

FOLIA FORESTALIA 664

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1986

JOUKO LAASASENAHO
& RISTO PÄIVINEN

KUVIOITTAISEN ARVIOINNIN
TARKISTAMISESTA

ON THE CHECKING OF
INVENTORY BY COMPARTMENTS



METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

Osoite: Unioninkatu 40 A
Address: SF-00170 Helsinki, Finland

Puhelin: (90) 661 401
Phone:

Ylijohtaja: <i>Director:</i>	Professori <i>Professor</i>	Aarne Nyyssönen
Julkaisujen jakelu: <i>Distribution of publications:</i>	Kirjastonhoitaja <i>Librarian</i>	Liisa Ikävalko-Ahvonon
Julkaisujen toimitus: <i>Editorial office:</i>	Toimittajat <i>Editors</i>	Seppo Oja Tommi Salonen

Metsäntutkimuslaitos on maa- ja metsätalousministeriön alainen vuonna 1917 perustettu valtion tutkimuslaitos. Sen päätehtävänä on Suomen metsätaloutta sekä metsävarojen ja metsien tarkoituksenmukaista käyttöä edistävä tutkimus. Metsäntutkimustyötä tehdään lähes 800 hengen voimin yhdeksällä tutkimusosastolla ja kymmenellä tutkimus- ja koeasemalla. Tutkimus- ja koetoimintaa varten laitoksella on hallinnassaan valtion-metsiä yhteensä n. 150 000 hehtaaria, jotka on jaettu 17 tutkimusalueeseen ja joihin sisältyy kaksi kansallis- ja viisi luonnonpuistoa. Kenttäkokeita on käynnissä maan kaikissa osissa.

The Finnish Forest Research Institute, established in 1917, is a state research institution subordinated to the Ministry of Agriculture and Forestry. Its main task is to carry out research work to support the development of forestry and the expedient use of forest resources and forests. The work is carried out by means of 800 persons in nine research departments and ten research stations. The institute administers state-owned forests of over 150 000 hectares for research purposes, including two national parks and five strict nature reserves. Field experiments are in progress in all parts of the country.

FOLIA FORESTALIA 664

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1986

Jouko Laasasenaho & Risto Päivinen

KUVIOITTAISEN ARVIOINNIN TARKISTAMISESTA

On the checking of inventory by compartments

Approved on 8.8.1986

SISÄLTÖ

1. JOHDANTO	3
2. KUVIOTARKISTUKSEN PERIAATTEITA	4
21. Kuvioittaisen arvioinnin virhelähteet	4
22. Yksittäisen kuvion keskitilavuuden mittauksen luotettavuus	4
23. Metsäalueen puuston tilavuuden ja sen luotettavuuden laskenta	6
24. Tarkistettavien kuvioiden valinta	5
25. Tarkistuskoealojen määrän vaikutus erotusten hajontaan	6
3. KUVIOIDEN TARKISTUSKOE	7
31. Aineiston yleiskuvaus	7
32. Kuvioiden valinta	8
33. Kuvioilla tehdyt mittaukset	8
34. Tulosten laskenta	8
4. TULOKSET	9
41. Kuvioiden tasaisuus	9
42. Kuviotunnusten arviointivirheet	10
43. Alueen puuston tilavuus ja sen luotettavuus. Laskentaesimerkki	12
5. PÄÄTELMIÄ	13
KIRJALLISUUS — REFERENCES	14
SUMMARY	15
Liite: Kuviotietojen päivitys kasvumalleilla	16
MERKINNÄT — SYMBOLS	19

LAASASENAHO, J. & PÄIVINEN, R. 1986. Kuvioittaisen arvioinnin tarkistamisesta. Summary: On the checking of inventory by compartments. *Folia Forestalia* 664. 19 p.

Tutkimus käsittelee kuvioittaisen metsäinventoinnin tarkistamista menetelmällä, jossa osa kuvioista mitataan tarkasti kuvioille sijoitetun systemaattisen relaskoopikoalaverkon avulla.

Aineistoina käytettiin metsäalueita, joissa arvioinnin suoritustapa ja ajankohta ovat vaihdelleet. Kuvioiden sisällä puuston pohjapinta-alan variaatiokerroin käytettäessä relaskoopikerrointa 1 oli 23–28 %, koalojen puuston keskipituuden 13–16 % ja puuston tilavuuden noin 30 %.

Kuvioittaisen arvioinnin tarkkuus oli paras alueella, jonka arvioijat olivat kokeneita ja hyvin koulutettuja sekä käyttivät apuna tuoreita ilmakuvia. Arvioidun ja tarkistetun puuston tilavuuksien erojen hajonta oli tilavuuksien keskiarvosta 15 %. Alueilla, jotka oli arvioitu 4–7 vuotta aikaisemmin ja tilavuustiedot päivitetty tarkistusajankohtaan, hajonta oli 24 % keskiarvosta ja tilavuus 4 % liian suuri. Helikopteriarviointi osoittautui tarkistetulla alueella männiköissä (hajonta noin 20 %) selvästi tarkemmaksi kuin kuusikoissa ja sekametsissä (hajonta yli 30 %).

Metsäalueen puusto saadaan samalla kustannuksella yhtä tarkasti arvioiduksi käyttämällä kuvioittaisen arvioinnin tarkistamista tai erillistä linjoittaista koko alueen kattavaa koalamittausta. Tarkistus voidaan suunnata kuvioihin, jotka ovat toiminnan suunnittelun kannalta tärkeitä ja tarkistuksessa voidaan soveltaa erilaisia mittausten menetelmiä halutun tarkkuuden mukaan.

The aim of this paper is to study the checking of the ocular inventory by compartments. The checking is carried out by selecting a sample of the compartments and measuring a systematic net of relascope sample plots on the selected compartments.

The empirical data comprises of 4 forest areas including 215 compartments. The original ocular inventory was carried out 0–7 years before checking. Old information was updated by stand growth models.

The coefficient of variation within the compartment was in basal area (Factor 1), mean height and volume 23–28 %, 13–16 % and 30 %, respectively.

The differences between original and checked volume was smallest among the recently inventoried compartments. The standard deviation of the differences were 15 % of the mean volume.

Among the compartments inventoried 4–7 years earlier, the standard deviation of the differences was 24 % of the mean volume, and positive bias 4 %. The respective standard deviation was 20 % in pine stands and 30 % in spruce stands when the original inventory was carried out two years before by helicopter.

When a compartment register is available, the costs and accuracy of the checking method approximately equals those of a separate systematic sample plot inventory.

Keywords: ocular estimation, inventory by compartments

ODC 524.6 + 587.5 + 305

Authors' addresses: *Laasasena*: University of Helsinki, Department of Forest Mensuration and Management, Unioninkatu 40 B, SF-00170 Helsinki, Finland. *Päivinen*: University of Joensuu, Department of Forestry, PL 111, SF-80101 Joensuu, Finland.

ISBN 951-40-0757-3
ISSN 0015-5543

Valtion painatuskeskus. Helsinki 1986.

1. JOHDANTO

Riittävä tieto metsästä on menestyksekään metsätalouden harjoittamisen edellytys. Tiedon laatuvaatimukset vaihtelevat käyttötarkoituksen mukaan. Metsätalouden pitkän aikavälin suunnittelussa vaaditaan monipuolisia, harhattomia metsävaratietoja, kun taas lähivuosisa koskevassa metsätalouden järjestelyssä tiedon paikallistettavuus on tärkeintä.

Metsätalouden suunnittelussa mittaustietoja käytetään taloudenpidon suurten linjojen — kuten kestävän hakkuusuunnitteen — hahmottelemisessa. Harhattomuusvaatimuksen takia metsätalouden suunnitteluun sopivat huonosti muunlaiset kuin otantaan perustuvat tiedot. Suuralueilla ne on tavallisesti hankittu systemaattisella koelaoitannalla. Tällä menetelmällä saadaan yksinkertaisella ja luotettavalla tavalla harhattomia tuloksia.

Metsätalouden järjestelyn tehtävänä on jakaa suunnitelmien edellyttämät toimenpiteet järjestyksessä työkokonaisuuksiksi ja osoittaa ne metsiköt, joissa toimenpiteitä kunakin vuonna tehdään. Näiden tekemisessä paikkaan sidottu tieto on välttämätöntä. Paikkaan sidottu tiedon mittaus tapahtuu ns. kuvioittaisena arviointina, jossa metsäalue rajataan puustoltaan ja maapohjaltaan homogeenisiksi käsittelykuvioiksi. Kuvioille arvioidaan kasvupaikan laatua ja puuston määrää osoittavia keskitunnuksia ja mitataan pinta-ala. Mittausmenetelmä tuottaa kuvioille halvalla käyttökelpoista tietoa, mutta kokonaistulokset ovat alttiita systemaattisille virheille ja yksittäisten kuvioiden puustotunnusten arviot saattavat poiketa paljonkin todellisesta.

Kuvioittaisen arvioinnin suorittamäärät ovat voimakkaasti lisääntyneet yksityismetsien alueellisen suunnittelun seurauksena. Yksityismetsissä tehtiin kuvioittaista arviointia vuonna 1985 noin miljoonan hehtaarin alalla. Yhtiöiden ja valtion metsät on arvioi-

tu 10—20 vuoden välein kuvioittaista arviointia käyttäen.

Tässä tutkimuksessa käsitellään koelaoitannan käyttöä kuviotietojen oikaisussa. Tällöin osa normaalilla kuvioittaisella arvioinnilla arvioituista kuvioista mitataan uudelleen objektiivista koelamenetelmää käyttäen. Oikaisussa kaikkien kuvioiden tietoja korjataan tarkistuskuvioilla havaittujen erojen perusteella.

Silmävaraisia arviointituloksia on Suomessa korjattu koelamittausten perusteella jo 1910-luvulta alkaen (Cajanus 1913, Ilvesalo 1923). Viime vuosina on kuvioittaisen arvioinnin tarkistamista koskevia tutkimuksia tehty lähinnä Ruotsissa (Jonsson ja Lindgren 1978).

Tämän tutkimuksen tavoitteena on koelaineistojen avulla selvittää kuvioittaisessa arvioinnissa mitattujen tietojen luotettavuutta ja hahmotella kuviotarkistukseen perustuvaa menetelmää vaihtoehtona erilliselle systemaattiselle koelainventoinnille.

Kuvioittaista arviointia on sen käytön laajuuteen nähden tutkittu verrattain vähän. Nyyssösen ja Vuokilan 1950-luvulla tekemien relaskooppien menetelmän käyttöä koskevien tutkimusten lisäksi Poso on viime vuosina selvittellyt menetelmän perusteita ja käytäntöä.

Tekijät ovat suunnitelleet tutkimuksen yhdessä, Päivinen on laskenut tulokset ja kirjoittanut pääosin käsikirjoituksen, joka on yhdessä viimeistely. Toivomme, että tässä raportissa esitetyt ajatukset monipuolistavat kuvioittaisen arvioinnin menetelmiä ja synnyttävät uusia kysymyksiä, joiden ratkaiseminen on hyödyksi käytännön metsänarvioinnille.

