.0	—	—	—	100.0
3	50.0	48.9	—	—	1.1	—	—	100.0
4	58.6	38.3	0.8	2.3	—	—	—	100.0
5	55.1	42.9	—	2.0	—	—	—	100.0
6	68.8	31.2	—	—	—	—	—	100.0
7	66.0	30.6	2.4	1.0	—	—	—	100.0
Yhteensä — Total	61.3	36.8	0.7	1.1	0.1	—	—	100.0
III laatuluokka — Grade III								
Yhteensä — Total	39.3	33.9	14.2	—	1.8	3.6	7.2	100.0

kyhmyt, lenkous ja mutkat. Ainoastaan hyvin harvoin korot, soikeus ja halkeamat ovat alentaneet karsittuja pöllejä II laatuluokkaan. Karsimattomissa puissa esiintyvät samat viat yleisimpinä, mutta myös näkyvät oksat alentavat niissä usein laatuluokan I:stä II:een (Heiskanen 1957).

Karsittuja III luokan pöllejä on hyvin vähän, joten niiden laatuun vaikuttaneista tekijöistä ei saada selvää kuvaa. Hyvin suuret oksankyhmyt ovat kuitenkin korojen ja mutkien ohella tärkeimmät pöllejä III laatuluokkaan vieneistä vioista. Joitakin kylestymättömiä oksiakin on esiintynyt III laatuluokkaan alentaneina tekijöinä.

Näyte-eriä vertailtaessa nähdään, että yhdenmukaisuus vikojen esiintymisessä on sangen suuri. Kuitenkin havaitaan, että mitä kauemmin puut ovat olleet karsittuina, sitä suurempi on lenkouden ja mutkien osuus laatuluokan alentajana II luokkaan. Näyte-erissä n:o 6 ja n:o 7, jotka on karsittu v. 1937, niiden osuus on vain n. 30 %, mutta muissa, vv. 1930—32 karsituissa erissä keskimäärin yli 40 %. Voidaankin päätellä, että jos karsimisesta on kulunut riittävän pitkä aika, vain oksaisuudesta riippumattomat viat alentavat karsittujen puiden laatuluokkaa.

Tarkasteltaessa oksaisuuteen liittymättömiä vikaisuuksia, voidaan ne jakaa kahteen ryhmään, sellaisiin, jotka ovat esiintyneet jo karsimisaikana ja sellaisiin, jotka ovat syntyneet myöhemmin. Mutkat, lenkous ja soikeus on luettava edellisiin ja muut jälkimmäisiin.

Tuloksista voidaan havaita, että puihin syntyy vikaisuuksia myös karsimisen jälkeen ja siitä riippumatta. Tällaisia vikoja, koroja ja halkeamia on esiintynyt 0.8 %:ssa II luokan ja 23.2 %:ssa III luokan pölleistä. Kaikista tutkituista pölleistä karsimisen jälkeen syntyneitä vikoja sisältävien kappaleiden osuus on vain 1.3 %. Näitä vikoja ei voida kokonaan poistaa millään toimenpiteellä, vaan niitä esiintyy aina karsittujen puiden laatua alentamassa. Tämä onkin otettava huomioon karsimisen kannattavuutta tutkittaessa.

Mutkat, lenkous ja soikeus ovat useimmissa tapauksissa olemassa jo karsimisaikana, joten puut valitsemalla oikealla tavalla, voidaan niiden laatua alentavaa vaikutusta vähentää. Siis valitsemalla karsittavaksi vain mahdollisimman suoria puita saadaan karsinnan tulokset ja sen taloudellinen kannattavuus paranemaan.

542. Eri laatuluokkien sorvaustuloksen laatu

On mielenkiintoista tarkastella, kuinka eri laatuluokkiin kuuluvien karsittujen pölliä sorvaustulokset eroavat toisistaan. Karsimattomassa puussahan on olemassa suuret erot eri laatuluokkien sorvaustuloksen laadun välillä, kuten J a l a v a n (1938), R i n t e e n (1944) ja Koivukeskuksen (1953) julkaisemat tutkimukset osoittavat.

Taulukko 15. Eri laatuluokkien sorvaustuloksen arvo näyte-erittäin.
 Table 15. The value of the peeling outcome of the different grades, by sample items and on the average.

Näyte-eriä Sample parcel	Laatuluokka — Grade		
	I	II	III
	Arvoluku — Value index		
1	216.7	116.0	89.6
2	214.2	163.3	80.9
3	222.8	154.6	93.2
4	213.5	144.4	104.1
5	224.3	128.5	89.8
6	215.0	139.8	92.5
7	208.9	152.7	108.3
Keskimäärin — Average	215.6	144.5	93.2
Jalava	276.9	102.2	73.1
Rinne	124.6	81.0	71.0
Koivukeskus	174.3	108.1	79.8

Taulukossa 15 on esitetty sorvaustuloksen keskimääräiset arvoluvut laatuluokittain eri näyte-erissä.

Taulukko 15 osoittaa, että laatuluokat eroavat sorvaustuloksen laadun perusteella hyvin selvästi toisistaan, I luokan puusta saadaan arvokkainta, III luokasta huonointa viilua. Voidaankin päätellä, että laatuluokitus sopii myös karsittujen puiden laadun määrittämiseen. Sen avulla voidaan pysytyssä olevista karsituista puista jo etukäteen päätellä, millaista viilua niistä on odotettavissa.

Eri näyte-eriä toisiinsa verrattaessa nähdään, että I laatuluokan pöllien arvot vaihtelevat hyvin vähän. Erityisesti kiinnittää huomiota se, että eri aikoina karsituissa erissä I luokan arvot ovat toistensa kanssa aivan samaa suuruusluokkaa. Kaikille erille voidaankin laskea I luokassa, kuten muisakin luokissa yhteiset keskiarvot.

II laatuluokassa on jo olemassa verraten suuria eroja näyte-erien välillä. Eristä n:o 1 ja n:o 5 saatujen II luokan pöllien sorvaustuloksen arvo on paljon alhaisempi kuin muissa erissä. Molemmat ovat saman omistajan metsistä ja kummassakin on käytetty samanlaista karsimistapaa, mikä on saattanut vaikuttaa II luokan huonoon laatuun. Nämä erät sorvattiin myös samassa paikassa, joten siellä on sekä pöllien että viilun laatuluokitus saatantanut tapahtua hieman eri periaatteita noudattaen kuin muissa tehtaissa. Onkin korostettava, että laatuluokitus on verrattain subjektiivinen toimitus, jossa ei koskaan voida päästä aivan ehdottoman oikeisiin ja yhtäpitäviin tuloksiin. Erissä n:o 2 ja n:o 3 sekä osittain erässä n:o 7 on sorvaustuloksen arvo taas tavallista korkeampi. Erien n:o 2 ja n:o 7 kohdalla II luokan laadun hyvyyteen lienee syynä laatuluokituksen ankaruus ao. tehtaalla. Erissä

n:o 2 ja n:o 3 taas oksankyhmyjen osuus laadun alentajana on pienin, mikä sekin vaikuttaa em. suuntaan, siis ao. laatuluokan sorvaustulosta parantaen.

Taulukkoon 15 on merkitty myös J a l a v a n, R i n t e e n ja Koivukeskuksen tutkimusten mukaiset eri laatuluokkien sorvaustuloksen arvoluvut. J a l a v a n lukujen mukaan karsimattoman puun I laatuluokan arvo on korkeampi kuin karsitun puun I laatuluokan arvo. Tämä johtunee suurimaksi osaksi lajitteluohjeiden helpottamisesta 1940- ja 1950-luvulla, joten I luokan alaraja on nykyisin alempana kuin 1930-luvulla. Myös raaka-aineessa on tapahtunut J a l a v a n tutkimuksen ajoista merkittävää huononemista (vrt. L e h o n k o s k i 1949). J a l a v a on myös jättänyt kaikki eri luokkien väliset rajatapaukset pois, joten hänen I luokkansa puu on todellista parempaa ja III luokan puu taas todellista huonompaa.

R i n t e e n luvut osoittavat, että karsittu puu on jokaisessa laatuluokassa arvokkaampaa kuin karsimaton. Samoin on laita Koivukeskuksen tutkimuksesta saatujen tulosten. Ne vastannevat parhaiten jo ajankohdaltaan-kin esillä olevaa työtä. Merkitsemällä Koivukeskuksen eri laatuluokkien arvoa suhdeluvulla 100, saadaan seuraavat suhteelliset arvot karsitulle puulle eri laatuluokissa:

I	124
II	134
III	118

Nämä luvut osoittavat, että karsittu puu on kussakin laatuluokassa arvokkaampaa kuin karsimaton. Ero onkin helposti käsitettävissä, sillä karsitun puun laatuluokat sisältävät yleensä vain luokan parhaita yksilöitä, kuten myös eri laatuluokkien osuuksista voidaan päätellä.

Karsitun ja karsimattoman puun eri laatuluokkien vertaamiseksi on taulukossa 16 esitetty sorvaustuloksen keskimääräiset laatujaakaantumet eri tutkimusten mukaan.

Taulukosta havaitaan, että J a l a v a n (1938) tutkimuksen I laatuluokkaa lukuunottamatta karsitun puun laatujaakaantuma kussakin laatuluokassa on edullisempi kuin karsimattoman puun. Taulukossa kiinnittää huomiota myös se seikka, että karsitun puun II luokankin pölleistä saadaan jonkin verran A-viilua. Samoin nähdään, että myös III luokan pölleistä on saatu lähes 10 % B-viilua. Karsimattoman puun alemmista laatuluokista ei saada näitä paraslaatuaisia viiluja läheskään yhtä suuressa määrin.

Kunkin laatuluokan arvo vaihtelee jonkin verran eri tekijöistä johtuen. Edellä mainittiin jo muutamia niistä. Lisäksi on tarkasteltava pöllin aseman ja karsimisen jälkeisen kasvun vaikutusta siihen.

Taulukko 16. Eri laatuluokkien pöllien sorvaustuloksen laatujakaantuma eri tutkijoiden mukaan.

Table 16. The grade distribution of the peeling outcome of the logs belonging to different grades, according to different studies.

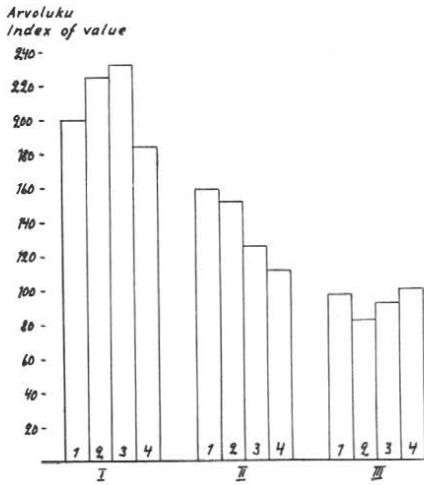
Tutkimus Study	Laatu- luokka Grade	Viilun laatu — Veneer grade					
		A	B	BBx	BB	WG	Vv
		%					
Karsittu puu Pruned birch (this study)	I	10.9	29.0	22.4	23.6	3.4	10.7
	II	2.6	16.6	20.0	34.9	2.8	23.1
	III	—	6.0	5.9	32.9	0.3	54.9
Jalava 1938	I	13.9	53.4	—	26.7	—	6.0
	II	—	5.0	—	68.4	—	26.6
	III	—	1.4	—	5.1	—	93.5
Rinne 1944	I	4.9	8.5	—	13.0	31.5	42.1
	II	—	0.3	—	23.0	21.3	55.4
	III	—	—	—	3.4	8.5	88.1
Koivukeskus 1953	I	9.0	17.6	15.4	31.0	—	27.0
	II	—	7.4	9.8	46.9	—	35.9
	III	—	—	4.2	19.3	6.3	70.2

Karsimisen jälkeisen paksuuskasvun merkitys ilmenee selvänä myös jokaisen laatuluokan sorvaustuloksen arvossa, kuten seuraavasta asetelmasta nähdään. Siinä on esitetty I ja II luokan tasoitettut arvoluvut kasvuluokittain.

Paksuuskasvu, cm Increment, cm	I suht. arvo — value	II index
< 4.0	188	129
4.1—6.0	193	138
6.1—8.0	206	150
8.1—10.0	223	165
> 10.1	246	172

Arvolukusarjat osoittavat, että I laatuluokan pöllien arvo kasvaa aluksi hitaasti paksuuskasvun lisääntyessä, mutta tulee sitten nopeammaksi, kuten keskimääräisetkin tulokset piirroksen 5 mukaan. Kuitenkin nousu on I luokan sorvaustuloksen arvossa hieman jyrkempää. Myös II laatuluokan puun arvo nousee karsimisen jälkeen muodostuneen puun vahvuuden lisääntyessä, mutta ei niin nopeasti kuin I luokan puun arvo.

Pöllin aseman mukaan eri laatuluokkien arvoluvut vaihtelevat piirroksen 6 osoittamalla tavalla.



Piirros 6. Sorvaustuloksen arvon (BB=100) riippuvuus pöllin asemasta ja laatuluokasta. (1, 2, 3 ja 4 pöllien järjestys tyvestä lukien; I, II ja III laatuluokat)

Drawing 6. The dependence of the value of the peeling outcome (BB=100) on the position and quality class of the log. (The figures 1, 2, 3, and 4 indicate the sequence of the bolt from the butt upwards, whereas the Roman figures I, II, and III indicate the grade of the bolt)

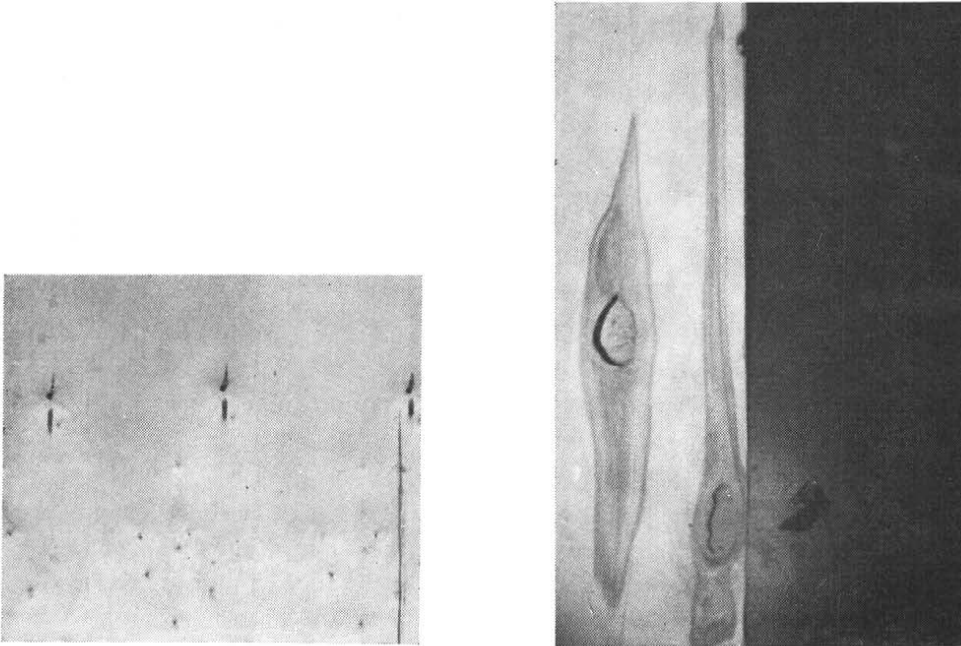
I laatuluokan arvolukuja vertailtaessa nähdään, että tyvipölleissä ja latvapölleissä arvoluku on selvästi pienempi kuin välipölleissä. Tyvipöllien alhaisempi arvo johtunee suurimmaksi osaksi ruskotäpläkärpäsen toukan jäljistä, joita juuri tyvipölleissä esiintyy enemmän kuin puun ylemmissä osissa ja joiden takia tyvipölleistä ei voida saada paljon A-viilua. Latvapöllien alhainen arvo taas johtuu niiden pienestä läpimitasta ja niiden karsimisessa esiintyvistä virheistä, joista edellä mainittiin (ks. s. 16).

II laatuluokan pölleistä alimmat ovat parhaita ja ylimmät huonoimpia. Tässä luokassa eivät toukankäytävät enää alenna laatua, kuten parhaassa laatuluokassa on laita, sillä II luokan pölleistä saadaan vain poikkeustapauksessa A-viilua (ks. taulukko 16). Lisäksi alimmissa pölleissä mutkat ja lenkous esiintyvät laadun alentajina useammin kuin ylemmissä pölleissä. Niiden sorvaustuloksen laatua alentava merkitys on kuitenkin huomattavasti vähäisempi kuin oksankyhmyjen. Ne vähentävät sitä vastoin huomattavasti sorvaustuloksen määrää, mitä seikkaa ei kuitenkaan ole selvitetty näissä tutkimuksissa.

55. Karsimisesta aiheutuneet vikaisuudet

Oksatutkimukset osoittivat, että karsituista oksista leviää lahoa ympäröivään puuainekseen hyvin yleisesti. Niistä ilmeni myös, että yleensä tällaiset viat ovat kuitenkin varsin pieniä ja ulottuvat vain vähän oksan ylä- ja alapuolelle. Koesorvausten tuloksista vasta saadaan selville, mikä näiden vikojen merkitys on sorvaustuloksen laatua alentavana tekijänä.

Koesorvausten tulokset osoittavat, että karsituista oksista aiheutuneet lahoviat eivät ole ainoassakaan tapauksessa alentaneet oksattoman tai



Kuva 10. Vaneeriviilussa nämä viat näkyvät kapeina »lahoviiksinä» oksan kahden puolen
 Figure 10. In veneer these defects can be seen as narrow »rotten whiskers» on both sides of the knot

vähäoksaisen viilun laatua. Siitäkin ilmenee, että oksista ei leviä lahoa ulospäin, siis karsimisvuoden vuosiluston ulkopuolelle, kuten oksatutkimuksetkin osoittavat. Saman toteamuksen ovat esittäneet myös N y l i n d e r (1952, 1956) ja H e i k i n h e i m o (1953).

Sitä vastoin esiintyi joitakin tapauksia, joissa muutoin BB-laatuun kelpaava viilu joutui väliwiiluksi oksan ympärillä olleiden »lahoviiksien» takia (kuvat 10a ja 10b). Tällaisten viilujen osuus sadanneksina koko sorvaustuloksesta on näyte-erittäin seuraava:

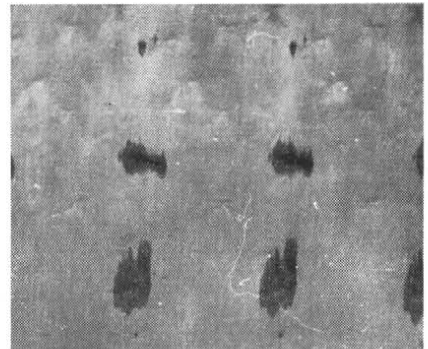
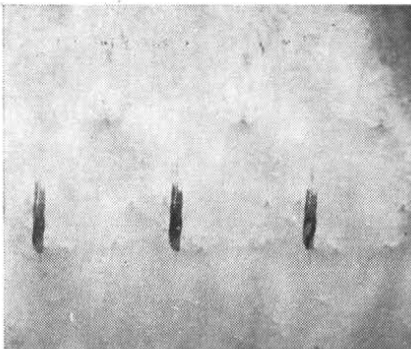
Näyte-erä Sample item	% per cent
1	1.4
2	3.6
3	0.2
4	0.6
5	1.7
6	0.3
7	0.2
<hr/>	
Keskimäärin — Average	1.0

Karsimisesta aiheutuneiden laho- ja värivikojen viilun laatua alentava vaikutus on siis varsin vähäinen. Verrattaessa tulosta oksamittausten tuloksiin (ks. s. 21) havaitaan, että koesorvausten mukaan näitä vikoja esiintyy paljon vähemmän kuin oksa-analyysit osoittavat niitä olevan. Asiaa onkin tarkasteltava lähemmin.

Asetelmassa esitetyt luvut tarkoittavat niiden tapausten lukumäärää, joissa oksista levinneet laho- ja väriviat ovat alentaneet viilun laatua. Niihin eivät siis sisälly kaikki vikaisuustapaukset. Joskus laho- ja väriviat ovatkin saattaneet jäädä purilaaseen, eivätkä esiinny ennenkuin purilassorvauksessa, joka tässä työssä jätettiin tarkastelun ulkopuolelle. Lisäksi esiintyi viiluja, joissa oksien ympärillä oli »lahoviiksiä», mutta jotka jo oksien suuruuden ja lukumäärän perusteella kuuluivat väliviiluun. Myös oli viiluja, joissa oksien ympärillä olevat »lahoviikset» olivat niin pienet, että ne eivät vaikuttaneet laatuun BB-viilussakaan.

Nämä koesorvausten tulokset tarkoittavat, kuten mainittiin, viiluja eivätkä oksia. Monissa viiluissa olikin useampia lahoa ja värivikaa levittäneitä oksia, mutta toisaalta samat oksat toistuivat useammissakin viiluissa. Vielä on mainittava, että koesorvausten tuloksissa ei ole voitu erottaa toisistaan lahoa levittäneitä karsittuja ja karsimattomia oksia toisistaan. Todenäköisintä kuitenkin on, että viat ovat suurimmaksi osaksi karsimisen aiheuttamia, sillä oksatutkimusten mukaan karsitut oksat levittävät laho- ja värivikoja useammin kuin karsimattomat oksat.

Koesorvaukset siis osoittavat, että karsimisen aiheuttamat oksista levinneet laho- ja väriviat vaikuttavat vain hyvin vähän ja harvoin viilun laatua alentavasti. Tärkeintä on, että ne eivät koskaan pilaa muutoin oksatonta viilua. Toisin sanoen, karsimisesta aiheutuneiden laho- ja värivikojen merkitys on hyvin vähäinen.



Kuva 11. Puun kolhimisesta aiheutuneita värivikoja vaneriviilussa

Figure 11. Discoloration defects caused by the battering of the tree

Karsittaessa voidaan aiheuttaa värivikoja puuhun myös kolhimalla karsittavaa runkoa karsimisvälineellä. Tällaisia vikoja syntyy koivuihin myös muulla tavoin, eikä sorvausaikana olekaan enää mahdollisuuksia saada selville, mikä vika on karsimisesta aiheutunut ja mikä on johtunut muista syistä.

Muutamista näyte-eristä, nimittäin n:oista 1, 5 ja 6 määritettiin kuitenkin ne tapaukset, joissa viulun laatu oli alentunut tällaisten oksista erillään olevien väri- tai lahovikojen vuoksi (kuvat 11a ja 11b). Erässä n:o 6 oli tällaisia viuluja 41 kpl eli 3.6 % koko sorvaustuloksesta ja näyte-erissä n:o 1 ja n:o 5 yhteensä 77 kpl eli 5.7 % viiluluvusta. Ilman värivikoja näiden viilujen keskimääräinen laatu olisi ollut todennäköisesti samantapainen kuin koko aineiston keskiarvo. Niihin sisältyi sekä oksattomia että oksaisia viuluja. Oksista erillään olevien laho- ja värivikojen merkitys laadun alentajana on siis myös erittäin pieni, ja on vielä korostettava, että em. vikoihin sisältyy varmasti paljon muista syistä kuin karsimisesta aiheutuneita vikoja.

56. Muita näkökohtia

Sorvausten yhteydessä oli mahdollista kiinnittää jossain määrin huomiota myös karsimistyön huolellisuuden vaikutukseen ja merkitykseen. Tällöin tulevat esille kuitenkin vain suurimmat työssä esiintyneet virheet, sillä kahdenkymmenen vuoden kuluttua on mahdotonta enää havaita kaikkia pieniä huolimattomuuksia.

Yleisempänä virheenä näytti olevan se, että jokin oksa oli jäänyt puusta karsimatta. Aineistossa esiintyi näet paljon sellaisia pöllejä, joissa jokin oksa tuli näkyviin heti kuoren alta, vaikka puun pintaosat muutoin olivat aivan oksattomia. Tämä yksi ainoa oksa saattaa pilata hyvän pölkyn siten, ettei siitä saada lainkaan A-laatua, vaan korkeintaan BJ-kappaleita. Sivulla 35 esitettyjen arvolukujen mukaan arvon alennus on tällaisessa tapauksessa n. 70 %. Karsimistyössä on siis kiinnitettävä erityistä huomiota siihen, että kaikki oksat tulevat poistetuiksi.

Koesorvausten yhteydessä tuli myös varsin selvästi esille, että karsimatta unohtuneita oksia oli eniten rungon yläosassa, kuten myös oksamittausten yhteydessä tehdyt havainnot osoittivat.

57. Keskimääräiset laatujakaantumat

Taulukossa 17 on esitetty koko sorvaustuloksen laatujakaantuma näyte-erittäin ja koko aineiston keskiarvo. Vastaavat sorvaustuloksen puuaineuksen arvoluvut ovat eri näyte-erissä seuraavat (BB = 100).

Näyte-erä Sample item	Arvoluku Value index
1	172.7
2	174.0
3	180.4
4	184.8
5	172.1
6	156.8
7	162.6
Keskimäärin — Average 171.7	

Lukujen perusteella havaitaan verrattain suurta vaihtelua näyte-erien välillä. Niihin ovat vaikuttaneet monet eri tekijät yhtä aikaa. Huomiota kiinnittää ensi sijassa A-viilun vähyys erissä n:o 2 ja n:o 7. Nämä näyte-erät sorvattiin Kuopiossa Saastamoisen Faneri OY:n tehtaassa, jossa A-laadulle oli asetettu hyvin korkeat vaatimukset. Sitä vastoin A-, B- ja BJ-viilujen yhteinen osuus on näissä erissä suunnilleen saman suuruinen kuin muissakin näyte-erissä. Väliviilun osuus vaihtelee myös verrattain paljon. Suhteellisesti eniten väliviilua on saatu näyte-eristä n:o 1, n:o 5 ja n:o 6, jotka kaikki sorvattiin Viialassa, ja väliviilun paljous johtuneekin Viiala OY:n käyttämästä lajittelutavasta. Myös yleensä havaitaan, että laatujaantumukset ovat kussakin paikassa sorvatuissa erissä perin samanlaiset. Se osoittaa, että lajittelutapa on vaikuttanut jonkin verran laatujaantumukseen.

Taulukko 17. Koko sorvaustuloksen jakautuminen eri laatuluokkiin.

Table 17. The grade distribution of the entire peeling outcome.

Erä Parcel	Viilun laatu — Veneer grade								
	A	B	BJ	BBx	BBxJ	BB	WG	Vv	Yht
%									
1	9.5	11.5	1.9	16.8	1.7	26.7	0.9	31.0	100.0
2	2.1	21.1	8.1	23.0	2.6	28.0	2.1	13.0	100.0
3	9.1	12.3	10.8	14.4	0.2	32.8	2.1	18.3	100.0
4	5.7	20.3	8.3	15.1	3.3	31.3	5.9	10.1	100.0
5	6.5	15.3	3.1	19.6	2.1	28.3	0.9	24.2	100.0
6	6.9	9.6	2.7	16.9	0.9	31.6	0.8	30.6	100.0
7	2.4	15.8	6.9	22.5	2.2	33.1	5.3	11.8	100.0
Yht. — Total	6.0	15.1	6.0	18.3	1.9	30.3	2.6	19.9	100.0

Huolimatta lajittelutapojen eroavuuksista eri tutkimuspaikoissa, voidaan tarkastella myös muiden tekijöiden vaikutusta sorvaustuloksen laatuun.

Ensimmäiseksi on tutkittava karsimisajan vaikutusta laatujaantumukseen, jota on jo edellä esitetyissä taulukoissa kosketeltu. Sitä varten näyte-erät

voidaan jakaa kahteen ryhmään vv. 1930—32 karsitut (n:ot 1—5) ja v. 1937 karsitut (n:ot 6—7). Näissä ryhmissä eri viilulaatujen osuudet sorvaustuloksesta ovat seuraavat:

	A	B ja BJ	BBx	BB	WG	Vv
vv. 1930—32	6.5	23.9	19.3	29.7	3.3	17.3
v. 1937	4.2	18.4	21.9	32.4	3.5	19.6

1930-luvun alussa karsituissa erissä A-, B- ja BJ-viilujen osuus on siis ilmeisesti suurempi kuin v. 1937 karsituissa erissä. Se osoittaa, kuten luonnollista onkin, että sorvaustuloksen laatu paranee karsimisesta kuluneen ajan lisääntyessä. Arvoluvut ovat vastaavasti 179.1 ja 160.0, joten siis aikaisemmin karsittujen puiden sorvaustuloksen arvo on n. 12 % korkeampi kuin aineistoon sisältyvien kahden myöhemmin karsitun erän puiden arvo. Arvon nousu kuutioyksikköä kohden on siis n. 2 % vuodessa. Luku ei ole ehdottoman luotettava, sillä muutkin seikat kuin karsimisesta kuluneen ajan pituus ovat saattaneet vaikuttaa eri aikoina karsittujen puiden arvoeroon. Mainittu 2 % osoittanee kuitenkin sitä suuruusluokkaa, josta on kysymys.

Varsin mielenkiintoista olisi tutkia myös karsimistavan ja -välineiden vaikutusta sorvaustuloksen laatuun. Tämä vaikutus on kuitenkin niin vähäinen, ettei se ilmene tutkimuksen tuloksista.

58. Karsittu ja karsimaton puu toisiinsa verrattuna

Lopuksi on tarkasteltava tutkimuksen tulosten perusteella karsimisen aiheuttamaa vanerikoivujen laadun paranemista. Sitä on edelläkin tutkittu jo eräissä yhteyksissä, mutta paras kuva asiasta saadaan keskimääräisten laatujakaantumien perusteella.

Esillä olevasta työstä ei saada vertailulukuja karsimattomasta puusta, vaan siinä on nojaututtava ennen tehtyjen tutkimusten tuloksiin. Sopivia arvoja on saatavissa edellä jo usein mainituista *Jalavan* (1938), *Rinteen* (1944) ja *Koivukeskuksen* (1953) tutkimuksista.

Laskettaessa niiden sorvaustuloksen arvoluvut ja merkittäessä niitä 100:lla, saadaan karsitun puun suhteelliseksi arvoksi seuraavat:

		Karsimaton puu <i>Not pruned</i>	Karsittu <i>Pruned</i>
<i>Jalavan</i>	mukaan	100	158
<i>Rinteen</i>	mukaan ¹⁾	100	205
<i>Koivukeskuksen</i>	mukaan	100	154

¹⁾ Laatuluokkajakaantumana on käytetty *Ilvessalon* (1956) esittämiä sadanneksia.

Päähuomio näissä luvuissa on kiinnitettävä Koivukeskuksen tutkimuksen perusteella laskettuun arvoon. Sen mukaan n. 20—25 vuotta sitten karsittujen puiden arvo vaneritehtaalla on keskimäärin 1.5—1.6 kertaa niin korkea kuin karsimattoman. Vv. 1930—32 karsittujen puiden sorvaustuloksen arvo on 1.6 kertaa ja v. 1937 karsittujen puiden arvo n. 1.45 kertaa niin korkea kuin karsimattomien puiden arvo.

Tulos on melko alhainen verrattuna aikaisemmin esitettyihin arvioihin karsimisen vaikutuksesta. *Holopainen* (1949) arvioi eri laatuluokille seuraavat niiden arvoa tehtaan varastossa kuvaavat suhdeluvut arvelen, että karsittu puu vastaa lähinnä I laatuluokkaa.

Laatuluokka <i>Grade</i>	Suht. arvo <i>Value index</i>
I	410
II	160
III	100

Käytettäessä eri laatuluokkien osuuksina *Ilvesalon* (1956) ilmoittamia sadanneksia saadaan näiden lukujen perusteella karsittu puu keskimäärin 2.3 kertaa niin arvokkaaksi kuin karsimaton.

Lehonkoski (1950) taas esittää seuraavan arvolukusarjan.

Laatuluokka <i>Grade</i>	Suht. arvo <i>Value index</i>
Valioluokka (karsittu)	433
I	160
II	100
III	73

Em. eri laatuluokkien osuuksia käytettäessä saadaan tämän arvion mukaan karsittu puu tehtaan varastossa 4.4 kertaa niin arvokkaaksi kuin karsimaton.

Entisten laskelmien ja esillä olevan tutkimuksen tulosten välinen ero johtuu monesta seikasta. Aluksi on kuitenkin sanottava, että ainakin *Lehonkosken* arviot ovat varmasti syystä tai toisesta liian optimistisiä, ja tämän tutkimuksen tulos taas antaa asiasta todellista pessimistisemmän kuvan karsitun puun arvosta seuraavista syistä.

1. Näytepuut kaadettiin liian aikaisin, sillä karsimisesta oli kulunut vain 20—25 vuotta. Esimerkiksi *Lehonkoski* (1939) mainitsee esimerkeissään 30—40 vuoden väliajan karsimisesta käyttöön.

2. Puut oli karsittu liian suurina, joten melkoinen osa viilusta saatiin rungon karsimattomasta osasta.

3 Näytemetsiköitä ei oltu hoidettu parhaalla mahdollisella tavalla. Puita ei oltu riittävässä määrin vapautettu heti karsimisen jälkeen paksuus-
kasvun kiihdyttämiseksi. Oikealla ja tarkoituksenmukaisella hoidolla olisi
näistäkin metsiköistä, jotka kuitenkin olivat ulkoisilta ominaisuuksiltaan
parhaita tietoon saaduista metsiköistä, voitu siis saada vielä parempilaatuista
ja arvokkaampaa puuta.

Voidaankin esittää eräitä esimerkkejä parhaista saavutettavissa olevista
tuloksista esillä olevan aineiston valossa.

Esimerkiksi otettakoon aluksi I laatuluokan pöllit. Kuten edellä on
mainittu oikealla metsikön kasvatuksella ja muilla siihen liittyvillä toimen-
piteillä voidaan valtaosa karsitusta puusta saada I laatuluokan vaatimukset
täyttäväksi. Koko aineiston I luokan puiden arvo tehtaalla on ollut 1.9—2.0
kertaa niin korkea kuin karsimattoman koivun arvo Koivukeskuksen tutki-
muksen mukaan.

I laatuluokan arvokin vaihtelee kuitenkin sen mukaan kuinka paljon
puut ovat karsimisen jälkeen ehtineet kasvaa paksuutta, kuten sivulla 51
on esitetty. Karsimisen jälkeisen paksuuskasvun mukaan jaoteltuina saa-
daan karsitun puun I laatuluokan arvo karsimattoman puun keskiarvoon
(= 100) verrattuna seuraavaksi:

Paksuuskasvu, cm <i>Increment, cm</i>	Suhdeluku <i>Rel value</i> (<i>not pruned</i> = 100)
<4.0	166
4.1—6.0	170
6.1—8.0	191
8.1—10.0	203
>10.0	218

Parhaissa tapauksissa siis karsitun koivun arvo vaneritehtaalla on näiden
laskelmien mukaan n. 2.2 kertaa niin suuri kuin karsimattoman koivun.
Tämä arvo tarkoittaa kuitenkin vain rungon karsittua osaa, kuten on mai-
nittu. Se muodostaa joskus koko sorvauskelpoisen osan, mutta useimmiten
myös karsitun osan yläpuolelta saadaan jonkin verran vaneripuuta. Se on
tietysti laadultaan huomattavasti huonompaa kuin karsittu osa ja suurin osa
siitä kuuluukin III laatuluokkaan. Karsimalla ei siis saada koko leimikon
arvoa nousemaan aivan niin paljon kuin edellä on esitetty.

Lopuksi on tarkasteltava muutamia laskennallisia seikkoja, jotka ovat
saattaneet vaikuttaa niihin karsitun ja karsimattoman puun arvoeroihin,
joita edellä on selostettu.

1. Ei voida olla vakuuttuneita, onko Koivukeskuksen aineisto vertailu-
kelpoinen esillä olevaan karsittujen koivujen aineistoon. Tuntuu näet siltä,

että Koivukeskuksen tutkimat koivut olisivat olleet laadultaan keskimääräistä parempia. On siis mahdollista ja todennäköistäkin, että todellisuudessa karsitun ja karsimattoman puun arvoerot ovatkin suuremmat kuin edellä on esitetty. Saavutetut tulokset osoittavat kuitenkin varmasti karsimisesta saavutettavan hyödyn suuruusluokan.

2. Esillä olevissa laskelmissa ei ole otettu huomioon hyötysuhteessa vallitsevia eroja karsimattoman ja karsitun puun välillä. Todennäköisesti karsitun osan sorvauksessa hyötysuhde on suurempi kuin karsimatonta puuta sorvattaessa samalla lailla kuin I luokan pöllien sorvauksen hyötysuhde on suurempi kuin II ja III luokkien. Esimerkkinä mainittakoon J a l a v a n (1938) tutkimuksesta, että I luokan pöllien sorvauksen hyötysuhde oli 50.30 %, II luokan 45.53 % ja III luokan 38.87 % kuorellisesta kuutiomäärästä. Karsittu puu on keskimääräiseltä laadultaan I ja II luokan välillä, joten hyötysuhde lienee J a l a v a n lukuja ohjeena käyttäen suuruusluokkaa 46—50 % ja karsimaton taas II ja III luokan välillä, joten hyötysuhde sen sorvauksessa lienee suunnilleen 39—46 %. Myös tämä seikka vaikuttaa siihen suuntaan, että saavutettujen tulosten karsitun ja karsimattoman puun arvoeroista voidaan katsoa osoittavan eron alarajaa pikemmin kuin ylärajaa.

Lopuksi on vielä mainittava, että varastoimis-, kuljetus- ja valmistusvikoja ei ole otettu huomioon viulun laatua määritettäessä. Käytännössä, jossa em. vikoja miltei aina esiintyy, ei siis voitane päästä yhtä hyvin viulun laatujakaantumisiin kuin tässä tutkimuksessa. Tämä seikka ei ole kuitenkaan suuresti vaikuttanut karsitun ja karsimattoman puun arvovertailujen tuloksiin, sillä myös Koivukeskuksen tutkimuksessa on varastoimis-, kuljetus- ja valmistusvirheet jätetty huomioon ottamatta.

59. Yhdistelmä

Seitsemästä vv. 1930—37 karsituista ulkoisilta tuntomerkeiltään hyvälaatuisesta metsiköstä valittujen 312 rungon karsittujen osien koesorvausten tärkeimmät tulokset ovat seuraavat:

1. Paras sorvaustulos on saatu suurimmista rungoista, metsikön päävaltapuista.
2. Viulun laatu on parasta rungon toisesta 64" pöllistä ja huonointa karsitun osan viimeisestä pöllistä sorvattaessa.
3. Karsimisen jälkeen muodostuneen puuvaipan vahvuus on tärkein sorvaustuloksen laatuun vaikuttavista tekijöistä.
4. Karsimisen jälkeen muodostuneesta puusta sorvatuista viuluista vain n. 50—75 % on laadultaan virheettömiä tai melkein virheettömiä A-, B- ja BJ-viiluja.

5. Ulkoisten tuntomerkkien perusteella suoritettu laatuluokitus kuvaa hyvin myös karsittujen puiden laatua.

6. Karsituista oksista levinnyttä värivikaa tai lahoa ei tavattu ainoassakaan oksattomassa viilussa. Tällaiset viat olivat kuitenkin alentaneet 0.2—3.6 %, keskimäärin 1.0 % kaikesta viilusta BB-laadusta väliviiluksi.

7. Muita värivikoja, joista osa on varmasti aiheutunut huolimattomasta karsimistyöstä, esiintyi 3.6—5.7 %:ssa viilusta.

8. Keskimäärin on näistä vv. 1930—37 karsituista puista saatu A-, B- ja BJ-viiluja 27.1 % sorvaustuloksesta.

9. Karsiminen on nostanut vv. 1930—37 karsitun koivun puuaineen arvoa vaneritehtaan raaka-aineena v:n 1952 vanerin hintasuhteiden mukaan laskettuna n. 50—60 %:lla.

Kirjallisuusluettelo

- Appelroth, Eric. 1949. Koivun kasvattamisesta. Metsätal. Aikakaasl. ss. 14—16.
- Barth, A. 1945. Om kunstig kvistning som middel i kvalitetproduksjonens tjeneste. Tidskrift for Skogbruk. ss. 113—140.
- Blomqvist, A. G. 1879. Om uppqvistning af träd. Finska Forstföreningens Medd. I Bd.
- Cronström, Eric. 1935. Om uppqvistning av tallbestånd. Yksityismetsänh. yhd. vuosik. VIII ss. 39—44.
- Donald, G. A. 1936. Pruning studies at Princes Risborough. Quart. Journal of Forestry. ss. 111—120.
- Heikinheimo, Olli. 1915. Kaskiviljelyksen vaikutus Suomen metsiin. Acta Forest. Fenn. 4.
- »— 1935. Metsäpuiden karsimisesta. Suomen Metsänh. yhd. vuosik. V. ss. 73—85.
- »— 1936. Puiden karsimisesta. Metsätal. Aikakaasl. ss. 153—154.
- »— 1938. Metsäpuiden karsimisesta. Keskusmetsäseura Tapio. Helsinki.
- »— 1953. Puiden keinollisesta karsimisesta. Metsätal. Aikakaasl. ss. 399—402.
- Herrmann, F. 1893. Über Birkenastung. Tharandter Forstlicher Jahrbuch. ss. 258—262.
- Heiskanen, Veijo 1957. Raudus- ja hieskoivun laatu eri kasvupaikoilla. Comm. Inst. For. Fenn. 48. c.
- Holopainen, Viljo 1949. Karsimisen vaikutuksesta vanerikoivun kantohintaan. Metsätal. Aikakaasl. ss. 415—416.
- Ilvessalo, Yrjö 1956. Suomen metsävarat. Metsäkäsikirja I. ss. 87—107. Helsinki.
- Jalava, Matti 1938. Vanerikoivujen arvosuhteista. Puutekn. tutk. laitos. Tiedotus VT. 8.
- »— 1943. Vanerikoivujen laatuluokittelusta. Metsätal. Aikakaasl. ss. 131—134.
- »— 1949. Laatu puiden kasvattamisesta. Ibid. ss. 35—36.
- »— 1952. Puun rakenne ja ominaisuudet. Porvoo.
- Kalala, E. K. 1950. Arvokoivikoita kasvattamaan. Keskusmetsäseura Tapio. Helsinki.
- Kangas, Esko. 1935. Die Braunfleckigkeit des Birkenholzes und ihr Urheber Dendromyza (Bizygomyza) Betulae N. Sp. Comm. Inst. For. Fenn. 22. 1.
- Knuichel, H. 1947. Holzfehler. Zürich.
- Koivukeskus 1953. Tutkimus eri laatuisten ja vahvuisten vanerikoivujen arvosuhteista v. 1953.
- Laitakari, Erkki. 1930. Metsän hoito eri metsätyypeillä. Maa ja metsä. ss. (480) ja 482.
- »— 1935. Karsimisesta ja sen vaiheista maassamme. Metsätal. Aikakaasl. ss. 31—33.
- »— 1936. Laatu puun kasvattamisesta. Metsänhoitajien jatkokurssit 1935. ss. 259—

- L a k a r i, O. J. 1920. Tutkimuksia kuusen karsimisesta. Comm. ex. inst. quaest. for. Finl. ed. 2. Helsinki.
- L a p p i-S e p p ä l ä, M. 1933 a. Karsimisesta ja sen merkityksestä nykyhetken metsätaloudessa. Metsätal. Aikakaust. ss. 67—71.
- »— 1933 b. Faneeritukin käyttöarvoon vaikuttavista vikanaisuuksista ja virheettömän faneeripuun kasvattamisesta. Suomen Puu. ss. 82—83.
- »— 1933 c. Koivuarvopuun kasvattamisesta. Yksityismetsänh. yhd. vuosikirja VI. ss. 27—36.
- »— 1934. Karsimisesta ja sen metsänhoidollisesta merkityksestä. Acta Forest. Fenn. 40. 25.
- L e h o n k o s k i, N. A. 1937. Koivu faneeriteollisuuden raaka-aineena. Yksityismetsänh. yhd. vuosik. X. ss. 75—84.
- »— 1939. Tunnetko koivikkosi? Tampere.
- »— 1949. Vanerikoivujemme nykyinen laatu. Metsätal. Aikakaust. ss. 16—19.
- »— 1950. Koivikkojemme nykyinen tila. Kannattaako valiokoivua kasvattaa. Tampere.
- L i n d b l a d, O s c a r. Uppkvistning. Norrlands Skogsvårdsförbunds Tidskrift, 50-årsjubileum festskrift I—II ss. 135—150.
- L ö f, A x e l. 1931. Virkeskvalitetens höjande genom uppkvistning. Skogen. ss. 3—7. Stockholm.
- M a y e r-W e g e l i n, H. 1929. Ästigkeit und Aushaltung des Buchenholzes. Forstarchiv. ss. 413—418.
- »— 1936. Ästung. Hannover.
- »— 1952. Das Aufästen der Waldbäume. Hannover.
- N y l i n d e r, P e r. 1952. Om kvistning. Medd. från Statens skogsforskningsinst. Ser. uppsats. Nr. 26.
- »— 1956. Kvistningsundersökningar. I. Grönkvistning av ek. Medd. från Statens Skogsforskningsinst. Bd. 45. nr. 12.
- R i n n e, V. J. 1944. Puuviulun ja vanerin valmistus. Kouvola.
- R o m e l l, L. G. 1940. Kvistningsstudierna av tall och gran. Medd. från Statens Skogsförsöksanstalt. Bd. 32. nr. 5.
- S c h ö n i n g h, J. 1935. Ästung der Birke. Forstarchiv. s. 261.
- V e n h o, B r u n o. 1915. Havaintoja karsimisen aiheuttamista lahovioista kuusessa. Metsätal. Aikakaust. ss. 332—339.

Studies on Pruning of Birch

English summary

I. Introduction. The pruning of birch has been practised in Finland since the early 1930's but there have not been available the necessary data about its effect on the value and quality of wood. Therefore, at the wish of The Central Forestry Association Tapio, of The Central Association of Finnish Woodworking Industries, and of The Koivukeskus («Birch Center») a research on the effect of pruning upon the quality of birch was launched in 1955 at Forest Research Institute. This work has followed these two lines:

1. Analyzing pruned knots in several stands with the object of ascertaining, how common is the spreading of rot from knots into wood, which factors affect it etc.

2. Peeling birches pruned about 20 or more years ago with the object of ascertaining the grade distribution of the peeling outcome of the pruned trees as well as the factors having effect upon it, and, in such way, to procure fundamentals for the calculations concerning the profitableness of the pruning.

II. Knots study. The measurements of knots were performed in 22 stands, in which out of 74 stems were analyzed 452 knots, which had no doubt been pruned, and 593 knots, which were probably self-pruned (Tabular Appendix 1 and Table 1).

From the upper end downwards of the pruned part of the selected sample trees were searched, as far as possible, all the pruned knots, by cleaving the tree with axe on the point of the knot. For each knot found it was at first determined, whether it was pruned or self-pruned. For the pruned knots the pruning method was determined (Figures 1 and 2) as well as whether the knots were green-pruned or dry-pruned. For all the it was measured the height from the ground, their diameter at the time of pruning, the period and thickness of healing over. It was also noted down, whether the knot was rotten and whether there was rot or discoloration around the knot. For some knots it was measured the dimension of the rot and discoloration above and below the knot, as well as the length of the stump and so-called tap. (Figure 3). For the pruned parts of the stems studied a stem analysis was made, whereat the diameters at the felling time and pruning time were measured, at each meter's length, as well as the largest dimension the possible rot from pith towards surface.

The part of the knots study concerning the healing over shows that in a pruned knot the so-called tap will develop (Figures 4 and 5), whose length averages about 5 mm, but varies depending on the diameter of the knot as illustrates the composition on the page 14. It also remains always in the knot a stump outside the annual ring of the pruning year. The length of the stump exceeds invariably the thickness of bark. As a final conclusion can be said that in case of dry pruning sound wood does not begin to

develop until at 10—20 mm outside the annual ring of the pruning year. If pruning is made carelessly there will naturally be much more defective wood (Figure 6).

The results concerning the speed of healing over are given in Table 2. They show that with the diameter growth the period of healing over decreases. With the increase of the diameter of the knot also the time needed for healing over increases.

In the study regarding the rot and discoloration defects three categories which may develop due to pruning, were distinguished:

1. The most common is the case when a knot rots, but the rot does not spread into wood. This category does not deserve a more detailed study, because practically all pruned and self-pruned knots of birch are more or less rotten.

2. Rot has often spread above and below the pruned knots into stem wood (Figure 7). Generally speaking, these defects are in tangent's direction narrow and occur in veneer as narrow stripes, whose lengths vary (Figure 10).

Regarding the results of the study of these defects the following may be mentioned:

— Defects above and below the knots were found in 43.1 percent of cases studied.

— The dry-pruning is less harmful than the green-pruning (Table 3).

— The percentage of the knots having spread rot increases with the growth of diameter of the knots (Table 3).

— The largest dimension of defects above or below the knots increases also with the growth of diameter as illustrated by the composition on the page 22.

— The largest dimension of defects was in 45 percent of cases below 5 mm, consequently of small practical importance.

— In none of the cases studied did these defects go beyond the annual ring of the pruning year.

— The size of the rot and discoloration defects seems to increase somewhat with the time passed since the pruning, what may primarily be due to the darkening of their colors.

— In the common birches there occur somewhat more defects than in the white birches, but the difference is fairly unimportant (Table 4).

— The diameter growth of the tree (Table 5) and pruning implements (Table 6) have no effect upon the occurrence of these defects.

3. The defects of the third category consist of those caused by rot defects in the inner parts of the stem, where rot often spreads along a pruned knot (Figure 9). The commonness of these defects was examined through stem analysis and the results thereof were as follows.

— Green-pruning is even in this respect more harmful than dry-pruning.

— The rot defects in the inner parts of the stem become more common and larger with the lengthening of the time passed since the pruning.

— Even these rot defects were not found in the forepart of the annual ring of the pruning year.

III. Experimental peelings. For this purpose it was selected trees from seven birch stands situated in the southern part of the country, which stands had been pruned in the 1930's. The pruned butt ends of the trees selected were peeled at four plywood plants during the winter 1955—56. The trees were cut into plywood bolts by striving to obtain the maximum of 64"-bolts, which were taken under investigation. For each bolt the diameter was measured and the grade was determined (Table 7). In the grading of veneer the normal Finnish grading system was followed, viz. the grades A, B, BJ, BBx, BB, and WG were used. Those veneers, which were not good for any of these grades,

were counted as middle ply (Vv). In the grading only those defects were counted which had already been in the growing tree.

When calculating the results of the study the different grades of veneer were priced by using the ratios indicating the value of wood, appearing on the page 35. The value of the BB-grade is marked with the figure 100.

The research material covered the pruned parts of in all 312 stems. The average information about them is indicated in the Table 8 (see the Drawing 1). The Table 9 and the Drawing 2 contain information about the plywood bolts.

As to the results of the experimental peelings the following may be mentioned as the most important:

— In those stands which had been the object of the study, the value of the peeling outcome goes down at first with the increase in DBH and, having reached 10", it begins to rise again (Table 10).

— The value of the peeling outcome rises with the increase in diameter of the log (Table 11, Drawing 3). This does not come from the diameter itself alone but it depends also on the position of the log. Both in the trees pruned during the years 1930—32 and in the trees pruned in 1937 the second 64"-bolt, counted from the butt, gives the best peeling outcome qualitatively. The first bolt is of almost equally high value, but the third and fourth are of markedly inferior value (Table 12).

— The percentage of knotless or nearly knotless veneer is only 40—60 percent of the cubic contents of the wood developed outside the annual ring of the pruning year and 50—75 percent of the total quantity of veneer that can be derived from it (composition on the page 44). This is caused by the taps, which go beyond the annual ring of the pruning year, and by the defects not arising from knottiness, which are often found even in the trees pruned.

— The percentage of the grades A, B, and BJ increases and the value of the peeling outcome rises with the increase of the thickness of the wood developed after pruning (Drawings 4 and 5).

— The grade distribution of the trees pruned is considerably better than that of the trees unpruned (Table 13). The percentage of the grade I is about ten times so large as in the trees unpruned and the percentage of the grade III only 1/10 of that of the trees unpruned (Heiskanen 1957). Also the defects lowering the quality are different from those in the trees unpruned (Table 14, Heiskanen 1957). The percentage of the grade I increases with the extension of the time elapsed since pruning.

— The classification made on the basis of external outlook (Table 7) also illustrates the quality and value of the trees pruned (Table 15). The value of the peeling outcome of each grade varies, however, depending on several reasons as for instance on the diameter growth after the pruning (Composition on the page 51) and the position of the log (Drawing 6).

— The value of the trees pruned is in all grades higher than that of the trees unpruned. When marking by the figure 100 the values of the peeling outcome of different grades of the trees unpruned, derived from the research by Koivukeskus (1953), the following relative figures will be obtained for the trees pruned: I 124 II 134, III 118.

— The rot and discoloration defects arising from pruning have in no case decreased the value of the veneer with no or just a little knots. On the other hand, in some cases (covering about 1 per cent of the veneers peeled) a veneer, which in other respects would have been good for the grade BB, was good for only middle veneer because of the »rotten whiskers» around the knot (Figure 10). The rot and discoloration defects originating from other sources occurred in 3.6—5.7 percent of veneers.

— The grade distribution of the entire peeling outcome by sample items is indicated by the Table 17 (see also the Composition on the page 57). In the items pruned during the years 1930—32 the percentage of the veneers A, B, and BJ is manifestly larger than in the items pruned in 1937. The corresponding value indices are 179,1 and 160,0. Thus, the annual increase in value is about 2 percent.

— When comparing the value of the peeling outcome of the entire research material with the value calculated for the trees unpruned on the basis of the research by Koivukeskus (1953), can be seen that the value of the trees pruned 20—25 years ago is at plywood mill 1.5—1.6 times higher than that of unpruned trees. In optimum circumstances, the difference can be even much larger. For example, the value of the grade I logs of the entire research material was, calculated at mill, 1.9—2.0 times higher than that of unpruned trees, on the average.

Liitetaulukko 1. Oksatutkimusten näytemetsiköt.

Tabular Appendix 1. The sample stands which were chosen the object of the knots study.

N:o No	Metsätyyppi Site type	Ikä, v. Age, yrs.	Karsimisaika Pruning time		Karsimistapa ja -välineet — Pruning method and devices
			Vuosi Year	Kuukausi Month	
1	MT	60	1930	elokuu	Vain kuivia, kuolleita oksia. Vesurilla 2—2.5m:iin ja ylempää karsimisraudalla.
2	MT	60	1932	elokuu	Vain kuivia, kuolleita oksia. Karsimisraudalla.
3	Oj. korpi	60	1933		Pääasiassa kuivia oksia. Raudalla ja paksuimmat oksat sahalla.
4	MT	50	1934		Pääasiassa kuivia oksia. Raudalla, jonkin verran sahalla.
5	OMaT	60	1935		Pääasiassa kuivia oksia. Raudalla, alemmat ja sahalla ylempät oksat.
6	MT	65	1935		Pääasiassa kuivia oksia. Raudalla ja sahalla.
7	MT	50	1935	kesällä	Pääasiassa kuivia oksia. Raudalla.
8	MT	50	1935		Pääasiassa kuivia oksia. Sahalla ylimmät ja paksuimmat, muut raudalla.
9	MT	55	1936	kesällä	Vain kuivia oksia. Pääasiassa sahalla.
10	MT	55	1936	kevätkesällä	Vain kuivia oksia. Raudalla ja raudan varrella.
11	OMT	55	1936	syksyllä	
12	MT	60	1937	kesällä	Vain kuivia oksia. Sahalla, raudalla ja niitten varsilla.
13	MT	50	1937	kesällä	Vain kuivia oksia. Sahalla, raudalla ja niitten varsilla.
14	MT	50	1937	heinä-elok.	Vain kuivia oksia. Raudalla ja raudan varrella.
15	MT	50	1937	heinä-elok.	Vain kuivia oksia. Raudalla ja raudan varrella.
16	OMT	45	1937		Pääasiassa kuivia oksia. Raudalla ja sahalla.
17	Lhtk	50	1937	elokuu	Pääasiassa kuivia oksia. Alemmat raudalla ja ylempät sahalla.
18	OMT	50	1938		Vain kuivia oksia. Raudalla.
19	Mtk	45	1938	elokuu	Pääasiassa kuivia oksia. Alemmat raudalla ja ylempät sahalla.
20	MTs	30	1940	syksyllä	Pääasiassa kuivia oksia. Sahalla.
			1953		Vain kuivia oksia. Sahalla.
21	Mtk	40	1944		Tuoreita ja kuivia oksia. Sahalla ja mahdollisesti sahan varrella.
22	OMaT	35	1947		Vain kuivia oksia. Sahalla.

SUOMEN METSÄMAIDEN KIVISYYDESTÄ

P. J. VIRO

STONINESS OF FOREST SOIL IN FINLAND

SUMMARY

HELSINKI 1958

Helsinki 1958. Valtioneuvoston kirjapaino

Sisällys

	Sivu
Johdanto	5
Kallioisuus ja louhikkoisuus	7
Kivisyys	12
Yleistä	12
Kivisyyden mittauksen tarkkuudesta	13
Kivisyyden arvioinnin tarkkuudesta	15
Metsämaan kivisyys	18
Kivisyyden alueittaisuudesta	22
Kivisyyden vaikutus viljavuuteen	25
Tutkimuksen aineisto ja menetelmät	25
Kasvupaikka	25
Puusto	26
Metsiköittäinen tarkastelu	27
Yleistä	27
Männiköt	28
Kuusikot	31
Koivikot	32
Rauduskoivu	32
Hieskoivu	34
Kivisyyden arvioinnin merkityksestä	35
Kivisyyden arvioinnin virhelähteitä	35
Kivisyyden arviointi maan hyvyysluokituksessa	38
Kirjallisuutta	40
Summary	41

Johdanto

Suomessa suoritetuissa valtakunnan metsien arvioinneissa arviointilinjat on sijoitettu järjestelmällisesti maan poikki ja tulokset ovat siten koko maata edustavia. Koska tällainen linja-arviointi on erittäin suuritöinen, on se pyritty suunnittelemaan niin, että se palvelee muutakin kuin yksinomaan metsällisten seikkojen selvittämistä. Niinpä on kaikissa linja-arvioinneissa kerätty myös eräitä metsämaata koskevia tietoja.

Tämä tutkimus perustuu valtakunnan metsien III inventointiin, jonka yhteydessä kiinnitettiin jälleen huomiota myös maahan.

Linja-arvioinnin maastotyön ohjeiden mukaan (Ilvessalo 1951) määritettiin kullakin koealalla, paitsi metsällisiä seikkoja, myös maalaji ja maan kivisyys, ja eräitä lisätietoja maasta saatiin myös linjakuvioiden kohdalta. Metsämaa jaettiin seuraavasti:

I. Kasvullinen metsämaa, johon luettiin mm. lehto- ja kangasmaat.

II. Huonokasvuinen metsämaa, johon luettiin mm. kituvaa puustoa kasvava kalliomaa (Vrk II), luhikkomaa (Vrl II) ja Pohjois-Suomessa vaaranlakimaa (Vrkk II).

Lisäksi erotettiin arvioinnissa joutomaat, joihin luettiin mm. avokallio (Vrk III) ja avoluhikko (Vrl III).

Kullakin kasvullisen kovan maan kuviolla arvioitiin kivisyys kolmena luokkana. Milloin kuvio oli niin kivistä, että sen vuoksi metsätyypin merkit hävisivät, se luettiin huonokasvuisiin maihin.

Erilaisen kivisyyden perusteella erotetaan seuraavassa maan kallioisuus, luhikkoisuus ja kivisyys. Kallioisuuden ja luhikkoisuuden yhteydessä käsitellään niitä kovan maan kuvioita, joiden maa on niin kallioista tai luhikkoista, että ne siitä syystä on luokiteltava huonokasvuiseksi tai joutomaiksi. Tähän ryhmään on liitetty myös vaaranlakimaat, jotka yleensä ovat erittäin kiviperäisiä. Ne on lähinnä rinnastettava luhikkomaihin. Kivisyyden yhteydessä taas käsitellään kovia maita, joissa on vaihteleva määrä kiviä tai lohkaraita, mutta joissa kuitenkin on voitu määrittää metsätyyppi, siis kasvullisia metsämaita.

Sekä kallioisuuden ja luhikkoisuuden että kivisyyden kohdalla tarkastellaan niiden määrällistä ja paikallista esiintymistä.

Arvioinnissa oli maastossa mitattu joka kilometrin päässä ns. täyskoeala ja näiden puolivälissä välikoeala. Koealoilla täytetyistä lomakkeista otet-

tiin tietoja erikoisiin maantutkimuslomakkeisiin, joiden perusteella tämä selvittely pääasiassa tapahtuu. Näihin lomakkeisiin otettiin tiedot koealan sijainnista, metsätyypistä, puustosta ja maasta. Puustosta merkittiin korttiin tiheys ja paksuimpiin luokkiin kuuluvien puiden lukumäärä, sekä mitatuista valtapuista rinnankorkeusläpimitta, pituus ja ikä puulajeittain. Maasta merkittiin kaltevuuden suunta ja määrä, maalaji ja arvioitu kivisyysluokka, sekä missä kivisyys oli mitattu, yksityiset mittaushavainnot.

Aineiston käsittelyssä merkittiin kortteihin laskettu keskimääräinen painumaluku ja sen mukaan ns. mitattu kivisyysluokka sekä eri puulajien laskettu valtapituus 60 v. iällä. Kasvullisen kovan maan koealoja kertyi maantutkimustarkoitukseen kaikkiaan yli 20 000, mutta lähes 5 000 oli hylättävä puutteellisten merkintöjen vuoksi. Siten aineisto käsittää 4 038 sellaista koealaa, joilla kivisyys on sekä arvioitu että mitattu, ja 11 472 koealaa, joilla kivisyys on vain arvioitu. Huonokasvuisien ja joutomaiden koealoja kertyi 1 189 kpl. Arvioimislinjoilla oli tehty koko ajan havaintoja, jotka oli merkitty erikoiseen linjakuviolomakkeeseen. Myös tätä aineistoa on käytetty hyväksi nyt tehtävässä selvittelyssä.

Käsiteltäessä tämän arvioinnin maalajeista antamia tietoja todettiin, että ryhmänjohtajille annettu opetus, jonka tarkoituksena oli ollut perehdyttää maalajin määrittämiseen, oli ollut riittämätön, sillä selvät merkit osoittavat maalajin hyvin usein tulleen määritettyä virheellisesti. Sen vuoksi ei tässä tutkimuksessa käsitellä maalajeista kertynyttä aineistoa; niiden kohdalta on tyydyttävä aikaisempiin selvittelyihin.

* * *

Tämän tutkimuksen teki mahdolliseksi valtakunnan metsien inventoinnin johtajan, professori Yrjö Ilvessalon sille suopea suhtautuminen. Tutkimuksen nyt valmistuessa on tekijällä mieluisa velvollisuus kiittää häntä tästä, samoin kuin tutkimuksen eri vaiheissa saamastaan avusta.

Professorit Viljo Kujala, Risto Sarvas ja Peitsa Mikola ovat antaneet tekijälle tutkimuksen eri vaiheissa arvokkaita neuvoja, joista parhaat kiitokset.

Tekijä on myös kiitollisuuden velassa kenttätöiden suorittajille samoin kuin niille henkilöille, jotka ovat avustaneet tutkimuksen sisätoissa.

Kallioisuus ja louhikkoisuus

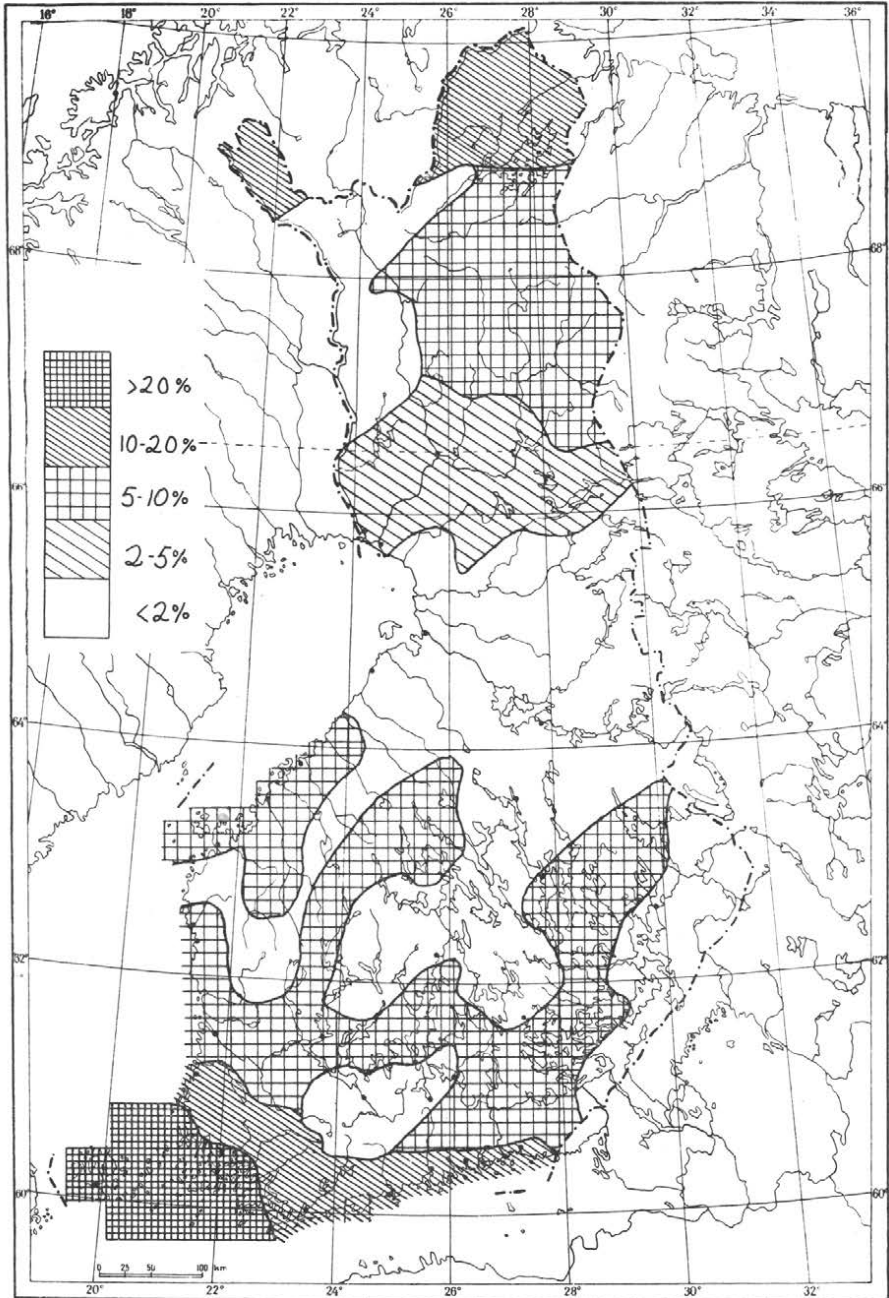
Kallioisuudella tarkoitetaan tässä sellaisten maiden esiintymistä, joissa kiinteä peruskallio on siinä määrin esillä, että kasvupaikan viljavuus siitä syystä on niin paljon huonontunut, että ne on luokiteltava huonokasvuiseksi tai joutomaiksi. Louhikkomaat on luokiteltu huonokasvuiseksi tai joutomaiksi erittäin runsaasti esiintyvien lohkkareiden vuoksi.

Arvioinnin koealakortit ryhmitettiin aluksi maankäyttöluokan mukaan lääneittäin. Taulukossa 1 on esitetty kallioisten ja louhikkoisten huonokasvuisten ja joutomaiden esiintyminen lääneittäin. Huonokasvuisten metsämaiden koealoista osui kallio- ja louhikkomaille 1 085, joutomaiden koealoista 104. Koska koealojen lukumäärä on näin vähäinen, katsottiin tässä parhaaksi esittää kallio- ja louhikkomaat yhdessä. Arvioimislinjojen väli vaihteli eri osissa maata 6.5—20 km:iin, mutta taulukossa 1 on esitetty koealojen lukumäärät muunnettuna yleisintä eli 13 km linjaväliä vastaaviksi, jotta eri läänien lukuja olisi helpompi verrata keskenään. Taulukko

Taul. 1. Kallio- ja louhikkomaiden esiintyminen koealoilla.

Table 1. Rocky and bouldery soils on sample plots.

Lääni <i>District</i>	Huono- kasvuisia <i>Poorly productive</i>	Jouto- maita <i>Waste lands</i>	Yhteensä <i>Total</i>	Huono- kasvuisia <i>Poorly productive</i>	Jouto- maita <i>Waste lands</i>	Yhteensä <i>Total</i>
	Koealojen luku, kpl <i>No. of sample plots</i>			% kovan metsämaan koealoista <i>% of firm forest land sample plots</i>		
Ahvenanmaa	33	18	51	26.4	14.4	40.8
Uusimaa	121	7	128	15.7	0.9	16.6
Turku—Pori	212	13	225	13.8	0.8	14.6
Häme	73	1	74	4.4	△	4.4
Kymi	72	0	72	8.0	0	8.0
Mikkeli	86	6	92	5.1	0.3	5.4
Kuopio	87	2	89	3.1	0.1	3.2
Vaasa	119	4	123	4.9	0.2	5.1
Oulu	50	2	52	1.5	△	1.5
Lappi	290	49	339	5.0	0.8	5.8
Etelä-Suomi — <i>South Fin- land</i>	803	51	854	6.8	0.4	7.2
Pohjois-Suomi — <i>North Fin- land</i>	340	51	391	3.7	0.5	4.2
Koko maa <i>Whole of Finland</i>	1 143	102	1 245	5.4	0.5	5.9



Kuva 1. Kallio- ja louhikkomaiden osuus kovan metsämaan alasta.
 Fig. 1. Rocky and bouldery soils as percentage of firm forest land.

Taul. 2. Kallio- ja louhikkomaiden esiintyminen linjakuvioilla.
 Table 2. Rocky and bouldery soils on the survey lines.

Lääni District	Huonokasvuiset maat Poorly productive lands				Joutomaat Waste lands			Yhteensä Grand Total
	Kallio Rocky	Louhikko Bouldery	Vaaran laki Hilltops	Yhteensä Total	Kallio Rocky	Louhikko Bouldery	Yhteensä Total	
% kovan metsämaan alasta — % of firm forest land								
Ahvenanmaa	22.4	—	—	22.4	23.8	—	23.8	46.2
Uusimaa	12.8	0.8	—	13.6	2.4	△	2.4	16.0
Turku—Pori	11.5	0.5	—	12.0	2.8	△	2.8	14.8
Häme	3.5	0.3	—	3.8	0.1	△	0.1	3.9
Kymi	5.0	0.1	—	5.1	0.5	△	0.5	5.6
Mikkeli	4.6	0.3	—	4.9	0.4	0.1	0.5	5.4
Kuopio	1.7	0.4	—	2.1	0.1	0.1	0.2	2.3
Vaasa	3.4	0.6	—	4.0	0.3	0.4	0.7	4.8
Oulu	0.9	△	0.1	1.0	△	0.1	0.1	1.1
Lappi	0.7	1.5	2.3	4.5	0.1	1.0	1.1	5.6
Etelä-Suomi — South Finland	5.3	0.4	△	5.7	1.0	0.1	1.1	6.8
Pohjois-Suomi — North Finland ...	0.8	0.9	1.5	3.2	0.1	0.6	0.7	3.9
Koko maa Whole of Finland	3.3	0.6	0.7	4.6	0.6	0.4	1.0	5.6

esittää myös näiden maiden koalojen sadanneksen kunkin läänin kovan metsämaan koalamäärästä. Käsitteeseen »kova metsämaa» on tässä sisällytetty myös avokalliot ja -louhikot. Etelä-Suomella tarkoitetaan maan eteläosaa Oulun läänin rajaan asti, Pohjois-Suomella Oulun ja Lapin läänit.

Kuten taulukosta nähdään, vaihtelee huonokasvuisten kallio- ja louhikkomaiden esiintyminen eri lääneissä melkoisesti. Suhteellisesti eniten näitä maita esiintyy Ahvenanmaalla ja Lounais- ja Etelä-Suomen rannikolla, vähiten Oulun läänissä. Joutomaihin kuuluvia kallio- ja louhikkomaita esiintyy pääasiassa vain Ahvenanmaalla. Pienessä määrässä esiintyy niitäkin Lounais- ja Etelä-Suomen rannikkoalueella sekä Lapissa, mutta muussa osassa Suomea niitä on hyvin vähän.

Koska kallio- ja louhikkomaita edustava koalamäärä on liian pieni niiden alueittaisen esiintymisen tarkempaa selvittelyä varten, tarkastellaan näiden maiden esiintymistä myös linjakuvioilla. Aineiston tilastollista käsittelyä varten oli metsäntutkimuslaitoksen arvioimisosastolla laskettu kaikki päätulokset 10 km pituisia linjan osia kohti, ja näitä laskelmia saatiin osaston esimiehen hyväntahtoisella luvalla käyttää hyväksi tässä tarkastelussa.

Sopivan aluejaon löytämiseksi jaettiin linjat kartalla 20 km osiin, ja kunkin osan kohdalle merkittiin kuinka suuri osa siitä oli nyt kyseessä olevia maita. Esiintymisrunsaus laskettiin tässäkin sadanneksena kovan metsämaan alasta.

Kallio- ja louhikkomaiden esiintymisrunsaudet linjakuvioilla on esitetty kuvassa 1, sekä lääneittäin taul. 2. Taulukossa on esitetty erikseen kallio-, louhikko- ja vaaranlakimaat. Kuvassa sensijaan on esitetty näiden kaikkien yhteinen runsaus. Tässäkin on tulokset muunnettu 13 km linjaväliä vastaaviksi. Kaiken kaikkiaan esiintyi linjoilla näitä maita seuraavasti:

	huono- kasvuisia	jouto- maita
kalliomaita	367.2 km	68.3 km
louhikkomaita	72.4 »	40.9 »
vaaranlakimaita	73.3 »	—

Kuvasta ja taulukosta nähdään, että runsaiten kallio- ja louhikkomaita on näidenkin tulosten mukaan Lounais- ja Etelä-Suomen saaristossa ja rannikolla sekä vähiten Kainuun—Oulun seudulla. Kovan metsämaan alasta on Ahvenanmaalla kallioista ja louhikkoista lähes puolet, kun vastaava luku Oulun läänissä on vain 1.1 %.

Taulukoista 1 ja 2 nähdään, että koeala-aineisto ja linjakuvioaineisto antavat jossain määrin erilaisen kuvan maan kalloisuudesta ja louhikkaisuudesta. Huonokasvuisia maita on enemmän koeala-aineiston mukaan, joutomaita linjakuvioaineiston mukaan. Yhteismäärä on yleensä linjakuvioaineiston mukaan suurempi. Tässä on katsottava linjakuvioaineiston antavan luotettavamman kuvan kallio- ja louhikkomaiden esiintymisestä, sillä näille maille sattuneiden koealojen lukumäärä on varsin vähäinen.

Saatujen lukujen mukaan saattaa huonokasvuisen kallio- ja louhikko-
maan osuus eri lääneissä vaihdella yli 20-kertaisesti, mutta joutomaan vastaavat luvut vaihtelevat jopa yli 200-kertaisesti. Verrattaessa taulukoiden 1 ja 2 lukuja huomataan vaihtelun linjakuvioihin perustuvissa luvuissa olevan suuremman. Kallioisen ja louhikkoisen huonokasvuisen ja joutomaan runsauden suhde vaihtelee melkoisesti eri osissa maata. Ainoastaan Ahvenanmaalla on joutomaata enemmän kuin huonokasvuista, sisämaassa on joutomaan ala vain korkeintaan 10 % huonokasvuisen maan alasta.

Taulukosta 2 huomataan edelleen, että saaristossa ja rannikolla on kalliomaita paljon enemmän kuin louhikkomaita. Samoin on asianlaita myös Etelä-Suomen sisämaassa sekä Oulun läänissä, mutta niiden välinen suhdeluku on täällä paljon pienempi. Lapin läänissä sensijaan on louhikkoisia maita runsaammin, ja huonokasvuisia kalliomaita on Lapin läänissä vähemmän kuin muissa osissa maata. Oulun läänissä on kaikkia näitä maita

hyvin vähän, ja yhteismäärä on Oulun läänissä paljon pienempi kuin muissa lääneissä.

Kallio- ja louhikkomaiden erilainen alueittainen esiintyminen on seurauksena maamme geologisista vaiheista. Jääkauden aikaisen mannerjään sulaessa syntyvät irtaimet maalajit peittivät alleen kalliopohjan, ja miltei koko Etelä-Suomi oli jään sulaessa veden alla. Maan noustessa merestä huuhtoivat aallot kalliopohjaa peittävää maata ja riippui paikallisista olosuhteista, kuinka perusteellisesti huuhtoutuminen tapahtui. Kalliota peittävien maapatjojen paksuudet eivät alunperin liene vaihdelleet kovinkaan suurissa rajoissa, vaan maanpinnan muodon määräsi pohjakallio. Huuhtoutumisen voimakkuus riippui siten varsinkin maanpinnan kaltevuuden määrästä ja suunnasta, edessä olevan ulapan laajuudesta sekä maan kohoamisnopeudesta. Kaikissa näissä suhteissa on Ahvenanmaa erikoisasemassa, joten kalliomaiden runsaus siellä samoin kuin Lounais-Suomen rannikolla on helposti ymmärrettävissä. Yleisesti voidaan sanoa, että koko Etelä-Suomi on ollut jääkauden jälkeen veden alla ja että Lapin lääni on veden koskematon maata. Siitä johtuneekin kalliomaiden runsaampi esiintyminen Etelä-Suomessa ja vähäinen esiintyminen Lapissa. Vaikeampi on selittää, mistä johtuu, että näiden maiden määrä Oulun läänissä on pieni, sillä suurin osa tätäkin aluetta on jääkauden jälkeen ollut veden peittämänä.

Laskettuna koko maa-alasta, oli kallio- ja louhikkomaita III inventoinnin mukaan seuraavasti:

	Etelä-Suomi	Pohjois-Suomi	Koko maa
huonokasv. metsämaalla ...	3.07 %	1.36 %	2.26 %
joutomaalla	0.62 »	0.32 »	0.44 »
yhteensä	3.69 »	1.68 »	2.70 »

Edellisessä valtakunnan metsien inventoinnissa saatiin näiden maiden osuus maa-alasta seuraavaksi (Ilvessalo 1943):

	Etelä-Suomi	Pohjois-Suomi	Koko maa
huonokasv. metsämaalla ...	2.63 %	1.92 %	2.32 %
joutomaalla	0.37 »	0.43 »	0.39 »
yhteensä	3.00 »	2.35 »	2.71 »

Verrattaessa näitä tuloksia keskenään huomataan, että Etelä-Suomessa kallio- ja louhikkomaan osuus on nyt saatu jonkin verran suuremmaksi, Pohjois-Suomessa pienemmäksi ja että koko maata koskevat luvut ovat likimain ennallaan. Suurimpana syynä havaittuihin eroihin lienevät edellisen arvioinnin jälkeen rauhanteossa tapahtuneet alueluovutukset.

Kivisyys

Yleistä

Kivisyydellä tarkoitetaan kivien (kooltaan 2—20 cm) ja lohkareiden (> 20 cm) esiintymistä maassa. Kivisyyden määrä ilmoitetaan esim. kivien ja lohkareiden sadannesosuutena maan tilavuudesta. Käytännön tarvetta varten kivisyys voidaan mitata esim. teräspuikon keskimääräisenä painumana maahan (vrt. Viro 1947).

Valtakunnan metsien III inventoinnissa kivisyys arvioitiin silmävaraisesti jokaisella kasvullisen kovan maan koealalla kolmea luokkaa käyttäen. Sen lisäksi kivisyys määritettiin mittaamalla niillä koealoilla, joiden metsikkö oli luonnontilainen tai alhaalta päin metsänhoidollisesti tyydyttävästi käsitelty ja tiheydeltään vähintään 0.6. Kivisyys määritettiin e. m. painamismenetelmällä, mittaamalla 13 kohdasta koealalla, miten syvälle teräspuikko voitiin painaa maahan. Mittauspaikat oli määrätty siten, että yksi havainto tehtiin koealan keskipisteessä sekä muut 12 keskipisteestä 5.64, 12.62 ja 17.84 m päässä linjan suunnassa eteen- ja taaksepäin sekä linjaa vastaan kohtisuoraan kummallekin puolelle. Koealan painuma-arvojen keskiarvoa nimitetään tämän koealan kivisyysindeksiksi (Ki). Koska aikaisemmin on todettu, että maan viljavuuden kannalta on tärkeintä pinta-kerroksen kivisyys, mitattiin tässä tutkimuksessa 30 cm paksuisen pinta- maakerroksen kivisyys.

Kivisyysluokat, kivisyysindeksit ja kivisyys sadannekset vastaavat toisiaan seuraavasti:

kivisyys- luokka	kivisyys- indeksi	kivisyys- sadannes
I = vähäkivinen	> 21.1 cm	< 30.0 %
II = kivinen	21.0—12.1 »	30.1—60.0 »
III = erittäin kivinen	< 12.0 »	> 60.1 »

Mitä kivisempää maa on, sitä pienempi on siis sen kivisyysindeksi ja sitä suurempi sen kivisyys sadannes. Indeksien pienentyessä 3 cm lisääntyy kivisyys 10 %. Siten kivisyysindeksiluokan 30—27.1 cm kivisyys on 0—10.0 %, luokan 27.0—24.1 cm 10.1—20.0 % jne., ja luokan 3.0—0 cm kivisyys 90.1—100 %.

Kivisyyden mittaus suoritettiin humuksen ja kivennäismaan rajasta lähtien 5 cm luokissa. Jokainen havainto merkittiin erikseen muistiin siten, että painuma 0—2.5 cm merkittiin = 0 cm, 2.5—7.5 cm = 5 cm, jne. ja 27.5—30 cm = 30 cm. Kun puikko painui 30 cm syvemmälle merkittiin se 30:ksi. Kaikkiaan mitattiin kivisyys koko maassa 4 038 koealalta. Suurin

osa kivisyyttä koskevista tuloksista esitetään seuraavassa kivisyyssindeksiä käyttäen. Tarvittaessa ne on helppo muuntaa vastaaviksi kivisyyssadanneksiksi e. m. muuntolukuja käyttäen.

Eri ryhmänjohtajien suorittamien kivisyyssmittauksien määrä vaihtelee suuresti johtuen mm. siitä, että koealat, joilla kivisyys selvitettiin myös mittaamalla, määräytyivät ohjeiden mukaan puuston perusteella ja niiden valinta oli siten jossain määrin subjektiivista. Laskettuna kasvullista kovaa metsämaata kohti mitattiin kivisyys keskimäärin 2.54 km välein, siis noin joka viidennellä koealalla. Eri arviointiryhmissä tämä luku vaihtelee yleensä 1.4—6.9 km, mutta yhdessä ryhmässä se on 0.66 km, siis kivisyys on mitattu melkein jokaisella koealalla, ja yhdessä ryhmässä 10.2 km.

Kivisyyden mittauksen tarkkuudesta

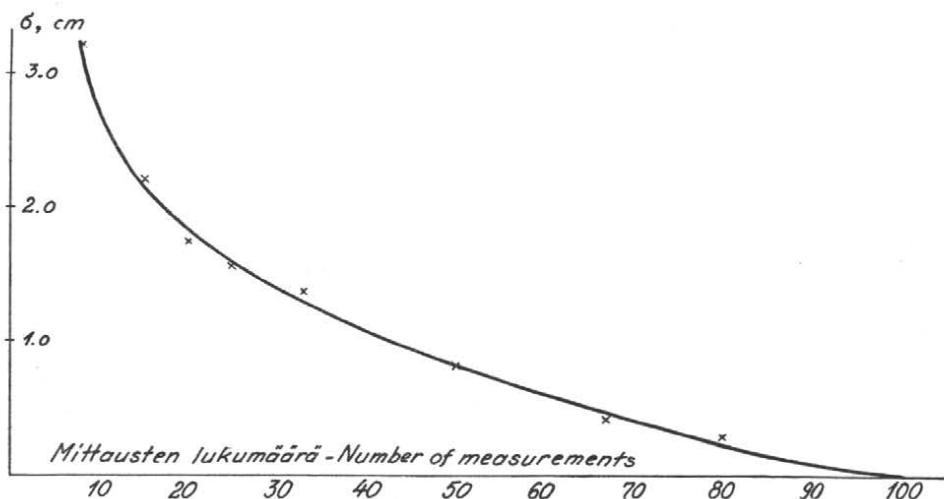
Kun painamismenetelmä kivisyyden mittaamiseksi kehitettiin, tarkasteltiin samalla kertyneen havaintoaineiston perusteella kivisyyssindeksin luotettavuuden riippuvuutta suoritettujen painumismittausten lukumäärästä. Tällöin vielä suoritettiin mittaus painamalla puikko niin syväälle maahan kuin mahdollista. Tällöin saatiin tulokseksi, että kivisyys on mitattava n. 30 paikasta koealalta (Viro 1947). Myöhemmät tutkimukset ovat osoittaneet, että maan viljavuuden kannalta on tärkeintä tietää maan pintakerroksen kivisyys, ja sen vuoksi nykyään mitataankin 30 cm paksuisen pinta- maakerroksen kivisyys (Viro 1952). Alkuperäisen menetelmän mukaan suurimmat esiintyvät painuma-arvot olivat 1 m, uudistetun menetelmän mukaan 30 cm. Tämä mittaustavan muutos pienentää suuresti havainnoissa esiintyvää hajontaa. Laskettaessa eräässä aineistossa hajonta kummallakin menettelytavalla saaduille havainnoille, saatiin tulokseksi, että suoritettaessa mittaus uudistetun menetelmän mukaan, tulosten hajonta oli vain puolet alkuperäisestä hajonnasta. Uudistetun menetelmän mukaan saatu kivisyyssindeksi on siis tilastollisesti alkuperäisen menetelmän antamaa luotettavampi, jos molemmilla tavoilla on tehty sama määrä havaintoja.

Vertaamalla painamismenetelmän antamia tuloksia niihin jotka saatiin erottamalla kivet maasta seulomalla, on todettu, että alkuperäinen painamismenetelmä antaa tilastollisesti varsin luotettavan kuvan maan kivisyydestä. Tyytymällä uudistetulla menetelmällä samaan suhteelliseen tarkkuuteen voidaan edelläolevan mukaan nojautua myös pienempään havaintomäärään.

Painamismenetelmällä saatu tulos on luonnollisesti sitä luotettavampi mitä useampia painumismittauksia kullakin koealalla suoritetaan. Tekijän toisia tutkimuksia varten keräämään aineiston avulla voidaan tarkastella miten tuloksen tarkkuus riippuu mittausten lukumäärästä. Kivisyys on mitattu 156 koealalta sadasta paikasta. Tästä aineistosta otettiin kullakin koealalla tietyllä tavalla eri määriä yksityisiä mittaushavainnoja ja lasket-

tiin paljonko keskiarvo kulloinkin poikkeaa siitä, joka oli saatu sataa mittausta käyttäen. Tulosten hajonta oikeana pidetystä 100 mittauksen tuloksesta laskettiin kaavalla

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum dx^2}{N}}$$



Kuva 2. Kivisyysindeksin hajonnan (σ) riippuvuus mittausten lukumäärästä.

Fig. 2. Dependence of the standard deviation (σ) of the stoniness index on the number of measurements.

Kuva 2 esittää kivisyysindeksin hajonnan riippuvuutta mittausten lukumäärästä. Tässä tutkimuksessa maan kivisyys mitattiin tietyillä koelajoilla 13 paikasta. Kuvan mukaan on kivisyysindeksin hajonta silloin 2.3 cm. Edempänä (s. 17) osoitetaan, että I ja II kivisyysluokan maiden keskimääräisten kivisyysindeksien ero on 8.9 cm, II ja III 8.3 cm. Kaksinkertainen hajonta on siis noin puolet luokkavälistä, toisin sanoen yli 90 % kivisyysindeksistä poikkeaa todellisesta vähemmän kuin puoli luokkaväliä.

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan kivisyyden vaikutusta metsämaan viljavuuteen etupäässä kivisyysluokittain. Edellä olevan mukaan tulee kivisyys määritettyä tyydyttävällä tarkkuudella kun kivisyys mitataan 13 paikasta koelajalla. Kuitenkin on tätä lukua pidettävä suoritettavien mittausten minimimääränä ja olisi ollut suotavaa, että mittaus olisi suoritettu useammista kohdista.

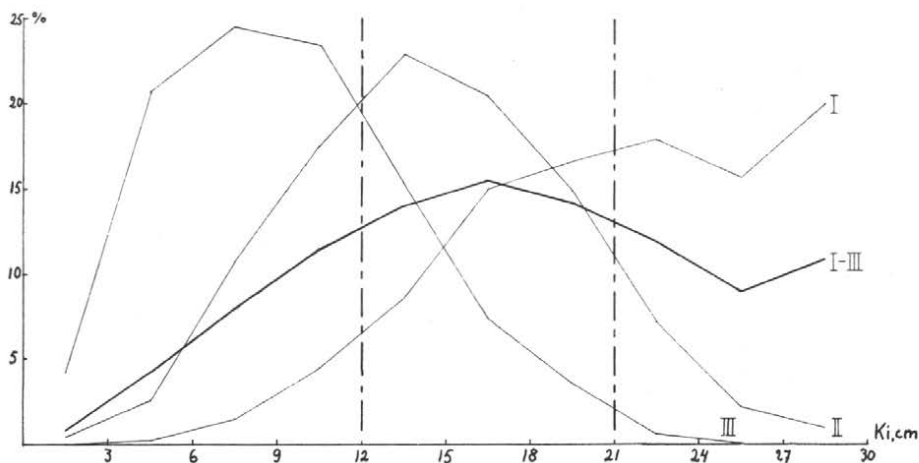
Kivisyden arvioinnin tarkkuudesta

Kivisyys arvioitiin silmävaraisesti kasvullisen kovan maan kaikilla koealoilla, myös niillä, joilla se mitattiin. Ohjeen mukaan oli kivisyys arvioitava ennen mittausta, jotta nähtäisiin voidaanko, ja minkälaisella varmuudella, kivisyys saada selville ilman mittauksia.

Taulukossa 3 on esitetty se aineisto, jossa kivisyys on määritetty sekä arvioimalla että mittaamalla. Kuhunkin arvioituun luokkaan kuuluvasta aineistosta esitetään myös sen jakaantuminen maan kivisyysindeksiin mukaan. Kivisyysindeksit on jaoteltu 3 cm ryhmiin, eli maan kivisyys jaoteltu 10 % ryhmiin. Yksityiskohtaisesti esitetään vain koko maan aineiston jakaantuminen.

Taul. 3. Aineiston jakaantuminen arvioidun ja mitatun kivisyden mukaan.
Table 3. Distribution of the material according to estimated and measured stoniness.

Arvioitu kivisyysluokka <i>Estimated stoniness class</i>	Kivisyysindeksi, cm — <i>Stoniness index, cm.</i>										Yhteensä <i>Total</i>
	30—27.1	27.0—24.1	24.0—21.1	21.0—18.1	18.0—15.1	15.0—12.1	12.0—9.1	9.0—6.1	6.0—3.1	3.0—0	
	Koealoja, kpl. — <i>No. of sample plots</i>										
I	428	336	384	355	320	184	96	31	5	—	2 139
II	13	28	91	190	259	291	224	138	34	5	1 273
III	—	1	4	23	46	96	147	154	129	26	626
Yhteensä — <i>Total</i>	441	365	479	568	625	571	467	323	168	31	4 038



Kuva 3. Eri kivisyysluokkien aineiston jakaantuminen kivisyysindeksiin mukaan.
Fig. 3. Distribution of the material of the different stoniness classes according to the stoniness index (*Ki*).

Myös kuva 3 esittää miten eri kivisyysluokkiin arvioidut maat sekä koko aineisto jakaantuvat kivisyysindeksin mukaan. Eri kivisyysluokkien ja koko aineiston jakaantumisessa huomataan tiettyä keskittymistä: I kivisyysluokkaan arvioidun aineiston huippu on mittauksen mukaan I ja II kivisyysluokan rajalla, II luokan huippu on lähellä III luokan rajaa, ja III luokan huippu hieman luokan vähäkivisemmässä laidassa. Koko aineistossa huippu on keskellä II kivisyysluokkaa.

Taul. 3 esitetty aineisto jakaantuu eri kivisyysluokkiin seuraavasti:

	I	II	III
arvioinnin mukaan	53.0 %	31.5 %	15.5 %
mittauksen mukaan	31.8 »	43.7 »	24.5 »

Esitetyt luvut osoittavat hyvin selvästi, että silmävaraisen arvion mukaan metsämaan kivisyys on saatu keskimäärin liian pieneksi. Onhan yli puolet koealoista viety ensimmäiseen kivisyysluokkaan, kun siihen mittauksen mukaan kuuluu vain vajaa kolmannes koealoista.

Silmävaraisessa kivisyyden arvioinnissa syntyvää virhettä valaisee vielä selvemmin taul. 4. Siitä nähdään, että varsinkin I ja II kivisyysluokkaan kuuluviksi arvioitujen maiden kohdalla syntynyt virhe on suuri. III kivisyysluokkaan arvioiduista maista sitävästoin kuuluu tähän luokkaan mitaustenkin mukaan lähes 3/4. Kivisimpien maiden kivisyyden arviointi on siten ilmeisesti helpompaa kuin vähemmän kivisten.

Taul. 4. Arvioidut ja mitatut kivisyysluokat.

Table 4. Estimated and measured stoniness classes.

Arvioitu kivisyysluokka <i>Estimated stoniness class</i>	Mitattu kivisyysluokka <i>Measured stoniness class</i>			Yhteensä <i>Total</i>
	I	II	III	
Koealoja, % — <i>Sample plots, %</i>				
I	53.6	40.2	6.2	100.0
II	10.4	58.1	31.5	100.0
III	0.8	26.4	72.8	100.0

Arvioitujen kivisyysluokkien keskimääräiset kivisyysindeksit ja vastaavat kivisyysadannekset ovat tässä aineistossa:

	kivisyysindeksi	kivisyysadanne
I =	21.2 ± 0.12 cm	29.3 %
II =	14.6 ± 0.14 »	51.3 %
III =	9.5 ± 0.18 »	68.3 %
keskimäärin	17.3 »	42.3 %

Arvioitujen kivisyysluokkien kivisyysindeksien keskiarvot eroavat tilastollisesti erittäin merkittävästi toisistaan. I ja II luokan kivisyysindeksien erotuksen suhde keskivirheeseensä on 39.8, II ja III luokan vastaava luku on 25.0. Laskettaessa mittauksen mukaan eri kivisyysluokkiin kuuluvien maiden kivisyysindeksit, ovat vastaavat keskiarvot seuraavat:

$$\begin{aligned} \text{I} &= 25.4 \text{ cm} \\ \text{II} &= 16.5 \text{ »} \\ \text{III} &= 8.2 \text{ »} \end{aligned}$$

Verrattaessa näitä kahta lukusarjaa huomataan, että arvioituissa kivisyysluokissa maiden mitattu kivisyys on ensimmäisessä ja toisessa kivisyysluokassa suurempi kuin näihin kivisyysluokkiin mittauksen mukaan kuuluvien maiden kivisyys. Ensimmäiseen kivisyysluokkaan arvioitujen maiden keskimääräinen kivisyysindeksi on 4.2 cm pienempi eli kivisyys 14.0 % suurempi kuin mittauksen mukaan tähän luokkaan kuuluvien. Vastaava ero toisessa kivisyysluokassa on 1.9 cm (6.3 %). Erittäin kivisten maiden kohdalla virhe on päinvastainen; ne on arvioitu keskimäärin vähemmän kiviseksi kuin mittaukset osoittavat. Ero on 1.3 cm eli 4.4 %.

Kivisyysluokkien keskimääräisten kivisyysindeksien erot ovat:

	kivisyys arvioitu	kivisyys mitattu
I—II	6.6 cm	8.9 cm
II—III	5.1 »	8.0 »

Nämäkin luvut osoittavat, että kivisyyden arviointi ei ole täysin onnistunut, sillä arvoitujen luokkien kivisyysindeksien väliset erot ovat liian pienet. Tämä johtuu siitä, että varsinkin ensimmäisen mutta myös toisenkin kivisyysluokan maiden kivisyys on keskimäärin arvioitu liian pieneksi ja kolmannen kivisyysluokan maiden liian suureksi niinkuin edellä osoitettiin.

Metsämaan kivisyyden silmävaraisen arvioinnin mahdollisuuksia selvittää myös yksityisten ryhmänjohtajien saamien tulosten tarkastelu. Kuhnkin kivisyysluokkaan arvioinnin ja mittauksen perusteella kuuluvien koealojen lukumäärän suhdeluvut ovat seuraavat:

	I	II	III
koko aineisto	2.16	0.72	0.49
ryhmät, alin	1.14	0.50	0.25
» , ylin	5.04	1.16	1.31

Myös eri ryhmien suhdeluvut osoittavat, että kivisyys yleensä arvioidaan liian pieneksi, sillä II kivisyysluokkaan arvioitujen koealojen lukumäärä on vain 2 tapauksessa mittauksen mukaan tähän luokkaan kuuluvien lukumäärää suurempi ja III luokassa vain yhdessä tapauksessa, ja I kivisyysluokkaan kuuluu arvioinnin mukaan aina enemmän koealoja.

Silmävaraisen arvioinnin tarkkuutta osoittaa, monessako tapauksessa arviointi on osunut oikeaan. Koko aineistossa arviointi on osunut oikeaan 58 % tapauksista; eri ryhmissä vastaava sadannes on 37—67. Yleensä siis melkein joka toinen arvio on virheellinen. Arviointia voitaneen pitää hyvin onnistuneena, kun mitattu kivisyys ei poikkea arvioidusta enempää kuin ± 10 %. Koko aineistosta täyttää tämän ehdon 78 % ja eri arviointiryhmissä vastaava luku on vaihdellen 61—84 %. Keskimäärin kivisyysarvioinnin on näin ollen katsottava onnistuneen hyvin n. kolmessa tapauksessa neljästä.

Edellä todettiin jo, että III kivisyysluokkaan kuuluvien maiden kivisyyden arviointi on helpointa, niiden kohdalla syntynyt virhe on pienempi kuin muiden kivisyysluokkien kohdalla. Lohkareiden esiintyminen maassa on paljon selvemmin havaittavissa kuin kivien, ja siten kivisyyden silmävarainen arviointi lieneekin perustunut pääasiassa lohkareiden määrän arviointiin.

Määritelmän mukaan kivisyys aiheutuu joko lohkareista tai kivistä tai niistä molemmista. Eräässä tekijän aineistossa, joka käsittää 226 moreeniin maan koealaa, on maassa karkeampia aineksia seuraavasti:

lohkareita	kiviä	kivisyys
21.5 ± 1.10 %	10.5 ± 0.48 %	32.0 ± 1.25 %

Lohkareita on siis keskimäärin kaksi kertaa niin paljon kuin kiviä, ja lohkaareet vaikuttavat siten paljon enemmän maan kokonaiskivisyyteen. Mainitussa aineistossa on lohkareiden ja kivisyyden määrien välinen korrelaatiokerroin 0.913 ± 0.011 , kivien ja kivisyyden määrien välinen 0.695 ± 0.035 .

Esitetyt luvut osoittavat, että jos lohkareiden määrä maassa tunnetaan, niin kivisyys tunnetaan myös melkoisella todennäköisyydellä. Edellä tultiin siihen tulokseen, että kivisyyden arviointi on perustunut lohkareiden määrään. Ilmeisesti lohkareitakin on kuitenkin hyvin usein vaikea havaita humuskerroksen läpi, koska arvioinnin perusteella maan kivisyys on saatu liian pieneksi.

Koska kivisyyden arvioiminen on siis varsin epävarmaa, käydään metsämaan kivisyyttä ja sen merkitystä koskeva tarkastelu pääasiassa sen aineiston osan perusteella, jossa kivisyys on myös mitattu.

Metsämaan kivisyys

Edellisessä kappaleessa esitetyt luvut osoittavat, että metsämaamme ovat varsin kivisiä, sillä maista kuuluu mittausten mukaan I kivisyys-

luokkaan 31.8 %, II kivisyysluokkaan 43.7 % ja III kivisyysluokkaan 24.5 %, ja maiden keskimääräinen kivisyys on 42.3 %. Koko kasvullisten kovien metsämaiden aineistossa on kivisyys mitattu eri kivisyysluokissa seuraavasti:

I kivisyysluokan maista.....	23.8 %
II » »	31.3 »
III » »	25.7 »
koko aineisto	26.0 »

Jos kivisyys olisi mitattu kaikissa kivisyysluokissa suhteellisesti yhtä monella koealalla, olisi keskimääräinen kivisyys 41.6 %. Ero tämän ja nyt havaitun välillä on merkityksettömän pieni. Ylläoleva asetelma osoittaa myös, että kivisimmillä mailla on kivisyysmittauksia suoritettu suhteellisesti yhtä paljon kuin vähemmän kivisilläkin.

Tässä tutkimuksessa todetaan myöhemmin (s. 22 ja 24) kaksi muuta tekijää, joiden vaikutuksesta mitattu kivisyys on myös saatu liian suureksi. Nämä virheet aiheutuvat osittain samoista syistä. Kuitenkin, vaikka ne esiintyisivät erillisinäkin, niistä aiheutuisi vain 0.7 cm korjaus keskimääräiseen kivisyysindeksiin. Koko maan keskimääräinen kivisyysindeksi on siten korkeintaan 18.0 cm ja keskimääräinen kivisyys vähintään 40.0 %.

Aikaisempien tietojen mukaan metsämaamme olisivat olleet hyvin huomattavasti vähäkivisempää. Edellisen linja-arvioinnin yhteydessä suoritettujen havaintojen mukaan saatiin seuraavat luvut (Aaltosen 1941 mukaan):

	kivisyysluokka		
	I	II	III
Etelä-Suomi	68.1 %	27.2 %	4.7 %
Pohjois-Suomi	82.8 »	16.0 »	1.2 »
Koko maa	72.4 »	24.0 »	3.8 »

Nämä luvut eivät tosin ole täysin vertailukelpoisia tämän tutkimuksen lukujen kanssa, sillä kivisyysluokat on määriteltä eri tavalla ja myös aluejako on hieman erilainen. Kovin paljoa nämä seikat eivät kuitenkaan vaikuttane esitettyihin lukuihin.

Verrattaessa ylläesitettyjä toisen arvioinnin lukuja kolmannessa arvioinnissa saatuihin, on jälkimmäisessäkin käytettävä arvioimalla saatuja lukuja. (Pohjois-Suomen metsämaat jakaantuivat kivisyysluokkiin seuraavasti: I = 64.4 %, II = 23.1 %, III = 12.5 %, muut luvut on esitetty taul. 5 (koko aineisto). Huomataan, että Etelä-Suomessa II kivisyysluokan luvut ovat miltei yhtä suuret molempien arvioiden mukaan, mutta III kivi-

syysluokan luku on viimeisen arvioinnin mukaan lähes 4-kertainen edelliseen verrattuna. Pohjois-Suomessa on II kivisyysluokkaankin kuuluvien maiden määrä melkoisesti suurempi kuin edellisen arvioinnin mukaan, ja III kivisyysluokkaan kuuluvien maiden määrä on nyt saatu 10-kertaiseksi.

Vaikka kivisempien maiden osuus on viimeisessä arvioinnissa saatukin näin paljon suuremmaksi kuin aikaisemmissa, maan todellinen kivisyys on kuitenkin vielä paljon suurempi, niinkuin edellä on osoitettu. Se, että nykyisessä arvioinnissa on kivisten maiden osuus saatu näinkin suureksi, johtuu siitä, että suoritettut kivisyyden mittaukset ovat tehneet arvioinnin suorittamisen varmemmaksi.

Taul. 5 on esitetty tämän aineiston maiden jakaantuminen kivisyysluokkiin sekä mittauksen että arvion mukaan. Taulukossa esitetään sekä koko aineisto että erikseen ne koealat, joilla kivisyys on myös mitattu.

Taul. 5. Aineiston alueittainen jakaantuminen kivisyysluokkiin.

Table 5. Regional distribution of the material into stoniness classes.

Alue District	Mitatut koealat — Measured sample plots						Koko arvioidun aineiston jakaantuminen Estimated distribution in whole material		
	Jakaantuminen mittauksen mukaan Measured distribution			Jakaantuminen arvioinnin mukaan Estimated distribution					
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
	%			%			%		
Etelä-Suomi — South Finland	29.2	45.6	25.2	48.4	33.5	18.1	54.5	28.0	17.5
Oulun lääni — Province of Oulu	41.6	43.2	15.2	70.7	22.3	7.0	75.0	17.7	7.3
Lapin lääni — Province of Lapland	30.6	39.0	30.4	50.2	34.0	15.8	57.3	26.8	15.9
Koko maa Whole of Finland	31.8	43.7	24.5	53.0	31.5	15.5	58.0	26.3	15.7

Tarkasteltaessa ensin mitattua kivisyyttä, huomataan että Etelä-Suomen ja Lapin vastaavat luvut ovat likimain yhtä suuret, mutta Oulun läänin luvut osoittavat selvästi vähempää kivisyyttä.

Keskimääräiset kivisyysindeksit näillä alueilla ovat:

Etelä-Suomi	17.0 ± 0.05 cm
Oulun lääni	19.1 ± 0.08 »
Lapin lääni	16.5 ± 0.08 »

Näidenkin lukujen mukaan Etelä-Suomen ja Lapin läänin maiden kivisyys on likimain yhtä suuri, mutta Oulun läänin maat ovat näitä selvästi vähäkivisempiä. Erot ovat tilastollisesti selvästi merkitseviä.

Edellä on jo osoitettu, että maat on yleensä arvioitu todellista vähäkivisemmiksi. Taul. 5 luvut osoittavat, että Lapin läänissä on III kivisyysluokkaan arvioitu kuuluvan suhteellisesti vähemmän maita kuin Etelä-Suomessa, mutta että todelliset luvut ovat päinvastaiset.

I kivisyysluokan kohdalla on mitatun ja arvioidun määrän suhdeluku kaikissa alueissa likimain yhtä suuri. Etelä-Suomessa kuuluu III kivisyysluokkaan mittauksen mukaan n. 50 % enemmän maita kuin arvioinnin mukaan, Lapin läänissä sensijaan 100 % enemmän. Oulun läänissä kivisimpiä maita on vähiten, mutta arvioinnissa syntynyt virhe on suhteellisesti vielä suurempi kuin Lapin läänissä. Syynä virheen suuruuteen Pohjois-Suomessa lienee osittain siellä monin paikoin yleinen paksu humuskerros, joka tasoittaa maanpinnan epätasaisuutta. Tämä tuskin kuitenkaan aiheuttanee näin suurta virhettä. Näyttää siten ilmeiseltä, että Pohjois-Suomessa on maassa vähemmän isoja, maanpinnan yläpuolella kohoavia lohkaraita. Pohjois-Suomen moreenimaat lienevät keskimäärin melkoista karkeampia kuin Etelä-Suomen ja siten siellä roudan nostava vaikutus on vähäisempi. Myös erilaisilla geologisilla olosuhteilla lienee tässä osuutensa. Lappihan on suurelta osalta veden koskematonta maata ja suuret osat Oulun lääniäkin ovat varsin korkeita maita.

Taul. 6 on esitetty yksityiskohtaisemmin kivisyyden mittaustulokset näiltä alueilta. Ne osoittavat myös, että Oulun läänissä on suhteellisesti vähemmän erittäin kivisiä ja enemmän vähäkivisiä maita kuin Etelä-Suo-

Taul. 6. Aineiston alueittainen jakaantuminen kivisyysindeksin mukaan.
Table 6. Regional distribution of the material according to stoniness index (Ki).

Alue District	Kivisyysindeksi, cm — Stoniness index, cm.										Koealojen luku No. of sample plots
	30—27.1	27.0—24.1	24.0—21.1	21.0—18.1	18.0—15.1	15.0—12.1	12.0—9.1	9.0—6.1	6.0—3.1	3.0—0	
	%										
Etelä-Suomi — South Finland	10.7	8.2	10.3	15.0	16.3	14.2	11.4	8.5	4.7	0.7	2 400
Oulun lääni — Province of Oulu	15.3	11.2	15.1	14.3	16.4	12.5	8.8	4.2	1.8	0.4	761
Lapin lääni — Province of Lapland	7.6	9.6	13.3	12.2	12.0	14.8	14.4	10.0	4.8	1.3	877
Koko maa Whole of Finland	10.9	9.0	11.9	14.2	15.4	14.0	11.6	8.0	4.2	0.8	4 038

messa ja Lapin läänissä. Kaikkein kivisimpiä maita näyttäisi Lapin läänissä olevan suhteellisesti eniten.

On kuitenkin otettava huomioon, ettei tämän mitatun aineiston tarvitse edustaa jonkin alueen maiden todellista keskimääräistä kivisyttöä, sillä koealat, joilla kivisyttö mitattiin, on valittu tiettyjen metsikön ominaisuuksien mukaan. Sen vuoksi ei ilman muuta ole syytä tarkastella maan eri osien kivisyttöä tämän aineiston avulla. Lisäksi on otettava huomioon, että koealat joilla kivisyttö on mitattu, jakaantuvat alueittain hyvin epätasaisesti. Kivisien maiden alueittaista jakaantumista tarkastellaankin aluksi koko aineiston avulla.

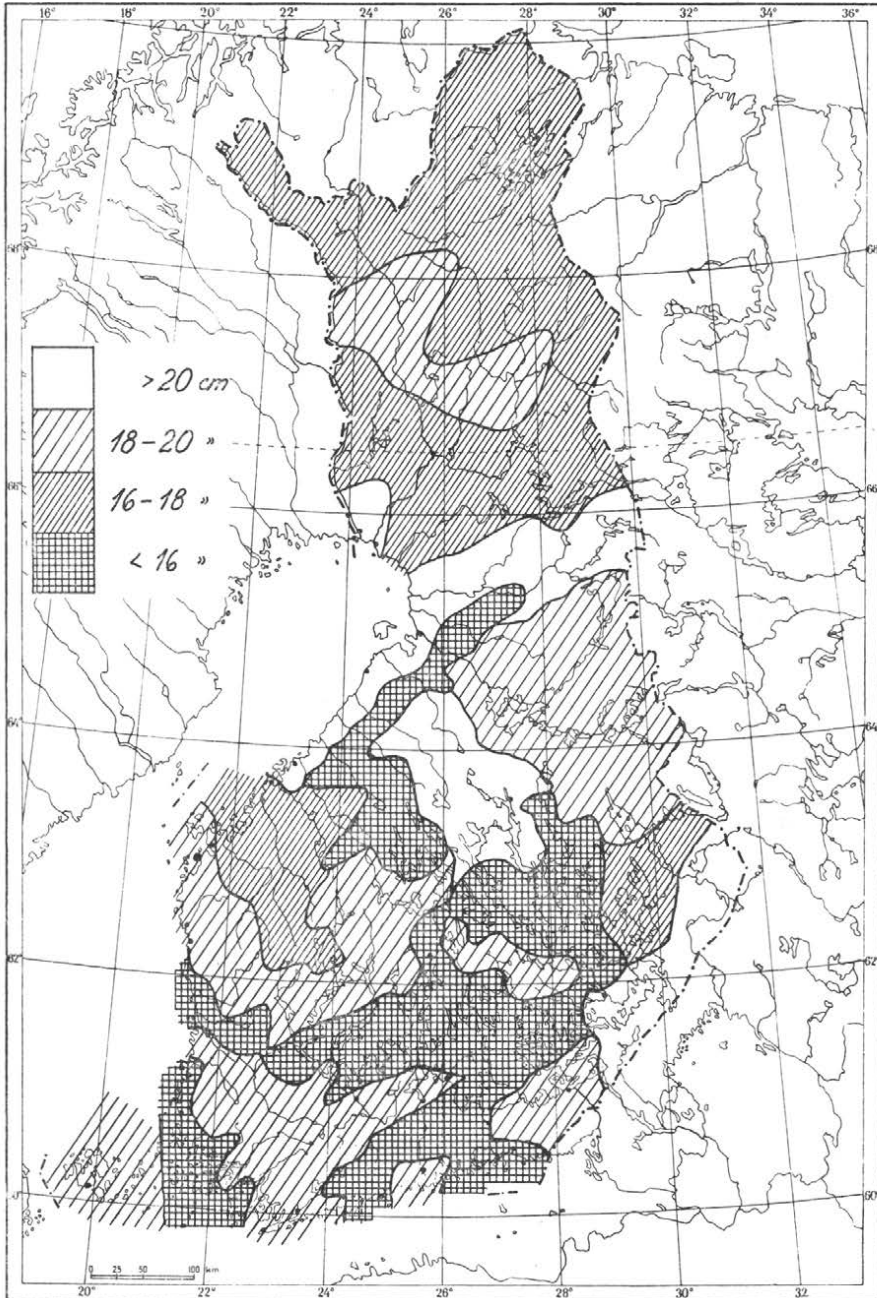
Taulukossa 5 on esitetty myös koko aineiston jakaantuminen arvioituihin kivisyttöluokkiin. Siitä nähdään, että sekä koko aineiston mukaan että sen aineiston osan mukaan, jossa kivisyttö on myös mitattu, III kivisyttöluokkaan kuuluvien maiden sadannes on vastaavilla alueilla miltei täsmälleen yhtä suuri. I kivisyttöluokan sadannes sitävastoin on koko aineiston mukaan jonkin verran suurempi ja vastaavasti II kivisyttöluokan sadannes pienempi kuin myös mitatun aineiston mukaan. Jos mitattu aineisto jakaantuisi eri kivisyttöluokkiin samoin kuin koko aineisto, olisi keskimääräinen kivisyttöindeksi 17.6 cm, eli kivisyttö 1.0 % nyt havaittua pienempi.

Kivisyyden alueittaisuudesta

Edellisessä luvussa suoritettun tarkastelun perusteella voidaan päätellä, että suurilla alueilla sen aineiston osan, jossa kivisyttö on myös mitattu, voidaan katsoa melkoisen hyvin edustavan kyseessä olevaa aluetta. Ilmeisesti tietyt vaatimukset täyttävät metsiköt ovat kaikilla alueilla jakaantuneet suhteellisesti samalla tavalla kaikenlaisille maille. Näiden toteamuksien jälkeen voidaan lähemmin tarkastella eräiden alueiden maan keskimääräistä kivisyttöä. Kovin yksityiskohtaiseen alueiden tarkasteluun ei kuitenkaan voida mennä, koska monilla seuduilla suoritettujen kivisyttömittauksien määrä on varsin vähäinen.

Maan kivisyyden alueittaista tarkastelua varten merkittiin arvioinnin linjakartalle 20 km pituisina linjan osina eri kivisyttöluokkiin arvioitujen maiden esiintyminen. Alueita joissa kivisyttö oli likimain yhtä suuri, yhdistettiin suuremmiksi ja laskettiin, montako kuhunkin kivisyttöluokkaan kuuluvaa koealaa tällä alueella oli. Kertomalla kunkin kivisyttöluokan koealojen lukumäärä luokan keskimääräisellä kivisyttöindeksillä ($I = 21.2$ cm, $II = 14.6$ cm, $III = 9.5$ cm) ja jakamalla summa koko alueen koealamäärällä, saatiin alueen keskimääräinen kivisyttöindeksi. Kuva 4 esittää kasvullisen kovan metsämaan jakaantumista alueiden keskimääräisen arvioidun kivisyyden mukaan. Maat on tässä jaettu neljään kivisyttöasteeseen. Kuvassa

ei ole esitetty alkuperäisiä alueita, vaan on yhdistetty vierekkäiset alueet, jotka kuuluivat samaan kivisyysasteeseen.



Kuva 4. Kasvullisen kovan metsämaan jakaantuminen kivisyysindeksin mukaan.
 Fig. 4. Distribution of productive firm forest land according to the stoniness index.

Kuvan johdosta on huomautettava, että jokaiseen alueeseen kuuluu kaikkien eri kivisyysluokkien maita. Kuitenkin voidaan sanoa, että vähäkivisimmäksi merkityn alueen maat on hyvin yleisesti arvioitu I kivisyysluokkaan, ja vielä seuraavassakin kivisyysasteessa I kivisyysluokkaan kuuluvia maita on arvion mukaan 50 % tai enemmän. Kivisimmiksi merkityillä alueilla eri kivisyysluokkien maiden esiintyminen sensijaan voi vaihdella hyvinkin suuresti. Esim. kaikkein kivisimpään asteeseen voi kuulua alue, jossa kaikki maat kuuluvat II kivisyysluokkaan tai 50 % I ja 50 % III kivisyysluokkaan.

Tarkastelemalla niitä koealoja, joilla kivisyys myös mitattiin, saatiin lisäviitteitä siitä, miten muodostetut alueet poikkeavat toisistaan kivisyyteen nähden. Kivisyysmittausten perusteella laskettiin kunkin alueen keskimääräinen kivisyysindeksi. Verrattaessa tässä mittausten antamaa kuvaa arvioimalla saatuun, voidaan huomata eroavuuksia yksityisillä alueilla, varsinkin silloin kun alueella on suoritettu vähän mittauksia. Kun yhdistetään koko maassa samaan kivisyysasteeseen (kuva 4) kuuluvat alueet, ovat näiden alueryhmien keskimääräiset kivisyysindeksit seuraavat:

	1.	2.	3.	4.
mitattu K_i , cm	20.2 ± 0.33	19.1 ± 0.18	16.4 ± 0.22	14.5 ± 0.21
laskettu » »	20.2	19.2	17.0	15.0

Näistä alueista kaksi vähäkivisintä eivät eroa tilastollisesti merkitsevästi toisistaan; muiden väliset erot sitävastoin ovat merkitseviä. Edellä on todettu, että maat on yleensä arvioitu todellista vähäkivisemmiksi. Ylläolevat luvut osoittavat lisäksi, että kivisimmillä alueilla johonkin tiettyyn kivisyysluokkaan arvioitujen maiden kivisyys on keskimäärin suurempi kuin vähäkivisillä alueilla.

Kivisyysmittauksia on suoritettu suhteellisesti vähiten vähäkivisimmillä alueilla, n. 21 %:lla koealoista; kaikilla muilla alueilla mittauksia on tehty likimain samoissa suhteissa, 36—38 %. Olettaen, että vähäkivisimmässä alueessa olisi tehty suhteellisesti yhtä paljon havaintoja kuin muissakin ja että ne jakautuisivat samoin kuin nyt tehdyt havainnot, olisi koko maan keskimääräinen kivisyysindeksi 17.5 cm, eli kivisyys 0.6 % pienempi kuin edellä havaittu.

Kivisyyden vaikutus viljavuuteen.

Tutkimuksen aineisto ja menetelmät

Kasvupaikka

Linja-arvioinnissa kerätty aineisto antoi tilaisuuden tutkia myös kivisyyden vaikutusta viljavuuteen. Tähän tarkasteluun käytettiin niitä koealoja, joiden kivisyys oli selvitetty mittaamalla.

Kivisimpien maiden pintakasvillisuuden on todettu olevan hyvin mosaikkimaista. Kivien päällä saattaa olla jopa verraten yhtenäinen jäkäläkasvusto, mutta kivien väleissä esiintyy varsin vaativiakin kasvilajeja. Biologisia tutkimuksia varten annettujen ohjeiden mukaan metsätyyppi määritettiin kivien väleissä esiintyvien kasvien perusteella. Näitä tutkimuksia varten kuului arvioimisryhmään henkilö, jonka tehtävänä oli havaintojen teko eräistä biologisista seikoista, mm. kasvillisuudesta.

Tässäkin tutkimuksessa on metsätyypin määrittäminen haluttu perustaa yksinomaan maan pintakasvillisuuteen. Senvuoksi tyypin määrittäminen tarkistettiin professori Viljo Kujalan johdolla tehtyjen biologisten tutkimusten mukaisesti. Kivisimmille maille olisi ehkä erotettava omat metsätyypinsä. Koska sellaisia ei kuitenkaan ole kuvattu, on ne tässä sisällytetty käytännössä olevaan metsätyypijärjestelmään.

Tässä tutkimuksessa ei metsätyyppien välillä ole havaittu johdonmukaisia eroja kivisyydessä, metsätyyppien kivisyysindeksien keskiarvot vaihtelevat epäsäännöllisesti 16 ja 19 cm välillä. Tarkasteltaessa aineiston jakaantumista kivisyysindeksin mukaan, ainoastaan karuimmassa metsätyypeissä (CIT—CCIT) havaitaan jonkinlaista keskittymistä. Niihin kuuluu ilmeisesti vähäkivisimpiä hiekkamaita sekä karuja, kivisiä somero- ja moreenimaita, mutta tuskin ollenkaan vähäkivisiä moreenimaita.

Yleensä voidaan aineiston jakaantumisesta päätellä, että kukin metsätyyppi esiintyy kivisyydeltään ja maalajiltaan mitä erilaisimmilla mailla. Niinpä tavataan lehtojakin kaikista kivisimmillä mailla. Mikään metsätyyppi, *Pyrola*-tyyppiä lukuunottamatta, ei siten ole erikoisasemassa kivisyytensä puolesta.

Pyrola-tyyppi esiintyy aikaisempien havaintojen mukaan ainoastaan kivettömällä hiesu- ja savimailla. Tämä tutkimus kuitenkin osoittaa sitä esiintyvän jopa II kivisyysluokan mailla. Aineistoon, jossa kivisyys on myös mitattu, sisältyy vain 16 PyT:n koealaa, mutta näyttää ilmeiseltä, että tämä metsätyyppi esiintyy myös savisilla ja hiesuisilla moreenimailla. Yleensä se kuitenkin ilmeisesti esiintyy vähäkivisillä tai kivettömillä mailla.

Pyrola-tyypin maiden keskimääräinen kivisyysindeksi oli 25.3 cm. Ne poikkeavat siten kivisyytensä puolesta selvästi kaikista muista metsätyypeistä.

Puusto

Maan viljavuuden osoittajana käytettiin metsikön valtapituutta 60 vuoden iällä, ja kun seuraavassa puhutaan metsikön valtapituudesta, tarkoitetaan 60-vuotiaan metsikön valtapituutta. Koska eri metsiköiden ikämittaushetkellä vaihteli suuresti, muunnettiin todellinen valtapituus vastaavaksi pituudeksi 60 vuoden iällä käyttäen ohjeina *Ilvessalon* (1920) kasvu- ja tuottotauluissaan esittämiä eri puulajien metsiköiden valtapuiden pituutta osoittavia käyriä. Aikaisemmin on nimittäin havaittu (*Viro* 1947), että valtapuun pituuden kehitystä kuvaavat käyrät kivisillä ja kivettömällä mailla ovat muodoltaan samanlaiset, joten tällainen muuntaminen katsottiin luvalliseksi. Tästä saatiin se huomattava etu, että toisiinsa verrattavien metsiköiden lukumäärä lisääntyi moninkertaiseksi ja siten myös tulosten luotettavuus lisääntyi.

Jos puun ikä ja pituus on määritetty oikein, voidaan *Ilvessalon* esittämien käyrien mukaan vastaava pituus 60 vuoden iällä määrittää melkoisella tarkkuudella. Valtapituutena käytettiin hehtaaria kohti laskien 100 paksuimman puun keskipituutta. Tämän määrittämisessä on voinut syntyä pientä epätarkkuutta, mutta metsikön valtapituus laskettiin 1 m tarkkuudella, ja virhe lienee harvoin ollut luokkaväliä suurempi.

