

# FOLIA FORESTALIA 561

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1983

---

---

PAAVO TIIHONEN

LEIMIKON PYSTYMITTAUKSEN  
KENTTÄTÖIDEN TEHOSTAMISEN  
MAHDOLLISUUKSIA

THE EFFICIENCY OF THE  
FIELD MEASUREMENT OF  
STANDING TREES MARKED  
FOR CUTTING

---



METSÄNTUTKIMUSLAITOS  
*THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE*

Osoite: Unioninkatu 40 A  
Address: SF-00170 Helsinki 17, Finland

Puhelin: (90) 661 401  
Phone:

Ylijohtaja: <i>Director:</i>	Professori <i>Professor</i>	Olavi Huikari
Yleisinformaatio: <i>General information:</i>	Tiedotuspäällikkö <i>Information Chief</i>	Tuomas Heiramo
Julkaisujen jakelu: <i>Distribution of publications:</i>	Kirjastonhoitaja <i>Librarian</i>	Liisa Ikävalko-Ahvonon
Julkaisujen toimitus: <i>Editorial office:</i>	Toimittaja <i>Editor</i>	Seppo Oja

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 yhdeksällä tutkimus- ja koeasemalla. Tutkimus- ja koetoimintaa varten laitoksella on hallinnassaan valtion-metsiä yhteensä n. 150 000 hehtaaria, jotka on jaettu 17 kokeilualueeseen 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 nine 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.*

Paavo Tiihonen

LEIMIKON PYSTYMITTAUKSEN KENTTÄTÖIDEN TEHOSTAMISEN  
MAHDOLLISUUKSIA

The efficiency of the field measurement of standing  
trees marked for cutting

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO .....	3
2. TUTKIMUSKOHTEET .....	4
3. TUTKIMUSAINEISTO .....	4
31. Mittausaika .....	4
32. Mittausten suorittajat .....	5
33. Eri osapuolten yhteistyö .....	5
34. Koepuiden otantamenetelmä .....	5
35. Koepuiden lukumäärä .....	6
36. Koepuualueet ja keskimääräiset yksikkökuutiot .....	8
37. Koepuualueen laajentaminen .....	10
38. Mittauskohteiden valinta .....	11
39. Kasvatushakkuilla käsiteltävät metsiköt .....	12
310. Pysty- ja hakemittauksen yhdistäminen .....	13
4. PYSTYMITTAUKSEN KENTTÄTÖIDEN TEHOSTAMISEN MAHDOLLISUUKSIA ....	14
41. Mittaajat ja mittausaika .....	14
42. Koepuiden määrä ja otanta .....	15
43. Koepuualueet ja keskimääräiset yksikkökuutiot .....	16
44. Pystymittaus nuorissa metsiköissä .....	17
441. Tarkastelukohteet .....	17
442. Kuitupuuleimikot .....	17
443. Kuitu- ja energiapuuta sisältävät leimikot .....	18
444. Lähinnä energiapuuta sisältävät leimikot .....	19
445. Muita mahdollisuuksia .....	19
5. PYSTYMITTAUS JA KÄYTÄNNÖN HAKKUUT .....	20
6. YHDISTELMÄ .....	20
KIRJALLISUUS — REFERENCES .....	21
SUMMARY .....	22

TIIHONEN, P. 1983. Leimikon pystymittauksen kenttätöiden tehostamisen mahdollisuuksia. Summary: The efficiency of the field measurement of standing trees marked for cutting. *Folia For.* 561: 1—23.

Tutkimuksen aineisto koostuu osin v. 1976—79 useilta Suomen etelä- ja pohjoispuoliskossa mitattujen käytännön leimikoiden, osin edellisten rinnalle vuodesta 1973 alkaen tehtyjen koeleimikoiden, koealojen ja koe-puiden mittaustuloksista. Tutkimuskohteiden etsinnässä ja valinnassa keskityttiin lähinnä mittauksen eri osapuolten v. 1972—73 hyväksymien ja myöhemmin laadituissa ohjeissa täsmennettyjen perusteiden mukaiseen toimintaan.

Julkaisussa esitellään valitut tutkimuskohteet, niiden tarkastelun edellyttämä aineiston keruu ja esimerkkejä aineiston määrästä ja rakenteesta. On rajoitettu tutkimaan lähinnä sellaisia mahdollisuuksia, jotka todennäköisesti voitaisiin toteuttaa käytännön toiminnassa. Lopullinen ratkaisu riippuu kuitenkin mittauksen eri osapuolten päätöksistä. Rajoittamalla vain mittaustekniikkaan tutkimuksessa painotetaan etenkin seuraavia tehostamista kaipaavia aloja: mittaajat ja mittausaika, mittaamiskohteiden valinta, koeuiden mittaustapa ja lukumäärä, yhteisten koeuiden ja keskimääräisten yksikökuutioiden käyttö, nojautuminen hakkuumiehen suorittamaan runkojen lukuun, muunlainen eri osapuolten yhteistyö, kaadettujen koeuiden käyttö sekä pysty- ja hakemittauksen yhdistäminen.

Mittaajien valintaa ja koulutusta on vakavasti tehostettava. Aikaisempaa enemmän olisi painotettava mittaustyön varsinaista tarkoitusta ja siten vältettävä tarpeettomia kustannuksia. Leimikon pystymittauksen kenttätöiden tehostamisen mahdollisuuksia on siis varsin runsaasti.

The material consists partly of marked stands in the southern and northern parts of Finland in 1976—79, and partly of the measuring results from marked sample stands, sample plots and trees set up since 1973. The search and choice of the research objects focused chiefly on the activities approved by the different parties involved i.e. the seller, purchaser and logger in 1972—73 and on the later formulated instructions.

The investigation introduces the chosen research objects, the collection of material for the investigation and examples of the extent and structure of the material. The investigation is confined to such possibilities as probably are realizable in practical work. The final resolution, however, depends on the decision of the parties involved. By confining to the measuring technique, the following objects that require more efficiency are emphasized: measurers and measuring time, choice of measuring objects, measuring way and number of sample trees, the use of common sample trees and mean unit volumes, enumeration of stems by the logger, other kind of cooperation by the parties involved, the use of felled sample trees and combining the measurements of standing trees and chips.

The choice and training of measurers should be greatly intensified. The emphasis should be more than before on the actual purpose of measurement to avoid redundant expenses. There do exist several possibilities of increasing the efficiency of field work involved in measuring marked standing trees.

ODC 525.1  
ISBN 951-40-0626-7  
ISSN 0015-5543

Helsinki 1983. Valtion painatuskeskus

## 1. JOHDANTO

Leimikon pystymittauksen kehittämistyö, joka alkoi jo 1960-luvun lopulla, edellytti monia erilaisia selvityksiä sekä käytännön että tutkimuksen alalla. Eri alojen kesken oli myös laajamittaista yhteistyötä. Tutkimustoiminnassa keskityttiin erityisesti mittausmenetelmän kenttä- ja laskentatöiden perusteisiin, käytännön alalla selviteltiin mm. mittausten suoritustapaa, tehtävään liittyvää ATK-laskentaa jne.

Pystymittauksen kehittämistyö jatkui 1970-luvun alussa varsin aktiivisena. Kuutioinnin perusteita koskevat tutkimukset saatiin pääosiltaan päätökseen kesällä 1972 (Nousiainen ym. 1972). Koivutukkipuiden kuutioimismenetelmän kehittämistyö jatkui syksyyn 1973 asti (Nousiainen ym. 1973). Toiminnan painopiste siirtyi tämän jälkeen käytännön alalle. Eri metsäteollisuusyhtiöissä tehtyjen yrityskohtaisten ratkaisujen lisäksi viitattakoon tässä erityisesti Metsäteollisuuden työnantajaliiton toimesta perustetun PMP-hoitokunnan laatimiin ohjeisiin (PMP ... 1971)

Pystymittauksen perusteiden selkeyttäminen lisäsi osaltaan mittausmenetelmän käyttöä sekä kantohinnan että palkkaperusteiden määrittämisessä. Pystymittauksen yleistyessä ilmeni toisaalta uusia tutkimustehtäviä. Käytännön alalta mainittakoon lähinnä pystymittauksen perusteiden ja ohjeiden yhdenmukaistaminen. Mittausneuvosto hyväksyi mainittua aihetta käsittelevän esityksen 27.10.1975. Tutkimuksen alalla keskeisimmäksi tehtäväksi tuli aluksi pystymittauksen tarkistaminen (Tiihonen 1974). Tässäkin aiheessa painopiste siirtyi pian käytännön alalle. Mittausneuvoston vahvistamien ohjeiden mukaan ja Keskusmetsälautakunta Tapion ohjauksessa aloitettiin v. 1976 koko maan käsittävä leimikoiden pystymittauksen tarkastustoiminta.

1970-luvun loppupuoliskon tutkimuksista voidaan erottaa kaksi toimintasuuntaa. Toinen kohdistui kuutioimismenetelmään. Katsottiin, että kuutiointia voitiin tehostaa siirtymällä ns. kuutioimisfunktioiden käyttöön (Laasasenaho 1982). Mittausneuvosto teki asiaa koskevan periaatepäätöksen 4.6.1981.

Toisena tutkimuskohteena ovat olleet pystymittauksen kenttätöyt. Päähuomio on kiinnitetty kenttätöiden tehostamisen mahdollisuuksiin. Voitiin todeta, että eräissä mittauksen yksityiskohdissa tarvittiin edelleenkin yhdenmukaistamista ja toiminnan täsmentämistä. Toisaalta maastotöiden kustannusten jatkuva nousu korosti mittausten tehostamisen tarvetta. Aiheeseen oli kyllä kiinnitetty jo aikaisemminkin huomiota (Tiihonen 1977). Voitiin todeta, että tutkimuksia oli jatkettava edelleenkin.

Kirjoittajan johdolla suoritettuja leimikon pystymittauksen tehostamista koskeneiden tutkimusten kenttätöitä tehtiin v. 1976—79 maan etelä- ja pohjoispuoliskossa. Kenttätöihin sisältyi havaintojen tekoa erilaisissa leimikoissa, mutta erityisesti puidenlukua ja koepuiden mittausta usein laaja-alaisissa leimikoissa ja niiden ympäristössä. Tutkimusaineistoa koottiin myös eräiden metsäteollisuusyhtiöiden ja yhteismetsien suorittamissa pystymittauksissa kertyneistä mittaustuloksista. Tarkastelu kohdistettiin maastotöiden kaikkiin yksityiskohtiin. Tavallaan pääaihetta täydentävänä selvityksenä tehtiin mittaustarkastusten lähellä olevilla hakkuualoilla suppeita vertailuja siitä, johtiko käytännön hakkuutoiminta kannon ja latvuksen koon osalta likimain pystymittauksessa sovellettuun keskimääräiskokoihin.

Tutkimusten yhteydessä todettiin useita sellaisia tehostamisen mahdollisuuksia, joiden merkitys käytännön mittaustoiminnassa näytti jäävän varsin vähäiseksi. Toisaalta löytyi useita sellaisia yksityiskohtia, joissa ilmeisesti voitiin tehostaa pystymittauksen kenttätöitä. Katsottiin, että tässä tutkimuksessa rajoitutaan vain viimeksi mainittujen mahdollisuuksien tarkasteluun. Oli tietysti syytä otaksua, että vasta käytännössä ratkaistaan lopullisesti mittausten tehostamiseen tähtäävät toimenpiteet.

Edellisessä esitetyllä tavalla tutkimuskohteiksi valitut leimikon pystymittauksen kenttätöiden tehostamisen mahdollisuudet luetaan seuraavassa pääkappaleessa. Tämän jälkeen selostetaan eri mahdollisuuksien tar-

kastelua varten kerättyä tutkimusaineistoa. Viimeisessä pääkappaleessa esitetään tutkimuksen tulokset eli kuvataan suppeasti niitä leimikon pystymittauksen kenttätöiden osatyövaiheita, joissa näyttäisi olevan mahdollista tehostaa toimintaa. Pyritään hahmot-

telemaan kuva siitä, miten ja millä perusteilla tehostaminen on mahdollista. Eri osakuvaüksissa kiinnitetään huomiota myös siihen, mitä kenttätöiden tehostaminen vaikuttaa tulosten luotettavuuteen.

## 2. TUTKIMUSKOHTEET

Tässä tutkimuksessa tarkasteltavien leimikon pystymittauksen kenttätöiden tehostamisen mahdollisuuksien etsinnässä ja valinnassa keskityttiin lähinnä mittauksen eri osapuolten v. 1972—73 hyväksymien ja myöhemmin laadituissa ohjeissa täsmennettyjen perusteiden mukaiseen toimintaan. Tarkastelun ulkopuolelle ovat siten jääneet ne mahdollisuudet, jotka liittyvät johdannossa viitattuihin uusiin kuutioimisperusteisiin. Seuraamalla käytännön pystymittauksia, mittausten tarkistuksia ja tutkimalla molemmissa mainituissa tehtävissä kertyneitä aineistoja voitiin todeta, että nykyistenkin perusteiden mukaista mittaustekniikkaa sopivasti muuttamalla oli mahdollista tehostaa pystymittauksen kenttätöitä eräissä osatehtävissä, tietynlaisissa metsiköissä tehtävissä mittaauksissa jne.

Tutkimukseen sisällytettiin myös suppea käytännön hakkuutoimintaa koskeva erillisselvitys, jossa tarkasteltiin hakkuiden suoritustapaa ja hakkuissa kertyviä eri puutavaramääriä. Pyrittiin selvittämään, sovellettiinko eri osapuolten sopimia mittaus- ja kuutioimisperusteita myös käytännön hakkuissa vai tarvitiinko tältäkin osin tiettyä tehostamista pystymittauksen suoritukseen.

Tutkimuskohteiden etsinnän ja valinnan perusteella päädyttiin seuraaviin tässä tutkimuksessa tarkasteltaviin mahdollisuuksiin:

- mittausaika
- mittausten suorittajat
- eri osapuolten yhteistyö

- koepuiden otantamenetelmä
- koepuiden lukumäärä
- koepuualueet ja keskimääräiset yksikkökuutiot
- koepuualan laajentaminen
- mittaushakkuun valinta
- kasvatushakkuilla käsiteltävät metsiköt
- pysty- ja hakemittauksen yhdistäminen.