Kiitämme metsäpäällikkö Fred Kallandia Kymi-Strömberg Oy:stä, metsänhoitopäällikkö Vesa Moisiota Kaukas Oy:stä ja metsänhoitopäällikkö Tauno Turusta Enso-Gutzeit Oy:stä siitä, että metsänhoitaja Tapani Mäkisen mittaamaa maastoaineistoa on voitu käyttää tässä tutkimuksessa. Professorit Kullervo Kuusela, Risto Seppälä, Simo Poso ja Pekka Kilkki sekä VTL Timo Pekkosen ovat lukeet käsikirjoituksen ja tehneet siihen varten otettuja huomautuksia. Anja Leskinen ja Ulla Suhonen ovat huolehtineet konekirjoituksesta ja kuvien piirtämisestä.

2. KUVIOTARKISTUKSEN PERIAATTEITA

21. Kuvioittaisen arvioinnin virhelähteet

Kuvioittaisessa arvioinnissa metsäalue rajataan kuvioiksi ja niiden maaperästä, puustosta ja käsittelyehdotuksista kerätään keskimääräisiä tunnuksia. Tässä tutkimuksessa tarkastelu rajoitetaan kuvion ja metsäalueen puuston runkotilavuuteen.

Puuston runkotilavuus määritetään yleensä mallien, esimerkiksi relaskooppitaulukoiden avulla. Tilavuuden virhe koostuu ns. taulukko- eli menetelmävirheestä sekä pohjapinta-alan ja keskipituuden arviointivirheistä. Taulukkovirheen syynä on lähinnä sovelluskohteen ja relaskooppitaulukoiden laadinta-aineiston erilaisuus. Taulukkovirheen tilastollinen hajonta on 4—5 prosentin suuruinen (Nyssönen 1954). Relaskooppitaulukoiden selittävien muuttujien, pohjapinta-alan ja keskipituuden arviointivirheet koostuvat puhtaista mittausvirheistä sekä otantavirheistä, joista jälkimmäinen on sitä suurempi mitä epätasaisempi kuvio on puustoltaan.

Virheet ovat luonteeltaan joko satunnaisia tai systemaattisia. Satunnaisvirheiden vaikutus pienenee kuviolta mitattujen havaintojen määrän kasvaessa, mutta systemaattisia virheitä voidaan vähentää ainoastaan kouluttamalla arvioijia.

Puuston tilavuuden määrittämisen luotettavuudesta kuvioittaisessa arvioinnissa on esitetty vaihtelevia käsityksiä. Nyssönen (1954) esittämään 9—10 % keskivirheeseen päästään Vuokilan (1959) mukaan mittaamalla metsiköstä 3 relaskooppikoealaa. Ventola (1980) on tutkinut Oy Serlachius Ab:n inventoijien koulutusretkeilyllä saamia kvioiden tilavuusarvioita ja verrannut niitä tarkasti mitattuihin lukuihin. Kunkin arvioijan käyttämää mittausaikaa kuviolla ei tunnettu, mutta tavoitteena on ollut tehdä arvio ainakin samalla luotettavuudella kuin todellisessa tilanteessa maastossa. Tilavuuden variaatiokerroin oli noin 18 %. Eräissä pienhkössä yksityismetsien taloussuunnitelma-aineistossa yli 30 %:n tilavuuden virheitä oli joka neljännellä kuviolta (Poso 1979). Met-

sätaitokilpailuissa joka kolmas runkotilavuuden arvio poikkeaa tarkkaan mitatuista yli 12 % (Purola 1983).

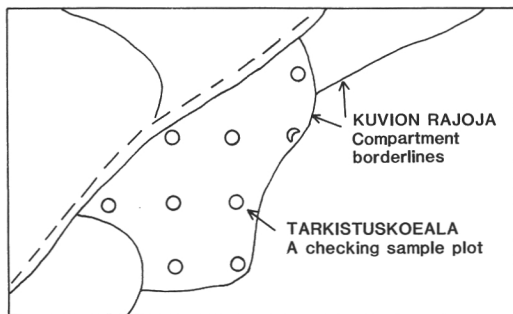
22. Yksittäisen kuvion keskitilavuuden mittauksen luotettavuus

Silmävaraisen arvioinnin tulosten tarkistamiseksi voidaan mitata kuvion koko puusto tai otos siitä (kuva 1). Merkitään kuvion i silmävaraisesti arvioitua puuston tilavuutta (m^3/ha) Ve_i :llä ja tarkistettua tilavuutta V_i :llä. Tarkistuskuvion silmävaraisen arvion ja mitatun tilavuuden ero ($V_i - Ve_i$) johtuu silmävaraisen arvion virheestä (e_a) ja koealmittausten antaman tuloksen virheestä (e_m).

$$V_i - Ve_i = e_a + e_m.$$

Mikäli virheet ovat riippumattomia toisistaan, saadaan kuvioittaisen silmävaraisen arvion varianssille S_k^2 kaava:

- (1) $S_k^2 = S_a^2 + S_m^2/n$, missä
 S_a^2 = silmävaraisen arvion varianssi
 S_m^2 = koealapuustojen varianssi
 n = satunnaisesti sijoitettujen koealojen lukumäärä kuviolta.



Kuva 1. Esimerkki kuviolle systemaattisesti sijoitetuista tarkistuskoealoista.

Fig. 1. An example of the systematic sample in measuring the checked values of the stand characteristics.

Otoskeskiarvoon sisältyy siis otantavirhe, jonka suuruus riippuu koealojen määrästä (n) ja niiden välisestä hajonnasta (S_m).

Satunnaisotannan kaavan on useissa yhteyksissä todettu antavan yliarvioita systemaattisella otannalla poimituista koealoista laskettujen keskitunnusten keskivirheille. Estimaatti systemaattisen otannan keskivirheelle voidaan laskea, mikäli tunnetaan koealojen välinen autokorrelaatio. (ks. esim. Nyssönen ym. 1967).

Koealojen koon suurentaminen pienentää niiden välistä hajontaa. Sekä koealojen koon suurentaminen että niiden määrän lisääminen johtaa luotettavampaan keskitilavuuden arvioon. Edellisessä tapauksessa koealojen välinen hajonta pienenee ja siirrytään kuvan 2 y-akselin suuntaisesti käyrältä alemmalle käyrälle, jälkimmäisessä tapauksessa samalla käyrällä oikealle. Kummalla menetelmällä saadaan arviota tarkennetuksi tehokkaammin, riippuu puuston jakautumisesta kuviolle sekä eri mittausmenetelmien ajanmenekistä.

Kuvassa 2 on tarkasteltu otoksen suuruuden vaikutusta kuvion keskitilavuuden arvon luotettavuuteen. Subjektiiivinen koelavalinta — mikä yleensä on käytäntönä kuviottaissa arvioinnissa — antaa kokeneen arvioijan käyttämänä muutaman koelan perusteella tavallisesti otantaa paremman arvon kuvion keskitilavuudelle (ks. Jonsson ja

Lindgren, 1978 s. 495). Jos itse mittauksessa ei ole harhaa, lähestyy otannan perusteella laskettu tulos koealojen lukumäärää lisättäessä oikeata keskitilavuutta. Subjektiiivisen valinnan tuloksista ei taas voida sanoa mitään varmaa.

23. Metsäalueen puuston tilavuuden ja sen luotettavuuden laskenta

Metsäalueen kokonaispuusto (V) saadaan kuvioitaista arviointia käytettäessä summamalla kuvioiden puustot yhteen

$$V = \sum a_i V_{e_i}, \text{ missä}$$

$$a_i = \text{kuvion } i \text{ pinta-ala, ha}$$

Puuston kokonaistilavuuden tarkistaminen voi tapahtua, kuten edellä on todettu kaksivaiheisen otannan avulla. Osa kuvioista poimitaan ensimmäisessä vaiheessa tarkistuskuvioiksi ja toisessa vaiheessa näillä kuvioilla suoritetaan koelaloitonta kuvioiden puuston oikean tilavuuden selvittämiseksi.

Mikäli tarkistukseen tulevat kuviot on valittu suhteessa kunkin kuvion sisältämään puumäärään ja suhde V_i/V_{e_i} on samaa suuruusluokkaa erilaisilla V_i :n arvoilla, saadaan alueen puuston tarkistettu tilavuus V_t kaavalla (ks. Matérn 1971):

$$(2) \quad V_t = V \cdot \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \frac{V_i}{V_{e_i}}, \text{ missä}$$

V_i = kuvion i puuston tarkistettu tilavuus/ha

V_{e_i} = kuvion i puuston tilavuus/ha kuvioarvioinnin mukaan

N = tarkistuskuvioiden lukumäärä.

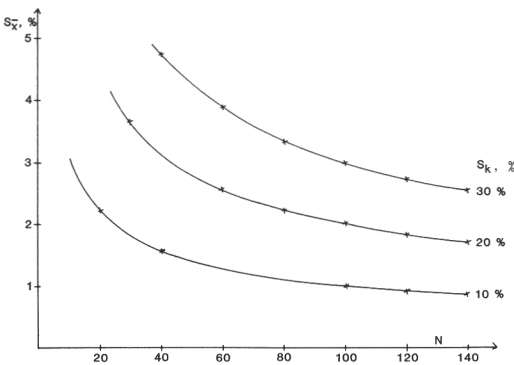
Kokonaistilavuuden V_t suhteelliselle hajonnalle (SV_t) saadaan estimaatti kaavalla

$$(3) \quad SV_t = \frac{S_y}{\sqrt{N}} \cdot \sqrt{1 - (N \cdot \bar{v})/V}, \text{ missä}$$

S_y = suhdelukujen $\frac{V_i}{V_{e_i}} = y_i$ hajonta

\bar{v} = tarkistuskuvioiden tilavuuksien keskiarvo.

Tarkistetun keskitilavuuden luotettavuus riippuu hajonnasta (S_y) ja tarkistusmittattujen kuvioiden määrästä. Jos kuvioittainen arviointi ja tarkistusmittaus on tehty luotettavasti, suhdelukujen y_i keskiarvo lähestyy yhtä ja hajonta (S_y) on pieni.



Kuva 2. Metsäalueen keskitilavuuden arvon keskivirhe (s_y , %) tarkistuskuvioiden lukumäärän (N) funktiona, kun kuvioiden tarkistetun ja arvioidun tilavuuden erojen hajonta suhteessa puuston tilavuuteen (s_k , %) on 10, 20 tai 30 %.

Fig. 2. Standard error of the volume (s_y , %) of a forest area as a function of the number of the checked compartments (N), as standard deviation of the differences between checked and estimated volumes is 10, 20 or 30 % at volume of compartments (s_k , %).

Kuvassa 2 on esitetty alueen keskitilavuuden arvion suhteellinen keskivirhe ($S_{\bar{x}}$) tarkistuskuvioiden määrän funktiona, kun kuvioittaisen arvioinnin tulosten ja tarkistettujen tulosten erojen hajonta on 10, 20 ja 30 % keskitilavuudesta, sekä äärellisen populaation korjauskerroin jätetään huomioimatta. Kuvan mukaan siinä tapauksessa, että kuvioittaisen arvioinnin ja tarkistusotannan tulosten erotukset ovat 68 %:lla tapauksista alle 20 %, tarvitaan 100 tarkistuskuvioita, jotta keskitilavuuden arvio saataisiin ± 2 %:n luotettavuudella.

Useimmissa tilanteissa kuvion arvioidun ja todellisen hehtaarikohtaisen tilavuuden suhde on erisuuruinen puuston hehtaarikohtaisen määrän V_i mukaan. Tällöin tarvitaan regressioestimointia eron korjaamiseksi erilaisilla kuvioilla.