Ulkotyöohjeiden mukaan olisi kivisyyden mittausta ollut suoritettava vain luonnonnormaaleissa tai sellaisissa metsiköissä, joita on käsitelty metsänhoidollisesti tyydyttävästi alhaalta päin ja joiden tiheys on vähintään 0.6. Tässä suhteessa on kuitenkin tehty useita poikkeuksia. Aikaisemmin on jo osoitettu, että eri ryhmänjohtajat asettivat erilaiset vaatimukset hyväksyttävälle metsiköille, niin että eräät hyväksyivät melkein kaikki metsiköt, eräät taas vain hyvin harvoja. Sen vuoksi onkin aineistosta poistettu yli 80-vuotiaat OMT- ja MT-metsiköt, sekä yli 100-vuotiaat VT- ja CT-metsiköt, koska osoittautui, että tämän ikäisistä metsiköistä miltei jokainen ilmeisesti on käsitelty harsintahakkuulla, vaikka ehkä niin kauan sitten, että hakkuun jäljet jo ovat hävinneet. Lisäksi poistettiin joukko nuorempia metsiköitä, joiden puunlukutaulukko selvästi osoitti niissä suoritettua harsintahakkuuta.

Tarkasteltaessa männiköissä ja kuusikoissa maan kivisyyden vaikutusta kasvupaikan viljavuuteen, oli asianomaisen puulajin oltava metsikön valtapuuna. Kuitenkin VT:llä kuusikko ja OMT:llä männikkö kelpuutettiin tarkasteltavien koealojen joukkoon, vaikka a. o. puulaji ei muodostanutkaan metsikön pääpuulajia mutta sitä kuitenkin oli runsaasti, koska nämä puulajit mainituilla metsätyypeillä harvoin ovat valtapuuna. Koivikoiden suh-

teen oli käytettävä paljon lievempiä vaatimuksia, sillä koivuvaltaisia metsiköitä tässä aineistossa on hyvin vähän. Sen vuoksi otettiin koivua koskevaan aineistoon kaikki metsiköt, joissa mitattujen valtapuiden joukossa oli koivua. Johtuen koivikoiden ja sekapuuna esiintyvien koivujen käsittelytavasta hakkuiden yhteydessä, on ilmeistä, että aineisto koivikoiden osalta on hajanaisin. Varsinkin aikaisemmin poistettiin varsin yleisesti kaikki mitan täyttävät koivut hakkuissa, vaikka metsikköä muuten olisikin käsitelty metsänhoidollisesti.

Eri puulajien metsiköiden kesken jakaantuivat koealat Etelä-Suomessa siten seuraavasti:

	OMT	MT	VT	CT	Yhteensä <i>Total</i>
Männikkö — <i>Pine stand</i>	153	410	374	66	1 003
Kuusikko — <i>Spruce stand</i>	266	412	150	—	828
Rauduskoivikko — <i>Betula verrucosa</i>	175	254	90	—	519
Hieskoivikko — <i>Betula pubescens</i> ..	45	56	28	—	129
Yhteensä — <i>Total</i>	639	1 132	642	66	2 479

Koko koealamäärä on tässä saatu vähän suuremmaksi kuin Etelä-Suomesta mitattujen koealojen yhteismäärä siitä huolimatta, että edellä selostetuista perusteista koealoja on aineistosta poistettu. Se johtuu siitä, että useimmat koivikot ovat olleet havupuuvaltaisia ja siten esiintyvät tässä taulukossa kahteen kertaan, samoin monet OMT-männiköt ja VT-kuusikot.

Tämä tutkimuksen osa rajoitettiin yksinomaan Etelä-Suomeen, sillä Oulun ja Lapin läänien alueelta oli samaan metsätyyppiin kuuluvia metsiköitä niin vähän, että aineisto jäi liian pieneksi ja tulos siten epävarmaksi. Käytettävissä oleva aineisto kuitenkin viittaa siihen, että kivisyyden vaikutus maan viljavuuteen on Pohjois-Suomessa saman suuntainen kuin Etelä-Suomessakin, mutta tämä vaikutus näyttäisi olevan heikompi.

Metsikköittäinen tarkastelu

Yleistä

Kivisyyden vaikutusta metsikön valtapituuteen, jota käytettiin kasvu- paikan viljavuuden osoittajana, esittävät kuvat 5, 6 ja 7. Matemaattisesti kivisyyden vaikutusta viljavuuteen sekä saadun tuloksen luotettavuutta selvitettiin laskemalla kivisyysindeksiä ja valtapituuden välinen korrelaatiokerroin. Saadut korrelaatiokertoimet keskivirheineen ovat:

	OMT	MT	VT	CT
Männikkö —				
<i>Pine stand</i>	0.560 ± 0.055	0.736 ± 0.023	0.833 ± 0.016	0.800 ± 0.044
Kuusikko —				
<i>Spruce stand</i>	0.404 ± 0.051	0.483 ± 0.038	0.471 ± 0.064	—
Rauduskoi- vikko — <i>Be-</i>				
<i>tula verrucosa</i>	0.458 ± 0.061	0.652 ± 0.036	0.669 ± 0.058	—

Kaikkien puulajien metsiköissä kaikilla tutkituilla metsätyypeillä on siis kivisyyden ja viljavuuden välillä korrelaatio, joka on tilastollisesti merkitsevä 0.1 % tasolla (Fisher ja Yates 1957). Korrelaatiokertoimet ovat positiiviset, siis kivisyysindeksin suurentuessa suurenee myös valtapituus. Maan kivisyyden ja viljavuuden välinen korrelaatio on siten negatiivinen, eli kivisyyden lisääntyessä maan viljavuus vähenee. Korrelaatiokertoimen ja sen keskivirheen suhde vaihtelee 7—52. Eri puulajien suhteen on tässä huomattavissa varsin selviä eroja.

Taulukossa 7 on esitetty eri puulajien metsiköiden keskimääräiset valtapituuudet kivisyysluokittain laskettuna sekä mitatun että arvioidun kivisyyden mukaisille kivisyysluokille. Myös kaikkien samaan metsätyyppiin kuuluvien metsiköiden keskimääräiset valtapituuudet on esitetty. Kaikki luvut on esitetty keskivirheineen, niin että myös erojen merkitsevyyttä voidaan tarkastella.

Kivisyyden vaikutusta maan viljavuuteen on aikaisemmin tarkasteltu vain VT:n ja MT:n männikoissä (Viro 1947). Havaitut kivisyyden ja viljavuuden väliset korrelaatiokertoimet olivat samaa suuruusluokkaa kuin tässäkin tutkimuksessa, mutta ero metsätyyppien välillä oli pienempi.

Männiköt

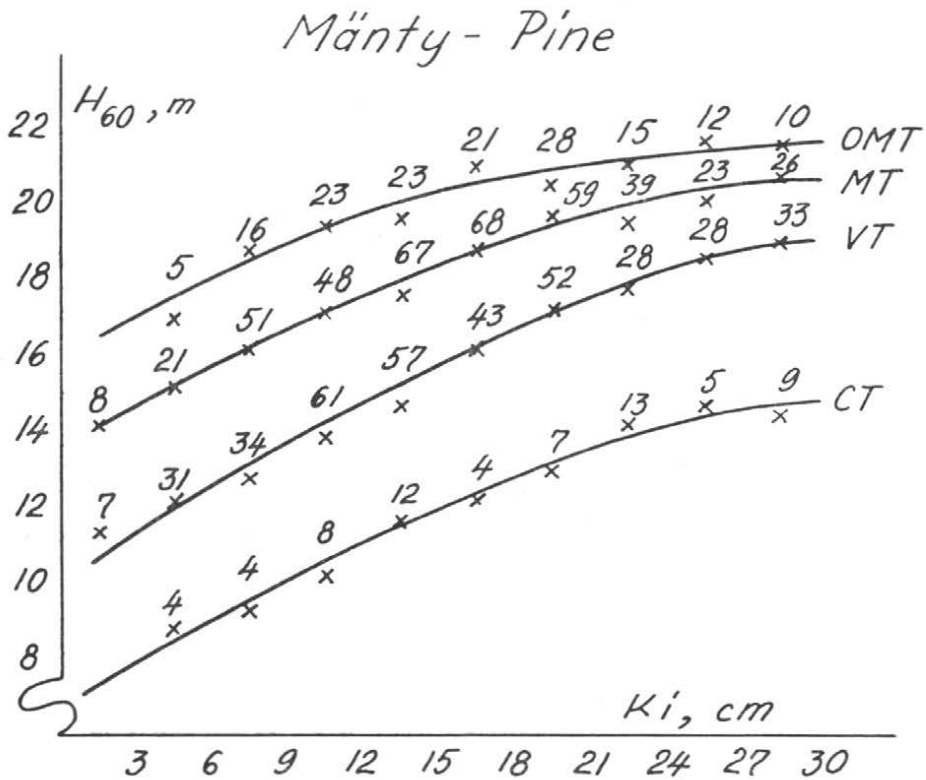
Tämän tutkimuksen aineisto on laajin männiköiden osalta, ja se on kullakin metsätyyppillä, kanervatyyppiä mahdollisesti lukuun ottamatta, katsottava riittäväksi.

Tarkasteltaessa taul. 7 esitettyjä mitatun kivisyysluokan mukaan ryhmitettyjä metsikön valtapituuksien keskiarvoja nähdään, että kivisyyden lisääntyessä valtapituus pienenee. Myös voidaan todeta, että paremman metsätyyppin erittäin kivisten metsiköiden valtapituus on pienempi kuin huonomman metsätyyppin vähäkivisen metsikön. (Esim. MT III kivisyysluokka ja VT I kivisyysluokka.) Samalla metsätyyppillä viereisten kivisyysluokkien samoin kuin samassa kivisyysluokassa perättäisten metsätyyppien metsiköiden keskimääräiset valtapituuudet eroavat toisistaan tilastollisesti

Taul. 7. Metsiköiden keskimääräiset valtipuutuet 60 vuoden iällä.
 Table 7. Mean dominant heights of stands at the age of 60 years.

Puulaji <i>Species</i>	Metsä- tyyppi <i>Site type</i>	Mittattu kivisyydenluokka <i>Measured stoniness class</i>			Arvioitu kivisyydenluokka <i>Estimated stoniness class</i>			I—III
		I	II	III	I	II	III	
		Valtipuutuiden keskiarvo, m — Mean dominant height, m.						
Mänty <i>Pine</i>	OMT	21.3 ± 0.21	20.4 ± 0.18	18.9 ± 0.24	20.7 ± 0.17	20.0 ± 0.21	18.5 ± 0.36	20.1 ± 0.14
	MT	20.3 ± 0.15	18.7 ± 0.12	16.4 ± 0.14	19.2 ± 0.13	18.1 ± 0.15	16.3 ± 0.19	18.2 ± 0.10
	VT	18.4 ± 0.14	16.2 ± 0.13	13.2 ± 0.14	17.4 ± 0.15	15.7 ± 0.18	13.3 ± 0.16	15.6 ± 0.13
	CT	14.3 ± 0.31	12.2 ± 0.25	9.6 ± 0.25	14.1 ± 0.31	12.2 ± 0.40	10.6 ± 0.30	12.5 ± 0.28
Kuusi <i>Spruce</i>	OMT	20.5 ± 0.23	19.8 ± 0.15	18.3 ± 0.22	20.1 ± 0.16	19.3 ± 0.20	18.6 ± 0.30	19.6 ± 0.12
	MT	18.3 ± 0.19	17.3 ± 0.13	16.0 ± 0.15	17.6 ± 0.13	17.0 ± 0.16	16.0 ± 0.21	17.1 ± 0.10
	VT	16.2 ± 0.35	15.3 ± 0.24	13.7 ± 0.27	15.1 ± 0.23	14.9 ± 0.29	13.8 ± 0.32	14.6 ± 0.18
Koivu <i>Birch</i>	OMT	21.2 ± 0.23	20.0 ± 0.18	19.2 ± 0.21	20.6 ± 0.21	19.6 ± 0.22	19.3 ± 0.26	20.0 ± 0.13
	MT	20.2 ± 0.19	18.5 ± 0.13	17.1 ± 0.27	19.3 ± 0.17	18.3 ± 0.19	16.8 ± 0.25	18.5 ± 0.13
	VT	18.2 ± 0.30	16.5 ± 0.30	14.2 ± 0.33	17.4 ± 0.27	16.3 ± 0.46	14.2 ± 0.33	16.1 ± 0.24

merkitsevästi. Tämän aineiston mukaan siis myös OMT:n ja MT:n männiköiden valtapituudet eroavat toisistaan merkitsevästi.



Kuva 5. Kivisyyden vaikutus männikön valtapituuteen.
Fig. 5. The effect of stoniness on the dominant height of pine stands.

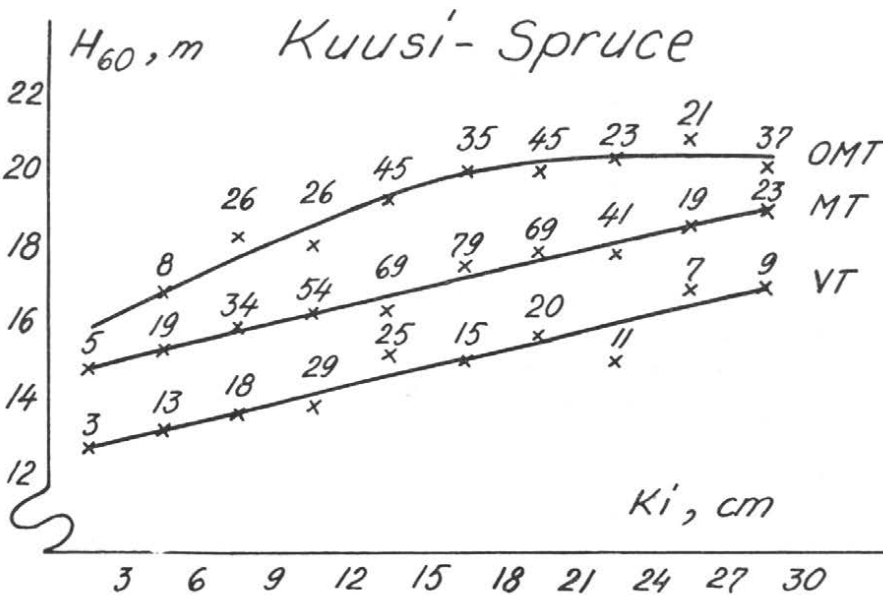
Valtapituuksien erotuksen suhde keskivirheeseensä on aina II ja III kivisyyssluokan välillä suurempi kuin I ja II välillä. Tämä, samoin kuin käyrien muoto kuvassa 5 osoittaa, että kivisyyden lisääntyessä sen vaikutus tulee jatkuvasti tuntuvammaksi. Siirryttäessä paremmalle metsätypille mainitut suhdeluvut pienenevät. Tässä siis metsätyypit eroavat toisistaan viljavuuden puolesta sitä merkitsevämmin mitä kivisemmistä maista tai karummista metsätyypeistä on kysymys.

Kivisyyden ja viljavuuden väliset korrelaatiokertoimet ovat yleensä sitä suuremmat, mitä huonommasta metsätyypistä on kysymys. (Kanervatyyppi on tässä poikkeuksena, syynä todennäköisesti pieni aineisto III kivisyyssluokassa.) Saatujen lukujen perusteella voidaan siten pitää todennäköi-

senä, että kivisyyden vaikutus maan viljavuuteen on karuilla mailla suurempi kuin viljavilla. Kivisyyden vaikutuksenhan otaksutaan pääasiallisimmin olevan siinä, että kivet ottavat tilaa maassa ja siten vähentävät niiden maalajitteiden, lähinnä hiesun ja saven osuutta, joista kasvit voivat ottaa ravinteita. Silloin kun hienomaa on ravinneköyhää, on hyvin ymmärrettävää, että ravinteiden määrä tulee kivisyyden lisääntyessä viljavuuden miltei yksinomaan määrääväksi kasvutekijäksi. Viljavimmilla mailla, kuten MT:n ja varsinkin OMT:n mailla, hienomaa on ravinnerikkaampaa (V i r o 1951) ja siellä toisilla kasvutekijöillä, kuten maan vesi- ja lämpötaloudella, on jo huomattavampi vaikutuksensa, ja siten kivisyyden vaikutus ei siellä enää ole niin voimakas.

Kuusikot

Kuusikoissa on aineiston kaikilla tarkasteltavilla metsätyypeillä katsottava olevan riittävän suuri. Tarkasteltaessa taulukkoa 7 voidaan todeta, että myös kuusikoiden valtapuu on sitä pienempi mitä kivisemmistä maista on kysymys. Kun lasketaan kullakin metsätyypillä eri kivisyydsuokkien metsiköiden valtapituuksien erotuksen suhde keskivirheeseensä, huomataan, että II ja III kivisyydsuokka eroavat kaikissa tapauksissa merkitsevästi toisistaan. I ja II kivisyydsuokan välinen ero sitävastoin on ainoastaan MT:llä merkitsevä. Eri metsätyypit eroavat kussakin kivisyydsuokassa merkitse-



Kuva 6. Kivisyyden vaikutus kuusikon valtapituuuteen.

Fig. 6. The effect of stoniness on the dominant height of spruce stands.

västi toisistaan, mutta kuusikoissa on OMT:n ja MT:n välinen ero tilastollisesti merkitsevämpi kuin MT:n ja VT:n välinen.

Verrattaessa saatuja kivisyyden ja valtapituuden välisiä korrelaatioker-toimia kuusikoissa samalla metsätyypillä saatuun männikön kertoimeen, huomataan että kuusikon kertoimet ovat huomattavasti pienempiä. Tähän on useitakin mahdollisia syitä, esim.:

1. Kuusen juuristo on pinnallisempi kuin männyn, ja varsinkin humuskerroksessa kuusen juuria on runsaasti (Kalela 1949). Aikaisemmat havainnot (Altonen 1941, Viro 1947) viittaavat siihen, että kivisyyden lisääntyessä myös humuskerroksen paksuus lisääntyisi ja siten kivisillä mailla olisi humuskerroksessa enemmän ravinteita kuin vähäkivisillä. Kivisyyden lisääntyessä ravinteiden lisääntyminen humuskerroksessa siten kompensoisi niiden vähenemistä kivennäismaassa.

2. Luonnon kuusikot ovat syntyneet alikasvoksina toisten puulajien metsikköihin. Aika, jonka kuusikko on joutunut olemaan toisen puulajin alla vaihtelee siten, että se on lyhyin lepän ja pisin männyn alla. Siten kuusikon valtapuun pituus riippuu suuresti myös sukkessiosta ja luonnon kuusikoissa on vaikea selvittää jonkin tekijän, tässä kivisyyden, vaikutusta maan viljavuuteen.

Havaitut korrelaatiokertoimet maan kivisyyden ja kuusikon valtapituuden välillä ovat tilastollisesti selvästi merkitseviä. Tämä osoittaa, että humuskerroksen paksunemisesta aiheutuva ravinteiden lisääntyminen on vähäisempää kuin kivisyyden aiheuttama ravinteiden väheneminen kivennäismaassa. Jos sukkession aiheuttamat valtapituuden vaihtelut olisi voitu poistaa, olisivat korrelaatiokertoimet todennäköisesti olleet suuremmat.

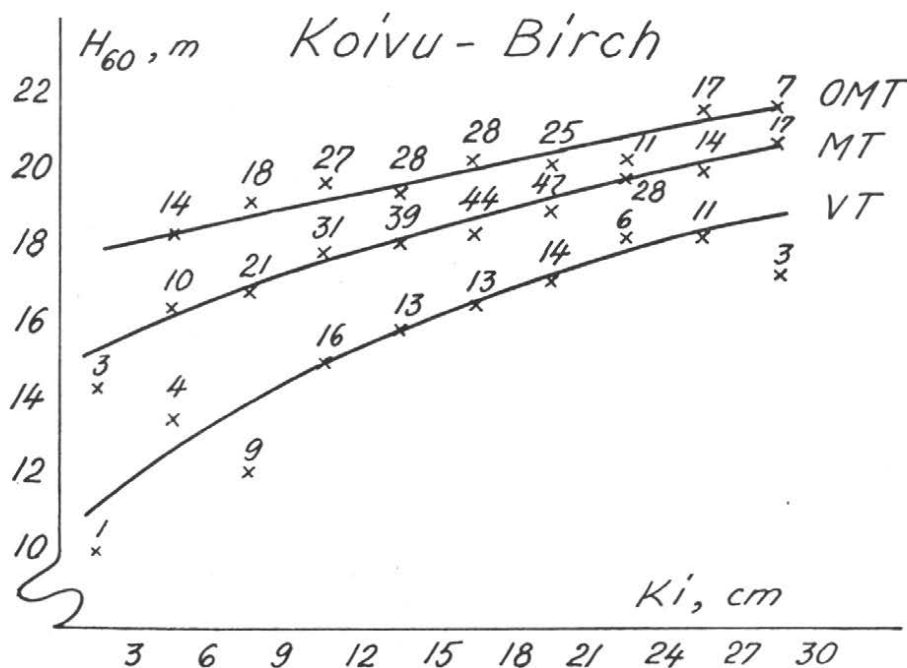
Koivikot

R a u d u s k o i v u

Niinkuin aikaisemmin on mainittu otettiin koivikoitten kivisyyttä koskevaan tarkasteluun mukaan kaikki koealat, joissa mitattujen valtapuitten joukossa oli koivuja. Koivikoiden kohdalla aineisto käsittää sekä raudusettä hieskoivua, joiden kasvupaikkavaatimukset samoin kuin kasvunopeuskin ovat erilaiset. Sen vuoksi käsitellään nämäkin puulajit erikseen.

Aineiston käsittelyssä huomattiin, että koivun pituus riippuu myös metsikön puulajisuhteista. Huomattiin, että koivikoiden ja mänty-koivuseka-metsiköiden koivujen valtapituus oli yhtä suuri, mutta kuusivaltaisien metsiköiden koivujen selvästi näitä pienempi. Seuraavassa tarkastelussa on kuitenkin koko rauduskoivuaineisto käsitelty yhdessä.

Taulukosta 7 nähdään, että myös koivikon valtapituus on riippuvainen maan kivisyydestä. Samalla metsätyypillä viereisten kivisyyssluokkien valtapituudet eroavat tilastollisesti merkitsevästi toisistaan. Myös eri metsätyypit samassa kivisyyssluokassa eroavat toisistaan merkitsevästi. Johtuen luultavasti aineiston epähomogeenisuudesta, saadut suhdeluvut ovat pienemmät kuin männiköissä.



Kuva 7. Kivisyyden vaikutus koivikon valtapituuteen.
Fig. 7. The effect of stoniness on the dominant height of birch stands.

Myös s. 28 esitetyt korrelaatiokertoimet osoittavat, että rauduskoivikoiden valtapituus on selvästi riippuvainen maan kivisyydestä. Saadut kertoimet ovat suuruudeltaan männiköiden ja kuusikoiden kertoimien välissä, mikä viittaa siihen, että kivisyyden vaikutus olisi pienempi kuin männiköissä mutta suurempi kuin kuusikoissa.

Tuntuu kuitenkin erittäin todennäköiseltä, että koivikon kertoimet on tässä tutkimuksessa saatu liian pieniksi verrattuna ainakin männikön kertoimiin, sillä koivikoiden kohdalta on aineisto heterogeenisin. Kuitenkin saadut luvut osoittavat koivikoiden valtapituuden riippuvan maan kivisyydestä sitä enemmän, mitä huonommasta metsätyypistä on kysymys, samoin kuin havaittiin männiköissäkin.

Hieskoivu

Aikaisemmin on jo mainittu, ettei tämän tutkimuksen hieskoivuaineistoa katsottu riittävän suureksi, jotta olisi voitu tarkastella kivisyyden vaikutusta hieskoivun kasvuun. Aineiston perusteella voidaan kuitenkin verrata raudus- ja hieskoivujen kasvuja toisiinsa. Aineiston pienuuden vuoksi käsitellään kukin metsätyyppi yhtenä kokonaisuutena jakamatta sitä kivisyysluokkiin.

Taul. 8 on esitetty hieskoivikon valtapituuden keskiarvot eri metsätyypeillä sekä samojen koealojen keskimääräiset kivisyysindeksit, molemmat keskivirheineen. Vertailun helpottamiseksi on taulukossa uudelleen esitetty myös vastaavat rauduskoivikoita koskevat luvut.

Taul. 8. Keskimääräiset kivisyysindeksit ja 60-vuotiaan koivikon valtapituudet.

Table 8. The mean stoniness indices and dominant heights of 60-year-old birch stands.

Metsätyyppi <i>Site type</i>	Hieskoivu — <i>Betula pubescens</i>		Rauduskoivu — <i>Betula verrucosa</i>	
	Ki, cm	Valtapituus, m <i>Dominant height,</i> <i>m.</i>	Ki, cm	Valtapituus, m <i>Dominant height,</i> <i>m.</i>
OMT	18.2 ± 1.46	17.4 ± 0.25	15.4 ± 0.50	20.0 ± 0.13
MT	18.2 ± 0.92	16.3 ± 0.25	16.4 ± 0.42	18.6 ± 0.13
VT	15.4 ± 1.03	14.0 ± 0.35	15.8 ± 0.69	16.1 ± 0.25

Taulukosta nähdään, että 60 vuoden iällä rauduskoivu on kaikilla tutkituilla metsätyypeillä hieskoivua pitempi. Ero on sitä suurempi, mitä paremmasta metsätyyppistä on kysymys, OMT:llä 2.6 m, MT:llä 2.3 m ja VT:llä 2.1 m. Kaikki nämä erot ovat tilastollisesti merkitseviä.

Tämän aineiston koealoista hieskoivukoealat ovat OMT:llä ja MT:llä olleet vähäkivisempiä, ja vain VT:llä ovat rauduskoivukoealat olleet hieman kivisempiä. Siten valtapituuksissa havaitut erot eivät voi olla kivisyydestä aiheutuneita. Tämän aineiston voidaankin katsoa selvästi osoittavan, että samantlaisilla kasvupaikoilla rauduskoivu on hieskoivua nopeakasvuisempi. Samaan tulokseen ovat tulleet myös Ilvessalo (1956) ja Koivisto (1957), joiden mukaan rauduskoivu kasvaa järeämmäksi kuin hieskoivu. Ilvessalo on myös todennut, että meillä esiintyy hieskoivua runsaammin kuin rauduskoivua. Tässä tutkimuksessa on saatu enemmän aineistoa rauduskoivusta, joka johtune juuri siitä, että rauduskoivu kasvaa suuremmaksi ja sitä on siten useammin vallitsevien puiden joukossa, joiden mittaukseen tutkimus perustuu.

Nämäkin luvut siten osaltaan osoittavat, että nykyinen metsänhoidon suuntaus, joka suosii rauduskoivua hieskoivun edellä, on oikea.

Kivisyyden arvioinnin merkityksestä

Kivisyyden arvioinnin virhelähteitä

Taul. 9 on esitetty mittausten mukaan tiettyyn kivisyysluokkaan kuuluvien maiden jakaantuminen arvioituihin luokkiin. Tämä taulukko antaa tilaisuuden tarkastella hieman myös kenttätöön luotettavuutta. Siitä nähdään, että I kivisyysluokkaan kuuluvat maat on aivan valtaosaltaan myös arvioitu tähän luokkaan kuuluviksi. II ja III kivisyysluokkaan kuuluvista maista sensijaan vain vajaa puolet on arvioitu asianomaiseen luokkaan kuuluvaksi. I luokan lukujen voidaan myös katsoa osoittavan, että arviointi on pyritty suorittamaan objektiivisesti. II ja III luokan luvut, samoin kuin taul. 4 s. 16 esitetyt luvut, osoittavat kivisyyden arvioinnin vaikeutta, jopa useissa tapauksissa mahdottomuuttakin. Kun maa on vähäkivistä, on sen pinta yleensä tasaista, mutta joskus mahdollisesti sammalen peittämät vanhat kannot tai maapuut tai yksinomaan aivan maan pinnassa esiintyvät lohkarreet ja kivet johtavat arvioijan harhaan, otaksumaan maan todellista kivisemmäksi.

Taul. 9. Mitatut ja arvioidut kivisyysluokat.

Table 9. Measured and estimated stoniness classes.

Mitattu kivisyysluokka <i>Measured stoniness class</i>	Arvioitu kivisyysluokka <i>Estimated stoniness class</i>			Yhteensä <i>Total</i>
	I	II	III	
Koealoja, % — <i>Sample plots, %</i>				
I	89.3	10.3	0.4	100.0
II	48.7	41.9	9.4	100.0
III	13.3	40.5	46.2	100.0

Toisen kivisyysluokan luvut osoittavat, että näidenkin maiden pinta erittäin usein on tasainen ja se erehdyttää arvioijan merkitsemään kivisyyden liian pieneksi. Päinvastaiset tapaukset sitävastoin eivät näytä olevan kovin yleisiä. Vieläpä III kivisyysluokankin maa saattaa pinnalta katsoen näyttää vähäkiviseltä, ja varsinkin kivisten maiden luokkaan kuuluvia niiden arvioidaan olevan hyvin usein. Taul. 4 osoittaa kuitenkin, että kun maa pinnalta näyttää erittäin kiviseltä ja arvioidaan III kivisyysluokkaan kuuluvaksi, se yleensä myös todella kuuluu tähän kivisyysluokkaan.

Kivisyys arvioidaan liian suureksi varsinkin silloin kun valtaosa lohka-reista ja kivistä on maan pinnassa ja maa on syvemältä vähäkivistä tai kivetöntä. Lohkareiden ja kivien runsas esiintyminen yksinomaan maan pinnassa on yleensä seurauksena siitä, että routa on nostanut ne pintaan. Roudan nostava vaikutus ilmenee yleisimpänä hienoilla hietamailla ja hiesu-mailla. Moreenimaista ovat pahimmin routivia hiesuiset ja saviset moreenit, jotka pystyvät pidättämään hyvin vettä ja joissa vesi voi liikkua kapillaari-sesti. Tällaisia maita meillä lienee verraten vähän metsämaina, sillä hienot lajittuneet maat ovat yleensä viljeltyjä, ja moreenimaamme ovat yleensä melko karkeita. Näinollen runsas pintakivisyys ei liene meillä kovin yleistä ja siitä johtuen arvioinnissa ei yleensä arvioida maita liian kivisiksi.

Kivisyyden arvioiminen todellista vähäisemmäksi johtuu osaksi siitä, että kivennäismaan pinnan peittää humuskerros, jonka paksuus suurenee kivisyyden mukaan (A a l t o n e n 1941, V i r o 1947). Varsinkin lohka-reiden ja kivien koloissa sammal- ja humuspeite on löyhempää ja paksumpaa ja niiden päällä ohuempaa, joka myös tasoittaa pintaa. Usein lohka-reet ja kivet taas eivät nouse paljon maanpintaa korkeammalle, vaikka niitä olisi maassa paljonkin.

Vielä vaikuttavampi kuin edellä mainitut tekijät on kuitenkin kivisyyden aiheuttajien koko. Kivisyys voi tekijän havaintojen mukaan aiheutua miltei yksinomaan lohka-reista ja aivan yksinomaan kivistä. Varsinkin silloin kun kivet ovat pienikokoisia, on niiden määrän arvioiminen maahan kuoppaa kaivamatta epävarmaa. Useita senttimetrejä paksun humuskerroksen lisäksi verhotessa kivennäismaan pinnan on silloin todella erittäin vaikeata arvioida maan kivisyyttä edes tyydyttävällä tarkkuudella. S k a d s h e i m (1956) on tullut samanlaiseen tulokseen tutkiessaan Norjan moreenimaiden kivi-syyttä.

Kivisyyden arvioinnin luotettavuuden riippuvuutta maan viljavuudesta valaisevat parhaiten II kivisyysluokan havainnot, koska vain siinä luokassa voi arvioinnissa syntyä joko positiivinen tai negatiivinen virhe. Aineisto on tähän tarkasteluun riittävä vain Etelä-Suomen yleisimmillä metsätyypeillä. Taulukon 10 luvut esittävät II kivisyysluokkaan arvioitujen maiden kivi-syyden arvioinnissa syntyneitä virheitä. Ne osoittavat selvästi, että vilja-vammilla mailla kivisyys arvioidaan liian pieneksi paljon yleisemmin kuin karummilla mailla; liian pieneksi kivisyys arvioidaan karuilla mailla useam-min. Nämä erot eri metsätyyppien välillä johtuvat siitä, että humuskerros on viljavammilla mailla paksumpi (A a l t o n e n 1941). VT:llä humuskerros on ohuin ja maan pinnassa esiintyvät kivet ovat havaittavissa sen läpi ja maa arvioidaan siitä syystä helposti liian kiviseksi. OMT:llä sensijaan humus-peite on paksuin ja tasoittaa maan pintaa ja maa arvioidaan helposti liian vähäkiviseksi.

Taul. 10. II kivisyysluokkaan arvioitujen maiden mitattu kivisyysluokka.
Etelä-Suomi.

Table 10. Measured stoniness class of soils estimated to be of stoniness class II.
South Finland.

Metsätyyppi Site type	Mitattu kivisyysluokka — Measured stoniness class			Yhteensä Total
	I	II	III	
	Koealoja, % — Sample plots, %			
VT	11.9	63.3	24.8	100.0
MT	11.7	61.2	27.1	100.0
OMT	7.2	56.5	36.3	100.0

Kaikkiaan on näillä metsätyypeillä kivisyyden arviointi tullut virheelliseksi seuraavasti:

		VT	MT	OMT
arvioitu liian pieneksi, % tapauksista ...		29.8	35.8	35.8
» » suureksi, » » ...		9.8	9.0	5.8
	erotus	20.0	26.8	30.0

Viereisten kivisyysluokkien keskimääräisten kivisyysindeksien erot ovat likimain yhtä suuret, ja siten ylläolevat erotukset kuvastavat arvioinnissa syntyntä virhettä. Samalla kun nämäkin luvut osoittavat kivisyyden kokonaisuudessaan tulleen arvioiduksi liian pieneksi, ne osoittavat myös, että syntynyt virhe on viljavammalla maalla suurempi kuin karummalla. Siten on OMT:llä syntynyt virhe $1\frac{1}{2}$ -kertainen VT:n virheeseen verrattuna.

Arvioimalla ja mittaamalla saadut tiedot metsämaan kivisyydestä poikkeavat siis osittain varsin huomattavastikin toisistaan. Eräänä syynä syntyneeseen virheeseen voisi olla lisäksi se, että arvioinnin suorittajien käsitykset eri kivisyysluokkiin kuuluvien maiden ulkonäöstä ovat olleet virheelliset. Tämä osoittaisi siis arvioijan puutteellisia tietoja tässä suhteessa, joka vika vastaisuudessa voitaisiin korjata lisäämällä tämän alan koulutusta. Mutta vaikka harjoituksen avulla kyky arvioida maan kivisyys tarkemmin mahdollisesti lisääntyisikin, ei tässä työssä silmävaraisesti kuitenkaan voida päästä kovinkaan suureen tarkkuuteen, sillä, niinkuin edellä osoitettiin, monet tekijät vaikeuttavat kivisyyden tarkkaa arvioimista. Toisaalta arvioijalla on tässä ollut tilaisuus tarkistaa arviointiaan niillä koealoilla, joilla kivisyys on mitattu. Se, että arvioinnissa tästä huolimatta on syntynyt edellä selostetun suuntainen virheellinen tulos, osoittaa, että maan kivisyyden arvioiminen on varsin epäluotettavaa ja että tarkkaan silmävaraiseen arviointiin ei ilmeisesti ole mahdollisuutta päästä edes harjaantumisen kautta. Tekijä on aikaisemmin omissa havainnoissaan tullut samantapaiseen tulokseen.

Kivisyyden arviointi maan hyvyysluokituksessa

Metsämaiden hyvyysluokituksessa ei meillä yleensä ole kiinnitetty paljonkaan huomiota maan kivisyyteen. Parhaassakin tapauksessa on kivisyydestä tehty vain silmävaraisia havaintoja. Tämä aineisto antaa nyt tilaisuuden tarkastella, voidaanko metsämaiden hyvyysluokituksessa päästä nykyistä suurempaan tarkkuuteen, jos kivisyys selvitetään silmävaraisesti arvioiden. Taul. 7 (s. 29) on esitetty metsiköiden keskimääräiset valtapituudet myös arvioidun kivisyydsuokan mukaan ryhmitettynä.

Taulukosta nähdään ensinnäkin, että kullakin metsätyypillä eri kivisyydsuokkien metsiköiden valtapituuksien keskiarvot eroavat toisistaan enemmän käytettäessä mitattuja kivisyydsuokkia. Mitattuja kivisyydsuokkia käyttäen valtapituuksien keskiarvojen keskivirheet ovat yleensä pienemmät kuin arvioituja kivisyydsuokkia käyttäen. Siten ovat eri kivisyydsuokkien väliset erot edellisessä tapauksessa tilastollisesti luotettavammat kuin jälkimmäisessä. Toiseksi nähdään taulukosta, että arvioitujen kivisyydsuokkien mukaisessa ryhmittelyssä valtapituuksien keskiarvot eri kivisyydsuokissa ovat yleensä pienemmät kuin mitattuja kivisyydsuokkia käyttäen. Tämä johtuu siitä, että kun kivisyys on varsin yleisesti arvioitu liian pieneksi, II kivisyydsuokan aineistoa on joutunut I luokkaan ja III luokan aineistoa II luokkaan. Edellä on jo todettu, että päinvastainen virhe kivisyyden arvioinnissa esiintyy harvemmin.

Tarkasteltaessa kullakin metsätyypillä eri kivisyydsuokkien metsiköiden valtapituuksien eron merkittävyyttä huomataan, että erot ovat tilastollisesti vähemmän merkitseviä käytettäessä arvioituja kivisyydsuokkia kuin mitattuja kivisyydsuokkia käytettäessä. Männikoissä arvioitujen I ja II kivisyydsuokan metsiköiden valtapituudet eivät eroa merkitsevästi OMT:llä; muilla metsätyypeillä erot ovat niukasti merkitsevät. Kuusikoissa miltei kaikki erot ovat tilastollisesti merkityksettömiä ja koivikoissa useimmat erot niukasti merkitseviä.

Kaikkien puulajien metsiköissä eroavat eri metsätyyppien vastaavien arvioitujen kivisyydsuokkien valtapituudet merkitsevästi toisistaan.

Edellisessä linja-arvioinnissa maan kivisyys selvitettiin yksinomaan arvioimalla. Aaltosen (1941) mukaan viljavuuden ero eri kivisyydsuokkien välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Ruotsissa Tamman ja Wadman (1945) eivät myöskään todenneet selvää yhteyttä maan silmävaraisesti arvioidun kivisyyden ja viljavuuden välillä. Se, että tässä tutkimuksessa on eräissä tapauksissa havaittu merkitsevä ero myös arvioitujen kivisyydsuokkien välillä, johtunee siitä, että silmävaraista kivisyyden arviointia on voitu tarkistaa niillä koealoilla, joilla kivisyys on myös mitattu.

Tarkasteltaessa tässä yhteydessä kivisyyden arvioinnin merkitystä, on todettava, että sen merkitys riippuu paljon metsikön laadusta. Edellä esi-

tetytyn mukaan sen käyttömahdollisuus rajoittuu miltei yksinomaan männikköihin, joissa yleensä havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero eri arvioitujen kivisyyssluokkien metsiköiden viljavuuden välillä.

Näin ollen herääkin kysymys, onko tarkoituksen mukaista pyrkiä selvittämään maan kivisyyttä yksinomaan arvioimalla. Ilmeisesti suorittamalla varsin pieni määrä mittauksia painamismenetelmällä saadaan paljon tarkempi ja luotettavampi kuva maan todellisesta kivisyydestä. Tähän vaadittava aika on niin pieni ja välineistö niin vähäinen, että nekään eivät voi olla esteenä. Voidaankin suositella, että kaikkialla missä tarvitaan vähänkään metsätyypin määrittämistä tarkempaa maan hyvyysluokitusta, mitattaisiin myös maan kivisyys. Silloin samaan metsätyyppiin kuuluvat, viljavuudeltaan huomattavan eriarvoiset kasvupaikat tulevat ryhmitellyiksi eri luokiksi, joissa viljavuuden hajonta on paljon pienempi kuin koko tyyppillä. Missä halutaan vielä suuremmalla tarkkuudella määrittää maan viljavuus, siellä on kivisyyden mittauksen lisäksi määritettävä maalaji ja otettava maanäytteet laboratoriotutkimuksia varten.

Tarkasteltaessa taulukon 7 lukuja huomataan kuitenkin, että kaikilla metsätyypeillä metsikön valtapituus pienenee kivisyyden lisääntyessä myös arvioidun kivisyyssluokan mukaisessa ryhmittelyssä. Myös voidaan todeta, että I ja III kivisyyssluokkain metsiköiden valtapituudet eroavat jokaisessa tapauksessa hyvin merkitsevästi toisistaan. Näin ollen ei ole perusteltua väittää, että kivisyyden selvittäminen yksinomaan arvioimalla olisi kokonaan vailla merkitystä.

Kirjallisuutta

- Aaltonen, V. T., 1941. Metsämaamme valtakunnan metsien toisen arvioinnin tulosten valossa. (Die finnischen Waldböden nach den Erhebungen der zweiten Reichswaldschätzung.) Comm. inst. forest. Fenn. 29. 5.
- Fisher, Ronald A. ja Yates, Frank, 1957. Statistical tables for biological, agricultural and medical research. Edinburg ja Lontoo.
- Iivessalo, Yrjö, 1920. Kasvu- ja tuottotaulut Suomen eteläpuoliskon mänty-, kuusi- ja koivumetsille. (Ertragstafeln für die Kiefern-, Fichten- und Birkenbestände in der Südhälfte von Finnland.) Acta forest. fenn. 15.
- »— 1943. Suomen metsävarat ja metsien tila. II valtakunnan metsien arviointi. (The forest resources and the condition of the forests of Finland. The Second National Forest Survey.) Comm. inst. forest. Fenn. 30.
- »— 1951. III valtakunnan metsien arviointi. Suunnitelma ja maastotyön ohjeet. (Third National Forest Survey of Finland. Plan and instructions for field work.) Ibid. 39. 3.
- »— 1956. Suomen metsät vuosista 1921—24 vuosiin 1951—53. Kolmeen valtakunnan metsien inventointiin perustuva tutkimus. (The forests of Finland from 1921—24 to 1951—53. A survey based on three National Forest Inventories.) Ibid. 47. 1.
- Kaljala, Erkki K., 1949. Männiköiden ja kuusikoiden juurisuhteista. I. (On the horizontal roots in pine and spruce stand. I.) Acta forest. fenn. 57. 2.
- Koivisto, Pentti, 1957. Etelä-Suomen hoidettujen raudus- ja hieskoivikoiden kehityksestä. Julkaisematon käsikirjoitus.
- Skadsheim, Martin, 1956. Stein- og blokkinnhaldet på nokre felt med morenejord. (Content of stones and blocks in some plots with morainic soils.) Meldinger fra Norges Landbrukshøgskole 1955—56.
- Virro, P. J., 1947. Metsämaan raekokoomus ja viljavuus varsinkin maan kivisyyttä silmällä pitäen. (The mechanical composition and fertility of forest soil taking into consideration especially the stoniness of the soil.) Comm. inst. forest. Fenn. 35. 2.
- »— 1951. Nutrient status and fertility of forest soil. I. Pine stands. (Metsämaan ravinnesuhteet ja viljavuus. I. Männiköt.) Ibid. 39. 4.
- »— 1952. Kivisyyden määrittämisestä. (On the determination of stoniness.) Ibid. 40. 3.

STONINESS OF FOREST SOIL IN FINLAND

Summary

Introduction

The Third National Inventory of the forests of Finland was made in 1951—53 as a linear survey (I l v e s s a l o), and among the forestry data, data on soils was also collected. Forest land was classified as follows:

- I. Productive land,
- II. Poorly productive land,
- III. Waste land.

All these classes were divided into firm and wet lands. This study deals with firm lands only. The forest site type was determined according to C a j a n d e r' s theory.

The rockiness and stoniness of the soil are treated separately. Under rockiness are discussed those sites where the bedrock is visible or the soil contains boulders and stones to such an extent as to warrant the classification of the site as poorly productive or waste land. Under stoniness are discussed those sites where the soil contains varying amounts of stones and boulders but which may still be classified as productive land. (Diameter of boulders is over 20 cm., of stones 20—2 cm.)

The material of this study includes 4 038 sample plots where the stoniness was both estimated and measured, and 11 472 sample plots where the stoniness was estimated alone. The occurrence of rockiness was studied on the sample plots and along the survey lines.

Rockiness

Tables 1 and 2 show how rocky and bouldery lands are met with in the different administrative districts, Fig. 1 their distribution in Finland. It is seen that rocky and bouldery lands are most abundant in the archipelago and the narrow coastal strip of south-western Finland. Bare rocks are almost entirely confined to this area.

The uneven distribution of these lands over the country is due to the geological history of Finland. The greater part of the country was under the sea at the end of the last glaciation, and the rocks have been exposed at the upheaval of the land from the sea.

Stoniness

Accuracy of measurement

Stoniness means the percentage of stones and boulders in the soil. The stoniness of the soil was estimated in three classes. Where the stand was treated with silvicultural thinnings the stoniness was also measured by the rod-testing method at 13 points on the sample plot (V i r o).

The average penetration of the rod was called the stoniness index (**Ki**) of the soil. Stoniness classes, indices, and percentages agree as follows:

stoniness class	stoniness index	stoniness percentage
I = stoneless	>21.1 cm.	< 30.0 %
II = stony	21.0—12.1 »	30.1—60.0 »
III = very stony	<12.0 »	>60.1 »

Most of the discussion is based and the results given in terms of stoniness index. This can easily be converted into the respective stoniness percentage. An increase of 3 cm. in the index corresponds to a decrease of 10 % in the stoniness.

Earlier investigations have shown that the rod-testing method for determining the stoniness gives fairly accurate results, provided that an adequate number of measurements is made. Fig. 2 illustrates the relation between the number of measurements and the standard deviation (σ) of the stoniness index. The number of measurements used in this study is the minimum that can give reliable results. The double standard deviation is about one half of the difference of average stoniness indices of adjacent stoniness classes.

Accuracy of estimation

The stoniness of the soil was estimated ocularly on every productive firm forest land sample plot. Tables 3, 4, and 9, and Fig. 3 indicate the accuracy achieved when the stoniness was estimated. On average, 58 % of the soils have been correctly estimated with regard to stoniness class.

Table 4 shows that of the soils estimated to be of a certain stoniness class, a large percentage belongs to other classes, the percentage of correct estimations being highest in stoniness class III. On the other hand, Table 9 shows that of the soils found by measurement to belong to a certain stoniness class, the percentage of correct estimations is highest in stoniness class I.

In spite of the errors in estimation, the average stoniness indices of the estimated stoniness classes differ very significantly. The average stoniness indices of the estimated stoniness classes and their stoniness percentages were:

stoniness class	stoniness index	stoniness %
I	21.2 \pm 0.12 cm.	29.3
II	14.6 \pm 0.14 »	51.3
III	9.5 \pm 0.18 »	68.3
I—III	17.3	42.3

The average indices of measured stoniness classes were:

I = 25.4 cm. II = 16.5 cm. III = 8.2 cm.

Comparison of these indices, as well as Table 3 and Fig. 3, reveals that the stoniness has mostly been under-estimated, over-estimation being rarer.

The ocular estimation of stoniness is mainly based on the occurrence of boulders that can often be discerned through the humus layer. Other data obtained by the present author shows that the stoniness percentage is on average due more to boulders than to stones.

The stoniness of forest soil

As is seen, the forest soils in Finland tend to be stony. The average stoniness is 42.3 %. Earlier estimations, not supported by measurements, had given the stoniness as far smaller (cf. Aaltonen 1941).

There are certain factors that have caused an error in the stoniness percentages: 1. the percentage of measured sample plots was smallest in stoniness class I, 2. the percentage distribution of the material into different stoniness classes is different in the measured and the entire material, and 3. the percentage of measurements is smallest on the least stony areas. The errors caused, all negative, are respectively 0.7, 1.0, and 0.6 %. These errors are in part due to the same cause, but even taken separately, they amount to only 2.3 %, *i. e.* the average stoniness of Finnish forest soils is between 40.0 and 42.3 %.

The stoniness of the soil varies in different parts of the country, the central part of the country being the least stony. The distribution of stoniness is shown in Tables 5 and 6, and in Fig. 4. The map has been prepared on the basis of estimated stoniness classes, using their tentative average stoniness indices. Every area certainly includes soils of all stoniness classes.

Stoniness and fertility*Material and methods*

The effect of stoniness on the fertility of forest soil is discussed here on the basis of sample plots where the stoniness was also measured. The forest site type was determined from the ground vegetation only.

The material shows that different forest site types do not differ in stoniness. The average stoniness index varies irregularly between 16 and 19 cm. Only the *Pyrola* type is met with on almost or totally stone-free soils, the average stoniness index being 25.3 cm.

The dominant height of the stand at the age of 60 years was used as an indicator of the soil fertility. Stands of different age were reduced to 60 years with the aid of Ilvessalo's growth tables. The dominant height of a stand is the average height of the 100 largest (Dbh) trees per hectare.

Table on p. 27 gives the number of sample plots of different species of tree on different site types. The species of tree examined was usually the main species of the stand. However, numerous birch stands as well as several OMT-pine stands and VT-spruce stands form an exception, owing to shortage of regular material.

This part of the study was limited to South Finland only, because of shortage of material in North Finland. However, there are distinct indications that the results for North Finland are similar to those for South Finland but that the effect of stoniness is probably slighter there.

Effect of stoniness on fertility

The effect of stoniness on the fertility of forest soil is illustrated in Figs. 5, 6, and 7. Mathematically, the effect was studied with the aid of probability calculation. The correlation coefficients between the stoniness index and dominant height of stands are seen in table on p. 28. All the coefficients are significant at the 0.1 % level.

Table 7 shows the mean dominant heights of stands in different stoniness classes, the material arranged according to both measured and estimated stoniness classes. The figures, correlation coefficients, and heights of dominant trees show that the stoniness has a strong effect on the fertility of the site, so that the fertility decreases with increasing stoniness.

The correlation coefficients are highest for *pine stands*, partly owing to the fact that the material for pine is the most homogeneous. The effect of stoniness is stronger on poorer site types. The difference in fertility between stoniness classes II and III is also more significant than between classes I and II. The mean dominant heights for adjacent stoniness classes within the same site type differ significantly.

The effect of stoniness seems to be slighter in *spruce stands*. This may be due to several factors, *e. g.* that the roots of spruce are largely in the humus layer and that the spruce stands have as a rule developed from undergrowth spruces. Often the mean dominant heights for adjacent stoniness classes within the same site type do not differ significantly.

In *birch stands* the material is more heterogeneous than in the other stands. In spite of this, the results show that the effect of stoniness is of almost the same order of magnitude in *Betula verrucosa* stands as in pine stands. The mean dominant heights for adjacent stoniness classes within the same site type differ significantly.

The height of birch seems to be affected by the spruces. The dominant height of birches was smaller in stands with strong spruce admixture than in pure stands or with admixture of pine.

Table 8 shows that *Betula verrucosa* grows faster than *B. pubescens*. The difference is greater on more fertile sites. The data for *B. pubescens* was insufficient to allow a study of the effect of stoniness.

The value of stoniness estimation

Sources of error

It was shown earlier that the data on the stoniness according to measurements and estimations vary widely (Tables 3, 4, and 9). Aaltonen and Viro have established that the stonier the soil, the thicker is the humus layer of productive forest lands. Moreover, the more fertile the soil, the thicker is the humus layer of mor soils. A thick humus layer makes the estimation of stoniness difficult, and usually leads to underestimation. Over-estimation occurs when all the stones are in the surface soil, usually as a result of frost-lifting. As is seen in the tables, over-estimation of stoniness is of rarer occurrence than under-estimation.

An additional factor that results in under-estimation of stoniness is that the stoniness may be due to small stones only, which cannot be seen through even a thin layer of humus.

The error in estimation of stoniness is bigger in North Finland (Tables 5 and 6), and also on more fertile site types (Table 8). Both errors are mainly due to differences in the thickness of the humus layer.

When all aspects of the matter are taken into account, the final conclusion is arrived at that the ocular estimation of stoniness is very unreliable and that an accurate estimation is not possible even after long practice or training.

Estimation of stoniness at the rating of sites

The stoniness is not usually taken into account when rating the soils. In the best cases the stoniness is only estimated. The value of stoniness estimation at the rating of sites can be discussed with the aid of Table 7 which also gives the mean dominant heights for estimated stoniness classes.

It is seen in the table that according to the estimated classification the dominant heights are also bigger in the less stony classes but that the difference in height between adjacent stoniness classes is smaller than with measured classification. The differences are statistically significant in pine stands only. The surveyors who carried out this work had continuous practice in estimation on the sample plots where the stoniness was also measured. For this reason a greater effect of stoniness on fertility was established than in earlier surveys (Aaltonen; Tamm and Wadman).

In Finland, forest soils are rated according to the ground vegetation, and the forest site types are fertility classes as well. However, the fertility of the site is defined more accurately if the stoniness is also taken into account, as is shown in this study. The determination of stoniness must be based on measurements; these require little time or equipment. When an exact rating of the site required, soil samples for laboratory research must also be taken.

A study of Table 7 reveals, however, that the dominant heights of stands of stoniness classes I and III differ significantly in every site type, even when the stoniness is only estimated. This means that a study of stoniness, even by estimation alone, is not wholly valueless, provided that the estimation is made carefully.

RINNANKORKEUSLÄPIMITTAAN PERUSTUVAT
SAHAPUIDEN KUUTIOIMISTAULUKOT

VEIJO HEISKANEN

J A

PAAVO TIIHONEN

*VOLUME TABLES FOR SAW TIMBER STEMS
BASED ON BREAST HEIGHT DIAMETER*

SUMMARY

HELSINKI 1958

Helsinki 1958. Valtioneuvoston kirjapaino

Sisällysluettelo

	Sivu
1. Johdanto	7
2. Katsaus vanhempiin sahapuiden kuutioimistaulukoihin	9
3. Aineiston keruu	12
31. Taulukkoaineisto	12
32. Tarkistusaineisto	15
4. Tutkimusaineisto	19
41. Yleistä	19
42. Taulukkoaineisto	19
43. Tarkistusaineisto	25
5. Taulukoiden rakenne ja laadinta	28
51. Taulukoiden rakenne	28
52. Taulukoiden laadinta	33
6. Taulukoiden tarkkuus	38
61. Käsitteitä	38
62. Teoreettinen tarkkuus	38
621. Yleistä	38
622. Käytettyjen tunnuslukujen luonteesta	39
623. Taulukoista saatujen ja todellisten kuutiomäärien vertailua	41
624. Korjauskertoimet	48
63. Taulukoiden käyttötarkkuus	50
631. Taulukoiden käytössä sattuvat virheet	50
632. Käyttötarkkuuden lisäämismahdollisuuksia	56
7. Käytännöllisiä näkökohtia	58
71. Taulukoiden käyttö	58
72. Laatuluokitus kuutioimistaulukoita käytettäessä	60
73. Arvioimistulosten merkintä	63
Kirjallisuusluettelo	66
Summary	68
Liitetaulukoita	73

Alkusanat

Tässä julkaisussa selostettavien sahapuiden kuutioimistaulukoiden laadintaan ryhdyttiin Metsäntutkimuslaitoksessa v. 1954 Keskusmetsäseura Tapion toimitusjohtajan, metsätieteen tohtori Erkki K. Kalelan aloitteesta. Työ tehtiin yhteistoiminnassa Tapion kanssa siten, että tutkimusta suorittamaan asetettiin kolmimiehinen työryhmä, jossa metsänhoitaja Oiva Suominen oli Tapion ja allekirjoittaneet Metsäntutkimuslaitoksen edustajina. Allekirjoittaneiden tehtävänä oli varsinaisten tutkimustöiden suoritus, johto ja valvonta, kun taas metsänhoitaja Suominen hoiti työhön liittyviä käytännöllisiä tehtäviä. Siten saamastamme avusta olemme hyvin kiitollisia.

Mieluisa velvollisuutemme on myös kiittää tohtori Kalelaa häneltä ja Keskusmetsäseura Tapion taholta tutkimuksen kenttätöitä suunniteltaessa ja suoritettaessa saamastamme korvaamattomasta tuesta. Esimiehimme, Suomen akatemian jäsenen, professori Yrjö Ilvessalon ja professori Paavo Aron myötämielisen suhtautumisen sekä heiltä saamamme neuvot ja ohjeet haluamme myös kiitollisina mainita. Erityisesti esitämme kunnioittavat kiitoksemme professori Ilvessalolta käsikirjoitusvaiheessa saamastamme opastuksesta.

Työ on suoritettu suurimmaksi osaksi Suomen Luonnonvarain tutkimussäätiön myöntämällä apurahoilla, joilla kenttätyöt ja suuri osa aineiston käsittelystä rahoitettiin. Olemme tästä kuten myös Keskusmetsäseura Tapion myöntämästä rahallisesta avusta hyvin kiitollisia. Metsäteholle esitämme parhaat kiitoksemme käyttöömme luovutetusta aineistosta.

Tutkimustyön suunnittelun ja johdon allekirjoittaneet ovat suorittaneet yhdessä. Julkaisusta luvut 1, 2, 51, 61, 63 ja 7 ovat tohtori Heiskanen ja muut kandidaatti Tiihosen käsialaa.

Helsingissä marraskuun 19 p:nä 1957

Veijo Heiskanen

Paavo Tiihonen

1. Johdanto

Sahapuuleimikoiden arvioiminen on arvioimistoimitus, johon uhrataan vuosittain enemmän aikaa ja työtä kuin mihinkään toiseen metsänarvioinnin alaan kuuluvaan tehtävään. Kun tiedetään, että maassamme hakataan vuosittain 25—30 miljoonaa sahapuuta, voidaan kuvitella työmäärää, josta näiden arvioinnissa on kysymys. On huomattava myös, että monet sahapuuleimikot arvioidaan kahteen tai useampaan kertaan. Ensin suoritetaan arviointi myyjän toimesta ja sitten yhden tai useamman sahayhtiön arviomiehet käyvät ostoa varten puiden kuutiomäärän ja laadun selvittämässä. Nämä arvioimistoimitukset keskittyvät yleensä melko lyhyeen aikaan syksyisin, jolloin myyjien ja ostajien ammattimiehillä on työtä liiemmältikin.

Sahapuiden kuutioarvioinnissa käytetään yleisimmin ns. apterausmenetelmää, jonka avulla kuutiomäärä pyritään arvioimaan samanlaisina tukkeina, joita rungoista todennäköisesti tehdään aikanaan hakkuun yhteydessä. Tämä menetelmä on teoreettisesti tarkin mahdollinen. Sillä voidaan päästä absoluuttisen tarkkoihin tuloksiin, vaikka sitäkin käytettäessä tietenkin esiintyy arvioimisvirheitä. Apterausmenetelmä on toisaalta varsin hidas ja vaivalloinen, jonka vuoksi sitä ei kiireisenä leimaus- ja arviointiaikana kyetäkään käyttämään täydellisenä. Usein menetelmää koetetaan monin eri tavoin yksinkertaistaa, mutta samalla sen tarkkuus kärsii.

Varsinkin viime sotien jälkeisenä aikana on hyvin yleisenä pyrkimyksenä esiintynyt halu yksinkertaistaa nykyisin käytettäviä menetelmiä tai luoda kokonaan uusia, entistä nopeampia arvioimistapoja. Tässä pyrkimyksessä on ollut havaittavissa kaksi pääsuuntaa.

Apterausmenetelmän varjopuolia on voitu monesti lieventää ns. koepuu- eli otantamenetelmään siirtymällä. Sitä käytettäessä ei arvioida kaikkia leimattuja runkoja, vaan ainoastaan osa niistä. Näiden ns. koepuiden katsotaan kuvaavan koko leimikkoa. Tällainen tapa onkin hyvin puolustettavissa ja vastaa täysin tarkoitustaan, mikäli koepuiden valinta tapahtuu oikein ja niiden lukumäärä on riittävä. Yksityismetsiä ajatellen koepuumenetelmästä ei ole paljonkaan hyötyä, sillä runkoluvultaan pienissä leimikoissa koepuiksi tulisi ottaa miltei kaikki puut luotettavia tulok-

sia haluttaessa (esim. Heiskanen 1953). Yksityismetsien leimikoiden runkoluku on näet keskimäärin hyvin pieni ja on jatkuvasti pienenemässä (vrt. Yli-Vakkuri 1955).

Toinen linja sahapuiden arvioinnin yksinkertaistamiseksi, kuutioimistaulukoiden käyttö, onkin pienissä leimikoissa ainoa mahdollinen. Harrastus sahapuiden kuutioimistaulukoiden valmistamiseksi on hyvin vanha. Lönnrothin (1917) esittämän teorian pohjalta lienee laadittu maamme ensimmäiset laajemman käytön saaneet kuutioimistaulukot (Thomén metsätoimisto, Ingman 1929). Sittemmin on julkisuudessa esitetty monia sahapuiden kuutioimistaulukoita, joihin palataan seuraavassa kirjallisuuskatsauksessa. Milteipä lukemattomat ovat lisäksi ne yksityisten metsäammattimiesten omaa tarvettaan varten laatimat taulukot, jotka omalla tahollaan ovat suuresti helpottaneet sahapuiden kuutioinnissa esiintynyttä ruuhkaa.

Aiemmin valmistetut sahapuiden kuutioimistaulukot eivät kuitenkaan syystä tai toisesta ole saavuttaneet yleistä käyttöä. Usein ovat olleet syynä puuttuvat tiedot taulukoiden luotettavuudesta, joskus niiden käyttötapa on ollut selvillä vain taulukoiden tekijälle jne. Useimmat taulukoista perustuvat 16—20 jalan korkeudelta mitattavaan läpimittaan, jonka mitaus edellyttää hankalan latvakaulaimen käyttöä.

Vielä aivan viime vuosinakin on niin ollen kaivattu uusia, nopeita menetelmiä sahapuuleimikoiden arviointiin. Myöhäissyksyllä 1954 käännyttiin Keskusmetsäseura Tapion taholta Metsäntutkimuslaitoksen puoleen asiantilan korjaamiseksi. Tutkimuslaitosta pyydettiin avustamaan sellaisten kuutioimistaulukoiden laadinnassa, joiden käyttö olisi nopeaa ja helppoa mutta, jotka kuitenkin olisivat riittävän luotettavia käytännön tarpeisiin. Tutkimukseen ryhdyttäessä oli siis pyrkimyksenä mahdollisimman yksinkertaisen sahapuiden kuutioimismenetelmän aikaan saaminen, so. yksinkertaisten sahapuiden kuutioimistaulukoiden laatiminen sekä niiden tarkkuuden, käyttötavan ja käyttöedellytysten selvittäminen.

Ensimmäiset kuutioimistaulukot valmistuivat jo syksyllä 1955, jolloin ne julkaistiin Keskusmetsäseura Tapion toimesta. Toiset taulukot saatiin laadituksi keväällä 1956. Silloin otettiin myös uusi painos ensimmäisistä taulukoista (Sahapuiden ...). Taulukoiden laadinnasta ja taulukoista on myös julkaistu jo ennakkotiedonantoina kirjoituksia metsäalan aikakauslehdissä (Heiskanen ja Tiihonen 1955 a, 1955 b, 1956, Heiskanen 1955, 1956 a, 1956 b). Sivullisetkin ovat kirjoituksissaan koskelleet näitä kuutioimistaulukoita (esim. Uudesta ..., Vieläkin ...). Lisäksi on taulukoiden käyttöä selostettu useilla metsäammattimiehille järjestetyillä kursseilla.

2. Katsaus vanhempiin sahapuiden kuutioimistaulukoihin

Erilaiset pystypuiden kuutioimistaulukot ovat keskeisimpiä puunmittausopin alaan kuuluvista julkaisuista. Niiden lukuisuuden takia onkin milteipä mahdotonta luoda tyhjentävää katsausta kaikkiin eri maissa laadittuihin taulukoihin. Samoin on laita, vaikka keskitytäänkin yksinomaan sahapuiden kuutioimistaulukoihin, joten ei ole mahdollista eikä tarkoituksenmukaistakaan tässä selostaa kaikkia niitä. Riittävän pohjan saamiseksi asian tarkastelulle on kuitenkin tarpeen selostaa tärkeimmät tällaisten taulukoiden laadinnassa käytetyt periaatteet. Kotimaisista taulukoista selostetaan kaikki tekijöiden tietoon tulleet julkaistut ja julkaisemattomat taulukot.

Sahapuiden kuutioimistaulukoiden käyttö on levinnyt laajimmalle Yhdysvalloissa, jossa käytännöllisesti katsoen kaikki arviointi suoritetaan taulukoiden avulla. *Dilworth* (1949) jakaa sahapuiden kuutioimistaulukot seuraaviin ryhmiin.

Paikalliset kuutioimistaulukot (A local volume table). Niitä laadittaessa oletetaan, että läpimittaa lukuun ottamatta kaikki muut tunnuksot ovat rajoitetulla alueella vakiot. Taulukoista saadaan kuutiomäärä läpimittaluokittain, joten ne siis perustuvat vain läpimittaan.

Standardikuutioimistaulukot (A standard volume table) perustuvat kahteen muuttujaan, pituuteen ja läpimittaan. Muut tunnuksot oletetaan vakioiksi.

Muotoluokka-kuutioimistaulukot (A formclass volume table) ovat taulukoita, jotka perustuvat kolmeen muuttujaan, pituuteen, läpimittaan ja muotoon.

Yleiskuutioimistaulukot (A Universal volume table) ovat erilaisia likimääräisiä taulukoita, jotka on tarkoitettu kokeneiden ammattimiesten avuksi.

Kuhunkin ryhmään sisältyy rakenteeltaan hyvin erilaisia taulukoita. Läpimitta mitataan miltei poikkeuksetta rinnankorkeudelta. Käytössä on joskus myös kannon läpimitta (vrt. *Manolo* 1938) ja 18' läpimitta on perustana eräissä Sitka-kuuselle laadituissa taulukoissa (*Dilworth* 1949). Pituus ilmoitetaan useimmiten tukkilukuna, jolloin tukin pituus on vakio, joko 8, 16 tai 32 jalkaa. Toisinaan käytetään myös tukkiosan

pituutta tunnuksena, ja vain hyvin harvinaisissa poikkeustapauksissa koko puun pituus on perusteena.

Suomessa käytetyistä sahapuiden kuutioimistaulukoista perustuivat ensimmäiset, kuten johdannossa mainittiin, Lönnrothin (1917) kiintomittamenetelmään. Näitä Thomén metsätoimiston laatimia taulukoita käytettäessä läpimitta mitataan 18 jalan korkeudelta ja lisäksi arvioidaan tämän korkeuden ja kuuden tuuman läpimitan välinen pituus (ks. myös Ingman 1929, Heiskanen 1957). Samaan periaatteeseen perustuvat myös W. Rosenlew & Co:n käyttämät taulukot. Niissä on pituus ilmoitettu 18-jalkaisina tukkeina 1/3 tukin tarkkuudella.

Ilvessalon (1956) mm. Tapion taskukirjassa julkaistut taulukot perustuvat rinnankorkeusläpimittaan ja puun koko pituuteen.

Kallion (1941) julkaisemissa taulukoissa on tunnuksena läpimitta 18' korkeudelta, mutta pituutena käytetään tukkiosan pituutta jalkoina.

Rautanen (1956) on julkaissut useana vuotena Metsäkalerissa erilaisia sahapuiden kuutioimistaulukoita. Viimeisessä painoksessa niitä on kolmet, joissa läpimitan mittauskorkeus on 16 jalkaa, 8 jalkaa ja 1.3 m kannolta. Pituuden perusteella puut on jaettu viiteen hyvyysluokkaan, joista jokaisesta on ilmoitettu puun keskimääräinen pituus kussakin läpimittaluokassa.

Vielä mainittakoon Salomaan (Vieläkin ...) laatimat taulukot, jotka perustuvat rinnankorkeusläpimittaan ja tukkiosan pituuteen.

Julkaisemattomista taulukoista on kirjoittajien tiedossa metsänhoitaja Kivilahden laatima taulukko, joka perustuu rinnankorkeusläpimittaan ja tukkilukuun. Heiskanen (1954 a) on valmistanut aikaisemmin Metsäntutkimuslaitoksen kokeilualueita varten samanlaiset taulukot.

Sahapuiden kuutioimistaulukoista on myös mainittava Sandelinin (1934) taulukot leimikon keskikuution määrittämiseksi rinnankorkeusläpimitan ja ns. hyvyysluokan perusteella. Hyvyysluokan määrittämisessä kiinnitetään päähuomio rungosta saatavien tukkien keskimääräiseen lukumäärään.

Ruotsissa on sahapuiden kuutioimistaulukoita julkaistu melko vähän. V. 1918 on julkaistu taulukot, jotka perustuvat rinnankorkeusläpimittaan ja puun koko pituuteen (Ståndskogskuberaren). Hyvin tunnetut ovat Johnsonin (1950) valmistamat taulukot, jotka perustuvat puun pituuteen ja rinnankorkeusläpimittaan. Eniten Ruotsissa käytetään kuitenkin erilaisia numeerisia ja graafisia kapenemis- ja apteraustaulukoita apuna sahapuuleimikoiden kuutioarviointia suoritettaessa (esim. Mattsson 1916, Ronge 1917, 1919, Löfgren 1920, Jonson 1929, Tirén 1935, Egermark 1936).

Keski-Euroopassa ei ole yleensä käytössä lainkaan varsinaisia sahapuiden kuutioimistaulukoita. Niiden sijasta käytetään ns. sorttimentti-
taulukoita, joista saadaan kaikkien rungosta hakattavien puutavaralajien kuutiomäärät tai osuudet.

Englannista mainittakoon D a v e y n (1942) julkaisemat kapenemis-
ja kuutiotaulut, jotka on tarkoitettu myös sahapuumäärän arviointiin. Perusläpimittana näissä taulukoissa on läpimitta 5 jalan korkeudelta.

3. Aineiston keruu

Aineiston keruu tätä tutkimusta varten tapahtui kahdessa vaiheessa. Ensin kerättiin varsinainen taulukkoaineisto, jonka avulla kuu-
tioimistaulukot on laadittu ja sitten ns. tarkistusaineisto, jonka
avulla on tutkittu taulukoiden käyttöön ja tarkkuuteen liittyviä kysy-
myksiä. Koska näiden eri vaiheiden työt erosivat suuressa määrin toi-
sistaan, selostetaan aineiston keruuta molempien osalta erikseen.

31. Taulukkoaineisto

Taulukkoaineisto jakaantuu kolmeen eri lähteeseen, joiden kaikkien
osalta mittauksissa on noudatettu samoja periaatteita. Seuraavassa tyydy-
tään esittämään vain niitä yksityiskohtia, jotka liittyvät aineiston pääosan,
varta vasten näiden taulukoiden laadintaa varten kerätyn aineiston keruu-
työhön.

Mittaustyöt aloitettiin tammikuun puolivälissä 1955 aluksi Itä-Hämeen
ja Pohjois-Savon metsänhoitolautakuntien toiminta-alueilla sijaitsevilla
tukkityömailla kaadetuista puista. Molemmilla pääsuunnilla toimi metsän-
hoitajan ja mittausapulaisen muodostama ryhmä. Kaikki mittauksia suo-
rittaneet neljä metsäammattimiestä olivat ko. töihin perehtyneitä ja met-
sänhoitolautakuntien valitsemissä. Tämän kirjoittajat valvoivat töiden aloit-
tamisen, jossa yhteydessä molemmille ryhmille annettiin tutkimustyön
edellyttämä riittävä erikoisopastus, ja suorittivat myös tarkastusmatkoja
työn edistyessä. Suullisten ohjeiden lisäksi molemmat ryhmät saivat eri-
tyisesti tämän tutkimuksen aineiston keruuta varten monistettuja lomak-
keita. Nämä lomakkeet olivat männyille punaisia ja kuusille vihreitä
(Kuva 1). Lomakkeiden täyttämistä varten annettiin seuraavat mittaus-
ohjeet, joita työssä noudatettiin.

1. Mittaus kohdistuu kuusi- ja mäntysahapuurunkoihin.
2. Mittaus edellyttää jaettuja (ja karsittuja) runkoja.
3. Mitattavia puita ei valita millään tavalla. Sopivasta alkukohdasta edetään rungolta toiselle.
4. Mitatut rungot merkitään sopivasti kaksinkertaisen mittauksen välttämiseksi.
5. Poikkeuksena kohtaan 3 ei mitata runkoja, jotka ovat joko tyvettyjä tai joista on otettu leikkoja.

N:o _____

Hakkuu työmaa: _____

Kunta: _____

Metsänomistaja: _____

Puulaji: _____

Mittaaja: _____

Dl. j tuu- maa	D6. o tuu- maa	Tuk- ki- lu- ku	Tuk- ki- osa j	Lat- va- kap- pal. j	Koko- pi- tuus j	Latva- tukin löpim. tuu- maa	Kuutio j ³	T u k k i e n m i t a t					Seli- tyksiä
								'x"	'x"	'x"	'x"	'x"	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

Kuva 1. Aineiston keruulomake.

Figure 1. Form for data on measured trees.

6. Puulajista riippuen käytetään tulosten merkinnässä:
kuuselle vihreää lomaketta,
männulle vaalean punaista lomaketta.
7. Lomakkeeseen täytetään metsässä sarakkeet: 1, 2, 5, 9—13 ja 14. Muut sarakkeet täytetään metsäntutkimuslaitoksessa.
8. Yksityisten sarakkeiden osalta noudatettava seuraavia ohjeita.
- Sarake 1. Mittaus kuoren päältä eteen sattuvulta puolelta $\frac{1}{2}$ tuuman alenevin luokituksin.
- » 2. Kuten edellinen. Kanto ja tasausvara otettava huomioon. Yleensä n. 19.5 jalkaa.
- » 5. Täysin jaloin tasaavin luokituksin.
- » 9—13. Paksuus eteen sattuvulta puolelta kuoren alta $\frac{1}{2}$ tuuman alenevin luokituksin. Pituus täysin jaloin (nähdään yleensä tukin päähän tehdystä merkinnästä). Sarakkeeseen 9 tulee aina tyvitukin mitat, seuraaviin sarakkeisiin muiden tukkien mitat paksuusjärjestyksessä.
- » 14. Huomautuksia vioista, jotka ovat aiheuttaneet poikkeuksellisen tukkimäärän, esim. haara.
9. Mittaustulokset merkittävä joka ilta erilliseen yhdistelmälomakkeeseen.

Ohjeiden suppea teksti johtui sekä käytännöllisistä syistä että ennen kaikkea siitä, että aineiston keruu aloitettiin, kuten edellä mainittiin, tämän kirjoittajien valvonnassa.

Mittauksia suoritettiin runsaat kaksi kuukautta, jonka jälkeen hakkuutoiminta Etelä-Suomessa supistui aivan vähiin aikaisen kevään vuoksi. Jatkuvalle tarkkailulle voitiin keruutyötä varsinkin loppuvaiheessa keskittää niin, että aineistoon kertyi mahdollisimman monipuolinen d 1.3- ja tukkilukuluokittainen vaihtelu ¹⁾. Tiettyä vaillinaisuutta eräissä yksityistapauksissa oli silti mahdoton välttää, kuten aineiston esittelystä lähemmin selviää. Kokonaisuudessaan taulukkoaineiston keruun onnistumiseen voitiin kuitenkin olla tyytyväisiä.

Taulukkoaineisto jakaantui kolmeen eri lähteeseen, kuten jo aiemmin mainittiin. Pääosa aineistoa, n. 65 %, on mitattu yksinomaan taulukoiden laadintaa varten. Lisäaineistot, joita saatiin Metsäntutkimuslaitoksesta ja Metsätehosta, oli kerätty aikaisemmin muita tarkoituksia varten, mutta niistäkin selvisivät taulukoiden laadinnassa tarvittavat tiedot. Aineiston suuruutta ja jakaantumista eri lähteisiin valaisee seuraava asetelma.

	Mänty <i>Pine</i>	Kuusi <i>Spruce</i>	Yhteensä <i>Total</i>
Taulukkoja varten mitattu — <i>Measured for the tables</i>	4 318	4 043	8 361
Metsäntutkimuslaitoksesta saatu — <i>Received from the Forest Res. Inst.</i>	2 432	—	2 432
Metsätehosta saatu — <i>Received from Metsäteho</i>	810	1 271	2 081
Yhteensä — <i>Total</i>	7 560	5 314	12 874

Koska taulukot oli tarkoitus laatia koko Etelä-Suomea, so. aluetta varten, joka rajoittuu pohjoisessa Oulujoen vesistöalueeseen, oli riittävän alueellisen edustavuuden saavuttaminen aineiston keruussa mitä toivottavinta. Rajoittavina tekijöinä olivat kuitenkin tutkimukseen käytettävissä olleet varat ja aika. Aineiston keruuta oli kohtuullisessa määrin keskittävä, ja sen pääosa onkin kerätty Päijänteen ja Saimaan vesistöalueilta. Näillä alueilla mittauksia pyrittiin suorittamaan mahdollisimman monella tukkityömaalla, ja mittauskohteita olikin kaikkiaan 75. Taulukko 1 osoittaa kaikkien, myös Metsäntutkimuslaitoksen ja Metsätehon aineistojen tutkimustyömaiden, yhteensä 82 työmaata, sijainnin ja niillä kerätyn aineiston suuruuden kunnittain.

Taulukossa kunnat on järjestetty suuruusjärjestykseen mitattujen runkojen määrän perusteella. Puuttumatta suuruuseroihin enempää on syytä todeta, että samalla tutkimustyömaalla on mitattu yleensä keskimäärin

¹⁾ Rinnankorkeus-läpimittaluokan sijasta käytetään jatkuvasti lyhennystä d 1.3-luokka. Rinnan-
korkeuden mittaus tapahtui puun alimmasta katkaisukohdasta lukien.

Taulukko 1. Tutkimusleimikoiden jakaantuminen kunnittain.

Table 1. Distribution of research stands in different counties.

Kunta — County	Leimikoita No. of stands	Mitattuja runkoja Number of trees measured		
		Mänty Pine	Kuusi Spruce	Yhteensä Total
Ruokolahti	1	525	1 263	1 788
Laukaa	4	1 074	136	1 210
Sonkajärvi	7	646	422	1 068
Saarijärvi	4	966	8	974
Hollola	8	97	720	817
Lammi	3	418	223	641
Eno	1	487	—	487
Hirvensalmi	1	466	—	466
Jyväskylän mlk.	1	249	101	350
Ristiina	1	314	—	314
Iitti	3	90	222	312
Padasjoki	2	84	217	303
Jäppilä	1	136	162	298
Valtimo	2	192	105	297
Sotkamo	2	288	95	283
Vesanto	3	141	128	269
Koski	1	—	252	252
Leppävirta	5	103	110	223
Tuusula	1	204	—	204
Iisalmen mlk.	2	78	91	169
Lahti	3	54	78	132
Kuopion mlk.	2	48	76	124
Rautavaara	1	50	68	118
Petäjävesi	4	92	23	115
Keitele	1	9	104	113
Siilinjärvi	1	43	50	93
Orimattila	2	25	62	87
Varkaus	1	45	34	79
Asikkala	2	—	74	74
Suonenjoki	1	70	—	70
Jyväskylä	2	42	14	56
Koskenpää	1	42	3	45
Uurainen	1	9	1	10
Muurame	1	6	3	9
Yhteensä — Total	82	7 560	5 314	12 874

yli 100 runkoa. Tässä mielessä todettakoon, että esim. yksityismetsissä sahapuuleimikon suuruus on keskimäärin suurempi, n. 200—250 runkoa, mutta se lienee pienenemään päin (Yli-Vakkuri 1955).

32. Tarkistusaineisto

Kuten edellä mainittiin, kerättiin tätä tutkimusta varten erillinen tarkistusaineisto. Tarkistustaskelmia suoritettiin silti myös taulukkoaineiston avulla. Tarkistusaineiston keruu johtui ennen kaikkea seuraavista syistä:

1. haluttiin ammattimiesten käytännössä suorittamien arviointien tuloksia ja siten suorittaa taulukoiden arvostelu sen työn perusteella, jota varten ne on avuksi tarkoitettu,

2. saada selville mahdolliset käyttö- ja arvioimisvirheet,

3. laatia lopulliset taulukkoihin liittyvät korjauskertoimet, mikäli esiintyvissä virheissä voitaisiin todeta tiettyä järjestelmällisyyttä.

Tarkistusaineistoa kerättiin useilta eri tahoilta. Sen keruussa voidaan, kuten taulukkoaineistossakin, silti erottaa muutamia erillisiä lähteitä, joissa yksityiskohdat osittain poikkeavat toisistaan. Tästä syystä tarkastellaan niitä seuraavassa erikseen.

Määrällisesti eniten saatiin tarkistusaineistoa neljän metsänhoitolautakunnan metsätalousneuvojen arvioimista leimikoista. Nämä metsänhoitolautakunnat, joiden ystävällinen avustus järjestyi Keskusmetsäseura Tapion myötävaikutuksella, olivat seuraavat: Satakunnan, Etelä-Karjalan, Keski-Pohjanmaan ja Itä-Savon lautakunnat. Tästä ilmenee, että tarkistusleimikoiden sijoituksessa pyrittiin erikoisesti taulukkoaineiston keruualueen ulkopuolelle, ts. saamaan samalla perustietoja entistä laajemmalla alueella.

Aineiston keruu tapahtui varsinaisesti kahdessa eri vaiheessa. Ensin saatiin tarkistusleimikon leimauksen yhteydessä kerätyt arvioimis- ja mittaustiedot, ja sitten leimikon kaadon jälkeen todelliset mittaustulokset. Edellisen työvaiheen suoritti paikallinen metsäammattimies, jälkimmäisen yleensä kirjoittajien valvoma mittausr ryhmä tai kirjoittajat sekä muutamissa tapauksissa leimikon ostaja.

Arvioimis- ja mittaustietojen yhdenmukaisuuden varmistamiseksi laadittiin sopivat keräilylomakkeet sekä työohjeet. Nämä ohjeet, jotka Keskusmetsäseura Tapio välitti työn suorittajille, olivat seuraavat.

»Kuluneen lokakuun aikana metsänhoitolautakunnille toimitetut Sahapuiden kuutioimistaulukot (Tapion lomake n:o 15) ovat itse taulukko-osan puolesta riittävän tarkat, mikä on voitu tutkimusaineiston avulla tarkistaa. Kuutioimistaulukoiden soveltuvuutta käytännön tarpeisiin on kuitenkin selviteltävä, ennen kuin niitä voidaan yleisesti varauksetta suositella käytettäväksi.

Tämän takia tarvitaan jokin määrä näihin taulukoihin perustuvia sahapuuleimikoiden arviointituloksia, jotka arviot ovat *käytännön miesten suorittamia*. Tällöin voidaan todeta, ovatko annetut taulukoiden käyttöohjeet tarkoituksenmukaiset ja niihin sisältyvät korjaustekijät oikeat.

Eräiden lautakuntien alueelta olisi saatava 5—10 sahapuuleimikon arviotulokset. Tämä tarkoittaa sitä, että mainittu määrä sahapuuleimikoita arvioitaisiin »pystyyn», merkitsemällä leimikon puista lomakkeeseen merkityt tunnuksat muistiin. Aineiston käyttöarvo on sitä parempi mitä enemmän se sisältää keskikuution ja puiden lukumäärän puolesta erilaisia leimikoita. 200 runkoa suurempia leimikoita ei kuitenkaan ole aihetta ottaa mukaan. Osaleimikoilla ei ole merkitystä, samoin leimikoilla, joiden tukkeja ei erikseen luovuteta. Puulajisuhteisiin ei tarvitse kiinnittää huomiota, mutta milloin leimikossa on mäntyjä ja kuusia, on ne merkittävä eri lomakkeille.

Kukin leimikko on selvästi nimettävä, paikallistettava sekä ilmoitettava sen ostajan nimi ja osoite, jotta saman leimikon luovutusmittaustulosten saamisesta voidaan sopia ostajan kanssa tutkimusryhmän toimesta.

Näiden leimikoiden mitta- ja arviointitulokset merkitään oheiselle lomakkeelle kunkin puun osalta erikseen. Lomakkeeseen on myös liitetty — mainittujen taulukoiden tunnuslukujen lisäksi — sarake koko rungon tukkiosan pituuden arvioimistuloksia varten. Viimeksi mainittuja lukuja tarvitaan uusien, valmisteilla olevien (tukkiosan pituuteen perustuvien) kuutioimistaulukoiden tarkistukseen. Tukkiosan pituuden arvioinnissa voidaan tyytyä kahden (2) jalan tarkkuuteen.

Lomakkeisiin, jotka pyydetään palauttamaan 15. 2. 1956 mennessä Metsäntutkimuslaitokselle osoitteella metsänh. Paavo Tiihonen, Unioninkatu 40 A, Helsinki toivotaan saatavan lisäksi seuraavat tiedot (voidaan käyttää lomakkeen kääntöpuolta):

- Toimitusmiehen käsitys siitä, joudutaanko leimikon kuutioimisessa käyttämään korjauskertoimia ja jos, niin mikä olisi sadannes kussakin tukkiluku- luokassa
- Huomioita taulukoista ja niiden soveltuvaisuudesta leimausarvioinneissa käytettäväksi
- Leimikon arvioimisaika ja toimitusmiehen nimi

Mitään laskentatöitä (kuutiointia) ei arviomiehen tarvitse suorittaa.»

Edellä mainituilla metsänhoitolautakuntien toiminta-alueilla työskentelevät ammattimiehet suhtautuivat tehtyyn pyyntöön myönteisesti, ja syksyn 1955 kuluessa arvioitiin tarkistusleimikoita eri puolilla maata varsin runsaasti. Valitettavasti osa leimikoista jäi myymättä, osalla apteraus-tapa oli tavallisuudesta poikkeava jne., jonka johdosta täydelliset tiedot saatiin vain kolmestatoista leimikosta. Nämä leimikot sijaitsivat seuraavissa kunnissa: Heinävesi, Honkilahti, Kankaanpää, Kannus, Kerimäki, Kesälahti, Kokemäki, Perho, Rantasalmi, Savonranta, Sievi, Sääminki ja Virolahti. Leimikoiden yhteinen runkoluku oli 1 807 ja kuutiomäärä 21 427 j³. Rungon keskikuutio oli siis 11.9 j³ ja runkoluku leimikkoa kohden keskimäärin 139.

Metsäntutkimuslaitoksesta saatiin tarkistusaineistoa kahdesta eri lähteestä. Toinen, viisi leimikkoa käsittävä osa kertyi tutkimuslaitoksen kokeilualueosaston välityksellä. Nämä leimikot sijaitsivat Punkaharjun ja Kolin kokeilualueissa ja olivat kaikki kokeilualueosaston myyntileimikoita. Myynnit käsittivät yhteensä 135 977 j³ sahapuita. Aineiston toinen osa kerättiin Ruotsinkylän kokeilualan metsistä ja käsitti vain yhden 100 rungon leimikon. Tämän leimikon avulla pyrittiin selvittämään pääasiallisesti arvioimis- ja mittausrvirheitä. Tässä mielessä seitsemän Metsäntutkimuslaitoksen palveluksessa olevaa metsäammattimiestä suoritti leimikon arvioinnin, kukin täysin itsenäisesti mitaten ja arvioiden jokaisesta leimikon puusta laadittavien kuutioimistaulukoiden edellyttämät tunnuks- set: rinnankorkeuslöpimitan, tukkiluvun ja tukkiosan pituuden. Mittaus- tuloksia voitiin siten tarkastella ja vertailla jokaisen puun osalta erikseen.

Suppeudesta huolimatta voitaneen edellä esitetyn selostuksen perusteella todeta, että aineiston keruu on tapahtunut sekä alueellisesti että määrällisesti laajoissa puitteissa. Arvostelussa on otettava huomioon se varsin lyhyt suoritus aika, joka kirjoittajilla oli käytettävissään. Aineiston keruutyöhön tässä yhteydessä ei ole mahdollisuutta enemmälti puuttua. Seuraavassa siirrytäänkin itse aineiston esittelyyn ja tarkasteluun.

4. Tutkimusaineisto

41. Yleistä

Niinkuin edellisestä on ilmennyt, tämän tutkimuksen aineisto jakaantuu kahteen ryhmään: taulukkoaineistoon ja tarkistusaineistoon, jotka molemmat on kerätty useista eri lähteistä. Kun jokaisesta lähteestä kerätty aineisto käsittää edelleen vaihtelevat määrät yksityisten sahapuurunkojen mittaustietoja, ei aineiston yksityiskohtainen esittely ole tässä yhteydessä mahdollista. Tilan säästämiseksi on tyydyttävä esittelemään perustietoja aineistosta ryhmittämällä sitä kohtuullisessa määrin. Siten suuri osa jäljempänä esitettävistä aineistoa koskevista tiedoista on taulukoiden valmistamisessa tai niiden luotettavuuden tarkastelussa muodostettujen ryhmien summa- tai keskimääräislukuja. Yhdenmukaisesti aiemmin esitetyn kanssa aineiston esittely tapahtuu edelleen kahdessa osassa: taulukkoaineisto ja tarkistusaineisto.

42. Taulukkoaineisto

Aiemmin mainitun mukaisesti taulukkoaineisto käsittää yhteensä 7 560 mänty- ja 5 314 kuusisahapuun mittaustulokset 82 eri leimikosta, joita koskevia tietoja on esitetty liitetaulukkoissa 1 ja 2. Seuraava asetelma osoittaa aineistoon kuuluvien sahapuurunkojen lukumäärät ja niiden sisältämät kuutiojalkamäärät tukkilukuluokittain.

Tukkiluku <i>Number of logs</i>	Mänty <i>Pine</i>		Kuusi <i>Spruce</i>		Yhteensä <i>Total</i>	
	runkoja <i>no. of trees</i>	j ³ <i>cu.ft.</i>	runkoja <i>no. of trees</i>	j ³ <i>cu.ft.</i>	runkoja <i>no. of trees</i>	j ³ <i>cu.ft.</i>
1	1 272	6 057	1 327	6 693	2 599	12 750
2	3 939	40 107	1 953	20 933	5 892	61 040
3	2 077	39 974	1 662	30 714	3 739	70 788
4	250	8 432	368	11 058	618	19 490
5	22	875	4	160	26	1 035
Yhteensä — <i>Total</i>	7 560	95 445	5 314	69 558	12 874	165 003

Molemmilla puulajeilla runkoluku on suurin kaksitukkisten ja pienin viisitukkisten ryhmässä. Viimeksi mainittuja ei ole käytetty taulukoiden laadinnassa aineiston pienuuden takia. Yksi- ja kolmitukkisten määrät ovat myös varsin suuret, mutta nelitukkisia sen sijaan on verraten vähän. Taulukoiden tarkkuutta ajatellen on kuitenkin syytä todeta, että nelitukkisten sahapuurunkojen osuus etenkin yksityismetsien leimikoissa on useimmiten verraten vähäinen tai niitä ei esiinny ollenkaan.

Aineiston jakaantumista d 1.3-luokittain valaisee taulukko 2. Tästä taulukosta samoin kuin jäljempänäkin on viisitukkiset puut jätetty pois.

Taulukko 2. Taulukkoaineiston jakaantuminen d 1.3- ja tukkilukuluokkiin.

Table 2. Distribution of the measured trees in DBH- and number-of-logs-classes.

D 1.3, tuumaa DBH, inches	Mänty — Pine				Kuusi — Spruce			
	Tukkiluku — Number of logs							
	1	2	3	4	1	2	3	4
	Runkojen lukumäärä — Number of trees measured							
5 ¹ / ₂	1	—	—	—	—	—	—	—
6	8	—	—	—	—	—	—	—
6 ¹ / ₂	31	2	—	—	1	—	—	—
7	81	14	—	—	18	—	—	—
7 ¹ / ₂	204	71	1	—	176	3	—	—
8	192	245	4	—	165	29	—	—
8 ¹ / ₂	191	390	9	—	275	102	5	—
9	136	480	37	—	195	197	17	—
9 ¹ / ₂	127	498	89	—	257	339	31	1
10	80	477	123	—	118	294	73	3
10 ¹ / ₂	72	421	178	2	58	232	126	6
11	65	396	211	3	35	263	178	8
11 ¹ / ₂	28	278	229	6	7	194	228	19
12	17	193	234	10	10	114	235	27
12 ¹ / ₂	10	126	208	13	2	82	202	34
13	8	116	182	23	3	31	165	34
13 ¹ / ₂	8	91	158	19	4	30	128	53
14	1	45	123	26	—	18	92	33
14 ¹ / ₂	4	34	80	25	2	9	73	29
15	3	24	57	20	—	11	34	32
15 ¹ / ₂	1	9	52	23	—	2	27	23
16	1	4	27	20	—	—	21	18
16 ¹ / ₂	3	5	23	18	—	2	12	8
17	—	5	21	6	—	—	8	7
17 ¹ / ₂	—	6	12	12	—	—	3	7
18	—	1	5	7	1	—	2	5
18 ¹ / ₂	—	2	1	5	—	1	—	4
19	—	4	3	2	—	—	—	5
19 ¹ / ₂	—	—	3	2	—	—	1	1
20	—	1	2	1	—	—	—	4
20 ¹ / ₂	—	1	3	1	—	—	—	2
21	—	—	1	3	—	—	—	1
21 ¹ / ₂	—	—	—	2	—	—	—	1
22	—	—	—	1	—	—	1	1
22 ¹ / ₂	—	—	—	—	—	—	—	1
23	—	—	1	1	—	—	—	1
Yhteensä — Total . .	1 272	3 939	2 077	250	1 327	1 953	1 662	368

Taulukosta 2 nähdään, että vaikka runkoluvut tukkilukuluokittain odotetusti kasaantuvat vaihteleviin läpimitaluokkiin, ovat jakautumat silti laajat, ja aineistoa on kertynyt useihin d 1.3-luokkiin varsin huomattavat määrät. Kuten aineiston keruuta selvitetessä ilmeni, on jakautumien laajuuteen myös tarkoituksellisesti pyrittykin. Tämä näkökohta aiheuttaa vuorostaan sen, ettei kerätyn aineiston vertailua esim. valtakunnan metsien inventoinnin tuloksiin tässä yhteydessä ole katsottu asialliseksi suorittaa.

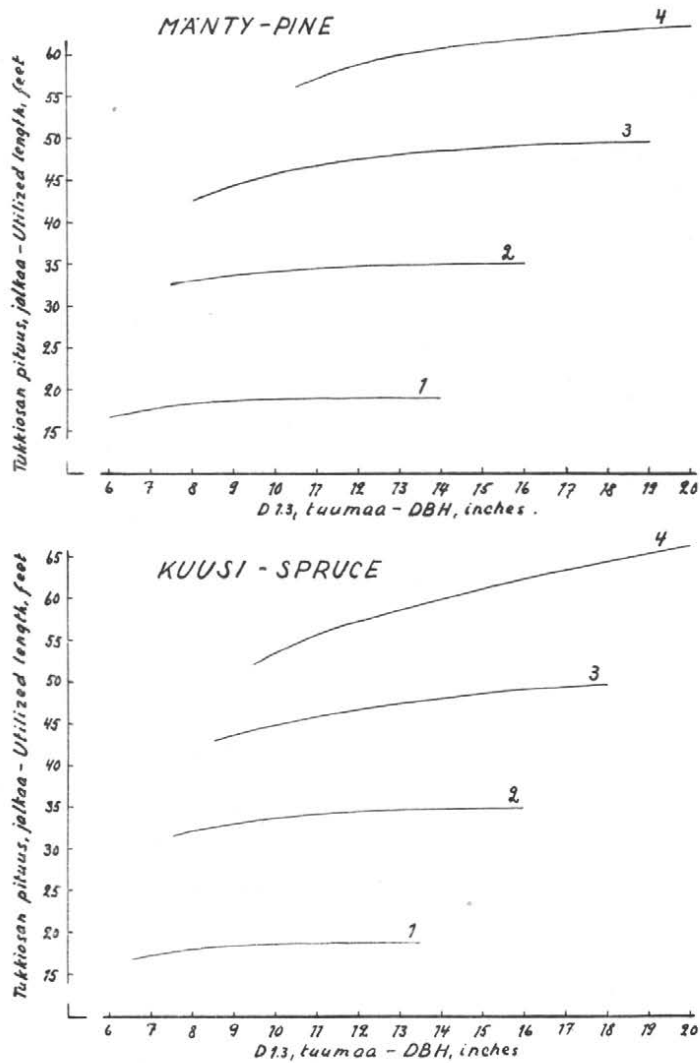
Seuraavasta asetelmasta nähdään tukkien keskipituus ja latvatukin keskimääräinen latvaläpimita tukkilukuluokittain.

Tukkiluku <i>Number of logs</i>	Keskipituus, jalkaa <i>Average log length, ft.</i>		Latvatukin latvaläpimita, tuumaa <i>Top diameter of top log, inches</i>	
	Mänty <i>Pine</i>	Kuusi <i>Spruce</i>	Mänty <i>Pine</i>	Kuusi <i>Spruce</i>
1	18.4	18.6	6.9	7.0
2	17.0	16.9	6.3	6.3
3	15.7	15.9	6.2	5.7
4	15.0	15.4	6.2	5.4
Keskimäärin —				
<i>Average</i>	16.4	16.6		

Keskipituus eroaa puulajeittain hyvin vähän. Merkittävämpi ero on vain nelitukkisten puiden kohdalla, joiden osuus kuitenkin jää, kuten edellä jo mainittiin, useimmissa leimikoissa verraten vähäiseksi. Kaikkien tukkien keskipituuksista voidaan tyydytyksellä todeta, että luvut täyttävät juuri ne vaatimukset, jotka nykyisin tukkien keskipituudelle yleisesti Etelä-Suomessa asetetaan.

Molempien puulajien yksi- ja kaksitukkisten runkojen latvatukkien latvaläpimitat ovat käytännöllisesti katsoen samat. Yksitukkisissa ei tosin voitaisi puhua latvatukin latvaläpimitasta, mutta yhdenmukaisuuden vuoksi sovelletaan niihinkin samaa käsitettä. Kolmi- ja nelitukkisilla männyillä latvaläpimitat ovat kuusen vastaavia lukuja selvästi suuremmat. Tämä johtuu tunnetusti siitä, että suurikokoisten mäntyjen latvaosissa on yleensä runsaasti oksia, joiden paksuus ja sijainti ylittävät sahauskelpoisen tukin laatuvaatimukset. Oksakiehkuroiden yläpuolella puun runko saattaa lisäksi kaveta hyvin voimakkaasti. Latvatukista tehdään silloin yleensä lyhyt, jolloin sen latvaläpimita tavallisesti jää sallittua minimiläpimittaa paljonkin suuremmaksi.

Molemmat tunnuksat vaihtelevat luonnollisesti d 1.3-luokittain. Tukkien keskipituus vaihtelee vähemmän, kuten piirroksesta 1 selvästi ilmenee. Varsinkin yksi- ja kaksitukkisilla d 1.3-luokittaiset erot ovat verraten vähäiset.



Piirros 1. Tukkiosan pituuden riippuvuus rinnankorkeusläpimitasta ja tukkiluvusta. 1 = yksitukkiset, 2 = kaksitukkiset, 3 = kolmitukkiset, 4 = nelitukkiset.

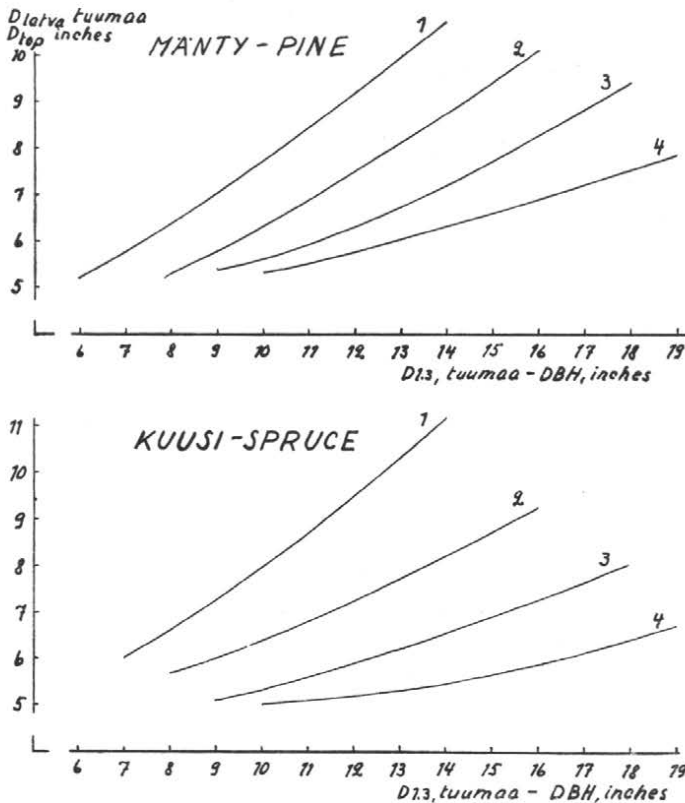
Sketch 1. Dependence of the utilized part on Dbh and on number of logs. 1 = single-log trees, 2 = two-log trees, 3 = three-log trees, 4 = four-log trees.

Latvatukkien keskimääräiset latvaläpimitat eroavat sen sijaan hyvin selvästi läpimitaluokittain, kuten piirroksesta 2 nähdään. D 1.3-luokittainen kehitys on kuitenkin verraten yhdenmukainen sekä puulajeittain että tukkilukuluokittain. Piirroksesta ilmenee myös hyvin selvästi eri tukkilukuluokkien latvatukkien latvaläpimittojen erot, jotka ovat täysin sopu-

soinnussa totunnaisia apteraustapoja ajatellen. Edellä todettu kolmi- ja nelitukkisten mäntyjen ja kuusien latvatukkien latvalöpimittojen eroavuus ilmenee nyt myös kaikissa d 1.3-luokissa.

Koko tukkiosan pituuden kehitys d 1.3-luokittain on myös hyvin tasainen, ja löpimittaluokittaiset erot jäävät verraten pieniksi. Kehitystä valaisee, kuten edellä mainittiin, piirros 1. Tukkilukuluokittaiset erot ovat samoin hyvin selvät, kun taas eri puulajien väliset erot ovat tukkiluku-luokittain merkityksettömän vähäiset.

Varsinkin aineiston sisältämien yksityisten ryhmien kuutiomäärätietojen esittely vaatisi, kuten alussa jo todettiin, hyvin huomattavan tila, johon tässä yhteydessä ei ole mahdollisuutta. Tässä mielessä tyydytään aineistoa valaisemaan kuutiomäärien osalta vain yhdestä tukkilukuluokasta. Tältäkin osin esitetään, kuten aiemminkin, vain keskimääräisluvut. Esimerkiksi

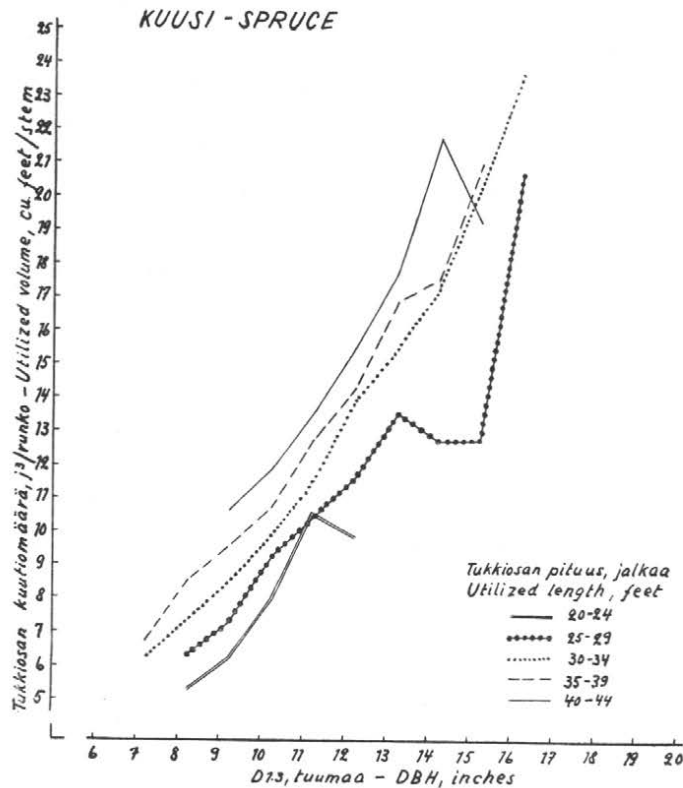


Piirros 2. Tukkiosan latvalöpimitan riippuvuus puun rinnankorkeuslöpimitasta. 1 = yksitukkiset, 2 = kaksitukkiset, 3 = kolmitukkiset, 4 = nelitukkiset.

Sketch 2. Dependence of the top diameter of the utilized part on the diameter at breast height. 1 = single-log trees, 2 = two-log trees, 3 = three-log trees, 4 = four-log trees.

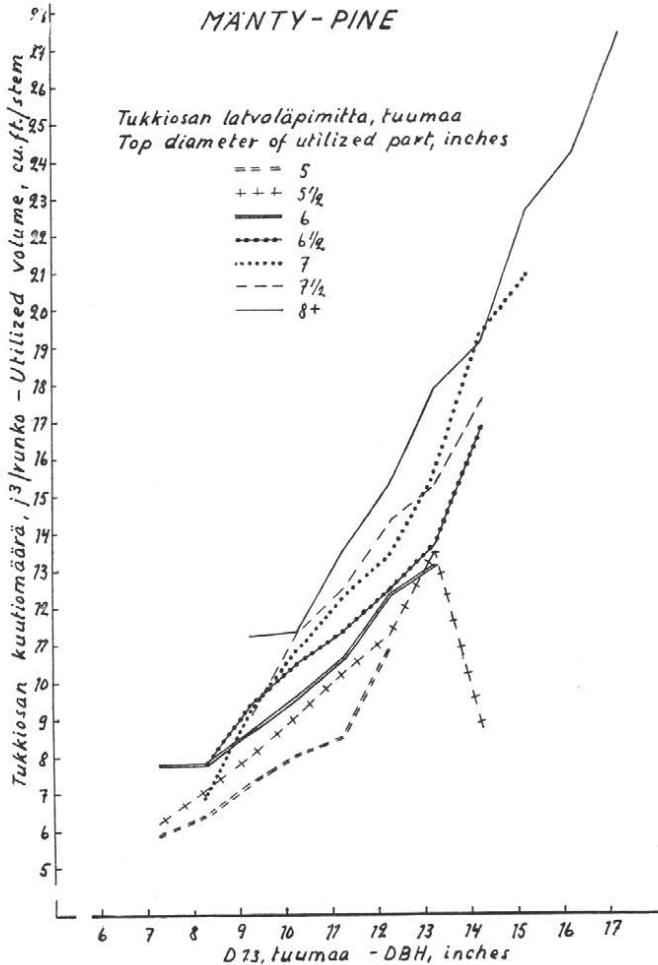
on valittu kaksitukkisten mäntyjen ja kuusien kuutiomäärän riippuvuus tukkiosan pituudesta ja latvatukin latvaläpimitasta d 1.3-luokittain. Riippuvuutta valaisevat piirroksat 3 ja 4. Piirrokselta 3 nähdään kuusen kuutiomäärän kehitys tukkiosan pituuden mukaisesti sekä piirrokselta 4 männyn osalta latvatukin latvaläpimitaluokan mukaisesti, molemmat d 1.3-luokittain.

Piirroksat osoittavat, että taulukoiden laadintaan käytetyssä aineistossa on selvä riippuvuus kuutiomäärien ja rinnankorkeusläpimitan välillä. Toisaalta voidaan todeta, että samaan tukkiluku- ja d 1.3-luokkaan kuuluvien puiden kuutiomäärät saattavat vaihdella hyvin huomattavasti tukkiosan pituuden ja latvatukin latvaläpimitan mukaisesti. Kuten jäljempänä selviää, latvatukin latvaläpimitaa ei ole otettu taulukoiden tunnusluvuksi, joten piirroksat 3 ja 4 alustavasti vahvistavat sitä näkökantaa, että laaditut taulukot eivät sovellu käytettäväksi yksityisen saha-puun kuutiointiin.



Piirros 3. Kaksitukkisten kuusien tasoittamattomat kuutiomäärät tukkiosan pituus- ja d 1.3-luokittain.

Sketch 3. Unequalized volumes of two-log spruce by classes of utilized length and of Dbh.



Piirros 4. Kaksitukkisten mäntyjen tasoittamattomat kuutiomäärät tukkiosan latvalöpimitta- ja d 1.3-luokittain.

Sketch 4. Unequalized volumes of two-log pine by classes of top diameter of utilized part and of Dbh.

Taulukoiden luotettavuutta tarkasteltaessa esitetään jäljempänä vielä eräitä aineistoa valaisevia tietoja.

43. Tarkistusaineisto

Metsänhoitolautakuntien toimesta arvioituja ja yleensä kirjoittajien johdolla mitattuja tarkistusleimikoita oli aiemman maininnan mukaisesti kolmentoista eri kunnan alueella. Taulukosta 3 nähdään näiden tarkistusleimikoiden tärkeimmät mittaustulokset. Leimikoiden arvioimistulokset on otettu myös huomioon taulukoiden käyttötarkkuutta tutkittaessa.

Taulukko 3. Tietoja metsänhoitolautakuntien tarkistusleimikoista.
 Table 3. Data on check stands of Forestry Board Districts.

Leimikko (kunta) <i>Stand (county)</i>	Leimikon runkoluku <i>Number of trees</i>	Kuutiomäärä, j ³ <i>Volume, cu.ft.</i>		Tukkiosan pituus, jalkaa <i>Utilized length, feet</i>	Tukkiluku <i>Number of logs</i>	Tukin pituus, jalkaa <i>Log length, feet</i>
		yhteensä <i>total</i>	runkoa kohden <i>per tree</i>			
Heinävesi	144	2 884	20,0	41,5	2,6	15,9
Honkilahti	192	2 959	15,4	43,4	2,8	15,6
Kankaanpää	160	1 613	10,0	32,8	2,0	16,5
Kannus	101	1 092	10,8	34,8	2,2	15,6
Kerimäki	133	1 228	9,2	37,3	2,3	16,4
Kesälahti	96	746	7,8	17,0	1,1	15,4
Kokemäki	100	1 288	12,9	38,8	2,6	15,0
Perho	130	911	7,0	27,4	1,7	16,4
Rantasalmi	182	1 423	7,8	29,5	1,9	15,6
Savonranta	133	1 910	14,4	41,3	2,6	16,0
Sievi	113	1 081	9,6	33,2	2,0	16,9
Sääminki	200	2 765	13,8	40,1	2,4	16,5
Virolahti	123	1 527	12,4	34,2	2,0	16,8

Taulukosta 3 voidaan todeta, että vaikka leimikoiden runkoluku ja rungon keskipuutio ovat vaihdelleet kunnittain, leimikoita voidaan pitää monessa suhteessa varsin tyypillisinä yksityismetsien sahapuuleimikkoina. Vain Heinävedellä mitatussa leimikossa on ollut poikkeuksellisen järeitä runkoja. Samoin tukkien keskipituus näyttää jääneen muutamissa leimikoissa pienemmäksi kuin taulukkoaineiston vastaavat luvut. Käytännöllisessä mielessä nämäkään keskipituudet eivät silti ole mitenkään poikkeuksellisia.

Metsäntutkimuslaitoksen kokeilualueosastolta saadut tarkistusleimikot sisälsivät sahapuita kokeilualueittain seuraavat kuutiomäärät:

Punkaharju I	39 467 j ³
» II	35 350 »
Koli I	19 068 »
» II	37 996 »
» III	4 096 »
	Yhteensä 135 977 j ³

Kolin kolmatta leimikkoa lukuun ottamatta leimikot käsittivät huomattavan lukumäärän sahapuurunkoja, yli 1 000 runkoa, joiden keskipuutio oli yleensä hieman suurempi kuin tavallisissa yksityismetsissä. Leimikoiden suuren runkoluvun vuoksi mittautustietojen lähempää esittelyä ei ole katsottu tässä yhteydessä aiheelliseksi.

Metsäntutkimuslaitoksen Ruotsinkylän kokeilualueelta kerätty tarkistusaineisto käsitti aiemmin mainitun mukaisesti 100 rungon arvioimis- ja mittaustiedot. Koska tämän leimikon avulla on pyritty selvittämään pääasiallisesti arvioimis- ja mittausvirheitä, esitetään leimikkoa koskevia tietoja jäljempänä taulukoiden käyttötarkkuutta tutkittaessa.

5. Taulukoiden rakenne ja laadinta

51. Taulukoiden rakenne

Laadittaessa sahapuiden kuutioimistaulukoita on valittavana useita eri tunnuksia, joihin taulukot voidaan perustaa. Se ilmenee varsin selvänä kirjallisuuskatsauksesta, josta nähdään käytössä olevan hyvin monenlaisia sahapuiden kuutioimistaulukoita. Käytettävien tunnusten valinnan määrääkin se päämäärä, johon taulukoiden avulla pyritään.

Kuten johdannossa mainittiin, esillä olevia taulukoita valmistettaessa on pidetty päämääränä yksinkertaisen ja nopean mutta kuitenkin riittävän tarkan menetelmän aikaansaamista. Käytön nopeus on siis ollut ensisijaisena päämääränä ja tarkkuus vasta seuraavana. Tämä merkitsee sitä, ettei ole pyritty laatimaan taulukoita, jotka antaisivat mahdollisimman tarkan tuloksen kaikissa yksityistapauksissa, vaan taulukot, jotka sopivat kokonaisten leimikoiden riittävän tarkkaan kuutiointiin ja jotka ovat niin yksinkertaiset, että niitä voidaan kentällä käyttää.

Sahapuiden kuutioimistaulukoita tehtäessä voidaan ottaa perusteiksi seuraavat tunnuksat.

1. Muoto
2. Läpimitta
3. Pituus

Puun runkomuodon mittaamisessa tulee lähinnä kysymykseen joko muotoluokka tai kapeneminen. Kummankin määrittäminen on kuitenkin niin vaivalloista, ettei katsottu tarpeelliseksi ottaa muotoa lisätunnukseksi taulukoihin, vaan ne perustettiin vain läpimittaan ja pituuteen. Mainittuja lisätunnuksia käytettäessä taulukoiden tarkkuus olisi tietenkin suurentunut, mutta niidenkään avulla ei olisi saavutettu apteerausmenetelmän teoreettista tarkkuutta. Kun lisäksi tavalla tai toisella muotoon perustuvien taulukoiden käyttö olisi yhtä hidasta tai hitaampaa kuin apteerausmenetelmällä arviointi, tuntuu siltä, ettei kukaan tällaisia taulukoita käyttäisi. Olisi siis tarkoituksetonta ajanhukkaa yrittää laatia myös muotoon perustuvia sahapuiden kuutioimistaulukoita.

Läpimitan mittauskorkeus voidaan valita monesta eri kohdasta. Läpimittana on ratkaistava, onko perusläpimita mitattava rinnankorkeudelta vai jostain ylempää. Käytännön kannalta on rinnankorkeudella monia etuja. Läpimita siitä on helposti ja nopeasti mitattavissa. Ei tarvita avuksi hankalaa latvakaulainta, kuten mitattaessa läpimita esimerkiksi 16—18 jalan korkeudelta. Mitattaessa läpimita rinnankorkeudelta voi arvioinnin suorittaa yksikin arviomies ilman apulaisia, kun taas latvakaulainta käytettäessä tarvitaan työhön aina vähintään kaksi miestä.

Rinnankorkeudella on kuitenkin eräitä varjopuolia, joista tärkein on se, että kapeneminen siinä on nopeaa ja epäsäännöllistä. O s a r a (H i l d é n 1926) mainitseekin, että koivulla »täytyy rinnankorkeutta pitää vähemmän sopivana perusläpimitan mittauskorkeutena» ja epäilee sen sopivuutta myös havupuilla. Toisaalta hän on kuitenkin sitä mieltä, että ellei haluta kaikissa yksityistapauksissakin luotettavia taulukoita, voidaan hyvin turvautua rinnankorkeusläpimitaan. O s a r a n laatimat koivun kuutioimistaulukot perustuvat 3 m:n läpimitaan. R a u t a n e n (1956) taas on laatinut taulukot, joissa perusläpimita on otettu 8 jalan korkeudelta, joka on jo tyvipaisuman yläpuolella.

Myös on mainittava, että rungon eksentrisyys on rinnankorkeudella jonkin verran suurempi kuin ylempänä, esim. 6 m:n korkeudella, kuten Metsäntutkimuslaitoksen arvioimisosastolta saadun aineiston perusteella lasketusta taulukosta 4 ilmenee. Keskimääräinen eksentrisyys on tämän aineiston mukaan männyllä 1.3 m:n korkeudella 3.0 ± 0.17 % ja 6.0 m:n korkeudella 2.6 ± 0.15 % sekä kuusella vastaavasti 2.9 ± 0.12 % ja 2.3 ± 0.10 %. Erojen testaus osoitti, että ero on kuusella tilastollisesti erittäin merkitsevä ($t = 3.816^{***}$), mutta että männyllä se ei ole merkitsevä ($t = 1.762$) (A l a m e r i j a P ö y h ö n e n 1953).

Haitallisempi seikka on se, että kuoren paksuus vaihtelee rinnankorkeudella huomattavasti enemmän kuin ylempänä rungolla. Näin on laita ennen kaikkea mäntyyn nähden, kuten L ö n n r o t h i n (1925) esittämä

Taulukko 4. Rungon eksentrisyys 1.3 m:n ja 6.0 m:n kohdalla.

Table 4. The eccentricity of trees at heights of 1.3 m. and 6.0 m.

Puulaji <i>Tree species</i>	Mittauskorkeus, m <i>Measuring height, m.</i>	Poikkeama, % pienemmästä läpimitasta <i>Deviation in per cent of smaller diameter</i>						
		<2	<4	<6	<8	<10	<12	>12.1
		%						
Mänty — <i>Pine</i>	1.3	46.3	76.0	86.4	95.9	98.2	99.1	0.9
	6.0	52.6	78.7	91.8	97.2	99.0	99.5	0.5
Kuusi — <i>Spruce</i>	1.3	45.1	74.1	89.3	96.9	99.7	100.0	—
	6.0	53.5	83.4	95.8	99.7	99.7	100.0	—

yhdistelmä eri tutkimuksissa saaduista rinnankorkeuden kuorisadanneksista hyvin osoittaa.

Onkin selvää, että rinnankorkeuden yläpuolelta mitatut läpimitat kuvaavat paremmin rungon kuutiomäärän kuin rinnankorkeusläpimitta. Onko saavutettava etu kuitenkin niin suuri, että kannattaa luopua totunnaisesta ja mukavasta rinnankorkeusläpimitasta? Vuokila (1952) on selvittänyt tätä asiaa ja on todennut, että »metrin korkeudelta suoritettu puitten lukeminen on siis johtanut keskimäärin ainoastaan 3.8 %:n virheeseen kuutiomäärälaskelmissa. Samaa suuruusluokkaa olevaan virheeseen on päädytty myöskin 1.5 m:n korkeutta käytettäessä. Tämä merkitsee sitä, että 10 cm:n virhe mittauskorkeudessa, jota käytännössä totunut lukemies tuskin useinkaan ylittää, aiheuttanee keskimäärin vain 1—2 %:n virheen kuutiomäärässä valtaosassa Suomen metsiä». Johnson (1910) on myös tutkinut asiaa ja tullut siihen tulokseen, että männyllä tulisi käyttää 1.5 m korkeutta perusläpimitan mittauskorkeutena 1.3 m korkeuden sijasta. Kuitenkin hän päätyy 1.3 m korkeudelta mitattavaan läpimittaan sanoen: »Om ej vetenskapliga resultat redan voro grundade på mätning 1.3 meter och ej bekvämlighetsskäl talade däremot, skulle jag emellertid vilja förorda en öfvergång till ständig mätning vid 1.5 meter».

Myös tämän tutkimuksen taulukoita laadittaessa päädyttiin rinnankorkeusläpimitaan juuri sen mittaamisen helppouden takia.

Pelkkä rinnankorkeusläpimitta ei ole kuitenkaan riittävä tarkkojen tulosten saamiseksi, kuten mm. edellä esitetyt piirrokset 3 ja 4 osoittavat. Niistä nähdään, että samassa tukkilukuluokassakin on suurta vaihtelua kunkin d 1.3-luokan kuutiomäärissä. Lisätunnukseksi onkin otettava puun pituus, joka voidaan ilmaista kolmella eri tavalla. Tunnuksena voi olla koko puun pituus tai sitten tukkiosan pituus joko tukkiluvun tai sen todellisen pituuden avulla ilmaistuna. Valittaessa mittaustapaa on pidettävä etusijalla jälleen arvioinnin helppoutta ja tarkkuutta sekä myös tunnuksen sopivuutta tukkiosan kuvaajaksi.

Arvioinnin helppouden kannalta koko puun pituus on suositeltava sen vuoksi, että sitä arvioitaessa ei tarvitse suorittaa subjektiivista arvostelua siitä, mihin asti puu hyväksytään mukaan, kuten on laita tukkiosaa arvioitaessa. Toisaalta taas tukkiluku on myös helppo arvioida, kun kysymykseen tulee meillä useimmiten korkeintan neljä luokkaa.

Koko puun pituudella on kuitenkin eräs varjopuoli. Sen ja tukkiosan pituuden välillä riippuvuus ei ole aivan selvä, kuten korrelaatiotaulukoista 5 ja 6 nähdään. Ne osoittavat, että tietyn pituisesta rungosta saatavien tukkien yhteinen pituus saattaa paljon vaihdella. Esim. 65—69 jalan pituisten runkojen tukkiosan pituus saattaa kuusella vaihdella 15 jalasta 54 jalkaan keskiarvon ollessa 39.3 jalkaa. Saman suuruisia vaihteluja

Σ	187	272	393	593	807	883	723	484	315	170	75	13	5	1	4919	
75									1	3	4		1		9	
70								2	5	13	9	5	3	1	38	
65								7	18	34	20	4			83	
60					2		10	20	47	44	23	4	1		157	
55					1	18	99	156	729	45	10				458	
50					14	127	233	148	68	18	8				670	
45					9	73	174	122	49	15	6	1			449	
40																
35		1	10	113	212	303	777	59	18	3					890	
30	1	31	125	249	367	270	68	27	77	2					1097	
25	6	19	57	90	60	24	12	8							276	
20	16	58	69	55	44	15	6	7	7	1					272	
15	129	157	118	66	29	16	1	1	1	1					573	
10	29	72	74	17	5	2	1		1						75	
	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	Σ
	Tukkiosan pituus, j - Length of utilized part, ft. Puun pituus, j - Tree height, ft.															

Taulukko 5. Puun koko pituuden ja tukkiosan pituuden välinen riippuvuus. Mänty.
Table 5. Correlation between the tree height and the length of utilized part. Pine.

esiintyy myös muissa pituusluokissa. Voidaankin päätellä, että on tarkoituksenmukaisempaa käyttää tukkiosan pituutta tunnuksena. Molemmat siinä kysymykseen tulevat tavat, tukkiluku tai tukkiosan pituus ovat kuutioarvioinnin kannalta yhtä hyvät. Niihin molempiin perustuen onkin laadittu kuutioimistaulukot.