Useimpien mainittujen tutkimuskohteiden tarkastelu on edellyttänyt huomattavaa aineiston keruuta ja laajamittaista tulosten laskentaa. Esityksen supistamista silmällä pitäen rajoitetaan osa-aineistojen samoin kuin tulosten esittelyssä vain keskeisimpiin piirteisiin.

Tutkimuskohteiden tarkastelussa on rajoitettu edelleen pystymittauksen keskeisimpiin osatehtäviin, puudenlukuun ja koepuiden mittaukseen. Käytännön pystymittaukset edellyttävät suunnittelua, toiminnalla pyritään kantorahan ja palkkaperusteiden selvittämiseen sekä perusteiden hankkimiseen paikallista ja yleisluonteista suunnitteleua varten, työhön liittyy mittausten lisäksi matkustamista jne. Mainitunlaisten varsinaisen mittauksen ulkopuolelle jäävien osatehtävien tarkastelu sivuutetaan pääosiltaan tässä tutkimuksessa. Jossain määrin mainitunlaiset osatehtävät ovat olleet ikäänkuin taustatietona eräiden tehostamisen mahdollisuuksien tarkastelussa. Esimerkkinä mainittakoon mittaushakkuun valinta, jonka osalta esim. kustannusten rajaaminen tiettyyn enimmäismäärään saattaa ratkaista, onko ko. leimikossa perusteltua suorittaa pystymittaus.

## 3. TUTKIMUSAINIESTO

### 31. Mittausaika

Leimikon pystymittauksen kenttätöiden suoritusajoista ei kerätty numeerista aineistoa. Aiheen tarkastelua varten seurattiin pystymittauksien suoritusajoja käytännön leimikoissa maan eri osissa. Tehtiin myös runsaasti tiedusteluja v. 1980 lopulle asti. Tiedustelujen yhteydessä keskusteltiin mittaush-

ajan merkityksestä, muuttamisen mahdollisuuksista jne.

Todettakoon, että varsinaisten pystymittauksien, ns. perusmittauksien lisäksi kenttätöiden suoritusajoihin liittyvät tehostamisen mahdollisuudet koskevat myös nykyisin varsin laajamittaista pystymittauksien tarkastusta.

### 32. Mittausten suorittajat

Leimikon pystymittausta suorittavien ostajien ja mittausryhmien suuren lukumäärän vuoksi kenttätöryhmien lähempi tarkastelu ei ollut mahdollista. Rajoituttiin vain yleisluonteisiin havaintoihin. Eräitä tietoja saatiin myös kenttätöiden tarkastusten tuloksesta. Aihe liittyy tavallaan seuraavassa esitettävään eri osapuolten yhteistyöhön.

### 33. Eri osapuolten yhteistyö

Leimikon pystymittauksen eri osapuoliksi on tässä tutkimuksessa luettu puun myyjä ja ostaja sekä hakkuumies. Eri osapuolten yhteistyön avulla saavutettaviin etuihin ja tehostamisen mahdollisuuksiin kiinnitettiin huomiota erityisesti 1970-luvun puolivälissä muutaman vuoden ajan. Aihetta koskevat ensimmäiset selvitykset tehtiin Keuruulla (Tiihonen 1973a). Tavoitteena oli aluksi kaikkien kolmen osapuolen yhteistyö. Myyjän ja ostajan sekä toisaalta ostajan eli työnantajan ja hakkuumiehen, siis vain kahden osapuolen yhteistyö näytti myös mahdolliselta (esim. Huovinen ym. 1972; Erkkilä ym. 1977).

Edellä viitattujen Keuruulla v. 1973—74 tehtyjen selvitysten pohjalta syntyi myös käytännössä puun myyjien ja ostajien edustajien välistä yhteistoimintaa. Aktiivisinta toimintaa on ollut ilmeisesti Jämsän—Jämsänkosken alueella. Toisena esimerkkinä mainittakoon Virrat, jossa yhteistoiminnan asemesta metsänhoitoyhdistys ryhtyi yksin suorittamaan pystymittauksia. Aktiivisuus suorittaa pystymittauksia tavanomaisen yrityskohtaisen toiminnan rinnalla heikkeni kuitenkin varsin pian. Aihetta koskevaa aineistoa saatiin siten yhä niukemmin. Näyttääkin ilmeiseltä, että yhteistyöhön perustuvat tehostamisen mahdollisuudet keskittyvät nykyisiin lähinnä hakkuumiehen suorittamaan runkojen lukuun rakentuviin menetelmiin. Jo ensimmäisessä aihetta koskevassa tutkimuksessa kiinnitettiin huomiota mahdollisuuksiin käyttää tällaista menetelmää hakkuupalkan määrittämisen lisäksi myös kantohinnan laskennassa (Huovinen ym. 1972). Eräässä suppeassa kirjoittajan tekemässä selvityksessä (Tiihonen 1978b) todetaan, että hakkuumiehen lisäksi metsänomistaja voisi suorittaa tiettyjä mittaustehtäviä.

Eri osapuolten yhteistyötä käsitteleviin tarkasteluihin liittyvien aineistojen osalta viitataan erityisesti edellä toistuvasti mainittuihin julkaisuihin (Huovinen ym. 1972; Erkkilä ym. 1977).

### 34. Koepuiden otantamenetelmä

Koepuiden otantamenetelmää koskeneet tutkimukset niveltivät kiinteästi jäljempänä tarkasteltaviin koepuiden lukumäärää ja koepuualueita koskeviin selvityksiin. Otantamenetelmän tarkastelu muodostaa ikäänkuin taustan kahden muun mainitun aiheen tutkimuksille. Erityisesti tässä yhteydessä on syytä toistaa, että tässä julkaisussa keskitytään vain 1970-luvun alussa hahmottuneiden mittaus- ja laskentaperusteiden mukaiseen toimintaan. Keskeisellä sijalla oli sellaisten perusteiden valinta, joita voitiin käyttää sekä käsin- että ATK-laskentaan nojautuvassa toiminnassa. Uusiin kuutioimisperusteisiin (Laasasenaho 1982) liittyviä koepuiden otannan tehostamisen mahdollisuuksia ei tarkastella tässä julkaisussa.

Otantamenetelmää koskevan tarkastelun taustaksi mainittakoon vielä, että 1960-luvun lopulla ja 1970-luvulla käytettiin yleisesti seuraavia vaihtoehtoisia menetelmiä:

- koepuiden poiminta määräväläin puidenluvun yhteydessä, esim. joka 20:s, joka 10:s jne. puu
- koepuumittausten keskittäminen koaloille tai koepuulinjoille.

Aihetta koskeneiden selvitysten mukaan koepuumittausten keskittäminen koaloille on erittäin perusteltua.

Tavanomaisten ympyräkoalojen ja linjojen rinnalle tuli 1970-luvun alussa myös relaskoopin käyttö. Eri läpimittaluokkien koepuut koottiin siis erisuurilta ympyräkoaloilta. Samalla koala- ja linja-arvioinnin käyttö yleistyi. Mittausneuvoston vahvistamiin leimikon pystymittauksen ohjeisiin sisällytettiin jopa suositus koala- ja linja-arvioinnin käytöstä.

Järeimpien runkojen kuutioimisperusteiden selvittäminen on usein johtanut erilaisiin ratkaisuihin. Varsin yleisesti kaikki rinnankorkeudelta yli 45 cm puut on otettu koepuiksi. Vähäisen koepuumäärän etsintä ja mittaaminen on saattanut aiheuttaa runsaastikin työtä. Aihetta koskevat selvitykset antavat aiheen korostaa, että myös koepuiden mittaauksessa on syytä ottaa huomioon koemittauksen merkitys.



otettava huomioon, että käytännössä sovellettu yksinkertainen, joskin jäykähkö  $d_{1,3}$ -luokittainen koepuumäärien poiminta pakostakin johtaa keskimääräisestä optimitavoitteesta poikkeaviin koepuumääriin tietyissä  $d_{1,3}$ -luokissa. Erisuurien koepuumäärien käyttöä koskeneet vertailut viittaavat siihen, että mainitunlaiset vähäiset tai yksittäiset poikkeukset eivät heikennä merkittävästi kuutioiden luotettavuutta tai lisää mitaustekannuksia. Rajoittamalla vain leimikon keskeisiin runkolajeihin voidaan kerätyn aineiston perusteella päätellä, että usein olisi riittänyt vähäisempikin koepuumäärä. Aihetta tarkasteltiin mm. siten, että mitatuista koepueristä poimittiin joka toinen, joka kolmas jne. koepuu ja saatuja  $d_{1,3}$ -luokittaisia tuloksia ja kokonaismääriä verrattiin kaikkien koepuiden perusteella saatuihin, alkuperäisen pystymittauksen ATK-laskennan tuloksiin. Tarkastelun tuloksia valaistetaan muutamalla esimerkiksi otetulla tulossarjalla taulukossa 2. Lisäksi esitetään seuraavassa asetelmassa kaksi esimerkkiä keskimääräistä runsaammin koepuita sisältävistä kuusikuitupuuleimikoista. Molemmat esimerkeiksi valitut leimikot on mitattu Kemijärven kunnassa. Jankki-nimisen leimikon kuusikuitupuista oli kertynyt koepuita yhteensä 782, toisessa Tapio -nimisessä leimikossa vastaava lukumäärä oli 383.

Koeleimikko — Number of sample trees		Koeleimikko — Test stand marked for cutting	
		Jankki Ero, % <sup>1)</sup>	Tapio Difference, % <sup>1)</sup>
Joka 2:n	— Every 2nd	+ 0.6	+ 0.6
” 3:s a <sup>2)</sup>	— ” 3rd a <sup>2)</sup>	+ 0.8	+ 0.3
” 3:s b <sup>2)</sup>	— ” 3rd b <sup>2)</sup>	— 0.3	— 0.2
” 4:s a	— ” 4th a	+ 1.0	+ 1.1
” 4:s b	— ” 4th b	+ 0.1	— 0.7
” 5:s	— ” 5th	+ 0.5	+ 4.0
” 6:s	— ” 6th	+ 2.1	— 1.5
” 7:s	— ” 7th	+ 5.8	+ 1.1
” 8:s	— ” 8th	+ 0.9	— 1.6
” 9:s	— ” 9th	— 1.7	— 1.8
” 10:s	— ” 10th	+ 0.8	

1) Ero kaikkien koepuiden perusteella saatuun kuutiomäärään verrattuna — Difference as compared to the volume of all sample trees

2) Joka 3:s a = 1,4,7 jne, joka 3:s b = 2,5,8 jne — Every 3rd a = 1,4,7 etc., every 3rd b = 2,5,8 etc.

Joka 4:s a = 1,5,9 jne, joka 4:s b = 2,6,10 jne — Every 4th a = 1,5,9 etc., every 4th b = 2,6,10 etc.

Taulukon 2 ja sitä täydentävän asetelman sekä muiden vastaavien tulossarjojen yhdistelmänä voitiin todeta, että usein olisi voitu

Taulukko 2. Esimerkkejä erisuurilla koepuumäärillä saaduista tuloksista eräissä tutkimusaineiston leimikoissa.

Table 2. Results from differently sized sample tree groups in some investigated stands marked for cutting.

Koeleimikko Experimental stand	Runkolaji <sup>1)</sup> Stem type <sup>1)</sup>	Koepuiden <sup>2)</sup> lukumäärä Number of <sup>2)</sup> sample trees	m <sup>3</sup>	Ero, % Difference, %
Puolanka Välikkö	Mä T	Kaikki, 235	790	
		Joka toinen	780	—1,3
		Joka kolmas	780	—1,2
		Joka neljäs	767	—2,9
Puolanka Välikkö Metsäpalsta	Ku K	Kaikki, 217	531	
		Joka toinen	521	—1,8
		Joka kolmas	528	—0,6
		Joka neljäs	516	—2,7
Puolanka Vattula	Ku T	Kaikki, 248	2 575	
		Joka toinen	2 574	±0,0
		Joka kolmas	2 537	—1,5
		Joka neljäs	2 599	+0,9
Ristijärvi Raitala	Ku K	Kaikki, 262	486	
		Joka toinen	483	—0,6
		Joka kolmas	484	—0,4
		Joka neljäs	482	—0,8
Salla Lepola	Ko K	Kaikki	460	
		Joka toinen	463	+0,6
		Joka kolmas	461	+0,3
		Joka neljäs	465	+1,1

1) Runkolajit, ks. taulukon 1 alahuomautus.

2) Joka toinen = koepuut 1, 3, 5 jne.

Joka kolmas = koepuut 1, 4, 7 jne.

Joka neljäs = koepuut 1, 5, 9 jne.

1) Stem types, see footnote in Table 1.

2) Every other = sample trees 1, 3, 5, etc.

Every third = sample trees 1, 4, 7, etc.

Every fourth = sample trees 1, 5, 9, etc.

kaikki = all

tyytyä vähäisempään koepuiden määrään. Tätä päätelmää vahvistivat myös leimikon kokonaistilavuuden varianssia koskeneiden laskelmien tulokset. Laskelmat tehtiin seuraavalla valt. lis. Timo Pekkosen (Metsäntutkimuslaitos) suositamalla kaavalla (Cochran 1963):

Kokonaistilavuuden varianssi =

$$\text{Variance of total volume} = \sum_{h=1}^L N_h \cdot (N_h - n_h) \cdot \frac{S_h^2}{n_h}$$

jossa  $h$  = läpimittaluokan indeksi — index for diameter class

$N_h$  = runkojen lukumäärä läpimittaluokassa — number of stems in diameter class

$n_h$  = koepuiden lukumäärä läpimittaluokassa — number of sample trees in diameter class

$S_h^2$  = läpimittaluokan  $h$  kaikkien runkojen tilavuuden varianssi — variance of volume of all stems in diameter class  $h$

Seuraavassa asetelmassa esitetään mainitulla kaavalla saadut tulokset neljän koeleimikon yhdestä runkolajista. Asetelmassa järjestysluvuilla ilmaistut koeleimikot ovat seuraavat:

1 = Kemijärvi, Jankki                      3 = Kemijärvi, Tuulan-  
niemi  
2 = Salla, Maltiotunturi                  4 = Kemijärvi, Kivivaara

Koeputen määrä — <i>Number of sample trees</i>	Koeleimikko ja runkolaji — <i>Test stand marked for cutting and stem class</i>			
	1. KuK	2. KuK	3. MäT	4. MäT
	Suhteellinen hajonta, % — <i>Deviation, %</i>			
Kaikki — <i>All</i>	0.6	0.8	0.7	0.6
Joka 2:n — <i>Every 2nd</i>	0.9	1.1	1.0	0.8
” 3:s — ” <i>3rd</i>	1.1	1.3	1.2	1.0
” 4:s — ” <i>4th</i>	1.3	1.5	1.4	1.1
” 5:s — ” <i>5th</i>	1.4	1.7	1.6	1.3
” 6:s — ” <i>6th</i>	1.6	1.8	1.7	1.4
” 7:s — ” <i>7th</i>	1.7	1.9	1.8	1.5
” 8:s — ” <i>8th</i>	1.8	2.1	2.0	1.6
” 9:s — ” <i>9th</i>	1.9	2.2	2.1	1.7
” 10:s — ” <i>10th</i>	2.0	2.4	2.1	1.7

Koeputen määrän pienentyessä neljännenten tai viidenteen osaan on suhteellinen hajonta suurentunut kaksinkertaiseksi. Viimeisen poimintavälin (joka 10:s) kohdalla suhteellinen hajonta on kolminkertainen kaikkien koeputen perusteella saatuun tulokseen verrattuna. Koeputemäärien pienentäminen ko. mittauksissa käytetyistä määristä on siis myös kokonaistilavuuden varianssia koskeneiden tulosten mukaan perusteltua.

