



Kansikuvat: Posterit metsäntutkimuksen tietojenkäsittelystä. Tutkimusapulainen Eila Kuirinlahti asettamassa magneettinauhaa Rovaniemen tutkimusaseman VAX 11/750-keskuskoneen nauhayksikköön.  
(Valokuvat: Seija-Sisko Kilpelä)

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN  
TIEDONANTOJA 196

TIETOJÄRJESTELMIEN KEHITTÄMINEN METSÄALALLA  
AJANKOHTAISTA TUTKIMUKSESTA

Metsäntutkimuspäivät Rovaniemellä 1985

Toimittaneet

Olli Saastamoinen      Helena Poikajärvi

Rovaniemi 1985

ISBN 951-40-0910-X

ISSN 0358-4283

Helsinki 1985. Valtion painatuskeskus

## SISÄLLYS

	sivu
LUKIJALLE .....	5
AARNE NYYSSÖNEN: Metsäntutkimus ja metsätalouden käytäntö .....	7
TIETOJÄRJESTELMIEN KEHITTÄMINEN METSÄALALLA	
RISTO SEPPÄLÄ: Metsäsektorin tietojärjestelmä .....	11
ERKKI KAILA: Atk metsätiedon hallinnassa .....	15
MARTTI VARMOLA: INKA-tietokanta kasvu- ja tuotostutki- musta varten metsätalouden suunnittelun avuksi ..	22
EERO MATTILA: VMI-tiedostot ja niiden käyttö Lapissa .....	28
MARKKU TAIPALE, ERKKI KAILA JA TIMO PEKKONEN: KIVALO- kuviotietokannan rakenne ja hyväksikäyttö .....	37
PEKKA KILKKI: Metsätalouden suunnittelun tieto- järjestelmä .....	42
PENTTI ROIKO-JOKELA: Metsähallituksen atk-järjestelmien kehitysnäkymät .....	47
TAPANI AHOLA: Atk metsätalouden suunnittelussa Lapin piirimetsälautakunnassa .....	50
KARI SAVELA: Atk:n käyttö Veitsiluoto Oy:n puun- hankinnassa .....	54
TIMO PEKKONEN: Metsäkarttajärjestelmä .....	56
HANNU SAARENMAA: Asiantuntijajärjestelmät - erikois- tietous käytännön ulottuville? .....	60
AJANKOHTAISTA TUTKIMUKSESTA	
HELY HÄGGMAN JA MATTI ROUSI: Havukirvojen massaesiinty- misen vaikutus eräissä puulajikokeissa .....	67
RISTO JALKANEN: Harmaakaristeen vaikutus männyn kasvuun ..	75
JUHANI HÄGGMAN: Männyn neulasten talviväri .....	82
YRJÖ NOROKORPI: Metsänuudistamisen ja taimikonhoidon periaatteet - lyhennelmä työryhmän mietinnöstä ..	89
ERKKI NUMMINEN: Kuusiroitujen sopeutuminen ilmastoon Pohjois-Suomessa .....	95
JOUKO KORTESHARJU: Hillan kypsyminennopeudesta .....	104

TIMO HELLE JA JOUNI ASPI: Metsikön iän vaikutus poron laidunnukseen kuivilla kankailla .....	114
OLLI SAASTAMOINEN: Panos-tuotosmenetelmä metsätoimi- alojen alueellisten kerrannaisvaikutusten tutkimuksessa .....	123
ARTO NASKALI: Pohjois-Suomen raakapuumarkkinoiden ostajarakenne .....	136
TIMO PENTTILÄ JA TAPANI POHJOLA: Suometsien ensi- harvennusleimikoiden rakenne .....	154

## LUKIJALLE

Perinteiset Metsäntutkimuslaitoksen Rovaniemen ja Kolarin tutkimusasemien yhteiset tutkimuspäivät järjestettiin 19.-20.2.1985 Rovaniemellä. Ne olivat järjestyksessä jo 15. tutkimuspäivät, sillä ensimmäiset Rovaniemen tutkimusaseman järjestämät alustus- ja keskustelupäivät pidettiin Hirvaalla 24.-25.2.1971. Vuodesta 1975 lähtien tutkimuspäivät on järjestetty yhdessä Kolarin tutkimusaseman kanssa. Tämän vuoden toukokuun 13. päivänä tuli myös kuluneeksi 15 vuotta Rovaniemen tutkimusaseman perustamisesta.

Ensimmäisen tutkimuspäivän teemana oli tietojärjestelmien kehittäminen metsätaloudessa ja metsäntutkimuksessa. Aiheen tärkeys ei kaivanne perusteluja. Sen käsittelylle tutkimuspäivillä on osaltaan luonut pohjaa Rovaniemen tutkimusasemalla tehty ja jatkuva pitkäjänteinen atk:n hyväksikäytön ja tiedonhallinnan tutkimus- ja kehittämistyö, joka toimii yhteistyössä käytännön organisaatioiden sekä laitoksen matemaattisen osaston ja Joensuun yliopiston kanssa. Sallittaneenkin tässä reuna- huomautus ajankohtaiseen aluepoliittiseen keskusteluun: Olisiko sittenkin niin, että piinsirujen hyödyntämisen osaamista saattaisi löytyä myös Espoon rajojen pohjoispuolella?

Toisena tutkimuspäivänä kuultiin yksitoista esitelmää Rovaniemen ja Kolarin tutkimusasemilla tekeillä olevien ajankohtaisten tutkimusaiheiden piiristä. Esitysten runsaslukuisuus teki päivien ohjelmasta tiiviin mutta todistaneen ensimmäisen päivien esitelmien kanssa pohjoisilla metsäntutkimusasemilla tehtävän monipuolista ja aktiivista tutkimustyötä.

Tähän julkaisuun on koottu tutkimuspäivillä pidetyt esitelmät sekä päivien avausanat yhtä erillisenä tiedonantona (MT 186) jo julkaistua esitelmää lukuunottamatta. Monia esitelmiä on vanhaan tapaan vielä viimeistely tai muokattu. Tiedonannon ovat puhtaaksikirjoittaneet Helena Poikajärvi, Eija Virtanen ja Sirpa Hast ensinmainitun vastatessa myös julkaisun teknisestä toimittamisesta.

Rovaniemellä 10.7.1985

Olli Saastamoinen

## METSÄNTUTKIMUS JA METSÄTALOUDEN KÄYTÄNTÖ

Aarne Nyyssönen

AVAUSSANAT ROVANIEMEN METSÄNTUTKIMUSPÄIVILLÄ 19.2.1985

Metsäntutkimukselle ovat hyvät yhteydet käytännön metsätalouteen suuriarvoisia. Ilman niitä on tarjolla vaara, että tutkijat alkavat puuhailla kuviteltujen ongelmien parissa. Pettymys koetaan viimeistään silloin, kun tutkimustulokset eivät saa vastakaikua käytännön metsätaloudessa, missä tulosten tarve ja laatu lopulta testataan.

Metsäntutkimuksen ja käytännön metsätalouden yhteydenpito tapahtuu eri tavoin. Olemme tänään ja huomenna toteuttamassa yhtä niistä, kun olemme Rovaniemen ja Kolarin tutkimusasemien jo perinteisiksi katsottavilla tutkimuspäivillä. Seitsemän alueellisen tutkimusaseman muodostamalla verkostolla, joka parin viime vuosikymmenen aikana on Metsäntutkimuslaitokseen luotu, on merkittävänä etuna juuri tutkimuksen ja käytännön vuoropuhelun edellytysten parantaminen. Osansa siinä on tutkimusasemien yhteydessä toimivilla hoitokunnilla, joiden työssä käytännön organisaatioiden edustajilla on tärkeä tehtävänsä. Koko Metsäntutkimuslaitoksella on neuvottelukunta, jonka keskeistä työtä on vuotuisten työohjelmien käsittely. Myös tutkimusaloittaista yhteydenpitoa varten on neuvottelukuntia ja työryhmiä.

Tutkimuksen ja käytännön välinen yhteistyö on ehkä silloin parhaimmillaan, kun käytännöllinen työ antaa samalla tutkimusaineistoa, niin kuin on tapahtunut esim. pysyvien inventointikoealojen käyttöä tutkittaessa ja puunkorjuumenetelmiä kehitettäessä. Käytännön metsätalous on tarjonnut sekä kohteita että materiaaliapua mitä erilaisimpien koealasarjojen perustamisessa ja ylläpidossa. Vastasuorituksena on ollut ensi käden tietoja kokeiden tuloksista. Metsäntutkimuslaitoksella on useita asiaa koskevia sopimuksia.

Miten hyvin sitten nimenomaan nuoret metsäntutkijat ovat perehtyneet metsätalouden käytäntöön?

Meikäläisten metsäntutkijain pääosa on suorittanut akateemisen perustutkintonsa Helsingin yliopiston maatalous-metsätieteellisessä tiedekunnassa. Jo sisäänpääsy vaatii ennakkoharjoittelua. Opintojen eri vaiheissa on käytännöllisiä harjoituskursseja ja erikoisharjoitteluja yhteensä vähintään puoli vuotta, monesti paljon enemmänkin. Nyt kyseessä olevassa kohdassa metsäopin-  
tomme poikkeavat edukseen monien muiden maiden vastaavista opinnoista, joissa toisinaan ei ole käytännön harjoittelua päiväkään. Licensiaatin tutkintoa varten meillä lisäksi vaaditaan pääoppiaineen alalla työntekeä vähintään vuoden ajan. Tämä voi tapahtua myös yliopistoissa ja tutkimuslaitoksissa.

Kun huomattavalla osalla Metsäntutkimuslaitoksen nuorista tutkijoista on takanaan muut kuin metsätalouden opinnot, heiltä taloon tullessaan saattaa kokonaan puuttua käytännön metsätalouden tuntemus. Kokonaisuutena nykyinen tilanne ei ole tyydyttävä. Tavoitteena tulisi olla, että tutkijoiksi aikovat toimisivat ennen kuin antautuvat varsinaiseen tutkimustyöhön jonkin aikaa sopivan vastuullisissa tehtävissä käytännössä. Muutamien vuosien takainen tilasto osoittaa todellisen tilanteen olevan päinvastainen. Varsin huomattava osa perustutkinnon suorittaneista oli aluksi pestautunut Metsäntutkimuslaitokseen, sieltä sitten vähitellen käytännön tehtäviin siirtyäkseen mm. palkkaukseen liittyvien tosiasioiden johdosta.

Meidän on lähiaikana pyrittävä luomaan toimiva vaihtojärjestelmä tutkimuksen ja käytännön kesken siitäkin huolimatta, ettei tehtävä tule olemaan helppo. Sen ratkaisemisessa jos missä vaaditaan yhteistyötä tutkimuksen ja käytännön kesken. Lisäksi Metsäntutkimuslaitos, jonka hallussa on kymmeniä tuhansia hehtaareja tutkimusmetsiä, voinee näitä hyödyntää myös antamalla niissä käytännön koulutusta tutkijoille. Varta vasten järjestettävän toiminnan ohessa tutkijoilla tietenkin on monia mahdollisuuksia oma-aloitteisesti perehtyä käytännön metsätalouden

kysymyksiin. Ei taitaisi olla pahitteeksi sekään, että jokaisen metsäntutkijan vastuulla olisi edes pienen metsäpalstan tarvitsemat käytännölliset toimet.

Käsitykseni mukaan ne, jotka tänään vastaavat metsäntutkimuksesta, ovat kohtalaisen hyvin tietoisia käytännön metsätalouden taholta tutkimukseen kohdistetusta arvostelusta ja ymmärtävätkin sitä. Niinpä tutkimuksen on katsottu monesti reagoivan kovin hitaasti käytännön haasteisiin. On ehkä ollut vaikeaa saada esim. Metsäntutkimuslaitoksen työohjelmiin uusia ajankohtaisia aiheita.

Tämä pitää ainakin osaksi paikkansa. Tutkimuslaitoksen työohjelmat ovat melko rasitettuja. Niissä olevien, yleensä monivuotisten tutkimusteemojen lukumäärä on hyvinkin kolmesataa ja henkilöstöä sekä tutkimusvaroja koskevat resurssit ovat rajallisia. Voin kuitenkin mainita, että alkaneena vuonna pystytään turvaamaan omina hankkeinaan sellaisten uusien tärkeiden aiheiden selvittämisen aloitus kuin taimitarhoilla esiintyvät kasvuhäiriöt ja pystykarsintaan liittyvät tuhoriskit, minkä lisäksi ilman epäpuhtauksien vaikutus metsiin joutuu ansaitsemansa laajan selvityksen kohteeksi.

Toiseksi on arvosteltu sitä, ettei tutkimusohjelmista poisteta tarpeetonta. Tässä mielessä on vaadittu esim. puun energiakäyttöä koskevaan tutkimukseen sisältyvien pajunviljelykokeiden päätä vadille. Perustetut kokeet on kuitenkin myös tällä alalla hyödynnettävä, joten tietyt jatko- ja loppuinventoinnit ovat joka tapauksessa tarpeen. Silti turhan painolastin karsimista tutkimusohjelmista tarvitaan tähänastista ennakkoluulottomammin.

Tutkimusta on edelleen arvosteltu siitä, että tuloksia esitetään helposti erillisinä sirpaleina vailla niiden keskinäistä yhteyttä tai vailla yhteyttä aiempaan tietoon. Tämä on seurausta kaikessa tutkimustoiminnassa tapahtuneesta kehityksestä, mikä ilmenee työkentän jakautumisena yhä kapeampiin lohkoihin. Tutkijalle

on käynyt vaikeaksi säilyttää kosketusta alansa biologiseen, tekniseen ja taloudelliseen kokonaisuuteen. Tällöin kokonaiskuvan luominen ja tulosten oikea soveltaminen käytännön metsätaloudessa tuottavat vaikeuksia.

Viimeksi mainittuun näkökohtaan liittyy vielä tutkijain toisi-naan tuntema houkutus mennä suosituksissaan yksipuolisuuteen tai pitemmälle kuin mihin tulokset oikeuttavat, jolloin tulkinta ehkä heijastaa enemmän mielipiteitä kuin tuloksia. Tähän liittyen kaivataan nykyistä enemmän synteesejä tietyistä kysymysryhmistä. Tutkijayhteisön olisi ehkä kyettävä sisällään huolehtimaan paremmin erilaisten näkemysten yhteensulattamisesta. Käytännön ohjeistojen laatimista varten meidän taas olisi perustettava tutkijain ja käytännön asiantuntijain yhteiselimiä aina tarpeen mukaan.

Tietenkin arvostelu on kohdistunut myös siihen, että tutkijain on nähty olevan tietyissä kysymyksissä erimielisiä. Ehkä tämä sinänsä ei ole kovin vaarallista. Osasyynä näihin erimielisyyksiin on se tosiasia, että esim. metsän uudistaminen niin etelässä kuin pohjoisessa on edennyt vaikeammille alueille verrattuna parin-kolmen vuosikymmenen takaiseen tilanteeseen. Epäilemättä paras keino välttää epätietoisuutta ja ristiriitoja on vakavan, pitkäjänteisen tutkimustyön jatkaminen ja voimistaminen.

## METSÄSEKTORIN TIETOJÄRJESTELMÄ

Risto Seppälä

Metsätalouden, metsäteollisuuden ja metsäntutkimuksen eri organisaatioissa kertyvien tietojen määrä kasvaa kiihtyvällä vauhdilla. Ongelmaksi on muodostunut se, että näitä metsiin ja niiden käyttöön liittyviä tietoja ei enää pystytä hallitsemaan sisällöllisesti yhteenkuuluvana kokonaisuutena. Tämä johtuu pääosin siitä, että tietoa on kerätty eri aikoina ja eri tarkoituksiin. Lisäksi metsäsektoria koskevan tiedon keruu, käsittely ja käyttö ovat eriytyneet siten, että yhden organisaation hallinnassa oleva tieto on vaikeasti hyödynnettävissä muiden organisaatioiden toimesta. Seurauksena on saman tiedon päällekkäinen hankinta, olemassa olevan tiedon käyttämättä jättäminen tai suoranaiset tietoaукот. Lyhyesti sanoen metsätieto on tällä hetkellä sirpaletietoa.

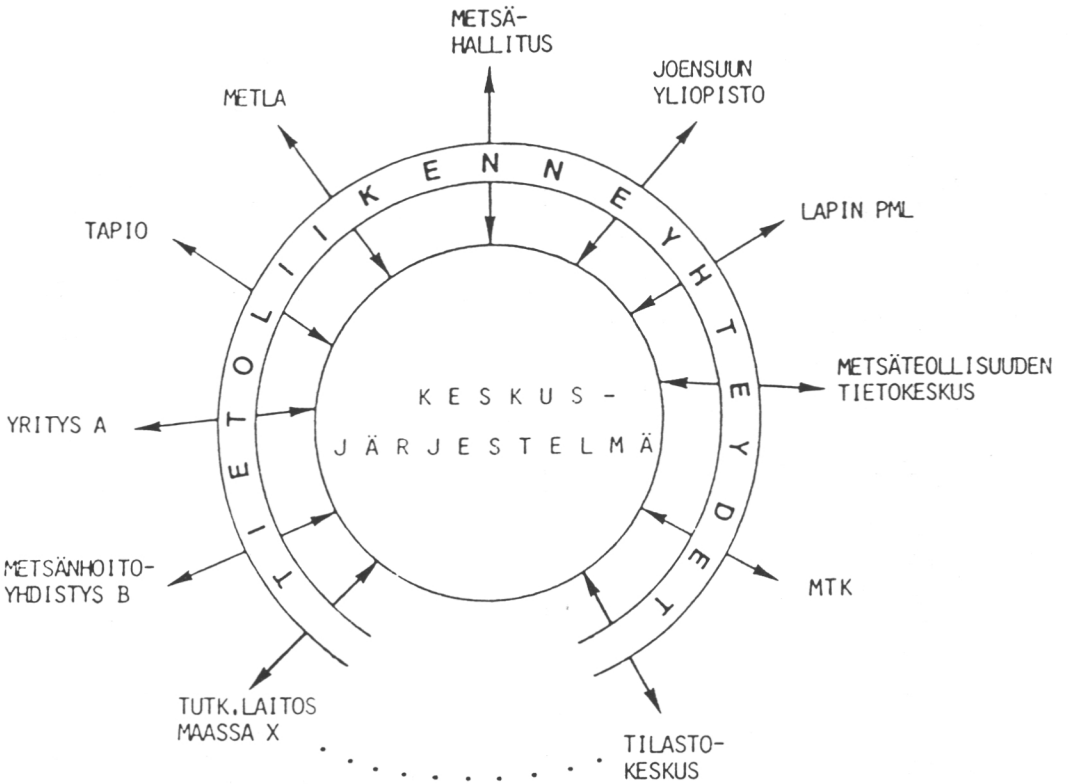
Metsäsektorin merkitys Suomen kansantaloudelle on edelleen niin keskeinen, että sitä koskevien päätösten tietopohjan täytyy olla mahdollisimman hyvä. Tiedon olemassaolo ei sinänsä ole vielä riittävää, vaan tiedon on oltava helposti ja sopivassa muodossa saatavilla. Ratkaisun tähän tarjoaa nykyaikaiseen automaattisen tietojenkäsittelyyn pohjautuvan metsäsektorin tietojärjestelmän kehittäminen.

Metsäsektorin tietojärjestelmän perusosat ovat jo suurelta osin olemassa. Esimerkkejä olemassa olevista tiedostoista ovat valtakunnan metsien inventointiin, metsätilastoon, erilaisiin koe- ja aineistorekistereihin, metsäteollisuuden tuotantotilastoihin ja metsäbibliografioihin liittyvät tilastot. Kehitteillä olevia järjestelmiä ovat mm. raakapuumarkkinoiden seurannan tietojärjestelmä, metsäkuviotietokanta sekä metsien tilan ja ympäristötekijöiden muutosten seurantaan liittyvä tietojärjestelmä. Lisäksi on olemassa yleisiä koko kansantalouden tietokantoja, joilla on huomattavaa käyttöarvoa myös metsäsektorin suunnittelussa ja päätöksenteossa.

Metsäsektorin tietojärjestelmän rakentaminen edellyttää laajaa yhteistyötä ja koordinaatiota tietoa tuottavien organisaatioiden kesken sekä niiden ja tiedon hyväksikäyttäjien välillä. Pelkkä eri tiedostojen muodostaminen nykyaikaisen tietojenkäsittelyn mahdollistamiseksi tietokannoiksi ei ole riittävää kokonaisjärjestelmän aikaansaamiseksi. Hyvinkin eri tavoin muodostuneet tietokannat on muokattava sellaisiksi, että niiden yhdistäminen on mahdollista. Tämä edellyttää yhdenmukaisten standardien hyväksymistä ja käyttöönottoa. Lisäksi on rakennettava koordinoiva keskusjärjestelmä sekä tietoyhteydet eri organisaatioiden ja niiden tietokantojen välille.

Vaikka metsäsektorin tietojärjestelmän rakentamiskustannukset suhteessa jatkuvan tiedon keruun kustannuksiin ovat vähäiset, kyseessä on silti mittava tehtävä sekä työmäärän että sisällön suhteen. Liikkeellelähtö on tapahtunut kahdesta suunnasta: alhaalta käsin kuviotietokannoista automaattiseen kartanpiirustukseen yhdistettynä ja ylhäältä käsin koko metsäsektorin kattavan puitejärjestelmän luonnista. Kuviotietojärjestelmää viedään tällä hetkellä eteenpäin Joensuun yliopistossa sekä prototyypipisovellutuksena ns. KIVALO-tietojärjestelmän puitteissa. Ylätasolla edetään puumarkkinoiden seurantaan ja metsätilastoon liittyvillä kehittämistoimilla. Lopullisena tavoitteena on, että nämä eri suunnista liikkeelle lähteneet hankkeet kohtaavat, jolloin päästään koko metsäsektorin kattavaan yhtenäiseen tietojärjestelmään. Yksittäiset tietokannat ovat tässä järjestelmässä kuvan 1 mukaisesti hajautettuina tietoa tuottavien organisaatioiden hallinnassa, mutta yhtenäiset standardit ja koordinaatio takaavat tietojen saavutettavuuden niitä tarvitseville sovittujen pelisääntöjen puitteissa.

On selvää, että tällainen järjestelmä ei voi toteutua kovin nopeasti. Jo yhteisten standardien kehittäminen ja oikeiden tietosisältöjen määrittäminen vievät aikaa. Myös asenteelliset esteet voivat olla yllättävän voimakkaita ja edellyttävät mm. tietosuojakysymysten hoitamista. Sitä vastoin tietokone-



Kuva 1. Metsäsektorin tietojärjestelmän rakenne

laitteistojen saatavuus ja suorituskyky tuskin ovat ongelma enää kuluvan vuosikymmenen loppuun tultaessa.

Tietokantojen ja niistä koostuvan kokonaisjärjestelmän rakentaminen on tärkeää metsäsektorin päätöksenteon tarvitseman tuen kannalta, mutta tietokantajärjestelmä on kuitenkin vain väli-tavoite. Lopullisena tavoitteena on metsäsektorin tietämysjärjestelmä, jossa tietokantoihin on liitetty ohjelmistoja. Tällaisia ohjelmistoja on jo olemassa, ja lisää on kehitteillä. Tunnetuin lienee metsälaskentamalli MELA, jonka avulla tuotettiin mm. METSÄ 2000 -ohjelman edellyttämät puuntuotanto- ja hakkuuvaihtoehdot. Edellä mainitussa KIVALO-tietojärjestelmä-hankkeessa rakennetaan metsätietämysjärjestelmän ensimmäistä prototyyppiä.

Tietämysjärjestelmien jalostetuimpana versiona ovat päätöksenteon tukijärjestelmät ja ns. asiantuntijajärjestelmät. Viimeksi mainitut tuovat päätöksenteon tuen aivan uudelle pohjalle, ja niitä voidaan rakentaa palvelemaan päätöksentekoa yhtä hyvin metsikkökuvio- kuin valtakunnallisellakin tasolla. Eräs varhaisimpia tällaisten "mitä tapahtuu, jos ..." - tai "mitä pitää tehdä, jotta ..." - tyyppisiin päätöstilanteisiin rakennettuja malleja Suomen metsäsektorilla oli ns. MESSU-malli 1970-luvulta, ja eräs tuoreimpia on männyn kaarnakuoriaistuhojen hallinnan päätöksentekojärjestelmä.

## ATK METSÄTIEDON HALLINNASSA

Erkki Kaila

### VISIO

Metsäntutkimuksen ja metsätalouden perustoiminnoissa kerätään jatkuvasti metsien ja metsätalouden tilaa koskevaa havaintotietoa. Tiedonkeruu lisääntyy tietojenkäsittelyvälineistön ja mittausteknologian edistyessä. Tutkimuksen ja metsätalouden suunnittelun käyttämä tietomäärä kasvaa ja kertyy varastoon. - Kokonaisuus muodostuu käsittämättömän suureksi, periaatteessa samaa ilmiötä kuvaavaksi tietojoukoksi.

Tämän tietojoukon hyväksikäyttömahdollisuudet ovat rajattomat, mutta sen järkiperäinen käsittely edellyttää pitkälle kehittyneitä tietokoneverkostoa, erityisohjelmistoja, suunnitelmallista tiedonhallintaa sekä organisaatioiden välistä yhteistyötä.

### MITÄ TIEDONHALLINTA ON

Tietokanta tarkoittaa tiettyä asiakokonaisuutta koskevaa tietojoukkoa, jota hallitaan ja käytetään hyväksi tietokoneen avulla. Tietokanta voidaan muodostaa esimerkiksi yrityksen hallinnolle välttämättömistä henkilöstö-, tilaus-, materiaali- tms. rekistereistä. Puhelinluettelo tai kirjaston kortisto on periaatteessa hyvä esimerkki tietokannan tietosisällöstä. Usean erillisen tietokannan kokonaisuutta sanotaan tietokantajärjestelmäksi. Sellaista on alettu pitää eräänä yrityksen tärkeimmistä resursseista.

Tiedonhallinnalla tarkoitetaan tässä tietokannan käyttöön perustuvaa tietojenkäsittelyä.

Tietokannan muodostamisen perusajatuksena on tallettaa tieto järkevästi. Jokainen tietoalkio yksilöidään ja pyritään tallettamaan vain kerran siten, että tietokoneresursseja kuluttavaa

monistumista vältetään. Tieto talletetaan järjestelmällisesti tarkoituksenmukaisia rakenteita käyttäen nopeille muistilaitteille. Siten voidaan esimerkiksi minimoida tietokannan koko tai tiedon hakuajat. - Vaikka tietokoneen mahdollisuudet ylittävät inhimilliset kyvyt tiedon järjestelijänä yhtäläillä kuin numeronmurskaimenakin, vain optimaalisesti järjestetty tietomateriaali on tehokkaasti käytettävissä.

Tiedon saanti tietokannasta tapahtuu kysely- tai raportointiohjelmilla. Niiden käyttäjäliitettä ja tulostusasuja voidaan käytännössä muunnella rajattomasti. Tiedon saanti voi olla myös tiedonhallintajärjestelmän puolesta kontrolloitua siten, että ei toivotut tiedon hakuyritykset voidaan estää.

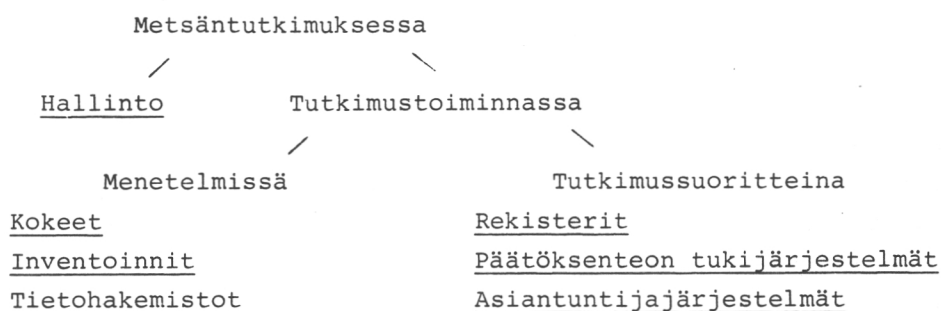
#### TIEDONHALLINTA METSÄNTUTKIMUKSESSA

Rovaniemen tutkimusasemalla on puolentoista vuoden ajan tehty metsätiedonhallintaan liittyvää esitutkimusta. Sen tarkoituksena on ollut selvittää ns. Metsätietämyskannan automatisointiin liittyviä kysymyksiä. Tutkimushankkeen nimenä on ollut: "Tietokantojen soveltuvuus metsätalouden suunnittelun ja metsäntutkimuksen käyttöön". Seuraavassa esitetään joitakin hankkeen aikana esille tulleita näkökohtia metsätietokantojen merkityksestä ja hyväksikäytöstä.

Tietokantojen rakentaminen Rovaniemen tutkimusasemalla alkoi vuonna 1980 INKA-koealojen mittausten yhteydessä. Tuolloin todettiin yleisesti pysyvien kokeiden data-aineistojen arkistointiin ja joustavan käytön edellyttävän tietokoneella toteutettua tiedonhallintaa avukseen. Todetun ongelman poistamiseksi rakennettiin silloiselle PDP-11/34 -laitteistolle TUTKA-ohjelmisto, joka on tutkimusaineistojen tiedonhallinnan erityisjärjestelmä. TUTKalla on tähän mennessä tehty yhteensä yli kymmenen erillistä tietokantaa Rovaniemellä, Helsingissä ja Joensuussa.

Esitutkimuksen yhteydessä selvitettiin usean eri tutkimushankkeen tai metsätalouden käytännön sovellutuksen tiedonhallintatarve. Selvitysten perusteella voidaan todeta, että tietokanta on tärkeä elementti jo lähitulevaisuuden metsäntutkimuksen ja metsätalouden suunnittelun tietojärjestelmässä.

Metsäntutkimuksen tiedonhallintatarvetta voidaan arvioida usealla tavalla. Seuraavassa kuvassa on hahmoteltu toiminnallista osa-aluejakoa, joka ryhmittää myös metsäntutkimuksen tietokannat omiin luokkiinsa.



Kuva 1. Tietokantojen käyttöalueita metsäntutkimuksessa.

Hallinnollisen tietojenkäsittelyn kehittämistarve myös tiedonhallinnan osalta on ilmeinen. Se muodostaa kuitenkin asiasisällöllisesti oman luokkansa, johon esitutkimushankkeessa ei ole haluttu puuttua. Oleellista tässä on, että hallinnon tietokannat ovat tietosisällöltään sidottuja muuhun hallinnolliseen käytäntöön eikä niihin voitane vaikuttaa.

Tutkimustoiminnan osalta tietokantoja voidaan tarkastella kahdessa mielessä: 1) osana tutkimusmenetelmiä ja 2) tutkimustyön kehittämiskohteena ja loppusuoritteena.

## TIETOKANNAT TUTKIMUSMENETELMISSÄ

Menetelmällinen tietokanta perustetaan tutkimustyön tarpeita varten esimerkiksi tilanteessa, jossa käyttäjä haluaa parantaa tutkimusaineiston saatavuutta suureksi kasvaneesta tietomassasta. Tähän on aihetta erityisesti silloin kun tutkittavaan ilmiökenttään kuuluu useita tarkastelukohteita. Erillisiä mittaustuloksia saattaa yhdistää vain samanaikaisuus, paikallinen esiintyminen tai muu rakennetekijä. Tämän kaltaisen aineiston käsittely tiedostona johtaa nopeasti tietuekoosta ja tiedon monistumisesta aiheutuviin hankaluuksiin. Toisaalta aineiston talletus lukuisiin erillisiin tiedostoihin monimutkistaa ja moninkertaistaa sovellutusohjelmointia.

Tietokannan muodostaminen edellä kuvatussa tilanteessa mahdollistaa havaintoaineiston poiminnan tietokannasta esimerkiksi tilastollista käsittelyä varten. On ilmeistä, että toimenpide yksinkertaistaa käsittelyä. Tässä yhteydessä on kuitenkin ehdottomasti huomattava se, että tietokanta on ainoastaan tietovarasto. Tietokantaan talletetut tietoalkiot eivät voi kertoa tietueiden kuvaamista ilmiöistä enempää kuin niiden on mittaushetkellä ajateltu selittävän. Kylmät numerot pysyvät - ja niiden on pysyttävä - yksiselitteisinä objektiivisina mittalukuina. Datamateriaalia ei voida analysoida uusien riippuvuuksien havaitsemiseksi mitattujen suureiden kesken. Mittaustilanteelle asetettuja ehtoja ei voida unohtaa tai muuttaa selitystarpeen muuttuessa. Hyväksikäyttötilanteissa, joissa alkuperäiset oletukset pätevät, tieto voidaan yhdistää muuhun asiayhteyteen. Tällöin tietokannasta saatavaa materiaalia voidaan käyttää ilmiöiden selittäjänä.

Tutkimuksen aineistotietokantojen lisäksi menetelmien tukena voidaan käyttää tietohakemistotyyppisiä tietokantoja. Metsän- tutkimuksen tutkimus- ja koerekisteri ovat sopivia esimerkkejä hakemistojärjestelmistä, jotka kasvavat ja kehittyvät tutkimustyön edistyessä. Tietohakemistoja voidaan rakentaa myös esi-

merkiksi kirjallisuutta, valokuvia tai tietokantoja koskevista viitetiedoista. - Useassa asiayhteydessä on tullut ilmi, että taksatoristen mitta- ja luokkatunnusten käyttöä tuettaisiin merkittävästi, mikäli käytettävissä olevasta materiaalista luotaisiin yleiskäyttöinen tietohakemisto. Sellaisen muodostaminen jäsentäisi ja yhtenäistäisi huomattavasti kehittyvää metsäsektorin tietokantajärjestelmää.

#### TIETOKANNAT TUTKIMUSTYÖN KEHITTÄMISKOHTENA

Metsäntutkimus on luonteeltaan soveltavaa tutkimusta. Sellaisena sen tarkoitus on tuottaa tutkimussuoritteita muilta yhteiskunnan aloilta tulevien tarpeiden tyydyttämiseksi. Yhteiskunnan tiedontarpeen kasvaessa tutkimus joutuu tehostamaan toimintaansa kysynnän tyydyttämiseksi.

Eräs tapa tehostaa metsäntutkimustoimintaa on tuottaa tarpeisiin sovitettuja tietosysteemejä suoraan metsätalouden käyttöön. Esimerkiksi tästä käy hyvin analyysi- tai simulointiohjelmisto, jonka perustana olevat laskentafunktiot on tuotettu metsäntutkimuksellisin toimenpitein. Tiedon välittämisen ehtona on laitteistojen ja ohjelmistojen yhteismitallisuus sekä sopivan tiedonsiirtovälineen käyttömahdollisuus.

Tietokantaa voidaan tarjota tutkimussuoritteena kahdella eritavalla:

- 1) tietokanta on kokonaisuudessaan Metsäntutkimuslaitoksen omistama ja asiakkaalle tarjotaan sen käyttöoikeus,
- 2) varsinainen tietokanta on Metsäntutkimuslaitoksen omistama, mutta asiakkaalle tarjotaan sen kuvaus ja tukiohjelmisto, joihin perustuen asiakas voi rakentaa oman vastaavan järjestelmänsä.

Ensimmäisen ryhmän tietokantoja voidaan muodostaa esimerkiksi VMI:n ilmakeu- ja maastonäytteistä, kasvunvaihtelun seuranta-tiedoista, viljelytaimikoiden varhaiskehitystiedoista tai

porolaitumista. Toiseen ryhmään voidaan taas sijoittaa suppeammille alueille paremmin soveltuvia järjestelmiä kuten metsänarvioimiseen ja alueelliseen kuvaamiseen liittyvät järjestelmät.

Tietokantojen merkitys korostuu, jos niitä käytetään elementteinä tietojärjestelmissä, missä kehittyneitä ohjelmistotuotteita voidaan liittää niiden yhteyteen. Tiedonhallintajärjestelmän käytön eräs tärkeimmistä seuraamuksista on datan, siis tietokantojen, ja ohjelmiston keskinäinen riippumattomuus. Ihannetapauksessa tämä merkitsee, että ohjelmiston ja tietokantajärjestelmän osia voidaan kehittää täysin erillään ja liittää ne valmiina osina kokonaisjärjestelmään. Rakentamisperiaate on tehokkuudessaan verrattavissa elementtirakentamiseen.

Tietokantojen ja ohjelmistojen yhdistäminen edellä kuvatulla tavalla tekee mahdolliseksi ns. tietämuskantojen (knowledge base) rakentamisen. Käsitteen laajennus on ymmärrettävä siten, että tietokoneohjelmiin sijoitettu, usein perusteellisella tutkimuksella hankittu intellektuaalinen panos ja datatiedoissa talletetut faktat merkitsevät yhdessä enemmän kuin erillisinä tietojoukkoina. Lisäksi tietämuskanta on oppiva järjestelmä, joka voi jatkuvasti lisätä tai korjata ominaisuuksiaan.

Tämän kehityslinjan huippuna voidaan toistaiseksi nähdä metsätalouden suunnittelua tukevat päätöksenteon tukijärjestelmät sekä ns. asiantuntijajärjestelmät, jotka rakennetaan ratkomaan metsätalouden erityisongelmia.

#### TIEDONHALLINTA METSÄTALOUESSA

Kuten metsäntutkimuksessa myös metsätaloudessa on tiedonhallinnan kenttä jaettava kahtia hallinnollisen ja metsätalouden loppusuoritettuotannon kesken. Havaintotiedon keruu ja käsittely pelkästään metsätalouden suunnittelussa muodostaa ongelman, johon on syytä keskittyä omana kokonaisuutenaan. Kohdeongelman

mittasuhteet moninkertaistuvat verrattuna metsäntutkimuksen vastaaviin.

Metsätaloussuunnitelmien tekoa ollaan parhaillaan rationalisoimassa arvattavasti usealla taholla. Pitkälle edenneistä ratkaisumalleista tunnetuin lienee Joensuun yliopiston metsätieteellisessä tiedekunnassa kehitteillä oleva KUVIOTIETOJÄRJESTELMÄ. Sen voidaan katsoa edustavan pelinavausta käytännössä, jossa tutkimushankkeissa työstettyjä tietojärjestelmiä tarjotaan metsätaloudelle.

Rovaniemen tutkimusasemalla on Kuviotietojärjestelmää mukaellen kehitetty Kivalon kokeilualueelle omaa sovellutusta. Hankkeen tarkoituksena on muodostaa kokeilualan tiedoista ja käytävissä olevasta ohjelmistosta soveltuva tietämuskanta. Tois- taiseksi esittelykunnossa on vain järjestelmän kuviotietokanta ja karttatulostusosa. - Kehitettävä järjestelmä on kuitenkin jo nyt osoittanut olevansa laajennettavissa Kuviotietojärjestelmän mittasuhteisiin.

Kivalo-järjestelmän kehittämissuunnitelmaan kuuluu useiden tietokantojen yhdistäminen integroituun ohjelmistoon. Tavoitteena on määritellä sovellutusten kannalta yleiset tietokanta- ja ohjelmistotyypit, joista voidaan koota palapelin tavoin erilaisia ratkaisuvaihtoehtoja metsätalouden käytännön sovellutuksiin.

Tietojenkäsittelyn kehittäminen on vauhdittanut myös metsätalouden käytännössä. Piirimetsälautakunnissa on kuluneen vuoden aikana toteutettu mittava tietokoneistaminen. Metsähallitus on aloittanut toimintansa kehittämisen rationalisoidulla suunnittelujärjestelmäänsä. Molemmat hankkeet ovat avanneet edellä kuvatun kaltaisia yhteistyömahdollisuuksia metsäntutkimuslaitoksen ja käytännön organisaatioiden välille.

- Rovaniemen tutkimusasemalla käynnistetty metsätietämuskannan kehittämistyö tulee näiltä näkymin tukemaan suoraan metsätalouden käytännön pyrkimyksiä.

## INKA-TIETOKANTA KASVU- JA TUOTOSTUTKIMUSTA VARTEN METSÄTALOUDEN SUUNNITTELUN AVUKSI

Martti Varmola

### METSÄTALOUDEN SUUNNITTELUN TARPEET

Metsätalouden suunnittelussa keskeisellä sijalla ovat metsien kulloisenkin tilan selvittäminen, metsien puuntuotosmahdollisuuksien arviointi, metsien tulevan kehityksen ennustaminen ja erilaisten toimenpiteiden vaikutusten ennustaminen. Suuralueilla valtakunnan metsien inventointi (VMI) tuottaa tiedot metsävaroista. Kuvioittaisella arvioinnilla taas luodaan pohja esim. hoitoalueiden, metsäyhteistyöalueiden ja yksittäisten metsälöiden metsävarojen inventointiin.

Metsien tila on siis tiedossa tarkastikin. Metsätalouden suunnittelu tarvitsee kuitenkin monipuolista tietoa myös eri kasvupaikkojen puuntuotoskyvystä, puustojen kasvusta ja eri puuntuottamisohjelmien vaikutuksista.

Näitä metsätalouden suunnittelun tarpeita varten aloitettiin puuntuotoksen tutkimussuunnalla v. 1976 pysyvien kasvukoealojen perustaminen VMI:n yhteyteen prof. Yrjö Vuokilan johdolla. Ideoinnista ja suunnittelusta vastasi tohtori Pentti Roiko-Jokela. Tutkimuksen työnimeksi tuli INKA.

### TIEDONKERUU

INKA on VMI:n alaotos. Otanta rajoitettiin kangasmaille, tärkeimmille kasvupaikkatyypeille, kehityskelpoisiin metsiköihin taimikko- ja riukuvaiheesta (valtapituus > 5 m) varttuneisiin kasvatusmetsiköihin. Kuvassa 1 on otantakehikko Pohjois-Suomen osalta.

INKAn otosyksikkönä on metsikkö, jolle tiedot kerätään kolmelta kiinteäsäteiseltä ympyräkoealalta. Jokaisesta metsiköstä mitataan

tiedot yli sadasta puusta. Puiden sijainti kartoitetaan koealan keskipisteen suhteen. Koealat ovat "salaisia", metsänomistajat eivät niitä maastossa huomaa. Koealat mitataan viiden vuoden välein.

Tiedonkeruun luonne muuttuu uudelleenmittausten myötä. Metsikön, koealan ja puiden uudelleenmittauslomakkeet mahdollistavat vain muuttuvien ja uusien tietojen keruun ja tallennuksen, jolloin mittaus- ja tiedontallennusvaihe nopeutuvat huomattavasti.

INKAn kaltainen tutkimus tuottaa melkoisen määrän tietoa. Perustamisvaiheessa mitattiin 838 metsiköstä lähes 90 000 puuta. Kun mittaukset toistetaan viiden vuoden välein, lisääntyy tiedon määrä vastaavasti.

#### TIEDONHALLINTA

INKassa omaksuttiin alusta pitäen tietokantaperiaate tutkimuksen tiedonhallinnassa. Tietokannan muodostamisella helpotetaan analyysiaineistojen rajoittamista suurista tietomääristä ja aineiston dokumentointia pitkäaikaista käyttöä varten.

INKAn tietokanta on toteutettu Rovaniemen tutkimusasemalla kehitetyllä TUTKA-tiedonhallintaohjelmistolla. INKAn mittaustiedot muodostavat hierarkisen rakenteen (kuva 2). Yksi metsikkö muodostuu kolmesta koealasta ja yksi koeala useista lukupuista. Lukupuihin sisältyvät myös koepuut, joita on kolmannes kaikista puista. Metsikkö on mitattu määrättyinä vuosina eli tietokannassa on saman numeroisia metsiköitä eri vuosilta.

Tietokannan kuvaus sisältää täydelliset tiedot tietokantaan tallennetuista muuttujista. Metsikkötasolla näitä on 36, koealatasolla 11 ja lukupuutasolla 18. Jokaisesta muuttujasta on kuvattu sen nimi, lyhenne, minimi- ja maksimiarvo, laatu, luokittelu ja ryhmä, mihin muuttuja kuuluu.

## LASKENTATIETOJEN VIENTI TIETOKANTAAN

Tietokanta sisältää "puhtaimmillaan" vain mittaustietoa. Kasvu- ja tuotostutkimuksissa on mittaustiedoista jalostetuilla laskentatiedoilla kuitenkin keskeinen merkitys. Näin ollen tietokantaan on tallennettava myös näitä metsikköä kuvaavia, johdettuja tunnuksia.

Metsiköittäisistä mittaustiedoista voidaan laskea hyvinkin monenlaisia tunnuksia, esimerkkeinä läpimitta- ja pituusjakau- ma kuvaavat tunnuksset, tilavuustunnuksset, järey- ja puutavara- lajijakau- ma kuvaavat tunnuksset sekä kaikkien näiden muutokset. Em. tunnuksset on INKAA varten laskettu koealojen peruslaskenta- ohjelmistolla (KPL) sekä koko metsikköä kuvaaviksi että jokai- selle kolmelle koealalle erikseen. Lisäykset tietokantaan on tehty erillisinä osina (kuva 2). Tunnuksset on vielä eritelty puulajeittain, jaksoittain ja puustoryhmittäin (jäävät, leimatut, luonnonpoistuma).