Tukkiluku voidaan määrittää joko vakio- tai vaihtelevan pituisia tukeja käyttäen. Yhdysvalloissa on käytännössä vakiopituuksiin perustuva menetelmä, mutta siellä tukitkin valmistetaan yleisesti vakiomitoille (esim. Dilworth 1949). Menetelmän etuna on, että se ei vaadi niin paljon ammattitaitoa kuin vaihtelevien pituuksien käyttö. Toisaalta vakiopituksilla tukeilla ei ole meillä mitään yhteyttä käytäntöön, vaan tukkien pituudet vaihtelevat 10 jalasta 24 jalkaan, vaikka keskipituus yleensä pyritäänkin Etelä-Suomessa saamaan 16—17 jalaksi. Taulukkoaineiston keruussa vakiopituuksien käyttö olisi tuottanut suuria vaikeuksia, kun kaikki rungot olisi pitänyt uudelleen teoreettisesti apteerata. Tuntuu lisäksi siltä, että taulukoilla, joissa käytetään tukkien todellisia pituuksia,

Σ	3	15	64	152	269	432	486	422	284	101	388	22	2	1	2292	
75												1		1	2	
70										3	4	8	7		16	
65								1	9	18	10	3			47	
60								9	56	15	5	4	1		90	
55						2	71	81	99	38	14	4			249	
50						28	128	178	86	21	4	2			447	
45					7	62	97	57	10	3	1				237	
40				7	50	105	119	52	13	3					349	
35			8	33	90	147	91	36	10						409	
30		2	7	29	20	19	13	3							93	
25		1	8	19	40	38	18	4	1						129	
20	3	17	41	62	60	37	9	1							224	
15		1		2	2										5	
10																
	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	Σ
	Puun pituus, j — Tree height, ft.															

Taulukko 6. Puun koko pituuden ja tukkiosan pituuden välinen riippuvuus. Kuusi.
Table 6. Correlation between the tree height and the length of utilized part. Spruce.

saavutetaan tarkimmat tulokset kuutioarvioinnissa. Myös laatuluokituksen liittäminen taulukoiden käytön yhteyteen vaatii todellisten tukkipituuksien käyttöä (Heiskanen 1954 b, ks. myös s. 60).

Toinen ratkaistava kysymys on latvaläpimitta, johon saakka puut mitauksessa otetaan. Siinäkin on kaksi mahdollisuutta. Voidaan käyttää jotain vakioläpimittaa tai vaihtelevaa, todellista läpimittaa. Kun tiedetään, että latvatukin latvaläpimitta vaihtelee puun suuruudesta ja myösiästä riippuen, tuntuu oikealta tavalta perustaa taulukot todellisille latvaläpimitoille (ks. piirros 2).

Laadittavat kuutioimistaulukot perustuvat siis seuraaviin tunnuksiin:
läpimitta: rinnankorkeudelta kuoren päältä
pituus: tukkiluku ja tukkiosan pituus
puulajit: mänty ja kuusi

Taulukoita, joissa pituus on ilmoitettu tukkiluvun avulla, sanotaan käsittelyssä yksinkertaisuuden vuoksi tukkilukutaulukoiksi. Vastaavalla tavalla puhutaan tukkiosataulukoista.

52. Taulukoiden laadinta

Taulukoiden laadinta suoritettiin Metsäntutkimuslaitoksessa vv. 1955—56. Aiemmin mainitun mukaisesti mittausryhmät lähettivät keräämänsä aineiston viikoittain tutkimuslaitokselle. Tarkistuksen yhteydessä hyljättiin kaikki sellaiset rungot, joista oli otettu tukkeja alle viiden tuuman latvaläpimittaan ja sellaiset, joista tehtyjen tukkien pituus oli alle 10 tai yli 24 jalkaa. Samoin hyljättiin kaikki viisitukkiset puut, joita oli liian vähän taulukoiden laatimiseksi. Virheellisten merkintöjen vuoksi jouduttiin myös hylkäämään muutamia runkoja. Tarkistuksen jälkeen seurasi välittömästi kelvollisten runkojen kuutiointi, so. etsittiin jokaisen tukin kuutiomäärä ja laskettiin kunkin rungon tukkien kuutiomäärät yhteen.

Metsäntutkimuslaitoksesta ja Metsätehosta saatujen aineistojen osalta valmistavat työt rajoittuivat vain aineistojen tarkistukseen mainituilla perusteilla. Tukkien kuutiointi oli jo valmiiksi suoritettu.

Ensimmäiseksi tavoitteeksi asetettiin tukkilukutaulukoiden laadinta. Tässä työssä yhdistettiin ensin runkojen tukkiosan kuutiomäärät puulajeittain sekä tukkiluku- ja d 1.3-luokittain. Kunkin tukkilukuluokan puitteissa ryhmitettiin aineisto edelleen rinnankorkeusläpimitan ja latvatukin latvaläpimitan mukaisiin luokkiin. Molempien luokkaväli oli puoli tuumaa.

Aineiston tasoituksessa sovellettiin yksinomaan graafista menetelmää, jota aineiston suuruuden vuoksi voidaan pitää riittävän tarkkana yleisimmin esiintyvien läpimittaluokkien kohdalla. Läpimittaluokittaisten kuutiomäärien osalta kysymys on tässä tutkimuksessa yleensä useiden kymmenien yksittäisarvojen keskiarvosta eikä kuten usein esim. metsikkötutkimuksissa yhdestä tai muutamasta arvosta. Jäljempänä (s. 46) ilmenee lisäksi, että ko. keskiarvojen hajonnat poikkeavat toisistaan verraten vähän. Kun keskimääräissarjojen d 1.3-luokittaisen kehityksen suunnasta oltiin lisäksi kokemusperäisesti jo ennakoivasti selvillä, voidaan tasoituksen katsoa nojautuneen luotettaviin perusteisiin. Lähinnä suurissa läpimittaluokissa mahdollisesti esiintyvät virheet ovat vailla käytännöllistä merkitystä, koska sellaisia runkoja esiintyy etenkin yksityismetsissä erittäin vähän.

Tasoitukset suoritettiin kolmessa vaiheessa. Ensimmäisessä puolen tuuman d 1.3-luokkiin jaetut kuutiomäärät kussakin tukkilukuluokassa latvatukin latvaläpimitan mukaisissa ryhmissä ja samassa piirroksessa myös d 1.3-luokittain kaikki tukit, so. yhdistäen edellä mainitut osakeskiarvot. Tämän ryhmittelyn tuloksista on edellisessä luvussa aineistoa selostettaessa annettu esimerkki kaksitukkisista männyistä. Tulosten tarkastelu vahvisti aiemmin tehtyä otaksunaa, ettei latvatukin latvaläpi-

mittaa voitu käytännöllisessä mielessä tarkasteltuna ottaa laadittavien taulukoiden kolmanneksi tunnusluvuksi. Tarkastelu teki kuitenkin mahdolliseksi suorittaa vertailuja, miten latvatukin latvaläpimitan mukaisesti ryhmitetyt kuutiomäärät ryhmittyivät d 1.3-luokittaisten keskiarvojen ympärille.

Seuraavassa tasoitusvaiheessa asetettiin yksinomaan d 1.3-luokan mukaan tasoitetut tukkilukuluokittaiset keskiarvot samaan piirrokseen, jolloin eri tukkilukuluokkien välinen vertailu ja tasoitus oli mahdollista suorittaa. Alkuperäisiä keskiarvoja jouduttiin tasoittamaan vain vähäisessä määrin ja tähän tasoitukseen saatiin tukea ensin suoritetusta aineiston ryhmitte-lystä ja tasoituksesta.

Eri tukkilukuluokkien välisten erojen tasaisuuden varmistamiseksi tutkittiin erojen suuruutta sekä d 1.3- että tukkilukuluokkien välillä. Tämä tasoitus johti vielä vähäisiin tarkistuksiin lopullisissa kuutiomäärissä. Tasoitus varmisti lähinnä sen, että kuutiomäärät suurenevät tasaisesti puun rinnankorkeusläpimitan ja tukkiluvun kasvaessa. Tässä yhteydessä määrättiin myös kuutiomäärät tuuman läpimitaluokitusta käytettäessä.

Edellä lyhyesti kuvattu tasoitus johti siis tukkilukutaulukoissa esitettyihin kuutiomääriin, joiden käyttö edellyttää sahapuuleimikon yksityisten puiden kuorellisen rinnankorkeusläpimitan mittausta ja tukkiluvun arviointia. Taulukot julkaistiin v. 1955 Keskusmetsäseura Tapion toimesta. Seuraavassa esitettävien tukkiosataulukoiden valmistuttua taulukot julkaistiin yhdenmukaisessa ulkoasussa v. 1956 (Sahapuiden ...).

Tukkiosan pituuteen perustuvia taulukoita laadittaessa aineiston tasoi- tusmenetelmä oli suureksi osaksi samanlainen kuin edellisessä esitetty. Läpimitaluokituksessa käytettiin kuitenkin jo alusta pitäen tuuman ale- nevaa luokitusta. Aineisto olisi näet jakaantunut liian pieniin osiin, jos olisi käytetty puolen tuuman luokitusta. Tukkiosan pituusluokkia muo- dostui noin neljä kertaa niin paljon kuin tukkilukuluokkia, joita erotettiin vain neljä. Tutkimuksen tässä vaiheessa oli myös taulukoiden käyttö- tarkkuutta selvittäessä ilmennyt, että käytännössä olisi vaikea soveltaa puolen tuuman luokituksin tehtyjä taulukoita.

Aineiston käsittely edellytti tukkiosataulukoiden suhteen samoin kolmea tasoitusta. Ensimmäisessä vaiheessa tasoitettiin tukkiosan pituusluokit- taiset keskiarvot kunkin tukkilukuluokan puitteissa. Tasoituksella pyrittiin selvittämään samaan tukkiosan pituus-, mutta eri tukkilukuluokkaan kuu- luvien d 1.3-luokittaisten kuutiomäärien riippuvuussuhteita. Mikäli tar- kastelu olisi johtanut käytännöllisessä mielessä selviin eroihin, olisi tukki- osan pituuteen perustuvien taulukoiden kolmanneksi tunnuksiksi otettu tukkiluku. Käytettävissä olleen ajan ja mahdollisuuksien puitteissa kysy- myksen yksityiskohtaisesta tarkastelusta oli kuitenkin luovuttava. Myö- hemmin voitiin myös todeta, että ilman tukkilukuluokittaista jakoakin

tukkiosataulukot osoittautuivat hieman tarkemmiksi kuin tukkilukutaulukot (vrt. s. 44). Tukkiosan pituuden mukainen ryhmittely tukkilukuluokittain keskimääräislukuja kuvaavan käyrän ympärille tarjosi kuitenkin, kuten edellä latvaläpimittainen luokittelu tukkilukutaulukoita laadittaessa, vastaiselle tasoitukselle merkittävää tukea. Ryhmittelyn tuloksia havainnollistaa esitetty piirros 3 kaksitukkisten kuusien d 1.3- ja tukkiosan pituusluokittaisten kuutiomäärien riippuvuussuhteista. Saatuja tuloksia olisi samoin voitu tarvittaessa käyttää sopivien korjauskertoimien laadintaan. Kuten jäljempänä selviää, tästä tehtävästä kuitenkin myöhemmin luovuttiin tukkiosataulukoiden osalta.

Toinen tasointuvaihe johti edellä kuvatun mukaisesti eri tukkiluku-, mutta samaan tukkiosan pituusluokkaan kuuluvien kuutiomäärien yhdistämiseen puolajettain ja d 1.3-luokittain. Kunkin pituusluokan läpimittaluokittaiset keskiarvot tasoitettiin ensin eri millimetripaperilla ja saadut

Taulukko 7. Tukkilukuun perustuvat kuutiomistaulukot.

Table 7. Volume tables based on number of logs.

a. Mänty

a. Pine

Rinnan- korkeus- läpimitta, tuumaa DBH, inches	Rungosta saatavien tukkien lukumäärä — Number of logs			
	1	2	3	4
	Tukkiosan kuutio, j ³ — Utilized volume, cu.ft.			
6	2.4 (2.5)	—	—	—
6 ¹ / ₂	2.6	—	—	—
7	2.9 (3.2)	—	—	—
7 ¹ / ₂	3.4	5.9	—	—
8	3.8 (4.1)	6.4 (6.8)	—	—
8 ¹ / ₂	4.3	7.1	9.3	—
9	4.8 (5.1)	7.8 (8.2)	10.4 (11.0)	—
9 ¹ / ₂	5.3	8.6	11.5	—
10	5.9 (6.1)	9.5 (10.0)	12.6 (13.2)	14.7 (15.4)
10 ¹ / ₂	6.4	10.4	13.8	16.0
11	7.0 (7.3)	11.4 (12.0)	15.0 (15.7)	17.6 (18.5)
11 ¹ / ₂	7.7	12.5	16.3	19.4
12	8.4 (8.8)	13.6 (14.2)	17.7 (18.5)	21.3 (22.4)
12 ¹ / ₂	9.2	14.7	19.2	23.4
13	10.0 (10.4)	15.9 (16.5)	20.8 (21.6)	25.5 (26.5)
13 ¹ / ₂	10.9	17.1	22.4	27.5
14	11.9 (12.4)	18.4 (19.1)	24.1 (24.9)	29.5 (30.6)
14 ¹ / ₂	12.9	19.8	25.8	31.6
15	—	21.2 (21.9)	27.6 (28.5)	33.7 (34.8)
15 ¹ / ₂	—	22.6	29.5	36.0
16	—	24.1 (24.8)	31.6 (32.6)	38.3 (39.5)
16 ¹ / ₂	—	25.5	33.7	40.7
17	—	—	35.9 (37.0)	43.2 (44.5)
17 ¹ / ₂	—	—	38.1	45.8
18	—	—	40.4 (41.5)	48.5 (49.4)
18 ¹ / ₂	—	—	42.6	51.4
19	—	—	—	54.5 (56.1)
19 ¹ / ₂	—	—	—	57.8
20	—	—	—	61.4

tasoitetut keskimääräissarjat piirrettiin samalle paperille. Aikaisempiin tasoitusvaiheisiin liittyviin perustietoihin nojautuen voitiin pituusluokittaisten kuvaajien välit tasoittaa säännöllisiksi, kuten tukkilukutaulukoita-kin laadittaessa. Samoin määritettiin lopuksi pituusluokittaisten kuutiomäärien väliset erot sekä tukkiosan pituus- että d l.3-luokan mukaisesti, joiden erojen perusteella vielä ilmenevät luonnottomat säännöttömyydet voitiin tasoittaa.

Tukkiosataulukoita laadittaessa tasoitus johti siis kuutiomääriin, jotka perustuvat kuorellisen rinnankorkeusläpimitan mittaukseen ja viiden jalan luokissa tapahtuvaan tukkiosan pituuden arviointiin.

Laaditut sahapuuleimikoiden kuutioimistaulukot esitetään taulukoissa 7 ja 8. Molempien taulukoiden rakennetta ja käyttöä tarkastellaan yksityiskohtaisemmin jäljempänä.

Taulukko 7. Tukkilukuun perustuvat kuutioimistaulukot.

Table 7. Volume tables based on number of logs.

b. Kuusi

b. Spruce

Rinnan- korkeus- läpimita, tuumaa DBH, inches	Rungosta saatavien tukkien lukumäärä — Number of logs			
	1	2	3	4
	Tukkiosan kuutio, j ³ — Utilized volume, cu.ft.			
6	2.4 (2.5)	—	—	—
6 ¹ / ₂	2.6	—	—	—
7	3.0 (3.3)	—	—	—
7 ¹ / ₂	3.5	6.4	—	—
8	4.0 (4.3)	7.0 (7.3)	—	—
8 ¹ / ₂	4.6	7.6	9.5	—
9	5.1 (5.3)	8.4 (8.7)	10.6 (11.1)	—
9 ¹ / ₂	5.6	9.0	11.7	—
10	6.1 (6.3)	9.8 (10.2)	12.8 (13.4)	15.4 (16.2)
10 ¹ / ₂	6.6	10.6	13.9	16.9
11	7.1 (7.4)	11.4 (11.9)	15.1 (15.7)	18.4 (19.2)
11 ¹ / ₂	7.7	12.3	16.3	19.9
12	8.3 (8.6)	13.2 (13.8)	17.6 (18.3)	21.6 (22.5)
12 ¹ / ₂	9.0	14.3	19.0	23.4
13	9.8 (10.2)	15.4 (15.9)	20.4 (21.1)	25.1 (26.0)
13 ¹ / ₂	10.6	16.5	21.9	26.9
14	11.5 (12.0)	17.6 (18.2)	23.4 (24.2)	28.7 (29.7)
14 ¹ / ₂	12.5	18.8	25.0	30.6
15	—	20.0 (20.6)	26.6 (27.4)	32.6 (33.6)
15 ¹ / ₂	—	21.2	28.2	34.7
16	—	22.5 (23.1)	29.9 (30.8)	36.9 (38.0)
16 ¹ / ₂	—	23.8	31.7	39.2
17	—	—	33.5 (34.4)	41.7 (42.5)
17 ¹ / ₂	—	—	35.4	43.4
18	—	—	37.4 (38.4)	46.3 (47.8)
18 ¹ / ₂	—	—	39.5	49.3
19	—	—	—	52.5 (54.2)
19 ¹ / ₂	—	—	—	55.9
20	—	—	—	59.5

Taulukko 8. Tukkiosan pituuteen perustuvat kuutioimistaulukot.

Table 8. Volume tables based on the utilized length.

a. Mänty

a. Pine

Rinnankorkeus- löpimitta, tuumaa DBH, inches	Tukkiosan pituus, jalkaa — Utilized length, feet												
	10— 14	15— 19	20— 24	25— 29	30— 34	35— 39	40— 44	45— 49	50— 54	55— 59	60— 64	65— 69	70— 74
	Tukkiosan kuutio, j ³ — Utilized volume, cu.ft.												
7	2.8	3.2	3.8	5.0	5.6	—	—	—	—	—	—	—	—
8	3.3	3.9	4.6	5.9	6.7	7.6	8.7	10.0	11.5	—	—	—	—
9	3.9	4.8	5.6	7.1	8.0	8.9	10.3	11.8	13.4	14.5	—	—	—
10	4.5	5.9	6.8	8.5	9.5	10.6	12.1	13.8	15.5	16.7	18.4	—	—
11	5.1	7.1	8.4	10.1	11.3	12.5	14.2	16.0	17.8	19.1	21.2	—	—
12	5.8	8.6	10.2	12.0	13.4	14.8	16.5	18.4	20.3	21.9	24.2	25.8	—
13	6.6	10.2	12.3	14.2	15.6	17.1	19.1	21.1	23.1	25.1	27.5	29.3	—
14	—	—	14.6	16.6	18.1	19.7	21.8	24.0	26.3	28.7	31.2	33.2	35.4
15	—	—	—	19.1	20.6	22.5	24.9	27.0	29.9	32.6	35.3	37.1	40.4
16	—	—	—	21.7	23.3	25.3	28.2	30.4	33.7	36.7	39.4	41.2	44.3
17	—	—	—	—	—	—	31.8	34.1	37.7	40.6	43.5	45.5	48.3
18	—	—	—	—	—	—	—	38.0	41.8	44.6	47.6	49.7	52.5
19	—	—	—	—	—	—	—	—	—	48.7	51.9	54.0	57.0
20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	56.1	58.3	61.6

Taulukko 8. Tukkiosan pituuteen perustuvat kuutioimistaulukot.

Table 8. Volume tables based on the utilized length.

b. Kuusi

b. Spruce

Rinnankorkeus- löpimitta, tuumaa DBH, inches	Tukkiosan pituus, jalkaa — Utilized length, feet												
	10— 14	15— 19	20— 24	25— 29	30— 34	35— 39	40— 44	45— 49	50— 54	55— 59	60— 64	65— 69	70— 74
	Tukkiosan kuutio, j ³ — Utilized volume, cu.ft.												
7	3.0	3.4	4.1	5.1	6.0	—	—	—	—	—	—	—	—
8	3.7	4.2	5.0	6.2	7.2	8.2	9.3	10.7	12.2	—	—	—	—
9	4.4	5.1	5.9	7.4	8.5	9.6	10.9	12.4	14.0	15.7	—	—	—
10	5.2	6.0	7.0	8.8	9.9	11.0	12.6	14.2	15.9	17.9	20.7	—	—
11	6.0	7.0	8.3	10.2	11.4	12.7	14.4	16.3	18.0	20.3	23.1	—	—
12	6.8	8.1	9.7	11.8	13.1	14.4	16.4	18.5	20.3	22.6	25.6	27.5	—
13	7.8	9.2	11.3	13.4	15.0	16.5	18.6	20.9	22.8	25.3	28.3	30.4	—
14	—	—	12.9	15.2	17.0	18.7	20.9	23.4	25.4	28.1	31.1	33.6	36.7
15	—	—	—	17.0	19.1	21.1	23.5	26.2	28.3	31.0	34.3	37.0	40.3
16	—	—	—	19.1	21.4	23.6	26.3	29.2	31.5	34.2	37.8	40.8	44.3
17	—	—	—	—	—	—	29.2	32.3	35.0	37.8	41.8	45.0	49.0
18	—	—	—	—	—	—	—	35.5	38.7	41.7	46.0	49.9	54.3
19	—	—	—	—	—	—	—	—	—	45.9	50.5	55.0	59.5
20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	55.3	60.0	64.6

6. Taulukoiden tarkkuus

61. Käsitteitä

Taulukoiden tarkkuutta tutkittaessa on kiinnitettävä huomiota kahteen eri käsitteeseen.

1. On tutkittava taulukoista saatujen kuutiomäärien poikkeama todellisista kuutiomääristä edellyttäen, että taulukoiden käytössä välttämättömät tunnuksot on oikein mitattu ja arvioitu. Tätä käsitettä voidaan nimittää *teoreettiseksi tarkkuudeksi*.

Teoreettista tarkkuutta tutkittaessa on luotava aluksi taulukoiden laadintaan käytetyn aineiston avulla katsaus seuraaviin seikkoihin: koko aineiston poikkeamat puulajeittain ja pituusluokittain, poikkeamat eri leimikoissa puulajeittain sekä tiettyjen tekijöiden vaikutus poikkeaman suuruuteen.

2. Kun taulukoita käytettäessä joudutaan suorittamaan mittauksia ja arviointeja, on tutkittava myös millaisiin tarkkuuksiin näiden taulukoiden avulla päästään käytännön arvioinneissa. Tätä käsitettä, siis taulukon avulla käytännössä saatujen ja todellisten kuutiomäärien välistä poikkeamaa, kutsutaan käytännölliseksi tarkkuudeksi, *käyttötarkkuudeksi*.

Käyttötarkkuuden tutkiminen on huomattavasti hankalampaa kuin teoreettisen tarkkuuden tarkastelu, sillä käyttötarkkuus riippuu ao. arvioimiehen kyvystä ja huolellisuudesta ja vaihtelee hyvin paljon eri arvioimiehillä (esim. Heiskanen 1950). Lisäksi uuden arvioimistavan omaksuminen vaatii aikaa, joten ensimmäisten käytäntöön sovellutusten tutkiminen saattaa antaa liian pessimistisen kuvan menetelmän käyttökelpoisuudesta. Kaikesta huolimatta katsottiin tarpeelliseksi selvittää muutamien koeleimikkojen avulla käytännössä saavutettavan tarkkuuden suuruusluokat. Tarkistusleimikoiden tulosten perusteella tutkitaan poikkeaman suuruutta eri tapauksissa.

62. Teoreettinen tarkkuus

621. Yleistä

Tutkittaessa laadittujen sahapuiden kuutioimistaulukoiden teoreettista tarkkuutta voidaan osittain soveltaa samoja periaatteita, joita aiemmin laadittujen kuutioimistaulukoiden vastaavissa tutkimuksissa on käytetty.

Toisaalta tässä tutkimuksessa sovelletut tunnuksat vaativat oman erityisen tarkatellun. Merkittävin poikkeuksellisuus useisiin muihin kuutioimistaulukoihin verrattuna on taulukoiden soveltuvuus yksinomaan kokonaisten sahapuuleimikoiden kuutioimiseen. Kuten jäljempänä selviää, ei luotettavuuden tarkastelua ole rajoitettu silti leimikoiden puitteisiin, vaan aineistoa on ryhmitetty myös muilla jakoperusteilla.

Kuutioimistaulukoiden tarkkuutta on yleisimmin tutkittu siten, että on verrattu saatuja tuloksia todellisiin kuutiomääriin. Vertailussa on käytetty joko taulukoiden laadintaan käytettyä aineistoa tai tarkoitusta varten on kerätty lisäaineistoa. Usein on sovellettu myös molempia tapoja. Laatiemiensa pystypuiden kuutioimistaulukoiden tarkastelusta toteaa Ilvesalo (1947), että vertailu on kuutioimistaulukoiden osalta epäedullinen, jos kuutiomäärä otetaan taulukoista interpoloimatta, eikä siis yksityisen koepuun tarkkoja mittojen vastaten. Samassa yhteydessä Ilvesalo esittää, että erot interpolointia soveltaen johtavat tuntuvasti pienempiin eroihin todellisten ja taulukon kuutiomäärien välillä. Merkittävänä seikkana on lisäksi mainittava, että ennen varsinaista taulukoiden tarkkuuden tutkimista Ilvesalo on tutkinut käyttämänsä muototekijän, kape-nemisluvun, käyttökelpoisuutta. Vastaava tarkastelu on aiheellista tässä tutkimuksessa kaikkien käytettyjen tunnuslukujen osalta. Seuraavassa tarkastellaankin taulukoiden teoreettista tarkkuutta ensin lähinnä yleisessä ja ennakoivassa mielessä.

622. Käytettyjen tunnuslukujen luonteesta

Taulukoissa sovellettuja tunnuslukuja tarkasteltaessa voidaan hyvällä syillä palauttaa mieliin klassillinen puun kuutioimiskaava, $V = GHF$. Tässä kaavassa voidaan ajatella G — pohjapinta-ala — korvatuksi rinnankorkeusläpimitalla. Pituus ja muototekijät vuorostaan voidaan ajatella yhdistetyiksi lähinnä metsäteknologian alaan kuuluviksi tunnusluvuiksi, joko tukkiluvuksi tai tukkiosan pituudeksi. Niin kuin jäljempänä esitetävien korjauskertoimien yhteydessä ilmenee, voidaan viimeksi mainittujen tekijäin vaihtelu ottaa jossain määrin huomioon myös käytännön arvioinnissa.

Rinnankorkeusläpimitan ja sen mittauksen teoreettinen tarkastelu ei tässä yhteydessä ole tarpeen. Todettakoon kuitenkin, että puun läpimitan mittauksessa — olipa mittauskorkeus mikä tahansa — puun poikkileikkauspinta-ala yleensä oletetaan ympyräksi. Näin ei tunnetusti ole asian laita, joskin eksentrisyyteen vaikuttavista syistä ei olla vielä täysin selvillä (esim. J a l a v a 1952). Eksentrisyys vaikuttaa kyllä laadittujen taulukoiden tarkkuuteen, mutta kysymys on silloin lähinnä käyttötarkkuudesta.

Tukkiluvun ja tukkiosan pituuden ennakoiva tarkastelu johtaa ensin tukkien keskipituuden tutkimiseen. Tukkien keskipituus on tunnetusti käytännön arvioinnissa varsin merkittävä tunnus, jonka suuruus vaikuttaa hyvin selvästi leimikosta saatuun hakkuutulokseen. Luonnollisesti on muistettava, että tukkiosan suuruus, vikaisuus, erikoisesti halutut tukkien pituus- ja vahvuusluokat yms. seikat ovat merkittäviä tekijöitä. Keskipituuden asemesta on kuitenkin yksinkertaisempaa tarkastella aluksi yksityisen tukin pituuden vaihtelun vaikutusta tukin kuutiomäärään.

Tarkastelussa voidaan nojautua tukin kuutiomäärän määrittämisperusteeseen, ns. teknillisen kuutiomäärän mittaustapaan. Tässä mittauksessa tukki tunnetusti katsotaan lieriöksi, jonka poikkileikkauspinta-ala määritetään tukin latvaläpimitan perusteella. Tukin kuutiomäärä on silloin, jos latvaläpimita pysyy muuttumattomana, verrannollinen tukin pituuteen. Jos pituus on esim. 18', merkitsee 1 jalan poikkeama tästä

$$\pm \frac{100 \cdot 1}{18} \% \text{ eli likimäärin } \pm 5\frac{1}{2} \%$$

poikkeamaa kuutiomäärästä. Kahden jalan pituus merkitsisi n. 11 % poikkeamaa jne. Jos peruspituus olisi 16', olisi yhden jalan erosta aiheutuva poikkeama $6\frac{1}{4}$ %, kahden jalan $12\frac{1}{2}$ % jne. Koska poikkeama ilmenee suoraan kuutiomäärässä, suurenesivat absoluuttiset poikkeamat latvaläpimitan suuretessa. Leimikossa esiintyy luonnollisesti poikkeamia lasketun keskipituuden molemmin puolin. Poikkeamien vaihtelun laajuudesta esitetään esimerkkinä seuraava asetelma, joka osoittaa kaksitukkisten mäntyjen tyvi- ja kaikkien tukkien pituuden vaihtelun taulukoiden laadintaan käytetyssä aineistossa.

	Tukin pituus, jalkaa					
		13—14	15—16	17—18	19—20	20+
	Length of log, feet					
	% tukeista — per cent of logs					
Tyvitukit — <i>Butt logs</i> ...	4.4	11.4	22.4	30.0	20.7	11.1
Kaikki tukit — <i>All logs</i> ..	3.7	13.6	27.3	30.6	17.1	7.7

Tarkasteltaessa tukin latvaläpimitan vaihtelun merkitystä olettaisi, että pienet, $\frac{1}{2}$ —1 tuuman erot eivät aiheuttaisi ainakaan edellä pituusvaihtelun yhteydessä esiintyneiden suuruisia poikkeamia kuutiomäärissä. Helposti voidaan kuitenkin todeta, että jo vähäiset latvaläpimittaerot johtavat merkittäviin kuutiomääräpoikkeamiin. Jos oletetaan tukin pituuden pysyvän samana, voi $\frac{1}{2}$ " poikkeama aiheuttaa esim. 8"—10" latvaläpimittojen ollessa kysymyksessä 12.5—10 % eron kuutiomäärässä. Esi-

merkkinä esitetään seuraava asetelma, joka valaisee taulukkoaineiston kaksitukkisten kuusien latvatukin latvaläpimitan vaihtelua.

Tukin latvaläpimita, tuumaa <i>Top diameter of log, inches</i>			
5—5½	6—6½	7—7½	8—8½
% tukeista — <i>per cent of logs</i>			
27.3	44.9	20.5	7.3

Molempien tunnusten — tukin pituuden ja latvaläpimitan — vaihtelua valaisevien asetelmien luvut antanevat aiheen olettaa, että yksityisen rungon ja systemaattisuudesta tai sattumasta johtuen koko leimikon kuutiomäärän poikkeaminen taulukkoaineiston keskiarvosta on ilmeisesti hyvin odotettavissa oleva ilmiö.

623. Taulukoista saatujen ja todellisten kuutiomäärien vertailua

Edellä suoritetun tarkastelun täydentäminen ja soveltaminen kokonaiseen sahapuuleimikkoon olisi luonnollisesti varsin hankala tehtävä. Laadittujen taulukoiden teoreettisen tarkkuuden tutkiminen onkin pääasiassa suoritettu vertaamalla taulukoista saatuja kuutiomääriä todellisiin eli aineiston keruun yhteydessä suoritettuihin mittauksiin perustuviin kuutiomääriin. Näiden kahdella eri tavalla saatujen tulosten poikkeamia on tutkittu sekä leimikoiden että sopivalla tavalla muodostettujen puuryhmien puitteissa. Leimikoittainen tarkastelu on käytännöllisesti katsoen merkittävämpi. Puuryhmien soveltamisella on toisaalta pyritty hankkimaan lisävalaistusta syntyneisiin poikkeamiin sekä mahdollisten korjaustekijäin ratkaisuun.

Taulukosta 9 nähdään, kuinka suuriksi poikkeamat kuutiomäärissä ovat muodostuneet tukkilukutaulukoita käytettäessä, kun tarkastellaan kaikkia leimikoita sekä yli 50 runkoa ja yli 100 runkoa käsittäviä leimikoita.

Taulukon luvut osoittavat, että laaditut kuutioimistaulukot antavat männyille tarkemmat tulokset kuin kuuselle. Pintapuolisesti tarkastellen otaksoma tuntuisi varsin luonnolliselta. Tunnettua näet on, että mäntysahapuiden apterausmenetelmät ovat eri osissa maata varmaan yhdenmukaisemmat kuin kuusisahapuiden. Tässä mielessä mainittakoon mm. kuusitukkien yleinen käyttö puomipuiksi, kuusitukkien ja kuusipaperipuun väliset hintasuhteet, kuusen suurempi alttius lahovioille jne. Taulukoiden laadintaan käytetyn aineiston sisäinen vaihtelu on siis saattanut kuusissa olla suurempaa kuin männyissä. Tähän seikkaan palataan vielä jäljempänä.

Taulukko 9. Taulukosta saatujen ja todellisten kuutiomäärien poikkeama sadanneksina. Tukkilukutaulukot.

Table 9. Deviation between volumes received from the tables and actual volumes measured in per cent. Tables based on number of logs.

Leimikon suuruus Size of stand	Poikkeama, % — Deviation, per cent							
	<4		<8		<12		>12	
	leimi- koita no. of stands	%	leimi- koita no. of stands	%	leimi- koita no. of stands	%	leimi- koita no. of stands	%
	Mänty — Pine							
Kaikki leimikot — All stands	25	38	42	64	57	86	9	14
Yli 50 r. leimikot — Stands over 50 trees measured	15	44	26	76	33	97	1	3
Yli 100 r. leimikot — Stands over 100 trees measured	7	37	13	68	19	100	—	—
	Kuusi — Spruce							
Kaikki leimikot — All stands	23	34	34	51	50	75	17	25
Yli 50 r. leimikot — Stands over 50 trees measured	11	34	16	50	25	78	7	22
Yli 100 r. leimikot — Stands over 100 trees measured	4	33	7	58	10	83	2	17
	Yhteensä — Total							
Kaikki leimikot — All stands	29	35	50	61	71	87	11	13
Yli 50 r. leimikot — Stands over 50 trees measured	22	40	36	66	50	91	5	9
Yli 100 r. leimikot — Stands over 100 trees measured	16	47	25	74	34	100	—	—

Kaikista tarkastelluista ryhmistä — mutta etenkin molempien puulajien yhdistelmästä — voidaan tyydytyksellä todeta, että pienimmän virherajan, alle 4 %, sisälle on jäänyt runsas kolmannes kaikista tutkituista leimikoista. Erityisen merkittävää on, että yli 100 rungon leimikoista, molemmat puulajit yhdistäen, mainitun virherajan sisälle jää peräti 47 % leimikoista. Seuraavaan virherajaan, alle 8 %, siirryttäessä leimikoiden osuus suurenee merkittävästi, lisäyksen ollessa keskimäärin 16—27 %. Molemmat puulajit yhdistäen sadannes on yli 100 rungon leimikoissa 74, eikä poikkeaman suuruus muissa leimikoissa ylitä 12 %.

Taulukossa esitetyt virhejakaantumukset antavat edelleen aiheutta otaksua, ettei taulukoista saatujen ja todellisten kuutiomäärien keskimääräiset poikkeamat voi muodostua kovin suuriksi. Tämä oletamus vahvistuikin seuraavasta asetelmasta, josta keskimääräiset poikkeamat nähdään samoissa ryhmissä kuin taulukossa 9.

	Poikkeama kuutiomäärässä, keskimäärin <i>Deviation in volume, average</i>
Kaikki leimikot — <i>All stands</i>	7.1 %
Yli 50 rungon leimikot — <i>Stands over 50 trees measured</i>	6.1 »
Yli 100 rungon leimikot — <i>Stands over 100 trees measured</i>	5.0 »

Viitaten edellä (s. 15) todettuun sahapuuleimikoiden keskimääräiseen kokoon, joka on yli 100 runkoa, voidaan asetelmasta todeta, että tukkilukutaulukoiden teoreettinen tarkkuus on keskimäärin noin 5 %.

Tukkiosataulukoiden teoreettisen tarkkuuden tutkiminen on aloitettu samoilla perusteilla kuin tukkilukutaulukoita käsiteltäessä. Taulukosta 10 nähdään taulukossa 9 esitettyjä lukuja vastaavat tulokset tukkiosataulukoista.

Taulukko 10. Taulukosta saatujen ja todellisten kuutiomäärien poikkeama sadanneksina. Tukkiosataulukot.

Table 10. Deviation between volumes received from the tables and actual volumes measured in per cent. Tables based on utilized length.

Leimikon suuruus <i>Size of stand</i>	Poikkeama, % — <i>Deviation, per cent</i>							
	<4		<8		<12		>12	
	leimi- koita <i>no. of stands</i>	%	leimi- koita <i>no. of stands</i>	%	leimi- koita <i>no. of stands</i>	%	leimi- koita <i>no. of stands</i>	%
	<i>Mänty — Pine</i>							
Kaikki leimikot — <i>All stands</i>	35	52	56	84	64	96	3	4
Yli 50 r. leimikot — <i>Stands over 50 trees measured</i>	23	68	30	88	33	97	1	3
Yli 100 r. leimikot — <i>Stands over 100 trees measured</i>	12	63	17	90	19	100	—	—
	<i>Kuusi — Spruce</i>							
Kaikki leimikot — <i>All stands</i>	31	46	47	69	60	88	8	12
Yli 50 r. leimikot — <i>Stands over 50 trees measured</i>	18	56	23	72	30	94	2	6
Yli 100 r. leimikot — <i>Stands over 100 trees measured</i>	7	58	9	75	12	100	—	—
	<i>Yhteensä — Total</i>							
Kaikki leimikot — <i>All stands</i>	45	54	66	80	78	94	5	6
Yli 50 r. leimikot — <i>Stands over 50 trees measured</i>	33	60	43	78	52	94	3	6
Yli 100 r. leimikot — <i>Stands over 100 trees measured</i>	21	60	28	80	35	100	—	—

Taulukon lukujen tarkastelu johtaa osittain samoihin johtopäätöksiin kuin tukkilukutaulukoiden tarkastelu. Männyn tulokset ovat luotettavampia kuin kuusen. Pienimmän virherajan, alle 4 %, sisäpuolelle on jäänyt hyvin huomattava osa leimikoista, ja määrä suurenee edelleen nopeasti < 8 % virherajaan noustessa. Merkittävänä erona tukkilukutaulukoihin verrattuna voidaan todeta, että sadannesluvut, varsinkin alle 4 % — mutta vielä alle 8 % — ryhmässä, ovat kaikissa leimikkoryhmissä selvästi suuremmat kuin tukkilukutaulukoissa. Niinpä molemmat puulajit yhdistäen yli 100 rungon leimikoista on 60 % jäänyt 4 % virherajan alapuolelle ja 8 % rajan ylittää vain viidennes leimikoista, kun taas vastaavat sadannekset tukkilukutaulukoissa ovat 47 % ja 26 %. Kaikki leimikot jäävät alle 12 % virherajan, kuten oli laita tukkilukutaulukoissakin. Keskimäärin poikkeamat ovat seuraavat.

	Poikkeama kuutiomäärässä, keskimäärin <i>Deviation in volume, average</i>
Kaikki leimikot — <i>All stands</i>	4.8 %
Yli 50 rungon leimikot — <i>Stands over 50 trees measured</i>	4.6 »
Yli 100 rungon leimikot — <i>Stands over 100 trees measured</i>	4.2 »

Pidettäessä yli 100 rungon leimikoiden tulosta edelleen perustana voidaan todeta, että tukkiosataulukoiden teoreettinen tarkkuus on keskimäärin noin 4 %. Tukkiosataulukoiden tarkkuus on siis hieman suurempi kuin tukkilukutaulukoiden.

Taulukko 11. Taulukosta saatujen ja todellisten kuutiomäärien poikkeama sadanneksina tukkilukuluokittain.

Tables 11. Deviation between volumes received from the tables and actual volumes measured in per cent by number-of-logs-classes.

Tukkiluku <i>Number of logs</i>	Poikkeama, % — <i>Deviation, per cent</i>						Keskim. runkoluku <i>Aver. number of trees per stand</i>
	<4	<8	<12	<16	<20	>20	
%							
Mänty — <i>Pine</i>							
1	16	50	75	86	91	9	29
2	43	60	86	92	94	6	60
3	36	56	73	87	91	9	33
4	34	62	76	83	90	10	8
Kuusi — <i>Spruce</i>							
1	37	63	83	89	91	9	39
2	24	43	64	87	98	2	31
3	33	58	77	89	91	9	29
4	26	55	64	87	97	3	13

Muototekijän vaikutus tarkkuuteen olisi molemmissa sahapuiden kuutioimistaulukoissa varmaan merkittävä. Tätä seikkaa on pyritty tutki-
maan taulukossa 11, josta nähdään tukkilukutaulukoista saatujen ja
todellisten kuutiomäärien poikkeamat tukkilukuluokittain. Ryhmittely-
perusteena ei tässä tapauksessa ole enää kokonainen leimikko.

Verrattaessa taulukossa 11 esitettyjä tukkilukuluokittaisia sadanneksia
taulukon 9 kaikkien leimikoiden sadanneksiin voidaan todeta, ettei taulu-
kosta saatujen ja todellisten kuutiomäärien poikkeamien jakaantuminen
esitettyihin poikkeamaluokkiin ole mitenkään yhdenmukaisesti muuttunut.
Mainitunlaista muutosta olisi toisaalta odottanut, koska taulukossa 11
aineisto on ryhmitetty koko leimikon kaikkien puiden vaihtelumahdolli-
suuksiin verrattuna huomattavasti suppeammalta tuntuviin ryhmiin.

Taulukosta 11 nähdään myös, että männyn ja kuusen sadannesarjojen
välillä esiintyy merkittäviä eroavuuksia, jotka kuitenkin vaihtelevat puu-
lajeittain ja tukkilukuluokittain. Yksi- ja osittain kolmitukkisten kuusien
sadannekset ovat pienemmissä poikkeamaluokissa männyn vastaavia lukuja
suuremmat, mutta kaksi- ja nelitukkisten vuorostaan männyn lukuja pie-
nemät. Aiemmin otaksuttu kuusitukkien kuutiomäärien suurempi vaih-
telumahdollisuus mäntytukkeihin verrattuna ei ole siten taulukon 11
sadannesten perusteella läheskään yhtä selvästi todettavissa, kuin mitä
taulukon 9 sadannesluvut osoittavat.

Miten ja missä määrin sopiva muototekijä vaikuttaisi taulukossa esi-
tettyihin tuloksiin, on luonnollisesti vaikeasti arvioitavissa. Yksityisen
tukin kuutiotunnusten — pituuden ja latvalöpimitan — vaihtelut voivat
joka tapauksessa aiheuttaa merkittäviä eroja varsinkin silloin, kun leimi-
kon runkoluku on pieni. Taulukon 11 luvut viittaavat toisaalta siihen,
ettei tukkiluvun käyttäminen tukin pituuden ja latvalöpimitan yhteis-
vaikutuksen luonnehtijana voi eliminoida käytännöllisessä apteraustoi-
minnassa syntyvää vaihtelua. Kysymyksen yksityiskohtainen tarkastelu
on vaikeaa, koska tukin pituuden ja latvalöpimitan vaihtelu saattaa eri
tapauksissa vaikuttaa tiettyyn keskiarvolukuun sekä yhtäaikaisesti posi-
tiiviseen tai negatiiviseen suuntaan että eri suuntiin.

Edellä esitettyjen kaksitukkisten mäntyjen ja kuusien tukin pituuden
ja latvalöpimitan vaihteluiden tarkastelujen yhteydessä ilmeni, (siv. 40)
ettei ko. sadanneslukujen perusteella vielä voida ratkaista, kumpi teki-
jöstä voi helpommin aiheuttaa todellisten ja taulukosta saatujen kuutio-
määrien poikkeamia. Kysymyksen tarkastelua jatkettiin ryhmittämällä
aineistoa ensin d 1.3-luokittain ja sitten tukkiosan pituusluokittain. Tau-
lukko 12 valaisee yksityisten runkojen kuutiomäärien vaihtelua tukkiluku-
luokittain muutamissa yleisimmin esiintyvissä d 1.3-luokissa.

Kuutiomäärien hajaantumista keskiarvon ympärille on tarkasteltu
tavanomaisen hajonnan ja variaatiokertoimen avulla. Edellinen valaisee

Taulukko 12. Yksityisten puiden kuutiomäärien hajonta tukkilukuluokittain niiden eräissä yleisimmissä d 1.3-luokissa (puolen tuuman luokitus).
 Table 12. Standard deviation of the volumes of individual trees by number-of-logs-classes in some of their most common DBH-classes ($\frac{1}{2}$ -inch classification).

Tukkiluku Number of logs	D 1.3- luokka, tuumaa DBH- class, inches	Keskiarvo, j^3 Mean, cu.ft.		Hajonta, j^3 Standard deviation, cu.ft.		Variaatio- kerroin Coefficient of variation		Runkoja Number of trees	
		Mänty Pine	Kuusi Spruce	Mänty Pine	Kuusi Spruce	Mänty Pine	Kuusi Spruce	Mänty Pine	Kuusi Spruce
1	8	3.8	4.1	0.7	0.6	18.4	15.3	192	165
	9	4.7	5.1	0.8	0.8	17.0	15.5	136	192
	10	5.9	6.2	1.2	1.0	21.3	15.5	80	118
	11	7.0	7.0	1.5	1.0	21.0	14.7	66	35
2	8	6.4	6.9	1.0	0.6	15.9	9.1	245	28
	9	7.8	8.4	1.2	1.2	15.3	14.3	479	185
	10	9.5	10.1	1.6	1.5	17.3	15.2	477	293
3	11	11.4	11.8	1.8	1.8	16.1	15.2	379	262
	12	17.8	17.5	2.4	2.5	14.0	14.4	234	235
	13	20.8	19.7	2.8	2.9	13.8	14.9	182	165
	14	24.2	22.4	3.4	3.5	14.3	15.6	123	92
4	15	26.3	26.4	4.6	3.8	17.4	14.2	57	34
	14	28.5	28.7	3.3	4.0	11.4	14.3	26	32

hajaantumaa tunnetusti määrällisenä, jälkimmäinen sadanneslukuna. Molemmat luvut on esitetty vain yksinkertaisina.

Tässä yhteydessä ei ole katsottu aiheelliseksi ryhtyä suorittamaan yksityiskohtaisempia tilastollisia arvosteluja. Taulukossa 12 esitetyistä luvuista todettakoon vain, että hajontalukujen suuruus vahvistaa aiemmin esitetyn toteamuksen sahapuiden kuutiomäärien vaihtelun laajuudesta. Määrällisesti hajonta suurenee varsin tasaisesti sekä tukkilukuluokittain että niiden puitteissa d 1.3-luokittain. Koska kuutiomäärien keskiarvot suurenevät vastaavassa järjestyksessä on seurauksena, että variaatiokerroimien erot eri tukkilukuluokissa ovat verraten pienet ja jäävät tukkilukuluokkienkin välillä etenkin kuusella vähäisiksi. Hajontaluvut antanevat täten aiheen otaksua, ettei laadittujen taulukoiden suhteellinen tarkkuus vaihtelee merkittävämmiin puun koon muuttuessa. Kun tukkien keskipituus pienenee ja latvaläpimitta vuorostaan suurenee tukkilukuluokittain, ovat eri tukkilukuluokkien keskiarvot koostuneet kahteen eri suuntaan vaikuttaneesta ja siten vaikeasti hallittavasta vaihtelusta. Taulukossa 12 esitettyjen kuutiomäärän hajontaa kuvaavien lukujen avulla ei siten voitane ratkaista, millä tavoin mainitut tukin kuutioimistekijät vaikuttavat erikseen.

Taulukosta 13 voidaan todeta, mihin suuntaan ja kuinka paljon keskimäärin tukin keskipituuden vaihtelut vaikuttavat tukkien kokonaiskuutiomäärässä. Tarkastelu on suoritettu molemmista laadituista kuutioimistau-

Taulukko 13. Taulukosta saatujen ja todellisten kuutiomäärien poikkeamien riippuvuus tukkien keskipituudesta.

Table 13. Dependence of the deviations between volumes received from the tables and actual volumes measured on the average length of logs.

Tukkien keskipituus, j Average length of logs, feet	Runkojen lukumäärä Number of trees		Tukkilukutaulukot Tables based on number of logs		Tukkiosataulukot Tables based on utilized length	
	Mänty Pine	Kuusi Spruce	Mänty Pine	Kuusi Spruce	Mänty Pine	Kuusi Spruce
Poikkeama, % — Deviation, per cent						
—14.4	67	104	+24.0	+12.5	+10.4	—0.9
14.5—14.9	68	83	+12.5	+ 9.1	+ 5.6	—1.1
15.0—15.4	583	351	+ 5.5	+ 6.2	+ 3.1	+6.1
15.5—15.9	108	765	+10.7	+ 2.4	+ 6.9	+5.0
16.0—16.4	2 050	1 193	+ 1.8	+ 0.1	+ 1.7	+0.6
16.5—16.9	1 774	875	+ 1.5	— 6.4	— 1.2	—3.6
17.0—17.4	1 305	308	— 0.5	+ 3.1	+ 4.1	±0.0
17.5—17.9	1 552	1 523	— 7.2	— 4.7	— 0.8	—2.3
18.0—	53	52	+ 0.9	—12.5	— 5.8	—5.9

lukoista. Taulukosta nähdään lisäksi tarkasteltuihin leimikoihin kuuluneiden runkojen lukumäärät tukkien keskipituusluokittain. Taulukosta saatujen ja todellisten kuutiomäärien poikkeamat pituusluokittain on punnittu vastaavilla kuutiomäärillä ottaen lisäksi huomioon poikkeamien merkit.

Taulukon 13 tarkastelu osoittaa, että poikkeamat ovat odotettavasti pienemmissä keskipituusluokissa yleensä positiivisia ja suuremmissa negatiivisia sekä molemmissa taulukoissa että molemmilla puulajeilla. Vähäisin poikkeuksin poikkeaman merkki vaihtuu likimäärin siinä pituusluokassa, johon koko aineiston tukkien keskipituus kuuluu. Kuten aineiston selostuksen yhteydessä on ilmennyt, taulukoiden laadintaan käytetyssä aineistossa mäntytukkien keskipituus oli 16.4 jalkaa ja kuusitukkien keskipituus 16.6 jalkaa. Poikkeamien erot pituusluokkien välillä eivät kuitenkaan ole säännölliset, vaan vaihtelevat määrällisestikin varsin huomattavasti. Tästä syystä aineiston yksityiskohtaisempaa ryhmittelyä ei katsottu aiheelliseksi enää jatkaa, vaan tukiin pituuden ja latvaläpimitan vaikutuksen jatkotarkastelu suoritetaan jäljempänä taulukoiden korjauskertoimien tutkimisen yhteydessä.

Edellisessä suoritettu poikkeamien suunnan tarkastelu on kuitenkin tehnyt mahdolliseksi tutkia taulukosta saatujen ja todellisten kuutiomäärien keskimääräisiä poikkeamia ottamalla samalla huomioon myös poikkeamien merkit. Yhdistämällä erimerkkisten poikkeamien summat saadaan tukkilukutaulukoiden osalta seuraavan asetelman mukaiset tulokset.

Tukkiluku <i>Number of logs</i>	Taulukosta saatujen ja todellisten kuutiomäärien poikkeama, %	
	<i>Deviation between the volumes received from tables and the actual volumes measured,</i> %	
	Mänty <i>Pine</i>	Kuusi <i>Spruce</i>
1	-0.2	-0.5
2	+0.3	-0.6
3	+0.5	+0.1
4	-0.2	+0.8
Keskimäärin — <i>Average</i>	+0.3	-0.3

Asetelman perusteella voidaan todeta, että keskimääräiset poikkeamat jäävät merkityksettömän pieniksi, mikä osoittaa tasoituksen hyvin suoritetuksi. Nämä luvut eivät kuitenkaan osoita tarkkuutta, vaan tukkiluku-
taulukoiden teoreettisena tarkkuutena on pidettävä edellä esitettyä 5 %.
Tukkiosataulukoiden on vastaava tarkastelu suoritettu vain keskimäärin
kaikkien mäntyjen ja kuusien suhteen. Poikkeamaksi saatiin männyillä
+0.8 % ja kuusilla +1.3 %. Saadut tulokset ovat hieman suuremmat
kuin tukkilukutaulukoissa, mutta lukuja on silti pidettävä hyvin pieninä.
Myös tukkiosataulukoiden tasoituksen voidaan katsoa onnistuneen tyy-
dyttävästi.

Vertauksen vuoksi mainittakoon, että vastaavalla tavalla laskien
Ilvessa lo (1947) on saanut poikkeaman suuruudeksi männyllä -0.4
% ja kuusella -0.6 %.

624. Korjauskertoimet

Niin kuin aiemmin on ilmennyt, pyrittiin taulukoiden laadinnan yhtey-
dessä monin tavoin löytämään sellaisia riippuvuussuhteita, jotka valaisivat,
millä tavoin ja ennen kaikkea, miten voimakkaasti tietyn suuruinen poik-
keama tukkien pituudessa tai latvaläpimitassa vaikuttaa kokonaisen leimikon
tai suuremman puuryhmän kuutiomäärään. Kuten edellä on ilmennyt, ei
aineiston ryhmittäminen useihin alaryhmiin johtanut missään yhteydessä
niin selviin tuloksiin, että mainittujen kahden tunnusluvun tietyn suu-
ruisen vaihtelun merkityksestä olisi päästy selville. Koska toisaalta tie-
dettiin molempien tunnuslukujen jo melko pientenkin poikkeamain saatta-
van vaikuttaa kuutiomäärään huomattavia poikkeamia ja kun toisaalta
pidettiin sopivien korjauskertoimien ratkaisua myös käytännöllisessä mie-
lessä tarpeellisena, päätettiin tarkastelua edelleen jatkaa. Jatkokäsittelyssä
luovuttiin aiemmin esitettyjen useiden alaryhmien käytöstä ja kaikkien
tukkien latvaläpimitan asemesta toiseksi tunnukseksi valittiin vain latva-
tukin latvaläpimita.

Ensin tutkittiin tukkilukutaulukoiden korjauskertoimien laskentamahdollisuuksia. Kaikissa tukkilukuluokissa aineisto ryhmitettiin leimikoittain tukkien keskipituuden perusteella yhden jalan pituuseron mukaan siten, että kunkin tukkilukuluokan kaikkien tukkien keskipituus ± 0.5 jalkaa muodosti perusluokan. Vastaava ryhmittely suoritettiin myös kunkin tukkilukuluokan puitteissa latvatukkien keskimääräisen latvalöpimitan mukaan. Luokkalaajuus oli nyt $\frac{1}{2}$ tuumaa. Kaikissa luokissa laskettiin sitten rungon todellinen keskikuutio, johon päästiin helposti jakamalla luokan yhteinen todellinen kuutiomäärä luokkaan kuuluvien runkojen lukumäärällä. Mainittujen perusluokkien keskikuutiomäärän arvoksi merkittiin 100. Saadut sarjat tasoitettiin varovaisesti graafisesti. Tasoituksen jälkeen ilmeni, että ainakin perusluokkaa lähimpien keskipituusluokkien väliset poikkeamat olivat likimäärin yhtä suuria, joten käytännöllisistä syistä johtuen valittiin luokkaeroksi sama luku. Latvatukin latvalöpimitan osalta sen sijaan tasoitus antoi toisistaan selvästi poikkeavia tuloksia eri tukkilukuluokissa. Molempien puulajien tarkastelu johti likimäärin samoihin eroihin, joten lopullisiksi korjauskertoimiksi saatiin sekä männylle että kuuselle samat luvut. Korjauskertoimet ja niiden käytössä edellytetyt leimikon tunnuksat nähdään taulukosta 14.

Korjauskertoimien laskennassa on siis nojaututtu yksinomaan taulukoiden laadintaan käytettyyn aineistoon. Aineiston laajuutta ajatellen edellytys tuntuu ainakin kohtuullisen luotettavalta. On kuitenkin selvää, ettei korjaustehtävä ole aina helppoa. Perusluvut vaihtelevat eri tukkilukuluokissa ja korjauslukuja vastaavat poikkeamat ovat pienet. Siksi kirjoittajien mielipide oli alusta alkaen se, että mikäli korjauskertoimet otetaan käytäntöön taulukoita sovellettaessa, korjaus olisi paikallaan vain silloin, kun poikkeamat ovat ilmeiset. Toiminta samalla paikkakunnalla

Taulukko 14. Korjauskertoimet tukkilukutaulukoita varten.

Table 14. Correction factors for the tables based on number of logs.

Tukkiluku- luokka <i>Number-of- logs-class</i>	Keskimääräiset tukkien mitat <i>Average measures of logs</i>		Kuutiomäärän korjaussadannes ¹⁾ <i>Correction per cent of volume</i>	
	Tukin pituus, jalkaa <i>Log length, feet</i>	Latvatukin löpimita, tuumaa <i>Top diameter of top log, inches</i>	Yhden jalan poikkeama keskipituudesta <i>One feet deviation from the average length</i>	Puolen tuuman poikkeama latva- tukin keskim. löpimitasta <i>Half inch deviation from the average top log diameter</i>
1	18.0—18.5	6.5—7.0	5	10
2	16.5—17.0	6.0—6.5	5	5
3	15.5—16.0	5.5—6.0	5	5
4	15.0—15.5	5.5—6.0	5	3

¹⁾ Tukkien keskipituuden tai latvatukkien keskimääräisen löpimitan ylittäessä esitetyt luvut, on taulukosta saatuihin kuutiomääriin tehtävä sadannesluvun osoittama korotus; päinvastaisessa tapauksessa lukuja on vastaavasti vähennettävä.

ja aikaisempien hakkuiden luonteen sekä hakkuissa poistettujen tukkipuiden likimääräisen koon tunteminen olisi virhekorjauksissa merkittävä tuki.

Tukkiosataulukoiden varten suoritettiin myös vastaavat alustavat laskentatyöt ja tuloksena näyttivät olevan likimäärin samaa suuruusluokkaa olevat korjauskertoimet. Koska taulukoiden teoreettisen tarkkuuden tunteminen ei yksin riitä käytännön toiminnassa, aloitettiin samaan aikaan taulukoiden käyttötarkkuuden tutkiminen. Näitä tutkimuksia selostetaan yksityiskohtaisemmin jäljempänä. Tutkimuksissa ilmeni kuitenkin, että ns. arvioimisvirheet saattavat olla usein huomattavasti suurempia kuin taulukoiden teoreettinen tarkkuus. Toisaalta taas jo laadittujen tukkilukutaulukoiden korjauskertoimien käyttö osoittautui joko hankalaksi tai sovellutus epävarmaksi, koska ei pystytty aina ratkaisemaan, kuinka eri virhelähteet kietoutuivat toisiinsa. Useiden taulukoiden käyttäneiden ammattimiesten kanssa käytyjen neuvottelujen jälkeen päädyttiin lopulta siihen, ettei korjauskertoimien esittäminen ollut aiheellista taulukoiden yhteydessä. Jatkotutkimukset keskitettiin siksi yksinomaan arvioimisvirheiden selvittämiseen, ja näin ollen lopullisia, tukkiosataulukoihin liittyviä korjauskertoimia koskevia laskelmia ei katsottu aiheellisiksi suorittaa.

63. Taulukoiden käyttötarkkuus

631. Taulukoiden käytössä sattuvat virheet

Yleensä kuutioimistaulukoiden tarkkuuksia kirjallisuudessa selvitetäessä keskitytään yksinomaan teoreettiseen tarkkuuteen. Se ei kuitenkaan ole sellaisenaan riittävä osoittamaan kuutioimistaulukoiden käyttökelpoisuutta. On lisäksi tunnettava taulukoita käytettäessä sovellettavien mitaus- ja arvioimistapojen tarkkuus eli taulukoiden käyttötarkkuus.

Tässä tutkimuksessa laadittujen taulukoiden käytössä joudutaan soveltamaan seuraavia mittauksia ja arviointeja:

1. rinnankorkeusläpimitan mittaus,
2. tukkien lukumäärän tai tukkiosan pituuden arviointi.

Mikäli mittaukset ja arvioinnit tehdään täysin virheettömästi (tai mikäli niissä sattuvat virheet kumoavat toisensa) päästään laadittuja kuutioimistaulukoita käytettäessä edellä esitettyjen teoreettisten laskelmien osoittamiin tarkkuuksiin. Tällaiset tapaukset lienevät kuitenkin perin harvinaisia. Esitetyt teoreettiset tarkkuuslaskelmat eivät niin muodoin osoita todellista tarkkuutta käytännössä, vaan antavat liian edullisen

kuvan taulukoiden käyttökelpoisuudesta. Teoreettiset tarkkuusluvut osoittavat optimitapauksen, johon voidaan päästä vain mahdollisimman edullisissa tapauksissa.

Tarkistusaineiston perusteella koetetaan tarkastella arvioimis- ja mitausvirheitä laadittuja taulukoita käytettäessä. Arvioimisvirheet vaihtelevat kuitenkin niin paljon eri miehillä, kuten mm. Heiskanen (1950) on osoittanut, etteivät esitettävät keskiarvot voi olla yleispäteviä. Ne osoittavat kuitenkin suuruusluokan, josta on kysymys ja vaihtelurajat, jotka voivat esiintyä. Erityisesti onkin korostettava, ettei arvioimisvirheistä ole yleensäkään mahdollista esittää keskiarvoja käytännön ohjeiksi, sillä niin suuri on arvioimismiehen henkilökohtainen vaikutus niihin (vrt. s. 56).

Käyttötarkkuutta koskevien tutkimusten mukaan 25 tarkistusleimikon todelliset ja tukkilukutaulukoiden avulla arvioidut kuutiomäärät olivat seuraavat:

todellinen	172 699 j ³
arvioitu	<u>167 545 j³</u>
ero	5 154 j ³

Poikkeama on siis —3.0 % eli huomattavasti suurempi kuin koko taulukkoaineistosta laskettu teoreettinen poikkeama, joka on männyn osalta +0.3 % ja kuusen osalta —0.3 %. Kuitenkin voidaan myös tarkistusaineiston poikkeamaa pitää pienenä.

Tukkiosataulukoita käytettiin vain 20 tarkistusleimikossa. Näiden leimikoiden todelliset ja tukkiosataulukoilla lasketut kuutiomäärät olivat seuraavat:

todellinen	36 722 j ³
arvioitu	<u>36 568 j³</u>
ero	154 j ³

Tässä tapauksessa poikkeama on aivan mitätön, vain —0.3 %, siis vielä pienempi kuin koko taulukkoaineiston mukaan saadut keskimääräiset poikkeamat +0.8 ja +1.3 %.

Keskimäärin on siis koko tarkistusaineiston kuutiomäärä käytäntöä ajatellen saatu tarkoin selville kumpiakin taulukoita käytettäessä. Tämä seikka ei kuitenkaan sellaisenaan todista vielä taulukoiden käyttökelpoisuutta, vaikka sekin on varsin merkityksellinen taulukoiden käyttökelpoisuuden tunnus. Se näet osoittaa, ettei taulukkoaineisto ole ominaisuuksiltaan erikoinen, tavallisuudesta poikkeavia puita sisältävä. — On kuitenkin vielä selvitettävä arvioitujen ja todellisten kuutiomäärien väliset poikkeamat leimikoittain.

Tukkilukutaulukoiden tarkkuuslaskelmat osoittavat em. poikkeamien jakaantuvan tutkituissa 25 leimikoissa eri suuruusluokkiin seuraavasti:

poikkeama, %	<4	<8	<12	>12
leimikoita	6	15	17	8
%	24	60	68	32

Keskimäärin poikkeama on 9.2 % eli lähes kaksi kertaa niin suuri kuin teoreettisten laskelmien osoittama yli 100 rungon leimikoiden keskimääräinen poikkeama 5.0 %. Voidaan siis todeta, että todennäköisesti arvioimisvirheistä johtuen poikkeamat taulukoista saatujen ja todellisten kuutiomäärän välillä ovat tukkilukutaulukoita käytettäessä suurempia kuin 5 %.

Tukkiosataulukoiden käyttötarkkuus osoittautui jakaantuvan seuraavasti tutkituissa 20 leimikossa:

poikkeama, %	<4	<8	<12	>12
leimikoita	6	10	18	2
%	30	50	90	10

Keskimäärin poikkeama on 7.7 % siis jälleen jonkin verran suurempi kuin teoreettisten laskelmien osoittama vastaava keskimääräinen poikkeama 4.2 %.

Tarkistusaineiston perusteella voidaan tutkia niitä syitä, jotka ovat aiheuttaneet sen, että taulukoista saatujen ja todellisten kuutiomäärien poikkeamat ovat tarkistusaineiston mukaan suuremmat kuin taulukkoaineiston mukaan. Kahdestakymmenestä leimikosta on laskettu myös poikkeamat arvioidun ja todellisen tukkiluvun ja vastaavasti tukkiosan välillä. Nämä laskelmat on esitetty rinnan kuutiomäärän poikkeamien kanssa taulukossa 15. Siihen on laskettu myös »taulukkovirhe», joka on saatu kuutiomäärien ja tukkiluvun sekä vastaavasti kuutiomäärien ja tukkiosan pituuksien poikkeamien erotuksena. On oletettu, että tukkiluvun tai tukkiosan piteuden arvioinnissa tapahtunut virhe aiheuttaa sadanneksina saman suuruisen virheen myös kuutiomäärään, joten em. erotus siis osoittaa teoreettisen eli taulukkovirheen. Oletamus ei ole aivan oikea, mutta tälläkin tavoin saadaan selville, onko arvioimisvirheillä merkitystä tuloksiin vai ei.

Taulukon keskimääräisluvusta nähdään, että keskimääräinen poikkeama kuutiomäärässä on näissä leimikoissa tukkilukutaulukoita käytettäessä

Taulukko 15. Tarkistusleimikoiden kuutiomäärän arvioinnin tuloksia.

Table 15. Results of estimations at check stands.

Leimikon numero Number of stand	Tukkiluvun mukaan According to number of logs			Tukkiosan mukaan According to utilized part		
	Poikkeama kuutiomäärässä Deviation in volume	Poikkeama tukki- luvussa Deviation in number of logs	»Taulukko- virhe» »Table error»	Poikkeama kuutiomäärässä Deviation in volume	Poikkeama tukki- luvussa Deviation in number of logs	»Taulukko- virhe» »Table error»
	% — per cent					
1	— 6.2	+ 0.3	6.5	+ 0.7	+ 2.5	1.8
2	— 5.4	— 2.7	2.7	+ 1.0	+ 3.3	2.3
3	— 5.8	+ 0.9	6.7	— 2.2	— 1.2	1.0
4	— 9.7	— 6.8	2.9	— 2.2	+ 5.9	8.1
5	+ 4.7	— 2.1	6.8	+ 2.3	— 4.6	6.9
6	— 3.8	— 5.4	1.6	— 2.4	— 8.7	6.3
7	— 5.6	+ 4.4	10.0	+ 4.7	+ 15.5	10.8
8	—15.1	—10.3	4.8	— 6.2	— 3.8	2.4
9	— 7.1	— 1.7	5.4	+ 6.9	+ 6.8	0.1
10	+13.4	+ 2.3	11.1	+ 7.7	+ 2.0	5.7
11	—14.5	— 6.6	7.9	— 8.1	— 2.9	5.2
12	— 4.8	— 3.2	1.6	+ 8.4	+ 4.6	3.8
13	— 2.9	+ 6.8	9.7	+ 9.3	+12.7	3.4
14	+ 6.9	+ 2.3	4.6	+ 9.6	+ 7.8	1.8
15	—17.5	—17.1	0.4	— 9.7	— 9.3	0.4
16	—17.2	—16.8	0.4	— 9.7	— 7.0	2.7
17	—10.7	— 5.3	5.4	—10.8	— 4.9	5.9
18	—26.0	—14.7	11.3	—11.1	—14.7	3.6
19	—17.3	— 9.3	8.0	—14.9	— 8.3	6.6
20	+35.2	+34.0	1.2	+26.9	+27.5	0.6
Keskimääräinen ero — Average deviation	11.5	7.7	5.7	7.7	7.7	4.0

11.5 %, mutta suuri osa tästä virheestä aiheutuu tukkiluvun arvioinnista, jossa virhe on ollut samansuuntainen kuin kuutiomäärissäkin. »Taulukko-
virhe» jääkin 5.7 %:ksi. Vastaavasti tukkiosataulukoita käytettäessä kuutiomäärien poikkeama on, kuten edelläkin mainittiin, 7.7 %, mutta tukki-
osan piteuden arvioimisvirheiden osuus on 3.7 %, joten »taulukko-
virheen» suuruus on 4.0 %.

Arvioimisen epätarkkuuden merkitys käyttötarkkuutta pienentävänä tekijänä ilmenee myös laskelmista, joissa tarkistusleimikot on jaettu kah-
teen ryhmään: sellaisiin, joissa kuutiomäärä on saatu taulukoilla todellista
suuremmaksi ja sellaisiin, joissa se on saatu todellista pienemmäksi. Seu-
raavassa asetelmassa on esitetty näissä ryhmissä arvioitu kuutiomäärä ja
arvioitu tukkiluku sekä vastaavasti tukkiosan pituus todelliseen verrat-
tuna. Todellista, oikeaa arvoa on kummankin tunnuksen kohdalla merkitty
luvulla 100.

1. Kuutiomäärä oikeaa suurempi

1. *Volume bigger than correct*

Tukkilukutaulukot <i>Tables based on number of logs</i>	
Leimikoita — <i>Number of stands</i>	4
Arvioitu kuutiomäärä (oikea = 100) — <i>Estimated volume (correct = 100)</i>	115
Arvioitu tukkiluku (oikea = 100) — <i>Estimated number of logs (correct = 100)</i>	109

Tukkiosataulukot <i>Tables based on utilized length</i>	
Leimikoita — <i>Number of stands</i>	10
Arvioitu kuutiomäärä (oikea = 100) — <i>Estimated volume (correct = 100)</i>	108
Arvioitu tukkiosan pituus (oikea = 100) — <i>Estimated utilized length (correct = 100)</i>	108

2. Kuutiomäärä oikeaa pienempi

2. *Volume smaller than correct*

Tukkilukutaulukot <i>Tables based on number of logs</i>	
Leimikoita — <i>Number of stands</i>	16
Arvioitu kuutiomäärä — <i>Estimated volume</i>	89
Arvioitu tukkiluku — <i>Estimated number of logs</i>	94

Tukkiosataulukot <i>Tables based on utilized length</i>	
Leimikoita — <i>Number of stands</i>	10
Arvioitu kuutiomäärä — <i>Estimated volume</i>	92
Arvioitu tukkiosan pituus — <i>Estimated utilized length</i> ..	94

Nämä laskelmat osoittavat, että silloin kun kuutiomäärä on saatu oikeaa suuremmaksi on myös tukkiluku ja vastaavasti tukkiosan pituus arvioitu keskimäärin oikeaa suuremmaksi ja päinvastoin. Tukkiluvun ja tukkiosan pituuden arviointikyky vaikuttaa siis ratkaisevasti saatavien tulosten tarkkuuteen. Myös näiden kuutioimistaulukoiden käyttö edellyttää siis ammattitaitoa.

Esitettyjen tulosten perusteella voidaan tutkia myös eri taulukoita toisiinsa verrattuina. Teoreettista tarkkuutta tutkittaessa jo havaittiin, että tukkiosataulukot ovat teoriassa tarkemmat. Tämä onkin hyvin

ymmärrettävissä, sillä ne ottavat puun pituuden tarkemmin huomioon kuin tukkilukutaulukot. Tarkistusleimikoiden arviointitulokset osoittavat, että myös käytännössä päästään tukkiosataulukoilla parempiin tuloksiin, sillä kummankin tunnuksen, tukkiluvun ja tukkiosan arvioinnissa sattuvat virheet ovat käytännöllisesti katsoen yhtä suuret. Esillä oleva aineisto osoittaa siis, että tukkiosan pituuden arviointi on yhtä helppoa kuin tukkien lukumäärän arviointi. Voidaan kuitenkin olla varmoja, että virheitä sattuu pituutta arvioitaessa useammin kuin tukkilukua arvioitaessa, mutta ne ovat vaikutukseltaan vähäisempiä.

Osa käyttötarkkuuden ja teoreettisen tarkkuuden erosta johtuu varmasti myös rinnankorkeusläpimitan virheellisestä mittaamisesta. Sen vaikutuksesta saadaan tietoja vain Ruotsinkylän tarkistusleimikon arviointituloksista. Siellä suoritettiin samojen puiden arvioinnin seitsemän miestä, joiden saamat rinnankorkeusläpimitat merkittiin myös muistiin. Ko. puiden keskimääräinen rinnankorkeusläpimita oli tarkistusmittauksen mukaan 12.51". Eri miesten saamat läpimitat ja heidän kuutioarviointitulostensa poikkeamat todellisesta kuutiomäärästä olivat seuraavat.

Arviomies <i>Cruiser</i>	D 1.3, tuumaa <i>DBH,</i> <i>inches</i>	Kuutiomäärän poikkeama, % <i>Deviation of volume, per cent</i>	
		Tukkiluku- taulukot <i>Tables based on number of logs</i>	Tukkiosataulukot <i>Tables based on utilized length</i>
1	12.43	— 7.1	+ 6.9
2	12.48	— 6.2	+ 0.7
3	12.52	— 9.7	— 2.2
4	12.39	— 17.2	— 9.7
5	12.47	— 17.5	— 9.7
6	12.46	— 2.9	+ 9.3
7	12.44	— 15.1	— 6.2

Luvut osoittavat, että rinnankorkeusläpimitassa sattuneet virheet ovat tässä tapauksessa olleet hyvin pieniä. Kaikilla arviointimiehillä virhe on ollut alle 1.0 %. Myöskään ei voida havaita niiden millään tavoin vaikuttaneen arvioinnin suuntaan. Nämä esimerkit siis osoittavat, että rinnankorkeusläpimitan mittauksessa tapahtuvilla virheillä on hyvin vähäinen merkitys lopputuloksiin. Niiden vaikutus peittyi kokonaan tukkiluvun ja tukkiosan pituuden arvioinnissa sattuviin virheisiin. On kuitenkin korostettava, että Ruotsinkylässä tutkitut puut olivat erittäin hyvämuotoisia ja vähän kapenevia, joten niistä saadut rinnankorkeusläpimitan mittauksen tarkkuutta koskevat tulokset saattavat antaa liian edullisen kuvan asiasta. Tämä seikka ei kuitenkaan vaikuta em. päätelmiin.

632. Käyttötarkkuuden lisäämismahdollisuuksia

Taulukoiden käyttötarkkuutta tarkasteltaessa on myös selviteltävä mittaus- ja arvioimisvirheisiin vaikuttavia tekijöitä ja niiden suuruutta eri tapauksissa. Asiasta ei ole tässä yhteydessä tehty varsinaisia tutkimuksia, mutta eräitä näkökohtia voidaan kuitenkin ottaa esille pääasiassa ennen tehtyjen tutkimusten perusteella.

Rinnankorkeusläpimitan mittauksen tarkkuutta ja sen aiheuttamia virheitä koskeneet Vuokilan (1952) tutkimukset ovat osoittaneet, että väärä mittauskorkeus aiheuttaa suurimmat virheet huonomuotoisissa metsiköissä. Varsinkin liian alhaalta mittaaminen voi tällaisissa metsiköissä johtaa suuriin virheisiin. Sen sijaan virhe on melko kohtuullinen, vaikka läpimitta mitattaisiinkin 10—20 cm oikeata kohtaa korkeammalta.

Suurimpana virheellisyysien aiheuttajana läpimitan mittauksessa onkin yleisesti sen mittaaminen liian alhaalta. Siihen houkuttelee, kuten Vuokila mainitsee, mittauskorkeudesta käytetty nimityskin, rinnankorkeus, joka on harhaan johtava. Usein kysymyksessä ei ole todellisuudessa rinnankorkeus vaan »kaulankorkeus», mikä varsinkin suometsissä saattaa aiheuttaa systemaattisesti liian alhaalta mittauksia. Tämän välttämiseksi olisi ainakin huonomuotoisissa metsissä käytettävä apukeppiä oikean mittauskorkeuden määrittämiseksi. Useimmiten riittänee kepin käyttö vain muutaman rungon mittauksessa oikean korkeuden omaksumiseksi. Tavallisissa, keskimääräisen muotoisissa metsiköissä apukepin käyttö ei liene tarpeellista (vrt. Vuokila 1952).

Toisena virhelähteenä läpimitan mittauksessa voi olla mittaus suunnan valitseminen. Kuten edellä on esitetty, puun rungon eksentrisyys lienee rinnankorkeudella suurempi kuin ylempänä rungolla, joten mittaus kaapeimmalta tai paksuimmalta puolen saattaa antaa joskus suuresti toisistaan poikkeavan tuloksen. Taulukot perustuvat mittaukseen kulloinkin eteen-sattuvalta puolelta, mikä on pidettävä jatkuvasti mielessä arvioimistoimintuksia suoritettaessa.

Sahapuiden arvioinnista tehdyt tutkimukset osoittavat, että eri arvioimiehillä arviointitulosten suunta saattaa paljonkin vaihdella (esim. Vuoristo 1936, Heiskanen 1950). Virheiden suunta ja suuruus on siis usein henkilökohtainen asia, joten jokaisen arviomiehen tulisi tuntea omat erikoisuutensa pystyäkseen arvioimiskykyään parantamaan. Kuten taulukon 15 tulokset osoittavat, parannusta kaivataan.

Tarkasteltaessa taulukossa 15 esitettyjä lukuja tuntuu jopa siltä, että näitä kuutioimistaulukoita käytettäessä sattuu suurempia arvioimisvirheitä kuin tavanomaista apterausmenetelmää käytettäessä. 20—30 %:n virheet tukkiluvussa ja tukkiosan pituudessa ovat milteipä luvattoman suuria ammattimiehillä. Sellaisia tuskin sattuukaan kokeneille arviomiehille ap-

teerausmenetelmässä, jossa arviointi on helpompaa kuin kuutioimistaulukoiden avulla työskenneltäessä. Apteerausmenetelmää käytettäessä on apuna latvakaulain, jonka varteen vertaamalla on jokseenkin helppoa arvioida tukkien lukumäärä ja tukkiosan pituus. Sen sijaan rinnankorkeuslöpimittaa käytettäessä ei ole tällaista apuvälinettä, ja silloin arvioimiskyky tuleekin suuremmalle koetukselle. Kun mies, joka on tottunut käyttämään apunaan latvakaulaimen vartta, joutuu toimimaan ilman sitä, hän voi aluksi arvioida hyvinkin virheellisesti.

Onkin todettava, että arviointi rinnankorkeuslöpimitan perusteella vaatii monilta paljon harjoittelua, ennen kuin on odotettavissa hyviä tuloksia. Ei siis ole heti pelästyttävä mahdollisesti heikkoja tuloksia, vaan on muistettava, että uuden menetelmän omaksuminen vaatii aikansa. Myös esitettyjä tuloksia tarkasteltaessa on nämä seikat muistettava. Kysymyksessä ovat olleet taulukoita ensi kertaa käyttäneet arviomiehet, joten heillä arvioimisvirheet lienevät olleet »normaalia» suuremmat.

7. Käytännöllisiä näkökohtia

71. Taulukoiden käyttö

Kuutioimistaulukoiden käyttöön liittyy monia kysymyksiä, joita lopuksi on tarkasteltava käytännön ohjeita silmällä pitäen. Osa näistä seikoista on käsitelty jo edellä, mutta eräitä näkökohtia, jotka ovat tärkeitä tietää, ei ole vielä otettu esille.

Taulukoiden käyttöedellytykset ja käyttöohjeet luetellaan seuraavassa kohta kohdalta perusteluineen.

1. Kuutioimistaulukot on tarkoitettu käytettäväksi lähinnä maan eteläosissa.

2. Taulukot soveltuvat vain kokonaisille leimikoille, joita kuutioitaessa yli 100 rungon erissä keskimääräinen virhe on tukkilukutaulukoita käytettäessä n. 5 % ja tukkiosataulukoita käytettäessä n. 4 %. Yksityisen puun erikseen kuutiointiin ne eivät sovellu, kuten taulukko 12 (s. 46) osoittaa.

3. Taulukot perustuvat 16—17 jalan keskipituuteen ja latvatukin osalta keskimäärin kuuden tuuman latvaläpimittaan (ks. myös piirroksia 1 ja 2). Mikäli arvioitavasta leimikosta tehdään mitoiltaan näistä keskiluvuista huomattavasti poikkeavia tukkeja, taulukoita ei voida käyttää.

Voidaan olettaa, että n. 80—90 % leimikoista on Etelä-Suomessa muodoltaan sellaisia, joissa taulukoiden käyttö tulee kysymykseen. Poikkeuksen tekevät vain hyvin huonomuotoisia puita sisältävät hakamaametsiköt sekä toisaalta myös erittäin solakoita puita sisältävät metsiköt. Mitään rajaa »sopivan» ja »sopimattoman» leimikon välillä ei voida näiden tutkimustulosten perusteella esittää. On vain korostettava, että em. tapaisissa metsissä on taulukoiden käytössä oltava varovaisia. Samoin on laita Pohjois-Suomessa, johon taulukoita ei ole tarkoitettu, niinkuin erityisesti on mainittu. Siellä puut ovat lyhytvartisempia ja sahatukkien keskipituuskin on yleensä $\frac{1}{2}$ —1 jalkaa lyhyempi kuin Etelä-Suomessa, jossa se on keskimäärin juuri 16—17 jalkaa. Onkin vielä mainittava, että sellaisissa tapauksissa, joissa »normaalimuotoinen» leimikko tehdään syystä tai toisesta tavallista lyhyemmiksi tai pitemmiksi tukeiksi, taulukoista saadut tulokset eivät vastaa tehtyjen tukkien kuutiomäärää. Samoin on tietysti laita, jos

apteerausmenetelmää käytetään johonkin tiettyyn keskipituuteen pyrkien, mutta tukkien keskipituus hakkuussa poikkeaa siitä huomattavasti.

4. Jos puuta on vikaisuuden takia tyvettävä tai leikottava, on tämä seikka otettava sopivasti huomioon. Tällaisen tapauksen oikeasta käsitte-lystä esitettäköön seuraava esimerkki.

Oletetaan, että männyn rinnankorkeusläpimitta on 13" ja että siitä saadaan 3 tukkia, jos se on terve. Puussa on kuitenkin 7 jalkaa pitkä, paha, tyvikoro, jonka poistamiseksi on varmuuden vuoksi tyvettävä 9 jalkaa. Kun rinnankorkeusläpimitta on 13", voidaan tyvitukin latvaläpimitaksi olettaa 11". Tyveyksen kuutiomäärä on siis $9' \times 11'' = 5.9 \text{ j}^3$. Terveenä puun kuutiomäärä olisi kuutioimistaulukon 7 a mukaan 21.6 j^3 , mutta kun tyveys on vähennetty, jää jäljelle vain 15.7 j^3 . Runkoa ei merkitäkään 13" \times 3 tukkisena, vaan etsitään tapaus, jonka kuutiomäärä on lähinnä em. 15.7 j^3 :aa. Sellaisia ovat mm. 11" \times 3 tukkia (15.7 j^3) tai 10" \times 4 tukkia (15.4 j^3), jollaisena puu on pantava muistiin.

Vähennysmenetelmä on vastaavanlainen leikkojen ollessa kyseessä. Sitä vastoin mitään vähennyistä ei saa tehdä, jos puuta ei voida ottaa tukeiksi aivan minimiläpimittaan saakka.

Tukkiosataulukoita käytettäessä vähennyksen tekoon ei riitä yksin-omaan pituuden vähennys tyveystä tai leikkoa vastaavalla määrällä, vaan rinnankorkeusläpimittaa on myös pienennettävä, jotta koko tyveyksen aiheuttama kuutiomäärän alentuminen tulisi huomioon otetuksi.

Varsinainen arviointi tapahtuu taulukoita käytettäessä seuraavasti.

Rinnankorkeusläpimitta mitataan eteen sattuvalla puolelta kuoren päältä 1.3 m korkeudelta juuren niskalta lähtien. Tukkilukutaulukoita käytettäessä voidaan käyttää joko puolen tuuman tai tuuman alenevaa luokitusta. Tukkiosataulukot on tehty vain tuuman luokitukselle.

Rungosta saatavien tukkien lukumäärä arvioidaan silmävaraisesti. Arvioinnissa noudatetaan tavallisia apteraussäntöjä, jolloin lyhin tukki on 10' \times 8", 11—12' \times 7" tai 13—14' \times 5—6" sekä pisin yleensä 22—24'. Tukin pienin latvaläpimitta on 5". Tukkien keskipituus on, kuten mainittiin, 16—17 jalkaa, ellei leimikossa ole erityisen runsaasti yksi- tai kolmi- ja nelitukkisia runkoja. Yleisenä sääntönä on, että pyritään arvioimaan, kuinka monta tukkia ao. rungosta hakkuussa tullaan tekemään. Tämän arvioinnin suoritus edellyttää siis arviomieheltä ammattitaitoa ja tukkien laatuvaatimusten tuntemista.

Tukkiosataulukoita käytettäessä arvioidaan tukkiosan pituus 5 jalan tarkkuudella.

Kun tunnetaan rinnankorkeusläpimitta ja tukkiluku tai tukkiosan pituus, saadaan tukiksi kelpaavan rungon osan kuutiomäärä suoraan kuutioimistaulukosta.

Laatuluokitus liittyy nykyisin jo useimmissa tapauksissa luonnostaan sahapuuleimikon kuutiomäärän arviointiin. Sen vuoksi on tarkasteltava myös, kuinka se voitaisiin yhdistää kuutiomistaulukoiden avulla tapahtuvaan arviointiin.

72. Laatuluokitus kuutiomistaulukoita käytettäessä

Tukkilukutaulukoita käytettäessä laatuluokitus voidaan suorittaa ns. tyvitukkimenetelmää noudattaen. Tämä menetelmä perustuu siihen tosiasiassa, että tyvitukki on aina oksaisuudeltaan parempi tai ainakin yhtä hyvä kuin sitä seuraavat ylempää rungosta saatavat tukit. Näin ollen voidaan käytettäessä vain oksaisuutta ja siihen liittyviä vikaisuuksia luokitusperusteina laatia taulukot tyvitukin oksaisuusluokan ja koko rungon oksaisuusluokkiin jakaantumisen välisestä riippuvuudesta. Tällainen taulukko on julkaistu Heiskanen (1954 b) laatuluokitusta käsittelevässä työssä. Se on myös ohessa taulukkona 16. Taulukko perustuu yli 2 000 rungon luokitustuloksiin, ja se sopii hyvin laatuluokituksen perusteeksi tukkilukutaulukoita käytettäessä, kuten em. tutkimuksessa on osoitettu. Sen avulla laatuluokitus tapahtuu seuraavasti.

Taulukko 16. Eri oksaisuusluokkien keskimääräinen osuus kuutiomäärästä ikäluokittain ja tyvitukin oksaisuusluokittain Heiskanen (1954 b) mukaan.

Table 16. Average proportion of the different knottiness classes by age classes and knottiness classes of butt log according to Heiskanen (1954 b).

Oksaisuusluokka Knottiness class	Yksitukkiset rungot Single-log trees			Kaksitukkiset rungot Two-log trees			Kolmitukkiset rungot Tree-log trees			Nelitukkiset rungot Four-log trees		
	Tyvitukin oksaisuusluokka — Knottiness class of butt log											
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
	Eri oksaisuusluokkien osuus, % Proportion of knottiness classes, %											
	Ikäluokka < 80 v. — Age class < 80 yrs											
I	100	—	—	62	—	—	49	—	—	39	—	—
II	—	100	—	2	62	—	12	51	—	12	39	—
III	—	—	100	36	38	100	39	49	100	49	61	100
	Ikäluokka 81—120 v. — Age class 81—120 yrs											
I	100	—	—	64	—	—	49	—	—	43	—	—
II	—	100	—	14	70	—	18	60	—	23	52	—
III	—	—	100	22	30	100	33	40	100	34	48	100
	Ikäluokka > 121 v. — Age class > 121 yrs											
I	100	—	—	62	—	—	51	—	—	47	—	—
II	—	100	—	•	64	—	19	61	—	22	57	—
III	—	—	100	38	36	100	30	39	100	31	43	100

1. Määritetään tyvitukin oksaisuusluokka, jolloin otetaan huomioon vain suurin oksa, oksien lukumäärä, laho-oksat ja oksankyhmyt laatua alentavina vikoina. Tyvitukin pituus arvioidaan tätä määritystä varten apteraussääntöjä noudattaen.

2. Niistä tukeista, joissa laatuluokka on alempi kuin em. oksaisuusluokka, tehdään erikoismerkinnät. Muistiin merkitään siis niiden tukkien lukumäärä, joiden laatuluokka on korojen, lenkouden, mutkien, kierteisyyden tai tervasrosan takia alempi kuin oksaisuuden perusteella määritetty luokka. Tällöin erotetaan tukit, joiden luokka muuttuu I:stä II:een, I:stä III:een ja II:sta III:een.

3. Edellä esitetystä taulukosta saadaan sitten selville kuutiomäärän jakaantuminen oksaisuusluokkiin, kun tiedetään leimikon puiden likimääräinen ikä.

4. Lopuksi on vielä siirrettävä muiden vikojen vuoksi laadultaan alennetut tukit ao. laatuluokkaan. Niiden kuutiointiin sopii leimikon tukkien keskikuutio.

Esimerkkinä tämän menetelmän käytöstä olkoon seuraava leimikko, jossa yksinkertaisuuden vuoksi on vain kaksitukkisia puita. Ne jakaantuvat tyvitukin oksaisuusluokan perusteella seuraavasti:

Oksaisuusluokka	
I	3 000 j ³
II	4 000 j ³
III	1 000 j ³

Runkoluku on 1 000 ja tukkiluku siis 2 000, jolloin tukin keskikuutio on 4 j³.

Tukkeja, joiden laatuluokka on alempi kuin oksaisuusluokka esiintyy seuraavasti:

I → II	10 kpl = 40 j ³
I → III	2 kpl = 8 j ³
II → III	3 kpl = 12 j ³

Edellä esitetystä taulukosta saadaan tämän 75 vuotiaan metsikön oksaisuusluokkiin jakaantumiseksi.

Tyvitukin oksausluokka	Oksaisuusluokat			Yhteensä
	I	II	III	
I	1 860	60	1 080	3 000
II		2 480	1 520	4 000
III			1 000	1 000
Yhteensä	1 860	2 540	3 600	8 000

Taulukko 18. Merkintälomake
 Table 18. Tallysheet for tables

Leimikko Stand		Tukkiosan pituus, jalkaa —				
		10—14	15—19	20—24	25—29	30—34
D 1.3, tuumaa DBH, inches		runkoja, kpl —				
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
Yht. r. — Total, trees						
Yht. j ³ — Total, cu.ft.						

Merkintä tapahtuu rungoittain siten, että piste merkitään aina rinnan-
 korkeusläpimitan, tukkiluvun ja tyvitukin oksaisuusluokan mukaan. Lo-
 makkeessa on myös sarake rungon kuutiomäärää varten, jotta kunkin
 tukkiluku- ja oksaisuusluokan kokonaiskuutiomäärät voidaan laskea alas
 yhteen. Niiden jakaminen oksaisuusluokkien kesken suoritetaan taulukossa
 16 esitettyjen sadannesjakaantumien avulla. Lomakkeen oikeassa laidassa
 olevaan sarakkeeseen merkitään ne tukit, joiden laatuluokka on alempi
 kuin oksaisuusluokka. Niiden kuutiomäärät siirretään lopuksi edellisessä
 luvussa esitetyn esimerkin mukaisesti ao. laatuluokkaan.

tukkiosataulukoita varten.

based on utilized length.

Mänty/Kuusi
Pine /Spruce

Utilized length, feet						
35—39	40—44	45—49	50—54	55—59	60—64	65—69
number of trees						

Kuuselle sopii vastaavanlainen lomake, mutta tukkilukuluokkien saraketta ei siinä tarvitse jakaa oksaisuusluokkiin. Kuusien arviointiin voidaan suositella Keskusmetsäseura Tapion painattamia lomakkeita sellaisenaan.

Tukkiosataulukoita käytettäessä voidaan merkintään käyttää taulukossa 18 esitettyä lomaketta. Siinä on siis pystysuorat sarakkeet tukkiosan pituusluokittain, ja vaakasuorilla riveillä ovat tuumaluokat.

Kirjallisuusluettelo

- Alameri, Rolf ja Pöyhönen, Pentti. 1953. Johdatusta tilastolliseen tutkimukseen. Helsingin Yliopisto. Helsinki.
- Davey, Reginald. 1942. Measurement of trees. Nutley, Sussex.
- Dilworth, J. R. 1949. Log scaling and timber cruising. Corvallis, Ore.
- Egermark, M. 1936. Hjälpstabeller för trädtaxering. Stockholm.
- Heiskanen, Veijo. 1950. Mäntytukkipuiden kuutioarvioinnin tarkkuudesta. Metsät.tutk.lait.julk. 38.6.
- »— 1953. Tukkipuiden kuutioarvioinnin suorittamisesta. Metsätal.Aikakaasl. ss. 413—415.
- »— 1954 a. Tukkipuiden kuutioimistaulukko. Konekirjoite.
- »— 1954 b. Tutkimuksia mäntytukkipuiden laatuluokitustavoista ja niiden tarkkuudesta. Metsät.tutk.lait.julk. 44.1.
- »— 1955. Sahapuuleimikoiden kuutiointi rinnankorkeusläpimitan perusteella. Metsämies. ss. 163—165.
- »— 1956 a. Kahdet sahapuiden kuutioimistaulukot valmistuneet. Metsälehti. n:o 32—33.
- »— 1956 b. Sahapuiden kuutioimistaulukot. Thomén kalenteri. ss. 125—130.
- »— 1957. Leimaus ja leimikon arviointi. Metsäkäsikirja II. ss. 319—339.
- Heiskanen, Veijo ja Tiihonen, Paavo. 1955 b. Sahapuuleimikoiden kuutioinnin yksinkertaistamisesta. Metsätal. valistustoimiston kiertokirjoitus.
- »— 1955 a. Förenklad metod för kubering av timmerstämplingar. Skogsbruket. ss. 274—277.
- »— 1956. Uudet sahapuiden kuutioimistaulukot. Metsätal. Aikakaasl. ss. 318—320.
- Hildén, N. A. 1926. Koivun kuutioimisesta massataulukoiden avulla Pohjois-Karjalasta kootun aineiston nojalla. Acta Forestalia Fennica. 32.2.
- Ilvessalo, Yrjö. 1947. Pystypuiden kuutioimistaulukot. Metsät.tutk.lait.julk. 34.4.
- »— 1956. Metsästä saatavan puutavaramäärän arvioiminen. Tapion taskukirja. ss. 198—201.
- Ingman, K. G. 1929. Puutavaramiesten käsikirja. Porvoo.
- Jalava, Matti. 1952. Puun rakenne ja ominaisuudet. Helsinki.
- Jonson, Tor. 1910. Taxatoriska undersökningar om skogsträdens form. I. Granens stamform. Sv. Skogsvårdsf. Tidskrift, fackuppl. ss. 285—328.
- »— 1929. Massatabeller för träduppskattning. Femte reviderade och utökade upplagan. Stockholm.
- »— 1950. Tabell för närmelsevis uppskattning av sågtimmerutbytet enligt toppmätt inom bark. Praktisk Skogshandbok. s. 115.
- Kallio, M. J. 1941. Tukkipuiden kuutioimisesta. Metsälehti. n:o 42.

- Löfgren, C. A. 1920. Tabeller för utbytesberäkning och kubering av ståndskog efter formpunktsmetoden. Stockholm.
- Lönnroth, Erik. 1917. Tavasta arvioida tukkipuita. Esitelmä Suomen metsätieteellisen seuran kokouksessa 19. 4. 1916. Acta Forestalia Fennica. 7. ss. 182—183.
- »— 1925. Untersuchungen über die innere Struktur und Entwicklung gleichaltriger naturnormaler Kiefernbestände basiert auf Material aus der Südhälfte Finnlands. Acta Forestalia Fennica. 30. 1.
- Manalo, T. J. 1938. A commercial volume table for Tiaong (*Shorea teysmanniana* Dyer). Philip. Inl. For. ss. 171—197.
- Mattsson, L. 1916. Hjälpreda vid aptering av ståndskog. Sv. Skogsvårdsf. Tidskrift. ss. 557—562.
- Osara ks. Hildén, N. A.
- Rautanen, Kalle. 1956. Kuutiolukuja tukkipuille. Metsäkalenteri 1956. ss. 82—85.
- Ronge, E. W. 1917. Om grafiska utbytestablåer. Sv. Skogsvårdsf. Tidskrift. ss. 811—822.
- »— 1919. Om grafiska utbytestablåer. Skogen. ss. 41—59, 69—84.
- Sahapuiden kuutioimistaulukot I. Tukkilukuun ja rinnankorkeusläpimitaan perustuvat taulukot. 1956. Keskusmetsäseura Tapio. Helsinki.
- Sahapuiden kuutioimistaulukot II. Tukkiosan pituuteen ja rinnankorkeusläpimitaan perustuvat taulukot. 1956. Keskusmetsäseura Tapio. Helsinki.
- Sandelin, S. 1934. Taulukko leimikon keskikuution määräämiseksi. Helsinki. Ståndskogskuberaren. Tabell för uppskattning av å rot stående skog. Östhammar. 1918.
- Thoméns metsätoimisto. Mänty- ja kuusitukkipuiden kuutioimistaulukko.
- Tirén, Lars. 1935. Om aptering för ernående av största möjliga toppmätta kubikmassa. Sv. Skogsvårdsf. Tidskrift. ss. 113—148.
- Uudesta sahapuiden kuutioimismenetelmästä. 1956. Metsämies. ss. 6—7.
- Vieläkin tukkipuiden kuutioinnista. 1956. Metsämies. s. 24.
- Vuokila, Yrjö. 1952. Havaintoja puiden luvussa esiintyvistä virheellisyyksistä. Metsätal. Aikakaust. ss. 357—358.
- Vuoristo, Ilmari. 1936. Kuutioarvion tarkkuus tukkipuiden leimauksessa. Metsätal. Aikakaust. ss. 158—161.
- Yli-Vakkuri, Paavo. 1955. Tutkimuksia metsänhoitolautakuntien ja -yhdistysten leimaustoiminnan kehityksestä. Silva Fennica. 87.

VOLUME TABLES FOR SAW TIMBER STEMS BASED ON BREAST HEIGHT DIAMETER

Summary in English

1. Introduction.

In estimating the volume of saw timber stems the so-called cross-cutting method is generally applied in Finland. By this the volume is estimated in terms of logs similar to those which would probably result from cutting. This method is theoretically the most accurate possible, but it is slow and laborious. Nor can it be fully used in a busy marking and estimating season.

Especially since the recent wars there has been a general tendency to simplify the methods in use nowadays or to create wholly new and more rapid estimation procedures. In this aim two main tendencies can be perceived.

The drawbacks of the cross-cutting method may be alleviated by changing to the so-called sample tree method. Where the privately-owned forests of Finland are concerned, however, the sample tree method does not offer great advantages because the number of trees in the stands is low (Yli-Vakkuri 1955). Almost all marked trees should be taken as sample trees.

The other way of simplifying the estimation of sawtimber stems — the use of volume tables — is consequently in the small stands the only possible one. In Finland, many tables for saw timber stems were drawn up in the past, but none has obtained general sanction. In the late autumn of 1954 investigations were started in the Forest Research Institute at the instigation of the Keskumetsäseura Tapio with a view to preparing new tables for saw timber stems on the basis of comprehensive data. The first tables were published in the autumn of 1955 and the following ones in the spring of 1956 (Sahapuiden).

The aim of the present publication is to explain the data, preparation and accuracy of the above-mentioned tables for saw timber stems, together with some facts about their use.

2. Previous volume tables for saw timber stems.

The number of volume tables for saw timber trees in various parts of the World is so great that it is impossible to review all of them here. However the tables published previously in Finland may be mentioned: Lönnroth (1917), Thomé's Forest Agency, Ingman (1929), Sandelin (1934), Kallio (1941), Ilvessalo (1956) and Rautanen (1956).

3. Collection of data.

Data have been collected for this paper in two stages. First the basic information was gathered on which the volume tables were worked out then the so-called check data by means of which questions relating to the use and accuracy of the tables are investigated.

Data collected on felling sites are derived from three sources and the amount obtained from each of these is to be seen from the Scheme on page 14. The bulk of the information has thus been surveyed merely in view of the preparation of the tables. The number and situation of the sites studied are given in Table 1.

The collection of the check data was considered essential from the following points of view.

1. Desirability of obtaining results from the estimates carried out by trained foresters and of submitting the tables to a critical examination on the basis of the work they are intended to facilitate.

2. Desirability of detecting errors in use and estimation.

3. By means of the data obtained it was thought well to prepare correction factors in case there might occur possibilities for their use.

The check data were collected outside the collection area of the table data from a total of 19 stands the sawtimber volume of which was 157,404 cu. ft. The saw timber stems of these stands were estimated on stump by means of the tables prepared and the logs were measured in spring alongside the long-distance transport routes in order to work out the real volume.

4. Research data.

The data relating to the subject-matter of tables are presented by stands in Tables-in-appendix 1 and 2.

In the scheme on page 19 is to be seen the number of trees and the volume in cubic feet of the material by classes of number of logs and by tree species. As may be noticed, there are very few five-log stems and so they have been eliminated from further consideration.

In Table 2 is to be found the distribution of the data by classes of breast-height diameter and number of logs.

In the scheme on page 21 appear some averages relating to the material, the mean lengths of the logs and the diameter of the top log. Both of these factors vary also by Dbh-classes as shown in Sketches 1 and 2.

The number of classes formed for the preparation of the tables being very great, it has been possible to take only a few examples of variation of volume by classes of heights of utilized-part of the stems and by classes of top diameter of the top log, which are to be seen from Sketches 3 and 4.

The check data gathered from four Forestry Board Districts are presented in Table 3. Figures in cubic feet received from the Forest Research Institute are to be seen in the scheme on page 26.

5. The structure and preparation of the tables.

In outlining the structure of the tables, the measuring height of the diameter was set at breast-height, at which point the measuring is easily performed. It is true that thickness of bark varies at breast height more than at a higher level and the eccentricity of the tree is here greater than at higher points (Table 4). In the tables which have been made for estimation of volume for greater amounts of trees, the breast-height diameter can however be utilized.

As an indication of tree height the utilized length is better than the whole height of the tree, because the utilized length of a tree of given height may vary greatly as shown in Tables 5 and 6. When tables are prepared the utilized length is indicated in two manners: as number of logs and as real length of the utilized part.

The real diameter has been taken as top diameter of the utilized part, so that the diameter varies according to the size and age of the tree. The minimum diameter is 5".

The volume tables have also been prepared separately for pine and spruce. In all, consequently, four sets of tables were made, tables for pine and spruce based on the number of logs, and tables similarly for pine and spruce based on the utilized length. In the preparation of all of them the volume figures were first grouped by classes in use. The balancing of the mean values of the volumes counted by classes was performed by graph alone in many cases.

The volume tables worked out are presented in Tables 7 and 8.

6. The accuracy of the tables.

In testing accuracy, a distinction has been made between the two notions: theoretical accuracy and practical accuracy. By the former is understood the deviation between the volumes when the features necessary for the use of the tables have been correctly measured and estimated. By practical accuracy on the other hand is meant the deviation between the real volumes and the volumes arrived at by means of the volume tables in a practical estimation.

The theoretical accuracy has been tested by comparing the real volumes, i.e. the volumes based on measurement carried out in conjunction with collection of data with the volumes got from the tables. In Table 9 appears the deviation between the real volumes and the volumes obtained from the tables in stands of different sizes when using the tables of number of logs. On an average the differences are in all stands investigated 7.1 %, in stands of more than 50 trees 6.1 % and in stands of more than 100 trees 5.1 %.

The corresponding data from the tables of utilized part are given in Table 10. The mean differences are: all stands, 4.8 %, stands of more than 50 trees, 4.6 % and stands of more than 100 trees, 4.2 %. Consequently more accurate results can be theoretically obtained by means of the tables of utilized part than by the tables of number of logs.

When one considers the trend of deviation between the real volumes and the volumes derived from the tables, theoretical accuracy shows itself to be noticeably the greater. If the tables of number of logs are used, the mean deviation is then for pine +0.2 % and for spruce -0.2 %. The deviations have been calculated also by classes of number of logs on page 48. The corresponding figures in the tables of utilized-part are +0.0 % and +1.2 %. Because the tables are used for the estimation of volume of stands in which the number of trees is generally small, the percentages shown before may be considered as representing the theoretical accuracy of the tables: tables of number of logs about 5 % and tables of utilized-part about 4 %.

The accuracy calculations shown before indicate only the so-called table error (theoretical accuracy) which can be attained in practice provided no errors are committed in measurement and estimation. Cases of this kind are however fairly rare. Generally some errors are committed in measurement and estimation, and owing to these practical accuracy is smaller than theoretical.

Practical accuracy was tested by check stands. When the tables of number of logs were used, measurement indicated the deviation between real volumes and those obtained from the tables as being on an average 9.2 %, and when using the tables of utilized part 7.6 %. They are considerably higher than the theoretical deviations 5.0 % and 4.2 %.

The inferiority of practical accuracy in comparison with theoretical is caused by errors made in estimation. It emerges from Table 15 and from the scheme on page 54 that when the volume obtained by the tables is greater than the correct one, the number of logs and the utilized length have also been estimated as greater than the correct figures and vice versa.

On the other hand the errors committed in measurement of the breast-height diameter have had no repercussion worthy of mention on the final results, as is shown by the scheme on page 55. However, when estimating ill-shaped trees, the situation may be otherwise (V u o k i l a 1952).

7. Practical observations.

The conditions and directions for use are as follows:

1. Tables are intended to be used in the Southern half of the country.
2. Tables can be applied to whole stands only.
3. Tables are based on a mean Length of logs of 16—17 feet and, as regards the top log, on an average top diameter of six inches. If the stands to be estimated are cut into logs whose dimensions differ considerably from these averages, the tables cannot be used.
4. If the trees are to be butted or cut off on account of defect to them, this fact must be taken into consideration e.g. by diminishing the breast-height diameter.

True estimation is carried out by use of the tables as follows:

The Dbh. is measured on a tree from any side, above the bark at a height of 1.3 m from the root collar. When using the tables of number of logs the descending classification of either half an inch or one inch may be utilized. The tables of utilized part are prepared for the one inch classification only.

The number of logs to be obtained from the tree is estimated ocularly. The common rules for cross-cutting are observed in the estimation, while the shortest log is 10' × 8", 11—12' × 7" or 13—14' × 5—6" and the longest one generally 22—24'. The smallest top diameter of a log is 5". The mean length of the logs is as mentioned 16—17 feet unless the stand contains an especially great amount of single-log or on the other hand of three- or four-log trees. As a general rule an attempt is made to estimate the number of logs to be made from a tree concerned in the cutting. This estimate presupposes on the part of the cruiser professional skill and acquaintance with the quality requirements of the logs.

When using the tables of utilized part the utilized length is estimated to within an error of 5 feet.

When the breast height diameter and the utilized length are known, the volume of the part of a tree qualified as log can be obtained directly from the tables.

Log grading can be combined with the tables of number of logs by using the so-called butt log method. For this purpose table 16 has been prepared from which the proportion of the different knottiness classes can be seen from the volume by knottiness classes of the butt log (H e i s k a n e n 1954b). Log grading is carried out with the aid of this table as follows:

1. The knottiness class of the butt log is determined by taking into consideration the biggest knot only, the number of knots, the rotten knots and the overgrown knots as injuries diminishing the quality. The length of the butt log is estimated for this determination by observing the rules for cross-cutting.
2. Logs in which the log grade is inferior to the knottiness class will be specially noted. The number of logs will be recorded whose grade is inferior because of scars,

sweep, crooks, spiral grain or blister rust to the class determined on the basis of knottiness. The logs are then separated whose grade will pass from I to II, from I to III and from II to III.

3. In the table previously introduced is explained the distribution of the volume into classes of knottiness when the approximate age of the trees in the stand is known.

4. Finally, logs whose quality is affected by other damage are to be transferred to their proper log grade. For the estimation of their volume the mean volume of the logs of the stand is appropriate.

For recording the results of estimation two forms have been designed which are presented in Tables 17 and 18.

Liitetaulukko 1. Taulukkoaineiston leimikoiden tärkeimpiä tunnuksia.

M ä n t y.

Appendix table 1. Most important characteristics of the stands studied. P i n e.

Leimikon n:o Stand no.	Mitattu Measured		Rungon keski- kuutio, j ³ Volume of tree, cu.ft.	Tukkiosan keski- pituus, j Utilized length, ft.	Tukkiluku Number of logs	Tukin keski- pituus, j Length of log, ft.	Latvatukin latvaläpim. tuumaa Top diam- eter of top log, inches
	runkoja trees	j ³ cu.ft.					
1	2	3	4	5	6	7	8
0	34	758	22.3	56.5	3.4	16.1	5.6
4	68	1 005	14.8	45.5	2.8	16.4	5.6
5	14	224	16.0	40.5	2.6	15.3	6.6
6	22	246	11.2	39.5	2.5	16.5	5.6
7	31	466	15.0	44.6	2.9	15.2	5.7
7a	20	236	11.8	40.8	2.6	16.0	5.3
12a	11	195	17.7	45.7	3.0	15.2	5.6
13	16	278	17.4	50.3	3.0	16.4	5.6
14	50	716	14.3	42.2	2.6	16.2	6.0
15	71	166	23.5	48.6	3.0	16.4	6.7
16	13	203	15.6	41.2	2.8	14.9	6.0
17	48	812	16.9	44.5	2.7	16.3	6.2
20	249	2 257	9.1	34.6	2.2	16.0	5.5
21	23	378	16.4	39.7	2.5	16.0	6.6
22	30	414	13.8	38.0	2.6	14.6	6.3
23	42	365	8.7	35.4	3.8	16.9	5.5
24	19	222	11.7	36.1	2.5	14.6	6.0
25	155	2 293	14.8	39.9	2.3	17.4	6.2
26	189	1 437	7.6	31.9	1.9	16.5	5.7
27	700	6 411	9.2	35.3	2.1	16.7	5.6
28	9	107	11.8	45.3	3.0	15.1	5.2
29	6	73	12.1	41.7	2.8	14.7	5.3
30	82	3 589	43.8	66.7	4.4	15.2	6.0
31	8	45	5.7	26.9	1.9	14.3	5.6
32a	12	138	11.5	35.3	2.3	15.1	6.0
32b	52	364	7.0	28.2	2.0	14.0	5.4
33	28	255	9.1	31.5	2.0	15.5	6.0
100	20	232	11.6	34.0	2.0	17.4	6.2
101	70	774	11.1	37.9	3.1	17.2	5.9
102	28	232	8.3	31.1	2.0	15.6	5.8
103	43	724	16.8	37.2	2.5	15.1	6.7
104	29	521	18.0	40.9	2.6	16.0	6.7
105	53	710	13.4	39.2	2.1	18.6	6.0
107	21	284	13.5	38.2	2.4	15.7	6.3
108	45	533	11.8	31.6	2.1	15.3	6.7
109	136	2 223	16.3	42.1	2.8	15.1	6.6
110	72	439	6.1	22.1	1.3	16.4	6.6
111	11	231	21.0	46.5	2.8	16.5	7.1
112	255	4 307	16.9	45.5	2.6	17.6	6.2
113	12	223	18.6	46.1	3.0	15.4	6.2
114	117	1 668	14.3	42.1	2.8	15.2	6.0
115	92	524	5.7	27.5	1.7	16.2	5.5
116	22	293	13.3	39.0	2.5	15.9	6.2
117	27	315	11.7	39.7	2.4	16.5	5.8
118	9	80	8.9	26.3	1.7	15.8	6.8
119	7	119	17.0	34.9	2.4	14.4	7.5
120	71	623	8.8	30.6	2.0	15.1	6.1
121	330	3 366	10.2	29.4	1.7	17.4	6.7
122	149	1 569	10.5	30.4	1.9	16.4	6.7
123	71	1 257	17.7	43.0	2.6	16.5	6.3

1	2	3	4	5	6	7	8
124	139	840	6.0	19.4	1.1	17.1	7.3
125	66	423	6.4	19.5	1.2	16.1	7.4
126	137	2 186	16.0	39.2	2.4	16.3	6.6
127	55	736	13.4	36.5	2.3	16.2	6.6
128	50	736	14.7	38.2	2.3	16.6	6.5
129	44	727	16.5	41.2	2.6	16.0	6.7
130	60	912	15.2	37.5	2.3	16.3	6.6
131	51	808	15.8	39.9	2.5	16.0	6.0
132	24	479	20.0	47.5	2.9	16.3	6.2
133	314	5 251	16.7	42.6	2.5	16.8	6.6
134	591	7 153	12.1	31.4	1.9	17.0	7.1
135	487	5 265	10.8	36.8	2.1	17.8	5.9
136	466	5 043	10.8	34.4	2.2	16.0	6.4
137	370	5 243	14.2	40.9	2.5	16.5	6.0
138	204	4 996	24.5	48.4	3.0	16.0	6.7
139	525	5 294	10.1	31.7	1.8	17.8	6.9
140	285	4 096	14.4	29.3	1.6	17.9	8.2

Liitetaulukko 2. Taulukkoaineiston leimikoiden tärkeimpiä tunnuksia.

K u u s i.

Appendix table 2. Most important characteristics of the stands studied. *S p r u c e*.

Leimikon n:o Stand no.	Mitattu Measured		Rungon keski- kuutio, j ³ Volume of tree cu.ft.	Tukkiosan keski- pituus, j Utilized length ft.	Tukkiluku Number of logs	Tukin keski- pituus, j Length of log, ft.	Latvatukin latvaläpim. tuumaa Top diam- eter of top log, inches
	runkoja trees	j ³ cu.ft.					
1	2	3	4	5	6	7	8
0	5	103	20.7	49.8	2.8	17.8	5.3
1	36	499	13.9	41.6	2.8	15.0	5.2
2	38	590	15.5	46.0	2.9	16.0	5.3
3	252	4 655	18.5	51.0	3.2	15.9	5.2
4	76	1 455	19.1	50.4	3.2	15.8	5.3
5	34	764	22.5	48.0	3.0	16.0	5.7
6	65	776	11.9	39.2	2.6	15.2	5.3
7	158	2 842	18.0	47.1	3.1	15.4	5.3
7a	14	308	22.0	45.9	3.1	15.0	5.6
8	75	700	9.3	36.7	2.3	16.1	5.1
9	71	1 345	18.9	47.3	3.0	15.8	5.7
10	59	962	16.3	41.4	3.2	13.1	5.7
11	33	728	22.1	49.1	3.3	14.7	5.3
12	249	4 344	17.4	46.2	2.9	15.9	5.2
12a	28	381	13.6	42.8	3.0	14.4	5.2
13	63	1 458	23.1	55.8	3.5	16.0	5.2
13a	35	718	20.5	50.4	3.3	15.1	5.5
14	82	1 285	15.7	44.0	2.7	16.3	5.3
15	193	3 319	17.2	43.4	2.7	16.4	6.1
16	24	540	22.5	47.7	3.1	15.5	6.0
17	215	3 209	14.9	38.0	2.3	16.8	6.5
18	8	338	42.2	62.0	3.9	16.0	5.6
19	25	566	22.6	51.4	3.4	15.3	5.5
20	101	1 169	11.6	37.8	2.2	17.0	5.4
22	69	1 166	16.9	43.5	2.7	16.1	6.1
23	3	33	11.0	37.7	2.3	16.1	5.1
24	14	173	12.4	36.9	2.3	16.2	5.7
26	45	375	8.3	30.5	1.9	16.3	6.0
27	22	293	13.3	39.7	2.5	16.2	5.3
28	1	22	22.2	55.0	4.0	13.8	5.0
29	3	59	19.7	50.3	3.3	15.1	5.3
31a	13	178	13.7	43.9	2.8	15.4	5.2
33	10	90	9.0	31.8	2.0	15.9	6.1
100	3	57	19.0	45.0	2.7	16.9	5.5
102	73	748	10.2	35.7	2.1	16.8	5.5
103	50	833	16.7	38.9	2.6	14.8	6.2
104	12	276	23.0	43.0	2.5	17.2	7.3
106	68	784	11.5	37.9	2.1	17.6	5.9
106a	28	408	14.6	42.7	2.5	17.3	5.7
107	2	32	16.1	30.0	2.0	15.0	8.0
108	34	461	13.6	26.5	1.6	16.1	8.5
109	162	1 927	11.9	33.0	2.0	16.9	6.8
110	122	1 591	13.0	35.0	2.1	16.8	6.7
111	45	798	17.7	36.1	2.0	17.6	8.0
112	18	261	14.5	32.1	1.8	18.0	7.2
113	81	1 630	20.1	42.8	2.6	16.5	6.9
114	213	3 125	14.7	40.4	2.5	16.3	6.2
115	60	283	4.7	21.5	1.3	16.3	6.0
116	42	661	15.7	42.2	2.7	15.7	5.9
117	26	290	11.1	37.4	2.3	15.9	5.6

1	2	3	4	5	6	7	8
118	104	694	6.7	20.0	1.2	17.2	7.5
119	76	947	12.5	31.6	2.2	14.1	6.6
120	15	184	12.2	30.6	1.9	15.8	6.7
121	142	1 506	10.6	28.9	1.6	17.7	7.0
122	39	315	8.1	25.4	1.5	17.1	7.0
123	56	1 506	26.9	48.2	2.9	16.7	6.7
124	56	376	6.7	21.0	1.3	16.6	7.3
125	28	170	6.1	19.4	1.2	16.5	7.3
126	79	1 033	13.1	32.3	2.0	16.5	7.0
127	26	314	12.1	33.9	1.8	18.4	6.9
128	68	1 144	16.8	39.8	2.4	16.3	6.6
129	80	1 398	17.5	39.3	2.4	16.3	6.9
130	8	145	18.1	40.1	2.5	16.0	7.2
131	84	1 405	16.7	38.5	2.4	16.3	6.6
132	24	224	9.3	28.6	1.7	17.2	6.3
139	8	122	15.3	38.4	2.0	19.2	7.1
140	1 263	8 738	6.9	24.2	1.4	17.8	6.7

KIERTOAIKA JA SEN MÄÄRITTÄMINEN

AARNE NYYSSÖNEN

ROTATION AND ITS DETERMINATION

SUMMARY IN ENGLISH

HELSINKI 1958

Helsinki 1958. Valtioneuvoston kirjapaino

Alkusanat

Ajatus käsillä olevan tutkimuksen suorittamisesta syntyi ollessani Asla-tutkijastipendiaattina Yhdysvalloissa (University of Michigan, Ann Arbor) lukuvuotena 1955—56. Huomioni kohdistui siellä erityisesti kierto-aikaa koskeviin ongelmiin. Kun sain tilaisuuden perehtyä niihin lähemmin professori *Kenneth P. Davisin* avustuksella sekä suorittaa samalla eräitä valmistavia laskelmia, oli tutkimus käynnissä kotimaahan palatesani. Täällä tarjosivat työlle välttämättömiä perusteita ne kasvu- ja rakennetutkimukset, joita Suomen Akatemian jäsenen, professori *Yrjö Ilvessalon* aloitteesta on viime vuosikymmenen kuluessa suoritettu Metsäntutkimuslaitoksessa. Hänen myötävaikutuksellaan saatettiin kehityssarjoja vielä täydentää tarpeellisissa kohdin uusilla metsämittauksilla.

Tutkimuksen käsikirjoitukseen ovat professori *Ilvessalon* lisäksi tutustuneet professorit *Valter Keltikangas* ja *Vilho Pöntynen*, apulaisprofessori *Viljo Holopainen* sekä tohtori *Yrjö Vuokila*, joka huomattavaksi osaksi suoritti myös tutkimukseen viime vaiheessa tarvittut metsämittaukset yhdessä metsäteknikko *Veikko Puurtisen* kanssa. Sekä vm. töissä että erilaisissa laskentatehtävissä ovat useat henkilöt avustaneet.

Kaikille edellä mainituille henkilöille pyydän lausua parhaat kiitokset saamistani ohjeista, neuvoista ja avusta.

Helsinki, tammikuussa 1958.

Aarne Nyyssönen

Sisällysluettelo

	Sivu
1. Johdanto	5
11. Kiertoaajan tehtävä	5
12. Kiertoaajan käsitteen tarkistaminen	7
13. Kiertoaajan määrittämisessä käytetyistä menetelmistä	10
14. Tutkimustehtävä	14
2. Menetelmä kiertoajan laskemiseksi	16
21. Menetelmän tausta	16
22. Esimerkki laskennasta	17
23. Laskentatavan tarkastelua	20
24. Laskelmien korkosadannes	24
3. Suoritettut laskelmat ja niiden tulokset	27
31. Perusteita	27
311. Metsikön kehitys	27
3111. Käytettävissä olleet aiemmat kehityssarjat	27
3112. Lisäaineiston keruu ja käsittely	28
3113. Aiempien kehityssarjojen täydentäminen	32
312. Kantohinnat	36
313. Kustannukset	41
32. Rajakannattavuuteen perustuva kiertoaika	43
321. Esitystavasta	43
322. Eroavuudet metsätyyppien kesken	44
323. Eroavuudet puulajien kesken	44
324. Muista kiertoajan pituuteen vaikuttavista tekijöistä	46
3241. Korkosadannes	46
3242. Kantohinnat	47
3243. Kustannukset	49
3244. Metsikön kehitys	50
325. Tulosten vertailua aiempien kanssa	51
33. Puuston hakkuuarvo ja puhdas tuotto	52
34. Eri puutavaralajien tuotoksen riippuvuus kiertoajasta	56
35. Nykypuusto ja tavoitepuusto Suomen eteläpuoliskossa	59
4. Näkökohtia tutkimustuloksista ja niiden soveltamisesta	64
5. Loppukatsaus	66
Kirjallisuutta	69
<i>Summary in English</i>	74
Taulukot 2—5	80-87

1. Johdanto

11. Kiertoajan tehtävä

Metsätalouden järjestelyn keskeisimmäksi ongelmaksi on katsottava kysymys kasvatettavan puuston määrittämisestä, siis siitä puustosta, johon pyrkiminen asetetaan tavoitteeksi eri toimenpiteitä suoritettaessa. Tosin ainakin näennäisesti vielä olennaisemmaksi suunnittelutyön tehtäväksi saatetaan käsittää hakkuusuunnitteen määrittäminen, toisin sanoen suosituksen tai päätöksen teko siitä, kuinka paljon ja millaista puustoa hakkuissa tulee poistaa sekä milloin ja missä ne tulee suorittaa. Todellisuudessa nämä kysymykset ovat kuitenkin saman kokonaisuuden kiinteästi yhteenkuuluvia osia, joten esim. hakkuusuunnitteen määrittämistä ei voida käsitellä ottamatta huomioon, millaiseksi tavoitepuusto muodostuu. Onnistuneen ratkaisun edellytyksenä on tuntea, mikä on määrältään ja rakenteeltaan se puusto, joka kulloinkin kysymyksessä olevissa olosuhteissa johtaa kokonaisuutta silmällä pitäen edullisimpaan tulokseen.