Molemmilla tarkastelluilla laskentatavoilla saadut tulokset vahvistavat myös edellä mainittua  $d_{1,3}$ -luokittaista keskimääräisääntöä; 1—20 koeputta /  $d_{1,3}$ -luokka, tukkipuilla ylärajan mukaisesti.

Tutkimusten jatkuessa usean vuoden ajan pidettiin aiheellisena tiedottaa tuloksista etenkin niille metsäammattimiehille, joiden välityksellä ko. osa-aineisto oli kerätty (esim. Tiuhonen 1978a). Tuloksia on myös jo hyödynnetty käytännön toiminnassa.

### 36. Koeputaalueet ja keskimääräiset yksikkökoot

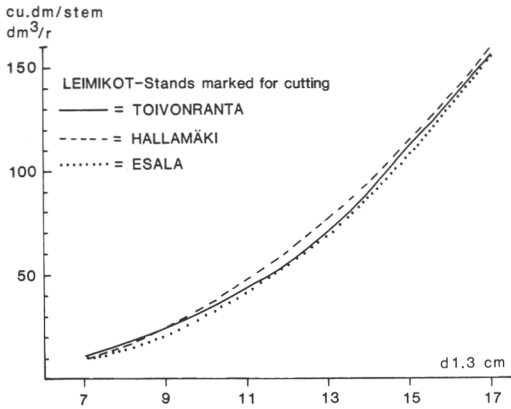
Koeputaalueet liitettiin leimikon pystymittauksen perusteisiin jo mittausmenetelmän kehittämisen alkuvaiheessa 1960-luvun lopulla (Kuronen ym. 1969). Kahden tai useamman koeputaalueen erottaminen lisää

tietysti mittaustyötä. Työmäärän ja kustannusten suurentumisen rinnalla on toisaalta otettava huomioon toiminnan varsinainen tavoite, nimittäin tarkkuuden tehostaminen. Koeputaalueiden erottamisen merkitys lienee korostunut käytännössä lähinnä palkkaperusteiden tarkastelun yhteydessä.

Koeputaalueiden erottamista on tarkasteltu tässä tutkimuksessa varsin laajamittaisesti, osittain kahdessa edellisessä selvityksessä käytetyn koeputaaineiston perusteella, osittain nojautumalla uusiin maastossa mitattuihin koeputaaineistoihin. Tehtävä rajoitettiin kuten kahdessa edellisessä tarkastelussa aluksi Kajaani Oy:n metsiin tehtyihin leimikkoihin, myöhemmin tutkimuksia jatkettiin Veitsiluoto Oy:n, Kemijärven yhteismetsän ja eräissä maan eteläpuoliskossa Keiteleellä, Padasjoella, Pielavedellä ja Suomenselällä tehdyissä pystymittauksissa kerättyneen aineiston perusteella. Aineistoa täydentämällä pyrittiin selvittämään ensiksi kerätyn aineiston perusteella tehtyjen päätelmien yleistämisen mahdollisuuksia ja toisaalta sitä, voitiinko suurehkolta metsäalueelta tehtyjä päätelmiä soveltaa asteittain pienemmissä leimikoissa.

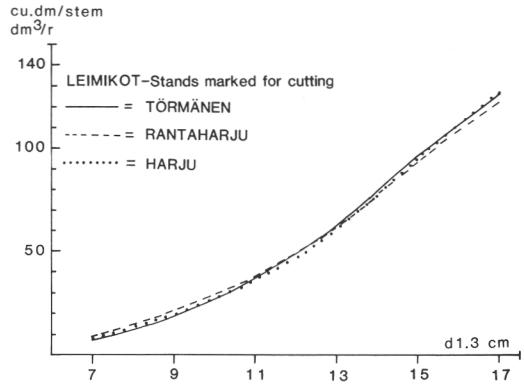
Koeputaalueita koskeneen tarkastelun edistyessä todettiin, että tietystä leimikosta erotettujen koeputaalueiden lisäksi tarkastelu oli syytä ulottaa laajemmalle alueelle, ensin leimikon välittömään ympäristöön, mutta myös kauemmaksi, rajoittuen sopiviin suuralueisiin. Kysymyksessä oli edelleenkin keskimääräisten yksikkökootien käyttömahdollisuuksien tarkastelu. Aihetta on aikaisemmin tutkittu eräissä maan eteläpuoliskon metsäteollisuusyhtiöissä. Laajamittaisinta käytännön sovellutusta on tapahtunut Tehdaspuu Oy:n osakasyhtiöiden metsissä (Puiden ... 1976).

Aikaisemmin kerätyn koeputaaineiston perusteella tehtiin sekä numeerisia että graafisia vertailuja. Tehtävää helpotti osittain se, että saatettiin käyttää erästä VTKK:n Oulun aluekeskuksessa laadittua ohjelmaa. Silmä voitiin laskea mm. leimikkoryhmittäisiä  $d_{1,3}$ -luokittaisia keskimääräisiä yksikkökootia ja hajontalukuja. Aluksi keskityttiin leimikoittain erotettujen koeputaalueiden keskimääräisten yksikkökootien vertailuun, toisessa vaiheessa vertailuun otettiin mukaan ko. leimikon läheisyydessä olevat muut, tarkasteltavaa runkolajia sisältävät leimikot. Kuvat 1—4 havainnollistavat usei-



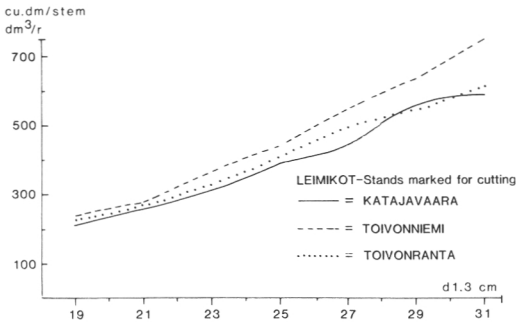
Kuva 1. Kuusikuitupuiden käyttöosan keskimääräiset yksikkökuutiot kolmessa koeleimikossa. Kajaani v. 1977.

Fig. 1. Mean unit volumes of merchantable spruce pulpwood in three experimental stands. Kajaani in 1977.



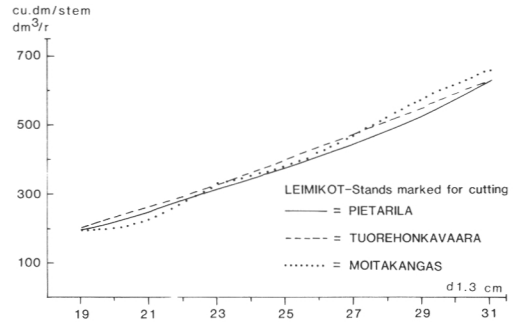
Kuva 2. Kuusikuitupuiden käyttöosan keskimääräiset yksikkökuutiot kolmessa koeleimikossa. Kemijärvi v. 1978.

Fig. 2. Mean unit volumes of merchantable spruce pulpwood in three experimental stands. Kemijärvi in 1978.



Kuva 3. Kuusitukkupuiden käyttöosan keskimääräiset yksikkökuutiot kolmessa koeleimikossa. Kajaani v. 1977.

Fig. 3. Mean unit volumes of merchantable spruce timber in three experimental stands. Kajaani in 1977.



Kuva 4. Mäntytukkupuiden käyttöosan keskimääräiset yksikkökuutiot kolmessa koeleimikossa. Kemijärvi v. 1978.

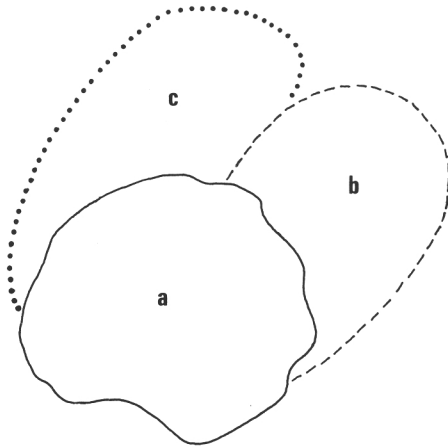
Fig. 4. Mean unit volumes of merchantable pine timber in three experimental stands. Kemijärvi in 1978.

ta leimikoita käsittävää vertailua. Kuvien 1 ja 2 murtoviivat kuvaavat esimerkiksi valitun runkolajin, kuusikuitupuun,  $d_{1,3}$ -luokittaisia käyttöosan yksikkökuutioita ko. leimikkoryhmään sisältyneissä eri leimikoissa tai koepuualueilla. Kuvat 3 ja 4 havainnollistavat vastaavaa vertailua esimerkeiksi valituissa mänty- ja kuusitukkupuita sisältäneiden leimikoiden ryhmissä. Kerätyn koepuun aineiston perusteella voitiin muodostaa runsaasti kuvissa 1—4 esitetynlaisia koepuuryhmiä, joille lisäksi laskettiin keskimääräistulokset.

Kuvat 1—4 havainnollistavat koko tutkimusaineistossa todettuja seuraavia keskimääräispiirteitä:

- kuitupuille voitaneen rakentaa ainakin alueellisia keskimääräisten yksikkökuutioiden sarjoja
- tukkipuilla edellä mainittu mahdollisuus näyttäisi rajoittuvan suppeille, yhtenäisille metsäalueille
- tukkipuiden keskimääräissarjojen laadinta suurille alueille edellyttää jatkokutkimuksia ja ilmeisesti esim. pituustunnuksen käyttöä kuten Tehdaspuu Oy:n kehittämässä menetelmässä.

Eri leimikoiden välillä todetut piirteet ilmenivät usein leimikoittain erotettujen koepuualueiden välillä. Tarkastelussa ilmeni myös, että erot puulajivaltaisuudessa saattoivat aiheuttaa koepuualueiden erottamisen. Esimerkkinä mainittakoon leimikko, joka sisältää lähinnä kuusia sisältävän kangasaluen ja toisaalta mäntyvaltaisen rämeen.



Kuva 5. Kaaviokuva koepuualueen (a) laajentamisen mahdollisuudesta (a + b + c).

Fig. 5. Sketch illustrating possibilities of enlarging (a + b + c) the sample tree area (a).

### 37. Koepuualueen laajentaminen

Samana puulajin kuitupuilla ja suppeissa puitteissa myös tukkipuilla todettu yksikkökuutioiden yhdenmukaisuus antoi aiheen jatkaa tutkimuksia siitä, voitiinko leimikon pystymittauksen kenttätöitä tehostaa koepuualueiden käytön osalta jollakin muulla tavalla. Tarkastelu johti kuvassa 5 esitetyn piirroksen osoittamaan ratkaisuun. Sen mukaan leimikoiden pystymittauksen suunnittelussa olisi pyrittävä mahdollisuuksien mukaan yhden vuoden asemesta usean perättäisen vuoden käsittävään ratkaisuun. Kuvassa 5 yhtäjaksoisella viivalla rajoitettu alue (a) kuvaisi siten ensimmäisen vuoden leimikkoa, katko (b)- ja piste (c)-viivalla rajoitetut kahden seuraavan vuoden leimikoita. Koepuiden mittauksessa voitaisiin soveltaa esim. seuraavia vaihtoehtoisia menetelmiä:

- koepuut mitataan vain ensimmäisen vuoden leimikosta (a), ja saatuja keskimääräisiä yksikkökuutiota käytetään ilman vertailuja myöhemmin hakattavissa leimikoissa
- koepuumittaukset kohdistetaan ko. vuosijakson hakkuualueeseen, lasketaan yksikkökuutioiden sarakat eri vuosien leimikoille ja ratkaistaan käytettävät yksikkökuutiot.

Ainakin aluksi olisi perusteltua käyttää jälkimmäistä vaihtoehtoa.

Koepuualueen laajentamisen mahdollisuuksia tutkittiin erityisesti Kainuussa, mut-

Taulukko 3. Esimerkkejä koepuualueen (leimikko 1) laajentamisen (leimikot 2 ja 3) mahdollisuuksista.

Table 3. Possibilities of enlarging (marked stands 2 and 3) the sample tree area (marked stand 1).

Koeleimikko Experimental stand	Runkolaji <sup>1)</sup> Stem type <sup>1)</sup>	Koeput mitattu leimikosta <sup>2)</sup> Sample trees measured from marked stand <sup>2)</sup>		
		1 Leimikon 1 kuutiomäärä, m <sup>3</sup>	2 —	3 Wood volume of stand, m <sup>3</sup>
1. Ristijärvi	Ku K	486	494	506
Raitala	Ku T	381	393	383
2. Puolanka	Ku K	1 236	1 266	1 209
Vattula	Ku T	2 575	2 652	2 588
Suhteellinen arvo — Relative value				
1. Ristijärvi	Ku K	100	102	103
Raitala	Ku T	100	104	101
2. Puolanka	Ku K	100	102	103
Vattula	Ku T	100	98	100

1) Runkolajit, ks. taulukon 1 alahuomautus.

