

Luontaisesti syntyneiden sekametsien kehitys ja metsänhoito

Erkki Lähde (toim.)

VANTAAN TUTKIMUSKESKUS

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN TIEDONANTOJA 719, 1999

Luontaisesti syntyneiden sekametsien kehitys ja metsänhoito

Erkki Lähde (toim.)

VANTAAN TUTKIMUSKESKUS

Lähde, Erkki (toim.). 1999. Luontaisesti syntyneiden sekametsien kehitys ja metsänhoito. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja. 719. 90 s. ISBN 951-40-1665-3, ISSN 0358-4283.

Tässä koostelmaraportissa tarkastellaan lehtipuiden esiintymistä rakenteeltaan erilaisissa sekametsissä, sekametsien luontaista uudistumista, kehitystä ja tuotosta sekä lehtipuiden merkitystä havupuiden ohella monimuotoisuustekijänä. Lisäksi esitetään luonnokset rakenteeltaan monimuotoisien sekametsien kasvatusmalleiksi sekä ohjeet tasarakenteisen puuston muuttamiseksi erirakenteiseksi sekametsäksi.

Avainsanat: Sekametsä, metsän rakenne, kasvatus, alikasvos, uudistaminen, monimuotoisuus.

Vastaavan kirjoittajan yhteystiedot: Erkki Lähde, Metsäntutkimuslaitos, Vantaan tutkimuskeskus, PL 18, 01301 Vantaa, puhelin (09) 857 051.

Julkaisija: Metsäntutkimuslaitos, hankkeet 3026, 3158 ja 3205.

Hyväksynyt: Matti Kärkkäinen 22.01.1999.

Tilaukset: Metsäntutkimuslaitos, Vantaan tutkimuskeskus, Kirjasto, PL 18, 01301 Vantaa, puhelin (09) 857 051.

Gummerus Kirjapaino Oy
Saarijärvi 1999

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	5
2 METSÄN RAKENNE JA KEHITYS	6
(Olavi Laiho, Erkki Lähde, Yrjö Norokorpi ja Timo Saksa)	
2.1 Metsikön rakenteen ja koostumuksen terminologiaa.....	6
2.2 Metsiköiden sisäisen ja välisen monimuotoisuuden määrittäminen....	13
2.3 Luonnontilaisten metsien kehitys	18
2.4 Käsiteltyjen metsien kehitys	25
3 UUDISTUMINEN JA KASVATUS	32
(Erkki Lähde, Olavi Laiho, Yrjö Norokorpi ja Timo Saksa)	
3.1 Lehtipuiden esiintyminen.....	32
3.2 Alikasvos uudistumispotentiaalina	37
3.3 Sekametsän uudistuminen	44
3.4 Lehtipuut nuoren sekapuuston hoidossa	51
3.5 Sekametsän kehitys ensiharvennuksen jälkeen.....	54
4 KASVU JA TUOTOS	58
(Timo Saksa, Erkki Lähde, Olavi Laiho ja Yrjö Norokorpi)	
4.1 Puiden kasvu erilaisissa sekametsiköissä	58
4.2 Varttuneiden sekametsiköiden puuston kehitys alaharvennuksen ja jat- kuvan kasvatuksen jälkeen.....	63
5 HOITOMENETELMÄT	66
(Erkki Lähde, Olavi Laiho ja Yrjö Norokorpi)	
5.1 Monimuotoisen ekologisesti kestävän sekametsikön hoitomallit.....	66
5.2 Tasarakenteisen puuston muuttaminen erirakenteiseksi	71
6 YLEISTARKASTELUA	72
KIRJALLISUUTTA	75

1 Johdanto

Viime vuosina lehtipuiden merkitys Suomen samoin kuin muiden pohjoismaiden metsätaloudessa on huomattavasti muuttunut. Puulämmityksen 1960-luvulla lähes loputtua lähinnä vain vanerikoivulla oli menekkiä. Siitä onkin jatkuvasti ollut niukkuutta. Nykyisin myös koivukuitupuun arvo metsäteollisuuden raaka-aineena on kohonnut. Aivan äskettäin myös haapakuitupuulle on tullut uutta lisääntyvää käyttöä teollisuudessa. Haapakuitu nimittäin omaa eräitä hyviä ominaisuuksia paperin raaka-aineena. Koivun kuidusta on puutetta ja sitä tuodaan huomattavan paljon itärajan takaa Venäjältä. Koivua voidaan pitää hyvien biologisten ominaisuuksiensa, nopeakasvuisuutensa, hyvän luontaisen uudistumiskykynsä ja hyvän menekkin ansiosta tällä hetkellä yhtenä arvokkaimmista metsäpuistamme.

Raulon (1981) tutkimukset osoittavat, että vasta ensiharvennusvaiheessa hies- ja rauduskoivun kehityksessä tapahtuu tuoreilla kankailla selvä eriytyminen rauduksen hyväksi. Siinä vaiheessa on siten puun tuotosta ajatellen syytä tehdä toimenpiteet rauduskoivun hyväksi. Toisaalta veden vaivaamilla kasvupaikoilla hieskoivu menestyy paremmin kuin rauduskoivu. Niinpä myös hieskoivu on viimeaikaisissa metsänhoito-oppaissa hyväksytty kasvatettavaksi puuksi. Uusimmissa ohjeissa hyväksytään kasvatettaviksi myös muita lehtipuita, esimerkiksi tervaleppää, haapaa ja jaloja lehtipuita.

Nykyaikaiset metsien monimuotoisuus- ja ekologisen kestävyuden vaatimukset ovat muuttamassa kaikkien lehtipuiden arvostamista. Monimuotoisuuden kannalta lehtipuut ovat pohjoisella havumetsävyöhykkeellä yleensä arvokkaampia kuin havupuut. Lehtipuiden välillä on kuitenkin eroja. Kookkaat haavat ja raidat arvioidaan muita lehtipuita arvokkaammiksi. Ne ovat erityisen tärkeitä eräiden harvinaisten ja uhanalaisten lajien kannalta.

Ympäristömuutokset, kuten ilmansaasteet ja niistä aiheutuva kasvihuoneilmiön voimistuminen, korostavat edelleen lehtipuiden merkitystä erityisesti sekapuina havupuuvaltaisissa metsiköissä. Yleisen käsityksen mukaan lehtipuut arvioidaan em. muutoksia vastaan havupuita kestävämmiksi. Vaikka kaikkia yksittäisiä haitallisia tekijöitä vastaan tämä arvio ei pidä paikkaansa, voitaneen se hyväksyä yleisohjeeksi pitkän aikavälin metsänkasvatusratkaisuja tehtäessä.

Vähäisen metsätaloudellisen arvostuksen vuoksi lehtipuiden tutkiminen on pohjoismaissa jäänyt havupuihin verrattuna paljon vähäisemmäksi. Useissa selvityksissä muut lehtipuut kuin raudus- ja hieskoivu on yhdistetty erittelemättä samaan ryhmään, vaikka tiedot maastossa olisi kerätty eriteltynä. Niinpä tiedot esimerkiksi monimuotoisuuden kannalta erityisen tärkeiden haavan ja raidan esiintymisestä erilaisissa metsiköissä ja eri kasvupaikoilla sekä määräästä ovat puutteellisia. Tässä koostelmaraportissa tarkastellaan lehtipuiden esiintymistä rakenteeltaan erilaisissa sekametsissä, sekametsien luontaista uudistumista, kehitystä ja tuotosta sekä lehtipuiden merkitystä havupuiden ohella monimuotoisuustekijänä. Lopuksi esitetään luonnokset rakenteeltaan monimuotoisien sekametsien kasvatusmalleiksi sekä ohjeet tasarakenteisen

puuston muuttamiseksi luontaisen monimuotoiseksi. Kirjallisuusviitteet on koottu loppuun yhtenäiseksi luetteloksi.

Raportissa käytetään yleisesti metsätaloudessa käytössä olevia käsitteitä. Eräiden seuraavassa lueteltujen käsitteiden osalta saattaa kuitenkin esiintyä käytännössä sekaannusta. Niitä on tässä raportissa käytetty seuraavalla tavalla.

Harsintaharvennuksella tarkoitetaan tasarakenteisen puuston kasvatusmenetelmää, jossa pyritään Vuokilan (1984) mukaan maksimoimaan toisesta harvennuksesta lähtien harvennushakkuutulot vapauttamalla sellaisia yksilöitä, jotka ovat tulossa arvokkaamman puun kokoon.

Yläharvennus on lähellä harsintaharvennusta. Yli-Vakkurin (1949) mukaan harvennusta tehdään sekä päältäpäin, että altpäin (*alaharvennus*).

Metsänhoidollinen harsinta on erirakenteisen metsän kasvatusmenetelmä, jossa pyritään hoitamaan koko puustoa ja säilyttämään se edelleen erirakenteisena (eri-ikäisrakenteisena). Lähinnä hakataan isoja ”kypsiä” puita, mutta kaikkia kokoluokkia taimikokoon asti harvennetaan tarvittaessa. *Jatkuva kasvat* on likipitään samanlaista kuin metsänhoidollinen harsinta. Nykyisin kiinnitetään kuitenkin monimuotoisuusvaatimusten vuoksi huomiota erityisesti joidenkin isoimpien puiden ja muutoin monimuotoisuuden kannalta tärkeiden yksilöiden säilyttämiseen, vaikka ne olisivat huonokuntoisiaakin. Jatkuvaa kasvatusta toteutetaan joko puittain tai valoa runsaasti vaativien puulajien osalta ryhmittäisenä hakkuuna.

2 Metsän rakenne ja kehitys

(Olavi Laiho, Erkki Lähde, Yrjö Norokorpi ja Timo Saksa)

2.1 Metsikön rakenteen ja koostumuksen terminologiaa

Tarvitaanko rakenneluokitusta

Metsiköiden rakenteen kuvaamiseksi Lauri Ilvessalo (1929) kehitti meillä 1920-luvulla saksalaisten mallien pohjalta etenkin tutkimuksen käyttöön tarvan puujaksojen, latvuserosten ja yksittäisten puiden luokituksen. Luokitus esiteltiin myös käytännön metsätaloudelle (Ilvessalo & Laitakari 1949). Valitsevan puuston ohella erotettiin kaksi muuta puujaksoa, nimittäin alikasvos ja ylispuut. Puujaksot eriteltiin pää- ja lisävaltapuihin, välipuihin ja aluspuihin. Kussakin näissä neljässä latvuseroksessa erotettiin edelleen puun latvuksen, rungon sekä terveydentilan mukaan yhteensä 17 puuluokkaa.

Tarkkaa puuluokitusta on jossain määrin käytetty tutkimuksessa ja yleispiirteistä (normaalit, huonomuotoiset, vioittuneet, sairaat ja kuolleet puut) luokitusta myös käytännön metsätaloudessa kuten latvuserosluokitustakin. Puujaksojen alkuperäistä määritelmää on myöhemmin täydennetty. Niinpä alikasvos L. Ilvessalon (1929) mukaan on pituudeltaan alle puolet vallitse-

vasta puustosta ja samaa puulajia ollessaan sitä huomattavasti nuorempaa. Y. Ilvessalon (1965) mukaan alikasvoksen tunnuksat täyttävä nuorennos tuli merkitä vallitsevaksi puustoksi, jos varsinainen vallitseva puusto oli kehittä-miskelvoton. Ohje aiheutti epävarmuutta metsikkörakenteen määrittämiseen ja mm. metsätaitokilpailuissa vilkasta keskustelua. Uudessa Tapion tasku-kirjassa (1997) alikasvoksen hyväksikäyttö ja eri-ikäisen metsän kasvatus esitetään menetelminä, joiden käyttömahdollisuus on vähäinen. Puujaksoja ei määritellä lainkaan.

Rakenneluokituksen osittaisena korvaajana on käytetty metsikön ikää. Se on määritetty kairaamalla muutama valtapuu, joiden keski-ikä on merkitty metsikön iäksi (Ilvessalo 1951). Tasaikäiselle metsikölle on sallittu huomatta-va ikävaihtelu (Vuokila 1956, Valtakunnan metsien ... 1987). Kun muita latvuskerroksia ja puujaksoja ei ole otettu ikämäärittämiseen mukaan, on va-kiintunut käsitys maamme metsien metsiköittäisestä tasaikäisyydestä. Met-siköiden ikää on käytetty laskettaessa eri ikäluokkien osuus maamme metsä-alasta. Tavoitteena on ollut tasainen ikäluokkajakauma. Metsä ei kuitenkaan ole vanhennut kalenterivuosien mukaan. Niinpä 1920-luvun alussa vajaa 5 % metsäalasta oli kymmenvuotiaana taimikkona. 1960-luvun alussa olisi siten pitänyt olla vastaava osuus 50-vuotiasta metsää. Sitä oli kuitenkin nelinker-tainen määrä (Kuusela 1972). Vallitsevan puuston hakkuussa oli vapautunut runsaasti taimikko- ja vieläpä harvennusvaiheen alikasvosta kirjautumatta lainkaan aukeaksi alaksi.

Monimuotoisuutta suosiva metsänhoito lisää puiden ryhmittäisyyttä, niiden välistä koko- ja ikävaihtelua sekä metsikön puulajien määrää. Nämä muutok-set puolestaan ovat lisänneet tarvetta tutkia metsien rakennetta ja sen vaiku-tusta puuston kehitykseen. Tällaista tutkimusta onkin jo ollut jonkin aikaa vi-reillä (Lähde ym. 1991, 1992, 1994a, b, Laiho 1994a, b, c, Laiho ym. 1994, 1995a, b, d, e, Norokorpi ym. 1994).

Ikä vai koko

Rakenteeltaan metsät jaetaan perinteisesti tasaikäisiin ja eri-ikäisiin. Tyy-pillisissä tapauksissa puut ovat niissä keskenään joko varsin samankokoisia tai vastaavasti hyvin erikokoisia. Toisaalta täysin tasaikäiseen yhdenkin puu-lajin metsikköön kehittyä aikaa myöten huomattavaa kokovaihtelua (Lyly & Saksa 1982) ja sekametsinä ne voivat olla eri-ikäisen metsän mallitapauksia (Pöntynen 1929). Tällaisia ovat mm. tuoreen kankaan viljelymänniköt, joihin on syntynyt kuusialikasvos. Tämän vuoksi on otettu käyttöön termit tasa- ja eri-ikäisrakenteinen (Lihtonen 1959). Nimitykset kuvaavat hyvin em. met-sikkörakenteita korostaen samalla ikämääritteen toissijaisuutta.

Metsikön ikärakenne voi vaihdella täysin tasaikäisestä täysin eri-ikäiseen. Viimemainitussa vuosittain sama määrä taimia korvaa poistuvat puut. Olo-suhteissa, joissa uudistuminen onnistuu vain poikkeuksellisen edullisina vuo-sina, metsikössä voi olla useita selvästi erottuvia ikäluokkia (O'Hara 1996). Suomen oloissa kuitenkin taimia tapaa syntyä lähes jokavuotisesti. Latvuston sulkeutuessa olosuhteet taimettumiselle kuitenkin heikkenevät.

Metsiköiden valtapuuston ikä on pääpiirtein niiden hoitajan tiedossa, tark-ka ikärakenne tuskin kellään. Iän tarkka määrittäminen on työlästä ja rungon

kairaaminen vaurioittaa puuta. Näin ollen ikää ei juuri koskaan määritetä tutkimuksessakaan kattavasti. Vaikka se määritettäisiin, tiedon käyttökelpoisuus olisi rakennemäärityksen kannalta vähäinen. Puiden kasvu riippuu enemmän koosta kuin iästä (Cajander 1934, Vaartaja 1951, Hatcher 1967, Indermühle 1978). Varsinkin alikasvoksena nuoruudessaan olleiden puiden koko korreloi heikosti iän kanssa (Andreassen 1992). Vapautettuna ja elvyttyään ne kasvavat tavallisesti yhtä suuriksi ja samalla nopeudella kuin vastaavat koko ajan vapaassa tilassa kasvaneet puut (Näslund 1944, Hawley 1946, Nilsen & Haveraaen 1983).

Ikätieto on metsikön tärkeä oheistunnus, mutta rakenteen luokitukseen se ei riitä. Luokituksen pohjaksi tarvitaan puiden kokojakauma. Puiden koko on tunnuksena yksiselitteisen näkyvä ja samalla helppo mitata (Fischer 1980, Lähde ym. 1991). Näin ollen pääjaoksi muodostuu tasa- ja erikokoinen tai tasa- ja erirakenteinen (Lähde ym. 1991). Sanalla koko ymmärretään teollisessa metsäterminologiassa yleensä nimenomaan läpimittaa. Se tulisi mitata koko puustosta.

Kokoluokitus

Meille soveltuvaa rakenneluokitusta kehitettäessä testiaineistona oli ensimmäinen ja kolmas valtakunnallinen metsien inventointi (VMI). Niissä jokainen koeala oli sijoitettu yhdelle metsikkökuviolle, joka on edellytys aidon rakenteen määrittämiseksi. Maastotiedot oli kerätty yhdistelmälomakkeelle, jossa luokkakokona oli joko 5 cm (VMI 1) tai 4 cm (VMI 3). Tämä luokkakoko osoittautui riittävän yksityiskohtaiseksi ja toisaalta yleiskatsauksellisen selkeäksi vastaten kansainvälistä käytäntöä. Kun järeä (>35 cm) puusto yhdistetään jää luokkien lukumäärä alle kymmenen. Se on myös kansainvälisesti ehkä yleisin luokkien lukumäärä, joten järeissä puustoissa luokkalaajuus tarvittavassa määrin kasvaa (O'Hara 1996). Luokituksen kohteeksi rajattiin varttuneet metsät eli harvennus-, väljennys- ja uudistuskypsät metsiköt. Näin siksi, että kaikilla koealoilla olisi mahdollista olla myös tukkikokoista puustoa.

Rajan vetäminen tasa- ja erirakenteisen puuston välille on sopimusvarainen ja huomattavalta osin terminologinen kysymys. Luokkien rajaaminen on aina enemmän tai vähemmän subjektiivista vaikka käytettäisiin funktioitakin. Tasarakenteiseksi voidaan hyväksyä puusto, jonka runkolukujakauma muistuttaa normaalijakaumaa (Gingrich 1967). Jakauma on tällöin käytännössä kuitenkin usein niin laaja (Ilvessalo 1920a, b), että koko tasakokoisuusajatus hämärtyy. Niinpä tasarakenteisuusrajana tulisi kuitenkin pitää suhteellisen kapeata vaihteluväliä (Smith 1962, Daniel ym. 1979, Lähde ym. 1991, 1992b). Yhdysvalloissa esimerkiksi luokitellaan tasaikäisiksi metsiköiksi sellaiset, joissa puiden ikäero on suhteellisen pieni. Tasaikäisiksi kuitenkin hyväksytään vielä sellaiset metsiköt, joissa puiden ikäero on 30 % kiertoajan ollessa yli 100 vuotta. Vastaavasti eri-ikäisyys edellyttää vähintään 25 % ikäeroa (Silvicultural ... 1983). Oppikirjoissa (esim. Daniel ym. 1979) käytetään myös tasaikäisyyden kriteerinä tiettyä ikävaihtelun ylärajaa (20 %) suhteutettuna puuston ohjeelliseen kasvatusikään eli kiertoaikaan. Tässä työssä käytetään kokoluokituksessa em. ikäluokituksen sovellutusta. Kiertoajan ti-

lalla käytetään vastaavana aikana saavutettavaa puun kokoa. Koon ylärajaksi noin 100 vuoden kiertoajalla päätettiin inventointitietojen perusteella 35 cm rinnankorkeudelta mitattuna. Kolme neljän senttimetrin läpimittaluokkaa (yhteensä 12 cm) vastaa noin kolmannesta tästä kokorajasta. Toisena koon vertailurajana voidaan pitää hakkuukypsyysrajaa, joka meillä nykyisin on jo 25 cm. Siitä em. 12 cm vastaa lähes 50 %. Näillä perusteilla päädyttiin siihen, että enintään kolmen 4 cm:n läpimittaluokan laajuiset puustot luokitellaan tasarakenteisiksi ja vastaavasti vähintään neljän läpimittaluokan laajuiset erirakenteisiksi. Käytettäessä 5 cm:n läpimittaluokkia raja on 4 cm:n läpimittaluokkaan verrattuna väljempi. Tasarakenteisen puuston määrittämisellä suppeaksi tai laajaksi ei kuitenkaan ole varsinaisesti vaikutusta tässä työssä käytettyjen rakenneluokkien vertailuun. Käytetyt rakenneluokat määritelmiseen ja mallirakenteineen esitetään kuvassa 1.

Mikäli runkolukujakaumassa on puuttoman väliluokan erottama nuorennos puhutaan jaksollisesta (kerroksellisesta) erirakenteisesta puustosta. Lähinnä on tarpeen erottaa alikasvokselliset metsiköt omaksi luokakseen. Varttuneissa metsissä oli 1950-luvun alussa tällaista erillistä alikasvosta 11 % (Laiho ym. 1994). Tarkoituksenmukaista olisi hyväksyä jaksollisuus silloinkin, kun täysin tyhjiä väliluokkia ei esiinny. Näin määritellen alikasvoksen osuus olisi huomattavasti suurempi. Rajauksen tekeminen ei ole kuitenkaan yksinkertaista.

Säännöllisen erirakenteista puustoa kuvaa hyvin käännetyn J-kirjaimen muotoinen runkolukujakauma (de Liocourt 1898). Tämän rakenteen osuus oli varttuneissa metsissä 1950-luvun alussa kaksi kolmannesta (Laiho ym. 1994). Säännöllisen erirakenteiset metsiköt tavataan jakaa alispuustoon, välipuustoon ja valtapuustoon. Vailla luontaista rajaa olevina nämä latvuserrokset voidaan erottaa joko läpimitan (Kern 1966) tai pituuden (Assmann 1970) mukaan. Meidän oloissamme jako tasakorkuisiin kerroksiin näyttää perustellulta samoin kuin jako valtaläpimitan kolmanneksiin, jota tukee mittauksen helppous ja läpimitan käyttö puukohtaisena perustunnuksena. Kummallakin tavalla menetellen noin kolme neljänestä runkoluvusta sijoittui kuvan 1 aineistossa alispuustoon (Laiho ym. 1994), vaikkei läpimitaltaan alle 2 cm:n puita oteta lukuun. Tämä alispuusto oli alikasvoksen kaltaista (Laiho ym. 1995a). Luokitusta voidaan haluttaessa tarkentaa jakamalla valtapuusto pää- ja lisävaltapuihin ja alispuusto esim. varttuneisiin taimiin (pituus > 1,3 m), taimiin (0,1–1,3 m) ja taimiainekseen (alle 0,1 m).

Normaalijakaumaa muistuttavaa eli kupevan erirakenteista puustoa oli 1950-luvun alun varttuneissa metsissä 17 %. Tämä jakauma jaotellaan perinteistä Ilvessalon (1929) luokitusta käyttäen niin ikään alispuustoon, välipuustoon ja valtapuustoon. Kerrosrajat ovat 60 ja 80 %:n korkeudella osuutena valtapituudesta. Valtapuusto tavataan jakaa lisäksi päävaltapuihin ja lisävaltapuihin. Tällä jaolla varttuneen luonnonnormaalin metsän (Ilvessalo 1920a, b) kupevan jakauman latvuserrokset muodostuvat runkoluvultaan tyydyttävän samansuuruisiksi. Kupevan erirakenteiseen ryhmään luokituvat varttuneet, tasaikäiset, lähinnä yhden puulajin metsiköt. Aikaa myöten myös säännöllisen erirakenteiset puustot, esimerkiksi ylitiehat kuusikot kehittyvät runkolukujakaumaltaan kupeviksi. Luonnonnormaalien metsiköiden tapaan

niissä on vähän aitoa alispuustoa ja se voi olla pahoin kituvaa (Daniel ym. 1979).

Näiden luokkien ulkopuolelle jää vielä joukko metsiköitä. Niistä voidaan käyttää termiä epäsäännöllisen erirakenteinen. Tämän taustaltaan ilmeisen vaihtelevan rakenteen osuus oli varttuneissa metsissä 1950-luvun alussa 6 % (Laiho ym. 1994).

Tarkalleen runkolukujakauman keskiarvojen mukaisia metsiköitä ei aineistossa välttämättä esiinny lainkaan, mutta käytetyllä luokituksella saadaan aineistosta esiin rakenteeltaan erityyppiset metsiköt. Taulukossa 1 esitetään kahden yleisimmän rakenteen eli säännöllisen ja kupevan erirakenteisten metsiköiden konkreettisia esimerkkitapauksia poimittuna Etelä-Suomen mustikkatyypiltä systemaattisesti runkoluvun mukaisessa järjestyksessä. Läpimittaluokan keskiarvoja täydentävät esitetyt mediaani- ja hajonta-arvot.

Metsikkörakenteita voidaan tarkastella myös puulajeittain. Tätä havainnollistaa taulukko 2, jonka aineisto on sama kuin kuvassa 1. Metsikön kokonaisrakenne koostuu puulajeittaisista osarakenteista, jotka kaikki saattavat olla keskenään erilaisia. Puhtaita metsiköitä oli 1950-luvun alussa vain 5 %. Männy, kuusen ja lehtipuuston muodostamia sekametsiköitä oli 62 % ja loput olivat kahden puulajin tai puulajiryhmän yhdistelmiä (Laiho ym. 1994). Männylle oli ominaista pienikokoisen puuston niukkuus, valtuuoston suhteellinen runsaus ja kupevan rakenteen yleisyys. Viimemainittua oli yhdessä tasarakenteen kanssa peräti yli puolet mäntyä sisältäneistä koaloista ja säännöllistä erirakennetta vain 14 %. Kuusen osalta tilanne oli päinvastainen vastaavien osuuksien ollessa 29 ja 45. Lehtipuuston esiintyminen sijoittui luonteeltaan edellisten välille. Tasarakenteisia osarakenteita sillä oli selkeästi enemmän kuin havupuilla johtuen sekä lehtipuuston pienemmästä määrästä että sen painottumisesta pieniin läpimittoihin. Puulajeittaiset osarakenteet jakaantuivat melko tasaisesti kautta asteikon, etenkin männyllä, mutta metsiköittäinen kokonaisrakenne keskittyi valtaosin säännölliseen erirakenteeseen.

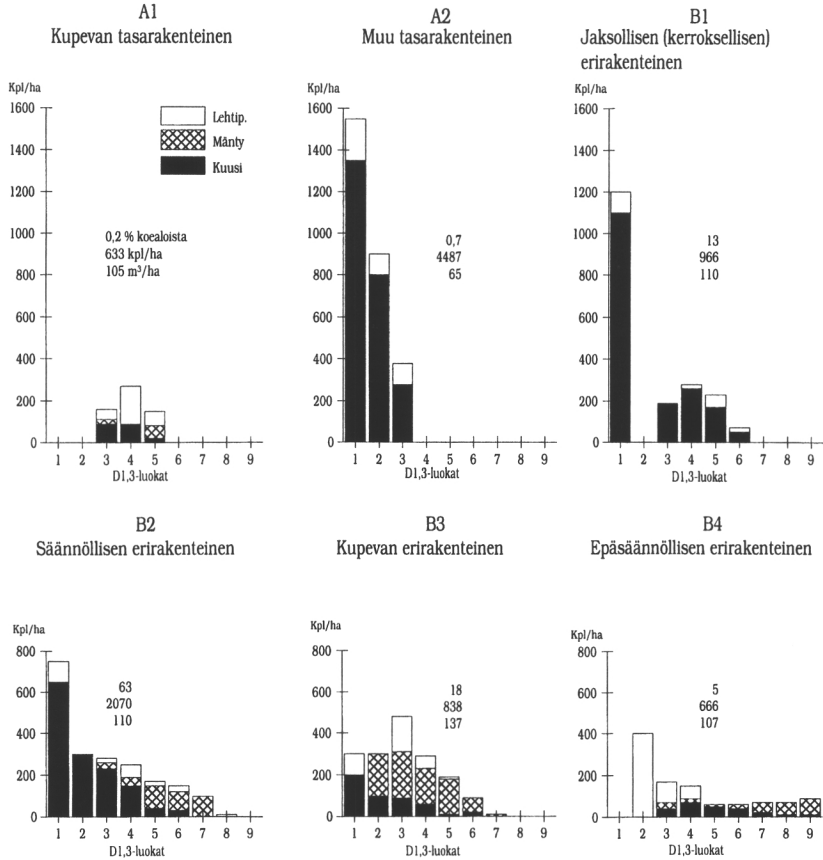
Nuorissakin metsiköissä on erotettavissa omat rakenteensa. Kaksi kolmanesta varttuneista tasarakenteisista metsiköistä oli runkolukujakaumaltaan voimakkaasti vinoja eli käänteistä J-kirjainta muistuttavia. Puita vain ei ollut ehtinyt kasvaa neljänteen (14–18 cm) läpimittaluokkaan vaan kaikki olivat sitä pienempiä. Ylispuiset taimikot näyttävät luokittuvan varttuneidenkin metsien normeihin säännöllisen erirakenteisiksi (Laiho ym. 1995b), mutta varttuneiden taimikoiden rakenneluokittelu edellyttäisi neljää senttimetriä pienempää luokkaväliä. Niihin sopiva luokkaväli lienee 2 cm puuston läpimittalaajuuden ollessa keskimäärin puolet varttuneen puuston vastaavasta laajuudesta. Sitä käyttäen saataisiin erotetuksi kaikki varttuneita metsiä vastaavat rakenneluokat. Tarkasti ottaen rakenteiden aihiot ovat nähtävissä tätäkin varhemmin. Niinpä jo yksivuotiaassa luontaisessa taimikossa voi olla koivun muodostama ”vallitseva jakso” ja kuusen muodostama ”alikasvos”(Laiho 1993).

Rakenneluokituksen tulos riippuu siitä, mikä on pienin mukaanotettava puustokoko ja millä tavalla se otetaan mukaan. Laskettaessa 1950-luvun alun metsien rakenneluokat siten, että pienintä läpimittaluokkaa (2–6 cm) ei otettu mukaan moodimääritykseen (taulukko 3) kupeva rakenne lisääntyi 14 %-yksikköä verrattuna kuvan 1 esittämään laskentatapaan. Säännöllinen erirakenne

väheni vastaavasti. Kahta senttiä pienemmän alikasvoksen ottaminen mukaan lisäisi runkolukua runsaat 4000 kpl/ha, kaikissa rakenneluokissa suunnilleen saman verran. Sen mukaanottaminen muuttaisi lähes kaikki metsiköt runkolukujaumaltaan jyrkästi oikealle vinoiksi.

Taulukko 1. Runkoluku (kpl/ha) tilastollisine tunnuksineen Etelä-Suomen vartuneissa kivennäismaametsissä mustikkatyyppillä rakenne- ja läpimittaluokittain vuosina 1951 - 1953. Alenevan runkoluvun mukainen systemaattinen näyte säännöllisen ja kupevan erirakenteisista metsiköistä.

Koeala	Läpimittaluokka cm									Yht.
	2-6	6-10	10-14	14-18	18-22	22-26	26-30	30-34	> 34	
Säännöllisen erirakenteiset metsiköt										
1	8600	1500	600	360	40	0	0	0	0	11100
101	1900	1200	250	50	20	30	10	0	0	3460
201	1600	400	350	180	100	70	50	10	0	2760
301	1200	500	240	220	60	120	0	0	0	2340
401	800	500	360	200	160	20	0	0	0	2040
500	500	500	150	220	310	100	0	0	0	1780
600	500	400	260	90	120	70	50	40	10	1540
700	600	200	60	160	180	120	0	0	0	1320
800	400	100	200	100	140	140	0	20	0	1100
900	100	100	60	30	40	40	30	20	40	460
Keskiarvo	1 004	526	276	181	103	56	23	7	2	2 178
Mediaani	700	400	245	170	100	50	10	0	0	1890
Maksimi	8600	2600	1140	620	330	200	180	90	80	11100
Minimi	100	100	10	10	0	0	0	0	0	460
Hajonta	923	401	163	92	61	43	29	13	7	1 192
Kupevan erirakenteiset metsiköt										
1	800	800	880	380	160	20	0	0	0	3040
31	100	200	840	260	100	0	0	0	0	1500
61	100	200	370	260	170	130	20	10	0	1260
91	0	100	330	300	140	150	80	10	0	1110
121	200	200	340	140	80	40	0	0	0	1000
151	0	100	40	160	300	180	90	0	0	870
181	0	0	120	210	290	100	30	0	0	750
211	100	100	110	70	120	100	30	10	0	640
241	0	100	200	90	70	30	10	0	0	500
271	0	0	0	0	0	20	70	40	50	180
Keskiarvo	96	139	239	217	154	85	34	11	4	978
Mediaani	100	100	200	210	150	80	30	0	0	910
Maksimi	800	800	1000	580	370	290	160	110	70	3040
Minimi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180
Hajonta	126	133	176	111	75	53	34	18	11	425



Rakenneluokat:

Puita enintään kolmen peräkkäisen luokan laajuudella.

A1. Tasarakenteinen, kupeva. Puita kaikissa kolmessa peräkkäisessä luokassa, eniten keskimmaisessä luokassa

A2. Muu tasarakenteinen.

Puita vähintään neljän luokan laajuudella.

B1. Erirakenteinen, jaksollinen (kerroksellinen). Kaksi tai kolme jaksoa puutoman väliluokan erottamina. Erillisenä jaksona erotetaan yleensä vain alikasvos, jolloin puuton luokkka on välillä 6–18 cm (luokat 2–4).

B2. Säännöllisen erirakenteinen. Puita ainakin neljässä pienimmässä, eniten ensimmäisessä tai toisessa luokassa.

B3. Erirakenteinen, kupeva. Puita ei ole eniten pienimmässä eikä jakauman reunimmallisessa luokassa.

B4. Epäsäännöllisen erirakenteinen.

Kuva 1. Esimerkkejä koealakohtaisista metsikkörakenteista. Koealat edustavat valtakunnan metsien kolmannen (1951–1953) inventoinnin varttuneita kivennäismaan metsiköitä Etelä-Suomessa. Rakenteittaisiin osakuviin on merkitty osuus koealämäärästä (5252), keskimääräinen runkoluku ja puuston runkotilavuus. D1,3-luokat: 1 = 2–6, 2 = 6–10, ... 9 = > 34 cm.

Taulukko 2. Koealoittain määritetty männyn, kuusen ja lehtipuuston sekä koko puuston rakenne (% koealojen lukumäärästä) varttuneissa metsiköissä 1950-luvun alussa. VMI 3, koealojen lukumäärä 8698. Rakenneluokat: A1 = Kupevan tasarakenteinen, A2 = Muu tasarakenteinen, B1 = Jaksollisen (kerroksellisen) erirakenteinen, B2 = Säännöllisen erirakenteinen, B3 = Kupevan erirakenteinen, B4 = Epäsäännöllisen erirakenteinen, B5 = Puulaji ei esiinny koealalla.

Puulaji	Rakenneluokka						
	A1	A2	B1	B2	B3	B4	B5
Mänty	2	18	13	12	25	16	14
Kuusi	1	15	15	38	9	7	15
Lehtip.	2	29	16	23	8	9	14
Kaikki	0	1	11	65	17	6	0

Metsikössä voi olla tietyn selkeän rakenteen ”ulkopuolisia” puita. Niinpä muutoin tasarakenteisessa varttuneessa metsässä saattaa olla muutama pieni taimi. Kuinka paljon niitä saa esiintyä ilman että metsikkö tulisi luokitella esim. jaksolliseksi (kerrokselliseksi). Poikkeamia voitaneen hyväksyä, mutta määrän tulisi olla tiukasti rajoitettu vain yksittäisiin puihin. Rajatapaukset muistuttavat silti aina toisiaan, vaikka olisivatkin luokiteltuja eri ryhmiin. Kolmannen VMI:n koealoilla alle 10 cm läpimittaiset puut oli luettu aarin alalta. Jokainen niistä merkitsi siten 100 kpl/ha. Tässä yhteydessä sitä pidettiin jo luokituksen vaikuttavana määränä. Minimiläpimitan nostaminen varttuneiden metsien rakenneluokituksessa kuuteen senttiin olisi omiaan selkeästi vähentämään satunnaisten pienien puiden vaikutusta luokitustulokseen ja painottaisi kaupallisen puuston merkitystä.

Taulukko 3. Pienikokoisen puuston vaikutus rakenneluokkien osuuteen (%). VMI 3, Etelä-Suomi, 4836 kivennäismaametsikön koealaa. Luokitukset: I = Kuvan 1 mukainen rakenneluokitus, jossa läpimittaluokat 1 – 9 mukana moodimäärityksessä, II = Luokitus kuin edellä, mutta läpimittaluokka 1 ei mukana moodimäärityksessä.

Luokitus	Rakenneluokka					
	A1	A2	B1	B2	B3	B4
I	0	1	12	64	18	5
II	0	1	12	50	32	5

Tässä esitelty runkolukujakauman laajuuteen ja muotoon perustuva metsiköiden rakenneluokitus voidaan toteuttaa monin vivahtein. Eniten on koke-musta kuvan 1 esittelemästä luokituksesta. Päävertailuksi on sitä käytettäessä tasarakenteisten metsien niukkuuden vuoksi muodostunut säännöllisen ja kupevan erirakenteismetsän vertailu. Olennaisen tärkeää on kaikkien puulajien kaikenkokoisten yksilöiden mukaanotto niiden kehityskelpoisuudesta riippumatta. Vain tällä tavalla voidaan saada tarkka kokonaiskuva metsästä ja käyttää tätä tietoa kulloinkin tarkoituksenmukaisella tavalla.

2.2 Metsiköiden sisäisen ja välisen monimuotoisuuden määrittäminen

Johdanto

Biologinen monimuotoisuus tarkoittaa elämän monimuotoisuutta kaikissa muodoissa ja kaikilla hierarkian tasoilla. Ensimmäinen taso on lajirunsaus ja siihen liittyvä yksilöiden runsaus. Toisena tasona on geneettinen monimuotoisuus. Kolmanneksi erotetaan populaatioiden, yhteisöjen ja ekosysteemien monimuotoisuus (Hunter 1990). Alueellisessa mittakaavassa monimuotoisuus on jaettu *alfa*-, *beta*-, *gamma*- ja *deltadiversiteeteiksi* (Whittaker 1972). Pienintä mittakaavaa edustaa *alfadiversiteetti*, joka käsittää yksittäisen elinympäristön, kuten metsikkökuvion, sisäisen monimuotoisuuden. *Betadiversiteetti* tarkoittaa metsiköiden välistä vaihtelua. Lajistollisen monimuotoisuuden kuvaamiseksi on laadittu erilaisia diversiteetti-indeksejä. Niistä yleisimmin on käytetty Simpsonin heterogeenisyys-indeksiä sekä Shannon-Wienerin H' -indeksiä (Elliott 1990). Indeksien arvo suurenee lajimäärän lisääntyessä ja lajien runsaussuhteiden tasoittuessa.

Monimuotoisuuden vaaliminen ja edistäminen on sovittu kansainvälisesti keskeiseksi tavoitteeksi metsätaloudessa (UNCED, YK:n ... 1993). Sitä edellytetään sekä uudessa luonnonsuojelussa että metsälaissa. Toistaiseksi monimuotoisuuden tarkastelu on keskittynyt uhanalaisten lajien luettelointiin, niiden elinympäristövaatimusten selvittelyyn ja avainbiotooppien suojeluun. Luonnonvarojen inventoinnissa sekä niiden hoidon ja käytön suunnittelussa tarvitaan lisäksi kokonaisvaltaisia monimuotoisuuden arviointi- ja luokitusmenetelmiä niin suojelu- kuin metsätalousalueilla.