Tavoitepuuston määrittämisen kannalta on tehtävä ero kahden toisistaan selvästi poikkeavan tapauksen kesken. Eri-ikäisten harsintametsiköiden kasvatukseen perustuvassa metsätaloudessa ei voida lähteä ensi sijassa iän mukaisesta kehityksen rytmistä, ja puuston kasvattamista ja uudistamista tapahtuu jatkuvasti samoilla alueilla. Tavallisesti ainoa selvä metsätalouden järjestelyn aikamitta harsintataloudessa on ns. hakkuukierto. Tavoitepuustoa hahmoteltaessa tarkkaillaan määrän ohessa ensi sijassa läpimittasuhteiden kehitystä.

Suomen oloja silmällä pitäen on kuitenkin tasaikäisrakenteisten metsiköiden kasvatukseen nojaavalla metsätaloudella ylivoimaisesti tärkein merkitys. Sen johdosta tämä tutkimus rajoitetaan koskemaan viimeksi mainittua tapausta. Tietyn metsän tavoitepuusto ajatellaan siinä koostetuksi siten, että kunkin ikäluokan hallussa on suunnilleen sama osuus kokonaispinta-alasta. Puuston määrä ja rakenne ovat riippuvaisia kahdesta toisiinsa kiinteästi liittyvästä tekijästä. Ensiksi, millainen on puusto metsiköittäin kullakin iänkohdalla — ongelmaryhmä, johon myös Suomessa sekä käytännön kokemuksen että tutkimustyön avulla on pyritty saamaan valaistusta, mutta jossa itse asiassa on vielä kovin paljon selvitettävää.

Toiseksi on tavoitepuuston kannalta olennainen merkitys sillä, missä vaiheessa metsikkö uudistetaan. Kysymyksessä on siis kasvatustavan pituutta, hakkuukypsyyttä, kiertoaika koskeva ongelma. Tähän osaan tavoitepuuston määrittämisestä kohdistuu seuraava tarkastelu.

Kiertoajalla on yleensä ollut oma merkittävä tehtävänsä kaikissa tasaväkirakenteisten metsiköiden kasvatukseen perustuvissa metsätalouden järjestelymenetelmissä. Ilmeisesti on kiertoajan tehtävän korostamisessa kuitenkin menty harhateille eräissä tapauksissa, ehkä erityisesti ns. metsikkötalouden järjestelmässä, jossa oikeastaan kussakin metsikössä on tahdottu noudattaa omaa kiertoaikaansa. Viime vuosikymmeninä on pyrkimyksenä ollut varata toiminnalle suurempi väljyys, mikä toisinaan on saatettu tulkita kiertoajan merkityksen vähenemiseksi kuluvalle vuosisadalla (vrt. Lihtonen 1943, s. 152). Myös kiertoajan merkitystä suoranaisesti torjuvia ajatuksia tapaa ulkomaisesta kirjallisuudesta, mutta tällöin saattaa jo olla kysymyksessä asioiden tarkastelu esim. harsintatalouden näkökulmasta (vrt. esim. K n u c h e l 1950, ss. 34—39). Nimenomaan suomalaisia oloja silmällä pitäen voidaan kiertoajan liiketaloudellisen merkityksen odottaa vastaisuudessa vain lisääntyvän (Lihtonen 1956), vaikka eräissä käytännön suunnittelutehtävissä kysymyksen ratkaisuun ei vielä tällä hetkellä ehkä ole pakottavaa tarvetta (Osara 1948, s. 30).

Nykyään on yleensä tullut tavaksi määrittää kiertoaika tietyille metsälölle eri puulajien esim. erilaisilla kasvullisen metsämaan kasvupaikoilla muodostamien metsiköiden keskimääräisenä hakkuukypsyyksinä (vrt. Wagner 1928, s. 230; Lihtonen 1943, s. 156; 1956; Blanckmeister 1957). Samalla kun puoleen tai toiseen poikkeavien metsiköiden käsittely jää vapaasti harkittavaksi, saadaan tällä tavalla koko taloudelle sellainen laskelmallinen runko, jota ilman suunnittelutyö jäisi horjuvaksi. Tämän rungon aikaansaaminen liittyy ehkä erityisesti kahteen järjestetylle metsätaloudelle tunnusomaiseen periaatteeseen: kestävyys ja tasaisuus. Jotta jyrkkiä tuotoksen vaihteluja voitaisiin välttää, on ikäluokkien jakaantuminen yleensä pyrittävä saamaan tasaiseksi. Tämä rakenteen säännöllisyyden vaatimus tuntuu varsinkin suurehkojen metsälöiden kohdalla luonnolliselta. Juuri kiertoaika antaa ne ohjaukset, joilla eri ikäluokkien osuudet määrätään ja samalla koko taloustoimintaa ohjataan. Tosin on luonnollista, että kasvatushakkuissa poistettavan puuston suhteellisen määrän noustessa esim. runsaasti puoleen kokonaispoistumasta, vaatimus tasaisesta ikärakenteesta tasaisen puuntuotoksen edellyttäjänä on vähäisempi kuin sellaisessa metsätaloudessa, jossa harvennushakkuilla ei ole suurta merkitystä, niin kuin esim. Yhdysvalloissa on vielä monin paikoin asianlaita. Mutta silloinkin kun intensiivisesti suoritettua kasvatushakkuut ovat mahdollisia, on uudistushakkuissa poistettava puusto yleensä

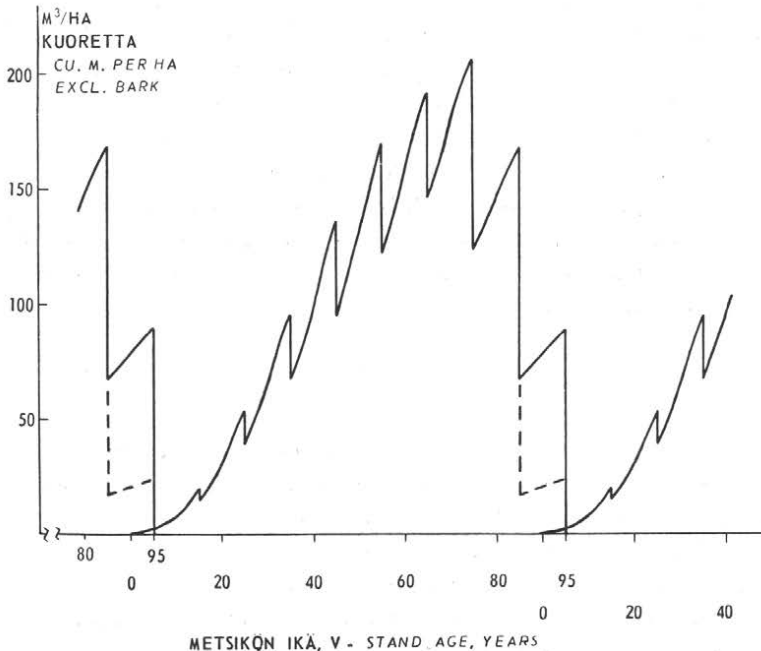
arvokkain, ja taloudenpidon tasaisuutta ei voida pitkällä tähtäimellä hevoin ajatella ilman tasaista ikäluokkien jakaantumista.

Kaiken kaikkiaan on kiertoaikaa koskevaa ratkaisua pidettävä yhtenä tärkeimmistä metsätalouden järjestelyssä (vrt. esim. Chapman ja Meyer 1947, s. 241). Tämän tutkimuksen tarkoituksena on tarjota perustaa mainitun ratkaisun teolle suomalaisissa oloissa.

12. Kiertoajan käsitteen tarkistaminen

Metsäsanakirjassa (1944, s. 94) esiintyvä määritelmä, jonka mukaan kiertoajalla tarkoitetaan metsikön perustamisesta sen loppuhakkuuseen kuluva vuosimäärä, vastaa sitä ajatusta, jonka suomalainen metsätaloudellinen käytäntö on yleensä omaksunut. Käytäntö tässä suhteessa on ilmeisesti keskieurooppalaista perua, sillä sikäläisessä kirjallisuudessa esiintyy yleensä sama ajatus, ehkä joskus esim. kiertoajan keskimääräisyyttä korostavilla lisämääritelmillä varustettuna (vrt. Endres 1911, s. 239; Judeich ja Neumeister 1923, s. 72; Knuchel 1950, ss. 34—35).

Silloin kun uusi puusukupolvi seuraa välittömästi vanhaa siten, että edellisen 0-vuosi sattuu yhteen vanhan puuston päätehakkuun kanssa, on



Kuva 1. Kiertoajan käsite (selitys tekstissä).
Fig. 1. Concept of rotation (explanation p. 74).

kiertoajan määrittely selvällä pohjalla. Tällaisen välittömän uudistumisen ajatellaan yleensä tapahtuvan esim. ns. normaalimetsän teoriassa (vrt. Lönnroth 1930). Käytännöllisessä metsätaloudessa käy kuitenkin usein niin, että taimisto syntyy joko luontaisesti tai keinollisesti jo ennen vanhan polven päätehakkuuta. Tällaista tapausta esittää kuva 1, missä yhtenäinen viiva osoittaa kuutiomäärän kehitystä puolukkatyyppin männikössä, jossa päätehakkuu suoritetaan 95 v:n iällä. Vasemmassa laidassa kuvataan ensimmäisen puusukupolven kehitys uudistushakkuiden aikoihin. Toisen polven metsikkö on keskimäärin 5 v:n ikäinen ensi polven päätehakkuuvuonna. Sitten seuraavat 10 v:n väliajoin suoritettavat harvennushakkuut ja aikanaan myös uudistusvaihe, jonka ajatellaan toistuvan samantapaisena kuin ensi polvenkin kohdalla. Kuvasta näkyvät vielä kolmannen puusukupolven kehityksen ensimmäiset vuosikymmenet.

Lähtemällä Metsäsanakirjassa esitetystä ja Suomessa yleensä sovelletusta kiertoajan määritelmästä (Heikkilä 1930, s. 764; Lihtonen 1943, s. 152, 156; 1956; Kallio 1957, s. 104, 112) on kiertoajan pituus edellä kuvatussa tapauksessa 95 v. Peräkkäiset »kiertoajat» peittävät osaksi toisiansa ollen 5 v. päällekkäin, niin kuin Kallio (mt.) vastaavasta tapauksesta toteaa. Toisinaan taas em. määritelmästä lähdettäessä saattaa kiertoaikojen väliin jäädä tietty määrä vuosia. Näin voi käydä esim. uudistamisen epäonnistuessa taikka työrästien muodostuessa hakkuualan kunnostuksessa tai metsänviljelyssä, mutta aivan säännöllisessäkin taloudessa ainakin 1—2 v:n väliaika on mahdollinen, koska tämä aika saattaa kulua esim. avohakkuun jälkeen ennen kuin metsänviljely tarpeellisine valmisteluineen on toteutettu (vrt. Lihtonen 1943, s. 156).

Toista tapaa kiertoajan käsitteen määrittelemiseksi on Lönnroth (1930, s. 754) jo varhemmin käyttänyt ja sitä on ainakin viime aikana sovellettu myös esim. Ruotsissa ja Yhdysvalloissa. Lönnrothin käyttämän termin »kypsyysikä» voidaan katsoa kutakuinkin vastaavan Metsäsanakirjan kiertoaika-käsitettä. Sen sijaan hänellä kiertoaika (j) ja kypsyysikä (i) liittyvät toisiinsa seuraavasti:

$$j = i \pm v$$

Kaavassa $+v$ tarkoittaa tapausta, jossa kuluu v vuotta ennen kuin alueelle syntyy taimisto, ja $-v$ taas sitä tapausta, missä jo on valmiina tai istutetaan v -vuotias taimisto. Edelleen Petrini (1946, s. 16) tarkoittaa kiertoajalla kahden päähakkuun (slutavverkning) välistä vuosimäärää. Samaa ratkaisuun on tullut Stridsberg (1956, ss. 2—6), joka korostaa, että metsikön kasvatus on ajateltava uudelleen ja uudelleen toistuvaksi tapahtumaksi, jossa termiä kiertoaika käytetään yhden kierron aikamitasta. Samaa tarkoittaa kiertoajalla myös Dickson (1956, ss. 7—8).

Yhdysvalloissa julkaistussa metsäterminologiassa (Forest. . . 1950) kiertoajan määritelmä kuuluu: »the period of years required to establish and grow timber crops to a specified condition of maturity». Sama ajatus — että kiertoajalla siis tarkoitetaan sitä vuosimäärää, joka vaaditaan metsikön perustamiseen ja kasvattamiseen tiettyyn hakkuukypsyyteen saakka — esiintyy myös eräissä muissa amerikkalaisissa julkaisuissa (esim. Chapman ja Meyer 1947, s. 241; Gross 1950, s. 10). Vaikka ero Metsäsanakirjan käsitteeseen verrattuna ehkä ei näytä selvältä, amerikkalainen käsite kuitenkin tarkoittaa samaa kuin edellä mainittu Lönnrothin käsite, johon myös ruotsalaiset ovat yhtyneet (vrt. Gross mt.).

Käytettäessä viimeksi puheena ollutta periaatetta kiertoajan määrittämiseksi saadaan kuvan 1 esittämässä tapauksessa kiertoajaksi 90 v. tavallisen suomalaisen määritelmän antaman 95 v:n sijasta. Kumpi tapa on suositeltavampi?

Vastaus kysymykseen on ehkä jossain määrin makuasia. Toisen tai toisen käsitteen hyväksyminen kiertoajan määritelmäksi ei sellaisenaan riitä antamaan takeita siitä, etteikö kiertoajan tarkastelussa voitaisi joutua virheellisiin tuloksiin. Tämän kirjoittajan käsityksen mukaan on kuitenkin syytä tarkistaa Suomessa tähän asti yleisimmin vallalla ollutta määritelmää ja siirtyä samalle kannalle kuin Lönnroth; niinhän on myös viimeaikaisessa ruotsalaisessa ja amerikkalaisessa kirjallisuudessa tehty. Tämä tapa aiheuttaa ilmeisesti vähemmän sekavuutta ja korostaa paremmin jo itse kiertoaika-termin kuuluvaa jatkuvuutta. Sitä jakajana käytettäessä saadaan suoraan esim. vuosittain uudistettava pinta-ala selville hakkuulaskelmassa silloinkin, kun uuden puusukupolven 0-vuosi ei ole keskimäärin sama kuin vanhan polven päätehakkuuvuosi. Tällaisissa tapauksissa on myös itse kiertoaikalaskelmissa yleensä käytettävä Metsäsanakirjan määritelmästä poikkeavaa vuosimäärää kiertoajan pituutena.

Jaksottaisia uudistushakkuuta käytettäessä on usein vaikeaa määrittää sitä rajaa, missä »vanha» kiertoaika päättyy ja »uusi» alkaa. Kuvan 1 esittämässä tapauksessa on päätehakkuussa poistettava puumäärä varsin huomattava, joten kiertoaikojen vaihtuminen voidaan asettaa tähän kohtaan, jolloin taimiston ikä on 5 v. Syntymähetkellä (vanhan puuston biologisen iän ollessa 90 v.) voidaan taimiston iäksi kiertoaikalaskelman kannalta katsoa —5 v. (vrt. Stridsberg mt.). Mikäli 10 v. ennen päätehakkuuta suoritettu uudistushakkuu olisi toimitettu katkoviivalla merkityn vaihtoehdon mukaan, voitaisiin kiertoaikojen vaihtuminen mahdollisesti merkitä tähän kohtaan. Itse kiertoaikakäsitteen kannalta ei ole olennaista merkitystä sillä, mihin raja asetetaan. Pääasia on, että rajankäynti suoritetaan samalla tavalla kiertoajan alussa kuin sen lopussa (vrt. Dickson mt.).

Tämän tutkimuksen laskelmissa uudistumisen edellytetään seuraavan päätehakkuuta välittömästi, jolloin molempien edellä puheena olleiden käsitteiden mukaiset kiertoajat ovat yhtä pitkiä. Samoin joudutaan kasvu- ja rakennetutkimuksiin perustuvat kiertoaikavertailut yleensäkin suorittamaan asettamalla metsikön perustamisen ja kiertoajan alkamisen ajankohta samaksi (vrt. Stridsberg mt.). Mutta teoreettisesta ja usein myös käytännöllisestä näkökulmasta on tarpeen suorittaa käsitteen osalta senkaltainen kannanotto kuin edellä on tehty.

13. Kiertoajan määrittämisessä käytetyistä menetelmistä

Kiertoajan määrittämisessä käytetyistä periaatteista on jo vanhastaan ollut tapana mainita seuraavat viisi (esim. Holmerz 1876, ss. 79—85; Endres 1911, ss. 239—264; Judeich ja Neumeister 1923, ss. 72—99):

1. Biologisen kiertoajan pituuden osoittajaksi katsotaan usein se metsikön ikä, jolloin puuston luontainen uudistaminen onnistuu parhaiten esim. siementuotoksen puolesta. Joskus kiertoajan pituuden määrittää se ikä, johon saakka puusto säilyy joko fyysisesti terveenä tai elossa. Tällöin on biologisen kiertoajan sijasta puhuttu usein fyysisestä kiertoajasta, mikä nimitys kuitenkin monesti on tarkoitettu vastaamaan myös biologisen kiertoajan käsitettä yleensä.

2. Suurimman keskimääräisen kasvun kiertoajan osoittaa se ajankohta, jolloin metsikön keskimääräinen vuotuinen kasvu saavuttaa maksiminsa. Kun siis u -vuoden iällä metsikössä olevaan puustoon Mu lisätään kasvatushakkuissa poistettu puusto Σm , osoittaa ko. kiertoajan pituuden se u :n arvo, joka antaa maksimin seuraavalle lausekkeelle:

$$\frac{Mu + \Sigma m}{u}$$

3. Teknillisellä kiertoajalla ymmärretään sitä vuosimäärää, jonka kuluessa metsikön puuston valtaosa saavuttaa tiettyyn käyttötarkoitukseen sopivimman koon. Kiertoajan voidaan katsoa liittyvän suurimman keskimääräisen kasvun kiertoaikaan siinä mielessä, että teknillisessäkin kiertoajassa on tavallaan kysymys vuotta kohden lasketusta maksimista. Mittaus vain on suoritettava käyttämällä tavoiteltujen puutavaralajien mittayksiköitä.

4. Korkeimman metsänkoron kiertoaika tarkoittaa sitä vuosimäärää, jota sovellettaessa vuotuinen puhdas tuotto on suurimmillaan. Kiertoaikaa laskettaessa tuotoista vähennetään kulut ja erotus

jaetaan vuosimäärällä, jolloin maksimin antanut vuosimäärä osoittaa kiertoajan. Pyritään siis selvittämään, mikä u :n arvo antaa maksimin lausekkeelle

$$\frac{Au + \Sigma D - (c + uv)}{u}$$

jossa Au = puuston hakkuuarvo iällä u , ΣD = harvennustulot, c = uudistuskulut ja v = vuotuiset hallinto- ja hoitokulut.

5. Korkeimman maankoron kiertoaika eli finanssista kiertoaika osoittaa se vuosimäärä, jolla maa saa suurimman arvon tiettyä korkosadannesta käyttäen suoritettavassa laskennassa. Laskenta tapahtuu Faustmannin tunnetulla kaavalla

$$Bu = \frac{Au + Da \cdot 1,op^{u-a} + \dots - c \cdot 1,op^u}{1,op^u - 1} - \frac{v}{0,op}$$

missä Bu = maan arvo, Da = harvennustulo a -vuoden iällä ja p = korkosadannes muiden kirjainten tarkoittaessa samaa kuin kohdassa 4. Suoritteet ja kustannukset siis siirretään u -vuoden iälle ja niiden erotus ajatellaan saatavaksi toistuvasti u -vuoden väliajoin. Tämän päättymättömän jaksoittaisen tulon, ns. maan koron, kapitalisoitu alkuarvo lasketaan. Se u , joka antaa Bu :lle maksimin, osoittaa korkeimman maankoron kiertoajan. Kaavan mukaan on vuotuisten hallinto- ja hoitokustannusten edustama pääoma vähennettävä saadusta tuloksesta, mutta sillä sen enempää kuin vastaavilla kuluilla korkeimman metsänkoron kiertoajan laskennassa ei ole vaikutusta lopputulokseen edellyttäen, että se säilyy kiertoajan kuluessa tasasuurena.

Esitettyjen kiertoaikojen kaikinpuolinen analysointi ei ole tämän yhteydessä mahdollista eikä edes tarpeellista. Sen sijaan on paikallaan esittää joitakin ajatuksia eri kiertoajoista nimenomaan liiketaloudelliselta kannalta katsoen.

On heti todettava, että biologinen kiertoaika on aivan liian epämääräinen ohjenuoraksi varsinaisen taloudellisen toiminnan piiriin kuuluvissa metsissä. Kiertoaika näet ei ota millään tavalla huomioon puumääriä eikä niiden arvoa. Tietenkin on tämän kiertoajan yhteydessä esiintyvät näkökohdat tosiasioina otettava huomioon, mutta ehkä parhaiten vain sellaisina kiertoajan valintaa määrättyllä tavalla rajoittavina tekijöinä, joina Davis (1954, ss. 228—233) tämänkaltaiset näkökohdat esittää unohtamatta myöskään metsäentomologia, -patologia jne. tekijöitä.

Suurimman keskimääräisen kasvun kiertoajalla on tietyissä mielessä luonnolliselta ja hyväksyttävältä tuntuva perusta. Mutta kiertoajan peri-

aate edellyttää kaiken kasvatetun puun samanarvoiseksi järeydestä ja laadusta riippumatta. Kun tämä ei yleensä pidä paikkaansa, puuttuu kiertoajan soveltamiselta oikeutuksensa. Eri asia tavallaan on, että keskimääräisen kasvun kulminaatiokohta saattaa antaa osviittaa erilaisilla kasvupaikoilla sekä esim. Etelä- ja Pohjois-Suomessa noudatettavien kiertoaikojen keskinäisistä suhteista. Kyseisellä tunnuksella voi olla suurempikin merkitys sikäli kuin se kytkeytyy jonkin hyväksyttävän kiertoajan määrittämiseen.

Vaikka teknillisen kiertoajan periaatetta kansantaloudellisesti voitaneen pitää hyväksyttävänä, ei tämäkään kiertoaika ole liiketaloudelliselta kannalta katsoen arvostelua kestävä (vrt. Grøn 1943, ss. 82—85). Kiertoajan määrittämisen on tietenkin mukauduttava siihen, millaisella puulla on kysyntää markkinoilla. Myynti- ja käyttömahdollisuudet asettavat tietyt rajat, mutta eivät yksinään osoita edullisinta kiertoaikaa (vrt. Davis 1954, s. 225). On välttämätöntä mennä vielä askel eteenpäin ja selvittää, millaisin kustannuksin tulokset saavutetaan.

Edellä on voitu todeta, että tarkastellut kolme periaatetta kiertoajan määrittämiseksi eivät täytä liiketaloudellisessa mielessä asetettavia vaatimuksia. Nämä vaatimukset edellyttävät eri liiketapahtumien huomioon ottamista asianmukaisella tavalla ja saattamista yhteismitallisiksi raharvojen välityksellä. »Järjestetyn metsätalouden päämäärä on suurimman rahatulon tuottaminen yrittäjälle» (Hildén 1928), ja vaikka tämän yleisen tavoitteen lähempi määrittely voidaan suorittaa eri tavoin, yleensä aina on välttämätöntä suorittaa rahallisia laskelmia (vrt. Grøn 1943, s. 84). Tällä ei suinkaan tarkoiteta sitä, että nämä laskelmat yksinään saisivat ratkaista noudatettavan kiertoajan, vaan huomiota on kiinnitettävä muihinkin näkökohtiin (vrt. Dieterich 1941, ss. 215—219). Aiemmin mainittujen viiden erilaisen kiertoajan puitteissa »toiveet» joka tapauksessa kohdistuvat näin ollen kahteen viimeiseen, nimittäin korkeimman metsänkoron ja korkeimman maankoron kiertoaikoihin.

Mainitut kiertoajat ovat periaatteiltaan hyvin erilaisia, niin kuin jo aiemmin esitetyistä lyhyistä selostuksista voidaan havaita. Olenaisista on, että korkeimman maankoron kiertoaikaa laskettaessa puuntuotantoon sidotuille varoille lasketaan korkoa, mutta korkeimman metsänkoron kiertoaikaa laskettaessa ei sitä tehdä; ainoastaan puhdas tuotto on ratkaiseva vm. menetelmässä. Molempia menetelmiä on ulkomaisessa kirjallisuudessa paljon tarkasteltu ja ne ovat antaneet aiheen eri katsantokantojen välisiin kiistoihin. Asiaa valaisevasta kirjallisuudesta mainittakoon ne tarkastelut, joita Endres (1911) sekä Judeich ja Neumeister (1923) sekä myöhemmin esim. Davis (1954) ovat suorittaneet. Ruotsissa aina viime vuosisadan lopulta lähtien käydystä laajasta mielipiteiden vaihdosta on Dickson (1956) esittänyt perusteel-

lisen kuvauksen. Suomen kielellä ovat kyseisiä kiertoaikoja selostaneet mm. Heikkilä (1930), Lihtonen (1956) ja Kallio (1957).

Kun tässä tutkimuksessa jäljempänä joudutaan käsittelemään kiertoajan laskentamenetelmää ja siinä yhteydessä koskettelemaan myös metsänkoron ja maankoron kiertoaikoja, ei niitä tässä selosteta enemmän. Sen sijaan jo nyt on paikallaan tarkastella, missä määrin nämä kiertoajat nykyisin tarjoavat pohjaa käytännölliselle kiertoajan määrittämiselle Suomessa. Kyseiseen tarkasteluun tarjonnee parhaan lähtökohdan äsken mainittu Kallion julkaisu, joka on tuore ja sitä paitsi ainoa kiertoaikaa keskeisimpänä ongelmanaan (mt., s. 11) käsittelevä laajahko tutkimus maassa.

Kallio on suorittanut kiertoaikaa koskevan tarkastelunsa käenkaali-mustikkatyypin kuusikon nojalla. Korkeimman metsänkoron kiertoajan hän toteaa (mt., ss. 119—122) hyvin pitkäksi ja mainitsee lisäksi, että se hänen kehityssarjojensa osoittaman mukaan olisi vielä pitempi, ellei uudistushakkuuta olisi aloitettu niin varhain kuin todella on tehty. Tämän jälkeen Kallio mainitsee, että kokemuksen mukaan ei käytännöllisessä metsätaloudessa ole varaa pitkiin kiertoaikoihin ja että asteittaiset uudistushakkuut siis on aloitettava käytännön sanelemana iänkohtana. Niin totta kuin tämä maininta ehkä sinänsä on, se ainakin välillisesti osoittaa, ettei korkeimman metsänkoron periaate Kallion mielestä tarjoa sitovaa perustaa kiertoaikaa koskeville laskelmille. Mielipidettä ei näet ole esitetty siitä, olisiko mainitussa käytännön sanelemassa tavassa jotakin muuttamisen aihetta; ainoastaan taimiston hoitoa ja voimakkaita harvennuksia suositellaan.

Sen sijaan korkeimman maankoron kiertoajan on Kallio (mt., ss. 122—126), käytettyään laskelmissaan 5 %:n korkokantaa, saanut hyvin lyhyeksi. Tutkimuksessa kuitenkin epäillään sitä, vastaako tämäkään kiertoaika käytännöllisen elämän vaatimuksia, jopa katsotaan, että metsikön nopea uudistaminen laskelmien osoittamalla iänkohdalla olisi ilmeisesti yksityismetsälain vastainen teko.

Kun muita menetelmiä kiertoajan määrittämiseksi liiketaloudellisessa mielessä ei ole esitetty Kallion mainitussa tutkimuksessa sen enempää kuin yleensääkään Suomessa, voidaan ko. tehtävän ratkaisemisen katsoa olevan heikolla pohjalla. Tosin metsänkorkoon ja maankorkoon perustuvat laskelmat ovat esim. ko. tutkimuksessa ehkä jollain tavalla ilmoittaneet ne rajat, joiden välissä suositeltava kiertoaika sijaitsee. Mutta nämä rajat ovat ilmeisesti aivan liian väljät. Se, että suositeltava kiertoaika on näiden iänkohtien välissä, voidaan sanoa ilman työläitä laskelmiakin.

Kokonaisuudessaan voidaan todeta, että käytännöllinen kiertoajan määrittäminen ei ole toistaiseksi mainittavasti hyötynyt liiketaloudellisista laskelmista. Kun kuitenkin kiertoaikaa on hyvin paljon tarvittu ensi sijassa

metsätalouden suunnittelutehtävissä, on sen määrittämisen täytynyt tapahtua muilla tavoilla. Ilmeisesti on teknillisen kiertoajan näkemys ollut näihin asti etualalla (vrt. Lihtonen 1956), mutta vailla merkitystä ei ole ollut myöskään suurimman keskimääräisen kasvun kiertoaika, jonka määrittämiseen on voitu käyttää suoritettuja kasvu- ja rakennetutkimuksia. Lähinnä näiden nojalla on esitetty erilaisia mielipiteitä, milloin verraten lyhyitä, milloin suhteellisen pitkiä kiertoaikoja suositellen (esim. Sirén 1956; Vuokila 1956, ss. 77—79, s. 105).

Kiertoajan määrittämiseen kuuluvien kysymysten käsittelyyn ei siis Suomessa ole kohdistettu riittävästi huomiota. Puutteita voidaan selittää erilaisilla asiallisilla perusteilla, joista tärkeimpiä lienee, että hakkuilla käsiteltyjen metsien kehitystä koskevia tietoja on näihin asti ollut käytettävissä perin niukasti. Mutta merkitsevänä syynä todettuihin puutteisiin on nimenomaan itse laskentamenetelmiä koskevien tutkimusten vähyys. On mahdollista, että metsänarvonlaskennan menetelmien melko laaja tarkastelu on hidastanut kiertoaikakysymysten käsittelyä. Kiertoaikaan Suomessa kohdistettu verraten laimea mielenkiinto on sitäkin merkittävämpää, kuin muissa Pohjoismaissa ongelmaan on viime vuosina toistuvasti palattu, niin kuin jäljempää käy ilmi.

14. Tutkimustehtävä

Edellisessä luvussa on tähdennetty kiertoajan määrittämiseksi kaivatavien liiketaloudellisten laskelmien tarpeellisuutta, mutta samalla on todettu käyttökelpoisten aiempien laskelmien niukkuus. Sen johdosta on esillä oleva tutkimus suoritettu. Tutkittavat ongelmat voidaan jakaa kolmeen ryhmään seuraavalla tavalla.

Ensimmäisenä tehtävänä on tarkastella menetelmää kiertoajan määrittämiseksi ottamalla lähtökohdaksi metsätalouden harjoittajan liiketaloudellinen arviointi. Tällöin on, niin kuin yleensä tuotannollisessa toiminnassa, paikallaan kiinnittää huomiota tarvittavaan pääomaan. Metsätaloudessa korkovaatimuksen asettamista pääomalle ei aina pidetä selvänä; erityisesti sellaisen pitkäjännitteisen ongelman kuin kiertoajan ratkaisemisessa saattaa mainitulla edellytyksellä tapahtuva laskenta herättää epäilyksiä. Kuitenkin on hedelmällistä tarkastella kysymystä korkovaatimuksen valossa, mutta jättää samalla korkosadanneksen suuruus metsätalouden harjoittajan itsensä harkittavaksi.

Viime vuosina on valmistunut useita tutkimuksia hakkuilla käsiteltyjen metsiköiden kehityksestä (Nyyssönen 1954; 1957; Vuokila 1956; Koiviston 1957; lisäksi myös Kallio 1957). Ne tarjoavat perustietoja kiertoaikaa koskevien ongelmien käsittelemiseksi, varsinkin, mikäli jo val-

miita kehityssarjoja täydennetään tarpeellisissa kohdissa. Niin ollen toiseksi tehtäväksi muodostuu soveltaa sitä menetelmää, joka aiemmassa tarkastelussa on mahdollisesti katsottu tarkoituksenmukaiseksi, tarjolla oleviin kehityssarjoihin ja käsitellä eri tekijäin (metsätyyppien, puulajien, kantohintojen jne.) vaikutusta kiertoaikaan.

Kolmantena tehtävänä on täydentää tutkimusta tulosten soveltamiseen liittyvillä näkökohdilla, käsitellä mahdollisesti syntyviä erikoiskysymyksiä ja tuoda esiin, missä kohdissa ensi sijassa kaivataan jatkotutkimuksia.

2. Menetelmä kiertoajan laskemiseksi

21. Menetelmän tausta

Metsätalouden järjestelyssä joudutaan eri alojen tietoutta — metsänhoitoa, puunmittausoppia, metsäteknologiaa, liiketiedettä jne. — sovittamaan yhteen tietyn metsälön tai laajemman metsäalueen käsittelemiseksi edullisimmalla tavalla (vrt. Davis 1954, s. 3, 420; Kuusela 1955; Lihtonen 1956). Metsätalouden harjoittajan täytyy taloudellisten mahdollisuuksiensa puitteissa harkita, mitkä tarjolla olevista lukuisista vaihtoehtoista on parasta valita. Onko edullisinta harjoittaa intensiivistä vai ekstensiivistä metsänhoitoa, jolloin edellinen ehkä edellyttäisi sellaisia toistuvia taimiston hoitotoimenpiteitä, peruspuuston karsimista jne., jotka ekstensiivisessä taloudessa laiminlyötäisiin? Kannattaako tietty alue uudistaa metsänviljelyllä vai jäädä odottamaan ehkä viivästyvää ja vähemmän luotettavaa luontaista uudistumista? Onko viisasta käyttää lieviä vai voimakkaita harvennushakkuita? Onko alueella olevien soiden ojitusta pidettävä kannattavana vai onko edullisempaa jättää ne luontaiseen tilaansa?

Tällaisten vaihtoehtojen eteen metsätaloutta harjoitettaessa siis joudutaan. Taloudellinen tulos riippuu siitä, miten eri vaihtoehtojen valinnassa onnistutaan, ts. tehdäänkö kulloinkin vallitsevissa olosuhteissa paras mahdollinen valinta vai ei. Ratkaisujen tekoa vaikeuttavat monet seikat. Aina ei ole mahdollista arvioida eri toimenpiteiden edullisuutta kyllin luotettavasti, koska ei voida esim. ennustaa vastaisia hintasuhteita, joista tulos on riippuvainen. Myöskin on monia tekijöitä, jotka on kyllä huomioon otettava, mutta joita ei voida rahassa arvioida. Lisäksi voivat toiminnan vapautta olla rajoittamassa esim. erilaiset lait ja asetukset. Mutta tämänkaltaisten yleisten rajoitusten puitteissa on eri vaihtoehtoista valinta suoritettava ja — niin kuin jo mainittiin — menestys on riippuvainen valinnan onnistumisesta.

Esitettyä taustaa vasten tuntuu itse asiassa hyvin selvältä, että myös kiertoajan kohdalla on pyrittävä ratkaisemaan, mikä vaihtoehto on liike-talouden kannalta edullisin. Mainitun ajatuksen pohjalta tarkastellaan jäljempänä laskentamenetelmää, joka perustuu ns. rajatuottojen ja rajakustannusten analysointiin. Nämä käsitteet ovat tuttuja kansantalouden

oppikirjoista (esim. P e d e r s e n 1947, ss. 81—107) ja niitä on jo varhemmin suositeltu käytettäväksi myös tavoitepuustoa koskevilla laskelmissa (esim. A b e t z 1929; D u e r r ja B o n d 1952; vrt. D a v i s 1954, ss. 420—428; D u e r r ja V a u x 1953, s. 233). Sen johdosta niitä ei ole tarpeen käsitellä tässä lähemmin. On vain syytä todeta, että tulos on metsätalouden harjoittajalle edullisin silloin, kun rajatuotto ja rajakustannus ovat yhtäsuuret. Niin ollen kiertoajan määrittämisessä rajatuottojen ja -kustannusten analysoinnin tietä pyritään saamaan selville se kohta (kiertoaika), jolloin puusto- ym. pääoman lisäämisestä aiheutuva rajakustannus on sama kuin tämän lisäämisen antama rajatuotto.

22. Esimerkki laskennasta

Rajatuottojen ja rajakustannusten tarkastelun avulla tapahtuvaa kiertoajan määrittämistä voidaan kuvata esimerkillä, joka perustuu normaalimetsän koostamiseen. Kiertoajan jatkuminen normaalimetsässä tietää yleensä sitä, että verraten suurikuutioisten vanhojen ikäluokkien osuus metsän pinta-alasta lisääntyy, mikä merkitsee hehtaaria kohden lasketun puuston määrän ja varsinkin arvon suurenemista metsäalueella. Tämä tuotantoon sidotun pääoman kasvaminen on katsottava kustannuksia lisääväksi tekijäksi (vrt. s. 14). Kiertoajan jatkamisen kannattavuus on riippuvainen siitä, kuinka paljon tuotto samanaikaisesti lisääntyy. Käytännöllisessä kiertoajan määrittämisessä halutaan selvittää, niin kuin jo aiemmin mainittiin, millä vuosimäärällä rajatuotto ja rajakustannus ovat yhtäsuuret.

Sarja normaalimetsiä, joissa ajatellaan käytettäväksi eri pituisia kiertoaikoja, oletetaan koostetuksi kirjoittajan (N y y s s ö n e n 1954; 1957) tutkimuksessa esitetyn, toistuvien harvennushakkuin käsitellyn puolukka-tyypin männikön kehityskulun nojalla. Uudistamisen oletetaan tapahtuvan nollaan päättyvien ikävuosien kohdalla avohakkuulla ja sitä välittömästi seuraavalla, reunametsästä käsin tapahtuvalla siemennyksellä. Puutavaran kantohintoina sekä erilaisina tuotantokustannuksina käytetään samoja perusteita, jotka varsinaisten laskelmien yhteydessä jäljempänä kohdassa 313 on esitetty.

Puuston hakkuuarvo hehtaaria kohden normaalimetsässä lasketaan seuraavalla likimääräisiä tuloksia antavalla kaavalla (vrt. L ö n n r o t h 1930, s. 758):

$$H = \frac{10 (H_{10} + H_{20} + \dots + H_{u-10} + \frac{H_u}{2})}{u}$$

missä H = hakkuuarvo ja u = kiertoaika. Vuotuisen puhtaan tuoton laskemiseksi u -vuotista kiertoaikaa käytettäessä lisättiin puuston hakkuuarvoon u -vuoden iällä harvennustulot aiempien 5:een päätyvien ikävuosien kohdalta ja summasta vähennettiin vuotuiset kulut, minkä jälkeen erotus jaettiin u :lla. Puuston hakkuuarvot nähdään taulukon 1 sarakkeesta 2 ja puhtaat tuotot sarakkeesta 5.

Sarakkeessa 2 esitettyjen lukujen avulla lasketusta sarakkeesta 3 nähdään, että jatkettaessa kiertoaikaa 40 v:sta 50 v:ksi puuston hakkuuarvo lisääntyy 15 600 mk:lla. Kiertoajan jatkaminen merkitsee metsänomistajalle siis tällaista säästämistä metsäänsä. Tietenkään ei voida yleensä ajatella, että hän voisi näin menetellä luopumatta vaihtoehtoisista sijoituksista tai ehkä ottamatta lainaa. Pääoman säilyttäminen metsässä siis tavallaan tietää määrättyjä kustannuksia (vrt. Pedersen 1947, s. 193). Hintaa, jolla pääoma on käytettävissä, voidaan ilmaista määrätyn vaihto-

Taulukko 1. Esimerkki kiertoajan määrittämisestä.

Table 1. An example of determining the rotation.

Kiertoaika, v. Rotation, years	Puuston hakkuu- arvo Stumpage value of the growing stock	Hakkuu- arvojen erotus Difference of the stumpage values	Rajakustannus 4 %:n korkona Marginal cost at an interest of 4 per cent	Vuotuine puhtas tuotto Annual net income	Raja- tuotto Marginal revenue	Rajatuo- ton ja -kustan- nuksen erotus Difference between the marginal revenue and marginal cost	Raja- kannatta- vuus, % Marginal rate of return, per cent
1	2	3	4	5	6	7	8
mk/ha — marks per hectare							
40	22 780	—	—	1 297	—	—	—
50	38 380	15 600	624	2 504	1 207	+583	7.7
60	57 910	19 530	781	3 627	1 123	+342	5.7
70	81 140	23 230	929	4 704	1 077	+148	4.6
80	108 280	27 140	1 086	5 679	975	—111	3.6
90	137 810	29 530	1 181	6 296	617	—564	2.1
100	167 670	29 860	1 194	6 734	438	—756	1.5
110	196 810	29 140	1 166	7 060	326	—840	1.1

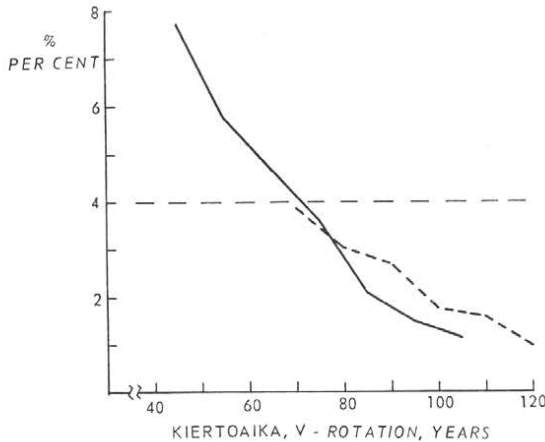
ehtoisen korkosadanneksen avulla. Sadannekseksi tässä esimerkissä oletetaan 4. Em. erotuksesta, 15 600 mk:sta, 4 % on 624 mk. Tämä määrä nähdään sarakkeesta 4, jonka otsakkeessa vm. markkamäärää on sanottu rajakustannukseksi. (Olisi ehkä sanottava differentiaalikulustannuksiksi; vrt. Pedersen mt., s. 88.) Vastaavalla tavalla, siis 10 v:n eroin laskettu kiertoaikoja käyttäen, on saatu muutkin sarakkeiden 3 ja 4 luvut. Rajakustannusten havaitaan kasvavan aina 10 v:n iälle saakka.

Sarakkeesta 5 näkyviä vuotuisia puhtaita tuottoja käyttäen on laskettu erotukset samaan tapaan kuin edellä ja merkitty ne rajatuottoa kuvaavaan sarakkeeseen 6. Luvut osoittavat, kuinka paljon vuotuinen puhdas tuotto

lisääntyy jatkettaessa kiertoaikaa 40 v:stä 50 v:ksi, tästä 60 v:ksi jne. Lisäys on verraten suuri aluksi, mutta jo 100 v:n tienoilla melko vaatimaton.

Nyt voidaan käydä päättelemään, mikä on edullisin kiertoaika ko. edellytysten vallitessa. Tämä tapahtuu sarakkeiden 4 ja 6 avulla lasketusta sarakkeesta 7. Niin kuin aiemmin on mainittu, on vain haettava se kohta, jossa rajakustannus tulee rajatuottoa suuremmaksi. Kiertoajan jatkuessa 60 v:stä 70 v:ksi on rajatuotto vielä selvästi suurempi kuin rajakustannus, mutta jatkettaessa kiertoaikaa 70 v:stä 80 v:ksi rajatuoton ja -kustannuksen suhde on päinvastainen. Optimikiertoaika on siis n. 70 v.

Sarakkeiden 4 ja 7 esittäminen ei vastaisissa laskelmissa ole tarpeellista, mutta sen sijaan voidaan laskea suoraan sarakkeissa 6 ja 3 esitettyjen lukujen sadannessuhde. Näin saadaan selville suhteellinen rajatuotto, jota tässä tutkimuksessa vastedes sanotaan rajakannattavuudeksi (vrt. Dickson 1956, s. 54) ja joka nähdään sarakkeesta 8. Yhtenäinen murto-



Kuva 2. Rajakannattavuus puolukkatyyppin männikoissä.
Fig. 2. Marginal rate of return in pine stands of *Vaccinium* site type.

viiva kuvassa 2 esittää rajakannattavuuden kehitystä. Se on saatu yhdistämällä peräkkäisten kiertoaikojen keskikohdalle (5:een päättyvän vuosiluvun kohdalle) merkityt rajakannattavuutta osoittavat sadannesluvut. Mikäli vaihtoehtoiseksi korkosadannekseksi ajatellaan 4:ää, nähdään myös kuvasta, että suositeltava kiertoaika on n. 70 v., koska rajakannattavuus pitempiä kiertoaikoja käytettäessä jää pienemmäksi. — Kuvassa näkyvän katkoviivan tarkoitusta selostetaan myöhemmin.

Taulukkoa 1 tarkasteltaessa saattaa herättää ihmetystä se, että 4 %:n vaihtoehtoista tuottoa edellytettäessä optimikiertoajaksi saadaan 70 v., vaikka puhdas tuotto pitempiä kiertoaikoja käytettäessä on huomattavasti suurempi. Esim. 100 v:n kiertoajalla puhdas tuotto 6 734 mk on vielä 4 %

puuston hakkuuarvosta 167 670 mk:sta. Vaikka vm. arvon sellaisenaan ei suinkaan tarvitse edustaa metsän todellista arvoa ha:ia kohden, tekee ehkä mieli kysyä: eikö paremminkin juuri 100 v:n kiertoaika olisi todellisuutta lähempänä? Eikö siis kriteeriksi olisi otettava keskimääräinen kannattavuus eikä rajakannattavuus? Vastaus muodostuu kielteiseksi, niin kuin seuraavasta havaitaan.

Mikäli metsänomistaja noudattaa 100 v:n kiertoaikaa, metsän vuotuinen puhdas tuotto on siis 6 734 mk. Jotta hänen tulojensa ei tällöin tarvitse olla maksimissaan käy ilmi siitä, että lyhentämällä kiertoajan 70 v:ksi hän saattaisi vähentää puustoa 86 530 mk:n arvosta hehtaaria kohden. Tämä määrä sijoitettuna johonkin toiseen vaihtoehtoon tuottaisi 4 %:n mukaan 3 461 mk vuodessa. Kun vuotuinen puhdas tuotto metsästä 70 v:n kiertoajalla on 4 704 mk, tekevät mainitut määrät yhteensä 8 165 mk eli hyvän joukon enemmän kuin 100 v:n kiertoajan antama puhdas tuotto 6 734 mk. Samaan tapaan voidaan osoittaa, ettei mikään muukaan kiertoaika — myöskään lyhempi — voi olla n. 70 v:n pituista edullisempi.

23. Laskentatavan tarkastelua

Rajakannattavuuteen perustuvan kiertoajan määrittämisen tarkoituksena on saattaa metsätalouden harjoittajan taloustulos mahdollisimman edulliseksi. Mutta niin kuin aiemmin (ss. 10—13) on käynyt ilmi, jo kauan on ollut tarjolla kaksi muuta rahalaskelmiin perustuvaa kiertoaikaa, nimittäin korkeimman metsänkoron ja korkeimman maankoron kiertoajat. Myös näiden kiertoaikojen yhteydessä on kysymys taloustuloksen saattamisesta maksimiinsa tietyllä tavalla. Herää kysymys: miten edellä esitetty laskentatapa liittyy mainittuihin entisiin, »klassillisiin» periaatteisiin kiertoajan määrittämiseksi?

Korkeimman metsänkoron kiertoajan ja rajakannattavuuteen perustuvan kiertoajan keskinäinen yhteys on seuraava: Edellinen vastaa pituudeltaan sellaista jälkimmäisellä periaatteella laskettua kiertoaikaa, jossa rajakannattavuus = 0 %. Korkeimman metsänkoron kiertoaikaa edustaa näet se vuosimäärä, jolloin vuotuinen puhdas tuotto saavuttaa maksiminsa. Tänä ajankohtana rajatuotto ja samalla myös rajakannattavuus = 0.

Yhteys korkeimman maankoron kiertoaikaan on mielenkiintoinen. Tämä kiertoaika määrätyn korkosadanneksen perusteella laskettuna on likimain sama kuin muuten samoilla edellytyksillä laskettu ja samaan vaihtoehtoiseen korkosadannekseen perustuva rajakannattavuuden kiertoaika. Näin siitä huolimatta, että vm:ssa käytetään hyväksi normaalimetsän koostamista sekä itse puustopääoman hakkuuarvojen erotuksia, kun taas maankoron laskennan luonteenomainen piirre on paljaalle maalle perustettavasta

yhdestä metsiköstä lähteminen ja eri ajankohtien suoritteiden ja kustannusten saattaminen verrannollisiksi koronkorkolaskulla. Sen sijaan itse puustopääomaan ei v. m. laskennassa kiinnitetä huomiota.

Juuri selostetun kahden kiertoajan keskinäisen yhteyden osoittaminen matemaattisin keinoin ei ole aivan yksinkertaista, mutta kokeellisesti voidaan asia kyllä helposti todeta. Tämän kirjoittaja on kyseisessä mielessä suorittanut laskelmia useiden eri kehityssarjojen perusteella. Yleensä on niissä voitu havaita, että sijoitettaessa rajakannattavuutta osoittava sadannesluku peräkkäisten kiertoaikojen puoliväliin kuten kuvassa 2 (s. 19), rajakannattavuuden tietä saatu kiertoaika on n. 5 v. lyhempi kuin maankorkolaskelman osoittama. Käytettäessä siis 10 v:n välejä kiertoaikaa laskettaessa olisi mahdollisimman identtisten tulosten saavuttamiseksi rajakannattavuutta osoittava sadannesluku sijoitettava pitemmän kiertoajan kohdalle. Tällainen jakson loppuun sijoittaminen ei kuitenkaan näytä olevan teoreettisesti perusteltua (vrt. D a v i s 1954, s. 424). Milloin uudistushakkuut ajatellaan suoritettaviksi useassa vaiheessa kuten tämän tutkimuksen jäljempänä esitetyissä laskelmissa, ja pitemmän kiertoajan kehityssarja ei ole aivan suoranaista jatkoa lyhemmän kiertoajan laskennassa perusteena olevalle sarjalle (vrt. S t r i d s b e r g 1956, s. 16), voivat eroavuudet tuloksissa olla jonkin verran suurempia. Kokeeksi suoritetuissa vertailuissa ne saattavat tässä tutkimuksessa olla joskus 10—12 v. Yleensä kuitenkin tulokset näyttävät olevan, niin kuin jo mainittiin, likimain identtisiä.

Kysymyksessä olevan tulosten samankaltaisuuden on jo aiemmin todennut S t a g e (1952), joka esittää ilmiön selitykseksi seuraavaa: »In each case, the assumption is made that investments must return at least a certain rate of interest. In the marginal analysis this is the alternative rate of interest, and in the soil expectation value approach it is the rate of capitalization. Also, they are both designed to yield the greatest net return on the investment. Hence, it is not illogical for the two methods to yield identical results.» Myös D a v i s (1954, ss. 241—242) on kiinnittänyt huomiota kysymyksessä olevia eri tapoja käyttäen saatujen tulosten yhtäläisyyteen sekä siihen, että korkeimman metsänkoron kiertoaika on sama kuin korkeimman maankoron kiertoaika, jossa korkosadanneksena käytetään nollaa. Tämä ei kuitenkaan merkitse sitä, että edellinen olisi katsottava korkoa tuottamattomaksi kiertoajaksi. Jo edellisiä varhemmin on ainakin A b e t z (1929, ss. 295—296) korostanut, että korkeimman metsänkoron kiertoaika on vain korkeimman maankoron kiertoajan erikoistapaus.

Mainittakoon, että eri metsänhoito-ohjelmien edullisuutta valaisevien laskelmien suoritushakkuun joko normaalimetsän koostamisesta tai koronkorkolaskun käytöstä lähtien on S a a r i (1954) äskettäin selostanut. Hänen esityksensä ei kuitenkaan välittömästi liity nyt kysymyksessä ole-

vien kaltaisiin kiertoaikalaskelmiin. Sen sijaan Jonson (1913, ss. 102—103; vrt. Dickson 1956, ss. 53—54) on käyttänyt jo verraten kauan aikaa sitten normaalimetsän koostamista kiertoaikalaskelmissa tavalla, johon on tullut rajakannattavuuden ajatus, vaikkakaan hän ei ole sitä kehitellyt pitemmälle.

Rajakannattavuutta laskettaessa edustaa tuotantoon sidottu pääoma olennaista tekijää, josta puusto muodostaa ainakin suomalaisissa oloissa yleensä valtaosan. Mikäli nyt suoritettussa tutkimuksessa olisi tarpeen tuntea metsän hehtaariarvot eri kiertoaikoja käytettäessä, olisi sitä varten suoritettava perusteellinen ongelman tarkastelu ja pyrittävä ottamaan huomioon erilaiset asiaan vaikuttavat tekijät (metsän pinta-ala, taimistojen ja nuorten metsiköiden määrä jne.). Nyt kuitenkin mainittuja hehtaariarvoja ei tarvita, vaan ainoastaan eri kiertoaikoja sovellettaessa tarpeellisten pääoma-arvojen erotukset on välttämätöntä tuntea. Tässä mielessä riittää, kun selvitetään puuston hakkuuarvojen erotukset; ne ovat realistavissa (Abetz 1929, s. 295). Nämä ilmoittavat seuraavan perustiedon: kuinka paljon pääomaa tarvitaan lisää sovellettaessa lähinnä pitempää kiertoaikaa? Tai ehkä erotuksen merkitys on paremmin käsitettävissä päinvastaisessa kysymyksessä: paljonko pääomaa voidaan vapauttaa sovellettaessa lähinnä lyhempää kiertoaikaa (vrt. Endres 1911, ss. 258—259)? Tarkastelutapa edellyttää tavallaan lisäolettamusta siitä, että lyhemmän tai pitemmän kiertoajan käyttöön voidaan siirtyä alueella välittömästi ilman siirtymävaihetta. Käytännössä tällainen tietenkin on mahdotonta, mutta muutokset on käsitettävä sellaisten ajatuskokeiden luonteisiksi, joilla voidaan selvittää kysymyksessä olevaa ongelmaa.

Rajakannattavuuteen perustuvan kiertoajan periaate tuntuu aiemman tarkastelun nojalla luonnolliselta. Tämän, normaalimetsän koostamisesta lähtevän kiertoajan kelpoisuutta ei heikennä se, että tulokset ovat samankaltaisia niiden kanssa, jotka tunnetulla Faustmannin kaavalla saadaan laskettaessa korkeimman maankoron kiertoaika. Mainitun kaavan antamia tuloksia metsämaan raha-arvon laskennassa voidaan arvostella (esim. Keltikangas 1947, ss. 38—40). Tämä ei kuitenkaan välttämättä merkitse, että kaavasta voitaisiin sanoa samaa harkiten suoritettussa kiertoajan laskennassa. Vm. tehtävä ja metsämaan arvon laskenta ovat eri asioita. Tosin ei voida kieltää, että myös kiertoajan laskennassa maankoron periaate ja samalla ilmeisesti myös rajakannattavuuden tarkastelu voivat johtaa luonnottomiin tuloksiin, ellei huomioon oteta kaikkia asiaan vaikuttavia näkökohtia (vrt. Davis 1954, s. 242). Vika ei ole kuitenkaan itse menetelmissä, vaan niiden virheellisessä soveltamisessa (vrt. Dickson 1956, s. 70).

Mainittakoon, että Abetz (1929, ss. 294—296) on pitänyt Faustmannin kaavaa kiertoajan laskentaan soveltumattomana,

mutta katsonut rajakannattavuutta vastaavilla laskelmilla olevan tärkeitä etuja kyseisessä mielessä. *A betzin* esittämät näkökohdat tuntuvat kyllä perustelluilta, mutta on huomattava se edellä ilmi käynyt seikka, että mainitulla kaavalla voidaan saada kutakuinkin samoja tuloksia kuin rajakannattavuutta tarkastelemalla.

Korkeimman metsänkoron kiertoajan soveltumattomuus yleiseksi ohjeeksi liiketaloudellisessa mielessä on jo aiemmin sanotusta käynyt ilmi. Välttämätöntä näet on yleensä kiinnittää huomiota siihen, millaisella pääomalla tulokset saavutetaan. Laskentamenetelmä on siten valittava, että käytettävissä olevasta pääomasta saadaan kokonaisuutta ajatellen mahdollisimman edullinen tulos (vrt. *E n d r e s* 1911, s. 258). Liiketaloudellisissa laskelmissa ei voida sivuuttaa ns. vähenevän tuoton lakia, minkä korkeimman metsänkoron kiertoaika kuitenkin tekee (vrt. *T h o m s o n* 1942, s. 45, 67), niin kuin esim. taulukon 1 (s. 18) perusteella voidaan päätellä (vrt. sarakkeita 4 ja 6). Voidaan myös sanoa, että mikäli vm. kiertoaika otetaan ohjeeksi, tämä asiallisesti merkitsee samaa kuin että metsänhoito käsitetään itsetarkoitukseksi. Näin ei tietenkään elävässä elämässä voi yleensä olla.

Edellä laskentamenetelmään nähden omaksutun kannan tueksi voidaan tarkastella muissa Pohjoismaissa vallitsevaa käytäntöä viimeaikaisten julkaisujen perusteella. Tanskasta on ensimmäisenä mainittava *G r ø n i n* (1943) perusteellinen kiertoajan käsittely, jossa hän selvästi asettuu puoltamaan rajakannattavuutta kriteerinä (mt., ss. 114—115). Samalla kannalla ovat *J ø r g e n s e n* ja *H e r m a n s e n* (1950, s. 353) todetessaan seuraavaa: »Den økonomisk fordelagtigste omdriftsalder er den, der tillader med de mindst mulige midlers anvendelse at opnå det størst mulige udbytte i penge eller erhvervsmaessigt konsum (f. eks. opskæring på eget savværk). For at opnå dette må omdriftsalderen principielt fastlægges ved en graenskalkulation efter rentabilitetsprincippet. Mere direkte udtrykt vil dette sige, at bevoksningen overholdes indtil det tidspunkt, da merinvesteringen (marginalinvesteringen, differensinvesteringen) netop forrentes med ejerens individuelle rentefod.» Samalta periaatteelliselta kannalta lähtien on *H e r m a n s e n* (1953 a; 1953 b) myöhemmin jatkanut asian käsittelyä.

Myös Norjassa ollaan samoilla linjoilla kuin Tanskassa, kuten useista tutkimuksista havaitaan (*S e i p* 1948; *J ø r g e n s e n* ja *S e i p* 1954; *J ø r g e n s e n* i. a.; *J ø r g e n s e n* ja *S v e n d s r u d* 1957). Varsinaisten kiertoaikakysymysten sijasta Norjassa on pyritty erityisesti selvittämään suhteellista hakkuukypsyyttä.

Aiemmin (s. 12) jo viitattiin Ruotsissa eri periaatteiden edustajien kesken käytyihin pitkiin kiistoihin. Niissä on kannattavuusperiaate (räntabilitet, lönsamhet) päässyt selvästi voitolle, mistä yhtenä osoituksena on tähän periaatteeseen nojautuva v:n 1948 metsänhoitolaki. Viime vuosina

ovat kiertoaikaa siellä tarkastelleet mm. Dickson (1953; 1956) ja Stridsberg (1953; 1954; 1956).

Kaiken edellä sanotun jälkeen ei näyttäisi jäävän kovin suuria epäilyksiä itse pääperiaatteeeseen nähden kiertoajan laskentamenetelmässä. Mutta tämän yleisen rungon puitteissa voidaan menetellä monilla eri tavoilla ja saada hyvin erilaisia tuloksia. Niinpä ei yhdessäkään juuri mainituista skandinaavisista tutkimuksista ole laskennassa ja tulosten esittämisessä käytetty samaa tapaa kuin tässä tutkimuksessa jäljempänä, vaikka menetelmän pääperiaate onkin itse asiassa sama. Lisäksi syntyy käytännöllisessä kiertoajan määrittämisessä eroavuuksia siinä, minkä verran kulloinkin otetaan huomioon muita kuin rahallisissa laskelmissa esille tulevia näkökohtia. Näihinkin pyritään tässä tutkimuksessa huomiota kohdistamaan tietoisena siitä, että pelkät rahalaskelmat saattavat johtaa harhaan.

24. Laskelmien korkosadannes

Laskelmissa käytettävä korkosadannes on yksi kaikkein merkitsevimmistä tekijöistä kiertoajan pituutta määritettäessä. Tämän voi havaita esim. kuvasta 2 (s. 19), jonka perusteella puolukkatyyppin männiköille saadaan erilaisia kiertoaikoja korkosadannesta muutettaessa. Yleinen suunta on, että kiertoaika jatkuu sadanneksen pienetessä. Tällöin näet pääoman sitomisesta aiheutuvat suhteelliset kustannukset pienenevät, joten sen lisääminen ja samalla kiertoajan jatkaminen käy mahdolliseksi. Kuitenkin on heti aluksi huomautettava siitä, että kysymyksessä olevan kaltaisessa tarkastelussa korkosadanneksen vaikutus voi tulla jossain määrin liioitteluksi. Kuvassa 2 esitetty rajakannattavuuden kehitys on nimittäin laskettu tavallaan sillä edellytyksellä, että metsänhoito-ohjelma säilyy samana riippumatta vallitsevasta korkokannasta. Tämän kohotessa saattaa kuitenkin todellisuudessa herätä kysymys siirtymisestä ekstensiivisempään taloudenpitoon ja samalla pitempään kiertoaikaan, mikä tietää vastavaikutusta sille lyhyempään kiertoaikaan vievälle suunnalle, jonka korkosadanneksen nousu muuten tuo mukanaan (Jørgensen ja Hermansen 1950, s. 380; Stridsberg 1956, ss. 17—18). Mainitun vastavaikutuksen merkitystä ei ole mahdollista selvittää tässä työssä, eikä sitä ole tehty yleensäkään vastaavissa tutkimuksissa.

Samalla kun käytettävä korkosadannes siis on hyvin tärkeä tekijä, sen suuruuden päättelemine ei ole aina yksinkertaista. Oikea sadannes ei yleensä ole suinkaan sama kuin pankista saatava tai sinne maksettava korko, joka kyllä tavallisesti on tarkoin, esim. 1/4 %:n tarkkuudella määrätty. Tämä jokapäiväisestä elämästä tuttu sadannes voi kuitenkin jonkin ajan kuluttua, riippuen monista erilaisista tekijöistä, muuttua huomattavasti. Kiertoaikaa koskevia ratkaisuja, joiden vaikutukset ulottuvat

monien vuosikymmenien, ehkä vuosisadan taakse, ei tietenkään voida kyseisessä mielessä tehdä vain hetkellisen tilanteen nojalla.

Varhemmista kiertoaikaa koskevista laskelmista on tunnettu ns. metsätaloudellisen korkosadanneksen ajatus (esim. *Endres* 1911, ss. 20—25; *Judeich* ja *Neumeister* 1923, ss. 85—87). Tämän sadanneksen katsottiin yleensä olevan »yleisten» korkosadannesten alapuolella, ehkä useimmin 2 ½—3 %:n vaiheilla. Tällaisia, ehkä alhaisilta näyttäviä sadanneksia on viime vuosinakin yleisesti käytetty kiertoaikalaskelmissa mm. sekä Ruotsissa että Norjassa (*Petterson* 1950; *Jørgensen* ja *Svendstrud* 1957). Suomessa *Saari* (1940, s. 14) on korostanut, että jouduttaessa samanaikaisesti suorittamaan erilaisia arvioita, joissa korkosadannes tulee esille, metsälle olisi käytettävä samaa sadannesta kuin muillekin omaisuuden osille. Tähän vedoten *Kallio* (1957, ss. 101—102) on käyttänyt korkeimman maankoron kiertoaikaa laskiessaan korkosadanneksena 5:ttä. Em. korkosadanneksia keskenään verrattaessa on kuitenkin huomattava, että ne perustuvat eri maiden oloihin ja ovat eri aikoina esitettyjä.

Korkosadannesta valittaessa on suositeltu myös turvautumista erilaisiin sadanneksiin eri tapauksissa. Tällaisessa käytännössä voidaan taustaksi ajatella esim. sitä, että ns. vaihtoehtoinen tuotto ratkaisee, kuinka pitkää kiertoaikaa kannattaa käyttää. Ne varat, jotka metsätalouden harjoittaja saisi käytettäväkseen siirtyessään lyhempään kiertoaikaan, edustavat tiettyä arvoa, joka voidaan ilmaista määrätyn korkosadanneksen avulla, »a premium on current funds as against future dollars» (*Duerr* ja *Bond* 1952). Tämän sadanneksen suuruus voidaan määrittää esim. arvioimalla saaduilla rahoilla ostettavan uuden metsäalueen tai ehkä hankittavien obligatioiden antama tuotto. Riippuen tällaisten tilaisuuksien esiintymisestä, omistajan kiinnostumisesta erilaisiin sijoituksiin jne., korkosadannes on eri tapauksissa erilainen saattaen lähetä jopa nolaa (vrt. *Davis* 1954, s. 425).

Siihen, että kiertoaika on riippuvainen metsätalouden harjoittajan yksilöllisestä korkokannasta, ovat mm. *Jørgensen* ja *Hermansen* (1950, ss. 368—369) kiinnittäneet huomiota. Myöhemmin *Jørgensen* (i.a.) on lähemmin tarkastellut korkosadanneksen ja sitä tietä kiertoajan riippuvuutta omistajan taloudellisesta asemasta. Hän on korostanut, että eri sijoitusmahdollisuuksia täytyy tarkastella kunkin metsälön sisällä ja tehdä päätös sen mukaan. Edelleen *Heiberg* (1942) katsoo eri suurten sadannesten käytön luonnolliseksi eri omistajaryhmien metsissä mainiten ohimennen esimerkkeinä yksityisten 5 % ja valtion 2 %. Mutta tämänkaltaiset eri tasot ovat esiintyneet jo *Presslerillä* (1859, ss. 8—10; vrt. *Dickson* 1956, s. 65). Suomessa on tällaisia mielipiteitä esittänyt *Heikkilä* (1930, ss. 764—766).

Metsätalouden harjoittajia on varsin erilaisia. Metsä on heille taloudellisen toiminnan väline, jonka tulee antaa mahdollisimman edullinen tulos omistajalle. Erilaisista edellytyksistä lähdettäessä ei myöskään käytettävän korkosadanneksen tarvitse muodostua samaksi, vaan se on pyrittävä mukauttamaan todellisiin olosuhteisiin. Kiertoaikaa koskevien ratkaisujen pitkäjännitteisyys näyttäisi kuitenkin aiheuttavan sen, ettei esim. enemmän tai vähemmän tilapäisiksi jääviä, rahanarvopoliittisen kehityksen tuomia äärimmäisen suuria sadanneksia ole laskelmissa käytettävä; sellaisten kuin 8:n, jopa suurempien sadannesten käyttö on luonnotonta.

Tässä tutkimuksessa laskelmia ei suoriteta vain määrätyn korkosadanneksen nojalla, vaan tulokset esitetään verraten laajalle vaihtelualueelle, alarajana yleensä n. 1.5, ylärajana 6—8 %. On siis tavallaan omaksuttu *Abetzin* (1929, s. 292, 295) näkemys, että käytännössä voivat olla mahdollisia kaikki korkosadannekset 0:sta ns. käypään (*landesüblich*) korkosadannekseen saakka. Edellä suoritettu tarkastelu on perusteluna tälle esitystavalle sekä suppeana johdantona kiertoaajan laskennassa käytettävän korkosadanneksen valintaa koskeviin ongelmiin. Niin kuin jo aiemmin mainittiin, nämä ongelmat ovat usein vaikeita. Niinpä esim. tavanomainen riskin huomioonottaminen korkosadanneksessa (esim. *Guttenberg* 1950) voi johtaa päinvastaiseen tulokseen kuin on alunperin pyritty (*Dickson* 1956, s. 87). Tiettyjä näkökohtia on otettava huomioon myös suoritettaessa laskelmia inflaation jatkuessa. Mielenkiintoinen on esim. päätelmä, että rahan arvon huonotessa olisi käytettävä alhaisempaa korkosadannesta kuin muuten (esim. *Streyffert* 1938, ss. 77—78; *Dickson* 1956, ss. 79—82). Näiden kysymysten lähempi tarkastelu kuitenkin sivuutetaan tässä tutkimuksessa.

3. Suoritetut laskelmat ja niiden tulokset

31. Perusteita

311. Metsikön kehitys

3111. Käytettävissä olleet aiemmat kehityssarjat

Metsäntutkimuslaitoksen työohjelmaan on v:sta 1948 alkaen kuulunut toistuneilla kasvatushakuilla käsiteltyjen metsiköiden kehityksen tutkiminen käyttäen pääasiallisesti kertamittauksiin perustuvia koealoja. Nytemmin on metsänarvioimisen osastossa saatu valmiiksi kaikkia kolmea pääpuulajia koskevat tulokset Etelä-Suomen osalta. Käsillä olevassa tutkimuksessa käytetään niistä hyväksi seuraavia kehityssarjoja: männikkö mustikka-, puolukka- ja kanervatyypeillä (N y y s s ö n e n 1954; 1957), kuusikko käenkaali-mustikka- ja mustikkatyypeillä (V u o k i l a 1956; 1957) sekä rauduskoivikko käenkaali-mustikkatyypillä (K o i v i s t o 1957). Näissä tutkimuksissa esitetyt puutavaralajien tuotosta koskevat lukusarjat muodostavat yleensä sellaisinaan tarvittavan lähtökohdan.

Kun mainitut kehityssarjat kuvaavat vain harvennushakuilla käsiteltyjä metsiköitä, on suunta puuston kuutiomäärän kehityksessä iän lisääntyessä jatkuvasti nouseva. Sellaisten kehityssarjojen perusteella voidaan suorittaa kiertoaikalaskelmia oikeastaan vain olettamalla puuston kehitys avohakuuseen päättyväksi. Kuitenkin suomalaiseseen metsänhoitoon kuuluu yleensä metsikön myöhemmällä iällä puuston asteittainen vähentäminen, jotta yleisesti tavoitteena oleva luontainen uudistaminen kävisi mahdolliseksi. Kun kysymyksessä oleva vaihe voidaan nimenomaan kiertoaikalaskelmia silmällä pitäen katsoa hyvin merkitseväksi, on se pyrittävä ottamaan huomioon niin todenmukaisena kuin mahdollista.

Aiemmin on K a l l i o (1957) kuusikoiden kiertoaikoja laskiessaan pyrkinyt sisällyttämään asteittain tapahtuvan uudistamisen tarkasteluunsa. Kun kuitenkin hänen esittämänsä samoin kuin kirjoittajan (N y y s s ö n e n 1954) hyvin voimakkaasti käsiteltyjä männiköitä koskevat tulokset katsottiin riittämättömiksi nyt suoritetussa tutkimuksessa, päädyttiin siinä lisäaineiston hankkimiseen.

3112. Lisäaineiston keruu ja käsittely

Lisäaineiston keruu kohdistettiin männikköihin ja kuusikkoihin samoilla metsätyypeillä, joilta edellisessä luvussa mainitut perussarjat ovat. Keruussa rajoituttiin varttuneisiin metsikköihin pitämällä kuitenkin silmällä sitä, että puuston kuutiomäärä oli selvästi pienempi kuin toistuvasti harvennetuissa metsiköissä keskimäärin. Viimeisestä voimakkaasta hakkuusta kuluneen ajan tuli olla vähintään 6—7 v. ja mitatun koealan suuruuden 0.25—0.50 ha. Koealoille asetetut muut vaatimukset olivat muuten samanlaiset kuin jo mainituissa Nyysösen (1954) ja Vuokilan (1956) tutkimuksissa.

Sen jälkeen kun tutkimuskohteita oli etukäteen tiedusteltu metsänhoitolautakuntien välityksellä, suoritettiin maastotyöt kesä-heinäkuussa 1957. Myös mittausmenetelmät olivat pääpiirteissään samat kuin äsken mainituissa tutkimuksissa aina kannoista tapahtuvaa poistuman selvittämistä myöten. Lisätöinä oli kuitenkin mm. tukkiluvun arvioiminen koepuista (vrt. Sahapuiden . . . 1956) sekä nimenomaan nyt ko. tarkoitusta varten suoritettu kairanlastujen keruu kasvun ilmastollisten vaihteluiden selvittämiseksi. Koeputa kuutiomäärän ja kasvun selvittämiseksi Ilvessalon (1948) taulukoilla otettiin nyt suhteellisesti runsaammin kuin aiemmin. Lisäksi otettiin kultakin metsätyypiltä sekä männiköistä että kuusikoista, yhteensä 5 koealametsiköstä, yleensä 10 tarkemmin tutkittua pystykoeputa. Läpimitta, kuori sekä viime 5-vuotiskauden kasvu mitattiin näistä puista 2 m:n välimatkoin. Tehtävä suoritettiin kiipeämällä puihin joko lähes latvaan saakka tai vaihtoehtoisesti 12 m:n korkeudelle, jolloin siis tärkeä tyviosa 13 m:n korkeudelle saakka tuli selvitettyksi. Vm. tavalla tutkittiin yleensä 5 puuta kussakin metsikössä. Tarkoituksena oli selvittää, näyttävätkö kasvunlaskentataulukot antavan todellista suurempia tuloksia näissä voimakkaasti hakatuissa metsiköissä, mihin suuntaan käyviä tuloksia oli aiemmin havaittu voimakkaasti harsituissa männiköissä (Nyysönen 1952).

Yhteensä käsitti lisäaineisto 30 koealametsikköä, niistä 16 männikköä ja 14 kuusikkoa. Tutkimusmetsiköitä kuvaavia tietoja esitetään taulukossa 2 (ss. 80-81). Muut koealoja koskevat tulokset laskettiin tavalliseen tapaan, mutta kasvun kohdalla suoritettiin em. metsämittausten tarpeelliseksi osoittamia korjauksia. Ensiksi tarkasteltiin kasvunlaskentataulukoiden antaman tuloksen luotettavuutta. Kiipeämällä analysoitujen puiden perusteella laskettiin niiden »todellinen» kuutiokasvusadannes, jolloin vain 13 m:n korkeudelle tutkittujen sadannes saatiin käyttäen apuna korkeammalle tutkittuja puita. Kasvunlaskentataulukoiden antaman tuloksen ja todellisenä pidetyn tuloksen erotusta verrattuna viimeksi mainittuun osoittavat seuraavat luvut:

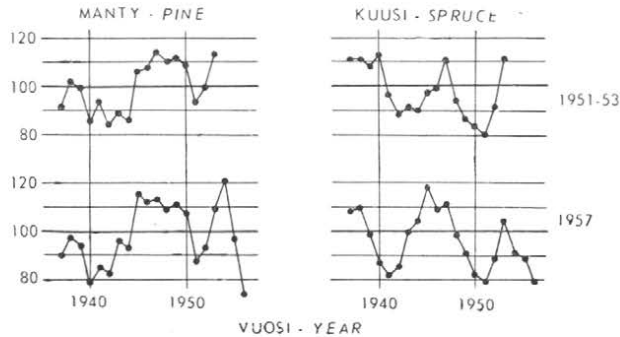
Mänty	MT	.....	Koeala	28	+ 5 %
»	VT	.....	»	6	+ 14 »
»	CT	.....	»	26	+ 6 »
Kuusi	OMT	.....	»	13	+ 9 »
»	MT	.....	»	19	— 3 »

Kun + merkki osoittaa tapauksia, joissa taulukoilla on saatu todellisena pidettyä suurempi tulos, havaitaan yleensä näin käyneen. Ei tosin voida odottaakaan, että tulokset olisivat täsmälleen samoja. Sitä paitsi ko. suuruusluokan erot merkitsevät varttuneiden, mutta verraten vähäpuus-toisten metsiköiden absoluuttisessa kasvussa melko vähän. Taulukoilla saadut tulokset olisi kenties voitu niin ollen jättää sellaisikseen muiden kuin em. analysoitujen metsiköiden kohdalla, joille nyt oli käytettävissä luotettavat tulokset. Mutta erojen johdonmukaisuus yhdessä aiemmin toisenlaisista metsiköistä saatujen tulosten kanssa (N y y s s ö n e n mt.) näyttäisi osoittavan korjaukset tarpeellisiksi nimenomaan tämänlaatuudessa työssä, jossa kysymys on ensi sijassa voimakkailla ja lievemmillä hakkuilla käsiteltyjen metsiköiden kasvun vertailusta. Sen johdosta korjaukset suoritettiin, vaikka ne jäivätkin aineiston pienuuden takia epävarmoiksi. Korjaus olisi ilmeisesti eri suuri erilaisissa metsiköissä vaihdellen mm. viime hakkuun jälkeisen reaktion voimakkuuden, puiden rungon muodon yms. tekijöiden mukaan. Tällaiseen erittelyyn ei kuitenkaan katsottu olevan perusteita, joten taulukoilla männiköille saadut kasvusadannekset kerrottiin luvulla 0.92 ja kuusikoille saadut luvulla 0.97. Tämän jälkeen kävi mahdolliseksi laskea metsiköiden kuorettomat kuutiomäärät — mahdollinen poistuma huomioon otettuna — viime 5-vuotiskautta silmällä pitäen vastaavalla tavalla kuin kirjoittajan (N y y s s ö n e n 1954, ss. 99—101) aiemmassa tutkimuksessa on tehty.

Toisena tehtävänä kasvun kohdalla oli tarkastella, aiheuttavatko kasvun ilmastolliset vaihtelut korjauksia tuloksiin. Aineisto sitä varten oli koottu samoilta seuduilta kuin varsinaiset koealatkin. Metsiköistä, jotka ainakin runsaasti 20 viime vuotta olivat olleet hakkuilta levossa, otettiin 10—15 puusta rinnantasalta lastut, joista oli mahdollista mitata vuotuiset sädekasvut 20 v:n ajalta. Lisäksi selvitettiin iät 2—3 puusta kussakin metsikössä. Aineistoa kertyi kaikkiaan 179 männystä ja 160 kuusesta. Sen käsittely suoritettiin seuraavasti.

Lastujen tultua mitatuiksi kunkin vuoden sädekasvut laskettiin koealoittain yhteen. Iän kasvaessa tapahtuvan vuosiluston kaventumisen vaikutus eliminoitiin M i k o l a n (1950, ss. 44—45) keskimääräisiä sadanneslukuja sekä koronkorkolaskun taulukoita hyväksi käyttäen. Tällöin meneteltiin siten, että tutkitun ajanjakson 1937—56 ensimmäisen vuoden (1937) sädekasvujen summa jätettiin muuttamatta, mutta mikäli kaventu-

minen oli arvioitu esim. 1.5 %:ksi, kerrottiin v:n 1938 summa luvulla 1.015, seuraava luvulla 1.030 jne., sekä vihdoin v:n 1956 summa luvulla 1.327. Vuosille 1937—50 näin saatujen uusien lukujen summalla jaettiin nyt III:ssa valtakunnan metsien inventoinnissa (Ilvessalo 1956, s. 138, 141) näille vuosille maan eteläpuoliskosta saatujen indeksilukujen summa (mänty 1 385, kuusi 1 379). Kun osamäärällä kerrottiin vuotuiset em. tavalla korjatut sädekasvujen summat, saatiin koealoittaiset indeksisarjat. Ne puulajeittain yhdistämällä saatiin lopulliset kasvuindeksit, joita kuvan 3 perusteella voidaan verrata III inventoinnissa selvitettyihin kasvuindekseihin (vrt. myös Ilvessalo 1957, s. 79, alaviittaus).



Kuva 3. Männyn ja kuusen kasvuindeksit vv:n 1951—53 sekä v:n 1957 aineiston perusteella.

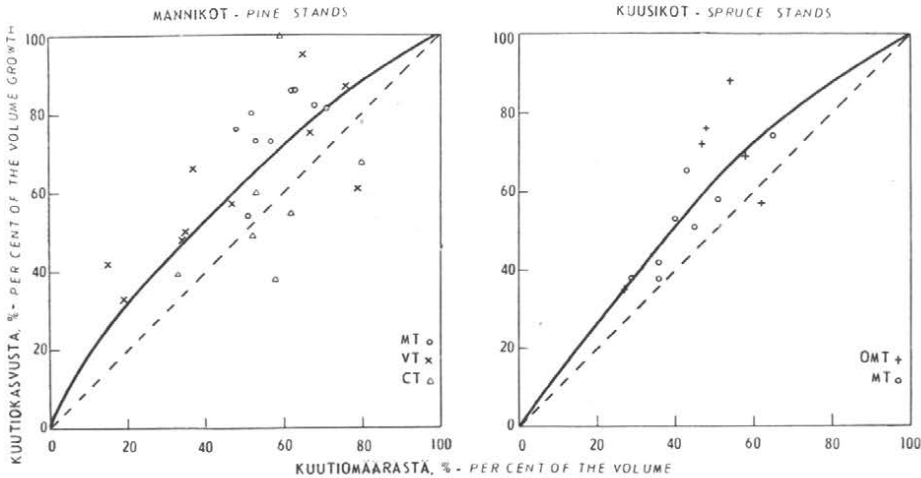
Fig. 3. Growth indices of pine and spruce according to the material of 1951—53 and 1957.

Männyn indeksisarjat vuosilta 1937—53 ovat varsin yhtäläisiä. Kuusen sarjojen kesken on suurempia eroja, mutta varsinkin vuosina 1947—53 sarjat ovat hyvin yhtäpitäviä. Näyttää siis siltä, että nyt käytetyllä menetelmällä saadut indeksiluvut soveltuvat tutkimusmetsiköiden kasvulukujen oikaisuun.

Kun indeksi on männyllä kasvunlaskentajaksona 1952—56 keskimäärin 99, ei näin vähäinen poikkeama 100:sta vaadi mitään korjausta. Sen sijaan kuusella vastaava indeksi on 90, joten korjaus suoritettiin kertomalla kuusikoiden vuotuiset kasvut luvulla 1.1. Näin olivat tutkimusmetsiköiden kasvuluvut valmiina jatkokäsittelyyn, jossa meneteltiin seuraavalla tavalla.

Aluksi laskettiin, kuinka monta sadannesta kunkin metsikön kuoreton kuutiomäärä on vastaavanikäisen toistuvasti harvennetun metsikön tasoitetusta kuutiomäärästä (Nyysönen 1954, ss. 102—105; Vuokila 1956, ss. 60—61). Samoin meneteltiin kuutiokasvuun nähden. Kasvunlaskentajaksoa (5 v.) vastaten metsikön ikänä käytettiin ko. laskennassa ikää jakson puolivälissä. Männikköihin voitiin tässä vaiheessa liittää 10 aiemmin mitattua, voimakkaasti käsiteltyä ns. A₂-koealaa (Nyysönen

1954, ss. 46—51); koealat 350, 473, 475 ja 479 jätettiin pois ikänsä takia. Näin oli käytettävissä yhteensä 26 männikköä ja 14 kuusikkoja. Kutakin koealametsikköä edustavat tulokset nähdään kuvasta 4. Puulajeittaisen erittelyn lisäksi kuvasta käy ilmi vain jaottelu metsätyypeittäin, sillä aineiston suppeuden vuoksi ei esim. jaottelu ikäluokkiin näyttänyt vastaavan tarkoitustaan. Kummallekin puulajille piirrettiin lopuksi tasoituskäyrä käyttämällä apuna keskiarvojen laskentaa.



Kuva 4. Uudistettavat metsiköt verrattuna toistuvasti harvennettuihin metsikköihin.

Fig. 4. Stands to be regenerated in relation to repeatedly thinned stands.

Ennen kuin tasoituskäyrien osoittamista tuloksista tehdään päätelmiä, on syytä huomauttaa parista näkökohdasta. Kuvan 4 tulokset on saatu melko yksinkertaisin vertailuin. Ei siis ole käytetty sellaista moniin muutujiin perustuvaa tarkastelua, joka ehkä parhaiten käy päinsä ns. regressioanalyysin tarjoamilla apukeinoilla ja johon kasvututkimuksissa varmaankin olisi usein pyrittävä. Liiallinen ongelman yksinkertaistaminen merkinnee siten virhemahdollisuuksia kuvan 4 antamiin tuloksiin. Tähän liittyvänä kysymyksenä on mainittava kuusikkoaineistojen hiukan erilainen alueellinen jakaantuminen (vrt. taul. 2 ss. 80-81 ja Vuokila 1956, s. 33) sekä mahdollisten boniteettierojen vaikutus. Verrattaessa nyt tutkittujen metsiköiden valtapituuksia vastaaviin aiempien metsiköiden keskimääriisiin lukuihin havaitaan edellisten useimmiten, ja erityisesti mustikka-tyypin kuusikoissa, olevan hieman jälkimmäisiä pienempiä; vain kanervatyypin männiköissä on keskimääräinen suhde päinvastainen. Toisaalta kuitenkin erot valtapitouden laskentamenetelmässä saattavat jonkin verran lisätä mainittuja eroavuuksia. Mutta siitä huolimatta ei ole suljettava pois sitä mahdollisuutta, että nyt suoritettava vertailu antaa hiukan

todellista pessimistisemmän kuvan voimakkaasti käsiteltyjen metsiköiden kasvusta.

Esitetyt varauksetkin huomioon ottaen ovat kuvasta 4 ilmi käyvät tulokset hyvin selvät ja sekä männyn että kuusen osalta samankaltaiset. Kun kuutiomäärä näissä varttuneissa ja nykyisten käsitysten mukaan yleensä mahdollisimman oikein suoritetuilla hakkuilla käsitellyissä metsiköissä on tuntuvasti pienentynyt, on seurauksena ollut myös kuutiokasvun väheneminen. Männiköiden kuutiomäärä on keskimäärin 46 % toistuvasti harvennettujen metsiköiden tasoitetusta kuutiomäärästä ja kuutiokasvu vastaavasti 58 %. Kuusikoissa vastaavat luvut ovat 54 ja 66 %. Kuutiokasvu ei siis ole vähentynyt suorassa suhteessa kuutiomäärän vähenemiseen, mutta toisaalta näyttää aivan ilmeiseltä, että ainakin silloin, kun varttuneissa metsiköissä kasvatetaan määrältään vähäisempää puustoa kuin kirjoittajan ja Vuokilan aiemmat kehityssarjat osoittavat, tämä tapahtuu kuutiokasvun kustannuksella. Näyttää siltä, että kyseisessä suhteessa on mm. Suomessa osoitettu taipumusta liialliseen rohkeuteen (esim. Sirén 1956).

Edellä on todettu, että männystä ja kuusesta saatava kuva on hyvin yhtäläinen juuri käsitellyssä mielessä. Mikäli kuitenkin ilmastollisista vaihteluista ja taulukoiden käytöstä aiheutuvia korjauksia ei olisi suoritettu, nämä puulajit olisivat näyttäneet melko erilaisilta. Voimakkaasti käsiteltyjen kuusikoiden kasvu näet on parantunut männikköihin verrattuna, koska taulukoiden antamia kasvutuloksia on kuusikoissa pienennetty vähemmän kuin männiköissä ja koska kasvuindeksien laskeminen on puolestaan suurentanut vain kuusikoiden lukuja. Nyt saatu männyn ja kuusen keskinäinen asema näyttää joka tapauksessa melko luonnolliselta.

Käsillä olevan tutkimuksen kannalta ovat kuitenkin tärkeimpiä kuvasta 4 näkyvät kuutiomäärän ja -kasvun keskimääräistä suhdetta esittävät tulokset sinänsä. Niitä nimittäin käytetään hyväksi täydennettäessä aiempia kehityssarjoja.

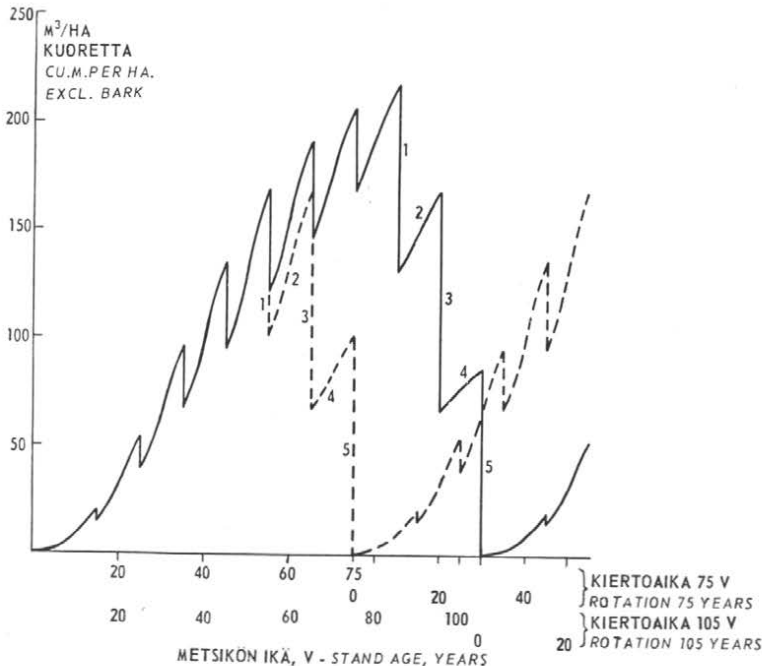
3113. Aiempien kehityssarjojen täydentäminen

Käsitykset siitä, millä tavalla hakkuut olisi metsikön kehityksen loppuvaiheissa suoritettava pidettäessä tavoitteena luontaista uudistamista, ovat Suomessa esim. parin viime vuosikymmenen kuluessa huomattavasti vaihdelleet. Tosin useiden viime vuosien kuluessa on jo miltei vakiintunut sellainen käytäntö, että männikön ja kuusikon uudistamisen tulee tapahtua selvästi eri tavoilla, edellisen siemenpuu-, jälkimmäisen suojuspuumenetelmällä. Nytemmin on kuitenkin tultu siihen käsitykseen, että suojuspuumenetelmä soveltuu myös männikön uudistamiseen (esim. Sarvas 1956).

Tämän käsityksen mukaisesti menetellään myös seuraavassa, kun tavoitteena on hahmotella metsikön kehitys uudistuskautena.

Suojuspuumenetelmään kuuluu yleensä hakkuiden suorittaminen 2—4 vaiheessa (vrt. M i k o l a 1956) riippuen siitä, miten pian taimisto saadaan uudistusosalalle syntymään. Tämän tutkimuksen laskelmiin on käsittelyä tietyllä tavalla kaavamaistettava, vaikka metsien hoidossa standardisoitu käsittely ei yleensä johdakaan edullisimpaan tulokseen. Sekä männiköistä että kuusikoista ajatellaan poistettavaksi puustoa samojen sadanneslukujen osoittamat määrät. Tällöin kuitenkin männiköt jäävät suojuspuuasennossa vähäpuustoisemmiksi kuin kuusikot.

Kehityksen kulku uudistuskauden aikana ajatellaan yksityiskohdissaan sellaiseksi kuin puolukkatyyppin kuutiomäärän kehitystä esittävästä kuvasta 5 voidaan nähdä. Kuva valaisee mainittua kehitystä käytettäessä kahta eri kiertoaikaa, joista toisessa päätehakkuu suoritetaan 75 v:n (katkoviiva), toisessa 105 v:n iällä (yhtenäinen viiva). Pystysuorat viivat tarkoittavat hakkuuita, jotka kaikki suoritetaan 5:een päättävien ikävuosien kohdalla. Piirrosta laadittaessa on ajateltu, että 0-vuosi on aluksi sattunut samaksi vuodeksi molemmilla kiertoaajoilla. Metsikkö kehittyy verraten pitkälle aiemmin esitettyjen kehityssarjojen osoittamalla tavalla (N y y s s ö n e n



Kuva 5. Metsikön kehityssarjain muodostaminen (selitys tekstissä).
Fig. 5. Composition of the series of stand development
(explanation p. 75).

1954; 1957). Tietyissä vaiheissa, nimittäin 20 v. ennen päätehakkuuta, suoritetaan väljennyshakkuu, jossa poistetaan 40 % metsikön kuutiomäärästä ja joka on merkitty kuvaan numerolla 1. Tämä puusto jää kehittymään 10 v. väljennysasennossa (2). Puuston kasvu tänä kautena samoin kuin myöhemmin puuston ollessa suojuspuuasennossa laskettiin seuraavasti.

Ensiksi arvioitiin karkeasti, mikä tulisi olemaan puuston keskimäärä väljennysasennossa, siis 0:aan päättyvän ikävuoden kohdalla. Sen sadannesuhde vastaavaan toistuvasti harvennettujen metsiköiden puustoon laskettiin. Kuvasta 4 nähtiin sitten vastaava kuutiokasvujen suhde. Sen perusteella saatiin kauden keskimääräinen kasvuluku toistuvasti harvennettujen metsiköiden kuutiokasvua apuna käyttäen. Koska kauden keskimääräistä puustoa ei voitu aina etukäteen arvioida kohdalleen, täytyi sen määrittämiseksi em. laskentaprosessi toistaa, kunnes tultiin oikeaan väljennyshakkuun jälkeiseen väljennysasennon alkupuustoon. Myös tiettyä yhtälöä käyttäen ratkaisu olisi voitu suorittaa, mutta selostettu menetelmä osoitautui joka tapauksessa käteväksi.

Väljennysasento päättyy suojuspuuhakkuuseen (3), jossa ajatellaan poistettavaksi 60 % kuutiomäärästä. Hakkuuta seuraavan suojuspuuasennon (4) kestänyt 10 v. suoritetaan päätehakkuu (5).

Uuden puusukupolven oletetaan seuraavan välittömästi vanhaa siten, että edellisen 0-vuosi sattuu vanhan polven päätehakkuuvuodeksi. Todellisuudessa vm. ajankohtana alalla usein on tyydyttävä taimisto, jonka ikä päätehakkuun ajankohdassa voitaisiin ehkä merkitä esim. 5 v:ksi. Niinpä runsaassa 40 %:ssa tutkituista lisäaineistoon kuuluvista metsiköistä, sekä männiköistä että kuusikoista, jo syntynyttä taimistoa voitiin pitää riittävänä. Mutta kun toisaalta muistetaan, että hyviä siemenvuosia on esim. kuusella vain n. 12—13 v:n väliajoin (S a r v a s 1957), on parempi suorittaa laskelmat mainitulla »turvalliselta» tuntuvalta tavalla. Se joka tapauksessa edellyttää, ettei maa ole paljaana peräkkäisten puusukupolvien välillä.

Puuston kuutiomäärän kehityksen tultua selvitettyksi seurasivat puutavaralajeja koskevat laskelmat, joissa käytettiin apuna puustokuutiometrin rakenteen tarkastelua. Aluksi selvitettiin toistuvasti harvennetuista metsiköistä, kuinka paljon 1 m³ kuoretta sisältää eri puutavaralajeja eri puulajeilla, metsätyypeillä ja iänkohdilla (vrt. N y y s s ö n e n 1954, s. 103, 105, ss. 127—129; 1957; V u o k i l a 1956, s. 61, 85; 1957). Akselistoihin, joihin piirrettiin puuston rakennetta kuvaavat käyrät, merkittiin myös nyt mitattujen koealametsiköiden vastaavat tulokset. Viimeksi mainittuja laskettaessa käytettiin hyväksi uusia sahapuiden kuutioimistaulukoita (1956), A r o n (1935) tuloksia sekä Tapion taskukirjaa (1956, ss. 198—201, 265—269). Sekä aiempia että nyt saatuja tuloksia käyttäen suoritettiin uudistuskauden puutavaralajeja koskevat laskelmat, joiden tulokset sekä

vastaavat kiintokuutiomäärät nähdään taulukoista 3a—c ja 4a—c, minkä lisäksi rauduskoivikon kehitystä kuvaavat K o i v i s t o n (1957) tulokset esitetään taulukossa 5 (ss. 82—87). Taulukoiden 3a—c ja 4a—c lukusarjoista on saatavissa selville metsikön kehitys kutakin kiertoaikaa silmällä pitäen, kun käytetään apuna kuvaa 5 ja sen selostusta ss. 33—34. Asiaa lienee syytä valaista myös seuraavalla esimerkillä.

Oletetaan, että tahdotaan tietää männikön kehitys mustikkatyypillä, kun päätehakkuu suoritetaan 85 v:n iällä. Hakkuut nähdään taulukosta 4a. Päätehakkuussa poistetaan 108 m³ kuoretta, jonka jakaantuminen puutavaralajeihin esitetään »päätehakkuun» sarakkeissa 2, 3 ja 4. Suojuspuuhakkuussa 75 v:n iällä poistetaan 119 m³ ja väljennyshakkuussa 10 v. aikaisemmin 97 m³. Harvennuspoistuma 15—55 v:n iällä nähdään »harvennushakkuiden» sarakkeista. Taulukosta 3a taas nähdään säilyvän puuston kehitys. Suojuspuuasennossa 80 v:n iällä on metsikössä 94 m³, väljennysasennossa 70 v:n iällä 172 m³, kun taas metsikön puusto 20—60 v:n iällä nähdään »harvennushakkuilla käsiteltävän puuston» sarakkeista.

Taulukoissa 3c ja 4c kanervatyypin männiköiden kehitystä on jouduttu jossain määrin muuttamaan aiemmin esitetyistä luvuista nuorimpien metsiköiden kohdalla (N y y s s ö n e n 1957). V u o k i l a n (1956; 1957) kuorettomana esittämät paperipuumäärät on muunnettu taulukkoihin 3d—e ja 4d—e puolipuhutuksi käyttäen kerrointa 1.047. V u o k i l a n tutkimuksessaan soveltama tapa poistuman selvittämiseksi on aiheuttanut sen, että nuorista kuusikoista (25—45 v:n iällä) poistetut puumäärät lienevät tulleet todellista pienemmiksi. Mitään korjauksia ei kuitenkaan ole suoritettu lukuja taulukkoihin 4d—e jäljennettäessä, sillä käsillä olevan tutkimuksen rahalaskelmiin kyseisillä lähinnä halko- ja paperipuuta koskevilla poikkeamisilla on toisarvoinen merkitys.

Lisäaineiston keruu ja käsittely on siis tehnyt mahdolliseksi hahmotella metsikön kehityksen uudistuskauden kuluessa. Niin kuin jo aiemmin todettiin, on myös K a l l i o (1957) selvittänyt tämän kauden kehitystä. Näiden kahden tutkimuksen tuloksissa on kuitenkin kiertoaikalaskelmien kannalta muitakin eroavuuksia kuin se, että nyt saavutetut tulokset perustuvat paljon runsaampaan aineistoon ja että ne koskevat eri metsätyyppejä ja puulajeja.

K a l l i o on muodostanut kasvupaikkaerojen perusteella käenkaali-mustikkatyypin kuusikoille kaksi kehityssarjaa. Kiertoajan pituutta koskevat päätelmät on tehty olennaiseksi osaksi kummankin sarjan sisäisin vertailuin. Niinpä esim. a-sarjan puitteissa (mt., s. 55) on jouduttu vertaamaan keskenään mm. 60 ja 85 v:n kiertoajan edullisuutta. Kuitenkin 85 v:n kiertoaikaa käytettäessä metsikkö on käynyt läpi asteittain suoritettujen uudistushakkuiden kauden, mutta 60 v:n kiertoajalla metsikön kehitys ajatellaan katkaistuksi avohakkuulla. Tämä tuntuu vertauskelpoisuutta ajatellen

jossain määrin arveluttavalta. Sen sijaan nyt muodostettujen lukuisien kehityssarjojen perusteella on mahdollista verrata keskenään toisiaan vastaavat uudistusvaiheet läpikäyneitä metsiköitä. Kuvassa 5 (s. 33) väljennys- ja suojuspuuhakkuut kuuluvat kehityksen kulkuun sekä siinä metsikössä, jossa päätehakkuu suoritetaan 75 v:n iällä, että siinä, jossa tämä toimenpide tapahtuu 105 v:n iällä. Sarjojen kuvaama kehitys 55—75 v:n iällä on erilainen.

Edellä sanotulla ei tahdota kieltää sitä, etteikö kiertoaikaa koskevia vertailuja voitaisi tehdä myös avohakkuuta edellyttävien kehityssarjojen nojalla. Tässäkin tutkimuksessa joudutaan niin menettelemään lyhyiden kiertoaikojen kohdalla. Mutta tärkeintä on verrata keskenään samanlaisia metsiköitä, siis joko avohakkuulla uudistettavia tai asteittaisilla uudistushakkuilla käsiteltäviä.

Kallio (mt., ss. 104—105) on kyllä pyrkinyt kiinnittämään huomiota siihen, että esim. edellä mainittua 85 v:n kiertoaikaa ei voida aivan samoilla laskentaperusteilla verrata 60 v:n kiertoaikaan. Kun hän edellistä käytetäessä on todennut uudistamisen tapahtuvan luontaisesti, hän jälkimmäisessä tapauksessa on katsonut tarvittavan metsänviljelyä ja sisällyttänyt laskelmiinsa tämän kustannukset. Mutta metsänviljelyn jälkeen kuusikko ei ilmeisesti enää kehitykään kuten luontaisesti syntynyt kuusikko, ja tämä tärkeä seikka on jäänyt laskelmissa huomioon ottamatta. Se että viljelykuusikon kehitys voi suuresti poiketa luonnonkuusikon kehityksestä, käy ilmi mm. juuri Kallion tutkimuksesta, missä hän on erikseen verrannut viljelykuusikkoa (Cajander 1933) luonnonkuusikkoon.

312. Kantohinnat

Kantohinnalla eli kantorahalla tarkoitetaan sitä runkopuun kuutioyksikköä kohden laskettua rahamäärää, minkä metsänomistaja saa puista pystymyynnissä.

Käytännöllisiä kiertoaikalaskelmia silmällä pitäen olisi toivottavaa, että pohjaksi voitaisiin ottaa tulevan ajan kantohinnat (vrt. esim. Jørgensen ja Hermansen 1950, s. 367). Näiden luotettava ennustaminen on kuitenkin erittäin vaikeata. Vain eräissä tapauksissa lienee mahdollista arvioida hintasuhteisiin odotettavissa olevia muutoksia. Yleensä on pakko turvautua laskenta-ajankohdan hintasuhteisiin, tai vielä tavallisemmin perustaksi otetaan tietyn menneen ajanjakson keskihinnat, koska hintojen satunnaisten vaihtelujen johdosta esim. yhden hakkuuvuoden hintatason katsotaan johtavan harhaan.

Mutta sittenkään, vaikka perustaksi hyväksytään aiemmin maksetut kantohinnat, ei keskimääräisten hintasuhteiden selvittäminen ole aivan yksinkertaista. Huomioon on otettava monia näkökohtia. Kyllin laajoihin

aineistoihin nojaavat hintatiedot ovat erityisen tärkeitä. Tässä suhteessa oli käsillä olevan tutkimuksen suoritus aika hyvin otollinen, koska tutkimusta valmistettaessa joutui käytettäväksi *Selinin* (1957) verokuutiometrin hinnoitteluaineistoihin perustuva julkaisu raakapuun kantohintatasosta Suomessa. Yleisen kantohintatason kuvaajina hänen tuloksillaan on määrätty puutteen aineisto kootaan subjektiivisesti valikoituna näytteinä, valtion metsistä myydyin puutavaran kantohinnat ovat kokonaan poissa aineistosta jne. Mutta nyt kysymyksessä olevaan tarkoitukseen soveltunevat mainitut tulokset varsin hyvin.

Valittaessa sitä aikaa, jolloin maksetut hinnat katsottiin sopivimmiksi ottaa lähtökohdaksi, päädyttiin kuuden peräkkäisen hakkuuvuoden muodostamaan jaksoon vv. 1949—55. Näin pitkää jaksoa voitaneen pitää tarpeeksi kuvaavana tässä tutkimuksessa, jossa ensisijainen merkitys on eri puutavaralajien hintasuhteilla, kuten jäljempänä nähdään. Niin kuin erityisesti *Saari* (1940, ss. 30—31) on korostanut, olisi hinnat yleensä laskettava koko suhdanneaallon perusteella. Milloin taas joudutaan käyttämään lyhempää ajanjaksoa, esim. aallon puolikasta, olisi mukaan otettavat vuodet valittava huolella. Mutta on huomattava, että vv. 1940—48 hinta-aineiston keräykseen jäi suuria aukkoja, jota paitsi hinnat olivat usein sidottuja tietyillä hintapäätöksillä. Myöskään tilastoa ennen sotia vallinneista hintasuhteista ei voida pitää yhtä käyttökelpoisena kuin tietoja hakkuuvuosina 1949—55 maksetuista hinnoista. Eräitä tietoja sotien edellisistä hinnoista esitetään jäljempänä ainoastaan vertailumielessä.

Toiseksi oli päätettävä, mitä aluetta koskeviin hintatietoihin laskelmat perustetaan. *Selin* on esittänyt tuloksia erilaisten aluejakojen puitteissa, joista vesistöalueittain esitettyjä tietoja pidettiin sopivimpana tähän tutkimukseen. Hinnat laskettiin seuraavien kuuden päävesistöalueen yhdessä muodostamalla alueelle: Kokemäen läntinen sekä itäinen, Päijänteen eteläinen sekä pohjoinen ja Saimaan eteläinen sekä pohjoinen. Lähinnä tähän alueeseen kohdistuvat myös tutkimuksessa käytettävät metsikön kehitystä koskevat tulokset; oikeastaan vain kuusikoita koskevaa aineistoa on jonkin verran alueen eteläpuolelta (vrt. *Vuokila* 1956, s. 33).

Lähtemällä eri puutavaralajien keskihinnoista (*Selin* 1957, ss. 116—118) laskettiin mainitulle alueelle myyntimääriä painolukuina (mt., ss. 134—135) käyttäen keskihinnat hakkuuvuosittain. Näistä otettiin yksinkertaiset keskiarvot, joita koskevana lisätietoina mainittakoon seuraavaa (mt., ss. 27—31):

1. Havutukkipuun osalta hinnat tarkoittavat keskikuutiomäärältään 10 j³:n rungon hintaa teknilliseltä j³:lta. Sen perusteella muodostettiin mänty- ja kuusitukkipuuden hintojen erotus männyn hyväksi samaa 7—8 %:n suhdetta käyttäen kuin *Kallio* (1957, s. 90; vrt. *Vuoristo* 1935, s. 48).

2. Kun ko. hinnat osoittavat 2-metrisestä puolipuhaasta ainespinotavarasta (paperi- ja kaivospuusta) maksettuja markkamääriä, kerrottiin mäntyä koskevat hinnat luvulla 1.056 ja kuusta koskevat luvulla 1.048 (Tapion . . . 1956, s. 267, 269), jolloin päästiin tässä tutkimuksessa käytettävien kehityssarjojen mukaisiin 1-metrisen ainespinotavaran hintoihin.

3. Hinnat edellyttävät seuraavia perusvetomatkoja: maantien varteen 1 km, uittoväylän varteen 3 km ja rautatien lastauspaikalle, teollisuuslaitokseen taikka vientisatamaan 5 km.

Selin ei ole sisällyttänyt julkaisuunsa tietoja vanerikoivujen kanto-hinnoista. Hän kuitenkin antoi tämän kirjoittajalle melko laajaan aineistoon perustuvan tilaston em. ajanjaksona Pohjois-Hämeen ja Pohjois-Savon metsänhoitolautakuntien alueilla maksetuista hinnoista. Näiden alueiden ja koko nyt ko. alueen keskinäistä havutukkipuun hintasuhdetta käyttäen muunnettiin vanerikoivun hinta koko aluetta koskevaksi. Se perustuu pölkyn keskeltä kuoren päältä suoritettuun mittaukseen ja on Selinin hintatiedoissa samoin kuin tässä tutkimuksessa otettu vastaamaan keski-kuutiomäärältään 10 j³:n rungosta maksettavaa hintaa j³:lta. Erilaisen mittaustavan vuoksi tällainen runko Oksasen (1956) mukaan vastaisi kooltaan vain runsaasti 7 j³:n havupuuta. Mainittakoon, että em. keskimittaan perustuva 10 j³ sattuu käytettävissä olevan koivikoiden kehityssarjan (Koivisto 1957) keskivaiheille.

Mänty- ja kuusihalkopuu on tässä tutkimuksessa hinnoitettu seka-halkoina, jolloin niiden hinta on saattanut mahdollisesti tulla vähän liian korkeaksi. Yleensäkin halkojen hinta saattaa Selinin tutkimuksessa olla liian korkea. Hinnat kyllä perustuvat tehtyihin kauppoihin, mutta nimenomaan halkojen kohdalla ei myyntimahdollisuuksia ole ollut läheskään kaikkialla. Männiköiden ja kuusikoiden kiertoaikaa laskettaessa halkojen hinta on kuitenkin toisarvoinen tekijä: esim. puolukkatyypin männikön kokonaishakkuutulosta 85 v:n kiertoaikaa käytettäessä muodostaa halkojen osuus nyt sovelletuilla hinnoilla vain 6 %, kun taas sahapuun osuus on 62 % sekä paperi- ja kaivospuun 32 %.

Edellä selostetulla tavalla tultiin seuraavassa asetelmassa esitettäviin keskihintoihin, jotka kunkin puulajin kohdalla on asetettu toisiinsa verrannollisiksi myös siten, että järeän puun j³-hintaa on merkitty 100:ksi.

	Mänty <i>Pine</i>		Kuusi <i>Spruce</i>		Koivu <i>Birch</i>	
	mk	%	mk	%	mk	%
Tukkipuu, j ³ — <i>Saw timber</i> <i>or veneer wood, cu. ft. . .</i>	82	100	76	100	55	100
Ainespinotavara, p-m ³ — <i>Pulpwood and pit props,</i> <i>cu. m. piled</i>	710	870	1 010	1 330	—	—
Halkopuu, p-m ³ — <i>Fuel-</i> <i>wood, cu. m. piled</i>	230	280	230	300	370	670

Mikäli mittaustapa oletetaan samaksi, edeltä ilmi käyvä havutukkipuun ja koivutukkipuun hintasuhte 80 : 55 muuttuu ja on Oksasen (1956) mukaan n. 57 : 55.

Eri puutavaralajien hintasuhteiden kehityksestä saadaan käsitystä, kun seuraavia Harveen (1940) tuloksiin perustuvia, ajanjaksoa 1934—39 koskevia suhdelukuja verrataan edellä esitettyihin suhdelukuihin.

	Mänty	Kuusi
Tukkipuu, j ³	100	100
Ainespinotavara, p-m ³	570	1 500
Halkopuu, p-m ³	230	250

Ainespinotavaran hinta on siis männyn kohdalla viime aikoina noussut, kuusen kohdalla laskenut verrattuna tukkipuun hintaan. Tällainen kehitys ei ehkä itse asiassa ole kovin luonnoton. Mainittakoon, että myös Kallion (1957, s. 93) kuusikkolaskelmissaan käyttämät hintasuhteet, jotka osaksi perustuvat säännöstelypäätöksillä määrättyihin hintoihin, vastaavat likimain viimeksi esitetystä asetelmasta näkyviä suhteita.

Tukkipuurungon keskikuution perusteella on hinnat porrastettu tässä tutkimuksessa käyttämällä apuna Harveen (1940; vrt. Kallio 1957, s. 93) suhdelukuja, jotka Harve mainitsee eräiden sahojen ostoissaan käyttämiksi. Vaikka ne ehkä merkitsevätkin lievempää porrastusta kuin mihin esim. Vuoriston (1935) tutkimukset viittaavat, on etu järeän puuston hyväksi varsin huomattava. Esim. puolukkatyyppin männikön harvennuspoistumassa sahapuun hinta 45 v:n iällä on 64 mk/j³, mutta päätehakkuussa 115 v:n iällä vastaavasti 95 mk/j³. Mainittakoon, että hintaporrastusta yleensä on kirjallisuudessa paljon käsitelty (esim. Ostwald 1931, ss. 151—176; Dietrich 1950, ss. 238—249; Davis 1954, ss. 224—228, vrt. s. 412).

Ainespinotavaran sen enempää kuin halkopuunkaan hintoja ei ole porrastettu. Mm. erilaisesta hakkuuvaikkeudesta johtuvana tällainen toimenpide olisi ilmeisesti vaikuttanut tuloksiin jossain määrin, mutta sen soveltamista tämänlaatuisessa työssä ei ole pidettävä välttämättömänä.

Edellä on verraten paljon kohdistettu huomiota keskimääräisten hintojen ja sitä tietä myös erilaisten puutavarain keskimääräisten hintasuhteiden laskentaan. Kuitenkaan nuo keskimääräiset hintasuhteet eivät ole kaikkialla voimassa, vaan asiaan lähemmin perehdyttäessä havaitaan tiettyjen alueiden puitteissa melkoisesti poikkeavia hintasuhteita. Yleensä hyvämenekkisillä alueilla erot järeän puuston hyväksi eivät ole niin selviä kuin siellä, missä menekki on huono.

Tässä tutkimuksessa pidettiin tarpeellisena valaista myös sitä, mitä mainitut keskimääräisistä poikkeavat hintasuhteet merkitsevät kiertoajan

määrittämisessä. Sen johdosta otettiin tarkasteltaviksi männyn ja kuusen osalta sellaiset äärimmäiset hintasuhteet, jotka käytännöllisessä metsätaloudessa ovat yleensä ajateltavissa. Laskelmissa voidaan tietenkin käyttää absoluuttiselta tasoltaan erilaisia hintoja eri tapauksissa, mikä merkitsee sitä yleistä suuntaa, että silloin kun hintasuhde järeän puun hyväksi on verraten vähäinen (hyvän menekin alue), absoluuttinen hinta on korkeampi kuin muulloin. Näin tosiasiaassa meneteltiin nyt tehdyissä laskelmissa. Koska kuitenkin kiertoaikaa määritettäessä ensi sijassa vain erilaisten puutavarain hintojen suhteet ovat ratkaisevia, niin kuin jäljempänä nähdään, ansaitsee seuraavassa ainoastaan ne esittää. Niiden valinta suoritettiin ilman erityistä aineistoa, vain eri näkökohdat huomioon ottavaa harkintaa käyttäen. Tarjolla olleista kiinnekohdista voidaan mainita esimerkiksi, ettei edes kuusipaperipuun hintaa ansaitse koskaan asettaa samaa kuutioyksikköä kohden kuusitukkipuun hintaa korkeammaksi, vaan enintään samalle tasolle (ottamalla lisäksi hakkuuvaikeuden huomioon). Paperipuuna kuusesta voidaan kyllä joskus saada korkeampi hinta kuin tukkipuuna, mutta tällöin voidaan ajatella nyt suoritettuja laskelmia silmällä pitäen, että tukkipuidenkin kokoiset valmistetaan paperipuuksi. Toisaalta koko sillä alueella Suomen eteläpuoliskossa, johon nyt suoritettut laskelmat kohdistuvat, ainespinotavaralle tulee edes jonkin verran kanto hintaa; sen sijaan halkopuu saattaa jäädä ilman sitä.

Harkinnassa tultiin seuraavan asetelman osoittamiin suhdelukuihin, jotka on merkitty numeroilla 1—3. Vastaavia numeroita käytetään mm. myöhemmin esitettävissä kuvissa. Numerolla 2 on merkitty s. 38 esitetystä asetelmasta ilmi käyvät keskimääräiset hintasuhteet.

		1	2	3
		Suhteellinen kantohinta Relative stumpage price		
	Tukkipuu, j ³ — <i>Saw timber, cu. ft.</i>	100	100	100
Mänty	Ainespinotavara, p-m ³ — <i>Pulpwood and</i>			
Pine	<i>pit props, cu. m. piled</i>	1 300	870	400
	Halkopuu, p-m ³ — <i>Fuelwood, cu. m. piled</i>	550	280	—
	Tukkipuu, j ³ — <i>Saw timber, cu. ft.</i>	100	100	100
Kuusi	Paperipuu, p-m ³ — <i>Pulpwood, cu. m.</i>			
Spruce	<i>piled</i>	1 600	1 330	800
	Halkopuu, p-m ³ — <i>Fuelwood, cu. m. piled</i>	600	300	—

Asetelman luvut siis tarjoavat jäljempänä mahdollisuuden tarkastella, mikä vaikutus kiertoaikaan on keskimääräisistä poikkeavilla hintasuhteilla.

313. Kustannukset

Käsiteltäessä kustannuksia edellä ss. 16—24 selostetun, tässä tutkimuksessa noudatettavan laskentatavan puitteissa, ei terminologisessa mielessä voida pysyä yhtä yksikäsitteisellä linjalla kuin suoritettaessa laskelmat esim. joko maankorko- tai metsänkorkomenetelmää käyttäen (vrt. *Kalli*o 1957, ss. 100—102). Koostettaessa normaalimetsiä laskelmien pohjaksi olisi näet oikein puhua liikekustannuksista eli kuluista, mutta ryhdyttäessä näiden metsien nojalla rajakannattavuuden laskentaan ollaan jo tuotanto-kustannusten ajatusmaailmassa. Termien osalta ei kuitenkaan jouduttane harhaan, jos jäljempänä puhutaan vain yleensä kustannuksista.

Kustannusten jaottelu voidaan suorittaa useilla tavoilla, niin kuin eri maissa julkaistusta kirjallisuudesta voidaan todeta. Tässä tutkimuksessa riittää, kun kiinnitetään huomiota siihen ryhmittelyyn, jota Suomessa suoritetuissa laskelmissa on ollut tapana käyttää. Tällöin ensimmäisen selvän ryhmän muodostavat metsikön uudistamiseen liittyvät kustannukset. Kun sen edellytetään tapahtuvan luontaisesti ja kun kertyvän jätepuun voidaan ajatella korvaavan hakkuualan raivauskustannukset, sopinevat seuraavat rahamäärät kuvaamaan sitä suuruusluokkaa, jossa uudistus-kustannukset lähinnä maan pinnan käsittelyn johdosta ovat ajanjaksona 1949—55 (vrt. s. 37) olleet. Huomattakoon, että etenkin karuimmilla metsätyypeillä tämäkin kustannus jää usein pois, mutta sillä ei ole tuntuvaa vaikutusta kiertoajan pituuteen, niin kuin jäljempää havaitaan.

Metsätyyppi	OMT	MT	VT	CT
Uudistuskustannukset, mk/ha ..	6 500	6 000	5 000	4 000

Laajan ryhmän muodostavat hallinto- ja hoitokustannukset sekä verot. Esim. Ruotsissa on lähinnä juuri näitä kustannuksia tapana sanoa yleis-kustannuksiksi (allmänna omkostnader); joskus niihin luetaan myös uudistus-kustannukset (vrt. esim. *Petrini* 1946, ss. 62—70). Kiertoaikaa las-kettaessa nousee kyseisten kustannusten kohdalla erityisesti seuraava kysymys: ovatko ne riippuvaisia kiertoajan pituudesta? Vanha ja tähän saakka yleisimmin vallalla ollut käsitys on, että ne voidaan laskelmiin ottaa yhtäsuuriksi, vuodesta toiseen uudistuviksi kustannuseriksi. Mutta ainakin jo *Johnson* v. 1913 (s. 149; vrt. *Dickson* 1956, ss. 70—71) katsoi, että ei ole suinkaan itsestään selvää, että yleiskustannukset ovat riippumattomia kiertoajasta. Sittemmin on näitä kustannuksia toistuvasti tarkasteltu. Niinpä *Petrini* (1925; 1946, ss. 74—79) katsoo maan tuottoarvoa laskettaessa välttämättä kaivattavan toisenlaista kustannusten käsittelyä kuin *Faustmannin* kaavan edellyttämää (vrt. s. 11).

Ajatuksen hyväksyy myös Streyffert (1938, ss. 22—24), mutta hän mainitsee, että kiertoaikalaskelmissa kysymyksellä ei ole asiallista merkitystä, koska eri menetelmillä saatujen kiertoaikojen erot ovat vain 1—2 v.

On täysin mahdollista, että hallinto- ja hoitokustannukset ovat jossain määrin kiertoajan pituudesta riippuvaisia, koska ne osaksi liittyvät tiettyihin metsikön kehityksen vaiheisiin (esim. taimiston hoitoon). Mutta kun kysymystä on toistaiseksi hyvin puutteellisesti selvitetty ja kun ei näytä olevan syytä liiaksi korostaa mahdollisesti syntyvän virheen merkitystä, voidaan tässä tutkimuksessa pitää yleiskustannuksia vakioeränä (vrt. myös Jørgensen ja Svendsrud 1957, s. 254). Erityisesti vaikuttaa tämän käsityskannan omaksumiseen myös se pinta-alan perustuva verotusjärjestelmä, joka Suomessa on käytännössä.

Kun siis hallinto- ja hoitokustannuksia sekä veroja käsitellään kiertoajasta riippumattomina, ne voidaan tämän pituutta koskevista laskelmista jättää kokonaan pois (vrt. s. 11; vrt. myös Dickson 1956, s. 76). Jäljempänä tahdotaan kuitenkin kiertoajan pituudesta tehtävien päätelmien lisäksi suorittaa vertailuja eri puulajien tuotosta. Kuvaavampana kuin hakkuutuloa on pidettävä puhdasta tuottoa, josta verot on vähennetty. Sen johdosta arvioitiin hallinto- ja hoitokustannukset sekä verot seuraavalla tavalla.

Metsäverotuksessa edellytetty »metsämaan puhdas tuotto» (Selin 1956) eri kasvupaikoilla saatiin laskemalla maatalouskiinteistöjen verotusperusteita (1953; 1956) koskevista julkaisuista keskiarvot nyt kysymyksessä olevalla alueella. Milloin kunnassa oli useampia vyöhykkeitä, käytettiin I vyöhykkeen lukuja. Vertailun vuoksi suoritettiin toinen laskelma lähtien s. 38 esitetyistä kantohinnoista, metsäveroalueen 8 verokuutioluvuista ja verokuutiometrin rakennetta koskevista alueiden 1 ja 2 luvuista. »Puhtaaksi tuotoksi» otettiin näiden kahden laskelman keskimääräiset tulokset, jotka poikkesivat n. 2 % molempien alkulaskelmien tuloksista.

Tulon ja omaisuuden perusteella maksettavien verojen suuruudesta tehdään se oletamus, että nämä nousevat eri tapauksissa 25 %:iin »metsämaan puhtaasta tuotosta». Vm:sta on riippuvainen myös ns. metsänhoitomaksu, joka oletetaan 3 %:ksi. Muut hallinto- ja hoitokustannukset, joiden arvioimiseen ei ollut tarjolla varsin vahvoja perusteita, otettiin sellaisiksi kuin seuraavat luvut osoittavat. Asetelmaan on otettu myös verojen ja metsänhoitomaksun suuruus näkyviin.

Metsätyyppi	OMT	MT	VT	CT
Verot ja metsänhoitomaksu, mk/ha	1 120	975	740	570
Muut hallinto- ja hoitokustannukset, mk/ha	275	250	200	150
Yhteensä, mk/ha	1 395	1 225	940	720

Niin kuin edellä on käynyt ilmi, asetelman luvut ovat melko summittaisia. Mutta aiemmasta on käynyt selville myös se, ettei näillä luvuilla ole vaikutusta kiertoaikaa koskeviin tuloksiin. Eri puulajien tuoton vertailun taas saattavat arvioluvutkin kyllin kuvaavalle pohjalle.

