

METSÄNARVIOIMISTIETEELLINEN
TUTKIMUS SUOMESSA VUOSINA
1909 — 1959

AARNE NYSSÖNEN

HELSINKI 1959

Sisällys

	Sivu
Johdanto	3
Metsän kartoitus	3
Metsänarvioimismenetelmät	4
Puuston kehitys, rakenne ja kasvu	13
Valtakunnan metsien inventoinnit	18
Metsätalouden järjestely	20

Lyhennyksiä

AFF	Acta Forestalia Fennica
FFM	Finska Forstföreningens Meddelanden
MA	Metsätaloudellinen Aikakauslehti
MTJ	Metsäntutkimuslaitoksen (Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen I. koelaitoksen) julkaisuja
SF	Silva Fennica
SMY	Suomen Metsänhoitoyhdistyksen julkaisuja

Johdanto

Metsänarvioimistieteeseen luetaan Suomessa muutamia varsin itsenäisiä tiedonaloja. Niistä on erityisesti mainittava oppi puun ja puuston mittaus- ja arvioimismenetelmistä, puuston kehitys-, rakenne- ja kasvuoppi sekä metsätalouden järjestelyoppi. Kun seuraavassa luodaan katsaus metsänarvioimistieteen alalla tapahtuneeseen kehitykseen, käsitellään mainitut kolme tiedonala kukin omana lukunaan. Niiden ohella soveltuvat eri luvuissa tarkasteltaviksi metsän kartoitusmenetelmät sekä huomattavan merkityksen saaneet valtakunnan metsien inventoinnit.

Metsän kartoitus

Siitä huolimatta, että varsinaiset kartoitustyöt kuuluvat maanmittauksen alaan, on erilaisten metsäkarttojen laadinta vanhastaan luettu metsänarvioimisen tehtäviin. Kartan avulla joudutaan osoittamaan eri kasvupaikat, joita koskeva luokitus liittyy toisaalla olevaan metsätyypitutkimuksia koskevaan kirjoitukseen, sekä edelleen kuvaamaan usein vaihtuvat metsiköiden rajat, alati uusiintuvat toimenpiteet, teiden kulku jne.

Kartoitus on viime aikoihin asti tapahtunut jo kauan tunnetulla runkolinjamenetelmällä, jota kuluvan vuosisadan puolella on kehitetty ja täsmennetty esim. yliopistollisia harjoitustöitä varten laadituissa ohjeissa (Lönroth 1919) sekä metsähallituksen kiertokirjeissä ja julkaistuissa oppikirjoissa (esim. Linnamies 1948, Metsämiehen karttaoppi).

Parin viime vuosikymmenen kuluessa on vanhan menetelmän rinnalle tullut uusi, vanhan nyttemmin suurimmaksi osaksi syrjäyttänyt menetelmä, ilmakuvakartoitus. Tätä menetelmää alettiin 1920- ja 1930-luvuilla kehittää Suomen oloihin soveltuvaksi. Myös metsämiesten taholla tunnettiin tällöin kiinnostusta asiaan (Aro YMV VII 1934; Kytönen ja Tuura 1937 MA; Sarvas 1938 SF 48), mutta tuntuvaa käytännöllistä merkitystä ilmakuvat eivät kuitenkaan saavuttaneet ennen sotia. Lämpimurto tapahtui vasta sotien päätyttyä erityisesti kahden laajamittaisen tehtävän yhteydessä. Toisaalta jouduttiin suorittamaan Suomessa käytännössä olevan verotusjärjestelmän edellyttämiä metsämaiden veroluokituksia, ja toisaalta tehtiin metsähallituksen taloussuunnitelmatöihin liittyen kartoitustöitä etenkin Pohjois-Suomessa. Molemmat tehtävät on perustettu

ilmakuvien käyttöön, mutta myös maastotyö on niissä ollut tärkeällä sijalla. Varsinkin metsähallituksen kartoitustöissä käytettyjä menetelmiä, joiden avulla kustannusten mainitaan alentuneen vajaan puoleen runkolinjamenetelmän vaatimista kustannuksista, on työhön osallistuneiden ammattimiesten (Kuusela, Linnamies, Olenius ja Setälä) toimesta useissa kirjoituksissa selostettu (esim. 1951 SF 69; 1956 SF 90; 1951, 1955 MA; 1954 Suomen Fotogramm. Seuran julk. n:o 2).

On luonnollista, että vastaisuudessa on odotettavissa uudiskartoitusten tarpeen supistumista. Tämä ei kuitenkaan merkitse ilmakehän ja muiden kartoitustehtävien kokonaisuuden vähenemistä. Jo muuttuvien metsikkörajojen yms. seikkojen toteaminen tehostuvassa suunnittelutyössä kaipaa toistuvia ilmakehävaukuksia, joten näihin sekä niihin liittyvään tutkimustyöhön joudutaan huomiota kohdistamaan.

Metsänarvioimismenetelmät

Puun ja puuston mittaus- ja arvioimismenetelmien käsittely on yleensä tapana suorittaa erikseen puuta, metsikköä ja metsäaluetta silmällä pitäen. Samaa jakoa noudatetaan myös nyt suoritettavassa katsauksessa, mutta sellaiset erikoiskysymykset kuin kasvun ja hakkuupoistuman selvittäminen sekä kojeet ynnä laskentatehtävät käsitellään kuitenkin erillisinä osina.

P u u y k s i l ö. Puuyksilön kohdistunut metsänarvioimistieteellinen tutkimustyö Suomessa on askarrellut ensi sijassa puun tilavuuden määrittämisen parissa. Useilla tutkimuksilla on selvitetty myös rungon muotoa, mutta nämäkin tutkimukset liittyvät edellisiin sen johdosta, että muototutkimusten käytännöllisenä tavoitteena yleensä on selvittää muotoa kuutiomäärän arvioimisen kannalta.

Kysymyksessä olevalla tutkimusalalla ei vielä vuosisadan alussa ollut mainittavasti työtä tehty, minkä saattaa havaita esim. Ericssonin (1903) ja Arimon (1909) kirjoittamista metsänarvioimisen oppikirjoista. Puittemme rungon muotoa ei ollut tutkittu puhumattakaan siitä, että omia kuutioimistaulukoita olisi ollut käytettävissä. Sen sijaan tunnettiin Keski-Euroopasta lähtöisin olevia, nykyäänkin usein mainittuja kuutioimiskaavoja. Niiden joukkoon toivat oman lisänsä Sivén (1909, 1913 SMY), joka jo viime vuosisadan puolella oli kosketellut kysymystä (1887 FFM), ja Poukka (1912 SMY) sekä edelleen Heikkilä (1915 MA), joka tarkasteli lähinnä Huberin kaavan käyttökelpoisuutta. Heikkilän päätelmät sekä varsinkin Lönnrothin (1927 AFF 31) perusteellinen tutkimus kuutioimiskaavoista antoivat osaltaan tukea jäljempänä selostettavien yleisten kuutioimistaulukoiden muototunnuksen valinnalle. Itse kuutioimiskaavoja kohtaan tunnettu kiinnostus on myöhemmin selvästi vähentynyt.

Saattaakseen kuutioimiskaavoihin läheisesti liittyvän rungon muodon tutkimusmetodin oikealle pohjalle Cajanus (1911 SMY) ehdotti käytettäväksi sarjaa läpimitan ja pituuden suhdelukuja. Häneen yhtyen tutki Lakari (1920 AFF 16) männyn muotoa empiirisen aineiston nojalla ja laajensi tarkastelunsa käsittämään niitä tekijöitä, jotka vaikuttavat rungon muotoon ja jotka olisi otettava huomioon kuutioimistaulukoiden laadinnassa. Kysymystä tarkastelivat edelleen Lindholm (1934 MA) sekä Lappi-Seppälä (1936 AFF 44), jotka molemmat toivat esiin 2 läpimitan tarpeellisuuden kuutioimistaulukoiden laadinnassa, mikäli perusläpimita otetaan esim. rinnantasalta. Molemmat korostivat lisäksi vihreän latvuksen pituuden merkitystä rungon yläosan muodolle. Tämä objektiivisesti mitattava tunnus onkin otettu tekijäksi Ruotsissa myöhemmin ilmestyneisiin kuutioimistaulukoihin. Vielä tämän jälkeen Lappi-Seppälä (1952 MTJ 40) viittasi latvuksen pituuden merkitykseen. Samana vuonna julkaistussa tutkimuksessaan Ylinen (SF 76) merkittävällä tavalla selvitti edelleen ns. mekaanista runkomuototeoriaa. Lisäksi on empiiriseen aineistoon pohjautuen useissa vielä mainitsemattomissa tutkimuksissa tarkasteltu eri tekijäin, erityisesti metsikön tiheyden ja käsittelyn vaikutusta rungon muotoon (esim. Lappi-Seppälä 1929 AFF 34; Sarvas 1944 MTJ 33; Nyysönen 1954 AFF 60).

Tämän yhteydessä mainittakoon, että poikkileikkauspinnan muotoon liittyvää virhettä ko. pinta-alan laskemisessa on Heikkilä (1927 AFF 32) käsitellyt.