Jokaiselle yksittäiselle puulle on laskettu tilavuusestimaatti. Koepuille se on saatu rinnankorkeusläpimitan, kuuden metrin läpimitan ja pituuden funktiona. Lukupuille, joista on mitattu vain rinnankorkeusläpimitta, pituus on saatu metsikön pituus- käyrältä ja tilavuus estimoitu kahden tunnuksen funktiolla. Jokaiselle puulle on määrätty tilavuus jokaisena mittausajankoh- tana, joten metsikön tilavuuskasvun jakauma tunnetaan hyvin tarkasti.

## INKA NYT JA TULEVAISUUDESSA

Tällä hetkellä on neljän pohjoisimman piirimetsälautakunnan alueella sijaitsevat koealat mitattu jo kahteen kertaan samoin kuin noin neljäsosa Etelä-Suomen koealoista. Toinen mittauskerta saadaan päätökseen koko maan osalta v. 1988. Ennen toisen mittaus- kerran päättymistä INKAN kasvutietoja tullaan käyttämään mate- riaalina Gustavsenin valtakunnallisten tilavuuskasvuyhtälöiden

testaamisessa. V. 1988 jälkeen voidaan aloittaa mittavampi uusien kasvuyhtälöiden laadintatyö.

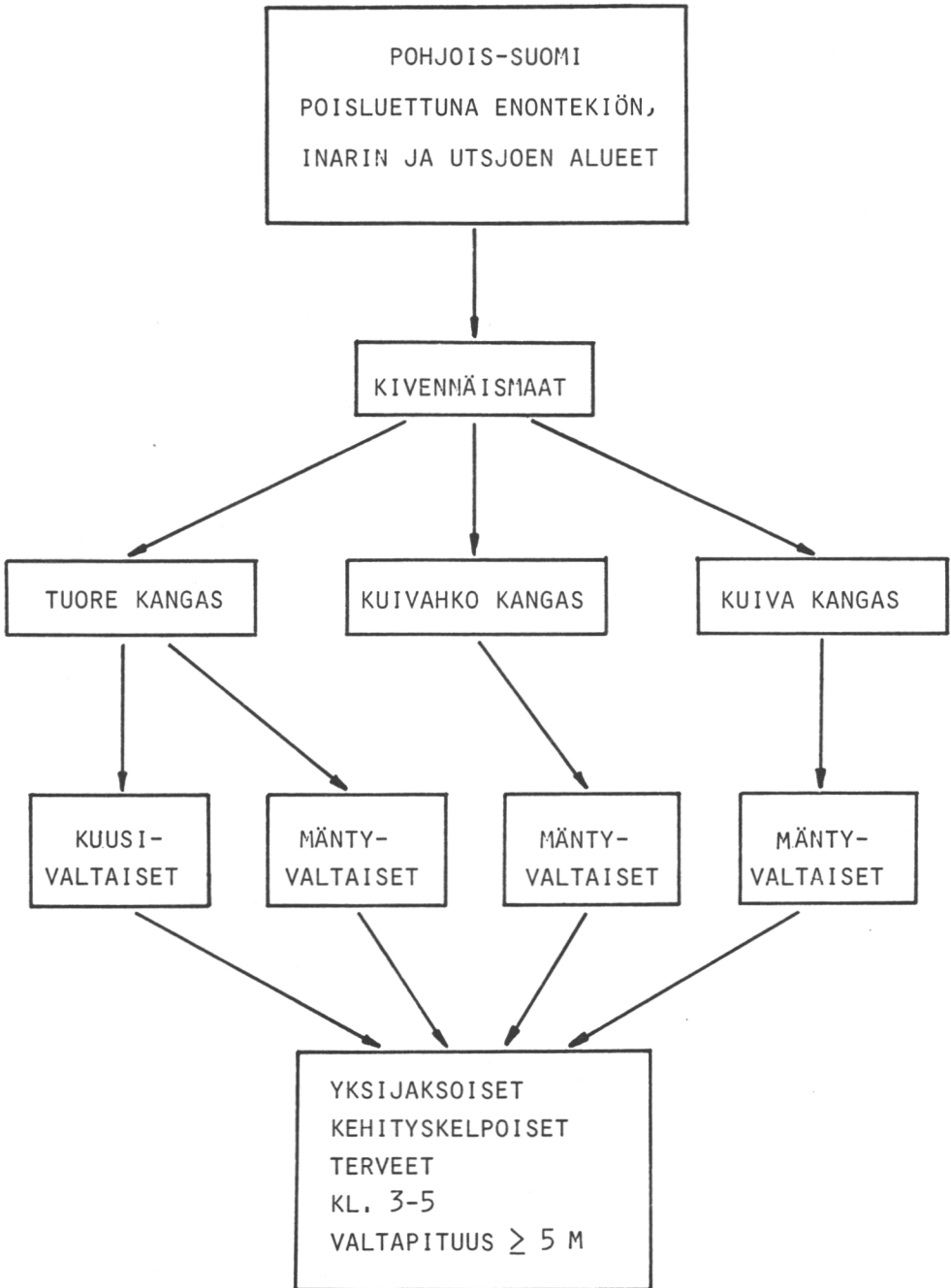
Metsiköittäisiä kasvumalleja mielenkiintoisempi ja uudempi alue on puittaisten kasvumallien laadinta. Puittaisia kasvumalleja on laadittu metsiköittäisiä kasvumalleja vähemmän, viimeksi kuitenkin METSÄ 2000-projektin yhteydessä. Puittaiset kasvumallit mahdollistavat metsikön kehityksen ennustamisen puu puulta, jolloin metsikön rakenne saadaan kuvattua huomattavasti tarkemmin kuin metsiköittäisiä malleja käytettäessä. Tähän tarkoitukseen on INKAN sisältämä tietomäärä käsittääkseni täysin ylivertainen. Puiden kartoitustietojen avulla meillä on tiedossa n. 90 000 erilaista puiden välistä kilpailutilannetta, ja tieto siitä, miten puut näissä eri tilanteissa kasvavat.

INKA-tutkimuksen koealat kattavat metsikön kehitysvaiheen viiden metrin valtapituusvaiheesta eteenpäin. Tätä nuoremmat metsiköt on otettu tutkimuksen kohteeksi uudessa taimikoiden kasvua ja kehitystä selvittävässä tutkimuksessa, jonka perustamistyöt saadaan päätökseen v. 1986. Tulevaisuudessa meillä on siten käytettävissä yhtenäinen seurantaketju metsiköistä ja puista aina aukeasta alasta päätehakkuuvaiheeseen saakka.

#### KIRJALLISUUS

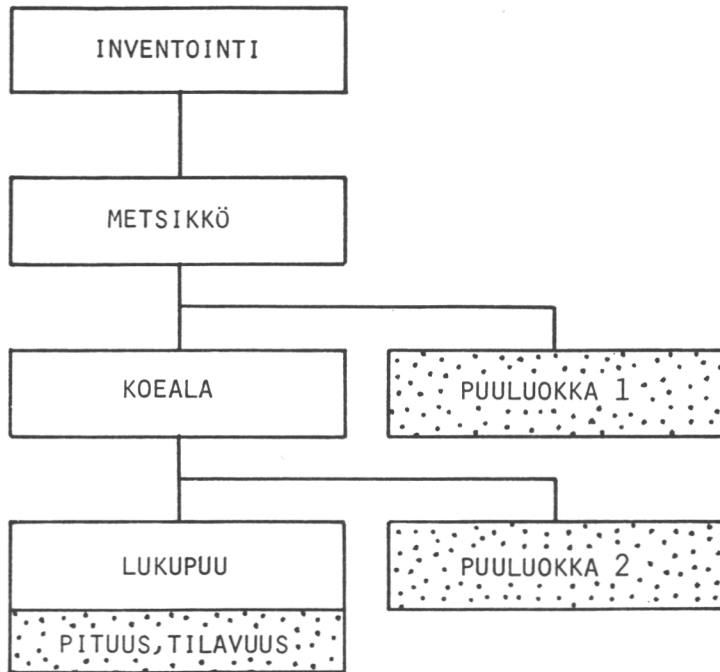
MERILUOTO, M. 1982. INKA - nykymetsien kasvu- ja kehitystietoa metsätalouden suunnittelun avuksi. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 70:22-29.

ROIKO-JOKELA, P. 1982. Toimenpiteiden seurantajärjestelmää rakennetaan. Metsä ja Puu 11:14-16.



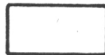
Kuva 1. Pohjois-Suomen metsien otantakehikko.

## INKASYS-TIETOKANNAN HIERARKINEN RAKENNE



PUULUOKKA: PUULAJI  
 PUUJAKSO  
 PUUSTORYHMÄ

MITTAUSTIEDOT



LASKENTAOSA



Kuva 2. Tietokannan mittaus- ja laskentaosan looginen rakenne.

## VMI-TIEDOSTOT JA NIIDEN KÄYTTÖ LAPISSA

Eero Mattila

Kahden pohjoisimman piirimetsälautakunnan metsiä koskevaa inventointitutkimusta on tehty Rovaniemen tutkimusasemalla vuodesta 1976 lähtien. Tavoitteena on ollut ottaa alueelliset erityispiirteet ja tiedon tarpeet enenevässä määrin huomioon valtakunnan metsien inventoinnissa Lapissa. Tähän pyritään mm. lisäämällä tulosten käyttökelpoisuutta kuntatasolla. Pysyväisluonteisten koelajien perustaminen ja seuraaminen antaa nopeasti tietoa puuston rakenteen muutoksista. Osana inventointia arvioidaan myös porojen talvilaitumia. Päätymässä olevassa valtakunnan metsien 7. inventoinnissa on myös kerätty aineistoa noin 6,5 milj. hehtaarin alueelta hillan esiintymisestä erilaisilla kasvupaikoilla.

Tässä yhteydessä ei voi olla kiinnittämättä huomiota erääseen suomalaisen tietoyhteiskunnan ongelmaan, joka ilmenee objektiivisen tiedon vastustamisena. Tiedon tuottamista ja tulosten tiedottamista koskevaa häirintää on esiintynyt myös Lapin metsien inventoinnin ympärillä. Ko. ongelman vakavuusaste tuli hyvin esiin viime kesänä radion 'Lapin luontoretki' -ohjelmassa, joka sattui sopivasti VMI:n maastokoulutuspäivien yhteyteen (26.-27.6.1984).

Sananlaskun mukaan jänisräikkä ei pysäytä tuulta. Koirat haukkuvat, mutta karavaani kulkee. Kaikesta huolimatta valtakunnan metsien seitsemäs inventointi on edennyt Lapissa suunnitelmien mukaan. Tällä hetkellä kaikki maastonäytteet on mitattu ja ilmakuvanäytettä tulkitaan parhaillaan sekä Rovaniemellä että Helsingissä. Koillis-Suomen metsävaratulokset julkistettiin Kemijärvellä viime keväänä. Lapin piirimetsälautakunnan alueella inventointi valmistuu tämän kevään kuluessa.

Tutkimusalueen maapinta-ala on noin 10 milj. ha eli lähes kolmannes Suomen maa-alasta. Inventoinnissa erotetaan kolme päätulostusaluetta jakamalla Lapin piirimetsälautakunta eteläosaan ja pohjoisosaan. Jälkimmäisestä käytetään nimitystä Perä-Lappi (= Utsjoen, Inarin ja Enontekiön kunnat). Inventoinnin perusmenetelmä koko alueella on vuodesta 1970 lähtien ollut kaksivaiheinen ilmakehu- ja maastoarviointi (Poso 1972). Tapahtuneet muutokset inventoinnissa koskevat tavoitteita ja otantamenetelyä. Uusimpina piirteinä mainittakoon kokonaan systemaattinen maastonäyte ja erillisselvitysten integrointi osaksi VMI:a.

Perä-Lapin metsät arvioitiin VMI7:n luokituksia käyttäen jo v. 1978 (Mattila ja Kujala 1980). Muun tutkimusalueen osalta uusin inventointi käynnistyi v. 1982 Kuusamossa (yksityiskohtainen kuvaus julkaisussa Mattila 1983). Aiemmat inventointitiedot ovat Perä-Lapista vuodelta 1970 (Poso ja Kujala 1971) ja muulta osalta Lappia vuosilta 1974-76 (Poso ja Kujala 1977, Kuusela ja Salminen 1978).

Lapin metsien inventointia varten kehitetty tiedon keruun ja käsittelyn systeemi on pitkälle atk-orientoitunut ja edellyttää suhteellisen tehokkaan tietokoneen käyttöä. Aineistojen suuri koko ja inventoinnin toistuvuus ovat tiedonhallinnallinen haaste. Kerätyn informaation tehokas hyödyntäminen edellyttää yhteistyötä käytännön metsätalouden kanssa. Tulosten käyttäjien tarpeet pyritään täyttämään näytekoon sallimissa rajoissa. Päätulokset ja niiden tilastollinen luotettavuus voidaan laskea välittömästi Rovaniemellä. Jos yksityiskohtaisempia tuloksia tarvitaan, aineistot lähetetään toistaiseksi Helsinkiin, missä ne voidaan käsitellä VMI:n yleisillä laskentaohjelmilla.

Lapin metsien uudessa inventoinnissa kerättävät aineistot ovat:

1. Ilmakehänäyte
2. Uusi maastonäyte
  - pysyväisluonteinen näyte
  - kertänäyte

3. Uudelleen mitattu vanhan inventoinnin pysyvä maastonäyte
4. Laidunnäyte
5. Hillakasvin esiintymistä koskeva näyte

Maastossa on myös tehty varsinaiseen inventointiin kuulumattomia havaintoja tervasrosopuista. Laidunarviointi on toistuva ja sitä tehdään VMI:n kenttätyön yhteydessä koko poronhoitoalueella. Aiempi laidunnäyte kerättiin maastossa vuosina 1976-78 (Mattila 1979, 1981). Hillakasvia koskeva selvitys on kertaluonteinen ja sen tilalla voidaan seuraavassa inventoinnissa tutkia jotain muuta aihetta. Seuraavassa tarkastellaan lähemmin aineistojen 1-3 käyttömahdollisuuksia.

VMI:n näytetiheyttä Lapissa kuvaa seuraava asetelma Koillis-Suomen pml:n alueelta. Maapinta-ala ja koealojen lukumäärä maalla kunnittain on:

Osa-alue	Maa-ala km <sup>2</sup>	Ilmakuva- pisteet	Relaskooppikoealat	
			Uudet	Vanhat
Pelkosenniemi	1 826	1 631	229	37
Posio	3 096	2 487	368	65
Kemijärvi	3 578	2 991	379	88
Kuusamo	5 006	4 066	523	129
Salla	5 745	4 730	622	114
Savukoski	6 423	5 460	699	143
Koillis-Suomi	25 674	21 365	2 820	576

Koillis-Suomen piirimetsälautakunnan alueelle perustettiin 576 pysyvää koealaa v. 1976 ja nämä paikallistettiin ja mitattiin puu puulta uudestaan vuosina 1981-83. Uusintamittaus antaa yksityiskohtaista tietoa kasvun ja poistuman rakenteesta, mikä informaatio Lapin metsätaseongelmat huomioon ottaen on ensiarvoisen tärkeätä.

Pelkkä maastonäyte antaa käyttökelpoisia tuloksia piirimetsä-lautakuntatasolla. Uusi maastonäyte ja uudelleen mitattu maastonäyte voidaan yhdistää laskettaessa metsien nykytilaa kuvaavia tunnuslukuja. Puuston tilavuuden muutos inventointien välillä voidaan arvioida uusintamittausten perusteella yhtä tarkasti kuin koko yhdistetyn ilmakeu- ja maastonäytteen perusteella. Muutoksen keskivirhe  $s_d$  estimoidaan kaavalla

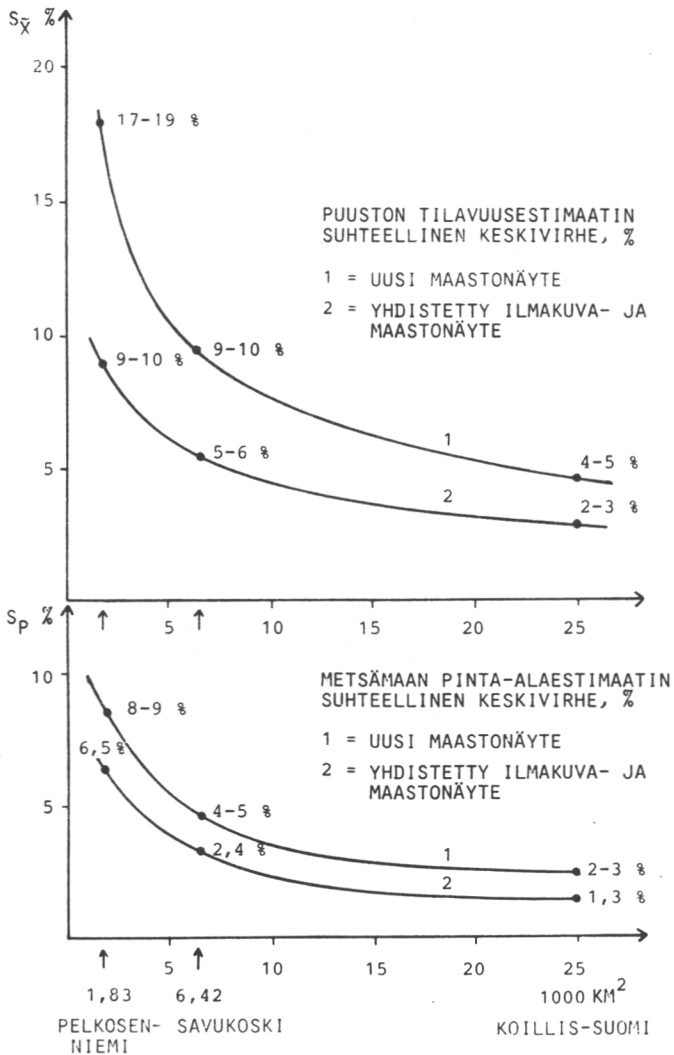
$$s_d = \sqrt{s_1^2 + s_2^2 - 2rs_1s_2}$$

missä  $s_1$  ja  $s_2$  ovat puuston tilavuusestimaattien keskivirheet inventoinnissa 1 ja 2 ja  $r$  on mitattujen tilavuuksien  $v_{1i}$  ja  $v_{2i}$  (esim. keskitilavuus inventointilohkolla  $i$ ) välinen korrelaatio (ks. Zöhrer 1980, s. 104). Uudelleen mitattuja maastokoealoja ei voida käyttää uuden yhdistetyn ilmakeu- ja maastonäytteen osana. Näin ollen yhdistettyjen näytteiden antamat tulokset ovat korreloimattomia ja erotuksen keskivirhe lasketaan kaavalla  $s_d = \sqrt{s_1^2 + s_2^2}$ . Todellisuudessa kuitenkin yhdistetyt näytteet eivät ole aivan korreloimattomia, sillä osa uusista tulkintalohkoista sijaitsee vanhojen tulkintalohkojen päällä.

Inventoinnin koealoja voidaan käyttää objektiivisena otanta-kehikkona muiden tutkimusten yhteydessä. Koealatietojen perusteella on mahdollista poimia jatkotutkimuksen tavoitteita parhaiten palveleva osanäyte. Inventoinnin maastokoealoja hyödynnetään tällä tavalla sekä puuntuotostutkimuksen että suontutkimuksen taholta.

Ilmakeuvanäytteen avulla lisätään tulosten käyttökelpoisuutta erityisesti kuntatasolla. Yhdistäminen tehdään optimaalisesti tunnusten tulkintatarkkuuden ja metsätaloudellisen merkityksen suhteen. Tarkoitusta varten on kehitetty atk-systeemi, jonka lähtötiedostoina ovat yhdistämisalueen ilmakeuvanäyte ja vastaava maastonäyte sekä ilmakeuvanäytteen osittamista ohjaava parametritiedosto. Systeemi laajentaa maastotiedon koko

ilmakuvanäytteeseen, mikä mahdollistaa tulosten laskennan alkuperäisestä maastonäytteestä riippumattomasti yhdistämisalueen sisäisillä osa-alueilla. Tämä laskennallinen joustavuus on ryhmitysmenetelmän (Poso 1972) olennainen ominaisuus ja se on kyetty säilyttämään uudessa inventoinnissa maastonäytteen systemaattisuudesta huolimatta.



Kuva 1. Puuston tilavuusestimaatin ja metsämaan pinta-alaestimaatin suhteellinen keskivirhe (%) Koillis-Suomen piirimetsälautakunnan alueella.

VMI:n tavoitteita varten ilmakuva- ja maastonäyte yhdistetään ensisijaisesti kunnittain. Alkuperäisen yhdistämisen perusteella laskettavat tulokset ovat harhaisia kuntien osa-alueilla, koska ko. osa-alueiden ulkopuolinen maastoinformaatio vaikuttaa estimaatteihin. Tämä on erityisen haitallista sellaisten tunnusten osalta, jotka koskevat kasvupaikkojen laatua, metsien metsänhoidollista tilaa ja metsänhoidon tarvetta kuntien sisäisillä osa-alueilla. Näytteitä näin käytettäessä harhattomia estimaatteja saadaan periaatteessa vain maaluokkien pinta-aloista sekä puuston tilavuudesta maaluokittain. Koko kunnan puitteissa kuitenkin kaikki estimaatit ovat nyt harhattomia toisin kuin edellisessä inventoinnissa. Ennen ei kuntarajoja eikä myöskään piirimetsälautakuntien rajoja noudatettu yhdistettäessä ilmakuva- ja maastonäytteet.

Tulosten käyttökelpoisuus on vahvasti sidoksissa tilastolliseen tarkkuuteen eli otantavirheeseen, joka on näytekkoon funktio. Näytekkoko kasvaa tulostusalueen pinta-alan kasvaessa, joten suurilla alueilla saadaan tarkemmat tulokset kuin pienillä alueilla (kuva 1). Tarkkuuden lisääntymistä vaimentaa hieman metsikkötunnusten kasvava vaihtelu aluekoon lisääntyessä. Eräiden päätulosten tilastollinen tarkkuus yhdistetyssä ilmakuva- ja maastonäytteessä ilmaistuna suhteellisena keskivirheenä (%) Koillis-Suomen osa-alueissa on (Mattila 1985):

Osa-alue	Tunnusluku <sup>1)</sup>			
	A	$\bar{x}$	$V_A$	$A_u$
Pelkosenniemi	6,5	9,1	10,8	19,5
Posio	3,5	8,0	8,6	14,0
Kemijärvi	3,5	7,7	8,2	22,7
Kuusamo	2,6	6,5	6,7	11,4
Salla	3,2	5,8	6,8	9,2
Savukoski	2,4	5,4	5,9	8,7
Koillis-Suomi	1,3	2,8	3,0	4,9

- 1) A = metsämaan pinta-ala  
 $\bar{x}$  = puuston kokonaistilavuus  
 $V_A$  = puuston tilavuus metsämaalla  
 $A_u$  = uudistuskypsien metsien pinta-ala

Metsämaan osuus maapinta-alasta on samaa suuruusluokkaa koko alueella (66-67 %, Pelkosenniemellä kuitenkin 63 %), joten A:n keskivirhe on hyvin ennustettavissa osa-alueen pinta-alan perusteella. Uudistuskypsien metsien osuus sen sijaan vaihtelee voimakkaasti, mikä selittää em. asetelmassa esiintyvät ristiriidat  $A_u$ :n keskivirheen ja osa-alueen pinta-alan välillä. Virhe-estimaatit on saatu satunnaisotannan kaavoilla, joten ne hyvin todennäköisesti ovat yliarvioita. Näytteiden systemaattisuus huomioon otettuna Koillis-Suomen metsämaan pinta-alan arvion keskivirhe on 1,0-1,2 % ja puuston kokonaistilavuuden 2,1-2,5 % vastaavasti.

Uudesta maastonäytteestä laskettujen estimaattien keskineliövirhe on noin kolminkertainen yhdistettyyn ilma- ja maastonäytteeseen verrattuna. Satunnaisotannan kaavoilla laskettuna uusi maastonäyte antaa metsämaan pinta-alan Koillis-Suomen pml:n alueella noin 2,4 %:n ja puuston kokonaistilavuuden 4,7 %:n suhteellisella keskivirheellä vastaavasti. Ennakkotietona mainittakoon, että ko. virheluvut Lapin pml:n eteläosassa ovat 1,9 % ja 3,5 %. Uusi maastonäyte ja uudelleen mitattu maastonäyte yhdessä antavat 10-20 % pienempiä keskivirheitä.

Edellinen luotettavuustarkastelu on tarkoitettu valaisemaan eri näytteiden käyttömahdollisuuksia eri tilanteissa. Maastonäytteet yhdessä ja erikseen antavat harhattomia estimaatteja, joiden tilastollinen luotettavuus kuntatasolla ja varsinkin kuntien sisäisissä osa-alueissa on huono. Yhdistetty ilmakuva- ja maastonäyte antaa käyttökelpoisia tuloksia kunnissa, mutta kuntien sisäisillä osa-alueilla tuloksiin liittyy maastotiedon laajennuksesta aiheutuva harha, jonka suuruusluokkaa on vaikeata arvioida.

Rovaniemellä kehitetty atk-systeemi mahdollistaa ilmakuva- ja maastonäytteen yhdistämisen tarvittaessa nopeasti alkuperäisistä yhdistämisalueista (kunnista) riippumattomasti. Tarkastelualueelle sattuvat ilmakuva- ja maastokoealat poimitaan erilleen VMI:n tietokannoista ja näin syntyvät osatiedostot yhdistetään tavanomaisesti. Tulosten tilastollinen tarkkuus riippuu pinta-alasta (näytekoosta) niinkuin edellä on esitetty. Etuna on maastotiedon laajennuksesta aiheutuvan harhaisuuden välttäminen. Tarkastelualueina voivat olla esim. metsähallituksen talousmetsät hoitoalueittain ja yksityiset talousmetsät kunnittain. Tapauskohtainen yhdistämismahdollisuus lisää inventointiaineistojen käyttöarvoa metsätalouden suunnittelussa.

Inventointimenetelmä mahdollistaa tulosten luotettavuuden lisäämisen jälkikäteen tulkitsemalla lisää ilmakuvakoealoja. VMI:ssa tarkkuustavoite asetetaan piirimetsälautakuntatasolla ja se on hyvin saavutettu Lapin metsien uusimmassa inventoinnissa. Tämän vuoksi lisänäytteiden mittaaminen inventoinnin normaalirahoituksen puitteissa ei tule kysymykseen.

#### KIRJALLISUUS

KUUSELA, K. & SALMINEN, S. 1978. Koillis-Suomen metsävarat vuonna 1976 ja Lapin metsävarat vuosina 1970 ja 1974-76. Summary: Forest resources in the forestry board districts of Koillis-Suomi in 1976 and Lappi in 1970 and 1974-76. Folia For. 337:1-35.

- MATILTA, E. 1979. Kangasmaiden luppometsien ominaisuuksia Suomen poronhoitoalueella 1976-78. Summary: Characteristics of the mineral soil forests with arboreal lichens (*Alectoria*, *Bryoria* and *Usnea* spp.) in the finnish reindeer management area, 1976-78. *Folia For.* 417:1-39.
- " 1981. Survey of reindeer winter ranges as a part of the finnish national forest inventory in 1976-78. Seloste: Porojen talvilaitumien arviointi osana valtakunnan metsien inventointia Suomessa 1976-78. *Commun. Inst. For. Fenn.* 99(6):1-74.
- " 1983. Pohjois-Suomessa suoritettavat inventointitutkimukset. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 105:116-136.
- " 1985. The combined use of systematic field and photo samples in a large-scale forest inventory in North Finland: a case study. Seloste: Tutkielma systemaattisen ilmakeu- ja maastonäytteen yhteiskäytöstä laajan metsäalueen inventoinnissa Pohjois-Suomessa. Käsikirjoitus. 189 s.
- " & KUJALA, M. 1980. Utsjoen, Inarin ja Enontekiön metsävarat 1978. Summary: Forest resources of Utsjoki, Inari and Enontekiö, North Finland, in 1978. *Folia For.* 436:1-21.
- POSO, S. 1972. A method of combining photo and field samples in forest inventory. Seloste: Ilmakeu- ja maastotokseen perustuva metsän inventointimenetelmä. *Commun. Inst. For. Fenn.* 76(1):1-133.
- " & KUJALA, M. 1971. Ryhmitetty ilmakeu- ja maastotanta Inarin, Utsjoen ja Enontekiön metsien inventoinnissa. Summary: Groupwise sampling based on photo and field plots in forest inventory of Inari, Utsjoki and Enontekiö. *Folia For.* 132:1-40.
- " & KUJALA, M. 1978. A method for national forest inventory in Northern Finland. Seloste: Menetelmä valtakunnan metsien inventointiin Pohjois-Suomessa. *Commun. Inst. For. Fenn.* 93(1):1-54.
- ZÖHRER, F. 1980. Forstinventur. Ein Leitfaden für Studium un Praxis. Paul Parey. Hamburg und Berlin. 207 s.

## KIVALO-KUVIOTIETOKANNAN RAKENNE JA HYVÄKSİKÄYTTÖ

Markku Taipale, Erkki Kaila ja Timo Pekkonen

### JOHDANTO

Joulukuussa 1984 perustettiin Metsäntutkimuslaitoksen Rovaniemen tutkimusasemalla projekti, jonka tarkoituksena oli tutkia metsällisen tietämyskannan rakentamismahdollisuuksia sekä mahdollisesti tuottaa metsätietämyskannan prototyyppi Rovaniemen ja Kolarin tutkimuspäiville 1985. Kohdeaineistoksi valittiin Kivalon kokeilualueelta kerätty datamateriaali. Aineisto koostui kuvioittaisen arvioinnin, relaskooppiarvioinnin sekä yksittäisten tutkimusaineistojen tuottamista tietojoukoista.

Projektin edistyessä havaittiin, ettei käytettävissä olleessa ajassa ollut mahdollista tuottaa haluttua prototyyppiä kokonaisuudessaan. Loppusuoritteina tuotettiin Kivalon kokeilualan kuvioinneista kartta- ja tunnustietokannat sekä sovellusohjelmisto, jolla tietokannat integroitiin.

Rakentajien käsitys tietämyskannan tuottamiseen liittyvästä problematiikasta jäsenyi. Tiedonhallinnan ja tiedonhallintajärjestelmän merkitys havaittiin korostuneen tärkeänä tietämyskannan elementtinä. Toimivan, tiedoista riippumattoman ja integroidun tiedonhallinnan muodostamalle perustalle todettiin olevan helppo muodostaa metsäalan käsitteisiin sidottu hakujärjestelmä ja kytkeä olemassaolevia erityisasiantuntemusta edustavia ohjelmistoja.

Tässä esitellään rakennetun kuviotunnustietokannan, KIVALO-tietokannan, ja siihen liittyvän sovellusohjelmiston rakenne sekä hyväksikäyttö.

## KIVALO-TIETOKANNAN JA SOVELLUSOHJELMISTON RAKENNE

Kivalon kokeilualueella vuonna 1981 suoritettussa inventoinnissa sovellettiin Metsähallituksen lomakepohjaa. Kuviotietokanta suunniteltiin lomakkeen perusteella, joten sen tietosisältö poikkeaa tavanomaisten Metsäntutkimuslaitoksen kokeilualueiden kuviointien tuottamasta tietoaineksesta. Toisaalta se on pienin muutoksin sopiva minkä tahansa Metsähallituksen hoitoalueen kuvioittaisen arvioinnin tietojoukkojen käsittelyyn. Kuviotietokanta sisältää vain 2 000 kuviota, mutta pystyy tehokkaasti käsittelemään huomattavasti suurempiakin kuviojoukkoja.

Tietokanta on luotu TUTKA-tiedonhallintaohjelmistolla (Kaila ja Taipale 1984). Se on hierarkkinen ja kaksitasoinen. Sen kaavio kuvataan seuraavasti:



Tietuetyyppien OSASTO ja KUVIO tietosisällöt on esitetty seuraavassa luettelossa:

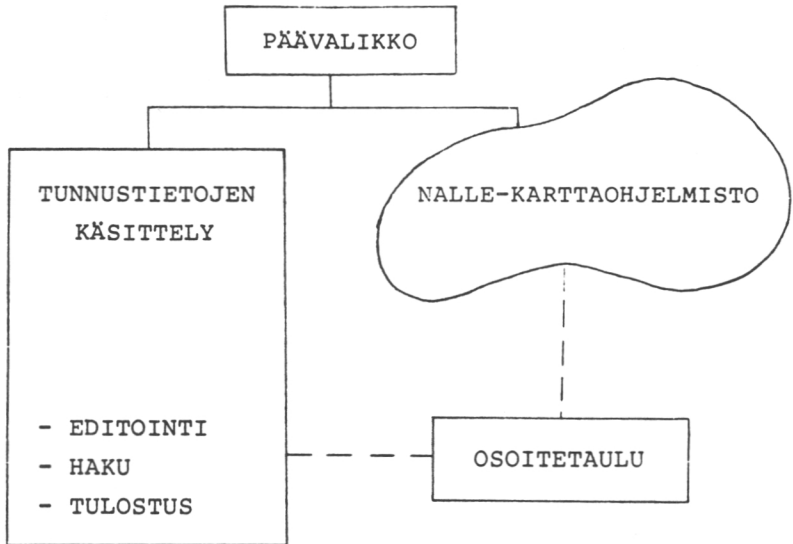
- OSASTO: osaston numero, hoitoalue, toimintapiiri, karttalehti, kunta, kuvioiden lukumäärä, piirimetsälautakunta
- KUVIO: kuvion numero, arviointitapa, arvioija, arviointiaika, metsikön pinta-ala, pääryhmä, erikoismaaluokka, veroluokka, kasvupaikkatyyppi, kasvupaikkatyyppin selite, maan laatu, maalaji, turvemaaluokka, kehitysluokka, metsänhoidollinen tila, pääpuulaji, jaksojen lukumäärä, hakkuutapa, uudistusalan kunto, viljely, puuston kasvatus, lannoitus, ojitus, käyttörajoitus, lakialue, hakkuun kiireellisyys, pituusboniteetti, kelojen tilavuusmäärä, ennakoitu veroluokka

sekä seuraavat tunnuksat vallitsevalle jaksolle ja ylispuille tai aliskasvokselle:

tiheys, pohjapinta-ala, korkeus, tilavuus, puulaji-  
osuudet, ikä, keskikasvu, kuvion kasvu, kuvion kuutio-  
määrä.

Tietokannan sovellusohjelmisto mahdollistaa toistaiseksi kolme toimintoa: 1) kuviotietojen päivityksen, 2) ehdollisen hakemisen ja 3) raportoinnin. Lisäksi sovellusohjelmisto on kytketty suoraan NALLE-karttaohjelmistoon (Pekkonen 1985), joten tunnus- ja karttatietojen käsittely tapahtuu integroidusti. Sovellusohjelmiston looginen rakenne on esitetty kuvassa 1.

Ohjelmiston avulla voidaan päivittää ja tulostaa kuvioihin liittyviä tietoja sekä noutaa tietokannasta annetut ehdot täytettäviä kuvioita. Noudettujen kuvioiden osoitteet talletetaan osoitetaulukoon, jonka avulla ne välittyvät ohjelmiston eri osiin aina NALLE-karttaohjelmistolle asti. Osoitetaulu sisältää kohteen tunnistetiedot: osaston numero, kuvion numero ja metsikkö sekä fyysiset osoitteet kohteen tunnustietoihin tunnustietokantaan ja karttatietoihin karttatietokantaan. Osoitetaulun avulla suoritetaan siis karttatietokannan ja tunnustietokannan integrointi. Kuviojoukon rajaaminen voidaan suorittaa myös karttapuolella, jolloin rajattu kuviojoukko välittyy osoitetaulun välityksellä tunnustietokannan käsittelyohjelmistolle. Näin voidaan keskittyä myös tunnuspuolella karttapuolella rajattujen kuvioiden käsittelyyn. Tämä mahdollistaa nopeat vasteajat.



Kuva 1. Sovellusohjelmiston looginen rakenne.

#### KIVALO-KUVIOTIETOKANNAN HYVÄSIKÄYTTÖ

KIVALO-kuviotietokanta muodostaa keskitetyn ratkaisun kuviotietojen hallintaan. Sen perusajatuksena on yhdistää kuvioiden tunnus- ja karttatiedot sekä tarjota ratkaisut seuraaviin perinteisissä kuviotietojärjestelmissä esiintyviin ongelmiin:

- kuviotietojen nopean vanhenemisen aiheuttamat päivitysongelmat,
- metsätaloussuunnitelmissa tarvittavien lähtö- ja yhdistelmä-tietojen tuottamiseen liittyvät ongelmat,
- raportointitietojen keruun hitaus sekä yleensä manuaalisten rutiinitöiden suuri määrä suhteessa atk:n tarjoamiin mahdollisuuksiin sekä
- tunnus- ja karttatietojen tekniset yhdistelyongelmat.

KIVALO-kuviotietokannan ja Kivalon karttatietokannan yhteyteen rakennetulla sovellusohjelmistolla voidaan suorittaa seuraavia toimenpiteitä:

- kuviojoukon rajaaminen kartta- ja/tai tunnustietojen perusteella,
- rajattuun kuviojoukkoon liittyvien karttojen ja/tai tunnusten valikoitu tulostaminen,
- kartta- ja tunnustietojen integroitu päivittäminen,
- teemakarttojen nopea ja automaattinen tuottaminen sekä
- tunnustietojen raportoinnit ja yhteenvedot.

KIVALO-kuviotietokantaa sovellusohjelmistoinen on pidettävä prototyypinä, jonka pohjalta voidaan aloittaa varsinaisen kuviotietojärjestelmän kehitystyö.

#### KIRJALLISUUS

- KAILA, E. & TAIPALE, M. 1984. TUTKA-tiedonhallintaohjelmisto, tietokannan muodostus ja käyttö. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja n:o 157. Rovaniemi.
- PEKKONEN, T. 1985. Metsäkarttajärjestelmä. Esitelmä Metsäntutkimuslaitoksen Rovaniemen ja Kolarin tutkimus-  
asemien tutkuspäivillä 19.2.1985. Rovaniemi.

## METSÄTALouden SUUNNITTELUN TIETOJÄRJESTELMÄ

Pekka Kilkki

Monessa kodissa on viime jouluna ihasteltu satelliittikartta-kirjasta näkyvää isänmaata ja vähän naapurimaitakin. Muutaman vuoden kuluttua vastaavia kuvia katsellaan kotimikron kuva-ruudusta. Tuolloin ei tarvitse enää tyytyä pelkkiin satelliittikuviin. On mahdollista, että esimerkiksi metsänomistaja näkee kuvaruudusta halutussa mittakaavassa tilansa metsäkartan, voi laskea monipuolisia numeroina ja kuvina esitettäviä tietoja sen metsistä sekä ennusteita metsän tulevasta kehityksestä.

Kuvaruutunäkymän takana on metsätietojärjestelmä, joka koostuu sekä metsän tilaa kuvaavista tiedoista että tuota tietoa käsittelevästä ohjelmistosta. Tietojärjestelmä on jo nyt teknisesti toteutettavissa ja siitä on osia valmiina prototyyppiasteella, mutta järjestelmän viimeistely monipuoliseksi metsätalouden suunnitteluohjelmistoksi edellyttää vielä tutkimus- ja kehitystyötä.

### METSÄVARATIEDOT

Suunnittelun lähtökohtana ovat sekä tiettyä metsäaluetta kuvaavat inventointitiedot että kaikki mittaustiedon käsittelyssä ja metsän kehityksen ennustamisessa tarvittava tieto. Vaikka nykyisin käytössä olevat metsävaratietojen hankintamenetelmät muuttuvat lähivuosina olennaisesti, muodostavat maastomittaukset jatkuvasti tietojen hankinnan rungon. Maastotiedon keruussa siirrytään elektronisiin tiedonkeruulaitteisiin, kannettaviin tietokoneisiin. Maastomittausten tukena tullaan yhä laajemmin käyttämään peruskarttatietoa ja satelliittikuvista saatavaa tietoa, jotka metsäkarttatietojen tavoin tallennetaan numeroina tietokoneen muistiin.

Kertainventoinneista tullaan luopumaan ja inventointitiedot pidetään jatkuvasti ajan tasalla. Valtakunnan metsien inventointitietojen ajantasallapito perustuu sekä pysyviin että kertakoealoihin ja mittaustietojen automaattiseen päivitykseen. Pienimillä alueilla inventointi- ja rekisteröintiyksikköinä ovat metsiköt. Tulosten luotettavuuden voi odottaa paranevan sekä metsälö- että suuraluetasoilla yhdistettäessä valtakunnan metsien inventoinnin ja kuvioittaisen arvioinnin tulokset. Metsässä tapahtuvien muutosten seurannassa tulevat satelliittikuvat olemaan erityisen tärkeitä.

Suomen noin 10 miljoonaa metsikkökuviota sisältävän tietokannan ajantasallapito saattaa tuntua utopistiselta tavoitteelta. Näin varmaan onkin, jos metsikkörekisteriä hoitamaan luodaan kokonaan oma organisaationsa. Tavoite muuttuu hyvinkin nykyisellä ja tulevalla tietotekniikalla saavutettavaksi, jos tehtävä annetaan olemassa oleville kenttäorganisaatioille, esimerkiksi yksityismetsätaloudessa piirimetsälautakunnille ja metsänhoitoyhdistyksille. Ihmisen toimenpiteiden aiheuttamien muutosten rekisteröinnin tekevät juuri ne toimihenkilöt, jotka jokapäiväisessä työssään joutuvat suunnittelemaan ja toteuttamaan näitä muutoksia. Samat henkilöt merkitsevät tietokantaan myös satunnaisten luonnontuhojen aiheuttamat muutokset metsän tilassa. Ennustettavina luonnonprosesseina tapahtuvat muutokset kuten puuston häiriötön kasvu voidaan päivittää tietokoneohjelmalla.

#### TULOSTEN LASKENTA

Inventointitulosten laskennassa on tapahtunut ja tapahtuu suuria muutoksia ja ne näkyvät tulosten käyttäjälle tulosten luotettavuuden paranemisena sekä tulostusmahdollisuuksien monipuolistumisena ja mahdollisesti maastotyön vähenemisena.

Tietokoneen muistissa metsä kuvataan yksityisinä puina tiedonkeruutavasta riippumatta. Vaikka puiden käyttö kuvioittaiseen arviointiin perustuvan mittaustiedon laskennassa saattaa tuntua

liioittelulta, uskon jokaisen asiaan perehtyvän olevan valmis pitämään ratkaisua oikeana. Itse en pysty kuvittelemaan järkevästi toteutettua laskentajärjestelmää, jossa ei käytettäisi metsikön puittaista kuvaustapaa. Kuvaustapa mahdollistaa yhteiset laskentamenetelmät ja entistä luotettavimmat tulokset. Hintana on laskenta-ajan kasvu, mutta sen ongelman hoitaa aika.

Tulosteiksi eivät riitä enää teksti ja numerot. Vuosikymmenen loppu on grafiikan valta-aikaa. Kuviin saadaan mukaan myös liike, jolla havainnollistetaan esimerkiksi metsän kehitystä kiertoajan kuluessa. Myös puhuvat ja puhetta ymmärtävät tietokoneet ovat arkipäivää yllättävän pian.

#### TUOTANTOVAIHTOEHDOT

Vanhastaan on metsätalouden suunnittelussa keskitytty 10 vuoden ja sitä pitempien ajanjaksojen suunnitteluun, mistä päätuloksena on ollut suurin kestävä hakkuusuunnite. Päätöksentekijän mielenkiinto painottuu usein kuitenkin lähitulevaisuuteen ja häntä saattavat kiinnostaa enemmän vaihtoehdot kuin yksi joillain yleisillä kriteereillä parhaaksi katsottu tuotantohjelma. Metsätalouden suunnittelun tehtäväksi onkin tähänastista selvemmin nähtävä toimintavaihtoehtojen tuottaminen ja näiden toimintavaihtoehtojen valinnan seurausten ennustaminen. Ajan tasalla pidetyt metsävaratiedot mahdollistavat jatkuvan suunnittelun, mikä merkitsee sitä, että päätöksentekijä etenee kohti tulevaisuutta tuntosarvinaan suunnitelmavalikoima, joka ulottuu kiertoajan pituisista strategisista laskelmista aina tilivälin mittaiseen budjetointiin.

Matemaattiseen optimointiin, ennen muuta lineaariseen optimointiin, perustuvia suunnittelumenetelmiä käytetään jo nyt myös metsälötasolla. Optimointihyöty ei ole pääsyy näiden menetelmien käyttöön. Ne ovat ensiksikin ylivoimaisesti helppoin tapa tuottaa tehokkaita tuotantovaihtoehtoja päätöksentekijälle. Vieläkin tärkeämpi on niiden ajatuksellinen anti:

päätöksentekijä näkee yksittäisten toimenpiteiden vaikutuksen kokonaisuuteen ja koko talousyksikön tasolla tehtyjen päätösten vaikutuksen metsikön käsittelyyn.

