

1111 F2

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
TIEDONANTOJA 66

Metsänarvioinnin tutkimusosasto
Metsäinventoinnin tutkimussuunta



KOETULOKSIA ILMAKUVIEN KÄYTÖSTÄ
ENERGIAPUUN ARVIOINNISSA KANNUKSESSA
V. 1979-80

Paavo Tiihonen ja Jaakko Virtanen

HELSINKI 1982

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
Kirjasto

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN TIEDONANTOJA 66

Metsänarvioimisen tutkimusosasto
Metsäinventoinnin tutkimussuunta

KOETULOKSIA ILMAKUVIEN KÄYTÖSTÄ ENERGIAPUUN ARVIOINNISSA KANNUKSESSA V. 1979-80

Paavo Tiihonen ja Jaakko Virtanen

SISÄLLYS

1.	JOHDANTO	3
2.	TUTKIMUSAINEISTO JA SEN KÄSITTELY	5
	21. Aineiston ryhmittely	5
	22. Ilmakuvat	5
	23. Koealamittaukset	6
	24. Arvioimislinjat	7
	25. Maastossa tapahtuneet vertailut	7
3.	KUVATULKINNAN PÄÄTULOKSET	9
	31. Kuvatulkinnan suoritustapa	9
	32. Energiapuun esiintyminen	10
	33. Kasvupaikkaa osoittavat ositteet	11
	34. Kehitysluokka ja toimenpide	12
	35. Keskikuutiomäärät	12
4.	ILMAKUVIEN KÄYTTÖMAHDOLLISUUKSIA ENERGIAPUUN ARVIOINNISSA	16
	41. Kuvatulkinnan osoittamat mahdollisuudet.	16
	42. Paikallistaminen	16
5.	MAASTO- JA ILMAKUVA-ARVIOINNIN YHDISTELMÄ.	18
	51. Perusteet	18
	52. Kustannukset	19
	KIRJALLISUUS	21
	SUMMARY	22

TIIHONEN, P. & VIRTANEN, J. 1982. Koetuloksia ilmakuvien käytöstä energiapuun arvioinnissa Kannuksessa v. 1979-80. Use of aerial photographs to estimate energy wood resources in Kannus in 1979-80. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 66:1-24.

Julkaisussa selostetaan Kannuksen kunnassa v. 1979-80 suoritettuja tutkimuksia, joissa pyrittiin selvittämään ilmakuvien käyttömahdollisuuksia energiapuun arvioinnissa. Kannuksesta oli käytettävissä runsaasti tutkimukseen soveltuvaa aineistoa. Lisäksi suoritettiin tehtävän edellyttämä ilmakuvaus v. 1979.

Kuvatulkinnassa tarkasteltiin energiapuun esiintymistä, maastoarvioinnissa käytettyjä ositteita (metsämaa, edellisen reunavyöhykkeet ja muu kuin metsämaa), kehitysluokkaa ja metsänhoidollisia toimenpiteitä sekä koko puuston ja energiapuun keskikuutiomäärää. Tarkastelut osoittavat mm., että kehitysluokka on käyttökelpoinen ja varsin olennainen peruste ilmakuvien käyttöön rakentuvassa energiapuun arvioinnissa. Energiapuun keskikuutiomäärän tulkinnassa voidaan ilmeisesti päästä ainakin suuruusluokkaa osoittavaan tulokseen.

Tutkimuksessa hahmotellaan eräitä päälinjoja ilmakuvien käyttömahdollisuuksista ja -tavoista energiapuun arvioimismenetelmän laadinnassa. Esitetään käytettäväksi kuvatulkinnan ja maastoarvioinnin yhdistelmää. Kuvatulkinta tehdään matalakuvauksella saaduilta suurimittakavaisilta (1:5 000 tai 1:2 500) ilmakuvilta. Tarkastelu rajoitetaan metsämaahan ja sillä edelleen metsikön kehitysluokkaan ja energiapuun keskikuutiomäärään. Tulkinnan suorittajan on oltava molempiin osatehtäviin hyvin perehtynyt metsäammattimies.

This publication introduces the investigations carried out in the Kannus commune in 1979-80. The aim was to study the possibilities of using aerial photos to estimate energy wood resources. Kannus provided plenty of material suitable for the investigation. The aerial photographing was carried out in 1979.

The photo interpretation involved the occurrence of energy wood resources, strata used in field survey (forest land, forest fringe zones and other than forest land), development class and silvicultural measures as well as the mean volume of both the whole crop and that of energy wood. The investigations indicated among other things that the development class was a usable and fairly essential factor in energy wood estimation by aerial photographs. At least an approximate mean volume of energy wood can be determined through photo interpretation.

The investigation will provide some main guidelines to illustrate the possibilities and ways of using aerial photographs in developing an estimation method for energy wood resources. A combination of photo interpretation and field survey is recommended. The photo interpretation employs large-scale (1:5 000 or 1:2 500) aerial photos taken from low-flying aircraft. The study is confined to the development class of the stand and mean volume of energy wood only on forest land. The interpreter must be a skilled forester well-acquainted with both section of work.

1. JOHDANTO

Metsäntutkimuslaitoksen ylijohtajan, professori Olavi Huikarin aloitteesta on Kannuksen kunnassa suoritettu v. 1978 alkaen energiapuun esiintymistä, määrää ja arviointia koskevia tutkimuksia. Kahta ensin mainittua aihetta koskevat tutkimukset saatiin pääosiltaan päätökseen syksyllä 1979. Tutkimuksissa pyrittiin mm. kartoittamaan niitä perusteita, joita voitaisiin käyttää kolmatta osatehtävää, energiapuun arviointia koskevissa selvityksissä. Tässä tutkimustehtävässä päätettiin rajoittua lähinnä paikallisiin selvityksiin sopivan energiapuun arvioimismenetelmän laadintaan. Katsottiin, että maastossa tapahtuvan arvioinnin ja mittausten lisäksi oli tutkittava ilmakuvioiden käyttömahdollisuuksia. V. 1979 sisällytettiin tutkimuksiin vielä energiapuun kasvatukseen sopivien maiden kasvupaikkatekijöiden ja pinta-alan selvittäminen. Tutkimusten näin laajetessa todettiin, että tehtävää varten oli muodostettava työryhmä. Siihen tulivat metsät.lis. Kimmo Paarlahti (Metsäntutkimuslaitos) ja tämän julkaisun kirjoittajat.