Metsäluonnossa puusto luo keskeiset puitteet koko metsäekosysteemin monimuotoisuudelle (Norokorpi ym. 1994, Lähde ym. 1995a,b, 1998, Saksa ym. 1997). Puuston monimuotoisuudella tarkoitetaan saman yhtenäisen metsikön puiden lajirunsausta sekä lajien sisäistä koon, iän ja perimän laajaa vaihtelua. Se on suuri silloin, kun metsikössä on eri puulajeja, joiden koko vaihtelee taimista vanhoihin, kookkaiisiin puihin asti. Monimuotoinen metsikkö koostuu näin ollen erirakenteisesta ja samalla eri-ikäisestä sekapuustosta. Tutkimuksessa kehitettiin indeksit metsikön sisäisen monimuotoisuuden mittaamiseksi puuston osalta. Tämän indeksin avulla voidaan arvioida yksittäisen metsikön monimuotoisuutta ja vertailla eri metsiköiden monimuotoisuutta saman kasvupaikkaluokan sisäisesti käyttäen hyväksi valtakunnan metsien inventointiaineistoja sekä luonnonmetsistä mitattuja aineistoja.

Metsikön sisäisen monimuotoisuuden määrittäminen

Puuston monimuotoisuuden määritelmästä on johdettavissa seuraavat keskeiset metsikön sisäisen diversiteetin indikaattorimuuttajat:

1. Puuston määrä (pohjapinta-ala, m^2ha^{-1} ; taimikossa tiheys, $kpl\ ha^{-1}$)
2. Runkolukujakauma puulajeittain ($kpl\ ha^{-1}$)
3. Pystykuolleitten puiden määrä puulajeittain (m^3ha^{-1})
4. Maapuiden määrä puulajeittain (m^3ha^{-1})

5. Alikasvoksen peittävyys tai suhteellinen tiheys (%)
6. Erikoispuiden esiintyminen (merkittävyys ja/tai runsaus)
7. Hiiltyneen puun määrä (m^3ha^{-1})

Runkolukujakauma ilmentää sekä puiden koko- että ikävaihtelua, vaikka ne eivät olekaan aina kiinteässä riippuvuussuhteessa toistensa kanssa. Ikä on kuitenkin usein vaikea määrittää ja käsitteenä se sopii huonosti monimuotoisiin metsiköihin, joissa puut ovat olleet kehityksensä alkuvaiheessa alikasvoksena. Siten on perusteltua käyttää iän sijasta puiden kokoa tunnuksena kuvattaessa metsikön rakennetta ja monimuotoisuutta (Laiho ym. 1994, Lähde ym. 1995a).

Puuston monimuotoisuuden pisteytyksen kehittämisessä käytettiin hyväksi valtakunnan metsien kolmannen inventoinnin (VMI 3) aineistoa, joka kerättiin vuosina 1951–53 (Etelä-Suomi 8832 koealaa). Sen jälkeen puuston rakennetta on pyritty tasaamaan alaharvennuksella ja raivauksella. Inventoinnissa puusto mitattiin kiinteäsiteisiltä ympyräkoealoilta, jotka edustivat yhtenäisiä metsiköitä (Ilvessalo 1951, 1956).

Koealakohtaista monimuotoisuuspisteytystä kokeiltiin ensin antamalla pisteitä puuston esiintymisestä kussakin läpimittaluokassa ja sen lisäksi erilaisina puulajiyhdistelminä. Manuaalisen pisteytyksen kannalta oli käyttökelpoisinta jakaa runkolukusarja kolmeen läpimittaryhmään (pienikokoinen puusto, D1,3 2–10 cm; keskikokoinen puusto, D1,3 10–22 cm; isokokoinen puusto, D1,3 >22 cm). Sitten etsittiin iteroimalla toimivinta vaihtoehtoa vaihtelemalla puulajien ja läpimittaryhmien pisteytystä. Puulajien esiintymisen tasaisuuden kuvaamiseksi päädyttiin kaksiportaiseen puulajeittaiseen pisteytykseen (taulukko 4). Sen mukaan pienikokoisia puita tuli olla vähintään sata, keskikokoisia vähintään kymmenen ja isokokoisia vähintään yksi kappale hehtaarilla antaakseen diversiteettipisteitä. Viisinkertainen määrä lisäsi pistemäärää. Lehtipuut arvioitiin havupuita arvokkaammiksi (Hunter 1990). Haavan ja raidan kookkaat puut arvioitiin lisäksi muita lehtipuita arvokkaammiksi (Kuusinen 1994). Pohjapinta-alasta annettiin viisiportaisesti lisäpisteitä.

Näillä perusteilla lasketut diversiteetti-indeksin pistemäärät (taulukko 5) erottuivat eri kasvupaikoilla selvästi toisistaan. Viljavilla kasvupaikoilla pistemäärät nousivat selvästi suuremmiksi kuin karuilla kasvupaikoilla. Turvemaat olivat tuolloin pääosin ojittamattomia ja niukkapuustoisia. Runsaspuustoiset turvemaat kuitenkin yltyivät samoihin pistemääriin kuin viljavuudeltaan vastaavat kivennäismaat. Vartuneisiin puustoihin luettiin kehitysluokat harvennusmetsä, väljennysmetsä ja uudistuskypsä metsä. Niiden pistemäärä oli kasvupaikoittain samaa suuruusluokkaa.

Alikasvoksen esiintymistä tarkasteltiin 1663 koealalla, joilta oli tarkat mittaukset sekä puustosta että alikasvoksesta ($d_{1,3} < 2$ cm). Alikasvoksen keskimääräinen peittävyys oli 20,9 % sekä vastaava monimuotoisuuden pistemäärä oli lehtomaisella 1,6, tuoreella 1,5, kuivahkolla 1,3 ja kuivalla kanakaalla 1,1.

Metsässä oli 1950-luvun alussa läpimitaltaan yli 10 cm pystykuivia puita ja lahoamattomia tuulenkaatoja keskimäärin $1,8 \text{ m}^3/\text{ha}$ (Ilvessalo 1956). Tämän ja muiden puustomittausten sekä kirjallisuustietojen perusteella päädyttiin

pisteytyskokeilujen jälkeen puuston tilavuuteen perustuvaan kaksiportaiseen asteikkoon (taulukko 4). Hiiltyneen puun osalta päädyttiin kolmiportaiseen asteikkoon. Erikoispuiksi luettiin erityisen vanhat tai isot puut, kuten aihkimännyn, kalasääsken ja kotkan pesäpuut sekä harvinaiset alalajit, muunnokset ja muodot. Ne pisteytettiin merkittävyytensä mukaan yhdestä kolmeen.

VMI 3:n aineiston mukaan Pohjois-Suomessa metsikön sisäiset monimuotoisuuspisteet elävälle puustolle alikasvosta lukuunottamatta olivat keskimäärin kaksi yksikköä pienemmät kuin Etelä-Suomessa (Lähde ym. 1995b).

Taulukko 4. Metsikön sisäisen monimuotoisuusindeksin (LLNS) pisteytys.

Puulaji	D1,3 2-10 cm kpl/ha		D1,3 10-25 cm kpl/ha		D1,3 >25 cm kpl/ha		Pystykuolleet D >10 cm, m ³ /ha	Maapuut D>10 cm, m ³ /ha		Yht.
	100- 0,5	500- 1	10- 1,5	50- 2	1- 2	5- 3		0,5- 1	2- 2	
Mänty	0,5	1	1,5	2	2	3	1	2	1	2
Kuusi	0,5	1	1,5	2	2	3	1	2	1	2
Koivu	1	1,5	2	3	3	4	2	3	2	3
Haapa	1	1,5	3	4	4	5	3	4	3	4
Leppä	1	1,5	2	3	3	4	2	3	2	3
Pihlaja	1	1,5	2	3	3	4	2	3	2	3
Raita	1	1,5	3	4	4	5	3	4	3	4
Muu havupuu;_	0,5	1	1,5	2	2	3	1	2	1	2
Muu lehtipuu;_	1	1,5	2	3	3	4	2	3	2	3
	Puuston pohjapinta-ala, m ² /ha									
Puusto (D1,3 ≥ 2 cm)			5- 1	10- 2	15- 3	20- 4			>25 5	
	Tiheys, kpl/ha									
Taimikko (D1,3<2 cm)			< 1000 1	1000- 2	5000- 3					
	Peittävyys (suhteellinen tiheys), %									
Alikasvos (h≥0,5 m; D1,3 < 2 cm)			1- 1	20- 2	60- 3					
	Merkittävyys ja/tai runsaus									
Erikoispuut			1	2	3					
	Hiiltyntä puuta, m ³ /ha									
Hiiltynyt puu (D> 10 cm)			0,2- 1	2,0- 2	4,0- 3					
	YHT.									

Taulukko 5. Metsiköiden sisäisen monimuotoisuuden indeksipisteet (LLNS-indeksi taulukon 4 mukaan laskettuna) varttuneelle elävälle puustolle kasvupaikoittain Etelä-Suomessa VMI 3:n aineiston mukaan ilman alikasvosta: minimi (min) - keskiarvo (ka) - maksimi (maks); sekä Shannon-Wienerin H-indeksi ja Simpsonin heterogeenisuus-indeksi. N = koealojen lukumäärä.

Kasvupaikka	N kpl	LLNS-indeksi min - ka - maks	Shannon-Wiener- indeksi	Simpson- indeksi
Lehtomainen kgs	1233	3,6 - 16,7 - 33,1	0,286	0,374
Tuore kgs	2359	2,9 - 16,2 - 33,4	0,288	0,389
Kuivahko kgs	1827	2,9 - 13,5 - 30,7	0,268	0,366
Kuiva kgs	192	2,6 - 8,8 - 18,5	0,139	0,191

Taulukko 6. Metsikön elävän pystyvuuston (A) ja koko puuston (elävä ja kuollut; B) monimuotoisuusindeksiin perustuva metsiköiden välinen luokitus Etelä-Suomea varten.

Kasvupaikka	Heikko	Diversiteettipisteet ja -luokitus			
		Tyydyttävä	Hyvä	Erinomainen	
Lehdot, lehtomaiset kankaat ja vastaavat	A	<16	16–20	21–25	>25
	B	<19	19–22	23–27	>27
Tuoreet kankaat ja vastaavat	A	<14	14–17	18–22	>22
	B	<17	17–20	21–25	>25
Kuivahkot kankaat ja vastaavat	A	<12	12–15	16–19	>19
	B	<14	14–17	18–22	>22
Kuivat kankaat ja vastaavat	A	< 8	8–10	11–14	>14
	B	< 9	9–12	13–17	>17

Puuston monimuotoisuusindeksin laskentamenetelmä

Metsikön puuston monimuotoisuus pisteet voidaan laskea manuaalisesti käyttämällä apuna lomaketta (taulukko 4). Puuston mittaukset tehdään esimerkiksi relaskoopikoaloilta tai kiinteäsiteisiltä, muutaman aarin suuruisilta koaloilta (Lähde ym. 1995a).

LLNS-indeksipisteiden laskentaa varten laadittiin myös seuraava yhtälö:

$$IND_{LLNS} = IND_{LT} + IND_{DST} + IND_{DFT} + IND_{CW} + IND_{SP}$$

jossa IND_{LLNS} = metsikön sisäinen monimuotoisuusindeksi

IND_{LT} = elävän puuston pistemäärä

IND_{DST} = kuolleen pystyvuuston pistemäärä

IND_{DFT} = maapuiden pistemäärä

IND_{CW} = hiiltyneiden puiden pistemäärä (arvot 0, 0,5 tai 1)

IND_{SP} = erikoispuiden pistemäärä (arvot 0, 0,5 tai 1)

$$IND_{LT} = \sum_{j=1}^N \left(\left(LTMAX_j \cdot \left(1 - 1 / e^{(K_j \cdot KD/10)} \right) \right) \left(\sum_{i=1}^K \left(\left(1 - 1 / e^{\left(\left(D_{1,3j}/2 \right)^2 \cdot P} / 100 \right)} \right) + \left(1 - 1 / e^{(SN_{ji}/100)} \right) \right) \right) / K_j$$

jossa $D_{1,3j}$ = läpimittaluokan keskiarvo (cm) läpimittaluokassa i puulajilla j

i = läpimittaluokka 1 ... K

j = puulaji 1 ... N

Tarvitaan vähintään puulajeittainen keskiläpimitta.

SN_{ji} = runkoluku läpimittaluokassa i puulajilla j.

$LTMAX_j$ = maksimipistemäärä puulajille j (taulukossa 1 havupuilla 7, yleisillä lehtipuilla 9 ja erityisillä lehtipuilla 11)

$$IND_{DST} = \sum_{j=1}^N \left(\left(DSTMAX_j \cdot \left(1 - 1 / e^{(K_j \cdot KD/10)} \right) \right) \left(\sum_{i=1}^K \left(\left(1 - 1 / e^{\left(\left(D_{1,3j}/2 \right)^2 \cdot P \cdot P} / 100 \right)} \right) + \left(1 - 1 / e^{(SN_{ji}/100)} \right) \right) \right) / K_j$$

jossa $P =$ suhteellinen pituus kuolleelle pystyssä olevalle tai kaatuneelle puulle tai rungonosalle $DSTMAX_j = DFTMAX_j =$ maksimi pistemäärä vastaavasti puulajille j (taulukossa 4 havupuilla 3, yleisillä lehtipuilla 5 ja erityisillä lehtipuilla 7)

IND_{DFT} lasketaan vastaavanlaisella yhtälöllä.

Varttuneissa harvahkoissa metsiköissä, missä puulajeittaiset runkoluvut ylittävät niukasti läpimittaluokkien pistealarajat, taulukointi antoi yhtälöä korkeammat monimuotoisuuspisteet vertailulaskennassa. Selvästi alarajoja korkeammilla runkoluvuilla yhtälö antoi vastaavasti korkeamman indeksiluvun. Metsäalueen metsiköiden monimuotoisuuspisteiden keskiarvot olivat testilaskennassa samaa suuruusluokkaa molemmilla menetelmillä.

Metsiköiden välinen monimuotoisuusindeksi ja -luokitus

Metsiköiden väliset monimuotoisuusindeksit määritettiin kasvupaikoittain monimuotoisuusindeksijakauman keskiarvon ja hajonnan avulla (taulukot 5 ja 6). Luokitus tehtiin kahdella tasolla: pelkästään elävälle pystypuustolle ja koko puustolle (elävä ja kuollut). Hyvyysasteikko laadittiin neliportaiseksi: erinomainen, hyvä, tyydyttävä ja heikko. Vastaava luokitus Pohjois-Suomea varten on esitetty Lähteen ym. julkaisussa (Lähde ym. 1995b).

Pisteytystä ja luokitusta testattiin myös luonnontilaisten metsien koealaineistoilla. Korkeimmaksi pistemääräksi muodostui 44 (Lähde ym. 1995a). Tässä tuoreen kankaan metsikössä oli mäntyä, koivua ja haapaa, myös pystykuolleita puita ja maapuita. Palokoroiset aihkimäntyä sisältävät kuusetuneet säästömetsät yltyvät lehtipuun niukkuuden vuoksi erinomaiselle tasolle vain erikoispuiden ja kuolleiden puiden ansiosta. Lehtomaiset, järeät, lähes puhtaat kuusikot jäivät runsaine maapuineenkin tyydyttävälle tasolle. Kuivilla, heikosti udistuvilla kankailla monimuotoisuustaso jäi niin ikään tyydyttäväksi, vaikka metsiköt olivat varttuneen puisevia. Erinomainen taso edellytti lähes kolme puulajia kaikenkokoisine yksilöineen. Kuollut puuainekuitin mahdollisesti erinomaisen tason kahdellakin puulajilla.

Tämä monimuotoisuusluokitus tehtiin puustoltaan suhteellisen homogeenisille metsikkökuvioille. Vaihtelevassa metsässä on kuvioiden tarkka rajaaminen kuitenkin käytännön työssä epävarmaa. Jos kuviokokoa suurennaan käyttämällä väljempää kuviointikriteeriä, se merkitsee puustossa suurempaa ikä-, koko- ja puulajivaihtelua ja samalla taulukoiden antama pistemäärä suurenee.

2.3 Luonnontilaisten metsien kehitys

Johdanto

Eräiltä osin Suomessa tiedetään hyvin luonnonmetsien kehitys. Tämän vuosisadan alkupuolella tutkittiin paljon ns. luonnonnormaalien metsien kehitystä (Cajanus 1914, Ilvessalo 1920a,b, 1937, Lönnroth 1925, Lappi-Seppälä

1930). Ensimmäiset kasvu- ja tuottotaulukotkin laadittiin luonnonnormaaleille metsille (Ilvessalo 1920a,b, 1937). Sellaisiksi hyväksyttiin vain säännöllisesti kehittyneitä kutakuinkin koskemattomia yhden puulajin metsiköitä joiden runkolukujakauma noudatti normaalijakaumaa. Suurimmaksi seka-puuosuudeksi tilavuudesta arvioituna hyväksyttiin 10%. Nämä ehdot täyttäneiden metsiköiden löytäminen oli vaikeaa. Pohjois-Suomesta löytäminen oli vielä vaikeampaa kuin Etelä-Suomesta (Ilvessalo 1937), vaikka hakkuilta joko kokonaan tai osaksi säästyneet metsät olivat siellä selvänä enemmistönä (Heikinheimo 1924). Metsiköt olivat pohjoisessa esimerkiksi tiheyden puolesta epätasaisempia kuin Etelä-Suomessa.

Luonnonnormaalien metsiköiden puiden rinnankorkeusläpimitta vaihteli hyvin laajoissa rajoissa kaikissa ikäluokissa. Lönnrothin (1925) tutkimusten mukaan luonnonnormaaleissa männiköissä runkolukusarja on eräänlainen kompleksisarja, joka koostuu eri latvuserrosten erilaisista sarjoista. Hänen mukaansa runkolukusarjassa esiintyi yleisesti sekä vallitsevien että vallittujen puiden huiput. Myös mänty-koivusekametsissä esiintyi Lappi-Seppälän (1930) mukaan runkolukusarjassa kaksihuippuisuutta. Tosiasiallisesti vartuneet luonnontilaiset metsät olivat 1920-luvun alussa Suomessa rakenteeltaan pääosin erirakenteisia sekametsiä (Lähde ym. 1991).

Suomen ja samalla maailman ensimmäinen valtakunnallinen metsien inventointi tehtiin vuosina 1921–24. Tällöin kaksi kolmasosaa maamme metsistä oli luonnontilaisia eli hakkuilta joko kokonaan tai lähes kokonaan säästyneitä (Heikinheimo 1924). Maan eteläpuoliskon metsistä niitä oli 51 ja pohjoispuoliskon metsistä 81%. Kaikki eivät olleet metsikköhistorialtaan kuitenkaan täysin luonnonvaraisesti kehittyneitä aiemman tervanpolton, kaskeamisen ja laidunnuksen vuoksi. Toimenpiteiden ei katsottu vaikuttaneen niiden tilaan ainakaan mainittavasti. Tässä tutkimuksessa kuvataan näin määriteltyjen luonnontilaisten metsien rakennetta, esiintymistä ja kehitystä metsämaan turve- ja kivennäismaalla.

Aineisto ja sen käsittely

Tutkimuksessa käytettiin Suomen metsien ensimmäisessä inventoinnissa (VMI I) vuosina 1921–24 kerättyä aineistoa. Se on laajin systemaattinen aineisto, josta saadaan tietoja luonnontilaisista tai lähes luonnontilaisista metsistä maassamme. Lähde ym. (1991) ovat esittäneet samasta perusaineistosta yhdistelmätuloksia sellaisten kivennäismaiden varttuneiden metsien osalta, joiden puuston runkotilavuus oli yli 40 m³/ha. Norokorpi ym. (1994) ovat esitelleet tietoja koko aineiston perusteella.

Aineisto jaettiin maantieteellisesti neljään alueeseen: Etelä-Suomi, Pohjois-Pohjanmaa-Kainuu, Peräpohjola ja Metsä-Lappi. Inventoinnissa määritetyn metsämaan metsä- ja suotyyppien mukaan aineisto jaettiin kasvupaikkaryhmiin. Koelajien edustamat metsiköt ryhmiteltiin valtapuuston ikäluokan mukaan nuoriin, keski-ikäisiin ja vanhoihin puustoihin. Nuorten puustojen yläraja määritettiin suurinpiirtein nykyisin tasarakenteisissa metsissä käytetyn kiertoajan puolikkaaksi ja keski-ikäisten puustojen ylärajaksi likipitään kiertoaika. Vanhoihin puustoihin luettiin edellistä vanhemmat metsiköt.

Tässä tutkimuksessa käytetty aineisto käsitti yhteensä 2186 koealaa. Inventointi oli tehty linjoittaisena arviointina, jossa tietyin välein otettiin 10 x 50 m suuruisia metsiköltään yhtenäisiä puustokoealoja. Niiltä luettiin kaikki rinnankorkeuden ylittäneet puut. Menetelmä on kuvattu yksityiskohtaisesti Ilvessalon (1927) julkaisussa.

Puuston rakenne luokiteltiin runkolukujakauman perusteella samoin kuin Lähde ym. (1991) ja Norokorpi ym. (1994, 1997). Käytetyt rakenneluokat olivat seuraavat: A. Tasarakenteiset (läpimittajakauman laajuus enintään 15 cm) B. Erirakenteiset: kerroksellisen erirakenteinen, säännöllisen erirakenteinen (käännettyä J-kirjainta muistuttava) ja kupevan erirakenteinen (normaalijakaumaa muistuttava) sekä epäsäännöllisen erirakenteinen.

Tulokset ja niiden tarkastelu

Valtapuustoltaan nuoria metsiköitä oli eniten Etelä-Suomessa (39 % koealoista). Niiden osuus väheni jyrkästi pohjoiseen. Nuorimmat metsiköt esiintyivät Etelä-Suomen lehdossa ja lehtomaisilla kankailla. Nuorien metsiköiden osuus väheni voimakkaasti myös kasvupaikan viljavuuden alentuessa. Korpimetsiköissä oli valtapuustoltaan suhteellisesti hieman vanhempia puustoja kuin rämeillä.

Puuston keskimääräinen runkoluku väheni systemaattisesti etelästä pohjoiseen ja viljavilta kasvupaikoilta karuille kasvupaikoille (taulukko 7). Kasvupaikkaluokan sisäisesti runkoluku aleni yleensä runsaaseen puoleen Etelä-Suomesta Metsä-Lappiin.

Kaikilla kasvupaikoilla ja alueilla puustot muodostivat eri kehitysvaiheissa sekametsiköitä puulajisuhteiden vaihdellessa laajasti. Männyn osuus runkoluvusta lisääntyi jyrkästi kasvupaikan viljavuuden vähetessä lehdosta karukokankaisiin (taulukko 7). Sen osuus vähentyi kasvupaikkaluokan sisäisesti etelästä pohjoiseen. Mäntyvaltaisimmat metsiköt esiintyivät Etelä-Suomen kuivilla kankailla, joilla männyn osuus oli noin 80%. Vähiten mäntyä oli Metsä-Lapin tuoreilla kankailla ja korvissa eli noin yhden prosentin verran. Kuusen osuus runkoluvusta väheni melko jyrkästi tuoreilta ja sitä viljavammilta mailta kuiville ja sitä karummille maille. Ero korprien ja rämeiden välillä ei ollut kuusen osalta niin jyrkkä kuin männyn osalta. Kuusen osuus lisääntyi Etelä-Suomesta Pohjois-Pohjanmaalle ja Peräpohjolaan (taulukko 7).

Vain tuoreilla kankailla ja rämeillä lehtipuiden osuus runkoluvusta väheni Etelä-Suomesta Peräpohjolaan, mutta oli silti alimmillaankin keskimäärin liki kolmanneksen kokonaisrunkoluvusta. Muilla kasvupaikoilla lehtipuiden osuus lisääntyi tasaisesti etelästä pohjoiseen. Metsä-Lapin alue oli lehtipuuvaltaisinta. Siellä lehtipuiden osuus oli suurin kaikilla kasvupaikoilla runkoluvulla mitattuna. Se vaihteli kasvupaikan mukaan noin 50%:sta kahteen kolmasosaan kokonaisrunkoluvusta (taulukko 7).

Puulajisuhteissa ilmeni selviä muutoksia metsikön kehitysvaiheen mukaan. Selvimmin ikääntyminen ilmeni lehtipuiden osuuden vähenemisenä ja varjostusta parhaiten sietävän kuusen osuuden lisääntymisenä lähes poikkeuksetta kaikilla kasvupaikoilla ja alueilla. Lehtipuiden runkoluku putosi yleensä puoleen nuorista keski-ikäisiin metsiköihin ja niistä edelleen puoleen ikääntymisen edetessä vanhojen metsiköiden vaiheeseen. Keskimäärin lehti-

puiden runkoluku aleni Etelä-Suomesta Peräpohjolaan yleensä samoin kuin puuston kokonaisrunkoluku. Muutos oli jyrkintä tuoreilla sekä sitä viljavammilla kivennäismailla ja ero pieneni viljavuuden vähetessä.

Taulukko 7. Puuston runkoluku (RL), tilavuus kuoretta (V) ja runkoluvun mukaiset puulajisuhteet kasvupaikoittain ja alueittain. A = Etelä-Suomi, B = Pohjois-Pohjanmaa ja Kainuu, C = Peräpohjola ja D = Metsä-Lappi. N = koalojen lukumäärä.

Alue	N	RL kpl ha ⁻¹	V m ³ ha ⁻¹	Puulajisuhteet, %		
				Mänty	Kuusi	Lehtip.
1. Tuoreet ja viljavimmat kankaat						
A	417	2870	106	19	33	48
B	77	2196	99	6	61	33
C	71	1144	79	5	61	34
D	37	1196	50	1	42	57
2. Kuivahkot kankaat						
A	232	2686	93	52	19	29
B	213	1707	83	34	37	29
C	203	1052	68	29	33	38
D	107	1125	56	29	8	63
3. Kuivat ja karummat kankaat						
A	78	1600	53	79	7	14
B	50	1216	52	73	9	18
C	41	720	44	62	10	27
D	142	723	42	49	3	48
4. Korvet						
A	89	3012	93	7	59	34
B	68	2000	63	4	56	40
C	46	1546	58	2	45	53
D	11	1558	51	1	32	67
5. Rämmeet						
A	79	2882	44	48	13	39
B	112	1518	35	56	21	21
C	60	1139	31	35	33	32
D	55	751	20	26	17	57

Koivuisuus lisääntyi yleensä pohjoiseen päin kaikilla kasvupaikoilla, kun sitä vastoin haavan ja leppän yleisyys pieneni. Etelä-Suomessa haapaa ja leppää esiintyi kaikilla kasvupaikoilla. Haapaa esiintyi kasvupaikan mukaan vaihdellen keskimäärin 1–13 prosentilla koaloista. Leppää tavattiin selvästi eniten Etelä-Suomen lehdossa ja lehtomaisilla kankailla noin kahdessa kolmasosassa koalojen määrästä. Pohjois-Pohjanmaan–Kainuun alueella haapaa esiintyi myös kaikilla kasvupaikoilla ja suunnilleen yhtä yleisesti kuin Etelä-Suomessa. Leppä oli siellä jo selvästi harvinaisempi. Sitä ei tavattu ollenkaan kuivilla ja sitä karummilla kankailla. Kuivahkoilla ja sitä viljavammilla kivennäismailla leppää esiintyi noin yhdellä prosentilla koaloista. Peräpohjolan alueella haapaa tavattiin vain kuivahkoilla ja tuoreilla kankailla muutamalla prosentilla koaloista. Leppää esiintyi vain korvissa. Metsä-Lapissa haapaa todettiin vain yhdellä prosentilla tuoreiden kankaiden koaloista eikä leppää esiintynyt koaloilla ollenkaan.

Etelä-Suomen alueella koivun esiintymistiheys kasvoi metsiköiden vanhe-
tessa. Pohjois-Suomessa tilanne oli yleensä päinvastainen, mutta muutokset
olivat melko vähäisiä. Haavan osalta ei ollut havaittavissa mitään selkeitä
ikäntymiseen liittyviä muutossuuntia. Myös sen runkoluku jäi keskimäärin
hyvin vähäiseksi lehdotkin huomioiden. Niissä metsiköissä, missä haapaa
esiintyi, runkoluku saattoi olla suhteellisen suuri etenkin nuorissa metsi-
köissä. Suhteellisen lyhytikäisenä puuna lepän esiintymistiheys putosi jyrkästi
puuston ikääntyessä. Vanhoiksi luokitelluissa metsissä leppää esiintyi vain
Etelä-Suomen tuoreilla kankailla ja korvissa parilla prosentilla koealoista se-
kä Peräpohjolan korvissa.

Säännöllisen erirakenteinen oli selvästi yleisin metsikkörakenne. Se kattoi
koealojen määrästä 59%. Suomessa on katsottu esiintyvän eri-ikäisyyttä ki-
vännäismaan metsiköissä vain jäkäläkankailla ja kalliomailla ja etenkin Poh-
jois-Suomessa (Ilvessalo 1916, 1937, Lassila 1920, Nyssönen 1954, Lihto-
nen 1959). Aikaisemmista arvioista poiketen säännöllinen erirakenteisuus
yleistyi Metsä-Lapista Etelä-Suomeen yli kaksinkertaiseksi sekä kivännäis-
että turvemailla (taulukko 8). Etelä-Suomessa sen osuus oli kolme neljäsosaa.
Säännöllisen erirakenteisten puustojen osuus runsastui myös kasvupaikan
viljavuuden ja kosteuden lisääntyessä, Etelä-Suomen lehdossa ja lehtomai-
silla kankailla lisäksi puuston iän ja tilavuuden kasvaessa.

Mäntyvaltaisilla kasvupaikoilla ja etenkin Pohjois-Suomessa oli suuntauk-
sena säännöllisen erirakenteisuuden väheneminen valtapuuston vanhetessa ja
puuston tilavuuden suuretessa. Toisin sanoen metsän sukkession edetessä
normaalijakauman osuus puuston rakenteessa suurenee, kunnes metsäpalo tai
muu voimakas muutostekijä palauttaa metsikön kehittymään säännöllisen eri-
rakenteiseksi ja enemmän lehtipuita sisältäväksi.

Varttuneissa metsiköissä esiintyi yhteensä kaksi koealaa, jotka täyttivät ta-
sarakenteisen metsikön kriteerin. Toinen niistä oli tuoreella kankaalla ja toi-
nen rämeellä Etelä-Suomessa (taulukko 8). Kun nuoret metsiköt otetaan
huomioon, tasarakenne oli 8%:lla koealoista. Ne olivat syntyneet todennä-
köisesti kaskimaille reunametsän siemennyksestä. Enimmäkseen myös nuoret
metsiköt olivat erirakenteisia ja järeitä puita sisältäviä. Isojen puiden esiinty-
minen jo tässä kehitysvaiheessa merkitsee sitä, että metsikkö oli syntynyt
metsäpalon tai muun sukkession voimakkaan muutostekijän seurauksena ja
jäljelle oli jäänyt eläviä, isoja puita. Metsäpalon kokonaan polttamia puustoja
lienee ollut erittäin vähän.

Metsäpalon jäljiltä jää yleensä aina elävää puustoa etenkin kosteisiin pai-
nanteisiin (Pöntynen 1929). Tyypillistä on myös, että vanhat, paksukaarnaiset
männyt selviävät elävinä metsäpalosta siementämään uutta puusukupolvea.
Kasvualusta on tässä vaiheessa herkästi taimettuvaa, koska mäntymetsät pa-
lavat yleensä maapalona. Mänty-kuusisekametsissä voi olla myös latvapaloja
(Nuhimovskaja 1992). Vanhat männyt jäävät ylispuiksi. Metsikkörakenteen
kerroksellisuus korostui Pohjois-Suomessa, jossa taimettuminen ja taimivaihe
kestävät kauan (Lakari 1915, Aaltonen 1919, Lassila 1920). Tässä aineistossa
kerroksellisen erirakenteisten metsiköiden osuus oli Etelä-Suomessa keski-
määrin 2% ja Metsä-Lapissa 26%. Ero turvemaalla oli hieman edellä mainit-
tua suurempi Etelä- ja Pohjois-Suomen välillä. Mitä paremmat kasvuolot sitä

nopeammin alikasvoksena syntyvä nuorennos liittyy pääpuustoon ja rakenteen kaksihuippisuus häviää pois.

Taulukko 8. Varttuneiden puustojen rakenneluokkajakauma (%) kasvupaikoittain ja alueittain. Rakenneluokat: A = tasarakenteiset, B1 = kerroksellisen erirakenteinen, B2 = säännöllisen erirakenteinen ja B3 = kupevan erirakenteinen ja epäsäännöllisen erirakenteinen.

Alue	A	B1	B2	B3
1. Tuoreet ja viljavimmat kankaat				
A	0	2	77	12
B	-	1	76	23
C	-	6	41	53
D	-	8	68	24
2. Kuivahkot kankaat				
A	-	2	78	11
B	-	5	64	29
C	-	11	32	54
D	-	20	37	40
3. Kuivat ja karummat kankaat				
A	-	6	49	32
B	-	12	62	26
C	-	40	24	34
D	-	36	23	32
4. Korvet				
A	-	1	78	10
B	-	4	64	22
C	-	2	83	15
D	-	-	64	27
5. Rämeeet				
A	1	1	64	6
B	-	16	53	16
C	-	7	73	13
D	-	33	27	18

Yleisen käsityksen mukaan Pohjoismaissa kasvavista pääpuulajeista kuusi on eniten varjostusta sietävä, koivu sitä heikommin ja mänty heikoimmin. Tämän perusteella on arvioitu, että lähinnä vain kuusimetsät voisivat kehittyä säännöllisen erirakenteisiksi (Sarvas 1948, Mikola 1984). Kuusella on erinomainen kyky elpyä tiheänkin päällyspuuston alta (Pöntynen 1929, Cajander 1934). Myös koivut pystyvät kehittymään alikasvoksina (Laiho 1985, 1992, Lähde ym. 1991, 1992b, Lähde 1992b,c). Mänty kasvaa alikasvoksena parhaiten männikön, mutta myös koivikon alla (Laiho 1985). Tämän tutkimuksen aineisto tukee käsitystä männyn ja koivun esiintymisestä alikasvoksena sekä kivennäis- että turvemaalla. Männyn menestymisen alikasvoksena luonnontilaisella ja ojitetulla turvemaalla ovat aiemmin todenneet mm. Heikurainen (1971), Hännell (1984), Gustavsen & Päivänen (1986), Hökkä & Laine (1988), Hökkä ym. (1991) Laiho ym. (1997).

Vanhoissa kuusikoissa on tyypillistä, että puita kuolee tai kaatuu yksittäin ja pieninä ryhminä (Norokorpi 1979). Alikasvoksena syntyneet puut pääsevät jatkamaan kasvuaan näin vapautuneessa tilassa. Juurikuopat ja maatuvat liekopuut ovat tällöin merkittäviä taimettumiskohtia (Heikinheimo 1922, 1939,

Arnborg 1943). Lapissa 1980-luvulla esiintyneet useat kovat tuulet ovat osoittaneet, että vanhat kuusikot ovat varsin myrskyn kestäviä eikä niissä ole esiintynyt laajoja yhtenäisiä tuulenkaatoalueita, vaikka läheiset männiköt olisivatkin kärsineet pahoja tuhoja. Täten ekologisten olojen mukaan vaihdellen metsä kykenee uudistumaan rappeutumatta pienimittaisten häiriöpaikkojen kautta (Runkle 1982). Mitään metsikön nopean raunioitumisen vaihetta ei ollut havaittavissa tässäkin tutkimuksessa. Erikokoisten kuvioiden muodostamien mosaiikkien, kasvupaikkojen luoman rikkonaisuuden ja puuston kehitysvaihe-erojen pohjalta havumetsävyöhykkeen metsät kehittyvät luontaisesti vaihtelevan rakenteisiksi ja monimuotoisiksi (Runkle 1985, Solomon ym. 1986, Pobedinski 1988, Prentice & Leemans 1990, Leemans 1991).

Tuli on metsän luonnollinen, laaja-alainen uudistaja. Metsäpalojen yleisyys, laajuus ja esiintymistiheys ovat vaihdelleet suuresti. Tässä tutkimuksessa nuorien metsien osuus väheni jyrkästi Etelä-Suomesta pohjoiseen. Suhteellisesti eniten niitä oli lehdoissa ja lehtomaisilla kankailla. Vanhoja metsiköitä esiintyi runsaimmin Peräpohjolan tuoreilla kankailla, Metsä-Lapin kuivahkoilla ja sitä karummilla kankailla sekä rämeillä. Tämän vuosisadan alkupuolelle asti harjoitetulla kaskenpoltolla oli ilmeinen vaikutus metsien ikäjakaumaan eri osissa maata ja eri kasvupaikoilla. Kaskitalous keskittyi viljaville kasvupaikoille Etelä-Suomeen ja pohjoisimmat kaskialat sijaitsivat Peräpohjolan eteläosissa (Heikinheimo 1915). Paloriski oli suuri siellä, missä kaskettiin paljon (Lehtonen 1997). Ilmaston humidisuus lisääntyy sekä kuivien kasvukausien ja ukkosilmojen esiintyminen vähenevät pohjoiseen päin (Rapeli 1974), mikä on pienentänyt metsäpalojen esiintymistiheyttä. Pohjois-Suomen paksusammalkuusikoissa metsäpalojen välinen aika on usein saattanut olla satoja vuosia (Heikinheimo 1922).

Puuston itseharveneminen on ollut keskeinen suure luonnonmetsien kehityksen seurannassa. Ilvessalo (1920a,b, 1937, 1967, 1969 ja 1970) on kuvannut tarkasti luonnonnormaalien metsien runkolukua ikävaiheittain. Hänen mukaansa puuyksilöiden välisessä kilpailussa häviää taimikon useinkin muutama kymmeneen tuhanteen nousevasta yksilömäärästä suurin osa, jopa yli 90%, ennen kuin se ehtii valtapuustoltaan kehittyä yli 100-vuotiaaksi metsäksi. Tässä tutkimuksessa metsiköiden tiheys oli selvästi alhaisempi kuin luonnonnormaaleissa metsiköissä, mikä osaltaan ilmentää viimeksi mainittujen luonnetta valikoituina tavoitemetsinä.

Puuston keskimääräinen runkotilavuus pieneni Etelä-Suomen viljavien kasvupaikkojen hieman runsaasta 100 m³/ha:sta Metsä-Lapin kuivien kankaiden 42 m³/ha:iin (taulukko 7). Alueen sisäisesti runkotilavuus aleni suunnilleen puoleen tuoreilta kankailla kuiville ja sitä karummille kankailla. Puuston runkotilavuus jäi siten tässä aineistossa selvästi alle luonnonnormaalien metsien runkotilavuuden. Niitä vastasivat lähinnä todetut maksimirunkotilavuudet. Etelä-Suomen suhteellisen alhaiseen puuston tilavuuteen oli todennäköisesti vaikuttanut paitsi kaskitalous myös metsäalueiden käyttö laidunnukseen. VMI I sattui myös pitkän, keskimääräistä kylmemmän ilmastojakson loppuun. Siksi aineisto antaa todennäköisesti liian huonon kuvan luonnonmetsien tuotos- ja uudistumiskyvystä. Tämä on otettava huomioon vertailussa myöhempiin inventointeihin.

Metsän puulajirunsaus on suurimmillaan sukkession alkuvaiheessa ja vähenee sukkession myötä. Metsiköitä on puulajisuhteiden ja niiden kehityksen ennusteiden perusteella ryhmitelty pysyviin ja muuttuviin metsikkölajeihin (Kalela 1945). Pysyviin metsikkölajeihin on luettu vain tuoreiden kankaiden puhtaat kuusikot ja kuivien kankaiden puhtaat männiköt. Kaikki sekametsät ja puhtaat lehtimetsät on ryhmitetty muuttuviin metsikkölajeihin. Tämä tutkimus ei tue käsitystä, että luonnonmetsä voisi kehittyä puhtaaksi havumetsäksi, vaan se on aina jossain määrin sekametsä ja enimmäkseen myös puustoltaan erirakenteinen ja biologisesti monimuotoinen.