#### VALTAKUNNALLINEN METSÄTIETOJÄRJESTELMÄ

Yksityismetsätaloudelle on näinä vuosina rakentumassa koko maan kattava tietokoneverkko. Kun tähän lisätään metsänhoitoyhdistyksille tulevat mikrotietokoneet, ulottuu tämä verkko jokaiseen kirkonkylään ja ennen pitkää jokaisen metsänomistajan kotiin. Yksityismetsätalouden tietokoneet ja niillä olevat ohjelmistot sekä tietokannat voisivat tulevaisuudessa yhdessä metsäntutkimuslaitoksen ylläpitämien valtakunnallisten metsätietorekistereiden kanssa muodostaa perustan kaikkien omistajaryhmien metsissä tehtävälle suunnittelulle.

Kaikkien metsätalouden suunnittelijoiden - myös metsähallituksen - kannattaisi vakavasti harkita Tapion tulevan suunnittelu-järjestelmän hyödyntämistä. Jokainen organisaatio huolehtisi perusinventoinnin jälkeen itse tietojen ajantasallapidosta, mutta esimerkiksi ilmakuvaus voitaisiin tehdä keskitetysti; myös digitaaliset peruskartta- ja satelliittitiedot olisivat kaikkien käytettävissä piirimetsälautakuntien tietokoneissa. Omien metsätietojen käyttöoikeus olisi luonnollisesti omistajan päätettävissä.

Voidaan tietenkin kysyä, kannattaako edellä kuvatun kaltaisen, kieltämättä kalliin järjestelmän rakentaminen. Kysymykseen ei voida antaa tieteellisesti perusteltua vastausta, sillä järjestelmän kannattavuus ratkeaa vasta sitä sovellettaessa. On helppoa osoittaa järjestelmä kannattamattomaksi käyttämällä sitä vajeatehoisesti. Toisaalta ei edes nykyisen suuruisia summia ole järkevää investoida metsätalouden suunnitteluun, ellei sen perustana olevaa tietojärjestelmää olennaisesti muuteta ja tietojärjestelmän tietoja käytetä nykyistä paljon tehokkaammin - tai ellei metsätalouden suunnittelua harrasteta pelkästään metsäalan virkamiesten ja toimihenkilöiden työllistämiseksi.

Tehokkaasti käytettynä valtakunnallinen metsätietojärjestelmä siirtää metsätalouden ohjailun ja päätöksenteon, niin ja miksei myös metsätaloudesta tiedottamisen kokonaan uudelle tasolle. Tiedotussotaan on käytävä vastustajan aseina. Metsävaratietojen epäilijän vääristelevään satelliittikuvaan on metsämiesten vastattava häkellyttävällä videozoomilla, joka kertoo entiset, nykyiset ja tulevat metsävaratiedot valtakunnan, maakunnan, tilan, metsikön ja miksei jopa yhden puun tarkkuudella. Yhdistämällä valtakunnan metsien inventointitiedot, metsikkökuviotiedot, satelliittitiedot ja kaikki muu tietorekisteristä löytyvä metsätieto saadaan tietojärjestelmä, josta tiedot mielivaltaisesti rajatulle metsäalueelle löytyvät nopeasti ja luotettavasti. Kymmenen vuoden kuluttua ihmetellään, kuinka on joskus tultu toimeen ilman valtakunnallista tietojärjestelmää. Vähäinen ei ole myöskään tietojärjestelmän merkitys metsäalan yhteisen kielen kehittäjänä ja itseopiskeluvälineenä.

Tietotekniikka tulee metsäalalle lähivuosina yhtä vääjäämättömästi kuin moottorisaha ja traktori valtasivat hakkuutyömaat muutama vuosikymmen sitten. Vaikka tietotekniikka muuttaakin käytännön toimintatapoja, eivät sen käyttöönoton sosiaaliset seuraukset ole yhtä suuria eivätkä missään tapauksessa yhtä ongelmallisia kuin puunkorjuun koneellistamisessa. Metsäalan työllisyyttä tietotekniikka todennäköisesti vain parantaa kohottamalla metsävarojen hyödyntämisastetta. Tiedonkäsittelytavat muuttuvat tietenkin radikaalisti - mutta työntekijän kannalta myönteiseen suuntaan.

Jos uusi metsätalouden suunnittelun tietojärjestelmä ei parin viikon kurssituksen ja opetteluun jälkeen voita puolelleen yhdeksää kymmenestä käyttäjästä, on parasta lykätä järjestelmän käyttöönottoa ja jatkaa sen kehittämistä. Nykytekniikka ja ammattitaito riittävät toki parempaan kuin mihin oli tyydyttävä tietojenkäsittelyn pioneerivuosina.

## METSÄHALLITUKSEN ATK-JÄRJESTELMIEN KEHITYSNÄKYMÄT

Pentti Roiko-Jokela

### NYKYVAIHE

Metsähallituksen automaattisen tietojenkäsittelyn kehittämissuunnitelma laadittiin viime vuonna. Sen johtavana periaatteena on atk:n hajauttaminen, mikä merkitsee atk:n kehittämispainopisteen siirtämisestä metsähallituksesta aluehallintoon, hoitoalueisiin. Ratkaisussa käytetään hyväksi valtion tietokonekeskuksen (VTKK) tietokoneverkkoa kaskuslaitteena ja pien- ja mikrotietokoneita metsähallituksessa ja sen alaisissa piiri- ja aluehallinnossa.

### HOITOALUEEN ATK-TAVOITTEET

Atk:n kehittämissuunnitelma luo pohjan hoitoalueen tavoitejohtamiseen perustuvalla suunnittelu- ja seurantajärjestelmälle. Tietojärjestelmäratkaisu perustuu kolmeen paikalliseen tietokantaan: hallinnolliseen, operatiiviseen ja metsikkökuviopohjaiseen tietokantaan. Hoitoalue tarvitsee tiedonhallintaan paikalliskäyttöiset ohjelmistot, joilla palvellaan suunnittelua, toteutusta ja seurantaa. Etäiskäyttöiset ohjelmistot liittyvät erilaisiin palkanlaskenta- ja maksatusjärjestelmiin sekä liiketoiminnan seurantaan.

### TIETOJÄRJESTELMÄT VUONNA 1985

Tämän vuoden tärkeimmät atk-työkohteet ovat metsähallinnon tietojärjestelmien osalta seuraavat:

- 1) metsäsystemin valmistaminen ja käyttöönotto
- 2) metsäkarttajärjestelmän käyttöönotto
- 3) atk:n hajautuksen edellyttämien tietojärjestelmien valmistaminen tai hankinta ja käyttöönotto.

Metsäsysteemillä tarkoitetaan metsäpalkkojen, vedätys- ja auto- kuljetusmaksujen laskennan sekä korjuutyömaan suunnittelun tietojärjestelmää. Se asennetaan VTKK:n tietokoneelle. Tietojärjestelmän rinnakkaiskäyttö aloitetaan mikrotietokoneilla Jyväskylän ja Parkanon hoitoalueissa. Tietoliikenneohjelmiston valmistuttua järjestelmä otetaan käyttöön kaikissa hoito- alueissa.

Metsäkarttajärjestelmän käyttöönotto tapahtuu välittömästi valmistuslaitteiston hankinnan ratkettua. Järjestelmän kehittä- seen on varauduttu käytössä syntyvien kokemusten pohjalta. Yhteistyötä jatketaan Metsäntutkimuslaitoksen ja maanmittaus- hallituksen kanssa.

Metsäsysteemin lisäksi atk:n hajautuksen edellyttämiä tietojärjestelmiä työstetään. Näitä ovat mm.

- kuviorekisterijärjestelmä
- nykyjärjestelmien siirto hoitoalueisiin
- lyhyen aikavälin (LTS) ja keskipitkän aikavälin suunnittelu (KTS) ja seuranta
- hoitoalueen hankintatoimen tietojärjestelmä
- hoitoaluejohdon "tietopankki"
- toimistoautomaatio

#### TULEVAISUUS

Atk:n hajautuksen valmistelut aloitettiin vuonna 1984. Kehittä- missuunnitelma ulottuu vuoteen 1988 saakka. Keskeisenä työssä on tietojärjestelmien käytön koulutus ja valmiuksien luominen yhä mittavampien tietomäärien hallintaan. Tavoitteena on metsä- tietojärjestelmän asteittainen luominen, jonka avulla olisi mahdollista hallita nykyisten määrällisten tilatavoitteiden lisäksi myös muutosprosesseja.

Metsätalouden suunnittelun on ensimmäisenä mukauduttava muuttuviin olosuhteisiin, koska sen perustehtävä on laatia hoitoalueille tuotantovaihtoehtoja, joista varsinaisessa päätöksenteossa valitaan kulloinkin paras ratkaisu toteutukseen. Käytännössä tämä merkitsee myös, että metsän kaikki käyttömuodot punnitaan samanaikaisesti.

Eri käyttömuotojen mahdollisuuksista, tavoitteista ja tarpeista on näin ollen saatava riittävästi tietoa. Tietojen yhteismitallisuus, saatavuus, siirto ja suojaus sekä näihin liittyvät tekniset ja juridiset ongelmat muodostavat kuitenkin merkittävän esteen järjestelmän rakentamiselle. Tästä syystä metsähallitus pitää tarpeellisena samaa asiaa käsittelevien eri osajärjestelmien välistä tietojen yhdenmukaistamista. Tähän liittyen tulisi käynnistää pikimmiten metsällisen tiedon standardoimistyö. Yhtenä osatyönä tulisi myös olla eri hallinnon alojen sisäisen ja välisen tiedontarpeen selvittäminen.

## ATK METSÄTALOUDEN SUUNNITTELUSSA LAPIN PIIRIMETSÄLAUTAKUNNASSA

Tapani Ahola

## JOHDANTO

Automaattinen tietojenkäsittely on ollut käytössä Lapin piirimetsälautakunnassa noin kymmenen vuoden ajan. Metsätalouden suunnittelussa, aluesuunnittelussa, tietojenkäsittelyyn on kuulunut alue- ja metsätaloussuunnitelmien tulosteiden laskenta; karttojen valmistus on tehty käsin. Tietojenkäsittely on tallennusta lukuunottamatta tehty Helsingissä, joten tietojenkäsittelylaitteet ja niiden hallinta on yhä uutta ja outoa toimihenkilöille.

Tulosteiden laskenta on suoritettu eräajona kerran kuukaudessa. Tämä on hidastuttanut suunnitelmien valmistumista. Laskentavaiheeseen on voinut kulua jopa 3 kuukautta. Eräkäsittely on aikaa myöten tullut kalliiksi ja rekisterien ollessa Helsingissä virheiden korjaus postin välityksellä on ollut työlästä ja hankalaa. Erityisen vaikeaksi on osoittautunut tietojen päivitys. Uudet tiedot on täytynyt siirtää kartoille käsin ja kuviotietojen päivitys on ollut mahdollista vain kaksi kertaa vuodessa. Toimenpidetietoja on päivitetty, mutta kasvun päivitystä ei ole rakennettu systeemiin.

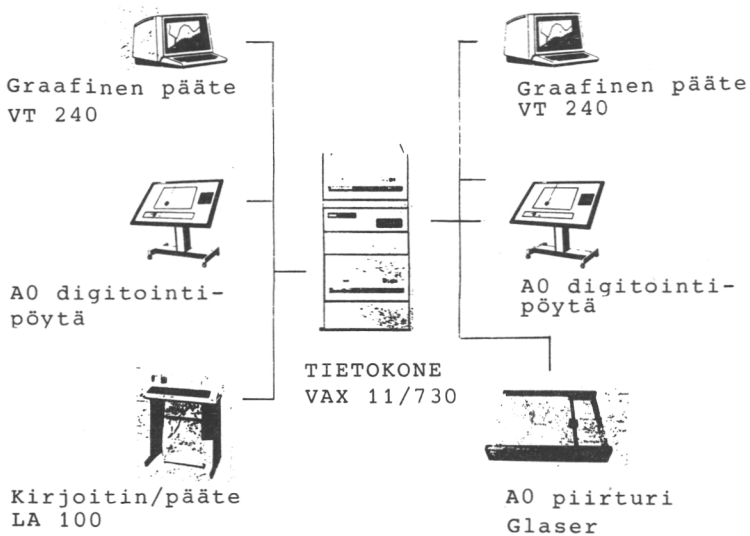
Kaikkiaan voidaan todeta, että reikäkortteihin perustuva keskitetty tietojenkäsittely on avannut ladun atk:n hyväksikäytölle yksityismetsätalouden suunnittelussa. Kyseinen tietojenkäsittelytapa on kuitenkin auttamattomasti vanhentunut. Atk-laitteistojen nopea kehitys, tietojenkäsittelytarpeiden lisääntyminen ja nykyisen atk-systeemin vanhanaikaisuus ovat aiheuttaneet voimakkaita paineita tietojenkäsittelyn hajasijoittamiseksi piirimetsälautakuntiin.

Keskusmetsälautakunta Tapio on perustanut ns. Tieto-80 projektin, jonka yhtenä osana on nykyisen aluesuunnittelusysteemin uusiminen. Kyseinen uusimistyö on parhaillaan käynnissä. Myös hankesysteemin atk-käsittelyä ollaan siirtämässä Lapin piirimetsälautakuntaan. Atk-laskennan siirtyessä piirimetsälautakuntaan tietokoneet, päätteet, rivikirjoittimet ym. oheislaitteet tulevat myös fyysisessä muodossa tutuiksi toimihenkilöille.

#### ATK-KOKEILUJA LAPIN PIIRIMETSÄLAUTAKUNNASSA

Lapin piirimetsälautakunnassa on yli vuoden ajan kokeiltu automaattista kartanpiirustusta. Aluksi kokeiltiin puolisen vuotta Insinöörielektronikka Graphicsin ja Tehdaspuu Oy:n kehittämää kartanpiirustusjärjestelmää. Tällä hetkellä on käytössä Timo Pekkoson johdolla kehitetty NALLE-systeemi. Kehittämistyöhön ovat osallistuneet myös metsähallitus sekä Joensuun yliopisto.

Metsätalouden suunnittelussa on käytössämme seuraavat laitteistot:



Atk-kartanpiirustuksen edut käsinpiirustukseen verrattuna ovat huomattavat: Piirustus nopeutuu ja karttojen käyttömahdollisuudet paranevat. Hyviä esimerkkejä ovat erilaiset teemakartat sekä mittakaavan muutoksen helppous.

#### LÄHIAJAN SUUNNITELMIA

Kuviotietojen laskenta tapahtuu edelleen Helsingissä. Lähi-aikoina kuviotietojen tallennus siirretään VAX:in päätteille, joita hankitaan lisää. Parin vuoden kuluessa laskenta siirtyy piirimetsälautakuntaan. Tällöin voidaan kartta- ja kuviorekisterit yhdistää. Päivitysongelma pyritään poistamaan hankesysteemin kautta.

Koillis-Suomen piirimetsälautakuntaan hankitaan lähiaikoina digitointipöytä ja näyttöpäätte. Ainakin alkuvaiheessa tarkoituksena on piirtää kartat puhelinlinjaa pitkin Lapin piirimetsälautakunnan piirturilla. Aluesuunnittelua tehdään vuosittain alueellamme 170 000 ha. Tämä merkitsee, että uusia kuvioita tulee laskentaan vuosittain 60 000 - 70 000 kpl. Tällä hetkellä on kuviotiedot olemassa jo lähes 400 000 kuviolta. Piirimetsälautakunta-alueen kokonaiskuviomääräksi on arvioitu noin 850 000 kpl. Kyseiset määrät vaativat varsin suurta laitteistokapasiteettia. Keskustietokonetta jouduttaneen suurentamaan lähiaikoina.

Myös metsänhoitoyhdistykset ovat olleet kiinnostuneita omien atk-laitteiden hankinnasta. Ajatuksena on, että yhdistysten mikrot olisivat yhteydessä lautakunnan koneeseen. Näin aluesuunnittelun kartta- ja kuviorekistereitä voitaisiin hyödyntää entistä paremmin. Tietoyhteys riippuu ensisijaisesti yhdistysten laitteistopäätöksistä. On myös mahdollista, että piirimetsälautakunnan maakuntatoimistoihin hankitaan päätteitä. Tämä mahdollistaisi aluesuunnittelussa vaihtoehtoisten hakkuulaskelmien teon sekä virheiden korjailun päätteen avulla. Erilaiset yhteenvetolaskelmat (esim. MELA) sekä päivitys

voitaisiin hoitaa keskitetysti piirimetsälautakunnassa. Tallennuksen siirtämistä on harkittu. Maastotallennuslaitteet ovat kuitenkin varsin kalliita ja painavia eikä niiden pakka-kestävyyttä tarkoin tunneta. Laitteita kokeiltaneen kuitenkin lähivuosina.

#### YHTEENVETO

Atk:n käyttö Lapin piirimetsälautakunnassa on voimakkaassa kehitysvaiheessa. Pyrkimyksenä on luoda nykyistä atk-tekniikkaa käyttävä, ajantasalla oleva yksityismetsätalouden suunnittelujärjestelmä. Automaattinen tietojenkäsittely on toistaiseksi hoidettu keskitetysti Helsingissä. Tietojenkäsittelyn hajasijoituksen kokeilut aloitettiin valtakunnallisesti vuoden 1983 syksyllä Lapin piirimetsälautakunnassa. Metsätalouden suunnittelussa on kokeiltu kahta eri atk-kartanpiirustusjärjestelmää, joista Timo Pekkosen NALLE-systeemi on otettu käyttöön. Seuraavana vaiheena siirretään kuviotietojen tallennus ja laskenta piirimetsälautakuntaan.

Teemakarttojen tulostaminen helpottuu ratkaisevasti, kun kuvio-rekisterit saadaan keskustelemaan karttarekisterin kanssa. Päivityssysteemi rakennetaan yhteen hankesysteemin kanssa; myös kasvu aiotaan päivittää. Atk-hajautus laajenee lähivuosina metsänhoitoyhdistyksiin, saattaapa metsänomistajistakin jotkut hankkia metsätaloussuunnitelmansa tiedot kotitietokoneeseensa.

## ATK:N KÄYTTÖ VEITSILUOTO OY:N PUUNHANKINNASSA

Kari Savela

### TOIMINTAYMPÄRISTÖ

Veitsiluoto Oy:n metsäosasto hankkii vuosittain puuta n. 4 000 000 m<sup>3</sup>. Puuta toimitetaan Veitsiluodon ja Kemijärven tehtaille, Kevätniemen sahalle ja Oulu Oy:lle. Kuljetusmuodot ovat auto, rautatie ja uitto. Metsäosastoon kuuluu 5 hankinta- aluetta, joissa on yhteensä 16 piiriä. Metsäosaston palveluksessa on n. 250 toimihenkilöä ja 650 vakinaista metsuria. Lisäksi puunhankinta työllistää n. 60 vakinaista metsätraktoria ja 80 puutavara-autoa.

### ATK-JÄRJESTELMÄN TAVOITTEET

1. Antaa tosiaikaista tietoa puunhankinnan johtamista varten.
2. Avustaa metsäosaston henkilöstöä operatiivisen toiminnan suunnittelussa ja seurannassa.
3. Tuottaa välineitä laskentarutiinien helpottamiseksi.
4. Hoitaa rahaliikenne- ja kirjanpitorutiinit.

### JÄRJESTELMÄN SISÄLTÄMÄT SOVELLUTUKSET

Metsäkauppasovellus sisältää metsäkauppojen seurannan, metsä- maksujen maksatuksen sekä ostoon liittyvän tilastoinnin.

Korjuusovellus sisältää korjuun suunnittelu- ja seurantatiedot, hakkuun ja lähikuljetuksen tilitykset ja ansio- ja tuotos- seurannan.

Varastosovelluksessa seurataan varastoissa olevia puumääriä vastualue-, varastopaikka- ja kauppakohtaisesti.

Kaukokuljetussovelluksen avulla suoritetaan operatiivinen kuljetusten suunnittelu ja seuranta sekä tilitetään auto- kuljetusmaksut.

Omien metsätilojen sovellus sisältää metsätaloussuunnitelmat karttoineen sekä tilojen hallintaan tarvittavan tietouden.

#### JÄRJESTELMÄN RAKENNE

Veitsiluoto Oy:n käyttöönottoaiheessa oleva atk-järjestelmä on hajautettu pääteikäyttöinen tosiaikajärjestelmä. Jokaiseen hankinta-alueeseen ja piiriin on sijoitettu mikrotietokone, joka voi toimia itsenäisenä tietojenkäsittelylaitteena sekä Veitsiluodossa sijaitsevan keskustietokoneen päätteellä. Hajautusta tullaan jatkamaan siten, että vastavanlaiset laitteet sijoitetaan myös erillisiin ostoalueisiin.

Laitteiston käyttäjänä toimii jokainen toimihenkilö hoitaen sillä omaan työhönsä liittyvät tietojenkäsittelytehtävät. Näin ollen esim. jokainen ostotyönjohtaja syöttää päätteelle omat kauppa- ja mittaustositteensa samoin kuin jokainen korjuutyönjohtaja omat tilitystositteensa.

Järjestelmä on rakennettu toimivaksi osittain paikallisesti mikrotietokoneella, osittain keskustietokoneessa. Paikalliskäsittelyyn on otettu laskentarutiineja ja suurten tietomäärien käsittelyä vaativat sovellukset, kun taas suuria keskitettyjä tietokantoja käyttävät sovellukset toimivat keskuskoneella.

## METSÄKARTTAJÄRJESTELMÄ

Timo Pekkonen

### YLEISTÄ

Metsäkarttajärjestelmät ovat metsätalouden suunnittelun apuvälineitä. Niiden avulla voidaan valmistaa ja pitää ajantasalla metsätalouskarttoja. Kun karttatietoihin kytketään tiedot suunnittelualueen kuvioiden metsikkötunnuksista, järjestelmän avulla voidaan laatia eri tarkoituksiin sopivia ajantasalla olevia karttoja. Kartat voidaan piirtää halutussa mittakaavassa ja kartalle voidaan piirtää kulloinkin tarpeelliset tiedot. Esimerkiksi leimikon suunnittelija voi piirtää otekartan leimikon ympäristöstä. Tälle otekartalle hän voi merkitä toteutuneen leimikon rajat, jolloin otekarttaa voidaan käyttää edelleen karttatietojen päivityksessä. Taimikoiden tarkastaja voi suunnitella tarkastusmatkansa kartan avulla, johon on piirretty eri ikäiset ja eri toimenpiteitä vaativat taimikot eri värein jne.

Karttajärjestelmät tuovat uuden ajattelutavan metsätalouskarttojen laatimiseen ja hyväksikäyttöön. Käsintehdyksen metsätalouskarttojen valmistuksen ongelmana on puhtaaksi piirtämisen vaihe. Piirtäminen on hidasta ja kallista. Tästä syystä suunnittelualueelta tehdään normaalisti vain yksi alueen kattava kartta, joka koko suunnittelukauden palvelee kaikkia käyttötarkoituksia. Suunnittelukauden loppupuolella kartta vastaa enää huonosti todellisuutta.

Käytettäessä karttajärjestelmiä tilanne muuttuu. Ongelma ei ole enää karttojen piirtäminen, vaan aikaavievin työvaihe on karttatietojen tallentaminen tietokoneelle. Työmäärältään tämä vaihe vastannee yhtä puhtaaksi piirtämiskertaa. On huomattava, että tallentaminen tarvitsee tehdä vain kerran aluetta kohden. Sen jälkeen, kun alueen karttatiedot kerran on tallennettu, niiden ylläpitäminen ja korjaaminen käy joustavasti esimerkiksi edellä

mainittujen otekarttojen avulla, ja - ennen kaikkea - karttojen piirtäminen eri tarkoituksiin, eri mittakaavoissa, eri tiedot sisältävinä ja eri tavoin väritettynä tapahtuu nopeasti ja joustavasti. Karttajärjestelmän piirtämät kartat vastaavat kunkin hetken tilannetta todellisuudessa.

#### KÄSITYÖVALTAINEN KARTAN VALMISTUS

Kartan valmistus lähtee liikkeelle suunnittelualan ilma-kuvasta. Ilmakuvalle suunnittelija laatii ennakkokuvioinnin ja tarkastaa sen maastokierroksella. Tämän jälkeen hän valmistaa kuultopaperille työkartan puhtaaksi piirtämistä varten. Työkartan pohjaksi hän siirtää peruskartalta tilanrajat, tiet, vesistöt ym. tarpeellisiksi katsomansa tiedot. Työkartan pohjana hän voi käyttää myös peruskartasta kuultopaperille otettua kopiota. Työkartalle hän siirtää ilmakuvalta kuviorajat. Mikäli ilmakuva ei ole oikaistu hän samalla suorittaa oikaisun.

Tämän jälkeen työkartta siirtyy puhtaaksi piirrettäväksi, jolloin työkartan perusteella piirretään halutut elementit karttapainoa varten ja määrätään käsin kuvioden pinta-alat. Painettua karttaa tai mahdollisesti sen eri elementtejä käytetään käytännön työskentelyssä.

#### TIETOKONEAVUSTEINEN KARTAN VALMISTUS

Kun kartta valmistetaan tietokoneen avulla, tietokoneelle tallennetaan ensin luonnolliset kuviorajat, tilarajat, tiet, vesistöt ym. Mikäli kyseiseltä alueelta on olemassa peruskarttatiedot numeerisessa muodossa, nämä voidaan tilata maanmittaushallitukselta, jolloin tallennusta ei tarvita. Mikäli niitä ei ole olemassa, luonnolliset kuviorajat voidaan tallentaa peruskartalta. Tämän jälkeen tallennetaan maastossa tarkistetut kuviorajat joko ilmakuvilta tai kelmulle piirretyltä työkartalta. Jos ilmakuvat ovat oikaistuja, kuviorajat voidaan

tallentaa suoraan niiltä. Mikäli kuvat ovat oikaisemattomia, on tallentaminen tehtävä toistaiseksi työkartoilta. Karttajärjestelmiin voidaan kyllä kehittää sopivat koordinaatiston muunnoskaavat, joiden avulla mittakaavavääritykset korjataan automaattisesti. Kun talletettavat kuviorajat vielä piirtyvät monitoriin, voidaan niiden suhtautumista pohjalla oleviin peruskarttaviiivoihin seurata tallennuksen aikana ja pienet virheet korjata tässä vaiheessa. Tavoitteena on, että työkartan valmistumisvaihe voitaisiin jättää kokonaan pois.

Kuviorajojen tallentamisen jälkeen tallennetaan maastolomakkeiden mukaiset kuvioiden työnumerot. Samalla tietokone laskee vastaavien kuvioiden pinta-alat, jotka siirretään kuviotunnustietoihin. Tallennettu kartta viimeistellään esimerkiksi numeroimalla kuviot uudelleen koneellisesti ja poistamalla ylimääräiset viivanpätkät. Tämän jälkeen kuviokartta on valmis piirrettäväksi.

Karttajärjestelmässä voidaan kuviorajojen ja -numeroiden lisäksi tallentaa myös muita karttatietoja kuten korkeuskäyriä, ojastoja, tekstejä ja erilaisia symboleja. Näitä voidaan piirtää haluttaessa kartoille kulloistakin käyttötarkoitusta varten.

#### KARTTAJÄRJESTELMÄN VAIKUTUS KÄYTÄNTÖÖN

Miten karttajärjestelmät sitten vaikuttavat käytännön työskentelyyn? Ensimmäinen huomattava piirre on, että kartat ovat aina ajantasalla. Kuviorajat voidaan ylläpitää aina todellisuutta vastaavina, samoin teemakarttojen taustalla olevat kuvioiden metsikkötunnukset, kuten puuston ikä ja runkotilavuus, voidaan ohjelmallisesti muuttaa tarkasteluajankohdan mukaisiksi.

Toiseksi kutakin käyttötarkoitusta varten voidaan nopeasti tulostaa halutun mittakaavan mukaiset kartat, joissa on vain

käyttäjän kulloinkin tarvitsemat oleelliset karttatiedot. Värien käyttäminen on joustavaa ja niillä voidaan parantaa karttojen tulkittavuutta.

Kolmanneksi kartat monipuolistuvat. Karttatietokantoihin voidaan tallentaa haluttuja tietoja, esimerkiksi erilaisia tekstejä ja symboleja. Tietojen muuttaminen tai poistaminen tietokannalta käy joustavasti. Tietokannoissa voidaan pitää tilapäisesti erilaista suunnitteluun liittyvää tietoutta, kuten esimerkiksi vaihtoehtoisia tiesuunnitelmia jne. Samalta alueelta voidaan tallettaa myös erilaisia kuviointeja. Esimerkiksi voidaan tallettaa toisaalta pysyvät metsien kasvukykyä kuvaavat metsätyyppikuviot ja toisaalta puustoa kuvaavat metsiköiden käsittelykuviot. Näin päästään nykyisestä käytännöstä, jossa kuvioinneissa joudutaan tekemään kompromisseja kasvupaikan ja puuston huomioimisen välillä.

Neljänneksi karttajärjestelmät tarjoavat mahdollisuuden puuvarojen sijaintitietojen nykyistä parempaan huomioonottamiseen erilaisissa suunnittelulaskelmissa. Esimerkiksi hakkuiden suunnittelussa voidaan kehittää tietokoneavusteisia järjestelmiä, joissa kone ehdottaa mahdollisia leimikkokohteita ja suunnittelija päättää kohteista tai kone laskee esimerkiksi korjuukustannukset suunnittelijan esittämille vaihtoehdoille.

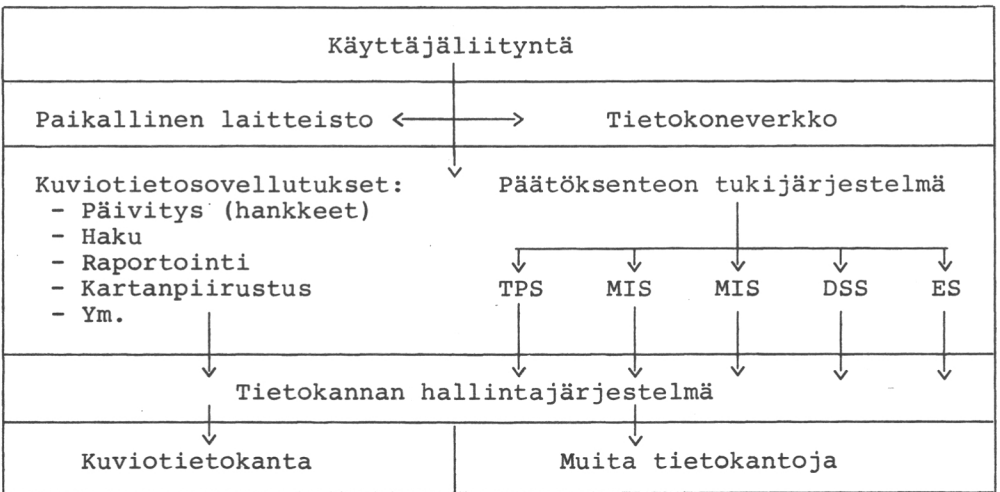
Kaiken kaikkiaan karttatietojärjestelmiä käyttöönotettaessa tulisi uudelleen miettiä koko kartanvalmistusprosessi aina kenttätöistä karttojen hyväksikäyttöön asti sekä yleisesti karttatietojen hyväksikäyttötarpeet ja -mahdollisuudet metsätalouden suunnittelussa. Tämä sen vuoksi, ettei karttajärjestelmillä pelkästään korvattaisi nykyistä totuttua käsityöprosessia, jolloin järjestelmien kehittämistyössä saatetaan panostaa epäoleellisiin asioihin ja tietokoneiden ja graafisten laitteiden hyväksikäyttömahdollisuudet jäävät täysimääräisesti hyödyntämättä.

## ASIAANTUNTIJAJÄRJESTELMÄT - ERIKOISTIETOUS KÄYTÄNNÖN ULOTTUVILLE?

Hannu Saarenmaa

Suomen metsäsektorilla ollaan parhaillaan luomassa tietokoneverkkoa, joka mahdollistaa tietokoneen käytön jokaiselle metsäalan päätöksentekijälle. Tämä antaa mahdollisuuden paljon enemmänkin kuin vain nykyisten rutiinitoimien automatisoimiseen.

Tietojärjestelmässä tulee olla seuraavat ohjelmistoelementit: 1) käyttäjäliityntä, 2) tietokantoja, 3) edellisten päivitys-, kysely- ja raportointijärjestelmä, 4) sekä päätöksentekoa tukevia sovellutuksia (kuva 1). Seuraavassa hahmottelen viimeksi mainittuja ja niiden sijaintia kokonaisuudessa.



Kuva 1. Päätöksen teon tukijärjestelmien sijainti eräässä metsätalouden tietojärjestelmän suunnitelmassa. Lyhenteet on selitetty tekstissä seuraavalla sivulla.

Metsäammattilaisten tehtävänä on päivittäin tehdä suunnitelmia ja päätöksiä metsässä suoritettavista toimenpiteistä. Tämä tehtävä ei ole helppo. Samanaikaisesti on otettava huomioon

tietoa, joka liittyy metsien biologiaan, tilaan ja kehitykseen, taloudellisiin, teknisiin ja oikeudellisiin reunaehtoihin, metsien eri käyttömuotoihin sekä maanomistajan ja yhteiskunnan tarpeisiin. Päätöksentekoa ei edes välttämättä helpota se, että on perillä kaikesta oleellisesta tiedosta. Päätöksenteko on suurelta osin riippuvainen siitä, kuinka informaatiota käsitellään (Rykiel ym. 1984). Inhimillisen päättelyketjun vaikeutena on se, että samanaikaisesti huomioon otettavissa olevien tekijöiden määrä jää väistämättä niukaksi ja painottuu subjektiivisesti. Kompleksisessa päätöksentekotilanteessa, joita metsätaloudessa on paljon, täytyy olla käytettävissä jonkinlainen päätöksentekoa tukeva järjestelmä.

#### PÄÄTÖKSENTEKOA TUKEVIA JÄRJESTELMIÄ

Nykyisin päätöksentekoa tukevat keskusvirastojen ohjekirjeet. Näissä ei aina voida huomioida kaikkia tekijöitä, jotka ovat merkityksellisiä tietyssä metsikössä tai tilanteessa. Toimenpiteitä joudutaan toteuttamaan yksilökohtaisen tietämyksen ja kokemuksen turvin.

Tietokonepohjaisia tiedonkäsittelyjärjestelmiä, jotka hyödyntävät tietokantoja ja joita voidaan käyttää päätöksenteon apuna, voidaan erottaa neljä eri tyyppiä (Hayes-Roth ym. 1983, Rykiel ym. 1984):

- 1) Tapahtuman käsittelyjärjestelmä - transaction processing system (TPS)
- 2) Suunnittelun tietojärjestelmä - management information system (MIS)
- 3) Päätöksenteon tukijärjestelmä - decision support system (DSS)
- 4) Asiantuntijajärjestelmä - expert system (ES)

TPS on yksinkertaisin po. järjestelmä, esim. sähköinen kassa-järjestelmä. Järjestelmään liittyy vain vähän syötettävän datan käsittelyä eikä lainkaan raporttien valmistelua, ts. tulosteina on pelkkiä listauksia tapahtumista. TPS:n avulla metsätalouden päätöksentekijä voi periaatteessa jo nyt hakea ennakkotapauksia vastaavilta kuvioilta ja käyttää niiden antamia tuloksia.

MIS tuottaa jo päätöksen tekoon orientoitunutta tietoa. Syöttötietojen keruuprosessi on ennalta määrätty ja esim. matemaattisen mallien avulla tuotetaan lähtötiedoista raportti. MIS voi hyödyntää TPS:ää ja sen tietokanta on usein suuri verrattuna mallivalikoimaan. Sekä TPS että MIS olettavat, että käyttäjä määrittelee, mitä tietoa kulloinkin tarvitaan ja kuinka sitä käsitellään päätöksentekotilanteessa. Esimerkkeinä MIS:stä voidaan mainita nykyiset käytössä olevat mallit, VILJO (Parviainen ym. 1984), MELA (Kilkki ym. 1984), ja ulkomailta esim. TAMBEETLE (Turnbow ym. 1982).

DSS on interaktiivinen tiedonkäsittelyjärjestelmä, joka on tehty helpottamaan päätöksentekijöiden datan ja mallitekniikan saantia tapauskohtaisen ongelman ratkaisemiseksi (Sprague 1980). DSS sisältää hakemiston malleihin ja itse mallit, joiden määrä voi olla suuri verrattuna niiden taustalla olevaan tietokantaan. Tekijä, joka erottaa DSS:n MIS:stä ja TPS:stä on se, että DSS on tarkoitettu myös ennalta määrittelemättömien ongelmien ratkaisuun; sitä käytettäessä voidaan edetä vapaasti sen tiedon puitteissa, joka on käytettävissä ja ratkaista ongelmia tapauskohtaisesti. DSS:ää käytettäessä on helppo tehdä "jos ... niin" vertailuja. Esimerkkinä DSS:stä on mainittava Dendroctonus frontalis kaarnakuoriaisen tuhojen hallintajärjestelmä FERRET, joka on käytössä USA:n etelävaltioissa (Turnbow ym. 1983, Rykiel ym. 1984). Vastaava järjestelmä on kehitteillä männyn kaarnakuoriaistuhoille Suomessa (kuva 2).

## MÄNNYN KAARNAKUORIAISTUHOJEN PÄÄTÖKSENTEKOJÄRJESTELMÄ

© Metla MSE/ROI Hannu Saarenmaa V1.0 1985

Tuhojen hallintaa varten tarvitsemasi tiedot saat seuraavien ohjelmien avulla. Alemmat vaihtoehdot käyttävät ylempien antamia tietoja, joten etene järjestyksessä.

--> Mikä on tuhon aiheuttaja?  
 Mikä on tuhon vaikutus metsään / puutavaraan?  
 Miten tuho on torjuttavissa?  
 Mikä on kannattavuus?

Valitse ohjelma nuolella ja paina <TOTEUTA> tai <APUA>  
 tai <LOPPU>

## RAPORTTI TUHON AIHEUTTAJASTA

Laji: Pystynävertäjä (Tomicus piniperda)

Määrä: Kuoriutuvien määrän estimaatti 270 454 kpl  
 95 % luot. väli ± 66 308 kpl

Ajoitus: E.m. määrästä on kuoriutunut seuraavat %  
 allaolevina aikoina:

1	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
20.7	22.7	24.7	29.7	4.8	10.8	15.8	26.8	11.9	-	-

Paina <JATKA> niin pääset päämenuun.

Kuva 2. Ylempi on päävalintänäyttö männyn kaarnakuoriaistuhojen kehitteillä olevasta päätöksenteon tukijärjestelmästä. Kun käyttäjä valitsee toimintoja, ohjelma kysyy tarvitsemansa tiedot ja poistuttaessa antaa raportin. Alempi näyttö on raportti, joka luodaan noin 10 päänäyttöä vastaavan valintänäytön jälkeen.

Asiantuntijajärjestelmä (ES) on DSS, joka perustuu ns. teko-  
 älyyn. Käyttäjä antaa ES:lle käsitteellisen mallin, usein selvä-  
 kielisenä, jonka ES ratkaisee sekä tiedustelee käyttäjältä  
 ongelman ratkaisuun tarvittavat tiedot ja rajoitukset ja antaa  
 päätöksentekoa tukevan raportin. Eräs perusero DSS:n ja ES:n  
 välillä on se, että DSS:ää ohjaa käyttäjä, mutta ES:ää teko-  
 älyyn perustuva algoritmi. Edelleen, ES sisältää asiantuntijan  
 tietouden symbolisina heuristisina sääntöinä (peukalosääntö).  
 Näiden avulla ES analysoi ja ohjaa omaa toimintaansa ja perus-  
 telee käyttäjälle toimintansa. Päinvastoin kuin DSS:ssa, ES:n  
 käyttäjän ei tarvitse olla asiantuntija kyseisellä alalla.  
 Nykyiset ES:t diagnostisoivat tauteja, määrittävät kemiallisia  
 rakenteita, etsivät mineraaleja ym. (Hayes-Roth ym. 1983).  
 Pystynävertäjätuhojen ES voisi näyttää kuvan 3 kaltaiselta  
 (vrt. DSS:ään kuvassa 2).

#### KAARNAKUORIAISTUHOJEN ASIANTUNTIJAJÄRJESTELMÄ

Voit muotoilla ongelmasi vapaasti, mutta vain tietyt sanat  
 ovat merkityksellisiä. Valikoiman sanoista saat painamalla  
 <APUA>. Mikä on ongelmasi?

Olis puutavaraa metsässä tien varressa 2 m x 3 m  
 pinossa täällä Kittilässä osapuilleen 100 mottia  
 mäntykuitua keväällä kaadettua. Tarttisko tehdä  
 jotakin kun on tuo kesäkin jo pitkällä vai onko  
 jo myöhästä?

Avainsanat löydetty: PUUTAVARA, MÄNTY, KUITU, PINO,  
 100 MOTTIA, KEVÄÄLLÄ, KAADETTU,  
 KITTILÄ.

Mikä kuvio: METLA KARTTALEHTI 2, 127

(Tulostus kuten kuvassa 2, mutta perustellen ja ehdottaen toimia)

Kuva 3. Suunniteltu näyttö ja kuvitteellista keskustelua käyttä-  
 jän ja tietokoneen välillä kaarnakuoriaistuhon asiantun-  
 tuntijajärjestelmän käyttäjäliitynnässä.

## ASiantuntijajärjestelmiä Suomen metsätalouteen

Metsätalouden päätöksentekijä kohtaa usein tilanteita, joissa hän ei ole asiantuntija; hyvä esimerkki tästä on metsätuhojen torjunta. Myös "normaalien" metsätaloudellisten toimien palaute tulee usein vasta vuosikymmenten kuluttua, joten asiantunte-  
muksen kehittyminen on hidasta. Jo DSS:n olemassaolo parantaisi päätösten laatua, mutta vasta ES:t helpottaisivat päätöksente-  
tekoa alueilla, jotka ovat käyttäjän kokemuksen rajoilla.

Asiantuntijajärjestelmän teko on tutkijalle äärimmäisen haas-  
tava työkenttä. Lopputuote ei tällöin ole vain julkaisu (jota ei ehkä lue kuin kourallinen muita asiantuntijoita) vaan myös toimiva järjestelmä, joka luo uudenlaisen yhteyden tutkimuksen ja käytännön välille. Tutkimusten käyttöarvo kasvaisi ja tut-  
kimus ohjautuisi automaattisesti relevantteihin kysymyksiin. ES:ää rakennettaessa tieto on mallitettava, mallit validoitava ja liitettävä yhteen sekä kehitettävä säännöt, joilla järjes-  
telmä toimii. Merkittävää ES:ssä on se, että mallit voivat olla usein vain laadullisia, jos (sitä) niin (tätä (todennäköisyy-  
dellä P)), ja näin ollen helppoja konstruoida.

Jotta laajamittainen DSS:n ja ES:n kehittäminen olisi mahdol-  
lista ja perusteltua, eräiden edellytysten on oltava voimassa:

- 1) Tietokoneen käyttömahdollisuus on taattava jokaiselle metsäalan päätöksentekijälle, ja heidän on oltava myös valmiita käyttämään niitä.
- 2) Maahan on luotava yhtenäinen metsätietokoneiden verkko, jotta tarvittaessa pääsee yhteyteen vaikka toisella puo-  
lella Suomea olevaan koneeseen, jossa tarvittava järjes-  
telmä sijaitsee. Erillisiin mikrotietokoneisiin ei pelkäs-  
tään voi nojautua, sillä po. järjestelmät tarvitsevat usein suuria tietokantoja.
- 3) Metsätalouden tietokantajärjestelmä on toteutettava ja mallien tulisi hyödyntää kuviotietojärjestelmän tietoja, jotta päästään ongelmien tapauskohtaiseen ratkaisuun kaava-  
maisten käsittelyjen asemesta.

- 4) Tutkimuksen tulisi suuntautua entistä enemmän mallittamiseen.
- 5) On korkea aika investoida tutkimuksen tietokoneisiin siinä määrin kuin mikä niiden merkitys vaatii. Tietokone on jo nyt tärkein tutkimusväline, ja lähitulevaisuudessa se sisältää myös tutkimuksen loppusuoritteet.