Kannuksen tutkimuksissa siirtyi painopiste kesällä 1979 edellä mainitunlaisen energiapuun arvioimismenetelmän laadintaan. Siihen sisällytetty ilmakuvioiden käyttöä koskeva toiminta on tapahtunut allekirjoittajien johdolla. Keväällä 1979 laaditun suunnitelman mukaisesti metsäteknikko Pekka Surakka (Blue Sky, Eno) suoritti kesällä 1979 jäljempänä lähemmin selostettavat ilmakuviokuvat. Sen täydennykseksi mitattiin maastossa runsaasti koealoja. Lisäksi oli käytettävissä koko Kannuksen kuntaa peittävän, 250 m linjaväliä käyttäen tapahtuneen maastoarvioinnin tulokset. Ilmakuvioiden tulkintaan saatiin metsätyönjohtaja Kyösti Vornanen (Keitele), jolla oli runsaasti kokemusta erityisesti tehtävään liittyvistä maastotöistä, mutta myös ilmakuviotulkinnasta. Vornanen työssä olivat keskeisellä sijalla maastossa tapahtuneet toistuvat tarkastelut, joissa kuvatuksen tuloksia verrattiin ko. alueelta koottuihin arviointi- ja mittaustuloksiin. Vastaavanlaista vertailua suorittivat myös kirjoittajat, joskin vähäisemmässä määrin.

Kannuksen ilmakuviokuvaan perustunut tarkastelu saatiin päätökseen toukokuussa 1980. Tutkimukseen sisällytyneissä erilaisissa kokeissa kertyi runsaasti tuloksia. Voitiin hahmotella myös eräitä päälin-

joja ilmakuvien käyttömahdollisuuksista ja -tavoista energia-
puun arvioimismenetelmän laadinnassa. Katsottiin, että suori-
tetuista kokeista ja niitä täydentävistä tarkasteluista oli syy-
tä laatia tutkimusselostus. Se esitetään oheisessa julkaisussa.
Toisaalta todettiin, että vertailevia kokeita oli syytä jatkaa
Kannuksesta poikkeavissa olosuhteissa, lähinnä maan keski- ja
itäosissa. V. 1980 työohjelman mukaisesti ilmakuvien käyttöä
koskevia tutkimuksia jatketaan Maaningalla ja Liperissä v.
1980-81.

2. TUTKIMUSAINEISTO JA SEN KÄSITTELY

21. Aineiston ryhmittely

Tutkimuksen tarkoituksen mukaisesti ilmakuvat muodostavat aineiston keskeisen osan. Kuvaustavan perusteella muodostui kaksi osa-aineistoa, korkeakuvauksella mittakaavassa 1:10 000 ja matalakuvauksella mittakaavassa 1:5 000 ja 1:2 500 saadut mustavalkea-infra-ilmakuvat. Korkeakuvaus käsitti koko kunnan alueen ja tapahtui yhteistyössä Kannuksen kunnan kanssa. Matalakuvaus suoritettiin yksinomaan energiapuun arviointia koskevia kokeita varten. Maastossa mitatut koealat, kaikkiaan 761 koealaa, muodostavat toisen aineistoryhmän. Koealoja mitattiin koko kunnan alueen energiapuuvaroja koskeneen tutkimuksen yhteydessä erotetuille, jäljempänä mainituille ositteille ja toisaalta matalakuvausalueella olevia arvioimislinjoja seuraten. Kolmannen aineistoryhmän muodostavat Kannuksessa v. 1978-79 suoritettujen energiapuun esiintymistä ja määrää koskeneen tutkimuksen tulokset. Tutkimus laajennettiin v. 1979 koko kuntaa koskevaksi. Energiapuun esiintymispaikan ja -tavan perusteella erotettiin seuraavat ositteet: metsämaa, metsämaan ja pellon, tien, sähkölinjan yms. raja-alue sekä maatalous- ja joutomaa ynnä muu maa. Tutkimuksessa käytetyn silmävaraisen arvioinnin tarkastamiseksi mitattiin koealoja kaikilla ositteilla.

Tämän lisäksi suppeana testausaineistona käytettiin Helsingin Yliopiston metsänarvioimistieteen laitoksen harjoitustyökohteeksi valittua maatilaa Leppävirralla. Tilaa koskeva ilmakuvauksella suoritettiin 1978 mittakaavoissa 1:10 000, 1:5 000 ja 1:2 500. Alueen maastoarviointi tehtiin kesällä 1980 sekä kuvioittaisena että linjoittaisena maastoarviointina metsäylioppilaiden harjoitustyönä.

22. Ilmakuvat

Korkeakuvaus mittakaavassa 1: 10 000 suoritettiin kesäkuussa 1979 koko Kannuksen kunnan alueesta. Kuvatulkinnassa keskityttiin aluksi edellämainitun kunnan aluetta koskeneen selvityksen yhteydessä kuljettuihin arvioimislinjoihin ja toisaalta työn yh-

teydessä eri ositteille mitattuihin koealoihin. Myöhemmin tehtiin kahdella kunnan länsiosaan muodostetulla koealueella, joiden pinta-ala oli yhteensä 240 ha, tavanomainen kuvioittainen arviointi. Kuvatulkinnassa rajoituttiin seuraaviin kysymyksiin: keskikuutiomäärä, energiapuun määrä hehtaaria kohden, kehitysluokka ja toimenpide. Lähinnä peltojen ja teiden reunoilla tarkasteltiin vain koko puuston ja energiapuun kuutiomäärää.

Kuvatulkinta tapahtui pääosiltaan peilisteroskoopilla. Ennen työtään tulkitsija tutustui Kannuksessa esimerkeiksi valittuihin kohteisiin muutaman päivän ajan.

Mätälakuvaus rajoitettiin Kannuksessa Rekilän kylää ympäröivään, kaikkiaan 11 arvioimislinjaa sisältäneeseen alueeseen. Kuvausta tehtiin linjojen pituus suunnassa n. 10 km pituiselta alueelta. Koko kuntaa koskeneen selvityksen yhteydessä kertyneiden luokitustietojen ja koealatulosten lisäksi mitattiin tarkasteltavalla alueella olevia linjoja seuraten runsaasti koealoja. Mittauksissa rajoituttiin vain jäljempänä esitetyllä tavalla määritettyyn energiapuuhun.

Leppävirran kontrollikohteessa selvitettiin sekä kokonaiskuutiomäärä että energiapuumäärä. Tulkinnan jälkeen suoritettiin n. puolen päivän maastotarkastus, jonka tulosten perusteella laadittiin lopullinen korjattu arvio.