Tietävästi ensimmäiset julkisuuteen tulleet suomalaiset kuutioimistaulukot laati v. 1912 mitatun aineiston perusteella Cajanus, joka tosin jo v. 1909 oli selostanut eräitä koivulle laatimiaan taulukoita (Ilvessalo 1923 AFF 26). Nämä paikalliset taulukot perustuivat muutamiiin tuhansiin pystykoepuihin, joista läpimitat kuutioimista varten otettiin määrävlein taulukoiden laatijan konstruimalla dendrometrilla. Puulajin ja metsätyypin lisäksi taulukoissa on tekijänä vain läpimita rinnantasalla, joten tavanomaisten taulukoiden toinen tärkeä tekijä, pituus, puuttuu. Taulukot siis muistuttavat Keski-Euroopassa yleisesti käytettäviä paikallisia kuutioimistaulukoita, »tariffeja». Suomessa ei myöhemmin ole tämänkaltaisten taulukoiden tarjoamia mahdollisuuksia hyväksikäytetty. Erityisesti saattaisi niillä, esim. yleisten kuutioimistaulukoiden nojalla laadituina, olla merkitystä tiettyjen metsäalueiden toistuvissa inventoinneissa.

Luonteeltaan paikalliset olivat myös Hildénin (Osaran) julkaisemat koivun taulukot Pohjois-Karjalasta kootun aineiston perusteella (1926 AFF 32). Perustaksi niille hän tutki koivun muotoa. Todettuaan runkokäyrän käännepesteen olevan pääasiallisesti 3—5 m:n korkeudella hän ei ottanut perusläpimitaksi tyvi-laajeneman piiriin kuuluvaa läpimittaa rinnantasalla, vaan läpimitan 3 m:n korkeudella. Toiseksi tekijäksi tuli puun pituus.

Yleisten kotimaisten kuutioimistaulukoiden puuttuessa saivat ruotsalaiset Jonsonin taulukot Suomessa varsin laajan käytön. Niiden soveltuvuutta takäläisiin oloihin oli jo vuoden 1915 tienoilla tutkittu vertailumittausten avulla. V. 1947 ilmestyivät kuitenkin Ilvessalon (MTJ 34) laatimat, n. 12 000 koepuu-

hun perustuvat taulukot, joita sittemmin on ryhdytty yleisesti käyttämään. Nämä graafisin tasoituksin valmistetut taulukot osoittavat puulajeittain kuorellisen yksikkökuution, kun rinnankorkeusläpimitta, pituus ja ns. kapeneminen tunnetaan. Vm. tekijällä tarkoitetaan vähintään 8 m:n pituisissa puissa erotusta D1.3 m—D6.0 m. Kuorettomaan kuutiomäärään päästään kuorellisesta edellä esitettyihin tekijöihin nojaavien prosenttilukujen avulla ja mittaamalla tarvittaessa kuoren paksuus rinnantasalla. Edellyttäen tarpeellisten tekijäin mittauksen oikein suoritetuksi on taulukoiden yhteydessä ja myöhemminkin (Ollinmaa 1953 MA) esitetty tietoja niiden luotettavuudesta.

Viimeksi selostetuilla taulukoilla on käytännöllisiä arvioimistehtäviä silmällä pitäen suuri merkitys. Niin kuin luonnollista, ne eivät kuitenkaan ole kokonaan poistaneet alalla esiintyvän jatkuvan tutkimuksen tarvetta. Viitattakoon tässä eräihin kohtiin. Niinpä näyttäisi tarpeelliselta tutkia eri syistä syntyviä systemaattisia virheitä, jotta niitä voitaisiin välttää. Mm. kasvun laskentaa silmällä pitäen olisi tarpeen laatia taulukot, joista kuorettomat yksikkökuutiot saataisiin välittömästi. Käytännön arvioinneissa kaivattaisiin lisää sellaisia taulukoita, jotka antavat tuloksen nykyistä vähemmällä mittauksilla ja joita jo on esitetty esim. Tapion taskukirjassa. Ja vihdoin laskentatehtävien mekaaniselle suoritukseksi saattaisi olla apua funktioiden muotoon laadituista esityksistä.

Rungon kokonaistilavuuden ohella on nimenomaan käytännölliseltä kannalta suuri merkitys rungosta saatavien puutavaralajien määrillä. Erityisesti on Suomessa oltu kiinnostuneita tukkipuusuudesta. Sen arvioimiseksi pystyistä jo vuosisadan alussa sovellettu työläs apterausmenetelmä on pysytellyt sitkeästi käytännössä aina nykypäiviin saakka. Menetelmällä saavutettavien tulosten luotettavuutta on useissa kirjoituksissa käsitelty (Vuoristo 1936 MA; Pöntynen 1944 MA; Heiskanen 1950 MTJ 38). Toisena menetelmänä mainittakoon Lönnrothin v. 1917 (AFF 7) esittämä ns. kiintoläpimittamenetelmä. Se edellyttää 6 m:n korkeudelta otettavan läpimitan ja sen rungonosan pituuden määrittämistä, joka ulottuu mainitusta kohdasta siihen, missä rungon läpimitta on 6 tuumaa.

Mainittujen mittaustangon käyttöä edellyttävien ja siten jossain määrin hankalien keinojen sijaan on pyritty kehittämään sellaisia menetelmiä, joissa ainoana tarvittavana läpimittana on D1.3 m. Vaikka saatavien tulosten tarkkuus ei ehkä täytä kovin suuria vaatimuksia, voidaan ko. menetelmiä hyvin usein soveltaa käytännössä. Rinnankorkeusläpimittaan perustuvista havutukkipuiden kuutiomistaulukoista on mainittava Heiskasen ja Tiihosen valmistamat (1958 MTJ 49), joissa toisena tekijänä on rungon tukkiosan pituus tai rungosta saatavien tukkien lukumäärä.

Käytännöllinen metsätalous kaipaa edelleen tutkimuksia erilaisista rungoista kertyvien puutavaralajien, muidenkin kuin tukkien määristä. Kysymys liittyy läheisesti rungon muotoa, kapenemista koskeviin ongelmiin. Myöskin kaivataan täydellisempiä perusteita teknillisistä mitoista todellisiksi kiintomitoiksi ja päin-

vastoin tapahtuville erilaisille muuntolaskelmille, joiden suoritus on tarpeen sekä metsätalouden järjestelyyn, metsäteknologian että metsätaloustieteen alalla esiintyviä tehtäviä silmällä pitäen.

M e t s i k k ö. Metsikön kuutiomäärän laskemiseksi suositeltiin vuosisadan alussa Keski-Euroopasta peräisin olevia menetelmiä, joissa läpimittaluokittain luetut puut ryhmitellään tietyllä tavalla ja kutakin ryhmää edustamaan haetaan keskipuu tai mahdollisesti useampiakin koepuita. Myöhemmin on keskipuiden käyttö kyseisessä mielessä jäänyt sivuun, vaikka toisaalta on metsikön keskipuun teoriaa käsitelty (Lönnroth 1926 AFF 30). Metsikön kuutiomäärän laskennassa kaadettujen koepuiden perusteella on sen sijaan kohdistettu enemmän huomiota kuutiomisviivaan perustuviin menetelmiin. Niinpä Lönnroth ehdotti v. 1917 käytettäväksi Kopezkyn menetelmää koepuiden edustamien kuutiomäärien tasoittamiseksi siten muunnettuna, että rinnankorkeusläpimitta korotetaan toisen potenssin sijasta vaihtelevaan potenssiin (vrt. 1934 AFF 40). Suomalaisessa kasvutaulukkoaineistossa sopiva potenssi vaihteli yleensä välillä 1.5—2.8, ja oli useimmissa tapauksissa 2.0—2.5 (Ilvessalo 1920 AFF 15).

Metsikön silmävaraisella arvioinnilla on Suomessa vanhastaan ollut tärkeä merkitys. Silmävaraisesti on arvioitu monia sellaisiakin tunnuksia, jotka mitauksilla ja niihin perustuvalla laskennalla voitaisiin selvittää. Näistä tunnuksista on yleensä tärkein puuston kuutiomäärä. Arviointia on pyritty helpottamaan käyttämällä eräitä yksinkertaisia kaavoja sekä aputaulukoita, jotka osoittavat kuutiomäärän, kun esim. tiheysluku ja joko keski- tai valtapituus tunnetaan (esim. Ilvessalo 1951 MTJ 39). Kuitenkaan eivät tulokset sellaisinaan ole aina käyttökelpoisia niihin liittyvän subjektiivisuuden takia. Esim. edellä mainittuihin osatekijöihin näet kuuluu sellainen silmävaraisesti arvioitava, itse asiassa varsin epämääräinen tunnus kuin metsikön tiheys.

Menetelmän, jolla halpa ja nopea silmävarainen arviointi on mahdollista saattaa objektiiviselle pohjalle, esitti Cajanus (1913 Tapio, 1917 AFF 7; Ilvessalo 1923 AFF 26). Menetelmä perustuu siihen tosiasiaan, että huolimatta yksityisten metsiköiden kohdalla suuntaan tai toiseen syntyvistä poikkeamista kullakin tietyn kokemuksen saavuttaneella arvioimismiehellä on hänelle ominainen tapa arviointien suorittamiseksi. Selvittämällä tämä tapa sellaisten metsiköiden perusteella, joiden kuutiomäärä joko on tunnettu tai myöhemmin laskettavissa, voidaan suoritettavat arvioinnit oikaista, ts. korjata oikealle tasolle. Oikaisua varten Cajanus esitti laskettavaksi regressiosuoran niiden havaintojen nojalla, jotka syntyvät silmävaraisesti arvioituista ja mittauksiin perustuvista kuutiomääristä. Paitsi analyttisesti tasoitus on tietenkin mahdollista suorittaa myös graafisesti.