Käytettävä regressiomalli voi olla esim. toisen asteen polynomimalli:

$$(4) \quad V_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot V_{e_i} + \beta_2 \cdot V_{e_i}^2 + \varepsilon$$

Jäännöstermin ε varianssi ei ole vakio vaan riippuu arvion V_{e_i} suuruudesta. Tämän tutkimuksen aineiston perusteella saatiin varianssille likimääräiskaava:

$$\text{var}(\varepsilon) = \alpha^2 \min(\max(10, 10 \cdot V_e), 1200),$$

missä α^2 on verrannollisuuskerroin. Tämän mukaan malli (4) on laskettava painotettua pienemmän neliösumman menetelmää käyttäen, jossa painoina käytetään varianssin käänteislukuja.

Kokonaistilavuuden varianssi saadaan laskemalla yhteen kuvioiden, jotka eivät olleet otoksessa, varianssit regressiosuoran ympärillä ($\text{var}(\varepsilon)$) ja regressiokertoimen varianssista johtuvat varianssit kaavalla (ks. Pekkonen 1983, s. 11):

$$(5) \quad \tilde{S}' \text{ var}(\hat{\beta}) \tilde{S}, \text{ missä}$$

S on vaakavektori, jonka alkiot ovat

$$[\sum a_i, \sum a_i V_{e_i}, \sum a_i V_{e_i}^2]$$

Summaukset tapahtuvat yli kuvioiden, jotka eivät ole otannassa. Mallista aiheutuvan varianssin lisäksi tulee ottaa huomioon myöskin kuvioiden puuston mittauksen otantavarianssi (ks. kaava (1), s. 4).

24. Tarkistettavien kuvioiden valinta

Tarkistettavien kuvioiden valinta on tehtävä objektiivisin perustein samoin kuin koealapaikkojen valinta kuviolta. Otannassa voidaan kuitenkin antaa kuvioille erilainen todennäköisyys tulla mukaan otokseen joko osittamalla aineisto tai perustamalla otantatodennäköisyys johonkin kuvion ominaisuuteen.

Osituksella voidaan tarkentaa lopputulosta, mikäli kuviot on mahdollista jakaa ryhmiin, joissa arvioinnin ja tarkistuksen erot ovat samantyyppisiä. Kuviot voidaan osittaa esimerkiksi ikäluokan, maantieteellisen alueen tai arvioijan mukaisesti. Tarkistuskuvioiden määrä voi vaihdella ositteissa, jolloin on mahdollista painottaa sellaisia ositteita, joilla on eniten vaikutusta lopputuloksiin.

Lindgren (1982b) on vertaillut neljän eri otantamenetelmän ominaisuuksia.

- 1) Kuvion poimintatodennäköisyys suhteessa kuvion kokoon ja vakiomäärä koealoja kuviolta.
- 2) Poimintatodennäköisyys suhteessa kuvion puuston kokonaistilavuuteen ja vakiomäärä koealoja kuviolta.
- 3) Satunnaisotanta kuvioista ja koealojen määrä kuviolta suhteessa kuvion koon.
- 4) Satunnaisotanta kuvioista ja vakiomäärä koealoja kuviolta.

Vertailussa useimmat syyt puolsivat menetelmän 1 käyttöä, siten että eri ositteiden otantasuhdetta vielä lisäksi vaihdellaan.

Alueilla, joilla kuvioiden puuston määrä vaihtelee voimakkaasti, runsaspuustoisten kuvioiden valinta tarkistuskuvioiksi pienentää kokonaistilavuuden varianssia huomattavasti, kuten esim. kaavan 3 äärellisen populaation korjauskertoimesta voidaan nähdä.

25. Tarkistuskoalojen määrän vaikutus erotusten hajontaan

Kuvioittaisen arvioinnin tuloksen ja tarkistusmittauksen erotusten hajontaan sisältyy arviotuloksen hajonta sekä tarkistusmittauksen hajonta. Kuviolta mitattavien koealojen määrää lisättäessä erotusten hajonta lähestyy todellista arviotuloksen hajontaa. Koealoja tarvitaan todellisen arviotuloksen mittaamiseksi sitä enemmän, mitä suurempi on kuvion sisäinen hajonta. Seuraavassa asetelmassa on oletettu, että todellinen arviotuloksen hajonta (S_a) on 25 % ja kuvioiden si-

säinen hajonta (S_m) 30 % ja että arvioinnin virhe ja tarkistuksen virhe ovat riippumattomia, joten erotusten hajonta saadaan kaavalla (1).

Asetelmaan on laskettu keskiarvon keski-
virheen kaavalla myös tarkistuskuvioiden
määrä, kun keskitilavuuden keskivirhe ei saa
ylittää ± 3 %.

Koealoja/kuvio n	Hajonta S_k , %	3 %:n keskivirhettä vastaava tarkistuskuvioiden määrä N
1	39	169
2	33	119
4	29	94
6	28	86
10	27	79

Yhden koealan kuvioita tarvitaan noin
kaksinkertainen määrä verrattuna kuuden
koealan kuvioihin. Kuvioiden todellista ar-

viovirhettä ei saada selville kuin mittaamalla
noin 10 koealaa kuviolta. Optimaaliseen
koealojen määrään kuviolla vaikuttaa tarkis-
tuskuvioiden etäisyys toisistaan sekä koealaa
kohti käytetty työaika.

Suuralueen systemaattisessa koeala-ar-
vioinnissa yhdelle kuviolle osuvien 1—2 koe-
alan tietojen yhdistäminen vastaaviin kuvio-
tietoihin tarjoaa mahdollisuuden koealain-
ventoinnin luotettavuuden parantamiseen ja
tulosten laskennan entistä pienemmille alueil-
le. Erillistä kuvioittaisen arvioinnin tarkista-
mista on tuskin edullista järjestää siten, että
koealoja kuviolla on kovin vähän, mutta jos
koealainventointi muutoin tehdään, kannat-
taa sitä käyttää hyödyksi. Myös valtakunnan
metsien inventoinnin koealoja voidaan käyt-
tää hyväksi, mikäli ne ovat yhdistettävissä
kuvioittaisen arvioinnin tietoihin.

3. KUVIOIDEN TARKISTUSKOE

31. Aineiston yleiskuvaus

Tutkimuksen koeaineisto on koottu ke-
väällä ja kesällä 1982 metsäteollisuusyhtiöiden
metsistä Itä- ja Keski-Suomesta. Seuraavassa
asetelmassa on esitetty aineiston
muutamia yleispiirteitä.

Alue	Kuvioittaisen arvioinnin ajankohta	Arviointitapa	Kuviointi- pohja	Tiloja (± 500 — 1000 ha)	Tarkis- tettuja kuvioita
Area	Year of the original inventory	Method of the original inventory	Delineation Sub- basic areas 1 : 10 000		Checked compart- ments
A	1975	Maasto- arviointi <i>Field estimation</i>	Perus- kartta <i>Map</i>	1	33
B	1978	Maasto- arviointi <i>Field estimation</i>	Ilma- kuva <i>Aerial photo- graph</i>	2	70
C	1980	Helikopteri- arviointi <i>Helicopter estimation</i>	Ilma- kuva <i>Aerial photo- graph</i>	3	78
D	1982	Maasto- arviointi <i>Field estimation</i>	Ilma- kuva <i>Aerial photo- graph</i>	1	34

Kuvioittaisessa arvioinnissa mitatut van-
hat inventointitiedot saatettiin ajan tasalle

- mittaamalla käsitellyt kuviot uudelleen ja korjaamalla muuttuneet kuviorajat kartalle;
- laskemalla kasvu käsittelemättömille kuviolle.

1) Keväällä 1982 tarkistettiin inventoinnin
jälkeiset hakkuut ja korjattiin kuvionrajat ja
kartanselityskirjat vastaamaan todellisuutta.
Käsitellyt kuviot etsittiin yhteistyössä aluees-
ta vastaavien metsäammattimien kanssa
ja näille kuviolle haettiin maastosta uudet
kuviotiedot. Maasto- ja sisätyöhön kului ai-
kaa yksi päivä noin 150—350 hehtaaria koh-
ti, riippuen luonnollisesti inventoinnista ku-
luneesta ajasta ja käsiteltyjen kuvioiden mää-
rystä. Tarkistettuja maastopäivityskuvioita
oli vain tiloilla A ja B yhteensä noin 20 %
tarkistuskuvioista.

Tapahtuneiden toimenpiteiden toteamisessa
ja kuvionrajojen korjaamisessa ei ollut
käytettävissä ilmakuvia. Tuoreiden ilmakuvien
käyttäminen helpottaisi maastotyötä
ilmakuvilta selvästi näkyvien kohteiden —
kuten avohakkuualojen — osalta.

2) Koskemattomille kuviolle laskettiin ti-
lavuuskasvut Nyyssösen ja Mielikäisen (1978)
kasvufunktiolla. Inventoinnista kulunut ai-
ka ja kasvunlaskentajakso vaihteli nolasta

seitsemään vuoteen. Tilavuuskasvua selittävinä muuttujina olivat metsikön pääpuulaji, kasvupaikka ja kuviolle merkitty ikä (ikäluokan keskipiste) sekä puuston runkotilavuus. Laskettu tilavuuskasvu jaettiin piteuden ja pohjapinta- alan kasvuksi laskemalla Koiviston (1959) taulukoista iän ja metsätuypin mukainen keskipiteuden kehitys ja hakemalla sen jälkeen relaskooppitaulukoista uutta runkotilavuutta ja keskipiteutta vastaava pohjapinta-ala. Taimikoille, joiden keskipiteus inventointihetkellä oli alle 7 metriä, laskettiin vain piteuskasvu, joka perustui nuorista metsistä kerättyyn koepuuaineistoon. Kasvunlaskennan luotettavuutta on käsitelty liitteessä I.

32. Kuvioiden valinta

Valittaessa tarkistettavia kuvioita painotettiin pinta-alaltaan ja puustoltaan suuria kuvioita. Valinta tehtiin siten, että kunkin tilan kuvioista laskettiin kumulatiivinen tilavuussarja ja tästä sarjasta poimittiin tasavälein noin 10 kuvioita (vrt. Jonsson ja Lindgren 1978, s. 499).

Maastotyön jouduttamiseksi pidettiin tarpeellisena, että yhtenä päivänä mitattavat kuviot olisivat lähellä toisiaan samassa rypässä. Kymmenelle kuviolle valittiin kullekin kaksi satelliittia niiden viereisten viiden kuvion joukosta niin, että kaksi suuripuus- toisinta tuli valituksi.

Kesällä -82 tehtyjen maastotöiden päätavoitteena oli kuvioittaisen arvioinnin luotettavuuden selvittäminen ja otannalla pyrittiin paitsi objektiivisuuteen, myös työn joustavaan suorittamiseen. Silloin kun tavoitteena on laskea myös inventoinnin tuloksia, tarkistuskuvioiden otantaan kohdistuu suurempia vaatimuksia.

33. Kuvioilla tehtyt mittaukset

Kuvioittaisen inventoinnin tarkistuksessa otannan kohteena pidettiin karttakuvioita. Kuvioittaisessa arvioinnissa mitattujen tietojen katsottiin kuvaavan metsätaloustalokarttaan piirretyn ja maastossa paikallistettavissa olevan alueen ominaisuuksia. Tästä seuraa, että myös kuvion rajoittamisessa ja kartanpiir-

tuksessa tapahtuneet lipsahdukset sisältyivät kuvion arviovirheeseen. Mittauksessa ja tulosten laskennassa kuvionrajoista johtuvat arviovirheet pyrittiin erottamaan varsinaisista arviointivirheistä.