#### KIRJALLISUUS

- HAYES-ROTH, F., WATERMAN, D.A. & LENAT, D.B. (eds.) 1983. Building expert systems. 444 pp. Addison Wesley Publ. Company, Reading, Massachusetts.
- KILKKI, P., OJANSUU, R., PUKKALA, T. & SIITONEN, M. 1984. Tietokone avuksi uudistamiskohteen ja menetelmän valintaan. MELA simuloi metsän eri käsittelyvaihtoehtoja. Metsä ja Puu 9:22-29.
- PARVIAINEN, J., RUOTSALAINEN, M. & SOKKANEN, S. 1984. Metsänviljelyn toimenpideketjuja vertaileva laskentaohjelma "VILJO". MTT 134:1-66. Joensuu.
- RYKIEL, E.J., SAUNDERS, M.C., WAGNER, T.L., LOH, D.K., TURNBOW, R.H., HU, L.C., PULLEY, P.E. & COULSON, R.N. 1984. Computer-aided decision making and information accessing in pest management systems, with emphasis on the southern pine beetle (Coleoptera: Scolytidae). FORUM: J. Econ. Entomol. 77: 1073-1082.
- SPRAGUE, R.H. Jr. (ed.) 1980. Selected papers on decision support systems from the 13th Hawaii International Conference on Systems Sciences. Data Base 12:1-75.
- TURNBOW, R.H., COULSON, R.N., HU, L. & BILLINGS, R.F. 1982. Procedural guide for using the interactive version of the TAMBEETLE model of southern pine beetle population and spot dynamics. Texas Agr. Exp. Stat. MP-1518:1-24.
- TURNBOW, R.H., HU, L.C., RYKIEL, E.J., COULSON, R.N. & LOH, D. 1983. Procedural guide for FERRET, the question analysis routine of the decision support system for southern pine beetle management. Texas Agr. Exp. Stat. MP-1533: 1-21.

## HAVUKIRVOJEN MASSAESIINTYMISEN VAIKUTUS ERÄISSÄ PUULAJIKOKEISSA

Hely Häggman ja Matti Rousi

### JOHDANTO

Havukirvat ovat tyypillisiä havupuiden asukkaita. Niitä tava-  
taan tavallisessa kuusessa, jalokuusessa, lehtikuusessa, män-  
nyssä ym. Yleensä ne ovat ravintokasvia vaihtavia lajeja,  
joiden toiset sukupolvet elävät toisessa ja toiset toisessa  
havupuulajissa. Kuusessa ne jotenkin säännöllisesti aiheutta-  
vat oksiin isoja käpymäisiä tai marjamaisia äkämämuodostumia.  
Muissa puissa ne eivät aikaansaa tällaista, mutta imevät  
nesteitä sekä oksista että neulasista, jotka viimeksimainitut  
usein kellastuvat. Muutamat esiintyvät myös suurin joukoin  
runkojen pinnalla (Saalas 1949).

Eniten kirjallisuustietoja on olemassa isosta havukirvasta  
Adelges (= Sacciphantes = Chermes) abietis -lajin esiintymi-  
sestä, biologiasta ja torjunnasta (Ewert 1967, Löyttyniemi  
1971, Thalenhorst 1972 ym.). Vähemmän tietoja taas on saata-  
vissa muista Adelges-suvun havukirvoista kuten A. viridiksesta  
(pieni havukirva), A. lapponicuksesta tai A. tarduksesta.  
Näistä Suomessa on tähän mennessä tavattu A. abietis, A. viridis  
ja A. tardus, A. lapponicusta taas muissa pohjoismaissa ja  
Neuvostoliitossa. Löyttyniemi (1971) tosin mainitsee, että  
"Adelges äkämiä" esiintyi pohjoisempana kuin isoa havukirvaa  
aina kuusen pohjoisimmalle levinneisyysrajalle asti, mutta  
tarkempaa lajin määrittystä ei kuitenkaan tuolloin tehty.

Syksyllä 1983 havaittiin eräissä Metsäntutkimuslaitoksen kuusi-  
kokeissa esiintyvän runsaasti kirvojen aiheuttamia äkämiä.  
Tällöin ryhdyttiin selvittelemään, mistä havukirvalajista on  
kyse, mikä on kirvojen vaikutus näissä kokeissa ja kirvatuho-  
alueen laajuutta. Myöhemmin tutkimusta jatkettiin tämän herbi-  
vorisuhteen tarkemmalla tutkimisella.

## MATERIAALI JA MENETELMÄT

Tutkimuksessa tarkasteltiin lähemmin kolmea Metsäntutkimuslaitoksen metsänjalostuksen tutkimusosaston koetta Kolarin Tappikummussa (lat. 67°12', long. 23°48'), joissa kesän -83 aikana oli havaittavissa runsas havukirvaesiintymä.

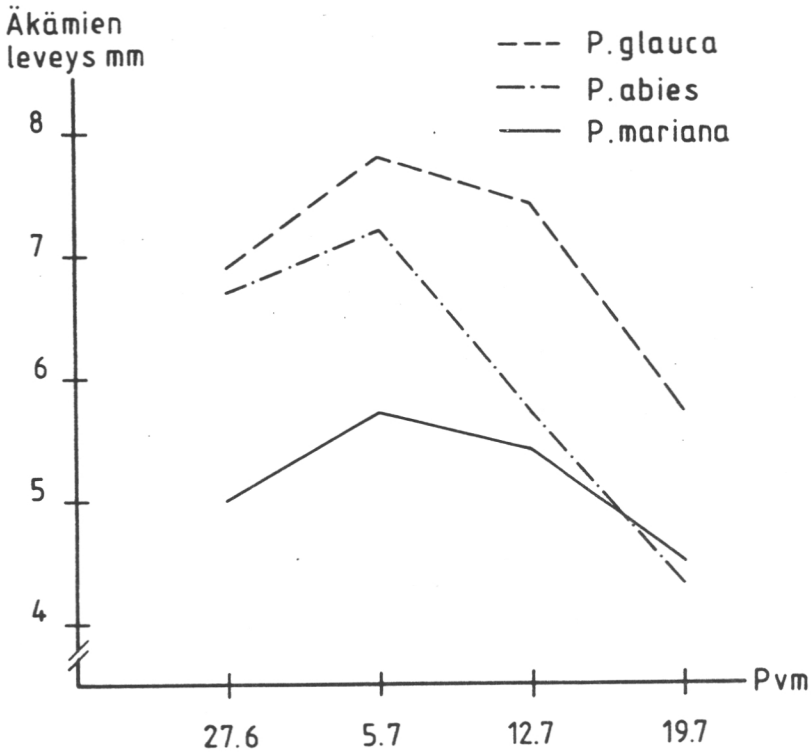
Kokeet 444, 475 ja 457 perustettiin vuosina 1973, -72 ja -71 kaksi-, kolmi- ja nelivuotiailla taimilla. Koe 457 käsittää 19 pohjoissuomalaista kuusiristeytyseriä, koe 475 38 eri kuusialkuperää (Pohjois-Ruotsista Puolaan) ja koe 444 7 mustakuusi- ja 3 valkokuusialkuperää.

Näistä kokeista mitattiin puiden pituus ja elävyysprosentti. Oksanäytteistä määritettiin vuosikasvaimen pituus sekä laskettiin äkämien määrä ja kesällä -84 seurattiin äkämän kehitysaikataulua lajin määrittämiseksi.

Kirvojen levinneisyyttä tutkittiin inventoimalla Kolarin ympäristöstä eri-ikäisiä kuusimetsiköitä. Kustakin metsiköstä valittiin sattumanvaraisesti n. 50 puuta, joista tarkasteltiin lähemmin 3 - 5 oksaa, joiden perusteella äkämien määrä arvioitiin: - = äkämia ei havaittavissa, + = äkämia vähän, ++ = äkämia keskinkertaisesti ja +++ = äkämia paljon.

## TULOKSET

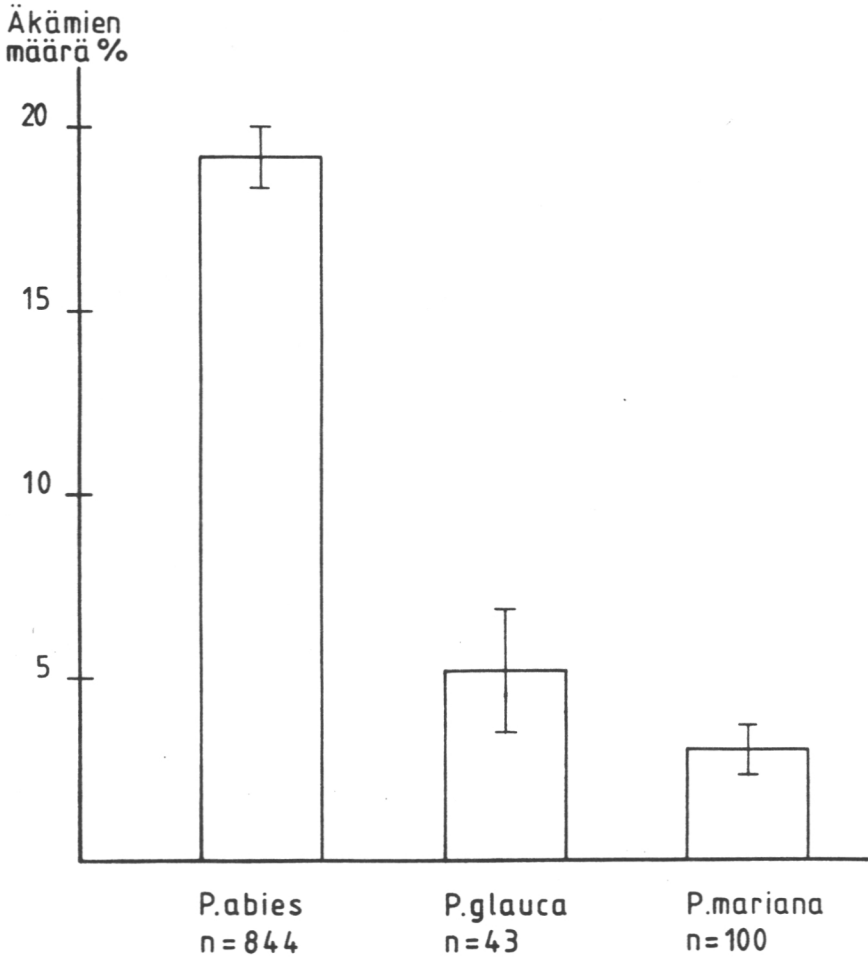
Morfologisesti äkämät kehittyvät verson tyven ympärille tai enemmän tai vähemmän toispuolisesti. Mikäli äkämät ympäröivät verson tyveä, verso usein kuolee. Mikäli ne taas ovat toispuolisesti sijoittuneina, niin vastakkainen puoli kasvaa enemmän ja versoon muodostuu jopa 90° kulma.



Kuva 1. Äkämien leveyden muutokset kesäkuun lopulta heinäkuun puoleenväliin. *P. abies*ksella  $n = 45$ , *P. mariana*lla ja *P. glauca*lla  $n = 18$ .

Äkämien kehitystä seurattiin kesäkuun puolesta välistä heinäkuun puoleenväliin ja kuten kuvasta 1 käy ilmi, äkämät olivat suurimmillaan heinäkuun alkupäivinä. Tällöin äkämät aukenivat ja lähinnä soluseinien puutumisesta ja veden haihtumisesta johtuen niiden koko alkoi pienetä.

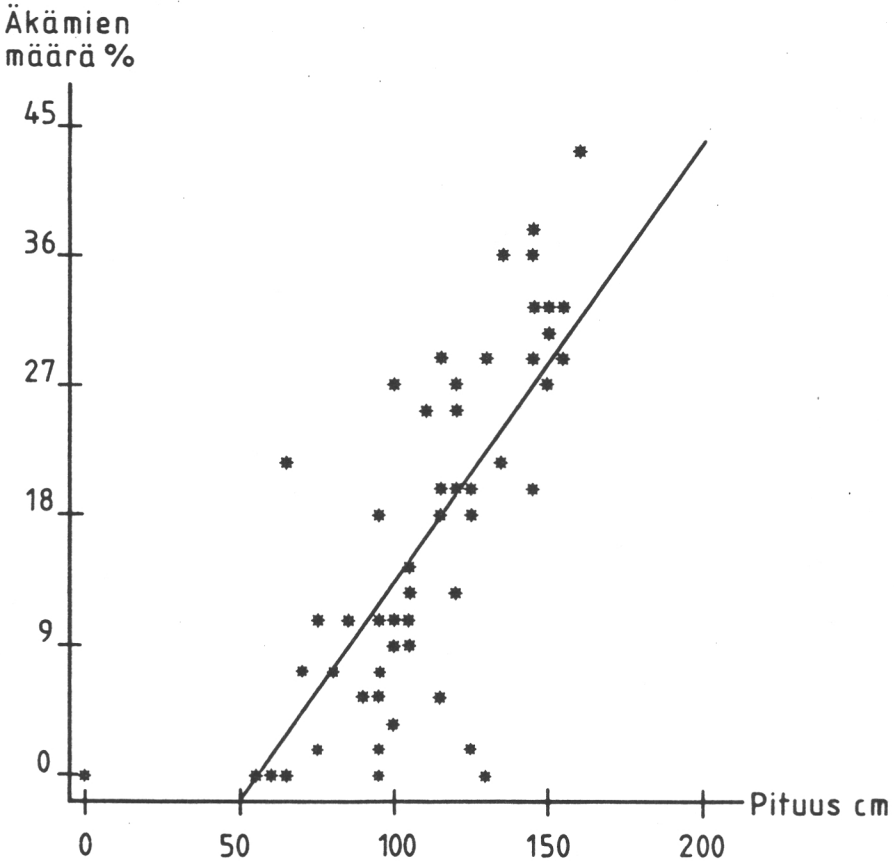
Kirjallisuustietojen perusteella *Adelges lapponicus* -lajin äkämä kypsyy kesä-(heinä)kuussa (esim. Gabrid 1983) ja mitä todennäköisemmin onkin kyseessä juuri tämä laji. Äkämien kehitysaikataulu oli kaikilla kolmella puulajilla sama ja kaikissa tapauksissa onkin ollut kyse samasta kirvalajista. Parhaillaan on kuitenkin tekeillä kirvapreparaatteja lajimäärityksen varmentamiseksi.



Kuva 2. Eri kuusilajien välillä havaittiin tilastollisesti merkitseviä eroja äkämien määrässä ( $F = 29,86$ ,  $p < 0.0000$ ).

Tutkittujen kuusilajien välillä havaittiin huomattavia eroja äkämien prosentuaalisessa määrässä ( $F = 29.86$ ,  $p < 0.0000$ ). Kuten kuvasta 2 ilmenee, resistentein kirvatuhoilille oli mustakuusi ja herkin taas tavallinen kuusi, jonka silmuista keskimäärin 20 % oli vahingoittuneita. Tavallisista kuusista halutuimpia olivat pisimmät ja parhaiten sopeutuneimmat alkuperät.

Selvä korrelaatio voitiin näet havaita puun pituuden ja äkämien välillä ( $R = 0.528$ ,  $T = 3.681$ ,  $p = 0.0008$ , ks. kuva 3) sekä äkämien määrän ja elävyysprosentin välillä ( $R = 0.757$ ,  $T = 6.86$ ,  $p < 0.0000$ ). Sen sijaan oksanäytteissä edellisten vuosikasvain-ten pituudella ja äkämien määrän välillä ei ollut korrelaatiota.



Kuva 3. Positiivinen korrelaatio puiden pituuden ja äkämien prosentuaalisen määrän välillä eri kuusi (*P. abies*) alkuperissä ( $R = 0.528$ ,  $T = 3.681$ ,  $p = 0.0008$ ).

Tutkittaessa kirvaesiintymän laajuutta Kolarin ympäristössä, havaittiin, että jokaisessa tutkituista 24 metsiköstä oli samanlaisia äkämiä löydettävissä.

Taulukko 1. Kirvaesiintymän laajuus Kolarin ympäristössä.

	Äkämien määrä %				Tutkittuja puita kpl
	Ei	Vähän	Keskink.	Paljon	
Vanhat metsät					
100 v., 7 kpl	18	38	26	19	387
Nuoret metsät					
50 v., 4 kpl	20	40	23	17	185
Taimistot					
20 v., 13 kpl	40	22	28	11	600

Prosentuaalisesti eniten terveitä yksilöitä oli taimistoissa (40 %). Keskimäärin jakauma eri ikäisissä metsiköissä osoittaa, että 60 % puista oli terveitä tai vain vähän kirvojen runtele-  
mia ja 40 %:ssa taas oli runsaasti äkämiä.

#### TARKASTELUA

Äkämän kehitysaikatauluun perustuen kyseessä on siis ennen Suomessa tunnistamaton havukirvalaji *Adelges lapponicus* Chol. Koska lajia on aikaisemmin tavattu sekä muissa Pohjoismaissa että Neuvostoliitossa, tuntuisi varsin todennäköiseltä, että lajimääritys pitää paikkansa. Kirjallisuudessa tämän havukirvalajin on todettu aiheuttavan äkämiä seuraaville kuusilajeille (Gabrid 1983): *Picea abies*, *P. obovata*, *P. schrenkiana*, *P. pungens*, *P. canadensis* ja *P. jezoensis*, joten tässä tutkimuksessa havaitut mustakuusi ja valkokuusi ovat ko. kirvan uusia ennen havaitsemattomia ravintokasvilajeja.

Kirvojen vahingollinen vaikutus perustuu silmujen vahingoittamiseen ja tästä johtuen neulasmassan vähenemiseen. Toisaalta äkämien koosta ja morfologisesta kehityksestä riippuen verso joko kuolee tai versoon muodostuu eriasteisia kulmia aiheuttaen latvuksen runtelun.

Useiden kasvissyöjien on todettu valitsevan huonosti sopeutuneita ja huonokasvuisia kasveja. Tällöin kasvissyöjien valinta perustuu ilmeisesti kasvin hatallisten aineiden välttämiseen. Tulostemme mukaan kirvat kuitenkin valitsevat pisimmät ja parhaiten elossa olevat kuusialkuperät. Tämä poikkeavuus kasvissyöjien yleisestä käyttäytymisestä johtunee siitä, että kirvat hyödyntävät kuusten neulasista juuriin suuntautuvia energia-  
virtoja. Useimmiten kasvissyöjille haitalliset aineet ovat haitallisia myös kasvin omalle aineenvaihdunnalle (McKey 1979, Rhoades 1979). Tässä tapauksessa on ilmeistä, että kirvojen imennästä aiheutunut haitta on pienempi kuin olisi vasta-aineiden muodostamisesta aiheutunut haitta kasville. Todennäköisesti siis parhaiten sopeutuneet kuusialkuperät sisältävät joitain kirvoille positiivisia tekijöitä ja huolimatta kirvojen suuresta populaatiotiheydestä hyvin sopeutuneet puut jäävät suhteellisen hyvään kuntoon eikä niiden kannata puolustautua kirvoja vastaan.

Kirvojen levinneisyyskartoitus Kolarin ympäristössä osoitti, että laji on varsin yleinen (lisäksi tietoja tällaisista äkämistä on eri puolilta Lappia), joskaan metsätaloudelliselta kannalta ei ehkä merkityksellinen. Kuitenkin kirvojen runsas esiintyminen merkittävässä kokeissa voi antaa aiheen niiden torjuntaan.

#### KIRJALLISUUS

- EWERT, J-P. 1967. Untersuchungen über die Orientierung der Alatae von *Sacciphantes* (*Chermes*) *abietis* (L.) auf Galle und Trieb. Zool. Beitr. 13:1-27.
- GABRID, N.V. 1983. A contribution to the biology of *Adelges lapponicus* Chol. - the early pine aphid. Entomologicheskije Issledovaniya v Kirgizii 14:116-122.
- LÖYTTYNIEMI, K. 1971. On the occurrence of *Physokermes* Targ. species (Hom., Lecaniidae) and *Sacciphantes abietis* L. (Hom., Adelgidae) on various local races of *Picea abies* in Finland. Ann. Ent. Fenn. 37:60-64.

- McKEY, D. 1979. The distribution of secondary compounds within plants. Teoksessa: Rosenthal, G.A. & Janzen, D.H. (toim.) Herbivores. Their interaction with secondary plant metabolites. Academic Press Inc. New York. ss. 55-133.
- RHOADES, D.F. 1979. Evolution of plant chemical defense against herbivores. Teoksessa: Rosenthal, G.A. & Janzen, D.H. (toim.) Herbivores. Their interaction with secondary plant metabolites. Academic Press Inc. New Yor, ss. 1-54.
- SAALAS, U. 1949. Suomen metsähyönteiset sekä muut metsälle vahingolliset ja hyödylliset eläimet. Porvoo, Helsinki, WSOY, ss. 174-181.
- THALENHORST, W. 1972. Zur Frage der Resistenz der Fichte gegen die Gallenlaus *Sacciphantes abietis* (L.). z. Angew. Ent. 71:225-249.

## HARMAAKARISTEEN VAIKUTUS MÄNNYN KASVUUN

Risto Jalkanen

Harmaakariste on 1980-luvulla ollut yleinen männyn sienitauti eteläisessä Lapissa (Jalkanen 1984). Esiintyminen Pohjois-Suomessa kuuluu pitkäaikaiseen epidemiaan, joka alkoi Etelä-Suomessa jo v. 1976 (Jalkanen 1979). Ensimmäiset pohjoissuomalaiset harmaakaristeiset männyt todettiin v. 1979.

Pahinta tuhoa harmaakariste on tehnyt 10-30 -vuotiaissa sulkeutuvissa mäntytaimikoissa viljavalla maapohjalla. Ankarimmat tuhot on todettu peltoviljelyksillä. Metsämaalla ne ovat keskittyneet tuoreille tai sitä paremmille kasvupaikkatyypeille (Jalkanen 1985). Ankarassa tuhossa lähes kaikki metsikön puut sairastuvat. Syyksi poikkeuksellisen suureen harmaakaristealttiuteen on arveltu viljavan maapohjan ravinteisuutta, joka vääristää puussa eri ravinteiden suhteita niin, että puut katoavat luontaisen harmaakaristeen kestävyytensä (Kurkela ja Jalkanen 1981).

Harmaakariste tuhoaa vain uusinta neulastoa. Vuotta vanhemmat neulaset eivät enää sairastu tähän tautiin. Ankarakaan yhden vuoden mittainen epidemia ei vaikuta merkittävästi puun kasvuun. Mutta jos tauti vaivaa puuta vuosikausia, kuten yleisesti käy (Jalkanen 1985), puu menettää suuren osan (yhteyttämisen kannalta) tärkeimpiä neulasiaan. Tämän seurauksena kasvu taantuu. Harmaakariste ei tapa mäntyä, eivätkä neulasmenetykset näytä johtavan kovin helposti seurannaistuhoihin ja mahdollisesti sitä kautta puiden kuolemaan. - Enemmän tietoa harmaakaristeesta löytyy julkaisusta 'Harmaakariste männyllä' (Jalkanen 1981).

## AINEISTO

Kasvutappioita tutkittiin 4 515 männyn taimikossa Halkivahassa eteläisessä Hämeessä. Harmaakariste-epidemian puhjetessa pelto-  
viljelyksessä kesällä 1977 puiden keskipituus oli lähes 4,5 m. Metsikkö oli perustettu kesällä 1963.

Harmaakariste oli Halkivahassa 5 vuotta. Pahoja vuosia olivat kolme keskimmäistä (1978-80). Kaikille metsikön puille määritettiin harmaakaristeisuus vuosittain aina metsikön tervehtymiseen asti. Puu luokiteltiin terveeksi (sairausluokka 1), lievästi sairastuneeksi (uudesta neulaskerrasta tuhoutunut 1-33 %, sairausluokka 2), keskimertaisesti sairastuneeksi (34-66 %, sl. 3) tai ankarasti sairastuneeksi (67-100 %, sl. 4). Keskimäärin kolmena ankarana harmaakaristevuonna metsikön männyt jakaantuivat sairausluokkiin 1, 2, 3 ja 4 luvuin 23,7, 57,9, 11,7 ja 6,7 % (taulukko 1).

Taulukko 1. Harmaakaristeisten puiden osuus eri sairausluokissa Halkivahassa 5-vuotisen epidemian aikana.

Vuosi	S a i r a u s l u o k k a				Yhteensä
	1	2	3	4	
	P u i t a, %				
1976	100,0				100,0
1977	17,3	77,2	4,0	2,5	100,0
1978	21,5	64,6	8,8	5,1	100,0
1979	25,5	54,8	12,2	7,4	100,0
1980	24,2	54,2	14,0	7,6	100,0
1981	96,6	3,4			100,0
1982	100,0				100,0

Harmaakaristeen kasvuvaikutuksien määrittämiseksi Halkivahan metsiköstä hakattiin syyskesällä 1982 yhteensä 229 koepuuta, jotka valittiin systemaattisesti (joka n:s ehdot täyttävä puu

sl:ssa 1-2 ja kaikki ehdot täyttävät puut sl:ssa 3-4). Päävalintakriteerinä oli puun kuuluminen sairausluokkaansa kaikkina ankaran epidemian vuosina. Esim. luokkaan 4 kuuluva puu menetti nuorimmista neulasistaan vähintään 2/3 jakson 1978-80 jokaisena vuotena.

Koepuun tuli olla naapuripuiden mittainen eikä se saanut olla reunapuu, aukealla tai täystiheikössä. Nämä puun kokoa ja sijaintia koskevat muuttujat määritettiin jo ensimmäisen (1977) harmaakariste-epidemian inventoinnin yhteydessä, ei siis puiden hakkuun yhteydessä v. 1982. Puun tuli olla myös vailla vikanaisuuksia, esim. ranganvaihtoa, joiden on osoitettu hidastavan pituuskehitystä (Jalkanen ja Kurkela 1984).

Koepuista sahattiin kiekot kannon-, 0,5 m:n, rinnan-, 2,0 m:n ja sen yläpuolella joka parillisen metrin korkeudelta. Puut kuutioitiin pätkittäin katkaistuina kartioina. Kasvumenetykset laskettiin terveiden ja sairaiden puiden epidemiaa edeltäneiden ja terveiden puiden epidemian aikaisten kasvujen avulla.

#### TULOKSET

Harmaakariste vaikutti voimakkaasti mäntyjen kasvuun. Kasvu taantui sitä enemmän, mitä sairaampi puu oli ollut. Kaikista suurimmat tappiot mitattiin ankarasti sairastuneista puista (sairausluokka 4). Terveiden ja lievästi sairaiden (neulasmenetyks alle 1/3) puiden kasvukäyrissä ei ollut merkittävää eroa.

Kasvu alkoi taantua sitä selvemmin (= jyrkemmin ja aikaisemmin), mitä ankarammin puu oli sairastunut. Myös taudista toipuminen alkoi nopeasti ja ensimmäiseksi ankarasti sairastuneilla puilla ja hitaasti lievästi sairastuneilla männyillä.

Puut sairastuivat sitä ankarammin, mitä paremmin puut olivat kasvaneet ennen harmaakariste-epidemian puhkeamista. Parhaiten tämä ilmeni tilavuuskasvun osalta ja huonoiten pituuskasvun

kohdalla, molempien osalta kuitenkin tilastollisesti merkitsevästi. Ankarasti sairastuneiden puiden tilavuuden kehitys oli muista poikkeava jo lähes kymmenen vuoden ajan ennen epidemiaa (kuva 1).

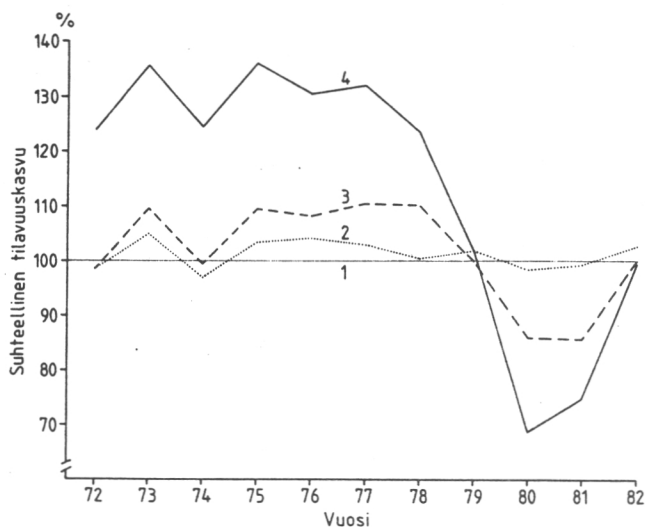
Enin osa tilavuuskasvun taantumasta johtui menetyksistä sädekasvussa. Pituuskehityksen merkitys oli vähäinen, joskin tilastollisesti merkitsevä ankarasti sairastuneilla puilla. Terveiden puiden kehitykseen (100 %) verrattuna ankarasti sairaiden puiden pituuskasvu putosi epidemiaa edeltävän parhaan vuoden (1975) 107,6 %:sta voimakkaimman taantumavuoden 1981 tasoon 80,2 %. Vastaava sädekasvun muutos oli 64,7 ja tilavuuden muutos 67,2 %-yksikköä. Sädekasvu putosi alimmillaan 56,8 %:iin ja tilavuuskasvu 69,0 %:iin terveiden tasosta (v. 1980).

Epidemian ajalle laskettujen kasvujen ja mitattujen, todellisten kasvujen avulla saatiin absoluuttiset ja suhteelliset kasvutappiot. Ankarasti sairastuneilla puilla vuosien 1978-82 pituuskasvusta menetettiin 14,5 %, sädekasvusta 26,0 % ja tilavuuskasvusta 28,8. % (taulukko 2).

Halkivahan metsikön elinaikana (20 vuotta) ankarasti sairaat puut menettivät pituudestaan 5,2 %, paksuudestaan 6,7 % ja tilavuudestaan 16,4 %.

Koko metsikön kaikki puut huomioon ottaen ja vuosien 1978-80 keskimääräisten sairausluokkaosuuksien perusteella suhteelliset (%) kasvumenetykset epidemian aikana (1978-82) ja koko elinaikana (20 vuotta) olivat seuraavat:

	Vuosina 1978-82	20 vuodessa
Pituuskasvussa	2,4	0,9
Sädekasvussa	5,8	1,6
Tilavuuskasvussa	3,8	2,2



Kuva 1. Harmaakaristeen vaikutus männyn vuotuiseen suhteelliseen tilavuuskasvuun sairausluokittain. Harmaakariste-epidemia alkoi v. 1977 ja päättyi v. 1981, jolloin vain muutamia puita oli lievästi sairaana.

Taulukko 2. Menetykset harmaakariste-epidemian aikaisesta kasvusta Halkivahan metsikössä sairausluokittain ja kasvulajeittain.

Sairausluokka	Kasvu vuosina 1978-82		Kasvutappio	
	Laskettu	Mitattu	Absol.	Suhteell.
	Pituuskasvu, m			%
1	2,767	2,767	0,000	0,0
2	2,795	2,765	0,030	1,1
3	2,878	2,681	0,197	6,8
4	2,905	2,483	0,422	14,5
	Sädekasvu, mm			
1	12,81	12,81	0,00	0,0
2	13,20	12,51	0,69	5,2
3	13,19	11,94	1,25	9,5
4	14,35	10,62	3,73	26,0
	Tilavuuskasvu dm <sup>3</sup>			
1	23,404	23,404	0,000	0,0
2	23,872	23,514	0,358	1,5
3	24,574	22,464	2,110	8,6
4	30,425	21,668	8,757	28,8

Harmaakariste tasoitti eri sairausluokkien puiden välillä olleita kokoeroja. Viimeisenä mittausvuonna 1982 eri sairausluokkien keskipituuksien, -läpimittojen ja -tilavuuksien väliset ennen sairautta todetut tilastolliset erot olivat kadonneet. Pituuskehityksessään eniten taantuneet ankarasti sairastuneet puut kehittyivät tyvekkäämmiksi kuin muiden luokkien puut.

#### TULOSTEN TARKASTELU

Harmaakaristeen yleisyyttä ja esiintymistä koskevan selvityksen (Jalkanen 1985) ja nyt saatujen tulosten perusteella harmaakariste on aiheuttanut 1970- ja 80-luvuilla huomattavia kasvutappioita suomalaisissa mäntytaimikoissa. Menetykset kohoavat lähelle keskinkertaisesti tai ankarasti sairaiden puiden kasvutappiolukuja, siis esim. tilavuuden menetyksiä 10-30 %. Kun useimmissa ankarissa taimikon sairastumisissa metsiköt ovat olleet huomattavasti nuorempia ja lyhyempiä kuin koemetsikkö, niin koko senhetkisellem elinajalle lasketut kasvun menetykset ovat huomattavasti suurempia kuin koemetsiköstä esim. tilavuudelle laskettu 16,4 %. Esimerkiksi skotlantilaisessa mustamännikössä ankarasti sairaiden puiden tilavuus epidemian päätyttyä oli 59 % pienempi kuin terveiden (Mitchell ym. 1976).

Jo yleisesti tunnettua on, että neulasmenetykset näkyvät selvemmin paksuus- kuin pituuskasvussa. Vain ankarimmissa harmaakaristetapauksissa pituuskasvu taantuu tilastollisesti merkittävästi. Sen sijaan latvakasvain jää selvästi terveiden puiden kasvaimia ohuemmiksi. Harmaakariste näyttää muokkaavan runkomuotoja varsin merkittävästi.

Tulokset osoittivat selvästi, että ennen harmaakariste-epidemiaa parhaiten kasvaneet puut sairastuivat ankarimmin. Saman suuntaisia tuloksia on saatu myös männynversoruosteen (Jalkanen ja Kurkela 1984) ja tyvitervastaudin (Kurkela ym. 1978) osalta. Tämä lisääkin tarvetta tutkia, miten vakavia seurauksia mäntyjen kasvua lisäävillä toimenpiteillä tai kasvua muuten

parantavilla tekijöillä on männyn taudinkestävyyteen. Parempi kasvu lienee syynä myös tuoreilla kankailla tai sitä paremilla mailla todettuun (Jalkanen 1985) harmaakaristeen yleisyyteen. Lisätutkimuksia kaivataan tekijöistä, jotka kasvun parantuessa muuttuvat lisäten männyn alttiutta harmaakaristeelle. Tällaiset yhteydet tulisi ottaa laajemminkin tutkittavaksi, jotta tautien ennalta ehkäisy tulisi nykyistä paremmin otetuksi huomioon esim. puulajia valittaessa.

#### KIRJALLISUUS

- JALKANEN, R. 1979. Harmaakariste vaivaa männyntaimistoja. *Metsä ja puu* 6-7:34-35.
- " 1981. Harmaakariste männyllä. Kirjallisuuskatsaus. Abstract: *Lophodermella sulcigena* on pines. A literature review. *Folia For.* 476:1-15, 5 värik.
- " 1984. Harmaakariste leviää Lapin metsissä. *Lapin Kansa* 27.9.1984.
- " 1985. The occurrence and importance of *Lophodermella sulcigena* and *Hendersonia acicola* on Scots pine in Finland. Käsikirjoitus.
- " & KURKELA, T. 1984. Männynversoruosteen aiheuttamat vauriot ja varhaiset pituuskasvutappiot. Summary: Damage and early height growth losses caused by *Melampsora pinitorqua* on Scots pine. *Folia For.* 587:1-15.
- KURKELA, T. & JALKANEN, R. 1981. Deformations and susceptibility of pine needles to *Lophodermella sulcigena* resulting from imbalanced nutrient status. Teoksessa: MILLAR, C. (toim.). Current research on conifer needle diseases. Proc. IUFRO W.P. on Needle Diseases, Sarajevo 1980, 113 s.; s. 37-41.
- KURKELA, T., NIKKANEN, O. & KUKKONEN, H. 1978. Tyvitervaksen (maannousemasiemen) aiheuttamat kasvutappiot männikössä. *Metsä ja Puu* 10:33-35.
- MITCHELL, C., MILLAR, C. & HAWORTH, M. 1976. Effect of the needle-cast fungus *Lophodermella sulcigena* on growth of Corsican pine. *Forestry* 49:153-158.

## MÄNNYN NEULASTEN TALVIVÄRI

Juhani Häggman

## JOHDANTO

Männyn (*Pinus sylvestris* L.) neulasissa esiintyy kahdentyyppistä talviväriä. Ne, jotka ovat taimien kanssa tekemisissä, tietävät, että yksivuotiailla taimilla esiintyy punaruskeaa talviväriä. Punaruskea väriaine on antosyaania ja väriaine kehittyy syksyllä ylimääräisistä sokerivarastoista alhaisten lämpötilojen vaikutuksesta. Ilmiö on täysin vastaava kuin lehtipuiden ruskaantumisessa muodostuvien punaisten väriaineiden syntyminen. Tämä taimien talviväri on merkinä siitä, että kyseiset taimet ovat karastuneita, eikä kuten aikaisemmin luultiin, huonokuntoisia. Antosyaanivärjäys tavataan vain yksivuotiailla taimilla, tosin poikkeustapauksissa erilaisten stressitilanteiden vallitessa sitä saattaa esiintyä myöskin 2-vuotiailla taimilla. Tätä taimien talviväriä tutkitaan Metsäntutkimuslaitoksen Suonenjoen tutkimusasemalla, joten en tässä yhteydessä käsittele sitä sen enempää.

Tässä kirjoituksessa tarkastellaan tarkemmin toisentyyppistä talviväriä, joka lienee tuttu useimmille kevättalvella Pohjois-Suomen hankia hiihdelleille. Hiihtoretkillään moni on huomannut, että tietyllä alueella varsin huomattava osa nuorista männystä on kellastuneita. Tämä on se talviväri, jota tämä kirjoitus tarkemmin käsittelee.

## TALVIVÄRITUTKIMUKSEN HISTORIAA

Usein luullaan, ettei keltaista talviväriä ole juuri tutkittu tieteellisessä mielessä. Kun asiaan perehtyy tarkemmin, onkin mielenkiintoista havaita, että ensimmäinen kirjallinen kuvaus männyn talviväristä julkaistiin miltei 150 vuotta sitten. Vuonna 1837 Mohl esitti Florassa ilmestyneessä artikkelissaan tuloksia männyn talviväritutkimuksistaan. Artikkelissa kuvataan

hyvinkin tarkkaan neulasten kellastumista. Onpa mukana mikroskooppisia havaintoja viherhiukkasten käyttäytymisestä talviväriin yhteydessä.

Mohlin jälkeen lukuisat muutkin tutkijat ovat kiinnostuneet talviväristä ja saaneet selville runsaasti tietoa talviväriin kehittymisestä. Mohlin lisäksi voidaan talviväritutkijoista mainita mm. Kraus, Haberlandt, Zacharowa, Engler, Langlet, von Wettstein, Gerhold jne.

Saatiin mm. selville, että keltainen talviväri liittyy oleellisesti puiden maantieteelliseen alkuperään (Langlet 1942). Mitä pohjoisempi (mantereisempi) alkuperä, sitä voimakkaampi talviväri kehittyy. Näitä provenienssiväriä teki mm. ruotsalainen professori Olof Langlet, jonka ansiokkaat tutkimukset ajoituivat 1930- ja 1940-luvuille.

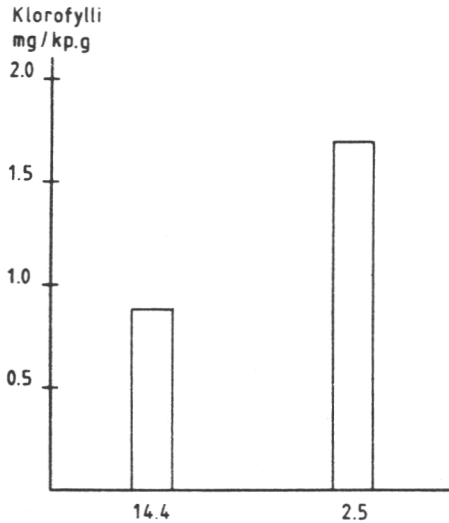
Mielenkiintoinen piirre männyn talviväriin tutkimuksessa on, että 1950-luvun jälkeen merkittävimmät tutkimukset on tehty Yhdysvalloissa, jossa meikäläinen mänty (*Pinus sylvestris* L.) ei ole luontainen puulaji. Asia selittyy kuitenkin sillä, että mänty on Yhdysvaltojen joulupuumarkkinoilla suosituin yksittäinen puulaji. Lähes 30 % myydyistä joulupuista on mäntyä (Päivänen 1971). Nämä männyt kasvatetaan suurilla joulupuufarmeilla. Kun huomattava osa joulupuista kellastui juuri ennen myyntisesonkia, ei ole ihme, että puufarmarien huolestuneisuus lisäsi tutkimuspainetta. Olihan kyseessä varsin huomattavat taloudelliset seikat. Näiden joulupuututkimusten tuloksena opittiin valitsemaan oikeat alkuperät, jotka säilyttävät syvänvihreän värinsä yli joulun. Mm. michiganilaiset farmarit viljelevät nykyisin alkuperiä, jotka ovat kotoisin Espanjasta, Ranskasta, Turkista ja Etelä-Venäjältä, kun taas skandinaviset alkuperät ovat kelvottomia joulupuiksi (Wright et al. 1976).

## TALVIVÄRIN FYSIOLOGIAA

Talviväristä tiedetään seuraavaa:

- Talviväri syntyy jo syksyllä.
- Se ei liity ravinnetalouden häiriöihin (Gerhold 1959 a).
- Se on perinnöllinen. Esiintyy nuorilla puilla, mutta ei vanhoilla. Esiintyy voimakkaimmin pohjoisilla (mantereisilla) alkuperillä (Langlet 1942).
- Talviväri kehittyy lyhyessä fotoperiodissa l. kun yön pituus ylittää syksyllä kriittisen kynnsarvon (Gerhold 1959 b).
- Talviväriin syntymiseen vaaditaan alhainen päivälämpötila. Yölämpötilalla ei ole merkitystä (Gerhold 1959 b). Tämän takia talviväri näkyy selvästi mm. soilla, koska siellä elo-syyskuussa on alhaisempi lämpötila kuin korkeammilla paikoilla.
- Talviväriin syntymiseen tarvitaan lisäksi voimakas valo (Gerhold 1959 b). Voimakkaan valon ansiosta talviväri syvenee kevättalvella ja on keltaisimmillaan paikoissa, joissa esiintyy voimakasta UV-säteilyä.
- Talviväri muuttuu vihreäksi muutamassa päivässä, jos puut saatetaan olosuhteisiin, joissa on riittävästi lämpöä ja valoa (kuva 1).

Männyn talviväriä on pidetty usein jonkinlaisena suojamekanismina. Tutkimustulosten valossa näyttää kuitenkin siltä, että kyseessä on pikemminkin talveentumiseen liittyvien prosessien sivutuote. Lyhyt fotoperiodi ja alhainen päivälämpötila hidastavat yhteyttämistä, jolloin voimakas valo saa aikaan lehti-vihreän osittaisen hajoamisen (Gerhold 1959 b).



Kuva 1. Talviväripuiden vihertyminen valossa ja lämpimässä. Ulkoa tuoduista neulasista on välittömästi määritetty lehtivihreä 14.4. ja määritys on uusittu 2.5., kun oksat ovat olleet n. 2 viikkoa sisällä.

#### TALVIVÄRI JALOSTUSTUTKIMUKSESSA

Eräässä Kolarin tutkimusaseman vuonna 1970 perustetussa mänty-istutuksessa havaittiin, että samaa maantieteellistä alkuperää olevista puista (Ålvsby, Ruotsi) osa kellastui täysin joka syksy, kun taas osa säilyi vihreinä koko talven. Puut merkatettiin ja niiden ikä on tällä hetkellä 16 vuotta.

Kun tiedettiin, että voimakas talviväri on merkki pohjoisiin olosuhteisiin sopeutumisesta ja Kolarin aseman eräs keskeinen jalostustehtävä on löytää menetelmiä, joiden avulla pystytään nopeasti valitsemaan suuria määriä Lappiin sopeutuneista puuyksilöitä metsänjalostuksen tarpeisiin, vaikutti talviväriin tutkiminen lupaavalta. Toisin sanoen, voitaisiinko talviväriä käyttää valintajalostuksen kenttämenetelmänä? Jalostuksen tarpeet Pohjois-Suomea ajatellen voidaan kiteyttää seuraavasti:

löytää Lappiin nopeakasvuisia, talven- ja taudinkestäviä puita. Tutkimusten tulosten perusteella voidaan päätellä, että talviväripuut täyttävät kaksi viimeksimainittua ominaisuutta (Langlet 1942). Nopeakasvuisuuden suhteen ne eivät kuitenkaan liene parhaasta päästä.

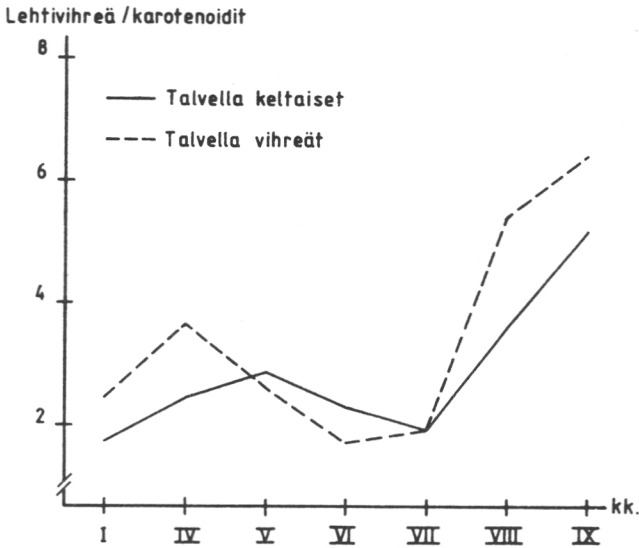
Taudinkestävydestä on joitakin Kolarissakin tehtyjä havaintoja. 1970-luvun loppupuolella Genangium-sieni, joka yleensä iskee Etelä-Suomessa kuolleeseen puutavaraan, tappoi tai vaurioitti huomattavan osan vihreistä puista, kun taas keltaiset puut säästyivät infektiolta.