32. Rajakannattavuuteen perustuva kiertoaika

321. Esitystavasta

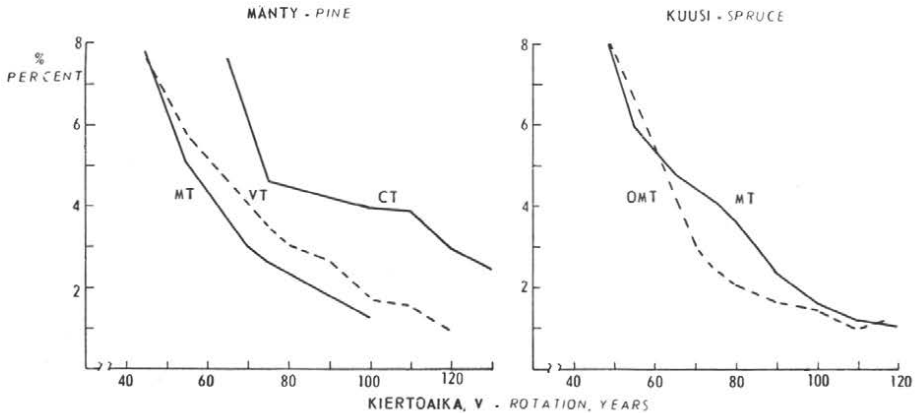
Metsikön kehitystä koskevassa luvussa 311 (ss. 27—36) on selostettu ne menetelmät, joilla on koostettu taulukoissa 3—5 (ss. 82—87) esitetyt kehityssarjat. Käyttämällä hyväksi luvussa 312 (ss. 36—40) tarkasteltuja kantohintoja sekä luvussa 313 (ss. 41—43) käsiteltyjä kustannuksia voitiin rajakannattavuutta koskevat laskelmat suorittaa siihen tapaan kuin ss. 17—20 esitettyssä esimerkissä. Tulokset esitetään nyt piirrosten avulla, joista käy ilmi rajakannattavuuden riippuvuus kiertoajan pituudesta.

Ne männiköiden ja kuusiköiden kehityssarjat, joihin sisältyy asteittaisten uudistushakkuiden kausi, eivät ulotu keski-ikäisiin metsikköihin saakka, vaan päätehakkuu suoritetaan aikaisintaan 65 v:n iällä. Kuitenkin on pidettävä tärkeänä saada käsitystä rajakannattavuudesta myös lyhempiä kiertoaikoja käytettäessä. Sen johdosta laskettiin harvennushakkuilla käsiteltävien perussarjojen nojalla toiset rajakannattavuutta osoittavat luvut oletamalla metsikön kehitys avohakkuuseen päättyväksi ja siemennys reunametsästä tapahtuvaksi; kantohinnat ja kustannukset olivat näissäkin tapauksissa samat. Kuvassa 2 (s. 19) katkoviiva kuvaa rajakannattavuutta puolukkatyyppin männiköissä käytettäessä asteittaisia uudistushakkuita, kun taas yhtenäinen viiva edellyttää avohakkuita, niin kuin aiemmin on mainittu. Murtoviivat liittyvät 70—80 v:n iällä luontevasti toisiinsa; samaa voidaan sanoa vastaavista tapauksista toisillakin metsätyypeillä ja puulajeilla. Kyseisessä mielessä ei siis näyttäisi olevan mitään estettä sille, että rajakannattavuuden kulku ennen mainittua iänkohtaa lasketaan edellyttämällä avohakkuuseen päättyvää metsikön kehitystä. Jäljempänä esitettävät tulokset rajakannattavuudesta ovatkin selostetulla tavalla kahdesta lukusarjasta yhdistettyjä. Esittämällä vain yksi kuvaaja kustakin tapauksesta saadaan kaivattua selvyyttä piirroksiin.

Koivikoissa ei niitä uudistettaessa voida yleensä ajatella samantapaisia asteittaisia hakkuita kuin männiköissä ja kuusikoissa. Esitettäessä jäljempänä käenkaali-mustikkatyyppin rauduskoivikon rajakannattavuus eri kiertoajoilla on edellytetty avohakkuuta ja reunametsästä tapahtuvaa siemennystä.

322. Eroavuudet metsätyyppien kesken

Käyttämällä s. 38 mainittuja eri puutavaralajien keskimääräisiä hintasuhteita on kuvassa 6 esitetty rajakannattavuuden kehitys eri metsätyypeillä sekä männylle että kuuselle. Metsätyyppien keskinäisiä eroavuuksia tarkasteltaessa voidaan rajoittua tekemään päätelmät esim. korkosadanneksen 3 edellyttämää tasoa käyttäen, sillä sekä korkeammilla että matalammilla sadanneksilla tulee mukaan mm. kehityssarjojen rakenteesta johtuvaa epäsäännöllisyyttä.



Kuva 6. Rajakannattavuus eri metsätyypeillä.
Fig. 6. Marginal rate of return in different forest site types.

Mainitun 3 %:n kohdalla on männyn kiertoaika mustikkatyypillä 70, puolukkatyypillä 80 ja kanervatyypillä 120 v. Kuusen kiertoaika on vastaavasti käenkaali-mustikkatyypillä 70 ja mustikkatyypillä 85 v. Siis samoin edellytyksin näyttäisi OMT:n ja MT:n sekä myös MT:n ja VT:n eroavuus olevan n. 10–15 v. sekä VT:n ja CT:n eroavuus n. 40 v. kiertoajan pituudessa.

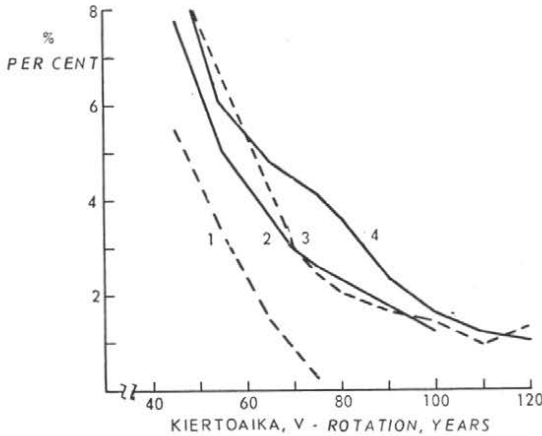
Kuvasta käyvät ilmi myös metsätyyppien keskinäiset eroavuudet rajakannattavuuden kehityksessä, kun kiertoaikaa jatketaan. Esim. männyllä rajakannattavuus laskee CT:llä jossain määrin loivemmin kuin MT:llä (vrt. Jørgensen ja Svendsrud 1957, s. 248). Käytännössä tämä merkitsee sitä, että hyvillä kasvupaikoilla optimikiertoaika on täsmällisemmin laskettavissa kuin huonoilla. Kun optimista poikkeaminen siis edellisillä ilmeisesti merkitsee suurempaa tappiota kuin jälkimmäisillä, on erityistä huomiota kohdistettava siihen, että nimenomaan hyvillä metsämailla käytettäisiin oikeaa kiertoaikaa.

323. Eroavuudet puulajien kesken

Eri puulajien keskinäiseksi vertaamiseksi on kuvaan 7 otettu neljä murtoviivaa. Kun rauduskoivusta on käytettävissä vain OMT:n tulokset

ja männystä taas ei ole kehityssarjaa MT:tä paremmilta kasvupaikoilta, esitetään kuvassa näitä kahta sekä kuusta OMT:llä ja MT:llä koskevat tulokset. Vertailussa on sopivinta käyttää samaa 3 %:n tasoa kuin edellisessä luvussa.

Sekä männylle että kuuselle hyvin soveltuvalla kasvupaikalla, MT:llä, kuusen kiertoaika näyttää olevan likimain 15 v. pitempi kuin männyn. Sekä kuuselle että rauduskoivulle hyvin soveltuvalla OMT:llä kuusen kiertoaika näyttää samoin olevan lähes 15 v. pitempi kuin koivun. Kuusen



Kuva 7. Eri puulajien rajakannattavuus. 1 = rauduskoivu OMT, 2 = mänty MT, 3 = kuusi OMT ja 4 = kuusi MT.

Fig. 7. Marginal rate of return by different tree species. 1 = birch OMT, 2 = pine MT, 3 = spruce OMT, and 4 = spruce MT.

kiertoaika on siis pitempi kuin sekä männyn että rauduskoivun. Kahden vm. puulajin keskinäinen suhde ei ole varmasti pääteltävissä, mutta ilmeisesti niiden kesken ei MT:llä ole suuria eroavuuksia. Sen sijaan OMT:llä rauduskoivun kiertoaika saattaa olla männyn kiertoaikkaa lyhempi.

Mainittu männyn ja rauduskoivun keskinäinen asema tuntunee vähän yllättävältä. Yleisesti näet lienee totuttu ajattelemaan koivua selvästi nopeakasvuisempuna puulajina kuin mäntyä. On todennäköistä, että käytettävissä ollut rauduskoivikon kehityssarja ei pysty osoittamaan samassa määrin kuin vastaavat mäntyä koskevat tulokset, mitä toistuvilla kasvatushakuilla saadaan aikaan (vrt. Koivisto 1957, s. 65). Mutta toisaalta on muistettava se jäljempänä lähemmin tarkasteltava seikka, että hintojen erotus järeän puun hyväksi pidentää kiertoaikkaa. Koivulla vaneri- ja halkopuun hintaero vaneripuun hyväksi taas on huomattavasti selvempi kuin mäntytukkipuun ja -pinotavaran hintaero edellisen hyväksi (vrt. s. 38). Niin ollen ei ole ihmeellistä, että männyn ja rauduskoivun kiertoajat muo-

dostuvat likimain samoiksi. Koivulle ei kuitenkaan voida yleensä käyttää pitkiä, esim. yli 80 vuoden kiertoaikoja.

Kuusipaperipuun hinta verrattuna kuusitukkipuun hintaan on selvästi suurempi kuin ainespinotavaran hinta suhteessaan tukkipuun hintaan männyllä. Mainittu seikka lyhentää kuusen kiertoaikaa männyn kiertoaikaan verrattuna. Siitä huolimatta kuusen kiertoaika muodostuu pitemmäksi kuin muiden puulajien. Syynä siihen on kuusikoiden kehityksen hitaus metsikön iän ensimmäisinä vuosikymmeninä, mikä kuitenkin osaksi voi olla näennäistä, vain kehityssarjojen koostamisessa syntynyttä. Mainittakoon, että Kallion (1957) kuusikkosarjoissa alkukehitys on nopeampaa kuin nyt suoritettujen laskelmien pohjana olleissa Vuokilan (1956; 1957) sarjoissa.

324. Muista kiertoajan pituuteen vaikuttavista tekijöistä

3241. Korkosadannes

Kuvista 6 ja 7 voidaan nähdä myös vaihtohtoisen korkosadanneksen vaikutus kiertoajan pituuteen. Tarkastelussa on kuitenkin otettava huomioon, että kuvat mahdollisesti jossain määrin liioittelevat syntyviä eroavuuksia (vrt. s. 24).

Korkosadannes, jota metsätalouden harjoittaja joutuu laskelmissaan käyttämään, on erittäin merkitsevä tekijä noudatettavan kiertoajan kannalta. Seuraavan asetelman luvut osoittavat, kuinka paljon kiertoaika jatkuu korkosadanneksen pienetessä esim. 5:stä 2 ½:een.

Mänty	MT	.....	22 v.
»	VT	.....	30 »
»	CT	.....	55 »
Kuusi	OMT	.....	12 »
»	MT	.....	25 »
Rauduskoivu	OMT	.....	12 »

Eroavuudet ovat siis sitä suuremmat, mitä huonompi on kasvupaikka.

Sellaiselle metsätalouden harjoittajalle, joka mahdollisesti katsoo voitavansa käyttää 0:aa vaihtohtoisen korkosadanneksena — pyrkiä siis saamaan puhtaan tuoton mahdollisimman suureksi laskematta pääomalle korkoa —, tiedetään kuvien 6 ja 7 perusteella vain sanoa, että kiertoajan tulee olla hyvin pitkä. Rauduskoivua lukuun ottamatta näyttäisi kiertoaika esim. mustikka- ja puolukkatyypeillä tällöin olevan jopa yli 120 v.

Kiertoaikalaskelmien suorittamista silmällä pitäen on tehtävä johtopäätökset siitä, että sellainen usein varsin vaikeasti arvioitava tekijä kuin

käytettävä korkosadannes vaikuttaa suuresti laskelmien antamiin tuloksiin. Entistä enemmän on pyrittävä korkosadannesta tutkimaan ja löytämään konkreettisia ratkaisuja sadanneksen arvioimiseksi käytännöllisessä metsätaloudessa.

3242. *Kantohinnat*

Kantohinnoilla on kiertoaikaa määritettäessä erittäin tärkeä merkitys. Mutta tarkasteltaessa hintojen muutoksen vaikutusta kiertoaikaan on tehtävä selvä ero kahden erilaisen tapauksen kesken. Seuraukset ovat nimittäin olennaisesti erilaiset riippuen siitä, onko kysymyksessä sellainen hintatasossa tapahtuva muutos, joka nostaa tai laskee erilaisesta puutavarasta maksettavia hintoja samassa suhteessa, vai koskeeko muutos ensi sijassa vain erilaisten puutavarain keskinäisiä hintasuhteita.

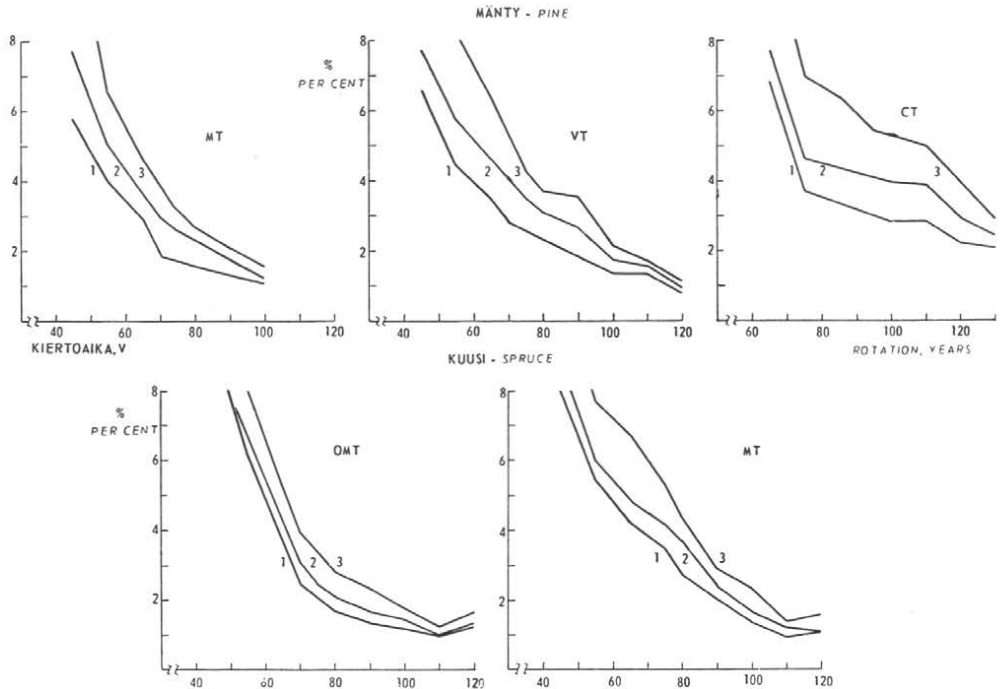
Eri puutavaralajeihin yhtäläisenä kohdistuva kantohintojen lasku tai nousu ei merkitse kiertoaikaan ainakaan tuntuva muutosta. Esimerkiksi siitä voidaan ottaa seuraavat mustikkatyyppin mäntyä koskevat lukusarjat, jotka esittävät rajakannattavuutta eräiden kiertoaikojen kohdalla. Oikeanpuoleisia sadanneslukuja laskettaessa kantohinnat on oletettu kaksinkertaisiksi verrattuina niihin, joita on käytetty vasemmanpuoleisia lukuja laskettaessa. Uudistamiseen liittyvät kustannukset on pysytetty samoina (vrt. s. 41).

70 v.	2.79 %	2.77 %
80 »	2.37 »	2.36 »
90 »	1.79 »	1.78 »
100 »	1.25 »	1.24 »

Kantohintojen noustua rajakannattavuus on siis hiukan pienentynyt, mutta niiden radikaalista muutoksesta huolimatta seuraukset eivät tunnu havaittavana kiertoajan lyhenemisenä. Kokonaisuudessaan kysymys liittyy siihen, missä määrin kustannukset vuotta ja hehtaaria kohden ovat riippuvaisia kiertoajan pituudesta (vrt. ss. 41—42). Mutta voitaneen perustellusti sanoa, että eräät kirjallisuudessa tavattavat maininnat ovat omiaan johtamaan harhaan ko. suhteessa (esim. Petrini 1948, ss. 240—242; vrt. myös Kallio 1957, s. 128). Saattaa tietenkin esiintyä tapauksia, joissa yhtäläisellä kantohintojen muutoksella todella on merkitystä, mutta yleensä ei niin näytä olevan.

Eri puutavaralajien hintasuhteiden muutoksilla sen sijaan on kiertoaikaa määritettäessä aivan erilainen merkitys. Kun hintasuhteet muuttuvat järeän puun hyväksi, kannattaa entistä paremmin kasvattaa järeää puuta, mikä merkitsee pitempää kiertoaikaa. Sen johdosta että kuvissa

6 ja 7 esitettyjen rajakannattavuutta koskevien laskelmien tulokset ovat käyttökelpoisia vain tiettyjen keskimääräisten hintasuhteiden vallitessa, jotka eivät päde läheskään kaikkialla, tarkastellaan seuraavassa hintasuhteiden muutosta yksityiskohtaisemmin. Perustaksi sille on s. 40 esitetty ne äärihinnat, joiden nojalla on mahdollista laskea rajat, minkä väliin optimikiertoaika jää, ottaen tietenkin huomioon kulloinkin vallitsevat muut edellytykset.



Kuva 8. Rajakannattavuus käytettäessä erilaisia kantohintojen suhteita. Numerot 1—3 viittaavat asetelmaan sivulla 40.

Fig. 8. Marginal rate of return when applying different relationships of stumpage prices. Numbers 1—3 refer to the set-up on p. 40.

Kuvassa 8 esitetään männyn ja kuusen rajakannattavuutta eri metsätyypeillä kuvaavat murtoviivat. Numerolla 1 on merkitty sitä tapausta, jossa erotus järeän puun hyväksi on pieni, numerolla 2 keskihintojen edellyttämää sekä numerolla 3 tapausta, missä erotus järeän puun hyväksi on suhteellisesti suurin. Kuvasta käy ilmi se luonnollinen ja jo edellä todettu sääntö, että pienikokoisen puuston suhteellisen suuri arvo, siis tulojen saanti verraten varhaisessa vaiheessa, johtaa lyhyehköön kiertoaikaan (vrt. esim. E n d r e s 1911, s. 262). Suuntaan tai toiseen pitkälle kärjistyneet hintasuhteet eivät kuitenkaan yleensä merkitse kovin suurta muutosta kiertoaikaan. Kanervatyypin lukuun ottamatta korkosadannesten

2—5 vallitessa merkitsee hintasuhteiden poikkeaminen keskimääräisistä suuntaan taikka toiseen yleensä enintään 10—15 v:n muutosta kiertoaikaan.

Äärihintojen määrittämä kiertoajan vaihtelu on männyllä korkosadan nesten 2—5 kohdalla MT:llä 12—22 v., VT:llä 16—25 v. sekä 3—5 %:n kohdalla CT:llä 33—47 v. Kuusella vaihtelu on 2—5 %:n kohdalla OMT:llä 6—20 v. ja MT:llä 11—18 v. Yleensä siis erotukset suurenevät kasvupaikan huonotessa, mikä johtuu siitä, että puuston kehitys on huonoilla kasvupaikoilla hitaampaa kuin hyvillä; siirtymävaihe pääosaltaan pienpuuston kasvatuksesta järeän puuston kasvatukseen kestää siis edellisillä kauemmin kuin jälkimmäisillä. Myöskään nyt tarkastellussa mielessä kiertoaika ei siis ole hyvillä kasvupaikoilla yhtä väljästi määritettävä käsite kuin huonoilla kasvupaikoilla.

Sillä tosiasialla, että ensi sijassa vain erilaisten puutavarain kantohintojen suhteet vaikuttavat kiertoajan pituuteen, on laskelmien käyttökelpoisuuden kannalta varsin suuri merkitys. Puutavarain absoluuttiset hinnat nimittäin vaihtelevat hyvin voimakkaasti vuodesta tai vuosijaksosta toiseen. Mikäli muutokset vaikuttaisivat tuntuvasti kiertoajan laskennan tuloksiin, näiden merkitys ei ehkä voisi olla kovin suuri. Nyt kuitenkin hintain suhteet ovat ratkaisevia, ja niiden vuotuiset tai varsinkin jaksottaiset vaihtelut ovat ilmeisesti paljon vähäisempiä kuin koko hintatason vaihtelut (vrt. *D u e r r* ja *B o n d* 1952). Milloin taas tiettyyn suuntaan tapahtuvaa kehitystä eri puutavaralajien hintasuhteissa on odotettavissa, se on pyritävä ottamaan huomioon kiertoaikaa määritettäessä.

3243. *Kustannukset*

Aiemmin (s. 42) on todettu, että niillä vuotuisilla kustannuksilla, jotka ovat riippumattomia kiertoajan pituudesta, ei ole merkitystä kiertoajan laskennassa. Mutta mikäli kysymys on esim. tiettyihin metsikön kehityksen vaiheisiin, kuten uudistamiseen, taimiston hoitoon jne. liittyvistä kustannuksista, on ne otettava laskelmissa huomioon. Tällaisten kustannusten nousu aiheuttaa kiertoajan jatkumisen (vrt. *S t r i d s b e r g* 1956, ss. 27—28). Esimerkkinä siitä olkoon aiemmin (s. 47) esitetty mustikkatyypin männyin rajakannattavuus. Vasemmanpuoleiset sadannesluvut edellyttävät 6 000 mk:n uudistamiskustannusta. Oikeanpuoleista lukusarjaa laskettaessa taas on ajateltu uudistamiseen ja mahdollisesti taimikon hoitoon liittyvien kustannusten kohoavan kerrassaan 40 000 mk:ksi.

70 v.	2.79 %	3.06 %
80 »	2.37 »	2.53 »
90 »	1.79 »	1.90 »
100 »	1.25 »	1.34 »

Kyseinen, hyvin radikaaliksi oletettu kustannusten nousu merkitsee esim. 2.0—2.5 %:n tasolla (75—90 v:n kiertoajalla) vain 2—3 v:n lisäystä kiertoaikaan (vrt. Petri ni 1946, ss. 120—121). Lyhemmillä kiertoajoilla näin suuri kustannusten nousu merkitsee kuitenkin useamman vuoden lisäystä. Yleisenä sääntönä siis on, että mitä suuremmat kustannukset sellaisista tehtävistä kuin metsikön uudistaminen tai taimiston hoito aiheutuu, sitä harvemmin näitä kustannuksia on järjestettävä, ts. sitä pitemmän kiertoajan käyttämiseen on pyrittävä (vrt. Petri ni 1948, s. 243). Eri asia kuitenkin on mainitunlaisten toimenpiteiden yleinen liiketaloudellinen arvostelu. Mikäli esim. taimiston hoitokustannuksia lisäämällä voidaan metsikön kehitystä nopeuttaa, voi kiertoaika todellisuudessa lyhetä. Edellä tehdyt päätelmät kiertoajan jatkumisesta ovat päteviä vain siinä tapauksessa, että metsikön kehitys ei mainittavasti muutu.

Kaiken kaikkiaan näyttää siltä, että metsikön uudistamiseen tai johonkin muuhun kunakin kiertoaikana kertaantuvaan vaiheeseen liittyvien kustannusten kohtuullisella vaihtelulla ei ole tuntuvaa vaikutusta kiertoajan pituuteen.

3244. *Metsikön kehitys*

Metsikön kehitys kasvuineen ja poistoineen on kaikkein ensisijaisin kiertoaikalaskelmien tekijä. Se on ainakin välillisesti käynyt ilmi jo edellä suoritetusta eri tekijäin tarkastelusta. Tämän yhteydessä tulee esille kysymys myös siitä, vastaavatko laskelmien pohjana olevat, metsikön kehitystä kuvaavat sarjat todellisuutta. Siihen ei tässä tutkimuksessa ole mahdollista vastata. Voidaan ainoastaan todeta, että kehityssarjat on pyritty laatimaan yleensä kutakuinkin parhaaseen tarjolla olleeseen aineistoon nojaten, vaikkakin verraten yksinkertaisia työmenetelmiä käyttäen. Erityisesti sen johdosta, että ei ole ollut riittävästi saatavissa kyllin kauan aikaa hoidettuja metsiköitä, kehityssarjoihin tai ainakin niiden eräisiin osiin on varmaan jäänyt väliaikaisuuden tuntu, mikä ei voi olla vaikuttamatta niiden välityksellä laskettuihin, kiertoajan pituutta koskeviin tuloksiin.

Lähtemättä pitemmälle analysoimaan metsikön kehityksen ja kiertoajan suhdetta kosketellaan seuraavassa erästä kiertoaikaongelmaan kuuluvaa näkökohtaa. Se aiheutuu puuston määrän ja kasvun suhteen muuttumisesta metsikön iän lisääntyessä. On selvää, että mitä pitempään kasvu jatkuu suhteellisen voimakkaana, sitä pitemmäksi kiertoaika muodostuu. Mutta puiden saavutettua tietyt mitat suhteellinen kasvu pakosta taantuu ja aiheuttaa sen, että optimikiertoaika on käsillä ja sivuutetaan. Tätä kehityksen luonnollista kulkua ei ole ehkä aina riittävästi muistettu esim. korostettaessa ns. tukkipuuasennossa olevan metsikön kasvun taloudellista edullisuutta. Erityisesti hyvillä kasvupaikoilla on katsottu edulliseksi jatkaa kiertoaika verraten pitkäksi (vrt. O s a r a 1948, s. 31).

Mikäli kysymyksessä ovat jotkin yksittäiset metsiköt, voi edellä viitattu arvokasvun hyväksikäyttö olla hyvin puolustettavissa. On kuitenkin varotettava tavoittelemasta kyseisessä mielessä liikaa. Edellä on useissa kohdissa todettu, että rajakannattavuuteen perustuva optimikiertoaika on nimenomaan hyvillä kasvupaikoilla verraten ahtaiden rajojen määrittämä. Kun ne sivuutetaan, tappio on siellä varmaankin suurempi kuin huonoilla kasvupaikoilla. Tietenkin on varttuneen metsikön arvon lisääntyminen nimenomaan hyvillä kasvupaikoilla voimakasta. Toisaalta on kuitenkin sen puuston arvo, johon tämä lisäys tulee, jo ennestään verraten korkea. Kun tämä näkökohta otetaan huomioon sen näkemyksen mukaisesti, joka tässä tutkimuksessa on tahdottu tuoda esille, joudutaan kasvatuksen jatkamista mahdollisesti uudelleen arvioimaan.

325. Tulosten vertailua aiempien kanssa

Käsillä olevassa tutkimuksessa tulokseksi ei ole saatu kullekin metsätyypille ja puulajille vain yhtä kiertoaikaa, vaan monia erilaisia vaihtoehtoja riippuen käytettävästä korkosadanneksesta ja sen lisäksi lähinnä eri puutavaralajien kantohintojen suhteista. Näitä vaihtoehtoja on esitetty kuvassa 8 (s. 48), mistä voidaan havaita, että hyvinkin huomattavasti toisistaan poikkeavat kiertoajat voivat olla paikallaan eri olosuhteissa. Tällainen eri vaihtoehtojen tarjoaminen lienee varsin tarpeellista käytännössä tehtäviä ratkaisuja silmällä pitäen. Kuitenkin siitä on toisaalta seurauksena, ettei esim. nyt saavutettujen tulosten ja aiempien kiertoaikaa koskevien suositusten vertailu käy päinsä aivan yksikäsitteisesti.

Niistä kiertoajoista, joita viime aikoina on esitetty suositeltaviksi kiertoajoiksi maan eteläpuoliskossa, mainittakoon seuraavassa eräitä lukuja. *L i h t o n e n* (1946; vrt. 1956) hahmotellessaan tuottohakuu suunnitteet II valtakunnan metsien inventoinnin nojalla metsänhoitolautakuntien toiminta-alueittain käytti miltei koko alueella 80 v:n keskimääräistä kiertoaikaa. Samoin on *I l v e s s a l o* (1956, s. 176; 1957, s. 106) menetellyt suorittaessaan vastaavat laskelmat III inventoinnin perusteella. *L i h t o n e n* (1956) lisäksi mainitsee, että valtion metsissä on yleensä sovellettu 10—30 v. pitempiä kiertoaikoja sekä metsäteollisuusyhtiöiden metsissä 80—100 v:n ja maatilametsien taloussuunnitelmissa 70—80 v:n kiertoaikoja.

Maan eteläpuoliskon kasvullisten metsämaiden keskihyvyys sattuu mustikka- ja puolukkatyyppien välimaille (*I l v e s s a l o* 1956, s. 42). Eri puutavaralajien keskimääräisten hintasuhteiden mukaan vastaa 80 v:n kiertoaika n. 3 %:n rajakannattavuuden määrittämää kiertoaikaa.

Viime aikana on eräissä kirjoituksissa suositeltu pitempiä kiertoaikoja. Perustaa näille ajatuksille ovat tarjonnot lähinnä ne metsikön kehitystä koskevat tutkimukset, joihin myös tämä tutkimus nojaa. Luontaisesti

syntyneille männiköille Sirén (1956) suosittelee ainakin 80—100 v:n kiertoaikaa mustikkatyypillä. Vastaavasti Vuokila (1956, s. 105) mainitsee, että »suurimman puumäärän kiertoaika, jota on pidettävä minimikiertoaikana, on käenkaali-mustikkatyypissä 92 ja mustikkatyypissä 115 vuotta». Hän kuitenkin jatkaa, että mikäli suurimman keskimääräisen kasvun tavoittelusta voidaan hiukan tinkiä, voidaan kiertoaikaa lyhentää.

Aiemmin selostettujen tulosten perusteella ei viimeksi mainittuja käsitä voida sanoa ehdottomasti virheellisiksi. Rajakannattavuus on kuitenkin noin pitkiä kiertoaikoja sovellettaessa niin alhainen, että niitä tuskin voidaan suositella yleisesti käytettäviksi.

Kallion (1957) tuloksista on jo johdannossa mainittu. Suorittaessaan laskelmat 5 %:n mukaan on hän korkeimman maankoron kiertoajaksi käenkaali-mustikkatyypin kuusikossa saanut eri kehityssarjojen perusteella 45—65 v. ja vastaavasti todennut korkeimman metsänkoron kiertoajan hyvin pitkäksi.

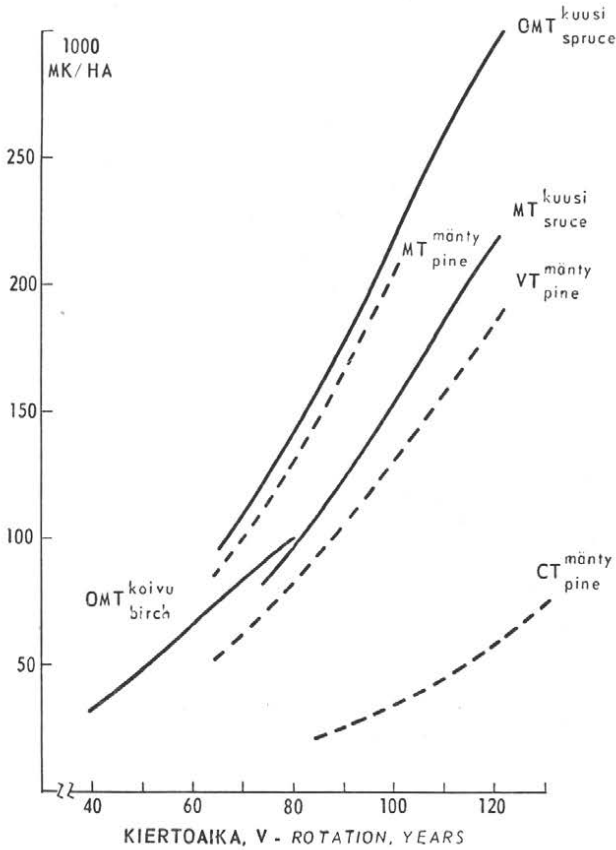
Ruotsissa on mm. Petterson (1951, s. 4) esittänyt uusiin kasvu-
taulukkoihin perustuvia laskelmia kiertoajan pituudesta. Puolukkatyypillä lähinnä vastaavaksi voidaan katsoa boniteetti $h_{100} = 24$ m. Luontaisesti syntyneelle männiköille hän on saanut kiertoajaksi korkosadannesta 3 käyttäen Pohjois-Ruotsissa 114 v. ja Etelä-Ruotsissa 101 v. Edellä on kiertoajaksi puolukkatyypillä vastaavasti tullut n. 80 v. Lähinnä käenkaali-mustikkatyypin kasvupaikkaa ($h_{100} = 28$ m) jotakuinkin vastaavassa viljelykuusikossa Petterson on kiertoajaksi saanut 95 v., kun taas nyt on luontaisesti syntyneen kuusikon kohdalla tultu selvästi lyhempään, n. 70 v:n kiertoaikaan. Norjalaisia kuusikoita koskevat laskelmat, jotka on suoritettu 2.5—4.0 %:n korkokantaa käyttäen, näyttävät puolestaan viittaavan verraten lyhyisiin, n. 70 v:n kahden puolen vaihteleviin kiertoaikoihin (Jørgensen ja Svendsrud 1957; vrt. Eide ja Langsaeter 1941).

On luonnollista, että eri tutkimuksissa saatujen tulosten kesken on tiettyjä eroavuuksia. Tämä koskee varsinkin eri maissa suoritettuja tutkimuksia, koska mm. sellaisessa ensisijaisessa tekijässä kuin bonitointimenetelmässä on eroavuuksia. Välittömimpiä syitä siihen, että tulokset niinkin paljon poikkeavat toisistaan kuin edellä on mainittu, näyttää olevan metsikön kehityssarjojen erilainen muoto. Ei voida varmasti sanoa, mitkä tulokset kyseisessä suhteessa ovat lähimpänä oikeita, mutta tässäkin yhteydessä on korostettava jatkuvan tutkimuksen tarpeellisuutta.

33. Puuston hakkuuarvo ja puhdas tuotto

Kiertoaikaa koskevat laskelmat, joiden tuloksia edellä on selostettu, tarjoavat lähtökohdan monien metsikön kasvatukseen liittyvien liiketalou-

dellisten päätelmien teolle. Tämän yhteydessä joudutaan kuitenkin jättämään pois sellainen tarkastelu, joka ei välittömästi liity tutkimuksen pääaiheeseen. Rahallisten laskelmien tuloksista käsitellään aiemmin puheena olleiden lisäksi ainoastaan puuston hakkuuarvon ja puhtaan tuoton kehitys eri kiertoaikoja sovellettaessa. Näitä valaisevat tulokset on kuviin 9 ja 10 laskettu keskimääräisistä kantohinnoista ja muutenkin niistä edellytyksistä



Kuva 9. Puuston hakkuuarvo.

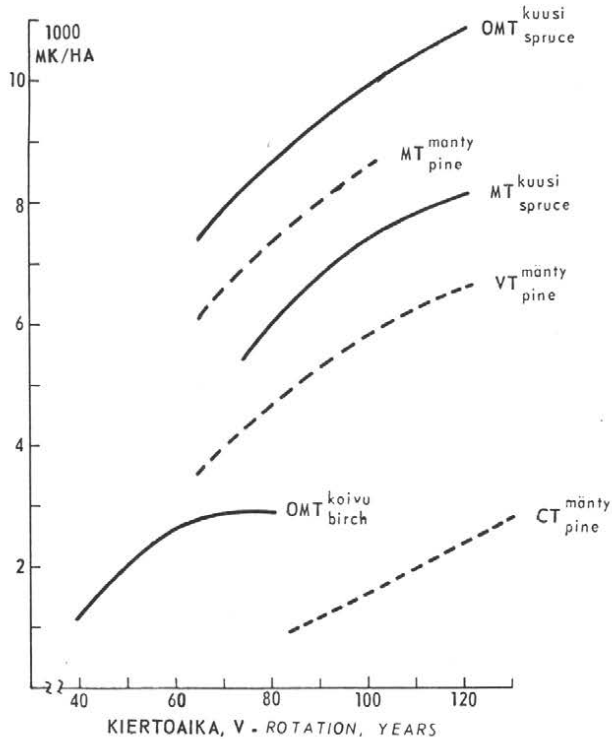
Fig. 9. Stumpage value of the growing stock.

lähtien, jotka esitettiin luvussa 31. Mäntyä ja kuusta koskevat laskelmat edellyttävät asteittaisia uudistushakkuuita, rauduskoivua koskevat avohakkuuta. Huomautettakoon vielä siitä, että tulokset perustuvat normaali-metsäin koostamiseen.

Kuva 9 osoittaa kasvatettavan puuston hakkuuarvon eri kiertoajoilla, metsätyypeillä ja puulajeilla. Ennen muuta voidaan kuvaa tarkasteltaessa panna merkille hakkuuarvon nopea lisääntyminen kiertoaikaa jatkettaessa.

Jo tämä kuva osaltaan selittää, miksi sellaisilla kiertoaajan laskentatavoilla, jotka kiinnittävät huomiota tuotantoon sidotun pääoman suuruuteen asettamalla tälle korkovaatimuksen, ei voida tulla kovin pitkiin kiertoaikoihin.

Nimenomaan eri puulajien muodostamien metsien vertailua silmällä pitäen ovat kuitenkin mielenkiintoisempia ne tulokset, joita kuvan 10 perusteella voidaan saada puhtaasta tuotosta. Siitä on tässä tapauksessa



Kuva 10. Vuotuinen puhdas tuotto, josta verot on vähennetty.
Fig. 10. Annual net income; taxes deducted.

tehty kaavamaisesti arvioitu sekä tulon että omaisuuden perusteella maksettavia veroja koskeva vähennys (vrt. s. 42), koska tulokset siten antanevat todellisuutta paremmin vastaavan käsityksen. Jo kuvasta voidaan nähdä, kuinka paljon kyseinen »puhdas tuotto» suurenee kiertoaikaa jatkettaessa. Niin ikään voidaan havaita selviä eroja eri metsätyyppien sekä eri puulajien kesken. Jotta tulokset tulisivat paremmin vertailukelpoisiksi ja samalla helpommin käsitettäviksi, esitetään seuraavassa asetelmassa »puhdas tuotto» edellyttämällä kiertoaika kaikissa tapauksissa lasketuksi korkosadannesta 3 käyttäen. Tosin tämä 3 %:n rajakannattavuuteen perustuva kiertoaika ei ole samanpituisen eri tapauksissa, mistä on seurauksena, etteivät »puhdasta tuottoa» koskevat luvut ole näinkään laskettuina keskenään verrat-

tavia kaikissa tapauksissa. Mutta asetelman luvut lienevät sopivimpia kuvaamaan eri puulajien ja metsätyyppien keskinäisiä suhteita yleensä.

		Kiertoaika, v Rotation, years.	Vuotuinen »puhdas tuotto» »Net income» annually mk/ha	%
Mänty — <i>Pine</i>	MT	70	6 500	100
» »	VT	80	4 640	71
» »	CT	120	2 400	37
Kuusi — <i>Spruce</i>	OMT	70	7 875	121
» »	MT	85	6 400	98
Rauduskoivu — <i>Birch</i>	OMT	57	2 450	38

Mäntyä ja kuusta koskevien suhdelukujen avulla voidaan saada käsitys eri metsätyyppien suhteellisista arvoista. Niitä voidaan verrata Ilvessalon kokonaan eri aineistoihin perustuviin tuloksiin, jotka kuvaavat metsätyyppien suhteellisia arvoja edellä olevan asetelman lukuja vastaavina sekä kasvun perusteella laskettuina (Tapion... 1956, s. 218, 227; vrt. myös Ilvessalo 1939, s. 14). Vertailu käy päinsä seuraavan asetelman nojalla.

	OMT	MT	VT	CT
Nyyssönen	120	100	70	35
Ilvessalo	140	100	60	30
» (kasvun perusteella) ...	115	100	80	50

Ilvessalon laskelmien perusteella eri metsätyypit siis poikkeavat toisistaan keskimäärin enemmän kuin nyt saatujen tulosten perusteella. Mikäli kuitenkin arviointi suoritetaan vain kasvun määrään nojaten, ovat metsätyyppien keskinäiset eroavuudet suhteellisesti pienempiä.

Erityisen mielenkiintoisia ovat eri puulajeja koskevat tulokset. Ensiksi esitetystä asetelmasta voidaan havaita aluksi, että männyn ja kuusen kesken ei ole olennaisia eroja. Kuusen kiertoaika mustikkatyypillä tosin on pitempi kuin männyn, mutta puhtaan tuoton suhdeluku on samassa luokassa. Näin vähäisiä eroja ei voi tulkita merkitseviksi kyseisessä vertailussa, missä välttämättä on otettava huomioon mm. metsätyypin määritykseen liittyvät varaukset. Männikön ja kuusikon tuotos, kuusipaperipuun suhteellisen korkea ja kuusitukkipuun mäntyä vähän alhaisempi kantohinta näyttävät siis johtavan samansuuruiseen kokonaistulokseen.

Hyvin silmäänpiستävä on rauduskoivun tavattoman selvä poikkeaminen havupuista. Vastaavalla kasvupaikalla sen »puhdas tuotto» on vain runsaasti 30 % kuusen tuotosta. Kun hieskoivikon tuotos on selvästi alhaisempi kuin rauduskoivikon tuotos (Koiviston 1957), jää koivu kokonaisuudessaan vieläkin heikommaksi havupuihin verrattuna.

Sytä koivun antamaan heikkoon tulokseen haettaessa on ensiksi muis-tettava kuutiokasvussa esiintyvät eroavuudet. Keskimääräinen kasvu käenkaali-mustikkatyypillä on rauduskoivikossa esim. 57 v:n kiertoajalla 6.4 ja kuusikossa 70 v:n kiertoajalla 7.6 m³/ha kuoretta (V u o k i l a 1956, s. 78; K o i v i s t o mt., s. 106).

Toiseksi on kiinnitettävä huomiota kantohintojen suhteisiin. Vaneri-puuksi kelpollisesta koivusta maksettu hinta on, kun mittaustavan aiheut-tama korjaus otetaan huomioon, samalla tasolla kuin havutukkipuun hinta keskimäärin ja ilmeisesti kuusitukkipuun hintaa korkeampi (vrt. ss. 38—39). Lisäksi on vielä huomattava, että mainittu hinta on laskettu keskikooltaan havupuita pienemmälle koivulle. Järeän puun hintojen eroista koivikon heikko tuotto siis ei johdu.

Sen sijaan halkopuuna hinnoitetun koivun ja vastaavan havupuista valmistettavan ainespinotavaran hinnan kesken on hyvin selvät erot; havupuuhalkojen alhainen hintahan ei vertailussa paljon merkitse (vrt. s. 38). Kun tämän lisäksi otetaan huomioon, että käyttöpuun kokonais-tuotoksesta esim. 60—80 v:n kiertoaika sovellettaessa hyvinkin 2/3 on jouduttu hinnoittamaan halkopuuna (vrt. taulukkoa 5 s. 87), käy koivikon alhainen »puhdas tuotto» ymmärrettäväksi.

Jotta koivun kasvatusta myös puhtaina metsikköinä kannattaisi liike-taloudellisessa mielessä vakavasti harkita, olisi nimenomaan koivupienpuun hinnan voimakkaasti noustava. Mutta ellei pikaisesti näin käy, on edellä esitetyistä tuloksista vedettävä asianmukaiset johtopäätökset. Viitatta-koon tässä vain nykyiseen verotusjärjestelmään, joka kunkin metsälön puitteissa ottaa huomioon vain jakaantumisen metsätyyppeihin, mutta ei esim. eri puulajien osuuksia. Kuitenkin puulaji on ilmeisesti erinomaisen tärkeä tekijä mm. silloin, kun kysymys on toisaalta koivusta ja toisaalta havupuista. Niin kuin edellä on havaittu, on rauduskoivikon »puhdas tuotto» käenkaali-mustikkatyypillä samaa tasoa kuin männikön »puhdas tuotto» kanervatyypillä.

34. Eri puutavaralajien tuotoksen riippuvuus kiertoajasta

Kiertoajan pituutta edellä tarkasteltaessa on lähtökohtana käytetty ensi sijassa eri puutavaralajien keskimääräisiä kantohintoja, mutta sen lisäksi on kiinnitetty huomiota suuntaan tai toiseen kärjistettyihin hinta-suhteisiin. Tällä tavalla voitaneen aiemmin esitetyistä tuloksista saada ohjetta määritettäessä kiertoaika erilaisissa olosuhteissa, erilaisten hinta-suhteiden vallitessa. Ratkaisua tehtäessä on vain riittävän paljon pohdit-tava sitä, millaisiksi hinnat näyttäisivät pitkällä tähtäimellä muodostuvan kulloinkin esillä olevassa tapauksessa. Tämän yhteydessä herää kysymys: missä määrin pysyviä ovat esim. tukkipuun ja paperipuun hintasuhteet?

Voidaanko siis niin kauas tähtäävässä ratkaisussa kuin kiertoajan määrittämisessä edellyttää ensinkään saavutettavan kyllin luotettavia tuloksia?

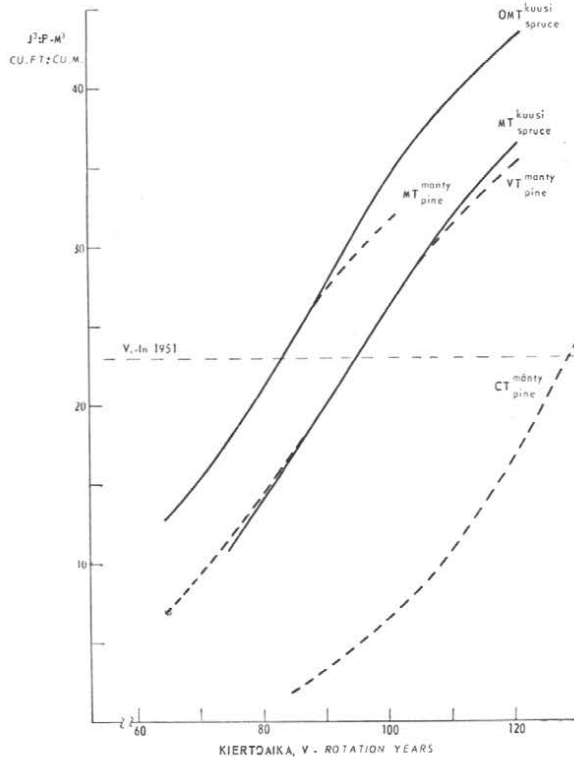
Näihin kysymyksiin ei tässä yritetä hakea vastausta. Viitattakoon vain siihen aiempaan (vrt. s. 49) toteamukseen, että eri puutavaralajien hintasuhteet näyttäisivät olevan pääpiirteissään verraten pysyviä ja tarjonnevät niin ollen edellytyksiä kestäville ratkaisuille. Kuitenkin on tarpeen tarkastella seuraavassa erästä sellaista tekijää, joka saattaa muuttaa kantohintojen suhteet, mistä taas seurauksena voi olla toisenlainen tulos kuin mitä alunperin on ajateltu.

Niiden tekijäin joukossa, jotka määräävät, millaisiksi eri puutavaralajien kantohintojen suhteet muodostuvat, edustaa näiden puutavaralajien käytön ja kysynnän laajuus olennaista osaa. Käytössä esiintyy vuodesta toiseen tiettyä vaihtelua, mutta ei suinkaan rajattomasti. Mikäli esim. tukkipuun ja paperipuun käytön suhde jonakin ajanjaksona on 2 : 1, ei voida yleensä ajatella, että suhde muuttuisi seuraavana jaksossa aivan toiseksi.

Oletetaan nyt, että kiertoajan määrittäminen perustetaan niihin kantohintoihin, joita eri puutavaralajeista on keskimäärin maksettu silloin, kun tukki- ja paperipuuta on ostettu äsken mainitussa suhteessa. Oletetaan edelleen, että näin suoritettavat laskelmat osoittavat edullisimmaksi kiertoajan, joka toteutettuna antaisi tukki- ja paperipuuta yhtä paljon, siis suhteessa 1 : 1. Vielä oletetaan, että tähän kiertoaikaan ryhdytään yleisesti siirtymään ja sitä noudattamaan. Pysyvätkö suunnilleen samat hintasuhteet yhä voimassa, ja onko siis kiertoajan laskennassa päädytty tarkoituksenmukaiseen ratkaisuun?

Vastaus on todennäköisesti kielteinen. Suhteellisen runsas paperipuun tuotos ja vastaavasti niukka tukkipuun tuotos saattaisivat muuttaa hintasuhteet siinä määrin järeän puun hyväksi, että olisi edullisempaa pyrkiä jälleen pitempään kiertoaikaan (esim. *Streyffert* 1938, s. 12; *Davis* 1954, s. 242). Kyseisessä mielessä on kuitenkin tehtävä ero erilaisten, esim. eri maissa vallitsevien olosuhteiden kesken. Mikäli kysymyksessä on niukkametsäinen maa, missä järeästä puusta tahtoo esiintyä puutetta ja tuontimahdollisuudet ulkomailta ovat huonot, on ratkaisu tehtävä enemmän tai vähemmän teknillisen kiertoajan periaatetta käyttäen. Sen sijaan sellaisessa maassa kuin Suomessa näyttäisi laskelmat voitavan suorittaa vapaammin; voidaan ehkä ajatella, että on mahdollista tuottaa runsaastikin tiettyjä edullisia puutavaralajeja ja viedä niistä saadut tuotteet ulkomaille. On kuitenkin ilmeistä, ettei Suomessakaan voida eri puutavaralajien tuotosten suhteita mielin määrin muuttella hintasuhteiden järkkymättä suuntaan tai toiseen. On muistettava olemassa olevien metsäteollisuuslaitosten kapasiteetti, tiettyihin määriinsä rajoittuvat vientimahdollisuudet jne.

Edellä esitetystä seuraa, että on aiheellista kiinnittää huomiota siihen, millaiseksi muodostuu tärkeimpien puutavaralajien, tukkipuun ja ainespinotavaran, tuotosten suhde eri pituisia kiertoaikoja käytettäessä. Sen rinnalle on asetettava puun viimeaikainen käyttö Suomessa ja tehtävä päätelmät siitä, mikä tulisi yleisesti noudatettavan kiertoajan olla ko. näkökannalta.



Kuva 11. Tukkipuun (mittayksikkö j^3) ja ainespinotavaran ($p-m^3$) tuotosten suhde.

Fig. 11. Ratio of the yield of saw-timber (unit of measurement cu. ft.) to pulp-wood (cu. m. piled).

Kuvasta 11 nähdään, mikä on tukkipuun ja ainespinotavaran tuotosten suhde männiköissä ja kuusikoissa. Tukkipuun suhteellisen määrän havaitaan kasvavan hyvin nopeasti kiertoajan jatkuessa. Samaan kuvaan on viimeaikaista käyttöä edustamaan asetettu v:n 1951 tulos, joka prof. V. Pöntyselältä on saatu käytettäväksi. On tyydyttävä tähän yhden vuoden tilannetta koskevaan ennakkotietoon, koska varsinaiset III puunkäyttötutkimuksen tulokset eivät ole tätä kirjoitettaessa valmistuneet. Mainittu vuosi oli korkeasuhdanteen vuotena jossain määrin poikkeuksellinen, mutta se kuitenkin soveltunee kuvaamaan nyt ko. tuotosten suhdetta.

Tukkipuun käyttö kuutiojalkoina oli v. 1951 n. 23-kertainen verrattuna ainespinotavaran käyttöön pinokuutiometreinä. Mainittakoon, että esim. v. 1938 järeän puun käyttö oli suhteellisesti suurempi (vrt. O s a r a, P ö n t y n e n ja E r k k i l ä 1948), joten saha- ja selluloosateollisuuden tuotantojen suhde on muuttunut viimeksi mainitun hyväksi.

Mikäli järeää puuta pyritään kasvattamaan v:n 1951 käytön osoittama suhteellinen määrä, muodostuvat keskimääräiset kiertoajat siis vähintään seuraaviksi.

Mänty	MT	ja kuusi	OMT	n.	85 v.
»	VT	»	MT	»	95 »
»	CT			»	130 »

Nämä kiertoajat ovat 10—15 v. pitempiä kuin aiemmin usein mainitut 3 %:n rajakannattavuuden kiertoajat, joita käytettäessä ko. tukkipuun ja ainespinotavaran tuotosten suhde on 15—17-kertainen.

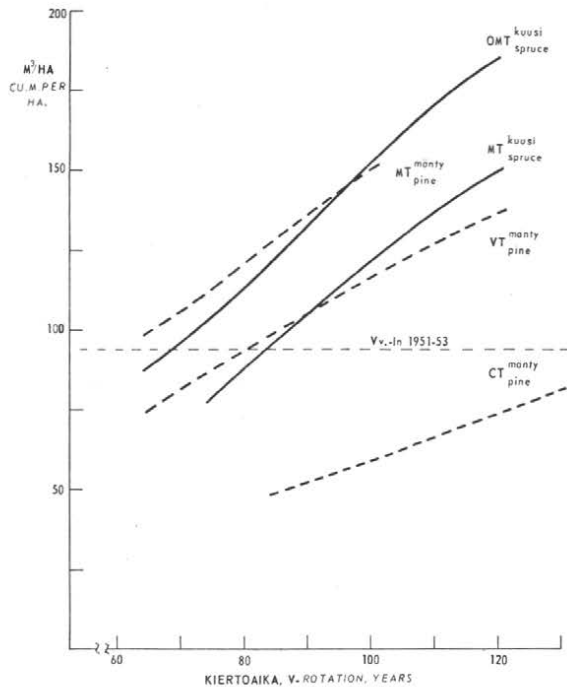
Missään tapauksessa ei nyt esitettyä tärkeimpien puutavaralajien tuotosten suhdetta voida kuitenkaan pitää sitovana kiertoajan määrittäjänä. Aiemmin sanotun lisäksi on muistettava, että kyseisessä mielessä ovat muutokset täysin mahdollisia, mitä osoittaa mm. v:sta 1938 v:een 1951 tapahtunut muutos. On myös mahdollista, että tietyillä kasvatustoimenpiteillä voidaan lyhyehkönäkin kiertoaikana kasvattaa suhteellisen runsaasti tukkipuuta, vaikkakaan tässä suhteessa ei liene syytä olla liian optimistisia. Edelleen on syytä muistaa tietty siirtymävaihe (vrt. D i c k s o n 1956, s. 95) ja tietenkin se, että erilaiset metsätalouden harjoittajat voivat poiketa keskimääräisten kiertoaikojen noudattamisesta.

Kaiken kaikkiaan siis eri puutavaralajien tuotosten suhteesta ei saada täsmällistä ohjetta keskimääräisten kiertoaikojen määrittämisessä, mutta yleiseksi taustaksi on syytä kiinnittää huomiota mainittuun kysymykseen.

35. Nykypuusto ja tavoitepuusto Suomen eteläpuoliskossa

Metsikön kehitystä kuvaavien taulukoiden 3—5 (ss. 82—87) perusteella voidaan suorittaa laskelmia mm. siitä, millaisiksi tavoitepuuston kuutiomäärä, järeyssuhteet ja kuutiokasvu muodostuvat eri pituisia kiertoaikoja käytettäessä. Näitä kysymyksiä valaistaan kuvien 12—14 avulla. Mutta tällöin tarjoutuu tilaisuus tehdä päätelmiä myös siitä, millaiselta nykypuusto maan eteläpuoliskossa näyttää nyt saatujen tulosten valossa. Tämä merkitsee samalla eräänlaista ajatuskoetta ko. alueen metsien tavoitepuustosta vuosikymmenien takaisessa tulevaisuudessa. Niin kuin tiedetään, on I l v e s s a l o (1956, ss. 173—193) hahmotellut III valtakunnan met-

sien inventoinnin perusteella puuston kehityksen lähiaikana, ensi 20-vuotiskautena, tuottohakkuulaskelmaa apuna käyttäen. Kun siinä on otettu huomioon monia eri tekijöitä, mm. nykypuusto ja sen tila, on päädytty pitämään tarkoituksenmukaisena puuston määrän lisäämistä mainittuna kautena maan eteläpuoliskossa vuosien 1951—53 tasosta 10.7 %:lla. Keskimääräisenä kiertoaikana laskelmassa on ollut 80 v., jota vastaan nyt suoritettun tutkimuksen tulokset eivät aiheuta mitään huomauttamista. Edelleen on pyrkimyksenä ollut tuottohakkuulaskelman periaatteiden mukaisesti tasainen ikäluokkien jakaantuminen, mitä silmällä pitäen on ensi



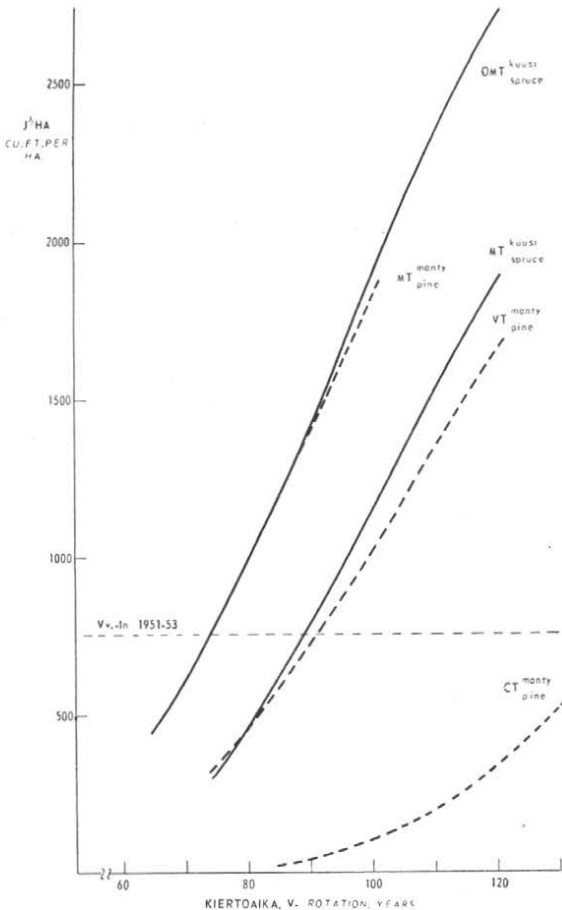
Kuva 12. Puuston kuutiomäärä (kuorineen).
Fig. 12. Volume of the growing stock (incl. bark).

20-vuotiskautena ajateltu uudistettavaksi 25 % pinta-alasta. Näiden samojen edellytysten nojalla voidaan nyt koettaa muodostaa käsitys vielä kaukaisemmasta tavoitteesta ja samalla tarkastella nykypuustoa.

Puuston keskikuutiomäärä eri kiertoaikoja sovellettaessa nähdään kuvasta 12. Nousu kiertoaajan jatkuessa on verraten voimakasta, vaikka ei läheskään yhtä tuntuva kuin puuston hakkuuarvon nousu (vrt. kuva 9 s. 53). Kuvaan on merkitty myös maan eteläpuoliskon kasvullisen metsämaan keskikuutiomäärä, 94 m³/ha, vuosina 1951—53 (Ilvessaalo 1956, s. 72). Vastaavia keskikuutiomääriä eri metsätyypeillä ei tässä suuripiirteisessä vertailussa esitetä. Kun kasvullisen metsämaan keskihyvyys on

mustikka- ja puolukkatyyppien välimailloilla, näyttäisi nykypuusto (v:n 1951—53 puusto) olevan 80 v:n kiertoaikaa silmällä pitäen runsaasti 90 % tasaista ikäluokkien jakaantumista edellyttävästä puustosta.

Tärkeä puuston järeyssuhteiden kuvaaja on tukkipuuston määrä, sillä tämä antaa käsityksen siitä puuston osasta, joka usein muodostuu kriittiseksi kiertoajan laskennassa. Kuvasta 13 havaitaan tukkipuuston lisään-



Kuva 13. Tukkipuuston määrä.
Fig. 13. Volume of saw timber.

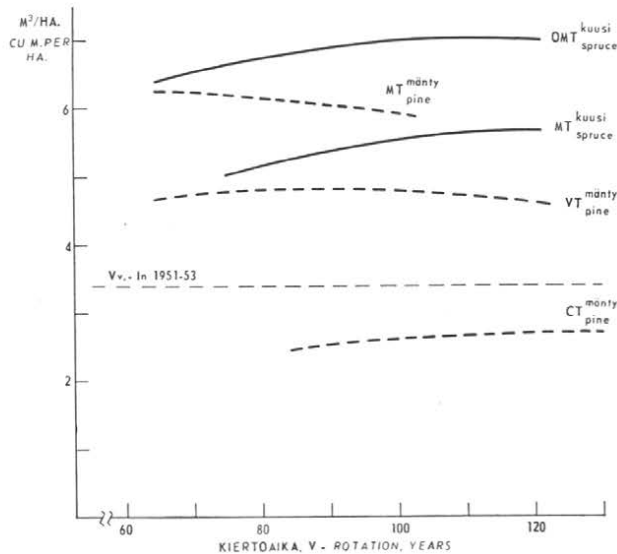
tyvän kiertoajan pidetessä erittäin nopeasti. Toisaalta mänty MT:llä ja kuusi OMT:llä sekä toisaalta mänty VT:llä ja kuusi MT:llä ovat keskenään hyvin samankaltaisia. Maan eteläpuoliskon kasvullisella metsämaalla tukkipuustoa on ehkä yli 10 % runsaammin kuin 80 v:n kiertoaika edellyttää (vrt. Ilvessalo mt., s. 107).

Läpimittasuhteita voidaan kuvata myös tarkastelemalla puuston kuutiomäärän jakaantumista rinnantasalta mitattuihin läpimittaluokkiin. Seuraava asetelma esittää männyn puolukkatyyppillä muodostamaa normaali-metsää 85 v:n kiertoajalla (vrt. Nyysönen 1954, s. 138) ja kaikkea puustoa koko metsämaalla maan eteläpuoliskossa (Ilvessalo mt., s. 92).

	< 10	10—20	20—30	30 + cm
Mänty VT; kiertoaika 85 v.:	14.5	54.5	29.7	1.3 %
Vv. 1951—53 koko metsämaa: ..	12.5	42.9	37.5	7.1 »

Myös tästä asetelmasta nähdään nykymetsien verraten edulliset järeyssuhteet. Vain mäntyyn rajoituttaessa ne näyttäisivät vielä edullisemmilta (mt., s. 94).

Kuvasta 14 nähdään vihdoin keskimääräinen kuutiokasvu. Ensiksi voidaan todeta, että se on merkittävän samanlainen kiertoajan pituudesta riippumatta (vrt. Lihtonen 1943, s. 154); keskimääräinen kasvu on siis jo tältä kannalta epävarma kiertoajan osoittaja. Toiseksi havaitaan, että vertailu nykypuuston keskikasvuun maan eteläpuoliskon kasvullisella metsämaalla tuo näkyviin edellä tarkastelluista suhteista hyvin selvästi poikkeavan piirteen. Nykypuuston keskikasvu nimittäin on vain 60—65 % siitä, mitä mustikka- ja puolukkatyyppien keskimäärä tasaisen ikärakenteen puitteissa ja 80 v:n kiertoaikaa sovellettaessa edellyttää. Aiemmin todettiin, että puuston kuutiomäärä on vastaavasti hyvinkin 90 % ja tukkipuuston määrä runsaasti 110 %.



Kuva 14. Puuston keskimääräinen kuutiokasvu (kuoretta).
Fig. 14. Mean annual growth in volume (excl. bark).

Nyt voidaan sanoa, että tämänkaltaiset vertailut eivät ole kovinkaan todellisuuspohjaisia, sillä nyt suoritettussa tutkimuksessa laskelmien pohjana oleva aineisto on kerätty vertailuun kelpaamattomalla tavalla. Tämän kirjoittaja on itsekin kiinnittänyt huomiota siihen, että subjektiivisesti valikoituun aineistoon perustuvat tulokset eivät yleensä sellaisinaan sovellu käytettäviksi laajojen alueiden keskimäärinä (vrt. Nyysönen 1954, s. 95; 1957). Ilmeisesti näin saataisiin tavoitteet aivan liian korkeiksi. Kirjoittaja on siten valmis myöntämään, että nykypuuston kasvu maan eteläpuoliskon nykyisillä kasvullisilla metsämailla on todennäköisesti enemmän kuin 60—65 % järkevänä pidettävästä kaukaisestakin tavoitteesta. Toisaalta ei kuitenkaan ole selvitetty esim. kysymystä, olisiko kenties eräissä tapauksissa taloudellisesti edullista kasvattaa kahta jaksoa jonkin aikaa, millä seikalla olisi suuri vaikutus tavoitepuuston hahmottelun kannalta. Näin siis vertailussa on varauduttava eräiden tuntemattomien tekijöiden mukanaoloon.

Viimeksi esitetyt näkökohdat eivät kuitenkaan tee tyhjäksi aiemmin esitetyistä sadanneslukuista ilmi käynyttä tosiasiaa, että nykypuuston määrän ja kasvun suhde on ilmeisesti verraten kaukana parhaasta mahdollisesta. Määrältään samalla puustolla olisi varmaan saavutettavissa huomattavasti suurempi kasvu, tai sama kasvu olisi mahdollista saavuttaa vähemmällä puustolla. Yhtenä edellytyksenä korjauksen aikaansaamiseksi on nykymetsien ikärakenteen saattaminen tasaisemmaksi (vrt. Ilvesalo 1956, ss. 64—68, s. 160), siis nuorien ja suhteellisen nopeakasvuisten metsien osuuden lisääminen.

Esitetyt vertailut saattavat antaa tukea myös päätelmille, ettei vastaisten metsäpoliittisten pyrkimysten yleisenä kohteena nykyisillä maan eteläpuoliskon kasvullisilla metsämailla tarvitse olla puuston keskikuutiomäärän tai varsinkaan järeyden lisääminen, vaan huolehtiminen siitä, että jo karttunut puusto saadaan oikein suoritettavilla hakkuilla ikä- ym. rakenteeltaan tarkoitustansa paremmin vastaavaksi.

4. Näkökohtia tutkimustuloksista ja niiden soveltamisesta

Kiertoaikaa koskevia ongelmia on tässä tutkimuksessa tarkasteltu normaalimetsän koostamiseen nojaten. Niin ollen näyttää siltä, että on voitu taittaa kärki seuraavalta arvostelulta, johon usein on oltu taipuvaisia kiertoaikalaskelmien kohdalla: ne perustuvat yhteen metsikköön ja pitkäaikaiseen koronkorkolaskuun, joten niiden täytyy jäädä todellisuudelle vieraisiksi. Nythän on tarkasteltu koko metsää ja korkoa korolle ei ole tarvinnut laskea.

Toiselta puolen voidaan huomauttaa, että normaalimetsän avulla saavutettu etu on tiettyssä mielessä vain näennäinen. On nimittäin jo käynyt ilmi (vrt. ss. 20—23), että saavutetut tulokset vastaavat suurin piirtein niitä tuloksia, jotka saadaan laskettaessa vastaava korkeimman maankoron kiertoaika. Laskelmien suorittaminen siten kuin nyt on tehty tarjoaa siis ensi sijassa ehkä vain laskentateknillisiä etuja ja helpottaa tulosten havainnollista esittämistä. Voidaan lisäksi väittää, että käsittelyssä ei ole otettu huomioon läheskään kaikkia asiaan vaikuttavia tekijöitä, vaan monitahoista ongelmaa on useissa kohdin liiaksi kaavamaistettu ja yksinkertaistettu.

On myönnettävä, että suoritettuihin laskelmiin liittyy juuri mainitussa mielessä useita epävarmuutta aiheuttavia tekijöitä, joista monia tosin on jo aiemmin käsitelty. Niinpä metsikön kehitystä koskevia lukusarjoja kiertoaikalaskelmissa käytettäessä tavallaan edellytetään, että kasvatettaessa useita puusukupolvia peräkkäin samalla kasvupaikalla nämä kehittyvät kuten nyt käytetty aineisto osoittaa. Esim. kuusen kohdalla tämä ei kuitenkaan ole varmaa. Ja edelleen: aineistoon kuuluneet metsiköt tuskin ovat yleensä syntyneet asteittaisten uudistushakkuiden seurauksena, kuten koostetuissa kehityssarjoissa oletetaan. Kehityssarjat eivät ehkä myöskään perustu kyllin kauan hoidettuihin metsikköihin. Ei ole ollut tarjolla määrältään erilaiseen puustoon perustuvia kehityssarjoja, joten ei ole voitu selvittää harvennusasteen ja kiertoajan keskinäistä sidonnaisuutta. Yleiskustannusten käsittely on ollut hyvin kaavamaista. Hakkuuvaikeustekijät on sivuutettu. Ja niin edelleen.

Laskelmiin ja niiden tuloksiin nähden voidaan siis tehdä monta huomautusta. Mutta niiden kohdalla on paikallaan tehdä myös eräitä vastatoteamuksia. Ei voida välttää sitä, että metsätalouden pitkäjännitteisyys, eri suuntiin vaikuttavien tekijäin komplisoitu rakenne ja käytännön moni-

naiset tarpeet tekevät laskelmien suorittamisen tyydyttävällä tavalla vaikeaksi. Jotta ongelmia voitaisiin edes jotenkuten hallita, on niitä pakko yksinkertaistaa. Tällaista menettelyä perustellessaan esim. V a u x (1954, ss. 39—40) lähtee siitä, että tehtäviin ratkaisuihin vaikuttavat tavattoman monet biologiset ja taloudelliset tekijät, joista eräiden seuraukset ovat joko epäselviä tai epävarmasti ennustettavissa. Ainoaksi keinoksi jää siis ongelman yksinkertaistaminen, ts. analysoitaviksi valitaan tärkeimmiltä näytävät tekijät.

Kun tarkastellaan tutkimuksessa saatuja tuloksia yleensä niiden käytännöllisen soveltamisen kannalta, havaitaan niissä varsin tuntuvia rajoituksia. On tosin saatu ohjetta kulloinkin vallitsevilla edellytyksillä edullisimmista kiertoajoista, mutta ei liioin viitteitä siitä, miten olisi siirryttävä noudattamaan noita edullisimpia kiertoaikoja todellisissa, ehkä hyvinkin paljon normaalimetsistä poikkeavissa metsissä. Kuitenkin olisi tärkeää tietää, miten saadaan suurin mahdollinen tuotto usein pitkäksi muodostuvassa siirtymävaiheessa. Taloudellisissa laskelmissa nykyisyys ja lähitulevaisuus painavat aina erittäin paljon.

Kaukaisten tavoitteiden lisäksi olisi niin ollen tarpeellista selvittää, miten noihin tavoitteisiin siirrytään. Siinä mielessä olisi mm. tunnettava, minkäkaltaiset metsiköt olisi ensiksi uusittava. Tärkeäksi tutkimustehtäväksi tulee siten suhteellisen hakkuukypsyuden arvioiminen. Laskentamenetelmien kannalta siirrytään tällöin uudentyyppisiin ratkaisuihin, mistä hyvän esimerkin tarjoaa J ø r g e n s e n i n ja S e i p i n (1954) suorittama tutkimus; jo kauan tunnettuna keinona tällaisissa selvittelyissä on ns. näyttäjäprosentin käyttö (esim. A b e t z 1929, ss. 296—297). Tämänkaltaisiin laskelmiin olisi vastaisuudessa kohdistettava suurta huomiota.

Kuitenkaan eivät pelkät kiertoaikaa tai suhteellista hakkuukypsyyttä koskevat laskelmat parhaitenkaan suoritettuina ole riittäviä. Niiden lisäksi on kiinnitettävä huomiota eräisiin muihin asiaan vaikuttaviin näkökohtiin. Yhtenä esimerkkinä niistä on tietyn puuston säilyttäminen kriisiaikojen varalle, mikä tekee talouden perustan vakavammaksi ja mihin ainakin eräissä olosuhteissa on huomiota kiinnitettävä (vrt. esim. B l a n c k m e i s t e r 1957).

Tässä tutkimuksessa on voitu kaiken kaikkiaan havaita, että kiertoaikaa koskevat ongelmat ovat erittäin monitahoisia ja niihin liittyy useita vaikeasti arvioitavia tekijöitä. Mutta siitä huolimatta, ettei laskelmilla ja eri näkökohdat huomioon ottavalla harkinnalla voida ehdottomasti taata oikeaa ratkaisua kaikissa tapauksissa, tällaista menettelyä ei ole kaihdetava. Siinä mielessä on tämä tutkimus tehty. Sen konkreettisimmaksi tehtäväksi on ehkä muodostunut huomion kiinnittäminen erilaisten tekijäin painoon, jotta metsätalouden harjoittajalla olisi käytettävissään tarpeellisia aineksia yksilöllisten ratkaisujensa teolle.

5. Loppukatsaus

Tavoitepuuston määrän ja koostumuksen kannalta on tasaikäisrakenteisten metsiköiden kasvatukseen perustuvassa metsätaloudessa tärkeä tehtävä seuraavilla kahdella tekijällä: harvennusteella ja kiertoajalla. Viimeksi mainitulla tarkoitetaan peräkkäisiä puusukupolvia kasvatettaessa yhteen kiertoon — uudistamisesta uudistamiseen — kuluva vuosimäärä. Tavallisesti määritetään esim. metsälölle vain yksi keskimääräinen kiertoaika, joka muodostaa tarvittavan rungon metsätalouden suunnittelussa.

Kiertoaikaa määritettäessä voidaan lähteä eri näkökannoilta. Sen mukaisesti on jo vanhastaan ollut tapana erottaa eri periaatteisiin nojaavia kiertoaikoja. Nyt suoritettussa tutkimuksessa on lähtökohdaksi otettu metsätalouden harjoittajan liiketaloudellinen arviointi. Tällöin on kasvatettavan puuston arvon lisääminen tavallaan luettu tietyn korkosadanneksen perusteella määritettäväksi kustannukseksi. Koostamalla sarja normaalimetsiä on voitu selvittää, mikä on kiertoaikaa esim. 10 v. jatkettaessa saatavan tuoton lisäyksen, ns. rajatuoton, sadannessuhde vastaavaan puuston hakkuuarvon lisäykseen. Mainittua suhdetta on tässä tutkimuksessa sanottu rajakannattavuudeksi. Metsätalouden harjoittajan yksilöllisen korkosadanneksen perusteella, joka saattaa vaihdella 0:sta pitkäaikaisten sijoitusten käypään sadanneeseen saakka, voidaan nyt arvioida, kuinka pitkäksi kiertoaika kulloinkin kannattaa jatkaa.

Rajakannattavuuteen perustuva kiertoaika on yleensä likimain sama kuin vastaavaa korkosadannesta käyttäen ja muuten vastaavin edellytyksin laskettu korkeimman maankoron kiertoaika. Korkeimman metsänkoron kiertoaika vastaa sellaista nyt kysymyksessä olevalla periaatteella laskettua kiertoaikaa, missä rajakannattavuus = 0.

Rajakannattavuutta koskevia laskelmia on tässä tutkimuksessa suoritettu pääasiallisesti niiden toistuneilla harvennushakkuilla käsiteltyjen metsiköiden kehitystä Etelä-Suomessa selvittävien tutkimusten nojalla, joita Metsäntutkimuslaitoksessa on viime vuosina valmistunut. Kuitenkin mitattiin lisäaineistoa männiköistä ja kuusikoista, jotta olisi voitu hahmotella asteittaisten uudistushakkuiden edellyttämä metsikön kehitys eri tapauksissa. Kyseisen tehtävän yhteydessä saatiin käsitystä mm. kuutiomäärän ja kuutiokasvun keskinäisestä riippuvuudesta hoidetuissa metsiköissä.

Eri puutavaralajien keskimääräiset kantohinnat perustettiin verokuutiometrin hinnoitteluaineistoihin. Sen lisäksi suoritettiin mäntyä ja kuusta koskevia laskelmia sellaisten äärimmäisten hintasuhteiden nojalla, jotka käytännöllisessä metsätaloudessa ovat yleensä ajateltavissa. Myös kustannusten arviointi perustui metsäverotusta koskeviin tietoihin sekä pelkkään harkintaan.

Tutkimuksen keskeisimmät tulokset on esitetty sellaisten piirrosten avulla, joissa vaaka-akselilla on kiertoaika ja pystyakselilla rajakannattavuus.

Perustettaessa eri metsätyyppien vertailut esim. 3 %:n rajakannattavuuden osoittamiin tuloksiin havaitaan, että keskinäisiä eroavuuksia kiertoajan pituudessa kuvaava vuosimäärä on keskimäärin 10—15 käenkaalimustikkatyypistä mustikkatyypin samoin kuin siitä puolukkatyyppiin siirryttäessä, kun taas tämän ja kanervatyypin eroavuus näyttäisi olevan n. 40 v. Hyvillä kasvupaikoilla optimikiertoaika on täsmällisemmin laskettavissa kuin huonoilla.

Eri puulajien tarkastelu osoittaa, että luontaisesti syntyneille kuusikoille käytettävä kiertoaika on mustikkatyypillä likimain 15 v. pitempi kuin männiköille käytettävä lähdetäessä samoista edellytyksistä. Käenkaalimustikkatyypillä kuusikoiden kiertoaika näyttää samoin olevan lähes 15 v. pitempi kuin rauduskoivikoiden. Männiköiden ja rauduskoivikoiden kesken ei mustikkatyypillä liene mainittavia eroavuuksia. Koivulle ei kuitenkaan voida yleensä käyttää pitkiä, esim. yli 80 vuoden kiertoaikoja.

Korkosadannes on kiertoaikalaskelmissa merkitsevä tekijä. Sen pieneessä kiertoaika jatkuu melko voimakkaasti, huonoilla kasvupaikoilla enemmän kuin hyvillä.

Kantohintojen nousu tai lasku, mikäli se kohdistuu yhtäläisenä eri puutavaralajeihin, ei merkitse kiertoaikaan tuntuva muutosta. Sen sijaan eri puutavaralajien hintasuhteiden muutoksilla on suuri merkitys. Hintojen muuttuessa järeän puun hyväksi kiertoaika jatkuu, ja päinvastoin. Koska siis ensi sijassa vain verraten vähän vaihtelevilla puutavaralajien hintasuhteilla on vaikutusta kiertoaikaan, on tällä tosiasialla kiertoaikalaskelmien käyttökelpoisuuden kannalta tärkeä merkitys.

Noudatettavasta kiertoajasta riippumattomilla kustannuksilla ei ole merkitystä kiertoajan laskennassa. Niitä ovat Suomen oloissa mm. verot. Sen sijaan esim. tiettyihin metsikön kehityksen vaiheisiin, kuten uudistamiseen, liittyvien kustannusten nousu merkitsee tavallisesti kiertoajan jatkumista, joskaan ei yleensä tuntuvasti.

Suomen eteläpuoliskon kasvullisia metsämaita koskevissa laskelmissa usein käytetty 80 vuoden keskimääräinen kiertoaika vastaa n. 3 %:n rajakannattavuuteen perustuvaa kiertoaikaa.

Eri puulajien eri metsätyypeillä muodostamien metsien vertaamiseksi laskettiin myös puhdas tuotto, josta tehtiin veroja koskeva vähennys. Männyn ja kuusen kesken ei tällöin voitu todeta mainittavia eroavuuksia, mutta rauduskoivu jää hyvin selvästi jälkeen havupuista, sillä samoin edellytyksin käenkaali-mustikkatyypin rauduskoivu on tasoissa kanervatyypin männyn kanssa.

Rahallisten laskelmien lisäksi on tutkimuksessa tarkasteltu, millaiseksi tukkipuun ja ainespinotavaran tuotosten suhde muodostuu eri kiertoaikoja noudatettaessa. Vertaamalla sitä viimeaikaiseen käyttöön saadaan taustaa kiertoaikaa koskevan ongelman arvioimiselle laajoissa puitteissa. Koostettujen normaalimetsien perusteella on myös mahdollista saada viitteitä maan eteläpuoliskon metsien tavoitepuustosta pitkällä tähtäimellä ja silmällä pitäen tasaista ikärakennetta. Tässä mielessä näyttäisi nykypuusto kokonaismäärältään ja läpimittasuhteiltaan verraten edulliselta, mutta yhtenä edellytyksenä puuston ja sen kasvun epäedullisen suhteen korjaamiseksi on ikärakenteen saattaminen tasaisemmaksi.

Suoritetussa tutkimuksessa on saatu ohjetta kulloinkin vallitsevilla edellytyksillä edullisimmista kiertoajoista. Samalla on kiinnitetty huomiota niihin aineksiin, joiden perusteella kiertoaikaa koskevat ratkaisut joudutaan tekemään. Sen johdosta että taloudellisissa laskelmissa nykyisyydellä ja lähitulevaisuudella on aina suuri paino, olisi saavutettujen tulosten soveltamista ajatellen selvitettävä, miten nykymetsistä voidaan siirtyä em. tavalla edullisiksi todettuihin tavoitteisiin. Tärkeäksi tutkimustehtäväksi tulee tällöin erilaisten metsiköiden suhteellisen hakkuukypsyyden arviointi. Vastaisten tutkimusten tarvetta on niin ollen erityisesti korostettava nyt kysymyksessä olevalla, usein suuria taloudellisia arvoja koskevalla tutkimusalalla.

Kirjallisuutta

- A b e t z. 1929. Gedanken zu Theorie und Praxis der forstlichen Rentabilitätslehre. — Allgem. Forst- und Jagdzeitung, ss. 287—298.
- A r o, P a a v o. 1935. Tutkimuksia rinnankorkeus- ja katkaisuläpimitan vaikutuksesta käyttöpuiden ja hakkuutähteiden määrään. *Referat*: Untersuchungen über den Einfluss des Brusthöhen- und Minimaldurchmessers auf die Menge des Gebrauchsholzes und der Hiebsreste. — MTJ 20.
- B l a n c k m e i s t e r, J. 1957. Welche Auswirkungen hat die Verkürzung der gegenwärtig gebräuchlichen Produktionszeiträume auf den Zuwachs, die Vorrats- und Sortimentsstruktur sowie die waldbaulichen Zielsetzungen? — Archiv für Forstwesen, ss. 261—284.
- B o n d, W. E. 1952. Ks. W. A. Duerr ja W. E. Bond.
- C a j a n d e r (K a l e l a), E r k k i K. 1933. Tutkimuksia Etelä-Suomen viljelyskuusikoiden kehityksestä. *Referat*: Untersuchungen über die Entwicklung der Kulturfichtenbestände in Süd-Finnland. — MTJ 19.
- C h a p m a n, H e r m a n H. ja M e y e r, W a l t e r H. 1947. Forest valuation, with special emphasis on basic economic principles. — New York.
- D a v i s, K e n n e t h P. 1954. American forest management. — New York.
- D i c k s o n, H a r a l d. 1953. Forest rotation — A contribution to the theory of the optimum investment period. — Weltwirtschaftliches Archiv, Band 70, ss. 205—236.
- »— 1956. Ekonomiska principer bakom svensk skogsvårdslagstiftning. — Stockholm.
- D i e t e r i c h, V. 1941. Forstliche Betriebswirtschaftslehre. Dritter Band. Erfolgsrechnung — Zielsetzung. — Berlin.
- »— 1950. Forstliche Betriebswirtschaftslehre. Erster Band. Die wissenschaftliche Grundlegung. Dritte, neubearbeitete Auflage. — Berlin und Hamburg.
- D u e r r, W. A. ja B o n d, W. E. 1952. Optimum stocking of a selection forest. — Journal of Forestry, Vol. 50, ss. 12—16.
- D u e r r, W. A. ja V a u x, H e n r y J. 1953. Research in the economics of forestry. — Washington, D.C.
- E i d e, E r l i n g ja L a n g s a e t e r, A. 1941. Produksjonundersøkelser i gran-skog. Produktionsundersuchungen von Fichtenwald. — Medd. fra d. norske Skogforsøksves. VII.
- E n d r e s, M a x. 1911. Lehrbuch der Waldwertrechnung und Forststatik. 2. Auflage. — Berlin.
- E r k k i l ä, E. E. 1948. Ks. N. A. Osara, V. Pöntynen ja E. E. Erkkilä. Forest terminology. 1950. — Society of American Foresters. Washington, D.C.
- G r o s s, L. S. 1950. Timber management plans on the national forests. — U.S. Department of Agriculture, Forest Service.
- G r ø n, A. H o w a r d. 1943. Skovbrugets driftsøkonomi I: Skovbrugets teoretiske driftsøkonomi. — København.

- Guttenberg, Sam. 1950. The rate of interest in forest management. — *Journal of Forestry*, Vol. 48, ss. 3—7.
- Harve, Paavo. 1940. Puutavaran kantohinnat 5-vuotiskautena 1934—1939. — MA, ss. 67—74.
- Heiberg, S. O. 1942. Cutting based upon economic increment. — *Journal of Forestry*, Vol. 40, ss. 645—651.
- Heikkilä, T. 1930. Kiertoaika. — *Maa ja Metsä*. Metsätalous III, ss. 764—778. Porvoo.
- Hermansen, Niels K. 1950. Ks. Frits Jørgensen ja Niels K. Hermansen.
- 1953 a. Omdriftsbestemmelsens dynamik. — *Dansk Skovfor. Tidsskr.*, ss. 303—342.
- 1953 b. Omdriftsbestemmelsen. — *Ibid.*, ss. 675—684.
- Hildén (Osara), N. A. 1928. Eri puulajien kasvattamisen kannattavaisuudesta. — *Tapio* (Suomen Metsänhoitoyhdistys Tapiion Aikakauskirja), ss. 257—268.
- Holmerz, C. G. 1876. Studier i skogstaxation. Förra delen. — Stockholm.
- Ilvessalo, Yrjö. 1939. Mitä metsä voi tuottaa? — *Keskusmetsäseura Tapio*. Helsinki.
- 1948. Pystypuiden kuutioimis- ja kasvunlaskentataulukot. — Helsinki.
- 1956. Suomen metsät vuosista 1921—24 vuosiin 1951—53. Kolmeen valtakunnan metsien inventointiin perustuva tutkimus. *Summary*: The forests of Finland from 1921—24 to 1951—53. A survey based on three National Forest Inventories. — MTJ 47.
- 1957. Suomen metsät metsänhoitolautakuntien toiminta-alueittain. Valtakunnan metsien inventoinnin tuloksia. *Summary*: The forests of Finland by forestry board districts. Results of the National Forest Inventory. — MTJ 47.
- Jonson, Tor. 1913. Omloppstidens inverkan på skogsbrukets ekonomi. — *Skogsvårdsför. Tidsskr.*, ss. 69—112.
- Judeich, Friedrich ja Neumeister, Max. 1923. Die Forsteinrichtung. 8. Auflage. — Berlin.
- Jørgensen, Frits ja Hermansen, Niels K. 1950. Skovøkonomiske beregninger II. Omdriftsbestemmelse. — *Dansk Skovfor. Tidsskr.*, ss. 352—385.
- ja Seip, Hans Kristian. 1954. Hogstmodenhet i glissen granskog. Moniste. — Vollebekk.
- i. a. Elementaere skogøkonomiske problemer. Moniste.
- ja Svendsrud, Asbjørn. 1957. Verdiproduksjonen i østnorsk granskog. *Summary*: The money yield in spruce stands in Eastern Norway. — *Medd. fra. d. norske Skogforsøksves.* 48.
- Kalela, Erkki K. 1933. Ks. Cajander, Erkki K.
- Kallio, Kustaa. 1957. Käenkaali-mustikkatyyppin kuusikoiden kehityksestä Suomen lounaisosassa. Taksatoris-liiketaloudellinen tutkimus. *Summary*: On the development of spruce forests of the Oxalis-Myrtillus site type in the Southwest of Finland. Forest mensuration and management research. — AFF 66.
- Keltikangas, Valter. 1947. Metsänarvonlaskennan luennot. Moniste. — Helsinki.
- Knuchel, Hermann. 1950. Planung und Kontrolle im Forstbetrieb. — Aarau.
- Koivisto, Pentti. 1957. Etelä-Suomen hoidettujen raudus- ja hieskoivikoiden kehityksestä. — Konekirjoite Helsingin yliopiston metsänarvioimistieteen laitoksessa.

- Kuusela, Kullervo. 1955. Metsätalouden kokonaisuus. *Summary: Forestry as a whole.* — MA, ss. 348—350.
- Langsaeter, A. 1941. Ks. Erling Eide ja A. Langsaeter.
- Lihtonen, V. 1943. Tutkimuksia metsän puuston muodostumisesta. Tuottohakkauslaskelma. *Referat: Untersuchungen über die Bildung des Holzvorrates des Waldes.* — AFF 51.
- 1946. Valtakunnan metsätalouden järjestely metsiämme poistuman ja tuottohakkausmäärän valossa. *Summary: Regulation of Finnish forestry in the light of removal and rental cut.* — AFF 53.
- 1956. Metsätalouden suunnittelu ja järjestely. Käsikirjoitus.
- Lönroth, Erik. 1930. Normaalmetsä. — Maa ja Metsä, Metsätalous III, ss. 752—763. Porvoo.
- Maatalouskiinteistöjen verotusperusteet vuosilta 1952 ja 1955. — Helsinki 1953; 1956. Metsäsanakirja. 1944. — Helsinki.
- Meyer, Walter H. 1947. Ks. Herman H. Chapman ja Walter H. Meyer.
- Mikola, Peitsa. 1950. Puiden kasvun vaihteluista ja niiden merkityksestä kasvututkimuksissa. *Summary: On variations in tree growth and their significance to growth studies.* — MTJ 38.
- 1956. Hakkuu—asento—uudistusmenetelmä. *Summary: Cutting—position—reproduction method.* — MA, ss. 243—248.
- Neumeister, Max. 1923. Ks. Friedrich Judeich ja Max Neumeister.
- Nyysönen, Arne. 1952. Puiden kasvusta ja sen määrittämisestä harsintamänniköissä. *Summary: On tree growth and its ascertainment in selectively cut Scots pine stands.* — MTJ 40.
- 1954. Hakkuuksilla käsiteltyjen männiköiden rakenteesta ja kehityksestä. *Summary: On the structure and development of Finnish pine stands treated with different cuttings.* — AFF 60.
- 1957. Männikön tuotoksesta ja kasvatuksesta. *Summary: On the yield and thinning of Scots pine stands.* — MA, ss. 49—53, s. 56.
- Oksanen, Eero. 1956. Vaneri- ja sahatukkien kuutio- ja hintavertailu. — MA, s. 291.
- Osara, N. A. 1928. Ks. Hildén, N. A.
- 1948. Maatilametsälön taloussuunnitelma. Opaskirja käytäntöä varten. — Helsinki.
- , Pönttynen V. ja Erkkilä, E. E. 1948. Suomen puun käyttö ja metsätase. *Summary: Wood utilization and forest balance in Finland.* — MTJ 36.
- Ostwald, E. 1931. Grundlinien einer Waldrententheorie. — Riga.
- Pedersen, H. Winding. 1947. Kansantaloustieteen pääpiirteet. (Suomentanut Lauri O. af Heurlin.) — Helsinki.
- Petrini, Sven. 1925. Skogsproduktion och räntabilität. — Skogen, ss. 177—188.
- 1946. Skogsekonomiens grunder. — Stockholm.
- 1948. Skogsuppskattning och skogsindelning. — Stockholm.
- Petterson, Henrik. 1950. Om skogsvårdslagens tillämpning. *Summary: On the application of the Forestry Conservation Law.* — Medd. fr. Statens Skogsforskningsinst. 39.
- 1951. Produktionstabeller för vissa typer av svensk barrskog. *Summary: Production tables for certain types of Swedish conifer.* — Ibid. 40.

- Pressler, Max R. 1859. Der Rationelle Waldwirth und sein Waldbau des höchsten Ertrags: II. Die forstliche Finanzrechnung mit Anwendung auf Wald-Werthschätzung und -Wirtschaftsbetrieb. — Dresden.
- Pöntynen, V. 1948. Ks. N. A. Osara, V. Pöntynen ja E. E. Erkkilä.
- Saari, Eino. 1940. Suurten metsäalojen arvon määrittäminen. *Referat*: Die Schätzung des Wertes grosser Waldflächen. — *Silva fennica* 55.
- »— 1954. Harvennushakkausten liiketaloudellinen arvostelu. *Summary*: Economic evaluation of thinnings. — MA, ss. 235—236.
- Sahapuiden kuutioimistaulukot I. 1956. — Keskusmetsäseura Tapio. Helsinki.
- Sarvas, Risto. 1956. Metsänhoidon tekniikka. — Metsäkäsikirja, 1. osa, ss. 498—564. Helsinki.
- »— 1957. Tutkimustuloksia kuusen siemensadosta. — Metsälehti, n:ot 6 ja 7.
- Seip, Hans Kristian. 1948. Et forsøk på å gjøre viserprosenten tilgjengelig for praktisk bruk. — *Tidsskrift for Skogbruk*, ss. 117—130.
- »— 1954. Ks. Frits Jørgensen ja Hans Kristian Seip.
- Selin, Lauri. 1955. Forest taxation in Finland. — *Finnish Paper and Timber*, No. 10.
- »— 1956. Metsäverotus. — Metsäkäsikirja, 1. osa, ss. 252—268. Helsinki.
- »— 1957. Raakapuun kantohintataso maassamme vuosina 1934—55. Verokuutiometrin hinnoitteluaineistoihin perustuva tutkimus. *Summary*: Stumpage price level in Finland in 1934—55. An investigation based on the materials used for assessing the tax cubic metre. — MTJ 48.
- Sirén, Gustaf. 1956. Männikön harvennuksesta. *Summary*: Thinning of pine stands. — MA, ss. 40—49.
- Stage, Albert R. 1952. A comparison of the valuation of regularly and irregularly distributed growing stock from the standpoint of a going concern. A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Forestry. — School of Natural Resources. University of Michigan.
- Streyffert, Th. 1938. Den skogsekonomiska teorien. — Stockholm.
- Stridsberg, Einar. 1953. Omdriftsbestemmelsen. En kritisk granskning i anslutning till två uppsatser av prof. N. Hermansen. — *Dansk Skovfor. Tidsskr.*, ss. 617—631.
- »— 1954. Omdriftsbestemmelsen. Ett genmäle till professor Niels K. Hermansen. — *Dansk Skovfor. Tidsskr.*, ss. 445—460.
- »— 1956. Prisförändringarnas inverkan på omloppstiden. *Zusammenfassung*: Die Einwirkung der Preisänderungen auf die Umtriebszeit. — Kungl. Skogshögskolans institutioner Skogsekonomi — Skogsuppskattning med skogsindelning. Uppsatser Nr. 1. Stockholm.
- Svendsrud, Asbjørn. 1957. Ks. Frits Jørgensen ja Asbjørn Svendsrud.
- Tapion taskukirja. 1956. 13. painos. — Helsinki.
- Thomson, Roy B. 1942. An examination of basic principles of comparative forest valuation. — Duke University. School of Forestry. Bull. 6.
- Wagner, C. 1928. Lehrbuch der theoretischen Forsteinrichtung. — Berlin.
- Vaux, Henry J. 1953. Ks. W. A. Duerr ja Henry J. Vaux.
- »— 1954. Economics of the young-growth sugar pine resource. — *California Agric. Expt. Sta. Bull.* 738.
- Vuokila, Yrjö. 1956. Etelä-Suomen hoidettujen kuusikoiden kehityksestä. *Summary*: On the developmet of managed spruce stands in Southern Finland. — MTJ 48.

- V u o k i l a, Y r j ö. 1957. Hoidetun kuusikon puutavarain tuotoksesta. *Summary:* On the yield in terms of different timber products from managed spruce stands (*Picea Abies*). — MA, ss. 53—57.
- V u o r i s t o, I l m a r i. 1935. Tutkimuksia lajittelemattoman kuusisahatavaran eri kokojen hintasuhteista ja hinnanvaihteluista vv. 1925—34. *Referat:* Untersuchungen über die Preisverhältnisse und Preisveränderungen unsortierter Fichtensägewaren verschiedener Dimension in den Jahren 1925—34. — MTJ 20.

LYHENNYKSIÄ — ABBREVIATIONS

AFF = Acta forestalia fennica

MA = Metsätaloudellinen Aikakauslehti

MTJ = Metsäntutkimuslaitoksen (Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen) julkaisuja.
(Communicationes Instituti Forestalis Fenniae.)

ROTATION AND ITS DETERMINATION

Summary

Introduction

First, a few words are called for on the concept of rotation. If the growing of an even-aged stand is regarded as a process recurring at a certain site, rotation means the number of years involved in one cycle — from one regeneration to another. Fig. 1 (p. 7) shows the development of the volume of growing stock in a case where the age of the stand is 95 years at the time of final cutting but where the rotation is 90 years; in the year of final cutting there is a 5-year-old seedling stand in the area (cf. e.g. *Stridsberg* 1956). In other cases, again, there may be a certain interval before the area is regenerated. This being so, rotation is longer than the age of the stand at the time of final cutting. In the calculations of the present investigation it is assumed that regeneration follows immediately upon final cutting.

As regards the volume and structure of the desirable growing stock rotation, together with the degree of thinning, is an important aspect of the forest management based on the growing even-aged stands. It has become customary today to determine a single average rotation e.g. for an administrative forest unit. As the treatment of differing stands is a matter of opinion, this gives us a framework for calculation without which there could be no consistent management planning.

It has long been customary to distinguish between rotations based on different principles (cf. e.g. *Chapman and Meyer* 1947, pp. 247—258). It must be stated, for Finnish conditions especially, that only few practicable monetary calculations have been made, e.g. an investigation by *Kallio* (1957). The starting point selected for the present investigation, therefore, is the business evaluation made by the forest owner. The increase in the value of the growing stock can be regarded as costs, determined according to a certain rate of interest. Although this interest figure is not always accepted due to, e.g., the long-term nature of forest management, a study made from this standpoint does elucidate the problem.

Table 1 (p. 18) offers an example of the method of calculation. By combining a series of fully regulated forests (cf. *Davis* 1954, pp. 102—110) it has been possible to establish the ratio between the increase in yield, so-called marginal revenue, obtained when rotation is lengthened by, say, 10 years and the increase in the stumpage value of the growing stock. The percentual ratio of columns 6 and 3, viz. the marginal rate of return, is given in column 8. Fig. 2, p. 19 (continuous zigzag line) shows graphically the course of this marginal rate of return. From the individual rate of interest of a forest owner, which may range from 0 to the current rate in long-term investments, can be estimated the period for which it is profitable in each case to continue the rotation. If the interest percentage is 4, the most favourable rotation is about 70 years. Columns 4 and 7 in Table 1 are auxiliary columns of the calculation

made on the basis of this percentage. A more detailed idea of the arguments of the method can be obtained from the article by Duerr and Bond (1952), who applied the method for optimum stocking of a selection forest.

As regards the main principle in the determination of rotation, the question has generally been reviewed from the same standpoint in all the Scandinavian countries, although the present method differs as regards the practical calculation from the earlier studies (e.g. Grøn 1943; Jørgensen and Hermansen 1950; Stridsberg 1956).

The rotation based on the marginal rate of return is generally practically the same as the rotation based on soil rent and calculated according to the same interest percentage and corresponding premisses in other respects. Rotation based on forest rent corresponds to rotation calculated on the principle now in question and with the marginal rate of return = 0.

Basic factors

Calculations of the marginal rate of return in this investigation were made chiefly on the basis of studies completed during the last few years at the Forest Research Institute of Finland. These elucidate the development of repeatedly thinned stands (Nyssönen 1954; 1957; Vuokila 1956; 1957; Koivisto 1957). However, additional material was measured in Scots pine stands and Norway spruce stands in order to outline the stand development presupposed by gradual regeneration cutting for natural regeneration. Table 2 (pp. 80—81) gives data on this material. The average development of the regeneration period was established on its basis and making use e.g. of the calculation of averages and graphic fitting. (The use of regression analyses which should perhaps be considered desirable in calculations of this type was not regarded as serviceable in the present case.) The developmental series adopted as bases for the calculations are seen in Tables 3a—e and 4a—e (pp. 82—86), in addition to which the developmental series of silver birch stands (*Betula verrucosa*) excluding gradual regeneration cutting is given in Table 5 (p. 87).

Tables 3a—e and 4a—e indicate the stand development shown in Fig. 5 (p. 33) which has been taken as an example and which illustrates two rotations (75 years and 105 years) of the *Vaccinium*-site-type pine. The vertical lines denote cutting operations all made at ages which end with 5. The quantities of wood removed by thinning are seen on the extreme left in Table 4b. It is assumed that the preparatory cutting denoted by number 1 in Fig. 5 is performed at a certain age, shelterwood cutting (No. 3) 10 years later and final cutting (No. 5) 10 years later still. Keeping this order in mind, it is possible to work out from Table 4b the cutting of a *Vaccinium*-site-type pine stand with a view for rotations of 65, 75 etc. years up to 125 years both in total quantities and divided into kinds of timber. The corresponding development of growing stock, with its preparatory stages denoted by number 2 in Fig. 5, and the shelterwood stages denoted by number 4 is illustrated in Table 3b. If the object was to calculate short rotations, regeneration was assumed to take place by means of clear-cutting and use was made only of the numerical series on the left side of the tables, illustrating the development under thinning operations.

In outlining the development of the growing stock it was necessary to take into account also the recent climatic variations of growth (Fig. 3, p. 30; cf. e.g. Mikola 1950). Some idea was likewise obtained of the extent of the diminution of volume

growth when the stand volume in mature stands is deducted from the averages given earlier for repeatedly thinned stand (Nyssönen 1954; Vuokila 1956). The results are seen in Fig. 4 (p. 31), both by stands and fitted.

The average stumpage prices paid for the different kinds of timber, needed in the calculations, were based on materials from 1949—55 collected for forest taxation purposes (Selin 1957). They are set out on p. 38 (it is because of the different method of measuring that the price of veneer birch as compared with softwood is lowered). Furthermore, calculations for pine and spruce were also performed on the basis of imaginary, extreme price ratios such as are generally possible in practical forestry. They are entered in the analysis on p. 40, denoting by the numbers 1 and 3; between them, denoted by 2, are entered the average price ratios given on p. 38. Saw-timber prices, moreover, vary in the calculations according to the average size of stem. The assessment of different cost items was also based on data amassed for forest taxation and on mere deliberation.

Results

The most important results of the investigation are given in Figs. 6—8 as graphs with rotation as the abscissa and the marginal rate of return the ordinate.

Fig. 6 (p. 44) illustrates the effect of the site on rotation. The comparison may be based on the 3 per cent marginal rate of return; percentages smaller or greater than 3 lead to irregularity due e.g. to the structure of the developmental series. The number of years illustrative of the differences between various forest site types is 10—15 when changing from Oxalis-Myrtillus type (OMT) to Myrtillus type (MT) and from the latter to the Vaccinium type (VT); the difference between VT and Calluna type (CT) is 40 years. The fall in the marginal rate of return is more rapid on good sites than on poor and the optimal rotation is obviously determinable more accurately for the former than the latter.

An examination of the different tree species shows (Fig. 7, p. 45) that the rotation of spruce stands of MT is approximately 15 years longer than that of pine stands in the same conditions. With OMT the rotation of spruce stands also seems to be nearly 15 years longer than that of silver birch stands. Owing to the absence of pertinent data it is impossible to compare directly the last-mentioned with pine stands on a similar site but there are probably no noteworthy differences as regards MT. It is advisable to note that very long rotations, e.g. above 80 years, cannot generally be used for the birch. The most important factors affecting the differences of the different tree species are development in conformity with the biological nature of each species and the different price relations of the different kinds of timber.

The rate of interest used by forest owners is a notable factor in rotation calculations, as can be seen from Figs. 6 and 7. When it diminishes rotation continues fairly vigorously, on poor sites more than on good sites. It is possible, however, that the effect of the interest percentage has been somewhat exaggerated in the figures (cf. Jørgensen and Hermansen 1950, p. 380).

An increase or decrease in stumpage price, provided that it bears similarly on the different kinds of timber, does not mean any considerable change in rotation. On the other hand, the changes occurring in the price relations of the different kinds of timber are of importance as will be seen from Fig. 8 (p. 48). When the prices change in favour of large-sized timber the rotation goes on, and vice versa. On poor sites the changes mean greater differences in rotation than on good sites. Hence, only

the relatively slightly fluctuating price relations of the different kinds of timber affect the rotation. This fact has an important bearing on the serviceability of rotation calculations (cf. Duerr and Bond 1952).

Costs independent of the rotation observed are of no importance in the calculation of rotation. One such item of expenditure in Finnish conditions is taxation as the forest taxation system in force is based primarily on the area of various sites (cf. Selin 1955). On the other hand, the increase in costs associated with certain phases of the stand, such as regeneration, usually means a continuation of rotation although generally not to any appreciable extent. Attention has been paid to these cost problems e.g. in Swedish papers (cf. Dickson 1956).

The 80-year average rotation often employed in earlier calculations concerned with productive forest lands in the southern half of Finland seems to correspond to a rotation based on a 3 per cent marginal rate of return.

In order to compare the fully regulated forests constituted by different tree species in different types of forest site, the stumpage value of the growing stock (Fig. 9, p. 53) and the net income after taxation (Fig. 10, p. 54) were also calculated. In the set-up on p. 55 this net income is given for rotations based on an interest of 3 per cent. No noteworthy differences can be found between the pine and the spruce, but silver birch is very clearly behind the coniferous species and the silver birch of OMT is level with the pine of CT. There are various reasons for this, but the main explanation is the fact that a good two-thirds of the yield of the birch, in rotations of 60—80 years, is used as fuelwood which fetches a low price compared e.g. with pulpwood of pine and especially spruce.

In addition to monetary calculations, the ratio between saw timber and pulpwood yields for different rotations was also examined. The results are given in Fig. 11 (p. 58), which also has the corresponding ratio for the actual use of timber in Finland during 1951. This provides a broad background for the evaluation of the problems concerned with the length of rotation. It is also possible to obtain from fully regulated forests long-term indications of the desirable growing stock of the southern half of Finland and compare it with the actual growing stock in the National Forest Inventory of 1951—53 (Ilvessalo 1956). Many factors must be considered in the comparison made in Figs. 12—14 (pp. 60—62). It can be ascertained by way of a summary that for an even age structure the present growing stock seems to be relatively good as regards its gross volume and diameter ratios, but a condition for correcting an unfavourable relationship between growing stock and growth is to achieve a more even age structure than exists in the forests today.

Conclusions

The investigation has provided guiding principles for the most favourable rotations in the given conditions. Attention has also been paid to the factors used to evolve solutions concerning rotation. Because great stress is always laid in economic calculations on the present and the immediate future, for the application of these results it would be necessary to find out how to change from present-day forests to the targets suggested by the investigation. An important research object is thus the evaluation of the relative maturity of different type of stands (cf. A bet z 1929, pp. 296—297; Jørgensen and Seip 1954). The necessity of future studies therefore deserves special emphasis in the field of research in question, one which often has great economic values at stake.

TAULUKOT 2-5

TABLES 2-5

Taulukko 2. Tutkimusmetsiköiden mittaustuloksia. —

Koealan n:o Number of Sample plot	Sijainti Location	Metsä- tyyppi Forest site type	Metsikön ikä, v. Age of the stand, years	Runkoluku, kpl/ha Number of trees per ha.		Keski- läpimitta, cm. ¹⁾ Mean diameter, cm. ¹⁾
				Kaikkiaan Total	Tukkipuita Saw-timber trees	
1	2	3	4	5	6	7
Männiköt —						
2	Valkeala	CT	125	207	204	25.9
4	»	VT	90	66	63	31.6
5	Suomenniemi	MT	86	244	208	30.3
6	Pieksämäen mlk.	VT	80	156	140	26.4
7	Suonenjoki	VT	103	74	70	27.8
8	Rantalampi	VT	122	260	256	27.7
9	Kangasala	VT	104	135	129	33.6
17	Teisko	MT	76	306	240	29.3
24	Nastola	CT	112	99	96	28.4
25	»	CT	105	138	132	30.5
26	»	CT	109	162	156	29.1
27	Mäntyharju	MT	76	220	220	28.5
28	Mikkelin mlk.	MT	103	171	165	36.7
29	Mikkeli	VT	114	216	216	32.5
30	»	MT	115	164	164	36.9
31	Mikkelin mlk.	MT	86	288	224	33.7
Kuusikot —						
1	Lapinjärvi	OMT	93	297	291	28.9
10	Kangasala	OMT	79	168	132	29.8
11	»	MT	117	195	192	27.1
12	»	MT	109	330	300	25.4
13	Ruovesi	OMT	75	324	264	30.0
14	»	MT	120	120	120	35.2
15	»	OMT	92	222	222	30.2
16	»	OMT	85	273	270	29.2
18	Teisko	OMT	90	264	219	31.1
19	Mouhijärvi	MT	102	237	237	27.4
20	»	MT	84	364	252	23.3
21	»	MT	89	159	159	28.0
22	»	MT	78	280	264	28.1
23	Urjala	MT	80	153	153	29.3

1) Pohjapinta-alan avulla laskettu mediaani. — *Median of basal area.*2) Yleensä 100 paksuimman puun (hehtaaria kohden) keskipituus. — *In general, mean height of the 100 largest trees per ha.*3) Keskimäärin vuodessa 5:nä viime vuotena. — *Mean of the last five-year period.*

Table 2. Results of measurements made in sample stands.

Pohja- pinta-ala, m ² /ha <i>Basal area, sq. m. per ha.</i>	Valta- pituus, m ²) <i>Dominant height, m²)</i>	Kuutiomäärä <i>Stand volume</i>		Puutavaralajeja hehtaaria kohden <i>Kinds of timber per ha.</i>			Kuntio- kasvu, m ³ /ha kuoretta ^{a)} <i>Volume growth excl. bark, cu. m. per ha. ^{a)}</i>
		m ³ /ha kuorineen cu. m. per ha., bark incl.	Kuori- sadannes <i>Bark percentage</i>	Tukki- puuta, j ³ <i>Saw timber, cu. ft.</i>	Ainespino- tavaraa <i>Pulpwood</i>	Halko- puuta <i>Fuelwood</i>	
8	9	10	11	12	13	14	15
<i>Scots pine stands</i>							
10.6	20.0	102	12.5	2 110	14	3	2.9
4.7	21.1	47	12.2	1 070	4	1	1.5
14.7	24.0	162	11.6	3 250	20	4	4.2
8.0	21.9	83	12.4	1 580	11	2	2.5
4.4	19.6	42	12.8	810	6	1	1.7
14.5	24.2	157	12.0	3 120	17	4	3.5
11.1	20.7	99	13.2	2 120	10	2	2.6
15.9	22.0	156	12.4	2 900	24	5	4.5
6.1	18.0	58	12.1	1 060	6	2	1.3
10.0	20.9	99	12.2	1 870	9	2	1.9
9.6	19.8	90	12.5	1 780	12	2	2.0
13.6	22.9	142	12.2	2 770	14	3	4.6
16.8	26.8	197	11.2	4 470	12	3	3.8
16.3	24.0	175	11.6	3 600	14	3	2.9
16.9	25.1	188	11.4	4 470	11	3	2.8
19.9	24.4	208	12.0	3 820	21	4	4.3
<i>Norway spruce stands</i>							
17.7	26.1	207	11.0	4 040	30	4	5.4
9.0	22.6	92	11.6	1 480	17	3	3.0
10.7	21.8	110	11.1	1 910	19	3	2.7
15.2	22.5	159	11.3	2 710	38	5	3.7
18.4	23.3	180	12.2	3 180	32	5	7.8
11.1	25.2	130	11.2	2 520	10	2	3.3
15.0	25.6	177	11.0	3 090	20	3	6.0
17.6	26.0	208	11.1	3 710	26	4	4.7
16.2	24.0	171	11.5	3 090	27	4	5.7
13.4	22.2	136	11.7	2 510	23	4	4.4
13.8	21.9	133	12.2	2 040	52	6	3.8
9.1	20.8	89	11.6	1 650	15	2	2.7
16.3	23.5	179	11.0	3 350	28	4	5.8
9.5	22.4	102	11.2	1 830	15	2	3.0

Taulukko 3a. Puuston kuutiomäärät mustikkatyypin männikössä (hehtaaria kohden).

Table 3a. Growing stock of the pine stand in Myrtillus site type (per hectare).

Ikä, v. Age, years	Harvennushakkuilla käsiteltävän puuston kehitys Stand development assuming recurrent thinnings				Väljennysasento Preparatory stage				Suojuspuuasento Shelterwood stage				Ikä, v. Age, years
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
20	38	—	20	50	—	—	—	—	—	—	—	—	20
30	94	—	80	60	—	—	—	—	—	—	—	—	30
40	139	140	150	41	—	—	—	—	—	—	—	—	40
50	178	1 480	139	23	157	1 300	127	22	—	—	—	—	50
60	208	2 980	110	15	165	2 360	87	12	104	1 490	55	7	60
70	229	4 500	70	10	172	3 440	29	9	97	1 940	16	5	70
80	248	5 700	31	8	178	3 930	23	6	94	2 080	12	3	80
90	262	6 350	20	7	184	4 320	22	6	92	2 160	11	3	90
100	—	—	—	—	—	—	—	—	91	2 220	11	3	100

Selityksiä

Sarake

- 1: Yhteensä kuoretta, k-m³
 2: Tukkipuuta, j³
 3: Ainespinotavaraa puolipuhdaana, p-m³
 4: Halkopuuta, p-m³
 Muut selitykset ss.33-35

Explanations

Column

- 1: Total, cu.m. excl. bark, solid measure
 2: Saw timber, cu.ft. excl. bark (based on the top diameter of logs)
 3: Pulpwood and pit props, cu.m. partly barked, piled measure
 4: Fuelwood, cu.m. incl. bark, piled measure
 More explanations p. 75

Taulukko 4a. Mustikkatyypin männiköstä poistettavat puumäärät (hehtaaria kohden).

Table 4a. Cutting removals from the pine stand in Myrtillus site type (per hectare).

Ikä, v. Age, years	Harvennushakkuut Thinnings				Väljennyshakkuu Preparatory cutting				Suojuspuuhakkuu Shelterwood cutting				Päätihakkuu Final cutting				Ikä, v. Age, years
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
15	9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	15
25	23	—	7	35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25
35	50	—	40	27	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	35
45	60	130	62	20	76	210	77	24	—	—	—	—	—	—	—	—	45
55	53	270	51	12	88	670	75	16	120	1 030	96	19	—	—	—	—	55
65	46	450	35	6	97	1 310	55	9	119	1 690	63	10	127	2 220	50	6	65
75	41	590	23	4	104	1 920	34	7	119	2 230	37	7	114	2 440	20	4	75
85	38	680	14	3	110	2 340	23	5	121	2 590	24	6	108	2 480	13	3	85
95	—	—	—	—	—	—	—	—	122	2 810	21	5	103	2 470	12	3	95
105	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	101	2 490	12	3	105

Taulukko 3b. Puuston kuutiomäärät puolukkatyyppin männikössä (hehtaaria kohden).

Table 3b. Growing stock of the pine stand in Vaccinium site type (per hectare).

Ikä, v. Age, years	Harvennushakkuilla käsiteltävän puuston kehitys Stand development assuming recurrent thinnings				Väljennysasento Preparatory stage				Suojuspuuasento Shelterwood stage				Ikä, v. Age, years
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
20	30	—	—	30	—	—	—	—	—	—	—	—	20
30	64	—	45	64	—	—	—	—	—	—	—	—	30
40	97	—	86	61	—	—	—	—	—	—	—	—	40
50	131	360	132	36	119	330	115	37	—	—	—	—	50
60	158	1 200	131	23	135	1 030	112	20	85	650	70	13	60
70	179	2 310	106	14	141	1 950	80	13	84	1 160	48	8	70
80	195	3 540	67	10	147	2 680	50	7	80	1 460	27	4	80
90	205	4 430	42	7	149	3 190	30	6	78	1 670	16	3	90
100	214	5 000	26	6	153	3 580	18	5	77	1 800	9	2	100
110	220	5 350	18	5	155	3 770	19	5	77	1 870	9	2	110
120	—	—	—	—	—	—	—	—	76	1 880	9	2	120

Selityksiä

Sarake

- 1: Yhteensä kuoretta, k-m³
 2: Tukkipuuta, j³
 3: Ainespinotavaraa puolipuhaana, p-m³
 4: Halkopuuta, p-m³
 Muut selitykset ss.33-35

Explanations

Column

- 1: Total, cu.m. excl. bark, solid measure
 2: Saw timber, cu.ft. excl. bark (based on the top diameter of logs)
 3: Pulpwood and pit props, cu.m. partly barked, piled measure
 4: Fuelwood, cu.m. incl. bark, piled measure
 More explanations p. 75

Taulukko 4b. Puolukkatyyppin männiköstä poistettavat puumäärät (hehtaaria kohden).

Table 4b. Cutting removals from the pine stand in Vaccinium site type (per hectare).

Ikä, v. Age, years	Harvennushakkuut Thinnings				Väljennyshakkuu Preparatory cutting				Suojuspuuhakkuu Shelterwood cutting				Päättehakkuu Final cutting				Ikä, v. Age, years
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
15	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	15
25	15	—	—	12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25
35	29	—	12	35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	35
45	41	30	30	35	53	50	41	40	—	—	—	—	—	—	—	—	45
55	48	130	42	22	68	230	61	26	93	350	84	32	—	—	—	—	55
65	46	260	40	11	77	600	62	15	100	850	78	18	108	1 190	77	13	65
75	39	370	30	5	83	1 080	49	8	100	1 350	57	9	101	1 630	44	7	75
85	35	480	21	3	87	1 520	34	5	101	1 800	38	6	93	1 860	24	4	85
95	34	580	15	2	91	1 870	24	4	101	2 090	25	4	89	2 000	13	3	95
105	33	670	9	2	93	2 100	16	4	102	2 310	17	4	86	2 050	10	2	105
115	—	—	—	—	—	—	—	—	102	2 410	15	4	86	2 110	10	2	115
125	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	85	2 110	10	2	125

Taulukko 3c. Puuston kuutiomäärät kanervatyypin männikössä (hehtaaria kohden).

Selityksiä

Table 3c. Growing stock of the pine stand in Calluna site type (per hectare).

Sarake

- 1: Yhteensä kuoretta, k-m³
 2: Tukkipunta, j³
 3: Ainespinotavaraa puolipuhaana, p-m³
 4: Halkopunta, p-m³
 Muut selitykset ss.33-35

Ikä, v. Age, years	Harvennushakkuilla käsiteltävän puuston kehitys Stand development assuming recurrent thinnings				Väljennysasento Preparatory stage				Suojuspuuasento Shelterwood stage				Ikä, v. Age, years
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
20	13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20
30	23	—	—	20	—	—	—	—	—	—	—	—	30
40	37	—	—	46	—	—	—	—	—	—	—	—	40
50	51	—	20	54	—	—	—	—	—	—	—	—	50
60	65	—	45	57	—	—	—	—	—	—	—	—	60
70	83	70	73	45	68	60	56	34	—	—	—	—	70
80	99	290	95	30	78	230	74	23	44	130	42	13	80
90	116	760	101	21	87	610	76	15	48	340	42	8	90
100	131	1 450	89	12	95	1 050	65	8	50	560	34	4	100
110	143	2 300	61	9	102	1 640	46	6	52	840	23	3	110
120	153	3 010	37	7	107	2 250	26	5	53	1 110	13	3	120
130	—	—	—	—	—	—	—	—	54	1 260	9	2	130

Explanations

Column

- 1: Total, cu.m. excl. bark, solid measure
 2: Saw timber, cu.ft. excl. bark (based on the top diameter of logs)
 3: Pulpwood and pit props, cu.m. partly barked, piled measure
 4: Fuelwood, cu.m. incl. bark, piled measure
 More explanations p. 75

Taulukko 4c. Kanervatyypin männiköstä poistettavat puumäärät (hehtaaria kohden).

Table 4c. Cutting removals from the pine stand in Calluna site type (per hectare).

Ikä, v. Age, years	Harvennushakkuut Thinnings				Väljennyshakkuu Preparatory cutting				Suojuspuuhakkuu Shelterwood cutting				Päättehakkuu Final cutting				Ikä, v. Age, years
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
15	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	15
25	11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25
35	16	—	—	16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	35
45	17	—	—	27	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	45
55	20	—	10	26	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	55
65	21	—	18	18	34	—	—	27	26	—	—	—	—	—	—	—	65
75	20	10	19	12	41	40	38	20	51	60	47	24	—	—	—	—	75
85	21	50	20	7	47	180	44	13	56	230	52	15	55	270	51	13	85
95	20	120	19	4	54	430	46	8	61	490	52	9	58	520	46	7	95
105	21	180	17	2	59	700	38	5	65	780	42	5	59	810	33	4	105
115	20	210	14	2	64	1 050	29	4	69	1 140	31	4	59	1 120	21	3	115
125	—	—	—	—	—	—	—	—	71	1 450	20	4	60	1 350	11	3	125
135	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	61	1 450	8	2	135

Taulukko 3d. Puuston kuutiomäärät käenkaali-mustikkatyyppin kuusikossa (hehtaaria kohden); vrt. Vuokila 1957.

Table 3d. Growing stock of the spruce stand in Oxalis-Myrtillus site type (per hectare); cf. Vuokila 1957.

Ikä, v. Age, years	Harvennushakkuilla käsiteltävän puuston kehitys Stand development assuming recurrent thinnings				Väljennysasento Preparatory stage				Suojuspuuasento Shelterwood stage				Ikä, v. Age, years
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
20	18	—	—	16	—	—	—	—	—	—	—	—	20
30	68	—	42	61	—	—	—	—	—	—	—	—	30
40	120	200	105	46	—	—	—	—	—	—	—	—	40
50	167	1 100	144	29	163	1 110	140	28	—	—	—	—	50
60	214	2 800	141	21	184	2 410	132	18	125	1 640	90	12	60
70	255	4 750	117	17	197	3 570	106	14	119	2 150	64	8	70
80	285	6 000	94	13	214	4 280	73	11	116	2 320	39	6	80
90	300	6 650	73	10	230	4 760	60	9	120	2 480	31	5	90
100	308	7 050	52	8	236	5 030	50	7	125	2 660	26	4	100
110	311	7 300	38	6	239	5 140	48	7	126	2 710	25	4	110
120	—	—	—	—	—	—	—	—	127	2 730	24	4	120

Selityksiä

Sarake

- 1: Yhteensä kuoretta, k-m³
 2: Tukkipuuta, j³
 3: Paperipuuta puoli-puhtaana, p-m³
 4: Halkopuuta, p-m³
 Muut selitykset ss. 33-35

Explanations

Column

- 1: Total, cu.m. excl. bark, solid measure
 2: Saw timber, cu.ft. excl. bark (based on the top diameter of logs)
 3: Pulpwood, cu.m. partly barked, piled measure
 4: Fuelwood, cu.m. incl. bark, piled measure
 More explanations p. 75

Taulukko 4d. Käenkaali-mustikkatyyppin kuusikosta poistettavat puumäärät (hehtaaria kohden).

Table 4d. Cutting removals from the spruce stand in Oxalis-Myrtillus site type (per hectare).

