

KÄENKAALI-MUSTIKKATYYPIN
KUUSIKOIDEN KEHITYKSESTÄ SUOMEN
LOUNAISOSASSA

Taksatoris-liiketaloudellinen tutkimus

KUSTAA KALLIO

SUMMARY

*ON THE DEVELOPMENT OF SPRUCE FORESTS OF THE
OXALIS-MYRTILLUS SITE TYPE IN THE
SOUTH-WEST OF FINLAND*

FOREST MENSURATION AND MANAGEMENT RESEARCH

HELSINKI 1957

Alkulause

Tämän tutkimuksen rungon muodostaa tekijän maatalous- ja metsätieteiden lisensiaattitutkintoa varten v. 1955 laatima, käenkaalimustikkatyypin (OMT:n) talouskuusikkoa ja sen kiertoaikaa koskeva tutkimus.

Tutkimuksen valmistuessa tunnen erikoista kiitollisuutta kunnioitettua entistä esimiestäni, professori VILHO LIHTOSTA kohtaan, joka juuri käsikirjoituksen valmistusvaiheessa siirtyi ajasta ikuisuuteen. Professori Lih-tonen seurasi tutkimustyön kulkua ja antoi auliisti tutkimuksen suunnitelua ja suorittamista koskevia ohjeita sekä luki käsikirjoituksen taksatorisen osan. Samalla esitän parhaat kiitokseni professori VALTER KELTIKANKAALLE ja professori AARNE NYVSSÖSELLE, jotka ovat lukeneet käsikirjoituksen. Kiitän myös metsähallitusta ja niitä monia ammatti- ja virkatovereita, jotka eri tavoilla ovat avustaneet tämän tutkimustyön käytännöllisissä tehtävissä; samoin myös niitä metsänomistajia ja metsänhoitajia, jotka ovat järjestäneet tutkijalle tilaisuuden ottaa koelohja omistamistään tai hoitamistään metsistä.

Englanninkielisen selostuksen kääntäjälle, fil.maisteri KYLLIKKI SARMAJALLE sekä selostuksen tarkastaneille professori PEITSA MIKOLALLE ja rouva JEAN MARGARET PERTTUSELLE, B. Sc., lausun parhaat kiitokseni, samoin myös kartografi A. KAJANKOLLE, joka on piirtänyt tutkimuksessa esitetyt kuvat.

Erikoiset kiitokseni osoitan Suomen Luonnonvarain Tutkimussäätiölle, jonka myöntämän apurahan turvin olen voinut suorittaa huomattavan osan kenttä- ja laskentatöistä. Suomen Metsätieteellinen Seura on ottanut tutkimuksen julkaisusarjaansa, mistä olen vilpittömästi kiitollinen.

Helsingissä maaliskuussa 1957

Kustaa Kallio

Sisällysluettelo

	Sivu
1. Johdanto ja tutkimustehtävän asettelu	9
11. Tutkimuksessa käytettäviä nimityksiä	13
2. Tutkimusaineiston hankkiminen	15
21. Koealojen valinnan yleiset periaatteet	15
22. Koealojen sijoittaminen ja niillä suoritettut tutkimukset	21
221. Koealojen sijainti ja koko	21
222. Puiden ja kantojen lukeminen ja mittaus	23
223. Koepuut sekä niihin kohdistuneet mittaukset	24
3. Taksatorinen käsittely ja tulokset	26
31. Koepuut ja niiden mittaustulosten soveltaminen koealasarjoihin	26
311. Koealametsiköiden iän määrittäminen	26
312. Sädekasvuaineiston käsittely	28
3121. Sädekasvun yleinen kulku	28
3122. Sädekasvun ilmastolliset vaihtelut	29
3123. Tutkimussarjojen sädekasvu	30
3124. Sarjojen yhtenäisyyden tutkiminen sädekasvulukujen avulla ..	31
3125. Säde- ja läpimittakasvun määrittäminen	33
313. Pituus	35
3131. Valtapituus	35
3132. Keskipituus	36
3133. Pituusmittausaineiston käsittely	37
314. Kapeneminen	37
315. Kuoren vahvuus	40
32. Koealametsiköiden mittaustulosten käsittely ja soveltaminen	40
321. Kantomittausaineiston käsittely	40
322. Puiden luokitus latvuserroksiin ja puuluokkiin	43
323. Koealametsiköiden rekonstruointi aikaisempiin ikäkohtiin	45
324. Runkoluku	46
325. Keskiläpimitta ja pohjapinta-ala	47
326. Kuutiomäärä	49
33. Tasoitettut runkolukusarjat ja niihin perustuvat tulokset	49
34. Poistuva puusto	56
35. Kasvu	57

	Sivu
36. Eräitä muita OMT-kuusikkoihin kohdistuneita tutkimuksia	57
361. Vuokilan kehityssarja	57
362. OMT:n viljelykuusikko	58
363. Luonnonnormaali OMT-kuusikko	59
37. Yhdistelmät, tulosten vertaaminen keskenään ja eräisiin muihin kuusikko- tutkimusten tuloksiin	60
38. Puuston rakenne	66
381. Yleisiä periaatteita	66
382. Puutavaralajimäärien laskentatyön teknillinen suoritus	67
383. Puustokuutiometrin rakenne	69
384. Taulukot	69
385. Vertailulaskelmia	69
386. Keskimääräinen tuotos ja poistuvan puuston osuus kokonaistuotok- sesta	73
4. Tutkimusaineiston taksatorinen luotettavuus ja edustavuus	75
41. Aineiston laajuus	75
42. Luokitusten, mittausten ja niihin perustuvien tulosten luotettavuus	75
43. Aineiston edustavuus ja yhtenäisyys	78
431. Kokonaispuuston ja säilyvän puuston yhtenäisyys	78
432. Poistuvan puuston yhtenäisyys	81
433. Sarjojen erottautuminen toisistaan	82
5. Hakkuuarvo-, arvokasvu- ja hakkuutulotarjat	84
51. Hinnoitteluperusteet	84
511. Kantohintasarjan koostaminen	84
5111. Yleistä	84
5112. Kantohintojen vaihtelut	86
5113. Kantohinta-aineisto	88
5114. Kantohinta kiintokuutiometriä kohden	90
52. Hakkuuarvo, arvokasvu ja hakkuutulo	96
6. Kulut, kustannukset ja puhdas tuotto	100
61. Kulut ja kustannukset	100
611. Yleistä	100
612. Metsänkorko-opin mukaiset tuotot ja kulut	100
613. Maankorko-opin mukaiset suoritteet ja kustannukset	101
614. Hallinto- ja hoitokulut tai -kustannukset	102
615. Tuloverot	103
616. Uudistuskulut tai -kustannukset	104
617. Kulujen ja kustannusten arvosuhdeluvut	105
62. Metsän puhdas tuotto	106
621. Puhtaan tuoton vertaaminen tutkimussarjoittain ja kuutiokasvun lu- kuihin	107
622. Puhtaan tuoton sadannesluvut	109
623. Tutkimussarjojen metsän puhtaan tuoton vertaaminen eräisiin muihin metsän puhtaan tuoton laskelmiin	111

	Sivu
7. Kiertoaika- ja hakkuukypsyys tutkimuksen metsikkösarjoihin sovellettuna	112
71. Yleisiä periaatteita	112
72. Eri kiertoajat	116
721. Suurimman kuutiomäärän kiertoaika	117
722. Korkeimman metsänkoron kiertoaika	119
723. Metsämaan tuottoarvo ja korkeimman maankoron kiertoaika	122
73. Kiertoaikojen muuttumiseen vaikuttavista tekijöistä	126
74. Relatiivinen laskenta	129
8. Tutkimustulosten tiivistelmä	131
Kirjallisuusluettelo — <i>References</i>	134
Lyhennyksiä — <i>Abbreviations</i>	142
SUMMARY	143

1. Johdanto ja tutkimustehtävän asettelu

Metsikön rakenteen ja kehityksen tutkimuksen kohteina ovat Suomessa olleet alkuaan luonnnonnormaalit metsiköt (ILVESSALO 1920 a, b; 1937; LÖNNROTH 1925; LAPPI-SEPPÄLÄ 1930; MIETTINEN 1932). Pohjan näille tutkimuksille loi CAJANDERIN metsätyyppioppi (1909). Lukuunottamatta KALELAN (1933) viljelykuusikoita koskevaa tutkimusta on varsinaisesti vasta 1940-luvulta lähtien vastaavia tutkimuksia kohdistettu myös taloustoiminnan, hakkuiden, kohteena olleisiin metsiin. SARVAKSEN (1944) tutkimuksessa käsitellään harsintamänniköitä ja NYYSSÖSEN (1954) tutkimuksessa hakkauksilla käsiteltyjä männiköitä, kummatkin Suomen eteläpuoliskolla. VUOKILAN (1956) tutkimus kohdistuu Etelä-Suomen MT:n ja OMT:n hoidettuihin kuusikkoihin. Jos ei kiinnitetä huomiota vain rajoitettuihin metsikkölajeihin ja -sarjoihin, antavat kolmeen valtakunnan metsien arviointiin perustuvat, Suomen metsien rakennetta ja kehitystä kuvaavat luvut monipuolisen kuvan Suomen metsistä lähes neljänkymmenen vuoden ajalta.

Tässä yhteydessä on syytä mainita myös EIDEN ja LANGSAETERIN (1941) norjalaisiin harvennettuihin kuusikkoihin kohdistunut kasvu- ja tuottotutkimus sekä PETTERSONIN (1955) Ruotsin harvennettujen havumetsien kuutiotuottotutkimus.

Edellä mainituissa, metsikköihin ja metsikkösarjoihin kohdistuneissa tutkimuksissa on yleensä pysähdytty taksatorisin keinoin laskettuihin metsikkötunnuksiin ja loppujen lopuksi todettu, mikä on kuutiomäärä ja kuutiotuotto eli -kasvu kuiloinkin tutkimuksen kohteena olevissa metsissä. KALELAN (1933) tutkimuksessa on lisäksi esitetty tutkimusmetsien mitan täyttävä puusto paperipuumääräksi muunnettuna ja VUOKILAN (1956) tutkimuksessa puutavaralajijakaantuminen, kokonaistuotos ja kasvatushakkausissa kertyvä tuotos sekä suurimman puumäärän (kuutiomäärän) kiertoaika. Valtakunnan metsien arvioimistuloksissa (ILVESSALO 1942; 1943; 1956 b) esitetään myös tukkipuiden määrät ja hakkuusuunnitteet puutavaralajijakaantumisineen.

Suomessa on suoritettu varsin vähän tutkimuksia, joissa metsikön puuston, kasvun ja puutavaralajien tuotoksen pohjalta olisi laskettu edelleen hakkuutuloa ja rahatuottoa kuvaavia lukuja, muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta (esim. ILVESSALO 1939). Eräissä metsälöryhmiin kohdistuneissa tutkimuksissa (OSARA 1935; PIHA 1941) on sen sijaan esitetty liiketaloudellisia, hakkuumäärien kantoarvoa ja metsälöistä kertyvää rahatuottoa osoittavia lukuja. Ulkomailla, mm. Ruotsissa, on suoritettu eräitä taksatoris-liiketaloudellisia tutkimuksia (mm. CARBONNIER 1954). PETERSON mainitsee tutkimuksessaan (1955), että hänellä on tarkoitus julkaista havumetsän arvotuottoa käsittelevä jatkoteos. Norjalaisista tutkimuksista mainittakoon JØRGENSENIN ja SEIPIN (1954) tutkimus, joka taksatorisen aineiston pohjalta lähtien käsittelee hakkuuluokkaan V b (vrt. LANDSSKOGTAKSERINGEN 1938—1952) kuuluvien eli harvojen ja epäsäännöllisten kuusikoiden hakkuukypsyyskysymystä.

Kiertoaikaa ja metsänarvonlaskentaa käsitteleviä tutkimuksia on Suomessa suorittanut mm. HEIKKILÄ (1930 ja 1952), joka perustaa laskelmansa kotimaisten kasvu- ja tuottotaulujen lukuihin. Kiertoaikaa koskevissa laskelmissa tarvitaan sekä kuutio- että arvokasvun tai -tuoton lukuja, koska kiertoajan määrittämisperusteet nojautuvat metsän kuutiokasvuun ja sen mukana iän lisääntyessä tapahtuvaan puun arvon lisäykseen (vrt. mm. MARTIN 1910, s. 149).

Taksatorisen aineiston pohjalta lähtien suoritti tekijä (KALLIO 1955) Suomen eteläpuoliskon lounaisosan OMT:n hoidettuihin kuusikkoihin kohdistuneen taksatoris-liiketaloudellisen tutkimuksen lähinnä kiertoaikakysymyksen selvittämiseksi. Sitä nimitetään tässä esitutkimukseksi. Kun mainittu esitutkimus perustui suhteellisen pieneen koeala-aineistoon ja kun osoittautui, että tutkimusaineistosta voidaan tehdä muitakin kiertoaikakysymyksen liittyviä, kuusimetsien kasvattamista koskevia taksatoris-liiketaloudellisia päätelmiä, ryhtyi tutkimuksen suorittaja syventämään ja laajentamaan esitutkimustaan. Tätä varten oli tarpeellista koeala-aineiston lisääminen ja kysymysten asettaminen hieman toisin kuin pelkkä kiertoaikatutkimus edellyttää.

Metsätaloussuunnitelmia ja hakkuusuunnitteita laadittaessa on vanhastaan asetettu tavoitteeksi normaalimetsäkuva, jota käytännöllisessä hakkauslaskelmassa on sovellettu ns. *talousnormaalimetsänä* eli reaalinormaalimetsänä (vrt. mm. LÖNNROTH 1930, ss. 752—763). Tämä edellyttää sitä, että tunnetaan metsikön taksatoris-liiketaloudellisen kehityksen lisäksi myös metsän vastaava kehitys metsälön puitteissa. Näistä syistä on tutkimussarjasta tai -sarjoista tarkoitus koostaa yhden tai useamman met-

sikkösarjan lisäksi näiden pohjalta yksi tai useampi talousnormaalimetsä. Tulokset pyritään kiteyttämään lähinnä kuutiokasvun, puutavaraajituotoksen, puhtaan tuoton ja metsämaan tuottoarvon pohjalta tehtäviin hakkuukypsyys- ja kiertoaikapäätelmiin. Tutkimuksessa kiinnitetään huomiota myös puuston rakenteeseen, hakkausten voimakkuuteen ja hakkauksissa poistuvan puuston kuutiomääriin sekä hakkuuarvoon.

Edellisen perusteella asetetaan tutkimuksessa vastattaviksi lähinnä seuraavat kysymykset:

1. Mikä on OMT:llä kasvavien hoidettujen kuusikoiden ja niistä koostuvien normaalimetsien kuutiokasvu ja tuotos eri kiertoaikoina?
2. Mikä on 1. kohdassa mainittujen metsien arvokasvu, hakkuutulo, metsän puhdas tuotto ja metsämaan tuottoarvo eri pituisina kiertoaikoina?
3. Mikä on edellä mainittujen metsien kiertoaika tai päätehakkauksen ikäkohta eri kiertoaikaperiaatteita soveltaen?

Kasvu-, tuotos- ja tuottoluvuissa kiinnitetään tutkimuksessa päähuomio keskimääräisiin vuotuisiin lukuihin, koska tärkeimpien kiertoaikojen määrittämisperusteet pohjautuvat näihin ja koska ne havainnollisimmin ja yksinkertaisimmin kuvaavat mm. kasvun, tuotoksen ja puhtaan tuoton suhteita.

Tutkimuksessa suoritetaan vertailuja myös eräisiin muihin kuusikko-tutkimuksiin. Näistä mainittakoon Suomen eteläpuoliskon luonnonnormaaliin OMT-kuusikkoon (ILVESSALO 1920 a ja b) ja viljelykuusikkoon (KALELA 1933) kohdistuneet tutkimukset ja VUOKILAN (1956) tutkimus.

Tutkimus on rajoitettu Suomen lounaisosaa koskevaksi. Siihen on sisällytetty lähimain Helsingin, Lounais-Suomen, Satakunnan, Pohjois-Hämeen, Itä-Hämeen, Uudenmaan-Hämeen ja Etelä-Karjalan metsänhoitolautakuntien alueet. Näillä alueilla on II valtakunnan metsien arvioimistulosten mukaan kuusivaltaista metsää kasvavia lehtomaisia metsämaita, joihin OMT luetaan, kaikkiaan n. 0.4 milj. hehtaaria (ILVESSALO 1943). Näiden metsien keskikasvu on n. 4.5 k-m³ kuoretonta runkopuuta vuotta ja hehtaaria kohden (ILVESSALO mt., s. 108). Jos ajatellaan, että oikein suoritetuilla hakkauksilla tämän tuottoisan metsätyypin kuusimetsien kuutiokasvu voitaisiin kohottaa vaikkapa keskimäärin 1 k-m³:llä vuotta ja hehtaaria kohden, merkitsisi tämä ko. maantieteellisellä alueella siis n. 400 000 k-m³:n puuntuoton lisäystä vuosittain. Tutkimuksessa konstruoidavat metsät ovatkin samalla siis eräänlaisia *tavoitemetsiä*, joiden tason saavuttamiseen käytännöllisessä metsätaloudessa pyritään (vrt. LIHTONEN 1952).

VUOKILAN (1956) tutkimus Etelä-Suomen hoidettujen kuusikoiden kehityksestä kohdistuu myös OMT:n kuusikkoihin. Vuokilan tutkimuksen ja tämän tutkimuksen aihepiirit peittävät näin ollen osittain toisensa. Tämän tutkimuksen aineiston keruu ja käsittely on suoritettu kokonaan Vuokilan tutkimuksesta riippumatta. Vuokilan tutkimuksesta johtuvat täydennykset ja muutokset on tehty käsikirjoitukseen vasta mainitun tutkimuksen tultua julkisuuteen. Sen lisäksi, että tässä tutkimuksessa käsitellään kuusimetsien liiketaloudellista kehitystä rahallisiin tuotto- ja kiertoaikalaskelmiin saakka, on Vuokilan tutkimuksen ja tämän tutkimuksen taksatorisen osan välillä se oleellinen ero, että edellisen kohteena on jatkuvilla harvennuksilla käsitelty kuusikko aina 120. ikävuoteen saakka ja että tutkimukseen ei ole sisällytetty uudistamisvaihetta, kun taas tämän tutkimuksen sarjat päättyvät 85. ja 100. ikävuoteen, joihin on luettu mukaan myös uudistamisvaiheet. Mainittuihin ikäkohtiin on päädytty lähinnä sen takia, että talouskuusikoissa noudatettu tai noudatettava kiertoaika ei Suomen lounaisosassa ole yleensä näitä pitempi (vrt. mm. LIHTONEN 1946; ILVESSALO 1956 b). Käytännöllisessä metsätaloudessa on tärkeätä tuntea sekä metsän kasvatus- että uudistamisvaihe aina päätehakkaukseen saakka. Erikoinen merkitys on tällä seikalla tutkittaessa metsän liiketaloudellista kehitystä sen uudistamisvaiheessa jos tämä vaihe on pitkä, kuten jaksottaisissa uudistushakkauksissa on asian laita. Tästä syystä tarkoitetaan tämän tutkimuksen sarjojen kiertoajoilla näiden päätehakkauksen ikäkohtaa, jolloin luontainen uudistamisvaihe sisältyy kiertoaikaan ja kiertoajat asettuvat tällöin osaksi päällekkäin, jos päätehakkauksia suoritetaan lähimain koostettavien metsikkösarjojen päätepeisteissä tai myöhemmin.

PETTERSON (1955, ss. 196—197) huomauttaa, että tuottotaulut ovat yläpäästään avonaisia, koska niihin ei yleensä sisällytetä uudistamisvaihetta. Taulukkometsikkö voidaan uudistaa siinä iässä, mikä niiden mukaan antaa parhaan tuloksen. Mikä ikäkohta on paras, se riippuu kuitenkin metsätalouden päämäärästä. Kun tämä vaihtelee, ei päätehakkauksen ikäkohtaa voida esittää taulukoissa. Lähinnä tähän periaatteeseen nojautuen lienevät Suomessakin suoritettut vastaavat tutkimukset kohdistetut yleensä vain metsikön kasvatusvaiheeseen tai sen osaan (vrt. KALELA 1933; NYYSÖNEN 1954; VUOKILA 1956).

11. Tutkimuksessa käytettäviä nimityksiä

LÖNNROTHIN (1929) luomalta, puuston kehitystä ja kasvua kuvaavien käsitteiden pohjalta lähtien käyttää KUUSELA (1953, ss. 82—84) siitä puuston osasta, joka tietyn talous- eli hakkausjakson ajaksi on, ainakin seuraavan talousjakson alkuun saakka, sidottu puun tuotantoon, nimitystä *säilyvä puusto* ja siitä puuston osasta, mikä talousjakson aikana hakataan tai harvenemisen johdosta poistuu, nimitystä *poistuva puusto*. Säilyvä ja poistuva puusto yhteensä on *kokonaispuusto*. Puuston *kuutiomäärällä* tarkoitetaan tässä tutkimuksessa metsikössä havainto- tai laskentahetkellä kasvavien puiden kuutiomäärää kiintokuutiometreinä kuorellista runkopuuta ilman kantoa (vrt. VUOKILA 1956, s. 10). Se voi tarkoittaa kokonaispuuston, säilyvän puuston tai poistuvan puuston kuutiomäärää.

Poistuvan puuston kokonaismäärällä tarkoitetaan tutkimuksessa tiettyyn ikäkohtaan mennessä erääntynyttä kokonaispoistumaa. *Keskimääräinen poistuva puusto* tarkoittaa edellistä jaettuna metsän iällä tai kiertoajalla. *Aikakautinen poistuva puusto* on jakson aikana poistunut puusto ja *vuotuinen poistuva puusto* edellinen jaettuna jaksoon sisältyvien vuosien lukumäärällä.

Metsätalouden *tuotto*-käsitteen kuutiotuottomerkityksestä johtuu, että sillä on ollut metsätaloudessa kaksinainen merkitys: biologinen puun tuotto eli kuutiokasvu ja rahatuotto (vrt. mm. LIHTONEN 1953, s. 323; HOLOPAINEN 1953, s. 396). Esim. ILVESSALON kasvu- ja tuottotaulukoissa käytetyn terminologian mukaan kuutiotuotto on metsikön puuston ja poistuman summa jaettuna metsikön iällä (vrt. myös LÖNNROTH 1929, s. 9; SAARI 1929, s. 3; LIHTONEN 1943, ss. 59—61; SARVAS 1944, s. 95). NYYSÖNEN (1954, s. 112) on käyttänyt kuutiotuotto-nimitystä LIHTONEN tavoin. VUOKILA (1956, s. 10) erottaa aikamääritteen mukaan vuotuisen kasvun ja jakson kasvun, jotka vastaavat tämän tutkimuksen juoksevaa kuutiokasvua. Kiertoajan kasvu eli kokonaiskasvu taas vastaa tämän tutkimuksen kokonaiskuutiokasvua ja keskimääräinen kasvu keskimääräistä kuutiokasvua.

Sekaannusten välttämiseksi ja koska tutkimuksessa käsitellään myös arvokasvua ja taloudellista rahatuottoa käytetään puuston kuutiokasvusta ja kuutiotuotosta nimitystä *kuutiokasvu*. Milloin on kysymyksessä jokin muu kasvulaji kuin kuutiokasvu, mainitaan siitä erikseen. Itse kuutiomääräsarjojen koostamisesta johtuu, että *juokseva kuutiokasvu* ilmoitetaan aikakausittain eli jaksottain — 10-vuositain, yhdessä tapauksessa 5-vuotiskautena —. Vuotuinen juokseva kuutiokasvu lasketaan jakamalla aika-

kautinen juokseva kuutiokasvu aikakauteen sisältyvien vuosien luvulla. *Kokonaiskuutiokasvulla* tarkoitetaan metsikön elinaikana, laskentahetkeen mennessä tai kiertoaikana eräännyttä kokonaispuuston kuutiokasvua ja *keskimääräisellä kuutiokasvulla* kokonaiskuutiokasvua jaettuna metsikön iällä.

VUOKILA (1956, ss. 10—11) käyttää tuotetuista puutavaralajimääristä eli tuotannon tuloksesta hyödykkeinä nimitystä puuston kuutiotuotos määritellen termit *vuotuinen tuotos*, *jakson tuotos*, *kiertoajan tuotos* eli *kokonaistuotos* ja vastaava tuotos vuotta kohden eli *keskimääräinen tuotos*. Tutkimuksessa käytetään tarvittaessa myös näitä nimityksiä.

Vastaavien kuutiokasvun nimitysten mukaisesti käytetään tutkimuksessa metsikön aikakautisesta arvokasvusta nimitystä *juokseva arvokasvu*. *Kokonaisarvokasvulla* tarkoitetaan metsikössä määrättyyn ikään mennessä eräännyneen juoksevan arvokasvun summaa, mikä on sama kuin vastaavan kiertoajan *kokonaishakkuutulo*. *Keskimääräinen arvokasvu* saadaan jakamalla kokonaisarvokasvu metsikön iällä ja *keskimääräinen hakkuutulo* jakamalla kokonaishakkuutulo samoin metsikön iällä.

Kokonaistuotto lasketaan vuotta kohden ja on sama kuin keskimääräinen hakkuutulo. Kun *kokonaistuotosta* vähennetään *kulut*, saadaan *metsän puhdas tuotto*. Vielä tulevat tutkimuksessa kysymykseen *suoritteet* ja *kustannukset*. Näiden liiketaloudellisten nimitysten lähempi selvittely suoritetaan tuonnempana, kukin omassa kohdassaan. Tämä johtuu siitä, että niiden merkitys selviää paremmin omissa asiayhteyksissään kuin erikseen selostettuna.

2. Tutkimusaineiston hankkiminen

21. Koealojen valinnan yleiset periaatteet

Koealoja valittaessa saattoi havaita, että kasvipeitteensä ja muiden ulkonaisten tunnustensa puolesta selvästi OMT:iin kuuluvat, metsänhoidollisten hakkausten kohteena olleet kuusikot erottautuivat toisistaan siitä huolimatta, vaikka käsittelytapa oli ollut lähinnä sama eivätkä metsikkötunnuksetkaan näyttäneet, silmävaraisesti tarkastellen, poikkeavan toisistaan. Huonon ulkonäön omaavissa kuusikoissa suoritettut kasvatushakkaukset olivat tosin lievempiä kuin hyvän ulkonäön omaavissa kuusikoissa vastaavina ikäkohtina suoritettut kasvatushakkaukset. Hyvissä kuusikoissa oli aloitettu tällaisille metsiköille soveltuvat uudistushakkaukset, suojuospuuhakkaukset, niitä edeltävine väljennyshakkauksineen aikaisemmin kuin huonoissa kuusikoissa. N. 60—70. ikävuodesta lähtien onkin näiden kahden erilaatuisen kuusikkosarjan välillä siksi selvä ero, että ne ainakin tästä lähtien voidaan katsoa kuuluvan hakkausten erilaisuuden takia eri sarjoihin, vaikka muuta syytä ei olisikaan. Toinen syy eroon voi olla kasvupaikkojen hyvyyden erilaisuudessa, mikä luonnollisesti on yhtenä syynä myös sarjojen vanhojen kuusikoiden eroavaisuuksiin, jos hyvät kuusikot muodostavat oman sarjansa ja huonot kuusikot oman sarjansa. Metsätyyppin määrittämisperusteiden (vrt. CAJANDER 1909; TERTTI 1935) mukaan ei tutkimuksen suorittaja voinut kuitenkaan katsoa, että huonot kuusikot olisivat kasvaneet MT:llä ja hyvät OMT:ä paremmalla kasvupaikalla. Molempien täytyy siis kuulua OMT:n kasvusarjaan. Jos erot johtuvat kasvupaikasta, on ilmeisesti kysymys OMT:n vaihtelualueen sisäpuolella olevasta kahdesta hyvydeltään erilaisesta kasvupaikkasarjasta. Sen seikan selvittäminen, johtuvatko erot hakkauksien erilaisesta voimakkuusasteesta, kasvupaikasta tai molemmista, suoritetaan tuonnempana. Joka tapauksessa näyttivät erot siksi selviltä, että tutkimuksen suorittaja uskalsi viedä hyvät kuusikot omaan sarjaansa ja huonot kuusikot omaan sarjaansa. Edellisessä suoritettut kasvatushakkaukset ovat voimakkaam-



Kuva 1. Koeala 24. a-sarja. Ikä 49 v. Kuutiomäärä 266 k-m³/ha. Viiden viime vuoden juokseva vuotuinen kuutiokasvu 14.6 k-m³/ha kuorineen.

Figure 1. Sample plot 24. Series a). Age 49 years. 266 cu.m./hectare. Current annual growth during the last 5 years 14.6 cu.m./hectare, incl. bark.

Valok. — Photo by KALERVO SETÄLÄ 1955.

pia kuin jälkimmäisessä ja aloitetaan niissä uudistushakkaukset aikaisemmin. Edellisestä käytetään tutkimuksessa nimitystä »a-sarja» ja jälkimmäisestä »b-sarja».

Aineistoa valittaessa katsottiin tarpeelliseksi tutkia OMT:llä kasvavan kuusikon rakennetta ja kehitystä ainakin n. 25—30. ikävuodesta alkaen sen päätehakkaukseen saakka. Samoista syistä, joihin mm. VUOKILA (1956,

ss. 12—13) on viitannut, ei tutkimuksessa ole voitu käyttää pysyviä kesto-koealoja, vaan on turvauduttu tilapäiskoealoihin perustuviin kertamittauksiin. Kun tutkimusta ei siis voitu perustaa pysyviin koealoihin, voidaan sarjojen koostamisessa ajatella käytettäväksi kahta tietä. Toinen on se, että koealametsiköiksi valitaan sellainen mahdollisimman yhdenmukainen metsikkösarja, jonka tunnuksat seuraavat metsikön iän edellyttämää kehitystä. Tällöin pyritään siihen, että sarjan koealametsiköt niveltäytyvät toisiinsa siten kuin kysymyksessä olisi sama metsikkö eri kehitysvaiheissaan. Toinen tapa on se, että pyritään koealametsikköä ja siitä poistunutta puustoa kantojen perusteella analysoimalla ja tutkimalla rekonstruoi-maan metsikkö aikaisempiin ikäkausiiin.

Koealoja valittaessa on lähdetty siitä, että yksityisen koealametsikön rekonstruointi useita vuosikymmeniä taaksepäin — puhumattakaan koko kiertoajasta — on monien epävarmojen ja vaikeasti selvitettävien kysymysten, kuten poistetun tai poistuneen puuston arvioimiseen liittyvien virhetekijöiden takia, uskallettua ja vaikeata. Tästä syystä rajoitettiin taaksepäin tutkiminen siihen, että koealametsikkö rekonstruointiin sellaiseksi kuin se oli 5 ja 10 vuotta sitten. Sarjojen koostaminen onkin suoritettu lähinnä edellisessä kappaleessa esitetyn ensimmäisen vaihtoehdon mukaan, käyttämällä tukena toista vaihtoehtoa eli koealametsiköiden rekonstruointia sarjojen kasvun ja poistuvan puuston selvittämiseksi sekä lisäpisteiden saamiseksi koealasarjoihin.

Siitä huolimatta, että koealametsiköissä suoritettiin poistuvan puuston määrien selvittämiseksi koeleimaus ja koeleimaukseen sisältyvien puiden mittaukset, katsottiin lisäksi tarpeelliseksi selvittää koalametsiköistä poistuneen puuston määrä myös kannoista ainakin viimeisten 10 vuoden aikana, koska tällä tavalla voidaan koeleimauksen mukaisia poistuvan puuston määriä verrata kantomittauksiin perustuviin vastaaviin määriin.

Silmävaraisen tarkastelun perusteella pyrittiin koealametsiköt valitsemaan edellä esitettyjen periaatteiden mukaan. Itse koealojen sijoittamisessa noudatettiin metsään ja metsikkörakenteeseen ym. seikkoihin nähden seuraavia periaatteita:

1. Koealat sijoitettiin OMT:llä kasvaviin kuusikkoihin. Miten tämän metsätyypin määrittämisessä on onnistuttu, sitä käsitellään tuonnempana, luokitusten ja mittausten luotettavuutta tarkasteltaessa. VUOKILA (1956, ss. 15—19) on huomauttanut mm. siitä, että eri maalajeilla tavattavat saman metsätyypin kasvupaikat eivät viljavuudeltaan ehkä vastaa toisiaan sekä siitä, että metsätyypin määrittäminen on subjektiivista. Samat huomautukset on tehtävä tässäkin tutkimuksessa.

2. Koealat pyrittiin ottamaan *puhtaista kuusikoista*, joissa ei sekapuuna saanut olla — silmävaraisen tarkastelun perusteella — vierasta puulajia ainakaan enempää kuin 20% metsikön kokonaisuutiomäärästä. Mainittakoon, että useimmissa määrättyyn puulajiin kohdistuneissa tutkimuksissa on vastaavana sallittuna ylärajana ollut 10 % (vrt. ILVESSALO 1920 a, s. 40; LÖNNROTH 1925, s. 86). Eräissä tutkimuksissa on sanottu raja ollut taas 20 % (esim. SARVAS 1944, s. 57; NYSSÖNEN 1954, s. 30; VUOKILA 1956, s. 25). Nyt kysymyksessä olevassa tutkimuksessa on ainoastaan koealoilla n:ot 3 ja 24 vierasta puulajia enemmän kuin 20 % metsikön kokonaisuutiosta. Sekapuusta on koivua enemmän kuin mäntyä. Vieraiden puulajien sadannesosuudet kuutiomäärästä esitetään taulukossa 1.

Taulukko 1. Vieraan puulajin osuus koealametsiköiden kuutiomäärästä.

Table 1. Volume of other tree species in sample stands.

a-sarja—Series a): Koealan n:o — Number of sample plot	5	8	12	13	15	18	19	22	23	24	27
% toista puulajia — per cent of other species..	Mä— Ko 5	Mä— Ko 20	Ko— Mä 4	Ko— Mä 5	Ko 5	Mä— Ko △	Mä 2	Ko 3	Ko 5	Mä— Ko 21	Mä 2
b-sarja—Series b): Koealan n:o — Number of sample plot	3	4	6	7	11	14	16	17	20	25	26
% toista puulajia — per cent of other species..	Ko— Ha 25	Ko 4	Ko— Mä 5	Mä 8	Mä 16	Mä— Ko 5	—	Ko— Mä 9	Ko 1	—	Ko 12

Kantojen kohdalla oli sekapuun osuus likimäärin samaa suuruusluokkaa, koivun kantoja oli nuorissa koealametsiköissä kuitenkin jonkin verran enemmän kuin koivurunkoja pystypuustossa.

3. Koealametsiköiden valinnassa kiinnitettiin huomio siihen, että metsikkö oli luontaisesti syntynyt ja mahdollisimman *tasaikäinen ja tasatiheä*. Kuten tunnettua, ovat maamme kuusimetsät syntyneet suurelta osaltaan vanhan emopuuston alle (vrt. mm. ILVESSALO 1920 a, s. 40) ja useammasta siemensadosta, joten aivan tasaikäisiä metsiköitä on vaikea löytää (vrt. VUOKILA 1956, s. 25). Tuonnempana, ikäkysymystä käsiteltäessä, havaitaan, miten kysymyksessä olevassa valinnassa on onnistuttu.

4. Edelleen asetettiin vaatimukseksi, että koealametsiköt olivat olleet *taloustoiminnan eli metsänhoidollisesti ja metsätaloudellisesti hyväksyttävien hakkausten kohteena*. Huomattava osa maamme kuusimetsiköistä on epätydyttävästi tai heikosti käsiteltyjä. Tämä pitää paikkansa myös hyvien metsätyyppien kuusikoissa, joista n. 29 % on ollut hyvin ja n. 49 % tyydyttävästi käsiteltyjä. Valtakunnan metsien arvioinneissa noudatettuihin periaatteisiin verrattuina tuli koealametsiköiden täyttää ainakin tyydyttävälle käsittelylle asetetut vaatimukset (vrt. ILVESSALO 1942, ss. 192—193, 195 ja 356) ja kuulua vähintäänkin kehityskelpoisiin, tyydyttäviin metsikköihin (ILVESSALO 1956 b, s. 147). Mitä tulee suoritettujen hakkausten teknilliseen puoleen, erikoisesti harvennusten voimakkuusasteeseen, osoittautui mahdolliseksi löytää edes a-sarjaan sellaisia koealametsiköitä, joissa suoritettut hakkaukset olisivat täysin vastanneet uusimman metsänhoitotekniikan vaatimuksia. Tästä syystä on ollut pakko tyytyä sellaisiin koealametsikköihin, joissa suoritettut kasvatushakkaukset olivat olleet lievätköjä.

Sekä Suomessa että ulkomailla on määritetty erilaisia harvennusmenetelmiä ja voimakkuusasteita, joissa menetelmä ja harvennusaste ilmaistaan esimerkiksi metsikön kuutiomäärän, pohjapinta-alan, runkoluvun tai jonkin muun metsikkötunnuksen funktiona, joko absoluuttisena tai suhteellisenä lukuna. Kansainvälisen metsätutkimuslaitosten liiton suosittelemassa harvennuskaavassa jaetaan harvennusmenetelmät ala- ja yläharvennuksiin ja edelliset voimakkuusasteeltaan heikkoihin, keskinkertaisiin ja voimakkaisiin alaharvennuksiin ja jälkimmäiset heikkoihin ja vahvoihin yläharvennuksiin (vrt. mm. SARVAS 1956, ss. 507—510). Norjassa on käytetty kolmea harvennusasteikkoa (tynningsgrad), joista asteikko I tarkoittaa lievintä ja asteikko III voimakkainta harvennusta (vrt. mm. EIDE ja LANGSAETER 1941). PETTERSON (1955) esittää harvennuksen voimakkuuden sadanneksina metsikön pohjapinta-alasta. Harvennusmenetelmä ja -aste korvataan mainitussa tutkimuksessa ala- ja keski- (genomgallring) tai ylä- ja keskiharvennuksen kombinaatioina tai puhtaana keskiharvennuksena (mt., ss. 111—122). Viime mainitussa poistetaan metsikön kaikkien läpimittaluokkien runkoluvusta sama sadannes, joten eri läpimittaluokkien runkolukujen keskinäinen suhde pysyy samana.

NYSSÖNEN (1954) on erottanut metsikön käsittelytavan perusteella ja pohjapinta-alaa hyväksi käyttäen harventaen, epämääräisesti ja harsien käsitellyt metsät, jakaen ensin mainitut toistuvasti harvennettuihin ja väljentäen harvennettuihin metsiin sekä harsien käsitellyt metsät toistuvasti harsittuihin ja harsittuihin, lepoa saaneisiin metsiin. VUOKILA (1956, ss.



Kuva 2. Koeala 3. b-sarja. Ikä 53 v. Kuutiomäärä 213 k-m³/ha. Viiden viime vuoden juokseva vuotuinen kuutiokasvu 7.4 k-m³/ha kuorineen.

Figure 2. Sample plot 3. Series b). Age 53 years. 213 cu.m./hectare. Current annual growth during the last 5 years 7.4 cu.m./hectare, incl. bark.

Valok. — Photo by KALERVO SETÄLÄ 1955.

23—24) ei ole rajoittunut tiettyyn harvennusasteeseen, vaan on pyrkinyt valitsemaan aineistonsa siten, että se edustaisi harvennukseen nähden käytännöllisessä metsätaloudessa noudatettua voimakkuusastetta.

Tässä tutkimuksessa on aineisto pyritty valitsemaan siten, että nuoret ja keski-ikäiset metsät olivat olleet harvennuksen kohteina ja keski-ikää vanhemmat metsät väljennyksen kohteina. Hakkausmenetelmä muuttui sittemmin vanhoissa metsiköissä asteittain uudistushakkaukseksi, lähemmin suojuspuumenetelmäksi. Suoritettujen kasvatushakkauksen menetelmä ja voimakkuusaste määräytyi saatavana olevasta aineistosta ja pyrit-

tiin koeleimaus järjestämään samojen periaatteiden mukaan. Kansainvälisen metsäntutkimuslaitosten liiton harvennusasteikon mukaan arvostellen ei koealametsiköissä suoritettuja harvennuksia voida lukea kaavamaisesti minkään määrätyn harvennusmenetelmän ja voimakkuusasteen piiriin kuuluviksi. Tutkimuksen suorittajan käsityksen mukaan ovat kummankin sarjan harvennukset lähempänä ala- kuin yläharvennusta. Voimakkuusasteeltaan muistuttavat a-sarjan koealametsiköissä suoritettut harvennukset voimakkaanpuoleista keskinkertaista alaharvennusta ja b-sarjan metsiköissä suoritettut keskinkertaista alaharvennusta, vaikka kummassakin on poistettu myös vallitsevien latvuserrosten puita. SARVAKSEN (1956, s. 510) mukaan poistetaan vahvassa alaharvennuksessa vallitsevien latvuserrosten puita jopa enemmänkin kuin lievässä yläharvennuksessa.

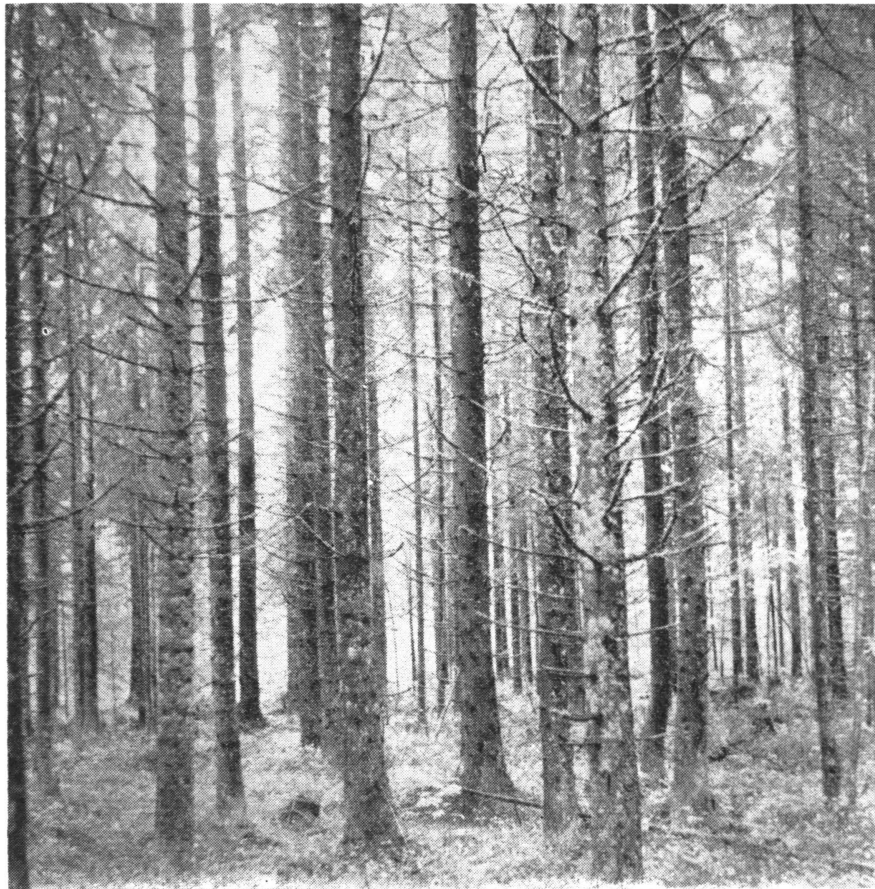
Koealametsiköissä ei yleensä ollut taimistoa, lukuun ottamatta vanhimpia koealametsiköitä, n:ot 7, 11, 12, 13, 19 ja 27, joissa oli 0.1—1.0 metrin pituinen kuusivaltainen taimisto, tiheyden vaihdella 0.4:stä 0.8:aan.

22. Koealojen sijoittaminen ja niillä suoritettut tutkimukset

221. Koealojen sijainti ja koko

Koealat otettiin seuraavilta paikkakunnilta ja seuraavina aikoina:

Koealan n:o Number of sample plot	Koealojen sijainti Location of sample plots	Mittauksen aika Date of measurement
3	Helsinki, Haltiavuori	kesäkuu 1954 June 1954
22—23, 26	» , »	syys—lokakuu 1955 September—October 1955
4, 6, 7	Hämeenlinna, kaup. metsä	kesä—heinäkuu 1954 June—July 1954
5, 8	Pälkäne	heinä—elokuu 1954 July—August 1954
15—18	»	heinä—elokuu 1955 July—August 1955
11	Malminkartano	lokakuu 1954 October 1954
12—14, 20, 24	»	kesä—lokakuu 1955 June—October 1955
19	Ruotsinkylä	syyskuu 1955 September 1955
25	Övitsböle	lokakuu 1955 October 1955
27	Harviala	marraskuu 1955 November 1955



Kuva 3. Koeala 20. b-sarja. Ikä 65 v. Kuutiomäärä 297 k-m³/ha. Viiden viime vuoden juokseva vuotuinen kuutiokasvu 5.8 k-m³/ha kuorineen.

Figure 3. Sample plot 20. Series b). Age 65 years. 297 cu.m./hectare. Current annual growth during the last 5 years 5.8 cu.m./hectare, incl. bark.

Valok. — Photo by KALERVO SETÄLÄ 1955.

Mikäli metsikkökuvion muoto ja yhtenäisyys sen sallivat, otettiin vanhoista metsiköistä suuremmat koealat kuin nuorista ja keski-ikäisistä. Koealojen koko vaihteli a-sarjassa 5 aarista 25 aariin ja b-sarjassa 8 aarista 25 aariin. Edellisessä sarjassa on koealojen keskikoko 14.4 aaria ja jälkimmäisessä 15.7 aaria. Kaikkiaan otettiin 28 koealaa. Koealametsiköt n:ot 1, 2, 9, 10, 21 ja 28 osoittautuivat laskentatöitä suoritettaessa eri met-

sikkötunnustensa suhteen siksi paljon muista koealametsiköistä poikkeaviksi, että niitä ei voitu sisällyttää aineistoon. Sarjat on näinollen koostettu 22 koealametsiköstä, joista 11 kuuluu a-sarjaan ja 11 b-sarjaan.

222. Puiden ja kantojen lukeminen ja mittaus

Koealametsiköiden *kokonaispuuston* rungot luettiin ja niiden läpimitat mitattiin rinnankorkeudelta kuoren päältä käyttämällä tasaavaa mittausta ja 2 cmn läpimittaluokkia.

Kannot luettiin ja mitattiin normaalilta kannon korkeudelta (vrt. ILVESSALO 1942, ss. 22—23; 1951, s. 34), käyttämällä myös 2 cmn suuruisia luokkavälejä ja tasaavaa mittausta. Kantojen ikä määritettiin lahoamisasteen perusteella (vrt. SARVAS 1944, ss. 34—37; NYSSÖNEN 1955). Niitten iän arviointia pyrittiin täydentämään ko. metsikön vaiheita tuntevan henkilön muistitietojen ja kirjanpidon avulla. Kantojen mittaus taas keskitettiin enintään 10 vuoden ikäisiin kantoihin.

Koealametsiköissä suoritettiin metsänhoidolliseen hakkaukseen tähtäävä *koeleimaus* ja näiden puiden lukeminen sekä rinnankorkeusläpimitan mittaaminen. Koeleimaus pyrittiin hakkausmäärään, -aikaan ja puiden kokoon nähden suorittamaan samoja periaatteita noudattaen, joita koealametsiköiden hakkauksissa oli noudatettu. Tällä tavalla voitiin ehdotettujen hakkausten voimakkuusaste säännöstellä kantojen mittauksiin perustuviin poistuvan puuston määriin. Suoritetut ja koeleimauksessa ehdotetut hakkausmenetelmät luetellaan taulukossa 2.

Koeleimauksen hakkausmäärä tarkoittaa lähimmän 10-vuotiskauden hakkausmäärää, koska talousjakson pituutena käytetään tässä tutkimuksessa 10 vuotta. Koeleimaus suoritettiin ottamalla huomioon, että ehdotettu aikakautinen hakkausmäärä voidaan poistaa kahdessakin eri hakkausvaiheessa.

Sarjan a 11 koealametsiköstä luettiin ja mitattiin keskimäärin n. 113 runkoa ja sarjan b 11 koealametsiköstä keskimäärin 116 runkoa koealaa kohden. Nuorimmasta koealametsiköstä mitattiin 254 runkoa ja vanhimmasta 42 runkoa. Kantoja mitattiin a-sarjassa keskimäärin 66 ja b-sarjassa keskimäärin 61 kappaletta koealaa kohden ja vaihteli niiden lukumäärä eri koealoilla a-sarjassa 13—152 kanton ja b-sarjassa 15—160 kanton. Koeleimaukseen sisällytetyjä puita luettiin ja mitattiin a-sarjan koealoilta keskimäärin 53 ja b-sarjan koealoilta keskimäärin 66 runkoa koealaa kohden, vaihtelurajojen ollessa edellisissä 22—114 runkoa ja jälkimmäisissä 38—82 runkoa.

Taulukko 2. Koealametsiköissä käytetyt ja ehdotetut uudet hakkausmenetelmät.

Table 2. Methods of earlier cuttings and trial markings in the sample stands.

Koealan n:o Number of sample plot	Käytetty hakkausmenetelmä Methods of earlier cuttings	Koeleimauksessa ehdotettu uusi hakkausmenetelmä Methods of trial marking
	<i>a-sarja - Series a):</i>	
5	Harvennus - Thinning	Väljennys - Accretion cutting
8	» »	Harvennus - Thinning
12	Suojuspuuhakk. - Shelterwood method	Suojuspuuhakk. Shelterwood method
13	Väljennys - Accretion cutting	» » »
15	Harvennus - Thinning	Harvennus - Thinning
18	» »	» »
19	Väljennys - Accretion cutting	Suojuspuuhakk. - Shelterwood method
22	Harvennus - Thinning	Väljennys - Accretion cutting
23	» »	» » »
24	» »	Harvennus - Thinning
27	Suojuspuuhakk. - Shelterwood method	Suojuspuuhakk. - Shelterwood method
	<i>b-sarja - Series b):</i>	
3	Harvennus - Thinning	Harvennus - Thinning
4	» »	Väljennys - Accretion cutting
6	» »	Harvennus - Thinning
7	Suojuspuuhakk. - Shelterwood method	Suojuspuuhakk. - Shelterwood method
11	» » »	» » »
14	Harvennus - Thinning	Harvennus - Thinning
16	» »	Väljennys - Accretion cutting
17	» »	Harvennus - Thinning
20	» »	» »
25	» »	Väljennys - Accretion cutting
26	» »	Harvennus - Thinning

223. Koepuut sekä niihin kohdistuneet mittaukset ja tutkimukset

Koepuiksi valittiin koealan puiden luvun yhteydessä vanhoista koealametsiköistä joka 4. tai 5. runko sekä nuorista koealametsiköistä joka 6. tai 7. runko. Koepuiden lukumäärä vaihteli 10 rungosta 28 runkoon koealaa kohden ja otettiin edellä mainituilta 22 koealalta yhteensä 408 koepuuta eli keskimäärin n. 18.5 runkoa koealaa kohden. Mainittakoon, että eräät tutkijat ovat pitäneet 25—30 koepuuta koealaa kohden tarpeellisena, eräät ovat tyytyneet pienempiin koepuumääriin (vrt. ILVESSALO 1920 a, s. 42; LAPPI-SEPPÄLÄ 1930, s. 67; SARVAS 1944, s. 20; NYSSÖNEN 1954, s. 37),

jotka kaikki liikkuvat samoissa rajoissa kuin tätä tutkimusta varten koealoittain otetut koepuumäärät.

Kunkin koepuun rinnankorkeusläpimitta mitattiin kuoren päältä kahdesta toisiaan vasten kohtisuorasta suunnasta, millimetrin tarkkuudella. Kapenemislukan selvittämiseksi mitattiin läpimitta kuuden metrin korkeudelta samalla tavalla. Koepuun koko pituus mitattiin LÖNNROTHIN hypsometrillä, puolen metrin tarkkuudella. Läpimitan kasvusuhteiden selvittämiseksi otettiin kustakin koepuusta rinnankorkeudelta kairanlastu. Kairaus ulotettiin puun ytimeen saakka. Joka neljännessä koepuussa suoritettiin lisäksi ikäkairaus kannon korkeudelta. Vuosilustojen laskeminen ja mittaaminen suoritettiin välittömästi sisätyönä. Jos kairaus suoritettiin ennen elokuun 20. päivää, jätettiin lustoja laskettaessa saman vuoden kasvu huomioon ottamatta (vrt. NYSSÖNEN 1954, s. 38). Koepuista merkittiin lisäksi muistiin latvuserros sekä se, kuu'uuko koepuu koeleimauksessa poistettaviin puihin vai ei. Eräissä koealametsiköissä mitattiin koepuiden kannon läpimitat kahdesta toisiaan vasten kohtisuorasta suunnasta, millimetrin tarkkuudella. Lisäksi mitattiin kuoren paksuus rinnankorkeudelta.

Puiden luvun ja mittausten yhteydessä eriteltiin eri latvuserroksiin kuuluvat puut L. ILVESSALON (1929) esittämään tapaan (vrt. tuonnempana s. 43).

3. Taksatorinen käsittely ja tulokset

31. Koeput ja niiden mittaustulosten soveltaminen koealasarjoihin

Sen johdosta, että koeputa saatavat erinäiset mittaustulokset muodostavat tärkeän pohjan tuonnempana esitettävälle kuutiomäärien, runkolukusarjojen, kasvun ym. metsikkötunnusten laskennalle, selvitetään seuraavassa ensimmäiseksi koeputaaineiston käsittelyä.

