




Metsäntutkimuspäivä Seinäjoella 1993

Olavi Laiho & Tiina Luoto (toim.)

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 495

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
Kirjasto

Kansikuva: Yleisiä metsikkörakenteita. Kuvat O. Laiho.

Vas. ylh.
Luontaisesti syntynyt eri-ikäinen alaharvennuksella tasarakenteistettu kuusikko. Puiden rinnankorkeusläpimitta vaihtelee välillä 19—27 cm.

Oik. ylh.
Tasarakenteinen kaksijaksoinen metsikkö metsitetyllä pellolla. Rauduskoivu istutettu, kuusi luontaisesti syntynyt. Puiden elinvoima erinomainen. Odotettavissa vähin hoitotoimenpitein runsaasti korkealaatuista ruskotäplätöntä vaneritukkia ja pian sen jälkeen täysipainoinen kuusisato.

Vas. alh.
Tasaikäinen luontaisesti syntynyt 90-vuotias mäntykuusimetsikkö. Kuusialikasvos kasvanut läpimitalla mitaten ''kiinni'' vallitsevaan mäntypuustoon. Runkolukujakauma kaksihuippuinen ilman puutonta väliluokkaa.

Oik. alh.
Säännöllisen erirakenteinen luontaisesti syntynyt sekametsä. Mänty ja koivu tasaikäiset, kuusi eri-ikäistä. Pienikokoista puustoa lukumääräisesti eniten. Runkoluku alenee läpimitan suuretessa säännöllisesti siten, että runkolukujakauma muistuttaa käännettyä J-kirjainta.

Metsäntutkimuspäivä Seinäjoella 1993

Olavi Laiho & Tiina Luoto (toim.)

Metsäntutkimuslaitos, Parkanon tutkimusasema
Parkano 1994

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 495

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
Kirjasto

Sisällys

Seppo Kaunisto
Metsänparannustoiminnan perusteet ja niiden muutostarve 4

Markku Saarinen
Virheojitukset eri inventointien valossa 8

Lasse Aro
Lannoitusvaikutuksen kesto suonpohja-alueilla 15

Kaarlo Kinnunen
Männyn kylvön ja luontaisen uudistamisen näkymät 27

Juha Suni
Harvesterin käyttömahdollisuudet luontaisen uudistamisen hakkuissa 36

Teuvo Levula
Kunnostuslannoituksen vaikutus versosurmakan vaivaaman
männikön toipumiseen 40

Tytti Sarjala
Biokemialliset menetelmät puiden ravinnetilan kuvaajana 51

Yrjö Norokorpi, Erkki Lähde, Olavi Laiho & Timo Saksa
Luonnontilaisten metsien rakenne ja monimuotoisuus Suomessa
Summary: Stand structure and diversity of virgin forests in Finland 54

Olavi Laiho, Erkki Lähde , Yrjö Norokorpi & TimoSaksa
Varttuneiden metsiköiden rakenne 1950-luvun alussa
Summary: Stand structure of advanced forests in early 1950's in Finland 90

Olavi Laiho
Varttuneiden metsiköiden erirakenteisuus Etelä-Suomessa
1950-luvun alussa 129

Olavi Laiho
Runkolukujakauman ja puulajisuhteiden kehitys 1950-luvulta
1980-luvulle Etelä-Suomessa 140

Olavi Laiho
Varttuneiden metsiköiden ikävaihtelu 1950-luvun alussa Etelä-Suomessa 148

Kirjoittajien yhteystiedot: Lähde: Metsäntutkimuslaitos, Metsänkasvatuksen tutkimusosasto, PL 18, 01301 Vantaa; Norokorpi: Metsäntutkimuslaitos, Rovaniemen tutkimusasema, PL 16, 96301 Rovaniemi; Saksa: Metsäntutkimuslaitos, Suonenjoen tutkimusasema, 77600 Suonenjoki; muut: Metsäntutkimuslaitos, Parkanon tutkimusasema, Kaironiementie 54, 39700 Parkano.

Julkaisija: Metsäntutkimuslaitos, Parkanon tutkimusasema. Hyväksynyt: Olavi Laiho, tutkimusaseman johtaja 12.4.1994.

Jakaja: Metsäntutkimuslaitos, Parkanon tutkimusasema, Kaironiementie 54, 39700 Parkano. Puhelin 933-443 51. Fax 933-443 5200.

Hinta: 50 mk

ISBN 951-40-1359-X
ISSN 0358-4283

Lukijalle

Parkanon tutkimusaseman vuosittainen tutkimuspäivä järjestettiin viime vuoden joulukuussa Seinäjoella. Se oli tarkoitettu erityisesti Etelä-Pohjanmaan metsäammattiväelle. Esitelmät on nyt saatettu kirjalliseen asuun ja niissä on otettu huomioon keskustelussa esitetyt näkökohdat. Mahdollisuuksien mukaan niitä on muutenkin täydennetty. Parkanon omien tutkijoiden lisäksi paikalla olivat kutsuttuina asiantuntijoina professorit Seppo Eurola (Oulun yliopisto) ja Matti Keltikangas (Helsingin yliopisto) sekä mh Sakari Salminen (METLA), jotka käyttivät valmistellun puheenvuoron ja ottivat osaa keskusteluun.

Osanottajien määrä oli vajaat 200. Se on paljon verrattuna muihin vastaaviin tilaisuuksiin, mutta aikaisempaa vähemmän, semminkin kun kolmannes oli Tuomarniemen metsäoppilaitoksen oppilaita. Etenkin metsähallinnon ja metsäyhtiöiden väkeä oli silmiinpistävän vähän. Myös metsänhoitoyhdistysten osalta oli lievää laskua, liekö osasyynä matkarahojen vähyys loppuvuodesta. Tutkimuspäivä itsessään oli maksuton.

Puun hinta on laskenut vuoden 1991 huippuarvostaan kantohintana mitaten noin kolmanneksen. Samalla on selvinnyt, että kyseessä ei ole ohimenevä lama vaan pysyvä olotila, rakennemuutos. Suomen kilpailukyky on tällä hetkellä hyvä ja vienti vetää. Maamme on väitetty olleen liiankin aggressiivinen vientiponnisteluissa. Toisaalta, katsoo sitten ympärilleen mihin suuntaan tahansa niin halpaa puuta on tulvimalla. Näin ollen huomattavaa hinnannousua ei ole näköpiirissä. Pahin on kuitenkin sivuutettu ja hinnat ovat pienoisessa nousussa. Näkymättömänä muttei merkityksettömänä on muutos tukin käytännön laatuvaatimuksissa, jotka ovat järkevöityneet. Leimikoista runsaana kertyvä lahopuu on kuitenkin vielä vailla hintaa ja markkinoita.

Osa-ansio nykyiseen myötämäkeemme on Kanadan länsirannikon helmipöllöllä. Se on uhanalainen laji, joka tarvitsee tukialueekseen laajan hakkaamattoman luonnonmetsän. Niiden hakkuukiellosta aiheutuvaa vajausta Japani korvaa järeän puun tuonnilla kautta maapallon, mm. Uudesta-Seelannista ja Suomesta. Toivottavasti järeä puu saa menetetyn arvonsa kotimaassakin takaisin. Ääritapauksena mainittakoon, että Vilppulassa ylijäreä huippulaatuinen kuusityvi oli mennä alennettuun hintaan kuiduksi, kunnes se onnistuttiin myymään soitinteollisuuden raaka-aineeksi. Valmiiden soitinaihioiden hinta on suuruusluokkaa 100 000 mk/m^3.

Puun mekaaninen jalostaminen on tulevaisuudessa keino, joka tarjoaa mahdollisuuksia monipuolisiin ekologisesti kritiikinkestäviin tuotteisiin ja sen myötä laajamittaiseen yrittäjyyteen. Puuta voidaan mm. puristaa, lämpökäsitellä ja plastisoida. Tavoitteena olkoon kuroa umpeen Tanskan etumatka huonekaluviennissä, joka nousee peräti 7 miljardiin. Uudesta näkökulmasta katsoen viljelymänniköidenkään puuaine ei näytä täysin toivottomalta.

Kilpailun kovuutta markkinoilla osoittaa äskettäinen tutkimustieto, että helmipöllö viihtyy sellaisessakin vanhassa metsässä, jossa on hakkuuaukkoja. Liekö tämä tarkoitushakuista tutkimusta. Ostajan vaatimukset, on sitten kysymys kierrätyskuidun osuudesta, puun iästä tai hakkuutavasta ovat nousseet esiin ennennäkemättömällä voimalla. Parantamisen varaa hakkuiden kohdentamisessa onkin, koska raaka-ainereservi on runsas. Tässä tilanteessa ei liene järkevää hakata Pohjois-Suomen vanhoja metsiä paljoa saati käyttää 250-vuotiasta mäntyä sellunkeittoon. Asenteiden nopeaa muuttumista kuvaa se, että kaikki metsänomistajaryhmät ovat viime vuosina kahteen kertaan uusineet metsänkäsittelyohjeistonsa. Niissä korostuu enenevässä määrin metsien terveydentilan ja monimuotoisuuden varmistaminen.

Tutkimuspäivän teemoina oli metsänparannus, metsän terveydentila, metsänuudistaminen ja metsikkörakenne. Viimemainittu on tiedonannossa mukana varsinaista esitelmää laajemminkin.

Kiitän Parkanon tutkimusaseman puolesta esitelmöitsijöitä ja asiantuntijoita, kaikkia tutkimuspäivän järjestelyihin ja tämän tiedonannon valmisteluun osallistuneita sekä tutkimuspäivän osanottajia. Etelä-Pohjanmaan metsälautakuntaa kiitän erittäin hyvästä yhteistyöstä.

Parkanossa 12.4.1994.

Olavi Laiho
Tutkimusaseman johtaja

Metsänparannustoiminnan perusteet ja niiden muutostarve

Seppo Kaunisto

Metsänparannustoiminnan luontaiset edellytykset

Suon metsänkasvatuskelpoisuus riippuu lämpösummasta sekä ravinteiden määrästä ja saatavuudesta. Lämpösumma kuvaa aktiivisen fotosynteesikauden pituutta. Ravinteiden määrä ja saatavuus määrittävät metsänkasvatuksen mahdollisuudet kasvupaikalla ilman lannoitusta. Kivennäisravinteiden määrää kuvaavat jossain määrin soiden päätyyppiryhmät. Eniten kivennäisravinteita on puustoisissa korvissa, vähiten avosoilla.

Ravinteiden saatavuudessa kysymys on lähinnä orgaanisesti sitoutuneiden typen ja fosforin vapautumisesta kasveille käyttökelpoiseen muotoon. Tämä riippuu lämpöoloista sekä hiilen ja em. ravinteiden suhteesta (C/N ja C/P) turpeessa. Mitä korkeampi maan lämpötila ja mitä suurempi lämpösumma Suomen olosuhteissa on ja mitä pienempiä em. suhteet ovat sitä enemmän näitä ravinteita vapautuu. Turpeen typpipitoisuutta kuvaavat suotyypit päätyyppiryhmien sisällä. Fosforin käyttökelpoisuuteen voi vaikuttaa myös sen kemiallinen sitoutuminen rauta- ja alumiiniyhdisteiksi.

Metsäojituksen vaikutus kasvupaikkaan

Kivennäisravinteiden määrä

Kivennäisravinteiden määrät turpeessa ovat yleensä pieniä, erityisesti sekatyypeillä ja avosoilla. Metsäojituksen seurauksena ravinteita sitoutuu puustoon, poistuu hakkuissa ja huuhtoutuu. Kokopuunkorjuu rasittaa huomattavasti kasvupaikan kivennäisvaroja. Erityisesti kalium ja boori saattavat vähentyä metsänkasvatuksen seurauksena. Ongelmallisimpia ovat sekatyypit ja avosuot.

Ravinteiden saatavuus

Metsäojituksella pyritään lisäämään maan ilmavuutta. Tällöin aerobien mikrobien elinolosuhteet sekä juuriston kehitys ja aktiivinen ravinteidenotto paranevat. Samalla kuitenkin turpeen lämmönjohtokyky heikkenee ja lämpöolot huononevat. Kokonaisvaikutus juurten kasvuun ja orgaanisesti sitoutuneiden ravinteiden mineralisaatioon on kuitenkin positiivinen. - Puun kasvu paranee.

Etenkin mäntyvaltaisten rämeiden, mutta myös havupuuvaltaisten, niukkaravinteisten korpien vanhoilla ojitusalueilla turpeen pinnalle saattaa syntyä vaihtelevanpaksuinen raakahumuskerros. Raakahumuskerros toimii lämpöeristeenä, jonka seurauksena maa on keväällä pitempään kylmä ja syksyllä pitempään lämmin. Tämän vaikutukset ravinteiden mineralisaatioon ja sen ajoittumiseen ovat vielä epäselvät.

Suopuustojen kehitys

Metsän kasvu ojitetuilla soilla on kaksinkertaistunut ojittamattomaan verrattuna. Tutkimuksissa on kuitenkin osoitettu, että kaikilta osin metsäojitusalueiden puuston kehitys ei ole ollut niin suotuisa kuin alunperin odotettiin, näin erityisesti Pohjois-Suomessa ja karuilla suotyypeillä (typen mineralisoituminen riittämätöntä) sekä eräillä sekatyypeillä ja avosoilla (kivennäisravinteiden vähäisyys). Käsite "lannoittaen ojituskelpoinen" lisäsi aikoinaan liian karujen soiden ojituksia.

Muutoksia metsänkasvatuskelpoisuuden kriteereissä tähän mennessä

Rajalämpösummia on kohotettu. Monia suotyyppejä on jo jätetty ojitustoiminnan ulkopuolelle ja kunnostusojituksen puustovaatimuksia on tiukennettu.

Mitä kriteereitä pitäisi tarkentaa

Kivennäisravinteiden riittävyys

Kivennäisravinteiden riittävyyttä ojituskohteissa on tähän saakka arvioitu vain pääsuotyyppiryhmän perusteella. On kuitenkin selviä näyttöjä, että etenkin rämeiden ja avosoiden, mutta myös korpien ojitusalueilla esim. kaliumista ja boorista voi syntyä puutetta. Kivennäisravinteiden riittävyyteen tulisikin kiinnittää huomiota aikaisempaa enemmän. Tätä varten tarvitaan lisäselvityksiä ravinnemääristä eri suotyypeillä eri osissa maata. Osa kunnostusojituskohteista on kivennäisravinteilla lannoittaen kunnostusojituskelpoisia. Tämä tarkoittaa, että muutoin kasvatuskelpoisen puuston säilyttäminen kasvukunnossa edellyttää vain kivennäisravinteiden lisäämistä. Kivennäisravinteilla lannoittaen kunnostusojituskelpoinen on siis eri asia kuin lannoittaen ojituskelpoinen.

Ravinteiden saatavuus

Ravinteiden saatavuuden kriteereinä on lämpösumman lisäksi ollut lähinnä suotyyppi. Esim. typen saatavuus riippuu kuitenkin ensisijaisesti turpeen typpipitoisuudesta, jota suotyyppi kyllä keskimäärin kuvaa, mutta hajonta on erittäin suuri. Tarvitaankin nopeasti lisätietoa typen mineralisoitumisesta turpeen typpipitoisuuden ja lämpösumman funktiona erityisesti Pohjois-Suomessa. Maatumisasteen ja turvelajin määritys maastossa suotyypin ja lämpösumman ohella saattaisivat olla riittäviä typen vapautumisen indikaattoreita.

Kasvihuoneilmiön vuoksi ilmaston oletetaan muuttuvan Suomessa keskimäärin jonkin verran nykyistä lämpimämmäksi. Kahden asteen lisäys kasvukauden keskilämpötilassa merkitsisi Lapissa n. 200 - 250 C - asteen lisäystä lämpösummassa. Nykyisten suositusten mukaan ravinteisuudeltaan isovarpuisen rämeen tasoiset suot olisivat tällöin ojituskelpoisia linjan Muonio - Savukoski eteläpuolella, kun ne tällä hetkellä ovat ojituskelpoisia linjan Yli-Tornio - Kuhmo eteläpuolella. Toisaalta lämpösumman merkitys sinänsä metsänkasvatukelpoisuuden yhtenä kriteerinä ei muutu.

Kuivatuksen tehokkuus

Osasyynä odotettua heikompaan kasvuun saattaa olla puutteellinen kuivatus. Yli neljänneksellä Pohjois-Suomen ojitusalueista ojien kunto 1980-luvun alussa oli huono tai huonohko ja suunnilleen kolmanneksella tyydyttävä. Lisäksi olisi selvitettävä onko käytännön ojituksissa toteutunut kuivatuksen tehokkuus ylipäätään riittävä Lapin humidisissa olosuhteissa.

Metsänparannustoiminnan kansantaloudelliset ja yhteiskuntapoliittiset perusteet

Metsänparannustoiminnan tehostamisen tärkein peruste 1950-luvun lopulla oli puupula, mutta osittain se perustui myös alue- ja työvoimapoliittisiin näkökohtiin. Metsänparannustoiminnan ansiosta kasvun lisäys on tällä hetkellä n. 10 milj m^3/v.

Tällä hetkellä metsien kokonaiskasvu ylittää hakkuut 25-30 milj m^3:llä/v. Eri yhteyksissä on puhuttu "puun ylituotannosta". Mm. omistusuhteiden, metsänomistajien asennemuutosten ja verotuksen vuoksi kaikki "ylituotanto" ei ole realisoitavissa. Metsien kokonaiskasvu vastaa fossiilisilla polttoaineilla tuotetun energian määrää. "Puun ylituotanto" vastaa kivihiilellä tuotetun energian määrää. Näin ollen:

PUULLE ON RAJATON KÄYTTÖMAHDOLLISUUS UUSIUTUVANA ENERGIALÄHTEENÄ. ON VIRHEELLISTÄ PUHUA PUUN YLITUOTANNOSTA. SUOMESSA ON OLEMASSA VAIN PUUN VAJAAKÄYTTÖÄ.

Maaseudun elinkeinorakenteeseen kohdistuu voimakkaita muutospaineita. Maaseutu uhkaa autioitua. Niin työvoima- kuin aluepoliittisetkin syyt korostavat puunkasvatuksen ja tässä yhteydessä myös metsänparannustoiminnan tärkeyttä. Samalla tulee kuitenkin ottaa entistä tarkemmin huomioon kasvupaikan ravinnevaroihin ja niiden saatavuuteen sekä lämpöoloihin perustuvat metsänkasvatuksen biologiset edellytykset.

Yhteenveto

Metsäojituskelpoisuuden arvioimisen peruslähtökohtina ovat lämpöolot ja kasvupaikan ravinnetalous. Kasvupaikan ravinteisuuden jatkuvan muutosprosessin ja sen arvioimisessa esiintyvän epävarmuuden sekä mahdollisten ilmastonmuutosten vuoksi niiden soveltamisessa tarvitaan aika ajoin toistuvia tarkennuksia ja lisätutkimuksia.

Kirjallisuus

Ahti, E. 1983. Fertilizer-induced leaching of phosphorus and potassium from peatlands drained for forestry. Seloste: Lannoituksen vaikutus fosforin ja kaliumin huuhtoutumiseen ojitetuilta soilta. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 111. 20 s.

Alexander, 1967. Introduction to soil microbiology. New York. 472 s.

Finér, L. 1989. Biomass and nutrient cycle in fertilized and unfertilized pine, mixed birch and pine and spruce stands on a drained mire. Seloste: Biomassa ja ravinteiden kierto ojitusalueen lannoitetussa ja lannoittamattomassa männikössä, koivu-mäntysekametsikössä ja kuusikossa. Acta Forestalia Fennica 208. 63 s.

Heikurainen, L. 1955. Rämemänniköiden juuriston rakenne ja kuivatuksen vaikutus siihen. Referat: Der Wurzelaufbau der Kiefernbestände aut Reisenmoorböden und seine Beeinflussung durch die Entwässerung. Acta Forestalia Fennica 65(3):1-85

Kaunisto, S. 1982. Development of pine plantations on drained bogs as affected by some peat properties, fertilization, soil preparation and liming. Seloste: Männyn istutustaimien kehityksen riippuvuus eräistä turpeen ominaisuuksista sekä lannoituksesta, muokkauksesta ja kalkituksesta ojitetuilla avosoilla. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 109. 56 s.

- 1987. Effect of refertilization on the development and foliar nutrient contents of young Scots pine stands on drained mires of different nitrogen status. Seloste: Jatkolannoituksen vaikutus mäntytaimikoiden kehitykseen ja neulasten ravinnepitoisuuksiin typpitaloudeltaan erilaisilla ojitetuilla soilla. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 140. 58 s.
- 1989. Jatkolannoituksen vaikutus puuston kasvuun vanhalla ojitusalueella. Summary: Effect of refertilization on tree growth in an old drainage area. Folia Forestalia 724. 15 s.
- 1992. Effect of potassium fertilization on the growth and nutrition of Scots pine. Tiivistelmä: Kalilannoituksen vaikutus männyn kasvuun ja ravinnetilaan. Suo 43(2):45-62.
- & Tukeva, J. 1984. Kalilannoituksen tarve avosoille perustetuissa riukuasteen männiköissä. Summary: Need for potassium fertilization in pole stage pine stands established on bogs. Folia Forestalis 585. 40 s.
- & Paavilainen, E. 1988. Nutrient stores in old drainage areas and growth of stands.

Seloste: Turpeen ravinnevarat vanhoilla ojitusalueilla ja puuston kasvu. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 145. 39 s.

– , Moilanen, M. & Issakainen, J. 1993. Apatiitti ja flogopiitti fosfori- ja kaliumlannoitteina suomänniköissä. Summary: Apatite and phlogopite as phosphorus and potassium fertilizers in peatland pine forests. Folia Forestalia 810. 30 s.

Keltikangas, M., Laine, J., Puttonen, P. & Seppälä, K. 1986. Vuosina 1930 - 1978 metsäojitetut suot: Ojitusalueiden inventoinnin tuloksia. Summary: Peatlands drained for forestry during 1930 - 1978: Results from field survey of drained areas. Acta Forestalia Fennica 193. 94 s.

Mälkönen, E. 1976. Effect of whole-tree harvesting on soil fertility. Tiivistelmä: Kokopuun korjuun vaikutus maan viljavuuteen. Silva Fennica 10(3):157-164.

Paavilainen, E. 1979b. Metsänlannoitusopas. Kirjayhtymä. Helsinki. 112 s.

– 1980. Effect of fertilization on plant biomass and nutrient cycle on a drained dwarf shrub pine swamp. Seloste: Lannoituksen vaikutus kasvibiomassaan ja ravinteiden kiertoon ojitetulla isovarpuisella rämeellä. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 98(5). 71 s.

Westman, C. J. 1981. Fertility of surface peat in relation to the site type and potential stand growth. Seloste: Pintaturpeen viljavuustunnukset suhteessa kasvupaikkatyyppiin ja puuston kasvupotentiaaliin. Acta Forestalia Fennica 172. 77 s.

Virheojitukset eri inventointien valossa

Markku Saarinen

Taloudellisesti kannattamattomat suo-ojitukset ovat olleet julkisen arvostelun kohteena jo kaksi vuosikymmentä (esim. Eronen 1971, 1992, Häyrinen 1976, Luhta 1976, Kuusela 1978, Elo & Lindholm 1980, Laurila 1980). Keskustelu aiheesta oli ehkä vilkkaimmillaan 80-luvun alussa, jolloin myös julkaistiin inventointituloksia virheojituksista Geologisen tutkimuskeskuksen eräiden kuntakohtaisten turvevaraselvitysten yhteydessä (Heikkilä 1984). Valtakunnan metsien inventointien ohella laajemmat aluekokonaisuudet kattavista ojitusalueinventoinneista ensimmäinen ja 80-luvulle asti ainoa on Heikuraisen laatima selvitys ennen sotia kaivettujen ojitusten tuloksellisuudesta 50-luvulla (Heikurainen 1959). Nykytilanteen arvioimiseksi on käytettävissä kaksi tutkimusta, joista toinen käsitti koko valtakunnan alueen (Keltikangas ym. 1986) ja toinen Oulun läänin ja sen eteläpuoleisen osan Suomea (Eurola ym. 1988). Näiden lisäksi meneillään oleva valtakunnan metsien uusin inventointikierros mahdollistaa ensimmäisen kerran myös virheojitusten arvioinnin. Tämä kirjoitus on saanut alkunsa siitä epätietoisuudesta ja hämmennyksestä, jota on aiheuttanut julkisuudessa jo pitkään esiintynyt hyvin ristiriitainen tiedottaminen koskien ojitustoiminnan tuloksellisuutta. Seuraavan esityksen tarkoituksena on antaa kuva siitä, mitä metsänkasvatuskelvottomien soiden ojitusmääristä tiedetään ja mistä johtuvat vaihtelevat käsitykset virheojitusten osuudesta. Samalla pyritään määrittelemään virheojituskäsitteen sisältö sekä esitetään näkemyksiä metsänkasvatuskelvottomien soiden ojituksiin johtaneista syistä.

Mistä virheistä on kysymys?

Käsite "virheojitus" on helposti harhaanjohtava ja osittain myös asenteellinen. Ojitustoimintahan on virheellistä ainakin maastosuunnittelijan kannalta vain, mikäli se tehdään vastoin voimassa olevia ohjeita. Ojitusohjeisto on kuitenkin sisällöltään vaihdellut jatkuvasti menneiden vuosikymmenien aikana. Niinpä työn toteuttajien tekemien virheiden lisäksi voidaan puhua myös ohjeiden antajien ja ohjeiston laadinnan pohjana olevan tutkimuksen virheistä. Viimeksi mainitusta on esitetty esimerkkinä mm. ojitustoiminnan tuloksellisuuden ylimitoitetut odotukset Lapissa sekä kaikkein vähäravinteisimpien soiden osalta myös muualla Suomessa. Ojitustoiminnan kiivaimpina vuosina katsottiin kaikkien soiden, rahkarämeetkin mukaan lukien, olevan ainakin lannoittaen metsänkasvatuskelpoisia. Neuvoteltaessa 70-luvun alussa lainaa maailmanpankista metsänparannukselle, todettiin kannattavuussyistä aiheelliseksi kohdentaa se vain eteläisen Suomen ojitustoimintaan. Ajatus kuitenkin vesitettiin siirtämällä vastaavasti kotimaisia varoja pohjoisten soitten ojittamiseen. Tärkeimmäksi syyksi on katsottu alue- ja puoluepolitiikka, jota tuettiin tutkimuksilla, "joita on vaikea erottaa tieteellisestä väärennyksestä" (Kuusela 1978).

Sotien jälkeen ojitustoiminta elpyi nopeasti ja innostus oli suurta 30-luvun lapiokaivuajan hyvien tulosten ja alkavan koneellistumisen rohkaisemina. Asutustoiminta ja sotakorvausten vuoksi kankailla tehtävät laajat hakkuut suorastaan edellyttivät mittavaa uuden kasvullisen metsämaan lisäämistä. Lisäksi jo ajan henkeen ilmeisesti kuului, että soiden kuivattaminen on arvo sinänsä. Erityisesti tuon aikakauden ojitusten arvostelussa tulisikin noudattaa harkintaa, jossa otetaan huomioon myös toimintaan vaikuttaneet taustatekijät. Ahkerien ojittajien innostus tuotti kuitenkin melkoisesti "ylilyöntejä". Tässä kunnostautuivat erityisesti

asutustoiminnasta myöhemmin vapautuneet maanviljelysinsinööripiirit sekä varsinkin 60-luvun palkkio-ojituskautena monet itsenäisesti toimineet maanomistajat (Timonen 1992).

Metsänkasvatuskelvottomien soiden ojituksia on yleisesti pidetty vain 60-luvun ilmiönä. Maanomistajien toimesta on kuitenkin tehty taloudellisesti kannattamattomia ja metsänparannusorganisaation sekä metsähallinnon osalta samalla myös ohjeistojen vastaisia ojituksia aina viime vuosiin asti. Todettakoon esimerkkinä että kaikista maamme vuoteen 1978 mennessä ojitetuista rahkarämeistä puolet on ojitettu 70-luvun aikana (Keltikangas ym. 1986).

Virheelliseksi katsottuun ojitustoimintaan ovat olleet syynä myös merkilliset epäselvyydet soiden luokittelussa. Vasta viimeisen viiden vuoden aikana on vaivauduttu pohtimaan mikä on avosuon ja puustoisen rämeen välinen ero. Esimerkiksi lyhytkortinen räme ei ekologisilta ja metsätaloudellisilta ominaisuuksiltaan poikkea vastaavasta avosuosta vielä sen perusteella, että hehtaarin alalta löytyy muutamia "rämemäntyjä". Sama koskee saraisia soita Lapin- ja Oulun lääneissä, joissa tämän viljavuustason nevoja ei ainakaan viljelyä vaativina pidetä metsänkasvatuskelpoisina. "Rämeiksi" muutettuina niistä saadaan normaaliin uudisojitukseen soveltuvia kohteita.

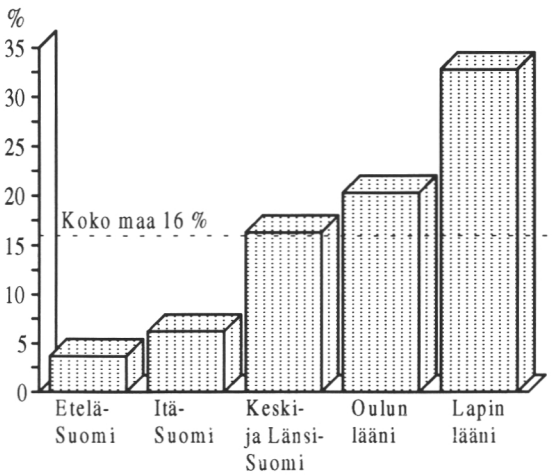
Lyhytkortisiin rämeisiin liittyy myös toinen luokituksen ongelma. Metsätaloudellisessa suoluokituksessa on tehty raaka yleistys kun kyseiseen tyyppiin on luettu mukaan rahkarämeiden viljavuustasoa vastaavat kohosoiden kermirämeet. Jälkimäinen suotyyppi ei kuitenkaan ole mikään uusi ilmiö vuonna 1983 tarkennetussa metsätalouden suotyyppinimikkeistössä, vaan se määriteltiin jo kahdeksan vuosikymmentä sitten (Cajander 1913). Lyhytkortisuus kenttäkasvillisuuden piirteenä on yksinään huono määrite viljavuudelle, sillä se voi ilmetä myös mesotrofisella (ruohoisella) ravinteisuustasolla. Tiedossa on tapauksia, joissa esimerkiksi tuhkalannoituksen erinomaisia tuloksia on yleistetty kaikille lyhytkortisille rämeille, vaikka kyse on ollut nimenomaan mesotrofisista kasvupaikoista. Ei ole ihme, että huonon suotyyppituntemuksen omaavalle metsänparantajalle syntyy virhearvioita, kun saman käsitteen alle on kytketty myös äärikaruja kermirämeitä.

Ojitusalueiden puuntuotoskykyyn perustuvaa metsänkasvatuskelpoisuuden arviointia on sovellettu jo metsänparannustoiminnan alkuajoista lähtien (Lukkala 1930). Jo tuolloin miellettiin kannattamattomiksi ojituksiksi mm. rahkarämeet, rahkamättäiset tupasvillarämeet ja karuimmat nevat. 60-luvun puolivälissä esitettiin ensimmäinen varsinainen ojituksen taloudelliseen kannattavuuteen perustuva laskentamenetelmä. Siinä ojitushetken ja tulevaisuuden kustannusten nykyarvoa verrataan odotettavissa olevien hakkuutulojen nykyarvoon kaikki laskentahetkeen kolmen prosentin korkovaatimuksella diskontattuina (Keltikangas ja Seppälä 1966). Mikäli ojituksen bruttohyödyn suhde kustannuksiin eli hyötykerroin on alle yhden, voidaan ojituskohde tulkita kannattamattomaksi. On mielenkiintoista, että juuri tuohon aikaan oli käytännön toiminnassa kuitenkin luovuttu lähes vuosikymmeneksi kaikesta ojitustoiminnan taloudelliseen kannattavuuteen perustuvasta ajattelusta. Tiedot suometsien puuston kehittymisestä ja sen alueellisista eroista lisääntyivät ja 1973 julkaistiin soiden metsänkasvatuskelpoisuuden laskentamenetelmä sen nykyisinkin käytössä olevassa muodossaan (Heikurainen 1973). Myöhemmin 70- ja 80-luvuilla on mainitun menetelmän perusteella määritelty metsänkasvatuskelvottomiksi lisää kohteita sen mukaan kuin kokemusta käytännön ojitustoiminnan todellisista tuloksista on kertynyt. Tällaisia ovat mm. useimmat saraiset nevat sekä tupasvilla- ja lyhytkorsirämeet tietyn ilmastollisen lämpösummarajan alittavilla alueilla. Seuraavassa virheojituksina pidetään edellisten lisäksi lyhytkortisia rämeitä myös muualla Suomessa, kuten metsähallinnon vuonna 1987 antamassa ohjeistossa on määritelty (Ohjekirje soiden...). Näin ennenkaikkea siitä syystä, että samalla tulevat huomioiduksi ne lukuisat kermirämeet, joita on ojitettu kyseiseen

suotyyppiin yhdistettyinä. On kuitenkin todettava, kuten edellä tuli ilmi, että lyhytkorsirämeistä osa on ojitettuna tuottanut kohtuullisen kasvunlisän.

Mitä virheojitusten määrästä sitten tiedetään ?

Vuonna 1986 Helsingin yliopistossa valmistunut valtakunnallinen ojitusalueinventointi (Keltikangas ym. 1986) tarjoaa mahdollisuuden arvioida ojitustoiminnan tuloksellisuutta 15 vuoden takaisessa tilanteessa. Inventointi perustui ojitushankkeista arvottuun otantaan satunnaisesti valituissa kuntaryhmissä. Otannan kattavuus vastasi valtakunnan metsien inventoinnin näytettä ojitusalueista. Inventoinnin puutteena voidaan virheojituksia ajatellen pitää sitä, että tässäkin yhteydessä kermirämeet on sulautettu lyhytkortisten rämeiden ryhmään. Valtakunnallinen keskiarvo virheojitusten osuudesta suoksi luokitelluilla ojitusaloilla on runsaat 18 %. Tämä on ainoa koko maata koskeva suotyyppien perusteella laadittu arvio. Mikäli osa parhaista lyhytkorsirämeistä tulkitaan metsänkasvatuskelpoisiksi, voidaan puhua noin 16 %:n osuudesta (kuva 1). Laskemalla osuus ojitusten kokonaispinta-alasta (ojitetut kankaat mukaan lukien), saadaan tulokseksi julkisuudessa esitetty 14,6 % (Keltikangas 1990). Kuten kuvasta 1 ilmenee, on virheojitusten suhteellisen osuuden jakauma kovin epätasainen painottuen voimakkaasti Oulun- ja Lapin lääneihin.

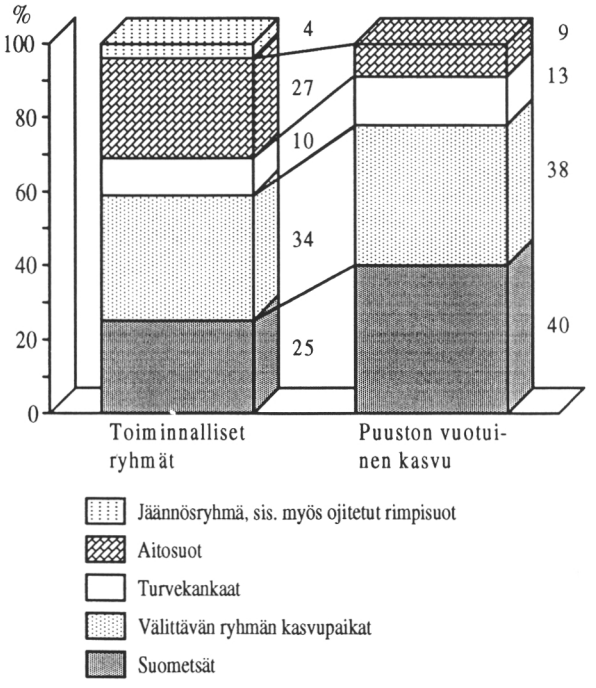


Kuva 1. Virheojitusten osuus ojitetusta suoalasta koko maassa Helsingin yliopiston inventoinnin mukaan (Keltikangas ym. 1986).

Oulun yliopistossa tehtiin vuosina 1984-86 inventointi, joka kattoi Etelä- ja Keski-Suomen sekä Pohjanmaan ja Kainuun suoalueet (Eurola ym. 1988). Otantamenetelmä poikkesi olennaisesti edellä kuvatusta valtakunnallisesta inventoinnista. Koska tavoitteena oli saada näyte myös luonnontilaisten soiden tyyppijakaumasta, tehtiin otanta 10 x 10 km^2:n yhteiskoordinaattiruuduista eikä ojitushankkeista kuten edellä kuvattu inventointi. Puutteena voitaneen pitää sitä, ettei otanta painottunut ojitusalueiden ja soiden esiintymistiheyden mukaisesti. Tällä inventoinnilla saatiin Oulun läänin ja sen eteläpuolisen Suomen virheojitu-sosuudeksi 17 %. Tästä on vertailukelpoisuuden saavuttamiseksi vähennettävä 2-3 % ns. "kuivahtaneita" eli lievästi ojituksen takia kuivuneita soita, jotka eivät kuulu ojitusalueiden

varsinaiseen kuivuvaan hyötypinta-alaan. Kyseisellä alueella päästiin varsin tarkasti samaan arvioon myös Helsingin yliopiston inventoinnissa. Mainituissa lukemissa ovat mukana kaikki lyhytkorsirämeet, mutta ei ojitusohjeiden lämpösummarajan alittavia saranevoja (lähinnä Oulun läänissä).

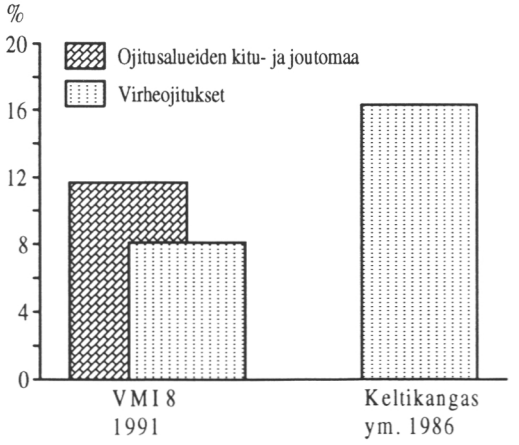
Eurola ja Huttunen (1990) ovat esittäneet myös toisenlaisen lähestymistavan puheena olevaan virheojitusongelmaan. Siinä suot on jaettu neljään ekologiseen ryhmään, joista ns. aitosuot edustavat ennen kaikkea paksuturpeisia vähäravinteisia rämeitä ja nevoja (kuva 2). Kaikki tämän ryhmän suot eivät ole 1987 ohjeiston mukaisia metsänkasvatuskelvottomia soita. Niiden katsotaan kuitenkin vastaavan niin pientä osaa ojitusalueiden puuston vuotuisesta kasvusta, ettei niitä eri ympäristönäkökohdat huomioon ottaen olisi pitänyt ojittaa. Tähän ja rimpisoiden ryhmään kuuluvia soita on kaikkiaan 31 % Oulun läänin ja sen eteläpuolisen Suomen ojituspinta-alasta (mukana myös "kuivahtaneet" suot). Tämä on ehkä käytetyin lähtökohta sille näkemykselle, jonka mukaan Suomen ojitusaloista kolmannes on ojitettu turhaan. Keltikankaan ym. inventoinnin mukaan vastaavien suotyyppien osuus on n. 22%. Eurolan ja Huttusen esitystä on myös tulkittu julkaisijoista poiketen varsin omavaltaisesti eri yhteyksissä. Varsinaisten puustoisten suometsien ryhmä, neljännes ojituspinta-alasta, edustaa niitä suotyyppejä, joihin nykyinen varsin rajoittunut uudisojitustoiminta kohdentuu ainakin eteläisimmässä Suomessa. Tästä on tehty käänteinen tulkinta, jonka mukaan muut suot, kolme neljännestä, ovatkin virheojituksia (Yleisradio TV2, Kotimaan katsaus 16.11.1993). Näin siitäkin huolimatta, että "virheisiin" kuuluisi tuolloin nekin suot, joissa suhteellinen kasvunlisäys luonnontilaan verrattuna on ojituksen jälkeen kaikkein suurin.



Kuva 2. Ojituksenalaisten suokasvupaikkojen toiminnalliset ryhmät ja puuston kasvu Eurolan ja Huttusen (1990) mukaan.

Valtakunnan metsien viimeisin eli kahdeksas inventointi sisältää ensimmäisen kerran luokituksen, jossa määritellään metsänkasvatuskelpoisuus. Luokitus ei perustu suotyyppeihin, vaan metsänkasvatuskelpoisuus on inventointiryhmän subjektiivinen, puuston kasvureaktioon perustuva arvio. Kahdeksas inventointi on edennyt siihen vaiheeseen, että tuloksia on esitettävissä mm. Keltikankaan ym. inventoinnin Länsi- ja Keski-Suomea vastaavalta alueelta (pääalue 3) eli Keski-Suomen, Keski-Pohjanmaan, Etelä-Pohjanmaan ja Vaasan metsälautakuntien muodostamasta kokonaisuudesta. Metsänkasvatuskelvotonta suota esiintyi 8 % ojitetusta suoalasta (kuva 3). Kitu- ja joutomaan osuus soiden ojitusalasta on toinen virheojituskriteeri. Toisaalta se pitää sisällään myös metsänkasvatuskelpoisia soita, joiden puusto ei ole vielä "ehtinyt" elpymään ojituksen vaikutuksesta. Myös metsä- ja kitumaan rajanveto varsinkin pieni- ja harvapuustoisilla karuilla rämeillä on varsin vaikea ja osittain subjektiiviseen harkintaan perustuva arvio. Kitu- ja joutomaita edellä mainitulla alueella oli vajaa 12 %. Suotyyppien mukaan laskettu virheojitusten osuus samalla alueella oli Keltikankaan ym. mukaan 19 % (parhaat lyhytkorsirämeet poistettuna n.16 %). Suotyyppien mukainen virheojitusarvio tällä alueella painottuu erityisesti Etelä- ja Keski-Pohjanmaalle.

Geologian tutkimuskeskuksen turvevaraselvitysten yhteydessä kiinnitettiin 1980-luvun alussa huomiota virheojituksiin erityisesti Etelä-Pohjanmaalla (Heikkilä 1984). Tuolloin ojituskelvottomiin soihin ei vielä luettu lyhytkorsirämeitä. Tästä huolimatta eräissä Etelä- ja Keski-Pohjanmaan kunnissa tutkimuksen piiriin valituilla ojitushankkeilla virheojitusten osuus oli 26-41 %. Koko aineiston keskiarvo oli 35 %, mitä on usein käytetty toisena perusteena puhuttaessa kolmanneksen virheojitusosuudesta. Laajalti julkisuutta saaneen selvityksen puutteena oli sen kohdentuminen suurille yli 20 ha:n yhtenäisille suoyhdistymäkokonaisuuksille. Tämän voidaan katsoa painottavan nimenomaan karuja kohosoiden suotyyppejä. Aineisto vääristyy kun pienet rikkonaiset suokuviot jäävät tarkastelun ulkopuolelle. Toisaalta osalla kunnista selvitys kattoi valtaosan kunnan suoalasta. Inventoinnin laatija varoittaa yleistämästä kuntakohtaisia virheojitusosuuksia kaikkiin ojituksiin. Ne vain osoittavat, että kannattamatonta ojitustoimintaa on harrastettu varsin runsaasti.



Kuva 3. Virheojitukset soilla Keski- ja Länsi-Suomessa Helsingin yliopiston ojitusalueinventoinnin (Keltikangas ym. 1986) ja valtakunnan metsien inventoinnin mukaan.

Päätelmiä ja näkemyksiä

Yhteenvetona voidaan todeta, että molemmat kasvupaikkatyyppeihin perustuvat laaja-alaiset suoinventoinnit (Keltikangas ym. ja Eurola ym.) vastaavat melko hyvin toisiaan kun puhutaan Lapin lääni pois lukien maamme keskimääräisestä virheojituspinta-alasta. Julkisuudessa esitettyihin hyvin erilaisiin pinta-alaosuuksiin on pääasiassa syynä virheojitusten määrittely erilaisista näkökulmista. Toisaalta on syntynyt myös väärinkäsityksiä, kuten Lapin tai tiettyjen yksittäisten kuntien virheojitusten yleistäminen koko ojitustoimintaan. Valtakunnan metsien inventoinnin puuston elpymisreaktioihin perustuvat lukemat antavat kuitenkin mielikuvan huomattavasti pienemmistä pinta-aloista kuin suotyyppien mukaan laaditut arviot. Tässä yhteydessä on muistettava, että inventointihetken puustosta on mahdoton erottaa kasvupaikan tuotospotentiaalin vaikutusta lannoituksin aikaansaadusta kasvunlisästä. Lisäksi vallitsevan tuotostason arviointi pituuskasvun tai valtapituuden perusteella on vaikeaa erityisesti aukkoisissa, usein eri-ikäisrakenteisissa ja pienissä rämepuustoissa. Vasta seuraavat inventoinnit tulevat paljastamaan kuinka suuri osa ojitusalueista on arvioitu pelkän lannoitusvaikutuksen vuoksi metsänkasvatuskelpoiseksi ja metsämaaluokkaan kuuluvaksi.

Ojitustoiminnan kuten kaiken muunkin inhimillisen toiminnan kritiikissä täytyy luonnollisesti pyrkiä taustatekijät ja kokonaistulokset huomioivaan objektiiviseen tarkasteluun. Ojituksen tuloksenahan olemme saaneet lisättyä Suomen metsien vuotuista kokonaiskasvua jo yli kymmenellä prosentilla. Kaikkien metsäojitusten kokonaiskustannusten nykyarvon on laskettu peittyvän jo kolmen vuoden kasvunlisäyksellä puun tehdashinnoin mitattuna (Paavilainen 1992). Ojituksia kokonaisuudessaan ei näin ollen voi missään nimessä pitää turhana ja kannattamattomana. Mutta siitähän ei kaiketi ole kysymyskään. Olennaista luonnonarvojen kannalta onkin se, kuinka paljon koskematonta suoluontoa olisi voitu säästää paremmalla kohdevalinnalla ilman, että tuo sinänsä kunnioitettava kasvunlisäys olisi kovinkaan merkittävästi pienentynyt. Moni voi pitää arvostelua jälkiviisasteluna ja ehkä se sitä onkin. Suuri osa kentällä toteutetusta työstä on varmaankin kohteista riippumatta tehty vilpittömästi rehellistä työtä kunnioittaen ja parasta tarkoittaen. Ongelman ydin onkin ilmeisesti siinä, että metsänparannusväen ja maanomistajien piirissä ei ole koskaan annettu arvoa suoluonnolle sellaisenaan — tuottamattomana ja taloudellisesti hyödyntämättömänä.

Tulevaisuutta ajatellen menneet voisi vaikka unohtaa, mikäli sen vastapainoksi siirryttäisiin asenteissa vaihteeksi toiselle laidalle. Koska kunnostusojituksessa on ylenpalttisesti työsarkaa, voisi metsänparannusvaroin tuettavan uudisojituksen jo lopettaa kokonaan. Samalla pitäisi ehdottomasti päättää alulle päässyt, 60-luvulta kopioitu palkkio-ojitus. Mikäli yhteiskunnan tuella sallitaan maanomistajien omatoimiset "suunnitelmattomiksi maanomistajahankkeiksi" kutsutut ojitukset pelkkien otantatarkastuksin kontrolloituina, alkaa jo kerran koettu mielettömyys uudelleen vielä jäljelle jääneillä karuilla rämeillä. Tämän lisäksi ei tule unohtaa maatilatalouden verotuskäytäntöä, joka mahdollistaa ojituskustannusten verovähennyksen riippumatta suon metsänkasvatuskelpoisuudesta, puhumattakaan luonnonarvoista.

Kirjallisuus

Cajander, A. K. 1913. Studien über die Moore Finnlands. Acta Forestalia Fennica 2(2):1-208.

Elo, K. & Lindholm, T. 1980. Ojitusautomaatti. Summary: Unrestrained Draining. Suomen Luonto 39(2):57-60.

Eronen, J. 1992. Soiden ojitusvimman päätös: Läänin verran epäonnistumisia. Suomen Luonto 6/92. s. 10.

– 1971. Kannattaako hävittää Suomen suot? Helsingin Sanomat 1.2.1971.

Eurola, S. , Aapala, K. & Kokko, A. 1988. Ojitustilanne Etelä- ja Keski-Suomen sekä Pohjanmaan-Kainuun alueella. Summary: A survey of peatland drainage activity in southern and central Finland. Suo 39:9-17.

– & Huttunen, A. 1990. Suoekosysteemin toiminnallinen ryhmitys. Summary: The functional grouping of mire ecosystems and their response to drainage. Suo 41:15-23.

Heikkilä, R. 1984. Karujen rämeiden ja nevojen ojituksista, erityisesti Etelä-Pohjanmaalla. Summary: Unprofitable forestry drainage of sparsely tree covered and treeless poor mires, especially in Southern Ostrobothnia, Western Finland. Suo 35:41-46.

Heikurainen, L. 1959. Tutkimus metsäojitusalueiden tilasta ja puustosta. Referat: Über waldbaulich entwässerte Flächen und ihre Waldbestände in Finnland. Acta Forestalia Fennica 69(1):1-279.

– 1973. Soiden metsänkasvatuskelpoisuuden laskentamenetelmä. Summary: A method for calculation of the suitability of peatlands for forests drainage. Acta Forestalia Fennica 131:1-35.

Häyrinen, U. 1976. Suoluonnon hätätila. Summary: The peatland crisis. Suomen Luonto 35(5):210-215.

Keltikangas, M. 1990. Ojitettujen soiden merkitys Suomen puuhuollolle nyt ja tulevaisuudessa: Missä kannattaa kunnostusojitus? Julkaisussa: Suometsien hyödyntäminen. Joensuun yliopistossa 13.3.1990 pidetyn teemapäivän esitelmät. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja 268.

– , Laine, J., Puttonen, P. & Seppälä, K. 1986. Vuosina 1930-78 metsäojitetut suot: ojitusalueiden inventoinnin tuloksia. Abstract: Peatlands drained for forestry during 1930-1978: results from field surveys of drained areas. Acta Forestalia Fennica 193:1-94.

– & Seppälä, K. 1966. Laskelmia metsäojituksen alueittaisesta edullisuudesta. Summary: A comparison of the economic results of forest drainage undertakings in different parts of Finland. Suo 17(1):9-21.

Kuusela, K. 1978. Metsäojitus - mutainen lapsi. Professori Kullervo Kuusela vaatii nykytilanteen nopeaa selvittämistä. Uusi Suomi 1.10.1978.

Laurila, J. 1980. "Nelinkertainen kontrolli" pettää: Tapio ojittaa avosoita ympäristövuonna. Summary: A four-level control" gives way - draining of peatland in environmental year. Suomen Luonto 39(8):360-365.

Luhta, J. 1976. Suoretkeilijän epätoivo. Summary: Nature lover's despair. Suomen Luonto 35(5):247-253.

Lukkala, O. J. 1930. Tutkimuksia soiden metsätaloudellisesta ojituskelpoisuudesta erityisesti kuivatuksen tehokkuutta silmälläpitäen. Referat: Untersuchungen über die waldwitschaftliche Entwässerungsfähigkeit der Moore. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 15(1):1-278.

Ohjekirje soiden metsätaloudellisesta käytöstä. 1987. Metsähallitus. Helsinki 10.4.1987. N:o TMH. 906.

Paavilainen, E. 1992. Metsäojitus on ollut kannattavaa. Suomen Luonto 8/92. s. 48.

Timonen, E. 1992. Metsäojituksen taloudellisuus ja ympäristönäkökohdat. Teoksessa: Tuokko, K. (toim.). Metsänparantajat kansakunnan asialla 1908-1988. s. 309-311.

Lannoitusvaikutuksen kesto suonpohja-alueilla

Lasse Aro

Johdanto

Suonpohjilla tarkoitetaan turpeennoston jälkeen vapautuvia suoalueita. Suonpohjien ravinnetalous on epätasapainoinen. Kivennäismaan pinnalle jäävässä turpeessa on runsaasti typpeä (Kaunisto 1979, 1987b, Kaunisto & Tukeva 1986, Saarinen 1993), mutta tuskin lainkaan kivennäisravinteita kuten fosforia ja kaliumia (Ferm & Kaunisto 1983, Kaunisto & Saarinen 1989, Saarinen 1993). Pelkällä turvepinnalla taimet kuolevat nopeasti kivennäisravinteiden puutteeseen ja paljastetulla kivennäismaapinnalla taimet puolestaan kasvavat typen puutteen takia kituen. Puiden ravinnetalous on metsitysvaiheessa järjestettävä maanmuokkauksella tai lannoittamalla, jos ne eivät saa kivennäisravinteita pohjamaasta. Lannoitustarve riippuu sekä turvekerroksen paksuudesta että turpeen alla olevan kivennäismaan, pohjamaan, ominaisuuksista.

Turvekerroksen paksuus voi vaihdella nollasta aina yli metrin vahvuuteen (esim. Kaunisto 1985). Paksuilla turvekerroksilla lannoitteina annetut kivennäisravinteet huuhtoutuvat puiden juurten ulottumattomiin. Myös pohjamaan ominaisuudet kuten raekoostumus ja ravinnesisältö saattavat vaihdella runsaasti pienelläkin alueella (esim. Ferm & Kaunisto 1983). Karkeilla, hyvin vettä läpäisevillä pohjamaalajeilla huuhtoutuvat myös lannoitteissa käytetyt vesiliukoiset ravinteet (esim. kalium ja boori) herkästi. Lannoitusvaikutuksen kestoon saattavat näin vaikuttaa siis sekä pohjamaan laatu että turvekerroksen paksuus.

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan metsityslannoituksen ja jatkolannoituksen vaikutuksen kestoa muutamissa suonpohja-alueille perustetuissa kokeissa. Tutkimus kuuluu osana keväällä 1993 mm. Metsäntutkimuslaitoksen, VAPO Oy:n sekä kauppa- ja teollisuusministeriön aloittamaan kolmivuotiseen projektiin "Kestävän kehityksen mukainen turvetuotantoalueiden jälkikäyttö", jonka metsitystutkimuksissa on tarkoitus selvittää erityisesti ravinnetalouskysymyksiä ja puiden juuriston kehitystä.

Aineisto ja menetelmät

Tutkimuksessa tarkastellaan perusteellisemmin Kihniön Aitonevalle perustettuja kokeita 3 ja 16. Lisäksi pelkästään silmävaraisin havainnoin lannoitusvaikutuksen kestoa on seurattu Aitonevan kokeilla 15 ja 20, Honkajoen Satamakeitaan tuotantovaihtoehto- (koe 1) ja turvesyvyyskokeilla (koe 2) sekä Alavuden Vuorennevan turvesyvyyskokeella.

Professori Olavi Huikari perusti 1964 Kihniön Aitonevalle (62°12´N, 23°18´E) kokeen männyn lannoitustarpeen ja viljelytiheyden vaikutusten seuraamiseksi suonpohjan metsityksessä (Kaunisto 1985). Turvekerroksen paksuus oli keskimäärin 71 cm (43-113 cm). Männyn taimet (2+0, Haapajärvi) lannoitettiin viljelyn yhteydessä NPK-lannoitteella (taulukko 1). Koe jatkolannoitettiin keväällä 1975 fosforilla ja kaliumilla, pelkällä typellä tai kaikilla em. ravinteilla. Aikaisemmin lannoittamattomista koealoista osa jätettiin jatkolannoittamatta ja osa jatkolannoitettiin NPK:lla. Vuonna 1975 pelkän typpilannoituksen saaneet koealat jatkolannoitettiin 1985 vielä Suo-PK:lla. Jatkolannoituskäsittelyt olivat siis PK, NPK ja N+PK_{85} eri peruslannoitustasoilla.

Taulukko 1. Lannoituskäsittelyt ja koealojen määrä Aitoneva 3:lla.

NPK-peruslannoitus [1]	Jatkolannoitus 0	PK [2]	NPK [3]	$N+PK_{85}$ [4]
0 g/taimi	8	-	7	-
15 g/taimi	-	6	6	2
30 g/taimi	-	6	6	2
60 g/taimi	-	6	6	2

1) Metsän Y-lannos suomaille (14-7,7-8,3) 0,25 m^2:n laikkuun
2) Suometsien PK-lannos (0-10,3-12,5) 500 kg/ha
3) Suometsien PK-lannos 500 kg/ha, oulunsalpietari (N 27,5 %) 500 kg/ha
4) 1975 oulunsalpietaria 500 kg/ha, 1985 Suo-PK:ta (0-20-20, B 0,2) 500 kg/ha

Aitoneva 16:n kylvö- ja taimilajikoe perustettiin 1985. Turvekerroksen paksuus oli keskimäärin 45 cm ja pohjamaan maalaji karkea hieta. Männyn siemenet (Naulamäki sv. 67) kylvettiin toukokuussa. Männyn istutuksessa käytettiin sekä yksivuotiaita kennotaimia (½Lk-½Ak, Fh-508) että kaksivuotiaita paljasjuurisia taimia (2A, Saarijärvi, M-29-78-711). Viljelykohdat laikkulannoitettiin Suo-PK -lannoksella (taulukko 3). 2A-taimia viljeltiin myös lannoittamatta.

Taulukko 2. Silmävaraiset havainnot lannoitusvaikutuksen kestosta. Kokeiden perustamisajankohta, männyn viljelymateriaali ja metsityslannoitus.

Koe	Vuosi	Viljelymateriaali	Metsityslannoitus
Aitoneva 15	1985	½Lk-½Ak, Fh-508, Saarijärvi M-29-78-711	Suo-PK [1]
Satamakeidas 1	1988	istutus: 1 MK, PS 608, sv. 124	Suometsien-PK [2]
		kylvö: siemen LK.A2, Kuru	Suometsien-PK [2]
Satamakeidas 2	1988	1 MK, PS 608, sv. 124	Suometsien-PK [2]
Vuorenneva	1988	1 MK, PS 508, Käräjärvi sv. 229	Suometsien-PK [2]

1) 0-20-20, B 0,2; 30 g/taimi 0,25 m^2:n laikkuun
2) 2-9-17, B 0,2; 20 g/viljelykohta 0,125 m^2:n laikkuun

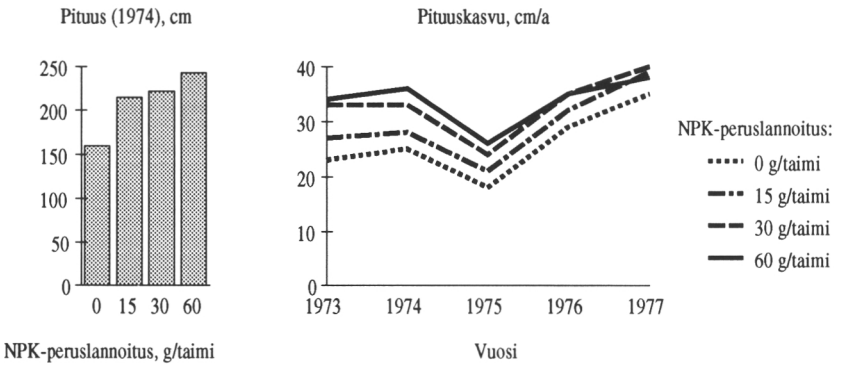
Aitoneva 3:lta kerättiin neulasnäytteet maaliskuussa 1991. Näytteet otettiin kultakin koealalta n. 10 puusta toiseksi ylimmästä oksakiehkurasta puun eteläpuolelta uusimmista neulasista ja yhdistettiin koostenäytteeksi. Aitoneva 16:lta neulasnäytteet kerättiin maaliskuussa 1993. Näytteet olivat koosteita käsittelyruuduista siten, että ojamaiden päällä kasvaneita mäntyjä pyrittiin välttämään. Paksu lumikerros kuitenkin vaikeutti tasaisen koostenäytteen keräämistä kaikkein huonokuntoisimmista koeruuduista.

Näytteet analysoitiin 1993 Parkanon tutkimusasemalla Metsäntutkimuslaitoksessa käytettävien menetelmien mukaan (Halonen ym. 1983). 60 °C lämpötilassa kuivatuista neulasista määritettiin 100 neulasen kuivapaino sekä typen, fosforin, kaliumin, kalsiumin, magnesiumin, boorin, kuparin, sinkin ja mangaanin pitoisuudet. Ravinnepitoisuudet laskettiin 105 °C:ssa määritettyä kuivapainoa kohti. Lannoituskäsittelyjen vaikutus neulasten ravinnepitoisuuksiin ja -suhteisiin testattiin yksi- ja kaksisuuntaisilla varianssianalyyseillä eri osa-aineistoissa ja turvekerroksen paksuuden vaikutus Aitoneva 3:lla kovarianssi- sekä regressioanalyyseillä. Testit ajettiin BMDP-ohjelmistolla.

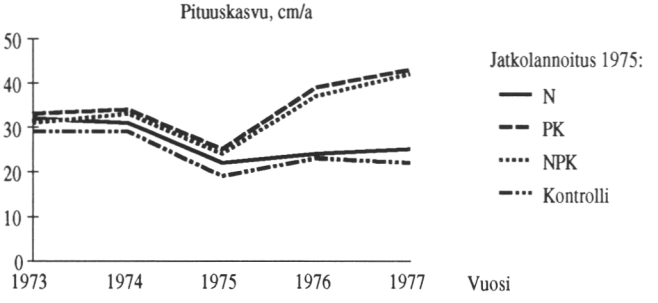
Metsityslannoitus

Aitoneva 3

Männyn taimet kasvoivat ennen jatkolannoitusta sitä paremmin mitä voimakkaampi peruslannoitus oli (kuva 1, Kaunisto 1979). 10-12 vuoden kuluttua viljelylannoituksesta erot taimien kasvussa olivat jo verrattain pieniä (Kaunisto 1979). Jatkolannoitus PK:lla tai NPK:lla lisäsi voimakkaasti taimien kasvua (kuva 2). Sen sijaan pelkkä N-lannoitus ei vaikuttanut mäntyjen pituuskasvuun eikä poistanut mäntyjen voimakasta fosforin ja kaliumin puutosta (Kaunisto 1979).



Kuva 1. Taimien pituus vuonna 1974 ja NPK-jatkolannoituksen vuonna 1975 saaneiden taimien pituuskasvu eri peruslannoitustasoilla (Kaunisto 1979).



Kuva 2. Jatkolannoituksen vaikutus männyn taimien pituuskasvuun. NPK-peruslannoitus 15-60 g/taimi (Kaunisto 1979).

Aitoneva 16

Kaikissa käsittelyissä neulasten typpipitoisuudet olivat Kauniston (1982) esittämän optimialueen (1,5 - 1,6 %) yläpuolella (taulukko 3). Booripitoisuudet olivat sopivat ja mangaanipitoisuus mahdollisesti liian korkea (Metsänterveysopas 1988). Lannoittamattomien 2A-taimien neulasten mangaanipitoisuus oli selvästi korkeampi kuin lannoitetuissa männyissä. Istutetuilla männyn taimilla oli lievää puutetta kaliumista (Metsänterveysopas 1988). Kylvötaimien kaliumpitoisuus oli puolestaan sopiva. Männyillä oli kaikissa käsittelyissä puutetta fosforista, kalsiumista, magnesiumista, kuparista ja sinkistä (Raitio 1978). Typen korkeat ja fosforin sekä kaliumin alhaiset pitoisuudet näkyivät myös ravinnesuhteissa (taulukko 3). Typpeä pitäisi olla neulasissa noin kymmenkertainen määrä fosforiin verrattuna (Puustjärvi 1965, Paarlahti ym. 1971, Raitio 1978). Lannoitetuissa kenno- ja paljasjuuritaimissa suhde oli huomattavasti korkeampi, joten fosforista oli suhteellinen puute typpeen nähden. Lannoittamattomissa 2A-taimissa ja lannoitetuissa kylvötaimissa suhde oli varsin korkealla, mutta edellisiin verrattuna kuitenkin huomattavasti pienempi. Lannoitetuilla kenno- ja paljasjuuritaimilla oli myös kaliumista puutetta suhteessa typpeen, sillä typpeä pitäisi olla kaliumiin nähden 3-3,5 -kertainen määrä (Puustjärvi 1965, Raitio 1978). Puustjärven (1965) mukaan kaliumia on optimioloissa noin kolminkertainen määrä fosforiin nähden, joten lannoitetuissa kennotaimissa oli mahdollisesti myös fosforista puutetta suhteessa kaliumiin.

Taulukko 3. Neulasten ravinnepitoisuudet ja -suhteet Aitoneva 16:lla maaliskuussa 1993 (n=20).

Ravinne-pitoisuus tai -suhde	Viljelymenetelmä				F	p
	Istutus kennotaimilla, PK-lannoitus [1)]	Istutus 2A-taimilla, PK-lannoitus	Istutus 2A-taimilla	Kylvö, PK-lannoitus		
N, %	1,85	1,91	1,65	1,75	3,09	0,1114
P, g/kg	1,16	1,20	1,36	1,42	3,22	0,0509
K, g/kg	4,29	4,00	4,38	4,80	0,98	0,4276
Ca, g/kg	1,92	1,86	2,19	2.17	3,35	0,0456
Mg, g/kg	0,83	0,84	0,90	1,00	1,89	0,1715
B, mg/kg	15,4	18,0	16,3	15,6	1,43	0,2713
Cu, mg/kg	3,42	3,31	3,47	3,67	0,38	0,7672
Zn, mg/kg	26,2	22,6	23,9	24,1	0,64	0,5987
Mn, mg/kg	592	627	749	643	0,92	0,4535
N/P	16,1	16,4	12,3	12,6	3,27	0,0489
N/K	4,3	5,0	4,0	3,7	2,26	0,1442
K/P	3,7	3,4	3,2	3,5	0,43	0,7340
Ca/B	125	105	138	139	3,83	0,0304
Ca/Mg	2,3	2,2	2,4	2,2	0,92	0,4527
N/Ca	9,7	10,4	7,6	8,2	4,64	0,0248
N/B	1207	1082	1052	1122	0,76	0,5318
N/Cu	5564	5816	4888	4800	1,84	0,1802
P/Ca	0,6	0,7	0,6	0,7	0,67	0,5840
K/Ca	2,2	2,2	2,0	2,2	0,33	0,8022
kuivapaino (100 kpl), g	1,34	1,28	1,45	1,21	2,16	0,1321

1) Suo-PK (0-20-20, B 0,2) 30 g/taimi 0,25 m^2:n laikkuun

Muut havainnot

Aitoneva 15:llä turvekerroksen paksuus vaihteli alle 20 cm:stä yli metriin ja pohjamaalaji hiedasta hiekkaan. Toukokuussa 1990 männyt jatkolannoitettiin Suo-PK:lla (2-18-15, B 0,2; 60 g/taimi). Peruslannoituksen vaikutus kesti viisi vuotta. Aitoneva 20:lle männyt istutettiin ja lannoitettiin 1980-luvun lopulla. Turvekerroksen paksuus oli keskimäärin 70 cm (toisto 3) ja pohjamaalaji hieno hiekka. Peruslannoituksen (PK-lannoite 20-30 g/taimi) vaikutus loppui nopeasti, joten koe jatkolannoitettiin kesäkuussa 1991 Metsän PK-lannoitteella (0-9-16, B 0,2). Lannoite annettiin sekä laikku- (30 ja 60 g/taimi) että hajalevityksenä (500 kg/ha). Kesällä 1993 turvepinnalla kasvavissa männyissä oli edelleen havaittavissa kaliumin ja fosforin puutosoireita.

Honkajoen Satamakeitaan tuotantovaihtoehtokokeella pohjamaan vallitseva maalajite oli hieno hiekka ja turvekerroksen paksuus vaihteli lähes nollasta yli metriin. Keväällä 1993 alueella havaittiin voimakkaita kaliumin ja fosforin puutosoireita. Männyn viljelyt jatkolannoitettiin toukokuussa 1993 Metsän PK-lannoitteella (0-9-16, B 0,2; 50 g/viljelykohta).

Alavuden Vuorennevan ja Honkajoen Satamakeitaan turvesyvyyskokeilla turpeen paksuus vaihteli lähes nollasta yli metriin. Satamakeitaalla turpeen alla olevan kivennäismaan vallitseva maalajite oli hieno hiekka. Soran osuus oli lähes viidennes. Vuorennevalla pohjamaalaji oli lähinnä hietamoreenia. Kummallakin kokeella oli havaittavissa kaliumin ja fosforin puutosoireita keväällä 1993, viisi vuotta metsityslannoituksen jälkeen. Kokeilta kerättiin neulasnäytteet joulukuussa 1993. Esimerkiksi Vuorennevalla hyväkuntoisten, PK-peruslannoituksen saaneiden mäntyjen fosfori- (keskimäärin 1,21) ja kaliumpitoisuudet (3,97) olivat alle puuterajojen (Metsänterveysopas 1988).

Jatkolannoituksen ja turpeen paksuuden vaikutus männyn ravinnetilaan

Jatkolannoituksen vaikutusta tarkastellaan vain Aitonevan kokeen 3 vuonna 1991 kerättyjen neulasnäytteiden analyysitulosten perusteella. Männyn neulasten typpipitoisuudet olivat vähintään sopivat kaikissa lannoituskäsittelyissä (kuva 3, Paarlahti ym. 1971, Raitio 1978, Metsänterveysopas 1988). Neulasten typpipitoisuus oli optimissa (Kaunisto 1982) vain 15 g:n NPK-peruslannoituksen ja N+PK_{85} -jatkolannoituksen saaneissa männyissä, joissa neulasten typpipitoisuus oli merkitsevästi pienempi kuin 15 g:n perus- ja PK-jatkolannoituksen saaneissa männyissä ($p<0,05$). Perus- ja jatkolannoituksen yhdysvaikutus säilyi myös turvesyvyydellä korjatuissa N-pitoisuuksissa (taulukko 4).

Männyn neulasten fosforipitoisuudessa näkyi sekä perus- että jatkolannoituksen vaikutus (peruslannoitus F 5,70 ja p 0,0075, jatkolannoitus F 3,37 ja p 0,0464). Neulasten fosforipitoisuus oli merkitsevästi ($p<0,05$) pienempi 15 g:n perus- ja NPK-jatkolannoituksen kuin 30 g:n perus- ja N+PK_{85} -jatkolannoituksen yhdistelmässä (kuva 3). Turvesyvyydellä korjattuihin P-pitoisuuksiin vaikutti merkitsevästi vain peruslannoitus (taulukko 4). Männyillä havaittiin lievää puutetta fosforista PK- ja NPK-jatkolannoituksissa 30 ja 60 g:n peruslannoitustasoilla sekä N+PK_{85} -jatkolannoituksessa 15 g:n peruslannoitustasolla (Raitio 1978, Metsänterveysopas 1988). Fosforin puute oli jo ankara kontrollissa, pelkässä NPK-jatkolannoituksessa sekä 15 g:n peruslannoituksessa jatkolannoituksen ollessa PK tai NPK (pitoisuus < 1,40). Paarlahti ym. (1971) ehdottivat fosforilannoitusta typpi- ja kalitaloudeltaan vahvoilla kasvupaikoilla, kun neulasten fosforipitoisuus on alle 1,70 g/kg. Tätä korkeampi neulasten P-pitoisuus oli ainoastaan 30 g:n NPK-peruslannoituksessa, kun jatkolannoituksena oli N+PK_{85}.

Turvesyvyydellä korjattuihin neulasten N/P-suhteisiin (logaritmimuunnos) vaikutti merkitsevästi sekä perus- että jatkolannoitus (taulukko 4). N/P-suhde osoitti Puustjärven (1965) ja Raition (1978) esittämien arvojen perusteella typen runsautta fosforiin nähden PK:lla tai NPK:lla jatkolannoitetuilla männyillä, mikä saattaa aiheuttaa ongelmia kylmänkestävyydessä (Kaunisto & Paavilainen 1977, Kaunisto 1987a). $N+PK_{85}$ -jatkolannoituksessa typen ja fosforin suhde oli sopiva. Sen sijaan Kaunisto (1987a) laski Paarlahden ym. (1971) esittämistä fosforin ja kaliumin optimitasoista N/P-suhteen optimiksi 8-9. Tämän mukaan männyillä olisi ollut kaikissa jatkolannoituksissa fosforista puutetta suhteessa typpeen.