23. Koealamittaukset

Metsämaalla mitatut koealat olivat 1-3 aarin ympyräkiekkoaloja, muilla mittausalueilla suorakaiteen muotoisia, koko 1 a (20 m x 5 m) tai 2 a (20 m x 10 m). Mittaus tapahtui mm. leimikon pystymittauksessa (PMP-systeemin...) käytettyjen perusteiden mukaisesti. Puidenluvussa erotettiin puulajeittain kaksi runkolajia: kuitupuurungot = rungot, joista saadaan ainakin yksi kuitupuupölkky ja hakerungot = rungot, joista ei saada minimikoon täyttävää kuitupuupölkkyä. Kuutiointia varten Oulussa VTKK:n laskentakeskuksessa olevaa PMP-systeemin kuutioimismenetelmää täydennettiin niin, että Ilvessalon (1947) kuutioimistaulukoiden mukaisesti tapahtuva kuutiointi voitiin aloittaa 1 cm:n d_{1,3}-luokasta

lukien. Odotettavissa olevat kuutioimisperusteiden muutokset aiheuttivat sen, että menetelmään ei vielä sisällytetty puuta-varalajeittaista kuutiointia.

24. Arvioimislinjat

Kuvasta 1 nähdään linjoittaisessa arvioinnissa käytetty kuvionselityslomake. Jokaiselta arvioimislinjan leikkaamalta kuviolta tehtiin merkinnät omalle rivilleen. Ilmakuvien käyttöä koskevilla kokeilla käytettiin lähinnä kehitysluokkaa ja toimenpidettä osoittavia merkintöjä. Koko puuston ja energiapuun määrää koskevaa ilmakuvatulkintaa tehtiin osittain myös sellaisilta linjanosilta, joilta ei oltu mitattu koealoja. Vertailuissa nojauttiin tällöin linjoilla suoritettun silmävaraisen arvioinnin tuloksiin. Näitä vertailutuloksia pidettiin vain suuruusluokkaa osoittavina.

25. Maastossa tapahtuneet vertailut

Tutkimusaineiston käsittelyssä oli keskeisellä sijalla maastossa tapahtunut vertailu. Aluksi vain muutamia koealaryhmiä ja linjanosia käsittäneen kuvatulkinnan jälkeen, myöhemmin runsaampaan aineistoon nojautuen suoritettiin maastossa tulkintaa koskevat vertailu ja arvostelu. Kuvatulkinta ja siihen liittyvät maastovertailut aloitettiin 1:10 000 mittakaavaisia ilmakuvia käyttäen. Suurimittakaavaisten (1:5 000 ja 1:2 500) ilmakuvien käsittely muodosti toisen työvaiheen. Sen aikana tarkasteltiin lähinnä vertailumielessä usein toistuvasti 1:10 000 mittakaavaiselta ilmakuvulta saatuja tuloksia. Maastovertailussa pyrittiin myös selvittämään niitä syitä, jotka mahdollisesti ovat aiheuttaneet kuvatulkinnassa todetun yli- tai aliarvioinnin, kehitysluokassa tai kuvion rajassa todetun virheen jne.

KUVIONSELITYSLOMAKE Kuva 1. Fig. 1. Stand description form

ALUE LOM.
 7-8.10-11 20-95. 26 29.30.31 37 38 39 No. ---

RYHMÄ ---

LINJA JASUUNTA --- RYHMÄ ---

Kuvion Pituus ASKEL	PÄÄRYHMÄ		KESKI- KUUTIO m ³ /ha	KEHITYS LUOKKA				TOIMENPIDE				LISA		Energia						
	Metsä- sätkä	Jou- to		Metsä- koti	Metsä- koti	Uud- koti	Smp SIP	Uud- hak.	Yp h	K hak	Uud- hak.	Ojii- tus	Ojii- tus		Le- tus	Di- tus	Di- tus	Ma, E	Ma, E	Ma, E
PAR. 1	2	3	4	9	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

3. KUVATULKINNAN PÄÄTULOKSET

31. Kuvatulkinnan suoritustapa

Kuvatulkinnan yleisperusteilla tarkoitetaan tässä ilmakuvi-
laadun ja tulkintalaitteiden osalta tehtyjä ratkaisuja. Kokeita
varten oli käytettävissä musta-valkea- ja musta-valkea-infra-il-
makuvia, molempia kuvia mittakaavassa 1:10 000, jälkimmäisiä
myös mittakaavassa 1:5 000 ja 1:2 500.

Kuvatulkinnat aloitettiin tavanomaisilla stereolaseilla, joita
tulkitsija oli käyttänyt v. 1977-79 tapahtuneissa ATK-karttame-
netelmän käyttöä koskeneissa kokeissa (Tiihonen 1980a). Syksyl-
lä 1979 saatiin toiseksi tulkintalaitteeksi peilistereoskooppi.

Aikaisempien kokemusten ja alustavien kokeiden perusteella jäl-
jempänä esitettävät koetulkinnat päätettiin suorittaa seuraavas-
ti:

- käytetään sekä korkea- (mittakaava 1:10 000) että matala-
kuvauksella (1:5 000 ja 1:2 500) saatuja, musta-valkea-inf-
ra-ilmakuvia
- kuvatulkinta tehdään peilistereoskoopilla

Tässä julkaisussa tarkasteltavissa kuvatulkinnnoissa voitiin, ku-
ten usein ilmakuvi- käytön yhteydessä, erottaa seuraavat yleis-
luonteiset tavoitteet:

- energiapuun arvioimismenetelmän laadinta yksinomaan tai lä-
hinnä ilmakehiin perustuen
- ilmakuvi- ja maastoarvioinnin rinnakkaiskäyttö

Molempia mahdollisuuksia tarkasteltiin yleensä samojen kuvatulkinn-
tojen perusteella. Kuvatulkinnassa erotettiin seuraavat kohteet:

- energiapuun esiintyminen
- maastoarvioinnissa käytetyt ositteet
- kehitysluokka ja toimenpide
- keskikuutiomäärät

Tulkinnan eri kohteiden tarkastelu johti jäljempänä esitettäviiin tuloksiin.

32. Energiapuun esiintyminen

Energiapuulla tarkoitetaan tässä julkaisussa sellaisia poistettaviksi sopivia puita ja pensaita, joista ei saada edes yhtä kaupalliset mitat täyttävää kuitupuupölkkyä. Energiapuuhun sisältyy useista syistä kuitenkin aina vähäinen määrä kuitupuuta.