2.4 Käsiteltyjen metsien kehitys

Käsittelyhistoria

Laajamittaisella kaskeamisella on Suomessa vuosisataiset perinteet. Kaskikierto oli lyhimmillään 30-40 vuotta ja polton yhteydessä tuli pääsi usein karkaamaan ympäröivään metsään (Heikinheimo 1915). Muutenkaan tulen kanssa ei oltu tarkkoja ja sen sammutusta metsästä pidettiin ennen puuston arvon nousua tarpeettomana. Terva oli maamme tärkein vientiartikkeli kahdensadan vuoden ajan, kunnes laajeneva sahateollisuus sen syrjäytti 1800-luvun jälkipuoliskolla (Alho 1968). Sahateollisuus kärsi lähes alusta asti puupulasta. Tukin minimiläpimitta latvasta oli ensin 30 cm ja pituus 7 m. Tukkikokoa jouduttiin toistuvasti pienentämään, koska kuljetusmatkat uittoa lukuunottamatta jäivät hevosajokaudella lyhyiksi (Reunala 1994). Metsässä laidunsi pääluvultaan kolmemiljoonainen karja ja sen tarpeisiin kerättiin lisäksi suuret määrät lehdeksiä ja havuja. Riukuaitaa tarvittiin yhteensä lähes miljoonan kilometrin verran.

Edelläolevan seurauksena metsä oli sata vuotta sitten kaikkialla asutuksen lähellä nuorta lehtipuustoa ja puoliaukeita laidunhakamaita (von Berg 1995). Kylistä etäännyttäessä puusto asteittain lisääntyi ja muuttui kookkaammaksi. Vanhojen metsien määrä vaihteli suuralueittain asutuksen tiheydestä riippuen suuresti ja selvästi eniten sitä oli Lapin perukoilla. Rannikkometsät olivat olleet pisimpään vailla tulen vaikutusta. Itä-Suomessa kaskikausi oli pääosin äskettäin päättynyt mutta jatkui vielä syrjäseuduilla. Pohjanmaan tervanpolttoalueella metsä oli kuusettunutta ja puustoltaan niukkaa. Puun käyttö oli kolmannes nykyisestä ja siitä teollisuuspuuta vain puolet (Reunala 1994). Kokonaisuudessaan puustoa oli metsissä huomattavasti enemmän kuin tienvarsinäkymistä oli pääteltävissä, kuten ensimmäinen valtakunnallinen metsävarojen inventointi aikanaan osoitti (Ilvessalo 1927).

Itsenäistymisen jälkeisenä aikana maamme metsät ovat läpikäyneet vaiherikkaan kehityksen. Sahateollisuus kasvoi voimakkaasti 1920-luvulla ja ylti sen lopulla yhä voimassaolevalle ennätystasolle. Kuiduttava teollisuus lisääntyi suuresti seuraavalla kymmenluvulla. Hakkuut lisääntyivät ja olivat pääosin määrämittahakkuita. Määrämitta pieneni pienenemistään ja sen seurauksena vilkastui keskustelu hakkuutavoista. Keskustelun tuloksena määrämitta- ja poimintahakkuut kiellettiin vuonna 1948 (Appelroth

ym. 1948) metsää hävittävänä käsittelynä. Kielto saatettiin viipymättä voimaan ja alaharvennuksesta tuli muutamassa vuodessa yksinomainen kasvatushakkuumenetelmä. Uudistushakkuut lisääntyivät ja uudistusalojen koko kasvoi. Vajaatuottoismetsien laajamittainen uudistaminen nosti etualalle avohakkuun. Kulotus ja kylvö yleistyivät vähäksi aikaa, mutta sitten koneellinen muokkaus syrjäytti kulotuksen ja istutus, pääosin männynllä, syrjäytti kylvön ja luontaisen uudistamisenkin. Istutuksen yleistymistä edisti metsänjalostuksen esiinmarssi ja uusi taimitarhatekniikka. Poltto-puun tarve väheni ja se johti pienikokoisen lehtipuuston raivaamiseen, koska lehtipuukuidulla ei vielä ollut teollista käyttöä. Nykytilannetta leimaa koivun ja osin muunkin lehtipuuston tasavertaisuus männyn ja kuusen kanssa, monimuotoisuuden arvostus ja luontaisen uudistamisen arvonnou-su.

Inventoinnit

Metsien kehitys tunnetaan meillä paremmin kuin useimmissa muissa met-sätalousmaissa. Ensimmäinen valtakunnallinen metsien inventointi tehtiin jo vuosina 1921-24 ja parhaillaan on meneillään yhdeksäs inventointi. Monilukuisista inventointijulkaisuista (Ilvessalo 1927, 1956, Kuusela 1972, Kuusela & Salminen 1983, 1991, Salminen 1993) käy esiin, että metsissä on inventointien aikajaksona tapahtunut hyvin merkittäviä muutoksia. Niistä keskeisin on puuston kasvun lisääntyminen kahdella kolmannek-sella. Pystypuusto puolestaan on lisääntynyt yhdellä kolmanneksella siitä huolimatta, että hakkuut ovat kaiken aikaa olleet suuret. Yhtenä tärkeänä tekijänä tässä kehityksessä on ollut suonkuivaus, joka on merkittävässä määrin parantanut kolmannen inventoinnin jälkeen puuston kasvua ja li-säksi korvannut kaupungistumisen aiheuttaman metsäalan menetyksen.

Inventointijulkaisuissa ei ole kuvattu juurikaan metsien sisäistä raken-netta ja sen muutoksia. Inventointikoelat antavat kuitenkin hyvän mahdol-lisuuden runkolukujakaumaan perustuvalla monipuoliselle rakennetarkas-telulle, sillä ensimmäisissä inventoinneissa koealat olivat sekä kiinteä-alaisia että otettu yhdeltä metsikkökuviolta. Tässä yhteydessä jatketaan runkolukupohjaista metsikkörakenteen analysointia, joka on jo ollut käyn-nissä useita vuosia (Lähde ym. 1991, 1994a, Laiho 1994a, b, c, Laiho ym. 1994, 1995c,d, Norokorpi ym. 1994). Tavoitteena on saada esille sellaisia kehityspiirteitä, esimerkiksi alikasvokseen liittyviä, jotka "virallisessa" ra-portoinnissa ovat jääneet puutteellisiksi tai ristiriitaisiksi (Laiho ym. 1994). Myös metsien monimuotoisuuden muutoksiin kiinnitetään huo-miota.

Tarkasteltavaksi valittiin ensimmäisen (1921-24) inventoinnin nor-maalikoealat (Ilvessalo 1927), kolmannen (1951-53) inventoinnin nor-maali- ja ns. kasvillisuuskoelat (Ilvessalo 1951) sekä kahdeksannen (1985-86) inventoinnin ns. pysyvät koealat, jotka kaikki täyttävät sekä metsikkökohtaisuuteen että kiinteälaisuuteen liittyvät edellytykset. En-simmäisen inventoinnin aikaan vielä kaksi kolmasosaa Suomen metsistä oli hakkuiden suhteen lähes luonnontilaisia tai käsitelty vain yksittäisiä puita poimien (Heikinheimo 1924). Kolmanteen inventointiin mennessä

pääosa varttuneista metsistä oli käsitelty erilaisilla poimintahakuilla. Kahdeksas inventointi kuvaa tilannetta, jossa varttuneet metsät oli todennäköisesti ainakin kertaalleen käsitelty alaharvennuksella ja hakkuualan raivauksella. Esimerkkinä metsiköiden rakenteen kehityksestä otettiin tarkasteltavaksi Etelä-Suomen metsänhoidolliselta tilalta vähintään tyydyttävät kasvatus-, väljennys- ja uudistuskypsät tai vastaavat metsiköt kaikilla kangasmaan kasvupaikoilla. Taimikoita ja nuoria metsiä ei siten yhdistetty tähän aineistoon.

Koealoja kertyi yhteensä 6199 (taulukko 9). Huolimatta joistakin eroista mittaustarkkuudessa (Laiho ym. 1998a) jokaiselle koealalle voitiin muodostaa yhdeksänluokkainen runkolukujakauma seuraavin läpimittaluokin: $1 = < 6$, $2 = 6-10$, ..., $9 > 34$ cm. Ensimmäisen luokan katsottiin muodostavan näissä varttuneissa metsissä alikasvoksen (Laiho ym. 1995a, d, 1998a). Runkolukujakauman laajuuden ja muodon perusteella nämä metsiköt luokiteltiin aiempaa käytäntöä (Lähde ym. 1991, Laiho ym. 1995c, 1998b) soveltaen seuraaviin rakenneryhmiin:

Tasarakenteiset: Puita esiintyy enintään kolmen peräkkäisen läpimittaluokan laajuudella.

Erirakenteiset: Puita esiintyy vähintään neljän läpimittaluokan laajuudella.

- Kupevan erirakenteiset: Runkolukujakauma muistuttaa normaalijakaumaa. Alikasvosta lukuunottamatta puita ei ole eniten läpimittaluokkajakauman kummassakaan päässä. (Rakennetta kutsutaan epätarkassa määrittelyssä toisinaan myös tasaikäisrakenteiseksi).
- Kerrokselliset: Ainakin yksi 2.-4. läpimittaluokista on puuton väli-luokka.
- Säännöllisen erirakenteiset: Runkolukujakauma muistuttaa käännettyä J-kirjainta. Puita on vähintään neljässä em. pienimmässä läpimittaluokassa ja alikasvosta lukuunottamatta eniten toisessa (6-10 cm).
- Epäsäännöllisen erirakenteiset eli edellä esitetyistä poikkeavat erirakenteiset metsiköt.

Puuston monimuotoisuuden määrittämisessä käytettiin varta vasten meidän olosuhteisiimme kehitettyä ns. LLNS-indeksiä (Lähde ym. 1995a, 1998, Saksa ym. 1997). Se mittaa metsikön sisäistä monimuotoisuutta ottaen huomioon puiden koon ja lukumäärän puulajeittain.

Taulukko 9. Etelä-Suomen varttuneiden kivennäismaametsien alikasvoksen (läpimitta < 6 cm) runkoluku (kpl/ha), koealajakauma sekä alikasvoksen osuus runkoluvusta metsikkörakenteittain ensimmäisen (1921-24), kolmannen (1951-53) ja kahdeksannen (1985-86) valtakunnallisen inventoinnin (VMI) mukaan. Alikasvoksen minimimitat: VMI 1= pituus > 130, VMI 3= läpimitta > 2 cm, VMI 8= pituus > 20 cm.

Rakenne	VMI 1			VMI 3			VMI 8		
	Kpl/ha	Koe-aloja %	% runko-luvusta	Kpl/ha	Koe-aloja %	% runko-luvusta	Kpl/ha	Koe-aloja %	% runko-luvusta
Tasarakenteinen	-	-	-	1946	1	2	11727	4	7
Kupevan erirak.	398	20	7	358	32	16	6246	24	19
Kerroksellinen	2536	0,5	1	484	12	8	7036	27,5	26
Säänn. erirak.	1317	79	92	1082	50	74	8212	44	48
Epäsäänn. erirak.	0	0,5	0	1	5	0	5940	0,5	0
Keskim./yht.	1130	100	100	729	100	100	7604	100	100
Yht. koealoja		360			4836			1003	

Puulaji-, monimuotoisuus- ja rakennemuutoksia

Runkoluku on varttuneissa metsissä runsaan 60 vuoden tarkastelujakson aikana muuttunut monin tavoin (taulukko 10).

Taulukko 10. Etelä-Suomen varttuneiden kivennäismaametsien runkoluku (kpl/ha) puulajeittain ensimmäisen (1921-24), kolmannen (1951-53, ns. kasvillisuuskoalat) ja kahdeksannen (1985-86) valtakunnallisen inventoinnin (VMI) mukaan. Läpimitaltaan alle 6 cm alikasvoksen minimipituudet: VMI 1= >130, VMI 3= >50 cm, VMI 8= >20 cm.

Puulaji	< 6 cm			6-22 cm			> 22 cm		
	VMI 1	3	8	VMI 1	3	8	VMI 1	3	8
Mänty	203	855	456	373	157	295	48	47	61
Kuusi	522	1508	989	383	420	361	19	34	66
Lehtip.	406	2079	6161	356	216	182	13	13	14
Yht.	1130	4442	7606	1143	831	841	80	95	140

Pienikokoisempi puusto (6-22 cm) on vähentynyt neljänneksen. Pääosin tämä muutos johtuu lehtipuustosta, jonka määrä laskee puoleen. Yli 22 cm puusto on lähes kaksinkertaistunut. Järeydeltään yli 30 cm puusto on lisääntynyt sitäkin enemmän sen lukumäärän kolminkertaistuttua. Kummassakin viimeisessä kokoryhmässä lehtipuuston määrä on pysynyt samana. Eniten tähän lisäykseen vaikuttaa kuusen järeytyminen, sillä yli 30 cm kuusirunkojen lukumäärä on peräti yhdeksänkertaistunut. Järeytyminen selittää todetun puustotilavuuden lisäyksen. Kuusen osuus pohjapinta-alasta on lisääntynyt 16 prosenttiyksikköä (taulukko 11).

Taulukko 11. Etelä-Suomen varttuneiden kivennäismaametsiköiden läpimitaltaan yli 6 cm elävän puuston pohjapinta-ala (m²ha⁻¹) puulajeittain ensimmäisen (1921-24), kolmannen (1951-53) ja kahdeksannen (1985-86) valtakunnallisen inventoinnin (VMI) mukaan.

Puulaji	Pohjapinta-ala		
	VMI 1	VMI 3	VMI 8
Mänty	7,9	5,5	7,6
Kuusi	5,5	6,9	8,8
Lehtipuusto	4,4	3,2	2,6
Yhteensä	17,7	15,8	18,9

Vuosisadan alun alikasvokset ovat nyt varttuneet täyteen mittaansa. Männyn osuus on laskenut hieman ja se on menettänyt pääpuulajin asemansa. Runsaslukuiset nuoret männiköt nostavat männyn osuutta lähivuosina korjuun kohdistuessa voimakkaasti kuuseen. Sen jälkeen onkin lehtipuuston nousun vuoro. Tietoisen hävittämisen seurauksena lehtipuusto on inventointitietojen mukaan pohjapinta-alana mitaten vähentynyt inventointien aikana kaksi viidennestä, vaikka tilavuus on säilynyt likipitään yhtä suurena. Taimikonhoidossa oli pitkään ihanteena sallia koivua sekapuuna vain vähän. Tällaisia metsänhoidolliselta tilalta "hyviä" metsiköitä todettiinkin seitsemännessä inventoinnissa (1977-1984) kolmannes. Niissä oli lehtipuuta runkoluvusta 22 % (Laiho 1994a). Tyydyttävissä vastaava osuus oli 37 ja hoitamattomissa 51 %.

Alikasvoksen puulajisuhteet ovat suuresti varsinaisesta puustosta poikkeavat (taulukko 10). Lehtipuuston osuus on seurantajakson aikana nousut kolmanneksesta neljään viidennekseen ja niiden kokonaismäärä alikasvoksessa, yli 6000 kpl/ha, on merkittävän korkea. Myös lehtipuulajien keskinäiset runsaussuhteet ovat monin tavoin muuttuneet 1950-luvulta lähtien. Niinpä pihlajan lukumäärä on seitsemenkertaistunut, hieksen nelinkertaistunut ja haavan kaksinkertaistunut. Harmaaleppä on säilynyt samalla tasolla ja raudus hieman vähentynyt. Tämä runsas lehtipuunuoreenos ei voine olla vastaisuudessa näkymättä puulajisuhteissa.

Nuorissa nykytaimikoissa, joista tässä tutkimuksessa ei ole aineistoa, lehtipuustoa lienee suhteessa havupuihin samassa määrin kuin varttuneiden metsien alikasvoksessa. Inventointiraporteissa lehtipuuston runsaus ei kuitenkaan tule esille (Tomppo ym.1998). Inventointikoealojen taimikoissa määritetään puulajien vallitsevuus ja siinä ovat mukana vain ns. kehityskelpoiset taimet eli pääosa männyn ja kuusen taimista mutta lehtipuuiden taimista vain parhaat vapaassa tilassa kasvavat. Näin menetellen taimikko luokituu esimerkiksi mäntyvaltaiseksi, vaikka männyn taimet olisivat vähemmistönä ja menehtymässä lehtipuuiden varjostukseen. Todellinen tilanne kirjautuu vain kiinteälaisilla ns. pysyvillä koealoilla, joilta luetaan kaikki taimet (20 cm pituudesta 6 cm läpimitaan). Laaja-alaisten joskin ylimalkaisten maastohavaintojen mukaan luontainen lehtipuusto nousee tiheänä useimmille kylvöaloille ja saattaa männyn taimet tukalaan asemaan. Vaikka taimikonhoito ei viivästyisikään, osa männystä tuhoutuu yhden perkauskerran käytännössä ja lehtipuuston osuus muodostuu tavoii-

teltua suuremmaksi. Täten sekä taimikot että varttuneiden metsien alikasvos vievät kehitystä samaan suuntaan.

Metsiköiden sisäinen monimuotoisuus on inventointien aikana alentunut neljänneksen (taulukko 12). Lähimpänä luonnontilaa olleet 1920-luvun metsät olivat myös monimuotoisimmat. Pääosa monimuotoisuuden alenemasta on tapahtunut 1950-luvun jälkeen. Puulajeittain tarkastellen alenema on suurin lehtipuustolla, mutta lisääntyneestä pohjapinta-alasta huolimatta kuusikaan ei ole säästynyt siltä. Säännöllisen erirakenteinen metsä on monimuotoisin, mutta ero kupevan erirakenteisiin ei ole suuri, sillä LLNS-indeksi ei ota huomioon runkolukujakauman muotoa, ainoastaan laajuuden. Kerroksellinenkin metsä voi olla monimuotoinen, mutta tässä aineistossa sen indeksiluku on alentunut inventointijakson aikana muita rakenteita enemmän. Monimuotoisuuden vähenemiseen ovat myötävaikuttaneet lehtipuuston väheneminen, puhtaiden metsiköiden lisääntyminen ja puulajien kokovaihtelun pieneneminen.

Taulukko 12. Etelä-Suomen varttuneiden kivennäismaametsiköiden läpimitaltaan yli 6 cm elävän puuston sisäinen monimuotoisuus LLNS-indeksillä mitattuna metsikkörakenteittain ja puulajeittain ensimmäisen (1921-24), kolmannen (1951-53) ja kahdeksannen (1985-86) valtakunnallisen inventoinnin (VMI) mukaan.

Rakenne ja puulaji	Monimuotoisuus		
	VMI 1	VMI 3	VMI 8
Tasarakenteinen	-	9,9	8,3
Kupevan erirak.	18,5	18,1	15,7
Kerroksellinen	19,2	17,5	12,5
Säänn. erirak.	19,7	19,4	15,9
Epäsäänn. erirak.	9,5	16,6	11,6
Mänty	6,8	5,6	5,1
Kuusi	5,8	6,3	5,3
Lehtipuusto	6,9	6,4	4,3
Keskim./yht.	19,4	18,4	14,6

Monimuotoisuuden romahtamisen esti kuitenkin tasarakenteisten metsiköiden määrän säilyminen vähäisenä koko tarkastelujakson. Monimuotoisuusmäärittäminen ei koskenut alikasvosta. Sen varttuminen ja määrityksen tekeminen myös lehtipuuston osalta puulajeittaisena nostaisi nykymetsien indeksiarvoa.

Tasarakenteisia (runkolukujakauman laajuus enintään kolme luokkaa) metsiköitä oli 1920-luvun alussa alle prosentin. Alikasvoksen raivauksen ja alaharvennuksen seurauksena niiden osuus kohosi 1980-luvun puoliväliin mennessä neljään prosenttiin. Erirakenteisista (runkolukujakauman laajuus vähintään neljä luokkaa) metsiköistä yleisin oli sellainen, jossa puita on eniten pienimmässä läpimittaluokassa ja niiden määrä pienenee suhteellisen tasaisesti suurempiin läpimittaluokkiin siirryttäessä muistuttaen siten käännettyä J- kirjainta. Näiden säännöllisen erirakenteisten metsiköiden osuus laskee alaharvennuksen seurauksena neljä viidesosasta alle puoleen.

Toiseksi yleisin metsikkörakenne oli sellainen, jonka runkolukujakauma muistuttaa normaalijakaumaa eli kellokäyrää. Rakenne esiintyy luonnonvaraisesti kehittyneissä metsissä lähinnä silloin, kun runsas puusto järeytyy eikä uutta alikasvosta pääse juurikaan kehittymään. Näiden metsiköiden osuus vaihteli viidenneksen ja kolmanneksen välillä eri inventointikerroilla. Kolmanneksi yleisin metsikkörakenne oli kaksikerroksinen puusto. Kerroksellisten metsiköiden vähäinen osuus 1920-luvun alussa nousi yli neljännekseen 1980-luvun puoliväliin mennessä. Epäsäännöllisen erirakenteisia metsiköitä oli tasarakenteisten lailla tuskin lainkaan. Metsiköt sijoittuivat täten vain kolmeen rakenneluokkaan ja niiden keskinäisessä runsaudessa tapahtui tarkastelujakson aikana suuria muutoksia. Todellisuudessa nämä rakennemuutokset eivät kuitenkaan olleet suuria. Selityksenä tälle näennäiselle ristiriidalle on alikasvos eli näiden varttuneiden metsien läpimitaltaan alle 6 cm puusto ja taimet.

Alikasvos avainasemassa

Kerroksellinen rakenne edustaa tässä tutkimuksessa aidointa, puuttoman väliluokan vallitsevasta jaksosta erottamaa erillistä alikasvosta. Usein on kuitenkin niin, että runkolukujakauma on erillisen alikasvosrakenteen tavoin selkeästi kaksihuippuinen, mutta puutonta väliluokkaa ei ole. Todellinen rakenne-ero aitoon kerroksellisuuteen on tällöin hyvin vähäinen, mutta silti kaikki tällaiset metsiköt luokittelevat moodin sijainnista riippuen säännölliseen tai kupevaan erirakenteeseen. Jos yhdistetään alikasvoksen suhteen lähinnä toisiaan olevat rakenteet eli kerrokselliset ja säännöllisen erirakenteiset metsiköt ei juuri ole tapahtunut muutosta alikasvoksen yleisyydessä eikä sen osuudessa runkoluvusta (taulukko 10). Myös kupevan erirakenteismetsän alikasvosta voidaan hyvin käyttää uuden metsän alkuna (Lähde ym. 1998a, b). Tasarakenteisen metsän alikasvoskokoinen puusto sijaitsee niin nuorissa metsiköissä, että kaikki puut ovat vielä alle 14 cm läpimittaisia. Iän karttuessa nämä metsiköt siirtyvät pääosin säännöllisen erirakenteisiksi. Epäsäännöllisen erirakenteisissa metsiköissä alikasvosta oli tuskin lainkaan. Ne näyttävät syntyneen alikasvoksen raivauksen seurauksena. Myös erillinen alikasvos näyttää raivauksen seuraukselta. Luonnonmetsässä puuttomia väliluokkia ei ole, mutta raivauksella niitä syntyy. Kun sitten aikaa myöten metsikköön nousee uutta nuorennosta se on samalla erillistä alikasvosta. Nuorennosta näyttää syntyvän metsiköihin runsaasti siitä riippumatta, millainen on vallitseva puusto. Metsien uudistumispotentiaali on niin suuri, että ne käsittelystä riippumatta kehittyvät erirakenteisiksi ja runsaasti alikasvosta sisältäviksi.

Alikasvoksen tiheydestä ei voida tehdä varmoja päätelmiä eri inventointien välillä, sillä määrittystarkkuus on vaihdellut. Kahdeksannessa inventoinnissa määritys oli tarkinta ja myös alikasvoksen tiheys selvästi suurin. Lehtipuuston lisääntymisessä saattaa näkyä metsälaiduntamisen asteittainen päättymisen.

Alikasvoksen määrä ja tiheys saattavat olla nyt suuremmat kuin kahdeksannen inventoinnin aikaan. Sellaisenaankin se, 7600 kpl ha⁻¹, josta kes-

kimäärin puolet mäntyä, kuusta ja koivua, on riittävän suuri määrä uuden puuston kasvattamista varten. Sitä pitää vain oppia hyödyntämään. Raivaaminen on epätaloudellinen ratkaisu, sillä taimikon kustannusarvo on aivan eri suuruusluokkaa kuin raivauksen myötä saatava alennus hakkuukonetaksaan. Männyn ja koivun ensiharvennusemetsissä oleva ja niiden ikäinen kuusialikasvos tarjoaa mahdollisuuden kahteen täysipainoiseen puusatoon merkittävästi lyhennetyllä kiertojalla. Tärkeä lisänäkökohta on sen antama monimuotoisuuslisä.

3 Uudistuminen ja kasvatus

(Erkki Lähde, Olavi Laiho, Yrjö Norokorpi ja Timo Saksa)

3.1 Lehtipuiden esiintyminen

Johdanto

Lehtipuusto on koko tämän vuosisadan ollut runsaiden hakkuiden kohteena. Siihen erityisesti kohdistuneet alaharvennukset, hakkuualojen raivaus sekä taimikoiden perkaus tulivat käyttöön 1950-luvulla. Lehtipuuston osuus tilavuudesta on ollutkin koko tämän vuosisadan laskeva (Ilvessalo 1956, Kuusela & Salminen 1991). Vuosina 1951-1953 lehtipuuston osuus oli Etelä-Suomessa 21 % runkotilavuudesta eli 2 %-yksikköä alempi kuin 30 vuotta aikaisemmin. Seuraavina kahtena vuosikymmenenä lasku oli edelleen noin 4 %-yksikköä. Viimeisen inventoinnin (Salminen 1993) mukaan lehtipuuston osuus on eteläisimmässä Suomessa edelleen noin 17 %. Keskitilavuuden nousun johdosta lehtipuuston kokonaistilavuus on nyt kuitenkin suurempi kuin 1920-luvun alussa.

Tilavuusosuuden huomattavasta pienenemisestä huolimatta lehtipuuston osuus runkoluvusta lisääntyi 1950-luvulta 1970-luvulle 4 %-yksikköä (Laiho 1994). Lisäys koostui pienikokoisista (2-6 cm) lehtipuista. Uudistus- ja suo-juvualueilla lehtipuuston osuus oli Etelä-Suomessa kaksinkertaistunut valtakunnan metsien kolmannesta (1951-1953) inventoinnista seitsemänteen (1977-1984) inventointiin. Nousua oli tapahtunut myös harvennus-, väljennys- ja uudistusemetsissä. Pienien taimikoiden kehitysluokassa oli seitsemännen inventoinnin mukaan läpimitaltaan yli 2 cm puustosta lehtipuita neljäviidennestä. Alhaisin lehtipuuston osuus, 22 %, oli metsänhoidolliselta tilaltaan hyvissä metsiköissä. Niitä oli seitsemännen inventoinnin aineistosta kolmannes.

Tässä osaraportissa tarkastellaan lehtipuiden esiintymistä Suomen eteläpuoliskon metsissä valtakunnan metsien kolmannen (1951-1953) inventoinnin mukaan.

Aineisto ja menetelmä

Valtakunnan metsien kolmannen inventoinnin ajankohtaan mennessä ei vielä ollut tehty paljonkaan alaharvennusta eikä alikasvoksen raivausta. Metsien rakenne, koostumus ja tila vastasivat silloin kohtalaisen hyvin luontaisesti syntyneiden metsien kehitystä, johon oli tosin vaikuttanut voimakkaasti metsien aiempi käsittelyhistoria, mm. kaskeaminen ja laiduntaminen. Inventointi tehtiin systemaattisena linjoittaisena ympyräkoeala-arviointina (Ilvessalo 1951, 1956). Koealat otettiin linjoilta kilometrin välein. Jokainen koeala otettiin siltä kuviolta, johon sen keskipiste osui. Jos se näin otettuna olisi jakaantunut kahteen erilaiseen metsikköön, se siirrettiin ohjeen mukaan saman metsikön sisälle (Ilvessalo 1951). Täten jokainen koeala sijaitsi kokonaan yhdessä metsikössä. Se ja koealojen kiinteälaisuus mahdollistavat metsikkötietojen koealakohtaisen käsittelyn. Biologin mukanaolo inventointiryhmissä mahdollisti muita inventointeja kattavamman tiedonkeruun.

Koealoilta määritettiin tavanomaiset kasvupaikkatunnukset sekä kehitysluokka ja metsänhoidollinen tila. Rinnankorkeudelta 10 cm ylittäneet puut mitattiin 0,1 ha:n koealalta ja 2-10 cm läpimittaiset puut samankeskeiseltä 0,01 ha:n koealalta. Tätä tutkimusta varten puusto jaettiin 4 cm läpimittaluokkiin (1 = 2-6, ..., 9 = > 34 cm). Raudus ja hies oli puiden luvun yhteydessä yhtä piirimetsälautakuntaa lukuunottamatta erotettu toisistaan. Haapa ja harmaaleppä oli luettu yleensä erikseen, mutta poikkeuksellisesti joskus myös yhdessä. Kummassakin poikkeustapauksessa erittelemätön aineisto ositettiin eritellyn aineiston suhteessa. Muut lehtipuulajit oli lomaketilan salliessa merkitty erillisinä, mutta poikkeuksellisesti myös kahden puulajin yhdistelminä. Tällaisia olivat mm. leppä ja paju sekä haapa ja pihlaja. Aineistoa tätä tutkimusta varten tallennettaessa nämä yhdistelmät vietiin kokonaan leppään ja haapaan. Menettely johti harmaalepän ja haavan lievään yliarvioon. Kaikki muut lehtipuut kirjattiin yhteiseen kokoomasarakkeeseen. Menettely oli tämän tutkimuksen kannalta haitallinen ja mahdollistaa läpimitaltaan yli 2 cm puuston osalta vain yleispiirteisen puulajitarkastelun.

Sellaiset vesasyntyiset yli 2 cm läpimittaiset lehtipuut, joista ei arvioitu kehittyvän varsinaista runkomaista puuta, luettiin alikasvokseen. Varsinainen alikasvos ($d_{1,3} < 2$ cm) määritettiin samalta 0,1 ha:n ympyräkoelalta kuin yli 10 cm läpimittainen puusto. Määritys tehtiin latvuksen peittävytenä. Alikasvos jaettiin kahteen pituusluokkaan, nimittäin pensaskokoon (0,5-1,3 m) ja puihin (pituus > 1,3 m). Kummallekin pituusluokalle oli arvioitu puulajeittain latvuserroksen peittävyys. Poikkeuksena oli pituudeltaan 1,3 m ylittävä koivu. Sitä ei ollut eritelty lajilleen. Tässä työssä erittely tehtiin pensaskokoisen koivun raudus-hiesosuuksin. Peittävyys muutettiin hehtaarikohtaiseksi lukumääräksi siten, että rinnankorkeuden ylittävässä alikasvoksessa yksi peittävyysprosentti vastasi kuusella ja katajalla 100 kpl/ha ja muilla puulajeilla 150 kpl/ha. Pensaskokoisessa alikasvoksessa lukumäärät olivat vastaavasti kaksinkertaiset. Korjauskertoimia testattiin maastossa käyttäen inventoinnin kenttätöissä mukanaolleen henkilön asiantuntija-apua sekä vanhoja vertailuaineistoja. Alle 0,5 m:n puiden alikasvos oli arvioitu havupuiden lisäksi vain haavalta ja pihlajalta eikä sitä tässä yhteydessä käsitellä.

Tutkittuun aineistoon otettiin kangasmaiden varttuneiden (harvennus-, väljennys- ja uudistusmetsät) metsiköiden, joissa puuston tilavuus oli vähin-

tään 40 m³ha⁻¹, koealat maan eteläpuoliskosta Ahvenanmaan maakunta mukaanlukien. Ulkopuolelle rajattiin neljä pohjoisinta silloista piirimetsälautakuntaa (Pohjois-Pohjanmaa, Kainuu, Koillis-Suomi ja Lappi). Näitä puustokasvillisuuskoaloja kertyi 2 157 kpl. Taimikoita ja nuoria metsiä aineistoon ei otettu. Metsikön rakenteen luokituksen yleisosassa (kohta 2.1) on tarkasteltu keskimääräisten tunnusten käyttökelpoisuutta metsikön rakenteen kuvauksessa.

Tulokset

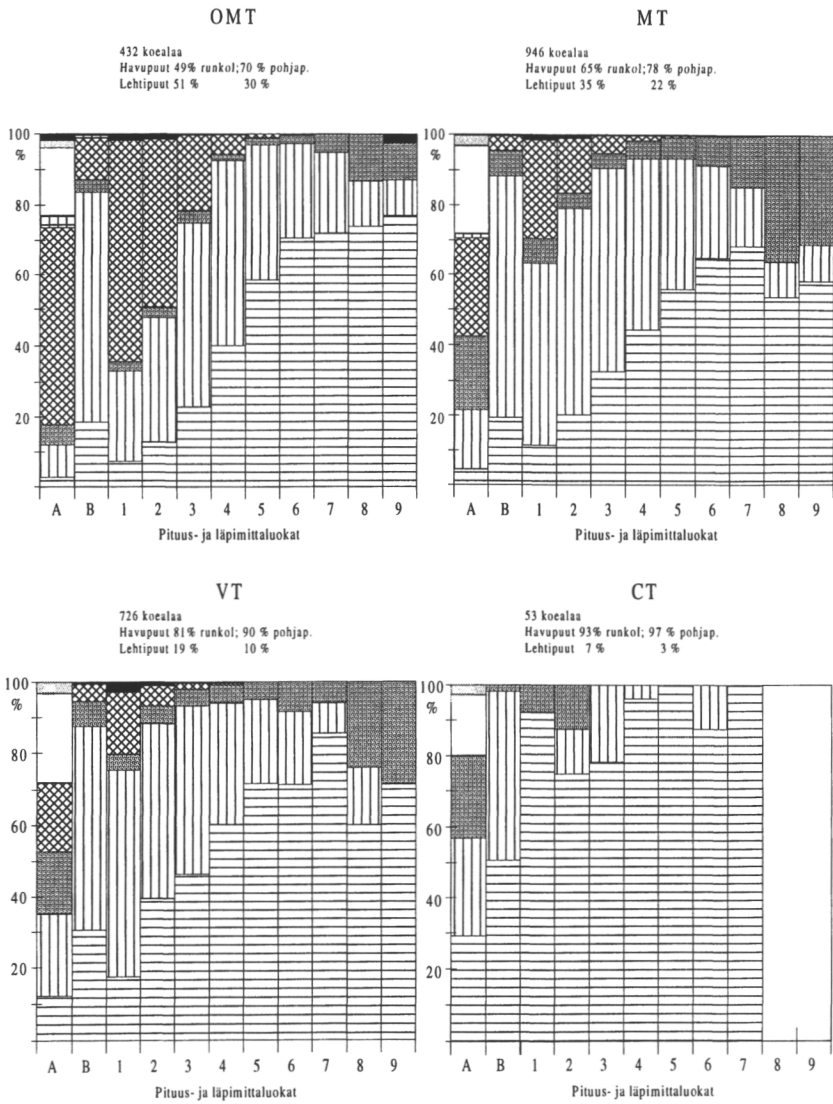
Lehtipuiden lukumäärä aleni havupuuta jyrkemmin läpimitan suuressa (kuva 2). Suurimmillaan (48 %) lehtipuiden osuus oli pensaskokoisessa alikasvoksessa ja pienimmillään (12 %) isokokoisessa (yli 22 cm) puustossa. Lehtomaisella kangasmaalla lehtipuiden osuus oli runkoluvusta yli puolet ja kuivalla kankaalla vain 7 %.

Alikasvoksessa tavattiin 11 lehtipuulajia (taulukko 13). Lajiluku aleni viljavuuden heiketessä niin, että kanervatyypillä lehtipuulajeja esiintyi kuusi. Esiintymisyleisyys aleni useimmiten samanaikaisesti, mutta haapa, rauduskoivu ja raita olivat yhtä yleisiä lehtomaisista kuivahkoihin kankaisiin. Rauduksen ja hieksen yleisyys on taulukossa 13 aliarvio. Luvut perustuvat pelkästään pensaskokoiseen koivuun, jota koealoilla oli niukasti. Rinnankorkeuden ylittävä alikasvos mukaanlukien koivun alikasvoksen yleisyys oli 91 %. Pensaskokoisessa alikasvoksessa lisättynä yli 2 cm läpimittaisella puustolla rauduskoivun yleisyys oli 66 % ja hieskoivun 78 %.

Lehtipuulajien lukumäärä alikasvoksessa oli keskimäärin 2,7 (taulukko 14). Vailla lehtipuustoa koealoista oli 6 %. Ne painottuivat kanervatyypille. Viljavuuden parantuessa koealakohtainen lehtipuulajisto runsastui ja oli enimmillään kahdeksan. Valitettavasti aineistoon ei sisällynyt lainkaan lehtoa.

Hieskoivu oli runsaslukuisin lehtipuu. Sen runkoluku oli keskimäärin 581 kpl ha⁻¹ eli lähes 2½ -kertainen raudukseen verrattuna, joka oli kolmanneksi yleisin lehtipuu. Kummallekin koivulle oli ominaista vähäinen esiintyminen pensaskerroksessa verrattuna rinnankorkeuden ylittävään alikasvokseen. Läpimitaltaan yli 10 cm puustossa koivujen osuus oli lehtipuuston runkoluvusta 90 %. Läpimitan suuressa ja kasvupaikan viljavuuden heiketessä rauduksen asema hiekseen verrattuna vahvistui.

Toiseksi yleisin oli harmaaleppä (518 kpl ha⁻¹). Sen esiintyminen painottui lehtomaisen kankaan pensaskerrokseen, jossa sitä oli enemmän kuin muita lehtipuulajeja yhteensä. Rinnankorkeuden ylittävässä alikasvoksessa harmaaleppää sen sijaan oli koivuista poiketen hyvin vähän. Samoin pihlajaa ja haapaa oli runsaasti pensaskerroksessa. Pihlajan esiintymisestä varsinaisessa puustossa aineisto ei anna kuvaa, mutta haapaa esiintyi kaikissa läpimittaluokissa (yht. 191 kpl ha⁻¹) ja yli 30 cm puustossa suhteellisesti eniten. Raidan, tervalepän, tuomen, lehmuksen, vaahteran ja tammen yhteinen osuus runkoluvusta jäi neljään prosenttiin.



Kuva 2. Puuston runkoluku ja lehtipuuston koostumus Etelä-Suomen kivennäismaametsiköissä vuosina 1951–1953. Pituus- ja läpimittaluokat: A = 0,5–1,3 m, B > 1,3 m ja D 1,3 < 2 cm, 1 = 2–6 cm, ..., 9 > 34 cm. Lehtipuiden puulajitunnukset:

- | | |
|---------------|--|
| ☒ Harmaaleppä | ■ Muut (tuomi, lehmus ja vaahtera, yli 2 cm läpimittaisella puustolla lisäksi tervaleppä, pihlaja ja raita). |
| ▨ Haapa | ▨ Raita |
| ▤ Hies | □ Pihlaja |
| ▧ Raudus | ▤ Tervaleppä |

Taulukko 13. Eri lehtipuulajien esiintyminen Etelä-Suomen varttuneiden kivennäis-
maametsiköiden alikasvoksessa (D 1,3 < 2 cm) kasvupaikoittain vuosina 1951-1953.

	OMT	MT	VT	CT	Keskim.	OMT	MT	VT	CT	Keskim.
	Runkoluku, kpl ha ⁻¹					Yleisyys, %				
Harmaaleppä	1034	311	112	1	381	74	49	29	2	46
Hieskoivu	532	444	217	61	369	56	55	44	23	51
Pihlaja	330	261	137	28	227	81	83	69	15	76
Haapa	119	246	106	38	168	39	48	47	36	45
Rauduskoivu	150	125	116	65	132	18	21	29	21	23
Raita	35	32	17	5	27	18	24	21	11	21
Tervaleppä	59	11	1	0	17	6	2	2	0	3
Tuomi	34	1	0	0	7	3	1	0	0	1
Lehmus	1	0,3	0	0	0,3	2	0,1	0	0	1
Tammi	0	0,2	0	0	0,1	0	0,1	0	0	0
Vaahtera	0,4	0,01	0,04	0	0,1	0,5	0	0,1	0	0
Yhteensä	2294	1432	706	198	1329	98	97	91	58	94
Koealoja, kpl	432	946	726	53	2157	432	946	726	53	2157

Taulukko 14. Lehtipuuston lajilukumäärä Etelä-Suomen varttuneiden kivennäis-
maametsiköiden alikasvoksessa (D 1,3 < 2 cm) kasvupaikoittain vuosina 1951-1953.