Ikä, v. Age, years	Harvennushakkuut Thinnings				Väljennyshakkuu Preparatory cutting				Suojuspuuhakkuu Shelterwood cutting				Päättehakkuu Final cutting				Ikä, v. Age, years
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	15
25	8	—	—	9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25
35	44	—	9	46	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	35
45	66	100	61	22	70	120	65	24	—	—	—	—	—	—	—	—	45
55	71	350	66	16	91	550	82	19	133	970	114	25	—	—	—	—	55
65	57	700	40	6	106	1 480	71	10	139	2 000	92	12	162	2 560	104	13	65
75	56	950	24	4	120	2 180	52	8	142	2 600	61	10	146	2 800	63	10	75
85	63	1 250	18	3	130	2 590	36	6	149	2 980	42	7	138	2 810	39	7	85
95	67	1 450	13	2	135	2 780	31	4	158	3 260	36	5	140	2 940	32	4	95
105	71	1 650	10	2	138	2 900	28	4	161	3 390	32	5	145	3 120	29	4	105
115	—	—	—	—	—	—	—	—	163	3 450	31	5	145	3 120	28	4	115
125	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	146	3 140	28	4	125

Taulukko 3e. Puuston kuutiomäärät mustikkatyypin kuusikossa (hehtaaria kohden); vrt. Vuokila 1957. Sarake

Table 3e. Growing stock of the spruce stand in Myrtillus site type (per hectare); cf. Vuokila 1957.

Ikä, v. Age, years	Harvennushakkuilla käsiteltävän puuston kehitys Stand development assuming recurrent thinnings				Väljennysasento Preparatory stage				Suojuspuuasento Shelterwood stage				Ikä, v. Age, years	Selityksiä Muut selitykset ss. 33-35 Explanations Column	
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4			
20	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20	1: Yhteensä kuoretta, k-m ³
30	30	—	6	47	—	—	—	—	—	—	—	—	—	30	2: Tukkipuuta, j ³
40	83	—	73	48	—	—	—	—	—	—	—	—	—	40	3: Paperipuuta puoli- puhtaana, p-m ³
50	133	300	126	35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	50	4: Halkopuuta, p-m ³
60	177	1 000	159	26	148	840	133	22	—	—	—	—	—	60	1: Yhteensä kuoretta, k-m ³
70	211	2 500	144	19	169	2 080	122	14	100	1 230	72	8	70	2: Tukkipuuta, j ³	
80	237	4 200	117	15	184	3 290	90	11	103	1 840	50	6	80	3: Paperipuuta puoli- puhtaana, p-m ³	
90	252	5 250	90	12	194	3 840	70	10	105	2 080	38	5	90	4: Halkopuuta, p-m ³	
100	260	5 750	67	9	200	4 100	54	10	108	2 210	29	5	100	Muut selitykset ss. 33-35	
110	264	6 050	48	7	202	4 240	42	8	109	2 290	23	4	110	Explanations	
120	—	—	—	—	—	—	—	—	108	2 270	22	3	120	Column	

Taulukko 4e. Mustikkatyypin kuusikosta poistettavat puumäärät (hehtaaria kohden).

Table 4e. Cutting removals from the spruce stand in Myrtillus site type (per hectare).

Ikä, v. Age, years	Harvennushakkuut Thinnings				Väljennyshakkuu Preparatory cutting				Suojuspuuhakkuu Shelterwood cutting				Päättehakkuu Final cutting				Ikä, v. Age, years	
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	15	
25	3	—	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25	
35	25	—	5	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	35	
45	41	—	39	17	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	45	
55	43	125	43	7	71	210	69	13	—	—	—	—	—	—	—	—	55	
65	51	350	40	5	88	710	72	9	113	940	93	11	—	—	—	—	65	
75	54	700	32	4	101	1 400	60	7	123	1 740	72	9	125	1 910	74	9	75	
85	57	900	26	3	110	1 910	48	6	130	2 300	57	6	124	2 370	52	6	85	
95	59	1 100	21	3	114	2 200	40	6	134	2 610	46	7	124	2 510	40	6	95	
105	59	1 250	15	2	117	2 360	26	5	137	2 770	30	5	125	2 590	28	5	105	
115	—	—	—	—	—	—	—	—	—	137	2 820	27	4	125	2 620	25	4	115
125	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	124	2 600	25	4	125	

Taulukko 5. Rauduskoivikon kehitys käenkaali-mustikkatyypillä
(Koiviston 1957 mukaan).

Table 5. Development of the birch (*Betula verrucosa*) stand in Oxalis-Myrtillus site type
(according to Koivisto 1957).

Ikä, v. Age, years	Kehitettävä puusto Growing stock				Hakkuupoistuma Cutting removal			Ikä, v. Age years
	Yhteensä, m ³ /ha kuoretta Total, cu. m. per ha. excl. bark	Vaneripuuta, j ³ Veneer wood, cu. ft.		Halko- puuta, p-m ³ /ha Fuelwood, cu. m. per ha., piled measure	Yhteensä, m ³ /ha kuoretta Total, cu. m. per ha. excl. bark	Vaneri- puuta, j ³ /ha Veneer wood, cu. ft. per ha.	Halko- puuta, p-m ³ /ha Fuelwood, cu. m. per ha., piled measure	
		Yhteensä ha:lla Total per ha.	Keski- kuutio The average per tree					
20	49	—	—	80	54	—	62	25
30	85	20	4.8	150	48	—	83	35
40	119	280	6.7	192	43	20	73	45
50	148	1 300	8.5	172	46	70	76	55
60	164	2 360	9.9	133	47	150	73	65
70	171	3 000	11.0	107	42	200	61	75

KAKSI TRIPLOIDISTA HAAPAA
JA KOIVUA

RISTO SARVAS

TWO TRIPLOID ASPENS AND TWO TRIPLOID BIRCHES

SUMMARY IN ENGLISH

HELSINKI 1958

...
...
...
...
...

...
...
...

Alkusanat

Varsinkin sen jälkeen kun Nilsson-Ehle (1936) löysi kesällä 1935 Etelä-Ruotsista ensimmäisen triploidisen haavan, on metsäpuiden polyploidisiin muotoihin kiinnitetty runsaasti huomiota. Ruotsista on myöhemmin löytynyt ainakin 8 muuta triploidista haapaa (Johnson 1942, s. 306) ja 4 triploidista rauduskoivua (Johnson 1944, 1946 ja Löve 1944). Ensimmäinen Suomesta löydetty triploidinen metsäpuu lienee Meurmanin (1934) toteama triploidinen vaahtera (*Acer platanoides* L.). Myöhemmin on varsinkin metsäpuiden rodunjalostustyöhön liittyvässä pluspuiden etsintätyössä pidetty silmällä mahdollisia triploidisia yksilöitä. Tulos on kuitenkin jäänyt verrattain niukaksi rajoittuen vain kahteen triploidiseksi todettuun haapaan ja kahteen triploidiseen koivuun.

Näidenkin triploidisten puuyksilöiden löytäminen on kuitenkin ollut mahdollista vain monien tutkijoiden ja asianharrastajien yhteistyön tuloksena. Kun allekirjoittaneelle, joka on suorittanut useimpien triploidiehdokaiden sytologisen ym. tutkimisen, on jäänyt tehtäväksi julkaista suoritetun työn tulokset, on mieluisana velvollisuutenani kiittää kaikkia niitä henkilöitä, jotka tavalla tai toisella ovat etsintätyöhön osallistuneet.

Aivan ensisijalla on tällöin mainittava professori Nils Sylvén. Suomeen tekemällään retkeilyllä kesällä 1946 hän kiinnitti huomiota erääseen Vilppulan kunnassa kasvavaan suurilehtiseen haapaan, joka sitten myöhemmissä tutkimuksissa osoittautuikin triploidiseksi, toiseksi niistä kahdesta, jotka kaiken kaikkiaan on maastamme löytynyt. Näin saatu vihje epäilemättä vaikutti tärkeältä osalta myös toisen löytymiseen. Ensimmäisen triploidisen koivun löytäminen on luettava erityisesti metsänhoitaja Pentti Leinosen ja maanviljelijä Perttu Heikkisen ansioksi. Haapoihin kohdistuneesta sytologisesta työstä on metsänhoitaja Pentti Launonen suorittanut tärkeän osan ja laatinut tältä pohjalta työskentelymenetelmiä koskevan tutkielmankin, joka käsikirjoituksena on talletettu Yliopiston metsänhoitotieteellisen laitoksen arkistoon.

Jo tähän mennessä suoritetut löydöt tarjoavat epäilemättä lähtökohtia monenlaiselle metsägeneettiselle työlle. Onpa sellaista jo pantu alullekin. Kun nyt suoritetuista löydöistä ei ole aikaisemmin julkaistu yksityiskohtiin meneviä tietoja, on katsottu aiheelliseksi varsinkin myöhempää tutkimustyötä ajatellen, koota ne yhteen ja julkaista.

Helsingissä, tammikuun 10 päivänä 1958.

Risto Sarvas

Sisällysluettelo

	Sivu
Triploidiset haavat	5
Triploidiset koivut	14
Kirjallisuusluettelo	21
Summary in English	22

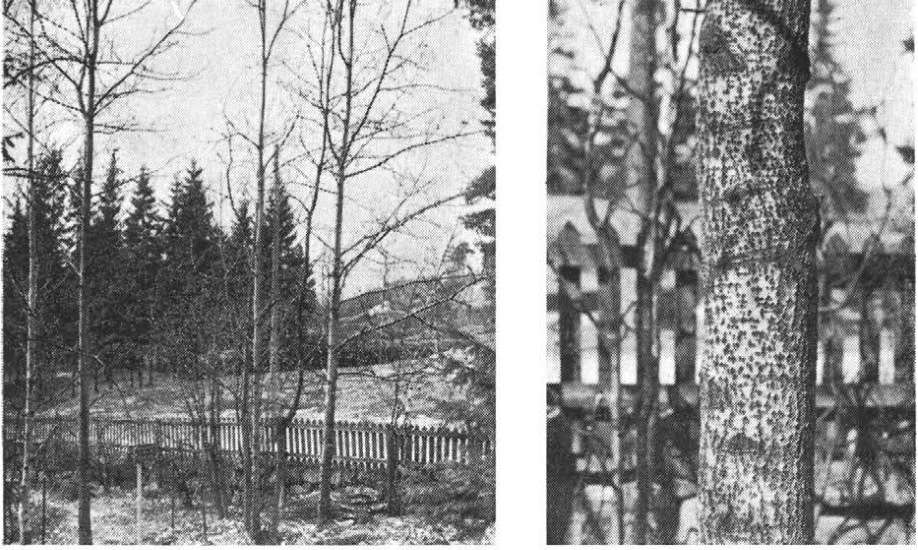
Triploidiset haavat

Kuten tunnettua, silmäänpistävin ominaisuus triploidisilla haavoilla on niiden lehtien suuri koko. Toisaalta on käynyt ilmi (J o h n s s o n 1940, s. 323—324), etteivät kaikki suurilehtiset haavat suinkaan ole triploideja. Kuitenkin tarjonnee juuri suurilehtisyys toistaiseksi helpoimman ja varsinkin maallikoille kouraantuntuvimman tunnuksen, jonka perusteella voidaan odottaa triploideja löytävän. Niinpä triploidien etsintätyö onkin pääasiassa tapahtunut siten, että metsäammattimiehiltä ja asianharrastajilta on pyydetty tietoja silmäänpistävän suurilehtisistä haavoista ja myöhemmin näytteitä, joiden perusteella kromosomiluku ym. on selvitetty. Kaikkiaan on tähän mennessä sytologisesti tutkittu 15 suurilehtistä ehdokasta (fil. tohtori Sakari S a a r n i j o k i 2 ja tekijä 13), joista, kuten edellä jo on käynyt ilmi, vain 2 on osoittautunut triploideiksi.

Ensimmäiseksi, tarkemmin sanoen helmikuussa 1950, tuli maassamme todetuksi triploidiseksi pieni haapaklooni, joka kasvaa Helsingin kaupungin alueella, Käpylän Yhteiskoulun pihamaalla Kuutamotien välittömässä läheisyydessä (lat. $60^{\circ} 10'$, long. $24^{\circ} 57'$, 31 m.y.m., vrt. S a r v a s 1950). Seuraavassa nimitetään tätä ryhmää Käpylän klooniaksi. Metsäpuiden rodunjalostussäätiön erikoispuukortistossa se on saanut numeron E443. Parhaat rungot tästä kloonista on myöhemmin rauhoitettu Helsingin kaupunginhallituksen 15. 5. 1950 antamalla päätöksellä.

Toiseen triploidiseksi todettuun haapaklooniiin oli kiinnitetty huomiota, kuten alkusanoissa on mainittu, jo kesällä 1946, mutta sytologinen tutkimus tapahtui vasta kevättalvella 1950. Tämä klooni kasvaa Vilppulan kunnassa, Ajostaipaleen kylässä Vilppula-Kolhon maantien vieressä, sen itäpuolella, Harjun talon kohdalla (lat. $62^{\circ} 02'$, long. $24^{\circ} 27'$, 101 m.y.m.). Seuraavassa nimitetään tätä ryhmää Vilppulan klooniaksi. Erikoispuukortistossa se on saanut numeron E397.

Käpylän klooniin kasvupaikkana on kivinen kalliopainanne pienen Tavaskallio-nimisen vuoren kupeessa. Irtain maa on suureksi osaksi erilaisten rakennustöiden yhteydessä siirrettyä täyttemaata. Pintakasvillisuus on ehkä luettava kuuluvaksi lähinnä jonkinlaiseen matalapohjaiseen mustikka-tyyppin kasvillisuuteen.

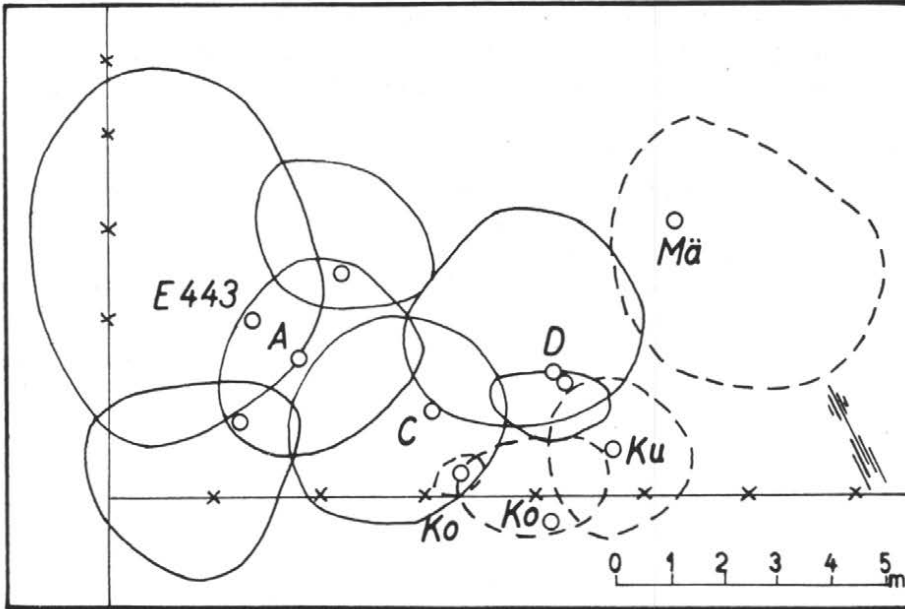


Kuva 1. Käpylän triploidinen haapakloonni. Vas. yleiskuva kloonista ja oik. lähikuva K-puun rungosta. Valok. 10. 5. 1957 Reino Saarnio.

Fig. 1. The triploid aspen clone from Käpylä. Left, a general view of the clone and, right, a close-up of the stem of the tree K. Photo 10. 5. 1957 Reino Saarnio.

Klooniiin kuului keväällä 1948 9 runkoa. Ne kasvavat n. yhden aarin alalla koulun pihamaan lounaiskulmauksessa ryhmänä, jossa on eri-ikäisiä kuusia sekapuuna ja pari ylispuumäntyä (vrt. kuva 1 ja kuva 2). Suurimpien puiden läpimitat 1.3 m:n korkeudella kuorineen on mitattu kahteen kertaan, 8. 5. 1950 ja 10. 5. 1957 ja saatu tällöin seuraavat tulokset (aikaisempi mitaustulos suluissa): K-puu (13.7) 19.9, A-puu (9.7) 13.6, B-puu (11.8) -, C-puu (13.4) 19.3 ja D-puu (10.5) 16.0 cm. B-puu on mittausten välisenä aikana kaadettu kemiallisia ym. tutkimuksia varten. Ensiksi mainitulla, paksuimmalla puulla, oli myöhemmän mittauksen aikana kannon korkeudella 17 lustoa, ja sen pituus oli 12.6 m (v. 1950 11.0 m). Puut ovat verrattain paksuoksaisia. Niinpä K-puun viiden paksuimman oksan läpimitat olivat tyvestä oksan paksuuden etäisyydellä mitattuina 7.9 cm, 6.7 cm, 5.7 cm, 5.5 cm ja 5.4 cm eli keskimäärin 6.2 cm.

Kun triploidisten puiden välittömässä läheisyydessä ei kasva niihin verrattavia tavallisia diploidisia yksilöitä, on vaikea arvostella, missä määrin triploidisten on mahdollisesti katsottava kasvaneen keskimääräistä nopeammin. Suurimman rungon viime seitsemän vuoden keskimääräistä pituuskasvua, 0.2 m:iä, lienee kuitenkin pidettävä verrattain heikkoon boniteettiinkin katsoen vähäisenä. Kasvua on kuitenkin ilmeisesti haitannut ylispuumännyn läheisyys ja runsaanlainen oksien keruu erilaisia tieteellisiä tar-



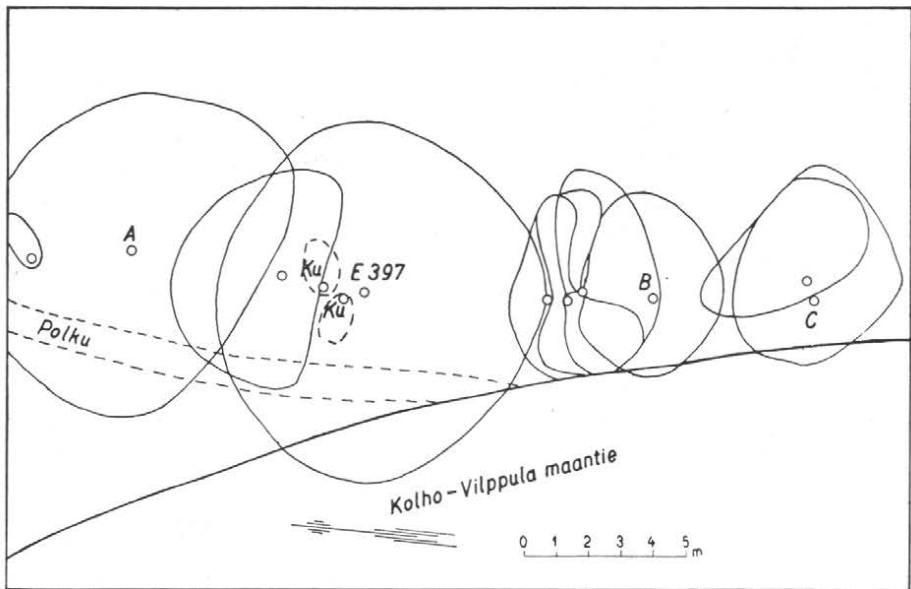
Kuva 2. Käpylän triploidisen haapakloonin ja läheisten puiden latvusprojektiot. Laadittu 10.5.1957.
 Fig. 2. The crown map of the Käpylä triploid aspen clone and of the adjacent trees. Drawn 10. 5. 1957.



Kuva 3. Vilppulan triploidinen haapakloonin. Valok. 14. 5. 1957 Reino Saarnio.
 Fig. 3. The triploid aspen clone from Vilppula. Photo 14. 5. 1957 Reino Saarnio.

koituksia varten. Viimeksi mainittuun olettamukseen viittaa mm. se, että muut puut, joista oksia ei ole kerätty, ovat ylispuumännystä huolimatta ja sitä lähempänäkin sijaiten kasvaneet paremmin: A-puu keskimäärin vuosittain 0.4 m ja C-puu 0.6 m.

Vilppulan klooni kasvaa etelä-pohjoissuunnassa kulkevan, heikosti pohjoiseen viettävän Vilppula-Kolhon maantien ja sen itäpuolella olevan pellon välisessä n. 1—7 m:n levyisessä tien reuna-alueessa (kuva 3 ja 4). Yksi yksilö, toiseksi suurin, kasvaa kuitenkin varsin kaukana, n. 115 m:n päässä muista, maantien länsipuolella Välioja-nimisen talon pihamaalla. Maa on lievästi kivistä, mullansekaista hiekkaa. Klooni on 11 rungon muodostama. Suurin puu on mitattu kahteen kertaan, syksyllä 1949 ja kevättalvella 1957. Mittaustulokset olivat seuraavat (edellisen mittauksen tulokset suluissa): lustojen luku kannon korkeudella n. 52, läpimitta 1.3 m:n korkeudella (41.8) 47.2 cm ja pituus (16.5) 18.2 m. Latvuksen pituus oli toisen mittauksen aikana 16.3 m ja suurin leveys 6 m. Puu on verrattain karkeaoksainen, 5 paksuimman oksan läpimitat olivat tyvestä oksan paksuuden etäisyydellä mitattuina keväällä 1957: 17.0, 14.9, 14.9, 14.6 ja 14.5 cm, keskimäärin siis 15.2 cm. Tämänkään puun kasvua ei voida verrata mihinkään lähellä kasvavaan samankokoiseen diploidiseen yksilöön. Sekä pituuskasvua (0.24 m/v) että varsinkin paksuuskasvua (0.77 cm/v) voitaneen pitää puun iän ja koon huomioon ottaen ainakin tyydyttävinä.



Kuva 4. Vilppulan triploidisen haapakloonin ja läheisten puiden latvusprojektiot. Laadittu 14. 5. 1957.

Fig. 4. The crown map of the Vilppula triploid aspen clone and of the adjacent trees. Drawn 14. 5. 1957.

Kuten edellä jo on mainittu, ovat molemmat triploideiksi todetut haavat löytyneet lähinnä sen johdosta, että huomio on kiintynyt niiden tavallista suurempiin lehtiin. Tässä suhteessa sekä Käpylän että Vilppulan triploidiset kloonit muistuttavat suuresti toisiaan. Kaikki lehdet eivät kuitenkaan ole suurikokoisia, vaan lehtien koon vaihtelu on silmäänpistävän suuri: jättiläiskokoisten lehtien ohessa tavataan paljon pienempiäkin ja tavallisen kokoisena pidettäviä. Varsinkin suurikokoiset lehdet poikkeavat myös värinsä puolesta jonkin verran tavallisesta haavasta. Triploidisen haavan lehdet ovat tummemman ja tavallisen haavan harmaamman vihreitä. Lehtien suuresta koosta ja niiden erikoisesta väristä johtuu, että latvus on tavallista tuuheampi ja erityisen rehevän näköinen. Tämä koskee varsinkin Käpylän kloonin. Vilppulan kloonin latvukset ovat harvempia, mikä johtuu ennen kaikkea lehtien syystä tai toisesta tavallista vähäisemmästä määrästä. Aikaisemmin on jo todettu, että lehtien suuri koko riippuu ainakin osaksi solujen tavallista suuremmasta koosta (J o h n s s o n 1940, s. 324). Solujen kokoa verrattaessa on tavallisesti mittaukset kohdistettu ilmarakojen huulisoluihin. Tällaisia ilmarakojen huulisoluihin kohdistuvia mittauksia ei tämän tutkimuksen yhteydessä ole kuitenkaan enää pidetty tarkoituksenmukaisina sen jälkeen, kun J o h n s s o n (1940, s. 324) on osoittanut, että suurissa haavan lehdissä yleensäkin on suuret solut kromosomilukuun katsomatta.

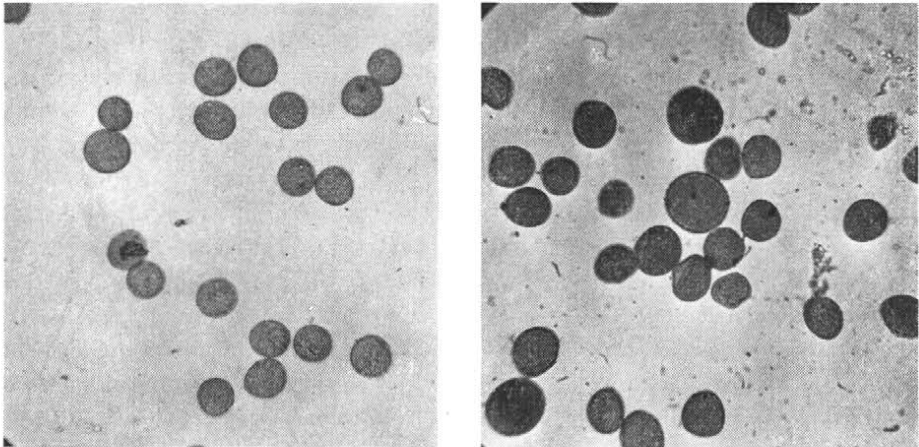
Erityistä mielenkiintoa tarjoavat tietysti triploidisten haapojen kukat. Molemmat nyt puheena olevat kloonit ovat hedepuita. Mitään sukupuolella ilmenevää anomaliaa ei ole tavattu ainakaan niissä lukuisissa kukinnoissa, joita on jouduttu käsittelemään meiosisia koskevien tutkimusten yhteydessä. Sekä Käpylän että Vilppulan klooni kukkivat usein ja runsaasti. Kukkimisaika näyttää olevan kutakuinkin sama kuin diploidisten haapojen. Kukkasilmut ja kukinnot poikkeavat kuitenkin suuremman kokonsa puolesta diploidisista. Myös heteiden ponnet, siitepölyhiukkasten emosolut ja siitepölyhiukkaset ovat suurempia kuin tavallisesti diploidisilla haavoilla. Erot eivät kuitenkaan ole varsin suuria, ja osittain vaihteluserjat peittävät toisiaan, kuten taulukosta 1 tarkemmin näkyy (vrt. myös J o h n s s o n 1940). Tässä taulukossa on esitetty nyt puheena olevien kahden triploidisen haavan lisäksi mittaustuloksia myös kolmesta diploidisesta haavasta. Viimeksi mainituista kaksi on suurilehtisiä, ulkonaisesti triploidista haapaa muistuttavia ja kolmas lehtiensä koon puolesta »tavallinen». Kustakin puusta on mitattu 50 siitepölyhiukkasta. Taulukosta 1 nähdään, että toisella suurilehtisellä diploidisellakin haavalla on keskimäärin jonkin verran suuremmat siitepölyhiukkaset kuin pienilehtisillä lähennellen triploidisten haapojen siitepölyhiukkasten kokoa. Siitepölyhiukkasten keskimääräinen kokokaan ei siis tarjoa varmaa kriteeriä triploidisten haapojen erottamiseen diploidisista, kuten J o h n s s o n (1940, s. 326) jo aikaisemmin on todennut.

Taulukko 1. Siitepölyhiukkasten läpimitta triploidisissa ja diploidisissa haavoissa (50 %:nen alkoholiliuos).

Table 1. Diameter of the pollen of the triploid and diploid aspens (stored in 50 % alcohol)

Puun tunnus <i>Tree</i>	2 n	Lehden koko <i>Size of the leaves</i>	Siitepölyhiukkasten läpimitta, μ <i>Diameter of the pollen, μ</i>					Keskimäärin <i>Average</i>
			20—25	26—30	31—35	36—40	41—45	
			Siitepölyhiukkasia, kpl <i>Number of pollen grains</i>					
Käpylä, E 443	57	Suuri <i>large</i>	—	11	36	3	—	31
Vilppula, E 397	57	»	1	23	23	2	1	29
Koskela	38	»	1	36	13	—	—	28
Sippola	38	»	5	45	—	—	—	26
Käpylä	38	Pieni <i>small</i>	5	38	7	—	—	27

Vaikkakaan eivät erot triploidisten haapojen ja suurilehtisten diploidisten haapojen siitepölyhiukkasten keskimääräisen koon välillä ole kovin suuria eivätkä aina edes tuskin merkitseviä, tavataan triploidisten haapojen siitepölyssä verrattain runsaasti hyvin suurikokoisia siitepölyhiukkasia, jotka tavallisen diploidisen haavan siitepölynäytteissä ovat harvinaisia. Näitä hyvin suuria hiukkasia, jotka nähtävästi ovat syntyneet redukoimattomista emosoluista, on Käpylän ja Vilppulan triploidien siitepölyssä keskimäärin n. 6 % (vrt. taulukko 1 ja kuva 5). Triploidisten haapojen siitepöly sisältää myös enemmän vikanaisia hiukkasia kuin diploidisten. Kun raja vikanaisien ja hyvien siitepölyhiukkasten välillä kuitenkin on vaikea määrittää, ei tässä ole suoritettu tarkempia laskuja niiden määristä.



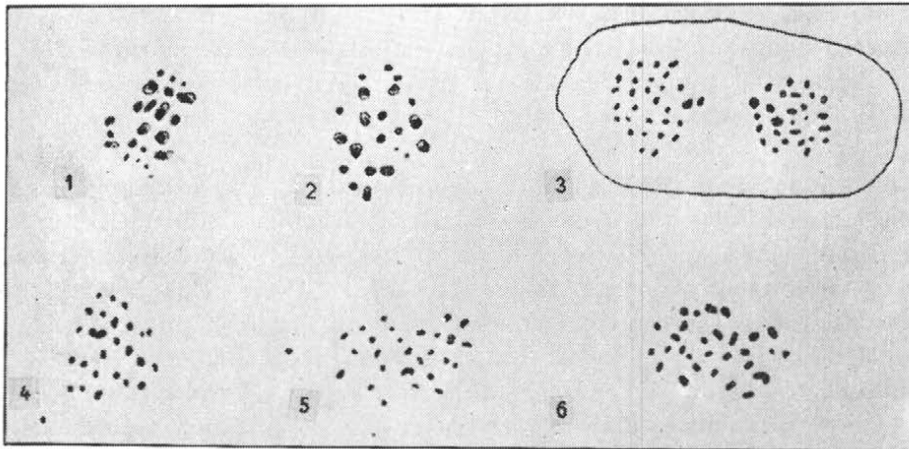
Kuva 5. Diploidisen (vas.) ja triploidisen (oik.) haavan siitepölyhiukkasia. 200-kertainen suurennus.

Fig. 5. Pollen of the diploid (left) and triploid (right) aspen. $\times 200$.

Nyt puheena olevista triploidisista haavoista on tutkittu vain meiosi. Se tapahtui La Courin (Darlington ja La Cour 1950, s. 116) orcein-menetelmää käyttäen. Kun triploidisen haavan siitepölyhiukkasten emosolut varsinkin kasvihuoneissa hitaasti hyödetyissä norkoissa helposti plasmolysoituvat rikki Farmerin liuoksessa, käytettiin jäätikan ja abs. alkoholin tavanomaisen suhteen 1:3 sijasta suhdetta 1:2, mikä näytti antavan parhaan fikseeraustuloksen. Parhaiten värjäytyneet preparaattit saatiin norkoista, joita oli hyödetty 2—3 vrk. kasvihuoneessa, +14—+18°C lämpötilassa. Aamupäivä klo 8—11 osoittautui edullisimmaksi fikseerausajaksi.

Triploidisten haapojen meiosin kulku on jo aikaisemmin tullut kuvatuksi varsin yksityiskohtaisesti (vrt. Müntzing 1936, Tometorp 1937 ja Johnson 1940). Nyt tutkittujen triploidisten haapojen meiosi näyttää pääpiirteissään olevan hyvin samantapainen aikaisemmin kuvattujen kanssa.

Ensimmäisen metafasin sivukuvassa on nähtävissä sekä Käpylän että Vilppulan klooneissa lukuisia trivalentteja ja univalentteja. Pystykuvista on erillisiä »kappaleita», s.o. trivalentteja, mahdollisia bivalentteja ja univalentteja luettu Käpylän kloonin parhaiten värjäytyneistä soluista 25, 22 ja 24 (kuva 6) ja Vilppulan kloonista 23, 23 ja 25. Trivalenttien lukumäärä on siis ilmeisesti varsin suuri, mutta kromosomien pienuuden vuoksi ei ole ollut mahdollista tarkoin määrittää tri-, bi- ja univalenttejen keskinäisiä runsaus-suhteita. Ensimmäisen anafasin sivukuvasta näkyy, että se kummassakin nyt puheena olevassa kloonissa on varsin epäsäännöllinen, mm. muista jäljessä kulkevia kromosomeja on useita. Toisen metafasin pystykuvista on



Kuva 6. 1—2 ensimmäinen metafasi pystykuvana, 3—6 toinen metafasi pystykuvana. 2500-kertainen suurennus.

Fig. 6. 1—2 IM in polar view, 3—6 IIM in polar view. $\times 2500$.

kromosomeja luettu Käpylän kloonin parhaiten värjäytyneistä soluista 30, 29, 29, 28, 28, 27 ja 25 (kuva 6); keskimäärin siis 28.0 ja Vilppulan kloonista 25, 27, 29, 29, 32. Melkoisen etsinnän jälkeen löytyi kummastakin kloonista soluja, joissa toisen jaon kummatkin metafasis näkyivät pystysuunnassa ja lisäksi olivat hyvin fikseerautuneet ja värjäytyneet (kuva 6). Tällaisesta Käpylän kloonin kuuluvasta kaksoissolusta saatettiin suurella varmuudella lukea kromosomiluvut 30 ja 27, eli yhteensä 57 ja Vilppulan kloonin kuuluvasta kaksoissolusta hieman epävarmemmin 28 (27?) ja 29 eli yhteensä 57. Näin on siis kummankin kloonin triploidisuus tullut vahvistetuksi vielä meiosisinkin perusteella. Kummatkin nyt puheena olevat triploidiset haavat ovat ilmeisesti autotriploideja. Tähän viittaa jo niiden ulkonäkö, mikä joistakin gigantisista mittasuhteista huolimatta muistuttaa mitä suurimmassa määrin diploidista *Populus tremulaa*.

Vain Vilppulan kloonია on käytetty keinollisissa risteytyksissä. Jo 24. 4. 1949 metsänhoitaja Max. H a g m a n risteytti erään Tuusulan Ruotsinkylässä kasvavan diploidisen haavan (E 265) ja Vilppulan triploidisen keskenään. Triploidisen haavan siitepöly osoittautui risteytystyössä yllättävän hedelmöittämisokykyiseksi, sillä kotaa kohden saatiin keskimäärin 9.4 siementä, mikä on kutakuinkin normaali määrä diploidistenkin haapojen välisissä risteytyksissä (vrt. J o h n s s o n 1942, s. 307). Kaikkiaan saatiin 254 koulittua tainta käsittävä jälkeläistö. Tarkkoja tutkimuksia siemenen itävyydestä ei tehty, mutta metsänhoitaja H a g m a n i n ystäv. antamien tietojen mukaan yleishavaintona oli, että mitään erittäin huonosti itävää se ei ollut. Puheena olevasta jälkeläistöstä ja varsinkin sen kromosomisuhteista on tehty tarkemmin selkoa toisessa tutkimuksessa (P i t k ä n e n 1955).

Mainittakoon vielä, että sekä Käpylän että Vilppulan kloonin monistettiin metsäntutkimuslaitoksen Ruotsinkylän jalostusasemalla juuripistokkaista keväällä 1950, ja kummatkin kloonit sisältyvät siitä lähtien jalostusaseman erikoispuukokoelmaan.

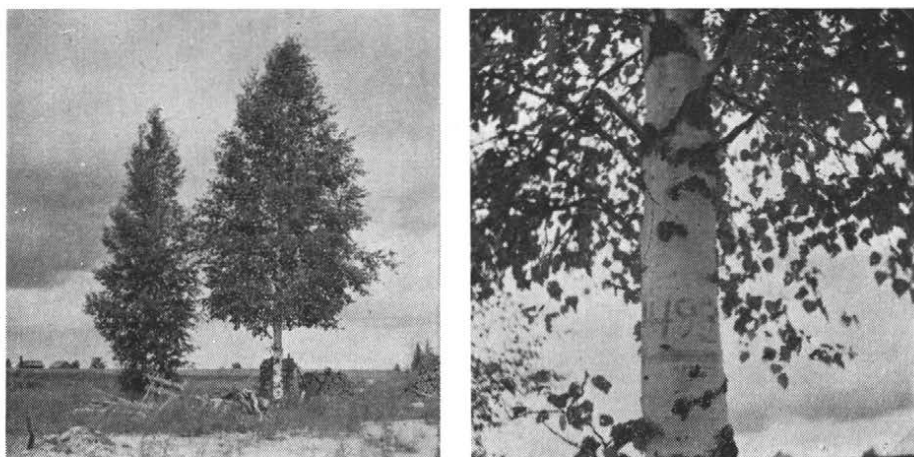
Sekä Käpylän että Vilppulan triploidien syntyä ajatellen kiinnittää huomiota niiden sijainti. Kumpikin kasvaa vanhalla rakennustyömaalla, Vilppulan haapa entisen tiettyömaan (v. 1902—1903) reunassa ja Käpylän haapa talonrakennusalueella (rakennettu kesällä 1942). Epäilemättä kummassakin tapauksessa rakennustöiden johdosta on paljastunut kivennäis- maata, mikä on tarjonnut tavallista paremmat mahdollisuudet haavan suvulliselle uudistumiselle. Herää kuitenkin ajatus, olisiko rakennustöiden yhteydessä sattunut jotakin sellaista, joka olisi vaikuttanut itse triploidian muodostumiseen. Lähinnä ehkä tällöin tulee ajatelleeksi räjäytystöitä ja niiden mahdollisesti hedekukintojen meiosisin kulkua häiritsevää vaikutusta. Asian selvittämiseksi järjestettiin kevättalvella 1956 pieni koe. Haavan vielä lepotilassa olevia hedekukintoja sisältäviä oksia asetettiin 0.5, 1.0, 2.0 ja 3.0

m:n etäisyyksille räjäytyspanoksesta. Panoksena oli Suomen forsiittidynamiitti oy:n, Hanko, valmistetta oleva forsiittipommi n:o 2, joka sisältää räjähdysainetta n. 0.5 kg. Panos suunnattiin niin, että sen synnyttämä kaasupilvi suuntautui voimakkaimpana oksia kohden ja räjäytettiin. Räjähdyksen voiman voitaneen katsoa, huomioon ottaen ainakin lähimpien oksien läheisyyden, vastanneen kovimpia painevaikutuksia, mitä rakennustyömailla kohdistuu lähistössä kasvavien puiden latvuksiin. Räjähdyksen jälkeen tutkittiin meiosi, mutta mitään aivan ilmeisiä epäsäännöllisyyksiä ei sen kulussa voitu havaita. Näin kysymys puheena olevien triploidien syntymään mahdollisesti vaikuttaneista ulkonaisista tekijöistä jäi edelleen avoimeksi.

Triploidiset koivut

Koivun triploidiaan ovat ensinnä kiinnittäneet huomiota Helms ja Jørgensen (1927) löydettyään triploidisen, suuressa määrin *Betula verrucosaa* muistuttavan koivun Maglemose-nimiseltä suolta Pohjois-Sjellannista. Edellä mainitut tekijät tulkitsivat tämän puun allotriploidiseksi *Betula verrucosan* ja *B. pubescensin* hybridiksi (ibid. s. 197). Myöhemmin on kuitenkin Johnson (1944, s. 94) esittänyt tästä koivusta toisen tulokinnan. Myöhemmät triploidisten koivujen löydöt on tehty Ruotsissa.

Kaikkiaan on siellä tähän mennessä julkaistu tietoja ainakin neljästä triploidisesta *Betula verrucosasta*, kuten edellä jo on mainittu. Suomessakin on metsäpuiden rodunjalostustyöhön liittyvän pluspuiden etsinnän yhteydessä pidetty jo kymmenkunta vuotta silmällä poikkeuksellisen suurilehtisiä koivuja, mutta varsin epäilyttäviä yksilöitä ei ole kovinkaan monta löytynyt. Näistä on vain kaksi rauduskoivua sytologisesti tutkittuna osoittautunut triploidisiksi.



Kuva 7. Hyrynsalmen triploidinen rauduskoivu. Vasemmanpuoleisessa kuvassa yleiskuva puusta (oikeanpuoleinen siinä näkyvästä kahdesta koivusta) ja oik. lähikuva rungosta 1.3 m:n korkeudelta. Valok. 19. 8. 1954 Pentti Leinonen.

Fig. 7. The triploid *Betula verrucosa* from Hyrynsalmi. Left, a general view of the tree (the tree on the right) and, right, a close-up of the stem. Photo 19. 8. 1954 Pentti Leinonen.

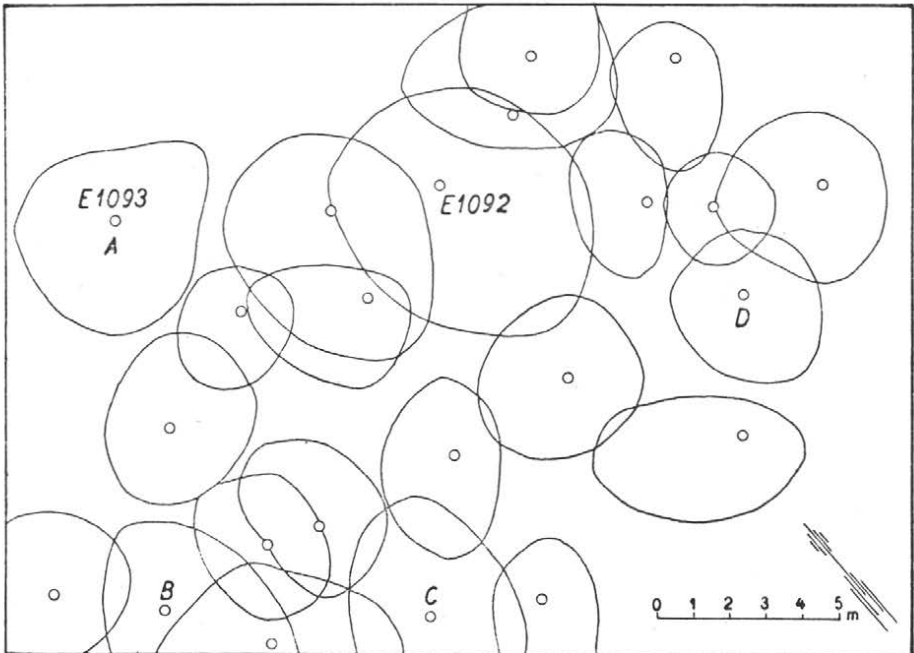
Toinen nyt puheena olevista rauduskoivuista kasvaa Hyrynsalmen kunnassa, Tapaninkylässä olevan Tapaniaho-nimisen talon pihassa (lat. $64^{\circ}25'$, long. $29^{\circ}07'$, kork. meren pinnasta n. 200 m). Metsäpuiden rodunjalostussäätiön pluspuukortistossa se on saanut numeron P 493. Kasvupaikkana on pellon laide. Maa on hietaista moreenia. Puu mitattiin 19. 8. 1954, jolloin sen ikä isännän, maanviljelijä Perttu H e i k k i s e n muistin mukaan oli n. 20 v. Puun pituus oli tällöin 9.2 m ja läpimitta 1.3 m:n korkeudella 19.9 cm (kuoretta 18.9 cm). Puun tähän mennessä saavuttamaa kokoa on olosuhteisiin katsoen pidettävä varsin huomattavana, sillä esim. I l v e s s a l o n (1920, s. 41) kasvu- ja tuottotaulujen mukaan saavuttavat koivuvaltapuut Etelä-Suomen miltei parhailla kasvupaikoilla (käenkaalityypin metsämailla) 20 vuoden ikäisinä yleensä »vain» n. 8.0 m:n pituuden. Se aukea kasvupaikka (vrt. kuva 7), jolla nyt puheena oleva triploidinen koivu on kasvanut, ei liene tarjonnut ympäristöä, joka pituuden kehityksen kannalta olisi ollut suotuisampi kuin ne olosuhteet, joissa kasvu- ja tuottotauluaineiston pohjana olevat koivikot ovat kehittyneet — pikemmin päin vastoin. Muistetakoon lisäksi puun pohjoinen asema; sehän kasvaa n. 200 km. pohjoisempaan kuin pääosa kasvu- ja tuottotaulukoiden koivikoista.

Puu on verrattain karkeaoksainen ja huononlaisesti karsiutunut (vrt. kuva 7). Täysin karsiutuneen rungon osan pituus olikin vain 1.0 m. Latvuk- sen leveys oli 5.1×5.1 m, oksakulma n. 60° — 70° .



Kuva 8. Punkaharjun triploidinen visakoivu. Vas. yleiskuva puusta ja sen lähiympäristöstä, oik. lähikuva rungosta (runkoon maalattu rengas 1.5 m:n korkeudelle). Valok. 16. 5. 1957 Reino Saarnio.
Fig. 8. The triploid curly birch from Punkaharju. Left, a general view of the tree and of the stand and right, a close-up of the stem (a ring painted round the stem at 1.5 m height). Photo 16. 5. 1957 Reino Saarnio.

Toinen triploidinen rauduskoivu on löytynyt metsäntutkimuslaitoksen Punkaharjun kokeilualueesta (lat. $61^{\circ}47'$, long. $29^{\circ}18'$, korkeus meren pinnasta 97 m). Edelliseen verrattuna erikoista on, että tämä raudus on visakoivu, joka suuren kokonsa ja hyvän laatunsa vuoksi oli jo ennen kuin se todettiin triploidiseksi merkitty Metsäpuiden rodunjalostussäätiön pluspuukortistoon n:o:lla E 1092. Se kuuluu pienialaiseen, 0.3 ha:n laajuiseen visaviljelmään n:o 202, joka on perustettu v. 1932 professori Olli Heikinheimon toimesta (vrt. kuva 8 ja 9). Siemen saatiin Aulangon kansallispuistosta tulotien vasemmalla puolen kasvavista vanhoista, pensasmaisista luonnonvaraisista visakoivuista. Istutuksessa käytettiin 1 + 3-vuotisia taimia ja 1.5×1.5 m:n taimivälejä. Kasvupaikkana on viljava, mutta kivinen moreeni. Pintakasvillisuus on lehtomaista. Puu mitattiin 20.4. 1957, jolloin sen ikä siis oli 29 vuotta. Pituus oli tällöin 14.8 m, läpimitta 1.3 m:n korkeudella kuorineen 26.4 cm (kuoretta 23.6 cm) ja 6 m:n korkeudella 14.9 ja 14.3 cm (kaksihaarainen). Oksaton runko-osa ulottui 3 m:n korkeudelle. Hyvälaatuisen runkovisan määrä arvioitiin n. 6 j³:ksi. Latva haarautui 5 m:n korkeudella kahteen miltei samanarvoiseen sivuhaaraan ja nämä taas vuorostaan ylempänä. Viiden paksuimman oksan paksuudet olivat oksan paksuuden etäisyydellä oksan tyvestä mitattuina: 8.6, 6.7, 4.5, 5.6 ja 4.6 cm, keskimää-



Kuva 9. Punkaharjun triploidisen visakoivun ja sen lähipuiden latvusprojektiot. Laadittu 16. 5. 1957.

Fig. 9. The crown map of the Punkaharju triploid curly birch and of adjacent trees. Drawn 16. 5. 1957.

rin 6.0 cm. Latvuksen suurin leveys oli 4.8 m. Runko oli hyvin selvästi tiheään kyhmyistä (vrt. kuva 8), kuten useille hyvälaatuisille visakoivuille on ominaista, mutta tarkempaa selvitystä visan anatomisesta rakenteesta ei ole.

Kuten edellä jo on käynyt ilmi, on nyt puheena oleva visakoivu jo kauan kiinnittänyt huomiota järeytensä ja hyvän laatunsa puolesta. Mainittakoon, että järjestyksessä neljän seuraavaksi järeimmän nyt puheena olevan viljelmän visakoivun läpimitat 1.3 m:n korkeudella ja kokonaispituudet olivat seuraavat: 23.4/12.3, 22.2/10.0, 18.6/12.7 ja 17.0 cm/9.6 m. Ottaen huomioon, että I l v e s s a l o n (1920) mukaan 28-vuotisen koivumetsikön valtapuiden pituus Etelä-Suomessa on käenkaalityypillä n. 11.6 m, on E 1092:n pituutta, joka ylittää tämän pituuden 3.2 metrillä pidettävä huomattavan suurena.

Kuten aikaisemminkin jo on käynyt ilmi, ovat nyt puheena olevat kaksi triploidista koivua alkujaan kiinnittäneet huomiota poikkeuksellisen suurien lehtiensä vuoksi. Suurimpien lehtien koko on n. 10×10 cm. Väriltään lehdet ovat tavallista tummemman vihreitä, mistä syystä koko latvuskin saa poikkeuksellisen tumman värin. Muuten ovat lehdet muodoltaan ja hammas-tukseltaan mitä tyypillisimpiä rauduksen lehtiä. Muutkin taksonomisesti tärkeät ominaisuudet, kuten rungon kuoren väri ja halkeilemistyyppi, hedelmänorkkojen muoto ja pähkyläin lenninsiipien muoto ja suhteellinen koko ym. ovat mitä tyypillisimpiä rauduksen. J o h n s s o n (1944, s. 88) mainitsee, että hänen esittelemillään kahdella suurilehtisellä rauduskoivulla ei ollut selvästi riippamaista oksistoa; samaa voidaan sanoa sekä Hyrynsalmen että Punkaharjun koivuista. Kun riippaoksaisuus yleensä johtuu oksahaarojen kärkiosien hentoudesta, ei ehkä ole aivan sattuma, että nyt puheena olevilla gigantisilla muodoilla ei tällaista hentoutta ja siihen liittyvää riippamaisuutta esiinny ainakaan samassa määrin kuin tavallisilla rauduskoivuilla. Mahdollista kuitenkin on, että riippaisuutta tulee myöhemmällä iällä esiin enemmän.

Kukkiminen näyttää olevan keskimääräistä niukempaa. V. 1954, jolloin koivu yleensä kukki koko maassa runsaasti, oli Hyrynsalmen puussa elokuun loppupuolella (19.8.) vain vähänlaisesti hedelmänorkkoja ja kesällä 1955, jolloin koivu tosin kukki koko maassa heikonlaisesti, niitä ei ollut ollenkaan. Hedenorkkoja ei toistaiseksi ole näkynyt lainkaan. Punkaharjun triploidin fertiilisyys on parempi, mikä saattaa johtua siitäkin, että se kasvaa paremmalla kasvupaikalla ja on vanhempi ja suurikokoisempi. Kesän 1956 lopulla siinä oli hedelmänorkkoja runsaanlaisesti ja jokunen, arviolta n. 50 hedenorkon aihettakin. Kesän 1957 lopulla ei hedelmänorkkoja näkynyt, mutta sitä vastoin melkoisesti hedenorkkojen silmuja. Kummassakin, sekä Hyrynsalmen että Punkaharjun triploideissa, hedelmänorkot olivat erityisen suuria tavalliseen rauduskoivuun verrattuna. Yhdenmukaisesti olivat myös norkosuomut ja pähkylät poikkeuksellisen suuria. Mainittakoon vielä, että päin

vastoin kuin useilla allotriploidisilla (*Betula verrucosa* x *B. pubescens*) koi-
vuilla, siemen varisee normaalisti heinä-syyskuun kuluessa eikä jää huomatta-
tavassa määrin talven ajaksi puuhun.

Kesällä 1954 oli kevään runsaasta kukkimisesta (runsaasta pölytyksestä) johtuen koivun, sekä raudus- että hieskoivun, täysisiemensadannes kautta maan koko eteläpuoliskon huomattavan korkea, yleensä n. 50—80 %. Hyrynsalmen triploidin täysisiemensadannes oli 600 tutkitun siemenen perusteella laskettuna kuitenkin vain 21 % ja itävyyskoe Jakobsenin mallisessa idätyskojeessa antoi tulokseksi 12 %:n itävyyden. Täysistä iti siis 57 %. Viimeksi mainituitakin itäneistä siemenistä vain 2/3 kehitti terveeltä näyttävän sirkkataimen. Punkaharjun triploidin siemenen laatu osoittautui samantapaiseksi. Kesällä 1956, jolloin koivu kukki Punkaharjulla poikkeuksellisen runsaasti ja jolloin pölytys yleensäkin hyvin runsaasti kukkivissa visakoi-
vikoissa muodostui suorastaan ihanteellisen täydelliseksi, oli triploidin siemenestä 66 % täyttä. Itävyyssadannes oli 19 %; täydestä siemenestä iti siis 29 %. Vertailun vuoksi kerättiin samanaikaisesti triploidin naapureina kasvavista diploideista visakoivuista myös siementä. Tässä siemenessä oli täyttä 62 % ja täysistä iti 96 %. Triploidisen koivun siementä idätettäessä saatettiin lisäksi todeta, että sen itämistarmo oli selvästi heikompi kuin diploidin. Itäminen alkoi Jakobsenin kojeessa + 18° — +24° C intermettoivassa lämmössä 6:ntenä vuorokautena. 7 vuorokauden kuluttua oli lopullisesti itäneistä 26 % itänyt ja 10 vuorokauden kuluttua 73 %. Diploidisen koivun siemen alkoi itää 5:ntenä vuorokautena ja 7 vuorokauden kuluttua oli jo 99 % kaikista itävistä siemenistä itänyt.

J o h n s s o n i n (1944, s. 90) mukaan Ruotsista löydettyjen triploidisten koivujen siemenen itävyys on ollut alhaisempi. Kodin koivun siemenestä oli vain 5.3 % täyttä ja itävää oli vain 0.3 % (täysistä siemenistä iti siis 6 %). Edsbyn koivun siemenestä oli 1.1 % täyttä ja siemenen itävyys 0.3 % (täysistä iti 20 %). Suomesta löydettyjen triploidien siemen on siis ollut huomattavasti itämiskelpoisempaa kuin Ruotsista löydettyjen. Tämä voi tietysti osaksi johtua ympäristötekijöistäkin, sillä Suomessa, jossa koivua on paljon runsaammin kuin Ruotsissa, koivun pölytyminen tapahtuu yleensä täydellisemmin. - Vaikkakaan triploidisten haapojen siemenen itävyydestä ja sirkkataimien tuhoutumisesta ei tehty tarkkaa tilastoa, näyttää ilmeiseltä, että triploidisten haapojen fertiilisyys oli huomattavasti parempi kuin nyt puheena olevien triploidisten koivujen.

Sirkkataimien myöhempää kehitystä on seurattu kylvämällä Punkaharjun triploidisen visakoivun siemeniä 26. 4. 1957 matalaan laatikkoon. Kaikkiaan kylvettiin 1000 siementä, joista saatiin 85 tainta. »Laatikkoitävyy» (8.5 %) jäi siis huomattavasti alhaisemmaksi kuin »kojeitävyy» (19 %). Laatikko pidettiin huoneessa aurinkoisella ikkunalaudalla ja kasteltiin tarpeen mukaan. Syyskuun 28 päivänä 1957 tarkastettiin kylvös ja todettiin

taimia olevan elossa 70 kpl. Osa taimista oli hyvin oudon näköisiä. Niinpä 6 taimella lehdet olivat pyöreähköjä ja miltei ehytlaitaisia. Osa taimista on kuitenkin normaalin näköisiä ja elinvoimaisia.

Hyrnsalmen koivun mitosi tutkittiin 26. 4. 55 turvautumalla puhkeamistilassa oleviin silmuihin. Preparaatit valmistettiin hyötämällä kasvihuoneissa oksia ja ottamalla palasia juuri puhkeamistilassa olevien silmujen pikku lehtien tyviosasta. Käytetty menetelmä oli La Courin (Darlington ja La Cour 1950) orcein-squash-menetelmä, jota kuitenkin edelsi maserointi 25 min. ajan + 58°C lämpötilassa 10 %:ssa suolahapossa. Kromosomit värjäytyivät hyvin, ja ne saattoi lukea huomattavan suurella varmuudella, helpomminkin kuin tavallisista diploidisista koivuista, joissa kromosomit ainakin metafasisissa ovat tavallisesti ahtaantuneet hyvin lähelle toisiaan (engl. »sticky»). Selvimmistä soluista luettiin seuraavat kromosomiluvut: 40, 41, 41, 43 = \pm 42.

Puun etäisen kasvupaikan vuoksi on meiosin tutkiminen jäänyt vielä suorittamatta. Puu on kuitenkin monistettu varttamalla ja liitetty metsäntutkimuslaitoksen Ruotsinkylän rodunjalostusaseman erikoispuukokoelmaan, jossa meiosin tutkiminen tulee aikanaan olemaan helpompaa.

Punkaharjun koivun kromosomiston selvittely aloitettiin meiosin tutkimisella. Raudus- ja hieskoivun hedenorkoissa tapahtui siitepölyhiukkasten emosolujen kypsyysjako Punkaharjulla kesällä 1956 jokseenkin yhtäaikaaisesti elokuun 14. ja 16. päivien välisenä aikana, jolloin kummastakin koivulajista otetuissa näytteissä tavattiin runsaasti kaikkia eri jakovaiheita. Tämän ajan kuluessa tutkittiin nyt puheena olevasta koivusta useita näytteitä. Tällöin kävi ilmi, että siitepölyhiukkasten emosolujen kypsyysjaot olivat niin epäsäännölliset, että selvään metafasiin, josta esim. kromosomiluku olisi voitu laskea, ei kypsyysjako edennyt käytännöllisesti katsoen lainkaan. Myöhemmin, kevättalvella (6. 4. 1957) varistettiin kasvihuoneissa hyödettyistä hedenorkoista siitepölyä ja tutkittiin se. Siitepölyhiukkasista värjäytyi n. 62 %. Loput näyttivät enemmän tai vähemmän viallisilta; keskenään ne olivat hyvin erikokoisia. Paitsi sitä, että puussa oli hedenorkkoja hyvin vähän, osoittautui siis siitepöly vialliseksi.

Kun Punkaharjun koivun kromosomiluvun selvittäminen ei onnistunut meiosia tutkimalla, turvauduttiin mitosiin. Parhaat mitosit olisi ehkä saatu juuren kärjistä, mutta puun kasvupaikka osoittautui niin kiviseksi, että hyvien kärkien esiin saaminen ei monista ponnisteluista huolimatta onnistunut. Niinpä turvauduttiin lopuksi lehtisilmuihin ja käytettiin samaa, edellä selostettua menetelmää kuin Hyrnsalmen koivunkin tutkimisessa. Kun aurinko maaliskuun loppupuolella 1957 näytti jo melkoisesti lämmittäneen silmuja, kerättiin puusta oksia, hyödettiin niitä aurinkoisessa paikassa ikkunan vieressä laboratoriossa ja saatiin näin kromosomitutkimuksia varten tarpeellinen materiaali.

Jakaantumisvaiheessa olevista soluista kävi ilmi, että kromosomiluku oli ± 42 . Koivun kromosomien pienuudesta ja niiden yhteen ahtautumisesta johtuen on tarkan kromosomiluvun määrittäminen varsinkin lehtimitoseista verrattain vaikeata. Selvimmistä metafasikuvista laskettiin pienimmästä suurimpaan lukien seuraavat lukumäärät: 38, 41, 42, 42, 43, 44. Kun on vähän luultavaa, että tutkittu koivu olisi kromosomistoltaan aneuploidinen, on se näin ollen suurella todennäköisyydellä triploidi.

Edellä on jo mainittu, että nyt puheena olevien koivujen taksonomisesti merkittävät ulkonaiset ominaisuudet ovat gigantisia piirteitä lukuun ottamatta mitä suurimmassa määrin raudukselle kuuluvia. On näin ollen varsin todennäköistä, että kummatkin koivut ovat autotriploideja.

Sekä Hyrynsalmen että Punkaharjun triploideista on pienehköjä, vapaan pölytyksen tuloksena syntyneitä jälkeläistöjä kasvamassa. Taimien kromosomistoja ei vielä toistaiseksi ole selvitetty.

Kirjallisuusluettelo

- Bergström, Ingrid. 1940. On the progeny of diploid x triploid *Populus tremula* with special reference to the occurrence of tetraploidy. *Hereditas* XXVI, ss. 191—201.
- Blackburn, Kathleen B. and Harrison, J. W. Heslop. 1924. A preliminary account of the chromosomes and chromosome behaviour in the Salicaceae. *Annales of botany* XXXVIII, ss. 361—378.
- Bloomqvist, S. G:son. 1937. Ett fynd av jätteasp (*Populus tremula gigas*) i Medelpad. *Botaniska notiser*, ss. 119—123.
- Darlington, C. D. and La Cour, L. F. 1950. The handling of chromosomes. Third impression. London.
- Helms, Anna og Jørgensen, C. A. 1927. Birkene paa Maglemose. *Botanisk Tidsskrift*, ss. 57—135.
- Ilvessalo, Yrjö. 1920. Kasvu- ja tuottotaulut Suomen eteläpuoliskon mänty-, kuusi- ja koivumetsille. Referat: Ertragstafeln für die Kiefern-, Fichten- und Birkenbestände in der Südhälfte von Finnland. *Acta forest. fenn.* 15.
- Johnsson, Helge. 1940. Cytological studies of diploid and triploid *Populus tremula* and of crosses between them. *Hereditas* XXVI, ss. 321—352.
- »— 1942. Cytological studies of triploid progenies of *Populus tremula*. *Hereditas* XXVIII, ss. 306—312.
- »— 1944. Triploidy in *Betula alba* L. *Botaniska notiser*, ss. 85—96.
- »— 1945 a. Chromosome numbers of the progeny from the cross triploid x tetraploid *Populus tremula*. *Hereditas* XXXI, ss. 500—501.
- »— 1945 b. The triploid progeny of the cross diploid x tetraploid *Populus tremula*. *Hereditas* XXXI, ss. 411—440.
- »— 1946. Progeny of triploid *Betula verrucosa* Erh. *Botaniska notiser*, ss. 285—290.
- Lauonen, Pentti K. 1951. Haavan polyploidia ja sen tutkiminen ns. orcein-menetelmällä. Käsikirjoitus.
- Löwe, Åskell. 1944. A new triploid *Betula verrucosa*. *Svensk botanisk tidskr.*, ss. 381—393.
- Meurman, Olavi. 1933. Chromosome morphology, somatic doubling and secondary association in *Acer platanoides* L. *Hereditas* XVIII, ss. 145—173.
- Müntzing, Arne. 1936. The chromosomes of a giant *Populus tremula*. *Hereditas* XXI, ss. 383—393.
- Nilsson-Ehle, H. 1936. Über eine in der Natur gefundene Gigasform von *Populus tremula*. *Hereditas* XXI, 379—382.
- Pitkänen, Kirsti. 1955. Havaintoja diploidisen ja triploidisen haavan risteytysjälkeläistöstä. Käsikirjoitus.
- Sarvas, Risto. 1950. Jättiläishaapa Helsingin kaupungissa. Summary: A triploid aspen in the town of Helsinki. *Metsätal. aikakauslehti*, ss. 98—100.
- »— 1955. Jättiläiskoivu löytynyt myös meidän maastamme. *Metsälehti*, n:o 21.
- Tomertorp, Gösta. 1937. The chromosome numbers of two new giant *Populus tremula*. *Botaniska notiser*, ss. 285—290.

Two triploid aspens and two triploid birches

Summary

The triploid aspens (pp. 5—13)

The search for triploid aspens has been organized in Finland mainly by requesting foresters and amateurs to report any aspens observed with strikingly big leaves and later to send in specimens for determination of chromosome number etc. To date, a total of 15 individuals with big leaves has been cytologically investigated. Of these, only two have proved to be triploid, however.

The first small aspen clone to be identified as triploid in this country is growing on territory belonging to the city of Helsinki in the courtyard of Käpylä Grammar School (cf. Sarvas 1950). In what follows, this group is called the Käpylä clone.

The second aspen clone to be identified as triploid was observed in summer 1946 by Professor Nils Sylvéén, D. Ph., who was travelling in Finland. It was not cytologically investigated, however, until the late winter of 1950. This aspen grows at Ajos-taipale village in the parish of Vilppula (lat. 62°02', long. 24°27', 101 m. above sea level). In what follows, this group is called the Vilppula clone.

In spring 1948, the Käpylä clone consisted of 9 stems (Figs. 1 and 2). The diameters of the largest trees, with bark, have been measured twice at 1.3 m. height, namely on May 8, 1950, and on May 10, 1957. The results are as follows (the first result is given in brackets) : tree K (13.7) 19.9 cm., tree A (9.7) 13.6 cm., tree B (11.8) -, tree C (13.4) 19.3 cm. and tree D (10.5) 16.0 cm. (In the interval between the two measurements tree B was felled for chemical and other investigations). At the time of the second measurement the tree K had 17 annual rings at stump height, and its total height was 12.6 m. (against 11.0 m. in 1950). The trees have relatively thick branches. The mean diameter of the five thickest branches of the tree K was found to be 6.2 cm. (the diameters were measured at a distance from the butt of the branch corresponding to the thickness of the latter). The growth of the trees must be regarded as relatively slight in regard of both thickness and height, which is probably mainly attributable to the infertile, rocky soil in which they are growing.

The Vilppula clone consists of 11 stems (cf. Figs. 3 and 4). It is striking that one individual grows at a considerable distance, about 115 m., from the rest. The biggest tree has been measured twice, in autumn 1949 and in the late winter of 1957. The results are as follows (the results of the first measurement are given in brackets): annual rings at stump height about 52, diameter at 1.3 m. height (41.1) 47.2 cm. and height (16.5) 18.2 m. At the time of the second inspection the height of the crown measured 16.3 m. and its largest diameter was 6 m. This tree has very thick branches, the mean diameter of the 5 thickest (measured as indicated above) being 15.2 cm.

Both these triploid clones are male clones, flowering often and profusely. In pollen specimens a relatively large proportion (about 6 per cent) of the grains are very large, whilst such grains are rare in pollen specimens from diploid aspens (cf. Fig. 5).

Meiosis was chosen for cytological investigation, La Cour's squash method being used for preparations. As regards its general course, the meiosis of the triploid aspens here concerned closely resembled the meiosis described by Müntzing (1936), Tometorp (1937) and Johansson (1940).

In the side view of the first metaphases of both the Käpylä and the Vilppula clone, numerous trivalents and univalents are visible. In polar view, the separate «bodies» observed in the best stained cells numbered 22, 24 and 25 (Fig. 6) in the Käpylä clone and 23, 23 and 25 in the Vilppula clone. Thus, the number of trivalents appears to be remarkably large, but owing to the smallness of the chromosomes it was not possible to determine the ratios between the trivalents, bivalents and univalents. The profile on the first anaphase shows that this is markedly irregular in both the clones in question, lagging chromosomes, for instance, being frequent. In a polar view of the second metaphase, the chromosomes in the best stained cells from the Käpylä clone numbered 25, 27, 28, 28, 29, 29 and 30 (Fig. 6), i. e. 28.0 on average, whilst the best stained cells from the Vilppula clone exhibited 25, 27, 29, 29 and 32 chromosomes. After considerable search, cells from both clones were found in which both metaphases of the second division were seen in polar view (Fig. 6). In such a double cell from the Käpylä clone, 30 and 27, or a total of 57, chromosomes were definitely distinguished. A double cell from the Vilppula clone also exhibited 28 (27?) and 29, or a total of 57, chromosomes, though not equally distinctly. Thus, the triploidy of both clones was confirmed.

The Vilppula clone alone was used in controlled crossings. The pollen proved to be amazingly fertile, 9.4 seeds being obtained per capsule, which is more or less the normal number. An account of the progeny has been published in another context, where data regarding chromosome complement, etc., have been given (Pitkänen 1955).

The triploid birches (pp. 14—20)

Polyploid forms of the birch have also been traced by looking for trees with exceptionally big leaves. The number of likely-looking individuals has been small, however, and of these only two white birches have proved to be triploid on cytological investigation.

One of these birches grows in the courtyard of a farm called Tapaniaho in the parish of Hyrynsalmi (lat. 64°25', long. 29°07', about 200 m. above the sea level).

This tree was measured on August 19, 1954, when it was about 20 years old, according to the farmer's recollection. It was then 9.2 m. high, and the diameter at 1.3 m. height was 19.9 cm. (18.9 excl. bark). The tree has very thick branches and is poorly self-pruned. Considering its growth conditions, the size hitherto attained is remarkable. According to the yield tables published by Iivessalo (1920, p. 41), for instance, the dominant birches in almost the best sites of south Finland (of *Oxalis* site type) as a rule attain «only» some 8 m. in height at the age of 20 years. From the standpoint of height growth the open environment (cf. Fig. 7) occupied by the triploid birch in question can scarcely be more favourable than the environment of the birch stands which constitute the basis for the above-mentioned yield tables. In the contrary it seems more probable that the opposite is the case. In addition, the northern latitude of the locality should be borne in mind. The tree is growing some 200 km. further north than the majority of the birch stands on which the yield tables are based.

The other triploid white birch was found on the Punkaharju experimental grounds of the Forest Research Institute (lat. 61°47', long. 29°18', 97 m. above sea level). A noteworthy fact is that this white birch is simultaneously a curly birch and was registered, even before it was identified as triploid, in the plus-tree files for forest tree breeding (no. E 1092) owing to its large size and good quality. It belongs to a plantation of curly birches, comprising about 0.3 hectares (cf. Figs. 8 and 9).

The plot was planted in 1932 with 1 + 3-year-old seedlings. The tree in question was measured on April 20, 1957, when it was 28 years old. It then measured 14.8 m. in height, the diameter was 26.4 cm. with bark (23.6 cm. excl. bark) at 1.3 m. height and 14.9 and 14.3 cm. at 6 m. height (the tree is forked). The stem was unbranched up to a height of 3 m. The amount of stem forming curly wood of good quality was estimated at 6 cu. feet. The mean diameter of the five thickest branches measured at the butt (as indicated in the foregoing) was 6.0 cm. The stem was very clearly densely knotty (cf. Fig. 8), as is frequently the case with curly birches of good quality, but details regarding the anatomical structure are lacking.

As appears from what has been said above, this curly birch has for a long time attracted attention owing to its good quality and to its relative thickness, as compared with the other trees on the plot, which are of the same age. In the plantation of curly birches here concerned, the diameter at 1.3 m. height and the total height, simultaneously measured, of the four next thickest birches were, in order of thickness, as follows: 23.4 cm./12.3 m., 22.2/10.0, 18.6/12.7 and 17.0 cm./9.6 m. Considering that, according to I l v e s s a l o (1920, p. 41), the height of the dominant trees in a 28-year-old birch stand of *Oxalis* site type in the south of Finland is 11.6 m., E 1092, with a height exceeding this measurement by 3.2 m., must be regarded as an outstandingly tall birch.

The flowering of the triploid birches under discussion seems to be below average. In 1954, when the birch mostly flowered abundantly all over the country, the Hyrynsalmi birch had only a limited number of female catkins at the end of the summer (on August 19), and in summer 1955, which was a poor flowering year for the birch in Finland, it had none. Male catkins have not hitherto been produced at all. In regard of fertility, the Punkaharju triploid is superior. This may be due to the fact that it grows in a better site and is older and larger. At the end of summer 1956 it had a profusion of female catkins and even some few buds of male catkins, at a rough estimate about 50. The tree sheds its seeds during the period July - September, like normal birches. Thus, the seeds do not remain on the tree to any considerable degree over the winter.

In summer 1954, the percentage of filled birch seeds, both *B. verrucosa* and *B. pubescens*, was exceptionally high, as a rule about 50 - 80 per cent, in the whole southern half of Finland owing to the profuse flowering (abundant pollination) in the spring. In the Hyrynsalmi triploid the percentage of filled seed was only 21, however, as calculated on the basis of 600 investigated seeds, and the germination test, with Jakobsen's germination apparatus, yielded 12 per cent germination. The seeds of the Punkaharju triploid proved to be qualitatively similar. In summer 1956, when the birch flowered exceptionally abundantly at Punkaharju and elsewhere, too, and pollination was ideally complete in curly birch stands, 66 % of the seeds of the triploid were filled. The percentage of germination was 19. Thus, 29 per cent of the filled seeds germinated.

The later development of the young seedlings was observed by sowing seeds of the Punkaharju triploid on April 26, 1957, in a flat. A total of 1000 seeds were sown, and 85 seedlings resulted. »Box germination» (8.5 per cent) was thus markedly lower than »apparatus germination» (19 per cent). The flat was kept in a room on a sunny window-sill and adequately watered. By September 28 the number of surviving seedlings had decreased to 70. Some of the seedlings were very peculiar-looking. Thus the

leaves of some seedlings were roundish and had almost entire edges. Other seedlings were normal-looking and of normal vitality, however.

The mitosis of the Hyrynsalmi birch was investigated on April 26, 1955, by studying leaf-buds that were just opening. Samples were obtained by forcing branches in a greenhouse and taking pieces from the bases of the small leaves just as they were emerging. Preparations were made by L a C o u r ' s orcein-squash method after maceration for 25 min. at + 58°C. in 10 per cent hydrochloric acid. The chromosomes stained well and were readily counted with considerable accuracy, even more readily than the chromosomes from ordinary diploid birches, which, in the metaphase, at least, are as a rule clumped together («sticky»). In the best stained cells 40, 41, 41 and 43 = \pm 42 chromosomes were counted. Meiosis was not investigated.

The investigation of the chromosomes of the Punkaharju birch was commenced by studying meiosis. In summer 1956, the reduction division of the pollen mother cells occurred at Punkaharju almost simultaneously in the male catkins of *B. verrucosa* and *B. pubescens*, between August 14 and 16. In samples obtained from the two species during this time, all phases of division are visible in abundance. During the period in question many samples obtained from the birch under discussion were investigated. It was found that the reduction divisions were so irregular that a clear metaphase, enabling, for instance, calculation of the chromosome number, was practically never obtained. Later in the early spring the male catkins forced in greenhouses shed their pollen, and this was investigated. Only 62 % of the pollen grains stained normally. Thus, not only did the tree in question have very few male catkins, but the pollen was in addition highly defective.

Mitosis was investigated in leaf buds just as in the case of the Hyrynsalmi triploid. In the best metaphase preparations 38, 41, 42, 42, 43 and 44 = \pm 42 chromosomes were counted.

Progeny of both the Hyrynsalmi and the Punkaharju triploids are being raised. The chromosomes of the seedlings have not yet been investigated.

KUUSI- JA MÄNTYPAPERIPUURANKOJEN
KUUTIO- JA MITTAUSTAULUKOITA

PAAVO ARO JA PENTTI NISULA

KUBIK- UND AUFNAHMETABELLEN FÜR FICHTEN- UND
KIEFERN-FASERLANGHOLZ

DEUTSCHES REFERAT

HELSINKI 1958

Helsinki 1958. Valtioneuvoston kirjapaino

Alkusanat

Talvisodan jälkeisinä vuosina vallinnut työvoiman puute puutavaran hakkuissa pakotti hakkuuttajat luopumaan entisistä totunnaisista työta-voistaan pienpuutavaran hakkuissa ja siirtymään vähemmän ihmistyötä vaativiin menetelmiin mm. ottamalla ennen pinotavaraksi valmistettu pien-tavara metsästä vaihtelevan pituisina rankoina. Tällainen tavara on puu-tavaran mittaussäännön ja työmittausasetuksen mukaan kuutioitava kes-keltämitatun läpimitan mukaan metrisissä mitoissa. Ajokautena 1950—1951 mm. Tornionjoen ja Kemijoen vesistöalueilla oli tarkoitus ottaa pinotavara metsistä tehtailla rankoina, joita sitten tehtailla koneellisesti käsiteltäisiin, ja hankittavaksi suunniteltu määrä käsitti n. 6 miljoonaa kappaletta paperi-puurankoja. Tämän takia Suomen Puunjalostusteollisuuden Työnantaja-liitto kääntyi 27. 10. 1950 kirjelmällä sosiaaliministeriön puoleen pyytäen ministeriötä tekemään puutavaran työmittauksesta 29. 11. 1945 annetun ase-tuksen 3 §:ään sellaisen muutoksen, että rankojen työmittaus saataisiin suorittaa latvastamitatun läpimitan perusteella ja että siinä voitaisiin metristen mittojen ohella käyttää myöskin engl. mittoja. Myöskin ruotsa-laiset paperipuunhankkijat alkoivat samaan aikaan ostella Pohjois-Suomesta paperipuuta rankoina. Edellä mainittu sosiaaliministeriölle jätetty esitys, jota Maataloustuottajain Keskusliiton Metsävaltuuskunta kirjelmässään ministeriölle 13. 11. 1950 samoin kuin metsäntutkimuslaitoskin kirjelmässään 14. 11. 1950 puolsivat, ei kuitenkaan välittömästi johtanut tuloksiin.

Koska suuri osa Perä-Pohjolan rangoista valmistettiin valtion metsistä ja valtion metsien myyntiohjeitten mukaisesti kauppahinta määrättiin pinomittayksikköä kohti, ryhtyi metsähallituksen Perä-Pohjolan piirikunta-konttori yhdessä Kemijoen Uittoyhdistyksen kanssa kevättalvella 1951 keräämään kontrollimittausten yhteydessä laajaa ranka-aineistoa Kemijoen sekä Tornion ja Muonionjoen vesistöalueilta selvittääkseen edellinen rankojen kiinto- ja pinomitan välisiä suhteita ja jälkimmäinen uittoyksikköperusteita. Tämä aineisto jätettiin sitten saman vuoden kesällä metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian tutkimusosaston edelleen käsiteltäväksi. Osaston toimesta suoritettiin lisäksi vielä täydennyksiä kuoritutkimuksien osalta. Tämän aineiston perusteella voitiin Perä-Pohjolan havupuurangoille laatia kuutio-taulukko, joka antaa $\frac{1}{2}$ " latvaläpimittaluokissa ja 1' pituusluokissa mitatuille

havupuurangoille keskeltämitatun läpimitan mukaiset kuorettomat kuutiot kuutiojalkoina. Tämän taulukon mukaan siis lopullisena kuutiotuloksena pidetään rangan keskeltä tasaavalla mittaustavalla mitatun läpimitan mukaista kuutiota, joka saadaan taulukoista mittaamalla rangoista kuitenkin vain latvaläpimitta $\frac{1}{2}$ " tarkkuudella ja pituus 1' tarkkuudella alenevaa mittaustapaa käyttäen.

Kuutiotaulukon valmistuttua metsäntutkimuslaitos ehdotti kirjelmässään 17. 1. 1952 maatalousministeriölle työ- ja luovutusmittaukseen liittyviä määräyksiä muutettavaksi siten, että Pohjois-Suomessa havupuurankojen kuutioiminen voitaisiin suorittaa laadittua taulukkoa käyttäen. Sekä puutavaran mittaussäännön sisältävään että työmittauksesta annettuun asetukseen tehtiinkin 22. 2. 1952 muutos (As. kok. n:o 146/52 ja n:o 148/52), jonka mukaan havupuurangat saadaan kuutioida latvaläpimitan mittauksen perusteella mainittua kuutiotaulukkoa käyttäen. Taulukko julkaistiin maatalousministeriön päätöksessä 20. 3. 1952 ja siinä sekä sosiaaliministeriön päätöksessä 31. 3. 1952 (As. kok. n:o 147/52 ja n:o 149/52) koko Lapin lääni ja Oulun lääniin kuuluvat Iin, Yli-Iin, Kuivaniemen, Pudasjärven, Taivalkosken sekä Kuusamon kunnat määrättiin taulukon käyttöalueiksi.

Kun mainitussa kuutiotaulukossa suurin latvaläpimitta oli 7", tehtiin Pohjois-Suomessa toimivien ruotsinmaalaisten puutavarayhtiöiden taholta esitys, johon Suomen Puunjalostusteollisuuden Keskusliittokin yhtyi, tutkimuksen täydentämiseksi siten, että saataisiin suurempiläpimittaisille pölkylle kuutioluvut. Kun tätä tarkoitusta varten lähetettiin aineiston kerääjiä Pohjois-Suomeen, ei tällaista aineistoa ollut saatavissa. Metsähallituksen esityksestä oli kuitenkin maatalousministeriön päätöksellä n:o 145/54 maaliskuun 23 päivältä 1954 lisätty maatalousministeriön 20. 3. 1952 antaman päätöksen n:o 147/52 2 §:ään uusi kolmas momentti, joka käsitti Länsi-Lapin Uittoyhdistyksen käyttämän, ruotsalaista alkuperää olevan uittokuutiotaulukon, jonka mukaan voidaan kuutioida aina $7\frac{1}{2}$ "—18" paksuisia runkoja.

Kun rankojen teko on tullut yleiseksi myöskin eteläosissa Suomea, esitettiin metsäteollisuusyhtiöiden taholta toivomuksia, että metsäntutkimuslaitos ottaisi jatkaakseen Pohjois-Suomessa aloittamiaan rankatutkimuksia myöskin Oulujoen, Päijänteen ja Saimaan vesistöalueilla. Metsäntutkimuslaitos tekikin jo marraskuun 17 päivänä 1952 Vientimaksurahastolle anomuksen saada tutkimusvaroja rankatutkimuksien jatkamiseksi Päijänteen ja Saimaan vesistöalueilla. Maaliskuun 31 päivänä 1953 lähetettiin vientimaksurahastolle lisäanomus varojen saamiseksi myöskin Oulujoen vesistöaluetta varten, koska pidettiin tarpeellisena saada tutkimukset ensi sijassa alkuun Oulujoen ja Kainuun alueilla, missä joudutaan nopeammin kuin etelämpänä siirtymään puutavaran nippu-uittoon ennen kaikkea Oulujoen voimalaitosrakenteiden takia. Vientimaksurahasto ilmoit-

tikin heinäkuun 17 päivänä 1953 myöntäneensä metsäntutkimuslaitokselle 4.140.000 mk näiden tutkimuksien aloittamiseen.

Syksyllä 1953 ryhdyttiin sitten kaikilla kolmella vesistöalueella aineiston keräykseen. Saimaan ja Päijänteen vesistöalueilla suorittivat aineiston keräystä metsäntutkimuslaitoksen palkkaamat metsänhoitajat. Oulujoen vesistöalueella taas aineistoa keräsivät metsähallinnon tätä varten palkkaamat metsähallinnon omat metsänhoitajat. Oulujoen alueella lisäksi saatiin yhtiöiltä mittauksissa työapua. Oulujoen kuutiotaulukko valmistui vuoden 1954 aikana ja Saimaan ja Päijänteen vesistöalueilla suoritettiin vielä täydennysaineistojen keräystä tämän vuoden aikana.

Kun Oulujoen vesistöalueen kuutiotaulukko poikkesi siinä määrin Perä-Pohjolan kuutiotaulukosta, ettei voitu ajatellakaan käytettäväksi samaa kuutiotaulukkoa kummassakin vesistöalueessa, ja koska osoittautui tarpeelliseksi tarkastella, missä kulkee raja Oulujoen ja Perä-Pohjolan vesistöalueiden välillä, suoritettiin vuoden 1955 aikana aineiston keruuta Ii-, Kiimingin- ja Simojoen vesistöalueilta. Laskelmat kaikkien vesistöalueiden kuutiotaulukoita varten saatiin valmiiksi v. 1955 loppuun mennessä. Täydennys- ja lisäaineistojen keräämisen sekä aineistojen loppuun käsittelyn teki mahdolliseksi vientimaksurahaston v. 1954 antama 3.400.000 mk:n suuruinen lisäavustus.

Vuoden 1956 aikana on metsäntutkimuslaitoksen tätä tarkoitusta varten saamalla erikoismäärärahoilla vielä laskettu samojen periaatteiden mukaan kuin muidenkin vesistöalueiden kuutiotaulukot Perä-Pohjolan kuutiotaulukko uudelleen. Lisäksi on suoritettu tarkistuslaskelmia ja erikoisia tarkuuslaskelmia kuutiotaulukoiden käyttömahdollisuuksista sekä tutkittu mahdollisuuksia kuutioimistarkkuuden parantamiseksi. Julkaisun käsikirjoitus suoritetuista tutkimuksista valmistui 1956 syksyllä, mutta se on sen jälkeen ollut pitkäaikaisen tarkastelun kohteena.

Käsillä olevan laatuinen tutkimus vaatii erittäin suuren aineiston. Tällaisen aineiston hankkiminen on käynyt mahdolliseksi vain siten, että Vientimaksurahaston johtokunta on myöntänyt rahaston varoista tarkoitukseen, kuten edellä on jo mainittu, yhteensä kaikkiaan 7.540.000 mk.

Metsähallituksen osuus tutkimusaineiston keräämisessä on ollut erittäin suuri. Metsähallituksen palveluksessa olleet metsänhoitajat ovat keränneet jo ennen varsinaisen tutkimustyön alkua suuren osan aineistoa Muonion-, Tornion- ja Kemijoen vesistöalueilta sekä tutkimustyön aikana kaikki aineistot Ii-, Kiimingin, Simo- ja Oulujoen vesistöalueilta. Tutkimustyön aikana mittauksia suorittaneille on tutkimusvaroista maksettu vain matka- ja päivärahat. Metsähallituksen erittäin myötämielinen suhtautuminen tutkimukseen sekä sen antama aineellinen apu onkin ratkaisevasti vaikuttanut siihen, että tutkimukset Suomen pohjoispuoliskon osalta on saatu loppuun suoritetuksi.

Tutkimuksen kestäessä ovat kaikki metsäteollisuusyhtiömme erittäin myötämielisesti suhtautuneet tutkimusaineistojen keräämiseen ja tietojen saamiseen varastopaikoista ym. seikoista. Lisäksi ovat yhtiöt hyvin auliisti antaneet tarpeen vaatiessa myöskin apuaan mittauksien yhteydessä.

Tutkimustyön aikana on tutkimustyön johtaja joutunut useasti vaivamaan eri henkilöitä neuvotellakseen heidän kanssaan tutkimustyöstä. Ensi sijassa on tässä mainittava metsäneuvos Jarl Lindfors, metsät. tri Antero Piha, metsänmyyntitoimiston johtaja Väinö Pöyhönen sekä metsänhoitaja Lauri Karttunen. Näiden lisäksi on paljon neuvotteluja käyty eri yhtiöiden metsäpäälliköiden ja metsänhoitajien sekä myöskin Metsähallinnon piirikunnissa toimivien metsänhoitajien kanssa.

Tutkimusaineistojen keräämisen ovat Suomen pohjoispuoliskossa suorittaneet metsähallituksen palveluksessa olevat metsänhoitajat B. A u t e r e, A. K a r j a l a i n e n ja V. V a l t a n e n. Tutkimusrahoilla palkatut metsänhoitajat E. J. M i k k o l a, P. S. N i s u l a, E. O k s a l a, R. M. L u n d s t e n, E. S u o k k o ja T. T i i t t a n e n sekä K. K a l t i o ja O. O. K o p o n e n ovat osallistuneet Suomen eteläpuoliskon aineistojen keräykseen, toiset koko aineiston keräysajan ja toiset lyhemmän tai pitemmän ajan. Viimeksimainitut metsänhoitajat ovat myöskin suorittaneet metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian osaston henkilökunnan rinnalla aineistojen käsittelyä. Lisäksi on aineiston keräykseen osallistunut suuri joukko mittausapulaisia ja aineistojen käsittelyyn myöhemmässä vaiheessa rouva S. H. J a n k e r i ja neiti T-S. K ö l h i.

Edellä luetellut yhteisöt ja henkilöt ansaitsevat suuriarvoisesta aineellisesta ja henkisestä tuesta sekä tuloksellisesta ja tunnollisesta työstä parhaat kiitokset.

Tutkimustyön aikana ovat tehtävät tutkimusjulkaisun tekijäin kesken jakaantuneet seuraavasti. Professori P a a v o A r o on käsitellyt Perä-Pohjolan ranka-aineiston ja valmistanut siitä Asetuskokoelmassa julkaistun Perä-Pohjolan havupuurankojen kuutiotaulukon, laatinut jatkotutkimuksille tutkimussuunnitelman, johtanut aineistojen keräämistä, valvonut ja ohjannut niiden käsittelyä, saattanut käsikirjoituksen lopulliseen painoasuun sekä huolehtinut painatuksesta. Metsänhoitaja P e n t t i N i s u l a, joka Etelä-Suomen rankatutkimuksien alettua ensin suoritti aineiston keräystä Päijänteen vesistöalueella, on sen jälkeen tilapäisenä tutkijana hoitanut aineistojen käsittelyn kehitellen siinä esille tulevia menetelmiä, johtanut laskentatöitä sekä laatinut käsikirjoitusluonnoksen.

Helsingissä marraskuun 18 päivänä 1957

Paavo Aro

Pentti Nisula

Sisällysluettelo

	Sivu
Johdanto	9
Puun rungon ja sen osien muodosta	10
Katkottujen rungon osien kuoren määrästä	12
Latvastamittauksesta	14
Keskeltämittauksesta	17
Rangan käsitteestä	19
Tutkimusmenetelmä	21
Määrämittarankojen kuutiotaulukko Etelä-Suomea varten	27
Aineisto	27
Kuutiotaulukon laatiminen	32
Rankojen kapenemissuhteet	35
Kuutiotaulukon soveltuvuus eri vesistöalueille	37
Kasvupaikan vaikutus rankojen kuutioon	39
Kuutiotaulukon tarkkuus rankaeriä kuutioitaessa	40
Hajamittarankojen kuutiotaulukko Etelä-Suomea varten	43
Kuutiotaulukon laatiminen	43
Hajamittarankojen kuutiotaulukot Pohjois-Suomea varten	47
Aineistot	47
Perä-Pohjolan kuoriaineiston käsittely	52
Kuutiotaulukoiden laatiminen	54
Todellisten kuutioiden poikkeaminen taulukkukuutioista	57
Eri vesistöalueiden todellisten kuutioiden vertailua	64
Tasaavaan kuutiojalkaluokitukseen perustuvat rankojen mittaustaulukot	67
Kuutio- ja mittaustaulukoiden käyttö	69
Kirjallisuusluettelo	71
<i>Deutsches Referat</i>	74
Liitetaulukot: Kuutio- ja mittaustaulukot	81

Johdanto

Puun rungon ja sen osan kuutio on riippuvainen puun muodosta, jota on runsaasti ja perusteellisesti tutkittu eri maissa. Sen sijaan puun rungosta katkottujen pölkkyjen muotoa ja muodon vaihteluita on vähemmän tutkittu.

Puun runkomuodon tutkimusten käytännöllisenä tavoitteena on useimmiten ollut sopivien kuutioimistaulukoiden laatiminen pystypuita varten. Tällaisia taulukoita ovat meillä *Aron* (1935) laatimat eri kokoisten runkojen käyttöpuun suhteellista tilavuutta osoittavat taulukot, *Hildénin* (1926) Pohjois-Karjalan koivulle tarkoitettut kuutioimistaulukot ja *Iivessalon* (1947) koko maata varten tehdyt pystypuiden kuutioimistaulukot männylle, kuuselle, koivulle ja haavalle.

Vastaavanlaisia kuutioimistaulukoita katkottuja rungonosia varten ovat meillä *Pöntyksen* (1929 ja 1933 a ja b) taulukot havupuu- ja koivutukkien sekä veistettyjen parrujen todellisen kuutiomäärän laskemiseksi ja *Putkiston* (1947) taulukot koivutukkien latvasta, 18 jalan päästä ja keskeltä mittaamalla saatujen kuutioiden välisistä suhteista Päijänteen ja Saimaan vesistöalueilla sekä Pohjois-Karjalassa sekä *Tuovisen* (1948) taulukot 4- ja 6-metrisen paperipuun kuutioimiseksi Pohjois-Suomessa. Edelleen ovat *Aro* (1931), *Vuoristo* (1936) ja *Wuoti* (1936, 1938, 1940 ja 1942) tutkineet meillä paperipuiden kuutioita, mutta keskittyneet näissä tutkimuksissaan pääasiassa selvittämään kiinto- ja pinomitan välisiä kuutiosuhteita.

Sellaisia taulukoita, jotka ilmaisevat puun kuutiomäärän läpimitta-, pituus- ja muotoluokittain, on totuttu nimeämään kuutioimistaulukoiksi. Tämän tutkimuksen tuloksina on kuitenkin saatu aikaan kahdenlaisia kuutioimistaulukoita. Selvyiden vuoksi niitä kuutioimistaulukoita, jotka ilmoittavat eri suuruisten rankojen yksikkökuution suuruuden, on nimitetty *kuutiotaulukoksi*, kun taas niitä myöhemmin konstruoituja kuutioimistaulukoita, jotka muodostavat yhdistetyn rankojen ylösotto- ja kuutioimislomakkeen, on nimitetty rankojen *mittaustaulukoksi*.

Puun rungon ja sen osien muodosta

Useissa tutkimuksissa on todettu puun rungon muodon vaihtelevan suuresti rungosta toiseen ja rungon eri osissakin. Tuskin voidaan löytää kahta muodoltaan täysin samanlaista puun runkoa, sillä mitä moninaisimmat tekijät, kuten puulaji, ikä, kasvupaikan laatu ja sen maantieteellinen asema sekä metsikön tiheysuhteet vaikuttavat sen muotoon. Tämän takia on ollut vaikeata löytää täysin tarkkoja ja samalla yksinkertaisia kuutioimistapoja yksityisten runkojen kuutioimista varten. Lisäksi on voitu huomata, että rungon alimmat osat, lähinnä tyvilaajentuman vaikutuspiiri, ovat muodoltaan neiloidisia, kun taas rungon keskiosat edustavat kartion ja paraboloidin välimuotoa. Rungon latvaosien muoto vaihtelee suuresti lähennellen milloin paraboloidista milloin kartiomaista muotoa (vrt. esim. T i s c h e n d o r f 1927). On voitu myös huomata, että puun rungon sekä absoluuttinen että suhteellinen kapeneminen kasvavat tyvestä latvaan päin. Näin ollen rungon jonkin osan kapeneminen muodostuu sitä suuremmaksi, mitä pitempänä kappaleena se rungosta leikataan (Vid virkesmätning 1923).

On luonnollista, että puun rungon yleinen muoto vaikuttaa myös siitä katkottuihin pölkkyihin. Useat tutkimukset ovat kuitenkin osoittaneet, että rungon lyhyehköt osat lähentelevät kokolailla hyvin katkaistun kartion, vieläpä lieriönkin muotoa. Ruotsissa suoritetuissa tutkimuksissa (Vid virkesmätning 1923, E k l u n d 1950 ym.) on selvitetty, että havupuisten tukkien kapeneminen kasvaa siirryttäessä tyvitukeista välitukkeihin ja latvatukkeihin. Tutkimuksissaan norjalainen Brantseg (1954 a) on myös havainnut kuusen tyvitukkien kapenemisen olevan latvatukkien kapenemista pienemmän. Samanlaiseen tulokseen on tullut Almqvist ja Hallmans (1947 a) tutkiessaan mänty- ja kuusipaperipuurankojen kuutiosuhteita. Tutkiessaan 2- ja 3-metristä paperipuuta havaitsi E k l u n d (1949) latvakappaleiden kapenemisen olevan suuremman kuin välikappaleiden, mutta pienemmän kuin tyvikappaleiden.

B r a n t s e g (1954 b) on osoittanut mäntytukkirankojen kapenemisen olevan keskimäärin suuremman pölkkyjen latva- kuin tyvipuoliskossa. E k l u n d (1949) huomasi myös 2- ja 3-metrinen paperipuiden latvakappaleissa kapenemisen olevan suuremman pölkyn latva- kuin tyvipuoliskossa. 2-metrisen paperipuun välikappaleissa näytti asianlaita olevan päinvastainen, kun taas 3-metrissä välikappaleissa ei voitu havaita tällaisia kapenemis-

rajoja. 2- ja 3- metrisen paperipuun tyvikappaleissa taas näytti tyvipuoliskon kapeneminen olevan huomattavasti latvapuoliskon kapenemista suurempi. Tämän seikan uskoi Eklund johtuvan tyvilaajentumasta ja tyven poikkileikkauksen epäsäännöllisyydestä.

Tutkimuksessaan Brantseg (1954 a) tuli siihen tulokseen, että kuusen tyvi- ja latvatukkien suhteellinen kapeneminen (cm/m) kasvaa latvaläpimitan suuretessa, mutta päin vastoin pienenee pituuden lisääntyessä. Ruotsissa suoritetuissa tutkimuksissa (Vid virkesmätning 1923) on rungon eri osista katkottujen havutukkien kapeneminen keskeltä latvaan havaittu olevan pienimmillään 7"—10" latvaläpimitan vaiheilla, mutta suurenevan siitä pienempiin ja suurempiin latvaläpimittaluokkiin päin.

Yleensä on tunnettua, että yksityisten pölkkyjen kapeneminen vaihtelee suuresti pölkystä toiseen. Eklundin (1950) mukaan sahatukin keskeltä ja latvasta mitattujen läpimittojen erotusten perusteella lasketun kapenemisen vaihteluväli oli kuusella hieman suurempi kuin männyllä kapenemisen vaihdella 0—38 mm metriä kohti. Suurta vaihteluväliä Eklund ei pidä hämmästyttävänä, koska aineistoon on kuulunut tukkeja rannikolta sisämaahan saakka. Saman aineiston kapenemisen hajonta oli männyllä 4.6 mm ja kuusella 4.5 mm metriä kohti vastaavien variatio-kertoimien ollessa 50.3 ja 42.6 %. Näin ollen puulajien absoluuttisten kapenemisarvojen hajonta on suunnilleen saman suuruinen, mutta männyn suhteellinen hajonta on kuitenkin melkoisesti kuusen hajontaa suurempi. Kokonaisen pölkkyerän keskimääräiseen kapenemiseen vaikuttaa suurella määrin erään sisältyvien eri tavalla kapenevien pölkkyjen suhteellinen runsaus. Lähinnä hakkuualueiden metsiköiden sisäinen rakenne ja sovelletut apterauseriaatteen määräävät, millaiseksi kunkin pölkkyerän lopulliset keskimääräiset kapenemissuhteet muodostuvat (vrt. Eklund 1950).

Vaikka puun kapeneminen yleensä kasvaakin latvaan päin mennessä, ei ruotsalaisten tutkimusten mukaan (Vid virkesmätning 1923) tämän seikan tarvitse kuitenkaan merkitä esim. tukeista puhuttaessa sitä, että erän keskipituuden kasvaessa myös sen keskimääräinen kapeneminen kasvaisi, sillä runkojen apterauksella voidaan huomattavassa määrin vaikuttaa pölkkyjen kapenemissuhteisiin. Apteraus nimittäin pyrkii säilyttämään jokaisen pölkyn kapenemisen määrättyissä, taloudelliselta kannalta katsoen sopivissa rajoissa siten, että hyvämuotoisia runkoja apterataan pitemmiksi tukeiksi kuin huonomuotoisia. Lisäksi voidaan huonomuotoisimmista rungon osista tehdä paperipuuta enemmän tai vähemmän riippuen kulloinkin vallitsevista tukkien ja paperipuiden hintasuhteista. Koska pelkän paperipuun hakkuun yhteydessä ei apterausseikoilla ole samanlaista merkitystä kuin sahatukkien hakkuissa, voitaneen olettaa, että metsikön puiden luonnollinen kapeneminen vaikuttaa selvemmin paperipuun- kuin sahatukkierien kapenemiseen.

Katkottujen rungon osien kuoren määrästä

Koska käsillä oleviin tutkimuksiin sisältyvät Perä-Pohjolan rangat mitattiin alunperin keskeltä kuoren päältä, jouduttiin jälestäpäin tämän aineiston osalta suorittamaan kuoritutkimuksia kuorettomiin kuutioarvoihin pääsemiseksi. Tämän takia on syytä luoda lyhyt katsaus muutamiin vanhempiin kuoren osuutta selvitteleviin tutkimuksiin. Yleensä on todettu, että puun kuoren osuus vaihtelee suuresti sekä saman metsikön puitten että eri kasvupaikkojen ja maantieteellisten alueitten välillä, vaikka kuoren vaihtelu yksityisten puiden eri korkeuksilla noudatteleekin melkoista säännönmukaisuutta.

Pöntysen (1929) tutkimuksen mukaan tukkien keskimääräinen kuoren osuus on kuorellisesta kuutiosta laskettuna Etelä-Suomessa sekä männyllä että kuusella 12 % ja Pohjois-Suomessa männyllä 13 ja kuusella 16 %. Aro (1929 ja 1956) ilmoittaa kuusi- ja mäntypaperipuiden kuorisadannekseksi Etelä-Suomessa 14 % ja Pohjois-Suomessa 18 %.

Männyn ja kuusen kuoren paksuudessa rungon eri osissa huomataan melkoisia vaihteluita. Kuusta on yleensä pidettävä tasakuorisena puulajina. Männyllä sensijaan tyvitukit sisältävät kuorta suunnilleen puolta enemmän kuin väli- ja latvatukit. Tämä johtuu männyn tyviosan kaarnakuoresta. Männyn latvatukeissa kuori näyttää lisäksi olevan hieman ohuempaa kuin välitukeissa (Eklund 1949). Anderssonin (1953) mukaan mäntypölkkyjen kuoren osuus yleensä vähenee etelästä pohjoiseen mentäessä. Männyn tyvitukeissa kuorisadannes pienenee myös pituuden ja latvaläpimitan kasvaessa. Sen sijaan männyn väli- ja latvatukeissa kuoren osuus ensin pienenee paksumpiin läpimittoihin päin, mutta alkaa välitukeissa 6—7-tuumaisista lähtien jälleen suureta. Tämä nousu johtuu Anderssonin mielestä siitä, että paksuimmissa välitukeissakin vielä usein on huomattavissa jonkin verran paksua kaarnakuorta. Pelkkiä männyn latvatukkeja vertailtaessa pienenee kuorisadannes samantapaisesti kuin tyvitukeissakin. Kasvupaikan korkeudella merenpinnasta näyttää olevan männyn kuoren paksuuteen vähäinen vaikutus. Tyvitukkien suhteellinen runsaus mäntyerissä vaikuttaa kuitenkin huomattavasti erien kuorisadannoksen keskimääräiseen suuruuteen. Kuusipölkkyjen kuorisadannes näyttää sen sijaan suurenevan etelästä pohjoiseen mentäessä ja korkeuden meren-

pinnasta lisääntyessä, mutta vähenevän pölkkyjen latvaläpimitan kasvaessa. Pituus ja tyvitukkien runsaus ei sen sijaan näytä paljonkaan vaikuttavan kuusierien kuorisadannekseen. *A n d e r s s o n* on myös todennut kuusipaperipuun kuorisadanneksen olevan yleensä 3—4 % kuusitukkien vastaavaa sadannesta suuremman. Hänen mielestään tämä johtuu nimenomaan siitä, että kuusen kuoren osuus kasvaa ohuempiin läpimittaluokkiin päin. Paperipuuthan juuri apteerataan yleisesti pienempiin minimiläpimittoihin kuin tukit.

Latvastamittauksesta

Latvastamittauksella tarkoitetaan tässä tutkimuksessa mitaustapaa, jonka mukaan pölkyn tilavuus määritetään pituuden ja latvasta mitatun läpimitan perusteella, jolloin yksityisten pölkkyjen kuutioarvot saadaan tavallisesti valmiiksi laadituista kuutioimistaulukoista. Meidän maassamme latvastamittausta käytetään pääasiassa sahatukkeja 16 päivänä joulukuuta 1938 annetun puutavaran mittaussäännön sisältävän asetuksen (As. kok. n:o 395/38) mukaan mitattaessa, jolloin tukit kuutioidaan lieriönä, jonka pohjan halkaisijana on tukin latvaläpimitta. Näin saatua kuutiota nimitetään usein myös tukin teknilliseksi tai kaupalliseksi kuutioksi. Latvastamittausta on käytetty myös pyöreän puutavaran todellisen kuution määrittämisessä, jolloin todellinen kuutio on saatu korottamalla latvastamitatun lieriökuution tilavuutta kokemuslukujen osoittamalla tavalla. Koska samoja kuutioitavan pölkyn koon mukaan määräytyviä keskimääräisiä korotuskertoimia on tällöin jouduttu käyttämään suurilla alueilla, joissa pölkkyjen muoto saattaa vaihdella huomattavastikin, voi menetelmä aiheuttaa yksityisissä erissä suuriakin poikkeamia niiden todellisesta kuutiosisällöstä (vrt. Praktisk Skogshandbok 1950).

Ruotsalaisen komiteanmietinnön mukaan (Vid virkesmätning 1923) on tärkeätä, että aineisto, jonka perusteella tarvittavat kokemusluvut latvastamittausta varten hankitaan, olisi riittävän suuri, sillä pölkkyjen todelliset yksikkökuutiot yleensä hajaantuvat laajalle alueelle keskiarvonsa molemmin puolin. Mainitussa komiteanmietinnössä arvellaan, että silloin kun latvamuotoluvut alkavat olla noin 1.70 tai siitä yli, ei latvastamittausta voida suositella pitkien jo 2"—4" läpimittaisten paperipuiden taikka kaivospölkkyjen kuutioimiseen, koska tällaisten pölkkyjen todelliset kuutiot hajaantuvat hyvin suurelle alueelle taulukkuuutioittensa molemmin puolin ja koska tämän suuruisissa pölkkyissä yleensä tehdään helposti mittausrvirheitä, jotka jo sinänsä voivat aiheuttaa kuutioissa suurehkojakin virheitä. Saman esityksen mukaan ilmenee kuutioitaessa 4"—5" paksuistenkin pölkkyjen kohdalla melkoista epätarkkuutta, ja ainoastaan lyhyitä pölkkyjä kuutioitaessa voidaan mainitun tutkimuksen mukaan latvastamittausta käyttää ohuidenkin pölkkyjen mittaamisessa.

Almqvistin ja Hallmansin (1946) mukaan paperipuurankerien todellisen ja latvastamitatun kuution välistä, sadanneksina ilmaistua suhdetta kuvaavan vaihteluvälin laajuus on todellista kuutiota vertailukohtana (= 100) pidettäessä männyillä 21.9 ja kuusilla 16.0. Samojen tutkijoiden jatkotutkimuksessa (1947 a) ovat vastaavat vaihteluvälit männyillä 21.0 % ja kuusilla 13.6 %. Tuovinen (1948) sai samalla tavoin vaihteluväliksi Pohjois-Suomessa 4-metriselle kuusipaperipuulle 6.4 % ja 6-metriselle kuusipaperipuulle 6.9 % ja vastaavasti 4- ja 6-metriselle mäntypaperipuulle 9.6 ja 16.9 %. Edellisten tutkijoiden erät sisälsivät pääosiltaan kussakin erässä vain noin 80 rankaa, jotka jakaantuivat suunnilleen tasan tyvi- ja muiden pölkkyjen kesken. Tuovisen erät taas sisälsivät keskimäärin noin 350 pölkkyä ja niissä tyvi- ja muiden pölkkyjen suhteellinen runsaus oli suurin piirtein kunkin varaston keskimääräistä jakaantumista vastaava.

Vaikka latvastamittausta yleensä pidetäänkin epävarmana mittaustapana, on sillä kuitenkin niin huomattavia hyviäkin puolia, että se ainakin toistaiseksi on sitkeästi säilyttänyt asemansa puutavaran mittaustapojen joukossa. Seuraavassa käsitellään lähemmin tämän mittaustavan hyviä ja huonoja puolia.

Latvastamittauksen edut ovat pääasiassa mittausteknillisiä. Koska mitattava puutavara on tavallisesti jo ajettu kasoihin taikka teloille, ei yksityisistä pölkkyistä voida kasoja tai teloja hajoittamatta tavoittaa juuri muuta mitattavaa kohtaa kuin pölkkyjen päät. Näin ollen latvastamittausta käytettäessä on mittaushetki helposti tavoitettavissa suurissakin pölkkykasoissa. Jos hakkuumiehet metsässä lisäksi merkitsevät pölkyn pituuden liidulla sen latvapäähän, ei kuution määrittämistä varten tarvitse kasoja ollenkaan hajoittaa. Mittaus on näin ollen joutuisaa. Almqvist ja Hallmans (1947 b) ovat suorittaneet aikaututkimuksia erilaisten mittausten menetelmien edullisuudesta ruotsalaisissa olosuhteissa ja päätyneet tulokseen, jonka mukaan latvastamittauksen vaatima mittausaika silloin, kun pituudet on merkitty pölkkyjen päihin, on 42—43 % keskeltämittaukseen ja 40—42 % latvasta-tyvestämittaukseen (topp-rotmätning) kuluvasta miestyöajasta. Näissä tapauksissa latvastamittauksen on suorittanut 2, keskeltämittauksen 3 ja latvasta-tyvestämittauksen 2 miestä. Silloin kun pölkkyjen pituudetkin on täytynyt mitata, on latvastamittauksen miestyöaika ollut noin 56 % keskeltämittauksen ja noin 71 % latvasta-tyvestämittauksen vaatimasta miestyöajasta. Tässä tapauksessa on latvastamittausta ollut suorittamassa 3, keskeltämittausta 4 ja latvasta-tyvestämittausta 3 miestä. Mittausryhmän työaikaan sisältyvät lepo- ja hukka-ajat, siirtymiset kasalta toiselle jne. pienentävät kyllä jonkin verran eri mittausten menetelmien välisiä aikaeroja, mutta tästä huolimatta latvastamittaus pysyy ylivoimaisesti mittaustavoista nopeimpana.

Latvastamittauksen epäedullisuus taas johtuu pääasiassa sen heikosta kuutioimistarkkuudesta. Tästä mittaustavasta aiheutuva kuutioimisvirhe todelliseen kuutiomäärään pyrittäessä tulee nimittäin sitä suuremmaksi, mitä enemmän mitatun erän kapeneminen poikkeaa käytettyjen todellisia kuutiomääriä ilmoittavien kuutioimistaulukoiden edustamasta kapenemisesta. Tosin on esitetty sellaisiakin mielipiteitä, että pölkyt, jotka kapenevat tavallista nopeammin ja joille siis latvastamittausta käytettäessä saadaan tällaisista kuutioimistaulukoista liian pieniä kuutioita, yleensä ovat myös enemmän oksaisia, joten niistä saadaan myös vähemmän kelvollista puuta (vrt. *Almqvist* ja *Hallmans* 1946). *Almqvistin* ja *Hallmansin* mukaan voi latvastamittausta käytettäessä sattua yksityisiä eriä kuutioitaessa suuriakin virheitä luovutus- ja varsinkin työmittauksissa. Edelleen kuutioimismenetelmä houkuttelee helposti apteeraamaan rungoista pölkyjä, joiden taulukkokuutiot poikkeavat pölkyjen todellisesta kuutiosta apteeraajan haluamaan suuntaan. Siten esim. metsän myyjä toivoo saavansa mitattavan erän sellaiseksi, että se sisältää todellisuudessa vähemmän puuta kuin kuutioimistaulukot osoittavat ja metsän ostaja päinvastoin. Siinä tapauksessa, että työpalkka maksetaan kuutiotaksan perusteella, kiinnostanee myös hakkuumiestä saada mitatuksi tulevaan erään mahdollisimman paljon kuutioimistaulukoiden mukaisia kuutioita. Kun hakkuumiehet ovat itse saaneet suorittaa apteerauksen, on osoittautunutkin, että rungot tulevat katkotuiksi lyhyemmiksi kuin apteerausohjeet edellyttävät.

Silloin kun puut latvastamittausta varten asetellaan samansuuntaisiksi kasoihin, suurenevat ajokustannukset jonkin verran. Ellei näin tehdä, tulee mittausta vaikeaksi ja epävarmaksi (*Tovinen* 1948). Koska apteeraukseen vaikuttavat puutavaramarkkinoilla kulloinkin vallitsevat laatuvaatimukset ja erittäinkin tukkipuiden ja paperipuiden väliset arvosuhteet ja koska lisäksi metsänhoidollinen suuntaus voi vaikuttaa rungon muotoon yleensä, on ilmeistä, että latvastamittaukseen perustuvat kuutioimistaulukot pitäisi aika ajoin uusia (vrt. *Vid virkesmätning* 1923 ja *Almqvist* ja *Hallmans* 1946 b).

Keskeltämittauksesta

Keskeltämittauksella tarkoitetaan tässä tutkimuksessa mitaustapaa, jonka mukaan pölkyn kuutio määrätään pituuden ja keskeltämitatun läpimitan perusteella.

Keskeltämittauksen katsotaan antavan käytännöllisesti katsoen oikean tuloksen pyöreän puutavaran kuutiosisällöstä. Puutavaran mittaussäännössä (As. kok. n:o 395/38) määrätäänkin, että milloin paperipuiden, taikka niihin verrattavien, rankoina myytävien puiden hinta on määrätty kiinteän kuutiomitan mukaan, on läpimitta mitattava rangan keskeltä. Tarkkaan ottaen keskeltämittaus antaa kuitenkin pölkyn kuutiosta täsmällisesti oikean tuloksen vain silloin, kun pölkky noudattaa paraboloidin tai lieriön muotoa. Pienet läpimittaluokat tulevat täten yleensä oikein kuutioiduiksi, mutta suuremmissa ja varsinkin neiloidin muotoisista tyvipölkkyistä saadaan liian pienet kuutiot (Petrini 1948). Latva- ja välitukkierissä keskeltämittauksesta aiheutuu epäedullisissakin tapauksissa yleensä korkeintaan 1 % suuruinen virhe ja keskimäärin vain muutamaa $\frac{1}{10}$ % liian suuri kuutio. Tyvitukeille antaa keskeltämittaus sen sijaan yleensä liian pienen kuution. Hiiltopuille antaa ksylometrimittaus suunnilleen 4.4 % suuremman kuution kuin keskeltämittaus (Praktisk Skogshandbok 1950). Yleensä keskeltämittaus näyttää antavan puun todellista kuutiota alhaisempia arvoja sitä enemmän mitä paksummista pölkkyistä on kysymys. Tämä seikka selviää tarkemmin alla olevasta Praktisk Skogshandbok'ista (1950) lainatusta taulukosta:

Puulaji	Latvaläpimitta, cm								
	13	16	19	22	25	28	31	34	37
	Todellisen ja keskeltämitatun kuution suhde								
Kuusi	1.00	1.01	1.02	1.03	1.03	1.03	1.04	1.04	1.04
Mänty	1.00	1.01	1.02	1.02	1.03	1.04	1.05	1.06	1.06

Pölkyn pituus ei sen sijaan näytä suurestikaan vaikuttavan tähän suhteeseen (Archer 1920, Eide 1922 ja Vid virkesmätning 1923). Ruotsalaisten tutkimusten mukaan (Vid virkesmätning 1923) antaa keskel-

tämittäus pienille tukeille suurin piirtein oikean tuloksen, mutta paksuuden lisääntyessä ja erikoisesti tyvitukeissa keskeltämittäuksen mukainen kuutio voi jäädä jopa 7—8 % todellista kuutiota pienemmäksi. Brantsegin (1954 a) mukaan antoi keskeltämittäus kuusitukkeja Nord-Trøndelagissa kuutioitaessa 3.80 % liian pienen ja mäntyisiä sahatukkirankoja kuutioitaessa Sørlandetissa 2.42 % liian suuren kuution.

Almqvistin ja Hallmansin (1946) rankatutkimusten mukaan keskeltämittäus antoi erottelemattomille tyvipölkyille 3.3 % ja saman aineiston väli- ja latvapölkyille 0.4 % todellista pienemmän kuution. Samojen tutkijoiden jatkotutkimuksessa (1947 a), johon sisältyi huomattavasti runsaammin aineistoa, keskeltämittäus antoi männyille 0.4 % ja kuusille 0.6 % liian pienen kuution. Tässä yhteydessä on syytä muistaa, että näihin eriin sisältyi puoleksi tyvitukkeja.

Rangan käsitteestä

Metsäsanakirjan (1944) määritelmän mukaan ranka on karsittu, mutta vielä lopullisiin pituuksiin katkomaton puun runko (ruotsiksi: långved, slana; saksaksi: Langholz, entästeter Stamm). Tämän selityksen mukaisesti ranka on siis lähinnä maassa makaava, kaadettu puu, josta oksat on karsittu ja latva katkaistu. Rangan käsite on lähellä kaadetun rungon käsitettä. Ranka voi käyttöpuuosansa ohella sisältää vielä muitakin osia, mm. hakkuutehtaita, jotka jäisivät metsään siinä tapauksessa, että ranka valmistettaisiin jo metsässä lopulliseksi puutavaralajeiksi. Mainitunlainen rangan käsite esiintyy meillä varsin selvänä silloin, kun esim. koivuja hakataan polttopuuranangoiksi. Tällöin nim. kaadettu koivu valmistetaan rangaksi karsimalla siitä oksat ja katkaisemalla latva useimmiten kirveellä joltakin sopivalta kohdalta.

Käytäntö näyttää kuitenkin vähitellen luopuneen aikaisemmasta rangan käsitteestä ja rankaa on yhä enemmän alettu käytännössä ajatella käsittely- ja kuljetusyksikkönä, jolloin se on jäänyt vastaamaan suunnilleen sellaista karsittua rungon osaa, joka ei ole vielä katkottu lopullisiin käyttöpituuksiin. Tämän mukaisesti puhutaan usein käytännössä tukkipuurangoista ja paperipuurangoista, joista kummatkaan eivät ole siis vielä lopullisiin käyttö- tai jalostuspituuksiin katkottuja. Tukkipuurangoista voidaan näet saada usein kaksi tai useampia tukkeja tai tukki ja muuta käyttöpuuta, ja paperipuurangoista voidaan valmistaa tavallisesti useita paperipuupölkyjä. Tällaista rangan käsitettä lähellä lienee puutavaran mittaussääntökin (As. kok. n:o 395/38) mainitessaan 4 §:n 1 momentissa: »Milloin paperipuiden ja niihin verrattavien, rankoina myytyjen puiden hinta on määrätty kiinteän kuutiomitan mukaan...».

Edelläolevan perusteella on tässä tutkimuksessa alettu nimittää rangaksi jokaista sellaista karsittua rungon osaa, joka hakkuun tai kuljetuksen helpottamiseksi on metsästä otettu siitä saatavan puutavaralajin yleistä käytännössä olevaa minimipituutta pitempänä ja joka on yleensä ajateltu katkottavaksi jossain myöhäisemmässä hankinnan vaiheessa yhdeksi tai useammaksi käyttöpuukappaleeksi. Tämän

selityksen mukaisesti voidaan paperipuurankana pitää siis mm. jokaista 1.0 metriä pitempää karsittua rungon osaa, josta voidaan katkomalla ottaa vähintään yksi tai useampia 1-metrisiä paperipuita. Tämän mukaan on Etelä-Suomessa kaikki metriä pitempi paperipuu rankatavaraa, samoin kuin kaikki Pohjois-Suomessa vaihteleville jalkapituuksille katkottu paperipuu. Näiden kahden rankatyyppin välillä on kuitenkin huomattavia eroja.

Kun Etelä-Suomessa hakataan paperipuurankoja metriisiin mittoihin pidetään usein jotakin määrättyä mitta, esim. neljää metriä päämittana ja esim. kahta tai kolmea metriä sen apumittana. Tällöin pääasiassa runkojen alimmista osista tulee 4-metrisiä ja ylemmistä osista 2- tai 3-metrisiä rankoja. Näin 4-metriset paperipuurangot ovat enemmän tyvitavaran luonteisia kuin mainitut lyhyemmät rangat. Toisin paikoin, pääasiassa rautateiden ja tehtaiden läheisyydessä, saatetaan paperipuu taas ottaa vain 2-metrisenä, jolloin sen keskimääräiset kapenemissuhteet edustavat metsästä hakattujen runkojen keskimääräistä kapenemista, kun ne vastaavasta mitasta edellä puhuttaessa edustivat vain pääasiassa runkojen ylimpien osien kapenemista. Kun Pohjois-Suomessa paperipuurankoja hakataan jalkamitoille pyritään runko yleensä katkaisemaan yhdeksi rangaksi, mikäli puun pituus tai muut ominaisuudet eivät edellytä kahdeksi katkaisemista. Rangot tulevat täten varsin vaihtelevan pituisiksi. Niiden pituusmitat vaihtelevatkin kussakin metsässä aina 7'—27'. Tällaisten runkojen pituus riippuu siis pääasiassa metsikön puiden pituus- ja kapenemissuhteista. Tämän takia kustakin rungosta voidaan ottaa vain yksi, korkeintaan ehkä kaksi rankaa. Pohjois-suomalaiset rangat varastoidaan lisäksi useimmiten teloille taikka kasoihin siten, että kaiken pituiset puut ovat sekaisin, kun taas etelä-suomalainen paperipuuranka varastoidaan joko pinoihin taikka ristikolle, niin että eri pituiset rangat pysyvät tarkasti toisistaan erillään. Mainitut rankalajit edustavat siis varsin erilaisia apteerausperiaatteita, joilla saattaa olla määrätty vaikutus saatujen runkojen keskimääräiseen muotoonkin, kuten aikaisemmin on jo tullut mainituksi (vrt. myös Almqvist ja Hallmans 1946). Kuutioimistaulukoita laadittaessa onkin mainitut rankalajit tästä syystä pidettävä toisistaan erillään. Käsitesekaannusten välttämiseksi on tämän tutkimuksen yhteydessä annettu ylläkuvatulle etelä-suomalaiselle, useimmiten täysille metreille hakatulle rangalle nimitys määrämittäranka (määrämittainen ranka) ja pohjois-suomalaiselle, vaihteleviin pituuksiin hakatulle rangalle nimitys hajamittäranka (hajamittainen ranka).

Tutkimusmenetelmä

Tutkimuksen pääasiallisimpana tehtävänä ja tavoitteena on ollut sellaisten paperipuurankojen latvastamittaukseen perustuvien kuutioimis- taulukoiden laatiminen, jotka soveltuisivat nimenomaan rankojen työ- ja luovutusmittauksissa käytettäviksi. Tällaisten taulukoiden tulisi antaa kokonaistuloksena mahdollisimman oikea alueittainen kokonaiskuutio ja mahdollisimman hyvä kuutioimistulos yksityisistäkin rankaeristä.

Koska paperipuurangat muodostavat kapenemisen kannalta katsottuna varsin homogeenisia ryhmiä (vrt. Vid virkesmätning 1923), esim. siten, että tyvirankojen kapeneminen usein on vähäisempää kuin latvarankojen ja tiheikköjen pölkkyjen muoto on parempi kuin harveikkojen, on laajoille alueille tarkoitettujen kuutioimistaulukoiden kannalta katsoen tärkeätä, että eri tavoin kapenevat rangat pääsevät esiintymään aineistossa mahdollisimman suuressa määrin juuri sellaisissa suhteissa kuin ne todellisuudessaakin keskimäärin alueella esiintyvät. Vain tällöin on mahdollisuus päästä lähelle rankojen todennäköisiä alueittaisia kuutioarvoja. Jotta tässä onnistutaisiin, täytyy siis kentältä kerätyn aineiston edustaa paperipuurankojen todennäköistä alueittaista jakautumista.

Lähinnä käytännöllisistä syistä ei ole kuitenkaan ollut mahdollisuutta kerätä aineistoja eri vesistöalueilta yhdenmukaista otantamenetelmää käyttäen, sillä jo tutkimuksen lähtökohtakin on ollut eri alueilla kokolailla erilainen.

Etelä-Suomessa, jossa paperipuiden otto määrämittarankoina on aivan yleinen ja toistaiseksi yksinomainen tapa, on paperipuita ollut valmiiksi hakattuina erittäin runsaasti koko alueella. Näin ollen ei ole voinut syntyä sellaista ajatustakaan, että paperipuiden valmistajat olisivat jollakin tavoin vaikuttaneet paperipuurankojen muotosuhteisiin hakkaamalla paperipuita juuri tutkimusvuosina määrätynlaista kapenemista edustavista metsistä. Tutkimussuunnitelman mukaisesti on tavoitteena ollut kerätä aineistoa mahdollisimman monilta varastopaikoilta niin paljon, että se vastaisi noin $\frac{1}{2}$ % niillä olevan kunkin pituisen paperipuun kuutiomäärästä. Käytännöllisistä syistä kuitenkin joitakin pieniä ja hajallaan sijaitsevia varasto-alueita on jäänyt läpikäymättä. Tämä seikka ei liene aiheuttanut aineistoon merkittävää yksipuolista poikkeamaa. Vaikka voidaankin väittää, että

pienissä varastoissa olevien paperipuiden kapenemissuhteet ovat erilaiset kuin suurissa, niin loppujen lopuksi pienien varastojen osuus koko hankintamäärästä on suhteellisen pieni.