Maastossa suoritettut arvioinnit ja koealamittaukset osoittavat, että pääosa Kannuksen energiapuuvaroista on hieskoivua ja pajua, vähäisessä määrin haapaa ja leppää. Lepän osuus suurensi merkittävästi, mikäli Kannuksessa jokien varsilla olevia lepikoita voitaisiin käyttää yleisemmin lämpövoimalan raaka-aineena. Yleisesti on kuitenkin korostettu lepikoiden maisemanhoidollista merkitystä. Lepän osuus näyttää olevan huomattavan suuri ja pajukoiden vuorostaan vähäisempi Maaningalla ja Liperissä, joissa kesän 1980 aikana on jatkettu energiapuun esiintymistä koskevia tutkimuksia. Havupuiden osuus energiapuun kokonaismäärästä on yleensä varsin vähäinen. Ilmakuvilla suoritettava energiapuun esiintymistä koskenut tarkastelu rajoitettiin siten lehtipuihin ja pajuun.

Lehtipuiden ja pajujen esiintymistä voitiin selvittää luotettavasti jopa mittakaavassa 1: 10 000 olevilta kuvilta. Suurimittakaavaisilta ilmakuvilta lehtipuu- ja pajukkoalueiden rajoittaminen oli yleisesti helppoa. Saatettiin erottaa jopa yksittäiset harvassa kasvavat puut. Lehtipuu- ja pajualueiden helppo erottaminen suurimittakaavaisilta kuvilta antoi aiheen otaksua, että pääasiassa lehtipuuta käsittävän energiapuun osalta saatettaisiin ehkä myös erottaa ilmakuvilta kuvioita, jotka edustaisivat erisuuria energiapuun keskikuutiomääriä. Aihetta koskenut kuvatulkinnta johti kuitenkin kielteiseen tulokseen. Voitiin päätellä, että energiapuun ilmakeu- arvioinnissa tarkan kuutiomäärän selvittämiseen ei ole mahdollista päästä, sillä ko. puuston tiheys vaihtelee voimakkaasti suppeallakin alueella. Pieniläpimittaisten runkojen erottaminen tiheän latvuston alta ei myös-

kään ole mahdollista muutoin kuin suuruusluokkaa osoittavana arviona. Joskus tulos saattaa olla hyvinkin epätarkka.

Edellä esitetyn tarkastelun tuloksena katsottiin, että ilmakuville piirrettävät erisuuria energiapuun määriä luonnehtivat kuviot muodostavat liian epätarkan perustan ilmakuvien käyttöön rakentuvan energiapuun arvioimismenetelmän laadinnalle. Laajamittainen kuvioiden paikallistaminen suurimittakaavaisille ilmakuville edellyttäisi hankalaa suuren kuvamäärän käsittelyä. Tarkastelu selvensi kuitenkin osaltaan jäljempänä esitettäviä kuutiomäärän arvioimisen mahdollisuuksia.

33. Kasvupaikkaa osoittavat ositteet

Kannuksessa suoritettujen kokeiden perusteella maastossa tapahtuvassa energiapuun arvioinnissa tulisi erottaa seuraavat ositteet:

- metsämaa
- metsämaan ja toisaalta maatalous- ja joutomaan sekä muun maan raja-alue, eli ns. reunavyöhykkeet
- metsämaan ulkopuolella olevat pajukot, lehtipuustot yms. puu- ja pensasesiintymät

Metsämaan osalta viitataan jäljempänä esitettäviin tuloksiin. Metsämaan reunavyöhykkeen leveyden ja reunametsän puiden keskipituuden tulkinta oli yleisesti epätarkkaa. Pituuden määrittämisestä vaikeutti usein metsän reunaan syntynyt varjostus. Muulla kuin metsämaalla olevista pajukoista, lehtipuuryhmistä yms. saatiin lähinnä mittakaavassa 1:5 000 ja 1:2 500 olevilta kuvilta selvä yleiskuva. Maastoarvioinnissa käytetyn toisen kuutiomistunnuksen, latvuston pinta-alan määrittäminen näytti johtavan usein ainakin oikeaa suuruusluokkaa osoittavaan tulokseen. Pituustunnuksen määrittämiseen liittyi keskimäärin enemmän epävarmuutta kuin esim. peltoon rajoittuvan metsikön reunavyöhykkeessä. Varjostuksen lisäksi epävarmuutta aiheutti tarkastelukohteen ympäristössä esiintyvä ruoho- ja heinäkasvillisuus. Varsinkin nuorissa pajukoissa pituus myös usein suurenee reunoilta keskustaa kohti.

34. Kehitysluokka ja toimenpide

Metsikön kehitysluokka ja metsikössä lähiaikana tarpeellinen metsänhoidollinen toimenpide ovat molemmat ns. metsänhoidollisia tunnuksia, joten niitä koskevat kuvatulkinnan tulokset esitetään samassa kappaleessa. Tarkastelut osoittavat, että kehitysluokka oli hyvin käyttökelpoinen, jopa varsin olennainen peruste ilmakuviin käyttöönsä rakentuvassa energiapuun arvioinnissa. Kehitysluokkien käyttö muodosti keskeisen perustan myös maastoarviointina tapahtuvassa energiapuuvarojen selvityksessä. Kehitysluokan määrittämistä ilmakuvilta puolsivat lähinnä seuraavat seikat:

- se antaa tulkinta-avaimen puumäärän karkean suuruusluokan arvioimiseen
- arvioitavat kuviot voidaan rajata tarkemmin
- hoitotoimenpiteiden arviointi helpottuu
- käytettävissä olevalta 1:5 000 tai 1:2 500 mittakaavaiselta kuvamateriaalilta sävyerot, puuston varjot sekä yksittäisten puiden tarkastelumahdollisuus tekevät ylipäättänsä mahdolliseksi myös kehitysluokan selvittämisen huomattavalla tarkkuudella, mikä ei 1: 10 000 tai pienempimittakaavaisilta kuvilta ole juuri mahdollista.

Metsänhoidollisia toimenpiteitä, lähinnä hakkuumahdollisuuksia ja metsänhoidollisia toimenpiteitä koskenut kuvatulkinta johti kehitysluokan tulkintaan verrattuna selvästi heikompiin tuloksiin. Epävarmuutta ilmeni sekä puustoisilla että aukeilla aloilla. Puustoisilta aloilta esimerkkinä mainittakoon ne vaikeudet, jotka liittyivät energiapuun ja muun poistettavaksi sopivan lehti-puuston erottamiseen toisistaan. Aukeilla aloilla kehitysluokan määrittämiseen liittyvä epävarmuus vaikeutti myös toimenpiteen ehdottamista. Tarkastelujen perusteella todettiin mm., että energiapuuhun mahdollisesti sisällytettävän pieniläpimittaisten kuitupuiden määrän arviointi on syytä perustaa maastossa tehtyihin havaintoihin.