Lajeja, kpl	OMT	MT	VT	CT	Keskim.
0	9	33	66	22	130
1	43	137	146	15	341
2	112	221	182	9	524
3	117	263	168	5	553
4	102	177	104	1	384
5	33	91	51	1	176
6	13	24	9	0	46
7	2	0	0	0	2
8	1	0	0	0	1
Keskimäärin	3,0	2,8	2,4	1,1	2,7
Koealoja, kpl	432	946	726	53	2157

Tulosten tarkastelua

Tämä tutkimus osoittaa, että luontaisesti Etelä-Suomen metsissä kasvoi 1950-luvun alussa runsaasti eri lehtipuulajeja. Aineiston rajoitusten johdosta osa puulajeista, mm. saarni ja jalava eivät tulleet esille. Alikasvoksessa esiintyi Kujalan (1964) mukaan lisäksi useita pensasmaisia lajeja, erityisesti pajuja, paatsama, näsiä, kuusama, koiranheisi ja pähkinäpensas. Metsät olivat havuja lehtipuulajien monenlaisten yhdistelmien sekapuustoja (Laiho ym. 1994, 1995g). Samankaltaista metsien luontaista dynamiikkaa kuvaavat myös ensimmäisen valtakunnallisen inventoinnin (1921-24) tulokset (Norokorpi ym. 1994).

Kujalan (1964) edellä mainitussa tutkimuksessa esitetään saman inventointiaineiston perusteella eri pintakasvillisuuden lajien ohella myös metsäpuiden levinneisyyskartat. Niiden mukaan tässä tutkimuksessa määrällisesti runsaimpina esiintyneet harmaaleppä, hieskoivu, pihlaja, haapa, rauduskoivu

ja raita olivat suhteellisen tasaisesti ja kattavasti levittyneet ainakin maan eteläpuoliskon alueella. Tuomea esiintyi siellä täällä lähes koko alueella. Jalojen lehtipuulajien, kuten lehmuksen, tammen ja vaahteran levinneisyys rajoittui vain eteläisimpään Suomeen.

Usein pioneeripuulajeina toimivien lehtipuiden hyvä uudistumiskyky ja luontainen kestävyys erilaisia tuhoja vastaan on taannut lehtipuiden osuuden säilymisen. Lehtipuiden keskinäisissä runsaussuhteissa on kuitenkin todennäköisesti tapahtunut huomattavia muutoksia. Ilmeisesti yleisimmät lajit ovat 1950-luvun alun jälkeen runsastuneet ja harvinaisimmat vähentyneet, sillä puulajirunsaus on ollut suurimmillaan nimenomaan alikasvoksissa. Lehtipuuston erottelua on viime inventoinneissa tarkennettu (Salminen 1993). Erinomaisena vertailukohtana muutoksia arvioitaessa toimii vuosien 1951–1953 inventointi kenttä- ja laskentalomakkeiden lajitarkkoine tietoineen.

Lehtipuiden poistaminen suuressa määrin ennen täysi-ikäisyyttä on rajoittanut voimakkaasti monien eliölajien menestymismahdollisuuksia (Zackrisson 1985). Nimenomaan kookkaat haavat ja raidat ovat useille uhanalaisille lajeille tärkeitä (Kuusinen 1994). Lehtipuilla on myös tärkeä merkitys luontaisen ja ihmisen toiminnan seurauksena tapahtuvan metsämaan happamoitumisen hidastajina (Troedsson 1985).

3.2 Alikasvos uudistumispotentialina

Onko alikasvosta

Maamme metsät on vuodesta 1921 lähtien inventoitu kahdeksan kertaa. Inventointien yhteydessä on selvitetty myös alikasvoksen esiintymistä. Kolmannen inventoinnin mukaan mäntyalikasvoksia oli 1,1 % (pääosin Pohjois-Suomessa) ja kuusialikasvoksia 1,7 % (pääosin Etelä-Suomessa) metsämaan alasta (Ilvessalo 1956). Vuosilta 1921–24 ei alikasvoksen määrää ole aikoinaan esitetty, mutta Ilvessalon (1927) mukaan etenkin harvaa alikasvosta oli sangen yleisesti. Vuosina 1936–38 kuusialikasvosta oli 2,1 % (Ilvessalo 1942), vuosina 1964–70 2,4 % (Kuusela 1972) ja vuosina 1977–84 Etelä-Suomessa 2,8 % (Kuusela & Salminen 1983). Alikasvoksen määrä on siten arvioitu yleensä hyvin vähäiseksi.

Alikasvoksen määrä riippuu kuitenkin siitä, miten se määritellään. Määrittely on vaihdellut eri aikoina. L. Ilvessalon (1929) mukaan alikasvoksella tarkoitetaan yksilöitä, jotka ovat eri puulajia kuin varsinainen metsikkö tai sitä huomattavasti (tavallisesti yli 40 v) nuorempia edellyttäen, ettei niiden pituus ole täyttä puolta päävaltapuiden pituudesta. Sittemmin on asetettu monia toisenlaisia rajoituksia. Alikasvoksen tiheyden tuli olla riittävä (0,5 tai enemmän) täysitiheän uuden metsikön muodostumiseksi (Ilvessalo 1942). Alikasvoksen tuli olla kehittämiskelpoinen, muttei kuitenkaan jakso, jota silmällä pitäen metsikköä kehitetään (Ilvessalo 1965). Myöhemmin tiheysvaatimusta tiukennettiin (Kuusela & Salminen 1969) ja asetettiin jaksojen erotamisen ehdoksi, että tilavuuden arvioiminen edellytti sitä. Viimeksi on asetettu lisävaatimus, että vallitsevan puuston tulee kuulua tiettyyn kehitysluokkaan (varttunut kasvatusmetsä, uudistusmetsä, uudistusala) eikä hakkuu saa

tuhota alikasvosta, jonka tulee lisäksi olla kasvupaikalle soveltuvaa puulajia (Valtakunnan ... 1987). Käyttökelpoisen ohella erotetaan taimettumiskelpoisuutta osoittava alikasvos sekä ns. kehityskelvoton alikasvos.

Alikasvoksen vaikutus metsiemme ikäluokkasuhteisiin on ollut suurempi kuin sen kehityskelpoisen osan osuus metsäalasta olisi antanut aihetta olettaa (Yli-Kojola 1985). Niinpä vuosina 1921–24 oli kymmenvuotiaista taimikkoikäluokkaa 4,8 %, mutta neljäkymmentä vuotta myöhemmin 50-vuotiaista metsää 19 % metsämaan alasta (Kuusela 1972). Samanaikaisesti kuusen osuus kuutiomäärästä nousi 30 %:sta 38 %:iin ja kuusivaltaisen metsän ala kaksinkertaistui (Mikola 1966). Jo varhain on kyllä todettu, että alikasvos vähentää nuorimman ikäluokan puutetta (Ilvessalo 1927), mutta vaikutus lienee ollut arvioitua suurempi. Myös metsien harsintahakkuilla on voinut olla vaikutusta tähän kehitykseen. Alikasvos voidaan arvioida "kehityskelvottomaksi", mutta vapautettuna se muodostaa riittävän puuston. Alikasvokset elpyvät yleensä hyvin (Vuokila 1982, Laiho 1985).

Alikasvosta on ollut joidenkin tutkimusten kannalta siinä mielessä "haitaksi" asti että yksijaksoisia metsiköitä on ollut vaikea löytää. Niinpä luonnonnormaalin kasvu- ja tuottotaulututkimuksen Etelä-Suomen koealoista 39 %:lla oli alikasvosta (Ilvessalo 1920). Yli 50-vuotiaissa männiköissä ja koivikoissa alikasvoksellisia oli peräti 67 %. Alikasvos yleistyi valtapuuston ikääntyessä siitä huolimatta, että vallitseva puusto oli täysitiheä. Tässä valossa ei ole ihmeteltävä alikasvoksen runsautta talousmetsissä. Se on toistuvasti vaikeuttanut tutkimusaineiston keräystä ja käsittelyä sekä puhtaissa metsiköissä (Nyyssönen 1954, Vuokila 1956) että sekametsissä (Lappi-Seppälä 1930, Mielikäinen 1980, 1985).

Kasvupaikasta riippumatta luontaiset kuusikot ovat syntyneet alikasvoksina (Sarvas 1951, Vuokila 1956, Seppälä & Keltikangas 1978). Erilaista kuusialikasvosta on metsissä ollut runsaasti (Sarvas 1944, Räsänen ym. 1979). Kangasmaiden ohella (Vaartaja 1951) männyn alikasvosta on mm. turvemaiden koivikoissa (Ferm 1989). Toisaalta koivua on rämeillä ja korvissa runsaasti toisena "latvuserroksena" (Hökkä & Laine 1988). Turvemaille onkin ominaista alikasvoksen runsaus ja moninaisuus (Heikurainen 1971, Keltikangas ym. 1986, Saarinen 1993). Koneellisen maanmuokkauksen seurauksena alikasvosta kehittyi viljelymetsiköissä erityisen runsaasti (Laiho 1988). "Alikasvosvaihe" saattaa alkaa jo ensimmäisenä kasvukautena, sillä luontaiset koivun taimet voivat tuolloin olla pituudeltaan usempikertaisia kuuseen verrattuna (Laiho 1993). Tiheän päällyspuuston alla tämä kaksijaksoisuus säilyy läpi kiertoajan (Pöntynen 1929).

Alikasvosta ei ole aktiivisesti pyritty hyödyntämään. Sen käyttöarvoa on yleisesti pidetty vähäisenä ja korjuussa tuhoutumisriskin takia epävarmana. Käytäntö on kuitenkin vähitellen muuttumassa. Tapion uusimmassa taskukirjassa alikasvoksen käyttöä metsän uudistamisessa esitellään ensimmäistä kertaa lyhyesti (Saarenmaa 1997). Lehtipuiden arvonnousun ja luontaisen uudistamisen yleistymisen myötä suhtautuminen alikasvokseen on tulossa keskeiseksi metsänhoidon kysymykseksi. Tässä tilanteessa on tärkeää tietää onko alikasvoksen vaikutus uudistumiseen käytännöllisesti katsoen loppunut kuten on arvioitu (Kuusela & Salminen 1991) vai onko alikasvosta metsissämme paljonkin. Tätä kysymystä on käsitelty useissa viimeaikaisissa julkaisuissa

(Laiho 1985, 1988, 1992, Laiho ym. 1994, 1995c,e,f). Tässä sen tarkastelu pohjataan aiempaa laajempaan inventointiaineistoon.

Kolme inventointia

Inventoinneista julkaistut alikasvostiedot perustuvat kuvioittaiseen silmäva-raisarviointiin. Inventointikoealat mahdollistavat kuitenkin myös puiden lukuun perustuvan laskennan. Koealojen systemaattinen otanta varmistaa aineiston edustavuuden ja niiden suuri lukumäärä tulosten tarkkuuden. Koealojen kiinteä pinta-ala mahdollistaa tulosten koealakohtaisen laskennan, johon liukuvasäteinen relaskooppikoeala (Kuusela & Salminen 1969) sopii huonosti. Tulosten tulkinnan kannalta on tärkeää, että jokainen koeala on sijoitettu yhdelle metsikkökuviolle.

Tarkasteltavaksi valittiin ensimmäisen (1921–24) inventoinnin normaali-koealat (Ilvessalo 1927), kolmannen (1951–53) inventoinnin normaali- ja ns. kasvillisuuskoalat (Ilvessalo 1951) ja kahdeksannen (1985–86) inventoinnin ns. pysyvät koealat. Nämä kaikki täyttävät edellä mainitut vaatimukset ja samalla edustavat pisintä saatavilla olevaa seurantajaksoa. Ensimmäisen inventoinnin aikaan vielä kaksi kolmasosaa Suomen metsistä oli hakkuiden suhteen lähes luonnontilaisia tai käsitelty vain yksittäisiä puita poimien (Heikinheimo 1924). Kolmanteen inventointiin mennessä pääosa varttuneista metsistä oli käsitelty erilaisilla poimintahakkuilla. Se oli viimeinen, jonka aikana metsä oli vielä ennen raivauksen yleistymistä alikasvoksen suhteen lähellä luonnontilaa. Kahdeksas inventointi kuvaa tilannetta, jossa varttuneet metsät oli todennäköisesti ainakin kertaalleen käsitelty alaharvennuksella ja hakkuualan raivauksella. Erityisesti viime aikoina on koneellisen korjuun vuoksi tehty hakkuualojen raivausta.

Puut oli koealoilla eritelty puulajeittain. Ensimmäisessä inventoinnissa käytettiin 0,05 ha koealaa, jolta mitattiin kaikki rinnankorkeudelle yltävät puut. Kolmannen inventoinnin koealakoko oli 0,1 ha. Siltä luettiin yli 10 cm:n ja samankeskiä 0,01 ha:n ympyrän alalta sitä pienempi puusto 2 cm läpimitaan asti, ei kuitenkaan sellaisia lehtipuuvesoja, joista ei katsottu kehittävän kunnollista puuta. Lisäksi otettiin kuitenkin ns. kasvillisuuskoaloja, joilta alle 2 cm taimien latvuspeittävyys oli kirjattu puulajeittain pensaskokoon (50 cm) asti. Peittävyys muutettiin hehtaariohtaiseksi lukumääräksi siten, että rinnankorkeuden ylittävässä alikasvoksessa latvuksen yksi peittävyysprosentti vastasi kuusella ja katajalla 100 kpl/ha ja muilla puulajeilla 150 kpl/ha. Pensaskokoisessa alikasvoksessa lukumäärät olivat vastaavasti kaksinkertaiset. Korjauskertoimia testattiin maastossa käyttäen inventoinnin kenttätyössä mukana olleen henkilön asiantuntija-apua sekä vanhoja vertailuaineistoja. Kahdeksannen inventoinnin pysyvät ympyräkoalat olivat kooltaan 0,03 ha yli 6 cm läpimitaiselle puustolle. Sitä pienempi puusto ja taimet 20 cm pituuteen asti luettiin samankeskiä 0,01 ha ympyräkoetalta. Koealojen koon ja mukaanotettavan puuston minimimitan vaihtelu vaikeuttavat josain määrin eri inventointien tulosvertailua.

Huolimatta joistakin eroista läpimitan kirjaamisessa jokaiselle koealalle voitiin muodostaa yhdeksänluokkainen runkolukujakauma seuraavasti: 1=<6, 2= 6-10,...,9=>34 cm. Eriluonteisen alikasvoksen erittelemiseksi jokai-

selle koealametsikölle määritettiin yksikäsitteinen rakenneluokka. Se perustuu runkolukujakauman laajuuteen ja muotoon. Luokitus tehtiin samalla tavalla kuin vastaavissa aikaisemmissa tutkimuksissa (Lähde ym. 1991, Laiho ym. 1994), mutta moodin määrittämisessä meneteltiin poikkeavasti, koska alikasvosta ei ensimmäisessä ja kahdeksannessa inventoinnissa ollut jaettu kolmannen inventoinnin mukaisiin kokoluokkiin. Jaksollisten metsiköiden luokkaan pyrittiin saamaan tyypilliset alikasvokset. Yksityiskohtaisesti luokitus oli seuraava:

- A. Tasarakenteiset: puita enintään kolmen peräkkäisen luokan laajuudella.
- B. Erirakenteiset: puita vähintään neljän luokan laajuudella.
- B1. Erirakenteinen, jaksollinen. Puuttomana väliluokkana ainakin toinen (6–10), kolmas (10–14) tai neljäs (14–18 cm) läpimittaluokka.
- B2. Säännöllisen erirakenteinen, käännetyn J:n muotoa muistuttava. Puita ainakin neljässä pienimmässä luokassa, ensimmäistä lukuunottamatta eniten toisessa.
- B3. Kupevan erirakenteinen, normaalijakaumaa muistuttava. Puita ei ole ensimmäistä lukuunottamatta eniten toisessa eikä jakauman reunimmaisissa luokissa.
- B4. Epäsäännöllisen erirakenteinen.

Yhden tai useamman puuttoman väliluokan vallitsevasta puujaksosta erottama rakenne edustaa alikasvoksen puhtainta muotoa (B1). Usein kuitenkin kookkaimmat alikasvospuut yltyvät pienimpien vallitsevan jakson puiden kokoon ja runkolukujakauma on yhtenäinen vaikka selkeän kaksihuippuinen. Tällainen alikasvos menee tässä luokittelussa moodin sijainnista riippuen säännöllisen (B2) tai kupevan (B3) erirakenteiseen luokkaan. Säännöllisen erirakenteismetsän perusmuoto, käännettyä J-kirjainta muistuttava runkolukujakauma merkitsee tiheää alikasvoskokoista puustoa. Se ei vain erotu vallitsevasta puustosta rajan ollessa liukuva. Epäsäännöllisen erirakenteiseen metsään alikasvosta voi kuulua vain poikkeuksellisesti. Sensijaan tasarakenteisessa metsässä tapaa olla runsaasti alle 6 cm läpimittaisia puita ja taimia, jos suurimmat puut eivät ylitä kolmannen läpimittaluokan ylärajaa (14 cm). Näin nuorissa harvennusmetsissä tarvittaisiin kuitenkin selvästi kuutta senttiä pienempi maksimikoko ja neljää senttiä pienempi luokkalaajuus aidon alikasvoksen erottamiseksi.

Aineisto rajoitettiin vartuneisiin metsiköihin (harvennusmetsät, väljennysmetsät, uudistuskypsät metsät sekä ne, joiden kehitysluokkaa ei ollut määritetty), joissa alikasvos on selkeimmin erottuva. Alikasvoksen maksimipituutena on meillä pidetty mm. kahta metriä (Sarvas 1951) ja viittä metriä (Sirén 1951, Räsänen ym. 1979). Tässä tutkimuksessa rajaksi asetettiin 6 cm läpimitta, jota pienemmät puut ja taimet siis luettiin alikasvokseksi. Tämä läpimitta vastaa suuruusluokaltaan viiden metrin pituutta. Alikasvoksen tilajärjestyksestä ei näissä inventointiaineistossa ollut tietoa samaten kuin ei kehityskelpoisuudestaan.

Alikasvosta runsaasti

Erillistä alikasvosta aineistossa esiintyi kaikkien kolmen inventoinnin keskimääränä 13 %:lla koealoja (taulukko 15). Säännöllinen erirakenne oli selvästi yleisin osuudella 58 %. Runkolukujakaumaltaan kupevan erirakenteisia metsiköitä oli 25 % ja niissäkin oli merkittävä määrä alikasvosta.

Alikasvoksen tiheys oli yllättävästi samaa suuruusluokkaa vallitsevan jakson rakenteesta riippumatta (taulukko 16). Aineistossa se näkyy parhaiten kahdeksannen inventoinnin kohdalla, jossa taimet oli luettu muita pienemmällä minimimitalla. Vaikka runkoluku on kupevassa erirakenteessa pieniin läpimittoihin päin laskeva ja säännöllisessä nouseva niin nuorennosta oli kummassakin lähes yhtä runsaasti. Alikasvoksen tiheys aleni lievästi metsätyypin heiketessä (taulukko 17). Tulos oli johdonmukainen kaikissa inventoinneissa. Mäntyalikasvos painottui selkeästi puolukkatyypille. Lehti-puustolle oli ominaista sen alikasvoksen voimakas lisääntyminen viimeisimmällä inventointivälillä.

Erillistä alikasvosta ei 1920-luvun alussa ollut juuri lainkaan. Metsässä oli silloin kaikenkokoista nuorennosta niin ettei puuttomia väliluokkia esiintynyt. Tilannetta kuvaa säännöllisen erirakenteisten metsiköiden suuri eli 79 % osuus. Kolmen vuosikymmenen kuluttua erillistä alikasvosta oli jo 12 % kaksinkertaistukseen vielä siitäkin seuraavan 30 vuoden kuluessa. Nousua selittää yleistynyt alaharvennus ja raivaus, jotka tyhjäisivät pienikokoisen puuston läpimittaluokkia ja lisäsivät siten kupevaa metsikkörakennetta. Uutta nuorennosta on kuitenkin noussut runsaasti korvaamaan poistettua ja se on lisännyt kaksijaksoisuutta kupevan ja säännöllisen erirakenteen kustannuksella. Alikasvosjakson kaksinkertaistumiseen vaikuttaa lisäävästi myös mukaanotetun puuston pienin minimikoko kahdeksannessa inventoinnissa. Nuorennoksen kokonaisuusmuutos on kuitenkin vähäinen. Jos lasketaan yhteen kaksi tärkeintä alikasvoksen esiintymismuotoa eli erillinen alikasvos (B1) ja säännöllinen erirakenne (B2) alikasvoksen esiintyminen on pysynyt koko vuosisadan melko samana tarkastellaanpa näiden kahden rakenteen yhteisösuutta (taulukko 15) tai niiden osuutta alikasvoksen runkoluvusta (taulukko 16).

Taulukko 15. Inventointikoealojen lukumäärä metsätyypeittäin ja metsikkörakenteittain Etelä-Suomen varttuneissa metsissä. Rakenteet: A = Tasarakenteinen, B1 = Erirakenteinen, jaksollinen, B2 = Säännöllisen erirakenteinen, B3 = Kupevan erirakenteinen ja B4 = Epäsäännöllisen erirakenteinen.

	VMI 1		VMI 3		VMI 8	
	Kpl	%	Kpl	%	Kpl	%
Kasvupaikka						
OMT	18	5	1050	22	192	19
MT	213	59	2178	45	538	54
VT	129	36	1608	33	273	27
Rakenne						
A	0	0	32	1	43	4
B1	1	0,5	595	12	276	27
B2	285	79	2428	50	442	44
B3	73	20	1533	32	237	24
B4	1	0,5	248	5	5	1
Yhteensä	360	100	4836	100	1003	100

Taulukko 16. Alle 6 cm läpimittaisen (VMI 1, minimikokona rinnankorkeus; VMI 3, miniminä 2 cm läpimitta; VMI 8, miniminä 20 cm pituus) alikasvoksen esiintyminen metsikkörakenteittain Etelä-Suomen varttuneissa kivennäismaametsissä. Rakenneluokat: A = Tasarakenteinen, B1 = Jaksollisen erirakenteinen, B2 = Säännöllisen erirakenteinen, B3 = Kupevan erirakenteinen, B4 = Epäsäännöllisen erirakenteinen.

Metsikkö- rakenne	VMI 1		VMI 3		VMI 8	
	Kpl/ha	%	Kpl/ha	%	Kpl/ha	%
A	-	-	1946	2	11727	7
B1	2536	1	484	8	7036	26
B2	1317	92	1082	74	8212	48
B3	398	7	358	16	6246	19
B4	0	0	1	0	5940	0
Keskim./yht.	1130	100	729	100	7604	100

Varttuneiden metsien alikasvos näyttää taulukoiden 16 ja 17 valossa lisääntyneen tiheydeltään suuresti 1980-luvulle tultaessa. Inventoinnit eivät kuitenkaan ole tässä suhteessa vertailukelpoiset. Ensimmäisessä inventoinnissa alle 130 cm taimet jätettiin mittaamatta, koealakoko oli viisinkertainen eikä vähäisistä "risuista" ehkä ollut niin väliä. Näiden tekijöiden huomioonottaminen nostaisi ensimmäisen inventoinnin alikasvosmäärää ilmeisen selvästi. Toisaalta metsälaidunnus oli yleistä, ja ehkä osin tästäkin syystä kivennäismaiden kasvupaikkajakauma oli nykyistä paljon karumpi (taulukko 15). Näistä kahdesta syystä olosuhteet etenkin lehtipuualikasvoksen synnylle ja säilymiselle olivat nykyistä heikommat.

Taulukko 17. Alle 6 cm läpimittaisen (VMI 1, minimikokona rinnankorkeus; VMI 3, miniminä 2 cm läpimitta; VMI 8, miniminä 20 cm pituus) alikasvoksen esiintyminen metsätyypeittäin Etelä-Suomen varttuneissa kivennäismaametsissä.

Kasvupaikka		VMI 1		VMI 3		VMI 8	
		Kpl/ha	%	kpl/ha	%	Kpl/ha	%
OMT	Mänty	63	5	20	2	58	1
	Kuusi	432	35	321	37	1277	14
	Lehtipuusto	743	60	527	61	7400	85
	Yhteensä	1238	100	868	100	8728	100
MT	Mänty	92	8	41	6	255	4
	Kuusi	622	54	413	58	1183	16
	Lehtipuusto	431	38	261	36	5901	80
	Yhteensä	1145	100	715	100	7339	100
VT	Mänty	405	37	172	26	1256	17
	Kuusi	370	34	348	53	487	7
	Lehtipuusto	317	29	137	21	5594	76
	Yhteensä	1092	100	657	100	7336	100
Keskim.	Mänty	203	18	80	11	490	7
	Kuusi	522	46	371	51	1011	13
	Lehtipuusto	406	36	278	38	6104	80
	Yhteensä	1130	100	729	100	7604	100

Taulukko 18. Alle 6 cm läpimittaisen (VMI 3, miniminä 50 cm, runkoluku johdettu latvuspeittävydestä; VMI 8, miniminä 20 cm pituus) alikasvoksen esiintyminen puulaajittain Etelä-Suomen varttuneissa kivennäismaametsissä.

Puulaji	VMI 3		VMI 8	
	Kpl/ha	%	Kpl/ha	%
Mänty	855	19	490	6
Kuusi	1508	34	1011	13
Kataja	505	11	1182	16
Rauduskoivu	195	4	130	2
Hieskoivu	451	10	1640	22
Haapa	187	4	478	6
Harmaaleppä	428	10	467	6
Pihlaja	254	6	1684	22
Raita ym. pajut	31	1	446	6
Muut	28	1	75	1
Yhteensä	4442	100	7604	100
Koealoja kpl	2104		1003	

Kolmas inventointi havainnollistaa käytettävän minimimitan vaikutusta tulokseen. Kahden sentin läpimitan ja kehittymiskelvottomien lehtipuuviesojen vaihtuminen kaikkien pituudeltaan vähintään 50-senttisten taimien mukaanottamiseen nosti alikasvoksen määrän kuusinkertaiseksi (taulukot 17 ja 18). Ottaen huomioon latvuspeittävyden kappalemääräksi muuntamiseen liittyvän epävarmuuden ja eron minimimitassa voitaneen sanoa viidennen ja kahdeksannen inventoinnin osoittavan alikasvosta tuolloin olleen suunnilleen saman verran.

Alikasvoksen puulajisuhteissa on tapahtunut suuria muutoksia. Mäntyä ja kuusta oli 1920-luvun alussa 64 %. Kahdeksannessa inventoinnissa niiden määrä oli noin kaksinkertainen mutta osuus koko alikasvoksesta vain 20 %. Kolmannen inventoinnin jälkeen männyn ja kuusen määrä on pienentynyt selvästi (taulukko 18). Kataja on määrältään kaksinkertaistunut, haapa kolminkertaistunut, hieskoivu nelinkertaistunut ja pihlaja seitsenkertaistunut. Nämä ovat todella suuria muutoksia, jotka näkyvät kaikkialla nuorennoksessa lehtipuuston ja erityisesti hieksen sekä pihlajan runsautena. Jos käytettävissä olisivat olleet myös nykyhetken luvut, muutokset saattaisivat olla näitäkin suuremmat.

Korjuu avainasemassa

Alikasvoksen määrä Etelä-Suomen varttuneissa kivennäismaametsissä on erittäin korkea jo ennen varsinaisten uudistushakkuiden aloittamista. Suometsissä alikasvosta on vieläkin enemmän (Laiho ym. 1995f). Puolet tästä alikasvoksesta muodostaa mänty, kuusi, koivut ja haapa, kaikki tärkeitä metsäteollisuuden raaka-aineena. Kataja, raita, pihlaja, leppä ym. ovat tärkeitä monimuotoisuuden kannalta. Alikasvos muodostaa metsässä täten mitä arvokaimman uudistumispotentiaalin. Ei vaikuta siltä, että alikasvoksen merkitys metsien uudistamisessa olisi ohi. Jaksollisiin metsiin voidaan kohdistaa

kaikkein suurimmat taloudelliset odotukset, voidaanhan saada kaksi puusatoa lyhyessä ajassa (Seppälä & Keltikangas 1978, Isomäki 1979). Päällyspuuston ylitiheyttä tulee välttää, jotta alikasvoksen kunto ei mene huonoksi. Huonokin alikasvos kuitenkin toipuu, jos se osataan vapauttaa oikealla tavalla (Vuokila 1982). Useimmiten toipuminen tapahtuu muutamassa vuodessa (Cajander 1934, Koistinen & Valkonen 1993). Vakava kituminen, korkea ikä ja suuri koko kuitenkin hidastavat elpymistä (Vaartaja 1951), mutta toivuttuaan alikasvostaimet kasvavat samaa vauhtia ja samankokoisiksi kuin vastaavankokoiset vapaana kasvavat taimet (Näslund 1944, Sarvas 1951, Vuokila 1970).

Edellytyksenä on kuitenkin, ettei alikasvosta raivata pois ennen korjuuta ja ettei sitä korjuussa tuhota. Molemmissa suhteissa on paljon parantamisen varaa ja mahdollisuuksia. Nuoresta harvennusestään alikasvos raivataan usein siksi, että se katsotaan synnyltään enneaikaiseksi ja että sen poisto selkiinntää metsänhoitoa. Näin menetellen tehdään hyvin paljon vahinkoa. Alikasvoksen poisto hakkuukonetaksan alentamiseksi on huono vaihtokauppa (Isomäki 1979), sillä valmiin taimikon arvo on aivan eri suuruusluokkaa. Raivaus tavataan tehdä ”viimeiseen taimeen”, vaikkei se ole mitenkään tarpeen. Konekorjuu sujuu, vaikka olisikin jätetty riittävästi alikasvosta uuden metsän ainekeksi, varsinkin jos näkyvyyttä parannetaan metsikössä esim. kuivien oksien karsimisella. Korjuuajankohta tulee valita jäävän puuston kannalta otolliseksi. Koneita ja korjuumenetelmiä pitää täysitehoisesti kehittää ja kiinnittää kuljettajien ammattitaitoon ja motivaatioon suurta huomiota muistaen, että hyvästä työjärjestä kannattaa ja pitää myös maksaa. Konetyön tavoitteena tulisi olla hevosvetoisen korjuun työljälki.

3.3 Sekametsän uudistuminen

Johdanto

Metsät kehittyvät Suomessa luonnontilaisina yleensä erirakenteisiksi sekametsiksi (Lähde ym. 1991). Puiden lukumäärä pienenee läpimittaluokan suuressa. Havupuiden ohella niissä on myös runsaasti pienikokoisia lehtipuita. Tämän vuosisadan alkupuolella metsiä käsiteltiin Pohjoismaissa vielä yleisesti määrämittahakkuulla. Myöhemmin siirryttiin ensin yläharvennuksen ja sitten alaharvennuksen käyttöön. Alaharvennuksesta on tullut pohjoismaissa vallitseva kasvatustapa. Tosin viime vuosina on hyväksytty ns. laatuharvennus, jossa hakataan myös huonoimpia isoja puita. Näiden puuston rakennetta alta- tai päältäpäin tasaavien hakkuiden jälkeen metsät pyrkivät uudelleen kehittymään erirakenteisiksi sekapuustoiksi (Lähde ym. 1992b).

Kiinnostus erirakenteisen sekametsän kasvattamiseen on parina viime vuosikymmenenä voimistunut (Smith 1972, 1975, Dodge 1977, Vrablec 1977, Gibbs 1978). Niin on tapahtunut myös pohjoismaissa (Lundqvist 1989, Lähde ym. 1985), vaikka monet metsäammattimiehet ovat olleet vakuuttuneita, että uudistuminen ei ole mahdollista poimintahakkuiden jälkeen (mm. Welander 1938, Lundberg 1973, Häggström 1982, Mikola 1984).

Sekametsän erirakenteisena kasvattamisen edellytyksenä onkin, että metsän sisälle syntyy eri puulajien taimia. Riittävän määrän niistä on kehityttävä

ensin alikasvokseksi ja osan edelleen varttuneeksi puustoksi. Erirakenteisen metsän vuotuiseksi taimitavoitteeksi on Etelä-Ruotsin oloissa arvioitu 25–40 kpl/ha (Jeansson ym. 1989). Tällöin rinnankorkeuden tavoittamiseen havupuun taimelta voi kulua 30–50 vuotta. Sveitsissä on tämän korkeuden saavuttamiseen kulunut erirakenteisessa vuoristometsässä 28 vuotta (Eggenberger 1985). Norjan vuoristossa siihen on tarvittu aikaa jopa yli 50 vuotta (Nilsen 1988). Hidas alkukehitys kuitenkin edistää tiukkasyisen, hyvälaatuisen puun tuottamista (Klensmeden 1984, Leibundgut 1984, Lundqvist 1986).

Böhmerin (1957) mukaan luontaista uudistumista tapahtuu Norjassa viljavuudeltaan keskitasoisella kasvupaikalla kuitenkin riittävästi runsaspuustoisessakin erirakenteisessa metsässä. Lundqvist (1989) on todennut, että Ruotsissa erirakenteisena kasvatetussa tuotokseltaan hyvätaoisessa kuusivaltaisessa metsässä taimettuminen on kohtalaisen runsasta.

Tässä osaraportissa selvitetään erirakenteisen kuusivaltaisen sekametsän uudistumispotentiaalia sekä jatkuvan kasvatuksen hakkuun jälkeistä luontaista uudistumista ja taimien kehitystä sekä niiden riippuvuutta puuston määrästä ja rakenteesta Etelä-Suomessa.

Aineisto ja koejärjestelyt

Tutkimus sisältää 21 koemetsikköä, jotka olivat olleet yli kymmenen vuotta hakkaamatta ja 46 koemetsikköä, jotka hakattiin vuosina 1984–88 puittain jatkuvalla kasvatuksella. Kokeet sijaitsevat Etelä-Suomessa 60°10' ja 61°20' leveyspiirien sekä 23°00' ja 26°10' pituuspiirien välisellä alueella. Kasvupaikka on joko tuoretta tai lehtomaista kangasmaata. Varsinaiset tutkimusalueet jaettiin ensin noin yhden hehtaarin suuruisiin koemetsiköihin. Niiden keskelle rajattiin sitten 40 x 40 m suuret koealat puuston ja taimettumisen kehityksen seurantaan varten. Puustomittaukset (taulukko 19) tehtiin käsitellyissä koemetsiköissä ennen ja jälkeen hakkuun.

Koemetsiköissä aikoinaan tehty hakkuut olivat yleensä olleet eriasteisia poimintahakkuita. Osalla niistä oli kuitenkin tehty myös alaharvennusta ja alikasvoksen raivausta. Käsitteilyistä huolimatta puusto täytti kaikilla koealoilla Lähteen ym. (1991) mukaisen erirakenteisvaatimuksen. Kaikissa koemetsiköissä puita oli siten vähintään neljän peräkkäisen 5 cm:n luokan laajuudella. Yli puolella koealoista puuston rakenne muistutti säännöllisen erirakenteista eli käännetyn J:n kuvaajaa. Muiden koealojen puuston rakenne muistutti jossain määrin normaalijakaumaa eli moodi oli keskimmaisissa läpimittaluokissa.

Uudistumista tutkittiin kasvukauden 1990 lopulla. Taimiaines ($h \leq 0,10$ m) ja taimet ($h = 0,11-1,30$ m) mitattiin koealoilta systemaattisella tasavälisellä ympyräkoelaotannalla. Koealalta otettiin 16 ympyrää 8 metrin välein. Taimiaines luettiin 0,8 m säteisiltä ympyröiltä (2 m²) eli 2 %:lta koealan pinta-alasta. Taimet mitattiin 1,78 m (10 m²) säteisiltä ympyröiltä eli 10 %:lta koealan pinta-alasta. Niiltä luettiin myös puut ($h > 3,50$ m).

Jatkuvalla kasvatuksella käsiteltyjen koealojen taimien pituus ja pituuskasvu mitattiin cm tarkkuudella. Havupuiden mänty (*Pinus sylvestris* L.) ja kuusi (*Picea abies* L. Karst.) pituuskasvut mitattiin kolmelta viimeiseltä kas-

vukaudelta ja koivujen (*Betula pendula* Roth ja *Betula pubescens* Ehrh.) vain viimeiseltä. Koivuista ei eritelty raudus- ja hieskoivuja. Muista kuin edellä mainituista puulajeista esitetään tiedot lajeihin erittelemättä taimien yhteismäärissä.

Jatkuvalla kasvatuksella käsitellyiltä koealoilta havupuiden ja koivujen taimiaineksesta ja taimista tyhjen ympyräkoalojen osuus laskettiin koealo-kohtaisesti kaikilta ympyräkoaloilta sekä vain niiltä, joissa ei ollut puita. Varianssianalyysiä varten jatkuvan kasvatuksen aineisto jaettiin koealan puuston pohjapinta-alan mukaan kolmeen yhtä suureen (N = 7) osaan (A: < 28,0, B: 28,0–31,5 ja C: > 31,5 m²/ha). Käsittelemättömien koealojen aineisto jaettiin vastaavasti kolmeen osaan puuston tilavuuden mukaan A < 130 (N = 16), B 130–175 (N = 15) ja C > 175 (N = 15) m³ha⁻¹.

Taulukko 19. Pitkään käsittelemättöminä olleiden metsiköiden (A) ja jatkuvalla kasvatuksella käsiteltyjen (B = ennen ja C = jälkeen hakkuun) koealojen puustotiedot: kaikkien koealojen keskiarvo ja (vaihteluväli). Selitys: 1 = Koko puusto, 2 = Lehtipuusto.

		A	B	C
Runkoja ha ⁻¹	1	2222 (1000–7821)	2376 (893–5070)	1361 (470–3775)
Tilavuus, m ³ ha ⁻¹	1	288 (215–348)	307 (145–574)	163 (77–344)
	2	36 (0–124)	55 (0–402)	36 (0–246)
Valtapiitus, m	1	24 (19–27)	23,7 (18,3–27,7)	22,5 (18,7–25,8)
Pohjapinta-ala, m ² ha ⁻¹	1	30 (22–38)	32,7 (17,1–54,0)	18,0 (10,0–33,0)
Hakkuumäärä, m ³ ha ⁻¹	1	-	-	142 (34–379)

Käsittelemättömissä koemetsiköissä havupuiden taimiainesta, joka oli lähes yksinomaan kuusta, oli koealoilla keskimäärin lähes 130 000 kpl/ha (taulukko 20). Koivujen taimiainesta oli keskimäärin 134 kpl/ha. Taimikoon täyttäneitä havupuita, jotka olivat myös lähes yksinomaan kuusia, oli runsas 4 000 kpl/ha. Koivujen taimia oli runsas 550 kpl. Kun muita lehtipuita oli lähes 2 400 kpl, taimien kokonaismäärä nousi 7 000 kpl:een/ha. Havupuiden ja koivujen taimiaineksesta tyhjen ympyräkoalojen osuus vaihteli koealoilla 0–50 %. Keskiarvo oli 14 % ja puuttomilla ympyräkoaloilla se oli vain 5 %.

Kuusen taimien keskipituus oli 45,9 cm ja koivujen 73,7 cm. Kuusen taimien pituuskasvu oli vuonna 1990 1,9, v. 1989 2,1 ja v. 1988 2,3 cm. Koivujen viimeisen kesän pituuskasvu oli keskimäärin 9,9 cm. Kahden senttimetrin vuotuiselle pituuskasvulla kuusen taimilla kestää keskimäärin 42 vuotta saavuttaa rinnankorkeus. Tämän aineiston nopeimmin eli neljä senttimetriä kasvavilla se kestäisi puolet vähemmän eli 21 vuotta. Koivujen taimilla kuluisi vastaavasti aikaa keskimäärin kuusi tai nopeimmin eli 22 senttimetriä kasvavilla vain kolme vuotta rinnankorkeuden saavuttamiseen.