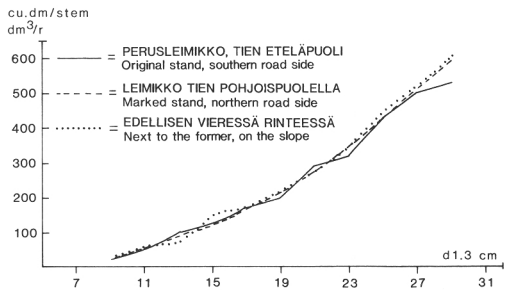
2) 1 = alkuperäinen leimikko, 2 ja 3 = edellisen viereen tehdyt uudet leimikot.

1) Stem types, see footnote in Table 1.

2) 1 = original stand, 2 and 3 = new stands next to the former.

ta myös Lapissa ja suppeilla alueilla maan eteläpuoliskossa. Taulukossa 3 esitetään kahdelta koalueelta saadut tulokset. Koalueet ovat olleet Kajaani Oy:n omistamalla metsäalueella, toinen Ristijärven kunnan Raitalan kylässä, toinen Puolangan kunnan Vattulan kylässä. Molemmissa kohteissa oli palstoitettu leimikko, jossa oli tehty tavanomainen pystymittaus. Kummankin leimikon viereen rajoitettiin kaksi uutta leimikkoa kuvan 5 piirroksen mukaisesti. Tulosten laskentaa varten koottiin ensin ko. leimikon pystymittauksen tulokset (taulukossa leimikko 1). Uusista leimikoista (leimikot 2 ja 3) mitattiin sitten koepuut linjoittaisella koelaruviinnilla. Alkuperäisen leimikon runkolukusarjat kuutioiden lopuksi uusilla yksikkökuutioilla.

Taulukon 3 tulosten mukaan esimerkeiksi valittujen runkolajien kuutiomäärien vertailussa on päädytty 1—4 % eroihin. Useissa koekohteissa erot olivat esitettyä suuruusluokkaa, mutta eräitä suuriakin, 8—12 % eroja ilmeni. Vertailuun aiheutui aluksi vähäistä epävarmuutta siitä, että eri henkilöt olivat mitanneet alkuperäisen leimikon ja uusien leimikoiden koepuut. Myöhemmin koepuumittaukset tehtiin myös alkuperäisestä leimikosta. Yhdistelmänä voitiin todeta, että jos alkuperäiselle ja uusille leimikoille mitataan yhteiset koepuut, ovat leimikoiden väliset erot yleisesti varsin pienet. Syntyvät



Kuva 6. Esimerkki koepuualueen laajentumisen mahdollisuuksia koskeneiden mittausten tuloksista. Risti-järvi, mäntyvaltainen vaara.

Fig. 6. Examples of the results illustrating possible enlargement of a sample tree area. Ristijärvi, a pine-dominated hill.

erot vaikeuttanevat lähinnä sellaisia hakkuumiehiä, jotka työskentelevät esim. vain yhden vuoden leimikon muutamalla palstalla. Leimikkokeskityksen puuston rakenteen yhdenmukaisuuteen on joka tapauksessa kiinnitettävä riittävästi huomiota.

Edellä esitetyllä tavalla saadut koepuualueen laajentamisen mahdollisuuksia koskevat tulokset olivat siinä määrin myönteisiä, että tutkimuksia jatkettiin sellaisillakin yhtenäisiltä vaikuttavilla metsäalueilla, joihin ei oltu vielä tehty leimikoita. Oletettiin tietty perusleimikko, jonka keskeisille runkolajeille mitattiin koepuut linjoittaisella koelaja- arvioinnilla. Perusleimikon viereen muodostettiin jälleen uusia leimikoita siten, että esim. 3—5 linjalta mitatut koepuut edustivat yhtä leimikkoa. Kuvassa 6 esitetään esimerkkinä Ristijärven-Puolangan tien varresta mitattujen kolmen ”leimikon” mäntyjen keskimääräiset rungon käyttöosan yksikkökuutiot. Ne ovat yhdenmukaiset, joten koepuualueen laajentaminen ko. alueella olisi ollut perusteltua.

### 38. Mittauskohteiden valinta

Ratkaisu mittauskohteiden valinnasta saattaa johtua käytännön pystymittauksissa monista syistä. Pystymittaus saattaa olla ko. alueella tapahtuvan toiminnan kokonaisuuden, palkkaperusteiden selvittämisen yms. seikan vuoksi perusteltua. Tällaisten näkö-

kohtien tarkastelu sivuutetaan tässä. Jos päähuomio kiinnitetään puidenluvun ja koepuiden mittauksen mahdollisimman tehokkaaseen suoritukseen, niin mittauskohteiden valinta tulee kysymykseen lähinnä silloin, kun mittaustyön kustannukset esim. kuutiometriä kohden ylittävät tietyn enimmäismäärän.

Leimikon pystymittauksen kustannuksia ja työtuloksia on käsitelty etenkin Metsähallituksen kehittämisjaoston (Kakko ym. 1979) ja Metsätehon (Pennanen 1978, 1980) tutkimuksissa. Keskeisimmät tulokset ovat yhdenmukaiset käytännön kokemusten kanssa (esim. Pihlanen 1978). Metsä- ja Uittoalan TES-sopijapuolten 21.4.1980 aloittamassa, pienikokoisten puiden mittausta koskevassa kokeilussa (Pieniläpimitaisen ... 1980) ja mm. Kannuksessa suoritetuissa, energiapuun arvioimismenetelmää koskeneissa tutkimuksissa (Tiihonen 1980) on myös saatu aihetta valaisevaa aineistoa ja tutkimustuloksia. Ehkä merkittävimpänä tuloksena on mainittava runkojen keskikoon ( $\text{dm}^3/\text{runko}$ ) vaikutus. Metsähallituksen kehittämisjaoston v. 1978 tutkimusten (Kakko ym. 1979) mukaan esim. rungon keskikoon pienentyminen  $400 \text{ dm}^3$ :stä  $200 \text{ dm}^3$ :iin suurentaa pystymittauksen kustannukset noin kaksikertaisiksi. Keskikoon edelleen pienentyessä muutos on suhteellisesti vielä jyrkempi. Edellä viitattuun TES-sopijapuolten kokeeseen liittyvässä mittauksissa hakkuumiehelle maksetaan puidenluvusta 2,6 p/runko. Rungon keskikoon pieneneminen suurentaa suoraviivaisesti puidenluvusta aiheutuvia kustannuksia.

Leimikon pystymittauksesta aiheutuvien kustannusten kannalta tavanomaista pystymittauksia ei tulisi suorittaa vähäisen puumäärän tai lähinnä pienikokoisia puita sisältävissä leimikoissa. Mikäli muidenkin mittausten menetelmien käyttö on kallista ja vaivaloista, olisi pystymittauksia pyrittävä sopivasti yksinkertaistamaan. Pystymittauksen välttämistä on syytä harkita myös sellaisissa tapauksissa, joissa tuloksia voidaan käyttää vain rajoitetusti, esim. vain palkkaperusteiden selvittelyyn.

Esimerkkinä pystymittauksen käytön välttämisestä mainittakoon eräät Metsäntutkimuslaitoksen kokeilualueoimiston v. 1978 leimikot, joissa leimikon epäedullisesta rakenteesta johtuen luovuttiin pystymittauksen käytöstä (Korpilahti 1978).

### 39. Kasvatushakkuilla käsiteltävät metsiköt

Kasvatushakkuilla käsiteltävissä metsiköissä tehtäviä pystymittauksia koskevat tutkimukset aloitettiin eräissä Enso-Gutzeit Oy:n Imatran alueen leimikoissa v. 1973. Yhtiön metsäammattimiehet olivat myös osaltaan pyrkineet selvittämään mittausten käytännöllistä suoritusta. Aihetta koskevia selvityksiä jatkettiin pian Keuruulla. Tutkimukset liittyivät aikaisemmin (s. 5) käsiteltyihin eri osapuolten yhteistyön mahdollisuuksia koskeviin selvityksiin. Pystymittausten osalta todettiin, että oksaisuudesta ja puuston tiheydestä aiheutuvat vaikeat mitausolosuhteet puolsivat kaadettujen koepuiden käyttöä. Katsottiin, että koepuut oli edullisinta kaataa ja mitata ajourilta. Sekä Imatran alueella että Keuruulla suoritettujen kokeiden tulokset viittasivat ilmeisen aliarvioinnin syntymiseen rajoituttaessa vain ajo-urilta mitattuihin koepuihin. Työn käytännöllinen suoritus vaikutti myös hieman epäedulliselta. Tehostamiseen päätettiin pyrkiä muulla tavoin.

Tutkimuksia jatkettiin v. 1977—79 Padasjokeella Vesijaon kokeilualueessa ja Vilppulan kokeilualueen metsissä. Kokeita tehtiin tiheäköissä mänty- ja kuusivaltaisissa nuorissa kasvatusemetsiköissä. Päädyttiin seuraaviin perusteisiin:

- leimikkoon sijoitetaan koela- tai pisteverkosto eli mittauskohteet, jonka mukaisesti koepuut poimitaan

- leimikon rakenteen mukaisesti määritetään eri kohteissa poistettaviin runkoihin kuuluvien koepuiden lukumäärä
- hakkuumies määrittää edellisessä mainitut puot so-pivien koeleimauspaikkojen mukaisesti, kaataa valitut rungot ja karsii mitausta merkittävästi haittaavat oksat
- hakkuumiestä seuraava mittausryhmä (1+2 jäsentä) mittaa kaadetuista koepuista kuutioiden edellyttämät tunnuksat, läpimitat 1,3 ja 6 m korkeudelta sekä puun pituuden
- puidenluku tehdään leimauksen yhteydessä tai hakkuumies suorittaa runkojen luvun.

Mainitulla tavalla kerätyn aineiston perusteella pyrittiin selvittämään erityisesti seuraavaa:

- koepuiden lukumäärä, jos virhemahdollisuudet ilman mahdollista mittausvirheitä pyritään rajoittamaan korkeintaan  $\pm 2-3\%$ :iin
- riittävänä pidettävän koepuumäärän kaadosta aiheutuvat kustannukset
- koepuiden mittauksen kustannukset.

Koepuiden lukumäärää koskevissa selvi-tyksissä käytettiin aikaisemmin sovellettu menetelmää. Laskettiin ensin  $d_{1,3}$ -luokittaiset keskimääräiset yksikkökuutiomäärät, siten vastaavat tulokset joka toisen, kolman-nen jne. koepuun perusteella. Saadut keski-määräiset  $d_{1,3}$ -luokittaiset yksikkökuutiomäärät ( $\text{dm}^3/\text{r.}$ ) kerrottiin lopuksi vastaavilla kaikkien koepuiden lukumäärillä. Merkitsemällä kaikkien koepuiden perusteella saatu kuutiomäärää 100:lta on eri koepuumäärillä saatu taulukosta 4 nähtävät suhdeluvut.

Taulukko 4. Koepuiden lukumääriä koskevien kokeiden tuloksia kasvatushakkuilla käsiteltävistä metsiköistä. — Metsäntutkimuslaitoksen Vesijaon ja Vilppulan kokeilualue v. 1977 ja 1979.

Table 4. Results concerning the numbers of sample trees obtained from stands to be treated with intermediate fellings. Experimental forests of the Forest Research Institute at Vesijako and Vilppula in 1977 and 1979.

Mittauspaikka <i>Measuring location</i>	Runko-laji <i>Stem type</i>	Koepuita kaikkiaan <i>Total number of sample trees</i>	Kaikki <i>All</i>	Laskelmissa käytetty koepuumäärä <sup>1)</sup> — <i>Number of sample trees used in calculations<sup>1)</sup></i>						
				Joka — Every						
				2:n <i>2nd</i>	3:s a <i>3rd a</i>	3:s b <i>3rd b</i>	4:s a <i>4th a</i>	4:s b <i>4th b</i>	5:s a <i>5th a</i>	5:s b <i>5th b</i>
Padasjoki, Vesijaon kokeilu- alue v. 1977	Ku K	173	100	100	99	101	100	101	99	100
Padasjoki, experimental forest of Vesijako in 1977	Mä K	219	100	99	99	101	100	101	99	98
Vilppula, Kalti- lanmaa v. 1977	Ku K	199	100	101	100	99	100	98	103	97
Vilppula, Kalti- lanmaa v. 1977	Mä K	227	100	101	100	101	100	98	101	98
Padasjoki, Vesi- jako v. 1979	Mä K	201	100	99	99	99	99	100	101	101

<sup>1)</sup> Koepuiden järjestysnumerot: joka 3:s a = 1, 4, 7 jne., 3:s b = 2, 5, 8 jne., joka 4:s a = 1, 5, 9 jne.

<sup>1)</sup> Ordinal numbers of sample trees: every 3rd a = 1, 4, 7, etc., 3rd b = 2, 5, 8, etc., every 4th a = 1, 5, 9, etc.

Kokeiden yhteydessä todettiin, että kasvatushakkuissa poistetaan usein pääasiassa vain yhtä tai kahta puulajia. Runkojen  $d_{1,3}$ -jakauma on yleensä hyvin suppea. Kaadettujen ja tarpeellisessa määrin karsittujen koepuiden mittaaminen on helppoa ja tarkkaa, jos mittausryhmässä on kolme jäsentä. Koepuiden erillinen kaato aiheuttaa verraten vähäisen työmäärän lisäyksen. Jos poistettavaa puustoa on vähintään  $100 \text{ m}^3$ , kokeet viittaavat seuraavanlaisiin keskimääräistuloksiin:

- koepuita kaadetaan ja mitataan yhteensä 70—100 kpl
- koepuiden kaatoon ja karsintaan kuluu aikaa noin puoli työpäivää
- mittauksiin kuluu samoin enintään puoli työpäivää
- edellä esitetynlaisilla edellytyksillä koepuiden mittauksen kustannukset ovat syksyn 1980 kustannustason mukaisesti arvioiden enintään  $5 \text{ mk/m}^3$ .

Leimauksen tai kaadon yhteydessä tapahtuvan puidenluvun kustannukset lienevät, suuruusluokka-arviona ilmaisten  $1\text{—}2 \text{ mk/m}^3$ . Mittauksesta aiheutuvat kokonaiskustannukset olisivat siten  $6\text{—}7 \text{ mk/m}^3$ . Leimikon puumäärän suuretessa kustannukset asteittain pienenevät. Ottamalla huomioon myös koepuumittausten tarkkuuden tehostuminen voitaneen olettaa, että kaadettujen koepuiden mittaukseen perustuvaa leimikon pystymittausta voitaisiin ehkä yleisestikin soveltaa käytännön mittausmenetelmänä.