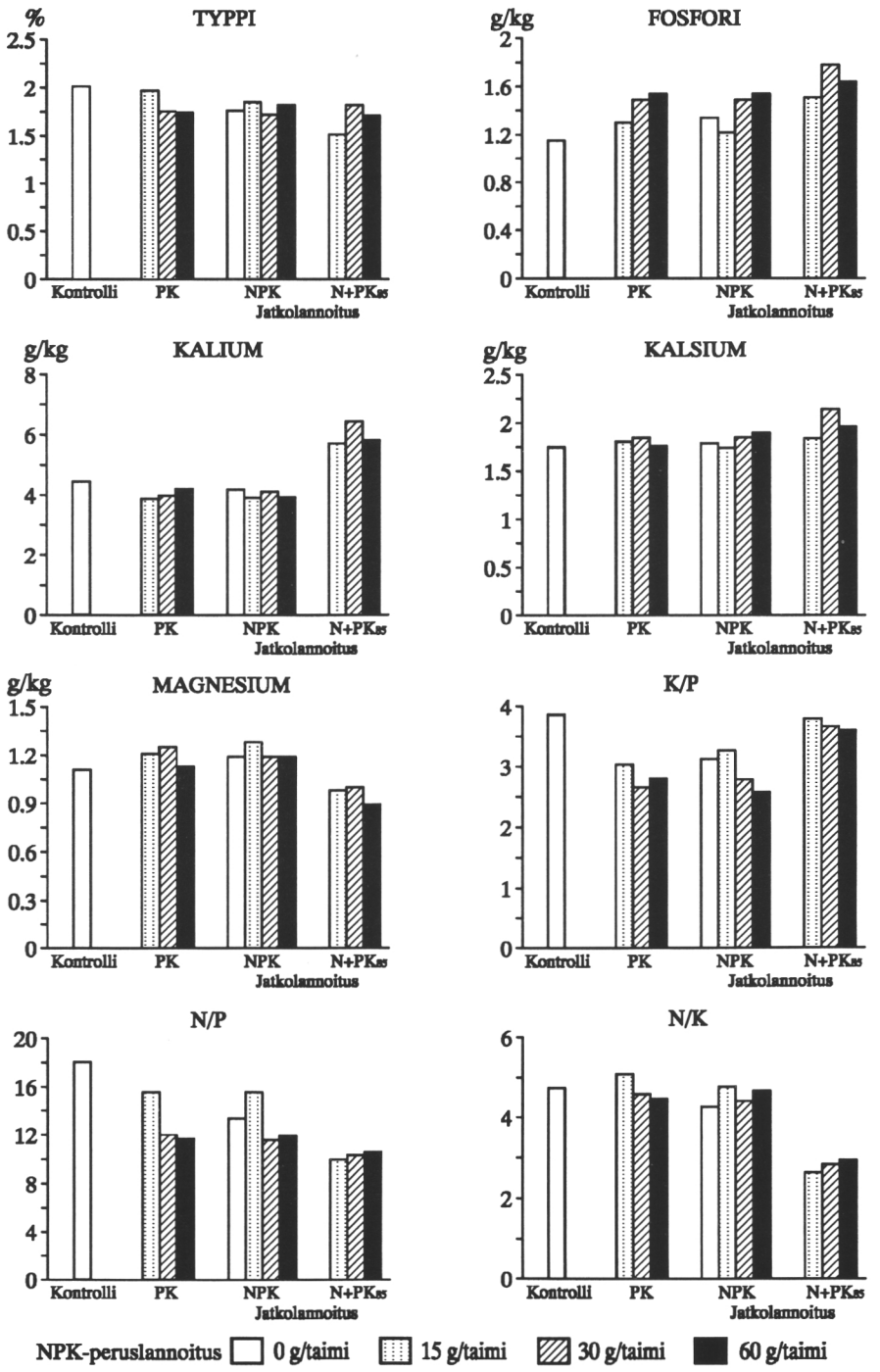
Taulukko 4. Männyn neulasten typpi- ja fosforipitoisuus sekä N/P-suhde Aitoneva 3:lla. Kovarianssianalyysin F-arvot ja merkitsevyydet.

Vaihtelulähde	Selitettävä muuttuja: Typpi		Fosfori		Log(N/P)	
	F	p	F	p	F	p
Peruslannoitus	0,18	0,8359	5,39	0,0096	3,71	0,0357
Jatkolannoitus	2,48	0,0994	3,24	0,0521	3,55	0,0404
Yhdysvaikutus	2,97	0,0342	0,33	0,8534	0,89	0,4791
Turvesyvyys	3,89	0,0573	0,04	0,8434	0,09	0,7616

Neulasten kaliumpitoisuudessa ei ollut enää havaittavissa peruslannoituksen vaikutusta (kuva 3). $N+PK_{85}$ -jatkolannoituksen saaneissa männyissä kaliumin pitoisuudet olivat sopivat (Puustjärvi 1962, Raitio 1978, Metsänterveysopas 1988, Sarjala & Kaunisto 1993) ja tilastollisesti erittäin merkitsevästi korkeammat kuin PK- tai NPK-jatkolannoituksissa (taulukko 5), joissa männyillä oli puutetta kaliumista.

Peruslannoitus ei vaikuttanut typen ja kaliumin tai kaliumin ja fosforin suhteisiin (p 0,6595 ja 0,3780). $N+PK_{85}$ -jatkolannoituksen saaneissa männyissä N/K-suhde oli sopiva (Raitio 1978) ja merkitsevästi pienempi kuin muissa jatkolannoituksissa (taulukko 5). Puustjärven (1965) esittämien arvojen perusteella N/K-suhde osoitti $N+PK_{85}$ -jatkolannoituksessa typen lievää suhteellista puutetta kaliumiin nähden ja muissa jatkolannoituksissa kaliumin suhteellista puutetta typpeen nähden. Kaliumin ja fosforin suhde oli merkitsevästi korkeampi $N+PK_{85}$- kuin PK- tai NPK-jatkolannoituksen saaneissa männyissä. Männyn neulasissa on kaliumia optimioloissa noin kolminkertainen määrä fosforiin nähden (Puustjärvi 1965), joten $N+PK_{85}$ -jatkolannoituksessa männyillä oli fosforista puutetta suhteessa kaliumiin.

Neulasten kalsium- tai magnesiumpitoisuuksissa ei ollut havaittavissa peruslannoituksen vaikutusta. Kalsiumin pitoisuuksissa ei ollut merkitseviä eroja eri lannoituskäsittelyjen välillä. Kaikissa tapauksissa männyillä oli kalsiumista ankara ja magnesiumista joko lievä tai ankara puute (Raitio 1978). $N+PK_{85}$ -jatkolannoitetuissa taimissa Mg-pitoisuus oli erittäin merkitsevästi pienempi kuin muissa jatkolannoituksissa. Kalsiumin ja magnesiumin suhde oli sopiva (Raitio 1978) $N+PK_{85}$ -jatkolannoituksessa ja merkitsevästi korkeampi kuin PK- tai NPK-jatkolannoituksissa, joissa mäntyjen kalsiuminpuute oli ilmeisesti ankarampi kuin magnesiumin.



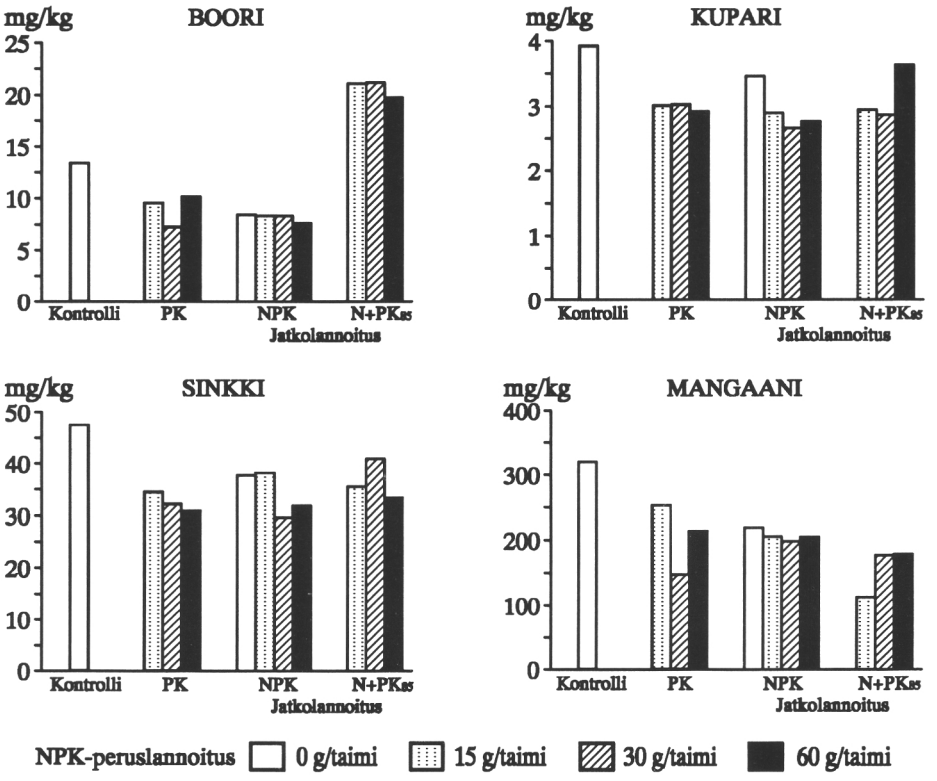
Kuva 3. Männyn neulasten pääravinnepitoisuudet ja -suhteet Aitonevalla 3:lla maaliskuussa 1991. $N+PK_{85}$ -käsittelyssä PK-lannoitus tehtiin vuonna 1985, kaikki muut jatkolannoitukset vuonna 1975.

Taulukko 5. Jatkolannoituksen vaikutus neulasten ravinnepitoisuuksiin ja -suhteisiin Aitoneva 3:lla (NPK-peruslannoitus 15-60 g/taimi).

Muuttuja	Jatkolannoitus			F	p
	PK	NPK	$N+PK_{85}$		
P, g/kg	1,44	1,42	1,64	2,60	0,0870
K, g/kg	4,01	3,98	***5,99***	16,23	0,0000
Ca, g/kg	1,80	1,83	1,98	1,09	0,3472
Mg, g/kg	1,20	1,22	***0,95***	10,56	0,0002
B, mg/kg	9,0	8,1	***20,7***	47,89	0,0000
Cu, mg/kg	2,99	2,77	3,14	0,81	0,4536
Zn, mg/kg	32,5	33,2	36,6	1,43	0,2512
Mn, mg/kg	205	203	156	0,74	0,4856
N/P	13,1	13,0	10,3	2,58	0,0890
N/K	4,7	4,6	***2,8***	15,56	0,0000
K/P	2,8	2,9	***3,7***	4,10	0,0243
Ca/B	244	252	***97***	8,51	0,0010
Ca/Mg	1,5	1,5	***2,1***	9,65	0,0004
N/Ca	10,2	10,0	8,6	2,48	0,0972
N/B	2480	2454	***817***	11,92	0,0001
N/Cu	6395	7024	5431	1,74	0,1892
P/Ca	0,8	0,8	0,8	0,36	0,6966
K/Ca	2,2	2,2	***3,1***	10,75	0,0002
kuivapaino (100 kpl), g	2,13	2,28	2,42	0,81	0,4518
turvesyvyys, cm	75	68	67	0,75	0,4771
n, kpl	18	18	6		

Männyn neulasten booripitoisuudet olivat kaikissa käsittelyissä sopivat (Raitio 1978, Metsänterveysopas 1988). Boorin pitoisuuksissa ei havaittu peruslannoituksen vaikutusta (kuva 4). $N+PK_{85}$ -jatkolannoituksessa pitoisuus oli merkitsevästi korkeampi kuin muissa jatkolannoituksissa. Kaikissa käsittelyissä Ca/B-suhde oli huomattavasti Raition (1978) esittämien optimiarvojen alapuolella. Peruslannoituksen vaikutusta ei havaittu myöskään neulasten kupari-, sinkki- tai mangaanipitoisuuksissa. Männyillä oli ankara puute kuparista kaikissa lannoituskäsittelyissä (Raitio 1978). Kontrollimäntyjen kuparipitoisuus oli lähellä optimia. Sen sijaan Metsänterveysoppaan (1988) perusteella männyillä ei ollut puutetta kuparista, sillä vasta alle 2,5 mg/kg kuparipitoisuuksia pidetään alhaisina. Myös sinkistä oli ankara puute kaikissa käsittelyissä (Raitio 1978). Metsänterveysoppaassa (1988) alle 40 mg/kg pitoisuudet esitetään arveluttavan alhaisiksi, joten kontrollimäntyjen sinkkitalous olisi ollut kunnossa. Mangaanista oli ankara puute kaikissa käsittelyissä (Raitio 1978). Tosin kontrollimäntyjen neulasten Mn-pitoisuus oli lähellä lievää puutetta ilmaisevaa rajaa.

Paksuturpeisella Aitoneva 3:lla turvesyvyyden huomioonottaminen (kovarianssianalyysi) muutti ainoastaan neulasten fosforipitoisuuteen ja N/P-suhteeseen (logaritmimuunnos) merkitsevästi vaikuttavia tekijöitä. Muiden ravinteiden turpeen paksuudella korjatuissa pitoisuuksissa ja suhteissa näkyi edelleen lannoituskäsittelyjen vaikutus.



Kuva 4. Männyn neulasten hivenravinnepitoisuudet Aitoneva 3:lla maaliskuussa 1991.

Aitoneva 3:lla neulasten typpipitoisuus laski turvekerroksen paksuuden kasvaessa, mutta ainoastaan yhdessä tapauksessa riippuvuus oli tilastollisesti merkitsevä (taulukko 6). Neulasten fosforipitoisuuden riippuvuus turvesyvyydestä vaihteli huomattavasti lannoituskäsittelyjen mukaan. Merkitsevät riippuvuudet havaittiin kontrollissa, jossa neulasten P-pitoisuus laski, sekä kahdessa NPK-jatkolannoituskäsittelyssä, joissa P-pitoisuus nousi turvekerroksen paksuuden lisääntyessä. Neulasten P-pitoisuuden nousu vastasi Kauniston (1979) samalla kokeella havaitsemaa turpeen syvyyden ja liukoisen fosforin välistä positiivista korrelaatiota, sillä pintaturpeen liukoisen fosforin lisääntymisen voisi olettaa näkyvän myös neulasten P-pitoisuudessa. Neulasten K-pitoisuus laski $N+PK_{85}$-jatkolannoitusta lukuunottamatta turvekerroksen paksuuntuessa, mutta riippuvuus oli merkitsevä vain NPK-jatkolannoituksessa. Myös Kaunisto ja Viinamäki (1991) havaitsivat neulasten kaliumpitoisuuden ja suonpohjaturpeen syvyyden välisen negatiivisen riippuvuuden Aitoneva 2:lla, vaikka neulasten ravinnepitoisuuksien ja turpeen paksuuden välinen yhteys olikin pääasiassa heikko. Typen, fosforin ja kaliumin suhteiden riippuvuuden suunta turpeen paksuudesta vaihteli huomattavasti. Merkitsevät riippuvuudet havaittiin lähinnä kontrollissa tai NPK-jatkolannoituksessa (taulukko 6).

Taulukko 6. Männyn neulasten ravinnepitoisuuksien sekä -suhteiden tilastollisesti merkitsevät ($p<0,05$) riippuvuudet turvekerroksen paksuudesta Aitoneva 3:lla.

Ravinne	Käsittely NPK-peruslannoitus	Jatko-lannoitus	y = a + bx	F	p	R^2 (%)	n
N	30 g/taimi	PK	y = 2,48 - 0,0115 x	51,27	0,0020	92,8	6
P	0 g/taimi	0	y = 1,99 - 0,0107 x	9,39	0,0221	61,0	8
	15 g/taimi	NPK	y = 0,67 + 0,0085 x	12,14	0,0253	75,2	6
	60 g/taimi	NPK	y = 1,24 + 0,0044 x	11,31	0,0282	73,9	6
K	15-60 g/taimi	NPK	y = 5,38 - 0,0206 x	8,52	0,0100	34,8	18
Mn	15-60 g/taimi	NPK	y = 383 - 2,6649 x	15,58	0,0012	49,3	18
N/P	0 g/taimi	0	y = 5,41 + 0,1622 x	7,75	0,0319	56,4	8
N/K	0 g/taimi	NPK	y = 5,42 - 0,0179 x	7,53	0,0406	60,1	7
	15-60 g/taimi	NPK	y = 3,48 + 0,0166 x	4,90	0,0418	23,4	18
K/P	0 g/taimi	0	y = 2,09 + 0,0239 x	6,00	0,0498	50,0	8
	15-60 g/taimi	NPK	y = 4,45 - 0,0233 x	13,05	0,0023	44,9	18

Päätelmät

Metsityslannoituksen vaikutus kesti Aitonevan (15 ja 20), Satamakeitaan ja Vuorennevan kokeilla korkeintaan viisi vuotta. Tämä oli selvästi vähemmän kuin ohutturpeisemmalla Aitoneva 16:lla, jossa myös pohjamaalaji oli hienompi kuin muissa tutkituissa kokeissa.

Jatkolannoitetulla Aitoneva 3:lla metsityslannoituksen vaikutus näkyi vain neulasten fosforipitoisuudessa ja N/P-suhteessa. Suonpohjaturpeesta vapautui typpeä vähintään riittävästi, joten typpilannoitus oli tarpeeton. Männyillä oli puutetta fosforista erityisesti alhaisilla NPK-peruslannoitustasoilla. Neulasten P-pitoisuudet kasvoivat lievästi peruslannoituksen voimistuessa. Samoin erottui $N+PK_{85}$ -jatkolannoitus, jossa PK:n antamisesta oli kulunut vasta kuusi vuotta. Tästä syystä myös kaliumin pitoisuudet olivat sopivat vain $N+PK_{85}$ -jatkolannoituksessa. Kalsiumin ja magnesiumin puute voi johtua turpeen vähäisten Ca- ja Mg-varojen lisäksi kasvualustan korkeasta typpipitoisuudesta (ks. Heinsdorf 1993). Peruslannoitus ei vaikuttanut mikroravinteiden pitoisuuksiin. Booria oli neulasissa riittävästi, mutta kuparista, sinkistä ja mangaanista oli puutetta kaikissa käsittelyissä. Neulasten kupari-, sinkki- ja mangaanipitoisuudet olivat kuitenkin selvästi korkeimmat kontrollissa, joten jatkolannoitus oli ilmeisesti vähentänyt mikroravinteiden pitoisuuksia. Vastaavia tuloksia on havaittu turvemailla aikaisemminkin (mm. Veijalainen 1977, Raitio 1978). Aitoneva 3:n männyt täytyy jatkolannoittaa lähiaikoina PK:lla. Edellisestä jatkolannoituksesta oli kulunut neulasnäytteiden ottoon mennessä 16 vuotta. Vuonna 1977 pelkän typpi- ja 1985 PK-jatkolannoituksen saaneilla männyillä oli puutetta lähinnä mikroravinteista, joten niillä ravinnetalous hoidetaan hivenlannoituksella.

Turvesyvyydellä ei ollut selkeätä vaikutusta neulasten ravinnepitoisuuksiin tai -suhteisiin paksuturpeisella Aitoneva 3:lla, vaikka joitakin merkitseviä riippuvuuksia löytyikin. Aitoneva 3:lla turvekerros oli niin paksu, että mäntyjen juuret eivät ilmeisesti olleet saavuttaneet pohjamaan ravinnevaroja. Mäntyjen ravinnetalous on lähinnä lannoituksen varassa.

Mikäli turvekerros on alle 10 cm, riittää todennäköisesti yksi lannoituskerta, jos vesitalous on kunnossa ja pohjamaa sisältää hienoja maalajitteita (Kaunisto & Saarinen 1989). Turpeen paksuuden ollessa 10-40 cm riittää ehkä yksi tai kaksi jatkolannoitusta. Jos turvekerroksen paksuus on yli 40 cm, tarvitaan mahdollisesti useita jatkolannoituksia. Tällöin saattaa esiintyä puutetta myös hivenravinteista. Jatkolannoituksista ei kuitenkaan ole riittävästi tutkimustuloksia. Myös jatkolannoitus voidaan antaa laikkuun taimen ympärille. Tällöin käytetään hieman suurempaa määrää ja etäisyyttä taimeen tai kylvökohtaan kuin peruslannoituksessa.

Kirjallisuus

Ferm, A. & Kaunisto, S. 1983. Luontaisesti syntyneiden koivumetsiköiden maanpäällinen lehdetön biomassatuotos entisellä turpeennostoalueella Kihniön Aitonevalla. Summary: Above-ground leafless biomass production of naturally generated birch stands in a peat cut-over area at Aitoneva, Kihniö. Folia Forestalia 558. 32 s.

Halonen, O., Tulkki, H. & Derome, J. 1983. Nutrient analysis methods. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 121. 28 s.

Heinsdorf, D. 1993. The role of nitrogen in declining Scots pine forests (*Pinus sylvestris*) in the lowland of East Germany. Water, Air & Soil Pollution 69(1-2): 21-35.

Kaunisto, S. 1979. Alustavia tuloksia palaturpeen kuivatuskentän ja suonpohjan metsityksestä. Summary: Preliminary results on afforestation of sod peat drying fields and peat cut-over areas. Folia Forestalia 404. 14 s.

- 1982. Development of pine plantations on drained bogs as affected by some peat properties, fertilization, soil preparation and liming. Seloste: Männyn istutustaimien kehityksen riippuvuus eräistä turpeen ominaisuuksista sekä lannoituksesta, muokkauksesta ja kalkituksesta ojitetuilla avosoilla. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 109. 56 s.
- 1985. Metsityskokeet Kihniön Aitonevalla. Afforestation experiments at Aitoneva, Kihniö. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 177. 53 s.
- 1987a. Effect of refertilization on the development and foliar nutrient contents of young Scots pine stands on drained mires of different nitrogen status. Seloste: Jatkolannoituksen vaikutus mäntytaimikoiden kehitykseen ja neulasten ravinnepitoisuuksiin typpitaloudeltaan erilaisilla ojitetuilla soilla. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 140. 58 s.
- 1987b. Lannoituksen ja muokkauksen vaikutus männyn ja rauduskoivun istutustaimien kasvuun suonpohjilla. Summary: Effect of fertilization and soil preparation on the development of Scots pine and silver birch plantations on peat cutover areas. Folia Forestalia 681. 23 s.
- & Paavilainen, E. 1977. Response of Scots pine plants to nitrogen refertilization on oligotrophic peat. Seloste: Typpijatkolannoituksen vaikutus männyn taimien kehitykseen karulla turvealustalla. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 92.1. 54 s.
- & Saarinen, M. 1989. Turpeennostoalueiden metsitys. Moniste, METLA, Parkanon tutkimusasema. 11 s.
- & Tukeva, J. 1986. Kasvatustiheyden vaikutus männyn istutustaimikoiden kehitykseen turvemailla. Summary: Effect of tree spacing on the development of pine plantations on peat. Folia Forestalia 646. 36 s.
- & Viinamäki, T. 1991. Lannoituksen ja leppäsekoituksen vaikutus mäntytaimikon kehitykseen ja suonpohjaturpeen ominaisuuksiin Aitonevalla. Summary: Effect of fertilization and alder (*Alnus incana*) mixture on the development of young Scots pine

(*Pinus sylvestris*) trees and the peat properties in a peat cutover area at Aitoneva, southern Finland. Suo 42(1): 1-12.

Metsänterveysopas. Metsätuhot ja niiden torjunta. 1988. Jukka, L. (toim.). Samerka Oy, Helsinki. 168 s.

Paarlahti, K., Reinikainen, A. & Veijalainen, H. 1971. Nutritional diagnosis of Scots pine stands by needle and peat analysis. Seloste: Maa- ja neulasanalyysi turvemaiden männiköiden ravitsemustilan määrityksessä. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 74.5. 58 s.

Puustjärvi, V. 1962. Suometsien kaliumravitsemuksesta ja neulasten N/K-suhteesta neulasanalyysin valossa. Summary: On the potassium nutrition on wet peatland forests and on the N/K ratio of the needles in light of needle analysis. Suo 13(3): 36-40.

– 1965. Neulasanalyysi männyn lannoitustarpeen ilmentäjänä. Summary: The analysis of needles as an exponent for the need of fertilization of Scotch pine. Metsätaloudellinen Aikakauslehti 1/1965: 26-28.

Raitio, H. 1978. Pääravinnelannoituksen vaikutus männyn neulasten rakenteeseen ja ravinnepitoisuuksiin ojitetulla karulla avosuolla. Metsäntutkimuslaitos, Parkanon tutkimusaseman tiedonantoja 7.5. 9 s.

Saarinen, M. 1993. Männyn ja koivun viljely turvetuotannosta poistetuilla suonpohjilla. MML-tutkinnon sivuainetutkielma metsänhoitotieteissä. Helsingin yliopisto, Metsäekologian laitos. 57 + 7 liites.

Sarjala, T. & Kaunisto, S. 1993. Needle polyamine concentrations and potassium nutrition in Scots pine. Tree Physiology 13: 87-96.

Veijalainen, H. 1977. Use of needle analysis for diagnosing micronutrient deficiencies of Scots pine on drained peatlands. Seloste: Neulasanalyysi männyn mikroravinnetilanteen määrityksessä turvemailla. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 92.4. 32 s.

Männyn kylvön ja luontaisen uudistamisen näkymät

Kaarlo Kinnunen

Taustaa

Männyn kylvöala kasvoi viidenneksen vuonna 1991 edelliseen vuoteen verrattuna. Luontaisen uudistamisen ala puolestaan pieneni samaan aikaan kolmanneksen. Männyn uudistusalasta kyseisenä vuonna puolet istutettiin, 30 % kylvettiin ja 20 % uudistettiin luontaisesti (Aarne 1993). Vielä edellisenä vuonna kylvön ja luontaisen uudistamisen suhde oli toisin päin. Yleistrendinä näyttää olevan, että kylvön ja luontaisen uudistamisen osuudet lähentyvät toisiaan.

Koneellisen kylvön osuus ei vielä näy tilastoissa, mutta paikallisesti sillä on jo nyt huomattava osuus ja kasvusuuntaus näyttää jatkuvan. Kustannuksissa ei sinänsä ole suurta eroa käsin- ja konekylvön välillä (Kinnunen 1992), mutta konekylvössä houkuttaa helppous ja säästöä kertyy esim. työnjohtokuluissa (Rummukainen & Tervo 1992). Työkustannukset ovat konekylvössä pienet, mutta siemeniä puolestaan tarvitaan enemmän kuin käsinkylvössä.

Seuraavassa tarkastellaan Parkano- Kurun alueelta kerätyn koemateriaalin pohjalta luontaisen uudistamisen ja kylvön käyttömahdollisuuksia karuhkojen kangasmaiden uudistamisessa.

Tutkimusaineisto ja -menetelmä

Kurun Sakkohuhtaan perustettiin vuosina 1987-88 koe, jossa tutkittiin siemenpuiden määrän ja muokkauksen vaikutusta luontaiseen uudistumiseen. Siemenpuiden määrä oli 0 (reunametsäsiemennys), 25 ja 100 puuta/ha. Ruudun koko oli 1 ha ja toistoja kolme. Kokeella seurattiin vuosittain siemensadon määrää keruusuppiloiden avulla. Häädetjärvelle perustettiin vuonna 1991 neljä koetta. Kunkin kokeen pinta-ala oli 0,6 ha (50*120 metriä). Alkkian koe perustettiin keväällä 1992. Kokeen pinta-ala oli 1,5 ha (100*150 metriä). Siinä käsittelyt toistettiin kaksi kertaa. Näillä kokeilla seurattiin siemensadon määrää vuosina 1992-93. Pirttijärven koe perustettiin 1993. Se oli koejärjestelyiltään samanlainen kuin Alkkian koe. Kurun ja Häädetjärven kokeet sijaitsivat kuivahkolla ja Alkkian ja Pirttijärven kokeet kuivalla kankaalla.

Käsittelyt (Alkkian, Häädetjärven ja Pirttijärven kokeissa):

1. Reunametsäsiemennys
2. Siemenpuumenetelmä
3. Siemenpuumenetelmä + konekylvö
4. Konekylvö
5. Suunnattu hajakylvö käsin

Siemenmäärä konekylvössä vaihteli välillä 380-480 g/ha (keskim. 430), käsinkylvössä välillä 400-440 g/ha (keskim. 420). Konekylvön siemenmenekki selvitettiin panemalla pussi siemenputken päähän ajettaessa käsinkylvöruutuja ja punnitsemalla siemenmäärä ruuduittain.

Muokkaus tehtiin keskiraskaan metsätraktorin vetämällä hydraulipainotteisella TTS- metsääkeellä. Konekylvölaitteena Häädetjärven ja Alkkian kokeissa oli Työtehoseuran valmistama kylvölaite (m/Palonen), jossa siemenen annostelu tapahtui äkeen lautasen pyörittämän reikälevyn avulla. Pirttijärven kokeessa käytettiin uudempaa TTS-Sigma- kylvölaitetta, jossa siemen puhalletaan paineilman avulla kylvökohtaan. Siemenmäärän annostelu on tässä laitteessa helpompaa kuin m/Palosessa. Siinä on myös hälytys siementen syöttöhäiriöiden varalle.

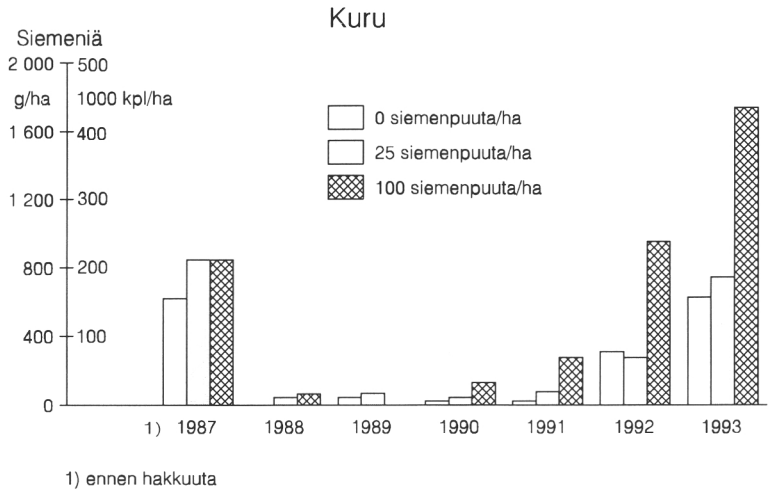
Siemenenä Häädetjärven ja Alkkian kylvöissä käytettiin sekoitusta, jossa oli 80 % metsikkökeräyssiementä ja 20 % siemenviljelyssiementä. Siemenen itävyys oli 94 (92) % ja tuhatjyväpaino 4,3 (5,5) g. (Siemenviljelyssiemenen tunnukset suluissa). Siemenerän tunnus oli T10-85-34 (M29-90-0007), keräysvuosi 1985 (1990), paikkakunta Rautavaara (Käräjäjärvi, Sv 229) ja alkuperäluokka B3 (A3). Pirttijärven kylvöissä käytettiin paikallista metsikkökeräyssiementä (B3, M29-92-3018). Sen itävyys oli 88 % ja tuhatjyväpaino 4,85 g. Kylvöt tehtiin Häädetjärvellä 22.-23. 5. 1991, Alkkiassa 29.5. -1.6.1992 ja Pirttijärvellä 21.-22.5.1993. Kurussa kylvö tehtiin 20.-21.6.1989 ja istutus kesäkuun alussa 1989. Ala muokattiin jo edellisenä kasvukautena, 25.-26.7.1988.

Inventointi: Kokeet inventoitiin syksyllä 1991 (Häädetjärvi) ja 1992 (Alkkia ja Häädetjärvi) sekä syksyllä 1993 (kaikki kokeet). Kurun koetta lukuunottamatta näytealoina käytettiin kahden metrin mittaisia muokkauskaistoja, jotka merkittiin pysyviksi koealoiksi. Käsittelyissä 1, 2 ja 3 näytealat otettiin 10 m:n välein (8 + 2 m) joka toisesta TTS- ajosta. Käsittelyissä 4 ja 5 näytekaistat otettiin 7 m:n välein (5 + 2) ja käsittelyssä 5 otettiin mukaan molemmat ajot, jotta näytealoja saatiin yhtä paljon kuin muissa käsittelyissä. Näytealoja tuli 34-36 kpl kullekin käsittelylle. Kurussa käytettiin hiukan muunneltuna Saksan (1986) käyttämää systemaattista ympyräkoeala-arviointia. Näytealan koko oli 10 m^2. Linjaväli oli siemenpuuruuduilla 12 m ja näytealaväli 10 m. Näytealoja tuli kullekin ruudulle 28 kpl. Viljelyruudut olivat puolta pienempiä kuin luontaiset, joten niillä käytettiin 10 m:n linja- ja 7 m:n näytealaväliä. Näytealojen määräksi tuli 23.

Aineistoa käsiteltiin varianssianalyysillä ja Tukeyn testillä. Tilastollisten erojen merkitsevyydet eri riskitasoilla esitetään seuraavasti: 10 % (o), 5 % (*), 1 % (**), 0,1 % (***).

Siemensato

Kurun kokeella siemensadon seuranta aloitettiin vuonna 1987, jolloin oli kohtalainen siemensato (kuva 1). Seuraavana vuonna tehty siemenpuuhakkuu ja muokkaus osuivat luontaisen uudistumisen kannalta pahimpaan mahdolliseen aikaan, sillä vuodet 1988-90 olivat melko totaalisia katovuosia. Vuonna 1992 saatiin jo kohtalainen siemensato tiheimmällä (100 puuta/ha) siemenpuuasennolla. Vuonna 1993 siemensato vielä kaksinkertaistui edellisestä vuodesta. Myös Häädetjärven kokeella siemenmäärä kasvoi vuonna 1993 edellisestä vuodesta, Alkkiassa puolestaan siemenmäärä laski. Vähiten siemeniä varisi uudella, vuonna 1993 perustetulla Pirttijärven kokeella (kuva 2), jolla oli myös vähiten siemenpuita (33 kpl/ha).



Kuva 1. Siemensadon vaihtelu eri vuosina Kurun kokeella.

Taimettuminen

Kuru

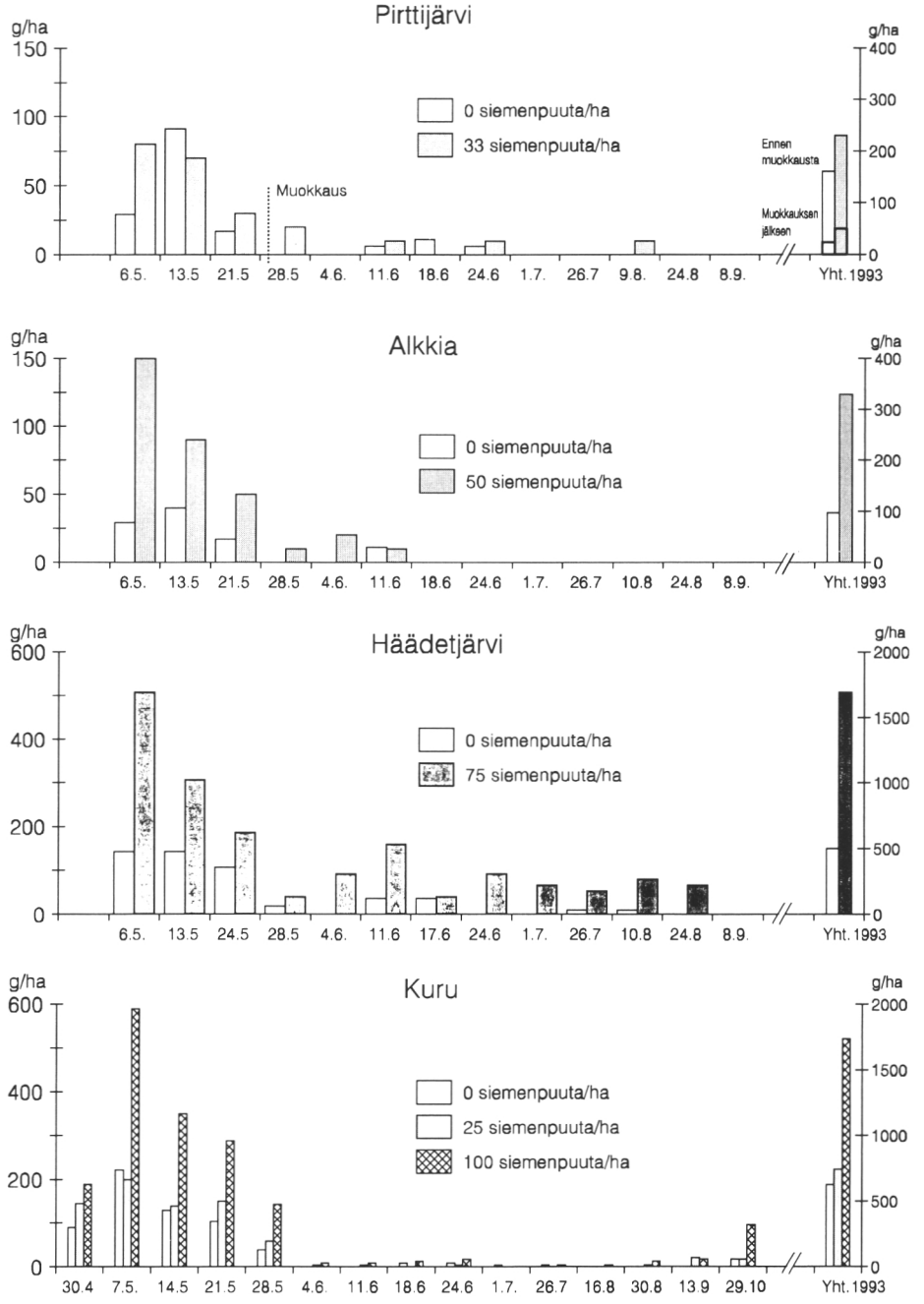
Kuuden kasvukauden kuluttua hakkuusta (viisi kasvukautta muokkauksen jälkeen) taimettuminen oli edelleen vajaata, erityisesti, jos tarkastellaan vain männyn taimia (kuva 3). Myöskään kuuset eivät paljon lisänneet taimimäärää. Siemensyntyisiä rauduskoivun taimia oli melko paljon, mutta nekään eivät riittäneet nostamaan taimimäärää hyväksyttävälle tasolle Taimimäärä lisääntyi siemenpuiden luvun kasvaessa ja muokkauksen tehostuessa. Mätästävä TTS- metsä-äes ei tehnyt varsinaisia mättäitä, vaan pääasiallinen ero tavalliseen äestykseen oli syvempi muokkausjälki.

Taimiainesta oli melko niukasti ja sen selviäminen pintakasvillisuuden kilpailusta on epävarmaa.

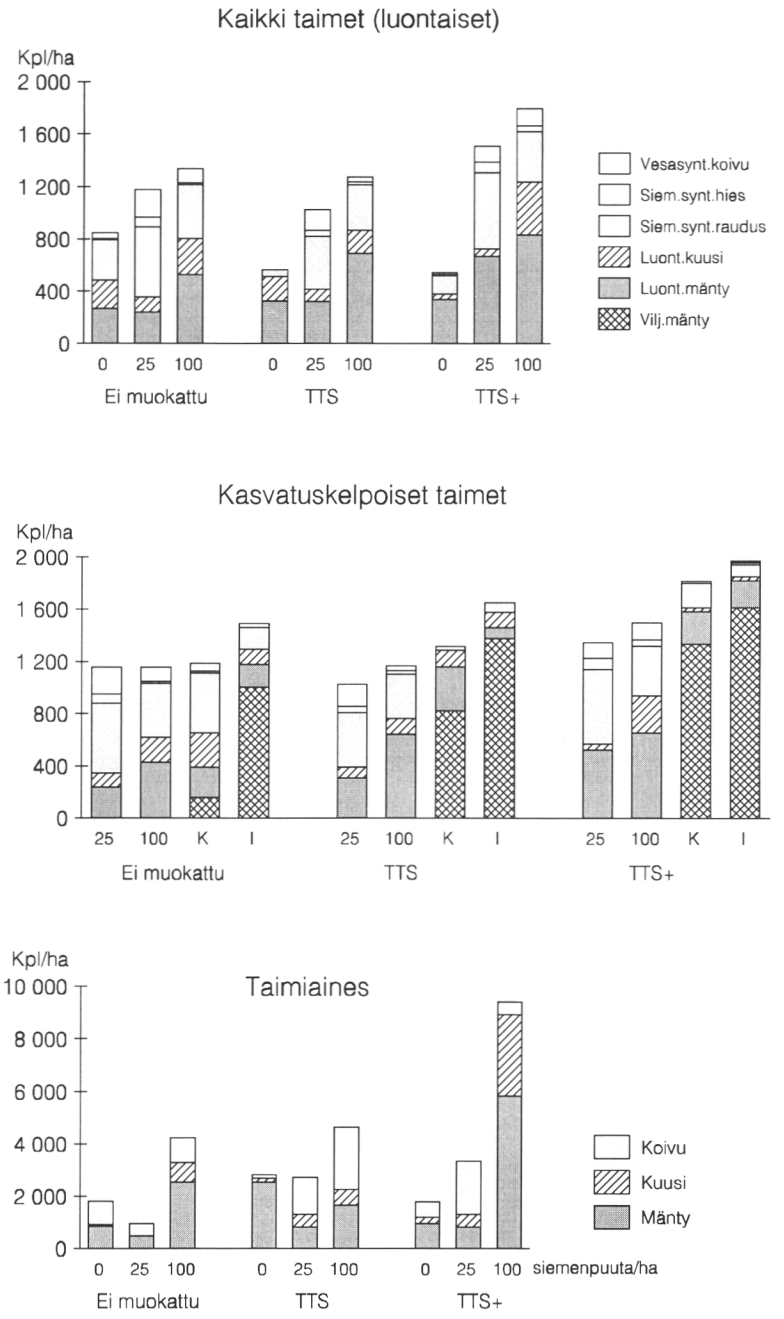
Viljelyvertailuista istutus onnistui kylvöä paremmin. Erityisen huonosti kylvö onnistui muokkaamattomalla maalla.

Taimien jakautuminen alalle oli melko tasaista kaikilla käsittelyillä. Tyhjäruutusadannes oli kääntäen verrannollinen taimimäärään. Korkeimmillaan tyhjäruutusadannes oli 17,3. Muokatuilla kylvö- ja istutusruuduilla tyhjäruutusadannes jäi alle viiden. Mätästävällä metsä-äkeellä käsitellyillä ruuduilla oli selvästi vähemmän tyhjiä näyteruutuja kuin tavallisella metsä-äkeellä käsitellyillä. Luontaisessa uudistamisessa tyhjäruutusadannes oli lähes sama muokkaamattomilla ja tavallisella metsä-äkeellä käsitellyillä ruuduilla.

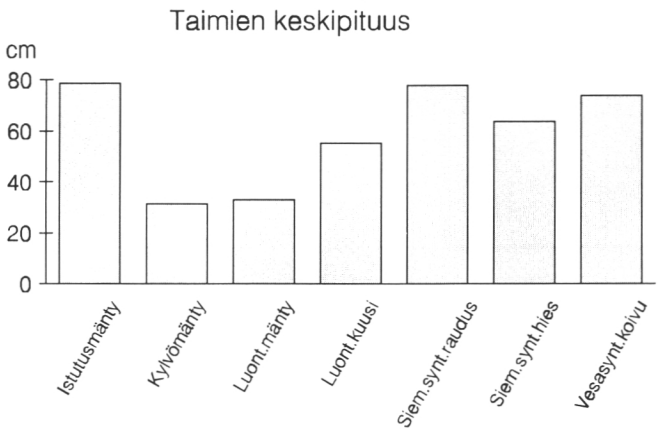
Männyn luonnon- ja kylvötaimien välillä ei ollut oleellista eroa pituudessa (kuva 4). Istutustaimet olivat suunnilleen ikänsä mukaisesti edellä luonnon- ja kylvötaimia. Luontaiset kuusentaimet olivat vanhempia ja siksi vähän pitempiä kuin luontaiset männyn taimet. Lehtipuut olivat suunnilleen istutustaimien pituisia.



Kuva 2. Siemenen varisemisajankohta ja kokonaissiemenmäärä Pirttijärven, Alkkian, Häädetjärven ja Kurun kokeilla vuonna 1993.



Kuva 3. Taimien ja taimiaineksen määrä käsittelyittäin Kurun kokeella syksyllä 1993. K=kylvö, I=istutus, TTS+ =mätästävä TTS-metsä-äes.



Kuva 4. Kasvatuskelpoisten taimien keskipituus Kurun kokeella v.1993.

Häädetjärvi

Kokeiden perustaminen osui huonoon siemenvuoteen (1991), mutta välittömästi seuraavana vuonna saatiin kohtalaisen hyvä siemensato. Vaikka taimimäärä ei kohonnut kovin korkeaksi reunametsä- ja siemenpuuruuduilla, taimet jakautuivat varsin tasaisesti ruuduille pudottaen tyhjäruutusadanneksen hyväksyttävälle tasolle (kuva 5). Vuoden 1993 siemensato kasvatti näillä ruuduilla taimimäärän yli kaksinkertaiseksi aiempaan nähden. Myös reunametsäruutujen riittävä ja tasainen taimettuminen näyttää siten turvatulta. Häädetjärven kokeet ovat reunametsäsiemennyksen kannalta otollisia, koska kokeet ovat pienillä hakkuuaukoilla, joille tulee siementä useasta suunnasta.

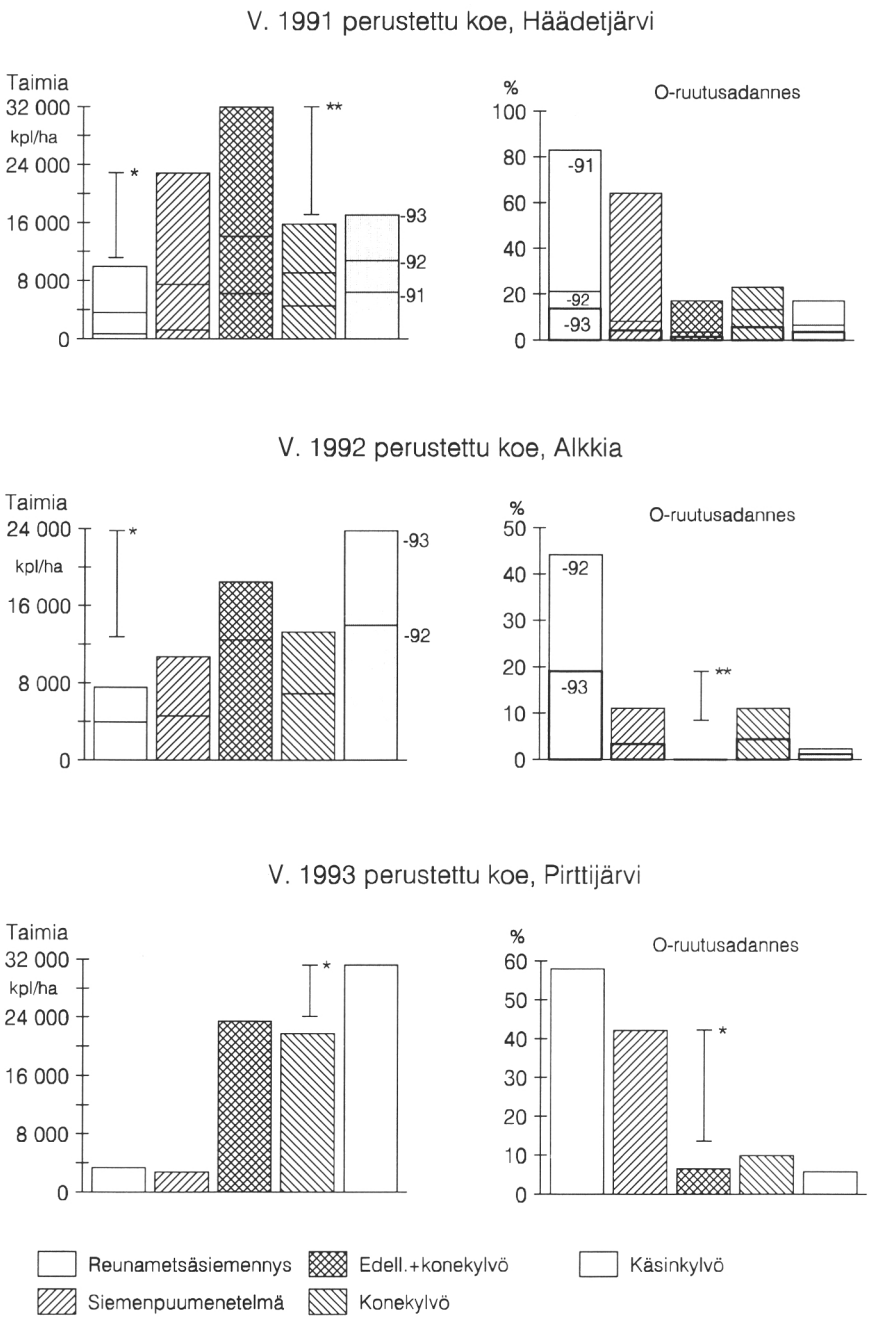
Alkkia

Koe osui kohtalaiseen siemenvuoteen (1992), joten taimettuminen oli heti ensimmäisenä kasvukautena suhteellisen hyvä. Reunametsäruuduilla taimet jakautuivat kuitenkin niin epätasaisesti, ettei tulosta voitu pitää tyydyttävänä. Seuraavan kesän siemensato kuitenkin korjasi tilanteen tältäkin osin. Nyt taimettuminen näyttää tyydyttävältä kaikilla käsittelyillä, vaikka reunametsäsiemennys on edelleen muista jäljessä niin taimimäärän kuin erityisesti taimettumisen tasaisuuden osalta.

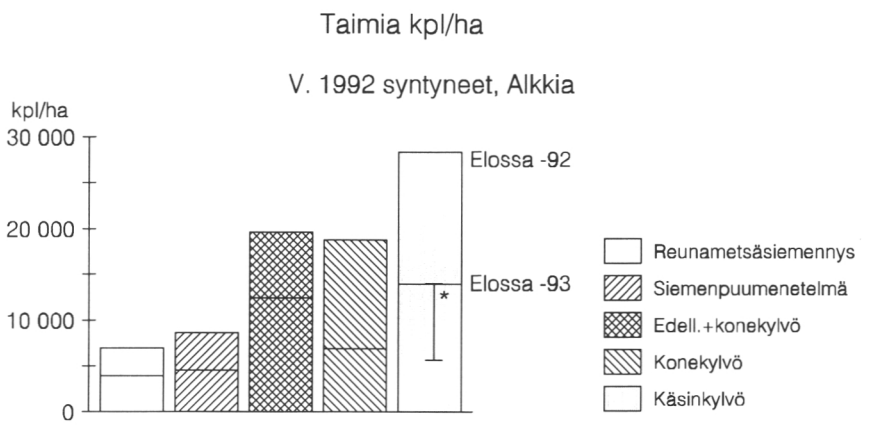
Vuonna 1992 syntyneistä taimista oli kuollut noin puolet (kuva 6) joko talven aikana tai sitten kuivan ja lämpimän kevään (1993) seurauksena. Edellisenä vuonna Häädetjärvellä yksivuotiaiden taimien kuolleisuus oli paljon pienempi (Kinnunen 1993).

Pirttijärvi

Perustamisvuoden (1993) kohtalaisesta siemensadosta huolimatta siemensato kokeella jäi ehkä siemenpuiden vähäisyydestäkin johtuen pieneksi. Niinpä sekä reunametsän että siemenpuuruutujen taimettuminen jäi vajaaksi ja epätasaiseksi, vaikka kylvöruutujen hyvän taimettumisen perusteella sääsuhteet suosivat taimettumista. Osasyy huonoon taimettumiseen oli nähtävästi se, että lämpimän kevään takia siemenet varisivat varhain, joten muokkaus myöhästyi. Muokkauksen jälkeen siemeniä varisi enää 25 g (/hehtaari) reunametsäruuduille ja 50 g siemenpuuruuduille.



Kuva 5. Eri vuosina syntyneiden taimien määrä syksyllä 1993 ja 0-ruutusadanneksen muuttuminen vuosittain. Testaus taimien kokonaismäärästä syksyllä 1993.



Kuva 6. Vuonna 1992 syntyneiden taimien määrä 1. ja 2. kasvukauden jälkeen.

Kylvö- ja luonnonsiemenen taimettumissuhde

Taimettumissuhteella tarkoitetaan syntyneiden taimien lukumäärän suhdetta kylvettyjen tai luontaisesti varisseiden siementen lukumäärään.

Luonnonsiemenen taimettumissuhdetta arvioitaessa ongelmana on, että siemenet jakautuvat koko alalle, kun taas taimettumista tarkasteltiin vain muokkausjäljestä. Jotta luonnonsiemennys saataisiin vertailukelpoiseksi kylvön kanssa, on luonnonsiemennys suhteutettava muokkauspinta-alaan. Tässä tarkastelussa päädyttiin muokatun/koko alan suhteeseen 1:3. Toisin sanoen taimettumissuhdetta laskettaessa jakajana käytettiin kolmasosaa koko siemenmäärästä.

Häädetjärven kokeissa ensimmäisen kasvukauden jälkeen vain joka kymmenennestä kylvösiemenestä oli muodostunut taimi. Luonnonsiemenen määrää mitattiin vasta toisena kasvukautena. Tällöin reunametsäsiemennyksen taimettumissuhde oli 12 % ja siemenpuuruutujen 9 %. Kolmannen kasvukauden siemenen taimettumissuhde oli reunametsäruuduilla sama kuin toisena kasvukautena, siemenpuuruuduilla sen sijaan vain 6 %.

Alkkiassa konekylvössä taimettumissuhde ensimmäisen kasvukauden jälkeen oli 11 % ja käsinkylvössä 20%. Luonnonsiemennyksessä reunametsäruuduilla taimettumissuhde oli hämmästyttävän korkea, 48 %, ja siemenpuuruuduillakin 27 %. Samantasoisia tuloksia saatiin myös toisen kasvukauden siemenistä. Etenkin reunametsäruutujen tulos tuntuu uskomattoman korkealta. Todennäköiseltä tuntuu, että joko siemensato on ollut mitattua suurempi tai muokkausjälki on imuroinut pinta-alaosuuttaan suuremman määrän siemeniä.

Pirttijärvellä reunametsäruuduilla taimettumissuhde oli 24 %, siemenpuuruuduilla 15%, konekylvössä 17 % ja käsinkylvössä 26 %.

Taimettumissuhde vaihteli siis melkoisesti vuosittain. Yhteistä eri vuosille oli reunametsäsiemennyksen hyvä taimettumisuhde ja käsinkylvön konekylvöä parempi taimettuminen.

Päätelmät

Luontainen uudistaminen kannattaa keskittää hyviin siemenvuosiin tai juuri ennen hyvää siemenvuotta. Muuten uudistuminen voi venyä kohtuuttoman pitkäksi, eikä siemenpuiden kasvu riitä korvaamaan pitkästä uudistumisajasta aiheutuvaa tappiota. Karuhkolla maalla muokkausjälki näyttää säilyttävän taimettumiskykynsä kolme vuotta, mutta selvää on, että mitä kauemmin muokkauksesta kuluu aikaa sitä kohtalokkaampaa pintakasvillisuuden kilpailu on. Siksi taimettuminen pitäisi saada aikaan heti muokkauksen jälkeen tai sitä seuraavana kasvukautena. Koska siemensato vaihtelee suuresti metsiköittäin, varminta on tarkistaa tapauskohtaisesti käpysadon määrä ennen luontaiseen uudistamiseen ryhtymistä. Käpysatoennusteet auttavat valmistautumisessa luontaiseen uudistamiseen.

Siemenen varisemisajankohta vaihtelee paljon vuosittain sääoloista riippuen. Jos pääosa siemensadosta halutaan hyödyntää, muokkaus olisi tehtävä ennen toukokuun puoliväliä. Toukokuun lopullakin tehty muokkausjälki taimettui kuitenkin odottamattoman hyvin.

Huonoina siemenvuosina on parasta turvautua kylvöön. Näin varsinkin, jos emikukintojen (pikkukäpyjen) vähäisyydestä voidaan päätellä, ettei seuraavanakaan vuonna ole odotettavissa hyvää siemensatoa. Hyvinä siemenvuosina luontainen uudistaminen on yhtä varma menetelmä kuin kylvö. Jos ollaan epävarmoja luonnonsiemennyksen riittävyydestä, sitä voidaan täydentää kylvöllä. Tällöin siemeniä tarvitaan vähemmän kuin normaalissa kylvössä. Erityisen hyvin varmistus sopii tehtäväksi konekylvöllä, jossa työkustannukset ovat pienet. Reunametsäsiemennyksen ja kylvön yhdistämisellä on niinikään mahdollista säästää kustannuksia pienentämällä siemenmäärää reunametsän läheisyydessä. Pienehköt reunametsän ympäröimät alat uudistuvat hyvinä siemenvuosina ilman varmistusta.

Viitteet

Aarne, M. (toim.) 1993. Metsätilastollinen vuosikirja 1992. SVT Maa- ja metsätalous 1993:5. 317 s.

Kinnunen, K. 1992. Tuloksia kone- ja käsinkylvöstä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 426:123-133.

– 1993. Luonnonsiemennyksen ja kylvön yhdistelmä männyn uudistamisessa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 470:13-20.

Rummukainen, A. & Tervo, L. 1992. Kylvön mekanisointi. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 426:111-122.

Saksa, T. 1986. Männyn taimikoiden kehitys muokatuilla viljelyaloilla Lieksan ja Rautavaaran hoitoalueissa Folia Forestalia 644. 60 s.

Harvesterin käyttömahdollisuudet luontaisen uudistamisen hakkuissa

Juha Suni

Viisi vuotta sitten aloitettiin luontaisen uudistamisen ja koneellisen hakkuun samanaikaiseen soveltamiseen liittyvä koesarja, aluksi Helsingin yliopiston opinnäytetyönä. Noin kymmenen hehtaaria eri tavoin kehittyneitä ylispuustoja korjattiin taimiston päältä pois yksioteharvesterilla ja samassa yhteydessä perustettiin ryhmitettyjen mäntysiemenpuiden käyttöön perustuvat kaksi koetta.

Kokeet perustettiin Satakuntaan ja Etelä-Pohjanmaalle Alavuden, isojoen ja Honkajoen kuntiin keskenään yhteistoiminnassa olevien metsänomistajien tavanomaisille uudistamiskohteille ja Metsäliiton paikalliset korjuuorganisaatiot suorituttivat puunkorjuun yrittäjillään. Kaikissa tapauksissa on käytetty Valmet 948-hakkuulaitetta, joka on ollut asennettuna joko kuusi- tai nelipyöräiseen peruskoneeseen Valmet 996-teleskooppinosturin varassa. Metsäkeskus Tapio osallistui tutkimuksen suunnitteluun ja rahoitukseen.

Kohteiden jatkokehitystä on seurattu ja syksyllä 1993 saatettiin päätökseen ryhmitettyjen siemenpuiden menetelmän kokeet puunkorjuutöiden osalta yhteispohjoismaisin tutkimusvaroin. Syksyn uusi lumi peitti matalat taimikot, joten taimikoiden tarkat inventointitiedot voidaan koota vasta maastotyökaudella 1994. Suuntaa-antavia tuloksia voidaan kuitenkin antaa vihjeiksi uudistushakkuiden suunnitteluun heti korjuun jälkeen tehdyn otannan perusteella.

Männyn ryhmitetty siemenpuumenetelmä

Kun männyn siemenpuut jätetään uudistusalalle 20 - 30 m leveisiin, maaston ja kuvion muodon myötäisiin lenkkeihin tai nauhoihin, ylispuiden poisto voidaan aikanaan suorittaa hyvin rationaalisesti ja vähin vaurioin. Siemenpuiden tiheyttä tulee tällöin lisätä totutusta nauhan sisällä laskien, mutta uudistusalan koko pinta-alaa kohden laskien tiheys alenee.

Valittava siemenpuiden määrä riippuu kasvupaikasta, siemenpuiden laadusta, kasvupaikan myrskytuhoalttiudesta ja metsänomistajan arvovalinnoista, esimerkiksi maiseman puustoisuuden tai pääoman aika-arvon merkityksestä.

Kokeet

Kahdessa kokeessa oli kummassakin kaksi siemenpuunauhaa 100 - 160 m leveällä, pitkänomaisella 2,5 - 4 ha:n uudistusalalla puolukkatyypin hieman viettävällä kankaalla. Pienempi koe muokattiin painottamattomalla lautasauralla heti puunkorjuutöiden jälkeen heinäkuussa 1988 ja suurempi painotetulla lautasauralla lokakuussa 1989. Nauhamainen ryhmitys helpotti muokkauskoneen ajolinjojen valintaa, vähensi muokkaamatonta alaa ja paransi siten työn laatua.

Siemenen tuotanto

Kokeiden siemensatoja ei ole mitattu. Siemenpuut olivat hyviksi valittuja, laadullisesta tai määrällisestä niukkuudesta ei ollut valintatilanteessa olennaista haittaa. Puiden määrä oli alunperin 30 - 50 kpl/ha. Siemensatojen yleisessä seurannassa neljä viime vuotta ovat olleet niukkoja tai keskimääräisiä siemenvuosia. Kokeille oli ominaista ympäristöään kylmempi ja kosteampi vedenjakajan pienilmasto. Siementuottoa haittasi aluksi puumenetykset ja lievä versosurma, ja myöhemmin lievät pistiäistuhot heikensivät puiden aineenvaihduntaa. Myrskyn vuoksi menetettiin yksittäisiä siemenpuita v. 1989, mutta selvästi siemenpuuttomaksi jäi vain noin puolen hehtaarin alue, noin kymmenesosa kokeista.

Tuhot ja taimettumistiheys

Jos koko siemenpuuryhmä menetetään myrskyssä, syntyy tavanomaista menetelmää suurempi kokonaan siemenpuuton alue. Näiden kunnollista taimettumista on seurattava. Havaintojen mukaan siemenpuiden puutteesta aiheutuva haitta peittyy kosteusolojen, muokkausjäljen laadun ja pintakasvillisuuden vaihtelun vaikutuksen alle eikä tule yleisinventoinnin tuloksissa esiin. Varttuneen reunametsän puoli taimettui aina tiheimmäksi. Paras reunametsä osui vielä suotuisasti itäpuolelle.

Tuulikaatokorjuu ja mänty-ylispuiden poisto

Ryhmityksen etuna on mainittava, että ennen aikojaan menetettyjen siemenpuiden pois korjaaminen on paljon helpompaa ja halvempaa kuin perinteisessä tasa- tai haja-asentoisessa siemenpuustossa. Koko uudistusalan pinta-alaa ei tarvitse haravoida lähikuljetuskalustolla, vaan niin tuulikaatopuiden kuin aikanaan ylispuidenkin korjuu voidaan kohdistaa yhtenäiseen, valmiiseen ajoreittiin runsaalla kolmanneksella tai enintään puolella uudistusalasta.

Taimien riittävyydestä tultiin vakuuttuneiksi jo v. 1991 inventoinnissa ja ylispuustoksi muuttuneet siemenpuut päätettiin korjata pois sopivan tilaisuuden tullen korjuukeskityksen osana. Suurempi koekohde hakattiin koneella v. 1992 ja pienempi v. 1993. Taimista menetettiin 2 - 4 % ja korjuun teho jäi vastaavien runkojen avohakkuusta jälkeen vain 10 - 20 %. Korjuutehoa verrattaessa tulee ottaa huomioon, että siemenpuiksi valitaan suurilatvaiset puut, jotka ovat kaikkein vaikeimmat karsia harvesterin terillä, ja joiden oksat vielä vahvistuvat tavallista enemmän, kun puut kasvavat harvassa siemenpuuasennossa.

Uudistusalojen valtataimet ovat 20 - 30 cm korkuisia ja niiden tiheys vaihtelee uudistusalojen sisällä varsin paljon, lähinnä rajoissa 1500 - 4000 kpl/ha. Paikallinen niukkuus ei johdu siemennyksestä, vaan märkyydestä. Alavissa kohdin muokkausvakoon kertyy pintavettä. Sellaiset taimikon osat ovat nopeasti saamassa lehtipuuston.

Päätelmiä

Aikaansaadun taimikon puuntuotannollinen arvo ja uudistamisen biologinen tulos ovat ryhmitetyssä menetelmässä yhtä hyvät kuin vakiintuneessa menetelmässä, jos siemenmäärä ja todellinen muokkauspinta-ala ovat yhtenevät. Käytännössä eroa syntyy helposti. Ryhmitys parantaa muokkaustulosta ja vähentää siemenmäärää, eli on korjuutekninen myönnytys

kaistalehakkuun suuntaan. Ryhmitys ei ainakaan heikennä siemenen elinvoimaa, koska se vähentää itsepölytystä.

Siemenpuumäärän voimakasta alentamista kuvion koko uudistamispinta-alalla ei voida suositella, ellei reunametsästä ole millään puolella apua siementuotannolle. Toinen varmistuskeino on käyttää muokkauskoneessa kylvölaitetta ja suorittaa muokkaus keväällä tai alkukesällä levittäen samalla 200 - 300 g/ha siementä "uudistamisvakuutuksena".

Ryhmittely vähentää luontaisen uudistamisen tekniset haitat niin vähiin, että 10 - 20 siemenpuun jättö muistakin kuin puuntuotannollisista syistä miltei minkä tahansa uudistusalan keskiosaan tai ylärinteeseen on helppo tehdä aiheuttamatta kohtuutonta haittaa tulevien vuosien töiden suunnittelulle.

Kuusivaltaisten sekametsien luontainen uudistaminen

Tasa-asentoisen suojuspuumenetelmän käyttö kuusen luontaiseen uudistamiseen on harvoin perusteltua pelkän puuntuotannon arvoilla mitaten. Eriasteiset kaistalehakkuut ja voimakas muokkaus on helppo osoittaa taloudellisesti edullisemmiksi. Valmius käyttää tarvittaessa ripeätä täydennysviljelyä jo alkuvuosina tekee kaistalehakkuuseen perustuvista vaihtoehdoista hyvin riskittömiä.

Jos kuusen suojuspuuasentoon kuitenkin päädytään, on konekorjuun kannalta perusteltua poistaa jo aloittavassa hakkuussa kaikkein järeimmät puut, koska ne aiheuttaisivat viimeisessä hakkuussa erityisen paljon tuhoja taimistolle. Nykyiset harvesterit eivät mahdollista yli 35 cm vahvuisten puiden hallittua kaatoa.

Suoraan ylispuuhakkuuseen

Ensimmäisissä kokeissa v. 1988 korjattiin kolmelta kohteelta pitkien, keskimäärin yli 5 m kuusen tainten päältä kuusivaltainen, 110 - 280 m^3/ha ylispuusto pois. Kuvioille merkittiin ylileveät korjuu-urat, joille kaadosta ja muista vaiheista aiheutuvat vauriot keskitettiin. Uriin nähden kauimmaisten puiden kaatoon käytettiin erilliskaatoa moottorisahalla. Leveät urat täydennysviljeltiin ojitusmätästyksen jälkeen koivulla.

Menetelmää muunnettiin taloudellisista syistä v. 1992 siten, että erilliskaato ja täydennysviljely minimoitiin. Harvesterin kuljettaja valitsi itse uran paikat hyväkuntoisten ja hyvin erottuvien ojien tai hyvin merkittyjen rajojen sijainnin ja nosturin ulottuman perusteella. Urien etäisyys vaihtelee näin toimien 15 - 22 m välillä, kun yksittäisten puiden kaatoon käytetään hieman moottorisahaa ja suoralta uralta poikkeaminen sallitaan taimikon tilajärjestyksen antamissa rajoissa.

Täydennysviljelyratkaisuun johtavaa inventointia ei vielä ole tehty, sillä mm. kallistuneet taimet eivät aina kuole heti, vaan osa menettää neulasensa vasta toisena ylispuukorjuun jälkeisenä kasvukautena. Urat syntyvät 3,5 - 4 m levyisinä, mutta urien keskiosaan jää alle metrin pituisia taimia kasvavaan kuntoon.

Uudistusalan kuusentaimet saavat kokea melkoisen olosuhdemuutoksen, josta ne toipuvat sitä paremmin, mitä enemmän ne ovat kasvaneet pituutta ennen vapauttavaa hakkuuta. Halla voi sekoittaa tätä päätelmää, mutta yleissuunta on selvä. Jos taimikko on kitukasvuinen, se kärsii sekä säteilyolojen muutoksesta että tuulituhoista hyvin helposti. Kuitupuun minimimitat

saavuttaneet koetaimikoiden osat painavat koesarjan lopullisten taloudellisten tulosten keskiarvoja alaspäin, hyviä, leveitä ja kasvuisia "joulukuusia" sisältävät taimikon osat taas kohentavat keskiarvoa.

Kuusentaimikoita taloudellisesti

Hyvään taloudelliseen lopputulokseen pääsemiseksi kuusen luontaisen uudistamisen taitajan tulee koneellisen korjuun aikakaudella hallita lukuisia toimenpideketjuja ja vaihtaa menettelyään vuosien välillä ja uudistusalan eri osissa. Parasta on, jos täystiheä kuusentaimikko on valmiiksi olemassa.

Vapauttaminen voidaan suorittaa harvesterilla, ja hakkuu on sitä helpompaa ja vauriot sitä vähäisempiä, mitä lyhyempiä taimet ovat. Kasvu jatkuu nopeana, jos taimikko on ollut valoon sopeutunut. Hidaskasvuisen, vanhan taimikon kasvu taantuu pitkäksi aikaa, mutta viisi vuotta odotusta antaa jo toivoa.

Repaleiset taimikot voidaan viljellä osakuvioina. Pienet osakuviot ovat omalla tavallaan epärationaalisia, mutta viisimetrinen taimikko on ollut säästettynä kaikkien lisäkustannusten jälkeen neljätuhatta markkaa hehtaarilta avoalaa arvokkaampi koesarjan mukaan v. 1993 hinnoin.

Kuusen uudistamisen aloittamista ilman olemassa olevaa taimiainesta ei tutkittu tässä työssä. Muiden tutkimusten tulokset kertovat kuusen uudistamisen olevan hidasta ja epävarmaa, mutta maanmuokkauksen kehitys ja koivun arvon suhteellinen kohoaminen tekevät kaistalehakkuuseen ja muokkaukseen perustuvat vaihtoehdot sekametsien luontaisen uudistamisen taloudellisesti kiinnostavaksi.

Lannoituksen vaikutus versosurmakan vaivaaman männikön toipumiseen

Teuvo Levula

Keväällä 1988 ilmeni pahaa versosurmatuhoa Etelä-Suomen männiköissä. Tuhon ajateltiin osittain johtuvan hapan laskeumasta. Happaman laskeuman oletetaan pitkän ajan kuluessa muuttavan maan pintakerroksen ravinnesuhteita siten, että rikki- ja typpiyhdisteiden määrä lisääntyy ja emäskationien kuten kalsiumin ja magnesiumin määrä vähenee (Berdén ym. 1987, Helmisaari & Mälkönen 1989). Muutokset maaperän ominaisuuksissa saattavat ilmetä puiden vastutuskyvyn heikkenemisenä mm. erilaisille sienitaudeille.

Metsämaan ravinnesuhteita voidaan muuttaa lannoituksella. Maahan voidaan lisätä ravinteita, jota happaman sateen vuoksi huuhtoutuu maasta. 1980-luvun lopulla markkinoille tuli kunnostuslannoite, Fyto-2H. Sen ravinnesisällön esitettiin korjaavan happaman laskeuman vääristämiä ravinnesuhteita ja näin parantavan maan kasvukuntoa.

Keväällä 1989 perustettiin Kuruun lannoituskoe, jonka tarkoituksena oli selvittää, miten Fyto-2H-lannoite vaikuttaa versosurmakan vaivaaman männikön toipumiseen verrattuna tavanomaiseen typpilannoitukseen ja moniravinnelannoitukseen.

Koe

Kokeessa on seuraavat koejäsenet:

Lannoittamaton,	
Fyto-2H	1000 kg/ha,
Oulunsalpietari	550 kg/ha (N 150, Mg 12 kg/ha)
Seoslannoite:	oulunsalpietari 450 kg/ha (N 120, Mg 10 kg/ha)
	hiven-PK-lannos 450 kg/ha (N 9, P 36, K 67, B 1 ja Cu 7 kg/ha)
	magnesiumsulfaatti 425 kg/ha (Mg 86 kg/ha).

Koemetsikkö oli 40-vuotias puolukkatyypin männikkö, jossa oli ollut paha versosurmatuho vuotta aikaisemmin. Metsä oli ensiharvennettu ennen lannoitusta, jolloin poistettiin kuolleet puut (taulukko 1).

Taulukko 1. Puustotietoja koemetsiköstä toukokuussa 1989.

Runkoluku, kpl/ha	900
Pohjapinta-ala, m^2/ha	13
Keskipituus, m	11,5
Keskiläpimitta, cm	14,2
Runkotilavuus, m^3/ha	78

Koealueen maa on hietamoreenia (taulukko 2) ja kivisyys (0 - 30 cm) 27 %.

Taulukko 2. Koealueen kivennäismaan (0-10 cm) raekoostumus. Sulkeissa puolukkatyypillä keskimäärin (Tamminen 1991).

Lajitteiden massaprosentit

Sa	hHs	kHs	hHt	Hienot[1] yht.	kHt	hHk	kHk	d50 µm
1,4	3,5	11,2	21,0	37,1 (25)	5,1	24,8	13,0	118 (300)

1) Alle 63 µ m lajitteet

Puuston kasvu

Koealan puusto mitattiin ennen lannoitusta keväällä 1989 ja viiden kasvukauden kuluttua syksyllä 1993. Mittaukset tehtiin Metsäntutkimuslaitoksen maastotyöohjeiden mukaisesti (Vuokila 1987).