Silmävaraista arviointia siihen liittyvine oikaisuineen on sovellettu laajassa mitassa. Esim. valtakunnan metsien inventoinneissa yhteys arvioitujen ja laskettujen kuutiomäärien kesken on osoittautunut kiinteäksi, korrelaatiokerto-

men ollessa yleensä n. 0.9. Sama oikaisumenetelmä on ulotettu myös aputaulukoilla tehtyyn kuutiokasvun selvittämiseen, ja se on saanut arviointien yhteydessä tuntuvasti lisävalaisua (Ilvessalo 1927 MTJ 11, 1942 MTJ 30, 1956 MTJ 47; Linnamies 1944 MA). Eriyisen maininnan ansaitsee silmävaraisen arvioinnin käyttö myös eri puutavaralajien määrittämisessä soveltaen puustokuutiometrin rakenteen selvittämistä (Lihtonen 1942 AFF 50).

Metsiköittäin suoritettava likimääräinen arviointi on siirtynyt uuteen vaiheeseen sen jälkeen, kun itävaltalainen Bitterlich esitti 1940-luvun lopulla menetelmän metsikön pohjapinta-alan määrittämiseksi relaskoopin avulla. Samalla kun on tutkittu menetelmän luotettavuutta suomalaisissa oloissa, on selvitetty mahdollisuuksia relaskoopin käyttämiseksi kuutiomäärän arvioimisessa. Siinä mielessä laati Nyysönen pohjapinta-alaan ja keskipituuteen perustuvat kuutiomistaulukot kolmen pääpuulajin muodostamille metsiköille (1954 MTJ 44). Silmävaraiseen arviointiin verrattuna menetelmällä on mm. se etu, että sitä käyttämällä voi jo suhteellisen vähäisellä kokemuksella saavuttaa tyydyttäviä tuloksia. Vaikka relaskoopia on jo ryhdytty melko yleisesti käyttämään, eivät sen tarjoamat mahdollisuudet ole vielä täysin pääteltävissä. Sen johdosta on paikallaan, että menetelmää koskevia tutkimuksia jatketaan.

Ilmakuvaukseen perustuvaan puuston arviointiin kohdistettiin huomiota jo 1930-luvun jälkipuoliskolla (1937 MA; 1938 SF 48). Sotien jälkeen suoritettiin metsähallinnon piirissä eräitä kokeita. Edelleen valaisi Ilvessalo (1950 MTJ 38) ilma-arvioinnin perusteita tarkastelemalla latvuksen maksimileveyden ja rungon välistä korrelaatiota. Käsitelmän saamiseksi ilmakuviin avulla saavutettavien tulosten luotettavuudesta metsikön arvioinnissa suoritti Nyysönen tutkimuksen, jossa esitettiin männiköille kuutiomistaulukko käyttäen tunnuksina latvuston peittävyyttä ja puiden keskipituutta (1955 MTJ 46). Samalla selvitettiin, kuinka luotettavasti kyseiset tunnuksot voidaan mitata tavanomaisilta ilmakuvilta. Osoittautui, että arvion keskivirhe kuutiomäärän kohdalla on huomattava, yhteensä likimain $\pm 30\%$. Myös läpimittasuhteisiin kiinnitettiin tutkimuksessa huomiota.

Ilmakuvilta toimitettava puuston arviointi näyttää suomalaisissa oloissa soveltuvan etupäässä karkeaan metsiköiden luokitukseen. Kun käytännöllisissä arvioimistehtävissä niin ollen kaivataan yleensä aina myös maasta käsin tehtävää työtä, olisi ilma- ja maa-arvioinnin yhdistämiseksi tehokkaimmalla tavalla suoritettava jatkuvaa tutkimusta.

M e t s ä a l u e. Jo vuosisadan alussa tunnettiin tärkeimmät niistä keinoista, joita metsäalueen arvioinnissa on tavallisimmin käytetty näihin asti, nimittäin silmävarainen kuvioittainen arviointi joko valikoitujen koealojen avulla tai ilman niitä, sekä linja-arviointi, joka tosin nyttemmin on suurelta osalta muuttunut linjoittaiseksi ympyräarvioinniksi. Tutkimukset eivät siis ensi silmäyksellä näytä merkinneen olennaista muutosta metsän arvioimismenetelmiin.

Edellä on kuitenkin jo käsitelty silmävaraisen arvioinnin saattamista objektiivisemmäksi. Myös linja- ja ympyräarvioimismenetelmien kehittämiseksi ja niiden tarkkuuden tutkimiseksi on tehty huomattavasti työtä nimenomaan 1930-luvulle mennessä.

Linja-arviointi on tietävästi peräisin Ruotsista, missä af Ström esitti sen pääperiaatteen jo v. 1830. Vaikka Suomessa metsähallitus käytti sitä ainakin jo 1880-luvulla eri tahoilla maata ja Evon metsäkoulun oppilaat suorittivat vertailuarviointeja v. 1897, eivät arviointimenetelmää koskevan tutkimustyön tulokset vielä 50 v sitten oikeuttaneet menetelmästä sanottavia päättelemään. Ensimmäinen tärkeä tutkimus oli vasta Suomen Metsänhoitoyhdistys Tapion toimeksiannosta Cajanuksen suunnittelema ja nimenomaan maastotöiden osalta v. 1912 toimeenpanema Sahalahden ja Kuhmalahden pitäjien metsien arviointi, jossa kertyneen aineiston käsittelyn tutkimusjulkaisuineen Ilvessalo saattoi valmiiksi (1923 AFF 26). Pyrkimyksenä oli mm. selvittää linja-arvioinnin tarkkuutta ja tehdä päätelmiä alimmista arvioimisprosentteista suurehkojen alueiden arvioinneissa. Eräiden päätulosten luotettavuutta laskettaessa kiinnitettiin huomiota linjojen systemaattiseen poikkeavuuteen toisistaan. Linjavälin osalta ei voitu saada monipuolista selvitystä, mutta kuitenkin esitettiin merkittäviä tietoja siitä, kuinka virheet kasvavat linjavälin suuretessa.

Yliopistollisten metsänarvioimisen harjoitustöiden yhteydessä suoritettiin v. 1919 eräillä metsäalueilla sekä yksityiskohtainen että linjoittainen arviointi ja tukkipuiden luku. Tuloksia analysoivat sekä Ilvessalo (1920 AFF 15) että Lappi-Seppälä (1924 MTJ 7), joka selvitti eri tekijöiden (linjojen suunta, arvioimisprosentti, pinta-ala ja kysymykseen tulevien tunnusten laatu) vaikutusta tulosten luotettavuuteen ja teki käytännöllisiä päätelmiä mm. linjaväleistä. Myöhemmin saatiin lisää selvitystä linja- ja ympyräarvioinneista sekä niiden aiheuttamista kustannuksista lähinnä ns. arvopuiden lukumäärän kannalta eräillä metsäalueilla (Ilvessalo 1937 SF 39).

Runsaasti kokemusta on linja-arvioinneista saatu jäljempänä lähemmin käsiteltävissä valtakunnan metsien inventoinneissa. Tulosten luotettavuuden laskenta on kaikissa inventoinneissa tapahtunut Lindebergin esittämällä menetelmällä (1924 AFF 25, 1926 AFF 31). Hän on lähtenyt siitä jo edellä sivutusta tosiasiaista, etteivät keskivirheiden laskemiseen sovellu tavanomaiset laskenta-kaavat, koska arvioinneissa on hyvin yleisesti todettavissa linjasta toiseen esiintyvän satunnaisen vaihtelun lisäksi jatkuvaa, systemaattista muutosta. Tämän eliminoimiseksi verrataan jatkuvasti keskenään aina kerrallaan kahden vierekkäisen linjan tai linjan osan tuloksia, joiden erotukset esiintyvät tekijöinä keskivirheen laskentakaavassa.

Mainittakoon, että myös Skandinavian maissa on kysymystä samanaikaisesti ja myöhemmin melko paljon käsitelty.

Tarkasteltaessa kokonaisuutena varsinaista linja-arviointia sekä linjoittaista ympyräarviointia on todettava, että tiettyjä ohjeita niiden suorittamiseksi on

käytettävissä, mutta näissä arvioinneissa on vielä paljon tutkimatonta. Niinpä kaivataan lisää tietoja siitä, mikä on edullisin linjaväli ja koealan koko eri olosuhteissa, miten koepuut olisi otettava jne. Tällä hetkellä ei ole myöskään nähtävissä, mitä relaskooppi vaikuttaa ko. arviointeihin. Tutkimustarve koskee edelleen metsäalueen toistuvia inventointeja, jotka metsätaloussuunnitelmien uusimisessa tulevat ajankohtaisiksi. Näihin asti on uudet inventoinnit suoritettu yleensä aiemmista riippumattomina, jolloin esim. valtion metsissä kuvioittainen arviointi on kokonaisuudessaan toistettu. Otantaan perustuvien menetelmien käytyä yleisiksi on noussut esille kysymys pysyvistä koealaverkostoista. Niitä on jo jossain määrin, aina 1920-luvulta lähtien perustettu myös Suomessa, mutta toistaiseksi niitä koskevat kokemukset ja tutkimukset ovat vähäisiä.