Kullakin kuviolla tehtiin systemaattinen koealaotanta niin, että linja- ja koeväli olivat yhtä suuret. Koealojen määrä kuviolla oli 5—11 siten, että suurikokoisille kuviolle — missä kuvion sisäisen hajonnan oletettiin olevan suuremman kuin pienillä kuviolla — niitä sijoitettiin keskimääräistä enemmän. Kuvioiden koko oli keskimäärin noin 4 ha ja koealoja oli kuviolla 6,5. Koealojen määrää vaihtelemalla pyrittiin yhtä luotettavaan tarkistustietoon kaikilla kuviolla.

Maastossa ja kartalla paikallistettavasta tukipisteestä lähtien koealojen paikat määritettiin metsätaloustalokartalle ja vastaavasti mitattiin niiden paikat maastossa (ks. kuva 1).

Jokaisesta koealasta täytettiin kuviolomake. Relaskooppikertoimella 2 koealaan kuuluvista puista mitattiin puulaji, läpimitta ja puuluokka. Luetuista puista yksi valittiin koepuiksi, josta mitattiin ikä ja piteus. Koealamittausten maastotyöohjeet on esitetty Mähösen (1984) ja Suutarlan (1984) opin- näytteissä.

Maastotyöt tehtiin kahden hengen työryhmällä, jolloin työsaavutus oli totutteluvaiheen jälkeen noin 3 kuviota päivässä, kun kuviot olivat lähellä toisiaan ja koealoja kuviolla keskimäärin 6,5. Maastotyöryhmän kaikki kustannukset olivat kuviota kohti noin 300 mk.

34. Tulosten laskenta

Tulosten laskentaa varten laadittua ohjelmistoa tehtäessä käytettiin hyväksi olemassa olevia ohjelmistoja kuten runkokäyriä ja muita puutunnusmalleja sekä korrelaatio- taulu- ja regressioanalyysiohjelmia. Laskentaohjelmiston kuvaus ja muuttujaluettelot löytyvät em. oppinäytteistä.

Muuttujat voidaan jakaa seuraaviin ryhmiin:

- 1) Kuvion yleistiedot.
- 2) Alkuperäiset kuviotiedot, jotka on päivitetty ajan tasalle joko maastossa tai kasvufunktiolla.
- 3) Tarkistusmittauksen koealojen kuviotunnusten keskiarvot.
- 4) Tarkistusmittauksen koealojen kuviotunnusten hajonnat.

Laskentaohjelmiston lyhentämiseksi kuviotunnusten keskiarvot ja hajonnat on laskettu myös sellaisista tunnuksista, jotka on mitattu muulla kuin suhdeasteikolla. Käyttäjän on muistettava, että näiden keskiarvoilla ja hajonnoilla ei ole yksiselitteistä merkitystä ja että ne antavat korkeintaan viitteellistä tietoa kuvien ominaisuuksista.

- 5) Koealoilta relaskoopikertoimella 2 luettujen puiden perusteella lasketut puustotunnukset. Puustotunnuksista on laskettu vain olennaisimmat.
- 6) Edellisten puustotunnusten koealojen väliset hajonnat.

- 7) Lukupuiden perusteella lasketut ja kertoimella 1 mitattua koealan pohjapinta-alaa vastaamaan korjatut puustotunnukset.
- 8) Edellisten hajonnat.
- 9) Muut.

Puiden luku koealalta voidaan tehdä millä tahansa relaskoopikertoimella. Samoin joissakin tapauksissa saattaa maastotyön jouduttamiseksi olla tarpeellista jättää puut kokonaan lukematta ja tyytyä ainoastaan koealojen kuvioriveille kirjattavaan tietoon. Tällaisessa tapauksessa tuloksia saadaan vain ryhmistä 1—4 ja 9.

4. TULOKSET

41. Kuvioiden tasaisuus

Taulukossa 1 on esitetty muutamien keskeisten kuviotunnusten keskimääräisiä hajontalukuja.

Edellä esitetyt luvut on laskettu osa-aineistosta, johon kuuluvat kuviot, joiden keskipituus alkuperäisessä inventoinnissa oli yli 5 m. Taulukosta poisjätettyjä taimikoita oli tarkistuskuvioista 16 %.

Pienempien, relaskoopikertoimella 2 mitattujen koealojen väliset pohjapinta-alan ja tilavuuden keskimääräiset hajonnat olivat suurempia kuin ylläolevassa taulukossa, esimerkiksi tilaryhmässä A + B 7,5 m²/ha ja 61 m³/ha, ja vastaavat variaatiokertoimet 38 ja 40 %. Pääpuulajeittain tarkasteltaessa männiköt ovat hieman kuusikoita tasaisempia.

Taulukko 1. Eräiden metsikkötunnusten kuvion sisäisen hajonta (S_m) relaskoopikertoimella 1 mitattujen koealojen perusteella.

Table 1. Mean standard deviation (S_m) and coefficient of variation within compartment according to (factor 1) relascope sample plots.

Alue Area	m ² /ha	G %	m	H %	m ³ /ha	V %
A + B	5,4	28	2,5	16	45	29
C	5,0	27	2,4	15	45	30
D	4,9	23	2,4	13	55	29
Poso (1983)		25—32		15—19		26—33

Poson (1983) yksityismetsistä esittämät vaihtelutunnusten arvot ovat samaa suuruusluokkaa tässä esitettyjen kanssa, vaikka mainitussa tutkimuksessa osa kuvioista oli mitattu käyttäen relaskoopikertoimella 2 rajoitettuja koealoja. Kuvioiden sisäisessä vaihtelussa ei näyttäisi täten olevan suuria eroja yhtiöiden ja yksityisten omistamissa metsissä. Poson aineistossa kuvioiden keskikoko oli noin puolet verrattuna tässä käsiteltyyn aineistoon. Vaikkei kuvioiden tasaisuus poikkeaisikaan eri omistajaryhmien metsissä, metsän yleisilme saattaa olla heterogeenisempi alueella, jossa kuviot ovat pienempiä.

Kuviorajojen virheellisyyksien vuoksi osa kuvion koealoista voidaan tulkita naapurikuvioon kuuluviksi. Tällaisia koealoja oli eniten alueella A, jossa kuviointi oli tehty ilman ilmakuvia. Mikäli nämä koealat otetaan mukaan laskentaan, suurenee tilaryhmän A + B päätunnusten kuvion sisäinen hajonta 2—3 %-yksikköä, muilla alueilla vähemmän. Kuvionrajoista johtuvissa virheissä on oleellista se, ovatko ne satunnaisia vai systemaattisia. Mikäli voidaan varmistaa, että kaikissa kehitysluokissa naapurikuvioon kuuluvia koealoja on yhtä paljon, ei ole vaaraa siitä, että joko suuri- tai pienipuustoisten kuvioiden rajat olisi piirretty systemaattisesti väärin.

Kuvion sisäisen hajonnan ja kuvion tarkistuskoealojen lukumäärän perusteella voidaan laskea arvio kuvion tarkistetun tiedon luotettavuudelle. Jos oletetaan, että tilavuuden hajonta kuviolla on 30 % ja koealoja ku-

violla keskimäärin 6,5, keskiarvon keskivirhe on noin 12 %. Satunnaisotannan kaavalla yliarvioidaan systemaattisen otannan keskivirhettä, mutta tarkkaa estimaattia systemaattisen otannan keskivirheelle ei voida johtaa. Lindgrenin (1984) mukaan yliarvio on noin 25 %.

42. Kuviotunnusten arviointivirheet

Kuviotunnusten arviointivirheellä tarkoitetaan tässä koelaloilta lasketun tunnuksen ja alkuperäisen (ja mahdollisesti päivitetyn) kuviotunnuksen erotusta. Tähän erotukseen sisältyy sekä varsinainen arviointivirhe että tarkistuksen satunnaisvirhe.

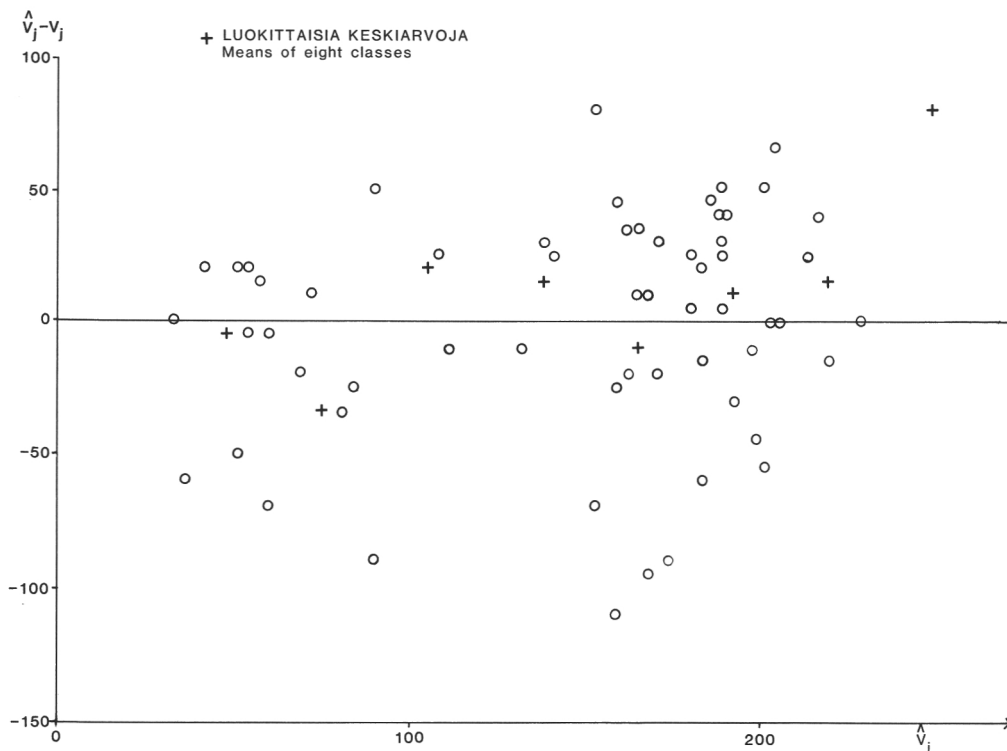
Jos oletetaan, että tarkistuksen satunnaisvirheen hajonta on 10 %, tulokseksi saadussa 15 %:n arviointivirheessä on tarkistuksen satunnaisvirhettä noin 4 % ja tällöin todellinen arviointivirhe on vain 11 %. 20 ja 30 %:n suuruisissa arviointivirheissä on tarkistuksesta johuttavaa ”yliarviota” vähemmän, vastaavasti

2—3 ja 1—2 %-yksikköä (vrt. Poso 1983, s. 321). Mitä luotettavampaa alkuperäinen arviointi on, sitä enemmän tarvitaan koelalo-kuvioilla luotettavuuden toteamiseksi.

Kuvassa 3 on Y-akselilla helikopteriarvioinnin (alue C) päivitetyn runkotilavuuden ja tarkistusmittauksessa saadun tilavuuden erotus muilla kuin taimikkokuvioilla. Erotusten hajonta on 43 m³/ha, joka on 29 % tilavuuksien keskiarvosta. Helikopterista arvioidut tilavuudet ovat keskimäärin harhatomia, mutta vähäpuustoisissa metsiköissä arviot ovat useammin ali- kuin yliarvioita ja runsaspuustoisissa metsiköissä päinvastoin. Arvioidun tilavuuden ja arviointivirheen välinen korrelaatio on kuvan 3 aineistossa 0,24.