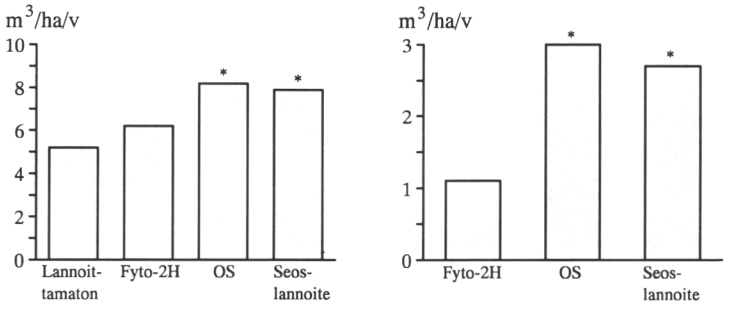
Puuston tilavuuskasvu (1989-1993) oli lannoittamattomilla koealoilla 5 m^3/ha/v. Typpilannoitus lisäsi kasvua 3,0 seoslannoitus 2,7 ja Fyto-2H -lannoitus 1,1 m^3/ha vuodessa. Fyto-2H:n antama kasvunlisäys ei ollut tilastollisesti merkitsevä (kuva 1). Pituuskasvua typpi- ja seoslannoitus paransivat 10 ja Fyto-2H 3 cm/v (kuva 2).

Elävän latvuksen pituus

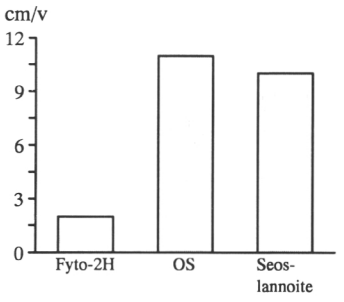
Versosurmakka tappaa yleensä varttuneessa männikössä puiden alaoksia. Jos latvus supistuu liiaksi, puu voi kuolla. Elävän latvuksen piteneminen surmakkatuhon jälkeen kuvannee siten puuston toipumista. Elävä latvus piteni tarkastelujakson aikana kaikilla koejäsenillä. Pelkän typpilannoituksen vaikutus oli suurin n. 15 cm/v (kuva 3).

Neulasmassa ja neulastiheys

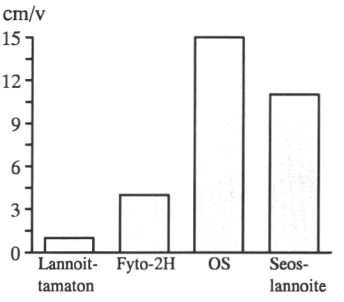
Puiden elinvoimaisuutta voidaan arvioida nk. harsuuntumisen avulla. Harsuuntuminen kuvaa sitä, paljonko puun on menettänyt neulasistaan normaaliin puuhun verrattuna (Jukola-Sulonen ym. 1990). Tässä tutkimuksessa otettiin neljän kasvukauden kuluttua lannoituksesta, koealoittain viidestä arvotusta koepuusta eteläpuolelta neljä vuotta vanha oksa. Oksa jaettiin kahteen osaan pääranka ja sivuhaarat. Molemmista ositteista erotettiin neulaselliset ja neulasettomat rangat. Neulaselliset rangat leikattiin vuosikerroittain ja punnittiin neulaset ja rangat erikseen. Oksan päärangasta mitattiin lisäksi pituus, tyven läpimitta, pituuskasvut kolmelta viime vuodelta sekä neulasten lukumäärä ja massa vuosikerroittain.



Kuva 1. Puuston tilavuuskasvu (vas.) ja kasvunlisäys (oik.) eri lannoituskäsittelyillä.



Kuva 2. Valtapituuden kasvunlisäys eri lannoituskäsittelyillä.



Kuva 3. Elävän latvuksen pituuden muutos eri lannoituskäsittelyillä.

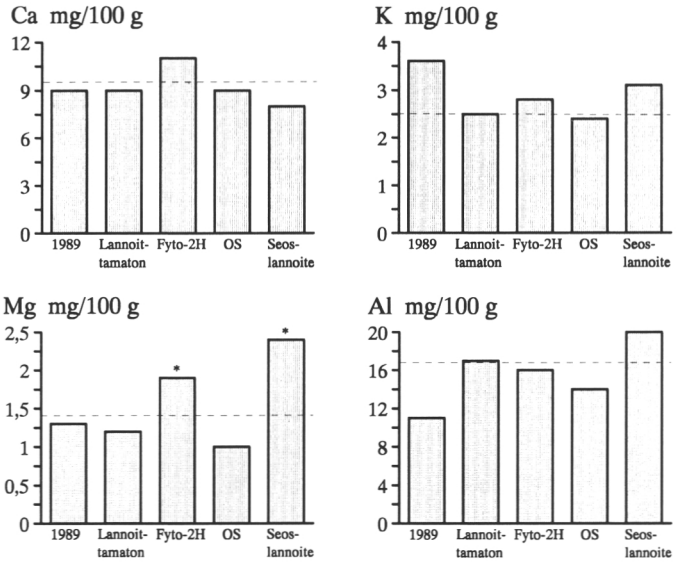
Lannoitus ei vaikuttanut koeoksien neulastiheyteen. Se oli kaikilla lannoituskäsittelyillä nuorimmassa neulasvuosikerrassa 6 kpl/cm. Neulasten vanhetessa neulastiheys pieneni (kuva 4). Päärangan neulasten keskimassa oli suurempi typpi- ja seoslannoituskoealoilla kuin lannoittamattomilla ja Fyto-2H-koealoilla. Erityisesti kolme vuotta vanhat neulaset olivat typpi- ja seoslannoituskoealoilla painavampia kuin lannoittamattomilla ja Fyto-2H-lannoitetuilla koealoilla. Ne olivat kasvaneet vuonna 1990, joka oli toinen kasvukausi lannoituksen jälkeen (kuva 5).

Näyteoksan päärangan neulasmassa oli yksi- ja kaksivuotiailla neulasilla suurempi typpi- ja seoslannoitetuilla koealoilla kuin lannoittamattomilla tai Fyto-2H -koealoilla. Kolme vuotta vanhojen neulasten massa oli sama kaikilla lannoituskäsittelyillä (kuva 6).

Näyteoksan paksuus ja pituuskasvu

Näyteoksan tyven läpimitta oli keskimäärin 15 mm. Lannoitus ei vaikuttanut oksan tyven paksuuteen.

Näyteoksan pituuskasvu oli typpi- ja seoslannoitetuilla koealoilla suurempi vuosina 1991 ja 1992 kuin lannoittamattomilla ja Fyto-2H -lannoitetuilla koealoilla. Vuoden 1990 pituuskasvussa ei ollut eroja lannoituskäsittelyjen välillä (kuva 7).



Kuva 13. Kivennäismaan pintakerroksen vaihtuvat emäskationien ja vaihtuvan alumiinin pitoisuudet toukokuussa 1989 ja eri lannoituskäsittelyillä syyskuussa 1993 ($BaCl_2$-uutto). (Katkoviiva osoittaa tilannetta Etelä-Suomessa puolukkatyypillä keskimäärin).

Keväällä 1989 otettujen maanäytteiden kaikkien maannoskerrosten happamuus oli puolukkatyypin keskiarvoja alempi. $BaCl_2$-liuokseen uuttuvat kalsium-, kalium- ja magnesiumpitoisuudet olivat hieman korkeampia ja alumiinipitoisuudet alempia kuin puolukkatyypin metsämaassa keskimäärin. Tuloksista laskettiin myös maan happamoitumista kuvaava Ca/Al -moolisuhde. Moolisuhde on sitä pienempi mitä happamoituneempi maa on (Berdén ym. 1987)(taulukko 3).

Taulukko 3. Koealueen humuskerroksen (Of) ja kivennäismaan huuhtoutumis- (E) ja rikastumiskerroksen (Bs) sekä pohjamaan (BC) happamuus, kokonaistyppi ja uuttuvat ravinteet ($BaCl_2$-uutos) sekä kalsiumin ja alumiinin moolisuhde. Näytteet otettu ennen lannoitusta toukokuussa 1989. Humuskerroksen pitoisuudet ilmoitettu orgaanista ainetta kohden laskettuna. Sulkeissa puolukkatyypin metsämaiden keskimääräiset arvot (Valtakunnan metsien inventoinnin 14 pysyvää puolukkatyypin koealaa Etelä- ja Keski-Suomessa).

Kerros	Paksuus cm	pH vesi	Uuttuvat ravinteet mg/100 g			Al	Tot. N	Ca/Al moolisuhde
			Ca	K	Mg			
Of	3,3	4,4 (4,0)	350 (260)	110 (72)	39,6 (28,3)	34,2 (21,9)	1520 (1560)	6,89 (9,4)
E	9,5	4,8 (4,3)	9 (10)	3,7 (2,5)	1,3 (1,4)	11, 7 (16,8)	80 (80)	0,52 (0,38)
Bs	27	5,6 (5,0)	7 (6)	1,4 (1,1)	0,8 (0,4)	4,9 (6,2)	110 (60)	0,96 (0,63)
BC	-	5,8 (5,6)	3 (2)	1,2 (0,8)	0,6 (0,3)	1,6 (1,3)	50 (20)	1,26 (1,1)

Tulosten tarkastelu

Puuston kasvun ja kunnon heikkeneminen maaperään kohdistuvan happokuormituksen vuoksi voi johtua lukuisista syistä. Useimmin on esitetty kaksi oletusta: alumiinihypoteesi ja typpihypoteesi. Alumiinihypoteesin mukaan maassa olevan liukoisen alumiinin määrä lisääntyy happamoitumisen seurauksena (Ulrich 1983). Liukoinen alumiini (Al^{3+}) puolestaan heikentää puiden ravinteiden ja veden ottoa (Clarkson & Sanderson 1971, Foy 1974). Eräänä happamoitumista kuvaavana tunnuksena voidaan pitää $BaCl_2$-uutokseen uuttuvien kalsiumin ja alumiinin moolisuhdetta, jonka pitäisi olla kivennäismaan pintakerroksessa yli 0,1 (Berden ym. 1987). Koealueen maan Ca/Al -moolisuhde oli selvästi kriittisen rajan yläpuolella ja kivennäismaakerroksissa myös Etelä-Suomen puolukkatyypin metsämaiden keskimääräisten arvojen yläpuolella. Myös maakerrosten happamuutta kuvaava pH-arvo oli suurempi kuin vastaavilla kasvupaikoilla keskimäärin.

Typpihypoteesin mukaan ilman epäpuhtautena maahan tulee käyttökelpoista typpeä enemmän kuin kasvit ja pieneliöstö tarvitsevat. Toisaalta typpiylimäärä ja toisaalta emäskationien, kuten magnesiumin, huuhtoutuminen aiheuttavat puille ravinne-epätasapainon, ja se puolestaan altistaa ne erilaisille tuhoille (Berden ym. 1987). Koealueen humus- ja kivennäismaakerrosten typpipitoisuudet olivat vastaaville kasvupaikoille tyypillisiä. Samoin emäskationien pitoisuudet olivat puolukkatyypille ominaisia keskimääräisiä arvoja. Maa-analyysien tulosten perusteella ei voi päätellä, että alueen versosurmatuhot johtuisivat tässä tapauksessa pitkälle edenneestä maan happamoitumisesta tai maahan kertyneestä typpiylimäärästä.

Neulasten typpipitoisuus oli lannoittamattomilla koealoilla vuonna 1990 vain 12 g/kg, joka on vain välttävä pitoisuus (Jukka 1988). Koealueen männyt kärsivät siten pikemminkin typen puutteesta kuin typpiylimäärästä. Käyttökelpoisen typen niukkuudesta kasvupaikalla kertoo myös typpilannoituksella saatu 3 m^3 kasvunlisäys hehtaarille vuodessa. Kasvunlisäys on saman suuruinen kuin 1950-luvun lopulla perustetuissa lannoituskokeissa ensiharvennetuissa puolukkatyypin männiköissä saatu kasvunlisäys (Kukkola & Saramäki 1983).

Typpi- ja seoslannoitus alensi neulasten kalsium- ja magnesiumpitoisuuksia siitä huolimatta, että seoslannoituksessa maahan annettiin 95 kg puhdasta magnesiumia hehtaarille. Seoslannoitus kohotti kuitenkin humuskerroksen uuttuvan magnesiumpitoisuuden kaksinkertaiseksi, mutta jostain syystä magnesiumin lisäys humuskerroksessa ei näy neulasanalyysissä. Voi olla, että männyt varastoivat magnesiumia muihin kasvinosiin kuin neulasiin ja neulasissa havaitut pitoisuudet 0,7 - 0,8 g/kg ovat siten puiden kannalta riittäviä.

Neulasten typpi-, fosfori- ja kaliumpitoisuudet olivat saman suuruisia kaikissa tutkituissa neulasvuosikerroissa ja eri lannoituskäsittelyillä. Kun männyn vanhat neulaset varisevat syksyllä, siirtyy valtaosa niissä olleista typestä, fosforista ja kaliumista talveksi talteen puuhun jääneisiin neulasiin. Seuraavana keväänä puu käyttää näitä varastoja uuteen kasvuunsa (Helmisaari 1990).

Keskitalvella otettu neulasnäyte ei ilmeisesti kerro puun typpi-, fosfori- tai kaliumravinnetilasta riittävästi, vaikka analysoidaan eri ikäisiä neulasia. Samalla pitäisi tietää varisseiden ja puuhun jääneiden neulasten massojen suhde. Mitä suurempi tämä suhde on, sitä todennäköisempää on, että ainakin jostakin helposti liikkuvasta ravinteesta on pulaa.

Neulasten magnesiumpitoisuudet alenivat neulasten vanhetessa, selvimmin typpi- ja seoslannoitetuilla koealoilla. Männyt pystyvät siirtämään myös magnesiumia varisseista neulasista, ei kuitenkaan yhtä hyvin kuin typpeä, fosforia tai kaliumia (Helmisaari 1990). Vanhempien neulasten magnesiumpitoisuudet olivat typpi- ja seoslannoituskoealoilla alle 1 vuotisten neulasten ilmoitetun puuterajan (Jukka 1988). Puut tuskin kuitenkaan kärsivät magnesiumin puutteesta, koska magnesiumlannoitetuilla koealoilla pitoisuudet olivat kuitenkin merkitsevästi alempia kuin lannoittamattomilla koealoilla. Alentunut magnesiumpitoisuus liittyy ilmeisesti parantuneen kasvun aiheuttamaan laimenemiseen.

Koemetsikössä ennen lannoitusta ilmennyt versosurmatuho on pienentänyt puiden elävää latvusta ja voinut siten vaikuttaa neulasten ravinnepitoisuuksiin. Nuortevan ja Kurkelan (1992) mukaan versosurmakan vioittamissa puissa neulasten typpi-, kalsium- ja booripitoisuudet olivat korkeampia ja magnesiumpitoisuudet alempia kuin terveissä puissa.

Lannoitus ei vaikuttanut neulastiheyteen, mutta neulasten koko ja lukumäärä ja siten myös neulasmassa kasvoivat typpi- ja seoslannoitetuilla koealoilla, Koska puun neulasmassa mittaa puun elinvoimaisuutta (Hanisch & Kitz 1990, Salemaa ym. 1993), voidaan olettaa koemetsikön mäntyjen elinvoiman parantuneen typpi- ja seoslannoituksella. Fyto-2H -lannoitteella ei ollut neulasmassaa lisäävää vaikutusta.

Koeoksien käpyjen massa oli kaksikertaa suurempi typpilannoitetuilla kuin lannoittamattomilla ja Fyto-2H -lannoitetuilla aloilla. Siemenviljelmillä tehdyissä lannoituskokeissa typpilannoitus ei vaikuttanut käpyjen määrään. Siemenviljelmien mäntyjen neulasten typpipitoisuus oli lannoittamattomilla puilla korkeampi kuin tällä koealueella (Saarsalmi ym. 1994). Lienee epäselvää, kuvaako käpysadon lisääntyminen puiden elinvoimaisuuden lisääntymistä vai ei, mutta suurempi käpysato tietää enemmän siemeniä ja enemmän ruokaa siemeniä syöville eläimille.

Näyteoksan pituuskasvu lisääntyi typpi- ja seoslannoitetuilla koealoilla. Vaikka oksan tyven läpimitta ei tässä tutkimuksessa kasvanut lannoituksella, on odotettavissa, että pitempi oksa tarvitsee vahvemman tyven. Oksien kasvu voi siten heikentää puun laatua. Pitemmät oksat keräävät enemmän lunta ja tuulta, jolloin lumi- ja myrskytuhojen riski kasvaa.

Metsän elinvoimaisuutta voidaan mitata monella eri tasolla, solusta ekosysteemiin. Tässä koemetsikössä typpilannoitus paransi puiden elinvoimaisuutta, kun mittareina käytettiin kasvua, neulasmassa, käpysatoa tai elävän latvuksen pituutta.

Kirjallisuus

Berdén, M., Nilsson, S. I., Rosen, K. & Tyler, G. 1987. Soil acidification extent, causes and consequences. An evaluation of literature information and current research. National Swedish Environmental Protection Board 3293.

Clarkson, D. T. & Sanderson, J. 1971. Inhibition of the uptake and long-distance transport of calcium by aluminium and other polyvalent cations. J. Exp. Bot. 22:837-851.

Foy, C. D. 1974. Effects of aluminium on plant growth. Julkaisussa: Carson, E. W. (toim.) The plant root and its environment. University Press of Virginia, Charlottesville, pp. 601-642.

Hanisch, B. & Kilz, E. 1990. Waldschäden erkennen, Fichte und Kiefer. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart. 334 s.

Helmisaari, H.-S. 1990. Ravinnekierto metsäekosysteemissä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 370:18-36.

- & Mälkönen, E. 1989. Acidity and nutrient content of throughfall and soil leachate in three Pinus sylvestris stands. Scandinavian Journal of forest Research 4:13-28.

Jukola-Sulonen, E.-L., Mikkola, K. & Salemaa, M. 1990. The vitality of conifers in Finland 1986-88. Julkaisussa: Kauppi, P., Anttila, P. & Kenttämies, K. (toim.). Acidification in Finland. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. s. 523-560.

Kukkola, M. & Saramäki, J. 1983. Growth response in repeatedly fertilized pine and spruce stands on mineral soils. Seloste: Toistuvalla lannoituksella saatava kasvunlisäys kivennäismaiden männiköissä ja kuusikoissa. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 114. 55 s.

Metsänterveysopas. Metsätuhot ja niiden torjunta. 1988. Jukka, L. (toim.). Samerka Oy, Helsinki. 168 s.

Nuorteva, H. & Kurkela, T. 1993. Effects if crown redyction on needle nutrient status of scleroderris-canker-diseased and green-pruned Scots pine. Canadian Journal of Forest Research 23:1169-1178.

Saarsalmi, A., Savonen, E.-M., Nikkanen, T., Lipas, E. & Mikola, J. 1994. Lannoituksen vaikutus kukintaan ja siemensatoon männyn siemenviljelyksillä. Käsikirjoitus.

Salemaa, M., Jukola-Sulonen, E.-L., Nieminen, T. & Nöjd, P. 1993. Latvustunnukset ja puun kasvu elinvoimaisuuden ilmentäjinä. Julkaisussa: Hyvärinen, A., Jukola-Sulonen, E.-L., Mikkelä, H. & Nieminen, T. (toim.). Metsäluonto ja ilmansaasteet. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 446:77-92.

Tamminen, P. 1991. Kangasmaan ravinnetunnusten ilmaiseminen ja viljavuuden alueellinen vaihtelu Etelä-Suomessa. Summary: Expression of soil nutrient status and regional variation in soil fertility of forested sites in southern Finland. Folia Forestalia 777. 40 s.

Tamminen, P. & Starr, M. 1990. A survey of forest soil properties related to soil acidification in southern Finland. Julkaisussa: Kauppi, P., Anttila, P. & Kenttämies, K. (toim.). Acidification in Finland. Springer Verlang, Berlin Heidelberg. s. 237-253.

Ulrich, B. 1983. Soil acidity and its relations to acid deposition. Julkaisussa: Ulrich, B. & Pankrath, J. Effets of accumulation of air pollutants in forest ecosystems. D. Reidel Publishing Company. Dordrecht-Boston-London, 127-146.

Vuokila, Y. (toim.) 1987. Metsikkökokeiden maastotyöohjeet. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 257.

Biokemialliset menetelmät puiden ravinnetilan kuvaajana

Tytti Sarjala

Miksi biokemiallisia menetelmiä tarvitaan?

Perinteisen ravinneanalyysin rinnalla on alettu soveltaa biokemiallisia menetelmiä puiden ravinnetilan kuvaajana. Biokemiallisilla menetelmillä tarkoitetaan tässä yhteydessä eräiden kasvien aineenvaihdunnassa esiintyvien orgaanisten yhdisteiden pitoisuuden tai aineenvaihdunnallisen aktiivisuuden määrittämistä. Epäorgaaninen ravinneanalyysi kertoo ravinteista niiden kokonaispitoisuuden. Tämän perusteella ei voida kuitenkaan päätellä miten ravinteet ovat jakaantuneet soluissa eri yhdisteisiin. Esim. typpi on komponenttina useissa yhdisteissä kuten mm. aminohapoissa, proteiineissa, eräissä hormoneissa ja polyamiineissa. Kokonaistyppeen nähden pienet muutokset näiden yhdisteiden pitoisuuksissa voivat vaikuttaa voimakkaasti kasvin elintoimintoihin. Biokemiallisilla menetelmillä pyritään löytämään indikaattoreita, jotka ilmaisevat aineenvaihdunnassa tapahtuvia ravinnetilasta johtuvia epäedullisia muutoksia.

Puiden ravinnetaloudessa on olemassa kysymyksiä, joiden tutkiminen perinteisen ravinneanalyysin avulla on työlästä ja vaatisi suuria aineistoja. Muun muassa turvemaiden lannoituksessa fosforin ja kaliumin annostus on vaikeaa puuston optimaalisen N/P- ja N/K-suhteiden ylläpitämiseksi. Sen vuoksi turvemaiden ravinnetaloutta selvittävässä hankkeessa on pyritty hyödyntämään biokemiallisia menetelmiä. Biokemiallisten indikaattoreiden avulla pyritään parantamaan ja tukemaan neulasanalytiikan tulkintaa erityisesti ravinnepuutosten raja-arvojen osalta. Niiden avulla pyritään myös ennustamaan tarkemmin ja varhaisemmassa vaiheessa puiden ravinnetilassa tapahtuvat epäedulliset muutokset sekä ymmärtämään syvällisemmin ravinnepuutoksen yhteydessä tapahtuvia aineenvaihdunnallisia muutoksia.

Miten typen, fosforin ja kaliumin ravinnetasapainoa voidaan tutkia biokemiallisesti?

Typen, fosforin ja kaliumin välisten optimaalisten suhteiden tarkentamiseksi on tutkittu arginiinin ja putreskiinin pitoisuuksia sekä hapanfosfataasientsyymin aktiivisuutta männynneulasissa suhteessa ravinnepitoisuuksiin. Arginiinin kertyminen neulasiin on stressireaktio, jonka voi aiheuttaa useat eri tekijät (Näsholm & Eriksson 1990). Ammoniumia voidaan eliminoida soluista sitomalla se arginiiniin. Mikäli jotkut tekijät rajoittavat proteiinisynteesiä, arginiinia kertyy (Gezelius & Näsholm 1993). Putreskiinin kertyminen kaliuminpuutoksessa on ensimmäisen kerran raportoitu jo 1950-luvulla ohralla (Richards & Coleman 1952). Sen jälkeen ilmiö on todettu useilla eri kasveilla (Smith 1985). Hapanfosfataasitutkimus fosforitalouteen liittyen havupuiden osalta on keskittynyt lähinnä juuriston solunulkoisen hapanfosfataasin tutkimukseen (Clarholm 1993). Solunsisäistä hapanfosfataasia on käytetty joidenkin hyötykasvien kuten tomaatin fosforinpuutosindikaattorina (Besford 1979).

Arginiini
on runsaasti typpeä sisältävä aminohappo, joka voi olla soluissa vapaana aminohappona tai kiinni proteiineissa. Sen pitoisuus nousee mm. silloin, kun typen pitoisuus suhteessa fosforiin tai kaliumiin on korkea. Myös eräät muut stressit voivat nostaa arginiinin pitoisuutta.

Putreskiini
on eräs yleisimmistä kasveissa esiintyvistä polyamiineista. Se on mukana useissa solujen säätelytehtävissä, kuten pH:n ja osmoottisen potentiaalin säätelyssä. Polyamiinit voivat sijaita soluissa vapaana tai kiinnittyneinä orgaanisiin yhdisteisiin. Putreskiinipitoisuus nousee kaliumin puutteessa. Myös muut ionitalouteen vaikuttavat stressit sekä otsoni voivat lisätä putreskiinipitoisuutta.

Hapanfosfataasi
on entsyymiproteiini, joka aktivoituu fosforin puutteessa. Se pilkkoo orgaanisia yhdisteitä irrottaen epäorgaanista fosfaattia. Hapanfosfataaseja on sekä solunsisäisiä että solunulkoisia. Neulasissa toimii useita solunsisäisiä hapanfosfataaseja. Juuristossa toimii solunulkoisia entsyymejä irrottaen maasta fosfaattia kasveille käyttökelpoiseen muotoon.

Epäorgaanisen typen liittäminen orgaanisiin yhdisteisiin, kuten aminohappoihin ja siitä edelleen muiksi yhdisteiksi ja proteiineiksi vaatii kasvilta sekä energiaa että eri ravinteita. Fosforinpuutos aiheuttaa energia-aineenvaihdunnassa ongelmia, mikä aiheuttaa hapanfosfataasin aktivoitumisen lisäksi mm. valkuaisaineiden synteesin vaikeutumista ja arginiinin kertymistä. Kalium toimii mm. useiden proteiinisynteesissä toimivien entsyymien aktivaattorina ja puutos aiheuttaa arginiinipitoisuuden nousua. Kaliumin puutteessa myös putreskiinipitoisuus nousee. Syytä ei täysin tiedetä, mutta ilmeisesti putreskiini korvaa joitakin kaliumin ionitasapainon säätelyyn liittyviä tehtäviä.

Mitä tutkimustulokset kertovat biokemiallisten indikaattoreiden ja männyn ravinnetasapainon välisestä suhteesta?

Muutamia vuosia on "Turvemaiden ravinnetalous" -hankkeessa sovellettu biokemiallisia menetelmiä männyn ravinnetilan arviointiin. Eniten on tähän mennessä tutkittu neulasten arginiinin sekä typen ja muiden ravinteiden välisiä suhteita (mm. Pietilä ym. 1991, Pietiläinen 1993). Arginiinin on todettu korreloivan typen ja magnesiumin kanssa positiivisesti ja fosforin, kaliumin ja boorin kanssa negatiivisesti. Turvemailla tehdyissä lannoituskokeissa on havaittu fosforilannoituksen alentavan arginiinipitoisuutta enemmän kuin kalium. Jatkolannoituksessa sen sijaan kalium ja boori alentavat arginiinia enemmän kuin fosfori (Pietiläinen 1994).

Putreskiinin ja kaliumin suhde männyn neulasissa on negatiivinen. Kahdella turvemaille perustetulla kalilannoitekokeella tehtiin tutkimus, jossa mitattiin neulasten ravinteet ja polyamiinit elo- ja joulukuussa (Sarjala & Kaunisto 1993). Kasvukauden aikana ja talvella otettujen näytteiden välillä on eroa siten, että putreskiinin kertyminen neulasiin alkoi kaliumpitoisuuden ollessa kesällä alle 5,5 mg/g ja talvella alle 5,0 mg/g. Voimakas putreskiinipitoisuuden nousu tapahtui kesällä kaliumipitoisuuden ollessa alle 4,3 mg/g ja talvella vastaavasti alle 3,5 mg/g. Voimakas fysiologinen reaktio kaliumpitoisuuden alentumiseen osui lähelle tähän asti sovellettua kaliumin puutosrajaa turvemailla 3,5-4,5 mg/g talvinäytteissä. Toisaalta tutkimus osoitti, että kesällä kaliumin tarve on suurempi, jolloin puutosraja nousee, vaikka toisaalta samaan aikaan kaliumin pitoisuus neulasissa laskee. Tämä saattaa johtaa siihen, että talvikauden neulasista tehdyt ravinneanalyysit antavat jonkin verran optimistisemman kuvan kuin mitä kasvukaudella todella vallitsee. Asian perusteellisemmaksi selvittämiseksi on meneillään tutkimus, jossa tarkastellaan eri vuodenaikoina putreskiinin ja kaliumpitoisuuden välistä suhdetta eri neulasvuosikerroissa.

Fosforipitoisuuden ja hapanfosfataasin aktiivisuutta on selvitetty pilottitutkimuksena männyllä (Kolari & Sarjala 1994). Tarkoituksena on ollut aluksi tutkia missä latvuksen osassa ja milloin hapanfosfataasi reagoi selvimmin fosforin puutokseen. Tämän jälkeen menetelmää voidaan soveltaa fosforinpuutosrajojen tarkentamiseen. Hapanfosfataasia aiotaan soveltaa arginiinin ja polyamiinien ohella myös kuusen ravinnepitoisuuksien rajaarvojen tutkimukseen.

Kirjallisuus

Besford, R. 1979. Quantitative aspects of leaf acid phosphatase activity and the phosphorus status of tomato plants. Annals of Botany 44:153-161.

Clarholm, M. 1993. Microbial biomass P, labile P, and acid phosphatase activity in the humus layer of a spruce forest, after repeated additions of fertilizers. Biology and Fertility of Soils 16:287-292.

Gezelius, K. & Näsholm, T. 1993. Free amino acids and protein in Scots pine seedlings cultivated at different nutrient availabilities. Tree Physiology 13:71-86.

Kolari, K. & Sarjala, T. 1994. Acid phosphatase activity and phosphate nutrition in Scots pine needles. Käsikirjoitus.

Näsholm, T. & Ericsson, A. 1990. Seasonal changes in amino acids, protein and total nitrogen in needles of fertilized Scots pine trees. Tree Physiology 6:267-281.

Pietilä, M., Lähdesmäki, P., Pietiläinen, P., Ferm, A., Hytönen, j. & Pätilä, A. 1991. High nitrogen deposition causes changes in amino acid concentrations and protein spectra in needles of Scots pine (Pinus sylvestris). Environmental Pollution 72:103-115.

Pietiläinen, P. 1993. Free and total arginine concentrations in Scots pine needles as indicators of the nitrogen status of the soil and tree. Käsikirjoitus.

Richards,F.J. & Coleman, R.G. 1952. Occurence of putrescine in potassium-deficient barley. Nature 170:460.

Sarjala, T. & Kaunisto, S. 1993. Needle polyamine concentrations and potassium nutrition in Scots pine. Tree Physiology 13:87-96.

Smith, T.A. 1985. Polyamines. Annual Review of Plant Physiology. 36:117-43.

Luonnontilaisten metsien rakenne ja monimuotoisuus Suomessa

Stand structure and diversity of virgin forests in Finland

Yrjö Norokorpi, Erkki Lähde, Olavi Laiho & Timo Saksa

SISÄLLYS

Tiivistelmä – Abstrac 55
1 Johdanto 56
2 Aineisto ja sen käsittely 58
3 Tulokset 61
3.1 Metsiköiden kasvupaikka- ja ikäluokkajakauma 61
3.2 Puuston runkoluku, runkotilavuus ja puulajisuhteet 63
3.3 Lehtipuiden runkoluku, puulajisuhteet ja esiintyminen 66
3.4 Runkolukujakauma 68
3.5 Metsikkörakenne 72
4 Tulosten tarkastelu 77
Kirjallisuus – References 83
Summary 87

Norokorpi, Y.[1], Lähde, E.[2], Laiho, O.[3] & Saksa, T.[4] 1993. Luonnontilaisten metsien rakenne ja monimuotoisuus Suomessa. Summary: Stand structure and diversity of virgin forests in Finland. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja – The Finnish Forest Research Institute, Research Papers 495:54–89. ISBN 951-40-1359-X, ISSN 0358-4283.

Tiivistelmä

Tutkimus perustuu systemaattisella linjoittaisella koeala-arvioinnilla luonnontilaisista metsistä (valtakunnan metsien ensimmäinen inventointi vuosina 1921–24) kerättyyn aineistoon. Jokainen koeala edusti kokonaisuudessaan yhtenäistä metsikköä. Koealoja oli 2186. Runkolukujakaumaan perustuva rakenne luokiteltiin koealoittain. Rakenteeltaan yksipuolisia eli tasarakenteisia metsiköitä, joiden runkolukujakauma ulottui enintään 15 cm:n laajuudelle, oli keskimäärin koko aineistossa 8 %. Muut metsiköt (92 %) olivat erirakenteisia. Puustoltaan monimuotoisimpia eli säännöllisen erirakenteisiksi luokiteltuja metsiköitä, joiden runkolukujakauma muistutti käännetyn J-kirjaimen muotoa, oli koko aineistossa 59 %. Runkolukujakaumaltaan normaalijakaumaa muistuttavia tasa- ja erirakenteisia oli yhteensä 32 %.Säännöllisen erirakenteisten metsiköiden osuus pieneni etelästä pohjoiseen, viljavilta kasvupaikoilta karummille sekä turvemailta kangasmaille siirryttäessä. Vastaavasti normaalijakaumaa muistuttavien rakenneryhmien osuus runsastui. Se kasvoi myös valtapuuston vanhetessa ja tilavuuden suuretessa. Puulajien välistä monimuotoisuutta kuvasi havu- ja lehtipuiden muodostamien sekametsien vallitsevuus. Lehtipuiden osuus suureni kasvupaikan viljavuuden ja kosteuden lisääntyessä ja pieneni puuston ikääntyessä. Samalla kuusen osuus suureni. Suurin lehtipuiden osuus oli pohjoisimmilla alueilla.

Abstract

The study is based on material collected from virgin forests by means of systematic line sampling (National Forest Inventory I, 1921–1924). A total of 2186 sample plots are included. On average, the least diverse, even-sized stands (i.e. stem diameter distribution no wider than 15 cm) amounted to 8%. The rest of the stands (92%) were all-sized to various extent. The most diverse, regularly all-sized (i.e. stands whose stem distribution curve resembled an inverted letter J) amounted to 59% of the total material. Stands with even-sized or all-sized structures with stem distributions resembling a normal distribution amounted to a combined total of 32%. The proportion of regularly all-sized stands decreased in the directions south-to-north, fertile-to-barren sites, and peatlands to upland sites. Correspondingly, the proportion of structures resembling a normal distribution increased in the above directions. It also increased as the age of the dominant storey increased and as stand volume increased. The diversity of the growing stock on the sample plots was also described by the dominance of mixed woods formed of conifers and deciduous species. Deciduous species were present in all strata. Their proportion increased in the direction of increasing site fertility and moisture. It decreased with increasing age of trees. This was accompanied by the proportion of spruce increasing. The proportion of broadleaved trees was at its greatest in the most boreal region.

Keywords: Stand structure, stem distribution, biodiversity, deciduous trees, virgin forest.

Authors' address: The Finnish Forest Research Institute, [1] Rovaniemi Research Station, PL 16, FIN-96301 Rovaniemi, [2] Department of Forest Production, PL 18, FIN-01301 Vantaa, [3] Parkano Research Station, Kaironiementie 54, FIN-39700 Parkano, [4] Suonenjoki Research Station, FIN-77600 Suonenjoki

1 Johdanto

Suomen metsien puuntuotannollisessa käytössä on tapahtunut viime vuosisadan loppupuolelta lähtien huomattavia muutoksia. Sahametsätalous tuli siihen astisten metsien käyttömuotojen rinnalle ja nousi aikaa myöten niitä merkittävämmäksi. Hakkuut olivat alkuvaiheessa lähinnä tukkipuun koko- ja laatuvaatimukset täyttävien puiden poimintahakkuuta eli määrämittaharsintaa (Leikola 1987). Vasta myöhemmin selluloosateollisuuden kehittyessä tuli pieniläpimittaisellekin puutavaralle menekkiä. Metsien puuvarojen käyttö voimistui itsenäistymisen jälkeen ja vuoden 1928 metsälait toimivat yksityismetsien hoidon pohjana. Metsät uudistettiin pääsääntöisesti luontaisesti. Vuonna 1948 annetun harsintajulkilausuman jälkeen siirryttiin yhä enemmän viljelymetsätalouteen ja noudattamaan kasvatushakkuissa alaharvennusperiaatetta.

Pohjoismaissa heräsi viime vuosikymmenellä kiinnostus käyttää metsien luonnonmukaisia kasvatus- ja uudistusmenetelmiä vaihtoehtona voimaperäiselle metsien käsittelylle (Lähde ym. 1985, 1991, 1992, Lähde 1986, Hagner 1992). Erityisesti huolestuttiin laajoista avohakkuista ja voimaperäisestä maankäsittelystä Fennoskandian ekologisesti arassa pohjoisosassa, missä lisäksi metsien monikäytöllinen merkitys korostuu (Bäckström 1984, Hagner 1984). Myös muualla metsätalousmaissa alettiin muuttaa metsien hoitomenetelmiä luonnonmukaiseen suuntaan ja metsien monikäyttötarpeet aikaisempaa paremmin huomioonottaviksi. Näitä tavoitteita edistämään perustettiin Ranskassa v. 1989 Pro Silva-yhdistys, johon kuuluu jäseniä useista Euroopan maista (Frivold 1991). Vastaavasti Englannissa aloitti toimintansa kaksi vuotta myöhemmin Jatkuvan kasvatuksen metsätalous-ryhmä (Continuous Cover Forestry Croup) (Gill 1993). Uusia metsänhoidon vaihtoehtoja etsivää liikettä alettiin kutsua Pohjois-Amerikassa uudeksi metsätaloudeksi (New Forestry). Siinä korostetaan koko metsäekosysteemin hoitoa ja pyritään ottamaan huomioon sekä metsien aineelliset että aineettomat arvot. Vaatimukset uudesta metsätaloudesta saivat alkunsa Yhdysvaltain luoteisvaltioissa viime vuosikymmenen puolenvälin jälkeen (Franklin 1989, DeBell ja Curtis 1993). Hammond (1991) nimesi sellaisiin tavoitteisiin pyrkivää metsänhoitoa metsien holistiseksi eli kokonaisvaltaiseksi käytöksi.

Viime vuosikymmenellä voimistui myös tarve suojella jäljellä olevia luonnon metsiä. Ruotsissa niiden suojelua perusteltiin paitsi metsäekosysteemin suojeluna sellaisenaan myös mm. vertailualueina hoidetuille metsille tutkimuksen ja ympäristön seurannan tarpeisiin sekä uhanalaisten eläinten ja kasvien turvapaikkoina (Bråkenhielm 1982). Suomessa vanhojen luonnonmetsien suojelutarpeen pohdinnassa tuli perustaksi Uhanalaisten kasvien ja eläinten suojelutoimikunnan mietintö (Rassi ym. 1985). Kuitenkin itse kohde, vanha luonnonmetsä, on ollut puutteellisesti ja epämääräisesti määritelty. Tämä on johtanut luonnonmetsien sukkessioiden lisääntyvään tutkimustarpeeseen (Lindholm 1992).

Uhanalaisten lajien suojelu, metsien muiden kuin puuntuotannollisten käyttömuotojen ja luontaisen uudistamisen korostuminen sekä ilmakehän hiilidioksiditasapainon säätely metsien avulla ovat tuoneet esiin viime vuosina metsien luontaisen monimuotoisuuden säilyttämistarpeen. Tämä periaate on hyväksytty yhdeksi keskeiseksi tavoitteeksi metsien hoidossa kansainvälisin sopimuksin sekä UNCED:in kokouksessa Rio de Janeirossa 1992 (Saurimo 1993) että Euroopan metsäministerien kokouksessa Helsingissä 1993 (Ministerial Conference ... 1993).

Biologisella monimuotoisuudella tarkoitetaan yleisesti kaikkien kasvien, eläinten ja mikro-organismien sekä niiden elinympäristön monimuotoisuutta ja vaihtelua (Saurimo 1993). Metsäekosysteemiin sovellettuna monimuotoisuus tarkoittaa mahdollisimman monipuolista

lajistoa kaikilla eliötasoilla. Eliöiden elinympäristön ja kokonaisuuden muotoutumisessa puustolla on keskeinen asema. Puuston monimuotoisuus tarkoittaa yhtenäisen metsikön puiden lajirunsautta sekä lajin sisäistä koon, iän ja perimän laajaa vaihtelua. Monimuotoisuuteen kuuluu myös jossain määrin kuolleita, lahoavia puita. Puiden tilajärjestys on sekä vertikaalisessa että horisontaalisessa suunnassa mahdollisimman vaihteleva. Metsikkö koostuu näiden kriteerien mukaan erirakenteisesta ja samalla eri-ikäisestä sekapuustosta, jossa on eriasteista ryhmittäisyyttä ja pienaukkoisuutta. Parhaiten puuston monimuotoisuuden edellytykset täyttäviä ovat luonnontilaiset tai lähes luonnontilaiset metsiköt, jotka ovat saaneet kehittyä luonnon omien lainalaisuuksien mukaisesti.

Eräiltä osin Suomessa tiedetään hyvin luonnonmetsien kehitys. Tämän vuosisadan alkupuolella tutkittiin paljon ns. luonnonnormaalien metsien kehitystä (Cajanus 1914, Ilvessalo 1920a, 1920b, 1937, Lönnroth 1925, Lappi-Seppälä 1930). Ensimmäiset kasvu- ja tuottotaulukotkin laadittin luonnonnormaaleille metsille (Ilvessalo 1920a, 1920b, 1937). Sellaisiksi hyväksyttiin subjektiivisesti valittuina silloisen ajattelun mukaan vain säännöllisen tasarakenteisiksi kasvaneita, kutakuinkin koskemattomia yhden puulajin metsiköitä. Suurimmaksi sekapuuosuudeksi tilavuudesta arvioituna suunniteltiin hyväksyttäväksi 10%.

Ilvessalo totesi (1920a), että em. kriteerit täyttäneitä metsiköitä oli Etelä- Suomesta vaikea löytää. Niinpä hän hyväksyi aineistoon sellaisiakin metsiköitä, joita oli hakattu, mutta kannot olivat vielä mitattavissa. Tasaikäisiä puhtaita kuusikoita oli erittäin vaikea löytää, joten hän hyväksyi aineistoon myös em. rajaa enemmän koivuja sisältäneitä metsiköitä. Kuusikot olivat useimmiten syntyneet alikasvoksina. Kriteerit täyttäneitä koivikoita ja männiköitä löytyi parhaiten entisiltä kaskimailta. Ne eivät kuitenkaan syntytapansa vuoksi vastanneet varsinaisia luonnontilaisina kehittyneitä metsiä. Sopivien kohteiden löytövaikeuksien vuoksi Ilvessalo joutui joissakin kohteissa pienentämään koealan kokoa. Näin kävi erityisesti kuusikoissa. Metsiköiden ikää laskiessaan Ilvessalo jätti alikasvokset huomioon ottamatta viitaten saksalaisten menettelyyn. Myös runkolukusarjoista hän jätti alikasvokset pois.

Huolimatta edellä esitetyistä ja muista rajoituksista, joilla oli tarkoituksena saada aineisto puustoltaan mahdollisimman tasarakenteiseksi, puiden rinnankorkeusläpimitta vaihteli hyvin laajoissa rajoissa kaikissa ikäluokissa. Esimerkiksi Etelä-Suomen 70-vuotiaissa tuoreen kankaan kuusikoissa läpimitta vaihteli 1–28 cm:n välillä (Ilvessalo 1920a). Karuilla kasvupaikoilla yläraja jäi edellämainittua rajaa pienemmäksi, mutta kokovaihtelu oli silti laajaa.

Luonnonnormaalien metsiköiden löytäminen Pohjois-Suomesta oli vielä vaikeampaa kuin Etelä-Suomesta (Ilvessalo 1937), vaikka luonnontilaisten eli hakkuilta joko kokonaan tai osaksi säästyneiden metsien osuus siellä olikin suurempi (Heikinheimo 1924). Metsiköt olivat pohjoisessa esimerkiksi tiheyden puolesta epätasaisempia kuin Etelä-Suomessa. Metsikön iän määrittäminen tuotti erityisesti kuusikoissa suuria vaikeuksia puiden pitkäaikaisen alikasvosvaiheen ja sen seurauksena huomattavan eri-ikäisyyden vuoksi.

Lönnrothin (1925) tutkimusten mukaan luonnonnormaaleissa männiköissä runkolukusarja on eräänlainen kompleksisarja, joka koostuu eri latvuskerrosten erilaisista sarjoista. Hänen mukaansa runkolukusarjassa esiintyi yleisesti sekä vallitsevien että vallittujen puiden huiput. Myös mänty-koivusekametsissä esiintyi Lappi-Seppälän (1930) mukaan runkolukusarjassa kaksihuippuisuutta.

Luonnonnormaali metsä edusti tietynlaista ihannemetsää, mistä oli eliminoitu pois ekosysteemin kehityksen luonnolliset häiriötekijät ja monimuotoisuus. Tosiasiallisesti

varttuneet luonnontilaiset metsät olivat 1920-luvun alussa Suomessa rakenteeltaan aivan toisenlaisia eli pääosin erirakenteisia sekametsiä (Lähde ym. 1991).

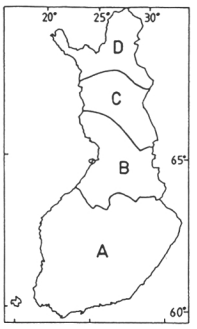
Suomen ja samalla maailman ensimmäinen valtakunnallinen metsien inventointi tehtiin vuosina 1921–24. Tällöin kaksi kolmasosaa maamme metsistä oli luonnontilaisia eli hakkuilta joko kokonaan tai lähes kokonaan säästyneitä (Heikinheimo 1924). Maan eteläpuoliskon metsistä niitä oli 51 ja pohjoispuoliskon metsistä 81%. Kaikki eivät olleet metsikköhistorialtaan täysin luonnonvaraisesti kehittyneitä aiemman tervanpolton, kaskeamisen ja laidunnuksen vuoksi. Toimenpiteiden ei katsottu vaikuttaneen niiden tilaan ainakaan mainittavasti. Tässä tutkimuksessa kuvataan yksityiskohtaisesti näiden luonnontilaisten metsien rakennetta, esiintymistä alueittain ja kasvupaikoittain sekä ikäluokkajakaumaa metsämaaksi luokitetulla turve- ja kivennäismaalla. Rakenne kuvataan puulajeittaisella ja metsiköittäisellä läpimittajakaumalla sekä sen tunnusluvuilla. Tavoitteena on siten selvittää metsiköiden runkoluku, puulajisuhteet, puiden kokovaihtelu ja metsikkörakenne. Niiden avulla tehdään päätelmiä puuston osalta metsiköiden sisäisestä monimuotoisuudesta, sen vaihtelusta sekä kehitysdynamiikasta.

Inventoinnin maastotiedot oli aikanaan kerätty koealalomakkeille, joilta ne tallennettiin. Tallennuksen tekivät Sirkka Tapaninen ja Liisa Kaukonen. Matti Siipola ja Juha Hyvönen suorittivat käytännön laskentatyön, taulukoinnin ja kuvien piirtämisen. Sirkka Tapaninen huolehti tekstin käsittelystä. Erkki Pekkinen käänsi tiivistelmän englanniksi. Lausumme parhaat kiitoksemme kaikille tutkimuksessa avustaneille henkilöille.

2 Aineisto ja sen käsittely

Tutkimuksessa käytettiin Suomen metsien ensimmäisessä inventoinnissa (VMI I) vuosina 1921–24 kerättyä aineistoa. Se on ensimmäinen ja laajin systemaattinen aineisto, josta saadaan tietoja luonnontilaisista metsistä. Lähde ym. (1991) ovat esittäneet samasta perusaineistosta yhdistelmätuloksia sellaisten kivennäismaiden varttuneiden metsien osalta, joiden puuston runkotilavuus oli yli 40 m^3/ha.

Aineisto jaettiin maantieteellisesti neljään alueeseen (kuva 1).



Kuva 1. Maantieteellinen aluejako:
A = Etelä-Suomi, B = Pohjois-Pohjanmaa–Kainuu
C = Peräpohjola, D = Metsä-Lappi

Fig. 1. The geographical regions of Finland:
A = South Finland, B = Southern part of North Finland
D = Central part of North Finland, C = Northern part of North Finland

Inventoinnissa määritetyn kasvullisen metsämaan (maaluokka 1) metsä- ja suotyyppien mukaan aineisto jaettiin kasvupaikkaryhmiin seuraavasti:

1. Tuoreet kankaat ja sitä viljavammat kasvupaikat
   1a. Lehdot ja lehtomaiset kankaat
   1b. Tuoreet kankaat

2. Kuivahkot kankaat
3. Kuivat kankaat ja sitä karummat kasvupaikat
   3a. Kuivat kankaat
   3b. Karukkokankaat
4. Korvet
5. Rämeet

Koealojen edustamat metsiköt oli luokiteltu inventoinnissa valtapuuston mukaan kymmenen vuoden ikäluokkiin. Aineisto ryhmiteltiin sen perusteella nuoriin, keski-ikäisiin ja vanhoihin metsiin seuraavasti:

Alue	Valtapuuston ikäluokka, v		
	nuoret	keski-ikäiset	vanhat
A	1. 1–40	2. 41–80	3. >80
B	1. 1–60	2. 61–100	3. >100
C	1. 1–60	2. 61–120	3. >120
D	1. 1–80	2. >80	3. määrittämätön

Nuorten metsien yläraja määritettiin suurinpiirtein nykyisin tasarakenteisissa metsissä käytetyn kiertoajan puolikkaaksi ja keski-ikäisten metsien ylärajaksi likipitäen kiertoaika. Vanhoihin metsiin luettiin edellistä vanhemmat metsiköt. Metsä-Lapissa ikäluokitus jouduttiin tekemään hieman muista poikkeavalla tavalla, koska 83% koealoista oli iältään määrittämättömiä (taulukko 1). Todennäköisesti määritys oli jätetty tekemättä valtapuustonkin voimakkaasti vaihdelleen iän vuoksi. Siten 1. ikäryhmään luettiin mukaan 80-vuotiaat ja nuoremmat sekä 2. ikäryhmään sitä vanhemmat koealametsiköt. Määrittämättömät muodostivat 3. ikäryhmän.

Luonnontilaisten metsien joukkoon oli inventoinnissa luettu kaikki luonnonvaraisesti kehittyneet metsiköt, vaikka metsä oli aiemmin ollut kaskena ja laitumena tai sitä oli kohdannut jokin voimakkaasti vaikuttanut tuho, esimerkiksi metsäpalo tai myrsky. Jotta erikseen tarkasteltavien ositteiden koealat olisivat muodostaneet suhteellisen tasaisen kokonaisuuden, aineisto ryhmiteltiin lisäksi puuston tilavuuden mukaan seuraavasti:

Alue	Puuston tilavuus, m^3/ha					
A	1. ≤ 20	2. 21–40	3. 41–80	4. 81–120	5. 121–160	6. >160
B	1. ≤ 20	2. 21–40	3. 41–80	4. 81–120	5. >120	
C	1. ≤20	2. 21–40	3. 41–80	4. >80		
D	1. ≤ 20	2. 21–40	3. 41–80	4. >80		

Koko VMI I:n aineisto sisälsi yhteensä 3842 koealaa kasvullisella metsämaalla (Ilvessalo 1927). Metsä-Lappia ja Peräpohjolaa lukuunottamatta myöhemmin Neuvostoliittoon siirretyt alueet jätettiin kartalta tehdyn arvion varaisesti aineiston ulkopuolelle. Inventoinnin koko aineisto em. tavalla maantieteellisesti rajattuna sisälsi 2186 luonnontilaista koealaa. Luokittaisia keskiarvoja laskettiin vain, jos luokka sisälsi vähintään kolme koealaa. Inventointi oli tehty linjoittaisena arviointina, jossa tietyin välein otettiin 10 x 50 m suuruisia metsiköltään yhtenäisiä puustokoealoja. Menetelmä on kuvattu yksityiskohtaisesti Ilvessalon (1927) julkaisussa.

Koealojen puusto luokiteltiin puulajeittain 5 cm läpimittaluokkiin (<5, 5–10, ... ja >35 cm). Alle 20 cm luokissa puulajit oli eritelty seuraavasti: 1. mänty, 2. kuusi, 3. koivu, 4. leppä ja 5. haapa. Yli 20 cm osalta muiden lehtipuiden kuin koivujen määrä oli laskettu, mutta ne oli merkitty läpimittaluokissa koivujen ryhmään. Hies- ja rauduskoivua ei ollut eritelty. Koealoittaiset puulajisuhteet voitiin laskea vain runkolukujakauman perusteella. Läpimittaluokkien yhdistelmistä käytettiin seuraavia käsitteitä: pienikokoinen puusto 1–10 cm, keskikokoinen puusto 10–20 cm ja isokokoinen eli järeä puusto ≥20 cm.

Metsien rakennetta on tavallisesti kuvattu käsitteillä tasa- ja eri-ikäiset. Koska puiden tarkan iän määrittäminen on työlästä, ja kasvukairan käyttö merkitsee lahoriskiä, on puiden ikärakenteen kriteerinä tyydytty kuitenkin käyttämään puiden kokoa eli rinnankorkeusläpimittaa. Koon käyttäminen ikäkriteerinä perustuu oletukseen, että ikä ja läpimitta olisivat keskenään suorassa riippuvuudessa. Useissa tutkimuksissa (esim. Näslund 1944, Nilsen & Haveraaen 1983, Klensmeden 1984) on kuitenkin todettu, että vapaassa tilassa olevat kasvukuntoiset puut kasvavat esimerkiksi ylispuista vapauttamisen jälkeen enemmän koon kuin iän mukaan. Tällöin ikätunnukset kuvaavat heikosti puuston rakennetta.

Daniel ym. (1979) ovat oppikirjassaan luokitelleet metsiköt tasa- ja eri-ikäisiin puiden iän ja koon vastaavuusperiaatteen mukaisesti. Tasaikäisiä metsiä ovat sellaiset puustot, joissa iän vaihtelu on korkeintaan ±10 % metsikön kiertoajasta ja runkolukusarjajakoon puolesta noudattaa likimain normaalijakaumaa. Myös Smith (1962) pitää rakenneluokittelun perustana läpimittaluokkajakaumaa. Yleensä tyydytään luokittelemaan tasaikäisiksi (tasarakenteisiksi) sellaiset puustot, joiden runkolukujakauma noudattaa jokseenkin normaalijakaumaa riippumatta runkolukusarjan laajuudesta. Eri-ikäisrakenteisina (erirakenteisina) pidetään tällöin ensisijaisesti puustoja, joiden läpimittaluokkajakauma muistuttaa käännetyn J:n muotoa eli puiden lukumäärä pienenee jokseenkin tasaisesti läpimittaluokan suuretessa. Koska puiden iän määrittäminen tuottaa vaikeuksia eikä em. inventoinnissa ollut selvitetty kuin yksittäisten valtapuiden ikä, tässä tutkimuksessa käytettiin sovellettuna Lähteen ym. (1991) käyttämää menetelmää ja ryhmittelyä tasa- ja erirakenteiset metsät. Menettely on sovellutus Danielin ym. (1979) määritelmästä siten, että arvioidun kiertoajan iän tilalle otettiin vastaavan ajan arvioitu tavoitekoko eli uudistuskypsyysikää vastaava keskiläpimitta. Sellaiseksi määritettiin 30 cm kaikissa ositteissa.

Puiden läpimittaluokittaisen esiintymislaajuuden mukaan koealat eli metsiköt jaettiin kahteen pääryhmään. Pieneksi puustoksi luokiteltiin sellaiset koealat, joissa puita esiintyi vain kolmen pienimmän luokan laajuudella ($D_{1,3}$ <15 cm). Varttuneeksi puustoksi luokiteltiin koealat, joissa puita esiintyi muissakin läpimittaluokissa.

Tasarakenteisiksi luokiteltiin varttunut metsikkö, jonka puiden koko vaihteli enintään 6 cm laajuudella eli ±10 % 30 cm:stä ja runkolukujakauma täytti likipitäen normaalijakauman vaatimukset. Koska aineisto oli luokiteltu 5 cm läpimittaluokkiin, saattoi tasarakenteiseksi luokiteltavan metsikön puita olla tässä tarkastelutavassa kuitenkin kolmessa peräkkäisessä läpimittaluokassa eli 15 cm laajuudella. Näin rajaukseksi otettiin 15 cm. Muut rakenteet luokiteltiin erirakenteisiksi puustoiksi. Luokittelu oli yksityiskohtaisesti seuraava:

1. Pieni puusto: puita vain 3 pienimmässä luokassa

   a. Tasarakenteista muistuttava puusto. Puita kaikissa kolmessa, eniten toisessa luokassa tai puita vain yhdessä tai kahdessa paksummassa luokassa
   b. Erirakenteista muistuttava puusto. Puita kaikissa kolmessa, eniten pienimmässä luokassa
   c. Muu rakenne

2. Varttunut puusto: puita myös tai yksinomaan muissa kuin 3 pienimmässä luokassa

A. Tasarakenteiset: puita enintään kolmen peräkkäisen luokan laajuudella

A1: Tasarakenteinen, normaalijakaumaa muistuttava. Puita kaikissa kolmessa peräkkäisessä luokassa, eniten keskimmäisessä luokassa
A2: Muu tasarakenteinen

B: Erirakenteiset: puita vähintään neljän luokan laajuudella

B1: Erirakenteinen, jaksollinen. Puuttomia väliluokkia ainakin toinen (5–10), kolmas (10–15) tai neljäs (15–20) läpimittaluokka.
B2: Säännöllisen erirakenteinen, käännetyn J:n muotoa muistuttava. Puita ainakin neljässä pienimmässä, eniten ensimmäisessä tai toisessa luokassa.
B3: Erirakenteinen, normaalijakaumaa muistuttava. Puita ei ole eniten kahdessa pienimmässä luokassa eikä jakauman reunimmaisissa luokissa.

Luokka B2 edusti siten puuston rakenteen osalta monimuotoisinta metsikköä. Erirakenteisiksi luokiteltiin tässä tutkimuksessa myös kaksi- ja useampijaksoiset puustot, elleivät jaksot yhdessä täyttäneet tasarakenteisuuden kriteerejä. Erirakenteisten jaksollisten metsiköiden ryhmään luokiteltiin myös muut erirakenteiset puustot niiden vähäisyyden vuoksi. Puuston rakennetta tarkasteltiin myös väljempien kriteerien mukaan siten, että tasarakenteiseksi luettiin luokkien A1 ja A2 sekä pienpuuston luokkien a, b ja c lisäksi erirakenteinen, normaalijakaumaa muistuttava luokka B3. Erikseen luokiteltua ylispuustoa oli Ilvessalon (1927) mukaan koko aineistossa vain yhdellä prosentilla pinta-alasta. Tietoja alikasvosten määrästä ei silloin esitetty, mutta seuraavassa eli toisessa inventoinnissa 1930-luvulla kuusialikasvoksia oli kahdella prosentilla pinta-alasta (Ilvessalo 1942). Kaksijaksoisiksi luokiteltuja metsiä ei VMI II:n mukaan juurikaan ollut.

Vaikka aineisto luokiteltiinkin tiukkarajaisesti mahdollisimman samankaltaisiin ryhmiin, tarkasteltiin puuston rakennetta erikseen myös koealoittain. Näin voitiin selvittää mm. ositteiden keskiarvoista sellaiset tapaukset, joissa esimerkiksi yksikin runsaasti alikasvosta sisältänyt koeala olisi vaikuttanut niihin voimakkaasti. Lisäksi koealoittain selvitettiin, missä läpimittaluokassa oli eniten puita eli runkolukujakauman moodiluokka sekä jakauman muoto. Varttuneen puuston jakauma saattoi noudattaa normaalijakaumaa vain niissä tapauksissa, joissa moodiluokka sijaitsi yli 10 cm:n, mutta alle 25 cm:n läpimittaluokissa.

3 Tulokset

3.1 Metsiköiden kasvupaikka- ja ikäluokkajakauma

Etelä-Suomessa tuoreet kankaat olivat selvästi yleisin kasvupaikkaluokka. Sen osuus oli 41% koealojen kokonaismäärästä (taulukko 1). Tuoreiden kankaiden osuus vaihteli Pohjois-Suomessa alueittain 10 ja 16 %:n välillä (taulukko 1). Pohjois-Pohjanmaan–Kainuun ja Peräpohjolan alueella yleisin kasvupaikkaluokka oli kuivahkot kankaat, osuus 41–48 %. Karukkokankaiden luokka oli suurin Metsä-Lapissa. Niitä ei esiintynyt ollenkaan Etelä-Suomen luonnontilaisten metsien koealoilla. Etelä-Suomessa kuusi prosenttia koealoista oli lehtoja ja lehtomaisia kankaita. Noin yksi neljäsosa luonnontilaisten metsien koealoista oli

Taulukko 1. Koealojen lukumäärä ikä-, tilavuus- ja kasvupaikkaluokittain sekä alueittain. Kasvupaikkaluokat: 1= tuoreet ja sitä viljavammat kankaat, 1a= lehdot ja lehtomaiset, 1b= tuoreet, 2= kuivahkot, 3= kuivat ja sitä karummat kankaat, 3a= kuivat, 3b= karukkokankaat, 4= korvet, 5= rämeet.

Table 1. Number of sample plots by age, volume and site type class in the regions. Site type classes: 1= Moist heaths and more fertile, 1a= Grove and grovelike, 1b= Moist, 2= Dryish, 3= Dry and less fertile, 3a= Dry, 3b= Barren heaths, 4= Spruce-birch swamps, 5= Pine mires.

A. Etelä-Suomi – *South Finland*

Ikä lk *Age class*	V, m³/ha	Kasvupaikka *Site type*							Yhteensä *Total*
		1a	1b	2	3a	3b	4	5	
1–40	≤20	4	29	20	12		7	12	84
	21–40	3	39	28	9		3	6	93
	41–80	17	48	30	6		3	6	110
	81–120	3	22	11					36
	121–160	2	11	2					15
	>160		2	4					6
	Yht./*Tot.*	29	151	95	27		15.	27	344
41–80	≤20			1	3			8	12
	21–40			5	8		5	14	32
	41–80	2	30	28	13		7	13	93
	81–120	4	61	35	4		10	3	117
	121–160	4	42	22	2		3		73
	>160	10	47	21	1		2		81
	Yht./*Tot.*	20	180	112	31		27	38	4
>80	≤20		1		1		1	2	5
	21–40			1	3		6		10
	41–80		1	1	5		6	5	18
	81–120		3	4	5		14	3	29
	121–160		8	5	3		9	1	26
	>160	2	18	12	1		10	2	45
	Yht./*Tot.*	2	31	23	18		46	13	133
Ei määr./*Undef.*		1	2	1	1		1	21	7
Yhteensä/*Total*		52	364	231	77		89	79	892

B. Pohjois-Pohjanmaa–Kainuu – *Southern part of North Finland*

Ikä lk *Age class*	V, m³/ha	Kasvupaikka *Site type*							Yhteensä *Total*
		1a	1b	2	3a	3b	4	5	
1–60	≤20			5	6	1	1	11	24
	21–40			11	5		6	7	29
	41–80	1		23	6		5	6	41
	81–120		2	8	2				12
	>120			4					4
	Yht./*Tot.*	1	2	51	19	1	12	24	110
61–110	≤20			3	1		2	8	14
	21–40	1	2	4	6		5	8	26
	41–80	1	7	38	3	1	10	6	66
	81–120	1	10	37	5		4	1	58
	>120		16	16	3		1		36
	Yht./*Tot.*	3	35	98	18	1	22	23	200
>100	≤20		1		1			15	17
	21–40		1	4	3		4	23	35
	41–80		15	18	3		16	16	68
	81–120		10	23	1		7	6	47
	>120	2	6	13			5	1	27
	Yht./*Tot.*	2	33	58	8		32	61	194
Ei määr./*Undef.*			1	6	3		2	4	16
Yhteensä/*Total*		6	71	213	48	2	68	112	520

C. Peräpohjola –*Central part of North Finland*

Ikä lk *Age class*	V m³/ha	Kasvupaikka *Site type*							Yhteensä *Total*
		1a	1b	2	3a	3b	4	5	
1–60	≤20			2	1	1		2	6
	21–40			4	1				5
	41–80		1	8					9
	>80			2					2
	Yht./*Tot.*		1	16	2	1		2	22
61–120	≤20			7	1		1	3	12
	21–40			13	2	2	1	4	22
	41–80		1	24	2	1	4	3	35
	>80		4	21	1	1	1		28
	Yht./*Tot.*		5	65	6	4	7	10	97
>120	≤20		1	3		2	1	4	11
	21–40		5	15	2	1	7	12	42
	41–80	1	22	42	2	3	7	9	86
	>80	1	16	29	1		7	1	55
	Yht./*Tot.*	2	44	89	5	6	22	26	194
Ei määr./*Undef.*			19	33	14	3	17	22	108
Yhteensä/*Total*		2	69	203	27	14	46	60	421

D. Metsä-Lappi – *Northern part of North Finland*

Ikä lk *Age class*	V, m³/ha	Kasvupaikka *Site type*							Yhteensä *Total*
		1a	1b	2	3a	3b	4	5	
1–80	≤20			1					1
	21–40		2	1		5		2	10
	41–80		1			1			2
	>80			1					1
	Yht./*Tot.*		3	3		6		2	14
>80	≤20			2		6		1	9
	21–40		4	2	1	3	1	3	14
	41–80		7	5	1	7	1	1	22
	>80		1	1					2
	Yht./*Tot.*		12	10	2	16	2	5	47
Ei määr./*Undef.*		2	20	94	17	101	9	48	291
Yhteensä/*Total*		2	35	107	19	123	11	55	352

turvemailla. Muualla niitä oli noin yhden prosentin verran. Eniten niitä esiintyi Pohjois-Pohjanmaan–Kainuun alueella eli runsaalla kolmasosalla koealoista. Rämeitä oli selvästi enemmän kuin korpia etenkin Metsä-Lapissa ja Pohjois-Pohjanmaan–Kainuun alueella (taulukko 1).

Valtapuustoltaan nuoria metsiköitä oli eniten Etelä-Suomessa, 39 % koealoista. Niiden osuus väheni jyrkästi pohjoiseen: Peräpohjolan ja Metsä-Lapin alueella se oli vain 4–5 % (taulukko 1). Vastaavasti valtapuustoltaan vanhojen metsiköiden osuus kasvoi etelästä pohjoiseen 15 %:sta 83 %:iin. Nuorimmat metsiköt esiintyivät Etelä-Suomen lehdoissa ja lehtomaisilla kankailla, missä nuoriksi luokiteltuja metsiköitä oli 57 % ja vanhoiksi luokiteltuja 4 % (taulukko 1). Nuorien metsiköiden osuus väheni voimakkaasti paitsi pohjoisuuden lisääntyessä myös kasvupaikan viljavuuden alentuessa. Erityisen jyrkkä ero oli tuoreitten kankaiden kasvupaikkaluokassa Etelä- ja Pohjois-Suomen välillä: edellisellä alueella nuorien metsiköiden osuus oli yli 40 % ja jälkimmäisen alueilla vain muutaman prosentin. Vanhoja metsiköitä esiintyi eniten eli lähes 90 %:n osuudella Peräpohjolan tuoreilla kankailla sekä Metsä-Lapin kuivahkoilla ja sitä karummilla kankailla sekä rämeillä. Korpimetsiköissä oli valtapuustoltaan suhteellisesti hieman vanhempia puustoja kuin rämeillä.

3.2 Puuston runkoluku, runkotilavuus ja puulajisuhteet

Puuston keskimääräinen runkoluku väheni systemaattisesti etelästä pohjoiseen ja viljavilta kasvupaikoilta karuille kasvupaikoille (taulukko 2). Etelä-Suomen lehdoissa ja lehtomaisilla kankailla keskimääräinen runkoluku oli runsas 3300 kpl/ha sekä Metsä-Lapin kuivilla ja karuilla kankailla vähän yli 700 kpl/ha. Vastaavasti turvemailla keskimääräinen runkoluku asettui välille 3000 ja 750 kpl/ha. Kasvupaikkojen ääripäitä edustivat Etelä-Suomen viljavat korvet ja Metsä-Lapin karut rämeet. Kasvupaikkaluokan sisäisesti runkoluku aleni yleensä runsaaseen puoleen Etelä-Suomesta Metsä-Lappiin (taulukko 2).

Metsiköiden vanhetessa nuoresta ikäluokasta vanhaan ikäluokkaan keskimääräinen runkoluku putosi pääpiirteissään puoleen eri alueilla ja eri kasvupaikoilla itseharvenemisen vuoksi (taulukko 2). Poikkeuksina tähän olivat ne luokat, joissa havaintojen määrä jäi vähäiseksi. Alueittaiset maksimirunkoluvut kivennäismailla alenivat Etelä-Suomen tiheydestä 13 500 kpl/ha Pohjois-Suomen tiheyteen 5 000–7 000 kpl/ha. Turvemailla oli vastaavanlaista suuntautumista.

Puuston keskimääräinen runkotilavuus pieneni Etelä-Suomen viljavien kasvupaikkojen hieman runsaasta 100 m^3/ha:stä Metsä-Lapin kuivien kankaiden 42 m^3/ha:iin (taulukko 2). Kasvupaikkaluokan sisäisesti tilavuus väheni etelästä pohjoisimpaan Suomeen pääpiirtein puoleen paitsi kuivilla ja sitä karummilla kasvupaikoilla. Niillä keskimääräisten runkotilavuuksien vaihteluväli oli vain 42–53 m^3/ha.

Alueen sisäisesti runkotilavuus aleni suunnilleen puoleen tuoreen kankaan kasvupaikkaluokasta kuivien ja sitä karumpien kankaiden kasvupaikkaluokkaan. Vain Metsä-Lapissa keskimääräisen runkotilavuuden vaihteluväli viljavimpien ja karuimpien kasvupaikkojen välillä jäi vähäiseksi, 42–56 m^3/ha (taulukko 2). Rämeiden runkotilavuus oli suunnilleen puolet saman alueen korpien runkotilavuudesta.

Suurin runkotilavuus kivennäismaiden metsiköissä oli 550 m^3/ha, mikä oli mitattu Etelä-Suomessa tuoreen kankaan koealalla. Turvemaiden korkein tilavuus oli 332 m^3/ha

Taulukko 2. Puuston runkoluku, runkotilavuus ja runkoluvun mukaiset puulajisuhteet kasvupaikoittain ja ikäluokittain sekä alueittain. N= koealojen lukumäärä, $\bar{x}$ = keskiarvo, R= vaihteluväli. Kasvupaikkaluokat: ks. taulukko 1.

Table 2. Stem number, volume and distribution of tree species (% of stem number) by site type and age class in the regions. N= Number of sample plot, $\bar{x}$ = Mean, R= Range. Site type classses: see Table 1.