K a s v u. Puuston kasvun mittaus ja arvioiminen on kokonaisuudessaan muuan laajimmista ja komplisoiduimmista kysymyksistä metsänarvioimistieteen alalla. Niinpä on tarjolla vaara jo niiden käsitteiden sekaantumisesta, joita ongelman yhteydessä tulee esille. Vaikka jo vuosisadan alussa oltiin selvillä monesta kasvuun tässä mielessä liittyvästä luonteenomaisesta piirteestä, kaivattiin yhtenäistä, teoreettisesti perusteltua kasvu- ja poistumatapahtumien terminologiaa ja käsitteiden määrittelyä. Saadakseensa sellaisen aikaan julkaisi Lönnroth (1929 AFF 34) kysymystä valaisevan katsauksen, joka pohjautui hänen kirjoittamiinsa ohjeisiin v:lta 1919.

Kasvukäyrän analyttisestä tulkinnasta käytiin vuoden 1910 tienoilla keskustelua Lindholmin ja Sivénin kesken (1909, 1910 SMY). Varsinaisessa kasvun laskennassa suositeltiin näihin aikoihin käytettäväksi erilaisten kaadettuihin koepuihin perustuvien keinojen ohella pystykoepuista suoritettavien kairausten avulla saatavia, esim. Schneiderin kaavan antamia kasvuprosentteja. Mutta ainakin jo v. 1912 suoritettussa laajassa arviointityössä kairattujen pystykoepuiden perusteella laskettiin kasvuprosentit ja edelleen kuutiokasvu ns. Jonsonin menetelmällä (Ilvessalo 1923 AFF 26). Sittenmin voidaan tämän menetelmän ja siihen pohjautuvien arvioimistapojen — nimenomaan Ilvessalon Suomen oloihin soveltamina ja kehittäminä — sanoa päässeensä vähitellen hallitsemaan kasvun laskentaa ja arvioimista maassa (esim. 1927 MTJ 11, 1939 SF 52, 1942 MTJ 30, Tapion kust. v. 1948, IUFRO Oxford Congress v. 1956).

Mainittu menetelmä antaa kuutiokasvuprosentin, kun 5:n tai 10:n viime vuoden sädekasvun ja kuorettoman rinnankorkeusläpimitan perusteella saatuun pintakasvuprosenttiin lisätään ns. muotokorkeuden kasvuprosentti, jota arvioitaessa puun pituus ja joko pituuskasvu tai ikä ja asema metsikössä esiintyvät tekijöinä. Yksityisistä koepuista, joiden lukumäärää myös Nyysönen (1951 MA) on käsitellyt, selvitetty kasvuprosentti painotettuna ja metsikön kuutiomäärällä kerrottuna johtaa tulokseen, jota on käytetty mittausajankohdan vuotuisena kuutiokasvuna. Todellisuudessa saadaan menetelmällä arvio pystypuuston kasvusta menneen lähikauden keskiarvona, mutta kasvun suunnan muutokset —

lukuun ottamatta ilmastollisten vaihteluiden aiheuttamia — on katsottu hitaiksi ja niitä ei ole pidetty systemaattisina, joten em. menetelmää on voitu käyttää.

Valtakunnan metsien inventoinneissa tutkitun suuren koepuumäärän perusteella on laadittu eri tekijöihin (puulaji, ikä, tiheys jne.) perustuvia aputaulukoita käytännössä suoritettavaa kasvun arvioimista helpottamaan. Nämä ovatkin saavuttaneet yleisen käytön, kun taas jäljempänä käsiteltäviä varsinaisia kasvutaulukoita samoin kuin muita menetelmiä on käytetty vähemmän. Maininnan ansaitsee kuitenkin pysyvillä koealoilla yleisesti käytetty tapa kasvun laskemiseksi kahtena ajankohtana mitatun puuston erotuksena. Lisäksi on kohdistettu huomiota erotusmenetelmän käyttöön myös kertamittaukseen perustuvilla koealoilla (Keltikangas sekä Kuusela 1952 MA; Vuokila 1956 MTJ 48; Kallio 1957 AFF 66).

Jaksomittaukseen perustuvan kasvunlaskennan teoriaa selvitti Kuusela v. 1953 julkaistussa tutkimuksessa (AFF 60). Siinä tarkastellaan, kuinka voidaan puulle, metsikölle ja metsälle laskea toisaalta mittausjakson keskimääräinen, toisaalta mittausvuoden todennäköinen kasvu ja kasvuprosentti. Käytännöllisesti tärkeänä tuloksena on tutkimuksessa lähinnä teoreettisen todistelun avulla osoitettu, että nimenomaan hakkuilla käsitellyissä metsissä ns. säilyvän puuston kasvu on yleensä suureneva. Niin ollen antaisi Suomessa yleisesti sovellettu tapa tulkita edellä selostetulla menetelmällä vain pystypuuston nojalla, siis poistumaa huomioon ottamatta, saatu kasvu mittausvuoden kasvuksi keskimäärin liian pienen tuloksen.

Nykyisin käytettävissä olevilla tiedoilla ei kuitenkaan ole mahdollista riittävin perustein arvioida viimeksi esitetyn päätelmän merkitystä, koska ei ole tarpeeksi takeita mm. muotokorkeuden kasvuprosentin keskimääräisyydestä erilaisia metsiä silmällä pitäen. Niinpä ainakin voimakkailla hakkuilla käsitellyissä metsiköissä aiemmin mainitut aputaulukot saattavat antaa nykypuuston menneen lähikauden keskimääräisen kasvun hiukan todellista suuremmaksi, kuten Nyysönen on todennut (1952 MTJ 40, 1958 MTJ 49). Joka tapauksessa on ilmeistä, että myös empiiriseen aineistoon perustuvaa tutkimustyötä kaivataan edelleen näiden kysymysten selvittämiseksi. Koska eri olosuhteissa tulevat erilaiset menetelmät kysymykseen, on tämä otettava huomioon tutkimuksia suunniteltaessa. Edelleen olisi saatava lisää valaisua tärkeään kasvunennusteongelmaan, jota Kuusela on jossain määrin käsitellyt (1955 MA, 1958 AFF 67). Sekä tämän tehtävän yhteydessä että kasvutulosten tulkinnassa yleensä tulevat esille myös kasvun ilmastolliset vaihtelut, joita käsitellään jäljempänä.

H a k k u p o i s t u m a. Metsätaloudessa tarvitaan usein tietoja hakatusta puustosta. Kun niitä ei voida läheskään aina saada esim. kirjanpidosta tai puun käyttöä koskevista tutkimuksista, joudutaan turvautumaan kantojen tutkimiseen, menetelmään, joka periaatteessa on jo kauan ollut tunnettu. Ajatus laajamittaisesta kantoihin perustuvasta poistuman arvioinnista esiintyi näet Suo-

nessa jo v. 1911 erään komitean mietinnössä. Siinä suunniteltiin 2 pitäjän metsien linja-arvioinnissa mitattavaksi 3 edellisenä vuonna hakattujen puiden kannot, mutta työ jäi toteuttamatta.

Kantomittauksia käytettiin sittemmin satunnaisesti, kunnes niihin kiinnitti enemmän huomiota Sarvas harsintametsiä koskevien tutkimustensa yhteydessä sekä Etelä- että Pohjois-Suomessa (1944 MTJ 33, 1950 MTJ 38). Tutkimuksissa selvitettiin mm. kantojen ulkoasun muuttumista ja keinoja hakkuuvuoden määrittämiseksi yleensä. Edelleen tarkasteltiin kanto- ja rinnankorkeuslöpimitan vastaavuutta sekä suoritettiin eräitä vertailuja tulosten luotettavuudesta kuutiomäärän osalta. Myöhemmin valmisti Nyyssönen erikoistutkimuksen ko. ongelmasta (1955 MTJ 45). Edellä mainittuja kysymyksiä tarkasteltiin nyt laajemmin ja perusteellisemmin. Lisäksi käsiteltiin mm. poistettujen puiden pituus-kysymystä ja ulotettiin tarkastelu myös metsäalueen arvioinnissa huomioon otettaviin näkökohtiin. Paitsi kuutiomäärää koskivat vertailut myös löpimittasuhteita. Kannoista saadut tulokset osoitettiin melkoiset vaatimukset täyttäväksi.

Kun edellä selostetun lisäksi otetaan huomioon ne kokemukset, joita laajamittaisesta kantoihin perustuvasta hakkuumäärän arvioinnista on saatu esim. Ruotsissa, on kyseinen tehtävä katsottava tietyin rajoituksin myönteisesti ratkaistuksi. Kantojen tarjoamat mahdollisuudet hakkuumäärän selvittämiseksi joutunevat vastaisuudessa entistä enemmän hyväksikäytetyiksi.

K o j e e t j a l a s k e n t a t e h t ä v ä t. Metsänarvioimisen alalla esiintyvissä mittauksissa tarvitaan erilaisia kojeita, joiden konstruointi on tutkijan ja keksijän työtä. Useita sekä jokapäiväisissä arviointitehtävissä että tutkimustöissä tarvittavia välineitä on kehitetty myös omassa maassa. Niinpä on valmistettu mm. eräitä dendrometrejä, joista ensiksi ansaitsee mainita Hackstedtin ja Cajanusen esittämät. Jälkimmäisen kojeella (1912 SMY) toimitettiin mm. v. 1912 runsaasti mittauksia (vrt. s. 5). Myöhemmin esittivät kyseisiä mittausvälineitä mm. Lönnroth (1926 AFF 30), jonka kehittämä laite täyttää monipuolisesti dendrometrille asetettavat teoreettiset vaatimukset, sekä Heikkilä (1932 AFF 38). Lönnroth on esittänyt myös yleisesti käytetyn, aritmeettiseen jaoitukseen ja vertaustangon käyttöön perustuvan hypsometrin.