Taulukossa 2 on esitetty eräiden metsikkötunnusten arviointivirheitä. Ylemmällä rivillä on arviointivirheen hajonta, johon ei sisälly systemaattista eroa, alemmalla rivillä on systemaattinen ero. Negatiivinen systemaattinen ero tarkoittaa, että tarkistusmittauksessa on saatu keskimäärin suurempia arvoja ja alkuperäiset arviot ovat aliarvioita.

Alkuperäisen kuviotiedon korjaaminen



Kuva 3. Runkotilavuuden arviointivirhe arvioidun tilavuuden funktiona helikopteriarvioinnissa.

Fig. 3. Differences between estimated and checked (V) volumes as a function of the estimated volume in area C. In this area original estimation method was ocular estimation from helicopter.

Taulukko 2. Päivitetyn kuviotiedon ja tarkistusmittausten erotusten hajonta ja variaatiokerroin (ylärivi), johon ei sisälly systemaattista eroa, sekä systemaattinen ero (alarivi).

Table 2. Standard deviation (Sk) and coefficient of variation of the differences between estimated and updated stand characteristics and checked ones (upper line). Systematic differences are not included in standard deviation and are presented in lower line.

Tila Area	Ikä — Age		G		H		V		D	
	a	%	m ² /ha	%	m	%	m ³ /ha	%	cm	%
A + B	18	27	4,2	21	2,6	17	37	24		
	-2	-2	0,3	2	0,0	0	6	4		
C			4,5	24	2,7	17	43	29		
			-0,4	-2	0,2	1	0	0		
D	12	15	3,3	16	2,1	11	29	15	2,2	10
	1	1	-0,1	-1	-0,6	-3	-14	-7	-1,0	-4

tehdään yksinkertaisesti vähentämällä systemaattinen ero alkuperäisistä kuvioiden tunnuksista. Lindgren (1982b) on esittänyt korjauksen tekemistä Ilvessalon (1923) tapaan kalibrointifunktion avulla. Korjauksen suuruus riippuu tällöin alkuperäisestä arviosta.

Taulukossa 2 vertaillut ikä ja pohjapinta-ala ovat kuvion tarkistuskoealojen keskiarvoja ja keskipituus runkolokusarjasta lasketun mediaanikeskiläpimitan paksuisen puun pituus. Tilavuus on mitatusta runkolokusarjasta (ks. s. 22) laskettu tilavuus korjattuna vastaamaan kertoimella 1 mitattua pohjapinta-alaa. Mikäli pohjapinta-alaa ei ole alkuperäisessä inventoinnissa mitattu, on se johdettu relaskooppitaulukoiden avulla tilavuudesta ja keskipituudesta.

Poson (1983, s. 335) esittämä, harhan sisältävä tilavuuden arvioinnin variaatiokerroin oli tilasta ja arvioijasta riippuen 29—38 %. Samaan luotettavuuteen on tämän tutkimuksen mukaan päästy helikopteriarvioinnilla alueella C.

Tarkistusmittauksissa relaskooppikertomella 2 luettujen puiden ja kertomella 1 mitattujen pohjapinta-alojen arvot poikkesivat tilaryhmillä systemaattisesti toisistaan 4—8 % niin, että kertomella 1 mitatut pohjapinta-alat olivat pienempiä. Jos taulukon 2 tulokset lasketaan pitäen kertoimella 2 luettujen puiden pohjapinta-alaa oikeana, pienemistä koaloista seuraa tarkistuksen satunnaisvirheen suureneminen. Tällöin pohjapinta-alan ja tilavuuden erotusten hajonta suurenee muutamalla prosenttiyksiköllä, eniten tilalla D, jossa varsinainen arviovirhe on pieni.

Silmävaraisen relaskooppihavainnon ali-

arvio verrattuna lukupuista saatuun tulokseen voi aiheutua joko relaskooppimenetelmän alttiudesta tällaiselle virheelle tai mitaajien ominaisuuksista. Mikäli ilmiö johtuu arvioijatyypeistä, aliarvioijia näyttäisi löytyvän yliarvioijia enemmän (ks. Nyssönen, Kilkki ja Mikkola 1967, s. 16, Suutarla 1984, Mähönen 1984).

Alueen D kuviot oli arvioinut kokenut ammattimies, joten alueen tulokset antavat kuvaa kuvioittaisen arvioinnin luotettavuudesta parhaimmillaan. Kun otetaan huomioon tarkistuksen satunnaisvirheen vaikutus, alueen D arviointivirheen hajonnaksi saadaan noin 11 %. Lopullisia päätelmiä kuvioittaisen arvioinnin mahdollisuuksista ei kuitenkaan tämän aineiston perusteella voida tehdä, koska tähän tarkoitukseen koelamäärä kuviota kohti on liian pieni.

Absoluuttinen arviovirheen hajonta suurenee ja variaatiokerroin pienenee kuvion puuston suurentuessa. Taulukon 2 tilaryhmien A + B ja C tarkistuskuvioiden keskitilavuus oli noin 150 m³/ha, mutta tilalla D vastaava tunnus 190 m³/ha.

Taulukossa 3 on runkotilavuuden hajonnan variaatiokerroin ja systemaattinen ero eritelty puulajeittain.

Helikopteriarvioinnissa männiköt näyttävät tulleen arvioiduiksi kuusikoita luotettavammin. Männiköt ja kuusikot olivat keskittyneet eri tiloille, joten em. tulos saattaa johtua myös erilaisista arvioimisolosuhteista.

Männiköiden maastoarviointi alueella D on niinkään onnistunut kuusikoita paremmin. Tässä tapauksessa tulokseen ovat ainakin jonkin verran vaikuttaneet eri arvioijat tilan männikköisissä ja kuusikkoisissa osissa.

Taulukko 3. Runkotilavuuden arviovirheet jaoteltuna metsikön pääpuulajin perusteella.
Table 3. Coefficient of variation and systematic difference of estimated and checked volumes in Scots pine and other tree species compartments.

Alue Area	Männiköt Scots pine compartments		Kuusikot ja sekametsät Norway spruce and mixed species compartments	
	Var.kerr., % Coeff. of variation	Syst. ero, % Systematic difference	Var.kerr., % Coeff. of variation	Syst. ero, % Systematic difference
A + B	27	-2	22	8
C	19	7	33	-5
D	16	-4	13	-13

43. Alueen puuston keskitilavuus ja sen luotettavuus. Laskentaesimerkki

Tilaryhmän B toisen tilan metsämaan puuston kehitysluokittaiset ja kokonaistulokset on laskettu taulukoihin 4 ja 5. Kuvioittaisesta arvioinnista oli kulunut 4 vuotta, jona aikana käsitellyt kuviot, noin kuudessa, käytiin tarkistamassa maastossa ja lopuille laskettiin kasvut Nyyssösen ja Mieli-käisen (1978) yhtälöillä. Taimikoiden tilavuuskasvu (V_t) laskettiin valtakunnan metsien inventoinnin aineistosta taulukoitujen taimien pituuskasvujen (I_h) avulla:

$$(6) \quad V_t = 7,5 I_h$$

Luvussa 32. kuvatulla menetelmällä tehdyn kuvio-otannan tuloksista laskettiin kehitysluokittaiset korjaukset. Laskennassa yhdistettiin kehitysluokat 3 ja 4 (taulukko 4). Näiden perusteella lasketut korjatut tulokset on esitetty taulukossa 5.

Korjaus on laskettu relaskooppikertoimella 2 luettujen puiden perusteella, koska näiden oletettiin olevan luotettavampia kuin relaskooppikertoimella 1 mitatut tiedot. Kuviokohtaisen arviovirheen hajontaa laskettaessa pienten koalojen suuremmasta hajonnasta saattaa olla enemmän haittaa kuin pienestä harhasta. Tilan kokonaistulosten laskennassa vaaditaan kuitenkin harhattomia mittauksia.

Suurin osa esimerkkitalan kuvio-otannan naapurikuvioille osuneista koaloista oli pienempipuustoisia kuin se, johon ne kartan mukaan kuuluivat. Kun ei voitu varmistua

Taulukko 4. Ositteiden ja koko alueen tulokset.
Table 4. Results of three strata and total area.

	Kehitysluokaryhmä Treatment class group		
	0-1	2	3-4
N_h , ha	489	337	119
S_h , m ³ /ha	14,2	23,1	32,1
n_h , kpl	4	15	14
Korjaus, Correction, m ³ /ha	2,2	-2,2	11,1

Taulukko 5. Korjaamattomat ja korjatut tulokset tilalle B1.

Table 5. Original and adjusted results (derived from estimated and updated compartment volumes) for area B1.

	Kehitysluokka — Treatment class				Yhteensä Altogether
	0-1	2	3	4	
Pinta-ala, ha Area, ha	489	337	91	28	945
Korjaamaton tilavuus, m ³ Volume, m ³	4660	24108	18416	4742	51926
Korjattu tilavuus, m ³ Volume, m ³	5736	23367	19426	5053	53582

kuvionrajausvirheiden satunnaisuudesta, käytettiin tuloksia, joihin sisältyivät kaikki mitatut koalat.

Keskitilavuuden estimaatin luotettavuus ($S_{\bar{x}}$) on laskettu ositetun otannan kaavaa soveltamalla:

$$(7) \quad S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{1}{N^2} \sum \frac{N_h^2 \cdot S_h^2}{n_h} \left(1 - \frac{n_{ah}}{N_h}\right)}, \text{ missä}$$

s_h^2 = kehitysluokan h tarkistettujen kuvioiden hehtaarikohtaisten erojen avulla laskettu varianssi.

n_{ah} = ositteen h tarkistuskuvioiden pinta-ala

N = alueen kokonaispinta-ala

N_h = ositteen h pinta-ala

n_h = tarkistuskuvioiden määrä ositteessa h

Kaavaa (7) käyttämällä saatiin tilan keski-kuutiomäärän keskivirheeksi 4,2 m³/ha, joka on 7,3 % keskitilavuudesta.

Luvussa 23. esitettyä regressioestimoinnin tulosten luotettavuuden laskentatapaa käytettäessä saatiin mallin (4) jäännöstermin va-

rianssikaavan verrannollisuuskertoimen arvoksi 0,85.

Tällä tavoin laskettu kokonaistilavuuden arviovirhe oli 3100 m³ eli 5,9 %. Kun metsä-

maan ala tunnetaan tarkasti, em. variaatiokerroin pätee myös keskitilavuudelle. Regressioestimointi antoi siis pienemmän keski-
virheen arvion kuin kehitysluokittain ositus.

5. PÄÄTELMÄ

Keskipuustoltaan 100 m³/ha ja arviovirheiltään esimerkkitalan kaltaiselta alueelta päästään ± 5 % keskivirheeseen mittaamalla vajaat 30 tarkistuskuviota. Aikaa tähän kuluu kahden hengen ryhmältä noin 10 päivää. Linjoittaisessa koala-arvioinnissa vastaavaan luotettavuuteen tarvitaan noin 200 koalaa (Nyyssönen 1983), joiden mittausaika on osapuilleen samansuuruinen. Näin pelkän keskitilavuuden mittaamisessa kuviotarkistus on tehokkuudeltaan samaa luokkaa systemaattisen koala-arvioinnin kanssa.

