

PINOTAVARALEIMIKON TAKSATORISET
TUNNUKSET JA NIIDEN VAIKUTUS
LEIMIKKOARVIOINNIN
TARKKUUTEEN

KULLERVO KUUSELA

SUMMARY:

*MENSURATIONAL CHARACTERISTICS OF CORDWOOD STOCK
MARKED FOR FELLING AND THEIR EFFECT ON THE
PRECISION OF THE STOCK ESTIMATION*

HELSINKI 1960

Alkusanat

Käsillä oleva julkaisu liittyy läheisesti siihen laajaan tutkimustoimintaan, jolla metsähallituksen arvioimisosastossa selvitetään hakkuupoistuman rakennetta sekä leimikoiden arvioimismenetelmiä. Olen työn kaikissa vaiheissa voinut neuvotella sen lukuisista yksityiskohdista metsäneuvos OLAVI LINNAMIEHEN ja tarkastaja ANTTI LAPPALAISEN kanssa. Metsänhoitajat KALERVO SETÄLÄ ja JUHANI JOKINEN ovat suorittaneet pääosan kenttätystä. Aluehallinnon toimesta on mitattu yksi leimikko. Arvioimisosaston henkilökunta on suorittanut myös suuren osan aineiston laskennasta. Esitän parhaat kiitokseni kaikille edellä mainituille.

Kiitän prof. AARNE NYSSÖSTÄ, joka on lukenut käsikirjoituksen ja antanut arvokkaita neuvoja sen sisältöön nähden.

Kiitän EMIL AALTOSEN SÄÄTIÖTÄ, joka on apurahalla tukenut työtäni, sekä Suomen Metsätieteellistä Seuraa tutkimuksen julkaisemisesta.

Helsingissä, marraskuussa 1960

Kullervo Kuusela

Sisältö

	sivu
Johdanto	5
Aineisto	7
Arvion tarkkuuteen vaikuttavat tekijät	9
Pinta-ala	10
Keskikuutio ja koealakuutioiden vaihtelu	12
Koealojen koko ja muoto	14
Runkolukusarja	15
Arviointien suunnitteluun liittyviä näkökohtia	18
Kirjallisuus — <i>References</i>	22
<i>Summary</i>	23

Johdanto

Metsähallitus maan suurimpana metsänomistajana hankkii ja myy pystyyn huomattavat määrät puuta. Niinpä vuosina 1955—57 hakattiin ja luovutettiin pinotavaraa 4.0—4.6 milj. p-m³ vuotta kohden. Kaadettavat puut leimataan tai avohakkuun kohteeksi tulevat metsiköt muuten merkitään kutakin hakkuukautta varten. Erillisiä leimikoita on viime aikoina ollut noin 1 050 kpl vuosittain ja niistä on noin 900 leimikkoa sisältänyt pinotavaraksi valmistettavaa puustoa.

Hakkuiden kokonaismäärän kontrolloiminen ja myyntien suunnittelu edellyttävät, että leimikoista saatavan puutavaran määrä tiedetään jo hakkuukauden alussa. Tätä varten pidetään tarpeellisena, että yksityisen leimikon kuutiomäärä tunnetaan noin 10 %:n tarkkuudella ja kunkin hoitoalueen kaikkien leimikoiden kuutiomäärä noin 5 %:n tarkkuudella. Ellei arvioissa ole systemaattista virhettä, ja jos edellä mainittu tilastollinen tarkkuus saavutetaan yhden hoitoalueen puitteissa, on tarkkuus piirikunnittain jo varsin hyvä.

Kun kysymyksessä on noin 4 milj. p-m³:n vuotuiset hakkuut ja myynnit, aiheuttaa leimikkoarvioinneissa mahdollinen systemaattinen virhe hankaluutta, epävarmuutta ja joskus taloudellisia tappioitakin myyntien suunnittelussa, hakkuiden toteuttamisessa ja valmiin puutavaran varastoisessa. Tähän asti ovat arviot olleet yleensä varovaisia ja hakatut määrät ennakoarvioita suuremmat. Vaikka hakkuukertymien paisumiseen voivat vaikuttaa muutkin tekijät kuin arviointivirheet, on inventointimenetelmissä ilmeisesti korjaamista. Tämän vuoksi vuonna 1959 aloitettiin metsähallituksen arvioimisosaston toimesta tutkimus pinotavaraleimikoiden arvioimismenetelmien selvittämiseksi ja työssä käytettävien ohjeiden valmistamiseksi.

Koska arvioinnin kustannukset eivät voi nousta miten suuriksi tahansa, on leimikoita mitattaessa käytetty yleensä jotain edustavaa menetelmää eli tilastollista otantaa. Silmävaraisten arviointien ohella on puustoa mitattu joko kaisloilta tai koealoilta. Yksityisissä poikkeustapauksissa on myös puuston runkolu selvitetty leimauksen yhteydessä. Sensijaan sahapuuleimikoissa on viimeksi mainittu menetelmä yleisin.

Tilastollisen otannan suunnittelu edellyttää tietoja arvioinnin kohteen suuruudesta ja sen tunnusten vaihtelusta. Tämän vuoksi oli ensimmäinen tehtävä

tutkimusta aloitettaessa selvittää leimikoiden taksatorisia tunnuksia alueittain. Tällöin kuitenkin ilmeni, että tunnuksista ei oltu koottu systemaattisesti tietoja. Tosin metsähallituksen arvioimisosastossa työn alla olevan hakkuupoistuman rakennetutkimuksen yhteydessä kootun aineiston perusteella tunnettiin leimikoiden lukumäärä, jakaantuminen pinta-alaluokkiin ja kertymän keskikuutio. Näiden lisäksi tarvitaan koealan käyttöön perustuvaa otantaa suunniteltaessa tietoja myös koealojen kuutiomäärien vaihtelusta ja luettavaksi tulevan runkolukusarjan rakenteesta. Viimeksi mainittujen saamiseksi mitattiin ns. ohjennäytteitä, joiden yhteydessä kokeiltiin erilaisia menetelmiä ja välineitä sekä tutkittiin tarpeellista työn määrää ja kustannuksia.

Kenttätöiden kuluessa mitattiin 18 leimikkoa eri osista maata. Useimmat leimikoista oli arvioitu hoitoalueen toimesta ennen koemittausten suorittamista, joten aineiston perusteella voitiin verrata kahden erillisen arvion tulosta toisiinsa sekä lopulliseen hakkuukertymään ja tutkia syitä mahdollisiin eroihin.

Tutkimus tuloksineen on palvellut lähinnä metsähallituksen omaa toimintaa. Se onkin jo vaikuttanut pinotavaraleimikkojen arvioimistapoihin. Tärkein seuraus on tulosten perusteella laadittu työohje (Pinotavaran arviointi. Metsähallitus. 1960), joka sisältää myös pinotavararunkojen kuutioimistaulukot sekä alustavat ohjeet sahapuuleimikon arvioimiseksi.

Työn tuloksia kohtaan tunnetaan varmaan mielenkiintoa myös metsähallituksen ulkopuolella. Yleisen käytön kannalta ovat tärkeimmät leimikoiden taksatoriset tunnuksukset, jotka muodostavat perustan arviointien suunnittelulla ja toteuttamiselle. Käsillä olevan julkaisun tarkoituksena onkin esitellä aineiston leimikoiden taksatorisia tunnuksia sekä arviointien suunnittelun periaatteita ja menetelmiä. Jälkimmäisiltä osiltaan julkaisu on pääasiassa kirjoittajan eräissä aikaisemmassa tutkimuksissaan (KUUSELA 1960 b) esittämien ajatusten soveltamista.