Muista kojeista ansaitsee mainita Cajanusen putki latvuksen leveyden ja latvuston peittävyuden määrittämiseksi (vrt. Sarvas 1953 MTJ 41), sekä edelleen erilaiset, mm. metsäntutkimuslaitoksessa kehitetyt kaulaimet sekä käytännöllisissä että tieteellisissä töissä käytettäväksi (esim. Ilvessalo 1932 MTJ 17, 1947 MTJ 34). Muitakin apuneuvoja, kuten mm. ilmakuvien tulkintaa ja relaskooppi-mittauksia varten, on kehitetty.

Apuneuvoja tarvitaan myöskin kertyneen aineiston käsittelyssä. Työtä voi säästää esim. sellainen oikomenetelmä, jollaisen Cajanus aikoinaan esitti pohjapinta-alan ja keskilöpimitan laskemiseksi (1912 SMY). Jo aiemmin on mainittu

kuutioimista, kasvun laskentaa ym. tarkoituksia varten julkaistuista aputaulukoista, joita sitten on suppeahkoina ja yhteen koottuina esitetty käytännöllisissä opaskirjoissa (esim. Tapion taskukirja; Metsäkäsikirja 2). Mitä taas aineiston käsittelyssä esiintyvien varsinaisten laskentatehtävien suoritukseen tulee, niin ne olivat vielä vuosisadan alussa paperilla laskemista ilman koneellisia apuneuvoja. Vasta 1920-luvulla saatiin yleisesti käytettäväksi laskukoneita, ja 1930-luvulta alkaen siirryttiin laajojen aineistojen käsittelyssä reikäkorttien käyttöön, mistä sittemmin on toistuvasti kirjoitettu (esim. 1942 MTJ 30; 1950, 1954, 1956 MA; Metsäkäsikirja 2). Pisimmälle menevissä muodoissa on tilastokoneita toistaiseksi käytetty eräiden metsäteollisuusyhtiöiden metsien arvioinneissa.

Puuston kehitys, rakenne ja kasvu

Metsikön puuston kehitykseen vaikuttavat lukuisat tekijät: kasvupaikka, puulaji, puuston ikä, suoritettujen hakkuiden laatu jne. Monet ovat ne syyt, joiden takia puuston kasvua ja rakennetta eri olosuhteissa tahdotaan tutkia. Päämääränä on mm. saada käsitystä niistä tavoitepuustoista, joihin eri tapauksissa on edullista pyrkiä, hankkia perusteita metsämaiden bonitoimiselle ja metsänhoidollisille toimenpiteille sekä tarjota pohjaa erilaisten rahallisten laskelmien suorittamiselle.

Viime vuosisadan puolella Suomessa suoritettuihin ko. alan tutkimuksiin kuuluvat mm. Gyldénin (1853) esittämät lukusarjat, sekä edelleen Blomqvistin v. 1872 julkaisemat kasvutaulukot, joissa bonitointiperusteena käytettiin kasvupaikan maanlaatua ja sen soveltuvuutta eri puulajeille. Taulukoita ei kuitenkaan sovellettu mainittavassa määrin käytännössä sen enempää alkuperäisessä asussaan kuin myöskään Heikkilän (1914 SMY Erikoistutk. 2) uusimassa muodossa. Blomqvist (1897) suoritti myös paksuuskasvututkimuksia, samoin myöskin Lindholm myöhemmin (1912 Tapio).

Niin kuin tässä julkaisussa toisaalla on kerrottu, esitti Cajander v. 1909 (AFF 1) omaperäisen teorian metsätyypeistä. Samoihin aikoihin ja vähän myöhemmin hän itse sekä eräät toiset (mm. Thomé ja Minni 1909 SMY; Karlsson ja Silfverberg 1910 SMY) suorittivat suppeahkoja tutkimuksia, jotka olivat omiansa antamaan käsitystä metsätyyppien taksatorisesta merkityksestä. Pian alettiin pitää välttämättömänä kasvu- ja rakennetaulukoiden valmistamista metsätyyppiin nojautuen. Taulukoiden tarpeellisuutta perusteli erityisesti Cajander v. 1912, ja samanaikaisesti käsitteli Cajanus taulukoiden laadintamenetelmää (AFF 7). Tällöin sekä perusteellisemmin v. 1914 (AFF 3) julkaistussa, sveitsiläiseen aineistoon perustuvassa tutkimuksessa Cajanus korosti mm. runkolukusarjan merkitystä kasvutaulukoiden laadinnassa. Ko. sarja voidaan hänen mielestään riittävän tarkasti karakterisoida muutamilla helposti määritettävillä tunnusluvuil-

la, joiden perusteella kyetään paremmin kuin esim. aiemmin ulkomailla monesti käytetyn kuutiomäärän nojalla ratkaisemaan kasvutaulukoiden laadinnalle tärkeä kysymys metsiköiden kuulumisesta samaan kehityssarjaan.

Seuran saatua apurahan kasvutaulukoiden laadintaa varten uskottiin tehtävän suoritus v. 1916 Ilvessalolle, jonka tutkimus valtapuiden kasvusta mustikka- ja kanervatyyppeiden männiköissä valmistui samoihin aikoihin (AFF 6). Näin saivat alkunsa ns. luonnonnormaaleihin (täystiheisiin, hakkuilta säästyneisiin) metsikköihin kohdistuvat tutkimukset, jotka metsämaiden luokituksen osalta perustuvat Cajanderin metsätyyppeihin ja tärkeimmät niistä matemaattis-tilastollisen käsittelyn osalta Cajanuksen kyseisellä alalla Suomessa ensiksi sovellettiin vaihtelutilastollisiin menetelmiin.

Ilvessalon (1920 AFF 15) kasvutaulukot on laadittu pääpuulajien männyn, kuusen ja koivun muodostamille puhtaille metsiköille maan eteläpuoliskossa. Puuston rakennetta ja sen muutoksia esitetään eri tunnusten, mm. runkolukusarjojen avulla, minkä lisäksi valaistaan kasvun ja luonnonpoistuman kulkua iänkohdasta toiseen. Ennen taulukoiden laatimista valmistui näille pohjaa muodostava tutkimus metsätyyppeiden taksatorisesta merkityksestä, missä vastaus kysymykseen metsätyyppeiden soveltuvuudesta bonitointiin on empimättä myönteinen. Käyttökelpoisen muotonsa sekä sen johdosta, että hoidettujen metsien kehitystä koskevia tutkimuksia on valmistunut vasta 1950-luvulla, ko. tutkimuksella ja taulukoilla on ollut suuri käytännöllinen merkitys.

Huolellisesti valikoidun, vaikkakin määrällisesti rajoitetun aineiston perusteella on Lönnroth (1925 AFF 30) muodostanut kehityssarjat mustikka-, puolukka- ja kanervatyyppeiden männiköille. Tutkimukselle on ominaista menetelmien yksityiskohtainen harkinta. Tutkimuksessa, jossa edelleen korostetaan metsätyyppeiden merkitystä kasvupaikkojen luokitusperusteena, on biologisen puunluokituksen puitteissa ja erilaisia tunnuksia käyttäen syvällisesti analysoitu luonnonmännikön sisäistä rakennetta ja kehitystä.

Mänty-koivusekametsikköihin kohdistunut Lappi-Seppälän (1930 MTJ 15) tutkimus on ensimmäinen tiettyjä metodisia vaikeuksia tarjoavista sekametsiköitä koskevistä selvityksistä. Tämän verraten laajan tutkimuksen käytännölliseltä kannalta tärkeäksi tulokseksi on usein tulkittu se, että tietynsuuruinen koivunsekoitus männikössä suurentaa tuotosta.

Miettisen (1932 MTJ 18) harmaalepiköitä sekä Erkki K. Cajanderin (Kalela 1933 MTJ 19) viljelykuusikoita verraten hyvillä kasvupaikoilla koskevissa tutkimuksissa on käynyt ilmi näiden metsikkölajien suhteellisen ripeä kehitys. Suppeahkoilla tutkimuksilla on valaistu myös siperialaisen lehtikuusen (Lappi-Seppälä 1927 MTJ 12) sekä pihtakuusen ja murrayn männyn (Miettinen 1941 MA, 1952 MTJ 40) kehitystä Suomessa. Erillisillä kehitystutkimuksilla on selvitetty vielä talvikkityypin valtapuita (Kalela 1939 MTJ 27), puolukkatyyppin kuusikoita (Sarvas 1951 MTJ 39) sekä nuoria viljelymänniköitä (Blomgren 1952 MTJ 40).

Pohjois-Suomesta valmistuivat ensimmäiset metsätyyppeihin perustuvat kasvututkimukset jo v. 1920 Lakarin suorittamina. Selviteltyään tämän alueen metsätyyppejä (AFF 14) hän valmisti tutkimuksen kuusen ja männyn kasvusuhteista paksusammaltyyppillä (MTJ 2). Etelä-Suomen kasvu- ja rakennetaulukoiden laadintaa vastaavan työn suoritti ns. Perä-Pohjolan alueen luonnonnormaalien metsiköiden perusteella sittemmin Ilvessalo (1937 MTJ 24). Tutkimusmenetelmän kannalta on mainittava runsaampi graafisten tasoitusten käyttö kuin maan eteläpuoliskon vastaavassa työssä. Tutkimuksesta, jossa monipuolisesti valaistetaan männiköiden, koivikoiden ja vanhojen kuusikoiden kehitystä Perä-Pohjollassa, käy ilmi erityisesti männyn verraten suotuisa kehitys ko. alueella. Eräissä suhteissa täydentävät tutkimuksen antamaa kuvaa merkittävällä tavalla Sirénin (1955 AFF 62) suorittaman laajan tutkimuksen tulokset.

