

ODC  
524.63  
(480.2)

# FOLIA FORESTALIA 285

METSÄNTUTKIMUSLAITOS·INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE·HELSINKI 1976

---

---

TIMO NYRHINEN

KAKSIVAIHEISEN METSÄN  
INVENTOINNIN KOE LOUNAIS-SUOMESSA

A TEST OF TWO-STEP FOREST  
INVENTORY IN SOUTH-WEST  
FINLAND

- 1974 No 209 Heikki Nikkilä: Ratapölkkytukkien kuutiointi.  
Measurement of railwaytie-logs. 1,50
- No 210 Hakkuutahteiden talteenoton seurannaisvaikutukset.  
By-effects of the harvesting of logging residues. 2,50.
- No 211 Paavo Tiihonen: Mäntypylväiden kuutioimismenetelmä.  
Eine Kubierungsmethode für Kiefernastholz 2,—
- No 212 Kaarlo Kinnunen, Juha Lind ja Erkki Lähde: Eri ajankohtina istutettujen männyn  
kennotaimien alkukehitys Pohjois-Suomessa.  
Initial development of Scots pine paper pot seedlings planted on different dates in  
northern Finland. 3,—
- No 213 Kullervo Etholén: Kaatoajankohdan vaikutus koivun ja haavan vesomiseen taimiston-  
hoitoaloilla Pohjois-Suomessa.  
The effect of felling time on the sprouting of *Betula pubescens* and *Populus tremula*  
in the seedling stands in northern Finland. 2,—.
- No 214 Veijo Heiskanen ja Jorma Ruikonen: Tukkiin lajittelu sahaukseen kuoren päältä  
mitatun läpimitan perusteella.  
Sorting of logs according to the top diameter on bark. 4,—
- No 215 Pertti Harstela ja Sauli Takalo: Kokeita oksaraaka-aineen kuormauksesta ja kuljetuk-  
sesta.  
Experiments on loading and transportation of branch raw material. 1,50
- No 216 Gunnar Wilhelmson: Puutavaran käsittely. 7,—.
- No 217 Pentti Rikkinen: Korvuvanertukkien kuutiointi. 1,50.  
Calculation of the volume of birch veneer logs.
- No 218 Pentti Nisula: Makroilmaston vaikutus varastoidun pinotavaran painoon.  
Effect of macroclimate on the weight of stored cordwood. 2,50
- No 219 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1972—74.  
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1972—74. 6,—
- No 220 Pentti Nisula: Eräs herbisidien levityslaitte.  
An apparatus for the application of herbisides. 2,50
- 1975 No 221 Simo Penttilä ja Jouko Hämäläinen: Päiväansio ja työn tuotos urakkapalkkaudessa  
istutustyössä 1972.  
Daily earnings and work output in piece rate planting in Finland 1972. 4,—
- No 222 Veli-Pekka Jarveläinen: Yksityismetsänomistajien metsätaloudellinen käyttäytyminen.  
Forestry behaviour of private forest owners in Finland. 20,—
- No 223 Jan Heino: Finlands stadsägda skogar betraktade speciellt ur friluftssynvinkel. 5,—
- No 224 Pentti Hakki: Kanto- ja juuripuun kuoriprosentti, puuaineen tiheys ja asetoniuut-  
teitten määrä.  
Bark percentage, basic density, and amount of acetone extractives in stump and root  
wood. 1,50
- No 225 Metsätalastollinen vuosikirja 1973.  
Yearbook of forest statistics 1973.
- No 226 Bo Långström: Eräiden insektisidien testaus tukkimiehintäin, *Hylobius abietis* L.  
(Col., Curculionidae), tuhojen torjumiseksi.  
Testing of some insecticides for the control of damages caused by the large pine  
weevil, *Hylobius abietis* L. (Col., Curculionidae). 1,50
- No 227 Veijo Heiskanen: Kuitupuun latvaläpimitaan perustuva työmittausmenetelmä ("pölkky-  
menetelmä")  
A wage-payment measuring method based on pulpwood top diameter (Bolt method).  
4,—
- No 228 Pentti Nisula: Liikkuva sadetuslaitteisto.  
Revolving Sprinkler. 3,—
- No 229 Veijo Heiskanen ja Pentti Rikkinen: Sahatukkiin todellisen kiintomitan määrit-  
tämismenetelmät.  
Methods for the measurement of softwood sawlogs. 3,—
- No 230 Aulikki Kauppila ja Erkki Lähde: Koetuloksia maan käsittelyn vaikutuksesta metsä-  
maan ominaisuuksiin Pohjois-Suomessa.  
On the effects of soil treatments on forest soil properties in North-Finland. 3,—
- No 231 Olli Uusvaara ja Kari Löytyniemi: Tikaskuoriaisen (*Trypodendron lineatum* Oliv.,  
Col., Scolytidae) aiheuttaman vioituksen vaikutus sahatavaran laatuun ja arvoon.  
Effect of injury caused by the ambrosia beetle (*Trypodendron lineatum* Oliv., Col.,  
Scolytidae) on sawn timber quality and value. 1,50
- No 232 Seppo Ervasti ja Kullervo Kuusela: Suomen metsätase vuosina 1965—72 ja metsä-  
teollisuuden raaka-ainenäköymät vuoteen 2000.  
Forest balance of Finland in 1965—72 and the prospects of industrial wood until  
2000. 1,50
- No 233 Jouko Laasasenaho: Runkopuun saannon riippuvuus kannon korkeudesta ja latvan  
katkaisuläpimitasta.  
Dependence of the amount of harvestable timber upon the stump height and the top-  
logging diameter. 2,—

Timo Nyrhinen

KAKSIVAIHEISEN METSÄN INVENTOINNIN KOE LOUNAIS-SUOMESSA

A test of two-step forest inventory in South-West Finland

ALKUSANAT

Tämä tutkimus on tehty osana valtakunnan metsien VI inventointia. Sen tarkoituksena on ollut selvittää, voidaanko ilmakuvien avulla laajentaa valtakunnan metsien inventoinnissa saatavia tietoja nykyistä laskentayksikköä, piiri-metsälautakuntaa, pienemmille alueille.

Tutkimuksen suunnittelu on tehty MMT SIMO POSON johdolla. Kentätöissä auttoi suuresti Saaristomeren merivartiosto. Valtakunnan metsien inventoinnin tietokonesovellutus-

ten käytössä ovat auttaneet metsänhoitaja SAKARI SALMINEN ja metsätekniikko MATTI KUJALA. Käsikirjoituksen ovat lukeneet professori KULLERVO KUUSELA ja POSO. Konekirjoituksesta on huolehtinut ANJA LESKINEN ja piirrookset ovat RITVA ANTTOSEN käsialaa.

Yllämainituille ja muille tässä mainitsemattomille henkilöille, jotka ovat avustaneet työn eri vaiheissa, esitän parhaat kiitokseni.

Timo Nyrhinen

## SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu
ALKUSANAT .....	1
SUMMARY .....	3
0. TIIVISTELMÄ .....	4
1. VALTAKUNNAN METSIEN INVENTOINNIN TIETOJEN TÄYDENTÄMISMAHDOLLI- SUUDET .....	5
2. TUTKIMUSONGELMA .....	6
3. TUTKIMUSALUE .....	7
31. Alue .....	7
32. Ilmakuvat ja näyteyksiköt .....	8
33. Ilmakuvakoealojen tulkinta .....	10
34. Ryhmitys .....	10
35. Maastotyöt .....	11
36. Tulosten laskenta .....	11
4. TUTKIMUSALUEEN KUVAUS .....	13
41. Maapinta-alan kuvaus .....	13
42. Puuston kuutiomäärä .....	13
5. TULOSTEN LUOTETTAVUUS .....	15
51. Kesquivirheiden laskentamenetelmä .....	15
52. Kuvatulkinnan ja maastomittausten vastaavuus .....	16
53. Maastotöiden virhelähteet .....	16
54. Ilmakuvatulkintojen systemaattiset virhemahdollisuudet .....	17
55. Lasketut kesquivirheet .....	18
6. MAAPINTA-ALAN MUUTOSTEN VAIKUTUS TULOSTEN LUOTETTAVUUTEEN ...	19
7. RYHMITYSMENETELMÄN SOVELLUTUKSEEN LIITTYVIÄ NÄKÖKOHTIA .....	21
KIRJALLISUUSLUETTELO .....	24

ISBN 951-40-0237-7

ISSN 0015-5543

Helsinki 1976. Valtion painatuskeskus

## SUMMARY

As part of the Sixth National Forest Inventory, a test inventory was carried out in the archipelago of South-West Finland using a two-stage sampling method consisting of aerial photo-interpretation and field measurements. The aim was to determine whether it is possible to improve the calculation premises for the results obtained in the National Forest Inventory on areas smaller in size than the district forest boards, without increasing the amount of field work required.

In the first stage, those sample plots interpreted from the aerial photos were put together to form as homogeneous groups as possible on the basis of the most important characteristics interpreted. A sample plot in the tracts of the National Forest Inventory for which independent stand and site data was available through field work was then chosen from

each group for the second stage sample. This data was then expanded to cover all the sample plots which were interpreted from the aerial photos for the group in question. In this way, formally complete data was obtained for the sample plots interpreted from the aerial photos which could be printed on magnetic tapes to form the basic material for calculation of the results. The method was found to be very flexible as far as the calculating stage was concerned. Valid results could be calculated for areas 18 000–20 000 ha in size, which is 18–20 per cent of the minimum surface area required to obtain reliable results in the National Forest Inventory. Inventory costs decreased considerably in comparison to the costs which would be incurred in obtaining applicable results for similar sized areas through field measurements.

## 0. TIIVISTELMÄ

Osana valtakunnan metsien VI inventointia suoritettiin Lounais-Suomen saaristossa koeinventointi ilmakuvatulkinnan ja maastomittausten kaksivaiheista otantaa käyttäen. Tarkoituksena oli selvittää valtakunnan metsien inventoinnissa saatavien tulosten laskentaedellytysten parantamista piirimetsälautakuntaa pienemmille alueille maastotöiden määrää lisäämättä.

Ensimmäisessä vaiheessa ilmakuvilta tulkitut koealat ryhmitettiin kaikkien tärkeinä pidettyjen kuvatulokintatulosten suhteen mahdollisimman homogeenisiin ryhmiin. Jokaisesta ryhmästä valittiin toisen vaiheen otokseen valtakunnan metsien inventoinnin lohkon koeala, jolle maastotyön perusteella saatiin itsenäiset puusto- ja kasvupaikkatiedot. Nämä tiedot laa-

jennettiin koskemaan kaikkia kyseisen ryhmän ilmakuvilta tulkittuja koealoja. Tällä menetelyllä ilmakuvilta tulkitut koealat saivat muodollisesti täydelliset tiedot, jotka voitiin viedä magneettinauhoille tulostuslaskennan perusaineistoksi. Menetelmä voitiin todeta laskennallisesti erittäin joustavaksi. Käyttökelpoisia tuloksia voitiin laskea 18 000–20 000 ha:n alueille, mikä on 18–20 % normaalin valtakunnan metsien inventoinnin tulostuksen vaatimasta vähimmäismaapinta-alasta, jolle saadaan riittävän luotettavia tuloksia. Inventointikustannukset alenivat huomattavasti verrattuna niihin kustannuksiin, jotka jouduttaisiin suorittamaan, jotta päästäisiin yhtä pienien alueiden käyttökelpoisiin tuloksiin pelkällä maastoarvioinnilla.

# 1. VALTAKUNNAN METSIEN INVENTOINNIN TIETOJEN TÄYDENTÄMISMAHDOLLISUUDET

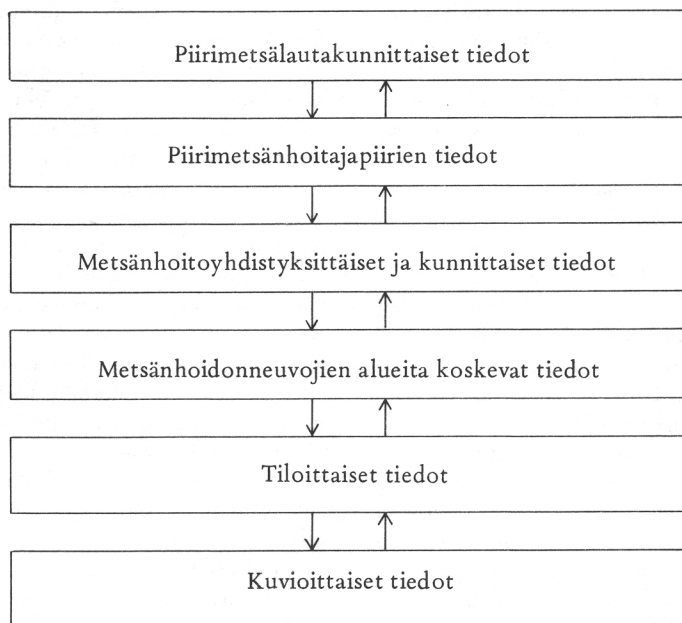
Metsäntutkimuslaitoksen toimesta on laskettu valtakunnan metsien inventoinnin tulokset piirimetsälautakunnittain ja talousalueittain. Näiden lisäksi on inventoinnin aineistosta eri tarpeita varten kerätty tuloksia vaihtelevien aluejakojen pohjalta.