Sekä koivujen että havupuiden (kuusen) taimiaineksen määrä suureni puuston pohjapinta-alan suuretessa (taulukko 20). Erot pohjapinta-alaryhmien välillä eivät kuitenkaan olleet tässä tarkastelussa merkitseviä. Taimimäärät käyttäytyivät toisin kuin taimiaineksen määrä. Niiden määrä pieneni pohjapinta-alan suuretessa. Ero kuusen määrässä oli 1 % riskitasolla merkitsevä pienimmän pohjapinta-alaryhmän ja suurimman välillä. Havupuiden ja koivujen yhteismäärässä ero oli merkitsevä 5 % riskitasolla samojen ryhmien välillä. Havupuiden (kuusen) määrä oli suurimmassakin pohjapinta-alaryhmässä yli 1 000

kpl/ha. Pienimmässä ryhmässä niitä oli lähes 8 000 kpl/ha. Kuusen taimien pituuskasvu oli voimakkainta keskimmaisessä pohjapinta-alaryhmässä.

Jatkuvalla kasvatuksella käsitellyistä koemetsiköistä kahdella koealalla havupuiden ja koivujen taimiaineksen määrä oli alle 1 500 kpl/ha. Suurimmillaan se nousi pariin kolmeen sataan tuhanteen. Keskimäärin havupuiden ja koivujen taimiainesta oli lähes 67 000 kpl/ha (taulukko 21). Yksittäisillä 2 m² ympyräkoeloilla suurin taimiaineksen määrä oli yli 300 kpl eli yli 1,5 milj. kpl/ha. Valtaosa taimiaineksesta oli kuusen taimia. Yli puolella (25 koealaa) koealoista oli myös koivun taimiainesta. Sen määrä vaihteli 300–500 000 kpl/ha välillä. Männyn taimiainesta oli vain neljällä koealalla.

Suurimmillaan havupuiden ja koivujen taimimäärä nousi 45 000 kpl:een/ha. Kaikkien koealojen keskiarvo oli 6 500 kpl/ha (taulukko 21). Muut puulajit nostivat määrän noin 9 500 kpl:een. Mäntyjä oli kahdeksalla koealalla. Vain kahdelta koealalta puuttuivat koivujen taimet. Niiltä puuttui myös koivujen taimiainesta, mutta niilläkin oli runsaasti muiden lehtipuiden taimia. Niiden lisäksi neljällä koealalla koivujen taimien määrä oli alle 100 kpl/ha. Useimmilla koealoilla koivujen määrä nousi muutamaan tuhanteen, suurimmillaan lähes 30 000 kpl:een/ha. Koivujen taimia oli keskimäärin noin 3 000 kpl/ha. Niistä keskimäärin kaksi kolmasosaa oli hieskoivuja ja yksi kolmannes rauduskoivuja.

Taulukko 20. Kuusen (1) ja koivujen (2) taimiaineksen (< 0,1 m) ja taimien (0,1–1,3 m) määrä ($\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$ ha⁻¹) pitkään käsittelemättöminä olleissa kuusivaltaisissa viljavan kangasmaan erirakenteisissa metsiköissä. Puuston pohjapinta-alaryhmät: A = < 28,0, B = 28,0–31,5 ja C = > 31,5 m²ha⁻¹. Koealoja ryhmässä 7 kpl.

		Pinta-alaryhmät			F-arvo
		A	B	C	merkitsevyys
Taimi-	1	83594 ± 45889	110977 ± 40387	190667 ± 75900	0.94
aines	2	-	156 ± 156	591 ± 223	0.44
Tai-	1	7813 ± 2513	3891 ± 863	1004 ± 650	5.43**
met	2	531 ± 189	969 ± 643	107 ± 88	1.02

Taulukko 21. Havupuiden ja koivujen taimiaineksen ja taimien määrä (kpl/ha) ja taimien pituuskasvu (keskiarvo ± keskiarvon keskivirhe) hakkuun jälkeisen puuston tilavuuden mukaan ryhmiteltynä. Selitys: 1 = Havupuut, 2 = Koivut ja 3 = 1 + 2; Pitäuskasvu: a = vuonna 1990, b = 1989 ja c = 1988. N = Koealojen lukumäärä.

		Puuston tilavuusryhmä, m ³ ha ⁻¹			F-arvo,
		< 130 (N = 16)	131–175 (N = 15)	> 175 (N = 15)	merkitsevyys
Taimi-	1	56486 ± 10985	65275 ± 14679	71056 ± 26011	0.17
aines	2	6660 ± 3168	942 ± 354	458 ± 328	3.26*
(h ≤ 0,10)	3	63146 ± 10940	66218 ± 14920	71514 ± 25974	0.05
Taimet	1	5356 ± 2412	2074 ± 367	3120 ± 1335	1.05
(h = 0,1–	2	6170 ± 1896	1890 ± 443	636 ± 188	6.21**
1,30 m)	3	11526 ± 3289	3964 ± 571	3755 ± 1450	4.25*
Taimien	1a	3,9	3,6	3,3	
pituus-	1b	3,2	3,3	2,9	
kasvu,	1c	2,6	2,8	2,8	
cm	2a	17,7	16,5	12,6	

Havupuiden taimiaineksen määrässä puuston tilavuusryhmien välillä ei ollut merkitseviä eroja, vaikka niiden määrä suureni tilavuuden suuretessa.

Valtaosa taimiaineksesta oli kuusia. Koivujen taimiaineksen määrä sitä vastoin pieneni voimakkaasti puuston tilavuuden suuretessa. Ero oli merkitsevä 5 % riskillä pienimmän ja suurimman ryhmän välillä. Taimissa oli todennäköisesti ainakin kuusen osalta mukana jo ennen hakkuuta syntyneitä. Sekä havupuiden että koivujen taimien määrä samoin kuin niiden yhteismäärä pieneni puuston tilavuuden suuretessa. Ero koivujen taimien sekä havupuiden ja koivujen yhteismäärän osalta pienimmän ja suurimman tilavuusryhmän välillä oli merkitsevä.

Hakkuun jälkeinen puuston tilavuus vaikutti todennäköisesti koivujen pituuskasvuun (taulukko 21). Se näytti viimeisenä kasvukautena voimistuneen sitä enemmän mitä pienempi hakkuun jälkeisen puuston tilavuus oli. Kuusten pituuskasvu näytti voimistuneen hakkuusta kuluneen ajan mukana ja taimien koon suuretessa. Koivujen pituuskasvu oli noin viisinkertaista kuusen kasvuun verrattuna.

Kuusen taimien keskipituus vaihteli koaloilla 13–113 cm. Suurimmillaan yksittäisen kuusen taimen vuotuinen pituuskasvu oli viimeisenä kesänä noin 25 ja koivun taimen 50 cm. Koko aineiston koalojen keskiarvo oli viimeisenä kesänä kuusella noin 3,5 ja koivulla viimeisenä kesänä 14 cm. Kun kuusen taimien keskipituus oli vajaa 50 cm ja koivun 40 cm, kestäisi keskimääräisellä kasvunopeudella kuusilta keskimäärin noin 25 vuotta eli kaikkiaan noin 30 vuotta ja koivulla noin seitsemän vuotta saavuttaa rinnankorkeus. Todennäköistä kuitenkin on, että kasvutilan vapautumisen ansiosta sekä kuusen että koivujen taimien pituuskasvu edelleen nopeutuu. Niinpä mitatuilla nopeimman kasvun taimilla se vastaavasti kestäisi kuusella 4 ja koivulla kaksi vuotta.

Taimiaineksen ja taimien määrässä esiintyi voimakasta vaihtelua myös koalojen sisällä eli ympyräkoalojen välillä. Taimiaineksen ja taimien osalta tyhjiä ympyräkoaloja oli 23 koalalla eli puolella kaikista koaloista. Kahdesta taimiaineksen ja taimien osalta koivuttomasta koalasta toisella oli koi-vualikasvosta 375 kpl/ha. Ympyräkoaloista kuitenkin vain 22:lla eli alle kolmella prosentilla ei ollut puita.

Havupuiden ja koivujen taimista ja taimiaineksesta tyhjen ympyräkoalojen osuus koaloilla vaihteli 0–56 %. Keskimäärin niiden osuus koko aineistossa oli 8 %. Puuttomien ympyräkoalojen osalta vastaava vaihteluväli oli 0–38 % ja keskiarvo 3,5 %.

Tulosten tarkastelua

Metsikössä, jossa on erotettavissa kaksi erikokoista puujaksoa, edellytetään tasarakenteisena kasvatettaessa, että alikasvosta tai sellaiseksi kehittyviä taimia on riittävästi muodostamaan uuden täystiheän tasarakenteisen puuston. Sama vaatimus asetetaan myös erirakenteiselle puustolle, kun sitä aiotaan kasvattaa pohjoismaissa nykyisin vallitsevan tavoitteen mukaisesti tasarakenteisena. Tämän ja monien lisävaatimusten vuoksi ei esimerkiksi Suomen valtakunnan metsien inventoinneissa ole löytynyt kuin vähäinen määrä kehittämiskelpoiseksi arvioitua alikasvosta. Esimerkiksi seitsemännessä (1977–84) inventoinnissa sitä löytyi Etelä-Suomesta vain 2,8 %:lla metsämaan alasta (Kuusela & Salminen, 1983). Em. taimi- ja alikasvosvaatimus ei kuitenkaan

ole mielekäs silloin, kun rakenteeltaan monimuotoista varttunutta sekapuustoa sisältävää metsää halutaan kasvattaa erirakenteisena. Tällöin alikasvoksen ja taimien määrätavoitteet ovat paljon pienemmät.

Böhmerin (1957) mukaan on ilmeistä, että melko runsaspuustoisessa erirakenteisessa metsässä tapahtuu jatkuvaa uudistumista. Lundqvistin (1989) tutkimusaineisto vahvistaa tämän arvion oikeaksi Ruotsin kuusivaltaisissa erirakenteisissa metsissä. Hänen aineistossaan oli kuusen taimia ($h = 0,10-1,29$ m) keskimäärin 1 600–9 000 kpl/ha. Taimimäärä vaihteli voimakkaasti eikä se näyttänyt olleen riippuvainen puuston määrästä, joka vaihteli noin 100–280 m³/ha. Vuotuinen keskimääräinen kuusen taimien pituuskasvu vaihteli yleensä 2–9 cm. Mitä pitempiä taimet olivat sitä paremmin ne kasvoivat pituutta.

Nyt tutkimus Etelä-Suomen kuusivaltaisten pitkään käsittelemättöminä olleiden erirakenteisten metsien aineistossa kuusen ja myös koivujen taimiaineksen määrä kasvoi puuston pohjapinta-alan suuretessa, vaikka suuren hajonnan vuoksi erot eivät muodostuneetkaan tilastollisesti merkitseviksi. Kuusen taimiaineksen määrä oli pienimmilläänkin lähes 4 000 kpl/ha. Suurimmillaan se nousi jopa 570 000 kpl:een/ha. Valtaosa taimiaineksesta kuitenkin todennäköisesti tuhoutuu. Taimikoon oli nyt tutkimus aineistossa saavuttanut havupuista keskimäärin 4 000 kpl/ha. Ne olivat valtaosin kuusia. Vaihtelu oli tässäkin aineistossa suurta. Päinvastoin kuin taimiaineksen kohdalla sekä havupuiden että koivujen taimien määrä väheni puuston pohjapinta-alan suuretessa. Erot olivat niiden yhteismäärän ja havupuiden määrän osalta tilastollisesti merkitseviä. Vielä 22–28 m²/ha pohjapinta-alan sisältävän erirakenteisen puuston sisällä oli yli 500 koivujen ja lähes 8 000 kpl/ha havupuiden taimia. Näin runsas puusto täyttää tasarakenteisenakin kasvatettavan metsikön harvennuksen jälkeisen suositeltavan tason.

Tasarakenteisena kasvatetussa kuusimetsässä on runsaan suojuspuuston todettu heikentäneen taimien syntyä ja kasvua (Amilon 1929, Cajander 1934, Hagner 1962a,b, Zybur 1983). Erirakenteisena kasvatetussa metsässä ei tällaista riippuvuutta ole todettu (Böhmer 1957, Kammerlander 1978, Nilsen 1986, Lundqvist 1989). Nilsen (1988) ei ole havainnut samaa riippuvuutta Norjassa puolialpiinisessä eri-ikäiskuusikossa myöskään voimakkaan määrämittahakkuun jälkeen. Nilsenin kanssa samaan tulokseen ovat päätyneet Sarvas (1944) Suomessa, Böhmer (1957) Norjassa sekä Kammerlander (1978) Itävallassa. Kuusten taimien kuolleisuus on kuitenkin hakkuun jälkeen suurta, erityisesti määrämittaharsinnan jälkeen (Arnborg 1947, Nilsen 1986).

Sarvas (1948) on arvioinut, että eri-ikäisrakenne on yleensä mahdollista vain runsaasti varjoa sietäville puulajeille kuten jalokuuselle ja pyökille. Niiden levinneisyyden pohjoisraja olisi samalla eri-ikäismetsän kasvatuksen raja. Samankaltaisia ovat myös Mikolan (1984) arviot, että erirakenteisessa sekametsässä valopuut (pohjoismaissa mm. mänty ja koivu) vähitellen katoavat ja jäljelle jää vain varjopuita (kuusi). Sen vuoksi hänen mukaansa kuvitelma koivu-kuusierirakenteismetsästä olisi täysin mahdoton ajatus.

Tämä tutkimus kuitenkin osoittaa, että Etelä-Suomen oloissa luontaisesti erirakenteisissa kuusivaltaisissa metsissä syntyy pöimintahakkuun eli puittain jatkuvan kasvatuksen jälkeen lyhyessä ajassa runsaasti taimia. Kuusen taimien ohella syntyy myös runsaasti koivun siemensyntyisiä taimia. Havupuiden

ja koivujen taimiainesta oli tutkituissa jatkuvalla kasvatuksella käsitellyissä erirakenteisissa kuusivaltaisissa metsissä 3–7 vuoden kuluttua hakkuusta keskimäärin 67000 ja taimia 6500 kpl/ha. Koivujen osuus kummastakin, sekä taimiaineksesta että taimista, oli noin 3000 kpl/ha. Valtaosa taimiaineksesta oli kuusia. Uudistumisjaksolle sattui hyvä vuoden 1989 kuusen siemenvuosi. Se kuitenkin ehti vaikuttaa vasta taimiaineksen määrään. Runsaasta taimiaineksesta pääosa kuolee, mutta taimiksi näyttää silti kehittyvän useita tuhansia hehtaarilla. Kun koivujen pituuskasvu on parin ensimmäisen vuoden jälkeen hyvin voimakasta, ne kehittyvät todennäköisesti muutamassa vuodessa pienissäkin, muutaman neliömetrin suuruisissa aukoissa tai kuusen taimien ja alikasvoksen seassa alikasvoksen kokoon.

Taimien synty ja kehitys olivat kohtalaisen nopeita, vaikka puustoa oli hakkuun jälkeen jäljellä vielä esimerkiksi yli 175 m³/ha, sillä kuusen taimia oli yli 3000 kpl/ha ja koivujen taimia noin 650 kpl/ha. Suomen oloissa näin puustoinen metsä voidaan arvioida tuotoksen kannalta täyspuustoiseksi. On kuitenkin muistettava, että tässä työssä seuranta-aika oli lyhyt. Mitä voimakkaampaa hakkuu oli ja mitä vähemmän puustoa oli sitä runsaammin erityisesti koivun taimia syntyi ja sitä nopeampaa niiden sekä kuusen taimien alkukehitys oli. Kun puustosta hakattiin 100 m³ha⁻¹ tai enemmän ja jäljelle jäi 130–175 m³ha⁻¹, koivun taimia syntyi edellä kuvattuun tilanteeseen nähden vielä kolme kertaa enemmän. Tämä puuston tilavuus vastaa Lähteen (1990) esittämää erirakenteisen puuston tavoitemäärää hakkuun jälkeen. Kun hakkuu ylitti 100 m³ha⁻¹ ja puuston määrä putosi alle 130 m³ha⁻¹, taimimäärä nousi yli 10000 kpl/ha, suurimmillaan jopa 40000:een. Koivujen taimien määrä nousi yli 6000 kpl/ha. Kehityksen varmistaminen edellyttää jatkotutkimuksia.

Nyt mitatut taimimäärät ovat osin suurempia kuin Lundqvist (1989) on mitannut lähes samankaltaisissa oloissa Ruotsissa erirakenteisissa kuusimetsissä. Niissä taimimäärä vaihteli 1600–9000 kpl/ha. Lundqvistin (1989) mukaan puuston tilavuudella on erirakenteismetsässä vain vähän vaikutusta kuusen taimettumiseen. Samaan tulokseen ovat päätyneet myös Böhmer (1957), Nilsen (1988) ja Kammerlander (1978). Keski-Euroopassa puulajit ovat valovaatimuksiltaan osaksi erilaisia pohjoismaihin verrattuna. Puusto on kuitenkin samalla runsaampaa, joten sen varjostus on samalla suurempaa. Tämän tutkimuksen aineiston mukaan puuston tilavuus ja siten myös hakatun puuston määrä kuitenkin vaikuttavat erirakenteisen metsän uudistumiseen. Ennen kaikkea ne vaikuttavat koivun taimien syntyyn ja kehitykseen. Mitä pienempi hakkuun jälkeinen puusto on eli mitä enemmän hakkuussa poistetaan puustoa sitä voimakkaampaa koivujen uudistuminen on.

Tulokset näyttävät osoittavan, että Etelä-Suomen oloissa kuusivaltaisia luontaisesti syntyneitä erirakenteisia metsiä, joissa on todettu olevan taimia ja taimiainesta runsaasti (Lähde 1992c), voidaan käsitellä erirakenteisuutta säilyttävillä ja sitä edelleen kehittäville hakkuilla. Uudistaminen sekametsäksi kuuselle sekä hies- ja jossain määrin myös rauduskoivulle onnistuu ainakin silloin, kun hakkuun jälkeen erirakenteisen puuston määrä on alle 175 m³ha⁻¹. Toisaalta kuusen ja koivun luontaisilla kasvupaikoilla vielä noin 150 m³ha⁻¹ puusto hakkuun jälkeen antaa jatkuvasti myös hyvän puuntuotoksen, josta osoituksena ovat luontaisesti erirakenteisten kuusivaltaisten metsien rakenne-

ja tuotostiedot Etelä-Suomen metsistä 1920-, 1950- ja 1980-luvuilta (Lähde ym. 1991, 1992b).

3.4 Lehtipuut nuoren sekapuuston hoidossa

Johdanto

Taimikon perustamis- ja kasvatustiheys ratkaisevat huomattavalta osin metsikön laatukehityksen ja tuotoksen (Laitakari 1935, 1937, Huuri ym. 1987). Eryityisesti männyn, mutta myös koivun kasvatuksessa on jo perinteisesti korostettu riittävän tiheyden merkitystä laatuun tuottamisessa. Mm. Kalela (1945) suositteli näille puulajeille lähes 6000 kappaleen hehtaari tiheyttä. Kuusellekin hän suositteli 3000–4000 kappaleen tiheyttä. Sekapuustoisuus ja erirakenteisuus sallivat runkoluvultaan suuremman kasvatustiheyden kuin yhden puulajin tasarakenteinen metsikkö. Latvukset eivät supistu ensin mainituissa yhtä helposti kuin jälkimmäisessä. Harvalla tiheydellä voidaan nopeuttaa puuyksilöiden järeytymistä laatukehityksen ja puuston kokonaistilavuuden kustannuksella (Braathe 1972, Kjørsgård 1964, Stolte-Jørgensen 1967, Vuokila 1975). Sirénin (1955) mukaan luonnon kehityksessä ensimmäinen kuusisukupolvi syntyy tiheän puuston alle, joten tiheä lehtipuustokaan ei estä varjoa hyvin sietävän kuusen kehitystä. Jos hakkuu on kovin voimakas, puiden laatukehitys heikkenee. Kokonaistuotoksen onkin usein todettu olevan suurimmillaan tiheissä metsiköissä (Vestjordet 1971, Huuri ym. 1987, Lähde 1991, 1992a).

Tässä osaraportissa tarkastellaan puuston tiheyttä ja puulajisuhteita muuttavien taimikonhoitokäsittelyjen vaikutusta Etelä-Suomessa viljavan kankaan luontaisesti kuusivaltaisten taimikoiden kehitykseen ensiharvennusvaiheessa.

Aineisto

Aineisto sisältää kuusi koekenttää. Niistä kaksi sijaitsee Tuusulassa (A-B) Ruotsinkylän tutkimusalueessa ja muut neljä Vilppulassa (C-D) ja Ruovedellä (E-F) Vilppulan tutkimusalueessa. Alkuperäinen metsä on kaikilla koekentillä ollut luontaisesti syntynyt kuusi-mäntyvaltaista sekapuustoa tuoreella tai lehtomaisella kankaalla. Luontaisen uudistamisen hakkuu tehtiin 1940-luvulla. Tuusulan koekentiltä hakattiin siementävä puusto talvella 1956–57 ja taimikonhoitokoe perustettiin syksyllä 1968. Ruoveden koekentiltä siementävät puut hakattiin talvella 1957–58 ja Vilppulan koekentiltä talvella 1960–61. Jälkimmäisillä paikkakunnilla taimikonhoitokokeet perustettiin hakkuuta seuraavana kesänä. Taimikon käsittelyt olivat seuraavat:

- a. käsittelemätön
- a. normaalkäsittely, jossa taimikko perattiin ja harvennettiin yksinomaan havupuiden, lähinnä kuusen hyväksi 2 tai 2,5 metrin välein
- b. voimakas käsittely, jossa taimikko käsiteltiin kuten vaihtoehdossa b, mutta 3 tai 4 metrin välein

- c. reikäperkaus eli valikoiva käsittely, jossa muutama sata perushavupuuta hoidettiin poistamalla niiden ympäriltä 1–3 metrin säteeltä haittaava puusto. Muu osa taimikkoa jäi käsittelemättä.

Tuusulan yhdellä koekentällä (A) oli kussakin käsittelyssä 9 toistoa ja toisella (B) kaksi toistoa. Muilla koekentillä oli 2–5 toistoa. Koealojen koko vaihteli koekentittäin (Tuusulassa 30 x 30, Vilppulassa 40 x 40 ja Ruovedellä 50 x 50 m). Kaikilla koekentillä luontainen uudistuminen ympäröivistä metsistä jatkui taimikonhoidon jälkeen. Niinpä kaikilla koealoilla puusto oli ensiharvennusvaiheessa erirakenteista sekametsää, jossa pieniä puita oli runsaasti ja runkoluku pieni läpimitan suuretessa. Runkolukusarja muistutti siten käännettyä J-kirjainta eli puusto oli säännöllisen erirakenteinen (Laiho ym. 1995d). Puusto mitattiin, kun taimikonhoidosta oli kulunut 18–26 kasvukautta.

Taimikonhoitovaiheessa tehtiin kustannus selvitys työaikamenekin perusteella Ruoveden toiselta koekentältä. Kustannukset olivat suurimmat voimakkaassa harvennuksessa ja perkauksessa (käsittely c). Ero normaalikäsitelyyn (b) ei ollut merkittävä. Reikäperkauksen kustannukset olivat noin kaksikolmasosaa edellisistä. Käsittelemättömässä vaihtoehdossa ei tietenkään muodostunut taimikonhoitokustannuksia.

Tulokset ja niiden tarkastelua

Kokeiden tulokset esitetään tässä yhteydessä koekentiltä vain eri käsittelyjen keskiarvoina ja pääpiirteittäin joistakin parametreistä (taulukko 22–24). Yksityiskohtaiset tulokset pääosasta kokeita on esitetty aiemmin (Lähde 1991, 1992a).

Nyt esitettävät laajennetut aineistot näyttävät vahvistavan pääosalta koekentiltä julkaistuja aiempia tuloksia (Lähde 1991, 1992a). Jos luontaisesti syntyneen kuusivaltaisen sekataimikon annetaan kehittyä käsittelemättä ensiharvennusvaiheeseen asti, se tuottaa yhteensä vähintään saman verran rinnankorkeudelta yli 6 tai 10 cm:n paksuista puuta kuin normaalikäytännön mukaan kertaalleen havupuiden hyväksi perattu ja harvennettu taimikko (taulukko 22 ja 23). Se tuottaa kuitenkin hieman vähemmän havupuuta kuin normaalikäytäntö, mutta lehtipuiden, erityisesti koivun suurempi tuotos nostaa kokonaistuotoksen jälkimmäistä suuremmaksi. Tulos on yhdenmukainen myös Pohjois-Suomessa viljelymänniköistä ja viljelykuusikoista tehtyjen tutkimusten kanssa (Ikäheimo & Norokorpi 1986, Norokorpi & Puoskari 1987). Pohjois-Suomessakin nimenomaan luontainen koivu nosti käsittelemättömän taimikon kokonaistuotosta. Käytännön työssä tarvitaan kuitenkin uudenlaista korjuutekniikkaa, jos näin halutaan menetellä. Yksittäisten puiden järeytymistä voidaan taimikon tiheyttä rajoittamalla nopeuttaa (taulukko 24), mutta maksimaalinen järeyttäminen edellyttäne taimikon useampikertaista perkausta. Se taas merkitsee huomattavia kustannuksia, jotka voidaan kokonaan säästää antamalla taimikon kehittyä käsittelemättömänä. Nykykäytäntöä voimakkaampi perkaus ja harvennus lisäävät edelleen kustannuksia, mutta vähentävät minimikäyttöpuun kokonaistuotosta.

Taulukko 22. Tietyn läpimitan ylittäneiden ja eri lajiryhmien runkojen lukumäärä taimikonhoitokokeissa puulajiryhmittäin ja käsittelyittäin kaikkien koekenttien keskiarvoina ensiharvennusvaiheessa. Käsittelyt: a = käsittelemätön, b = normaali, c = voimakas käsittely ja d = reikäperkaus.

Käsittely	Kaikki puulajit			Havupuut yht.	Koivut yht.	Havupuut ja koivut
	Yht.	≥ 6 cm	≥ 10 cm			
a	10196	3481	1420	6711	1394	8105
b	6660	2195	1223	4338	1220	5558
c	9595	1961	931	5041	1953	6994
d	9471	2468	1171	4961	1958	6919

Taulukko 23. Taulukko 22 mukaisten aineistojen taimikoiden tilavuus (m³ha⁻¹) ensiharvennusvaiheessa.

Käsittely	Kaikki puulajit			Havupuut			Koivut		
	Yht.	≥ 6 cm	≥ 10 cm	Yht.	≥ 6 cm	≥ 10 cm	Yht.	≥ 6 cm	≥ 10 cm
a	208	194	152	152	141	110	51	45	39
b	168	160	142	155	149	135	13	11	7
c	151	140	118	128	119	110	22	18	8
d	183	167	142	124	115	96	48	44	34

Taulukko 24. Yksittäisten puiden (kaikki puulajit) tilavuus (litraa/puu) taulukko 22 mukaisissa aineistoissa ensiharvennusvaiheessa.

Käsittely	Puuryhmä		
	Yht.	≥ 6 cm	≥ 10 cm
a	20,5	55,7	107,0
b	25,2	72,9	116,1
c	15,7	71,3	126,7
d	19,3	67,6	122,1

Reikäperkaus eli valikoiva taimikonhoito, jossa vapautetaan vain muutama sadan taimen peruspuusto lähimmistä varjostavista taimista vähintään metrin etäisyydeltä näyttää tutkitussa aineistossa parhaalta käsittelyvaihtoehdolta. Siten menetellen voidaan järeyttää peruspuustoa, mutta kuitenkin samalla edistää lehtipuiden kehittymistä havupuuvaltaisessa taimikossa. Sellaisissa taimikoissa, joissa vallitsevat yksilöt ovat jo eriytyneet, ei taimikonhoidolla ole saavutettavissa hyötyä taimikon kehityksen kannalta.

Suurin käsittelytarve on tiheissä tasarakenteisissa taimikoissa, jotka hoitamatta saattavat pahoin riukuuntua ja latvukset supistua liiaksi. Niissäkin reikäperkaus on monesti riittävä toimenpide.

3.5 Sekametsän kehitys ensiharvennuksen jälkeen

Johdanto

Runkolukujakauma on ensisijainen kriteeri metsiköiden rakenneluokittelussa (Adams & Ek 1974). Se on puulajikoostumuksen ohella myös tärkeimpiä tunnuksia metsikön sisäistä diversiteettiä arvioitaessa (Buongiorno ym. 1994, Norokorpi ym. 1994, Lähde ym. 1995a). Puiden kokovaihtelua käytetään iän mukaisessa rakenneluokituksessakin, vaikka puiden koko ja ikä eivät aina olekaan riippuvuudessa keskenään. Puut kasvavat enemmän kokonsa kuin ikänsä mukaisesti (Cajander 1934, Sarvas 1951, Vaartaja 1951). Vapauttamisen jälkeen erirakenteisen puuston alikasvokset kasvavat samankokoisiksi kuin vastaavissa oloissa vapaassa tilassa kasvaneet puut (Näslund 1944, Nilsen & Haveraaen 1983, Klensmeden 1984). Ikäsite sopii siten huonosti sellaisiin metsiköihin, joissa puut ovat olleet jossakin kehitysvaiheessa alikasvoksena (Andreassen 1992). On perusteltua käyttää iän sijasta puiden kokoa metsikön sisäistä rakennetta kuvattaessa (Fischer 1980, Lähde ym. 1991, 1992b, 1994a, Andreassen 1994b).

Käännetyn J-kirjaimen mukainen runkolukujakauma arvioidaan luonnonmukaisen eli monimuotoisen metsänhoidon ensisijaiseksi tavoitteeksi, sillä biologinen monimuotoisuus on suurimmillaan metsikössä, jossa on useiden puulajien erikokoista puustoa (Buongiorno ym. 1994, Norokorpi ym. 1994, Lähde ym. 1995a). Puittainen tai ryhmittäinen jatkuva kasvatusta täyttävät hyvin tämän tavoitteen (Roach 1974, Burschel & Huss 1987) ja ovat siten hyvin luonnonmukaisia hakkuumenetelmiä (Alexander 1986). Jatkuva kasvatusta on jossain määrin ollut käytössä jatkuvasti eri puolilla maailmaa (Schütz 1994, Gane 1992). Sitä käyttäen on haluttu päästä eroon mm. kalliista ja huonolaatuisista monokulttuureista sekä toisaalta lisätä metsien monimuotoisuutta (Andreassen 1994a). Julkinen kritiikki onkin ollut voimakasta yleisesti käytettyä puuston rakennetta yksipuolistavaa avohakkuu-metsänviljelymenetelyä vastaan (Frivold 1991, Hagner 1992, Lähde 1992d, Mattsson & Li 1993). Sillä on myös heikko ympäristöarvo (Holgen & Lind 1994). Niinpä metsätalous elää eri puolilla maapalloa voimakkaan muutoksen aikoja (Clark & Stankey 1991). Sekapuustoja onkin yleisesti alettu suosia.

Tässä osaraportissa tarkastellaan puuston rakennetta säilyttävien ja muutavien käsittelyjen vaikutusta metsikön kehitykseen ja tuotukseen. Aineistona käytetään luontaisesti erirakenteisena syntyneen kuusivaltaisen viljavan kankaan metsikköä. Tutkittavana ovat käsittelemätön vaihtoehto ja määrämittahakkuu sekä voimakkuudeltaan erilaiset jatkuvan kasvatuksen ja alaharvennuksen hakkuut.

Aineisto ja menetelmät

Koealue sijaitsee viljavalla kangasmaalla Etelä-Suomessa Vilppulan tutkimusalueessa. Vallitsevien havupuiden iän ollessa noin 110 vuotta tehtiin vuonna 1945 luontaisen uudistamisen hakkuu. Jo sitä ennen alueelle oli syn-

tyntyt luontaisesti runsaasti kuusen ja lehtipuiden taimia. Talvella 1957–58 poistettiin suojuspuut. Seuraavan kesän erilaisista taimikonhoitotoista huolimatta alueelle syntyi runsaasti uusia kuusen ja lehtipuiden taimia. Niinpä puuston saavutettua ensiharvennusvaiheen se oli koko koekentällä tiheää erirakenteista sekametsää.

Osa koekentälle rajatuista koeruuduista (40 x 40 m) oli jätetty taimikonhoidossa käsittelemättä. Ne (4 kpl) jätettiin edelleen käsittelemättä ja 26 muulle ruudulle arvottiin seuraavat käsittelyt:

- a. Erirakenteisena kasvatus jatkuvalla kasvatuksella: 11 ruutua, joissa jäävän puuston runkoluku ja puulajikoostumus vaihtelivat. (Puulajiyhdistelmät vaihtelivat lähes puhtaasta kuusikosta lähes puolet lehtipuita sisältäviin metsiköihin).
- b. Tasarakenteisena kasvatus alaharvennuksella: 11 ruutua, joissa jäävän puuston runkoluku ja puulajikoostumus vaihtelivat. (Puulajiyhdistelmät vaihtelivat puhtaasta kuusikosta sellaiseen, jossa lehtipuiden osuus kohosi noin 20 %:iin pohjapinta-alasta).
- c. Puuston rakenteen tasaaminen määrämittahakkuulla, jossa läpimittarajana oli 16 cm rinnankorkeudelta (4 ruutua).

Hakkuu tehtiin talvella 1986–87. Neljä kasvukautta myöhemmin eli syksyllä 1989 mitattiin ruutujen keskeltä 2 aarin suuruinen ympyräkoela, josta mitattiin elävä puusto ja hakatun puuston määrä. Runkolukujakauma jaettiin 4 cm laajuisiin läpimittaluokkiin: 2–6, ..., > 26 cm. Niiden mukaan laskettiin käsittelemättömille, erirakenteisena kasvatetuille ja määrämittahakatuille koealoille jakauman q-arvo eli läpimittaluokkien välinen (pienemmän luokan runkoluku jaettuna suuremman runkoluvulla) keskimääräinen kerroin. Seuraava puuston mittaus tehtiin neljän kasvukauden jälkeen keväällä 1994. Tuotoseroja (suhteellinen ja absoluuttinen vuotuinen tilavuuskasvu) ja muiden puustoparametrien sekä metsiköiden diversiteetti-indeksin eroja tarkasteltiin jatkuvan kasvatuksen ja alaharvennuksen välillä varianssianalysillä. Diversiteetti määritettiin Lähteen ym. (1995a) menetelmällä elävästä pysty-puustosta. Erojen merkitsevyys käsittelyjen välillä testattiin t-testillä tai Mann-Whitney U-testillä, jos havaintojen jakauma ei ollut normaalinen eivätkä varianssit olleet yhtä suuria.

Tulokset

Alaharvennuksella poistamalla pieniä puita muutettiin alunperin voimakkaasti oikealle vinoa eli käännettyä J-kirjainta muistuttavaa runkolukujakaumaa normaalijakaumaa muistuttavaan suuntaan ja kavennettiin jakauman laajuutta. Jatkuvalla kasvatuksella sitä vastoin säilytettiin alkuperäinen luontainen erirakenteisuus. Isojen puiden poistaminen määrämittahakkuulla supisti ja samalla jyrkensi jonkin verran jakaumaa. Rakenteen kehitystä kuvasi myös runkolukujakauman q-arvo, joka jatkuvalla kasvatuksella ja määrämittahakkuulla käsitellyillä koealoilla oli hieman suurempi kuin käsittelemättömillä koealoilla (taulukko 25).

Runkoluku ($h > 1.3$ m) oli käsittelyn jälkeen jatkuvassa kasvatuksessa kolminkertainen verrattuna alaharvennuksen (taulukko 26). Käsittelemättö-

millä koealoilla runkoluku oli keskimäärin lähes kaksinkertainen jatkuvan kasvatuksen koealoihin verrattuna. Pohjapinta-alassa, tilavuudessa ja valtapituudessa ei ollut merkitsevää eroa jatkuvan kasvatuksen ja alaharvennuksen välillä. Käsittelemättömillä koealoilla pohjapinta-ala oli lähes kaksinkertainen em. käsittelyihin verrattuna. Määrämittahakuulla, joissa poistettiin vain isoimpia puita, pohjapinta-ala oli vain vähän pienempi muihin käsittelyihin verrattuna. Alaharvennus oli kohdistunut useilla koealoilla lehtipuihin. Niinpä niiden osuus oli keskimäärin pienentynyt.

Taulukko 25. Runkolukusarjan keskimääräinen q-arvo (min.–**keskiarvo**–max.) eri käsittelyissä seurantajakson alussa (1989) ja lopussa (1994).

Käsittely	1989	1994
Jatkuva kasvat	1,38- 2,00 -3,14	1,54- 2,03 -2,90
Määrämittahakkuu	1,78- 2,37 -2,89	1,85- 2,66 -4,33
Käsittelemätön	1,80- 1,98 -2,13	1,28- 1,76 -2,30

Taulukko 26. Puustoparametrit (min.–**keskiarvo**–max.) käsittelyissä hakkuun jälkeen ja erojen merkitsevyys (p) jatkuvan kasvatuksen ja alaharvennuksen välillä. U = Mann-Whitneyn U-testi ja T = t-testi. Käsittelyt: a = jatkuva kasvat, b = alaharvennus, c = määrämittahakkuu ja d = käsittelemätön.

Käsittely	Runkoja (h > 1.3 m) ha ⁻¹	Pohjapinta-ala m ² ha ⁻¹	Valtapiuus m	Tilavuus m ³ ha ⁻¹
a	2300- 3273 -5150	14,8- 22,1 -31,5	14,4- 17,4 -19,8	82,8- 156,7 -242,0
b	1050- 1441 -2050	14,0- 22,2 -34,7	14,7- 16,6 -20,6	96,6- 160,8 -282,5
p	.000	.793	.223	.922
c	3500- 5300 -6950	14,4- 20,5 -27,7	15,2- 15,7 -16,6	94,4- 127,0 -163,6
d	2850- 5100 -6800	17,6- 28,9 -40,7	15,5- 16,6 -17,1	110,7- 196,4 -294,4

Hakattu puumäärä oli jatkuvalla kasvatuksella käsitellyillä koealoilla keskimäärin 28 m³ha⁻¹ suurempi kuin alaharvennetuilla (taulukko 27). Samoin hakattu sahapuun määrä oli ensin mainituilla suurempi kuin viime mainituilla koealoilla. Neljän mitatun kasvukauden aikana kasvu vaihteli sekä alaharvennuksella että jatkuvalla kasvatuksella käsitellyillä koealoilla hyvin voimakkaasti (taulukko 28). Jatkuvalla kasvatuksella käsitellyt kasvoivat keskimäärin noin 20 prosenttia eli lähes 2 m³/ha/a enemmän kuin alaharvennuksella käsitellyt koealat. Suuren vaihtelun vuoksi ero oli kuitenkin vain melkein merkitsevää tasoa (p = 0,076).

Taulukko 27. Hakkuussa poistettu puumäärä ja sen tukkipuukokoisen puuston määrä (min.–**keskiarvo**–max.) erilaisissa käsittelyissä. Erojen merkitsevyys (p) jatkuvan kasvatuksen ja alaharvennuksen välillä.

Käsittely	Poistuma m ³ ha ⁻¹	Sahapuuta m ³ ha ⁻¹
Jatkuva kasvat	13- 77 -146	0- 12 - 30
Alaharvennus	15- 49 - 80	0- 8 - 32
p	,094	,445
Määrämittahakkuu	33- 111 -251	24- 81 -181

Taulukko 28. Vuotuinen tilavuuskasvu (min.–**keskiarvo**–max.) käsittelyjen jälkeen ja erojen merkitsevyys (p) jatkuvan kasvatuksen ja alaharvennuksen välillä.