Järjestelmällinen talviväriin tutkimus aloitettiin Kolarissa kuitenkin vasta vuonna 1983. Tutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa tutkittiin neulasten väriaineiden vuodenaikaista vaihtelua sekä talveksi kellastuvista puista että vihreinä säilyvistä puista. Puista kerättiin neulasnäytteitä kuukausittain ja neulasista määritettiin spektrofotometrisesti asetoniuutteesta lehtivihreä (klorofylli a ja b) sekä karotenoidiväriaineet (Holm 1954).

Kuvan 2 tuloksissa kellastuneisuusaste on ilmoitettu lehtivihreä/karotenoidi-suhteena (karotenoidit väriltään keltaisia ja punakeltaisia). Mitä pienempi em. suhdeluku on sitä keltaisimmilta neulaset näyttävät. Koska kuitenkin eri lehtivihreälajit poikkeavat hiemen toisistaan (klorofylli a = kellanvihreä, klorofylli b = sinivihreä) on myös lehtivihreän laadulla merkitystä kellastuneisuusasteeseen.

Tulokset osoittavat (kuva 2), että talviväriin kehittyminen alkaa Kolarissa elokuussa, jolloin kellastuvien puiden lehtivihreä/karotenoidisuhde (23.8.) alkaa pudota alemmaksi kuin vihreinä säilyvien. Kellastuminen korostuu kevättalven aikana, jolloin lisää lehtivihreää hajoaa voimakkaan valon vaikutuksesta. Talviväripuut alkavat vihertyä huhti-toukokuun vaihteessa ja toukokuun lopussa väriainesuhdeluku on jo samalla tasolla

kuin koko talven vihreinä säilyneiden puiden. Koska neulasten homogoinnissa havaittiin puutteellisuutta eri kuukausien välillä, ei kuvasta 2 tule tehdä johtopäätöksiä lehtivihreän ja karotenoidien absoluuttisista määristä eri kuukausien välillä. Kuvaajien ero samassa pisteessä on kuitenkin luotettava.



Kuva 2. Lehtivihreä/karotenoidi-suhde talveksi kellastuvissa ja vihreinä säilyvissä neulasissa eri vuodenaikoina (n = 6).

Ympäri vuoden vihreät puut sisältävät enemmän klorofylli b:tä kuin keltaiset, jolloin klorofylli b:n sinivihreä väri korostaa entisestäänkin näiden puiden neulasten vihreää ulkonäköä.

Täsmällisten väriainepitoisuuksien mittaaminen on kuitenkin työläs menetelmä, joka ei sinänsä sovellu nopeaksi massamenetelmäksi. Siksi tutkimuksen jatkossa pyritään kehittämään jonkinlainen värikartan avulla tapahtuva silmämääräinen arvioimismenetelmä, joka täyttää alkuperäisen tavoitteen: pystyä valitsemaan nopeasti suuria määriä materiaalia metsänjalostuksen tarpeisiin.

## KIRJALLISUUS

- GERHOLD, H.D. 1959 a. Seasonal variation of chloroplast pigments and nutrient elements in the needles of geographic races of Scotch pine. *Silvae Genet.* 8(4):113-123.
- " 1959 b. Seasonal discoloration of Scotch pine in relation to microclimatic factors. *For. Sci.* 5(4):333-343.
- HOLM, G. 1954. Chlorophyll mutations in barley. *Acta Agr. Scand.* 31:457-471.
- LANGLET, O. 1942. Några iakttagelser över vinterfärgningen hos tall, *Pinus silvestris* L. *Svensk Bot. Tidskr.* 36(2-3): 231-242.
- MOHL, H. 1837. Untersuchungen über die winterliche Färbung der Blätter. *Flora (Ger.)*:673-702, 705-716.
- PÄIVÄNEN, J. 1971. Joulupuiden keräily- ja viljelytaloudesta Minnesotassa. *Suo* 22(5):75-80.
- WRIGHT, J.W., LEMMIEN, W.A., BRIGHT, J.N., DAY, M.W. & SADJAK, R.L. 1976. Scotch pine varieties for Christmas tree and forest planting in Michigan. Research Report 293, Michigan State University, Agricultural Experiment Station, East Lansing, 15 s.

## METSÄNUUDISTAMISEN JA TAIMIKONHOIDON PERIAATTEET - LYHENNELMÄ TYÖRYHMÄN MIETINNÖSTÄ

Yrjö Norokorpi

Viime vuosina on paljon pohdittu metsänuudistamisen ja taimikonhoidon periaatteita. Metsäntutkimuslaitos päätti kartoittaa olemassa olevan tiedon määrää, tasoa sekä käyttökelpoisuutta nykytilanteessa ja samalla selvittää kiireisimpiä tutkimustarpeita. Useiden tutkijoiden työn tulokset koottiin suppeahkoksi raportiksi, joka julkaistiin erityisesti käytännön metsätalouden käyttöön (Virtanen ym. 1984). Tutkimuksen tehtävänä on tuottaa perusteita ja antaa viitteitä erilaisille ratkaisumalleille, joita tarvitaan metsätalouden suunnittelussa ja päätöksenteossa.

Raportin tarkastelukulmaksi otettiin yleisesti hyväksytty periaate, jonka mukaan maamme puuntuottamisen päätavoitteena on tuottaa kysyntää vastaavasti hyvälaatuista puuta taloudellisesti kannattavasti ja ekologisesti kestävällä pohjalla.

### UUDISTAMISMENETELMÄN VALINTA

Uudistamismenetelmän valinnassa päädyttiin periaatteessa nykyohjeissa esitetyille linjoille: Suositeltavinta on pyrkiä käyttämään luontaista uudistamista aina, kun on olemassa riittävät edellytykset sekä maaperän että puuston puolesta saada uudistusosalalle sille soveltuvien, taloudellisesti arvokkaiden puulajien muodostama täysituottoinen uusi puusukupolvi kohtuullisessa ajassa. Muussa tapauksessa käytetään viljelyä. Siinä ensisijainen menetelmä männyllä on kylvö, mikäli pintakasvillisuus ja maan routiminen eivät olennaisesti haittaa pienten taimien kehitystä ja siementä on käytettävissä. Muussa tapauksessa turvaudutaan istutukseen.

Uudistamismenetelmiä tulisi käyttää joustavasti hyväksi eri tilanteissa jopa samalla uudistusalalla. Käytännössä täystiheä taimikko syntyykin usein siten, että viljelytaimikko täydentyy luontaisesti, mutta myös luonnontaimikkoa voidaan täydentää viljelemällä.

Metsänviljelyllä ei voida lisätä puuntuotannon määrää, kun vertailukohtana pidetään samanikäistä hoidettua, luontaisesti syntynyttä metsikköä. Istutuskustannusten voimakas nousu, harvoina perustettavien männiköiden laatuongelmat ja taimien odotettua heikompi elossapysyminen vähentävät istutuksen kannattavuutta. Toisaalta luontaisen uudistamisen käyttökelpoisuus on parantunut, kun kehitettyjen maankäsittelymenetelmien avulla on voitu nopeuttaa ja parantaa taimettumista.

Metsänuudistamismenetelmän valintaa voidaan helpottaa laskentamalleilla, joilla vertaillaan toimenpideketjujen kustannuksia ja tuloksellisuutta. Metsänviljelymenetelmiä varten on jo laadittu laskentamalli. Luontaisen uudistamisen osalta sellainen on kehitteillä. Mallien käyttökelpoisuus paranee sitä mukaa kuin kokemukseräistä ja tutkittua tietoa saadaan lisää.

#### PUULAJIN VALINTA

Jokaisella kasvupaikalla on pyrittävä kasvattamaan tuottoisimpia puulajeja ekologiset ja liiketaloudelliset tekijät huomioon ottaen. Männyn viljely on aiheellista rajoittaa keskinkertaisille tuoreen kankaan ja sitä karummille kasvupaikoille. Viljavammilla mailla mänty kehittyy usein teknisesti huonolaatuisiksi. Kuusi ja rauduskoivu ovat viimeksi mainituilla kasvupaikoilla suositeltavampia.

Pohjois-Suomen lumituhoalueilla, jotka sijaitsevat yli 250 - 300 metrin korkeudella, kuusi on selvästi kestävin puulaji. Myös varsinaisten lumituhoalueiden alapuolella on vanhoja, maaperältään hienojakoisia kuusimaita, joilla on mahdollista kasvattaa vain kuusta ja koivua riippumatta maankäsittelystä.

Suometsissä puulaji on yleensä jo luontaisesti valikoitunut sopivaksi. Keskinertaisilla tai sitä paremmilla turvemaidella hieskoivikko ei jää jälkeen männikön kehityksestä alkuvaiheessa. Siten täystiheän koivikon kasvattaminen ainespuun mittoihin on perusteltua.

#### LUONTAINEN UUDISTAMINEN

Luontaisen uudistamisen käytön huomattavaan lisäämiseen nykyisestä on hyvät mahdollisuudet. Niukatkin siemensadot voidaan hyödyntää sopivan maankäsittelyn avulla. Männyllä ja kuusella on tyydyttävään luontaiseen uudistamiseen riittävä siemensato vähintään joka toinen vuosi pohjoisinta Lappia lukuunottamatta. Männyn siementä tulee kuitenkin jossain määrin lähes vuosittain metsänrajalle asti. Kävykeruun kannalta tarpeeksi hyviä siemensatoja saadaan Lapin oloissa vain kerran 10 - 15 vuodessa. Metsän taloudellisen kiertoajan ylittyminen ei merkitse puuston luontaisen uudistamismahdollisuuksien loppumista. Myös vanhan ja melko heikkokuntoisen havupuuston on todettu tuottavan tyydyttävästi siementä. Koivulla on runsas siemensato lähes vuosittain.

Luontaiseen uudistamiseen soveltuvat perinteiset siemen- ja suojuospuunetelmät. Avoaloilla reunametsän havupuiden siemenitys ulottuu hyvin 40 - 50 metriin asti. Uudistusalan koko vaikuttaa uudistamistulokseen myös siemenpuunetelmää käytettäessä.

Luontainen uudistaminen on päämenetelmä turvemaidella. Yleensä katsotaan, että ojitusalueet ovat vielä turvekangasvaiheessa-kin herkkiä uudistumaan luontaisesti. Taimettumisherkyys tosin heikkenee ojituksen ikääntyessä ja kuivatuksen tehostuessa. Uudistushakkuunetelmät ovat pääpiirtein samat kuin kivennäis- maillakin.

## METSÄNVILJELY

Tulokset metsänviljelyn onnistuminesta niin viljelykokeissa kuin käytännön uudistusaloilla ovat olleet vaihtelevia. Keskimääräinen elossaolosadannes on ollut yleensä viiden vuoden kuluttua viljelystä 70 - 80 % alkuperäisestä tiheydestä. Se laskee edelleen ainakin 15 vuoteen saakka Etelä-Suomessa ja yli 20 vuoteen saakka Pohjois-Suomessa. Luontaisen täydentymisen ja täydennysviljelyn ansiosta pääosa viljelytaimikoista on vähintään tyydyttäviä nykyiseen tavoitetiheyteen verrattuna.

Männyn kylvöllä on saatu yleensä ainakin yhtä hyvä tulos kuin istutuksella hyvin vettäläpäisevillä mailla. Kylvö on myös selvästi halvempi kustannuksiltaan, ja sillä on helpompi lisätä viljelytiheyttä. Routivilla mailla männyn istutus on ollut kylvöä varmempi menetelmä. Paakkutaimet ovat pysyneet jonkin verran paremmin elossa kuin paljasjuuriset. Kuusen taimet ovat selviytyneet selvästi paremmin elossa kuin männyn taimet.

Viljelyssä käytettävän siemenen alkuperä on tärkeä tekijä taimien kasvunopeuden, tuhonkestävyyden ja laadun kehittymisen kannalta. Havupuilla on varmintä käyttää viljelypaikan alkuperää vastaavaa siementä. Ekologisesti vaikeissa oloissa etenkin Pohjois-Suomessa on usein perusteltua käyttää hieman pohjoisempaa tai korkeammalta siirrettyä siementä. Männyn ja kuusen viljelyyn on ainakin toistaiseksi saatavissa rodullisesti parasta siementä plusmetsiköistä.

Suomessa nykyisin noudatettava varovainen käytäntö ulkomaisten puulajien viljelyssä on perusteltua. Niiden viljelyala jää pieneksi jo pelkästään siemenen puutteen vuoksi. Käytännön viljelyissä on suositeltavinta käyttää testattuja, ko. seudulle sopeutuviksi osoittautuneita, tarkasti tunnettuja alkuperiä.

## MAANKÄSITTELY

Maankäsittely parantaa taimien eloonjäämistä etenkin hienojakoisilla, veden vaivaamilla mailla sekä edistää luontaista uudistumista. Myös taimien alkukehitys muokatulla maalla on lähes poikkeuksetta parempi kuin muokkaamattomalla. Voimaperäisesti muokatuilla aloilla jatkokehitys näyttää kuitenkin muodostuvan vaihtelevaksi. Vanhimmissa kokeissa on ilmennyt pituuserojen vähittäistä tasoittumista.

Voimaperäisen maanmuokkauksen haittavaikutuksia ovat mm. maan routimisen, liettymisen, kulumisen ja ajoittaisen kuivumisvaaran lisääntyminen. Aurauksen jälki näyttää tasoittuvan hitaasti ja sitä hitaammin mitä ankarammista luonnonoloista on kysymys. Muuttuneiden kasvuolojen ja ravinteisuuden vaikutuksesta useilla aurasaloilla todettuihin taimien kasvuhäiriöihin ja tuhoihin on toistaiseksi verrattain vähän tietoa jo pelkästään siksi, että menetelmä on ollut käytössä suhteellisen lyhyen aikaa. Siten voimaperäisten maanmuokkausten käytöltä puuttuu edelleen luotettava tieteellinen perusta.

## TAIMIKONHOITO

Taimikon tiheydellä on ratkaiseva merkitys puuston teknisen laadun, varsinkin oksikkuuden kehityksen kannalta. Tiheys vaikuttaa jonkin verran myös vuosiluston paksuuteen, joka on yksi tärkeä laatutunnus. Tyvitukin oksikkuus määräytyy taimikkovaiheessa ennen 5 - 6 metrin pituuden saavuttamista. Alkutiheyden antama karsiutumisetu voidaan käyttää parhaimmin hyväksi harventamalla vasta tässä vaiheessa. Mäntytukkipuun laatuun vaikuttaa ratkaisevimmin tiheys, joka ylittää 6000 kpl/ha. Tällöin myös aines- ja energiapuun tuotos lisääntyy ensiharvennusvaiheeseen asti verrattuna nykyiseen 1600 - 2500 kpl/ha ohjetiheYTEEN.

Männyn laatua voidaan parantaa tyvitukin osalta myös pystykar-  
sinnalla, josta on saatu hyviä tuloksia kuivien tai ohuiden  
tuoreiden oksien karsinnasta. Sen sijaan paksuoksaisten mänty-  
jen karsinnasta ei ole riittävästi tietoa ja kokemusta.  
Koivulla ei ole suositeltavaa karsia ollenkaan eläviä oksia  
lahoriskin vuoksi.

Taimikon perkauksen tarve ja ajoitus vaihtelevat monien teki-  
jöiden vuoksi. Koivusekoituksen kasvattaminen havupuutaimikossa  
on suositeltavaa, koska se antaa tarpeellista lisätiheyttä ja  
täydennystä, parantaa havupuiden kasvua ja kasvupaikan ominai-  
suuksia sekä vähentää joidenkin tuhojen riskiä. Olennaisinta  
on poistaa etukasvuiset mäntyä varjostavat lehtipuut sekä  
versoruostetta levittävä haapakasvusto. Aukkopaikkoihin  
voidaan jättää mäntyä pitempääkin lehtipuustoa.

Mäntyvaltaisissa taimikoissa ja ensiharvennusmetsiköissä on  
suositeltavaa kasvattaa koivua 20 -30 % kokonaisrunkoluvusta.  
Koivun merkitys korostuu sitä enemmän mitä pohjoisemmasta tai  
kosteammasta kasvupaikasta on kyse. Taimikonhoitotoimenpiteitä  
voidaan yleisesti ottaen siirtää nykyohjeita myöhäisempään  
vaiheeseen. Kuusen uudistusaloilla on suositeltavaa kasvattaa  
verhopuustoa hallan ja haitallisen pintakasvillisuuden torju-  
miseksi.

#### KIRJALLISUUS

VIRTANEN, J., NOROKORPI, Y. & KAUNISTO, S. (toim.) 1984. Metsän-  
uudistamisen ja taimikonhoidon periaatteet. Metsäntutki-  
muslaitoksen tiedonantoja 135:1-32 + liite 12 s.

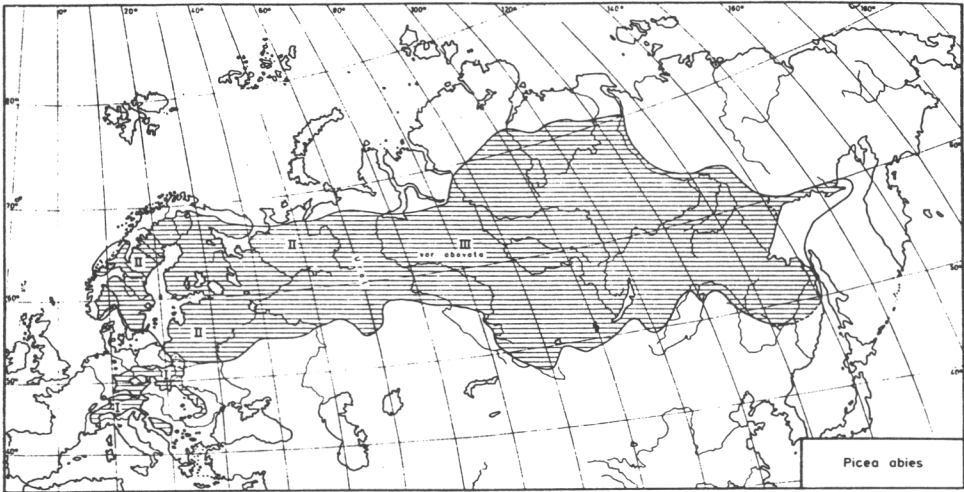
## KUUSIROTUJEN SOPEUTUMINEN ILMASTOON POHJOIS-SUOMESSA

Erkki Numminen

## JOHDANTO

Kuusella voidaan erottaa käpyjen, oksien, latvuksen, neulasten värin ja kuoren perusteella monenlaisia muotoja. Ns. puutarhamuotoja voitaneen kuusella erottaa ehkä noin sata. Tässä tutkimuksessa keskitytään vain käpyihin, käpysuomujen muotoon ja siemenen tuleentumiseen. Latvuksen ja oksien muotoon ei tässä yhteydessä puututa, vaikka tiedetäänkin, että käpysuomun muodon ja latvuksen muodon välillä on olemassa tiettyjä korrelaatioita. Vanhana jo tutkittuna tietona pidetään, että kuusen käpysuomujen perusteella voidaan erottaa erilaisia kuusirotuja, joista pyöreäsuomuiset olisivat sopeutuneet kuusen levinneisyysalueen kylmään ja teräväkärkiset lämpimään ilmastoon.

Kirjallisuuden perusteella tiedetään, että pyöreäsuomuiset kuusirodot ovat vallitsevia levinneisyysalueensa itäisissä osissa ja kylmillä seuduilla. Suomessa pyöreäsuomuisten käpyjen osuus lisääntyy itää, pohjoista ja korkeita maita kohti. Virossa pyöreäsuomuisia alkaa esiintyä korkealla sijaitsevilla kuusikoissa lähellä kuusen metsänrajaa (Aleksandrov 1968). Pyöreäsuomuisten tärkein levinneisyysalue on Siperia (kuva 1, Schmidt-Vogt 1977).



Kuva 1. Kuusen (*Picea abies*) levinneisyys (Schmidt-Vogt 1977).

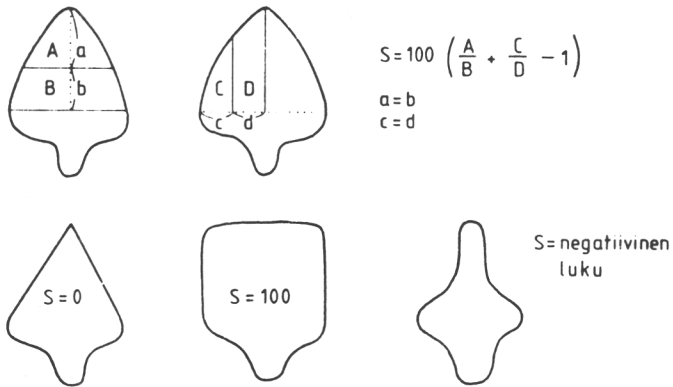
#### TUTKIMUKSEN TARKOITUS

Kuusen käpysuomututkimuksen tarkoituksena oli löytää sopeutuneisuudeltaan erilaisia kuusirotuja käytettäväksi Pohjois-Suomessa toisistaan poikkeavilla ilmastovyöhykkeillä. Kuusirotujien sopeutumista eri metsä- ja suotyypeille ei tässä yhteydessä pyritty selvittämään eikä myöskään eri rotujen kasvukykyä tai tuottoa.

#### SUOMUN KAAREVUUDEN MÄÄRITTELY

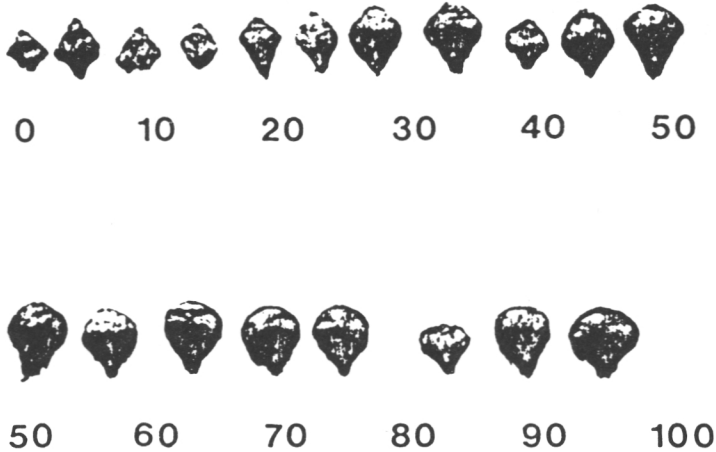
Käpysuomun kaarevuuden määrittelyä mittauksin ei yleensä ole alan kirjallisuudessa mainittu tehdyksi. Tehtävä onkin vaikea, koska suomun kärjen reunan kaaren muotoa on numeroina vaikea mitata kaarien monimuotoisuuden tähden. Tutkimuksissa on tyydytty yleensä vain jakamaan kävyt suomun kärjen muodon perusteella silmävaraisesti tyyppiluokkiin. Päämuotoja on yleensä esitetty kolme. Ne ovat acuminata-, europaea- ja obovata-muodot. Näiden päämuotojen ohella on lisäksi pyritty

erottelemaan välimuotoja. Nyt suoritettussa tutkimuksessa on erotettu vain kaksi päämuotoa: pyöreäsuomuiset (obovata) ja teräväsuomuiset (abies) kävyt. Kämpysuomun kärjen suippouden määrittelyä varten laadittiin kaava  $S = 100 \times \left( \frac{A}{B} + \frac{C}{D} - 1 \right)$ , joka perustui neljän suomusta mitatun janan pituuteen (kuva 2). Kaavassa S on suomun suippousluku. B on kämpysuomun suurin leveys ja D tämän leveimmän kohdan etäisyys suomun kärjestä. A on ns. kärkiosan "puolivälin leveys" ja C "puolivälin pituus".



Kuva 2. Kämpysuomun kärjen suippous S ja sen laskemiseksi mitatut janat A, B, C ja D.

Kaava antaa suippousluvulle arvoja nolasta sataan. Jos suomun kärkiosa on kolmio, saadaan S:n arvoksi 0. Lähes suorakaiteen muotoinen suomun kärki antaa S:n arvoksi 100 (kuva 3). Mikäli suomun kärjen kaari olisi kovera sisään päin, S:n arvo olisi negatiivinen. Tällaisia suomuja ei kuitenkaan mittausaineistossa tavattu. Kaava antaa siis teräville suomuille pienen ja pyöreille suuren S:n arvon.



Kuva 3. Käpysuomun kärjen suippouden S:n vaihtelu nolllasta sataan luonnollisesta suomumateriaalista.

#### ESIKOE

Tutkimus aloitettiin esikokeena Kolarin Teuravuomalla v. 1967, josta valittiin 56 hehtaarin leimikko tutkimuspaikaksi. Koealoilta mitattiin puuston kuutiomäärä ja kerättiin kävyt talteen ja karistettiin. Taulukossa 1-4 esitetään esikokeen päätuloksia lyhyesti. Taulukosta 1 nähdään, että suurimmat käpymäärät saatiin ruoho- ja heinäkorvista sekä varsinaisista korvista, joissa oli harva ojitus. Metsä oli harsintahakkuiden heikentämä. Käpysatoa tutkimusalueella on kuitenkin pidettävä v. 1967 hyvänä Kolarin muihin kuusikoihin verrattuna. Taulukossa 2 nähdään käpyjen pituusjakautuma ja siemenen itävyys. Kesä oli keskimääräisen lämmin Kolarissa. Lämpösumma alueella oli 810 d.d. Siemen on ollut siis verraten huonosti tuleentunut. Taulukossa 3 nähdään vielä, paljonko siementä saatiin käpykilosta. Taulukko osoittaa, että pienistä kävyistä saatiin enemmän siementä kuin isoista, mikä johtunee siitä, että isoista kävyistä oli varissut hyönteisvaurioiden tähden jo syksyllä siementä.

Taulukko 1. Metsä- ja suotyypin vaikutus käpysatoon v. 1967

Metsä- tai suotyyppi	Kuusta, m <sup>3</sup> /ha	Käpyjä, kg/ha
HMT	22	20
RhK	35	35
MK	28	35
RäK	13	12

Taulukko 2. Käpyjen pituusjakautuma ja siemenen itävyys

Kävyn pituus, cm	-5	5-6	6-7	7-8	8+	$\Sigma$ ja $\bar{x}$
Käpyjä pituusluokassa, %	5	32	37	22	4	100
Siemenen itävyysprosentti	33	38	41	49	50	42

Taulukko 3. Siementä saatiin kilosta tuoreita käpyjä

Käpyjen pituus, cm	<5	5-6	6-7	7-8	8+	$\bar{x}$
Siementä g/käpykilo	3,2	2,9	2,8	2,4	1,7	2,7

Kerätyistä näytteistä poimittiin myös eroon näyte-eriä voimak-  
kaimmin terävä- ja pyöreäsuomuisista kävyistä sekä puussa  
olleita vanhoja edellisen vuoden käpyjä. Käpyjen tuorepaino  
oli 8,2 g/käpy kummassakin suotyyppierässä. Pyöreäsuomuisista  
saatiin kuitenkin 2,4 % siementä käpyjen tuorepainosta, mutta  
teräväsuomuisista vain 0,8 %. Itävyys oli röntgenanalyysissä  
teräväsuomuisilla 25 %, mutta pyöreäsuomuisilla 56 %. Vanhoista  
vuoden 1966 kylmän (770 d.d.) kesän kävyistä saatiin vielä run-  
saasti siementä, mutta sen itävyysprosentti oli 8. Kylmän  
kesän jälkeen saattaa siis melkoisia määriä itävää siementä  
jäää puissa oleviin käpyihin. Jos kesä on riittävän kylmä,  
kävyt eivät aukea lainkaan.

Nämä suuret siemenen saanto- ja itävyyserot tarkoittivat tilan-  
netta erittäin terävä- ja pyöreäsuomuisten siementen välillä.  
Jos kuitenkin koko tutkimusalueen kävyistä näyte-erä jaettiin  
kahteen osaan siten, että välimuodot pantiin joko pyöreä- tai

teräväsuomuisten ryhmään, saatiin 36 % pyöreäsuomuisia ja 64 % teräväsuomuisia käpyjä koko erästä. Näiden erien välille ei enää saatukaan merkitsevää eroa siemenen saannossa eikä itävyysprosentissa.

#### VARSINAINEN SUOMUTUTKIMUS

Esitutkimus kuitenkin innosti jatkamaan suomututkimusta. Taulukko 4 osoittaa tutkimusmetsiköt, joista on kerätty puittain siementä vuosina 1970-1984 aina silloin, kun käpyjä on ollut edustavaa näytettä varten tuleentumisen määrittelyksi, joka merkitsee vähintään 400 siementä puuta kohden.

Taulukko 4. Kuusen tutkimusmetsiköt, numeroitujen puiden lukumäärä ja niiden puiden lukumäärä, joista on käpyjen keräys eri vuosina tehty.

Paikka	Puita kpl	Vuonna					
		70	73	78	80	81	83
Inari, Kuusipää	145	109			10		
Kittilä, Pallas	100		30				
Muonio, Pahtasakea	71	60					
Muonio, Kangosjärvi	30		30	12	21		17
Sodankylä, Rajala St 1	338	317		20	21		
Kolari, Ylläs	40	39					
Kolari, Pikku-Tarvanen	120	109	31	31	31	22	20
Pello, Juoksenki	50	35					
Rovaniemi, Kivalo St 2	296			51	20	5	20
Ylitornio, Nuotioranta	50	46					
Kemi, Alapaakkola	50	49					
Kemi, Karihaara	50	45					
Suomussalmi, Raate St 3	252	110		23	19		20

Tutkimus on vaatinut pitkän ajan, koska kuusen siemenvuosia on harvoin. Lisäksi metsikön eri puuyksilöt tuottavat siementä eri vuosina. Kullakin puuyksilöllä on oma kykynsä kukkia. Eri yksilöiden kyky kukkia ja tuottaa siementä vaihtelee voimakkaasti. Kukkumisen voimakkuus riippuu perintö- ja ympäristötekijöistä. Tieto siitä, mitkä puuyksilöt eri vuosina kukkivat ja miksi ne silloin kukkivat, vaatii vielä paljon tutkimista. Eräs Pohjois-Suomen metsänjalostuksen mielenkiintoisimpia kysymyksiä onkin, miten nämä eri vuosina kukkivat ja käpyjä tuottavat puut eroavat toisistaan perinnöllisiltä ominaisuuksiltaan.

Tutkimuksen suoritusta ovat myös vaikeuttaneet erilaiset käpytuhot. Oravat ja tikat saattavat viedä puusta kaikki kävyt ennen keräystä. On tavattu jopa 200 oravan pudottamaa käpyä puuta kohden jo varhaisiäksyllä. Hyönteisten aiheuttamat käpytuhot ovat myös erittäin yleisiä kuusella. Kun hyönteiset vaurioittavat käpyjä, tapahtuu siemenen kypsyminen terveestä kävystä poikkeavalla tavalla. Kuusen sienitautien vaikutusta siemenen tuleentumiseen ei ole pystytty selvittämään.

Käpyjä ei ole myöskään kaikista keräyksistä tullut talletetuksi suomumittausta varten ja osa siemenistä on lähetetty Norjaan professori Asbjörn Løkenille. Tällaisia vaikeuksia ja keskeytyksiä tulee helposti, jos materiaalia joudutaan keräämään lähes 20 vuoden aikana.

Siemenen tuleentuminen määrätyssä metsikössä riippuu voimakkaasti kasvukauden tehoisan lämpötilan summasta. Kuitenkin siemenen tuleentuminen määrätyssä kävyssä on riippuvainen myös siitä kasvukauden aikaisesta auringonsäteilyn määrästä, mikä kuhunkin käpyyn osuu. Kunkin puun siemenen tuleentuminen riippuu siis puuyksilön asemasta metsikössä, toisin sanoen siitä, onko auringon edessä varjostavia puita.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, kypsyisikö pyöreäsuomuisten puiden siemen samana vuonna ja samassa metsikössä paremmin kuin teräväsuomuisten siemen, koska pyöreä-

suomuisten rotujen pitäisi niiden yleisen levinneisyyden perusteella olla kylmään kesään paremmin sopeutuneita kuin teräväsuomuisten. Suomun suippouden vaihtelu on suurempi puuyksilöiden välillä, kuin yksityisen puun eri vuosien ja eri pituisten käpyjen suomujen välillä. Korrelaatiolaskennassa tuli kuitenkin tulokseksi, että suomun suippouden ja siemenen tuleentumisen välinen korrelaatio ei ole tilastollisesti merkitsevä. Puuyksilöiden välillä on hyvin suuria eroja siemenen tuleentumisessa samana vuotena ja samassa metsikössä. Ilmeisesti puun sijainti metsikössä sekä käpyjen hyönteis- ja sienituhot ym. tällaiset tekijät vaikuttavat niin voimakkaasti siemenen tuleentumiseen, että puiden väliset perinnölliset erot eivät tule merkitsevästi näkyviin. Voidaan kuitenkin osoittaa kaikissa tutkimusmetsiköissä pyöreäsuomuisia puita, joiden siemen on tuleentunut metsikön keskiarvoa paljon paremmin vuodesta toiseen ja teräväsuomuisia, joiden siemen tulee jatkuvasti metsikön keskiarvoa heikommin. Ehkäpä näitä yksilöitä perusmateriaalina käyttäen voidaan kehittää lajikkeita, jotka soveltuisivat parhaiten Pohjois-Suomen erilaisiin ilmastovyöhykeisiin.

Siitepölyanalyysin perusteella tiedämme, että kuusi on tullut jääkauden jälkeen Pohjois-Suomeen monta tuhatta vuotta myöhemmin kuin mänty, joten kuusirotujien erikoistumista eri ilmastoalueilla ei ole vielä kerinnyt riittävästi tapahtua. Pohjois-Norjaan kuusi ei ole vielä edes kerinnyt levitä. Tästä syystä ihmisellä lienee mahdollisuuksia valita Pohjois-Suomen eri osiin nykyistä paremmin sopeutuneita kuusirotuja. Itse laji lienee kuitenkin kehittynyt jo liitukaudella tai sitä ennen.

Provenienssikokeista tiedämme, että Etelä-Suomessa voidaan kuusta siirtää vähän etelästä pohjoiseen ja parantaa täten kuusikoiden tuottoa ilman, että talveentumisrytmi menisi sekaisin tai alttius sairastua tauteihin lisääntyisi merkitsevästi. Pohjois-Suomen provenienssikokeista tiedämme, että

siirrot etelästä pohjoiseen ovat täällä vaarallisia tai liiaksi uskallettuja. Kämpysuomuihin perustuva jalostustyö saattaa antaa varmemman tien hyvin sopeutuneiden kuusirotujien kehittämiseen ja ehkäpä tien kuusikoiden parempaan tuottoon ja laatuun Pohjois-Suomessa. Kuusen viljely Pohjois-Suomessa on aina ollut vähäistä mäntyyn verrattuna. Viime aikoina on kuitenkin voimistumassa käsitys, että kuusen viljelyä tulisi lisätä.

#### KIRJALLISUUS

- ALEKSANDROV, A. 1968. Phenological forms of the Norway spruce (*Picea excelsa* Link.). Summary teoksesta *Forest Science*, Vol. V, No 1, Sofia.
- AUER, V. 1928. Über die Einwanderung der Fichte in Finnland. *Commun. Inst. For. Fenn.* 13.
- ETVERK, I. 1974. Hariliku kuuse mullastikuliste ökotüüpide esinemise võimalikkusest Eestis. Summary: On occurrence of Norway spruce forms in Estonia distinguished by cone scale. Teoksessa: *Metsanduslikud uurimused*. XI, Tallinn.
- HEIKINHEIMO, O. 1920. Über die Fichtenformen und ihren forstwirtschaftlichen Wert. *Commun. Inst. For. Fenn.* 2.
- SARVAS, R. 1964. Havupuut. Porvoo.
- SCHMIDT-VOGT, H. 1977. Die Fichte. Verlag Paul Parey. Hamburg und Berlin.

## HILLAN KYPSYMISNOPEUDESTA

Jouko Kortesharju

## JOHDANTO

Hillan marjan kypsyminennopeudesta on vähän täsmällisiä tietoja. Kasvien fenologiaa käsittelevässä kirjallisuudessa on hillan kukinnan ja marjonnan alkamisaikoja eri alueilla, mutta nämä tiedot antavat tarkimmillaankin vain karkean arvion marjojen todellisesta kypsyminennopeudesta.

Pohjois-Norjassa marjan on kirjoitettu kypsyvän noin 40 päivässä ja nopeamminkin, jos kypsyminenajan sää on lämmin (Arntzen 1974). Neuvostoliitossa, Komin autonomisen tasavallan pohjoisosissa tehdyt havainnot kertovat hillan kypsyvän siellä nopeimmillaan 33 - 42 päivässä kasvupaikasta ja vuodesta riippuen (Polozova & Boč 1970). Havaintopaikka on ollut napapiirin läheisyydessä. Polozova & Boč (1970) painottavat ulkoisten tekijöiden vaikutusta hillan vuotuiseseen kasvunopeuteen. Heidän tutkimistaan suokasveista hillan ja pallosaran kehityksenopeus vaihtelee voimakkaimmin erilaisilla kasvupaikoilla.

Suomessa kypsyminenajoja on havainnoitu sekä luonnonsoilla että viljelykentällä (Lohi 1973, Kortesharju ym. 1978, Kortesharju 1982). Kasvupaikasta ja vuodesta riippuen marjat ovat alkaneet kypsyä 32 - 42 vrk kuluttua kukinnan alkamisesta.

Mäkinen & Oikarinen (1974) tekivät vuonna 1972 Suomussalmella ja Utsjoella mielenkiintoisia havaintoja. Molemmissa paikoissa suurimmat marjat kypsyivät ensimmäisinä, kun taas kypsyminen loppuvaiheessa valtaosa marjoista oli pienikokoisia.

Nyt suoritettujen tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää yksittäisten marjojen kypsyminennopeutta ja siihen vaikuttavia tekijöitä. Tässä kirjoituksessa käsitellään lämpötilan, pölytyksen onnistumisen sekä kasvuston alkuperän vaikutuksia kypsyminenajakaan.

## AINEISTO JA MENETELMÄT

Tutkimus suoritettiin Kolarissa, Teuravuoman kenttäasemalla. Hillan viljelykoekenttä on perustettu kuivatulle suolle, jota on aikaisemmin käytetty heinäpeltona ja metsäpuiden taimitarhana. Kaikki havainnot tehtiin viljelykoekentältä lannoitus- ja alkuperäkokeista. Molempia kokeita oli sekä muovihuoneessa että avomaalla.

Havaintoja tehtiin vuosina 1981 - 1983. Kaikkiaan tiedot saatiin yli 2500 marjan kypsymisajasta. Valtaosa tiedoista on muovihuoneesta, koska avomaalla halla tuhosi kaikkina vuosina paljon kukkia ja raakileita, eikä vuonna 1982 avomaalta saatu yhtään havaintoa.

Kypsymisnopeuden selvittämiseksi jokainen emikukka merkittiin kukan avautumispäivänä päivämäärämerkillä. Marjonta-aikana kypsät marjat poimittiin päivittäin. Kukan avautumispäivän ja marjan kypsymispäivän välinen aika laskettiin kypsymisajaksi. Kasvatuskaappikokeissa on havaittu, että emikukka voi pölyttyä vielä puolentoista vuorokauden kuluttua kukan avautumisesta, joten pölytyksen viivästyminen on voinut aiheuttaa tuloksiin virheitä. Tämän virheen eliminoimiseksi kaikki emikukat pölytettiin vuonna 1982 käsin kukan avautumispäivänä. Koska vuoden 1981 tuloksiin nähden ei havaittu muita olennaisia eroja kuin suurempi pölyttymisprosentti, ei kukkia pölytetty käsin enää vuonna 1983.

Lämpötilat mitattiin Fuess-termografeilla n. 15 cm korkeudelta turpeen pinnasta. Termografrit olivat valkoisissa säähavaintokokuissa. Avomaalta mittaukset tehtiin joka vuosi, mutta muovihuoneesta tiedot puuttuvat piirturin rikkoontumisen vuoksi vuodelta 1981. Piirturien lukema tarkastettiin kolmesti viikossa.

Tulosten tilastollisessa käsittelyssä käytettiin varianssi- ja regressioanalyysiä. Varianssianalyysillä selvitettiin alkuperien välisiä eroja. Regressioanalyysin avulla tutkittiin marjan kypsymisnopeuden riippuvuutta osahedelmien lukumäärästä tai alkuperän luontaisen kasvialueen lämpösummasta.

## TULOKSET

### Lämpötilan vaikutus

Lämpötilan vaikutusta kypsymisnopeuteen tutkittiin kahdella tavalla: muovihuoneen ja avomaan välisiä eroja vertailemalla sekä eri vuosia vertailemalla.

Muovihuoneen ja avomaan eroa voitiin tutkia vuonna 1983, jolloin marjoja saatiin molemmilta paikoilta. Kaikki havainnoidut koealat ovat samaa alkuperää ja samalla tavalla käsitellyistä lannoituskokeista. Muovihuoneessa marjan keskimääräinen kypsymisnopeus oli 37,0 vrk ja avomaalla 42,9 vrk, joten avomaalla kypsyminen kesti 13 % kauemmin. Kypsymisajan keskilämpötila oli muovihuoneessa 15,9°C ja avomaalla 13,1°C. Muovihuoneen ja avomaan välillä on monia muitakin eroja kuin lämpötila, esim. kosteus ja säteilyn määrä, ja myös nämä voivat vaikuttaa kypsymisnopeuteen.

Kypsymisnopeuden erot ovat kuitenkin yhtä selvät eri vuosien välillä. Näitä vertailuja voidaan hallatuhojen vuoksi tehdä vain muovihuoneesta. Vuonna 1982 marja kypsyi yllämainitussa lannoituskokeessa muovihuoneessa keskimäärin 38,6 vrk:ssa eli puolitoista päivää kauemmin kuin vuonna 1983. Kypsymisajan keskilämpötila oli tällöin 14,9°C, asteen alhaisempi kuin 1983. Vuoden 1981 lämpötilatiedot puuttuvat muovihuoneesta, mutta avomaalla tämä vuosi oli tutkituista kolmesta vuodesta kylmin. Marja kypsyikin muovihuoneessa vuonna 1981 kauimmin, keskimäärin 40,1 vrk.

### Alkuperän vaikutus

Laajimmasta alkuperäkokeesta, jossa on avomaalla noin kahdeksankymmentä kasvustoa, saatiin marjoja vain vuonna 1983. Tällöinkin marjojen määrä oli vain 35, mutta marjojen kasvustojen alkuperä ulottui Varsinais-Suomesta Kemin Lappiin. Tulokset olivat selvät. Alkuperä ei vaikuttanut merkitsevästi kukkien aukeamispäivään tai marjakokoon, mutta alkuperän lämpösumma-alueen ja marjan kypsyminennopeuden välillä oli erittäin merkitsevä regressio (kuva 1). Kun Lapin ja Koillismaan hillojen kypsyminennopeutta verrattiin eteläsuomalaisten marjojen kypsyminennopeuteen, kypsyivät pohjoiset hillat noin neljä vuorokautta nopeammin kuin eteläiset.

Vuonna 1983 tutkittiin myös muovihuoneessa kasvaneita kasvustoja. Nämä ovat kaikki peräisin Pohjois-Suomesta, joten lämpösummaan perustuvaa vertailua ei voitu suorittaa. Alkuperien välillä oli kuitenkin eroja. Posiolta, Kuusamosta ja Kolarista olevat kolme alkuperää kypsyttivät marjansa 37 - 38 päivässä, kun pohjoisemmissa Kittilän ja Sodankylän alkuperissä kypsyminen kesti 40 - 42 päivää (kuva 2). Kovarianssianalyysin tulosten mukaan (kovariaattina käytetty osahedelmien määrää) kolme ensinmainittua poikkeavatkin kypsyminennopeudeltaan tilastollisesti merkitsevästi kahdesta jälkimmäisestä alkuperästä.

Edellisissä kokeissa vertailtiin turpeena koekentälle siirrettyjä kasvustoja. Lisäksi muovihuoneessa tutkittiin siemenestä kasvatettuja alkuperiä. Siemenet oli kerätty Kolari - Ylitornio - Rovaniemi - alueelta erilaisilta suotyypeiltä. Näiden alkuperien välillä ei marjan kypsyminennopeudessa havaittu eroja.

