



Männyn  
luontainen  
uudistaminen  
siemenpuu-  
menetelmällä Lapissa

Mikko Hyppönen



ROVANIEMEN TUTKIMUSASEMA



# Männyn luontainen uudistaminen siemenpuumenetelmällä Lapissa

Summary:

Natural regeneration of Scots pine using the seed-tree  
method in Finnish Lapland

Mikko Hyppönen

*Akateeminen väitöskirja*

*Esitetään Helsingin yliopiston maatalous-metsätieteellisen tiedekun-  
nan luvalla julkisesti tarkastettavaksi Helsingin yliopiston Pienessä  
juhlasalissa, Fabianinkatu 33, perjantaina 17. päivänä toukokuuta  
2002, klo 12.00.*

- Työn ohjaajat: Professori Pasi Puttonen  
Helsingin yliopisto, metsäekologian laitos
- MMT Martti Varmola  
Metsäntutkimuslaitos, Rovaniemen tutkimusasema
- Esitarkastajat: Professori Eero Kubin  
Metsäntutkimuslaitos, Muhoksen tutkimusasema
- Dosentti Markku Nygren  
Suomen Metsätieteellinen Seura
- Vastaväittäjä: Dosentti Taneli Kolström  
Joensuu yliopisto, Mekrijärven tutkimusasema

**Hyppönen, M. 2002.** Männyn luontainen uudistaminen siemenpuumenetelmällä Lapissa. Summary: Natural regeneration of Scots pine using the seed tree method in Finnish Lapland. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 844. 69 s. + osajulkaisut. ISBN 951-40-1824-9. ISSN 0358-4283.

Tutkimuksessa tarkastellaan männyn luontaisen uudistamisen tulosta ja siihen vaikuttavia tekijöitä Lapissa. Uudistamistulosta arvioidaan syntyneen taimikon tiheyden, tilajärjestyksen, puulajisuhteiden, kasvatuskelpoisuuden, pituuskehityksen ja laadun perusteella. Lisäksi kiinnitetään huomiota uudistumisaikaan, taimikon elinvoimaisuuteen ja ylispuiden korjuun aiheuttamiin vaurioihin. Viiden osatutkimuksen aineistot kerättiin inventoimalla Lapin yksityismetsien käytännön uudistusaloja ja mittaamalla pitkäaikaisia kokeita. Aineistojen käsittelyssä käytettiin regressio- ja varianssianalyysiä sekä sekamallitekniikkaa.

Yksityismetsien mänty-ylispuutaimikoiden syntyhistorian perusteella puolet luontaisesti uudistuneista taimikoista oli syntynyt alikasvoksena ilman uudistamistarkoitusta. Alikasvotaimikot eivät tiheyden, tilajärjestyksen ja kasvatuskelpoisuuden perusteella eronneet siemenpuuhakkuun tuloksena syntyneistä taimikoista. Männyn luontainen uudistumiskyky Lapin kuivilla ja kuivahkoilla kankailla on hyvä, ja syntyneillä alikasvotaimikoilla on tärkeä merkitys metsien luontaisessa uudistamisessa.

Männyn luontainen uudistaminen onnistui keskimäärin huonosti Lapin yksityismetsien mäntysiemenpuualoilla. Huonoa tulosta osoittaa erityisesti se, että luontainen uudistaminen keskeytettiin taimettumattomuuden vuoksi 38 %:lla siitä pinta-alasta, mikä alunperin aiottiin uudistaa luontaisesti. Niillä uudistusaloilla, joilla luontaista uudistamista jatkettiin, uudistaminen lisäksi epäonnistui 10 %:lla alunperin luontaisesti uudistettavaksi aiotusta pinta-alasta. Uudistaminen siis epäonnistui 48 %:lla pinta-alasta. Suurin syy huonoon uudistamistulokseen oli se, että siemenpuualoja ei oltu yleensä muokattu. Uudistamistulos oli hyvä tai tyydyttävä 27 %:lla pinta-alasta.

Maanmuokkauksella oli ratkaiseva vaikutus uudistusalan taimettumiseen erityisesti tuoreen kankaan uudistusaloilla. Myös kuivahkoilla kankailla muokkaus paransi uudistamistulosta selvästi.

Kivisyys ja paksu humuskerros heikensivät uudistamistulosta. Korkeus merenpinnasta vaikutti luontaisen uudistamisen tulokseen negatiivisesti ja lämpösumma positiivisesti. Tulosten perusteella siemenpuuhakkuusta alkava seitsemän vuoden uudistumisaika keskimäärin riittää metsälain edellyttämään uudistusalan taimettumiseen, jos lämpösumma on vähintään 700 °Cvrk ja jos maa tuoreiden ja kuivahkojen kan-

kaiden uudistusaloilla muokataan. Uudistamistulosta voidaan varmistaa ja nopeuttaa kylvämällä muokatut alat.

Keskimäärin 17 % taimista vaurioitui siemenpuiden poistossa. Ylispuiden korjuu ei ollut Lapin erityisolosuhteista huolimatta erityisen ongelmallista. Ajourien suunnittelu ylispuuleimikoissa edellyttää kuitenkin lisätutkimuksia.

Avainsanat: mänty, luontainen uudistaminen, siemenpuu, kylvö, taimettuminen, alkukehitys, uudistamistulos, onnistuminen, kasvatuskelpoisuus, korjuuvaurio

Kirjoittajan yhteystiedot: Metsäntutkimuslaitos, Rovaniemen tutkimusasema, PL 16, 96301 Rovaniemi, puh. (016) 336 411, faksi (016) 336 4640, sähköposti [mikko.hypponen@metla.fi](mailto:mikko.hypponen@metla.fi)

Kannen suunnittelu: Jouni Hyvärinen  
Taitto: Eija Virtanen

Julkaisija: Metsäntutkimuslaitos, Rovaniemen tutkimusasema. Hyväksynyt julkaistavaksi tutkimusjohtaja Kari Mielikäinen.

Tilaukset: Metsäntutkimuslaitos, kirjasto/julkaisumyynti, PL 18, 01301 Vantaa, puh. (09) 8570 5580, faksi (09) 8570 5582, sähköposti [kirjasto@metla.fi](mailto:kirjasto@metla.fi).

## Alkusanat

Tämä tutkimus on yhteenveto viidestä männyn luontaiseen uudistamiseen liittyvästä osatutkimuksesta, jotka on tehty Lapin metsäkeskuksen, Metsäntutkimuslaitoksen ja Metsätehon yhteistyönä. Tutkimuksen ideointi alkoi jo 1980-luvulla ylijohtaja Eljas Pohtilan toimiessa silloisen Lapin piirimetsälautakunnan päämetsänhoitajana. Hänen siirryttyään muihin tehtäviin hanke kuitenkin unohtui ja lykkääntyi pitkälle 1990-luvulle, jolloin aihe tuli uudelleen ajankohtaiseksi. Esitän parhaat kiitokseni Eljas Pohtilalle mielenkiintoisen, käytännön metsätaloutta palvelevan ja yllättävän vähän tutkitun aiheen ideoimisesta ja niistä hedelmällisistä keskusteluista, joita olemme metsänuudistamisen ympärillä vuosien saatossa muutoinkin käyneet.

Haluan vilpittömästi kiittää kaikkia yhteistyössä mukana olleita tahoja ja henkilöitä. Erityisesti kiitän yhteistyökumppaneitani ja tutkijakollegoitani LuK Juha Hyvöstä, MML Simo Kailaa, mti (AMK) Taito Kempeä, MH Kari Mäkitaloa, MMM Niina Riissasta, MMM Tapio Räsästä ja MMT Sauli Valkosta erinomaisesta ja rakentavasta yhteistyöstä sekä Lapin metsäkeskuksen johtajaa Jukka Ylimartimoa ja viranomaispäällikkö Tommi Lohea tuesta ja kannustuksesta. Tutkimusteni edistymiseen ovat työni ja opiskelujeni eri vaiheissa lisäksi vaikuttaneet erityisesti FM Virpi Alenius, MMT Ville Hallikainen, prof. Pertti Harstela, FT Timo Helle, MMT Hannu Hökkä, MMT, FT Risto Jalkanen, MMT Taneli Kolström, MMT Martti Saarilahti ja MMT Martti Varmola. Lämpimät kiitokset heille kaikille samoin kuin muille tässä mainitsemattomille tutkijatovereilleni, joilta olen saanut korvaamatonta apua erilaisissa ongelmatilanteissa.

Aineistojen keruu- ja käsittelyvaiheissa sekä julkaisujen koostamisessa minua ovat auttaneet lukuisat Metsäntutkimuslaitoksen ja Lapin metsäkeskuksen toimihenkilöt. Heistä haluan erityisesti kiittää mti Tarmo Aaltoa, atk-suunnittelija Jouni Hyväristä, mti Sinikka Koivuranta, atk-suunnittelija Vesa Nivalaa, tutkimusmestari Risto Ollikaista, tutkimusmestari Raimo Pikkupeuraa, mtt Pentti Räsästä ja tutkimusavustaja Pentti Vitikkaa. Erityiskiitokset annan tutkimusavustaja Eija Virtaselle, joka taittoi käsikirjoituksen tunnollisesti ja huolellisesti painatuskuntoon. Työskentelyni ulkopuolisena tutkijana Metsäntutkimuslaitoksen Rovaniemen tutkimusaseman asiantuntevan, vastuuntuntoisen ja avuliaan henkilöstön kanssa aseman uudenaikaisissa ja hyvin varustetuissa tiloissa on ollut inspiroivaa ja miellyttävää.

Kiitän väitöskirjani ohjaajia prof. Pasi Puttosta ja MMT Martti Varmolaa sekä virallisia esitarkastajia prof. Eero Kubinia ja MMT Markku Nygreniä kannustavista, asiantuntevista ja uusia ajatuksia herättäneistä

neuvoista. MMT John Deromea kiitän väitöskirjani englanninkielisen yhteenvedon kieliasun luotettavasta tarkastamisesta.

Ilman Niemi-säätiön ja erityisesti Metsämiesten säätiön myöntämiä henkilökohtaisia apurahoja tutkimustyöni ei olisi ollut mahdollista. Esitän säätiöille parhaat kiitokseni.

Lopuksi haluan osoittaa lämpimät kiitokset perheenjäsenilleni Pirkolle, Laurille ja Elinalle kannustavasta ja ymmärtävästä suhtautumisesta runsaasti aikaa vaatinutta työtäni kohtaan.

Rovaniemellä 15.4.2002

*Mikko Hyppönen*

# Väitöskirjan osajulkaisut ja tekijän osuus yhteisjulkaisuissa

Tämä väitöskirja perustuu seuraaviin julkaisuihin, joihin tekstissä on viitattu roomalaisin numeroin I–V.

- I Hyppönen, M. & Hyvönen, J. 2000. Ylispuustoisten mäntytaimikoiden syntyhistoria, rakenne ja alkukehitys Lapin yksityismetsissä. *Metsätieteen aikakauskirja* 4/2000: 589–602.

*Hyppönen ideoi ja suunnitteli tutkimuksen, huolehti aineiston keräyksestä ja laati alustavan käsikirjoituksen. Tekijät osallistuivat aineiston käsittelyyn ja laativat lopullisen käsikirjoituksen yhdessä. Painettu Metsätieteen aikakauskirjan luvalla.*

- II Hyppönen, M., Hyvönen, J., Mäkitalo, K., Riissanen, N. & Sepponen, P. 2001. Maanmuokkauksen vaikutus luontaisesti uudistetun männyntaimikon kehitykseen Lapissa. *Metsätieteen aikakauskirja* 1/2001: 5–18.

*Sepponen suunnitteli ja perusti kokeen ja huolehti ensimmäisestä mittauksesta. Mäkitalo vastasi pääasiassa kokeen hoidosta ja myöhemmistä mittauksista. Riissanen osallistui aineiston muokkaukseen lopullista käsittelyä varten. Aineiston käsittelevät Hyvönen ja Hyppönen kaikkien tekijöiden yhteisesti sopimien periaatteiden mukaisesti. Hyppönen laati alustavan käsikirjoituksen, jonka pohjalta tekijät kirjoittivat lopullisen käsikirjoituksen yhdessä. Painettu Metsätieteen aikakauskirjan luvalla.*

- III Hyppönen, M. & Kemppe, T. 2002. Maanmuokkauksen ja kylvön vaikutus mäntysiemenpuualan taimettumiseen Etelä-Lapissa. *Metsätieteen aikakauskirja* 1/2002: 19–27.

*Hyppönen suunnitteli ja perusti kokeen sekä huolehti mittauksista ja aineiston muokkauksesta kahdella ensimmäisellä mittauksella. Kemppe keräsi aineiston kolmannella kerralla, käsittelevä aineiston ja laati alustavan käsikirjoituksen opinnäytetyöksi Rovaniemen ammattikorkeakouluun. Hyppönen laati lopullisen käsikirjoituksen opinnäytetyön pohjalta. Painettu Metsätieteen aikakauskirjan luvalla.*

- IV Hyppönen, M., Hyvönen, J. & Valkonen, S. 2001. Männyn luontaisen uudistamisen onnistuminen Lapin yksityismetsissä 1960-, 1970- ja 1980-lukujen siemenpuuhakuissa. Hyväksytty korjattuna painettavaksi *Metsätieteen aikakauskirjassa* (ei vielä korjattu).

*Hyppönen ideoi ja suunnitteli tutkimuksen sekä vastasi aineiston keräyksestä Metsätehon kehittämän menetelmän mukaisesti. Hyppönen ja Hyvönen käsittelevät aineiston kaikkien tekijöiden yhteisesti sopimien periaatteiden mukaisesti ja laativat selitysmallit. Hyppönen laati alustavan käsikirjoituksen, jonka pohjalta tekijät kirjoittivat lopullisen käsikirjoituksen yhdessä. Painettu Metsätieteen aikakauskirjan luvalla.*

- V Hyppönen, M. 2000. Ylispuiden korjuun vaikutus mäntytaimikoiden kasvatuskelpoisuuteen Lapissa. *Metsätieteen aikakauskirja* 2/2000: 269–280.

*Painettu Metsätieteen aikakauskirjan luvalla.*

# Sisällys

1	Johdanto .....	9
1.1	Katsaus Lapin metsien uudistamiseen ja uudistamistutkimukseen .....	9
1.2	Männyn luontainen uudistaminen – tutkimuksen viitekehys .....	13
1.3	Männyn luontaisen uudistamisen tulokseen vaikuttavat tekijät .....	16
1.4	Uudistamistutkimuksissa käytetyt lähestymistavat .....	20
1.5	Tutkimusongelmat ja tutkimuksen tarkoitus .....	21
2	Aineistot ja menetelmät .....	23
2.1	Tutkimusalue .....	23
2.2	Menetelmät ja aineistot inventointitutkimuksissa .....	25
2.3	Menetelmät ja aineistot järjestetyissä kokeissa .....	26
2.4	Aineistojen käsittely yhteenvedossa .....	27
2.5	Sekamallien käytön perusteita .....	29
3	Tulokset .....	31
3.1	Alikasvokset männyn uudistamisessa .....	31
3.2	Luontaisen uudistamisen keskeyttäminen .....	31
3.3	Luontaisen uudistamisen tulos ja siihen vaikuttavat tekijät .....	32
3.3.1	Tiheys .....	32
3.3.2	Tilajärjestys .....	37
3.3.3	Kasvatuskelpoisuus .....	38
3.3.4	Uudistamiseen kulunut aika .....	40
3.3.5	Pituuskehitys .....	40
3.4	Kylvö luontaisen uudistamisen täydentäjänä .....	43
3.5	Maanmuokkauksen vaikutus taimikon tekniseen laatuun .....	43
3.6	Ylispuiden poisto ja korjuuvauriot .....	44
3.7	Metsänhoitotöiden tarve .....	45
4	Tarkastelu .....	46
4.1	Käytettyjen menetelmien ja tulosten yleistettävyyden arviointia .....	46
4.2	Tulosten tarkastelu .....	47
5	Päätelmät .....	52
	Kirjallisuus .....	53
	Summary: Regeneration of Scots pine using the seed-tree method in Finnish Lapland .....	67
	Osajulkaisut I–V	

# 1 Johdanto

## 1.1 Katsaus Lapin metsien uudistamiseen ja uudistamistutkimukseen

Lapin luonnonoloja määräävä tekijä on pohjoinen sijainti. Tästä johtuu, että Lapin ilmasto on karu – kylmä ja kostea. Golf-virran lämmittävän vaikutuksen vuoksi alueen ilmasto on kuitenkin leudompi kuin vastaavilla seuduilla Siperiassa ja Kanadassa. Lapin alueen laajuudesta, korkeuseroista ja pituudesta pohjois-eteläsuunnassa johtuu, että ilmastossa on suuria paikallisia eroja. Myös vuosien väliset erot ovat suuria. Kylmässä ilmastossa orgaanisen aineksen hajoaminen maassa on hidasta ja vaillinaista, jolloin syntyy raakahumusta ja turvetta. Lapin ilmasto on keskimäärin humidinen. Myös valoa on riittävästi. Sen sijaan ravinteiden niukkuus, ilmaston viileys ja säätilan suuri vaihtelu ovat minimitekkijöitä, jotka asettavat rajat eliöiden esiintymiselle ja menestymiselle. Ne vaikeuttavat eliöiden resurssien hankintaa kasvun ja lisääntymisen tarpeisiin (Oinonen ym. 1958, Pohtila 1979a, Havas ja Laine 1995).

Lappi on pohjoisimpia puustoisia alueita maailmassa. Lapin metsissä mänty (*Pinus sylvestris* L.) muodostaa havumetsänrajan toisin kuin muualla maailmassa, jossa metsänrajan muodostaa yleensä kuusi tai lehtikuusi (Hustich 1952). Kes kiboreaaliseen vyöhykkeeseen kuuluvaa lounaisosaa lukuun ottamatta Lappi kuuluu pohjoisboreaaliseen kasvilisuusvyöhykkeeseen. Siitä huolimatta Lapin eri osa-alueet poikkeavat toisistaan sekä luonnonolojen että metsätalouden harjoittamisen kannalta. Metsätaloutta harjoitetaan Lapissa monessa suhteessa ainutlaatuisissa olosuhteissa. Toimitaan ankarissa ilmasto-olosuhteissa, laajoilla pinta-aloilla, syrjäisillä seuduilla ja pitkien kuljetusmatkojen päässä. Olosuhteista huolimatta metsätalous on intensiivistä (Leikola ja Pohtila 1979).

Kaukainen pohjoinen metsänrajoineen kiehtoi tutkijoita jo 1900-luvun alussa. Osittain kiinnostus johtui myös siitä, että Metsähallitus johti vuosisadan alussa tutkimustoimintaa. Kun valtionmaat sijaitsivat pohjoisessa, oli luonnollista, että myös tutkimus kohdistui pohjoisen metsiin (Pohtila 1979c). Lapin metsien käsittely oli tuohon aikaan pieniläpimittaisen puun kaupallisen menekin puuttuessa sahatukkien hakkuuta, jossa vain tietyn mitan täyttävä tukkipuu korjattiin talteen. Hakkuut olivat yleensä ankaraa määrämittaharsintaa, jonka jäljiltä metsät jäivät usein repaleisiksi ja vajaapuustoisiksi. Jo silloin tiedettiin, että ulkomaiset metsienkäsittelymallit eivät sopineet Suomeen, ja Metsähallitus alkoikin pyrkiä metsikkötalouteen, mutta ei siinä vielä kuitenkaan onnistunut (Kuusela 1979, Pohtila 1979b).

Useat ensimmäisistä suomalaisista metsäalan tutkimuksista käsittelevät Lapin ja muun Pohjois-Suomen metsiä ja niiden ongelmia (Renvall 1912, 1919, Lakari 1915, 1920, Aaltonen 1919, Lassila 1920, Heikinheimo 1921, Kujala 1926, 1927, 1929). Tutkimusten perusteella todettiin, että männyn luontainen uudistumiskyky on Pohjois-Suomessa kohtalaisen hyvä, vaikka uudistuminen onkin hidasta. Näiden tutkimusten ja ensimmäisten valtakunnan metsien inventointien tulosten perusteella saatiin suuntaviivat ja perusteet Lapin metsien hyödyntämiselle, selkeiden päätehakkuiden käyttämiselle, mäntymetsien luontaiselle uudistamiselle ja muutenkin säännölliselle metsänhoidolle sekä vuoden 1922 suojametsälaille (Kuusela 1979, Pohtila 1979b).

Selkeään metsikkötalouteen päästiin kuitenkin vasta 1950-luvulla, vaikka vuosisadan alun tutkimukset olivat viitoittaneet säännöllisen metsänhoidon periaatteet (Kuusela 1979, Pohtila 1979b, c) ja vaikka harsinnan oli todettu johtavan metsien vajaatuottoisuuteen (Sarvas 1950). Vasta pieniläpimittaisen puun kaupallisen käytön lisääntyminen alkoi vaikuttaa metsien käsittelyn paranemiseen. Yksityismetsissä samaan suuntaan vaikuttivat lisäksi harsintajulkilausuma ja lain valvonnan tiukentuminen (Leikola 1986, 1987).

Myöhemmin edelleen vahvistui, että edellytykset männyn luontaiselle uudistamiselle ovat Pohjois-Suomen humidisessa ilmastossa ja suotuisissa säteilyolosuhteissa kuivilla kankailla monessa suhteessa jopa Etelä-Suomea paremmat (Sarvas 1937, 1950, 1952). Männyn luontaista uudistumiskykyä Pohjois-Suomessa kuvastavat mäntyvaltaisiin metsiköihin ilman ihmisen toimenpiteitä syntyneet, metsän uudistamiseen käyttökelpoiset mäntyalikasvokset, joita todettiin olevan erityisesti Lapissa (Oinonen 1956, Mikola 1966). Erityisesti kuloalat ovat taimetuneet herkästi, ja niillä taimikot ovat yleensä olleet tiheimpiä (Lehto 1956, Oinonen 1956). Alikasvotaimikoihin on kuitenkin yleensä suhtauduttu varovasti ja epäilevästi. Syiksi varovaisuuteen on sanottu epätietoisuutta alikasvoksen elpymisestä, taimien huonoa ulkomuotoa sekä huomattavaa pituusvaihtelua, aukkoisuutta ja ryhmittäisyyttä (Hyppönen ym. 1998, Moilanen ja Saksa 1998). Alikasvoksia esiintyy kaikkialla Euroopan pohjoisosien havumetsissä (Vaartaja 1951, Sundkvist 1994, Volkov ym. 2000).

Pohjois-Suomen ja Lapin laaja-alaisten kuusimetsien hoito ja uudistaminen osoittautui mäntymetsien käsittelyä ongelmallisemmaksi. Heikinheimo (1922) piti 1900-luvun alussa lohkohakkuuta parhaana kuusimetsikön hakkuutapana. Lohkohakkuulla tarkoitettiin eräänlaista kaistalehakkuuta, jossa metsikkö hakattiin lohkoittain metsikkörakenteen mukaan joko kokonaan paljaaksi tai jättämällä jäljelle kasvatettavaksi kelvollinen alikasvos. Paljas lohko uudistuisi ja alikasvos

täydentyisi reunametsästä. Heikinheimo (1922) kuitenkin totesi, että hakkuualojen raivaukselta ja viljelyltä tuskin voitaneen lähitulevaisuudessa välttyä. Myöhemmissä tutkimuksissaan Heikinheimo (1939) totesi kuusen luontaisen uudistamisen vaikeaksi ja sai lupaavia tutkimustuloksia kuusimetsien uudistamisesta viljellen männylle. Männyn viljelyä puolsi lisäksi se, että männyn kasvu oli todettu myös tuoreella kankaalla (paksusammaltyypillä) kuusen kasvua suuremmaksi (Lakari 1920, Ilvessalo 1937).