Aineisto

Aineistoon mitatut leimikot ja niiden tilastolliset tunnuksukset on esitetty taulukossa 1. Mitattujen 18 leimikon yhteinen pinta-ala on noin 3 000 ha. Niissä oli leimattua pinotavaraa noin 70 000 p-m³. Arvioinneissa mitattiin kaikkiaan hieman yli 1 800 koealaa. Niiden suuruus oli pääasiassa 3 aaria. Maan pohjoisosassa käytettiin muutamassa leimikossa 5 aarin koealaa. Kahdessa leimikossa mitattiin ympyräkoalan kohdalla myös saman suuruinen suorakaiteen muotoinen koeala.

Länsi-Suomen piirikunnassa mitattujen leimikoiden tehollinen pinta-ala on 59 ha, Itä-Suomessa 61 ha, Pohjanmaalla 164 ha ja Perä-Pohjolassa 328 ha. Vastaavasti ovat keskikuutiot 39, 35, 35 ja 17 p-m³/ha. Kaikkien mitattujen leimikoiden keskikoko on 166 ha ja keskikuutio 24 p-m³/ha.

Vuosina 1955—57 hakattujen noin 900 leimikon keskikoko on 164 ha ja kertymän keskikuutio 27 p-m³/ha. Länsi-Suomessa on keskikoko 47 ha ja keskikuutio 60 p-m³/ha sekä Itä-Suomessa vastaavasti 101 ha ja 44 p-m³/ha. Kun otetaan huomioon, että hakkuukertymät yleensä ovat jonkun verran arvioita suuremmat, voidaan todeta, että koemittausten kohteena olleet suhteellisen harvalukuiset leimikot edustavat varsin hyvin kokonaisuutta.

Taulukossa 1 käytetyt tilastolliset tunnuksukset ovat: n = ympyräkoalojen lukumäärä, \bar{x} = koealojen kuutioiden aritmeettinen keskiarvo, c.v. = koealojen kuutioiden variaatiokerroin ja $s_{\bar{x}}$ = keskikuution keskivirhe. Viimeksi mainittu on laskettu kaavalla

$$s_{\bar{x}}^2 = \frac{N - n}{N \times n} s^2$$

Kaavassa on N leimikon tehollinen pinta-ala jaettuna koealan pinta-alalla ja s koealakuutioiden hajonta.

Koealamittausten lisäksi selvitettiin kaikkien leimikoiden kokonaispinta-ala ja tehollinen pinta-ala linja-arvioinnilla. Neljässä tapauksessa suoritettiin linjaston mittauksen lisäksi myös leimikon kartoitus ja pinta-alat mitattiin karttaluonnokselta planimetrilla.

Taulukko 1. Aineisto ja sen tunnuksset.
Table 1. Material and its characteristics.

Länsi-Suomi — West Finland

Leimikko Marked stock	Ala Area ha	Koealan koko Area of plot ha	n	\bar{x}	c.v.	$s_{\bar{x}}$	$100 \frac{s_{\bar{x}}}{\bar{x}}$	0-koe- alojen luku- määrä Number of 0-plots	¹⁾ p-m ³ /ha
1	103	0.03	127	0.85	0.95	0.071	8.4	—	28
2	80	»	80	0.57	0.96	0.060	10.5	1	19
3	79	»	88	1.63	0.65	0.110	6.7	—	54
4	22	»	70	1.95	0.52	0.114	5.8	—	65
5	50	»	49	1.32	1.06	0.197	14.9	1	44
6	19	»	18	2.30	0.55	0.296	12.9	—	77
Keskimäärin Average	59								39
Itä-Suomi — East Finland									
7	96	0.03	118	0.74	0.90	0.060	8.1	7	25
8	54	»	78	1.15	0.74	0.094	8.2	—	38
9	34	»	84	1.76	0.82	0.151	8.6	8	59
Keskimäärin Average	61								35
Pohjanmaa — Ostrobothnia									
10	254	0.03	130	0.93	0.68	0.055	5.9	3	31
11	96	»	49	1.35	0.66	0.126	9.3	2	45
12	141	0.05	128	1.69	0.67	0.098	5.8	—	34
Keskimäärin Average	164								35
Perä-Pohjola — North Finland									
13	74	0.03	91	0.34	1.34	0.047	13.8	34	11
14	163	»	111	0.74	0.78	0.054	7.3	4	25
15	704	»	176	0.54	0.80	0.032	5.9	13	18
16	136	0.05	95	0.68	0.99	0.067	9.9	10	14
17	392	»	143	0.28	1.05	0.025	8.9	12	6
18	496	»	172	1.17	0.76	0.068	5.8	3	23
Keskimäärin Average	328								17
Yhteensä — Total									
Keskimäärin Average	166								24

¹ p-m³ = piled cubic meter

Arvion tarkkuuteen vaikuttavat tekijät

Leimikkoarvioinnin tarkoituksena on selvittää leimatun puuston kuutiomäärä sellaisina puutavaralajeina, joiksi se on tarkoitettu valmistaa. Pinotavaran ollessa kysymyksessä on mittayksikkönä pinokuutiometri. Otannan perusteella saadaan keskikuution arvio pinta-alayksikköä kohden, ja kun se kerrotaan leimikon tehollisella pinta-alalla, saadaan kokonaiskuution arvio. Ellei pinta-alaa voida mitata kartalta, on myös se selvitettävä otannalla. Tällöin sekä pinta-alan että keskikuution tilastolliset virheet kasaantuvat kokonaiskuution tilastolliseksi virheeksi.

Useimmin käytetty menetelmä pinta-alaa arvioitaessa on ollut linja-arviointi. Menetelmällä saatava tarkkuus on riippuvainen leimattua puustoa sisältävän alan muodosta ja sen kuvioiden ryhmittymisestä leimikon rajojen sisällä sekä sitä leikkaavien linjojen suunnasta ja lukumäärästä.

Keskikuutiön tarkkuus on taas riippuvainen otannan menetelmästä ja intensiteetistä (eli arvioimisprosentista), leimatun puuston tiheyden ja ryhmittymisen vaihtelusta, koealojen koosta, muodosta ja lukumäärästä sekä koepuiden kuutiomäärän vaihtelusta ja koepuiden lukumäärästä. Kaikkien tilastolliseen virheeseen vaikuttavien tekijöiden yhteinen vaikutus olisi pyrittävä saamaan sellaiseksi, että haluttu tarkkuus saavutetaan mahdollisimman pienillä kustannuksilla.

Tilastollisen virheen lisäksi arvion tarkkuus on riippuvainen mahdollisista systemaattisista virheistä. Niitä voivat aiheuttaa subjektiivinen koealan paikan ja koepuiden valinta sekä virheet tai huolimattomuus koealan rajoittamisessa, puiden luvussa ja mittauksissa. Nämä tekijät ovat suhteellisen helposti eliminotavissa, mikäli käytetään hyviä ja luotettavia menetelmiä sekä tarkoituksenmukaisia välineitä.

Edellisiä vaikeammin poistettava systemaattista virhettä aiheuttava tekijä on virheellinen kuutiointitapa, jolla määritetään pystypuista saatavat puutavaralajit. Tähän tarjolla olevat menetelmät ovat maassamme toistaiseksi varsin puutteelliset, mikä johtuu ainakin osittain siitä, että aihe on metsänarvioimistieteen ja metsäteknologian raja-alueella ja sen vuoksi liian vähän tutkittua.