Pohjois-Suomessa ei paperipuurankeiden hankinta vielä ole varsin yleistä. Niitä on siellä hankittu pääasiassa vain ruotsalaisille ostajille. Vuonna 1951, jolloin hajamittarankojen aineisto kerättiin, tehtiin kuusirankojen mittauksia 79:llä ja mäntyrankojen mittauksia 66:lla varastoisipaikalla, jotka jakaantuivat varsin suurelle ja keskeiselle Perä-Pohjolan hankinta-alueelle (kuva 7). Rangat oli myös hakattu ennen kuin tutkimustyöhön päätettiin ryhtyä, joten ei ole syytä epäillä, että tutkimussuunnitelmat olisivat jollain tavoin päässeet vaikuttamaan paperipuurankeiden jakautumiseen. Varsinainen tutkimusaineisto kerättiin varastopaikoilta ns. tarkistus- eli kontrollimitausten yhteydessä, jolloin »koerankoja otetaan läpi koko varaston niin, että ne pituutensa, läpimittansa ja runkomuotonsa puolesta mahdollisimman hyvin edustavat varastoa», kuten mittausohjeissa mainitaan. Tällainen ohje on tietenkin antanut mittajille käytännössä varsin suuren toimintavapauden mitattavien rankojen valinnassa, mutta kun rankojen mittauksen ovat suorittaneet paikalliset metsämiehet, joiden lukumäärä on ollut melko suuri, ei koerankojen valinnassa mitään subjektiivista tai määrättyä suuntausta ole voinut päästä syntymään, varsinkin kun mittajat ovat edustaneet erilaisia intressipiirejä.

Oulu- ja Simojoella sekä niiden välisellä alueella tilanne on ollut otannan kannalta katsoen kokonaan toisenlainen kuin muualla. Täällä nimittäin ei ollut varsinaisia ranka-aineistoja saatavissa luonnostaan, vaan paikalliset, eri intressipiirejä edustavat puutavaran hankkijat valmistivat valitsemillaan hakkuupaikoilla paperipuurankeja, jotka kaikki joutuivat tutkimusmittausten kohteiksi. Tämän takia voidaan tietenkin ajatella, että rangat olisi hakattu joidenkin määrättyjen intressipiirien etuja tavoitellen. Mitään tähän viittaavaa ei kuitenkaan kenttätöissä eikä aineistoissa ole ollut havaittavissa.

Vanhempien tutkimusten mukaan pölkkyjen keskeltämittaus antaa varsin hyvän kuvan pölkkyjen todellisesta kuutiosta (vrt. edellä s. 17). Koska käsillä olevan tutkimuksen käytännölliseksi tavoitteeksi oli asetettu sellaisten latvastamittaukseen perustuvien kuutioimistaulukoiden laatiminen, jotka mahdollisimman hyvin korvaisivat mittaussäännön mukaisen keskeltämittauksen, on pölkkyjen todellisena kuutiona tässä tutkimuksessa pidetty keskeltämittauksen antamaa kuutiota, jota myös aina silloin tarkoitetaan, kun todellisesta kuutiosta puhutaan.

Tämän perusteella tutkimuksen kohteeksi tulleet paperipuut mitattiin puutavaran mittaussäännön (As. kok. n:o 395/38) määrittelemällä tavalla keskeltä siten, että paksuuden mittaamisessa otettiin huomioon senttimetrit

pyöristämällä vajaan puolet senttimetrit lähimpään alempaan senttimetriin sekä puolet ja yli puolet senttimetrit lähimpään ylempään senttimetriin. Jos mittauskohdassa oli oksapaisuma tai muu vahvennus, määrättiin läpimitta kahden yhtä kaukana tästä kohdasta mitatun paksuuden keskiarvona.

Paperipuiden läpimitta latvasta mitattiin Etelä-Suomessa alenevaa senttimetrin ja Pohjois-Suomessa alenevaa puolen tuuman luokitusta käyttäen. Milloin mittauskohdalla latvassa oli oksapaisuma taikka muu vahvennus, mitattiin läpimitta siitä kohdasta, missä se tyveen päin mennessä oli pienin.

Yleensä läpimitat mitattiin kuoren alta lukuunottamatta Perä-Pohjola, jossa rankojen keskikohdan paksuus mitattiin kuoren päältä. Läpimitta otettiin aina eteen satuuvalta, kuitenkin samassa rangassa latvasta ja keskeltä aina samassa vaakasuorassa suunnassa. Vaakatasossa suoritettu mitta-
mittaus voi aiheuttaa läpimitaan virheen, mutta se on kuitenkin yleensä mitättömän pieni (vrt. esim. Puutavaran mittauskomitean mietintö 1936 s. 37). Sillä ei liene ko. tapauksessa ollenkaan merkitystä, koska mahdollisen virheen voidaan olettaa vaikuttaneen suhteellisesti samansuuruisena kumpaankin läpimitaan.

Rankojen pituudet on mitattu poikkileikkauspintojen lyhimmältä väliltä, Etelä-Suomessa desimetrin ja Pohjois-Suomessa englannin jalan tarkkuudella, alenevaa luokitusta käyttäen. Keskeltä otetun läpimitan mitta-
mittauskohtana on ollut puolet näin saadusta pölkyn pituudesta mitattuna pölkyn latvasta tyveen päin.

Tutkimusaineistojen perusteella on yleensä päästy välittömästi rankojen kuorettomaan kuutiomäärään. Poikkeuksena on Perä-Pohjolan aineisto, jonka rankojen läpimitta keskeltä on mitattu kuoren päältä. Kuorettomien kuutioiden laskemista varten on kerätty kuoriaineistoa mittaamalla koe-
puiden keskeltä kuoren paksuus kuorimittarilla millimetreissä kummaltakin puolen runkoa. Siitä saatujen tulosten perusteella on koko ranka-aineiston kuorelliset kuutiot muunnettu kuorettomiksi (vrt. s. 53).

Aikaisemmat katkottujen rungon osien kuutioimistaulukot on laadittu (P ö n t y n e n 1929 ja 1933 sekä T u o v i n e n 1948) siten, että aineiston antamat latvamuotoluvut on ensin käsivaraisesti tasoitettu ja näin saatujen luku-
arvojen perusteella on laskettu kunkin pituisen ja paksuisen pölkyn kuutio. Tällä tavoin on myös tehty vuonna 1952 annetun asetuksen (As. kok. n:o 146/52) mukaiset Perä-Pohjolan havupuurankojen kuutioimistaulukot. P u t k i s t o (1947) on käyttänyt koivutukkien latvasta, 18 jalan päästä ja keskeltä mittaamalla saatujen kuutioiden välisiä suhteita tutkiessaan kuutioerojen suoraviivaista laskennallista tasoittamista. Naa-
purimaissamme, Ruotsissa ja Norjassa, on viime aikoina kuutioimistaulukoita laadittaessa käytetty hyvin runsaasti laskennallisia tasoitustapoja (vrt. N i l s e n ja S l e p p e n 1940, E k l u n d 1950, B ø r s e t 1952, N ä s l u n d 1941 ja 1948, B r a n t s e g 1951 ja B a u g e r 1952).

Latvamuotolukuja graafisesti tasoitettaessa huomataan kuitenkin latvamuotolukäyrien pienissä läpimittaluokissa yleensä nousevan niin nopeasti, että näiden käyränosien silmävarainen piirtäminen voi käydä vaikeaksi ja epävarmaksi (vrt. Vid virkesmätning 1923). Lisäksi paksuista ja pitkistä pölkkyistä kerääntyy aineistoa yleensä niin vähän, että käyrien silmävarainen piirtäminen tällöin vaikeutuu. Rinnakkaisten käyrien välilläkään ei aina esiinny selvää, yhtenäistä suuntaa, vaan käyrät saattavat pyrkiä jopa leikkaamaan toisensa. Tästä syystä onkin tässä tutkimuksessa pyritty välttämään käsivaraista tasoitusta etsimällä sen tilalle toisenlainen menetelmä. Aineistoa käsiteltäessä nimittäin havaittiin, että kussakin pituusluokassa aineiston todellisista kuutioarvoista lasketut läpimittaluokittaiset keskikuutiot voitiin tasoittaa suoraviivaisesti 1.80, 2.10 tai 2.15 potenssin regressiota käyttäen. Kuutiokäyrät oikenivat sellaisessa graafisessa esityksessä, jossa rankojen latvaläpimitta-arvojen sijalle otettiin eri tapauksissa niiden 1.80, 2.10 tai 2.15 potenssiin korotetut arvot. Pituusluokittaiset kuutioarvot voitiin saada silloin yhtälöstä $y = a + bx^c$, jossa y merkitsee pölkyn kuutiosisältöä, x sen latvaläpimittaa sekä a , b ja c ovat vakioita. Vakion c arvo on vaihdellut, kuten jo mainittiin, arvojen 1.80—2.15 välillä.

Näitä kuutioarvoja ei kuitenkaan vielä voitu hyväksyä lopullisiksi pituusluokittaisiksi kuutioiksi, koska ne eivät pituusluokasta toiseen siirryttäessä muodostaneet niin sopusuhtaista ja yhtenäistä kokonaisuutta kuin olisi odottanut. Tämän takia suoritettiin vielä kussakin aineistossa yhtälöiden vakioiden a ja b tasoitukset. Ensin tasoitettiin b :n arvot joko suoraviivaisesti taikka loivasti ylöspäin kaareutuvana käyränä. Näin saadut uudet b :n arvot (b_1) sijoitettiin b :n kohdalle asianomaisten pituusluokkien yhtälöihin, jolloin nämä yhtälöt tulivat muotoon $y = a_z + b_1x^c$; vakion a_z arvo kussakin pituusluokassa saatiin tämän jälkeen, kun laskettiin ko. pituusluokan todellisen kokonaiskuution ja yhtälön $y = b_1x^c$ perusteella saadun kokonaiskuution erotus, joka jaettiin pituusluokan pölkkyjen lukumäärällä. Vakion a_z arvot oli helppo tasoittaa graafisesti loivasti ylöspäin kaareutuvana käyränä, josta sitten voitiin lukea b_1 -arvojen vastaavat tasoitetut a_1 -arvot.

Sijoittamalla nämä arvot asianomaisten pituusluokan yhtälöön tulivat rankojen pituusluokittaiset kuutiot määritellyksi suoraviivaisena trendinä (Alameri-Pöyhönen 1954). Tämän takia näillä yhtälöillä laskettuja kuutioitakin on tässä tutkimuksessa nimitetty trendikuutioiksi (kehityssuuntakuutioiksi).

Suoraviivaisen trendin laskemisessa on sovellettu pienimmän neliösumman menetelmää, jolloin edellämainitut vakiot a ja b on saatu, sovellettaessa 1.80—2.15 potenssin regressiota, seuraavia yhtälöitä käyttäen (Alameri-Pöyhönen 1954):

$$a = \frac{\Sigma x^2 \Sigma y - \Sigma x \Sigma xy}{n' \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}$$

$$b = \frac{n' \Sigma xy - \Sigma x \Sigma y}{n' \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}$$

joissa n' merkitsee latvaläpimittaluokkien lukumäärää, x rangan latvaläpimittaa 1.80—2.15 potenssiin korotettuna ja y rangan keskeltämittauksen perusteella saatua kuutiota.

Aineiston tarkastelun yhteydessä laskettu keskihajonta (s), keskiarvon keskivirhe ($\varepsilon \bar{x}$) ja t -testi (t) on saatu Alameri-Pöyhösen (1954) mukaan seuraavista kaavoista:

$$s = \sqrt{\frac{\Sigma(x_i - \bar{x})^2}{n-1}},$$

jossa

$s =$ hajonta

$(x_i - \bar{x}) =$ eräs poikkeama keskiarvosta (\bar{x}),

$$\varepsilon \bar{x} = \frac{s}{\sqrt{n}},$$

jossa

$\varepsilon \bar{x} =$ keskiarvon keskivirhe

$s =$ hajonta

$n =$ havaintojen lukumäärä ja

$$t = \frac{\bar{x}_A - \bar{x}_B}{\varepsilon}$$

jossa

$t =$ t -testi verrattaessa kahta aineistoista laskettua keskiarvoa toisiinsa

\bar{x}_A ja $\bar{x}_B =$ aineistoista A ja B laskettujen tunnuslukujen keskiarvot

$\varepsilon =$ yhdistetty keskivirhe, joka saadaan seuraavasta kaavasta

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_A^2 + \varepsilon_B^2}$$

jossa ε_A ja $\varepsilon_B =$ aineistoista A ja B laskettujen tunnuslukujen keskivirheet.

Variaatiokerroin, joka ilmoittaa hajonnan suhteellisen suuruuden sadanneksina keskiarvosta, on laskettu seuraavaa kaavaa käyttämällä

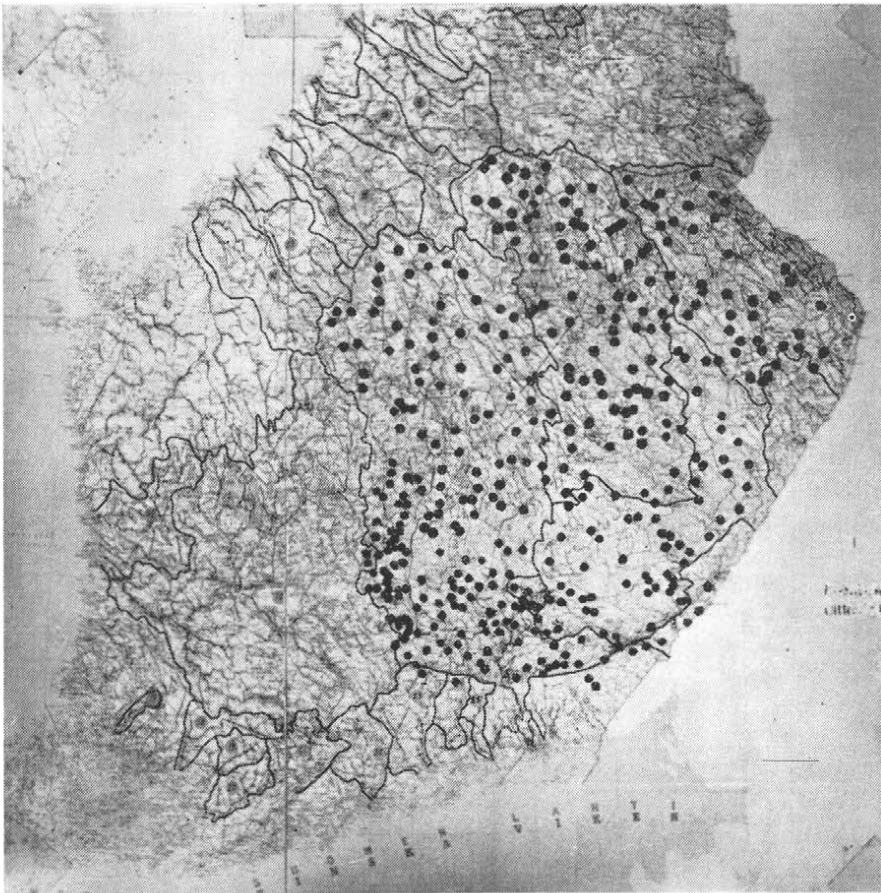
$$\begin{aligned}
 v &= 100 s : \bar{x}, \\
 \text{jossa } v &= \text{variaatiokerroin} \\
 s &= \text{hajonta} \\
 \bar{x} &= \text{keskiarvo}
 \end{aligned}$$

Eräissä tapauksissa on jakautumista tarkkailtu graafisesti todennäköisyyspaperilla, jolloin on voitu saada käsitys siitä, missä määrin tarkkailtavana oleva jakautuminen noudattaa normaalisen eli Gaussin käyrän jakautumista. N y s t r ö m i n (1942) mukaan nimittäin normaalisen jakautumisen ollessa kyseessä summaprosentteja esittävät pisteet todennäköisyyspaperilla esitettynä sijoittuvat samalle suoralle. Tällöin empiiristä jakautumista samalla paperilla graafisena porrasviivana (summapolygoonina) esitettäessä, voidaan tehdä huomioita siitä, missä määrin ko. empiirinen jakautuminen lähentelee normaalista jakautumista ja saadaan muutenkin havainnollinen kuva siitä, millä tavalla jakautumissarjan yksityiset havainnot sijoittuvat keskiarvon molemmin puolin. Tapauksissa, joissa empiirinen jakautuminen lähentelee normaalista jakautumista, voidaan saadun graafisen porrasviivan perusteella luonnollisesti arvioida hajonnan (dispersion) suuruutta, koska kahden määrätyn summaprosentin väliin jää normaalisessa jakautumisessa aina tietyn suuruinen osa keskiarvosta lasketuista poikkeuksista (vrt. esim. V a h e r v u o 1946, taulukko 23). Tällä tavoin onkin tutkimuksen yhteydessä eräissä tapauksissa graafisesti määritelty hajonnan likimääräinen suuruus.

Määrämittarankojen kuutiotaulukko Etelä-Suomea varten

Aineisto

Metsäntutkimuslaitos aloitti ranka-aineiston keräämisen Etelä-Suomessa Päijänteen, Saimaan ja Pielisen vesistöalueilla syyskuun alussa 1953. Edullisten sääsuhteiden vallitessa työtä voitiin jatkaa melkein vuoden loppuun saakka. Seuraavana keväänä jatkettiin mittauksia toukokuun alusta kesäkuun loppuun saakka. Mittauspaikat on pisteellä merkitty karttaan kuvassa 1.



Kuva 1. Määrämittarankojen mittausspaikat Etelä-Suomessa.

Abb. 1. Messungsplätze der Langhölzer konstanter Länge in Südfinnland.

Länsi-Suomi sekä Etelä- ja Keski-Pohjanmaa on jätetty kokonaisuudessaan tutkimuksien ulkopuolelle. Täällä nimittäin paperipuut hankitaan tavallisesti korkeintaan kahden, usein vain yhden metrin pituisina pölkkyinä ja mitataan pinossa. Tämän takia ei näillä alueilla olekaan esiintynyt paperipuuranokojen kuutioimistaulukoiden tarvetta.

Etelä-Suomen aineistoa kerättyä pyrittiin erikoisesti pitämään huolta siitä, että varsinaisista paperipuuranokista valmistetut rangat, ns. r u n k o t a v a r a mahdollisuuksien mukaan pysyi erillään tukin latvoista tehdyistä paperipuista eli ns. l a t v a t a v a r a s t a. Kummankin ryhmän paperipuut merkittiin omille tutkimuslomakkeilleen. Paperipuuranon eri osista tulleita rankoja ei voitu erottaa toisistaan, vaan tyvi-, väli- ja latvakappaleet sisältyvät aineistoon niissä runsaussuhteissa kuin ne varastosta tai hakkuutyömaalta mittauksen kuluessa ovat sattumanvaraisesti tulleet mukaan. Kustakin rankaerästä on merkitty muistiin seuraavat tiedot: puulaji, runko-/latvatavaraa, pölkkyjen pituus, erän n:o, mittausryhmä, mittausaika, valtion-/yksityismetsä, vesistöalue, kunta, hoitoalue, tilan nimi ja omistaja, hakkuutyömaan/varaston nimi, puutavaran hakkuuttaja ja omistaja, kasvupaikan laatu: kuivat/tuoreet/vesiperäiset maat ja mittausadannes. Koska suurin osa rangoista on mitattu rannoilla ja teiden varsilla olevilla varastopaikoilla ja vain pieni osa hakkuupaikoilla, on kasvupaikan määrittäminen täytynyt pääasiassa perustaa asianomaisen varaston omistajan antamiin tietoihin. Useimmiten ovat tietenkin erilaisilta kasvupaikoilta tulleet puut jo ajon yhteydessä enemmän taikka vähemmän sekaantuneet toisiinsa. Tämä seikka on mahdollisuuksien mukaan otettu huomioon.

Aineisto on ollut pääasiassa täysille metreille katkottua paperipuuta ja vain vähäisessä määrin välimitoille (esim. 2.1 m, 3.5 m jne.)hakattua. Toisin paikoin on ollut mitattavissa usean pituisia tavaraa, kun taas toisin paikoin on saattanut varastolta löytyä vain yhtä pituutta. Esim. eräillä alueilla tai eräiden hankkijoiden varastopaikoilla on ollut mitattavissa vain 2-metristä paperipuuranokaa. Näin on ollut varsinkin asianlaita niillä alueilla, joilla paperipuut ajetaan maanteitse suoraan rautatieasemalle. Paperipuiden apteeraustavat, joilla puolestaan on määrätty vaikutuksensa rankojen muotoon, ovat siis vaihdelleet tutkimusalueella. Niinpä siellä, jossa rankoja tehdessä 4 metriä pidetään päämittana ja 2 metriä apumittana, pääosaltaan rungon alimmat osat joutuvat 4-metriseen tavaraan ja ylimmät osat 2-metriseen tavaraan. Näin ollen tällainen 4-metrinen tavara saa enemmän tyvitavaran ja 2-metrinen enemmän latvatavaran piirteitä. Siellä taas, missä otetaan esim. pelkästään 2-metristä paperipuuranokaa, rungon tyvi- ja latvaosista tulleet kappaleet ovat sekaisin, jolloin tällaisen 2-metrisen paperipuun kapenemissuhteet ovat tietenkin jossain määrin toisenlaiset kuin edellä kuvatun, latvaosista tehdyn 2-metrisen paperipuun kapenemissuhteet. Käytännöllisistä syistä ei näitä aineistoja ole kuitenkaan voitu pitää eril-

Taulukko 1. Aineiston jakautuminen eri pituisten ja paksuisten määrämittarankojen kesken. Etelä-Suomi.

Tabelle 1. Verteilung des Materials in verschieden lange und starke Langhölzer konstanter Länge. Südfinnland.

Kuusi — Fichte

Latvaläpimitta kuoretta, cm Zopfdurchmesser ohne Rinde, cm	Pituus, m — Länge, m								Yhteensä Zusammen
	2.0	2.1	3.0	3.2	3.4	4.0	5.0	6.0	
	Runkotavara — Stammholz								
5	33	4	21	6		151	10	95	320
6	1 009	99	634	147		1 554	290	481	4 214
7	4 263	276	3 152	610	114	6 199	1 087	1 467	17 168
8	7 222	514	4 748	1 128	73	9 920	1 317	2 614	27 536
9	7 227	560	2 173	1 123	109	7 920	605	1 399	21 116
10	7 020	443	2 230	1 297	75	6 720	264	551	18 600
11	6 390	410	2 514	1 211	61	6 387	187	276	17 436
12	5 788	384	2 367	1 198	46	6 504	230	230	16 747
13	4 820	382	1 467	1 033	31	5 715	272	179	13 899
14	4 340	393	1 049	941	26	5 318	280	158	12 505
15	3 502	388	688	763	15	4 506	175	172	10 209
16	3 190	401	552	642	2	3 769	187	241	8 984
17	2 600	347	350	453		2 999	183	307	7 239
18	2 093	296	225	324		2 405	151	439	5 933
19	1 601	248	113	244		1 649	122	273	4 250
20	1 293	202	73	139		1 387	93	270	3 457
21	862	157	54	93		976	57	145	2 344
22	651	153	27	71		739	52	91	1 784
23	490	88	21	47		489	42	51	1 228
24	348	88	17	31		444	46	54	1 028
25	295	55	11	18		334	20	22	755
Yht. — Ingesamt	65 037	5 888	22 486	11 519	552	76 085	5 670	9 515	196 752
25 +	587	181	20	62	—	850	89	68	1 857
Kaikkiaan — Ingesamt	65 624	6 069	22 506	11 581	552	76 935	5 759	9 583	198 609
Eriä, kpl — Partien, St.	177	16	89	31	1	215	25	41	595
	Latvatavara — Zopfholz								
5	—	—	—	—	—	—	2	—	2
6	27	—	47	1	—	64	11	—	150
7	159	—	289	16	—	377	42	22	905
8	521	—	547	39	—	664	56	117	1 944
9	803	—	261	59	—	713	25	62	1 923
10	843	—	160	54	—	592	12	24	1 685
11	652	—	153	60	—	421	4	7	1 297
12	588	—	160	80	—	416	—	9	1 253
13	452	—	157	53	—	371	—	11	1 044
14	377	—	121	77	—	385	—	19	979
15	251	—	48	68	—	307	—	9	683
16	165	—	50	38	—	257	—	3	513
17	52	—	13	19	—	173	—	2	259
18	27	—	10	14	—	120	—	3	174
19	28	—	5	3	—	56	—	—	92
20	17	—	3	1	—	29	—	2	52
21	10	—	1	6	—	16	—	1	34
22	12	—	—	5	—	12	—	—	29
23	7	—	1	—	—	9	—	—	17
24	6	—	—	—	—	6	—	—	12
25	1	—	—	—	—	4	—	—	5
Yht. — Ingesamt	4 998	—	2 026	593	—	4 992	152	291	13 052
25 +	7	—	—	1	—	10	—	—	18
Kaikkiaan — Ingesamt	5 005	—	2 026	594	—	5 002	152	291	13 070
Eriä, kpl — Partien, St.	22	—	13	3	—	23	2	1	64

Taulukko 1. (jatkoa)
Tabelle 1. (Forts.)

Mänty — Kiefer

Latvaläpimitta kuoretta, cm Zopjdurchmesser ohne Rinde, cm	Pituus, m — Länge, m											Yhteensä Zusammen	
	1.8	2.0	2.1	2.2	2.4	2.5	2.7	3.0	3.5	4.0	5.0		6.0
	Runkotavara — Stammholz												
5	—	24	—	—	—	1	7	26	—	42	4	—	104
6	35	365	16	1	26	96	99	615	5	966	209	7	2 440
7	171	1 558	102	30	108	450	271	2 626	148	3 643	1 214	85	10 406
8	381	2 489	217	43	213	833	383	3 641	307	5 539	1 775	132	15 953
9	408	2 347	305	42	270	735	482	3 074	307	5 461	1 187	71	14 689
10	353	2 265	386	44	381	599	551	2 576	269	5 473	961	44	13 902
11	294	1 928	406	35	385	454	564	2 266	242	4 958	897	50	12 479
12	244	1 716	325	31	350	400	540	1 924	206	4 523	851	29	11 139
13	206	1 291	230	34	255	251	487	1 498	137	3 800	590	17	8 796
14	171	1 164	178	23	189	189	347	1 241	94	3 247	466	7	7 316
15	168	745	99	25	124	152	225	846	69	2 483	356	1	5 293
16	120	699	56	11	94	96	129	558	32	1 735	220	—	3 750
17	85	463	28	16	60	54	72	298	9	1 174	155	—	2 414
18	64	341	25	3	42	26	52	229	3	765	91	—	1 641
19	28	208	16	5	21	19	27	108	3	422	50	—	907
20	15	116	13	1	9	10	11	60	2	290	15	—	542
21	17	78	7	2	3	7	2	44	—	168	17	—	345
22	7	63	4	—	4	5	—	44	—	109	4	—	240
23	3	47	2	—	1	1	—	17	—	63	4	—	138
24	2	33	5	—	—	1	—	25	1	42	—	—	109
25	—	30	1	—	—	1	—	9	—	22	1	—	64
Yht. — Insges.	2 772	17 970	2 421	346	2 535	4 380	4 249	21 725	1 834	44 925	9 067	443	112 667
25 +	1	45	3	—	2	—	—	39	—	59	—	—	149
Kaikkiaan	2 773	18 015	2 424	346	2 537	4 380	4 249	21 764	1 834	44 984	9 067	443	112 816
Insgesamt													
Eriä, kpl													
Partien, St ..	11	64	9	1	10	20	16	82	5	152	36	2	408
	Latvatavara Zopfholz												
5	—	—	—	—	—	1	—	17	—	14	1	—	33
6	1	116	—	—	—	27	—	195	—	152	48	—	539
7	20	393	4	4	4	127	1	758	—	690	209	7	2 217
8	63	720	53	8	14	295	5	1 556	—	1 289	351	51	4 405
9	31	910	140	20	18	533	22	1 325	—	1 337	297	85	4 718
10	80	959	230	28	38	545	64	984	—	1 126	199	41	4 294
11	79	939	237	51	42	474	69	751	—	858	150	10	3 660
12	104	882	234	36	62	391	63	727	—	745	90	4	3 338
13	62	591	173	25	28	277	41	552	—	516	44	2	2 311
14	50	491	154	26	44	233	9	520	—	449	31	1	2 008
15	19	305	108	11	24	169	13	290	—	235	24	—	1 198
16	6	224	65	7	16	107	3	208	—	168	10	—	814
17	1	140	27	6	7	73	1	114	—	105	5	—	479
18	4	79	14	1	3	42	—	78	—	54	4	—	279
19	—	55	2	1	1	36	—	41	—	33	2	—	171
20	—	47	—	1	—	21	—	30	—	20	—	—	119
21	—	23	—	1	1	20	—	13	—	10	—	—	68
22	—	16	1	—	—	11	—	9	—	7	—	—	44
23	—	6	—	2	—	7	—	8	—	2	—	—	25
24	—	5	—	—	—	5	—	5	—	1	—	—	16
25	—	4	—	—	—	5	—	4	—	2	—	—	15
Yht. — Insges.	520	6 905	1 442	228	302	3 399	291	8 185	—	7 813	1 465	201	30 751
25 +	—	5	—	—	—	3	—	4	—	3	—	—	15
Kaikkiaan	520	6 910	1 442	228	302	3 402	291	8 189	—	7 816	1 465	201	30 766
Insgesamt													
Eriä, kpl													
Partien, St ..	2	26	7	1	1	15	1	37	—	38	11	4	143

lään, koska samoillakin varastopaikoilla on ollut kummankin tyyppistä tavaraa, usein jopa toisiinsa sekoittuneena.

Aineistoa kerääntyi Etelä-Suomesta kaikkiaan 1 210 mittauserästä 355 261 rankaa, joista kuusia oli 211 679 kappaletta ja mäntyjä 143 582 kappaletta. Aineiston jakautuminen eri pituisten ja paksuisten määrämittarankojen kesken nähdään taukukosta 1.

Kun aineisto ryhmitellään päävesistöalueittain II valtakunnan metsien arvioinnin vesistöaluejaotusta noudattaen (Ilvessaalo 1943), jakaantuvat rangat taulukon 2 mukaisesti.

Taulukko 2. Määrämittarankojen jakautuminen vesistöalueittain. Etelä-Suomi. *Tabelle 2. Verteilung der Langhölzer konstanter Länge je Gewässergebiet. Südfinnland.*

Vesistöalue <i>Gewässergebiet</i>	Kuusi — <i>Fichte</i>				Mänty— <i>Kiefer</i>			
	Runkotavara <i>Stammholz</i>		Latvatavara <i>Zopfholz</i>		Runkotavara <i>Stammholz</i>		Latvatavara <i>Zopfholz</i>	
	Eriä, kpl <i>Partien, St.</i>	Rankoja, kpl <i>Langhölzer, St.</i>	Eriä, kpl <i>Partien, St.</i>	Rankoja, kpl <i>Langhölzer, St.</i>	Eriä, kpl <i>Partien, St.</i>	Rankoja, kpl <i>Langhölzer, St.</i>	Eriä, kpl <i>Partien, St.</i>	Rankoja, kpl <i>Langhölzer, St.</i>
	Etelä-Päijänne	180	55 335	12	2 586	127	36 519	27	5 169
Pohjois-Päijänne	163	49 078	28	5 353	104	27 707	49	10 724
Etelä-Saimaa	119	44 177	5	896	81	20 292	28	5 198
Pohjois-Saimaa	79	27 946	18	3 950	55	15 216	32	8 086
Pielinen	54	22 073	1	285	41	13 082	7	1 589
Yhteensä— <i>Insgesamt</i>	595	198 609	64	13 070	408	112 816	143	30 766

Taulukosta 1 huomataan, että suurin osa sekä kuusi- että mäntyaineistosta on täysille metreille katkottuja määrämittarankoja. Männyllä esiintyvät välimitat johtuvat siitä, että myös mäntykaivospölkkyjä on tullut aineistoon mukaan. 2.1 m kuusipaperipuuta on tullut mittaan pääasiassa vain Etelä-Saimaan vesistöalueelta ja sieltäkin vain Enso-Gutzeit Osakeyhtiön varastoilta. 3-metristä kuusipaperipuuta on taas saatu pääasiassa vain Päijänteen vesistöalueelta, koska idempänä lähinnä vastaava pituus otetaan 3.2-metrisenä. 5-metristä kuusta on voitu mitata vähän, pääasiassa vain Etelä-Päijänteen vesistöalueelta, kun taas 6-metristä on saatu koko Päijänteen vesistöalueelta, mutta kuitenkin vain A. Ahlström Osakeyhtiön varastoalueilta. 2.5 metriä pitkää mäntypaperipuuta hankitaan vain Saimaan vesistöalueella ja sielläkin pääasiassa kahden yhtiön, Enso-Gutzeit Osakeyhtiön ja Oy Kaukas Ab:n toimesta. Erikoisesti lienee syytä tässä tähdentää, että 6-metristä mäntypaperipuuta ei koko tutkimusalueella hakata juuri ollenkaan.

Niinkuin jo aikaisemmin on huomautettu ja kuten aineistotaulukoista voidaan havaita, on aineistossa kummankin puulajin päämittoihin katkotun runkotavaran mittauserien ja pölkkyjen määrä varsin runsas. Sen sijaan

latvatavaran osalta aineisto on jäänyt huomattavasti pienemmäksi, vaikka keräysvaiheessa onkin pyritty saamaan aineistoon mukaan latvatavaraa kaikkialta sieltä, missä se suinkin on ollut mahdollista.

Kuutiotaulukon laatiminen

Runkotavaraa pituusluokittain tarkasteltaessa havaittiin, että jokaisessa pituusluokassa läpimitalluokittaiset todelliset kuutiot voitiin tasoittaa suoraviivaisesti, kuusella 2.10 ja männyllä 2.15 potenssin regressiota käyttäen (ks. s. 24). Nämä potenssit näyttivät kelpaavan hyvin kummankin puulajin runkotavaralle, lukuunottamatta yli 25 cm paksuja kuusia, joissa todelliset kuutiot näyttivät jäävän jonkin verran tasoitusuoran arvojen alapuolelle. Koska aineistosta ei ollut olemassa tarkemmin eriteltyjä tietoja, ei tämän ilmiön syytä ole voitu selvittää.

Koska paksujen rankojen aineisto oli lisäksi luonnollisista syistä jäänyt suhteellisen vähäiseksi, ei aineiston perusteella voitu saada selvää kuvaa siitä, miten yleensä järeiden rankojen kuutioarvoja olisi pitänyt silmävaraisesti tasoittaa, jotta näidenkin kohdalla olisi voitu päästä mahdollisimman totuudenmukaiseen lopputulokseen. Koska kuitenkin voitiin todeta, että esimerkiksi tällaisten kuusipölkkyjen todellinen kuutio oli vain noin 4 % aineistoon sisältyvien pölkkyjen kokonaiskuutiosta, kuutioarvojen tasoitukset suoritettiin vain 25 cm latvaläpimitaan asti.

Kummankin puulajin latvatavaralle näytti sopivan suunnilleen samansuuruiset läpimittojen potenssikorotukset kuin runkotavarallekin. Mäntyssä latvatavarassa ilmeni kuitenkin yksipuolisia poikkeamia tasoitusviivan arvoista siten, että esim. 5.0 m pitkille rangoille olisi pitänyt käyttää huomattavasti

Taulukko 3. Määrämittarankojen todelliset kuutiot. Etelä-Tabelle 3. Wirkliche Kubikmassen der Langhölzer konstanter

Rangan pituus, m <i>Länge des Langhölzes, m</i>	Latvaläpimitta kuoretta, cm —										
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	Rangan kuutio, m ³ —										
	Kuusi —										
2.0	0.008	0.010	0.012	0.014	0.017	0.021	0.024	0.028	0.032	0.037	0.042
3.0	0.014	0.018	0.021	0.024	0.029	0.032	0.038	0.045	0.052	0.059	0.066
4.0	0.021	0.026	0.031	0.035	0.041	0.048	0.055	0.063	0.073	0.082	0.092
5.0	0.033	0.038	0.042	0.050	0.060	0.070	0.075	0.084	0.076	0.107	0.123
6.0	0.047	0.051	0.058	0.066	0.078	0.089	0.099	0.110	0.121	0.136	0.156
	Mänty —										
2.0	0.008	0.010	0.011	0.013	0.017	0.020	0.024	0.028	0.032	0.037	0.041
3.0	0.016	0.018	0.020	0.024	0.028	0.032	0.037	0.044	0.051	0.058	0.065
4.0	0.020	0.025	0.029	0.033	0.039	0.045	0.052	0.060	0.068	0.078	0.087
5.0	0.036	0.036	0.038	0.044	0.052	0.059	0.066	0.076	0.087	0.099	0.112
6.0	..	0.038	0.044	0.051	0.064	0.073	0.088	0.098	0.114	0.117	0.136

tavasti pienempää ja 3.0 m pitkille rangoille jonkin verran pienempää potenssia. Samoin 4.0 m pitkille määrämittarangoille sopi potenssi 2.15 verrattain hyvin 6—14 cm:n paksuisille, mutta tätä paksummille pölkyille olisi ollut käytettävä korkeampaa potenssia. Nämä seikat ja se, että latvatavara-aineiston sekä pölky- että eräluku oli jäänyt yleensä verrattain pieneksi, aiheuttivat sen, ettei kuutiotaulukkoa määrämittäiselle latvatavaralle katsottu voitavan olla laattia.

Tarkasteltaessa eri vesistöalueitten läpimittaluokittaisia kuutioita graafisena esityksenä huomattiin, että kaikissa vesistöalueissa samojen pituusluokkien kuvaajat kulkivat niin lähellä toisiaan, vieläpä usein risteillen, että niiden kuutioarvoja tilastollisessa mielessä ei voitu pitää eri sarjoihin kuuluvina. (Tätä kysymystä käsitellään edelleen sivuilla 38 ja 39). Tämän takia yhdistettiin Etelä-Suomen aineistot, joista laskettiin pituusluokittain läpimittaluokkia vastaavat todelliset kuutioarvot (taulukko 3), tasoittamalla ne edellä mainitulla tavalla 2.10 ja 2.15 potenssin regressiota käyttäen¹⁾ (Alameri—Pöyhönen 1954). Tällöin saatiin kunkin pituusluokan taulukkoarvoille seuraavat yhtälöt:

$$\begin{aligned} \text{kuuselle: } y_k &= a_k + b_k x^{2.10} \text{ ja} \\ \text{männylle: } y_m &= a_m + b_m x^{2.15} \end{aligned}$$

joissa y merkitsee pölkyn kuutiota ja x tämän pölkyn latvaläpimittaa. Näiden yhtälöiden vakioiden a ja b arvot nähdään taulukossa 4.

¹⁾ Oikeampaa olisi luonnollisesti ollut perustaa tasoitus suoraan yksityisten rankojen todellisiin kuutioihin. Ottaen huomioon kuitenkin aineiston tavattoman laajuuden, ei näin suurin laskutöihin ole ollut käytännössä mahdollisuuksia.

Suomi: Päijänteen, Saimaan ja Pielisen vesistöalueet.

Länge. Südfinnland: Päijänne-, Saimaa- und Pielinen-Gewässergebiete.

Zopfdurchmesser ohne Rinde, cm										Rangan pituus, m Länge des Langholzes, m
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Kubikmasse des Langholzes, m ³										
<i>Fichte</i>										
0.047	0.053	0.059	0.065	0.072	0.079	0.087	0.094	0.103	0.112	2.0
0.075	0.083	0.092	0.100	0.110	0.124	0.135	0.139	0.159	0.180	3.0
0.103	0.114	0.128	0.141	0.156	0.171	0.185	0.200	0.221	0.236	4.0
0.136	0.152	0.171	0.186	0.203	0.220	0.241	0.260	0.280	0.307	5.0
0.174	0.196	0.216	0.233	0.254	0.276	0.305	0.327	0.353	0.397	6.0
<i>Kiefer</i>										
0.047	0.052	0.059	0.065	0.072	0.081	0.086	0.095	0.105	0.111	2.0
0.073	0.082	0.092	0.102	0.112	0.125	0.141	0.146	0.159	0.163	3.0
0.098	0.110	0.123	0.136	0.152	0.165	0.183	0.194	0.211	0.234	4.0
0.125	0.139	0.155	0.173	0.194	0.210	0.241	0.257	..	0.329	5.0
..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	6.0

Taulukko 4. Määrämittarankojen runkotavaran kuutioarvoja kuvaavan yhtälön ($y = a + bx^c$) vakioiden a ja b arvot. Etelä-Suomi.

Tabelle 4. Werte der Konstanten a und b der Gleichung für die Kubikwerte des Stammholzes der Langhölzer konstanter Länge ($y = a + bx^c$). Südfinnland.

Rangan pituus, m Länge des Langholzes, m	Kuusi Fichte ($c = 2.10$)		Mänty — Kiefer ($c = 2.15$)	
	a	b	a	b
1.8	—	—	0.00310	0.0000931
2.0	0.00371	0.0001206	0.00390	0.0001030
2.1	0.00476	0.0001287	0.00420	0.0001046
2.2	—	—	0.00339	0.0001188
2.4	—	—	0.00497	0.0001215
2.5	—	—	0.00677	0.0001267
2.7	—	—	0.00637	0.0001377
3.0	0.00806	0.0001826	0.00765	0.0001594
3.2	0.00820	0.0002016	—	—
3.5	—	—	0.00895	0.0001755
4.0	0.01247	0.0002520	0.01242	0.0002081
5.0	0.02155	0.0003176	0.01862	0.0002562
6.0	0.03159	0.0003943	0.02033	0.0003306

Edellä olevien yhtälöiden perusteella on laskettu päämitoille 2.0, 3.0, 4.0, 5.0 ja 6.0 m katkaistulle kuusen ja männyn runkotavarakkeelle tasoitetut kuutioluvut (m^3 :ssä). Nämä on esitetty yhdellä desimaalilla 100 rankaa kohti liitetaulukossa 1, joka muodostaa Etelä-Suomen määrämittarankojen kuutiotaulukon ja jonka lukuja nimitetään seuraavassa taulukkokuutioiksi. Voidaan todeta, että todelliset kuutioarvot ovat hyvin tasoittuneet lukuunottamatta paksujen kuusirankojen kuutioita, joista jo edellä mainittiin.

Taulukko 5. Määrämittarankojen lukumäärä sekä todelliset ja kuutiotaulukon mukaiset kokonaiskuutiot. Etelä-Suomi.

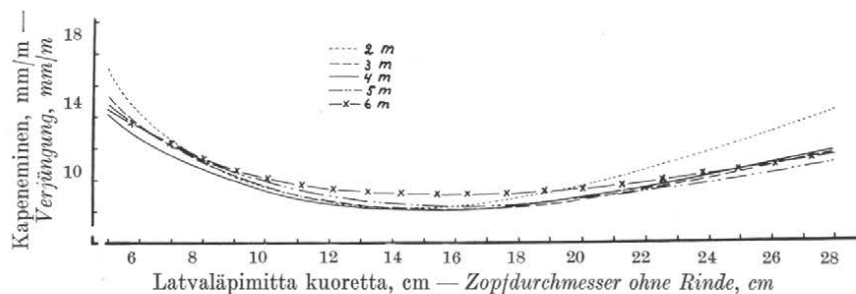
Tabelle 5. Zahl der Langhölzer konstanter Länge sowie wirkliche und der Kubiktabelle entsprechende Totalkubikmassen. Südfinnland.

Rangan pituus, m Länge des Langholzes, m	Kuusi Fichte			Mänty — Kiefer		
	Lukumäärä, kpl Stückzahl	Todellinen kuutio, m^3 Wirkliche Ku- bikmasse, m^3	Taulukko- kuutio, m^3 Tabellenkubik- masse, m^3	Lukumäärä, kpl Stückzahl	Todellinen kuutio, m^3 Wirkliche Ku- bikmasse, m^3	Taulukko- kuutio, m^3 Tabellenkubik- masse, m^3
1.8	—	—	—	2 773	66.0	66.0
2.0	65 624	2 147.3	2 148.8	18 015	477.0	477.0
2.1	6 069	279.2	279.1	2 424	65.0	64.9
2.2	—	—	—	346	10.3	10.3
2.4	—	—	—	2 537	81.6	81.6
2.5	—	—	—	4 380	128.3	128.4
2.7	—	—	—	4 249	174.1	174.1
3.0	22 506	847.2	847.7	21 764	825.2	825.2
3.2	11 581	633.9	634.2	—	—	—
3.5	—	—	—	1 834	74.6	74.6
4.0	76 935	5 591.6	5 593.6	44 984	2 618.0	2 619.4
5.0	5 759	498.2	498.1	9 067	593.0	592.8
6.0	9.583	1 040.9	1 040.9	443	28.6	28.6

Taulukossa 5 nähdään eri pituisista määrämittarangoista saatujen aineistojen todellisten sekä tasoitetuilla kuutioluviilla laskettujen kokonaiskuutioiden suuruudet. Vaikka tasoitussuorien voidaankin havaita soveltuneen erittäin hyvin aineistojen tasoittamiseen, on jo tässä yhteydessä kuitenkin syytä mainita, ettei kaikkien saatujen tasoitusarvojen tarvitse olla lähellä parhaita mahdollisia koko alueen keskimääräisiä arvoja kaikissa pituusluokissa. On nimittäin huomattava, että eräisiin pituusluokkiin, etenkin männyllä, kuuluu aineistoa niin vähän, ettei näille pituusluokille saatujen taulukkokuutioiden tarvitse edustaa koko tutkimusalueen parhaita saatavissa olevia arvoja. Saatuja kuutioarvoja voidaan pitää sen tähden suhteellisen luotettavina ainoastaan aineiston yleisimmille rankapituuksille, joista kustakin aineistoa on useampia tuhansia pölkkyjä. Muiden pituuksien kuutioarvoja ei voitane niin helposti yleistää ja onkin syytä katsoa niiden kuvastavan vain pääasiassa oman aineistonsa kuutioarvojen likiarvoja.

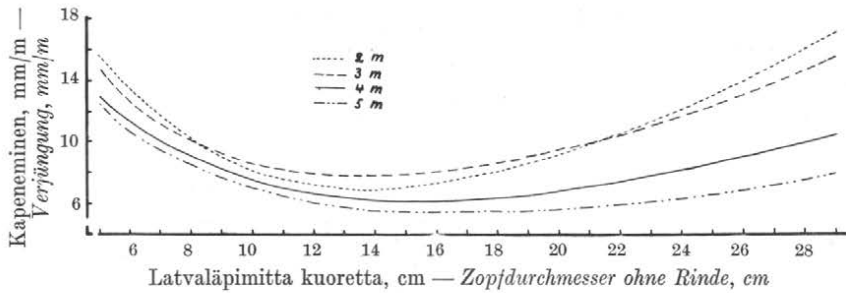
Rankojen kapenemissuhteet

Kuvissa 2 ja 3 esitetään kuusen ja männyn täysille metreille katkotun runkotavaran keskimääräinen kapeneminen rangan keskeltä latvaan, latvapaksuuden vaihdellessa 5—28 cm:iin. Voidaan huomata, että kapenemiskäyrästöjen yleinen kulku sekä puulajeittain että pituusluokittain noudattelee suurin piirtein samaa suuntaa siten, että kapeneminen ensin pienenee latvaläpimitan kasvaessa, pysyttelee sitten n. 10—18 cm:n vaiheilla suunnilleen muuttumattomana, ja alkaa sitten paksumpiin pölkkyihin päin hiljalleen suureta. Kuusella on kapenemisen vaihtelu pituusluokasta toiseen varsin vähäistä. Se näyttää pysyvän pääasiassa n. 1 mm:n rajoissa. Näin ollen ei kuusen pituusluokkien välillä pääse muodostumaan läheskään niin selvää kapenemisen vaihtelua kuin männyllä, jolla kapeneminen näyttää selvästi pienenevän suurempia pituuksia kohti. Aikaisemmat tutkimukset



Kuva 2. Määrämittarankojen kapeneminen keskeltä latvaan. Kuusi. Etelä-Suomi

Abb. 2. Verjüngung der Langhölzer konstanter Länge von der Mitte nach dem Zopf zu. Fichte. Südfinland.



Kuva 3. Määrämittarankojen kapeneminen keskeltä latvaan. Mänty. Etelä-Suomi

Abb. 3. Verjüngung der Langhölzer konstanter Länge von der Mitte nach dem Zopf zu. Kiefer. Südfinnland.

ovat antaneet samanlaisia tuloksia (Vid virkesmätning 1923, Brantseg 1954 a). Kummankin puulajin kapenemiskäyrä on siis kaareva ja yleensä sitä kaarevampi, mitä lyhyemmistä pölkkyistä on kysymys. Koska aineistoa ei ole lähemmin eritelty, ei voida tarkalleen osoittaa, mistä seikoista tällainen ilmiö johtuu. Mutta sen tiedon perusteella, mitä meillä on puun rungon eri osien muodosta ja läpimittaluokittaisesta jakautumisesta, voidaan olettaa, että piirroksissa olevien ohuiden puiden suurempi kapeneminen johtuu lähinnä siitä seikasta, että näihin runkotavaran läpimitta-

Taulukko 6. Määrämittarankojen kuutiotaulukon
Tabelle 6. Kubierungsgenauigkeit der Kubiktabelle für

Vesistöalue Gewässergebiet	Pituus, m —							
	2.0				3.0			
	Eriä, kpl Partien, St.	V% ¹⁾	σ V%	EV %	Eriä, kpl Partien, St.	V%	σ V%	EV %
	Kuusi —							
Etelä-Päijänne	26	99.81	2.83	0.56	44	101.14	3.90	0.59
Pohjois-Päijänne ...	47	99.40	2.73	0.40	41	99.05	3.45	0.54
Etelä-Saimaa	46	101.28	3.15	0.48	4	99.75	.	.
Pohjois-Saimaa	35	100.86	3.81	0.64	—	—	—	—
Pielinen	23	98.87	1.92	0.40	—	—	—	—
Yht./keskim. Insgesamt/Im Mittel	177	100.17	3.12	0.23	89	100.11	3.76	0.40
	Mänty —							
Etelä-Päijänne	17	99.71	.	.	40	100.35	6.00	0.95
Pohjois-Päijänne ...	21	99.71	3.60	0.79	29	99.86	7.16	1.33
Etelä-Saimaa	17	99.24	.	.	3	98.33	.	.
Pohjois-Saimaa	8	100.13	.	.	6	100.17	.	.
Pielinen	1	102.00	.	.	4	106.50	.	.
Yht./keskim. Insgesamt/Im Mittel	64	99.67	3.70	0.46	82	100.39	6.95	0.77

¹⁾ V % = erien lukumäärällä painoitettu todellinen kuutio sadanneksina (%) kuutiotaulukon

¹⁾ V % = mit der Zahl der Partien gewogene wirkliche Kubikmasse in Prozenten von der Kubik-

luokkiin sijoittuvat nimenomaan latvakappaleet ja suuri osa muutakin rungon latvaosaa, kun taas paksuihin läpimittaluokkiin sijoittuvat tyvikappaleet ja yleensäkin runkojen alimmat osat, joiden kapeneminen on yleensä suurempi kuin keskipaksuisten rankojen, joihin sisältyy rungon keskiosia (vrt. s. 10 ja 11). Samalla perusteella voidaan selittää myös se, että lyhkäsien rankojen kapenemiskäyrät ovat enemmän kaarevia kuin pitkien pölkkyjen, sillä mitä lyhyemmistä määrämittarangoista on kysymys, sitä enemmän latva- ja tyvikappaleita ne sisältävät ja sitä selvemmin niiden suuremman kapenemisen vaikutus tuntuu.

Koska paperipuuerien keskipölkyn latvaläpimitta on tavallisimmin 10—18 cm ja koska kapenemiskäyrien arvot ovat juuri näissä läpimittaluokissa pienimpiä, suureten ohuempiin ja paksumpiin läpimittoihin päin, täytyy erän keskipölkyn kapenemisen yleensä olla pienempi erän keskimääräistä todellista kapenemista. Tämän tapaisia ovat myös ruotsalaisten (Vid virkesmätning 1923) sahatukkien kapenemisestä esittämät tiedot.

Kuutiotaulukon soveltuvuus eri vesistöalueille

Kuten taulukosta 5 havaitaan, antavat tasoitetut taulukkokuutioluvut kokonaistulosta silmälläpitäen melkein täsmälleen todellisen kuution kummankin puulajin rangoille. Tärkeätä on kuitenkin tietää, miten ne kelpaavat

kuutioimistarkkuus vesistöalueittain. Etelä-Suomi.

Langholz konstanter Länge je Gewässergebiet. Südfinnland.

Länge, m

4.0				5.0				6.0			
Eriä, kpl Partien, St.	V%	σ V%	EV %	Eriä, kpl Partien, St.	V%	σ V%	EV %	Eriä, kpl Partien, St.	V%	σ V%	EV %
<i>Fichte</i>											
65	100.26	3.59	0.44	20	100.15	3.28	0.73	25	99.92	1.06	1.40
61	98.79	3.55	0.45	1	96.00	.	.	13	100.23	.	.
41	99.88	4.38	0.68	4	104.00	.	.	—	—	—	—
31	100.90	6.03	1.08	—	—	—	—	—	—	—	—
17	101.18	3.57	0.87	—	—	—	—	3	91.67	.	.
215	99.94	4.37	0.30	25	100.60	4.83	0.97	41	99.41	6.31	0.99
<i>Kiefer</i>											
47	100.06	4.41	0.64	20	101.25	5.23	1.17	1	100.00	.	.
35	99.03	5.82	0.93	1	118.00	.	.	—	—	—	—
32	99.28	5.32	0.94	11	98.91	.	.	—	—	—	—
18	103.56	5.90	1.39	4	96.00	.	.	—	—	—	—
20	98.40	5.75	1.29	—	—	—	—	1	100.00	.	.
152	99.86	5.43	0.44	36	100.42	5.70	0.95	2	110.00	.	.

mukaisesta kuutiosta.

masse nach der Kubiktabelle.

käytettäväksi erikseen kussakin vesistöalueessa. Aineiston laajuuden takia onkin tähän vertailuun ollut mahdollisuus.

Kysymyksen selvittämiseksi on laskettu jokaisen erän todellinen kuutio ja taulukon mukainen kuutio. Tämän jälkeen on laskettu sadanneksen-tarkkuudella, miten monta sadannesta todellinen kuutio on taulukon mukaisesta kuutiosta. Näistä sadannesluvuista on laskettu keskiarvo, niiden hajonta ja keskiarvon keskivirhe. Täysille metreille katkotulle runkotavaraalle saadut tulokset nähdään taulukossa 6. Vertailemalla vesistöalueittaisia keskiarvoja ja niiden keskivirheitä voidaan taulukon perusteella tehdä se tärkeä havainto, etteivät vesistöalueittaiset erien todelliset kuutiot eroa samojen erien taulukkokuutioista missään vesistöalueessa niin paljon, että näitä eroja voitaisiin pitää tilastollisessa mielessä merkitseväinä. Vertailemalla *t*-testillä (Alameri-Pöyhönen 1954) kummankin puulajin pituusluokittain saatuja vesistöalueittaisia keskiarvoja koko tutkimusalueen keskiarvoihin huomattiin, että vain Pohjois-Päijänteen 2.0 m ja 4.0 m pitkissä kuusipaperipuerissa saatiin *t*-testin arvoksi melkein merkitsevä (*) ja vain Pielisen 2.0 m pitkissä kuusipaperipuissa merkitsevä (**). Muistamalla, että Pohjois-Päijänteen paperipuurangat ovat keskimäärin huomattavan kuivilta kasvupaikoilta, on ymmärrettävissä testauksen tuloskin. Tämän takia sitä ei olekaan pidettävä niin selvänä ja

Taulukko 7. Kasvupaikan vaikutus
Tabelle 7. Einfluss des Standorts auf die Kubik-

Pituus, m <i>Länge, m</i>	Kuivat kankaat <i>Trockene Waldböden</i>			Tuoreet kankaat <i>Frische Waldböden</i>		
	Eriä, kpl <i>Partien, St.</i>	V % ¹⁾	σV %	Eriä, kpl <i>Partien, St.</i>	V %	σV %
2.0	58	99.24	3.19	69	101.23	Kuusi — 2.96
3.0	26	99.08	3.68	22	100.32	3.95
4.0	77	99.31	4.91	82	100.56	4.18
5.0	1	95.00	.	8	103.88	.
6.0	10	100.80	.	21	99.43	.
Yht./keskim. <i>Insgesamt/Im Mittel</i>	172	99.31	.	202	100.78	.
2.0	36	99.92	4.38	16	99.88	Mänty — .
3.0	49	100.08	5.78	12	106.00	.
4.0	85	99.25	5.71	25	102.52	5.29
5.0	19	100.74	.	10	99.30	.
6.0	1	100.00	.	1	100.00	.
Yht./keskim. <i>Insgesamt/Im Mittel</i>	190	99.74	.	64	101.97	.

¹⁾ V % = erien lukumäärällä painoitettu todellinen kuutio sadanneksina (%) kuutiotaulukon

¹⁾ V % = mit der Zahl der Partien gewogene wirkliche Kubikmasse in Prozenten von der Kubik-

merkitsevä, että Pohjois-Päijänteen mainituille määrämittarangoille pitäisi laatia oma kuutioimistaulukko. Pielisen 2.0 m pituisen kuusipaperipuuaineiston hajonta ($\sigma = 1.92$) on suhteellisen pieni verrattaessa sitä muiden alueiden ja koko tutkimusalueen keskimääräiseen hajontaan. Voidaan myöskin olettaa, että Pielisen 2.0 m pitkien kuusipaperipuiden aineistoon on sattumalta joutunut suhteellisen hyvämuotoisia eriä, joten testauksen tulokseen (***) ei liene tässäkään tapauksessa syytä kiinnittää suurempaa huomiota. Näin ollen päädytään testaustulostenkin perusteella siihen, ettei eri vesistöalueiden kuutioiden välillä voida katsoa olevan tilastollisesti merkittäviä eroavaisuuksia, vaan laadittu määrämittarankojen kuutio- taulukko voidaan katsoa kelvolliseksi määrämittarankojen kuutioimiseen tutkituilla Etelä-Suomen vesistöalueilla.

Kasvupaikan vaikutus rankojen kuutioon

Kuten sivulla 28 jo mainittiin, eri kasvupaikoilta ajettut rangat ovat sekoittuneet jossain määrin toisiinsa. Puhtaiksikin merkityissä erissä lienee sekoittumista tapahtunut, sillä aineiston kerääjät eivät ole aina voineet itse todeta kasvupaikkaa eikä sen laatua. Tästä huolimatta on aineiston perus-

määrämittarankojen kuutioon. Etelä-Suomi.
masse der Langhölzer konstanter Länge. Südfinnland.

Vesiperäiset maat <i>Vernässte Waldböden</i>			Muut — <i>Sonstige</i>			Yht./keskim. <i>Zusammen/Im Mittel</i>		
Eriä, kpl <i>Partien, St.</i>	V %	σV %	Eriä, kpl <i>Partien, St.</i>	V %	σV %	Eriä, kpl <i>Partien, St.</i>	V %	σV %
<i>Fichte</i>								
14	100.57	.	36	99.47	2.69	177	100.17	3.12
10	99.80	.	31	100.94	3.63	89	100.11	3.76
26	100.62	4.56	30	99.28	2.82	215	99.93	4.37
6	98.67	.	10	99.70	.	25	100.60	4.83
—	—	—	10	97.56	.	41	99.35	6.31
56	100.25	.	117	99.71	.	547	100.03	.
<i>Kiefer</i>								
4	97.25	.	8	99.38	.	64	99.67	3.70
4	100.25	.	17	97.35	.	82	100.39	6.95
11	102.55	.	31	98.42	3.03	152	99.86	5.43
2	107.00	.	5	98.80	.	36	100.42	5.70
—	—	—	—	—	—	2	100.00	.
21	101.52	.	61	98.28	.	336	100.00	.

mukaisesta kuutiosta.
masse nach der Kubiktabelle.

teella yritetty muodostaa edes jonkinlainen kuva kasvupaikan vaikutuksesta paperipuuerien kuutioon. Tämän takia aineistosta on erotettu kaikki ne erät, joihin kasvupaikka on merkitty yksikäsitteisesti. Ryhmittely on suoritettu tämän jälkeen kuiviin ja tuoreisiin kankaisiin sekä vesiperäisiin maihin. Kaikki muut erät on siirretty ryhmään: muut, koska niissä on ollut useampia kasvupaikkamerkintöjä taikka sitten kasvupaikoista ei ole ollut olemassa mitään tietoja.

Taulukosta 7 havaitaan, että todelliset kuutiot ovat yleensä taulukko-kuutioita pienempiä kuivien kankaiden erissä, etenkin kuusella, kun taas tuoreiden kankaiden erissä tulos on päinvastainen. Vesiperäisten maiden todelliset kuutiot taas vaihtelevat puoleen ja toiseen taulukkokuutioistaan. Vaikka kuutioiden erot kasvupaikkojen välillä ovat keskivirheistäkin päätellen melko mitättömiä, näyttää kuitenkin siltä, että kuivien kankaiden määrittämääränsä muoto on hieman parempi kuin tuoreiden kankaiden, mistä syystä kuivien kankaiden paperipuuerien kuutiot saadaan taulukkoa käyttäen vähän liian suuriksi, kun taas tuoreiden kankaiden kohdalla on asianlaita päinvastainen. Kasvupaikan vaikutus paperipuuerien kuutioon näyttää kuitenkin olevan siksi vähäinen, että sitä ei ainakaan tämän aineiston perusteella voida pitää systemaattisia kuutioimisvirheitä aiheuttavana tekijänä.

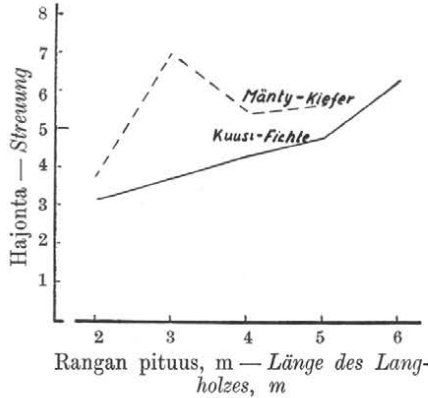
Kuutiotaulukon tarkkuus rankaeriä kuutioitaessa

Saadun kuutiotaulukon käyttöarvo riippuu suuresti siitä, kuinka tarkkoihin tuloksiin taulukkoa käyttäen voidaan päästä yksityisiä rankaeriä kuutioitaessa eli miten suuriin erittäisiin kuutioimisvirheisiin taulukkoa käytettäessä on varauduttava.

Tämän seikan valaisemiseksi on laskettu yksityisten erien todellisten kuutioiden keskiarvot sadanneksina taulukkokuutioista (suhteellinen kuutio) sekä niiden hajonnat kaikissa niissä tapauksissa, joissa eriä on ollut vähintään 20 kappaletta.

Taulukosta 6 ja sen perusteella tehdystä graafisesta esityksestä (kuva 4) voidaan huomata, että yksityisten erien suhteellisen kuution hajonta kasvaa erään kuuluvien rankojen pituuden lisääntyessä ollen kuusella pienempi kuin männyllä. Näin ollen eriä kuutioitaessa taulukkoa käyttäen on odotettavissa sitä laajempia poikkeamia mitä pitemmät rangat on kulloinkin kysymyksessä. Samanlaiseen tulokseen on aikaisemmin tultu Ruotsissa sahatukkeja kuutioitaessa (Vid virkesmätning 1923).

Taulukosta 8 nähdään rankaerien keskikuution vaikutus mainittuun hajontaan, joka näyttää olevan pienempi aineiston keskikuution ylä- kuin alapuolella olevissa erissä. Käytettävissä oleva aineisto ei ole ollut niin laaja, että olisi voitu tarkemmin selvittää hajonnan suuruuden muuttuminen



Kuva 4. Määrämittarankaerien suhteellisen kuution hajonta. Etelä-Suomi.

Abb. 4. Streuung der relativen Kubikmasse der Partien von Langholz konstanter Länge. Südfinnland.

siirryttäessä keskikuutioluokasta toiseen. Kuitenkin niissä tapauksissa, joissa hajonta on voitu laskea, vaikuttaa siltä, että se yleensä pienenee rankaerien keskikuution suurenessa. Samojen tapausten perusteella on myös havaittu, ettei hajonta nouse pienissäkään keskikuutioluokissa niin suureksi, etteikö saatua kuutioimistaulukkoa voitaisi käyttää myös erissä, joiden keskikuutio on pieni. Näin ollen ei ruotsalaisten (Vid virkesmätning

Taulukko 8. Määrämittarankaerien suhteelliset kuutiot ja hajonnat. Etelä-Suomi.
Tabelle 8. Relative Kubikmassen und Streuungen der Partien von Langholz konstanter Länge. Südfinnland.

Pituus, m Länge, m	Koko aineisto Gesamtes Material			Keskikuutiota pienemät erät Partien unter der mittleren Kubikmasse			Keskikuutiota suuremmat erät Partien über der mittleren Kubikmasse		
	Eriä, kpl Partien, St.	V % ¹⁾	σ V %	Eriä, kpl Partien, St.	V %	σ V %	Eriä, kpl Partien, St.	V %	σ V %
	Kuusi — Fichte								
2.0	177	100.17	3.12	94	99.49	3.23	83	100.94	3.07
3.0	89	100.11	3.76	54	100.30	3.92	35	99.83	3.54
4.0	215	99.93	4.37	136	99.21	4.65	79	101.18	3.41
	Mänty — Kiefer								
2.0	64	99.67	3.70	42	98.50	3.60	22	101.91	2.86
3.0	82	100.39	6.95	48	99.90	7.78	34	101.09	5.94
4.0	152	99.86	5.43	96	98.93	5.54	56	101.45	4.89

¹⁾ V % = erien lukumäärällä painoitettu todellinen kuutio sadanneksina (%) kuutiotaulukon mukaisesta kuutiosta.

¹⁾ V % = mit der Zahl der Partien gewogene wirkliche Kubikmasse in Prozenten von der Kubikmasse nach der Kubiktablelle.

1923) esittämää epäilystä, ettei latvastamittaus kelpaisi ohuiden pölkyjen kuutioimiseen, tarvinne tässä tapauksessa ottaa vakavammin pohdittavaksi.

Taulukosta 8 huomataan myös, että aineiston keskikuution alapuolella olevien erien suhteellisen kuution keskiarvo on yleensä koko aineiston vastaavaa keskiarvoa pienempi, kun taas aineiston keskikuution yläpuolella olevien erien samalla tavoin laskettu keskiarvo on koko aineiston vastaavaa arvoa suurempi. Poikkeuksen tästä tekevät 3.0 m kuusirangat. Tämä ilmiö näkyi jotenkin selvänä tarkkailtaessa mainitun suhteen kehittymistä keskikuutioluokasta toiseen, jolloin suhteellisen kuution lukuarvo ensin yleensä kasvoi erien keskikuution noustessa mutta tyrehtyi myöhemmin suurempiin keskikuutioluokkiin tultaessa. Ilmiö näyttää siis aiheuttavan pienen yksipuolisen virheen erien kuutioon. Se saattaa olla varsin läheisessä syy-yhteydessä kasvupaikkatekijöihinkin. Ilmiön aiheuttaman yksipuolisen virheen välttämiseksi voitaisiin tietenkin laskea sopivia korjauskertoimia, mutta aineiston riittämättömyyden takia ei siihen ole ollut tässä tapauksessa tarpeeksi edellytyksiä. Latvastamittaukseen perustuvan kuutiotaulukon yleisen kuutioimistarkkuuden huomioonottaen ei esitettyllä pienellä, yksipuolisella virheellä liene käytännöllistä merkitystä.

Hajamittarankojen kuutiotaulukko Etelä-Suomea varten

Kuutiotaulukon laatiminen

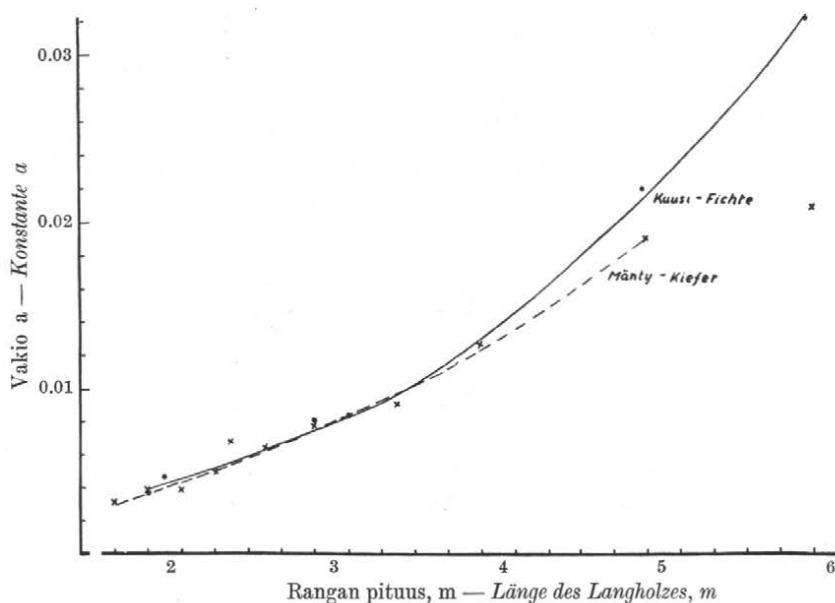
Kuten edellä on jo tullut mainituksi, tapahtuu määrämittarankoja hakattaessa usein siten, että jotain suurinta rankamittaa, esim. 4 metriä pidetään päämittana, jonka pituisia rankoja yritetään saada mahdollisimman paljon. Lyhyempiä mittoja, esim. 2- ja 3-metriä, pidetään apumittoina, joiden avulla taas rungon käyttöpuosa yritetään saada mahdollisimman tarkkaan talteen. Tällöin hakatut rungot jakaantuvat määrämittarangoiksi pääpiirtein siten, että runkojen tyvi- ja keskiosista leikataan pisimpiä rankoja, kun taas runkojen latvakappaleet joutuvat pääasiassa lyhyemmäksi tavaraksi. Tällä seikalla on luonnollisesti vaikutuksensa eri pituisten määrämittarankojen kapenemiseen. Varsin selvänä tämä näkyy kuvassa 3, jossa 3-metrinen määrämittarangan kapenemiskäyrä eroaa selvästi muiden käyrien yleisestä kulusta. Kuusen kohdalla, kuvassa 2, ei ero ole näin selvä, mutta voidaan kuitenkin panna merkille erikoisesti 4-metrinen kuusipaperipuun kapenemisen kulku merkitsevimmällä osallaan (5—16 cm välillä) muiden käyrien alapuolella. Mainitun seikan vaikutus ilmenee myös jossain määrin pituusluokkien keskimääräisessä kapenemisessa, joka selviää allaolevasta asetelmasta:

Pituus, <i>Länge,</i> m	Kuusi <i>Fichte</i> Keskimääräinen kapeneminen, mm/m <i>Durchschnittliche Verjüngung, mm/m</i>	Mänty <i>Kiefer</i>
2.0	9.5	8.4
3.0	10.1	9.1
4.0	9.2	7.5
5.0	10.4	7.3
6.0	10.9	—

Näiden lukujen perusteella voidaan huomata 3-metrinen paperipuun suurempi ja 4-metrinen paperipuun pienempi kapeneminen kuin mitä odotaisi kapenemisen yleisen kulun perusteella. Tulos vastaa hyvin aineiston kerääjien tästä asiasta saamaa käsitystä, jonka mukaan 3-metriä onkin

yleensä ollut tutkimusalueella varsin runsaasti apumittana, kun taas 4-metriä on ollut useimmissa tapauksissa päämittana. Aineiston kerääjien käsityksen mukaan taas 2-metrinen paperipuu, vaikka siihen sisältyy jossain määrin 2 m apumittalla tehtyä latvatavaraakin, on kuitenkin pääasiassa saatu leimikoista, joista ei muun mittaisia paperipuita olekaan tehty. Näin ollen 2-metriseen paperipuuhun ei voida katsoa tulleen rungon latvaosia ollenkaan niin runsaasti kuin 3-metriseen paperipuuhun.

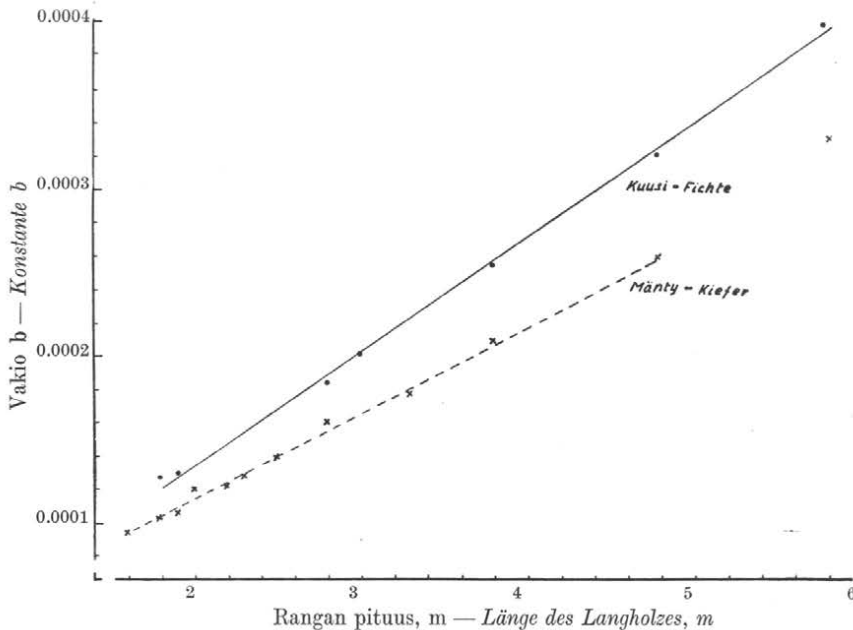
Yllämainitut seikat huomioon ottaen ei kapeneminen käsillä olevassa aineistossa voi olla tarkalleen samantapaista kuin se olisi sellaisessa aineistossa, jossa paperipuut olisi hakattu vaihtelevan pituisiksi hajamittarangoiksi, esim. täysille desimetreille. Käsillä oleva Etelä-Suomen määrämittarankojen aineisto ei näin ollen olekaan kelvoinen laadittaessa etelä-suomalaisille hajamittarangoille kuutiotaulukkoita. Etelä-Suomessa ei kuitenkaan ole ollut hajamittarankoja mitattavissa, joten aineistoa ei ole voitu saada. Koska hajamittarankojen kuutiotaulukoiden puuttuminen on kuitenkin eräänä esteenä tällaisten rankojen hankintaan siirtymiselle, olisi nimenomaan siirtymisvaihetta ajatellen edullista, että tällaisetkin taulukot olisivat käytettävissä. Tämän takia on määrämittarankojen aineiston avulla tehty kuutiotaulukot hajamittarangoillekin.



Kuva 5. Hajamittarankojen kuutioarvoja kuvaavien yhtälöiden vakioiden a arvot. Etelä-Suomi.

Abb. 5. Werte der Konstanten a in den Gleichungen für Kubikwerte der Langhölzer variierender Länge. Südfinnland.

Tarkasteltaessa kuvien 2 ja 3 kapenemiskäyriä huomataan, etteivät varsinkaan eri pituisten kuusisten määrämittarankojen kapenemiset edustavimmissa läpimittaluokissa loppujen lopuksi kovinkaan paljon eroa toisistaan. Mänyllä erot ovat tosin suuremmat, mutta myös pituusluokittaisten käyrien keskinäinen järjestys on selvempi. Muistamalla, mitä edellä on sanottu määrämittarankojen (esim. 3- ja 4-metrinen) teosta määräytyistä osista runkoa, voidaan ajatella, että nyt esitetyt kapenemiskäyrät edustavat mieluummin kapenemisen vaihtelun ääriarvoja kun taas hajamittarankojen kapenemiskäyrät asettuvat samalla tavalla esitettäessä suunnilleen samalle, mutta suppeammalle alueelle. Laadittaessa määrämittarankojen aineiston perusteella myös hajamittarankojen kuutiotaulukkoita, ei näin ollen aivan suuriin virheisiin missään tapauksessa voitane joutua. Tälle ajatukselle on myös saatu tukea myöhemmin tarkasteltaessa vakioiden a ja b sijoittumista helposti tasoittuvaksi sarjaksi kuvissa 5 ja 6 huolimatta eräiden pituuksien edellä todetusta yksipuolisesta kapenemistendenssistä. Tästä huolimatta on tähdennettävä sitä, että laadittujen hajamittarankojen kuutiotaulukot tulisi tarkistaa heti, kun hajamittarankoja on alueella tarkistusmittauksiin saatavissa.



Kuva 6. Hajamittarankojen kuutioarvoja kuvaavien yhtälöiden vakioiden b arvot. Etelä-Suomi

Abb. 6. Werte der Konstanten b in den Gleichungen für Kubikwerte der Langhölzer variierender Länge. Südfinnland.

Ryhdyttäessä laatimaan hajamittarankojen kuutiotaulukkoa huomattiin, että sivulla 24 ja taulukossa 4 esitettyjen vakioiden a ja b arvot muodostivat säännöllisen sarjan, jolloin b :n arvot voitiin tasoittaa suoraviivaisesti pienimmän neliösumman menetelmällä, kun taas a :n arvoja tasoitettaessa käytettiin käsivaraista tasoitusmenetelmää. Näiden vakioiden perusteella on sitten laskettu taulukko, joka nähdään liitetaulukossa 2.

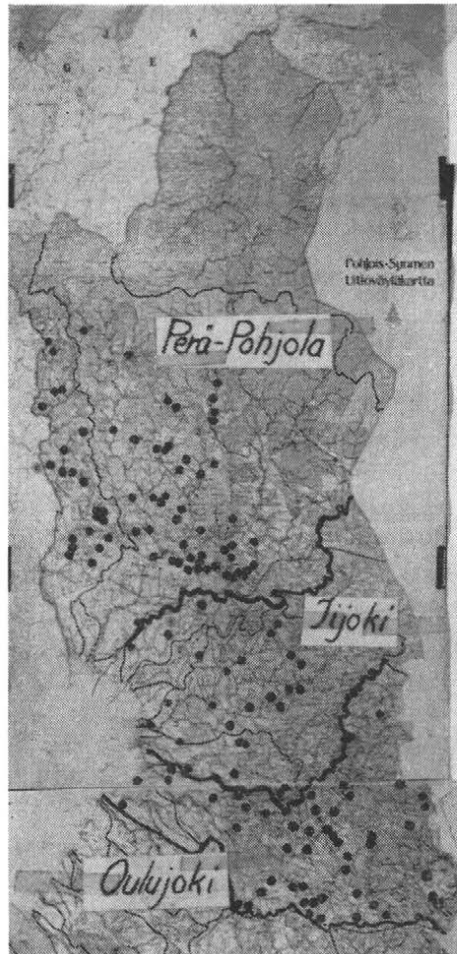
Hajamittarankojen kuutiotaulukot Pohjois-Suomea varten

Aineistot

Talvella 1951 suorittivat metsähallinnon Perä-Pohjolan piirikuntakonttori ja Kemijoen Uittoyhdistys Perä-Pohjolassa ruotsalaisille ostajille myytyjen hajamittarankojen mittauksia lähinnä omia tarkoituksiaan varten niillä paikoilla, joiden sijainti nähdään kuvasta 7. Aineistot luovutettiin myöhemmin metsäntutkimuslaitokselle rankatavaran kuutiotaulukoiden laatimista varten, ja ne käsittävät kaikkiaan 25 994 kuusirankaa 79 varastopaikalta ja 13 611 mäntyrankaa 66 varastopaikalta eli kaikkiaan 39 605 havupuurankaa. Koska näissä aineistoissa rangat oli mitattu keskeltä kuoren päältä, suoritti metsäntutkimuslaitos samana talvena ja pääasiassa samoissa kohteissa tutkimuksia kuoren vahvuudesta. Tämä kuoritutkimus käsitti yhteensä 1 671 mänty- ja 2 917 kuusirankaa. Aineistot muokattiin vielä samana vuonna kuutioimistaulukoksi ja julkaistiin asetuskokoelmassa maatalousministeriön päätöksenä rankoina myytyjen havupuiden mittauksesta Pohjois-Suomessa latvaläpimittaa käytettäessä (As. kok. 147/52).

Hajamittarankojen aineistot Oulujoen sekä Kiimingin-, Ii- ja Simojokien vesistöalueilta keräsi kolme metsähallinnon Pohjanmaan piirikuntakonttorin metsänhoitajaa metsäntutkimuslaitoksen valvonnassa. Oulujoen vesistöalueen aineisto koottiin syksyllä 1953. Kiimingin-, Ii- ja Simojokien vesistöalueilta, joiden aineistot myöhemmin yhdistettiin ja nimitettiin lyhyesti Iijoen aineistoksi, mitattiin koerangat kevättalvella 1955. Oulujoelta saatiin kokoon 22 173 kuusi- ja 17 852 mäntyrankaa, vastaavasti 62 ja 52 erästä eli yhteensä kaikkiaan 40 025 havupuurankaa. Iijoen aineistoon tuli 11 958 kuusi- ja 8 133 mäntyrankaa, 25 ja 19 rankaerästä eli yhteensä 20 091 havupuurankaa. Varastopaikkoja, joilla mittauksia suoritettiin, oli 22 Ii-, 3 Kiimingin- ja 4 Simojoen vesistöalueella.

Oulu- ja Iijoen aineistot hakattiin vartavasten rankojen kuutiotaulukoiden laatimista varten, koska näillä vesistöalueilla ei olisi muuten ollut saatavissa rankoja tähän tarkoitukseen. Koerankojen tekemistä varten annettiin ohjeet, joissa mm. sanotaan: »Pienin latvaläpimitta kuoren alta, kapeimmalta puolen on $2\frac{1}{2}$ engl. tuumaa, suurinta paksuutta ei ole rajoitettu. Sääntönä pidetään, että runko pyritään katkaisemaan yhdeksi rangaksi, mikäli pituus tai laatuvaatimukset eivät edellytä kahdeksi katkaisemista». Oulu- ja Iijoen mittauspaiikat nähdään kuvasta 7.



Kuva 7. Hajamittarankojen mittausspaikat Pohjois-Suomessa.

Abb. 7. Messungsplätze der Langhölzer variierender Länge in Nordfinnland.

Kuten jo aiemmin (s. 20) on mainittu, apteeraus vaikuttaa jonkin verran katkottujen rungon osien muotoon ja niistä saadaan todellisesta kuutiosta haluttuun suuntaan poikkeavia kuutiointituloksia. Sovellatut apteerausperiaatteet voivat siten vaikuttaa jossain määrin myös koerankojen kuutioihin. Tästä syystä suoritetaankin järempänä jokaisen aineiston yksityiskohtainen analysointi, jolloin on syytä muistaa, että Perä-Pohjolan rangat on katkottu 7—23 jalan pituisiksi, kun taas Oulu- ja Iijoella pituus vaihtelee 7—27 jalkaan.

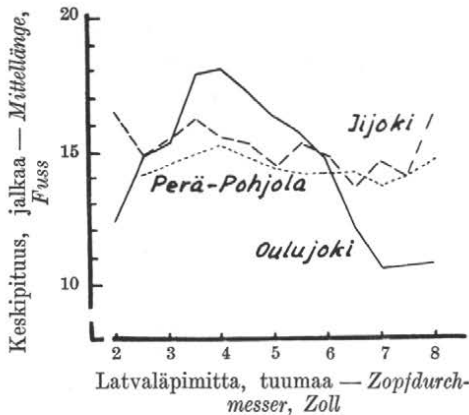
Taulukosta 9 nähdään aineistojen pölkkyjen jakautuminen latvaläpimittaluokkiin. Tämän taulukon mukaan on 3" järeämpiä rankoja kummankin puulajin aineistossa suhteellisesti eniten Perä-Pohjolassa, kun taas ohuita 3" pienempiä rankoja on eniten Oulujoella tehden kuusirangoista 72.8 % ja mäntyrangoista 60.4 %.

Taulukko 9. Hajamittarankojen jakautuminen latvaläpimittaluokkiin. Pohjois-Suomi.
Tabelle 9. Verteilung der Langhölzer variierender Länge in Zopfdurchmesserklassen.
Nordfinnland.

Latvaläpimitta, tuumaa Zopfdurch- messer, Zoll	Kuusi — Fichte						Mänty — Kiefer					
	Oulujoeki		Iijoki		Perä-Pohjola		Oulujoeki		Iijoki		Perä-Pohjola	
	kpl St.	%	kpl St.	%	kpl St.	%	kpl St.	%	kpl St.	%	kpl St.	%
2	254	1.1	91	0.8	—	—	101	0.6	97	1.2	—	—
2½	8 139	36.8	1 432	12.0	2 312	8.9	5 256	29.4	795	9.8	758	5.6
3	7 750	34.9	4 404	36.7	7 159	27.6	5 424	30.4	1 621	19.8	2 441	17.9
3½	1 913	8.6	2 246	18.8	5 790	22.3	1 624	9.1	1 797	22.1	3 018	22.2
4	618	2.8	1 220	10.2	3 300	12.7	1 145	6.4	1 087	13.4	2 535	18.6
4½	559	2.5	813	6.8	1 785	6.9	885	5.0	821	10.1	1 686	12.4
5	589	2.7	596	5.0	1 805	6.9	887	5.0	707	8.7	1 344	9.9
5½	430	1.9	474	4.0	1 454	5.6	688	3.9	478	5.9	830	6.1
6	425	1.9	358	3.0	1 052	4.0	646	3.6	348	4.3	534	3.9
6½	500	2.3	203	1.7	573	2.2	487	2.7	189	2.3	244	1.8
7	418	1.9	70	0.6	331	1.3	363	2.0	95	1.2	120	0.9
7½	278	1.3	31	0.3	193	0.7	200	1.1	51	0.6	53	0.4
8	141	0.6	13	0.1	118	0.5	87	0.5	26	0.3	27	0.2
8½	75	0.3	4	—	52	0.2	38	0.2	7	0.1	10	0.1
9	37	0.2	3	—	32	0.1	13	0.1	8	0.1	1	—
9½	23	0.1	—	—	12	—	4	—	6	0.1	4	—
10	14	0.1	—	—	14	0.1	1	—	—	—	1	—
10½	6	—	—	—	7	—	1	—	—	—	2	—
11	4	—	—	—	4	—	1	—	—	—	—	—
11½	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	—
12½	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—
Yht. Zusammen	22 173	100	11 958	100	25 994	100	17 852	100	8 133	100	13 609	100

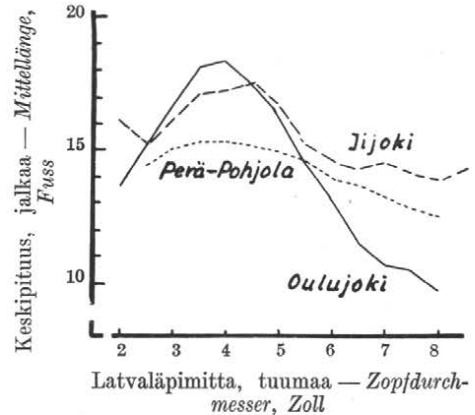
Kuvat 8 ja 9 esittävät aineistojen läpimittaluokittaisia keskipituuksia. Yleisimmissä läpimittaluokissa (2½"—5½") rangat ovat Oulujoella keskimäärin pisimpiä. Sen jälkeen tulee Iijoki ja vasta sitten Perä-Pohjola, jonka rangat ovat lyhyimpiä, mikä kuitenkin luonnollisesti johtuu siitä, että Perä-Pohjolassa rangat on apteerattu pienempään maksimipituuteen kuin muualla.

Taulukon 9 ja kuvien 8 ja 9 perusteella voidaan siis havaita, että Oulujoen rangat ovat yleensä ohuempia ja pitempiä kuin Iijoen, missä ne vuorostaan ovat läpimitaltaan pienempiä ja pituudeltaan suurempia kuin Perä-Pohjolassa. Aineistojen rakenteessa näyttää täten olevan melko selvät alueittaiset erot. Valitettavasti ei ole olemassa riittävän tarkkoja tietoja,



Kuva 8. Hajamittarankojen latvaläpimittaluokittaiset keskipituudet. Kuusi. Pohjois-Suomi.

Abb. 8. Mittellängen der Langhölzer variierender Länge in Zopfdurchmesser-klassen. Fichte. Nordfinnland.

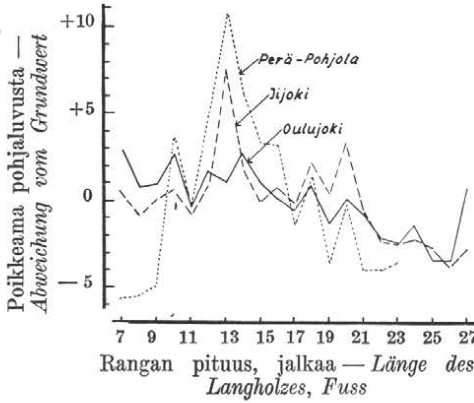


Kuva 9. Hajamittarankojen latvaläpimittaluokittaiset keskipituudet. Mänty Pohjois-Suomi.

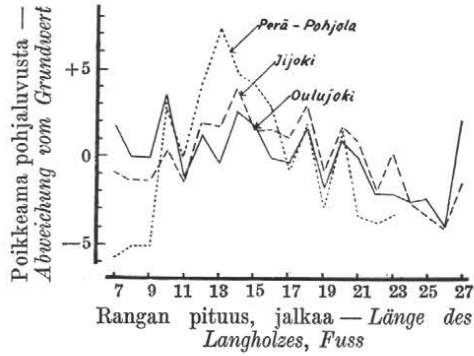
Abb. 9. Mittellängen der Langhölzer variierender Länge in Zopfdurchmesser-klassen. Kiefer. Nordfinnland.

minkälaisista metsiköistä aineistot ovat kertyneet. Tämän takia ei voida tehdä johtopäätöksiä siitä, paljonko apterausnäkökohdilla ja hakattujen metsiköiden rakenteella on ollut vaikutusta edellä havaittuihin ilmiöihin.

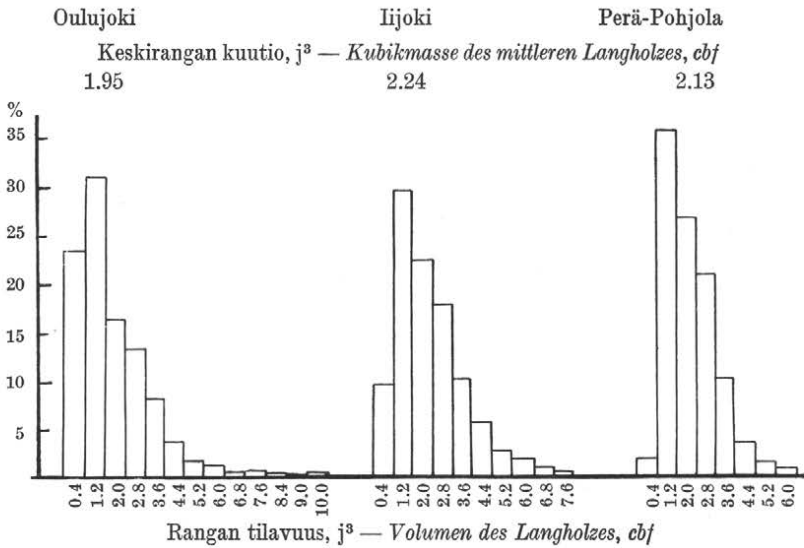
Jotta Perä-Pohjolan pienempään maksimipituuteen katkottujen rankojen pituusluokkiin jakautumista voitaisiin verrata muiden aineistojen jakautumiseen, on vertailun perustaksi otettu luku, joka on laskettu kullekin aineistolle jakamalla luku 100 aineiston pituusluokkien lukumäärällä. Tällaiseksi vertailun pohjaluvuksi on siten saatu Perä-Pohjolassa 5.9 ja Oulujoki Iijolla 4.8. Tämän jälkeen on kussakin aineistossa laskettu saadun pohjaluvun ja kunkin pituusluokan rankojen määrää sadanneksina ilmaisevan luvun erotus, joka on merkitty positiiviseksi tai negatiiviseksi sen mukaan, onko pohjaluku ollut sadanneslukua pienempi vai suurempi. Nämä erotukset on kuvattu graafisesti kuvissa 10 ja 11, jotka havainnollistavat aineistojen pituusluokittaisen suhteellisen jakautumisen. Kuvista huomataan, että Perä-Pohjolassa rankojen jakautuminen pituusluokkiin on samantapaista kuin usein sahatukeissa. Rangat kasaantuvat pääasiassa määrättyyn luokkaan, tässä tapauksessa 13-jalkaisiin, josta lähtien pölkkyjen määrä nopeasti laskee sekä pienempiin että suurempiin pituuksiin päin. Tässä tapauksessa voidaan olettaa, että Perä-Pohjolassa rankojakin apteerattaessa on tavoiteltu määrättyä keskipituutta, mikä juuri sahatukeissa voi aiheuttaa mainitun huipun jakautumiskuvioon. Iijolla huomataan myös jakautumiskuviossa lievää kuperuutta. Oulujoki sen sijaan lyhyissä pituusluokissa on enemmän pölkkyjä kuin pitemmissä ja suunta on selvästi laskeva



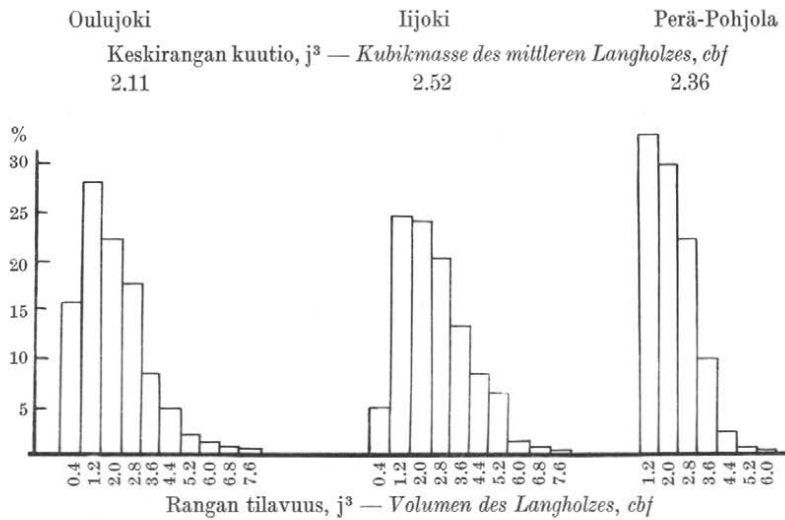
Kuva 10. Hajamittarankojen pituusluokittaiset poikkeamat pohjaluvusta (= 0). Kuusi. Pohjois-Suomi.
 Abb. 10. Abweichungen der Langhölzer variierender Länge vom Grundwert (= 0) in Längenklassen. Fichte. Nordfinnland



Kuva 11. Hajamittarankojen pituusluokittaiset poikkeamat pohjaluvusta (= 0). Mänty, Pohjois-Suomi.
 Abb. 11. Abweichungen der Langhölzer variierender Länge vom Grundwert (= 0) in Längenklassen. Kiefer. Nordfinnland.



Kuva 12. Hajamittarankojen jakautuminen sadanneksina (%) kuutiojalkaluokkiin. Kuusi. Pohjois-Suomi.
 Abb. 12. Prozentuale Verteilung der Langhölzer variierender Länge in Kubikfussklassen. Fichte. Nordfinnland.



Kuva 13. Hajamittarankojen jakautuminen sadanneksina (%) kuutiojalkaluokkiin. Mänty. Pohjois-Suomi.

Abb. 13. Prozentuale Verteilung der Langhölzer variierender Länge in Kubikfußklassen. Kiefer. Nordjinnland.

suurempiin pituuksiin päin. Tämän takia tulee helposti sellaiseen johtopäätökseen, että apteerausnäkökohdat ovat vaikuttaneet aineistojen laatuun Perä-Pohjolassa ja ehkä myös jonkin verran Iijoella. Sen sijaan Oulujoen aineisto ilmentänee parhaiten metsiköiden todellista rakenteellista jakautumista, eikä siis apteerausnäkökohdat ole siellä päässeet niin paljon vaikuttamaan paperipuorankojen jakautumiseen. Tämä ongelma jää kuitenkin pelkäksi olettamukseksi, jota ei pystytä käsilläolevan aineiston perusteella tämän oikeammaksi todistamaan.

Kuvissa 12 ja 13 nähdään aineistojen jakautuminen sadanneksina kuutiojalkaluokkiin. Kuten jakautumiskuviot osoittavat, rankoja sisältyy pieniin kuutioluokkiin suhteellisesti runsaammin kuin suuriin. Lisäksi Oulujoella rankojen kuutio näyttää vaihtelevan eniten ja Perä-Pohjolassa vähiten.

Perä-Pohjolan kuoriaineiston käsittely

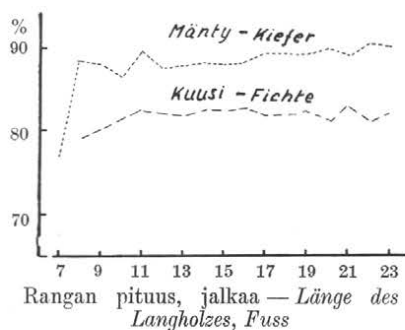
Perä-Pohjolan kuoriaineistossa muunnettiin ensin rankojen keskeltä mitatut kuorelliset läpimitat kuorettomiksi vähentämällä kunkin pölkyn kuorellisesta läpimitasta molemmilta puolin otetun kuoren yhteenlaskettu paksuus. Tämän jälkeen laskettiin kuorellisia läpimittoja vastaavien kuorettomien poikkileikkauspintojen osuudet sadanneksina kuorellisista ja kunkin paksuusluokan pölkylle laskettiin sitten saadun sadanneksen keskiarvo.

Taulukko 10. Hajamittarankojen kuoriaineisto ja sen perusteella lasketun keskeltämitatun kuorettoman poikkileikkauspinta-alan suuruus sadanneksina (%) kuorellisesta. Perä-Pohjola

Tabelle 10. Rindenmaterial der Langhölzer variierender Länge und Grösse der auf Grund desselben ausgerechneten, in der Mitte gemessenen Kreisfläche ohne Rinde in Prozenten von der mit Rinde. Perä-Pohjola.

Puulaji Holzart	Latvaläpimitta, tuumaa Zopfdurchmesser, Zoll										Yht./ keskim. Insgesamt/ im Mittel
	2½	3	3½	4	4½	5	5½	6	6½	7	
Kuusi, kpl <i>Fichte, St.</i>	275	749	708	424	225	206	152	107	48	23	2 917
%	79.7	81.5	82.6	83.1	83.2	82.6	83.3	83.9	84.3	83.4	82.3
Mänty, kpl <i>Kiefer, St.</i>	175	404	373	276	162	140	79	29	26	7	1 671
%	87.4	88.7	89.5	89.5	89.5	88.2	87.9	86.1	87.4	84.6	88.8

Kuoriaineistoa esittävästä taulukosta 10 huomataan näiden sadanneslukujen hitaasti suurenevan kuusella paksumpiin läpimittaluokkiin päin. Männyllä, jonka sadannesluku on kauttaaltaan kuusen vastaavaa sadannesluku suurempi, näyttää tämä sadannes ensin nousevan, mutta sitten se alkaa 4—5 tuumaa ylitettyään laskea. Saadut tulokset näyttävät olevan saman tapaisia aikaisemmin esitettyjen Anderssonin (1952) tutkimustulosten kanssa. Tuntuu ilmeiseltä, että tässäkin tapauksessa männyn sadannesluvun pieneneminen paksumpiin läpimittoihin päin johtuu tyvikaarnan paksuudesta. Tyvikaarnaahan esiintyy yleensä runsaimmin juuri paksuissa pölkkyissä. Kuten kuvasta 14 nähdään, kasvaa rangan kuoretto-



Kuva 14. Rangan keskeltä mitatun kuorettoman pohjapinta-alan osuus sadanneksina (%) kuorellisesta. Perä-Pohjola

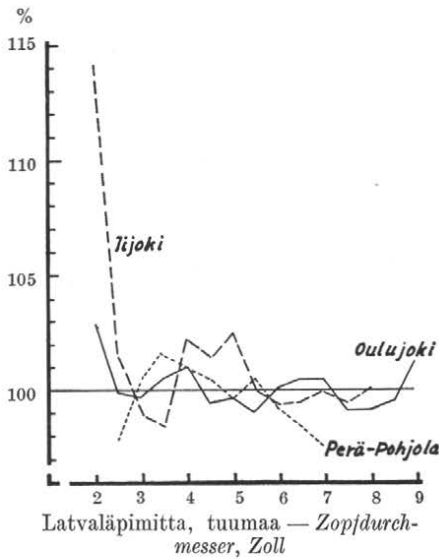
Abb. 14. Prozentuales Verhältnis der in der Mitte des Langholzes gemessenen Grundfläche zu der mit Rinde. Perä-Pohjola.

man pohjapinta-alan osuus jonkin verran rangan pituuden lisääntyessä. Kuusella tämä suureneminen näyttää olevan tosin varsin vähäistä ja tulokinnan varaista. Tutkittaessa tämän sadanneksen kehittymistä pituusluokissa latvaläpimitan muuttuessa huomattiin sen pysyttelevän suunnilleen samansuuruisena ja kehittyvän läpimittaluokasta toiseen samantapaisesti taulukossa 14 esitettyjen sadannesten kanssa, joten mitään määrättyä muutosta ei voitu huomata siirryttäessä lyhemmistä pölkyistä pitempiin. Keskimääräiseksi sadannekseksi saatiin kuuselle 82.3 ja männylle 88.8. Pelkän kuoren suhteelliseksi osuudeksi jäi näin ollen kuuselle 17.7 % ja männylle 11.2 %.

Verrattaessa näitä lukuja Kiintomittataulukoiden (Pöntynen 1929) sahatukkien kuorisadanneksiin 16 ja 13, samoin kuin Aron (1929 ja 1956) paperipuiden kuorisadanneksiin 18 ja 14, tuntuvat erot olevan ymmärrettävissä. Kuusipaperipuiden kuoren osuus näyttää näet yleensä olevan suurempi kuin sahatukkien (vrt. Andersson 1952 ja Aro 1929 ja 1956). Tämän mukaisesti pitäisi myös Perä-Pohjolan kuusirankojen kuorisadanneksen olla suurempi kuin kuusitukkien. Näin näyttää asianlaita olevankin, vieläpä niin, että se on melkein yhtä suuri Aron (1956) kuusipaperipuille määrittelemän kuorisadanneksen kanssa. Tässä yhteydessä on kuitenkin muistettava, ettei rangan keskeltä mitattu kuorisadannes ilmeisesti anna oikeata kuvaa koko pölkyä kuoren osuudesta. Männyn kuorisadanneksen, 11.2, huomataan jäävän 1.8 sadannesta pienemmäksi Pöntyksen (1929) sahatukeille saamaa ja 2.8 sadannesta pienemmäksi Aron (1929) mäntypaperipuulle laskemaa kuorisadannesta. Tähän saattaa vaikuttaa männyllä yleinen kaarnakuori, joka keskittyy runsaana rangan tyviosiin. Rangan keskeltämittaukseen perustuvan kuorisadanneksen ei voi näin ollen katsoa ilmoittavan koko rangan kuoren osuutta.

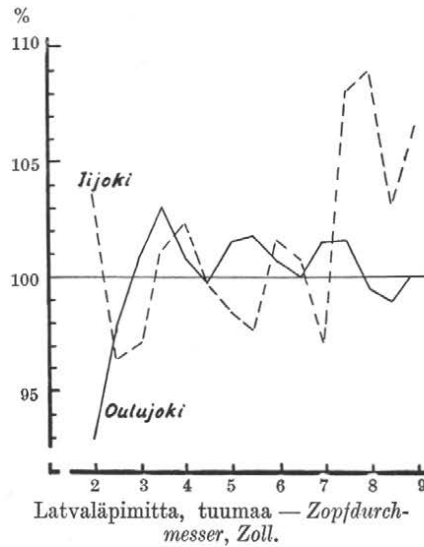
Kuutiotaulukoiden laatiminen

Kuutiotaulukoita laadittaessa huomattiin, että kuusirankojen todelliset kuutiot voitiin tasoittaa kaikissa kolmessa alueessa 2.10 potenssin regressiota käyttäen, kun taas Oulujoen ja Perä-Pohjolan mäntyranget tasoittuivat vain 2.15 potenssin regressiossa. Iijoen männyn tasoitus oli vaikeinta. Siinä nimittäin pieniläpimittaiset rangat tasoittuivat 1.80 potenssin regressiossa, mutta paksummat rangat olisivat vaatineet korkeampaan potenssiin korotamista. Aineisto vaikutti tämän takia ja yleensäkin muihin aineistoihin verrattaessa heterogeeniselta. Siinä tuntui olevan aivan kuin kaksi sarjaa, pieni- ja suuriläpimittaiset. Näitä sarjoja ei kuitenkaan kyetty erottamaan toisistaan, minkä takia koko aineisto tasoitettiin 1.80-potenssin regressiota käyttäen, koska tämä potenssi kuitenkin edusti aineiston merkittävintä osaa. Saadut vesistöalueittaiset yhtälövakiot a ja b tasoitettiin sivulla 24



Kuva 15. Hajamittarankojen todellisten kuutioiden suuruus sadanneksina (%) trendiarvoistaan (100). Kuusi. Pohjois-Suomi.

Abb. 15. Grösse der wirklichen Kubikmassen der Langhölzer variierender Länge im prozentualen Verhältnis zu ihren Trendwerten (100). Fichte. Nordfinnland.



Kuva 16. Hajamittarankojen todellisten kuutioiden suuruus sadanneksina (%) trendiarvoistaan (100). Mänty. Pohjois-Suomi.

Abb. 16. Grösse der wirklichen Kubikmassen der Langhölzer variierender Länge im prozentualen Verhältnis zu ihren Trendwerten (100). Kiefer. Nordfinnland.

selostetulla tavalla. Tasoituksesta saatujen uusien arvojen perusteella laskettiin tämän jälkeen eri suuruisten pölkköjen trendikuutioarvot (ks. s. 24).

Kun graafisen piirroksen avulla tarkkailtiin eri suuruisten rankojen trendikuutioiden ja todellisten kuutioiden välisiä suhteita pituusluokittain, ei huomattu systemaattisesti samaan suuntaan käyviä poikkeamia, vaan todelliset kuutiot näyttivät poikkeavan vastaavista trendikuutioista satunnaisuureiden tapaisesti. Tarkkailtaessa samaa asiaa taas läpimittaluokittain huomattiin eri pituusluokissa systemaattisesti samansuuntaisia ja suunnilleen samansuuruisia todellisten kuutioiden suhteellisia poikkeamia trendiarvoista. Tämän perusteella korjattiin kaikkia trendikuutioita sen verran, että niiden ja todellisten kuutioiden välille jäi paksuusluokittain tarkastellen mahdollisimman vähän systemaattista eroa¹⁾. Kuvissa 15 ja 16 on läpimittaluokittaisten trendikuutioiden arvoa merkitty sadalla (= 100) ja diagrammit osoittavat todellisten kuutioiden suuruuden sadanneksina trendikuutioista. Poikkeamat eivät näytä olevan sinänsä suuria, mutta siitä huolimatta on katsottu aiheelliseksi muuttaa trendikuutioiden arvoja

¹⁾ Periaatteessa samanlaista korjausmenetelmää on käyttänyt esim. Ilvessalo (1943).

saatujen graafisesti tasoitettujen tulosten verran, koska ei ole voitu vakuutautua siitäkään, että pelkät trendikuutiot sellaisinaan olisivat parempia kunkin vesistöalueen kuutiotaulukkoarvoiksi. Korjausten jälkeen saadut taulukkoarvot ovat joka kohdassa verrattain lähellä aineiston mukaisia todellisia kuutioarvoja. Kuvista 15 ja 16 huomataan, että Iijoen männyn trendiarvojen korjaukset ovat olleet suurimmat. Tämä onkin aivan luonnollista muistettaessa edellä mainitut Iijoen mäntyaineiston kohdalla esiintyneet tasoitusvaikeudet.

Kuten sivulla 47 jo mainittiin, muokattiin Perä-Pohjolan aineisto alunperin kuutiotaulukoksi silmävaraista tasoitusta käyttäen ja julkaistiin asetuskokoelmassa n:o 147/52. Koska kuitenkin muiden vesistöalueiden paksujen ja pitkien rankojen kuutiot näyttivät suurenevan nopeammin kuin Perä-Pohjolan rankojen, otettiin tämä aineisto uudestaan tutkittavaksi ja käsiteltiin sitten samojen periaatteiden mukaisesti kuin toisetkin ranka-aineistot. Ensin muunnettiin Perä-Pohjolan rankojen keskeltä mitattu kuorellinen läpimitta vastaavaksi kuorettomaksi pohjapinta-alaksi, minkä jälkeen määrättiin rankojen todellinen kuoreton kuutio. Edellä mainitun maatalousministeriön päätöksen (As. kok. n:o 147/52) mukaisia kuutioarvoja johdettaessa muunnettiin keskeltä mitattu kuorellinen pohjapinta-ala kuorettomaksi siten, että kuusirangoissa käytettiin keskimääräistä muuntotekijää 82.3 ja mäntyran-goissa vastaavasti arvoa 88.8. Tutkittaessa kuitenkin tarkemmin kuusirankojen keskeltä mitatun kuorettoman pohjapinta-alan muuttumista latvaläpimitan kasvaessa, huomattiin, että keskimääräinen muuntotekijä 82.3 antoi pieniläpimittaisille rangoille vähän liian suuren ja suuriläpimittaisille rangoille vähän liian pienen kuorettoman pohjapinta-alan arvon (vrt. taulukkoa 10). Tämän takia ohuiden pölkkyjen kuoreton todellinen kuutio tuli keskimääräistä muuntotekijää käytettäessä hieman liian suureksi ja paksujen pölkkyjen kuutio vastaavasti liian pieneksi. Tämä systemaattinen poikkeama oli kuusirangoissa niin selvä, että katsottiin olevan syytä ottaa se huomioon uutta kuutiotaulukkoa laadittaessa. Tämän takia käytettiin kuusirankojen todellista kuoretonta kuutiota laskettaessa jokaisessa läpimittaluokassa omaa muuntotekijää.

Männyn kuoren huomioonottaminen ei kuitenkaan ollut yhtä yksinkertaista. Kuutiotaulukon laskemista varten määrättiin ensin mäntyran-kojen kuorettoman kuution pölkkyttäinen suuruus samoin kuin kuusen kohdallakin. Kuorettomaksi todelliseksi kuutioksi otettiin se kuutio, joka saatiin, kun kunkin pölkyn kuorellinen kuutio muunnettiin kuorettomaksi kuoriaineistosta saadun vastaavan suuruusluokan muuntoluvun avulla. Kun näin saatujen kuorettomien kuutioarvojen perusteella sitten laskettiin männylle trendikuutiot, huomattiin, että ennen kaikkea pitkien ja järeiden pölkkyjen trendiarvot jäivät melkoisen pieniksi verrattaessa niitä muiden vesistöalueiden pölkkyjen kuutioihin. Nämä kuutiot olisivat tulleet niin

pieniksi, ettei niiden voitu katsoa enää olevan järkevissä suhteissa muiden alueiden vastaavien pölkkyjen trendikuutioihin. Tämän takia ja koska männyn kuoren paksuusvaihtelu rangoissa läpimittaluokasta toiseen on kaarnakuoren erilaisen esiintymisen takia sangen epätasaista, on katsottu ainoaksi käytännössä olevaksi mahdollisuudeksi käyttää mäntyrankojen kuorettomia kuutioita laskettaessa keskimääräistä kuoren vaikutuksen huomioivaa muuntotekijää 88.8, kuten aikaisemminkin.

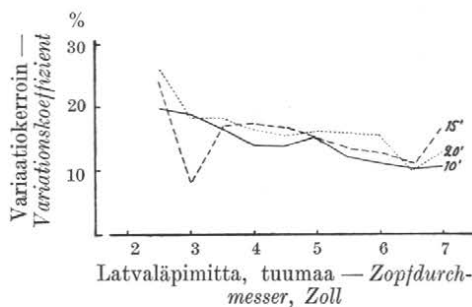
Kun rankojen kuorettomat kuutiot oli edellä esitettyjä muuntotekijöitä käyttäen laskettu, tehtiin tämän jälkeen varsinainen rankojen kuutiotaulukko Perä-Pohjolaa varten samojen periaatteiden mukaan kuin toisillekin alueille. Ei ole kuitenkaan katsottu asialliseksi suorittaa männyn trendiarvojen läpimittaluokittaisia korjailuja, koska jo kuoren osalta aineistoon jäi epävarmuutta. Tämän takia ei kuvassa 16 esiinnykään Perä-Pohjolan männyn kuvaajaa.

Yllä selostetulla tavalla saadut kuutioluvut Oulu- ja Iijoen vesistöaluetta sekä Perä-Pohjolaa varten nähdään liitetaulukoista 3, 4 ja 5.

Todellisten kuutioiden poikkeaminen taulukkukuutioista

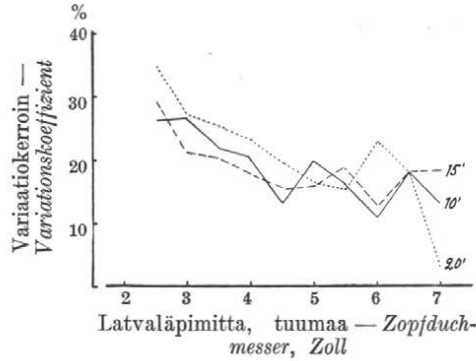
Jo aineistoja käsiteltäessä huomattiin kunkin vesistöalueen ranka-aineiston todellisten kokonaiskuutioiden poikkeavan vastaavista taulukku-kuutioista mitättömän vähän. Suurin poikkeus oli 0.2 %. Saadut kuutio-
taulukot sopivat näin ollen hyvin niitä edustavien aineistojen kuutioimiseen.

Heiskanen (1954) on laskenut Perä-Pohjolan 10', 15' ja 20' pituisille paperipuurangoille latvamuotoluvun variaatiokertoimen eri latvaläpimittaluokissa. Kuvissa 17 ja 18 on nämä luvut esitetty graafisesti. Variaatiokertoimen huomataan sekä kuusella että männyllä pienenevän latvaläpimitan



Kuva 17. Hajamittarankojen variaatiokerroin. Kuusi, Perä-Pohjola. (Heiskanen, 1954).

Abb. 17. Variationskoeffizient der Langhölzer variierender Länge. Fichte, Perä-Pohjola. (Heiskanen, 1954).



Kuva 18. Hajamittarankojen variaatiokerroin. Mänty. Perä-Pohjola. (Heiskanen, 1954).

Abb. 18. Variationskoeffizient der Langhölzer variierender Länge. Kiefer. Perä-Pohjola. (Heiskanen, 1954).

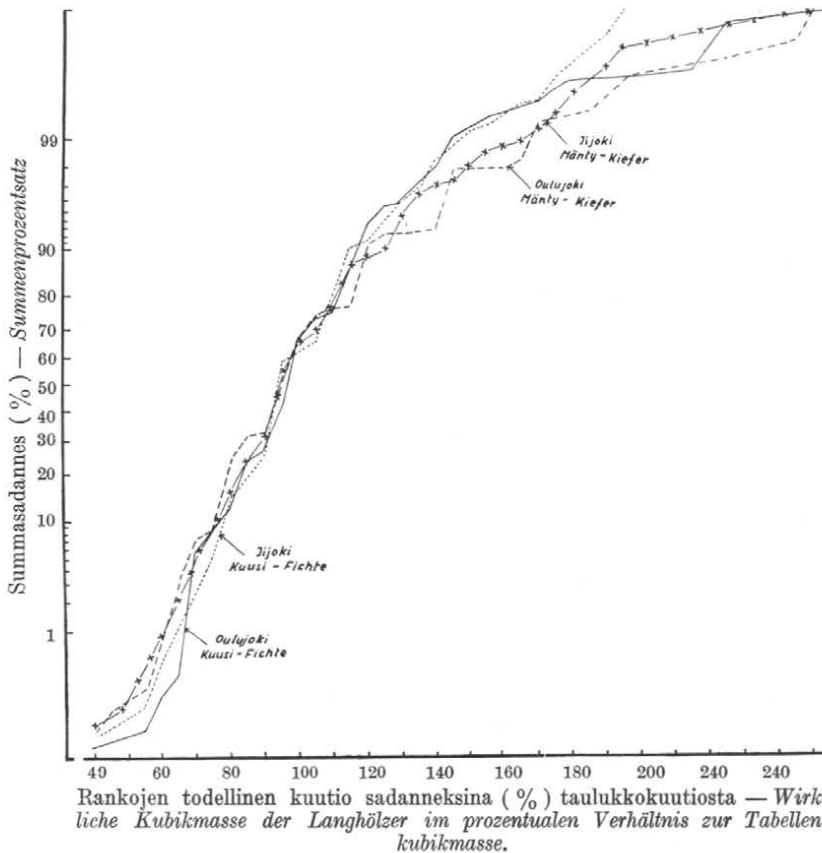
kasvaessa. Männyn variaatiokerroin näyttää kuitenkin yleensä olevan suurempi kuin kuusen. Samoin näyttää variaatiokerroin yleensä suurenevan rankojen pituuden kasvaessa, vaikka tämä ilmiö ei olekaan esityksen perusteella aivan kiistaton. Nämä luvut antavat siis kuvan yksityisen pölkyn kuutioarvojen suhteellisesta hajonnasta. Niiden perusteella on suunnilleen arvioitavissa tarvittava koepuumäärä silloin, kun jossain mittaluokassa (paksuus- tai pituusluokassa) pyritään määräsuuruisen tarkkuuteen.

Koska vesistöalueittaisten todellisten kuutioiden mittaluokkittaisten havaintojen tarkastelu olisi vaatinut varsin laajoja laskutöitä, tutkittiinkin suhteellista hajontaa vain suurimmissa ryhmissä tai kokonaisissa aineistoissa. Käytännön miehiä ei kiinnostane niinkään paljon mittaluokkittaiset hajonnat kuin esim. erien todellisten kokonaiskuutioiden poikkeaminen taulukkokuutioista. Työmäärän supistamiseksi otettiin tähän hajontatutkimukseen n. 20 % aineistojen pölkkyjen kokonaismäärästä siten, että mukaan tuli vain joka viidennen mittaluokan pölkkyt. Muutamissa tapauksissa mittaluokkien lukumäärästä jätettiin vielä toiset puolet pois. Toisissa tapauksissa taas lisättiin mittaluokkien luku kaksinkertaiseksi. Tällöin huomattiin, ettei otannan supistaminen tai laajentaminen vaikuttanut sanottavasti tuloksiin, joiden näin ollen voitiin katsoa tyydyttävällä tavalla edustavan koko aineistoa.

Mainittuja hajontatutkimuksia on suoritettu vain Oulu- ja Iijoen aineistoissa. Menetelmä on ollut seuraava. Ensin on kussakin mittaluokassa määrätty todellisen kuution suuruus sadanneksina taulukkokuutioista. Tällöin lasketut todellisten kuutioiden poikkeamat taulukkokuutioista on saatu mittaluokittain vertailukelpoisiksi keskenään. Tämän jälkeen on

tutkittavaksi otettuja ryhmittäisiä hajontoja määriteltäessä eri mitta-luokkien sadannesarvot yhdistetty jakautumistauluksi (V a h e r v u o 1946) viiden sadanneksen (%) luokkaväliä käyttäen. Yleensä näyttävät todelliset kuutiot poikkeavan varsin paljon taulukkoarvoista.

Kuvassa 19 esitetään Oulujoen ja Iijoen havupuurangoille edellämaini-tulla tavalla saadut jakautumistaulukkoarvot summadiagrammeina toden-näköisyyspaperilla. Jos todellisten kuutioiden poikkeaminen taulukko-arvoista noudattaisi täsmälleen Gaussin normaalikäyrää, muodostuisi esi-tetyistä diagrammeista suora viiva. Piirroksesta huomataan, että jakau-tuminen esitetyissä tapauksissa poikkeaa normaalista jakautumisesta. Diagrammien perusteella voidaankin päätellä jakautumiskuvion näissä tapauksissa olevan jonkin verran vinon vasemmalle. Havaittua ilmiötä



Kuva 19. Hajamittarankojen todellisten kuutioiden jakautumisdiagrammit. Oulujoki ja Iijoki

Abb. Verteilungsdiagramme der wirklichen Kubikmassen der Langhölzer variierender Länge. Oulujoki und Iijoki.

onkin oikeastaan pidettävä täysin luonnollisena, koska rangan muodon parantumisella, mitä osoittavat piirroksen pienet todellista kuutiota kuvaavat sadannesarvot, on oikeastaan olemassa varsin selvät luonnolliset rajansa, kun taas rangan muodon huononemisella ei ole selvää rajaa olemassa. Mielenkiintoisinta piirroksessa onkin se, että kaikki neljä kuvaajaa tavoittelevat merkitsevimmällä alueellaan suurinpiirtein samaa muotoa. Tosin männyn kuvaajat näyttävät kallistuvan hieman enemmän oikealle, mikä seikka selittääkin männyn suhteellisten kuutioiden hieman kuusen kuutioita suuremman hajaantumisen. Piirroksesta voidaan saada hajonta määrättyksi graafisesti, jolloin sille saadaan seuraavia arvoja:

Oulujoki	kuusi	18
»	mänty	20
Iijoki	kuusi	17
»	mänty	21

Hajonnan suuruutta eri ryhmissä Oulujoella on myös tarkasteltu siten, että hajonta-aineisto on jaettu kahteen ryhmään: alle ja yli keskipaksuuden oleviin mittaluokkiin, jotka kumpikin puolestaan on vielä jaettu alle ja yli keskipituuden oleviin mittaluokkiin. Sitten on graafisesti määritelty hajonnat, joiden lukuarvot esitetään alla olevassa asetelmassa:

	Keskipituutta lyhyemmät rangat <i>Langhölzer unter der mittleren Länge</i>	Hajonta <i>Streuung</i>	Keskipituutta pitemmät rangat <i>Langhölzer über der mittleren Länge</i>
Keskipaksuutta ohuemat rangat — <i>Langhölzer unter der mittleren Stärke</i>	Kuusi — <i>Fichte</i>	19	Kuusi — <i>Fichte</i> 18
	Mänty — <i>Kiefer</i>	19	Mänty — <i>Kiefer</i> 24
Keskipaksuutta paksummat rangat — <i>Langhölzer über der mittleren Stärke</i>	Kuusi — <i>Fichte</i>	7	Kuusi — <i>Fichte</i> 16
	Mänty — <i>Kiefer</i>	13	Mänty — <i>Kiefer</i> 14

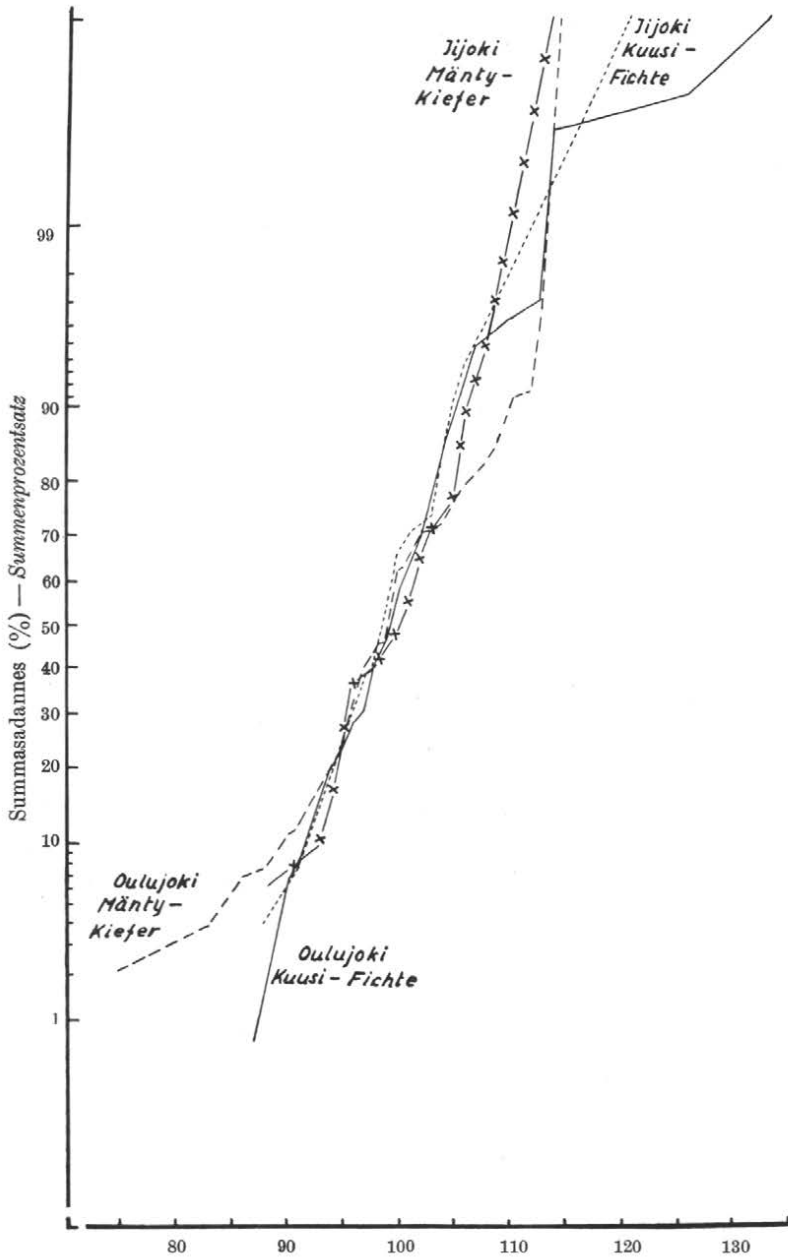
Asetelmasta saadaan tukea sille ajatukselle, että paksuuden pienetessä ja pituuden kasvaessa hajontakin jonkin verran kasvaa. Tällainen tulos vastaa odotuksia ja näyttää sopeutuvan Heiskanen (1954) variaatiokerrointa esittäviin lukusarjoihin. Erikoisesti on asetelmassa merkille pantavaa paksujen ja lyhyiden pölkkyjen pieni hajonta.