Metsänuudistamisessa alettiin 1950-luvulta lähtien siirtyä yhä enemmän metsänviljelyyn (Pohtila 1979d). Metsänviljelyn yleistyminen perustui ajatuksiin muuttaa huonokasvuiset kuusikot ja muut vajaatuottoiset metsät tuottaviksi männiköiksi ja nopeuttaa metsän uudistamista. Luontaista uudistamista pidettiin oikullisena ja hitaana uudistamismenetelmänä, kun maanmuokkaustakaan ei vielä paljon käytetty (Mikola 1963, Sirén 1965). Viljelyyn innoittivat erityisesti paksusammalkuusikoiden uudistamisesta saadut rohkaisevat tutkimustulokset johtopäätöksiin (Heikinheimo 1939, Sirén 1955a, b). Tutkimuksiin kuuluivat myös kylvöön liittyvät menetelmäkokeilut (Sirén 1952, 1957). Myös luontaisesta uudistamisesta saatiin jonkin verran lisää tietoa (Oinonen 1956).

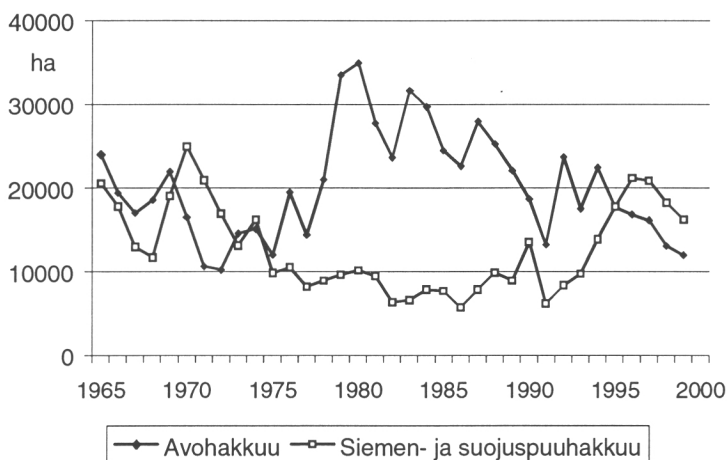
Useat 1960-luvun kylmät kesät aiheuttivat takaiskuja metsänviljelyssä (Pohtila 1979d). Niihin vaikuttivat kylmien kasvukausien lisäksi epäsuotuisat maaperäolosuhteet, riittämätön maanmuokkaus, maalajiin sopimaton puulaji ja sopimaton viljelymateriaalin alkuperä (Norokorpi 1971, Etholén 1972, Pohtila 1977b). Metsänviljelyn uskottiin kuitenkin onnistuvan, kun maa muokataan kunnolla. Niinpä metsänviljelyä jatkettiin laajassa mitassa 1970-luvulla. Muokkauksen yleismenetelmäksi kehitettiin metsäauraus. Samaan aikaan pohjoisessa metsänviljelyn tutkimusta lisättiin huomattavasti mm. inventoimalla aiemmin viljeltyjä uudistusaloja (Solin 1970, Pohtila 1972a, Norokorpi 1972) ja perustamalla viljelykokeita, mm. runkotutkimus ja elinympäristötutkimus (Leikola 1974, 1979, Lähde 1978). Erityisesti keskityttiin maanmuokkaus- ja maaperäkysymyksiin (Pohtila 1972b, 1977b, Lähde 1973, 1974a, 1978, Leikola 1974). Pohjois-Suomen erikoisuutena tutkittiin suojakylvömenetelmää (esim. Lähde 1974b, Lähde ja Tuohisaari 1976). Luontaisen uudistamisen tutkiminen jäi viljelyyn verrattuna vaatimattomaksi 1960- ja 1970-luvuilla (Lehto 1969). Heikinheimon (1932, 1937) jo 1930-luvulla aloittamia metsäpuiden kukkimis- ja siementutkimuksia jatkettiin edelleen (esim. Sarvas 1962, Koski ja Tallqvist 1978). Metsiä uudistettiin 1960- ja 1970-luvuilla suunnilleen yhtä paljon luontaisesti ja viljellen (kuva 1).

Lapin yksityismetsissä kiinnostus metsänviljelyyn lisääntyi 1980-luvun alussa, kun säädettiin laki Lapin vajaatuottoisten metsien

kunnostamisesta, ns. Lapin laki (Laki... 1982). Laki takasi tietyin ehdoin sataprosenttisen valtion tuen Lapin laaja-alaisten vajaatuottoisten metsien uudistamiseen. Lapin lain varoin viljeltiin vuosituhannen alkuun mennessä arviolta 160 000 ha metsää. Valtion varoja käytettiin noin 0,5–0,6 miljardia markkaa. Kun metsiä uudistettiin 1960-luvulla ja 1970-luvun alussa suunnilleen yhtä paljon luontaisesti ja viljellen, niin metsänviljelyn osuus koko uudistuspinta-alasta oli 1970-luvun lopulta 1990-luvun alkuun 70–80 % (kuva 1).

Metsänviljelytutkimus jatkui vahvana 1980- ja 1990-luvuilla Pohjois-Suomessa. Tutkimus kohdistui maanmuokkaukseen, viljelymenetelmiin, taimilajeihin ja puulajivalintaan (Pohtila ja Pohjola 1983, 1985, Saarenmaa 1992, Kubin ym. 1997, Hyppönen 1998, Mäkitalo 1999, Wall ja Kubin 2000), täydennysviljelyyn (Saarenmaa ja Leppälä 1995), metsänviljelyn onnistumiseen yleensäkin (Pohtila ja Valkonen 1985) sekä suojametsäalueen ja korkealla merenpinnan yläpuolella (ks. Hyvän... 2001) sijaitsevien alueiden metsänviljelyjen onnistumiseen (Pohtila ja Timonen 1980, Norokorpi 1987, Saarenmaa ja Poikajärvi 1987, Valkonen 1992, Kubin ym. 1997). Puulajin valintaan on kehitelty kokonaan uutta apuvälinettä, joka perustuu maan vesipitoisuuden määrittämiseen dielektrisyden avulla (esim. Mäkitalo ym. 1993).

Myös metsäpuiden kukkimis- ja siementutkimusta jatkettiin 1980- ja 1990-luvuilla (Ryynänen 1982, Henttonen ym. 1986, Tillman-Sutela 1995). Lisäksi huomiota kiinnitettiin metsänuudistamiseen liittyviin metsätuhoihin ja puulajivalintaan (Heikkilä 1981, Jalkanen ja Kurkela



Kuva 1. Uudistushakkuut kaikkien omistajien metsissä Lapissa vuosina 1965–1999 (Metsätilastolliset vuosikirjat 1966–2000).

1984, Jalkanen 1989, Kubin ja Valtanen 1993, Kaitera 1997, Kubin ja Savilampi 1998, Mäkitalo ym. 1998).

Metsien luontainen uudistaminen yleistyi taas 1990-luvulla, ja vuosikymmenen puolivälissä luontaisen uudistamisen pinta-ala ylitti Lapissa metsänviljelyalan. Nykyisin noin puolet metsistä uudistetaan luontaisesti siemen- ja suojuspuumenetelmiä käyttäen ja puolet viljellen (kuva 1). Luontaisen uudistamisen lisääntymiseen on useita syitä: metsänviljelyyn osoitettujen metsänparannusvarojen radikaali vähentäminen, kustannusten säästäminen ja ympäristönäkökohtien korostaminen (esim. Hyppönen 2001). Lisäksi luontaisesta uudistamisesta on saatu myös jonkin verran uutta tutkimustietoa (esim. Niemistö ym. 1993). Pohjois-Suomessa muiden metsiä hyödyntävien elinkeinojen, kuten poronhoidon ja matkailun, huomioon ottaminen on myös vaikuttanut metsänkäsittelymenetelmien muuttumiseen pehmeämpään suuntaan (Hallikainen 2001).

Metsien luontaista uudistamista tutkittiin myös 1980-luvulla ja sen jälkeen, mutta ei läheskään yhtä paljon kuin metsänviljelyä. Mäkitalo (1987) tutki kuusen luontaista uudistumista muokatulla paksusammalkuusikon avohakkuukaistalla ja Pohtila (1990) muokkaamattomilla kais-toilla. Männyn luontaista uudistamista ja uudistumista ovat selvittäneet Norokorpi (1983) ja Kaila (1993) Metsähallituksen muokatuilla uudistusaloilla sekä Herttuainen (1981), Nenola (1983) ja Sirén (1995) suojametsäalueella. Luontaisen uudistamisen yleistyttyä 1990-luvulla ja metsälain edellytettyä uudistamiselta tiettyä nopeutta, huoli männyn luontaisen uudistamisen onnistumisesta käynnisti Lapissa lisää tutkimuksia (Eskelinen 2000, Niemelä 2002). Männyn luontaisen uudistamisen nopea lisääntyminen, metsälain luontaisen uudistamisen nopeudelle asettamat vaatimukset, luonnon monimuotoisuuden ja muiden metsänkäyttömuotojen huomioon ottaminen sekä luontaisen uudistamisen onnistumiseen vaikuttavista tekijöistä edelleenkin vallitseva tutkimustiedon puute ovat lisänneet luontaisen uudistamisen tutkimuksen tarvetta Pohjois-Suomessa (Palén ja Lohi 1999, Karvonen 2000, Varmola 2000).

## 1.2 Männyn luontainen uudistaminen – tutkimuksen viitekehys

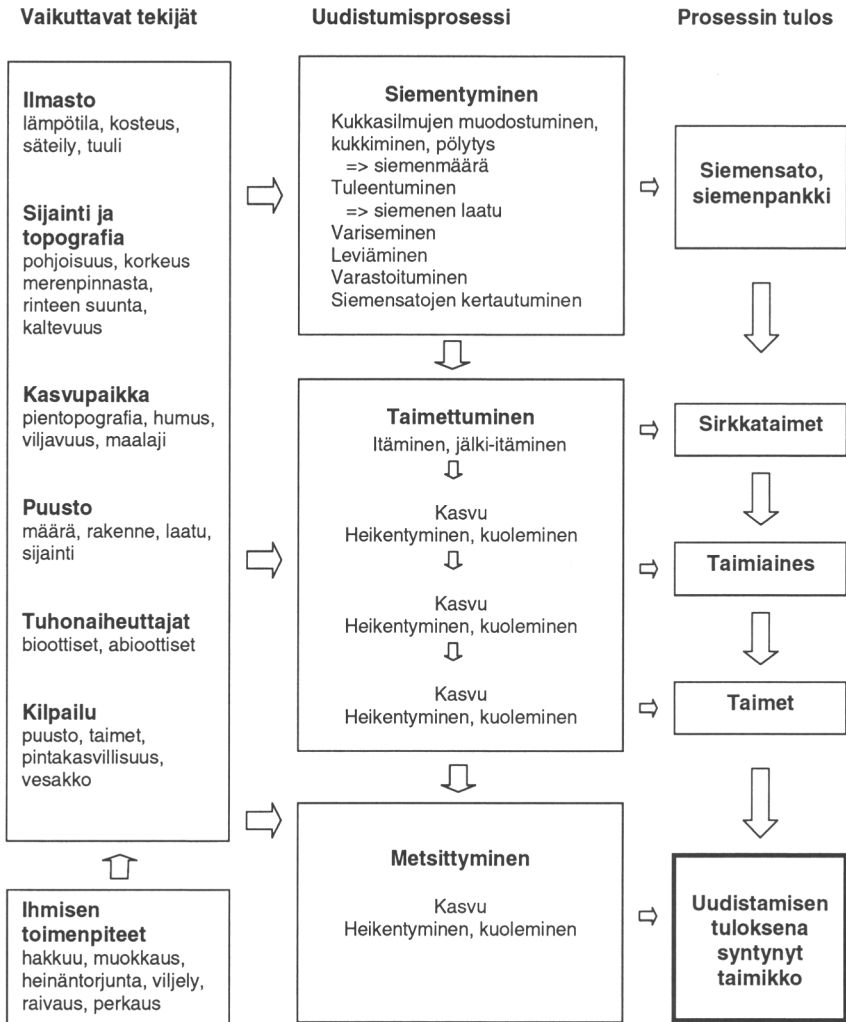
Mänty voidaan uudistaa luontaisesti siemenpuumenetelmällä, reunametsän siemennyksen avulla pienialaista avohakkuuta käyttäen tai käyttämällä hyväksi valmiiksi emopuuston alla olevaa alikasvosta. Yleisin menetelmä on siemenpuuhakkuu. Siemenpuumenetelmässä uudistus-

alalle jätetään 50–150 hyvälaatuista ja siemenniskykyistä mäntyä hehtaarille (Hokajärvi 1997, Hyppönen ym. 2001, Hyvän... 2001). Hyvissä olosuhteissa uudistusala taimettuu 20–50 siemenpuulla (Kubin 2000). Hakkuu voi olla myös kaksivaiheinen, jolloin puusto ensivaiheessa hakataan tiheyteen 70–150 kpl ha<sup>-1</sup>. Taimettumisen alettua osa siemenpuista poistetaan (Hokajärvi 1997, Hyppönen ym. 2001). Siemenpuumenetelmään kuuluu uudistusalan raivaus ja tarvittaessa kevyt maanmuokkaus joko äestämällä tai laikuttamalla. Siemenpuuhakkuuta voi edeltää valmisteleva väljennyshakkuu noin 10 vuotta aiemmin. Väljennyshakkuun tarkoituksena on valmistaa metsikköä uudistamista varten (esim. Kalela 1961). Jokseenkin nykyisen kaltainen siemenpuumenetelmä tunnettiin jo 1800-luvulla (Blomqvist 1891). Menetelmä eri vaiheineen on kuvattu selkeästi 1900-luvun alkupuolen oppikirjoissa (Hannikainen 1919).

Metsän uudistamisen tarkoituksena on saada aikaan asetettujen tavoitteiden mukainen taimikko. Tavoitteet voivat riippua mm. institutionaalisista tekijöistä (esim. metsälaki), metsänomistajan tavoitteista, ilmastosta ja kasvupaikkaolosuhteista. Uudistamisen tulos on seurausta erilaisista uudistamisprosesseista. Prosessit voidaan jakaa karkeasti kolmeen osaan: siemensadon muodostuminen eli siementyminen, uudistusalan taimettuminen ja taimikon vakiintuminen eli metsittyminen (esim. Yli-Vakkuri 1961, Kotisaari 1982, Valkonen 1992). Prosesseja säätelevät useat ihmisen toiminnasta riippumattomat ja riippuvat tekijät (Pukkala 1987a ja b, Pukkala ja Kolström 1992, Zasada ym. 1992, Valkonen 2000, Hokkanen 2001). Uudistamisen tulosta eli tavoitteen toteutumista arvioidaan tavallisesti taimikon tiheyden, tilajärjestyksen, kunnon, puulaji- ja kokojakauman, pituuskehityksen sekä laadun perusteella (esim. Pohtila ja Valkonen 1985, Räsänen ym. 1985). Sitä voidaan tarkastella myös kustannusten, kannattavuuden, uudistumisajan ja luonnon monimuotoisuuden näkökulmasta (Hyppönen 1981, Parviainen ym. 1984, Nygren ym. 1997). Läheskään aina uudistaminen ei johda alkuperäisen tavoitteen mukaiseen taimikkoon, vaan tulos voi olla esim. tiheydeltään, tilajärjestykseltään ja puulajisuhteiltaan tavoitteesta poikkeava.

Uudistamiseen kuuluvia prosesseja, niiden tuloksia ja prosesseihin vaikuttavia tekijöitä voidaan tarkastella oheisen, tämän tutkimuksen viitekehityksen muodostavan käsitelmän avulla (kuva 2). Malli on laadittu edellä mainittujen tutkimusten käsitelmälle mukailleen. Prosessit ja niiden tulokset ovat pääpiirtein samanlaisia niin aktiivisessa luontaisessa uudistamisessa kuin luonnossa ilman ihmisen vaikutusta tapahtuvassa uudistumisessa, jonka tuloksena on alikasvotaimikko.

Männyn luontaisessa uudistamisessa *siementyminen* sisältää siemensadon syntymisen eri vaiheet, kukkasilmujen muodostumisen, kukinnan ja pölytyksen, siementen tuleentumisen sekä siementen varisemisen,



Kuva 2. Tutkimuksen viitekehys.

leviämisen ja varastoitumisen (Zasada ym. 1992, Hokkanen 2001). Siemensadon määrä, laatu ja kertaantuminen riippuvat osittain samoista ja osittain eri tekijöistä.

*Taimettumisprosessin* vaiheita ja tuloksia ovat siementen itäminen sirkkataimiksi, sirkkataimien kehittyminen taimiainekseksi sekä taimiaineksen kasvaminen taimiksi ja edelleen taimikoksi. Olennainen osa taimettumista on myös taimien jatkuva syntyminen siemensatojen kertaantumisen ja siementen jälki-itäamisen tuloksena sekä taimien hei-

kentyminen, vaurioituminen ja kuoleminen tai tuhoutuminen niiden kehityksen eri vaiheissa.

*Metsittyminen* käsittää pienen taimikon varttumisen kookkaaksi ja mahdollisesti tavoitteen mukaiseksi taimikoksi. Myös metsittymisvaiheeseen liittyy taimien vaurioitumista, tuhoutumista ja kuolemista sekä luonnollisista syistä että korjuun seurauksena.

Uudistamiseen ja uudistamisprosesseihin vaikuttavat tekijät voidaan jakaa tekijöihin, joihin ihminen ei voi vaikuttaa ja tekijöihin, joihin ihminen pyrkii aktiivisesti vaikuttamaan. Edelliset ovat ilmastosta, sijainnista ja topografiasta, kasvupaikasta, puustosta, kasvillisuuden välisestä kilpailusta ja tuhonaiheuttajista riippuvia luonnonprosesseja ja jälkimmäiset ihmisen kontrollitoimenpiteitä ja teknologioita luonnonprosesien hallitsemiseksi. Tekijät ovat usein vuorovaikutuksessa keskenään. Kaikki tekijät eivät puolestaan vaikuta kaikkiin prosesseihin. Esim. ihmisen mahdollisuus vaikuttaa niihin tekijöihin, jotka puolestaan vaikuttavat siemenen tuleentumiseen, lienee teoreettinen. Seuraavassa luvussa tarkastellaan yksityiskohtaisemmin uudistamistulokseen vaikuttavia tekijöitä.

### 1.3 Männyn luontaisen uudistamisen tulokseen vaikuttavat tekijät

*Siementymisvaihe* männyn kukkimisesta siemenen varisemiseen kestää kaksi vuotta (Sarvas 1964). Emikukkien syntymiseen tarvitaan lisäksi yksi vuosi, mikä lisää siementuotannon kokonaisajaksi kolme vuotta. Siemensadon määrää ja laatua säätelee monimutkainen ja -vaiheinen useiden tekijöiden muodostama prosessi (Zasada ym. 1992, Hokkanen 2001).

Männyllä siemeniä syntyy jokseenkin joka vuosi, siemenen määrä ja laatu vain vaihtelevat (Heikinheimo 1932, 1937). Täysin siemenettömät vuodet ovat harvinaisia. Runsas ja hyvälaatuinen siemensato vaatii kuitenkin lämpöolosuhteiltaan suotuisan kasvukauden sekä ennen kukkimisvuotta että sen jälkeen (Leikola ym. 1982, Henttonen ym. 1986). Tämä pienentää pohjoisissa olosuhteissa laadultaan ja määrältään hyvien siemensatojen esiintymistodennäköisyyttä (Pohtila 1977a, 1980). Myös kasvupaikan korkeus merenpinnasta ja rinteiden suunta vaikuttavat siemensatoon (Hagner 1965, Niemelä 2002). Hyvien siemensatojen harvinaisuus on männyn luontaista uudistamista rajoittava tai ainakin vaikeuttava tekijä erityisesti Pohjois-Lapissa ja korkeilla mailla etelämpänäkin (Pohtila 1995, Kubin ym. 1997). Metsäpuiden siemensato on keskimäärin pienempi Pohjois- kuin Etelä-Suomessa (Heikinheimo 1932).

Metsikön puiden välillä on suurta vaihtelua kukkimisessa, siemenen tuleentumisessa ja käpyjen tuotannossa (Hagner 1965, Koski ja Tallqvist 1978, Ryytänen 1982, Karlsson 2000). Hyvien siemenpuiden valinta puussa ja puun alla olevien käpyjen määrän perusteella voi lisätä uudistusosalalle varisevan siemenen määrää jopa 30 %. Vastaavasti huonoja siemenpuita jättämällä voi siemensato pienentyä 50 % (Hagner 1965). Siemenpuut tulisikin Lehdon (1956) mielestä valita siemenpuiden alla olevan käpymäärän perusteella. Siemensadon määrään vaikuttavat myös siementävän puuston määrä ja koko, kasvupaikka ja -tila sekä elävän latvuksen suuruus (Heikinheimo 1932, 1937, Hagner 1962, Sarvas 1962, Kinnunen 1993, Jeansson 1995). Siementä leviää uudistusosalalle myös reunametsästä (esim. Laitinen ja Ojala 1991, Kinnunen 1993).

Siemenpuuhakuusta kulunut aika vaikuttaa siemensadon määrään siten, että sato paranee 4–5 vuotta siemenpuuhakuun jälkeen (Karlsson 2000). Heti hakkuun jälkeen sato tosin pienenee (Lehto 1969). Väljennyshakkuulla voidaan parantaa siementuotantoa jo ennen uudistushakkuuta (Hagner 1965, Lehto 1969). Väljennyshakkuu on tarpeen erityisesti tiheänä kasvaneissa, hoitamattomissa metsiköissä (Fries 1979). Lehdon (1969) mukaan väljennyshakkuulla voidaan lyhentää taimettumisaikaa Lapissa jopa 30 vuotta. Väljennyshakkuulla on siementuotannon ja taimettumisen lisäksi myös puuntuotannollisia etuja (Nyssönen 1995). Väljennyshakkuu edellyttää lisätutkimuksia. Sen käyttö taimettumisen edistämiseen eli alikasvoksen hankintaan ennen varsinaista uudistamisvaihetta ei ole vielä kovin hyvin tutkittu, vaikka menetelmää suositellaankin käytännön ohjeissa (Hokajärvi 1997, Hypönen ym. 2001, Hyvän... 2001).