Kesällä 1971 alkaneen valtakunnan metsien VI inventoinnin lohkoja ja niiden etäisyyksiä koskevien suunnitelmien pohjalta päästäneen samaan tulosten luotettavuusasteeseen kuin edellisessä inventoinnissa (SALMINEN 1973). Esitetyjä keskivirhearvioita voidaan käyttää apuna päätettäessä kuinka pienille alueille saadaan tuloksia, joita vielä voidaan pitää käyttökelpoisina. Tulosten perusteella voidaan pää-

tellä, että valtaosa kunnista on liian pieniä, jotta kunnittaiset tulokset olisivat riittävän luotettavia.

Inventoinnissa kunta on pienin alueellinen jakoyksikkö. Muita alueita ovat vesistöalueet ja lämpösummavyöhykkeet. Omistajaryhmät, seutusuunnittelussa ehdotetut metsien moninaiskäyttöalueet sekä luonnonolojen muovaamat poikkeukselliset alueet muodostavat myös tulostusyksiköjä.

Valtakunnan metsien inventoinnista saatavien tulosten tarkkuuden parantamismahdollisuuksia piirimetsälautakuntaa pienemmille alueille voidaan esittää seuraavasti.



Inventointitietojen täydentämismenetelminä voisivat olla esim. seuraavat:

1. Maasto-otoksen suurentaminen. Inventoinnin suunnittelussa on otettu huomioon lohkojen tihentämismahdollisuus. Tästä tarjoaa esimerkin kesällä 1971 Ahvenanmaalla tapahtu-

nut inventointi. Maakuntahallinnon toimesta valtakunnan metsien inventoinnin lohkooverkosto täydennettiin nelinkertaiseksi. Vastaavaa menettelyä on käytetty Porvoon mlk:ssa ja eräissä Etelä-Savon piirimetsälautakunnan alueella olevissa kunnissa.

2. Siirtyminen soveltamaan kaksivaiheista kuvatulkinintaan ja maastotarkastuksiin perustuva menetelmä. Valtakunnan metsien V inventoinnissa ns. Perä-Lappi inventoitiin tällä menetelmällä (POSO & KUJALA 1971).

3. Kaksivaiheinen ennakkokuviointiin ja kuvien kuvatulkinintaan sekä maastotarkastukseen perustuva menetelmä.

4. Pelkkään ilmakuvatulkintaan perustuva menetelmä, jossa mallialoina käytetään valtakunnan metsien inventoinnin maastokoealoja.

5. Kaksivaiheinen laajojen alueiden satelliititkivatulkintaan, ilmakuvatulkintaan ja maastoarviointiin perustuva menetelmä.

## 2. TUTKIMUSONGELMA

Metsätaloudessa panokset ja tuotot pinta-alayksikköä kohden ovat suhteellisesti ottaen pienet; metsätalous on ekstensiivistä. Suunnittelua varten tarvittavien tietojen hankintaan ei voida käyttää suuria kustannuksia. Metsien inventoinnin osalta olosuhteet ovat muuttuneet ja muuttumassa kuitenkin siten, että tarve saada yhä tarkempia tuloksia kasvaa. Toisaalta taas arvioimisen vaatiman mittauksen aiheuttamat kustannukset kohoavat. Ongelmana on kehittää menetelmiä, joilla entistä edullisemmin voitaisiin tyydyttää tietotarvetta muuttuvissa olosuhteissa.

Yksinkertaisia systemaattiseen maasto-otantaan perustuvia menetelmiä kehittämällä ei todennäköisesti ole saavutettavissa enää huomattavia parannuksia. Tärkeimmät kehitysmahdollisuudet näyttää tarjoavan kaksivaiheinen otanta, jossa ensimmäisen vaiheen otosyksiköt mitataan ilmakuvilta ja toisen vaiheen maastossa. Toinen vaihtoehto on laajentaa maastonäytettä kuvatulkininnalla.

Metsäntutkimuslaitoksen metsänarvioimisen tutkimusosastossa suoritettujen ilmakuvatulkinnan käyttöä selvittävien tutkimusten tulosten perusteella voidaan todeta, että jos inventoinnin varsinaisena tarkoituksena on arvioida puuston kuutiomäärä ja sen rakenne, saadaan tulos yhdistetyllä ilmakuva- ja maastoarvioinnilla edullisemmin kuin pelkällä maastoarvioinnilla. Jos taas inventoinnin tavoitteena on saada samanarvoisesti puuston tunnusten kanssa selkeitä tunnuksia kuten taimistojen laatu, ojitus-

alueiden laatu ja kantojen mukainen poistuma, ei kuvatulkinin ja maastoarvioinnin yhdistelmä varsinaisessa valtakunnan metsien inventoinnissa ole kustannukset huomioon ottaen edullisin vaihtoehto.

Edellä esitetyn perusteella uusi vuonna 1971 alkanut inventointi suoritetaan siten, että suurien ja suurehkojen (vähintään 100 000 ha) alueiden metsävarojen keskiarvotunnukset arvioidaan systemaattisella maastonäytteellä. Koska seutus suunnittelun suojelualueiden puuntuotantoa pienentävän vaikutuksen ja suunnitelmien toteuttamisesta yhteiskunnalle koituvien kustannusten arviointi on erittäin kiireellinen tehtävä ja koska metsätalouden kehittäminen ja puun ostojen, korjuun ja kuljetuksen suunnittelu sekä toteuttaminen edellyttävät piiri-metsälautakuntaa huomattavasti pienempien alueiden metsävaroista tietoja, niin tätä varten näyttää välttämättömältä kehittää menetelmä, jolla saadaan tärkeimmät metsien inventointitulokset esim. edellä mainituille alueille maastotöiden määrää lisäämättä.

Tässä tarkasteltavassa kokeilussa sovelletaan kaksivaiheiseen otantaan perustuvaa ryhmittymen menetelmää, jota kehitettäessä oli yhtenä tavoitteena sen soveltaminen valtakunnan metsien inventointiin. Ryhmittymen menetelmän päätökset on saatu kahden metsätilan inventoinnissa Suonenjoella (POSO 1969), Laanilan koeaseman metsien inventoinnissa ja Perä-Lapin inventoinnissa (POSO & KUJALA 1971) osana valtakunnan metsien V inventointia.



### 3. TUTKIMUSALUE

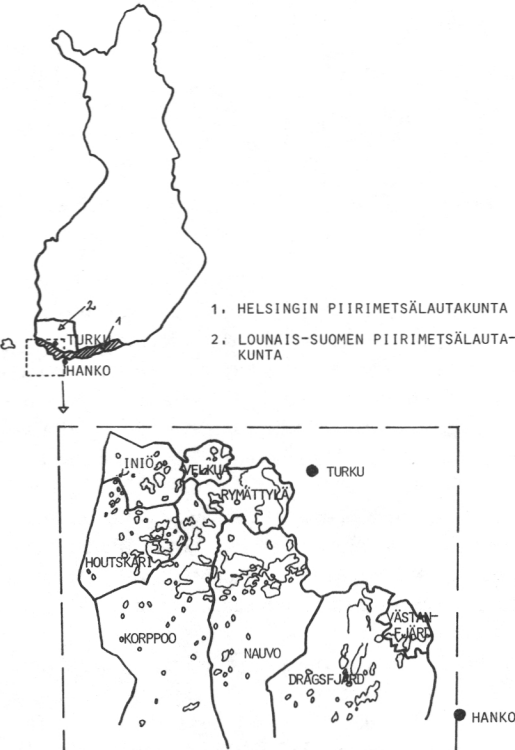
#### 31. Alue

Koeinventointialuetta valittaessa jouduttiin ottamaan huomioon eräitä näkökohtia:

– alueen maapinta-alan oli oltava noin 100 000 ha, joka vastasi kuvatulkinnalle varattua 3–4 kk:n aikaa;

– alueen oli sijaittava Lounais-Suomen seutukaavaliiton alueella, jossa suoritettiin voimaeräistä seutukaavoitusta;

– alueelta hankittavien ilmakuvien oli oltava mahdollisimman tuoreita (kuvauksen ja maastotyön välinen aika lyhyt), laadultaan hyviä, ja alueelta oli oltava saatavissa yhtenäinen stereopitto sekä suoritettujen ilmakuvauksen oli oltava koko alueella samassa mittakaavassa.



Kuva 1. Koeinventointialue.

Näillä edellytyksillä koeinventointialueeksi valittiin Turun saaristosta Dragsfjärdin, Houtskarın, Iniön, Korppoon, Nauvon, Rymättylän, Velkuan ja Västana fjärdin kunnat. Näiden maapinta-ala oli yhteensä maanmittaushallituksen vuoden 1970 tilaston mukaan 102 300 ha. Inventoitava alue sijaitsi saaristossa, minkä vuoksi alueen kokonaispinta-ala vesineen kohosi 590 000 ha:iin (Kuva 1). Sille osui 97 valtakunnan metsien inventoinnin lohkoa (Kuva 2).

Alueesta muodostettiin Lounais-Suomen saariston erikoistyyppiin perusteella osa-alueita, joita käytettiin maisemallisten tekijöiden tutkimista varten (SIMOJOKI 1975).

Varsinais-Suomen saaristo on jaettu kahteen saaristokaistaan: läntiseen, Turun saaristokaistaan ja itäiseen, Kemiön-Hiittisten saaristokaistaan.

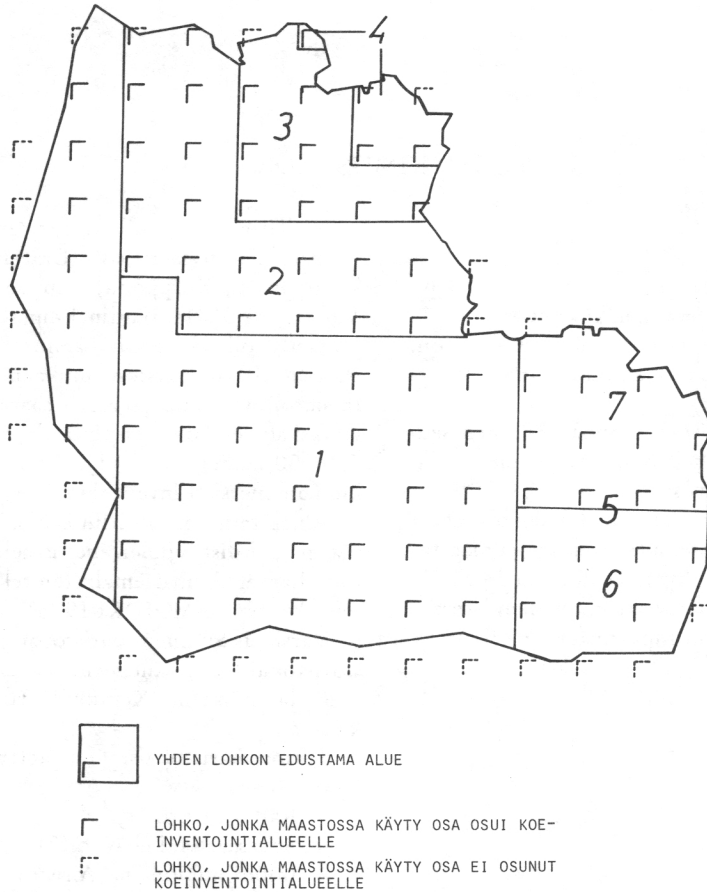
Turun saaristokaista on jaettu neljään vyöhykkeeseen:

- Kalliosaaristo (1),
- Suursaarten kehävyö (2),
- Iniön aukion ja Airiston suun välinen saaristomerialue (3) sekä
- Mannersaarten ulompi vyö (4).

Kemiön-Hiittisten saaristokaista (5) on taasen jaettu

Taulukko 1. Lounais-Suomen koeinventointialueen kunnat pinta-aloineen (ha).

Kunta	Maata	Vettä	Yhteensä
Dragsfjärd	24 320	720	25 040
Houtskari	11 400	57	11 457
Iniö	4 300	—	4 300
Korppoo	14 470	100	14 570
Nauvo	21 570	280	21 850
Rymättylä	14 130	300	14 430
Velkua	2 470	—	2 470
Västana fjärd	9 640	50	9 690
Yhteensä	102 300	1 507	103 807



Kuva 2. Koeinventointialueelle osuneet valtakunnan metsien VI inventoinnin maastolohkot ja koeinventointialueesta muodostetut osa-alueet (1–7).