311. Koealametsiköiden iän määrittäminen

Tutkimuksessa on koealametsiköiden ikä laskettu koeputien ikälukujen yksinkertaisena aritmeettisena keskiarvona (vrt. mm. LÖNNROTH 1925, s. 87). Seuraavassa taulukossa 3 esitetään näin saadut ikäluvut.

Taulukko 3. Koealametsiköiden ikä, koeputien perusteella laskettuna.
Table 3. Age of sample stands, calculated from sample trees.

a-sarja - Series a):											
Koealan n:o - Number of sample plot	5	8	12	13	15	18	19	22	23	24	27
Ikäkoepuiden aritmeettinen keski-ikä, vuotta - Arithmetic mean age of sample trees, years	58	28	75	69	41	33	75	61	58	49	82
b-sarja - Series b):											
Koealan n:o - Number of sample plot	3	4	6	7	11	14	16	17	20	25	26
Ikäkoepuiden aritmeettinen keski-ikä, vuotta - Arithmetic mean age of sample trees, years	53	71	45	87	97	55	77	51	65	76	51

Koeputien ikävaihtelut ovat koealoittain 6—34 vuotta ja keskimääräinen ikävaihtelu 14 vuotta.

Koska ikää kairattaessa ei voida saavuttaa puun syntymäpistettä, on kairanlastujen lustolukuun lisätty nuorissa koeputissa, joiden tyvipaisunema on yleensä pieni, 4—5 vuotta, sekä vanhoissa koeputissa, joiden tyvipaisunema on suuri, 5—6 vuotta. Lisäystä on perusteltu mm. ILVESSALON valtakunnan metsien II ja III arvioinnin ohjeissa (vrt. 1936, s. 15 ja 1951, ss. 22 ja 41). Tällöin on otettu huomioon mm., että 3—5 vuoden lisäys tuntuu olevan kuusikoissa riittämätön todelliseen ikään pääsemiseksi (vrt. SIRÉN 1950, ss. 43—45).

Koeputien kuutiomäärillä punnittujen ikälukujen ja aritmeettisen keski-ikä välillä ei ole suurtakaan eroa. Eräiden vanhojen koealametsiköiden kuutiomäärillä punnittu keski-ikä on jopa pienempi kuin koeputien lukumäärällä punnittu keski-ikä. Kun ero on näin vähäinen, käytetään ikäkoepuiden ikälukujen aritmeettista keskiarvoa tutkimuksen koealametsiköiden ikälukuina.

Eräissä tapauksissa käytetään metsikön kehitysvaiheen tunnuksena termejä, jotka kuvaavat eräitä silmin havaittavia, metsikön puiden kokoa kuvaavia ominaisuuksia (vrt. mm. GAYER 1898, s. 16; SARVAS 1937; 1944, ss. 29—30). Metsätaloudessa käytetään usein myös ns. *taloudellista ikää*. Tämän iän käyttämisestä perustelee VUOKILA (1956, ss. 19—22) sillä, että tutkimusmetsiköt ovat kehittyneet ensimmäisinä vuosikymmeninä alikasvoksina, mistä johtuen fysiologinen ikä on usein harhaan johtava tai epätarkka. Mm. Ruotsissa on käytetty rinnankorkeuteen perustuvaa taloudellista ikää (vrt. NÄSLUND 1942, s. 40; VID ANDRA... 1947; PETRINI 1948, s. 95), samoin MIKOLA (1950).

Fysiologisen iän ja rinnankorkeusiän välinen ero on todettu keskimäärin n. 11 vuodeksi ja ikävaihtelut 6—15 vuodeksi. Tämä viittaa siihen, että tämän tutkimuksen kuusikot ovat kehittyneet ensimmäisen vuosikymmenen aikana vapaampina ja suotuisammassa olosuhteissa kuin Vuokilan kehityssarja, jonka rinnankorkeusikä on OMT:llä keskimäärin 13 vuotta.

LIHTONEN (1943, s. 26) huomauttaa, että *aika* on siksi tärkeä tekijä puun tuotannossa ja metsätalouden järjestelyssä, että fysiologista ikää ei voida kokonaan sivuuttaa. Koealoja valittaessa on pyritty siihen, että koealametsiköiden fysiologinen ja taloudellinen ikä olisivat ainakin likimäärin samat.



Kuva 4. Koeala 12. a-sarja. Ikä 75 v. Kuutiomäärä 192 k-m³/ha. Viiden viime vuoden juokseva vuotuinen kuutiokasvu 4.8 k-m³/ha kuorineen.

Figure 4. Sample plot 12. Series a). Age 75 years. 192 cu.m./hectare. Current annual growth during the last 5 years 4.8 cu.m./hectare, incl. bark.

Valok. — Photo by KALERVO SETÄLÄ 1955.

312. Sädekasvuaineiston käsittely

3121. SÄDEKASVUN YLEINEN KULKU

Yksityisen puun ja metsikön sädekasvun luonnollinen kehityssuunta on mm. MIKOLAN (1950; 1952) mukaan luonnontilaisissa metsissä ensin nouseva, saavuttaa jo varsin aikaisessa kehitysvaiheessa maksimipisteensä

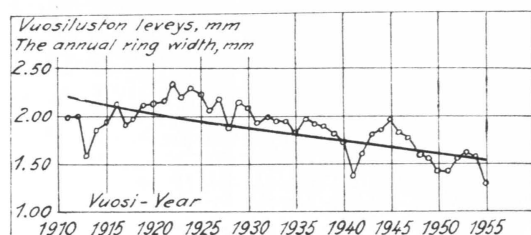
ja alkaa sen jälkeen laskea. Tätä kasvun säännönmukaista kulkua ovat erilaiset tekijät, lähinnä ilmastojaksojen periodiset tai vuotuiset vaihtelut, hakkaukset ja luonnon poistuma, erilaiset metsävahingot ja mahdollisesti eräät muutkin tekijät omiaan muuttamaan.

3122. SÄDEKASVUN ILMASTOLLISET VAIHTELUT

MIKOLA (1950, ss. 112—113) huomauttaa, että kasvun ilmastolliset vaihtelut on ehdottomasti otettava huomioon esimerkiksi erilaisten hakkauksen ja muiden metsässä suoritettujen toimenpiteiden vaikutusta tutkittaessa. Edelleen on MIKOLA (mt., s. 65 ja ss. 109—110) todennut, että sädekasvun ja pituuskasvun pitkäaikaiset vaihtelut seuraavat melko tarkasti toisiaan ja ovat suhteellisesti jokseenkin saman suuruisia, joten myös kuutiokasvun vaihtelut muodostuvat suhteellisesti yhtä suuriksi. Jos siis halutaan ottaa huomioon ilmastollisten vaihteluiden vaikutus kuutiokasvua koskevissa tutkimuksissa ja tehdä siitä johtuvat korjaukset kuutiokasvua osoittaviin lukuihin, saadaan tähän riittävät perusteet tutkimalla vain sädekasvun vaihteluita.

Ilmastollisten vaihteluiden vaikutuksen suuruuden määrittämiseksi tutkimuksen kuutiokasvutarjoissa on käytetty III valtakunnan metsien arvioimistulosten vuosilustoindeksijä (ILVSSALO 1956 b, s. 137 ja ss. 139—141). Kun kasvun vaihtelut on todettu melko samanlaisiksi sangen erilaisilla kasvupaikoilla (mm. EKLUND 1944, ss. 213—215) kasvavissa ja tiheydeltään erilaisissa metsissä sekä eri latvuskerroksissa (MIKOLA mt., ss. 98—103), voidaan luonnontilaisten kuusimetsien vuosilustoindeksijä soveltaa myös OMT-kuusikkoihin. Samoista syistä voidaan kasvun ilmastollisten vaihteluiden tutkiminen rajoittaa kokonaispuustoon, säilyvää ja poistuvaa puustoa erittelemättä.

Tutkimusmetsiköiden viime 10-vuotiskauden kasvu on tapahtunut osaksi vuosina 1944—1953 ja osaksi vuosina 1945—1954 sekä 1946—1955. Valtakunnan metsien arvioimistulosten vuosilustoindeksien keskiarvo Suomen eteläpuoliskon luonnontilaisissa kuusimetsissä on vuosilta 1944—1953 94. Vuosilta 1954 ja 1955 on vastaavat indeksiluvut otettu tämän tutkimuksen indeksisarjoista (kuva 6). Näitä lukuja on katsottu voitavan käyttää, koska luonnontilaisten kuusimetsien ja tämän tutkimuksen indeksiluvut osoittavat vuoteen 1953 saakka huomattavaa samankaltaisuutta, joten on todennäköistä, että tämä yhtäläisyys jatkuu vielä vuosina 1954—1955. Näillä perusteilla saadaan vuosien 1945—1954 keskimääräiseksi indeksiluvuksi 95 ja vuosien 1946—1955 vastaavaksi luvuksi 94.



Kuva 5. Vuotuisen sädekasvun vaihtelut koepuuaineiston mukaan.

Figure 5. Variations in the annual radial growth according to the sample trees.

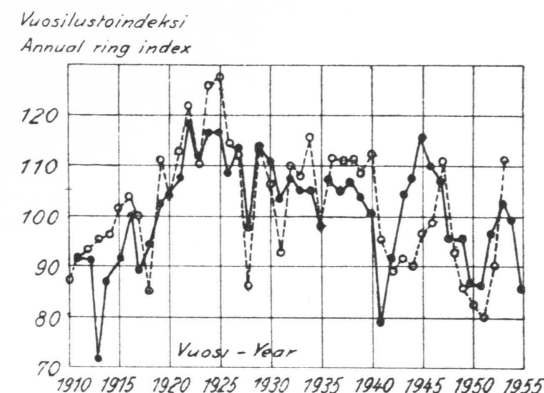
Punnitsemalla nämä indeksiluvut niiden koelajojen lukumäärällä, joiden koepuiden sädekasvun laskentaan kunkin jakson viimeisen kalenterivuoden sädekasvun luvut sisältyvät, saadaan koko aineiston keskimääräiseksi indeksiluvuksi 95.

VUOKILA (1956, ss. 36—37) on korottanut tutkimusmetsiköittensä kasvulukuja 7—8 %:lla. Vuosien 1953 ja 1954 indeksiluvut nostavat viimeisen 10-vuotiskauden keskimääräistä indeksilukua siinä määrin, että erotus supistuu n. 5 %:ksi. Nämä kalenterivuodet eivät sisällyne VUOKILAN tutkimukseen.

Koska erotus viimeisen 10-vuotiskauden normaalin ja todellisen kasvun välillä supistuu 5 %:iin, ei tästä johtuvaa korjausta ole tehty sarjojen kasvulukuihin. Tämä seikka on otettava huomioon tehtäessä vertailuja ja päätelmiä sarjojen kuutiokasvujen perusteella. Toisaalta on huomattava, että tätä suuruusluokkaa olevia virheitä syntyy tutkimussarjoja konstruoidessa ja että eri suuntiin vaikuttavat virheet ja tekijät mm. runkolukusarjoja tasoitettaessa todennäköisesti tasoittavat toisiaan.

3123. TUTKIMUSSARJOJEN SÄDEKASVU

Tämän tutkimuksen koepuista otettujen kairanlastujen mittaus suoritettiin syksyllä 1955 binokulaarisella mikroskoopilla varustetulla vuosilustojen mittauskojeella. Kairanlastujen käsittelyssä ennen mittausta ja mittauksen aikana ja vuosilustoindeksien laskennassa noudatettiin samanlaisia menetelmiä ja periaatteita, joita mm. MIKOLA (1950, ss. 14—15 ja 21—22) on vastaavissa tutkimuksissa käyttänyt. Kaikkiaan mitattiin 408 koepuusta otettua kairanlastua ja on mitattujen vuosilustojen lukumäärä n. 20.000. Sarjaan a kuuluvien koepuiden lukumäärä on 186, joista 114 runkoa säilyvään puustoon ja 72 runkoa poistuvaan puustoon kuuluvaa. Sarjassa b ovat vastaavat luvut 222, 134 ja 88 runkoa.



Kuva 6. Vuosilustoindeksit. Koepuuaineiston mukaan (yhtenäinen viiva) ja valtakunnan metsien arvioimistulosten mukaan (katkoviiva).

Figure 6. Annual ring indices. According to the material of sample trees (solid curve) and to the material of the National Forest Survey of Finland (broken curve).

Kuvassa 5 esitetään koko aineistosta lasketut normaaliviivat sekä vastaavat vuotuisen sädekasvun vaihtelut. Mainittakoon, että a-sarjan normaaliviiva kulkisi keskimäärin n. 0.20—0.25 mm ylempänä ja b-sarjan normaaliviiva n. 0.20—0.25 mm alempana kuin kuvassa näkyvä normaaliviiva.

Kuvasta 6 havaitaan, että Suomen eteläpuoliskon luonnonmetsien kuusimetsien vuosilustoindeksien ja tämän tutkimuksen kuusikkojen vuosilustoindeksien yleinen kulku on huomattavasti saman kaltainen. Luonnonmetsien indeksilukujen hajonta on kuitenkin suurempi kuin tämän tutkimuksen hoidettujen kuusikoiden.

3124. SARJOJEN YHTENÄISYYDEN TUTKIMINEN SÄDEKASVULUKUJEN AVULLA

Sädekasvun vaihteluita koskeva tutkimus suoritettiin lähinnä siitä syystä, että tutkimuksen suoritusajana ei vielä ollut käytettävissä valtakunnan metsien arvioimistulosten mukaisia vuosilustoindeksejä (ILVES-SALO 1956 b) ja että MIKOLAN sarjat ulottuivat ainoastaan vuoteen 1947 saakka. Kun kasvun ilmastollisia vaihteluita koskevat, valtakunnan metsien arvioimistuloksiin perustuvat vuosilustoindeksisarjat tulivat syksyllä 1956 julkisuuteen, ei tutkimuksessa koostettuja vuosilustoindeksejä enää tarvittu mainittujen vaihteluiden selvittämiseen, lukuunottamatta vuosia 1954—1955. Tutkimuksen tasoitettu aineisto ei myöskään sano mitään hakkausten aiheuttamista vaihteluista, koska vuosilustoindeksien kulku ku-

vassa 6 on huomattavasti saman kaltainen luonnontilaisten kuusimetsien vuosilustoindeksien kulun kanssa (vrt. myös ILVESSALO mt., s. 137; VUOKILA 1956, s. 36).

Useissa yhteyksissä on todettu, että puiden kasvu kohoaa muutaman vuoden kuluttua hakkauksesta, pysyy korkeana aina 10—15 vuoteen saakka ja alkaa sitten taas laskea (vrt. mm. NÄSLUND 1942, ss. 148—149; MIKOLA 1950, ss. 89—90; NYSSÖNEN 1954, ss. 32—34). Myös tämän tutkimuksen koeala-aineistoa kerättäessä ja käsiteltäessä tehtyjen havaintojen mukaan saattoi todeta, että hakkausten jälkeen, n. 2—4 vuoden kuluttua, oli vuosilustojen leveyksissä nähtävissä usein hyvinkin selvä nousu. Tätä voidaan käyttää tutkimuksessa hyväksi sen seikan selvittämiseksi, onko eri koealametsiköissä suoritettu samoina ikäkohtina tai -jaksoina edes likimain samanlaisia hakkauksia. Jos vastaus on myönteinen, todistane tämä osaltaan, että koealametsiköt muodostavat yhtenäisen kehityssarjan.

Alla olevaan taulukkoon 4 on laskettu koealametsiköiden keskimääräinen vuosiluston leveys eräinä ikäjaksoina. Sarjan a koealametsiköissä on 60. ikävuoteen ja sarjan b koealametsiköissä 70. ikävuoteen saakka otettu mukaan vain säilyvän puuston valtapuiden ja sen jälkeen kokonaisuusvuosilustojen leveydet:

Taulukko 4. Vuosilustojen keskimääräiset leveydet.

Table 4. Average widths of annual rings.

a-sarja — Series a)				b-sarja — Series b)				
Koealan n:o Number of sample plot	Ikä, v. Age, years	Ikäjakso, v. Age period, years		Koealan n:o Number of sample plot	Ikä, v. Age, years	Ikäjakso, v. Age period, years		
		20—29	40—49			20—29	40—49	60—69
		Vuosiluston leveys, mm The annual ring width, mm.						
8	28	2.72	—	6	45	2.16	1.34	—
18	33	2.68	—	17	51	2.46	1.52	—
15	41	2.03	—	26	51	2.66	1.72	—
24	49	2.94	1.72	3	53	2.41	1.78	—
5	58	2.85	1.98	14	55	2.19	1.53	—
23	58	2.48	2.37	20	65	2.20	1.41	1.27
22	61	2.10	2.28	4	71	1.92	1.92	1.17
13	69	2.82	1.59	25	76	2.71	1.43	1.57
12	75	3.02	1.57	16	77	1.74	1.45	1.64
19	75	2.38	1.30	7	87	2.09	1.72	1.14
27	82	2.64	1.69	11	97	3.43	2.45	1.22
Keskiarvo Average		2.61	1.81			2.36	1.66	1.34

Esitetyt sädekasvuluvut poikkeavat saman ikäjaksos keskiarvoista seuraavasti:

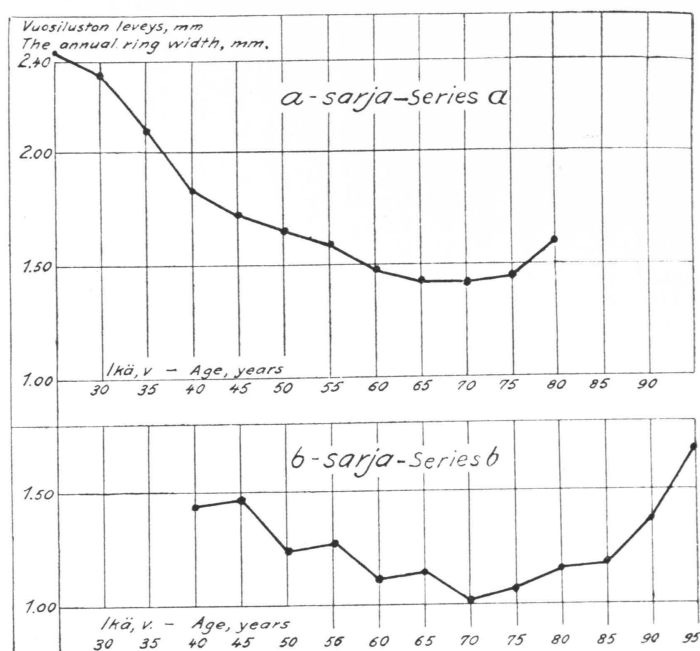
Poikkeus Deviation	a-sarja — Series a)		b-sarja — Series b)		
	Ikäjakso — Age period				
	20—29	40—49	20—29	40—49	60—69
	tapausten lukumäärä — number of cases				
< 10 %	7	3	5	5	2
10—25 %	4	2	4	5	4
> 25 %	—	3	2	1	—
Yht. — Total	11	8	11	11	6

Esitettyjen lukujen mukaan jää n. 87 % tapauksista 25 %:n poikkeusrajan alapuolelle, lopun eli 13 % ylittäessä mainitun 25 %:n rajan. Ainakin osa viime mainituista — mm. koeala 11 — selittyy siltä pohjalta, että siinä on jällellä vain parhaat valtapuut, joiden kasvu on koko kehitysvaiheen aikana ollut keskimääräistä kasvua huomattavasti suurempi.

Edellä suoritettu tarkastelu osoittanee, että koealametsiköt muodostavat suhteellisen yhtenäiset sarjat ja että niiden kehityksessä on havaittavissa huomattava samankaltaisuus. Kun kehityksen suunta on toisaalta riippuvainen hakkauksista, voidaan edellisestä päätellä, että sarjojen koealametsiköissä on samojen ikäjaksojen aikana suoritettu ainakin likimäärin samanlaisia hakkauksia.

3125. SÄDE- JA LÄPIMITTAKASVUN MÄÄRITTÄMINEN

Koepuiden kairanlastuista mitatuista viime 10-vuotiskauden vuosilustojen leveyksistä on johdettu sekä a- että b-sarjan eri ikäkohtien läpimittalukittaiset sädekasvuluvut seuraavaan tapaan, erikseen säilyvän puuston ja erikseen poistuvan puuston sekä kokonaisuusvuosilustojen leveydet millimetreissä on tasoitettu graafisesti koealoittain merkitsemällä vaak akselille koepuun rinnankorkeusläpimitta kuoren päältä senttimetreissä ja pysty akselille ao. 5-vuotiskauden sädekasvu millimetreissä. Tasoituksissa on käytetty läpimittalukittaisia tai -ryhmittäisiä keskiarvoja eli osakeskiarvoja. Tuloksia on tarkistettu laskemalla tasoitettavien lukujen poikkeukset tasoituskäyrästä ja korjaamalla käyrää tarpeen mukaan. Koealoittain tasoitettavat luvut on edelleen tasoitettu läpimittalukittain merkitsemällä vaak akselille koealametsikön ikä ja pysty akselille 5-vuo-



Kuva 7. Vuosiluston keskimääräinen leveys. Kokonaispuusto.

Figure 7. Mean annual ring width. Total growing stock.

tiskauden sädekasvu. Tasoituksessa saatuja läpimittaluokittaisia sädekasvulukuja on sitten käytetty koealametsiköiden runkolukusarjojen siirtymän laskemiseen, tuonnempana selostettavalla tavalla. Kokonaispuuston sädekasvulukujen viime 5-vuotiskauden vuotuiset keskiarvot on merkitty kuvaan 7 pisteillä ja kasvun kulku murtoviivalla.

Kun sädekasvun laskenta alkaa a-sarjassa vasta 18. ikävuodesta ja b-sarjassa 35. ikävuodesta lähtien, ei tasoitusviivoissa eikä kasvuluvuissa havaita metsikön syntymän jälkeen ilmenevää nousevaa osaa eikä myöskään maksimikohtaa ja käännepistettä, joista aikaisemmin, siv. 28 on mainittu.

Sarjan b kohdalla havaitaan n. 70. ikävuoden paikkeilta alkaen varsin voimakas sädekasvun nousu. Sarjassa a havaitaan vastaava ilmiö hyvin lievänä ja pysähtyy sen sädekasvun lasku n. 5 vuotta aikaisemmin kuin b-sarjassa. Viime mainitun sarjan metsiköissä havaittava sädekasvun voimakas nousu on selitettävissä lähinnä siltä pohjalta, että niiden hakkaukset muuttuvat ko. ikäkohtana voimakkaiksi verrattain äkkiä. Säilyvään

puustoon sisältyy tällöin, iän kasvaessa, yhä enemmän järeitä, elinvoimaisia runkoja. Sarjassa a suoritettujen hakkausten voimakkuusaste ei muutu sen sijaan yhtä jyrkästi, vaan ovat ne melkein alusta alkaen voimakkaampia kuin b-sarjassa. Sädekasvu pysyy siis varhaisesta vaiheesta alkaen korkeampana kuin b-sarjassa. Sarjan a sädekasvun laskeva suunta tasaantuu tosin n. 65. ikävuodesta lähtien ja alkaa hiljalleen nousta, mikä ilmeisesti johtuu samoista syistä kuin b-sarjan metsiköissä voimakkaampana havaittava vastaava ilmiö.

Toisena ja ehkä suurimpana syynä a- ja b-sarjojen sädekasvun lukujen eroon lienee myös se, että edellisten metsiköiden kasvupaikka on parempi kuin jälkimmaisten.

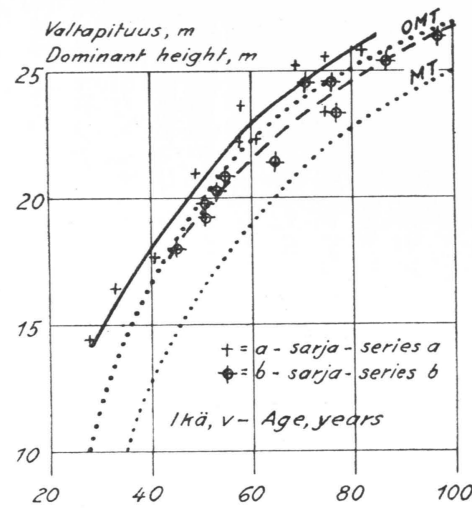
Poistuvaan puustoon kuuluvien runkojen vuosilustojen keskimääräinen leveys on nuorissa metsiköissä keskimäärin n. 20 % pienempi ja vanhoissa metsiköissä n. 5 % pienempi kuin kokonaispuuston runkojen vuosilustojen keskimääräinen leveys. Säilyvän puuston runkojen vuosilustojen keskimääräinen leveys on taas n. 5–10 % suurempi kuin kokonaispuustoon kuuluvien runkojen vuosilustojen vastaava leveys.

313. Pituus

3131. VALTAPITUUS

Puuston valtapituutta on jo vanhastaan käytetty eräänä tärkeänä metsikön tunnuksena. SCHWAPPACH (1893, s. 29) jakaa metsikön puut hehtaaria kohden paksuimmasta lähtien luokkiin 1–100, 101–200, 201–300 jne., sekä pitää luokan 101–200 keskipituutta valtapituutena. Suomalaisissa tutkimuksissa on valtapituus laskettu yleensä hehtaaria kohden 100 paksuimman puun keskipituutena (esim. ILVESSALO 1916; 1920 a ja b; 1937; LAKARI 1920; LAPPI-SEPPÄLÄ 1930; MIETTINEN 1932; KALELA 1933; VUOKILA 1956). LÖNNROTH (1925, s. 170) ja NYSSÖNEN (1954, s. 72) sen sijaan käyttävät valtapituutena 1. latvuskerroksen puiden keskipituutta.

Tässä tutkimuksessa on valtapituus laskettu koealametsiköiden pituus-ikäkäyrästä 100 paksuimman puun keskipituutena. Koealametsiköiden valtapituudet on sitten tasoitettu graafisesti, erikseen a-sarjassa ja erikseen b-sarjassa. Tulokset näkyvät kuvasta 8, johon on merkitty myös Vuokilan kehityssarjan kuusikoiden valtapituutta kuvaavat käyrät. Kuvasta havaitaan, että a- ja b-sarjojen valtapituuksien ero samana ikäkohtana on keskimäärin n. 1.5 metriä eli n. puolet siitä erosta, mikä on Vuokilan OMT- ja MT-kuusikoiden valtapituuksien välillä. Edelleen havaitaan kuvasta, että Vuokilan kehityssarjan keski-ikäisten ja vanhojen OMT-kuusikoiden valta-



Kuva 8. Puuston valtapituuden kehitys. Yhtenäinen viiva = a-sarja, katkoviiva = b-sarja, pisteviiva = Vuokilan kehityssarjat.

Figure 8. Development of dominant height. Solid curve = Series a), broken curve = Series b), dotted curve = Vuokila's developmental series.

pituus asettuu tämän tutkimuksen sarjojen vastaavien kuusikoiden valtapituuksien väliin. Tämä todistaa osaltaan sen, että tämän tutkimuksen kuusikot kuuluvat OMT-kasvusarjaan.

3132. KESKIPITUUS

Tässä tutkimuksessa on keskipituudet laskettu koealoittain ja ikäluokittain. Keskipituutena käytetään usein runkoluvulla punnittua keskipituutta. NYSSÖNEN (1954, ss. 73—74) ei ole pitänyt runkoluvulla punnittua keskipituutta parhaana mahdollisena, vaan on käyttänyt pohjapinta-alalla punnittua keskipituutta. Tämä on katsottava sopivaksi mm. sen takia, että näin laskettu keskipituus on puhtaissa, tasaikäisissä metsissä hyvin lähellä sen puun pituutta, joka on läpimitaltaan mediaanipuu pohjapinta-alan suhteen (vrt. myös WIEDEMANN 1936, s. 408; WECK 1948, s. 37; CARBONNIER 1954). VUOKILA (1956) on lukenut puuston keskipituuden kunkin tutkimusmetsikön pituuskäyrästä keskiläpimitan kohdalta pyrkien saamaan täten keskiläpimitan ja keskipituuden kehityskäyrät toisiaan vastaaviksi. Kun tässä tutkimuksessa lasketaan keskiläpimita mediaanina pohjapinta-alan suhteen, on myös keskipituudet laskettu pohjapinta-alalla punnittuina keskiarvoina (vrt. taulukot 6 ja 7).

3133. PITUUSMITTAUSAINEISTON KÄSITTELY

Puuston kuutioimista varten on koepuiden pituudet tasoitettu graafisesti merkitsemällä vaaka-akselille puiden rinnankorkeusläpimitta senttimetreissä ja pystyakselille pituus metreissä. Tasoituskäyrästä saadut pituudet on tasoitettu edelleen rinnankorkeusläpimittaluokittain merkitsemällä vaaka-akselille metsikön ikä ja pystyakselille pituus metreissä. Eräiden läpimittaluokkien ja ikäluokkien kohdalta esitetään tasoitusten tuloksia taulukossa 5.

Taulukko 5. Puiden keskipituus ikä- ja läpimittaluokittain.

Table 5. Mean height of trees in age and diameter classes.

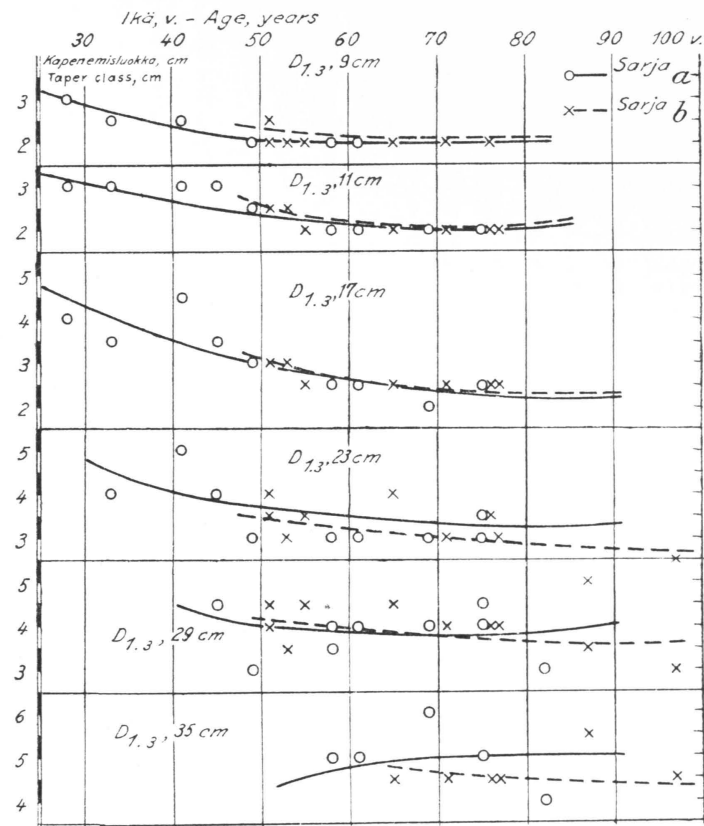
D _{1.3} , cm Dbh, cm.	Ikäluokka — Age-class, years					
	26—35	46—55	66—75	46—55	66—75	86—95
	Keskipituudet, metriä — Mean heights, m.					
	a-sarja — Series a)			b-sarja — Series b)		
9	8.0	9.5	10.0	9.5	10.0	—
15	12.5	14.0	15.0	14.5	15.0	15.0
21	16.0	17.5	18.5	18.0	19.0	19.5
27	—	20.0	22.5	20.0	22.0	22.5
33	—	22.5	24.0	22.0	24.0	24.5

Taulukon luvuista havaitaan, että läpimittaluokan pysyessä samana puiden pituus on sitä suurempi, mitä vanhempi metsikkö on kysymyksessä. Sama ilmiö havaitaan mm. kasvu- ja tuottotaukuiden runkolukusarjoja tarkasteittaessa. PRODAN (1951 s. 104) selittää sen johtuvan siitä, että saman läpimitan täyttävät puut kuuluvat eri ikäkausina eri sosiologisiin puuluokkiin (Sosiologischen Stammklassen). Edelleen ilmenee taulukosta se yleisesti tunnettu seikka, että saman läpimittaluokan puiden pituus nousee nuorissa ikäluokissa verrattain jyrkästi, mutta hidastuu myöhemmällä iällä.

314. Kapeneminen

Puiden muodon huomioon ottamiseksi käytetään tässä tutkimuksessa ILVSSALON (1948) pystypuiden kuutioimis- ja kasvunlaskentataulukoiden edellyttämiä kapenemislukuja.

Pystykoepuista mitatut kapenemisluvut on tasoitettu koealoittain graafisesti merkitsemällä vaaka-akselille rinnankorkeusläpimitta ja pystyakse-



Kuva 9. Kapeneminen ($D_{1.3}$ — $D_{6.0}$ m) ikä- ja läpimittaluokittain.

Figure 9. Taper (Dbh — $D_{6.0}$ m.) by age and diameter classes.

lille kapenemislukku. Tarpeen niin vaatiessa on laskettu läpimittaluokittain ja -ryhmittäin osakeskiarvoja. Mittauksissa saatujen lukujen ja niiden summien poikkeuksia tasoitettuihin lukuihin vertaamalla on suoritettu tasoituskäyrien tarkistuksia. Tasoituskäyristä saadut kapenemisluvut on tasoitettu edelleen rinnankorkeusläpimittaluokittain merkitsemällä vaakakselille metsikön ikä ja pystyakselille kapenemislukku. Kuvassa 9 esitetään piirroksina eräiden läpimittaluokkien tasoitetut kapenemisluvut.

Kuvasta 9 havaitaan, että kapenemisluku suurenee rinnankorkeusläpimitan lisääntyessä. Suureneminen on nuorissa ja vanhoissa metsiköissä voimakkaampi kuin keski-ikäisissä ja vanhanpuoleisissa metsiköissä. Edelleen havaitaan kuvasta, vaikkakaan ei yhtä selväpiirteisenä, se seikka,

että samaan rinnankorkeusläpimittaluokkaan kuuluvien puiden kapenemisluku pienenee metsikön iän lisääntyessä. Vanhimpien koalametsiköiden järeiden läpimittaluokkien kohdalla tapahtuu jälleen kapenemislukujen nousua. Nämä ilmiöt voidaan selittää seuraavilla perusteilla:

1. Rinnankorkeusläpimitan suurentuessa tapahtuva kapenemislukujen nousu ns. mekaanisen runkomuototeorian valossa. Koealojen mittaustulosten mukaan kuuluvat samassa metsikössä rinnankorkeusläpimitaltaan pienimmät puut yleensä vallittuihin ja suurimmat puut vallitseviin latvuserroksiin. Edellisissä on vihreä latvus suppeampi ja lyhyempi kuin jälkimmäisissä. On todettu, että mäntyrunko on muodoltaan sitä solakampi ja vähemmän kapeneva kuin vihreä latvuserros on (vrt. LAPPI-SEPPÄLÄ 1952, s. 21). Tämä sääntö pitää ilmeisesti paikkansa myös kuuseen nähden.

2. Iän noustessa ilmenevä kapenemislukujen pieneminen voidaan selittää puiden pituusarjojen avulla. Taulukosta 5 on todettavissa, että samaan läpimittaluokkaan kuuluvat puut ovat sitä pitempiä, kuin vanhempiin metsikköihin ne kuuluvat. Läpimitan pysyessä samana mutta pituuden suuretessa pienenee kapenemislukku (vrt. ILVESSALO 1947, s. 21).

3. Se seikka, että kapenemisluvut ovat vanhojen koalametsiköiden järeissä läpimittaluokissa suuremmat kuin keski-ikäisten koalametsiköiden vastaavissa läpimittaluokissa, on selitettävissä lähinnä siltä pohjalta, että näissä metsiköissä on toimitettu voimakkaita hakkauksia ja että puiden muoto hakkauksen jälkeen huononee (vrt. mm. SIRÉN 1952 a, s. 25; NYSSÖNEN 1952, ss. 10—12). Vanhojen koalametsiköiden alimpien läpimittaluokkien kapenemisluvut ovat sensijaan pienemmät kuin nuorien ja keski-ikäisten koalametsiköiden vastaavien läpimittaluokkien kapenemisluvut, koska nämä kuuluvat vallittuihin latvuserroksiin. Nuorien ja keski-ikäisten koalametsiköiden vastaavien läpimittaluokkien puut kuuluvat etupäässä vallitseviin latvuserroksiin ja ovat myös edellisiä lyhyemmät. Näistä syistä on niiden kapeneminen suhteellisen suuri.

Tutkimustyössä ei ollut mahdollisuuksia koepuiden kaatamiseen eikä siis myöskään koepuiden säde- ja läpimittakasvun välittömään tutkimiseen 6 metrin korkeudelta. Tutkimuksessa joudutaan kuitenkin suorittamaan koalametsiköiden puuston rekonstruointi aikaisempiin ikäkausiihin kapenemislukuineen ym. tekijöineen. Tällöin on otettava huomioon mm. nykyisen puuston runkojen siirtymä ja metsiköistä poistetut rungot siirtymineen ja tätä tietä laskettava ne tekijät, jotka johtavat metsikön kasvuun sen eri kehitysvaiheissa. Kun puuston aikaisempaa kapenemista ei

ole voitu perustaa kaadettuihin koepuihin, on turvauduttu niihin tietoihin ja tutkimuksiin, joita nykyisen puuston vastaavien suureiden mittauksista on saatu. Kapenemislukuina on siis käytetty kuvan 9 mukaisia ao. ikäkohdan kapenemislukusarjoja.

315. Kuoren vahvuus

Koepuista mitatut kuoren vahvuudet tasoitettiin graafisesti. Vertaamalla tasoituksessa saatuja lukuja pystypuiden kuutioimistaulukoiden vastaaviin lukuihin (ILVESSALO 1947, ss. 133—136) todettiin, että nämä luvut ovat hieman pienemmät kuin kuutioimistaulukoiden luvut. Selitys tähän lienee haettavissa lähinnä siitä seikasta, että hyvien metsämaiden kuusikoiden kuoren vahvuus on pienempi kuin kaikkien kuusikoiden keskimääräinen kuoren vahvuus.

32. Koealametsiköiden mittaustulosten käsittely ja soveltaminen

321. Kantomittausaineiston käsittely

Ensimmäinen ja tärkein tehtävä selvitettäessä poistunutta puustoa kantojen perusteella on poistuneiden runkojen rinnankorkeusläpimitan laskeminen. Hakkausmäärän arvioimista kannoista on sekä suunniteltu että sovellettu käytäntöön useissakin eri yhteyksissä (mm. SUOMEN . . . 1911, s. 22; LÖNNROTH 1919—1920; LAPPI-SEPPÄLÄ 1936; SARVAS 1944, ss. 37—38). Sodan metsille aiheuttamien vahinkojen arvioimisen ohjeissa (OHJEITA . . . 1942) julkaistiin lukusarjoja kanto- ja rinnankorkeusläpimitan suhteista eri puulajien muodostamissa ja eri kehitysvaiheiden metsiköissä. SAMSET (1950) on käyttänyt kaavaa $D_s = 1.21 \times D_{1.3}$ kantoläpimitasta (= D_s) rinnankorkeusläpimitaan siirryttäessä. Erikoisen maininnan ansaitsee NYSSÖSEN (1955) tutkimus, jossa selvitetään hakkuumäärän arvioimista kannoista.

Esitutkimuksessa (KALLIO 1955) käytettiin kantoläpimitasta rinnankorkeusläpimitaan siirryttäessä SARVAKSEN (1944, s. 38) julkaisemia ARON sekä sotavahinkojen arvioimishjeiden (OHJEITA . . . 1942, s. 71) lukuja, joiden välillä ei ollut havaittavissa merkitseviä eroja.

Tutkimuksessa mitattiin 159:stä eri koealametsikköihin ja ikäluokkiin kuuluvasta koepuusta rinnankorkeusläpimitan (= $d_{1.3}$) lisäksi kantoläpimita kuoren päältä (= d_k). Rinnankorkeusläpimitan ja kantoläpimitan

välillä keskimääräistä riippuvaisuussuhdetta kuvaavat seuraavat tästä aineistosta pienimmän neliösumman menetelmällä tasoitetut ja lasketut yhtälöt:

$$\begin{aligned} \text{Vanhat metsät (60+ v.):} & \quad d_{1.3} = 0.79 \times d_k + 0.59. \\ \text{Nuoret metsät (- 60 v.):} & \quad d_{1.3} = 0.77 \times d_k + 1.20. \end{aligned}$$

Yhtälöiden perusteella laskettu kantoläpimitan ja rinnankorkeusläpimitan välinen erotus on nuorissa metsissä hieman pienempi kuin vanhoissa metsissä. Käytännössä voitaisiin sekä nuorissa että vanhoissa metsissä soveltaa samaa yhtälöä. Yhtälöiden avulla piirretyt suorat miltei yhtyvät toisiinsa. Niiden ja edellä mainittujen SARVAKSEN ja OHJEIDEN . . . lukujen välillä ei ole myöskään sanottavaa eroa. Sen sijaan on NYSSÖSEN (mt., s. 29) yhtälöllä saatu erotus ($d_k - d_{1.3}$) suurempi kuin tämän tutkimuksen ja muiden edellä mainittujen tutkimusten mukainen vastaava erotus. Tämä johtunee siitä, että Nyssösen luvut ovat keskimääräisiä, mutta että tässä tapauksessa on kysymyksessä keskinkertaista parempi metsätyyppi sekä että kantojen mittauksissa on käytetty kannon varan korkeutta (vrt. ILVESSALO 1951, s. 34), mikä NYSSÖSEN tutkimuksessa on mahdollisesti alempana.

Sarjojen a ja b vastaavien ikä- ja läpimittaluokkien puiden välillä ei kysymyksessä oleva suhde poikkea suurestikaan toisistaan. Näin ollen on kannoista rekonstruoitujen runkojen rinnankorkeusläpimitat laskettu yllä esitettyjen yhtälöiden avulla.

Kantomittauksiin perustuvat poistuneen puuston määrät sijoitetaan tuonnempana koealametsikön vastaavan ikäkauden kohdalle kantojen iän arvioinnin ja niiden muiden tietojen perusteella, joita hakkauksen ajasta on saatu tai voitu päätellä.

Poistuneen puuston runkolukusarjojen ja hakkauksen ajankohdan määrittämisen jälkeen seuraa pituus- ja kapenemislukujen määrittäminen. NYSSÖNEN (1955, ss. 32—38) on selvittänyt tätä kysymystä ja tullut siihen tulokseen, että jos hakkausmäärän tai kantojen arviointi suoritetaan pystypuuston arvioinnin yhteydessä, voidaan pystypuuston yksikkökuutiomääriä usein käyttää sellaisinaan myös poistuvalla puustolle. Milloin kuitenkin hakkaus on kohdistunut yksipuolisesti tiettyyn puuston osaan, saattaa pituus- ja kapenemislukujen korjaus tulla kysymykseen. Samoin on asianlaita silloin, jos hakkauksesta on kulunut pitkäkö aika, enemmän kuin 5—10 vuotta, koska läpimitaltaan samanlaiset puut kuuluvat eri ikäkohtina erilaisiin biologisiin puuluokkiin ja koska kapeneminenkin muuttuu metsikön iän mukana (vrt. edellä s. 39).

Tutkimuksen koelametsiköissä suoritetuissa kasvatushakkauksissa poistetut puut ovat kuuluneet yleensä alimpiin latvuserroksiin. Koelalomakkeita tarkasteltaessa on kuitenkin havaittu, että latvuserrosten jakaantuminen seuraa varsin suurella määrällä läpimittajakaantumista alhaalta ylöspäin ja että pääosa alimpien latvuserrosten puista on sisällytetty kasvatushakkauksissa poistettavaan puustoon. Tästä voidaan päätellä, että myöskään poistettujen puiden pituus- ja kapenemisluvut eivät voine poiketa kovinkaan paljon samojen läpimittaluokkien kaikkien puiden vastaavista luvuista. Sen sijaan on hakkauksesta kulunut aika suurempi tekijä, koska koelametsiköissä suoritetusta hakkauksesta oli useassa tapauksessa kulunut 5—10 vuotta. Tämä seikka on otettu huomioon sillä tavalla, että poistuneen puuston pituus- ja kapenemislukuina käytettiin hakkauksen ikäkohdan tasoitettuja pituus- ja kapenemislukuja.

Sen selvittämiseksi, vastaako kannoista rekonstruoitujen runkojen kuutiomäärä näiden runkojen todellista kuutiomäärää hakkauksen ajankohdalla, on edellä mainittujen 159 koepuun rinnankorkeusläpimitta laskettu kantoläpimitan perusteella, esitettyjä yhtälöitä käyttäen. Kapenemis- ja pituuslukuina on käytetty sarjojen vastaavan ikäkohdan ja läpimittaluokan tasoitettuja pituus- ja kapenemislukuja. Täten rekonstruoituille rungoille on sitten laskettu kuorellinen kuutiomäärä kiintokuutiometreissä. Koepuiden todellisten mittojen mukaan laskettuja kuutiomääriä on verrattu näin saatuihin kuutiomääriin ja todettu, että edelliset poikkeavat jälkimmäisistä seuraavasti:

Todellisten mittojen mukaisten kuutiomäärien poikkeukset kantomittausten perusteella rekonstruoitujen runkojen kuutiomääristä, % <i>Deviations of actual volume from corresponding volumes calculated from measurements of stumps, per cent</i>	Koepuiden lukumäärästä, % <i>Per cent of the sample trees</i>
alle — <i>less than</i> 5.1	28
5.1—10.0	24
10.1—20.0	27
20.1—30.0	13
30.1—45.0	8

Tutkituista tapauksista poikkeaa 54 % + suuntaan ja 46 % — suuntaan. Todellisten kuutiomäärien summa on 2.9 % suurempi kuin rekonstruoitujen runkojen kuutiomäärien summa. Nuorissa metsiköissä on edellinen summa miltei yhtä suuri kuin jälkimmäinen, joten erotus on syn-

tynyt pääasiassa vanhojen metsien kohdalla. Yksityisten koelametsiköiden kohdalla ovat ko. vaihtelurajat — 4.1 % — + 7.7 % välillä. Rekonstruoitujen runkojen kuutiomäärien ja todellisten kuutiomäärien väliseksi korrelaatiokertoimeksi on saatu $+0.934 \pm 0.005$.

Suoritettu tarkastelu osoittanee, että kantomittausten perusteella ja edellä selostettua menetelmää käyttäen saadut kuutiomäärät jäävät sallittujen virherajojen väliin ja ovat tutkimuksen tarkoituksiin varsin luotettavia. Tämä koskee kuitenkin vain kokonaisia, terveitä ja siis verraten nuoria kantoja. Jos hakkauksesta on kulunut pitkäikäinen aika, ovat kannot voineet lahota siinä määrin, että ne ovat joko hävinneet kokonaan tahi on niiden pintakerros lahonnut, kuori hävinnyt ym. Nämä tekijät aiheuttavat suoranaisia mittaus- ja arvioimisvirheitä. Hakkauksen ajankohdan määrittäminen tuottaa vaikeuksia ja voi johtaa virheellisiin tuloksiin. Toisaalta voi kaadettujen puiden juuristojen eloon jääminen, jota on todettu ainakin männyllä (esim. LAITAKARI 1927; YLI-VAKKURI 1953), johtaa virheellisiin kantojen iän arviointeihin. Tutkimuksessa on ko. virheet pyritty supistamaan mahdollisimman vähiin huolellisilla mittauksilla, arvioinneilla ja niillä muilla keinoilla, joita aikaisemmissa kantomittauksissa koskevissa tutkimuksissa (mm. SARVAS 1944; NYSSÖNEN 1955) on käytetty tai esitetty.

322. Puiden luokitus latvuserroksiin ja puuluokkiin

Kuten jo mainittiin, suoritettiin tutkimusmetsiköissä puiden luokitus latvuserroksiin ja käytettiin siinä seuraavanlaista jaotusta:

- I. Vallitsevat latvuserrokset
 - a. Päävaltapuut
 - b. Lisävaltapuut
- II. Vallitut latvuserrokset
 - a. Välipuut
 - b. Aluspuut

Saadun aineiston perusteella on laskettu sekä koelametsiköiden kokonaispuuston että poistuvan puuston puiden kuorellisen kokonaiskuutiomäärän jakaantuminen eri latvuserroksiin ja puuluokkiin ja koeleimauksessa poistuvaan puustoon luettujen puiden osuus eri latvuserrosten kokonaiskuutiomääristä, kaikki sadanneslukuina. Seuraavassa asetelmassa esitetään näiden lukujen vaihtelurajat:

Sarja Series	Kokonaispuusto <i>Total growing stock</i>			Poistuva puusto <i>Removal</i>			Poistuva puusto % koko- naispuustosta <i>Removal as percentage of the total growing stock</i>		
	Latvuskerros — <i>Crown layer</i> ¹⁾								
	I a	I b	II a, b	I a	I b	II a, b	I a	I b	II a, b
	% kuutiomäärästä (kuorellisesta) eri koealametsiköissä <i>As percentage of volume (incl. bark) in different sample stands</i>								
a-sarja Series a)	75—90	8—19	0—7	15—84	8—55	0—32	3—50	26—100	33—100
b-sarja Series b)	71—96	4—18	0—9	36—96	4—49	0—19	11—100	43—100	64—100

Vallittujen latvuskerrosten osuus kokonaispuuston kuutiomäärästä on varsin vähäinen, vanhimmissa koealametsiköissä näihin kuuluvia puita ei ole enää ensinkään. Vallitsevien latvuskerrosten osuus kuutiomäärästä lisääntyy metsikön iän kasvaessa. Kasvatushakkauksissa poistuvaan puustoon sisältyy pääosa vallittujen latvuskerrosten puista ja näiden lisäksi huomattava osa vallitsevien latvuskerrosten kuutiomäärästä. Edellä s. 21 on mainittu tästä seikasta ja arvioitu, että käytetty harvennusmenetelmä vastaa lähinnä alaharvennusta, vaikkakin eräin yläharvennuksen piirtein. Esitetyt luvut todistanevat tämän arvion.

Useat tutkijat ovat todenneet, että puuluokituksen suorittaminen on säännöllisestikin hoidetuissa metsiköissä melko subjektiivista (vrt. mm. NYSSÖNEN 1954, ss. 35—36). Sama varaus on tehtävä myös nyt esillä olevassa tapauksessa. Luokituksen suorittamista helpotti se seikka, että koealametsiköt ovat suhteellisen tasaisia. Eri luokkien väliasteista johtuva luokkien rajojen epäselvyys (mm. WICHT 1934, s. 24) ja siitä aiheutuvat eri luokittajien luokituksen erot jäivät tutkimuksessa merkityksettömiksi, koska luokituksen on suorittanut yksi henkilö.

Metsikön eri latvuskerroksissa tapahtuu iän kasvaessa siirtoja ylimmistä kerroksista alimpiin (vrt. mm. LÖNNROTH 1925, s. 158 etc; NYSSÖNEN 1950).

¹ I. Dominant crown layers
a. Predominant trees
b. Co-dominant trees

II. Dominated crown layers
a. Intermediate trees
b. Suppressed trees

323. Koealametsiköiden rekonstruointi aikaisempiin ikäkohtiin

Koealametsiköiden rekonstruointi aikaisempiin ikäkohtiin (vrt. edell. s. 17) suoritettiin seuraavalla tavalla:

Metsiköiden nykyisten puiden runkolukusarja mittausjakson eli aikakauden alussa on laskettu käyttämällä MEYERIN siirtymäkaavaa (vrt. KUUSELA 1952, s. 210):

$$p = \frac{\Delta}{W} \times n, \text{ jossa } p = \text{löpimittaluokasta siirtymä, } n = \text{löpimittaluokan}$$

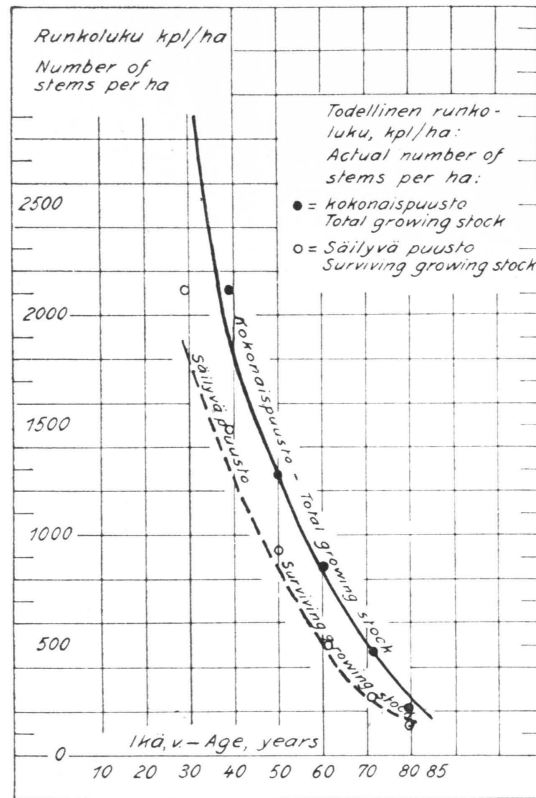
puiden lukumäärä, Δ = löpimitan kasvu ja W = luokkaväli, joka on ilmoitettava samoissa mittayksiköissä kuin Δ . Kun löpimitan kasvua 6 metrin korkeudelta ei ole välittömästi tutkittu, on siirtymän laskenta voitu suorittaa ainoastaan rinnankorkeusmittojen perusteella.