Edelleen hajonta-aineisto on ryhmitelty Oulujoella sadannesryhmiin sen mukaan, kuinka monta sadannesta erien todelliset kokonaiskuutiot ovat niiden taulukkokuutioista. Näille ryhmille on graafisesti määräten saatu seuraavat hajonnat:

	Rankaerien todellinen kuutio sadanneksina (%) taulukkokuutioista								
	<i>Wirkliche Kubikmasse der Langholzpartien in Prozenten von den Tabellenkubikmassen</i>								
	alle unter	90	90	95	100	105	110	yli über	110
	Hajonta — <i>Streuung</i>								
Kuusi — <i>Fichte</i>	—	14	14	17	19	18	—		
Mänty — <i>Kiefer</i>	16	22	19	19	19	22	24		

Asetelmasta voidaan huomata hajonnan suurenevan siirryttäessä vasemmalta oikealle eli hyvämuotoisia rankoja sisältävistä eristä huonompi-muotoisia sisältäviin. Kuusen hajontojen huomataan olevan vastaavia männyn hajontoja pienempiä. Oulujoen rankaerien hajonta-aineistosta tehtyjä piirroksia tarkastelemalla on havaittu jakautumisdiagrammien tapailevan kuvassa 19 esitettyä diagrammityyppiä ja kulkevan sadannes-ryhmittäin samansuuntaisina. Tämä on tärkeä havainto ja viittaa nimen-omaan siihen, että paperipuurankojen kuutiotaulukoita laadittaessa on ennen kaikkea pidettävä huoli koemittauksien suorittamisesta tarpeeksi monilla varastopaikoilla. Liian harvoissa kohteissa suoritetut, runsaatkin koemittaukset voivat näet johtaa systemaattisesti virheellisiin kuutio-lukuihin.

Tämän jälkeen on tutkittu rankaerien todellisten kuutioiden poikkeamista taulukkokuutioista laskemalla jokaisen yli sata rankaa käsittävän erän todellisen kuution arvo sadanneksina vastaavasta taulukkokuutiosta. Käyttämällä näin saadun sadannesluvun painolukuna erän pölkky määrää on piirretty jakautumista esittävät summadiagrammit todennäköisyyspape-rille (kuva 20). Tästä piirroksista huomataan, että Oulujoen kuusen sekä Iijoen kuusen ja männyn jakautumisdiagrammit ovat kutakuinkin saman-laiset. Vain Oulujoen männyn diagrammilla on selvästi oma suuntansa. Kaikkien diagrammien suurimmat säännöttömyydet löydetään pääasiassa erittäin hyvä- ja huonomuotoisten erien kohdalla, jossa satunnaisvaihtelut pääsevät häiritsemään eniten. Tämän perusteella huomataan, että jakau-tumisesta antaa kuvan 20 tapainen diagrammiesitys paljon paremman käsityksen kuin vaihteluväli ilmaistuna suurimman ja pienimmän arvon erotuksena. Samalla kun kuvan perusteella voidaan tehdä johtopäätöksiä jakautumisen säännöllisyydestä yleensä, siitä voidaan nähdä myös, millainen arvo voidaan antaa jakautumassa mukana oleville parhaimman- ja huonoim-manmuotoisille erille. Kuvasta 20 voidaan lisäksi havaita, että rankaerien todellisen kuution poikkeaminen taulukkokuutiosta lähentelee melko hyvin normaalista jakautumisesta. Tämä osoittaa, että aineistojen keruu



Erän todellinen kuutio sadanneksina (%) taulukkokuutiosta — Wirkliche Kubikmasse der Partie im prozentualen Verhältnis zur Tabellenkubikmasse.

Kuva 20. Hajamittarankaerien todellisten kuutioiden jakautumisdiagrammit. Oulujoki ja Iijoki.

Abb. 20. Verteilungsdiagramme der wirklichen Kubikmassen der Parteien von Langholz variierender Länge. Oulujoki und Iijoki.

tutkituilta laajoilta vesistöalueilta on onnistunut niin hyvin, että niiden perusteella on ollut edellytyksiä laatia alueittaiset kuutiotaulukot. Havaitusta tuloksesta on toinenkin huomattava hyöty. Se osoittaa nimittäin, että tavanomaisia tilastomatemaattisia keinoja, hajonnan ja keski-
virheen laskemista, voidaan soveltaa määriteltäessä taulukkojen erittaisen kuutioimistarkkuuden rajoja sekä harkittaessa, missä määrin tehdyt kuutio-
taulukot edustavat kunkin alueen rankojen keskimääräisiä kuutioita.

Kuten jo mainittiin on kuvan 20 piirroksia laadittaessa painolukuina käytetty rankaerien pölkkymääriä. Koska aineistoon tulleiden erien suuruudet vaihtelivat melkoisesti, oli aihetta epäillä, että suuret erät olisivat painollaan aiheuttaneet lopullisiin kuutioarvoihin yksipuolisia virheitä. Diagrammien muodosta kuitenkin huomataan, että tällaiseen epäilyyn ei ole aihetta. Tähän viittaa sekin, että myös aineiston käsittelyvaiheessa piirretyt painoittamattomien arvojen summadiagrammit seurasivat melko tarkasti kuvassa 20 esitettyjä piirroksia. Tämän vertailun perusteella on lisäksi päästy varmuuteen siitä, että hajonnat ($\sigma\%$) ja keskiarvon keski-
virheet ($\epsilon\%$) voidaan laskea aineistosta aikaisemmin mainittuja kaava-
menetelmiä käyttäen erien painoittamattomien arvojen perusteella. Tällöin saadaan seuraavat tulokset:

Vesistöalue ja puulaji <i>Gewässergebiet und Holzart</i>	Erien suhteellinen kuutio <i>Relative Kubikmasse der Partien (V%)¹⁾</i>	Hajonta <i>Streuung ($\sigma\%$)</i>	Keskiarvon keskivirhe <i>Mittlerer Fehler des Mittelwerts ($\epsilon\%$)</i>
Oulujoki			
Kuusi — <i>Fichte</i> ..	99.96	5.67	0.76
Mänty — <i>Kiefer</i> ..	99.80	8.87	1.29
Iijoki			
Kuusi — <i>Fichte</i> ..	100.28	6.42	1.28
Mänty — <i>Kiefer</i> ..	100.16	6.31	1.45

Vertailtaessa näitä lukuja ja kuvan 20 antamia hajontalukuja huomataan niiden olevan samaa suuruusluokkaa. Hajonnan yleisen merkityksen mukaisesti voidaan tämän takia käytännön mittauksissa odottaa, että 1/3:ssä kaikista kysymykseen tulevista eristä kuutioimisvirhe jää Oulujoen mäntyranjoissa n. 9% sekä Oulujoen kuusi- ja Iijoen kuusi- ja mäntyranjoissa n. 6% pienemmäksi ja vain 5:ssä erässä sadasta saattaa

¹⁾ V% = todellinen kuutio sadanneksina (%) kuutiotaulukoiden mukaisesta kuutiosta.

²⁾ V% = wirkliche Kubikmasse in Prozenten von der Kubikmasse nach den Kubiktabelle.

sattua kaksi kertaa suurempia kuutioimisvirheitä. Vertailtaessa saatuja tuloksia taulukkoon 8 huomataan, että Etelä-Suomen määrämittarankoja kuutioitaessa erittäinen kuutioimistarkkuus on melkoisesti parempi kuin pohjoisia hajamittarankaeria kuutioitaessa. Koska pohjoiset hajamittarangat ovat sisältäneet runsaasti pitkiä pölkkyjä ja koska hajonta taas näyttää yleensä kasvavan puun pituuden lisääntyessä, on silloin ilmeistä, että pohjoisissa rankaerissä todettu suurempi hajonta johtuu huomattavassa määrin nimenomaan juuri tästä seikasta. Koska käsillä olevissa aineistoissa ei kuitenkaan ole määrä- ja hajamittaisia rankoja samoilta alueilta, ei paremmin perusteltuja johtopäätöksiä asiasta voida tehdä.

Kuten sivulla 56 selvitettiin, laskettiin Perä-Pohjolan kuutioimistaulukko uudestaan samojen periaatteiden mukaisesti kuin muillakin vesistöalueilla. Olisi ollut suotavaa saada Perä-Pohjolalle myös taulukon erittäistä kuutioimistarkkuutta osoittavat luvut. Tähän ei ole katsottu olevan kuitenkaan mahdollisuuksia, koska ei ole täsmällistä tietoa erien kuorettomasta kuutiosta. Tämän takia on Perä-Pohjolan osalta tyydytty niihin rankojen kuutioimistarkkuutta osoittaviin lukuihin, jotka Heiskanen (1954) on aikaisemmin esittänyt ja jotka näyttävätkin olevan melko lähellä Oulu- ja Iijoen rannoille saatuja arvoja.

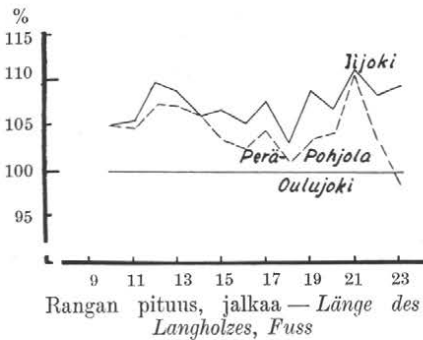
Erittäisen kuutioimistarkkuuden suurehkon hajonnan takia pyrkii myös vastaava keskiarvon keskivirhe (εV %) käytännössä yleensä jäämään suurehkoksi. Ylempänä esitetyn asetelman perusteella taulukoiden erittäinen keskivirhe vaihtelee vesistöalueittain ± 0.8 %:n ja 1.5 %:n välillä.

Entistä tarkempiin kuutiotaulukkoarvoihin ja kuutioimistuloksiin voidaan päästä vasta sitten, kun kuutiotaulukot laaditaan kasvupaikoittain eri muotoisille rannoille esim. määrätynlaisista kapenemislukittelua käyttäen ja kaikki mitattavat rangat luokitellaan näihin luokkiin sekä kuutioidaan asianomaisia kapenemisloukkia vastaavilla taulukkoluvuilla. Tällöin myöskin mitattavan rankaerän keskimääräisen kapenemisloukan määrääminen ja vastaavan loukan taulukkolukujen käyttö kuutioimisessa johtaisi lähemmäksi todellisia kuutioita.

Kasvupaikan määrääminen varsinkin luovutusmittauksissa ja rankojen kapenemisloukan selvittäminen mittaustoimituksissa muodostuu kuitenkin ylivoimaiseksi. Tämän takia on ainakin toistaiseksi tyydyttävä nyt saatujen taulukoiden antamaan tarkkuuteen.

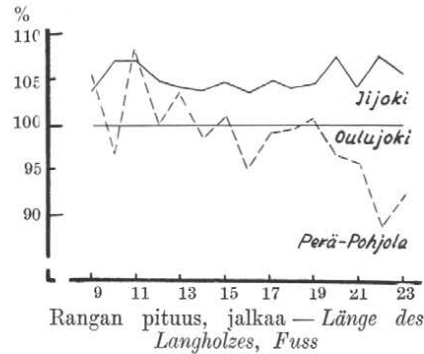
Eri vesistöalueiden todellisten kuutioiden vertailua

Erikokoisten rankojen luku nousee aineistoissa useihin satoihin, joten niiden yksikkökuutioiden suora vertailu on hankalaa jopa mahdotontakin. Tämän takia onkin vesistöalueiden todellisia kuutioita vertailtu suurempina



Kuva 21. Pohjois-Suomen vesistöalueiden hajamittarankojen pituusluokittaisten kokonaiskuutioiden vertailu. Kuusi.

Abb. 21. Vergleich zwischen den Totalkubikmassen von Langhölzern variierender Länge in Längenklassen der Gewässergebiete Nordfinlands. Fichte.



Kuva 22. Pohjois-Suomen vesistöalueiden hajamittarankojen pituusluokittaisten kokonaiskuutioiden vertailu. Mänty.

Abb. 22. Vergleich zwischen den Totalkubikmassen von Langhölzern variierender Länge in Längenklassen der Gewässergebiete Nordfinlands. Kiefer.

ryhminä. Koska vesistöalueilla on kuitenkin eri mitta- eli dimensioluokkiin kertynyt rankoja eri suuret määrät, ei alueittaisia kokonaiskuutioita voida sellaisinaan verrata. Tämän takia aineistot on pitänyt saattaa yhteismitallisiksi. Tällöin on menetelty siten, että kunkin vesistöalueen todellisten yksikkökuutioiden mittaluokittaisten kuutioarvojen painoina on käytetty Oulujoen, Iijoen ja Perä-Pohjolan vastaavien mittaluokkien rankojen lukumäärän keskiarvoa. Koska rankojen todelliset jakautumissarjat poikkeavat jonkin verran toisistaan, vaikuttaa käytetty painoitustapa luonnollisesti omalla tavallaan tuloksiin, eikä aivan ehdotonta kuvaa vesistöalueiden todellisten kokonaiskuutioiden välisistä suhteista voidakaan saada. Kuitenkin on asiaa kokeiltaessa saatu se vaikutelma, että silloin kun painoituksen perusteena ovat todellisista ranka-aineistoista saadut jakautumissarjat, ei painoitustapa sinänsä suurestikaan vaikuta vertailtavien kokonaiskuutioiden välisiin suhteisiin, vaan mahdollinen tästä seikasta johtuva virhe jää käytännössä pieneksi. Suoritetun vertailun tulokset nähdään graafisesti esitettynä kuvissa 21 ja 22, joissa Oulujoen vesistöalueen pituusluokittaisia kokonaiskuutioita on merkitty sadalla (= 100), johon sitten toisten alueitten kuutioarvoja on verrattu. Iijoen ja Perä-Pohjolan kuusi-rankoja edustavien kuutioarvojen huomataan olevan yleensä Oulujoen arvojen yläpuolella. Iijoen arvot ovat suurimpia vaikka kovin suurta eroa ei olekaan Iijoen ja Perä-Pohjolan välillä. Mänyllä Iijoen kuutioarvot näyttävät myös pysyttelevän Oulujoen kuutioarvojen yläpuolella ja kaikissa pituusluokissa likipitään yhtä kaukana Oulujoen kuutioarvoista. Sen sijaan

Perä-Pohjolan kuutioarvot poikkeavat huomattavammin Oulujoen ja Iijoen kuutioarvoista. Mitä pitempiin rankoihin nim. tullaan sitä pienemmiksi käyvät Perä-Pohjolan suhteelliset kuutioarvot. Tämän ilmiön syytä ei ole voitu selittää, ja tämä havainto jää viittaamaan Perä-Pohjolan mäntyjen muista poikkeavaan muotoon.

Aineistojen suhteelliseksi kokonaiskuutioarvoksi silloin kun Oulujoen lukuarvoa on merkitty sadalla (= 100), on saatu kuusirangoille Iijoella 107.1 ja Perä-Pohjolassa 104.5 ja mäntyranگوille vastaavasti Iijoella 105.4 ja Perä-Pohjolassa 98.5.

Ylläesitetyn perusteella tullaan siis sellaiseen tulokseen, että Oulujoella kuusirangot ovat keskimäärin vähemmän kapenevia eli paremman muotoisia kuin Iijoella ja Perä-Pohjolassa. Mäntyrangatkin ovat paremman muotoisia kuin Iijoella mutta huonomman muotoisia kuin Perä-Pohjolassa, jonka mäntyrangot näyttävät olevan koko maassa parhaan muotoisia.

Iijoen ja Perä-Pohjolan kuusirankojen muodon välillä ei näytä olevan käytännöllisesti katsoen kovinkaan suurta eroa. Sitä tuskin voidaan pitää tilastollisesti merkitseväenä. Harkita voidaan myös mahdollisuutta laatia Iijoelle ja Perä-Pohjolalle yhteinen kuutiotaulukko. Kuten jo sivulla 49 esitettiin, ovat Perä-Pohjolan ja Iijoen aineistot kuitenkin rakenteeltaan siksi erilaisia, että niiden yhdistäminen tuottaa vaikeuksia. Lisäksi huomataan, että näiden alueiden taulukkoarvot (liitetaulukot 3, 4 ja 5) poikkeavat eri paksuisten ja pituisten pölkyjen kohdalla eri suuntiin, joten yhdistämisestä saattaisi olla seurauksena mahdollisesti huonompi kuutioimistarkkuus yksityisiin eriin nähden. Koska käytännössä ei myöskään tuottane hankaluutta käyttää kullakin vesisötaalueella omaa kuutiotaulukkoa, ei eri alueiden aineistojen yhdistelyyn liene aihetta.

Tasaavaan kuutiojalkaluokitukseen perustuvat rankojen mittaustaulukot

Rankojen kuutioaulukoita käytettäessä muodostuu itse kuutioimis-toimitus varsin työlääksi ja paljon aikaa vaativaksi, koska jokaisen mitta-luokan pölkky määrä on kerrottava vastaavalla yksikkökuutiolla. Eräissä tapauksissa tämä saattaa merkitä jopa enemmänkin kuin 350 kertolaskua. Tukkieerien kuutioimisessa melkoista helpotusta merkitsevää ketjulasku-tapaa (Ä r o 1947) ei rankoja kuutioitaessa voida käyttää. Tämän takia on seuraavassa sovellettu rankojen kuutioimiseen tasaavaan kuutiojalka-luokitukseen perustuvaa kuutioimismenetelmää (N i s u l a 1949 ja 1957), koska tällöin kuutioimisessa tarvittavat kertolaskutoimitukset supis-tuvat jopa kymmenenteenkin osaan edellämainitusta kertolaskumää-rästä.

Liitetaulukoiden 6—13 nähdään maan eri vesistöalueille laaditut tasa-vaan kuutiojalkaluokitukseen perustuvat rankojen kuutioimistaulukot, joista käytetään nimitystä m i t t a u s t a u l u k o t erotukseksi edellä puhutuista kuutioaulukoista. Nimitys mittaustaulukko on katsottu sopi-vaksi sen tähden, että nämä taulukot itse asiassa sisältävät samanaikai-sesti sekä eräänlaiset kuutioaulukot että myös tilaa rankojen muistiin merkitsemistä ja kuutioimista varten. Pienissä rangoissa ($0.2j^3$ — $2.0j^3$) on käytetty $0.2j^3$ suuruista luokkaväliä ja suuremmissa ($2.0j^3 +$) samaa luokkaväliä kaksin- tai nelinkertaisena. Johtuen paperipuurankojen vasem-malle vinosta jakautumisesta kuutiojalkaluokkiinsa (kts. kuvat 12 ja 13), ei-vät tasaavan kuutiojalkaluokituksen luokkarajat ole voineet sijoittua täsmäl-leen peräkkäisten kuutiojalkaluokkien nimellisten arvojen puoliväliin, vaan luokkarajaa on jouduttu siirtämään jonkin verran suurempiin arvoihin päin, jotta luokkakeskuksina olisi voitu säilyttää yksinkertaiset luvut 0.3, 0.5, 0.7 ... jne.

Määrättäessä Oulu- ja Iijoen erien todellisten kuutioiden sadanneksina laskettua osuutta mittaustaulukoiden mukaisesta kuutiosta, on tultu samantapaiseen tulokseen kuin edellä sivulla 63, jossa on esitetty rankaerien todellisten kuutioiden poikkeamia kuutioaulukoiden mukaisista kuuti-oista. Saatu tulos nähdään yksityiskohtaisesti seuraavalla sivulla olevasta asetelmasta:

Vesistöalue ja puulaji <i>Gewässergebiet und Holzart</i>	Erien suhteellinen kuutio <i>Relative Kubikmasse der Partien (V%)¹⁾</i>	Hajonta <i>Streuung (σV%)</i>	Keskiarvon keskivirhe <i>Mittlerer Fehler des Mittelwerts (εV%)</i>
Oulujoki			
Kuusi — <i>Fichte</i>	100.65	5.80	0.74
Mänty — <i>Kiefer</i>	100.98	8.71	1.21
Iijoki			
Kuusi — <i>Fichte</i>	100.60	6.53	1.31
Mänty — <i>Kiefer</i>	100.21	6.01	1.38

Seuraavasta asetelmasta nähdään rankaerien mittaustaulukoiden mukaisen kuutioiden poikkeaminen kuutiotaulukoiden mukaisesta kuutiosta (= 100).

Vesistöalue ja puulaji <i>Gewässergebiet und Holzart</i>	Mittaustaulukoiden mukainen kuutio %:na kuutiotaulukoiden mukaisesta kuutiosta (= 100) <i>Kubikmasse nach den Aufnahme- tabellen in Prozenten von der Kubikmasse nach den Kubik- tabellen</i>				Keski- määrin <i>Im Mittel</i>	Ranka- eriä yht. kpl <i>Lang- holz- partien insge- samt, St.</i>
	97.50— 98.49	98.50— 99.49	99.50— 100.49	100.50— 101.49		
Oulujoki						
Kuusi — <i>Fichte</i> ..	4	9	40	9	99.87	62
Mänty — <i>Kiefer</i> ..	—	13	33	6	99.87	52
Iijoki						
Kuusi — <i>Fichte</i> ..	2	7	10	6	99.80	25
Mänty — <i>Kiefer</i> ..	—	2	17	—	99.89	19

Asetelmasta huomataan, että useimpien ranka-erien mittaustaulukoiden mukaiset kuutiot ovat samansuuruisia kuin kuutiotaulukoiden mukaiset kuutiot tai poikkeavat niistä korkeintaan $\pm 0.5\%$. Useimmissa niistäkin eristä, joissa suurempia poikkeuksia kuutiotaulukoiden mukaisista kuutioista on havaittavissa, ne ovat jääneet pienemmäksi kuin $\pm 1.5\%$. Kaikkiaan vain kuudessa tapauksessa ne ovat olleet sitä suurempia, kuitenkin korkeintaan -2.5% .

Koska mittaustaulukoiden antamien erittäisten kuutioimistulosten vähäiset poikkeamat ovat suunnilleen samaa suuruusluokkaa kuin kuutiotaulukoidenkin (vrt. s. 63), voidaan tasaavaan kuutiojalkaluokitukseen perustuvien rankojen mittaustaulukoiden (liitetaulukot 6—13) katsoa antavan käytännössä samanarvoisia tuloksia kuin kuutiotaulukotkin (liitetaulukot 1—5).

¹⁾ v % — todellinen kuutio sadanneksina (%) mittaustaulukoiden mukaisesta kuutiosta.

²⁾ v % — *wirkliche Kubikmasse in Prozenten von der Kubikmasse nach den Aufnahmetabellen*

Kuutio- ja mittaustaulukoiden käyttö

Rankojen mittauksissa on kullakin vesistöalueella luonnollisesti käytävä oman alueensa kuutiotaulukkoa. Kuvasta 1 selviää se alue, jolla voidaan käyttää Etelä-Suomen taulukoita. Samalla tavoin nähdään kuvassa 7 paksuin viivoin erotettuna ne alueet, joilla Oulujoen ja Lijoen vesistöalueen sekä Perä-Pohjolan rankataulukkoa on käytettävä.

Taulukoiden käyttö edellyttää, että paperipuurangat on hakattu täsmällisille pituusmitoille, siis täysille desimetreille tai täysille englannin jaloille, koska taulukoiden ilmoittamat pituusmitat tarkoittavat täsmällisiä mittoja. Rankojen paksuus sen sijaan mitataan alenevaa luokitusta käyttäen latvasta kuoren alta senttimetrein tai puolen tuuman luokitusta käyttäen ja edellyttäen, ettei rankoja ole katkottu mainittujen paksuusluokituksen alarajaa tavoitellen, vaan että todellisen keskipaksuuden voidaan olettaa sijoittuvan keskelle luokkaväliä. Jos paksuuden mittauskohdassa on oksapaisuma tai muu vahvennus, mitataan paksuus siitä kohdasta, missä se tyveen päin mentäessä on pienin.

Mainitulla tavalla mitatuille paperipuurangoille antavat taulukot (liitetaulukot 1—5) keskimäärin saman kuution kuin puutavaran mittaussäännön 4 §:n mukainen rankojen keskeltä mittaushkin.

Kuten asianomaisilla kohdilla aineistoja käsiteltäessä on selvinnyt, liittyy mainittujen taulukoiden käyttöön melkoisia virhemahdollisuuksia. Niiden voidaan katsoa antavan täysin luotettavan kuutioimistuloksen vain suurehkoille rankamäärille, jotka koostuvat laajoilta alueilta ja monenlaisista metsistä. Yksityisille rangoille taulukoista saadaan vain likiarvoja, ja rankaerissäkin tulisi olla mieluummin vähintään noin sata pölkyä ennen kuin voidaan päästä aikaisemmin mainittuun erittäiseen kuutioimistarkkuuteen.

Rankojen kuutioimistoimituksessa voidaan säästää aikaa käyttämällä liitetaulukoiden 6—13 mukaisia tasaavaan kuutiojalkaluokitukseen perustuvia mittaustaulukoita. Koska näiden taulukoiden muoto on tavallisuudesta poikkeava, selostetaan seuraavassa niiden käyttämistä.

Liitetaulukossa 8 on Oulujoen vesistöalueen kuusirankojen mittaustaulukko valmiiksi täytettynä. Siinä on rangan pituutta osoittavia pystysuoria jalkasarakkeita (7'—17') ja rangan kuutiojalkasisältöä edustavia

vaakasuoria kuutiojalkarivejä (0.3, 0.5, 0.7 . . . jne.). Jokaiseen jalkasarakkeeseen on merkitty asiaankuuluvan kuutiojalkarivin kohdalle tätä riviä vastaavan pölkyn alenevaan luokitukseen perustuva latvapaksuus tuumissa puolen tuuman luokkaväliä käyttäen. Käytännöllisistä syistä on kuitenkin puoleen tuumaan päättyvistä läpimittaluvuista taulukkoon merkitty asianomaiselle kuutiojalkariville vain luku $\frac{1}{2}$, jolloin tämän tuumaluvun kokonaisuosa saadaan välittömästi samasta jalkasarakkeesta ylempää. Esimerkiksi liitetaulukossa 8 jalkasarakkeen 20' ja kuutiojalkarivin 1.9 j^3 leikkauskohdassa oleva paksuusmerkintä $\frac{1}{2}$ tarkoittaa siis todellisuudessa tuumalukua $2\frac{1}{2}$. Taulukon rakenne poikkeaa tavanomaisesta tukkimittalistasta, joten jo rankojen ylösottokin muodostuu poikkeavaksi.

Käytännössä rankojen muistiin merkitseminen tällaiseen taulukkoon tapahtuu siten, että ensin etsitään huudettua pituutta vastaava jalkasarake ja edetään sitä alaspäin, kunnes päästään rangan paksuutta osoittavan tuumaluokan kohdalle. Tällöin on saavutettu se vaakasuora kuutiojalkarivi, johon ranka kokonsa puolesta kuuluu. Sitten edetään tätä vaakariviä oikealle, kunnes tullaan kappalesarakkeeseen, johon ranka merkitään pisteellä tai viivalla. Kun merkitsemistä tähän tapaan jatketaan, kaikki suunnilleen saman kuutioiset rangat kerääntyvät yhteen, jolloin tavallisen rankamittalistan pituusluokka- ja läpimittajakautumissarjojen sijasta saadaan suoraan rankojen kuutiosisältöä vastaava jakautuminen. Tästä päästään nopeasti kokonaiskuutiomäärään siten, että kuhunkin kuutiojalkaluokkaan kerääntyneiden rankojen lukumäärällä kerrotaan kuutiojalkaluokan kuutioarvo ja saadut tulot lasketaan yhteen.

Olettamalla kuutiojalkaluokkiin kerääntyneen rankoja liitetaulukon 8 osoittamat kappalemäärät 2, 20, 48, 32, 24 . . . saadaan rankaerän kokonaiskuutio suorittamalla seuraava laskutoimitus: $2 \times 0.3 + 20 \times 0.5 + 48 \times 0.7 + 32 \times 0.9 + 24 \times 1.1 + \dots = 198.4 \text{ j}^3$.

Kuten tutkimuksen yhteydessä on selvinnyt, on näin saatu kuutiomäärä samanarvoinen tavanomaista kuutiotaulukkoa käyttämällä saadun tuloksen kanssa mutta kuutioimistoimitus sen sijaan on nopeampi ja helpompi.

Kirjallisuusluettelo

- Alameri, Rolf — Pöyhönen, Pentti. 1954. Johdatusta tilastolliseen tutkimukseen. 2. painos. Helsinki.
- Almqvist, G. och Hallmans, G. 1946. Redogörelser för undersökning av olika mätningmetodernas noggrannhet. Stockholm. Moniste.
- »— 1947 a. Redogörelser för statistisk undersökning av tidsåtgången vid virkesmätning. SDA:Litt Xu 10. Stockholm. Moniste.
- »— 1947 b. Redogörelser för kompletterande undersökning av olika mätningmetodernas noggrannhet. SDA:Litt Xu 11. Stockholm. Moniste.
- Andersson, Sven-Olof. 1953. Barkmasseprocenter för timmer och massaved av tall och gran i Norrland. — Summary: Bark percentages for timber and pulpwood of pine and spruce in Northern Sweden. Meddelanden från statens skogsforskningsinstitut 41:5. Stockholm.
- Archer, Erling. 1920. On tømmerets form i Glommens og Drammens vasdrag. — Summary: On the form of timber, cut in the forest areas of the Glommen and Drammen districts. Meddelelser fra Det norske Skogsforsøksvaesen Nr. 1. Kristiania.
- Aro, Paavo. 1929. Tutkimuksia kuusipaperipuiden ja kaivospölkkyjen kuorimäärästä ja kuorimishukasta. — Summary: An investigation into the quantity of bark and the wastage of barking in spruce pulp-wood and pit-props. Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja 14.4. Helsinki.
- »— 1931. Tavallisimpien suomalaisten pinopuutavarain pinotiheys. — Referat: Über den Festgehalt der wichtigsten finnischen Schichtholzsortimente. Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja 14.5. Helsinki.
- »— 1935. Tutkimuksia rinnankorkeus- ja katkaisuläpimitan vaikutuksesta käyttöpuun ja hakkuutähteiden määrään. — Referat: Untersuchungen über den Einfluss des Brusthöhen- und Minimaldurchmessers auf die Menge des Gebrauchsholzes und der Hiebsreste. Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja 20.4. Helsinki.
- »— 1956. Ketjulasku tukkiluettelon juoksujalkamääriä laskettaessa. Tapion taskukirja. 13. painos. Helsinki.
- »— 1956. Tärkeimpien pinopuutavarain kuori- ja kuorimishukkaprosentteja. Tapion taskukirja. 13. painos. Helsinki.
- Asetus sisältävä puutavaran mittaussäännön 16. 12. 1938 (395/38). Suomen Asetuskokoelma.
- Asetus puutavaran työmittauksesta 29. 11. 1945 (1167/45). Suomen Asetuskokoelma.
- Asetus puutavaran mittaussäännön sisältävän asetuksen muuttamisesta 22. 2 1952 (146/52). Suomen Asetuskokoelma.
- Bauger, Eivind. 1952. Kubikktabeller for stående furuskog på Vestlandet. — Summary. Meddelelse fra Vestlandets Forstlige Forsøksstation. Nr. 29. Bergen.

- Børset, Ola. 1952. Undersøkelser over ospentømmer. Summary: Investigations on aspen logs. Meddelelser fra Det norske Skogforsøksvaesen Bind XI. Bergen.
- Brantseg, Alf. 1951. Kubikk- og produksjonsundersøkelser i vest-norske granplantninger. Meddelelse fra Vestlandets Forstlige Forsøksstation Nr. 28. Bergen.
- 1954 a. Nye tømmerundersøkelser i Nord-Trøndelag. — Summary: New investigations on Norway spruce logs in Nord-Trøndelag. Meddelelser fra Det norske Skogforsøksvaesen 44. Vollebekk.
- 1954. b. Kubikk- och stykkepristabell for furu på Sørlandet. — Summary: Volume and standard price tables for Pine in Sørlandet. Meddelelser fra Det norske Skogforsøksvaesen 44. Vollebekk.
- Eide, Erling. 1922. Om tømmerets form i Trøndelags vasdrag. — Summary: On the form of timber from the forests of Trøndelag. Meddelelser fra Det norske Skogforsøksvaesen Nr. 2. Kristiania.
- Eklund, Bo. 1949. Undersökningar över fastmassepresenter, åtgångstal m.m. vid mätning av 2- och 3- meters tall- och granmassaved. — Summary: Solid volume in stacked pulpwood of pine and spruce (length of sticks 2 and 3 meters) and the volume of solid rough wood (with Bark) in relation to stacked volume. Meddelanden från Statens skogsforskningsinstitut 37:1. Stockholm.
- 1950. Relationstal för transformering av toppmått volym sågtimmer av tall och gran till verklig kubikmassa. — Summary: On the relation between solid volume and the volume by top measurement in saw logs of pine and spruce. Meddelanden från Statens skogsforskningsinstitut 38:2. Stockholm.
- Heiskanen, Veijo. 1954. Paperipuurankojen mittauksen tarkkuudesta Perä-Pohjolassa. — Summary: On the accuracy of measurements of pulpwood boles in North Finland. Acta forestalia fennica 61:18. Helsinki.
- Hildén, N. A. 1926. Koivun kuutioimisesta massataulukoiden avulla. — Referat: Über die Kubierung der Birke mittels Massentafeln. Acta forestalia fennica 32.2. Helsinki.
- Ilvessalo, Yrjö. 1943. Suomen metsävarat ja metsien tila. II valtakunnan metsien arviointi. — Referat: Die Waldvorräte und der Zustand der Wälder Finnlands. Die II Reichswaldabschätzung. — Summary: The Forest Resources and the condition of the forests of Finland. Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja 30. Helsinki.
- 1947. Pystypuiden kuutioimistaulukot. — Summary: Volume tables for standing trees. Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja 34. Helsinki.
- Nilsen, Jonas og Sleppen, Johan. 1940. Prøveskur materialutbyte av furu. Zusammenfassung: Untersuchungen über die Schnittmaterialausbeute der Kiefer. Meddelelse fra Vestlandets Forstlige Forsøksstation Nr. 24. Bergen.
- Nisula, Pentti. 1949. Tukkien kuutiointi yksinkertaisemmaksi. Metsätaloudellinen aikakauslehti n:o 6—7. Helsinki.
- 1957. Tasaavaan kuutiojalkaluokitukseen perustuva tukkien kuutioimismenettelmä. Metsätutkimuslaitoksen julkaisuja 48.7. Helsinki.
- Nyström, E. J. 1942. Graafinen esitys ja nomografia. Helsinki.
- Näslund, Manfred. 1940. Funktioner och tabeller för kubering av stående träd. Tall, gran och björk i norra Sverige. — Zusammenfassung: Funktionen und Tabellen zur Kubierung stehender Bäume, Kiefer, Fichte und Birke in Nordschweden. Meddelanden från Statens skogsforskningsinstitut 32. Stockholm.

- N ä s l u n d, M a n f r e d. 1947. Funktionen och tabeller för kubering av stående träd. Tall, gran och björk i södra Sverige samt i hela landet. — Summary: Functions and tables for computing the cubic volume of standing trees. Pine, spruce and birch in southern Sweden, and in the whole of Sweden. Meddelanden från Statens skogsforskningsinstitut 36.3. Stockholm.
- P e t r i n i, S v e n. 1948. Skogsuppskattning och skogsindelning. Stockholm. Praktisk skogshandbok. 1950. Norrlands skogsvårdsförbund. Stockholm.
- P u t k i s t o, K a l l e. 1947. Tutkimuksia vanerikoivujen hankinnasta I: Koivupölkkyjen kuutiosuhteista. — Metsätehon julkaisuja n:o 4. Helsinki. Puutavarain mittauskomitean mietintö. Komiteamietintö n:o 5. 1936. Helsinki.
- P ö n t y n e n, V. 1929. Tukkien ym. kappaleittain mitattavien puutavarain todellisten kuutiomäärien laskeminen. Keskusmetsäseura Tapion julkaisu. Kiintomittataulukkoja. Helsinki.
- 1933 a. Veistettyjen vientitavaroiden pyöreäksi puuksi muuntaminen. — Summary: Conversion of the volume of hewn timber into the corresponding volume of round timber. Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja 14.1, liite 3. Helsinki.
- 1933 b. Koivutukkien todelliset kuutiomäärät ja latvamuotoluvut. — Summary: The actual volume and form factors of birch logs. Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja. 14.1, liite 4. Helsinki.
- T i s c h e n d o r f, W i l h e l m. 1927. Lehrbuch der Holzmassenermittlung. Berlin.
- T u o v i n e n, A r n o. 1948. Tutkimuksia paperipuiden hankinnasta Pohjois-Suomessa I. — Summary: Investigations into logging of pulpwood in North-Finland. Metsätehon julkaisu n:o 11 a. Helsinki.
- V a h e r v u o, T o i v o. 1946. Johdatus matemaattis-tilastollisiin menettelytapoihin. Helsinki—Porvoo.
- V i d v i r k e s m ä t n i n g e r f o r d e r l i g a r e l a t i o n s t a l. 1923. Statens offentliga utredningar. Stockholm.
- V u o r i s t o, I l m a r i. 1936. Suomen puuvanuketeollisuuden käyttämän kuusipaperipuun laatututkimuksia. — Referat: Untersuchungen über die Qualität des von der Zellulose- und Schleifholzindustrie verbrauchten Fichtenpapierholzes in Finnland. Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja 23.2. Helsinki.
- W u o t i, E i n a r i. 1936. Kiinto- ja pinomittojen suhteet kuusipaperipuun mitauksessa. Yksityismetsänhoitajayhdistyksen vuosikirja IX. Helsinki.
- 1938. Eräs tutkimus erimittaisten paperipuiden kiintokuutiosuhteista. Yksityismetsänhoitajayhdistyksen vuosikirja XI. Helsinki.
- 1940. Kuusisahapuista valmistettujen paperipuiden pinotiheys. Suomen paperi- ja puutavaralehti n:o 22. Helsinki.
- 1942. Kuusisahapuun teknillisen ja pinokuution välinen suhde sekä sen riippuvaisuus muotoluokasta. — Referat: Das Verhältnis von technischem zum Raum-mass beim Fichtensägeholz und seine Abhängigkeit von der Stammform. Acta forestalia fennica 50.18. Helsinki.

KUBIK- UND AUFNAHMETABELLEN FÜR FICHTEN- UND KIEFERN- FASERLANGHOLZ

REFERAT

Einleitung

Laut Verordnung vom 16. Dezember 1938, die die Holzmessanweisung enthält sollte der Festgehalt von zu Langholz bearbeitetem Faserholz nach Mittendurchmesser in Metermassen bestimmt werden. Da eine ähnliche Messung vornehmlich bei Kubierung von grossen Mengen am Lagerplatz ansehnliche Schwierigkeiten bereitet, haben Holzindustriegesellschaften gegenüber den staatlichen Behörden Wünsche vorgebracht, dass man bei der Faserlangholzmessung zur Zopfmessung übergehen und neben dem metrischen Masssystem auch englische Masse anwenden dürfe. Auf Grund des Materials, das durch Veranlassung der Forstverwaltung und des Kemijoki Flössvereins im Spätwinter 1951 im hohen Norden (Perä-Pohjola) gesammelt worden war, arbeitete die Forstliche Forschungsanstalt Kubiktabellen aus, die eine Kubierung des Langholzes im hohen Norden nach Zopfdurchmesser und Länge ermöglichen, indem der Durchmesser mit einer Genauigkeit von $\frac{1}{2}$ Zoll und die Länge mit einer Genauigkeit von 1 Fuss gemessen werden, unter Anwendung von regressiver Messung. Diese Kubiktafel wurde laut Beschluss des Landwirtschaftsministeriums i.J. 1952 in der ganzen Provinz Lappland und einigen nördlichen Gemeinden der Provinz Oulu eingeführt. Da die Herstellung von Faserlangholz auch in Südfinnland immer mehr an Boden gewann wurde gegenüber der Forstlichen Forschungsanstalt der Wunsch vorgebracht, dass diese ähnliche Kubiktabellen auch für die südlichsten Gewässergebiete ausarbeiten möge. Die vorliegende Veröffentlichung enthält die Untersuchungsergebnisse, die sich auf das von der Forstlichen Forschungsanstalt in diesen Gewässergebieten mit Hilfe von Mitteln aus dem Rundholzexportabgabefonds und mit Unterstützung der Forstverwaltung gesammelte Material gründen, sowie Kontrollberechnungen der Kubiktafel für Faserlangholz im hohen Norden. Mittels der hierdurch entstandenen Kubiktabellen lässt sich das Faserlangholz aus Südfinnland, den Oulujoki- und Iijoki-gebieten und dem hohen Norden auf Grund des Zopfdurchmessers so kubieren, dass die erhaltenen Kubierungsergebnisse wirkliche, dem in der Mitte genommenen Durchmesser entsprechende Kubikmassen darstellen.

Aus der Untersuchung ergaben sich zweierlei Kubierungstabellen. Diejenigen Kubierungstabellen, die die Einheitskubikgrösse des verschiedenen grossen Langholzes angeben, wurden Kubiktabellen, die später ausgearbeiteten Kubierungstabellen wiederum, die eine Art kombinierten Aufnahme- und Kubierungsvordruck für Langholz darstellen, Aufnahmetabellen für Langholz genannt.

Zum Begriff des Langholzes

In Finnland denkt man sich das Langholz in der Praxis immer mehr als Hantierungs- und Beförderungseinheit, worunter man einen entästeten Stammteil versteht,

der noch nicht zu endgültigen Nutzlängen eingeschnitten worden ist. In Anlehnung daran bedient man sich in der vorliegenden Untersuchung der Bezeichnung Langholz für jeden entästeten Stammteil, der aus dem Walde zur Erleichterung der Fällung oder der Beförderung in einer Länge genommen wird, welche die kleinste Länge überschreitet die für die aus dem Walde erhältliche Holzsortimente allgemein üblich ist, und der in der Regel bei einer späteren Phase der Lieferung zu einem oder mehreren Nutzholzstücken eingeschnitten werden soll. So verstanden ist in Südfinnland jedes über 1 Meter lange, meistens auf volle Meter eingeschnittene Faserholz Langholz, genau wie alles in Nordfinnland auf variierende Fusslängen eingeschnittene Faserholz. Zwischen diesen beiden finnischen Faserlangholztypen bestehen indessen erhebliche Unterschiede. Das nordfinnische Faserholz wird vorwiegend in Stapeln oder Haufen so gelagert, dass alle Längen durcheinander liegen, während das südfinnische Faserlangholz, entweder in Stößen oder über Kreuz geschichtet, so gelagert wird, dass die verschiedenen Langholzlängen genau auseinander gehalten werden. Zur Vermeidung von Begriffsverwirrungen wird das oben beschriebene südfinnische, meistens auf volle Meter eingeschnittene Langholz bei dieser Untersuchung als *Langholz konstanter Länge* und das nordfinnische, zu variierenden Längen eingeschnittene Langholz als *Langholz variierender Länge* bezeichnet.

Das Untersuchungsverfahren

Weil der vorliegenden Untersuchung das praktische Ziel gesetzt worden war, solche auf Zopfmessung gegründete Kubierungstabellen auszuarbeiten, die die Mittennmessung des Holzes nach der Holzmessanweisung weitgehendst ersetzen würden, wurde in dieser Untersuchung als wirkliche Kubikmasse die durch Mittennmessung ermittelte betrachtet, die auch immer dann gemeint ist, wenn von der wirklichen Kubikmasse gesprochen wird. Aus praktischen Gründen bestand nicht die Möglichkeit, in den verschiedenen Gewässergebieten Material unter Anwendung eines einheitlichen Probeverfahrens zu sammeln, weil schon der Ausgangspunkt der Untersuchung je nach Gebiet verschieden war. In Südfinnland wurde auf den Lagerplätzen an Material ca. $\frac{1}{2}$ % der Kubikmasse jeder Faserholzlänge gesammelt. Im hohen Norden wurde das Untersuchungsmaterial an den Lagerplätzen bei sog. Kontrollmessungen gesammelt, indem dem gesamten Lager Probelanghölzer entnommen wurden, die nach Länge, Durchmesser und Stammform das Lager bestmöglich repräsentierten. In den Oulujoki-, Iijoki-, Kiiminginjoki- und Simojoki-Gewässergebieten bearbeiteten Holzlieferanten an den von ihnen ausersehenen Fällungsplätzen Faserlangholz, das im ganzen den Untersuchungsmessungen unterzogen wurde.

Die Durchmesser und Längen des Langholzes wurden so gemessen, wie die Verordnung vom 16. Dezember 1938, die die Holzmessanweisung enthält, in ihrer Fassung vom 22. Juli 1952 vorschreibt. An Hand des Untersuchungsmaterials konnte die Kubikmasse, des Langholzes ohne Rinde in der Regel direkt ermittelt werden. Eine Ausnahme davon macht jedoch das Material aus dem hohen Norden, wo der Mittendurchmesser des Langholzes auf der Rinde gemessen worden war. Zur Ausrechnung von Kubikmassen ohne Rinde wurde Rindenmaterial gesammelt, indem die Dicke der Rinde an der Mitte der Probestämme zu beiden Seiten des Stammes mit einem Rindenmesser in Millimetern gemessen wurde. Auf Grund der Ergebnisse aus diesem Material sind die mit Rinde ausgerechneten Kubikmassen des gesamten Langholzmaterials in Kubikmassen ohne Rinde umgerechnet worden. Bei der Bearbeitung des Materials wurden die Kubikmassen des Langholzes je Längensklasse als gradliniger Trend bestimmt. Beim Ausrechnen desselben wurde die Methode der kleinsten Quadratsumme angewendet, wo-

bei die Konstanten a und b durch Verwendung der Regression der $1.80-2.15$ Potenz ermittelt wurden (vgl. S. 24). In den Gleichungen der Konstanten a und b auf der vorstehend genannten Seite bedeuten n die Zahl der Zopfdurchmesserklassen, x den Zopfdurchmesser des Langholzes in die $1.80-2.15$ Potenz erhoben und y die auf Grund der Mittenmessung des Langholzes ermittelte Kubikmasse. Beim Durchgehen des Materials wurden ferner die Streuung, der mittlere Fehler des Mittelwerts und die relative Streuung nach den auf der vorstehend genannten Seite gegebenen Formeln ausgerechnet. In einigen Fällen wurde die Verteilung graphisch auf Wahrscheinlichkeitspapier beobachtet, wobei ein Bild darüber geschaffen werden konnte, inwiefern die zu beobachtende Verteilung der selben der Gauss'schen Kurve normalerweise folgt.

Kubiktable für Langholz konstanter Länge für Südfinnland

Das Material

Das südfinnische Faserlangholzmaterial wurde in den Jahren 1953 und 1954 an den in Abb. 1 ersichtlichen Messungsplätzen gesammelt. Im ganzen 1 210 Aufnahmepartien ergaben in Südfinnland ein Material von 355 261 Langhölzern, davon 211 679 Fichte und 143 582 Kiefer. Das Zerfallen des Materials in verschiedene Längen und Stärken des Langholzes konstanter Länge ersieht man aus Tabelle 1. Kubiktable wurde lediglich für eigentliches Faserlangholz ausgerechnet, weil das aus Zopfenden der Sägeblöcke gefertigte Langholz so wenig Material ergab, dass man sich ausserstande sah, dieses überhaupt zu verwerten.

Ausarbeitung der Kubiktable

Durch gradlinigen Ausgleich der je nach Durchmesserklasse ausgerechneten Kubikmassen in jeder einzelnen Längenklasse (Tabelle 3) unter Anwendung der Regression der 2.10 Potenz für Fichte und der 2.15 Potenz für Kiefer wurden für 2, 3, 4, 5 und 6 m langes Fichten- und Kiefernlangholz ausgeglichene Kubikwerte mit einer Dezimale in Kubikmetern je 100 Langhölzer ausgerechnet (Beilagetabelle 1).

Verjüngungsverhältnisse des Langholzes

Abb. 2 und 3 zeigen die durchschnittliche Verjüngung des auf volle Meterzahlen eingeschnittenen Fichten- und Kiefernlangholzes von der Mitte bis zum Zopfende des Langholzes. Weil der Zopfdurchmesser des Mittelblocks der Faserholzpartien meistens an die $10-18$ cm beträgt und die Werte der Verjüngungskurven eben in diesen Durchmesserklassen am niedrigsten sind, um bei Zunehmen, bzw. Abnehmen des Durchmessers höher zu werden, muss die Verjüngung des Mittelblocks einer Faserholzpartie geringer sein als die durchschnittliche, wirkliche Verjüngung der Partie.

Anwendbarkeit der Kubiktable für Langholz konstanter Länge in den verschiedenen Gewässergebieten

Aus Tabelle 5 ist zu ersehen, dass die ausgeglichenen Kubikwerte für das Langholz beider Holzarten die wirkliche totale Kubikmasse mit annähernder Genauigkeit geben. Es ist jedoch wichtig zu wissen, wie sie in jedem einzelnen Gewässergebiet gesondert anwendbar sind. Die Ergebnisse ersieht man aus Tabelle 6, die die Beobachtung gestattet, dass die wirklichen Kubikmassen der Partien in den einzelnen

Gewässergebieten sich von den Tabellenkubikmassen entsprechender Partien in keinem Wassergebiet derart voneinander unterscheiden, dass diesen Unterschieden in statistischem Sinn Bedeutung beigemessen werden könnte. Die Kubiktabelle kann für die Kubierung von Langholz konstanter Länge in allen untersuchten Gewässergebieten Südfinnlands als geeignet angesehen werden.

Der Einfluss des Standortes auf die Kubikmasse des Langholzes

Der Einfluss des Standortes auf die Kubikmasse von Faserholzpartien scheint nach Tabelle 9 so gering zu sein, dass er wenigstens auf Grund dieses Materials nicht als systematische Kubierungsfehler verursachender Faktor betrachtet werden kann.

Genauigkeit der Kubiktabelle bei Kubierung von Langholzpartien

Aus Tabelle 6 und der auf Grund derselben gemachten graphischen Darstellung, Abb. 4, ist zu ersehen, dass die Streuung der relativen Kubikmasse der Langholzpartien bei zunehmender Länge des in der Partie enthaltenen Langholzes grösser wird, bei Fichte jedoch weniger als bei Kiefer. Bei Kubierung von Partien mit Hilfe der Tabelle sind somit umso grössere Abweichungen zu erwarten, um je längeres Langholz es sich jeweilig handelt. Tabelle 8 zeigt den Einfluss der mittleren Kubikmasse der Langholzpartien auf die besagte Streuung, die für Partien, die die mittlere Kubikmasse übersteigen, kleiner zu sein scheint, als für Partien, die unter dieser liegen. In solchen Fällen jedoch, wo die Streuung hat ausgerechnet werden können, scheint es, als ob sie bei zunehmender mittlerer Kubikmasse in der Regel abnehme, und im entgegengesetzten Fall wiederum grösser werde; doch auch in niedrigen Klassen der mittleren Kubikmasse ist dieser Anstieg so gering, dass die ausgearbeitete Kubierungstabelle auch auf Partien mit niedriger mittlerer Kubikmasse angewendet werden kann.

Kubiktabelle für Langholz variierender Länge für Südfinnland

Ausarbeitung der Kubiktabelle

Bei einer Betrachtung der Verjüngungskurven in Abb. 2 und 3 wird man gewahr, dass vornehmlich die Verjüngung des verschieden langen Fichtenlangholzes konstanter Länge in den repräsentativsten Durchmesserklassen nicht besonders viel variiert. Wenn auf Grund des Materials für Langholz konstanter Länge auch Kubiktabelle für Langholz variierender Länge ausgearbeitet werden, können daher auf keinen Fall grosse Fehler entstehen. Für diesen Gedanken hat man weitere Bestätigungen bekommen bei einer späteren Betrachtung der Einfügung der Konstanten a und b als leicht ausgleichbare Serie in Abb. 5 und 6. Bei der Ausarbeitung der Kubiktabelle konnten die Werte der Konstante b nach dem Verfahren der kleinsten Quadratsumme gradlinig ausgeglichen werden, während beim Ausgleich der Werte der Konstante a ein okulares Ausgleichungsverfahren benutzt wurde. Auf Grund dieser Konstanten wurde dann eine Kubiktabelle für Langholz variierender Länge ausgerechnet, die man in Beilagetabelle 2 sieht.

Kubiktabellen für Langholz variierender Länge für Nordfinland

Das Material

Das Material für Langholz variierender Länge, das im Winter 1951 vom Bezirksforstamt der Forstverwaltung und vom Kemijoki Flössverein in Perä-Pohjola gesammelt wurde, umfasste im ganzen 25 994 Fichtenlanghölzer von 79 Lagerplätzen und

13 611 Kiefernlanghölzer von 66 Lagerplätzen oder insgesamt 39 605 Stück Nadel-langholz. Abb. 7 zeigt die Messungsplätze. Weil das Langholz in der Mitte mit Rinde gemessen worden war, stellte die Forstliche Forschungsanstalt in demselben Winter und hauptsächlich an denselben Punkten Untersuchungen über die Rindenstärke an. Gegenstand dieser Rindenuntersuchungen waren insgesamt 1 671 Kiefern- und 2 917 Fichtenlanghölzer. Das Material des Oulujoki-Gewässergebietes wurde im Herbst 1953 gesammelt. In den Kiimingin-, Ii- und Simojoki-Gewässergebieten wurden die Probelanghölzer im Spätwinter 1955 gemessen, und dieses Material wurde später zum Material des Iijoki-Gebietes zusammengefasst. Das Material des Oulujoki-Gebietes umfasst 22 173 Fichtenlanghölzer aus 62 Partien und 17 852 Kiefernlanghölzer aus 52 Partien oder insgesamt 40 025 Stück Nadellangholz. Das Material des Iijoki-Gebietes umfasst 11 958 Fichtenlanghölzer aus 25 Partien und 8 133 Kiefernlanghölzer aus 19 Partien oder insgesamt 20 091 Stück Nadellangholz. Die Messungsplätze der Oulu-, Iijoki- und Perä-Pohjola Gebiete sieht man in Abb. 7. Tabelle 9 veranschaulicht die Verteilung der im Material enthaltenen Blöcke in Zopfdurchmesser- und Längsklassen. Abb. 8 und 9 zeigen die aus dem Material erhaltenen Durchschnittslängen je Durchmesserklasse. An Hand der Tabelle 9 und der Abb. 8 und 9 kann festgestellt werden, dass das Langholz des Oulujoki-Gebietes in der Regel dünner und länger ist als das des Iijoki-Gebietes, wo es für sein Teil einen kleineren Durchmesser und eine grössere Länge aufweist als im hohen Norden (Perä-Pohjola). Abb. 10 und 11 zeigen die relative Verteilung des Materials in Längsklassen, und in Abb. 12 und 13 sieht man die prozentuale Verteilung des Materials in Kubikfussklassen.

Bearbeitung des Rindematerials aus Perä-Pohjola

Das prozentuale Verhältnis der den Durchmessern mit Rinde entsprechenden Querflächen ohne Rinde zu denjenigen mit Rinde erhellt aus Tabelle 10 und Abb. 14. Für Fichte ergab sich der durchschnittliche Prozentsatz von 82.3, für Kiefer 88.8. Der relative Anteil der Rinde allein war somit für Fichte 17.7 % und für Kiefer 11.2 %.

Ausarbeitung der Kubiktabellen

Bei der Ausrechnung der Trendkubikmassen wurde in jedem der drei Gewässergebiete für Fichtenlangholz die Regression der 2.10 Potenz, für das Kiefernlangholz des Oulujoki- und Perä-Pohjola Gebietes die der 2.15 Potenz angewendet. Das gesamte Kiefernmaterial des Iijoki-Gebietes wurde jedoch unter Anwendung der Regression der 1.80 Potenz ausgeglichen. In Abb. 15 und 16 sieht man die Werte der Wirklichen Kubikmassen im Prozent von Trendkubikmassen. Die Abweichungen sind an sich nicht gross, aber die Werte der Trendkubikmassen sind den ausgeglichenen Ergebnissen entsprechend graphisch verbessert worden. Man hat sich jedoch nicht veranlasst gesehen, die Werte der Kiefern-Trendkubikmassen von Perä-Pohjola zu verbessern, weil sich in bezug auf Rinde das Material bereits als etwas unsicher erwiesen hatte. Aus diesem Grunde ist auch in Abb. 15 nicht die Kiefer von Perä-Pohjola wiedergegeben. Die erhaltenen Kubikmassenwerte für die Oulu- und Iijoki-Gewässergebiete sowie für Perä-Pohjola sieht man in den Beilagetabellen 3, 4 und 5.

Abweichung der wirklichen Kubikmassen von den Tabellenkubikmassen

Genau wie in Südfinnland ist auch in sämtlichen Gewässergebieten Nordfinnlands die Abweichung der wirklichen Totalkubikmassen des Langholzmaterials unbedeutend klein. Die grösste Abweichung beträgt nur 0.2 %. Um aufzuklären, wie die wirk-

lichen Totalkubikmassen der einzelnen Partien von den Tabellenkubikmassen abweichen, wurde das Material der Oulu- und Iijoki-Gebiete auf seine Streuung untersucht, wobei ca. 20 % der totalen Blockzahl des Materials erfasst wurden. Abb. 19 zeigt die hierdurch erhaltenen Verteilungstabellenwerte in einem Summendiagramm auf Wahrscheinlichkeitspapier. Aus der Zeichnung ersieht man, dass sowohl im Oulujoki- als im Iijoki-Gebiet die Kurven der Kiefer und der Fichte sich im grossen und ganzen der gleichen Form nähern, während jedoch die Streuung der relativen Kubikmassen bei Kiefer etwas grösser ist als bei Fichte. Die Aufstellung auf Seite 60 zeigt die graphisch ermittelten Streuungswerte, die beobachten lassen, wie die Streuung beim Übergang von Partien mit Langholz guter Form zu solchen mit Langholz schlechter Form zunimmt. Ferner kann festgestellt werden, dass die Abweichungen der wirklichen Kubikmassen von den Tabellenkubikmassen recht gross sein können, woraus die Schlussfolgerung zu ziehen ist, dass bei der Ausarbeitung der Kubiktabellen für Papierlangholz dafür gesorgt werden muss, dass Probemessungen an genügend zahlreichen Lagerplätzen vorgenommen werden. Wie sich die Länge des Langholzes auf die Streuung auswirkt, geht aus der Aufstellung auf Seite 60 hervor, und die Zahlen zeigen, dass bei abnehmender Stärke und zunehmender Länge auch die Streuung etwas grösser wird. Aus Abb. 20, die die Abweichung der wirklichen Kubikmasse bei Partien von mehr als 100 Langhölzern von den Tabellenkubikmassen darstellt, erhellt, dass sich die Abweichung recht gut der normalen Verteilung nähert und es gelungen ist, an Hand des Materials gebietsweise stichhaltige Kubiktabellen auszuarbeiten. Die Aufstellung auf Seite 63 zeigt ferner, dass der Kubierungsfehler für ca. 1/3 aller in Frage kommenden Partien beim Kiefernlangholz des Oulujoki-Gebietes unter 9 %, beim Fichtenlangholz des Oulujoki-Gebietes und beim Fichten- und Kiefernlangholz des Iijoki-Gebietes unter 6 % bleibt. Nur bei fünf Partien von hundert können doppelt grössere Kubierungsfehler vorkommen. Ein Vergleich der in Süd- und in Nordfinland erhaltenen Ergebnissen miteinander zeigt, dass in Südfinnland bei Kubierung von Langholz konstanter Länge die gesonderte Kubierungsgenauigkeit erheblich besser ist als bei Kubierung von nördlichem Langholz variierender Länge.

Vergleiche zwischen den wirklichen Kubikmassen der verschiedenen Gewässergebiete

Die Ergebnisse von Vergleichen zwischen den wirklichen Kubikmassen der verschiedenen Gewässergebiete gehen aus den graphischen Darstellungen in Abb. 21 und 22 hervor. Beim Zahlenwert 100 für das Oulujoki-Gebiet ergibt sich nach dem Material für das Fichtenlangholz im Iijoki-Gebiet ein relativer Totalkubikmassenwert von 107.1 und in Perä-Pohjola 104.5, für Kiefernlangholz entsprechend 105.4 bzw. 98.5. Die Ergebnisse zeigen, dass das Fichtenlangholz im Oulujoki-Gebiet sich durchschnittlich weniger verjüngt und folglich besser geformt ist als im Iijoki- und Perä-Pohjola-Gebiet; das Kiefernlangholz ist besser geformt als im Iijoki-Gebiet, aber schlechter geformt als in Perä-Pohjola, wo das Kiefernlangholz die beste Form im ganzen Land zu haben scheint.

Die auf ausgleichender Kubikfussklassifizierung beruhenden Aufnahmetabellen für Langholz

Die Beilagetabellen 6—13 geben die für die verschiedenen Gewässergebiete des Landes ausgearbeiteten, auf ausgleichender Kubikfussklassifikation beruhenden Kubierungstabellen für Langholz wieder die zum Unterschied von den vorstehend besprochenen Kubiktabellen Aufnahmetabellen genannt werden. Die Bezeichnung

Aufnahmetabelle wurde deshalb für geeignet gehalten, weil diese Tabellen tatsächlich gleichzeitig sowohl Kubiktabellen als auch Spalten zum Aufzeichnen und Kubieren des Langholzes enthalten. Für kleines Langholz wurde ein Klassenabstand von 0.2 cbf, für grössere Blöcke derselbe Klassenabstand verdoppelt oder vervierfacht angewendet. Die Aufstellung auf Seite 68 zeigt die Abweichung der den Aufnahmetabellen entsprechenden Kubikmassen der Langholzpartien von den den Kubiktabellen entsprechenden Kubikmassen. Die Aufstellung erweist, dass die den Aufnahmetabellen entsprechenden Kubikmassen der meisten Langholzpartien gleich gross sind, wie die Kubikmassen nach den Kubiktabellen, oder davon höchstens $\pm 0.5\%$ abweichen. In der Mehrzahl der Abweichungsfälle bleiben sie unter $\pm 1.5\%$. Auf Grund dessen kann man sagen, dass die auf ausgleichende Kubikfussklassifizierung beruhenden Langholzaufnahmetabellen Resultate ergeben, die denen der Kubiktabellen praktisch gleichwertig sind.

Anwendung der Kubik- und Aufnahmetabellen

Bei der Anwendung der Kubiktabellen ist nicht zu vergessen, dass die Längenmassen genaue Masse darstellen. Unter der Stärke des Langholzes dagegen werden am Zopfende unter der Rinde durch Anwendung von regressiver Klassifizierung in Zentimetern oder halben Zollen ermittelte Masse verstanden, vorausgesetzt, dass das Langholz nicht mit Augenmerk auf die untere Grenze der Klassifizierung eingeschnitten worden ist, sondern man voraussetzen kann, dass die wirkliche mittlere Stärke die Mitte des Klassenabstands trifft. Man kann sagen, dass die Tabellen für grössere Langholzmengen aus grösseren Gebieten mit verschiedenartigen Wäldern vollkommen zuverlässige Kubierungsresultate ergeben. Für einzelne Langhölzer erhält man aus den Tabellen annähernde Werte, und auch Langholzpartien sollten vorzugsweise mindestens ca. 100 Blöcke enthalten, um die früher genannte Kubierungsgenauigkeit für die Partien zu erzielen.

Bei der Anwendung von Aufnahmetabellen nach den Beilagetabellen 6—13 wird das gemessene Langholz in die Stückspalte für entsprechende Fusslänge und Zollstärke eingetragen, wodurch die Langhölzer von ungefähr gleicher Kubikmasse zusammengefasst werden. Die totale Kubikmasse wird ermittelt, indem mit der Zahl der in jeder Kubikfussklasse gesammelten Langhölzer der Kubikwert der betreffenden Klasse multipliziert wird und die Produkte zusammengerechnet werden.

Liitetaulukot
Beilagetabellen

Kuutio- ja mittaustaulukot
Kubik- und Aufnahmetabellen

Liitetaulukko 1. Määrämittarankojen kuutiotaulukko. Etelä-
Beilagetabelle 1. Kubiktabelle für Langholz konstanter Länge.

Rangan pituus, m <i>Länge des Langholzes, m</i>	Latvaläpimitta kuoretta, cm —										
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	100 rangan kuoreton kuutio, m ³ —										
	Kuusi —										
2.0	0.8	1.0	1.2	1.5	1.7	2.1	2.4	2.8	3.2	3.7	4.2
3.0	1.5	1.7	2.1	2.4	2.9	3.4	3.9	4.5	5.1	5.8	6.6
4.0	2.2	2.5	3.0	3.5	4.1	4.8	5.5	6.3	7.2	8.2	9.2
5.0	3.3	3.8	4.3	5.0	5.7	6.6	7.5	8.5	9.7	10.9	12.2
6.0	4.5	5.2	5.9	6.7	7.6	8.7	9.8	11.1	12.5	14.0	15.6
	Mänty —										
2.0	0.8	1.0	1.2	1.4	1.7	2.0	2.4	2.7	3.2	3.6	4.1
3.0	1.4	1.7	2.0	2.4	2.8	3.3	3.8	4.4	5.1	5.8	6.5
4.0	2.1	2.4	2.8	3.3	3.9	4.5	5.2	6.0	6.8	7.8	8.8
5.0	2.9	3.3	3.8	4.4	5.1	5.9	6.8	7.7	8.8	9.9	11.1
6.0	3.3	3.9	4.5	5.3	6.2	7.2	8.3	9.6	10.9	12.4	14.0

Suomi. Päijänteen, Saimaan ja Pielisen vesistöalue.
 Südfinnland. Päijänne-, Saimaa- und Pielinen- Gewässergebiet.

Zopfdurchmesser ohne Rinde, cm										Rangan pituus, m Länge des Langholzes, m
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Kubikmasse von 100 Langhölzern ohne Rinde, m ³										
<i>Fichte</i>										
4.7	5.3	5.9	6.5	7.2	7.9	8.7	9.5	10.3	11.2	2.0
7.4	8.3	9.2	10.2	11.2	12.3	13.4	14.6	15.9	17.2	3.0
10.3	11.5	12.8	14.1	15.6	17.1	18.7	20.3	22.1	23.9	4.0
13.6	15.1	16.7	18.4	20.2	22.1	24.1	26.2	28.4	30.7	5.0
17.4	19.2	21.2	23.3	25.6	27.9	30.4	33.0	35.8	38.6	6.0
<i>Kiefer</i>										
4.7	5.2	5.8	6.5	7.2	7.9	8.7	9.5	10.4	11.3	2.0
7.4	8.3	9.2	10.2	11.3	12.4	13.6	14.9	16.2	17.6	3.0
9.9	11.0	12.3	13.6	15.0	16.5	18.1	19.7	21.4	23.2	4.0
12.5	13.9	15.4	17.1	18.8	20.6	22.6	24.6	26.7	28.9	5.0
15.8	17.6	19.6	21.7	23.9	26.2	28.7	31.4	34.1	37.0	6.0

Liitetaulukko 2. Hajamittarankojen kuutiotaulukko.
Beilagetabelle 2. Kubiktabelle für Langholz variierender Länge.

Kuusi—

Rangan pituus, m <i>Länge des Langholzes, m</i>	Latvaläpimitta kuoretta, cm—										
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	100 rangan kuoretton kuutio, m ³ —										
2.0	0.8	1.0	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.8	3.2	3.7	4.2
2.1	0.9	1.1	1.3	1.6	1.9	2.2	2.6	3.0	3.4	3.9	4.4
2.2	0.9	1.1	1.4	1.7	2.0	2.3	2.7	3.2	3.6	4.1	4.7
2.3	1.0	1.2	1.5	1.8	2.1	2.5	2.9	3.3	3.8	4.4	4.9
2.4	1.1	1.3	1.5	1.9	2.2	2.6	3.0	3.5	4.0	4.6	5.2
2.5	1.1	1.4	1.6	2.0	2.3	2.7	3.2	3.7	4.2	4.8	5.4
2.6	1.2	1.4	1.7	2.0	2.4	2.9	3.3	3.8	4.4	5.0	5.7
2.7	1.2	1.5	1.8	2.1	2.5	3.0	3.5	4.0	4.6	5.2	5.9
2.8	1.3	1.6	1.9	2.2	2.6	3.1	3.6	4.2	4.8	5.5	6.2
2.9	1.4	1.6	2.0	2.3	2.8	3.2	3.8	4.3	5.0	5.7	6.4
3.0	1.4	1.7	2.0	2.4	2.9	3.4	3.9	4.5	5.2	5.9	6.7
3.1	1.5	1.8	2.1	2.5	3.0	3.5	4.1	4.7	5.4	6.1	6.9
3.2	1.5	1.8	2.2	2.6	3.1	3.6	4.2	4.9	5.6	6.3	7.2
3.3	1.6	1.9	2.3	2.7	3.2	3.8	4.4	5.0	5.8	6.6	7.4
3.4	1.7	2.0	2.4	2.8	3.3	3.9	4.5	5.2	6.0	6.8	7.7
3.5	1.8	2.1	2.5	2.9	3.5	4.0	4.7	5.4	6.2	7.0	7.9
3.6	1.8	2.2	2.6	3.1	3.6	4.2	4.9	5.6	6.4	7.3	8.2
3.7	1.9	2.3	2.7	3.2	3.7	4.4	5.0	5.8	6.6	7.5	8.5
3.8	2.0	2.4	2.8	3.3	3.9	4.5	5.2	6.0	6.8	7.8	8.8
3.9	2.1	2.5	2.9	3.4	4.0	4.7	5.4	6.2	7.1	8.0	9.0
4.0	2.2	2.6	3.0	3.6	4.2	4.8	5.6	6.4	7.3	8.3	9.3
4.1	2.3	2.7	3.2	3.7	4.3	5.0	5.8	6.6	7.5	8.5	9.6
4.2	2.4	2.8	3.3	3.8	4.5	5.2	5.9	6.8	7.7	8.8	9.9
4.3	2.5	2.9	3.4	4.0	4.6	5.3	6.1	7.0	8.0	9.0	10.2
4.4	2.6	3.0	3.5	4.1	4.8	5.5	6.3	7.2	8.2	9.3	10.5
4.5	2.7	3.1	3.6	4.2	4.9	5.7	6.5	7.4	8.4	9.6	10.7
4.6	2.8	3.2	3.8	4.4	5.1	5.9	6.7	7.7	8.7	9.8	11.1
4.7	2.9	3.4	3.9	4.5	5.2	6.0	6.9	7.9	8.9	10.1	11.3
4.8	3.0	3.5	4.0	4.7	5.4	6.2	7.1	8.1	9.2	10.4	11.6
4.9	3.1	3.6	4.2	4.8	5.6	6.4	7.3	8.3	9.4	10.6	11.9
5.0	3.2	3.7	4.3	5.0	5.7	6.6	7.5	8.5	9.7	10.9	12.2
5.1	3.4	3.9	4.4	5.1	5.9	6.8	7.7	8.8	9.9	11.2	12.5
5.2	3.5	4.0	4.6	5.3	6.1	7.0	7.9	9.0	10.2	11.5	12.9
5.3	3.6	4.1	4.7	5.4	6.2	7.1	8.1	9.2	10.4	11.8	13.2
5.4	3.8	4.3	4.9	5.6	6.4	7.4	8.4	9.5	10.7	12.1	13.5
5.5	3.9	4.4	5.0	5.8	6.6	7.6	8.6	9.7	11.0	12.3	13.8
5.6	4.0	4.6	5.2	6.0	6.8	7.8	8.8	10.0	11.3	12.7	14.1
5.7	4.1	4.7	5.4	6.1	7.0	8.0	9.0	10.2	11.5	12.9	14.4
5.8	4.3	4.8	5.5	6.3	7.2	8.2	9.3	10.5	11.8	13.2	14.8
5.9	4.5	5.0	5.7	6.5	7.4	8.4	9.5	10.8	12.1	13.6	15.1
6.0	4.6	5.2	5.9	6.7	7.6	8.6	9.8	11.0	12.4	13.9	15.5

Etelä-Suomi. Päijänteen, Saimaan ja Pielisen vesistöalue.
Südfinnland. Päijänne-, Saimaa- und Pielinen- Gewässergebiet.

Fichte

Zopfdurchmesser ohne Rinde, cm										Rangan pituus, m Länge des Langholzes, m
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Kubikmasse von 100 Langhölzern ohne Rinde, m ³										
4.7	5.3	5.9	6.6	7.2	8.0	8.7	9.5	10.4	11.2	2.0
5.0	5.6	6.3	6.9	7.7	8.4	9.2	10.1	11.0	11.9	2.1
5.3	5.9	6.6	7.3	8.1	8.9	9.7	10.6	11.5	12.5	2.2
5.6	6.2	6.9	7.7	8.5	9.3	10.2	11.1	12.1	13.1	2.3
5.8	6.5	7.3	8.1	8.9	9.8	10.7	11.7	12.7	13.8	2.4
6.1	6.9	7.6	8.5	9.3	10.2	11.2	12.2	13.3	14.4	2.5
6.4	7.2	8.0	8.8	9.7	10.7	11.7	12.8	13.9	15.1	2.6
6.7	7.5	8.3	9.2	10.1	11.1	12.2	13.3	14.5	15.7	2.7
6.9	7.8	8.6	9.6	10.6	11.6	12.7	13.8	15.1	16.3	2.8
7.2	8.1	9.0	10.0	11.0	12.1	13.2	14.4	15.7	17.0	2.9
7.5	8.4	9.3	10.3	11.4	12.5	13.7	14.9	16.2	17.6	3.0
7.8	8.7	9.7	10.7	11.8	13.0	14.2	15.5	16.8	18.2	3.1
8.0	9.0	10.0	11.1	12.2	13.4	14.7	16.0	17.4	18.9	3.2
8.3	9.3	10.4	11.5	12.7	13.9	15.2	16.6	18.0	19.5	3.3
8.6	9.6	10.7	11.9	13.1	14.4	15.7	17.1	18.6	20.2	3.4
8.9	10.0	11.1	12.3	13.5	14.8	16.2	17.7	19.2	20.8	3.5
9.2	10.3	11.4	12.7	13.9	15.3	16.7	18.2	19.8	21.5	3.6
9.5	10.6	11.8	13.1	14.4	15.8	17.3	18.8	20.5	22.1	3.7
9.8	11.0	12.2	13.5	14.8	16.3	17.8	19.4	21.1	22.8	3.8
10.1	11.3	12.6	13.9	15.3	16.8	18.3	20.0	21.7	23.5	3.9
10.4	11.7	12.9	14.3	15.7	17.3	18.9	20.5	22.3	24.2	4.0
10.7	12.0	13.3	14.7	16.2	17.7	19.4	21.1	22.9	24.8	4.1
11.1	12.3	13.7	15.1	16.6	18.2	19.9	21.7	23.6	25.5	4.2
11.4	12.7	14.1	15.5	17.1	18.7	20.5	22.3	24.2	26.2	4.3
11.7	13.0	14.4	16.0	17.5	19.2	21.0	22.9	24.8	26.8	4.4
12.0	13.4	14.8	16.4	18.0	19.7	21.5	23.4	25.5	27.5	4.5
12.3	13.8	15.2	16.8	18.5	20.2	22.1	24.0	26.1	28.2	4.6
12.7	14.1	15.6	17.2	18.9	20.7	22.6	24.6	26.7	28.9	4.7
13.0	14.5	16.0	17.7	19.4	21.2	23.2	25.2	27.4	29.6	4.8
13.3	14.8	16.4	18.1	19.9	21.8	23.7	25.8	28.0	30.3	4.9
13.6	15.2	16.8	18.5	20.3	22.2	24.3	26.4	28.6	31.0	5.0
14.0	15.6	17.2	19.0	20.8	22.8	24.8	27.0	29.3	31.7	5.1
14.3	15.9	17.6	19.4	21.3	23.3	25.4	27.6	30.0	32.4	5.2
14.7	16.3	18.0	19.8	21.8	23.8	26.0	28.2	30.6	33.1	5.3
15.0	16.7	18.4	20.3	22.3	24.4	26.6	28.8	31.3	33.8	5.4
15.4	17.1	18.8	20.8	22.7	24.9	27.1	29.4	31.9	34.5	5.5
15.7	17.5	19.3	21.2	23.3	25.4	27.7	30.1	32.6	35.2	5.6
16.1	17.8	19.7	21.7	23.7	25.9	28.2	30.7	33.3	35.9	5.7
16.4	18.2	20.1	22.1	24.2	26.5	28.8	31.3	33.9	36.6	5.8
16.8	18.6	20.6	22.6	24.8	27.0	29.4	32.0	34.6	37.4	5.9
17.2	19.0	21.0	23.1	25.3	27.6	30.0	32.6	35.3	38.1	6.0

Liitetaulukko 2. (jatkoa)
Beilagetabelle 2. (Forts.)

Mänty—

Rangan pituus, m <i>Länge des Langholzes, m</i>	Latvaläpimitta kuoretta, cm —										
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	100 rangan kuoretton kuutio, m ³ —										
1.8	0.7	0.8	1.0	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.8	3.2	3.7
1.9	0.7	0.9	1.1	1.3	1.6	1.9	2.2	2.6	3.0	3.4	3.9
2.0	0.8	1.0	1.2	1.4	1.7	2.0	2.4	2.7	3.2	3.6	4.1
2.1	0.8	1.0	1.2	1.5	1.8	2.1	2.5	2.9	3.3	3.8	4.4
2.2	0.9	1.1	1.3	1.6	1.9	2.2	2.6	3.0	3.5	4.0	4.6
2.3	1.0	1.2	1.4	1.7	2.0	2.4	2.8	3.2	3.7	4.2	4.8
2.4	1.0	1.2	1.5	1.8	2.1	2.5	2.9	3.3	3.9	4.4	5.0
2.5	1.1	1.3	1.5	1.8	2.2	2.6	3.0	3.5	4.0	4.6	5.2
2.6	1.1	1.3	1.6	1.9	2.3	2.7	3.1	3.6	4.2	4.8	5.4
2.7	1.2	1.4	1.7	2.0	2.4	2.8	3.3	3.8	4.4	5.0	5.7
2.8	1.2	1.5	1.8	2.1	2.5	2.9	3.4	3.9	4.5	5.2	5.9
2.9	1.3	1.5	1.8	2.2	2.6	3.0	3.5	4.1	4.7	5.4	6.1
3.0	1.3	1.6	1.9	2.3	2.7	3.2	3.7	4.3	4.9	5.6	6.3
3.1	1.4	1.7	2.0	2.4	2.8	3.3	3.8	4.4	5.1	5.8	6.5
3.2	1.5	1.7	2.1	2.5	2.9	3.4	4.0	4.6	5.2	6.0	6.8
3.3	1.5	1.8	2.1	2.6	3.0	3.5	4.1	4.7	5.4	6.2	7.0
3.4	1.6	1.9	2.2	2.6	3.1	3.6	4.2	4.9	5.6	6.4	7.2
3.5	1.6	2.0	2.3	2.7	3.2	3.8	4.4	5.0	5.8	6.6	7.4
3.6	1.7	2.0	2.4	2.8	3.3	3.9	4.5	5.2	6.0	6.8	7.7
3.7	1.8	2.1	2.5	2.9	3.5	4.0	4.7	5.4	6.1	7.0	7.9
3.8	1.9	2.2	2.6	3.0	3.6	4.2	4.8	5.5	6.3	7.2	8.1
3.9	1.9	2.3	2.7	3.1	3.7	4.3	5.0	5.7	6.5	7.4	8.4
4.0	2.0	2.4	2.8	3.3	3.8	4.4	5.1	5.9	6.7	7.6	8.6
4.1	2.1	2.4	2.9	3.4	3.9	4.5	5.3	6.0	6.9	7.8	8.8
4.2	2.1	2.5	2.9	3.5	4.0	4.7	5.4	6.2	7.1	8.0	9.1
4.3	2.2	2.6	3.0	3.6	4.2	4.8	5.6	6.4	7.3	8.3	9.3
4.4	2.3	2.7	3.2	3.7	4.3	5.0	5.7	6.6	7.5	8.5	9.6
4.5	2.4	2.8	3.3	3.8	4.4	5.1	5.9	6.7	7.7	8.7	9.8
4.6	2.5	2.9	3.4	3.9	4.6	5.3	6.1	6.9	7.9	8.9	10.1
4.7	2.6	3.0	3.5	4.0	4.7	5.4	6.2	7.1	8.1	9.2	10.3
4.8	2.7	3.1	3.6	4.2	4.8	5.6	6.4	7.3	8.3	9.4	10.6
4.9	2.8	3.2	3.7	4.3	5.0	5.7	6.6	7.5	8.5	9.6	10.8
5.0	2.9	3.3	3.8	4.4	5.1	5.9	6.7	7.7	8.7	9.9	11.1

Kiefer

Zopfdurchmesser ohne Rinde, cm										Rangan pituus, m Länge des Langholzes, m
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Kubikmasse von 100 Langhölzern ohne Rinde, m ³										
4.2	4.7	5.3	5.9	6.5	7.2	7.9	8.6	9.4	10.2	1.8
4.4	5.0	5.6	6.2	6.9	7.6	8.3	9.1	9.9	10.8	1.9
4.7	5.3	5.9	6.5	7.2	8.0	8.8	9.6	10.4	11.3	2.0
4.9	5.5	6.2	6.9	7.6	8.4	9.2	10.1	11.0	11.9	2.1
5.2	5.8	6.5	7.2	8.0	8.8	9.6	10.5	11.5	12.5	2.2
5.4	6.1	6.8	7.5	8.3	9.2	10.1	11.0	12.0	13.0	2.3
5.7	6.4	7.1	7.9	8.7	9.6	10.5	11.5	12.5	13.6	2.4
5.9	6.6	7.4	8.2	9.1	10.0	11.0	12.0	13.1	14.2	2.5
6.1	6.9	7.7	8.5	9.4	10.4	11.4	12.5	13.6	14.7	2.6
6.4	7.2	8.0	8.9	9.8	10.8	11.9	13.0	14.1	15.3	2.7
6.6	7.4	8.3	9.2	10.2	11.2	12.3	13.4	14.6	15.9	2.8
6.9	7.7	8.6	9.6	10.6	11.6	12.7	13.9	15.2	16.5	2.9
7.1	8.0	8.9	9.9	10.9	12.0	13.2	14.4	15.7	17.0	3.0
7.4	8.3	9.2	10.2	11.3	12.4	13.6	14.9	16.2	17.6	3.1
7.6	8.6	9.6	10.6	11.7	12.8	14.1	15.4	16.7	18.2	3.2
7.9	8.8	9.8	10.9	12.0	13.2	14.5	15.9	17.3	18.7	3.3
8.1	9.1	10.1	11.2	12.4	13.6	15.0	16.3	17.8	19.3	3.4
8.4	9.4	10.4	11.6	12.8	14.1	15.4	16.8	18.3	19.9	3.5
8.6	9.7	10.8	11.9	13.2	14.5	15.9	17.3	18.9	20.5	3.6
8.9	10.0	11.1	12.3	13.6	14.9	16.3	17.8	19.4	21.1	3.7
9.2	10.3	11.4	12.6	13.9	15.3	16.8	18.3	19.9	21.6	3.8
9.4	10.5	11.7	13.0	14.3	15.7	17.3	18.8	20.5	22.2	3.9
9.7	10.8	12.0	13.3	14.7	16.2	17.7	19.3	21.0	22.8	4.0
10.0	11.1	12.4	13.7	15.1	16.6	18.2	19.8	21.6	23.4	4.1
10.2	11.4	12.7	14.1	15.5	17.0	18.6	20.3	22.1	24.0	4.2
10.5	11.7	13.0	14.4	15.9	17.4	19.1	20.8	22.7	24.6	4.3
10.8	12.0	13.3	14.8	16.3	17.9	19.6	21.4	23.2	25.2	4.4
11.0	12.3	13.7	15.1	16.7	18.3	20.1	21.9	23.8	25.8	4.5
11.3	12.6	14.0	15.5	17.1	18.8	20.5	22.4	24.3	26.4	4.6
11.6	12.9	14.4	15.9	17.5	19.2	21.0	22.9	24.9	27.0	4.7
11.9	13.2	14.7	16.3	17.9	19.6	21.5	23.4	25.4	27.6	4.8
12.2	13.5	15.0	16.6	18.3	20.1	22.0	23.9	26.0	28.2	4.9
12.4	13.9	15.4	17.0	18.7	20.5	22.4	24.4	26.6	28.8	5.0

Liitetaulukko 3. Hajamittarankojen kuutiotaulukko. Pohjois-Suomi. Oulujoen vesistöalue.

Beilagetabelle 3. Kubiktabelle für Langholz variierender Länge. Nordfinnland. Oulujoki-Gewässergebiet.

Rangan pituus, jalkaa <i>Länge des Langholzes, Fuss</i>	Latvaläpimitta kuoretta, tuumaa <i>Zopfdurchmesser ohne Rinde, Zoll</i>													
	2½	3	3½	4	4½	5	5½	6	6½	7	7½	8	8½	9
	Rangan kuoretton kuutio, j ³ <i>Kubikmasse des Langholzes ohne Rinde, cbf</i>													
	<i>Kuusi — Fichte</i>													
7	0.4	0.5	0.7	0.8	1.0	1.2	1.4	1.7	2.0	2.3	2.6	2.9	3.3	3.7
8	0.5	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.9	2.2	2.6	2.9	3.3	3.8	4.2
9	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	1.6	1.8	2.2	2.5	2.9	3.3	3.8	4.2	4.7
10	0.6	0.8	1.0	1.2	1.5	1.8	2.1	2.5	2.8	3.3	3.7	4.2	4.7	5.3
11	0.7	0.9	1.1	1.4	1.7	2.0	2.3	2.7	3.2	3.6	4.1	4.7	5.3	5.9
12	0.8	1.0	1.2	1.5	1.9	2.2	2.6	3.0	3.5	4.0	4.6	5.2	5.8	6.5
13	0.9	1.1	1.4	1.7	2.1	2.4	2.9	3.4	3.9	4.4	5.1	5.7	6.4	7.2
14	1.0	1.3	1.6	1.9	2.3	2.7	3.2	3.7	4.2	4.9	5.5	6.2	7.0	7.8
15	1.1	1.4	1.7	2.1	2.5	3.0	3.5	4.0	4.6	5.3	6.0	6.8	7.6	8.5
16	1.3	1.6	1.9	2.3	2.8	3.2	3.8	4.4	5.1	5.8	6.6	7.4	8.3	9.3
17	1.4	1.7	2.1	2.5	3.0	3.5	4.1	4.8	5.5	6.3	7.1	8.0	9.0	10.0
18	1.6	1.9	2.3	2.8	3.3	3.8	4.5	5.2	6.0	6.8	7.7	8.7	9.7	10.8
19	1.7	2.1	2.5	3.0	3.6	4.2	4.8	5.6	6.4	7.3	8.3	9.3	10.4	11.6
20	1.9	2.3	2.7	3.3	3.9	4.5	5.2	6.1	6.9	7.9	8.9	10.0	11.2	12.5
21	2.1	2.5	3.0	3.5	4.2	4.9	5.6	6.5	7.5	8.5	9.6	10.8	12.1	13.4
22	2.3	2.7	3.2	3.8	4.5	5.2	6.1	7.0	8.0	9.1	10.3	11.5	12.9	14.3
23	2.4	2.9	3.5	4.1	4.8	5.6	6.5	7.5	8.6	9.7	11.0	12.3	13.8	15.3
24	2.7	3.1	3.7	4.4	5.2	6.0	6.9	8.0	9.1	10.4	11.7	13.1	14.7	16.3
25	2.9	3.4	4.0	4.7	5.6	6.4	7.4	8.5	9.7	11.0	12.5	14.0	15.6	17.3
26	3.1	3.6	4.3	5.0	5.9	6.9	7.9	9.1	10.4	11.7	13.2	14.8	16.6	18.4
27	3.3	3.9	4.6	5.4	6.3	7.3	8.4	9.7	11.0	12.5	14.0	15.8	17.6	19.5
	<i>Mänty — Kiefer</i>													
7	0.4	0.5	0.7	0.8	1.0	1.2	1.4	1.7	1.9	2.2	2.5	2.9	3.2	3.6
8	0.5	0.6	0.8	0.9	1.1	1.4	1.6	1.9	2.2	2.5	2.9	3.2	3.7	4.1
9	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	1.5	1.8	2.1	2.5	2.8	3.2	3.6	4.1	4.8
10	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.7	2.0	2.3	2.7	3.1	3.5	4.0	4.5	5.0
11	0.7	0.9	1.1	1.3	1.6	1.9	2.2	2.6	3.0	3.5	3.9	4.5	5.0	5.6
12	0.8	1.0	1.2	1.5	1.8	2.1	2.5	2.9	3.3	3.8	4.3	4.9	5.5	6.1
13	0.9	1.1	1.4	1.7	2.0	2.3	2.7	3.2	3.6	4.2	4.7	5.3	6.0	6.7
14	1.0	1.3	1.5	1.8	2.2	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.1	5.8	6.5	7.2
15	1.1	1.4	1.7	2.0	2.4	2.8	3.2	3.7	4.3	4.9	5.6	6.3	7.0	7.8
16	1.3	1.6	1.8	2.2	2.6	3.0	3.5	4.1	4.7	5.3	6.0	6.7	7.6	8.4
17	1.4	1.7	2.0	2.4	2.8	3.3	3.8	4.4	5.0	5.7	6.4	7.2	8.1	9.0
18	1.5	1.9	2.2	2.6	3.1	3.6	4.1	4.7	5.4	6.2	7.0	7.8	8.7	9.7
19	1.7	2.0	2.4	2.8	3.3	3.8	4.4	5.1	5.8	6.6	7.5	8.4	9.4	10.4
20	1.8	2.2	2.6	3.0	3.6	4.1	4.8	5.5	6.3	7.1	8.0	9.0	10.0	11.1
21	2.0	2.4	2.8	3.3	3.9	4.4	5.1	5.9	6.7	7.6	8.5	9.6	10.7	11.9
22	2.1	2.6	3.0	3.5	4.1	4.7	5.5	6.3	7.1	8.1	9.1	10.2	11.4	12.6
23	2.3	2.8	3.2	3.8	4.4	5.1	5.8	6.7	7.6	8.6	9.7	10.8	12.1	13.4
24	2.5	3.0	3.5	4.0	4.7	5.4	6.2	7.1	8.1	9.1	10.3	11.5	12.8	14.2
25	2.7	3.2	3.7	4.3	5.0	5.7	6.6	7.5	8.6	9.7	10.9	12.2	13.6	15.1
26	2.8	3.4	3.9	4.6	5.3	6.1	7.0	8.0	9.1	10.2	11.5	12.9	14.3	15.9
27	3.0	3.6	4.2	4.9	5.7	6.5	7.4	8.5	9.6	10.9	12.2	13.6	15.2	16.9

Liitetaulukko 4. Hajamittarankojen kuutiotaulukko. Pohjois-Suomi. Ii-, Kiimingin- ja Simojoen vesistöalue.

Beilagetabelle 4. Kubiktabelle für Langholz variierender Länge. Nordfinnland. Iijoki-, Kiiminginjoki- und Simojoki- Gewässergebiet.

Rangan pituus, jalkaa Länge des Langholzes, Fuss	Latvaläpimitta kuoretta, tuumaa Zopfdurchmesser ohne Rinde, Zoll													
	2½	3	3½	4	4½	5	5½	6	6½	7	7½	8	8½	9
	Rangan kuoreton kuutio, j ³ Kubikmasse des Langholzes ohne Rinde, cbf													
	Kuusi — Fichte													
7	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.7	1.9	2.2	2.5	2.9	3.3	3.6
8	0.5	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.7	1.9	2.3	2.6	3.0	3.4	3.8	4.2
9	0.6	0.7	0.9	1.1	1.4	1.7	1.9	2.2	2.6	3.0	3.4	3.9	4.3	4.8
10	0.7	0.8	1.0	1.3	1.6	1.9	2.2	2.5	2.9	3.4	3.8	4.3	4.9	5.4
11	0.8	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.8	3.3	3.8	4.3	4.8	5.4	6.1
12	0.9	1.1	1.3	1.6	2.0	2.4	2.7	3.1	3.6	4.1	4.7	5.3	6.0	6.7
13	1.0	1.2	1.5	1.8	2.2	2.6	3.0	3.5	4.0	4.6	5.2	5.9	6.6	7.3
14	1.1	1.4	1.6	2.0	2.5	2.9	3.3	3.8	4.4	5.0	5.7	6.4	7.2	8.0
15	1.3	1.5	1.8	2.2	2.7	3.2	3.6	4.1	4.8	5.4	6.1	6.9	7.8	8.6
16	1.5	1.7	2.0	2.5	3.0	3.4	3.9	4.5	5.2	5.9	6.6	7.5	8.4	9.3
17	1.6	1.9	2.2	2.7	3.2	3.7	4.2	4.9	5.6	6.3	7.1	8.0	9.0	10.0
18	1.8	2.1	2.4	2.9	3.5	4.0	4.6	5.2	6.0	6.8	7.7	8.6	9.6	10.7
19	2.0	2.3	2.7	3.2	3.8	4.4	4.9	5.6	6.4	7.3	8.2	9.2	10.3	11.5
20	2.2	2.5	2.9	3.5	4.1	4.7	5.3	6.0	6.8	7.7	8.7	9.8	10.9	12.1
21	2.4	2.7	3.1	3.7	4.4	5.0	5.6	6.4	7.3	8.2	9.2	10.4	11.5	12.8
22	2.6	2.9	3.3	4.0	4.7	5.3	6.0	6.8	7.7	8.7	9.8	10.9	12.2	13.5
23	2.8	3.1	3.6	4.3	5.0	5.7	6.4	7.2	8.2	9.2	10.3	11.5	12.8	14.2
24	3.0	3.3	3.8	4.5	5.3	6.0	6.7	7.6	8.6	9.7	10.9	12.2	13.5	14.9
25	3.2	3.6	4.1	4.8	5.7	6.4	7.1	8.0	9.1	10.2	11.4	12.8	14.2	15.7
26	3.5	3.8	4.4	5.1	6.0	6.8	7.5	8.5	9.6	10.7	12.0	13.4	14.9	16.4
27	3.7	4.1	4.7	5.5	6.4	7.1	7.9	8.9	10.1	11.3	12.6	14.1	15.6	17.2
	Mänty — Kiefer													
7	0.3	0.5	0.7	0.9	1.0	1.2	1.5	1.7	2.0	2.3	2.7	3.0	3.4	3.9
8	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.9	2.3	2.6	3.0	3.4	3.8	4.3
9	0.5	0.7	0.9	1.1	1.4	1.6	1.9	2.2	2.5	2.9	3.3	3.8	4.3	4.8
10	0.6	0.8	1.1	1.3	1.5	1.8	2.1	2.4	2.8	3.2	3.7	4.2	4.7	5.3
11	0.7	1.0	1.2	1.5	1.7	2.1	2.3	2.7	3.1	3.5	4.0	4.5	5.1	5.7
12	0.8	1.1	1.4	1.7	1.9	2.2	2.5	2.9	3.4	3.9	4.4	5.0	5.6	6.2
13	1.0	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.8	3.2	3.7	4.2	4.8	5.4	6.0	6.7
14	1.1	1.4	1.7	2.0	2.3	2.6	3.0	3.1	4.0	4.5	5.1	5.8	6.5	7.3
15	1.2	1.5	1.9	2.2	2.5	2.9	3.3	3.7	4.3	4.9	5.5	6.2	7.0	7.8
16	1.4	1.7	2.0	2.4	2.7	3.1	3.5	4.0	4.6	5.2	5.9	6.6	7.4	8.3
17	1.5	1.8	2.2	2.6	3.0	3.3	3.8	4.3	4.9	5.6	6.3	7.0	7.9	8.8
18	1.6	2.0	2.4	2.8	3.2	3.6	4.0	4.6	5.2	5.9	6.7	7.5	8.4	9.3
19	1.8	2.2	2.6	3.0	3.4	3.8	4.3	4.9	5.6	6.3	7.1	7.9	8.9	9.9
20	2.0	2.4	2.8	3.3	3.7	4.1	4.6	5.2	5.9	6.7	7.5	8.4	9.4	10.4
21	2.1	2.6	3.0	3.5	3.9	4.4	4.9	5.5	6.3	7.1	7.9	8.9	9.9	11.0
22	2.3	2.8	3.3	3.7	4.2	4.6	5.2	5.9	6.6	7.5	8.4	9.3	10.4	11.5
23	2.5	3.0	3.5	4.0	4.4	4.9	5.5	6.2	7.0	7.9	8.8	9.8	10.9	12.1
24	2.7	3.2	3.7	4.2	4.7	5.2	5.8	6.5	7.4	8.3	9.3	10.3	11.5	12.7
25	2.9	3.4	4.0	4.5	5.0	5.5	6.1	6.9	7.7	8.7	9.7	10.8	12.0	13.3
26	3.1	3.6	4.2	4.8	5.3	5.8	6.4	7.2	8.1	9.1	10.2	11.3	12.5	13.9
27	3.3	3.9	4.5	5.1	5.6	6.1	6.8	7.6	8.6	9.6	10.7	11.8	13.1	14.5

Liitetaulukko 5. Hajamittarankojen kuutiotaulukko. Pohjois-Suomi. Perä-Pohjola (Tornion- ja Muonion- sekä Kemijoen vesistöalue).

Beilagetabelle 5. Kubiktablelle für Langholz variierender Länge. Nordfinnland. Perä-Pohjola (Tornionjoki-, Muonionjoki- und Kemijoki- Gewässergebiet).

Rangan pituus, jalkaa <i>Länge des Langholzes, Fuss</i>	Latvaläpimitta kuoretta, tuumaa <i>Zopfdurchmesser ohne Rinde, Zoll</i>													
	2½	3	3½	4	4½	5	5½	6	6½	7	7½	8	8½	9
	Rangan kuoreton kuintio, j³ <i>Kubikmasse des Langholzes ohne Rinde, cbf</i>													
	Kuusi — Fichte													
7	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.7	1.9	2.2	2.6	2.9	3.3	3.7
8	0.4	0.6	0.7	0.9	1.1	1.4	1.6	1.9	2.2	2.6	2.9	3.3	3.8	4.2
9	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	1.6	1.9	2.2	2.6	3.0	3.4	3.8	4.3	4.8
10	0.6	0.8	1.1	1.3	1.6	1.9	2.2	2.6	3.0	3.4	3.9	4.4	4.9	5.3
11	0.8	1.0	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.8	3.3	3.7	4.2	4.8	5.4	5.9
12	0.9	1.1	1.3	1.6	1.9	2.3	2.6	3.1	3.5	4.0	4.6	5.1	5.8	6.4
13	1.0	1.2	1.5	1.8	2.2	2.5	2.9	3.4	3.9	4.4	5.0	5.6	6.3	7.0
14	1.1	1.4	1.7	2.0	2.4	2.7	3.2	3.6	4.2	4.7	5.4	6.0	6.7	7.5
15	1.3	1.5	1.9	2.2	2.6	3.0	3.4	3.9	4.5	5.1	5.8	6.5	7.2	8.0
16	1.4	1.7	2.0	2.4	2.8	3.2	3.7	4.3	4.9	5.5	6.2	6.9	7.7	8.6
17	1.6	1.9	2.2	2.6	3.0	3.5	4.0	4.6	5.2	5.9	6.7	7.5	8.3	9.2
18	1.7	2.0	2.4	2.8	3.3	3.8	4.3	4.9	5.6	6.3	7.3	8.0	8.9	9.9
19	1.9	2.2	2.6	3.1	3.6	4.0	4.6	5.3	6.0	6.8	7.6	8.5	9.5	10.5
20	2.0	2.4	2.9	3.3	3.8	4.4	5.0	5.7	6.4	7.3	8.2	9.1	10.2	11.2
21	2.2	2.6	3.1	3.6	4.1	4.7	5.3	6.1	6.9	7.8	8.7	9.8	10.9	12.0
22	2.4	2.8	3.3	3.8	4.4	5.0	5.7	6.5	7.4	8.3	9.3	10.4	11.6	12.8
23	2.6	3.0	3.6	4.1	4.7	5.4	6.1	7.0	7.9	8.8	9.9	11.1	12.3	13.6
	Mänty — Kiefer													
7	0.5	0.6	0.7	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.1	2.4	2.7	3.1	3.4
8	0.5	0.7	0.8	1.0	1.2	1.3	1.6	1.8	2.1	2.4	2.8	3.1	3.5	3.9
9	0.6	0.8	0.9	1.1	1.3	1.5	1.8	2.1	2.4	2.8	3.1	3.5	4.0	4.4
10	0.7	0.9	1.0	1.2	1.5	1.7	2.0	2.4	2.7	3.1	3.5	4.0	4.5	5.0
11	0.8	1.0	1.2	1.4	1.7	1.9	2.3	2.6	3.0	3.4	3.9	4.4	4.9	5.5
12	0.9	1.1	1.3	1.6	1.8	2.1	2.5	2.9	3.3	3.8	4.3	4.8	5.4	6.0
13	1.0	1.2	1.4	1.7	2.0	2.4	2.7	3.2	3.6	4.1	4.7	5.3	5.9	6.6
14	1.1	1.3	1.6	1.9	2.2	2.6	3.0	3.4	3.9	4.5	5.1	5.7	6.4	7.1
15	1.2	1.5	1.7	2.0	2.4	2.8	3.2	3.7	4.3	4.8	5.5	6.2	6.9	7.7
16	1.3	1.6	1.9	2.2	2.6	3.0	3.5	4.0	4.6	5.2	5.9	6.6	7.4	8.2
17	1.5	1.7	2.0	2.4	2.8	3.2	3.7	4.3	4.9	5.5	6.3	7.0	7.9	8.8
18	1.6	1.9	2.2	2.5	3.0	3.4	4.0	4.6	5.2	5.9	6.7	7.5	8.4	9.3
19	1.7	2.0	2.3	2.7	3.2	3.7	4.2	4.8	5.5	6.3	7.1	7.9	8.9	9.9
20	1.8	2.1	2.5	2.9	3.4	3.9	4.5	5.1	5.9	6.6	7.5	8.4	9.4	10.4
21	1.9	2.3	2.6	3.1	3.6	4.1	4.7	5.4	6.2	7.0	7.9	8.9	9.9	11.0
22	2.1	2.4	2.8	3.2	3.8	4.3	5.0	5.7	6.5	7.4	8.3	9.3	10.4	11.6
23	2.2	2.6	3.0	3.4	4.0	4.6	5.3	6.0	6.9	7.8	8.7	9.8	10.9	12.1

7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Rankoja, kpl Langholz, St.	a	j ³ cbf
2	2															0.3
$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	2	2													0.5
$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{1}{2}$	2	2										0.7
4	4	$\frac{1}{2}$	3	3	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	2	2								0.9
$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	4	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	3	3	$\frac{1}{2}$	2								1.1
5	$\frac{1}{2}$	4	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	3	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	2	2							1.3
$\frac{1}{2}$	5	$\frac{1}{2}$	4	4	$\frac{1}{2}$	3	$\frac{1}{2}$	2								1.5
6	$\frac{1}{2}$	5	$\frac{1}{2}$	4	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	3	3	$\frac{1}{2}$	2						1.7
$\frac{1}{2}$	6	$\frac{1}{2}$	5	$\frac{1}{2}$	4	$\frac{1}{2}$	3	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$						1.9
7	$\frac{1}{2}$	6	$\frac{1}{2}$	5	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	4	4	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	3	3				2.2
$\frac{1}{2}$	7	$\frac{1}{2}$	6	6	$\frac{1}{2}$	5	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	4	4	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$			2.6
8	$\frac{1}{2}$	7	$\frac{1}{2}$	6	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	5	$\frac{1}{2}$	4							3.0
$\frac{1}{2}$	8	$\frac{1}{2}$	7	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	6	$\frac{1}{2}$	5	5	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	4				3.4
9	$\frac{1}{2}$	8	$\frac{1}{2}$	7	$\frac{1}{2}$	6	$\frac{1}{2}$	5	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$						3.8
$\frac{1}{2}$	9	$\frac{1}{2}$	8	$\frac{1}{2}$	7	$\frac{1}{2}$	6	6	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	5	5				4.2
	$\frac{1}{2}$	9	$\frac{1}{2}$	8	$\frac{1}{2}$	7	$\frac{1}{2}$	6	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$						4.6
				$\frac{1}{2}$	7	$\frac{1}{2}$	6	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$							5.0
	$\frac{1}{2}$	9	$\frac{1}{2}$	8	$\frac{1}{2}$	7	$\frac{1}{2}$	6								5.4
		$\frac{1}{2}$	9	$\frac{1}{2}$	8	$\frac{1}{2}$	7	$\frac{1}{2}$	6							5.8
			$\frac{1}{2}$	9	$\frac{1}{2}$	8	8	$\frac{1}{2}$	7	7	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$				6.4
				$\frac{1}{2}$	9	$\frac{1}{2}$	8	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	7	7					7.2
					9	$\frac{1}{2}$	8	8	$\frac{1}{2}$							8.0
						9	9	$\frac{1}{2}$	8	$\frac{1}{2}$						8.8
							9	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	8						9.6
								9	$\frac{1}{2}$							10.4
									9							11.2
										9						12.0
														Yhteensä	kpl	j ³
														Insgesamt	St.	cbf

Liitetaulukko 6. Kuusirankojen mittaustaulukko. Etelä-Suomi.
 Beilagetabelle 6. Aufnahmetabelle für Fichtenlangholz. Südfinnland.

7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	Rankoja, kpl Langholz, St.	j^3 a cbf
$2\frac{1}{2}$	2											0.3
3	$\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	2	2								0.5
$\frac{1}{2}$	4	3	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	2						0.7
$\frac{1}{2}$	4	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	3	3	$\frac{1}{2}$	2	2	2			0.9
5	$\frac{1}{2}$	4	4	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	3	3	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	2		1.1
$\frac{1}{2}$	5	$\frac{1}{2}$		4		$\frac{1}{2}$		3		$\frac{1}{2}$		1.3
		5	$\frac{1}{2}$		4		$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	3	3		1.5
6	$\frac{1}{2}$		5	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	4	4		$\frac{1}{2}$			1.7
$\frac{1}{2}$	6	$\frac{1}{2}$		5		$\frac{1}{2}$		4		$\frac{1}{2}$		1.9
7	$\frac{1}{2}$	6	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	5	5	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	4	4		2.2
$\frac{1}{2}$	7	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	6	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	5	5	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$		2.6
$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	7	7	$\frac{1}{2}$	6	6	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	5	5		3.0
$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	8	$\frac{1}{2}$	7	$\frac{1}{2}$		6		$\frac{1}{2}$			3.4
$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	8	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	7	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	6	6	$\frac{1}{2}$		3.8
$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	9	$\frac{1}{2}$	8		$\frac{1}{2}$	7		$\frac{1}{2}$	6		4.2
$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	9	$\frac{1}{2}$	8		$\frac{1}{2}$	7		$\frac{1}{2}$			4.6
$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	9	$\frac{1}{2}$	8		$\frac{1}{2}$	7		$\frac{1}{2}$			5.0
$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$		$\frac{1}{2}$	8		$\frac{1}{2}$	7	7				5.4
$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	9				8		$\frac{1}{2}$				5.8
$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	9	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	8	8	$\frac{1}{2}$				6.4
$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$		$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	9	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	8			7.2
$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$		$\frac{1}{2}$			9		$\frac{1}{2}$				8.0
$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$		$\frac{1}{2}$			9	9					8.8
											Yhteensä Insgesamt	kpl St. j^3 cbf

Liitetaulukko 7. Mäntyrankojen mittaustaulukko. Etelä-Suomi.
Beilagetabelle 7. Aufnahmetabelle für Kiefernlangholz. Südfinnland.

7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	Rankoja kpl Langholz, St.	a	j ³ cbf	
2	2																				..	2	0.3	
3	3	2	2																		☒☒	20	0.5	
3	3	3	2	2																	☒☒☒☒☐	48	0.7	
4	4	3	3	2	2																☒☒☒☒..	32	0.9	
4	4	4	3	3	2	2															☒☒::	24	1.1	
5	5	4	4	3	3	2	2														☒☐	17	1.3	
5	5	4	4	3	3	2	2														☒..	12	1.5	
6	5	4	4	3	3	2	2														☒	10	1.7	
6	5	4	4	3	3	2	2														☐	7	1.9	
7	6	5	5	4	4	3	3	2	2												∴	5	2.2	
7	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2											..	2	2.6	
8	7	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2										∴	3	3.0	
8	7	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2										.	1	3.4	
9	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3												3.8	
9	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3												4.2	
10	9	8	8	7	7	6	6	5	5	4	4												4.6	
10	9	8	8	7	7	6	6	5	5	4	4												5.0	
10	9	8	8	7	7	6	6	5	5	4	4												5.4	
10	9	8	8	7	7	6	6	5	5	4	4												5.8	
10	9	8	8	7	7	6	6	5	5	4	4												6.4	
10	9	8	8	7	7	6	6	5	5	4	4												7.2	
10	9	8	8	7	7	6	6	5	5	4	4												8.0	
10	9	8	8	7	7	6	6	5	5	4	4												8.8	
10	9	8	8	7	7	6	6	5	5	4	4												9.6	
10	9	8	8	7	7	6	6	5	5	4	4												10.4	
10	9	8	8	7	7	6	6	5	5	4	4												11.2	
10	9	8	8	7	7	6	6	5	5	4	4												12.0	
10	9	8	8	7	7	6	6	5	5	4	4												12.8	
10	9	8	8	7	7	6	6	5	5	4	4												13.6	
10	9	8	8	7	7	6	6	5	5	4	4												14.4	
10	9	8	8	7	7	6	6	5	5	4	4												15.2	
10	9	8	8	7	7	6	6	5	5	4	4												16.0	
10	9	8	8	7	7	6	6	5	5	4	4												16.8	
Yhteensä																					183	kpl	198.4	j ³
Insgesamt																					183	St.	198.4	cbf

Liitetaulukko 8. Kuusirankojen mittaustaulukko. Oulujoki.
Beilagetabelle 8. Aufnahmetabelle für Fichtenlangholz. Oulujoki.

7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	Rankoja, kpl Langholz, St.	a	j ³ cbf
2																							0.3
3	2																						0.5
3	2	2																					0.7
4	4	3	2																				0.9
5	4	4	4	3	3	2																	1.1
5	4	4	4	3	3	2	2																1.3
5	5	4	4	3	3	2	2																1.5
6	5	5	4	4	3	3	2	2															1.7
6	5	5	4	4	3	3	2	2	2														1.9
7	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2													2.2
7	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2	2												2.6
8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2											3.0
8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2	2										3.4
9	8	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2									3.8
9	8	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2	2								4.2
9	8	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2	2	2							4.6
9	8	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2	2	2	2						5.0
9	8	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2	2	2	2	2					5.4
9	8	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2	2	2	2	2	2				5.8
9	8	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2			6.4
9	8	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2		7.2
9	8	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	8.0
9	8	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	8.8
9	8	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	9.6
9	8	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	10.4
9	8	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	11.2
9	8	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	12.0
9	8	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	12.8
9	8	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	13.6
9	8	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	14.4
9	8	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	15.2
9	8	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	16.0
9	8	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	16.8
Yhteensä kpl																					j ³		
Insgesamt St.																					cbf		

Liitetaulukko 9. Mäntyrankojen mittaustaulukko. Oulujoki.
 Beilagetabelle 9. Aufnahmetabelle für Kiefernlangholz. Oulujoki.

7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	Rankoja, kpl Langholz, St.	a	j ³ cbf		
2																							0.3		
3	2																						0.5		
3	2	2																					0.7		
4	4	3	2																				0.9		
4	4	3	3	2																			1.1		
5	4	4	3	3	2																		1.3		
5	4	4	3	3	2																		1.5		
6	5	4	4	3	3	2																	1.7		
6	5	4	4	3	3	2																	1.9		
7	6	5	5	4	4	3	2																2.2		
7	6	5	5	4	4	3	3	2															2.6		
8	7	6	6	5	5	4	4	3	3	2													3.0		
8	7	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2												3.4		
9	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	2											3.8		
9	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2										4.2		
9	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2	3									4.6		
9	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2	4	4								5.0		
9	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2	4	4	4							5.4		
9	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2	4	4	4	4						5.8		
9	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2	4	4	4	4	4					6.4		
9	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2	4	4	4	4	4	5				7.2		
9	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2	4	4	4	4	4	5				8.0		
9	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2	4	4	4	4	4	6				8.8		
9	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2	4	4	4	4	4	6				9.6		
9	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2	4	4	4	4	4	7				10.4		
9	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2	4	4	4	4	4	7				11.2		
9	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2	4	4	4	4	4	7				12.0		
9	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2	4	4	4	4	4	7				12.8		
9	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2	4	4	4	4	4	7				13.6		
9	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2	4	4	4	4	4	7				14.4		
9	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2	4	4	4	4	4	7				15.2		
9	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2	4	4	4	4	4	7				16.0		
9	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2	4	4	4	4	4	7				16.8		
																								Yhteensä kpl Insgesamt St.	j ³ cbf

Liitetaulukko 10. Kuusirankojen mittaustaulukko. Iijoki.
Beilagetabelle 10. Aufnahmetabelle für Fichtenlangholz. Iijoki.

7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	Rankoja, kpl Langholz, St.	j^3 a cbf	
2	2	2																				0.3	
3	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	2	2																		0.5	
$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	3	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	2	2																0.7	
4	4	$\frac{1}{2}$	3	3	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	2	2														0.9	
$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	4	$\frac{1}{2}$	3	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	2	2														1.1	
5	$\frac{1}{2}$	4	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	3	3	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	2													1.3	
$\frac{1}{2}$	5	5	$\frac{1}{2}$	4	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	3	$\frac{1}{2}$	2													1.5	
6	$\frac{1}{2}$	5	$\frac{1}{2}$	4	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	3	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	2	2											1.7	
6	$\frac{1}{2}$		$\frac{1}{2}$	4	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	3	$\frac{1}{2}$	2													1.9	
$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	6	$\frac{1}{2}$	5	$\frac{1}{2}$	4	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	3	3	$\frac{1}{2}$	2	2									2.2	
$\frac{1}{2}$	7	$\frac{1}{2}$	6	$\frac{1}{2}$	5	$\frac{1}{2}$	4	$\frac{1}{2}$	3	3	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	2	2								2.6	
8	$\frac{1}{2}$	7	$\frac{1}{2}$	6	$\frac{1}{2}$	5	$\frac{1}{2}$	4	$\frac{1}{2}$	3	3	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	2	2							3.0	
$\frac{1}{2}$	8	$\frac{1}{2}$	7	$\frac{1}{2}$	6	$\frac{1}{2}$	5	$\frac{1}{2}$	4	4	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	3	3	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	2					3.4	
9	$\frac{1}{2}$	8	$\frac{1}{2}$	7	$\frac{1}{2}$	6	$\frac{1}{2}$	5	$\frac{1}{2}$	4	4	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	3	3							3.8	
9	$\frac{1}{2}$	8	$\frac{1}{2}$	7	$\frac{1}{2}$	6	$\frac{1}{2}$	5	$\frac{1}{2}$	4	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	3	3								4.2	
9	$\frac{1}{2}$	8	$\frac{1}{2}$	7	$\frac{1}{2}$	6	$\frac{1}{2}$	5	$\frac{1}{2}$	4	4	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	3	3							4.6	
	$\frac{1}{2}$	8	$\frac{1}{2}$	7	$\frac{1}{2}$	6	$\frac{1}{2}$	5	$\frac{1}{2}$	4	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	3	3								5.0	
	9	$\frac{1}{2}$	8	$\frac{1}{2}$	7	7	$\frac{1}{2}$	6	6	$\frac{1}{2}$	5	5	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	3	3						5.4	
	9	8	$\frac{1}{2}$	7	$\frac{1}{2}$	6	$\frac{1}{2}$	5	$\frac{1}{2}$	4	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	3	3								5.8	
	9	$\frac{1}{2}$	8	8	$\frac{1}{2}$	7	7	$\frac{1}{2}$	6	6	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	5	5								6.4	
	9	$\frac{1}{2}$	8	8	$\frac{1}{2}$	7	7	$\frac{1}{2}$	6	6	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	5	5								7.2	
		9	$\frac{1}{2}$	8	8	$\frac{1}{2}$	7	7	$\frac{1}{2}$	6	6	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	5	5							8.0	
		9	$\frac{1}{2}$	8	$\frac{1}{2}$	7	7	$\frac{1}{2}$	6	6	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	5	5								8.8	
		9	$\frac{1}{2}$	8	$\frac{1}{2}$	7	7	$\frac{1}{2}$	6	6	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	5	5								9.6	
			9	$\frac{1}{2}$	8	8	$\frac{1}{2}$	7	7	$\frac{1}{2}$	6	6	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	5	5						10.4	
			9	$\frac{1}{2}$	8	$\frac{1}{2}$	7	7	$\frac{1}{2}$	6	6	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	5	5							11.2	
				9	$\frac{1}{2}$	8	$\frac{1}{2}$	7	7	$\frac{1}{2}$	6	6	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	5	5						12.0	
					9	$\frac{1}{2}$	8	$\frac{1}{2}$	7	7	$\frac{1}{2}$	6	6	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	5	5					12.8	
						9	9															13.6	
							9															14.4	
																						Yhteensä kpl Ingesamt St.	j^3 cbf

Liitetaulukko 11. Mäntyrankojen mittaustaulukko. Iijoki.
Beilagetabelle 11. Aufnahmetabelle für Kiefernlangholz, Iijoki.

10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Rankoja, kpl Langholz, St.	a	j ³ cbf
																0.3
2	2															0.5
$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	2	2													0.7
3	3	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	2												0.9
$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	3		$\frac{1}{2}$	2	2										1.1
4	$\frac{1}{2}$	3	3	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	2										1.3
$\frac{1}{2}$	4	4	$\frac{1}{2}$		3	$\frac{1}{2}$	2	2								1.5
	$\frac{1}{2}$		4	$\frac{1}{2}$		3	$\frac{1}{2}$		2							1.7
5	$\frac{1}{2}$		4	$\frac{1}{2}$		3	$\frac{1}{2}$		2							1.9
$\frac{1}{2}$	5	5	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	4	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	3	3	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	2	2			2.2
6	6	$\frac{1}{2}$	5	5	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	4	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$		3	3	$\frac{1}{2}$			2.6
$\frac{1}{2}$		6	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	5	5	$\frac{1}{2}$	4	4	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$		3			3.0
7	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	6		$\frac{1}{2}$		5	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	4	4	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$			3.4
$\frac{1}{2}$	7	7	$\frac{1}{2}$	6	6	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	5	$\frac{1}{2}$			4				3.8
8	$\frac{1}{2}$		7	$\frac{1}{2}$		6		$\frac{1}{2}$	5	5	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	4			4.2
	8	$\frac{1}{2}$		7	$\frac{1}{2}$		6		$\frac{1}{2}$	5		$\frac{1}{2}$				4.6
$\frac{1}{2}$		8	$\frac{1}{2}$		7	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	6		$\frac{1}{2}$		5				5.0
9	$\frac{1}{2}$		8	$\frac{1}{2}$		7	$\frac{1}{2}$	6		$\frac{1}{2}$			5			5.4
	9	$\frac{1}{2}$		8	$\frac{1}{2}$		7		$\frac{1}{2}$	6		$\frac{1}{2}$				5.8
		9	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	8	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	7	$\frac{1}{2}$	6	6	$\frac{1}{2}$				6.4
			9	9	$\frac{1}{2}$	8	8	$\frac{1}{2}$	7	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	6			7.2
				9	$\frac{1}{2}$	8	$\frac{1}{2}$	8	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	7	7	$\frac{1}{2}$			8.0
					9	9	$\frac{1}{2}$	8	8	$\frac{1}{2}$		7				8.8
						9	$\frac{1}{2}$		8	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$					9.6
							9	$\frac{1}{2}$		8						10.4
								9	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	8					11.2
									9		$\frac{1}{2}$					12.0
										9						12.8
											9					13.6
														Yhteensä	kpl	j ³
														Insgesamt	St.	cbf

Liitetaulukko 12. Kuusirankojen mittaustaulukko. Perä-Pohjola.
Beilagetabelle 12. Aufnahmetabelle für Fichtenlangholz. Perä-Pohjola.