- Kalliosaaristoon (6) ja
  - Kemiön metsäsaaristovyöhykkeeseen (7).
- Alueen jako osa-alueisiin on esitetty kuvassa 2.

### 32. Ilmakuvat ja näyteyksiköt

Metsävarojen inventointitutkimusten maastonäytteen tietojen laajentamiseksi pienaluetiedoiksi palvelemaan seutusuunnittelun, puuntuotannon, korjuun ja kuljetuksen tarpeita näyttävät käyttökelpoisimmilta ilmakuvat, joiden kuvaus on mittakaavaan 1:60 000. Seutusuunnittelussa ja monissa metsätalouden tehtävissä suotava suurennettujen stereokuvien mittakaava on 1:10 000, kun taas metsävarojen inventointitutkimuksissa suurennokset 1:20 000–30 000 ovat käyttökelpoisimpia.

Inventointialue oli kuvattu mustavalkoiselle pankromaattiselle filmille mittakaavassa 1:60 000. Suurin osa alueesta oli kuvattu maastotöitä edeltäneinä kesinä 1969 ja 1970 Puolustusvoimain Topografikunnan toimesta (valtaosa vuonna 1970). Alueen reunaosissa, uloimmassa saaristossa oli käytettävä vuosien 1961, 1963 ja 1966 kuvauksia. Tällä kuvausalueella maapinta-ala oli vain pieni osa koko alueen maapinta-alasta käsittäen pääasiassa vähäpuustoisia tai kokonaan puuttomia saaria tai luotoja (Kuva 3).

Positiivikuvat tilattiin kiiltäväpintaisina suurennoksina stereopeitolla valtakunnan metsien inventoinnin kenttätyössä käytettävien karttojen mittakaavassa 1:20 000. Pistemerkinöillä varustetut kuvat (joka toinen) tilattiin oikaisuina ja muut oikaisemattomina.



tiin puustokoealoja nelinkertainen määrä verrattuna inventoinnin näytteeseen maastohavaintojen mahdollista lisäämistä silmällä pitäen. Näitten lisälohkojen vastin pisteet olivat varsinaisen lohkoalueen sisällä pääilmansuunnissa 4 km:n päässä toisistaan. Näitten lisälohkojen väliin merkittiin vielä koealoja 400 metrin välein. Täten yhden maastolohkon 21 puustokoealaa vastasi ilmakuvalla 440 koealaa. Näin saatiin koetyön alueelle säännöllinen koealapististö, joka on noin 22 kertainen inventoinnin maastonäytteeseen verrattuna.

Kustannusten pienentämiseksi koko alueelta ei ostettu ilmapuvia. Uloimmasta saaristosta, missä lähes kaikki koealapistheet osuivat veteen, ilmapuvat lainattiin.

Näyteyksikkönä oli valtakunnan metsien inventoinnissa käytettävä relaskooppikoeala, jossa 1 luettu puu vastaa pohjapinta-alassa 2 m<sup>2</sup>/ha. Näyteyksiköt valokuvattiin ilmakuville relaskooppikoealojen keskipisteinä siihen liittyvine numeroineen. Pistestöjen valokuvauksessa käytettiin apuna peruskartoille merkittyjä inventointilohkoja. Näin pyrittiin saamaan inventointilohkolle osuvat koealat vastaaville paikoille ilmakuvilla ja peruskartoilla. Varsinaisten tulkittavien koealojen lisäksi kuvattiin ylimääräisiä pisteitä maastossa mitattavien koealojen kummallekin puolelle 20 metrin etäisyyksin.

Inventointilohkoa vastaavan ilmakuvan koko on 40 x 40 cm, joten sen käsittely olisi maastossa ollut hankalaa. Tämän vuoksi tehtiin inventointilohkon kohdalta maastokäyttöön kooltaan pienempi (13 x 13 cm) kuva, jolta tulkittiin maastossa käytävät koealat.

Koeinventointialueelle paikallistettiin yhteensä 120 ilmakuvlohkoa = 52 800 koealaa, joista 7 824 oli kokonaan tai osittain maalla.

### 33. Ilmakuvakoealojen tulkinta

Ilmakuvien tulkinat tehtiin suurimmalta osin talvella 1971 ennen maastotöiden suorittamista pienen osan tulkintaa jäädessä maastotöiden jälkeen. Stereokuvien tulkinnassa käytettiin apuna 2.8 kertaa suurentavaa linssi-stereoskooppia. Tulkinnan apuvälineinä käytettiin maastossa mitattuja mallialoja ja aluetta koskevia karttoja, parallaksitankoa sekä relaskooppitaulukkoa. Tulkintaan valittiin tunnukset aikaisempien tutkimusten ja kokeitten perusteella siten, että niiden tulkinnan luotettavuutta voitaisiin pitää riittävänä.

### 34. Ryhmitys

Tulkintalomakkeille merkityt koealakohtaiset tiedot lävistettiin reikäkortteille. Saadut ja tarkistetut 8 583 reikäkorttia ryhmiteltiin 402 ryhmään, jotka pyrittiin saamaan homogeenisiksi ensi sijassa maaluokan ja kuutiomäärän suhteen. Vähemmän tärkeinä tunnuksina otettiin huomioon puulaji, alaryhmä, kasvupaikka ja puuston kehitysaste.

Keskimääräinen ryhmän koko maalla oli 19.8 koealaa (391 ryhmää, 7 731 koealaa). Maaluokittaiset ryhmien keskimääräiset koot olivat:

Maaluokka	Ryhmän koko, koealaa kpl	% keskimääräisestä		
metsämaa	20.9	106		
kitumaa	20.4	103		
joutomaa	16.7	84		
muu metsätalouden maa	23.0	21.3	108	
maatalouden maa	24.0			116
rakennettu maa	15.6			121
liikenneväylät	8.0			79
			40	

Menetelmäkuvausten mukaisesti jokaisesta ryhmästä valitaan satunnaisotannalla yksi koeala mitattavaksi maastossa. Näin menetellen olisivat maastokoealat jakaantuneet melko tasaisesti yli koko inventoitavan alueen. Maastotyöt liittyivät kuitenkin valtakunnan metsien inventointiin, ja niin tutkimuksen lähtökohdankin huomioon ottaen pitäydettiin inventointilohkojen koealoista saadussa maasto-otoksessa. Koealat sijaitsivat määrävälein, ja näin ollen maasto-otos oli saatu systemaattisella satunnaisotannalla.

Koska maastokoealojen sijainti oli määrätty jo ennen ryhmittelyä, aiheutui tästä pieniä vaikeuksia. Joitakin ryhmiä, joille ilmakuvatulkinnassa saadut erot olivat vähäiset, jouduttiin yhdistämään. Tämä tehtiin sen vuoksi, että ryhmää ei saatu maasto-otannassa edustetuksi. Vastaavasti jouduttiin jakamaan joitakin homogeenisia ryhmiä osaryhmiksi, koska ryhmään kuului useampia maasto-otokseen kuuluvia koealoja. Näin tapahtui erityisesti ryhmissä, jotka oli muodostettu joutomaalle osuvista koealoista, ja tämä selittää joutomaiden pienen keskimääräisen ryhmän koon.

### 35. Maastotyöt

Yksityiset valtakunnan metsien inventoinnin lohkot inventoidaan yhdistettyä linja- ja koelalarviointia käyttäen. Lohko muodostaa mitattavan linjan, jolta otetaan relaskooppikoelaloja 100 metrin välein.

Maastokoealan paikallistamisella käsitetään tässä ilmakuvulle merkittyjen koelajien keskipisteiden siirtämistä maastoon. Paikallistamisen perustana on tällöin koelajan lähellä olevien sekä ilmakuvulta että maastossa tarkasti erotettavien yksityiskohtien löytäminen ja koelajan etäisyyden ja suunnan arviointi ko. yksityiskohdan suhteen. Toinen mahdollisuus on etsiä likimääräinen paikka, jonka jälkeen tarkka paikka määrätään satunnaisotannalla tietyltä alueelta. Tämä tulee kysymykseen, jos koelala osuu homogeeniseen metsikköön, jolloin paikallistaminen tarkasti voi olla vaikeaa, eikä koelajan siirtäminen tällöin vaikuta merkittävästi ilmakuvatulkintojen ja maastomittausten väliseen korrelaatioon.

Linjan mittauksessa seurattiin mahdollisimman tarkasti kartalle piirrettyä linjaa. Linjan lähtöpisteen määrittämiseksi tarvittiin yleensä tukipiste (maastossa erottuva linja, tienhaara yms.), josta siirrytään mittaamalla linjalle. Sellaista ei useinkaan löytenyt linjan lähtöpisteen välittömästä läheisyydestä. Ilmakuvulta erottui kuitenkin yksittäisiä puita, kallion lohkaraita ja muotoja, jotka olivat helposti paikallistettavissa maastossa.

Kun paikallistaminen tapahtui puuston perusteella, pyrittiin ilmakuvulle ominainen säteettäissiertymä (mm. POSO & KUJALA 1971 s. 13) ottamaan huomioon, koska pisteen paikallistaminen haluttiin suorittaa maanpinnan tasoon. Näin tehtiin myös ilmakuvien tulkinassa.

Puustokoealaa paikallistettaessa auttoivat ilmakuvulle kuvatut lisäkoelat suuresti. Ne oli kuvattu 20 metrin etäisyyksin puustokoealoista linjan kulkusuunnassa. Täten yhden maastokoealan läheisyydessä oli kaksi lisäkoelaa. Näistä kolmesta oli useimmiten ainakin yksi helposti paikallistettavissa, ja sen avulla kävi myös varsinaisen puustokoealan paikallistaminen helposti.

Maastopisteen, niin yksityisen puun kuin maastokoealankin, paikallistamisvirheen arvioitiin olevan korkeintaan 2 metriä, kun käytettiin linjan mittauksia. Tätä tarkkuutta POSOKIN

(1972 s. 40) pitää helposti saavutettavana 1:22 000 kuvilla. Perä-Lapin inventoinnissa koelajien paikallistamistarkkuus 1:60 000 mitta-kaavaisilla kuvilla arvioitiin  $\pm 5$  metriksi.

Linjan lähtöpisteen paikallistamisen jälkeen tapahtui linjan ja koelajien mittaaminen. Näissä noudatettiin valtakunnan metsien VI inventoinnin kenttätöiden ohjeita (Valtakunnan...). Mikäli mittaustulokset maastossa oli sivussa ilmakuvulle merkitystä "linjasta", suoritettiin mittauslinjan suunnan korjaus.

Linjamittauksen ja koelamittauksen tulokset merkittiin VMI:n lomakkeille: kuviolomake, puidenlukulomake, koepuulomake.

### 36. Tulosten laskenta

Syöttötiedoissa olevien virheiden poistamiseksi käytettiin tietokoneestausta, joka oli valtakunnan metsien inventointia varten tehdyn testauksen sovellutus.

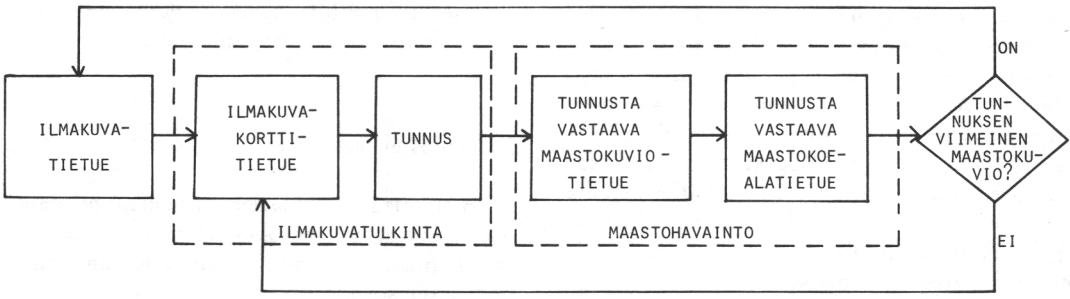
Lopullisten inventointitulosten laskentaa varten muutettiin ilmakuvatietueet muodoltaan samanlaisiksi kuin valtakunnan metsien inventoinnin tietueet. Ilmakuvien tulkintalomakkeesta (kuva 5) tietueeseen otettiin koelajan paikkaa, topografiaa, vesistöaluetta, lämpösummavyöhykettä, kuntaa, omistajaryhmää, suojametsää ja moninaiskäyttöä kuvaavat tunnuksat. Puustoa ja kasvupaikkaa kuvaavat tiedot saatiin maastokoealoilta siltä koelajalta, joka oli valittu edustamaan ko. ilmakuvakoelaryhmää. Ilmakuvakoelala sai yhtä monta tietuetta kuin sitä edustavalle maastokoealalle oli erotettu kuvioita. Tietueita oli yhteensä 14 779 kpl.