Tätä kaavaa käytettäessä on oletettava, että runkolukusarjaa osoittava viiva on vaakasuora. Jos tämä viiva on nouseva, on löpimittaluokan puiden todellinen keskilöpimitta suurempi kuin löpimittaluokan keskikohta, päinvastaisessa tapauksessa taas pienempi (vrt. mm. PETRINI 1948, ss. 62—65). Edellisessä tapauksessa saadaan käytetyllä kaavalla liian pieni ja jälkimmäisessä tapauksessa liian suuri tulos. Vaikka edellä esitetty oletamus ei pidäkään tutkimusaineistoon nähden paikkaansa, on siitä johtuva virhe ilmeisesti kuitenkin varsin pieni (vrt. myös VUOKILA 1956, s. 42).

Kun sädekasvu on ilmaistu kuorettomana mutta runkolukusarjojen löpimittajakaantumiset kuorellisina, on kuorettomaan löpimittakasvuun lisätty kuoren kasvu, jotta päästäisiin koealametsiköiden runkojen kuoren päältä mitattuun löpimittajakaantumiseen mittausjakson alussa. Kuoren kasvun arvioinnissa on nojaututtu koepuista saatuihin, kuoren paksuutta ja sen muutoksia koskeviin mittaustuloksiin.

Esitetyllä tavalla on saatu lasketuksi koealoilla nykyään kasvavien puiden runkolukusarjat 5 ja 10 vuotta sitten. Saatuihin runkolukuihin on siten lisätty jakson aikana poistuneet rungot rekonstruoidulla ne aluksi pysyntyyn sillä tavalla kuin edellä ss. 40—43 on selostettu ja, mikäli hakkaus on suoritettu laskentajakson alkuajankohdan jälkeen, on niidenkin kohdalla suoritettu vastaavanlainen siirtymän laskenta. Siirtymän laskenta on suoritettu jakson aikana säilyvään ja poistuvaan puustoon kuuluneiden runkojen kohdalla erikseen.

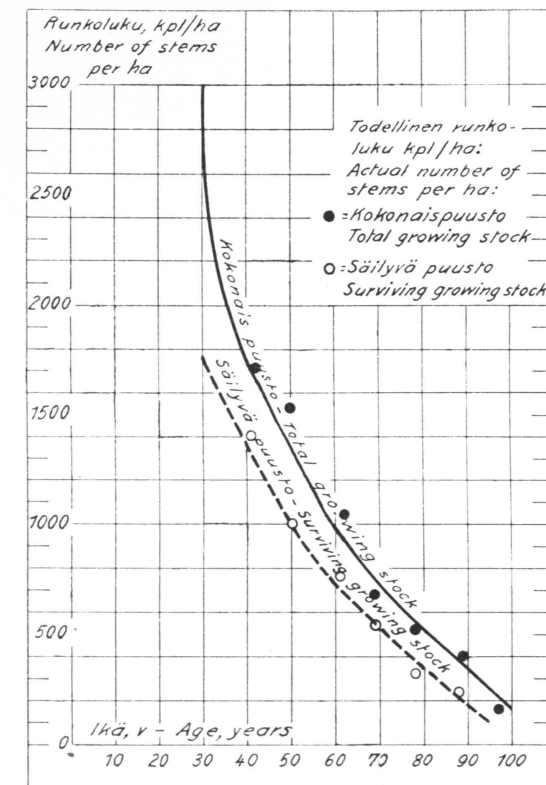
Näiden runkolukusarjojen perusteella on laskettu koealametsiköiden kuorelliset kuutiomäärät nykyään sekä 5 ja 10 vuotta sitten (vrt. kappale »Kuutiomäärä»).



Kuva 10. Metsikön runkoluku. a-sarja.
Figure 10. Stem number per hectare. Series a).

324. Runkoluku

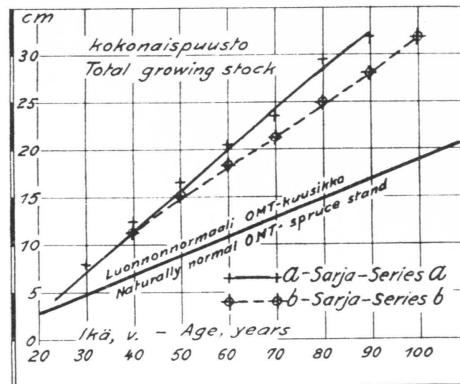
Taulukossa 6 esitetään mm. koealametsiköiden runkoluku hehtaaria kohden, eriteltyinä kokonaispuuston, poistuvan puuston ja säilyvän puuston runkolukuihin. Nykyisen puuston runkoluku on saatu suoraan koealatuloksista, koealametsiköiden runkoluku 5 ja 10 vuotta sitten taas siten kuin edellä kappaleessa »Koealametsiköiden rekonstruointi aikaisempiin ikäkausiiin» on selostettu. Tasoitetut kokonaisrunkoluvut nähdään kuvista 10 ja 11.



Kuva 11. Metsikön runkoluku. b-sarja.
Figure 11. Stem number per hectare. Series b).

325. Keskiläpimitta ja pohjapinta-ala

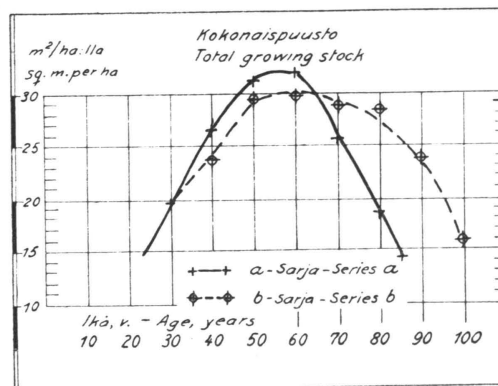
Metsikön keskiläpimitta lasketaan usein runkoluvulla punnittuna aritmeettisena keskiarvona (ILVESSALO 1920 a, s. 61; LÖNNROTH 1925). Myös pohjapinta-alaa on käytetty mainitun metsikkötunnuksen laskennassa. Kun pohjapinta-alalla punnitun keskiläpimitan laskeminen on vaivalloista, on mm. NYSSÖNEN (1954) käyttänyt keskiläpimitan ilmaisijana sen puun läpimittaa, joka jakaa metsikön pohjapinta-alan kahteen yhtä suureen osaan eli mediaanipuuta metsikön pohjapinta-alan suhteen. Koealatuloksia esittävään taulukkoon on laskettu sekä tämä että runkoluvulla punnittu keskiläpimitta rinnankorkeudella. Taulukkoon on merkitty myös run-



Kuva 12. Metsikön keskiläpimitta, runkoluvulla punnittu.
Figure 12. Mean diameter of the stand, weighted by number of stems

koluvulla punnittujen keskiläpimittojen hajonnat (dispersiot). Kokonaispuuston keskiläpimitan kehitys esitetään kuvassa 12 tasoitettuna.

Koealametsiköille on laskettu myös pohjapinta-ala m^2 :ssä rinnankorkeudella. Pohjapinta-ala on riippuvainen runkoluvun ja keskiläpimitan suuruudesta ja käytetään sitä yleisesti apuna mm. metsikön tiheyttä määrittäessä. Kokonaispuuston pohjapinta-alan kehitys esitetään koealatu-
lostien yhdistelmätaulukossa sekä myös graafisesti tasoitettuna kuvassa 13.



Kuva 13. Metsikön pohjapinta-ala.
Figure 13. Basal area.

326. Kuutiomäärä

Puuston kuutiointissa on käytetty kotimaisten pystypuiden kuutiointitaulukoiden (ILVESSALO 1948) kuutiolukuja. Näin ovat menetelleet tutkimuksissaan mm. NYSSÖNEN (1954) ja VUOKILA (1956). Kun näissä taulukoissa pituus- ja kapenemisluvut ilmaistaan kokonaislukuina, mutta tämän tutkimuksen vastaavat luvut on ilmaistu puolen yksikön tarkkuudella, on läpimittaluokan yksikkökuutiomäärä laskettu tarvittaessa interpoloimalla.

Aluksi on laskettu kunkin koealametsikön kuutiomäärä nyt sekä 5 ja 10 vuotta sitten (taulukko 6) ja sen jälkeen sarjojen kuutiomäärät (taulukko 7). Nykyistä kuutiomäärää laskettaessa on käytetty ao. koealametsikön pituus- ja kapenemislukuja, sekä kaikkia muita kuutiomääriä laskettaessa sarjojen ko. ikäkohdan tasoitettuja pituus- ja kapenemislukuja.

Kaikki kuutiomäärät on laskettu kuorellisena runkopuuna hehtaaria kohden. Kuutiomäärät, samoin kuin muutkin metsikkötunnukset, esitetään erikseen kokonaispuustolle ja erikseen säilyvälle sekä poistuvalla puustolle.

Taulukossa 6 esitetään edellä selostettujen periaatteiden mukaan koostetut, mittauksiin ja eräisiin tasoituksiin perustuvat luvut kummankin sarjan koealametsiköistä.

33. Tasoitetut runkolukusarjat ja niihin perustuvat tulokset

Edellä on suoritettu erinäisiä laskelmia ja tasoituksia, joiden avulla on saatu koealametsiköiden tärkeimmät tunnusluvut aina kuutiomääriin saakka. Tutkimuksen kannalta on tärkeitä saada nämä tunnusluvut tasoitetuiksi siten, että aineistosta voidaan koostaa tasaiset, määrättyihin tasavälisiin ikäkohtiin sijoitetut metsikkötunnukset ja edelleen metsikkösarjat sekä että puusto voidaan jaotella eri puutavaralajeiksi. Puiden ja metsiköiden arvo riippuu suureksi osaksi niiden laadusta, lähinnä koosta (vrt. LIHTONEN 1943, s. 41) ja niistä kertyvistä eri puutavaralajien määristä eli puuston rakenteesta. Puuston rakenne on taas riippuvainen runkojakaantumisesta eli puuston vahvuusluokittelun runkolukusarjasta. Tämän takia on kummallekin koealasarjalle laskettava runkolukusarjat eri ikäkausina.

Runkolukusarjojen kehittämiseksi koeala-aineistosta on käytetty erilaisia menetelmiä (vrt. mm. CAJANUS 1914, ss. 136—138; ILVESSALO 1920 a, ss. 89—98; MIETTINEN 1932, ss. 42—43). Esitutkimuksessa (KALLIO 1955)

Taulukko 6. Todellisiin runkoluku-
Table 6. Results based on the

Koealan n:o Number of sample plot Metsikön ikä, vuotta Age of the stand, years	Kokonaispuusto Total growing stock								Poistuva Remo-		
	Runkoluku, kpl/ha Number of stems per ha.	Keskiläpimitta, D1.3 cm Mean diameter, Dbh cm.		Keskiläpimitan hajonta, cm Standard deviation from mean diameter, cm.	Pohjapinta-ala, m ² /ha Basal area, sq.m. per ha.	Keskipituus, m ³ Mean height, m. ³	Kuutiomäärä kuo- rineen, k-m ³ /ha Volume incl. bark, cu.m., solid mea- sure, per ha.	Runkoluku, kpl/ha Number of stems per ha.	Keskiläpimitta, D1.3 cm Mean diameter, Dbh cm.		
		Mme ¹	M ²						Mme ¹	M ²	
	Kuoren päältä Incl. bark		Kuoren päältä Incl. bark		Kuoren päältä Incl. bark		Kuoren päältä Incl. bark		Kuoren päältä Incl. bark		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
a-sarja — Series a):											
8 23	5 340	9.8	4.3	3.32	14.21	7.4	61	260	11.7	9.6	
28	5 080	10.8	5.7	3.65	18.31	9.6	97	2 280	5.8	4.0	
18 28	5 034	11.4	5.7	3.79	18.29	9.6	97	2 634	3.7	3.4	
33	2 400	15.2	10.1	4.96	24.00	12.8	161	1 200	10.0	8.1	
15 31	2 418	13.5	8.5	5.06	18.44	11.9	109	300	14.1	10.0	
36	2 118	15.4	9.5	5.68	17.87	13.7	128	251	11.8	10.0	
41	1 867	17.0	10.5	5.96	21.72	13.9	152	1 018	18.2	8.9	
24 39	2 610	14.1	11.3	4.15	29.97	13.0	206	720	12.1	9.4	
44	1 890	16.4	13.5	4.70	30.34	14.4	227	550	12.7	10.1	
49	1 340	18.5	16.7	4.34	30.48	17.3	266	550	17.6	14.7	
5 48	940	23.6	17.9	7.44	26.96	18.1	249	—	—	—	
53	940	24.7	19.0	7.60	31.17	18.7	302	270	24.9	19.2	
58	670	26.2	21.2	8.00	27.18	21.2	275	250	22.9	17.6	
23 48	1 667	18.8	15.0	5.54	33.25	16.1	275	437	14.9	14.0	
53	1 230	21.8	17.5	6.40	32.16	17.5	280	537	17.5	13.3	
58	693	25.3	21.7	5.96	29.45	20.0	270	300	24.4	19.7	
22 51	1 560	20.1	14.7	5.96	30.95	16.3	255	344	17.1	14.3	
56	1 216	22.3	16.5	6.30	30.11	18.2	260	648	19.0	13.6	
61	568	25.9	21.9	5.94	23.06	19.8	227	288	23.5	19.8	
13 59	1 168	23.6	18.0	7.00	34.52	19.2	321	340	21.2	13.5	
64	828	25.5	21.1	6.18	32.22	20.2	322	348	23.0	17.2	
69	480	28.2	25.7	6.18	26.27	21.4	275	244	28.9	25.3	
12 65	796	26.6	20.1	8.00	29.21	20.3	287	236	22.3	14.8	
70	560	29.2	23.8	7.87	27.74	21.3	289	296	27.9	21.3	
75	264	32.2	28.6	6.56	17.01	23.1	192	148	32.5	27.7	
19 65	938	24.1	21.3	5.30	35.19	19.7	345	401	25.4	20.7	
70	537	25.6	23.7	4.44	24.08	20.4	244	—	—	—	
75	537	26.2	24.2	4.68	25.68	20.5	251	263	23.6	22.5	
27 72	480	27.1	23.3	6.46	22.02	21.6	228	268	22.4	19.5	
77	212	30.5	29.7	3.43	14.87	24.3	168	—	—	—	
82	212	32.6	31.9	3.32	17.10	25.3	208	110	32.3	31.7	

¹ Mediani pohjapinta-alan suhteen — Median of basal area.

² Runkoluvulla punnittu — Weighted by number of stems.

³ Pohjapinta-alalla punnittu — Weighted by basal area.

sarjoihin perustuvat tulokset.
actual stem diameter series.

puusto val					Säilyvä puusto Surviving growing stock						
Keskiläpimitan hajonta, cm Standard deviation from mean diameter, cm.	Pohjapinta-ala, m ² /ha Basal area, sq.m. per ha.	Keskipituus, m ³ Mean height, m. ³	Kuutiomäärä kuo- rineen, k-m ³ /ha Volume incl. bark, cu.m., solid mea- sure, per ha.	Runkoluku, kpl/ha Number of stems per ha.	Keskiläpimitta, D1.3 cm Mean diameter, Dbh cm.		Keskiläpimitan hajonta, cm Standard deviation from mean diameter, cm.	Pohjapinta-ala, m ² /ha Basal area, sq.m. per ha.	Keskipituus, m ³ Mean height, m. ³	Kuutiomäärä kuo- rineen, k-m ³ /ha Volume incl. bark, cu.m., solid mea- sure, per ha.	
					Mme ¹	M ²					
Kuoren päältä Incl. bark		Kuoren päältä Incl. bark		Kuoren päältä Incl. bark		Kuoren päältä Incl. bark		Kuoren päältä Incl. bark			
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
3.26	2.13	10.2	11	5 080	9.5	4.0	3.46	12.08	6.9	50	
2.08	3.69	6.5	15	2 800	11.5	7.1	4.08	14.62	10.4	82	
0.94	2.56	4.6	8	2 400	12.5	8.1	4.19	15.73	10.3	89	
3.24	6.80	10.4	39	1 200	16.6	12.4	5.28	17.20	13.7	122	
4.67	2.87	11.9	18	2 118	13.4	8.2	5.08	15.57	11.9	91	
5.20	2.47	13.2	18	1 867	15.6	9.4	5.36	15.40	13.8	110	
6.00	9.18	13.7	63	849	16.4	15.0	4.14	12.54	14.1	89	
3.24	5.61	11.1	36	1 890	14.8	12.0	4.36	24.36	13.5	170	
3.72	4.97	11.9	34	1 340	17.1	14.9	4.32	25.37	14.8	193	
4.84	10.29	16.5	87	790	18.8	17.6	3.90	20.19	17.5	179	
—	—	—	—	940	23.6	17.9	7.44	26.96	18.1	249	
6.66	8.75	17.4	80	670	24.7	18.9	7.94	22.42	19.2	222	
7.24	7.09	19.7	67	420	28.2	23.4	7.64	20.09	21.8	208	
3.90	7.22	14.7	57	1 230	21.7	15.3	5.96	26.03	16.6	218	
5.64	8.84	15.5	70	693	23.2	19.9	5.54	23.32	18.2	210	
6.46	10.77	19.4	99	393	25.6	23.3	5.00	18.68	20.4	171	
5.56	6.34	15.7	51	1 216	20.3	14.8	6.40	24.61	16.4	204	
5.58	11.00	16.4	94	568	23.8	19.9	5.58	19.11	19.3	166	
6.12	9.70	19.1	93	280	26.9	24.2	4.58	13.36	20.3	134	
6.77	6.10	17.4	51	828	24.4	20.2	6.72	28.42	19.6	270	
6.55	9.25	18.6	89	480	26.3	24.0	5.56	22.97	20.9	233	
6.86	12.91	22.9	135	236	27.9	26.4	5.06	13.36	20.0	140	
6.74	4.90	18.1	44	560	27.5	22.3	7.62	24.31	20.7	243	
8.18	12.08	20.6	121	264	30.2	26.7	6.14	15.66	21.8	168	
8.16	9.56	23.1	103	116	31.3	29.9	4.38	7.45	23.1	89	
6.44	14.59	19.7	146	537	23.6	21.8	4.27	20.60	19.6	199	
—	—	—	—	537	25.6	23.7	4.44	24.08	20.4	244	
3.86	10.77	19.5	103	274	27.7	25.8	4.84	14.91	21.3	148	
5.63	8.67	19.6	86	212	29.0	27.8	3.46	13.35	22.9	142	
—	—	—	—	212	30.5	29.7	3.43	14.87	24.3	168	
3.36	8.60	25.3	107	102	32.9	32.1	3.30	8.50	25.4	101	

Taulukko 6. (jatkoa; selitys ss. 50—51).

Table 6. (continued; explanation pp. 50—51).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
b - sarja — Series b):										
6 35	1 348	16.4	13.0	5.10	20.83	14.4	145	124	17.0	15.1
40	1 224	17.8	14.6	5.39	22.41	15.2	170	—	—	—
45	1 224	19.3	15.5	5.74	26.30	15.5	215	496	16.9	13.2
26 41	2 976	15.2	10.6	5.20	33.03	14.3	237	213	19.0	17.1
46	2 763	15.6	11.1	5.26	32.91	14.5	240	1 413	13.3	9.2
51	1 350	18.1	14.2	5.70	25.21	16.4	206	538	14.9	10.8
17 41	1 560	17.8	13.3	5.70	25.72	14.9	188	200	15.6	14.4
46	1 360	19.7	14.3	6.32	26.16	16.5	214	80	23.2	22.0
51	1 280	19.9	15.7	6.28	26.16	16.5	220	656	14.2	10.9
3 43	1 656	16.4	12.1	5.08	22.36	14.7	172	536	12.3	9.3
48	1 120	18.7	14.8	5.22	21.71	16.1	176	—	—	—
53	1 120	20.3	15.8	5.56	23.74	16.8	213	448	19.3	14.3
14 45	1 920	16.0	12.1	4.54	25.48	14.5	191	448	12.4	9.6
50	1 472	17.6	14.0	5.26	25.71	15.7	209	184	14.3	10.7
55	1 288	18.9	15.4	5.28	26.89	17.3	238	576	15.5	12.3
20 55	2 110	18.1	12.7	5.72	32.56	16.1	265	950	13.1	9.1
60	1 160	20.5	17.0	5.72	29.20	18.4	268	—	—	—
65	1 160	21.4	17.9	5.94	32.52	18.8	297	590	17.8	14.5
4 61	810	24.8	22.0	5.32	32.49	20.0	321	210	19.9	18.3
66	600	26.3	24.3	5.00	28.90	21.5	306	—	—	—
71	600	27.3	25.5	5.17	31.77	22.7	340	225	25.9	23.5
25 66	980	24.7	19.6	7.52	32.41	19.9	344	287	20.9	18.2
71	693	28.6	21.5	8.64	29.80	21.6	306	100	23.2	13.4
76	593	30.3	24.1	8.14	30.21	22.1	320	302	24.6	19.0
16 67	795	25.7	19.0	7.88	26.52	20.5	269	290	24.5	16.6
72	505	27.6	21.7	8.24	21.30	21.5	223	—	—	—
77	505	28.8	22.6	8.56	23.15	21.9	245	295	27.4	19.0
7 77	596	28.9	25.9	6.32	33.14	22.6	367	192	25.9	23.3
82	404	30.8	28.5	5.50	26.72	23.4	304	52	23.8	23.5
87	352	32.1	30.8	5.64	26.68	24.3	299	204	30.3	28.9
11 87	432	31.3	26.9	7.78	25.58	23.6	300	—	—	—
92	432	32.2	28.4	7.92	29.55	24.0	340	264	29.8	26.3
97	168	34.6	33.2	4.23	15.02	25.0	179	168	34.6	33.2

lähdettiin niistä periaatteista, joita Suomen eteläpuoliskon kasvu- ja tuototaulujen runkolukusarjojen laskemisessa käytettiin, nojautumalla kuitenkin enemmän graafisiin tasoituksiin kuin analyyttisten lausekkeiden käyttöön.

Tässä tutkimuksessa muodostettiin runkolukusarjat pelkästään graafi-

12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
4.50	2.43	16.6	17	1 224	16.4	13.0	5.16	18.40	14.1	128
—	—	—	—	1 224	17.8	14.6	5.39	22.41	15.2	170
5.16	7.80	14.2	65	728	20.1	17.1	5.54	18.50	16.0	150
4.48	5.23	16.8	40	2 763	14.6	10.2	4.92	27.80	13.8	197
3.92	11.13	12.3	72	1 350	17.4	13.2	5.68	21.78	15.7	168
4.50	5.77	13.9	44	812	21.0	16.5	5.76	19.44	17.2	162
4.66	3.80	14.6	21	1 360	18.1	13.1	5.82	21.92	14.9	167
5.42	2.94	18.7	25	1 280	19.0	13.8	6.12	23.22	16.3	189
4.40	7.20	13.5	52	624	21.7	18.9	5.34	18.96	17.6	168
4.10	4.46	12.5	30	1 120	17.2	13.4	4.98	17.90	15.3	142
—	—	—	—	1 120	18.7	14.8	5.22	21.71	16.1	176
5.54	8.23	16.1	68	672	20.2	16.9	5.26	15.51	17.2	145
4.14	4.06	13.0	24	1 472	16.3	12.8	4.78	21.42	14.8	167
4.14	1.92	13.2	15	1 288	18.0	14.4	5.14	23.79	15.9	194
4.88	7.90	15.4	65	712	19.9	17.9	4.26	18.99	18.1	173
4.16	7.42	12.5	51	1 160	19.1	15.7	5.30	25.14	17.1	214
—	—	—	—	1 160	20.5	17.0	5.72	29.20	18.4	268
5.08	10.87	16.7	92	570	23.2	21.5	4.46	21.65	19.8	205
5.54	6.05	18.6	59	600	25.1	23.2	4.60	26.44	20.4	262
—	—	—	—	600	26.3	24.3	5.00	28.90	21.5	306
5.56	10.32	22.0	104	375	27.8	26.6	4.54	21.45	23.1	236
4.88	7.79	18.3	72	693	27.2	20.3	8.32	24.62	20.4	272
7.66	1.88	18.7	18	593	28.6	22.9	8.00	27.92	21.8	288
7.12	10.02	20.0	102	291	31.8	28.9	6.16	20.19	23.2	218
7.42	7.50	19.4	73	505	26.1	20.5	7.78	19.02	20.9	196
—	—	—	—	505	27.6	21.7	8.24	21.30	21.5	223
8.72	10.10	20.9	103	210	29.8	27.7	5.10	13.05	22.7	142
7.14	8.93	21.9	95	404	28.4	26.6	5.34	24.21	22.9	272
2.24	2.27	20.9	22	352	31.2	29.2	5.44	24.45	23.6	282
5.66	13.67	23.7	161	148	35.4	32.8	4.42	13.01	24.9	138
—	—	—	—	432	31.3	26.9	7.78	25.58	23.6	300
8.96	15.98	23.5	184	168	33.3	31.8	3.64	13.57	24.6	156
4.23	15.02	25.0	179	—	—	—	—	—	—	—

siin tasoituksiin nojautuen. Mm. vertailu esitutkimuksessa suoritettuun vastaavaan tasoitukseen osoitti, että graafinen käsivaraistasoitus johti käytännöllisesti katsoen yhtä tarkkoihin lopputuloksiin kuin analyyttisten lausekkeiden käyttö. Menetelmä on seuraava:

Koealametsiköiden kokonaisrunkoluvut tasoitettiin graafisesti (kuvat

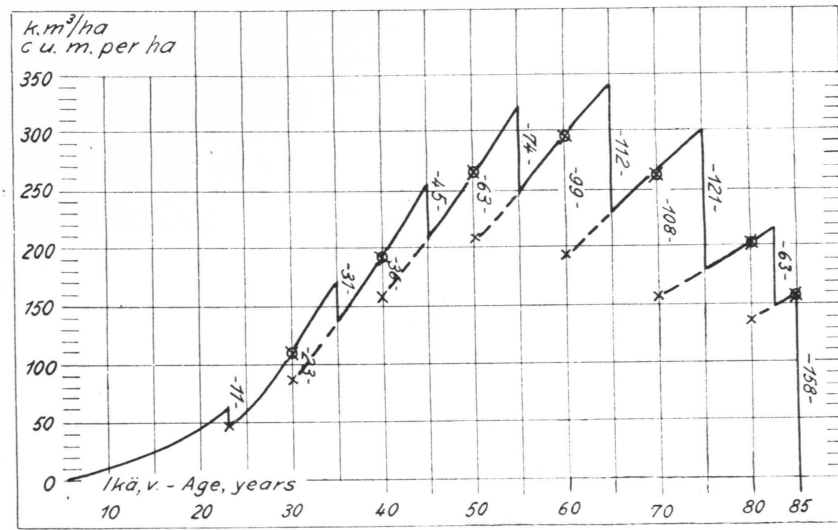
Taulukko 7. Tasoitettuihin runkolukusarjoihin perustuvat tulokset.
Table 7. Results based on the adjusted stem diameter series.

Metsikön ikä, v. Age of the stand, years	Kokonaispuusto Total growing stock						Poistuva puusto Removal						Säilyvä puusto Surviving growing stock									
	Runkoluku, kpl/ha Number of stems per ha.	Keskiäpimitä, D1.3 cm Mean diameter, Dbh cm.	Mme ¹	M ²	Kuoren päältä Incl. bark	Keskiäpimitä, D1.3 cm Mean diameter, Dbh cm.	Pohjapinta-ala, m ² /ha Basal area, sq.m.	Keskitys, m ³ Mean height, m ³	Kuutiomäärä kuo- rineen, k-m ³ /ha Volume incl. bark, cu.m., solid measure, per ha.	Runkoluku, kpl/ha Number of stems per ha.	Keskiäpimitä, D1.3 cm Mean diameter, Dbh cm.	Mme ¹	M ²	Kuoren päältä Incl. bark	Keskiäpimitä, D1.3 cm Mean diameter, Dbh cm.	Pohjapinta-ala, m ² /ha Basal area, sq.m.	Keskitys, m ³ Mean height, m ³	Kuutiomäärä kuo- rineen, k-m ³ /ha Volume incl. bark, cu.m., solid measure, per ha.				
a-sarja — Series a):																						
30	3 000	12.8	7.8	19.3	11.1	4.6	11.1	111	1 200	10.6	5.9	4.7	9.6	23	1 800	13.6	9.0	4.76	14.6	11.6	88	
40	1 800	17.2	12.3	26.2	14.5	5.68	16.0	193	525	16.0	9.8	5.3	13.4	36	1 275	17.6	12.7	5.57	20.9	14.8	157	
50	1 275	20.9	16.5	31.2	17.1	6.03	17.0	269	425	17.0	14.3	7.7	15.7	63	850	22.0	17.5	6.28	23.5	17.6	206	
60	850	24.9	20.1	31.9	19.9	7.02	18.1	295	330	18.1	19.9	11.9	19.9	99	520	24.5	21.4	5.92	20.0	19.9	196	
70	520	27.6	23.8	25.2	21.9	6.44	25.3	265	260	25.3	21.7	10.6	21.1	108	260	28.2	26.2	5.18	14.6	22.5	157	
80	260	31.3	29.5	18.2	24.4	4.84	28.4	202	90	28.4	27.1	5.7	23.6	63	170	32.0	30.5	4.66	12.5	24.8	139	
85	170	33.5	31.9	14.1	25.3	4.20	33.5	158	170	33.5	31.9	14.1	25.3	158								
b-sarja — Series b):																						
30	3 000	12.8	7.8	19.3	11.1	4.60	10.1	111	1 240	10.1	5.5	4.3	9.4	21	1 760	13.2	9.4	4.52	15.0	11.6	90	
40	1 760	16.4	12.0	23.8	14.1	5.18	14.9	173	360	14.9	10.2	3.8	13.3	25	1 400	16.7	12.5	5.10	20.0	14.2	148	
50	1 400	19.8	15.1	29.1	16.7	6.04	17.3	244	420	17.3	12.7	6.4	15.6	52	980	20.3	16.0	5.96	22.7	17.0	192	
60	980	22.9	18.4	29.3	19.0	6.48	20.9	279	260	20.9	16.5	6.3	18.0	59	720	23.5	19.1	6.48	23.0	19.3	220	
70	720	26.2	21.3	28.6	21.0	7.22	24.3	293	180	24.3	18.0	5.3	19.8	55	540	26.6	22.4	6.84	23.3	21.3	238	
80	540	29.4	25.0	28.5	22.6	7.08	29.4	311	180	29.4	21.9	7.8	22.1	87	360	29.4	26.1	5.80	20.7	22.8	224	
90	360	31.0	28.1	23.2	23.6	5.84	30.7	266	175	30.7	26.7	10.1	23.3	118	185	31.5	29.4	4.94	13.1	23.9	148	
100	185	33.6	32.2	15.4	25.2	4.62	33.6	180	185	33.6	32.2	15.4	25.2	180								

1 Mediani pohjapinta-alan suhteen — Median of basal area.

2 Runkoluvulla punnitu — Weighted by number of stems.

3 Pohjapinta-alalla punnitu — Weighted by basal area.



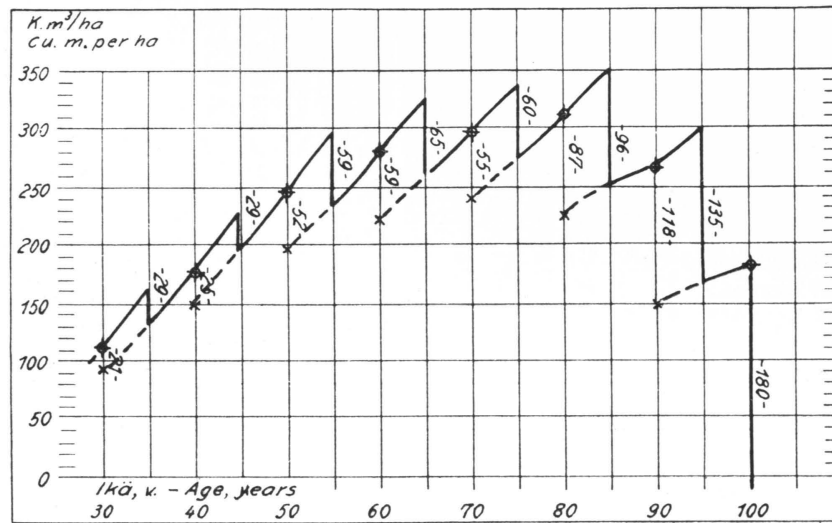
Kuva 14. Metsikön kuutiokasvu (kuorineen). a-sarja.

Figure 14. Development of volume (incl. bark). Series a).

10 ja 11), erikseen a- ja b-sarjan sekä edelleen erikseen kokonaispuuston ja säilyvän puuston runkoluvut. Kokonaispuuston ja säilyvän puuston tasoitettujen runkolukujen erotus osoittaa poistuvan puuston runkoluvun.

Koelatuloksina saadut kunkin läpimittaluokan runkoluvut merkittiin pisteillä akselistoon, jossa vaakasuora akseli edusti metsikön ikää ja pysty-akseli runkolukua hehtaarilla. Pisteet tasoittavasta käyrästä saatiin metsikkösarjan halutun ikäkohdan — sarjojen 10:een päättyvien ikävuosien — ao. läpimittaluokan tasoitettu runkoluku hehtaarilla. Kun eri läpimittaluokkien runkoluvut laskettiin ikäkohdittain yhteen, saatiin metsikön runkoluku ko. ajankohdanta. Mikäli näin saatu kokonaisrunkoluku poikkesi vastaavasta tasoitetusta kokonaisrunkoluvusta — vrt. kuvat 10 ja 11 — tasoitettiin erotus eri läpimittaluokkiin niiden runkolukujen suhteessa.

Taulukossa 7 esitetään tasoitettuihin runkolukusarjoihin perustuvat kuutiomäärät sekä muut metsikkötunnukset sarjoittain ja ikäluokittain kokonaispuustoon, säilyvään puustoon ja poistuvaan puustoon eriteltyinä. Kuvissa 14 ja 15 nähdään a- ja b-sarjojen kehitys sekä poistuvan puuston alku- ja loppukuutiot, taulukon 7 lukuihin nojautuen.



Kuva 15. Metsikön kuutiokasvu (kuorineen). b-sarja.
Figure 15. Development of volume (incl. bark). Series b).

34. Poistuva puusto

Poistuvalla puustolla ymmärretään kaikkea sitä puustoa, joka metsiköstä luontaisen harventumisen takia tai hakkauksissa poistuu (LÖNNROTH 1929; LIHTONEN 1943). Kun tutkimuksen kohteena ovat olleet hoidetut metsät, ei niissä ole käytännöllisesti katsoen luonnonpoistumaan kuuluvaa poistuvaa puustoa ensinkään. Tutkimus onkin tältä osalta näin ollen kohdistunut yksinomaan hakkauksien johdosta poistuvaan puustoon. Edelleen on poistuva puusto pyritty jakamaan uudistushakkausten ja kasvatushakkausten kesken (vrt. LIHTONEN mt., s. 123). Kuitenkaan ei hyvän metsätyyppin kuusikoiden kasvatushakkauksia voida niiden myöhemmissä vaiheissa erottaa selvästi uudistushakkauksista, vaan väljennyshakkaus muuttuu vähitellen ja aivan kuin huomaamatta suojuspuuhakkaukseksi.

Poistuvan puuston tasoitettujen runkoluvut on saatu jällellä olevan metsän kahden toisiaan seuraavan ikäkauden tasoitettujen runkolukujen erotuksena. Niinpä on poistuvan puuston runkoluku esim. 31. ja 40. ikävuoden välillä eli 35 vuoden iällä a-sarjassa $3\ 000 - 1\ 800 = 1\ 200$ runkoa.

Poistuvan puuston kasvun määrittämiseksi on tasoitettujen runkolukusarjat siirretty ao. hakkausjakson alusta sen keskelle käyttämällä edellä selostettua MEYERIN siirtymäkaavaa. Tulokset nähdään taulukossa 9. Pois-

tuvan puuston kasvuun ja sen merkitykseen nähden viitataan alaa koskevaan kirjallisuuteen (mm. LÖNNROTH 1929; LIHTONEN 1943; KUUSELA 1953; NYSSÖNEN 1954).

35. Kasvu

LIHTONEN (1943, s. 59) on määritellyt kasvun puustoa muodostavana positiivisena tekijänä biologisfysiologiseksi ilmiöksi, joka aiheuttaa puun koon tai metsikön puiden yhteisen määrän, tilavuuden, suurenemisen. Tämä tapahtuu sekä paksuus- että pituuskasvuna ja muotokasvuna, joka voi olla myös negatiivinen (vrt. edellä kuva 9, s. 38). Puuston muodostumisessa on positiivisen ilmiön rinnalla negatiivinen tekijä, poistuva puusto, jota on käsitelty edellä. Tutkimuksessa lasketaan edelleen kuutiokasvun lukusarjat sekä luodaan kuutiomäärien ja kasvun luvuista sellainen synteisi, jonka tulosten perusteella voidaan koostaa vastaavia liiketaloudellisia sarjoja sekä tutkia kiertoaikasyntymistä. Vastaavat vertailevat laskelmat suoritetaan myös luonnonnormaalin OMT-kuusikon ja OMT-viljelykuusikon ja cräiden muiden kuusikkotutkimusten lukujen perusteella.

LÖNNROTH (1929) on kehittänyt kuutiomäärien, kasvun ja poistuvan puuston määrien kehitystä kuvaavan, käsitteitä selventävän järjestelmän, jota tässä tutkimuksessa käytetään, tarpeellisilta kohdilta eri tutkijoiden myöhemmin esittämällä soveltamistavoilla tai lisäpiirteillä täydennettynä (esim. LIHTONEN 1943; KELITKANGAS 1952; KUUSELA 1952; 1953).

Edellä on jo mainittu, että kasvun laskennassa noudatetaan *erotusmenetelmää* (vrt. VID ANDRA . . . 1947, s. 90; KELITKANGAS mt., ss. 208—209; EKLUND 1954). Kasvun määrät, samoin kuin puuston kuutiomäärätkin, ovat kuorellisista runkojakaantumissarjoista ja pystypuiden kuutiomistautukoiden kuorellisten yksikkökuutiomäärien käytöstä johtuen kuorellisena ilmaistuja kuutiolukuja (vrt. KUUSELA 1952, s. 210). Tutkimuksen kannalta ei olekaan tarpeellista esittää vastaavia kuorettomia kuutiomääriä. Kuoren huomioon ottamista myöhemmin esitettävien puutaralajijakaantumissarjojen laskemisessa selvitetään tuonnempana.

36. Eräitä muita OMT-kuusikkoihin kohdistuneita tutkimuksia

361. Vuokilan kehityssarja

Tutkimuksessa suoritetaan lähinnä liiketaloudellisia vertailuja myös VUOKILAN (1956) tutkimuksen tulosten perusteella laskettuihin OMT:n

kasvu- ja tuottolukuihin. Tästä syystä esitetään seuraavissa taulukoissa 8—12 ja kuvissa 16—18 myös Vuokilan kehityssarjan ao. taksatoriset tunnukset ja luvut.

362. OMT:n viljelykuusikko

Vertailulukujen hankkimiseksi on katsottu aiheelliseksi tutkia OMT:llä kasvavan viljelykuusikon metsikkötunnuksia. Tähän on mahdollisuudet KALELAN (1933) Etelä-Suomen viljelykuusikoiden kehitystä käsittelevän tutkimuksen tulosten pohjalta lähtien. Tutkimus kohdistuu OMT:llä maantieteellisesti lähimain samoille alueille, joista tämänkin tutkimuksen aineisto on kerätty (vrt. KALELA mt., ss. 11—12). Mainitun tutkimuksen luvuista on laskettu viljelykuusikkosarjan kuutiomäärä- ja kasvukehitys LÖNNROTHIN (1929, ss. 9—10) kaavoja ja järjestelmää soveltaen seuraavasti:

Taulukosta 10 (KALELA 1933, ss. 26—27) on saatu eri 10-vuosien säilyvän puuston kuorelliset loppukuutiot 20. ikävuodesta lähtien. Nämä puumäärät ovat samalla seuraavan 10-vuotiskauden kokonaispuuston alkukuutioita. Näiden kuutiomäärien erotus osoittaa puuston lisäystä kuorineen. Kokonaispuuston juokseva kuutiokasvu kuorineen on saatu KALELAN taulukosta 13 (mt., s. 33) lisäämällä asianmukaisesti kuoren osuus kuutiomäärästä (mt., s. 30). Tämän jälkeen onkin muut taulukossa esitetyt luvut voitu laskea LÖNNROTHIN (1929) kaavojen avulla, lukuunottamatta poistuvan puuston kuutiokasvua, joka on arvioitu harkinnanvaraisesti, pitäen silmällä a-sarjan vastaavien lukujen suhteita poistuvan puuston loppukuutioon.

Viljelykuusikoiden kasvuluvuissa on otettava huomioon myös kasvun ilmastolliset vaihtelut. Kuutiokasvu perustuu lähinnä viiden edellisen vuoden kasvuun (KALELA mt., s. 31), eli vuosiin 1927—1932 tai 1928—1932. Näinä vuosina oli luonnontilaisten kuusikoiden samoin kuin tämän tutkimuksenkin aineistona käytettyjen kuusikoiden sädekasvu hieman normaalia korkeampi (vrt. ss. 30—31, kuvat 5 ja 6). On ilmeistä, että esitetyt viljelykuusikon kuutiokasvun luvutkin ovat tästä syystä hieman normaalia korkeammat. Kun erot jäävät mainittujen vertailulukujen perusteella vielä kuitenkin sallittujen virherajojen väliin ja kun tarkoituksena on lähinnä viljelykuusikon kasvu- ja tuottolukujen vertaaminen tutkimuksen muihin sarjoihin, eikä absoluuttisten lukujen laskeminen, riittänee viljelykuusikoita koskevissa laskelmissa saavutettu tarkkuus tutkimuksen tarkoituksiin.

Tässä yhteydessä on syytä huomauttaa, että viljelykuusikoissa ei lähtökohta ole aivan sama kuin muissa sarjoissa. Luonnonnormaalissa sekä tutkimuksen muissa kuusikoissa on lähtökohta likimain sama: luontaisesti syntynyt kuusentaimisto ylispuuston alla, joka on sitten hoidetuissa metsissä hakattu pois tai luonnonnormaalissa metsässä vähitellen luontaisesti poistunut. Viljelykuusikossa on lähtökohtana paljas maa, lukuunottamatta eräissä koalametsiköissä ollutta päällysmetsää, lehtipuuvesakkoa ja kituvia alikasvoskuusia, jotka on sitten joko poistettu tai ovat luontaisesti poistuneet (vrt. KALELA mt., ss. 46—50). Tuonempana esitettävissä liikeluodellisisissa laskelmissa pyritään viljelykuusikko saamaan vertailukelpoiseksi muiden tutkimuksen kuusikkosarjojen kanssa ottamalla asianmukaisesti huomioon siihen uhratut kustannukset tai kulut.

363. Luonnonnormaali OMT-kuusikko

Tutkimuksessa on katsottu tarpeelliseksi etsiä vertailulukuja myös luonnonnormaalin OMT-kuusikon metsikkötunnuksista. Tätä tarkoitusta varten on kasvu- ja tuottotaulujen (ILVESSALO 1920 b) ao. lukujen perusteella laskettu luonnonnormaalin kuusikon koko metsikön (= varsinainen metsikkö + poistunut puusto) puuston, puutavaratuotoksen ja kasvun määrät osittain 100. ja osittain 120. ikävuoteen saakka.

Taksatorisessa osassa laskettuja lukuja käytetään liikeluodellisiin vertailuihin ja tätä varten on koostettava luonnonnormaalin kuusikon hakkuuarvoa, arvokasvua, hakkuutuloa, puhdasta tuottoa ja metsämaan tuottoarvoa kuvaavat sarjat. Tähän voidaan huomauttaa, että luonnonnormaalin metsikön käsite jo sinänsä sulkee pois sen mahdollisuuden, että sillä olisi liikeluodellista merkitystä, koska mm. luonnonnormaalin metsikön poistuma tapahtuu kokonaisuudessaan luonnon itsensä toimesta. Useat hoidettujen metsien ja talousmetsien tutkimusten taksatoristen tunnusten vertailut on suoritettu luonnonnormaalin metsikön vastaaviin tunnuksiin (esim. KALELA 1933; NYSSÖNEN 1954; VUOKILA 1956). Kun luonnonnormaali metsikkö muodostaa näinollen taksatorisesti tärkeän vertailukohteen, olisi tärkeätä löytää myös vastaava staattinen liikeluodellinen vertailukohde. Kun ei muutakaan tällaista vertailukohdetta ole tutkimusta varten löydetty, on tutkimuksessa koostettu luonnonnormaalista kuusikosta myös hoidettuja kuusikoita vastaavat liikeluodelliset sarjat ja tunnukset, joihin tutkimussarjojen tunnuksia verrataan. Tutkimuksessa kuvitellaan luonnonnormaali kuusikko siis sellaiseksi teoreettiseksi talouskuusikoksi, jonka kehitys on luonnonnormaalin kuusikon mukainen. Vastaa-

vanlaisia liiketaloudellisia laskelmia luonnonnormaalin metsikön eräiltä kohdiltaan korjattujen tunnusten pohjalta lähtien ovat meillä suorittaneet mm. HEIKKILÄ (1930; 1952) ja ILVESSALO (1939).

37. Yhdistelmät, tulosten vertaaminen keskenään ja eräisiin muihin kuusikkotutkimusten tuloksiin

Taulukoissa 8 ja 9 esitetään tutkimuksessa koostettujen sarjojen kokonaispuuston ja poistuvan puuston kuutiomäärät sekä taulukossa 10 tiettyyn ikään mennessä erääntyneet poistuvan puuston määrät ja näiden osuudet samaan ikään mennessä erääntyneistä kokonaiskuutiokasvun määristä, sadanneksissa lausuttuina. Taulukkoihin 11 ja 12 on laskettu edelleen tutkimusmetsien juoksevan ja keskimääräisen kuutiokasvun luvut eräinä ikäkohtina. Kuvassa 16 nähdään kokonaispuuston kuutiomäärien suhdeluvut verrattuina luonnonnormaalin kuusikon vastaaviin kuutiomääriin, jotka on merkitty 100:ksi. Kuutiokasvun määriä ja suhdelukuja luonnonnormaalin kuusikon vastaaviin määriin havainnollistavat kuvat 17 ja 18.

Taulukoiden luvuista ja kuvista havaitaan, että kuutiomäärät ovat tämän tutkimuksen metsiköissä n. 55–60. ikävuoteen saakka suuremmat kuin luonnonnormaalissa kuusikossa ja n. 70–75. ikävuoteen saakka suuremmat kuin Vuokilan kehityssarjassa. Sarjojen a ja b kuusikoiden kuutiomäärät alenevat uudistamisvaiheen alkuun eli edellisessä n. 70. ikävuoteen ja jälkimmäisessä n. 85. ikävuoteen mennessä n. 65–75 %:iin luonnonnormaalin kuusikon vastaavasta kuutiomäärästä. Vuokilan sarjojen kuutiomäärä on jatkuvasti pienempi kuin luonnonnormaalin kuusikon. Viljelykuusikon kuutiomäärät ovat 70. ikävuoteen saakka muita korkeammat.

Taulukko 8. Puuston kuutiomäärä kuusikoissa eräissä ikävaiheissa.

Table 8. Cubic volume incl. bark at certain ages.

Tutkimussarja ¹ Series ¹	Metsikön ikä, v. — Age of the stand, years							
	30	40	50	60	70	80	90	100
	Kuutiomäärä k-m ³ /ha Volume, cu.m., solid measure, per ha.							
1.	111	193	269	295	265	202		
2.	111	173	244	279	293	311	266	180
3.	65	140	197	243	290	321	336	346
4.	146	246	332	392	435			
5.	85	154	230	299	365	419	461	497

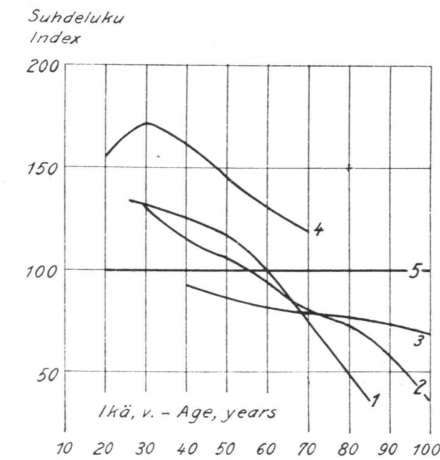
¹ 1. = a-sarja — Series a):

2. = b-sarja — Series b):

3. = Vuokilan kehityssarja — Vuokila's developmental series.

4. = Viljelykuusikko — Artificially regenerated spruce stand.

5. = Luonnonnormaali kuusikko — Naturally normal spruce stand.



Kuva 16. Kuutiomäärien suhdeluvut, kun luonnonnormaalin kuusikon kuutiomäärien suhdeluku = 100. 1 = a-sarja, 2 = b-sarja, 3 = Vuokilan kehityssarja, 4 = viljelykuusikko, 5 = luonnonnormaali kuusikko.

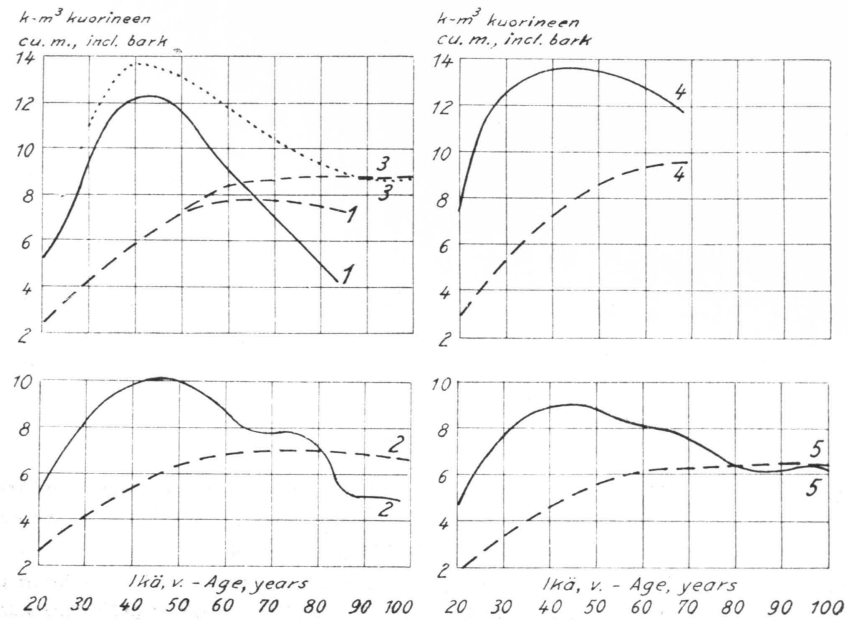
Figure 16. Volume indices; volume index of naturally normal stand = 100. 1 = Series a), 2 = Series b), 3 = Vuokila's developmental series, 4 = artificially regenerated spruce stand, 5 = naturally normal spruce stand.

maalin kuusikon vastaavasta kuutiomäärästä. Vuokilan sarjojen kuutiomäärä on jatkuvasti pienempi kuin luonnonnormaalin kuusikon. Viljelykuusikon kuutiomäärät ovat 70. ikävuoteen saakka muita korkeammat.

Kokonaiskuutiokasvun luvut ovat a-sarjassa n. 40–45. ja b-sarjassa n. 30. ikävuoteen saakka suuremmat kuin Vuokilan tutkimuksessa saadut luvut, mutta jäävät sen jälkeen pienemmiksi. Keskimääräisen kuutiokasvun kulminaatiopisteessä on a-sarjan kokonaiskuutiokasvu n. 25 % ja b-sarjan n. 10 % sekä Vuokilan kehityssarjan n. 40 % vastaavan ikäkohdan luonnonnormaalin kuusikon kokonaiskuutiokasvua korkeampi.

Tässä yhteydessä on syytä mainita, että kokonaisrunkoluku on a- ja b-sarjoissa ainakin n. 20. ja 50. ikävuoden välillä pienempi kuin Vuokilan sarjassa.

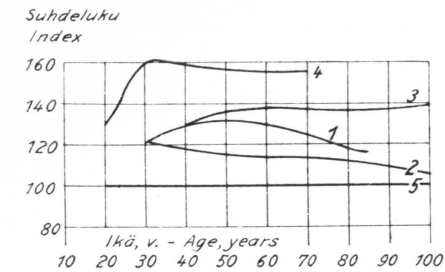
Poistuvan puuston absoluuttinen määrä ja suhteellinen osuus kokonaiskuutiokasvusta on Vuokilan kehityssarjassa suurempi ja tasaisemmin nouseva kuin tämän tutkimuksen sarjoissa. Viime mainituissa saavutetaan edellisen suhteellinen taso — n. 50 % kokonaiskuutiokasvusta — uudistamisvaiheen alkuun mennessä. Kasvatushakkauksissa poistettavan kokonaispuuston määrä on kummassakin sarjassa n. 45 % sarjojen päättymäpisteisiin, 85 ja 100 vuotta, erääntyvistä kokonaiskuutiokasvun määristä.



Kuva 17. Metsikön vuotuinen kuutiokasvu hehtaaria kohden. Yhtenäinen viiva ja pisteiviiva = juokseva, katkoviiva = keskimääräinen. 1 = a-sarja, 2 = b-sarja, 3 = Vuokilan kehityssarja, 4 = viljelykuusikko, 5 = luonnonnormaali kuusikko.