A. Etelä-Suomi – *South Finland*

Kasvupaikka *Site type*	Ikä lk. *Age class*	N	Runkoluku/ha *Stems/ha* $\bar{x}$	R	V, m^3/ha $\bar{x}$	R	Puulajisuhteet, % *Distribution of tree sp. %* Mänty *Pine*	Kuusi *Spruce*	Lehtip. *Decid.*
1a	1–40	29	4084	1350 - 6730	60	3 -132	14	9	77
	41–80	21	2361	770 - 4310	158	52 -272	14	34	52
	>80	2	4504	2090 - 6920	191	161 -222	20	50	30
	$\bar{x}$	53	3379	770 - 6920	102	3 -272	14	21	65
1b	1–40	151	3447	120 -13460	54	1 -200	22	17	61
	41–80	180	2430	240 - 5890	132	43 -341	18	46	36
	>80	31	1852	10 - 4450	214	11 -550	17	64	19
	$\bar{x}$	364	2796	10 -13460	106	1 -550	20	35	45
2	1–40	95	3320	76 - 9570	54	3 -211	49	12	39
	41–80	113	2298	570 - 6540	112	18 -267	52	23	25
	>80	23	1986	580 - 5290	168	39 -357	58	28	14
	$\bar{x}$	232	2686	570 - 9570	93	3 -357	52	19	29
3	1–40	27	2274	240 - 6880	27	1 - 74	84	3	13
	41–80	31	1341	160 - 3870	58	8 -168	82	6	12
	>80	18	1170	230 3120	83	19 -161	72	14	14
	$\bar{x}$	78	1601	160 - 6880	53	1 -168	79	7	14
4	1–40	15	4562	1770 - 9880	27	5 - 62	13	31	56
	41–80	27	3764	610 -11760	87	22 -243	6	54	40
	<80	46	2068	600 - 4670	118	15 -332	6	70	24
	$\bar{x}$	89	3012	600 -11760	93	5 -332	7	59	34
5	1–40	27	3644	540 - 9060	25	2 - 75	40	10	50
	41–80	38	2651	940 - 6280	40	3 - 92	51	10	39
	>80	13	2140	90 - 3820	89	11 -214	51	29	20
	$\bar{x}$	79	2882	90 - 9060	44	2 -214	48	13	39

B. Pohjois-Pohjanmaa – *Southern part of North Finland*

Kasvupaikka *Site type*	Ikä lk. *Age class*	N	Runkoluku/ha *Stems/ha* $\bar{x}$	R	V, m^3/ha $\bar{x}$	R	Puulajisuhteet, % *Distribution of tree sp. %* Mänty *Pine*	Kuusi *Spruce*	Lehtip. *Decid.*
1	1–60	3	3320	1520 - 4520	84	65 - 99	23	48	29
	61–100	38	2523	830 - 4560	103	37 - 217	6	55	39
	>100	35	1798	560 - 4260	97	20 - 259	5	68	27
	$\bar{x}$	77	2196	280 - 4960	99	20 - 259	6	61	33
2	1–60	51	2006	350 - 4960	61	10 - 156	53	12	35
	61–100	98	1858	400 - 3775	89	16 - 242	28	42	30
	>100	58	1174	260 - 2760	92	25 - 196	25	51	24
	$\bar{x}$	213	1707	260 - 4960	83	10 - 242	34	37	29
3	1–60	20	1427	100 - 3560	38	5 - 93	69	10	21
	61–100	19	1233	230 - 3150	67	12 - 143	72	10	18
	>100	8	709	140 - 1420	48	13 - 94	86	9	5
	$\bar{x}$	50	1216	100 - 3560	52	5 - 143	73	9	18
4	1–60	12	2773	1290 - 6200	41	8 - 75	8	30	62
	61–100	22	2181	1050 - 4060	58	12 - 142	4	46	50
	>100	32	1647	630 - 4080	75	23 - 145	2	72	26
	$\bar{x}$	68	2001	630 - 6200	63	8 - 145	4	56	40
5	1–60	24	2640	280 -23200	27	5 - 68	64	1	35
	61–100	23	1756	220 - 5190	31	5 - 118	52	27	21
	<100	61	982	170 - 2830	41	6 - 166	60	25	15
	$\bar{x}$	112	1518	170 -23200	35	5 - 166	56	21	21

C. Peräpohjola – *Central part of North Finland*

Kasvupaikka *Site type*	Ikä lk. *Age class*	N	Runkoluku/ha *Stems/ha* $\bar{x}$	R	V, m^3/ha $\bar{x}$	R	Puulajisuhteet, % *Distribution of tree sp.%* Mänty *Pine*	Kuusi *Spruce*	Lehtip. *Decid.*
1	1–60	1	2570	2570 - 2570	57	57 - 57	2	20	78
	61–120	5	1938	680 - 4470	102	50 - 139	15	38	47
	>120	46	1085	120 - 2620	80	19 - 241	4	67	29
Ei määr.- *Undef.*		19	1003	430 - 1720	70	27 - 195	2	55	43
	$\bar{x}$	71	1144	120 - 4470	79	19 - 241	5	61	34
2	1–60	16	1773	440 - 4670	51	1 - 103	50	10	40
	61–120	65	1279	180 - 6800	68	4 - 216	27	34	39
	>120	89	709	70 - 2220	72	7 - 208	27	41	32
Ei määr.- *Undef.*		33	1183	220 - 3260	64	15 - 161	30	19	51
	$\bar{x}$	203	1052	70 - 6800	68	1 - 216	29	33	38
3	1–60	3	810	250 - 1140	19	2 - 37	72	0	28
	61–120	10	863	60 - 2420	54	7 - 150	60	12	28
	>120	11	323	130 - 850	45	4 - 93	65	18	17
Ei määr.- *Undef.*		17	876	60 - 2320	42	7 - 101	59	8	33
	$\bar{x}$	41	720	60 - 2420	44	2 - 150	62	10	27
4	1–60	0							
	61–120	7	1922	1030 - 2500	55	18 - 105	4	36	60
	>120	22	1542	200 - 4200	65	14 - 165	1	54	45
Ei määr.- *Undef.*		17	1397	840 - 2330	50	21 - 108	2	38	60
	$\bar{x}$	46	1546	200 - 4200	58	14 - 165	2	45	53
5	1–60	2	980	750 - 1210	15	12 - 18	17	26	57
	61–120	10	1127	280 - 2130	30	7 - 69	46	26	28
	>120	26	1092	160 - 3130	37	3 - 113	46	33	21
Ei määr.- *Undef.*		22	1214	80 - 2410	27	7 - 54	20	37	43
	$\bar{x}$	60	1139	80 - 3130	31	3 - 113	35	33	32

D. Metsä-Lappi – *Northern part of North Finland*

Kasvupaikka *Site type*	Ikä lk *Age class*	N	Runkoluku/ha *Stems/ha* $\bar{x}$	R	V, m^3/ha $\bar{x}$	R	Puulajisuhteet, % *Distribution of tree sp. %* Mänty *Pine*	Kuusi *Spruce*	Lehtip. *Decid.*
1	1–80	3	1350	990 - 1600	33	28 - 42	2	26	72
	>80	12	796	270 - 1580	51	24 - 98	1	48	51
Ei määr.- *Undef.*		22	1394	560 - 2780	51	25 -150	1	40	59
	$\bar{x}$	37	1196	270 - 2780	50	24 -150	1	42	57
2	1–80	3	886	170 - 1430	42	12 - 89	19	4	77
	>80	10	562	170 - 1130	51	6 -134	24	23	53
Ei määr.- *Undef.*		94	1193	310 - 5120	57	5 -163	29	7	64
	$\bar{x}$	107	1125	170 - 5120	56	5 -163	29	8	63
3	1–80	6	975	150 - 1990	31	21 - 44	28	4	68
	>80	18	655	70 - 1650	38	1 - 80	34	15	51
Ei määr - *Undef.*		118	720	60 - 2480	43	2 -177	52	2	46
	$\bar{x}$	142	723	60 - 2480	42	1 -177	49	3	48
4	1–80	0							
	>80	2	1245	1190 - 1300	36	30 - 43	0	53	47
Ei määr.- *Undef.*		9	1627	810 - 3340	54	28 -113	1	28	71
	$\bar{x}$	11	1558	810 - 3340	51	28 -113	1	32	67
5	1–80	2	2385	1680 - 3090	33	29 - 38	15	20	65
	<80	5	492	340 - 830	27	17 - 43	26	38	36
Ei määr.- *Undef.*		48	710	100 - 1880	19	1 - 63	27	15	58
	$\bar{x}$	55	751	100 - 3090	20	1 - 63	26	17	57

eteläsuomalaisessa korvessa. Maksimiarvot alenivat Metsä-Lapissa yhteen kolmasosaan Etelä-Suomen vastaavista arvoista niin kivennäis- kuin turvemailla (taulukko 2).

Kaikilla kasvupaikoilla ja alueilla puustot muodostivat eri kehitysvaiheissa sekametsiköitä puulajisuhteiden vaihdellessa laajasti. Männyn osuus runkoluvusta lisääntyi jyrkästi kasvupaikan viljavuuden vähetessä lehdoista karukkokankaisiin. Sen osuus vähentyi kasvupaikkaluokan sisäisesti etelästä pohjoiseen. Mäntyä oli suhteellisen runsaasti Etelä-Suomen lehdoissa ja muilla viljavilla kasvupaikoilla; 14–20% kokonaisrunkoluvusta. 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 (taulukko 2).

Kuusen osuus runkoluvusta väheni melko jyrkästi tuoreilta ja sitä viljavammilta mailta kuiville ja sitä karummille maille. Ero korpien ja rämeiden välillä ei ollut kuusen osalta niin jyrkkä kuin männyn osalta. Kuusen osuus lisääntyi Etelä-Suomesta Pohjois-Pohjanmaalle ja Peräpohjolaan, mistä se aleni Metsä-Lappiin. Korvissa kuusen osuus aleni tasaisesti Etelä-Suomen keskimäärin 60%:sta Metsä-Lapin noin 30%:iin. Kuusta esiintyi suhteellisesti eniten, 60%:n suuruusluokkaa, Pohjois-Pohjanmaan–Kainuun ja Peräpohjolan tuoreilla kankailla sekä Etelä-Suomen korvissa. Sitä oli vähiten Metsä-Lapin kuivilla ja sitä karummilla kankailla eli vain muutaman prosentin verran (taulukko 2).

Päinvastoin kuin kuusella lehtipuiden osuus runkoluvusta väheni tuoreilla kankailla ja rämeillä Etelä-Suomesta Pohjois-Pohjanmaalle, Kainuuseen ja Peräpohjolaan ja lisääntyi taas Metsä-Lappiin, mutta oli alimmillaankin keskimäärin liki kolmanneksen kokonaisrunkoluvusta. Muilla kasvupaikoilla eli kuivahkoilla ja sitä karummilla kankailla sekä korvissa lehtipuiden osuus lisääntyi tasaisesti etelästä pohjoiseen. Metsä-Lapin alue oli lehtipuuvaltaisinta. Siellä lehtipuiden osuus oli suurin kaikilla kasvupaikoilla runkoluvulla mitattuna. Tosin kuivilla ja sitä karummilla kankailla männyn osuus oli suunnilleen yhtä suuri. Metsä-Lapissa lehtipuiden osuus vaihteli kasvupaikan mukaan noin 50%:sta kahteen kolmasosaan kokonaisrunkoluvusta. Koko maan vertailussa lehtipuiden osuus oli suurimmillaan kaksi kolmasosaa Etelä-Suomen lehdoissa ja lehtomaisilla kankailla sekä Metsä-Lapin korvissa. Pienimmillään se oli Etelä-Suomen kuivilla kankailla, 14% (taulukko 2).

Runkoluvun mukaan verrattuna lehtipuut olivat pääpuulajina Etelä-Suomen ja Metsä-Lapin tuoreilla kankailla ja sitä viljavammilla kasvupaikoilla keskimäärin kehitysvaiheita erittelemättä. Pohjois-Pohjanmaan–Kainuun ja Peräpohjolan tuoreilla kankailla kuusi oli pääpuulaji noin 60%:n osuudella (taulukko 2). Kuivahkoilla kankailla mänty oli selvästi pääpuulaji Etelä-Suomessa; Pohjois-Pohjanmaalla ja Kainuussa se oli tasoissa kuusen kanssa noin yhden kolmasosan osuudella kuten myös Peräpohjolassa, jossa kuitenkin lehtipuiden osuus nousi suurimmaksi. Metsä-Lapissa männyn osuus pysyi samana kuin Peräpohjolassa, mutta lehtipuiden osuus nousi yli 60%:iin kuusen osuuden pienetessä jyrkästi. Kuivilla ja sitä karummilla kankailla mänty oli pääpuulajina koko Suomessa, vaikkakin sen osuus aleni etelän 80%:sta pohjoisimman alueen 50%:iin.

Kuusi oli korvissa pääpuulajina Etelä-Suomessa sekä Pohjois-Pohjanmaalla ja Kainuussa. Peräpohjolassa ja siitä pohjoiseen lehtipuut muodostivat keskimäärin suurimman osuuden. Vastaavasti rämeillä mänty oli selvästi pääpuulaji eteläpuoliskossa Suomea. Peräpohjolassa kuusen osuus nousi lähes yhtä suureksi. Metsä-Lapissa männyn osuus jäi puolet pienemmäksi kuin lehtipuiden osuus.

Puulajisuhteissa ilmeni selviä muutoksia metsikön kehitysvaiheen mukaan. Selvimmin se ilmeni lehtipuiden osuuden vähenemisenä ja varjostusta parhaiten sietävän kuusen osuuden lisääntymisenä lähes poikkeuksetta kaikilla kasvupaikoilla ja alueilla. Suhteellisesti suurinta kuusettuminen oli Etelä-Suomen tuoreilla kankailla sekä Pohjois-Pohjanmaan–Kainuun ja Peräpohjolan kuivahkoilla kankailla, missä kuusen osuus nelinkertaistui nuorista vanhoihin metsiköihin.

Tuoreet ja sitä viljavammat kankaat olivat nuorina lehtipuuvaltaisimpia. Keski-ikäisissä lehtipuiden osuus oli melko tasoissa kuusen kanssa ja vanhoissa metsiköissä kuusen osuus nousi 50 ja 70%:n välille. Poikkeuksena oli kuitenkin Pohjois-Pohjanmaan ja Kainuun tuoreet kankaat, jotka olivat kuusivaltaisia nuorista ikäluokista alkaen.

Nuorista metsiköistä mäntyvaltaisimpia olivat Etelä-Suomen kuivat kankaat, joilla männyn osuus oli yli 80 %. Etelä-Suomen kivennäismailla männyn osuus pysyi runkoluvusta laskettuna suunnilleen yhtä suurena eri kehitysvaiheissa kaikilla kasvupaikoilla, jopa lehdoissa ja lehtomaisilla kankailla. Muillakin alueilla muutokset sen osuudessa olivat suhteellisen vähäisiä. Eniten männyn osuus väheni Pohjois-Pohjanmaan - Kainuun tuoreilla kankailla sekä sen ja Peräpohjolan kuivahkoilla kankailla, mikä oli seurausta etenkin kuusen osuuden lisääntymisestä.

3.3 Lehtipuiden runkoluku, puulajisuhteet ja esiintyminen

Lehtipuiden keskimääräinen runkoluku aleni Etelä-Suomesta Peräpohjolaan yleensä samoin kuin puuston kokonaisrunkoluku (taulukko 3). Muutos oli jyrkintä tuoreilla sekä sitä viljavammilla kivennäismailla ja ero pieneni viljavuuden vähetessä. Kuivilla ja sitä karummilla kangasmailla lehtipuiden runkoluku jopa kasvoi pohjoiseen päin. Metsä-Lapissa lehtipuiden runkoluku oli kaikilla kasvupaikoilla suurempi kuin Peräpohjolassa ja myös suurempi kuin Pohjois-Pohjanmaan–Kainuun alueella paitsi tuoreilla kankailla, joilla se oli suunnilleen yhtä suuri kummallakin alueella.

Metsiköiden vanhetessa lehtipuiden runkoluku aleni kaikilla kasvupaikoilla. Jyrkintä muutos oli Etelä-Suomen viljavilla kasvupaikoilla: lehdoissa, lehtomaisilla kankailla ja tuoreilla kankailla sekä korvissa. Näillä kasvupaikoilla sekä Etelä-Suomen kuivahkoilla kankailla ja rämeillä lehtipuiden runkoluku putosi yleensä puoleen nuorista keski-ikäisiin metsiköihin ja niistä edelleen puoleen ikääntymisen edetessä vanhojen metsiköiden vaiheeseen.

Koivuisuus lisääntyi pohjoiseen päin kaikilla kasvupaikoilla kuitenkin niin, että kuivilla ja sitä karummilla kangasmailla sekä turvemailla koivua esiintyi vähemmän Pohjois-Pohjanmaan–Kainuun alueella kuin Etelä-Suomessa. Koivuisuus väheni kasvupaikan viljavuuden aletessa eri alueilla. Myös haavan ja lepän yleisyys pieneni selvästi pohjoiseen päin ja viljavuuden aletessa.

Etelä-Suomessa haapaa ja leppää esiintyi kaikilla kasvupaikoilla. Haapaa esiintyi kasvupaikan mukaan vaihdellen keskimäärin 1–13 prosentilla koealoja (taulukko 3). Leppää tavattiin selvästi eniten Etelä-Suomen lehdoissa ja lehtomaisilla kankailla noin kahdessa kolmasosassa koealojen 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 koealoista. Peräpohjolan alueella haapaa tavattiin vain kuivahkoilla ja tuoreilla kankailla muutamalla

Taulukko 3. Lehtipuuston runkoluku ja esiintyminen kasvupaikoittain ja ikäluokittain sekä alueittain. Lyhenteet: ks. taulukko 1 ja 2.

Table 3 .Stem number and occurrence of deciduous tree species by site type and age class in the regions. Legends: see Tables 1 and 2.

A. Etelä-Suomi – *South Finland*

Kasvupaikka *Site type*	Ikä lk.,v *Age class, years*	Runkoluku/ha - *Stems/ha* Lehtipuut, yht. *Decid.trees, tot.* x̄	R	Haapa *Aspen* x̄	Leppä *Alder* x̄	Esiintyminen,% koealoista *Occurrence, % plots* Koivu *Birch*	Haapa *Aspen*	Leppä *Alder*
1a	1-40	3193	180-6400	5	101	89	14	86
	41-80	1240	0-3130	1	10	90	14	43
	>80	820	560-1080			100		
	x̄	2307	0-6400	3	60	91	13	66
1b	1-40	2277	0-11140	4	51	81	11	63
	41-80	919	0-5040		4	82	12	16
	>80	367	0-1180			90	13	3
	x̄	1432	0-11140	1	23	83	11	34
2	1-40	1505	0-6680	3	31	74	14	47
	41-80	662	0-3400			85	8	8
	>80	266	0-960			73	4	
	x̄	965	0-6680	1	13	79	4	23
3	1-40	336	0-1980	1		70	4	4
	41-80	147	0-560			74	13	7
	>80	187	0-780			83		
	x̄	219	0-1980	0		76	13	8
4	1-40	3138	0-9780	4	10	80	13	13
	41-80	1466	0-6170		6	92	11	7
	>80	482	0-1520			91	13	2
	x̄	1226	0-9780	0	3	89	12	6
5	1-40	2008	0-5360		7	88		19
	41-80	1062	0-3960			89	3	
	>80	593	0-1870			84		
	x̄	1295	0-5360		2	87	1	6

B. Pohjois-Pohjanmaa – Kainuu – *Southern part of North Finland*

Kasvupaikka *Site type*	Ikä lk.,v *Age class, years*	Runkoluku/ha - *Stems/ha* Lehtipuut, yht. *Decid.trees, tot.* x̄	R	Haapa *Aspen* x̄	Leppä *Alder* x̄	Esiintyminen, % koealoista *Occurrence, % plots* Koivu *Birch*	Haapa *Aspen*	Leppä *Alder*
1	1-60	1066	220-1740			100		
	61-100	906	0-2920	2		94	18	2
	>100	487	0-1360			88	5	
	x̄	711	0-2920	0		91	11	1
2	1-60	816	0-4060			64	2	2
	61-100	563	0-2250			77	6	2
	>100	286	0-1700			86		
	x̄	546	0-4060			77	3	1
3	1-60	428	0-1300			55	10	
	61-100	365	0-1830			57	5	
	>100	34	0-200			50		
	x̄	330	0-1830			55	6	
4	1-60	1840	0-5920			91		
	61-100	1108	0-4060	2		95	18	4
	>100	501	0-2970			68	6	
	x̄	938	0-5920	0		82	9	1
5	1-60	683	0-2420			62		
	61-100	560	0-2840	2		60	4	4
	>100	181	0-1240			52		
	x̄	378	0-2840	0		56	1	1

C. Peräpohjola – *Central part of North Finland*

Kasvupaikka *Site type*	Ikä lk.,v *Age class, years*	Runkoluku/ha - *Stems/ha* Lehtipuut, yht. *Decid.trees, tot.* x̄	R	Haapa *Aspen* x̄	Leppä *Alder* x̄	Esiintyminen, % koealoista *Occurrence, % plots* Koivu *Birch*	Haapa *Aspen*	Leppä *Alder*
1	1-60	1980	1980-1980			100		
	61-120	910	90-1660			100	20	
	>120	347	0-1940			91	2	
Ei määr. - Undef.		392	80-860			100		
	x̄	422	0-1980			94	3	
2	1-60	697	0-1850			87		
	61-120	527	0-3400			78		
	>120	234	0-940			78	1	
Ei määr. - Undef.		678	0-2100			93	6	
	x̄	436	0-3400			82	1	
3	1-60	313	0-680			66		
	61-120	374	0-1560			80		
	>120	43	0-180			45		
Ei määr. - Undef.		370	0-1960			88		
	x̄	279	0-1960			73		
4	1-60							
	61-120	1105	400-2080			100		
	>120	773	0-3620		2	90		9
Ei määr. - Undef.		898	0-2080			94		
	x̄	870	0-3620			91		7
5	1-60	560	420-700			100		
	61-120	428	0-1200			60		
	>120	298	0-1240			76		
Ei määr. - Undef.		584	0-1580			90		
	x̄	433	0-1580			80		

D. Metsä-Lappi – *Northern part of North Finland*

Kasvupaikka *Site type*	Ikä lk.,v *Age class, years*	Runkoluku/ha - *Stems/ha* Lehtipuut, yht. *Decid.trees, tot.* x̄	R	Haapa *Aspen* x̄	Leppä *Alder* x̄	Esiintyminen, % koealoista *Occurrence, % plots* Koivu *Birch*	Haapa *Aspen*	Leppä *Alder*
1	1-80	970	670-1340			100		
	>80	399	90-860			100		
Ei määr. - Undef.		817	180-2600			100	1	
	x̄	694	90-2600			100	1	
2	1-80	713	100-1060			100		
	>80	307	20-640			100		
Ei määr. - Undef.		817	0-4860			98		
	x̄	766	0-4860			99		
3	1-80	805	0-1660			83		
	>80	384	0-1130			94		
Ei määr. - Undef.		377	0-2480			83		
	x̄	396	0-2480			85		
4	1-80							
	>80	580	460-700			100		
Ei määr. - Undef.		1264	120-3340			100		
	x̄	1140	120-3340			100		
5	1-80	1750	580-2920			100		
	>80	176	60-260			100		
Ei määr. - Undef.		438	0-1700			91		
	x̄	462	0-2920			93		

prosentilla koealoista. Leppää esiintyi vain korvissa. Metsä-Lapissa haapaa todettiin vain yhdellä prosentilla tuoreiden kankaiden koealoista eikä leppää esiintynyt ollenkaan.

Etelä-Suomen alueella koivun esiintymistiheys kasvoi metsiköiden vanhetessa. Pohjois-Suomessa tilanne oli päinvastainen joitakin poikkeuksia lukuunottamatta, mutta muutokset olivat melko vähäisiä (taulukko 3).

Haavan osalta ei ollut havaittavissa mitään selkeitä ikääntymiseen liittyviä muutossuuntia. Myös sen runkoluku jäi keskimäärin hyvin vähäiseksi lehdotkin huomioiden. Niissä metsiköissä, missä haapaa esiintyi, runkoluku saattoi olla suhteellisen suuri etenkin nuorissa metsiköissä.

Leppä on suhteellisen lyhytikäinen puu. Sen esiintymistiheys putosi jyrkästi Etelä-Suomen kivennäismailla puuston ikääntyessä. Vanhoiksi luokitelluissa metsissä leppää esiintyi vain Etelä-Suomen tuoreilla kankailla ja korvissa parilla prosentilla koealoista sekä Peräpohjolan korvissa.

3.4 Runkolukujakauma

Puuston runkolukujakaumat olivat kaikilla kasvupaikoilla ja alueilla vallitsevasti oikealle vinoja eli käännetyn J:n muotoisia, ts. pieniläpimittaisia puita oli selvästi enemmän kuin suuriläpimittaisia puita. Vinous väheni jonkin verran valtapuiden iän kasvaessa, kasvupaikan muuttuessa karummaksi ja pohjoisuuden lisääntyessä samalla kun myös kokonaisrunkoluku pieneni.

Nuorissa metsiköissä oli Etelä-Suomen alueella pienikokoisia puita ($D_{1,3} \leq 10$ cm) kangasmailla keskimäärin 2 700–3 600 kpl/ha ja turvemailla 3 700–4 700 kpl/ha (kuva 2). Pohjois-Pohjanmaan–Kainuun alueella runkoluvut olivat vastaavasti 1 400–2 800 kpl/ha ja 2 100–2 500 kpl/ha. Järeitä puita ($D_{1,3} \geq 20$ cm) oli molemmilla alueilla 10–50 kpl/ha. Peräpohjolaan ja Metsä-Lappiin pienikokoisten puiden määrä väheni suunnilleen samassa suhteessa kuin kokonaisrunkoluku.

Etelä-Suomen alueella pienikokoisten puiden määrä väheni eri kasvupaikoilla noin puoleen nuorten metsien ikäluokasta varttuneiden metsien ikäluokkaan ja siitä edelleen lähes puoleen vanhojen metsien ikäluokkaan. Viimeksi mainitussa luokassa pienikokoisia puita oli suunnilleen kolmasosa nuorimman ikäluokan runkoluvusta. Pohjois-Pohjanmaan–Kainuun alueella muutokset olivat pääosin samaa suuruusluokkaa kuin Etelä-Suomessa. Pohjoisempana pienikokoisten puiden väheneminen oli suhteellisesti vähäisempää etenkin kuivilla ja sitä karummilla kankailla sekä turvemailla.

Pienikokoisten puiden luokassa lehtipuiden määrä laski jyrkimmin puuston vanhetessa. Muutos oli suurin Etelä-Suomen viljavilla kasvupaikoilla, missä puuston tilavuus kohosi suurimmaksi. Myös pienikokoisten mäntyjen määrä väheni. Muutos oli vähäisintä kuivahkoilla ja sitä karummilla kasvupaikoilla, joilla mänty oli pääpuulajina. Pienikokoisia lehtipuita ja mäntyjä oli kuitenkin edelleen suhteellisen paljon vanhoissakin metsissä, mikä osoittaa niiden uudistuvan ainakin jossain määrin metsikön eri kehitysvaiheissa.

Pienikokoisten kuusten määrä lisääntyi kaikilla kasvupaikoilla ja alueilla melko jyrkästi nuorista varttuneisiin metsiköihin, mutta väheni yleensä sen jälkeen vanhoihin metsiköihin.

Se ilmentää myös kuusen uudistumispotentiaalin huononemista metsikkökehityksen siinä vaiheessa.

Metsiköiden vanhetessa ilmeni kaikkien puulajien osalta selvää siirtymää suurempiin läpimittaluokkiin. Tästä ja itseharvenemisesta huolimatta kokonaispuuston osalta runsaimpana läpimittaluokkana pysyi alle 5 cm:n luokka Etelä-Suomen alueella (kuva 2). Pohjoisempana oli melko yleistä, että läpimittaluokassa 5–10 cm puiden määrä kasvoi suhteessa pienimpään luokkaan ja oli monessa tapauksessa viimeksi mainittua suurempi etenkin Pohjois-Pohjanmaan–Kainuun alueella.

Järeiden puiden ($D_{1,3} \geq 20$ cm) määrä kasvoi Etelä-Suomen kangasmailla noin kolminkertaiseksi ja turvemailla kaksinkertaiseksi nuorista varttuneisiin metsiköihin ja siitä edelleen noin kaksinkertaiseksi vanhoihin metsiköihin. Jälkimmäisessä ikäluokassa järeitä puita oli noin kuusinkertainen määrä verrattuna nuoriin metsiköihin. Pohjoisempana ja erityisesti viljavuuden vähetessä erot supistuivat eivätkä olleet yhtä johdonmukaisia kuin Etelä-Suomen alueella.

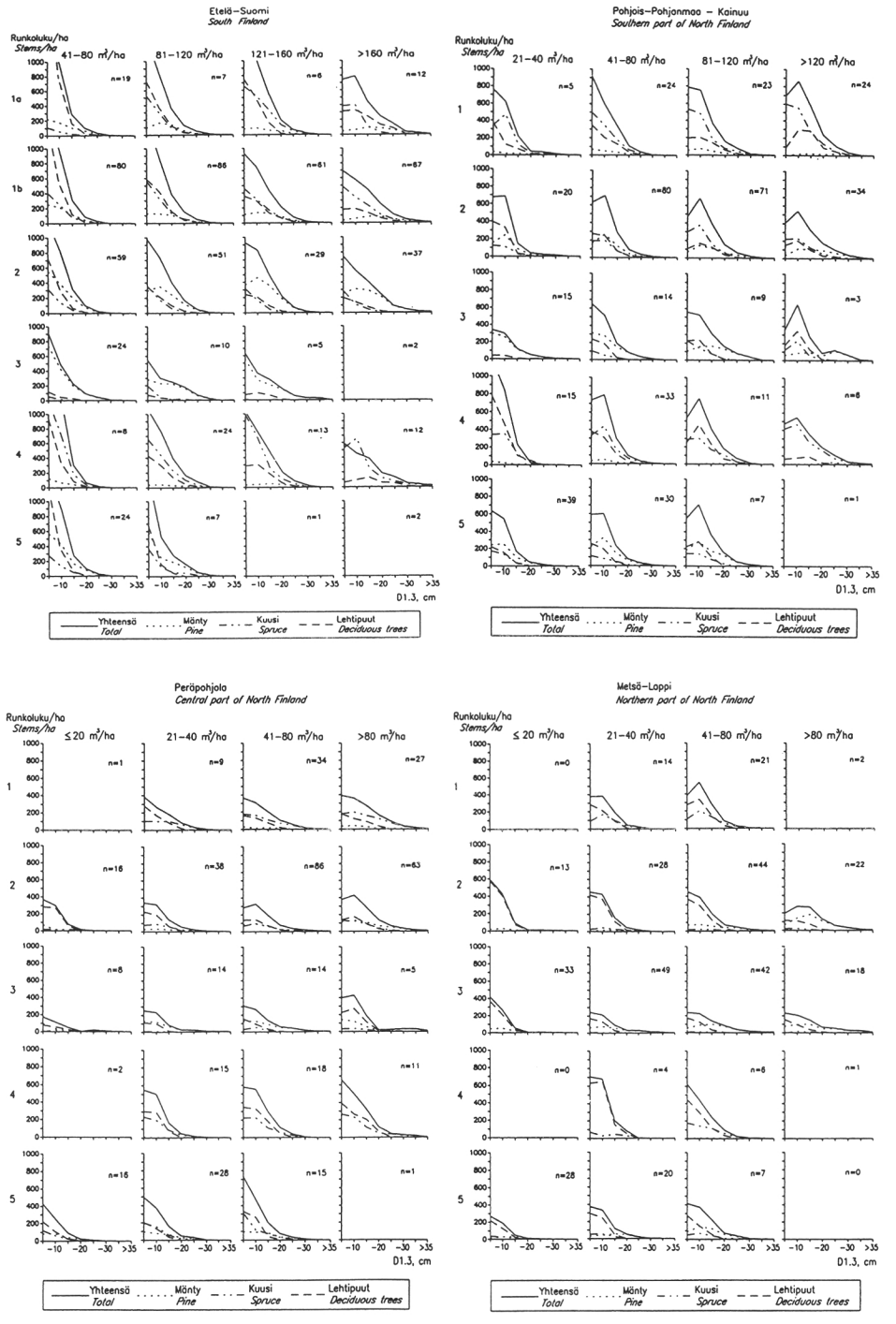
Tarkasteltaessa alueittain ja kasvupaikoittain puuston tilavuuden vaikutusta ikäluokan sisäiseen runkolukujakaumaan todettiin lukumääräisesti suurin muutos pienimmässä läpimittaluokassa. Etelä-Suomen kuivahkoilla ja sitä viljavammilla kivennäismailla oli pienimmän läpimittaluokan tiheys nuorissa metsiköissä 3 000–4 000 kpl/ha puuston tilavuuden ollessa alle 40 m^3/ha. Se väheni alle 2 000 kpl/ha tilavuuden noustessa yli 100 m^3/ha (kuva 3). Läpimittaluokassa 5–10 cm ei ollut havaittavissa muutoksia nuorissa metsiköissä. Läpimittaluokissa 10–20 cm ilmeni melko jyrkkää ja suoraviivaista runkoluvun nousua tilavuuden kasvaessa. Myös sitä järeämmissä luokissa suuntaus oli samanlainen.

Etelä-Suomen nuorista kuivien ja sitä karumpien kankaiden sekä turvemaiden metsiköistä oli vähän vertailuaineistoa. Sen perusteella tiheyden lisäystä näytti olevan kaikissa läpimittaluokissa puuston tilavuuden noustessa. Myös Pohjois-Pohjanmaan–Kainuun alueella suuntaus oli sama eri kasvupaikoilla (kuva 3). Kuitenkin kuivahkoilla kankailla tilavuuden ylittäessä 100 m^3/ha tiheyden kasvu suuntautui läpimittaluokkiin yli 10 cm ja sitä pienemmissä luokissa ilmeni lievää laskua.

Varttuneiden metsiköiden ikäluokassa Etelä-Suomen kuivahkoilla ja sitä viljavammilla kankailla ilmeni myös suoraviivaista puuston tiheyden alenemista pienimmässä läpimittaluokassa, kun tilavuus kasvoi. Muutos ei ollut yhtä jyrkkää kuin nuorissa metsiköissä. Läpimittaluokassa 5–10 cm ei ilmentynyt olennaisia eroja. Yli 10 cm:n luokissa tapahtui selvää nousua, jyrkimmin luokassa 15–20 cm. Kuivilla ja sitä karummilla kankailla sekä turvemailla ei ollut mainittavia eroja pienimmässä läpimittaluokassa. Sitä suuremmissa luokissa ilmeni tiheyden lisääntymistä kaikissa luokissa puuston tilavuuden suuretessa.

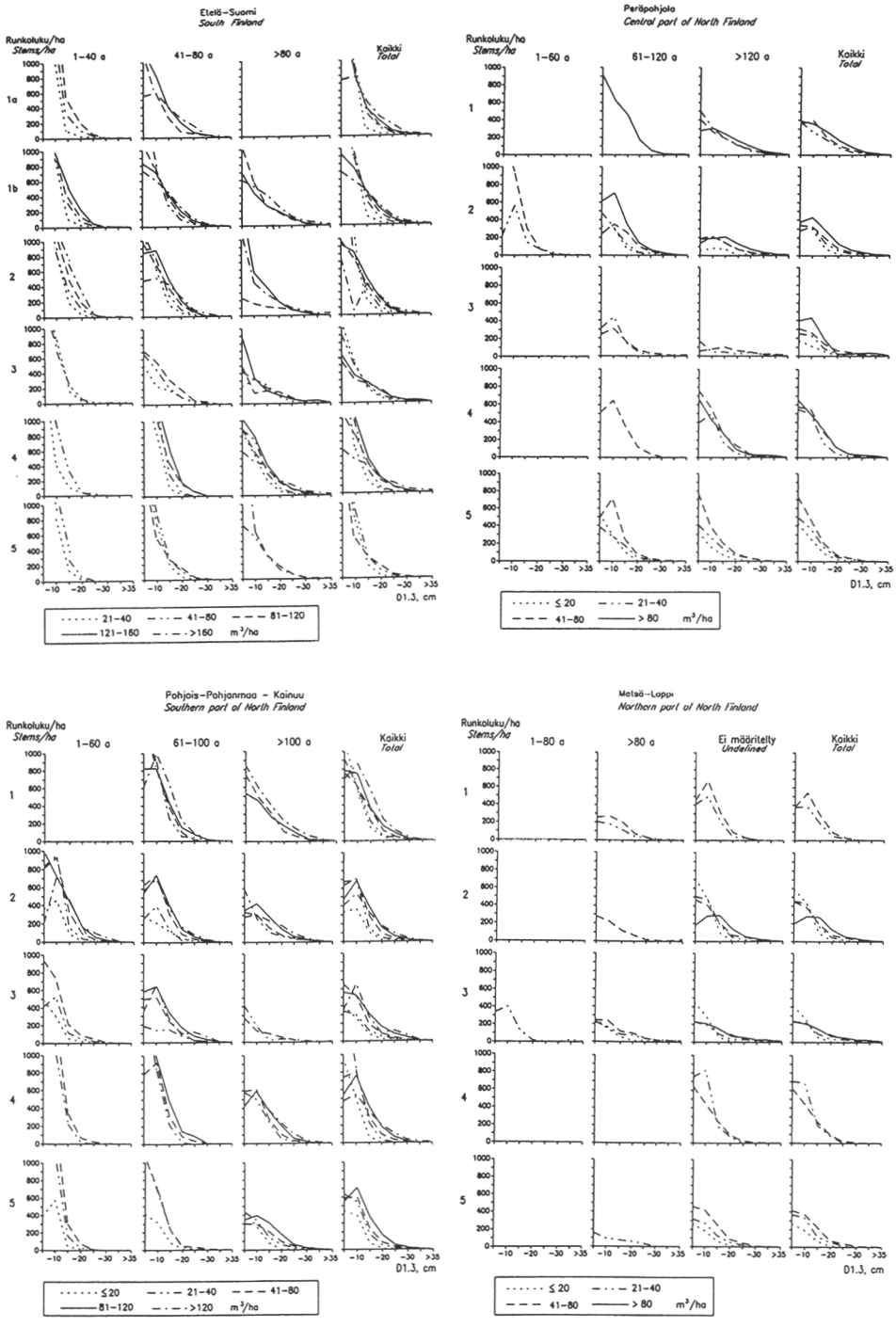
Pohjois-Pohjanmaan–Kainuun alueen varttuneissa metsiköissä ilmeni tiheyden alenemista pienimmässä läpimittaluokassa vain tuoreilla kankailla ja korvissa (kuva 2). Muissa läpimittaluokissa tiheys kasvoi puuston tilavuuden noustessa. Muilla kasvupaikoilla sama suuntaus ilmeni kaikissa läpimittaluokissa. Myös pohjoisempana yleispiirteenä oli puiden lukumäärän lisääntyminen läpimittaluokittain tilavuuden suuretessa eri kasvupaikoilla (kuva 3). Vain Peräpohjolan kuivilla ja sitä karummilla kankailla ilmeni vähenemistä alle 10 cm:n läpimittaluokissa.

Vanhojen metsien ikäluokassa läpimittaluokittaiset runkoluvun muutokset olivat suhteellisesti vähäisimpiä tilavuuden muuttuessa. Etelä-Suomen viljavilla, Pohjois-Pohjanmaan–Kainuun



Kuva 2. Keskimääräinen runkolukujakauma puulajeittain ja yhteensä kasvupaikka- ja ikä-luokittain sekä alueittain. Kasvupaikkaluokat: ks. taulukko 1.

Fig. 2. Average diameter class distribution of tree species and in total by site type and age class in the regions. Site type classes: see Table 1.



Kuva 3. Tilavuusluokittainen kokonaisrunkolukujakauma kasvupaikka- ja ikäluokittain sekä alueittain. Kasvupaikkaluokat: ks. taulukko 1. Koealojen lukumäärä (n): ks. kuva 2.

Fig. 3. Total diameter class distribution in volume classes by site type and age class in the regions. Site type classes: see Table 1. Number of sample plots (n): see Fig. 2.

kuivahkoilla sekä Peräpohjolan tuoreilla ja kuivilla kankailla puuston tiheys laski pienimmässä läpimittaluokassa tilavuuden noustessa. Muissa tapauksissa tiheys hieman nousi tai pysyi lähes muuttumattomana. Läpimittaluokassa 5–10 cm ei todettu olennaisia muutoksia. Yli 10 cm:n luokissa yleisenä suuntauksena oli runkoluvun lisääntyminen tilavuuden kasvaessa (kuva 3).

Pääpiirteissään runkolukujakauman muoto pysyi ikäluokan sisäisesti suunnilleen samanlaisena, vaikka puuston tilavuus ja runkoluku muuttuivat. Eniten muutosta ilmeni Etelä-Suomen nuorissa kuivahkon ja sitä viljavampien kankaiden metsiköissä, joissa tiheyden lisääntyminen painottui keskikokoiseen puustoon. Joissakin tapauksissa tilavuuden nousu muutti jakaumaa entistä vinommaksi.

Puulajeittaisia runkolukujakaumia tarkasteltiin myös puuston tilavuusluokittain (kuva 4). Etelä-Suomen lehdoissa ja lehtomaisilla kankailla olennaisin muutos ilmeni kuusen lisääntymisenä kaikissa läpimittaluokissa tilavuuden suuretessa. Lehtipuiden määrä väheni etenkin pienikokoisen puuston osalta ja kasvoi hieman järeän puuston osalta. Tuoreilla kankailla suurin ero näkyi pienikokoisten lehtipuiden vähenemisenä ja keski- ja isokokoisten lisääntymisenä. Kuivahkoilla ja sitä karummilla kivennäismailla olennaisinta oli yli 15 cm:n mäntyjen runsastuminen tilavuuden kasvaessa. Korvissa muutos kohdistui pienikokoisten kuusten ja lehtipuiden vähenemiseen ja isokokoisempien runsastumiseen. Rämeillä vastaavaa ilmeni männyn ja lehtipuiden osalta.

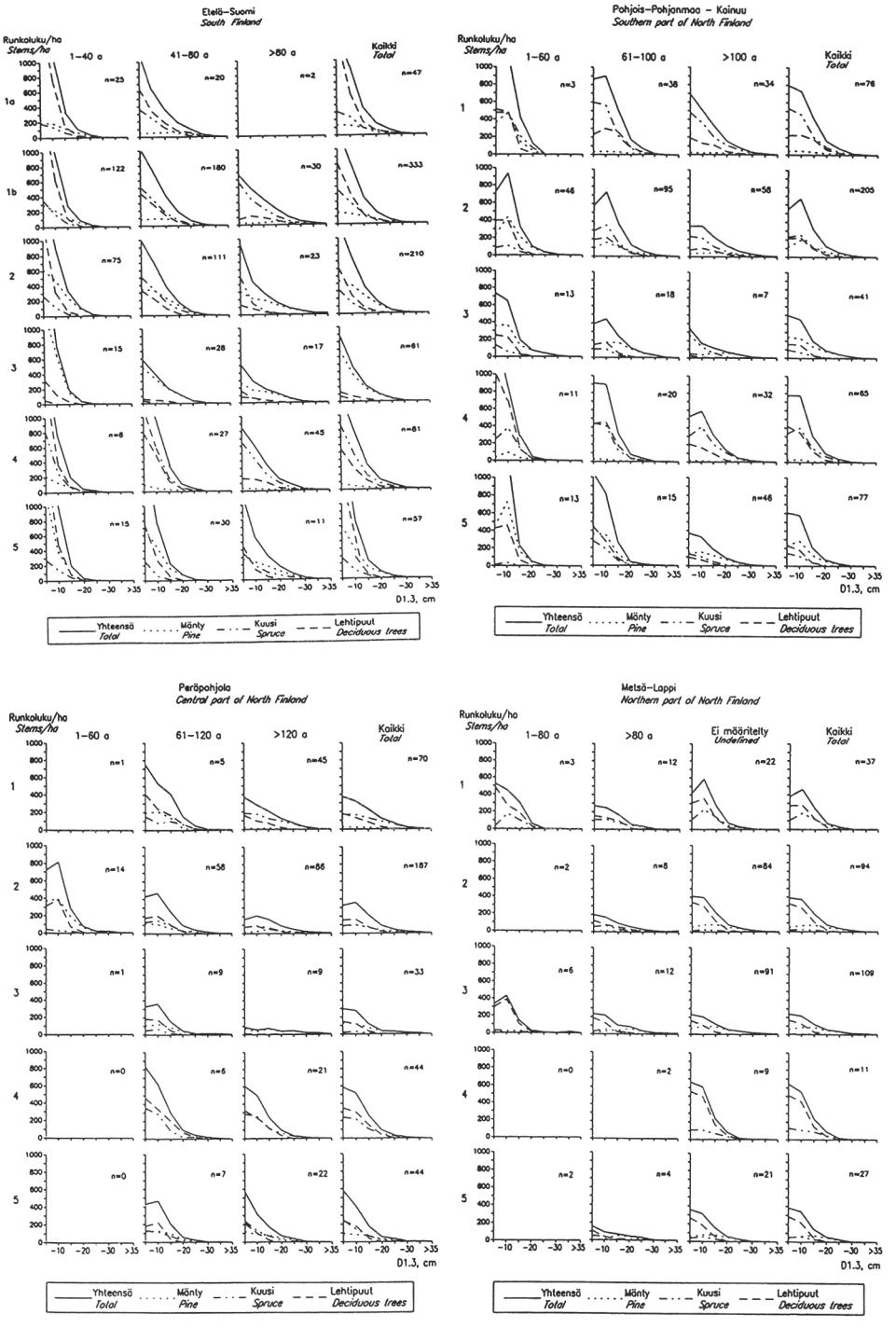
Pohjois-Pohjanmaan–Kainuun alueen tuoreilla kankailla olennaisin muutos ilmeni kuusen lisääntymisenä kaikissa läpimittaluokissa. Kuivahkoilla ja sitä karummilla kankailla sekä rämeillä isokokoisen puuston runkoluku nousi runkotilavuuden suuretessa. Korvissa olennaisin muutos koski lehtipuita niiden tiheyden vähetessä pienissä ja suuretessa isoissa läpimittaluokissa.

Peräpohjolan tuoreilla kankailla puuston tilavuuden kasvuun vaikutti merkittävimmin isokokoisen kuusen osuuden nousu. Kuivahkoilla kankailla lehtipuiden tiheys väheni pienissä ja männyn lisääntyi isoissa läpimittaluokissa. Kuivilla ja sitä karummilla kankailla runkolukujakauman vinous voimistui sekä männyn että lehtipuiden tiheyden noustessa etenkin pienissä läpimittaluokissa. Korvissa lehtipuiden ja kuusen runkoluku kasvoi kaikissa, mutta etenkin isoissa läpimittaluokissa. Rämeillä jakauman vinous jyrkkeni varsinkin lehtipuiden osalta puuston tilavuuden suuretessa.

Puuston tilavuuden kasvaessa yleisin muutoksen suunta runkolukujakaumassa oli suurten puiden runsastuminen ja pienten puiden väheneminen, mikä loivensi jossain määrin jakauman vinoutta. Muutos kytkeytyi läheisesti puuston ikääntymiseen tarkasteltaessa pelkästään puuston tilavuuden kasvua ikäluokkia erittelemättä.

3.5 Metsikkörakenne

Etelä-Suomen alueella kaikkien kasvupaikkaryhmien koealoilla vallitseva puuston rakenne oli säännöllisen erirakenteinen (B2). Runkolukujakauma muistutti siten käännetyn J:n muotoa (taulukko 4a). Karuimmilla kangasmaiden kasvupaikoilla luokan B2 osuus oli pienempi. Silti se oli noin puolet. Muilla kasvupaikoilla sen keskimääräinen osuus vaihteli rämeiden kahdesta kolmanneksesta viljavimpien kasvupaikkojen lähes 80 prosenttiin.



Kuva 4. Keskimääräinen runkolukujakauma puulajeittain ja yhteensä kasvupaikka- ja tilavuusluokittain sekä alueittain. Kasvupaikkaluokat: ks. taulukko 1.

Fig. 4. Average diameter class distribution of tree species and in total by site type and volume class in the regions. Site type classes: see Table 1.

Toiseksi eniten koealoista kuului normaalijakaumaa muistuttaviin erirakenteisiin (rakenneryhmä B3). Niiden osuus oli suurimmillaan noin kolmannes kuivilla ja sitä karummilla kankailla. Muilla kasvupaikoilla tämän rakenneryhmän osuus vaihteli kymmenen prosentin tienoilla. Pienipuustoisilla koealoilla erirakenteista muistuttava rakenne (b) oli myös yleisin.

Normaalijakaumaa muistuttavien erirakenteisten koealojen osuus suureni varttuneissa metsissä valtapuuston ikäluokan suuretessa. Karuimmilla kangasmailla se nousi yli 80 vuoden ikäluokassa yli 60 prosenttiin. Muissa ikäluokissa kaikilla kasvupaikoilla se jäi alle kolmannekseen.

Runkolukujakauman moodiluokka oli yleisimmin pienimmässä läpimittaluokassa, koska säännöllisen erirakenteinen rakenne oli vallitseva. Valtapuuston ikäluokan suuretessa moodiluokka oli yhä useammin suuremmissa läpimittaluokissa. Nuorinta ikäluokkaa lukuunottamatta puita esiintyi koealoilla yleisimmin vähintään viiden läpimittaluokan eli 25 cm:n laajuudella. Ikäluokan suuretessa puita esiintyi vielä useammassa läpimittaluokassa. Keskimäärin joka kymmenennellä koealalla puita oli kaikissa kahdeksassa läpimittaluokassa.

Varttuneissa puustoissa oli tasarakenteisiksi luokiteltuja koealoja vain kahdeksan prosenttia rämeiden vanhimmassa ikäluokassa. Pienipuustoisilla koealoilla tasarakenteisia muistuttavia (a) oli myös vain muutama prosentti karuimmilla kangasmaiden kasvupaikoilla.

Pohjois-Pohjanmaan–Kainuun alueella tulokset olivat hyvin samankaltaisia (taulukko 4a) kuin Etelä-Suomessa. Säännöllisen erirakenteisten (B2) koealojen osuus oli selvästi suurin. Se oli keskimäärin puolesta kolmeen neljännekseen. Niiden osuus oli kuitenkin tällä alueella hieman pienempi kuin Etelä-Suomessa. Vastaavasti normaalijakaumaa muistuttavien erirakenteisten (B3) osuus oli jonkin verran suurempi. Myös runkolukujakauman moodiluokka oli tällä alueella useammin toisessa läpimittaluokassa kuin Etelä-Suomessa. Puiden esiintymisessä läpimittaluokkien laajuudella ei näiden alueiden välillä ollut juurikaan eroja. Pienipuustoisia koealoja oli eteläisemmällä alueella enemmän (taulukko 4a).

Varttuneen puuston koealoilla ei ollut Pohjois-Pohjanmaan–Kainuun alueella lainkaan tasarakenteisiksi luokiteltuja puustoja. Kuivahkoilla kankailla ja turvemailla oli joitakin tasarakenteista muistuttavia (a) koealoja pienipuustoisten ryhmässä.

Peräpohjolan alueella tulokset poikkesivat eteläisemmistä alueista (taulukko 4b). Pääosa kangasmaiden kasvupaikkojen koealoista ei kuulunutkaan säännöllisen erirakenteisten (B2) ryhmään. Tuoreilla ja niitä viljavammilla sekä kuivahkoilla kankailla yli puolet koealoista kuului normaalijakaumaa muistuttavien erirakenteisten (B3) ryhmään. Karummilla kangasmailla suurin ryhmä oli muista kasvupaikoista poiketen jaksollisesti erirakenteisten (B1) luokka. Niiden osuus oli suurin nimenomaan vanhimmassa ikäluokassa.

Kangasmaista poiketen turvemailla säännöllisen erirakenteisten koealojen osuus oli suurin. Niiden osuus oli jopa suurempi kuin eteläisemmillä alueilla. Peräpohjolan alueen kangasmailla moodiluokka oli eteläisempiin alueisiin verrattuna useammin toisessa tai kolmannessa läpimittaluokassa. Noin joka kolmannella koealalla moodiluokka oli ensimmäisessä ja samoin joka kolmannella toisessa läpimittaluokassa. Puita oli kangasmaiden kasvupaikoilla useimmilla koealoilla joko seitsemän tai kahdeksan läpimittaluokan laajuudella. Runkolukujakauma oli siten Peräpohjolassa useammin jonkin verran laajempi kuin sitä eteläisemmillä alueilla.

Taulukko 4a. Puuston rakenneluokkajakauma (%) sekä runkolukusarjojen moodiluokan sijaintijakauma ja laajuusjakauma kasvupaikoittain ja ikäluokittain Etelä-Suomen ja Pohjois-Pohjanmaan – Kainuun alueella. Rakenneluokat: Pieni puusto ($D_{1.3}$ 1–15 cm): a= tasarakenteista muistuttava, b= erirakenteista muistuttava, c= muu; Varttunut puusto ($D_{1.3}$ <>15 cm): A1= tasarakenteinen, normaalijakaumaa muistuttava, A2= muu tasarakenteinen, B1= erirakenteinen jaksollinen, B2= säännöllisen erirakenteinen, B3= erirakenteinen, noraalijakaumaa muistuttava. Kasvupaikkaluokat: ks. taulukko 1.

Table 4a. Distribution of stand structure classes (%), relative frequency distribution of mode class and sample plot range in 5 cm diameter classes by site type and age class in the regions of South Finland and southern part of North Finland. Structure classes: Samll-sized ($D_{1.3}$ < 15 cm): a= Resembling even-sized, b= Resembling all-sized, c= Others; Advanced ($D_{1.3}$ <> 15 cm): A1= Even-sized, resembling normal distribution, A2= Even-sized others, B1= All-sized, storeyed, B2= Regularly all-sized, B3= All-sized, resembling normal distribution. Site type classes: see Table 1.

A. Etelä-Suomi – *South Finland*

Kasvupaikka *Site type*	Ikäluokka *Age class*	*N*	Rakenneluokka *Class of stand structure* a	b	c	A1	A2	B1	B2	B3	Moodiluokkien jakauma, % *Frequency of mode class, %* $D_{1.3}$-lk -$D_{1.3}$-*class, cm* -5	-10	-15	-20	-25	25-	Laajuusjakauma, % *Frequency of range, %* $D_{1.3}$-luokkia, kpl -*No. of* $D_{1.3}$-*classes* -3	4	5	6	7	8
1a	1-40	29		7	7			10	73	3	86	14					14	3	45	21	14	3
	41-80	20							90	10	65	20	10		5				5	35	50	10
	>80	2							100			100										100
	Yht. -*Tot.*	53		3	6			6	79	6	76	19	3		2		10	4	26	25	26	9
1b	1-40	151		17	4		0	3	74	2	93	5	2	0			24	26	31	9	7	3
	41-80	180							81	19	60	27	11	2				7	27	32	21	13
	>80	31			3				65	32	49	26	6	10	3	6	3			29	36	32
	Yht. -*Tot.*	364		7	2		0	1	77	13	73	18	6	2	0	1	10	15	26	22	16	11
2	1-40	95	1	16	7			3	69	4	89	7	4				23	28	27	9	10	3
	41-80	112							87	13	58	29	8	4	1			16	31	26	19	8
	>80	23						4	70	26	53	26	13	4	4			4	4	44	22	26
	Yht. -*Tot.*	231	0	6	3			2	78	11	71	19	7	2	1		10	19	26	21	16	8
3	1-40	27	4	19	7			19	44	7	93	7					28	19	19	15	15	4
	41-80	31	6						62	32	59	19	13	6		3	6	13	29	30	19	3
	>80	18							39	61	38	17	17	22		6		6	39	22	22	11
	Yht. -*Tot.*	77	4	6	3			6	49	32	65	14	10	8		3	13	13	28	23	18	5
1-3	Yht. -*Tot.*	725	0	6	3		0	2	75	14	72	18	7	2	0	1	11	15	26	22	17	9
4	1-40	15		26	20			7	47		100						46	13	27	7	7	
	41-80	27		7					86	7	89	7	4				7	7	45	19	15	7
	>80	46		2					83	15	66	28	4		2		2	7	26	24	24	17
	Yht. -*Tot.*	89		8	3			1	78	10	79	17	3		1		11	8	32	20	18	11
5	1-40	27		40	15			4	37	4	100						55	19	18	4	4	
	41-80	38		16					84		95	5					16	39	29	13		3
	>80	13		8			8		61	23	69	8	15	8			15	8	15	24	23	15
	Yht. -*Tot.*	79		23	5		1	1	64	6	91	4	4	1			29	26	23	13	5	4
4-5	Yht. - *Tot.*	168		15	4		1	1	71	8	85	11	3	0	1		19	16	28	17	12	8
1-5	Yht. - *Tot.*	893	0	8	3		0	2	74	13	74	17	6	2	0	1	12	15	27	21	16	9

B. Pohjois-Pohjanmaa – Kainuu – *Southern part of North Finland*

Kasvupaikka *Site type*	Ikäluokka *Age class*	*N*	Rakenneluokka *Class of stand structure* a	b	c	A1	A2	B1	B2	B3	Moodiluokkien jakauma, % *Frequency of mode class, %* $D_{1.3}$-lk -$D_{1.3}$-*class, cm* -5	-10	-15	-20	-25	25-	Laajuusjakauma, % *Frequency of range, %* $D_{1.3}$-luokkia, kpl -*No. of* $D_{1.3}$-*classes* -3	4	5	6	7	8
1	1-60	3							67	33	67	33					100					
	61-100	38						3	76	21	42	53	5					11	24	25	24	16
	>100	35							77	23	77	20	3					6	9	29	36	20
	Yht. -*Tot.*	77						1	76	23	60	36	4					12	16	27	28	17
2	1-60	51	8					8	74	10	31	65	4				8	22	30	20	18	2
	61-100	98						3	68	29	32	59	9					8	14	28	39	11
	>100	58	2					5	48	45	34	45	7	9	5		2	3	5	26	28	36
	Yht. -*Tot.*	213	2					5	64	29	33	55	8	3	1		2	11	16	26	30	15
3	1-60	20						15	80	5	55	45						15	25	40	10	10
	61-100	19						5	63	32	38	26	26	5	5			11	16	16	46	11
	>100	8						25	13	62	63	13	12	12				12	12	38	25	13
	Yht. -*Tot.*	50						12	62	26	50	30	12	6	2			12	18	32	28	10
1-3	Yht. - *Tot.*	340	1					5	67	27	41	47	8	3	1		1	12	16	27	29	15
4	1-60	12		25				8	59	8	42	58					25	42	17	8	8	
	61-100	22	9	9				5	59	18	50	45	5				18	18	23	9	14	18
	>100	32						3	66	31	28	66	3	3				9	13	37	19	22
	Yht. -*Tot.*	68	3	7				4	64	22	40	56	3	1			10	18	16	24	16	16
5	1-60	24	25	4	4				67		25	75					33	42	21	4		
	61-100	23	4	13				9	70	4	61	39					17	35	13	13	13	9
	>100	61	3	3				26	42	26	53	33	11	3			7	7	27	23	26	10
	Yht. -*Tot.*	112	8	6	1			16	53	16	49	43	6	2			15	20	24	16	17	8
4-5	Yht. - *Tot.*	180	6	6	1			12	57	18	46	48	5	1			13	19	21	19	17	11
1-5	Yht. - *Tot.*	520	3	2	0			7	64	24	43	47	7	2	1		5	14	18	24	25	14

Taulukko 4b. Puuston rakenneluokkajakauma (%) sekä runkolukusarjojen moodiluokan sijaintijakauma ja laajuusjakauma kasvupaikoittain ja ikäluokittain Peräpohjolan ja Lapin alueella. Rakenneluokat: ks. taulukko 4a, kasvupaikkaluokat: ks. taulukko 1.

Table 4b. Distribution of stand structure classes (%), relative frequency distribution of mode class and sample plot range in 5 cm diameter classes by site type and age class in the regions of Central and Northern part of North Finland. Structure classes: see Table 4a. Site type classes: see Table 1

C. Peräpohjola – *Central part of North Finland.*

Kasvupaikka	Ikäluokka		Rakenneluokka								Moodiluokkien jakauma, %						Laajuusjakauma, %					
Site	*Age*		*Class of stand structure*								*Frequency of mode class, %*						*Frequency of range, %*					
											$D_{1.3}$-lk – $D_{1.3}$-*class, cm*						$D_{1.3}$-luokkia, kpl – *No. of* $D_{1.3}$-*classes*					
type	*class*	*N*	a	b	c	A1	A2	B1	B2	B3	-5	-10	-15	-20	-25	25-	-3	4	5	6	7	8
1	1-60	1							100		100								100			
	61-120	5							60	40	20	40	40							20	40	40
	>120	46						2	44	54	43	26	20	9	2				9	28	33	30
	Ei määr. – *Undef.*	19						16	26	58	32	37	26	5					21	32	26	21
	Yht. – *Tot.*	71						6	41	53	39	30	23	7	1				13	28	31	28
2	1-60	16			6			6	50	38	38	50	12				6	19	12	32	12	19
	61-120	65	2	2				14	40	42	35	45	20				3	9	15	18	26	29
	>120	89						9	20	71	27	35	28	6	4			2	7	16	28	47
	Ei määr. – *Undef.*	33	6	3				12	39	40	40	33	21	3	3		9	15	9	18	31	18
	Yht. – *Tot.*	203	1	1	0			11	32	54	33	39	23	3	2		2	8	10	18	27	35
3	1-60	3						67	33		37	33						33			33	34
	61-120	10	10					30	40	20	20	40	30	10			10	20			20	50
	>120	11						55		45	18	27	27		18	10		9	9	9	27	46
	Ei määr. – *Undef.*	17						29	29	42	41	41	12		6			6	6	47	29	12
	Yht. – *Tot.*	41	2					40	24	34	32	37	20	2	7	2	2	12	5	22	27	32
1-3	Yht. - *Tot.*	315	1	1	0			14	33	51	34	37	23	4	2	0	1	7	10	21	28	33
4	1-60	0																				
	61-120	7							100		57	43							14	43	43	
	>120	22						5	72	23	32	50	18					5	9	23	40	23
	Ei määr. – *Undef.*	17							88	12	59	41						6	47	29	18	
	Yht. – *Tot.*	46						2	83	15	46	45	9					4	24	28	33	11
5	1-60	2							100		100									100		
	61-120	10	10	10					60	20	40	60					20	10	10	30	30	
	>120	26			4			4	69	23	69	15	12	4			4	4	34	31	15	12
	Ei määr. – *Undef.*	22		5				14	81		73	27					5	14	32	35	14	
	Yht. – *Tot.*	60	2	3	2			7	73	13	66	27	5	2			7	8	28	35	17	5
4-5	Yht. - *Tot.*	106	1	2	1			5	77	14	57	35	7	1			4	6	26	32	24	8
1-5	Yht. - *Tot.*	421	1	1	0			12	44	42	40	36	19	3	2	0	2	7	14	23	27	27

D. Metsä-Lappi – *Northern part of North Finland*

Kasvupaikka	Ikäluokka		Rakenneluokka								Moodiluokkien jakauma, %						Laajuusjakauma, %					
Site	*Age*		*Class of stand structure*								*Frequency of mode class, %*						*Frequency of range, %*					
											$D_{1.3}$-lk – $D_{1.3}$-*class, cm*						$D_{1.3}$-luokkia, kpl – *No. of* $D_{1.3}$-*classes*					
type	*class*	*N*	a	b	c	A1	A2	B1	B2	B3	-5	-10	-15	-20	-25	25-	-3	4	5	6	7	8
1	1-80	3							100		67	33						33		33		34
	>80	12						17	50	33	58	34	8						8	8	42	42
	Ei määr. – *Undef.*	22						5	73	22	36	50	14					22	33	22	5	18
	Yht. – *Tot.*	37						8	68	24	46	43	11					16	22	19	16	27
2	1-80	3						33	67		33	67						33			33	33
	>80	10						40	10	50	60	20	10	10							20	80
	Ei määr. – *Undef.*	94	1	1	1			17	40	40	50	32	16	1	1		3	6	13	18	32	28
	Yht. – *Tot.*	107	1	1	1			20	37	40	50	32	15	2	1		3	7	11	16	31	32
3	1-80	6						50	50		33	67							32	17	33	17
	>80	18						56	22	22	50	22	6	11	11				17	11	17	56
	Ei määr. – *Undef.*	118	1	3	6			32	22	36	56	21	15	2	3	3	10	6	12	22	31	19
	Yht. – *Tot.*	142	1	3	5			36	23	32	55	23	13	3	4	2	9	5	13	20	29	24
1-3	Yht. - *Tot.*	286	1	2	3			26	34	34	52	29	14	2	2	1	12	11	19	20	21	17
4	1-80	-																				
	>80	2							100		100									100		
	Ei määr. – *Undef.*	9	11						56	33	33	22	34	11			11	33	11		45	
	Yht. – *Tot.*	11	9						64	27	46	18	27	9			9	27	9	18	37	
5	1-80	2						50	50		100							50	50			
	>80	5						20	20	60	100								40	40		20
	Ei määr. – *Undef.*	48		8	17			33	27	15	67	25	6	2			25	13	21	24	17	
	Yht. – *Tot.*	55		7	15			33	27	18	71	22	5	2			22	13	24	24	15	2
4-5	Yht. - *Tot*	66	1	6	12			28	33	20	67	21	9	3			20	15	21	23	19	2
1-5	Yht. - *Tot.*	352	1	3	5			26	34	31	55	27	13	2	2	1	13	12	19	21	21	14

Peräpohjolan aineistossa ei ollut myöskään yhtään tasarakenteiseksi luokiteltua varttuneen puuston koealaa. Kuivahkoilla ja niitä karummilla kangasmailla sekä rämeillä oli pienipuustoisten koealojen ryhmässä jonkin verran tasarakenteista muistuttaviksi luokiteltuja koealoja.

Metsä-Lapissa kuivahkoilla ja sitä karummilla kangasmailla koealojen puustorakenne (taulukko 4b) oli hyvin samankaltainen kuin Peräpohjolassa. Eniten koealoista kuului joko normaalijakaumaa muistuttavien (B3) tai jaksollisten (B1) erirakenteisten ryhmään. Sen sijaan viljavimmilla kangasmailla säännöllisen erirakenteisten (B2) koealojen osuus oli selvästi suurin. Korpikoealoilla, joiden lukumäärä oli tosin pieni, puuston rakennejakauma oli samanlainen kuin viljavimmilla kangasmailla. Rämeillä tulokset muistuttivat karuimpien kangasmaiden koealojen puuston rakennetta. Muista alueista poiketen Metsä-Lapin rämeillä oli runsaasti pienipuustoisia koealoja.

Peräpohjolan aineistosta poiketen Metsä-Lapin koealoista suurimmalla osalla moodiluokka oli pienimmässä läpimittaluokassa. Puiden esiintyminen läpimittaluokkien laajuudella oli samankaltaista kuin Peräpohjolankin alueella. Myöskään Metsä-Lapissa ei ollut yhtään varttuneen puuston koealaa, jonka puusto olisi luokiteltu tasarakenteiseksi. Viljavimpia kangasmaiden kasvupaikkoja ja rämeitä lukuunottamatta muilla kasvupaikoilla oli muutamia pienipuustoisia koealoja, joiden puusto luokiteltiin tasarakenteista muistuttavaksi (a).

Taulukossa 5 esitetään yhteenvetona koko aineistossa yleisimmin esiintyneiden puustorakenteiden eli säännöllisen (B2) ja normaalijakaumaa muistuttavan (B3) erirakenteisten koealojen osuus ikäluokissa, jotka oli jaettu puuston tilavuuden mukaisiin ryhmiin. Säännöllisen erirakenteisten koealojen osuus oli suurimmillaan kangasmaiden kasvupaikoilla keskikokoisten puustojen (41–160 m^3/ha) tilavuusryhmissä. Monissa tapauksissa se oli viljavimmilla kasvupaikoilla jopa 100%. Karummilla kangasmailla niiden osuus oli suurimmillaan 21–40 m^3/ha tilavuusryhmässä. Kangasmaiden keskikokoisia tilavuusryhmiä vastaavissa korpien suurimmissa tilavuusryhmissä säännöllisen erirakenteisten osuus oli myös suurimmillaan. Normaalijakaumaa muistuttavien erirakenteisten koealojen osuus oli suurimmillaan lähes säännönmukaisesti suurimpien tilavuuksien ryhmissä ja usein suurimmassa.

4 Tulosten tarkastelu

Valtakunnan metsien ensimmäinen inventointi (VMI I) vuosina 1921–1924 edustaa laajinta, systemaattista luonnontilaisten metsien mittausaineistoa Euroopassa. Tuohon aikaan kaksi kolmasosaa Suomen metsistä oli vielä luonnontilaisia eli hakkuilta joko kokonaan tai ainakin suurimmaksi osaksi säästyneitä (Heikinheimo 1924). On kuitenkin huomattava, että osaa metsistä oli aiemmin käsitelty kaskeamiseen, tervanpolttoon tai laiduntamiseen liittyen. Inventointihetkellä toimenpiteiden ei katsottu vaikuttaneen sanottavasti niiden tilaan. Systemaattisuutensa ansiosta aineisto on myös edustava otos, joka mahdollistaa luotettavan puuston mittaustietojen vertailun maamme eri osien välillä. Todennäköisesti niitä voidaan yleistää laajemminkin käsittämään etelä-, keski- ja pohjoisboreaalisen kasvillisuusvyöhykkeen metsiä Pohjois-Euroopassa. Nykyisten luonnontilaisten metsien puustotietoja on saatavissa vain valikoiden joistakin luonnon- ja kansallispuistojen osista. VMI I:n mittausaineistojen vertailukelpoisuutta nykyaikaan heikentää se,että inventointi ajoittui pitkän keskimääräistä kylmemmän ilmastojakson lopulle (Sirén 1961). Tulokset ilmeisesti aliarvioivat puuston tuotos- ja uudistumiskykyä nimenomaan pohjoisilla alueilla.

Taulukko 5. Puuston rakenneluokkaa B2 (säännöllisen erirakenteinen) ja B3 (erirakenteinen, normaalijakaumaa muistuttava) edustavien koealojen osuus puuston tilavuusluokissa ja ikäluokittain sekä alueittain. Kasvupaikkaluokat: ks taulukko 1.

Table 5. Percentage of stand structure class B2 (regularly all-sized) and B3 (all-sized, resembling normal distribution) in volume classes by age class in the regions. Site type classes: see Table 1.

A. Etelä-Suomi – *South Finland*

Kasvupaikka *Site type*	Ikä lk. *Age class*	Rakenneluokka *Class of stand structure*	Tilavuusluokka – *Volume class*, m³/ha ≤ 20	21-40	41-80	81-120	121-160	>160
1a	1–40	B2	0	33	94	100	100	
		B3	0	0	0	0	0	
	41–80	B2			100	100	100	80
		B3			0	0	0	20
1b	1–40	B2	31	67	94	95	91	0
		B3	0	0	2	5	0	50
	41–80	B2			97	90	71	68
		B3			3	10	29	32
	>80	B2	0		100	67	88	56
		B3	0		0	33	12	44
2	1–40	B2	15	71	97	100	50	25
		B3	0	0	3	0	50	50
	41–80	B2	100	100	100	89	86	62
		B3	0	0	0	11	14	38
	>80	B2		100	100	75	60	67
		B3		0	0	25	20	33
3	1–40	B2	42	33	67			
		B3	0	0	33			
	41–80	B2	33	75	69	75	0	0
		B3	0	25	31	25	100	100
	>80	B2	100	0	60	25	25	100
		B3	0	100	40	75	75	0
4	1–40	B2	14	60	100			
		B3	0	0	0			
	41–80	B2		60	100	100	100	0
		B3		0	0	0	0	100
	>80	B2	0	100	100	93	100	45
		B3	0	0	0	7	0	55
5	1–40	B2	8	44	83			
		B3	0	11	0			
	41–80	B2	38	93	100	100		
		B3	0	0	0	0		
	>80	B2	0	0	60	100	100	50
		B3	0		40	0	0	50

B. Pohjois-Pohjanmaa – *Kainuu – Southern part of North Finland*

Kasvupaikka *Site type*	Ikälk. *Age class*	Rakenneluokka *Class of stand structure*	Tilavuusluokka – *Volume class*, m³/ha ≤ 20	21-40	41-80	81-120	>120
1	1-60	B2				100	
		B3				0	
	61-100	B2		100	86	64	81
		B3		0	14	27	19
	>100	B2	100	100	86	50	100
		B3	0	0	14	50	0
2	1-60	B2	100	82	69	88	50
		B3	0	0	8	12	50
	61-100	B2	67	75	74	65	63
		B3	33	25	21	32	38
	>100	B2		50	50	52	38
		B3		25	44	43	54
3	1-60	B2	67	80	100	100	
		B3	17	0	0	0	
	61-100	B2	0	50	100	80	33
		B3	100	33	0	20	67
	>100	B2	0	33	0	0	
		B3	100	33	67	100	
4	1-60	B2	0	50	80		
		B3	0	0	20		
	61-100	B2	0	60	70	75	100
		B3	0	0	20	25	0
	>100	B2		100	63	57	60
		B3		0	31	43	40
5	1-60	B2	47	86	100		
		B3	0	0	0		
	61-100	B2	50	63	100	100	
		B3	13	0	0	0	
	>100	B2	13	48	56	50	0
		B3	13	17	38	50	100

C. Peräpohjola – *Central part of North Finland*

Kasvupaikka *Site type*	Ikä lk. *Age class*	Rakenneluokka *Class of stand structure*	Tilavuusluokka – *Volume class*, m³/ha ≤ 20	21-40	41-80	>80
1	1-60	B2			100	
		B3			0	
	61-120	B2			50	67
		B3			50	63
	>120	B2	0	40	55	31
		B3	0	60	45	69
	Ei määr. – *Undef.*	B2		25	11	50
		B3		50	78	33
2	1-60	B2	0	75	63	0
		B3	0	25	38	100
	61-120	B2	57	31	38	43
		B3	0	23	58	52
	>120	B2	33	21	24	13
		B3	33	57	67	87
	Ei määr. – *Undef.*	B2	25	83	25	36
		B3	0	0	58	55
3	1-60	B2	0	0		
		B3	0	0		
	61-120	B2	0	0	0	100
		B3	0	0	50	0
	>120	B2		0	0	0
		B3		100	50	0
	Ei määr. – *Undef.*	B2	0	0	60	0
		B3	50	80	20	50
4	1-60	B2				
		B3				
	61-120	B2	100	100	100	100
		B3	0	0	0	0
	>120	B2	100	86	71	57
		B3	0	14	29	29
	Ei määr. – *Undef.*	B2		100	86	67
		B3		0	14	33
5	1-60	B2	100			
		B3	0			
	61-120	B2	0	75	100	
		B3	33	25	0	
	>120	B2	50	75	67	100
		B3	25	25	22	0
	Ei määr. – *Undef.*	B2	57	92	100	
		B3	0	0	0	

D. Metsä-Lappi – *Northern part of North Finland*

Kasvupaikka *Site type*	Ikä lk. *Age class*	Rakenneluokka *Class of stand structure*	Tilavuusluokka – *Volume class*, m³/ha ≤ 20	21-40	41-80	>80
1	1-80	B2		100	100	
		B3		0	0	
	>80	B2		25	71	0
		B3		50	14	0
	Ei määr. – *Undef.*	B2		88	64	67
		B3		0	36	33
2	1-80	B2	100	0	100	
		B3	0	0	0	
	>80	B2	0	0	20	0
		B3	50	100	20	100
	Ei määr. – *Undef.*	B2	20	52	45	25
		B3	10	24	47	65
3	1-80	B2		40	100	
		B3		0	0	
	>80	B2	17	33	29	
		B3	0	33	29	
	Ei määr. – *Undef.*	B2	14	14	38	7
		B3	0	37	41	80
4	>80	B2		100	100	
		B3		0	0	
	Ei määr. – *Undef.*	B2		33	60	100
		B3		33	40	0
5	1-80	B2		50		
		B3		0		
	>80	B2	100	0	0	
		B3	0	100	0	
	Ei määr. – *Undef.*	B2	22	33	33	
		B3	0	33	33	

Luonnontilaisten metsien rakenteesta ja kehityksestä tarvitaan tietoja kehitettäessä kasvatusmalleja, joissa halutaan käyttää mahdollisimman luonnonmukaisia käsittelyjä. Niissä varotaan muuttamasta voimakkaasti metsän rakennetta ja hyödynnetään sen omaa kehitysdynamiikkaa. Näitä näkökohtia joudutaan ottamaan huomioon hoidettaessa metsiä ympäristön- ja luonnonsuojelua, biologista monimuotoisuutta tai monikäyttöä painottaen. Julkisen paineen seurauksena on viime vuosina eri maissa, erityisen voimakkaasti Yhdysvalloissa (Mustian 1978, Murphy 1992), mutta myös muualla syntynyt tarve kehittää tasarakenteismetsätaloudelle vaihtoehtoisia kasvatusmalleja (Lähde ym. 1985, Hagner 1992).