Tulosten laskennassa voitiin käyttää näin ollen valmiita, valtakunnan metsien inventointia varten tehtyä tietokoneohjelmistoa, joka on valtaosin kirjoitettu ASSEMBLER-kielellä. Näiden ohjelmien käytön mahdollisti se, että ne on pyritty rakentamaan toimintaperiaatteeltaan yleisiksi. Laskennassa käytettävien ohjelmien syöttötiedostona oli joko kuvio- tai kuviokoelatie-dosto. Ajoitilanteissa aineistosta päästettiin laskentaan vain halutut tietueet. Osa-alueiden tuloksia laskettaessa karkein seulonta tapahtui lohkonumeron perusteella. Muilta osin kerättävän tiedon karsinta ja ryhmittely suoritettiin rajoitus- ja ryhmäkorttien sisältämän ohjaustiedon mukaisesti.

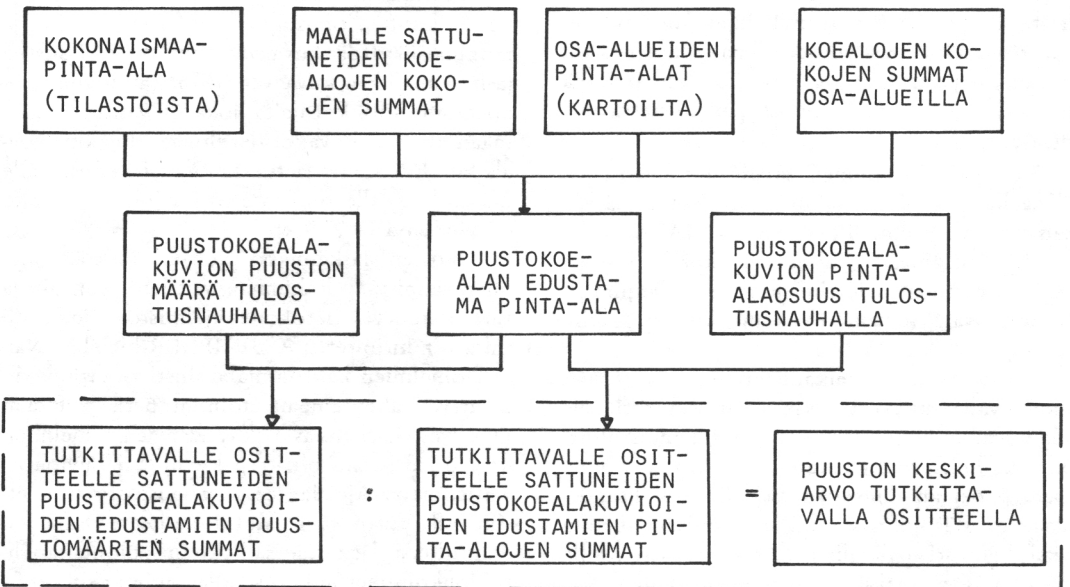
Valtakunnan metsien VI inventoinnissa sekä kuutiomäärien että kasvun laskenta perustuu

Lento + kuva										Alue:										Koealalomake:																													
Lohkon										Koealan paikallis-										Koealan										Päiväys																			
lento- vuosi	tulkki	koordinaatit		vesistö		kylä		kylä		kylä		numero		kor-		koko		aluet-		p.		kehl-		ppa		kp.m		/ha		kunta		omst.		suojen		muokk.		pv.	kk.	v.									
		y	x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34				35	36	37	38	39	40	41	42	43
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	

Kuva 5. Ilmakuvatulkintalomake.



Kuva 6. Ilmakuvatietueiden muodostuminen.



Kuva 7. Lopullisten tulosten laskenta kaaviolla esitettynä.

pohjapinta-alakeskipuumenetelmään (KUUSELA 1966), jota käytettiin valtakunnan metsien V inventoinnissakin (KUUSELA & SALMINEN 1969). VI inventoinnissa yksikkökuutiot (VU) lasketaan puulajin, läpimittaluokan ja metsämaan veroluokan (IA, IB, II, III, IV) tai kitumaan määrityksille ositteille.

Koeinventoinnin tulosten laskennassa käytettiin Ahvenanmaalle laskettuja ja sen tulosten laskennassa käytettyjä yksikkökuutioita. Syynä tähän oli se, että puiden muoto muuttuu siirtyessä mantereen läheisyydestä ulkosaaris-

toon, ja se vastaa paremmin Ahvenanmaan kuin Lounais-Suomen piirimetsälautakunnan alueen puiden muotoa.

Tulosten laskennassa tarvittiin tiedot myös siitä, kuinka suurta pinta-alaa kukin koelä edusti. Tämän saamiseksi selvitettiin tilastoista ja kartoilta laskettavan alueen koko maapinta-ala, ja se jaettiin samalle alueelle sattuneitten koeläojen lukumäärällä. Pinta-alatietoja laskettaessa käsiteltiin vain kuviotietueita. Laskentamenettelyä on havainnollistettu kuvassa 7.

## 4. TUTKIMUSALUEEN KUVAUS

### 41. Maapinta-alan kuvaus

Valtakunnan metsien inventoinnissa tulokset lasketaan ja julkaistaan piirimetsälautakunnittain. Koeinventointialueelle laskettiin samat tunnuksella kuin systemaattisella maasto-otannalla piirimetsälautakunnille. Tässä rajoitetaan esittämään vain tärkeimpiä aluetta kuvaavia tunnuksia. SIMOJOKI (1975) on käsitellyt tutkimuksessaan tarkemmin osa-alueilta (ks. sivu 7) laskettuja tietoja. Kuvassa 8 on havainnollistettu tutkimusalueen tuloksia ja mukaan on liitetty myös Helsingin ja Lounais-Suomen piirimetsälautakuntien vastaavia tunnuksia.

Koko alueen maapinta-ala on 102 300 ha, josta metsämaata lähes 40 % eli 40 600 ha. Sekä kitu- että joutomaata ja muuta maata (enimmäkseen maatalousmaata) on noin 20 %. Helsingin ja Lounais-Suomen piirimetsälautakuntien alueiden vastaavat luvut ovat: metsämaata noin 50 %, kitumaata noin 10 %, joutomaata noin 5 % ja muuta maata noin 35 %.

Tuloksia tarkemmin analysoitaessa voidaan havaita tyypillinen saaristoalueen piirre: kankaista on runsaasti niin metsä-, kitu- kuin joutomaallakin ja vastaavasti turvemaita on vähän. Kitu- ja joutomaiden kankaat ovat avokallioita ja hietikoita. Kitumaiden turvemat ovat tupasvillaisia ja isovarpuisia rämeitä ja joutomaiden turvemat suursaraisia nevoja.

Metsämaan kankaiden kivisyys alentaa veroluokkaa 48 %:lla kankaiden pinta-alasta. Soistuneiden kankaiden osuus on vähäinen.

Metsiköt ovat syntyneet saaristoalueelle valtaosin luontaisesti (93 % metsämaan alasta). Saaristometsien hakkuut ovat olleet yleensä poimintahakkuuta. Hakkuiden määrä on ollut vähäinen. Alueen metsämaahan kuuluvien metsiköiden hakkuusta on suurin osa tapahtunut arvioinnista 11–30 vuotta sitten (vuosina 1942–1960). Kitumaan metsiköistä 4/5 on luonnon-tilaisia siinä mielessä että hakkuun jälkiä ei ole enää näkyvissä.

Koeinventointialue on suurimmalta osalta havupuuvaltaisia metsiköitä. Kuusimetsät (1/4 metsämaan alasta) ovat vallitsevia alavilla mailla ja lähempänä mannerta. Mäntyvaltaiset metsiköt (64 % metsämaan alasta ja 99 % kitumaan alasta) taasen sijaitsevat ulompana saaristossa ja yleensäkin karummilla mailla ja kalliorinteillä.

Metsämaan metsiköistä on uudistettavia 39 %, joista vajaatuottoisten metsiköiden osuus yli puolet. Taimikot (12 %) ovat lähes yksinomaan männyn taimikoita. Ylispuustoa on metsiköiden pinta-alasta 6 %:lla eli noin 2 500 ha:lla ja kehityskelpoista alikasvosta vajaalla 1 %:lla.

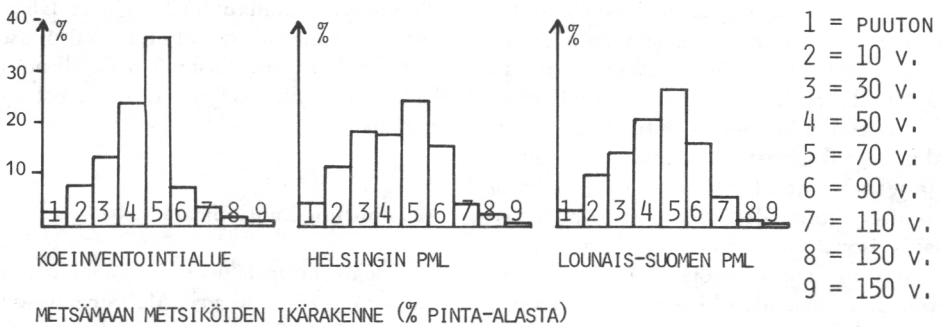
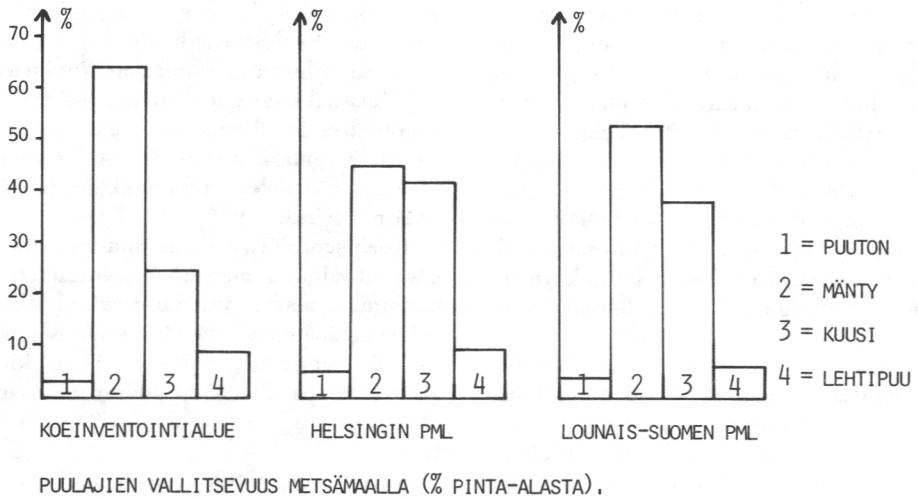
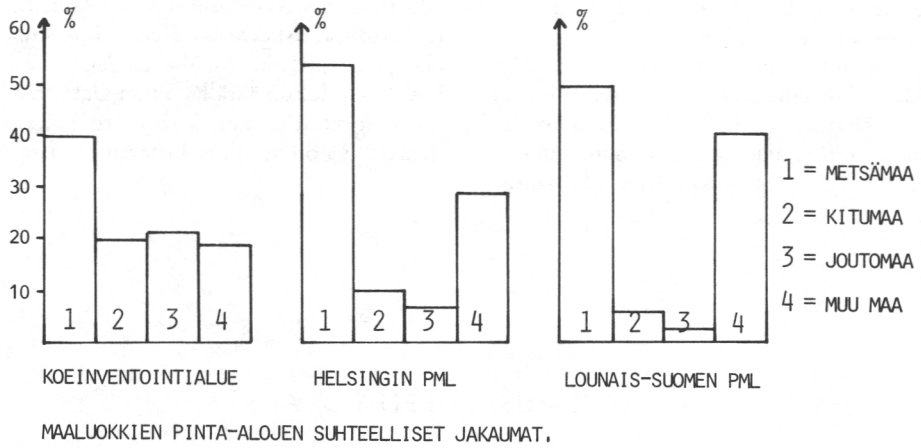
### 42. Puuston kuutiomäärä

Koeinventointialueen kokonaiskuutiomäärä on noin 5 100 000 m<sup>3</sup>. Metsämaalla on puuta noin 4 300 000 m<sup>3</sup> ja kitumaalla noin 800 000 m<sup>3</sup>. Metsämaan kuutiomäärästä on 63 % mäntyä,

25 % kuusta ja lehtipuuta 12 %. Kitumaan kuutiomäärästä valtaosa (94 %) on mäntyä.