Käsittely	Kasvu	
	m ³ ha ⁻¹	%
Jatkuva kasvat	7,3- 10,2 -12,6	3,6- 7,4 -13,3
Alaharvennus	3,0- 8,3 -11,8	2,2- 5,2 - 8,4
p	,076	,357
Määrämittahakkuu	6,9- 11,1 -13,6	6,2- 8,7 -12,4
Käsitlemätön	10,8- 15,9 -20,6	5,6- 8,1 -14,3

Myöskään määrämittahakkuu ei ollut pienentänyt puuston kasvua, vaan isoimpien puiden poistaminen oli vapauttanut jonkin verran puristuksessa olleiden puiden potentiaalista kasvua. Käsitlemättömillä ruuduilla kasvu oli selvästi suurin. Vastaavasti diversiteetti-indeksin arvo oli suurin käsitlemättömillä ruuduilla (taulukko 29). Toiseksi suurin se oli jatkuvan kasvatuksen ruuduilla, joiden ero alaharvennuksen oli merkitsevä (p = 0,001).

Taulukko 29. Metsikön sisäinen diversiteetti-indeksi (min.–**keskiarvo**–max.) eri käsittelyissä seurantajakson jälkeen.

Käsittely	Indeksi
Jatkuva kasvat	12,0- 16,4 -21,0
Alaharvennus	6,5- 11,1 -15,5
p	,001
Määrämittahakkuu	12,5- 13,9 -15,5
Käsitlemätön	15,5- 19,8 -25,0

Tulosten tarkastelua

Lehtisekapuusto havupuuvaltaisessa metsikössä edistää yleensä koko metsikön tuotosta (Jonsson 1962, Frivold 1982, Agestam 1985, Mielikäinen 1985, Lähde ym. 1994a,b). Erityisen selvä positiivinen vaikutus on valo-varjosekapuustoissa (Assmann 1970, Vandermeer 1989). Vaikutus korostuu edelleen, jos mukana on tyypeä tehokkaasti sitovia lajeja (Binkley 1984). Myös havupuiden sekametsän tuotos on parempi kuin puhtaan havupuumetsikön (Jonsson 1962, Pukkala ym. 1994).

Puun tuotoksesta monimuotoisissa erirakenteisissa sekametsissä verrattuna yksipuolisiin puustoihin eli tasarakenteisiin metsiköihin on esitetty vaihtelevia arvioita ja mittaustuloksia. Vallitsevin käsitys on, että niiden välillä ei ole suurta eroa (Mitscherlich 1963, Kern 1966, Lundqvist 1989, 1993, Kolström 1993) tai että erirakenteiset ovat tuottosampia (Eyre & Zillgitt 1953, Eckhart ym. 1961, Lähde ym. 1994a,b). Kuitenkin myös vastakkaisia käsityksiä on esitetty (Mikola 1984, Vuokila 1984, Andreassen 1994b). Metsikön kokonaiskasvua lisäävä vaikutus sekametsikössä ja erityisesti erirakenteisessa sekametsikössä perustuu mm. siihen, että puustoa voidaan kasvattaa runkoluvultaan tiheämpänä kuin tasarakenteisessa yhden puulajin metsikössä (Frivold 1982, Lähde ym. 1994a,b). Tässä tutkimuksessa, jossa seuranta-aika oli kuitenkin vielä lyhyt, jatkuvalla kasvatuksella käsitellyillä koealoilla kasvu oli suurempi kuin alaharvennuksella tasarakenteisiksi muutetuilla koe-

aloilla. Sahapuun tuotoksen määrän ja laadun osalta erirakenteisten sekametsien on arvioitu olevan tasarakenteisia edullisempia (Reynolds 1969, Assmann 1970, Pechmann & Lippemeier 1975, Guldin & Baker 1988). Tässä tutkimuksessa erirakenteisena kasvatetuilla jatkuvan kasvatuksen koaloilla saatiin ensiharvennusvaiheen hakkuussa enemmän markkinakelpoista puuta kuin alaharvennetuilta koaloilta. Kyse oli kuitenkin vasta ensimmäisestä hakkuusta.

Monimuotoinen erirakenteinen sekametsä on ekologisesti kestävämpi kuin rakenteeltaan yksipuolinen metsä. Kestävyyden on arvioitu olevan parempi luontaisia, kuten myrsky-, lumi-, hyönteis- ja sienituhoja vastaan (Köstler 1956, Assmann 1961, Leibundgut 1972, Kammerlander 1978, Burschel ym. 1992). Monimuotoinen metsä on myös monikäytöllisesti edullisempi kuin rakenteeltaan yksipuolinen metsä (Lundqvist 1990, Burschel ym. 1992, Carlsson 1992, Mattsson & Li 1993). Niinpä monimuotoisia metsiä pidetään myös kokonaistaloudellisesti rakenteeltaan yksipuolisia puustoja edullisempina (Walker 1956, Wing 1977). Tämä tutkimus vahvistaa käsityksiä, että jatkuvalla kasvatuksella voidaan säilyttää metsikön runkolukujakauman kääntettyä J-kirjainta muistuttava muoto ja samalla varmistaa korkea puun tuotoksen taso. Jatkuvalla kasvatuksella saadaan jo ensiharvennuksessa kohtalaisesti markkinakelpoista puuta, mutta alaharvennuksella tasarakenteisena kasvatuksessa poistettava puu on huomattavalta osin alamittaista ja aiheuttaa siten vain kustannuksia lisäämättä kuitenkaan jäljelle jäävän puuston kasvua. Tämän tutkimuksen lyhyt seuranta-aika edellyttää kehityksen varmistamiseksi jatkotutkimuksia.

4 Kasvu ja tuotos

(Timo Saksa, Erkki Lähde, Olavi Laiho ja Yrjö Norokorpi)

4.1 Puiden kasvu erilaisissa sekametsiköissä

Johdanto

Erityisesti metsien monimuotoisuuden, ekologisen kestävyuden ja monikäytön vuoksi pidetään nykyisin tärkeänä kasvattaa puustoa rakenteeltaan vaihtelevana sekametsänä (Hagner 1990, Lähde 1993, Parviainen & Seppänen 1994). Nykyisissä metsien kasvatusohjeissa erityisesti suositaan lehtipuusuuden säilyttämistä niin taimikonhoidossa kuin harvennushakkuissakin. Sekametsän on todettu tasarakenteisena metsikkönä kasvavan jopa hieman paremmin kuin puhtaana metsikkönä (Pukkala ym. 1994) ja erityisesti lehtisekapuustolla on todettu usein kasvua lisäävä vaikutus (Jonsson 1962, Kenel 1965, Chadwick 1980, Frivold 1982, Mielikäinen 1980, 1985, Agestam 1985). Myös erirakenteisena kasvaessaan sekametsä antaa yhden puulajin

metsikköä paremman kokonaistuotoksen (Kern 1966, Schütz 1981, Eckhart ym. 1961).

Yksittäisten puiden kasvuvertilusta toisaalta sekametsissä ja yhden puula-
jin metsissä ja toisaalta runkolukujakaumaltaan erilaisissa metsiköissä on
saatu vaihtelevia tuloksia. Kun erirakenteisessa metsikössä runkoluku on ra-
kenteen ansiosta suurempi kuin tasarakenteisessa (Lähde ym. 1994a,b), on
oletettavissa, että yksittäisen samankokoisen puun kasvu voi ensin mainitussa
olla pienempi kuin jälkimmäisessä. Jos kasvupaikan resurssit ovat puuston
käytössä täysimääräisesti, jäisi säännöllisen erirakenteisessa, runkuluvultaan
tiheimmässä puustossa vähemmän kasvuresursseja yhtä puuta kohti kuin ku-
pevan erirakenteisessa, harvemmassa puustossa.

Tämän hypoteesin selvittämiseksi tässä tutkimuksessa verrataan saman-
kokoisten kuusten ja koivujen kasvua säännöllisen ja kupevan erirakentei-
sessa metsässä. Esimerkkiaineistona on kuusivaltaiset havu- ja sekametsiköt
käenkaalimustikkatyypillä Suomen eteläpuoliskossa.

Tutkimusaineisto ja -menetelmät

Tutkimusaineistona oli Suomessa vuosina 1951-53 kerätyn valtakunnallisen
metsien inventoinnin materiaali. Inventointi tehtiin systemaattisesti linjoilta
otettuna ympyräkoela-arviointina, jossa koela edusti yhtenäistä metsikköä
(Ilvessalo 1951, 1956). Jos määräväleini otettu koela osui erilaisten metsiköi-
den rajalle, se siirrettiin saman yhtenäisen metsikön sisälle (Ilvessalo 1951).
Rinnankorkeudelta 2-10 cm paksut puut mitattiin 0,01 ha suuruiselta alalta ja
yli 10 cm läpimittaiset puut samankeskiarvosta 0,1 ha alalta.

Tämän tutkimuksen tutkimusalueeksi rajattiin kymmenen eteläisintä met-
sälautakuntaa poisluettuna Ahvenanmaa. Aineisto on kattava ja edustava otos
tältä alueelta. Tutkittaviksi otettiin viljavien kangasmaiden metsiköt, joiden
kasvupaikka luokiteltiin lehtomaiseksi kankaaksi (OMT) ja joiden puuston
tilavuus oli 120-200 m³ha⁻¹. Metsikön kehitysluokan tuli olla nuorta tai vart-
tunutta kasvatusmetsää tai uudistuskypsää metsää. Puut ryhmiteltiin yhdek-
sään 4 cm laajuiseen rinnankorkeudelta mitattuun läpimittaluokkaan: 1. 2-6,
2. 6-10, ... , 9. >34 cm. Vertailtaviksi otettiin runkolukujakaumaltaan sään-
nöllisen ja kupevan erirakenteiset Lähteen ym. (1991, 1992b, 1994a,b), Lai-
hon ym. (1994) ja Norokorven ym. (1994) käyttämän luokituksen mukaan
seuraavin tarkennuksin.

Säännöllisen erirakenteinen: Runkolukujakauma muistutti käännetyn J-
kirjaimen muotoa. Puita oli vähintään neljässä ensimmäisessä läpimittalu-
kassa. Runkoluvun (> 2 cm) tuli olla 1000 - 3000 ha⁻¹ ja pieniä puita (2-10)
tuli olla ≥ 500 kpl ha⁻¹ ja läpimittaluokassa 2-6 cm vähintään yhtä paljon kuin
seuraavassa luokassa (6-10 cm).

Kupevan erirakenteinen: Runkolukujakauma muistutti normaalijakaumaa.
Moodi ei ollut kahdessa pienimmässä läpimittaluokassa eikä jakauman kum-
massakaan reunassa. Runkoluvun tuli olla 400-1500 ha⁻¹.

Metsiköt luokiteltiin lisäksi puulajisuhteen mukaan havumetsiköiksi
(lehtipuuden osuus < 10 %) ja sekametsiköiksi (lehtipuuosuus 10-50 %). Ra-
jaus tehtiin puuston pohjapinta-alan perusteella. Näin rajattuna tutkittavia

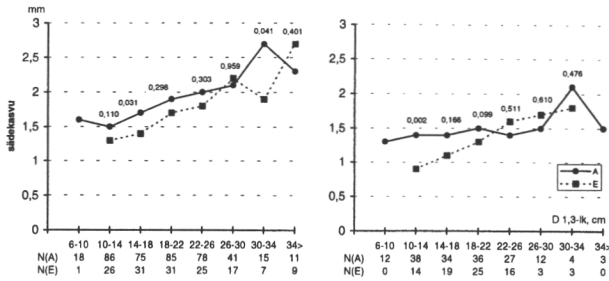
metsikkökoaloja kertyi yhteensä 136 kpl. Säännöllisen erirakenteisia havu- metsiköitä oli 42 ja sekametsiköitä 58 sekä kupevan erirakenteisia havumetsiköitä 15 ja sekametsiköitä 21 kpl (kuvat 3 ja 4). Säännöllisen erirakenteisten metsiköiden runkoluku oli kaksinkertainen verrattuna kupevan erirakenteisiin, mutta silti runkotilavuus oli hieman suurempi jälkimmäisissä (taulukko 30).

Kasvun mittausta varten oli otettu koepuita eri läpimittaluokista sekä eri puulajeista arvioidun tilavuusosuutensa mukaisesti (Ilvessalo 1951). Suuria puita tuli siten otokseen suhteellisesti enemmän kuin pieniä. Otokseen kertyi metsiköstä yleensä 10-20 koepuuta. Koepuista (kuusi ja koivu) mitatuista kasvutiedoista käytettiin tässä tutkimuksessa vuotuista sädekasvua ja kuusella lisäksi pituuskasvua. Tutkittuja kuusikoepuita kertyi 1061 ja koivukoepuita 246 kpl.

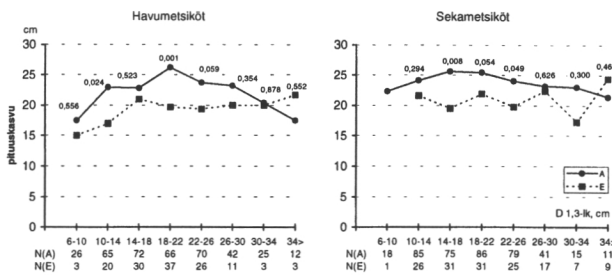
Puiden kasvueroja verrattiin läpimittaluokissa pareittain rakenteeltaan erilaisten metsiköiden välillä sekä rakenteiden sisällä havu- ja sekametsiköiden välillä Kruskal-Wallisn yksisuuntaisella varianssianalyysillä ja Mann-Whitneyn ei-parametrisellä testillä. Niitä käytettiin, koska aineisto ei täyttänyt normaalijakauman vaatimusta eivätkä varianssit olleet yhtäsuuria. Testiä ei tehty, jos jommankumman vertailuparin havaintojen määrä oli pienempi kuin kolme. Koealojen koko puustoa verrattiin vastaavalla tavalla.

Taulukko 30. Puustotunnukset ($\bar{x} \pm s$) metsikköryhmittäin. Erojen merkitsevyyden testaus tehtiin Kruskal-Wallisn yksisuuntaisella varianssianalyysillä ja Mann-Whitneyn ei-parametrisellä U-testillä. Koealojen lukumäärä esitetään oheisessa tekstissä.

Puustotunnus	Metsikkö	Säännöllisen erirakenteinen	Kupevan erirakenteinen	p-arvo
Runkoluku, kpl ha ⁻¹	Havu-	1717 ± 528	798 ± 352	0,000
	Seka-	1798 ± 541	864 ± 295	0,000
	p-arvo	0,371	0,404	
Tilavuus, m ³ ha ⁻¹	Havu-	154 ± 23	174 ± 24	0,010
	Seka-	159 ± 25	161 ± 23	0,894
	p-arvo	0,369	0,120	
Pohjapinta-ala, m ² ha ⁻¹	Havu-	20,2 ± 2,7	19,6 ± 2,7	0,568
	Seka-	20,5 ± 3,0	19,4 ± 2,6	0,185
	p-arvo	0,576	0,700	
Valtapituus, m	Havu-	19,6 ± 2,1	20,7 ± 1,9	0,106
	Seka-	20,3 ± 2,2	19,9 ± 2,0	0,481
	p-arvo	0,166	0,277	
Lehtipuita, % ppa:sta	Havu-	4,2 ± 3,3	2,8 ± 3,3	0,124
	Seka-	22,9 ± 10,8	28,6 ± 3,3	0,070
	p-arvo	0,000	0,000	
Valtapuuston ikä, a	Havu-	65 ± 18	64 ± 10	0,604
	Seka-	63 ± 13	67 ± 19	0,663
	p-arvo	0,768	0,769	



Kuva 3. Kuusen ja koivun sädekasvu sekametsiköissä läpimittaluokittain. Koepuiden lukumäärät: N(A) = säännöllisen erirakenteiset ja N(E) kupevan erirakenteiset metsiköt. Mann-Whitneyn U-testin p-arvo osakuviissa murtoviivan yläpuolella.



Kuva 4. Kuusen pituuskasvu eri metsikköryhmissä läpimittaluokittain. Selitykset ks. kuva 3.

Kuusen ja koivun kasvu

Sekä kuusen että koivun vuotuinen sädekasvu oli yleensä hieman suurempi säännöllisen erirakenteisissa kuin kupevan erirakenteisissa sekametsiköissä (kuva 3). Tilastollisesti merkitseviä tai suuntaa antavia eroja ($p < 0.10$) oli lähinnä keskikokoisissa (10-18 cm) läpimittaluokissa kummallakin puulajilla. Havaittu ero johtunee keskikokoisten puiden erilaisesta kilpailutilanteesta metsikössä. Säännöllisen erirakenteisessa metsässä keskikokoisiin puihin kohdistuva kilpailu suurempien puiden taholta jää pienemmäksi kuin kupevan erirakenteisessa metsässä. Vaikka inventointiaineistossa ei metsiköiden kehityshistoriaa tunneta, voidaan olettaa, että säännöllisen erirakenteisessa metsässä keskikokoiset puut ovat vasta vapautuneet suurempien puiden kilpailusta, kun kupevan erirakenteisessa metsässä etenkin pienimmät 'keskikokoiset' (läpimittaluokat 10 - 14 cm) puut ovat jäämässä valtapuiden varjoon välipuiksi.

Kuusen sädekasvu oli suurempi sekametsiköissä havumetsiköihin verrattuna. Ero ilmeni varsinkin säännöllisen erirakenteisissa metsiköissä, joissa se oli merkitsevä tai melkein merkitsevä läpimittaluokissa 6-18 ja 26-30 cm. Kupevan erirakenteisissa ero oli suuntaa antavasti merkitsevä vain läpimittaluokassa 10-14 cm (taulukko 31). Sekametsikössä kuusen ja koivun juuristot ottavat ravinteita eri kerroksista eivätkä näin ollen kilpaile samoista ravinnevaroista (Laitakari 1927, 1934, Kalela 1936), mikä selittää kupevan erira-

rakenteisen sekametsikön parempaa kasvua puhtaaseen metsikköön verrattuna. Säännöllisen erirakenteisessa sekametsässä ilmeisesti latvuston jakautuminen pystysuunnassa edelleen lisää sekametsän kasvupotentiaalia puhtaaseen metsään verrattuna.

Pienillä ja keskikokoisilla kuusilla pituuskasvu oli säännöllisen erirakenteisissa metsiköissä suurempi kuin kupevan erirakenteisissa, mutta suurimmilla kuusilla tilanne oli päinvastainen (kuva 4). Tilastollisesti merkitseviä tai suuntaa antavia eroja oli kuitenkin vain keskikokoisilla (10-26 cm) puilla säännöllisen erirakenteisten metsiköiden hyväksi. Pituuskasvu oli suurimmillaan säännöllisen erirakenteisissa metsiköissä keskikokoisilla (14-26 cm) puilla. Samanläpimittaiset kuuset kasvoivat pituutta yleensä saman verran sekä havu- että sekametsikössä (taulukko 31).

Tässä tutkimuksessa keskikokoiset kuuset kasvoivat paksuutta ja pituutta ja koivut paksuutta säännöllisen erirakenteisissa metsiköissä paremmin kuin kupevan erirakenteisissa. Näin ollen tarkastellussa aineistossa tutkimuksen hypoteesi, että yksityiset puut kasvaisivat kupevan erirakenteisissa metsiköissä paremmin kuin säännöllisen erirakenteisessa, ei pitänyt paikkaansa. Tulos oli pikemminkin päinvastainen.

Taulukko 31. Kuusen vuotuisen säde- ja pituuskasvun ($\bar{x} \pm s$) vertailua läpimittaluokittain havu- ja sekametsiköiden välillä säännöllisen ja kupevan erirakenteisissa metsiköissä. Erojen merkitsevyyden testaus tehtiin Kruskal-Wallisin yksisuuntaisella varianssianalyysillä ja Mann-Whitneyn ei-parametrisellä U-testillä.

Läpimittaluokka, cm	Säännöllisen erirakenteiset			Kupevan erirakenteiset		
	havu-metsiköt	seka-metsiköt	p-arvo	havu-metsiköt	seka-metsiköt	p-arvo
Sädekasvu, mm						
6-10	0,9 ± 0,4	1,6 ± 0,9	0,011	0,7 ± 0,5		
10-14	1,3 ± 0,7	1,5 ± 0,7	0,062	0,8 ± 0,3	1,3 ± 0,8	0,067
14-18	1,5 ± 0,6	1,7 ± 0,7	0,009	1,2 ± 0,5	1,4 ± 0,6	0,143
18-22	1,7 ± 0,6	1,9 ± 0,8	0,355	1,6 ± 0,6	1,7 ± 0,7	0,663
22-26	1,9 ± 0,8	2,0 ± 0,9	0,263	1,5 ± 0,5	1,8 ± 0,7	0,307
26-30	1,8 ± 0,6	2,1 ± 0,9	0,079	1,9 ± 1,1	2,2 ± 1,0	0,248
30-34	2,3 ± 1,0	2,7 ± 1,1	0,148	2,3 ± 0,7	1,9 ± 0,9	0,304
> 34	2,2 ± 0,9	2,3 ± 1,0	0,975	2,7 ± 1,1	2,7 ± 1,1	0,852
Pituuskasvu, cm						
6-10	17,5 ± 9,3	22,3 ± 16,2	0,446	15,0 ± 8,7		
10-14	22,9 ± 10,7	24,1 ± 11,7	0,557	17,0 ± 8,7	21,6 ± 13,3	0,312
14-18	22,8 ± 10,9	25,6 ± 11,2	0,138	21,0 ± 9,0	19,5 ± 9,9	0,429
18-22	26,2 ± 9,9	25,4 ± 8,6	0,598	19,7 ± 7,9	21,9 ± 10,2	0,527
22-26	23,7 ± 10,8	24,0 ± 8,5	0,991	19,4 ± 8,0	19,8 ± 9,4	0,969
26-30	23,2 ± 8,4	23,2 ± 8,3	0,948	20,0 ± 10,5	22,4 ± 11,2	0,667
30-34	20,4 ± 8,4	23,0 ± 10,1	0,557	20,0 ± 5,0	17,3 ± 10,5	0,642
> 34	17,5 ± 8,4	21,4 ± 11,0	0,316	21,7 ± 10,4	24,4 ± 4,6	0,847

4.2 Varttuneiden sekametsiköiden puuston kehitys alaharvennuksen ja jatkuvan kasvatuksen jälkeen

Johdanto

Metsänkäsittelyt voidaan jakaa kahteen pääryhmään runkolukujakaumaan aiheutuvien muutosten perusteella. Puuston tasarakenteisuuteen pyrittäessä runkolukujakaumaa pyritään supistamaan ja erirakenteisuuteen tähdättäessä runkolukujakauma pidetään mahdollisimman laajana. Tasarakentaistavia metsänkäsittelyjä ovat ala- ja yläharvennuksset sekä määrämittahakkuut. Alaharvennuksessa puuston rakennetta tasataan altapäin pieniä puita poistamalla, kun yläharvennuksessa ja määrämittahakkuussa tasaus tehdään päältäpäin. Yläharvennuksessa hakataan usein myös jonkin verran pieniä puita (Yli-Vakkuri 1949). Määrämittahakkuussa poistetaan kaavamaisesti ennalta määrätyn kokorajan ylittävät puut. Ns. harsintaharvennus, jossa pyritään valta-puuston pienempien puiden kasvattamiseen mahdollisimman arvokkaaseen taloudelliseen kokoon poistamalla suurimpia puita (Vuokila 1970, 1984), on lähellä yläharvennusta.

Erirakenteisena kasvatuksessa tavoitteena on säilyttää puuston erikokoisuus ja sekapuustoisuus sekä kehittää rakennetta edelleen monimuotoisempaan suuntaan (Lähde 1993). Rakennetta monimuotoistaviin käsittelyihin luetaan puittain tai ryhmittäin jatkuva kasvatus (Lähde & Norokorpi 1995). Ruotsissa käytetään metsänhoidollisesta harsinnasta eli puittain jatkuvasta kasvatuksesta pohjoisilla alueilla nimitystä tunturimetsäharsinta (Lundqvist 1984).

Metsän käytön tarpeet ja puulajien erilaiset menekki-suhteet eri ajanjaksoina ovat osaltaan ratkaisseet käytetyn metsänkasvatuksen päälinjan. Erirakenteisena kasvatus kiellettiin meillä samalla, kun kiellettiin metsän hävitykseksi luokiteltujen määrämittahakkuiden käyttö (Appelroth ym. 1948). Nykyisin kansainväliset sopimukset, yleinen mielipide ja esim. puutuotteiden ostajien ja kuluttajien asenteet ja arvostukset ovat kääntämässä metsien käsittelyn suuntaa kohti nykyistä monimuotoisempia vaihtoehtoja.

On yllättävää, että aikoinaan ei ole perustettu vertailevia kokeita erirakenteisena ja tasarakenteisena kasvatuksesta tieteellisen perustan luomiseksi metsänhoidolliselle ratkaisulle. Tasarakenteisena kasvatuksen harvennusvaihtoehtoista ja muista yksityiskohdista on runsaasti yksittäisiä kokeita (Vuokila 1986). Tiedot puuntuotoksesta tasa- ja erirakenteisissa metsissä samoissa oloissa ovat edelleen puutteellisia.

Sekä Ruotsissa että Norjassa on metsän erirakenteisena kasvatusta seurattu pienehköillä pitkäikäisillä koesarjoilla tuoreilla kankailla, mutta niistä puuttuvat tasarakenteisena kasvatuksen vertailualat (Klensmeden 1984, Lundqvist 1989, 1993, Andreassen 1992, 1994). Lisäksi näihin koesarjoihin on otettu mukaan koaloja, joita ei kuitenkaan ole käsitelty alkuperäisen tarkoituksen mukaisesti tai on hakattu niin voimakkaasti, että käsittely on muistuttanut enemmän määrämittaharsintaa kuin jatkuvaa kasvatusta.

Ensimmäinen vertaileva laaja kenttäkoesarja perustettiin 1980-luvulla pääosin varttuneessa kasvatusvaiheessa olleisiin erirakenteisiin metsiköihin (Lähde ym. 1992a). Rinnakkain tehtiin mm. tasarakenteisena kasvatusta alaharvennuksella ja erirakenteisena kasvatusta puittain jatkuvalla kasvatuksella. Tässä tutkimuksessa verrataan näiden käsittelyiden aiheuttamia kehitys- ja kasvueroja kuusivaltaisissa sekametsiköissä ensimmäisen hakkuun jälkeen.

Aineisto ja menetelmä

Tutkimusaineisto koostui Etelä-Suomesta Pohjois-Suomeen ulottuvasta koe-sarjasta (perustettu 1983-1989), jossa verrattiin puuston kehitystä ja kasvua alaharvennuksen ja jatkuvan kasvatuksen jälkeen. Tarkasteltavana oli 24 arvottua koealaparua (taulukko 32). Aineisto koostui kuusivaltaisista sekametsiköistä, joiden puusto ennen käsittelyä oli erirakenteinen. Puuston mittaukset (40 x 40 m metsikkökoeala) tehtiin ennen eriyttäviä hakkuita, hakkuun jälkeen sekä tarkkailujakson lopulla (5 - 11 vuotta hakkuusta). Hakkuissa pyrittiin säästämään lehtipuita etenkin jatkuvan kasvatuksen osakuvioilla. Tarkkailujakson lopussa lehtipuiden keskimääräinen osuus oli 20 % puuston pohjapinta-alasta.

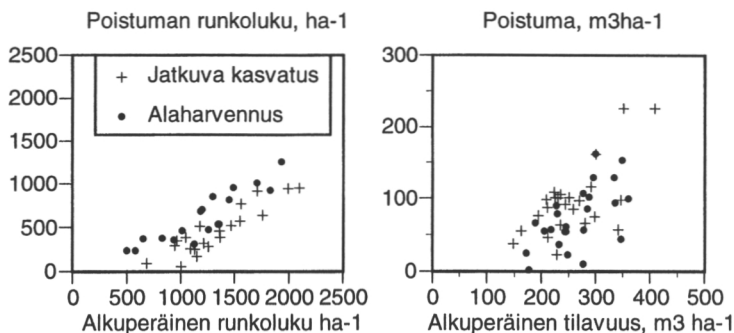
Taulukko 32. Koealaparien puustoparametrit ja käsittelytiedot mittausjakson lopussa. a = puittain jatkuva kasvatusta, b = alaharvennus. Merkitsevyydestit (p): S = Sign ja W = Wilcoxon.

Koe- ala- pari	Käsit- tely	Seuranta- jakso, a	Runkoja h>1,3 m ha ⁻¹	Pohja- pinta- ala, m ² ha ⁻¹	Valta- Poistuma pituus, m	Poistuma m ³ a ⁻¹	Koe- ala- pari	Käsit- tely	Seuranta- jakso, a	Runkoja h>1,3 m ha ⁻¹	Pohja- pinta- ala, m ² ha ⁻¹	Valta- Poistuma pituus, m ² ha ⁻¹	Poistuma m ³ ha ⁻¹
1	a	9	1470	17,8	25,0	198	15	a	5	1675	19,4	21,5	78
	b	9	525	27,1	24,9	96		b	5	413	24,1	24,7	57
2	a	11	1281	29,1	25,6	100	16	a	8	1488	24,6	19,5	104
	b	11	550	28,8	26,7	102		b	8	738	28,5	20,5	57
3	a	11	1438	26,0	21,1	88	17	a	7	1963	29,4	23,4	117
	b	11	888	25,3	21,4	104		b	7	588	30,3	25,4	73
4	a	9	1994	32,6	26,6	60	18	a	7	2319	17,9	19,0	57
	b	9	288	19,9	28,4	131		b	7	831	21,4	20,0	25
5	a	9	3819	20,9	23,8	66	19	a	7	2145	20,5	18,6	103
	b	9	669	23,9	23,1	64		b	7	646	21,4	19,1	81
6	a	9	3488	27,3	22,4	26	20	a	7	1308	21,3	18,6	94
	b	9	494	16,9	23,8	164		b	7	624	18,3	18,9	92
7	a	9	1175	23,2	25,2	228	21	a	5	1506	19,9	18,6	108
	b	9	806	26,6	23,6	58		b	5	800	21,3	18,8	60
8	a	7	1669	26,5	25,1	69	22	a	5	2075	17,5	17,8	101
	b	7	492	21,6	25,3	156		b	5	763	17,1	18,2	69
9	a	9	1963	24,3	23,0	119	23	a	8	1313	22,4	19,3	90
	b	9	281	20,6	26,0	88		b	8	456	22,0	21,0	109
10	a	11	1601	21,8	24,4	211	24	a	8	1163	21,9	18,5	164
	b	11	557	28,3	24,7	75		b	8	513	20,5	20,4	131
11	a	9	1845	18,5	21,0	112							
	b	9	475	19,2	22,9	57	Keski- määrin	a	8	1838	22,7	22,0	104
12	a	10	1925	21,9	24,4	103	Testi	b	8	578	23,4	22,8	80
	b	10	369	28,8	25,9	25			S	W	W	W	S
13	a	5	1213	16,3	21,6	40	p-arvo ja merkitsevyy		,000***	,259	,003***	,030*	
	b	5	588	22,0	21,6	4							
14	a	5	2220	23,9	22,9	49							
	b	5	519	26,6	21,7	39							

Koska aineisto kattoi lähes koko maan, ilmasto-olojen suuret erot koealarien välillä jo sinänsä merkitsivät huomattavia eroja puustotunnuksissa ja siten myös kasvussa. Menetelmien välisten erojen testauksessa käytettiin siksi ei-parametrisiä (Wilcoxon ja Sign) järjestyslukuihin perustuvia testejä, jotka eivät edellytä tarkasteltavien otosten riippumattomuutta eikä niiden jakaumien normaalisuutta.

Alaharvennuksen ja jatkuvan kasvatuksen hakkuun ominaispiirteet

Alaharvennuksessa poistettiin enemmän runkoja (50 % alkuperäisestä runkoluvusta) kuin jatkuvassa kasvatuksessa (33 %) (kuva 5). Hakkuun jälkeen runkoluku oli jatkuvan kasvatuksen koealoilla yleensä kolminkertainen alaharvennuksella käsiteltyihin koealoihin verrattuna. Jatkuvan kasvatuksen hakkuussa keskimääräinen poistuma ($98 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) oli suurempi kuin alaharvennuksessa ($76 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$). Näin ollen keskimääräinen poistetun rungon koko ($0,129 \text{ m}^3$) jäi alaharvennuksessa pienemmäksi kuin jatkuvan kasvatuksen hakkuussa ($0,210 \text{ m}^3$), mikä on luonteenomaista näille metsänkäsittelytyöille.



Kuva 5. Poistuman runkoluku ja tilavuus alaharvennetuilla ja jatkuvan kasvatuksen hakkuulla käsitellyillä koealoilla.

Jatkuvan kasvatuksen hakkuussa runkolukujakauma säilyi edelleen käännetyn J-kirjaimen muotoisena ja alaharvennuksen seurauksena runkolukusarja muuttui tavoitteena olevan normaalijakauman suuntaan. Seuraavassa alaharvennuksessa puuston runkolukusarja voidaan saattaa leveydeltään ja muodoltaan tasarakenteisuustavoitetta vastaavaksi. Puuston pohjapinta-ala, valtapituus ja tilavuus olivat yleensä alaharvennuksen jälkeen suurempia kuin jatkuvan kasvatuksen jälkeen.

Metsiköiden kehitys ensimmäisen rakennetta eriyttävän hakkuun jälkeen

Vuotuinen kasvu oli nyt tehdyn ensimmäisen hakkuun jälkeen jatkuvassa kasvatuksen koealoilla suurempi ($5,4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$) kuin alaharvennuksessa ($4,4$

m³ha⁻¹a⁻¹) (taulukko 33). Metsiköiden tuleva kehitys tulee osoittamaan, joutuuko tämä kasvuero ensimmäisen hakkuun jälkeen lähtötilanteesta (erirakenteinen puusto) vai onko metsiköiden rakenne-eroilla pidempiaikainen vaikutus puuston kasvuun.

Tämän koesarjan ensimmäiset tulokset eivät tue niitä Suomessa esitettyjä arvioita, joiden mukaan erirakenteisena kasvatus merkittäisi metsän vajautuottoisuutta (esim. Mikola 1984, Vuokila 1984, Parviainen & Seppänen 1994). Metsikön kasvatusmenetelmiä vertailtaessa puuntuotoksen lisäksi ratkaisevia tekijöitä ovat kuitenkin kaikkien kasvatusvaiheiden kustannukset, puunkorjuun kustannukset sekä metsän rakenteen monikäyttö- ja monimuotoisuuserojen arvostaminen. Näissä suhteissa tarvitaan paljon lisätutkimuksia. Lisäksi on syytä ottaa huomioon, että erirakenteisena kasvatettu metsikkö on suhteellisen helposti muutettavissa hakkuulla tasarakenteiseksi, mutta tasarakenteisen puuston palauttaminen erirakenteiseksi on työlästä ja vie pitkän ajan (Schütz 1992).

Taulukko 33. Puuston tilavuus seurantajakson lopulla ja tilavuuskasvu jakson aikana koealareittain. a = puittain jatkuva kasvatus, b = alaharvennus. Wilcoxonin testi.

Koe- ala- pari	Tilavuus, m ³ ha ⁻¹ a ⁻¹		Kasvu, m ³ ha ⁻¹ a ⁻¹		Koe- ala- pari	Tilavuus, m ³ ha ⁻¹ a ⁻¹		Kasvu, m ³ ha ⁻¹ a ⁻¹	
	a	b	a	b		a	b	a	b
1	178	301	6,21	6,89	16	177	240	6,97	6,75
2	306	320	5,51	5,62	17	288	344	7,34	4,34
3	216	228	4,20	4,05	18	132	160	4,77	2,86
4	342	244	6,81	4,66	19	157	171	4,22	3,25
5	205	229	4,07	5,32	20	166	148	2,30	1,89
6	241	168	4,38	3,72	21	145	168	3,67	2,00
7	234	263	6,06	4,93	22	123	130	3,22	2,07
8	279	231	9,57	5,56	23	169	198	6,00	3,88
9	219	233	5,26	3,95	24	167	183	4,01	2,43
10	216	296	7,58	5,44					
11	155	182	4,81	4,41	Keskim.	198	224	5,41	4,44
12	155	296	5,09	5,27	p-arvo		0,013*		0,001***
13	138	200	6,10	5,52	ja merkit sevyys				
14	197	227	6,86	6,60					
15	139	214	4,76	5,14	.				

5 Hoitomenetelmät

(Erkki Lähde, Olavi Laiho ja Yrjö Norokorpi)

5.1 Monimuotoisen ekologisesti kestävän sekametsikön hoitomallit

Metsät kehittyvät boreaalisella vyöhykkeellä luontaisesti ensisijaisesti eri tavoin erirakenteisiksi (Huse 1965, Pobedinski 1988, Lähde ym. 1991). Tasa-

rakenteiset metsiköt, joissa runkolukujakauma on suppea eli enintään 15 cm laajuinen, ovat harvinaisia poikkeustapauksia (Norokorpi ym. 1994). Ne ovat yleensä tilapäisiä ja hakkuilla tai viljelyllä aikaansaatuja. Yleisin rakenne varttuneissa metsissä on ollut säännöllisen erirakenteinen, jossa runkolukujakauma muistuttaa käännettyä J:tä (Laiho ym. 1994). Toiseksi yleisin rakenne on ollut normaali-jakaumaa muistuttava eli kupevan erirakenteinen. Yhteensä kahta edellä mainittua rakennetta oli esimerkiksi 1920-luvulla 99 % Suomen varttuneista metsistä. Jaksollisia metsiköitä on syntynyt lähinnä alikasvoksen raivauksen ja alaharvennuksen seurauksena. Boreaalisen vyöhykkeen etelä- ja pohjoisosien välillä ei rakenteissa näytä olleen olennaisia eroja. Turvemaidella säännöllinen erirakenteisuus on kuitenkin vielä yleisempää kuin kangasmailla (Laiho ym. 1994, Norokorpi ym. 1994, Groot 1995). Säännöllisen erirakenteiset metsät vastaavatkin parhaiten metsäluonnon omaa kehitystä ja ovat siten mahdollisimman luonnonmukaisia (Kenk 1995, Sjöberg & Atlegrim 1995).

Erirakenteiset metsät täyttävät tasarakenteisia paremmin myös nykyaikaiset metsikön sisäisen monimuotoisuuden vaatimukset (Angelstam ym. 1990, Buongiorno ym. 1994, Lähde ym. 1995a). Säännöllisen erirakenteiset ovat puustoltaan monimuotoisimpia. Myös puuntuotos on inventointiaineistojen ja kokeellisten tulosten mukaan säännöllisen erirakenteisissa yleensä vähintään yhtä hyvä kuin muissa rakenteissa (Lähde ym. 1994a,b, 1996, Laiho ym. 1996). Erityisesti tukkipuun tuotos on huomattava ja puun laatu arvioidaan yleensä hyväksi (Assmann 1970, Guldin & Baker 1988, Schulz 1993). Lisäksi erirakenteiset sekametsät säilyttävät tasarakenteisia, yhden puulajin puustoja paremmin kestävyytensä erilaisia luontaisia ja ihmisen aiheuttamia tuhoja vastaan (Köstler 1956, Schütz ym. 1986, Brooks & Grant 1992).

Erirakenteiset ja erityisesti säännöllisen erirakenteiset metsiköt ovat yleensä edullisimpia myös metsien monikäytön kannalta (Hasse & Ek 1981). Metsä säilyy niissä koko ajan hyvin peitteellisenä ja puuntuotos tasaisena, kun taas tasarakenteisena kasvattaminen alaharvennuksella ja uudistushakkuulla merkitsee metsikkökohtaisesti epätasaista puuntuotosta. Uudistumis- ja taimikkovaiheessa tuotos on hyvin vähäistä.

Tutkimuksen aineisto osoitti, että säännöllinen erirakenne on boreaalista vyöhykettä edustavan Suomen oloissa yleisin, luonnonmukaisin ja monimuotoisin metsikkörakenne. Samalla se on puuntuotannon ja monikäytön kannalta yleensä edullisin. Siksi se valittiin monimuotoisen ja kestäväen sekametsän hoidon perusmalliksi. Kuitenkin tässä yhteydessä on syytä korostaa myös erirakenteisena kasvattamisen heikkoja puolia ja vaikeuksia. Se edellyttää korkeata ammattitaitoa ja huolellisuutta. Daniel ym. (1979) ovat mm. käsitelleet erirakenteisena kasvatuksen huonoja puolia. He ovat korostaneet mm. laatua ja valopuiden uudistumisongelmia.