Vaikka harvennuskokeita metsien kasvatukseen liittyvien ongelmien selvittämiseksi oli tiettävästi jo aiemmin pantu toimeen eri tahoilla maata, alkoi järjestelmällinen työ vasta metsäntutkimuslaitoksen (silloisen metsätieteellisen koelaitoksen) toimesta v. 1924, jolloin lähinnä laitoksen kokeilualueisiin alettiin perustaa pysyviä koealasarjoja. Niissä on sittemmin määrääjain suoritettu mittauksia ja sovellettu tiettyjä hakkuutapoja. Työssä noudatettavia menetelmiä on sen johdossa toiminut Ilvessalo (1932 MTJ 17) kuvaillut. Harvennusasteiden määrittäminen on näihin asti pyritty perustamaan biologiseen puunluokitukseen (L. Ilvessalo 1929 AFF 34), jonka soveltuvuudesta tähän tarkoitukseen tehtiin päätelmiä ensimmäisten harvennusten perusteella (Miettinen 1930 MTJ 16). Viime vuosina on kokeiltu myös relaskoopin käyttöä (kuva 1). Näihin koealoihin perustuvia varsinaisia tuloksia on julkaistu toistaiseksi vain parissa suppeassa julkaisussa Nyysösen (1950 SF 68) ja Ilvessalon (1952 MTJ 40) esittäminä.

Runsaammin kuin kestokoealojen nojalla on tietoja hakkuilla käsitellyistä metsistä julkaistu kertamittaukseen perustuvia koealoja käyttäen. Tässä suhteessa ensiksi mainittavina tiedon lähteinä ovat jäljempänä lähemmin selostettavien valtakunnan metsien inventointien lisäksi Lihtosen (1943 AFF 51) ja Sarvaksen (1944 MTJ 33) tutkimukset, joiden päätarkoituksena ei kuitenkaan ollut kasvun ja rakenteen analysointi. Edellisen hakkuulaskelmaa koskevassa selvityksessä käsiteltiin mm. kehitettävän ja poistuvan puuston kasvun suhteita. Sarvas taas käsiteli tukkipuun harsintojen vaikutusta puuston kehitykseen. Tutkimuksen antama kuva täydentyi ja jossain määrin muuttui Nyysösen (1954 AFF 60) suorittamassa männikkötutkimuksessa, jossa mm. oli tilaisuus ottaa harsittujen metsiköiden vertauskohteeksi puuston määrän puolesta samankaltaiset, niin sanotut väljentäen harvennetut metsiköt. Tämä tutkimus merkitsee muuten Suomessa ensimmäistä yritystä toistuvilla harvennuksilla käsiteltävien metsiköiden kasvureaktioiden selvittämiseksi iän mukaisena jatkuvana sarjana.

Viimeksi mainitulle tutkimukselle rinnakkaisena työnä selvitti Vuokila (1956 MTJ 48) hoidettujen kuusikoiden kehitystä, käsitellen myös puutavaralajien tuotosta. Samaa aihetta on myös Kallio (1957 AFF 66) kosketellut. Kuusela (1956



Kuva 1. Koealametsiköiden harvennusasteen määrittämisessä käytetään apuna relaskooppia.
— Valok. S. Väänänen.

Fig. 1. Relascope is used for determination of the grade of thinning on sample plots. — Photo S. Väänänen.

SF 90) ja Koivisto (1958 MA) ovat tarkastelleet hakkuilla käsiteltyjä koivikoita. Vielä on Nyssönen valaissut puutavaralajien tuotosta harvennuksilla käsitellyissä männiköissä (1957 MA) sekä männiköissä ja kuusikoissa, joissa uudistus tapahtuu asteittain (1958 MTJ 49).

Kiintoisia ovat myös ne tutkimukset, joita on suoritettu puiden kasvun vaihteluiden selvittämiseksi. Laitakarin (1920 AFF 17) kiinnitettyä kysymykseen huomiota tarkasteli Boman (Puumanen 1927 AFF 32) yksittäisiä puita analysoimalla monivuotisten vaihtelujaksojen esiintymistä ja pituutta männyllä. Tulokset viittasivat siihen, että kasvu- ja rakennustutkimuksissa on tarpeen ottaa huomioon

monivuotiset vaihtelut. Kun myös eräissä muissa tutkimuksissa kotimaassa ja ulkomailla oli asiaa käsitelty, pidettiin tarpeellisena liittää ongelman tutkiminen vv. 1936—38 suoritetun II valtakunnan metsien inventoinnin yhteyteen. Tulokset, joita Ilvessalo (1942 MTJ 30, 1945 MA) ja ruotsalainen Eklund analysoivat, antoivat merkittävää täydennystä eri arvioinneissa ja eri puulajeille saatujen kasvu- ja rakennustulosten tulkintaan. Kertynyttä aineistoa käyttäen ja lisäaineistoa kokoamalla Mikola (1950 MTJ 38) suoritti perusteellisemmän tutkimuksen, jossa hän selvitti mm. vaihteluiden alueittaisuutta, niiden riippuvuutta säätekijöistä ja metsikön sisäisistä tekijöistä sekä tarkasteli vaihteluiden merkitystä kasvu- ja rakennustutkimuksissa. Lisävalaistusta on havupuiden kasvun vaihtelu saanut myöhemmin 1950-luvulla (Ilvessalo 1956 MTJ 47; Nyssönen 1954 AFF 60, 1958 MTJ 49), ja myös koivun kasvua on eräissä käsikirjoituksessa tarkasteltu.

Kasvun ilmastolliset vaihtelut ovat osoittautuneet niin merkittäviksi, että niiden vaikutus on yleensä aina pyrittävä ottamaan huomioon kasvu- ja rakennustuloksia käsiteltäessä. Sitä silmällä pitäen olisi vaihteluita jatkuvasti seurattava. Myöskin kaippaa vaihteluiden laatu hakkuilla käsiteltävissä metsissä lisää tutkimusta.

Niin kuin suoritettu katsaus on osoittanut, on puuston kehitystä, rakennetta ja kasvua käsittelevien tutkimusten joukko ehtinyt muodostua suurilukuiseksi. Monet näistä julkaisuista ovat merkittäviä töitä koko metsänarvioimistieteen kannalta. Kuvaavaa on esim. se, että edellä on jouduttu mainitsemaan yli 10 akateemista väitöskirjaa. Alalla suoritettujen töiden saattaisi luulla niin ollen täytävän suuretkin vaatimukset. Työkenttä on kuitenkin siksi keskeinen ja laaja, että tähänastinen työ ei riitä, vaan jatkuvaa tutkimustyötä kaivataan mitä kipeimmin.

Tähän mennessä suoritettujen töiden pääpaino on selvästi luonnontilaisten metsiköiden puolella. Useista hakkuilla käsiteltyjä metsiköitä koskevista tutkimuksista huolimatta on taas tällä taholla jo suoritetuilla töillä vain jonkinlainen alkukokeilujen luonne. Kuitenkin odottaa käytännöllinen metsätalous tuloksia juuri hakkuiden vaikutuksista. Usein on kuultu oikeutettu vaatimus hoidettujen metsien kasvu- ja rakennustulokoiden laatimisesta ja näin saatavista konkreettisista ohjeista esim. harvennushakkuiden suorittamiseksi. Nykyisin näiden ohjeiden antamiseen ei ole riittäviä perusteita, kun ei ole tarpeeksi tutkittu vaihtoehtoisten toimenpiteiden todennäköisiä seurauksia.

Kasvu- ja rakennustutkimusten eteenpäin viemistä olisi siis entisestään tehostettava. Luonteeltaan tämä tutkimustyö kuuluu lähinnä metsätutkimuslaitoksen piiriin, mutta esim. metodisten kysymysten selvittelyssä kaivataan varmaan ulkopuolisiakin voimia. Juuri tutkimusmenetelmät kaipaavat paljon harkintaa; niinpä kesto- ja kertakoealojen käytön tarkoituksenmukaisuudesta eri tapauksissa ei ole vielä selvää käsitystä. Oikea tutkimustekniikka pystyy varmaan samanaikaisesti tuomaan selville niihin erilaatuisiin kysymyksiin, joihin esim. luvun alussa viitattiin.

Valtakunnan metsien inventoinnit

Maan metsävarojen, metsien tilan, hakkuumahdollisuuksien ja näiden lisäämiseksi kaivattavien toimenpiteiden tunteminen on tärkeitä monesta syystä. Suomessa laadittiin tässä mielessä useita arvion tapaisia selvityksiä ja selostuksia jo 1800-luvulla ja kuluvan vuosisadan alkupuolella, niin kuin komiteanmietinnöistä ja muista kirjoituksista käy ilmi (vrt. Ilvessalo 1927 MTJ 11). Näiden sinänsä kiitettävien yritysten numerotiedot supistuivat kuitenkin verraten vähin — lähinnä sellaisiin seikkoihin kuin metsäpinta-alaan sekä puuston määrään ja kasvuun — ja arviot olivat epävarmoja.