Metsän kasvattamisessa erirakenteisena on tarpeen tietää runkolukusarja puulajeittain, puuston tilavuus tai pohjapinta-ala sekä hakkuun jälkeen jätettävän puuston runkolukusarja, puulajisuhteet ja suurimpien puiden lukumäärä (Gibbs 1978, Halkett 1984). Erirakenteisen puuston perusmallina pidetään runkolukusarjaa, jonka muoto noudattaa tiettyä, käännetyn J:n muotoista kuvaajaa. Erittäin tärkeää on säilyttää metsikössä sopiva lehtipuusekoitus puuston kasvun ja uudistumisen ylläpitämiseksi (Lähde ym. 1992, Norokorpi 1992).

Säännöllinen erirakenteisuus eli käännetyn J:n malli oli selvästi yleisin metsikkörakenne tämän tutkimuksen luonnontilaisissa metsiköissä. Se kattoi koealojen määrästä 59%. Suomessa on katsottu esiintyvän eri-ikäisyyttä kivennäismaan metsiköissä vain jäkäläkankailla ja kalliomailla ja etenkin Pohjois-Suomessa (Ilvessalo 1916, 1937, Lassila 1920, Nyyssönen 1954, Lihtonen 1959). Aikaisemmista arvioista poiketen säännöllinen erirakenteisuus yleistyi Metsä-Lapista Etelä-Suomeen yli kaksinkertaiseksi sekä kivennäis- että turvemailla. Etelä-Suomessa sen osuus oli kolme neljäsosaa. Säännöllisen erirakenteisten puustojen osuus runsastui myös kasvupaikan viljavuuden ja kosteuden lisääntyessä, Etelä-Suomen lehdoissa ja lehtomaisilla kankailla lisäksi puuston iän ja tilavuuden kasvaessa.

Mäntyvaltaisilla kasvupaikoilla ja etenkin Pohjois-Suomessa oli suuntauksena säännöllisen erirakenteisuuden väheneminen valtapuuston vanhetessa ja puuston tilavuuden suuretessa. Toisin sanoen metsän sukkession edetessä normaalijakauman osuus puuston rakenteessa suurenee, kunnes metsäpalo, myrskytuho tai muu häiriötekijä palauttaa metsikön kehittymään säännöllisen erirakenteiseksi ja enemmän lehtipuita sisältäväksi. Peräpohjolan alueella oli poikkeuksellisen runsaasti erirakenteista, normaalijakaumaa muistuttavaa metsikkörakennetta kivennäismaalla. Sen osuus oli 51% kun taas säännöllisen erirakenteisia oli 33%. Yksi olennainen tekijä oli metsien painottuminen vanhoihin ikäluokkiin. Yli 120-vuotiaiden puustojen osuus oli kaikkiaan 72% ja tuoreilla kankailla 88%.

Tämän tutkimuksen varttuneissa metsiköissä ei esiintynyt kuitenkaan yhtään tiukimman kriteerin mukaista tasarakenteista, normaalijakaumaa noudattelevaa puustoa (luokka A1). Etelä-Suomen tuoreella kankaalla samoin kuin rämeellä oli yksi metsikkö, jonka runkolukusarja täytti tämän kriteerin laajuuden mutta ei muotoa eli ulottui enintään kolmen läpimittaluokan (15 cm:n) laajuudelle (luokka A2). Kun pienpuustot (luokat a, b ja c) otetaan huomioon, oli 8%:lla koealoista runkolukusarjan laajuus enintään 15 cm. Tällaisten metsiköiden osuus oli Etelä-Suomessa yli kaksinkertainen verrattuna Pohjois-Suomeen. Huomattava osa niistä oli nuoria ja syntynyt todennäköisesti kaskimaille reunametsän siemennyksestä. Enimmäkseen nuoret metsät olivat erirakenteisia ja järeitä puita sisältäviä. Isojen puiden esiintyminen jo tässä kehitysvaiheessa merkitsee sitä, että metsikkö oli syntynyt metsäpalon tai muun sukkession häiriötilan seurauksena ja jäljelle oli jäänyt eläviä, isoja puita. Metsäpalon kokonaan polttamia puustoja lienee ollut erittäin vähän.

Mikäli tasarakenteiseksi puustoksi luetaan väljästi luokkien A1 ja A2 sekä pienpuuston luokkien a, b ja c lisäksi tässä työssä erirakenteiseksi luokiteltu, normaalijakaumaa muistuttava luokka B3, tulee yhdistelmäluokan osuudeksi koko aineistossa noin yksi

kolmasosa ja erirakenteisten osuudeksi vastaavasti kaksi kolmasosaa. Samantapaista väljää luokitusta ovat käyttäneet mm. Curtis (1978) ja Gibbs (1978). Kivennäismaalla jakauma on sama kuin koko aineistossa, mutta turvemaalla tasarakenteiseksi luokiteltavia on vähemmän eli 28%. Etelä-Suomessa on siten luokiteltaessa tasarakenteisia yhteensä 24% ja Pohjois-Suomessa 37%.

Lähde ym. (1991) rajasivat VMI I:n aineistosta tarkasteltavaksi kivennäismaiden varttuneet metsiköt, joiden runkotilavuus oli vähintään 40 m^3/ha. Kun he luokittelivat tasarakenteisiksi puustot, joissa läpimittajakauman vaihteluväli oli 15 tai 20 cm ja runkolukujakauma oli suunnilleen normaalinen, tasarakenteisia, luonnontilaisia metsiköitä oli noin yhdellä prosentilla koealoja.

Metsäpalon jäljiltä jää yleensä aina elävää puustoa etenkin kosteisiin painanteisiin (Pöntynen 1929). Tyypillistä on myös, että vanhat, paksukaarnaiset männyt selviävät elävinä metsäpalosta siementämään uutta puusukupolvea. Kasvualusta on tässä vaiheessa herkästi taimettuvaa, koska mäntymetsät palavat yleensä maapalona. Mänty-kuusisekametsissä voi olla myös latvapaloja (Nuhimovskaja 1992). Vanhat männyt jäävät ylispuiksi. Metsikkörakenteen jaksollisuus korostui Pohjois-Suomessa, jossa taimettuminen ja taimivaihe kestävät kauan (Lakari 1915, Aaltonen 1919, Lassila 1920). Jos puustosta on vahingoittunut palossa vähintään 75%, männyn uudistuminen on hidasta Lapin oloissa ja suotuisassakin tapauksessa täydelliseen siementymiseen kuluu keskimäärin 10–15 vuotta palosta (Nuhimovskaja 1992). Toisaalta metsikön syntyminen vanhojen mäntyjen alle useasta siemensadosta lisää metsikön eri-ikäisrakenteisuutta.

Tässä aineistossa jaksollisen erirakenteisten metsiköiden osuus oli Etelä-Suomessa keskimäärin 2% ja Metsä-Lapissa 26%. Ero turvemaalla oli hieman edellä mainittua suurempi Etelä- ja Pohjois-Suomen välillä. Mitä paremmat kasvuolot sitä nopeammin alikasvoksena syntyvä nuorennos liittyy pääpuustoon ja rakenteen kaksihuippuisuus häviää pois. Tällöin syntyy yleensä säännöllisen erirakenteinen puusto.

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 jopa kuusikossa (Laiho 1985, 1992 Lähde ym. 1991, 1992, Lähde 1992a, 1992b). Mänty kasvaa alikasvoksena parhaiten männikön, mutta myös koivikon alla (Laiho 1985). Tämän tutkimuksen aineisto tukee em. käsityksiä männyn ja koivun esiintymisestä alikasvoksena sekä kivennäis- että turvemaalla. Männyn menestymisen alikasvoksena luonnontilaisella ja ojitetulla turvemaalla ovat aiemmin todenneet mm. Heikurainen (1971), Hånell (1984), Gustavsen & Päivänen (1986), Hökkä & Laine (1988), Hökkä ym. (1991).

Kaikilla kasvupaikoilla ja alueilla puustot muodostivat eri kehitysvaiheissa sekametsiä puulajisuhteiden vaihdellessa laajasti. Mäntyä esiintyi poikkeuksellisen runsaasti Etelä-Suomen lehdoissa ja muilla viljavilla kasvupaikoilla eli 14–20% kokonaisrunkoluvusta. Sen osuus pysyi suunnilleen yhtä suurena eri kehitysvaiheissa myös muilla kasvupaikoilla, vaikka runkoluku muuttui. Metsiköt olivat mäntyvaltaisimpia Etelä-Suomen kuivilla kankailla. Lehtipuiden yleisyys oli merkittävää kaikilla kasvupaikoilla. Niitä oli vähiten Etelä-Suomen kuivilla kankailla eli 14% runkoluvusta, mistä niiden osuus runsastui pohjoiseen päin ja kasvupaikan viljavuuden lisääntyessä. Metsä-Lapin alueella lehtipuiden osuus oli suurin kaikilla kasvupaikoilla. Tosin kuivilla ja sitä karummilla kankailla männyn osuus oli suunnilleen yhtä suuri.

Lehtipuita kuului pohjoisinta Suomea myöten isokokoisten puiden läpimittaluokkiin. Peräpohjolan alueella järeimmät lehtipuut olivat rinnankorkeusläpimitaltaan 25–30 cm. Sellaisia koivuja oli esimerkiksi kuivilla kankailla keskimäärin 2 kpl/ha, kun tilavuusluokka oli yli 80 m^3/ha. Metsä-Lapissa isokokoisimmat lehtipuut olivat läpimittaluokassa 20–25 cm. Sellaisia koivuja oli tuoreilla kankailla keskimäärin 2 kpl/ha ja kuivahkoilla kankailla 1 kpl/ha. Myös kuivilla kankailla järeimmät koivut saavuttivat tämän kokoluokan, mutta keskiarvo jäi alle 1 kpl/ha. Keskikokoista koivua ($D_{1,3}$ 10–20 cm) Metsä-Lapissa oli sekä tuoreilla ja kuivahkoilla kankailla noin 130–140 kpl/ha, kuivilla kankailla sata puuta tätä vähemmän ja korvissa 50 puuta enemmän.

Puulajisuhteiden muutos noudatteli pääpiirtein yleisesti tunnettuja sukkession kehityslinjoja: lehtipuiden osuus väheni ja kuusen osuus lisääntyi lähes poikkeuksetta kaikilla kasvupaikoilla ja alueilla puuston vanhetessa. Lehtipuiden osuus pieneni eniten Etelä-Suomessa ja vähiten Metsä-Lapissa. Muutoksen jyrkkyys näyttää olleen melko suorassa suhteessa puuston tiheys- ja pituuskehityksen eli varjostuksen lisääntymiseen. Etelä-Suomessa lehtipuuston vähenemiseen vaikutti myös suhteellisen lyhytikäisen lepän häviäminen lähes kokonaan vanhoista metsistä. Pohjoisempana leppää esiintyi niin vähän, että sen osuus jäi kaikilla kasvupaikoilla kaikissa ikäluokissa keskimäärin alle yhden prosentin runkoluvusta.

Luonnontilaisen metsikön sukkessiota on Suomessa kuvattu tarkimmin puuston osalta Peräpohjolan tuoreilla kankailla (Sirén 1955, Norokorpi 1979, 1986, 1992). Sirén jakoi tuoreiden kankaiden kehityksen selvästi kahteen vaiheeseen: metsäpalon jälkeinen primaarimetsikkö ja sitä seuraava sekundaarimetsikkö. Metsäpalon jälkeen syntyvän koivikon puusto saavuttaa maksimitilavuutensa noin 80 vuoden iällä ja alkaa pienetä sen jälkeen puiden kuolemisen ja lahoamisen vuoksi. Koivujakson alle syntyvän kuusijakson tilavuus suurenee runsaan 200 vuoden iälle asti. Koivu- ja kuusipuuston tilavuudet ovat yhtä suuret noin 110 vuoden iällä. Kuusen nopeimman kasvun vaihe ajoittuu siitä eteenpäin 50–60 vuotta, jona aikana koivun osuus pienenee 20%:iin. Vuotuisen kasvun huippu on 130–150 vuoden iällä, jolloin koivun osuus on 25–35% (Sirén 1955). Tällöin puuston rakenne on säännöllisimmin erirakenteinen, kun otetaan huomioon myös koivun jakauma eri läpimittaluokkiin ja kehityskelpoisten pienten puiden esiintyminen (Norokorpi 1986, 1992). Luontainen kehitys johtaa tästä eteenpäin paitsi kuusen osuuden lisääntymiseen myös pienikokoisten puiden vähenemiseen. Kuusipuuston tilavuuden suureneminen pysähtyy siinä vaiheessa, kun koivun osuus laskee alle 10%. Metsän erirakenteisuus säilyy kehityksen myöhemmissäkin vaiheissa. Puiden iän vaihteluväli voi kasvaa jopa yli 400 vuodeksi, koska vanhimmat kuuset elävät niin vanhoiksi ja kuolleiden puiden vapauttamaan kasvutilaan syntyy uusia taimia (Norokorpi 1979, 1986).

Sirénin (1955) tutkimuksessa metsiköt edustavat täyspuustoisina ja tiheinä tietynlaisia tavoitepuustoja. Niiden runkoluku ja -tilavuus olivat selvästi suurempia kuin tässä tutkimuksessa. Sirénin mukaan primaarimetsiköiden puusto saavuttaa kliimaks-vaiheensa huipun 220–240 vuoden kuluttua taimiaineksen syntymästä. Tämä on kuitenkin labiili tasapainotila, joka johtaa ennen pitkää nopeaan raunioitumiseen ja sen jälkeisen sekundaarivaiheen puusukupolven syntyyn. Tämän tutkimuksen aineistosta ei ollut mahdollista erotella primaari- tai sekundaarimetsiköitä. Peräpohjolan tuoreiden kankaiden metsiköissä puuston tilavuus oli ikäluokittain suunnilleen yhtä suuri 130 vuodesta 250 vuoteen asti eli keskimäärin 60–80 m^3/ha, paitsi 150 vuotiaissa metsiköissä se oli 114 m^3/ha. Vanhoissa metsiköissä se oli yhteensä keskimäärin 80 m^3/ha. Mitään metsikön nopean raunioitumisen vaihetta ei siten ollut havaittavissa tässä tutkimuksessa samoin kuin ei Norokorven (1979) puuntuotoksellisesti yli-ikäisten kuusikoiden tutkimuksessa, jossa puuston keskitilavuus oli myös 80 m^3/ha.

Vanhoissa kuusikoissa on tyypillistä, että puita kuolee tai kaatuu yksittäin ja pieninä ryhminä. 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 ilmaantuneet 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). Erikokoisten kuvioiden muodostamien mosaiikkien ja kasvupaikkojen luoman rikkonaisuuden pohjalta havumetsävyöhykkeen metsät kehittyvät luontaisesti usein 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). Metsäpalojen yleisyys, laajuus ja esiintymistiheys vaihtelivat. Paloriski oli suuri siellä, missä kaskettiin paljon. 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 muutamaan kymmeneen tuhanteen nousevasta yksilömäärästä suurin osa, jopa yli 90%, ennen kuin se ehtii valtapuustoltaan kehittyä yli 100-vuotiaaksi metsäksi. Itseharveneminen on muutoinkin keskeinen populaatiobiologinen tutkimuskohde (Westoby 1984). Se on myös tärkeä kriteeri arvioitaessa metsien luonnontilaisuutta (Lindholm 1992).

Tässä tutkimuksessa metsiköiden tiheys oli selvästi alhaisempi kuin luonnonnormaaleissa metsiköissä, mikä osaltaan ilmentää viimeksi mainittujen luonnetta valikoituina tavoitemetsinä. Keskimääräinen runkoluku aleni nuoresta ikäluokasta vanhaan ikäluokkaan noin puoleen eri alueilla ja kasvupaikoilla. Suurin todettu runkoluku kivennäismailla oli Etelä-Suomessa 13 500 kpl/ha ja Pohjois-Suomessa noin 7 000 kpl/ha. Alhaisin runkoluku oli 10 kpl/ha.

Puuston keskimääräinen runkotilavuus pieneni Etelä-Suomen viljavien kasvupaikkojen hieman runsaasta 100 m^3/ha:sta Metsä-Lapin kuivien kankaiden 42 m^3/ha:iin. Alueen sisäisesti runkotilavuus aleni suunnilleen puoleen tuoreilta kankailta kuiville ja sitä karummille kankaille. 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 kehitysennusteiden 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.

Kirjallisuus – References

Aaltonen, V. T. 1919. Kangasmetsien luonnonllisesta 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.

Arnborg, T. 1943. Granberget: En växtbiologisk undersökning av ett sydlappländskt granskogsområde med särskild hänsyn till skogstyper och föryngring. Zusammensetzung: Grandberget: ein planzenbiologische Untersuchung eines südlappländischen Fichtenwaldgebietes unter besonderer Berücksichtigung von Waldtypen und Verjüngung. Norrländskt handbibliotek 14: 1–282 + 16.

Bråkenhielm, S. (toim.) 1982. Urskogar. Inventering av urskogsartade områden i Sverige. Del 1. Allmän del. Summary: Virgin forests - inventory of old natural forests in Sweden. Naturvårdsverket, Rapport 1507: 1–108.

Bäckström, P.-O. (toim.) 1984. Skogsföryngring i fjällnärä skogar. Forskarrapport. Sveriges Lantbruksuniversitet, Skogsvetenskapliga fakulteten. 86 s. ISBN 91–576–2162–4.

Cajanus, W. 1914. Über die Entwicklung gleichaltriger Waldbestände. Eine statistische Studie. I. Acta Forestalia Fennica 3(1): 1–154.

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.

Clark, R. N. & Stankey, G. H. 1991. New forestry on new perspectives? The importance of asking the right questions. Forest Perspectives 1(1): 9–13.

Curtis, R. O. 1978. Growth and yield in uneven-aged stands. Julkaisussa: Uneven-aged silviculture & management in the United States. U.S. Department of Agriculture, Forest Service. Timber management research. Washington, D.C. General Technical Report. WO-24: 186–201.

Daniel, V., Helms, J. A. & Baker, F. S. 1979. Principles of silviculture. 2. painos. McGraw-Hill Book Company. 500 s.

DeBell, D. S. & Curtis, R. O. 1993. Silviculture and New Forestry in the Pacific Northwest. Journal of Forestry 91(12): 25–30.

Franklin, J. 1989. Toward a new forestry. American Forestry, Nov./Dec., s. 1–8.

Gibbs, C. B. 1978. Uneven-aged silviculture and management? Even-aged silviculture and management? Definitions and differences. Julkaisussa: Uneven-aged silviculture & management in the United States. U.S. Department of Agriculture, Forest Service. Timber management research. Washington, D.C. General Technical Report. WO-24: 18–24.

Gill, G. (toim.) 1994. Continuous Cover Forestry Group. Newsletter 5. Forestry Comission, Edinburgh. 15 s.

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. 1984. Synpunkter på Domänverkets skogsbruk i fjällnära områden. Umeå universitet, Skoglig Produktionslära, Rapport 135: 1–65.

— (toim.) 1992. Silvicultural alternatives. Proceedings from an internordic workshop, June 22–25 1992. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Silviculture, Reports 35, 214 s.

Hallkett, I. C. 1984. The practice of uneven-aged silviculture. New Zealand Journal of Forestry 29(2): 108–118.

Hammond, H. 1991. Seeing the forest among the trees. The case for wholistic forest use. Polestar Press, Vancouver. 309 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 paksusammaltyypin metsien käsittelystä. Referat: Behandlung der Wälde vom Dickmoostyp. Silva Fennica 52: 121–139.

Heikurainen, L. 1971. Virgin peatland forests in Finland. Acta Agralia Fennica 123: 11–26.

Hånell, 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.

— Piiroinen, M.-L. & Penttilä, T. 1991. Läpimittajakauman 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.

Ilvessalo, Y. 1916. Mäntymetsiköiden valtapuitten kasvusta mustikka- ja kanervatyypin 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 Südhälfe 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. Valtakunnallinen 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.

— 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.

Kalela, E. K. 1945. Metsät ja metsien hoito. WSOY. 367 s.

Klensmeden, V. 1984. Stamvis blädning – Några studier på två försöksytor i Dalarna. Examensarbete 1984–86, Institutionen för skogsskötsel, Sveriges lantbruksuniversitet. Umeå. 38 s.

Laiho, O. 1985. Alikasvosten elpyminen ja niiden hyväksikäyttö. Julkaisussa: Saksa, T. (toim.). Varttuneen metsän metsänhoidollisen käsittelyn vaihtoehdoista. Vesijaolla 7.–9.5 1984 pidetyn koulutus- ja neuvottelupäivän alustukset. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 182: 39–50.

— 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.

Lakari, O. J. 1915. Studien über die Samenjahre und Altersklassenverhältnisse der Kiefernwälder auf dem nordfinnischen Heideboden. Acta Forestalia Fennica 5(1): 1–211.

Lappi-Seppälä, M. 1930. Untersuchungen über die Entwicklung gleichaltriger Mischbestände aus Kiefer und Birke basiert auf Material aus der Südhälfte von Suomi (Finnland). Seloste: Tutkimuksia tasaikäisen mänty- ja koivusekametsikön kehityksestä Suomen eteläpuoliskosta kootun aineiston perusteella. Communicationes 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.

Leikola, M. 1987. Metsien hoidon aatehistoriaa. Summary: Leading ideas in Finnish silviculture. Silva Fennica 21: 332–341.

Lihtonen, V. 1959. Metsätalouden suunnittelu ja järjestely. WSOY. 335 s.

Lindholm, T. 1992. näkökohtia luonnonmetsien ja talouskäytössä olevien metsien luokitteluun. Julkaisussa: Lindholm, T. (toim.). Sukkessiotutkimusten tuloksia Suomen ja SNTL:n luonnonsuojelualueilla. Symposio Seitsemisen kansallispuistossa ja Helsingissä 22.–26.5. 1989. Vesi- ja ympäristöhallituksen julkaisuja – sarja A 112: 26–36.

Lähde, E. 1986. Metsänhoidon perusteista. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 218. 127 s.

— 1992a. Natural regeneration of all-sized spruce-dominated stands treated by single tree selection. 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: 117–123.

— 1992b. 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.

— , Laiho, O., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 1991. The structure of advanced virgin forests in Finland. Scandinavian Journal of Forest Research 6(2): 527–537.

— , Laiho, O., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 1992. Stand structure of thinning and mature conifer-dominated forests in boreal zone. 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: 58–65.

— , Norokorpi, Y. & Oikarinen, M. 1985. Mikkelin ekoläänin metsien vaihtoehtoiset käsittelymallit. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 180: 1–67.

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.

Mikola, P. 1984. Harsintametsätalous. Summary: Selection system. Silva Fennica 18(3): 293–301.

Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe, 16–17 June 1993 in Helsinki. 1993. Ministry of Agriculture and Forestry, Helsinki. 56 s. ISBN 951–47–8283–6

Murphy, D. (toim.) 1992. Getting to the future through silviculture – Workshop proceedings, Cedar City, UT, May 6–9, 1991. U.S. Department of Agriculture, Forest Service. Intermountain Research Station, General Technical Report INT–291. 97 s.

Mustian, A. P. 1978. History and philosophy of silviculture management systems in use today. Julkaisussa: Uneven-aged silviculture & management in the United States. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Timber Management Research. Washington, D.C. General Technical Report WO–24:1–17.

Nilsen, P. & Haveraaen, O. 1983. Årringbredder hos gjenstående traer etter hogst i eldre granskog. Rapport fra Norsk Institutt för skogforskning 9: 1–16.

Norokorpi, Y. 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.

— 1986. Pohjois-Suomen luonnontilaisten vanhojen puustojen rakenteesta. Julkaisussa: Viitala, R. (toim.). Erirakenteisen metsän hoidosta. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 219: 143–156.

— 1992. Natural structure and development of forests as a basis for alternative silvicultural methods in northern 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: 78–85.

Nuhimovskaja, J. D. 1992. Luonnollisten ja ihmisperäisten sukkessioiden tutkiminen VSFNT:n euroopanpuoleisen luoteisosan luonnonsuojelualueilla. Julkaisussa: Lindholm, T. (toim.). Sukkessiotutkimusten tuloksia Suomen ja SNTL:n luonnonsuojelualueilla. Symposio Seitsemisen kansallispuistossa ja Helsingissä 22.–26. 5. 1989. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja – sarja A 112: 16–25.

Nyyssönen, 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.

Näslund, M. 1944. Den gamla norrländska granskogen reaktionsförmåga efter genomhyggning. Referat: Die Reaktionsfähigkeit des alten norrländischen Fichtenwaldes nach Durchhauung. Meddelanden från statens skogsförsöksanstalt, 33: 1–194.

Pobedinski, A. V. 1988. Comparative evaluation of even-aged and uneven-aged stands (venäjäksi). Lesnoe Khozyaistvo 2: 40–43.

Prentice, I.C. & Leemans, R. 1990. Pattern and process and the dynamics of forest structure: A simulation approach. Journal of Ecolocy 78: 340–355.

Pöntynen, V. 1929. Tutkimuksia kuusen esiintymisestä alikasvoksena Raja-Karjalan valtionmailla. Referat: Untersuchungen über das Vorkommen der Fichte (Picea excelsa) als Unterwuchs in den finnischen Staatswäldern von Grenz-Karelien. Acta Forestalia Fennica 35(1):1–235.

Rapeli, P. (toim.) 1974. Lapin ilmastokirja. Climate of Lapland. Lapin tutkimusseura. Rovaniemi. 94 s.

Rassi, P., Alanen, A., Kemppainen, E., Vickholm, M. & Väisänen, R. (toim.) 1985. Uhanalaisten eläinten ja kasvien suojelutoimikunnan mietintö. III. Suomen uhanalaiset kasvit. Komiteamietintö 1985 (43) III: 1–431.

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.

Sarvas, R. 1948. Harsinnan ajatus kitkettävä ammattikunnastamme. Metsätaloudellinen Aikakauslehti, 11: 325–328.

Saurimo, M. (toim.) 1993. UNCED, YK:n ympäristö- ja kehityskonferenssi, Rio de Janeiro 3.–14. 6. 1992. Ympäristöministeriö ja ulkoasiainministeriö. 239 s. ISBN 951–47–7293–8.

Sirén, G. 1955. The development of spruce forest on raw humus sites in northern Finland and its ecology. Lyhennelmä: Pohjois-Suomen paksusammalkankaiden kuusimetsien kehityksestä ja sen ekologiasta. Acta Forestalia Fennica 62(4): 1–408.

— 1961. Skogsgränstallen som indikator för klimatfluktuationerna i norra Fennoskandien under historisk tid. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 54(2): 1–66.

Smith, D. M. 1962. The practice of silviculture. John Wiley & Sons, Inc., New York – London. 577 s.

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.

Westoby, M. 1984. The self-thinning rule. Advances in Ecological Research 14: 167–225.

Summary

Stand structure and diversity of virgin forests in Finland

Introduction

The world's first national forest inventory was conducted in Finland during the years 1921–1924. At that time, two thirds of Finland's forests were classified to be in virgin or near virgin state. Because of the increasing emphasis on the importance of biodiversity, it has become necessary to examine in greater detail the structure of forests that have developed untouched by man. This study is based on the material collected in the aforementioned inventory. The structure of the growing stock is described stand by stand in terms of species-specific stem diameter distribution and its parameters. The study also reports on the species composition and size variation by site type and development stage in different parts of Finland. The structure of the growing stock and tree species composition are also used as characteristics of stand diversity.

Material and methods

The virgin forests included in the material of the first national forest inventory in Finland (NFI I, collected in 1921–1924) were devided into four (A–D) geographical regions (Fig. 1). Site type classes were presented in Table 1.

A further means used in deviding the material was to apply age classes and growing stock volumes as follows:

Region	Age class,		
	Young	Middle-age	Old
A	1. 1–40	2. 41–80	3. >80
B	1. 1–60	2. 61–100	3. >100
C	1. 1–60	2. 61–120	3. >120
D	1. 1–80	2. >80	3. Undefined

Growing stock volume, m^3/ha

A	1. ≤ 20	2. 21–40	3. 41–80	4. 81–120	5. 121–160	6. >160
B	1. ≤ 20	2. 21–40	3. 41–80	4. 81–120	5. >120	
C	1. ≤20	2. 21–40	3. 41–80	4. >80		
D	1. ≤ 20	2. 21–40	3. 41–80	4. >80		

The material was collected using systematic line surveys with sample plots 10x50 m in size being measured at certain intervals. Each sample plot represented a uniform stand. All trees over breast height ($D_{1.3}$ m measured from estimated stump height) were tallied and measured. Stem distributions are presented by tree species or groups of tree species (1. Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) 2. Norway spruce(*Picea abies* L. Karst.) 3. Birch (*Betula sp.*)4. Alder (*Alnus sp.*)5. Aspen ((*Populus tremula* L.) and for diameters above 20 cm all deciduous species combined) in 5 cm diameter classes: 1–5, 5–10,... >35 cm.

The following terms were applied for the various diameter class combinations: small sized trees 1–10 cm, middle-sized trees 10–20 cm, and large-sized trees ≥ 20 cm.

The stem distribution based structural classification system used was the adaptation by Lähde et al. (1991) of the classification presented by Daniel et al. (1979) and Smith (1962):

1. Small-sized stands: trees present only in the three smallest diameter classes

    a. Stem distribution resembling a normal distribution
    b.Stem distribution resembling an inverted letter J
    c.Other structure

2. Advanced stands: trees present also or only in other than the three smallest diameter classes

    A. Even-sized: trees present not more than in three successive diameter classes
        A1. Even-sized, resembling a normal distribution
        A2. Other even-sized

    B. All-sized, trees present in at least four diameter classes
        B1. All-sized, storeyed. At least one of the second, third or fourth diameter classes is without trees
        B2. Regularly all-sized, stem distribution resembling an inverted letter J
        B3. All-sized, resembling a normal distribution

The target size (or mean diameter corresponding to rotation) was set at 30 cm. Even-sized stands were defined to be stands in which the diameters of trees varied no more than 15 cm. All other structures were defined all-sized. Even-sized structures were classified as the least diverse and regularly all-sized ones as the most diverse stands.

Results

The proportion of moist mineral soil sites was greatest in southern Finland (region A) and it decreased in the direction south-to-north (Table 1). The proportion of peatlands was highest in the north. The mean number of stems per hectare decreased regularly in the direction south-to-north and as site fertility decreased. However, quite high stem numbers were observed on peatlands (Table 2). The volume of the growing stock also decreased as site fertility decreased and in the direction south-to-north.

The stands were mainly mixed stands of conifers and deciduous species (Table 2 and 3). Apart from the northernmost region, the proportion of Norway spruce increased in the direction south-to-north and decreased as site fertility decreased. Deciduous species behaved to the contrary. Their proportion rose to 2/3 on the most fertile mineral soil sites of southern Finland. The proportion of Scots pine become more pronounced along the gradient fertile sites - nutrient-poor sites. The proportion of Norway spruce increased and that of deciduous species decreased as the age of dominant storey increased.

The stem distribution was mostly skewed to the right; i.e. it resembled an inverted letter J (Fig. 2). The overriding feature was that of the number of trees increasing in the diameter classes as the volume of the growing stock increased (Fig. 3). Correspondingly, the number of deciduous trees decreased and especially in the group of small-sized trees. The stem distribution curve for the growing stock slightly levelled out as the volume of the growing stock increased.

Stem distributions of regularly all-sized (B2) (resembling an inverted letter J) dominated on all sites in the southernmost region (Tables 4a-b). This proportion decreased along the gradient fertile sites - nutrient-poor sites and in the direction south-to-north. Correspondingly, the proportion of structures resembling a normal distribution (B3) increased. The mode class of stem distribution mostly occurred in the smallest diameter class. In the two northernmost regions (C–D), on some of the strata most of the stands belonged to the group B3 (resembling a normal distribution). The proportion of all-sized storeyed stands (B1) was remarkable in these two regions. The proportion of regularly all-sized stands was at its maximum in the middle-sized (41–160 m^3/ha) volume groups of stands on mineral soil sites (Table 5).

Discussion

The material of the study is a representative sample of virgin forests in Finland from a period when most of the country's forests were still untouched by man (Heikinheimo 1924). It also provides us with significant indications as to the structure of forests in the southern, middle and northern boreal zone when viewed from a wide perspective. There is an increasing need for more knowledge of the structure and dynamic of virgin forests in developing nature-oriented forest management models (e.g. Hagner 1992).

This study revealed that regular all-sizedness is the dominant structure on most sites and in almost all stages of stand development. These results are in accordance with previous studies involving the boreal zone (Whitemore 1978, Runkle 1985, Solomon et al. 1986, Pobedinski 1988, Prentice & Leemans 1990). Even stands thinned from below tend to develop towards regular all-sizedness (Lähde et al. 1992).

Succession of virgin stands has been described in most detail on moist mineral soil sites in northern Finland (Sirén 1955, Norokorpi 1979, 1992). These studies indicate that the proportion of birch is at its maximum when the dominant storey is young. The proportion of Norway spruce increases when the stand ages. Along with this development, the growing stock retains its all-sizedness and age variation can reach even 400 years. This study reaffirms previous work on the subject and indicates that virgin forests in Finland were structurally diverse, mostly regularly all-sized mixed stands. They appear to have retained this basic feature troughout succession.

Varttuneiden metsiköiden rakenne 1950-luvun alussa

Stand structure of advanced forests in early 1950's in Finland

Olavi Laiho, Erkki Lähde, Yrjö Norokorpi & Timo Saksa

SISÄLLYS

Tiivistelmä – Abstract 91
1 Johdanto 92
2 Aineisto ja menetelmät 94
3 Tulokset 99
3.1 Runkoluku ja puulajisuhteet 99
3.2 Runkolukujakauman laajuus ja moodi 101
3.3 Metsikkörakenne 105
4 Tulosten tarkastelu 109
5 Yhteenveto 114
Kirjallisuus—References 116
Summary 122
Liitteet—Appendices 126

Laiho, O.[1], Lähde, E.[2], Norokorpi, Y.[3] & Saksa, T.[4] 1993. Varttuneiden metsiköiden rakenne 1950-luvun alussa. Summary: Stand structure of advanced forests in early 1950's in Finland. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja – The Finnish Forest Research Institute, Research Papers 495:90–128. ISBN 951-40-1359-X, ISSN 0358-4283.

Tiivistelmä

Tutkimus perustuu valtakunnan metsien kolmannen inventoinnin systemaattisesti otettuun koealaaineistoon vuosilta 1951–53. Tutkittu koealamäärä oli 8 698 käsittäen kaikki metsätyypit harvennus-, väljennys- ja uudistusvaiheen metsistä, joiden kuutiomäärä oli vähintään 40 m^3/ha. Aineiston käsittely pohjautui koealoittaisen runkolukujakauman ($D_{1,3}$>2 cm) laajuuteen ja muotoon. Koealoista 65 % oli säännöllisen erirakenteisia, toisin sanoen puita oli ainakin neljässä pienimmässä 4 cm läpimittaluokassa (2–18 cm), eniten ensimmäisessä tai toisessa. Turvemaalla tämä rakenne oli 84 %:lla koealoja. Samoin se oli yleisin eri kehitysluokkien metsiköissä. Monijaksoisia metsiköitä oli 11, muita erirakenteisia 6 ja sellaisia metsiköitä, joissa puita oli enintään kolmen peräkkäisen luokan laajuudella (tasarakenteisia) tai runkolukusarja normaalijakaumaa muistuttava oli 18 %. Puulajeittain erikseen tarkastellen männyllä niitä oli 52, kuusella 29 ja lehtipuustolla 45 %:lla koealoista. Säännöllisen erirakenteisia koealametsiköitä oli vastaavasti 14, 45 ja 26 %, monijaksoisia 15, 17 ja 19 % ja muita erirakenteisia 19, 9 ja 10 %. Männyn, kuusen tai lehtipuuston muodostamia puhtaita metsiköitä oli 5 % ja niiden kaikkien yhdessä muodostamia sekametsiköitä 62 %. Valtaosin ne olivat sisäisesti puulajisuhteiltaan ja rakenteeltaan monimuotoisia eli erikokoisia puita sisältäviä sekametsiä.

Abstract

The study is based on the systematic sample plot material of the 3rd national forest inventory conducted in 1951–53 in Finland. A total of 8 698 sample plots, covering all site types in thinning, preparatory and mature stands, with volumes of at least 40 m^3/ha, were examined. The calculation was based on the range and shape of stem distribution (DBH > 2 cm). Regularly all-sized stands (stem distribution resembling an inverted letter J) accounted for 65 % of the sample plots. The corresponding percentage for peatland stands was 84. This structure prevailed also in stands of all development classes included. Storeyed stands accounted for 11 %, other all-sized stands 6 % and stands with trees present in three or less consecutive 4 cm diameter classes (even-sized), or tree tally resembling normal distribution, for 18 %. Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) exhibited that structure on 52 % of its sample plots; the corresponding figure for Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karsten) was 29 % and for broad-leaved trees 45 %. Regularly all-sized stands amounted to 14, 45 and 26 %, storeyed stands to 15, 17 and 19 % and other all-sized stands to 19, 9 and 10 %, respectively. Pure stands of Scots pine, Norway spruce or broad-leaved species amounted to 5 % while mixed stands containing all three amounted to 62 %. The stands were diverse in terms of their internal species composition and structure.

Keywords: Stand structure, understorey, biodiversity, broad-leaved trees, mixed stands.

Authors' address: The Finnish Forest Research Institute, [1] Parkano Research Station, Kaironiementie 54, FIN-39700 Parkano, [2] Department of Forest Production, PL 18, FIN-01301 Vantaa, [3] Rovaniemi Research Station, PL 16, FIN-96301 Rovaniemi, [4] Suonenjoki Research Station, FIN-77600 Suonenjoki, Finland.

1 Johdanto

Metsiemme kehitys tunnetaan paremmin kuin useimmissa muissa metsätalousmaissa. Ensimmäinen valtakunnallinen metsien inventointi tehtiin jo vuosina 1921–1924. Inventointijulkaisuissa (Ilvessalo 1927, 1942, 1956, 1962, Kuusela 1972, 1978, Kuusela & Salminen 1991) on tietoa mm. puuston tilavuudesta ja kasvusta sekä puulajisuhteista ja ikäluokista. Puulajisuhteet perustuvat puuston tilavuuteen ja ikäluokat edustavien valtapuiden ikään. Runkolukujakaumaa on käsitelty niukasti ja vain osittaisina keskiarvoina. Koealakohtaiset puuston rakennetiedot ovat olleet julkaisematta viime vuosiin asti (Lähde ym. 1991, 1992, Laiho 1992a).

Inventointien ohella metsikkörakenteen tähänastinen tuntemus perustuu pääosin ns. luonnonnormaalien metsien kasvu- ja tuottotaulututkimukseen (Ilvessalo 1920a, b, 1937, 1967). Se käsitti männyn, kuusen ja koivun mahdollisimman tasaikäiset metsiköt. Valituilta koealoilta edellytettiin metsikön puulajipuhtauden ohella täysipuustoisuutta, säästymistä hakkuilta ja häiriötöntä kehitystä. Saksalaisen käytännön (Eichorn 1902) mukaisesti alikasvos ja sitä muistuttavat puut jätettiin huomioonottamatta. Koealametsiköt olivat Etelä-Suomessa enimmäkseen tasaikäisiä (Ilvessalo 1920a), mutta Pohjois-Suomessa huomattavassa määrässä eri-ikäisiä (Ilvessalo 1937, 1967).

Em. Ilvessalon tutkimusten koealojen (677 kpl) runkolukusarja noudatti varsin hyvin normaalijakaumaa. Puolukkatyypin istutusmännikössä normaalijakauma voi Etelä-Suomessa olla hyvin kehittynyt jo 20 vuoden iässä (Huuri ym. 1987). Vastaavanlainen normaalijakaumaa muistuttava runkolukujakauma oli Cajanuksen (1914) tutkimilla sveitsiläisillä tasaikäisillä kuusikoilla, joista useimmat olivat istutettuja. Lönnrothin (1925) mukaan tasaikäisen luonnonnormaalin männikön runkolukusarja noudatti latvuskerroksittain normaalijakaumaa. Hänen aineistonsa oli suppea (30 koealaa) ja poikkeuksellisen tarkoin valittu. Yleisestikin puhtaan tasaikäisen täysitiheän metsikön runkolukusarja on varttuneella iällä normaalijakaumaa muistuttava (Assman 1970), ellei puulaji ole aivan poikkeuksellisen varjoasietävä (Daniel ym. 1979).

Metsikön normaalisuudelle on eri yhteyksissä asetettu monenlaisia vaatimuksia, esimerkiksi tietty vihreän latvuksen osuus (Weise 1885) tai suuri puumäärä (Maass 1911). Lönnroth (1925) otti Suomessa käyttöön käsitteen luonnonnormaali metsikkö ja edellytti siltä luonnontilaa, tasaikäisyyttä ja normaalitiheyttä. Käytännössä luonnonnormaalille on tullut lisävivahteeksi normaali luonnossa. Tämäkin lienee osaltaan vaikuttanut siihen että suomalaista metsää on alettu pitää tasaikäisenä (Nyyssönen 1957). Tätä käsitystä vahvistaa käytäntö metsikön iän määrittämiseksi lähinnä valtapuuston (Ilvessalo 1951) tai pohjapinta-alan mediaanipuun (Yksityismetsätalouden ... 1991) ikänä. Tasaikäismetsän iälle on sallittu huomattava vaihteluväli (Vuokila 1956, Valtakunnan metsien ... 1987). Mahdollinen eri-ikäismetsä on kehotettu kirjaamaan siihen ikäluokkaan, johon pääosa pinta-alasta kuuluu (Ilvessalo 1951, Etelälahti 1957). Taimikot on pyritty muuttamaan tasaikäisiksi ja -kokoisiksi raivauksilla, perkauksilla ja harvennuksilla. Hakkuissa on ollut sotien jälkeisestä ajasta lähtien virallisena käytäntönä alaharvennus (Appelroth ym. 1948) ja lähes yksinomaisena tavoitteena tasaikäinen metsikkörakenne.

Tasaikäisyydellä ja kasvatuksen tavoitteena usein olleella puulajipuhtaudella on yksinkertaistettu metsänhoitoa (Lappi-Seppälä 1930, Sarvas 1951, Mielikäinen 1985). Inventoinneissa alikasvokselle on asetettu niin tiukat vaatimukset, että vain vähäinen osa metsiköistä on ne läpäissyt. Näin alikasvoksen osuus tilastoissa on pysynyt alhaisena (Ilvessalo 1942, 1956, Kuusela & Salminen 1983). Metsiköiden tasaikäistavoite on vähentänyt runkoluvun merkitystä metsikkötunnuksena. Metsiköissä ovat tällöin tärkeitä ainoastaan vallitseva latvusker-

ros ja tukkipuusto. Pienikokoinen puusto vain sekoittaa (Nyyssönen 1954) ja vaatisi mukaanotettuna läpimittasuhteiden erittelyn (Vuokila 1956). Runkoluvun merkitystä on vähentänyt myös relaskoopin yleistynyt käyttö.

Tällä erää kehitys näyttää etenevän toisenlaiseen suuntaan. Käytännön metsätaloudessa konekorjuu on nostamassa runkoluvun pohjapinta-alan rinnalle ja jopa tärkeämmäksi harvennusasteen mittana (Niemistö 1992). Myös tutkimuksessa runkoluvun käyttö on lisääntynyt ja monipuolistunut (Päivinen 1980, Kilkki & Päivinen 1986, Lähde ym. 1991, 1992, Kolström 1992). Sekametsien voimistuva tutkimus edellyttää puulajeittaista runkolukujakaumien selvittämistä (Kangas ym. 1990). Eri-ikäismetsässä runkolukusarja ja sen muutokset ovat täysin keskeinen tekijä (Lihtonen 1959). Uusimpana piirteenä on puiden paikantaminen koealalla, toistuvat mittaukset ja tilajärjestyksen hyväksikäyttö mallintamisessa (Mielikäinen 1985, Kolström 1992).

Puhdasta tasaikäistä metsikköä pidetään meillä hyvin tavallisena metsikkölajina (Nyyssönen 1957). Tutkimuksessa puhtaisiin metsiköihin, niiden vallitsevaan jaksoon, on jouduttu hyväksymään sekapuustoa ylärajana esimerkiksi 10–20 % tilavuudesta (Ilvessalo 1920a, Sarvas 1944, Nyyssönen 1954, Vuokila 1956). Sen lisäksi sekapuustona voi olla rajoittamattomassa määrin alikasvosta vieläpä vallittua latvuskerrostakin (Daniel 1979 ym.). Ikäkään ei ole ollut vailla vaihtelua. Onpa näyttänyt siltä, ettei esimerkiksi tasaikäistä luontaisesti syntynyttä kuusikkoa olekaan (Vuokila 1956). Taimikkovaiheen kehityserojen eliminoimiseksi on jouduttu käyttämään taloudellista ikää (Sarvas 1951, Vuokila 1956). Alikasvosta on ollut sekä yhden puulajin metsiköissä (Lönnroth 1925, Nyyssönen 1954, Vuokila 1956) että sekametsiköissä (Lappi-Seppälä 1930, Mielikäinen 1980, 1985). Joissakin aineistoissa sitä on ollut lähes puolella koealoista (Ilvessalo 1920a).

Valtakunnan metsien inventoinneissa on pienien puiden lukumäärä todettu moninkertaiseksi isoihin verrattuna (Ilvessalo 1927, 1942, 1956). Neljännen inventoinnin runkolukujakauma oli metsikön iästä lähes riippumatta toispuoleinen ja nopeasti suurempiin läpimittaluokkiin päin vähenevä. Ilvessalon (1965) mukaan kehitys ei ollut luontaisen itseharvenemisen ja vielä vähemmän kasvatushakkuin käsitellyn metsikön kehityksen kaltaista. Itse asiassa runkolukujakaumat olivat eri-ikäisrakenteista muistuttavia.

Metsikön rakenneluokkina tasaikäis- ja eri-ikäisrakenteet ovat perinteisiä (Lihtonen 1959). Useimmiten puuttuu kuitenkin edellytykset niiden käytölle, sillä yleensähän puiden tarkka ikäjakauma ei ole tiedossa. Ikä ei ole myöskään yksikäsitteinen koon mitta eikä vastaisen kehityksen kuvaaja. Kasvuolosuhteiden ollessa samat puut reagoivat pääosin kokonsa mukaan iästä riippumatta (Sarvas 1951, Vaartaja 1951, Vuokila 1970, Indermühle 1978, Klensmeden 1984). Näistä syistä rakenneluokituksen pohjaksi sopii puiden koko useimmiten parhaiten. Tasarakenteisia ovat tällöin metsiköt, joiden runkolukusarja noudattaa likimain normaalijakaumaa (Gibbs 1978). Erirakenteisia ovat puolestaan mm. ne metsiköt, joiden läpimittaluokkajakauma on käännetyn J:n muotoinen (Alexander & Edminster 1978).

Vielä 1920-luvun alussa Suomen metsistä kaksi kolmannesta luokiteltiin hakkuilta joko kokonaan tai ainakin suurimmaksi osaksi säästyneiksi (Heikinheimo 1924). Näiden metsiköiden on todettu olleen pääosin erirakenteisia (Lähde ym. 1991, Norokorpi ym. 1994). Vastaavassa inventoinnissa Ruotsissa arvioitiin olleen 44 % eri-ikäisiä metsiä, joista oli vaikeata määritellä yhtä ikäluokkaa (Uppskattning av Sveriges... 1932). Ruotsissa myöhemmin tehdyistä inventoinneista on esitetty karkeita tuloksia myös runkoluvun jakautumisesta läpimittaluokkiin valtapuuston eri ikäluokissa (Nilsson & Östlin 1961, Arman 1965, 1969, Skogsstatistisk... 1989). Tulokset osoittavat, että metsät ovat Ruotsissa olleet jatkuvasti valtaosin erirakenteisia. Myös muualla luonnonvaraisesti kehittyneet metsät ovat yleensä

olleet eri tavoin vaihtelevan erirakenteisia sekametsiä (Regional ... 1962, Pobedinski 1988, Lähde ym. 1991).

Erirakenteisuus näyttää liittyvän erityisesti suometsiin (Heikurainen 1971, Kaunisto & Päivänen 1985). Myös Suomen metsien kolmannen inventoinnin (v. 1951–53) mukaan suometsät ovat hyvin erirakenteisia (Gustavsen & Päivänen 1986). Ojituksen on todettu voimistavan erirakenteisuutta (Seppälä & Keltikangas 1978, Keltikangas ym. 1986, Hökkä & Laine 1988). Kivennäismaiden osalta on myös selvitetty pääpiirteittäin metsien runkolukujakaumaan perustuvaa rakennetta kolmannen inventoinnin aikaan sekä tilannetta kolmekymmentä vuotta myöhemmin (Lähde ym. 1992). Metsikkörakenne oli kumpanakin ajankohtana pääosin erirakenteinen. Luonnon kehitystä näyttää kuvaavan, että eri tavoinkin käsitellyt metsät pyrkivät kehittymään erirakenteisiksi. Erirakenteisen metsän esiintymisen, kehittymisen ja kasvun tutkimus on viime vuosina selvästi aktivoitunut mm. Pohjoismaissa (Nilsen 1988, Pukkala & Kolström 1988, Lundqvist 1989, Lähde ym. 1991, Andreassen 1992, Hagner 1992a, b, Kolström 1992).

Tässä tutkimuksessa kuvataan metsien rakennetta yksityiskohtaisesti valtakunnan metsien kolmannen inventoinnin aineistossa sekä turve- että kivennäismaalla. Kolmannessa inventoinnnissa käytettiin kiinteärajaisia koealoja. Se ja niiden metsikkökohtaisuus mahdollistavat aineiston koealakohtaisen tarkastelun. Koealojen systemaattinen otanta ja runsaus puolestaan takaavat aineiston kattavuuden. Työ on jatkoa 30 vuotta varhemmin inventoitujen luonnontilaisiksi luokiteltujen metsien tutkimukseen (Norokorpi ym. 1994). Tutkimuksen tavoitteena on selvittää metsiköiden runkoluku ja puulajisuhteet sekä runkolukujakaumaan perustuva puuston rakenne. Niiden avulla tehdään päätelmiä mm. metsiköiden sisäisestä monimuotoisuudesta ja uudistumispotentiaalista.

Inventointiaineiston maastotiedot oli aikanaan kerätty koealalomakkeille, joilta ne tallennettiin. Tähän työvaiheeseen ovat osallistuneet Aulikki Hamari, Kaarina Kouhia, Liisa Kaukonen, Tiina Luoto ja Sirkka Tapaninen. Aulikki Hamari on suorittanut käytännön laskentatyön ja taulukoinnin ja piirtänyt kuvat saaden asiantuntija-apua Anna-Maija Kokkoselta ja Olli Seppälältä. Konekirjoitustyön on tehnyt Tiina Luoto. Tiivistelmän on kääntänyt englanniksi Erkki Pekkinen. Lausumme parhaat kiitoksemme kaikille edellämainituille ja muille tutkimuksessa avustaneille henkilöille.

2 Aineisto ja menetelmät

Kuviokohtaisen linja-arvioinnin ohella valtakunnan metsien kolmannessa inventoinnissa otettiin linjoilta kilometrin välein ns. täyskoeala 0,1 ha ympyräkoealana. Siltä luettiin läpimitaltaan yli 10 cm:n puusto. Ylitiheissä metsiköissä ja pienillä kuvioilla käytettiin 0,05 ha ympyräkoealaa. Niiden osuus koko aineistossa oli 8 %. Kymmentä senttimetriä pienempi puusto mitattiin samankeskiseltä 0,01 ha ympyräkoealalta (Ilvessalo 1951). Sellaisia lehtipuuvesoja, joista ei katsottu kehittyvän kunnollista puuta, ei luettu, ei myöskään alle 2 cm läpimittaista alikasvosta. Koeala otettiin siltä kuviolta, johon sen keskipiste osui. Jos se näin otettuna olisi jakaantunut kahdelle eri kuviolle tai kahteen erilaiseen metsikköön, siirrettiin sitä enintään 20 m eteenpäin, taaksepäin tai sivulle. Ellei siirto riittänyt, jätettiin koeala ottamatta. Näin koeala on kokonaisuutena sijoitettu samalle metsikkökuviolle. Tämä varmistaa koealametsiköiden aitouden, joka on tämän tutkimuksen koealakohtaisen tarkastelun edellytys.

Koealatiedoista tallennettiin tätä tutkimusta varten metsätyyppi, runkolukujakauma puulajeittain, tilavuus, puuston ikä ja valtapituus sekä kehitysluokka, metsänhoidollinen tila ja koealan sijaintitiedot. Aineiston ryhmittelyä varten maa jaettiin kahteen osa-alueeseen, Etelä-Suomeen ja Pohjois-Suomeen. Jako noudatti Ilvessalon (1951) tekemää rajausta kulkien Kainuun ja Pohjois-Pohjanmaan metsälautakuntien etelärajaa.

Kasvupaikat ryhmiteltiin metsä- tai suotyypin mukaan. Tutkittaviksi otettiin kaikki metsä- ja kitumaan kasvupaikkatyypit eli silloiset kasvulliset ja huonokasvuiset metsämaat. Kivennäismaat jaettiin seitsemän luokan viljavuussarjaksi. Turvemaista muodostettiin niin ikään seitsemän luokkaa osittain viljavuuden ja osittain kuivatustason mukaan (taulukko 1).

Taulukko 1. Kasvupaikat, metsätyypit ja koealojen määrä. Metsätyypit ks. Ilvessalo (1951).
Table 1. Number of sample plots by forest site types and site types. For the forest site types, see Cajander (1949) and Ilvessalo (1951).

	Kasvupaikkaluokka *Site type*	Metsätyyppi *Forest site type*	Koealoja, kpl *No of plots*
1	Lehdot *Very rich heaths*	Lh OMaT FT GDT	93
2	Lehtomaiset kankaat *Rich heaths*	OMT GOMT GMT PyT OPyT GDMT	1088
3	Tuoreet kankaat *Damp heaths*	MT pMT VMT HMT	2982
4	Kuivahkot kankaat *Sub-dry heaths*	VT EVT EMT	2728
5	Kuivat kankaat *Dry heaths*	CT ECT	178
6	Karukkokankaat *Barren heaths*	ErCIT CCIT CIT	120
7	Kalliomaat *Rocky sites*	Vrk Vrl Vrlk	234
8	Kasvulliset korvet *Productive spruce mires*	LhK KgK VK MK	615
9	Huonokasvuiset korvet *Poor productive spruce mires*	RäK RhK NK LK	68
10	Kasvulliset rämeet *Productive pine mires*	KgR KR	250
11	Huonokasvuiset rämeet *Poor productive pine mires*	IR RhSR VSR RR HSR TR RTR LR	99
12	Ojikot ja muuttumat *Ditched and transformed swamps*	Koj Roj Noj Loj Kmu Rmu Nmu Lmu Polmu	188
13	Mustikkaturvekankaat ja viljavammat *Myrtillus type transformed swamps and more fertile*	Lhtk OMtk Mtk	45
14	Puolukkaturvekankaat ja karummat *Vaccinium type transformed swamps and less fertile*	Vtk Ctk Cltk	10
15	Kivennäismaat – *Mineral soils (1-7)*		7423
16	Turvemaat – *Peatlands (8-14)*		1275
17	Yhteensä – *Total*		8698

Metsikön kehitysvaiheen tunnuksena käytettiin valtapuuston iän asemesta kehitysluokkaa. Luokitus oli inventoinnissa ensimmäistä kertaa käytössä. Mukaan otettiin kaikki kolme varttuneen metsän kehitysluokkaa, nimittäin harvennus-, väljennys- ja uudistusmetsiköt. Sen lisäksi otettiin mukaan ne metsiköt, joiden kehitysluokkaa ei ollut määritetty (taulukko 2). Joitakin vertailulaskelmia tehtiin lisäksi käyttäen luokittelutekijänä metsikön valtapuuston ikää, jota ei kuitenkaan ollut määritetty kaikilta koealoilta, ja puuston tilavuutta.

Metsänhoidollisen tilan mukaan metsiköt oli jaettu kahdeksaan luokkaan. Luokitusta käytettiin lähes sellaisenaan, mutta pieni yli-ikäismetsiköiden luokka yhdistettiin hoitoa vailla olevien luokkaan. Harvennus-, väljennys- ja uudistusmetsiköt kuuluivat metsänhoidolliselta tilaltaan luokkiin hyvä–tyydyttävä, hoitoa vailla tai lepoa tarvitseva. Kehitysluokaltaan määrittämättömistä metsiköistä 8 % kuului metsänhoidolliselta tilaltaan edellämainittuihin luokkiin. Enin osa (62 %) viimemainitusta kehitysluokasta oli harsien harvennettu ja loput kuuluivat luokkiin puulajiltaan uudistettava, jätemetsä, muu uusittava ja yli-ikäinen.

Täyskoealojen kokonaismäärä ilman kitumaita oli 15 310 kpl (Ilvessalo 1956). Aineistoa nyt käsiteltäessä poistettiin tunnuksiltaan vajaat tai ristiriitaisesti koodatut koealat sekä uudistusalat, taimikot ja ylispuustoisten taimikkojen koealat. Lisäksi mukaan otettavilla koealoilla edellytettiin olevan puustoa vähintään 40 m^3/ha. Tilavuusrajoitus karsi Etelä-Suomen koealoista 23 % ja Pohjois-Suomen koealoista 48 %. Etelä-Suomessa jäivät kokonaan pois karukkokankaat ja Pohjois-Suomessa puolukkaturvekankaat. Muilta osin jäi lähinnä pois huonokasvuisia rämeitä ja korpia. Muutoin hylättyjen koealojen määrä oli 86. Niistä 40:ssä runkoluku oli epävarma, 34:ssä metsänhoidollinen tila oli määrittämättä (pääosin kehitysluokatonta kalliomaata), kuudella metsätyyppi oli epävarma ja kuudella kehitysluokan ja metsänhoidollisen tilan yhdistelmä oli ohjeiden vastainen. Rajausten jälkeen koealojen kokonaismääräksi kertyi 8 698.

Koealametsiköt olivat pääasiassa kivennäismaalla. Turvemaalla niistä oli vain 15 %. Tuoreet, kuivahkot ja lehtomaiset kankaat kattoivat aineistosta 78 %. Kuivien ja karukkokankaiden sekä kalliomaan koealojen määrä oli vähäinen. Turvemaalla painopiste oli korpien ja rämeiden viljavassa osassa. Turvekankaiden koealoja oli vain muutamia kymmeniä. Kaikki mukaan otetut kolme kehitysluokkaa olivat hyvin edustettuina, mutta kehitysluokaltaan määrittämättömiä oli eniten. Metsänhoidolliselta tilaltaan 41 % koealametsiköistä oli hyviä tai tyydyttäviä. Toiseksi suurin ryhmä oli harsien harvennetut metsiköt, joita oli 22 %. Seuraavaksi eniten oli ryhmää hoitoa vailla—yli-ikäiset, 21 %.

Koealojen puusto oli inventoinnissa luettu puulajeittain. Rinnankorkeuden lähtökohtana oli ylin katkaisua haittaava juurenhaaran niska ja sen puuttuessa alin mahdollinen katkaisukohta tai maan pinta (Ilvessalo 1951). Kahden senttimetrin luokkaväliä käyttäen mitatut läpimitat yhdistettiin seuraaviin yhdeksään 4 cm:n laajuiseen läpimittaluokkaan:

1. 2–6	4. 14–18	7. 26–30
2. 6–10	5. 18–22	8. 30–34
3. 10–14	6. 22–26	9. > 34 cm.

Tuloksia esiteltäessä käytetään myös kolmeen osaan jaettua runkolukujakaumaa: pienikokoinen (2–10 cm), keskikokoinen (10–22 cm) ja isokokoinen puusto (> 22 cm).

Koealalta oli valittu metsikön luonteen mukaan yleensä 10–20 pystykoepuuta. Koepuut oli valittu puiden tilavuudella painottaen ja siten niitä osui vallittuihin latvuskerroksiin vähän. Alikasvoksesta ja ylispuustosta oli otettu myös koepuita, mutta jaksoja ei runkolukusarjassa

Taulukko 2. Koealojen lukumäärä ositteittain. Kasvupaikkaluokat ks. taulukko 1.
Metsänhoidollinen tila: a = hyvä–tyydyttävä, b = hoitoa vailla–yli-ikäinen, c = lepoa tarvitseva, d = harsien harvennettu, e = jätemetsä, f = puulaji uusittava, g = muu uusittava.
Table 2. Number of sample plots by strata. For the site types, see Table 1.
Silvicultural state: a = Good–satisfactory, b = Silvicultural measure delayed–over-mature, c = Stands requiring rest, d = Selection-thinned stands, e = Cut-over stands, f = Tree species to be changed, g = Other stands to be regenerated.

Kehitysluokka	Metsänhoidollinen tila	Kasvupaikkaluokka								*Site type*						Yhteensä
Development class	*Silvicultural state*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	*Total*
					Etelä-Suomi						*Southern Finland*					
A Harvennusmetsä	a	16	221	459	259	33	0	61	143	16	46	20	87	12	3	1376
Young thinning stand	b	10	78	172	102	16	0	11	84	10	15	12	22	7	2	541
	c	0	23	96	33	7	0	8	20	1	0	6	9	4	0	207
B Väljennysmetsä	a	7	138	292	203	19	0	48	30	1	18	10	9	0	2	777
Advanced thinning stand	b	0	26	56	48	4	0	11	10	1	6	3	1	1	0	167
	c	2	23	39	26	3	0	14	6	3	6	0	0	1	0	123
C Uudistusmetsä	a	2	108	200	137	8	0	21	30	2	14	9	1	3	1	536
Mature stand	b	2	29	63	80	6	0	1	20	1	6	1	6	0	0	215
	c	0	4	14	6	0	0	0	4	0	0	1	0	0	0	29
D Ei määritetty	a	3	10	15	12	0	0	0	1	1	2	0	2	1	0	47
Not determined	b	1	9	17	7	4	0	0	12	0	1	1	1	0	0	53
	c	0	2	5	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	10
	d	23	256	599	447	26	0	13	79	0	21	1	16	3	1	1485
	e	4	31	42	62	3	0	1	14	0	1	0	2	0	0	160
	f	5	33	59	169	6	0	5	7	1	1	0	3	1	0	290
	g	11	59	50	15	1	0	0	3	1	3	0	2	1	1	147
Yhteensä - *Total*		86	1050	2178	1608	136	0	194	463	38	140	64	162	34	10	6163
					Pohjois-Suomi						*Northern Finland*					
A Harvennusmetsä	a	0	6	108	118	12	9	4	21	9	25	8	10	2	0	332
Young thinning stand	b	0	5	66	82	4	6	2	22	4	6	2	5	3	0	207
	c	0	1	21	38	1	2	0	7	0	3	1	1	0	0	75
B Väljennysmetsä	a	0	5	97	155	7	19	12	14	2	9	4	1	1	0	326
Advanced thinning stand	b	2	0	52	64	0	18	4	12	0	6	4	3	2	0	167
	c	0	0	14	15	1	2	2	1	0	1	1	1	0	0	38
C Uudistusmetsä	a	0	6	29	83	4	9	10	4	2	19	5	0	0	0	171
Mature stand	b	1	2	65	147	2	37	3	22	3	22	8	3	2	0	317
	c	0	2	2	8	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	15
D Ei määritetty	a	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Not determined	b	2	1	34	45	2	8	1	20	3	4	2	0	0	0	122
	c	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	d	1	7	156	229	8	10	0	16	3	10	0	0	1	0	441
	e	0	1	15	21	1	0	0	1	2	2	0	0	0	0	43
	f	0	0	137	109	0	0	0	9	0	2	0	0	0	0	257
	g	1	2	6	4	0	0	0	3	2	1	0	1	0	0	20
Yhteensä - *Total*		7	38	804	1120	42	120	40	152	30	110	35	26	11	0	2535

ollut eritelty (Ilvessalo 1951). Osasta koepuita oli selvitetty kairaamalla ikä. Etenkin Pohjois-Suomessa monet ylispuut olivat tyveltään lahoja eikä kokonaisikää saatu selville. 400 koealan erillisessä otoksessa nuorimman ja vanhimman koealalta kairatun puun keskimääräinen ikäero oli Etelä-Suomessa 30 vuotta ja Pohjois-Suomessa 60 vuotta. 20 vuoden ikäeron sisälle näistä koealoista mahtui Etelä-Suomessa 38 ja Pohjois-Suomessa 24 % ja vastaavasti 50 vuoden sisälle 74 ja 54 %. Kairausten perusteella koealametsiköille oli määritetty keskimääräinen ikä. Vähäisiä poikkeuksia lukuunottamatta koealan pienin kairauspuu oli koealan keski-ikää nuorempi. Tämä ikäero suureni metsikön valtapuuston iän noustessa. Vanhoissa metsiköissä ei pienimpiä puita ollut kairattu. Yli satavuotiaissa metsiköissä pienin ikäkoepuu oli läpimitaltaan keskimäärin 12 cm ja alle 60-vuotiaissa 5 cm.

Puiden iän erittely läpimittaluokittain ei siten ollut mahdollista. Metsiköiden rakenneluokituksen pohjaksi oli tässä tutkimuksessa rajoitettava puiden rinnankorkeusläpimitta. Tasarakenteinen metsikkö määriteltiin tasaikäisrakennetta vastaavin tunnuksin. Niitä ovat likimain normaalijakaumaa noudattava runkolukusarja ja enintään 20 % ikävaihtelu kiertoaikaan verrattuna (Daniel ym. 1979). Täten ikävaihtelua vastaavan puiden kokovaihtelun tuli jäädä alle 20 % kiertoajan tavoiteläpimitasta (Lähde ym. 1991). Sellaiseksi arvioitiin tässä tapauksessa 30 cm. Tasarakenteisen metsän puiden läpimitan vaihteluväli sai siten olla enintään 6 cm. Koska aineisto oli luokitettu 4 cm luokkiin, tasarakenteiseksi luokiteltavan metsikön puita saattoi olla tässä tarkastelutavassa kuitenkin kolmessa läpimittaluokassa eli 12 cm laajuudella.

Säännöllisen erirakenteiseksi luokiteltiin Danielin ym. (1979) mukaisesti metsikkö, jonka läpimittaluokkajakauma muistutti käännetyn J:n muotoa eli puiden lukumäärä pieneni jokseenkin tasaisesti läpimittaluokan suuretessa. Tämä vastaa eri-ikäismetsikköä, jossa on kaikenkokoisia puita. Luokitus pohjattiin moodin sijaintiin ja jakauman yhtenäisyyteen. Monijaksoiset metsiköt pyrittiin luokituksessa saamaan erilleen puuttomalla väliluokalla. Tavoitteena oli nimenomaan alikasvoksen erottaminen vallitsevasta puustosta. Yleiskäsitteeseen alikasvos sisällytetään tässä tutkimuksessa koko "nuorennos" (rinnankorkeutta pienemmät taimet ja taimiaines ynnä varttuneet taimet ja toisinaan isompiakin puita, aina kuitenkin vallitsevaa puustoa pienempiä ja samaa puulajia ollen nuorempia) sen kunnosta riippumatta. Tosin varsinaisena tutkimusaineistona on vain läpimitaltaan 2 cm ylittävä alikasvos.

Jokaiselle metsikölle määritettiin yksikäsitteinen rakenneluokka. Käytetty rakenneluokitus perustui Smithin (1962) ja Danielin ym. (1979) luokituksen sovellutuksiin ja oli hyvin samanlainen kuin vastaavissa aikaisemmissa tutkimuksissa (Lähde ym. 1991). Se perustuu runkolukujakauman laajuuteen ja muotoon ja korostaa pienten puiden merkitystä. Yksityiskohtaisesti se oli seuraava:

A. Tasarakenteiset: puita enintään kolmen peräkkäisen luokan laajuudella.
   - A1. Tasarakenteinen, normaalijakaumaa muistuttava. Puita kaikissa kolmessa peräkkäisessä luokassa, eniten keskimmäisessä luokassa.
   - A2. Muu tasarakenteinen.

B. Erirakenteiset: puita vähintään neljän luokan laajuudella.
   - B1. Erirakenteinen, monijaksoinen. 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, eniten ensimmäisessä tai toisessa luokassa.
   - B3. Erirakenteinen, normaalijakaumaa muistuttava. Puita ei ole eniten kahdessa pienimmässä eikä jakauman reunimmaisissa luokissa.

B4. Muu erirakenteinen.

Luokitusta yksinkertaistettiin tulosten esittelyn yhteydessä yhdistämällä luokat A1 ja B3. Näin muodostunutta luokkaa kutsutaan normaalijakaumaa muistuttavaksi rakenteeksi. Tällöin metsikön yksinomaisena vaatimuksena on normaalijakaumaa jossain määrin muistuttava läpimittaluokkajakauma sen laajuudesta riippumatta. Väljässä luokituksessa luokkia A1, A2 ja B3 voidaan kutsua myös tasarakenteisiksi (Curtis 1978, Gibbs 1978). Tämä yhdistelmäluokka ei ole herkkä yksittäisille poikkeaville puille.

Rakenneluokituksen ohella määritettiin koealoittain, missä läpimittaluokassa oli eniten puita eli runkolukujakauman moodiluokka. Jos sama suurin runkoluku oli useissa läpimittaluokissa, niistä keskimmäisin ja tasatilanteessa suurempaa läpimittaluokkaa edustava määritettiin moodiksi. Kutakin koealaa edusti siten vain yksi moodiarvo. Vastaavalla tavalla määritettiin runkolukujakauman laajuus. Saatuja tuloksia tarkasteltiin kasvupaikoittaisina, kehitysluokittaisina ja metsänhoidollisen tilan mukaisina frekvenssijakaumina.

Rakenneluokille laskettiin keskimääräinen runkolukujakauma hehtaarikohtaisena ja tarvittaessa iteroitiin eksponenttikäyrän yhtälö ja q-arvo (de Liocourt 1898). Q-arvo on vierekkäisten runkolukujen suhde ja riippuu läpimittaluokan laajuudesta. Yhteensopivuus testattiin Kolmogorov-Smirnovin testillä. Koeala-aineisto luetteloitiin myös kokonaisuudessaan rakenneluokittain runkoluvun mukaisessa suuruusjärjestyksessä. Siten selvitettiin mm. jakaumien kaksihuippuisuutta, puulajien keskinäisiä runsaus- ja mittasuhteita ym. yksityiskohtia. Aineisto käsiteltiin sekä kokonaispuustona että puulajeittain. Lehtipuustossa oli erotettu puulajilleen rauduskoivu, hieskoivu, haapa ja leppä.

3 Tulokset

3.1 Runkoluku ja puulajisuhteet

Koealojen runkoluku vaihteli huomattavasti. Yleisimmin se oli välillä 1 000–2 000 kpl/ha. Välillä 2 000–5 000 kpl/ha aineistosta oli neljännes (taulukko 3). Runkoluvultaan 5 000 kpl/ha ylittäviä koealoja oli 3 %, pääosin Etelä-Suomessa. Korkein koealakohtainen runkoluku oli huonokasvuisessa korvessa Keski-Suomessa (13 460 kpl/ha). Se oli metsänhoidolliselta tilaltaan hyvä–tyydyttävä harvennusvaiheen lähes puhdas hieskoivikko. Etelä-Suomen muista 10 000 kpl hehtaaritiheyden ylittäneistä metsiköistä kaksi oli lehtipuuvaltaista, kaksi kuusivaltaista ja yksi mäntyvaltainen sekametsikkö kivennäismaalla. Pohjois-Suomessa korkein runkoluku (12 640 kpl/ha) oli soistuneella kuivahkolla kankaalla. Metsikkö oli harvennusvaiheen lepoa tarvitseva hieskoivikko. Runkoluku oli koealoilla keskimäärin 1 657 kpl/ha ($D_{1,3}$ > 2 cm). Etelä-Suomessa se oli 1 768 ja Pohjois-Suomessa 1 387 kpl/ha. Kivennäismaalla runkoluku oli turvemaan metsiköitä paljon alhaisempi (1 533 ja 2 380 kpl/ha).

Isokokoisia (> 22 cm) puita oli koealoilla useimmiten alle 100 kpl/ha. Vailla isokokoista puustoa koealoista oli 10 %. Keskikokoista (10–22 cm) puustoa oli lähes kaikilla koealoilla, yleensä 300–1 000 kpl/ha. Pienikokoisen (2–10 cm) puuston määrä vaihteli eniten. Tämä puuston osa oli luettu 0,01 ha:n koealalta, joten pienin mahdollinen esiintymä oli 100 kpl/ha. Viidellä koealalla se ylitti 10 000 kpl/ha. Toisaalta se puuttui yhdeksällä prosentilla koealoja. Yleisimmin sitä oli 500–2 000 kpl/ha.