### Pölytyksen vaikutus

Hillan marjan osahedelmien eli 'silmien' lukumäärä riippuu ensisijaisesti siitä, montako kukan emilehdistä on pölyttynyt. Pölytyksen vaikutus marjan kypsymiseen tutkittiin vuosina

1981 - 1983. Havainnot tehtiin muovihuoneessa, samasta lannoituskokeesta, missä vertailtiin lämpötilan aiheuttamia vuotuisia kypsy miseroja. Kaikkina vuosina osahedelmien lukumäärän ja marjan kypsy misajan välinen regressio on ollut erittäin merkittävästi negatiivinen. Huonosti pölyttyneet marjat ovat siis kypsy neet pitempään kuin hyvin pölyttyneet. Pölytyksen merkitys näkyy havainnollisesti kuvassa 3, jossa ovat vuoden 1981 tulokset. Marjat, joissa on vähemmän kuin viisi osahedelmää, ovat kypsy neet yli 40 vrk, kun taas yli kymmensilmäiset marjat ovat valmistuneet alle 40 päivässä. Kuvasta 3 nähdään myös, että kun osahedelmiä on yli kymmenen, ei niiden määrällä ole enää merkitystä kypsy misnopeuteen.

#### TULOSTEN TARKASTELU

Tehtyjen havaintojen mukaan lämpötila, kasvuston alkuperä ja pölytys vaikuttivat marjan kypsy misnopeuteen. Marjan kypsy mis-aika vaihteli avomaalla 35 - 55 vrk, muovihuoneessa 30 - 54 vrk.

Pölytyksen onnistuminen aiheutti suurimmat erot. Marjat, joissa oli yli kymmenen osahedelmää kypsy ivät esimerkkikokeessa keskimäärin 7 - 9 vuorokautta nopeammin kuin marjat, joissa oli yksi osahedelmä. Aikaisemmin Mäkinen & Oikarinen (1974) ovat havainneet pienimpien marjojen kypsyvän viimeisinä. He olettivat tämän johtuvan pölytyksen heikosta onnistumisesta kukinnan loppuvaiheessa.

Yhden asteen keskilämpötilan lasku viivästytti kokeissa marjan kypsy mistä noin puolitoista vuorokautta. Lämpötilan on tiedetty vaikuttavan hillan vuotuisen kehitykseen (Lohi 1974, Kortesharju 1982, Junntila ym. 1983). Myös marjojen kypsy misajoissa on ollut kasvupaikkojen välisiä eroja, jotka selittyvät parhaiten lämpötilan avulla (Polozova & Boč 1970, Kortesharju 1982). Rovaniemen mlk:n Apukassa tehtyjen havaintojen perusteella Kortesharju ym. (1978) totesivat, että muovihuone ei nopeuttanut marjojen kehitystä. Tällöin marjat kypsy ivät muovihuoneessa

jo touko-kesäkuussa, kun taas avomaan ja luonnonsoiden vertailumarjat kypsyivät kesä-heinäkuussa. Kypsymisajan lämpötilat eivät siis välttämättä olleet muovihuoneessa korkeampia kuin avomaalla.

Arntzen (1974) kiinnitti huomiota lämpötilan aiheuttamaan kypsymisnopeuden vuotuisen vaihteluun. Muutaman päivän vaihtelu voidaan nähdä myös Polozova & Bočín (1970) tuloksissa. Kolarissa havaittiin muovihuoneessa ääri vuosien välillä kolmen vuorokauden keskimääräinen ero. Vaihtelu on samansuuruista kuin puolukalla on havaittu luonnossa (Raatikainen & Pöntinen 1983).

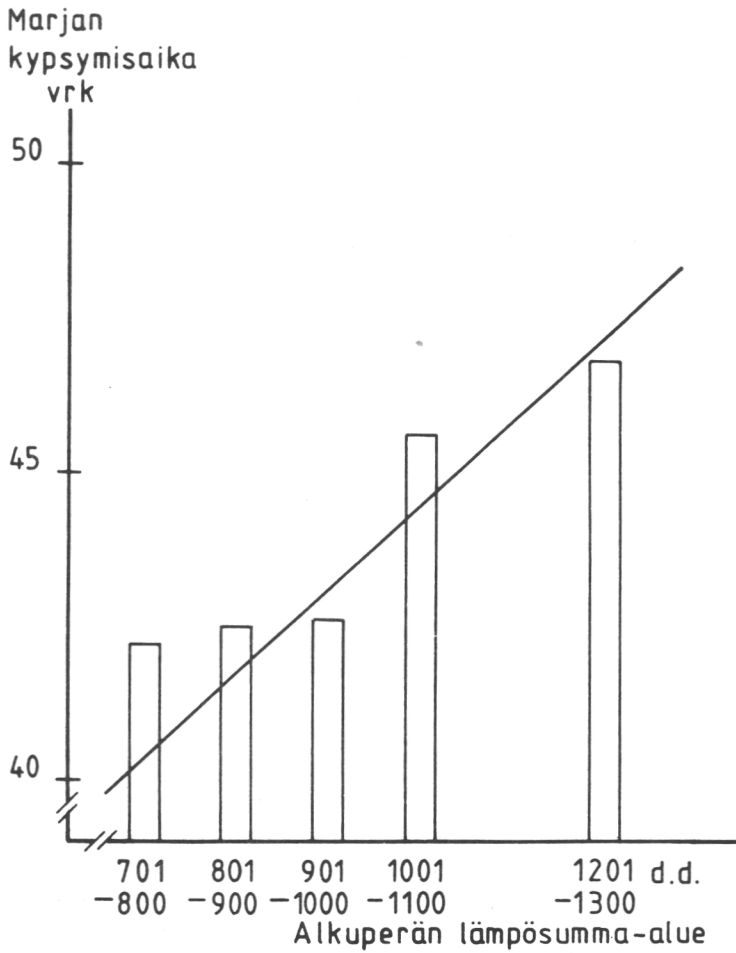
Junttila ym. (1983) havaitsivat hillan pohjoisten alkuperien kehittyvän nopeammin kuin eteläisten. Heillä oli kokeissaan alkuperiä Pohjois-Norjasta Englantiin, siis paljon laajemmalla maantieteellisestä alueelta kuin Kolarin hillakentällä. He havaitsivat silmun puhkeamisajassakin jopa 6 - 8 vuorokauden eroja, kun Kolarissa alkuperien kukkimisaikojen erot olivat vielä vähäiset. Rousi (1965) on tutkinut alkuperäkokeissa suomalaisten vadelmapopulaatioiden perinnöllistä muuntelua. Hän havaitsi, että pohjoisissa alkuperissä marja pystyi kypsymään vuorokautta nopeammin kuin eteläisissä. Tämä ero oli tilastollisesti merkitsevä. Ei siis ollut yllätys, että pohjoissuomalaisissa hillakasvustoissa marja kypsyi keskimäärin neljä vuorokautta nopeammin kuin eteläisissä. Arvoitukseksi sen sijaan jää, miksi koillismaalaiset alkuperät kypsyttivät marjansa noin kolme vuorokautta nopeammin kuin kittiläläinen ja sodankyläläinen.

On syytä painottaa, että marjan kypsymisnopeus ei yksin vaikuta sadon kypsytysajankohtaan tietyllä kasvupaikalla. Kasvupaikkaerot vaikuttavat myös kukinnan ajoittumiseen ja tämä saattaa lisätä todellisten kypsytysaikojen välistä eroa. Kolarissa muovihuone on aikaistanut kukintaa avomaahan verrattuna noin viikolla (Kortesharju 1982) ja vastaavia eroja on myös avoimien ja varjoisten luonnonkasvupaikkojen välillä.

Suoritettujen kypsyshavaintojen perusteella poimijoille voidaan suositella poiminnan aloittamista heti satokauden alussa. Kullakin kasvupaikalla ensimmäiset marjat ovat parhaiten pölyttyneitä ja sen tähden kookkaita, joten poiminnan kannattavuus on parempaa kuin kypsymisen loppuvaiheessa, jolloin pienimmät marjat ehtivät kypsiksi.

## KIRJALLISUUS

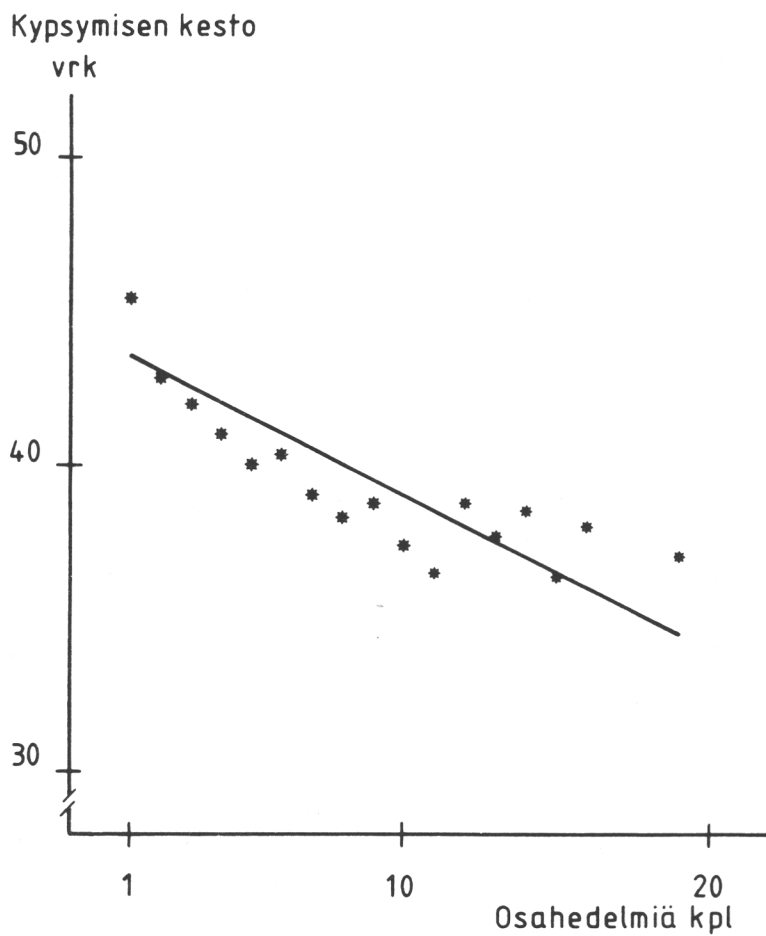
- ARNTZEN, H. 1974. Molter. Noen råd ved anlegg av dyrkingsfelt. Medd. Norske Myrselsk. 72:133-141.
- JUNTTILA, O., NILSEN, J. & RAPP, K. 1983. Research on cloudberry in Norway. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 90:23-33.
- KORTESHARJU, J. 1982. Lämpötila hillan (Rubus chamaemorus) vuotuisen kasvuun ja kehitykseen sekä viljelymahdollisuuksiin vaikuttavana tekijänä. Summary: Effects of temperature on annual growth, development and cultivation possibilities of cloudberry (Rubus chamaemorus). Oulun yliopisto. Pohjois-Suomen tutkimuslaitos. B 3:1-65.
- " , HIPPA, H. & KOPONEN, S. 1978. Hillan kasvatuskoe muovihuoneessa. Abstract: Cloudberry (Rubus chamaemorus L.) growing experiment in a plastic greenhouse. Oulun yliopisto. Pohjois-Suomen tutkimuslaitos. C 18:1-20.
- LOHI, K. 1973. Suomuuraimestakin viljelykasvi. Koetoiminta ja Käytäntö 30:9-10, 12.
- " 1974. Variation between cloudberreries (Rubus chamemorus L.) in different habitats. Aquilo Ser. Bot. 13:1-9.
- MÄKINEN, Y. & OIKARINEN, H. 1974. Cultivation of cloudberry in Fennoscandia. Rep. Kevo Subarctic Res. Stat. 11:90-102.
- POLOZOVA, T. G. & BOC, M. S. 1970. Osnovnye certy fenologii rastenij. Teoksessa: Norin, B.N., Solonevic, N. G. & Vihireva-Vasil'kova, V. V. (toim.). Ekologija i biologija rastenij vostočnoevropejskoj lesotundry: 307-336. Leningrad. Akademija Nauk SSSR.
- RAATIKAINEN, M. & PÖNTINEN, M. 1983. Puolukkasadon ennustamisesta. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 90:104-115.
- ROUSI, A. 1965. Variation among populations of Rubus idaeus in Finland. Selostus: Vadelmapopulaatioiden muuntelusta Suomessa. Ann. Agric. Fenn. 4:49-58.



Kuva 1. Hillan marjan kypsymisnopeus eri lämpösumma-alueilta peräisin olevissa kasvustoissa Kolarin Teuravuomalla 1983.



Kuva 2. Viiden muovihuoneessa kasvatetun pohjois-suomalaisen hilla-alkuperän marjojen kypsy-  
misnopeus (vrk) ja osahedelmien lukumäärä  
1983. Kuvaan on merkitty lämpösummavyöhykkeet.



Kuva 3. Osahedelmien lukumäärän ja marjan kypsyminennopeuden välinen regressio lannoituskokeessa muovihuoneessa 1981.

## METSIKÖN IÄN VAIKUTUS PORON LAIDUNNUKSEEN KUIVILLA KANKAILLA

Timo Helle ja Jouni Aspi

## JOHDANTO

Poronjäkälät ovat porojen halutuinta, mutta samalla hyvin hitaasti uudistuvaa talviravintoa. Näillä ominaisuuksilla on varsinkin poronhoitoalueen etelä- ja keskiosissa tärkeitä laidunekologisia seuraamuksia, sillä porolukuja ei ole mitoitettu pelkästään jäkäläkankaiden varaan. Vähäisille jäkäläbiomassat kohdistuvasta kovasta laidunnuspaineesta johtuen jäkäläbiomassat ovat erittäin alhaiset (Mattila 1981, Helle 1983). Tästä puolestaan seuraa poron jäkälänkaivun muuttuminen energiataloudellisesti kannattamattomaksi jo suhteellisen helpoissa lumiolosuhteissa keskitalvella (Helle ja Saastamoinen 1979, Helle ja Tarvainen 1984). Varhempina aikoina porot selviytyivät keväeseen ensisijaisesti lupolla ja naavalla. Näiden vähetessä (Mattila 1979) porojen ruokintaa on tehostettu jopa siinä määrin, että intensiivisimmän ruokintatavan, tarhauksen, liiketaloudellinen kannattavuus on kyseenalaista (Helle ja muut 1984).

Porojen riippuvuutta ehtyvistä luppovaroista ja kalliista ruokinnasta voidaan vähentää ainoastaan pidentämällä jäkälänkaivu-aikaa, mikä puolestaan edellyttää nykyistä parempia jäkälälaitumia. Metsäalueella poronhoidon omat mahdollisuudet jäkäläkköjen tuoton lisäämiseen ovat vähäiset ilman radikaalia porokannan alentamista, sillä jäkäläbiomassan ja poroa kohti lasketun laidunalan välillä on vahva riippuvuus (Helle 1983). Tällöin huomiota on kiinnitetty myös puun tuotannon mahdollisiin haitta-vaikutuksiin ja niiden vähentämiseen. Ristiriita on ilmeisin Metsä-Lapissa, missä huomattava osa jäkälästä kasvaa kuivahkoilla kankailla (Mattila 1981), joista ainakin osalla käytetään uudistamisen yhteydessä jäkälää vähentävää maanpinnan käsittelyä (Metsähallitus 1978, Eriksson 1975). Usein on myös esitetty, että metsien uudistaminen sinänsä haittaa porojen laidunnusta. Ääriarvion mukaan vain varttuneilla, hakkuukypsillä

metsillä (kehitysluokka VI) on merkitystä porojen talvilaitumina (R. Helle 1984). Toisaalta valtakunnan metsien inventoinnin porolaiduntutkimuksessa kävi ilmi, että vanhoissa metsissä ei ole jäkälää olennaisesti enempää kuin nuorissakaan (Mattila 1981).

Todellisten kausaalisuhteiden selvittämiseksi jäkäläbiomassan ja toisaalta jäkälän saatavuuden välille on tehtävä selvä ero. Luonnollisestikin jäkälän saatavuus on jollain tavalla riippuvainen jäkäläbiomassasta, mutta saatavuuteen voivat vaikuttaa monet muut, mm. metsikön ikään sidoksissa olevat tekijät. Tässä kirjoituksessa esittelemme eräitä päätuloksia tutkimuksesta, jossa selviteltiin poron laidunnuksen jakautumista eri-ikäisiin kuivien kankaiden metsiin Kuusamossa ja Inarissa.

#### AINEISTO JA MENETELMÄT

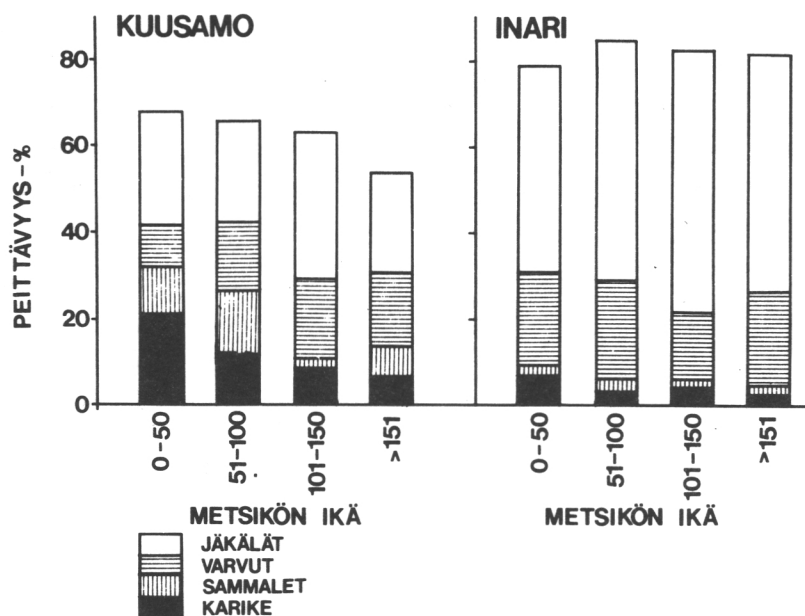
Kuusamossa (Alakitkan paliskunta) tutkittiin 23 ja Inarissa (Ivalon paliskunta) 21 1 ha koealaa. Ne valittiin arvioidun metsikön iän perusteella tavoitteena saada edustava näyte eri-ikäisistä metsistä.

Kultakin koealalta tehtiin kasvillisuusanalyysit (peittävyys ja korkeus) 20:ltä 2 500 cm<sup>2</sup>:n satunnaisuudelta. Puuston tiheys ja laidunnuspainetta indikoiva papanatiheys ("pellet group analysis") määritettiin samassa yhteydessä mittaamalla etäisyys satunnaisuudun keskipisteestä lähimpään tapaukseen (Clark ja Evans 1954, Kendall ja Moran 1963). Valtapuiden ikä selvitettiin ikäkairauksella.

#### JÄKÄLÄBIOMASSAAN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

Pohja- ja kenttäkerroksen lajiston peittävyyksissä ja karikkeen määrissä ilmeni eroja Kuusamon ja Inarin välillä (kuva 1). Kuusamolaisten kankaiden alhaisemmat jäkälän peittävyudet ovat ensisijaisesti seuraus kovemmasta laidunnuspaineesta, ts.

jäkälikköä on vähemmän poroa kohti. Nuorten metsien karike oli kummallakin alueella valtaosaksi hakkuujätettä. Kuusamossa päätehakkuussa poistettu puu- ja kuutiomäärä on ollut ilmeisesti suurempi, joten myös hakkuutähdettä on syntynyt vastaavasti enemmän.

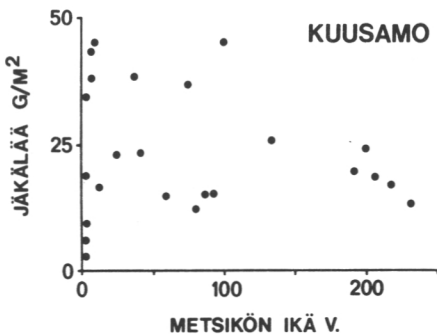


Kuva 1. Pohja- ja kenttäkerroksen peittävyys eri metsikköikäluokissa.

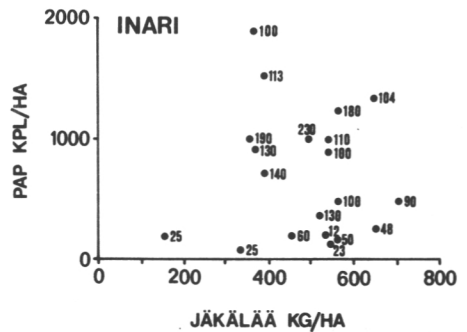
Jäkäläbiomassan riippuvuutta muista mitatuista muuttujista tutkittiin valikoivalla regressioanalyysillä (PATO). Koska jäkäläbiomassat oli määritelty peittävyuden ja keskipituuden perusteella, nämä muuttujat luonnollisesti suljettiin pois analyysistä.

Kuusamossa karike/hakkuutähde ja sammalten peittävyys selittävät yhteensä 44 % ( $p < 0,001$ ) jäkäläbiomassan vaihtelusta (vastaavat osittaiskorrelaatiokertoimet olisivat  $-0,537$  ja  $0,630$ ). Inarin aineistossa mallin valitsemien latvuspeittävyuden ja karikkeen/hakkuutähteen yhteinen selitysaste oli 43 % ( $p < 0,001$ )

(vastaavat osittaiskorrelaatiot olivat 0,640 ja 0,516). Yllättävää kyllä jäkäläbiomassat eivät siis korreloineet kummallakaan alueella metsikön ikään (kuva 2), kehitysluokkaan tai laidunnuspaineeseen. Kysymys on kuitenkin siitä, että nämä suhteet eivät ole muunnettavissa viivallisiksi regressioanalyysin edellyttämällä tavalla. Kuvassa 3 esitetty jäkäläbiomassan riippuvuus laidunnuspaineesta osoittaa kuitenkin selvää säännönmukaisuutta. Vähäinen laidunnus inarilaisissa nuorissa ja nuorehkoissa metsissä mahdollistaa jäkälän elpymisen kulon, päätehakkuun tai sitä edeltäneen kovan laidunnuspaineen jäljiltä. Metsät, joissa laidunnuksen voimakkuus selvästi vähensi jäkälän määrää, olivat yleensä vähintään 100-vuotiaita. Vastaava ilmiö tuli esiin myös Kuusamossa, joskaan ei yhtä selvästi. Inarissa laidunnuspaineen muutokset heijastuivat myös jäkälän lajikoostumukseen: hitaasti uudistuvaa (esim. kulon jälkeinen sukkessio) ja toisaalta heikosti kovaa laidunnusta kestävä palleroporonjäkälää (mm. Ahti 1961) oli eniten 50-100-vuotiaissa metsissä.



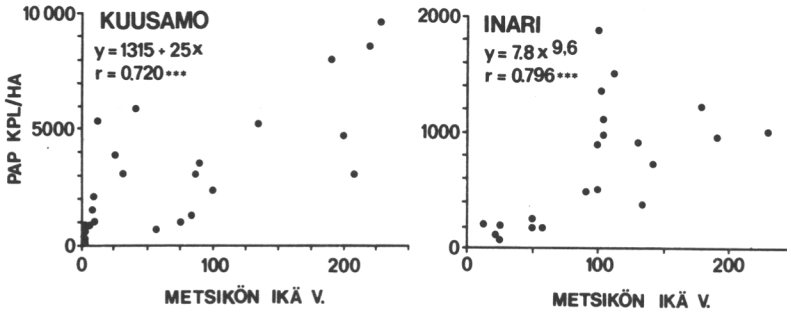
Kuva 2. Jäkäläbiomassan riippuvuus metsikön iästä.



Kuva 3. Laidunnuspaine suhteessa jäkäläbiomassaan. Kuvaan on merkitty myös puuston ikä.

## JÄKÄLÄN SAATAVUUS

Kuten edellä esitetystä saattoi päätellä, laidunnuspaine kasvoi metsikön vanhetessa (kuva 4). Jos kysymys ei ole jäkälän määrästä, niin mitkä tekijät saavat porot välttämään nuoria metsiä? Kun näitä tutkittiin valikoivalla regressioanalyysillä, analyysistä suljettiin pois porolle "abstraktit" metsikön ikä ja kehitysluokka.



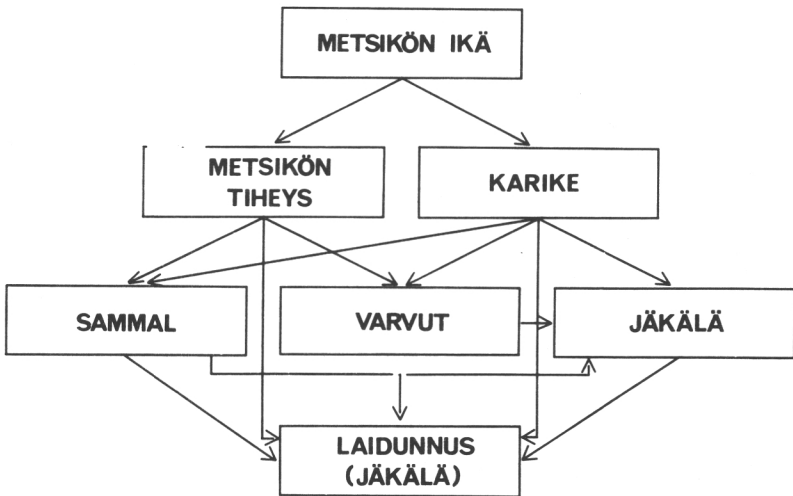
Kuva 4. Laidunnuspaineen riippuvuus metsikön iästä.

Kuusamossa merkitseviksi osoittautuivat sammalten peittävyys (o.k.  $-0,546$ ) ja jäkälän keskipituus (o.k.  $-0,554$ ), jotka selittävät 51 % laidunnuspaineen vaihtelusta ( $p < 0,001$ ). Inarissa metsikön tiheyden (o.k.  $-0,568$ ) ja poronjäkälien peittävyyden yhteinen selitysaste oli 48 % ( $p < 0,001$ ).

## TULOSTEN TARKASTELU

Metsikön ikä ja kehitysluokka vaikuttivat porojen laidunnukseen kummallakin alueella. Kuusamolaiset porot välttivät selvimmin aivan nuoria uudistusaloja, Inarissa laidunnus pysyi suhteellisen vähäisenä aina 100-vuotiaisiin metsiin asti. Kun kriteerinä käytetään jäkälän saatavuutta, metsien käsittelyllä voi olla suuri vaikutus jäkälälaidunten kantokykyyn.

Laidunnuspainetta selittävät muuttujat korreloivat usein keskenään ja kaikki selvästikin tärkeät keskinäiset riippuvuudet eivät olleet viivallisia tai sellaiseksi muunnettavissa. Tästä syystä todellisten kausaalisuhteiden analysointi osoittautui vaikeaksi. Tulosten tarkastelun pohjaksi näitä on pyritty hahmottelemaan kuvassa 5 esitettyssä mallissa. Siitä on jätetty tarkoituksella pois metsikön tiheyden vaikutus lumen laatuun, joka puolestaan säätelee omalta osaltaan jäkälän saatavuutta. Lumen kovettuminen esim. tuulen vuoksi oli epätodennäköistä sekä Kuusamon että Inarin uudistusaloilla vähäisen pinta-alan (Kuusamo) tai jo varttuneen taimikon vuoksi (Inari).



Kuva 5. Malli metsikön iän vaikutuksesta poron jäkälän käyttöön.

Olennaista poron laidunnuksessa on pyrkimys maksimoida syödyn jäkälän määrä suhteessa jäkälän etsimiseen ja esiinkaivamiseen käytettyyn aikaan tai energiaan. Tässä tutkimuksessa tuli esiin kaksi tekijää, joiden vuoksi mahdollisuudet "optimaaliseen ruokailuun" ovat nuorissa metsissä huonommat. Aivan nuorissa metsissä hakkuutähteet vaikeuttavat poron kaivamista jo aivan teknisenä suorituksena mikä ilmeni mm. siitä, että jäkälää oli eniten jo muutaman vuoden ikäisillä uudistusaloilla maahan

jääneiden latvusten ja suurten oksien alla. Vähän vanhemmissa metsissä karikkeen ravinteet mahdollistavat, ilmeisesti samanaikaisen lisääntyvän varjostuksen kanssa, etenkin seinäsammalen lisääntymisen. Poro kuitenkin välttää sammalensekaisen jäkälän syöntiä alku- ja keskitalvella sammalen huonon sulavuuden vuoksi (Helle 1984). Tärkeää voi olla myös se, että runsas sammal "peittää" jäkälän hajun; ilman riittävän vahvaa hajuärsykettä poro ei ala kaivaa. Näitä ajatuksia tukee Mattilan ja Helteen (1978) havainto, jonka mukaan jäkälän keskipituuden ja peittävyiden välillä on negatiivinen korrelaatio, ts. peittävyys on porolle tärkeämpi kuin biomassassa sinänsä.

Edellä esitetyt pohdiskelut perustuvat ensisijaisesti kuusamolaiselle aineistolle, jossa hakkuujätettä ja sammalta oli selvästi enemmän kuin Inarissa (kuva 1). Yllättävää kyllä nuorten metsien välttäminen oli kuitenkin silmiinpistävämpää nimenomaan Inarin poroilla. Mahdoton ei ole ajatus, että avoimeen tunturi- maastoon sopeutuneen tunturipeuran jälkeläisenä ja osaa vuotta nykyisinkin avotunturissa oleva Ivalon paliskunnan poro tuntee "luontaista vastenmielisyyttä" näkyvyydeltään rajoittuneisiin tiheikköihin. Kyseessä olisi lähinnä peto sopeutuma, joka ei edellytä edes aktuaalista petovaaraa kuten esimerkiksi jäillä lepäävistä tundrakaribuista ja metsäpeuroista osoittavat (Pruitt 1959, Montonen 1974). Tiheikköjen poikki kulkiessaan tundrakaribut tekevät sen juoksujalkaa (Henshaw 1970). Kuusamossa metsikön tiheyden välitön vaikutus ei tullut esiin, mahdollisesti sen vuoksi, että jäkälän yleinen niukkuus kohoaa tärkeämmäksi tekijäksi kuin petojen aiheuttama riski tiheissä metsissä.

Tuloksista voidaan tehdä jo alustavan analyysin jälkeen seuraavat käytännön johtopäätökset:

Päättehakkuun välittömiä haittoja voidaan vähentää tehostamalla hakkuutähteen (latvusten ja suuret oksat) talteenottoa. Toimenpide vähentää myös myöhempää sammaloitumista. Taimikon harvennukset ja kasvatushakkuut lisäävät valoa ja tekevät maanpinnan kasvuolosuhteet äärevämmäksi, mitkä molemmat parantavat jäkälien kilpailutilannetta suhteessa seinäsammaleeseen ja varpuihin.

## KIRJALLISUUS

- AHTI, T. 1961. Taxonomic studies on reindeer lichens (*Cladonia*, subgenus *Cladina*). *Ann. Bot. Soc. 'Vanamo'* 32(1):1-160.
- CLARK, P. and EVANS, F. 1954. Distance to nearest neighbour as a measure of spatial relationship in populations. *Ecology* 35:445-453.
- ERIKSSON, O. 1975. Silvicultural practices and reindeer grazing in northern Sweden. In: LUICK, J.R., LENT, P.C., KLEIN, D.R. and WHITE, R.G. (eds.), *Proc. of the First Int. Reindeer Caribou Symp.*:108-121.
- HELLE, R. 1984. Metsien moninaiskäytön osittainen palauttaminen. *Poromies* 3:18-22.
- HELLE, T. 1983. Simulointimallit laiduntutkimuksen apuvälineenä. *Poromies* 3:14-17.
- " 1984. Foraging behaviour of semi-domestic reindeer (*Rangifer tarandus* L.) in relation to snow in Finnish Lapland. *Rep. Kevo Subarctic Res. Stat.* 19:35-47.
- " and SAASTAMOINEN, O. 1979. The winter use of food resources of semi-domestic reindeer in northern Finland. *Comm. Inst. For. Fenn.* 95(6):1-26.
- HELLE, T., PÖYHÖNEN, I., LOTVONEN, E. & WALTERS, C. 1984. Ei suuret tulot vaan pienet menot - taloudellisuutta porojen ruokintaan. *Poromies* (4):12-16.
- HELLE, T. and TARVAINEN, L. 1984. Determination of the winter digging period of semi-domestic reindeer in relation to snow conditions and food resources. *Rep. Kevo Subarctic Res. Stat.* 19:49-56
- HENSHAW, J. 1970. Consequences of travel in the rutting of reindeer and caribou. *Anim. Behav.* 18:256-258.
- KENDALL, M. and MORAN, P. 1963. *Geometrical probability*. Griffin, London. 125 pp.
- MATTILA, E. 1979. Kangasmaiden luppometsien ominaisuuksista Suomen poronhoitoalueella 1976-1978. *Folia For.* 417:1-39.

MATTILA, E. 1981. Survey of reindeer winter ranges as a part of the Finnish National Forest Inventory in 1976-1978. Commun. Inst. For. Fenn. 99(6):1-74.

" & HELLE, T. 1978. Keski- ja pohjois-Suomen poronhoitoalueen talvilaidunten inventointi. Folia For. 358:1-31.

Metsähallitus 1978. Ohjekirje metsittämisestä ja metsän uudistamisesta 1.9.1978. No Mh 130, 320, 420.

MONTONEN, M. 1974. Suomen peura. WSOY, Helsinki. 111 s.

PRUITT, W.O. Jr. 1959. Snow as a factor in the winter ecology of the barren-ground caribou. Arctic 12(3):158-179.

## PANOS-TUOTOSMENETELMÄ METSÄTOIMIALOJEN ALUEELLISTEN KERRANNAIS- VAIKUTUSTEN TUTKIMUKSESSA

Olli Saastamoinen

### JOHDANTO

Metsätalous ja metsäteollisuus tunnetaan kansantalouden avaintoimialoina, jotka yleensä ovat saaneet ansaitsemansa huomion kansantalouden kehittämishjelmia laadittaessa. Sen sijaan metsätoimialojen aluetaloudellinen ja aluepoliittinen rooli ei ole yhtä selkeästi eikä varsinkaan yhtä kiistattomasti todennettu asia. Tiedetään kyllä yleisesti, että metsäteollisuus on alueellisesti muita teollisuudenaloja tasaisemmin sijoittunut maan eri osiin ja että metsätalous tarjoaa työtä ja toimeentuloa syrjäisimpiäkin alueita myöten. Mutta tästä huolimatta - tai ehkä paremmin sanoen juuri tästä johtuen - metsätoimialat ovat aluepoliittisessa keskustelussa varsin usein olleet nimenomaan kriittisen huomion kohteena. Kun metsätoimialat ovat keskeisesti vastanneet maaseutualueiden työllisyydestä, on myös näiden elinkeinojen koneellistuminen ja automatisointi ymmärrettävästi nähty yhtenä tärkeänä maaseutua autioittavana tekijänä (Tauriainen ja Koivula 1973, Seppälä 1976, Oksa 1984). Metsätalouden aluepoliittisesti epäedullista kehitystä tarkasteltaessa on huomiota kiinnitetty myös metsänomistusrakenteen muutokseen (Reunala 1975) ja yleensäkin metsätalouden vähäisiksi nähtyihin alueellisiin kerrannaisvaikutuksiin (Kiljunen 1979, Raumolin 1982).

Jos erityisesti viime vuosikymmenien kehityksen valossa kriittisluontoinen näkemys metsätoimialojen aluepoliittiseen merkitykseen näyttääkin omaavan perusteita, on toisaalta tarpeellista huomata se, että metsätoimialat edelleenkin muodostavat niin kehitysalueilla kuin maaseudulla yleensäkin keskeisen aluetaloudellisen moottorin, joka on kaikkea muuta kuin loppuunajettu. Metsätalouden ja metsäteollisuuden keskeistä aluetaloudellista roolia

juuri taloudellisen aktiviteetin luoja ja ylläpitäjän näkökulmasta Pohjois-Suomessa ja Lapissa on seikkaperäisimmin käsitellyt Kuusela (1982) ja myöskin Nenonen (1984).

Metsätoimialojen aluepoliittiseen merkitykseen "kriittisesti" ja "myönteisesti" suhtautuvat näkökannat eivät välttämättä ole - kuten edellä jo viitattiin - loogisessa ristiriidassa keskenään. Kysymys on ensisijaisesti näkökulmaeroista. Mutta osaltaan näkökulmien erilaisuus on seurausta siitä, että yksityiskohtaisesti tutkittua tietoa metsätoimialojen aluepoliittisesta ja aluetaloudellisesta merkityksestä on maassamme jokseenkin vähän, vaikka aihepiiriä onkin sivuttu monessakin tutkimuksessa sekä aluetieteiden piirissä että myös metsän-tutkimuksen puolella.

Metsäekonomian keskuudessa metsätoimialojen aluetaloudellisiin kysymyksiin paneuduttiin 1970-luvulla käynnistyneessä yhteis-pohjoismaisessa hankkeessa (Lönnstedt 1980), joka Suomessa kohdistui alueellisesti Pohjois-Karjalaan. Suomen osalta alan tutkimus on viime vuosina kohdistunut erityisesti puualan pienten yritysten ongelmiin (Selby 1984).

Ruotsissa metsätoimialojen aluetaloudellista merkitystä on viime aikoina käsitelty laajahkon "Samhället och skogen"-projektin yhteydessä (Hultkranz 1983). Kansainvälisestä alan tutkimuksesta mainittakoon esimerkkinä vain tämän artikkelin kannalta keskeinen aihepiiri eli panos-tuotosmenetelmän soveltaminen metsätoimialojen alueellisiin vaikutuksiin (Hughes 1970).

Tämän artikkelin tarkoituksena on käsitellä kerrannaisvaikutusten problematiikkaa metsätoimialojen aluetaloudellisen merkityksen tutkimuksessa maassamme tehdyn panos-tuotostutkimuksen valossa. Aluksi esitellään lyhyesti ja ei-matemaattisesti panos-tuotosmenetelmän perusteet ja erityyppiset kerrannaisvaikutukset. Samalla esitetään joitakin empiiristen panos-tuotostutkimusten tuottamia tuloksia. Lopuksi pohditaan panos-tuotosmenetelmän käyttömahdollisuuksia metsätoimialojen aluetaloudellisen merkityksen tutkimuksessa.

## PANOS-TUOTOSMENETELMÄ JA KERRANNAISVAIKUTUKSET

### Panos-tuotosmenetelmä

Panos-tuotosmenetelmä on kansantalouden eri toimialojen välisen riippuvuuksien analyysiväline, jossa toimialojen keskinäistä riippuvuutta kuvataan lineaaristen yhtälöiden joukolla. Riippuvuussuhteen rakenteen määräävät näiden yhtälöiden kertoimet, jotka määrätään empiirisesti nk. panos-tuotostaulukosta. Panos-tuotostaulukolla voidaan kuvata koko kansantalouden tai sen tietyn osa-alueen tuotantotoiminnan rakennetta ja toimialojen keskinäisiä yhteyksiä (Forssell 1965, Nenonen 1976, Forssell ja Häyrynen 1979, Eskelinen ym. 1978 ja Saurio 1982).

Panos-tuotostaulukko on kaksiulotteinen taulu, jossa kukin toimiala esiintyy yhdellä sarakkeella ja yhdellä rivillä. Toimialojen lisäksi osa taulukon riveistä kuvaa ns. peruspanosten tarjontaa ja osa sarakkeista toimialojen tuotannon lopputuotekäyttöä. Kunkin toimialan sarake kuvaa toimialan tuotannossaan käyttämän panosrakenteen, ts. missä määrin toimiala käyttää muiden toimialojen tuotantoa oman tuotantonsa aikaansaamiseksi (välituotepanokset) ja missä määrin ns. peruspanoksia. Kunkin toimialan rivi panos-tuotostaulukossa kuvaa puolestaan miten toimialan tuotanto jakaantuu muiden toimialojen käytettäväksi (välituotekäyttö) ja lopputuotekäyttöön.

Panos-tuotostaulukon tavara- ja palveluvirrat esitetään rahayksiköin mitattuna. Toimialan sarake osoittaa näin siis toimialan kulujen ja rivi tuottojen rakenteen.

### Panosrakenne - välittömät vaikutukset

Panos-tuotosanalyysin ensimmäinen vaihe on panosrakenteen laskeminen. Toimialan panosrakenne saadaan jakamalla toimialojen käyttämät panokset kokonaistuotoksella. Saadut kertoimet ovat panoskertoimia, jotka osoittavat eri toimialojen välituotepanosten ja peruspanosten suhteellisen merkityksen toimialan

tuotannossa. Samalla ne kuvaavat eri toimialojen välisiä tuotannollisia yhteyksiä. Yhden toimialan kaikki panoskertoimet ovat  $< 1$  ja niiden summa = 1.

Taulukossa 1 on esitetty metsätalouden, taulukossa 2 sahateollisuuden ja taulukossa 3 paperin ja kartongin valmistuksen tärkeimmät panoskertoimet koko maan vuoden 1970 panos-tuotostutkimuksesta (Tilastokeskus 1977) sekä Lapin läänin (Häyrynen 1981) ja Pohjois-Karjalan (Eskelinen 1980) alueellisista panos-tuotostutkimuksista vuodelta 1975.

Taulukko 1. Metsätalouden panoskertoimia (Tilastokeskus 1977, Häyrynen 1981, Eskelinen 1980).

	Koko maa 1970	Lappi 1975	Pohjois-Karjala 1975
Kauppa	.017	.016	.017
Maatalous	.016	.016	.001
Metsätalous	.009	.009	.010
Maaöljy	.007	.000	-
Lannoiteteollisuus	.006	-	.000
Liikenne	.002	.002	.002
Maa- ja vesirakennus	.002	.002	.000
Kotital. es. korj.	.002	.002	.002
Koneiden valmistus	.001	.000	.001
Talonrakennus	.001	.001	.001
Rahoitus, vakuutus	.001	.001	.001
Muut	.004		
Välituotekäyttö yht.	.064	.053	.037
Palkat, sotu	.297	.294	.212
Tuonti	.015	.032*	.064*
Verot	.010	.008	.002
Toimintaylijäämä	.610	.613	.634
Yhteensä	1.000	1.000	1.000

\* Sisältää tuonnin myös muualta maasta.

Taulukko 2. Sahateollisuuden panoskertoimia (Tilastokeskus 1977, Häyrynen 1981, Eskelinen 1980).

	Koko maa	Lappi	Pohjois-Karjala
	1970	1975	1975
Metsätalous	.543	.543	.489
Liikenne	.040	.040	.040
Sahateollisuus	.026	.043	.008
Sähkö, lämpö	.015	.028	.034
Koneiden valmistus	.010	-	.002
Muiden sähköt. valm.	.003	-	-
Kauppa	.003	.002	.001
Liik. el. palv.	.003	.004	.002
Rahoitus, vakuutus	.002	.002	.002
Majoitus, ravitsemus	.001	.001	.001
Muut	-	.005	.006
<hr/>			
Välituotekäyttö yht.	.669	.666	.585
Palkat, sotu	.171	.241	.213
Tuonti	.028	.049*	.132*
Verot	.003	.007	.006
Toimintaylijäämä	.129	.037	.065
<hr/>			
Yhteensä	1.000	1.000	1.000

\* Sisältää tuonnin myös muualta maasta.

Metsätalouden panosrakenteet osoittavat sen, että metsätalous tarvitsee suhteellisen vähän välituotepanoksia muilta toimialoilta. Alueellinen välituotekäyttö on myös pienempi kuin koko maassa.

Sahateollisuuden välituotekäyttö on puolestaan erittäin suuri ja metsätalouden osuus raakapuun toimittajana näkyy panosrakenteessa hallitsevana. Liikenne sekä sähkö- ja lämpöhuolto nousevat muista välituotepanosten tarjoajista merkittävimiksi.

Taulukko 3. Paperin ja kartongin valmistuksen panoskertoimia  
(Tilastokeskus 1977, Häyrynen 1981).

	Koko maa	Lappi
	1970	1975
Massan valmistus	.458	.325
Sähkö- ja lämpöhuolto	.058	.064
Paperin ja kartongin valmistus	.029	-
Koneiden valmistus	.012	-
Liikenne	.010	.008
Paperi- ja kart.tuott. valmistus	.010	-
Metsätalous	.009	.006
Teoll. kemikaalit	.008	-
Muu kemiall. tuott. valmistus	.003	-
Puhtaanapito ja kiint.h.	.003	.002
Sahaus	.003	-
Maaöljy	.002	-
Muut	.021	.005
<hr/>		
Välituotekäyttö yht.	.626	.410
Palkat ja sotu	.132	.057
Tuonti	.059	.119*
Verot	.004	.003
Toimintaylijäämä	.178	.411
<hr/>		
Yhteensä	1.000	1.000

\* Sisältää tuonnin myös muualta maasta.

Paperin ja kartongin valmistuksen kohdalla on vertailtavissa vain Lappi ja koko maa. Lapin suhteen on nähtävissä alueelliseksi panosrakenteelle tyypillinen aukkoisuus, joka johtuu paljolti siitä, että suppea aluetalous ei pysty tyydyttämään kaikkia erikoistuneiden tuotannonalojen tarpeita.

Panoskertoimet osoittavat toimialan tuotannon yhden yksikön aiheuttaman muiden toimialojen tuottamien välituotepanosten tarpeen ja samalla siis välittömät tuotannolliset vaikutukset.