### 310. Pysty- ja hakemittauksen yhdistäminen

Pieniläpimittaisten runkojen, jopa pensaidenkin käyttö lämpövoimaloiden raaka-aineena liittyy osaltaan edellä tarkasteltuun kysymykseen. Korjuutoiminta, kaupallisia mittoja pienemmän puuston osuus, oksien ja latvusten sisällyttäminen vaihtelevassa määrin raaka-aineeseen yms. seikat aiheuttavat sen, että otsikossa mainittu toiminta on syytä erottaa esim. nuorissa kasvatusmetsiköissä tehtävistä pystymittauksista. Aivan viime aikoina on mm. Pohjanmaalla sovellettu kuitupuun korjuussa koemielessä tavanomaisia kaupallisia minimiläpimittoja huomattavasti pienempiä läpimittoja. Aiheet liittyvät siis varsin läheisesti toisiinsa. Edellä toistuvasti mainittu TES-sopijapuolten v. 1980-82 suorittama koetoiminta kohdistuu samoin pieni-

läpimittaisiin runkoihin, joista osittain voitaisiin valmistaa kaupalliset mitat täyttäviä kuitupuupölkkyjä.

Pysty- ja hakemittauksen yhdistämistä koskevien kokeiden avulla on pyritty selvittämään lähinnä seuraavaa:

- voidaanko pystymittaukseen kuluva työmäärä vähentää siten, että pystypuiden mittauksessa keskiytetään kuitupuuosuuden selvittämiseen lähinnä koelähtöä käyttäen
- saadaanko edellisessä esitetynlaisella otannalla riittävän tarkka arvio poistettavan puuston kokonaismäärästä.

Tavoitteena on siis ollut pystymittauksen osuuden vähentäminen. Kokonaiskuutiomäärä selvitetäisiin hakemittaukseen perustuen. Kokopuun käytön yleistymisen karsittujen runkojen asemesta puoltaa osaltaan keskittymistä haketuksen jälkeen tapahtuvaan mittaukseen.

Aihetta koskevia koearviointoja tehtiin Ristijärven ja Hyrynsalmen kunnassa neljässä Kajaani Oy:n leimikossa, Kemijärvellä kahdessa Veitsiluoto Oy:n leimikossa sekä Kannuksen seurakunnan metsässä neljällä koelueella kevät-syyskaudella 1979. Koelöjen koko oli 1 a. Kajaani Oy:n ja Veitsiluoto Oy:n oli tarkoitus hakata kaupalliset mitat täyttävän kuitupuun lisäksi kaikki poistettaviksi sopivat, rinnankorkeudelta vähintään  $4,5 \text{ cm}$  ( $5 \text{ cm:n } d_{1,3}$ -luokka) täyttävät rungot. Kokeisiin sisällytettiin myös mainittua minimiläpimittaa pienempien, poistettaviksi sopivien puiden kuutiomäärän tarkastelu. Kokeissa rajoituttiin vain runkopuun kuutiomäärään.

Kaikista koeleimikoista laskettiin yksipuolilukuun ja koelähtöarviointiin perustuvat kuutiomäärät, koelähtöarvioinnin osalta lisäksi erisuuria otantasadanneksia käyttäen. Seuraavalla sivulla olevassa asetelmassa esitetään keskeiset tulokset kahdesta koeleimikosta.

Asetelman havainnollistamien tulossarjojen pohjalta pyrittiin hahmottelemaan kuva siitä, millaista koelähtöarviointia tulisi käyttää, jos kuutiomäärää koskevissa selvityksissä pyrittäisiin  $\pm 5\text{—}10 \%$ :n tarkkuuteen. Vastaava tarkastelu tehtiin kuitupuuosuudesta.

Jokaisessa koeleimikossa tarkkailtiin myös työhön kuluva aika ja tehtiin saatu- jen tulosten perusteella arvioita siitä, paljonko ryhmänjohtajan ja kaksi mittaajaa käsit-

Pinta-ala — <i>Area</i> :	2,03 ha				4,60 ha			
Kuutiomäärä yksinpuinluvun mukaan <i>Wood volume according to complete enumeration:</i>	56,9 m <sup>3</sup>				128,2 m <sup>3</sup>			
Koelaotanta pinta-alan mukaan, % <i>Plot sampling according to area, %</i>	13 <sup>1)</sup>	6	4 <sup>2)</sup>	4 <sup>3)</sup>	15 <sup>1)</sup>	8	5 <sup>2)</sup>	5 <sup>3)</sup>
Ero kokonaiskuutiomäärässä, ± % <i>Difference in total wood volume, ± %</i>	10	5	21	11	1	1	18	18
Ero kuitupuun kuutiomäärässä, ± % <i>Difference in pulpwood volume, ± %</i>	20	16	50	28	1	13	21	12

1) Kaikki mitatut koalat  
*All measured sample plots*

2) Koalat 1, 4, 7 jne.  
*Sample plots 1, 4, 7 etc.*

3) Koalat 2, 5, 8 jne.  
*Sample plots 2, 5, 8 etc.*

tävän mittausryhmän kustannukset ovat keskimäärin kuutiometriä kohden. Mittausten yhteydessä katsottiin, että mittauskustannusten tulisi jäädä 5—6 mk:aan/m<sup>3</sup>. Mainitun-

laisen mittausryhmän päiväkustannukset ovat syksyn 1980 palkkatason mukaan noin 600—700 mk/pv.

#### 4. PYSTYMITTAUKSEN KENTTÄTÖIDEN TEHOSTAMISEN MAHDOLLISUUKSIA

Jäljempänä esitettävässä päätulosten esittelystä rajoitetaan edelleen tutkimustehtävän mukaisesti leimikon pystymittaukseen. Tarkastelukohteet kuvannevat mahdollisuuksia myös muunlaisissa pystypuuston mittausta edellyttävissä mittaus- ja arviointitehtävissä.

##### 41. Mittaajat ja mittausaika

Leimikon pystymittaukseen on sisällytetty mittausten kehittämistyön alkuvaiheesta alkaen seuraavat kolme ominaisuutta: tarkkuus, taloudellisuus ja tarkistusten mahdollisuus. Mittaustyön alkuvaiheessa tehdyt selvitykset, mm. mittausten tarkistamista koskevat tutkimukset (mm. Tiihonen 1974) antavat aiheen olettaa, että tarkkuuteen kiinnitettiin erityistä, muihin ominaisuuksiin verrattuna selvästi suurempaa huomiota. Mittausryhmät suorittivat työn yhteydessä mm. erilaisia tarkistuksia. Eräitä tarkistuksia käsiteltiin julkisuudessa varsin yksityis-

kohtaisesti (ks. Tiihonen 1973b). Voitiin otaksua, että mittaajat olivat alkuvaiheessa yleisesti hyvin koulutettuja, aktiivisia ammattimiehiä. Leimikon pystymittauksen ohjeissa on asetettu tavoitteeksi virhemahdollisuuksien rajaaminen enintään ± 4 %:iin. Tätä virherajaa sovellettiin jo v. 1938 voimaan tulleessa, puutavaran mittausta käsittelevässä asetuksessa (Puutavaran ... 1938).

Leimikoiden pystymittausten virallisten tarkistusten tulokset osoittavat, että mainittu virheraja, ± 4 %, on usein ylitetty. Nykyvaiheen mittauksia kuvaavat seuraavassa asetelmassa esitetyt, v. 1980 suoritettujen tarkistusten yhdistelmänä saadut tulossarjat (Pystymittauksen ... 1980).

Tarkistus- aika	Tarkistuksia yhteensä, kpl	Eroista yli		
		+4 %	-4 %	±4 %
Tammi-marraskuu 1980	568	39	25	64
Heinä-marraskuu 1980	242	11	10	21

Tammi-marraskuun aikana tehdyissä tarkistuksissa eron itseisarvo on ollut yli 4 % joka yhdeksännessä tapauksessa, siis varsin yleisesti todettuja eroja koskeneen tiedustustoiminan ja vuoden jälkipuoliskon parempien sääolosuhteiden seurauksena yli 4 %:n erojen osuus on pienentynyt 9 %:iin eli likimain v. 1977 tasolle. Osuus on silti edelleenkin liian suuri. Kokouksessaan 9.12.1980 Leimikon pystymittauksen valvontaryhmä katsoikin mm., että yrityksiä kehoitetaan ryhtymään toimenpiteisiin ilmenneiden virheiden välttämiseksi (Pystymittauksen ... 1980).

Tarkistusten tuloksista on jatkuvasti tiedotettu leimikon pystymittausta valvoville yhteisille toimikunnille, mittausneuvostolle ja pystymittauksen valvontaryhmälle samoin kuin paikallisille mittauksen eri osapuolille. Tuloksista laadittaneen myös erillinen tutkimusselostus. Todettujen virheiden ja niiden syiden lähempi esittely sivuutetaan tässä julkaisussa. Tässä toistettakoon, että runsaimmin virheitä ovat aiheuttaneet heikko koulutus ja talviset mittausolosuhteet. Mittaajiin ja mittausaikaan liittyvät virhemahdollisuudet näyttävät siis ajoittain kasaantuvan yhteen. Jostakin syystä kaikilla mitaajilla ei ole riittävää koulutusta. Mittausten suorittaminen myös talvella, esim. syksyn 1980 arvioiden mukaan koko talvikauden 1980—81, katsotaan aiheutuvan lähinnä puutavarakauppojen kasaantumisesta syyskaudelle ja alkutalveen.

Mittaajien koulutukseen on siis kiinnitettävä nykyistä enemmän huomiota. Kirjoittajan käsityksen mukaan aikaisemmin sovellettu yritysکوhtainen mittausryhmien työn tarkkailu on ilmeisesti tehokkaampaa kuin nykyinen yhteinen, alueittainen ja koko maata käsittävä tarkastusmittaustoiminta. Pystymittausten lisäksi tarkistukset voitaisiin kohdistaa myös muiden mittausmenetelmien käyttöön.

Mittausaikojen keskittäminen kevät-syyskaudelle ei liene lähiaikana mahdollista, vaikka esim. lumiolosuhteet ja työajan lyhyys ovat ehkä selvimpiä pystymittauksen haittoja. Muutokseen olisi kuitenkin pyrittävä mitä nopeimmin. Eräänä tehostamiseen tähtäävänä mahdollisuutena mainittakoon aikaisempaa useampien mittausryhmien käyttö. Lisäys koostuisi lyhyehkön ajan toimivista, vain puidenlukua suorittavista ryhmistä. Tehokkaammin koulutetut mitaajat

keskittyisivät lähinnä koepuumittauksiin. Matkakustannusten kannalta toiminnan tulisi olla riittävän joustavaa. Palstoitusta, runkojen merkitsemistä ym. työvaiheita olisi pyrittävä yksinkertaistamaan. Esimerkkinä mainittakoon siirtyminen tukkipuilla pääosiltaan yhden lukumerkin käyttöön. Lähinnä 17—19 cm:n  $d_{1,3}$ -luokan puihin voitaisiin tehdä kaksi lukumerkkiä. Koulutettu metsuri erottaa nykyisin vaivatta ne rungot, joista voidaan tehdä tukkeja.

## 42. Koepuiden määrä ja otanta

Toistettakoon, että pystymittauksen uusin kuutioimisperusteiden laadinnan yhteydessä selvitetään myös koepuiden otannan optimointia (Laasasenaho 1982). Nykyisen toiminnan puitteissa koepuiden lukumäärien määrittämisessä olisi pyrittävä seuraavanlaisiin yleisperusteisiin:

- koepuiden lukumäärien määrittämisessä keskitytään yleisimpään runkolajiin tai yleisimpiin runkolajeihin
- kuitupuissa voidaan yleensä keskittyä 7—15 cm, enintään 7—17 cm:n  $d_{1,3}$ -luokkien runkomääriin, tukkipuilla ilmenee samoin runkojen keskittymistä tiettyyn määrään  $d_{1,3}$ -luokkia
- tavoitteena ei siis ole tietyn optimikoepuumäärän saaminen kaikkiiin mahdollisiin  $d_{1,3}$ -luokkiin, vain leimikon kuutiomäärän ja raha-arvon kannalta keskeisimmälle puustolle
- jos koepuutantaan liittyvä virhemahdollisuus pyritään edelleenkin rajaamaan enintään  $\pm 1-2$  %:iin, viittaa tutkimus seuraavanlaiseen keskimääräissään-töön: keskeisiin  $d_{1,3}$ -luokkiin 10—20 koepuuta, tukkipuilla ylärajan mukaisesti
- kaikkien järeimpien (esim.  $d_{1,3} = 45+$  cm) runkojen ottamista koepuiksi tulisi välttää
- etenkin järeimpien, mutta tarvittaessa muidenkin luokkien osalta, voidaan nojautua mitattujen koepuiden perusteella laadituilta pituus- ja kapenemiskäyriltä tapahtuvaan inter- ja ekstrapolointiin
- edellisessä tapauksessa voidaan käyttää myös tietokonelaskentaa.

Yksittäisten järeiden puiden merkitystä havainnollistetaan seuraavassa asetelmassa esitetyllä kolmella esimerkillä.

	Leimikon kuutiomäärä, m <sup>3</sup>		
	100	200	300
Yksittäisen järeän puun kuutiomäärä, m <sup>3</sup>	1	2	2
Edellisen osalta oletettu virhemahdollisuus, m <sup>3</sup>	$\pm 1$	$\pm 1$	$\pm 2$
Edellisen merkitys koko leimikossa, %	$\pm 1$	$\pm \frac{1}{2}$	$\pm \frac{1}{3}$

Nojautumalla yksinpuinluvussa saatuun leimikon rakenteen tuntemukseen pituus- ja kapenemiskäyriin perustuva yksikkökuutioiden määrittäminen ei johtane edellä esitetynlaisiin virhemahdollisuuksiin.

*Koepuiden otannassa* on ympyräkoalojen käyttö useinkin edullisin ratkaisu. Relaskooppiä käytettäessä on otettava huomioon, että eri  $d_{1,3}$ -luokkia vastaa erisuuri ympyrä. On siis selvitetävä, millaista pinta-alan mukaista otantaa relaskoopin käyttö merkitsee eri  $d_{1,3}$ -luokkien kohdalla. Saadun tulosarjan perusteella tutkitaan, sopiiko otanta sellaisenaan vai onko ”perusmenetelmään” tehtävä tiettyjä muutoksia. Toistettakoon, että tarkastelu rajoitetaan vain keskeisiin  $d_{1,3}$ -luokkiin.