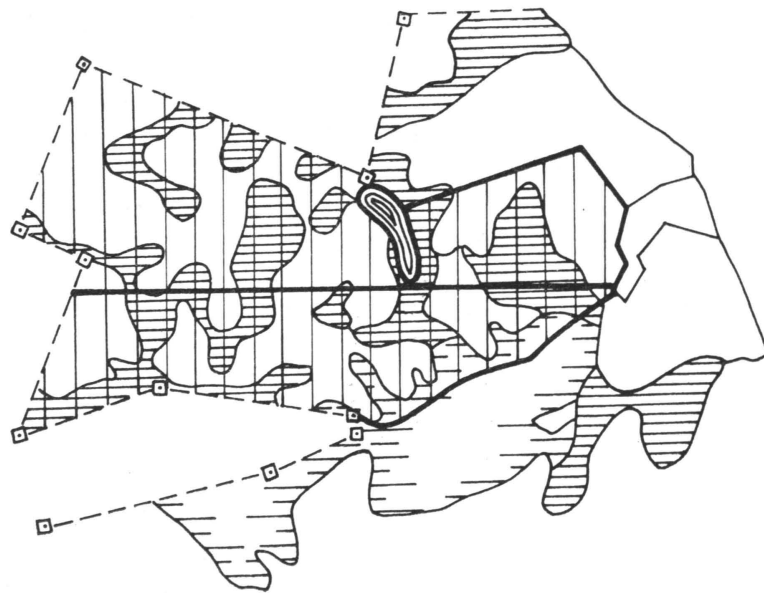
Käsillä olevaa työtä varten suoritettujen aineiston keräämisen yhteydessä ei ollut mahdollisuutta tutkia pystypuista saatavaa kuutiomäärää puulajeittain ja

erilaisia katkaisun minimimittoja käytettäessä. Olemassa olevien tutkimusten perusteella valmistettiin kuitenkin metsähallituksen tarvetta varten pinotavara-
taulukot, jotka sisältyvät aiemmin sivulla 6 mainittuun työohjeeseen.

Pinotavaraleimikon arvioinnin tarkkuuteen vaikuttavista tekijöistä tarkastellaan seuraavassa lähemmin pinta-alaa, keskikuutiota ja koealakuutioiden vaihtelua, koealojen kokoa, muotoa ja lukumäärää sekä runkolukusarjan rakennetta. Käsittely rajoittuu yksinomaan tilastolliseen virheeseen.

Pinta-ala

Leimikon pinta-alan arvioiminen on oma osatehtävänsä, joka poikkeaa luonteeltaan suuresti vastaavasta tehtävästä esim. metsälön puustoa inventoitaessa. Metsälö on tavallisesti rajoiltaan täsmällinen käsite. Sen rajat ovat merkityt sekä maastoon että kartalle ja sen pinta-ala on tunnettu. Puuston mittauksen yhteydessä selvitetään metsä- ja metsikkötyyppien osuudet kokonaisalasta. Leimikko on sensijaan vain poikkeustapauksessa rajoiltaan täsmällinen. Leimatun ja leimaamattoman puuston välinen raja kulkee harvoin pitkin talouskuvioiden rajoja. Tavallisesti se halkoo talouskuvioita eikä se ole aina edes merkitty selvästi maastoon, puhumattakaan että se olisi luotettavasti kartalla.



Piirros 1. Leimikon kartta, jossa näkään selkälinja ja koealojen sijoittamiseksi sekä pinta-alan arvioimiseksi tarpeellinen linjasto.

Fig. 1. Map of stock marked for felling showing the base line and the net work of lines needed in locating sample plots and estimating area.

Leimikon rajojen sisällä on tavallisesti myös kuvioita tai kuvioiden osia, joilla ei ole leimattua puustoa lainkaan. Kokonaisala jakaantuu kahteen osaan, teholliseen pinta-alaan, jolla on leimattua puustoa, ja tyhjääalaan, jolta puustoa ei ole leimattu.

Edellä sanottua valaisee piirros 1, joka esittää yhtä aineiston leimikkoa. Sen raja yhtyy länsipäässä palstan rajoihin, jossa tilanne on sama kuin metsälön kokonaispuuston inventoinnissa. Itäpäässä taas leimikkoon kuuluu osia useista pienistä suokuvioista, kappale suurta kangaskuviota ja osia nevan puustoisista laidoista. Piirroksen on merkitty myös arvioimislinjasto ja sen maastoon sijoittamiseksi tarpeellinen selkälinja.

Leimikkoarvioinnin yhteydessä on pinta-alan määrittämiseen kiinnitettävä yleensä enemmän huomiota kuin vastaavaan tehtävään metsälön puustoa inventoitaessa. Metsälön puuston inventoinnissa lisääntyy pinta-alojen arvioinnin merkitys silloin, kun metsälöön kuuluu suuria aukeita ja vähäpuustoisia alueita. Tähänastisen käytännön mukaisissa leimikkoarvioinneissa ovat pinta-alan osalla muodostuneet virheet olleet todennäköisesti yhtä merkityksellisiä kuin puuston mittaamisen yhteydessä tehdyt virheet.

Tehollisen pinta-alan luotettava selvittäminen edellyttää, että myös kokonaisala ja tyhjääala arvioidaan. Sopiva menetelmä on linja-arviointi, varsinkin kun linjastoa tarvitaan myös koealoja maastoon sijoitettaessa. Pinta-alat laskeetaan sen mukaan, kuinka paljon yhdensuuntaista tasavälistä linjastoa mitataan leimikon alueella, ja kuinka suuri osa linjoista leikkaa tehollista ja tyhjääpinta-alaa.

Aineistoa koottaessa noudatettiin seuraavaa yleisohjetta (lähemmin KUUSELA 1960 b): Jos leimikko on muodoltaan selvästi pitkänomainen, ajetaan linjat kohtisuorassa sen pitkittäissuuntaan nähden. Muodoltaan likimain neliötä muistuttavassa leimikossa linjasuunta on kohtisuorassa sitä sivua vastaan, jonka suunnassa tehollisen pinta-alan kuviot jakaantuvat tasaisimmin alueelle.

Teoreettisesti on pääteltävissä, että jos linjasuunta on esitetyn ohjeen mukainen, ja kun tilastollista tarkkuutta kuvataan likimain kaksinkertaisella keskivirheellä, vallitsee tehollista pinta-alaa leikkaavien linjojen lukumäärän ja pinta-alan arvion tarkkuuden välillä seuraava suhde:

linjaluku	5	10	15	20	25	30	40	50	60
tarkkuus-%	7.4	3.5	2.3	1.7	1.4	1.1	0.8	0.7	0.6

Koemittauksissa saadut kokemukset samoin kuin hakkuupoistuman rakennetutkimuksen aineistot näyttävät osoittavan, että pinta-alan arvioinnissa todetut virheet vaihtelevat kutakuinkin edellä olevan lukusarjan mukaisesti.

Pinta-alan määrittäminen olisi luotettavinta, jos koealojen mittauksen yhteydessä suoritettaisiin kartoitus ja alat mitattaisiin kartalta planimetrillä tai poletilla.

Neljää leimikkoa mitattaessa suoritettiin linja-arvioinnin lisäksi myös niiden kartoittaminen. Tulokset on esitetty seuraavassa asetelmassa:

Leimikko	Linjaluku	Linja-arvioinnin pinta-ala ha	Kartoitettu pinta-ala ha	Virhe-%, jos kartoitettu ala on oikea
5	13	49.3	49.9	— 1.2
6	7	18.9	19.5	— 3.1
16	18	136.3	138.1	— 1.3
17	26	392.5	404.1	— 2.9

Kun edellä olevia todellisia poikkeamia verrataan aiemmin esitettyyn linjaluvun ja tilastollisen virheen väliseen suhteeseen, on otettava huomioon, että yksityistapauksissa voidaan pienelläkin linjaluvulla saada varsin tarkka tulos. Myöskään käytännön kartoituksen tulokset eivät ole aivan virheettömiä. Esitettyjen neljän leimikon mittaustulokset näyttäisivät viittaavan siihen, että linja-arvioinnin ja kartoituksen tulosten välillä olisi pieni systemaattinen ero, mutta aineiston pienuuden vuoksi sitä ei voida varmuudella todeta.