Figure 17. Annual volume growth per hectare. Solid curve and dotted curve = current growth, broken curve = mean annual growth. 1 = Series a), 2 = Series b), 3 = Vuokila's developmental series, 4 = artificially regenerated spruce stand, 5 = naturally normal spruce stand.

Mainittakoon, että EIDEN ja LANGSAETERIN (1941) boniteetin B (joka boniteetti keskipituuden perusteella vastanee lähimain meikäläistä OMT:ä) kuusikoissa ovat kuutiomäärät aina n. 80. ikävuoteen saakka suuremmat kuin tämän tutkimuksen ja Vuokilan kuusikoiden vastaavat määrät. Samoin on norjalaisten kuusikoiden kokonaiskuutiokasvu kaiken aikaa suurempi kuin edellä mainittujen suomalaisten kuusikoiden, viljelykuusikkoa lukuun ottamatta. Runkoluku on näissä lähimain a- ja b-sarjojen runkolukujen suuruusluokkaa. Norjalaisten kuusikoiden keskimääräinen poistuva puusto on n. 40–50. ikävuoteen saakka, suhdeluilla laskettuna aina 80. ikävuoteen saakka, lähimain samaa suuruusluokkaa kuin a- ja b-sarjojen, mutta nousee näiden ikäkohtien jälkeen Vuokilan kehityssarjan poistuvan puuston vastaavien määrän tasolle. Norjalaisten kuusikoiden keskimääräinen kuutiokasvu on maksimissaan n. 80–85. ikävuoden paikkeilla.



Kuva 18. Keskimääräisen kuutiokasvun suhdeluvut, kun luonnonnormaalin kuusikon keskimääräisen kuutiokasvun suhdeluku = 100. 1 = a-sarja, 2 = b-sarja, 3 = Vuokilan kehityssarja, 4 = viljelykuusikko, 5 = luonnonnormaali kuusikko.

Figure 18. Indices of mean annual volume growth; index of mean annual volume growth in naturally normal spruce stand = 100. 1 = Series a), 2 = Series b), 3 = Vuokila's developmental series, 4 = artificially regenerated spruce stand, 5 = naturally normal spruce stand.

PETTERSONIN (1955, s. 383) Etelä-Ruotsin luontaisesti syntyneiden, keskipituuden perusteella lähimain meikäläistä OMT:ä vastaavaan boniteettiin $H_{100} = 28$ kuuluvien kuusikoiden keskimääräisen kuutiokasvun ja poistuvan puuston luvut ovat lähellä a- ja b-sarjojen vastaavien lukujen keskiarvoja. Kuutiomäärä on n. 60–70. ikävuoteen saakka hieman suurempi kuin Vuokilan kehityssarjassa ja sen jälkeen pienempi. Keskimääräisen kuutiokasvun kulminatiopiste on näissä ruotsalaisissa kuusikoissa n. 95 vuotta.

Taulukko 9. Poistuva puusto 10-vuotiskausittain.

Table 9. Decennial removals.

Tutkimussarja ¹ Series ¹	Metsikön ikä, v. — Age of the stand, years							
	—30	35	45	55	65	75	85	95
	Poistuva puusto kuorineen, k-m ³ /ha Removal incl. bark, cu.m., solid measure, per ha.							
1.	11	31	45	74	112	121	224	
2.	11	29	29	59	65	60	96	135
3.	42	53	76	79	64	65	73	76
4.	17	30	48	71	76			
5.	16	14	14	14	14	15	20	27

¹ Katso taulukon 8 alaviitettä — See footnote, table 8.

Taulukko 10. Keskimääräinen poistuva puusto eräisiin ikäkohtiin laskettuna.
Table 10. Mean annual removal up to certain ages.

Tutkimus- sarja ¹ Series ¹	Metsikön ikä, v. — Age of the stand, years						
	40	60	70	80	85	90	100
	Poistuva puusto kuorineen, k-m ³ /ha Removal incl. bark, cu.m., solid measure, per ha.						
1.	1.1	2.7	3.9	4.9	7.3	—	—
2.	1.0	2.1	2.8	3.2	3.5	3.9	6.6
3.	2.4	4.2	4.5	4.7	4.8	5.0	5.3
4.	1.2	2.8	3.5	—	—	—	—
5.	0.8	1.0	1.0	1.1	1.2	1.2	1.3
	% kokonaiskuutiokasvusta As percentage of total volume growth						
1.	19	35	51	65	100	—	—
2.	19	31	40	45	51	57	100
3.	41	51	52	54	55	57	60
4.	16	30	36	—	—	—	—
5.	17	17	16	17	19	19	21

Esitetyt luvut ja vertailut antavat aihetta käsitellä kysymyksiä, kohtavatko kasvatushakkaukset kokonaiskuutiokasvua sekä mikä on se metsikön kuutiomäärä, optimi- eli ihannepuusto, jota on pidettävä maksimaalisen kasvun saavuttamiseen riittävänä (vrt. mm. DAVIS 1954, ss. 51—54). Kysymyksiä on käsitelty kirjallisuudessa paljon ja ovat tulokset sekä mielipiteet niistä keskenään ristiriitaisiakin (vrt. mm. BIOLLEY 1922; AALTONEN 1935, ss. 85—103; NÄSLUND 1935 ja 1942; WIEDEMANN 1935, s. 104; 1948, s. 165; 1950 s. 112; PETTERSON 1937, s. 31; 1955; HEIKINHEIMO 1938, ss. 91—93; VANSELOW 1942, s. 59; 1943, s. 1; SARVAS 1944, s. 99; NYSSÖNEN 1950; 1954; ETTER 1952, s. 15; ILVESSALO 1952, ss. 20—23; MØLLER 1952; 1954; CARBONNIER 1954; HENRIKSEN 1954, ss. 227—233; REYNOLDS 1955; SIREN 1956; VUOKILA 1956). Tutkimuksessa saatujen lukujen perusteella näyttää siltä, että hoidetuissa kuusikoissa saavutetaan suurempi kokonaiskuutiokasvu kuin luonnonnormaalissa kuusikossa. Tähän vaadittavan puuston suuruus on Vuokilan kehityssarjassa koko ajan pienempi kuin luonnonnormaalien kuusikon kuutiomäärä vastaavina ikäkohtina. Muiden tutkittujen sarjojen nuorien ja keski-ikäisten kuusikoiden kuutiomäärä on sen sijaan suurempi tai lähimain yhtä suuri kuin luonnonnormaalien kuusikon vastaava kuutiomäärä. Vasta keski-ikästä lähtien laskee näiden kuutiomäärä pienemmäksi kuin luonnonnormaalien kuusikon.

¹ Katso taulukon 8 alaviitettä — See footnote, table 8.

Taulukko 11. Puuston vuotuinen juokseva kuutiokasvu erinä ikäjaksoina.
Table 11. Current annual growth at certain age periods.

Tutkimussarja ¹ Series ¹	Metsikön ikä, v. — Age of the stand, years							
	—30	31—40	41—50	51—60	61—70	71—80	81—90	91—100
	Kasvu kuorineen, k-m ³ /ha Growth incl. bark, cu.m., solid measure, per ha.							
1.	4.1	11.3	12.1	10.0	8.2	5.8	4.4 ²	—
2.	4.1	9.1	10.0	9.4	7.9	7.8	5.1	4.9
3.	3.6	12.8	13.3	12.5	11.1	9.6	8.8	8.6
4.	5.4	13.0	13.4	13.1	11.9	—	—	—
5.	3.4	8.3	9.0	8.3	8.0	6.9	6.2	6.3

Kun on kysymys hoidettujen kuusikoiden kasvun vertaamisesta luonnonnormaalien kuusikon kasvuun, on tällöin tehtävä erinäisiä varauksia. VUOKILA (1956, ss. 76—77) toteaa, että luonnonnormaalien kuusikon alhaiseen kasvuun lienee merkittävimpänä syynä alikasvosvaihe. Jos luonnon-taimisto uudistuu aukealle alalle, on kuutiokasvu todennäköisesti yhtä suuri kuin hoidetun kuusikon. Sarjoissa a ja b on ylispuusto poistettu ilmeisesti jo varsin aikaisessa vaiheessa. Tästä seikasta lähinnä johtuneekin, että niiden alkukehitys on nopea. Tämä kehitys voi myöhemmin hidastua eri tekijöiden, kuten hakkausten voimakkuusasteen johdosta ja alkuvuosina hitaasti kehittyneet kuusikko päästä nopeasti kehittyneen edelle, kuten Vuokilan tutkimus osoittaa. Hoidetun ja luonnonnormaalien kuusikon kuutiokasvujen suuruutta keskenään verrattaessa jääkin avoimeksi kysy-

Taulukko 12. Puuston keskimääräinen kuutiokasvu eräitä kiertoaikoja sovellettaessa.
Table 12. Mean annual growth during certain rotations.

Tutkimus- sarja ¹ Series ¹	Kiertoaika, v. — Rotation, years						
	40	60	70	80	85	90	100
	Kasvu kuorineen, k-m ³ /ha Growth incl. bark, cu.m., solid measure, per ha.						
1.	5.9	7.6	7.7	7.5	7.3	—	—
2.	5.3	6.8	6.9	7.1	6.9	6.8	6.6
3.	5.9	8.2	8.6	8.8	8.8	8.8	8.7
4.	7.3	9.3	9.7	—	—	—	—
5.	4.6	6.0	6.2	6.3	6.3	6.3	6.3

¹ Katso taulukon 8 alaviitettä — See footnote, table 8.

² 81—85 v. — 81—85 years.

mys, kuinka suuri on luonnonnormaalin kuusikon ylispuuston kuutiokasvu alikasvosvaiheen aikana. Esim. a-sarjassa on juokseva vuotuinen kuutiokasvu 81—85. ikävuoden välillä, jolloin metsikössä on jo taimistoa, 4.4 k-m³ vuotta ja hehtaaria kohden sekä b-sarjassa vastaavasti 91. ja 100. ikävuoden välillä 4.9 k-m³. VUOKILA (mt., ss. 68—69) mainitsee, että eri kuusikkolajien kasvujen väliset erot voivat olla myös näennäisiä, erilaisista laskentamenetelmistä johtuvia.

Tärkeämpi kuin kuutiokasvun absoluuttinen suuruus on kiertoaikakysymyksen kannalta se, minä ikäkohtana keskimääräinen kuutiokasvu kulminoi ja mitkä tekijät voivat muuttaa tämän kulminaation ajankohtaa. Toinen kysymys on ns. relatiivinen hakkuukypsyys, ts. mikä kahdesta tai useammasta metsiköstä on edullisempi hakata määrättyinä ikäkohtana ensin ja mikä tai mitkä olisi säästettävä. Näitä seikkoja käsitellään tuonnempana, kiertoaikaa ja hakkuukypsyyttä koskevassa luvussa.

38. Puuston rakenne

381. Yleisiä periaatteita

Puuston hakkuuarvo voidaan johtaa useidenkin puuston arvoa osoittavien tunnusten avulla. Näistä mainittakoon mm. metsikön puulaji, kuutiomäärä pinta-alayksikköä kohden, keskipuun läpimitta, keskipituus, valtapuiden pituus ja tiheys (vrt. mm. LIHTONEN 1942, ss. 14—18). LIHTONEN toteaa kuitenkin, että nämä tunnuksot eivät sinänsä riitä ko. tarkoitukseen silloin, kun pyritään luotettaviin tuloksiin, vaan on näiden lisäksi tunnettava puuston rakenne eli sen jakaantuminen eri puutavaralajeihin. Puutavarakaupassa yleisesti käytettävät mitat voivat ainoastaan poikkeustapauksissa osoittaa puutavaran todellista, kiinteätä kuutiomäärää (vrt. KIINTOMITTATAULUKKOJA 1929, s. 3; EKLUND 1948; 1949; 1953).

Jotta puuston arvon laskennassa voitaisiin ottaa riittävällä tarkkuudella huomioon kaikki arvoon vaikuttavat tekijät, on päädytty siihen, että on määritettävä sarjojen eri kehitysvaiheiden puuston rakenne edellä koostettuja runkolukusarjoja hyväksi käyttäen, kaupallisin eli teknillisin mittayksiköin (j³, p-m³) ilmaistuina ja hehtaaria kohden.

Taulukon 1 mukaan on eräissä koealametsiköissä sekapuuna koivua, mäntyä ja haapaa. Puuston rakennetta kuvattaessa lasketaan tutkimuksessa kaikki tukkipuun minimimitat täyttävä ja sitä suurempi toisen puulajin puutavara kuusitukkipuuksi ja sitä pienempi kuusipaperi- ja polttopuuksi, tuonnempana esitettäviin minimimittoihin saakka. Tätä menette-

lyä voidaan puoltaa toisten puulajien vähäisellä osuudella kokonaisuudesta ja sillä, että koivupinotavaran kantohinta on yleensä alhaisempi kuin kuusipaperipuun. Kun mänty- ja koivutukkipuun kantohinta on taas ollut kuusitukkipuun kantohintaa korkeampi (vrt. VALTIONEUVOSTON... 1944 ja 1945), ovat nämä tekijät omiaan tasoittamaan toisten puulajien hintasuhteita kuusipuun hintatasoon. Kasvu- ja tuottotaulujen (ILVES-SALO 1920 b) mukaan on luonnonnormaalien männiköiden vuotuinen juokseva kuutiokasvu samanikäisissä metsiköissä jonkin verran suurempi kuin vastaavien kuusikoiden ja luonnonnormaalien OMT-koivikoiden vastaava kuutiokasvu taas pienempi. Kun sekapuuna on sekä mäntyä että koivua — hiukan myös haapaa —, tasoittuvat näiden puulajien erilaisesta kasvusta johtuvat erot ainakin likimäärin kuusimetsien kasvun tasoon.

382. Puutavaralajimäärien laskentatyön teknillinen suoritus

Käytettävissä ei ollut sellaisia kuutioimistaulukkoja, joista puun rinnankorkeusläpimitan, pituuden ja kapenemislukan perusteella voitaisiin saada eri puutavaralajien teknilliset mitat ja kuutiomäärät. Tämän johdosta on edellä kehitetyille runkolukusarjoille koostettu v. 1954 kerätyn koepuuaineiston pohjalta lähtien puutavaralajijakaantumissarjat seuraavasti:

Kustakin koepuusta piirrettiin runkokäyrä rinnankorkeusläpimitan, 6 metrin korkeudelta mitatun läpimitan ja puun pituuden perusteella. Lisäksi merkittiin piirrokseseen kuoren vahvuus. Piirroksista mitattiin ja pölykytettiin rungoista saatavat eri puutavaralajit niitä periaatteita noudattaen, jotka ILVESSALO (1956 a, s. 198) on esittänyt. Tukkipuun minimiläpimittana on tämän mukaan 7 tuumaa. VUOKILA (1956, ss. 86—87) on pitänyt tukkipuurunkoina sellaisia puita, joista saadaan vähintään 18' × 6" tukki. Vuokila huomauttaa, että tästä suuntaan tai toiseen syntävä virhe on merkityksetön niiden muiden virhemahdollisuuksien rinnalla, joita puutavaralajien tarkasteluun kytkeytyy.

Koepuiden runkoanalyysipiirroksista mitatut tukki- ja paperipuupölykyt sekä polttopuiden kuutiomäärät ryhmitettiin sekä rinnankorkeusläpimittaluokittain että pituus- ja kapenemislukokittain, tukki- ja paperipuupölykyt lisäksi läpimittaluokittain ja tukkipuupölykyt pituusluokittain.

Sikäli kuin yksityisen läpimitta-, pituus- tai kapenemislukan kohdalle kertyi useampi koepuu, määritettiin asianomaisen luokan tukki- ja paperipuupölykyjen lukumäärä sekä mitat koepuiden vastaavien lukujen keskiarvona. Jos jonkin luokan kohdalle ei sattunut koepuita, laskettiin pölk-

kyjen kappalemäärä ja mitat viereisten luokkien vastaavista lukuarvoista interpoloimalla.

Edellisellä tavalla kehitetyistä puutavaralajijakaantumissarjoista on sitten edelleen laskettu kuusikkosarjojen eri ikäluokkien tasoitettuja pituus- ja kapenemislukuja vastaavat eri puutavaralajien pölkkyjen määrät ja mitat 10:een päätyvinä ikävuosina, erikseen kokonaispuustolle, säilyvälle puustolle ja poistuvan puuston alkukuutiolle. Lisäksi on suoritettu vastaavat laskutoimitukset myös poistuvan puuston loppukuutioille, 5:een päätyvinä ikävuosina. Pölkkyjen lukumäärään ja mittoihin perustuen on näistä tuloksista laskettu edelleen tavanmukaisten tukkipuiden kuutioimistaulukoiden avulla tukkipuiden teknillinen kuutiosisältö kuoren alta. Paperipuupölkkyt kuutioitiin *kiintomittataulukoiden* (ARO 1929, s. 62) taulukon 47 mukaan, 1-metrisinä pölkkyinä ja puolipuhaaksi kuorittuina sekä polttopuupölkkyt muuntamalla niiden kiintokuutiomäärä pinomitaksi saman teoksen taulukon 41 muuntoluvuilla.

Vastaavat laskelmat on suoritettu myös Suomen eteläpuoliskon OMT-viljelykuusikkojen eri ikäkohdille 20. ikävuodesta 70. ikävuoteen saakka. Luonnonnormaalille kuusikolle on laskettu hakkuuarvon ja arvokasvun määrittämistä varten tarpeelliset puutavaralaji-, puuston rakenne- ja tuotosluvut LIHTOSEN (1942, s. 24) esittämän taulukon ja kasvu- ja tuotto- taulujen runkolukusarjojen perusteella, tuloksia tässä esittämättä.

Sen johdosta, että viljelykuusikoille ei ole laskettu runkolukusarjoja, perustuu näiden puutavaralajijakaantuminen osaksi siihen harkintaan ja niihin päätelmiin, joita kokonaisrunkoluvusta on voitu tehdä sitä vastaaviin OMT:n luonnonmännikköihin vertaamalla ja osaksi suorittamalla vertailulaskelmia toisaalta a- ja b- sarjojen kuusikoiden keskiläpimittojen ja puutavaralajijakaantumisen sekä toisaalta viljelykuusikoiden keskiläpimittojen (KALELA 1933, ss. 14 ja 21) välillä. Näiden tietojen pohjalta voitiin päätellä, että koska viljelykuusikon kokonaisrunkoluku ainakin n. 40. ikävuodesta lähtien on suurempi kuin a- ja b- sarjojen vastaava kokonaisrunkoluku ja keskiläpimitta taas pienempi, jää viljelykuusikon tukkipuusoosuus pienemmäksi ja pinotavaraosuus (lähinnä paperipuu) suuremmaksi kuin a- ja b- sarjojen kuusikoiden. Koska viljelykuusikoiden kapenemisluvuista ei ollut selvitystä, on nämä luvut jouduttu arvioimaan harkinnanvaraisesti, tiheyden perusteella, lähinnä b- sarjan kapenemislukuja hyväksi käyttäen.

Vuokilan kehityssarjan puutavaramäärät ja puuston rakennetta sekä tuotosta koskevat luvut on saatu tai laskettu mainitun tutkimuksen puuston rakennetta koskevan luvun ao. numeroiden perusteella.

383. Puustokuutiometrin rakenne

Puustokuutiometrin rakenne (vrt. LIHTONEN 1942, ss. 18—25) on laskettu muuntamalla sarjojen eri kehitysvaiheiden puutavaralajien teknillisiin kuutiosisällöin ilmaistut määrät kuorellisiksi kiintokuutiometrimääräksi. Tukkipuiden teknillinen kuutiosisältö kuutiojaloissa on muunnettu taulukon 19 b-kohdassa (s. 93) esitetyn lukusarjan avulla ja pinotavaran pinokuutiometrein ilmaistut määrät *kiintomittataulukoiden* asianomaisilla muuntoluvuilla.

Tähdeosuus on saatu tässä tutkimuksessa suuremmaksi kuin eräissä hakkuutähdetutkimuksissa (mm. ARO 1935). Tämä johtuu osaksi siitä, että puutavaralajimääriä laskettaessa polttopuupölkyn pituuden täyden juoksumetrin ylittävä osa on polttopuun minimilatvaläpimitaan saakka luettu hakkuutähteisiin ja osaksi siitä, että muunnettaessa eri puutavaralajien teknillisiä kuutiomääriä vastaaviksi kiintokuutiometrimääräksi on syntynyt pieniä erotuksia, jotka ovat kasaantuneet hakkuutähdeosuuksiin.

384. Taulukot

Seuraavassa taulukossa 13 esitetään a- ja b- sarjojen sekä viljelykuusikon eri puutavaralajien määrät sekä puustokuutiometrin rakenne, kuitenkin vain kokonaispuuston (= edellisen vuosikymmenen säilyvän puuston loppukuution = seuraavan vuosikymmenen kokonaispuuston alkukuution) ja poistuvan puuston loppukuutioiden osalta. Lisäksi on taulukkoon laskettu tukkipuurunkojen lukumäärät ja keskikuutiot kuutiojaloissa.

385. Vertailulaskelmia

Kun koepuissa, joihin puutavaramäärien laskelmat perustuvat, ei ole voitu suorittaa mittauksia 6 metrin korkeuden ja latvahuipun väliltä, perustuu runkokäyrän piirtäminen tällä välillä subjektiiviseen harkintaan. Tämän johdosta on syytä verrata eri puutavaramääriä joidenkin muiden teknillisten kuutioimistaulukoiden perusteella laskettuihin puutavaramääriin. Tässä tarkoituksessa on a- ja b-sarjan erälle ikäkohdille laskettu puutavaralajien määrät ILVESSALON (1956 a) graafisten taulukoiden mukaan ja saatu seuraavassa taulukossa 14 kohtaan »I» merkityt luvut. Kohdassa »K» nähdään edellä selostetun menetelmän mukaan lasketut vastaavat luvut.

Taulukko 13. Puuston jakaantuminen puutavaralajeihin, hehtaaria kohden.

Table 13. Distribution of stock into different assortments of timber, per ha.

Metsikön ikä, v. Age of the stand, years	Tukkipuuta — Saw timber				Paperipuuta Pulpwood				Polttopuuta Firewood			Tähteosuus Logging waste		Yht. k-m ³ Total solid cu.m.
	Run- koa Number of stems	Kuutiojalkaa Cu.ft.		K-m ³ kuorineen Solid cu.m. incl. bark		K-m ³ kuorineen Solid cu.m. incl. bark		P-m ³ puoli- puhd. Cu.m., stacked measure, partly barked	K-m ³ kuorineen Solid cu.m. incl. bark		P-m ³ Cu.m. stacked measure	%	K-m ³ Solid cu.m.	
		Run- gon Stem	Yht. Total	%	Yht. Total	%	Yht. Total		%	Yht. Total				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
a-sarja — Series a):														
Kokonaispuusto — Total growing stock														
30	17	4.8	82	4	4	64	71	85	18	20	31	14	16	111
40	87	5.2	454	11	21	71	138	165	9	17	27	9	17	193
50	265	7.1	1 878	31	83	60	161	193	5	13	20	4	12	269
60	362	10.0	3 626	52	154	40	118	141	4	11	17	4	12	295
70	325	11.7	3 796	60	159	32	86	103	3	6	10	5	14	265
80	237	14.9	3 537	72	146	19	38	46	4	7	11	5	11	202
85	162	18.0	2 916	75	118	15	24	29	6	9	14	4	7	158
Poistuvan puuston loppukuutio — Final volume of removal														
35	6	5.8	35	6	2	48	15	18	29	9	14	17	5	31
45	19	5.2	99	11	5	69	31	37	11	5	8	9	4	45
55	44	8.7	382	23	17	66	49	59	5	4	6	6	4	74
65	134	10.9	1 458	55	62	35	39	47	5	5	8	5	6	112
75	133	12.4	1 650	57	69	35	43	51	4	4	6	4	5	121
82	74	15.2	1 128	70	46	18	12	14	7	5	8	5	3	66
85	162	18.0	2 916	75	118	15	24	29	6	9	14	4	7	158
Yhteensä Total 1—30 v.	572	13.4	7 668	52	319	35	213	255	7	41	64	6	34	607
Yhteensä Total Vuodessa Per year	6.73		90.21		3.75		2.55	3.06		0.53	0.82		0.44	7.27
b-sarja — Series b):														
Kokonaispuusto — Total growing stock														
30	17	4.8	82	4	4	64	71	85	17	19	30	15	17	111
40	55	4.9	268	8	13	73	127	152	10	18	29	9	15	173
50	202	6.0	1 202	23	56	61	149	178	6	14	22	10	25	244
60	308	9.1	2 793	43	120	48	133	159	3	9	15	6	17	279
70	351	11.3	3 980	57	167	37	110	132	2	6	10	4	10	293
80	348	14.0	4 882	65	201	30	93	112	3	10	16	2	7	311
90	294	15.5	4 550	70	186	21	57	68	6	14	21	3	9	266
100	185	17.6	3 262	74	133	16	28	34	5	10	16	5	9	180

Taulukko 13. (jatkoa; selitys s. 70).

Table 13. (continued; explanation p. 70).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
b-sarja — Series b) (jatkoa — continuea).														
Poistuvan puuston loppukuutio — Final volume of removal														
35	8	5.1	41	7	2	55	16	19	28	8	13	10	3	29
45	12	5.3	64	10	3	73	21	25	10	3	5	7	2	29
55	41	7.2	294	22	13	65	38	45	7	4	7	6	4	59
65	66	10.1	664	45	29	44	29	35	5	3	4	6	4	65
75	58	13.1	759	55	33	37	22	26	5	3	5	3	2	60
85	93	15.4	1 433	62	59	24	23	28	10	10	16	4	4	96
95	138	16.8	2 319	70	95	17	22	27	8	11	17	5	7	135
100	185	17.6	3 262	74	133	16	28	34	5	10	16	5	9	180
Yhteensä Total 1—30 v.	601	14.7	8 836	56	367	31	199	239	8	52	83	5	35	653
Yhteensä Total Vuodessa Per year	6.01		88.36		3.67		2.03	2.44		0.56	0.89		0.38	6.64
OMT-viljelykuusikko — Artificially regenerated OMT-spruce stand:														
Kokonaispuusto — Total growing stock														
20						72	35	42	12	6	10	16	8	49
30						80	116	139	10	15	24	10	15	146
40	40	4.5	180	4	9	82	202	242	6	15	24	8	20	246
50	172	5.8	998	14	47	76	251	300	5	17	27	5	17	332
60	313	8.5	2 661	30	116	60	237	284	5	19	30	5	20	392
70	430	11.3	4 859	47	204	44	192	230	4	17	27	5	22	435
Poistuvan puuston loppukuutio — Final volume of removal														
25						71	12	14	12	2	3	17	3	17
35						80	24	29	10	3	5	10	3	30
45						86	41	49	6	3	5	8	4	48
55	47	6.0	282	18	13	72	51	61	6	4	6	4	3	71
65	75	8.5	638	37	28	53	40	48	5	4	6	5	4	76
70	430	11.3	4 859	47	204	44	192	230	4	17	27	5	22	435
Yhteensä Total Vuodessa Per year	7.89		82.56		3.50		5.14	6.16		0.47	0.74		0.56	9.67

Taulukko 14. Eri kuutioimistavoin lasketut puutavaramäärät.

Table 14. Timber volumes calculated by different methods.

	Sarja Series	Metsikön ikä, v. — Age of the stand, years							
		40		60		80		100	
		I ¹	K ¹	I	K	I	K	I	K
Tukkip., j ³ — Sawtimber, cu.ft.	a	463	454	3 780	3 626	3 765	3 537	—	—
	b	240	268	2 661	2 793	5 261	4 882	3 672	3 262
Paperip., p-m ³ — Pulpwood, cu.m., stacked measure	a	168	165	136	141	43	46	—	—
	b	138	152	157	159	95	112	28	34
Polttop., p-m ³ — Firewood, cu.m., stacked measure	a	35	27	17	17	6	11	—	—
	b	35	29	20	15	11	16	4	16

Taulukon lukujen mukaan saadaan tukkipuumäärä tässä tutkimuksessa käytetyn menetelmän mukaan laskien nuorissa ja keski-ikäisissä metsissä lähimain samaksi kuin ILVESHALON graafisia taulukoita käyttäen, mutta vanhoissa metsissä jopa lähes 10 % pienemmäksi. Paperipuumäärissä havaitaan taas lievästi päinvastainen suunta.

Vertaamalla eri puutavaralajien määriä VUOKILAN (1956) tutkimuksessa saatuihin vastaaviin määriin havaitaan, että eri puutavaralajien suhteellinen osuus eli ns. puustokuutiometrin rakenne on eri ikäkohtina a-sarjassa lähimain samaa suuruusluokkaa kuin Vuokilan kehityssarjassa. Sarjassa b sen sijaan on tukkipuuosuus pienempi ja paperipuuosuus suurempi kuin Vuokilan tutkimuksessa. Tämän tutkimuksen ja Vuokilan tutkimuksen puuston rakennetta kuvaavat luvut eivät ole kuitenkaan keskenään täysin vertauskelpoisia, koska edellisessä pidetään tukkipuun minimiläpimittana 7 tuumaa. Jos tässä tutkimuksessa olisi käytetty 6 tuuman minimiläpimittaa, kuten Vuokila on tehnyt, nousisivat sekä a- että b-sarjan tukkipuuosuudet suuremmiksi kuin Vuokilan vastaavat sadannesluvut, jolloin paperipuuosuudet vastaavasti pienenisivät.

Suoritettujen vertailulaskelmat osoittanevat, että puuston jakaminen eri puutavaralajeihin on onnistunut tyydyttävästi. Vanhojen ikäluokkien tukkipuumäärissä havaittavat erot saattavat aiheutua mm. kapenemisluokkien erilaisuudesta. Sarjojen hakkuin käsitellyissä vanhoissa metsissä on kapeneminen suhteellisen suuri.

¹ I and K: explanation on page 149.

386. Keskimääräinen tuotos ja poistuvan puuston osuus kokonaistuotoksesta

Seuraavassa taulukossa esitetään tässä tutkimuksessa käsiteltävien eri metsikkösarjojen keskimääräinen tuotos eräisiin ikäkohtiin mennessä. Kerptomalla nämä luvut puuston ikää osoittavalla luvulla, saadaan vastaava kokonaistuotos.

Taulukko 15. Puuston keskimääräinen tuotos eräissä ikävaiheissa.

Table 15. Mean yield in timber of the spruce stands up to certain ages.

	Metsikön ikä, v. — Age of the stand, years				
	60	70	80	85	100
	Tukkipuun keskimääräinen tuotos, j ³ /ha Mean yield of saw timber, cu.ft., per ha.				
a-sarja — Series a):	69	82	90	90	—
b-sarja — Series b):	53	72	84	85	88
Vuokilan kehityssarja — Vuokila's developmental series	54	84	101	106	118
Viljelykuusikko — Artificially regenerated spruce stand	49	83	—	—	—
Luonnonnorm. kuusikko — Naturally normal spruce stand	9	24	40	47	54
	Paperipuun keskimääräinen tuotos, p-m ³ /ha Mean yield of pulpwood, cu.m., stacked measure, per ha.				
a-sarja — Series a):	4.3	3.8	3.3	3.1	—
b-sarja — Series b):	4.2	3.7	3.3	3.0	2.4
Vuokilan kehityssarja — Vuokila's developmental series	4.4	4.0	3.5	3.3	2.7
Viljelykuusikko — Artificially regenerated spruce stand	7.3	6.2	—	—	—
Luonnonnorm. kuusikko — Naturally normal spruce stand	3.9	4.0	3.9	3.4	3.2
	Polttopuun keskimääräinen tuotos, p-m ³ /ha Mean yield of firewood, cu.m., stacked measure, per ha.				
a-sarja — Series a):	0.9	0.7	0.7	0.8	—
b-sarja — Series b):	0.8	0.6	0.7	0.8	0.9
Vuokilan kehityssarja — Vuokila's developmental series	1.9	1.7	1.5	1.5	1.2
Viljelykuusikko — Artificially regenerated spruce stand	0.8	0.7	—	—	—
Luonnonnorm. kuusikko — Naturally normal spruce stand	1.2	1.2	1.0	1.0	0.8

Tukkipuun ja paperipuun keskimääräinen tuotos on a-sarjassa n. 70 vuoden kiertoaikana yhtä suuri kuin Vuokilan kehityssarjassa. Sen sijaan jää b-sarjan tukkipuun tuotos edellisiä pienemmäksi n. 60. ikävuodesta lähtien. Paperipuun keskimääräinen tuotos on näissä kolmessa sarjassa ja luonnonnormaalissa kuusikossa jatkuvasti lähimain yhtä suuri. Viljelykuusikon paperipuun tuotosluvut ovat sen sijaan edellisiä suuremmat ja tukkipuun tuotosluvut samaa suuruusluokkaa. Polttopuun keskimääräinen tuotos on Vuokilan kehityssarjassa huomattavasti suurempi kuin muissa sarjoissa. Näiden polttopuuosuuden pienuus johtunee teoreettiseen katkomiseen perustuvasta kuutioimismenetelmästä, jota myös LIHTONEN (1942, s. 24) on käyttänyt luonnonnormaalin OMT-kuusikon puuston rakennetta laskiessaan.

Edelleen on laskettu, kuinka suuri osuus eri puutavaralajien kokonaistuotoksesta poistetaan kasvatushakkauksissa. Uudistusvaiheen alkuun eli 70. ikävuoteen mennessä on a-sarjassa poistettu n. 34 % ja b-sarjassa 85. ikävuoteen saakka n. 35 % samaan ikäkohtaan mennessä erääntyneestä tukkipuun kokonaistuotoksesta. Paperipuun kohdalla ovat nämä luvut 63 % ja 66 % sekä polttopuun 80 % ja 86 %. Viljelykuusikon tukkipuun vastaava luku on 16 %, paperipuun 47 % ja polttopuun 48 %, kaikki 70. ikävuoteen mennessä. Kaikkiaan poistetaan a-sarjassa kasvatushakkauksissa tukkipuuta n. 26 %, paperipuuta n. 63 % ja polttopuuta n. 80 % 85. ikävuoteen saakka erääntyneistä kokonaistuotoksen määristä ja b-sarjassa vastaavasti 100. ikävuoteen mennessä 29, 67 ja 78 %.

Tukkipuun osuus on a-sarjassa 85. ikävuoteen mennessä erääntyneestä kokonaiskuutiokasvusta 52 % ja paperipuun osuus 35 % sekä b-sarjassa 100. ikävuoteen mennessä vastaavasti 55 % ja 31 %.

Esitetyt luvut osoittanevat, että tukkipuun osuus on puutavaralajituotoksesta sitä suurempi, kuin voimaperäisempää on metsätalous. Tällä seikalla on oma merkityksensä kiertoaikakysymyksen tarkastelussa varsinkin silloin, kun kiertoaikaperiaate nojautuu tuotoksen arvoa sekä siitä riippuvaa hakkuutuloa ja tuottoa osoittaviin lukuihin.

4. Tutkimusaineiston taksatorinen luotettavuus ja edustavuus

41. Aineiston laajuus

Useiden muiden vastaavanlaisten taksatoristen tutkimusten aineiston laajuuteen verrattuna vaikuttaa tämän tutkimuksen aineisto pieneltä (vrt. mm. ILVESSALO 1920 a, b; 1937; LAPPI-SEPPÄLÄ 1930; MIETTINEN 1932; KALELA 1933; SARVAS 1944; NYSSÖNEN 1954; VUOKILA 1956). LÖNNROTH (1925) on perustanut kolmen metsätyyppin männikköihin kohdistuneen tutkimuksensa edellä mainituissa tutkimuksissa käytettyjä koealamääriä pienempään aineistoon eli 30 koealaan. JØRGENSENIN ja SEIPIN (1954) tutkimuksen koealamäärä on ollut taas suurempi kuin tämän tutkimuksen koealamäärä. Tällöin on kuitenkin huomattava, että mainittu norjalainen tutkimus kohdistuu varsin heterogeenisiin metsikköihin.

Kun otetaan huomioon, että tämän tutkimuksen aineistoksi on pyritty valitsemaan mahdollisimman tasaisia ja säännöllisiä koealametsiköitä sekä että koealametsiköiden rekonstruoinnilla aikaisempiin ikäkohtiin on saatu sarjojen metsikkötunnusten kulkua kuvaaviin lukuihin ja viivoihin lisäpisteitä, voidaan aineistoa pitää ainakin tyydyttävän laajana. Se seikka, että saadut tulokset ovat luontevia ja yhtäpitäviä sen kokemuksen ja kuvan kanssa, mikä tiede- ja ammattimiehillä tutkituista tekijöistä on, vahvistanee esitettyä toteamusta.

42. Luokitusten, mittausten ja niihin perustuvien tulosten luotettavuus

Sellaisia koealametsiköissä suoritettuja luokituksia, jotka eivät perustu varsinaisiin mittauksiin, nimittää NYSSÖNEN (1954, s. 152) *silmävaraisiksi luokituksiksi*. Näitä ovat tässä tutkimuksessa metsätyyppin ja kantojen iän sekä latvuserosten määrittäminen ja koeleimaus.

Metsätyypin määrittämisessä on nojaututtu CAJANDERIN (1909; 1930; 1949) metsätyyppiopin periaatteisiin. Tällöin on ensi sijassa kiinnitetty huomio kasvupaikan pintakasvillisuuteen sekä noudatettu niitä ohjeita, joita mm. TERTTI (1935) on erilaisten vaihtelevien tapausten varalta esittänyt. Koealat on sijoitettu melko tasaisille tai hieman viettäville, kivisydeltään normaaleille I kivisyysluokkaan (vrt. VIRO 1947, s. 85) kuululle moreenimaille. Eräissä b-sarjan koealoissa oli kuitenkin havaittavissa lievän soistumisen merkkejä. Sarjoja koostettaessa saadut valtapituus-, kasy- ym. metsikköjä kuvaavat tunnusluvut ovatkin takeena siitä, että kysymys on OMT:n metsiköistä. Samaa todistaa näiden tunnusten vertaaminen luonnonnormaalien OMT-kuusikoiden vastaaviin tunnuksiin.

Niitä virhetekijöitä, joita *kantojen iän* määrittämisessä voi syntyä ja niiden eliminoimista on käsitelty sivulla 43.

Latvuserrosten määrittämisen luotettavuutta on jo edellä, s. 44, käsitelty ja todettu, että tässä tehtävässä on onnistuttu ainakin siinä määrässä kuin se on tutkimuksen tarkoituksen kannalta tarpeellista.

Se seikka, että koeleimaus on kohdistunut pääosaltaan puihin, joiden kasvuluvut ovat pienemmät kuin kokonaispuuston ja säilyvän puuston vastaavat luvut (vrt. edellä s. 35), todistaa sen, että hidaskasvuisin puuston osa, ensi sijaisesti siis vallittujen latvuserrosten puita, on leimattu. Tämä todistaa sen, että *koeleimaus*, kun kysymyksessä on nimenomaan kasvatushakkaus, on kohdistunut oikeisiin puihin. Toiseksi on tutkittava, että koeleimauksessa poistuvaan puustoon sisällytetty puumäärä, runkoluku ja kuutiomäärä, vastaavat likimain sarjojen metsiköissä suoritetuissa hakkauksissa poistettujen puiden vastaavia määriä. Koealatuloksista on laskettu, että koeleimauksessa on poistuvaan puustoon sisällytetty runkoluku a-sarjassa n. 26 % ja b-sarjassa n. 22 % pienempi kuin vastaava kantomittauksiin perustuva poistuneen puuston runkoluku. Koeleimauksessa poistuvaan puustoon sisällytetty kuutiomäärä, kun siihen lisätään poistuvan puuston kasvu ao. 10-vuotiskausina, jää a-sarjassa keskimäärin n. 11 % pienemmäksi, mutta nousee b-sarjassa n. 16 % suuremmaksi kuin kantomittauksiin perustuva vastaava kuutiomäärä. Myöskään eri ikäkoh-tina ei ko. lukujen välinen erotus jää kohtuuttoman suureksi.

Esitetyt luvut osoittanevat, että koeleimauksessa on myös poistuvan puuston määriin nähden onnistuttu sillä tarkkuudella, mikä silmävaraiselta luokitukselta vaaditaan.

Varsinaisten *mittausten* luotettavuudesta mainitsee NYSSÖNEN (1954, s. 154), että jos työ suoritetaan huolellisesti ei *koalan rajoittamisessa* eikä

puiden lukumäärässä pääse syntymään mainittavia virheitä ja että *läpimittojen mittauksessa* on virhelähteitä, joita ei voida kokonaan välttää. Rinnankorkeusläpimittojen mittauksissa syntyneen virheen arvioidaan aiheuttavan metsiköiden pohjapinta-aloissa enintään ± 1.0 %:n suuruisen virheen (vrt. myös PRODAN 1951, ss. 98—99).

Puiden *pituuden mittauksessa* on myös useita virhelähteitä, joita huolellisella työllä on pyritty välttämään. Pituushavaintoihin perustuvien pituuslukujen tarkkuuden tutkimiseksi ja likimääräiseksi arvostelemiseksi on laskettu, kuinka suuri on koepuiden pituuslukujen ja vastaavien tasoitetujen pituuslukujen erotus keskivirheellä mitattuna. Laskelmat osoittavat, että erotus ei ole yhdessäkään tapauksessa suurempi kuin koepuiden pituuksien keskiarvon kolminkertainen keskivirhe. Mitatun pituuden erotus tasoitetusta pituudesta poikkeaa + suuntaan keskimäärin 55 tapauksessa sadasta ja — suuntaan 45 tapauksessa sadasta.

Kapenemislukujen luotettavuuden tutkimiseksi on laskettu, kuinka suuri on koepuiden kapenemislukujen ja vastaavien tasoitetujen kapenemislukujen erotus keskivirheellä mitattuna. Tällöin on todettu, että mainittu erotus on ainoastaan yhdessä tapauksessa (a-sarja, läpimittaluokka 11 cm) suurempi kuin koepuiden kapenemislukujen keskiarvon kolminkertainen keskivirhe.

Koepuissa suoritetuissa *kairauksissa* ja kairanlastuihin perustuvassa sädekasvun ja iän laskemisessa on useita virhelähteitä, kuten kairaus vaaka-suorasta tasosta ja puun ytimen suunnasta poiketen, kairaus leveimmältä ja kapeimmalta puolelta sekä lopuksi vuosilustojen mittausvirheet (vrt. mm. MIKOLA 1950, ss. 11—17). Kun kairauksetkin on pyritty suorittamaan huolellisesti ja niitä periaatteita noudattaen, joita mm. valtakunnan metsien arvioinnissa sekä MIKOLAN tutkimuksessa on käytetty, lienevät nämä seikat takeena siitä, että kairauksien ja sädekasvun mittausvirheet jäävät sallittujen virherajojen väliin.

Kantomittausten virhetekijöitä on jo edellä, ss. 42—43, käsitelty.

Edellä esitettyjen mittaustulosten tarkkuudesta riippuu loppujen lopuksi saatujen *kuutiomäärien tarkkuus*. Mutta kuutiomäärien tarkkuus on riippuvainen myös siitä, kuinka oikeita tuloksia käytetyt kuutioimistaulukot antavat. NYSSÖNEN (1954, ss. 155—156) on arvioinut ILVESSALON (1947) kuutioimistaulukoiden käytöstä aiheutuvan virhemahdollisuuden eli keskivirheen metsikön suhteen n. ± 1.5 %:ksi. Kun tähän lisätään pituuskäyrien mahdollisista virheistä kuutiomääriin syntyvä samaa suuruusluokkaa oleva virhe sekä mahdollisesti muitakin virheitä, voidaan yksityisten koealametsiköiden kuutiomäärien keskivirhe arvioida samaksi kuin

NYYSSÖSEN tutkimuksessa eli $n. \pm 3.0 \%$:ksi. Koko koealajoukon ollessa kysymyksessä voidaan olettaa, että virheet sekä positiivisina että negatiivisina tasoittavat toisensa.

Kun kuutiokasvu lasketaan erotusmenetelmällä, siirtyvät kuutiomäärissä olevat vastakkaissuuntaiset virheet myös *kasvulukuihin*, sadanneksissa lausuttuina paljon suurempina kuin kuutiomäärissä (vrt. PRODAN 1951, ss. 213—217). PRODAN on tullut siihen tulokseen, että laskentajakso on otettava niin pitkäksi, että jakson kuutiokasvu on suhteessa kuutiomäärään siksi suuri, jotta kuutiokasvun virhesadannes jää riittävän pieneksi. Esimerkillä osoitettuna aiheuttaa 2% :n virhe 300 k-m^3 :n suuruisessa puustossa 10% :n virheen kasvuluvussa silloin, kun kasvu on 84 k-m^3 . Virhe pienenee sitä mukaa kun kasvu kohoaa.

Kun tämän tutkimuksen metsikkösarjojen kasvu lasketaan 10-vuotiskausittain ja kun tämän jakson kasvuluvut ovat kokonaiskuutiomääriin verrattuina varsin suuret, jää ko. virhe keskimäärin $\pm 10 \%$:n alapuolelle.

Puuston rakenteen laskennan onnistumista on käsitelty sivulla 72.

43. Aineiston edustavuus ja yhtenäisyys

431. Kokonaispuuston ja säilyvän puuston yhtenäisyys

NYYSSÖNEN (1954, s. 151) on tutkimuksessaan huomauttanut, että sen päätarkoituksena ei ole nykymetsien kehityksen selvittäminen ja että aineiston ei näin ollen tarvitse edustaa muita kuin niitä varta vasten muodostettuja käsittelyluokkia, joihin kuuluvat metsiköt on otettu tarkasteltaviksi. Samoin on asian laita tässä tutkimuksessa. Kun tutkimuksen kohteiksi on valittu tietyn kasvupaikan määrätyn rakenteen omaavat sekä tietyllä tavalla käsitellyt metsiköt, muodostuu edustavuutta arvosteltaessa tärkeimmäksi kysymykseksi se, edustavatko koealametsiköt ja niiden mittauksiin perustuvat metsikkötunnukset edustamiensa metsiköiden todellisia vastaavia tunnuksia. BRUCE ja SCHUMACHER (1942, s. 103) mainitsevat, että valitsemalla otettujen koealametsiköiden tunnuksille on turha laskea hajontaa ja keskivirhettä, koska itse valintamenetelmällä pyritään pienentämään hajontaa. Kun tämän tutkimuksen koeala-aineisto on valittu harkinnanvaraisesti, ei aineiston edustavuutta voida edellisen mukaan tutkia tilastomatematisin keinoin.

Sen sijaan voidaan tutkimuksen aineiston yhtenäisyyttä tutkia tilastomatematisesti. Yhtenäisyysvaatimus sisältää sen, että tutkittujen yksi-

köiden tulee joidenkin seikkojen johdosta muodostaa siinä määrin yhtenäinen populatio, että sitä voidaan käsitellä yhtenä kokonaisuutena ilman harhapäätelmien vaaraa. Tämän toteamiseksi on tutkittava, muodostavatko sarjojen koealametsiköt oman kasvusarjansa vai ei. ILVESSALO (1920 a, s. 71) on kasvu- ja tuottotauluja Suomen eteläpuoliskon metsille laatiessaan käyttänyt kasvusarjojen yhtenäisyyden määrittelemisessä suhteellisen väljiä virherajoja. LÖNNROTH (1925, ss. 149—150) on korostanut sitä, että metsikköaine näyttää liian monessa suhteessa olevan siksi vaihtelevaa, että siihen voitaisiin soveltaa ankarimpia matemaattisia yhtenäisyysvaatimuksia. NYYSSÖNEN (1954, s. 19) on esimerkillä osoittanut, miten metsikössä suoritettu vähämerkityksinen hakkaus on muuttanut eräät tilastolliset tunnuksot olennaisesti toisiksi. Nyysön ei olekaan katsonut voivansa käyttää todennäköisyyslaskennasta johdettuja tunnuslukuja aineistonsa yhtenäisyyden tutkimisessa ja käsittelyluokkien koostamisessa. Myöskään VUOKILA (1956, ss. 12—14) ei ole käyttänyt tilastomatematisia keinoja aineistonsa tarkastelussa.

Esitutkimuksessa (KALLIO 1955, ss. 82—89) on sarjan yhtenäisyyttä tutkittu lähimain samaan tapaan kuin ILVESSALO (1920 a) on tehnyt. Tässä tutkimuksessa on taulukossa 6 esitetyille koealametsiköiden nykyisen sekä 5 ja 10 vuotta sitten olleiden puustojen keskiläpimitoille rinnan- korkeudelta laskettu keskivirheet ja runkoluvuilla punnituille keskiläpimitoille hajontaluvut keskivirheineen ja variaatiokertoimineen. Laskemalla, kuinka monta kertaa koealametsikön ao. tunnuksen keskivirhe sisältyy saman tunnuksen ja tasoituksessa saadun vastaavan tunnuksen—taulukko 7—erotukseen, on saatu luku, joka kuvaa tunnuksen poikkeamaa tasoitetusta arvostaan. Pohjapinta-alojen ja runkolukujen erotukset on laskettu sadanneksina. Myös mediaaniläpimitan ($= M_{me}$) kohdalla on suoritettu ko. laskenta. Kun tämä keskiläpimita muuttuu mm. hakkuissa paljon vähemmän kuin runkoluvulla punnittu keskiläpimita, saattaa se olla varsin käyttökelpoinen tunnus nyt kysymyksessä olevaan tarkoitukseenkin. Runkolukujen ja pohjapinta-alojen tilastollisia tunnuksia ei ole laskettu poistuvan puuston osalta, koska poistuvan puuston määrät jakaantuvat epätasaisesti eri koealametsiköiden kesken. Samasta syystä ei poistuvan puuston kohdalla suoriteta myöskään lopullisia vertailuja tilastollisten tunnuslukujen avulla.

Tutkimussarjojen tilastollisista tunnuksista on tutkittu, mitkä niistä poikkeavat tasoitetuista tunnuksista vähemmän kuin 3-kertaisen keskivirheensä verran tai, runkoluku ja pohjapinta-ala, vähemmän kuin 20% sekä mitkä taas poikkeavat 3—6-kertaisen keskivirheensä verran tai $20—30 \%$

ja mitkä vieläkin enemmän. Kun tässä tutkimuksessa on sarjojen koealametsiköiden yhtenäisyyden tutkimisessa käytetty kuutta tunnusta, voidaan ILVESSALON (1920 a, s. 71) käyttämiä yhtenäisyysvaatimuksia soveltaa toisella tavalla eli siten, että koealametsiköt katsotaan samaan sarjaan kuuluviksi,

1) jos vähintään kolmen tunnuksen poikkeama on pienempi kuin tunnuksen kolminkertainen keskivirhe tai 20 %;

2) jos vain kahden tunnuksen poikkeama on pienempi kuin kolminkertainen keskivirhe tai 20 % ja lisäksi vähintään kahden tunnuksen poikkeama pienempi kuin kuusinkertainen keskivirhe tai 30 %;

3) metsikkö voidaan hyväksyä sarjaan edellisistä poiketen, jos kahden tunnuksen poikkeama on pienempi kuin kolminkertainen keskivirhe tai 20 % ja lisäksi vain yhden tunnuksen poikkeama pienempi kuin kuusinkertainen keskivirhe tai 30 % tahi vain yhden tunnuksen poikkeama pienempi kuin kolminkertainen keskivirhe tai 20 % ja lisäksi kahden tunnuksen kohdalla pienempi kuin kuusinkertainen keskivirhe tai 30 %, edellytyksellä, että jonkin neljännen kohdalla poikkeama ei sanottavasti ylitä kuusinkertaista keskivirhettä tai 30 %:a.

Tapausten kokonaismäärän ollessa a-sarjassa 62 ja b-sarjassa 65 on ryhmään 1) kuuluvia tapauksia a-sarjassa 52 ja b-sarjassa 50, ryhmään 2) kuuluvia a-sarjassa 9 ja b-sarjassa 12 sekä ryhmään 3) kuuluvia a-sarjassa 1 ja b-sarjassa 3. Viime mainituista yhden kohdalla on runkoluvun poikkeama n. 34 %, yhden kohdalla M_{me} :n poikkeama 6.7 ja toisen 6.5 sekä neljännen kohdalla runkoluvulla punnitun keskiläpimitan poikkeama 7.9 kertaa keskivirhe.

Esitetyillä ehdoilla voidaan kaikki koealametsiköt sekä niiden rekonstruoidut aikaisemmat kehitysvaiheet hyväksyä sarjoihin kuuluviksi ja sisällyttää käsiteltävään aineistoon. Edellä ss. 31—33 suoritettu koealametsiköiden eräiden ikäjaksojen sädekasvulukujen yhdenmukaisuuden tarkastelu osaltaan myös tukee tällaista menettelyä.

Miten runkolukusarjojen tasoitus on onnistunut, sen seikan selvittämiseksi on vielä tutkittava, kuinka paljon koealametsiköiden todellisiin runkolukusarjoihin perustuvat kuutiomäärät poikkeavat tasoitettujen runkolukusarjojen vastaavista kuutiomääristä. Sadanneksina lasketut erotukset nähdään taulukossa 16.