Metsätoimialojen välittömät tuotannolliset vaikutukset kohdistuvat panosrakenteen valossa selvimpinä liikenteeseen, sähkö- ja lämpöhuoltoon, maatalouteen ja kauppaan sen lisäksi, että kaikkein voimakkaimmat tuotannolliset yhteydet näillä toimialoilla on tietenkin keskenään.

#### Välilliset vaikutukset

Välilliset vaikutukset ovat tuotannon välittömien vaikutusten kertaantumisen seurausta. Metsätoimialoille välituotepanosia toimittavien tuotannonalojen kasvu lisää niiden tarvitsemien välituotteiden käyttöä mikä puolestaan kasvattaa taas uutta välituotepanostarvetta. Kertaantuvasta mutta vähitellen vaimenevasta ketjureaktiosta seuraa, että alkuperäisestä tuotannon lisäyksestä johtunut muiden toimialojen tuotannon ja välituotekäytön kasvu kohottaa tuotannon kokonaismuutoksen alkuperäistä muutosta suuremmaksi.

Tämän välillisen tuotantovaikutuksen eli tuotannollisen kerrannaisvaikutuksen suuruuden osoittaa välituotepanoskerrointaulukon käänteismatriisin sarakesumma. Mitä suurempi on toimialan välituotekäyttö, sitä suurempi on myös välillinen tuotantovaikutus. Ja alueellisesta näkökulmasta tarkasteltuna mitä suurempi on toimialan sijaintialueelta peräisin oleva välituotekäyttö sitä suurempi on myös alueellinen välillinen vaikutus.

Koska metsätaloudessa välituotekäytön merkitys on suhteellisen vähäinen, jää välillinen tuotantovaikutus myöskin varsin pieneksi. Eskelisen ym. (1978) mukaan Pohjois-Karjalassa vuonna 1970 metsätalouden välitön tuotantovaikutus oli 1,063 (välituotepanoskerrointaulukon sarakesummaan on lisätty ykkönen toimialan yksikön suuruista tuotannonlisäystä osoittamaan) ja välillinen tuotantovaikutus 0,025. Välitön ja välillinen tuotantovaikutus yhteensä oli 1,088. Toimialalla puunsahaus ym. välitön tuotantovaikutus oli 1,382 ja välillinen tuotantovaikutus 0,051, yhteensä 1.433.

Laskemalla välillisen vaikutuksen osuus samalla periaatteella Häyrysen (1981) Lapin läänin vuoden 1975 panoskerroin- ja käänteismatriiseista, saadaan metsätalouden välilliseksi vaikutukseksi 0,017, mutta sahateollisuudelle sekä paperi- ja kartonkiteollisuudelle vastaavasti vähän korkeammat luvut eli 0,097 ja 0,268. Esimerkiksi viimeksi mainittu luku on tulkittavissa siten, että välillisen vaikutuksen aiheuttama tuotannon lisäys on 65 % välittömänä vaikutuksena ilmentyvistä välituotekäytöstä

#### Johdetut vaikutukset

Välittömät ja välilliset tuotantovaikutukset metsätoimialoilta muille toimialoilte välittyvät välituotepanosten ja niiden tuottamiseen tarvittavien panosten kautta. Merkittävä, joskin toimialoittain vaihteleva, osa panosrakenteesta koostuu palkoista ja muista tuotannontekijätuloista, joita käytetään kulutukseen, investointihyödykkeiden hankintaan ja julkisen sektorin toiminnan rahoittamiseen. Kulutuksen, pääomanmuodostuksen ja julkisen sektorin kautta syntyviä kerrannaisvaikutuksia kutsutaan johde-  
tuiksi vaikutuksiksi (Eskelinen ym. 1980).

Pohjois-Karjalan vuoden 1970 panos-tuotosmallin laajentaminen kulutusvektorilla osoitti, että pienen aluetalouden kerrannaisvaikutusprosessissa johdetuilla vaikutuksilla oli varsin keskeinen merkitys. Metsätaloudessa johdettujen vaikutusten osuus kaikista tuotantovaikutuksista oli noin 40 % ja puun sahauksessa noin kolmannes. Työllisyyttä johdetut vaikutukset lisäsivät välittömiin ja välillisiin vaikutuksiin verrattuna metsätaloudessa 1,41-kertaiseksi ja sahateollisuudessa 1,57-kertaiseksi. Johdetuissa vaikutuksissa oli mukana vain kotitalouden kulutuksen aikaansaamat kerrannaisvaikutukset (Eskelinen ym. 1980). Myös Rauman paikallistalouden panos-tuotostutkimuksessa kävi ilmi johdettujen vaikutusten keskeinen merkitys (Saurio 1982).

Johdetut vaikutukset (kulutuksen kerrannaisvaikutukset) lisäsivät Häyrysen (1980) analyysissä tuotannon taaksepäin suuntautuvia kerrannaisvaikutuksia metsätaloudessa Oulun läänissä v. 1970 1,56-kertaiseksi ja Lapin läänissä 1,51-kertaiseksi. Sahateollisuudessa kulutuksen mukaanotto kasvatti Oulun läänissä kerrannaisvaikutuksia 1,29 ja Lapin läänissä 1,27-kertaiseksi. Massan valmistuksessa vastaavat kertoimet olivat Oulun läänissä 1,22 ja Lapin läänissä 1,20 sekä paperin ja kartongin valmistuksessa vastaavasti 1,16 ja 1,15. Näiden lukujen perusteella näyttää ilmeiseltä, että johdettujen vaikutusten suhteellinen merkitys metsätaloudessa ja sahteollisuudessa on suurempi kuin massa- ja paperiteollisuudessa.

Kerrannaisvaikutukset yhteensä

Metsätoimialojen aluetaloudelliset kerrannaisvaikutukset koostuvat muiden toimialojen tapaan välittömistä tuotantovaikutuksista, välillisistä tuotantovaikutuksista ja johdetuista vaikutuksista.

Eskelisen ym. (1980) mukaan Pohjois-Karjalassa v. 1970 metsätalouden yhden yksikön suuruinen lopputuotekysyntä aiheutti kaikkiaan likimäärin (pylväsdiagrammista tarkasteltuna) 1,8-kertaisen tuotantovaikutuksen. Vastaava kerroin massan ja kartongin valmistuksessa oli noin 2,0 ja sahteollisuudessa 2,1.

Oulun ja Lapin lääneissä metsätalouden kerrannaisvaikutukset v. 1970 olivat 1,67 ja 1,59, sahteollisuuden 2,16 ja 2,09, massan valmistuksen 2,02 ja 1,91 sekä paperin ja kartongin valmistuksen 2,30 ja 2,18 (Häyrynen 1980).

Nenonen (1981) on puolestaan laskenut Lapin metsäteollisuuteen kohdistuvan 150 milj. mk:n tuotannon lisäyksen aiheuttavan 82 milj. mk:n välittömän vaikutuksen, 46 milj. mk:n välillisen vaikutuksen ja 47 milj. mk:n johdetun (kulutus-) vaikutuksen. Alkuperäinen tuotannon vaikutus mukaan lukien kokonaisvaikutus nousi 325 milj. mk eli 2,17-kertaiseksi alkuperäiseen nähden.

PANOS-TUOTOSMENETELMÄ METSÄTOIMIALOJEN ALUETALOUDELLISESSA  
TUTKIMUKSESSA

Metsätoimialojen aluetaloudellisia vaikutuksia ja merkitystä on tutkittu ja voidaan tutkia monesta eri näkökulmasta. Panos-tuotosmenetelmän keskeinen etu moniin muihin menetelmiin nähden on siinä, että se tarjoaa yhtenäisen kehikon metsätoimialojen tutkimiselle sekä niiden keskinäisessä vuorovaikutuksessa että vuorovaikutuksessa muiden toimialojen kanssa. Puuraaka-aineen tuottaminen ja käyttö sitoo metsätalouden, sahateollisuuden sekä massa- ja paperiteollisuuden toimialat tunnetusti kiintein tuotannollisin kytkennöin toisiinsa, mutta kaikilla metsätoimialoilla on omat kytkentänsä myös kansantalouden muihin toimialoihin. Metsätoimialojen aluetaloudellisista vaikutuksista ei saada täydellistä kuvaa, ellei myös näitä tuotannollisia tai kulutuksen kautta syntyviä vaikutuksia pyritä arvioimaan. Juuri tässä suhteessa panos-tuotosmenetelmä on erittäin käyttökelpoinen, koska kerrannaisvaikutusanalyysi on menetelmän keskeinen analyttinen käyttö (Eskelinen 1979).

Panos-tuotosmenetelmällä saatuja metsätoimialoihin liittyviä eräitä tuloksia on edellä havainnollistettu lähinnä vain tuotosterrointen eli tuotannon arvoon liittyvien muutosten avulla. Välittömien, välillisten ja johdettujen vaikutusten analyysi on tietysti yhtä hyvin sovellettavissa myös työllisyys- ja tulo-kertoimiin, joihin liittyvät muutokset ovatkin aluetaloudellisesti tärkeämpiä. Johdetuissa vaikutuksissa olisi syytä kiinnittää huomiota myös julkisen sektorin (valtio ja kunnat) ja investointien merkitykseen.

Panos-tuotosmenetelmän eräs tunnettu puute on panos-tuotostaulukon laatimisen suuritöisyys. Tästä johtuu, että niin kansalliset kuin alueellisetkin panos-tuotostaulukot ovat ilmestyessään suhteellisen vanhoja. Talouden rakenteelliset piirteet eivät kuitenkaan yleensä muutu kovin nopeasti ja siksi ongelmaa ei ole pidetty voittamattomana. Alueellisten panos-tuotostaulukoiden

laadinnan suurimpana ongelmana on ollut yksityiskohtaisen alueellisen tiedon puute. Näyttäisikin hyödylliseltä pyrkiä kehittämään alueellista panos-tuotosmallia siten, että tietojen vanhentuneisuuden ja alueellisen tiedon yleispiirteisyyden ongelmia voitaisiin vähentää toimialakohtaisen asiantuntemuksen avulla. Tässä tarkoituksessa olisi hyvä viritellä yhteistyötä aluetaloustieteilijöiden ja metsäntutkijoiden kesken.

#### KIRJALLISUUS

- HUGHES, J.M. 1970. Small area input-output studies of forestry related activities in Minnesota. A paper prepared for Minneapolis Chamber of Commerce Input-Output Conference, June 10, 1970, Minneapolis. 11 pp.
- HULTRANTZ, L. 1983. Skogen i regionalpolitiken. Sekretariatet för framtidsstudier. Stockholm. 132 s.
- ESKELINEN, H., PIETILÄINEN, P., PULLIAINEN, K. & SUORSA, M. 1978. Pohjois-Karjalan aluetalouden rakenne. Joensuun korkeakoulu, Karjalan tutkimuslaitoksen julkaisuja 32:1-57.
- ESKELINEN, H., PIETILÄINEN, P. & SUORSA, M. 1979. Aluetalouden panos-tuotosmallin laajentaminen - johdetut vaikutukset. Teoksessa: Eskelinen, H. (toim.) Aluetalous tutkimuskohteena - menetelmiä ja sovellutuksia. Joensuun korkeakoulu, Karjalan tutkimuslaitoksen julkaisuja 37:1-74.
- ESKELINEN, H. 1980. Pohjois-Karjalan panos-tuotostutkimukset 1970-luvulta. Joensuun korkeakoulu, Karjalan tutkimuslaitoksen julkaisuja 41:1-48.
- FORSSELL, O. 1965. Tuotantotoimintojen väliset yhteydet Suomen talouselämässä. Panos-tuotostutkimus vuodelta 1959. Helsinki.
- " & HÄYRYNEN, S. 1979. Suomen läänien panos-tuotostaulut vuonna 1970. Oulun yliopiston kansantaloustieteen laitoksen tutkimuksia 16:1-114.

- HÄYRYNEN, S. 1980. Tuotannon kehitys ja rakenne toimialoittain Oulun ja Lapin läänissä 1960-1973. Oulun yliopisto. Pohjois-Suomen tutkimuslaitos C 25:1-52.
- " 1981. Oulun ja Lapin läänin panos-tuotostutkimus vuodelta 1975. Oulun yliopisto. Pohjois-Suomen tutkimuslaitos B 2:1-54 + liitetaulut.
- KILJUNEN, K. 1979. 80-luvun aluepoliittiset perusteet. Helsinki.
- KUUSELA, K. 1982. Pohjois-Suomen metsä- ja puutalous. Metsä ja Puu 4:4-12.
- LÖNNSTEDT, L. (ed.) 1980. Proceedings Skogsnäringen och regional utveckling, 3-7 december 1979, Sveriges lantbruksuniversitet, Umeå. Skogsekonomiska institution. 332 s.
- NENONEN, T. 1976. Alueen tuotantotoimikunnan rakenne ja kerrannaisvaikutukset panos-tuotostutkimuksen valossa Suomessa. Oulun yliopiston kansantaloustieteen laitoksen tutkimuksia 9:1-161.
- " 1981. Aluetalouden tuotantorakenteen kehittäminen. Tuotantopoliittisen simulointimallin rakentaminen ja sen soveltaminen läänitasolla. Oulun yliopisto. Pohjois-Suomen tutkimuslaitos A 1:1-164.
- " 1984. Metsäsektorin merkitys Lapin aluetaloudessa. Lapin kesäyliopiston Studia Generalia -luento Kemissä 25.9.1984. 12 s.
- OKSA, J. 1984. Kehitysalueen rakennemurros ja metsäpolitiikan ristiriidat. Teoksessa: Launis, R., Reittu, A., Ronkainen, M., Turunen, P. ja Vuorivirta, M. (toim.). Metsä huutaa. WSOY. 182 s.
- RAUMOLIN, J. 1982. The relationship of forest sector to rural development. Some reflections on the theory and practice of forest-based development. University of Oulu. The research institute of Northern Finland. No. 24:1-64.
- REUNALA, A. 1975. Metsänomistuksen muutokset ja aluepolitiikka. Silva Fenn. 9(4):259-283.
- SAURIO, S. 1982. Rauman paikallistalouden panos-tuotostutkimus vuodelta 1970. Turun yliopisto, taloustieteen julkaisuja A 12:1-118.

- SELBY, J.A. 1984. A humanistic approach to the study of small sawmills in North Karelia, Finland. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 146:1-123.
- SEPPÄLÄ, H. 1976. Metsäsektorin alueellinen merkitys Suomessa. Folia For. 269:1-26.
- TAURIAINEN, J. & KOIVULA. 1973. Maaseudun väestökatoalueiden olot ja ongelmat. SITRA Sarja B 9:1-157.
- Tilastokeskus 1977. Suomen kansantalouden panos-tuotosrakenne vuonna 1970. Tilastollisia tiedonantoja 59:1-303.

## POHJOIS-SUOMEN RAAKAPUUMARKKINOIDEN OSTAJARAKENNE

Arto Naskali

## JOHDANTO

Tässä esitelmässä on tarkoitus kuvata Pohjois-Suomen raakapuumarkkinoiden ostajarakennetta. Kuvaus tapahtuu raakapuun ostajien keskittyneisyyden kvantitatiivisen mittaamisen avulla. Mittaus tehdään vuoden 1979 poikkileikkausaineistosta. Esitelmä vastaa kysymyksiin, ovatko Pohjois-Suomen raakapuumarkkinat keskittyneitä sekä onko keskittyneisyydessä eroja piirimetsälautakuntien tai puutavaralajien välillä.

Motiivi kuvaamiseen on olemassa, jos löydetään ostajarakenteen ja markkinoiden kilpailutilanteen välille yhteys. Ostajarakenteen kuvaamisen perimmäinen tarkoitus onkin tuoda esiin alueellisia kilpailueroja ja siten tuottaa tietoa näiden raakapuun kysyntätekijöiden alueellisten erityispiirteiden vaikutuksista markkinatasapainoon. Ostajarakenteen pohjalta voisi siis periaatteessa tehdä markkinatasapainon luonnetta koskevia oletuksia.

Tässä yhteydessä ei ole mahdollista esittää laskelmia kilpailun ja keskittymisen riippuvuussuhteista ja esitelmässä tyydytäänkin vain suppeasti keskustelemaan tästä yhteydestä. Esitettävistä keskittyneisyysindeksien arvoista ei voida tehdä suoraan johtopäätöksiä markkinoilla vallitsevasta kilpailusta ja hinnanmuodostuksesta. Rakenneindeksit eivät yksinään anna informaatiota kilpailuasteesta, sillä kilpailu ilmenee markkinakäyttäytymisen tasolla. Voi kuitenkin olla olemassa raakapuumarkkinoiden ominaisuuksiin parhaiten sopiva rakenneindeksi. Sellaisen arvoissa tapahtuvat muutokset heijastaisivat herkästi myös kilpailuasteen muutoksen. Tällöin yritysten käyttäytymistä voitaisiin selittää rakenteesta käsin.

Markkinoiden osittaminen ja erilaisten rakenneindeksien soveltaminen on vain yksi vaihe toimialan käyttäytymisen ja toimivuuden tutkimuksessa. Sellaisenaan saadaan kuitenkin sinänsä

mielenkiintoinen kuvaus ostajarakenteesta. Johdannon jälkeisessä kappaleessa tullaan keskustelemaan keskittyneisyyden ja kilpailun välisestä yhteydestä. Sen jälkeen esitellään käytetty tutkimusaineisto ja kuvataan ostajarakennetta keskittyneisyystunnusten avulla. Lopuksi vastataan tämän johdannon alussa esitettyihin kysymyksiin ja pohditaan mahdollisia tulkintoja keskittyneisyyden ja kilpailun näkökulmasta.

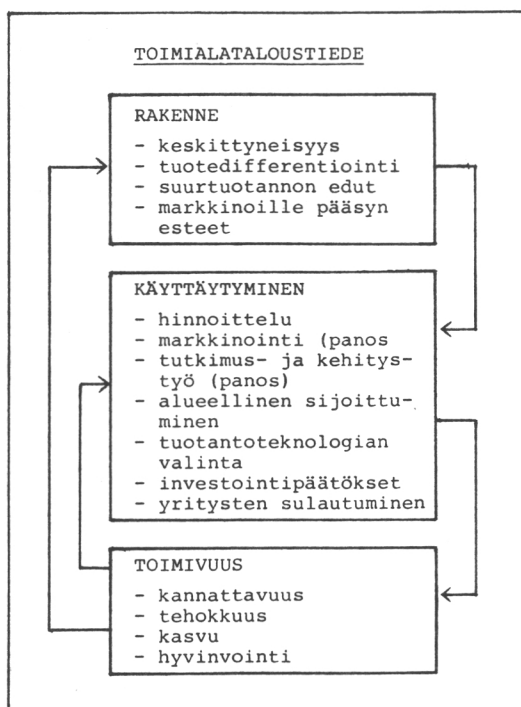
#### KESKITTYNEISYYS JA KILPAILU

Maamme metsien omistus on hajautunut vaikka jonkin asteista keskittyneisyyttä myyjäpuolellakin paikoin on. Raakapuumarkkinoilla on paljon potentiaalisia myyjiä. Metsäteollisuusyrityksiä on kuitenkin tähän nähden vähän ja alueellisesti keskittyneinä ne saavat joillakin paikkakunnilla kuljetuskustannusten ansiosta vahvasti oligopsonistisen (harvoja ostajia) aseman (vrt. Löfgren ja Johansson 1982, s. 186).

Metsäntutkimuslaitoksessa tehdyn vuoden 1979 markkinapuututkimuksen (Aarne 1981) mukaan neljän pohjoisimman piirimetsälautakunnan, Kainuun, Pohjois-Pohjanmaan, Koillis-Suomen ja Lapin alueilla toimi sata raakapuun ostajaa. Näistä neljä suurinta osti lähes 70 % raakapuusta. Suurimpien yritysten hallitseva rooli on siten kiistaton. Suurilla raakapuun ostajilla on Pohjois-Suomessa potentiaalista markkinavoimaa.

Pohjois-Suomessa maksetut kantohinnat vaihtelevat paikallisesti (Hyppönen 1981). Korkeimmillaan hinnat ovat Pohjois-Pohjanmaalla ja alhaisimmillaan Koillis-Suomessa. Alueelliset hintaerot ovat suhteellisen pysyviä, rakenteellisia, eivätkä riipu lopputuotteiden kysynnän vaihtelusta niin selvästi kuin ajalliset hintaerot. Osaltaan alueelliset hintaerot voivat johtua markkinarakenteen ja sitä vastaavan kilpailutilanteen erilaisuudesta eri alueilla.

Ostaja- tai myyjärakennetta voidaan kuvata keskittyneisyyslukujen avulla. On jopa esitetty, että keskittyneisyysluvut olisivat paras talousteorian kilpailukäsitteen empiirinen vastine (Wahlroos 1980, 34-35). Kilpailuteoriassa yleensä oletetaan, että mitä keskittyneemmät markkinat ovat sitä enemmän hallitsevilla yrityksillä on markkinavoimaa ja samalla mahdollisuuksia monopolihinnoitteluun. Ns. toimialataloustiede (industrial economics) tarjoaakin tätä ajatusta vastaavan analyysitavan, jota nimitetään structure - conduct - performance - paradigmat eli toimialan rakenteen, -käyttäytymisen ja -toimivuuden paradigmatiksi (ks. Hay ja Morris 1979, s. 33). Kuvassa 1 nämä lohkot on jaettu indikaattoriluokkiin. Paradigman mukaan toimialan markkinarakenne vaikuttaa voimakkaasti yritysten käyttäytymiseen ja sitä kautta toimivuuteen. Toimivuutta voidaan mitata tai arvioida erilaisin suoritusta kuvaavien hyvinvointikäsittein.



Kuva 1. Rakenteen, käyttäytymisen ja toimivuuden yhteys

Raakapuun hintasuositussopimuksia koskeva järjestelmä ei ole poistanut ostajien välisen kilpailun vaikutusta kantohintatasoon, joten hintaliukumia on esiintynyt. Myyjäjärjestöt eivät kontrolloi yksityisten metsänomistajien päätöksiä eivätkä ostajien edut aina ole yhteneväisiä. Esimerkiksi sahojen ja suurten metsäteollisuusyritysten suhtautumisesta toinen toisiinsa voidaan esittää monenlaisia arvailuja. Maataloustuottajain Keskusliitto ja Teollisuuden Puuyhdistys tekevät myös tukkia koskevat hintasopimukset. Puhtaalla sahatteollisuudella eli sellaisella, joka ei ole kuituteollisuuden omistuksessa tai osana jotakin monitoimiyritystä, voi olla suhteellisen vähän painoarvoa sopimuksia tehtäessä. Sahateollisuuden näkökulmasta nimenomaan suurteollisuuden keskinäinen kilpailu on nostanut hinnat sopimushintoja korkeammiksi. Tämä kysymys onkin keskittyneisyysongelman ydintä. Periaatteessa pienellä ja keskisuurella saha- ja puutavarateollisuudella voidaan kuitenkin katsoa olevan merkitystä ainakin lähiympäristönsä alueella myös raakapuukaupan kilpailun lisääjänä.

Selvässä oligopsonitilanteessa, markkinoiden ostajapuolella keskittyessä voimakkaasti, yritykset realisoivat keskinäisen riippuvuutensa muodollisesti tai epämuodollisesti. Jo tästä riippuvuudesta johtuen oligopsonimarkkinoiden tasapainon määrittäminen on vaikeaa. Ostajien lukumäärä ei yksin luonnehdi näiden käyttäytymistä. Siihen vaikuttavat myös ostajien koko ja oligopsonistisen koordinoinnin yleisyys. Oligopsonistinen koordinointi merkitsee ääritapauksessa kartellisopimuksia. Oligopsonimarkkinoilla hinta ei siis määräydy vain kulloisenkin tilanteen ulkoisista tekijöistä vaan myös oligopsonistien sopeutumisesta toinen toisiinsa. Ostajien näennäinen yhteistyö markkinoilla voi kehittyä markkinakokemuksesta, oppimisesta, ja siihen kytkeytyvästä vaihtoehtojen rationaalisesta tarkastelusta ilman muodollista kartellia tai edes informaation vaihtoa (Hay ja Morris 1979, ss. 177-178). Harvojen markkinoilla tähän oppimiseen on täydelliseen kilpailuun nähden ylivertaisesti suuremmat mahdollisuudet. Jos oligopsonistinen koordinointi kuitenkin on täydellinen, on markkinatasapaino sama kuin monopsonitasapaino (yksi ostaja).

Periaatteessa ostajien markkinavoima ja monopsonistiset hinnat ovat keskittyneisyysasteen funktio. Keskittyneisyys kuvaa voimaa, jolla muutama harva yritys hallitsee markkinoilla taloudellista toimintaa. Keskittyneisyysasteen ollessa alhainen markkinoilla on suhteellisen varmasti kilpailua. Keskittyneisyyden mittaamiseen on tarjolla useita vaihtoehtoisia menetelmiä, jotka painottavat yritysten lukumäärää ja kokojakaamaa eri perustein. Tässä lyhyessä esitelmässä ei puututa vaihtoehtoisten keskittyneisyysmittareiden rakenteeseen tai käytettävien mittareiden valintaan.<sup>1</sup> Kysymystä tullaan käsittelemään huomattavasti perusteellisemmin toisessa yhteydessä. Mittareiden erilaiset painotusominaisuudet tulevat kyllä esille myös tässä esityksessä tulosten esittelyn yhteydessä. Perusteluna usean mittarin käytölle on tietämättömyys siitä, mikä on raakapuumarkkinoiden rakenteen ja toimivuuden kannalta johdonmukaisimmin toimiva mittari.

#### TUTKIMUSAINEISTO

Empiirisessä tarkastelussa käytetty aineisto on peräisin Metsäntutkimuslaitoksessa kolmen vuoden välein tehtävän markkinapuututkimuksen vuoden 1979 aineistosta (Aarne 1981). Ensiksi otetaan aineistosta esille joitakin yleisiä seikkoja. Taulukossa 1 esitetään Pohjois-Suomen raakapuun ostajien lukumäärät suuruusluokittain. On huomattava, että taulukon suuruusluokat eivät ilmennä alueellista kokoa vaan ilmoitettu ostajan koko on tässä vielä valtakunnallinen koko.

<sup>1</sup> Tässä esiteltävässä tutkimuksessa käytettävät mittarit on alustavasti esitelty Remes (1984). Samassa artikkelissaan hän esittelee myös tuloksia, jotka siis ovat samoja kuin mitä nyt käsillä olevakin esitelmä sisältää. Tutkimuksesta on tulossa perusteellisempi raportti.

Taulukko 1. Ostajayritysten lukumäärät suuruusluokittain

		S U U R U U S L U O K A T									
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	Yht.
Kainuu		3	11	3	1	1	2	3	1	11	36
Pohjois- Pohjanmaa		16	11	7	2	1	-	2	1	9	49
Koillis- Suomi		3	6	6	3	1	-	3	1	6	29
Lappi		12	22	4	2	2	-	1	1	5	59
Luokka	1.		-		500	m <sup>3</sup>					
	2.		501	-	2 500	"					
	3.		2 501	-	10 000	"					
	4.		10 001	-	25 000	"					
	5.		25 001	-	50 000	"					
	6.		50 001	-	100 000	"					
	7.		100 001	-	250 000	"					
	8.		250 001	-	500 000	"					
	9.		500 001	-		"					

Taulukosta 2 nähdään Pohjois-Suomesta hankitun raakapuun käytön prosentuaalinen jakautuminen teollisuuden, viennin, liikenteen ja muun käytön kesken. Teollisuuden käyttö on selvästi suurin käyttömuoto.

Taulukko 2. Raakapuun käyttötarkoitus hankinta-alueittain

	Kainuu	Pohjois- Pohjanmaa	Koillis- Suomi	Lappi	P-S yht.
Teollisuus	96,7	95,2	97,2	95,9	96,3
Vienti	3,2	4,1	2,6	3,9	3,4
Liikenne	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0
Muu	0,1	0,5	0,2	0,2	0,2

Taulukko 3 esittelee Pohjois-Suomesta hankitun raakapuun käytön prosentuaalisen jakaantumisen lähtöalueen, muiden alueiden ja viennin kesken. Taulukosta nähdään, että Lapissa ja Pohjois-Pohjanmaalla on omaa jalostuskapasiteettia enemmän kuin Kainuussa ja varsinkin Koillis-Suomessa. Mainittakoon lisäksi, että Pohjois-Pohjanmaan ja Kainuun vientipuu koostuu vain vähäisessä määrin kuitu- tai sahapuusta. Sen sijaan Lapin ja Koillis-Suomen vientipuussa ei muuta juuri olekaan.

Taulukko 3. Raakapuun käyttöpaikan sijainti

Lähtöalue	Käyttö omalla		Käyttö toisen		Vienti
	alueella	%	alueella	%	
Kainuu	45		52		3
Pohjois-Pohjanmaa	75		21		4
Koillis-Suomi	39		58		3
Lappi	84		12		4

Pohjois-Suomesta ostettu raakapuu jakaantuu puutavaralajeittain seuraavasti. Sahapuuta kaikesta oli 36 %, kuitupuuta 59 % ja muuta puuta 5 %. Kaikesta ostetusta sahapuusta saatiin Kainuusta 34 %, Lapista 31 %, Koillis-Suomesta 22 % ja Pohjois-Pohjanmaalta 13 %. Pohjois-Suomen kaikesta ostetusta kuitupuusta saatiin Lapista 38 %, Kainuusta 30 %, Koillis-Suomesta 17 % ja Pohjois-Pohjanmaalta 15 %. Kaikesta sahapuusta mäntyä oli n. 75 % ja kuusta n. 25 %. Kuitupuusta mäntyä oli n. 50 %, kuusta 35 % ja lehtipuuta 15 %.

Taulukosta 4 nähdään piirimetsälautakunnittain puutavaralajeittaiset ostajalukumäärät. Erityisesti mäntysahapuun ostajia on runsaasti kaikissa piirimetsälautakunnissa verrattuna muiden puutavaralajien ostajamääriin. Erityisen alhaiset ovat ostajamäärät lehtikuitupuun kohdalla.

Taulukko 4. Puutavaralajeittaiset ostajamäärät alueittain

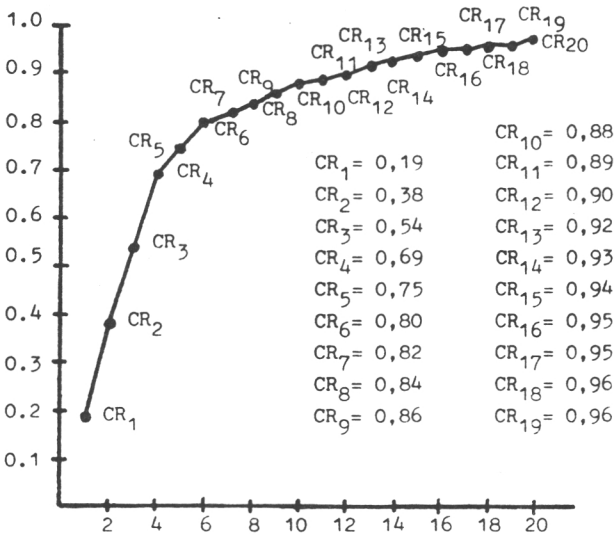
	Kainuu	Pohjois- Pohjanmaa	Koillis- Suomi	Lappi	P-S yht.
Mänty- sahatukit	35	48	25	52	100
Kuusi- sahatukit	19	30	24	22	73
Mänty- kuitupuu	22	19	17	26	61
Kuusi- kuitupuu	17	19	17	17	48
Lehti- kuitupuu	15	14	11	12	35
Yhteensä	36	49	29	59	100
Sahapuu	35	49	25	52	100
Kuitupuu	23	21	17	27	64

Tutkimuksessa on tyydytty yhden vuoden poikkileikkausaineistoon, mikä on oletettu tutkimuksen tarpeita ajatellen riittäväksi.

#### POHJOIS-SUOMEN RAAKAPUUMARKKINOIDEN KESKITTYNEISYYS

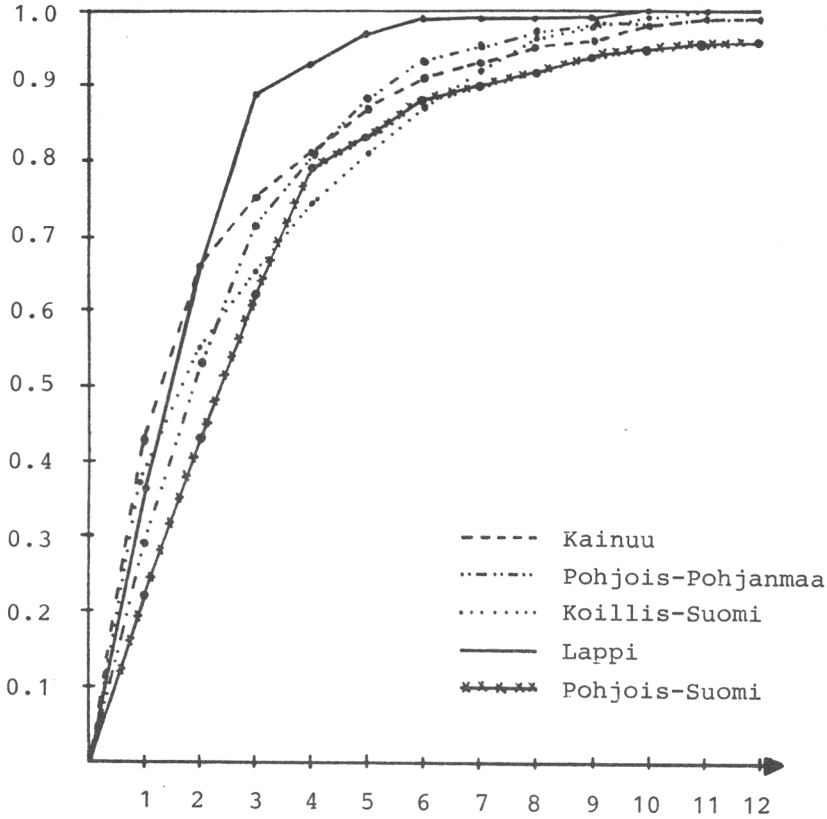
Kuvassa 2 esitetään koko Pohjois-Suomen ja kaikki puutavaralajit sisältävä keskittyneisyyskäyrä. Keskittyneisyyskäyrä muodostetaan ns. keskittyneisyysuhteiden (CR-luvut) avulla. Kuvion horisontaalisella akselilla ovat yritykset (ostajat) suurimmasta pienimpään. Vertikaalinen akseli kuvaa ostajien suhteellista markkinaosuutta. Suurimman ostajan kattaessa 19 % markkinoista, saa se CR-arvon 0,19. CR<sub>2</sub> merkitsee kahden suurimman yrityksen yhteenlaskettua markkinaosuutta jne. Keskittyneisyyskäyrä saadaan yhdistämällä kaikki näin saadut diskreetit CR-pisteet. Kuviossa CR<sub>m</sub>-luvut on laskettu vain m:n arvoon 20 saakka. Ostajia oli kaiken kaikkiaan sata. Käyrästä nähdään, että neljä suurinta ostajaa hallitsee varsin tasavahvaisina Pohjois-Suomen raakapuumarkkinoita. Koko Pohjois-Suomen keskittyneisyyskäyrä kertoo kyllä paljon, mutta vertailun vuoksi

tiedot kannattaa alueellistaa ja esittää puutavaralajeittain. Alueittaiset keskittyneisyysindeksit laskettiin käsittämällä kukin neljästä pohjoisimmasta piirimetsälautakunnasta erilliseksi markkina-alueeksi. Samoin sahapuun, kuitupuun ja näiden alapuutavaralajien oletettiin muodostavan omat markkinansa kyseisillä maantieteellisillä alueilla.



Kuva 2. Pohjois-Suomen raakapuumarkkinoiden keskittyneisyyskäyrä

Kuvassa 3 esitetään kuitupuumarkkinoiden piirimetsälautakunnittaiset keskittyneisyyskäyrät. Mukana on myös koko Pohjois-Suomen kuitupuumarkkinoiden käyrä. Käyrien avulla on eri alueiden markkinoiden keskittyneisyyden vertailu periaatteessa mahdollista. Jos toinen keskittyneisyyskäyrä kulkee kokonaan toisen yläpuolella, on keskittyneisyys ensinmainitussa korkeampi. Ongelma muodostuukin nyt siitä, että käyrät menevät ristiin. Tällöin eri markkinoita ei voi yksiselitteisesti asettaa järjestykseen keskittyneisyyden suhteen. Erilaiset vaihtoehtoiset indeksit painottavatkin yritysten kokojakaamaa ja lukumäärää eri perustein. Jonkin yksittäisen CR-luvun, esimerkiksi  $CR_4$ , valitseminen tähän tarkoitukseen on vain yksi vaihtoehto.



Kuva 3. Kuitupuun ostajien alueittaiset keskittyneisyyskäyrät

Esiteltävässä tutkimuksessa on sovellettu  $CR_4$ -mitan ohella myös mittareita C, I ja CCI (ks. esim. Marfels 1971). Nämä mittarit ottavat huomioon koko keskittyneisyyskäyrän eli yritysten koko kokojakauman. C-mitta kuitenkin painottaa suuria yrityksiä enemmän kuin pieniä. I-mitta taas painottaa pieniä yrityksiä suuria enemmän. C-indeksi ei siis ole herkkä kokojakauman "hännässä" tapahtuville muutoksille, mutta I-indeksi puolestaan voi olla näille jopa yliherkkä. CCI-mitta yhdistää sekä diskreetin (kuten  $CR_m$ ) että kumulatiivisen (kuten C ja I) mitan edut. Taulukossa 5 esitetään saadut indeksiarvot, kun on käytetty mittareita  $CR_4$ , C, I ja CCI. Taulukossa 6 on piirimetsälautakunnat pantu keskittyneisyyden suhteen järjestykseen eri mittareiden mukaan. Nähdään, että vaihtoehtoisten mittareiden antamat järjestykset poikkeavat vain vähän toisistaan.

Taulukko 5. Kuitupuumarkkinoiden keskittyneisyys indekseittäin

	n	CR <sub>4</sub>	C	I	CCI
Kainuu	23	0,81	0,26	0,22	0,56
Pohjois-Pohjanmaa	21	0,81	0,19	0,20	0,48
Koillis-Suomi	17	0,74	0,20	0,19	0,49
Lappi	27	0,93	0,28	0,28	0,61
P-S	64	0,79	0,16	0,15	0,43

Taulukko 6. Aluejärjestys kuitupuun osalta

	1	2	3	4	5
CR <sub>4</sub>	Lappi	Kainuu	P-Pohjanmaa	P-S	K-Suomi
C	Lappi	Kainuu	K-Suomi	P-Pohjanmaa	P-S
I	Lappi	Kainuu	P-Pohjanmaa	K-Suomi	P-S
CCI	Lappi	Kainuu	K-Suomi	P-Pohjanmaa	P-S

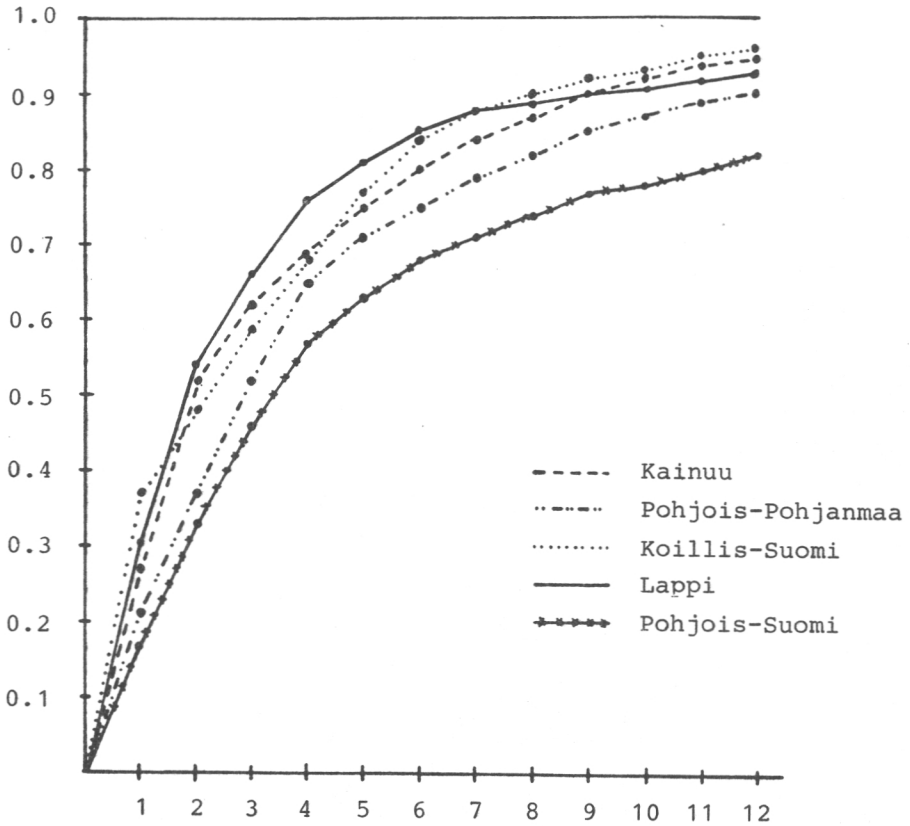
Taulukko 7. Sahapuumarkkinoiden keskittyneisyys indekseittäin

	n	CR <sub>4</sub>	C	I	CCI
Kainuu	35	0,69	0,16	0,14	0,43
Pohjois-Pohjanmaa	49	0,65	0,12	0,10	0,35
Koillis-Suomi	25	0,68	0,18	0,15	0,46
Lappi	52	0,76	0,18	0,13	0,46
P-S	100	0,57	0,10	0,08	0,30

Taulukko 8. Aluejärjestys sahapuun osalta

	1	2	3	4	5
CR <sub>4</sub>	Lappi	Kainuu	K-Suomi	P-Pohjanmaa	P-S
C	K-Suomi	Lappi	Kainuu	P-Pohjanmaa	P-S
I	K-Suomi	Kainuu	Lappi	P-Pohjanmaa	P-S
CCI	K-Suomi	Lappi	Kainuu	P-Pohjanmaa	P-S

Kuvassa 4 esitetään vastaavasti sahapuumarkkinoiden piirimetsälautakunnittaiset keskittyneisyyskäyrät. Mukana on myös koko Pohjois-Suomen sahapuumarkkinoiden käyrä. Käyrät leikkaavat toisensa joissakin tapauksissa jopa kahteen kertaan. Taulukosta 7 nähdään sahapuumarkkinoiden osalta vastaavat indeksiarvot, kuten edellä kuitupuumarkkinoiden kohdalla. Taulukossa 8 on piirimetsälautakunnat pantu keskittyneisyyden suhteen järjestykseen eri mittareiden mukaan.



Kuva 4. Sahapuun ostajien alueittaiset keskittyneisyyskäyrät

Kaiken kaikkiaan keskittyneisyys on korkeinta Lapissa ja alhaisinta Pohjois-Pohjanmaalla joitakin puutavaralajeittaisia poikkeuksia lukuunottamatta. Koillis-Suomen ja Kainuun keskinäinen järjestys vaihtelee puutavaralajeittain. Käytetty indeksi vaikuttaa jossain määrin puutavaralajeittaisiin alueellisiin eroihin sekä alueellisiin puutavaralajeittaisiin eroihin.

Lapissa on keskittyneimmät kuitupuumarkkinat kaikkien indeksien mukaan. Pohjois-Pohjanmaalla on vähiten keskittyneet kuitupuumarkkinat muiden mittareiden paitsi CR<sub>4</sub>:n mukaan. CR<sub>4</sub>:n mukaan vähiten keskittynyt on Koillis-Suomi. Kuitupuumarkkinoilla on Kainuu kaikkien mittareiden mukaan Koillis-Suomea keskittyneempi. I-indeksillä ero on lievä ja CR<sub>4</sub>-indeksillä selvä.

Sahapuumarkkinoilla Lappi on keskittynein kaikkien muiden mittareiden paitsi I:n mukaan. Pohjois-Pohjanmaa on kaikkien mittareiden mukaan vähiten keskittynyt. Koillis-Suomi on Kainuuta keskittyneempi kaikkien muiden paitsi CR<sub>4</sub>-indeksin perusteella. I-indeksin mukaan keskittyneisyys Lapissa on jopa Kainuutakin alhaisempi.

Mänty-, kuusi- ja lehtikuitupuun sekä mänty- ja kuusisahapuun piirimetsälautakunnittaiset tarkat indeksiarvot esitetään liitteessä. Mäntykuitupuumarkkinoiden keskittynein on Lappi kaikkien indeksien mukaan, samoin kuusi- sekä lehtikuitupuumarkkinoiden keskittynein muiden paitsi C-indeksin perusteella. Pohjois-Pohjanmaa on mäntykuitupuumarkkinoiden vähiten keskittynyt alue muiden indeksien paitsi CR<sub>4</sub>:n mukaan. Kuusikuitupuumarkkinoilla Koillis-Suomi on kaikkien kumulatiivisten indeksien mukaan Pohjois-Pohjanmaata vähemmän keskittynyt. Lehtikuitupuumarkkinoilla on Pohjois-Pohjanmaa vähiten keskittynyt. Mänty- sekä lehtikuitupuumarkkinoilla on Koillis-Suomi Kainuuta keskittyneempi. Kuusikuitupuumarkkinoilla tilanne on päinvastoin.