Taulukko 3. Runkoluvun suhteellinen jakautuminen tiheysluokkiin puulajeittain ja läpimittaryhmittäin. Koealojen määrä 8698. Puulajit: 1 = mänty, 2 = kuusi, 3 = lehtipuusto, 4 = yhteensä.
Table 3. Relative frequency distribution of stand density by tree species and diameter groups. Number of plots 8698. Tree species: 1 = Pine, 2 = Spruce, 3 = Broad-leaved trees, 4 = Total.

Puulaji *Tree species*	0	Kpl/ha – *Stems/ha* < 100	< 500	< 2000	< 5000	≥ 5000
		% koealoista – *% of sample plots*				
			2–10 cm			
1	66	0	22	10	1	0
2	32	0	32	30	5	0
3	42	0	32	21	5	1
4	9	0	26	48	15	2
			10–22 cm			
1	22	37	36	5	0	0
2	19	24	47	10	0	0
3	19	42	36	3	0	0
4	0	3	59	37	0	0
			> 22 cm			
1	31	53	16	0	0	0
2	49	42	9	0	0	0
3	65	34	1	0	0	0
4	10	55	35	0	0	0
		Koko puusto	*All trees*			
1	14	26	38	19	2	0
2	15	10	26	41	8	0
3	13	19	35	26	6	1
4	0	0	10	63	25	3

Mäntyä vailla koealoista oli 14, kuusta vailla 15 ja ilman lehtipuustoa 13 %. Yleisimmin mäntyä ja lehtipuustoa oli 100–500 kpl/ha sekä kuusta 500–2 000 kpl/ha. Männyn korkein tiheys oli 8 000, kuusen 10 500 ja lehtipuuston 13 200 kpl/ha, joka oli kokonaan tällä koealalla hieskoivua. Kehitysluokaltaan nämä metsiköt olivat harvennusmetsää.

Koko aineistossa mäntyä oli runkoluvusta keskimäärin 21, kuusta 45, koivua 25, leppää 7 ja muuta lehtipuustoa 2 % (taulukot 4, 7). Puulajisuhteet vaihtelivat kasvupaikoittain. Kivennäismaista lehtipuusto oli yleisin lehtomaisella ja sitä viljavammalla maalla, kuusi tuoreella ja kuivahkolla kankaalla sekä mänty sitä karummilla mailla. Turvemaalla lehtipuusto oli vallitseva lukuunottamatta kasvullista korpea (kuusi) ja huonokasvuista rämettä (mänty).

Pelkästään joko mäntyä, kuusta tai lehtipuustoa kasvavia metsiköitä oli 5 % (taulukko 5). Lähinnä ne olivat karun kivennäismaan ja huonokasvuisen rämeen männiköitä sekä lehtomaisen kivennäismaan kuusikoita ja lehtipuustoja sekä turvemaan lehtipuustoja. Kahden havupuun tai yhden havupuun ja lehtipuuston muodostamia sekametsiköitä oli kolmannes. Lehtipuustoa ja kuusta oli viljavalla kivennäis- ja turvemaalla, lehtipuustoa ja mäntyä puolestaan karulla kivennäis- ja turvemaalla. Mänty-kuusisekametsää oli yleisimmin kuivahkolla kankaalla ja sitä karummalla kivennäismaalla. Koealoja, joilla esiintyivät yhtäaikaa molemmat havupuut ja lehtipuustoa, oli 62 % koealametsiköistä. Karua kivennäismaata ja huonokasvuista korpea lukuunottamatta viimemainitun yhdistelmän osuus oli korkein

vaihdellen välillä 51–90 %. Erilainen lehtipuuston ja molempien havupuiden muodostama sekametsä oli siten selvästi vallitsevin metsikkömuoto.

Taulukko 4. Lehtipuuston yleisyys, runkoluku ja sen suhteellinen jakautuminen läpimittaryhmiin koealoilla puulajeittain.
Table 4. Occurrence of broad-leaved trees, stem number and its relative distribution into diameter groups on the sample plots by tree species.

Puulaji *Tree species*	Yleisyys *Frequency* %	Runkoluku kpl/ha *Stems per ha*	Läpimittaryhmä 2-10 cm	– 10-22 cm %	*Diameter group* >22cm
Rauduskoivu *Silver birch*	47	81	52	41	7
Hieskoivu *Pubescent birch*	67	336	79	20	1
Leppä *Alder*	18	111	96	4	0
Haapa *Aspen*	19	25	76	20	4
Muut *Others*	5	11	92	7	1
Yht. / Keskim. *Total / Aver.*	87	563	78	20	2

3.2 Runkolukujakauman laajuus ja moodi

Puiden kokovaihtelu oli koealoilla suurta. Keskimäärin puita oli vajaan seitsemän luokan eli 27,6 cm laajuudella (liite 1). Pohjois-Suomessa vaihteluväli oli hieman Etelä-Suomea suurempi (29,2 ja 26,8 cm). Turvemaalla se oli selvästi kivennäismaata pienempi (24,8 ja 28,0 cm). Syynä oli isokokoisen puuston vähäisyys. Metsiköiden varttuessa puiden kokoero kasvoi johdonmukaisesti. Se oli uudistusmetsässä suurin (30 cm) sekä isokokoisen puuston järeyden että pienikokoisen puuston yleisyyden vuoksi. Koealoja, joilla puita oli ainakin kaikkein pienimmässä ja suurimmassa läpimittaluokassa, oli 16 %. Tasarakenteisuuden rajana määritettyyn kolmeen läpimittaluokkaan mahtuvia koealoja oli 0,7 prosenttia.

Puulajeittaiset runkolukusarjat olivat noin kaksi läpimittaluokkaa kokonaispuustoa suppeammat. Lehtipuuston runkolukujakauma oli vaihteluväliltään pienin ja kuusen suurin (16,8 ja 21,2 cm). Kolme läpimittaluokkaa tai sitä suppeampia runkolukusarjoja oli männyllä 23, kuusella 19 ja lehtipuustolla 36 %:lla ao. puulajin koealoista. Niitä esiintyi verrattain tasaisesti kaikissa ositteissa ja yleisimmin silloin, kun puulajia oli niukasti. Koko vaihteluvälin puulajikohtaisesti kattavia koealoja oli 2–5 %. Puulajeittaisten runkolukusarjojen suppeus suhteessa kokonaisrunkolukuun merkitsi sitä, että eri puulajit täyttivät toisilta jääneitä aukkoja eli olivat sekametsässä kooltaan erilaisia.

Taulukko 5. Puhtaiden metsiköiden ja eri puulajiyhdistelmien yleisyys (% koealojen lukumäärästä) kasvupaikoittain. Puulajit: 1 = mänty, 2 = kuusi, 3 = lehtipuusto. N = koealojen lukumäärä, O = osite (ks. taulukko 1).

Table 5. Occurrence (% of plot number) of pure stands and different combinations of tree species by site types. Tree species: 1 = Pine, 2 = Spruce, 3 = Broad-leaved trees. N = Number of sample plots, O = Stratum (see Table 1).

O	N	1	2	3	1+2	1+3	2+3	1+2+3
			Etelä-Suomi – *Southern Finland*					
1	86	0	2	8	1	8	28	52
2	1050	0	2	2	5	8	20	63
3	2178	0	2	0	9	7	12	70
4	1608	5	1	0	16	14	3	62
5	136	29	0	0	21	26	0	24
6	0	0	0	0	0	0	0	0
7	194	11	1	0	14	19	1	55
8	463	0	0	0	3	2	31	63
9	38	0	0	5	0	13	37	45
10	140	1	0	0	6	17	1	75
11	64	22	0	0	6	22	0	50
12	162	3	0	1	2	22	13	59
13	34	0	0	6	0	3	18	74
14	10	0	0	0	0	10	0	90
17	6163	3	1	1	10	10	12	64
			Pohjois-Suomi – *Northern Finland*					
1	7	0	0	0	0	0	71	29
2	38	0	0	0	3	5	63	29
3	804	0	1	0	4	2	23	69
4	1120	6	0	0	8	19	8	60
5	42	31	0	0	10	33	0	26
6	120	28	0	0	8	52	0	13
7	40	0	0	0	3	40	10	48
8	152	0	0	0	2	3	39	56
9	30	0	3	7	0	0	63	27
10	110	4	0	0	5	6	12	74
11	35	6	0	0	9	20	6	60
12	26	0	0	8	4	27	23	38
13	11	0	0	9	0	9	45	36
14	0	0	0	0	0	0	0	0
17	2535	5	0	0	6	14	16	59
			Koko Suomi – *Whole Finland*					
1	93	0	2	8	1	8	31	51
2	1088	0	2	2	5	8	21	62
3	2982	0	2	0	8	5	15	70
4	2728	5	0	0	13	16	5	61
5	178	30	0	0	19	28	0	24
6	120	28	0	0	8	52	0	13
7	234	9	0	0	12	22	3	54
8	615	0	0	0	3	3	33	61
9	68	0	1	6	0	7	49	37
10	250	2	0	0	6	12	6	74
11	99	16	0	0	7	21	2	54
12	188	3	0	2	2	23	14	56
13	45	0	0	7	0	4	24	64
14	10	0	0	0	0	10	0	90
17	8698	3	1	1	9	11	13	62

Tarkasteltaessa vain niitä läpimittaluokkia, joissa puita esiintyi, päädyttiin edellistä suppeampaan laajuusväliin. Koealoja, joilla kaikissa yhdeksässä luokassa oli puita, oli 7 %. Kolmen puustoisen luokan tai suppeampia koealoja oli 1 %. Puita oli keskimäärin 6,6 läpimittaluokassa. Vaihteluvälin sisäisiä tyhjiä luokkia oli keskimäärin 0,3 koealaa kohti. Puulajeittain tarkastellen niitä oli 0,5. Täten puulajeittaisetkaan runkolukusarjat eivät olleet yleensä aukkoisia.

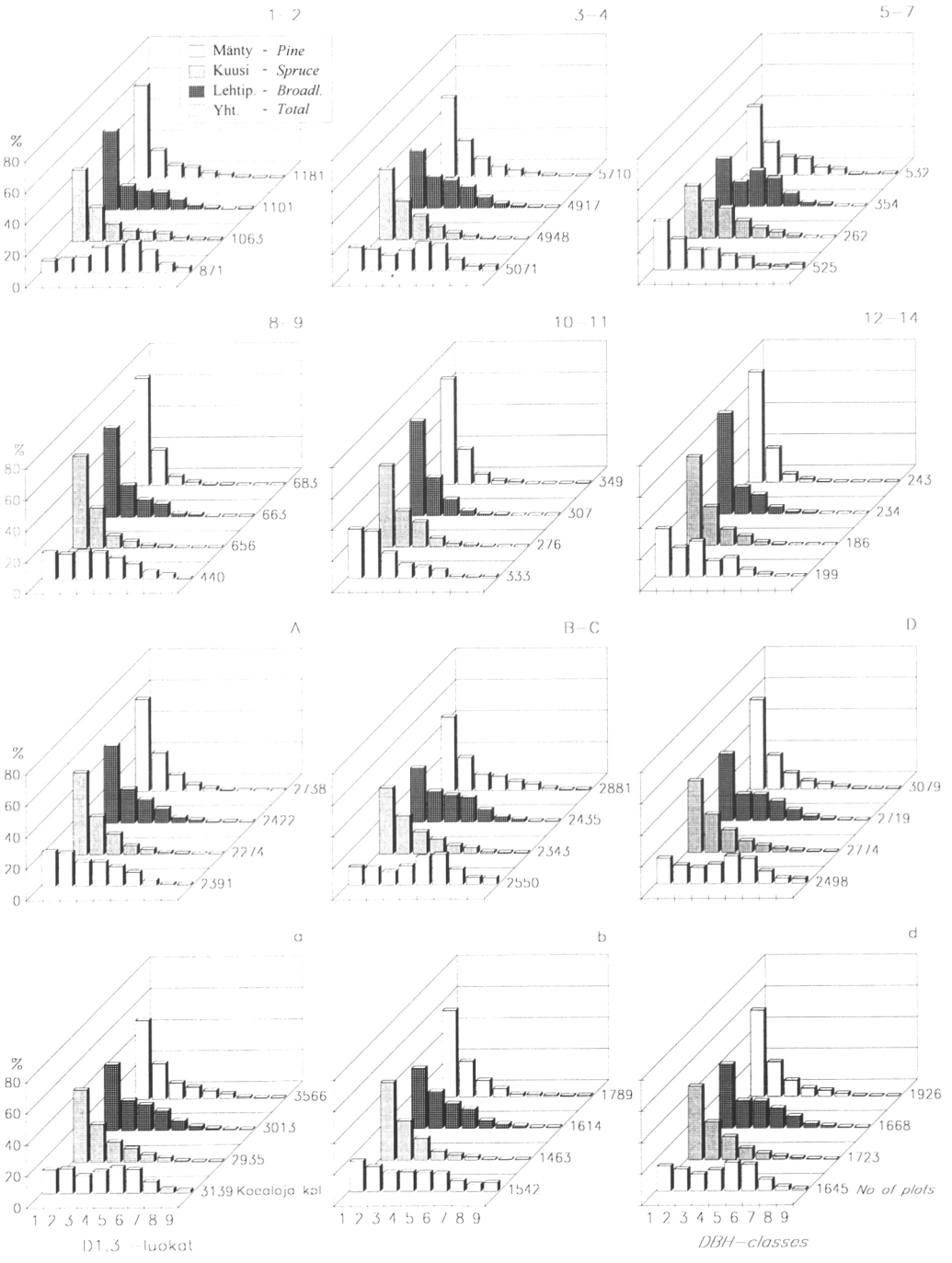
Kokonaisuudessaan puita oli yleisimmin läpimittaluokassa 10–14 cm samaten kuin kuusta ja lehtipuustoakin (taulukko 6). Männyllä läpimitta 14–22 cm oli yleisin. Pienintä läpimittaluokkaa (2–6 cm) oli yleisimmin kuusella ja suurinta (> 34 cm) männyllä. Koko puustossa pienintä läpimittaluokkaa oli 84 ja suurinta 20 %:lla koealoja.

Taulukko 6. Puuston läpimittaluokittainen esiintymisfrekvenssi (%) puulajeittain. Koealojen määrä 8 698.
Table 6. Occurrence (%) of stems by diameter classes and tree species. Number of sample plots 8 698.

Puulaji	Läpimittaluokat			–	*Diameter classes, cm*					Keskim.
Tree species	2-6	-10	-14	-18	-22	-26	-30	-34	>34	*Average*
Mänty *Pine*	23	25	61	64	65	60	43	23	13	42
Kuusi *Spruce*	60	53	76	71	60	46	27	13	6	46
Lehtipuusto *Broad-leaved trees*	49	41	72	64	47	30	14	5	3	36
Yhteensä *Total*	84	80	99	98	96	87	64	36	20	74

Läpimittajakauman suurin runkoluku eli moodi oli 77 %:ssa koealoja pienikokoisessa puustossa ja yli puolessa metsiköitä pienimmässä (2–6 cm) läpimittaluokassa (kuva 1). Keskikokoisessa puustossa moodi oli 20 %:ssa metsiköitä ja isokokoisessa puustossa vain 3 %:ssa koealoja. Täten moodin esiintymisfrekvenssi pieneni jyrkästi puiden läpimitan suuretessa. Erot ositteiden välillä olivat vähäiset eivätkä Etelä- ja Pohjois-Suomi poikenneet toisistaan. Turvemaalla moodi sijaitsi kivennäismaata selvästi yleisemmin pienikokoisessa puustossa (91 ja 74 %) ja varsin samalla tavalla kaikilla turvemaan kasvupaikoilla. Ääritapaus oli puolukkaturvekangas, jonka kaikilla koealoilla moodi oli pienikokoisessa puustossa. Viljavalla kivennäismaalla moodi oli karua useammin pienikokoisessa puustossa. Isokokoisessa puustossa moodi oli selvästi useimmin (14 % koealoista) Pohjois-Suomen karukkokankaalla.

Kehitysluokkien välillä selvin ero oli moodin painottumisessa isokokoiseen puustoon harvennusmetsästä uudistusmetsään siirryttäessä (1 ja 9 %). Kehitysluokaltaan määrittämättömissä metsiköissä moodi oli isokokoisessa puustossa 2 %:ssa. Kehitysluokkajakoa myötäilevä iän mukainen luokitus antoi tulokseksi vastaavanlaisen siirtymän. Niinpä Etelä-Suomen valtapuustoltaan alle 60-vuotiaissa metsiköissä moodi oli isokokoisessa puustossa harvoin (1 %), 60–100-vuotiaissa metsiköissä hieman useammin (3 %) ja yli 100-vuotiaissa yleisimmin (6 %). Tilavuuden lisääntymisen vaikutus oli hyvin samanlainen. Puuston tilavuuden ollessa alle 80 m^3/ha vastaava moodifrekvenssi oli 1, tasolla 80–160 m^3/ha 3 ja yli 160 m^3/ha 9 %.



Kuva 1. Moodin suhteelllinen sijainti koealoilla puulajeittain, kasvupaikoittain, kehitysluokittain ja metsänhoidollisen tilan mukaan. $D_{1,3}$ -luokat: 1 = 2–6, ... 9 = > 34 cm. Muut lyhenteet ks. taulukot 1–2 .

Fig. 1. Relative frequency distribution of sample plot modes by tree species, site type, development class, and silvicultural state. DBH classes: 1 = 2–6, ... 9 = > 34 cm. For the other legends, see Tables 1–2.

Kuusella ja lehtipuustolla moodi esiintyi kokonaispuuston lailla yleisimmin pienikokoisessa puustossa (liite 2). Jakaumilla oli lähes sama perusrakenne. Ositteittain tarkastellen pienikokoinen kuusi samoin kuin lehtipuusto olivat muita läpimittaluokkia runsaampia verrattain tasaisesti kaikissa kehitysluokissa kuten myös metsänhoidolliselta tilaltaan erilaisissa metsiköissä. Pientä poikkeamaa oli vain karulla kivennäismaalla, jolla moodi oli useammin läpimittaluokassa 10–14 cm kuin sitä edeltävässä (6–10 cm). Se oli siten eräänlainen väliluokka. Toisaalta koealojen määrä ei ollut korkea ja kuusta ja lehtipuustoa oli näissä ositteissa niukasti.

Mänty erosi muista puulajeista. Suurin runkoluku esiintyi tasaisesti läpimittaluokissa välillä 2 –26 cm. Pohjois-Suomessa moodiarvo jakaantui lähes tasaisesti pieni-, keski- ja isokokoiseen puustoon. Turvemaalla moodi oli kivennäismaata yleisemmin pienikokoisessa puustossa. Tuoreella kankaalla ja sitä viljavammalla kivennäismaalla sekä väljennys- ja uudistusmetsissä moodi oli muita ositteita yleisemmin isokokoisessa puustossa. Pienikokoisen (2–10 cm) männyn runkoluku oli tällöinkin selvästi korkeampi kuin isokokoisen puuston. Se oli seurausta tiheikkökoealoista, jotka nostivat keskimääräistä runkolukua. Monissa metsiköissä ei pienikokoista mäntyä kuitenkaan ollut, joten männyn moodiarvo kirjautui isokokoiseen puustoon pienelläkin runkoluvulla.

3.3 Metsikkörakenne

Normaalijakaumaa muistuttavia tasarakenteiseksi luokiteltuja koealametsiköitä (A1) aineistossa oli 16 eli 0,2 % (liite 3). Niihin sisältyi kaikenkokoista puustoa. Muita tasarakenteisia (A2) oli 0,5 %. Useimmat niistä olivat läpimitaltaan 2–14 cm harvennusmetsää, loput keskikokoista puustoa. Puuston tilavuus oli pienempi kuin muissa rakenneluokissa, mutta runkoluku (taulukko 7) oli kaikkein korkein, 2,8-kertainen keskimäärään verrattuna. Lähes poikkeuksetta puita oli eniten pienimmässä läpimittaluokassa. Puusto oli muita rakenteita lehtipuuvaltaisempaa. Turvemaalla tämä rakenneluokka oli kivennäismaata yleisempi. Keskimääräinen runkolukujakauma noudatti käänteisen J:n mallia ja sen jyrkkyys oli kokonaispuuston osalta suurin ($q = 2,94$).

Erirakenteisia, määritellyllä tavalla monijaksoisia metsiköitä (B1) oli 11 %. Lisäksi oli 11 % metsiköitä, joissa puuton väliluokka oli välillä 18–34 cm. Edelleen oli 14 % metsiköitä, jotka todettiin kaksi- tai useampihuippuisiksi. Kumpikaan viimemainittu rakenne ei kuitenkaan ole tässä tutkimuksessa itsenäisenä luokkana eikä niitä käsitellä lähemmin. Monijaksoisten metsiköiden yleisyys oli sama kautta maan. Myös kasvupaikoittain, kehitysluokittain ja metsänhoidollisen tilan mukaan monijaksoisuutta oli tasaisesti, lukuunottamatta turvemaata ja harvennusmetsää, joilla se oli keskimäärää selvästi niukempaa.

Pienikokoisinta (2–6 cm) puustoa oli yli puolet (469 kpl/ha) monijaksoisten metsiköiden runkoluvusta. Lukuunottamatta toista läpimittaluokkaa (6–10 cm) runkoluku aleni säännöllisesti läpimitan kasvaessa. Puuttomana väliluokkana oli 88 %:lla koealoja toinen, 2 %:lla kolmas, 6 %:lla neljäs ja 4 %:lla puuttomia väliluokkia oli kaksi tai kolme. Jos puutonta väliluokkaa pienempiläpimittainen puusto tulkitaan alikasvokseksi, sen määrä oli keskimäärin 496 kpl/ha. 44 %:lla koealoja tätä alikasvosta oli enintään 200 ja 13 %:lla vähintään 1 000 kpl/ha.

Taulukko 7. Keskimääräinen runkoluku (kpl/ha) ja sen suhteellinen läpimittaluokkajakauma rakenneluokittain ja puulajeittain. Rakenneluokat: A1 = tasarakenteinen, normaalijakaumaa muistuttava, A2 = muu tasarakenteinen, B1 = erirakenteinen, monijaksoinen, B2 = säännöllisen erirakenteinen, B3 = erirakenteinen, normaalijakaumaa muistuttava, B4 = muu erirakenteinen. Puulajit: 1 = mänty, 2 = kuusi, 3 = lehtipuusto, 4 = yhteensä. N = koealojen lukumäärä, V = puuston tilavuus, m^3/ha.

Table 7. Average stand density (stems per ha) and its relative diameter distribution by structure classes and tree species.. Structure classes: A1 = Even-sized, resembling normal distribution, A2 = Even-sized, others, B1 = All-sized, storeyed, B2 = Regularly all-sized, B3 = All-sized, resembling normal distribution, B4 = All-sized, others. Tree species: 1 = Pine, 2 = Spruce, 3 = Broad-leaved trees, 4 = Total. N = Number of sample plots, V = Growing stock cubic meters per hectare.

Rakenne			Puulaji	Läpimittaluokat – *Diameter classes, cm*									Yht.
	N	V	*Tree*	2-6	-10	-14	-18	-22	-26	-30	-34	>34	
Structure			*species*					%					*Total*
A1	16	95	1	8	23	19	26	13	7	3	1	1	468
"	"	"	2	44	13	23	19	2	0	0	0	0	99
"	"	"	3	23	64	11	2	1	0	0	0	0	500
"	"	"	4	18	41	16	14	6	3	2	0	0	1067
A2	45	61	1	52	31	12	4	1	0	0	0	0	900
"	"	"	2	69	24	5	2	1	0	0	0	0	813
"	"	"	3	72	25	3	0	0	0	0	0	0	2975
"	"	"	4	68	26	5	1	0	0	0	0	0	4688
B1	995	100	1	32	2	12	14	15	13	7	3	2	243
"	"	"	2	50	2	16	13	9	6	3	1	0	355
"	"	"	3	66	4	11	9	6	3	1	0	0	328
"	"	"	4	51	3	13	12	9	7	3	1	1	926
B2	5665	98	1	35	24	14	10	7	5	2	1	1	405
"	"	"	2	49	26	12	7	3	2	1	0	0	950
"	"	"	3	58	24	10	5	2	1	0	0	0	725
"	"	"	4	49	25	12	7	4	2	1	0	0	2079
B3	1433	126	1	4	10	20	22	20	14	6	2	1	270
"	"	"	2	14	17	27	20	12	6	2	1	0	364
"	"	"	3	12	17	30	22	12	5	2	1	0	176
"	"	"	4	10	15	25	21	15	9	3	1	1	809
B4	544	94	1	0	19	20	18	18	13	7	3	2	234
"	"	"	2	0	31	26	18	13	7	3	1	1	227
"	"	"	3	0	32	31	20	11	5	1	0	0	137
"	"	"	4	0	26	25	19	14	9	4	2	1	598
Yht./Keskim.	8698	102	1	29	21	15	12	10	7	3	1	1	356
Tot./Aver.	"	"	2	45	24	14	9	5	2	1	0	0	738
"	"	"	3	55	23	11	6	3	1	0	0	0	563
"	"	"	4	45	23	13	9	5	3	1	0	0	1657

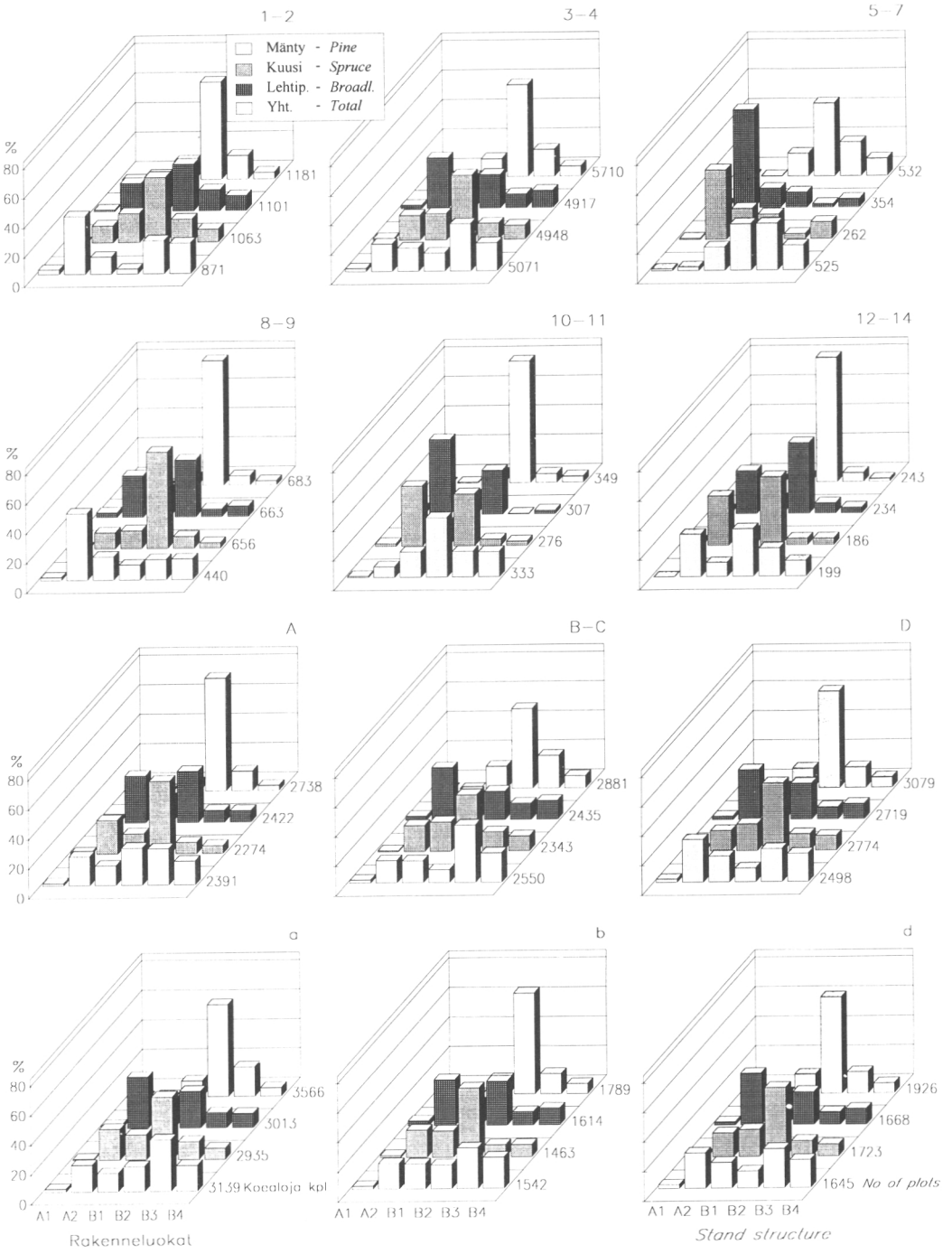
Säännöllistä erirakenteisuutta (B2) esiintyi aineistossa enemmän kuin muita rakenteita yhteensä, 65 %. Tämä ns. käännetyn J:n muoto oli aineistossa kauttaaltaan yleinen (kuva 2). Kasvupaikoista ainoastaan Pohjois-Suomen karukkokankaalla se ei ollut rakenteista yleisin. Pohjois-Suomessa sitä oli muutenkin hieman Etelä-Suomea vähemmän. Turvemaametsiköissä säännöllinen erirakenteisuus oli kaikkia muita ositteita runsaampaa kattaen 84 % koealoista. Väljennys- ja uudistusmetsissä tätä rakennetta oli harvennusmetsää vähemmän, mutta tällöinkin 55 %. Myös metsänhoidolliselta tilaltaan erilaisissa metsiköissä säännöllinen erirakenteisuus oli tasaisen yleistä ja esimerkiksi harsien harvennetuissa vain hieman hyvä–tyydyttäviä metsiköitä runsaampaa.

Säännöllisen erirakenteismetsän keskimääräinen runkoluku, 2 079 kpl/ha (taulukko 7), oli yli kaksinkertainen muuhun aineistoon nähden. Pienikokoista puustoa (2–10 cm) oli 1 544 kpl/ha eli yli nelinkertainen määrä. Runkoluku vaihteli koealoittain välillä 200–12 900 kpl/ha. Koealoista 30 %:lla se oli enintään 500 ja 12 %:lla vähintään 2 000 kpl/ha. Keskimääräinen runkoluku aleni säännöllisesti läpimitan suuretessa noudattaen käännetyn J:n muotoa q-arvolla 1,97. Runkoluvultaan tiheimmällä sadanneksella koealoja keskimääräisen runkolukujakauman q-arvo oli 3,82 ja harvimmalla 1,33.

Erirakenteisia normaalijakaumaa muistuttavia metsiköitä (B3) oli aineistosta 17 %. Rakenne painottui kuivahkoihin ja sitä karumpiin kankaisiin. Pohjois-Suomen karukkokankaalla se oli kaikkein yleisin rakenne. Pohjois- ja Etelä-Suomi eivät eronneet tämän rakenteen suhteen toisistaan. Turvemaalla rakenne B3 oli tasaisen niukkaa. Väljennys- ja uudistusmetsissä se oli yleisempi kuin muissa kehitysluokissa. Runkoluku oli niissä alhainen, mutta puuston tilavuus oli rakenneluokista korkein. Koealoilla, joiden runkoluku oli korkea, pienikokoista puustoa oli runsaasti ja moodi lähes poikkeuksetta läpimittaluokassa 3. Runkolukujakauma oli tällöin lähes säännöllisen erirakenteinen ja selvästi oikealle vino. Runkoluvun aletessa etenkin pienikokoinen puusto väheni ja 34 %:lla sitä ei ollut lainkaan. Näillä koealoilla normaalijakauman muoto hahmottui verrattain tasapainoisena. Rakenneluokan B3 keskimääräinen runkolukujakauma oli kuitenkin oikealle vino. Pienikokoista puustoa oli 200, keskikokoista 495 ja isokokoista 113 kpl/ha. Jakauma ei yhteensopivuustestissä täyttänyt normaalijakauman vaatimuksia ($p < 0,05$).

Rakennetta B4 (muu erirakenteinen) koealoista oli 6 %. Se oli Pohjois-Suomessa Etelä-Suomea yleisempi (9 ja 5 %). Turvemaalla sen esiintyminen oli niukkaa ja karulla kivennäismaalla muita kasvupaikkoja yleisempää. Väljennys- ja uudistusmetsissä se oli yleisempi kuin harvennusmetsässä. Runkoluku oli selvästi alempi kuin muissa rakenneluokissa, 598 kpl/ha. Pienin puusto (2–6 cm) puuttui kaikilta näiltä koealoilta. Suuressa osassa aineistoa myös toinen (29 %) ja sen lisäksi joskus kolmaskin (4 %) läpimittaluokka olivat puuttomat. Lähes poikkeuksetta (95 %:lla koealoja) suurin runkoluku oli kullakin koealalla sen pienimmässä läpimittaluokassa. Näin oli aina runkoluvun ollessa korkea. Tällöin runkoluku laski läpimitan suuretessa selvästi vaikkei säännöllisesti. Runkoluvun ollessa matala sen jakauma oli laakea ja tällöin myös suurin runkoluku saattoi olla koealan suurimmassa läpimittaluokassa. Keskimääräinen runkoluku aleni tässä rakenneluokassa säännöllisesti puiden läpimitan kasvaessa ($q = 1,35$).

Männyn osalta metsikkörakenne poikkesi suuresti koko puuston rakenteesta. Rakenne B3 oli yleisin ja yhdessä tasarakenteisten (A1, A2) metsiköiden kanssa niiden yhteisosuus nousi puoleen. Rakennetta B4 oli vajaa viidennes ja säännöllinen erirakenteisuus (B2) oli vasta neljänneksi yleisin. Rakenteet B3 ja B4 olivat yleisiä kaikilla kasvupaikoilla rakenteen B2 ollessa niukkaa sekä tuoreilla ja sitä viljavammilla kankailla että korvissa. Tasarakenteisuutta oli eniten siellä, missä männyn esiintyminen oli niukkaa. Männyn keskimääräinen runkolu-



Kuva 2. Suhteellinen metsikkörakenne koealoilla puulajeittain, kasvupaikoittain, kehitysluokittain ja metsänhoidollisen tilan mukaan. Rakenneluokat: A1 = tasarakenteinen, normaalijakaumaa muistuttava, A2 = muu tasarakenteinen, B1 = erirakenteinen, monijaksoinen, B2 = säännöllisen erirakenteinen, B3 = erirakenteinen, normaalijakaumaa muistuttava, B4 = muu erirakenteinen. Muut lyhenteet ks. taulukot 1–2.

Fig. 2. Relative frequency of stand structure on sample plots by tree species, site type, development class, and silvicultural state. Stand structure: A1 = Even-sized, resembling normal distribution, A2 = Even-sized, others, B1 = All-sized, storeyed, B2 = Regularly all-sized, B3 = All-sized, resembling normal distribution, B4 = All-sized, others. For the other legends, see Tables 1–2.

kujakauma rakenteessa B3 (taulukko 7) oli vain lievästi vino eikä se yhteensopivuustestissä poikennut normaalista.

Kuusella säännöllinen erirakenteisuus oli selvästi muita puulajeja yleisempi (45 %). Se vallitsi lähes kaikissa ositteissa. Toiseksi yleisin oli tasarakenteisuus painottuen karulle kivennäis- ja turvemaalle, joilla kuusen esiintyminen oli niukkaa. Rakenteet B1 ja B4 esiintyivät verrattain tasaisesti kaikilla kasvupaikoilla.

Lehtipuustolla rakenteet A2 ja B2 esiintyivät lähes tasaveroisesti. Lehtipuusto oli siten pääosin tasarakenteista tai säännöllisen erirakenteista. Normaalijakaumaa muistuttava rakenne (A1, B3) oli lehtipuustolla samaten kuin kuusella verraten harvinainen. Säännöllinen erirakenteisuus painottui lehtoihin, korpiin, ojikoihin ja turvekankaille. Niillä lehtipuustoa oli keskimäärää runsaammin. Tasarakenteisuus puolestaan painottui karuille kasvupaikoille, joilla lehtipuustoa oli niukasti. Muu erirakenteisuus jakaantui verrattain tasaisesti kaikkiin ositteisiin. Monijaksoista lehtipuustoa (B1) oli yleisimmin tuoreella ja sitä viljavammalla kivennäismaalla. Lehtipuuston runkoluku oli korkein rakenteessa A2, 2 975 kpl/ha. Siitä 72 % oli pienikokoisinta puustoa ja tämän rakenteen keskimääräisen runkoluvun aleneminen läpimitan kasvaessa oli hyvin jyrkkää (q = 3,30). Myös rakenteen B2 osalta q:n arvo (2,39) oli havupuita suurempi.

Rakennejakaumien vaihtelu viittasi siihen, että kokonaisrakenne koostui keskenään hyvinkin erilaisista puulajeittaisista osarakenteista. Tämän valaisemiseksi laskettiin esimerkinomaisesti männyn ja lehtipuuston rakenne kuusen ollessa Etelä-Suomessa rakennetta B2 (säännöllisen erirakenteinen). Tällöin ilmeni, että vain 23 %:lla koealoista lehtipuustolla oli sama rakenne ja männyllä vastaavasti 9 %:lla. Lehtipuuston rakenne oli näissä kuusikoissa lähes samanlainen Etelä-Suomen koko lehtipuuaineiston kanssa eron ollessa enimmillään runsaat kaksi prosenttiyksikköä. Männyllä rakennetta B2 ja B3 oli kumpaakin noin viisi prosenttiyksikköä koko mäntyaineistoa vähemmän ja rakenteita A2 ja B4 vastaavasti enemmän. Kokonaispuuston rakenne määräytyi lähes yksinomaan kuusen mukaan, sillä muuta rakennetta oli vain 3 %.

Mäntyä edellä mainituilla koealoilla oli 229 kpl/ha eli 63 % Etelä-Suomen keskimäärästä. Lehtipuustoa oli vastaavasti 506 kpl/ha, 87 %. Kuusen runkoluku, 1 507 kpl/ha, oli aineiston keskimäärään nähden lähes kaksinkertainen ja koko runkolukukin keskimäärää suurempi. Isokokoista mäntyä oli 31, kuusta 36, lehtipuustoa 9 kpl/ha ja yhteismäärä 86 % aineiston keskimäärästä. Isokokoisen kuusen esiintyminen riippui selvästi runkoluvusta. Kokonaisrunkoluvun ylittäessä 5 000 kpl/ha isokokoista kuusta oli keskimäärin 13 kpl/ha. Runkoluvun alittaessa 1 000 vastaava määrä oli 49 kpl/ha.

4 Tulosten tarkastelu

Säännöllinen erirakenteisuus (B2) eli käännetyn J:n malli oli selvästi yleisin metsikkörakenne. Se kattoi koealojen määrästä 65 %. Tälle rakenteelle oli leimaa-antavaa keskimäärää korkeampi runkoluku samoin kuin pienikokoisen puuston runsas osuus. Turvemaalla säännöllinen erirakenteisuus oli erityisen yleinen ja metsiköt voimakkaan erirakenteisia. Tämä tulos tukee Suomessa (Heikurainen 1971, Gustavsen & Päivänen 1986, Hökkä & Laine 1988) ja Ruotsissa (Hånell 1984) tehtyjä varhempia tutkimuksia. Toisaalta säännöllinen erirakenteisuus oli myös kivennäismaan metsiköissä hyvin yleinen (62 %). Karuja kankaita lukuunottamatta se oli muita rakenteita selvästi yleisempi. Tulos on ennakkoarvioista poikkeava, sillä Suomessa on katsottu esiintyvän eri-ikäisyyttä kivennäismaan metsiköissä

vain jäkäläkankaalla ja kalliomaalla ja nimenomaan Pohjois-Suomessa (Ilvessalo 1916, 1937, Lassila 1920, Nyyssönen 1954, Lihtonen 1959, Vuokila 1984). Puulajeittain erikseen tarkasteltuna männyllä säännöllistä erirakenteisuutta oli 14, kuusella 45 ja lehtipuustolla 26 %:lla koealoista. Tämä rakenne on siten kuuselle luonteenomaisin ja sopii yhteen myös sen ekologisen luonteen kanssa (Kalela 1949). Metsiköissä, joissa kuusi noudatti säännöllistä erirakenteisuutta, oli useimmiten myös lehtipuustoa ja mäntyä.

Perusmäärittelyn mukaisia tasarakenteisia (A1, A2) metsiköitä oli vain 0,7 %. Koealoittaisen runkolukujakauman laajuus oli keskimäärin 28 cm ja ylitti siten selvästi 12 cm tasarakenteisuusrajan. Yhdistämällä mainitut metsiköt normaalijakaumaa muistuttaviin erirakenteisiin (B3) kertyi väljästi tulkiten tasarakenteisten metsiköiden yhteismääräksi 18 %. Myös normaalijakauman tulkinta on tällöin hyvin väljä, sillä runkolukusarjan moodi saattoi olla lähes jakauman laidassa. Pääosassa näitä koealoja runkolukujakauma olikin oikealle vino. Ryhmä muut erirakenteiset (B4) oli edellistäkin epäsymmetrisempi. Pienikokoinen puusto puuttui ikäänkuin se olisi raivattu. Kulloinkin pienin läpimittaluokka oli lähes poikkeuksetta runkoluvultaan muita suurempi. Näiden koealojen läpimittaluokkajakauma muistutti täten käännetyn J:n muotoa. Lisättäessä nämä koealat rakenteiden A2, B1 ja B3 vastaaviin tulee käännetyn J:n luonteisen rakenteen yhteismääräksi rakenneluokka B2 mukaanlukien lähes 90 %.

Runkolukujakauman muotoon ja laajuuteen perustuvasta metsikkörakenteesta tässä tutkimuksessa vuosina 1951–53 saatu kuva on hyvin samanlainen kuin hakkuilta säästyneiden metsiköiden rakenne oli 30 vuotta aikaisemmin (Lähde ym. 1991, Norokorpi ym. 1994). Kumpanakin ajankohtana säännöllisen erirakenteisten metsiköiden osuus oli korkea. Kuudenkymmenen vuoden kuluessakaan ei mainittavaa muutosta tässä suhteessa ollut tapahtunut (Lähde ym. 1992). Seitsemäs (1977–84) valtakunnallinen inventointi tosin tehtiin relaskooppikoealoja käyttäen. Se ei mahdollista koealoittaista tarkastelua. Osittain tehty vertailu antoi kuitenkin tulokseksi, että pienikokoisen puuston runsaus oli leimaa-antava piirre metsissä myös kymmenkunta vuotta sitten. Muutoksia monissa muissa tunnuksissa kuten runkoluvussa, isokoisessa puustossa, tilavuudessa ja kasvussa on kyllä tapahtunut (Ilvessalo 1956, Kuusela & Salminen 1991).

Metsiemme kehitys on edelläkuvatun 60 vuoden aikana käynyt läpi monia vaiheita. Vuosisadan alkupuolella oli menekkiä yleensä vain tukkipuustolla. Hakkuut olivat useimmiten määrämittaharsintoja tai ainakin harsinnan luonteisia (Vuokila 1984). Polttopuuta tarvittiin paljon (Pöntynen 1962) ja myös aidaksiin käytettiin runsaasti puuta (Ollinmaa 1962). Paperipuun käyttö toi harsintahakkuut harvennusmetsiinkin, kunnes ns. harsintajulkilausuma (Appelroth ym. 1948) kielsi poiminnanluonteiset hakkuut ja asetti alaharvennuksen ainoaksi hyväksyttäväksi menetelmäksi. Ilmeisesti metsän staattisuutta ja kykyä palautua luonnonmukaiseen rakenteeseen kuvaa se, että metsien runkolukujakauman muotoon perustuva rakenne on kaikista näistä käytännöistä huolimatta varsin vähän muuttunut. Luonto siten synnyttää kaiken aikaa metsiköihin uutta nuorennosta eri puulajien uudistumiskyvyn ja ekologisen luonteen mukaisesti.

Tässä tutkimuksessa määritellyllä tavalla monijaksoisia (B1) eli erillistä alikasvosta sisältäviä metsiköitä oli 11 %. Puuttoman väliluokan erottaman alikasvoksen lisäksi oli 14 % metsiköitä, joissa alikasvos läpimitalla mitattuna oli liittynyt vallitsevaan puustoon kaksihuippuiseksi rakenteeksi. Esimerkiksi turvemaalla alikasvosta oli vain 5 %:lla koealoja. Sen sijaan säännöllisen erirakenteisia metsiköitä (B2) oli peräti 84 %. Nimenomaan niihin alikasvokset tässä luokituksessa sisältyvätkin. Suuruusluokasta antaa kuvan rakenteen B2 pienikokoisin puusto (2–6 cm), vaikkei se kaikki alikasvosta olisikaan. Sitä oli rakenteeseen

B1 verrattuna yli kaksinkertainen tiheys ja yli kaksitoistakertainen määrä.

Alikasvoksen määrä oli täten aiemmin esitettyyn verrattuna moninkertainen. Ilvessalon (1956) mukaan metsien kolmannen inventoinnin kuvioilla mäntyalikasvoksia oli 1,1 % (pääosin Pohjois-Suomessa) ja kuusialikasvoksia 1,7 % (pääosin Etelä-Suomessa) metsämaan alasta. 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 erottamisen 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 erottaminen rajoittuu lähinnä valtakunnan metsien inventointiin. Käytännön metsätaloussuunnittelussa se on lähes tuntematonta (Tapion taskukirja 1991, Yksityismetsätalouden ... 1991).

Luokittelun selkeyttämiseksi alikasvokseksi tulisi hyväksyä kaikki "nuorennos" ja määrittää sen koko, tiheys, kunto ja ikä puulajeittain. Kehityskelpoisuus tulisi olosuhteista, kasvatustavoitteista ja metsätalouden intensiteetistä riippuvana tekijänä jättää tarvittaessa määritettäväksi esim. puulajiin ja kasvupaikkaan perustuvana. Alikasvosvaihe saattaa alkaa jo sirkkataimena. Luontainen koivun taimi voi ensimmäisenä syksynään olla 30 cm pitkä ja yksivuotias kuusi vasta 4 cm (Laiho 1993). Tiheän päällyspuuston alla kaksijaksoisuus säilyy jopa läpi kiertoajan (Pöntynen 1929). Päällyspuustoa harvennettaessa alikasvos vähitellen tavoittaa pituudeltaan vallitsevan latvuskerroksen. Tällöin se lopullisesti menettää erityisluonteensa. Alikasvosvaiheen katsotaan päättyvän kuitenkin jo paljon aikaisemmin. Alikasvoksen maksimipituutena on tutkimuksissa pidetty mm. kahta metriä (Sarvas 1951) ja viittä metriä (Sirén 1951, Räsänen ym. 1979).

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 kymmenvuotiasta taimikkoikäluokkaa 4,8 %, mutta neljäkymmentä vuotta myöhemmin 50-vuotiasta 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. Alikasvos voidaan arvioida "kehityskelvottomaksi", mutta vapautettuna se muodostaa riittävän puuston. Alikasvokset elpyvät yleensä hyvin (Vuokila 1982, Laiho 1985) ja vähäpuustoisuus korjaantuu luultua nopeammin (Gustavsen 1992).

Alikasvoksen runsaus on koettu haitaksi monissa tutkimuksissa. Yksijaksoisia metsiköitä on ollut vaikea löytää. Niinpä luonnonnormaalin kasvu- ja tuottotaulututkimuksen Etelä-Suomen koealoista 39 %:lla oli alikasvosta (Ilvessalo 1920a). 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 (esim. 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 "latvuskerroksena" (Hökkä & Laine 1988). Turvemaille onkin ominaista alikasvoksen runsaus ja moninaisuus (Keltikangas ym. 1986, Saarinen 1993). Koneellisen maanmuokkauksen seurauksena alikasvosta kehittyy viljelymetsiköissä erityisen runsaasti (Laiho 1988). Tässä mielessä ei voinekaan pitää paikkaansa arvio, että alikasvoksen vaikutus metsiemme uudistumiseen ja ikäluokkarakenteeseen on käytännöllisesti katsoen loppunut (Kuusela & Salminen 1991).

Metsiemme ikärakenne on vallitsevan jakson valtapuustoa lukuunottamatta puutteellisesti tunnettu. Sitä pienemmän puuston iästä voidaan kuitenkin saada viitteitä nyt tutkitusta aineistosta. Puhtaan tasaikäisen metsikön varttuessa sen runkolukujakauman nuoruusaikainen vinous oikealle häviää pienien puiden kuollessa ylitiheyteen ja jakauma normalisoituu (Assmann 1962, Daniel ym. 1979). Kaksihuippuinen jakauma rajoittunee Lönnrothin (1925) erityisen tarkoin valittuun aineistoon. Yhden puulajin varttuneessa metsikössä normaalijakauman edellyttämän määrän ylittävä pienikokoinen puusto on muuta nuorempaa. Hoidetussa metsikössä pienikokoista puustoa ei saisi olla normaalijakaumankaan edellyttämää määrää (Nyyssönen 1954). Runkolukujakauman tulisi olla vasemmalta auki (Ilvessalo 1965), sillä yhtäältä vallittuja latvuskerroksia poistetaan kasvatushakkuissa ja toisaalta lisääntynyt tila parantaa jätettyjen puiden kasvua. Runkolukusarjaltaan käännetyn J:n muotoinen tai oikealle vino metsikkö voi siten olla vain vallitsevan puuston osalta tasaikäinen ja tasarakenteinen mutta kokonaisuutena eri-ikäinen ja erirakenteinen. Tutkitun aineiston ikäkoepuiden mukaan pienikokoinen puusto olikin yleensä selvästi valtapuustoa nuorempaa.

Erirakenteinen metsikkö voi kuitenkin olla myös tasaikäinen. Tällöin puuston pienikokoinen osa on eri puulajia kuin vallitseva puusto ja samalla alkukehitykseltään hitaampaa. Tällaista kaksijaksoisuutta esiintyy metsässä itse asiassa varsin yleisesti (Pöntynen 1929, Laiho 1992b). Iän moninaista luonnetta metsikkötunnuksena kuvaa se, että 1–50-vuotias taimikkometsä on eri-ikäinen, mutta sama metsikkö 201–250-vuotiaaksi varttuneena on tasaikäinen (Daniel ym. 1979). Metsikkörakenteiden moninaisuuden vuoksi tarkka metsikköanalyysi edellyttää aina jaksojen erottamista, puulajeittaisia runkolukusarjoja ja myös ikätietoja (Kangas ym. 1990). Näillä perustiedoilla voi puulajien ekologisen luonteen (Kalela 1949) tuntien ennakoida minkä tahansa metsikön kehitystä. Ääritapauksena on säännöllisen erirakenteinen eri-ikäismetsä, jossa ei puulajeittainkaan tarkastellen esiinny jaksollisuutta. Jaksot muuttuvat tällöin pituusluokiksi vailla luontaista rajaa. Tällainen luokitus voi olla suhteellinen (alle 50 %, 50–80 %, yli 80 % pituudesta; Assmann 1962) tai absoluuttinen (alle 10 m, 10–20 m, yli 20 m; Kern 1966).

Osa pienikokoisesta puustosta ja taimistakin voi olla vallitsevan jakson kanssa samanikäistä. Näiden aitojen alis- eli aluspuiden geneettistä laatua on pidetty arveluttavana (Kalela 1948). Jälkeenjääneisyys voi kuitenkin olla seurausta siemenen koosta, ikäerosta, kasvupaikan

mikrovaihtelusta ym. ulkopuolisista ympäristötekijöistä. Jälkeläiskokeiden perusteella tiedetään, että suomalaisten puiden pituuskasvun periytyvyys on noin 20 % (Welling 1988). Riski perimän huononemisesta on siten ilmeisen vähäinen. Voimakkaasti harsituissa metsissä on yleensä nuorennosta runsaasti (Sarvas 1944) ja alispuut ovat pienenä vähemmistönä. Kasvatushakkuilla käsitellyissä metsissä ei aitoja alispuita juuri olekaan (Nyyssönen 1954). Lisäksi perimää pitää kasvunopeuden suhteen yllä jalostettuun materiaaliin tukeutuva metsänviljely (Koski 1985).

Alikasvoksen kehittyminen täysitiheässä metsässä on hidasta. 50-vuotias alikasvostaimi ei aina yllä rinnantasalle (Pöntynen 1929, Sirén 1951, Sarvas 1951). Vapauduttuaan alikasvostaimet kasvavat kuitenkin samaa vauhtia kuin vastaavankokoiset vapaana kasvaneet taimet (Näslund 1944, Sarvas 1951, Hatcher 1967, Nilsen & Haveraaen 1983). Vakava kituminen, korkea ikä ja suuri koko kuitenkin hidastavat elpymistä (Vaartaja 1951). Useimmiten toipuminen tapahtuu muutamassa vuodessa (Kalela 1934, Vuokila 1982). Tiheän kuusikon alta äkillisesti vapautettuna kuusen taimet voivat tuhoutua valoilmaston muutokseen. Männikössä kuusialikasvos on tavallisesti kunnoltaan vähintään tyydyttävä ja koivikossa usein erinomainen (Laiho 1987). Laatumäntyä kasvatettaessa alikasvosvaihe merkitsee sisäisten runkovikojen uhkaa (Vaartaja 1951), mutta ohutlustoisuuden vuoksi myös korkeata laatua (Huuri ym. 1987). Koivun kuten muunkaan lehtipuuston alikasvosta ei varhemmissa inventoinneissa selvitetty ja myöhemmissä se on luokitettu pääosin kehityskelvottomaksi. Kuitenkin vuosina 1951–53 pelkästään 2–6 cm koivua oli varttuneissa metsiköissä keskimäärin 232 kpl/ha eli puolet havupuuston vastaavasta läpimittaluokasta. Koivun alikasvosta on yleensä paljon (Hökkä & Laine 1988, Laiho 1992b). Turvemaiden ja soistumien ohella kivennäismaa taimettuu myös lehtipuille erirakenteisen puuston alla hyvin (Lähde 1992a, b).

Tutkimusaineiston koealoista 65 %:lla oli pienikokoista puustoa yli 500 ja keskimäärin yli 1 100 kpl/ha. Turvemaalla oli yksistään pienintä (2–6 cm) läpimittaluokkaa yli 1 200 kpl/ha. Säännöllisen erirakenteisten metsiköiden runkoluku oli niin korkea, että siinä olisi ainekset kahteen metsikköön. Luvuista puuttuvan läpimittaluokan 0–2 cm määrän voidaan olettaa olleen neljännen valtakunnanmetsien inventoinnin tasoinen (Ilvessalo 1962) eli noin 500 kpl/ha. Sen lisänä olivat taimet ja taimiaines, joiden määrä vaihtelee metsiköittäin, mutta on keskimäärin suuri (Räsänen ym. 1985, Hagner 1992a, Lähde 1992a, b). Uudistumispotentiaalia oli siten 1950-luvun alussa metsissä runsaasti, varsinkin kun jonkin verran vajaakaan runkoluku ei merkitse suurta tuotostappiota (Gustavsen 1992).

Metsissä lienee ollut käyttökelpoista nuorennosta 1950-luvun alussa ja vuosina 1978–84 varsin saman verran (Lähde ym. 1992). Sen jälkeen alikasvoksen määrä on varsinaisten inventointitulosten mukaan edelleen lisääntynyt (Kuusela 1988). Lisäksi uutta alikasvosta kehittyy suuria määriä mm. nuorissa viljelymänniköissä. Tämän uhkana on koneellisen korjuun helpottamiseksi tehtävä raivaus (Gunnarsson & Hellström 1991). Nuorennoksen arvo on kuitenkin viljelykustannusten noustua yhä suurempi. Konekorjuuta tulee kehittää sitä säästäväksi. Alikasvosta voidaan pitkään kasvattaa vallitsevan jakson alla. Kaksijaksoiskasvatus tekee tämän metsikkömuodon taloudellisesti hyvin edulliseksi verrattuna puhtaaseen yksijaksoiseen metsikköön (Isomäki 1979, Seppälä & Keltikangas 1978) tai sekametsään (Lappi-Seppälä 1930, Mielikäinen 1980, 1985). Monijaksoinen metsä on myös tasarakenteista monimuotoisempi.

Monimuotoisen metsän keskeisiä tunnuksia ovat metsiköiden sekapuustoisuus, puuston iän ja koon vaihtelu sekä kooltaankin vaihteleva metsikkömosaiikki (Liljelund ym. 1992). Lehtihavusekametsä on seuralaislajiston runsauden kannalta edullisempi kuin puhdas havusekamet-

sä. Syinä ovat mm. lehtipuuston edullinen karike, syvä monihaarainen juuristo sekä vaihteleva valoilmasto. 1950-luvun alun metsikkökoostumus täytti hyvin nämä vaatimukset. Molempia havupuita ja lehtipuustoa oli peräti 62 %:lla koealoja. Sen lisäksi oli 24 % lehtihavusekametsää. Havusekametsää ja puhtaita metsiköitä oli yhteensä vain 14 %.

Runkoluvusta oli lehtipuustoa keskimäärin 34 %. Pienikokoista lehtipuustoa oli huomattavasti yli keskimäärän ja isokokoista vastaavasti vähemmän. Tilavuudesta lehtipuuston osuus oli 17 %. Lehtipuuston esiintyminen 1950-luvun alussa oli jonkin verran niukempaa kuin 30 vuotta aikaisemmin (Ilvessalo 1927) ja hieman runsaampaa kuin kymmenen vuotta myöhemmin (Ilvessalo 1962).

Lehtipuustossa hieskoivu oli selvästi muita yleisempi. Erityisen runsaasti nuorta hieskoivua oli varttumassa ojittamattomilla turvemailla, mutta myös ojitetuilla rämeillä. Sittemmin hieskoivu näyttää edelleen vahvistaneen osuuttaan (Hökkä & Laine 1988). Rauduskoivua esiintyi myös kaikilla kasvupaikoilla. Leppää oli runkoluvulla mitaten enemmän kuin raudusta. Lisäksi oli yksittäispuina ja tiheikköinä haapaa sekä satunnaisesti pihlajaa ja raitaa sekä muita puumaisia pajuja ym.

Täysin tasakokoista puustoa sisältäviä metsiköitä ei 1950-luvulla ollut ja sellaisiakin metsiköitä, joissa pienimmän ja suurimman puun kokoero oli Lähteen ym. (1992) rajaamat 12 cm tai vähemmän oli vain 0,7 %. Sen sijaan kaikenkokoisia puita oli kuudesosalla metsiköitä. Keskimääräinen kokoero oli 28 cm. Puulajeittainen kokovaihtelu metsiköissä oli koko puustoa huomattavasti pienempi. Tyypillistä oli, että pienikokoinen kuusi ja myös lehtipuusto muodostivat tiheän perusmetsän ja keski- ja isokokoisena puustona oli myös mäntyä. Yleisin metsikkörakenne oli säännöllinen erirakenteisuus monenlaisine vaihteluineen. Metsiköt olivat siten sisäisesti monimuotoisia. Elävien puiden ohella metsissä oli läpimitaltaan yli 10 cm pystykuivia ja lahoamattomia tuulenkaatoja keskimäärin 1,8 m^3/ha (Ilvessalo 1956). Kylien ympäristöt erosivat nuorina lehtipuuvaltaisina metsinä runsaspuustoisista takamaiden havumetsistä. Itä-Suomen metsissä puolestaan kaskikausi oli paljon lähempänä kuin Länsi-Suomessa (Heikinheimo 1915), mikä edelleen näkyi puuston koostumuksessa.

Varttunut metsä oli valtapuuston osalta tämän tutkimuksen mukaan verrattain tasaikäinen. Samalla valtapuusto lienee ollut runkolukusarjaltaan normaalijakaumaa muistuttava. Metsässä on lisäksi kuitenkin vallittua puustoa ja alikasvosta. Alikasvos muuttaa runkolukuun perustuvan kokonaisrakenteen lähes kaikissa metsiköissä erirakenteiseksi, vaikka sen tilavuus on vain murto-osa puuston kokonaistilavuudesta. Valtapuusto ei yksin riitäkään kuvaamaan metsikön uudistumispotentiaalia ja alikasvosta. Alikasvoksen mieltäminen seuraavaksi puusukupolveksi on avainasemassa. Valtapuustoa kasvatettaessa tulee samalla pyrkiä edistämään alikasvoksen muodostumista, kehittymistä ja elinvoimaa. Näin nostetaan luontaisen uudistumisen osuutta, saadaan uudistamisviiveen asemesta aikavoittoa ja lisätään metsän sisäistä monimuotoisuutta.

5 Yhteenveto

Tutkimuksen aineistona oli valtakunnan metsien kolmannen inventoinnin koealat. Puuston tilavuuteen perustuvat päätulokset on julkaistu varhemmin. Tässä työssä käsitellään metsikkörakennetta puulajeittaiseen runkolukujakaumaan perustuen. Jokainen koeala edusti metsikköä.

Kivennäismaan kasvupaikat ryhmiteltiin seitsemän luokan viljavuussarjaksi ja turvemaat niin

ikään seitsemään luokkaan osittain viljavuuden ja osittain kuivatustason mukaan. Kehitysluokista otettiin mukaan harvennus-, väljennys- ja uudistusmetsiköt sekä metsiköt, joiden kehitysluokkaa ei ollut määritetty. Koealojen kokonaismäärä inventoinnissa oli 15 310. Tässä työssä aineistosta poistettiin tunnuksiltaan vajaat tai ristiriitaisesti koodatut koealat, kehitysluokista uudistusalat, taimikot ja ylispuustoiset taimikot, ja lisäksi koealat, joiden puusto oli alle 40 m^3/ha. Rajausten jälkeen koealojen määräksi jäi 8 698.

Koealojen puusto oli luettu kahden senttimetrin läpimittaluokissa puulajeittain. Pienin luettu puu oli vähintään 2 cm rinnankorkeudelta. Puut yhdistettiin yhdeksään 4 cm laajuiseen läpimittaluokkaan. Jokaiselle koealalle määritettiin mm. runkolukujakauman laajuus, moodi ja rakenneluokka puulajeittain. Rakenneluokitus perustui runkolukujakauman laajuuteen sekä muotoon.

Keskimääräinen runkoluku oli Etelä-Suomessa 1 768, Pohjois-Suomessa 1 387 ja koko maassa 1 657 kpl/ha. Kivennäismaalla runkoluku oli keskimäärin 1 533 kpl/ha. Se aleni viljavuuden heiketessä. Turvemaalla metsiköiden tiheys oli 2 380 kpl/ha ja runkoluku oli korkea myös karuilla kasvupaikoilla. Kehitysluokista harvennusmetsä oli selvästi muita tiheämpi. Mäntyä runkoluvusta oli 21, kuusta 45 ja lehtipuuta 34 %. Mäntyä, kuusta tai lehtipuustoa kasvavia puhtaita metsiköitä oli 5 %. Näiden kolmen yhdessä muodostamia sekametsiköitä oli 62 %. Erilainen lehtipuuston ja molempien havupuiden muodostama sekametsä oli siten selvästi vallitsevin metsikkömuoto.

Runkolukujakauman suurin arvo, moodi, oli 77 %:ssa koealoja pienikokoisessa (2–10 cm) puustossa. Ositteittain sen esiintyminen oli tasaisen yleistä. Keskikokoisessa (10–22 cm) puustossa moodi oli 20 ja isokokoisessa (> 22 cm) 3 %:ssa koealoja. Kuusen ja lehtipuuston moodi painottui niin ikään pienikokoiseen puustoon, männyllä sen sijaan moodi esiintyi tasaisesti kaikissa kokoluokissa. Puiden keskimääräinen kokovaihtelu oli koealoilla 28 cm. Kolme läpimittaluokkaa tai suppeampia runkolukusarjoja ja samalla ahtaasti rajaten tasarakenteismetsiköitä oli vain 0,7 %. Normaalijakaumaa muistuttavaa rakennetta oli 17 %, josta lähestulkoon symmetrisiä oli kolmannes. Muuta erirakenteisuutta oli 6 %. Tällöin oli kulloinkin pienintä läpimittaluokkaa eniten, mutta pienimmät puut puuttuivat todennäköisen raivauksen seurauksena.

Yleisin oli säännöllinen erirakenteisuus eli puita oli eniten jommassa kummassa pienimmässä läpimittaluokassa ja vähintään kahdessa seuraavaksi suuremmassakin luokassa oli myös puita. Tämä ns. käännetyn J:n rakenne oli kivennäismaalla 62 ja turvemaalla peräti 84 %:lla koealoista. Väljennys- ja uudistusmetsissä sitä oli harvennusmetsää vähemmän, mutta niissäkin 55 %. Puulajeittain erikseen tarkastellen runkolukujakaumaltaan säännöllisen erirakenteisia koealametsiköitä oli männyllä 14, kuusella 45 ja lehtipuustolla 26 % sekä tasarakenteisia vastaavasti 52, 29 ja 45 %. Säännöllinen erirakenteisuus oli siten kuuselle luonteenomaisin. Metsiköt koostuivat keskenään hyvinkin erilaisista puulajeittaisista osarakenteista. Metsiköt olivat siten sisäisesti monimuotoisia.

Puuttoman väliluokan erottamaa alikasvosta oli 11 %. Näillä koealoilla oli pienintä läpimittaluokkaa keskimäärin enemmän kuin muiden kokoluokkien puita yhteensä. Alikasvoksen määrä ylitti moninkertaisesti varhemmin arvioidun määrän. Ero on seurausta kehityskelpoiselle alikasvokselle asetetuista tiukoista vaatimuksista. Alikasvosta lisäävät edelleen runkolukujakaumaltaan kaksihuippuiset metsiköt. Ilman puutonta väliluokkaa ne luokittuivat pääosin säännöllisen erirakenteisiksi. Niissä oli pienikokoisinta puustoa (2–6 cm) kaksinkertainen tiheys ja 12-kertainen määrä varsinaiseen alikasvosluokkaan verrattuna. Metsien ikäluokkakehitys viittaa siihen, että moni hyväksymättä jäänyt alikasvos on va-

pautettuna muodostanut uuden puuston. Alikasvosten runsauteen viittaa myös eri tutkimuksissa koeala-aineistojen keruun yhteydessä todettu vaikeus löytää yksijaksoista metsää.

Metsä on Suomessa valtapuuston osalta verraten tasaikäistä ja runkolukujakaumaltaan normaalijakaumaa muistuttavaa. Vallitut latvuskerrokset ja alikasvos tekevät useimmista metsiköistä säännöllisen erirakenteisen ja samalla eri-ikäisen. Metsän rakenteen tarkka analysointi edellyttää puujaksojen ja latvuskerrosten nykyistä käytäntöä tarkempaa puulajeittaista selvittämistä. Se antaa edellytykset hyödyntää metsien uudistumispotentiaali ja metsän luontainen monimuotoisuus.

Kirjallisuus – References

Alexander, R. R. & Edminster, C. B. 1978. Regulation and control under uneven-aged management. Julkaisussa: Uneven-aged silviculture & management in the United States. USDA Forest Service. Timber management research. Washington, D.C. General Technical Report WO-24. s. 217–230.

Andreassen, K. 1992. Volume production and problems 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.

Appelroth, E., Heikinheimo, O., Kalela, E.-K., Laitakari, E., Lindfors, J. & Sarvas, R. 1948. Julkilausuma. Metsätaloudellinen aikakauslehti 11:315–316.

Arman, V. 1965. Riksskogstaxeringen åren 1953–1962. Summary: The national forest survey carried out in 1953–1962. Institutionen för skogstaxering. Skogshögskolan. Rapporter och Uppsatser 9. 73 s.

– 1969. Riksskogstaxeringen 1958–1967. Summary: Results from the National Forest Survey 1958–1967. Institutionen för skogstaxering. Skogshögskolan. Rapporter och Uppsatser 13.

Assmann, E. 1970. Principles of forest yield study. McGraw-Hill Book Company. 502 s.

Cajander, A. K. 1949. Metsätyypit ja niiden merkitys. Forest types and their significance. Acta Forestalia Fennica 56. 216 s.

Cajanus, W. 1914. Über die Entwicklung gleichaltriger Waldbestände. Eine statistische Studie. I. Acta Forestalia Fennica 3(1):1–154.

Curtis, R.O. 1978. Growth and yield in uneven-aged stands. Julkaisussa: Uneven-aged silviculture & management in the United States. USDA Forest Service. Timber management research. Washington, D.C. General Technical Report. WO-24. s. 186–201.

Daniel, V., Helms, J.A. & Baker, F.S. 1979. Principles of silviculture. 2nd ed. McGraw-Hill Book Company. 500 s.

Eichorn, F. 1902. Ertragstafeln für die Weisstanne. Berlin. 81 s.

Etelälahti, A. 1957. Metsikön mittaus ja arviointi. Metsäkäsikirja 2:72–128. Kustannusosakeyhtiö Kivi, Helsinki.

Ferm, A. 1989. Hieskoivun kasvatus soilla. Summary: Growing of pubescent birch (Betula pubescens) on drained peatland forests. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 322:40–52.

Gibbs, C. B. 1978. Uneven-aged silviculture and management? Even 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. s. 18–24.

Gunnarsson, P. & Hällström, C. 1991. Maskinell gallring i bestånd med underväxt. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten 17. 4 s.

Gustavsen, H. G. 1992. Vähäpuustoisten männiköiden ja kuusikoiden kehitys. Summary: The development of understocked pine and spruce stands. Folia Forestalia 796. 29 s.

– & 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. 1992a. Biologiskt och ekonomiskt resultat i fältförsök med plockhuggning kombinerad med plantering. Summary: Biological and economical results from experiments with selective felling

combined with enrichment planting. Sveriges lantbruksuniversität, institutionen för skogskötsel. Arbetsrapporter 63. 129 s.

– (toim.) 1992b. Silvicultural alternatives. Proceedings from an internordic workshop June 22–25 1992. Swedish University of Agricultural Sciences. Reports 35. 214 s.

Hatcher, R. J. 1967. Balsam fir advance growth after cutting in Quebec. Forestry Chronicle 40(1).

Heikinheimo, O. 1915. Kaskiviljelyn vaikutus Suomen metsiin. Referat: Der Einfluss der Brandwirtschaft auf die Wälder Finnlands. Acta Forestalia Fennica 4(2):1–472.

– 1924. Suomen metsien metsänhoidollinen tila. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 9(4):1–2.

Heikurainen, L. 1971. Virgin peatland forests in Finland. Acta Agralia Fennica 123:11–26.

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.

Hånell, 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.

Ilvessalo, L. 1929. Puuluokitus ja harvennusasteikko. Summary: A tree classification and thinning system. Acta Forestalia Fennica 34(38):1–15.

Ilvessalo, Y. 1916. Mäntymetsikköjen valtapuitten kasvusta mustikka- ja kanervatyyppien kankailla Salmin luonnonpuistossa. Referat. Acta Forestalia Fennica 6(1):1–97.

– 1920a. 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.

– 1920b. 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.

– 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– 924. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 11. 613 s.

– 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. 446 s.

– 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.

– 1962. IV. Valtakunnan metsien inventointi. I. Maan eteläpuoliskon vesistöalueryhmät. Summary: The Fourth national forest inventory. I. Southern water area. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 56(1):1–112.

– 1965. Metsänarvioiminen. WSOY. 400 s.

– 1967. Luonnonnormaalien metsiköiden kehityksestä Kainuussa ja sen lähiympäristössä. Summary: On the development of natural normal forest stands in southeastern north Finland. Acta Forestalia Fennica 81(5):1–85.

Indermühle, M. P. 1978. Struktur-, Alters-, und Zuwachsuntersuchungen in einem Fichten-Plenterwald der subalpinen Stufe. Beiheft zu den Zeitschriften des schweizerischen Forstvereins 60. 98 s.

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. 13 s.

Kalela (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.

– 1948. Luonnonmukainen metsien käsittely. Silva Fennica 64(2):16–32.

– 1949. Ecological character of tree species and its relation to silviculture. Acta Forestalia Fennica 57(1):1–35.

Kangas, A., Kangas, J., Korhonen, K. T., Maltamo, M. & Päivinen, R. 1990. Metsää kuvaavat mallit. Silva Carelica 17. 143 s.

Kaunisto, S. & Päivänen, J. 1985. Metsänuudistaminen ja metsittäminen ojitetuilla turvemailla. Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu. Summary: Forest regeneration and afforestation on drained peatlands. A literature review. Folia Forestalia 625. 75 s.

Keltikangas, M., Laine, J., Puttonen, P. & Seppälä, K. 1986. Vuosina 1930–1978 metsäojitetut 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.

Kern, K. G. 1966. Wachstum und Umweltfaktoren im Schlag- und Plenterwald. Vergleichende ertragskundlich-ökologische Untersuchungen in zwei Ta-Fi-(Bu)-Plenterwaldbeständen und zwei benachbarten Fi-Schlagwäldern des Hochschwarzwaldes. Bayerischer Landwirtschaftsverlag, München-Basel-Wien. 232 s.

Kilkki, P. & Päivinen, R. 1986. Weibull-function in the estimation of the basal area DBH-distribution. Silva Fennica 20(2):149–156.

Klensmeden, V. 1984. Stamvis blädning — Några studier på två försöksytor i Dalarna. Examensarbete 1984–86. Institutionen för skogsskötsel, Sveriges lantbruksuniversität. Umeå. 38 s.

Kolström, T. 1992. Dynamics of uneven-aged stands of Norway spruce: a modell approach. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 411. 29 s.

Koski, V. 1985. Luonto tarjoaa hyvät lähtökohdat metsänjalostukselle. Teollisuuden metsäviesti 5. 5 s.

Kuusela, K. 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. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 76(5):1–126.

– 1978. Suomen metsävarat ja metsien omistus 1971–1976. Summary: Forest resources and ownership in Finland 1971–1976. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 93(6):1–107.

– 1988. Ennakkotuloksia kahdeksannesta valtakunnan metsien inventoinnista. Käsikirjoitus. Metsäntutkimuslaitos, metsäninventoinnin tutkimussuunta. 30 s.