Tietojen hankkimista varta vasten suoritettavan metsien arvioinnin avulla pohdittiin Suomen Metsänhoitoyhdistyksen kokouksissa muutamia kertoja jo vuodesta 1880 alkaen. Kysymyksen alustajana toimi aluksi Blomqvist ja myöhemmin, v. 1907, Cajander. Aikanaan toteutettujen inventointien metodin kannalta on merkittävä Cajanuksen johdolla v. 1912 suoritettu arviointi (vrt. s. 9), jota seurasi useita muita metsien tilan alueittaisia ja omistajaryhmittäisiä selvittelyjä (esim. Lukkala, Multamäki 1919 AFF 9; Heikinheimo 1920 MTJ 3; Renvall, Boman 1919, 1921 AFF 13, 19). Tärkeä askel valtakunnan metsien yleistä inventoimista kohti otettiin v. 1921, jolloin verotuksen uudistamista valmistavan komitean toimeksiannosta suoritettiin Lakarin johdolla tutkimuksia, mm. yhden arvioimislinjan kulku maan eteläpuoliskossa. Hänen laatimansa suunnitelman pohjalla tehtiin päätös työn laajentamisesta koko maan käsittäväksi. Yksityiskohtaisen ehdotuksen varsinaiseksi työsuunnitelmaksi laati nyt Ilvessalo, jonka johdolla arvioimistyö sitten suoritettiin metsäntutkimuslaitoksessa. Paitsi tämän I:n, vv. 1921—24 suoritettujen inventoinnin johdossa on Ilvessalo toiminut myös vv. 1936—38 suoritettujen II:n ja vv. 1951—53 toimeenpannun III:n inventoinnin johtajana ja tulosten esittäjänä.

Inventoinneissa käytetyt menetelmät ovat aikaa myöten jossain määrin muuttuneet. Varsinkin on metsänhoidollisen tilan ja tarvittavien toimenpiteiden arviointia, joka yleensäkin on ollut tärkeällä sijalla, jatkuvasti kehitetty. Kuitenkin on työssä noudatettujen menetelmän olennaiset piirteet pysytetty muuttumattomina. Niinpä arviointi on joka kerta suoritettu maastossa kuljettuja, lounaasta koilliseen suuntautuneita linjoja käyttäen. Ilmakuvausta on käytetty vain kokeilumielessä III inventoinnissa eräillä vaikeakulkuisilla ja vähämerkityksisillä alueilla. Linjaväli, joka I inventoinnissa oli 26 km koko maassa, supistui II inventoinnissa maan eteläpuoliskossa ja pohjoispuoliskon eteläosassa 13 km:ksi. Pohjois-Suomessa ja maan eteläpuoliskon eräillä alueilla linjaverkostoa tihennettiin edelleen III inventoinnissa. Linjaa kuljettaessa on jokaisella eteen sattuvalla kuviolla suoritettu pääosalta silmävarainen arviointi kasvupaikan, puuston ja sen tilan ym. seikkojen kuvaamiseksi. Määrävälein, yleensä 1 km:n etäisyyksin mitattujen koealojen tarkoituksena on toisaalta olla pohjana em. arviointien oikaisemiselle (vrt. ss. 7—8), toisaalta tarjota mahdollisuus eräiden lisä-



Kuva 2. Yksi niistä 15 arviointiryhmästä, jotka suorittivat III valtakunnan metsien inventoinnin maastotyöt. — Valok. A. Nyssönen.

Fig. 2. One of the 15 survey crews which carried out the ground work of the Third National Forest Inventory. — Photo A. Nyssönen.

tietojen laskentaan (esim. puuston ja sen kasvun jakaantuminen paksuusluokkiin, järeän puuston määrä ja laatu jne.). Tulosten käsittely on tapahtunut osaksi käsikoneiden, osaksi reikäkorttimenetelmän avulla. Tulosten luotettavuuden laskennasta on jo aiemmin (s. 9) mainittu.

Inventointitulokset on suurimmaksi osaksi julkaistu lukuisissa metsäntutkimuslaitoksen julkaisujen niteissä, päätulokset numeroissa 11, 30 ja 47 vuosina 1927, 1942 ja 1956. Paitsi koko maalle ja erikseen sen etelä- ja pohjoispuoliskolle on tuloksia kuvattu myös erilaisten aluejakojen puitteissa sekä mainituissa niteissä että muualla (esim. 1929 MTJ 13, 1930 MTJ 15, 1943 Tapion kust., 1949 MTJ 35). Inventoinneissa kertynyt runsas aineisto on tarjonnut työn johtajalle mahdollisuuden käsitellä tiettyjä erikoiskysymyksiä sekä tutkimusjulkaisujen sarjoissa (1933 MTJ 18, 1934 AFF 40, 1951 MTJ 39) että lukuisissa aikakaus- ja sanomalehtiartikkeleissa ynnä esitelmissä. Näihin esityksiin liittyy vielä eräiden toisten kirjoittamia, mm. metsänomistussuhteita koskevia tutkimuksia sekä 1950-luvulla Linnamiehen (1959 AFF 68) johdolla suoritettu valtion metsien inventointi, joka osaksi perustuu III inventoinnin aineistoon.

Inventointien antamaa kuvaa metsistä ja niiden kehityksestä ei ole mahdol-

lista selostaa tämän yhteydessä edes lyhyen yhteenvedon muodossa. On todettava, että kysymyksessä olevien, johdonmukaisesti toteutettujen inventointien tulokset kuuluvat Suomessa eniten käytettyjen metsätutkimuksen saavutusten joukkoon. Mutta tälläkin alalla esiintyy kehittämisen tarvetta. Niinpä jo III inventoinnin suunnitelmassa esitettiin ajatus suppeahkosta väli-inventoinnista vuoden 1960 tienoissa, siis tähän asti käytetyn 15 v:n väliajan keskivaiheilla. Pitemmällä tähtäimellä lienee kuitenkin pidettävä mielessä tilanteen jatkuvan seuraamisen tarvetta, ts. inventoinnin muuttamista jatkuvaksi. Näin helpottuisi myös työn käytännölliseen järjestelyyn liittyvien henkilöstö- ym. kysymysten hoitaminen. Silloin näyttäisi tarkoituksenmukaiselta yhdistää inventointiin saman johdon alaiseksi tilanteen seuraaminen myös hakkuiden ja puun käytön puolella, mitä näihin asti on tutkittu erikseen. Metsävarojen ja niiden kehityksen sekä puun käytön tutkimusmenetelmät eivät itse asiassa ole toisilleen vieraita; viitattakoon vain eräissä maissa jo sovellettuun hakkuupoistuman tutkimiseen myös kannoista metsien inventoinnin yhteydessä. Ilmeisesti tämä keskitys olisi omiaan helpottamaan mm. mahdollisimman käyttökelpoisten hakkuulaskelmien laatimista.

Metsätalouden järjestely

Otsikossa esiintyvän käsitteen sisältö saattaa kaivata hiukan tarkastelua. Vuosisadan alussa julkaistussa metsätalouden järjestelyn oppikirjassa (Ericsson 1903, 1906) käsiteltiin toisaalta metsänarvioimista, toisaalta »metsänjako-oppia». Viimeksi mainitussa osassa tarkastelluille kysymyksille omaksuttiin pian yleisesti luvun otsikkona oleva nimitys. Metsätalouden järjestelynä ryhdyttiin pitämään ensi sijassa kartan ja tiettyjen talouskirjojen laatimista, minkä katsottiin edellyttävän hakkuulaskelman laatimistavan hallinnan lisäksi lähinnä vain metsänarvioimisen, ehkä myös metsänhoidon alaan kuuluvien tietojen ja menetelmien käyttöä. Aikaa myöten ovat kuitenkin vaatimukset kasvaneet ja metsätalouden järjestelyn ala on laajentunut. Jotta sille ominaisen toimintatavan, metsätalouden suunnittelun tuloksena syntyvää, joko päässä tai paperilla olevaa suunnitelmaa voitaisiin sanoa onnistuneeksi, on perustietoja kerättävä muualtakin kuin metsistä. On paneuduttava puun hakkuun ja kuljetuksen, työvoiman käytön, liiketalouden jne. ongelmiin, niin kuin esim. Lihtosen v. 1959 ilmestyneessä oppikirjassa selvästi osoitetaan.

Selostettua taustaa vasten havaitaan, että metsätalouden järjestelyn sisällyttäminen osana metsänarvioimistieteeseen perustuu aiemmin omaksuttuun tapaan. Sitä on tämänkin katsauksen otsikoinnissa noudatettu. Loogillisempaa olisi kuitenkin käsittää metsätalouden järjestely omaksi tieteenalaksi, jonka kosketuskohdat metsänarvioimistieteeseen tosin ovat mitä kiinteimmät, mutta joka voi tehtävissään täysin epäonnistua, ellei se seuraa ja käytä hyväkseen monilla muilla aloilla tapahtuvaa kehitystä.

Metsätalouden järjestelyssä siis hyväksikäytetään niitä erilaisia tutkimustuloksia, joita tämän julkaisun toisissa luvuissa selostetaan. Mutta metsätalouden järjestelyyn kuuluu sellaisiakin tutkimusaloja, jotka eivät tule muualla tarkasteltaviksi. Keskeisin niistä on hakkuusuunnitteen määrittäminen, hakkuulaskelma.