35. Keskikuutiomäärät

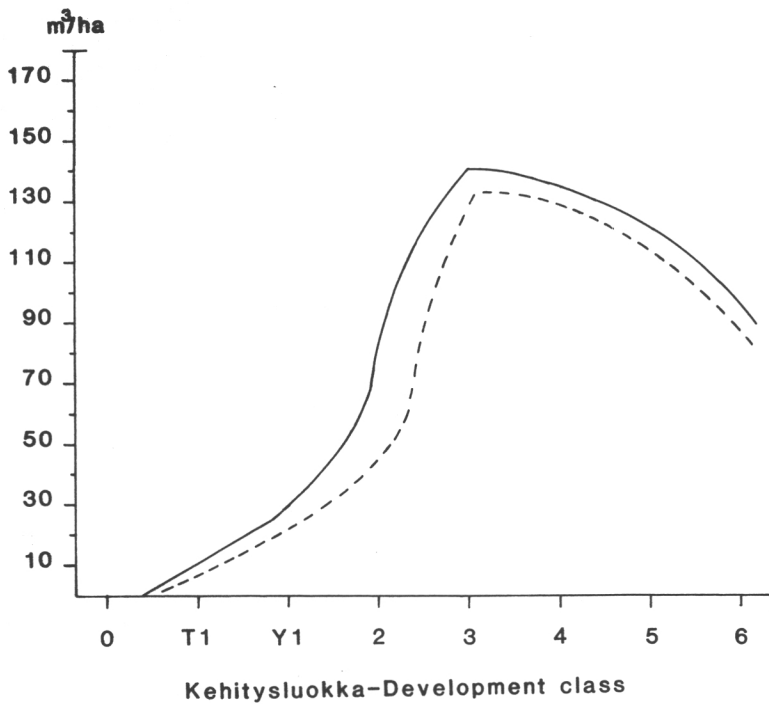
Kuutiomäärää koskeva tarkastelu kohdistui koko puuston ja erikseen energiapuun keskikuutiomäärään (m^3/ha). Eri puulajien osuuks-

sia ei erotettu. Tulkitsija päätyi ratkaisuun, että oli syytä määrittää molemmat em. keskiarvoluvut, vaikka kuvatulkinnessa muutoin rajoituttaisiin energiapuuhun. Metsikön kehitysluokan ja keskikuutiomäärän sekä mahdollisten puuston rakennetta osoittavien piirteiden samanaikainen tulkinta siten selventää kuvaa energiapuun esiintymisestä ja määrästä.

Johdannossa viitattuihin toistuviin kuvatulkinnessa ja maastomittauksissa saatujen tulosten vertailuun sisällytettiin työn edistyessä myös keskikuutiomäärän vertailuja, joilla pyrittiin lähinnä saavutetun tulkintatason selvittämiseen. Tuloksia havainnollistetaan keskikuutiomäärän osalta kuvista 2 ja 3 nähtävillä esimerkeillä. Molempien keskikuutiomäärien kuvatulkinnessa on päädytty maastossa koealamittausten perusteella saatuihin tuloksiin verrattuna keskimäärin yliarviointiin. Ainakin energiapuun osalta todettua yliarviointia voitaneen pitää absoluutisesti varsin lievänä. Kuvatulkinnan edistyessä voitiin päätellä, että energiapuun keskikuutiomäärän tulkinnassa voitiin ilmeisesti päästä ainakin suuruusluokkaa osoittavaan tulokseen.

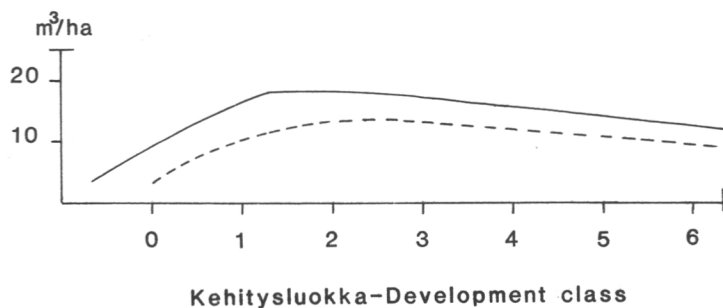
Tutkimusaineistoon sisältyvän Leppävirralta kootun suppean testausaineiston osalta keskikuutiomäärän tulkinta johti maastoarvioinnin vastaavaan tulokseen verrattuna erittäin hyvään tulokseen. Ilmakuvatulkinnalla saatiin tulokseksi $127 \text{ m}^3/\text{ha}$, maastoarvioinnissa $130 \text{ m}^3/\text{ha}$. Ero kokonaiskuutiomäärässä on tämän kokeen mukaan 2,5 %.

Energiapuun keskikuutiomäärää koskeneet maastotarkastelut osoittivat, että kuutiomäärän tarkka selvittäminen edellyttää mittauksia. Epävarmuus puuston eri osien erottamisesta toisistaan ilmeni myös ilmakuvatulkinnassa varsin selvästi. Mainitut seikat korostavat osaltaan seuraavia piirteitä: kuvatulkitsijalla tulee olla runsaasti kokemusta ja toisaalta tulkintaan on nivellettävä riittävästi maastotarkastelua.



Kuva 2. Esimerkki koko puuston keskikuutiomäärän ilmakuvatulkinnassa saaduista tuloksista. -Kuvatulkinta = yhtäjaksoinen viiva, koealamittauksen tulokset = katkoviiva. Kehitysluokat, ks. kuva 1.

Fig. 2 Example of the results from the aerophoto interpretation of the mean volume of the whole crop. Photo interpretation = continuous line. Measurement of sample plots = dashed line. Development classes, see fig. 1.



Kuva 3. Esimerkki energiapuun keskikuutiomäärän ilmakuvatulkinnassa saaduista tuloksista. Kuvatulkinta = yhtäjaksoinen viiva, koealamittauksen tulokset = katkoviiva.

Fig. 3 Example of the results from the aerophoto interpretation of the mean volume of energy wood. Photo interpretation = continuous line. Measurement of sample plots = dashed line.