Koepuiden otannan suunnitteluun on siis syytä kiinnittää riittävästi huomiota, mikäli pyritään mahdollisimman tehokkaaseen toimintaan. Suunnittelua valaistetaan seuraavan asetelman lukusarjoilla. Tarkastelun taustana oletetaan, että koepuut mitataan ympyräkoaloilta. Linjaväli on 50 m, koalaväli 40 m eli 1 a koalan käyttö vastaa  $100 \cdot 1 a : 20 = 5 \%$  otantaa, 3 a koala taas  $15 \%$  otantaa. Koalalla olevat kaikki puut otetaan siis koepuiksi. Esimerkissä rajoitetaan yhden puulajin kuitupuiden runkolukusarjaan.

$d_{1,3}$ cm	Runkojen lukumäärä	Koepuita, jos koala	
		1 a	3 a
7	875	44	131
9	640	32	96
11	511	26	77
13	426	21	64
15	219	11	33
17	46	2	7
19	3	—	—

Esitetynlainen otanta johtaisi pääosiltaan tarpeettoman suuriin koepuumääriin. Usein on edullista tutkia ensin linja- ja koalavälin suurentamisen mahdollisuuksia. Valitussa esimerkissä voitaisiin ensiksi esim. tutkia, saataisiinko 100 m linjaväliä käytettäessä vielä riittävä määrä koaloja, esim. 20—30 kpl. Linjavälin suurentamisen jälkeen olisi otantasadannes 1 a koaloja käytettäessä  $2,5 \%$  eli päädyttäisiin puoleen asetelmassa esitetyistä 1 a vastaavista koepuumääristä.  $d_{1,3}$ -luokissa 7—15 cm saataisiin ilmeisesti keskimäärin varsin kohtuullinen määrä koepuita. Sen sijaan 3 a koalojen käyttö johtaisi edelleenkin liian suuriin koepuumääriin.

Linjaväliä muutettaessa saatetaan samanaikaisesti muuttaa myös koalaväliä. Esitetystä esimerkissä olisi ilmeisesti edullisempaa suurentaa linjaväli 80 m:iin ja koalaväli 50 m:iin. Linja- ja koalavälin muuttamisen ja erisuurien koalojen käytön asemesta otantaa voidaan tehostaa myös siten, että esim. pienimpien  $d_{1,3}$ -luokkien koepuut mitataan vain esim. joka toiselta, joka kolmannelta jne. koalalta tai vain koalan oikealta puolelta jne. Jos esitetystä esimerkistä rajoitettaisiin vain puoleen koalaan, päädyttäisiin samoihin koepuumääriin kuin linjaväliä suurentamalla. Eri runkolajien ja  $d_{1,3}$ -luokkien osalta pyritään siis mahdollisimman tehokkaaseen otantaan. Kirjoittajan suorittamien kokeiden ja käytännön sovellutusten perusteella olisi syytä rajoittaa yleensä vain kahden erisuuren, 1 a ja 3 a koalan käyttöön, joskin esim. järeimpien runkojen mitaus 5—10 a koaloilta saattaa joskus olla perusteltua. Kahden koalalokon lisäksi osakoalojen käyttö on suositeltavaa. Mikäli alustava hahmottelu johtaa liian hankalaan järjestelmään, on otantaa sopivasti yksinkertaistettava, vaikka näin menetellen päädyttäisiin hieman sopivista optimimääristä poikkeaviin tuloksiin. Todettakoon, että leimikon puuston tiheyden vaihtelu usein aiheuttaa ainakin vähäisiä muutoksia edellä esitetynlaisten laskelmien mukaisesti koepuumääriin.

### 43. Koepuualueet ja keskimääräiset yksikkökuutiot

Varsinaisiin koepuumittauksiin verrattuna ehkä suurempi tehostamisen mahdollisuus liittyy *koepuualueiden käyttöön*. Kuvan 5 luonnehtima koepuualueen laajentaminen löytyi useilla tutkimuskohteina olleilla Kainuun ja Lapin metsäalueilla. Katsottiin, että suurilla avohakkuualueilla on ilmeisesti myös ollut mainitunlaisia laajahkojen koepuualueiden muodostamisen mahdollisuuksia. Uudistushakkuiden jatkuminen korostaa osaltaan sitä, että aiheeseen olisi nopeasti kiinnitettävä aikaisempaa runsaammin huomiota.

Koepuualueiden tarkastelun yhteydessä suoritettujen koepuumittausten tulokset osoittavat, että alkuperäisen leimikon viereen saatettaisiin usein muodostaa 2—3 yhteisiin koepuihin perustuvaa leimikkoa. Toisaalta voitiin todeta, että yhden tai kahden

erotetun uuden leimikon ulkopuolella oli vaihtelevansuuria alueita, joilta mitattujen tietyn tai muutamien runkolajien keskimääräiset yksikkökuutiot erosivat merkittävästikin aikaisemmin erotettujen alueiden vastavista keskimääräistuloksista. Koepuiden kuutioimistunnusten tarkastelu osoitti, että yksikkökuutioiden välillä todetut erot aiheutuivat Kainuun ja Lapin koekohteissa lähinnä kapenemisen eroista. Maan eteläpuoliskossa kapenemisen merkitys ei ollut selvä. Syynä oli ilmeisesti osittain se, että maan eteläpuoliskon koekohteissa olleet tai erotetut leimikot olivat huomattavasti pienempiä kuin maan pohjoispuoliskon leimikot. Tässä viitattakoon myös Tehdaspuu Oy:n käyttämään menetelmään, jossa yksikkökuutioiden määrittämisessä nojaututaan koepuiden keskipituuksiin (Puiden rinnankorkeusläpimittaan ... 1976).

Mainittuun Tehdaspuu Oy:n menetelmään sisältyvän keskimääräiskäsitteen soveltaminen näyttäisi tutkimusten tulosten mukaan olevan mahdollista osittain aikaisempaa laajemmin, osittain suppeammin. Laajentamisen mahdollisuudet liittyvät esimerkiksi esitettyjen kuvien 1—4 mukaisesti kuitupuihin. Käyttömahdollisuuksia tarkasteltaessa on syytä kiinnittää huomiota tutkimusten osoittamien pienehköjen erojen lisäksi myös siihen, että pienimpien  $d_{1,3}$ -luokkien yksikkökuutiot ovat varsin pieniä. Kuitupuun kantohinta on esim. maan eteläpuoliskossa vain noin puolet tai vähemmänkin kuin puolet tukkien kantohinnasta. Tukkipuita koskevat tulokset eivät sensijaan puolla ainaakaan laajamittaista *keskimääräisten yksikkökuutioiden* käyttöä. Useita selviä käyttöalueita silti löydettiin. Esimerkkinä mainittakoon Ristijärven keskustasta hieman länteen oleva laajahko mäntyvaltainen alue, jolta saatuja tuloksia havainnollistaa kuva 6. Esimerkiksi valitulla alueella jatkui yksikkökuutioiden yhdenmukaisuus verraten korkealle ko. vaaran rinnettä ylöspäin. Metsäntutkimuslaitoksen omistukseen kuuluvalla Pisavaaran metsäalueella taasen todettiin, että kuusien keskimääräiset yksikkökuutiot olivat vaaran juurella olevalla rehevällä metsämaalla noin 10 % suuremmat kuin karumalla vaaran rinnealueella. Yhdenmukaisiin keskimääräisiin yksikkökuutioiden sarjoihin päädyttiin myös maan eteläpuoliskossa esim. Padasjoella ja Suomusjärvellä olleilla koealueilla.

Keskimääräisiä yksikkökuutioita koskevat tarkastelut näyttäisivät antavan aiheen ainakin seuraaviin päätelmiin:

- keskimääräisten yksikkökuutioiden käyttö sinänsä on perusteltua
- soveltamisessa olisi keskityttävä ensin kuitupuihin
- laajahkoilla, yhtenäisillä metsäalueilla olisi myös tukkipuilla pyrittävä keskimääräisten yksikkökuutioiden käyttöön
- olennaista tulisi olla rajoittuminen ainakin aluksi suppeisiin metsäalueisiin
- toiminta edellyttää mittauksen eri osapuolten yhteistoimintaa.

Viimeksi mainitun päätelmän ja käytettävissä olevien tutkimusmahdollisuuksien perusteella keskityttiin aihetta käsittelevien esimerkkien kokoamiseen useilta aiheen tarkasteluun sopivilta alueilta. Katsottiin, että keskimääräisten, käytäntöön soveltuvien yksikkökuutioiden sarjojen laadinta oli aiheellista vasta sitten, kun mittauksen eri osapuolet ovat sopineet keskimääräisten yksikkökuutioiden käyttötavat.

#### 44. Pystymittaus nuorissa metsiköissä

##### 441. Tarkastelukohteet

Nuoriin metsikköihin on tässä tutkimuksessa sisällytetty seuraavanlaiset metsiköt:

- nuoret kasvatusmetsiköt, joista hakataan lähinnä kuitupuuta
- edellisen kehitysluokan ja riukuvaiheen metsiköt, joista hakataan kuitupuuta ja jäljempänä määritetyn mukaista energiapuuta
- metsiköt, joista poistetaan lähinnä energiapuuta.

Energiapuulla tarkoitetaan tässä sellaisia metsiköistä poistettaviksi sopivia puita ja pensaita, joista ei saada edes yhtä kaupalliset vaatimukset täyttävää kuitupuupölkkyä. Kaikissa erotetuissa metsikköryhmissä puusto on usein ylitieheää ja rungot ovat oksaisia. Pituuden ja kapenemisen mittaaminen on siten etenkin kahden ensin mainitun ryhmän metsiköissä usein vaivalloista ja epätarkkaa.

##### 442. Kuitupuuleimikot

Nuoriin kasvatusmetsikköihin tehtyjen kuitupuuleimikoiden pystymittauksia voidaan tehostaa kenttätöiden molemmissa keskeisissä työvaiheissa, puidenluvussa ja koe-

puiden mittauksessa. Edellisen osalta on lähinnä pyritty leimauksen ja puidenluvun yhdistämiseen. Puidenluvun osalta tehostamista tulisi jatkaa nojautumalla  $d_{1,3}$ -luokittaitten runkolukujen asemesta puulajeittaisiin runkolukuihin eli hakkuumiehen suorittamaan runkojen lukuun.

Edellisessä mainittua ehdotusta on arvoiteltu mm. sillä, että hakkuumies saattaa lukea ja kaataa myös sovittua vähimmäiskokoa pienempiä runkoja. Tällaisen mahdollisuuden korjaamista varten voitaneen kehittää yksinkertainen menetelmä. Hakkuumiehen suorittamaa runkojen lukua koskevien tutkimuksen (Huovinen ym. 1972) yhteydessä todettiin, että hakkuumies voisi esim. lukea erikseen vähimmäiskoon alittavat rungot ja ne kuutioitaisiin ao. koepuumittausten tulosten perusteella. Vähimmäiskoon alittavista puista aiheutuvan virhemahdollisuuden tarkastelua varten esitetään seuraavassa asetelmassa erään esimerkiksi valitun yhden puulajin leimikon mittaustuloksia kuvaavat tulosarjat.

$d_{1,3}$ , cm	Kuitupuiden lukumäärä	Käyttöosa, $dm^3/r$ .	Luokan kuutio- määrä, $m^3$
7	605	9	5,445
9	415	25	10,375
11	380	49	18,620
13	207	82	16,974
15	176	132	23,232
Yhteensä	1 783		74,646

Keskimääräinen yksikkökuutio  $42 dm^3/r$ .

Jos vähimmäiskoon alittavia runkoja olisi 20, 50 tai 100 kpl, suurensi leimikon kuutiomäärä 0,840, 2,100 tai 4,200  $m^3$ . Jos vähimmäiskoon alittavien runkojen yksikkökuutioksi sovittaisiin  $6 dm^3$ , olisivat todelliset kuutiomäärän lisäykset 0,120, 0,300 tai 0,600  $m^3$ . Erot ensin saatuihin tuloksiin verrattuna ovat suhteellisesti suuret, joskin kuutiometreissä erot lienevät käytännön kannalta verraten vähäiset. Alkuperäisen leimikon runkojen keskikoon pienessä erot myös pienenevät.

Edellä esitetty esimerkki osoittanee, että vähimmäiskoon alittavien runkojen käsittely voidaan tarvittaessa helposti liittää varsinaiseen kuutiointiin ja palkanlaskentaan. Lähinnä olisikin selvittävä, millaisia haittoja ja etuja kuitupuun hakkuussa sovelletun vähimmäiskoon alittavista rungoista todella aiheutuu. Viitattakoon myös hankintakauden 1980—81 hintasuosituksiin sisällytetyyn

kuitupuun minimiläpimitan pienentämiseen yhdellä senttimetrillä (Puun ... 1980).

Yksinpuinluvun asemasta saatetaan nojautua myös koelaotantaan. Suoritetut koemittaukset eivät viittaa kovin myönteisiin mahdollisuuksiin. Tässä toistettakoon lähinnä ajourien vaikutus sekä poistettavien puiden määrittämisessä mittauksessa ja toisaalta hakkuussa mahdollisesti syntyvät erot. Tarvitaan myös hakkuupalstojen pinta-alan määrittämistä. Siihen saattaa myös liittyä virhemahdollisuuksia.

Koepuiden mittauksen osalta tehostamisen mahdollisuudet korostuvat etenkin tiheissä ja oksaisia runkoja sisältävissä kuitupuuleimikoissa. Kaadettujen koepuiden käyttö ei vähennä ainoastaan mittaustyön määrää, vaan tehostaa erityisesti mittausten tarkkuutta. Tiheissä nuorissa kuusikoissa pituuden ja 6 m korkeuden läpimitan mittausta saattaa lähettä arvaamista. Tutkimuksen yhteydessä tehtyjen laskelmien mukaan mittauskustannukset ovat n. 100  $m^3$  kuitupuuta sisältävässä leimikossa 6—7  $mk/m^3$ . Hakattavan puumäärän suuretsa kustannukset asteittain pienenevät.