Mallinnus (taulukko 34) pohjattiin ensisijaisesti valtakunnallisten inventointien Suomen metsistä antamaan kuvaan. Pääosin tukeuduttiin vuosina 1951-1953 toteutettuun kolmanteen inventointiin. Lisätukea saatiin kenttäkokeiden tuloksista. 1950-luvun alussa maamme metsät olivat vielä verrattain lähellä luonnontilaa. Säännöllinen erirakenne vallitsi yli 60 prosenttisesti silloisissa varttuneissa metsissä. Nämä säännöllisen erirakenteiset inventointikoealat valittiin mallien pohjaksi. Etelä-Suomen koealat edustavat boreaali-

sen vyöhykkeen eteläosia ja Pohjois-Suomen koalat vyöhykkeen pohjoisosia. Tässä yhteydessä keskitytään kahteen yleisimpään kivennäismaiden kasvupaikkaan. Viljavat kankaat edustavat kuusivaltaisia sekametsiä ja kuivahkot kankaat mäntyvaltaisia sekametsiä. Niiden yhteinen koalamäärä oli 1228. Nämä kasvupaikat edustavat 70 % Suomen metsäalasta.

Taulukko 34. Metsänhoidon mallit kuusivaltaisten viljavien ja mäntyvaltaisten kuivahkojen maiden erirakenteisille metsille Etelä- ja pohjois-Suomea varten. Läpimittaluokat: 1 = 2–6, 2 = 6–10, ..., 11 = > 42 cm. Runkolukujen suhde (q-arvo) läpimittaluokille 1–7 = 16. Eh = ennen hakkuuta, Hj = hakkuun jälkeen, H = hakkuussa.

	1	2	3	4	Läpimittaluokka						Yht.	Tilavuus m ³ ha ⁻¹	Ppa m ² ha ⁻¹	Hakk. kierto, vuosia	
	Runkoja ha ⁻¹														
Etelä-Suomi, kuusivaltaiset metsät															
Eh	902	551	357	235	156	96	62	41	19	11	3	2419	248	31	
Hj	675	422	264	165	103	65	40	16	8			1758	148	20	15
H	227	129	93	70	53	31	22	25	25			661	100	11	
Etelä-Suomi, mäntyvaltaiset metsät															
Eh	742	435	317	199	136	94	69	46	36	14	6	2074	200	27	
Hj	582	364	227	142	89	55	35	12	6			1512	120	17	19
H	160	71	90	57	47	39	34	34	50			562	80	10	
Pohjois-Suomi, kuusivaltaiset metsät															
Eh	777	460	294	215	141	79	61	40	18	8	1	2085	187	28	
Hj	582	364	227	142	89	55	35	12	6			1512	107	17	31
H	195	96	67	73	52	24	26	28	21			573	80	11	
Pohjois-Suomi, mäntyvaltaiset metsät															
Eh	480	364	226	154	98	72	43	32	12	5		1481	131	21	
Hj	413	258	161	101	63	40	25	8	4			1073	71	12	37
H	67	106	65	53	35	32	18	24	13			408	60	9	

Mallinnuksen lähtökohdaksi otettiin VMI3:n koalojen runkolukujakaumat. Niistä laskettiin keskimääräiset runkoluvut alueittain, kasvupaikoittain ja puulajeittain 4 cm läpimittaluokissa miniminä DBH 2cm. Luokka 3, 10–14 cm, on Suomessa alin kaupallinen runkokoko. Sitä pienempi puusto on metsikön kehitykselle tärkeä, mutta sen lukumäärä voi vaihdella huomattavasti ilman mainittavaa vaikutusta metsikön tuotokseen. Luokka 7, 26–30 cm, puolestaan on hakkuukypsyyssraja. Sen kokoista puustoa kasvava tasarakenteinen metsikkö on kypsä uudistettavaksi. Yli 30 cm rinnankorkeudelta oleva puusto on järeää erikoispuuta. Sen esiintyminen säännöllisen erirakenteisessa metsässä on tärkeää laatupuun kasvattamisen ja monimuotoisuuden vuoksi, mutta sen määrä on harkinnanvarainen. Runkolukujakauman kiinteän ydinosaan muodostavat siten läpimittaluokkiin 3–7 (10–30 cm) kuuluvat puut. Näiden viiden läpimittaluokan puiden lukumääräsuhteet määräävät keskeisesti metsikön rakenteen. Tämän puuston q-arvo oli inventointiaineistossa keskimäärin 1,56. Q-arvo ei riippunut oleellisesti alueen sijainnista eikä kasvupaikasta. Näin kaikkien neljän mallin q-arvo pyöristettiin lähimpään tasakymmenykseen 1,6. Se on myös kansainvälisesti yleistä tasoa.

Järeää erikoispuuta sisällytettiin malleihin hieman inventointiaineiston keskimäärää vähemmän. Määrä suhteutettiin alueen sijaintiin ja kasvupaikan viljavuuteen. Myös mallien pohjapinta-alassa tukeuduttiin inventointiaineistoon. Kussakin tapauksessa pohjapinta-ala pyöristettiin tasaneliometriin. Boreaalisen vyöhykkeen eteläosan tuoreilla kankailla pohjapinta-alaksi tuli 20 m²/ha ja pohjoisosan kuivahkoilla kankailla 12 m²/ha. Pohjois-Suomen tuoreiden kankaiden ja Etelä-Suomen kuivahkojen kankaiden koalojen puustot olivat niin lähellä toisiaan, että niille pohjautuville malleille annettiin kummallekin pohjapinta-alaksi 17 m²/ha. Mallien pohjapinta-alat ovat keskimäärin 1 m²/ha pienemmät kuin saman inventoinnin kupevan erirakenteisilla koaloilla ja 2 m²/ha pienemmät kuin nykyiset tasarakenteiskasvatuksen mallit.

Mallien runkolukujakauma määräytyy pohjapinta-alan, q-arvon ja järeän puuston mukaan. Runkolukujakauma ositettiin läpimittaluokittain männylle, kuuselle ja lehtipuustolle inventointikoealojen puulajisuhteilla. Kuusen osuus pohjapinta-alasta ylitti viljavilla kankailla 50 % ja männyn vastaavasti kuivahkoilla kankailla. Lehtipuuston osuus oli kaikissa ositteissa alle neljänneksen. Lehtipuusta olivat yleisimmät rauduskoivu, hieskoivu, haapa, harmaaleppä ja raita.

Näin muodostetut mallit kuvaavat tilannetta hakkuun jälkeen, vaikka niiden pohjana oleva inventointiaineisto käsittää kaikki koalat, niin äskettäin hakatut kuin pitkään hakkaamatta olleetkin. Puustotaso oli 1950-luvun alussa kuitenkin alhainen ja monet säännöllisen erirakenteiset metsiköt voimakkaasti hakattuja. Sen jälkeen puuston määrä on noussut kaikissa rakenneryhmissä. Myös kenttäkokeiden tulokset tukevat mallien sopivuutta hakkuun jälkeiseksi tilanteeksi.

Hakkuuta edeltävä puustomalli laskettiin inventointikoealojen koepuiden avulla. Aineisto käsittää 13236 koepuuta, joista oli määritetty mm. pituus ja viiden viimeisen vuoden sädekasvu sekä pituuskasvu. Keskimääräinen sädekasvu oli 1,0 mm. Etelä-Suomessa sädekasvu oli suurin kuusella ja Pohjois-Suomessa männyllä. Sädekasvu kasvoi lievästi puiden läpimitan suuretsa.

Hakkuupoistuman suuruus vaikuttaa suuresti taloudellisuuteen. Poistuma vaatimus asetettiin malleille siksi välille 60 - 100 m³/ha, Etelä-Suomessa korkeampi kuin Pohjois-Suomessa. Sen saavuttaminen nostaa pohjapinta-alaa 8-12 m²/ha. Pohjapinta-ala ennen hakkuuta on keskimäärin 3 m²/ha alle tasarakenteiskasvatuksen harvennusrajan. Hakkuukierron pituudeksi tulee 15-34 vuotta. Se on selvästi pitempi kuin esimerkiksi keskieuropalainen käytäntö, sillä kasvatettavan puuston määrä on meillä pienempi. Harvempi ja pienikokoisempi puusto ei myöskään varjostamisellaan estä uudistumista yhtä vakavasti kuin suurempi puusto. Hakkuussa poistuva kaupallisuusrajan ylittävä runkoluku vaihtelee välillä 228-331 kpl/ha ja poistuman tukkiosuus välillä 72-74 %. Kaupallisuusrajaa pienempiä puita menetetään palstateilla ja niitä vaurioituu korjuussa, mutta muuten niitä ei hakata.

Mallit eivät ole herkkiä runkolukujakauman muodolle. Q-arvon muutos 1,6:sta 1,5:en vähentää hakkuun jälkeistä kasvua vain prosentoin. Jos uudistumisen edistämiseksi tai männyn ja lehtipuiden osuuden lisäämiseksi alitetaan ohjeellinen pohjapinta-ala esimerkiksi 5 %, alenee hakkuun jälkeinen kasvu

samassa määrin. Hakkuu ennen mallin mukaista hakkuusaantoa, esimerkiksi nuorennoksen kunnon heiketessä, vaikuttaa lähinnä korjuukustannuksiin.

Nykykäytännön mukaisesti avainbiotoopit ja niiden välitön ympäristö jätetään hakkaamatta tai käsitellään varovaisesti poimintahakkuulla varmistuen biotoopin säilyminen. Tällaisia biotooppeja ovat mm. lähteiden ja purojen sekä muiden vesien rantavyöhykkeet ja harvinaiset erityisen viljyvät tai muuten poikkeukselliset kasvupaikat.

Pökkelöt ja maapuut jätetään hakkaamatta ja korjaamatta. Osa eri lajien isoimpia puita jätetään metsikön sisäisen rakenteen ja maisemallisten syiden vuoksi aina hakkaamatta. Avohakkuualoille jätetään yksittäisiä jättöpuita. Hakkuilla pyritään kaikissa tapauksissa edistämään sekametsien kehittymistä, mikä vastaa hyvin nykykäytännön suuntausta. Se merkitsee yleensä lehtipuiden suosimista. Haapa, raita ja harvinaiset puulajit ovat monimuotoisuuden kannalta erityisen tärkeitä.

Pohjois-Suomessa ja karuilla kasvupaikoilla joudutaan usein tyytymään edellä esitettyä pienempään hakkuukertymään. Toisaalta suuri puuston määrä ja uudistamisen nopeuttamistarve voivat edellyttää keskimääräistä voimakkaampaa hakkuuta. Kaikissa hakkuissa on varottava vaurioittamasta jäävää puustoa ja maaperää. Hyvä onnistuminen edellyttää nykyistä kevyempää, kaapeampaa ja kantavampaa korjuukalustoa.

Säännöllisen erirakenteisesta puustosta kauttaaltaan koostuva metsäalue ei ole kuitenkaan monimuotoisuudeltaan optimaalinen. Aluetasolla tarvitaan myös pieni osuus avointa tilaa. Kun kasvupaikkojen taimettumiskunto tunnetusti vaihtelee voi olla mielekästä painottaa huonoimmin uudistuvilla mailla tasarakenteiskasvatusta. Avohakkuuta ja alikasvoksen raivausta on tarpeen käyttää myös silloin, kun halutaan esimerkiksi avata maisemaa. Puistometsässä alikasvoksen raivaus ja alaharvennus ovat joissakin tapauksissa niinikään tarpeellisia toimenpiteitä.

Kuusivaltaisessa metsikössä hakataan ensisijaisesti pahiten varjostavia kuusia. Isojen puiden määrää säädelään kasvupaikan ja sen sijainnin mukaan. Pohjois-Suomessa kehittyä vanhoista männyistä pystyynkuolemisen ja kuivumisen ansiosta keloja. Ne ovat rakennusmateriaalina arvokkaita ja niistä on jatkuvasti puutetta. Jättämällä hakkaamatta osan isoimmista männyistä voidaan monimuotoisuuden rikastuttamisen lisäksi turvata kelojen tuottaminen. Runkoluvun säätelyssä on olennaista, että uudistuminen pääsee täydentämään hakkuussa vapautunutta tilaa ja puiden siirtymä etenee läpimittaluokasta toiseen korvaten vähitellen isoimpien puiden osuuden. Tämä ei aina edellytä, että runkolukujakauma olisi voimakkaasti vino.

Alikasvoksen säästäminen hakkuussa on erittäin tärkeää. Alikasvos muodostaa metsän peitteellisenä säilyttämisen perustan. Mm. monien uhanalaisten lajien säilyminen edellyttää metsäekosysteemin jatkuvuutta. Alikasvos on metsän uudistumispotentiaali. Kustannussäästöt uudistamisessa ja taimikonhoidossa kompensoivat varovaisen hakkuun ja korjuun edellyttämiä lisäkustannuksia.

Kupevan erirakenteisia metsiköitä, joita luonnehtii verrattain laaja ja yhtenäinen normaalijakauma eli kellokäyrää muistuttava runkolukujakauma, esiintyy jonkin verran boreaalisen metsän luonnonvaraisessa kehityksessä. Todennäköisesti kyse on metsiköistä, jotka ovat syntyneet täysitiheinä suh-

teellisen lyhyessä ajassa esimerkiksi kaskeamisen ja perusteellisen metsäpalo-
lon jälkeen. Niitä on muodostunut myös alaharvennuksen seurauksena. Näis-
sä metsiköissä esiintyy ja syntyy yleisesti alikasvosta, monesti sitä on sellai-
senaan riittävästi uuden metsän ainekeksi. Runsaspuustoisissa metsiköissä
valoa vaativien puulajien uudistuminen kuitenkin vaikeutuu. Kupeva runko-
lukujakauma pyritään useimmiten muuttamaan säännöllisen erirakenteiseksi.
Siihen päästään leikkaamalla normaalijakaumaa muistuttavaa huippua. Siten
tehdään tilaa alikasvokselle elpyä ja vähitellen saavuttaa vallitseva puujakso.
Hakkuu on taloudellisempi kuin kaavamainen alaharvennus, jossa hakataan
vain pienimpiä puita ja joka on metsikön monimuotoisuudelle kohtalokas. Jos
hakkuun jälkeen taimettuminen ei etene tavoitteiden mukaisesti, sitä voidaan
nopeuttaa kylvöllä tai istutuksella.

Kaksijaksoisia metsiköitä luonnehtii usein suppea ja runkolukujakaumal-
taan kupeva vallitseva jakso ja erillinen alikasvos. Nämä kerrokselliset puus-
tot ovat syntyneet pääasiallisesti alaharvennuksen tai luontaisen uudistamisen
hakkuun tuloksena. Myös kerroksellista rakennetta kehitetään kohti säännöl-
listä erirakenteisuutta. Jos hakkuukertymä jäisi vähäiseksi, annetaan alemman
jakson ilman hakkuuta saavuttaa ylempi jakso. Tämän jälkeen sovelletaan joko
suoraan säännöllisen erirakenteisen metsikön tai kupevan erirakenteisen
eli normaalijakaumaa muistuttavan rakenteen käsittelymallia.

Muiden rakenteiden osuus on ollut Suomen varttuneissa metsissä koko
1900-luvun ajan vähäinen. Yleisimmin näitä luonnehtii pienikokoinen (DBH
> 2 cm) alikasvos ja sitä seuraava puuton väliluokka. Käsittelyssä sovelletaan
kaksijaksoisen rakenteen ohjetta.

5.2 Tasarakenteisen puuston muuttaminen erirakenteiseksi

Luontaisesti syntynyt sekataimikko ei tarvitse hoitotoimenpiteitä ennen en-
siharvennusta (Lähde 1991, 1992a) silloin, kun myös pienikokoiselle puulle
on esim. energiakäyttöä ja korjuutekniikkaa kehitetään jäävää puustoa säästä-
väksi. Harvennuksessa kehitetään puuston rakennetta erirakenteiseksi. Jos
taimikko kehittyy niin tiheäksi, että elävän latvuksen osuus supistuu liiaksi,
tehdään valikoivaa reikäperkausta. Sillä vapautetaan muutama sata hyvä-
laatuisinta tai muuten arvokkainta yksilöä hehtaaria kohti (Lähde 1995). Seu-
raavilla harvennuskerroilla jatketaan edelleen puuston erirakenteistamista
hakkaamalla osa isoimmista ja huonolaatuisimmista puista.

Männyn ja koivun istutusalueille syntyy usein samanaikaisesti luontaista
kuusta (Saksa 1992). Hitaamman alkukehityksensä vuoksi se jää viljely-
taimien varjoon ja eriytyy selkeäksi ja usein hyvin tiheäksi alikasvokseksi.
Sekä monimuotoisuuden että taloudellisuuden kannalta taimikkoa tulee kas-
vattaa alikasvosta tuhoamalla. Päälyspuustoa voidaan puiden riittävästi kar-
siuduttua kasvattaa harvassa asennossa laatupuuta tavoitellen ja siten edistää
erirakenteisuuden kehittymistä.

Varttunutta tasarakenteista puustoa harvennetaan laatupuun kasvatusta huomioimalla siten, että kasvamaan jätetään edelleen jonkin verran myös parhaita pienempiä puita. Siten laajennetaan vähitellen runkolukujakaamaa. Väljennyshakkuun jälkeen voidaan edistää luontaista uudistumista kevyellä muokkauksella, mikäli tarpeen, ja siten auttaa puuston kehittymistä kerrokselliseksi. Sen jälkeen jatketaan kerroksellisen erirakenteisen metsikön kasvatusohjeiden mukaan.

Tasarakenteisen uudistuskypsän puuston monimuotoistamisen perusmenetelmänä on joko suojuspuu- tai siemenpuuhakkuu. Siementäviksi puiksi jätetään pääosin mäntyjä ja/tai lehtipuita, edellisessä 150–350, jälkimmäisessä 20–150 puuta hehtaarille. Mikäli uudistettavassa metsikössä on jäljellä vain isoja vanhoja kuusia, on tarpeen käyttää eriasteisia avohakkuuita.

Avaavista hakkuista suosittelavimpia ovat pienaukot (suurimmillaan noin 0,3 ha) ja kaistaleet (leveys enintään 25 m). Pienaukot on syytä tehdä kuljetusurille. Kaistaleet sijoitetaan metsän ja maiseman muodot sekä vaihtelu huomioonottaen. Kerrallaan käsitellään enintään kolmannes pinta-alasta. Laaja-alaisia (kokoraja ekologisista syistä boreaalisen vyöhykkeen eteläosissa noin kaksi ja pohjoisosissa noin puolitoista ha) avoaloja käytetään vain kuluksen sitä edellyttäessä. Myös pieniä avoaloja on suosittelavaa kulottaen, mikäli se on mahdollista. Hakkuutähdekasojen poltto on suosittelavaa. Se on turvallisinta tehdä myöhään syksyllä tai varhain keväällä. Kuluksen täydennyksenä on toisinaan tarpeen käyttää kevyttä maanmuokkausta uudistumisen edistämiseksi. Viljelyä tarvittaessa hajakylvö mahdollisimman paikallisella metsikkösiemenellä on suosittelavin ratkaisu. Siemenpuu- tai suojuspuuhakkuun sekä erityisesti avohakkuun seurauksena syntyy usein viljavilla kasvupaikoilla ongelmia uudistusalan heinittymisessä ja vesakoitumisessa. Tällöin tarvitaan täydennysistutusta ja/tai taimikonhoitoa.

6 Yleistarkastelua

Nykyisin metsien käyttöön kohdistuu yhä enemmän ja laajemmin erilaisia tarpeita. Siten ei voida yleisesti jakaa metsiä sellaisiin, joita käytettäisiin vain puuntuotantoon ja toisaalta sellaisiin, joita samanaikaisesti käytettäisiin moiniin eri tarkoituksiin. Varsinaisia puuntuotantometsiäkin on tarpeen käsitellä siten, että niiden monimuotoisuus ja ekologinen kestävyys eivät ainakaan vakavasti vaarantuisi ja että ne toimisivat samalla myös monikäyttömetsinä. Eivät ainoastaan ympäristöaktivistit, vaan myös tavalliset laajat kuluttajapiirit ympäristötietoisuuden kasvun myötä haluavat yhä voimakkaammin vaikuttaa siihen, miten niitä metsiä käsitellään, joiden raaka-aineesta heidän ostamansa tuotteet on valmistettu. Näin ollen on tarve kehittää sellaisia metsänhoitomenetelmiä, jotka samanaikaisesti palvelisivat mahdollisimman hyvin ja myös taloudellisesti kaikkia erilaisia metsänkäyttömuotoja, on voimakkaasti kasvanut. Tähän suuntaan käytäntö on viime vuosina meillä edennytkin. Suomen oloissa lehtipuilla on tärkeä osuus tällaisten menetelmien ke-

hittämisessä. Erityisesti koivu ja haapa ovat helposti uudistuvia, nuorena nopeakasvuisia ja monimuotoisuuden kannalta arvokkaita.

Jo vanhastaan on ollut olemassa tällaisia vaihtoehtoja, mutta niiden käyttö on jäänyt pitkäksi aikaa vähäiseksi. Viimeisen kymmenvuotiskauden aikana on eri puolilla perustettu järjestöjä tai liikkeitä, joiden tavoitteena on juuri kehittää tällaisia nykyvaatimuksiin sopivia luonnonläheisiä menetelmiä. Vuonna 1989 perustettiin Euroopassa Pro Silva (Metsän puolesta) järjestö. Hieman myöhemmin perustettiin Brittein saarilla Continuous Cover Forestry Group (Jatkuvan kasvatuksen metsätalousryhmä). Pohjois-Amerikassa vastaavia hankkeita kutsutaan mm. New Forestry (Uusi metsätalous) ja Wholistic Forest Use (Kokonaisvaltainen metsän käyttö). Suomessa perustettiin vuonna 1997 Ekometsätalouden liitto. Myös virallisella taholla on sekä kansainvälisesti että eri maissa kansallisesti korostettu samankaltaisia tavoitteita. Vuonna 1992 pidettiin Rio de Janeirossa YK:n ympäristö- ja kehityskonferenssi ja vuonna 1993 järjestettiin Helsingissä Euroopan metsäministerien kokous. Näissä kokouksissa korostettiin samoja tavoitteita.

Vaihtoehtoisia ratkaisumalleja tarvittaisiin välittömästi mm. uuden metsälain määrittelemiä avainbiotooppeja varten. Kasvihuoneilmion voimistuminen osaltaan edellyttäisi avohakkuiden välttämistä ja metsien säilyttämistä runsaasti hiiltä sitovina eli puustoltaan jatkuvasti peitteellisinä. Yleinen ja useiden tutkimusten vahvistama käsitys on, että erirakenteiset sekametsät samalla kun ne täyttävät nykyaikaiset monimuotoisuusvaatimukset palvelevat myös hyvin samanaikaisesti kaikkia metsän käyttömuotoja. Vaatimus metsien määrällisestä kestävydestä tulisikin laajentaa käsittämään myös ekologisen kestävyden. Siinä lehtipuilla on maan biologian hoitajina tärkeä osuus.

Kaikessa luonnon käsittelyssä on voimistunut vaatimus noudattaa mahdollisimman hyvin luonnon omaa kehitystä. Valtakunnalliset inventointitiedot ja erilliset tutkimukset vahvistavat sen käsityksen, että saadessaan kehityä luonnontilaisina ja luonnon oloissa metsät ovat ensisijaisesti eri tavoin erirakenteisia sekametsiä. Tämä tulos on vastoin sellaista käsitystä, jonka mukaan metsälläkin olisi yksittäisen puun tavoin selvästi rajattava elinkaari eli ikä. Siten metsä kehittyisi aukeasta alasta täysikasvuiseen, mutta tasakokoisen puuston kliimaksivaiheeseen. Sitten se luonnon voimakkaimman häiriön eli metsäpalon jälkeen palaisi uudelleen aukeaksi alaksi. Tätä lähinnä teoreettista ns. suurta kiertoa on käytetty yhdessä kilpailussa allejäävien puiden kuoleamisen kanssa luonnonmukaisena perusteluna alaharvennukselle ja avohakkuulle.

Tämän käsityksen vastaisesti yleisin rakenne luonnon metsässä on ollut sellainen, jossa runkolukujakauma muistuttaa käännettyä J-kirjainta eli pieniä puita metsikössä on ollut eniten ja puiden määrä on pienentynyt suhteellisen tasaisesti läpimitan suuretessa. Suuretkaan luonnon itsensä aiheuttamat muutokset eli häiriöt eivät ole yleensä tehneet metsää puuttomaksi. Vain ihmisen käsittelyllä yksipuolistuneet puustot voivat luonnon häiriössä tuhoutua kokonaan. Toisaalta ihmisen toiminnallaan aiheuttamat häiriöt voivat olla niin vakavia, että puusto tuhoutuu kokonaan. Tuhojen kestävydessä on lehtipuilla myös tärkeä rooli havupuuvaltaisissa metsissä.

Käytettävissä olevan tieteellisen tiedon ja käytännön kokemuksen mukaan näyttääkin siltä, että jo puuntuotannon määrällisen ja laadullisen tavoitteen

vuoksi, mutta erityisesti kokonaistaloudellisista ja samalla ekologisista syistä paras metsänkäsittely on sellainen, jolla metsä koko ajan säilytetään puustoisena. Näin ollen metsän hoito erirakenteisena sekapuustona puittaisella tai ryhmittäisellä jatkuvalla kasvatuksella täyttää parhaiten ja taloudellisesti samanaikaisesti kaikkien metsänkäyttömuotojen tarpeet.

Perinteisesti metsien rakennetta on pyritty kuvaamaan puuston ikäluokituksella. Menettely sopii viljelymetsiin, mutta se ei kuvaa parhaiten ja täsmällisimmin luontaisen metsikön puuston sisäistä rakennetta. Sen sijaan runkolukujakauma rinnankorkeudelta mitattuna kuvaa parhaiten ja yksiselitteisimmin metsikön sisäistä rakennetta. Täydentävänä tietona tarvitaan mittausrajaa pienemmän eli (esimerkiksi yleensä rinnankorkeusläpimitaltaan alle 6 cm) alikasvoksen määrä ja puulajisuhteet. Alikasvoksessa lehtipuiden osuus on hyvin merkityksellistä. Alikasvos kokonaisuudessaan on erittäin arvokas uudistumisreservi, joka käytännössä valitettavan usein tuhoetaan. Tarvittaisiin kiireellisesti hakkuu- ja korjuumenetelmien kehittämistä ja käytön ajoittamista nimenomaan alikasvosta, mutta myös muuta jäävää puustoa säästäviksi. Alikasvoksen säilyttämisellä on suuri merkitys myös metsän monimuotoisuuden ja monikäytön kannalta. Esimerkiksi metsäkanalintujen poikueiden menestyminen edellyttää niiden säästämistä.

Se, että erirakenteiset sekametsät tuottavat myös puuta enemmän kuin yhden puulajin tasarakenteisena kasvatus, on ymmärrettävää, sillä lehtipuut yleensä parantavat koko puuston kasvua ja metsämaa pidetään koko ajan lähes täyspuustoisena. Sitä ei välillä, kuten avohakkuussa, saateta puustoltaan tyhjään tilaan, jota lisäksi seuraa pitkä toisinaan jopa kymmeniä vuosia kestävä määrällinen ja laadullinen vajaatuottoisuusvaihe. Jälkimmäinen ongelma koskee osittain myös luontaisen uudistamisen hakkuuta. Lyhyt täyspuustoinen vaihe kiertoajan lopussa ei enää pysty kompensoimaan puuston nuoruusvaiheen määrä- ja laatumenetyksiä. Alaharvennuksessa poistetaan pienikokoinen puusto. Se ei anna aina hakkuussa merkittävää taloudellista tulosta, mutta ei sanottavasti paranna jäävän puuston kasvuakaan eikä edistä laatukehitystä. Sitä vastoin erirakenteiskasvatuksessa vapautetaan pienempien puiden kasvupotentiaalia hakkaamalla pääosa hyvän taloudellisen tuloksen antavista isoimmista ja ainakin osittain varjostavista puista. Säätelemällä hakkuilla puustopääomaa tietyissä rajoissa huolehditaan siitä, että pienempien puiden ja alikasvoksen elpymiskyky ja nopea reagointi vapauttamiseen säilyvät jatkuvasti korkealla tasolla. Samalla puuston erirakenteisuuden ja sekapuustoisuuden ansiosta runkoluku voidaan erirakenteisessa metsikössä pitää koko kasvatuksen ajan korkeammalla kuin tasarakenteisen ja erityisesti yhden havupuulajin puuston runkoluku jo taimikonhoidon tai viimeistään ensiharvennuksen jälkeen. Erirakenteisen sekametsän kasvatuksessa on siten koko metsän kerros, kuten prof. Hans Leibundgut on sattuvasti todennut, juurten kärjistä ylimpään puun latvaan tasapainoisesti ja tehokkaasti käytössä. Yhden puulajin tasarakenteiskasvatuksessa on käyttövajauksia koko kiertoajan sekä maassa että sen läheisessä ilmakerroksessa.

Erirakenteisen sekametsän tasainen kehitys ja kasvu merkitsevät myös taseisuutta kaikissa muissa niin luonnon itsensä kuin ihmisen toiminnoissa. Hakkuutulot voidaan pitää metsiköittäinkin tasaisina. Samoin metsän myyntiarvo säilyy tasaisena ja korkeana. Metsäekosysteemin eläinten, kasvien ja

muiden eliöiden elinympäristö säilyy tasaisena, jolloin koko ekosysteemin kestävyys, tuottavuus ja käyttökelpoisuus pysyvät koko ajan korkealla tasolla eli metsä säilyy ehjänä metsäekosysteeminä. Yleensäkin monimuotoisuuden säilyttäminen metsikön sisäisesti eli puuston jatkuva peitteellisyys on monien harvinaisten ja uhanalaisten metsälajien kannalta suorastaan elinehto. Eriakenteisen kasvatuksen vaihtoehtoon liittyy tietenkin myös ongelmia, joiden ratkaisemiseksi erityisesti korjuutekniikan kehittämistä ja myös tutkimustointaintaa pitäisi merkittävästi lisätä.

Kirjallisuutta

- Aaltonen, V. T. 1919. Kangasmetsien luonnollisesta uudistumisesta Suomen Lapissa. I. Referat: Über die natürliche Verjüngung der Heidewälder im Finnischen Lappland. I. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 1(1): 1–319 + 56 s.
- Aarnio, J., Hyppönen, M. & Valkonen, S. 1998. Alikasvosten hyödyntämisen talous. Julkaisussa: Moilanen, M. & Saksa, T. (toim.). Alikasvokset metsänuudistamisessa. Varjosta valoon. Metsälehti Kustannus ja Metsäntutkimuslaitos. Pihlaja-sarja 3:67–74.
- Adams, D. M. & Ek, A. R. 1974. Optimizing the management of uneven-aged forest stands. Can. J. For. Res. 4:274–287.
- Agestam, E. 1985. En produktionsmodell för blandbestånd av tall, gran och björk i Sverige. Summary: A growth simulator for mixed stands of pine, spruce and birch in Sweden. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Yield Research, Reports 15. 150 s.
- Alexander, R. R. 1986. Silvicultural systems and cutting methods for Ponderosa pine forests in the Front Range of the Central Rocky Mountains. USDA, Forest Service. Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, General Technical Report RM-128. 22 s.
- Alho, P. 1968. Pohjois-Pohjanmaan metsien käytön kehitys ja sen vaikutus metsien tilaan. Summary: Utilization of forests in North Ostrobothnia and its effect on their condition. Acta Forestalia Fennica 89:1–216.
- Amilon, J.A. 1929. Hyggesskötseln och föryngringen inom mossrika skogar till Vacciniumtypen inom Örå revir. Norrlands Skogsvårdsförbunds Tidskrift 1929:78–137.
- Andreassen, K. 1992. Volume production and problem with the stability of the stand structure in uneven-aged and multi-layered spruce (*Picea abies* Karst.) forest in Norway. Julkaisussa: Hagner, M. (toim.). Silvicultural alternatives. Proceedings from an internordic workshop June 22–25 1992. Swedish University of Agricultural Sciences. Department of Silviculture. Reports 35:23–28.
- 1994a. Bledning og bledningsskogen litteraturstudie. Aktuelt fra Skogforsk 2/94. 23 s.
- 1994b. Development and yield in selection forest. Meddelser fra Skogforsk 47(5): 1–37.

- Angelstam, P., Welander, J., Andren, H. & Rosenberel, P. 1990. Ekologisk planering av skogsbruk. Miljöprojekt Sundsvall-Timrå. Delrapport 8. Sundsvall. 123 s.
- Appelroth, E., Heikinheimo, O., Kalela, E.-K., Laitakari, E., Lindfors, J. & Sarvas, R. 1948. Julkilausuma. Metsätaloudellinen aikakauslehti 11:315-316.
- Arnborg, T. 1943. Granberget: En växtbiologisk undersökning av ett sydlappländskt granskogsområde med särskild hänsyn till skogstyper och förnygring. Zusammensetzung: Grandberget: ein planzenbiologische Untersuchung eines südlappländischen Fichtenwaldgebietes unter besonderer Berücksichtigung von Waldtypen und Verjüngung. Norrländskt handbibliotek 14: 1-282 + 16.
- 1947. Förnygringsundersökningar i mellersta Norrland. Norrlands Skogsvårdförbunds Tidskrift 247-293.
- Assmann, E. 1961. Waldertragskunde. BLV - Verlagsgesellschaft. 490 s.
- 1970. The principles of forest yield study. Pergamon Press. New York. 506 s.
- von Berg, E. 1995. Kertomus Suomenmaan metsistä 1858 sekä kuvia suuresta muutoksesta. Kustannusosakeyhtiö Metsälehti. 93 s.
- Binkley, D. 1984. Ecosystem production in Douglas-fir plantations: interactions of red alder and site fertility. For. Ecol. Manage. 5:215-227.
- Braathe, P. 1952. Planteavstandens virkning på bestands-utvikling og masseproduksjon i granskog. Summary: The effect of different spacing upon stand development and yield in forests of Norway spruce. Meddelander fra det Norske Skogsforsøksvesen 11(2):425-469.
- Brooks, D. J. & Grant, G. E. 1992. New approaches to forest management. Background, science issues, and research agenda. Journal of Forestry 90(1):25-28.
- Buongiorno, J., Dahr, S., Lu, H-C. & Liu, C-R. 1994. Tree size diversity and economic returns in uneven-aged forest stands. Forest Science 40(1):83-103.
- Burschel, P. & Huss, J. 1987. Crundriss des Waldbaus: Ein Leitfaden für Studium und Praxis. Verlag Paul Parey. Hamburg ja Berlin. 352 s.
- , El Kateb, H. & Mosandl, R. 1992. Experiments in mixed mountain forests in Bavaria. Julkaisussa: Kelty M. J., Larson, B. C. & Oliver C. D. (toim.). The ecology and silviculture of mixed-species forests. Kluwer Academic Publisher. s. 183-215.
- Böhmer, J.G. 1957. Bledningsskog II. Tidskrift för Skogbruk 65: 203-247.
- Cajander, E. K. 1934. Kuusen taimistojen vapauttamisen jälkeisestä pituuskasvusta. Referat: Über den Höhenzuwachs der Fichtenpflanzenbestände nach der Befreiung. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 19(5):1-59.
- Cajanus, W. 1914. Über die Entwicklung gleichaltriger Waldbestände. Eine statistische Studie. I. Acta Forestalia Fennica 3(1): 1-154.
- Carlsson, D. 1992. Adaptive economic optimisation of thinnings and rotation period in a mixed species stand. Swedish University of Agricultural Sciences. Department of Forest Economics. Working Paper 157. 33 s.

- Chadwick, D. O. 1980. Even-aged development of mixed-species stands. *Journal of Forestry* 78(4):201-203.
- Clark, R.N. & Stankey, G.H. 1991. New forestry or new perspectives? The importance of asking the right questions. *Forest Perspectives* 1 (1):9-13.
- Daniel, V., Helms, J.A. & Baker, F.S. 1979. Principles of silviculture. 2nd ed. McGraw-Hill Book Company. 500 s.
- Dodge, A.G. Jr. 1977. Natural regeneration - small ownerships. From concept to practice. USDA, Forest Service. General Technical Report NE-29: 73-76.
- Eckhart, G., Frauendorfer, R., & Nather, J. 1961. Die Wälder der Gemeinde Julbach, under besonderer Berücksichtigung der stufig aufgebauten Mischwälder. Mitteilungen der Forstlichen Bundes-Versuchsanstalt. Mariabrunn 58:1-93.
- Eggenberger, U. 1985. Charakterisierung der Plenterverfassung in Wäldern des Bergsturzgebietes von Flims. *Schweizerischen Zeitschrift für Forstwissenschaft* 136:503-513.
- Elliott, C. A. 1990. Diversity indices. *Julkaisussa: Hunter, M. L. Jr. (toim.). Wildlife, Forests, and Forestry. Principles of managing forests for biological diversity. Prentice Hall, Englewood Cliffs, N. J. s. 297-302.*
- Eyre, F. H. & Zillgitt, W. H. 1953. Partial cuttings in northern hardwoods of the lake states. USDA, Forest Service. Technical Bulletin 1076. 124 s.
- Ferm, A. 1989. Hieskoivun kasvatus soilla. Summary: Growing of pubescent birch (*Betula pubescens*) on drained peatland forests. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 322:40-52.
- Fischer, B. C. 1980. Designing forest openings for the group selection method. *Julkaisussa: Barnett, J. B. (toim.). Proceedings of the first Biennial Southern Silvicultural Research Conference USDA, Forest Service. General Technical Report 30-34:274-277.*
- Frivold, L. H. 1982. Bestandsstruktur og produksjon i blandningskog av bjørk (*Betula verrucosa* Ehrh., *B. pubescens* Ehrh.) og gran (*Picea abies* (L.) Karst.) I Sydøst-Norge. Summary: Stand structure and yield of mixed stands of birch (*Betula verrucosa* Ehrh., *B. pubescens* Ehrh.) and spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) in South East Norway. *Meldinger fra Norges Landbrukshøgskole* 61(18):1-108.
- 1991. Synen på blandskog genom tidarna. *Skog & Forskning* 202:6-10.
- Gane, M. 1992. Sustainable forestry. *Commonwealth Forestry Review* 1:83-90.
- Gibbs, C.B. 1978. Uneven-aged silviculture and management? Definitions and differences. *Julkaisussa: Uneven-aged silviculture & management in the United States. USDA, Forest Service. Timber management research. Washington, D.C. General Technical Report WO-24:18-24.*
- Gingrich, S. F. 1967. Measuring and evaluating stocking and stand density in upland hardwood forests in the Central stands. *Forest Science* 13:38-53.
- Groot, A. 1995. Silvicultural systems for Black Spruce ecosystems. *Julkaisussa: Bamsey, C. R. (toim.). Innovative silviculture systems in boreal*

- forests. Proceedings. IUFRO Symposium in Edmonton, Alberta, Canada. Oct. 2-8. 1994. Natural Resources Canada. Canadian Forest Service. s. 47-51.
- Guldin, J.M. & Baker, J. B. 1988. Yield comparisons from even-aged and uneven-aged loblolly-shortleaf pine stands. *Southern Journal of Applied Forestry* 12(5): 107-114.
- Gustavsen, H. G. & Päivänen. J. 1986. Luonnontilaisten soiden puustot kasvullisella metsämaalla 1950-luvun alussa. Summary: Tree stands of virgin forested mires in the early 1950's in Finland. *Folia Forestalia* 673. 27 s.
- Hagner, M. 1990. Kombinera plantering med skärm och beståndsförnyring! Summary in English. *Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift* 2:5-17.
- 1992. Biologiskt och ekonomiskt resultat i fältförsök med plockhuggning kombinerad med plantering. Abstract: Biological and economical results from experiments with selective felling combined with enrichment planting. Swedish University of Agricultural Sciences. Department of Silviculture. Working Paper 63:1-52.
- Hagner, S. 1962a. Ett exempel på beståndstäthetens betydelse för den naturliga förnyringens uppkomst och utveckling på god granmark i Skåne. Statens Skogsforskningsinstitut. Uppsatser 85:1-6.
- 1962b. Naturlig förnyring under skärm. Summary: Natural regeneration under shelterwood stands. *Meddelanden från Statens Skogsforskningsinstitut* 52(4):1-263.
- Hasse, W. D. & Ek, A. R. 1981. A simulated comparison of yields for even-versus uneven-aged management of northern hardwood stands. *J. Environm. Manage.* 12: 235-246.
- Hatcher, R. J. 1967. Balsam fir advance growth after cutting in Quebec. *Forestry Chronicle* 40(1):96-91.
- Hawley, R. C. 1946. *The practice of silviculture*. 5th ed. John Wiley & Sons, Inc. New York. 354 s.
- Heikinheimo, O. 1915. Kaskiviljelyn vaikutus Suomen metsiin. Referat: Der Einfluss der Brandwirtschaft auf die Wälder Finnlands. *Acta Forestalia Fennica* 4(2): 1-472.
- 1922. Pohjois-Suomen kuusimetsien hoito. Referat: Über die Bewirtschaftung der Fichtenwälder Nord-Finnlands. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 5(2): 1-132.
- 1924. Suomen metsien metsänhoidollinen tila. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 9(4): 1-12.
- 1939. Kokemuksia paksusammaltypin metsien käsittelystä. Referat: Behandlung der Wälder vom Dickmoostyp. *Silva Fennica* 52: 121-139.
- Heikurainen, L. 1971. Virgin peatland forests in Finland. *Acta Agralia Fennica* 123: 11-26.
- Holgen, P. & Lind, T. 1994. How do adjustments in the forest landscape resulting from environmental demands effect the costs and revenues to forestry. Swedish University of Agricultural Sciences. Department of Forest Economics. Working Paper 186. 51 s.