Kaikki siemenet eivät varisemisen jälkeen idä heti ensimmäisenä vuonna (Häggman 1987). Mitä huonommin siemen on tuleentunut, sitä suurempi osa siitä jälki-itää (Sarvas 1937). Siementen jälki-itämisellä on merkitystä erityisesti ankarissa ilmasto-olosuhteissa (Lassila 1920, Sirén 1952, Tillman-Sutela 1995). Siemenpuista tai reunametsästä uudistusosalalle levinnyttä siemensatoa voidaan pitää ennen itämistään eräänlaisena siemenpankkina jo aikaisempina vuosina varisseiden siementen kanssa (Zasada ym. 1992).

Siemenen itämisen ja sirkkataimien menestymisen ja kasvun eli *taimettumisen* kannalta tärkeimpiä olosuhdetekijöitä ovat maanpinnan lämpötila ja kosteus (Yli-Vakkuri 1961). Maanpinnan lämpötilaan ja kosteuteen vaikuttavat kasvupaikan sijainti (pohjoisuus ja korkeus merenpinnasta) ja kasvupaikan topografia (esim. rinteen suunta ja kaltevuus). Puustoisilla aloilla maanpinta on yleensä itämisen kannalta optimilämpötilaa kylmempi. Sen vuoksi kaikki toimenpiteet, jotka kohottavat maanpinnan lämpötilaa, parantavat ja jouduttavat siemenen itämistä.

Tällaisia toimenpiteitä ovat mm. puuston hakkuu ja maanmuokkaus. Toisaalta kuivuus voi estää tai keskeyttää itämisen ja sirkkataimien kehittymisen. Jos kosteutta ja lämpöä on riittävästi, itämisalustan merkitys siemenen itämiseen ja taimettumiseen vähenee. Luonnossa on kuitenkin yleensä puutetta sekä lämmöstä että kosteudesta, jolloin kivennäismaa on yleensä paras itämisalusta. Sammal- ja humuskerrokset sen sijaan vaikeuttavat itämistä. Riittävän lämmön ja vedensaannin lisäksi onnistuneen itämisen ja taimettumisen edellytyksenä on se, ettei humuskerroksesta tai puuston ja pintakasvillisuuden kilpailusta ole haittaa (Yli-Vakkuri 1961).

Pohjois-Suomessa siementymistä ja taimettumista eniten rajoittava tekijä on pohjoisuudesta ja maaston korkeudesta tai molemmista johtuva kasvukauden lyhyys ja kylmyys. Kylmyyden aiheuttama stressi ja energian puute sekä niiden seurauksena taimiin iskevät sienet ja hyönteiset aiheuttavat taimien kuolemista (Kangas 1937, Norokorpi 1971, Heikkilä 1981, Jalkanen 1989, 1993, Nikula 1993). Myös pintarouta hienojakoisilla mailla aiheuttaa erityisesti sirkkataimien ja taimiaineksen tuhoutumista. Erityisesti Pohjois-Suomen ja Pohjois-Ruotsin korkeilla mailla männiköiden luontainen uudistaminen ei ole pienten ja harvoin toistuvien siemensatojen takia aina johtanut tyydyttäviin tuloksiin (Hagner 1965, Kubin ym. 1997). Korkeuden ja lämpösumman vaikutusta uudistusalan taimettumiseen ei ole riittävästi tutkittu. Tiedetään kyllä, että korkeus vaikuttaa negatiivisesti ja lämpösumma positiivisesti taimettumiseen, mutta ei tiedetä kuinka paljon. Pintakasvillisuuden kilpailu ei yleensä ole taimettumisen este Lapissa (Kellomäki 1972, Valkonen 1992).

Maanmuokkaus parantaa maan lämpö- ja kosteusolosuhteita, vilkastuttaa maaperän mikrobitoimintaa sekä parantaa taimettumisolosuhteita ja -tulosta ja taimien eloonjäätmiä ja kasvua (Yli-Vakkuri 1961, Mälkönen 1972, 1983, Lähde 1978, Leikola 1974, Kinnunen 1993, Valtanen 1998). Etelä- ja Keski-Lapissa männyn luontaisen uudistamisen on todettu onnistuvan useimmiten tyydyttävästi tai hyvin, jos uudistusala muokataan (Norokorpi 1983, Eskelinen 2000). Muokkaus kompensoi ilmaston viileyden vuoksi pientä siemensatoa myös korkeilla mailla parantamalla taimettumisen edellytyksiä (Hagner 1962). Valtaosa uudistusalan taimista sijaitsee yleensä muokkausjäljessä (esim. Lehto 1956, Ferm ja Sepponen 1981, Ackzell 1993). Mitä suurempi on muokatun alan osuus, sitä enemmän uudistusallalla on taimia.

Muokkaus on erityisen tarpeen tuoreilla kasvupaikoilla (esim. Hertz 1934, Kinnunen 1990, Jeansson 1995) ja paksuhumuksisilla kasvupaikoilla (Räsänen 1938, Bergan 1981, Kinnunen ja Linnimäki 1977, Kinnunen ja Nerg 1980). Ohuthumuksisilla mailla muokkaus ei ole vält-

tämätöntä (Fries 1979, Valkonen 1992). Karuilla kasvupaikoilla muokaus voi kuitenkin edistää taimettumista (Kellomäki 1972).

Maanmuokkauksen vaikutus kestää pohjoisessa ja karuilla mailla selvästi kauemmin kuin etelässä tuoreilla (Hagner 1962). Lapissa muokattu maa pysyy taimettumiskunnossa noin 10 vuotta (Kellomäki 1972, Punkkinen 1982), kun vastaava aika etelässä on 3–5 vuotta (Kellomäki 1972). Vastaavasti muokattu maa pysyy kauemmin taimettumiskunnossa karuilla kuin tuoreilla mailla (Hagner 1962). Pohtilan ja Pohjolan (1985) mukaan maan taimettumiskunto heikkenee Lapissa selvästi jo 2–3 vuodessa. Maanmuokkaus tulisi joka tapauksessa ajoittaa hyvän siemensadon yhteyteen (Jeansson 1995, Kinnunen 1996, Karlsson ja Örlander 2000).

Maanmuokkauksen vaikutuksia taimettumiseen tulisi edelleen tutkia. Esim. muokkauksen hyviä siemenvuosia kompensoivan vaikutuksen kvantifioiminen, muokkauksen vaikutus taimettumiseen, jos muokkaus ajoitetaan odotettavissa olevan siemensadon yhteyteen, muokkauksen vaikutus tuoreiden ja paksuhumuksisten maiden taimettumiseen sekä muokkauksen vaikutus uudistamisaikaan tunnetaan huonosti Lapin olosuhteissa. Myös maanmuokkauksen ja kylvön yhteisvaikutus siemenpuualan taimettumiseen on kysymys, johon kaivataan vastauksia. Kylvö voi olla erityisen hyödyllinen toimenpide Lapin pohjoisimmista osista, jossa siemensadot ovat harvinaisia.

Myös maalaji vaikuttaa taimettumiseen. Hienojakoisilla ja moreeni- mailla taimettuminen onnistuu yleensä huonommin kuin karkeammilla ja lajittuneilla mailla (Lehto 1956, 1969, Lähde 1974a, Kinnunen ja Linnimäki 1977, Kinnunen ja Mäki-Kojola 1980, Hyppönen 1998), vaikka päinvastaisiakin tuloksia on saatu (Punkkinen 1982, Norokorpi 1983). Kasvupaikan kivisyys heikentää uudistamistulosta (Kinnunen ja Linnimäki 1977, Kinnunen ja Nerg 1982, Valtanen 1994).

Uudistusalan *metsittymiseen* sekä taimikon kasvuun ja kehittymiseen vaikuttavat taimettumisen jälkeen monet tekijät. Siemenpuiden poiston viivästyminen aiheuttaa aukkoisuutta ja pituusvaihtelua taimikkoon sekä hidastaa taimikon kasvua (Niemistö ym. 1993, Valtanen 1998). Siemenpuut tulisikin nykytietämyksen mukaan poistaa heti taimettumisen jälkeen (Kubin 1998). Pohjois-Lapissa, missä taimikko voi tuhoutua vanhemmallakin iällä esim. abiottisten tuhojen ja sienitautien vuoksi (Jalkanen 1989, 1993), siemenpuut poistetaan kuitenkin myöhemmin (Oinonen ym. 1958, Hyppönen ym. 2001). Myös uudistusosalalle jätettävät elävät säästöpuut vähentävät taimikon kasvua, joskin vaikutus ulottuu vain noin viiden metrin päähän säästöpuusta. Taimikon tiheyteen säästöpuilla ei näytä olevan vaikutusta (Valkonen ym. 2001).

Myös metsänhoitotoimenpiteiden kuten raivauksen ja perkauksen laiminlyönti tai uudistushakkuun säännöttömyys vaikuttavat metsitty-

mistulokseen (Sarvas 1949, Hänninen ym. 1972, Lehto 1969, Kinnunen ja Nerg 1982, Suoheimo 1982, Räsänen ym. 1985, Valtanen 1994). Ylispuiden korjuussa taimia vaurioituu ja kuolee sekä puiden kaato- vaiheessa että varsinkin lähikuljetuksen aikana (Maukonen 1987, Hyppönen 1996, Hyppönen ja Niemistö 1998, Glöde ja Sikström 2001). Ylispuiden korjuun taimikoille aiheuttamien vaurioiden selvittäminen edellyttää lisätutkimuksia.

Männyn luontaisen uudistamisen onnistumisesta ei ole tehty kattavaa selvitystä Lehdon (1969) 1960-luvulla tekemän laajan tutkimuksen jälkeen. Selvitys on tarpeen erityisesti siksi, että nykyisissä metsänhoito- ohjeissa ja suosituksissa maanmuokkaus kuuluu olennaisena osana myös luontaiseen uudistamiseen, kun Lehdon (1969) tutkimuksen aikaan maata ei oltu yleensä muokattu. Selvitys on tarpeen myös siksi, että luontainen uudistaminen usein syystä tai toisesta keskeytetään ja uudistusala sen sijaan viljellään (Tynys 1977). Ei kuitenkaan tiedetä, kuinka suuri osa viljellään.

## 1.4 Uudistamistutkimuksissa käytetyt lähestymis- tavat

Metsänuudistamisen onnistumista ja siihen vaikuttavia tekijöitä on tutkittu sekä inventoinnein että järjestetyn kokeen menetelmin. Kummallakin lähestymistavalla on omat etunsa ja haittansa uudistamistutkimuksissa. Inventointimenetelmiä on perinteisesti käytetty selvittäessä käytännön metsänuudistamisen keskimääräistä uudistamistulosta (esim. Kinnunen ja Mäki-Kojola 1980, Pohtila ja Valkonen 1985, Kaila 1993). Inventointi- aineistoja on yleensä analysoitu niin, että havaintoyksikkönä on käytetty uudistusalatason muuttujia, joiksi myös koeala- ja/tai ryvästason jatku- vat muuttujat on muunnettu laskemalla niistä keskiarvot. Keskiarvoja on edelleen käytetty havaintoina käsiteltäessä aineistoa regressioanalyy- sillä tai ristiintaulukoinnein.

Inventointimenetelmällä on saatu selville se, miten uudistaminen on keskimäärin onnistunut. Tutkittavan ilmiön todellisista aiheuttajista ja syistä inventointimenetelmä ei kuitenkaan ole antanut parasta mahdol- lista kuvaa (Valkonen 1992). Moniin tarkoituksiin inventointiaineistot ovat kuitenkin riittäneet. Ongelmana tulosten täysimääräisen hyödyntä- misen kannalta on ollut, että keskiarvot eivät selitä riittävästi tutkittavia ilmiöitä ja että uudistusalan sisäinen vaihtelu on jäänyt analyysissä huo- mioimatta (Valkonen 1992). Toinen ongelma on ollut se, että koeala- tai ryvästason muuttuja voi olla myös epäjatkuva. Osa tuloksista on silloin laskettu koeala- tai ryvästasolla, jolloin tuloksiin sisältyy pseudorepli-

kaatiota, jos selitettävää muuttujaa on selitetty koeala- tai ryvästason muuttujien lisäksi uudistusalatason muuttujilla (Hurlbert 1984). Eräänä ongelmana on lisäksi ollut havaintojen riippuvuus toisistaan. Havaintoyksikön määrittäminen ja siihen liittyen aineiston tilastollisesti hyväksyttävä analyysi ovatkin olleet inventointitutkimuksen pahimmat ongelmat myös muussa kuin metsäntutkimuksessa (ks. Woodhouse ym. 1993).

Järjestetyn kokeen menetelmillä tutkittavana olevien muuttujien syy-seuraussuhteista on saatu parempi käsitys. Järjestettyjen kokeiden etuja ovat lisäksi aineiston analyysin yksiselitteisyys ja tehokkuus. Puutteita ovat kokeen järjestämisen kalleus ajallisine ja paikallisine toistoinen sekä tulosten pitkäaikainen odottaminen. Myös käsittelyjen ja selittävien muuttujien määrä asettaa rajoituksia kokeen perustamiselle. Lisäksi koetulosten yleistettävyyys koekentän tai -kenttien ulkopuolelle voi olla rajoitettua.

Inventointitutkimus ja järjestetyt kokeet täydentävät toisiaan. Nyt myös uudet analyysimenetelmät, lähinnä ns. sekamallit (*mixed models*) tai monitasomallit (*multilevel models*) ovat lähentäneet menetelmiä toisiinsa. Menetelmien ansiosta havaintoyksikön määrittäminen, havaintojen riippuvuus ja tilastotieteen kannalta hyväksyttävä analyysi eivät enää ole ongelmia myöskään inventointiaineistojen käsittelyssä (esim. Woodhouse ym. 1993). Lisäksi analyysi on tehokkaampi ja sallii monimutkaisempien kysymysten tarkastelemisen. Sekamalleja ei ole tietävästi aikaisemmin käytetty metsänuudistamistutkimusten inventointiaineistojen analysoinnissa.

## 1.5 Tutkimusongelmat ja tutkimuksen tarkoitus

Työ perustuu viiteen osatutkimukseen, joihin viitataan seuraavassa ja myöhemmin roomalaisin numeroin (I–V). Näiden viiden työn tutkimusongelmat voidaan jakaa kahteen ryhmään sen mukaan, onko kysymys luonnonprosesseista vai ihmisen kontrollitoimenpiteistä ja teknologioista. Luonnonprosesseihin liittyvät tutkimusongelmat voidaan kiteyttää seuraavasti (kohdat 1 ja 2):

### 1. Alikasvostaimikoiden hyödyntäminen männyn uudistamisessa (I)

Vaikka tiedetään, että edellytykset männyn luontaiselle uudistamiselle ovat Pohjois-Suomen humidisessa ja valoisassa ilmastossa kuivilla ja kuivahkoillakin kankailla hyvät ja että Lapin männiköissä on siitä syystä runsaasti mäntyalikasvoksia, niistä tiedetään varsin vähän. On tärkeä tietää, mikä on alikasvostaimikoiden syntyhistoria, mitkä tekijät ovat vaikuttaneet taimikoiden syntymiseen, millainen on alikasvostaimikoiden rakenne ja alkukehitys jne. Käytännön metsätalouden kannalta pääkysymyksenä voitaneen kuitenkin pitää sitä, poik-

keavatko alikasvostaimikot siemenpuumenetelmällä uudistetuista taimikoista käytettyjen kriteerimuuttujien suhteen.

## *2. Ilmasto- ja kasvupaikkatekijöiden vaikutus uudistamistulokseen (I, II, III, IV)*

Männyn luontaisen uudistamisen ongelmien on todettu olevan erilaisia Etelä- kuin Pohjois-Suomessa. Etelä-Suomessa esimerkiksi pintakasvillisuuden rehevöityminen vaikeuttaa luontaisen uudistamisen käyttöä. Pohjois-Suomessa heinittyminen ei yleensä haittaa uudistamista. Sen sijaan ilmaston kylmyys aiheuttaa ongelmia hyvien siemensatojen kertautumisessa ja uudistusalalan taimettumisessa (esim. Henttonen ym. 1986, Juntunen 2001). Luontaisen uudistamisen käytön kannalta tarvitaan lisää tietoa siitä, miten maaston korkeus ja lämpösomma sekä kasvupaikkatyyppi, humuksen paksuus, maalaji ja kivisyys vaikuttavat taimettumiseen, taimikon alkukehitykseen ja uudistamisnopeuteen. Metsälaki (Metsälaki 1996) säädöksineen edellyttää, että Lapissa, suojametsäaluetta lukuun ottamatta, uudistusalalle on saatava seitsemässä vuodessa uudistamistöiden loppuun saattamisesta riittävä määrä sellaisia taimia, joilla on edellytykset kehittyä taimikoksi, jossa taloudellisesti kasvatuskelpoisten puulajien taimia on 1100 kpl ha<sup>-1</sup> (Metsäasetus 1996, Maa- ja... 1997). Käytännön metsätalouden kannalta on olennaisen tärkeä tietää, taimettuvatko luontaisesti uudistettavat alat Lapissa riittävän hyvin metsälain edellyttämässä ajassa.

Ihmisen kontrollitoimenpiteisiin ja teknologioihin liittyvät kysymyksenasettelut voidaan kuvata seuraavasti (kohdat 3–6):

## *3. Männyn luontaisen uudistamisen keskeyttäminen (IV)*

Männyn luontaisen uudistamisen tutkimuksissa käytännön inventoinnit on yleensä kohdistettu taimettumassa oleviin tai taimettuneisiin uudistusaloihin. Huomiota ei ole sen sijaan kiinnitetty siihen, kuinka usein luontainen uudistaminen on keskeytetty ja päätynyt metsänviljelyyn, eikä siihen mitkä ovat uudistamisen keskeyttämisen ja viljelyn syyt.

## *4. Maanmuokkauksen vaikutus uudistamisen onnistumiseen (I, II, III, IV)*

Lehdon (1969) laajimmassa ja varhaisimmassa Pohjois-Suomea koskevassa männyn luontaista uudistamista selvittävässä tutkimuksessa havaittiin, että männyn luontainen uudistaminen siemenpuumenetelmällä oli johtanut usein huonohkoon tai välttävään uudistamistulokseen erityisesti Lapin pohjoisosissa. Nykyisen käsityksen mukaan pahin puute oli se, ettei uudistusaloja oltu muokattu. Maanmuokkauksen vaikutusta männyn luontaisen uudistamisen onnistumiseen ei ole selvitetty vertailevan tutkimuksen keinoin. Tutkimatta on myös se, miten eri muokkausmenetelmät vaikuttavat syntyneen taimikon tekniseen laatuun.

### 5. Kylvö luontaisen uudistamisen täydentäjänä (III)

Luontaiseen uudistamiseen liittyvän epävarmuuden vuoksi käytännön metsänhoitosuosituksissa ja -ohjeissa suositellaan siemenpuualojen kylvämistä Pohjois-Lapissa (Hokajärvi 1997, Hyppönen ym. 2001). Siemenpuualojen kylvöstä on kuitenkin niukasti tutkimustuloksia (ks. kuitenkin Räsänen 1992), joten suositusten ja ohjeiden kehittämisen ja päivityksen kannalta tarvitaan tietoa siitä, miten kylvö parantaa mäntysiemenpuualan taimettumista.

### 6. Ylispuiden korjuun aiheuttamat vauriot (V)

Ylispuiden poistoa on tutkittu enimmäkseen muualla (esim. Maukonen 1987, Mäkelä 1990, 1992, Peltoniemi 1991) kuin Lapissa, missä korjuulosuhteet poikkeavat muun Suomen olosuhteista lumen paksuuden, pakkasen, hakkuukertymän sekä taimikoiden aukkoisuuden ja epätasaisuuden suhteen. Kysymyksiä, joihin kaivataan vastauksia, ovat esimerkiksi, kuinka suuri osa taimikoista vaurioituu ylispuiden korjuussa, säilyvätkö taimikot korjuussa kasvatuskelpoisina ja mitkä tekijät vaikuttavat vaurioitumiseen.

Tutkimuksen päätarkoituksena oli selvittää männyn luontaisen uudistamisen onnistumista käyttäen kriteerimuuttujina syntyneen taimikon tiheyttä, tilajärjestystä, kasvatuskelpoisuutta, pituuskehitystä, uudistamisnopeutta ja laatua (I, II, III, IV). Lisäksi tavoitteena oli selvittää:

- poikkeavatko alikasvoksena syntyneet taimikot käytettyjen kriteerimuuttujien suhteen siemenpuumenetelmällä uudistetuista taimikoista (I),
- miten ilmasto- ja kasvupaikkatekijät vaikuttavat uudistamistulokseen (I, IV),
- miten maanmuokkaus vaikuttaa uudistamistulokseen (I, II, III, IV),
- taimettuvatko siemenpuumenetelmällä luontaisesti uudistettavat metsiköt metsälain vaatimusten mukaisesti ja lain edellyttämässä ajassa (I, II, III, IV),
- kuinka usein luontainen uudistaminen keskeytetään ja uudistusala lopulta viljellään sekä mitkä ovat keskeyttämisen syyt (IV),
- miten kylvö vaikuttaa siemenpuualan taimettumiseen (III) ja
- kuinka suuri osa taimista vaurioituu siemenpuiden korjuussa ja mitkä tekijät vaikuttavat vaurioitumiseen (III, V)?

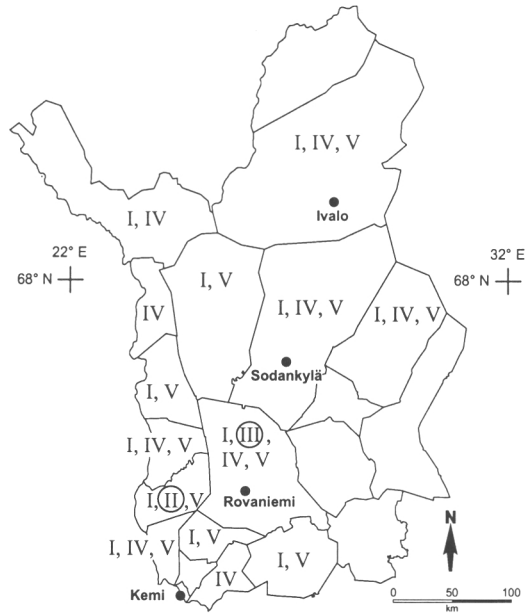
## 2 Aineistot ja menetelmät

### 2.1 Tutkimusalue

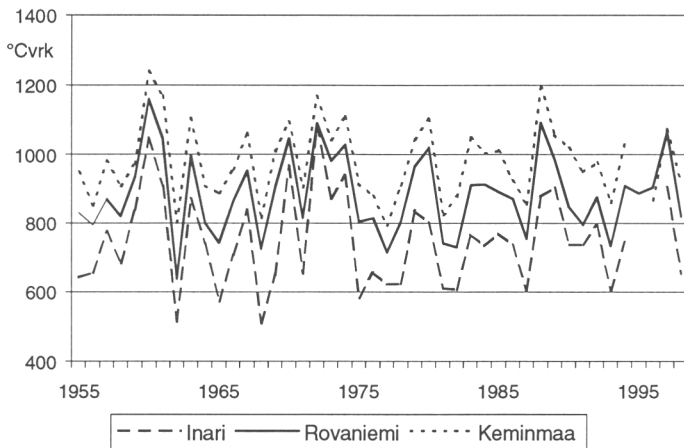
Eri osatutkimukset sijoittuvat entisen Lapin metsälautakunnan alueelle (kuva 3). Kolmessa osatutkimuksessa uudistusaloja oli lisäksi Savukoskella, mikä kuului silloisen Koillis-Suomen metsälautakunnan alueeseen. Tutkitut Savukosken uudistusalat olivat Sodankylässä

asuvien metsänomistajien lisämaita ja tulivat sitä kautta otokseen. Tutkimusalueen metsämaan pinta-ala on yhteensä 3,6 milj. ha, josta yksityismaiden osuus ilman yhteismetsiä on noin 1,2 milj. ha (Metsätilastollinen... 1995).