Jos inventointituloksia halutaan ositteittain, kuviotarkistuksen otantaa voidaan ohjata tehokkaasti muodostamalla ositteet alkuperäisten kuviotietojen mukaan. Systemaattisessa koala-arvioinnissa on mahdollista ainoastaan tihentää koko koalaverkkoa, jolloin kenties suurikin osa koaloista osuu aukkoihin, taimikoihin tai muuten epäkiinnostaviin osiin aluetta.

Kuviotarkistuksessa saadaan samalla tietoa kuviotietojen luotettavuudesta yleensä. Valitsemalla tarkistuskuviot sopivasti voidaan myös arvostella eri arviomiesten työn jälkeä ja kartoittaa jatkokoulutuksen tarvetta. Systemaattinen koala-arviointi tarjoaa mahdollisuuden vain suurehkojen alueiden eri lähteistä saatujen tunnusten vertailuun.

Kuvioittaisen arvioinnin tarkistamiseksi kerätty aineisto antaa mahdollisuuden metsikkö- ja puutunnusten välisten riippuvuuk-
sien tutkimiseen tarkistusalueella. Jos koepuita mitataan, voidaan laskea myös puutunnusfunktioita. Silloin kun alkuperäinen kuviotieto on päivitetty vanhasta inventoin-

nista, jossa ei kenties ole mitattu kaikkia tarvittavia tunnuksia, voidaan malleilla jonkin verran korvata puuttuvia tietoja. Puustotunnusmallien laadinta on luonnollisesti samalla tavalla mahdollista myös koala-arvioinnin koepuista, mikäli myös metsikkötunnukset on mitattu.

Kuviotietojen päivittämisjärjestelmässä kasvumalleilla on keskeinen osa. Tarkistuskoalojen puut voidaan merkitä niin, että mittaukset ovat toistettavissa 5—10 vuoden kuluttua. Näin syntyvää pysyvien koalojen aineistoa voidaan käyttää alueellisten puutai metsikkökohtaisten kasvumallien laadintaan tai olemassaolevien kasvumallien tarkistamiseen. (vrt. Johnston & Bradley 1964). Relaskoopikoaloja käytettäessä on suositeltavaa perustaa pysyvä koala uudelleen uusintamittauksessa mittaamalla myös uudet mukaantulevat puut. Näin toista kasvunlaskentakautta varten saadaan edustavampi kuva kuvion puustosta kuin pelkästään alkuperäisten puiden perusteella.

Kasvumallit ovat tarkistettavissa myös kairamalla koepuista kasvulastu. Kairausmenetelmällä tulokset saadaan nopeasti mutta pitkän ajan seurantaan kairatut puut eivät enää kelpaa.

Uusien hakkuulaskelmien ja muiden suunnittelumenetelmien käyttöönotto asettaa lähtötiedoille entistä suuremmat vaatimukset. Kuvioittaisen koalatarkistuksen käyttäminen suo monia etuja ja avaa metsien inventointiin uusia näköaloja. Olemassaolevan tiedon tehokas hyödyntäminen edellyttää käyttäjältä kuitenkin ammattitaitoa ja kehitynyttä tietojenkäsittelyjärjestelmää.

KIRJALLISUUS—REFERENCES

- Gustavsen, H.G. 1977. Valtakunnalliset kuutiokasvu-yhtälöt. Abstract: Finnish volume increment functions. *Folia For.* 331. 37 s.
- Ilvessalo, Y. 1923. Tutkimuksia yksityismetsien tilasta Hämeen läänin keskiosissa. Referat: Untersuchungen über den Zustand der Privatwälder in den mittleren Teilen des Läns Tavastehus. *Acta For. Fenn.* 26: 1—137, 1—15.
- Johnston, D. & Bradley, B. 1964. Developments in Yield Control and Inventory in British Forestry. *Forestry* 37: 21—30.
- Jonsson, B. & Lindgren, O. 1978. En metod för uppskattning av ett skogsinnehav och för kalibrering av okulärskattade värden. A method for estimating properties of a forest and for calibration of ocular estimates. *Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift* 76: 493—505.
- Koivisto, P. 1959. Kasvu- ja tuottotaulukoita. Growth and yield tables. *Commun. Inst. For. Fenn.* 51(8). 49 s.
- Lindgren, O. 1982a. Urvalsplaner för cirkelyteinventerings i fas 2. — Några reflexioner. *Konekirjoite*. 4 s.
- 1982b. Tvåfassampling — ett effektivt sätt att samordna fältdata insamlingen. *Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift*. 5. 10 s.
- 1984. A study on circular plot sampling of Swedish forest compartments. En studie av avdelningsvis cirkelyteinventering. *Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för biometri och skogsindelning. Rapport* 11. 153 s.
- Matérn, B. 1971. Sampling. Del. 1. Institutionen för skoglig matematisk statistisk skogshögskolan. Serien kompendier 2. Stockholm.
- Mähönen, M. 1984. Kuvioittaisen arvioinnin luotettavuus. Pro gradu-työ Helsingin yliopisto, metsänarvioimistieteen laitos. 56 s., 6 liites.
- Nyssonen, A. 1954. Metsikön kuutiomäärän arvioiminen relaskoopin avulla. Summary: Estimation of stand volume by means of the relascope. *Commun. Inst. For. Fenn.* 44(6). 31 s.
- 1983. Metsän arvioiminen. Tapion Taskukirja. 19. uudistettu painos. Kirjayhtymä. Helsinki.
- , Kilkki, P. & Mikkola, E. 1967. On the precision of some methods of forest inventory. Seloste: Eräiden metsänarvioimismenetelmien tarkkuudesta. *Acta For. Fenn.* 81(4). 60 s.
- & Mielikäinen, K. 1978. Metsikön kasvun arviointi. Summary: Estimation of stand increment. *Acta For. Fenn.* 163. 40 s.
- Poso, S. 1979. Kuvioittainen arviointi — ajankohtainen tutkimuskohde. *Metsä ja Puu* 3, s. 25—27.
- 1983. Kuvioittaisen arvioimismenetelmän perusteita. Summary: Basic features of forest inventory by compartments. *Silva Fennica* 17(4): 313—349.
- Purola, M. 1983. Silmävaraisen arvioinnin tarkkuus metsätaitokilpailuissa. Pro gradu-työ. Helsingin yliopisto, metsänarvioimistieteen laitos. 94 s., 13 liites.
- Suutarla, I. 1984. Kuvioittaisen inventoinnin päivitys ja sen luotettavuus. Pro gradu-työ. Helsingin yliopisto, metsänarvioimistieteen laitos. 47 s.
- Ventola, K. 1980. Kuvioittaisen silmävaraisen arvioinnin tarkkuus ja arviointitarkkuuden kehitys arviointikautena. *Laudaturtyö*. Helsingin yliopisto, metsänarvioimistieteen laitos. 58 s.
- Vuokila, Y. 1959. Relaskoopimenetelmän tarkkuudesta puuston arvioinnissa. Summary: On the accuracy of the relascope method of cruising. *Commun. Inst. For. Fenn.* 51(4). 62 s.
- 1965. Functions for variable density yield tables of pine based on temporary sample plots. Lyhennelmä: Tilapäiskoealoihin perustuvat yhtälöt männyn kasvu- ja tuottotaulukoita varten. *Commun. Inst. For. Fenn.* 60(4). 86 s.
- & Väliaho, H. 1980. Viljeltyjen havumetsiköiden kasvatusmallit. Summary: Growth and yield models for conifer cultures in Finland. *Commun. Inst. For. Fenn.* 99(2). 271 s.

Total of 22 references

SUMMARY

On the checking of inventory by compartments

A compartment is a homogeneous area of the forest and it is used as a practical forest regulation unit. In Finnish conditions, a compartment is often a forest stand. Forest inventory by compartments includes the delineation of the compartment and estimation of the site and stand characteristics.

In the estimation of the stand characteristics there occur systematic and random errors: their magnitude depends on the method used and on the experience of the surveyor. In this paper a method is discussed in which the magnitude of the errors is investigated and its systematic component corrected. The method was introduced by Cajanus (1913) and further developed by Jons-son and Lindgren (1978).

First, the differences between the real and estimated values of the compartment characteristics are derived. The real values are derived by measuring a sample of 5—12 sample plots in a compartment (Fig. 1).

Secondly, values of all compartments are corrected by the correction factor, derived on the basis of the difference or ratio between estimated and checked volumes. An estimate for mean volume for a forest area can be calculated by formula (2) and rough estimate of the standard error by formula (3). A more sophisticated method for estimating the standard error of the total volume of the area is presented in formulae (4) and (5). The latter method is based on summing up the compartment error variances — derived by a variance function derived from the checked compartments — of whole forest area.

The field material was measured in 1982 and consists of 7 study areas including 30—40 checked compartments each. The original inventory by compartments was made by different methods from 0 to 7 years before checking. Compartments cut after inventory were measured again before checking, and the untreated compartments were updated using standwise growth functions. The field data are described in Chapter 31. The area D was mainly inventoried by an experienced surveyor and demonstrates the accuracy of the ocular estimation at its best.

The checked compartments were selected by weighting the probability of selection by the total volume of the compartments.

In every checked compartment 5—10 relascope plots were measured. Trees were tallied, and age and height of the median basal area tree were measured. When the

borderline of the compartment was attached, a sector sample plot was taken.

The checked values were computed mainly as means of the sample plot values. The checked volume was computed on the basis of measured stem heights and tallied stem-diameter distribution.

The results of the field study are summarized in Tables 1, 2 and 3. In Table 1, the variation within compartment is presented, omitting the young stands with volume less than 30 m³/ha. Variation seems to be at the same level in every area, probably due to the fact that the homogeneity of the compartment has been the main basis of the original delineation.

The standard deviations between checked and estimated values are presented in Table 2. The standard deviation of the original estimates can be derived by reducing the standard error in checking by formula (1).

According to Table 3, tree species may be one possible basis in stratification in deriving the correction factors.

A 946 ha forest area, where a total volume of 51 926 m³ has been inventoried ocularly, is used as an example. 33 compartments were checked and 3 strata made of treatment classes (see Table 4). After corrections by the stratas, total volume increased to 53 582 m³ (Table 5).

The standard error of the volume derived by the stratified random sampling estimator (7), was 7.3 % of the mean volume. The regression method (Formula (5)) gave standard error of 5.9 %. The difference between the two standard error estimates is due to the different weighting of the checking information.

Usually there is no clear reduction of costs when using compartment checking in place of a systematic sample plot inventory. In many cases, however, it is useful to employ the original ocular inventory information in stratification. In addition, by using the checking method, it is possible to determine the reliability of the ocular estimated characteristics and also use the checking data for standwise functions. In all, the checking method offers new ways to develop the forestry information system.

The appendix discusses the accuracy of the growth simulation on the basis of erroneous data. Volume simulation is considered as an alternative to the new ocular inventory. A new inventory is needed after a shorter time period in young stands; the growth percentage is rather low in old stands.

Liite

Kuviotietojen päivitys kasvumalleilla

Päivitys tarkoittaa aiemmin tehdyn kuvioarvioinnin tietojen muuttamista siten, että ne vastaavat nykyhetkeä.

Kuvioilla, jotka on käsitelty edellisen inventoinnin jälkeen, on useimmiten luotettavinta tehdä maastoarviointi, jossa kuviolle mitataan uudet tunnuksat ja rajat. Tuoreiden ilmakuvien avulla voidaan maastotyötä keventää ainakin avohakkuiden osalta. Harvennushakkuiden jäljet voidaan joissakin tapauksissa myös arvioida ilman maastokäyntiä vanhan keskipituustiedon ja harvennusohteen mukaisen pohjapinta-alan avulla. Lepokuvioille voidaan kasvu laskea kasvufunktiolla.