Metsämaan keskikuutio tutkimusalueella on 105 m<sup>3</sup>/ha, kitumaan 40 m<sup>3</sup>/ha ja molempien

yhteensä 84 m<sup>3</sup>/ha. Helsingin piirimetsälautakunnan vastaavat tunnusluvut ovat 117, 33 ja 103 sekä Lounais-Suomen piirimetsälautakunnan 103, 25 ja 94.



Kuva 8. Koeinventointialuetta kuvaavia tietoja.



## 5. TULOSTEN LUOTETTAVUUS

### 51. Keskivirheiden laskentamenetelmä

Valtakunnan metsien inventoinnin keskivirheiden laskennan osalta viitataan SALMISEN (1973, s. 15) esittämään laskentamenetelmän sovellutukseen.

POSON & KUJALAN (1971, s. 23) tutkimuksessa on esitetty ilmakeuvalueen keskivirheiden laskenta. Ryhmittymenettelmissä syntyy otantavirhettä, koska ilmakeuille paikallistetut koealat edustavat puutteellisesti koko ilmakeuille paikallistettavissa olevien koealojen populaatiota, ja koska ryhmästä valitut maastokoealat edustavat puutteellisesti ryhmää eli koska ryhmät eivät ole täysin homogeenisia. Edellisen virhettä mitataan ns. ilmakevakoealojen edustavuusvarianssilla ja jälkimmäistä ryhmien sisäisellä varianssilla.

Pinta-alaluokan osuuden varianssin estimoimiseksi on sovellettavissa kaksivaiheiseen otantaan ja luokitukseen perustuva estimaattori.

$$v(p_{st}) \doteq \frac{v_1}{m} + \frac{v_2}{n}, \quad (1)$$

jossa

$$v_1 = m \sum_h \frac{L}{m_h} \frac{w_h^2 \cdot p_h \cdot q_h}{m_h - 1} \quad \text{eli ryhmien sisäinen varianssi}$$

$$v_2 = \frac{L}{g} \sum_h w_h \cdot (p_h - p_{st})^2 \quad \text{eli ryhmien välinen varianssi}$$

Merkkien selitys:

$m$  = ryhmien lukumäärä  
 $h$  = ryhmäyhdistelmän indeksi  
 $L$  = ryhmäyhdistelmien lukumäärä  
 $w_h$  = ryhmäyhdistelmän  $h$  osuusestimaatti  
 $p_h$  = tutkittavan luokan osuus ryhmäyhdistelmässä  $h$  sitä koskevien maastohavaintojen perusteella

$q_h = 1 - p_h$   
 $m_h$  = maastokoealojen lukumäärä ryhmäyhdistelmässä  $h$   
 $p_{st}$  = tutkittavan pinta-alaluokan osuuden otosestimaatti  
 $n$  = ilmakevakoealojen lukumäärä  
 $g$  = ilmakevakoealojen systemaattisesta paikallistamisesta aiheutuva korjauskerroin.

Kertoimen  $g$  arvo määräytyy sen mukaan, miten ilmakevakoealat on paikallistettu. Jos paikallistaminen on tehty satunnaisotannalla yli koko inventoitavan alueen, on  $g:n$  arvo 1. Jos koealojen sijoitus on tehty tehokkaammalla tavalla, esim. systemaattisesti, on todennäköistä, että koealojen edustavuus paranee ja  $g$  saa  $0:n$  ja  $1:n$  välillä olevia arvoja.

$g:n$  arvo on yleensä vaikea määrittää, koska koealojen paikallistamista ei suoriteta satunnaisotannan mukaisesti. Koealojen tasavälinen sijoittaminen alentaa  $g:n$  selvästi alle  $1:n$  (NYYSSÖNEN, KILKKI & MIKKOLA 1967). Luotettavien selvitysten puutteessa on  $g:n$  arvo oletettu tässä samaksi kuin satunnaisotantaa sovellettaessa eli 1:ksi.

Liukuvalla suhdeasteikolla mitattavien suurteiden, esim. kuutiomäärän keskiarvon varianssiestimaatti saadaan lähes vastaavalla tavalla eli

$$v(\bar{y}_{st}) \doteq m \sum_h \frac{L}{m_h} \frac{w_h^2 \cdot s_y^2 \cdot x_h}{m_h} + \frac{1}{n} \sum_n \sum_k \frac{L}{n_h} w_{hk} \cdot (\bar{y}_{hk} - \bar{y}_{st})^2 \doteq \frac{v_1}{m} + \frac{v_2}{n}, \quad \text{jossa} \quad (2)$$

$s_y^2 \cdot x_h$  = regressiotasoituksella selittämättä jäänyt varianssi

$\bar{y}_h$  = ryhmäyhdistelmä h:n keskikuutio

$\bar{y}_{st}$  = tutkittavan ryhmäyhdistelmän keskikuutioestimaatti.

Muiden merkkien selitys on esitetty kaavan (1) yhteydessä.

Suurin merkitys varianssin muodostumisessa on yhtälön ensimmäisellä termillä  $v_1/m$ . Sen osuus on arviolta 80–95 % (POSO 1972, s. 120).

## 52. Kuvatulkinnan ja maastomittausten vastavuus

Kuvatulkinnan ja maastomittausten vastavuudella selvitetään, miten luotettavasti eräät metsikön tunnuksat voidaan arvioida ilmakuvilta. Kuvatulkinta on luonteeltaan samanlaista kuin silmävarainen arviointi maastossa. Sattumanvaraisten virheiden lisäksi saattaa tulkitsijan henkilökohtaisten taipumusten perusteella syntyä systemaattisia virheitä. Tulkintavirheiden vähentämiseksi mitattiin maastossa ennen varsinaisen tulkintatyön alkamista ilmakuvilta tulkittuja koealoja mallialoiksi.

Maaluokat, joista erityinen huomio kohdistui metsämaahan, voitiin arvioida ilmakuvilta varsin luotettavasti. Maaluokkien tulkinnassa kontingenssikertoimen arvo ilmakuvatulkinnan ja maastohavaintojen välillä oli 0.935.

Metsikön vallitseva puulaji voitiin käytävissä olevilta ilmakuvilta selvittää keskinkertai-

Taulukko 2. Ilmakuvilta tulkittujen ja maastossa tarkistettujen koealojen maaluokkien vastavuus prosenttiluvuilla esitettynä (mukana vain maalle osuvat koealat).

Maaluokka kuvatulkinnalla	Maaluokka maastossa				
	1	2	3	4-7	Yhteensä
1	38	5	1	0	44
2	4	11	3	0	18
3	0	1	20	0	21
4-7	0	0	0	17	17
Yhteensä	42	17	24	17	100

1. Metsämaa

2. Kitumaa

3. Joutomaa

4-7. Muu metsätalouden maa, maatalouden maa, rakennettu maa, tiet, linjat.

sesti: kymmenestä tapauksesta keskimäärin kuusi oli oikein. Erityisesti havupuiden erottaminen toisistaan oli vaikeaa.

Metsikön kehitysluokan kontingenssikertoimen arvoksi saatiin 0.645. Tähän tulokseen vaikuttaa osaksi kehitysluokan arvioinnin subjektiivisuus. Pääosa metsiköistä oli nuoria ja varttuneita kasvatusmetsiköitä sekä uudistuskypsiä metsiköitä, joiden erottaminen toisistaan ilmakuvilta oli vaikeaa.

Kuutiomäärän tulkinnassa ilmakuvatulkintojen ja maastohavaintojen välinen korrelaatiokertoimen arvo oli metsämaan osalta 0.857. Metsikön kuutiomäärä oli yleensä yliarvioitu kaikissa metsiköissä. Suurinta oli yliarviointi puustoltaan vähäkuutioisissa metsiköissä. Kitumalla korrelaatiokertoimen arvo oli miltei yhtä korkea kuin metsämaallakin, 0.815. Kitumaan puuston määrän yliarviointi oli suurempaa kuin metsämaan metsiköissä.

## 53. Maastotöiden virhelähteet

Inventoinnin tuloksiin mahdollisesti sisältyvät systemaattiset virheet heikentävät tulosten luotettavuutta. Koealojen paikallistamiseen on todettu sisältyvän systemaattisen virheen vaara. On mahdollista, että arviointilinjaa kuljettaessa bussolin avulla maastossa linja polveilee tiheitä puuryhmiä kiertäen ja sattuu keskimääräistä vähäpuustoisemmalle alueelle. KOIVISTON (1965) mukaan koealojen paikallistamiseen systemaattisella maasto-otannalla on todettu sisältyvän selvä systemaattisen virheen vaara.

Ryhmittymenettelyä käytettäessä ei systemaattista virhettä synny linjojen suuntimisesta (POSO & KUJALA 1971, s. 21–22). Sen sijaan sitä syntyy, jos koealaa ei paikallisteta täysin luotettavasti ja jos paikallistajalla on taipumus sijoittaa koeala alueen sisällä joko keskimääräistä puustoisempaan tai vähäpuustoisempaan kohtaan. Tällaisten virheiden välttämiseksi voidaan melko helposti kehittää objektiivisia paikallistamismenetelmiä. Lyhyellä suuntimis- ja mittaamismatkalla systemaattiset virheet ovat todennäköisesti merkityksettömät.

Ruotsin inventoinnin yhteydessä tehdyssä kokeessa (JANZ 1970) on todettu, että eri inventointiryhmien mittaamat samojen lohkojen metsämaan alan ja keskikuution arvot poikkeavat melkoisesti toisistaan. Samassa tutkimuksessa on myös osoitettu, että suurien aluei-

den yksikkökuutioiden käyttö voi johtaa selviin systemaattisiin virheisiin pienillä osa-alueilla ja puustoltaan poikkeuksellisissa olosuhteissa.

Mittausvirheiden välttämiseksi oli relaskoopia käytettäessä välttämätöntä suorittaa rajapuiden tarkistuksia kaulaimen ja mittanauhan avulla. Tarkistusryhmät suorittivat inventoinnin maastotöiden tarkistusmittauksia, joiden avulla kenttätöyökäuden aikana korjattiin varsinaisten arvioimisryhmien mahdolliset mittaustekniset virheet.

#### 54. Ilmakuvatulkintojen systemaattiset virhemahdollisuudet

Ryhmittymen menetelmässä voi syntyä systemaattista virhettä, koska maasto-otanta ei jakaudu tasaisesti eri tyyppisille osa-alueille, ja koska kuvatulkin taso vaihtelee. Jälkimmäiseen on syynä mm. kuvausajan vaihtelu, eri kuvien ja kuvausten kehitysten erilaisuus, auringon säteilyn voimakkuus ja kulma sekä tulkin pitkäaikaisuudesta ja tulkitsejan kokemuksen puutteesta aiheutuva tulkin luokituksen subjektiivisuus.

Edellä mainittuja syitä on käsitelty yleisesti jo aiemmin. Tässä yhteydessä kiinnitetään huomio lähinnä kuvaus- ja tulkinta-ajan vaihtelun vaikutukseen. Alueelta olevat ilmakuvat oli kuvattu vuosina 1961, 1963, 1966, 1969 ja 1970, ja osa koealoista tulkittiin maastotöiden suorittamisen jälkeen. Kuvausajan vaihteluun liittyvät kuvan kehityksen sekä auringon säteilyn voimakkuuden ja kulman aiheuttamat systemaattiset virhemahdollisuudet.

Suurin osa maapinta-alasta ja myös maalle osuneista maastossa mitatuista koealoista oli vuoden 1970 kuvauksesta, kuten kuvasta 3 (s. 9) ja seuraavasta asetelmasta ilmenee.

Maastossa mitattuja koealoja	Kuvausvuosi					Yhteensä
	1961	1963	1966	1969	1970	
kpl	33	13	83	27	236	392
%	8	3	21	7	61	100

Ilmakuvilta tulkittujen ja maastossa mitattujen koealojen maaluokkien vastaavuus oli kullakin kuvauksella korkea:

Kuvausvuosi	Maaluokkien korrelaatio
1961	0.967
1963	0.897
1966	0.923
1969	0.937
1970	0.942
Yhteensä	0.935

Metsämaaksi ilmakuvilta tulkittuja ja maastossa havaittuja koealoja oli yhteensä 143 kpl, jotka jakaantuivat kuvausvuosittain seuraavasti:

	Kuvausvuosi					Yhteensä
	1961	1963	1966	1969	1970	
kpl	15	—	26	11	91	143
%	10	—	18	8	64	100

Taulukko 3. Metsämaaksi ilmakuvilta tulkittujen ja maastossa havaittujen koealojen keskiarvot kuutioluokittain.