Tutkimusalueen pohjoisuudesta ja laajuudesta johtuu, että olosuhteet alueen eri osissa poikkeavat runsaasti paitsi muun Suomen olosuhteista myös toisistaan. Tunnusomainen piirre alueen ilmastolle on pohjoisuudesta ja korkeudesta johtuva ilmaston ja kasvukauden kylmyys ja sen vaihtelu (kuva 4). Lämpösukka säätelee myös männyn luontaista uudistamista mm. sekä siemensadon määrän, laadun ja kertautumisen että taimettumisen kautta.



Kuva 3. Uudistusalojen ja kokeiden sijoittuminen tutkimusalueelle eri osatutkimuksissa. Järjestetyt kokeet on rengastettu.



Kuva 4. Vuotuiset lämpösumat Inarissa, Rovaniemellä ja Keminaassa vuosijaksolla 1955–1998 ilmatieteen laitoksen asemilla. Aineiston käsittelyssä on hyödynnetty Ojansuun ja Henttosen (1983) kehittämää mallia.

## 2.2 Menetelmät ja aineistot inventointitutkimuksissa

(I) Ylispuustoisten mäntytaimikoiden syntyhistoriaa, rakennetta ja alkukehitystä selvittävässä osatutkimuksessa inventoitiin 55 ylispuuhakkuuta varten leimattua mänty-ylispuutaimikkoa Lapin metsälautakunnan alueen yksityismetsissä (taulukko 1). Leimikot arvottiin perusjoukosta, joka käsitti metsälautakunnan leimausrekisterin vuonna 1990 leimatut ylispuualat. Inventointimenetelmänä oli linjoittainen koeala-arviointi. Koealoja mitattiin yhteensä 1643 kpl. Koealan koko oli 10 m<sup>2</sup>. Tutkimuksessa selvitettiin taimikoiden synty tapa ja emopuuston aiempi käsittely sekä tutkittiin regressioanalyysiä käyttäen syntyvän ja muiden selittävien muuttujien vaikutusta taimikkotunnuksiin (taimikon tiheys, tilajärjestys, elinvoimaisuus, kasvatuskelpoisuus, pituus). Havaintoyksikkönä oli taimikko.

(IV) Luontaisen uudistamisen onnistumista (taimikon tiheys, tilajärjestys, kasvatuskelpoisuus, uudistumisnopeus) siemenpuumenetelmällä selvitettiin inventoimalla siemenpuuasentoon hakattuja käytännön uudistusaloja Lapin metsälautakunnan alueen yksityismetsissä vuonna 1994. Perusjoukon muodostivat 1960-, 1970- ja 1980-luvuilla siemenpuuasentoon hakatut uudistusalat, joista arvottiin 155 uudistusalan otos (taulukko 1). Otoksesta selvitettiin ensin ne uudistusalat, joissa luontainen uudistaminen oli keskeytetty, ja jotka oli viljelty. Lisäksi selvitettiin syitä luontaisen uudistamisen keskeyttämiseen. Näitä viljeltyjä uudistusaloja ei inventoitu.

Taulukko 1. Yhteenveto eri osatutkimusten aineistoista.

Osatutkimus	Uudistusaloja	Rypäitä kpl	Koealoja
Inventointitutkimukset			
I	55	–	1643
IV	155 <sup>1)</sup>	–	–
	105 <sup>2)</sup>	315	1575
V	33	–	1141
Järjestetyt kokeet			
	Käsittelyjä	Lohkoja kpl	Koeruutuja
II	5	4	20
III	3	3	9

<sup>1)</sup> Kaikki uudistusalat. <sup>2)</sup> Vain ne uudistusalat, jotka inventoitiin.

Ne uudistusalat, jotka oli uudistettu tai uudistumassa luontaisesti, inventoitiin Metsätehossa kehitellyllä ryväsotantamenetelmällä (Kaila 1993). Kultakin uudistusosalta mitattiin kolme ryvästä, joista kussakin oli viisi 10 m<sup>2</sup>:n ympyräkoelaa. Uudistusaloja inventoitiin 105 kpl, rypäitä 315 kpl ja koeloa 1 575 kpl (taulukko 1). Taimettumiseen vaikuttaneita tekijöitä analysoitiin sovittamalla aineistoon malleja lineaaristen sekamallien tekniikalla. Lineaarisia sekamalleja käytettiin, koska aineisto oli hierakkinen, ja havainnot olivat korreloituneita (ks. Goldstein 1995), kuten inventointitutkimuksissa yleensä on. Luvussa 2.5 havainnollistetaan yksinkertaisen esimerkin avulla tavanomaisen regressioanalyysin ja sekamallin eroja.

(V) Ylispuiden korjuun vaikutusta taimikoiden kasvatuskelpoisuuteen ja vaurioitumiseen tutkittiin inventoimalla 33 ylispuustoista mäntytaimikkoa ennen ylispuiden korjuuta ja sen jälkeen (taulukko 1). Kooltaan 10 m<sup>2</sup>:n ympyräkoeloa mitattiin yhteensä 1 141 kpl. Aineisto kerättiin Lapin metsälautakunnan alueen yksityismetsistä. Inventointimenetelmä ja osa aineistosta oli sama kuin osatutkimuksessa (I). Korjuun onnistumista (taimikon tiheys, tilajärjestys, kasvatuskelpoisuus, pituus, vauriot) tarkasteltiin sovittamalla aineistoon regressiomalleja. Havaintoyksikkönä oli taimikko.

## 2.3 Menetelmät ja aineistot järjestetyissä kokeissa

(II) Maanmuokkauksen vaikutusta mäntysiemenpuualojen taimettumiseen selvitettiin satunnaistettujen lohkojen kokeessa, joka sijaitsi Ylitorniolla eteläisessä Länsi-Lapissa. Kokeessa tutkittiin eri maanmuokkausmenetelmien vaikutusta uudistusalan taimettumiseen (tiheys, tilajärjestys, kasvatuskelpoisuus, uudistumisnopeus) sekä syntyneen taimikon pituuskehitykseen ja laatuun. Muokkausmenetelmät olivat muokkaamaton, äestys, piennarauraus, palleauraus ja palleauraus ns. 0-asennossa. Lohkojen määrä oli neljä (taulukko 1). Koe perustettiin vuonna 1979 ja mitattiin kolme kertaa, viimeisen kerran 18 kasvukauden kuluttua siemenpuuhakkuusta. Aineisto käsiteltiin satunnaistettujen lohkojen varianssianalyysillä.

(III) Rovaniemen maalaiskunnassa sijaitsevalla koekentällä selvitettiin maanmuokkauksen ja kylvön vaikutusta siemenpuualan taimettumiseen ja syntyneen taimikon alkukehitykseen (taimikon tiheys, pituuskehitys, uudistumisnopeus). Käsitteilyinä olivat muokkaamaton, äestys sekä äestys ja kylvä. Lohkoja oli kolme (taulukko 1). Koe perustettiin vuonna 1989 ja mitattiin kolme kertaa: 6, 10 ja 12 vuoden kuluttua siemenpuuhakkuusta ja muokkauksesta. Ylispuut poistettiin toisen

ja kolmannen mittauskerran välillä. Aineisto käsiteltiin satunnaistettujen lohkojen varianssianalyysillä.

## 2.4 Aineistojen käsittely yhteenvedossa

Luontaisen uudistamisen tulosta arvioitiin syntyneen taimikon tiheyden, tilajärjestyksen, puulajisuhteiden, kasvatuskelpoisuuden, pituuskehityksen ja laadun perusteella. Lisäksi kiinnitettiin huomiota uudistumisaikaan, taimikon elinvoimaisuuteen ja vikaisuuksiin, ylispuiden korjuun aiheuttamiin vaurioihin ja tarvittaviin metsänhoitotoihin. Tutkimustulokset esitetään tässä pääosin suoraan eri osatutkimusten tulosten perusteella. Aiemmin saatuja tuloksia kuitenkin muokattiin ja yhdisteltiin ja niitä esitetään kuvin ja taulukoin toisin kuin osatutkimuksissa. Tulosten yhdistelyä ja vertailua vaikeuttivat joissakin tapauksissa aineistojen erilaiset keräysperusteet.

Taimikon tiheyttä kuvattiin useimmissa osatutkimuksissa taimien kokonaismäärän ja kehityskelpoisten taimien määrän perusteella. Joissakin osatutkimuksissa laskettiin myös taimiaines. Taimien määrä eri osatutkimuksissa määritettiin jonkin verran eri perustein. Erityisesti osatutkimuksessa IV määrittelyt poikkesivat muiden tutkimusten käsitteistä (taulukko 2).

Kunkin uudistusalalle syntyneen taimikon kasvatuskelpoisuusluokka määritettiin kaikissa osatutkimuksissa, joissa kasvatuskelpoisuutta tarkasteltiin (I, II, IV, V), taimikon tilajärjestyksen eli tyhjien koalojen

Taulukko 2. Kussakin osatutkimuksessa käytetyt taimikäsitteet. Jos käsitettä on käytetty, niin taulukossa on (x).

Taimikäsite	Osatutkimus				
	I	II	III	IV	V
Taimien kokonaismäärä					
– puulajeittain	x	x	x	x <sup>2)</sup>	
– yhteensä	x	x	x	x <sup>2)</sup>	x
Kehityskelpoisten taimien määrä					
– puulajeittain	x	x	x	x <sup>3)</sup>	
– yhteensä	x	x	x	x <sup>3)</sup>	x
Taimiaineksen määrä					
– puulajeittain	x <sup>1)</sup>	x	x		
– yhteensä		x	x		

<sup>1)</sup> Vain mänty, <sup>2)</sup> määritetty eri perustein kuin muissa osatutkimuksissa (taimet ja taimiaines), <sup>3)</sup> määritetty eri perustein kuin muissa osatutkimuksissa (perustaimet).

suhteellisen osuuden ja kehityskelpoisten taimien määrän (kpl ha<sup>-1</sup>) perusteella seuraavasti:

Kasvatuskelpoisuusluokka	Kehityskelpoisia taimia vähintään, kpl ha <sup>-1</sup>	Tyhjiä koealoja enintään, %
Hyvä	2 000	13
Tyydyttävä	1 200	30
Välttävä	500	60
Huono	—	100

Koska kehityskelpoisten taimien määrä määritettiin eri tavoin eri tutkimuksissa, taimikoiden kasvatuskelpoisuusluokkajakaumat eivät ole täysin vertailukelpoiset. Osatutkimuksissa I, II, II ja V kehityskelpoisiksi taimiksi valittiin kuntonsa ja laatunsa puolesta parhaat, yli 10 cm:n pituiset taimet ja niitä sai olla enintään viisi yhdellä koealalla. Määrä vastaa 5 000 taimen hehtaariitiheyttä. Taimien etäisyyden tuli olla vähintään 80 cm toisistaan. Taimien tuli sopeutua koealalla ja siinä osassa taimikkoa, jossa koeala sijaitsi, pituutensa ja kuntonsa puolesta ympäröivään taimikkoon. Tässä sovellettiin Valtakunnan metsänuudistamisen inventoinnin (1979) kenttätöiden ohjeita. Taimien tuli myös puulajin puolesta sopia kasvupaikalle Lapin metsälautakunnan metsänhoitosuosituksen (Metsänhoitosuositukset 1990) mukaisesti. Näissä osatutkimuksissa kasvatuskelpoisuusluokat ovat täysin vertailukelpoisia.

Osatutkimuksessa IV koealalan valtataimista valittiin pituusjärjestyksessä enintään neljä *perustainta*, jotka mitattiin. Perustaimiksi voitiin määrittää mänty, kuusi sekä raudus- ja hieskoivu tässä ensisijaisuusjärjestyksessä noudattaen puulajivalinnassa silloisia yksityismetsien metsänhoitosuosituksia (Metsänhoitosuositukset 1990). Perustaimiksi valittiin kuntonsa ja laatunsa puolesta parhaat taimet ilman pituusrajotusta (myös alle 10 cm:n pituiset taimet, ei kuitenkaan sirkkataimiamia), ja niitä sai olla enintään neljä yhdellä koealalla. Määrä vastaa 4 000 taimen hehtaariitiheyttä. Etäisyyden lähimpään suurempaan perustaimen piti olla vähintään 50 cm. Jos männyntaimia ei ollut riittävästi, mitattiin myös muiden puulajien valtataimiamia mainitussa järjestyksessä. Taimien laatu, elinvoimaisuus, pituuskehityksen häiriöisyys ja pituus eivät vaikuttaneet perustaimien valintaan. Tämä perustaimen määritelmä vastanee osapuilleen muissa osatutkimuksissa tarkoitettua kehityskelpoista tainta, mutta ei täysin. Siksi myöskään osatutkimuksen IV kasvatuskelpoisuusluokkajakauma ei ole täysin vertailukelpoinen muihin osatutkimusten kasvatuskelpoisuusluokkajakaumien kanssa. Tätä perustaimen käsitettä käytettiin myös osatutkimuksen IV ja yhteenvedon sekamalleissa.

Perustaimien määrä laskettiin osatutkimuksessa IV myös niin, että häiriöisyys, lenkous, elinvoimaisuus ja pituus otettiin laskennallisesti huomioon jälkikäteen. Tällöin taimet otettiin mukaan perustaimien joukkoon vain, jos ne olivat terveitä, elinvoimaisia ja laadultaan vähintään välttäviä. Taimien pituus sai olla korkeintaan puolitoista kertaa koealan taimien keskipituutta suurempi tai vähintään puolet keskipituudesta. Keskipituuden ollessa alle metrin pituusrajoituksia ei kuitenkaan ollut. Lisäksi taimien tuli sijaita vähintään 60 cm:n päässä suuremmasta perustaimesta (ks. Kaila 1993). Jos perustaimi ei täyttänyt edellä mainittuja kriteereitä, sitä ei korvattu uudella taimella. Tämä määritelmä ei ole vertailukelpoinen muiden osatutkimusten kehityskelpoisuusmääritelmän kanssa.

Alkuperäisistä aineistoista laskettiin myös uusia tuloksia. Taimikoiden pituuskehitystä ja siihen vaikuttaneita tekijöitä analysoitiin sovitamalla osatutkimuksen IV aineistoon sekamalleja, joissa taimikoiden valtapituuskehitystä selitettiin ryvästasolla ilmastoa, kasvupaikkaa, metsikköä ja metsikön käsittelyä kuvaavilla uudistusala- ja ryvästason jatkuvilla ja luokkamuuttujilla. Mallit olivat muotoa

$$y_{jk} = a_0 + a(i)x(i)_j + a(i)x(i)_{jk} + b_j + e_{jk}, \text{ missä}$$

$y_{jk}$	= selitettävä muuttuja, jossa indeksi j viittaa uudistus- alatasoon ja k ryvästasoon
$a_0, a(i), i=1,n$	= kiinteitä parametreja
$x(i)_j, x(i)_{jk}, i=1,n$	= selittäviä muuttujia
$b_j$	= uudistusalan satunnaisvaikutus
$e_{jk}$	= virhetermi (rypään satunnaisvaikutus)

Uudistusalan vaikutus huomioitiin malleissa satunnaisena, muiden muuttujien vaikutukset kiinteinä. Havainnollistettaessa laadittujen mallien avulla eri muuttujien vaikutuksia vastemuuttujiin vakioitiin muut kuin havainnollistettavat selittävät muuttujat keskiarvoonsa. Luvussa 2.5 havainnollistetaan tavanomaisen regressioanalyysin ja sekamallin eroja.

## 2.5 Sekamallien käytön perusteita

Lineaariset sekamallit ovat osa yleisiä lineaarisia malleja kuten varianssianalyysi- ja regressiomallitkin (McCulloch ym. 2001). Mallin tekee sekamalliksi tai monitasomalliksi se, että se sisältää sekä kiinteiden että satunnaisvaikutusten parametreja (Woodhouse 1993). Sekamalli voidaan esittää yleisessä vektorimuodossaan seuraavasti (esim. Littell ym. 1999).

$$1) \quad y = Xb + Zu + e, \text{ missä}$$

$y$  = selitettävän satunnaismuuttujan vektori,  $X$  = kiinteiden vaikutusten havaintomatriisi,  $b$  = kiinteiden vaikutusten parametrivektori,  $Z$  = satunnaisvaikutusten havaintomatriisi,  $u$  = satunnaisvaikutusten parametrivektori ja  $e$  = satunnaisten virhetermien vektori. Sekamallin käyttöä inventointiaineiston analyysissä voidaan havainnollistaa yksinkertaisella esimerkillä.

Tutkittaessa esimerkiksi humuksen paksuuden ja lämpösumman vaikutusta taimikon tiheyteen humuksen paksuus ( $x$ ) on koealakohtainen muuttuja ja lämpösumma ( $z$ ) uudistusaloittainen muuttuja. Perinteisesti inventointitutkimuksissa kyseisenlaista ilmiötä on analysoitu laskeamalla humuksen paksuuden keskiarvo koealoilta kullekin uudistusallalle ja käyttämällä keskiarvoja uudistusaloittaisina havaintoina regressioanalyysissä. Ilmiötä voidaan sen jälkeen kuvata monimuuttujaregressiomallilla

$$2) \quad y_i = a + bx_i + cz_i + e_i, \text{ missä}$$

$y_i$  = uudistusalan  $i$  runkoluku,  $a$ ,  $b$  ja  $c$  ovat kiinteitä parametrejä,  $x_i$  = koealoilta mitattujen humuksenpaksuuksien keskiarvo uudistusallalla  $i$ ,  $z_i$  = uudistusalan  $i$  lämpösumma ja  $e_i$  =  $i$ :n uudistusalan poikkeama ennustetusta runkoluvusta (residuaali). Malli on tavanomainen 1-tasoinen regressiomalli, jonka muuttujat ovat kiinteitä ja jatkuvia. Mallin käyttöä rajoittavat johdannossa mainitut tekijät.

Sekamallitekniikalla voidaan edellistä tehokkaammin käsitellä 2-tasoista aineistoa ja siihen liittyvää vaihtelua, jolloin uudistusaloja pidetään satunnaisotoksena (esim. Woodhouse ym. 1993). Malli voidaan silloin kirjoittaa muotoon

$$3) \quad y_{ij} = (a + bx_{ij} + cz_j) + (u_j + e_{ij}), \text{ missä}$$

$y_{ij}$  = koealan  $j$  runkoluku uudistusallalla  $i$ ,  $x_{ij}$  = humuksen paksuus koealalla  $j$  uudistusallalla  $i$ ,  $z_i$  = lämpösumma uudistusallalla  $i$ ,  $a$ ,  $b$  ja  $c$  ovat kiinteitä parametrejä,  $u_i$  = uudistusalatason satunnaisvaikutus ja  $e_{ij}$  = koealan  $j$  residuaali uudistusallalla  $i$ . Malli on 2-tasoinen sekamalli, missä  $a$ ,  $x_{ij}$  ja  $z_j$  ovat kiinteitä muuttujia.  $u_j$  ja  $e_{ij}$  ovat eri tasojen satunnaisvaikutuksia, jotka eivät korreloi keskenään ja noudattavat normaali-jakaumaa. Mallissa oletetaan, että lämpösumman vaikutus runkolukuun on yhtä suuri ohuthumuksisilla kuin paksuhumuksisilla uudistusaloilla eli lämpösummamuuttujan kulmakertoimet ovat samat kaikilla uudistusaloilla.

Sekamallien käytöllä mallin kiinteän osan testit voidaan saada harhattomiksi ja samalla voidaan tutkia satunnaisen vaihtelun kohdentumista eri tasoille.

## 3 Tulokset

### 3.1 Alikasvokset männyn uudistamisessa

Mänty-ylispuutaimikoiden syntyhistoriaa, rakennetta ja alkukehitystä käsittelevän osatutkimuksen mukaan noin puolet (49 %) tutkituista taimikoista oli syntynyt alikasvoksena ilman uudistamistarkoitusta ja 44 % luontaiseen uudistamiseen tähtäävän siemenpuuhakkuun tuloksena (I). Neljä taimikkoa (7 %) oli viljelty siemenpuuston alle. Alikasvostaimikoissa ylispuujaksojen aiempi käsittely oli useimmiten ollut epäsäännöllistä, eikä hakkuutapaa pystytty määrittelemään tavanomaisin hakkuuta kuvaavin termein. Ylispuustoa oli käsitelty harsinnanluonteisesti noin 25 %:lla alikasvostaimikoista.

Erilaisesta metsikköhistoriasta huolimatta alikasvostaimikoiden ja siemenpuuhakkuun tuloksena syntyneiden taimikoiden tiheys, tilajärjestys ja kasvatuskelpoisuus eivät eronneet merkitsevästi toisistaan. Siemenpuutaimikot olivat kuitenkin elinvoimaisempia, ja niiden pituuskehitys oli nopeampaa kuin alikasvostaimikoiden. Siemenpuutaimikot saavuttivat kahden metrin keskipituuden noin 2–3 vuotta aiemmin kuin alikasvostaimikot ja kolmen metrin pituuden vastaavasti 4–5 vuotta aiemmin.

Noin neljännes ylispuutaimikoista oli taimien keski-ian perusteella syntynyt ennen emopuuston edellistä hakkuuta. Taimien ikävaihtelun perusteella taimikot olivat yleensä syntyneet pitkän ajan kuluessa. Siemenpuuhakkuun ja ylispuuhakkuun välinen aika oli siemenpuutaimikoissa keskimäärin 22 vuotta. Vastaava hakkuiden välinen aika alikasvostaimikoissa oli 33 vuotta.

### 3.2 Luontaisen uudistamisen keskeyttäminen

Luontaisen uudistamisen onnistumista tutkittiin osatutkimuksessa IV selvittämällä niiden uudistusalojen määrä, joissa luontainen uudistaminen oli syystä tai toisesta keskeytetty ja alue oli viljelty. Tarkoitusta varten poimitusta 155 uudistusalan otoksesta luontainen uudistaminen keskeytettiin ja uudistusala viljeltiin kokonaan 50 tapauksessa ja osittain viidessä tapauksessa. Kokonaan ja osittain viljeltyjen uudistusalo-

jen yhteispinta-ala oli 38 % koko otoksen pinta-alasta. Tällä pinta-alalla luontaisen uudistamisen voidaan katsoa epäonnistuneen. Noin puolella (48 %) viljellystä pinta-alasta viljelyn syynä oli luontaisen uudistamisen epäonnistuminen eli uudistusalojen taimettumattomuus. Myös myrsky oli yleinen syy luontaisen uudistamisen keskeyttämiseen tuulen kaadettua siemenpuut (19 %). Valtaosaa viljellystä alasta (73 %) ei oltu muokattu siemenpuuhakkuun jälkeen. Uudistamisen odotteluun kulunut aika ennen metsänviljelyä oli keskimäärin 11 vuotta vaihteluvälin ollessa 0–30 vuotta.