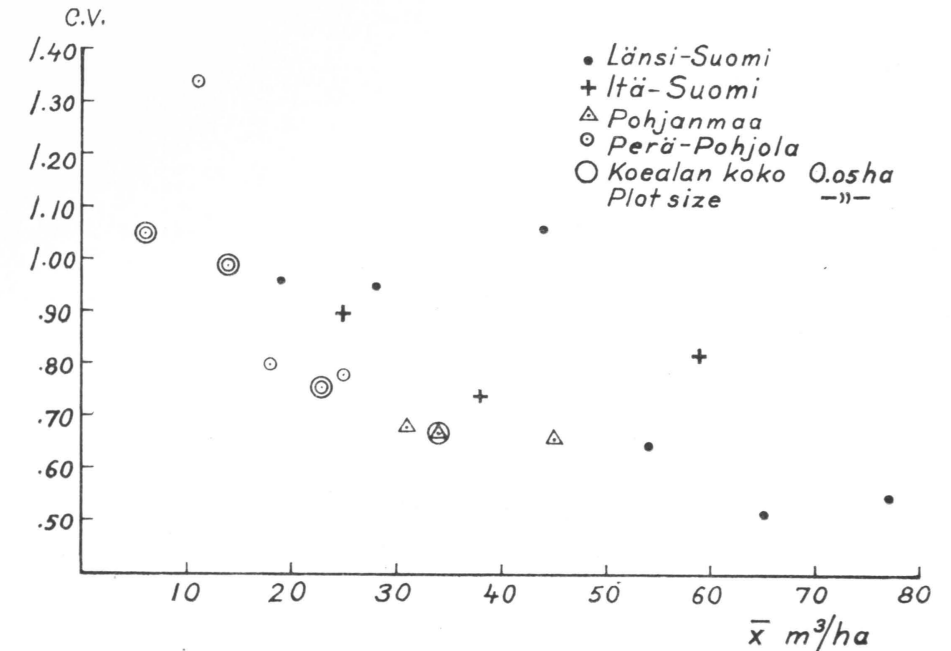
Vaikka kartoittaminen onkin luotettavin menetelmä, vaatii se niin paljon työtä ja kustannuksia, että sitä voidaan suositella vain poikkeustapauksissa. Sensijaan ilmakuvaä käytettäessä se on todennäköisesti linja-arviointia halvempi.

Keskikuutio ja koealakuutioiden vaihtelu

Aineiston leimikoissa vaihteli pinotavaran keskikuutio kolmessa eteläisessä piirikunnassa 19—77 p-m³/ha (Taulukko 1) ja Perä-Pohjolassa 6—25 p-m³/ha. Kaikkien leimikoiden keskikuutio oli 24 p-m³/ha. Tiheimmät leimikot olivat Länsi-Suomessa.

Koealan suuruus oli pääasiassa 3 aaria. Neljässä leimikossa maan pohjoisosassa se oli 5 aaria. Koealakuutioiden vaihtelua kuvaa variaatiokerroin (Taulukko 1), joka on esitetty piirroksessa 2 keskikuution funktiona. Koska tavanomaista suuruutta olevien koealojen kuutioiden vaihtelu on sitä pienempi, mitä suurempaa koealaa käytetään, pitäisi 5 aarin koealojen kuutioiden vaihdella vähemmän kuin 3 aarin koealojen kuutioiden. Merkitsevää eroa ei voida havaita. On kuitenkin otettava huomioon, että 5 aarin koealoja käytettiin leimikoissa, joiden keskikuutio oli suhteellisen pieni ja rakenne keskimääräistä vaihtelevampi.

Tärkein havainto piirroksen 2 yhteydessä on se, että mitä suurempi on leimikon keskikuutio, sitä tasaisempi on sen rakenne ja sitä pienempi on koealakuutioiden variaatiokerroin. Sama riippuvuusuhde on todettu myös kokonaispuuston arvioinnissa (esim. LANGSAETER, 1932 ja ÖSTLIND 1932). Tämä merkitsee sitä, että mitä runsaampi leimattu puusto on, sitä tarkempi arvio saadaan



Piirros 2. Koealakuutioiden vaihtelu piirikunnittain leimikon keskikuution funktiona (Koealojen koko 0.03 ja 0.05 ha).

Fig. 2. Variation of the plot volumes by State Forest Regions as a function of the mean marked stock volume (Plot size 0.03 and 0.05 ha.).

samalla koealojen lukumäärällä. Harvapuustoiset leimikot tulevat niiden arvioimisen kannalta kalliimmiksi kuin tiheäpuustoiset.

Mittausten suunnittelua varten voidaan todeta, että 3 aarin koealoja käytettäessä variaatiokerroin on keskimäärin noin 0.80. Etelä-Suomen tasaisissa ja runsaspuustoisissa leimikoissa se voi olla 0.50—0.60. Pohjois-Suomessa taas variaatiokerroin saattaa olla 1.00 ja suurempikin. Kun koealakuutioiden vaihtelua leimikoissa verrataan tietoihin koealakuutioiden vaihtelusta kokonaispuuston inventoinneissa (esim. KUUSELA 1960 b), todetaan, että se on leimikoissa suurempi. Tämä on luonnollista sen vuoksi, että leimattu puusto käsittää vain osan kokonaispuustosta. Samasta syystä toteaa NYYSSÖNEN (1955), että hakuumäärää arvioitaessa kantojen perusteella on käytettävä suurempaa arvioimisprosenttia kuin pystypuustoa arvioitaessa, mikäli molemmissa halutaan sama tilastollinen tarkkuus.

Suhteellisen keskivirheen perusteella on pääteltävissä, että jos suurimpana sallittuna keskikuution kaksinkertaisena keskivirheenä on 10 %, on 3 aarin koealoja mitattava leimikon tasaisuudesta riippuen 100—150 kpl, Perä-Pohjolan epätasaisissa leimikoissa enemmänkin (Piirros 7, s. 19).

Koealojen koko ja muoto

Vaikka koealoja käytettiin kahta kokoa, ei niiden kuutiomäärien vaihtelua osoittavien variaatiokertoimien perusteella voida tehdä päätelmiä eri olosuhteisiin sopivasta koealojen koosta. Sen sijaan 0-koealojen esiintyminen antaa hieman valaistusta asiaan. Jos sellaisia koealoja, joille ei satu yhtään leimattua puuta, esiintyy runsaasti, merkitsee se sitä, että koeala on liian pieni käytettäväksi itsenäisenä otannan yksikkönä asianomaisissa olosuhteissa. Vaikka niiden esiintyminen osittain johtuisikin tehollisen alan sisään jääneistä tyhjäalan kuvioista, on toisaalta otettava huomioon, että epätasaisissa leimikoissa ei voida kaikkia pieniä aukkoja erottaa tehollisesta pinta-alasta. Tällaisissa tapauksissa ovat leimatun puuston harvuus ja aukkoisuus sellaisia leimikon ominaisuuksia, jotka puoltavat suhteellisen suuren koealan käyttämistä.