Kokonaispuuston kuutiomäärä poikkeaa a-sarjassa 45 ja b-sarjassa 55 tapauksessa sadasta positiiviseen suuntaan sekä vastaavasti 55 ja 45 tapauksessa sadasta negatiiviseen suuntaan. Säilyvän puuston kuutiomäärä poikkeaa a-sarjassa 61 ja b-sarjassa 50 tapauksessa sadasta positiiviseen ja

Taulukko 16. Koealametsiköiden todellisiin runkolukusarjoihin perustuvien kuutiomäärien poikkeamat tasoitettujen runkolukusarjojen vastaavista kuutiomääristä.

Table 16. Deviations of volumes based on the actual stem diameter series from corresponding volumes based on the adjusted stem diameter series.

Poikkeus tasoitus-arvosta % Deviation from adjusted value per cent	a-sarja — Series a)		b-sarja — Series b)	
	Kokonaispuusto Total growing stock	Säilyvä puusto Surviving growing stock	Kokonaispuusto Total growing stock	Säilyvä puusto Surviving growing stock
	%:ssa koealoista — as percentage of the sample stands			
< 5.0	30	20	34	13
5.1—10.0	35	19	18	28
10.1—20.0	16	32	33	30
20.1—30.0	19	10	9	16
>30.0	—	19	6	13
Yhteensä Total	100	100	100	100

edellinen 39 sekä jälkimmäinen 50 tapauksessa sadasta negatiiviseen suuntaan. Todellisiin runkolukusarjoihin perustuvat kuutiomäärät poikkeavat tasoitetuista keskimäärin seuraavasti:

	a-sarja — Series a)		b-sarja — Series b)	
	Kokonais- Total	Säilyvä- Surviving	Kokonais- Total	Säilyvä- Surviving
	puusto — growing stock			
%	— 1.4	+ 2.9	+ 0.4	+ 3.1

Taulukon lukuihin nähden on huomautettava, että todellisiin runkolukusarjoihin perustuvat koealametsiköiden kuutiomäärät 5 ja 10 vuotta sitten on laskettu sarjojen tasoitettujen pituus- ja kapenemislukujen perusteella.

432. Poistuvan puuston yhtenäisyys

Poistuvan puuston määrät jakaantuvat epätasaisesti eri koealametsiköiden kesken. Tästä johtuu, että taulukon 16 säilyvän puuston todellisiin runkolukusarjoihin perustuvien kuutiomäärien poikkeukset tasoitettujen runkolukusarjojensa vastaavista luvuista ovat suuremmat kuin kokonaispuuston vastaavien kuutiomäärien poikkeukset, koska säilyvä puusto on kokonaispuuston ja poistuvan puuston erotus. Kun taas poistuva puusto on kokonaispuuston ja säilyvän puuston erotus ja poistuvan

puuston määrät ovat varsinkin sarjojen nuorissa ja keski-ikäisissä metsissä pienemmät kuin säilyvän puuston määrät, ovat kysymyksessä olevat poikkeamat poistuvan puuston kohdalla yksityistapauksissa sekä positiiviseen että negatiiviseen suuntaan suhteellisesti suuremmat kuin säilyvän puuston ja kokonaispuuston kohdalla. Keskimääräinen poikkeama saattaa silti olla varsin pieni, kuten edellä on ilmennyt mm. säilyvän puuston kuutiomääriin nähden.

Poistuvan puuston kuutiolaskelmissa on todettu, että mittauksiin perustuvat poistuvan puuston kuutiomäärät vaihtelevat tasoitettuihin kuutiomääriin verrattuna ikäluokittain a-sarjassa +5.6 %:sta -20.6 %:iin ja b-sarjassa +12.0 %:sta -19.5 %:iin. Keskimäärin poikkeama mittaus tulosten mukainen kuutiomäärä tasoitetuista kuutiomääristä a-sarjassa -2.3 % ja b-sarjassa -6.6 %.

433. Sarjojen erottautuminen toisistaan

Koealojen valintaperiaatteita selvitettäessä on jo todettu, miten tutkimuksessa on lähinnä kokemusperäisesti, kuusikoiden ulkonäön ja hakkausten erilaisuuden perusteella, koostettu kaksi sarjaa. Tehty olettaus, että kummatkin sarjat kuuluvat OMT:n kasvupaikkaan, on todettu oikeaksi. Jälle jää näin ollen kysymys, johtuvatko erot hakkauksista vai kasvupaikkavaihteluista OMT:n sisäpuolella.

Taulukoissa 6 ja 7 esitettyjä a- ja b-sarjojen eri metsikkötunnuksia tarkasteltaessa havaitaan, että tunnuksat poikkeavat toisistaan 60. ikävuoteen mennessä verrattain vähän, yleensä vähemmän kuin erotuksen kolminkertainen keskivirhe tai edellä mainittu 20 %, vaikkakin a-sarjan tunnuksat ovat yleensä suuremmat kuin b-sarjan, runkolukua lukuun ottamatta. Pelkästään näihin eroihin nojautuen ei siis voitane erottaa kahta sarjaa ennen kuin n. 60—70. ikävuodesta lähtien, jolloin a-sarjassa siirrytään uudistushakkauksiin. Erikoisesti kuutiomäärään nähden on huomattava, että se on a-sarjassa mainittuihin ikävuosiin saakka suurempi kuin b-sarjassa, vaikka edellisestä on poistettu enemmän puuta. Vuokilan kehityssarjasta on tähän ikään mennessä poistettu vielä enemmän puuta kuin a-sarjan metsiköistä, mutta kokonaispuuston kuutiomäärä pysyy niissä jälkimmäisen vastaavaa kuutiomäärää pienempänä. Myös EIDEN ja LANGSAETERIN (1941) sarjojen kokonaispuuston ja poistuvan puuston kuutiomäärien suhteet osoittavat, joskin heikosti, samaa tendenssiä: poistuvan puuston määrän suurentuessa kokonaispuuston kuutiomäärä samantyyppisellä kasvupaikalla alenee. Sarjoja a ja b keskenään verrattaessa ha-

vaittava päinvastainen suunta muistuttaa mm. Vuokilan tutkimuksen OMT- ja MT-kuusikoiden kokonaispuuston ja poistuvan puuston keskinäisiä suhteita: OMT:llä ovat kummatkin suuremmat kuin MT:llä.

Edellisen perusteella tullaan siihen tulokseen, että a- ja b-sarjoja ei voida n. 60. ikävuoteen saakka erottaa toisistaan hakkausten perusteella. Jälle jää kysymys siitä, voidaanko ne erottaa toisistaan sillä perusteella, että a-sarja edustaa keskimääräistä tai sitä parempaa ja b-sarja edellistä huonompaa OMT:n kasvupaikkaa.

Metsämaan hyvyden vaihteluilla saman metsätyyppin sisällä on oma merkityksensä metsätyyppijä koskevissa taksatorisissa tutkimuksissa, sillä metsätyyppien suhteelliset arvot liikkuvat varsin väljissä rajoissa keskimääräisen ympärillä. CAJANDER ja ILVESSALO (1921, ss. 22—23) mainitsevat, että metsätyyppit muodostuvat todellisuudessa joukosta biotyyppijä, jotka eroavat toisistaan enemmän tai vähemmän ja että eri metsätyyppien raja-alueilla havaitaan näiden tyyppien välimuotoja, jotka voivat olosuhteista riippuen esiintyä myös itsenäisinä. Kun OMT on sangen itsenäinen, oma tyyppinsä (vrt. mt., s. 33) ja kun useat OMT:n metsikkötunnuksat eroavat yhtä selvästi ja lähimain yhtä suurin välein viereisten metsätyyppien vastaavista tunnuksista kuin muidenkin metsätyyppien tunnuksat (vrt. mm. ILVESSALO 1920 a, ss. 121—129 ja liite II, ss. 3—14), voidaan tästäkin päätellä, että OMT:n vaihtelualue on varsin laaja ja että mm. normaalin OMT:n ja MT:n väliltä voidaan löytää välimuotoja, jotka jäävät OMT:n vaihtelualan sisäpuolelle. Vuokilan tutkimuksessa on OMT:n hoidetun kuusikon valtapituudeksi saatu keskimäärin 2—3 metriä suurempi luku kuin vastaavan MT-kuusikon. Tässä tutkimuksessa on a-sarjan valtapituus saatu keskimäärin n. 1.5 metriä suuremmaksi kuin b-sarjan. Tämä ero yhdessä edellä esitettyjen kokonaispuuston ja poistuvan puuston kuutiomäärien keskinäisten suhteiden kanssa todistaa sen, että b-sarjan koealametsiköt on otettu huonommalta OMT:n kasvupaikalta kuin a-sarjan koealametsiköt ja siis kasvupaikalta, joka on eräs OMT:n alatyypit.

Sarjan b merkitys onkin tässä tapauksessa osoittanut, että saman metsätyyppin sisällä voidaan havaita merkitseviä, käytännössäkin huomioon otettavia ja boniteettivaihteluista johtuvia kasvu- ja tuottolukujen eroja ja että nämä erot kuvastuvat hakkauksissakin.

5. Hakkuuarvo-, arvokasvu- ja hakkuutulosarjat

51. Hinnoitteluperusteet

Edellisessä osassa koostettujen taksatoristen lukujen pohjalta lähtien lasketaan tässä osassa vastaavat metsikkösarjojen arvoa osoittavat luvut ja tunnukset. Tätä varten on kehitettävä käytettävät yksikköhinnat. Tässä yhteydessä ei suoriteta erilaisten metsän arvon laskentatapojen, kuten puuston hakkuu-, odotus- ja kustannusarvon eikä myöskään metsämaan tuottoarvon sen enempää kuin metsän tuottoarvon laskentatavan teoreettista selvitystä, vaan tyydytään viittaamaan alaa koskevaan kirjallisuuteen (mm. SAARI 1940; LIHTONEN 1942; DIETERICH 1942; CHAPMAN ja MEYER 1947; KELTIKANGAS 1947; 1954).

511. Kantohintasarjan koostaminen

5111. YLEISTÄ

Tutkimussarjojen puhtaan tuoton ja metsämaan tuottoarvon määrittämiseksi on laskettava arvokasvu- ja hakkuutulosarjat. Tätä varten on niiden puusto hinnoitettava hakkuuarvoonsa. Puuston hakkuuarvon pohjana ovat puutavaran *kantohinnat*. Kantohinnalla eli kantorahalla tarkoitetaan puun pystymyynnissä metsän omistajalle maksettavaa puun hintaa. Hankintamyynnissä määritetään kantohinta mm. KELTIKANKAAN (1950, ss. 609—635), HARVEEN (1950, ss. 636—659) ja SEPPÄLÄN (1950, ss. 211 ja 217) mukaan tavallisesti ennakkolaskennan tapaan siten, että määräpaikkahinnasta, jolla tarkoitetaan puutavaran hintaa kulutus-, jalostus- tai vientipaikalla, vähennetään hankinta- ja kaukokuljetuskustannukset. Puutavaran hankinnan jälkilaskennassa on laskelmien kulku päinvastainen. Siinä lisätään kiinteään, esim. maksettuun, kantohintaan todelliset hankinta- ja kuljetuskustannukset ja päädytään määräpaikkahintaan.

Kantohintaan sisältyvät metsän omistajalle metsän kasvattamisesta ja

metsätalouden harjoittamisesta johtuvat kulut tai kustannukset ilman hankintamenoja, aina leimauskuluihin saakka. Mikäli puutavaran ostaja suorittaa itse leimauksen, sisällyttää hän kuitenkin leimauskustannukset hankintakustannuksiin (vrt. SEPPÄLÄ mt., s. 203). Ruotsalaiset tutkijat MATTSSON-MÅRN (1927) ja STREYFFERT (1951 ja 1954) jakavat metsätalouden kustannukset *pitkä-* ja *lyhytaikaisiin* kustannuksiin. Pitkäaikaisia kustannuksia, joista voidaan puhua oikeastaan vain maankorko-teorian valossa, ovat edellä mainitut kantohintaan kuuluvat, metsän kasvattamisesta aiheutuvat ja muut hankintakustannuksiin kuulumattomat kustannukset. Hankintakustannukset ovat taas lyhytaikaisia kustannuksia. STREYFFERT (mt.) jakaa lyhytaikaiset kustannukset edelleen *välittömiin* ja *välillisiin* kustannuksiin. Välittömiä ovat sellaiset kustannukset, jotka voidaan viedä määrätyle puutavaralajille tai -erälle, kuten mittayksiköltä maksettavat suoranaiset hakkuu-, ajo- ja kaukokuljetuspalkat, välillisiin taas puutavaran leimaus, mittaus, hakkuun valvonta, valtatiet ja työväen huolto, siis kaikki sellaiset kustannukset, joita ei voida viedä suoraan jollekin määrätyle puutavaraerän yksikölle ilman erikseen määritettävää jakoperustetta. Lisäksi voidaan hankinta- eli lyhytaikaisiin kustannuksiin sisällyttää välillisinä kustannuksina niiden osuus liikkeen yleisistä hallintokuluista ym. vastaavista yleiskulueristä.

Edellä mainitut ruotsalaiset tutkijat (MATTSSON-MÅRN ja STREYFFERT) käyttävät kantohinnasta nimitystä *nettorotvärde*, *nettokantoarvo*. Siitä arvosta, mikä jää jällelle, kun hankintahinnasta vähennetään lyhytaikaiset kustannukset, hankinnan yleiskuluja lukuunottamatta, käyttää mm. STREYFFERT (1954, s. 303) nimitystä *rånnetto* eli *raakanetto* sekä siitä arvosta, mikä jää jällelle, jos vain välittömät hankintakustannukset vähennetään, *huggningsnetto* eli *hakkuunetto*. STREYFFERT mainitsee myös sellaisen kantoarvon, joka saadaan vähentämällä puutavaran määräpaikkatai hankintahinnasta kaikki siihen mennessä erääntyneet pitkä- ja lyhytaikaiset kustannukset. STREYFFERT ei pidä tällaisen »nettonettohinnan» käyttämistä kuitenkaan asianmukaisena, vaan esittää käytettäväksi vastaavana terminä nimitystä *skogsbrukets netto* eli *metsätalouden netto*. Tämä nettotulos voidaan ilmaista metsätalouslyksikköä, hakatun puuston m³:ä tai metsämaan hehtaaria kohden laskettuna lukuna. Tästä seikasta lausuu KELTIKANGAS (1950, s. 611), että kustannuslaskennan periaatteiden soveltamista puun kasvattamiseen ei ole yleensä syytä käyttää, koska ei voida riittävällä tarkkuudella laskea, miten paljon tuotantokustannuksia esim. sahapuukuutiojalan tai paperipuukuutiometrin kasvattaminen vaatii. Pääosa näistä kustannuksista on pääoman korkoa, jonka laske-

minen kasvavalle puustolle ja siitä hakattaville puutavaralajeille on epävarmaa. Käytännöllisessä laskentatoimessa rajoitutaankin selvittämään metsäliikkeen omien metsien liikekirjanpidollinen vuotuistulos tuottojen ja kulujen erotuksena.

Norjalaisissa tutkimuksissa (vrt. mm. LANGSAETER 1939; JØRGENSEN 1953; JØRGENSEN ja SEIP 1954) on käytetty menetelmää, jossa puutavaran käyvästä bruttohinnasta eli hankintahinnasta johdetaan ns. redusoitu bruttoarvo ja tästä edelleen nettoarvo eli kantohinta. Kun pienimittaisten runkojen hankintakustannukset ovat kuutioyksikköä kohden suuremmat kuin suurimittaisten runkojen, on nämä kustannukset jaettu kahteen osaan. Toinen osa on runkoa kohden vakio, mutta kuutioyksikköä kohden muuttuva ja toinen osa kuutioyksikköä kohden vakio ja runkoa kohden muuttuva, edellyttäen että puutavara koostuu eri kokoisista rungoista. Kun se kustannuserä, mikä on runkoa kohden vakio, kerrotaan kuutioyksikköön sisältyvien runkojen lukumäärällä ja tulo vähennetään kuutioyksikön bruttoarvosta, saadaan redusoitu bruttoarvo. Vähentämällä tästä se kustannuserä, mikä on kuutioyksikköä kohden vakio, saadaan nettoarvo eli kantohinta kuutioyksikköä kohden. Viime mainittu kustannuserä on laskettu rynnankorkeusläpimittaluokittain ja käyttöpuun kuutioyksikköä kohden, siis suhteelliseksi myynti- eli käyttökuutioon, ns. volumproporsjonale kostnader (vrt. JØRGENSEN 1953, s. 177).

Tutkimuksessa käytetään kantohinta-aineistona todella maksettuja tai ohjeeksi annettuja kantohintoja. Tämän johdosta ei hankintakustannuslaskelmia tarvitse suorittaa.

5112. KANTOHINTOJEN VAIHTELUT

Puutavaran kantohinta vaihtelee monien eri tekijöiden johdosta. Ennen kaikkea vaihtelee eri puutavaralajien hinta vertauskelpoista kuutioyksikköä kohden. Puutavaran hintatekijänä on laatu siksi tärkeä, että sitäkään ei tässä yhteydessä voida sivuuttaa. Pölkkyjen koko ja mittasuhteet ovat nimenomaan järeän puutavaran hinnoittelussa huomioon otettavia tekijöitä. Laatuun liittyy myös puutavaran teknillinen kelpoisuus, jolla tarkoitetaan puutavarassa tavattavia erinäisiä morfologisia ja patologisia vikaisuuksia, kuten oksaisuutta, mutkia, erilaisia lahovikoja ym. Lähinnä rahan arvon muutoksista ja suhdanteista aiheutuvat puutavaran hintojen ajalliset vaihtelut ovat varsin merkitsevät. Myös paikalliset vaihtelut, jotka johtuvat eri paikkakuntien ja seutujen metsien erilaisesta talousmaantieteellisestä tai liiketaloudellisesta sijainnista ja jotka ilmenevät lähinnä menekki- ja puutavaran kuljetusolojen erilaisuutena näi-

den paikkakuntien välillä, aiheuttavat samanakin ajankohtana eroja puutavaran kantohinnoissa. Kysynnän ja tarjonnan laki aiheuttaa myös vastaavanlaisia vaihteluita.

Kantohintasarjan koostamiseksi on hankittu kuusisaha- ja paperipuuta sekä sekahalkoja koskevia, eri vuosiin ja vuosijaksoihin kohdistuvia keskimääräisiä kantohintatietoja ja -tilastoja. Koealojen sijoittelussa noudatettujen periaatteiden mukaisesti on hintasarjakin pyrittävä koostamaan sellaiseksi, että se edustaisi ja kuvaisi Suomen lounaisosan kantohintoja. Nimenomaan ajallisten vaihteluiden johdosta ei tässä voida nojautua yhden eikä kahdenkaan vuoden kantohintoihin, vaan pitemmän ajan keskimääräisiin hintoihin. Lähinnä ajallisten ja paikallistenkin vaihteluiden tasoittamiseksi johdetaan tuonnempana absoluuttisista, eri puutavaralajien kantohinnoista suhteelliset kantohinnat ja niistä edelleen puuston hakkuarvoa, arvokasvua ja tuottoa osoittavat luvut, samaan tapaan kuin edellä on koostettu vastaavat taksatoriset tunnuksset.

Kuusipaperipuuta ostettaessa ja hankittaessa ei puutavaran laatuun ja kokoon ole ainakaan tähän saakka kiinnitetty erikoisen suurta huomiota. Kesäpuun suhteellinen runsaus kevätpuuhun verrattuna on ilmeisesti positiivisessa riippuvaisuussuhteessa puusta saatavaan selluloosamäärään (vrt. mm. SIREN 1952 b, ss. 17—18). Erilaisilla kasvupaikoilla kasvavista puista voidaan saada myös eri suuret määrät selluloosaa puun tilavuusyksikköä kohden (vrt. MIKOLA, PAUL ja WILDE 1951, s. 880). Kun laadun vaikutuksesta paperipuun kantohintaan ei ollut saatavissa riittävää selvitystä, ei tämän puutavaralajin laadun vaikutusta ole otettu puuston hinnoittelussa huomioon. Sama koskee myös paperipuun kokoa. Tunnettua on, että pino-kuutiometrissä paperipuuta on sitä enemmän kiintokuutiometreissä ilmaistua puuta, jota suurempi on pölkkyjen läpimitta (vrt. KIINTOMITTATAULUKKOJA, 1929). Tutkimussarjojen nuorien metsiköiden paperipuupölkkyjen koko on todettu pienemmäksi kuin keski-ikäisten ja vanhojen (vrt. myös KALELA 1933, s. 38). Tämän johdosta nousee edellisten metsiköiden hakkuarvo laskelmissa todellista arvoa hieman suuremmaksi, jälkimmäisten jäädessä vastaavasti liian pieneksi. Kuusipaperipuun ja sahapuun teknillinen kelpoisuus eli ns. vikaisuustekijä (vrt. mm. SALO 1954) otetaan kuitenkin yhtenä keskimääräisenä suhdelukuna hinnoitteluperusteissa huomioon. Näillä perusteilla päädytäänkin kuusipaperipuun samoin kuin sekahalokin kohdalla tuonnempana yhteen keskimääräistä kantohintaa osoittavaan lukuun. Sahapuulle lasketaan niiden koosta riippuen vaihtelevat kantohinnat. Sahapuiden laatu oletetaan keskinkertaiseksi, kuten se oli koealametsiköissäkin.

5113. KANTOHINTA-AINEISTO

Sarjan koostamisessa käytettävät keskimääräiset kantohinnat on saatu seuraavista lähteistä ja laskettu seuraavassa seioistettavia periaatteita noudattaen:

Myyntikausien 1934-35 — 1938-39 eli myyntivuosien 1934—38 kantohinnat 3 kmn perusajomatalla uittoreitistä tai maantiestä on saatu PAAVO HARVEEN tutkielmasta (1940). Sahapuiden keskimääräinen kantohinta on mainittuna ajanjaksona ollut Etelä-Lounais-Suomen alueella (= metsähallinnon Länsi-Suomen piirikunnan alue) keskimäärin mk 4: 90 teknill. kuutiojalkaa kohden, rungon keskikuution ollessa 8 j³. Yhden metrin pituisen, puolipuhaaksi kuoritun kuusipaperipuun kantohinta on ollut samalla alueella vastaavana vuosijaksona mk 69: 40 p-m³:ltä sekä sekahalon mk 14: — p-m³:ltä.

Sota-aikana ja sen jälkeen annettiin valtiovalan toimesta useita puutavaroiden kantohintoja koskevia hintasääntelypäätöksiä ja -määräyksiä. Näistä mainittakoon valtioneuvoston 28. 9. 1944 antama päätös kuusija mäntypaperipuiden kantohinnoista (n:o 685/1944), valtioneuvoston päätös järeän havupuun ohjehinnoista, annettu 13. 11. 1944 (n:o 833/1944) sekä valtioneuvoston päätös järeän havu- ja koivupuun sekä paperi- ja kaivospuun enimmäishinnoista, annettu 12. 7. 1945 (n:o 779/1945). 16. 9. 1947 sopivat Maataloustuottajain Keskusliiton Metsävaltuuskunta ja Suomen Puunjalostusteollisuuden Keskusliitto noudatettavista ainespuun kantohinnoista mm. Etelä-Suomen vesistöalueilla. Edellisten päätösten ja sopimuksen mukaisista Helsingin, Lounais-Suomen, Satakunnan, Pohjois-Hämeen, Uudenmaan-Hämeen, Itä-Hämeen ja Etelä-Karjalan metsänhoitolautakuntien alueiden tai vastaavien vesistöalueiden havusahapuiden ja kuusipaperipuiden uittoväyläpistehinnoista on laskettu puutavaralajeittain keskimääräiset, punnitsemattomat pistehinnat. Lasketut hinnat esitetään viereisellä sivulla olevassa asetelmassa.

Metsäntutkimuslaitoksen metsätalouden tutkimusosastolta on saatu verratusta varten kerätyn, hakkuukausien 1949-50 — 1953-54 kantohintatilaston keskimääräiset kantohinnat Uudenmaan, Turun ja Porin, Hämeen sekä Kymen läänien kunnissa. Nämä taulukossa 17 esitettävät luvut ovat kuhunkin läänin kuuluvien maalaiskuntien keskimääräisten yksikköhintojen painottamattomia keskiarvoja. Kuusipaperipuun kantohinnat tarkoitavat 2-metrisestä, puolipuhaasta tavarasta sekä havusahapuun kantohinnat 10 j³:n rungosta pystykaupassa saatua kantohintaa, kummatkin 2 kilometrin hevosajomatkan päässä hintapisteestä (vrt. SELIN 1954).

Kuusisahapuu
Spruce saw timberKuusipaperipuu
Spruce pulpwood

Keskimääräinen kantopistehinta 2 kmn hevosajomatkan päässä hintapisteestä
Mean stumpage at 2 km. distance from long-distance transport route

rungon keskikuutio 10 j ³ mean stem volume = 10 cu. ft.			1-metrinen, puolipuh. kuor. length 1 m, partly barked		
Vn 1944 hintasääntelypäätös mk/teknill. j ³	Vn 1945 The 1945 statute on price regulation, marks/technical cu. ft.	Vn 1947 sopimus The 1947 agreement	Vn 1944 hintasääntelypäätös mk/p-m ³	Vn 1945 The 1945 statute on price regulation, marks/stacked cu.m.	Vn 1947 sopimus The 1947 agreement
8: 65	12: 75	26: —	147: —	212: —	475: —

Taulukko 17. Havusahapuun, kuusipaperipuun ja polttopuun keskimääräiset kantohinnat Suomen lounaisosassa vv. 1949—1954.

Table 17. Mean stumpage of softwood saw timber, spruce pulpwood and firewood in the South-West of Finland in 1949—1954.

Puutavaralaji Timber assortment	Hakkuukausi — Logging season				
	1949—50	1950—51	1951—52	1952—53	1953—54
	mk/j ³ ja p-m ³ — mk/cu.ft. and cu.m.				
Sahapuu j ³ :lta — Saw timber per cu.ft.	41	79	132	89	92
Keskimäärin — Average	86.6				
Kuusipaperipuu p-m ³ :lta — Spruce pulpwood per cu.m., stacked measure	426	811	2 115	1 003	968
Keskimäärin — Average	1 065				
Polttopuu p-m ³ :lta — Firewood per cu.m., stacked measure ..	—	368	617	415	291
Keskimäärin — Average	423				

Metsähallituksen vuosikertomusten (METSÄTILASTO 1954 a ja b; 1955) mukaan on Länsi-Suomen piirikunnan alueen valtion metsistä vuosina 1949—1953 myydyin saha- ja rakennuspuun keskimääräinen kantohinta ollut kuorellista kiintokuutiometriä kohden ja 10 j³:n keskikuution edel-

lyttämään kuusisahapuun hintatasoon muunnettuna 1 270 markkaa, kuusipaperipuun 942 markkaa sekä poltto-, tervas- ja sysipuun 465 markkaa. Kun viime mainittuun sisältyy myös priima koivu- ja havuhalko, jää sekahalon kantohinta huomattavasti 465 markan alapuolelle.

5114. KANTOHINTA KIINTOKUUTIOMETRIÄ KOHDEN

Jotta eri puutavaralajien kantohinnat saataisiin keskenään vertailukelpoisiksi, on selvitettävä, mihin määrään nousee niiden kantohinta todellista, kuorellista kiintokuutiometriä kohden. Kertomalla edellä saadut eri puutavaralajien kantohinnat »Kiintomittataulukoiden» asianomaisilla kertoimilla, 10 j³:n sahapuurungon kuutiojalan kantohinta kertoimella 23.5, on taulukkoon 18 saatu vastaava kantohinta puutavaralajeittain kiintokuutiometriä kohden. Tukkipuiden latvamuotoluvun, tasausvaran, läpimitan alaspäin pyörityksen, kapeimmalta puolelta mittauksen ja kuoren johdosta käytettävien korjauskertoimien (vrt. PÖNTYNEN 1929, ss. 32, 34 ja 40) avulla on laskettu, kuinka monta erikokoisista rungoista koostunutta kuutiojalkaa on yhdessä kiintokuutiometrissä sahapuuta. Runkojen keski-koon ollessa alle 5 j³ on tämä määrä n. 21 j³, mutta nousee 23.5:een keski-kuution suurentuessa 10 j³:aan. Keski-kuution noustessa 18 j³:aan on vastaava luku 24.7. Käytetty kerroin 23.5 on siis saatu tällä tavalla.

Kuusisahapuun kantohinta on alempi kuin vastaavan mäntysahapuun kantohinta. Edellä mainittujen valtioneuvoston säännöstelypäätösten mukaan on tämä erotus n. 7–8 %. Mäntyä käytetään saha- ja rakennuspuuna enemmän kuin kuusta. ERVASTIN (1955, s. 32) mukaan on kuusen osuus pitkän havusahatavaran tuotoksesta ollut vuosina 1920–1952 keskimäärin vain n. 25 % ja näistä vuosina 1949–1952 n. 33 %. Kun edellä HARVEEN, SELININ ja METSÄTILASTON aineistoihin sisältyy kaikki havusahapuu, on niiden antamista keskihinnosta vähennetty n. 5 %, jotta päästäisiin kuusisahapuun keskimääräiseen kantohintaan. Tämä vastaa keski-kuutioltaan 10.0 j³:n mäntysahapuun kohdalla likimääräistä hintakerrointa 102 ja kuusen kohdalla 95 silloin, kun vastaavan erottelemattoman havusahapuun hintakerroin on 100. Lukuunottamatta valtion metsien aineistoa, josta ei ole voitu saada tarpeellisia esitietoja, on kantohinnat tarvittaessa korjattu 2 kilometrin vetomatkaa sekä 1-metrillä, puolipuhuttaaksi kuorittua paperipuuta vastaaviksi.

Taulukon 18 lukuja tarkastellessa kiintyy huomio siihen seikkaan, että kuusipaperipuun ns. säännöstely- ja sopimushinnat ovat kuusisahapuiden vastaaviin hintoihin verrattuina suhteellisesti korkeammat kuin myynti-

Taulukko 18. Eri puutavaralajien kantohintoja kuorellista, todellista k-m³:ä kohden.
Table 18. Stumpages for different timber assortments, per cu.m. solid measure, incl. bark.

Hintatilaston lähde ja myyntiaika Source of price statistics and seasons of sales	Kuusisahapuu (keski-kuutio 10 j ³) Spruce saw timber (mean volume = 10 cu.ft.)		Kuusipaperipuu Spruce pulpwood		Polttopuu Firewood	
	mk/k-m ³ mk/cu.m.	suhde- luku index	mk/k-m ³ mk/cu.m.	suhde- luku index	mk/k-m ³ mk/cu.m.	suhde- luku index
Harveen tutkimus 1934–1939 — <i>The Harve investigation</i> 1934–1939	119	100	85	71	25	21
V. 1944 annetut asetukset — 1944 statutes	203	100	176	87	—	—
V. 1945 annettu asetukset — <i>The</i> 1945 statute	300	100	254	85	—	—
V. 1947 tehty sopimus — <i>The</i> 1947 agreement	611	100	569	93	—	—
Myyntikaudet 1949–50—1953– 54 — <i>Seasons of sales 1949–</i> 1950—1953–1954	1 933	100	1 326	69	671	35
Länsi-Suomen piirikunnan ai- teen valtion metsien kantohin- nat 1949–1953 — <i>Stumpage</i> <i>for the Western District of</i> <i>State Forests of Finland in</i> 1949–1953	1 270	100	942	74	465	37

ja hakkuukausien 1949–50 — 1953–54 vastaavat luvut. Eri hakkuukausina ovat viime mainitun vuosijakson kuusipaperipuiden hintasuhdeluvut — kun kuusisahapuun keskimääräinen hintasuhdeluku merkitään 100:ksi — seuraavat:

H a k k u u k a u s i					
1949–50	1950–51	1951–52	1952–53	1953–54	Keski- määrin
56	55	89	64	57	64

Nämä luvut ovat punnitsemattomia keskiarvoja. Jos paperipuista eri vuosina maksetut kantohinnat punnitaan niillä ao. hakkuukausien kuusipaperipuiden hakkuumäärillä, jotka esitetään metsänhoitolautakuntien vuosikertomusten yhdistelmissä (METSÄNHOITOLAUTAKUNTIEN TOIMINTA

vv. 1949, 1950, 1951 ja 1952, taulukko n:o 17, kuuden edellä mainitun metsänhoitolautakunnan alueet) saadaan hakkuukausten kuusipaperipuun hintasuhteluvuksi 70. Jos sama laskutoimitus suoritetaan myös sahapuiden vastaavien hakkuumäärien kohdalla, nousee kuusipaperipuun hintasuhteluku suuremmaksi kuin 80.

Esitetyistä suhteluvuista ja suhdelukusarjoista on tehtävä sellainen johtopäätös, että todellisin kiintomitoin ilmaistun kuusipaperipuun hintasuhteluku ei saisi olla tilavuusyksikköä kohden sanottavastikaan pienempi kuin 80 silloin, kun vastaavin mitoin ilmaistun, vastaavansuuruisen kuusisahapuumäärän, jonka runkojen keskikuutio on 10.0 j³, hintasuhteluku merkitään 100:ksi. Polttopuun vastaava suhteluku arvioidaan tällöin 25:ksi.

Sahapuun kuutioyksikön (teknill. j³:n) kantohinta vaihtelee sahapuurunkojen ja -pölkkyjen koosta riippuen. Käyttämällä lähtökohtana HARVEEN tutkielmassa (1940) esitettyä hintakerroinsarjaa ja merkitsemällä keskikuutioltaan 10 j³:n rungon suhteluku 100:ksi ja tästä koosta poikkeavien runkojen vastaavasti 100:sta ylös- tai alaspäin saadaan taulukon 19 a-kohdassa esitetty suhdelukusarja. Yhdestä todellisesta k-m³:stä saadaan sitä enemmän teknillisin j³-mitoin ilmaistua sahapuuta, jota suurempi on runkojen keskikuutio (vrt. edellä s. 90). Sen johdosta on näitä kertoimia korjattu taulukon c-kohdassa esitetyillä luvuilla, mitkä ilmaisevat erikokoisten sahapuurunkojen yhdestä k-m³:stä saatavan kuutiojalkamäärän suhteen yhdestä k-m³:stä, 10 j³:n runkoja, kertyvään kuutiojalkamäärään (vrt. mm. PÖNTYNEN 1956, s. 261). Näiden kahden kertoimen tuloa, sarake d, on korjattu vielä tekijöillä, jotka johtuvat puiden yleisestä teknillisestä kelpoisuudesta eli vikaisuudesta, sekä hakkuuvaikeus- ja leimikon tiheysluokasta. Koelasarjan puissa ei havaittu erikoisia, silmin nähtäviä vikoja. Vikaisuuden vaikutus puiden ja puuston arvoon onkin normaalitapauksissa verrattain vähäinen, kuusipuuston osalta yleensä pienempi kuin 2 % arvosta (vrt. SALO 1954). Jotta eri puutavarapölkkyjen todellisen katkomisen eroavaisuus tutkimuksessa käytetystä ns. teoreettisesta katkomisesta tulisi kuitenkin eliminoiduksi, on edellä lasketuista saha- ja paperipuun kertoimista vähennetty luku 2, mikä vastaa keskimäärin n. 2 % vikaisuusalennusta. Hakkuuvaikeusluokka on arvioitu keskinkertaiseksi, joten tästä johtuvaa korjausta ei ole tarvinnut tehdä. Lisäksi on otettava huomioon puutavaran hakkuutiheysluokka (*Metsätyöpalkkataulukot*). Sarakkeessa e esitetään sitten lopulliset hintakertoimet, joissa kaikki edellä mainitut tekijät on otettu huomioon.

Kiinnekohtien saavuttamiseksi markkamääräisiin lukuihin on sarake-

Taulukko 19. Eri puutavaralajien ja -kokojen kantohintojen suhteluvut k-m³:ä kohden.
Table 19. Index of stumpages for different assortments and sizes of timber, per cu.m., solid measure.

Sahapuurungon keskikuutio teknill. j ³ Mean volume of softwood saw timber stem, technical cu.ft.	Hinta-suhde Index of stump-age	1 k-m ³ :stä runkopuuta, kuorell. saadaan teknill. j ³ Technical measure cu.ft. derived from one cu.m. stemwood solid measure	$100 \times \frac{b}{23.5}$	$\frac{a \times c}{100}$	Kerroin vikaisuus- ja tiheysluokka korjausten jälkeen Corrected index on defects and forest density	$\frac{e}{50}$ käytetty kerroin = index utilized
Suhdeluku — Index						
	a	b	c	d	e	f
— 5	79	21.0	89	70	70	1.40
5— 5.9	83	21.3	91	76	74	1.50
6— 6.9	87	21.6	92	80	78	1.55
7— 7.9	91	22.6	96	87	85	1.70
8— 8.9	94	22.9	97	91	89	1.80
9— 9.9	97	23.2	99	96	93	1.85
10—10.9	100	23.5	100	100	100	2.00
11—11.9	103	23.8	101	104	104	2.10
12—12.9	106	24.0	102	108	109	2.20
13—13.9	109	24.2	103	112	115	2.30
14—14.9	111	24.3	103	114	118	2.35
15—15.9	113	24.4	104	118	123	2.45
16—16.9	116	24.5	104	121	126	2.50
17—17.9	119	24.6	105	125	128	2.55
18—18.9	121	24.7	105	127	131	2.60
Ku-paperipuun Spruce pulpwood				80	78	1.55
Polttopuu Firewood				25		0.50

keen e luvut jaettu vielä 50:llä. Tämä luku on valittu jakajaksi sen takia, koska saatu osamäärä sarakkeessa f kerrottuna 1 000:lla antaa tuloksi kiintokuutiometrin vastaavan hinnan sillä edellytyksellä, että sellaisen kuusisahapuun kantohinta, jonka runkojen keskikuutio on 10.0—10.9 j³, on n. 85 markkaa j³:lta ja muun kokoisen sahapuun kantohinta j³:lta taulukon 19 a-kohdassa mainitussa suhteessa 85 markkaan sekä yhden metrin pituisen, puolipuhkaaksi kuoritun kuusipaperipuun kantohinta 1 295 markkaa ja polttopuun 330 markkaa p-m³:ltä.

Taulukko 20. Metsikön arvokasvu ja poistuvan puuston hakkuuarvo suhdelukuina hehtaaria kohden.

Table 20. Value growth in stands and stumpage value of removal, relative figures per ha.

Metsikön ikä, v. Age of the stand, years	Poistuvan puuston hakkuuarvo (= Aikakautinen hakkuutuoto) Stumpage value of removal	Arvokasvu — Value growth								
		Juokseva — Current						Kokonaisarvokasvu Total value growth		
		Kokonaispuuston Total growing stock		Poistuvan puuston Removal		Säilyvän puuston Surviving growing stock		Kiertoaika, v. Rotation, years	Yht. Total	Keskimääräinen Mean annual
		Aikakautinen Periodical	Vuotuinen Annual	Aikakautinen Periodical	Vuotuinen Annual	Aikakautinen Periodical	Vuotuinen Annual			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
a-sarja — Series a):										
1—30	8	134	4.5	8	0.3	126	4.2	30	134	4.5
31—40	30	158	15.8	10	1.0	148	14.8	40	292	7.3
41—50	58	201	20.1	13	1.3	188	18.8	50	493	9.9
51—60	109	207	20.7	16	1.6	191	19.1	60	700	11.7
61—70	187	161	16.1	19	1.9	142	14.2	70	861	12.3
71—80	220	157	15.7	48	4.8	109	10.9	80	1 018	12.7
81—85	134	77	15.4	17	3.4	60	12.0	85	1 095	12.9
85	349									
Yhteensä Total	1 095	1 095	12.9	131	1.6	964	11.3			
b-sarja — Series b):										
1—30	8	134	4.5	8	0.3	126	4.2	30	134	4.5
31—40	32	130	13.0	12	1.2	118	11.8	40	264	6.6
41—50	39	140	14.0	8	0.8	132	13.2	50	404	8.1
51—60	83	191	19.1	17	1.7	174	17.4	60	595	9.9
61—70	104	195	19.5	18	1.8	177	17.7	70	790	11.3
71—80	111	209	20.9	17	1.7	192	19.2	80	999	12.5
81—90	185	113	11.3	14	1.4	99	9.9	90	1 112	12.4
91—100	277	115	11.5	37	3.7	78	7.8	100	1 227	12.3
100	388									
Yhteensä Total	1 227	1 227	12.3	131	1.3	1 096	11.0			

Taulukko 20. (jatkoa; selitys s. 94).

Table 20. (continued; explanation p. 94).

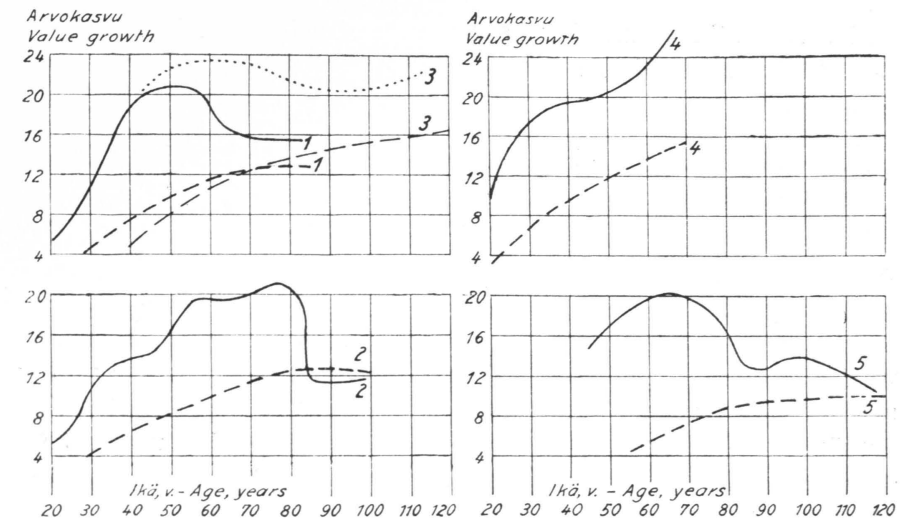
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Vuokilan kehityssarja — Vuokila's developmental series:											
1—40	26	186	4.7					40	186	4.7	
41—50	90	218	21.8					50	404	8.1	
51—60	111	232	23.2					60	636	10.6	
61—70	106	235	23.5					70	871	12.4	
71—80	111	228	22.8					80	1 099	13.7	
81—90	134	210	21.0					90	1 309	14.5	
91—100	157	202	20.2					100	1 511	15.1	
101—110	180	216	21.6					110	1 727	15.7	
111—120	197	231	23.1					120	1 958	16.3	
120	846										
Yhteensä Total	1 958	1 958	16.3								
OMT-viljelykuusikko — Artificially regenerated spruce stand:											
1—20		57	2.9					57	20	57	2.9
21—30	20	150	15.0	7	0.7	143	14.3	30	207	6.9	
31—40	39	185	18.5	11	1.1	174	17.4	40	392	9.8	
41—50	65	199	19.9	15	1.5	184	18.4	50	591	11.8	
51—60	101	219	21.9	19	1.9	200	20.0	60	810	13.5	
61—70	114	264	26.4	14	1.4	250	25.0	70	1 074	15.3	
70	735										
Yhteensä Total	1 074	1 074	15.3	66	0.9	1 008	14.4				
Luonnonnormaali OMT-kuusikko — Naturally normal OMT-spruce stand:											
—60	30	327	5.5					60	327	5.5	
61—70	11	201	20.1					70	528	7.5	
71—80	14	184	18.4					80	712	8.9	
81—90	22	127	12.7					90	839	9.3	
91—100	27	138	13.8					100	977	9.8	
101—110	31	129	12.9					110	1 106	10.1	
111—120	35	107	10.7					120	1 213	10.1	
120	1 043										
Yhteensä Total	1 213	1 213	10.1								

52. Hakkuuarvo, arvokasvu ja hakkuutulo

Kertomalla taulukossa 13 esitetyt sekä Vuokilan kehityssarjan ja luonnonnormaalin OMT-kuusikon kuorellisina kiintokuutiometreinä ilmaistut eri puutavaralajien määrät taulukon 19 f-sarakkeen luvuilla on saatu sarjojen eri ikäkohdille sekä kokonaispuuston että poistuvan puuston loppukuutioiden *hakkuuarvot*. Näiden avulla on laskettu edelleen taulukossa 20 esitetyt *arvokasvun* luvut erotusmenetelmällä, kuten kuutiokasvun laskennassakin. Taulukon 20 sarakkeeseen 2 merkityt poistuvan puuston loppukuutioiden hakkuuarvon luvut kuvaavat samalla ko. vuosijakson aikakautisia *hakkuutuloja*. Aikakautisten hakkuutulojen summa tiettyyn ikään mennessä lisättyinä saman ikäkohdan kokonaispuuston hakkuuarvolla antaa tulokseksi metsikön *kokonaishakkuutulon* tämän ikäkohdan edellyttämänä kiertoaikana. Metsikön kokonaishakkuutulo tiettyä kiertoaikana koostuu siis harvennustulojen summasta ja päähakkaustuloista (vrt. mm. KULTIKANGAS 1946, s. 2) ja on yhtä suuri kuin vastaavan kiertoajan *kokonaisarvokasvu* (taulukko 20, sarake 10). Ennen kiertoajan päättymistä metsiköstä saatu hakkuutulo on taas saman ikäkohdan kokonaispuuston hakkuuarvon verran siihen mennessä saavutettua kokonaisarvokasvua pienempi. Edellä sanottu pitää paikkansa myös metsikön keskimääräiseen arvokasvuun (taulukko 20, sarake 11) ja vastaavasti keskimääräiseen (= vuotuisen) hakkuutuloon nähden: ne ovat yhtä suuret ainoastaan koko kiertoajan puitteissa, mutta jälkimmäinen on edellistä pienempi ennen tietyn kiertoajan tai päätehakkauksen ikäkohdan saavuttamista.

Normaalimetsäperiaate edellyttää, että vuotuinen hakkausmäärä, hakkausmäärän rakenne ja myös kantohinnat ovat jatkuvasti samat, kuten tässäkin tutkimuksessa. Tästä johtuu, että normaalimetsän vuotuinen kokonaisarvokasvu ja kokonaishakkuutulo ja vastaavasti myös hehtaaria kohden lasketut keskimääräinen arvokasvu ja hakkuutulo ovat yhtä suuret. Taulukon 20 sarakkeen 10 luvut tarkoittavat näin ollen sellaisen normaalimetsän vuotuista kokonaisarvokasvua ja kokonaishakkuutuloa, jonka pinta-ala ja kiertoaika ovat samat kuin sarakkeeseen 9 on merkitty. Taulukon 20 sarakkeeseen 11 on merkitty vastaavat keskimääräiset luvut vuotta ja hehtaaria kohden.

Vuotuista arvokasvua havainnollistaa kuva 19, jossa keskimääräistä arvokasvua kuvaava katkoviiva esittää samalla normaalimetsän vuotuisen hakkuutulon suuruuden ja metsikön keskimääräisen vuotuisen hakkuutulon, kummatkin hehtaaria kohden ja metsikön iän osoittamina kiertoaikoina.



Kuva 19. Metsikön vuotuinen arvokasvu hehtaaria kohden. Yhtenäinen viiva ja pisteiviiva = juokseva, katkoviiva = keskimääräinen. 1 = a-sarja, 2 = b-sarja, 3 = Vuokilan kehityssarja, 4 = viljelykuusikko, 5 = luonnonnormaali kuusikko.

Figure 19. Annual value growth per hectare. Solid curve and dotted curve = current growth, broken curve = mean annual growth. 1 = Series a), 2 = Series b), 3 = Vuokila's developmental series, 4 = artificially regenerated spruce stand, 5 = naturally normal spruce stand.

Kysymyksessä ovat paljaat arvosuhdeluvut ja käytetään niitä tutkimuksessa jatkuvasti arvon, tulon ja tuoton samoin kuin kulujen ja kustannusten osoittimina. Kertomalla arvosuhdeluvut 1000:lla, saadaan markoissa ilmaistut vastaavat arvot, edellyttämällä edellä sivulla 93 mainittuja kantohintoja. Mikäli kantohinnat poikkeavat näistä luvuista alaspäin, on taulukoiden lukuja korjattava niin paljon 1000:tta pienemmillä luvuilla kuin kantohinnat poikkeavat edellisistä 0/100:ssä lausuttuina, ja päinvastaisissa tapauksissa vastaavasti 1000:tta suuremmalla luvulla.

OSTWALD (1931) käyttää absoluuttisten hintojen sijasta myös relatiivisia arvoja. OSTWALDIN tarkoitus on se, että suhdannevaihteluiden aiheuttamia haittoja voitaisiin tällä tavalla tuntuvasti lieventää. Kuten mm. SAARI (1935) on huomauttanut, ei ole todistettu, että puutavaralajien hintojen suhteet pysyisivät jatkuvasti samoina. Teknillisten ja taloudellisten olosuhteiden muutokset voivat aiheuttaa näihin hyvinkin suuria muutoksia. Samaa voidaan väittää myös tässä tutkimuksessa koostetuista hinta- ja arvosarjoista. Kun ei ole löydetty parempaakaan keinoa hintavaihteluiden eliminoinemiseksi, on tutkimuksessa tyydytty käytettyyn menetel-

mään. Kuten SAARI (mt.) huomauttaa, on menetelmällä kuitenkin se etu, että nämä suhteet vaihtelevat vähemmän kuin absoluuttiset hinnat. Sen parinkymmenen vuoden aikana, jolta tämän tutkimuksen hinta-aineisto on kerätty, on kuusipaperipuun kantohinnan suhdeluku sahapuun vastaavaan suhdelukuun verrattuna vaihdellut aina 25 %:iin saakka. Tämä seikka voi aiheuttaa sarjojen metsiköiden arvoluvuissa n. 5—20 %:n suuria eroja siitä riippuen, onko näiden metsiköiden paperipuuosuus pieni vai suuri.

Vertaamalla taulukossa 20 esitettyjä eri sarjojen lukuja keskenään havaitaan, että viljelykuusikossa saavutetaan 70. ikävuoteen mennessä eli 70 vuoden kiertoaikana enemmän kuin kaksinkertainen sekä a- ja b-sarjoissa n. 50—60 % suurempi hakkuutulo ja arvokasvu kuin luonnonnormaalissa kuusikossa. 85 vuoden kiertoaikana ovat a- ja b-sarjojen ko. luvut n. 35—40 % ja b-sarjassa vielä 100 vuoden kiertoaikana n. 25 % sekä Vuokilan kehityssarjassa n. 55 % luonnonnormaalin kuusikon vastaavia lukuja suuremmat. Jos otetaan huomioon vain luonnonnormaalin kuusikon varsinainen metsikkö, nousevat hoidettujen kuusikoiden suhdeluvut edellisistä n. 10—15 %:lla.

Esitetyt luvut osoittanevat, että metsän hoitotoimenpiteillä ja muun taloustoiminnan voimaperäisyydellä on oma positiivinen osuutensa arvokasvun ja siis myös hakkuutulon kehityksessä.

Kun seuraavassa lasketaan metsänkorkoperaation (vrt. mm. CHAPMAN ja MEYER 1947, ss. 249—253; DAVIS 1954, ss. 237—239) mukaista puhdasta tuottoa, on lähtökohtana vuotuinen hakkuutulo, joka on yhtä suuri kuin vastaava keskimääräinen arvokasvu (Taulukko 20, sarake 11). *Kokonaistuotto* on yhtä suuri kuin hakkuutulojen ja sivutulojen summa. Kun sivutuloja ei oleteta kertyvän, on vuotuinen kokonaistuotto yhtä suuri kuin vuotuinen hakkuutulo.

Maankorkoperaation (vrt. mm. CHAPMAN ja MEYER mt., ss. 253—257; DAVIS mt., ss. 239—242) edellyttämää metsämaan tuottoarvoa laskettaessa on kiertoaikana saadut harvennustulot ja muut ennen päätehakkausta saadut hakkuutulot (Taulukko 20, sarake 2) ja sivutulot prolongoitava kiertoaajan loppuun, summaan lisättävä päätehakkaustulot (= kokonaispuuston hakkuuarvo kiertoaajan lopussa) ja näiden summa diskontattava kiertoaajan alkuun. Näin saatu luku muodostaa laskelmien *suoritepuolen* (vrt. mm. SAARI 1954, s. 235).

Kokonaissuorite saadaan siis laskemalla poistuvan puuston hakkuuarvolle korot ja korkojen korot laskenta-aikaan saakka. Metsälöystä irralliseksi yksityisestä metsiköstä kiertoaikana saadun rahatulon arvo eli suo-

rite ei laskenta-aikana ole nimittäin sama kuin myyntiaikana, vaan on myynnistä saatujen tulojen arvo siirrettävä koronkorkolaskua käyttämällä nykyhetkeen eli laskenta-aikaan (vrt. mm. SAARI 1942, s. 17). Jos rahatulo on saatu *ennen* laskenta-aikaa, on sen nykyarvo suurempi kuin saatu tulo, jos se saadaan *tulevaisuudessa*, on sen nykyarvo saatua tuloa pienempi.

Sarjasta a poistetaan kasvatushakkauksissa n. 36 % sarjan päätepuuteeseen, 85. ikävuoteen erääntyneestä kokonaisarvokasvun lukuarvosta. Sarjassa b on vastaava luku 100. ikävuoteen mennessä n. 31 % ja Vuokilan tutkimussarjassa 70. ikävuoteen mennessä n. 38 % ja 120. ikävuoteen mennessä n. 57 %. Viljelykuusikosta 70. ikävuoteen mennessä poistuneen puuston arvo on n. 32 % vastaavan ajan arvokasvusta ja luonnonnormaalissa kuusikossa n. 14 %.