#### 443. Kuitu- ja energiapuuta sisältävät leimikot

Jos nuorista metsiköistä hakataan kuitupuiden lisäksi energiapuuta, tavanomaisen yksinpuinlukuun perustuvan pystymittauksen käyttö ei ole perusteltua jo kustannussyistä. Mikäli aivan pieniläpimittaisia, rinkan korkeudelta alle 4—5 cm puita on vähän muuhun puustoon verrattuna, saattavat korjuutekniset syyt puoltaa hakkuumiehen suorittamaan runkojen lukuun perustuvan menetelmän käyttöä, siis myös edellä mainitun TES-sopijapuolten koemenetelmän soveltamista. Hakkuilla käsittelemättömissä nuorissa metsiköissä on kuitenkin usein huomattava määrä, esim. 5 000—10 000 runkoa/ha, jopa enemmänkin kuitupuuta pienempiä runkoja. Runkojen luvun kustannukset saattavat muodostua niin suuriksi, ettei pystymittauksen käyttö ole perusteltua. Koelaotannan käytöstä aiheutuisi edellä kuitupuuleimikoiden yhteydessä todettua epävarmuutta ja virhemahdollisuuksia. Mittausryhmän keskimääräinen työtulos saattaa olla 20—30 koelaa/työpäivä, joten jo koelamittauksista aiheutuvat kustannukset ovat 5—10  $mk/m^3$ .

#### 444. Lähinnä energiapuuta sisältävät leimikot

Leimikko on yleensä kuutioitava, vaikka pääosa poistettavista puista olisi pieniläpimittaisia kuitupuita ja/tai energiapuuta. Kannuksessa v. 1979—80 suoritetun tutkimuksen mukaan kysymys näyttää liittyvän osin energiapuun arviointiin, pääosiltaan energiapuun kuutiointiin. Myös Kainuussa ja Lapissa tehdyt kokeet viittaavat siihen, että runsaasti tai pääasiassa energiapuuta sisältävien leimikoiden kuutiointia ei ole syytä perustaa tavanomaiseen pystymittaukseen. Kannuksen kokeiden mukaan kuitupuuosuuden määrittäminen pystymittauksella on tietynlaisissa leimikoissa perusteltua. Tällöinkin tarvitaan poistettavan puuston kokonaisuuden selvittämisessä jokin muu kuutiointimenetelmä. Kaikki tutkimustulokset puoltavat hakemittauksen käyttöä.

Pystymittauksen käyttömahdollisuudet siis asteittain vähenevät energiapuun osuuden suuretessa. Edellä viitattua kuitupuuosuuden määrittämistä ja siten pysty- ja hakemittauksen yhdistämistä koskevien kokeiden tulosten käsittelyä on jatkettu kevään 1981 aikana. Aiheen lähempi käsittely sivuutetaan tässä tutkimuksessa.

#### 445. Muita mahdollisuuksia

Edellä tarkastelluissa nuorissa metsiköissä pystymittauksen tehostaminen näyttäisi olevan mahdollista lähinnä muuttamalla leimikon pystymittauksen ”perusmenetelmää” sopivalla tavalla, nojautumalla osin tai pääosin hakemittaukseen tai *luopumalla kokonaan pystymittauksen käytöstä*. Viimeksi mainittu mahdollisuus näyttäisi olevan perusteltua myös varttuneemmissa metsiköissä. Edellä on esimerkkinä viitattu eräisiin Metsäntutkimuslaitoksen metsissä olleisiin leimikkoihin, joissa mittausmenetelmien käyttöä koskeneiden ohjeiden tarkistuksen jälkeen päätettiin luopua pystymittauksen käytöstä. Syynä oli lähinnä leimikoiden harvuus ja/tai runkojen pienehkö keskikoko. Harvahkossa tai runsaasti pienpuustoa sisältävis-

sä varttuneemmissa metsiköissä runkojen koko saattaa vaihdella suurestikin, joten pystymittauksen sopiva muuntaminenkaan, esim. nojautuminen hakkuumiehen suorittamaan runkojen lukuun, ei ole perusteltua.

Toistettakoon, että leimikon pystymittaukseen on pyritty sisällyttämään seuraavat ominaisuudet: tarkkuus, taloudellisuus ja tarkistusten mahdollisuus. Ominaisuuksia valittaessa katsottiin, että käytännön mittauksissa on kiinnitettävä huomiota kaikkiin ominaisuuksiin. Pystymittauksen tehostamisen kannalta näyttäisi nyt olevan aiheellista korostaa mittausten taloudellisuuden merkitystä.

Jo 1970-luvun alussa aloitettiin *mittauksen eri osapuolten yhteistyön* mahdollisuuksia käsittelevät selvitykset. Puun ostajien mitausryhmien lisäksi mittauksiin ovat osallistuneet lähinnä hakkuumiehet ja metsänhoitoyhdistysten muodostamiin ryhmiin kuuluneet mittajat. Edellä on jo tarkasteltu eräitä hakkuumiehen mahdollisia työosuuksia. Toiminnan yleistäminen sopivissa leimikoissa tehostaisi varmaan pystymittauksia. Metsänhoitoyhdistysten osalta toiminnan tehostaminen näyttäisi olevan vieläkin helpompaa, jos osallistumista pystymittauksiin yleensä pidetään tarpeellisena. Metsänhoitoyhdistyksen ja ilmeisesti muidenkin ”ulko-*puolisten*” suorittamia työosuuksia ja niiden kustannuksia on selvitelty jo usean vuoden aikana. Viimeiset suositukset metsänhoitoyhdistyksille pystymittauksesta maksettavista kustannusten korvauksista sisältyvät Maataloustuottajain Keskusliiton metsävaltuuskunnan ja Teollisuuden Puuyhdistyksen yhteiseen puun hintasuosituksen pöytäkirjan 13 §:n liitteeseen (Puun ... 1980).

Tutkimusaineistoa koskevan selostuksen yhteydessä on viitattu myös mahdollisuuteen *yksinkertaistaa leimikkoon tehtäviä merkin-  
töjä*. On syytä tutkia myös *yksinomaan puidenlukua* suorittavien ryhmien muodostamisen mahdollisuutta tavanomaisten mittausryhmien rinnalle. Jos pystymittaus aiotaan suorittaa *vain yhtä osatehtävää* varten, on ennen töiden aloittamista tutkittava myös muiden mittausmenetelmien käyttömahdollisuudet.

## 5. PYSTYMITTAUS JA KÄYTÄNNÖN HAKKUUT

Tutkimuskohteita käsittelevän selostuksen mukaisesti edellä esitettyjen tarkastelujen ikäänkuin taustana seurattiin hakkuutoimintaa erityisesti sellaisissa leimikoissa, joissa oli suoritettu pystymittaus. Keskeisimpiä tarkastelu kohteita olivat kannon ja latvuksen koko sekä vikaisuuden vaikutuksen huomioon ottaminen. Kahden ensin mainitun osalta pyrittiin hahmottelemaan yleiskuvaa siitä, sovellettiinko käytännön hakkuissa leimikon pystymittaukseen sisällytettyjä kuutioimisperusteita vai kaivattiinko kenttätöiden ja tulojen laskennan saumakohtaan tiettyä täsmennystä, joka vuorostaan vaikuttaisi toiminnan kokonaisuuteen.

Kannon kokoa koskevia mittauksia tehtiin v. 1978—79 erityisesti Jämsässä, Kannuksessa, Keiteleellä ja Pielavedellä. Voitiin todeta, että etenkin syys-talvikaudella puita kaadettiin edelleenkin vaihtelevassa määrin ns. juurenniskan yläpuolelta. Löydettiin myös kantoja, joissa sahaus oli tehty juurenniskan alapuolelta. Tarkastelujen yhdistelmänä katsottiin, että kannon osalta seurataan tai ei ainakaan aliteta pystymittaukseen sisällytettyjä kuutioimisperusteita. Pystymittauksen kenttätöitä, joissa kootaan kuutioinnin keskeiset perusteet, ei kannon koon selvittelyn

osalta tarvitse mitenkään tehostaa. Vastava päätelmä tehtiin myös latvuksen koon osalta. Aikaisemmin varsin yleinen tapa valmistaa 3 m pölkyjä ilman ns. 2 m apumittaa lisäsi selvästi latvuksen kokoa. Tältä käänsin osin ei nykyisin ole tarpeen täsmennää pystymittauksen perusteita.

Vikaisuuksista on aiheutunut erimielisyyttä lähinnä sellaisilla kuusikkoalueilla, joilla on runsaasti maannousemasta aiheutunutta tyvilahoa. Esitettyjen sovellutusohjeiden mukaisesti mainitunlaisissa leimikoissa laho-vikaiset rungot tulisi erottaa omaksi runkolajiksi tai koota tukkiosuudesta vikaisuuden vuoksi mäntykuitupuuhun erotetut pölkyt korjuun yhteydessä erilleen. Jälkimmäistä vaihtoehtoa sovellettaneen nykyisin yleisesti. Yksittäisiä tapauksia lukuunottamatta vikaisuus ei aiheuttane enää merkittäviä erimielisyyksiä. Tältä käänsin osin pystymittauksen kenttätöihin ei kaivata muutoksia.

Tukkien ja kuitupuun valmistamisen osalta käytännön hakkuutoiminnassa luonnollisesti saatetaan soveltaa muitakin kuin pystymittaukseen sisällytettyjä pölkytystapoja. Aiheen tarkastelu ei kuitenkaan sisälly oheiseen tutkimukseen.

## 6. YHDISTELMÄ

Leimikon pystymittauksen kenttätöiden tehostamisen mahdollisuuksia koskeneiden tutkimusten yhdistelmänä voidaan päätellä, että mahdollisuuksia on varsin runsaasti. Tutkimuksessa on rajoitettu tarkastelemaan lähinnä sellaisia mahdollisuuksia, jotka todennäköisesti voitaisiin toteuttaa käytännön mittauksissa. Lopullinen ratkaisu riippuu kuitenkin mittauksen eri osapuolten päätöksistä. Rajoittamalla vain mittaustekniikkaan on syytä painottaa etenkin seuraavia tehostamista kaipaavia aiheita:

- mittaajat ja mittausaika
- mittaushetken valinta
- koepuiden mittaustapa ja lukumäärä
- yhteisten koepuiden ja keskimääräisten yksikkökuutioiden käyttö
- nojautuminen hakkuumiehen suorittamaan runkojen lukuun
- muunlainen eri osapuolten yhteistyö
- kaadettujen koepuiden käyttö nuorissa kasvatusvaiheen metsiköissä
- pysty- ja hakemittauksen yhdistäminen.

Leimikoiden pystymittausten tarkastuksista saatujen tulosten mukaan mittaa- jien valintaa ja koulutusta on vakavasti tehostettava. Tämä työ samoin kuin muunlainen tehostaminen edellyttää pystymittauksen val-

vojen työn tehostamista. Aikaisempaa enemmän olisi painotettava mittaustyön var- sinaista tarkoitusta ja siten vältettävä tar- peettomia kustannuksia.

## KIRJALLISUUS — REFERENCES

- COCHRAN, W.G. 1963. Sampling techniques. New York.
- ERKKILÄ, P., SILANDER, S., TIIHONEN, P. & ÖRN, J. 1977. Pystymittaus ja runkojen luku hakkuupalkan laskentaperusteina työvaikeuspalstalla. Referat: Massenermittlung am stehenden Holz und stammzahl als Unterlage für die Berechnung des Arbeitslohns auf grösseren Schlaglosen mit gleichmäsi- gen Arbeitsbedingungen. Folia For 323:1—20.
- HUOVINEN, M., SILANDER, S., TIIHONEN, P. & YLI-HUKKALA, J. 1972. Hakkuumiehen määrittä- mään runkolukuun perustuva leimikon pystymit- taus. Folia For 143:1—20.
- KAKKO, R., NISKANEN, J., MIETTINEN, O. & SI- LANDER, S. 1979. Pystymittauksen kustannukset ja tuotokset metsähallinnon leimikoilla v. 1978. Metsähallitus. Koeselostus 134.
- KORPILAHTI, A. 1978. Mittausmenetelmän valinnas- ta eri tyyppisillä leimikoilla. Metsäntutkimuslaitos, Kokeilualueoimisto. Muistio.
- KURONEN, A., LINDLÖF, R., RAJALA, J., REN- KO, A., SILVENNOINEN, U. & TIIHONEN, P. 1969. Leimikon pystymittauksen perusteita ja ohjei- ta. Metsäntutkimuslaitos. Puutavaran mittaustutki- musten neuvottelukunta. Moniste.
- LAASASENAHO, J. 1982. Taper curve and volume functions for pine, spruce and birch. Seloste: Män- nyn, kuusen ja koivun runkokäyrä- ja tilavuusyhtä- löt. Commun. Inst. For. Fenn. 108:1—74.
- NOUSIAINEN, J., RANTANEN, V. & TIIHONEN, P. 1972. Kiintokuutiometrin käyttöön perustuva kuitu- ja tukkipuiden kuutioimismenetelmä. Mänty, kuusi ja koivu. Deutsches Referat: Ein Massener- mittlungsverfahren für Faser- und Blochholz mit dem Festmeter ald Masseinheit. Kiefer, Fichte und Birke. Commun. Inst. For. Fenn. 77(2):1—45.
- , PURANEN, J. & TIIHONEN, P. 1973. Koivu- tukkipuiden kuutioimismenetelmä. Deutsches refer- at: Eine Kubierungsmethode für Birkenblochholz. Commun. Ins. For. Fenn. 79(1): 1—53.
- PENNANEN, O. 1978. Pysty- ja jälkimittauksen ajan- menekki. Summary: Expenditure of Time in Measurement on the Stump and after Cutting. Metsätehon tiedotus 347.
- 1980. Mittausmenetelmien edullisuusvertailu. Sum- mary: Cost comparison of measuring on the stump and measuring after harvesting. Metsätehon katsaus 17/1980.
- Pieniläpimittaisen kokopuun ja pienpuurangan mittaus kokeilukäyttöön. 1980. Metsä- ja uuttoalan TES- sopijapuolet.
- PIHLANEN, V. 1978. Ajankohtaista pystymittaukses- ta. Tehdaspuu Oy. Henkilökunnan tiedotuslehti n:o 7.
- PMP-systeemin kenttätyöohje. 1971. Helsinki.
- Puiden rinnankorkeusläpimittaan ja pituusluokitukseen perustuva pystymittausmenetelmä. 1976. Tehdaspuu Oy.
- Puun hintasuositukset 1.7.1980—30.6.1981. 1980.
- Puutavaran mittaussäännön sisältämä asetus 16.12. 1938 (396/38).
- Pystymittauksen valvontaryhmän pöytäkirja 3/1980.
- TIIHONEN, P. 1973a. Metsäntutkimuslaitoksen pys- tymittauksessa erot pienenevät Luumäellä. Suomen- maa 24.3.1973.
- 1973b. Leimikon suunnittelu ja mittaus vastapuol- ten yhteistyönä Keuruulla. Keski-Suomalainen n:o 226. 1973.
- 1974. Leimikon pystymittauksen tarkistaminen. Referat: Zur Kontrolle einer am stehenden zum Einschlag ausgezeichneten Holz durchgeführten Messung. Folia For. 202:1—19.
- 1977. Pystymittauksen tehostamisen mahdollisuus- det nyt kenttätöissä. Metsälehti n:o 33.
- 1978a. Koepuumittausten yksinkertaistamisen mah- dollisuuksia Kajaani Oy:n omien metsien leimikoi- den pystymittauksissa. Moniste.
- 1978b. Leimikon pystymittaus nuorissa kasvatus- metsiköissä. Moniste.
- 1980. Paikallisiin selvityksiin tarkoitettu energia- puun arvioimismenetelmä. Käsikirjoitus. Helsinki.