Länsi-Suomen piirikunnassa koealan ei ilmeisestikään tarvitse olla 3 aaria suurempi. Keskimääräisissä ja niitä tasaisemmissa leimikoissa näyttäisi optimikoko olevan 2–3 aarin tienoilla (vert. KANGAS 1960). Itä-Suomessa ja Pohjanmaalla näyttää 3 aarin koeala sopivalta ja Perä-Pohjolassa 5 aarin koeala. Viimeksi mainittua suuremman koealan käyttäminen lisää todennäköisesti siksi paljon rajoittamiseen tarvittavaa työtä, että 5 aaria suurempaa koealaa tuskin voitaneen suositella. On myös otettava huomioon, että mitä suurempi on leimatun puuston vaihtelu kuvioittain, sitä enemmän tarvitaan koealoja tietyn tarkkuuden saavuttamiseksi, ja että tämä näkökohta puoltaa suurta lukumäärää pieniä koealoja.

Kahdessa Länsi-Suomen piirikunnassa kokeiltiin ympyräkiealaa lisäksi sen kanssa yhtä suurta suorakaiteen muotoista koealaa (10×30 m). Molemmat sijoitettiin linjalla samaan kohtaan siten, että ympyräkiealan keskipiste sattui suorakaidekiealan lävistäjien keskipisteeseen ja viimeksi mainitun pituussuunta yhtyi linjan suuntaan.

Eräänä suorakaiteen muotoisen koealan etuna voidaan ajatella sitä, että se sattuu harvemmin leimatun puuston aukkoihin tai ryhmiin kuin saman kokoiset ympyräkiealat. Tällöin olisi edellisten kuutiomäärien vaihtelu pienempi kuin jälkimmäisten.

Kahteen kertaan arvioidut keskikuutiot ja variaatiokerroimet on esitetty seuraavassa asetelmassa:

Leimikko	Keskikuutio		Variaatiokerroin	
	Ympyrä	Suorakaide	Ympyrä	Suorakaide
5	1.32	1.15	1.06	0.87
6	2.30	2.29	0.55	0.65

Koska asianomaisissa leimikoissa on suhteellisen vähän koealoja (taulukko 1), ei lukujen perusteella voida tehdä päätelmiä esitettyyn mahdollisuuteen nähden.

Näyttää kuitenkin siltä, että vaikka variaatiokertoimien välillä olisikin sanottu ero, ei sillä todennäköisesti ole käytännössä huomioon otettavaa merkitystä.

Ympyrä- ja suorakaidekiealan paremmuus toisiinsa verrattuna perustuu lähinnä käsityksille niiden kenttäkelpoisuudesta. Tärkein peruste on koealan rajoittamisen ja puiden luvun nopeus sekä luotettavuus. Vertailevien aikatuksimusten puuttuessa on kummallakin kannattajansa riippuen siitä, mitä on totuttu käyttämään. Ympyräkiealan rajoittaminen näyttäisi selvemmältä ja yksikäsitteisemmältä sekä vastaavasti luotettavammalta kuin suorakaidekiealan rajoittaminen.

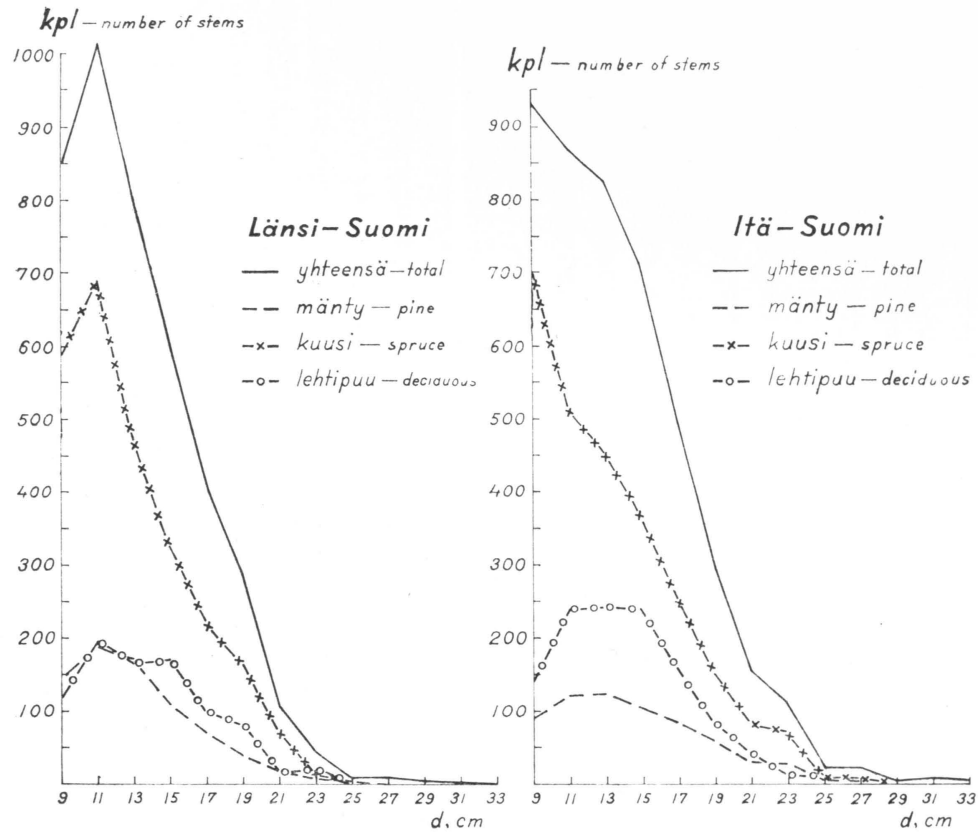
Edellä esitettyssä asetelmassa on syytä kiinnittää huomiota siihen, että leimikossa 5, jossa koealapareja on 49, eroaa suorakaidekiealoilla saatu keskikuutio ympyräkiealoilla saadusta 13 %. Keskikuutioiden eron ei voitu todeta johduneen systemaattisesta virheestä. Havaintoparien keskieroavuus on +0.18 ja sen keskivirhe ±0.13. Kuten taulukon 1 perusteella voidaan todeta, asianomainen leimikko on ollut rakenteeltaan poikkeuksellisen heterogeeninen.

Koska samassa kohdassa mitattujen saman suuruisten mutta muodoltaan erilaisten koealojen perusteella saavut keskikuutiot voivat poiketa näinkin paljon toisistaan, korostuu sen näkökohdan merkitys, että subjektiivinen valinta ei saa vaikuttaa vähääkään koealan paikkaa määritettäessä. Pienetkin puuston perusteella tehdyt koealan siirrot voivat aiheuttaa tuntevan systemaattisen virheen.

Runkolukusarja

Ohjenäytteiden mittaustulokset yhdistettiin piirikunnittain ja puolajettain keskimääräisten runkolukusarjojen selvittämiseksi. Piirroksissa 3–6 on esitetty leimatun puuston jakaantuminen 2 cm:n läpimittaluokkiin. Niistä voidaan todeta, että runkoluvun suhteen kuusi on tärkein pinotavarapuu kahdessa eteläisessä piirikunnassa. Männyn merkitys suurenee Pohjanmaalla ja Perä-Pohjolassa se on tärkein. Lehtipuun, pääasiassa koivun osuus on huomattavan suuri kaikissa piirikunnissa. Maan eteläpuoliskossa mitatuissa leimikoissa sitä on ollut enemmän kuin mäntyä.

Keskimääräisten runkolukusarjojen tunteminen on merkityksellistä siksi, että niiden perusteella voidaan koepuiden otanta suunnitella haluttua tarkkuutta ja taloudellisuutta silmällä pitäen. Niinpä metsähallituksen käyttöön tulevia pinotavaraleimikon arviointiohjeita valmistettaessa asetettiin tavoitteeksi, että kun 3 aarin suuruisia koealoja mitataan 100 kpl, pitäisi koepuita olla noin 200 kpl ja kussakin läpimittaluokassa vähintään noin 20 kpl. Koealojen yhteinen pinta-ala on 3 ha ja niillä keskimäärin luettavaksi tulevan puuston runkolukusarja Pohjanmaan ja Perä-Pohjolan piirikunnassa on selvitetty seuraavassa asetelmassa.