6. Kulut, kustannukset ja puhdas tuotto

61. Kulut ja kustannukset

611. Yleistä

Edellä on koostettu hakkuuarvo-, arvokasvu-, hakkuutulo- ja kokonais-tuottosarjat. Puhtaan tuoton ja metsämaan tuottoarvon laskemisessa on kokonaistuotosta tai -suoritteesta vähennettävä kulut tai kustannukset. Taloustieteissä kutsutaan niitä kustannuksia, joihin on luettu pääoman korkovaatimus, tuotantokustannuksiksi, ja niitä kustannuksia, joihin mainittu korko ei sisälly, liikekustannuksiksi (vrt. mm. SAARI 1935, s. 129; PIHA 1941, s. 31; TANTTU 1941, s. 11; MÄKI 1953, s. 4). Maankorkoperiaatteessa ovat kustannukset siis tuotantokustannuksia ja metsänkorkoperiaatteessa liikekustannuksia. Bilanssiopillisen tuottohakkuun liikekustannukset ovat kuluja. Kun tässä tutkimuksessa suoritetaan kummankin periaatteen mukaisia laskelmia, käytetään edellisistä nimitystä *kustannus* ja jälkimmäisistä *kulut*. Tuottohakkuumäärän edellyttämän kokonaistuoton ja kulujen erotus osoittaa *metsän vuotuisen puhtaan tuoton*¹ suuruuden. Suoritteiden ja kustannusten avulla lasketaan *metsämaan tuottoarvo*.

612. Metsänkorko-opin mukaiset tuotot ja kulut

Bilanssiopillisissa laskelmissa, joihin korkeimman metsänkoron kiertoajan laskelmat perustuvat, käsitellään tuottoja ja kuluja seuraavien periaatteiden mukaan (vrt. mm. OSTWALD 1915; 1931; HAGFORS 1929; SAARI 1935; 1938; KELTIKANGAS 1938; 1946):

Tuotot

Tutkimussarjojen kokonaistuottopuoli koostuu niihin perustuvien normaalimetsien *tuottohakkuumäärien edellyttämistä kokonaistuotoista*. Luon-

¹ Tutkimuksessa käytetään nimitystä *puhdas tuotto* ja tarkoitetaan sillä metsän vuotuista puhdasta tuottoa hehtaaria kohden, ellei muuta erikseen mainita.

toistuottoja ja sivutuloja ei näistä metsälöistä oleteta kertyvän. Normaali-metsäperiaatteesta johtuu, että *pääomatuloja* ei ole eikä *hakkuusäästöä* kerry. *Omaisuuuden arvon lisäystä* ei saa sisällyttää tuottoon.

Kulut

Normaalimetsäperiaatteesta johtuu, että *pääomakuluja* ei ole. *Luontoiskuluja* ei myöskään oleteta esiintyvän tai sisältyvän ne hoito- ja hallintokuluihin. Sama koskee *poistoja*. Koska hinta- ja arvosarjat on koostettu lähtemällä kantohinnoista, jäävät hankintamenot kulujen ulkopuolelle. Metsän hoidosta ja hallinnosta johtuvat yrittäjän palkka sekä rakennusten, laitteiden ja teiden kunnossapitokulut samoin kuin metsänhoitotöiden — lukuunottamatta viljelykuusikon istutuskustannuksia — ja metsätalouden tarkastuksen aiheuttamat menot luetaan *hoito- ja hallintokuluiksi*.

Pääoman korkoa ei metsänkorkoperiaatteen mukaisesti lueta kuluihin. *Veroja* ei bilanssiopin mukaan lueta kuluiksi, vaan pidetään niitä sen laatuina menoina, jotka liikkeen on peitettävä tu'oksestaan. PIHA (1941, s. 26) ei o'e laskenut veroja liikekustannuksiin (kuluihin). Kun omaisuusveroa ei makseta puhtaasta tuotosta, on sen lukeminen kuluksi kuitenkin paikallaan.

Metsätalouteen kuulumattomia menoja ja omaisuuden *arvon vähennyksiä* ei sisälly kuluihin.

Eri sarjojen uudistuskustannukset luetaan omana ryhmänään kulu-eräksi myöhemmin selostettavalla tavalla.

613. Maankorko-opin mukaiset suoritteet ja kustannukset

Maankorkoperiaatteessa luetaan kokonaissuoritteiden peruseriksi poistuvan puuston hakkuuarvot eli hakkuutulot (vrt. edellä s. 98). Luontoistuloja sen paremmin kuin muitakaan sivutuloeria ei oleteta kertyvän. Kustannusten peruserinä ovat kaikki metsänkorkoperiaatteen mukaiset kuluerät ja sen lisäksi tulovero. Kun näihin eriin lisätään tai niistä vähennetään korkokustannukset ja -suoritteet ja muutkin laskelmat suoritetaan FAUSTMANNIN kaavan edellyttämällä tavalla, saadaan tulokseksi maan tuottoarvo.

Korkosadanneksena käytetään 5 %:a. Korkokantaan nähden on huomattava, että maankorko-oppi operoi alhaisella korkosadanneksella, tavallisesti 3 tai 4 %:lla. SAARI (1940, s. 14) huomauttaa, että laskelmissa käytetty metsätaloudellinen korkosadannes ei saisi olla sanottavastikaan muussa yhteydessä noudatettua korkosadannesta pienempi. Tässäkään

tapauksessa ei löydy perusteltua aihetta mennä 5 %:n alapuolelle, koska käytetty korkokanta on meillä ollut pitkän aikaa 5 %:n yläpuolella.

Kun huomattava osa kuluista ja kustannuksista ovat samoja, suoritetaan kuluerien ja kustannuserien käsittely seuraavassa samanaikaisesti.

614. Hallinto- ja hoitokulut tai -kustannukset

Metsän hoidosta ja hallinnosta johtuvien kulujen tai kustannusten suuruus riippuu monista tekijöistä, kuten metsälön suuruudesta ja taloustoiminnan voimaperäisyydestä. Tästä syystä on kustannuserien suuruutta määritettäessä liikuttava jossain määrin arvionvaraisissa luvuissa. Koealametsiköissä oli suoritettu jonkin verran metsänhoitotöitä. Metsiköt olivat luontaisesti syntyneitä. Ainakin eräissä metsiköissä oli suoritettu aikanaan taimiston hoitotöitä. Uudistusvaiheen aikana on hakkausalan valmistus tarpeellinen. Varsinaisiin hallintomenoihin on myös luettava jokin keskimääräinen, kokemusperäinen markkamäärä. ILVESSALO (1939) on arvioinut silloisissa oloissa metsänhoito- ja hallintokulut OMT:llä 28 markaksi vuotta ja hehtaaria kohden. Kun otetaan huomioon rahan arvon muutokset sekä kohonnut kustannustaso, on ko. summa, ottamalla huomioon metsänhoitomaksu, kerrottava ainakin luvulla 17, jolloin päädytään n. 475 markkaan vuotta ja hehtaaria kohden. Metsänhoitomaksu on laadultaan sitä luokkaa, että se on luettava hallinto- ja hoitokuluihin, koska tästä maksusta kertyneet varat on tarkoitettu käytettäväksi sitä suorittavien metsälöiden hyväksi. Metsänhoitomaksun suuruus vaihtelee 2—6 %:iin verotettavasta metsän tuotosta. Veroluokkaan Ia kuuluvan metsämaan, jollaisesta tässä on kysymys, puhtaan tuoton raha-arvo hehtaaria kohden on vuodelta 1953 suoritettussa verotuksessa vaihdellut neljän Etelä-Suomen läänin eri kunnissa n. 3 500—5 500 markan ja vuodelta 1954 suoritettussa verotuksessa 5 500—6 500 markan vaiheilla. Vuodelta 1955 suoritettussa verotuksessa on edellisen vuoden vastaavia arvoja vähennetty näissä lääneissä 10—14 %:lla. Keskimääräinen verotusarvo on näillä alueilla ja näinä vuosina ollut siis keskimäärin n. 5 000 markkaa vuotta ja hehtaaria kohden.

Arvioimalla metsänhoitomaksu n. 3 %:ksi 5 000 markasta, päädytään 150 markan maksuerään vuotta ja hehtaaria kohden, jolloin muiden hoito- ja hallintokulujen osalle jää 325 markkaa.

Edellä esitettyihin summiin on lisättävä vielä omaisuusvero. OSARAN (1954, s. 11) mukaan on mm. Tammelassa sijaitsevan viljelystilan omaisuusveron keskimääräinen suuruus v:n 1952 verotusarvojen mukaan ollut

71 markkaa vuotta ja hehtaaria kohden. Koska tässä on kysymyksessä OMT-maa ja koska omaisuusvero vuosien 1954 ja 1955 verotusperusteiden mukaan laskien on ilmeisesti suurempi kuin v. 1952, voidaan tässä käyttää hyvällä syyllä 125 markan suuruista erää, varsinkin jos verotuskohteenä on tavallista viljelystilaa suurempi tila ja omaisuus, jolloin veron progressiivisuus tulee korottavaksi tekijäksi.

Laskemalla yhteen kolme edellä määritettyä kulu- ja kustannuserää päädytään 600 markan suuruiseen hoito- ja hallintokustannuserään vuotta ja hehtaaria kohden. Tämän summan pääoma-arvo on 5 % mukaan pääomitettuna 12 000 markkaa hehtaarialta.

Luonnonnormaalin OMT-kuusikon kohdalla eivät varsinaiset hoito- ja hallintokulut voine olla yhtä suuria kuin talouskuusikossa, metsänhoitomaksua, omaisuusveroa ja vartiointia lukuunottamatta. Tästä syystä on tämän hoito- ja hallintokulut arvioitu 500 markaksi vuotta ja hehtaaria kohden.

Suurenevatko hoito- ja hallintokulut ja -kustannukset kiertoajan lyhentyessä ja päinvastoin? Hoito- ja hallintokuluista ja -kustannuksista ovat mm. johto- ja vartiointihenkilökunnan palkat, rakennusten ja laitteiden kustannukset luonteeltaan puolikiinteitä, jotka pysyvät kiinteinä varsin laajojen rajojen välillä (mm. SKARE-VÄSTHAGEN 1949, s. 37, ym.). Hoito- ja hallintokulujen kiinteän kustannusluonteen johdosta on tutkimuksessa päädytty sarjoittain yhteen, kiertoajasta ja metsikön iästä riippumattomaan, edellä perusteltuun kulujen ja kustannusten vakioerään.

Myös metsälön koko on eräs kuluihin ja kustannuksiin vaikuttava tekijä. PIHAN (1941) mukaan vähenivät liikekustannukset (kulut) hehtaaria kohden metsälön koon suurentuessa. Kun myös liiketulot (tuotot) osoittivat samaa suuntaa, aleni liikejäämäkin (puhdas tuotto) hehtaarialta metsälön koon suurentuessa. Tässä tutkimuksessa oletetaan metsälön koko keskimäärin Etelä-Suomen maatilametsälön suuruiseksi.

615. Tuloverot

Faustmannin kaavassa edellytetään, että maan tuottoarvoa laskettaessa myös kaikki verot — tuloverot — sisällytetään kustannuksiin. Kunnallis-, kirkollis- ja valtionveron suuruus on tässä tapauksessa arvioitava yhteensä n. 15—20 %:ksi verotettavasta tulosta, 5 000 markasta, eli keskimäärin 900 markaksi vuodessa hehtaarialta. Lisäämällä tämä summa varsinaisiin hoito- ja hallintokuluihin, päädytään hoidetussa kuusikossa 1 500 markan suuruiseen kustannuserään vuotta ja hehtaaria kohden.

616. Uudistuskulut tai -kustannukset

Kun a- ja b-sarjoihin kuuluvat metsiköt olivat luontaisesti syntyneitä ja kun vanhimmissa koealametsiköissä oli jo taimistoa, on ratkaistava, olisivatko uudistuskulut tai -kustannukset otettava huomioon vai ei. Jättämällä kustannukset pois, saadaan *metsitetyn maan arvo* (vrt. mm. OSTWALD 1931; LINNAMIES 1956).

Sarjoissa arvioidaan olevan niiden oletetun päätehakkauksen ikäkohdina, 85 ja 100 vuotta, keskimäärin n. 5 vuoden ikäinen melko täydellinen tyydyttävä taimisto, vanhimpien taimien iän ollessa n. 10—15 vuotta. Jos päätehakkauksen ikäkohta on lyhyempi kuin mainitut 85 ja 100 vuotta, on metsiköissä suoritettava täydennysviljelyä. Sarjassa a n. 70. ikävuodesta ja sarjassa b n. 85. ikävuodesta taaksepäin on tällöin turvauttava jo täysviljelyyn, koska tätä nuoremmassa metsiköissä ei enää tavattu saottavastikaan taimistoa.

Edellisen perusteella on tutkimussarjoja koskevissa tuotto- ja kiertoaikalaskelmissa otettava uudistuskustannukset tai -kulut huomioon täysimääräisinä, jos päätehakkauksen ajankohta laskee mainittuihin 70. ja 85. ikävuoteen tai niiden alapuolelle. Sarjassa a ikäjakson 70—84 ja sarjassa b ikäjakson 85—99 välillä olisi uudistuskustannuksista otettava huomioon sellainen suhteellinen osa, mikä vastaa jakson jällellä olevaa vuosimäärää päätehakkauksen tapahtuessa.

Tässä yhteydessä on syytä mainita, että metsien uudistamiskausi sisällytetään tässä tutkimuksessa kiertoaikaan, joten päätehakkauksen ikäkohta on sama kuin kiertoaika (vrt. LIHTONEN 1943, s. 156). Kiertoajat asettuvat tällöin sarjojen loppupäässä päällekkäin, keskimäärin edellä mainitut 5 vuotta.

Edelliset tekijät on tutkimussarjojen laskelmissa otettu huomioon seuraavalla tavalla:

Kun metsiköt olivat luontaisesti syntyneitä, ei ensimmäisen kiertoajan alussa eräänny uudistuskustannuksia. Jos a-sarjassa suoritetaan uudistushakkaus 70. ikävuoteen ja b-sarjassa 85. vuoteen mennessä, on tämä hakkaus tällöin edellytettävä avohakkaukseksi ja uudistuskulu- tai kustannuserä otettava laskelmissa huomioon. Jos päätehakkaus suoritetaan a-sarjassa 85 vuotiaana ja b-sarjassa 100 vuotiaana, edellytetään ne sarjojen rakenteen mukaan luontaisesti uudistuneiksi, jolloin ei keinollista uudistusta tarvita. 80. ikävuoden kohdalla a-sarjassa ja 90. ikävuoden kohdalla b-sarjassa otetaan keskimäärin puolet uudistuskustannuksista tai -kuluista huomioon. Luonnonnormaalialia, Vuokilan kuusikoita ja viljelykuusikkoa

koskevissa laskelmissa on uudistuskulut ja -kustannukset otettu taas huomioon sillä tavalla, että kahden edellisen kohdalla on lähtökohtana metsittynyt maa ensimmäisen kiertoajan alussa ja jälkimmäisen kohdalla paljas maa.

Maan tuottoarvo- ja maankorkolaskelmissa sovelletaan, viljelykuusikkoa lukuunottamatta sekä a-sarjassa 80 ja b-sarjassa 90 vuoden kiertoaikaan saakka, KÖNIGIN ajatusta, että keinollista uudistusta käytetään vain ensimmäisen kiertoajan alussa ja että muiden kiertoaikojen taimistot syntyvät luontaista tietä (vrt. KELTIKANGAS 1947, s. 40) päinvastoin eli siis siten, että täydellistä tai osittaista keinollista uudistusta käytetään muiden paitsi ei ensimmäisen kiertoajan alussa. Tällöin saadaan metsitetyn maan arvo ensimmäisen kiertoajan alussa, mutta muiden kiertoaikojen alussa paljaan tai osittain metsitetyn maan arvo. Jos kiertoaika on a-sarjassa 85 vuotta ja b-sarjassa 100 vuotta, saadaan aina metsitetyn (oik. metsittyneen) maan arvo. Jotta saataisiin taas paljaan maan arvo, olisi metsitetyn tai puolittain metsitetyn maan arvosta vähennettävä luontaisesti syntyneen taimiston kustannusarvo. Kun syntynyt taimisto on kiertoaikana tuotettua arvoa, ei tällaista vähennystä ole kuitenkaan tehty.

Uudistuskulut ja -kustannukset arvioidaan eri sarjoissa 20 000 markaksi hehtaaria kohden. Metsän puhtaan tuoton laskelmissa on otettava huomioon, että uudistuskulut nousevat kiertoajan lyhentyessä.

617. Kulujen ja kustannusten arvosuhdeluvut

Vuotuisten kulujen ja kustannusten sekä niiden pääoma-arvojen markkamääräiset luvut on muunnettava yhteismitallisiksi taulukossa 20 esitettyjen arvosuhdelukujen kanssa. Edellä on selvitetty, miten kertomalla tämän taulukon luvut 1 000:lla saadaan sivulla 93 mainittujen kantohintojen mukaan markkamääräiset arvot hehtaaria kohden. Syksyn 1956 kantohintatasoon verrattuina ovat nämä hinnat ehkä liian korkeita. Etelä-Suomen parhaissa menekkioloissa ne eivät ole kuitenkaan kaukana menneinä vuosina maksetuista todellisista kantohinnoista.

Edellisen perusteella käytetään laskelmissa a- ja b-sarjojen sekä Vuokilan sarjan vuotuisina hoito- ja hallintokuluina lukua 0.6 sekä kustannuksina tuloverojen kanssa lukua 1.5 vuotta ja hehtaaria kohden. Vastaavat pääoma-arvot ovat tällöin, 5 % mukaan pääomitettuina, 12.0 ja 30.0. Luonnonnormaalissa kuusikkosarjassa käytetään vastaavana kulueränä lukua 0.5 sekä kustannuseränä lukua 1.4, pääoma-arvojen ollessa vastaavasti 10.0 ja 28.0. Metsän puhdasta tuottoa laskettaessa lisätään uudistus-

kuluja, ss. 104—105 mainituin poikkeuksin, vuotta ja hehtaaria kohden 0.4, jos kiertoaika on 50 vuotta sekä 0.3, jos kiertoaika on 60 tai 70 vuotta ja 0.2, jos se on 80+ vuotta. Kustannuseriä laskettaessa käytetään uudistuskustannuksina lukua 20.0 hehtaaria kohden, mikä koronkorkolaskelmia käyttäen asianmukaisesti prolongoidaan ja diskontataan laskenta-aikaan.

62. Metsän puhdas tuotto

Vähentämällä edellä mainitut kuluerät kokonaistuotosta, saadaan met-sän puhdas tuotto hehtaaria kohden. Tulokset esitetään taulukossa 21 ja kuvassa 20. Lukuja on lisäksi verrattu luonnonnormaalille kuusikolle las-kettuihin puhtaan tuoton lukuihin, merkitsemällä viime mainitut 100:lla.

Puhdas tuotto ei ole sovellettavissa metsikköön, vaan tutkimukseen sisältyvistä metsikkösarjoista koostuneisiin normaalimetsiin niinä kierto-aikoina, jotka ilmenevät taulukosta 21. Tällaisen normaalimetsän koko voi olla mikä tahansa.

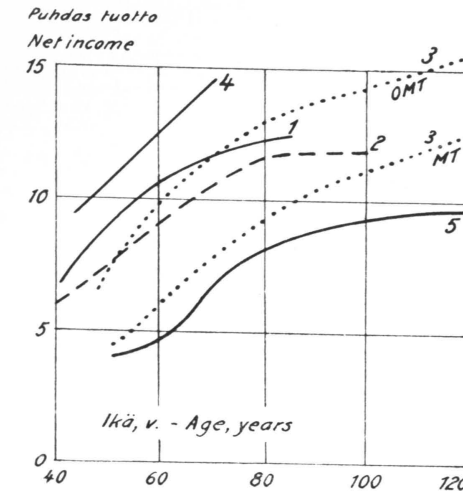
Taulukko 21. Eri kuusikkosarjojen metsän puhdas tuotto vuotta ja hehtaaria kohden eri pituisia kiertoaikoja soveltaen.

Table 21. The annual net income of the different spruce stand series with different rotations, per ha.

(Suhdeluku = puhdas tuotto verrattuna luonnonnormaalin kuusikon puhtaaseen tuot-ton siten, että jälkimmäistä merkitään 100:lla)

(Index = the net income compared with the naturally normal net income, here indicated by 100)

Kierto- aika, v. Rota- tion, years	a-sarja Series a		b-sarja Series b		Vuokilan kehityssarja Vuokila's developmental series		Viljelykuusikko Artificially regenerated spruce stand		Luonnonnormaali kuusikko Naturally normal spruce stand	
	Puhdas tuotto Net income	Suhde- luku Index	Puhdas tuotto Net income	Suhde- luku Index	Puhdas tuotto Net income	Suhde- luku Index	Puhdas tuotto Net income	Suhde- luku Index	Puhdas tuotto Net income	Suhde- luku Index
50	8.9	228	7.1	182	7.1	182	10.8	277	3.9	100
60	10.8	230	9.0	191	9.7	206	12.6	268	4.7	100
70	11.4	170	10.4	155	11.5	172	14.4	215	6.7	100
80	12.0	146	11.7	143	12.9	157			8.2	100
85	12.3	146	11.6	138	13.3	158			8.4	100
90			11.7	136	13.7	159			8.6	100
100			11.7	129	14.3	157			9.1	100
110					14.9	159			9.4	100
120					15.5	165			9.4	100



Kuva 20. Vuotuinen puhdas tuotto hehtaaria kohden. 1 = a-sarja, 2 = b-sarja, 3 = Vuokilan kehityssarja, 4 = viljelykuusikko, 5 = luonnonnormaali kuusikko.

Figure 20. Annual net income per hectare. 1 = Series a), 2 = Series b), 3 = Vuokila's developmental series, 4 = artificially regenerated spruce stand, 5 = naturally normal spruce stand.

621. Puhtaan tuoton vertaaminen tutkimussarjoittain ja kuutiokasvun lukuihin

SAARI (1954, ss. 235—236) on esittänyt kaavion, jonka mukaan harvennushakkuiden liiketaloudellisessa arvostelussa voidaan verrata kahta erilaista harvennusjärjestelmää toisiinsa. Toisessa harvennukset aloitetaan varhain ja toimitetaan vahvoina sekä toisessa myöhään ja lievinä. Edellisen kiertoaika oletetaan 60 ja jälkimmäisen 80 vuodeksi. Näitä järjestelmiä voidaan sitten verrata keskenään tasaikäisenä yhtenä metsikkönä prolongoimalla tai diskonttaamalla kustannukset ja suoritteet laskenta-aikaan, jolloin nähdään, kumpi järjestelmä on edullisempi. SAARI asettaa toisen vaihtoehdon, jossa mainittuja järjestelmiä verrataan toisiinsa normaalimetsän puitteissa, jolloin vuotuiset tuotot ja kulut muodostuvat yhtä suuriksi eikä mitään koronkorkolaskuja tarvita, vaan järjestelmien keskinäinen vertailu voidaan suorittaa metsän vuotuisen puhtaan tuoton perusteella.

Tässä tutkimuksessa koostetut sarjat eivät vastaa täysin SAAREN esittämiä erilaisia harvennusjärjestelmiä sellaisinaan. Vuokilan kehityssarjassa on sen sijaan suoritettu voimakkaampia harvennuksia kuin a- ja b-sarjoissa. Sarja b edustaa lievempää harvennusjärjestelmää ja myöhemmin aloitettavaa uudistushakkausvaihetta kuin sarja a, mutta kun b-sar-

jan kasvupaikka on huonompi kuin a-sarjan, johtuvat nämä tekijät lähinnä boniteetista eikä erilaisista hakkausjärjestelmistä. Siitä huolimatta voidaan tutkimuksessa koostettujen sarjojen kohdalla suorittaa sanotunlaiset vertailut SAAREN esittämään tapaan.

Taulukossa 21 ja kuvassa 20 esitetyt puhtaan tuoton luvut tekevät mahdolliseksi eri sarjojen ja tutkimusmetsien välisen vertailun. Nämä vuotta ja hehtaaria kohden lasketut luvut ovat normaalimetsän puitteissa samat, metsälön koosta riippumatta. Metsikössä osoittavat luvut keskimääräisen vuotuisen arvokasvun, josta on vähennetty liikekustannus eli kulut.

Edellä esitettyjen yksikköhintojen mukaan, joissa kuusisahapuun peruskantohinta oli 85 markkaa kuutiojalalta, saadaan viljelykuusikosta 60—70 vuoden kiertoaikoina muihin verrattuna korkein puhdas tuotto eli n. 12 500—14 500 markkaa, sitten a-sarjan kuusikoista n. 11 000—11 500 markkaa, sen jälkeen Vuokilan kehityssarjassa n. 9 500—11 500 markkaa ja b-sarjan kuusikoista n. 9 000—10 500 markkaa hehtaaria kohden vuodessa. Noudattamalla 80—100 vuoden kiertoaikoja (a-sarjassa 85 v.) muuttuu järjestys siten, että Vuokilan kehityssarjassa saavutetaan n. 13 000—14 500 markan, a-sarjassa n. 12 500 markan ja b-sarjassa n. 11 500 markan vuotuinen puhdas tuotto hehtaarilta. Luonnonnormaalin kuusikon puhtaan tuoton luvut ovat 60—70 vuoden kiertoaikoina, poistuva puusto huomioon otettuna, n. 4 500—6 500 markkaa ja 80—100 vuoden kiertoaikoina n. 8 000—9 000 markkaa vuotta ja hehtaaria kohden. Hoitohakkauksilla käsiteltyjen eli a- ja b-sarjojen OMT-kuusikoiden puhdas tuotto on 80—100 vuoden kiertoaikoina siis n. 30—45 % suurempi ja Vuokilan sarjassa aina 60 % suurempi kuin luonnonnormaalin kuusikon. Keskimääräisen kuutiokasvun vastaavat suhdeluvut ovat n. 5—20 %, Vuokilan sarjassa n. 40 %. Vertailua keskimääräisen kuutiokasvun lukuihin suoritettaessa on otettava huomioon, että kuutiokasvu on vertailukelpoinen vastaavan arvokasvun ja kokonaistuoton kanssa, mutta ei enää täysin metsän puhtaan tuoton kanssa, koska puhdas tuotto on saatu siten, että kokonaistuotosta on vähennetty kulut.

Koska viljelykuusikoiden puhdas tuotto on 70 vuoden kiertoaikana enemmän kuin kaksinkertainen luonnonnormaalin kuusikon puhtaaseen tuottoon verrattuna, olisi se ilmeisesti vielä 80—100 vuoden kiertoaikoina suurempi kuin muiden hoidettujen kuusikoiden vastaava tuotto. Kuinka paljon se olisi suurempi, se todennäköisesti riippuisi niistä hakkausista, joita viljelykuusikossa 70. ikävuoden jälkeen suoritettaisiin.

Kun a-sarjan puhdas tuotto on aina 70 vuoden kiertoaikaan saakka kor-

keampi kuin Vuokilan kehityssarjassa, on myös tästä pääteltävissä, että sarjan metsiköt ovat kasvaneet taimisto- ja riukumetsävaiheessa ripeämmin ja harvempina kuin Vuokilan metsiköt (vrt. s. 61). Näistä syistä on puuston rakenne kehittynyt edellisissä keski-ikään mennessä tukkipuuvoittoisemmaksi kuin jälkimmäisissä. Jos a-sarjassa jatkettaisiin kasvatusvaihetta 70. ikävuodesta ylöspäin, pysyisi sen puhdas tuotto ilmeisesti edelleenkin Vuokilan kehityssarjan puhtaan tuoton tasolla. Myös sarjassa b on puhdas tuotto n. 50 vuoden kiertoaikaan saakka korkeampi kuin Vuokilan sarjassa. Kun a- ja b-sarjojen nuorien metsiköiden kokonaisrunkoluuku on pienempi kuin muiden sarjojen ja tukkipuutuotos suurempi, on kuusimetsien liiketaloudellisen kehityksen ripeys tämän mukaan riippuvainen siitä, kuinka harvana tai taajana se kasvaa nuorella iällä.

622. Puhtaan tuoton sadannesluvut

SAARI (1954) esittää lisäksi, että puhtaan tuoton luvut eivät sellaisinaan kuvaa sitä, mikä järjestelmä on edullisin, vaan että on otettava huomioon myös puuston rakenteen erilaisuus, siis laskettava puuston hakkuuarvo ja verrattava puhdasta tuottoa siihen.

Taulukkoon 22 on laskettu eri tutkimusmetsien hakkuuarvot normaalimetsien puitteissa, eripituisia kiertoaikoja soveltaen, 50. ikävuodesta alkaen ja verrattu puhdasta tuottoa hakkuuarvoon. Näin saatuja lukuja kutsutaan tässä tutkimuksessa puhdastuottosadanneksiksi. Puhdastuottosadanne on läheistä sukua kannattavuussadannekselle (vrt. SAARI mt., s. 236). Kysymyksessä ei ole kuitenkaan puhdas kannattavuussuhde, koska vertailu on suoritettu vain normaalimetsän puuston hakkuuarvoon ja muut omaisuusosat jätetty pois. Puhdastuottosadannesten avulla onkin vain tarkoitus tutkia, muuttuuko eri tutkimusmetsien puhtaan tuoton keskinäinen suhde, jos puhtaan tuoton lukuja verrataan siihen omaisuusosaan mikä on arvokkain, puustoon. Maapohjan mukaan otto ei voi olennaisesti muuttaa ko. sadannesta, varsinkin kun kysymyksessä on tuottokyvyltään lähimain saman arvoinen metsämaa.

Taulukon 22 puhdastuottosadanneksista havaitaan, että niiden keskinäinen suhde ei noudata täysin samaa järjestystä kuin vastaavien absoluuttisten lukujen suhde. Viljelykuusikon puhdas tuotto on korkein, mutta sen puhdastuottosadannekset jäävät lähimain a- ja b-sarjojen sekä luonnonnormaalin kuusikon sadannesten tasolle. Vuokilan kehityssarjassa saavutetaan sen sijaan korkeimmat puhdastuottosadannekset. Sarja a osoittautuu tässäkin suhteessa edullisemmaksi kuin b-sarja, ei kuitenkaan niin

Taulukko 22. Kokonaispuuston hakkuuarvo ja metsän puhtaan tuoton suhde hakkuuarvoon (= 100) eri pituisia kiertoaikoja soveltaen.

Table 22. Stumpage value of total growing stock and the index of net annual income in relation to the stumpage value (= 100) with different rotations.

Kierto- aika, v. Rota- tion, years	a-sarja Series a)		b-sarja Series b)		Vuokilan kehityssarja Vuokila's developmental series		Viljelykuusikko Artificially regenerated spruce stand		Luonnonnormaali kuusikko Naturally normal spruce stand	
	Hak- kuu- arvo Stum- page value	Puhdas tuotto % Net income, per cent	Hak- kuu- arvo Stum- page value	Puhdas tuotto % Net income, per cent	Hak- kuu- arvo Stum- page value	Puhdas tuotto % Net income, per cent	Hak- kuu- arvo Stum- page value	Puhdas tuotto % Net income, per cent	Hak- kuu- arvo Stum- page value	Puhdas tuotto % Net income, per cent
	hehtaarilla — per hectare									
50	135	6.6	121	5.9			174	6.2	69	5.7
60	195	5.5	170	5.3	150	6.5	242	5.2	102	4.6
70	249	4.6	221	4.7	200	5.8	309	4.7	146	4.6
80	262	4.6	272	4.3	250	5.2			199	4.1
85	296	4.2	294	3.9	275	4.8			228	3.7
90			317	3.7	300	4.6			256	3.4
100			345	3.4	344	4.2			312	2.9

paljon kuin absoluuttisen puhtaan tuoton perusteella. Sarjan b ja luonnonnormaalin kuusikon lukujen välillä on oleellinen ero vasta 100 vuoden kiertoaikana edellisen hyväksi. Saadut puhdastuottosadannekset tukevat tosin, vaikkakin heikommin kuin absoluuttisen puhtaan tuoton luvut, sitä edellä tehtyä johtopäätöstä, että hoidetussa ja kasvatushakkuin käsitellyssä kuusikossa saavutetaan suurempi puhdas tuotto kuin hoitamattomassa ja hakkuin käsittelemättömässä kuusikossa ja että kohoava tuotto ja metsätalouden voimaperäisyys ovat positiivisessa riippuvaisuussuhteessa toisistaan. Voidaan olettaa, että tämä suhde muuttuu negatiiviseksi, kun puuston hakkuuarvo alittaa maksimaalisen arvokasvun saavuttamiseen vaadittavan optimiarvon. Absoluuttinen puhdas tuotto alkaakin tällöin laskea, vaikka sadannesluvut nousevat. Paras tällainen suhde saataneen metsässä, jossa puut kasvavat niin harvakeen, ettei puiden välinen kilpailu ollenkaan häiritse ja jossa kiertoaika on lyhyt, tosin sanoen metsässä, jossa on hyvin pieni puusto mutta suhteessa siihen suuri puhdas tuotto, vaikka tämä tuotto absoluuttisesti saattaakin olla pieni (SAARI mt., s. 236).

Kun korkea hakkuuarvo on kuitenkin kiertoaikana tuotettua arvoa, on absoluuttisille puhtaan tuoton luvuille annettava suurempi merkitys kuin puhdastuottosadanneksille.

623. Tutkimussarjojen metsän puhtaan tuoton vertaaminen eräisiin muihin metsän puhtaan tuoton laskelmiin

ILVESSALO (1939) on esittänyt eräitä laskelmia siitä, mitä metsä voi tuottaa erilaisten kiertoaikojen vallitessa ja tällöin todennut mm. luonnonnormaalin ja viljellyn OMT-kuusikon luvuista lähtemällä, että harvennushakkuuksin käsitelty OMT-kuusikko tuottaa 60 vuoden kiertoaikaa käyttäen puhdasta tuottoa n. 500 markkaa hehtaaria ja vuotta kohden ja 70 vuoden kiertoaikaa käyttäen n. 700 markkaa. Viljelykuusikossa saavutetaan 60—70 vuoden kiertoaikoina n. 700—800 markan suuruinen vuotuinen puhdas tuotto hehtaaria kohden. Edellä esitetyt 85 markan kuutiojalkahintoihin perustuvat yksikköhinnat ovat keskimäärin n. 15—17 kertaiset ILVESSALON käyttämiin silloisiin kantohintoihin verrattuina. Taulukon 21 puhtaan tuoton luvut kerrottuna 1 000:lla ovat a- ja b-sarjojen kohdalla 60—70 vuoden kiertoaikoina n. 15—22-kertaiset ILVESSALON laskemiin puhtaan tuoton lukuihin verrattuina sekä viljelykuusikon kohdalla n. 18-kertaiset. Tämän tutkimuksen eri sarjojen puuston, kasvun, kantohintojen ja tuoton laskenta on siis johtanut likimain samaa suuruusluokkaa oleviin tuloksiin kuin ILVESSALON laskelmat.

CARBONNIERIN (1954) tutkimuksessa todetaan, että puhdas tuotto nousee selvästi itseharvenemisestä harventamiseen siirryttäessä. Jos alaharvenuksessa saatu tuotto merkitään luvulla 100, on vastaava luku itseharvenemisessä n. 70—80 ja yläharvenuksessa n. 93. REYNOLDS (1955) toteaa, että taloustoiminnan voimaperäistyessä on puhdas tuotto noussut ainakin samassa suhteessa kuin kokonaiskuutiokasvu (vrt. edellä s. 64). HEIKINHEIMO (1938, ss. 96—98) kiinnittää erikoista huomiota niihin taloudellisiin tavoitteisiin, joihin harvennushakkuuksissa olisi pyrittävä. Samoja seikkoja käsittelevät tutkimuksissaan myös LIHTONEN (1943) ja SIREN (1956), muita mainitsematta.

7. Kiertoaika- ja hakkuukypsyys tutkimuksen metsikkö-sarjoihin sovellettuna

71. Yleisiä periaatteita

Kiertojalla tarkoitetaan metsätaloudessa metsikön perustamisesta sen loppuhakkaukseen kuluva vuosimäärä (METSÄSANAKIRJA, s. 94). Kiertojalla tahdotaan osoittaa metsikön kasvuajan kokonaisuutena sen perustamisesta aina uudistusvaiheeseen saakka (vrt. LIHTONEN 1943, s. 152).

Kiertojan merkitys on metsätaloustieteessä ja käytännöllisessä metsätaloudessa varsin huomattava. Metsätaloussuunnitelmia laadittaessa joudutaan talouden ja laskelmien pohjaksi ottamaan erikseen perusteltava *aika*, jonka kuluessa metsä katsotaan hakkuukypsyuden saavuttaneeksi. Kiertoaika on tavalla tai toisella sidottu metsätaloustoiminnassa ja -suunnittelussa tärkeään kestävyyskäsitteeseen. Myös metsänarvonlaskennassa on kiertoaika ollut vanhastaan tärkeä tekijä, on sitten kysymys erillisistä metsämaapohjan ja puuston arvoista tai joistakin hakkuusuunnitteisiin tai taloustulokseen perustuvista *metsän* tuottoarvoista.

Kiertoaikakysymystä on aikanaan käsitelty paljonkin keskieuropalaisessa, lähinnä saksalaisessa, metsätaloussuunnittelussa. Suomessa on tässä suhteessa nojaututtu näihin lähteisiin, ainakaan mitään laajoja omaperäisiä kiertoaikatutkimuksia ei meillä ole tehty. Tieteellisessä mielessä on kiertoaikakysymystä meillä käsitellyt mm. HEIKKILÄ (1930), lähinnä maankorkoteorian ja finanssisen kiertoaikaperiaatteen edustajana. LÖNNROTH (1927) on käsitellyt kiertoaikakysymystä sekä erikoisesti LIHTONEN eräänä tuottohakkauslaskelman perustekijänä (1943, ss. 152—157) ja metsätalouden järjestelyn rakennemuotokysymyksen yhteydessä (1944), muita mainitsematta.

METSÄSANAKIRJAN (s. 25) mukaan on metsän *hakkuuikä* se, jossa metsikkö hakkuukypsänä (normaalinen hakkuuikä) tai jostain muusta syystä (epänormaalinen hakkuuikä) hakataan. Kiertoaikalaskelmat perustuvat säännölliseen normaalimetsään. Hakkuuikä, jolla tarkoitetaan metsän

loppu- eli uudistushakkausikää, voi poiketa normaalista sitä enemmän, kuta suurempi erotus on todellisen metsän ja normaalimetsän välillä (vrt. mm. MARTIN 1910, ss. 164—165). Normaalimetsään soveltuva kiertoaika eli *normaalista hakkuuikää* ei todellisissa metsissä voida läheskään aina soveltaa, siihen asettavat monet taloudelliset ja teknilliset seikat omat rajoituksensa. Valtakunnan metsien arvioimistulosten perusteella (vrt. ILVESSALO 1956 b, ss. 64—68) tiedetään, että Suomen metsissä on enemmän keski-ikäisiä ja vanhanpuoleisia metsiä kuin nuoria metsiä. Jos näihin sovellettaisiin normaalimetsien kiertoajan edellyttämää hakkuuikää, olisi seurauksena se, että lähivuosikymmeninä jouduttaisiin hakkaamaan paljon suurempi määrä puutavaraa kuin maan oma kulutus, puunjalostuslaitosten kapasiteetti, vientimarkkinat sekä työvoiman saanti ja käyttö edellyttäisivät. Sen jälkeen seuraisi ajanjakso, jolloin hakkausmäärä jäisi paljon nykyistä pienemmäksi. Seuraukset olisivat silloin päinvastaiset kuin edellä, puutavaran ylitarjonnan tilalle tulisi alitarjonta. Samantapaiset olisivat seuraukset myös useimmissa maamme yksityismetsälöissä, jos näiden metsien hakkuuikä käytettäisiin kaavamaisesti normaalista kiertoaika. MARTIN (mt., ss. 160—161) on esittänyt esimerkkejä siitä, miten metsänhoitoteknillisten ja kestävyysperiaatteiden mukainen *hakkuujärjestys* voi johtaa siihen, että esim. samanikäisessä metsikössäkin voi hakkuuikä ero olla 25 vuotta. Jos metsälön ikäluokkajaoitus on epänormaali, ei normaalin hakkuuikä soveltaminen voi tulla kysymykseen (vrt. MARTIN mt., s. 161). Myös LÖNNROTH (1927, s. 28) huomauttaa, että kaikki metsikön puut eivät saavuta hakkuukypsyyttä samana tietynä ajankohtana, joten nimitys kiertoaika ei mm. tästä syystä ole täysin onnistunut sanonta.

Epänormaaliin metsäluontoonkaan sovellettuna ei kiertoaika ole kuitenkaan merkityksetön. Hakkuusuunnitteissa ja -laskelmissa kiertoaika määrittää uudistushakkausalan laajuuden ja kasvatus- ja uudistushakkausten välisen rajan, tasoittaa ikäluokkasuhteita ja viittoilee metsien käsittelyn suuntaviivoja (LIHTONEN 1943, s. 153). Kun kiertoaika-nimitystä käytetään tai pyritään soveltamaan epänormaaliin metsään, on muistettava, että kiertoaika on näissä oikeastaan laskennallinen apusuure ja että metsän suunnitelman mukainen, todellinen hakkuuikä poikkeaa epänormaalissa metsässä laskelmissa käytetystä kiertoajasta, minkä edellä esitetyt ja MARTININ oppikirjaan kohdistuneet viittaukset todistavat.

Hakkuukierto on se aikajakso, joka kuluu kahden perättäisen toimenpiteen alkuunpanosta (CHAPMAN ja MEYER 1947, s. 244). Tämän tutkimuksen taksatorisessa osassa on hakkuukierto tullut kysymykseen metsäkoissa suoritettujen eri hakkausten välistä aikaa määritettäessä.

Kiertoaika määrittää sen *ajan*, jolloin metsän loppuhakkaus suoritetaan. Hakkausmäärä on yleensä riippuvainen kiertoajan pituudesta, mikä ilmenee mm. edellä esitetyistä kokonaiskuutiokasvun lukusarjoista. Jos tehtävänä olisi koko valtakunnan metsien keskimääräisen kiertoajan määrittäminen, olisi tällöin selvitettävä sen vaikutus mm. puutavaran kysyntään ja tarjontaan, työllisyystilanteeseen, yleiseen kansantalouden kanto-kykyyn ja tarpeisiin. Kiertoaika voi olla riippuvainen myös siitä, mitkä erät luetaan kuluiksi tai kustannuksiksi. Kansantaloudelliset ja yksityistaloudelliset puun tuotantokustannukset (oikeastaan liikekulut ja -kustannukset) voivat olla erilaiset (vrt. MARTIN 1910, ss. 149—150). Kiertoaikakysymystä voidaan näin ollen käsitellä *kansantalouden* kannalta. Kiertoajan pituus voi olla riippuvainen myös metsänhoidon tekniikasta, lähinnä hakkaustavasta ja hakkauksen voimakkuusasteesta. Mm. tässä tutkimuksessa ilmenee hakkausten voimakkuusasteen vaikutus kiertoajan pituuteen. Kiertoaikakysymystä käsitellään tällöin *metsänhoidolliselta kannalta*. Yleensä käsitellään kiertoaikakysymystä kuitenkin siten, että taloussubjektina on metsälön omistaja, joka asettaa metsätaloudelleen jonkin liiketaloudellisen päämäärän, mahdollisimman suuren koron metsään kiinnittelylle pääomalle, suuren metsän puhtaan tuoton, yrittäjän voiton tai suuren puumäärän. Metsän omistaja arvioi, mikä näistä päämääristä on hänelle edullisin ja laskee tällä perusteella kiertoajan, hakkuun. Tässä tutkimuksessa käsitellään kiertoaikakysymystä lähinnä tältä ns. *liiketaloudelliselta* kannalta. Tutkimuksessa ei voida kuitenkaan välttää sitä, että asiaa on käsiteltävä myös metsänhoidolliselta kannalta, koska mm. esitutkimuksen (KALLIO 1955) perusteella on oletettavissa, että metsänhoidolliset toimenpiteet vaikuttavat hyvin ratkaisevasti eri talouspäämäärien mukaisten kiertoaikojen pituuteen.

DAVIS (1954, s. 224) huomauttaa, että on kaksi tekijää, jotka määrittävät kiertoajan pituuden: minkä kokoista puutavaraa kysytään ja voidaan edullisimmin myydä sekä mitä pystytään kasvattamaan. Edellisiä nimittää DAVIS kaupallisiksi tekijöiksi (market factors) ja jälkimmäisiä metsällisiksi tekijöiksi (forest factors).

Ennen kuin siirrytään varsinaiseen aiheen käsittelyyn on ratkaistava kysymys, ovatko tämän tutkimuksen kiertoaikalaskelmat absoluuttisia vai relatiivisia sekä onko kysymyksessä ennako-, nyky- vai jälkilaskenta.

JØRGENSEN ja SEIP (1954, s. 4) mainitsevat seuraavat hakkuukypsyys- (hogstmodenhed) laskennan lajit:

Ennakkolaskenta (for-kalkyl).

Nykylaskenta (nä-kalkyl).

Ennakkolaskenta osoittaa, millä iällä teoreettisesti kuvattu metsikkötyyppi (bestandstypen) on hakkuukypsä.

Nykylaskennan tehtävänä on osoittaa, onko konkreettinen metsikkötyyppi hakkuukypsä vai ei. *Absoluuttisessa* nykylaskennassa määrätyn metsikön tai metsikkötyypin hakkuukypsyysikä arvioidaan pitäen silmällä kiinteätä tuotto- ja kannattavuusvaatimusta. *Relatiivisessa* nykylaskennassa tietyn metsikön tai metsikkötyypin laskentatulokset asetetaan sisäiseen vertailuun toisten vastaavien metsiköiden tai metsikkötyyppien kanssa ja ratkaistaan, mikä tai mitkä tyypit ovat hakkuukypsimmät.

Taksatorisen koeala-aineiston ja tuottotaulukkojen lukujen pohjalta lähtien ovat Jørgensen ja Seip suorittaneet hakkuuluokkaan V b kuuluvien kuusimetsien eri boniteettien sekä ikä- ja tiheysluokkien kesken vertailuja, mikä tai mitkä tyypit tai luokat ovat nykyhetkellä hakkuukypsimmät. Laskelmat ovat näin ollen muodostuneet relatiiviseksi nykylaskennaksi.

Metsätalouden kannattavuuslaskenta sekä maankorko-oppiin perustuvat laskelmat ovat yleensä luonteeltaan ennakkolaskentaa. CHAPMAN ja MEYER (1947, s. 253) mainitsevat, että korkeimman maankoron kiertoajalla ei ole lainkaan menneisyyttä, koska laskennan kohteena on paljas maa metsikön iän ollessa nolla. Tuloksenlaskenta, johon korkeimman metsänkoron kiertoajan laskelmat perustuvat, on taas yleensä jälkilaskentaa (vrt. mm. KELTIKANGAS 1946, s. 2). CHAPMAN ja MEYER (mt., ss. 247 ja 253) toteavat, että tämänkin kiertoajan laskenta on ennakkolaskentaa ja että kiertoajan määrittäminen perustuu tuleviin liiketapahtumiin, ottamalla huomioon nykyinen puusto ja nähtävissä oleva taloudellisen tilanteen ja metsän tilan kehitys.

MATTSON-MÅRN (1927, s. 420) toteaa, että ennako- ja jälkilaskennan ohella on kolmaskin laskentamuoto, ns. väliaikalaskenta eli avbrottskalkyl. Ns. kiinteässä tuotantoprosessissa, kuten esim. takkiraudan valmistuksessa, syntyy vain takkirautaa, mitään välimuotoa ei ole olemassa. Venyvässä tuotantoprosessissa raaka-aine on prosessin kohteena jatkuvasti pitempänä ajanjaksona, samalla kun tuote voidaan irroittaa tuotantoprosessista ja käyttää kulutukseen käytännöllisesti katsoen minä ajankohtana tahansa. Kiinteässä tuotantoprosessissa voidaan käyttää sekä ennako- että jälkilaskentaa, venyvässä tuotantoprosessissa myös väliaikalaskentaa. Väliaikalaskenta on luonteeltaan osaksi ennako- ja osaksi jälkilaskentaa. Nykyarvon määrittäminen on jälkilaskentaa ja tulevan, odotusarvon määrittäminen ennakkolaskentaa.

Kun ajatellaan metsätaloutta, on puun kasvattaminen tyypillistä ve-

nyvää tuotantoprosessia, koska se voidaan keskeyttää metsäntuottajalle edullisimpana ajankohtana. Hakkuukypsyys- ja kiertoaikalaskelmat muodostuvat tällöin Mattson-Märnin tarkoittamaksi väliaikalaskennaksi.

Vaikka tutkimusaineisto onkin kerätty konkreettisesta metsäluonnosta, ovat tutkimuksessa koostetut metsikkösarjat ja normaalimetsäkuvat sitenkin luonteeltaan teoreettisia, joiden nojalla tehdyt päätelmät ovat voimassa vain samanlaisiin muihin metsikköihin ja normaalimetsiin nähden. Kun tutkimuksessa ei myöskään todeta, mikä on ollut todella noudatettu kiertoaika, vaan pyritään se määrittämään laskelmien tuloksena ennakkoon, kuten metsätalouden järjestelyssäkin tehdään, on tutkimuksen kiertoaikalaskelmia pidettävä absoluuttisina *ennakkolaskelmina*. Tällöin suoritetaan myös vertailuja siitä, mikä tai mitkä tekijät voivat muuttaa laskettua kiertoaikaa ja mihin suuntaan. Sen lisäksi suoritetaan tutkimuksessa myös *relatiivista nykylaskentaa* (vrt. JØRGENSEN ja SEIP 1954).

72. Eri kiertoajat

Alaa käsittelevässä kirjallisuudessa jaetaan kiertoajat niiden määrittämistapojen perusteella tavallisesti seuraavasti (vrt. esim. ENDRES 1895, ss. 220—244; JUDEICH ja NEUMEISTER 1904, ss. 72—99):

1. Suurimman kuutiomäärän kiertoaika.
2. Korkeimman metsänkoron kiertoaika.
3. Korkeimman maankoron eli finanssinen kiertoaika, jota on kutsuttu myös rahallisesti edullisimmaksi kiertoajaksi.
4. Teknillinen kiertoaika.
5. Fyysinen kiertoaika.

Lisäksi voidaan puhua »joustavasta» kiertoajasta, jossa hakkaukset seuraavat toisiaan hakkuukiertojen mukaisesti hoitoluokittain (vrt. CHAPMAN ja MEYER 1947, s. 258). Korkeimman maankoron kiertoajan eräs muoto on ns. maksimaalisen metsitetyn maan arvon kiertoaika, jonka laskennassa ei metsikön uudistuskustannuksia oteta huomioon, vaan edellytetään luontaista uudistumista ainakin ensimmäisen kiertoajan alussa (vrt. LINNAMIES 1956).

Kun näitä ns. klassillisia kiertoaikaperiaatteita ja niiden soveltamista on selostettu laajasti alan teoksissa ja oppikirjoissa, ei tässä yhteydessä ole syytä toistaa näitä seikkoja, vaan tyydytään viittaamaan meillä Suomessa tunnettuun tärkeimpään alan kirjallisuuteen (mm. ENDRES 1895; JUDEICH-

NEUMEISTER 1904; MARTIN 1910; LÖNNROTH 1927; HEIKKILÄ 1930; LIHTONEN 1943 ja 1944; CHAPMAN ja MEYER 1947; DAVIS 1954). Edellä on, kulujen ja kustannusten sekä tuottojen ja suoritteiden käsittelyn yhteydessä, jo ilmennytkin mitä periaatteellisia eroavaisuuksia on olemassa tärkeimpien klassillisten kiertoaikojen eli korkeimman maankoron ja korkeimman metsänkoron kiertoajan välillä.

Seuraavassa käsitellään kiertoaikakysymystä tutkimussarjojen metsiin vain suurimman kuutiomäärän kiertoaikaperiaatteen sekä metsänkorko- ja maankorkoperiaatteiden mukaan sovellettuina. Edellinen nojautuu lähinnä metsällisiin tekijöihin, jälkimmäiset taas metsällisten ja kaupallisten tekijöiden yhteistulokseen (vrt. DAVIS mt., s. 228 ja 236).

721. Suurimman kuutiomäärän kiertoaika

Suurimman kuutiomäärän kiertoaika saavutetaan silloin, kun keskimääräinen kuutiokasvu kulminoi ja on se edellä kuvassa 17 esitettyjen piirosten mukaan eri sarjoissa seuraava:

	Suurimman kuutiomäärän kiertoaika, vuotta	
	<i>Rotation of maximum mean annual volume growth, years</i>	
1. a-sarja — <i>series a</i>)	noin — <i>about</i>	67
2. b-sarja — <i>series b</i>)	»	80
3. Vuokilan kehityssarja — <i>Vuokila's developmental series</i>	»	92
4. Viljelykuusikko — <i>Artificially regenerated spruce stand</i>	»	75 (arvio — <i>estimated</i>)
5. Luonnonnormaali kuusikko — <i>Naturally normal spruce stand</i>	»	80—90

EIDEN ja LANGSAETERIN (1941) OMT:ä vastaavilla kasvupaikoilla kasvavien norjalaisten kuusikoiden suurimman kuutiomäärän kiertoaika on n. 80—85 vuotta ja PETTERSONIN (1955) vastaavien kuusikoiden n. 95 vuotta.