### 3.3 Luontaisen uudistamisen tulos ja siihen vaikuttavat tekijät

#### 3.3.1 Tiheys

Siemenpuuhakkuun seurauksena uudistusaloille syntyneiden *männyn-taimien kokonaismäärä* vaihteli eri osatutkimuksissa tutkimusalueen tai lämpösumman, kasvupaikkatyypin ja maanmuokkauksen mukaan välillä 900–7200 kpl ha<sup>-1</sup> (taulukko 3). Osatutkimuksen I tuloksia ei voida suoraan verrata muihin, koska ko. tutkimuksessa ei muista poiketen tutkittu varsinaisesti uudistamisen onnistumista. Uudistamistulokseen vaikuttivat erityisesti maanmuokkaus, mutta myös korkeus merenpinnasta, lämpösumma, kasvupaikkatyyppi, maaperän kivisyys, humuskerroksen paksuus, ylispuuston määrä, uudistushakkuusta kulunut aika, siemensadon määrä ja ajoittuminen sekä tuhot ja taimikuolleisuus (I, II, III, IV).

Maanmuokkauksen huomattava positiivinen vaikutus männyn-taimien kokonaismäärään näkyi useimmissa osatutkimuksissa (I, II, III, IV). Muokatuilla uudistusaloilla taimia oli selvästi enemmän kuin muokkaamattomilla (taulukko 3). Osatutkimuksen IV aineistoon sovitettun sekamallin mukaan ennustettuun männyn-taimien kokonaismäärään vaikuttivat maanmuokkauksen lisäksi kasvupaikkatyyppi, uudistusalan korkeus merenpinnasta ja muutamat muut muuttujat (kuva 5). Taimia oli mallin mukaan muokkaamattomilla tuoreen kankaan uudistusaloilla keskimäärin 1000 kpl ha<sup>-1</sup>, kuivahkoilla kankailla 1900 kpl ha<sup>-1</sup> ja kuivilla kankailla 2 400 kpl ha<sup>-1</sup>. Muokatuilla tuoreen ja kuivahkon kankaan uudistusaloilla taimia oli vastaavasti keskimäärin 2 700 kpl ha<sup>-1</sup>. Muokkaus paransi uudistamistulosta eniten tuoreilla kankailla, mutta merkittävästi myös kuivahkoilla kankailla. Ilman maanmuokkausta männyn-taimien kokonaismäärä jäi tuoreilla kankailla selvästi pienemmäksi kuin ravinteisuudeltaan heikommilla kasvupaikoilla. Kuivien kankaiden uudistusaloja ei oltu muokattu lainkaan.

Taulukko 3. Männyntaimien kokonaismäärä, kehityskelpoisten männyntaimien määrä ja kehityskelpoisten taimien kokonaismäärä eri osatutkimuksissa ja eräissä aiemmissa tutkimuksissa.

Tutkimus ja tutkimusalue	Mänty		Kaikki puulajit
	Kaikki taimet	Kehityskelpoiset taimet kpl ha <sup>-1</sup>	Kehityskelpoiset taimet
I Lappi, siemenpuualat			
– ei muokattu	3000	1300	1700
– muokattu	5700	2500	2600
II Ylitornio			
– ei muokattu	2300	1600	1800
– muokattu	2300–4100	1300–2100	1900–2300
III Rovaniemi			
– ei muokattu	3500	1100	2100
– muokattu	7200	2300	3400
– muokattu ja kylvetty	10100	2700	3100
IV Lappi (perusaineisto)			
– ei muokattu			
-- tuore kangas	900	500–700	1000–1300
-- kuivahko kangas	2000	1000–1300	1100–1400
-- kuiva kangas	1900	900–1500	1000–1500
– muokattu			
-- tuore kangas	3600	1600–2000	1800–2100
-- kuivahko kangas	2700	1400–1700	1500–1800
Punkkinen 1982, Suoheimo 1982, Norokorpi 1983			
– Etelä-Lappi, muokattu	4900	1400	1700
– Metsä-Lappi, muokattu	1800		
Nenola 1984, Inari			
– ei muokattu	4000	1200	
Kaila 1993, Lappi			
– < 800 °Cvrk, ei muokattu		800	
– < 800 °Cvrk, muokattu		1800	
– > 800 °Cvrk, muokattu		2000	
Eskelinen 2000, Länsi-Lappi			
– muokattu	3300	2200	3400

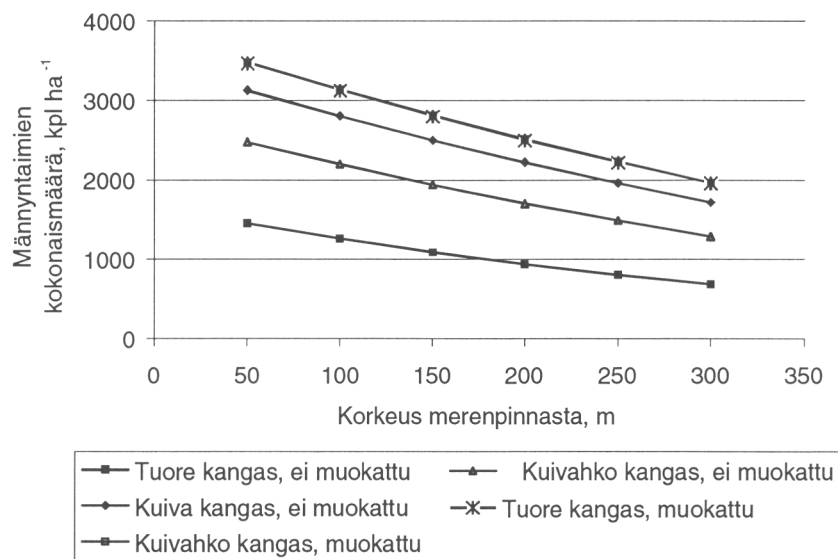
Voimakkailla maanmuokkausmenetelmillä, kuten piennar- ja palleaurauksella, männyntaimien kokonaismäärä oli keskimäärin suurempi kuin kevyemmällä menetelmillä (äestys ja ns. palleauraus 0-asennossa)

ja muokkaamattomilla aloilla. Maanmuokkausmenetelmien väliset erot eivät olleet kuitenkaan tilastollisesti merkitseviä (II).

Uudistusalan korkeus merenpinnasta vaikutti merkittävästi männyntaimien kokonaismäärään (kuva 5) (IV). Esim. muokatuilla tuoreen tai kuivahkon kankaan uudistusaloilla 100 metrin maaston korkeuden lisäys vähensi taimimäärää 600–700 kpl ha<sup>-1</sup>. Muokkaamattomilla tuoreen kankaan aloilla vaikutus oli noin 300–400 kpl ha<sup>-1</sup>. Lämpösumman väheneminen vaikutti taimien määrään samaan tapaan kuin maaston korkeus.

Humuskerroksen paksuus vaikutti taimimäärään negatiivisesti (I). Yhden senttimetrin lisäys humuskerroksen paksuudessa vähensi taimimäärää noin 300 kpl ha<sup>-1</sup>. Muita männyntaimien kokonaismäärään vaikuttavia tekijöitä olivat lähinnä kivisyttä ja kallioisuutta kuvaava taimettumiskelvottoman alan osuus koealan pinta-alasta ja uudistushakuusta kulunut aika, joiden vaikutus oli negatiivinen sekä ylispuuston määrä (pohjapinta-ala), jonka vaikutus oli puolestaan positiivinen (I, IV).

Hyvän siemensadon vaikutus uudistamistulokseen näkyi lähinnä osatutkimuksessa III, jossa muokkaus ja hyvä siemensato ajoittuivat sopivasti samalle vuodelle. Niinpä männyntaimien kokonaismäärä oli tässä



Kuva 5. Männyntaimien kokonaismäärän riippuvuus maaston korkeudesta, maanmuokkauksesta ja kasvupaikkatyypistä. Muut mallin muuttujat on vakioitu keskiarvoonsa.

keskimäärin selvästi suurempi kuin muissa osatutkimuksessa. Taimia oli muokkaamattomillakin aloilla 3500 kpl ha<sup>-1</sup>.

Taimikuolleisuuden vaikutus uudistamistulokseen ilmeni selvimmin ja voimakkaimmin osatutkimuksessa II. Männyntaimia kuoli runsaasti ensimmäisen ja toisen mittauskerran välillä erityisesti muokkaamattomilla aloilla. Myös osatutkimuksissa III ja V taimimäärä väheni eri mittauskertojen välillä. Syynä oli lähinnä ylispuiden korjuu, jonka yhteydessä taimia vaurioitui ja tuhoutui.

*Kehityskelpoisten männyntaimien määrä* vaihteli runsaasti eri osatutkimuksissa (taulukko 3). Maanmuokkaus ja kasvupaikkatyyppi vaikuttivat myös kehityskelpoisten taimien määrään (I–IV). Osatutkimuksessa I kehityskelpoisia männyntaimia oli muokatuilla siemenpuualoilla aineistoon sovitetun mallin mukaan keskimäärin noin 700 kpl ha<sup>-1</sup> enemmän kuin muokkaamattomilla aloilla. Osatutkimuksessa IV kehityskelpoisia männyntaimia (perustaimia) oli laaditun mallin mukaan keskimäärin 1000–1100 kpl ha<sup>-1</sup> enemmän muokatuilla tuoreen kankaan uudistusaloilla kuin vastaavilla muokkaamattomilla uudistusaloilla. Kuivahkoilla kankailla ero oli noin 400 kpl ha<sup>-1</sup>.

Voimakkailla muokkausmenetelmillä, kuten piennar- ja palleaurauksella, kehityskelpoisten männyntaimien määrä oli keskimäärin suurempi kuin kevyemmällä menetelmällä (äestys ja ns. palleauraus 0-asennossa) ja muokkaamattomilla aloilla. Maanmuokkausmenetelmien väliset erot eivät olleet kuitenkaan tilastollisesti merkitseviä (II).

Muita kehityskelpoisten taimien määrään vaikuttavia tekijöitä olivat humuksen paksuus, ylispuuston tilavuus ja hakkuusta kulunut aika (I) sekä maaston korkeus merenpinnasta, lämpösumma, kivisyys (taimettumiskelvoton osuus koealan pinta-alasta) ja maalaji (IV). Sadan metrin lisäys maaston korkeudessa vähensi taimimäärää noin 200 kpl ha<sup>-1</sup> (IV). Yhden senttimetrin lisäys humuksen paksuudessa vähensi taimimäärää vastaavasti noin 70 kpl ha<sup>-1</sup> (I). Ylispuuston pohjapinta-ala (m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>) vaikutti taimimäärään positiivisesti, kivisyys ja uudistushakkuusta kulunut aika negatiivisesti (I, IV).

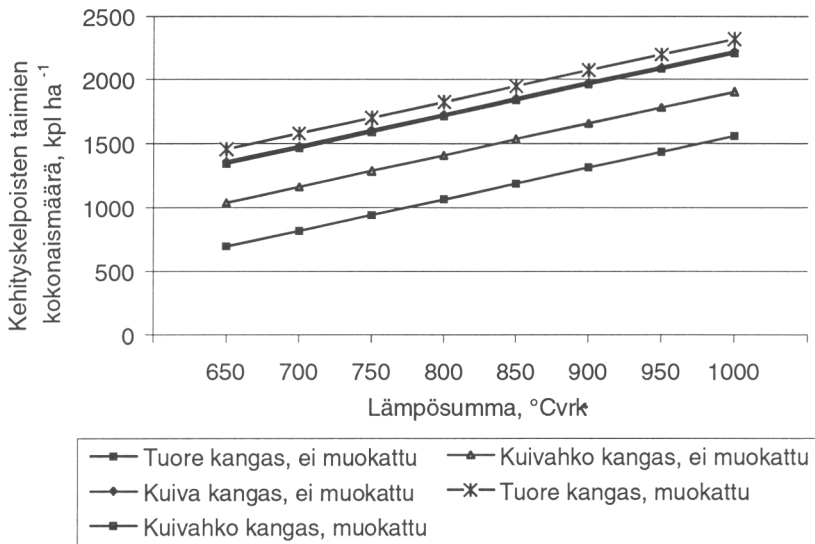
Maalaji vaikutti laaditun mallin mukaan männyntaimien määrään siten, että hienojakoisimpien maalajien kasvupaikoilla taimia oli merkitsevästi enemmän (1670 kpl ha<sup>-1</sup>) kuin karkeimpien maalajien kasvupaikoilla (1270 kpl ha<sup>-1</sup>), kun maalajit oli jaettu karkeutensa mukaan kolmeen ryhmään (IV).

*Kaikkien puulajien kehityskelpoisten taimien määrä* vaihteli osatutkimuksesta toiseen. Kuusi ja koivu täydensivät kuitenkin aina merkittävästi männyntaimikkoa. Järjestetyissä kokeissa sekä ylispuuhakkuuta varten leimatuilla käytännön siemenpuualoilla kehityskelpoisia taimia oli aina keskimäärin vähintään 1700 kpl ha<sup>-1</sup>, mutta yleensä enemmän (I,

II, III) (taulukko 3). Osatutkimuksen IV runkolukumallin mukaan kehityskelpoisia taimia (perustaimia) oli selvästi vähemmän kuin muissa osatutkimuksissa erityisesti, jos maata ei oltu muokattu (kuva 6).

Maanmuokkaus ja kasvupaikkatyyppi vaikuttivat merkittävästi kehityskelpoisten taimien määrään. Osatutkimuksen IV mallin mukaan maanmuokkauksen vaikutus kehityskelpoisten taimien (perustaimien) määrään oli suurin tuoreilla kankailla (kuva 6). Muokkaamattomilla tuoreen kankaan uudistusaloilla taimia oli selvästi vähemmän ja muokkaamattomilla kuivan kankaan aloilla selvästi enemmän kuin muokkaamattomilla kuivahkon kankaan aloilla. Muokatuilla tuoreen ja kuivahkon kankaan aloilla taimia oli suunnilleen yhtä paljon kuin muokkaamattomilla kuivan kankaan aloilla. Muokatuilla tuoreen kankaan uudistusaloilla taimia oli 750 kpl ha<sup>-1</sup> enemmän kuin vastaavilla muokkaamattomilla aloilla. Myös muissa osatutkimuksissa muokkaus vaikutti selvästi kehityskelpoisten taimien määrään (I, II, III).

Voimakkailla muokkausmenetelmillä, kuten piennar- ja palleaurauksella, kaikkien kehityskelpoisten taimien määrä oli keskimäärin suurempi kuin kevyemmällä menetelmillä (äestys ja ns. palleoraus 0-asennossa) tai muokkaamattomilla aloilla. Maanmuokkausmenetelmien väliset erot eivät olleet kuitenkaan tilastollisesti merkitseviä (II).



Kuva 6. Kaikkien puulajien kehityskelpoisten taimien kokonaismäärän riippuvuus lämpösummasta, maanmuokkauksesta ja kasvupaikkatyypistä. Muut mallin muuttujat on vakioitu keskiarvoonsa.

Uudistamistulokseen vaikuttivat maanmuokkauksen ja kasvupaikka-tyypin lisäksi lämpösumma, korkeus merenpinnasta, maaperän kivisyys, maalaji, humuskerroksen paksuus, ylispuuston määrä, uudistushakuusta kulunut aika sekä siemensadon määrä ja ajoittuminen. Lämpösumma vaikutti merkitsevästi kaikkien puulajien perustaimien määrään (IV). Laaditun mallin mukaan 100 °Cvrk:n lisäys lämpösummassa lisää taimien määrää noin 250 kpl ha<sup>-1</sup> (kuva 6). Esim. muokatuilla uudistusaloilla tutkimusalueen etelärajalla (1000 °Cvrk) taimia oli mallin mukaan 700–800 kpl ha<sup>-1</sup> enemmän kuin pohjoisessa metsänrajalla (650 °Cvrk).

Kivisyys (taimettumiskelvoton osuus koealan pinta-alasta) vaikutti negatiivisesti kehityskelpoisten taimien määrään (IV). Laadultaan ja määrältään hyvä siemensato ja erityisesti sen ajoittuminen muokkauksen kanssa samaan ajankohtaan vaikuttivat positiivisesti uudistamistulokseen (II).

### 3.3.2 Tilajärjestys

Kaikkien puulajien kehityskelpoisten taimien (osatutkimuksessa IV perustaimien) perusteella määritetty tyhjien koealojen keskimääräinen suhteellinen osuus eli aukkoisuus vaihteli eri osatutkimuksissa välillä 8–45 % (taulukko 4) (I, II, IV). Tyhjien koealojen määrään vaikuttivat merkitsevästi lämpösumma (tai korkeus merenpinnasta), kasvupaikka-tyyppi, maanmuokkaus ja kivisyys (taimettumiskelvoton osuus koealan

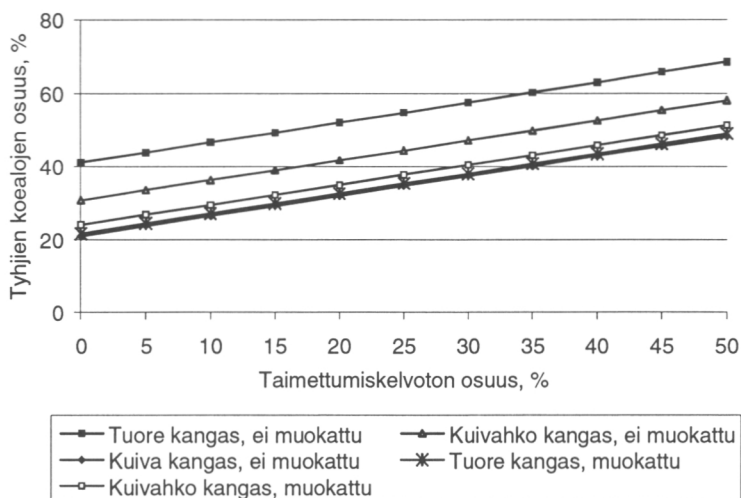
Taulukko 4. Tyhjien koealojen määrä eri osatutkimuksissa kaikkien puulajien kehityskelpoisten taimien määrän mukaan.

Tutkimus ja tutkimusalue	Tyhjiä koealoja, %
I Lappi (siemenpuualat)	
– ei muokattu	23
– muokattu	15
II Ylitornio	
– ei muokattu	20
– muokattu	8–17
IV Lappi (perusaineisto)	
– ei muokattu	
-- tuore kangas	39–45
-- kuivahko kangas	37–42
-- kuiva kangas	31–44
– muokattu	
-- tuore kangas	19
-- kuivahko kangas	23–27

pinta-alasta) (IV). Sadan °Cvrk:n nousu lämpösummassa vähensi tyhjien koealojen määrää noin 8 prosenttiyksikköä. Tyhjien koealojen määrä oli selvästi suurempi muokkaamattomilla tuoreen kankaan uudistusaloilla kuin muilla muokkaamattomilla tai muokatuilla kasvupaikoilla. Kivisyys lisäsi aukkoisuutta (kuva 7). Prosenttiyksikön muutos kivisyydessä merkitsi mallin mukaan puolen prosenttiyksikön muutosta tyhjien koealojen määrässä.

### 3.3.3 Kasvatuskelpoisuus

Osatutkimuksen I mukaan 79 % yksityismetsien ylispuustoisista männyntaimikoista, jotka oli leimattu ylispuiden poistoa varten, oli kasvatuskelpoisuudeltaan hyviä tai tyydyttäviä (taulukko 4). Välttäviä aloja oli vain 19 %, eikä huonoja ollut lainkaan. Ylitornion kokeessa (II) jakauma oli samansuuntainen. Osatutkimuksessa IV jakauma oli selvästi erilainen. Käytännön uudistusalojen pinta-alasta keskimäärin viidenneksellä uudistaminen oli epäonnistunut. Myös hyvien ja tyydyttävien yhteenlaskettu osuus oli pienempi kuin muissa osatutkimuksissa. Osatutkimuksessa IV kehityskelpoisten taimien määrä ja tyhjien koealojen suhteellinen osuus määritettiin hiukan eri tavoin kuin muissa osatutkimuksissa, joten tuloksia voidaan verrata vain suuntaa-antavasti. Myöskään osatutkimuksen I tuloksia ei ole syytä suoraan verrata muihin tuloksiin aiemmin mainituista syistä.

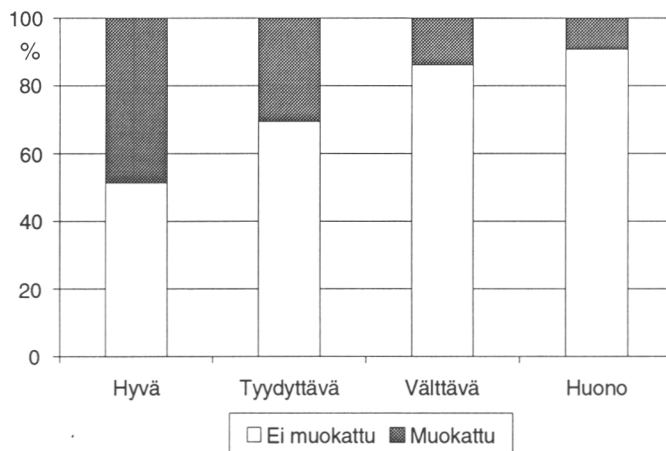


Kuva 7. Tyhjien koealojen määrän riippuvuus kivisyydestä (taimettumiskelvoton osuus koealan pinta-alasta), maanmuokkauksesta ja kasvupaikkatyypistä. Muut mallin muuttajat on vakioitu keskiarvoonsa.

Muokatuilla uudistusaloilla kasvatuskelpoisuus oli selkeästi parempi kuin muokkaamattomilla (taulukko 5) (I, II, IV). Osatutkimuksen IV mukaan huonosti ja välttävästi onnistuneiden uudistusalojen pinta-alasta vain 10–15 % oli muokattu, kun hyvin onnistuneiden uudistusalojen pinta-alasta muokattujen alojen osuus oli noin puolet ja tyydyttävästi onnistuneista 30 % (kuva 8). Tulosta arvioitaessa on huomattava, että kuivan kankaan uudistusaloja ei oltu muokattu lainkaan.

Taulukko 5. Taimikoiden kasvatuskelpoisuusjakaumat eri osatutkimuksissa. Osatutkimuksen I jakauma on laskettu uudistusalojen lukumäärän perusteella, muut pinta-alan perusteella.

Osatutkimus ja tutkimusalue	Hyvä	Tyydyttävä %	Välttävä	Huono
I Lappi	29	50	21	0
II Ylitornio				
– ei muokattu	25	50	25	0
– muokattu	56	31	13	0
IV Lappi				
– ei muokattu	6–11	20–24	41–45	20–33
– muokattu	22–36	35–47	23–24	7



Kuva 8. Kasvatuskelpoisuusluokkien pinta-alan jakautuminen muokkaamattomaan ja muokattuun.