- Hunter, M. L. Jr. (toim.). 1990. *Wildlife, Forests, and Forestry. Principles of managing forests for biological diversity.* Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. 370 s.
- Huse, S. 1965. Strukturformer hos urskogsbestand in Øvre Pasvik. Referat: Strukturformer von Urwaldbeständen in Övre Pasvik. *Meldingar fra Norges Landbrukshøgskole* 44(31): 1-81.
- Huuri, O., Lähde, E. & Huuri, L. 1987. Tiheyden vaikutus nuoren istutusmännikön laatuun ja tuotokseen. Summary: Effect of stand density on the quality and yield of young Scots pine plantations. *Folia Forestalia* 685. 48 s.
- Häggström, B. 1982. Om de biologiska förutsättningarna för skogens föryngning i Norrlands höjdlägen. *Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift* 6:25-33.
- Hänell, B. 1984. Skogsdikningsboniteten hos Sveriges torvmarker. Rapporter i skogsekologi och skoglig marklära 50: 1-125.
- Hökkä, H. & Laine, J. 1988. Suopuustojen rakenteen kehitys ojituksen jälkeen. Summary: Post-drainage development of structural characters in peatland forest stands. *Silva Fennica* 22(1):45-65.
- , Piironen, M.-L. & Penttilä, T. 1991. Lämpimittajakauman ennustaminen Weibull-jakaumalla Pohjois-Suomen mänty- ja koivuvaltaisissa ojitusaluemetsiköissä. Summary: The estimation of basal area-dbh distribution using the Weibull-function for drained pine- and birch-dominated and mixed peatland stands in north Finland. *Folia Forestalia* 781. 22 s.
- Ikäheimo, E. & Norokorpi, Y. 1986. Perkauksen vaikutus männyn istutus- taimikoiden kehitykseen, laatuun ja tuhoihin Pohjois-Suomessa. Summary: The effect of cleaning on the incidence of damage and the development and quality of Scots pine plantations in northern Finland. *Folia Forestalia* 647. 49 s.
- Iivessalo, L. 1929. Puuluokitus ja harvennusasteikko. Summary: A tree classification and thinning system. *Acta Forestalia Fennica* 34(38):1-15.
- & Laitakari, E. 1949. Metsikön kasvatus. Julkaisussa: Kalela, E.K. (toim). *Suuri Metsäkirja*. WSOY. s. 235-268.
- Iivessalo, Y. 1916. Mäntymetsiköiden valtapuitten kasvusta mustikka- ja kannervatyypin kankailla Salmin kruununpuistossa. Referat: Untersuchungen über das Wachstum der vorherrschenden Bäume in Kiefernbeständen auf Heideböden von Myrtillus- und Calluna Typus. *Acta Forestalia Fennica* 6(1): 1-97
- 1920a. Kasvu- ja tuottotaulut Suomen eteläpuoliskon mänty-, kuusi- ja koivumetsille. Referat: Ertragstafeln für die Kiefern-, Fichten- und Birkenbestände in der Südhälfte von Finnland. *Acta Forestalia Fennica* 15: 1-94.
- 1920b. Tutkimuksia metsätyyppien taksatoorisesta merkityksestä nojautuen etupäässä kotimaiseen kasvutaulujen laatimistyöhön. Referat: Untersuchungen über die taxatorische Bedeutung der Waldtypen, hauptsächlich auf den Arbeiten für die Aufstellung der neuen Ertragstafeln Finnlands fussend. *Acta Forestalia Fennica* 15: 1-157.

- 1927. Suomen metsät. Tulokset vuosina 1921–1924 suoritetusta valtakunnan metsien arvioimisesta. Summary: The forests of Suomi (Finland). Results of the general survey of the forests of the country carried out during the years 1921–1924. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 11: 1–241.
 - 1937. Perä-Pohjolan luonnonnormaalien metsiköiden kasvu ja kehitys. Summary: Growth of natural normal stands in Central North Suomi (Finland). *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 24(2): 1–162.
 - 1942. Suomen metsävarat ja metsien tila. II Valtakunnan metsien arviointi. Summary: The forest resources and the condition of forests of Finland. The second national forest survey. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 30:1–446.
 - 1951. III valtakunnan metsien arviointi. Suunnitelma ja maastotyön ohjeet. Summary: Third national forest survey in Finland. Plan and instructions for field work. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 39(3):1–67.
 - 1956. Suomen metsät vuosista 1921–24 vuosiin 1951–53. Kolmeen valtakunnan metsien inventointiin perustuva tutkimus. Summary: The forests of Finland from 1921–24 to 1951–53. The survey based on three national forest inventories. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 47(1):1–227.
 - 1965. Metsänarvioiminen. WSOY. 400 s.
 - 1967. Luonnonnormaalien metsiköiden kehityksestä Kainuussa ja sen lähiympäristössä. Summary: On the development of natural normal forest stands in south-eastern north Finland. *Acta Forestalia Fennica* 81(5): 1–85.
 - 1969. Luonnonnormaalien metsiköiden kehityksestä Pohjanmaan kivennäismailla. Summary: On the development of natural normal forest stand on mineral soils in Ostrobothnia. *Acta Forestalia Fennica* 96: 1–37.
 - 1970. Metsiköiden luontainen kehitys- ja puuntuottokyky Pohjois-Lapin kivennäismailla. Summary: Natural development and yield capacity of forest stands on mineral soils in northern Lapland. *Acta Forestalia Fennica* 108: 1–43.
- Indermühle, M. P. 1978. Struktur-, Alters-, und Zuwachsuntersuchungen in einem Fichten-Plenterwald der subalpinen Stufe. Beiheft zu den Zeitschriften des Schweizerischen Forstvereins 60:1-98.
- Isomäki, A. 1979. Kuusialikasvoksen vaikutus männikön kasvuun, tuotokseen ja tuottoon. Summary: The effect of spruce undergrowth on the increment, yield and returns of a pine stand. *Folia Forestalia* 392: 1–13.
- Jeansson, E., Bergman, F., Elfving, B., Falck, J. & Lundqvist, L. 1989. Natural regeneration of pine and spruce. Proposal for a research program. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogsskötsel. Umeå. Rapport 25:1-67.
- Jonsson, B. 1962. Om barrblandskogens volymproduktion. Summary: Yield of mixed coniferous forest. *Meddelande från Statens Skogsforskningsinstitut* 50(8): 1-143.

- Kalela, E. K. 1936. Tutkimuksia Itä-Suomen kuusi-harmaaleppää-sekametsien kehityksestä. Referat: Untersuchungen über die Entwicklung der Fichten-Weisserlen-Mischbestände in Ostfinland. *Acta Forestalia Fennica* 44(2):1-198.
- 1945. Metsät ja metsien hoito. WSOY. 367 s.
- Kammerlander, H. 1978. Aufbau, Verjüngung und Verbissgefährdung der Plenterwälder im Raum Kufstein/Tirol. *Schweizerischen Zeitschrift für Forstwesen* 129:711-726.
- Keltikangas, M., Laine, J., Puttonen, P. & Seppälä, K. 1986. Vuosina 1930–1978 metsäoijitetut suot: ojitusalueiden inventoinnin tuloksia. Summary: Peatlands drained for forestry during 1930–1978: results from field surveys of drained areas. *Acta Forestalia Fennica* 193. 94 s.
- Kenk, G. 1995. Growth and yield in even-aged and uneven-aged silvicultural systems in the conifer-dominated forests of Europe. *Julkaisussa: Bamsey, C. R. (toim.). Innovative silviculture systems in boreal forests. Proceedings. IUFRO Symposium in Edmonton, Alberta, Canada. Oct. 2-8. 1994. Natural Resources Canada. Canadian Forest Service. s. 26-32.*
- Kennel, R. 1965. Untersuchungen über die Leistung von Fichte und Buche im Rein- und Mischbestand. Teil 1 und 2. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung* 136(7):149-161 ja (8):175-189.
- Kern, K. G. 1966. Wachstum und Umweltfaktoren im Schlag- und Plenterwald. Vergleichende ertragskundlichökologische Untersuchungen in zwei Ta-Fi(Bu)-Plenterwaldbeständen und zwei benachbarten Fi-Schlagwäldern des Hochschwarzwaldes. Bayerischer Landwirtschaftsverlag. München-Basel-Wien. 232 s.
- Kjersgård, O. 1964. Et planteafstandsforsøg i rødgran. Summary: An experiment in spacing of Norway spruce. *Det Forstlige Forsøgsvaesen i Danmark* 29(1):57-68.
- Klensmeden, U. 1984. Stamvis blädning. Några studier på två försöksytor i Dalarna. Examensarbete 1984-86. Swedish University of Agricultural Sciences. Department of Silviculture. Umeå. 38 s.
- Koistinen, E. & Valkonen, S. 1993. Models for height development of Norway spruce and Scots pine advance growth after release in southern Finland. Tiivistelmä: Mallit kuusen ja männyn vapautettujen alikasvostaimien pituuskehitykselle Etelä-Suomessa. *Silva Fennica* 27(3):179-194.
- Kolström, T. 1993. Modelling the development of an uneven-aged stand of *Picea abies*. *Scand. J. For. Res.* 8:373-383.
- Kujala, V. 1964. Metsä- ja suokasvilajien levinneisyys- ja yleisyyssuhteista Suomessa. Vuosina 1951-1953 suoritetun valtakunnan metsien III linja-arvioinnin tuloksia. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 59(1):1-137 (+ 34 karttaliitettä).
- Kuusela, K. & Salminen, S. 1969. The 5th national forest inventory in Finland. General design, instructions for field work and data processing. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 69(3):11-72.
- & Salminen, S. 1983. Metsävarat Etelä-Suomen kuuden pohjoisimman piirimetsälautakunnan alueella 1979–1982 sekä koko Etelä-Suo-

- nessa 1977–1982. Summary: Forest resources in the six northernmost Forestry Board Districts of South Finland, 1979–1982, and in the whole of South Finland, 1977–1982. *Folia Forestalia* 568:1–79.
- & Salminen, S. 1991. Suomen metsävarat 1977–1984 ja niiden kehittyminen 1952–1980. Summary: Forest resources of Finland in 1977–1984 and their development in 1952–1980. *Acta Forestalia Fennica* 220. 84 s.
- 1972. Suomen metsävarat ja metsien omistus 1964–70 sekä niiden kehittyminen 1920–70. Summary: Forest resources and ownership in Finland 1964–70 and their development in 1920–70. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 76(5):1–126.
- Kuusinen, M. 1994. Metsätalouden vaikutus epifyyttijäkälälajiston monimuotoisuuteen. Julkaisussa: Haila, Y., Niemelä, P. & Kouki, J. (toim.). Metsätalouden ekologiset vaikutukset borealisessa havumetsässä. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 482:75–81.
- Köstler, J. N. 1956. Allgäuer Plenterwaldtypen. *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 75 (9/10):423–458.
- Laiho, O. 1985. Alikasvosten elpyminen ja niiden hyväksikäyttö. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 182:39–50.
- 1985. Alikasvosten elpyminen ja niiden hyväksikäyttö. Julkaisussa: Saksa, T. (toim.). Varttuneen metsän metsänhoidollisen käsittelyn vaihtoehtoista. Vesijaolla 7.-9.5 1984 pidetyn koulutus- ja neuvottelupäivän alustukset. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 182: 39–50.
- 1988. Mitä tehdä alikasvoksille. *Metsä ja Puu* (9):34–35.
- 1992. Understoreys in the forests of Finland. Julkaisussa: Hagner, M. (toim.). *Silvicultural alternatives. Proceedings from an internordic workshop, June 22–25 1992. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Silviculture, Reports* 35: 100–103.
- 1993. Koivun uudistaminen ja kasvatus. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 470:28–34.
- 1994a. Runkolukujakauman ja puulajisuhteiden kehitys 1950-luvulta 1980-luvulle Etelä-Suomessa. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 495: 140–147.
- 1994b. Varttuneiden metsiköiden erirakenteisuus Etelä-Suomessa 1950-luvun alussa. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 495: 129–139.
- 1994c. Varttuneiden metsiköiden ikävaihtelu 1950-luvun alussa Etelä-Suomessa. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 495:148–154.
- , Lähde, E., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 1994. Varttuneiden metsiköiden rakenne 1950-luvun alussa. Summary: Stand structure of advanced forests in early 1950's in Finland. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 495: 90–128.
- , Lähde, E., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 1995a. Alikasvos metsän uudistuspotentiaalina. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 538:70–76.

- , Lähde, E., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 1995b. Metsien runkolukuja-
kauma 1950-luvun alussa Etelä-Suomessa. Metsäntutkimuslaitoksen
tiedonantoja 538:49–58.
 - , Lähde, E., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 1995c. Metsikön rakenne ja
terminologiaa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 538:59–69.
 - , Lähde, E., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 1995d. Stand structure and the
associated terminology. Julkaisussa: Skovsgaard, J.P. & Burkhart, H.E.
(toim.). Recent advances in forest mensuration and growth and yield re-
search, Proceedings of Subject Group S4.01 at the 20th World Cong-
ress of IUFRO, held in Tampere, Finland, 6-12 August 1995. s. 87-96.
 - , Lähde, E., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 1995e. Undergrowth as a re-
generation potential in Finnish forests. Julkaisussa: Bamsey, C.R.
(toim.). Innovative Silviculture Systems I, Boreal Forests. Proceedings
from a symposium held in Edmonton, Alberta, Canada, October 2-8,
1994. Edmonton. s. 90-94.
 - , Lähde, E., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 1995f. Undergrowth as a re-
generation potential on Finnish peatlands. Julkaisussa: Trettin, C.,
Jurgensen, M., Grigel, D., Gale, M. & Jeglum, J. (toim.). Northern fo-
rested wetlands: Ecology and management. Lewis Publishers. s. 121–
131.
 - , Lähde, E., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 1995g. Undergrowth as re-
generation potential and diversity factor in advanced forest stands.
IUFRO XX World Congress, 6–12 August 1995, Tampere, Finland. 9
s.
 - , Lähde, E. & Norokorpi, Y. 1996. Rakennetta monimuotoistavat ja
yksipuolistavat hakkuut nuorena kuusivaltaisessa metsikössä. Julkai-
sussa: Laiho, O. & Luoto, T. (toim.). Metsäntutkimuspäivä Porissa
1995. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 593:49-59.
 - , Lähde, E., Norokorpi, Y., & Saksa, T. 1998a. Alikasvos uudistumis-
potentiaalina. Metla, Vantaan tutkimuskeskus. Moniste. 10 s.
 - , Lähde, E., Norokorpi, Y., & Saksa, T. 1998b. Metsikön rakenteen ja
koostumuksen terminologiaa. Metla, Vantaan tutkimuskeskus. Mo-
niste. 8 s.
- Laitakari, E. 1927. Männyn juuristo. Morfologinen tutkimus. Summary: The
root system of Pine (*Pinus silvestris*). A morphological investigation.
Acta Forestalia Fennica 33(1):1-306.
- Laitakari, E. 1934. Koivun juuristo. Summary: The root system of birch. *Acta*
Forestalia Fennica 41(2):1-216.
- 1935. Karsimisesta ja sen vaiheista maassamme. *Metsätaloudellinen*
Aikakauskirja 52:31–33.
 - 1937. Laatu puun kasvattamisesta. Referat: Über die Erziehung von
Qualitätsholz. *Silva Fennica* 39:259–270.
- Lakari, O. J. 1915. Studien über die Samenjahre und Altersklassenverhältnis-
se der Kiefernwälder auf dem nordfinnischen Heideboden. *Acta Fo-*
restalia Fennica 5(1): 1–211.
- Lappi-Seppälä, M. 1930. Untersuchungen über die Entwicklung gleichaltriger
Mischbestände aus Kiefer und Birke basiert auf Material aus der Süd-
hälfte von Suomi (Finnland). *Seloste: Tutkimuksia tasaikäisen mänty-*

- ja koivusekametsikön kehityksestä Suomen eteläpuoliskosta kootun aineiston perusteella. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 15(2): 1–243.
- Lassila, I. 1920. Tutkimuksia mäntymetsien synnystä ja kehityksestä pohjoisen napapiirin pohjoispuolella. Referat: Untersuchungen über die Entstehung und Entwicklung der Kiefernwälder nördlich von nördlichen Polarkreise. *Acta Forestalia Fennica* 14(3):1–95.
- Leemans, R. 1991. Canopy gaps and the establishment patterns of spruce in two old-growth coniferous forests in central Sweden. *Vegetatio* 93(2):157–165.
- Lehtonen, H. 1997. Forest fire history in North Karelia Dendroecological approach. Faculty of Forestry. University of Joensuu. Research Notes 59. 23 s.
- Leibundgut, H. 1972. Struktur eines Emmentaler Plenterwaldes. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 123(9/10):854-870.
- 1984. Die Waldpflege. Verlag Paul Haupt. Bern ja Stuttgart. 214 s.
- Lihtonen, V. 1959. Metsätalouden suunnittelu ja järjesty. WSOY. 335 s.
- Liocourt, F. de 1898. De l'amenagement des sapinieres. *Bulletin de la Societe Foresteire de Franche-Comte et Belfort* 6:396-405.
- Lundberg, H. 1973. Skogsbrukets ekonomi och teknik. Svenska Naturskyddsföreningens årsbok 1973:43-56.
- Lundqvist, L. 1984. Blädning och etappvis slutavverkning - en litteraturstudie. *Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift* 6:27-40.
- 1986. Blädning - en gammal nyhet. *Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift* 4:35-37.
- 1989. Blädning i granskog. Strukturförändringen, volymtillväxt, inväxning och föryngring på försöksytor skötta med stamvis blädning. Summary: Use of the selection system in Norway spruce forests - changes in the stand structure, volume increment, ingrowth and regeneration on experimental plots managed with single-tree selection. Dissertation. Sveriges landbruksuniversitet. Institutionen för skogsskötsel. Umeå. 99 s.
- 1990. Blädning i granskog. *Skogsfakta. Biologi och skogsskötsel* 69. 4 s.
- 1993. Changes in the stand structure on permanent *Picea abies* plots managed with single tree selection. *Scand. J. For. Res.* 8:510-517.
- Lyly, O. & Saksa, T. 1982. Pituuskasvun vaihtelu ja puuluokkien eriytyminen nuorena istutusmännikössä. Abstract: Variation in height growth and differentiation of tree classes in a young Scots pine plantation. *Folia Forestalia* 532. 11 s.
- Lähde, E. 1990. Luonnonläheinen hoito tehometsätalouden tilalle. Julkaisu: Teivainen, L. (toim.). *Yksityismetsänomistajan kirja. Keski-Suomen yksityismetsänomistajain yhdistys ry. Saarijärvi.* s. 138–153.
- 1991. *Picea abies*-dominated naturally established sapling stands in response to various cleaning-thinning. *Scand. J. For. Res.* 6: 499-508.

- 1992a. Luontaisen kuusivaltaisen taimikon kehitys lehtomaisella kan-
kaalla. Summary: Development of *Picea abies*-dominated naturally
established sapling stand. *Folia Forestalia* 793. 12 s.
- 1992b. Natural regeneration of all-sized spruce-dominated stands
treated by single tree selection. Julkaisussa: Hagner, M. (toim.). Silvi-
cultural alternatives. Proceedings from an internordic workshop, June
22–25, 1992. Swedish University of Agricultural Sciences, Depart-
ment of Silviculture. Reports 35: 117–123.
- 1992c. Regeneration potential of all-sized spruce-dominated stands.
Julkaisussa: Hagner, M. (toim.). Silvicultural alternatives. Proceedings
from an internordic workshop, June 22–25, 1992. Swedish University
of Agricultural Sciences, Department of Silviculture. Reports 35: 111–
116.
- 1992d. The background ideas to the new trends in silviculture. Jul-
kaisussa: Hagner, M. (toim.). Silvicultural alternatives. Proceedings
from an internordic workshop June 22-25 1992. Swedish University of
Agricultural Sciences. Department of Silviculture. Reports 35:17-19.
- 1993. Diversity of Forests as a Global Goal. Julkaisussa: Linddal, M.
& Naskali, A. (toim.). Proceeding of the Workshop "Valuing Biodi-
versity On the Social Costs of and Benefits from Preserving Endange-
red Species and Biodiversity of the Boreal Forest", Espoo, Finland,
October 1992. *Scandinavian Forest Economics* 34:105-109.
- 1995. Metsää puilta. Vihreä Elämänsuojelun Liitto. Hakapaino, Hel-
sinki. 112 s.
- & Norokorpi, Y. 1995. Metsän monimuotoinen hoito. *Metsäntutki-
muslaitoksen tiedonantoja* 538:95-110.
- , Laiho, O. & Norokorpi, Y. 1998a. Diversity-oriented silviculture in
the boreal zone of Europe. *For. Ecol. Manage.* Painossa.
- , Laiho, O. & Norokorpi, Y. 1998b. Ekometsänhoidon perusteet ja
mallit. *Metla, Vantaan tutkimuskeskus. Moniste.* 60 s.
- , Norokorpi, Y. & Oikarinen, M. 1985. Mikkelin ekoläänin metsien
vaihtoehtoiset käsittelymallit. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja*
180:1-67.
- , Laiho, O., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 1991. The structure of advan-
ced virgin forests in Finland. *Scand. J. For. Res.* 6: 527–537.
- , Laiho, O., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 1992a. Alternative silvicultural
treatments as applied to advanced stands - research plan. Julkaisussa:
Hagner, M. (toim.). Silvicultural alternatives. Proceedings from an
internordic workshop June 22–25 1992. Swedish University of Agri-
cultural Sciences. Department of Silviculture. Reports 35:66–73.
- , Laiho, O., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 1992b. Stand structure of thin-
ning and mature conifer-dominated forests in boreal zone. Julkaisussa:
Hagner, M. (toim.). Silvicultural alternatives Proceedings from an in-
ternordic workshop June 22-25 1992. Swedish University of Agricul-
tural Sciences. Department of Silviculture. Reports 35:58-65.
- , Laiho, O., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 1994a. Structure and yield of
all-sized and even-sized conifer-dominated stands on fertile sites.
Ann. Sci. For. 51(2): 97-109.

- , Laiho, O., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 1994b. Structure and yield of all-sized and even-sized Scots pine-dominated stands. *Ann. Sci. For.* 51(2): 111-120.
- , Laiho, O., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 1995a. Metsikön ja metsiköiden välisen monimuotoisuuden määrittely. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 538:86-94.
- , Laiho, O., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 1995b. Monimuotoisuus metsikön rakenteessa ja tuotoksessa Pohjois-Suomessa. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 587:75-87.
- , Laiho, O., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 1998. Stand structure as the basis of diversity index. *For. Ecol. Manage. Painossa.*
- , Laiho, O., Norokorpi, Y., Oikarinen, M. & Saksa, T. 1996. Alaharvennuksen ja jatkuvan kasvatuksen vertailu kuusivaltaisissa sekametsiköissä. *Parkanon tutkimusasema. Raportti* 29. 7 s.
- Lönnroth, E. 1925. Untersuchungen über die innere Struktur und Entwicklung gleichaltriger naturnormaler Kiefernbestände basiert auf Material aus der Südhälfte Finnlands. *Acta Forestalia Fennica* 30(1): 1-269.
- Mattsson, L. & Li, C-Z. 1993. How do different forest management practices effect the non-timber value of forests. - An economic analysis. Department of Forest Economics. Working Paper 161. 23 s.
- Mielikäinen, K. 1980. Mänty-koivusekametsien rakenne ja kehitys. Summary: Structure and development of mixed pine and birch stands. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 99(3):1-82.
- 1985. Koivusekoituksen vaikutus kuusikon rakenteeseen ja kehitykseen. Summary: Effect of an admixture of birch on the structure and development of Norway spruce stands. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 133. 79 s.
- Mikola, P. 1984. Harsintametsätalous. Summary: Selection system. *Silva Fennica* 18(3): 293-301.
- Mitscherlich, G. 1963. Untersuchungen in Schlag- und Plenterwäldern. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung* 134 (1):1-12.
- Moilanen, M. & Saksa, T. (toim). 1998. Alikasvokset metsänuudistamisessa. Varjosta valoon. *Metsälehti Kustannus ja Metsäntutkimuslaitos. Pihlaja-sarja* 3. 123 s.
- Näslund, M., 1944. Den gamla norrländska granskogens reaktionsförmåga efter genomhuggning. Referat: Die Reaktionsfähigkeit des alten norrländischen Fichtenwaldes nach Durchlaung. *Meddelanden från Statens Skogsförsöksanstalt* 33. 194 s.
- Nilsen, P. & Haveraaen, O. 1983. Årringbredder hos gjenstående traer etter høgst i eldre granskog. Rapport fra Norsk Institut for Skogforskning 9:1-16.
- 1986. Tap av frø og spireplanter av gran (*Picea abies* (L.) Karst.) etter säing på forskjellige vegetasjonstyper i fjellskog og lavlandsskog. *Meddelelser fra Norsk Institutt for Skogforskning* 39(8):129-145.
- 1988. Fjellskoghøgst i granskoggjenvækst og produksjon etter tidligere hogster. Norsk institutt for skogforskning. Rapport 2:1-26.
- Norokorpi, Y. & Puoskari, J. 1987. Peräpohjolan kuusentaimikoiden perkausmenetelmät. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 278:123-135.

- 1979. Old Norway spruce stands, amount of decay and decay-causing microbes in northern Finland. Seloste: Peräpohjolan vanhat kuusikot, niiden lahoisuus ja lahottajat. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 97(6): 1–77.
- , Lähde, E., Laiho, O. & Saksa, T. 1994. Luonnontilaisten metsien rakenne ja puulajien monimuotoisuus. Summary: Stand structure and diversity of virgin forests in Finland. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 495:54–89.
- , Lähde, E., Laiho, O. & Saksa, T. 1997. Stand structure, dynamics, and diversity of virgin forests on northern peatlands. Julkaisussa: Trettin, C., Jurgensen, M., Grigall, D., Gale, M. & Jeglum, J. (toim.). *Northern forested wetlands: Ecology and management*. Lewis Publishers. s. 73–88.
- Nuhimovskaja, J. D. 1992. Luonnollisten ja ihmisperäisten suksessoiden tutkiminen VSFNT:n euroopanpuoleisen luoteisosan luonnonsuojelualueilla. Julkaisussa: Lindholm, T. (toim.). *Suksessiotutkimusten tuloksia Suomen ja SNTL:n luonnonsuojelualueilla*. Symposio Seitsemisen kansallispuistossa ja Helsingissä 22.–26. 5. 1989. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja – sarja A 112: 16–25.
- Nyysönen, A. 1954. Hakkauksilla käsiteltyjen männiköiden rakenteesta ja kehityksestä. Summary: On the structure and development of Finnish pine stands treated with different cuttings. *Acta Forestalia Fennica* 60(4): 1–194.
- O'Hara, K. L. 1996. Dynamics and stocking-level relationships of multi-aged Ponderosa pine stands. *Forest Science* 42(4) Monograph 33:1-34.
- Parviainen, J. & Seppänen, P. 1994. Metsien ekologinen kestävyys ja metsänkasvatusvaihtoehdot. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 511. 110 s.
- Pechmann, H. v. & Lippemeier, P. 1975. Untersuchungen über die Schnittholzqualität von Tannen- und Fichtenholz aus Plenterbeständen. *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 94(6):351-364.
- Pobedinski, A.V. 1988. Comparative evaluation of even-aged and uneven-aged stands. (Käännös venäjänkielistä). *Lesnoe Khozyaistvo* 2: 40-43.
- Pöntynen, V. 1929. Tutkimuksia kuusen esiintymisestä alikasvoksena Raja-Karjalan valtionmailla. Referat: Untersuchungen über des Vorkommen der Fichte (*Picea excelsa*) als Unterwuchs in den finnischen Staatswäldern von Grenz-Karelien. *Acta Forestalia Fennica* 35(1):1-235.
- Prentice, I.C. & Leemans, R. 1990. Pattern and process and the dynamics of forest structure: A simulation approach. *Journal of Ecology* 78: 340–355.
- Pukkala, T., Vettenranta, J., Kolström, T. & Miina, J. 1994. Productivity of mixed stands of *Pinus sylvestris* and *Picea abies*. *Scand. J. For. Res.* 9:143-153.
- Rapeli, P. (toim.) 1974. Lapin ilmastokirja. Climate of Lapland. Lapin tutkimusseura. Rovaniemi. 94 s.
- Raulo, J. 1981. Koivukirja. *Gummerus*. Jyväskylä. 131 s.

- Räsänen, P. K., Pohtila, E., Rautiainen, O. & Laitinen, E. 1979. Valtakunnallinen metsänuudistamisen inventointitutkimus aloitettu metsäntutkimuslaitoksessa. *Metsä ja Puu* 96(2):4-9.
- Reunala, A. 1994. Suomen metsät vuonna 1900. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 523:21-44.
- Reynolds, R. R. 1969. Twenty-nine years of selection timber management on the Crossett Experimental Forest. USDA, Forest Service. Research Paper 30-40. 19 s.
- Roach, B. A. 1974. What is selection cutting and how do you make it work - What is group selection and where can it be used. State University of New York, College of Environmental Science and Forestry, Applied Forest Research Institute. Miscellaneous Report 5. 9 s.
- Runkle, J. R. 1982. Patterns of disturbance in some old-growth mesic forests of eastern North America. *Ecology* 63: 1533-1546.
- 1985. Disturbance regimes in temperate forests. Julkaisussa: Pickett, S.T.A. & White, P. S. (toim.). *The ecology of natural disturbance and patch dynamics*. Academic Press, Inc. New York. s. 17-34.
- Saarenmaa, L. 1997. Metsänuudistaminen. Julkaisussa: Häyrynen, M. (toim.). *Tapion taskukirja. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio*. Gummerus Kirjapaino Oy. s. 188-203.
- Saarinen, M. 1993. Miten käsitellä uudistamiskypsiä ojitusaluemetsiä. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 470:6-12.
- Saksa, T. 1992. Männyn istutustaimikoiden kehitys muokatuilla uudistusaloilla. Abstract: Development of Scots pine plantations in prepared reforestation areas. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 418. 48 s.
- , Lähde, E., Laiho, O. & Norokorpi, Y. 1997. Stand structure as the basis of diversity index. IUFRO 1.14.00 Interdisciplinary Uneven-aged Silviculture Symposium, Sept. 15-19, 1997. Corvallis, Oregon, USA. Extended abstract. 3 s.
- Salminen, S. 1993. Eteläisimmän Suomen metsävarat 1986-1988. Summary: Forest resources of Southernmost Finland, 1986-1988. *Folia Forestalia* 825. 111 s.
- Sarvas, R. 1944. Tukkipuun harsintojen vaikutus Etelä-Suomen yksityismetsiin. Referat: Einwirkung der Sägestamplenterungen auf die Privatwälder Südfinnlands. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 33(1):1-268.
- 1948. Harsinnan ajatus kitkettävä ammattikunnastamme. *Metsätaloudellinen Aikakauslehti* 11: 325-328.
- 1951. Tutkimuksia puolukkatyyppin kuusikoista. Summary: Investigations into the spruce stands of Vaccinium type. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 39(1): 1-82.
- Schulz, G. 1993. Betriebswirtschaftliche Aspekte des Plenterwaldes. *Allgemeine Forest Zeitschrift* 14: 731-733.
- Schütz, J.-Ph. 1981. Que pent apporter le jardinage a notre sylviculture. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 132(4):219-242.

- 1992. History and current importance of uneven-aged silviculture in Europe. *Julkaisussa: IUFRO. Proceedings Centennial, Berlin-Eberswalde, Germany 31 Aug-4 Sep 1992.* s. 262.
- 1994. Waldbauliche Handlungsgrundsätze in Mischbeständen. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 145(5):389-399.
- , Grunder, K. & Mandallaz, D. 1986. Die Vitalität von Weisstannen und Ihre Abhängigkeit von bestandesstrukturellen, ertragskundlichen, ernährungskundlichen und waldbaulichen Variablen. Summary: Vigor of silver fir and how it is affected by stand structure, growth and yield, plant-nutritional, and silvicultural characteristics. *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 105(5):406-424.
- Seppälä, K. & Keltikangas, M. 1978. Alikasvostaimikot Pohjanmaan ojitusalueiden hieskoivikoissa. Summary: Occurrence of understorey seedlings in drained *Betula pubescens* stands in Ostrobothnia. *Suo* 29(1):11-16.
- Silvicultural Systems for the major Forest Types of the United States. 1983. USDA, Forest Service. Agricultural Handbook No. 445. 191 s.
- Sirén, G. 1955. The development of spruce forest on raw humus sites in northern Finland and its ecology. *Lyhennelmä: Pohjois-Suomen pakusammalkankaiden kuusimetsien kehityksestä ja sen ekologiasta.* *Acta Forestalia Fennica* 62(4): 1-408.
- 1955. The development of spruce forest on raw humus sites in northern Finland and its ecology. *Acta Forestalia Fennica* 62(4). 408 s.
- Sjöberg, K. & Atlegrim, O. 1995. Är blädningbruk ett naturskogsanpassat skogsbrukssätt? *Skog & Forskning* 1995 (1):59-65.
- Stolte-Jørgensen, J. 1967. The influence of spacing on the growth and development of coniferous plantations. *International Review of Forestry Research* 1967(2):43-94.
- Smith, D. M. 1962. The practice of silviculture. John Wiley & Sons. New York. 578 s.
- 1972. Clearcutting, selection cutting and some pathways between. *CT Woodlands* 36:3-7.
- 1975. Dangers in oversimplification of forestry. *Northern logger and timber proceeding* 23:12-13, 18.
- Solomon, D. S., Hosmer, R. A. & Hayslett, H. T. Jr. 1986. A two-stage matrix model for predicting growth of forest stands in the Northeast. *Canadian Journal of Forest Research* 16(3): 521-528.
- Tapion taskukirja. 1997. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion julkaisuja. 23. painos. Gummerus Kirjapaino Oy. 638 s.
- Tomppo, E., Henttonen, H., Korhonen, K. T., Aarnio, A., Ahola, A., Heikkinen, J., Ihalainen, A., Mikkilä, H., Tonteri, T. & Tuomainen, T. 1998. Etelä-Pohjanmaan metsäkeskuksen alueen metsävarat ja niiden kehitys 1968-97. *Folia Forestalia* 2B:293-374.
- Troedsson, T. 1985. The influence of broadleaves trees on long-term productivity of forest soils. *Julkaisussa: Hägglund, B. & Peterson, G. (toim.). Broadleaves in boreal silviculture - an obstacle or an asset ? Swedish University of Agricultural Sciences. Department of Silviculture. Report* 14:37-49.

- UNCED, YK:n ympäristö ja kehityskonferenssi. Rio de Janeiro 3.–14.6.1992. 1993. Ympäristöministeriö ja Ulkoasiainministeriö. 239 s.
- Vaartaja, O. 1951. Alikasvosasemasta vapautettujen männyntaimistojen toipumisesta ja merkityksestä metsänhoidossa. Summary: On the recovery of released pine growth and its silvicultural importance. *Acta Forestalia Fennica* 59(3):1-133.
- Valtakunnan metsien 8. inventointi. Kenttätyön ohjeet, 2. vuoden versio. Metsäntutkimuslaitos, metsäinventoinnin tutkimussuunta. Helsinki 1987. 106 s.
- Vandermeer, J. 1989. The ecology of intercropping. Cambridge University Press. Cambridge. 237 s.
- Vestjordet, E. 1971. Avstandsregulering på foryngelsesfelter. *Norsk Skogsbruk* 6:152–153.
- Vrablec, J.J. 1977. Publiclands - from concept to practise. USDA, Forest Service. General Technical Report NE-29:77-81.
- Vuokila, Y. 1956. Etelä-Suomen hoidettujen kuusikoiden kehityksestä. Summary: On the development of managed spruce stands in southern Finland. *Communicationes Instituti forestalis Fenniae* 48(1):1–138.
- 1970. Harsintaperiaate kasvatushakuissa. Summary: Selection from above in intermediate cuttings. *Acta Forestalia Fennica* 110:1–45.
- 1975. Nuoren istutuskuusikon harvennus puuntuotannollisena ongelmana. Summary: Thinning of young spruce plantations as a problem of timber production. *Folia Forestalia* 247. 24 s.
- 1982. Antakaa luonnon auttaa. *Metsä ja Puu* 99(12):6–8.
- 1984. Harsinnan teoriaa ja käytäntöä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 130. 107 s.
- 1986. Puuntuotoksen tutkimussuunnan kestokokeiden periaatteita ja suunnitelmia. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 239. 229 s.
- Walker, N. 1956. Growing stock volumes in unmanaged forests. *Journal of Forestry* 54(6):378-383.
- Welander, P.O. 1938. Jämnåldriga eller olikåldriga beståndsformer. *Norrlands Skogsvårdsförbundetstidskrift. Bilaga till 3:dje h.* 69 s.
- Whittaker, R. H. 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon* 21:213–251.
- Wing, M. R. 1977. Silvicultural systems - uneven-aged management USDA, Forest Service. General Technical Report NE-29:67-72.
- Yli-Kojola, H. 1985. Metsien ikärakenteen kehitys. Summary: The development of age-class composition. *Folia Forestalia* 634. 20 s.
- Yli-Vakkuri, P. 1949. Ala- ja yläharvennuksen erilaisuus ja yhtäläisyys. *Metsätaloudellinen Aikakauslehti* 3-4:93-95.
- Zackrisson, O. 1985. Some evolutionary aspects of life history characteristics of broadleaved tree species found in the boreal forest. *Julkaisussa: Hägglund, B. & Peterson, G. (toim.). Broadleaves in boreal silviculture - an obstacle or an asset ? Swedish University of Agricultural Sciences. Department of Silviculture. Report* 14:17-36.
- Zybura, H. 1983. Npływ drzewostann osłaniającego na dynamikę odnowienia podokapowych świerka w drzewostanach udziałem sosny i świerka w połnocnowschodniej osesce Polski. *Sylwan* 9(10):41-52.



ISBN 951-40-1665-3
ISSN 0358-4283