On huomattava, että kun tässä tutkimuksessa lasketaan kuutiokasvu kuorellisena ja esim. Vuokilan tutkimuksessa kuorettomana, aiheutuu tästä mahdollisesti pieniä 1—2 vuoden eroja suurimman kuutiomäärän kiertoajassa. Mainittakoon myös, että Vuokila on saanut luonnonnormaalin OMT-kuusikon kiertoajaksi 90 vuotta. Tämän kuusikon juokseva ja keskimääräinen kuutiokasvu ovatkin kuvan 17 mukaan 80—100 vuoden iällä melkein yhtä suuret.

Kuta enemmän eri puutavaralajien ja -kokojen kantohinnat lähenevät toisiaan, sitä enemmän lähenee suurimman kuutiomäärän kiertoaika korkeimman metsänkoron kiertoaikaa. Tällöin on kuitenkin pidettävä mielessä, että hankintakulut ja mahdollisesti myös hoito- ja hallintokulut ovat pienimittaisen puutavaran tuotannossa yleensä suuremmat kuin järeän puutavaran kasvattamisessa. Tuotettu puumäärä ja puhdas tuotto eivät ole myöskään täysin vertailukelpoisia, koska jälkimmäinen saadaan vähentämällä kokonaistuotosta kulut mutta edellisen tuotokseen sisältyvät kulut tai kustannukset.

Maatilametsälön omistajalle on tärkeitä myös se seikka, kuinka paljon *työtälaisuuksia* oma metsä tarjoaa erikoisesti maatalouden sesonkityövaiheiden väliaikoina (vrt. mm. STREYFFERT 1956). Riippuu siitä, kuinka suuren painon metsänomistaja panee tälle seikalle, ts. kuinka suuri hyöty hänelle on näin lisääntyneestä työn tarjonnasta, saattaa suurimman kuutiomäärän kiertoaika olla muita edullisempikin. Meikäläisen pientilametsälön kokoa olevissa metsälöissä lienee tästä johtuva hyöty kuitenkin suhteellisen vähäinen. Kansantaloudelliselta kannalta saattaa tämä kiertoaika olla merkitsevä, koska sen tuottama ainespinotavaramäärä on suurempi kuin sitä pitempien kiertoaikojen (vrt. taulukko 15) ja koska ainespinotavara yleensä jalostetaan kotimaassa pitemmälle kuin järeä puutavara.

DAVIS (1954, ss. 228—229) toteaa, että koska lautajalka (board foot measure) on laadun mitta suuremmissa määrässä kuin kuutiojalka (cubic foot measure) ja koska edellisen suuruus on enemmän riippuvainen puun koosta kuin jälkimmäisen, on kuutiojalkamääriin perustuva suurimman kuutiomäärän kiertoaika lyhyempi kuin lautajalkamääriin perustuva vastaava kiertoaika. Saman tapainen suhde on olemassa myös todellisiin kiintokuutiometrimääriin perustuvan suurimman kuutiomäärän kiertoaajan ja teknillisiin mittoihin perustuvan vastaavan kiertoaajan välillä: edellinen on lyhyempi kuin jälkimmäinen. Taulukon 15 lukujen mukaan ei tukkipuun keskimääräinen tuotos saavuta vielä missään sarjassa 100. ikävuoteen mennessä kulminaatiopistettään, lukuunottamatta a-sarjaa, jossa mainitun tuotoksen nousu pysähtyy n. 80 vuoden iällä. Paperipuun keskimääräinen tuotos sen sijaan alenee n. 60. ikävuodesta alkaen. Jos tukkipuumäärät muunnetaan paperipuunittoihin käyttämällä kertoimena lukua 19 (vrt. ARO 1956, s. 285), saavutetaan näiden puutavaralajien yhteenlaskettujen määrien kulminaatiopiste a-sarjassa n. 70—75 vuoden kiertoaikana ja b-sarjassa n. 80—85 vuoden kiertoaikana. Vuokilan kehityssarjan ja luonnonnormaalien kuusikon mainittu piste saavutetaan 100. ja

120. ikävuoden välillä, viljelykuusikossa se ei ole 70. ikävuotena vielä näköpiirissä. Teknillisiin mittoihin perustuva suurimman kuutiomäärän kiertoaika on tutkimussarjoissa siis n. 5—20 vuotta pitempi kuin todellisiin kiintokuutiometrimääriin perustuva vastaava kiertoaika.

VUOKILAN (1956, s. 78) mukaan voidaan hoidetun kuusikon kiertoaikaa lyhentää esim. OMT:llä 15 vuodella 1 %:n menetyksellä ja n. 20 vuodella 2 %:n menetyksellä suurimmasta mahdollisesta kuutiomäärästä. Tämän tutkimuksen sarjoissa aiheuttaa kiertoaajan lyheneminen 10 vuodella n. 2—3 %:n menetyksen suurimmasta mahdollisesta kuutiomäärästä.

722. Korkeimman metsänkoron kiertoaika

Korkeimman metsänkoron kiertoaika saavutetaan silloin, kun vuotuinen puhdas tuotto on maksimissaan (vrt. edellä s. 106 ja kuva 20). Niiden edellytysten vallitessa, joiden perusteella metsikkösarjat arvo- ja tuottolukuineen on koostettu, ei a-sarjassa saavuteta vielä sen päätepisteeseen mennessä korkeimman metsänkoron kiertoaikaa. Mikäli b-sarjan 90- ja 100-ikäkohdille laskettaisiin uudistuskulut samaan tapaan kuin aikaisemille ikäkohdille, (vrt. ss. 104—105), olisi b-sarjan korkeimman metsänkoron kiertoaika n. 85 vuotta. Kun puhdas tuotto tässä sarjassa on 80—100 ikävuosien välillä miltei yhtä suuri, osoittaa tämä että ko. kiertoaika on näiden ikäkohtien välillä. Siitä päätellen, että a-sarjan juokseva arvokasvu on vielä 85 vuoden iällä n. 20 % korkeampi kuin keskimääräinen arvokasvu, on a-sarjan kuusikon kasvattaminen metsänkorkoperaation mukaan arvostellen vielä pitkän aikaa edullista, b-sarjassakin lähenevät juokseva ja keskimääräinen arvokasvu toisiaan uudelleen n. 95—100 vuoden iällä.

Vielä 70 vuoden ikään mennessä ei voida päätellä milloin viljelykuusikon metsän puhdas tuotto on korkeimmillaan. Luonnonnormaalissa kuusikossa saavutetaan korkeimman metsänkoron kiertoaika n. 120 vuoden iällä. Vuokilan kehityssarjassa ei kuvan 20 mukaan 120. vuoteen mennessä saavuteta mainittua kiertoaikaa.

Korkeimman metsänkoron kiertoaika osoittautuu edellisen mukaan hyvin pitkäksi. Toisaalta on menetys kiertoaajan lyhenemisestä sarjoissa verrattain pieni. Niinpä saavutetaan b-sarjassa tasaisesti sama vuotuinen puhdas tuotto 80. ja 100. vuoden välillä. Jos a-sarjassa sen sijaan suoritetaan päätehakkous 70 vuoden iällä, on puhdas tuotto vuotta kohden n. 7 % pienempi kuin jos päätehakkous suoritettaisiin 85 vuoden iällä. Luku voi nousta alennettaessa päätehakkouksen ikäkohtaa 20 v:lla aina 10 %:iin saakka ja sitä suuremmaksikin (vrt. taulukko 21).

Kuvan 20 mukaan nousee Vuokilan kehityssarjan puhdas tuotto jatkuvasti sen päätepisteeseen eli 120. ikävuoteen saakka. Sarjoissa a ja b pienenee puhtaan tuoton nousu likimain siitä ikäkohdasta lukien, jolloin niissä suoritetaan uudistushakkauksen ensimmäinen vaihe. Käyrien kulkusuunnasta voidaan tehdä sellainen oletamus, että jos a-sarjassa jatketaisiin 60—70. ikävuodesta eteenpäin harvennushakkauksia samaan tapaan kuin Vuokilan kuusikoissa, noudattaisi a-sarjan käyrä lähimain mainitun tutkimuksen käyrän suuntaa ja tasoa. Samoin jatkuisi b-sarjan käyrän kulku ilmeisesti myös samaan suuntaan, omassa tasossaan. Uudistushakkauksen aloittamisesta on siis luonnollisena seurauksena se, että metsän puhdas tuotto ja sen mukana korkeimman metsänkoron kiertoaika alenevat. Metsän puhdas tuotto ei a-sarjassa saavuta kuitenkaan vielä kulminaatiopistettään ja b-sarjassakin jää se avoimeksi. Tähän on yhtenä tekijänä luontaisesti syntynyt taimisto ja siitä johtuva uudistuskulujen säästyminen. Suurimpia tekijöitä ovat kuitenkin jaksottaiset uudistushakkaukset. Arvokasvua esittävästä kuvasta havaitaan, että a- ja b-sarjojen metsiköiden juoksevan arvokasvun lasku pysähtyy uudistushakkauksen alussa eli a-sarjassa n. 65—70 vuoden iällä ja b-sarjassa n. 85 vuoden iällä. Edellisessä pysyy tämä kasvulaji sen jälkeen miltei saman suuruisena, jälkimmäisessä se hieman nousee. Myös luonnonnormaalin kuusikon kohdalla havaitaan vastaavanlainen ilmiö n. 85. ikävuodesta lähtien.

Kuusikoiden uudistamisvaiheessa ilmenevän arvokasvun nousun syitä tutkittaessa on lähdettävä siitä, että niissä tapahtuu tänä ikäkautena, kuutiokasvun alenevasta suunnasta ja puuston vähenemisestä huolimatta, varsinaista laatukasvua eli siirtymää järeisiin puutavarakokoihin suhteellisesti enemmän kuin edellisinä vuosikymmeninä. Tämän voi todeta tarkastamalla sahapuurunkojen keskikuution nousua, mikä puolestaan nostaa taulukossa 19, sarakkeessa f, esitettyä sahapuun hintasuhdekerrointa. Edellisten ikäluokkien kohdalla on vastaava nousu pienempi. Luonnonnormaalin kuusikon arvokasvun nousu johtuu ilmeisesti myös siirtymästä sahapuukokoihin, sekä siitä, että sen juokseva kuutiokasvu n. 85—100. ikävuoden välillä laskee varsin hitaasti.

Edellisestä on tehtävä se johtopäätös, että jaksottaisilla uudistushakkauksilla ja päätehakkauksella siirtämällä voidaan korkeimman metsänkoron kiertoaikka kuusikoiden uudistamisvaiheessa pidentää. Edellytyksenä on luonnollisesti se, että metsässä on riittävä peruspuusto. Mm. LIHTONEN (1943, kuvat 12—13 ja ss. 109—121) on todennut, että erikoisesti metsikön uudistamisvaiheet ovat emometsän osalta juoksevan kasvun kiihdytysaika, jolloin varsinkin kasvusadannes kohoaa huomattavasti.

Hyvällä maalla kasvavan kuusimetsikön uudistamista ei, metsänhoitoteknillisten syiden johdosta, suositella suoritettavaksi yhdellä kerralla, vaan asteittain, nykyään suojuspuumenetelmää soveltaen (vrt. KALELA 1945, ss. 289—293). Mm. tämän tutkimuksen tulosten perusteella viittavat myös liiketaloudelliset tekijät samaan suuntaan. *Asteittain tapahtuvassa uudistushakkauksessa voidaan käyttää hyväksi metsikön kasvun, erikoisesti sen arvokasvun samoinkuin luontaisen uudistumisenkin tarjoamat taloudelliset mahdollisuudet.* Tällä tavalla voidaan metsikön juokseva ja keskimääräinen arvokasvu pitää lähimain saman suuruisina vielä senkin jälkeen, kun keskimääräisen arvokasvun kulminaatiopiste on sivuutettu. Metsänomistajalle tarjoutuu täten tilaisuus järjestää puutavaran myynti- ja hakkuuaika edullisten suhdanteiden ym. yksityistaloudellisten vaatimusten mukaan edellä mainitun kulminaatiopisteen mukaista aikaa myöhäisemmäksi.

Kun korkeimman metsänkoron kiertoaika saavutetaan, on metsän puhdas tuotto sen jälkeen pienempi kuin sen kulminaatioajankohtana. Sarjassa b on juokseva vuotuinen arvokasvu vielä jälkeensäkin miltei yhtä suuri kuin keskimääräinen arvokasvu. Edellä on selvitetty, miten tämä johtuu laatukasvusta eli puun hinnan noususta tilavuusyksikköä kohden. Jos tämä laatukasvu olisi vielä suurempi, on mahdollista, että juokseva ja keskimääräinen arvokasvu leikkaisivat uudestaan toisensa, koska laatukasvun lisäys jaetaan juoksevaa vuotuista arvokasvua laskettaessa vain laskentajakson vuosien lukumäärällä mutta keskimääräistä arvokasvua laskettaessa metsän iällä, joka on suurempi luku. Jos taas kulut nousevat, tuottojen pysyessä samoina, etäännyvät juoksevan ja keskimääräisen arvokasvun luvut toisistaan. Edellisestä seuraa, että puhtaan tuoton kulminaatiopisteen jälkeen ilmenevä tuottojen nousu tai kulujen pieneminen on omiaan johtamaan uuteen kulminaatiopisteeseen ja kiertoajan jatkamiseen. Viime mainittua mahdollisuutta voidaan käyttää tilaisuuden ollen hyväksi mm. *kasvattamalla ja myymällä järeitä erikoispuita.* Mikäli järeitä sahapuita käytetään erikoistarkoituksiin, saadaan niistä yleensä korkeampi kantohinta kuin sahapuusta.

Jos a- ja b-sarjoissa jatkettaisiin edelleen kasvatusvaihetta, olisi niiden korkeimman metsänkoron kiertoaika pitempi kuin nyt, kun uudistushakkaukset aloitetaan ennen kuin mainittu kiertoaika on edes näköpiirissä. Kokemuksen mukaan ei käytännöllisessä metsätaloudessa, varsinkaan maatilametsätaloudessa, ole varaa pitkiin kiertoaikoihin eikä näiden edellyttämiin suuriin ja arvokkaisiin puuvarastoihin. Asteittainen uudistushakkauksen aloittaminen on käytännön sanelemana ikäkohtana, tutkimus-

sarjojen puhtaan tuoton perusteella ei kuitenkaan kernaasti ennen 70 ikävuotta, mutta kuitenkin ennen kuin metsiköt ovat saavuttaneet 90—100 vuoden iän. Jotta mainittuina kiertoaikoina saavutettaisiin mahdollisimman suuri puhdas tuotto, olisi metsien käsittelyssä otettava huomioon eri tutkimusmetsien kasvun ja puhtaan tuoton kehitys. Hyvän alkukehityksen ansiosta on a-sarjan puhdas tuotto aina 70. ikävuoteen saakka korkeampi kuin Vuokilan kehityssarjan (vrt. s. 108), vaikka jälkimmäisen kuutiokasvu nousee edellisen yläpuolelle jo 40—50 ikävuoden paikkeilla, lähinnä kasvua edistävien voimakkaiden harvennusten johdosta. Tämä osoittaa, että OMT-kuusikoissa voidaan päästä taimistoiällä suoritettavilla hoitotoimenpiteillä ja sittemmin, keski-ikäällä, suoritettavilla suhteellisen voimakkailla harvennuksilla edulliseen puuston rakenteeseen ja tämän seurauksena lyhyenäkin kiertoaikana suhteellisen suureen puhtaaseen tuottoon.

723. Metsämaan tuottoarvo ja korkeimman maankoron kiertoaika

Korkeimman maankoron kiertoaika pohjautuu korkeimpaan maan tuottoarvoon, minkä laskenta tapahtuu asettamalla suoritteet ja kustannukset vastakkain tunnetun FAUSTMANNIN kaavan ja »taloudellisen tasapainoyhtälön» (vrt. mm. DIETERICH 1942, s. 90) mukaan. Korkeimman maankoron kiertoaika ottaa huomioon kaikki kustannukset, jotka, samoin kuin suoritteetkin, vyörytetään prolongoimalla ja diskonttaamalla laskenta-aikaan.

Käytännöllisten laskutoimitusten helpottamiseksi ovat eräät norjalaiset ja tanskalaiset tutkijat kehittäneet ns. balanssimassatauluja (vrt. mm. LANGSAETER 1945; GRØN ja JØRGENSEN 1948; JØRGENSEN 1949). Balanssimassataulujen luvut on laskettu sillä tavalla, että kuutiometreissä ilmaistut puumäärät prolongoidaan läpimittaluokittain kiertoajan loppuun sekä diskontataan kiertoajan alkuun FAUSTMANNIN kaavan mukaisesti, eri suuruisia korkosadanneksia soveltaen. Kertomalla balanssimassataulujen luvut kuutiokasvun arvolla, saadaan suoraan valmiiksi prolongoidut ja diskontatut suoritepuolen raha-arvot. Kun myös kustannuksista on laskettu vastaavat balanssiluvut, saadaan suoritepuolen ja kustannuspuolen erotuksista laskennan kohteena olevat valmiit arvot.

Tässä tutkimuksessa on jo edellä koostettu suoritepuolen peruserinä käytettävät poistuvan puuston ja kiertoajan lopussa olevan kokonaispuuston hakkuuarvot (hakkuutulot), kustannuspuolen peruserinä käytettävät hoito- ja hallintokustannukset ja niiden pääoma-arvot sekä uudistuskustannukset (vrt. edellä ss. 94—95 ja 105—106). Aiempana, eri pituisten kiertoaikojen laskemisessa on ao. kiertoaikana erääntyneiden poistuvan puus-

ton loppukuutioiden hakkuuarvot prolongoitu kiertoajan loppuun, tulokset laskettu yhteen ja summaan lisätty kiertoajan lopussa olevan kokonaispuuston hakkuuarvo. Tässä summassa on uudistuskustannukset otettu huomioon seuraavien vaihtoehtojen mukaan:

1. Uudistuskustannuksia ei ole vähennetty ensinkään, vaan on oletettu, että uudistaminen tapahtuu aina luontaisesti.

2. Uudistuskustannuksia ei edellytetä tarvittavan ensimmäisen kiertoajan alussa vaan vasta seuraavina kiertoaikoina. Uudistuskustannus on vähennetty siis päähakkuutulosta (vrt. mm. LINNAMIES 1956).

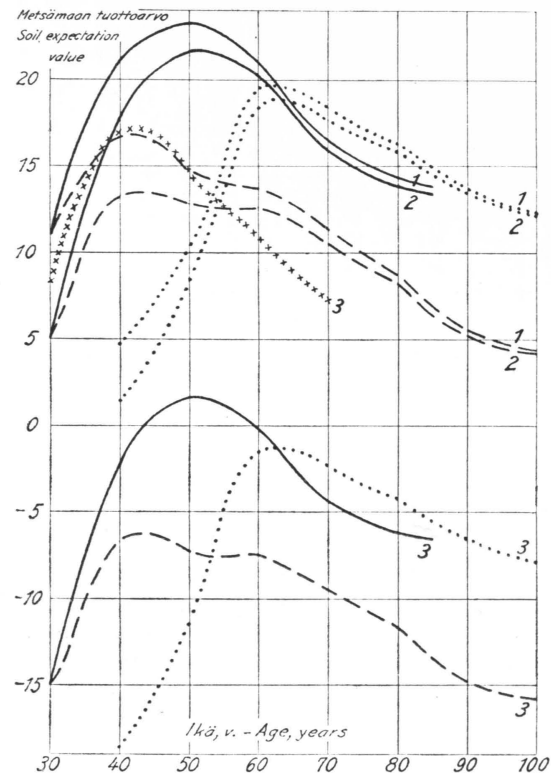
3. Uudistuskustannukset erääntyvät täysimääräisinä ensimmäisen kiertoajan alusta lukien, joten ne on prolongoitu kiertoajan loppuun ja vähennetty hakkuutulosta.

Edellä ss. 104—105 esitettyjen perustelujen mukaan otetaan seuraavissa laskelmissa uudistuskustannukset huomioon täysimääräisinä eli 3. vaihtoehtoon mukaan viljelykuusikossa ja muissa sarjoissa 2. vaihtoehtoon mukaan. Silloin kun a-sarjassa sovelletaan 85 vuoden ja b-sarjassa 100 vuoden kiertoaikaa, ei uudistuskustannuksia lasketa ensinkään, vaan käytetään 1. vaihtoehtoa. Sovellettaessa a-sarjassa 80 vuoden ja b-sarjassa 90 vuoden kiertoaikaa otetaan uudistuskustannuksista keskimäärin puolet huomioon.

Edellisten periaatteiden mukaan lasketut tulojäämät kiertoajan lopussa on siirretty ensimmäisen kiertoajan alkuun kertomalla ne päättymättömän jaksotaiskoron pääomistekijällä. Kun jäännöksestä vähennetään hallinto- ja hoitokustannuspääoma — vrt. edellä s. 105 — saadaan metsämaan tuottoarvo. Tulokset ilmenevät seuraavasta asetelmasta ja kuvasta 21.

	Kiertoaika, vuotta — <i>Rotation, years</i>							
	40	50	60	70	80	90	100	120
	Metsämaan tuottoarvo — <i>Soil expectation value</i>							
1. a-sarja — <i>Series a)</i>	17.9	21.6	20.3	15.8	14.1	13.9 ¹	—	—
2. b-sarja — <i>Series b)</i>	13.3	12.8	12.6	10.5	8.3	5.3	4.4	—
3. Vuokilan kehityssarja — <i>Vuokila's developmental series</i>	1.4	8.5	18.4	17.7	15.9	13.5	12.2	10.5
4. Viljelykuusikko — <i>Artificially regenerated spruce stand ..</i>	17.0	14.8	10.6	7.3	—	—	—	—
5. Luonnonnormaali kuusikko — <i>Naturally normal spruce stand</i>	—	—2.4	—2.7	—3.7	—6.9	—10.5	—13.8	—

¹ 85 v. — 85 years.



Kuva 21. Metsämaan tuottoarvo. Yhtenäinen viiva = a-sarja, katkoviiva = b-sarja, pisteiviiva = Vuokilan kehityssarja, ristit = viljelykuusikko. 1 ja 2 = metsitetyn maan arvot (katso tekstiä), 3 = paljaan maan arvo.

Figure 21. Soil expectation value. Solid curve = Series a), broken curve = Series b), dotted curve = Vuokila's developmental series, crossed curve = artificially regenerated spruce stand. 1 and 2 = expectation value of afforested soil (see p. 152), 3 = expectation value of bare soil.

Asetelman luvuista kuvastuu selvästi jo edellä todettu a- ja b-sarjan kuusikoiden sekä viljelykuusikon ripeä alkukehitys. Sarjan a kuusikko antaa kustannuslaskennallisestikin edullisemmän tuloksen kuin b-sarjan kuusikko ja n. 65. vuoteen saakka myös paremman tuloksen kuin Vuokilan kehityssarja. Tämän on katsottava johtuvan nopeasta alkukehityksestä. Luonnonnormaali kuusikko jää muita epäedullisemmaksi. Erikoisesti a-sarjassa havaitaan, miten maan tuottoarvon lasku hidastuu 80–85 ikävuosien välillä. Tämä johtuu pienentyneistä uudistuskustannuksista ja suhteellisen korkeasta arvokasvusta, joka nostaa puuston hakkuuarvoa.

Viljelykuusikon metsämaan tuottoarvot eivät ole vertailukelpoisia muiden kuusikoiden metsämaan tuottoarvojen kanssa, koska kysymyksessä on paljaan metsämaan arvo mutta muiden kuusikoiden kohdalla metsitetyn maan arvot. Viljelykuusikon metsitetyn maan arvot olisivat muiden kuusikoiden metsitetyn maan arvoja huomattavasti korkeammat. On kuitenkin huomattava, että luontaisesti syntyneiden kuusikoiden metsitetyn maan arvot ovat kiertoaikana tuotettuja arvoja.

Jos luontaisesti syntyneille kuusikoille lasketaan paljaan maan arvot, päädytään kuvan 21 mukaan negatiivisiin metsämaan tuottoarvoihin, lukuunottamatta a-sarjaa ikävuosien 45–60 välillä. Luontaisesti syntyneille kuusikoille ei oikeastaan saisi laskea uudistuskustannuksia ensimmäisen kiertoajan alussa, koska tämä on vastoin todellisuutta, metsiköt kun ovat syntyneet luonnon siemennyksestä. Viljelykuusikon kehitys on myös huomattavasti erilainen kuin luontaisesti syntyneen kuusikon.

Kuvassa 21 esitettyjen käyrien huippupisteet osoittavat korkeimman maankoron kiertoaikojen pituudet. Numeroilla 1 ja 2 merkityt tarkoittavat metsitetyn maan arvoja, näistä 1 ikuisuuteen saakka ja 2 ensimmäisenä kiertoaikana, sekä vaihtoehto 3 paljaan maan arvoa. Kahden ensimmäisen vaihtoehdon mukaan laskettu kiertoaika ei olekaan korkeimman maankoron kiertoaika, vaan maksimaalisen metsitetyn maan arvon kiertoaika.

Kuvan 21 ja suoritettujen laskelmien mukaan on korkeimman maankoron kiertoaika eri sarjoissa seuraava:

Korkeimman maankoron kiertoaika, vuotta
Rotation of maximum soil rent, years

1. a-sarja — Series a)	noin — about	50
2. b-sarja — Series b)	» »	45
3. Vuokilan kehityssarja — Vuokila's developmental series		
OMT	» »	65
MT	» »	80
4. Viljelykuusikko — Artificially regenerated spruce stand	» »	45
5. Luonnonnormaali kuusikko — Naturally normal spruce stand	» »	50

Maksimaalisen metsitetyn maan arvon kiertoaika on eri sarjoissa n. 2–3 vuotta lyhyempi kuin korkeimman maankoron kiertoaika. Tämä koskee kuitenkin vain 1. vaihtoehtoa. Edellinen kiertoaika on 2. vaihtoehdossa yhtä pitkä kuin jälkimmäinenkin. Tämä johtuu uudistuskustannusten pienenemisestä kiertoajan pidentyessä, koska nämä kustannukset diskon-

tataan kiertoajan alkuun päättymättömän jaksottaiskoron pääomitustekijällä, joka on sitä pienempi, kuta pitempi on kiertoaika (vrt. edempänä ss. 128).

Korkeimman maankoron kiertoaika on matemaattisesti, mm. korkovaatimukseen nähden, moitteeton (vrt. KELITKANGAS 1947, s. 31). Vastaako tämä kiertoaika käytännöllisen elämän vaatimuksia, siihen nähden voidaan olla eri mieltä. Ne metsiköt, joiden ikä vastasi edellä esitettyjä vuosimääriä, eivät olleet vielä metsänhoitoteknillisesti hakkuukypsiä. Yksityismetsälain mukaan katsottaisiin tällaisten metsiköiden nopea uudistaminen ilmeisesti rikkomukseksi mainitun lain 1 §:n 2 mom. vastaan. Mahdollisesti voitaisiin näissä metsiköissä aloittaa *asteittainen* uudistushakkaus, mikä tietää sitä, että metsikköihin saataisiin uusi metsikkö n. 10—20 vuoden kuluessa ja että todellinen, viimeiseen uudistushakkausvaiheeseen päättyvä kiertoaika olisi eri sarjoissa n. 60—80 vuotta. Ellei ole pakottavaa tarvetta, pyrkii metsänomistaja siihen, että hän saa käteensä mahdollisimman suuret hakkuutulot pinta-alayksikköä kohden. Käytetään hyväksi metsän arvokasvun suomat mahdollisuudet lykkää hän metsän uudistamisen myöhemmin tapahtuvaksi. Jos metsänomistaja taas uhraa varoja esim. metsänhoitotöihin, ei hän aina kiinnitä huomiota niinkään paljon korkovaatimukseen vaan pitää silmällä metsälö- ja tilakokonaisuuksien arvon ja tuottavuuden säilyttämistä sekä kohottamista.

73. Kiertoaikojen muuttumiseen vaikuttavista tekijöistä

Kiertoajan kuluessa eri suuntiin tapahtuvat keskimääräisen kuutiokasvun sekä tuottojen ja kulujen vaihtelut voivat muuttaa kiertoaikojen pituutta siitä, miksi se normaalisarjojen perusteella saadaan. Pienet epä säännölliset vaihtelut eivät voine sanottavastikaan muuttaa kiertoaikojen pituutta, koska voidaan olettaa, että tällaiset eri suuntiin tapahtuvat vaihtelut kiertoajan kuluessa ovat omiaan tasoittamaan toisensa.

Keskimääräistä kuutiokasvua ja metsän puhdasta tuottoa kuvaavien käyrien jyrkkyydestä eri ikäkausina voidaan tehdä eräitä suurimman kuutiomäärän ja korkeimman metsänkoron kiertoaikojen muuttumista koskevia päätelmiä. Tällöin voidaan ajatella, että on kaksi ideaalista normaali käyrää, joista toinen tasoittaa edellä tutkittujen ja selostettujen tutkimusmetsien keskimääräiset kuutiokasvun luvut ja toinen vastaavat puhtaan tuoton luvut. Poikkeamat näistä normaalisarjoista vaikuttavat keskimääräisen kuutiokasvun ja puhtaan tuoton kulminaatiopisteisiin seuraavilla tavoilla:

1. Jos keskimääräisen kuutiokasvun ja puhtaan tuoton nousu pienee tai lasku suurenee normaalista metsän iän kasvaessa, alenee niiden kulminaatiopisteiden ikäkohta.

2. Jos edellisessä kohdassa mainittujen lukujen nousu tai lasku normaalista on vuotta kohden jatkuvasti yhtä suuri, pysyy niiden kulminaatiopisteiden ikäkohta samana.

3. Jos samojen lukujen nousu suurenee tai lasku pienenee normaalista metsän iän kasvaessa, nousee niiden kulminaatiopisteiden ikäkohta.

Edellä kuvattuihin normaalisarjoihin verrattuina osoittavat a- ja b-sarjan sekä keskimääräisen kuutiokasvun että puhtaan tuoton luvut 1. kohdan mukaista eli nuorella iällä suhteellisen nopeata ja vanhalla iällä hidastuvaa kehitystä. Varsinkin niiden kuutiokasvun kulminaatiopisteet saavutetaan suhteellisen nuorella iällä. Tähän ovat osaltaan syynä myös voimakkaat, uudistamiseen tähtäävät hakkaukset, joiden takia metsien puuston määrä alenee ja kasvun luvut pienenevät. Viljelykuusikon keskimääräisen kuutiokasvun kulussa havaitaan myös 1. kohdan mukaisia piirteitä: sitä kuvaava käyrä nousee n. 40—50. ikävuoteen saakka jyrkästi, mutta hidastuu sen jälkeen. Sen puhdasta tuottoa osoittava käyrä nousee sen sijaan tasaisesti aina 70. ikävuoteen saakka. Vuokilan kehityssarjan keskimääräinen kuutiokasvu ja puhdas tuotto osoittavat taas 3. kohdan mukaista kehitystä, joten niiden kulminaatiopisteet saavutetaan suhteellisen korkealla iällä. Myös luonnonnormaalin kuusikon keskimääräisen kuutiokasvun ja puhtaan tuoton käyrien suunnat noudattavat aluksi Vuokilan kehityssarjaa vastaavien käyrien suuntaa, mutta loivenevat sittemmin ja kulminoivat aikaisemmin kuin jälkimmäiset. EIDEN ja LANGSAETERIN kuusikoiden keskimääräisen kuutiokasvun kehitys on nuorena ripeä, mutta hidastuu n. 60—70 ikävuoden paikkeilla ja vastaa siis lähinnä 1. kohdan mukaista kehitystä. Tästä johtuu, että niiden keskimääräinen kuutiokasvu kulminoi aikaisemmin kuin Vuokilan kuusikoissa. PETERSONIN vastaavan kuusikon keskimääräinen kuutiokasvu on alussa nopea, hidastuu hieman keski-iällä, mutta jatkaa samaa suuntaansa aina 90. ikävuoteen saakka ja kulminoi loivasti, metsikön iän ollessa n. 95 vuotta.

Kulujen suureneminen ja pieneneminen vaikuttavat päinvastaiseen suuntaan kuin vastaavat tuottojen muutokset. Edellä esitetty voidaankin tämän jälkeen lausua siinä muodossa, että *keskimääräisen kuutiokasvun ja tuottojen suureneminen sekä kulujen pieneneminen kiertoajan loppupäässä pidentävät kiertoaikoja ja päinvastoin* mutta että *samat muutokset kiertoajan alkupäässä lyhentävät kiertoaikoja ja päinvastoin*. Samaan tulokseen tultiin edellä korkeimman metsänkoron kiertoaikaa käsiteltäessä, jolloin

todettiin, että uudistamalla metsä suojuspuumenetelmää soveltaen voidaan käyttää hyväksi metsikön arvokasvun sekä luontaisen uudistumisen tarjoamat taloudelliset mahdollisuudet.

Edellä sanottu koskee suurimman kuutiomäärän ja korkeimman metsänkoron kiertoaikoja. Korkeimman maankoron kiertoaikaan nähden toteaa mm. PETRINI (1948, ss. 240—244), että puutavaran kantohintojen nousu tai yleensä kohoava hakkuutulo on omiaan lyhentämään ja kustannusten nousu pidentämään korkeimman maankoron kiertoaikaa. Mainitut lisäykset diskontataan kiertoajan alkuun päättymättömän jaksottaiskoron pääomistustekijällä, joka on sitä pienempi, kuin sitä pienempi on kiertoaika. Tästä johtuu, että kohonneiden hakkuutulojen tai kustannusten kiertoajan alkuun diskontattu arvo on myös sitä pienempi, kuin sitä pienempi on kiertoaika, jolloin päädytään edellä 1. kohdassa mainittuun tulokseen. Jos hakkuutulot tai kustannukset nousevat kiertoajan pidentyessä siinä määrin, että tämä nousu eliminoi päättymättömän jaksottaiskoron pääomistustekijän pienenemisen vaikutuksen, päädytään 2. kohdassa mainittuun tulokseen ja jos ne nousevat vielä enemmän, 3. kohdan mukaiseen tulokseen. Näillä perusteilla voidaan edellä kursivoituna esitetty sääntö ulottaa myös korkeimman maankoron kiertoaikaa koskeväksi. Tuottojen ja kulujen nousun tai pienenemisen tilalla ovat suoritteiden tai kustannusten vastaavat muutokset. Eri sarjojen korkeimman maankoron kiertoaikojen järjestys lyhimmästä pisimpään ja niiden kehityksen riipeys todistaa myös edellisen: viljelykuusikon alkukehitys on nopein, samoin myös b-sarjan muihin luontaisesti syntyneisiin kuusikkoihin verrattuna; näiden kiertoaika on lyhin. Sarjan a alkukehitys on taas suhteellisesti hieinan nopeampi kuin luonnonnormaalin kuusikon ja erikoisesti nopeampi kuin Vuokilan kehityssarjan. Viime mainitun alkukehitys on muihin verrattuna hidaskasvu ja myöhempi kehitys nopea, sen korkeimman maankoron kiertoaika on pisin. Sarjan a ja luonnonnormaalin kuusikon vastaava kiertoaika on taas lähimain yhtä pitkä. Korkokannan nousu on omiaan lyhentämään kiertoaikaa (vrt. mm. PETRINI mt., s. 241).

Sivulla 121 on selvitetty, miten erikoisesti maatilametsätaloudessa on tärkeätä, että talouspäämäärän edellyttämä tulos saavutetaan mahdollisimman lyhyenä kiertoaikana. Tämän johdosta on 1. kohdan mukaista kehitystä pidettävä näissä suotavana. Tutkimusmetsissä näyttää tämä saavutetun ainakin a- ja b-sarjoissa sekä viljelykuusikossa lähinnä taimisto- ja riukumetsäasteella suoritettujen hoitotoimenpiteiden ansiosta. Sivulla 122 esitetty päätelmä, että OMT-kuusikossa voidaan päästä taimistoissa ja nuorissa metsissä suoritettavilla hoitotoimenpiteillä ja harven-

nuksilla lyhyenäkin kiertoaikana suhteellisen korkeaan puhtaaseen tuottoon, voidaan tässä kappaleessa esitettyjen vertailujen perusteella ulottaa myös muita tutkimuksessa käsiteltyjen kiertoaikaperiaatteiden edellyttämiä talouspäämääriä koskeväksi.

JØRGENSEN ja SEIP (1954) ovat tutkineet, mitä kustannusten, erikoisesti korkokannan ja hankintakustannusten nousu vaikuttaa relatiiviseen hakkuukypsytyteen. Kuten korkeampi on korkokanta, sitä suuremmaksi nousee tappio varsinkin taajoissa ja vanhoissa metsissä; kiertoaika lyhenee. Harvoissa ja nuorissa metsissä jää tappio korkean korkokannan vallitessa taas pienemmäksi kuin alhaisen korkokannan vallitessa, joten näiden kiertoaika pitenee korkokannan noustessa. Muiden kustannusten nousu vaikuttaa päinvastaiseen suuntaan: taajoissa ja vanhoissa metsissä kiertoaika nousee, harvoissa ja nuorissa pysyy se ennallaan tai laskee.

74. Relatiivinen laskenta

JØRGENSEN ja SEIP (1954) ovat asettaneet kysymyksen, mikä on voitto tai tappio, jos metsikön loppuhakkausta siirretään vuodella eteenpäin ja perustavat tähän periaatteeseen relatiiviset hakkuukypsyyslaskelmansa. Tämä periaate voidaan johtaa *näyttäjäsadanneksen* perusyhtälöstä (vrt. mm. ENDRES 1895, ss. 192—193). Mainitussa tutkimuksessa todetaan, että metsikön v-arvo (voitto tai tappio) riippuu lähinnä kolmesta tekijästä, boniteetista, metsikön pohjapinta-alasta (tiheydestä) ja pituudesta (iästä). Sen kulkua osoittavien käyrien kaltevuus on heikosti negatiivinen (satunnaisesti nolla tai positiivinenkin) huonolla boniteetilla sekä nuorissa ja harvoissa metsissä. Sen sijaan on kaltevuus voimakkaasti negatiivinen hyvällä boniteetilla sekä vanhoissa ja taajoissa metsissä. Harvennus ei yleensä johda siihen, että v-arvo muuttuisi positiiviseksi. Sitä vastoin jää tappio harvennetussa metsikössä pienemmäksi kuin harventamattomassa. Jos on valittavana uudistus nuoren harvan ja vanhan tiheän metsän välillä, joilla molemmilla on sama v-arvo, on edullisempaa uudistaa vanha tiheä metsä ensin.

Tässä tutkimuksessa ei relatiivista laskentaa ole suoritettu JØRGENSENIN ja SEIPIN tapaan, vaan verrataan alempana kahta tai useampaa metsikkösarjaa tai metsää toisiinsa niiden keskimääräisen kuutiokasvun ja puhtaan tuoton kulkua kuvaavien käyrien kaltevuuden ja suunnan perusteella. Näiden käyrien kaltevuudesta ja suunnasta voidaan päätellä, mikä metsikkö olisi edullisin uudistaa havaintoaikana ja mikä olisi vielä säästet-

tävä. Vertailu voidaan tehdä kokonaan siitä riippumatta, onko jonkin kiertoaikaperiaatteen mukainen kiertoaika jo saavutettu vai ei. Ehtona on tietenkin se, että metsä on teknillisesti hakkuukypsä, ts. että siitä saadaan kaupaksi käypää puutavaraa. Päätelmiä tehtäessä on lähdettävä siitä, että kysymyksessä on vertailu kahden tai useamman samanlaisella kasvupaikalla kasvavan ja samanikäisen metsikön välillä.

Useammasta metsiköstä on edullisin hakata määrättyä ikäkohtana se, jonka keskimääräinen kuutiokasvu on pienin. Sama sääntö voidaan laajentaa koskemaan myös puhdasta tuottoa. Hakkuukypsyyttä arvosteltaessa ei riitä kuitenkaan yksinomaan kasvun tai tuoton absoluuttinen suuruus, vaan on otettava huomioon myös niiden suunta: jos toisessa metsikössä on suurempi keskimääräinen kuutiokasvu kuin toisessa, mutta jälkimmäisen kulkua kuvaava käyrä nousee jyrkemmin kuin edellisen, niin että ne voivat lähivuosina leikata toisensa, voi sen metsikön uudistaminen olla edullisempi, jonka keskimääräinen kuutiokasvu on tällä hetkellä niistä suurempi. Arvosteltaessa hakkuukypsyyttä puhtaan tuoton perusteella on, samoin kuin keskimääräisen kuutiokasvunkin perusteella, otettava huomioon puhtaan tuoton kehityksen suunta: jos toisessa metsässä on suurempi puhdas tuotto kuin toisessa, mutta jälkimmäisen puhdas tuotto nousee jyrkemmin kuin edellisen, niin että niitä kuvaavat käyrät voivat lähivuosina leikata toisensa, voi sen metsän kiertoajan lyhentäminen olla edullisempi, jonka nykyinen puhdas tuotto on suurempi. Yleensä on kahdesta tai useammasta metsiköstä tai metsästä sen kiertoajan pidentäminen edullisin, jonka keskimääräistä kuutiokasvua tai puhdasta tuottoa kuvaava käyrä nousee jyrkimmin ja laskee loivimmin.

OSARA (1948, s. 31) esittää, että laihoilla metsämailla ja kylmissä vyöhykkeissä on käytettävä lyhyitä pinotavarakiertoaikoja ja lihavilla mailla ja edullisissa ilmastovyöhykkeissä suhteellisen pitkiä, järeän puutavaran kasvattamiseen tähtäviä kiertoaikoja.

8. Tutkimustulosten tiivistelmä

Tutkimusaineistona käytetyistä 22 koealametsiköstä on koostettu kaksi tasoitettua OMT:n kuusikkosarjaa, a- ja b-sarjat. Näille on laskettu mm. kuutio- ja arvokasvua, hakkuutuloa, puhdasta tuottoa ja metsämaan tuottoarvoa osoittavat luvut sekä päädytty erinäisiin kiertoaika- ja hakkuukypsyyispäätelmiin. Vertailuaineistona on käytetty Suomen eteläpuoliskon luonnonnormaalin OMT-kuusikon (ILVESSALO 1920 a), viljelykuusikon (KALELA 1933) ja VUOKILAN (1956) kehityssarjan vastaavia lukuja. Kuutiokasvun ja suurimman kuutiomäärän kiertoajan osalta on viitattu myös EIDEN ja LANGSAETERIN (1941) sekä PETTERSONIN (1955) kuusikkotutkimusten tuloksiin.

Sarja b on koostettu omaksi, a-sarjasta poikkeavaksi huonomman kasvupaikan sarjaksi OMT:n vaihtelualueen sisällä lähinnä huonomman ulkonäkönsä perusteella ja on kasvupaikkaero tarkistettu sarjojen valtapituuksia vertaamalla. Sarjan b keskimääräinen kuutio- ja arvokasvu on todettu metsikön kasvatusvaiheen aikana n. 10—15 % ja uudistamisvaiheen aikana n. 5 % pienemmäksi kuin a-sarjan vastaavat kasvut. Edellisessä on suoritettu lievempiä harvennuksia kuin jälkimmäisessä ja uudistushakkaus aloitettu n. 15 vuotta myöhemmin. Sarjojen välinen boniteettiero kuvastuu siis harvennushakkausten voimakkuusasteessa ja uudistushakkauksen aloittamisen ikäkohdassa. Huonommalla boniteetilla suoritetaan lievempiä harvennuksia kuin paremmalla ja voi edellisellä kasvavien metsien kiertoaika olla lyhyempi kuin jälkimmäisellä kasvavien.

Johdannossa esitettyihin kysymyksiin voidaan tutkimuksen perusteella vastata, että viljelykuusikossa saavutetaan sen päätepisteeseen eli 70. ikävuoteen mennessä muihin verrattuna korkein keskimääräinen kuutiokasvu, 9.7 k-m³, ja, tutkimuksessa käytettyjen kantohintojen (vrt. s. 93) sekä kustannusten ja kulujen (vrt. s. 105) pohjalta lähtien, myös korkein vuotuinen puhdas tuotto, 14 500 markkaa hehtaaria kohden. Muissa hoideissa kuusikoissa ovat vastaavat kuutiokasvun luvut 70—100. ikävuoden

välillä 6.6—8.8 k-m³ ja puhtaan tuoton luvut 10 500—14 500 markkaa. Eri sarjojen järjestys suurimmasta tuloksesta pienimpään on seuraava: Vuokilan kehityssarja, a-sarja ja b-sarja. Luonnonnormaalin kuusikon keskimääräisen kuutiokasvun luvut 70. ja 100. ikävuoden välillä ovat 6.2—6.3 k-m³ ja puhtaan tuoton luvut 6 500—9 000 markkaa.

Keskimääräinen arvokasvu ja hakkuutulo ovat n. 600—1 000 markkaan edellisiä lukuja suuremmat.

Korkea hakkuuarvo alentaa puhdastuottosadannesta (viljelykuusikko) ja päinvastoin (Vuokilan kehityssarja). Eri sarjojen puhdastuottosadannesten vertailu osoittaa, että sitä voidaan tosin kohottaa metsänhoidollisilla harvennushakkauksilla, mutta että se voi osoittaa epäedullistakin tulosta, vaikka puhtaan tuoton absoluuttinen luku on suuri, ja päinvastoin (luonnonnormaali kuusikko).

Suurimman kuutiomäärän kiertoaika vaihtelee tutkimussarjoissa 67 vuodesta 92 vuoteen ja korkeimman maankoron kiertoaika, 5 % korkokannan mukaan, 45—65 vuoteen. Tukkipuun ja paperipuun yhteenlasketujen keskimääräisten tuotoslukujen perusteella on suurimman kuutiomäärän kiertoaika n. 5—20 vuotta pitempi kuin todellisiin kuutiomääriin perustuva vastaava kiertoaika. Maksimaalisen metsitetyn maan arvon kiertoaika on n. 2—3 vuotta lyhyempi kuin paljaan metsämaan tuottoarvoon nojautuva korkeimman maankoron kiertoaika. Korkeimman metsänkoron kiertoaika saavutetaan ainoastaan b-sarjassa, n. 100 vuoden iällä, ja luonnonnormaalissa kuusikossa, n. 120 vuotiaana. Muissa sarjoissa ei tutkimus ulotu mainitun kiertoajan saavuttamiseen vaadittavaan ikäkohtaan.

Kiertoaikakysymyksen kannalta on tutkittu mm. sitä, mitkä tekijät nostavat tai laskevat kiertoaikoja. Tällöin on asetettu vastakkain kaksi asetelmaa: toisella puolella a- ja b-sarjat, joiden kiertoajat ovat suhteellisen lyhyet, ja toisella puolella Vuokilan kehityssarja, jonka kiertoaika on suhteellisen pitkä, Viljelykuusikon riipeä alkukehitys muistuttaa a-sarjan ja luonnonnormaalin hidas alkukehitys Vuokilan kehityssarjan vastaavaa kehitystä. Edelliset ovat kasvaneet taimistoiällä vapaampina ja harvempina kuin jälkimmäinen ja on niiden keskimääräinen kuutiokasvu todennäköisesti tästä syystä n. 30—45. ikävuoteen saakka suurempi kuin jälkimmäisen. Sittemmin suoritettavissa harvennuksissa alenee Vuokilan kehityssarjan runkoluku ja sen keskimääräinen kuutiokasvu nousee suuremmaksi kuin a- ja b-sarjojen. Viime mainittujen keskimääräinen tukkipuutuotos, arvokasvu ja puhdas tuotto pysyvät kuitenkin edellisen vastaavia lukuja suurempina vielä n. 20 vuotta kauvemman kuin keskimääräisen

kuutiokasvun luvut. Metsämaan tuottoarvon kulminaatiokohta saavutetaan Vuokilan kehityssarjassa myös myöhemmin kuin edellisissä.

Näillä perusteilla on tutkimuksessa päädytty siihen, että riipeä alkukehitys ja sittemmin hidastuva kehitys ovat omiaan alentamaan kiertoaikoja ja päinvastoin. Taimiston hoitotoimenpiteillä ja keski-ikäällä suoritettavilla harvennuksilla voidaan siis jouduttaa metsikön kehitystä ja saavuttaa jo varhaisessa vaiheessa edullinen puuston rakenne ja sen seurauksena korkea puhdas tuotto.

Vaikkakin varhaisessa vaiheessa aloitettavat uudistushakkaukset merkitsevät sinänsä lyhyttä kiertoaikaa, voidaan päteuhakkauksen ikäkohtaa siirtää sekä metsänkorko- että maankorkoperiaatteen mukaan tappiota tai pienenevällä tappiolla käyttämällä jaksottaisia uudistushakkauksia ja pyrkimällä tällöin pienelläkin puustolla korkeaan arvokasvuun. Uudistamisvaiheessa syntyvä taimisto säästää kuluja tai kustannuksia, mikä seikka osaltaan vaikuttaa samaan suuntaan.

Kahdesta tai useammasta teknillisesti hakkuukypsästä metsiköstä on edullisinta hakata se, jonka keskimääräistä kuutio- tai arvokasvua osoittava käyrä nousee loivimmin tai laskee jyrkimmin, lasketusta kiertoajasta sekä kasvun absoluuttisesta suuruudesta riippumatta. Edellytyksenä on kuitenkin se, että säästettävän metsikön todennäköinen tuleva kasvu on suurempi kuin hakattavan metsikön, ellei se ole sitä jo hakkaushetkellä.

Viljelykuusikon paljaan metsämaan tuottoarvo on pienempi kuin luontaisesti syntyneen hoidetun kuusikon metsitetyn maan arvo. Jos vertailu taas suoritetaan kummankin kohdalla paljaan metsämaan tai metsitetyn maan arvon perusteella, saadaan viljelykuusikon metsämaan tuottoarvo huomattavasti suuremmaksi kuin luontaisesti syntyneen hoidetun kuusikon.

Suurimman kuutiomäärän kiertoajan lyhentäminen 10—20 vuodella merkitsee hoidetussa kuusikossa n. 1—3 %:n menetystä suurimmasta mahdollisesta kuutiomäärästä. Korkeimman metsänkoron kiertoajan lyhentäminen 10—20 vuodella merkitsee taas n. 5—10 % suuruista vastaavaa puhtaan tuoton menetystä.

Kiihdyttämällä taimiston hoitotoimenpiteillä ja suhteellisen voimakkailla harvennuksilla kuutio- ja arvokasvua sekä tukkipuutuotosta voidaan kuusimetsistä saatavaa hakkuutuloa ja tuottoa lisätä meillä käytännössä yleensä noudatettujen n. 70—100 vuoden kiertoaikojenkin puitteissa. Jaksottaiset uudistushakkaukset tarjoavat eräitä järeiden puiden arvokasvuun ja luontaiseen uudistumiseen liittyviä etuja.