Metsähallituksen tultua v. 1859 perustetuksi oli sen ensimmäisiä tehtäviä hakkuutoiminnan suunnittelu kestäväälle pohjalle. Perusteeksi hyväksyttiin pinta-alaan nojaava menetelmä, ns. vuosilohkojärjestelmä, joka kuitenkin todellisuudessa sai merkitystä vain valtion virkatalojen metsissä. Varsinkin pienen puun puuttuvan menekin johdosta alettiin suunnilleen 1880-luvulta alkaen soveltaa hirrenharsintamenetelmää, jossa laskelman perusteina olivat sahapuiden lukumäärä, koko ja paksuuskasvu. Tätä taustaa vasten on nähtävä eräiden kasvu- ja tuotto- tutkimusten suoritus (s. 13) sekä aiemmat hakkuulaskelmaa koskevat kirjoitukset (Moring 1907 SMY; Lindholm 1909 SMY). Valtion mailla v:sta 1907 alkaen käytäntöön tullut ns. metsikkö- ja metsä- talouden järjestelmä ei voinut estää sitä, että harsintaa jatkettiin aina vuoden 1920 vaiheille, monin paikoin vielä määrämittä- harsinnan muodossa. Yksityismetsissä määrämittä- harsinnan voimakas ote kesti vielä pitempään.

Noin vuoden 1920 tienoilta lähtien hakkuulaskelma on kehittyntä metsän- hoitotekniikkaa vastaten alkanut saada aiempaa selkeämmät linjat. Hakkuu- suunnitteen määrittäminen tässä metsätyyppitaloudessa, kuten Lönnroth (1927 AFF 32) sitä luonnehti metsätalouden järjestelyn periaatteita hahmottelevassa katsauksessaan, -on tapahtunut eri kiintokohtiin nojaavaa vertailevaa laskelma- tapaa käyttäen. Tältä pohjalta kehitti Lihtonen myöhemmin ns. tuottohakkuu- laskelman (1943 AFF 51, 1946 AFF 53, 1952 MTJ 40), suomalaisen tutkimuksen näkyvimmän tuloksen nyt tarkasteltavalla alalla. Se on yritys antaa hakkuu- laskelmalle kiinteä muoto kokoamalla tärkeimmiksi harkitut perusteet saman- aikaisen tarkastelun kohteeksi, jolloin on helpointa pyrkiä antamaan kullekin tekijälle oikea paino. Tällaisia tekijöitä ovat metsän pinta-ala, puulajisuhteet, ikärakenne, kuutiomäärä ja -kasvu ikäluokittain, kiertoaika ja metsien taksa- toris-metsänhoidollinen tila. Laskelman edellytyksenä on joko kuvioittainen tai johonkin edustavaan menetelmään perustuva, mainituissa suhteissa riittävästi eritelty arviointi.

Tuottohakkuulaskelma on saanut laajan käytön. Sen avulla on laskettu hakkuusuunnitteita sekä koko maalle että alueittain valtakunnan metsien inventoin- tien pohjalta (Lihtonen 1946 AFF 53; Ilvessalo 1956, 1957 MTJ 47), metsähal- linnon alaisille valtionmetsille (esim. Linnamies 1959 AFF 68), suurehkoille yksi- tyismetsille jne. Tällä tavalla on laskelman laatimisesta jo ehditty saada paljon kokemusta. Sen sijaan ei näin lyhyenä aikana ole vielä kertynyt tuntuvasti ko- kemuksia siitä, miten käyttökelpoisia tulokset ovat. Varminta on kuitenkin olla asettamatta kovin korkeita vaatimuksia tässä suhteessa niin kauan, kun monet perustekijät ovat epävarmalla pohjalla. Viitattakoon esim. kasvu- ja rakenne- tutkimusten vajavuuteen, jota toisessa yhteydessä on tarkasteltu, sekä vielä hor-

juviin käsityksiin kulloinkin edullisimmista kiertoajoista. Vm. kysymystä oli aiemmin verraten vähän käsitelty, kunnes Kallio (1957 AFF 66) suoritti laskelmia kuusikoiden perusteella ja Nyysönen (1958 MTJ 49) tarkasteli ns. rajakanattavuuteen perustuvaa kiertoaikaa. Tässä tutkimuksessa käsiteltiin eri tekijäin, kuten puulajin, kasvupaikan, eri puutavaralajien hintasuhteiden jne., vaikutusta kiertoaikaan. Kuitenkin on tällä alalla edelleen paljon tutkittavaa. Erityisesti kaivataan selvyyttä esim. erityyppisten metsiköiden suhteellisesta hakkuukypsyydestä.

Hakkuusuunnitteen määrittäminen, jota edellä on kosketeltu, muodostaa tavallisesti osan metsätalouden järjestelylle tunnusomaisesta tehtävästä, taloussuunnitelman laatimisesta. Tällä alalla on nimenomaan suurmetsätaloudessa tehty verraten paljon työtä jo sadan vuoden aikana. Yhtenäisimmin on työ organisoitu metsähallinnon alaisissa valtionmetsissä, joita varten on tapana laatia pääasiallisesti lähintä 10-vuotiskautta silmällä pitäen metsätaloussuunnitelma siihen liittyvine asiakirjoineen hoitoalueittain (vrt. esim. Lakari 1937 SF 39; Lih-tonen 1944 AFF 52, 1959 oppikirja). Toistuvasti on suunnitelmia laadittu myös metsäteollisuusyhtiöiden sekä kaupunkien, kuntien ja seurakuntien metsille ja edelleen yhteismetsille. Sen sijaan on suunnitelmien määrä suhteellisen vähäinen keskikooltaan pienissä, mutta maan metsätaloudelle tärkeissä yksityismetsissä, joista valtaosa vuosittain käyttöön tulevasta puusta hakataan.

Kun pitkäjännitteisen suunnittelun tarpeellisuus on ilmeinen myös pienmetsätaloudessa, olisi keinoja koetettava löytää eteenpäin pääsemiseksi (vrt. esim. Appelroth 1942 AFF 50). Huomiota olisi tällöin kohdistettava mm. suunnitelmien tarkoituksenmukaiseen muotoon. Merkittävä työ tässä suhteessa on Osaran (1948) julkaisema ohjekirja. Ilmeisesti on jatkettava myös ns. pikasuunnitelmien laatimista, missä kustannukset jäävät alhaisiksi. Kustannusten alentamiseksi ja perustietojen keräyksen rationalisoimiseksi olisi esim. relaskooppiarviointiin ja metsäveroluokitusten hyväksikäyttöön huomiota kiinnitettävä.

Yleensäkin on vielä tarpeellista tutkia kysymystä siitä, millä tavalla metsätaloussuunnitelma olisi laadittava, jotta se parhaiten vastaisi tarkoitustaan ja jotta siitä koitua hyöty olisi oikeassa suhteessa kustannuksiin. Myöskin ansainnee tutkia jatkomenoisen järjestelmän mahdollisuuksia, että eräästä nykyisten suunnitelmien epäkohdasta, niiden asiatietojen nopeasta vanhenemisesta aiheutuvia haittoja voitaisiin välttää. Nykyaikaiset aineistojen käsittelytavat tarjoavat mahdollisuuksia joustavan, alati uudistuvan menetelmän kehittämiseen.

* * *

Metsänarvioimistieteen alaan luettavaa tutkimustyötä koskeva tarkastelu voidaan päättää tähän. Edellä on kohdistettu huomiota jossain määrin myös tieteenalan nykytilaan ja vastaisiin tehtäviin. Päämääränä ei ole ollut yrittää näiden kaikinpuolista inventointia, koska se olisi pohjaksi edellyttänyt mm. monien ulkomaisten tutkimusten tarkastelua. Mutta jo nekin viittaukset avoimna

oleviin ongelmiin, joita edellä on esitetty, ovat tiedonaloittain suoritettujen katsausten yhteydessä osoittaneet, että toisilla aloilla tutkimustarve on suurempi kuin toisilla. Edellisistä on erityisesti mainittava puuston kehityksen, rakenteen ja kasvun selvittely, tietyin osin myös metsänarvioimismenetelmät. Eräillä toisilla aloilla taas pääpaino näyttäisi olevan tietojen käytännöllisessä soveltamisessa.

Kuluneen puolen vuosisadan kehitys on johtanut metsänarvioimistieteen erikoistumiseen muutamiksi itsenäisiksi tiedonaloiksi. Niiden hallitseminen ja niihin kaikkiin kohdistuvan tutkimuksen täysipainoinen suorittaminen ei enää ole yksille ja samoilta henkilöille mahdollista. Tämän yhteydessä on muistettava myös sellaiset metsänarvioimistieteeseen kiinteästi liittyvät alat kuin fotogrammetria ja matemaattis-tilastolliset menetelmät. Edellisen ollessa verraten uusi tulokas ovat jälkimmäiset vanhastaan olleet välttämättömänä perustana, jolle Suomessakin jo suhteellisen varhain on rakennettu. Mutta ala on tuntuvasti kehittänyt viime vuosikymmenien aikana, ja näin syntyneiden modernien menetelmien taitajaa ja kehittäjää ei suomalaisella metsätutkimuksella ole vielä vakinaisesti käytettävissä. Kaiken edellä sanotun valossa on perusteltua ja kohtuullista esittää se toivomus, että metsänarvioimistieteellinen tutkimus ei jäisi kaipaamaansa työvoimien lisää vaille.