4.ILMAKUVIEN KÄYTTÖMAHDOLLISUUKSIA ENERGIAPUUN ARVIOINNISSA

41. Kuvatulkinnan osoittamat mahdollisuudet

Edellä esitetyn kuvatulkintaa koskeneen tarkastelun yhdistelmässä katsottiin, että ilmakuvia voitaisiin käyttää energiapuun arvioinnissa seuraavasti:

- arvioimismenetelmänä on kuvatulkinnan ja maastoarvioinnin yhdistelmä
- kuvatulkinta nivelletään kiinteästi maastossa suoritettuihin arviointeihin ja koealamittausten tuloksiin
- kuvatulkinta tehdään matalalentokuvauksella saaduilta suurimittakaavaisilta (1:5 000 tai 1:2 500) ilmakuvilta
- tulkinnat suorittaa molempiin osatehtäviin hyvin perehtynyt metsäammattimies
- kuvatulkinta rajoitetaan metsämaahan ja sillä edelleen metsikön eri kehitysluokkiin ja niiden energiapuun keskikuutiomääriin, tarvittaessa nojautuen koko puuston keskikuutiomäärään
- kuvatulkinta rajoitetaan alueellisesti ko. tehtävän edellyttämällä tavalla

Pieniläpimittaisten kuitupuiden osuutta koskevassa arvioinnissa on nojaututtava yksinomaan maastossa tehtyihin selvityksiin ja paikallisten metsäammattimiesten lausuntoihin.

42. Paikallistaminen

Kannuksessa v. 1978-79 suoritettujen sekä Maaningalla ja Liperissä kevät-kesäkaudella 1980 jatkettujen maastossa tehtyjen selvitysten mukaan peltoihin, teihin yms. rajoittuvien metsämaan reu navyöhykkeiden sekä muulla maalla kasvavan energiapuun arvioinnissa voidaan yleensä rajoittaa näytteeseen. Sen tulosten perusteella voidaan energiapuuesiintymien paikallistamista jatkaa tarvittaessa myöhemmin esim. energiapuuta käyttävän lämpövoimalan lähiympäristössä jne. Metsämaalla on mainituissa kunnissa samoin kuin ilmeisesti muuallakin yleensä pääosa energiapuun kuutiomäärästä. Paikallistamisen tarpeeseen metsämaalla on siis syytä kiinnittää riittävästi huomiota.

Energiapuun paikallistamisen tarve riippuu olennaisesti arvioinnin tarkoituksesta. Voidaan tyytyä koko kunnan tai siitä erotettujen suuralueiden keskimääräistuloksiin. Niiden selvittämistä yksinomaan maastoarvioinnin perusteella tarkastellaan suppeasti jäljempänä. Viime aikoina on eräissä kunnissa tehty kirjeitse tiedusteluja siitä, paljonko metsänomistajat voivat hankkia energiapuuta vuosittain esim. lähi 5-vuotiskauden aikana. On mahdollista, että mainitunlaisilla tiedusteluilla voidaan kartoittaa energiapuun saantimahdollisuudet riittävässä määrin myös paikallisesti. Osuuskunta Metsäliitto ja metsänhoitoyhdistykset ovat myös tehneet eräiden lämpövoimaloiden kanssa sopimuksia tietynsuuruisen vuotuisen energiapuumäärän hankkimisesta. Energiapuun hankinta tapahtunee saatujen tietojen mukaan lähinnä ns. kaupallisia puutavaralajeja sisältävistä leimikoista.

Edellä esitetyn mukaan on ilmeistä, että käytännön toiminnassa kertyy ehkä runsaastikin energiapuuvarojen sijaintia koskevia tietoja. Varsinkin energiapuun käytön alkuvaiheessa kaivataan tietoja siitä, missä energiapuuta on ja kenen maalta sitä todella voitaisiin hankkia.

Täysin erillinen tai mahdollisia tiedusteluja täydentävä energiapuu-esiintymien paikallistaminen on siis otettava huomioon energiapuun arvioimismenetelmän laadinnassa. Ilmakuville olisi siis tehtävä sopivia merkintöjä energiapuun esiintymispaikoista. Tulkinta olisi suoritettava suurimittakaavaisilta ilmakuvilta. Kuten edellä on todettu, kuvien lukumäärää olisi sopivasti rajoitettava.

5. MAASTO- JA ILMAKUVA-ARVIOINNIN YHDISTELMÄ

51. Perusteet

Kannuksessa v. 1978-79 sekä myöhemmin Maaningalla ja Liperissä v. 1980 saatujen kokemusten perusteella maastoarviointi esitetään suoritettavaksi ATK-karttamenetelmää (Nousiainen ja Tiihonen 1975; Tiihonen 1980 a ja b) käyttäen. Menetelmän mukaisesti maastossa suoritetaan linjoittainen arviointi. Tähän mennessä suoritetuissa selvityksissä on pyritty mahdollisimman yksityiskohtaiseen paikallistamiseen, mistä johtuen linjaväli on ollut 250 m (Tiihonen 1979, 1980 a ja c). Kannuksen linjoittaisen arvioinnin tulosten perusteella on suoritettu vertailuja siitä, miten metsämaan energiapuun keskikuutiomäärä vaihtelee linjavälin suurentuessa 250 m:stä 1 500 m:iin. Seuraavasta asetelmasta nähdään koko kunnan metsämaan pinta-alaa, n. 27 000 ha, koskevat keskimääräistulokset:

Linjaväli, m	Energiapuuta, m ³ /ha	Linjaväli, m	Energiapuuta, m ³ /ha
250	4,6	1250a	4,5
500a	4,6	" b	4,2
" b	4,6	" c	4,8
750a	4,4	" d	4,8
" b	4,6	1500a	4,2
" c	4,8	" b	4,5
1000a	4,5	" c	4,9
" b	4,9	" d	4,5
" c	4,7		
" d	4,3		

Tulossarjan mukaan energiapuun keskikuutiomäärä vaihtelee varsin vähän, kun linjaväli suurenee 250 m:stä 1000-1500 m:iin.