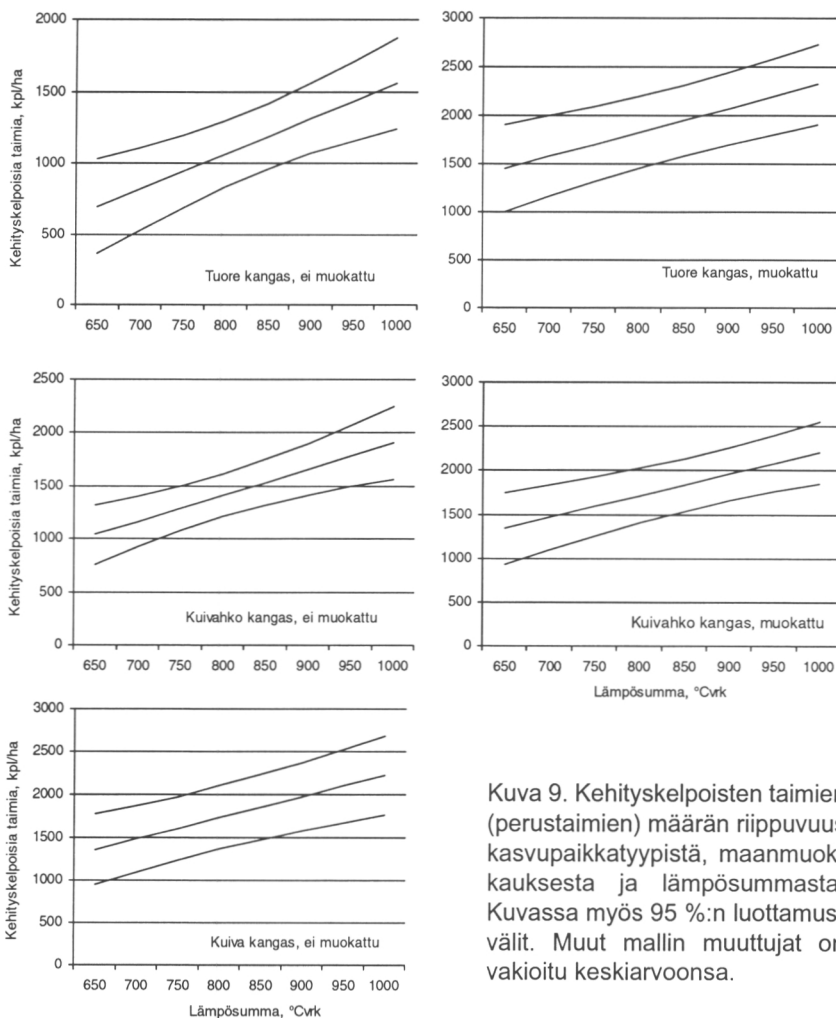
### 3.3.4 Uudistamiseen kulunut aika

Osatutkimuksen I muokkaamattomilla siemenpuualoilla taimet olivat syntyneet pitkän ajan kuluessa verrattuna muokattuihin aloihin. Suuri osa muokkaamattomien siemenpuualojen taimikoista (8 kpl, 44 %) oli syntynyt jo ennen siemenpuuhakkuuta. Kaikki muokattujen alojen taimikot (6 kpl) olivat syntyneet hakkuun jälkeen. Siemenpuuhakkuun ja inventointivuoden välinen aika oli muokkaamattomilla aloilla 25 vuotta ja muokatuilla 12 vuotta. Kummassakin järjestetyssä kokeessa uudistusalat olivat taimettuneet nopeasti muokkauksesta riippumatta (II, III). Kummassakin tapauksessa hyvä tai kohtuullinen siemensato oli sattunut kokeen perustamisen aikoihin.

Osatutkimuksessa IV siemenpuuhakkuusta oli kulunut vähintään seitsemän vuotta. Siemenpuuhakkuusta kulunut aika ei vaikuttanut merkittävästi kehityskelpoisten taimien (perustaimien) määrään, joten uudistamiseen varatun ajan (7 vuotta) kuluttua taimimäärä ei enää merkittävästi lisääntynyt. Taimimäärä riippui sen sijaan maanmuokkauksesta, kasvupaikan ravinteisuudesta ja lämpösummasta (kuva 6). Kuvan 6 riippuvuuksia kuvaaville suorille lasketut luottamusvälit rajaavat sen alueen, millä kehityskelpoisten taimien määrä 95 %:n todennäköisyydellä keskimäärin on eri kasvupaikkatyypin muokkaamattomilla ja muokatuilla uudistusaloilla seitsemän vuoden kuluttua siemenpuuhakkuusta (kuva 9). Jos lämpösomma on vähintään 700 °Cvrk, niin muokatuilla tuoreen ja kuivahkon kankaan ja muokkaamattomilla kuivan kankaan uudistusaloilla taimimäärä on luottamusvälin alarajalla noin 1100 kpl ha<sup>-1</sup> eli yhtä paljon kuin nykyisen metsälain säädökset mäntyvaltaisissa taimikoissa edellyttävät olevan. Muokkaamattomilla kuivahkon kankaan uudistusaloilla vastaava lämpösummaraja on 750 °Cvrk ja muokkaamattomilla tuoreen kankaan aloilla noin 900 °Cvrk.

### 3.3.5 Pituuskehitys

Osatutkimuksen IV aineistoon sovitetun pituusmallin mukaan männyn perustaimien keskipituutta selittivät parhaiten taimien ikä ja lämpösomma, mutta myös kasvupaikkatyypin kivisyys (taimettumiskelvoton osuus koealan pinta-alasta), siemenpuiden lukumäärä ja taimikon kokonaistiheys (taulukko 6). Ikä, lämpösomma ja tiheys vaikuttivat positiivisesti sekä kivisyys ja siemenpuiden lukumäärä negatiivisesti. Pareittaisissa vertailuissa kasvupaikkatyypin väliset erot olivat merkitseviä ( $p < 0,05$ ). Uudistusalan satunnaisvaikutus oli huomattava ( $p = 0,0001$ ). Sen varianssikomponentin estimaatti oli mallissa kuitenkin pienempi (0,065) kuin jäännösvaihtelun (0,090).



Kuva 9. Kehityskelpoisten taimien (perustaimien) määrän riippuvuus kasvupaikkatyypistä, maanmuokkauksesta ja lämpösommasta. Kuvassa myös 95 %:n luottamusvälit. Muut mallin muuttujat on vakioitu keskiarvoonsa.

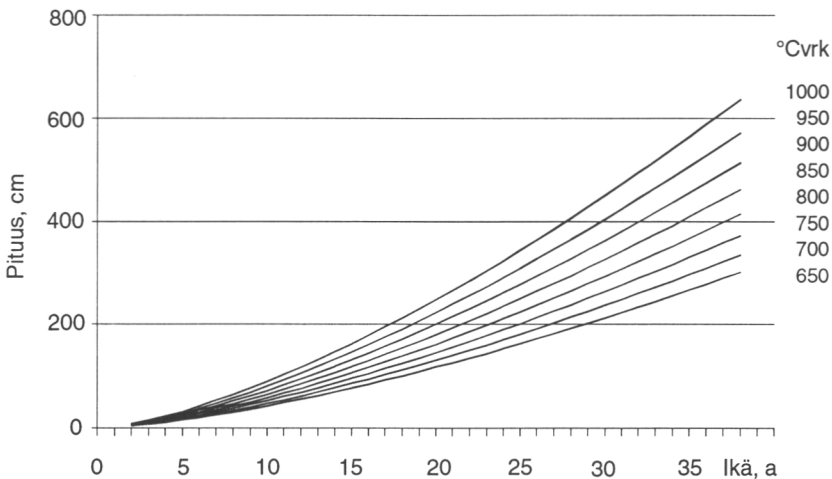
Taulukko 6. Männyn perustaimien keskipituuden logaritmin selitysmalli.

Selittävä muuttuja	Parametrin estimaatti	Keski- virhe	Vapaus- asteet	t-arvo	p-arvo
Vakio	-1,226	0,273	118	-4,49	0,0001
Tuore kangas	0,322	0,101	221	3,19	0,0016
Kuivahko kangas	0,187	0,093	238	2,01	0,0452
Kuiva kangas	0,000	.	.	.	.
län logaritmi	1,474	0,036	273	40,77	0,0001
Lämpösomma, °Cvrk	0,002	0,000	109	7,00	0,0001
Kivisyys, %	-0,012	0,003	273	-4,00	0,0001
Siemenpuiden lukumäärä, kpl ha <sup>-1</sup>	-0,002	0,001	110	-2,15	0,0337
Taimikon tiheys, kpl ha <sup>-1</sup>	0,000	0,000	261	2,06	0,0403

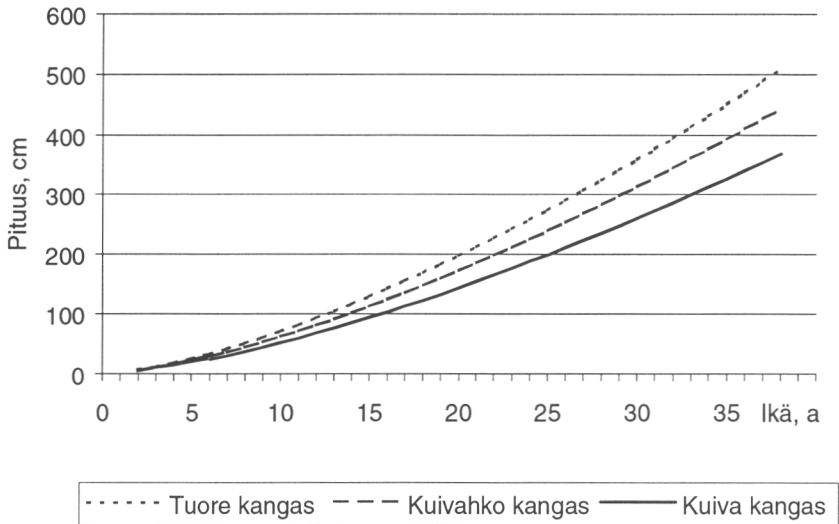
Männyn­taimet saavuttivat yhden metrin keskipituusvaiheen 700 °Cvrk:n lämpösumma-alueella noin 17 vuoden iällä ja 1000 °Cvrk:n alueella 11 vuoden iällä (kuva 10) (IV). Vastaavat ikävaiheet kolmen metrin keskipituuden saavuttamiseen olivat 36 ja 23 vuotta. Kahdenkymmenen vuoden iällä taimikon pituus metsänrajalla oli keskimäärin noin puolet samanikäisen taimikon pituudesta Lapin eteläisimmissä osissa.

Osatutkimuksen I mukaan siemenpuutaimikot saavuttivat metrin pituusvaiheen noin 11 vuoden iässä ja kolmen metrin pituusvaiheen noin 24 vuoden iässä. Ylitornion kokeessa (II) taimikot saavuttivat 15 vuoden ikäisinä keskimäärin 2,6 metrin pituuden eli selvästi aikaisemmin kuin inventointiaineistossa (IV). Mallin mukainen ikä Ylitorniota osapuulle vastaavalla noin 900 °Cvrk:n alueella oli 23–24 vuotta. Rovaniemen kokeessa (III) taimikot saavuttivat metrin pituuden 7–8 vuodessa, kun mallin mukaan metrin pituusvaihe saavutettiin 900 °Cvrk:n alueella 11–12 vuodessa. Tuloksia verrattaessa on muistettava, että kasvupaikka- ja puusto-olosuhteet vaihtelivat eri osatutkimusten välillä. Ylitornion kokeessa taimikoiden pituutta kuvaa valtapituus, muissa osatutkimuk- sissa kehityskelpoisten taimien keskipituus.

Männyn­taimet saavuttivat pituuskehitysmallin mukaan metrin pituuden kuivalla kankaalla 16 vuoden, kuivahkolla kankaalla 14 vuoden ja tuoreella kankaalla 13 vuoden iällä (kuva 11) (IV). Kahden metrin pituuden taimikot saavuttivat vastaavasti 25, 22 ja 20 vuoden ikäisinä.



Kuva 10. Taimikoiden keskipituuden riippuvuus iästä ja kasvupaikan lämpösum- masta. Muut mallin muuttujat on vakioitu keskiarvoonsa.



Kuva 11. Taimikoiden pituuden riippuvuus iästä ja kasvupaikkatyypistä. Muut mallin muuttujat on vakioitu keskiarvoonsa.

### 3.4 Kylvö luontaisen uudistamisen täydentäjänä

Kylvön vaikutusta siemenpuualan taimettumiseen tutkittiin Rovaniemen maanmuokkaukseen yhteydessä (III). Kahdentoista kasvukauden jälkeen siemenpuuhakkuusta männyntaimien kokonaismäärä oli äestetyllä alalla kaksinkertainen ( $7200 \text{ kpl ha}^{-1}$ ) sekä äestetyllä ja kylvetyllä alalla noin kolminkertainen ( $10100 \text{ kpl ha}^{-1}$ ) muokkaamattomaan alaan ( $3500 \text{ kpl ha}^{-1}$ ) verrattuna. Kehityskelpoisia männyntaimia oli vastaavasti äestetyllä ja kylvetyllä alalla noin  $2700 \text{ kpl ha}^{-1}$ , äestetyllä alalla  $2300 \text{ kpl ha}^{-1}$  ja muokkaamattomalla alalla  $1100 \text{ kpl ha}^{-1}$ .

### 3.5 Maanmuokkauksen vaikutus taimikon tekniseen laatuun

Osatutkimuksessa II verrattiin myös eri maanmuokausmenetelmien vaikutusta luontaisesti syntyneen taimikon tekniseen laatuun. Valta-*solakkuus* (pituus jaettuna rinnankorkeusläpimitalla) oli 18 kasvukauden kuluttua keskimäärin suurin, eli runkomuoto oli paras muokkaamattomalla alalla. Muokkaamattomalla alalla runkomuoto kuitenkin vaihteli kaikkein eniten lohkojen välillä. Taimien runkomuoto oli huonoin palleaurauksen 0-asennossa. Tässä muokkauksessa myös loh-

kojen välinen vaihtelu oli pienin. Runkomuoto oli siis tasaisesti heikoin. Toiseksi huonoin taimien runkomuoto oli piennaraurauksessa. Käsitteilyjen väliset erot eivät olleet merkitseviä.

Solakkuuden ja kahdeksan viimeisen vuoden keskimääräisen pituuskasvun välillä oli voimakas negatiivinen korrelaatio käytettäessä eri käsittelyjen lohkoja havaintoina. Yhtä selvä negatiivinen korrelaatio valitsi myös solakkuuden ja taimien rinnankorkeusläpimitan välillä. Mitä parempi oli pituuskasvu ja mitä suurempi oli läpimitta, sitä huonompi oli runkomuoto. Männyntaimien kokonaismäärällä mitatun taimikon tiheyden ja runkomuodon välillä ei ollut merkitsevää riippuvuutta.

Latvuksen *paksuimman tuoreen oksan läpimitta* oli pienin muokkaamattomalla ja äestetyllä alalla sekä suurin piennaraurauksessa ja kummassakin palleaurauksessa. Läpimitta oli kaikissa käsittelyissä keskimäärin alle 2,0 cm. Lohkojen välinen vaihtelu oli pienin piennaraurauksessa ja suurin äestyksessä.

Myös paksuimman tuoreen oksan läpimitan ja pituuskasvun sekä vastaavasti paksuimman tuoreen oksan läpimitan ja rinnankorkeusläpimitan välillä vallitsi selvä positiivinen korrelaatio. Mitä parempi oli pituuskasvu ja mitä suurempi oli rinnankorkeusläpimitta, sitä suurempi oli tuoreen oksan läpimitta. Merkitsevää korrelaatiota ei ollut taimikon tiheyden ja latvuksen paksuimman tuoreen oksan läpimitan välillä.

### 3.6 Ylispuiden poisto ja korjuuvauriot

Osatutkimuksen V mukaan taimikoiden keskimääräinen tiheys oli ennen ylispuiden korjuuta 8400 kpl ha<sup>-1</sup>. Korjuun jälkeen vaurioitumattomia taimia oli vastaavasti keskimäärin 7000 kpl ha<sup>-1</sup>. Taimista vaurioitui noin 17 %. Kehityskelpoisten taimien määrä oli ennen korjuuta 2090 kpl ha<sup>-1</sup> ja korjuun jälkeen 1730 kpl ha<sup>-1</sup>, joten myös kehityskelpoisista taimista vaurioitui keskimäärin 17 %. Vaurioituneista taimista 90 % oli vaurioitunut niin vakavasti, että ne olivat kehityskelvottomia. Suurin osa kehityskelvottomiksi vaurioituneista taimista oli katkennut metsäkuljetuksen aikana ajouralla ja sen läheisyydessä.

Osatutkimuksen III mukaan männyn-, kuusen- ja koivuntaimien kokonaismäärä väheni kahden mittauskerran välillä (kaksi kasvukautta) keskimäärin 15 %; tähän väliin ajoittui siemenpuiden poisto. Kehityskelpoisten taimien määrä väheni vastaavasti keskimäärin 27 %.

Vaurioprosenttiin vaikuttivat osatutkimuksen V mukaan voimakkaimmin hakkuukertymä ja ajouraverkon tiheys. Vauriomäärä oli sitä suurempi, mitä suurempi oli hakkuukertymä ja mitä tiheampi ajouraverkko leimikkoon tehtiin.

Korjuun jälkeinen taimien kokonaismäärä riippui korjuuta edeltävästä taimimäärästä. Kokonaismäärä oli korjuun jälkeen 75–90 % korjuuta edeltävästä taimimäärästä (V). Kehityskelpoisten taimien määrä oli korjuun jälkeen 84–86 % korjuuta edeltävästä taimimäärästä.

Taimikoiden aukkoisuus lisääntyi korjuussa keskimäärin 8 prosenttiyksikköä määritettynä tyhjen koealojen suhteellisena osuutena koealojen kokonaismäärästä (V). Taimikon keskipituus pysyi korjuussa muuttumattomana eikä vaikuttanut vaurioiden määrään.

Taimikoiden pinta-alasta oli hyviä ja tyydyttäviä noin 80 % ennen korjuuta, korjuun jälkeen hieman alle 60 % (V). Kaikki taimikot säilyivät korjuussa kasvatuskelpoisina.

### 3.7 Metsänhoitotöiden tarve

Osatutkimuksessa IV selvitettiin myös metsänkäsittely- ja metsänhoitotöiden tarve (ylispuuhakkuu, täydennysviljely, uudelleenviljely ja taimikonhoito) luontaisesti uudistettavilla ja uudistetuilla aloilla. Tarve määritettiin kultakin uudistusosalta jälkikäteen laskennallisesti metsikötietojen perusteella vertaamalla tietoja metsänhoitosuosituksiin.

Siemenpuut oli poistettu noin neljäsosalla maastossa inventoiduista uudistusaloista. *Ylispuuhakkuu* olisi ollut tarpeen tai mahdollista 36 %:lla uudistusaloista. Yhtä suurella osalla ylispuuhakkuu ei ollut vielä ajan-kohtainen. Muokkaamattomat ja muokatut uudistusalat eivät poikenneet ylispuuhakkuun tarpeen suhteen toisistaan. Osatutkimuksen I tulosten perusteella ylispuut korjattiin keskimäärin liian myöhään suosituksiin verrattuna.

Noin puolella inventoiduista uudistusaloista (49 %) uudistaminen oli onnistunut vähintään tyydyttävästi, eikä *täydennysviljelyn* tai *uudelleenviljelyn* tarvetta ollut (IV). Uudistaminen oli kokonaan epäonnistunut yhteensä 12 uudistusosalalla (11 %). Nämä uudistusalat tulisi viljellä. Kasvatuskelpoisuusluokkaan välttävät eli täydennettävät kuului yhteensä 42 uudistusalaa (40 %). Noin puolella näistä taimikko oli kasvanut jo niin pitkäksi, ettei täydennysviljely ollut enää mahdollista. Puolella uudistusaloista täydennysviljely olisi ollut tarpeen ja taimikon pituden suhteen vielä mahdollista. Viljelytarve oli selvästi pienempi muokatuilla kuin muokkaamattomilla uudistusaloilla.

Valtaosalla uudistusaloja (65 %) *taimikonhoito* ei ollut tarpeen (IV). Taimikon perkausta tarvittiin noin kolmasosalla uudistusalojen lukumäärästä (34 %) ja harvennusta yhdessä taimikossa. Muokatuilla uudistusaloilla perkauksen tarve oli selvästi suurempi kuin muokkaamattomilla.

## 4 Tarkastelu

### 4.1 Käytettyjen menetelmien ja tulosten yleistettävyyden arviointia

Tarkasteltaessa tuloksia tutkimusmenetelmän ja aineiston analyysimenetelmän kannalta osatutkimukset voidaan jakaa kolmeen ryhmään: järjestetyt kokeet (II, III), inventointitutkimukset, joissa aineistot käsiteltiin perinteisellä regressioanalyysillä (I, V) ja inventointitutkimukset, joissa aineistot käsiteltiin lineaarisia sekamalleja käyttäen (IV).

Järjestetyissä kokeissa aineistot käsiteltiin satunnaistettujen lohkojen varianssianalyysiä käyttäen, kuten kokeita perustettaessa oli ajateltukin (II, III). Tarkoituksena oli selvittää lähinnä muokkauksen vaikutus uudistamistulokseen. Tutkimuksen tulokset lienevät siltä osin luotettavia. Luotettavuuteen vaikuttavat tekijät liittyvätkin koeruuduilla olevien koealojen määrään ja sijoittamiseen liittyvään otantavirheeseen ja mahdollisiin mittausvirheisiin.

Perinteisellä regressioanalyysillä analysoitujen inventointitutkimusten tuloksia voitaneen pitää keskimäärin luotettavina (I, V). Analyysin tarkoituksena oli lähinnä selvittää vastemuuttujaan vaikuttavat päämuuttujat, ei niinkään laatia tarkkoja selitys- tai ennustemalleja. Malleihin sisältyykin aineistojen rakenteeseen (hierarkkisuuuteen) liittyviä epätarkkuuksien ja virheiden mahdollisuuksia. Virheet voivat johtua mm. koealatasen mittausten keskiarvoistamisesta uudistusalatasolle ja siitä, että saman uudistusalan koealahavainnot riippuvat toisistaan. Myöskään aineiston vaihtelun lähteitä ei voida erottaa yhtä hyvin toisistaan kuin sekamalleissa. Lisäksi koealatasolta määritettyjä luokkamuuttujia ei voida hyödyntää malleissa. Mallien tarkkuuteen vaikuttavat lisäksi mahdollisten vartenotettavien muuttujien puuttuminen, koealojen määrään ja sijaintiin liittyvä otantavirhe ja mittausvirheet.

Osatutkimuksessa IV tuloksia voitaneen pitää keskimäärin luotettavina samalla tavalla kuin osatutkimuksissa I ja V. Sekamallitekniikan ansiosta laaditut mallit olivat luotettavampia kuin jos ne olisi laadittu tavanomaisella regressioanalyysillä, koska mallin kiinteän osan testit saatiin harhattomiksi ja samalla voitiin kohdentaa satunnaisvaihtelu eri tasoille. Malleissa voitiin hyödyntää myös koealatasen luokkamuuttujia toisin kuin regressiomalleissa. Analyysissä saavutettiin osittain samoja etuja kuin järjestetyissä kokeissa. Mallien tarkkuuteen vaikuttavat mahdollisten vartenotettavien muuttujien puuttuminen, koealojen määrään ja sijaintiin liittyvä otantavirhe ja mittausvirheet. Mittausvirheitä voi aiheuttaa erityisesti se, että kenttämittaukset teki yhden henkilön työryhmä.