Puustotunnusten kehitystä kuvaavia kasvufunktioita on laadittu sekä keskmääräisille talousmetsille että hoitetuille metsille (esim. Gustavsen 1977, Nyssösen ja Mielikäisen 1978, Vuokila 1965, sekä Vuokila ja Väliaho 1980).

Tavallisimmat puuston tilavuuskasvun selittäjät ovat puuston ikä ja tilavuus sekä valtapituus.

Kasvufunktiot antavat metsiköille todellisista kasvuista poikkeavia kasvuja mm. seuraavista syistä:

1. Ilmaston vaihtelu. Ilmaston muutoksista aiheutuvat systemaattiset kasvun muutokset selvitetään ns. kasvuindeksisarjojen avulla tai tutkimalla ilmaston ja kasvun riippuvuutta.

2. Kasvufunktioiden laadinta-aineiston ja soveltamisaineiston yhteensopimattomuus. Puuston rakenteen, kasvupaikkojen, alueiden tms. eroista johtuvia kasvun virheitä voidaan pienentää mittaamalla soveltamisalueen metsiköistä kasvuja ja korjaamalla kasvufunktioiden taso vastaamaan mittaustietoja.

3. Kasvufunktioiden virheellinen käyttö. Kasvufunktiot on tavallisesti laadittu lyhyen jakson kasvumittauksen perusteella ja yleensä tavoitteena on ollut lyhyen jakson kasvun ennustaminen. Näin ne saattavat antaa pitkän ajan kasvun määrään systemaattisia virheitä.

Esimerkiksi Nyssösen ja Mielikäisen kasvuyhtälöt antanevat hakkaamattomille metsiköille pitkän ajan tuotokseksi liian suuria lukuja, vaikka lyhyen ajan kasvu olisikin harhaton. Eräänä syynä yliarvioon on se, että luonnonpoistuma jää huomiotta.

4. Kasvufunktioiden satunnainen jäännösvaihtelu. Jäännösvaihtelu johtuu kasvupaikkojen sekä puuston tunnusten karkeasta kuvaamisesta sekä geneettisestä tms. vaihtelusta, jota funktioissa ei ole voitu ottaa huomioon.

5. Selittävien muuttujien arvioinnin satunnaisvirheet.

Mikäli kuviotiedot päivitetään maastomittauksin kuvion käsitteilyn jälkeen, kasvufunktiolla tarvitsee puuston kehitystä ennustaa yleensä korkeintaan 20 vuotta eteenpäin. Kasvun estimoinnissa käytettävien muuttujien virheelliset lähtöarvot vaikuttavat sitä vähemmän mitä lyhyempi ennustejakso on.

Kasvufunktioiden jäännösvaihtelun ja selittävien muuttujien arviovirheen vaikutusta (kohdat 4 ja 5) tutkittiin simulointikokeella, jossa oletettiin, että syste-

maattisia virheitä ei ole.

Kasvuä simuloitiin Nyssösen ja Mielikäisen (1978) funktioilla, joissa kasvua selittävät puulaji, metsätyyppi, ikä ja runkotilavuus. Kasvun tasoa muutettiin korjauskertoimella 0,9.

Kokeessa eri-ikäisiä ja runkotilavuudeltaan erilaisia metsiköitä kasvatettiin 20 vuotta eteenpäin niin, että ikää lisättiin yhdellä vuodella ja runkotilavuutta kasvun määrällä kunakin vuonna.

”Oikea” tulos saatiin lisäämällä funktioilla saatua kasvuun normaalisti jakautunut satunnaistekijä, jonka hajonta oli 22 % kasvusta. Satunnaistekijä pidettiin samana kasvunlaskentajakson ajan. Nyssösen ja Mielikäisen mallin jäännösvaihtelu oli laadinta-aineistossa 17 % ja Gustavsenin mallin (1977) 30 %.

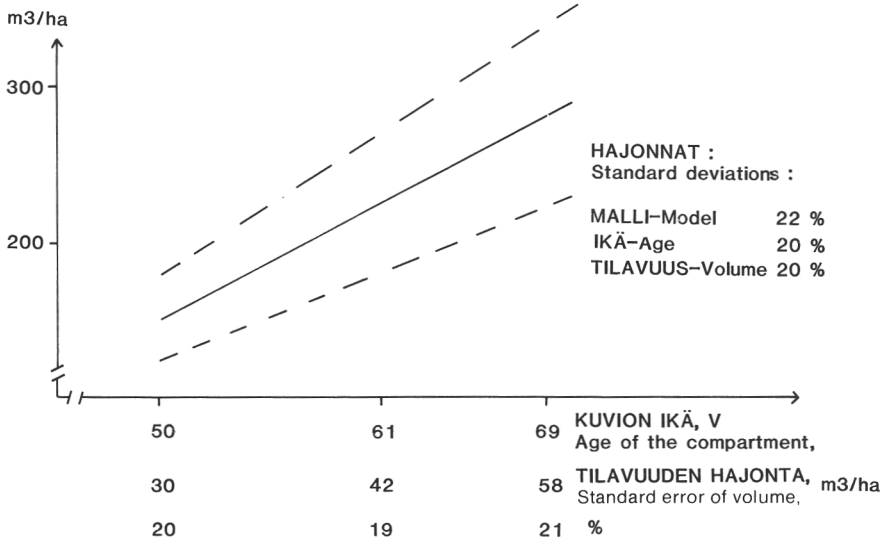
”Virheellinen” tulos saatiin lisäämällä alkutilanteesta ikään ja tilavuuteen normaalisti jakautuneet satunnaistekijät, jotka kuvaavat näiden tunnusten arviovirhettä. Näin saatuja virheellisiä tunnuksia kasvatettiin laskentajakson ajan. Iän ja tilavuuden arviovirheet oletettiin tässä toisistaan riippumattomiksi.

Simulointi toistettiin 300 kertaa niin, että satunnaistekijät muuttuivat joka kerralla. Oikeiden ja virheellisten simulointitulosten erotusten keskiarvot ja hajonnat laskettiin eripituusille laskentajaksoille. Liitekuvasa 1 on esimerkki kasvufunktion, iän ja tilavuuden virheiden yhteisvaikutuksesta. Kuvassa yhtenäinen jana esittää puuston määrän keskimääräistä kehitystä ja katkoviivat rajaavat sen alueen, millä on normaalijakauman mukaan 68 % metsiköistä.

Liitekuvasa 1 nähdään, että alkuperäinen tilavuuden arviointivirhe (30 m²/ha ja 20 %) kasvaa kasvunlaskennan seurauksena yli kaksinkertaiseksi kahdessa kymmenessä vuodessa. Kun puusto kasvaa samassa ajassa kaksinkertaiseksi, ei suhteellinen virhe kasva paljoa alkuperäisestä.

Liitetaulukossa 1 on havainnollistettu eri suuruuksien virheiden vaikutusta erilaisissa männiköissä. Kasvufunktion jäännösvaihtelu on 22 %, iän ja tilavuuden hajonta vaihtelee alkutilanteesta 10 ja 30 %:n välillä. Kolme perättäistä lukua ilmaisee runkotilavuuden hajonnan 3, ja 11 sekä 19 vuoden kuluttua, ylempi luku sarja kuutiometreinä, alempi prosentteina. Kuusikoissa ja männiköissä tulokset ovat samansuuntaisia: tarkasti arvioidujen nuorten metsiköiden tilavuusarvion luotettavuus heikkenee nopeimmin. Vanhoissa metsiköissä, missä kasvun suhde koko puustoon on pienimmillään, 20 vuodenkaan aikana ei kasvun laskenta ehdi tuottaa kovin suuria virheitä.

Satunnaisvirheistä näytti joskus syntyvän 20 vuoden kuluttua pieniä, alle 5 %:n suuruisia systemaattisia yliarvioita puuston tilavuuteen. Nämä aiheutuivat muutamista epätavallisen nuoriksi simuloituista metsiköistä, joissa kasvu saatiin poikkeuksellisen suureksi. Käytännön arvioinnissa tällainen virheiden yhdistelmä — pieni ikä ja suuri puusto — ei tulle kysymykseen. Arviovirheiden riippumattomuusoletuksesta ja kasvumallin virheen muuttumattomuusoletuksesta johtuen satunnaisvirheen



Liitekuva 1. Satunnaisvirheiden yhteinen vaikutus männikön puuston tilavuuden simuloinnissa. Ehjä viiva kuvaa kuvion puuston todellista kehitystä 19 vuoden aikana.
Appendix fig. 1. Effect of the random errors in simulation of the compartment volume. Straight line: true development of the volume.

Liitetaulukko 1. Runkotilavuuden arvion luotettavuuden muuttuminen tilavuuskasvua simuloitaessa.
Appendix table 1. Standard deviation of the volume in 19 years due to the volume growth functions and erroneous data.

Alkutilanne: ikä ja tilavuus Age and volume at the beginning of the growth simulation		Iän ja tilavuuden arviovirheen hajonta Deviation in the volume and age in the beginning								
		10 %			20 %			30 %		
a	m ³ /ha	3	11	19	3	11	19	3	11	19
30	60	7	21	41	14	29	52	20	41	69 m ³ /ha
		10	16	21	19	23	27	29	32	35 %
50	150	15	25	39	31	42	58	46	64	86 m ³ /ha
		10	11	14	19	19	21	29	29	31 %
90	260	27	33	40	51	58	67	78	89	104 m ³ /ha
		10	10	11	19	19	19	29	29	30 %

lisääntyminen kasvunlaskennan takia tulee tässä kokeessa jonkin verran yliarvioitua.

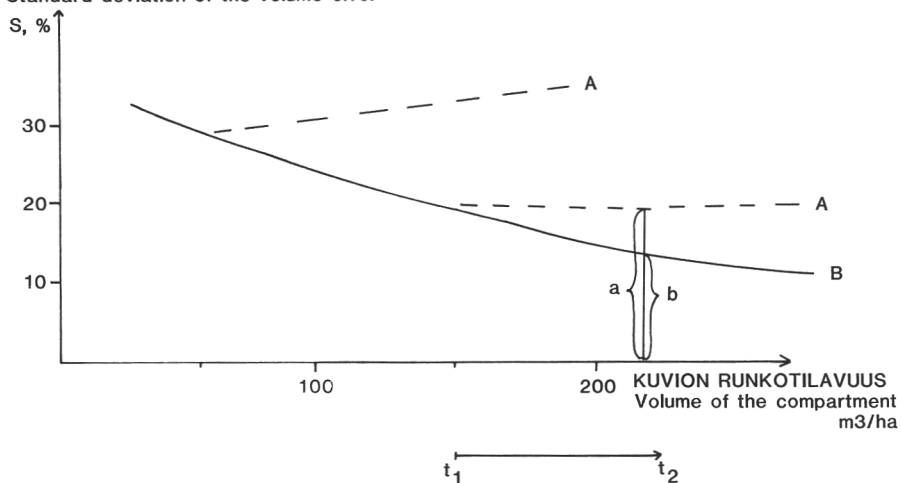
Suurimman ongelman muodostavat kuitenkin systemaattisten virheiden vaarat, jotka tässä simulointikokeessa on jätetty huomiotta. Näitä virheitä voidaan pienentää mittaamalla soveltamisalueelta tarkistusaineistoa.