– & Salminen, S. 1969. The 5th national forest inventory in Finland. General design, instructions for field work and data prosessing. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 69(3):1–72.

– & Salminen, S. 1983. Metsävarat Etelä-Suomen kuuden pohjoisimman piirimetsälautakunnan alueella 1979–1982 sekä koko Etelä-Suomessa 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. 79 s.

– & 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.

Laiho, O. 1985. Alikasvosten elpyminen ja niiden hyväksikäyttö. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 182:39–50.

– 1987. Kuusen luontainen uudistaminen. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 270:24–37.

– 1988. Mitä tehdä alikasvoksille. Metsä ja Puu (9):34–35.

– 1992a. Stand structure of thinning and mature forests in Finland in the early 1950's. Julkaisussa: Hagner, M. (toim.). Silvicultural alternatives. Proceedings from an internordic workshop June 22–25 1992. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Silviculture. Reports 35:47–52.

– 1992b. 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.

Lappi-Seppälä, M. 1930. Untersuchungen über die Entwicklung gleichaltriger Mischbestände aus Kiefer und Birke. Seloste: Tutkimuksia tasaikäisen mänty-koivu-sekametsikön kehityksestä. Communicationes

Instituti Forestalis Fenniae 15(2):1–241.

Lassila, I. 1920. Tutkimuksia mäntymetsien synnystä ja kehityksestä pohjoisen napapiirin pohjoispuolella. Referat: Entstehung und Entwicklung der Kiefernwälder nördlich vom nördlichen Polarkreise. Acta Forestalia Fennica 14(2):1–95.

Lihtonen, V. 1959. Metsätalouden suunnittelu ja järjestely. WSOY. 355 s.

Liljelund, L.-E., Pettersson, B. & Zackrisson, O. 1992. Skogsbruk och biologisk mångfald. Svensk Botanisk Tidskrift 86:227–232.

Liocourt, F. de 1898. De l'amenagement des sapinieres. Bulletin de la Sociate Forestiere de Franche-Comte et Belfort 6:396–405.

Lundqvist, L. 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. Avhandling, Sveriges lantbruksuniversität. Institutionen för skogsskötsel. Umeå. 99 s.

Lähde, E. 1992a. Natural regeneration of all-sized spruce-dominated stands treated by single tree selection. 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: 117–123.

– 1992b. 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.

– , Laiho, O., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 1991. The stucture of advanced virgin forests in Finland. Scandinavian Journal of Forest Research 6(2):527–537.

– , Laiho, O., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 1992. Stand structure of thinning and mature conifer-dominated forests in boreal zone.Julkaisussa: Hagner, M. (toim.). Silvicultural alternatives. Proceedings from an internordic workshop June 22–25 1992. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Silviculture. Reports 35:58–65.

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.

Maass, A. A. 1911. Erfarenhetstabeller för tallen. Ett bidrag till kännedomen om normala tallbestånd. Meddel. fr. Statens Skogsförsöksanstalt 17:197–244.

Mielikäinen, K. 1980. Mänty-koivusekametsien rakenne ja kehitys. Summary: Structure and development of mixed pine and birch stands. Communicationes 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. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 133. 79 s.

Mikola, P. 1966. Alikasvosten merkitys metsien uudistumisessa. Summary: Significance of undergrowth in reforestation. Metsätaloudellinen aikakauslehti 83(1):4–7, 16.

Niemistö, P. 1992. Runkolukuun perustuvat harvennusmallit. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 432. 18 s.

Nilsen, P. 1988. Fjellskoghogst i granskog — gjenvekst og produksjön etter tidligere hogster. Summary: Selective cutting in mountain Spruce forests — regeneration and production after earlier cuttings. Norsk institutt för skogforskning. Rapport 2. 26 s.

– & Haveraaen, O. 1983. Årringbredder hos gjenstäende traer etter hogst i eldre granskog. Norsk institutt för skogforskning. Rapport 9. 16 s.

Nilsson, N.-E. & Östlin, E. 1961. Rikskogstaxeringen 1938–1952. Statens skogsforskningsinstitut, avdelningen för skogstaxering. Rapporter 2.

Norokorpi, Y., Lähde, E., Laiho, O. & Saksa, T. 1993. Luonnontilaisten metsien rakenne ja monimuotoisuus Suomessa. Summary: Stand structure and diversity of virgin forests in Finland. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja.–The Finnish Forest Research Institute, Research Papers 495:54-89.

Nyyssönen, 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.

– 1957. Kasvu- ja rakenneoppia. Metsäkäsikirja 2: 170–178. Kustannusosakeyhtiö Kivi, Helsinki.

Näslund, M. 1944. Den gamla norrländska granskogens reaktionsförmäga efter genomhyggning. Referat: Die Reaktionsfähigkeit des alten norrländishen Fichtenwaldes nach Durchhauung. Meddelanden från statens skogsförsöksanstalt 33. 194 s.

Ollinmaa, P. 1962. Suomen aitarakenteet 1938–54. Summary: Fences in Finland 1938–54. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 56(2):1–26.

Pobedinski, A. V. 1988. Comparative evaluation of even-aged and uneven-aged stands (venäjäksi). Lesnoe Khozyaistvo 2:40–43.

Pukkala, T. & Kolström, T. 1988. Simulation of the development of Norway spruce stands using a transition matrix. Forest Egology and Management 25:255–267.

Päivinen, R. 1980. Puiden läpimittajakauman estimointi ja siihen perustuva puustotunnusten laskenta. Summary: On the estimation of the stem-diameter distribution and stand characteristics. Folia Forestalia 442. 28 s.

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.

– 1962. Suomen puun käyttö vuosina 1947–61. Summary: Finland's wood utilization in 1947–61. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 56(3):1–185.

Regional silviculture of the United States. 1962. Barrett, J. W. (toim.). The Ronald Press Company. New York. 610 s.

Räsänen, P. K., Pohtila, E., Rautiainen, O. & Laitinen, E. 1979. Valtakunnallinen metsänuudistamisen inventointitutkimus aloitettu metsäntutkimuslaitoksessa. Metsä ja Puu 96(2):4–9.

– , Pohtila, E., Laitinen, E., Peltonen, A. & Rautiainen, O. 1985. Metsien uudistaminen kuuden eteläisimmän piirimetsälautakunnan alueella. Vuosien 1978–1979 inventointitulokset. Summary: Forest regeneration in the six southernmost forestry board districts of Finland. Results from the inventories 1978–1979. Folia Forestalia 637. 30 s.

Saarinen, M. 1993. Miten käsitellä uudistamiskypsiä ojitusaluemetsiä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 470:6–12.

Sarvas, R. 1944. Tukkipuun harsintojen vaikutus Etelä-Suomen yksityismetsiin. Referat: Einwirkung der Sägestammplenterungen auf die Privatwälder Südfinnlands. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 33(1):1–268.

– 1951. Tutkimuksia puolukkatyypin kuusikoista. Summary: Investigations into the spruce stands of Vaccinium type. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 39(1):1–82.

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.

Sirén, G. 1951. Alikasvoskuusten biologiaa. Summary: On the biology of undergrown spruce. Acta Forestalia Fennica 58(2):1–82.

Skogstatistisk årsbok. 1989. Sveriges officiella statistik. Skogsstyrelsen. Jönköping. 300 s.

Smith, D. M. 1962. The practice of silviculture. John Wiley & Sons, New York–London. 577 s.

Tapion taskukirja. Metsäkeskus Tapion julkaisuja. 21. painos. 1991. Gummerus Kirjapaino Oy. 489 s.

Uppskattning av Sveriges skogstillgångar verkställt åren 1923–1929. 1932. Redogörelse avgiven av riksskogstaxeringsnämnden. Del I. Statens offentliga utredningar 26:1–254.

Vaartaja, O. 1951. Alikasvosasemasta vapautettujen männyntaimistojen toipumisesta ja merkityksestä metsänhoidossa. Summary: On the recovery of released pine advanced growth and its silvicultural importance. Acta Forestalia Fennica 59(3):1–133.

Valtakunnan metsien 8. inventointi. Kenttätyön ohjeet, 2. vuoden versio. 1987. Metsäntutkimuslaitos, metsäninventoinnin tutkimussuunta. Helsinki. 106 s.

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 kasvatushakkuissa. Summary: Selection from above in intermediate cuttings. Acta Forestalia Fennica 110. 45 s.

– 1982. Antakaa luonnon auttaa. Metsä ja Puu 99(12):6–8.

– 1984. Harsinnan teoriaa ja käytäntöä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 130. 107 s.

Weise, W. 1885. Zur Frage der Bestandesnormalität. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 17:377–380.

Welling, P. 1988. The relationships between yield components in the breeding of Scots pine. University of Helsinki, Department of Plant Breeding. 59 s.

Yksityismetsätalouden alueellinen suunnittelu. Metsäntaloussuunnittelun maastotyöopas. 1991. Metsäkeskus Tapio. 39 s.

Yli-Kojola, H. 1985. Metsien ikärakenteen kehitys. Summary: The development of age-class composition. Folia Forestalia 634. 20 s.

SUMMARY

Stand structure of advanced forests in early 1950's in Finland

Introduction

The past history of Finland's forests is known better than that in most other forestry countries. The first national forest inventory (NFI) in Finland was carried out in 1921–24; this also was the first time for such an inventory in the whole world. Finland's 8th NFI is now about being completed. An abundance of information needed in practical forestry (volume, growth, species composition, age class) has been published on the basis of these inventories (Ilvessalo 1927, 1942, 1956, 1962, Kuusela 1972, 1978, Kuusela & Salminen 1991). Tree species composition has been described in terms of growing stock volume and age class in terms of the age of dominant trees.

A great number of sample plots has been measured in connection with the inventories. The stem distribution of these sample plots offers good opportunities for studying stand structure. To date, these stem tallies have been only in little use for that purpose (Lähde et al. 1991, 1992, Laiho 1992a).

The purpose of this study was to depict the structure of Finland's forests on the basis of their stem distribution. The parameters selected for examination were stem tally, species composition, variation in tree size, and stand structure. The use of stem tally emphasises the proportion of small trees and thereby the stand's regeneration potential and internal diversity. The material selected consisted of the sample plots of the 1951–53 NFI. This study is a continuation to the structural study focusing of virgin forests inventoried 30 years earlier (Lähde et al. 1991).

Material and methods

In the 1951–53 NFI, the practice was to measure circular plots 0.1 ha in size at intervals of one kilometer along the inventory lines. All trees with a diameter at breast height (DBH) > 10 cm were tallied. Trees smaller than this were tallied using a concentric circular plot 0.01 ha in size. Each sample plot was carefully placed into one stand (Ilvessalo 1951). Thus all of them represented an entire stand.

The site type was defined using the forest site type classification system (Cajander 1949). Mineral soil sites were divided into a series of seven fertility classes and peatland sites also into seven classes according to fertility and drainage degree (Table 1). The stage of stands was based on development class instead of age. This included thinning, preparatory and mature stands, and those whose development class had not been determined. In addition, stands were grouped into seven classes according to their silvicultural state (Table 2).

The total number of sample plots measured in the inventory was 15 310. When the material was processed for use in this study, sample plots with incomplete or conflicting data were omitted as were regeneration sites, young stands and young stands with standards. A further prerequisite for a sample plot to be included was a volume of at least 40 m^3/ha. Following these limitations, the total number of sample plots was reduced to 8 698.

The growing stock on the sample plots had been tallied according to DBH and applying a diameter class range of 2 cm. For a tree to be included, its DBH had to be > 2 cm. For the

purposes of this study, the growing stock of each sample plot was recombined using nine DBH classes and a class range of 4 cm (Table 7). In addition, the age of dominant storey had been measured on most of the sample plots. The age of other storeys had been measured in part only. This being the situation, it was decided to use tree size instead of age as the basis for structural classification. Even-sized stands (A1, A2; Table 7) were those in which variation in tree size was no greater than 20% of the target diameter of the applied rotation in analogy with even-aged stands (Daniel et al. 1979). The target diameter was set at 30 cm. This meant that an even-sized stand could have trees present in three consecutive diameter classes (i.e. giving a maximum variation of 12 cm) with the aforementioned 4 cm class range.

All-sized stands (B) were stands in which the diameter class distribution covered at least four consecutive diameter classes. For a stand to be regularly all-sized (B2), there had to be trees present in at least four of the smallest diameter classes and most of all in the first or second diameter class (resembling an inverted letter J). Storeyed stands were separated by means of an empty intermediate diameter class within the range of 6–18 cm. This was expressly aimed at detecting the stands with understorey.

The range and structure of the stem distribution and the location of the mode were determined per sample plot. This was done for the entire growing stock as well as by tree species. Computations were also done on stand spacing, mean diameter, tree species composition, etc. The stem tallies of the sample plots were also listed individually for detailed observation.

Stand density and tree species composition

The mean stem tally for southern Finland was 1 768, for northern Finland 1 387, and for the country as a whole 1 657 stems/ha. On mineral soil sites the corresponding figure was 1 533 stems/ha with lower figures recorded as fertility decreased. On peatland sites stand density was 2 380 stems/ha, and it remained high even when site fertility decreased. Thinning stands were clearly the most densely treed development class. Delay in silvicultural measure showed up as a density 12% higher when compared to silviculturally good-satisfactory stands. The corresponding value in stands requiring rest was 11 % lower. The most common stand density varied within the range 1 000–2 000 stems/ha (Table 3). Stands in excess of 5 000 stems/ha amounted to 3% of the material, most of them located in southern Finland. The highest individual sample plot density recorded in southern Finland was 13 460 and that in northern Finland 12 640 stems/ha.

Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) accounted for 22% of the stem tally with Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karsten) accounting for 44% and broad-leaved species for 34%. Pure stands of Scots pine, Norway spruce or of broad-leaved species amounted to 5% of the study material (Table 5). Sample plots with growing stocks composed of both conifers and of broad-leaved species amounted to 62%. Scots pine, Norway spruce and broad-leaved species occurred with almost equal frequency (85–87 %) on the sample plots (Tables 3, 6).

Birch amounted to 75% of the broad-leaved component in the stands with 80% of the birches being pubescent birch (*Betula pubescens* Ehrh.) (Table 4). The relative proportion of pubescent birch was particularly high on peatland sites. Southern Finland's silver birch (*Betula pendula* Roth) component was almost twice that of northern Finland in terms of stems/ha. The numbers of silver birch were at their highest on mineral soil sites, but it was also present, though in far smaller numbers, on all the peatland sites. Silver birch and aspen (*Populus tremula* L.) were clearly bigger in size than any of the other broad-leaved species.

Stem distribution

The mean variation in tree size (i.e. DBH) on the sample plots was 28 cm (Appendix 1). Size variation by species was clearly smaller: for Scots pine it was 20 cm, Norway spruce 21 cm and broad-leaved species 17 cm. Stem distributions for the entire growing stock covering three diameter classes or less were observed to apply to only 0.7% of the sample plots. The corresponding figures by tree species were a great deal higher; for Scots pine 23 %, Norway spruce 19 % and broad-leaved species 36 %.

On 77 % of the sample plots, the mode was located in the category of small (2–10 cm) trees (Fig. 1, Appendix 2). On 20 % of the sample plots, the mode was in the category of medium-sized (10–22 cm) trees and on 3% of the sample plots it was in the category of large (> 34 cm) trees. Mode distribution behaved similarly in all the main strata. The most noticeable difference was that on peatland sites the location of the mode in the small trees category was even more common (88 %) than on mineral soil sites. The mode distribution for Norway spruce and broad-leaved species followed closely that for the growing stock as a whole. In the case of Scots pine, however, the mode occurred most often in the category of medium-sized trees; its occurrence among large trees was almost as frequent as among the small trees.

The proportion of even-sized stands with stem tally resembling a normal distribution (A1) and other even-sized stands (A2) was low in the study material (0.7%; Fig 2, Appendix 3). The corresponding figure for all-sized stands (B3) was 16%. Other all-sized stands (B4) amounted to 6%. Stand structures B3 and B4 were above-average in frequency on mineral soil sites and in stands of the preparatory and mature development classes. These stands were characterised by their low proportion of small trees, low number of stems, and high volume (Table 7).

All-sized stands with more than one storey (B1 stands) amounted to 11% of the study material. They occurred evenly except on peatlands and in thinning stands where their occurrence was below average. The stand density and the number of small trees per hectare were below average.

Regular all-sizedness (B2 stands = resembling an inverted letter J) amounted to more than all other structures together; the figure was 65 % of sample plot number. This structure was common throughout the study material. On peatland sites it was even more common (84 %) than on mineral soil sites. The number of small trees, 1 544 stems/ha, was more than four times greater than in the rest of the material and the total stem tally was over twice as high , respectively.

In the case of Norway spruce, structure B2 was more common than for the other tree species (45 %). Structures A2 and B2 were equally represented in the case of broad-leaved species. Scots pine was typified by high proportion of structures B3 and B4, structure B2 being the lowest among tree species examined. Thus, the structure of the growing stock as a whole was composed of quite different partial structures by tree species.

Discussion

The picture hereby obtained of the structure of Finnish forests in the years 1951–53 was very similar to that of uncut forests 30 years earlier (Lähde et al. 1991). At both times regularly all-sized stand structure prevailed. No notable changes in this respect had occurred even in the space of sixty years since the structure of the country's forests was quite similar in 1977–

84 (Lähde et al. 1992), although the volume and growth of the forests have clearly increased (Ilvessalo 1956, Kuusela & Salminen 1991). During these years Finland's forests have undergone different practices. Prior to 1948, timber harvesting consisted mainly of selection fellings and occasionally dimension fellings as well. The forestry practice since that time has been characterised by clear felling, large-scale regeneration, tending of seedling stands, thinning from below, and forest improvement. Despite all this, the fundamental structure of Finland's forests has changed little. Nature is constantly producing new understorey in accordance with the regeneration capacity of tree species and their ecological character.

Throughout this century, the proportion of the understorey in Finland's forests has been 2–3% of the area (Ilvessalo 1942, 1956, Kuusela 1972, Kuusela & Salminen 1983). This has been limited by the tough requirements imposed on the species composition, density and evenness of the understorey as well as on the volume and development class of the main stand (Kuusela & Salminen 1969). The result now obtained, 11%, exceeds the previous figure manyfold. In addition, there were numerous stands in which the advance growth (in terms of its DBH) had joined up with the overstorey in such a way that there were no empty diameter classes in between. The stem distribution for such stands is characterised by their twin peaks. Structurally they were classified as regularly all-sized. Their occurrence was particularly evident on peatland sites. The understorey would have been further augmented had the DBH class 0–2 cm and trees below breast height and seedlings been included. All this means that the forests of Finland possessed immense regeneration potential in the early 1950's. On the other hand, the amount of large-sized trees was smaller than at present.

In the course of many studies, the abundance of the understorey has been almost a nuisance as it has been difficult to find stands composed of a single storey (Ilvessalo 1920a, Vuokila 1956). The understorey has also had a major influence on the age class ratios in Finnish forests. Thus, the proportion of trees in age class 10 was 4,8 % in the years 1921–24, but 40 years later the proportion of 50 years old stands was 19 % of the forest area (Kuusela 1972). The extra young stands required for this to happen had been hiding as understoreys and were released as seedling stands, or even as young thinning stands. Having been released and recuperated, understorey material will grow as fast as normal trees of equal size. Serious stunting, high age and large size do, however, hinder recovery (Vaartaja 1951).

The foremost characteristics of diversity in a forest stand are a proliferation of tree species and internal size and age variation. Finland's forests of the 1950's filled these prerequisites very well. Mixed woods of conifers and broad-leaved species accounted for 86% of the area while pure stands amounted to a mere 5 %. Stands of that time were also characterised by wide variation in tree size.

According to the results of this study, the dominant trees in advanced stands are of relatively even age. This is also the part of the growing stock whose stem distribution curve resembles a normal distribution. Nevertheless, forest stands also contain suppressed trees and advance growth. In terms of volume, their role is a minor one, but in terms of stem numbers so great that most stands turn regularly all-sized in structure. Frequently, the practice has been to recommend the removal of the small trees well in advance of the actual regeneration of the stand. However, if the advance growth were to be seen as the next tree generation, the situation would be reversed. The aim in the tending of the dominant storey should be to promote the formation of a vigorous understorey. This is the way to increase the proportion of natural regeneration, bring about gains instead of losses of time in regeneration, and enhance the internal diversity of forest stands.

Liite 1. Runkolukujakauman laajuus koealoilla puulajeittain, kasvupaikoittain, kehitysluokittain ja metsänhoidollisen tilan mukaan. N = koealojen lukumäärä, V = puuston tilavuus, m^3/ha, G = puuston pohjapinta-ala, m^2/ha, O = osite (ks. taulukot 1–2).

Appendix 1. Frequency distribution of sample plot range by tree species, site type, development class, and silvicultural state. N = Number of sample plots, V = Growing stock cubic meters per hectare, G = Basal area sq.m. per hectare, O = Stratum (See Tables 1–2).

				Laajuus, läpimittaluokkaa – *Range, diameter classes*																																			
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	Keskim.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Keskim.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Keskim.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Keskim.
				Mänty – *Pine*									*Aver.*	Kuusi – *Spruce*									*Aver.*	Lehtipuusto – *Broad-leaved trees*									*Aver.*	Koko puusto – *All trees*									*Aver.*
O	N	V	G																																							
1	93	104	15.8	11	5	7	9	11	6	4	2	0	3.9	8	3	3	7	9	16	12	13	8	5.7	1	6	9	9	19	16	11	10	9	5.6	0	2	1	3	6	16	17	21	27	7.3
2	1088	128	17.5	160	71	113	157	127	108	44	23	13	3.9	54	15	42	71	123	212	197	161	109	6.1	73	35	95	176	187	206	144	49	46	5.1	0	1	8	18	67	208	278	284	224	7.3
3	2982	115	16.8	304	167	258	452	508	415	241	90	49	4.5	112	74	127	291	505	692	576	280	146	5.7	250	169	378	573	525	425	224	83	62	4.5	0	0	7	63	220	688	895	606	503	7.1
4	2728	95	14.3	101	64	155	301	613	600	457	183	113	5.5	229	133	208	347	426	404	240	104	54	4.7	355	227	431	479	353	240	98	28	17	3.7	0	1	16	82	306	645	762	483	433	6.9
5	178	76	12.5	0	0	4	15	49	47	36	14	13	6.1	25	10	11	11	10	6	2	0	1	3.0	32	12	23	14	8	3	0	0	0	2.6	0	0	2	12	37	46	47	17	17	6.4
6	120	75	10.8	0	0	3	6	16	23	29	16	27	6.9	10	2	3	5	2	1	1	1	0	3.0	33	14	14	9	6	2	0	0	0	2.3	0	0	1	5	12	14	30	19	39	7.3
7	234	88	11.0	1	3	10	29	51	61	39	22	11	5.8	33	16	15	28	36	17	7	6	3	3.9	41	38	37	28	21	13	3	2	1	3.1	0	0	2	12	41	62	53	35	29	6.6
8	615	70	15.5	90	41	56	82	74	33	22	9	3	3.6	16	7	39	96	144	151	88	35	21	5.4	43	42	113	149	122	71	39	9	8	4.2	0	0	5	46	114	186	155	64	45	6.3
9	68	68	14.0	10	3	6	5	5	1	0	0	0	2.8	1	2	9	13	12	13	5	3	1	4.9	0	3	5	15	18	13	8	4	1	5.2	0	1	2	6	14	18	14	11	2	6.1
10	250	59	12.7	3	2	18	44	67	48	31	15	8	5.4	28	19	30	36	38	33	17	10	3	4.3	24	25	68	66	33	8	4	2	1	3.5	0	0	2	17	43	75	58	33	22	6.4
11	99	63	12.0	0	1	3	14	28	25	16	8	2	5.7	19	10	11	11	3	4	3	0	1	3.0	16	8	27	17	5	2	0	1	0	3.0	0	0	1	10	26	26	21	10	5	6.1
12	188	82	15.6	20	11	12	35	34	25	18	2	1	4.4	21	12	20	21	22	23	10	6	2	4.2	13	13	39	45	43	17	8	1	0	4.0	0	0	6	20	46	55	42	14	5	5.9
13	45	101	17.7	7	1	3	3	10	7	0	0	0	3.9	3	1	4	8	9	9	4	1	1	4.8	2	1	3	12	16	7	3	1	0	4.7	0	1	1	2	10	15	12	2	2	6.0
14	10	111	19.7	2	0	1	0	2	1	4	0	0	4.9	2	1	3	2	1	0	0	0	0	2.9	1	0	2	4	1	1	0	1	0	4.2	0	0	1	0	2	2	2	3	0	6.3
15	7423	107	15.6	577	310	550	969	1375	1260	850	350	226	4.9	471	253	409	760	1111	1348	1035	565	321	5.3	785	501	987	1288	1119	905	480	172	135	4.2	0	4	37	195	689	1679	2082	1465	1272	7.0
16	1275	70	14.7	132	59	99	183	220	140	91	34	14	4.4	90	52	116	187	229	233	127	55	29	4.9	99	92	257	308	238	119	62	19	10	4.0	0	2	18	101	255	377	304	137	81	6.2
17	8698	102	15.5	709	369	649	1152	1595	1400	941	384	240	4.9	561	305	525	947	1340	1581	1162	620	350	5.3	884	593	1244	1596	1357	1024	542	191	145	4.2	0	6	55	296	944	2056	2386	1602	1353	6.9
A	2738	102	16.8	194	111	198	395	569	492	266	112	54	4.9	206	108	230	359	461	457	270	124	59	4.8	233	163	417	592	484	313	145	47	28	4.2	0	3	31	153	449	804	699	375	224	6.5
B	1598	128	17.3	81	35	83	205	345	321	222	91	56	5.3	114	67	83	151	203	250	220	122	75	5.3	162	114	213	279	211	184	107	51	19	4.2	0	0	5	40	127	289	445	385	307	7.2
C	1283	111	15.0	88	45	108	153	203	184	188	78	64	5.2	68	39	62	101	156	195	204	137	96	5.7	165	87	193	214	171	148	65	26	26	4.0	0	0	4	27	71	180	330	306	365	7.5
D	3079	86	13.5	346	178	260	399	478	403	265	103	66	4.5	173	91	150	336	520	679	468	237	120	5.4	324	229	421	511	491	379	225	67	72	4.3	0	3	15	76	297	783	912	536	457	6.9
a	3566	117	16.8	238	120	253	510	745	649	409	145	70	5.0	268	132	227	389	503	559	452	248	157	5.2	366	242	508	684	518	395	181	70	49	4.1	0	3	30	172	444	809	957	664	487	6.8
b	1789	109	16.7	117	61	115	187	303	280	242	130	107	5.3	92	68	125	186	259	271	238	138	86	5.3	174	105	275	347	307	218	118	42	28	4.2	0	0	8	36	164	337	448	358	438	7.2
c	500	81	13.0	35	17	34	78	101	92	51	21	12	4.9	35	22	35	54	86	106	50	23	14	5.0	51	33	72	97	84	59	31	15	1	4.2	0	0	3	15	54	159	134	90	45	6.7
d	1926	88	13.4	184	95	154	282	351	288	185	71	35	4.6	122	61	113	215	330	437	267	128	50	5.3	207	146	266	317	308	229	134	33	28	4.2	0	1	7	52	191	545	607	308	215	6.8
e	203	61	10.5	28	22	17	28	20	24	9	2	3	3.8	9	5	10	31	52	46	24	13	3	5.2	27	12	35	33	25	31	17	3	8	4.3	0	0	1	5	28	63	57	27	22	6.7
f	547	85	14.1	89	41	61	50	59	46	23	7	7	3.7	15	11	6	51	86	140	118	60	33	6.0	49	52	75	98	85	55	43	15	14	4.3	0	2	4	13	46	109	155	116	102	7.1
g	167	76	13.6	18	13	15	17	16	21	22	8	6	4.7	20	6	9	21	24	22	13	10	7	4.8	10	3	13	20	30	37	18	13	17	5.5	0	0	2	3	17	34	28	39	44	7.3

Liite 2. Moodin sijainti koealoilla puulajeittein, kasvupaikoittain, kehitysluokittain ja metsänhoidollisen tilan mukaan. N = koealojen lukumäärä, V = puuston tilavuus, m^3/ha, G = puuston pohjapinta-ala, m^2/ha, O = osite (ks. taulukot 1–2).

Appendix 2. Frequency distribution of sample plot mode by tree species, site type, development class, and silvicultural state. N = Number of sample plots, V = Growing stock cubic meters per hectare, G = Basal area sq.m. per hectare, O = Stratum (see Tables 1–2).

				Läpimittaluokat – *Diameter classes, cm*																															
				2-6	-10	-14	-18	-22	-26	-30	-34	34-	Yht.	2-6	-10	-14	-18	-22	-26	-30	-34	34-	Yht.	2-6	-10	-14	-18	-22	-26	-30	-34	34-	Yht.	2-6	-10	-14	-18	-22	-26	-30	-34	34-	Yht.
				Mänty – *Pine*									*Total*	Kuusi – *Spruce*									*Total*	Lehtipuusto – *Broad-leaved trees*									*Total*	Koko puusto – *All trees*									*Total*
O	N	V	G																																						
1	93	104	15.8	5	7	6	8	6	5	9	6	3	55	39	15	9	5	4	4	2	0	1	79	57	12	9	5	4	1	1	0	1	90	61	17	5	6	2	1	1	0	0	93
2	1088	128	17.5	63	66	82	133	141	161	107	39	24	816	447	216	108	66	59	47	23	9	9	984	499	157	124	116	66	29	11	4	5	1011	643	196	94	74	39	28	9	3	2	1088
3	2982	115	16.8	273	268	259	350	473	455	221	98	87	2484	1295	684	388	227	111	65	21	8	4	2803	1027	532	452	353	191	75	40	10	9	2689	1577	682	345	208	106	45	15	2	2	2982
4	2728	95	14.3	501	446	260	314	417	368	152	63	66	2587	928	534	347	168	100	44	17	5	2	2145	783	455	425	316	146	62	26	12	3	2228	1316	646	320	167	141	90	29	11	8	2728
5	178	76	12.5	73	35	23	17	18	7	4	0	1	178	29	16	19	6	4	1	1	0	0	76	22	16	21	22	8	2	1	0	0	92	89	34	22	15	11	5	2	0	0	178
6	120	75	10.8	31	14	12	23	8	12	5	7	8	120	4	5	8	5	2	1	0	0	0	25	23	10	22	9	9	2	3	0	0	78	46	16	11	22	8	6	2	4	5	120
7	234	88	11.0	59	54	32	26	21	21	4	3	7	227	55	42	24	18	11	8	3	0	0	161	64	30	39	33	12	5	1	0	0	184	100	63	31	20	9	9	0	1	1	234
8	615	70	15.5	68	69	74	70	56	42	20	10	1	410	360	154	47	24	8	4	0	0	0	597	331	124	67	52	13	9	0	0	0	596	421	140	36	13	3	2	0	0	0	615
9	68	68	14.0	8	3	5	5	5	2	1	1	0	30	28	17	5	4	4	1	0	0	0	59	47	10	6	3	0	0	1	0	0	67	47	15	4	2	0	0	0	0	0	68
10	250	59	12.7	64	69	39	23	19	15	3	2	2	236	108	50	38	10	4	3	1	0	0	214	144	50	26	6	3	2	0	0	0	231	173	50	19	5	3	0	0	0	0	250
11	98	63	12.0	41	31	14	5	4	1	0	0	1	97	35	14	6	5	2	0	0	0	0	62	41	25	6	4	0	0	0	0	0	76	62	28	3	3	2	0	0	0	1	99
12	189	82	15.6	53	28	37	17	15	7	1	0	0	158	80	31	15	8	2	1	0	0	0	137	117	27	25	7	2	1	0	0	0	179	137	37	11	2	1	0	0	0	0	188
13	45	101	17.7	6	5	6	2	8	2	2	0	0	31	19	14	3	3	1	0	0	0	0	40	25	12	3	3	1	1	0	0	0	45	25	15	2	3	0	0	0	0	0	45
14	10	111	19.7	2	4	2	1	1	0	0	0	0	10	6	1	1	0	1	0	0	0	0	9	8	1	1	0	0	0	0	0	0	10	9	1	0	0	0	0	0	0	0	10
15	7423	107	15.6	1005	890	674	871	1084	1029	502	216	196	6467	2797	1512	903	495	291	170	67	22	16	6273	2475	1212	1092	854	436	176	83	26	18	6372	3832	1654	828	512	316	184	58	21	18	7423
16	1275	70	14.7	242	209	177	123	108	69	27	13	4	972	636	281	115	54	22	9	1	0	0	1118	713	249	134	75	19	13	1	0	0	1204	874	286	75	28	9	2	0	0	1	1275
17	8698	102	15.5	1247	1099	851	994	1192	1098	529	229	200	7439	3433	1793	1018	549	313	179	68	22	16	7391	3188	1461	1226	929	455	189	84	26	18	7576	4706	1940	903	540	325	186	58	21	19	8698
A	2791	102	16.8	531	509	374	368	296	202	78	21	12	2391	1185	555	298	127	72	27	9	0	1	2274	1190	520	356	213	80	37	12	8	6	2422	1599	666	287	116	52	15	2	1	0	2738
B	1555	128	17.3	159	171	132	210	290	270	126	46	35	1439	529	317	192	126	58	43	9	8	3	1285	465	280	260	204	81	35	11	3	1	1340	718	339	199	167	95	58	16	4	2	1598
C	1305	111	15.0	145	114	82	104	163	225	127	73	78	1111	454	247	134	91	62	43	18	5	4	1058	374	199	159	174	108	43	27	5	6	1095	638	270	100	95	73	60	26	9	12	1283
D	3047	86	13.5	412	305	263	312	443	401	198	89	75	2498	1265	674	394	205	121	66	32	9	8	2774	1159	462	451	338	186	74	34	10	5	2719	1751	665	317	162	105	53	14	7	5	3079
a	3566	117	16.8	478	499	356	441	519	477	231	81	57	3139	1349	704	372	253	139	83	22	7	6	2935	1270	576	494	376	179	76	28	8	6	3013	1796	805	363	266	182	111	31	9	3	3566
b	1789	109	16.7	301	247	186	193	184	175	103	68	85	1542	724	363	199	80	48	32	8	6	3	1463	622	379	256	199	79	42	23	7	7	1614	996	409	189	98	32	26	15	10	14	1789
c	500	81	13.0	89	70	56	63	66	68	19	6	4	441	188	108	67	28	14	9	9	1	1	425	219	80	62	46	27	4	2	3	0	443	290	109	55	27	13	4	2	0	0	500
d	1926	88	13.4	263	229	178	219	301	276	117	43	19	1645	806	411	248	127	71	38	16	4	2	1723	679	292	287	210	123	46	21	7	3	1668	1067	427	199	106	76	38	9	2	2	1926
e	203	61	10.5	22	14	15	19	41	22	11	6	3	153	87	50	30	12	8	3	3	0	0	193	98	32	29	13	8	6	3	0	2	191	128	47	13	8	4	2	1	0	0	203
f	547	85	14.1	57	24	44	42	62	71	40	19	24	383	224	130	83	38	26	11	5	2	1	520	194	79	85	73	34	13	7	1	0	486	306	117	75	29	16	4	0	0	0	547
g	167	76	13.6	37	16	16	17	19	9	8	6	8	136	55	27	19	11	7	3	5	2	3	132	106	23	13	12	5	2	0	0	0	161	123	26	9	6	2	1	0	0	0	167

Liite 3. Metsikkörakenne koealoilla puulajeittain, kasvupaikoittain, kehitysluokittain ja metsänhoidollisen tilan mukaan. Rakenneluokat: A1 = tasarakenteinen, normaalijakaumaa muistuttava, A2 = muu tasarakenteinen, B1 = erirakenteinen, monijaksoinen, B2 = säännöllisen erirakenteinen, B3 = erirakenteinen, normaalijakaumaa muistuttava, B4 = muu erirakenteinen. N = koealojen lukumäärä, V = puuston tilavuus, m^3/ha, G = puuston pohjapinta-ala, m^2/ha, O = osite (ks. taulukot 1–2).

Appendix 3. Frequency of stand structure on sample plots by tree species, site type, development class, and silvicultural state. Stand structure: A1 = Even-sized, resembling normal distribution, A2 = Even-sized, others, B1 = All-sized, storeyed, B2 = Regularly all-sized, B3 = All-sized, resembling normal distribution, B4 = All-sized, others. N = Number of sample plots, V = Growing stock cubic meters per hectare, G = Basal area sq.m. per hectare, O = Stratum (see Tables 1–2).

				Rakenneluokka – *Stand structure*																								
				A1	A2	B1	B2	B3	B4	Yht.	A1	A2	B1	B2	B3	B4	Yht.	A1	A2	B1	B2	B3	B4	Yht.	A1	A2	B1	B2	B3	B4	Yht.
O	N	V	G	Mänty – *Pine*						*Total*	Kuusi – *Spruce*						*Total*	Lehtipuusto – *Broad-leaved trees*						*Total*	Koko puusto – *All trees*						*Total*
1	93	104	15.8	1	22	9	3	8	12	55	0	14	27	23	11	4	79	0	16	23	37	10	4	90	0	3	16	60	10	4	93
2	1088	128	17.5	26	318	92	26	186	168	816	3	108	183	445	156	89	984	12	191	246	310	146	106	1011	0	9	132	718	179	50	1088
3	2982	115	16.8	58	671	368	160	712	515	2484	22	291	488	1358	384	260	2803	64	733	516	700	335	341	2689	2	5	353	1958	512	152	2982
4	2728	95	14.3	46	274	441	467	913	446	2587	30	540	396	810	160	209	2145	54	959	421	423	131	240	2228	7	10	349	1597	528	237	2728
5	178	76	12.5	2	2	23	78	54	19	178	1	45	12	12	0	6	76	2	65	8	5	3	9	92	1	1	23	97	43	13	178
6	120	75	10.8	1	2	23	18	51	25	120	0	15	5	0	2	3	25	1	60	9	5	0	3	78	1	0	24	34	39	22	120
7	234	88	11.0	4	10	38	69	61	45	227	1	63	37	32	7	21	161	6	110	29	26	5	8	184	7	0	34	131	40	27	234
8	615	70	15.5	7	180	65	41	59	58	410	4	58	68	406	47	14	597	20	178	115	212	30	41	596	1	4	33	524	39	14	615
9	68	68	14.0	1	18	4	3	1	3	30	0	12	11	22	5	9	59	0	8	6	43	4	6	67	0	3	3	53	4	5	68
10	250	59	12.7	3	20	44	80	42	47	236	4	73	33	86	10	8	214	9	108	34	72	1	7	231	1	1	16	207	16	9	250
11	99	63	12.0	0	4	13	54	16	10	97	1	39	9	11	2	0	62	3	48	6	19	0	0	76	0	1	6	81	5	6	99
12	188	82	15.6	0	43	19	50	29	17	158	4	49	13	61	6	4	137	5	60	17	80	13	4	179	0	6	7	162	12	1	188
13	45	101	17.7	0	11	0	10	7	3	31	1	7	3	23	2	4	40	0	6	5	26	3	5	45	0	2	1	35	3	4	45
14	10	111	19.7	0	3	0	4	2	1	10	0	6	1	2	0	0	9	1	2	1	6	0	0	10	1	0	1	8	0	0	10
15	7423	107	15.6	138	1299	994	821	1985	1230	6467	57	1076	1148	2680	720	592	6273	139	2134	1252	1506	630	711	6372	13	28	931	4595	1351	505	7423
16	1275	70	14.7	11	279	145	242	156	139	972	14	244	138	611	72	39	1118	38	410	184	458	51	63	1204	3	17	67	1070	79	39	1275
17	8698	102	15.5	149	1578	1139	1063	2141	1369	7439	71	1320	1286	3291	792	631	7391	177	2544	1436	1964	681	774	7576	16	45	998	5665	1430	544	8698
A	2738	102	16.8	39	464	315	603	587	383	2391	24	520	316	1121	174	119	2274	50	763	393	838	191	187	2422	6	28	156	2093	362	93	2738
B	1598	128	17.3	22	177	187	138	635	280	1439	5	259	237	497	159	128	1285	31	458	233	279	162	177	1340	3	2	217	854	391	131	1598
C	1283	111	15.0	30	211	195	86	360	229	1111	11	158	229	403	148	109	1058	37	408	222	189	107	132	1095	2	2	217	707	250	105	1283
D	3079	86	13.5	58	726	442	236	559	477	2498	31	383	504	1270	311	275	2774	59	915	588	658	221	278	2719	5	13	408	2011	427	215	3079
a	3566	117	16.8	58	553	384	524	1081	539	3139	22	605	492	1247	351	218	2935	66	1050	553	748	306	290	3013	8	25	381	2232	719	201	3566
b	1789	109	16.7	30	263	259	247	421	322	1542	18	267	257	684	118	119	1463	52	502	245	482	147	186	1614	3	5	184	1228	247	122	1789
c	500	81	13.0	7	79	87	69	123	76	441	2	90	79	181	38	35	425	7	149	91	129	23	44	443	1	2	62	332	73	30	500
d	1926	88	13.4	42	391	285	188	431	308	1645	23	273	311	802	177	137	1723	34	585	357	370	142	180	1668	4	4	253	1259	279	127	1926
e	203	61	10.5	1	66	26	9	24	27	153	2	22	36	86	16	31	193	4	70	48	46	8	15	191	0	1	27	143	13	19	203
f	547	85	14.1	10	181	66	9	45	72	383	2	30	79	254	81	74	520	11	165	97	122	42	49	486	0	6	66	350	86	39	547
g	167	76	13.6	1	45	32	17	16	25	136	2	33	32	37	11	17	132	3	23	45	67	13	10	161	0	2	25	121	13	6	167

Varttuneiden metsiköiden erirakenteisuus Etelä-Suomessa 1950-luvun alussa

Olavi Laiho

Rakenteet, puujaksot, latvuskerrokset

Rakenteeltaan yksinkertaisin metsikkö koostuu yhden puulajin samankokoisista yksilöistä. Oikeaoppisesti ala- ja laatuharvennettu metsikkö täyttää tasarakenteisuuden vaatimukset vaikka puiden välinen kokovaihtelu edellytettäisiin hyvinkin pieneksi (Daniel 1979, Lähde ym. 1991). Istutusmetsä, jossa ei esiinny tuhoja ja josta luontaiset taimet puuttuvat täyttää tasarakenteisvaatimukset pitkään ilman hakkuitakin. Metsikön varttuessa puiden kokoero kasvaa siten, että pieniläpimittaisia ja isokokoisia puita on vähän mutta keskiläpimittaisia paljon. Runkolukusarja noudattaa tällöin normaalijakaumaa, joka on tasarakenteisen metsikön toinen tärkeä tunnus (Curtis 1978, Gibbs 1978).

Kolmas tasarakenteisuuteen liitetty tunnus on tasaikäisyys (Laiho 1994). Tasaikäisyys oli puulajipuhtauden ohella ensisijainen vaatimus valittaessa ns. luonnonnormaaleja koealametsikköjä (Ilvessalo 1920a, b). Lisäksi niiltä edellytettiin täysipuustoisuutta, säästymistä hakkuilta ja häiriötöntä kehitystä. Varttuneen luonnonnormaalin metsikön runkolukusarja noudattaa normaalijakaumaa, joskin puiden kokovaihtelu on suurta. Esimerkiksi 100-vuotiaassa MT-männikössä puiden koon vaihteluväli on 32 cm (11–43 cm) ja samanikäisessä OMT-kuusikossa 40 cm (1–41 cm). Normaalijakauman mukainen rakenne esiintyy latvuskerroksittainkin eli erikseen päävaltapuilla, lisävaltapuilla, välipuilla ja alis- eli aluspuilla ynnä vallitsevalla ja vallitulla latvuskerroksella niiden yhdistelmänä (Lönnroth 1925). Taimikkovaiheessa luonnonnormaalin metsän runkoluku on korkea, suuruusluokkaa 10 000–20 000 kpl/ha. Enimmät taimet kärsivät pahoin keskinäisestä kilpailusta, jäävät pieniksi ja runkolukujakauma on pitkään oikealle vino. Aluksi se on suorastaan käännetyn J-kirjaimen muotoinen eli tyypillisen erirakenteinen.

Jos metsikössä on samaa puulajia olevia, selvästi (tavallisesti yli 40 vuotta) vallitsevaa puustoa nuorempia tai vanhempia puita sanotaan metsää jaksolliseksi (Ilvessalo 1929). Tyypillisessä tapauksessa jaksojen kokoero on niin selvä, että ne erottuvat ikään kuin eri metsikköinä. Kumpikin jakso saattaa olla yksinäänkin täysipuustoinen. Yllättävästi parhaiten kehittyneet ja selvimmin erottuvat alikasvokset ovat vallitsevan puuston kanssa täysin tai ainakin lähes samanikäiset. Tällöin jaksot ovat kuitenkin eri puulajia. Näistä metsiköistä mainittakoon istutusmännikköön luontaisesti noussut ja muokatulle avoalalle yhdessä koivun kanssa siementynyt kuusi. Kummassakin tapauksessa puulajien alkukehitys eroaa siinä määrin, että jaksojen eriytyminen on hyvin selvä (Laiho 1988).

Monissa metsiköissä jaksojen erottaminen ei ole yksikäsitteisen selkeää. Näin on laita, milloin nuorennoksen ja vallitsevan jakson välillä ei ole yhtään puutonta läpimittaluokkaa. Nämä runkolukujakaumaltaan kaksihuippuiset metsiköt ovatkin luokittelijalle ongelmalliset. Metsäntutkimuslaitoksen kestokoealoilla puujaksoja ei normaalisti erotetakaan, sillä toistuvissa mittauksissa ei ole päästy riittävän yhtäpitävään määritykseen. Perättäisissä inventoinneissakaan ei ole päästy vertailukelpoisiin tuloksiin (Salminen 1993).

Ääritapauksena on säännöllisen erirakenteinen metsikkö. Tällöin pienikokoisia puita on

eniten ja puiden lukumäärä pienenee verrattain säännöllisesti läpimitan suuretessa. Useimmiten on tällöin kysymys sekametsästä. Erirakenteisen metsän tyyppiesimerkki, puhdas kuusikko (Mikola 1984), on meillä harvinainen (Lähde ym. 1992, Laiho ym. 1994, Norokorpi ym. 1994).

Perinteisesti maamme metsiä on totuttu pitämään tasaikäisinä ja sen myötä tasarakenteisina. Vastikään valmistuneessa tutkimuksessa (Laiho ym. 1994) todettiin, että väljästikään tulkiten tasarakenteisia metsiköitä ei varttuneissa metsissä ollut 18 % enempää. Erirakenteisuuden tyypillisintä muotoa eli säännöllisen erirakenteisia metsiköitä oli puolestaan 65 %. Tässä työssä tarkastellaan kyseisten metsiköiden rakennetta ja koostumusta Etelä-Suomessa em. julkaisua yksityiskohtaisemmin.

Aineisto ja menetelmät

Valtakunnan metsien kolmannessa inventoinnissa vuosina 1951—53 otettiin arviointilinjoilta kilometrin välein ns. täyskoeala. Jokainen koeala edusti metsikköä. Koealojen määrä oli Etelä-Suomessa 9 449 (Ilvessalo 1956). Kehitysluokista otettiin tähän tarkasteluun mukaan harvennusmetsät, väljennysmetsät ja uudistuskypsät metsiköt sekä ne joiden kehitysluokkaa ei ollut määritetty. Puuston määrän tuli näissä varttuneissa metsiköissä olla vähintään 40 m^3/ha. Mukaan kelpuutettiin kaikki kasvupaikat metsänhoidollisesta tilasta riippumatta. Koealojen määräksi muodostui näiden rajoitusten jälkeen 6 163, joista 15 % oli turvemaalla.

Koealan koko oli 0,1 ha. Siltä luettiin yli 10 cm puusto kahden cm:n tasaavaa luokitusta käyttäen. Samankeskiseltä 0,01 ha:n ympyräkoealalta luettiin 10 cm pienempi puusto. Pienin luettu puu oli 2 cm. Sitä pienempiä puita ei luettu, ei myöskään sellaisia lehtipuuvesoja, joista ei katsottu kehittyvän kunnollista puuta. Aineiston käsittelyn yhteydessä puut yhdistettiin 4 cm läpimittaluokkiin. Koealalomakkeilla, joilta tiedot tallennettiin ei kahta pienintä läpimittaluokkaa (3 ja 5 cm) ollut eriteltykään. Puut oli luettu puulajeittain mutta puujaksoja ei ollut määritetty.

Perinteisesti puuston rakennetta on meillä kuvattu runkotilavuudella. Niinpä inventointien tulokset on julkaistu iän, kehitysluokan, metsänhoidollisen tilan, puulajin ym. mukaan laskettuine tilavuuksineen. Kuutiomääräluokittelu antaa painoa eritoten suurimmille puille. Esimerkiksi neljän sentin läpimittaisia puita tarvitaan n. 250 vastaamaan yhtä 36 cm puuta.

Tässä tutkimuksessa käytettiin rakenneluokituksen perustana puiden läpimitan mukaan järjestettyä runkolukujakaumaa. Siihen pohjautuen jokaiselle koealametsiköllе määritettiin yksikäsitteinen rakenneluokka sekä puulajeittain että kokonaispuustolle. Luokitus tehtiin täsmälleen samalla tavalla kuin vastaavassa aikaisemmassa tutkimuksessa (Laiho ym. 1994). Se perustuu runkolukujakauman laajuuteen ja muotoon, korostaa pienten puiden merkitystä ja antaa hyvän kuvan metsikön monimuotoisuudesta. Yksityiskohtaisesti luokitus oli seuraava:

A. Tasarakenteiset: puita enintään kolmen peräkkäisen luokan laajuudella.
   - A1. Tasarakenteinen, normaalijakaumaa muistuttava. Puita kaikissa kolmessa peräkkäisessä luokassa, eniten keskimmäisessä luokassa.
   - A2. Muu tasarakenteinen.

B. Erirakenteiset: puita vähintään neljän luokan laajuudella.
   - B1. Erirakenteinen, monijaksoinen. 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, eniten ensimmäisessä tai toisessa luokassa.

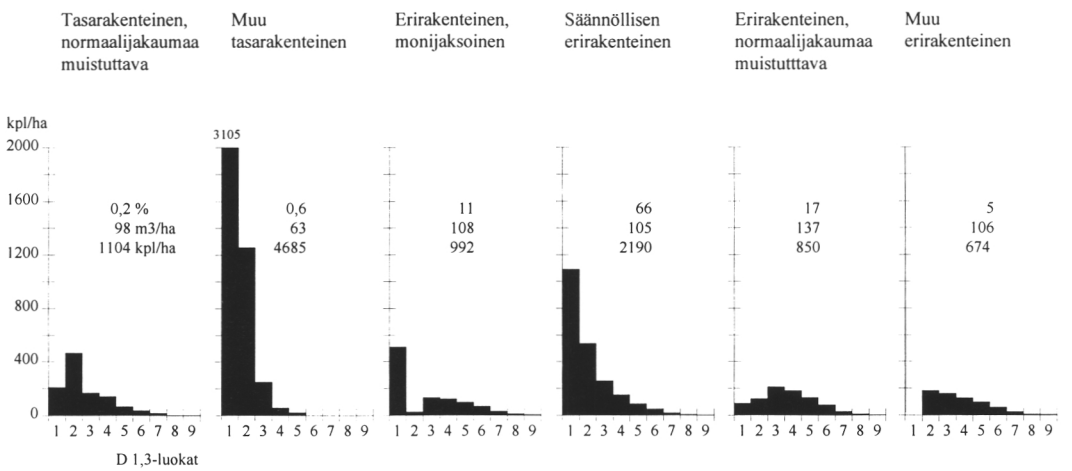
B3. Erirakenteinen, normaalijakaumaa muistuttava. Puita ei ole eniten kahdessa pienimmässä eikä jakauman reunimmaisissa luokissa.

B4. Muu erirakenteinen.

Luokitusta voidaan yksinkertaistaa yhdistämällä luokat A1 ja B3. Näin muodostunutta luokkaa kutsutaan normaalijakaumaa muistuttavaksi rakenteeksi. Tällöin metsikön yksinomaisena vaatimuksena on normaalijakaumaa jossain määrin muistuttava läpimittaluokkajakauma sen laajuudesta riippumatta. Väljässä luokituksessa luokkia A1, A2 ja B3 voidaan kutsua myös tasarakenteisiksi (Curtis 1978, Gibbs 1978). Tämä yhdistelmäluokka ei ole herkkä yksittäisille poikkeaville puille.

Tulokset

Varttuneiden metsiköiden rakenne oli Etelä-Suomessa hyvin samanlainen kuin koko maassa (Laiho ym. 1994). Tasarakenteisia metsiköitä oli väljästikin tulkiten vain 17 % (kuva 1). Tämä rakenne painottui kuiviin ja karuihin kankaisiin. Turvemaalla se oli tasaisen niukkaa. Väljennys- ja uudistusmetsissä se oli yleisempi kuin muissa kehitysluokissa. Määritellyllä tavalla monijaksoisia metsiköitä oli 11 %. Kasvupaikoittain, kehitysluokittain ja metsänhoidollisen tilan mukaan monijaksoisuutta oli tasaisesti lukuunottamatta turvemaata ja harvennusmetsää, joilla se oli keskimäärää selvästi niukempaa. Puuttomana väliluokkana oli useimmiten toinen (6–10 cm). Luokkaa muu erirakenteinen oli koealoista 5 %. Turvemaalla sen esiintyminen oli niukkaa ja karulla kivennäismaalla muita kasvupaikkoja yleisempää. Väljennys- ja uudistusmetsissä tämä rakenne oli yleisempi kuin harvennusmetsässä. Sen runkoluku oli muita rakenneluokkia alempi. Pienin puusto (2–6 cm) puuttui kaikilta näiltä koealoilta. Suuressa osassa aineistoa myös toinen ja sen lisäksi joskus kolmaskin läpimittaluokka olivat puuttomat. Lähes poikkeuksetta suurin runkoluku oli kullakin koealalla sen pienimmässä läpimittaluokassa.



Kuva 1. Eri metsikkörakenteiden yleisyys, keskikuutio, runkoluku ja runkolukujakauma Etelä-Suomen varttuneissa metsissä vuosina 1951–53. Koealojen määrä 6 163. $D_{1,3}$-luokat: 1 = 2–6, ... 9 = > 34 cm.

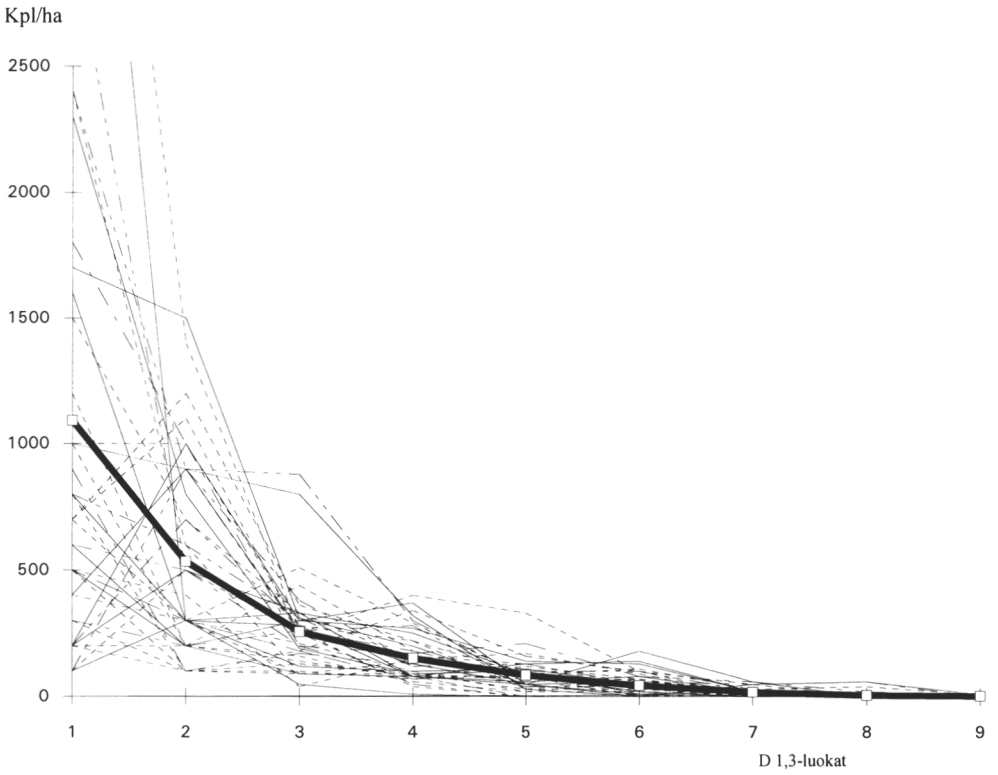
Säännöllistä erirakenteisuutta esiintyi aineistossa enemmän kuin muita rakenteita yhteensä, 66 %. Tämä ns. käännetyn J:n muotoinen runkolukujakauma oli koealametsiköissä kauttaaltaan yleinen mutta turvemaalla sitä oli peräti 85 %:lla koealoista. Väljennys- ja uudistusmetsissä tätä rakennetta oli harvennusmetsää vähemmän mutta tällöinkin 54 %. Säännöllisen erirakenteisten metsiköiden runkoluku vaihteli välillä 420–13 200 kpl/ha. Keskimääräinen runkoluku, 2 190 kpl/ha, oli yli kaksinkertainen muuhun aineistoon nähden. Pienikokoista puustoa (2–10 cm) oli vastaavsti yli nelinkertainen määrä. Korkea runkoluku johtui nimenomaan pienikokoisen puuston runsaudesta. Sitä oli eniten hoitoa vailla olevissa harvennusvaiheen turvemaametsiköissä (taulukko 1). Yli 5 000 kpl/ha olevia pienikokoisen puuston tiheikköjä oli aineistosta 3 % ja alle 500 kpl/ha tiheyden jäi koealoista 8 %.

Taulukko 1. Pienikokoisen (2–10 cm) puuston jakaantuminen tiheysluokkiin (kpl/ha) kasvupaikoittain, kehitysluokittain ja metsänhoidollisen tilan mukaan säännöllisen erirakenteisissa varttuneissa metsiköissä Etelä-Suomessa vuosina 1951–53.

Osite	Koealoja, kpl	< 100	< 500	< 1000	< 2000	< 5000	≥ 5000
		% koealoista					
Tuoreet kankaat ja viljavammat	2177	0	8	32	36	22	3
Kuivahkot kankaat ja karummat	1137	0	12	29	35	21	2
Turvemaat	770	0	2	17	38	38	5
Harvennusmetsä	1618	0	3	21	36	36	5
Väljennysmetsä	571	0	12	36	41	11	1
Istutusmetsä	426	0	16	39	34	11	0
Ei määritetty	1469	0	10	31	35	22	2
Hyvä - tyydyttävä	1724	0	8	30	36	24	2
Hoitoa vailla	722	0	5	20	35	34	6
Lepoa tarvitseva	244	0	10	27	44	18	1

Näiden metsiköiden keskimäärinen runkoluku aleni hyvin säännöllisesti puiden läpimitan suuretessa (kuva 2). Koealoilla, joilla pienikokoista puustoa oli runsaasti runkoluku aleni läpimitan suuretessa hyvin jyrkästi. Neljänneksellä koealoja moodi oli toiseksi pienimmässä läpimittaluokassa ja tällöin runkoluku suureni läpimittaluokasta 1 luokkaan 2 tai pysyi samana. Runkoluvun ollessa alhainen puiden lukumäärä väheni järeytymisen myötä verrattain vähän. Pääosalla aineistoa aleneminen oli kuitenkin selkeää. Pienintä läpimittaluokkaa (2–6 cm) erikseen tarkastellen koealoittainen jakauma oli vino siten, että keskimääräinen tiheys oli 1 092 ja mediaani 800 kpl/ha.

Säännöllisen erirakenteisten metsiköiden keskimääräinen runkolukujakauma oli muodoltaan hyvin samanlainen kasvupaikasta, kehitysluokasta ja metsänhoidollisesta tilasta riippumatta (kuva 3). Merkittävimmät poikkeamat olivat pienikokoisen puuston runsas osuus ja suuri määrä turvemaan metsiköissä ja vastaavasti vähäisyys väljennys- ja uudistusmetsissä. Isokokoista puustoa viimemainituissa oli puolestaan eniten samaten kuin puuston kuutiomäärä oli muita ositteita korkeampi.

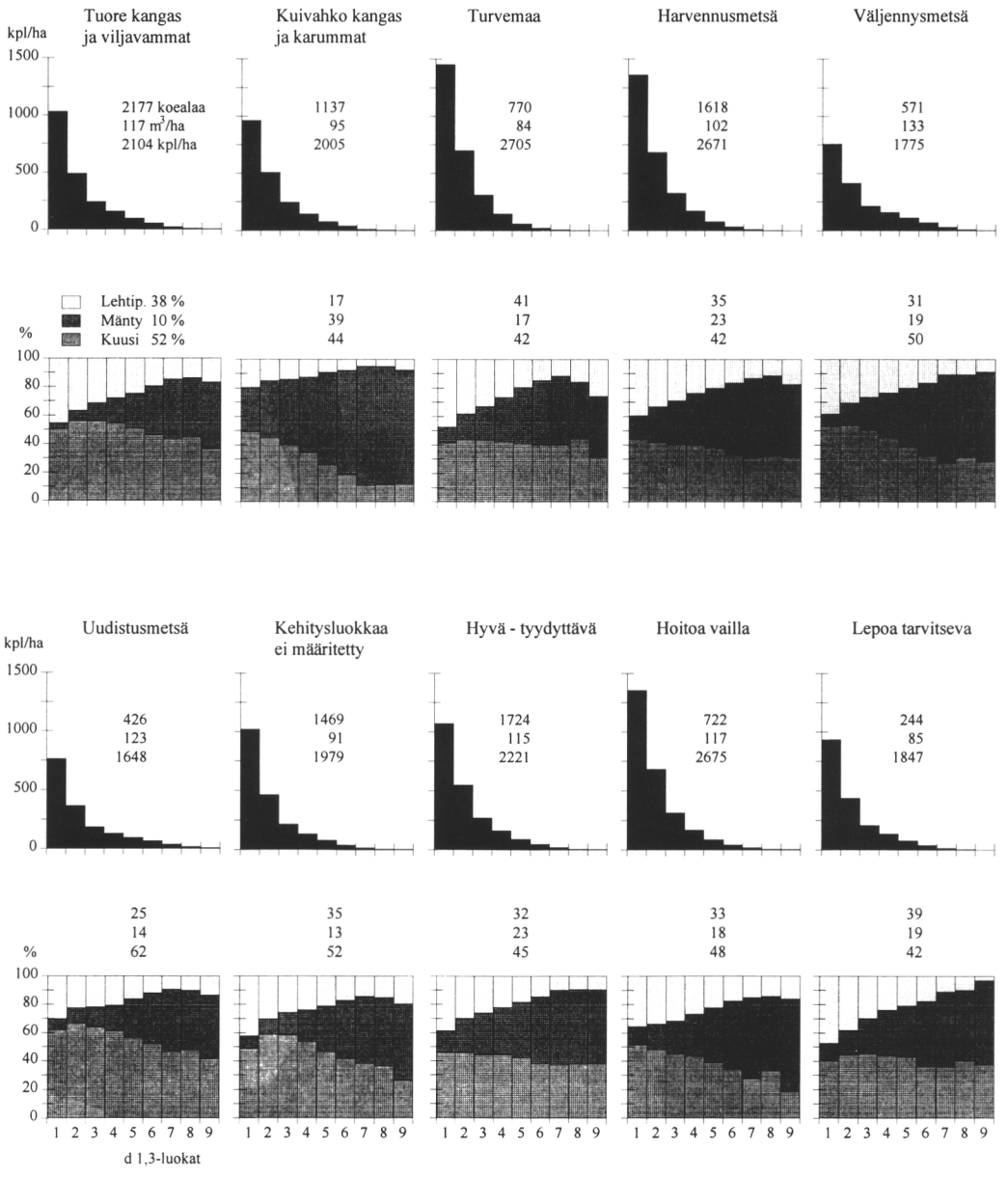


Kuva 2. Alenevan runkoluvun mukainen systemaattinen (joka sadas) näyte Etelä-Suomen varttuneiden metsiköiden säännöllisen erirakenteisten koealojen kokonaispuustosta vuosina 1951–53. Vahvalla murtoviivalla on merkitty aineiston keskimääräinen runkolukujakauma. Koealojen määrä 4 084. $D_{1,3}$-luokat: 1 = 2–6, ... 9 = > 34 cm.

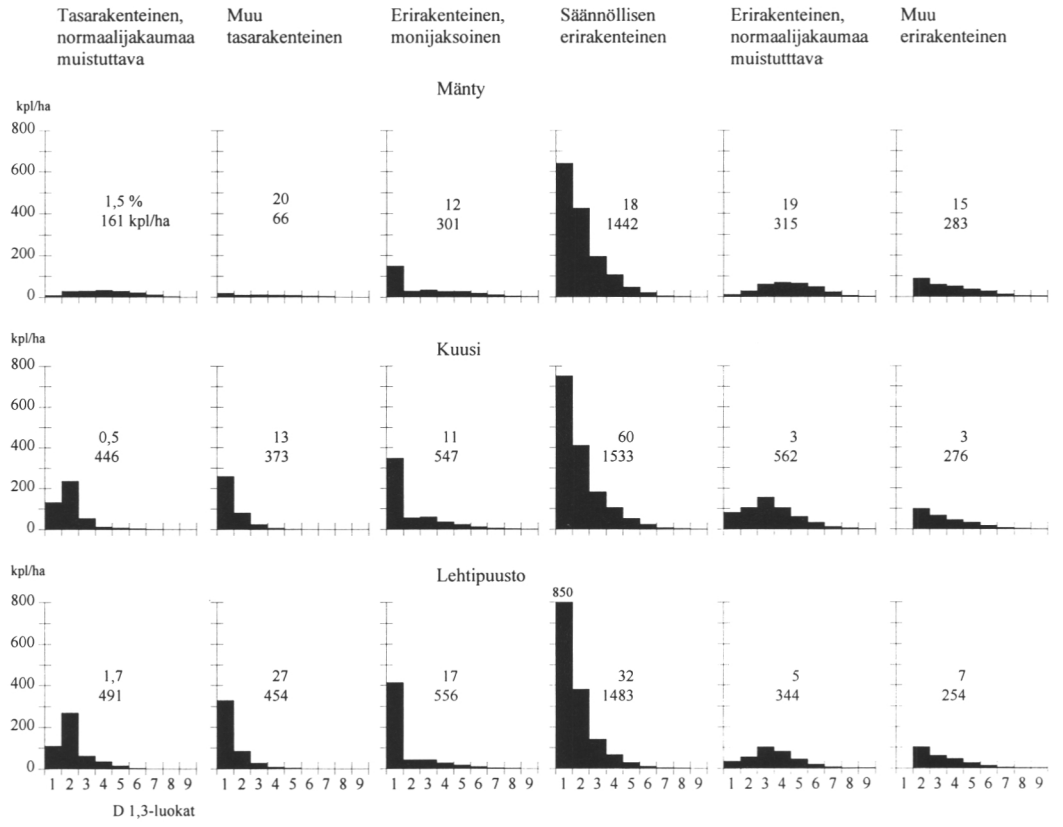
Säännöllisen erirakenteisille metsiköille oli ominaista sekapuustoisuus. Pelkästään mäntyä, kuusta tai lehtipuustoa sisältäviä metsiköitä oli vain 3 % eli runsas kolmannes puhtaiden metsiköiden osuudesta muussa aineistossa. Kaikkia kolmea puulajia puolestaan esiintyi 67 %:lla koealoja eli vajaan viidenneksen muita rakenteita yleisemmin. Puulajeittain tarkastellen männyllä sekä yleisyys että osuus runkoluvusta olivat selvästi muuta aineistoa alhaisemmat ja kuusella sekä lehtipuustolla vastaavasti korkeammat.

Puulajisuhteiden riippuvuus puuston läpimitasta oli kaikissa ositteissa selvä. Pienikokoisen männyn osuus oli karuja kankaita lukuunottamatta vähäisin, mutta isokokoisessa puustossa mänty oli aina vallitseva puulaji. Kuusen osuuden väheneminen oli selvin kuivahkolla ja sitä karummilla kankailla.

Kokonaisrakenteeltaan säännöllisen erirakenteisten koealojen purkaminen puulajeittain osarakenteiksi toi esiin rakenteiden koko kirjon (kuva 4). Männyllä ja lehtipuustolla tasarakenteisuus oli yleistä, männyllä lähes vallitseva rakenne. Normaalijakaumaa muistuttava rakenne oli yleinen vain männyllä. Kuusella puolestaan oli kahdella kolmanneksella koealoja säännöllisen erirakenteinen runkolukujakauma.



Kuva 3. Säännöllisen erirakenteisten varttuneiden metsiköiden keskikuutio, runkoluku, runkolukujakauma ja puulajiosuudet kasvupaikoittain, kehitysluokittain ja metsänhoidollisen tilan mukaan Etelä-Suomessa vuosina 1951–53. $D_{1,3}$-luokat: 1 = 2–6, ... 9 = > 34 cm.



Kuva 4. Puulajeittaisten metsikkörakenteiden yleisyys, runkoluku ja runkolukujakauma kokonaispuustoltaan säännöllisen erirakenteisissa varttuneissa metsiköissä Etelä-Suomessa vuosina 1951–53. Koealojen määrä 4 084. $D_{1,3}$-luokat: 1 = 2–6, ... 9 = > 34 cm.

Säännöllisen erirakenteinen kokonaisrakenne saattoi käytetyn luokituksen puitteissa koostua yhteensä 342:sta puulajeittaisten osarakenteiden yhdistelmästä. Koealoja, joilla puulajeittainkin oli pelkästään säännöllinen erirakenne oli 0,6 %. Vastaavasti tämä osarakenne puuttui kokonaan 10 %:lta koealoja. Yleisin oli siten tapaus, jossa kokonaispuusto koostui hyvin erilaisista puulajeittaisista osarakenteista. Aineiston sisäistä vaihtelua valottaa näytteenomaisesti taulukko 2.

Taulukko 2. Alenevan runkoluvun mukainen systemaattinen näyte Etelä-Suomen varttuneiden metsien säännöllisen erirakenteisista koealoista vuosina 1951–53. Koealojen kokonaismäärä 4 084 kpl.