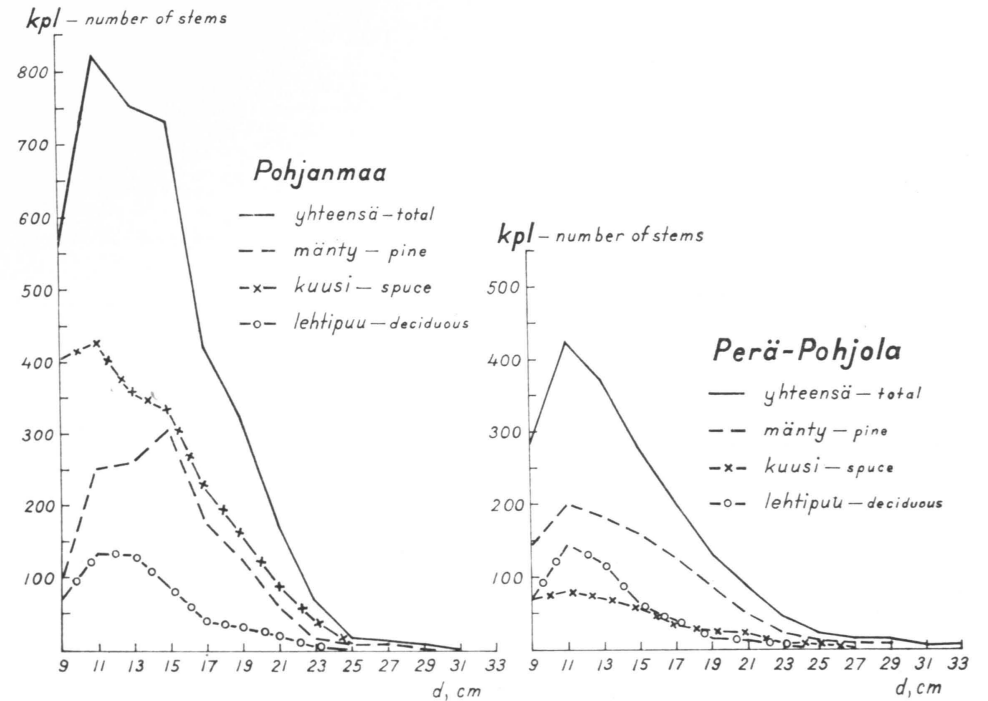


Piirros 3. — Fig. 3.

Piirros 4. — Fig. 4.

d, cm	Pohjanmaa			Perä-Pohjola		
	puita	10 ha:lla	3 ha:lla	10 ha:lla	3 ha:lla	
9		560		280		
11		820		430		
13		750		370		
15		730	2 860	860	280	
17		420		200	1 560	470
19		320	740	220	130	
21		170		90		
22+		115	285	85	125	345
		Yhteensä		1 165		574

Kun Pohjanmaan piirikunnassa otetaan läpimittaluokista 9—15 cm kusta-kin joka kymmenes puu, läpimittaluokista 17 ja 19 cm joka viides ja näitä suu-



Piirros 5. — Fig. 5.

Piirros 6. — Fig. 6.

Piirroksat 3—6. Leimatun puuston jakaantuminen läpimittaluokkiin 10 ha:n alalla Länsi-Suomen (3), Itä-Suomen (4), Pohjanmaan (5) ja Perä-Pohjolan piirikunnassa.

Fig. 3—6. Distribution of the marked stock by diameter classes on 10 hectares in the Regions of West Finland (3), East Finland (4), Ostrobothnia (5) and North Finland (6).

rempien puiden läpimittaluokista jokainen luettu puu koepuiksi, saadaan koepuita kaikkiaan $86+44+85 = 215$. Kun Perä-Pohjolan piirikunnassa otannan suhde läpimittaluokissa 9—17 on joka viides ja kun suurempien puiden läpimittaluokista mitataan jokainen luettu puu koepuuna, on koepuiden kokonaismäärä $94 + 104 = 198$ kpl.

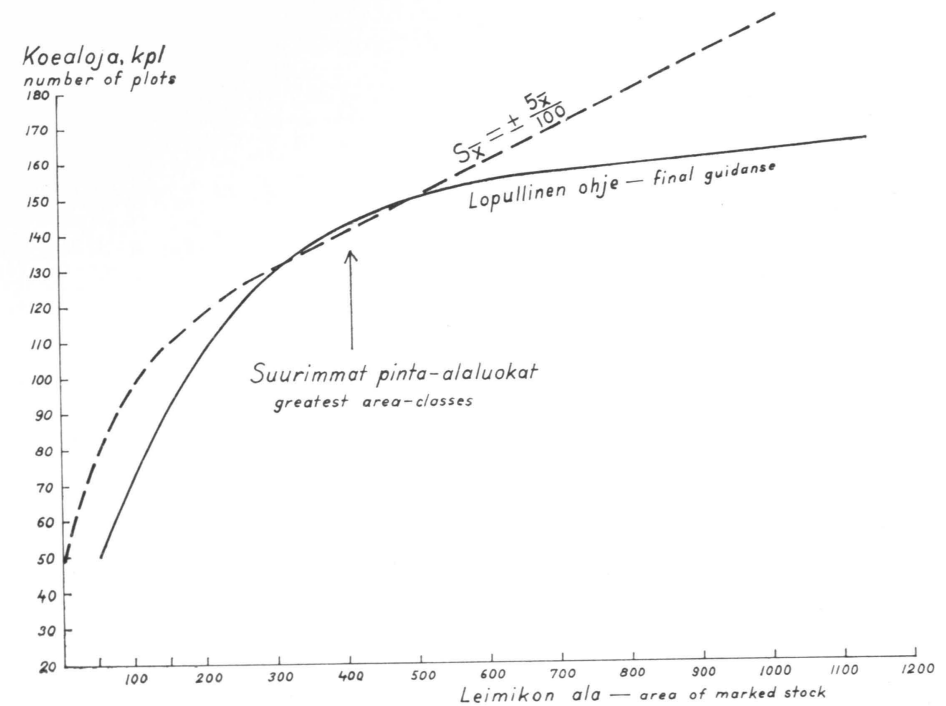
Arviointien suunnitteluun liittyviä näkökohtia

Arviointia suunniteltaessa pyritään kehittämään menetelmä sellaiseksi, että tietyillä kustannuksilla saadaan niin suuri tarkkuus kuin mahdollista. Aiemmin jo todettiin, että yksityisten leimikoiden kuutiomäärän tulisi olla arvioitu noin 10 %:n tarkkuudella. Toisaalta kuitenkin asetettiin vaatimus, että arviointi ei saisi maksaa poikkeustapauksia lukuunottamatta enempää kuin 2–3 mk/p-m³. Metsähallituksessa suoritettujen työmääriä koskevien laskelmien perusteella todettiin, että mainituilla enimmäiskustannuksilla ei voida taata 10 %:n tarkkuutta jokaisessa yksityistapauksessa, ei varsinkaan epäedullisimmissa olosuhteissa.

Ohjeita varten katsottiin tarpeelliseksi, että pinta-alan arvioimista varten on pienissä leimikoissakin mitattava vähintään 15 linjaa. Jos linjojen suunta on oikea, saadaan pinta-ala 15 linjalla noin ± 2.3 %:n suuruisen kaksinkertaisen keskivirheen tarkkuudella. Ellei koealojen maastoon sijoittamiseksi tarpeelliseen linjastoon kuulu vähintään 15 linjaa, on linjastoa tihennettävä. Yli 100 ha:n suuruisiin leimikkoihin on suotavaa ajaa 20–30 linjaa. Niiden tulee kulkea yhdensuuntaisina ja mahdollisimman tarkasti linjavälin etäisyydellä toisistaan.