Kuutioluokka ilmakuvilta	Havaintoja kpl	Keskiarvo kuutio	
		ilmakuva	maasto
00	8	00	06
01	1	12	12
02	1	19	30
03	5	33	44
04	4	39	44
05	8	49	62
06	11	62	59
07	15	69	71
08	7	79	95
09	10	90	100
10	9	103	118
11	15	109	124
12	6	118	108
13	6	128	107
14	5	140	174
15	5	153	159
16	4	158	162
17	5	166	140
18	4	182	163
19	3	197	183
20	1	197	156
21	4	206	206
22	3	222	198
25	1	247	262
30	1	299	218
38	1	379	354
Yhteensä	143		

Tutkittaessa eri vuosien kuvausten kuutiomäärän arvioimisesta aiheutunutta virhettä laskettiin edellä mainituille metsämaalle osuneille koealoille kuutioluokittaiset keskikuutiot. Tämä on esitetty taulukossa 3 koko aineiston osalta.

Kuvatulkintaa ei ehditty kokonaan suorittaa ennen maastotyökauden alkua, vaan osa koealoista jäi tulkittavaksi maastotöiden jälkeen. Maalle osuneista maastossa mitatuista koealoista suurin osa eli 86.2 % tulkittiin ennen maastotöitä. Sekä ennen että jälkeen maastotöitä tulkittujen koealojen maaluokittaiset ja kuutiomäärittäiset korrelaatiot olivat korkeat, eivätkä erot ennen ja jälkeen suoritettujen tulkintojen välillä olleet merkittäviä.

Yhtenä kuvatulkintaan vaikuttavan systemaattisen virheen aiheuttajana on tulkitulla alueella kuvauksen jälkeen suoritettujen hakuiden vaikutus. Hakuiden vaikutus systemaattiseen virheeseen ei ole aivan selvä. Kuvauksen suorittamisen jälkeinen kasvu ja hakkuu voivat eliminoida toistensa vaikutusta. Kuvatulkinnassa pyrittiin kasvun vaikutus kuitenkin ottamaan huomioon käyttämällä mallialoja. Hakkuuta oli alueella suoritettu kuvauksen suorittamisen jälkeen vähän. Ilmakuvilta metsä- tai kitumaaksi (lähinnä metsämaaksi) tulkituista koealoista oli viimeisestä hakkuusta kulunut vähemmän aikaa kuin kuvauksen suorittamisesta seuraavasti:

Kuvausvuosi	Hakkuuta metsä- tai kitumaaksi tulkituista koealoista	
	kpl	%
1961	2	9
1963	—	—
1966	2	4
1969	2	8
1970	4	3
Yhteensä	10	4

Huomattakoon, että yksittäisten puitten pöimintää ei ole luettu hakkuuksi.

## 55. Lasketut keskivirheet

Keskivirheitä on määritelty vain metsämaan tunnuksille, koska metsämaalle lasketut tiedot muodostavat keskeisen osan inventoinnin tuloksesta. Metsämaalla luotettavuustarkastelut keskittyvät maata ja puustoa kuvaaviin päätunnuk-

siin. Metsämaan osuuden varianssia estimoitaessa kaavan (1) avulla ryhmien sisäiset varianssit oletetaan ryhmäyhdistelmittäin yhtä suuriksi ja ryhmäyhdistelmän sisäinen varianssi yhtä suureksi kuin sen ryhmän sisäiset varianssit. Tällöin on POSON (1972) mukaan esitetty estimattori  $v_{(P_{st})}$  täysin käyttökelpoinen ryhmitysmenetelmälle edellyttäen, että kyseessä on satunnaismaasto-otanta. Koska tässä tapauksessa kuitenkin maasto-otanta oli systemaattinen, tehdään olettaus, että kaavoilla saadut varianssit ovat 1/2 todellisista. Ryhmäyhdistelmien muodostaminen homogeenisiksi pinta-alaositteiden suhteen ilmakuvatulkintojen perusteella ei tuottanut vaikeuksia.

Metsämaan osuuden varianssiestimaatiksi saatiin:

$$v_{(P_{st})} = 0.00020941 + 0.00002282 = 0.00023223$$

(90.2 %)                      (9.8 %)                      (100.0 %)

Pääosa (90.2 %) metsämaan osuusestimaatin varianssista on aiheutunut ryhmien sisäisestä varianssista. Metsämaan osuuden hajonta on huomioon ottaen edellä mainitun oletuksen

$$s_{(P_{st})} = \sqrt{0.00046446} = 0.0215$$

= 2.15 %

Otantateorian perusteella 95 %:n luotettavuudella metsämaan osuus ei poikkea saadusta estimaatista enempää kuin

$$\pm 2 \cdot 0.00215 \text{ eli}$$

$$P(95\%) = P_{st} \pm 2 \cdot s_{(P_{st})} = 0.417 \pm 2 \cdot 0.0215$$

$$\Rightarrow 0.374 < P(95\%) < 0.460.$$

Metsämaan osuutta on tarkasteltu maapinta-alan suhteen, jolloin vedet eivät ole mukana. Jos metsämaan osuus halutaan ilmoittaa koko pinta-alan suhteen, metsämaan osuus ja samalla sen varianssi pienenevät huomattavasti. Hajonnan osuudeksi keskiarvosta eli variaatiokertoimeksi saadaan

$$C_v = 100 \cdot \frac{0.0215}{0.417} = 5.16 \%$$

Koko maa-alaa vastaavan keskikuution varianssia estimoitaessa käytetään kaavaa (2). Ryhmäyhdistelmien muodostaminen homogee-

niseksi kuutiomäärien suhteen tuottaa usein vaikeuksia. Ryhmäyhdistelmien sisäisten kuutiomäärähavaintojen varianssia ei nimittäin voida yleensä olettaa yhtä suureksi kuin vastaavia yksittäisten ryhmien sisäisiä variansseja. Tästä aiheutuva hankaluus on selvitetty sillä, että ryhmien varianssit on oletettu ryhmäyhdistelmittain yhtä suuriksi kuin ryhmäyhdistelmien sisällä regressiosuorilta selittämättä jäänyt varianssi (POSO & KUJALA 1971, s. 25).

Kuutiomäärän varianssiestimaatiksi saatiin yhtälöön (2) sijoittamalla

$$v(\bar{y}_{st}) = 1.6873 + 0.3262 = 2.0135$$

(83.8 %) (16.2 %) (100.0 %)

ja hajonnaksi

$$s(\bar{y}_{st}) = \sqrt{4.0270} = 2.007 \text{ m}^3/\text{ha}$$

Hajonnan osuus keskiarvosta eli variaatiokerroin on

$$C_v = 100 \cdot \frac{2.007}{50} = 4.01 \%$$

Inventointialueen kokonaiskuutiomääräksi saatiin 5.095 milj. m<sup>3</sup>. Koska kokonaismaa-ala tunnetaan, saadaan kokonaiskuution hajonnaksi

$$s_y = A \cdot s(\bar{y}_{st})$$

$$= 102\,300 \text{ ha} \cdot 2.007 \text{ m}^3/\text{ha} = 205\,000 \text{ m}^3.$$

Kokonaiskuutiomäärän luotettavuusrajoiksi saadaan

$$4.685 \text{ milj. m}^3 < Y_{(95\%)} < 5.505 \text{ milj. m}^3.$$

## 6. MAAPINTA-ALAN MUUTOSTEN VAIKUTUS TULOSTEN LUOTETTAVUUTEEN

Siirryttäessä koko aluetta koskevista luotettavuuksista estimoimaan osa-alueittaisten tulosten tarkkuuksia joudutaan tekemään oletuksia, joiden paikkansa pitävyys on vaikeasti selvitettävissä.

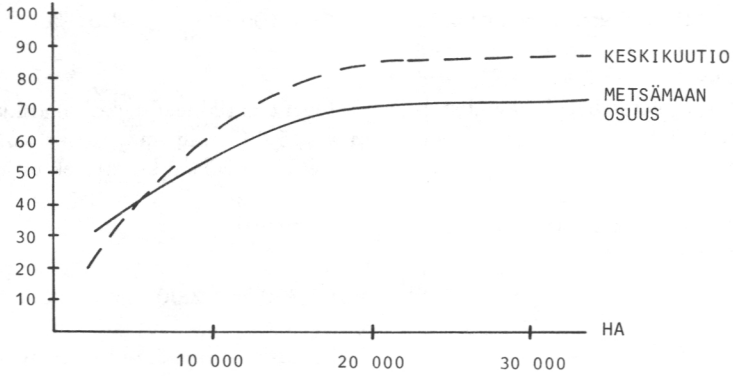
Ryhmittymenettelyn mukaisesti jokaisesta osa-alueelle sattuneesta ryhmästä on mitattava maastossa yksi koeala. Jos vain osa ryhmän koealoista sattuu osa-alueelle, siitä valittu maastokoeala voi olla joko osa-alueella tai sen ulkopuolella. Lähdetessä selvittämään osa-alueiden tulosten luotettavuutta tehdään oletus, jonka mukaan jokaisesta osa-alueelle sattuneesta ryhmästä mitattu maastokoeala on mitattu osa-alueella.

Jotta voitaisiin laskea edelleen keskikuution varianssiestimaatti, tehdään vielä oletamus, että osa-alueiden maaluokkien keskikuutioiden sisäiset varianssit ovat yhtä suuret. Osa-alueiden metsämaan osuuden, keskikuution, keskikuution varianssin ja hajonnan laskennassa käytetyt yhtälöt on esitetty Perä-Lapin inventoinnin selosteessa (POSO & KUJALA 1971). Jos osa-alueen keskikuution varianssin estimointi olisi perustettu ainoastaan niiden maastokoe-

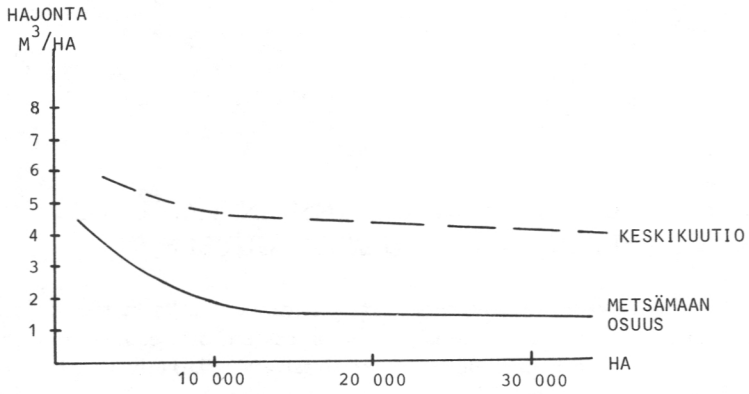
alojen varaan, jotka sattuivat kyseessä olevaan osa-alueeseen, olisi estimaatit saatu todennäköisesti selvästi yliarvioiksi. Jotta osa-alueiden tulosten luotettavuus olisi saatu todella selville, olisi tutkimusaineistossa täytynyt olla pien-alueilta maastomittauksiin välittömästi perustuvia tarkkoja tuloksia. Ellei näitä tietoja ole käytettävissä, saattavat yksittäisten koealojen ilmakuva- ja maastoestimaattien vastaavuuksista vedetyt johtopäätökset mennä vikaan. Alueen ilmakuvakoealojen jakautumisella ryhmiin on myös huomattava merkitys. Ryhmäkokojen olisi ko. menetelmää sovellettaessa oltava likimain yhtä suuret.

Kuvassa 9 on esitetty maapinta-alan vaikutus ryhmien sisäisen varianssin osuuteen, jolla on suurin merkitys keskikuution varianssin muodostumiseen. Sen, kuten myös kuvien 10 ja 11 perusteella voidaan todeta, että tässä ryhmittymenettelyn sovellutuksessa laskenta-alueen keskikuution luotettavuus pysyisi lähes samana, vaikka sen maapinta-ala pienenesi 18 000–20 000 hehtaariin, mikä olisi vain 18–20 % alkuperäisestä pinta-alasta.

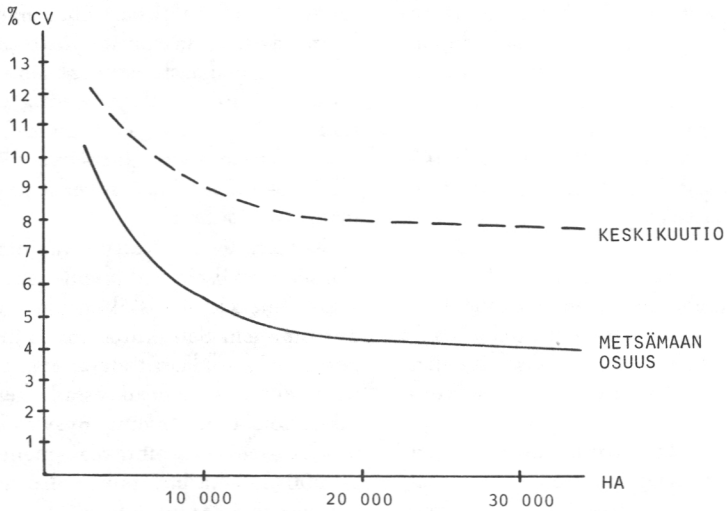
SISÄISEN  
VARIANSSIN  
OSUUS %



Kuva 9. Maapinta-alan vaikutus sisäisen varianssin osuuteen.