## SUMMARY

### Research objects

The investigation deals with the possibilities of increasing the efficiency of field work involved in the measurement of standing trees marked for cutting. The search and choice of research objects focused mainly on the activities approved by the different parties involved i.e. the seller, purchaser and logger in 1972—73 and on the later formulated instructions. Omitted were the possibilities which pertain to the new calculation of volume adopted in 1982. The following possibilities were included:

- measuring time
- measurers
- cooperation between the seller, purchaser and logger
- sampling method of sample trees
- number of sample trees
- sample tree areas and mean unit volumes
- enlargement of sample tree area
- choice of measuring objects
- stands to be treated with intermediate fellings
- combination of measurements of standing trees and chips.

The investigation was confined to the essential parts in the measurement of standing trees, the enumeration of trees and measurement of sample trees.

### Material

The investigation of most above-mentioned objects was preceded by ample sampling and extensive calculations mainly in 1976—80. The investigation will introduce only some of the essential features.

Investigations dealing with the measuring time and measurers require the survey of practical measurement of standing trees. The first material was collected in 1973—74 in order to view the cooperation between the different parties involved. The material concerning the sampling method and number of sample trees and the sample tree areas consists of the results from the measurements of standing trees marked for cutting in the southern and northern parts of the country. The numbers of sample trees are illustrated by Table 1. Table 2 gives some examples of the results obtained by using differently sized sample tree groups. "New" marked stands were set up next to the previously measured ones in order to investigate sample tree areas.

The investigation studying the possibilities of using the mean unit volumes compared the unit volume series between the marked stands. Figs. 1—4 illustrate the comparison. The enlargement of the sample tree area was investigated according to the sketch in Fig. 5. The results of these experiments are introduced in Table 3.

At first the sample plots in stands to be treated with intermediate fellings were measured only on logging roads. As there occurred distinct underestimation, the sample plots were then evenly distributed throughout the marked stand. Extensive investigations were carried on in the southern part of the country in 1977—79. The method involving the felling of sample trees was chosen. Examples of the comparison between the numbers of sample trees are introduced in Table 4.

The last investigation object, combining the measurements of standing trees and chips, also required the enumeration of trees and measurements of sample trees. The aim was to investigate particularly the following problems:

- can the time involved in the measurement of standing trees be reduced by focusing the measurements on the proportion of pulpwood by plot sampling
- does such sampling produce an accurate enough estimate of the total number of removable trees.

These sample stands marked for cutting contained a large number of small-diameter stems.

### Possibilities of increasing the efficiency of field work involved in the measurement of standing trees

#### *Measurers and measuring time*

The instructions for measuring marked standing trees aim at reducing the errors to  $\pm 4\%$ . The official investigations show that the error margin has often been exceeded. Thus more attention should be paid to the training of measurers. In the near future it will probably not be possible to focus the measuring time on spring-autumn seasons, although snow conditions and short working time pose the greatest problems to the measurement of standing trees. Change should be brought on as quickly as possible.

#### *Number and sampling of sample trees*

Some average instructions dealing with the number of sample trees are presented. Usually the most profitable solution to sampling is to use circular sample plots. Enough attention should be paid to the planning of sampling. A few examples will illustrate the topic.

#### *Sample tree areas and mean unit volumes*

The enlargement of the sample tree area as illustrated by Fig. 5 was realized in several investigated forests in northern Finland. The continuance of regeneration

fellings suggests that the topic would immediately deserve more attention than before.

The use of mean unit volumes seems to be confined to pulpwood. The results dealing with timber trees do not favour a large-scale use of mean unit volumes. However, several other uses for the unit volume were found.

The planning of mean unit volume series applicable to practice is not necessary until the seller, purchaser and logger have agreed on the usage of the mean unit volumes.

### *Measurement of standing trees in young stands*

Standing pulpwood trees can be measured more effectively in the two central stages of work, in the enumeration of trees and measurement of sample trees. In case of the former, the combination of marking and enumeration was mainly attempted. The efficiency of enumeration should be increased on the basis of stem number by tree species in other words the enumeration of stems by the logger instead of determining the number of stems by d 1.3 classes.

Instead of complete enumeration, plot sampling

may be used. The test measurements do not, however, provide encouraging possibilities.

The possibilities of increasing the efficiency in measuring sample trees became more pronounced in marked pulpwood stands which were dense and had knotty stems. The use of felled sample trees not only reduces the measuring work but also more accurate results are obtained.

If energy wood is cut in addition to pulpwood, the conventional measurement of standing trees based on complete enumeration is not financially profitable.

### *Other possibilities*

Especially in young stands the measurement of standing trees can be made more effective by modifying the "basic method" in a suitable way, by using partly or mainly chip measurement or by entirely abandoning the measurement of standing trees. The marks used on the ground and trees when measuring standing trees could perhaps be simplified. Besides the ordinary measurers, also groups of enumerators could be formed.

It may be concluded that there exist several possibilities of increasing the efficiency in the measurement of marked trees.



ODC 525.1  
ISBN 951-40-0626-7  
ISSN 0015-5543

TIIHONEN, P. 1983. Leimikon pystymittauksen kenttätöiden tehostamisen mahdollisuuksia. Summary: The efficiency of the field measurement of standing trees marked for cutting. *Folia For.* 561: 1—23.

The investigation deals with the possibilities of increasing the efficiency of field work in measuring standing trees marked for cutting. It has been confined to such possibilities as probably are realizable in practical work. There do exist several possibilities of increasing the efficiency of field work involved in measuring marked standing trees.

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17, Finland.

ODC 525.1  
ISBN 951-40-0626-7  
ISSN 0015-5543

TIIHONEN, P. 1983. Leimikon pystymittauksen kenttätöiden tehostamisen mahdollisuuksia. Summary: The efficiency of the field measurement of standing trees marked for cutting. *Folia For.* 561: 1—23.

The investigation deals with the possibilities of increasing the efficiency of field work in measuring standing trees marked for cutting. It has been confined to such possibilities as probably are realizable in practical work. There do exist several possibilities of increasing the efficiency of field work involved in measuring marked standing trees.

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17, Finland.

Tilaan kortin kääntöpuolelle merkitsemäni julkaisut (julkaisun numero mainittava).

*Please, send me the following publications (put number of the publication on the back of the card).*

Nimi  
Name \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

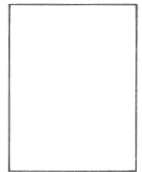
Osoite  
Address \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Metsäntutkimuslaitos  
Kirjasto/Library  
Unioninkatu 40 A  
SF-00170 Helsinki 17  
FINLAND



Folia Forestalia \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Communications: Instituti Forestalis Fenniae \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Huomautuksia

*Remarks* \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

# 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:* 91500 Muhos, 1 kp, Finland  
Puh. — *Phone:* (981) 431 404

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

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

Ojajoen koeasema  
*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:* (995) 61 401

Rovaniemen tutkimusasema  
*Rovaniemi Research Station*  
Os. — *Address:* Eteläranta 55  
96300 Rovaniemi 30, Finland  
Puh. — *Phone:* (991) 15 721

Joensuun tutkimusasema  
*Joensuu Research Station*  
Os. — *Address:* PL 68  
80101 Joensuu 10, Finland  
Puh. — *Phone:* (973) 26 211

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

Kannuksen energiametsäkoasema  
*Kannus Energy Forestry Experiment Station*  
Os. — *Address:* Valtakatu 18  
69100 Kannus, Finland  
Puh. — *Phone:* (968) 71 161

- No 542 Kärkkäinen, Matti: Kuitupuupölkkyjen mittaustutkimuksia.  
Studies of the measurement of pulpwood bolts.
- No 543 Kärkkäinen, Matti & Björklund, Tarja: Suomussalmelaisten mäntytukkien koesahaustuloksia.  
On the sawing of pine logs from Suomussalmi, north-eastern Finland.
- No 544 Petäistö, Raija-Liisa: Rauduskoivun versolaikut taimitarhalla.  
Stem spotting of birch (*Betula pendula*) in nurseries.
- No 545 Tiihonen, Paavo: Männyn ja kuusen kasvun vaihtelu Suomen eteläisimmässä osassa valtakunnan metsien 7. inventoinnin aineiston perusteella.  
Growth variation of pine and spruce in the southernmost part of Finland according to the 7th National Forest Inventory.
- No 546 Kinnunen, Kaarlo & Nerg, Jukka: Istutustaimikoiden tila 11—12 vuotta viljelystä Länsi-Suomen yksityismetsissä.  
State of plantations 11—12 years after planting in some private forests in western Finland.
- No 547 Rousi, Matti: Pohjois-Suomen siemenviljelysjälkeläistöjen menestymisestä Kittilässä.  
The thriving of the seed orchard progenies of northern Finland at Kittilä.
- No 548 Imponen, Vesa & Sirén, Matti: Kaatotavan vaikutus kuormainproessorin tuottavuuteen.  
The influence of the felling method on the performance of a grapple loader processor.
- No 549 Parviainen, Jari & Lappi, Juha: Laskentamalli metsänviljelyketjujen vertailemiseksi.  
A calculation model for the comparison of artificial forest regeneration chains.
- No 550 Metsätilastollinen vuosikirja 1982.  
Yearbook of Forest Statistics 1982.
- No 551 Kaunisto, Seppo: Koripajun (*Salix viminalis*) biomassatuotos sekä ravinteiden ja veden käyttö eri tavoin lannoitetuilla turpeilla kasvihuoneessa.  
Biomass production of *Salix viminalis* and its nutrient and water consumption on differently fertilized peats in greenhouse.
- No 552 Hakkila, Pentti & Kalaja, Hannu: Puu- ja kuorituhkan palauttamisen tekniikka.  
The technique of recycling wood and bark ash.
- No 553 Löyttyniemi, Kari & Piisilä, Niilo: Hirvivahingot männyn viljelytaimikoissa Uudenmaan—Hämeen piirimetsä-lautakunnan alueella.  
Moose (*Alces alces*) damage in young pine plantations in the Forestry Board District Uusimaa—Häme.
- No 554 Vuokila, Yrjö, Gustavsen, Hans Gustav & Luoma, Pirkko: Siperianlehtikuusikoiden kasvupaikkojen luokittelu ja harvennusmallit.  
Site classification and thinning models for Siberian larch (*Larix sibirica*) stands in Finland.
- No 555 Metsäntutkimuslaitoksen julkaisut 1982.  
Abstracts of the publications of the Finnish Forest Research Institute, 1982.
- No 556 Vuokila, Yrjö: Viljelymetsiköiden harvennusmallit.  
Gallringsmallar för odlade bestånd i Finland.  
Thinning models for forest cultures in Finland.
- No 557 Isomäki, Antti & Niemistö, Pentti: Koelapuuston harvennusvalinta tietokoneohjelman avulla.  
The selection of trees in thinning experiments: A computer method.
- No 558 Ferm, Ari & Kaunisto, Seppo: Luontaisesti syntyneiden koivumetsiköiden maanpäällinen lehdetön biomassatuotos entisellä turpeennostoalueella, Kihniön Aitonevalla.  
Above-ground leafless biomass production of naturally generated birch stands in a peat cut-over area at Aitoneva, Kihniö.
- No 559 Leikola, Matti & Rikala, Risto: Verhokuuston vaikutus metsikön lämpöoloihin ja kuusen taimien menestymiseen.  
The influence of the nurse crop on stand temperature conditions and the development of Norway spruce seedlings.
- No 560 Löyttyniemi, Kari: Männyn taimen kehitys latvan katkeamisen jälkeen.  
Recovery of young Scots pines from stem breakage.
- No 561 Tiihonen, Paavo: Leimikon pystymittauksen kenttätöiden tehostamisen mahdollisuuksia.  
The efficiency of the field measurement of standing trees marked for cutting.
- No 562 Juslin, Heikki & Karppinen, Heimo: Suomen tärkeimpien asiakkasmaiden sahatarvaostot 1970-luvulla.  
Sawn timber purchases of Finland's most important client countries in the 1970's.
- No 563 Pellikka, Marketta & Kotimaa, Marjut: Polttohakkeen käsittelystä aiheutuva ilman homepölypitoisuus sekä siihen vaikuttavat tekijät.  
The mold dust concentration caused by the handling of fuel chips and its modifying factors.
- No 564 Päivinen, Risto: Metsikön tukkiosuuden arviointimenetelmä.  
A method for estimating the sawlog percentage in Scots pine and Norway spruce stands.
- No 565 Huttunen, Terho: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1981—83.  
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1981—83.
- No 566 Miettinen, Reijo & Uusvaara, Olli: Pystykarsitun männikön koesahaus.  
Test sawing of pruned pine stand.
- No 567 Tiihonen, Paavo & Virtanen, Jaakko: Koetuloksia ilmakuvien käyttömahdollisuuksista energiapuun arvioinnissa Pohjanmaalla ja Pohjois-Savossa v. 1980—82.  
Possibilities of using aerial photographs in the estimation of energy wood resources in Ostrobothnia and northern Savo in 1980—82.