Ilmakuvien käytön osalta kokeiltiin erilaisia vaihtoehtoisia mahdollisuuksia. Todettiin, että oli edullisinta ottaa kuvajono

maastossa kuljettavien linjojen välistä linjojen suuntaisesti. Mittakaavassa 1:5 000 olevat kuvat peittäisivät n. 600-800 m leveän vyöhykkeen. Käytettäessä maastoarvioinnissa 250 m linjaväliä nähdään pääosa arvioitavasta alueesta. Voidaan otaksua, että käytettäessä 1000 m linjaväliä, jää näkemättä ehkä 800 m leveä alue. Mittakaavassa 1:5 000 olevat kuvat peittäisivät tästä 800 m:stä ainakin n. 600 m, joten yksityiskohtaisen tarkastelun ulkopuolelle jäisi ehkä n. 200 m leveä vyöhyke. Pienentämällä linjaväli 700-900 m:iin voitaisiin kuvatulkinnalla selvittää käytännöllisesti katsoen koko se vyöhyke, josta ei voida tehdä ainakaan yhtenäisiä havaintoja maastoarvioinnissa.

Maastossa kuljettavien linjojen väliin sijoitettujen ilmakuvajonojen lisäksi on syytä ottaa sopivan pituisia kuvajonoja muutaman arvioimislinjan kohdalta. Kuvatulkintaa voidaan tällöin vertailla maastossa tehtyihin arviointeihin. Myös koealojen mittaaminen tällaisilta vertailulinjoilta on perusteltua.

Tehtävästä riippuen kuvatulkinta voidaan suorittaa maastolinjojen puolivälistä sopivan levyisenä vyöhykkeenä tai koko kuvajonon leveydeltä. Puolivälin lisäksi merkintöjä kartalle voitaisiin tehdä vain runsaasti energiapuuta sisältävistä kohdista jne.

52. Kustannukset

Edellä esitetynlaisen maasto- ja ilmakeuvarvioinnin työtuloksista ja kustannuksista voidaan esittää vain suuntaa ja suuruusluokkaa olevia tuloksia. Maastoarvioinnin osalta mainittakoon, että ATK-karttamenetelmän kokonaiskustannukset olivat Pohjois-Savossa v. 1978 keskimäärin 2,50 mk/ha (metsätalousmaan ha kohden). Linjaväli oli 250 m. Metsänhoitaja Oiva Pöyhöseltä (Pohjois-Savon pml) saadun tiedon mukaan (suullinen tiedonanto kesäkuussa 1980) kustannukset olivat v. 1979 keskimäärin 2,52 mk/ha. Voitaneen otaksua, että jos linjaväli suurennetaan nelinkertaiseksi, kustannukset pienenevät ehkä n. 30 %:iin ja ovat n. 50-60 p/ha.

Mittakaavassa 1:5 000 tehdyt ilmakuvat (stereoparit) maksavat kesän 1980 kustannustason mukaan 80p/ha. Syys-talvikaudella 1979-80 tehtyjen tulkintakokeiden perusteella kuvatulkinnan kustannukset ovat keskimäärin 1,5 mk/ha. Ottamalla huomioon maastossa tehtävät

vertailut ja töiden valmistelusta yms. aiheutuvat menot, kuvatul-
kinnan kokonaiskustannukset ovat arviolta 3,5 mk/ha.

Yhdistämällä molemmat osatehtävät ja käyttämällä 800-1000 m
linjaväliä ovat kokonaiskustannukset suuruusluokka-arviona 4-5
mk/ha.

Edellä esitetyt laskelmat on tehty edellyttäen, että molemmissa
osatehtävissä tehdään energiapuun lisäksi keskikuutiomäärää, kehi-
tysluokkaa ja toimenpidettä koskevia arviointeja. Viimeksi mainit-
tu tehtävä keskittyisi lähinnä maastoarviointiin. Kokemukset osoit-
tavat, että mainitunlaisia tuloksia voidaan hyödyntää käytännössä.
Maasto- ja ilmakehä-arvioinnissa saatetaan myös rajoittaa vain ener-
giapuuta koskeviin arviointeihin. Kustannuksia voidaan siis pie-
nentää jopa huomattavassa määrin. Käytännön erilaisten mahdolli-
suuksien lähempi tarkastelu sivuutetaan tässä. Korostettakoon vain
että energiapuun arviointi tulisi liittää ilmakehäviikin käytettäessä
johonkin muuhun ko. metsäalueella tehtävään selvitykseen.

KIRJALLISUUS

- ILVESSALO, Y. 1947. Pystypuiden kuutioimistaulukot. Summary: Volume tables for standing trees. Commun. Inst. For. Fenn. 34.4
- NOUSIAINEN, J. & TIIHONEN, P. 1975. Linja-arviointiin ja ATK-karttaan perustuva maiden luokitusmenetelmä. Referat: Eine auf Linientaxierung und EDV-Karte fussende Methode zur Bodenklassifizierung. Commun. Inst. For. Fenn. 87(1):1-40.
- PMP-systeemin kenttätyöohje. 1971. Helsinki.
- TIIHONEN, P. 1979. Kannuksen energiametsien esiintymistä, määrää ja arviointia koskevat tutkimukset v. 1978-79. Pera-symposio. Esitelmien tiivistelmät.
- 1980a. ATK-karttamenetelmän kokeilu työkohteiden etsinnässä Pohjois-Savossa 1976-1978. Summary: Experimenting with the ADP-map method for locating working sites in northern Savo, east Finland, 1976-1978. Folia For. 427:1-24.
 - 1980b. Paikallisiin selvityksiin tarkoitettu energiapuun arviointimenetelmä. Käsikirjoitus. Helsinki.
 - 1980c. Kannuksen energiapuusta tutkimustuloksia. Metsä ja Puu n:o 4.

SUMMARY

Introduction

Investigations dealing with the occurrence, volume and estimation of energy wood have been carried out in the Kannus commune in western Finland since 1978. By the late summer of 1979 the focus was shifted to drawing up an estimation method for energy wood resources. Two alternative methods were set as a target. One is based only on field measurements and surveys, the other entails a combination of photo interpretation and field survey.

The aerial photographing for the latter was carried out in Kannus in 1979. Simultaneously numerous field sample plots were measured for control. In addition, the material and results from the field survey dealing with energy wood resources in the whole Kannus commune in 1978-79 were at our disposal. Mr Kyösti Vornanen, the forest foreman, who is an experienced field worker and aerophoto interpreter, participated in the interpretation work. Mr Vornanen's job involved frequent field observations, which entailed the comparison of photo interpretations with survey and measurement results collected from the area involved.

Plenty of results were obtained from the observations based on aerial photographing in Kannus. Certain main guidelines could be provided to illustrate the possibilities and ways of using aerial photographs in developing estimation methods for energy wood resources. Both will be briefly discussed in the present publication.