Kuva 10. Maapinta-alan vaikutus hajontaan.



Kuva 11. Maapinta-alan vaikutus variaatiokertoimeen.

## 7. RYHMITYSMENETELMÄN SOVELLUTUKSEEN LIITTYVIÄ NÄKÖKOHTIA

Ryhmittymenetelmän käytön perusedellytys on, että ensimmäisen ja toisen vaiheen välillä vallitsee riittävä korrelaatio (POSO & KUJALA 1971, s. 32).

Inventointitulosten luotettavuuden parantamiseksi kokonaiskustannuksia lisäämättä olisi ensimmäisenä tehtävänä parantaa ilmakuvatulkintojen ja maastohavaintojen välistä luotettavuutta. Tässä kokeessa maaluokkien tulkinnassa onnistuttiin verrattain hyvin. Lähinnä metsä- ja kitumaan erottaminen toisistaan tuotti jonkin verran vaikeuksia. Näitten välinen tarkka raja on kuitenkin maastossakin vaikeasti vedettävissä saariston monilla alueilla, kun arviointia tehdään eri aikana, huolimatta siitä, että määrittelyperusteet ovat samat. Kuutiomäärän korrelaatiokertoimen arvo saatiin myös verrattain korkeaksi. Jotta se saataisiin kohoamaan, vaatisi se kuvamateriaalin tarkan valinnan lisäksi hyvää tulkittavan alueen metsien tuntemusta maastokäyntien ja erilaisiin metsiköihin tehtyjen mallialojen avulla. Käytetyillä mittakaavaan 1:20 000 suurennetuilla kuvilla osoittautui parallaksitaigon käyttö erinomaiseksi apuvälineeksi kuutiomäärää arvioitaessa.

Alueen ilmakuvat oli kuvattu eri vuosina. Niitten tulkinta tapahtui satunnaisessa järjestyksessä. Tämä vaikutti ilmeisesti siihen, että subjektiivisuudesta johtuvat muutokset tulkinnassa kohdistuivat tasaisesti eri kuvausvuosien kuville.

Ryhmittymenetelmän soveltamistapaa arvoستاessa tulisi kuvatulkinna lisäksi ottaa huomioon ilmakuvakoealojen sijoitus ja ryhmitys, maastokoealojen sijoitus ja keskittäminen sekä ilmakuva- ja maastokoealojen lukumäärien suhde.

Ilmakuvakoealat sijoitettiin systemaattisesti peittämään koko inventoitavan alueen, koska systemaattinen sijoitus aiheuttaa koealojen edustavuuden paranemisen verrattuna satunnaisotannalla tehtyyn koealojen paikallistamiseen.

Ilmakuvakoealojen ryhmittymisessä pyrittiin saamaan ryhmät mahdollisimman homogeeni-

siksi ja sellaisiksi, että metsätalouden suunnittelun kannalta tärkeimmistä koealoista oltaisiin saatu keskimääräistä pienempiä ryhmiä. Ryhmien keskimääräinen koko oli 19.8. Jaetut koealat vaikeuttivat edellä esitettyjä vaatimuksia. Tulkinnaltaan vastaavia jaettuja koealoja oli vähän, ja tämän vuoksi näistä jouduttiin muodostamaan pieniä ryhmiä.

Tilastotieteen teorian perusteella (mm. COCHRAN 1963) ilmakuva- ja maastokoealojen keskimääräinen suhde 19.8 on koko alueen keskikuution estimointiin liian suuri. Esitetyn teorian mukaan optimaalinen koealulukumäärien suhde on likimäärin

$$n' / n = \sqrt{85 \cdot 0.86^2 / (1 - 0.86^2)} = 15.5$$

Tällöin maasto- ja ilmakuvakoealojen kustannussuhde on oletettu 85:ksi ja metsämaan koealojen kuutiomäärien välinen korrelaatiokerroin 0.86:ksi.

Kun annetaan painoa osa-aluekohtaisille tuloksille, päädytään edellistä tarkastelua suurempiin koealasuhteisiin. Samaan suuntaan vaikuttaa maastokoealojen keskittäminen.

Ryhmien kokoon vaikutti myös maastotöiden nivelyminen valtakunnan metsien inventoinnin kenttätöihin. Joitakin ryhmiä jouduttiin yhdistämään lähinnä vastaavaan, kun ryhmästä ei saatu edustetuksi maastokoealaa. Tällaisten tilanteiden välttämiseksi olisi koko kuvatulkinna täytynyt suorittaa ennen maastotöitä, jotta ilmakuvakoealat olisi voitu ryhmittää ennen maastotyötä ja samalla todeta maastokoealalukumäärien lisätarve. Toisena vaihtoehtona olisi ollut, että ilmakuvatulkinnan suorittamisen jälkeen olisi käyty mittaamassa lisäkoealoja varsinainten inventointilohkojen ulkopuolelta. Tämä olisi toteutettava käytännössä, mikäli ko. menetelmärunkoa mielitään käyttää.

Osa-alueiden laskennassa tehty oletamus, että kunkin ryhmän mitattu maastokoeala sijaitisi alueella, pienensi ryhmien keskimääräisen kokoon pieneksi, mihin päätelmään johtaa osa-

alueen 3, kuten muidenkin osa-alueiden, ryhmien sisäisen ja ilmakuvakoealojen edustavuusvarianssin suhde. Osa-alueella 3 osuuden estimoinnissa ilmakuvakoealojen edustavuusvarianssin osuus oli 31.0 % ja koko maapinta-alan keskikuution estimoinnissa 27.2 %. Nämä lienevät kuitenkin aliarvioita siitä syystä, että ryhmäyhdistelmien ryhmät eivät olleet yhtä suuria.

Edellä esitetty optimaalinen koealalukumäärien suhde 15.5 johtanee melko hyvin arvioihin, kun tulokset halutaan saada mahdollisimman luotettavina osa-alueille. Se johtuu siitä, että  $r$  on korkea. Jos  $r = 0.7$ , "optimaalinen" suhde olisi osa-alueille liian pieni. Osa-alueiden luotettavien tulosten laskeminen edellyttää, että suhteellisen pienellä alueella on tarpeeksi ilmakuvakoealoja, ja että niiden kesken on riittävästi erilaisuutta, jotta niiden joukosta on löydettävissä laajemman alueen ilmakuvakoealoja edustava aineisto.

Jotta osa-alueiden tulosten luotettavuus olisi saatu todella selville, olisi tutkimusaineistossa täytynyt olla pienalueilta maastomittauksiin välittömästi perustuvia tarkkoja tuloksia.

Uusien menetelmäsovellutusten kohdalla kiinnostaa erityisesti vertailut maastolohkojen lukumäärän lisäämiseen. Vertailuja varten tulisi käytettävien perusteiden olla tiedossa ja niiden keskinäinen merkitys tulisi kyetä punnitsemaan. Vertailuperusteina voivat olla esim. työvoiman määrän ja ammattitaidon tarve, joustavuus töiden järjestelyssä ja laskennassa sekä otanta-teoreettinen tehokkuus. Tässä tyydytään vain muutamaani erillisten vertailupäätelmien tekemiseen. Lähtökohtana tutkimuksessa oli valtakunnan metsien inventoinnin tietojen lisääminen pienaluetiedoiksi maastotöiden määrää lisäämättä. Tällöin pitäydyttiin systemaattisessa maasto-otannassa valitsemalla maastokoealat valtakunnan metsien inventoinnin puustokoealoista.

Kuvien hankinta, järjestelytehtävät ja ennen kaikkea kuvien tulkinta lisäävät ryhmitysmenetelmän soveltamisessa tarvittavaa työvoiman määrää. Maastotyövoimaa tarvitaan yhtä paljon kuin normaalissa inventoinnissa eli ryhmänjohtaja ja 3 mittausapulaista.

Lounais-Suomen koeinventoinnin kustannusten analysointi johti seuraavaan erittelyyn:

	mk	%
ilmakuvien hankinta	7 800	23.6
koealojen tulkinta	10 000	30.3

lävistys	2 500	7.6
ryhmitys+ tietokoneajot	3 200	9.7
maastotyöt	9 500	28.8
yhteensä	33 000	100.0

Jos inventointi olisi suoritettu systemaattisella maasto-otannalla, olisi maastotöiden määrää jouduttu huomattavasti lisäämään, mikäli olisi haluttu päästä samaan tulosten luotettavuuteen kuin nyt käytetyllä menetelmällä. Nelinkertainen lohkomäärä, joka antaisi luotettavia tuloksia 50 000 ha:n maa-alalle, nostaisi maastotöiden kustannukset 38 000 markkaan, ja tämän lisäksi kustannuksia tulisi vielä erillisistä selvityksistä, lävistyksestä ja tietokoneajoista.

Pienaluetietojen selvittäminen ilmakuvien avulla on joustavampaa kuin lisäämällä maasto-otannan määrää. Jatkuvassa inventointityössä käytetään pysyvästi palkattua henkilökuntaa, joka kuvatulkinnalla voi suorittaa varsinaista tietojen keruuta myös talvella. Koska maasto-otannan tulee pitäytyä valtakunnan metsien inventoinnin lohkoissa, ei tässä menetelmässä voida käyttää hyväksi esim. Perä-Lapissa käytettyä maastonäytteen satunnaisotannasta aiheutunutta päiväurakoiden suunnittelua ja kulkureittien valintaa, joilla tosin Etelä-Suomen maasto-olosuhteissa ei ole merkitystä.

Menetelmien tehokkuusvertailua ei edellä esitetyn perusteella voida tehdä, koska menetelmillä saatujen tulosten luotettavuuksien suhteita ei ole tutkittu.

Tärkeä havainto oli, että ilmakuville merkityt pisteet voitiin paikallistaa maastoon riittävällä nopeudella ja tarkkuudella. Ennen maastotöitä oli ongelmana se, kuinka linjan mittaus ja ilmakuvakoealojen paikallistaminen kytkeytyvät toisiinsa, mutta saariston pienistä maaston korkeuseroista johtuen ei linjan pituuden mitauksessa ollut vaikeuksia, ja linjan suuntiminen onnistui bussolin avulla hyvin. Pienet sivusuunnan korjaukset tapahtuivat saman metsikkökuvion sisällä.

Laskennallisesti menetelmä oli erittäin joustava, kun laskentayksiköksi käsitettiin yksittäinen koeala. Tämä mahdollisti maaluokkien osuuksien ja kuutiomäärien laskemisen pienille osa-alueille. Tulosten laskenta voitiin tehdä valtakunnan metsien inventoinnin yleisillä ohjelmilla.

Tutkimus vahvistaa sen, että ryhmitysmenetelmä on selvästi tehokkaampi kokonaisuutena ja metsämaan pinta-alaosuuden inventoinnissa



kuin pelkkään maasto-otantaan perustuva inventointi. Sen sijaan metsämaan sisäisten tunnusten kohdalla systemaattinen maasto-otanta on tehokkaampi. Tähän saakka on ryhmittymenettelmään kuuluva maasto-otanta perustunut satunnaisotantaan. Nyt käytetty systemaattinen maasto-otanta näyttäisi kuitenkin olevan lähes yhtä tehokas kuin satunnaisotannalla saatu maastonäyte. Kokemukset osoittavat menetelmän toimintakelpoiseksi laajennettaessa valtakunnan metsien inventoinnin tuloksia hyvinkin

pienille osa-alueille palvelemaan metsätalouden kehittämistä, seutusuunnittelun, puuntuotannon, korjuun sekä kuljetuksen tarpeita. Käytetty menetelmä ei rajoitu vain pienaluetietojen selvittämiseen, vaan hyvien kuvatulkitatuloisten rohkaisemina sitä voidaan käyttää maastomittausten sijasta valtakunnan metsien inventoinnissa varsinaisen metsätalousalueen ulkopuolella esim. saariston vaikeakulkuisissa olosuhteissa, missä maastomittausten kustannukset nousevat korkeiksi.