Jos koealojen keskikuutio halutaan saada noin ± 10 %:n suuruisen kaksinkertaisen keskivirheen tarkkuudella, tarvitaan eri kokoisissa leimikoissa 3 aarin koealoja niin paljon kuin katkoviiva piirroksessa 7 osoittaa. Kustannusten pitämiseksi halutun suuruisina lopullinen koealojen lukumäärää koskeva ohje muutettiin kuitenkin piirroksessa 7 esitetyn katkoviivan mukaiseksi. Ohje on seuraavassa asetelmassa:

Leimikon tehollinen pinta-ala, ha	Koealojen vähimmäismäärä, kpl	Arvioimis-%, kun koeala on 3 aaria
50 tai pienempi	50	yli 3
100	70	noin 2
150—200	100	»
300	120	noin 1
400—600	150	»
700—1000	160	alle 1



Piirros 7. Halutun tarkkuuden saamiseksi tarpeellisten 0.03 ha:n koealojen lukumäärä leimikon hehtaareina ilmoitetun pinta-alan funktiona.

Fig. 7. Number of 0.03-ha. sample plots required for the desired precision as a function of the marked stock area in hectares.

Piirroksen 7 katkoviivaan verrattuna koealojen lukumäärää on pienennetty Länsi-Suomen kaikkein pienimmissä leimikoissa ja Perä-Pohjolan suurissa leimikoissa. Pienten leimikoiden keskimääräistä suurempi tasaisuus lisää mahdollisuuksia saada niissä kohtuullisen tarkka arvio pienelläkin koealojen määrällä. Perä-Pohjolassa taas on syytä pitää arvioinnin kustannukset alhaisempina kuin etelässä, vaikka tarkkuus heikkenisikin. Ohjetta sovellettaessa saadaan tarkin arvio niille leimikoille, jotka näyttelevät tärkeintä osaa kokonaispuumäärän muodostajina. Pyrkimyksenä on ollut saada tietyllä koealojen lukumäärällä mahdollisimman hyvä kokonaistarkkuus.

Koealojen tulisi mitata pienissäkin leimikoissa 50 kpl. Jos niitä on vähemmän, on keskivirhe suhteellisen suuri poikkeuksellisen tasaisia leimikoita lukuunottamatta. Mitä pienempi leimikko on kysymyksessä, sitä lähempänä ovat koealat toisiaan. Tällöin, ja varsinkin kun käytetään suorakaidekoealaa, voidaan koealat yhdistää luontevasti kaistoiksi ja suorittaa työ kaista-arviointina. Vaikka arvioimisprosentti suureneekin, vähenee rajoittamiseen ja puiden lukuun tar-

vittava työn määrä kaista-arvioinnissa koeala-arviointiin verrattuna, kun leimikko on tiettyä kokoa pienempi.

Kaikkein pienimmissä leimikoissa on kohtuulliset tarkkuusvaatimukset täytävä systemaattisiin mittauksiin perustuva arviointi siksi kallista, että kustannuksia ei voida pitää edellä mainitussa suuruusluokassa. Koska pienien leimikoiden merkitys on valtion metsien suuressa kokonaisuudessa vähäinen, voidaan ne arvioida silmävaraisesti, varsinkin jos apuna käytetään relaskooppia. Leimikkoarviointi on suoritettavissa myös relaskooppikoealoilla (vert. KUUSELA 1960 ja 1960 a).

Esitetyt koealojen vähimmäismäärät ovat siksi pienet, että niitä käytettäessä on pyrittävä määrittämään ja arvioimaan leimikon tehollinen pinta-ala mahdollisimman huolellisesti. Ellei tyhjälää onnistuta erottamaan omiksi kuvioiksi, heikkenee arvioinnin luotettavuus suuresti.

Koealan sopiva suuruus maan etelä-osassa on 3 aaria. Tasaisissa leimikoissa voitaneen käyttää myös 2 aarin koealaa. Varsinkin Pohjois-Suomen suurissa ja epätasaisissa leimikoissa on syytä käyttää 5 aarin koealaa, jolloin tarkkuus paranee siitä, miksi se on pääteltävissä piirroksen 7 perusteella. Muodon suhteen ei voida toistaiseksi varmuudella sanoa, kumpi on sopivampi, ympyrä- vai suora-kaidekoeala.

Suhteessa koealojen lukumäärään riittää, kun koepuita mitataan jokaisesta 2 cm:n läpimittaluokasta noin 20 kpl. Suuria puita on yleensä leimattu pinotavaraksi vähän, joten tietystä läpimittaluokasta ylöspäin ne on edullista mitata kaikki koepuina.

Runkolukusarjojen perusteella saadaan seuraava ohje koepuiden ottamista varten: Kolmessa eteläisessä piirikunnassa on jokainen 21 cm:n tai sitä suurempaan läpimittaluokkaan luettu puu koepuu, läpimittaluokissa 19 ja 17 cm on joka viides ja näitä pienemmissä läpimittaluokissa joka kymmenes, Perä-Pohjolan piirikunnassa jokainen 19 cm:n tai sitä suurempaan läpimittaluokkaan luettu puu ja muissa läpimittaluokissa joka viides puu koepuu. Jotta lukumäärältään vähäisistä sekapuista saataisiin riittävästi koepuita, on syytä järjestää otanta siten, että jokaisen puulajin kohdalla on aina ensimmäinen kuhunkin läpimittaluokkaan luettu puu koepuu ja sen jälkeen noudatetaan esitettyjä suhteita.

Pienien leimikoiden osalta on huomattava, että vaikka niissä mitataankin suhteellisen vähän koealoja, saadaan yleensä keskimääräistä suuremman keski-kuution vuoksi koepuita koealaa kohden enemmän kuin suurissa leimikoissa. Tavallisesti on pienissä leimikoissa puusto myös keskimääräistä tasaisempaa, joten niissä ei tarvita yhtä paljon koepuita kuin suurissa leimikoissa. Koska suurissa ja epätasaisissa leimikoissa on syytä käyttää 5 aarin koealaa, lisää tämä luettavaa puustoa sekä myös koepuiden määrää, mikä puuston epätasaisuuden vuoksi onkin tarpeen.

Koepuista mitataan läpimitan lisäksi joko pituus tai pinotavarapölkkyjen

lukumäärä. Muita muuttujiahan käytettävissä olevissa kuutioimismenetelmissä ei olekaan.

Leimikon mittaaminen esitettyjen ohjeiden mukaan ei takaa, etteikö kuutiomäärän virhe voisi yksityistapauksissa olla suurempi kuin 10 %. Useimmissa tapauksissa se on kuitenkin tätä pienempi. Jos hoitoalueessa on 5–10 leimikkoa, tulee näiden kokonaiskuutiomäärä arvioiduksi noin 5 %:n tarkkuudella. Piirikunnan muodostamassa kokonaisuudessa saadaan leimatun puuston määrä vielä tarkemmin.

On syytä korostaa, että edellä esitettyihin tarkkuuslukuihin eivät sisälly ne systemaattiset virheet, jotka aiheutuvat virheellisistä menetelmistä, subjektiivisen valinnan käyttämisestä ja kuutioimismenetelmän puutteellisuudesta. Kokonaan arviointivirheen käsitteen ulkopuolelle jäävät ne erot ennen hakkuuta arvioidun puumäärän ja lopullisen kertymän välillä, jotka aiheutuvat siitä, että hakkuun yhteydessä joudutaan usein kaatamaan leimaamattomia puita. Tämä kertymän suureneminen voitaneen arvioida kokemusperäisesti.