Material

Aerial photographs form the central part of the material. The material can be divided into two halves based on different photographing ways: black and white infra-aerial photographs taken either from high-flying aircraft in scale 1:10 000 or from a low-flying one in scale 1:5 000 and 1:2 500. The second half consists of field measurements. The third group referred to in the introduction consists of the results from the investigation dealing

with the occurrence and amount of energy wood resources as measured in Kannus in 1978-79. Limited testing was carried out on a farm in south-eastern Finland.

The following strata were distinguished in field surveys according to the location and manner of occurrence: forest land, the border zone between forest land and field, road, etc. in other words fringe zones as well as the third stratum indicating the occurrence of energy wood on other than forest land.

Energy wood

In this investigation energy wood refers to such trees and bushes that would not produce even one pulpwood bolt fulfilling the commercial requirements. This term includes in practical business some small-diameter pulpwood as well as branches and crowns left on cutover areas.

Main results from photo interpretation

The following points were distinguished in the photo interpretation:

- occurrence of energy wood
- strata used in field surveys
- development class and measures
- mean volumes

By limiting the observation to broadleaved species and willows, the occurrence of energy wood could be obtained even from the 1:10 000-scale photos. The photo interpretation to obtain the volume (m^3/ha) was possible only by large-scale aerial photos. It was not possible to distinguish mean volumes.

The results supported the inclusion of only forest land in the study of the different strata in field surveys. The interpretation of the width of the forest border zones and mean tree height in fringe forest was usually inaccurate. A clear general idea was obtained of the occurrence of energy wood on other than forest land by photos in scales 1:5 000 and 1:2 500. The other volume characteristics used in field survey, the determination of crown cover, seemed to indicate at least the approximate volume. The

characteristics used in field survey, the determination of crown cover, seemed to indicate at least the approximate volume. The survey of height characteristic did not produce accurate results. In addition to shading, grass and herb vegetation in the surveyed area created uncertainty.

The development class proved a usable, even an essential, factor in estimating energy wood resources by aerial photos. Clearly less accurate results were produced by the interpretation of silvicultural measures. Furthermore, the amount of small-diameter pulpwood to be found amongst the energy wood should be estimated by field surveys.

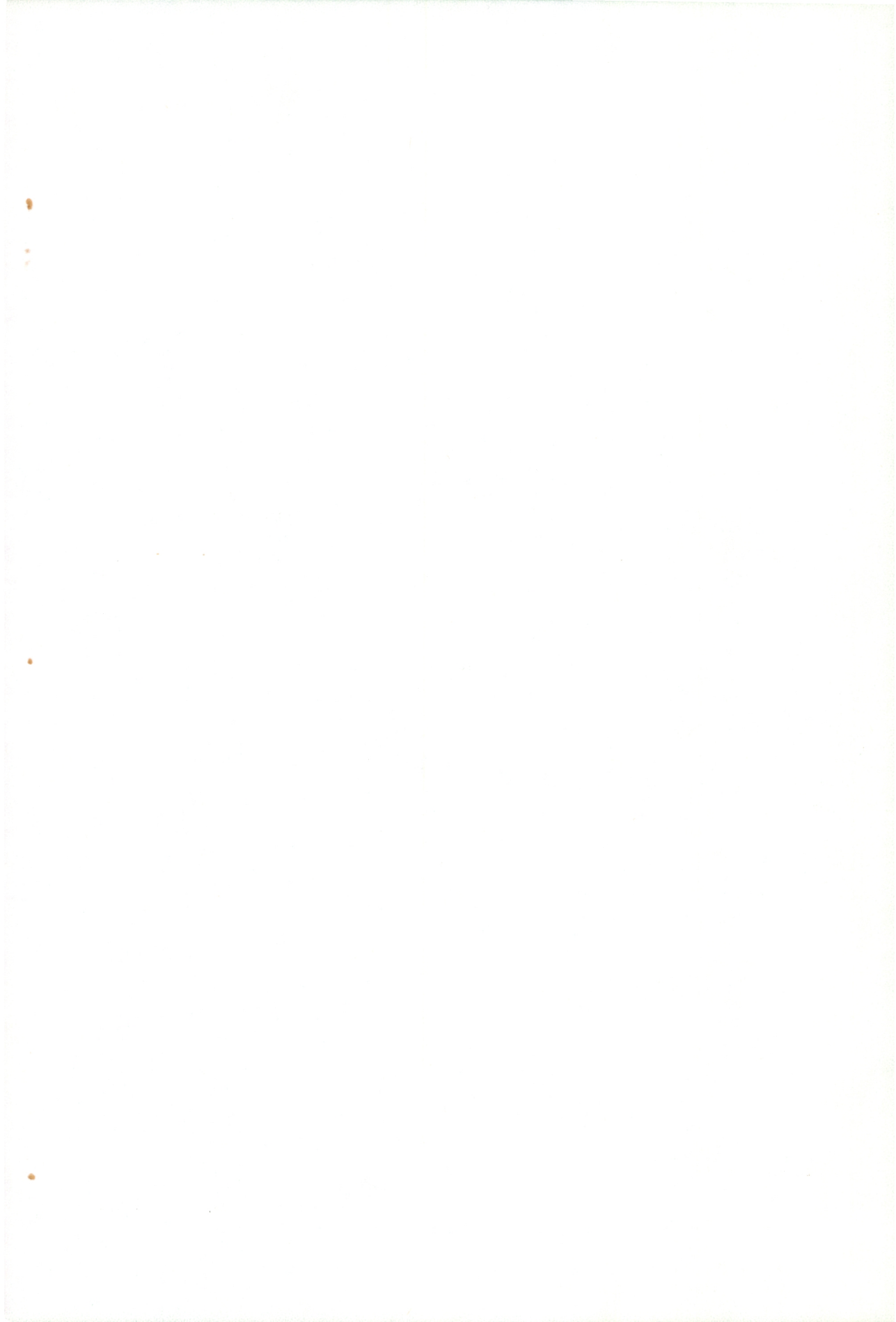
Combination of field and aerophoto surveys

The ADP map method is recommended for field surveys (Nousiainen and Tiihonen 1975, Tiihonen 1980). A series of results obtained from the Kannus investigations (Figures 2 and 3) is included to illustrate the mean volume of energy wood by using different distances between inventory lines (250-1000 m).

The best way to take a series of photographs is parallelly between the field lines. A few examples illustrate the uses of chosen line spacings (700-1000 m).

The series of photos between the field lines should be supplemented by suitably long series of photos directly above the inventory lines. Thus photo interpretation can be compared with field surveys. Sample plots should also be measured on those control lines.

Finally the publication briefly reviews the costs involved in this method.



ISSN 0358-4283