## KIRJALLISUUSLUETTELO

- COCHRAN, W. G. 1963. Sampling techniques. John Wiley & Sons. Inc. New York-London-Sydney.
- JANZ, K. 1970. Avverkningsberäkning 1969. Skogsmarksarealer, virkesförråd, möjlig avverkning m.fl. uppgifter för industriområden, län och småområden enligt riksskogstaxeringen 1964–1968. St. skogsf. inst., avd. f. skogstaxering. Rapp. o upps., nr. 15. Stockholm.
- KOIVISTO, P. 1965. On the systematic error in basal area caused by digression from the survey line. Seloste: Arvioimislinjan polveilun aiheuttama systemaattinen virhe pohjapinta-alassa. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja (MTJ) 60.5: 1–11. Helsinki.
- KUUSELA, K. 1966. A basal area-mean tree method in forest inventory. Seloste: Pohjapinta-alakeskipuumenetelmä metsän inventoinnissa. MTJ 61.2: 1–32. Helsinki.
- KUUSELA, K. & S. SALMINEN. 1969. The 5th national forest inventory in Finland. General design, instructions for field work and data processing. MTJ 69.4: 1–72. Helsinki.
- NYSSÖNEN, A. 1954. Metsikön kuutiomäärän arvioiminen relaskoopin avulla. Summary: Estimation of stand volume by means of the relascope. MTJ 44.6: 1–31. Helsinki.
- NYSSÖNEN, A. & P. KILKKI & E. MIKOLA. 1967. On the precision of some methods of forest inventory. Acta Forestalia Fennica 81.3: 1–60. Helsinki.
- POSO, S. 1969. Ilmakuvat metsätilojen inventoinnissa. Metsä ja Puu 7–8. Helsinki.
- POSO, S. 1972. A method of combining photo and field samples in forest inventory. Seloste: Ilmakuva- ja maasto-otokseen perustuva metsän inventointimenetelmä. MTJ 76.1: 1–133. Helsinki.
- POSO, S. & M. KUJALA. 1971. Ryhmitetty ilmakuva- ja maasto-otanta Inarin, Utsjoen ja Enontekiön metsien inventoinnissa. Summary: Groupwise sampling based on photo and field plots in forest inventory of Inari, Utsjoki and Enontekiö. Folia Forestalia 132: 1–40. Helsinki.
- SALMINEN, S. 1973. Tulosten luotettavuus ja karttatulostus valtakunnan metsien V inventoinnissa. Summary: Reliability of the results from the fifth national forest inventory and a presentation of an output-mapping technique. MTJ 78.6: 1–64. Helsinki.
- SIMOJOKI, T. 1975. Varsinais-Suomen saaristometsät. Maakuntapoliittisia julkaisuja 4. Varsinais-Suomen maakuntaliitto. Turku.
- Valtakunnan metsien inventoinnin kenttäohje 1971. Metsäntutkimuslaitos. Metsänarvioimisen tutkimusosasto. Moniste.

- No 234 Olli Uusvaara ja Veijo Heiskanen: Sahanhakkeen valmistus, käsittely, mittaus ja laadunmääritys Suomessa.  
Preparation, handling, measurement and quality determination of sawmill chips in Finland. 3,—
- No 235 Seppo Kaunisto: Jyrsintämuokkaus ja lannoitus männyn ja kuusen kylvön yhteydessä turvemaalla.  
Rotavation and fertilization in connection with direct seeding of Scots pine and Norway spruce on peat greenhouse experiments 1,50
- No 236 Veijo Heiskanen ja Juhani Salmi: Kuitupuupinon kiintotilavuuden määrittästä koskevia tutkimuksia. Mutkainen lehtikuitupuu, järea kuitupuu sekä likipituinen laivukuitupuu.  
Studies on the determination of the solid volume of a pulpwood pile Crooked broadleaved pulpwood, large-sized pulpwood and coniferous pulpwood of approximate length. 3,—
- No 237 Markku Mäkelä: Oksaraaka-aineen kasaus ja kuljetus.  
Bunching and transportation of branch raw material. 2,—
- No 238 Mirja Ruokonen: Lehtien kautta annettujen fenoksiherbisidien käyttäytyminen kasvilla. Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu.  
The behaviour of leaf-applied phenoxy-herbicides in plants. A study based on literature. 2,50
- No 239 Eero Paavilainen: Koetuloksia lannoituksen vaikutuksesta korpikuusikossa.  
On the response to fertilizer application of Norway spruce growing on peat. 1,—
- No 240 Pentti Hakkila, Hannu Kalaja ja Markku Mäkelä: Kokopuunkäyttö pienpuuongelman ratkaisuna.  
Full-tree utilization as a solution to the problem of small-sized trees. 8,—
- No 241 Victor Ipatiev & Eero Paavilainen: Lannoituksen vaikutuksen kesto aika vanhassa tupasvillarämeen männikössä.  
Duration of the effect of fertilization in an old pine stand on a cottongrass pine swamp. 1,50.
- No 242 Pertti Harstela: Työn tuotos ja työntekijän kuormittuminen vyöhykekasausmenetelmää käytettäessä.  
The effect of bunching into zones on productivity and strain of the worker cutting pulpwood. 2,—
- No 243 Paavo Valonen: Tekomiehen fyysinen kuormitus kehittyneissä työvaltaisissa kuitupuun tekomenetelmissä.  
The physical strain on the logger in advanced labour intensive pulpwood preparation methods. 4,—
- No 244 Eero Lehtonen: Kourakuormauksen oppiminen.  
Learning of grapple loading. 4,—
- No 245 Pentti Nisula: Kantoloukku.  
Stump Crusher. 3,—
- No 246 Hans G Gustavsen ja Erkki Lipas: Lannoituksella saatavan kasvunlisäyksen riippuvuus annetusta typpimäärästä.  
Effect of nitrogen dosage on fertilizer response. 2,—
- No 247 Yrjö Vuokila: Nuoren istutuskuusikon harvennus puuntuotannollisena ongelmana.  
Thinning of young spruce plantations as a problem of timber production. 2,50
- No 248 Timo Kurkela ja Yrjö Norokorpi: Kuusen lumikaristesien (*Lophobacidium hyperboreum* Lagerb.) esiintyminen Suomessa.  
Occurrence of spruce snow blight fungus, *Lophobacidium hyperboreum* Lagerb. in Finland. 1,—.
- No 249 Pentti Hakkila ja Markku Mäkelä: Pallarin vesakkoharvesteri.  
Pallari Bushharvester 2,—
- No 250 Veijo Heiskanen ja Pentti Rikkonen: Havusahatukkien kuoren määrä ja siihen vaikuttavat tekijät.  
Bark amount in coniferous sawlogs and factors affecting it. 7,—
- No 251 Veijo Heiskanen: Havusahatukkeja koskevia arvolaskelmia vuosina 1974—1975.  
Value calculations for softwood sawlogs in 1974—1975 7,—
- No 252 Jyrki Raulo ja Eino Mälkönen: Koivun luontainen uudistuminen muokatulla kangasmaalla.  
Natural regeneration of birch (*Betula verrucosa* Ehrh. and *B. pubescens* Ehrh.) on tilled mineral soil. 1,50
- No 253 S.-E. Appelroth: Työntutkimus Lamu-kylvökoneesta.  
Work Study of the Lamu Seeding Machine. 2,50
- No 254 Matti Kärkkäinen: Havutukkiin kiintomittausmenetelmän seurantajärjestelmä.  
A control method for the measurement of pine and spruce logs. 2,—
- No 255 Metsätilastollinen vuosikirja 1974.  
Yearbook of forest statistics 1974.
- No 256 Pentti Hakkila, Hannu Kalaja ja Yrjö Schildt: Bobcat M-721 kaatokasauskone männikön ensiharvennuksessa.  
Bobcat M-721 feller-buncher in early thinning of Scots pine. 2,—.
- No 257 Pirkko Velling: Mänty- ja kuusiprovenienssien puuaineen tiheyden vaihtelusta.  
The wood basic density variation of pine and spruce provenances. 4,—
- No 258 Nisula Pentti: Muovihuoneen sadetuskone.  
A sprinkler for a plastic greenhouse. 1,50

- 1976 No 259 Matti Uusitalo: Puun kasvatuksen kulut vuosina 1972 ja 1973.  
Costs of timber production in Finland in 1972 and 1973. 5,—
- No 260 Harstela Pertti: Työn tuotos ja työntekijän kuormittuminen rehtäessä kuitupuuta liuku-  
puomikuormausta varten. 2,50  
Work output and the worker's strain in cutting pulpwood for slide-boom loading. 2,50
- No 261 Eero Lehtonen: Pienpuun kaato moottori- ja raivaussahoihin perustuvilla laitteilla.  
Felling of small-size trees with felling devices based the chain saw and clearing saw. 3,—
- No 262 Olli Saikku ja Pentti Rikkinen: Kuitupuun kuoren määrä ja siihen vaikuttavat tekijät.  
Bark amount of pulpwood and factors affecting it. 2,—
- No 263 Reino Saarnio: Viljeltyjen visakoivikoiden laatu ja kehitys Etelä-Suomessa.  
The quality and development of cultivated curly-birch (*Betula verrucosa f. carelica* Sok.) stands in southern Finland. 3,—
- No 264 Yrjö Vuokila: Ensiharvennuskertymä.  
Yield from the first thinning. 1,50
- No 265 Olavi Huuri: Kallistumisilmiö istutusmännikoissä; tiedustelun tuloksia.  
Tilting of planted pines; survey results. 2,50
- No 266 Proposed tree breeding programme in Finland 1976—1985.  
Abbreviation of the report issued by the Tree Breeding Committee (Committee Report 1975:25).
- No 267 Jari Parviainen: Taimien juurten leikkaaminen kasvatuksen ja istutuksen yhteydessä.  
Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu. 3,—  
Root pruning in the nursery and at planting. A study based on literature. 3,—
- No 268 Jari Parviainen: Männyn eri taimilajien juuriston alkukehitys.  
Initial development of root systems of various types of nursery stock for Scots pine. 2,50
- No 270 Jaakko Virtanen: Metsänomistaja tienrakennuttajana.  
The role of the forest owners in logging roads construction. 3,—
- No 271 Pertti Elovirta: Metsätalouden työvoiman tarjonta Suomessa 1945—1974 ja ennuste vuosille 1975—1985.  
Forest labour supply in Finland 1945—1974 and a forecast to years 1975—1985. 5,—
- No 272 Eero Paavilainen: Typpilannoitus ohutturpeisilla piensararämeillä.  
Nitrogen fertilization on shallow-peated *Carex globularis* pine swamps. 2,—
- No 273 Paavo Simola ja Markku Mäkelä: Rasiinkaato kokopuiden korjuussa.  
Leaf-seasoning method in whole-tree logging. 2,—
- No 274 Kullervo Kuusela ja Sakari Salminen: Pohjois-Karjalan metsävarat vuosina 1973—74, Etelä-Pohjanmaan, Vaasan ja Keski-Pohjanmaan vuonna 1974 sekä Kainuun ja Pohjois-Pohjanmaan vuonna 1975.  
Forest resources in the Forestry Board Districts of Pohjois-Karjala in 1973—74, Etelä-Pohjanmaa, Vaasa and Keski-Pohjanmaa in 1974, Kainuu and Pohjois-Pohjanmaa in 1975. 5,—
- No 275 L. Runeberg: Driftsresultatet från Skogsforskningsinstitutets företagsekonomiska forskningsskogar åren 1945—74.  
The business economics result from the Forest Research Institute's research forests 1945—74. 5,—
- No 276 Pentti Iisalo, Jukka Sorsa ja Paavo Tiihonen: Suomen metsien rakenteen seuranta-menetelmä.  
Eine Methode zur laufenden Überprüfung der Struktur der Wälder Finnlands. 2,50
- No 277 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1973—75.  
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1973—75. 5,—
- No 279 Jyrki Raulo ja Erkki Lähde: Ennakotuloksia rauduskoivun kylvökokeista Lapissa.  
Preliminary results on sowing experiments with *Betula pendula* Roth in Finnish Lapland. 1,50
- No 280 Veijo Heiskanen: Havusahatukkien kuorelliset keskusmuotoluvut.  
Middle form factors of pine and spruce sawlogs. 2,50
- No 281 Yrjö Vuokila: Karsimisen vaikutus männyn ja koivun terveystilaan.  
Effect of green pruning on the health of pine and birch. 1,50
- No 282 Yrjö Vuokila: Pystypuun kairaus vikojen aiheuttajana.  
The boring of standing trees as a source of defects. 1,50
- No 284 Paavo Juutinen, Timo Kurkela ja Sakari Lilja: Ruohokaskas, *Cicadella viridis* (L.), lehtipuun taimien vioittajana sekä vioitusten sienisaastunta.  
*Cicadella viridis* (L.), as a wounder of hardwood saplings and infection of wounds by pathogenic fungi. 1,50
- No 285 Timo Nyrhinen: Kaksivaiheisen metsän inventoinnin koe Lounais-Suomessa.  
A test of two-step forest inventory in South-West Finland. 2,50
- No 286 Matti Kärkkäinen: Pohjoissuomalaisen koivukuitupuun tilavuusmittauksia.  
Volume measurement of birch pulpwood in Northern Finland. 2,50
- No 290 Veijo Heiskanen: Tarkistetut havusahatukkien kuorelliset yksikkökuutioluvut.  
The checked unit volumes for pine and spruce sawlogs. 1,50