Aineiston pienuuden vuoksi tulokset ja niiden perusteella laaditut ohjeet eivät voi olla lopullisia. Koemittausten ansiosta leimikoiden arvioiminen on kuitenkin saatu yhdenmukaiselle pohjalle. Olisi suotavaa, että tästä lähtien mitaustulokset koetaan systemaattisesti, jolloin niiden pohjalla voidaan menetelmiä jatkuvasti kehittää. Erittäin toivottavaa olisi saada nykyistä luotettavampia menetelmiä koepuiden puutavaralajeittaisen kuutiomäärän selvittämiseksi.

Kirjallisuus —References

- KANGAS, YRJÖ. 1960. Koealan muoto ja koko koeala-arvioinnissa. Summary: The influence of plot shape and size on sample plot survey. Metsätaloudellinen Aikakauslehti, n:o 12, 1959 sekä n:o 1 ja 2, 1960. Helsinki.
- KUUSELA, KULLERVO. 1960. Volume and increment calculation of a sample plot determined with the relascope. Selostus: Kuution ja kasvun laskenta relaskoopilla määritetyllä koealalla. Acta Forestalia Fennica 71. Helsinki.
- »— 1960 a. Pohjapinta-alaan ja keskikuution perustuva puuston relaskooppi-inventointi. Keskusmetsäseura Tapio. Helsinki.
- »— 1960 b. Maan kuvioiden ja puuston vaihtelu sekä sen vaikutus metsän inventoinnin tarkkuuteen. Summary: Variation of the site pattern and growing stock and its effect on the precision of forest inventory. Acta Forestalia Fennica 72. Helsinki.
- LANGSAETER, A. 1932. Nøjaktigheten ved linjetaxering av skog. I. Resymé: Accuracy in strip survey of forest. Medd. fr. d. norske Skogsforsøksvaes. Bind IV.
- NYSSÖNEN, AARNE. 1955. Hakkuumäärän arvioiminen kannoista. Summary in English: Estimation of the cut from stumps. Comm. Inst. Forest. Fenn. 45.
- Pinotavaran arviointi. 1960. Metsähallitus. Monistettu työohje.
- ÖSTLIND, JOSEF. 1932. Erforderlig taxeringsprocent vid linjetaxering av skog. Summary: The requisite survey percentage when line-surveying a forest. Svenska Skogsvårdsför. Tidskr.

SUMMARY:

MENSURATIONAL CHARACTERISTICS OF CORDWOOD STOCK MARKED FOR FELLING AND THEIR EFFECT ON THE PRECISION OF THE STOCK ESTIMATION

The annual fellings and sales of cordwood (pulpwood, pit props and fuelwood) from the State Forests of Finland comprised 4.0—4.6 mill. p-m³ (piled cubic meters) in 1955—57. In order to improve the accuracy of the methods used in estimating the cordwood stocks marked for felling, a pilot survey of 18 marked stocks was carried out in 1959 by the Department of Forest Mensuration and Management of the State Board of Forestry. The material and its statistical characteristics are presented in Table 1 (p. 8). (The symbols used are: n = number of sample plots, \bar{x} = arithmetic mean volume of the plots, c.v. = coefficient of variation, and $s_{\bar{x}}$ = standard error.)

The stock area, average plot volume, variation of the plot volumes, size and shape of the plot, and the distribution of the marked trees by diameter classes as factors affecting the precision have been under consideration in this paper.

The boundaries of a marked stock can intersect the map figures and sometimes they are not fixed even in the actual forest (Fig. 1 on p. 10). Within the stock boundaries there are often areas with no marked trees. Therefore, the total area is divided into net area and empty area. Estimation of the net area can be based either on land surveying and measurements obtained from the map or on line survey. The line survey is to be used in most cases because of the high costs of surveying the land.

If the stock area is oblong in shape the survey lines are made perpendicular to the longitudinal direction of the area. For a stock with a rectangular shape the properly located lines intersect perpendicularly the side lying in the direction of the more uniform distribution of the net area. The following number of lines in the proper direction are needed for attaining the corresponding precision percentage of about a 95 % confidence interval (KUUSELA 1960 b):

number of lines	5	10	15	20	25	30	40	50	60
precision %	7.4	3.5	2.3	1.7	1.4	1.1	0.8	0.7	0.6

The area of all 18 marked stocks were determined by line survey. In addition, the area of 4 marked stocks were measured from the map prepared by land surveying. Estimations of these same areas based on 13, 7, 18 and 26 lines differed from the areas measured from the map, respectively, —1.2, —3.1, —1.3 and —2.9 per cent.

The statistical characteristics of the marked stocks measured are presented in Table 1 on p. 8. The variation of the plot volumes as a function of the mean volume is presented in Fig. 2 on p. 13. The greater the mean volume the more homogenous is the structure of the

marked stock. The same number of plots gives a better relative precision for the southern marked stocks than for the northern ones, which are heterogenous and less valuable.

The number of 0.03-ha. sample plots needed to attain the standard error of 5 % is presented in Fig. 7 on p. 19. Since the expenses of the estimation can not exceed 2—3 Fmk./p-m³, the final guidance for deciding the plot number presupposes that the most important size classes of the marked stocks will be more precisely estimated than the others. Stocks smaller than 50 ha. can often be estimated more advantageously by the strip method or ocularly than by the plot method.

The proper size of plot in southern Finland is 0.02—0.03 ha. (cf. KANGAS 1960). In northern Finland the plots should be larger because of the heterogenous stocks, about 0.05 ha. in size. The shape of the plot can be either circular or rectangular. The former may be more practical and reliable in the field than the latter.

The distribution of the marked trees by diameter classes is presented in Figures 3—6 on pp. 16—17. The minimum number of sample trees is considered to be about 200 per 100 sample plots 0.03 ha. in size. In the three southern State Forest Regions every tallied tree of at least 21 cm. D.B.H., every fifth tree in D.B.H. classes 19 and 17 cm., and every tenth tree in the smaller diameter classes are sample trees, in the Region of North Finland every tree at least 19 cm. and every fifth in the smaller classes. The height or the number of cordwood logs is estimated for each sample tree.

Publications of the Society of Forestry in Finland:

ACTA FORESTALIA FENNICA. Contains scientific treatises dealing mainly with forestry in Finland and its foundations. The volumes, which appear at irregular intervals, generally contain several treatises.

SILVA FENNICA. Contains essays and short investigations mainly on forestry in Finland. Published at irregular intervals.

Die Veröffentlichungsreihen der Forstwissenschaftlichen Gesellschaft in Finnland:

ACTA FORESTALIA FENNICA. Enthalten wissenschaftliche Untersuchungen vorwiegend über die finnische Waldwirtschaft und ihre Grundlagen. Sie erscheinen in unregelmässigen Abständen in Bänden, von denen jeder im allgemeinen mehrere Untersuchungen enthält.

SILVA FENNICA. Diese Veröffentlichungsreihe enthält Aufsätze und kleinere Untersuchungen vorwiegend zur Waldwirtschaft Finnlands. Sie erscheint in zwangloser Folge.

Publications de la Société forestière de Finlande:

ACTA FORESTALIA FENNICA. Contient des études scientifiques principalement sur l'économie forestière en Finlande et sur ses bases. Paraît à intervalles irréguliers en volumes dont chacun contient en général plusieurs études.

SILVA FENNICA. Contient des articles et de petites études principalement sur l'économie forestière de Finlande. Paraît à intervalles irréguliers.