Liitekuvasa 2 on havainnollistettu päätöksentekotilannetta, jossa on valittava vanhan inventointitiedon perusteella simuloimisen ja uuden mittauksen välillä. Yhdenäinen viiva kuvaa suhteellista arviovirhettä puustoltaan erilaisissa metsäkoissa ja katkoviivat simuloinnista

aiheutuvaa virhettä (ks. liitetaulukko 1).

Jos esimerkiksi hetkellä t_1 inventoitu tilavuudeltaan 150 m³/ha kuvio mitataan uudelleen samalla menetelmällä 10 vuoden kuluttua, jolloin sen tilavuus on noin 220 m³/ha, oletettu arviovirhe on b. Jos alkuperäisestä 150 m³/ha simuloidaan 10 kasvukauden kasvu, virhe on taulukon mukaan a:n suuruinen. Uudelleenmittauksen hyöty on siis virheen pieneminen a:sta b:hen. Suutarla (1984) on saanut 6–9 vuotta sitten inventoiduille kuvioille suhteen a:b suuruudeksi keskimäärin 6:5.

VIRHEEN HAJONTA
Standard deviation of the volume error



Liitekuva 2. Runkotilavuuden arviovirheen hajonnan (B) ja simulointivirheen (A) vertailun periaate. Maastoarvioinnin hyöty on virheen pieneminen a:sta b:hen. Esimerkissä $t_2 - t_1$ on 10 vuotta.

Appendix fig. 2. Comparison of the error deviations in simulated (A) and measured (B) compartments. The benefit due to the field measurement is the decrease of the error deviation from a to b, which difference increases in the time being. In this case the time interval between t_1 and t_2 is ten years.

MERKINNÄT — SYMBOLS

A	Pinta-ala, ha <i>Area, ha</i>	S_a	Kuvion arviointivirheen hajonta <i>Standard deviation of the estimation of the compartment characteristics</i>
D	Puuston keskiläpimitta (d_{gM}), cm <i>Mean diameter (d_{gM}), cm</i>		Tarkistusmittauksen ja arvioidun arvon erotusten hajonta
G	Puuston pohjapinta-ala, m ² /ha <i>Basal area, m²/ha</i>	S_k	<i>Standard deviation between checked and estimated characteristics</i>
h	Ositteen numero <i>Number of the strata</i>		Kuvion sisäinen hajonta tarkistuskoealojen perusteella
H	Puuston keskipituus, m <i>Mean height of the compartment, m</i>	S_m	<i>Standard deviation within compartment according to the checking sample plots</i>
i	Kuvion numero <i>Number of the compartment</i>	S_t	Tarkistusmittausten keskivirhe <i>Standard error of the checked values of the compartments</i>
I	Taimikoiden pituuskasvu <i>Height increment in young stands</i>	V	Puuston tilavuus, m ³ /ha <i>Stem volume, m³/ha</i>
n	Koealojen määrä tarkistuskuviolla <i>Number of the sample plots in the checked compartment</i>	V_i	Kuvion i tarkistettu tilavuus <i>Checked volume of the compartment i</i>
N	Tarkistuskuvioiden määrä <i>Number of the checked compartments</i>	Ve_i	Kuvion i arvioitu tilavuus <i>Estimated volume of the compartment i</i>

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

Tutkimusosastot — *Research Departments*

Maantutkimusosasto
Department of Soil Science

Suontutkimusosasto
Department of Peatland Forestry

Metsänhoidon tutkimusosasto
Department of Silviculture

Metsänjalostuksen tutkimusosasto
Department of Forest Genetics

Metsänsuojelun tutkimusosasto
Department of Forest Protection

Metsäteknologian tutkimusosasto
Department of Forest Technology

Metsänarvioimisen tutkimusosasto
Department of Forest Inventory and Yield

Metsäekonomian tutkimusosasto
Department of Forest Economics

Matemaattinen osasto
Department of Mathematics

Metsäntutkimusasemat — *Research Stations*

Parkanon tutkimusasema
Parkano Research Station
Os. — *Address:* 39700 Parkano, Finland
Puh. — *Phone:* (933) 2912

Muhoksen tutkimusasema
Muhos Research Station
Os. — *Address:* Kirkkosaarentie, 91500 Muhos, Finland
Puh. — *Phone:* (981) 431 404

Suonenjoen tutkimusasema
Suonenjoki Research Station
Os. — *Address:* 77600 Suonenjoki, Finland
Puh. — *Phone:* (979) 11 741

Punkaharjun jalostuskoasema
Punkaharju Tree Breeding Station
Os. — *Address:* 58450 Punkaharju, Finland
Puh. — *Phone:* (957) 314 241

Ojajoen koasema
Ojajoki Experimental Station
Os. — *Address:* 12700 Loppi, Finland
Puh. — *Phone:* (914) 40 356

Kolarin tutkimusasema
Kolari Research Station
Os. — *Address:* 95900 Kolari, Finland
Puh. — *Phone:* (9695) 61 401

Rovaniemen tutkimusasema
Rovaniemi Research Station
Os. — *Address:* Eteläranta 55
96300 Rovaniemi, Finland
Puh. — *Phone:* (960) 15 721

Joensuun tutkimusasema
Joensuu Research Station
Os. — *Address:* PL 68
80101 Joensuu, Finland
Puh. — *Phone:* (973) 28 331

Kannuksen tutkimusasema
Kannus Research Station
Os. — *Address:* PL 44
69101 Kannus, Finland
Puh. — *Phone:* (968) 71 161

Ruotsinkylän jalostuskoasema
Ruotsinkylä Tree Breeding Station
Os. — *Address:* 01590 Maisala, Finland
Puh. — *Phone:* (90) 824 420

- No 648 Kortesharju, Jouko: Hillan sato ja kukinta lannoitus- ja olkkatekokeissa Rovaniemen maalaiskunnassa. The yield and flowering of the cloudberry (*Rubus chamaemorus*) in fertilizer and straw mulch experiments at Rovaniemi, northern Finland.
- No 649 Valtanen, Jukka, Kuusela, Juha, Marjakangas, Arto & Huurinainen, Seppo: Eri ajankohtina istutettujen männyn ja lehtikuusen kennotaimien alkukehitys. Initial development of Scots pine and Siberian larch paperpot seedlings planted at various times.
- No 650 Ovaskainen, Ville: Funktionaalinen tulonjako metsäteollisuudessa 1955—1983. Factor shares in the Finnish forest industries, 1955—1983.
- No 651 Teivainen, Terttu, Jukola-Sulonen, Eeva-Liisa & Mäenpää, Elina: Pintakasvillisuuden kemiallisen torjunnan vaikutus peltomyyräpopulaation kehitykseen. The effect of ground-vegetation suppression using herbicide on the field vole, *Microtus agrestis* (L.), population.
- No 652 Varmola, Martti & Vuokila, Erkki: Pienten mäntyjen tilavuusyhtälöt ja -taulukot. Tree volume functions and tables for small-sized pines.
- No 653 Hytönen, Jyrki: Fosforilannoitelajin vaikutus vesipajun biomassatuotukseen ja ravinteiden käyttöön turpeenostosta vapautuneella suolla. Effect of some phosphorus fertilizers on the biomass production and nutrient uptake of *Salix 'Aquatica'* in a peat cut-away area.
- No 654 Nieppola, Jari: Cajanderin metsätyyppiteoria. Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu. Cajander's theory of forest site types. Literature review.
- No 655 Kuusela, Kullervo, Mattila, Eero & Salminen, Sakari: Metsävarat piirimetsälautakunnittain Pohjois-Suomessa 1982—84. Forest resources in North Finland by Forestry Board Districts, 1982 to 1984.
- No 656 Mäkinen, Pekka: Kokokehon tärinä ajettaessa maataloustraktorilla metsässä. Whole-body vibration in farm tractors driven in the forest.
- No 657 Hänninen, Riitta: Suomen sahatavaran vientikysyntä Länsi-Euroopassa vuosina 1962—1983. Demand for Finnish sawnwood exports in western Europe, 1962—1983.
- No 658 Tiihonen, Paavo: Kasvun vaihtelu Suomen pohjoispuoliskossa valtakunnan metsien 7. inventoinnin aineiston perusteella. Growth variation in North Finland according to the 7th National Forest Inventory.
- No 659 Nurmi, Juha: Chunking and chipping with conescrew chipper. Palahakkeen ja hakkeen valmistus kartioruuvihakurilla.
- No 660 Metsätalastollinen vuosikirja 1985. Yearbook of Forest Statistics 1985.
- No 661 Mattila, Eero: Lapin metsävarat osa-alueittain. Valtakunnan metsien 7. inventointi vuosina 1978 ja 1982—84. The forest resources of Finnish Lapland by sub-areas. The 7th National Forest Inventory in 1978 and 1982—84.
- No 662 Juutinen, Paavo & Varama, Martti: Ruskean mäntypistiäisen (*Neodiprion sertifer*) esiintyminen Suomessa vuosina 1966—83. Occurrence of the European pine sawfly (*Neodiprion sertifer*) in Finland during 1966—83.
- No 663 Räisänen, Hannu, Laine, Lalli, Kero, Ilkka & Kaleva, Tapio: Alustavia tutkimustuloksia hyönteis- ja sienituhousta pystykarstuissa männiköissä. Preliminary study on insect and fungal damage in pruned Scots pine stands.
- No 664 Laasasaho, Jouko & Päivinen, Risto: Kuvioittaisen arvioinnin tarkistamisesta. On the checking of inventory by compartments.
- No 665 Metsäntutkimuslaitoksen julkaisut 1985. Abstracts of publications of the Finnish Forest Research Institute, 1985.
- No 666 Valsta, Lauri: Mänty-rauduskoivusekametsikön hakkuuohjelman optimointi. Optimizing thinnings and rotation for mixed, even-aged pine-birch stands.
- No 667 Lipas, Erkki: Maan ravinnetila siemenviljelyksillä. Soil fertility levels in Finnish seed orchards.
- No 668 Uusvaara, Olli: Sahanhakkeen painomittaus. Weight scaling of sawmill chips.
- No 669 Kortesharju, Jouko & Mäkinen, Yrjö: Vaotuksen, lannoituksen ja katteiden vaikutus hillaan karuilla luonnonalaisilla soilla. The effect of furrowing, fertilization, and mulching on cloudberry (*Rubus chamaemorus*) on virgin oligotrophic mires.
- No 670 Jäppinen, Jukka-Pekka, Hotanen, Juha-Pekka & Salo, Kauko: Marja- ja sienisadot ja niiden suhde metsikkö-tunnuksiin mustikka- ja puolukkatyyppin kankailla Ilomantsissa vuosina 1982—1984. Yields of wild berries and larger fungi and their relationship to stand characteristics on MT and VT-type mineral soil sites in Ilomantsi, eastern Finland, 1982—1984.

Metsäntutkimuslaitoksen julkaisusarjoja, Communicationes Instituti Forestalis Fenniae ja Folia Forestalia, koskevat yksittäiskappaletilaukset ja vaihtotarjoukset osoitetaan laitoksen kirjastolle. Tiedonantomonisteita koskevat pyynnöt osoitetaan ao. tutkimusosastolle tai -asemalle.

Subscriptions concerning single copies of the publications, as well as exchange offers, can be addressed to the Library of the Institute.

Myynti: Valtion painatuskeskus, Annankatu 44, 00100 Helsinki 10, puh. (90) 17341

ISBN 951-40-0757-3
ISSN 0015-5543