Kirjallisuusluettelo — References

- AALTONEN, V. T. 1935. Kasvatushakkauksien perusteista. — SMV. V.
- ARO, PAAVO. 1929. Pinopuutavarain kiinteän kuutiomäärän laskeminen. Kiintomittataulukkoja. 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. — MTJ 20.
- 1956. Hintavertailujen suorittaminen. Tapion Taskukirja, 13. painos. Helsinki.
- BIOLLEY, H. E. 1922. Die Forsteinrichtung auf der Grundlage der Erfahrung und insbesondere das Kontrollverfahren. Deutsch von Oberförster Eberbach. Karlsruhe.
- BRUCE, DONALD and SCHUMACHER, FRANCIS X. 1942. Forest mensuration. Second edition. New York — London.
- CAJANDER, A. K. 1909. Ueber walddtypen. — AFF 1.
- und ILVESSALO, YRJÖ. 1921. Ueber Walddtypen. II — AFF 20.
- 1930. Wesen und Bedeutung der Walddtypen. — SF 15.
- 1949 (post mortem). Metsätyypit ja niiden merkitys. Forest types and their significance. — AFF 56.
- CAJANDER, ERKKI K. 1933. Tutkimuksia Etelä-Suomen viljelyskuusikoiden kehityksestä. Referat: Untersuchungen über die Entwicklung der Kulturfichtenbestände in Süd-Finland. — MTJ 19.
- katso KALELA, ERKKI K. 1933.
- CAJANUS, WERNER. 1914. Ueber die Entwicklung gleichaltriger Waldbestände. Eine statistische Studie. I. — AFF 3.
- CARBONNIER, CHARLES. 1954. Några exempel på produktionen i planterad granskog i Södra Sverige. Summary: Yield studies in planted spruce stands in Southern Sweden. — MSS 44.
- CHAPMAN, HERMAN H. and MEYER, WALTER H. 1947. Forest Valuation. New York — London.
- DAVIS, KENNETH P. 1954. American forest management. New York — Toronto — London.
- DIETERICH, VIKTOR. 1942. Forstliche Betriebswirtschaftslehre. Zweiter Band. Waldwertschätzung. Berlin.
- EIDE, ERLING og LANGSAETER, A. 1941. Produksjonsundersøkelser i granskog. Produktionsundersuchungen von Fichtenwald. — MNS 7.
- EKLUND, BO. 1944. Ett försök att numeriskt fastställa klimatets inflytande på tallens och granens radietillväxt vid de båda finska riksskogstaxeringarna. — Norrl. skogsvårdsförbunds Tidskrift. Stockholm.
- EKLUND, BO. 1948. Undersökningar över fastmasseprocenter, åtgångstal m.m. vid mätning av 2- och 3-meters tall- och granmassaved. — MSS 37.
- 1949. 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. — MSS 38.
- 1953. Om volymen och antalet bitar per m³ t. hos travar av dimensionsblandad och dimensionssorterad 2-meters massaved av gran. — MSS 28.
- 1954. An der forstlichen Versuchsanstalt Schwedens angewandte Methoden der Zuwachsermittlung. — 11^{ème} Congrès Rome 1953. Comptes Rendus. Firenze.
- ENDRES, MAX. 1895 (1919). Lehrbuch der Waldwertrechnung und Forststatik. Berlin.
- ERVASTI, SEPPO. 1955. Suomesta Pohjanmeren maihin vuosina 1920—1952 viety havusahtatavara. Koostumuksen muutokset. Summary: Export of sawn softwood from Finland to the North Sea Countries in 1920—1952. Changes in composition. — AFF 64.
- ETTER, H. 1952. Beitrag zur Leistungsanalyse der Wälder. — Schweiz. Zeitschr. f. Forstwes.
- GAYER, KARL. 1898. Der Waldbau. Berlin.
- GRØN, A. HOWARD og JØRGENSEN, FRITS. 1948. Calculation of silvicultural balance-numbers. Nordisk Tidsskrift for Teknisk Økonomi. Bd. 12.
- HAGFORS, E. A. MARTIN. 1929. Über die ökonomischen Ziele bei der Bewirtschaftung der Wälder. Selostus: Metsäliikkeen taloudellisista päämääristä. — AFF 35.
- HARVE, PAAVO. 1940. Puutavaran kantohinnat 5-vuotiskautena 1934—1939. — MA.
- 1950. Hankintakustannusten ennakkolaskenta. Puutavarakaupan käsikirja II. Helsinki.
- HEIKINHEIMO, OLLI. 1938. Harvennushakkauksista. Referat: Die Durchforstungen. — SF 46.
- HEIKKILÄ, TOPI. 1930. Kiertoaika. Maa ja metsä, metsätalous 3. Helsinki.
- 1952. Metsän arvon laskemisesta. Referat: Über die Waldbewertung. — MTJ 40.
- HENRIKSEN, H. A. 1954. Tyndingshugstens betydning. Tiivistelmä: Harvennushakkuista. Summary: On thinnings. — MA.
- HOLOPAINEN, VIILJO. 1953. Tuoton käsitteestä. — MA.
- ILVESSALO, LAURI. 1929. Puuluokitus ja harvennusasteikko. Summary: A tree-classification and thinning system. — AFF 34.
- ILVESSALO, YRJÖ. 1916. Mäntymetsikköjen valtapuitten kasvusta mustikka- ja kanervatyypien kankailla Salmin kruununpuistossa. Referat. — AFF 6.
- 1920 a. Tutkimuksia metsätyyppien taksatorisesta merkityksestä nojautuen etupäässä kotimaiseen kasvutaulujen laatimistyöhön. Referat: Untersuchungen über die taxatorische Bedeutung der Walddtypen, hauptsächlich auf den Arbeiten für die Aufstellung der neuen Ertragstafeln Finnlands fussend. — AFF 15.
- 1920 b. Kasvu- ja tuottotaulut Suomen eteläpuoliskon mänty-, kuusi- ja koivu-metsille. Referat: Ertragstafeln für die Kiefern-, Fichten- und Birkenbestände in der Südhälfte von Finnland. — AFF 15.
- 1921. Katso CAJANDER, A. K. und ILVESSALO, YRJÖ. 1921.
- 1936. II:n valtakunnan metsien arvioinnin suunnitelma ja ulkotyöhöjeet. Summary: Instructions for field work of the Second National Survey of the Forests of Suomi (Finland). — MTJ 22.

- ILVESSALO, YRJÖ. 1937. Perä-Pohjolan luonnon normaalien metsiköiden kasvu ja kehitys. Summary: Growth of natural normal stands in central North-Suomi. — MTJ 24.
- 1939. Mitä metsä voi tuottaa. Helsinki.
- 1942. Suomen metsävarat ja metsien tila. II valtakunnan metsien arviointi. Referat: Die Waldvorräte und der Zustand der Wälder Finnlands. II Reichswaldabschätzung. Summary: The forest resources and the condition of the forests of Finland. The Second National Forest Survey. — MTJ 30.
- 1943. Metsänhoitolautakuntien toimintapiirien metsät. II:n valtakunnan metsien arvioinnin tuloksia. Helsinki.
- 1947. Pystypuiden kuutioimistaulukot. Summary: Volume tables for standing trees. — MTJ 34.
- 1948. Pystypuiden kuutioimis- ja kasvunlaskentataulukot. Helsinki.
- 1951. III valtakunnan metsien arviointi. Suunnitelma ja maastotyön ohjeet. Summary: Third National Forest Survey of Finland. Plan and instructions for field work. — MTJ 39.
- 1952. Metsikön kasvun ja poistuman välisestä suhteesta. Summary: On the relation between growth and removal in forest stands. — MTJ 40.
- 1956 a. Puun ja metsikön mittausta ja kasvun laskenta. Tapion Taskukirja, 13. painos. Helsinki.
- 1956 b. Suomen metsät vuosista 1921—1924 vuosiin 1951—1953. Kolmeen valtakunnan metsien inventointiin perustuva tutkimus. Summary: The forests of Finland and their development from 1921—24 to 1951—53. A survey based on three National Forest Inventories. — MTJ 47.
- JUDEICH-NEUMEISTER. 1904. Die Forsteinrichtung. Berlin.
- JØRGENSEN, FRITS. 1948. Katso GRØN, A. HOWARD og JØRGENSEN, FRITS. 1948.
- 1949. Skovøkonomiske beregninger. — DST 39.
- 1953. Nogle prisberegningssystemer og deres anvendelse ved grundvaerdiberegning. Summary: Some price calculations systems and their use in computing the soil value. — MNS 12.
- og SEIP, HANS KRISTIAN. 1954. Hogstmodenhed i glissen granskog. Moniste. Vollebekk.
- KALELA, ERKKI K. 1933. Katso CAJANDER, ERKKI K. 1933.
- 1945. Metsät ja metsien hoito. Porvoo — Helsinki.
- KALLIO, KUSTAA. 1955. Kiertoaika erikoisesti taloustoiminnan kohteena olevassa OMT-llä kasvavassa kuusikossa. Koneella kirjoitettu.
- KELTIKANGAS, VALTER. 1938. Puutase metsätalouden tuloksenlaskennassa. Referat: Die Holzbilans in der Erfolgsrechnung der Forstwirtschaft. — AFF 45.
- 1946. Metsäbilanssiopin luennot. Moniste. Helsinki.
- 1947. Metsänarvonlaskennan luennot. Moniste. Helsinki.
- 1950. Hankintakustannusten jälkilaskenta. Puutavarakaupan käsikirja II. Helsinki.
- 1952. Näkökohtia kasvunlaskennasta sekä runkomuodon muuttumisen huomioon ottamisesta kasvunlaskennassa. Summary: Some aspects of tree growth calculation, with special attention on changes in tree form. — MA.
- 1954. Metsäpälstan pinta-alan vaikutuksesta sen kauppahintaan. Summary: The effect of area upon the value of a forest holding. — AFF 61.

- KIINTOMITTATAULUKKOJA. 1929. Katso ARO, PAAVO. 1929 ja PÖNTYNEEN, V. 1929.
- KUUSELA, KULLERVO. 1952. Mahdollisuus erotusmenetelmän käyttämiseksi kasvunlaskennassa. Summary: The possible use of the differential method in growth calculation. — MA.
- 1953. Zur Theorie der forstlichen Zuwachsberechnung auf Grund der periodischen Messung. — AFF 60.
- LAITAKARI, ERKKI. 1927. Männyn juuristo. Summary: The root system of pine (Pinus silvestris). — AFF 33.
- LAKARI, O. J. 1920. Tutkimuksia kuusen ja männyn kasvusuhteista Pohjois-Suomen paksusammaltyypillä. Referat: Untersuchungen über die Zuwachsverhältnisse der Fichte und Kiefer auf dem Dickmoostypus in Nord-Finnland. — MTJ 2.
- LANDSSKOGTAKSERINGEN 1938—1952. Taksering av Norges skoger. Oslo.
- LANGSAETER, A. 1939. Prisforholdet mellom dimensjonene og kvalitetstilvekst i gran-skog, Glomma. Summary: The relationship of prices of different dimensions, and the increment due to quality in spruce forests, the Glomma. — MNS 6.
- 1941. Katso EIDE, ERLING og LANGSAETER, A. 1941.
- 1945. Hjelptabeller ved økonomiske kalkyler i skogbruket. I. — MNS 9.
- LAPPI-SEPPÄLÄ, M. 1930. Untersuchungen über die Entwicklung gleichaltriger Mischbestände aus Kiefer und Birke, basiert auf Material aus der Südhälfte von Suomi (Finnland). Selostus: Tutkimuksia tasaikäisen mänty-koivu-sekametsikön kehityksestä Suomen eteläpuoliskosta kootun aineiston perusteella. — MTJ 15.
- 1936. Tutkimuksia männyn ja koivun runkomuodosta. Referat: Untersuchungen über die Stammform der Kiefer und Birke. — AFF 44.
- 1952. Männyn sydänpuusta ja runkomuodosta. Referat: Über Verkernung und Stammform der Kiefer. — MTJ 40.
- LIHTONEN, V. 1942. Puuston hakkuuarvosta ja sen määräämisestä. Referat: Über den Abtriebswert des Holzvorrates und seine Bestimmung. — AFF 50.
- 1943. Tutkimuksia metsän puuston muodostumisesta. Tuottohakkauslaskelma. Referat: Untersuchungen über die Bildung des Holzvorrates des Waldes. Ertragsniebsberechnung. — AFF 51.
- 1944. Piirteitä metsätalouden järjestelyn rakennemuodoista Suomessa. Referat: Über die Strukturformen der Forsteinrichtung in Finnland. — AFF 52.
- 1946. Valtakunnan metsätalouden järjestely metsiemme poistuman ja tuottohakkausmäärän valossa. Summary: Regulation of Finnish forestry in the light of removal and rental cut. — AFF 53.
- 1952. Metsiemme tulevan kehityksen ääri viivoja. Tutkimusmenetelmän esittely. Summary: On the future development of Finnish forests. On research methods. — MTJ 40.
- 1953. Tuoton käsitteestä. — MA.
- LINNAMIES, OLAVI. 1956. Metsän raha-arvon määrittäminen. Tapion Taskukirja, 13. painos. Helsinki.
- LÖNNROTH, ERIK. 1919—1920. Ohjeita metsätalouden järjestelyssä, I—II. Moniste.
- 1925. Untersuchungen über die innere Struktur und Entwicklung gleichaltriger naturnormaler Kiefernbestände, basiert auf Material aus der Südhälfte Finnlands. — AFF 30.
- 1927. Zur Frage der Waldbetriebsregelung mit besonderer Berücksichtigung der Waldverhältnisse Finnlands. — AFF 32.

- LÖNNROTH, ERIK. 1929. Theoretisches über den Volumzuwachs und -abgab des Waldbestandes. — AFF 34.
 — 1930. Normaalmetsä. Maa ja metsä, metsätalous 3. Helsinki.
- MAATALOUSTUOTTAJAIN Keskusliiton Metsävaltuuskunnan ja Suomen Puunjalostusteollisuuden Keskusliiton 16. 9. 1947 sopimat ainespuun kantohinnat Etelä-Suomen vesistöalueilla. Helsinki.
- MARTIN, H. 1910. Die Forsteinrichtung. Berlin.
- MATTSSON-MÄRN, 1927. Skogsekonomiska studier. Zusammenfassung: Forstökonomische Studien. — SST.
- METSÄNHOITOLAUTAKUNTIEN toiminta vv. 1949, 1950, 1951 ja 1952. Keskusmetsäseura Tapio. Helsinki.
- METSÄSANAKIRJA. Skogsordbok. Forstwörterbuch. Forest Dictionary. 1944. Helsinki.
- METSÄTILASTO, 1954 a, b, 1955 vuosilta 1949, 1950, 1951, 1952 ja 1953. Suomen virallisen tilasto XVII. Forest Statistics (years 1949, -50, -51, -52 and -53). Official Statistics of Finland. XVII. Helsinki.
- METSÄTYÖPALKKATAULUKOT. Sosiaaliministeriön palkkaosaston laatimat. 1954. Helsinki.
- MEYER, WALTER H. 1947. Katso CHAPMAN, HERMAN H. and MEYER, WALTER H. 1947 MIETTINEN, LEEVI. 1932. Tutkimuksia harmaalepiköiden kasvusta. Referat: Untersuchungen über den Zuwachs der Weisserlenbestände. — MTJ 18.
- MIETTINEN, LEEVI. 1932. Tutkimuksia harmaalepiköiden kasvusta. Referat: Untersuchungen über den Zuwachs der Weisserlenbestände. — MTJ 18.
- MIKOLA, PEITSA. 1950. Puiden kasvun vaihteluista ja niiden merkityksestä kasvututkimuksissa. Summary: On variations in tree growth and their significance to growth studies. — MTJ 38.
 — PAUL, BENSON H. and WILDE, S. A. 1951. Yield and quality of jack pine pulpwood produced on different types of sandy soils in Wisconsin. Reprinted from Journal of Forestry, Vol. 49, N:o 12.
 — 1952. Puun kasvun luonnollinen kehitys. Summary: The natural course of tree growth. — MA.
- MÄKI, ANTTI. 1953. Maatalouden kannattavuudesta ja kannattavuuslaskelmista. Eripainos Käytännön Maamiehen numeroista 2—8 v. 1953. Helsinki.
- MØLLER, CARL MAR. 1952. Tyndingens indflydelse på massetilvaeksten. I. — SST.
 — 1954. The influence of thinning on volume increment. Thinning problems and practices in Denmark. State University of New York, College of Forestry at Syracuse. Techn. publ. nr. 76. — Syracuse.
- NYYSSÖNEN, AARNE. 1950. Vertailevia havaintoja hoidettujen ja luonnontilaisten männiköiden rakenteesta ja kehityksestä. Summary: Comparative observations on the structure and development of tended and natural pine stands. — SF 68.
 — 1952. Puiden kasvusta ja sen määrittämisestä harsintamänniköissä. Summary: On tree growth and its ascertainment in selectively cut Scots pine stands. — MTJ 40.
 — 1954. Hakkauksilla käsiteltyjen männiköiden rakenteesta ja kehityksestä. Summary: On the structure and development of Finnish pine stands treated with different cuttings. — AFF 60.
 — 1955. Hakkuumäärän arvioiminen kannoista. Summary: Estimation of the cut from stumps. — MTJ 45.

- NÄSLUND, MANFRED. 1935. Ett gallringsförsök i stavagranskog. Zusammenfassung: Ein Durchforstungsversuch in Stabfichtenwald. — MSS 28.
 — 1942. Den gamla norrländska granskogens reaktionsförmåga efter genomhuggning. Zusammenfassung: Die Reaktionsfähigkeit des alten norrländischen Fichtenwaldes nach Durchhauung. — MSS 33.
- OHJEITA sodan metsille aiheuttamien vahinkojen arvioimisessa 4. 1942. Valtiovarainministeriön sotavahinkojen arvioimisosasto. Helsinki.
- OSARA, N. A. 1935. Suomen pienmetsätalous. Referat: Die Kleinwaldwirtschaft in Finnland. — MTJ 21.
 — 1948. Maatilametsälön taloussuunnitelma. Opaskirja käytäntöä varten. Helsinki.
 — 1954. Valtion metsämaiden verotus. Summary: Taxation of state woodlands. — AFF 61.
- OSTWALD, E. 1915. Fortbildungsvorträge über Fragen der Forstertragsregelung Riga
 — 1931. Grundlinien einer Waldrententheorie. Riga.
- PAUL, BENSON H. 1951. Katso MIKOLA, PEITSA, PAUL, BENSON H. and WILDE, S. A. 1951.
- PETRINI, SVEN 1948 Skogsuppskattning och skogsindelning. Stockholm.
- PETTERSON, HENRIK. 1937. Utvecklingsprognoser för skogsbestånd. 1937 års nordiska skogskongress. Exkursion II. Stockholm.
 — 1955. Barrskogens volymproduktion. Die Massenproduktion des Nadelwaldes. — MSS 45.
- PIHA, ANTERO. 1941. Maatilametsälöiden liikejäämä ja sen rakenne. Referat: Der Betriebsüberschuss der finnischen Guts- und Bauernwälder und seine Struktur. — AFF 49.
- PRODAN, M. 1951. Messung der Waldbestände. Frankfurt am Main.
- PÖNTYNE, V. 1929* Tukkien ym. kappaleittain mitattavien puutavarain todellisen kuutiomäärän laskeminen. Kiintomittataulukkoja. Helsinki.
 — 1956. Puutavaran kuutioiminen. Tapion Taskukirja, 13. painos. Helsinki.
- REYNOLDS, R. R. 1955. Managed growth. — Southern Forest Experiment Station, Occasional Paper 142. New Orleans.
- SAARI, EINO. 1929. Etelä-Suomen yksityistilojen metsätalouden tuotto Summary: Return of private farm forests in South Suomi. — AFF 34.
 — 1935. Metsätalouden tuloksenlaskennan peruspiirteitä. — SMV. V.
 — 1938. Hoitoalueiden ja piirikuntien taloustuloksen laskeminen. Metsänhoitajien jatkokurssit. Helsinki.
 — 1940. Suurten metsäalojen arvon määrittäminen. Referat: Die Schätzung des Wertes grosser Waldflächen. — SF 55.
 — 1942. Metsäojitusten yksityistaloudellisen edullisuuden määrittäminen. Referat: Die Abschätzung der Privatwirtschaftlichen Einträglichkeit der forstlichen Entwässerungen. — AFF 50.
 — 1954. Harvennushakkausten liiketaloudellinen arvostelu. Summary: Economic evaluation of thinnings. — MA.
- SALO, E. 1954. Puiden teknillinen vikaisuus ja sen vaikutus puuston arvoon. Summary: Technical defects of trees and their effect upon timber values. — AFF 61.
- SAMSET, I. 1950. Hogstundersökelse i norsk granskog. Summary: Cutting studies in Norwegian spruce forest. — MNS 10.

- SARVAS, R. 1937. Kuloalojen luontaisesta metsittämisestä. Referat: Über die natürliche Bewaltung der Waldbrandflächen. — AFF 46.
- 1944. Tukkipuun harsintojen vaikutus Etelä-Suomen yksityismetsiin. Referat: Einwirkung der Sägestamplenderungen auf die Privatwälder Südfinnlands. — MTJ 33.
- 1956. Metsänhoidon tekniikka. Metsäkäsikirja 1. Rauma.
- SCHUMACHER, FRANCIS X. 1942. Katso BRUCE, DONALD and SCHUMACHER, FRANCIS X. 1942.
- SCHWAPPACH, A. 1893. Wachstum und Ertrag normaler Rotbuchenbestände. Berlin.
- SEIP, HANS KRISTIAN. 1954. Katso JØRGENSEN, FRITS og SEIP, HANS KRISTIAN. 1954.
- SELIN, LAURI. 1954. Viime vuosien kantohintataso. Suomen Puutalous n:o 1. Helsinki.
- SEPPÄLÄ, KALEVI. 1950. Kustannus- ja kantohintalaskelmat. Metsäteknologia. Oppi- ja käsikirja. Helsinki.
- SIRÉN, GUSTAF. 1950. Alikasvoskuusten biologiaa. Summary: On the biology of undergrown spruce. — AFF 58.
- 1952 a. Hakkuun vaikutuksesta kuusipuun rakenteeseen korpimailla. Summary: On the effect of releasing cutting upon wood structure of spruce on peat-moors. — MTJ 40.
- 1952 b. Lisäpiirteitä puun kasvun laskentaan. Summary: Some additional aspects of the calculations of tree increment. — MA.
- 1956. Männikön harvennuksesta. Summary: Thinning of pine stands. — MA.
- SKARE, LEIF H. och VÄSTHAGEN, NILS. 1949. Industriell självkostnadsberäkning och bokföring. Stockholm.
- STREYFFERT, TH. 1951. Principiella synpunkter på fördelningen av skogsbrukets kostnader. — SST.
- 1954. Principiella synpunkter på kostnadernas fördelning i skogsbruket. — SST.
- 1956. Skogsbrukets företagsformer. Kungl. Skogshögskolans skrifter. Nr 23 a. Stockholm.
- SUOMEN Metsänhoitoyhdistys Tapion asettaman, maamme yksityismetsien tuotantoa ja kulutusta käsittelevän komitean mietintö. 1911. Helsinki.
- TANTTU, ANTTI. 1941. Metsäojituksen edullisuus. Helsinki.
- TERTTI, MARTTI. 1935. Mikä metsätyyppi? Ohjeita metsätyyppin määrääjälle Suomen eteläpuoliskon kovilla mailla. Helsinki.
- VALTIONEUVOSTON hintapäätöksiä. Suomen Asetuskokoelmat 1944 ja 1945.
- VANSELOW, KARL. 1942. Einführung in die Forstliche Zuwachs- und Ertragslehre. 2. Auflage. Frankfurt am Main.
- 1943. Über die Ursachen der annähernd gleichen Massenleistung unserer Reinbestände bei verschiedener Durchforstung. — Forstwiss. Centralbl.
- WECK, J. 1948. Forstliche Zuwachs- und Ertragskunde. Radebeul und Berlin.
- WICHT, CHRISTIAAN. 1934. Zur Methodik des Durchforstungsversuchs. Dresden.
- VID ANDRA riksskogstaxeringen av Norrland åren 1938—42 använd metodik och härom vunna erfarenheter. Redogörelse angiven av 1937 års Riksskogstaxeringsnämnd. — Statens offentliga utredningar 1947: 36. Stockholm.
- WIEDEMANN, EILHARD. 1935. Die Ergebnisse 40-jähriger Vorratspflege in den preussischen forstlichen Versuchsflächen. — Ibid.

- WIEDEMANN, EILHARD. 1936. Über die Vereinfachung der Höherermittlung bei den Vorratsaufnahmen. — Mitt. aus Forstwirtschaft und Forstwissenschaft.
- 1948. Die Kiefer. Waldbauliche und ertragskundliche Untersuchungen. Hannover.
- 1950. Ertragskundliche und waldbauliche Grundlagen der Forstwirtschaft. Das Hauptergebnis der 70 jährigen Arbeiten der (chem.) Preussischen Forstlichen Versuchsanstalt. Teil I: Wackstum des Einzelstammes und des gleichaltrigen Reinbestandes unter den Einfluss von Standort und Bestandespflege. Frankfurt am Main.
- WILDE, S. A. 1951. Katso MIKOLA, PEITSA, PAUL, BENSON H. and WILDE, S. A. 1951.
- 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. — MTJ 35.
- VUOKILA, YRJÖ. 1956. Etelä-Suomen hoidettujen kuusikoiden kehityksestä. Summary: On the development of managed spruce stands in southern Finland. — MTJ 48.
- VÄSTHAGEN, NILS. 1949. Katso SKARE, LEIF H. och VÄSTHAGEN, NILS. 1949.
- YLI-VAKKURI. 1953. Tutkimuksia puiden välisistä elimellisistä juuriyhteyksistä männiköissä. Referat: Untersuchungen über organische Wurzelverbindungen zwischen Bäumen in Kiefernbeständen. — AFF 60.

Lyhennyksiä — Abbreviations

- AFF = Acta Forestalia Fennica. Helsinki.
DST = Dansk Skovforenings Tidsskrift. København.
MA = Metsätaloudellinen Aikakauslehti. Helsinki.
MNS = Meddelelser fra det Norske Skogforsøksvesen. Oslo.
MSS = Meddelanden från Statens Skogsforskningsinstitut (Skogsförsöksanstalt). Stockholm.
MTJ = Metsäntutkimuslaitoksen (aik. Metsätieteellisen koelaitoksen ja Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen) julkaisuja (Communicationes ex Instituto Quaestionum Forestalium Finlandiae Editae, Communicationes Instituti Forestalis Fenniae). Helsinki.
SF = Silva Fennica. Helsinki.
SMV = Suomen Metsänhoitoyhdistyksen Vuosikirja. Helsinki.
SST = Svenska Skogsvårdsföreningens Tidskrift. Stockholm.

Summary:

On the Development of Spruce Forests of the Oxalis-Myrtillus Site Type in the South-West of Finland

Forest Mensuration and Management Research

1. INTRODUCTION AND PURPOSE OF THE PRESENT INVESTIGATION

In Finland the earliest investigations into the structure and development of forest stands were made on naturally normal forests (ILVESSALO 1920 a, b; 1937; LÖNNROTH 1925; LAPPI-SEPPÄLÄ 1930; MIETTINEN 1932). Corresponding investigations into the development of managed forests have been published in later years (KALELA 1933; SARVAS 1944; NYSSÖNEN 1954; VUOKILA 1956). These investigations have, as a rule, been limited to stand characteristics calculated according to forest mensuration methods giving results in volumes and volume growths of the forests observed. The investigations by KALELA and VUOKILA (op.cit.) show, in addition, stand structure, i.e. assortments of timber; the latter, furthermore, the rotation of the maximum mean annual volume growth. The National Forest Surveys (ILVESSALO 1942, 1943 and 1956 b) include the outlines of a felling plan for the Finnish forests, giving the amounts of timber that could be cut.

Investigations including further calculations on value growth and net forest income have been undertaken only in exceptional cases (ILVESSALO 1939). On the other hand, investigations concentrating on farm forests have given figures on stumpage of removal and on income (OSARA 1935; PIHA 1941). Rotation has also been studied in Finland by HEIKKILÄ (1930) et al.

In 1955, the author wrote a paper (KALLIO 1955) on rotation in managed spruce stands of the Oxalis-Myrtillus type (OMT) in the South-West of Finland.

Since the preliminary investigation was based on relatively little material and since conclusions other than those concerning rotation could be drawn, the author decided to extend the investigation. It was, therefore, necessary to obtain additional material and to study the problems from a somewhat different angle.

The aim of planned forest management is to establish an actually normal forest (LÖNNROTH 1930). Since the research material was collected in relatively pure, even-aged stands, it was possible to build up different developmental series of managed normal forests and to compare these with each other. The aim of this investigation is, therefore, to study the following points:

1. Volume growth and yield of timber in managed spruce forests under different rotations.
2. Value growth, net forest income and soil expectation value of managed spruce forests under different rotations.
3. The rotations of spruce forests managed on different rotation principles.

The study was limited to spruce forests of the *Oxalis-Myrtillus* type in the South-West of Finland. According to the Second National Forest Survey, about 0.4 million hectares of the forests in this part of the country are of the *Oxalis-Myrtillus* type dominated by spruce. If the annual growth of these forests could be increased by 1.0 cu.m. per hectare, a total annual growth increment of 400 000 cu.m. would be attained.

2. COLLECTING OF THE MATERIAL

21. General Principles in the Selection of Sample Plots

Two development-al series of stands were constructed for this research: the one from sites of better quality than the other, both of the *Oxalis-Myrtillus* type. The quality of the sites was estimated according to the dominant height to the trees (see fig. 4). Dominant height is determined as the mean height of the 100 largest trees per hectare (cf. e.g. ILVESSALO 1920 a, p. 44). The stands of the former series were treated with heavier intermediate cuttings and with earlier reproduction cuttings than the latter. The former is hereafter named Series a) and the latter Series b).

The terms coined by LÖNNROTH (1929) to describe the different elements in the development of the stands are the basis for the terms used by KUUSELA (1953, pp. 82—84): total growing stock, removal (= the volume of total cut plus natural losses) and surviving growing stock. The same terms have also been used here.

It was considered necessary to investigate spruce stands from the age of 25—30 years until their final cutting. Since records from permanent sample plots were not available, the material was collected by measuring temporary sample plots in stands representing well managed spruce forests. Two methods were used in the investigation. The progressive method: the construction of a developmental series from several stands, and the retrogressive method: the reconstruction of earlier stages of the development of one stand with the aid of actual stock and stumps. The first method was the one mainly used, the second being employed only for the estimation of removal and growth.

The sample plots were selected by ocular estimation. The selection of these was made on the following principles:

- 1) They were selected from spruce stands on a site of the *Oxalis-Myrtillus* site type.
- 2) They were selected, as far as possible, from pure spruce stands, other tree species being less than 20 % of the volume (see Table 1).
- 3) They were selected, as far as possible, from even-aged stands.
- 4) The intention was to select the sample plots from well managed forests. It was, however, difficult to find a sufficient number of plots meeting the requirements in all respects. Series a) contains a better selection than Series b).

The sample stands have been thinned from below according to the thinning formula advocated by the International Union of Forest Research Institutes. The degree of thinning in Series a) was between medium and heavy and in Series b)

medium. The young and middle-aged sample stands were treated with thinnings, the middle-aged and older ones were treated with intermediate cuttings; the oldest stands were treated with shelterwood cuttings.

22. Location of the Sample Plots and Field Work

The locations of the sample plots are shown on page 21. Their geographical position is between 60—62° N and between 24—25° E. There were 22 sample plots in all. Series a) contains 11 accepted plots and Series b) likewise 11. The average size of a sample plot in Series a) was 0 144 hectares and in Series b) 0 157 hectares.

The trees in the sample plots were counted and the diameter incl. bark measured at breast height and classed at intervals of 2 cm. The trees of the sample plots were also classified into crown layers. The classification was made according to the method of L. ILVESSALO (1929) as follows: I Dominant crown layers: a) first layer: predominant trees; b) second layer: codominant trees; II Dominated crown layers: a) third layer: intermediate trees; b) fourth layer: suppressed trees.

The stumps of trees cut during the past 10 years were counted, their diameter was measured at normal stump height (ILVESSALO 1951, p. 34) and classed at intervals of 2 cm. The age of the stumps was determined from their appearance and the degree of decay, from written notes, from what was remembered, etc. (e.g. SARVAS 1944; NYYS-SÖNEN 1955).

The standing trees destined for removal during the next ten years were provisionally marked for felling and measured in the same way as all the trees of the sample plots. The trial marking was performed on the principles given above. The methods and the intensity of the earlier cuttings were used as a guiding principle in this work.

The cutting methods in the sample stands during the past 10 years, as determined from stumps, as well as the cutting methods aimed at by the trial markings, are shown in Table 2.

Every fourth or fifth tree in old stands and every sixth or seventh tree in young stands were selected as standing sample trees. The material comprises a total of 408 sample trees, which gives an average of 18.5 trees per sample plot.

The measurements made on the sample trees were Dbh incl. bark, with two crosswise measurements, and the thickness of the bark; both were measured with an accuracy of 1 mm. A boring was performed to determine the radial growth, and the height and the taper (Dbh—D 6.0 m. in cm.) were also measured. An age core was taken from every fourth sample tree. Further the crown layer and tree class of each sample tree were determined. The diameter of 159 sample trees was measured crosswise at stump height.

3. TREATMENT OF MATERIAL AND RESULTS

31. Treatment of Standing Sample Tree Material and Adaptation of Same to Sample Plot Series

The age of the sample stands was determined from age cores (see Table 3). To indicate variations in growth due to climatic variations the annual ring indices of the

Third National Forest Survey (ILVESSALO 1956 b, p. 141) for spruce were employed here up to 1953 and after this date the indices were based on calculations from the above material (Figures 5 and 6). The growth of spruce stands has been on the average 5 % below normal during the past 10 years.

Since the difference is no greater and since corresponding differences in both directions probably cancel out in the calculations, no corrections for climatic variations have been made.

Table 4 shows the average annual ring width of the dominant trees in the different age periods of the sample stands based on calculations using the above material. These figures show that the annual ring widths differ from the mean values by less than 25 % in 87 cases out of a hundred (see on p. 33). Hence the conclusion may be drawn that the sample stands form satisfactorily uniform series, e.g. in regard to cuttings.

The radial growth for the past 10 years was also measured in two 5-year periods and the annual rings were measured in mm. To determine the movement of the stems from one diameter class to another, graphs of annual ring widths were made. The averages are seen in Figure 7 (p. 34).

A height for each diameter class in each sample plot was determined by adjusting the heights of the individual sample trees. These were further adjusted into age and diameter classes (Table 5). The taper classes were also adjusted by free hand and further classified according to age and diameter classes (Figure 9). The thickness of the bark in the different age and diameter classes is also illustrated by adjusted curves.

32. Treatment of the Field Material and its Adaptation to Sample Plot Series

To determine the removal at the time of felling, the size of each tree cut was calculated from measurements of the actual stumps. The relation between the diameter of the 159 sample trees at stump height ($= d_k$) and at breast height ($= d_{1.3}$) is illustrated by the method of least squares in the following manner: in old stands (60 years and over) $d_{1.3} = 0.79 d_k + 0.59$; in young stands (less than 60 years): $d_{1.3} = 0.77 d_k + 1.20$.

The graphs drawn according to these formulae show the diameters of the same trees at breast height and at stump height of the same tree. Height and taper figures (Table 5 and Figure 9) were used to reconstruct the removed trees to their size at the time of felling. The figures on page 42 illustrate to what extent the volume of the actual trees differ from that of the reconstructed trees. On average, the calculated volumes of the actual trees are 2.9 % greater than those of the reconstructed trees.

The figures on page 44 illustrate how the total volumes of the trees of the sample stands were distributed among the different crown layers and tree classes.

The reconstruction of the trees of the sample stands into their earlier stages was done according to Meyer's movement formula: $p = \frac{\Delta}{W} n$, where p = movement from one diameter class to another, n = the total number of stems in a diameter class, Δ = growth in diameter in mm. and W = interval between classes expressed in the same unit as Δ .

The stem diameter series of the reconstructed sample stands of 5 and 10 years earlier were calculated from the trees of the actual stands, using this formula. The reconstructed stems of removal were also included in these calculation.

To determine the actual volume of the sample stands, the actual stem diameter series and actual height and taper figures were used; but to calculate the volumes of the stands as they were 5 and 10 years earlier the above-mentioned stem diameter series and the adjusted height and taper figures were used. Cubic volume was calculated according to the Volume Tables for Standing Trees of ILVESSALO (1947). See Table 6 for volume and other characteristics of the sample stands and for the stands as they were 5 and 10 years ago, separately for total growing stock, for surviving growing stock and for removal.

33. The Adjusted Stem Diameter Series

The adjusted curves for the total number of stems in the different age classes were constructed from the total number of stems from the actual stands and from the stands as they were 5 and 10 years previously (Figures 10 and 11), separately for the total growing stock and for the surviving growing stock. The difference between these two estimates gives the number of stems removed.

The distribution of the total number of stems among the different diameter classes was determined by graphic curves constructed as follows:

A mean curve for each sample plot was constructed by free hand adjustment, the diameter at breast height as the abscissa and the number of stems as the ordinate. Then a further adjustment was made in the diameter classes with the age of the stands on the abscissa and the number of stems on the ordinate. The resulting free hand curve gives the number of stems in the different diameter and age classes. Finally, the new figures in each age class were summed up; the sums show the adjusted total number of stems per ha. If these figures differed from the figures for the adjusted total number of stems (Figures 10 and 11), the differences were further distributed among the different diameter classes in proportion to the number of stems in each. From the stem diameter series adjusted in this manner and the adjusted height and taper class figures, the cubic volumes of the different age classes were calculated; in the same way other characteristics of the stands were calculated (Table 7), some of which are presented graphically (Figures 12 and 13).

34. Removal

Periodical removal refers to the total volume of the cut during a certain period (here decennial removal). Table 7 shows the initial volumes of the decennial removals. As it was presumed that this initial stock would be removed during the following 10-year period, with the felling concentrated at the middle of this period (after 5 years), the movement formula was used to shift the stem diameter series to the middle of this period; for results expressed in volumes, see Table 9. Total removal refers to the cubic volume of stem wood removed by cuttings up to a certain age. Total removal divided by age of stand gives mean annual removal (Table 10).

35. Volume Growth

The volume growths in the different age classes were calculated according to the differential method (cf. KELITKANGAS and KUUSELA 1952). Total volume growth and

annual volume growth during a certain period are termed current volume growth (Table 11), while the total volume growth including removal, up to a certain age, is termed total volume growth, which, divided by the age of the stand, gives the mean annual volume growth (Table 12).

36. Further Investigations on Oxalis-Myrtillus Site Type Spruce Stands

The results of the above series are compared with those of VUOKILA'S (1956) developmental series, with the artificially regenerated spruce stand (KALELA 1933), and with the naturally normal spruce stand (ILVESSALO 1920 a, b), all in sites of the Oxalis-Myrtillus type in the south of Finland. The cubic volume, removal and growth figures are also compared with those of EIDE and LANGSAETER (1941) and with those of PETERSON (1955), both on corresponding sites.

37. The Results Compared with Each Other and with Results in Some Other Investigations

Tables 8—12 give the volume, removal and growth series constructed according to the above principles. Some of these are further illustrated in figures 16—18.

The comparison between the different stand series shows that both silvicultural thinning and intensive forest management tend to increase the mean annual volume growth of spruce stands of Oxalis-Myrtillus site type in the customary rotations of managed forests. The mean annual volume growth in the naturally normal stand does not attain the corresponding growth of the managed spruce forests. If the growth of hold-over in the young naturally normal spruce stand were taken into consideration, the difference would decrease.

In Series a) and b) the young stands have grown more freely and less densely than in the other series. Their volume growth is greater than that of Vuokila's developmental series, for instance. Later on, the relation is reversed. Hence the conclusion may be drawn that in the same period a greater volume growth may be attained in a spruce stand that has been allowed to grow early relatively free from shading and rather thinly than in one that has grown shaded and dense. This tends to shorten the rotations.

38. Stand Structure

The distribution of stems into different assortments of timbers is taken from the author's earlier paper (1955). The calculations are based upon the material of standing sample trees as follows:

A free-hand stem curve of all sample trees was drawn using the diameter at breast height and the diameter at 6 m. height and the total height of the tree. From these curves the lengths, diameters and numbers of logs for the sample trees were measured according to the principles laid down by ILVESSALO (1956 a, p. 198).

The results were divided into breast height diameter, taper, and height classes; adjustments were made, and also interpolations when necessary. In this way the lengths, diameters and numbers of logs for the mean stems of each class were determined.

The technical volumes of the different timber assortments for each 10-year period in the different age classes were determined from the above-mentioned measurements, separately for the total growing stock, for the surviving growing stock, and for the initial volume of removal; further for the final removal for every ten years ending in the number 5. The technical volumes were derived from volume tables and from Tables of Solid Contents (*Kiintomittataulukkoja* 1929).

Corresponding calculations were made for the artificially regenerated stands from 20 to 70 years old. The percentages for the different assortments in solid volume (LIHTONEN 1942, pp. 18—25) were calculated, using the figures of the Tables of Solid Contents as conversion factors.

Table 13 gives the amounts of the different assortments for the total growing stock and for the final removal.

The timber assortment figures in VUOKILA'S (1956) developmental series and in a naturally normal stand are not shown here, since the preliminary figures of the former are given in the investigation by VUOKILA (op.cit., pp. 85—104 and 129—132), and of the latter in ILVESSALO'S (1920 b) Growth and Yield Tables and in LIHTONEN'S paper (1942, p. 24).

Calculations were made by the above method (= K) and according to the graphic tables (= I) of ILVESSALO (1956 a, pp. 200—201) in the stand series at certain age periods. A comparison of these two methods may be made from Table 14. In the young and the middle age classes approximately the same assortments of timber are arrived at by the method K as by the method I; however, in old stands the latter method may give up to as much as about 10 % more saw timber than the former, but with less cord wood. The fact that the taper of the trees in the old, rather thin stands observed was quite considerable may be responsible for this difference, while the figures of Ilvessalo were based on average taper figures.

Table 15 shows the mean annual yield of different assortments of timber in the different series of this investigation. Further, it is to be noted that up to the terminal point (85 and 100 years) in Series a) and b) about 25—30 % of the total yield of saw timber, 65 % of the total yield of pulpwood, and 80 % of the firewood had been removed by intermediate cuttings.

It is further to be noted that in VUOKILA'S investigation the minimum saw timber tree attains a diameter of 6 in. at the height of 18 feet, but in the present investigation a diameter of 7 in, is held as the limit.

4. RELIABILITY AND REPRESENTATIVENESS OF THE MATERIAL

41. The Scope of the Material

It may be questioned whether the number of sample plots observed is too small compared to the numbers used in other similar studies. However, as the material was selected with great care and as uniformly as possible, and as further material (about twice as much) was obtained by reconstruction, this material may be considered sufficient.

42. The Reliability of the Material

The ocular classification of forest sites and of crown layers as well as the trial markings and the determination of the age of stumps as carried out here may be considered satisfactory. There is, of course, always the possibility of error in the measurements, but the author did his utmost to reduce this to a minimum. The probable divergences in measurements of diameter were estimated by the method of PRODAN (1951, pp. 98—99) and they cause a mean error of only $\pm 1.0\%$ in the basal area of the stand.

Errors of observation and of measurement are most probably present in the differences between the actual and the adjusted height and taper measurements. Comparison between the true mean height and taper figures of the sample trees and the corresponding adjusted figures shows that the differences between the above-mentioned figures are fully covered by a threefold standard error. The differences in borings and the errors in calculations on radial growth were eliminated, as far as possible, by the same methods as in other similar studies (cf. MIKOLA 1950). The same is the case for stump measurements (cf. NYSSÖNEN 1955). As all possible errors accumulate in the cubic volume and in the growth figures, the error in the volume may be estimated at less than $\pm 3\%$ and in the growth at less than $\pm 10\%$.

43. The Representativeness of the Material

It is very difficult to determine the representativeness of a selected material (cf. BRUCE and SCHUMACHER 1942, p. 103). In other similar studies, selective methods have been used in many cases. The uniformity of the material may be questioned, i.e. do the series constructed from sample stands form an uninterrupted sequence of the different stages of development. The study of statistical characteristics, however, was carried out according to classical methods, but as forests vary greatly, no very high mathematical standards of uniformity should be demanded. Adopting the same standards of uniformity as ILVESALO (1920 a, p. 71), the author decided to accept and include all 22 sample stands in constructing the series of this study.

Table 16 and the figures below it show to what extent the adjustments of the stem distribution series were successful. According to these, the volume figures differ from each other on average by only -1.4% to $+3.1\%$.

The data concerning removal are less uniform. In Series a) the mean dispersion is about -2.3% and in Series b) about -6.6% .

5. STUMPAGE VALUE AND VALUE GROWTH

51. Basis for Fixation of Prices

The value growth of the series of stands observed here was calculated as above according to the differential method. The stumpage value of the stand series was calculated on the basis of stumpage. The stumpage may vary for many reasons, such as changes in currency and in the economic and commercial conditions due to the location of the forests. Therefore, in the construction of stumpage series, the relative stumpages

(i.e. price indices) were calculated from actual prices of various timber assortments over a rather lengthy period. The former are independent of variations in stumpage and remain constant, provided, however, that the relation between the stumpages of different assortments remains constant. The data for these stumpages were obtained from the following sources (cf. Table 18):

- 1) Investigation by PAAVO HARVE (1940) on stumpages in the South-West of Finland during the years 1934—1939 (= Western District of the State Forests);
- 2) Statutes issued and agreements made concerning stumpages during and after the war years 1941—1945 (see figures on page 89);
- 3) Stumpage statistics during the years 1949—1954 collected by the department of Forest Economics of the Finnish Forest Research Institute for taxation purposes (Table 17);
- 4) Annual Reports of the State Forest Service (Forest Statistics 1954 a, b and 1955), stumpages for the Western District of State Forests in 1949—1953).

On the basis of these stumpages, the stumpages of the different timber assortments per solid cubic metre were calculated, the price index for spruce saw timber is given as 100. Accordingly, the corresponding index for spruce pulpwood is 80 and for firewood 25. Divergences from the indices caused by deviations of saw timber stems from the mean size, technical defects and those properties of the stand which affect felling expenses, were eliminated (see Table 19, column e).

The indices so obtained were further divided by 50. If the figures obtained in this manner — Table 19, column f — are further multiplied by 1 000, the actual stumpage per solid cu.m., incl. bark, for each assortment is obtained, provided that the stumpage of spruce saw timber stems of 10 cu.ft. is 85 marks per cu.ft. In this case the price of partly barked spruce pulpwood is about 1295 marks per stacked cu.m., length 1 metre, and that of firewood about 330 marks per stacked cu.m.

52. Stumpage Value, Value Growth and Total Gross Income

The volumes of the different timber assortments in solid cu.m. (Table 13) were multiplied by the value indices (Table 19, column f); the resulting figures give the corresponding indices for the stumpage value of the final volume of removal and the indices for value growth (see Table 20 and Figure 19). The annual gross income from a stand is the same as its mean annual value growth only when the whole rotation is considered. In a normal forest with static management, the annual gross income equals the mean annual value growth.

6. COSTS, EXPENSES AND NET FOREST INCOME

61. Costs and Expenses

The annual costs of administration and of management are estimated in the managed forests at 600 marks per hectare and in the naturally normal forests at 500 marks per hectare. The annual regeneration costs in a 50-year rotation have been estimated at

400 marks, in 60—70-year rotations at 300 marks and in rotations of 80+ years at 200 marks per hectare. Because a regeneration through natural seeding has occurred in Series a) by the age of 85 years and in Series b) by the age of 100 years, no regeneration costs are necessary in these rotations. With a rotation of 80 years in Series a) and of 90 years in Series b) only half the regeneration costs mentioned above are taken into consideration.

In calculating soil rent, interest must be included in the estimations of returns and expenses. Income tax gives rise to a corresponding increase in expenses. For the calculation of soil rent the annual expenses were estimated in the managed stands at 1 500 marks and in the naturally normal stand at 1 400 marks per hectare. The regeneration expenses were estimated at 20 000 marks per hectare.

The expectation value of bare soil has been calculated for the series of this investigation as well as the expectation value of afforested soil. In calculating the former, the regeneration expenses were presumed to be payable, beginning with the first rotation, but in calculating the latter, not until the end of the first rotation (see Figure 21, No. 2) if at all (Fig. 21, No. 1).

62. The Net Forest Income

The annual net income (forest rent) per hectare was calculated by subtracting from the figures for the gross income (i.e. mean annual value growth, see Table 20 and p. 97) the above figures for costs, which were first divided by 1 000 (Table 21 and Figure 20). Table 21 presupposes a normal forest, and also gives the ratio between the net income from the managed spruce forest and the net income from the naturally normal forest; here the latter is given as 100.

Table 22 gives the mean stumpage value per hectare of the normal forests during different rotations, as well as the net income as a percentage of the stumpage value.

Table 21 and Figure 20 show that the net income of the managed forests, especially of the artificially regenerated forest, is appreciably higher than that of the naturally normal forest during the same rotation.

Table 22 shows that the percentages of net income in the different series are not in the same proportion in relation to each other as the actual figures (in Table 21) owing to divergences in stumpage values. The percentages for the artificially regenerated forest are lower than those for the other managed spruce forests; the percentages for the naturally normal stand are almost as high as those for Series b), for instance.

7. PRINCIPLES OF ROTATION AND AGE OF MATURITY

71. General Features

In the first place it should be noted that the rotation and the age of maturity are considered in this study with private or commercial requirements in view. Preliminary calculations are presented here. Only rotations based on maximum mean annual volume growth, on maximum mean annual forest rent, on maximum soil rent and on maximum rent of afforested soil were applied to these research series.

72. Different Rotation Principles

721. Rotation of Maximum Mean Annual Volume Growth

Figure 17 illustrates the culmination points of the mean annual volume growths. That rotation varies in the different stand series from 67 years (Series a) to 92 years (VUOKILA 1956, p. 128). The culmination point was not yet reached in the artificially regenerated spruce stand at the age of 70 years but, judging from the trend of the curves, it is likely to be reached at the age of about 75 years.

If the rotation of the mean annual volume growth is calculated on the basis of the sum of the saw timber and the pulpwood yields (see Table 15), the rotation arrived at in the different series is 5 to 20 years longer than the corresponding rotation calculated on the basis of the actual volumes in solid measure (cf. DAVIS 1954, pp. 228—229).

The rotation of maximum mean annual volume growth may be advantageous in farm forestry, since it increases opportunities for earning, especially during periods of unemployment, because small size timber gives relatively more work than timber of large dimensions. The market for different assortments of timber greatly influences the choice of the different rotations.

722. Rotation of Maximum Mean Annual Forest Rent

The maximum mean annual forest rent was achieved in a rotation of between 85—100 years in Series b) and in a rotation of about 120 years in the naturally normal stand. The maximum mean annual forest rent (= net forest income) in Series a) has not as yet (in 85 years) been reached; neither has it in Vuokila's developmental series in 120 years (Figure 20).

723. Soil Expectation Values and Maximum Soil Rent Rotation

The soil expectation values on page 123 were calculated according to FAUSTMANN'S formula; as primary items of returns figures were taken from Table 20 and as expenses the above figures (p. 152) divided by 1000, with the annual interest at 5 per cent. According to these figures, the rotations for the maximum soil rent and for the maximum rent of afforested soil vary in the different series with stand ages of 45—65 years (see Figure 21).

Shorter rotations are arrived at in the expenditure calculations for the artificially regenerated spruce stand than for spruce stands from natural seeding.

73. Factors that Tend to change Rotations

The observation has been made in the present investigation that a vigorous initial development and a slower final development tend to shorten rotations and vice versa.

On the other hand, the tending of young stands and continued heavy thinnings tend to accelerate the growth of stands and to shorten rotations, so that in the same period better results are reached in this manner than by allowing the stand to grow unthinned (dense). The stands of Series a) and b) as well as the artificially regenerated spruce stand represent vigorous initial development with retarded final growth. Vuokila's developmental series and the naturally normal spruce stand, on the contrary, represent a slow initial development with accelerated further growth. The rotations of the former are shorter than those of the latter.

At the terminal points of 85 and 100 years, young stands have grown up in the old stands through natural seeding in Series a) and b), which causes costs to decrease and rotation to lengthen. Profitable use may be made of this fact by postponing the final cutting and by allowing valuable assortments of timber to grow in old stands at the same time.

As the construction of the stumpage series was based on price ratios on the assumption that the reciprocal stumpage ratios of the different timber assortments as well as the ratio for income or return and costs or expenses remain constant, changes in the latter ratios may cause changes in the rotation of the maximum mean annual forest rent and in the maximum soil rent rotation. In the investigation the conclusion has been drawn that occasional increases in income or return and decreases in costs or expenses in young stands are apt to shorten the rotation and occasional increases in income or return and decreases in costs or expenses in old stands are apt to lengthen the rotations, and *vice versa*.

74. Relative Calculations

Here the conclusion is drawn that the sharper the rise of the curve showing development of volume growth or net forest income in a stand in relation to the corresponding curve of a stand in a similar site, the more advantageous it is to spare the former and to cut the latter, even if the growth in the latter is greater. As a rule, when there are two or three stands it is most economical to cut the one whose mean annual volume growth or net forest income curve shows the least rise or the strongest fall.

8. CONCLUSIONS

The present study has revealed many important structural characteristics in the managed spruce forests of the Oxalis-Myrtillus site type in the South-West of Finland. The questions posed in the introduction may be answered as follows:

In a rotation of 70 years the highest mean annual volume growth, 9.7 cu.m. per hectare, and also the highest net annual income of 14 500 marks per hectare (calculated from average stumpages, mentioned on page 151) was attained in the artificially regenerated spruce stand. In the other managed spruce forests a mean annual volume growth of 6.6—8.8 cu.m. per hectare and the net annual income of 10 500—14 500 marks per hectare were reached in the rotations of 70—100 years. The series are given in the following order, beginning with the series with the highest volume growth and net income: Vuokila's developmental series, Series a) and Series b). The corresponding figures for the naturally normal stand between the ages of 70—100 years are 6.2—6.3

cu.m. per hectare and about 6 500 marks at 70 years of age and about 9 000 marks at 100 years. In the Series a) and b) the mean annual volume growth figures at the age of 30—45 years and the net income figures at the age of 50—70 years are higher than the same figures for Vuokila's developmental series.

The rotation for the maximum mean annual volume growth varies in the different series between 67—92 years of age. If that rotation is calculated on the basis of the timber assortment yield, it is 5 to 20 years longer than the rotation based on the volume growth. The maximum mean annual forest rent was only achieved in Series b) in a rotation of about 100 years and in the naturally normal stand in a rotation of about 120 years. The rotations for the maximum soil rent and maximum rent of afforested soil vary in the different stand series between 45—65 years. If the intermediate cutting in stands of Series a) and b) were continued, the rotation of maximum mean annual volume growth and of maximum forest rent in these stands would approach the upper age limits mentioned above rather than the lower ones.

The intensity of the thinnings and silviculture have a greater affect on value growth and on net income than on volume growth. The percentages of net income do not vary in the same proportions as the actual net income figures in the different series owing to divergences in felling values. The high felling value lowers the percentages of the net income of the artificially regenerated stand, but the reverse is the case in Vuokila's developmental series and in the naturally normal stand (see Table 22).

It may be profitable to postpone the final cutting in the old stands, to treat them with shelterwood cuttings and to allow valuable assortments of timber to grow in them at the same time. The new growth in the stand coming up during this phase of reproduction cutting lowers costs and expenses, which in turn lengthens the rotations. Increases in income and decreases in costs in old stands are apt to lengthen the rotation and *vice versa*.

A vigorous initial development and a slow final development of the stand tend to shorten rotations and *vice versa*. When there are two or three stands, it is most economical to cut the one whose mean annual volume growth or net forest income curve shows the least rise or the strongest fall.