	Männyt										Kuuset										Lehtipuusto										Koko puusto									
koeala	2–6	–10	–14	–18	–22	–26	–30	–34	>34	Yht.	2–6	–10	–14	–18	–22	–26	–30	–34	>34	Yht.	2–6	–10	–14	–18	–22	–26	–30	–34	>34	Yht.	2–6	–10	–14	–18	–22	–26	–30	–34	>34	Yht.
42	0	100	0	0	0	0	0	0	0	100	700	400	40	40	0	0	0	0	0	1180	4400	900	220	0	0	0	0	0	0	5520	5100	1400	260	40	0	0	0	0	0	6800
142	0	0	0	0	0	0	50	60	10	120	500	100	20	10	0	0	0	0	0	630	4300	200	30	0	0	0	0	0	0	4530	4800	300	50	10	0	0	50	60	10	5280
242	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1900	900	820	270	70	0	10	0	0	3970	500	0	60	30	10	0	0	0	0	600	2400	900	880	300	80	0	10	0	0	4570
342	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	800	400	220	200	40	20	0	0	0	1680	2200	100	40	80	0	20	0	0	0	2440	3000	500	260	280	40	40	0	0	0	4120
442	100	0	40	100	30	0	0	10	0	280	1600	1500	270	100	20	0	0	0	0	3490	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1700	1500	310	200	50	0	0	10	0	3770
542	100	0	10	0	20	10	0	0	0	140	2200	800	180	90	80	0	0	0	0	3350	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2300	800	190	90	100	10	0	0	0	3490
642	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	400	300	80	90	30	70	0	0	0	970	2000	300	10	0	0	0	0	0	0	2310	2400	600	90	90	30	70	0	0	0	3280
742	0	0	0	20	0	0	0	0	0	20	1600	900	180	60	0	0	0	0	0	2740	200	100	20	0	0	0	0	0	0	320	1800	1000	200	80	0	0	0	0	0	3080
842	0	0	0	70	90	60	20	0	0	240	700	1100	250	320	240	40	30	0	0	2680	0	0	0	10	0	0	0	0	0	10	700	1100	250	400	330	100	50	0	0	2930
942	0	200	110	30	60	0	0	0	0	400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1500	500	220	120	40	0	0	0	0	2380	1500	700	330	150	100	0	0	0	0	2780
1042	0	100	20	30	60	30	30	0	0	270	1000	800	240	190	20	0	0	0	0	2250	0	100	20	0	10	0	0	0	0	130	1000	1000	280	220	90	30	30	0	0	2650
1142	0	0	10	0	0	0	0	0	0	10	700	1100	350	220	30	30	0	0	0	2430	0	100	0	0	0	0	0	0	0	100	700	1200	360	220	30	30	0	0	0	2540
1242	0	0	0	10	10	0	0	0	0	20	200	300	360	210	20	0	0	0	0	1090	200	600	440	100	0	0	0	0	0	1340	400	900	800	320	30	0	0	0	0	2450
1342	100	300	120	90	40	10	20	0	0	680	700	100	90	30	10	0	0	0	0	930	200	500	50	10	0	0	0	0	0	760	1000	900	260	130	50	10	20	0	0	2370
1442	1500	300	100	90	100	50	10	0	0	2150	100	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	20	10	10	0	0	0	0	40	1600	300	120	100	110	50	10	0	0	2290
1542	0	0	30	0	0	0	0	0	0	30	300	200	30	0	0	0	0	0	0	530	700	700	190	50	0	0	0	0	0	1640	1000	900	250	50	0	0	0	0	0	2200
1642	0	0	20	20	0	0	0	0	0	40	1100	200	400	100	80	0	20	0	0	1900	100	0	20	60	0	0	0	0	0	180	1200	200	440	180	80	0	20	0	0	2120
1742	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	800	600	260	120	130	50	30	10	0	2000	0	0	50	0	0	0	0	0	0	50	800	600	310	120	130	50	30	10	0	2050
1842	200	800	200	310	20	60	0	0	0	1590	0	0	0	10	0	0	0	0	0	10	0	200	100	50	30	0	0	0	0	380	200	1000	300	370	50	60	0	0	0	1980
1942	0	0	40	50	40	30	0	0	0	160	400	0	50	10	10	0	0	0	0	470	300	300	420	230	30	0	0	0	0	1280	700	300	510	290	80	30	0	0	0	1910
2042	600	500	80	110	190	80	50	20	10	1640	0	0	110	60	20	0	10	0	0	200	0	0	10	0	0	0	0	0	0	10	600	500	200	170	210	80	60	20	10	1850
2142	300	0	120	140	10	0	0	0	0	570	400	300	130	70	80	20	0	0	0	1000	100	0	80	40	0	0	0	0	0	220	800	300	330	250	90	20	0	0	0	1790
2242	0	800	260	40	60	80	20	0	0	1260	100	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	100	120	100	40	20	0	0	0	380	100	900	380	140	100	100	20	0	0	1740
2342	0	0	0	20	0	0	0	0	0	20	400	100	140	140	100	80	0	0	0	960	400	0	40	180	60	20	0	0	0	700	800	100	180	340	160	100	0	0	0	1680
2442	0	0	10	0	0	10	0	0	0	20	900	200	130	80	120	60	10	0	0	1500	100	0	0	0	0	0	0	0	0	100	1000	200	140	80	120	70	10	0	0	1620
2542	0	100	180	190	130	130	20	0	0	750	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	500	100	120	80	10	0	0	0	0	810	500	200	300	270	140	130	20	0	0	1560
2642	0	0	0	0	20	20	20	0	0	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	900	100	170	130	20	40	30	60	0	1450	900	100	170	130	40	60	50	60	0	1510
2742	800	300	210	70	10	20	0	0	0	1410	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	10	0	0	0	0	40	800	300	210	100	20	20	0	0	0	1450
2842	0	400	110	50	130	140	20	0	0	850	200	100	170	20	0	0	0	0	0	490	0	0	50	10	0	0	0	0	0	60	200	500	330	80	130	140	20	0	0	1400
2942	0	100	10	110	120	90	0	0	0	430	300	300	10	30	10	0	0	0	0	650	200	0	20	10	40	0	0	0	0	270	500	400	40	150	170	90	0	0	0	1350
3042	100	600	190	30	0	10	30	10	0	970	0	0	30	10	0	0	0	0	0	40	100	100	60	40	0	0	0	0	0	300	200	700	280	80	0	10	30	10	0	1310
3142	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	500	0	80	60	50	160	60	0	0	910	100	200	10	20	0	20	0	0	0	350	600	200	90	80	50	180	60	0	0	1260
3242	0	100	120	60	80	40	0	0	0	400	100	400	140	100	50	10	0	0	0	800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	500	260	160	130	50	0	0	0	1200
3342	0	0	30	10	10	0	0	0	0	50	400	0	150	60	70	20	0	0	0	700	100	300	0	0	0	0	0	0	0	400	500	300	180	70	80	20	0	0	0	1150
3442	400	300	80	130	110	60	0	0	0	1080	0	0	10	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	10	0	0	0	0	0	10	400	300	90	140	110	60	0	0	0	1100
3542	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	140	70	10	10	10	0	0	240	300	200	120	110	70	10	0	0	0	810	300	200	260	180	80	20	10	0	0	1050
3642	100	0	0	10	0	0	0	0	0	110	300	100	70	0	0	0	0	10	0	480	100	0	60	80	70	70	20	0	0	400	500	100	130	90	70	70	20	10	0	990
3742	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	300	200	50	60	70	20	0	0	700	100	0	80	30	0	10	0	0	0	220	100	300	280	80	60	80	20	0	0	920
3842	0	0	20	10	70	60	20	10	10	200	0	0	40	50	20	30	10	30	0	180	300	100	40	10	0	20	0	0	0	470	300	100	100	70	90	110	30	40	10	850
3942	0	0	0	0	0	10	10	0	0	20	200	200	160	60	20	50	20	0	0	710	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200	200	160	60	20	60	30	0	0	730
4042	200	100	70	60	60	40	10	0	0	540	0	0	10	10	20	0	0	0	0	40	0	0	10	10	0	0	0	0	0	20	200	100	90	80	80	40	10	0	0	600

Tulosten tarkastelu

Tämän tutkimuksen yksi päätulos on, että pienikokoista (2–10 cm) puustoa oli Etelä-Suomen varttuneissa metsissä vuosina 1951–53 paljon, keskimäärin 1 209 kpl/ha. Vain 8 %:ssa metsiköitä sen määrä jäi alle 500 ja toisaalta yli puolessa metsiköitä se oli vähintään 1 000 kpl/ha. Hyvin hoidetuissa varttuneissa metsiköissä ei tämän kokoluokan puita pitäisi olla juuri lainkaan. Toisaalta alaharvennus oli ns. harsintajulkilausuman (Appelroth ym. 1948) seurauksena vasta yleistymässä.

Koko Suomen osalta näitä tuloksia on tarkasteltu laajemmin toisaalla (Laiho ym. 1994). Tässä toistettakoon, että valtakunnan metsien inventoinneissa alikasvosta tai ns. käyttökelpoista alikasvosta on ollut 1–3 % metsämaan alasta (Ilvessalo 1942, 1956, Kuusela 1972, Kuusela & Salminen 1983, Salminen 1993). Silti alikasvokset ovat suuresti muuttaneet metsiemme ikärakennetta. Niinpä vuosina 1921–24 oli 10-vuotiasta taimikkoikäluokkaa 4,8 %, mutta 40 vuotta myöhemmin 50-vuotiasta metsää nelinkertainen pinta-ala (Kuusela 1972). Näin on tapahtunut ilman, että alikasvosten olemassaoloa on kunnolla edes tiedostettu. Alikasvokset elpyvät yleensä hyvin (Vuokila 1982, Laiho 1985) ja vähäpuustoisuus korjaantuu luultua nopeammin (Gustavsen 1992).

Tässä tutkimusaineistossa ei koealoja otettaessa ollut erotettu puujaksoja. Sitä ei yritetty tehdä sisätyönäkään, semminkin kun esimerkiksi alikasvoksen määritelmätkin ovat kovin kirjavia (Salminen 1993, Laiho ym. 1994). Selvää kuitenkin on, että puuttoman väliluokan erottaman alikasvoksen lisäksi oli runsaasti alikasvosta etenkin säännöllisen erirakenteisissa metsiköissä mm. runkolukujakaumaltaan kaksihuippuisina metsikköinä. Täten alikasvoksen määrä lienee ollut hyvinkin kymmenkertainen varsinaisiin inventointituloksiin verrattuna. Alikasvosten yleisyyden puolesta todistaa myös se, että luonnonnormaaliin metsikköaineistoon jouduttiin aikanaan hyväksymään peräti 39 % koealoja, joilla oli kuutiomäärään mukaanotettua alikasvosta (Ilvessalo 1920a, b).

Toinen päätulos, säännöllisen erirakenteisten metsiköiden suuri osuus, on herättänyt hämmennystä jo ennen julkaisemista. Miten on mahdollista, että tätä rakennetta olisi kaksi kolmannesta varttuneista metsiköistä, vaikka niitä on totuttu pitämään sekä tasaikäisinä että tasarakenteisina (Nyyssönen 1957). Syitä lienee moniakin. Ensinnäkin kuutiomäärinä tarkastellen Etelä-Suomen varttuneiden metsiköiden käännetyn J-kirjaimen muotoinen keskimääräinen runkolukujakauma muuntuu oleellisesti yhtä säännölliseksi normaalijakaumaksi. Tarkastelutapa hävittää runsaankin nuorennoksen lähes jäljettömiin. Ikä puolestaan on yleensä määritetty valtapuista ja sallittu tasaikäisyyteen huomattavaa ikävaihtelua. Puustoa luettaessa alikasvosta ei liene useinkaan otettu mukaan, ei myöskään kaikkia puulajeja (Nyyssönen 1954, Vuokila 1956). Lisäksi runkoluku, runkolukujakauma ja sen muoto eivät ole olleet aktiivisen rakennetutkimuksen kohteena.

Koealat oli mitattu osana valtakunnan metsien kolmatta inventointia metsikkökohtaisina jättäen lukematta kaikki alle 2 cm puut ja lisäksi suuremmat lehtipuuvesat, joista ei katsottu kehittyvän kunnollista puuta. Vika "virheelliseen" tulokseen voi siten olla vain rakenteiden määrittelyssä. Keskeiseksi muodostuu tuolloin voiko runkolukua käyttää rakenteiden erotteluun ja jos niin miten. Avainasemassa on säännöllisen erirakenteisten metsiköiden, erirakenteisuuden tärkeimmän muodon (Lähde ym. 1994), erottaminen runkolukujakaumaltaan normaalijakaumaa muistuttavista. Tässä tutkimuksessa edellytettiin, että säännöllisen erirakenteisen metsikön runkolukujakauman suurin arvo oli pienikokoisessa puustossa. Määritelmän muuttaminen esimerkiksi siten, että ko. arvo olisi vähintään kaksinkertainen muun puuston tiheimpään läpimittaluokkaan verrattuna ei olisi ratkaisevasti

vähentänyt tarkasteltavaa rakennetta. Se olisi vain luonut eräänlaisen erirakenteisen väliluokan, jossa runkoluku alenisi läpimitan suuretessa vain lievästi.

Ottamalla runkolukujakaumaan kaikki rinnankorkeudelle yltävät tai sitäkin pienemmät, usein hyvinkin runsaslukuiset taimet (Sarvas 1944, Räsänen ym. 1985) ja soveltamalla tässä työssä käytettyä määritelmää lähes kaikki tämän aineiston metsiköt muuttuisivat säännöllisen erirakenteisiksi. Toisaalta pienimpien puiden (2–6 cm) poisjättäminen ei kovin paljoa lisäisi tasarakenteisuutta. Sen tekisi vasta puulajeittainen tarkastelu siten toteutettuna, että "nuorennos" kokonaisuudessaan jätettäisiin käsittelyn ulkopuolelle. Tällöin ei kuitenkaan olisi enää kysymys koko metsikön rakenteesta eikä se palvelisi myöskään metsiköiden monimuotoisuuden arviointia. Onkin nähtävissä, että lähivuosina metsiköiden kokonaisrakenteeseen kiinnitetään metsätalouden nykyistä käytäntöä selvästi enemmän huomiota. Vastavuoroisesti metsikkörakenteen tarkka tuntemus antaa edellytykset hyödyntää metsien uudistumispotentiaali ja luontainen puulajikehitys sekä lisätä metsien monimuotoisuutta.

Kirjallisuus

Appelroth, E., Heikinheimo, O., Kalela, E.-K., Laitakari, E., Lindfors, J. & Sarvas, R. 1948. Julkilausuma. Metsätaloudellinen aikakauslehti 11:315–316.

Curtis, R.O. 1978. Growth and yield in uneven-aged stands. Julkaisussa: Uneven-aged silviculture & management in the United States. USDA Forest Service. Timber management research. Washington, D.C. General Technical Report. WO-24. s. 186–201.

Daniel, V., Helms, J.A. & Baker, F.S. 1979. Principles of silviculture. 2nd ed. McGraw-Hill Book Company. 500 s.

Gibbs, C. B. 1978. Uneven-aged silviculture and management? Even 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. s. 18–24.

Gustavsen, H. G. 1992. Vähäpuustoisten männiköiden ja kuusikoiden kehitys. Folia Forestalia 796. 29 s.

Ilvessalo, L. 1929. Puuluokitus ja harvennusasteikko. Acta Forestalia Fennica 34(38):1–15.

Ilvessalo, Y. 1920a. Tutkimuksia metsätyyppien taksatoorisesta merkityksestä nojautuen etupäässä kotimaiseen kasvutaulujen laatimistyöhön. Acta Forestalia Fennica 15:1–157.

– 1920b. Kasvu- ja tuottotaulut Suomen eteläpuoliskon mänty-, kuusi- ja koivumetsille. Acta Forestalia Fennica 15:1–94.

– 1942. Suomen metsävarat ja metsien tila. II Valtakunnan metsien arviointi. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 30. 446 s.

– 1956. Suomen metsät vuosista 1921–24 vuosiin 1951–53. Kolmeen valtakunnan metsien inventointiin perustuva tutkimus. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 47(1):1–227.

Kuusela, K. 1972. Suomen metsävarat ja metsien omistus 1964–70 sekä niiden kehittyminen 1920–70. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 76(5):1–126.

– & Salminen, S. 1983. Metsävarat Etelä-Suomen kuuden pohjoisimman piirimetsälautakunnan alueella 1979–1982 sekä koko Etelä-Suomessa 1977–1982. Folia Forestalia 568. 79 s.

Laiho, O. 1985. Alikasvosten elpyminen ja niiden hyväksikäyttö. Metsäntutkimuslaitoksen

tiedonantoja 182:39–50.
- 1988. Mitä tehdä alikasvoksille. Metsä ja Puu (9):34–35.
- 1994. 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. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 495:90–128.

Lähde, E., Laiho, O., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 1991. The stucture of advanced virgin forests in Finland. Scandinavian Journal of Forest Research 6(2):527–537.
- , Laiho, O., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 1992. Stand structure of thinning and mature conifer-dominated forests in boreal zone. Julkaisussa: Hagner, M. (toim.). Silvicultural alternatives. Proceedings from an internordic workshop June 22–25 1992. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Silviculture. Reports 35:58–65.
- , Laiho, O., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 1994. Tree and stand increment in all- and even-sized mixed stands. Sekametsäsymposio Portugalissa 25.–29.4.1994. IUFRO. 11 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.

Mikola, P. 1984. Harsintametsätalous. Silva Fennica 18(3):293–301.

Norokorpi, Y., Lähde, E., Laiho, O. & Saksa, T. 1994. Luonnontilaisten metsien rakenne ja monimuotoisuus Suomessa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 495:54-89.

Nyyssönen, A. 1954. Hakkauksilla käsiteltyjen männiköiden rakenteesta ja kehityksestä. Acta Forestalia Fennica 60(4):1–194.
- 1957. Kasvu- ja rakenneoppia. Metsäkäsikirja 2: 170–178. Kustannusosakeyhtiö Kivi, Helsinki.

Räsänen, P., Pohtila, E., Laitinen, E., Peltonen, A. & Rautiainen, O. 1985. Metsien uudistaminen kuuden eteläisimmän piirimetsälautakunnan alueella. Vuosien 1978–1979 inventointitulokset. Folia Forestalia 637. 30 s.

Salminen, S. 1993. Eteläisimmän Suomen metsävarat 1986–1988. Folia Forestalia 825. 111 s.

Sarvas, R. 1944. Tukkipuun harsintojen vaikutus Etelä-Suomen yksityismetsiin. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 33(1):1–268.

Vuokila, Y. 1956. Etelä-Suomen hoidettujen kuusikoiden kehityksestä. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 48(1):1–138.
- 1982. Antakaa luonnon auttaa. Metsä ja Puu 99(12):6–8.

Runkolukujakauman ja puulajisuhteiden kehitys 1950-luvulta 1980-luvulle Etelä-Suomessa

Olavi Laiho

Johdanto

Valtakunnallisten inventointien ansiosta metsiemme runkotilavuuteen pohjautuva rakenne ja kehitys tunnetaan poikkeuksellisen hyvin (Ilvessalo 1956, Kuusela & Salminen 1991). Kehitys on ollut merkittävää. Niinpä puuston kokonaismäärä, keskikuutio, kasvu ja järeä puusto ovat lisääntyneet huomattavasti. Myös puulajisuhteissa on tapahtunut muutoksia. Ensi vaiheessa lisääntyi kuusen osuus kaskimetsien alikasvosten vapautuessa vallitsevaksi puustoksi (Mikola 1966, Kuusela 1972). 1950-luvulla alkanut voimaperäinen metsänviljely vahvistaa puolestaan männyn asemaa. Lehtipuuston osuus on 1940-luvulta 1970-luvulle ollut lievässä laskussa. Sitä on edesauttanut etenkin 1950-luvulla alkanut "koivuviha". Kun ei kuitukokoiselle koivulle lastulevyä lukuunottamatta ollut näköpiirissäkään teollista käyttöä sen hinta romahti. Koivu pyrittiin perkaamaan havupuutaimikoista tarkoin ja aineskokoistakin lehtipuuta lyötiin maahan. Samanaikaisesti järeän koivun käyttö lisääntyi.

Tällä hetkellä koivulla on edessään uusi tuleminen. Kaikkien metsänomistajaryhmien metsänhoitosuositukset ovat viimeisten viiden vuoden aikana muuttuneet ainakin kahdesti. Suosituksissa koivu on nostettu tasaveroiseksi puulajiksi männyn ja kuusen rinnalle. Rauduksen ohella myös hieskoivu hyväksytään monilla kasvupaikoilla täysipainoiseksi puulajiksi. Koivun lisäksi muiden lehtipuiden arvostus on vahvistumassa. Lehtipuiden yleistymistä edesauttaa niiden tehokas uudistuminen luontaisesti. Alkukehitykseltään nopeina ne jättävät havupuiden taimet varjoonsa. Taimikonhoidon supistuminen yhteen viivästettyyn käsittelyyn merkinnee siten koivutaimikoiden osuuden selvää lisääntymistä.

Valtakunnan metsien kolmas inventointi vuosina 1951– 53 antaa kuvan siitä, millaiset olivat puulajisuhteet maamme taimikoissa ennen lehtipuuston systemaattisia vähentämistoimenpiteitä. Lehtipuustoa vähentävä metsälaiduntaminen oli tuolloin oleellisesti ohi ja sitä lisäävä laajamittainen paljaaksihakkaus ja tehokas maanmuokkaus eivät olleet alkaneet. Lehtipuustoa ja mäntyä oli taimikoissa ko. ajankohtana oleellisesti saman verran, noin 40 % runkoluvusta (Laiho 1993). Seitsemäs inventointi 30 vuotta myöhemmin on ajankohdaltaan sopiva antamaan kuvaa koivun hävitysvaiheen tuloksista. Lähemmäksi nykyaikaa ei päästäkään, sillä kahdeksannen inventoinnin tuloksia ei koko Etelä-Suomen osalta vielä ole julkaistu, eivätkä sen tiedostotkaan ole käytettävissä. Tämä tarkastelu pohjataan runkolukuun, sen läpimittajakaumaan ja puulajikohtaiseen erittelyyn. Nämä tunnukset sopivat hyvin myös metsikkörakenteen kuvaamiseen ja puuston monimuotoisuuden kannalta tärkeiden muuttujien käsittelyyn. Työ on jatkoa viime vuosina julkaistuille eri inventointiaineistoja käsitteleville tutkimuksille (Laiho 1992, 1994a, b, Laiho ym. 1994b, Lähde ym. 1991, 1992, 1994a, b, Norokorpi ym. 1994).

Aineisto ja menetelmät

Kolmannessa inventoinnissa käytettiin kiinteäalaista 0,1 ha:n ympyräkoealaa, jotka otettiin arviointilinjoilta kilometrin välein (Ilvessalo 1951). Siltä luettiin läpimitaltaan yli 10 cm puusto. Pienempi puusto mitattiin samankeskiseltä 0,01 ha:n ympyräkoealalta. Sellaisia lehtipuuvesoja, joista ei katsottu kehittyvän kunnollista puuta ei luettu, ei myöskään alle 2 cm läpimittaista alikasvosta. Koeala otettiin kokonaisuudessaan siltä kuviolta, johon sen keskipiste osui. Koealatiedoista tallennettiin tätä tutkimusta varten tarvittavat tiedot täsmälleen samalla tavalla kuin toisessa yhteydessä tarkemmin on kuvattu (Laiho ym. 1994b). Ainoana poikkeuksena oli, että mukaan otettiin kaikki puustoiset koealat ja kaikki kehitysluokat.

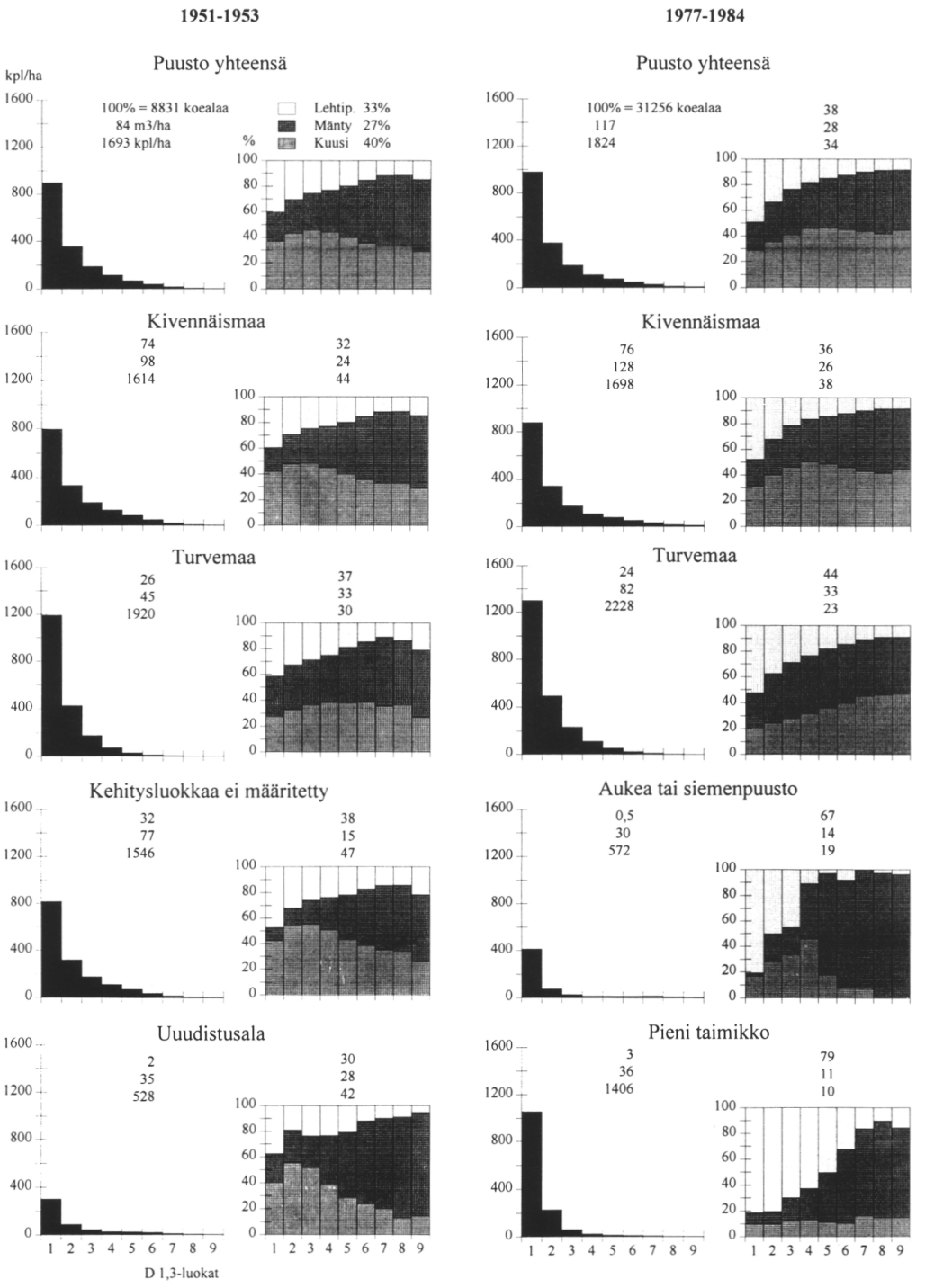
Seitsemännessä inventoinnissa koealat rajattiin relaskoopilla (Valtakunnan ... 1977). Näillä koealoilla ei ole kiinteää pinta-alaa. Käytetty relaskooppitekijä, 2 m^2/ha, merkitsee niin suurta satunnaisvaihtelua etenkin pienikokoisen puuston runkolukujakaumaan, että edes tyydyttävään luotettavuuteen pääsemiseksi tarvitaan hyvin monien osakoealojen keskiarvo (Laiho ym. 1994a). Täten koealakohtaiseen tarkasteluun ei ole mahdollisuuksia. Puut oli luettu yhden sentin tasaavaa luokitusta käyttäen. Niistä muodostetut neljän cm:n läpimittaluokat rinnastettiin vastaaviin kolmannen inventoinnin läpimittaluokkiin vaikka luokkarajat poikkeavatkin toisistaan puoli senttiä. Toisaalta rinnankorkeuden lähtötaso oli kolmannessa inventoinnissa juurenniska tai kannonkorkeus ja seitsemännessä puun syntypiste. Tämä ero pienentää erilaisen luokkarajan vaikutusta. Seitsemännestäkin inventoinnista otettiin mukaan kaikki puustoiset koealat. Rajoituksena kuitenkin oli, että koeala oli mahtunut kokonaan samalle metsikkökuviolle. Näinkin rajaten koealojen määrä nousi yli 31 000 mahdollistaen siten ositekohtaisten tulosten luotettavuuden.

Tulokset

Tarkasteltavien inventointien välisenä aikana puusto lisääntyi 33 m^3/ha eli 39 % (kuva 1). Turvemaalla puusto lähes kaksinkertaistui. Lisäys oli selvä kaikissa ositteissa. Suurin ositekohtainen määrä, keskitilavuus 177 m^3/ha, oli uudistuskypsässä metsässä.

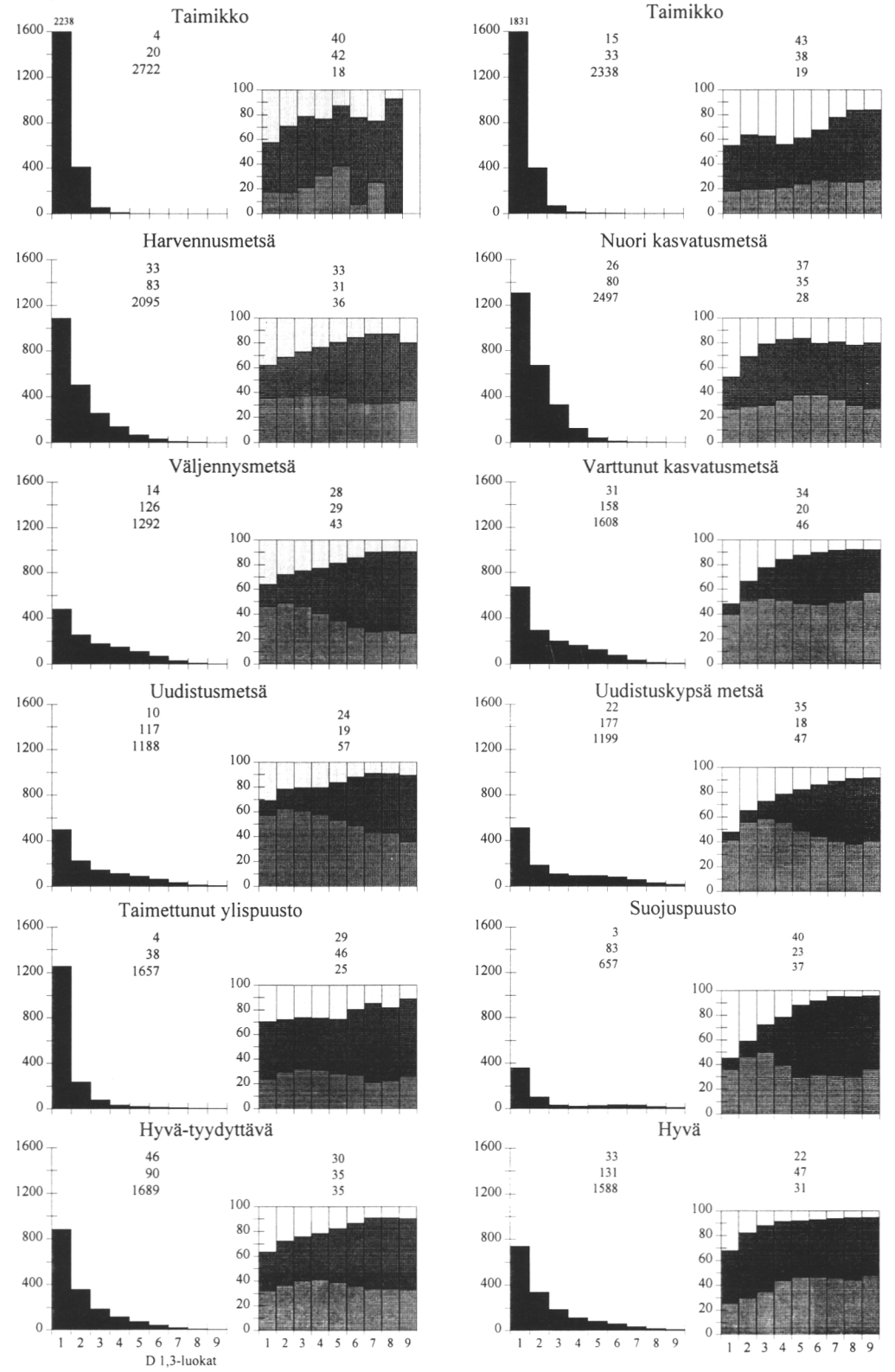
Myös runkoluku suureni inventointien välisenä aikana. Lisäys oli 8 %. Kuutiomääräkehitykseen suhteutettuna runkolukumuutos merkitsee isokokoisen puuston suhteellista runsastumista. Runkoluvun muutos ei ollut ositteittain aivan johdonmukainen, mutta toisaalta kehitysluokkien ja metsänhoidollisen tilan määrittelytkin olivat hieman erilaiset. Oleellisina piirteinä runkoluvusta tulevat esiin viljavuuden heikkenemistä ja metsiköiden varttumista myötäilevä aleneminen, turvemaan metsiköiden tiheys, metsänhoidolliselta tilaltaan hyvien metsiköiden runkoluvun keskimääräisyys ja hoitoa vailla olevien ylitiheys.

Lehtipuusto lisääntyi tarkastelujaksona vajaat 5 %-yksikköä eli kokonaismääriä vertaillen 23 %. Turvemaalla vastaava lisäys oli 7 %-yksikköä ja 38 %. Kehitysluokittain tarkastellen seitsemäs inventointi antoi järjestään korkeampia lehtipuuosuuksia kuin kolmas. Yllättävästi taimikoissakin lehtipuusto oli vallitsevassa asemassa. Aukeilla, siemenpuustoissa ja pienissä taimikoissa havupuita oli keskimäärin vain runsas viidennes. Metsänhoidolliselta tilaltaan hyvät metsiköt olivat ainoa osite, jossa lehtipuuston osuus oli seitsemännessä inventoinnissa alhainen. Lehtipuuston vähäisyys lienee ollutkin metsänhoidollisen tilan hyvyyden keskeinen kriteeri. Hyvissä MT-taimikoissa oli seitsemännen inventoinnin mukaan 16, tyydyttävissä 38 ja hoitamattomissa 51 % lehtipuustoa.

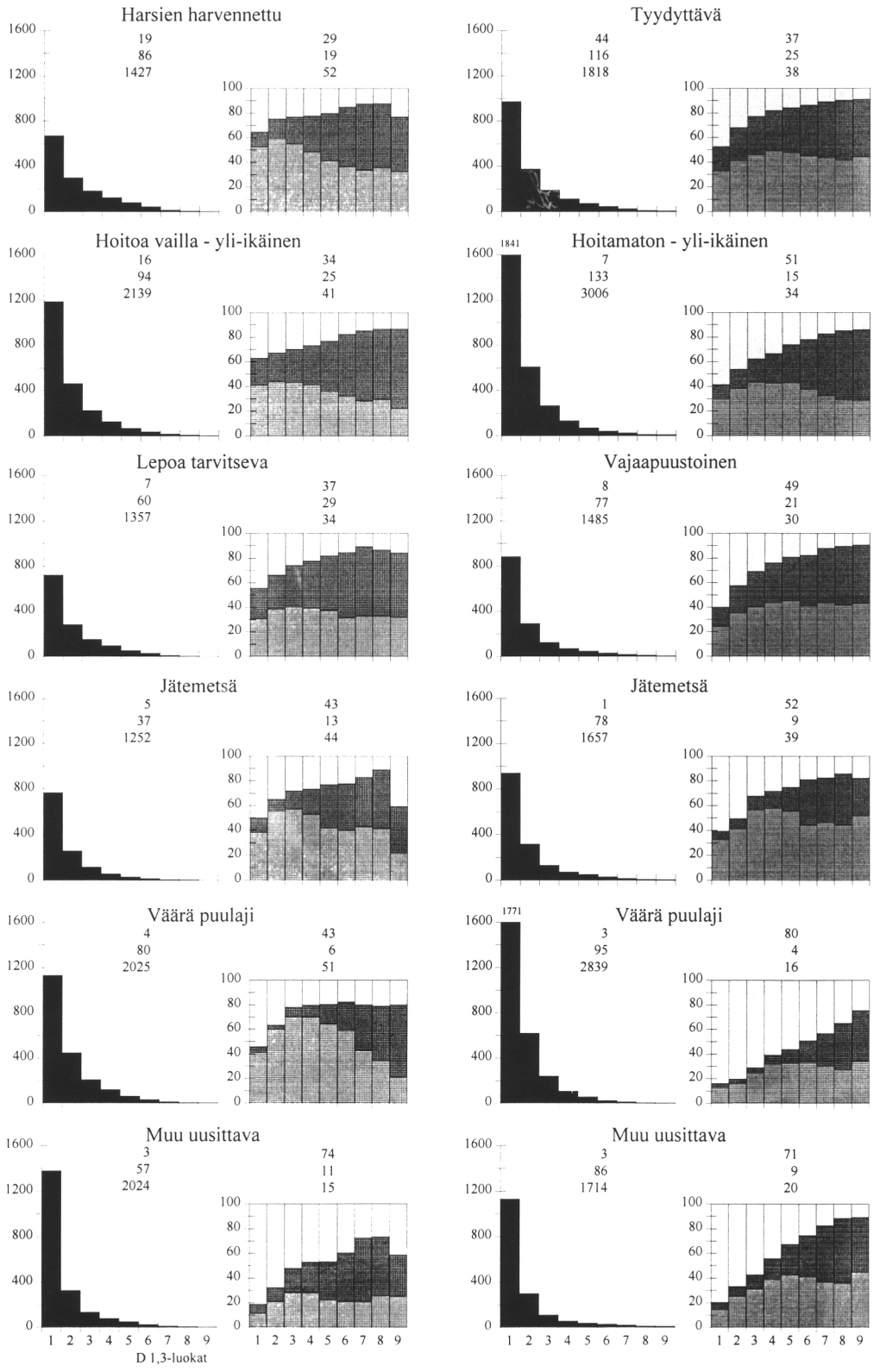


Kuva 1. Etelä-Suomen metsien keskitilavuus, runkoluku, runkolukujakauma ja puulajisuhteet vuosina 1951–53 ja 1977–84 kasvupaikoittain, kehitysluokittain ja metsänhoidollisen tilan mukaan ynnä ositteiden osuus koealojen kokonaismäärästä. $D_{1,3}$-luokat: 1 = 2–6, ... 9 = > 34 cm.

Kuva 1 jatkuu



Kuva 1 jatkuu



Runkolukujakaumaltaan ositteet olivat hyvin samanlaisia. Pienikokoisinta (2–6 cm) puustoa oli runkoluvusta keskimäärin yli puolet ja läpimitan suuretessa runkoluku aleni hyvin säännöllisesti käännetyn J-kirjaimen muotoa myötäillen. Turvemaalla runkoluvun alenema oli kivennäismaita jyrkempi. Selvin ero oli kehitysluokkien välillä. Metsiköiden varttuessa taimikkovaiheesta uudistuskypsyyteen pienikokoisimman puuston osuus aleni noin 40 %-yksikköä. Alimmillaankin sitä oli kuitenkin vielä noin 40 % runkoluvusta ja jälkimmäisenä ajankohtana 1950-luvun alkua enemmän. Vasta tarkastelun rajoittaminen varttuneisiin, metsänhoidolliselta tilaltaan hyviin MT-metsiköihin alensi ko. prosentin tasolle 33. Vastaavissa tyydyttävissä metsiköissä se oli 44. Nuorennoksen vähäisyys näyttää siten olleen varttuneen metsän hyvyyden tärkeä tunnus.

Lehtipuustolla runkoluvun aleneminen läpimitan suuretessa oli selvästi jyrkin ja männyllä loivin. Tarkastelujakson aikana pienikokoisimman puuston osuus aleni männyllä 3, kuusella 4 ja nousi lehtipuustolla 5 %-yksikköä. Puulajisuhteille oli kaikissa ositteissa ominaista männyn osuuden vahvistuminen läpimitan suuretessa. Kolmannen inventoinnin aikaan isokokoista (> 22 cm) mäntyä oli puulajeista selvästi eniten. Puuston järeytyminen seitsemänteen inventointiin mennessä näkyi isokokoisen puuston lisääntymisenä yli puolitoistakertaiseksi. Kuusen ja männyn osuus siitä oli yhtä suuri. Isokokoista lehtipuustoa oli vain kymmenesosa.

Tulosten tarkastelu

Lehtipuuston osuus runkoluvusta lisääntyi kolmannen ja seitsemännen inventoinnin välisenä aikana 4 %-yksikköä. Samanaikaisesti lehtipuuston osuus kuutiomäärästä aleni 3 %-yksikköä (Ilvessalo 1956, Kuusela & Salminen 1991). Lehtipuuston pienikokoisuutta kuvaa, että sen osuus kuutiomäärästä oli vajaa puolet osuudesta runkolukuun. Isokokoista lehtipuustoa oli siten niukasti. Lisäksi järeän koivun laatu vanerin valmistusta silmälläpitäen lienee ollut seitsemännen inventoinnin aikaan poimintahakkuiden heikentämä.

Pienikokoisen lehtipuuston runsastuminen oli tarkastelujaksona selvä ja samalla hyvin yllättävä. Yksi selitys lienee, että koivun hävittäminen ei koskenut läheskään kaikkia metsänomistajia. Se lienee rajoittunut valtioon, yhtiöihin ja "oikeaoppisimmin" metsäänsä hoitaviin yksityisiin sekä lähinnä kivennäismaille. Tärkeä merkitys oli myös vanhojen, vajaatuottoisten havupuustojen uudistamisella paljaaksihakkuin. Koivun viljelykin oli 1960-luvun lopulla tulossa hyvään vauhtiin mutta hirvikannan lisääntyminen lopetti sen. Muokatuille uudistusaloille lehtipuuta kuitenkin nousi runsaasti ja erityisen paljon ojitetuille soille, joilla ne muodostavat tiheitä alikasvoksia (Hökkä & Laine 1988, Laiho ym. 1994b).

Yllätys oli myös pienikokoisen puuston runsaus kaikissa ositteissa. Keskimääräinen runkolukujakauma oli kummassakin inventoinnissa sekä kokonaisuutena että ositekohtaisesti varsin samanlainen. Kolmannen inventoinnin koeala-aineistossa kaksi kolmasosaa varttuneista metsiköistä oli puustoltaan säännöllisen erirakenteisia eli niiden runkolukujakauma noudatti käännetyn J-kirjaimen muotoa eroten siten selvästi runkolukusarjaltaan normaalijakaumaa muistuttavista tasarakenteisista metsiköistä (Lähde ym. 1991, Laiho ym. 1994b). On vahinko, ettei seitsemännen inventoinnin metodiikka (Laiho 1994a) mahdollista koealakohtaista rakennetarkastelua. Suuralueen tai sen vaihtelevia metsiköitä edustavien koealojen keskimääräinen runkolukujakauma ei kerro mitään metsiköiden rakenteesta. Tilanne kuitenkin muuttuu aineiston osittamisen myötä. Etenkin kehitysluokilla on yhteys metsikkörakenteeseen. Voidaanpa sanoa, ettei säännöllisen

erirakenteinen runkolukujakauma edes teoriassa voi syntyä esimerkiksi tasarakenteisten varttuneiden kasvatusmetsiköiden yhdistelmänä. Keskiläpimitaltaan 16 cm ylittävä, runkolukujakaumaltaan suppea tai normaalijakaumaa muistuttava puusto ei mahdollista suurta runkolukua alle 10 cm puustoon. Itse asiassa näisssä metsiköissä ei oikeaoppisesti alaharvennettuna pitäisi olla yhtään pienikokoista puuta. Uudistuskypsässä metsässä pienikokoinen puusto voi olla vain nuorennosta. Enintään muutama alispuu lienee mahdollista löytää. Pienikokoista puustoa oli kuitenkin varttuneissa kasvatusmetsissä seitsemännen inventoinnin aikaan 60 % runkoluvusta eli 3 %-yksikköä ja 32 % enemmän kuin 1950-luvun alussa. Tämä "erirakenteisuustekijä" ei voi olla näkymättä runkolukujakauman muodossa. Tässä valossa jo aikaisemmin (Lähde ym. 1992) tehty johtopäätös, että metsikkörakenteessa ei tarkastelujakson kuluessa ollut tapahtunut mainittavaa muutosta on edelleenkin todennäköisin vaihtoehto. Näyttää siltä, että luonto synnyttää metsiköihin nuorennosta eri puulajien uudistumiskyvyn ja ekologisen luonteen mukaisesti mahdollistaen luontaisen uudistumisen osuuden pitämisen korkeana ja metsän samanaikaisesti monimuotoisena.

Kirjallisuus

Hökkä, H. & Laine, J. 1988. Suopuustojen rakenteen kehitys ojituksen jälkeen. Silva Fennica 22(1):45–65.

Ilvessalo, Y. 1951. III valtakunnan metsien arviointi. Suunnitelma ja maastotyön ohjeet. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 39(3):1–67.

– 1956. Suomen metsät vuosista 1921–24 vuosiin 1951–53. Kolmeen valtakunnan metsien inventointiin perustuva tutkimus. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 47(1):1–227.

Kuusela, K. 1972. Suomen metsävarat ja metsien omistus 1964–70 sekä niiden kehittyminen 1920–70. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 76(5):1–126.

– & Salminen, S. 1991. Suomen metsävarat 1977–1984 ja niiden kehittyminen 1952–1980. Acta Forestalia Fennica 220. 84 s.

Laiho, O. 1992. Stand structure of thinning and mature forests in Finland in the early 1950's. Julkaisussa: Hagner, M. (toim.). Silvicultural alternatives. Proceedings from an internordic workshop June 22–25 1992. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Silviculture. Reports 35:47–52.

– 1993. Lehtipuuston esiintyminen 1950-luvun alussa Etelä-Suomessa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 470:35–40.

– 1994a. Varttuneiden metsiköiden erirakenteisuus Etelä-Suomessa 1950-luvun alussa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 495:129-139.

– 1994b. Varttuneiden metsiköiden ikävaihtelu 1950-luvun alussa Etelä-Suomessa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 495:148-154.

– , Lähde, E., Norokorpi, Y & Saksa, T. 1994a. Determining stem distribution by relascope and fixed sample plots in diverse stands. Forests, environment and new technology in northern Europe. Proceedings of the international conference, held in Petrozavodsk, the Republic of Karelia, Russia, September 1993. University of Joensuu, Faculty of Forestry, Research Notes 17:70-72.

– , Lähde, E., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 1994b. Varttuneiden metsiköiden rakenne 1950-luvun alussa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 495:90-128.

Lähde, E., Laiho, O., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 1991. The stucture of advanced virgin forests in Finland. Scandinavian Journal of Forest Research 6(2):527–537.

– , Laiho, O., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 1992. Stand structure of thinning and mature conifer-dominated forests in boreal zone.Julkaisussa: Hagner, M. (toim.). Silvicultural alternatives. Proceedings from an internordic workshop June 22–25 1992. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Silviculture. Reports 35:58–65.

– , Laiho, O., Norokorpi, Y. & Saksa T. 1994a. Structure and yield of all-sized and even-sized conifer-dominated stands on fertile sites. Annales des Sciences Forestiéres. 51:97-109.

– , Laiho, O., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 1994b. Structure and yield of all-sized and even-sized Scots pine-dominated stands. Annales des Sciences Forestiéres. 51:111-120.

Mikola, P. 1966. Alikasvosten merkitys metsien uudistumisessa. Metsätaloudellinen aikakauslehti 83(1):4–7, 16.

Norokorpi, Y., Lähde, E., Laiho, O. & Saksa, T. 1994. Luonnontilaisten metsien rakenne ja monimuotoisuus Suomessa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 495:54-89.

Valtakunnan metsien inventoinnin kenttätyön ohjeet. Yleinen osa. VMI 7, 1977. Metsäntutkimuslaitos, metsänarvioinnin tutkimusosasto. Helsinki. 59 s.

Varttuneiden metsiköiden ikävaihtelu 1950-luvun alussa Etelä-Suomessa

Olavi Laiho

Suomalaista metsää pidetään tasaikäisenä ja tasarakenteisena. Kumpaakin ominaisuutta on vahvistettu alaharvennuksin ja raivauksin. Metsiköiden ikävaihtelua on ollut omiaan peittämään iän määritys pelkästään valtapuustosta, jopa yksistään sen pääpuulajista ottamalla enintään muutaman puun näyte tai keskimääräistämällä pohjapinta-alan keskipuun ikä metsikön iäksi.

Täysin tasaikäinen on vain istutusmetsikkö, joka on luontaisen uudistumisen ulottumattomissa tai josta luontaiset taimet toistuvasti poistetaan. Taimien kasvunopeus kuitenkin vaihtelee joten istutustaimienkaan rinnankorkeusikä ei ole sama. Luontaisesti syntynyt metsikkö ei koskaan ole täysin tasaikäinen, vaikka lähes sellainen voi parhaimmillaan ollakin (Ilvessalo 1920, Lönnroth 1925). Toisaalta alunperin tasaikäiseen metsään voi syntyä eri puulajien nuorennosta hyvinkin pitkän ajan kuluessa (Pöntynen 1929). Tämä tapahtuma ajoittuu pääosin ns. taimettumisvuosiin, jolloin on runsaasti siementä ja kasvukauden kosteus taimettumiselle riittävä. Näin muodostuneita ikäluokkia voi metsikössä olla useita, Lapin kuivilla kankailla jopa seitsemän (Lassila 1920). Tällaiset metsiköt ovat sekä puiden iän että koon suhteen erirakenteisia.

Ikä on perinteisesti puun tärkeä tunnus. Sellaisenaan se ei kuitenkaan kerro esimerkiksi puun koosta paljoa. Niinpä kuusi tapaa 100-vuotiaana valtapuuna olla viljavalla maalla kuution suuruusluokkaa mutta alispuuna tai alikasvoksena vasta heinäseipään kokoinen. Pitkäaikainenkaan kituminen ei kuitenkaan ole este hyvälle jatkokehitykselle. Vapautettuna ja toivuttuaan mainituilla kitupuilla on täydet mahdollisuudet kasvaa kokonsa edellyttämää normaalivauhtia vaikkapa kuution kokoisiksi (Vaartaja 1951, Hatcher 1967, Vuokila 1982, Nilsen & Haveraaen 1983, Klensmeden 1984).

Tasa- ja eri-ikäismetsien erottamiseksi on kenttäkäyttöön suositeltu 20 %:n vaihteluväliä kiertoajasta (Daniel ym. 1979). Kiertoajan ollessa esimerkiksi 100-vuotta tulisi tasaikäisen metsikön ikävaihtelun tällöin olla välillä 90–110 -vuotta. Tasa- ja eri-ikäismetsän erottamisen vaikeutta kuvaa toisaalta se, että ialtään vuodesta viiteenkymmeneen olevaa metsikköä pidetään tyypillisen eri-ikäisenä mutta 200–250 -vuotiasta metsikköä selvästi tasaikäisenä sekä ulkonäöltään että toiminnaltaan (Daniel ym. 1979). Todellisuudessakin vanhuusvaihe, ainakin täysitiheänä, saattaa olla nuoruusvaihettaan tasaikäisempi, sillä suhteellisen moni taimi on voinut tuhoutua isompien varjostuksessa. Suomessa puujakson sisäisen ikävaihtelun on edellytetty mahtuvan neljäänkymmeneen vuoteen (Ilvessalo 1929). Sen ylittävä vaihtelu on merkinnyt ylispuu- tai alikasvosjakson esiintymistä.

Metsiköittäistä ikävaihtelua on meillä tarkasteltu monissa tutkimuksissa. Vaihtelu on todettu osin hyvinkin suureksi (Pöntynen 1929, Sarvas 1944, 1951, Vaartaja 1951, Sirén 1955). Käytännön metsätaloudessa ja myös valtakunnan metsien inventoinneissa on joka metsikölle pyritty määrittämään yksikäsitteinen ikäluokka ja kolmannesta inventoinnista lähtien myös kehitysluokka (Ilvessalo 1951). Tuolloin Etelä-Suomessa oli 36 % varttuneita metsiköitä, joille ei kehitysluokkaa voitu määrittää ja 5 % metsiköitä, joiden osalta ikäluokka jäi avoimeksi. Useimmiten viimemainitut olivat vailla kehitysluokkaakin. Kaikilta koealoilta oli pyritty ottamaan ikäkoepuita. Seuraavassa tarkastellaan metsiköiden ikää niiden valossa

kolmannen inventoinnin aikaan. Tuolloin käytettiin vielä kiinteäalaisia koealoja. Se ja niiden metsikkökohtaisuus mahdollistavat aineiston koealakohtaisen tarkastelun, jota relaskoopilla rajoitetut koealat eivät tee (Laiho ym. 1994 a).

Aineisto ja menetelmät

Kolmannessa inventoinnissa vuosina 1951–53 otettiin arviointilinjoilta kilometrin välein ns. täyskoeala. Puut luettiin 0,1 ha:n ympyräkoealalta lukuunottamatta 2–10 cm läpimittaisia puita, jotka luettiin samankeskiseltä 0,01 ha:n ympyräalalta. Koealan keskipistettä siirrettiin linjalla tarvittaessa siten, että koko koeala saatiin mahtumaan yhteen metsikköön. Tässä yhteydessä tarkastellaan Etelä-Suomen varttuneita metsiä (harvennusmetsä, väljennysmetsä, uudistusmetsä ja metsiköt, joiden kehitysluokkaa ei ollut määritetty), joissa oli puustoa vähintään 40 m^3/ha.

Koealalta oli mitattu metsikön luonteesta riippuen yleensä 10–20 koepuuta. Ne oli valittu tilavuudella painottaen ja siten niitä osui vallittuihin latvuskerroksiin vähän. Alikasvoksista ja ylispuustosta oli myös otettu koepuita, mutta jaksoja ei ollut määritetty. Koepuista 41 % oli kairattu iän määrittämiseksi. Kairaus tehtiin kannonkorkeudelta ja kokonaisikään päästiin kasvupaikoittaisin ja puulajeittaisin ikälisäyksin (Ilvessalo 1951). Tyveltään lahojen puiden osalta ikä arvioitiin.

Varttuneita metsiköitä oli Etelä-Suomessa 6 163 koealaa. Niistä 297 koealaa oli vailla ikäkoepuita, joten koealamääräksi muodostui 5 866. Ikäkoepuut painottuivat keskikokoiseen (10–22 cm) puustoon (taulukko 1). Pienimmästä läpimittaluokasta (2–6 cm) ikäkoepuu oli otettu keskimäärin joka kuudennelta koealalta eli hehtaarikohtaisesti tarkastellen joka 5000. puu. Isokokoisessa (yli 22 cm) puustossa otanta oli noin 100-kertainen.

Taulukko 1. Ikäkoepuiden määrä ja osuus runkoluvusta läpimittaluokittain (cm). Etelä-Suomi, 5 866 koealaa.

	Läpimittaluokat									Yht./
Osite	2-6	-10	-14	-18	-22	-26	-30	-34	>34	Keskim.
Ikäkoepuita, kpl	1021	1441	5028	5566	6032	4847	2349	830	327	27441
Ikäkoepuita,kpl koealaa kohti	0.17	0.25	0.86	0.95	1.03	0.83	0.40	0.14	0.06	4.68
Runkoluku, kpl/ha	823	398	230	151	94	53	21	7	3	1780
Ikäkoepuita % runkoluvusta	0.02	0.06	0.37	0.63	1.10	1.56	1.88	2.08	1.99	0.26

Ikäkoepuita oli koealaa kohti keskimäärin vajaat viisi ja yleisimmin neljä (taulukko 2). Runsaalla prosentilla koealoja oli tyydytty yhteen ikäkairaukseen, viidenneksellä koealoista oli vähintään 10 ikäkoepuuta ja enimmillään niitä oli 20. Mäntyä ja kuusta oli kairattu saman verran, mutta lehtipuustoa selvästi vähemmän, keskimäärin vain yksi puu koealalta.

Taulukko 2. Koealoittainen ikäkoepuumäärä puulajeittain. Etelä-Suomi, 5 866 koealaa.

Ikäkoepuita kpl	Mänty	Kuusi	Lehtipuusto	Koko puusto
1	883	803	1245	393
2	1944	1792	1192	674
3	2739	2658	1230	4263
4	1832	2044	816	5892
5	975	1140	490	4305
6	540	630	390	2790
7	357	497	392	1750
8	328	448	200	1112
9	189	297	234	765
10	160	370	190	1240
11	110	176	0	803
12	0	48	48	792
13	0	39	26	624
14	0	0	0	700
15	0	15	0	300
16	0	0	0	304
17	0	0	0	272
18	0	0	0	216
19	0	0	0	152
20	0	0	0	120
Yhteensä	10057	10957	6453	27467

Tulokset

Koealoittainen ikävaihtelu oli keskimäärin 23 vuotta (taulukko 3). Yleisimmin se osui välille 11–20 -vuotta. Koealoja, joilla ikävaihtelu ylitti 20-vuotta oli 42 %. Ikävaihtelultaan 100-vuotta ylittäviä koealoja oli prosentti. Toisaalta oli koealoja, joilla kaikki kairauspuut, jopa seitsemän, olivat vuodelleen samanikäisiä. Puulajeittainen ikävaihtelu oli huomattavasti koko puuston ikävaihtelua vähäisempi.

Taulukko 3. Koealoittainen ikävaihtelu puulajeittain.

Ikävaihtelu, v.	Mänty	Kuusi	Lehtipuusto	Koko puusto
0	1102	961	1258	547
1	129	79	49	66
2-5	637	446	265	643
6-10	518	480	255	792
11-20	576	645	315	1333
21-30	301	432	193	907
31-50	234	425	160	1001
51-70	82	128	24	369
71-100	48	45	3	143
101-150	19	7	0	57
151-200	4	2	1	7
>200	0	0	0	1
Keskim.	12	15	8	23
Koealoja, kpl	3650	3650	2523	5866

Ikäkoepuiden keski-ikä suureni läpimitan kasvaessa (taulukko 4). Lehtipuusto oli kaikissa läpimittaluokissa havupuita nuorempaa. Pienikokoinen kuusi puolestaan oli mäntyä vanhempaa ja isokokoinen vastaavasti nuorempaa. Uudistusmetsän puusto oli läpimittaluokittainkin noin 20-vuotta harvennusmetsän puustoa vanhempaa.

Taulukko 4. Ikäkoepuiden läpimittaluokittainen (cm) keski-ikä (v) puulajeittain ja kehitysluokittain.

Puulaji	Ikäkoepuita	Läpimittaluokat									Keskimäärin
	kpl	2-6	-10	-14	-18	-22	-26	-30	-34	>34	
Mänty	10057	39	49	57	64	73	79	84	89	102	72
Kuusi	10957	43	51	61	67	74	79	79	82	82	70
Lehtipuusto	6453	32	38	50	58	63	67	71	75	77	56
Koko puusto	27467	38	46	57	64	71	77	81	85	91	68
Harvennusmetsä	9878	36	42	51	57	62	66	72	73	82	57
Väljennysmetsä	4966	43	56	62	68	73	77	80	82	86	72
Uudistusmetsä	3429	48	61	70	77	87	91	92	93	100	85
Ei määritetty	9194	37	46	59	66	74	79	80	87	89	70

Koealan pienin ikäkoepuu oli pääsääntöisesti myös nuorin ja vastaavasti suurin ikäkoepuu vanhin. Toisaalta vanhojakin pikkupuita oli osunut kairattavaksi. Aineistossa oli 50-vuotta ylittäviä pienikokoisia (2–6 cm) ikäkoepuita 23, yli 80-vuotiaita 4 ja yli 100-vuotiaita 2 %. Vanhimmat olivat iältään ainakin 125-vuotta.

Ikäkoepuusto kattoi koealoittaisen runkolukujakauman laajuudesta keskimäärin 41 % (taulukko 5). Puulajeittainen peitto oli havupuilla neljänneksen ja lehtipuustolla sen alle. Vajaus painottui pienikokoiseen puustoon. Koealoittaisesta runkolukujakaumasta oli kulloinkin pienintä puustoa keskimäärin 9 cm laajuudelta vailla ikäkoepuuta ja suurinta puustoa vastaavasti kolme cm.

Taulukko 5. Ikäkoepuiden koealoittainen kokovaihtelu ja sen suhde runkolukujakaumaan puulajeittain ja kehitysluokittain.

Osite	Ikäkoepuiden kokovaihtelu, cm	Osuus runkolukujakauman laajuudesta, %
Mänty	4.2	27
Kuusi	4.7	26
Lehtipuusto	2.4	16
Koko puusto	11.0	41
Harvennusmetsä	10.7	42
Väljennysmetsä	11.3	40
Uudistusmetsä	11.8	41
Ei määritetty	10.9	40

Tulosten tarkastelu

Varttuneelle metsälle oli 1950-luvun alussa ominaista pienikokoisen puuston runsaus (Laiho 1992, Laiho ym. 1994 b). Niin oli tilanne myös luonnontilaisiksi luokitelluissa metsissä 30 vuotta aikaisemmin (Lähde ym. 1991, Norokorpi ym. 1994). Tasarakenteisia metsiköitä oli vähän ja erirakenteisia vastaavasti paljon. Metsien pitkäaikaisesta ja voimaperäisestä käsittelystä huolimatta ei ole todennäköistä, että tilanne tässä suhteessa olisi nytkään mainittavasti erilainen (Lähde ym. 1992, Laiho 1994 b).

Koealoista viidenneksellä ikävaihtelu oli enintään viisi vuotta. Tämä eräillä koealoilla runsaankin ikäkoepuuston antama tulos tukee esimerkiksi Ilvessalon (1920) ja Lönnrothin (1925) tuloksia metsiköiden tasaikäisyydestä. Kuusi oli tämän kuten muidenkin (Vuokila 1956) aineistojen valossa mäntyä ja lehtipuustoa eri-ikäisempi. Kahdenkymmen vuoden ikävaihtelun sisään koealoista jäi 58 % ja neljänkymmenen vuoden jaksorajan sisään 82 %. Mainitut osuudet yliarvioivat todellista tasaikäisyyttä. Yliarvio lienee huomattava. Kairauksin selvitetty koealoittainen ikävaihtelu oli selvästikin aliarvio. Näytteenotto kattoi vain vajaan puolet runkolukujakauman keskimääräisestä laajuudesta, pienikokoista puustoa kairattiin niukasti ja näytteellä pyrittiin selvittämään metsikön keski-ikä, ei sen koko ikävaihtelua.

Kokonaiskuvan muodostamista koealametsiköiden iästä vaikeuttaa edellisen lisäksi se, ettei ole tietoa siitä, mitä puujaksoa mikin ikäkoepuu edusti vastaavasta runkoluvusta puhumattakaan. Toisaalta vaikka metsikön kaikkien puiden ikä olisi täsmällisesti tiedossa tiedon käyttöarvo olisi vähäinen. Puut kasvavat ympäristönsä mahdollistamissa puitteissa iästä riippumatta kokonsa mukaan (Kalela 1934, Näslund 1944, Sarvas 1944, Indermühle 1978) ja täysin tasaikäinen puusto voi olla joko tasarakenteinen, runkolukusarjaltaan normaalijakaumaa muistuttava, jaksollinen tai muulla tavoin erirakenteinen (Laiho ym. 1994 b). Niinpä tasarakenteisia kaksijaksoisia metsiköitä on tällä hetkellä erityisen paljon mm. muokatuilla männynistutusaloilla (Laiho 1988).

Yksijaksoisen tasaikäisrakenteen tavoittelu sekametsässä, jossa puulajien nuoruuskehitys ei ole tasavertainen on saanut aikaan ilmeistä vahinkoa. Niinpä koivua on perattu, suorastaan määrämittahakattu ja vesasyntyistetty, jotta kuusi ei jäisi siitä jälkeen. Varsinainen kasvatusvaihekin on tasarakenteisena työläs edellyttäen puulaji- ja latvussuhteiden herkkää säätelyä toistuvin harvennuksin. Vastineeksi saadaan muutaman prosentin lisäys puhtaan metsikön tuotokseen verrattuna (Mielikäinen 1980, 1985).

Nykyajan koneellinen korjuu ei usein toistuvaa lehti-havusekametsän hienovaraista latvushoitoa yksijaksoiskasvatuksen edellyttämällä tavalla mahdollista. Ei tarvitsekaan, sillä puulajit voidaan kasvattaa omina jaksoinaan tai säännöllisen erirakenteisena metsikkönä. Koivun ja kuusen tapauksessa jaksottaiskasvatus on sekä uudistamisen että taimikon hoidon osalta lähes kustannukseton. Tuotos puolestaan noussee yksijaksoista kasvatusvaihtoehtoa huomattavastikin suuremmaksi (Seppälä & Keltikangas 1978, Isomäki 1979). Sama näyttää pätevän säännöllisen erirakenteisiin metsiköihin. Niiden kasvu oli kolmannen inventoinnin aineistossa useassa suhteessa huomattavasti samanaikaisia tasarakenteismetsiköitä suurempi (Lähde ym. 1994a, b, c).

Alispuiden osalta ikäkysymys on ainakin teoreettisesti kriittisin. Taimien vähäinenkin ikäero muodostuu helposti kohtalokkaaksi, sillä myöhästyminen alkukehityksessä merkitsee lisääntyvää varjostusta ja kurjistumista. Jälkeenjääminen voi nuoremmuuden lisäksi olla seurausta monesta muusta tekijästä, kuten siemenen koosta, kasvupaikan mikrovaihtelusta ym. ulkopuolisista ympäristötekijöistä sekä tietenkin perimästä. Viimemainittua on

alispuiden osalta pidetty arveluttavana (Kalela 1948). Nykyisin tiedetään kuitenkin jälkeläiskokeiden perusteella, että esimerkiksi männyn pituuskasvun periytyvyys on noin 20 % (Welling 1988). Riski perimän huononemisesta alispuita uuteen sukupolveen hyväksyen on siten ilmeisen vähäinen. Metsiköissä olevaa nuorennosta tämä riski ei koske lainkaan ja sitähän mm. harsituissa metsissä on todettu olevan runsaasti (Sarvas 1944) ja alispuut siten pienenä vähemmistönä.

Suomalainen metsä on valtapuuston osalta verrattain tasaikäinen. Metsiköissä on kuitenkin jossain määrin ylispuustoa ja huomattavassa määrin alikasvosta. Ne tekevät lähes kaikista metsiköistä verrattain eri-ikäisiä. Lähiajan monimuotoistuvien metsien asianmukainen hoitaminen edellyttää paljon tähänastista tarkempaa metsikköanalyysiä. Metsikkörakenteiden moninaisuuden vuoksi tarkka analyysi edellyttää jaksojen erottamista, puulajeittaisia runkolukusarjoja ja riittäviä ikätietoja. Näillä perustiedoilla voi puulajien ekologisen luonteen (Kalela 1949) tuntien ohjata luotettavasti metsiköiden kehitystä.

Kirjallisuutta

Daniel, V., Helms, J.A. & Baker, F.S. 1979. Principles of silviculture. 2nd ed. McGraw-Hill Book Company. 500 s.

Hatcher, R. J. 1967. Balsam fir advance growth after cutting in Quebec. Forestry Chronicle 40(1).

Ilvessalo, L. 1929. Puuluokitus ja harvennusasteikko. Acta Forestalia Fennica 34(38):1–15.

Ilvessalo, Y. 1920. Tutkimuksia metsätyyppien taksatoorisesta merkityksestä nojautuen etupäässä kotimaiseen kasvutaulujen laatimistyöhön. Acta Forestalia Fennica 15:1–157.

– 1951. III valtakunnan metsien arviointi. Suunnitelma ja maastotyön ohjeet. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 39(3):1–67.

Indermühle, M. P. 1978. Struktur-, Alters-, und Zuwachsuntersuchungen in einem Fichten-Plenterwald der subalpinen Stufe. Beiheft zu den Zeitschriften des schweizerischen Forstvereins 60. 98 s.

Isomäki, A. 1979. Kuusialikasvoksen vaikutus männikön kasvuun, tuotokseen ja tuottoon. Folia Forestalia 392. 13 s.

Kalela (Cajander), E. K. 1934. Kuusen taimistojen vapauttamisen jälkeisestä pituuskasvusta. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 19(5):1–59.

– 1948. Luonnonmukainen metsien käsittely. Silva Fennica 64(2):16–32.

– 1949. Ecological character of tree species and its relation to silviculture. Acta Forestalia Fennica 57(1):1–35.

Klensmeden, V. 1984. Stamvis blädning — Några studier på två försöksytor i Dalarna. Examensarbete 1984–86. Institutionen för skogsskötsel, Sveriges lantbruksuniversität. Umeå. 38 s.

Laiho, O. 1988. Mitä tehdä alikasvoksille. Metsä ja Puu (9):34–35.

– 1992. Stand structure of thinning and mature forests in Finland in the early 1950's. Julkaisussa: Hagner, M. (toim.). Silvicultural alternatives. Proceedings from an internordic workshop June 22–25 1992. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Silviculture. Reports 35:47–52.

– , Lähde, E., Norokorpi, Y & Saksa, T. 1994a. Determining stem distribution by relascope and fixed sample plots in diverse stands. Forests, environment and new technology in northern Europe. Proceedings of the international conference, held in Petrozavodsk, the Republic of Karelia, Russia, September 1993. University of Joensuu, Faculty of Forestry, Research Notes 17:70-72.

– , Lähde, E., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 1994b. Varttuneiden metsiköiden rakenne

1950-luvun alussa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 495:90-128.

Lassila, I. 1920. Tutkimuksia mäntymetsien synnystä ja kehityksestä pohjoisen napapiirin pohjoispuolella. Acta Forestalia Fennica 14(2):1–95.

Lähde, E., Laiho, O., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 1991. The structure of advanced virgin forests in Finland. Scandinavian Journal of Forest Research 6(2):527–537.

– , Laiho, O., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 1992. Stand structure of thinning and mature conifer-dominated forests in boreal zone. In: Hagner, M. (ed.). Silvicultural alternatives. Proceedings from an internordic workshop June 22–25 1992. Swedish University of Agricultural 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. Annales des Sciences Forestiéres 51(2):97–109.

– , Laiho, O., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 1994b. Structure and yield of all-sized and even-sized Scots pine-dominated stands. Annales des Sciences Forestiéres 51(2):111–120.

– , Laiho, O., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 1994c. Tree and stand increment in all- and even-sized mixed stands. Sekametsäsymposio Portugalissa 25.–29.4.1994. IUFRO. 11 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.

Mielikäinen, K. 1980. Mänty-koivusekametsien rakenne ja kehitys. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 99(3):1–82.

– 1985. Koivusekoituksen vaikutus kuusikon rakenteeseen ja kehitykseen. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 133. 79 s.

Nilsen, P. & Haveraaen, O. 1983. Årringbredder hos gjenstående traer etter hogst i eldre granskog. Norsk institutt för skogforskning. Rapport 9. 16 s.

Norokorpi, Y., Lähde, E., Laiho, O. & Saksa, T. 1994. Luonnontilaisten metsien rakenne ja monimuotoisuus Suomessa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 495:54-89.

Näslund, M. 1944. Den gamla norrländska granskogens reaktionsförmäga efter genomhyggning. Referat: Die Reaktionsfähigkeit des alten norrländishen Fichtenwaldes nach Durchhauung. Meddelanden från statens skogsförsöksanstalt 33. 194 s.

Pöntynen, V. 1929. Tutkimuksia kuusen esiintymisestä alikasvoksena Raja-Karjalan valtionmailla. Acta Forestalia Fennica 35(1):1–235.

Sarvas, R. 1944. Tukkipuun harsintojen vaikutus Etelä-Suomen yksityismetsiin. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 33(1):1–268.

– 1951. Tutkimuksia puolukkatyypin kuusikoista. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 39(1):1–82.

Seppälä, K. & Keltikangas, M. 1978. Alikasvostaimikot Pohjanmaan ojitusalueiden hieskoivikoissa. Suo 29(1):11-16.

Sirén, G. 1955. The development of spruce forest on raw humus sites in northern Finland and its ecology. Lyhennelmä: Pohjois-Suomen paksusammalkankaiden kuusimetsien kehityksestä ja sen ekologiasta. Acta Forestalia Fennica 62(4): 1–408.

Vaartaja, O. 1951. Alikasvosasemasta vapautettujen männyntaimistojen toipumisesta ja merkityksestä metsänhoidossa. Acta Forestalia Fennica 59(3):1–133.

Vuokila, Y. 1956. Etelä-Suomen hoidettujen kuusikoiden kehityksestä. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 48(1):1–138.

– 1982. Antakaa luonnon auttaa. Metsä ja Puu 99(12):6–8.

Welling, P. 1988. The relationships between yield components in the breeding of Scots pine. University of Helsinki, Department of Plant Breeding. 59 s.

Parkanon tutkimusaseman tiedonantoja

No. 1 Eero Paavilainen ja Veikko Koskela. Parkanon tutkimusasema 1961-1970. 1972.
No. 2 Eero Paavilainen ja Seppo Kaunisto. Männyn koneellinen istutus Mara-istutuskoneella verrattuna käsinistutukseen avosuon metsityksessä. 1973.
No. 3 Tutkimuspäivän esitykset. 1976.
No. 4 Seppo Kaunisto. Alkkian kenttäkokeet 1961-1975. 1976.
No. 5 Kaarlo Kinnunen. Kylvö- ja istutusajankohdan vaikutus kennotaimien alkukehitykseen. 1977.
No. 6 Kaarlo Kinnunen. Männyn kylvömenetelmien vertailua. 1977.
No. 7 Tutkimuspäivän esitykset. 1978.
No. 8 Tutkimuspäivän esitykset. 1979.
No. 9 Tutkimuspäivän esitykset. 1980.

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja

No. 94 Tutkimuspäivän 1982 esitelmät. 1982.
No. 108 Kaarlo Kinnunen ja Ilkka Laurila. Erilaisten männyntaimien juuriston ja verson alkukehitys karuhkolla moreenimaalla. 1983.
No. 116 Hannu Raitio. Hypoteesi männyntaimien kasvuhäiriöiden synnystä taimitarhoilla ja kivennäismailla. 1983.
No. 137 Metsäntutkimuspäivä Porissa 1983. 1984.
No. 144 Seppo Kaunisto. Alustavia tuloksia kasvuhäiriöisten männyntaimien kehityksestä suonpohjan turpeella. 1984.
No. 177 Seppo Kaunisto. Metsityskokeet Kihniön Aitonevalla. 1985.
No. 184 Metsäntutkimuspäivä Seinäjoella 1984. 1985.
No. 202 Seppo Kaunisto ja Kaarlo Kinnunen. Taimilajin ja taimitarhalla todetun kasvuhäiriön vaikutus männyn taimien alkukehitykseen maastossa. 1985.
No. 215 Kaarlo Kinnunen. Männyn kylvötuppaiden harventamisesta. 1986.
No. 225 Hannu Raitio ja Eero Tikkanen. Nuorten mäntyjen kalsium- ja magnesiumtalouden häiriö kuivalla kankaalla. 1986.
No. 235 Metsäntutkimuspäivä Tampereella 1985. 1986.
No. 236 Seppo Kaunisto, Kaarlo Kinnunen, Sulo Lehtinen, Kalle Nevanranta ja Jorma Tukeva. Alkkian kenttäkokeet 1961-1986. 1986.
No. 270 Metsäntutkimuspäivä Porissa 1986. 1987.
No. 300 Metsäntutkimuspäivä Seinäjoella 1987. 1988.
No. 337 Metsäntutkimuspäivä Tampereella 1988. 1989.
No. 369 Metsäntutkimuspäivä Porissa 1989. 1990.
No. 394 Metsäntutkimuspäivä Nurmossa 1990. 1991.
No. 423 Metsäntutkimuspäivä Tampereella 1991. 1992.
No. 470 Metsäntutkimuspäivä Porissa 1992. 1993.

Tiedonantoja on saatavissa Metsäntutkimuslaitoksen Parkanon tutkimusasemalta (Kaironiementie 54, 39700 Parkano, puh. 933-443 51, telefax 933-443 5200).

ISBN 951-40-1359-X
ISSN 0358-4283

Parkanon Kirjapaino
Parkano 1994