Mäntysahapuumarkkinoilla Lappi on keskittynein vain CR<sub>4</sub>-indeksin mukaan. Muiden mittareiden mukaan on keskittynein Kainuu. Koillis-Suomi on vähiten keskittynyt alue CCI, C ja CR<sub>4</sub>-indeksien

mukaan. I-indeksin perusteella Pohjois-Pohjanmaa on vähiten keskittynyt. Kainuun ja Lapin välinen ero on kaikkien mittareiden mukaan pieni ja ne ovat yhdessä Pohjois-Pohjanmaata ja Koillis-Suomea jokseenkin selvästi keskittyneempiä. Kahden jälkimmäisen välinen ero taas on kaikkien mittareiden perusteella olemattoman pieni. Huomionarvoista on, että I-indeksillä Lappi saa huomattavan pienen arvon.

Kuusisahapuumarkkinoilla Lappi ja Koillis-Suomi ovat kaksi keskittyneintä. Kainuussa ja Pohjois-Pohjanmaalla keskittyneisyyden taso on selvästi alempi. CR<sub>4</sub> ja I-indeksit asettavat Lapin selvästi keskittyneimmäksi alueeksi, mutta C ja CCI-indeksit asettavatkin selvästi keskittyneimmäksi Koillis-Suomen. Kainuun sijaan on kaikkien mittareiden perusteella Pohjois-Pohjanmaata keskittyneempi.

Saha- ja kuitupuumarkkinoiden keskittyneisyysasteet näyttävät eroavan systemaattisesti toisistaan. Kuitupuumarkkinat ovat kaikkialla kaikkien mittareiden mukaan sahapuumarkkinoita keskittyneempiä. Lisäksi männyn ja kuusen välillä on joitakin selviä eroja sekä saha- että kuitupuumarkkinoilla.

Koko Pohjois-Suomen lehtikuitupuumarkkinat ovat mäntykuitupuumarkkinoita keskittyneemmät, jotka taas ovat kuusikuitupuumarkkinoita keskittyneemmät kaikkien indeksien mukaan. Mäntysahapuumarkkinat ovat lievästi keskittyneemmät kuin kuusisahapuumarkkinat kaikkien indeksien perusteella. Piirimetsälautakunnittain tämä yleislinja vaihtelee jonkin verran. Esimerkiksi Lapissa ei ole lehti-, kuusi- ja mäntykuitupuumarkkinoiden keskittyneisyydessä itse asiassa mitään eroa. Lapin kuusisahapuumarkkinat ovat puolestaan selvästi mäntysahapuumarkkinoita keskittyneemmät.

Koillis-Suomessa yllättäen kuusisahapuumarkkinat ovat jopa mäntykuitupuumarkkinoita keskittyneemmät kaikkien muiden indeksien paitsi I:n mukaan. Kaikki kuitupuumarkkinat ovat

kuitenkin mäntysahapuumarkkinoita keskittyneemmät. Lehtikuitupuumarkkinat ovat muiden paitsi C-indeksin mukaan mäntykuitupuumarkkinoita keskittyneemmät. Mäntykuitupuumarkkinoita selvästi vähemmän keskittyneemmät kaikkien mittareiden mukaan ovat kuusikuitupuumarkkinat.

Pohjois-Pohjanmaalla kuitupuumarkkinat noudattavat kaikkien mittareiden perusteella yleislinjaa. Mäntysahapuumarkkinatkin ovat kaikkien muiden indeksien paitsi I:n mukaan kuusisahapuumarkkinoita keskittyneemmät. I-indeksillä näiden keskittyneisyys on sama.

Kainuussa yleislinja rikkoutuu siten, että kuusikuitupuumarkkinat ovat kaikkien indeksien mukaan mäntykuitupuumarkkinoita keskittyneemmät. C-indeksien perusteella kuusikuitupuumarkkinat ovat jopa lehtikuitupuumarkkinoitakin keskittyneemmät, mitkä muutoin ovat keskittyneimmät puutavaralajimarkkinat Kainuussa. Mäntysahapuumarkkinat ovat kaikkien mittareiden mukaan kuusisahapuumarkkinoita keskittyneemmät.

#### TARKASTELU

Tulokset osoittavat Pohjois-Suomen raakapuumarkkinoiden olevan keskittyneitä. Tyypillinen tilanne on, että  $CR_4 > 70$  %. Kuitenkaan alueelliset puutavaralajeittaiset tai puutavaralajeittaiset alueelliset erot eivät osoittaudu suuriksi. On kyseenalaista, että indeksien arvojen heikko vaihtelu eri markkinoiden välillä, joitakin poikkeuksia kenties lukuunottamatta, merkitsisi samalla erilaista kilpailutilannetta. Erojen merkitystä arvioitaessa tulisi olla selvillä, missä todennäköisemmin on kilpailullisen ja oligopsonistisen käyttäytymisen raja eli millä kriittisellä keskittyneisyyden tasolla (tai välillä) raakapuumarkkinat siirtyvät kilpailusta koordinoituun oligopsoniin. Rajatilanteessa pienetkin keskittyneisyyserot voivat merkitä suurta eroa markkinakäyttäytymisessä.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Tästä oligopoliteorian implisiittisestä epälineaarisuudesta ja sen yhteydestä keskittyneisyysmittaukseen muistuttaa White (1976, s. 62).

Oikein painottavan mittarin löytämiseksi tulisi tuntea tekijät, joiden muutos vaikuttaa kilpailutilanteeseen. Samallahan nämä muutokset vaikuttaisivat myös keskittyneisyysmittarin antamiin arvoihin. Niinpä jokin mittari saattaa heijastaa kilpailutilanteen muutoksen tietyillä markkinoilla muita mittareita paremmin. Esimerkiksi CR<sub>4</sub>-mitta ei millään tavalla rekisteröi muutosta, joka tapahtuu pienostajien lukumäärässä. Korkea CR<sub>4</sub>-arvo voi kuitenkin jo sinänsä merkitä sitä, että itse kilpailutilanteeseen pienostajilla ei enää ole mitään vaikutusta lukumääräisistä muutoksista huolimatta. Korkealla CR<sub>4</sub>-tasolla oligopsonistinen koordinointi voi olla selviö tai merkittävää kilpailua syntyy pelkästään suurten välillä.

Pohjois-Suomen raakapuumarkkinoiden tyypillisenä piirteenä on se, että markkinoilla on aina neljä suurta ja lisäksi enemmän tai vähemmän pieniä ostajia. Kumulatiiviset mitat C ja I vievät tässä tilanteessa keskittyneisyyden tason kenties liian alas eli "hännän" merkitys painottuu liikaa. Sillä, painotetaanko tällöin kokojakauman alkupäätä vai loppupäätä enemmän, ei näytä olevan keskittyneisyyden tason kannalta tutkitussa aineistossa juuri merkitystä. Diskreetin ja kumulatiivisen mitan yhdistelmä, CCI, saattaisi osoittaa keskittyneisyyden tason realistisimmin.

Kuitupuumarkkinat ovat Pohjois-Suomessa sahapuumarkkinoita keskittyneempiä. Pienostajien runsaslukuisuus siten selvästi alentaa keskittyneisyystasoa kaikkien mittareiden mukaan. Lapissa sahapuun pienostajista melkoinen osa harjoitti vientiä. Muualla vienti ei vähäisyydestä johtuen alenna keskittyneisyystasoa. Jos keskittyneisyyslukujen erot riittävät osoittamaan kilpailuasteessa vastaavan eron, niin silloin sahapuumarkkinoiden kuitupuumarkkinoihin nähden kovempi kilpailu johtuu pienostajien suuremmasta lukumäärästä. Painotuksesta riippumatta ovat kaikki mittarit tästä erosta "yksimielisiä".

Esitelmässä ei ole pohdittu raakapuumarkkinoiden spatiaalisuuden merkitystä oikean aggregaatiotason valintaan. Jokaisen piiri-metsälautakunnan oletettiin muodostavan yhtenäisen ja erillisen

markkina-alueen. Tuloksia tulkittaessa on myös muistettava, että vallinnut sahateollisuuden korkeasuhdanne ilmeisesti heijastuu vuoden 1979 aineistoon. Tästä huolimatta on syytä olettaa Pohjois-Suomen raakapuumarkkinoiden ostajarakenteen kilpailutilanteen kannalta pysyneen pääosin muuttumattomana. Lievää keskittymistä on kuitenkin tapahtunut vuoden 1979 jälkeen.

#### KIRJALLISUUS

- AARNE, M. 1981. Markkinapuun alueittaiset hankintamäärät ja kulkuvirrat 1979. *Folia For.* 484.
- HAY, D.A. & MORRIS, D.J. 1979. *Industrial economics; theory and evidence.* Oxford.
- HYPPÖNEN, M. 1981. Kantohintojen alueittaiset muutokset Pohjois-Suomessa. *Folia For.* 490.
- LÖFGREN, K.G. & JOHANSSON, P.O. 1982. *Forest economics and the economics of natural resources.* Arbetsrapport 17. Sveriges lantbruksuniversitetet. Institutionen för Skogsekonomi.
- MARFELS, C. 1971. Absolute and relative measures of concentration. *Kyklos*, Vol. XXIV, Fasc. 4., ss. 753-766.
- REMES, J. 1984. Buyer concentration in the roundwood markets of northern Finland. Teoksessa: *Symposium on forest products and roundwood markets*, Hanasaari, Finland 14. - 16.11.1983. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 141, ss. 106-120.
- WAHLROOS, B. 1980. Den industriella koncentrationen i Finland under 1970-talet. *Ekonomisk Samfundets Tidskrift*, nr. 1:1980, ss. 31-57.
- WHITE, L.J. 1976. Searching for the critical industrial concentration ratio: An application of the "Switching of Regimes" technique. Teoksessa: *GOLDFELD, S.M. & QUANDT, R.E. (toim.). Studies in Nonlinear estimation*, Cambridge, Mass.

## Keskitettyneisyystunnukset puutavaralajeittain/alueittain

Mäntykuitupuu

	n	CR <sub>4</sub>	C	I	CCI
Kainuu	22	0,79	0,22	0,19	0,52
Pohjois-Pohjanmaa	19	0,83	0,20	0,21	0,50
Koillis-Suomi	17	0,79	0,26	0,22	0,55
Lappi	26	0,93	0,29	0,29	0,62

Kuusikuitupuu

	n	CR <sub>4</sub>	C	I	CCI
Kainuu	17	0,85	0,33	0,26	0,61
Pohjois-Pohjanmaa	19	0,77	0,18	0,19	0,46
Koillis-Suomi	17	0,70	0,15	0,16	0,41
Lappi	17	0,92	0,31	0,32	0,65

Lehtikuitupuu

	n	CR <sub>4</sub>	C	I	CCI
Kainuu	15	0,88	0,31	0,28	0,62
Pohjois-Pohjanmaa	14	0,84	0,23	0,23	0,54
Koillis-Suomi	11	0,87	0,24	0,25	0,56
Lappi	12	0,95	0,29	0,31	0,63

Mäntysahapuu

	n	CR <sub>4</sub>	C	I	CCI
Kainuu	35	0,75	0,19	0,14	0,47
Pohjois-Pohjanmaa	48	0,69	0,13	0,11	0,37
Koillis-Suomi	25	0,62	0,13	0,12	0,37
Lappi	52	0,76	0,17	0,12	0,44

Kuusisahapuu

	n	CR <sub>4</sub>	C	I	CCI
Kainuu	19	0,63	0,13	0,13	0,37
Pohjois-Pohjanmaa	30	0,54	0,10	0,11	0,31
Koillis-Suomi	24	0,81	0,36	0,21	0,63
Lappi	22	0,88	0,27	0,25	0,59

## SUOMETSIIEN ENSIHARVENNUSLEIMIKOIDEN RAKENNE

Timo Penttilä ja Tapani Pohjola

### JOHDANTO

Aktiivisen metsänparannustoiminnan ansiosta suuri määrä ojitusalueiden nuoria kasvatusmetsiä on saavuttamassa ensiharvennusvaiheen. Vaikka tiedetään, että tällä metsänhoidollisella toimenpiteellä on tärkeä merkitys metsikön tulevan kehityksen ja tuoton kannalta, ovat vuotuiset ensiharvennuspinta-alat jatkuvasti jääneet jälkeen arvioidusta tarpeesta. Turvemailla osasyynä tähän lienevät hankalat korjuuolot, kuten huono kantavuus, ojien aiheuttamat haitat, puuston ja kertymän vähäisyys ja epätasaisuus sekä koivun suuri osuus kertymästä.

Ojitusalueiden puunkorjuun suunnittelun ja toteutuksen taustatiedoksi metsähallituksen kehittämisjaosto selvitti v. 1983 puuston määrää, rakennetta ja vaihtelua metsähallinnon ojitusalueilla (Pohjola 1983). Mittaustulosten jatkokäsittelyä varten kehittämisjaosto ystävällisesti luovutti kertyneen aineiston tämän esitelmän tekijöiden käyttöön.

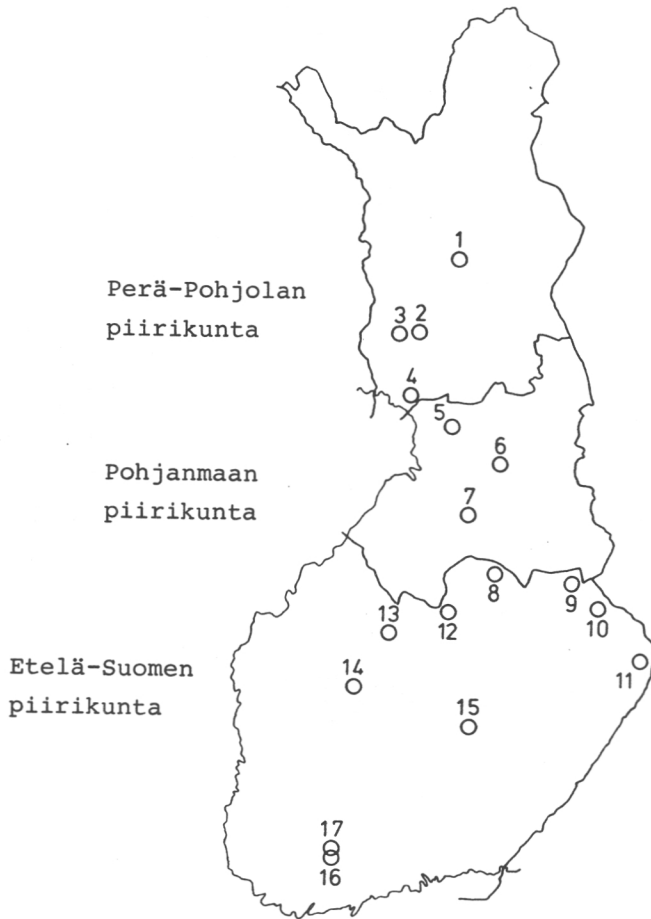
Työ liittyy vuonna 1985 aloitettuun, suometsien käsittelyä koskevaan pitkäaikaiseen tutkimukseen. Tämän esitutkimuksen teema voidaan tiivistää kolmeen kysymykseen:

1. Millainen on leimikoiden ja hakkuukertymän rakenne ojitusalueilla yleensä?
2. Miten ojat vaikuttavat metsikkötunnusten vaihteluun?
3. Sopivatko nykyiset käsittelyohjeet ojitusalueiden ensiharvennukseen?

### AINEISTO JA MENETELMÄT

Vuosina 1984-1985 hakattavaksi tarkoitetuista metsähallinnon ojitusalueiden leimikoista valittiin eri puolilta Suomea 17 kasvatushakkuin käsiteltävää mäntyvaltaista metsikköä, jotka

täyttivät tietyt ojituksen säännöllisyyttä koskevat ehdot (kuva 1). Hakattavaksi aiottu puumäärä ja myös puuston tasaisuus sai vaihdella vapaasti. Suunnitellut hakkuut olivat pääosin ensiharvennuksia. Parissa tapauksessa tehtiin samalla ylispuiden poistoa. Vain yhdessä leimikossa kasvatushakkuu oli suunniteltu täydennysojituksen yhteyteen.



Kuva 1. Ojitusalueiden sijainti.

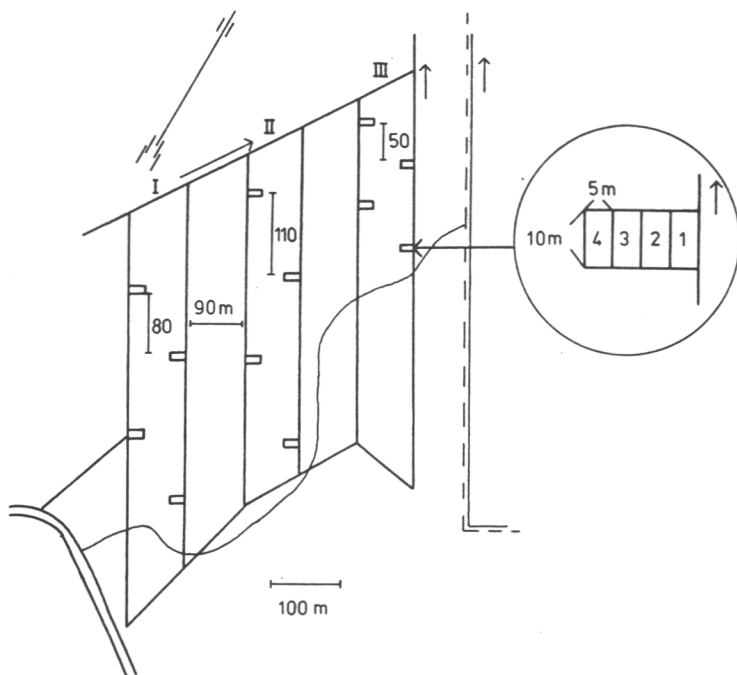
Metsiköt olivat pääosin nuoria kasvatusmetsiä. Kasvupaikka vaihteli piensaraisesta ruohoiseen. Suotyyppiä tai muita kasvupaikan tunnuksia ei tarkemmin määritelty. Sarkaleveys vaihteli 40-113 m ja kuivatusteho oli yleensä vähintään tyydyttävä.

Puuston ja hakkuupoistuman rakenteen ja ojasta aiheutuvan vaihtelun selvittämiseksi jokaiselta kuviolta mitattiin systemaattisesti 12 tilapäiskoealaa, joiden koko oli 10 x 20 m (kuva 2). Puuston vaihtelun selvittämisen tavoitteena oli eritellä metsikkökuvion sisäinen vaihtelu, siis mm. kasvupaikan ja kuivatustehon vaihtelun, puuston ryhmittäisyyden ja monien muiden tekijöiden aiheuttama epätasaisuus sekä toisaalta ojien aiheuttama systemaattinen jaksottaisuus. Työn tavoitteiden kannalta oli tarkoituksenmukaista kuvata metsikön sisäistä vaihtelua sarkojen välisenä vaihteluna. Tämän vuoksi koealat sijoitettiin systemaattisesti kolmelle saralle. Ojan aiheuttaman vaihtelun selvittämiseksi kukin koeala jaettiin neljään yhtä leveään ojan suuntaiseen osakoealaan (vrt. Seppälä 1972). Samalla luettiin kaistoittain kahden sentin tasaavalla luokituksella jäävä ja poistettava puusto erikseen. Pienin luettu läpimitta oli 4 cm.

Koeleimaus suoritettiin metsänhoidollisena alaharvennuksena; metsikköön pyrittiin jättämään riittävästi hyvälaatuisia, terveitä ja vallitseviin latvuskerroksiin kuuluvia yksilöitä. Samalla kuitenkin pyrittiin noudattamaan pituusboniteetteihin perustuvia harvennussalleja. Koska ennen ojitusta syntyneiden metsiköiden rinnankorkeusikä ei vastaa metsikön metsänhoidollista kehitysvaihetta, eikä turvemaiden kasvupaikkatyyppien rinnastamisesta pituusboniteetteihin ole ohjeistoja, jäi jälkimmäinen käsittelykriteeri toissijaiseksi.

Poistuman tasaisuutta ja kasvatushakkuun ajankohdan sopivuutta arvioitiin silmävaraisesti kolmijakoisella luokituksella jokaisessa metsikössä. Keskeisten metsikkötunnusten vaihtelua saran

sisällä (kaistojen välillä) ja metsikön sisällä (sarkojen välillä) analysoitiin 2-suuntaisella varianssianalyysillä. Tunnusten riippuvuutta ojaetäisyydestä selvitettiin regressio- ja korrelaatioanalyysillä.



Kuva 2. Esimerkki koalojen sijoittelusta. Sodankylä, Oravakorpi.

#### TULOKSET

Inventoitujen ojitusalueiden välillä oli suurta vaihtelua (taulukko 1). Kokonaistilavuuden vaihteluväli oli 24-201 m<sup>3</sup>/ha, valtapituuden 9-17 m ja runkoluvun 938-2213 kpl/ha. Leimatun puuston tilavuus vaihteli 14-90 m<sup>3</sup>/ha ja runkoluku 412-1471 kpl/ha. Seuraavasta asetelmasta selviävät tärkeimpien metsikkötunnusten keskiarvot ( $\bar{x}$ ) ja suhteellista vaihtelua kuvaavat variaatiokertoimet (V) koko aineistossa.

Tunnus	Kokonaispuusto		Leimattu puusto	
	$\bar{x}$	V	$\bar{x}$	V
Tilavuus, m <sup>3</sup> /ha	80,3	0,49	34,3	0,58
Pohjapinta-ala, m <sup>2</sup> /ha	14,8	0,41	6,7	0,51
Valtapituus, m	13,2	0,10	-	-
Runkoluku, kpl/ha	1600	0,24	937	0,36
Rungon keskikoko, dm <sup>3</sup>	50	0,40	37	0,41

Runkopuutilavuuden puutavaralajijakauma ja leimatun puuston puutavaralajien puulajisuhteet olivat keskimäärin seuraavat:

	TUP	KUP	HUP	Yhteensä
	m <sup>3</sup> /ha			
Kokonaispuusto	15,1	59,7	5,5	80,3
Jäävä puusto	9,7	34,5	1,8	46,0
Leimattu puusto	5,4	25,2	3,7	34,3
	%			
Kokonaispuusto	19,0	74,4	6,6	100,0
Jäävä puusto	21,0	75,0	4,0	100,0
Leimattu puusto	15,8	73,5	10,7	100,0
mänty	74,8	67,8	59,0	67,9
kuusi	4,2	3,9	4,3	4,0
lehtipuu	21,0	28,3	36,7	28,1
	100,0	100,0	100,0	100,0

TUP - tukkipuuta, KUP - kuitupuuta, HUP - hukkapuuta

Apteerauksessa ei otettu huomioon runkojen mahdollista vikaisuutta. Tämän vuoksi sekä koko tukkipuuosuus että erityisesti koivutukin osuus kaikkien puustoryhmien runkopuutilavuudesta on yliarvio. Käytetty kuitupuupölkyn pituus oli 2 m ja minimiläpimitta 5,5 cm.

Perinteisellä tavaralajimenetelmällä kertymä oli siis keskimäärin  $30,6 \text{ m}^3/\text{ha}$ . Kokopuuhaketusta käyttäen talteen otettavan kuiva-ainebiomassan määrä olisi tämän aineiston keskimääräis-  
tapauksessa männyn osalta (Kotimäki ja Cunia 1981) ainakin 1,6 ja koivun osalta (Simola 1977) ainakin 1,4 kertaa niin suuri kuin tavaralajimenetelmällä saatava käyttöpuun biomassa.

2-suuntaisen varianssianalyysin mukaan sarkojen välinen vaihtelu oli lähes kaikissa tutkituissa metsiköissä hieman suurempaa kuin kaistojen välinen vaihtelu. Ojaetäisyyden vaikutus metsikkötunnuksiin suhteellisina lukuina esitettynä oli keskimäärin seuraava.

Tunnus	Etäisyys ojan keskiviivasta, m			
	0-5	5-10	10-15	15-20
	% ojaa lähimmän kaistan arvosta			
Kokonaispuusto 1)				
tilavuus	100,0	93,2	80,7	83,0
runkoluku	100,0	94,5	90,0	93,2
rungon keskikoko	100,0	91,1	83,9	83,9
Leimattu puusto 1)				
tilavuus	100,0	86,8	81,6	73,7
runkoluku	100,0	83,0	80,4	83,9
rungon keskikoko	100,0	87,5	92,5	75,0

1) ilman hukkapuuta

Kokonaispuustossa tilavuus ja rungon keskikoko pienenevät systemaattisesti 10-15 metrin etäisyydelle ojasta. Tilastollisesti merkitseviä kaistojen väliset erot olivat kuitenkin vain muutamalla ojitusalueella. Yhdistetyssä aineistossa kaistojen väliset erot eivät olleet merkitseviä. Leimatun puuston tunnuksissa erot keskisaran ja ojan reunan välillä olivat hieman suurempia kuin lähtöpuustossa, mutta taaskin vain harvassa tapauksessa merkitseviä. Ajouraa ei koeleimauksessa tehty lainkaan.

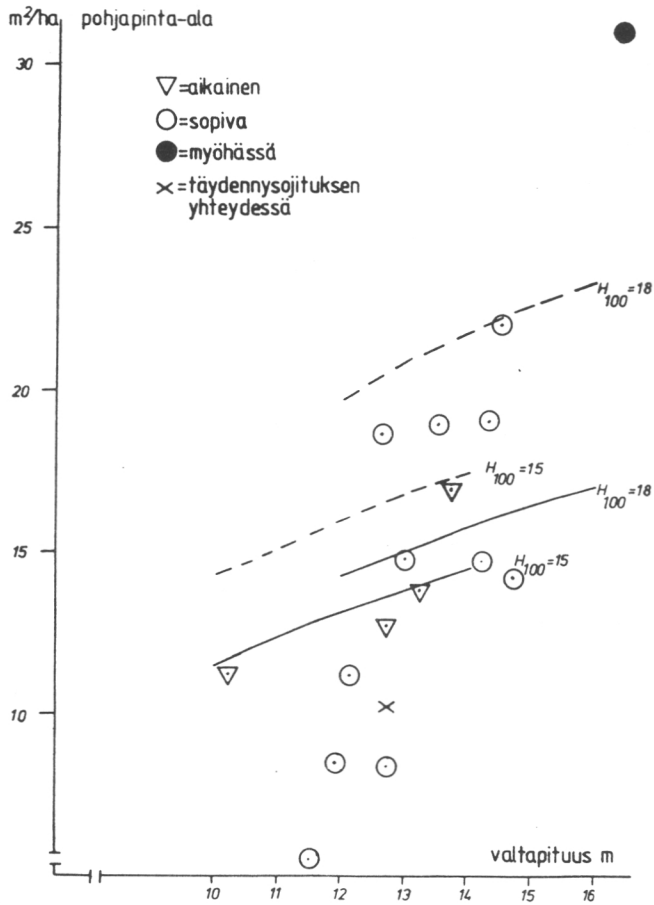
Työn päätarkoituksena oli ojitusalueiden puuston vaihtelun analysointi, joten koeleimaus ei tiukasti pyrkinyt tiettyyn jäävän puuston määrään. Pikemminkin se jäljitteli käytännön leimausta, joka nykyisin tapahtunee useimmiten metsurin toimesta hakkuun yhteydessä. Koeleimauksen tulosta haluttiin kuitenkin vertailla voimassa oleviin käsittelyohjeisiin.

Maastossa arvioituna hakkuun ajankohta näytti osuvan kohdalleen melko hyvin:

liian aikainen	4	aluetta
sopiva	11	"
myöhässä	1	"
täydennysojituksen yhteydessä	1	"

Yleisenä piirteenä näytti kuitenkin olevan hakkuun lievä ennenaikaisuus. Tämä näkyy myös eräiden alueiden vähäisenä hakkuukertymänä sekä verrattaessa leimikoita käsittelymalleihin (kuva 3). Vain 6 metsiköistä oli saavuttanut edes pituusboniteetin  $H_{100}=15$  mukaisen leimausrajan.

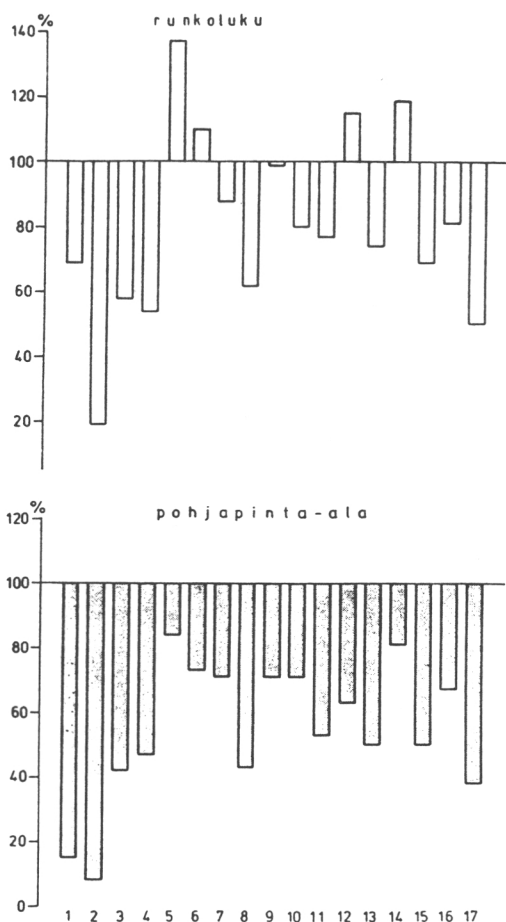
Useissa tapauksissa harvennuksen ajankohta katsottiin sopivaksi huolimatta siitä, että leimausta edeltävä puustopääoma ei yltänyt edes harvennusmallien jäävän puuston normin tasolle. Tämä näennäinen ristiriita voidaan selittää puuston epätasaisuudella: ryhmissä harvennustarvetta on, mutta laajat aukot alentavat puustopääomaa ja tietenkin myös hakkuukertymää.



Kuva 3. Arvioitu hakkuun ajankohdan sopivuus sekä metsikön pohjapinta-ala ja valtapituus ennen leimausta verrattuna metsähallituksen käsittelyohjeiden mukaisiin suosituksiin pituusboniteeteilla  $H_{100}=15$  ja  $H_{100}=18$ .

- leimausraja
- minimi ennen korjuuta

Nykyisten, pituusboniteetteihin perustuvien metsähallituksen käsittelyohjeiden sopivuutta inventoituihin metsiköihin tarkasteltiin vertaamalla koeleimauksen mukaisen jäävän puuston tunnuksia mallien edellyttämiin arvoihin (kuva 4). Tuloksena oli, että kaikilla alueilla puuston pohjapinta-ala jäi alle ohjelukujen. Yli puolella alueista pohjapinta-ala ei yltänyt edes 60 %:iin ohjeen mukaisesta. Runkoluku sen sijaan jäi neljässä tapauksessa ohjetta suuremmaksi ja alitti 60 % ohjeen normista vain 4 metsikössä.



Kuva 4. Koeleimauksessa jätetyn puuston runkoluku ja pohjapinta-ala verrattuna metsähallituksen käsittelyohjeiden mukaisiin suosituksiin (metsikön pituusboniteetin mukainen suositus = 100).

## TULOSTEN TARKASTELUA

Leimatun puuston tilavuuden ja rungon käyttöosan yksikkötilavuuden osalta inventoidut leimikot vastaavat varsin hyvin kangasmaiden männiköiden ensiharvennusleimikoita (Vuokila 1976, 1981), mikä on todettu myös aiemmassa, eräitä räme-kokeita koskevassa selvityksessä (Paavilainen 1980). Tässä aineistossa tosin sekä lähtöpuuston että jäävän puuston runkoluku oli selvästi pienempi kuin Vuokilan (1976) aineistossa, mikä on otettava huomioon myös poistumaa koskevassa vertailussa. Suometsiköiden epätasaisuus osoittautui kuitenkin varsin suureksi. Metsiköiden sisäisestä vaihtelusta yhtä suuri osa oli sarkojen välistä kuin saran sisäistä, osaksi ojasta aiheutuvaa vaihtelua. Sekä kokonaispuuston että leimatun puuston tilavuus pieneni systemaattisesti ojasta pois päin, mutta muutos oli odotettua pienempi. Sama koskee rungon keskikokoa. Ojaa lähinnä sijaitsevan kaistan pinta-alaan sisältyvä oja-aukko, jonka leveyttä ei mitattu, tasoittanee kaistojen välisiä "todellisia" eroja huomattavasti. Jos oja-aukon osuudeksi ojaa lähimmän kaistan leveydestä oletetaan 1 m, olisi metsäisen kaistan osan puuston suhteellista tilavuutta ja runkolukua (ks. s. 5) merkittävä suhteellisella luvulla 125. Kahden metrin oja-aukkoa vastaava luku olisi 150.

Ensiharvennuksen kertymää ja samalla ilmeisesti myös hakkuun kannattavuutta voitaisiin selvästi lisätä käyttämällä korjuumenetelmänä kokopuhaketusta. Tällöin on kuitenkin muistettava metsikön ravinnetaseessa tapahtuvat muutokset, joilla saattaa olla vaikutusta metsikön tulevaan kehitykseen.

Koeleimauksen mukainen jäävä puusto alitti selvästi nykyisten, lähinnä kangasmaametsiköille laadittujen käsittelyohjeiden normit. Puuston epätasaisuuden lisäksi tähän lienee seuraavia syitä:

1. Leimatun puuston osuus kokonaistilavuudesta (43 %) oli suurempi kuin käsittelymallit edellyttävät. Tässä törmätään tunnettuun metsänhoidollisen harvennuksen ja puunkorjuun kustannusten ristiriitaan.
2. Käsittely oli lievästi ennen aikaista. Monessa tapauksessa harvennusta olisi hyvin voitu lykätä esim. seuraavan ojanperkauksen tai täydennysojituksen yhteyteen.
3. Turvemaiden kasvupaikkoja ja pituusboniteetteja vertaileva ohjeisto puuttuu. Suotyypin rinnastus vastaavaan kangasmaan kasvupaikkatyyppiin (esim. Huikari, Muotiala & Wäre 1963) ja edelleen tätä vastaavaan pituusboniteettiin johtaa ilmeisesti liian hyvän boniteetin käsittelymallin käyttöön.

Ainakin epätasaisissa metsiköissä näyttäisi runkolukuun perustuva jäävän puuston ohje käyvän pohjapinta-alanormia paremmin yksiin leimaajan metsänhoidollisen näkemyksen kanssa.

Tulokset osoittavat, että suometsien tuotos- ja käsittelytutkimusten panosta tulee voimakkaasti lisätä. Tutkimuksissa tulee selvittää, miten turvemaiden kasvupaikat voidaan rinnastaa pituusboniteettijärjestelmään ja miten voimakkuudeltaan vaihtelevat harvennukset vaikuttavat suometsien kehitykseen ja tuottoon. Kun suometsien käsittelykokeiden laadinta on parhaillaan suunnitteluvaiheessa, olisi erittäin toivottavaa, että käytännön metsätaloudessa jo havaitut ongelmat ja saadut kokemukset voitaisiin ottaa koejärjestelyissä huomioon ja sillä tavoin lisätä aikanaan saatavien tulosten käyttökel-  
poisuutta.

Taulukko 1. Metsiköiden yleistietoja ja taksatorisia tunnuksia.

Ojitusalue	H100	Kehitys- luokka(l)	Ojitus- vuosi	Sarka- leveys m	Kokonaispuusto				Leimattu puusto				Hakkuutapa
					N	G	H	V	N	G	V	V̄	
1. Oravakorpi	15	2	1935-37	90	1 829	10,2	12,7	49,8	1 333	7,8	39,4	29,6	Kasvatushakkuu täyd.oj. yht.
2. Rautujoki	15	1-2	1966-67	40	1 029	5,5	11,5	25,0	896	5,1	23,3	26,0	Kasvatushakkuu ja jätepuiden poisto
3. Näätävuoma	18	2	1954	100	1 588	19,0	14,3	104,3	1 063	11,2	59,9	56,3	Kasvatushakkuu
4. Jokikylä	18	2	1968	83	1 479	14,3	14,7	79,7	879	7,2	40,2	45,7	Kasvatushakkuu, myrskytuho
5. Vengas	21	3	1933	50	1 887	31,1	16,4	196,2	1 271	15,5	90,3	71,0	Kasvatushakkuu
6. Luppo	18	2	1935	50	1 971	22,0	14,5	122,1	1 204	10,7	57,4	47,7	"
7. Perttuainen	18	2	1931-32	113	2 213	18,9	13,5	98,3	1 471	8,6	40,4	27,5	"
8. Sukeva	18	2	1965?	43	937	8,4	12,7	45,2	404	2,7	13,8	34,2	"
9. Kuohatti	18	2	1930-luku	43	1 396	13,8	13,2	74,7	625	3,3	14,9	23,8	"
10. Lakia	18	2	1934	67	1 267	12,7	12,7	68,2	446	2,9	14,1	31,6	"
11. Särkkäjärvi	18	2	1926	59	2 063	14,7	14,2	78,5	1 283	6,9	34,9	27,2	"
12. Kuoppasuo	18	2	1930-luku	65	1 604	16,9	13,7	92,6	838	7,3	38,8	46,3	"
13. Syväjärvenpuro	18	2	1950-luku	45	2 175	11,2	11,2	51,7	1 296	5,9	27,1	20,9	"
14. Ahvenlammenpuro	18	2	1950-luku	90	1 583	18,6	12,6	100,6	633	5,1	25,0	39,5	"
15. Kumpu	18	2	1960-luku	50	1 217	11,2	12,1	56,6	492	4,3	21,0	42,7	"
16. Purnunmäki	18	2	n. 1965	55	1 596	14,8	13,0	79,6	888	5,0	23,8	26,8	"
17. Haarasuo	18	2	n. 1965	47	1 367	8,5	11,9	42,1	812	4,0	18,8	23,2	"
KESKIMÄÄRIN					1 600	14,8	13,2	80,3	937	6,7	34,3	36,5	

1) 1 = taimikko, 2 = nuori kasvatusmetsä, 3 = varttunut kasvatusmetsä

## KIRJALLISUUS

- KOTIMÄKI, T. & CUNIA, T. 1981. Effect of cluster sampling in biomass tables construction: ratio estimator models. Can. J. For. Res. 11:475-486.
- Ohjekirje metsien käsittelystä Perä-Pohjolan piirikunnassa. Metsähallitus. Helsinki 20.2.1981.
- Ohjekirje metsien käsittelystä Pohjanmaan piirikunnassa. Metsähallitus. Helsinki 20.2.1981.
- Ohjekirje metsien käsittelystä Etelä-Suomen piirikunnassa. Metsähallitus. Helsinki 20.2.1981.
- PAAVILAINEN, E. 1980. Lannoituksen ja kasvatustiheyden vaikutus ensiharvennuskertymään rämemännikössä. Metsäntutkimuslaitos. Parkanon tutkimusaseman tiedonantoja 9.
- POHJOLA, T. 1983. Puuston vaihtelu ojitusalueiden nuorissa kasvatusmetsissä. Metsähallitus, kehittämisjaosto. Tutkimusselostus 137.
- SEPPÄLÄ, K. 1972. Ditch spacing as a regulator of post-drainage stand development in spruce and pine swamps. Seloste: Sarkaleveys korpi- ja rämemetsiköiden ojituksenjälkeisen kehityksen säätelijänä. Acta For. Fenn. 125.
- SIMOLA, P. 1977. Pienikokoisen lehtipuuston biomassa. Summary: The biomass of small-sized hardwood trees. Folia For. 302.
- VUOKILA, Y. 1976. Ensiharvennuskertymä. Summary: Yield from the first thinning. Folia For. 264.
- " 1981. Nuoren männikön kasvureaktio ensiharvennuksen jälkeen. Summary: The growth reaction of young pine stands to the first commercial thinning. Folia For. 468.





## **Rovaniemen tutkimusaseman tiedonantoja -sarjassa julkaistu seuraavat tiedonannot:**

- N:o 1. Metsänviljelytutkimuksen työryhmän retkeily Pohjois-Suomessa. 1970.
- N:o 2. Rovaniemen tutkimusaseman alustus- ja keskustelupäivillä pidetyt esitelmät. 1971.
- N:o 3. Tiedotustilaisuuden esitykset v. 1972.
- N:o 4. Kullervo Etholén ja Erkki Lähde. "Lapin männyn" kävyn koko. 1972.
- N:o 5. Tiedotustilaisuuden esitykset v. 1973. 1973.
- N:o 6. Tiedotustilaisuuden esitykset v. 1974. 1974.
- N:o 7. Erkki Lähde. Männyn taimistojen kunto ja maan lajitekoostumus. 1974.
- N:o 8. Erkki Lähde ja Tapani Pohjola. Maan käsittelyn vaikutus männyn ja kuusen taimien alkukehitykseen. 1975.
- N:o 9. Kullervo Etholén. Kulotustekniikkaa. 1975.
- N:o 10. Eljas Pohtila. Alustavia tuloksia taimistonhoitokokeista. 1975.
- N:o 11. Timo Helle. Porojen talvilaitumista havumetsävyöhykkeessä. Olli Saastamoinen. Hakkuutyömaista porojen ravintolähteenä vuoden 1974 kevättalvella. 1975.
- N:o 12. Timo Helle ja Olli Saastamoinen. Porojen laitumet ja lisäruokinta talvella 1974–1975. 1976.
- N:o 13. Teuvo Levula. Urean levitysjankohdasta Pohjois-Suomessa. 1976.
- N:o 14. Kullervo Etholén. Vaahtokäsittelyn käyttömahdollisuudet ja vesakkojen paljasversoruiskutus. 1976.
- N:o 15. Olli Saastamoinen. Näkökohtia Saariselän puuntuotannollisesta merkityksestä. 1976.
- N:o 16. Olli Saastamoinen. Havaintoja marjastuksen ja sienestyksen taloudesta. 1978.
- N:o 17. Jyrki Raulo ja Erkki Lähde. Rauduskoivun suojakylvö Lapissa. 1979.
- N:o 18. Teuvo Levula ja Risto Heikkilä. Maankäsittelyn vaikutus männyntaimien alkukehitykseen Lapissa. 1979.
- N:o 19. Mikko Hyppönen. Harvennuksen voimakkuuden vaikutus kasvatuksen liiketaloudelliseen edullisuuteen peräpohjolaaisessa männikössä. 1979.
- N:o 20. Leevi Lohi, Erkki Lähde ja Pentti Roiko-Jokela. Pintakasvillisuuden, maan ja puuston välisistä suhteista Ounasvaaralla. 1979.
- N:o 21. Olli Saastamoinen (toim.). Soiden marjatalous. 1979.
- N:o 22. Erkki Lähde ja Tapani Vartiainen. Männyn hajakylvökoe helikopterilla. 1980.

## **Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja -sarjassa julkaistu seuraavat tiedonannot:**

- N:o 6. Metsäntutkimuspäivät Rovaniemellä 1981.
- N:o 35. Päivi Hänninen. Sammalen kemiallinen torjunta taimitarhalla. 1982.
- N:o 58. Pohjois-Lapin metsät. Metsäntutkimuspäivät Rovaniemellä 1982.
- N:o 65. Yrjö Norokorpi ja Pentti Sepponen (toim.). Kilpisjärven alueen maankäytön yleissuunnitelma. 1982.
- N:o 71. Päivi Hänninen. Alustavia päätelmiä kivivillan käytöstä männyntaimien kasvualustana muovihuoneessa. 1982.
- N:o 77. Pohjois-Lapin metsien uudistaminen. 1982.
- N:o 95. Jarmo Nieminen. Varttuneet kontortametsiköt Kivalon kokeilualueella. 1983.
- N:o 105. Metsäntutkimuspäivät Rovaniemellä 1984.
- N:o 148. Pentti Sepponen, Vuokko Pitkänen ja Helena Poikajärvi (toim.). Metsien kasvupaikkaluokitus. Metsäntutkimuspäivät Rovaniemellä 1984.
- N:o 157. Erkki Kaila ja Markku Taipale. TUTKA-tiedonhallinta ohjelmisto. Tietokannan muodostus ja käyttö. 1984.
- N:o 165. Eero Tikkanen ja Hannu Raitio. Pohjois-Suomen aurasalueiden männyntaimien epänormaali kehitys ja oletamus sen syystä. Summary: A hypothesis on the cause of abnormal development of Scots pine saplings on ploughed sites in Northern Finland. 1984.
- N:o 186. Eero Tikkanen. Aurasalueen heikkokuntoisten männyntaimien ravinnetaloudesta Pohjois-Suomessa. Abstract: Nutrient metabolism of weakened Scots pine saplings on a ploughed site in Northern Finland. 1985.
- N:o 190. Erkki Kaila, Hilikka Kinnunen ja Tapio Timonen. BIB-viitetietokantaohjelmisto. Tietokannan muodostus ja käyttö. 1985.

ISBN 951-40-0910-  
ISSN 0358-4283