Inventointiaineistot (I, IV, V) kerättiin joltisenkin kattavasti Lapin metsälautakunnan alueelta. Järjestetyt kokeet sijaitsivat Rovaniemen ja Ylitornion alueilla eteläisessä Lapissa. Koko maakuntaa ajatellen aineisto on puutteellinen silloisen Koillis-Suomen metsälautakunnan osalta. Itäisimpiä, ilmasto-olosuhteiltaan poikkeuksellisen ankaria Savukosken ja Sallan koillisosien alueita lukuun ottamatta tutkimuksen tuloksia voitaneen kuitenkin soveltaa myös Itä-Lapissa. Ilmasto- ja kasvupaikkaolosuhteet Lapin ja Koillis-Suomen metsälautakuntien alueiden välillä eivät mainittuja alueita lukuun ottamatta poikkea paljon toisistaan.

Kaikki käytännön inventointiaineistot kerättiin yksityismetsistä. Useimpien tutkimuksen osa-alueiden kannalta asialla ei liene merkitystä. On kuitenkin mahdollista, että uudistamistulokset olisivat samanlaisissa kohteissa joiltakin osin poikenneet valtion tai yhtiöiden metsien vastaavista tuloksista esim. metsänhoidon intensiteetin takia. Voidaan olettaa, että yksityismetsissä metsänhoidon taso, ts. muokkauksen käyttö, uudistusalan raivaus, taimikon perkaus ja harvennus, ylispuuhakkuun ajankohdan valinta jne. eivät ole keskimäärin olleet yhtä hyvällä tasolla kuin suurten metsänomistajien metsissä.

Tutkimuskohteet valittiin inventointitutkimuksissa ositettua satunnaisotantaa käyttäen. Otokseen sattuneet kohteet edustavat näin ollen tasaisesti yksityismetsien siemenpuualoja tutkimusalueella. Luontaisen uudistamisen tuloksesta käytettyjen kriteerimuuttujien suhteen tutkimus antaa luotettavan käsityksen. Poimittiinhan otos perusjoukosta, joka käsitti kaikki tutkitulla aikajaksolla siemenpuuasentoon leimatut uudistusalat, siis myös ne, joissa luontainen uudistaminen oli myöhemmin keskeytetty (IV).

Järjestettyjen kokeiden aineistot olivat uudistamistuloksen kannalta sekä ajallisesti että paikallisesti suppeita, koska kummassakin kokeessa oli vain yksi koekenttä (II, III). Uudistamistuloksesta yleensä ei näiden kokeiden perusteella voida vetää johtopäätöksiä, niin kuin ei ollut tarkoituskaan. Sen sijaan maanmuokkauksen vaikutuksesta uudistamistulokseen, taimettumisen dynamiikasta ja syntyneiden taimikoiden alkukehityksestä kokeet antoivat runsaasti lisätietoa.

## 4.2 Tulosten tarkastelu

Vaikka aikaisempien tutkimusten perusteella olikin tiedossa, että männyn luontaisen uudistamisen edellytykset ovat hyvät ainakin Lapin kuivien ja kuivahkojen kankaiden männiköissä (Aaltonen 1919, Sarvas 1950), oli yllätys, että noin puolet tutkimuskohteina olleista mänty-ylispuutaimi-

koista oli syntynyt *alikasvoksena*, usein epäsäännöllisen hakkuun seurausena ilman varsinaista uudistamistarkoitusta (I). Näyttää siltä, että Lapissa kuivan ja kuivahkon kankaan männikkö alkaa uudistua luontaisesti, kun vallitseva puusto tavalla tai toisella harvenee (Lassila 1920, Sarvas 1950, Kuuluvainen 1994). Tämä antaa viitteitä myös siitä, että väljennyshakkuu ennen varsinaista uudistushakkuuta on tarpeellinen vaihe uudistamisen varmistamisessa ja jouduttamisessa. Alikasvos ilmentää männyn hyvää luontaista uudistumiskykyä pohjoisen olosuhteissa (Mikola 1966, Sarvas 1950). Hyvään uudistumiskykyyn vaikuttavat Lapin humidinen ilmasto, edulliset säteilyolosuhteet, kilpailevan pintakasvillisuuden vähäisyys ja hyvät maaperäolosuhteet (Lassila 1920, Sarvas 1937, 1950, 1952, Lehto 1969, Pohtila ja Timonen 1980).

Alikasvostaimikot eivät tämän tutkimuksen mukaan poikenneet yleisimpien taimikkotunnusten perusteella siemenpuumenetelmällä uudistetuista taimikoista, joten epäilyt alikasvosten aukkoisuudesta, ryhmittäisyydestä, suuresta pituusvaihtelusta jne. (ks. Hyppönen ym. 1998) osoittautuivat aiheettomiksi (I), ja että mäntyalikasvokset ovat usein metsänuudistamiseen kelvollisia erityisesti kuivilla ja kuivahkoilla kankailla. Tulosten perusteella alikasvosten hyödyntäminen on käyttökelpoinen vaihtoehto eri uudistamismenetelmien joukossa, ja että alikasvoksia myös hyödynnetään. Alikasvosuudistamisen edut muihin uudistamismenetelmiin verrattuna perustuvat saavutettuun aikahyötyyn ja kustannussäästöihin (Aarnio ym. 1998, Hyppönen ym. 1998). Metsän uudistamisvaihe muuttaa voimakkaimmin metsänkuvaa luonnontilaisiin metsiin verrattuna ainakin ihmissilmin tarkasteltuna (Hallikainen 1998), joten luonnon monimuotoisuuden sekä ympäristö- ja maisematekijöiden kannalta on myös edullista, että uudistamisessa ei ole paljaan maan vaihetta (Saksa ym. 1998).

Vaikka männyn luontaisen uudistamisen edellytykset ovatkin Lapissa periaatteessa hyvät, luontainen uudistaminen oli onnistunut keskimäärin huonosti Lapin yksityismetsien 1960-, 1970- ja 1980-lukujen käytännön siemenpuualoilla (IV). *Luontainen uudistaminen oli keskeytetty* ja uudistusala oli viljelty 38 %:lla alunperin luontaisesti uudistettavaksi aiotusta pinta-alasta. Määrä oli yllättävän suuri, vaikka ennestään tiedetään, että luontaiseen uudistamiseen liittyy epävarmuutta, vaihtelua ja riskejä (Kinnunen 1993, Pukkala ja Kolström 1992). Tynys (1977) arvioi Lounais-Suomessa tekemässään tutkimuksessa vastaavaksi osuudeksi 10 %. Tässä tutkimuksessa yleisimpiä syitä luontaisen uudistamisen keskeyttämiseen olivat uudistusalan taimettumattomuus maanmuokkauksen puuttuessa ja/tai siemenpuita kohdannut myrskytuho. Taimettumattomat siemenpuualat viljeltiin keskimäärin 11 vuoden kuluttua siemenpuuhakkuusta, joten aikaa kului runsaasti hukkaan, pisimmillään

30 vuotta. Myös niillä uudistusaloilla, joilla luontaista uudistamista jatkettiin, uudistaminen oli epäonnistunut keskimäärin 10 %:lla otosuudistusalojen pinta-alasta (IV). Viljeltyjen ja epäonnistuneiden luontaisesti uudistettujen alojen pinta-ala oli siten yhteensä 48 % otospinta-alasta (IV).

*Maanmuokkaus* paransi ratkaisevasti luontaisen uudistamisen onnistumista (I, II, III, IV), mikä on yhtenevä aiempien tulosten kanssa (Norokorpi 1983, Kaila 1993, Eskelinen 2000, Niemelä 2002). Muokatuilla uudistusaloilla taimia oli keskimäärin selvästi enemmän kuin muokkaamattomilla aloilla. Myös taimikoiden tilajärjestys ja kasvatuskelpoisuusluokkajakauma olivat parempia muokatuilla aloilla (ks. Kuuluvainen ja Pukkala 1989). Maanmuokkauksen ja kasvupaikkatyypin yhteisvaikutus oli huomattava. Tuoreen kankaan uudistusalat olivat taimettuneet huonosti ilman muokkausta, mutta muokattuina vähintään yhtä hyvin kuin muiden kasvupaikkatyyppien uudistusalat. Samantapaiseen tulokseen ovat päätyneet mm. Räsänen ym. (1985) ja Valtanen (1994, 1998). Myös kuivahkoilla kankailla maanmuokkaus paransi uudistamistulosta.

Lapissa maanmuokkausjälki näyttää pysyvän noin 10 vuotta taimettumiskelpoisena (III, Kellomäki 1972, Ferm ja Sepponen 1981, Norokorpi 1983, Eskelinen 2000). Odotettavissa olevan siemensadon ja muokkauksen ajoittamisella samaan ajankohtaan on siitä huolimatta erityinen merkitys riittävälle taimettumiselle ja metsittymiselle sekä Eteläettä varsinkin Pohjois-Lapissa (III, Eskelinen 2000). Hyvin onnistunut luontainen uudistaminen on usein yhteydessä hyvään siemensatoon (III, Eskelinen 2000, Norokorpi 1983).

*Uudistusalan lämpösomma ja korkeus merenpinnasta* vaikuttivat muokkauksen ja kasvupaikkatyypin ohella uudistamistulokseen (IV). Mitä korkeammalla uudistusala sijaitsi tai mitä pienempi oli lämpösomma, sitä vähemmän alalla oli taimia ja sitä suurempi oli tyhjien koalojen määrä (ks. myös Lehto 1969, Valkonen 1992, Kubin ym. 1997). Myös metsänviljelyssä uudistamistulokset ovat olleet samansuuntaisia (Pohtila ja Pohjola 1983).

*Kangashumuksella* oli haitallinen vaikutus taimettumiseen tässäkin tutkimuksessa (I, Kuuluvainen ja Pukkala 1989, Kinnunen 1990, Hyppönen 1998). Muokkaus kuitenkin vähentää haittaa (Kuuluvainen ja Pukkala 1989). *Maalaji* vaikutti kehityskelpoisten männyntaimien määrään siten, että taimia oli enemmän hienojakoisilla kuin keskikarkeilla ja karkeilla mailla (IV). Tulos poikkeaa yleisestä käsityksestä, jonka mukaan hienot maalajit taimettuvat huonosti maan routimisen ja hapettomuuden vuoksi (Lähde 1974a, Valkonen 1992, Hyppönen 1998, Niemelä 2002). Eräissä tutkimuksissa on kuitenkin havaittu taimettumisen

paranevan hienojen lajitteiden runsastuessa (Tertti 1937, Norokorpi 1983). Selityksenä saatuun tulokseen voi olla se, että hienojakoiset maat pysyvät paremmin kosteina kuin karkeammat, ja kosteus taas vaikuttaa positiivisesti taimettumiseen (Norokorpi 1983). Taimettumiskelvottoman alan osuus koealan pinta-alasta kuvasti uudistusalan kivisyyttä ja kallioisuutta (IV). *Kivisyys* vaikutti negatiivisesti uudistamistulokseen kuten Kinnunen (1993) ja Valtanenkin (1994) ovat todenneet.

Osatutkimuksen (I) perusteella erityisesti muokkaamattomien siemenpuualojen taimettuminen kesti kauan. Osatutkimuksen (IV) mukaan *siemenpuuhakkuusta kulunut aika* ei kuitenkaan vaikuttanut enää merkittävästi uudistamistulokseen, kun siemenpuuhakkuusta oli kulunut vähintään seitsemän vuotta. Taimettumista selittivät sen sijaan maanmuokkaus, kasvupaikkatyyppi, uudistusalan lämpösumma ja korkeus merenpinnasta sekä lisäksi eräät muut muuttujat. Tulos merkitsee sitä, että uudistamiseen varatun ajan (7 vuotta) kuluttua taimimäärä ei enää merkittävästi lisääntynyt, oli uudistusala taimettunut riittävästi tai ei. Tulosten perusteella voidaan lisäksi päätellä, että muokatulla alalla ja kuivan kankaan muokkaamattomallakin alalla kehityskelpoisten taimien määrä on seitsemän vuoden kuluttua siemenpuuhakkuusta 95 %:n todennäköisyydellä keskimäärin suurempi kuin 1100 kpl ha<sup>-1</sup> eli ylittää metsälain vaatimukset, jos lämpösumma on vähintään 700 °Cvrk (vrt. Eskelinen 2000).

Luontaiseen uudistamiseen liittyvän epävarmuuden vuoksi Pohtila (1995) on esittänyt erityisesti Pohjois-Lapissa sijaitsevien siemenpuualojen kylvämistä, jos niiden uudistaminen edellyttää maanmuokkausta. Nykyisissä metsänhoitosuosituksissa eräänä uudistamisvaihtoehtona onkin *siemenpuualan kylväminen* tai istuttaminen taimettumisen varmistamiseksi ja uudistamisajan lyhentämiseksi (Hokajärvi 1997, Hyppönen ym. 2001). On ilmeistä, että etenkin huonoina siemenvuosina kylvöllä saatava taimimäärän lisäys on uudistamisen onnistumisen kannalta tärkeä erityisesti Pohjois- ja Keski-Lapissa (III). Erityisen hyvin uudistamisen varmistamiseen sopii koneellinen kylvä, jonka työkustannukset ovat pienet käsikylvöön verrattuna (Kinnunen 1993, Hyppönen 2000).

Luontaisesti syntyneiden *taimien pituuskehitystä* selittivät taimien ikä, lämpösumma, kasvupaikkatyyppi, uudistusalueella olevan siemenpuuston määrä, kivisyys ja taimikon tiheys (IV). Alkuvuotia lukuun ottamatta taimikoiden pituuskehitys 650 °Cvrk:n alueella noudatti suunnitteen suojametsäalueen viljelytaimikoiden kehitystä (Pohtila ja Timonen 1980). Osatutkimuksessa (I) pituuskehitystä selitti lämpösumman ja iän lisäksi taimikon syntytyyppi. Alikasvoksena kasvavien taimikoiden pituuskehitys oli hitaampaa kuin siemenpuualalla kasvavien taimikoi-

den. Eron syyksi arvioitiin ylispuuston suurempi määrä alikasvostaimikoissa. Niemistön ym. (1993) mukaan taimikon pituuskehityksen vaihtelua selittivät lämpösumman ja siemenpuiden määrän lisäksi uudistushakkuusta kulunut aika, etäisyys siemenpuusta ja humuksen paksuus. Valkonen ym. (2001) totesivat luonnon monimuotoisuuden vuoksi jätettävien säästöpuiden vaikuttavan männyntaimien pituuskehitykseen puiden läheisyydessä, vaikkakin vähemmän kuin Niemistön ym. (1993) mukaan.

Männyntaimien pituuskehitys on ollut nopeampaa voimakkaasti muokatuilla kuin muokkaamattomilla tai kevyesti muokatuilla aloilla (Lähde 1978, Pohtila ja Pohjola 1985, Pohtila ja Valkonen 1985, Valtanen 1998, Mäkitalo 1999). Tämä tutkimus antaa viitteitä muokkauksen pituuskehitystä parantavasta vaikutuksesta luontaisesti syntyneissä taimikoissa myös kevyesti muokatuilla aloilla (III). Taimikon pituuden sisäistä vaihtelua selittävässä mallissa muokkaus vaikutti vaihtelua pienentävästi (I, ks. myös Fries 1979, Kinnunen 1993).

Kärkkäisen ja Uusvaaran (1982) mukaan puun koko vaikuttaa männynllä useisiin *laatutunnuksiin*. Jos koon vaikutus eliminoidaan, tärkeimmäksi laatu-tekijäksi jää kasvunopeus. Myös tässä tutkimuksessa valtataimien kasvunopeus korreloi voimakkaasti sekä taimikon keskimääräisen solakkuuden että paksuimman tuoreen oksan läpimitan kanssa (II). Sen sijaan taimikon tiheyden ja laatutunnusten välinen korrelaatio oli heikko toisin kuin eräissä aiemmissä tutkimuksissa (esim. Huuri ym. 1982, Varmola 1996).

Lapin ylispuustoisissa männyntaimikoissa siemenpuut jätettiin taimettumisen jälkeen usein liian pitkäksi aikaa uudistusalalle (I, IV). Useissa tutkimuksissa on todettu, että siemenpuiden jättäminen uudistusalalle pitkäksi aikaa taimettumisen jälkeen alentaa taimikon tiheyttä, lisää aukkoisuutta ja hidastaa taimikon pituuskehitystä (Valtanen 1984, Niemistö ym. 1993, Kubin 2000). Juuristokilpailu lienee suurin syy siemenpuun lähiympäristön heikkoon taimettumiseen (Lehto 1969, Kuuluvainen ja Pukkala 1989, Niemistö ym. 1993). Ylispuiden *korjuun aiheuttamiin taimikkovaurioihin* taimikon pituudella ei ole todettu olevan yksiselitteistä vaikutusta (Hyppönen ja Niemistö 1998, V). Ylispuiden korjuu Lapin luontaisesti uudistetuista mäntytaimikoista ei ole erityisen ongelmallista taimikoiden aukkoisuudesta ja pituusvaihtelusta huolimatta (V). Ajourien suunnitteluun ja korjuuseen on kuitenkin syytä kiinnittää entistä enemmän huomiota.

Tämän tutkimuksen tulosten perusteella voidaan todeta, että männyn luontaisen uudistamisen tulokseen liittyy runsaasti vaihtelua, satunnaisuutta ja epävarmuutta. Epävarmuutta ja vaihtelua voidaan vähentää maanmuokkauksella ja muilla uudistamista edistävillä toimenpiteillä.

Epävarmuutta ei voida kuitenkaan kokonaan poistaa. Yksittäisissä tapauksissa uudistaminen voi epäonnistua kaikista toimenpiteistä huolimatta (ks. myös Pukkala ja Kolström 1992, Kinnunen 1993).

## 5 Päätelmät

1) Lapin männiköissä esiintyy usein käyttökelpoisia, nopeasti elpyviä alikasvoksia. Alikasvostaimikot ovat syntyneet ilman kustannuksia, eivätkä ne poikkea kasvatuskelpoisuutensa puolesta siemenpuuhakuulla aikaansaaduista taimikoista. Alikasvoksia hyödyntämällä voidaan useimmiten myös aikaa. Näitä tulee käyttää hyväksi männiköiden uudistamisessa niin paljon kuin mahdollista. Väljennyshakkuulla taimiaines voidaan hankkia myös etukäteen ennen varsinaista uudistushakkuuta. Väljennyshakkuun käyttö uudistamisen valmistelussa edellyttää lisätutkimuksia.

2) Männyn luontainen uudistaminen yksityismetsien käytännön uudistusaloilla onnistui keskimäärin huonosti. Suurin syy epäonnistumisiin oli maanmuokkauksen puuttuminen. Maanmuokkauksella onkin kaikkien osatutkimusten perusteella ratkaiseva merkitys taimettumiseen ja uudistamisen onnistumiseen. Muokatuilla uudistusaloilla uudistamistulos on hyvä tai tyydyttävä lähes aina. Luontaiseen uudistamiseen liittyy muokkauksesta huolimatta epävarmuutta ja vaihtelua.

3) Maanmuokkauksesta saadaan suurin hyöty tuoreen kankaan, mutta myös kuivahkon kankaan uudistusaloilla siitä on apua. Tuoreen kankaan männikkö ei taimetu riittävän hyvin, jos maata ei muokata. Sen sijaan muokattaessa uudistaminen onnistuu yleensä hyvin.

4) Maanmuokkauksen ajoittaminen siemensadon yhteyteen parantaa ja varmistaa uudistamistulosta. Ajoittamisessa on yleensä pelivaraa, koska muokkausjälki pysyy Lapissa taimettumiskunnossa useita vuosia. Jos siemenvuosia ei ole odotettavissa, uudistamista voidaan joututtaa kylvämällä muokatut siemenpuualat.

5) Vaikka lämpösumman väheneminen ja korkeuden lisääntyminen vaikuttavat negatiivisesti taimettumiseen, seitsemän vuoden uudistusaika keskimäärin riittää metsälain edellyttämään uudistusalan taimettumiseen, jos lämpösumma on vähintään 700 °Cvrk ja jos maa muokataan tuoreilla ja kuivahkoilla kankailla. Suojametsäalueella ja korkeilla mailla etelämpänäkin taimettuminen edellyttäne enemmän aikaa.

6) Tämän tutkimuksen perusteella männyn luontaisessa uudistamisessa voidaan käyttää ainakin seuraavia menettelytapoja:

- a) Hyödynnetään alikasvoksia aina kun siihen on edellytykset. Alikasvoksia esiintyy kaikkialla Lapissa ja muuallakin Pohjois-Suomessa.
- b) Käytetään siemenpuuhakkuuta ilman väljennyshakkuuta ja maanmuokkausta aikaisemmin harvennetuissa tai muuten riittävän harvoissa kuivien kankaiden männiköissä ja niissä ohuthumuksisissa kuivahkojen kankaiden männiköissä, joissa taimettuminen on jo selvästi käynnissä.
- c) Pyritään saamaan taimiaines aikaan jo ennen varsinaista uudistushakkuuta kuivahkojen kankaiden hoitamattomissa männiköissä väljentämällä emopuusto 10–15 vuotta ennen siemenpuuhakkuuta. Väljennyshakkuuta käytetään erityisesti ohuthumuksisilla mailla, joilla taimettuminen todennäköisesti onnistuu ilman maanmuokkausta. Jos taimettuminen saadaan väljennyshakkuulla käyntiin, hakataan metsikkö siemenpuuasentoon. Maanmuokkausta ei silloin tarvita. Jos taimettumisen merkkejä ei näy, uudistusala muokataan siemenpuuhakkuun jälkeen. Uudistamistulos on sitä parempi, mitä tarkemmin muokkaus saadaan ajoitettua siemensadon yhteyteen. Etelä- ja Keski-Lapissa männyntaimikoihin tulee yleensä lisäksi runsas kuusi- ja koivusekoitus.
- d) Luontaisen uudistamisen ja viljelyn yhdistelmässä siemenpuuasentoon hakattu ja muokattu männikkö kylvetään. Viljelytiheys voi olla kustannussyistä normaalia harvempi.

## Kirjallisuus

- Aaltonen, V. T. 1919. Kangasmetsien luonnollisesta uudistumisesta Suomen Lapissa, I. Referat: Über die natürliche Verjüngung der Heidewälder im Finnischen Lappland, I. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 1. 375 s.
- Aarnio, J., Hyppönen, M. & Valkonen, S. 1998. Alikasvosten hyödyntämisen talous. Julkaisussa: Moilanen, M. & Saksa, T. (toim.). Alikasvokset metsänuudistamisessa. Varjosta valoon. Pihlaja-sarja 3: 67–74.
- Ackzell, L. 1993. A comparison of planting, sowing and natural regeneration for *Pinus sylvestris* (L.) in boreal Sweden. *Forest Ecology and Management* 61: 229–245.
- Bergan, J. 1981. Foryngelse av furuskog i Troms og Finnmark. Summary: Regeneration of Scots pine forests in Troms and Finnmark. Norsk Institutt for Skogforskning. Rapport 10. 69 s.
- Blomqvist, A. G. 1891. Suomen puulajit metsänhoidolliselta kannalta I. Mänty. Helsingissä, keisarillisen senaatin kirjapainossa 1981. 211 s.

- Eskelinen, T. 2000. Männyn luontainen uudistaminen Länsi-Lapissa. Metsähallituksen metsätalouden julkaisuja 27. 58 s.
- Etholen, K. 1972. Männyn viljelyn tulos Pohjois-Suomessa ja siemenen alkuperä. Summary: The success of artificial regeneration of Scots pine in Northern Finland and origin of seed. *Folia Forestalia* 160. 27 s.
- Ferm, A. & Sepponen, P. 1981. Aorausjäljen muuttuminen ja kasvillisuuden kehittyminen metsänuudistusaloilla Lapissa 10 vuoden aikana. Summary: Development of ploughed tracks and vegetation on reproduction areas in Finnish Lapland during a period of 10 years. *Folia Forestalia* 493. 19 s.
- Fries, J. 1979. Naturlig föryngring inom Siljanfors försökspark. Summary: Natural regeneration within the Siljanfors experimental park. *Sveriges Skogs-  
vårdsförbunds Tidskrift* 2: 96–111.
- Glöde, D. & Sikström, U. 2001. Two felling methods in final cutting of shelterwood, single-grip harvester productivity and damage to the regeneration. *Silva Fennica* 35(1): 71–83.
- Goldstein, H. 1995. Multilevel statistical models. Second edition. ISBN 0 340 59529 9. John Wiley & Sons Inc., New York. 178 s.
- Hagner, S. 1962. Naturlig föryngring under skärm. En analys av föryngringsmetoden, dess möjligheter och begränsningar i mellannorrländskt skogsbruk. Summary: Natural regeneration under shelterwood stands. An analysis of the method of regeneration, its potentialities and limitations in forest management in middle North Sweden. *Meddelanden från Statens Skogsforskningsinstitut*. Band 52(4). 263 s.
- 1965. Om fröproduktion, fröträdsval och plantsuppslag i försök med naturlig föryngring. Summary: Yield of seed, choice of seed trees and seedling establishment in experiments with natural regeneration. *Studia Forestalia Suecica* 27. 43 s.
- Hallikainen, V. 1998. The Finnish wilderness experience. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 711. 288 s.
- 2001. Uudet metsänhoito-ohjeet ja metsien uudistaminen Lapissa. Julkaisussa: Varmola, M. & Tapaninen, S. (toim.). Onko Lapin metsissä kaikki kunnossa? *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 820: 53–97.
- Hannikainen, P. W. 1919. *Metsänhoito-oppi metsän ystäville*. Otava, Helsinki. 286 s.
- Havas, P. & Laine, K. 1995. Pohjoisen luonnon erikoispiirteet. Julkaisussa: Tikkanen, E. (toim.). Kuolan saastepäästöt Lapin metsien rasitteena. Itä-Lapin metsävaurioprojektin loppuraportti. Gummerus Kirjapaino, Jyväskylä. ISBN 951-40-1407-3. Sivut 19–28.
- Heikinheimo, O. 1921. Suomen metsänrajametsät ja niiden vastainen käyttö. Referat: Die Waldgrenzwälder und ihre künftige Nutzung. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 4(2). 91 s.
- 1922. Pohjois-Suomen kuusimetsien hoito. Referat: Über die Bewirtschaftung der Fichtenwälder Nordfinnlands. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 5(2). 132 s.

- 1932. Metsäpuiden siementämiskyvystä I. Referat: Über die Besamungsfähigkeit der Waldbäume I. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 17(3). 61 s.
- 1937. Metsäpuiden siementämiskyvystä II. Referat: Über die Besamungsfähigkeit der Waldbäume II. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 24(4). 67 s.
- 1939. Kokemuksia paksusammaltyypin metsien käsittelystä. Referat: Erfahrungen betreffend die Behandlung der Wälder vom Dickmoostyp. *Silva Fennica* 52: 121–139, 292.
- Heikkilä, R. 1981. Männyn istutustaimikkojen tuhot Pohjois-Suomessa. Summary: Damage in Scots pine plantations in northern Finland. *Folia Forestalia* 497. 22 s.
- Henttonen, H., Kanninen, M., Nygren, M. & Ojansuu, R. 1986. The maturation of *Pinus sylvestris* seeds in relation to temperature climate in Northern Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research* 1: 243–249.
- Herttuainen, E. 1981. Männyn luontainen uudistuminen kulotetulla kankaalla Metsä-Lapissa. Metsänhoitotieteen laudaturtyö. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitos. 79 s.
- Hertz, M. 1934. Kasvualustan merkityksestä männyn uudistumiselle Etelä-Suomen kangasmailla. Referat: Über die Bedeutung der Unterlage für die Verjüngung der Kiefer. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 20(2). 98 s.
- Hokajärvi, T. (toim.). 1997. Metsänhoito-ohjeet. Metsähallituksen metsätalouden julkaisuja 10. 60 s.
- Hokkanen, T. 2001. Siemenet ja siemensato. Julkaisussa: Valkonen, S., Ruuska, J., Kolström, T., Kubin, E. & Saarinen, M. (toim.). Onnistunut metsänuudistaminen. Metsäntutkimuslaitos, Metsälehti Kustannus. Karisto Oy, Hämeenlinna. ISBN-952-5118-35-5. Sivut 69–79.
- Hurlbert, S. H. 1984. Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. *Ecological Monographs* 54: 187–211.
- Hustich, I. 1952. Barträdarternas polära gräns på norra halvklotet. Summary: The polar limits of the coniferous species. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 40(29). 20 s.
- 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.
- Hyppönen, M. 1981. Eräiden metsikönkasvatusvaihtoehtojen edullisuus metsähallituksen Pohjois-Suomen metsissä. Summary: Profitability of some timber growing alternatives in the state forests of northern Finland. *Folia Forestalia* 463. 34 s.
- 1996. Ylispuiden korjuun vaikutus mäntytaimikoiden kasvatuskelpoisuuteen ja arvoon Lapissa. Lisensiaattityö MML-tutkintoa varten. Joensuun yliopisto. 43 s.
- 1998. Koneellisen männynkylvön onnistuminen Länsi-Lapissa. Metsätieteen aikakauskirja – *Folia Forestalia* 1/1998: 65–74.

- 2000. Artificial regeneration techniques in Finland. Julkaisussa: Mälkönen, E., Babich, N.A., Krutov, V.I. and Markova, I.A. (toim.). 2000. Forest Regeneration in the Northern Parts of Europe. Proceedings of the Finnish-Russian Forest Regeneration Seminar in Vuokatti, Finland, Sept. 28<sup>th</sup>–Oct. 2<sup>nd</sup>, 1998. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 790: 159–167.
  - 2001. Lapin metsien uudistamisen monet vaiheet. Taimiuutiset 2/2001: 3–4.
  - & Niemistö, P. 1998. Ylispuuhakkuut ja taimikkovauriot. Julkaisussa: Moilanen, M. & Saksa, T. (toim.). Alikasvokset metsänuudistamisessa. Varjosta valoon. Pihlaja-sarja 3: 55–65.
  - , Saksa, T. & Valkonen, S. 1998. Alikasvokset ja nykypäivän metsänhoito. Julkaisussa: Moilanen, M. & Saksa, T. (toim.). Alikasvokset metsänuudistamisessa. Varjosta valoon. Pihlaja-sarja 3: 13–17.
  - , Härkönen, J., Keränen, K., Riissanen, N. & Tikkanen, J. (toim.). 2001. Pohjois-Suomen metsänhoitosuosittukset. ISBN-98731-1-2 . Kajaanin Kirjapaino Oy. 60 s.
- Hyvän metsänhoidon suositukset. 2001. Tapio. ISBN-951-96739-9-7. 95 s.
- Häggman, J. 1987. Voiko männynsiemen jälki-itää? Julkaisussa: Saarenmaa, H. & Poikajärvi, H. (toim.). Korkeiden maiden metsien uudistaminen. Ajan-kohtaista tutkimuksesta. Metsäntutkimuspäivät Rovaniemellä 1987. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 278: 115–122.
- Hänninen, T., Räsänen, P. K. & Yli-Vakkuri, P. 1972. Männyn ja kuusen luontaisen uudistamisen antamista tuloksista Etelä-Suomen kangasmailla. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitos. Tiedonantoja 7. 96 s.
- Iivessalo, Y. 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). 168 s.
- Jalkanen, R. 1989. Lapin metsäpatologiset ongelmat. Summary: Forest pathological problems in Finnish Lapland. Julkaisussa: Saastamoinen, O. & Varmola, M. (toim.). Lapin metsäkirja. Acta Lapponica Fenniae 15: 32–47.
- 1993. Abiotic and biotic diseases of the northern boreal forests in Finland. Julkaisussa: Jalkanen, R., Aalto, T. & Lahti, M-L. (toim.). Forest pathological research in northern forests with a special reference to abiotic stress factors. Extended SNS meeting in forest pathology in Lapland, Finland, 3–7 August, 1992. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 451: 7–21.
  - & Kurkela, T. 1984. Männynversoruosteen aiheuttamat vauriot ja varhaiset pituuskasvutappiot. Summary: Damage and early height growth losses caused by *Melampsora pinitorqua* on Scots pine. Folia Forestalia 587. 15 s.
- Jeansson, E. 1995. Some aspects on site preparation and natural regeneration in Sweden. Julkaisussa: Ritari, A., Saarenmaa, H., Saarela, M. & Poikajärvi, H. (toim.). Northern silviculture and management. Proc. IUFRO Working Party S1.05–12 Symposium, Lapland, Finland, 16–22 Aug. 1987. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 567: 69–84.
- Juntunen, V. 2001. Metsänraja-alueiden uudistuminen. Julkaisussa: Varmola, M. & Tapaninen, S. (toim.). Onko Lapin metsissä kaikki kunnossa? Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 820: 121–132.

- Kaila, S. 1993. Metsänuudistamisen tuloksen määrittäminen ja männyn uudistamisen tuloksia. Summary: Determining the outcome of forest regeneration; results from Scots pine reforestation practices. *Metsätehon tiedotus* 409. 47 s.
- Kaitera, J. 1996. Timing of Scots pine branch damage caused by large-tree type of *Gremmeniella abietina* var. *abietina* and the structure of epidemics in northern Finland. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 652. 35 s.
- Kalela, E.K. 1961. Metsät ja metsien hoito. *Metsänhoidon alkeita*. 2. painos. WSOY, Porvoo. 367 s.
- Kangas, E. 1937. Tutkimuksia mäntytaimistotuhoista ja niiden merkityksestä. Valtioneuvoston kirjapaino, Helsinki. 237 s.
- Karlsson, C. 2000. Seed production of *Pinus sylvestris* after release cutting. *Canadian Journal of Forest Research* 30(6): 982–989.
- & Örlander, G. 2000. Soil scarification shortly before a rich seed fall improves seedling establishment in seed-tree stands of *Pinus sylvestris*. *Scandinavian Journal of Forest Research*. 15(2): 256–266.
- Karvonen, L. 2000. Miten kehittää metsänkäsittelyohjeita taloudellisen kestävyuden ja monimuotoisuuden varmistamiseksi? Julkaisussa: Varmola, M. & Virtanen, E. (toim.). Uusien metsänkäsittelyohjeiden toimivuus Pohjois-Suomessa. Tutkimusseminaari 11.–12.5.1999 Rovaniemellä. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 786: 43–67.
- Kellomäki, S. 1972. Maanpinnan reliefin ja kasvillisuuden kehityksestä auruksen jälkeisinä vuosina Perä-Pohjolan metsänuudistusaloilla. Helsingin yliopisto, metsänhoitotieteen laitos. *Tiedonantoja* 8. 56 s.
- Kinnunen, K. 1990. Alikasvos-, luonnon- ja istutustaimien alkukehitys mustikkatyypillä. Julkaisussa: Laiho, O. & Kilponen, T. (toim.). *Metsäntutkimuspäivä Nurmossa*. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 394: 10–16.
- 1993. Männyn kylvö ja luontainen uudistaminen Länsi-Suomessa. Abstract: Direct sowing and natural regeneration of Scots pine in western Finland. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 447. 36 s.
- 1996. Site preparation and mechanized sowing in the regeneration of Scots pine. Proc. of S3.02-00 technical sessions during IUFRO XX World Congress 1995, Tampere, Finland. *SkogForsk, Report* 2: 71–81.
- & Linnimäki, J. 1977. Metsänuudistamisen onnistuminen ja taimistojen alkukehitys Pohjois-Karjalassa. Summary: Success of forest regeneration and initial development of sapling stands in northern Karelia. *Folia Forestalia* 329. 32 s.
- & Mäki-Kojola, S. 1980. Männyn luontaisesta uudistumisesta Pohjois-Satakunnassa. Summary: Natural regeneration of Scots pine in western Finland. *Folia Forestalia* 449. 18 s.
- & Nerg, J. 1982. Männyn kylvö- ja luonnontaimikoiden tila Länsi-Suomen yksityismetsissä. Abstract: State of sown and naturally regenerated young Scots pine stands in the private forests of western Finland. *Folia Forestalia* 535. 16 s.
- Koski, V. & Tallqvist, R. 1978. Tutkimuksia monivuotisista kukinnan ja siemensadon määrän mittauksista metsäpuilla. Summary: Results of long-

- term measurements of the quantity of flowering and seed crop of forest trees. *Folia Forestalia* 364. 60 s.
- Kotisaari, A. 1982. Metsän luontaisen uudistamisen tutkiminen. Esitutkimusraportti. Helsingin yliopisto, metsänhoitotieteen laitos. Tiedonantoja 38. 132 s.
- Kubin, E. 1998. When to remove Scots pine seed trees. Julkaisussa: New stand types in boreal forestry – ecological features and silvicultural consequences. Proceedings of a Nordic symposium. Vaasa, February 10–11, 1998. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 714: 45–53.
- 2000. Natural regeneration in Finland. Julkaisussa: Mälkönen, E., Babich, N. A., Krutov, V. I. & Markova, I. A. (toim.). Forest Regeneration in the Northern Parts of Europe. Proceedings of the Finnish-Russian Forest Regeneration Seminar in Vuokatti, Finland, Sept. 28<sup>th</sup>–Oct. 2<sup>nd</sup>, 1998. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 790: 49–57.
- , Pasanen, J. & Savilampi, P. 1997. Korkeiden alueiden metsien uudistaminen Kainuussa ja Koillismaalla. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 666. 36 s.
- & Savilampi, P. 1998. Rauduskoivun viljelyn onnistuminen poronhoitoalueella. Julkaisussa: Hyppönen, M., Penttilä, T. & Poikajärvi, H. (toim.). Poron vaikutus metsä- ja tunturiluontoon. Tutkimusseminaari Hetassa 1997. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 678: 92–98.
- & Valtanen, J. 1993. Siperianlehtikuusen ja eräiden muiden puulajien alkukehityksestä Pohjois-Pohjanmaalla ja Kainuussa. Julkaisussa: Moilanen, M. & Murtovaara, I. (toim.). Metsäntutkimuspäivä Kajaanissa 1992. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 464: 107–130.
- Kujala, V. 1926. Untersuchungen über den Einfluss von Waldbränder auf die Waldvegetation in Nordfinnland. Suomenkielinen selostus: Tutkimuksia kulojen vaikutuksesta metsäkasvillisuuteen Pohjois-Suomessa. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 10. 41 s.
- 1927. Untersuchungen über den Bau und Keimfähigkeit von Kiefern- und Fichtensamen in Finnland. Seloste: Tutkimuksia männyn- ja kuusensiemenen rakenteesta ja itävyydestä. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 12(6). 106 s.
- 1929. Untersuchungen über Waldtypen in Petsamo und in angrenzenden Teilen von Inari-Lappland. Suomenkielinen selostus: Tutkimuksia Petsamon ja siihen liittyvien Inarin Lapin osien metsätyypeistä. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 13(9). 125 s.
- Kuuluvainen, T. 1994. Gap disturbance, ground microtopography, and the regeneration dynamics of boreal coniferous forests in Finland: a review. *Annales Zoologici Fennici* 31: 35–51.
- & Pukkala, T. 1989. Effect of Scots pine seed trees on the density of ground vegetation and tree seedlings. Tiivistelmä: Männikön siemenpuiden vaikutus pintakasvillisuuden ja taimien määrään. *Silva Fennica* 23(2): 159–167.
- Kuusela, K. 1979. Puuntuotannon perusteet hahmottuvat. Summary: The bases of timber production are developed. Julkaisussa: Leikola, M. & Pohtila,

- E. (toim.). Tutkimustoiminta Lapin metsien hoidon ja käytön suuntaajana. *Silva Fennica* 13(1A): 16–17, 43–44.
- Kärkkäinen, M. & Uusvaara, O. 1982. Nuorten mäntyjen laatuun vaikuttavia tekijöitä. Summary: Factors affecting the quality of young stands. *Folia Forestalia* 515. 28 s.
- Laitinen, T. & Ojala, J. 1991. Reunametsän käyttömahdollisuudet metsän uudistamisessa. Metsähallitus, kehittämisjaosto. *Tiedote* 5. 8 s.
- Lakari, O. J. 1915. Studien über die Samenjahre und Altersklassenverhältnisse der Kiefernwälder auf dem nordfinnischen Heideböden. *Acta Forestalia Fennica* 5(1). 211 s.
- 1920. Tutkimuksia kuusen ja männyn kasvusuhhteista Pohjois-Suomen pakusammaltyypillä. Referat: Untersuchungen über die Zuwachsverhältnisse der Fichte und Kiefer auf dem Dickmoostypus in Nord-Finnland. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 2(1). 165 s.
- Laki Lapin vajaatuottoisten metsien kunnostamisesta. 1982. Laki 1057/1982.
- Lassila, I. 1920. Tutkimuksia mäntymetsien synnystä ja kehityksestä pohjoisen napapiirin pohjoispuolella. Referat: Untersuchungen über die Entstehung und Entwicklung der Kiefernwälder nördlich vom nördlichen Polarkreis. *Acta Forestalia Fennica* 14(3). 98 s.
- Lehto, J. 1956. Tutkimuksia männyn luontaisesta uudistumisesta Etelä-Suomen kangasmailla. Summary: Studies on the natural reproduction of Scots pine on the upland soils of Southern Finland. *Acta Forestalia Fennica* 66. 106 s.
- 1969. Tutkimuksia männyn uudistamisesta Pohjois-Suomessa siemenpuuja suojuspuumenetelmällä. Summary: Studies conducted in northern Finland on the regeneration of Scots pine by means of the seed tree and shelterwood methods. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 67(4). 140 s.
- Leikola, M. 1974. Muokkauksen vaikutus metsämaan lämpösuhteisiin Pohjois-Suomessa. Summary: Effect of soil preparation on soil temperature conditions of forest regeneration areas in northern Finland. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 84(2). 64 s.
- 1979. Lapin oman tutkimustoiminnan laajeneminen. Summary: A new resurgence and expansion of forest research activity. Julkaisussa: Leikola, M. (toim.). Tutkimustoiminta Lapin metsien hoidon ja käytön suuntaajana. *Silva Fennica* 13(1A): 31–34, 49–50.
- 1986. Metsien luontainen uudistaminen Suomessa I. Harsintahakkuiden ajasta harsintajulkilausumaan (1839–1948). Helsingin yliopisto, metsänhoitotieteen laitos. *Tiedonantoja* 57. 202 s.
- 1987. Metsien luontainen uudistaminen Suomessa II. Harsintajulkilausumasta nykyhetkeen (1948–1986). Helsingin yliopisto, metsänhoitotieteen laitos. *Tiedonantoja* 60. 198 s.
- & Pohtila, E. 1979. Johdannoksi. Julkaisussa: Leikola, M. (toim.). Tutkimustoiminta Lapin metsien hoidon ja käytön suuntaajana. *Silva Fennica* 13(1A): 5–6.
- , Raulo, J. & Pukkala, T. 1982. Männyn ja kuusen siemensadon vaihtelun ennustaminen. Summary: Prediction of the variation of the seed crop of Scots pine and Norway spruce. *Folia Forestalia* 537. 43 s.

- Littell, R. C., Milliken, G. A., Stroup, W. W. & Russell, D. W. SAS Systems for mixed models. ISBN 1-55544-779-1. 3. painos. 633 s.
- Lähde, E. 1973. Metsämaan ominaisuudet ja männyntaimistojen kunto pohjois-Suomessa. Summary: The qualities of forest soil and the condition of pine plantations in Northern Finland. Lapin tutkimusseuran vuosikirja 14: 5–10.
- 1974a. The effect of grain size distribution on the condition of natural and artificial sapling stands of Scots pine. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 84(3). 23 s.
  - 1974b. The effect of seed-spot shelters and cold stratification on germination of pine (*Pinus silvestris* L.) seed. Seloste: Kylvösuojan ja kylmästratifiointin vaikutus männyn siemenen itämiseen. *Folia Forestalia* 196. 16 s.
  - 1978. Maan käsittelyn vaikutus maan fysikaalisiin ominaisuuksiin sekä männyn ja kuusen taimien kehitykseen. Summary: Effect of soil treatment on physical properties of the soil and on development of Scots pine and Norway spruce seedlings. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 94(5). 59 s.
  - & Tuohisaari, O. 1976. An ecological study on effects of shelters on germination and germling development of Scots pine, Norway spruce and Siberian larch. Seloste: Ekologinen tutkimus suojakylvön vaikutuksesta männyn, kuusen ja lehtikuusen itämiseen ja sirkkataimien alkukehitykseen. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 88(1). 37 s.
- Maa- ja metsätalousministeriön päätös metsälain soveltamisesta. 1997. Päätös 224/1997.
- Maukonen, A. 1987. Ylispuuhakkuun taimikolle aiheuttamat vauriot. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 244. 30 s.
- McCulloch, C. E. & Searle, S. R. 2001. Generalized, linear and mixed models. John Wiley & Sons, Inc. ISBN 0-471-19364-X. 325 s.
- Metsäasetus. 1996. Asetus 1200/1996.
- Metsälaki. 1996. Laki 1093/1996.
- Metsänhoitosuosituksset 1990. Lapin metsälautakunta. 32 s.
- Metsätilastolliset vuosikirjat 1966–2000.
- Mikola, P. 1963. Luontaisen uudistamisen ja metsänviljelyn suhde tulevaisuuden metsänhoidossa Lapissa. Summary: Artificial and natural regeneration in the future silviculture of Lapland. Lapin tutkimusseuran vuosikirja IV/1963: 5–14.
- 1966. Alikasvosten merkitys metsien uudistamisessa. Summary: Significance of the undergrowth in reforestation. *Metsätaloudellinen aikakauslehti* 83: 4–7.
- Moilanen, M. & Saksa, T. (toim.). 1998. Alikasvokset metsänuudistamisessa. Varjosta valoon. Pihlaja-sarja 3. 123 s.
- Mäkelä, M. 1990. Ylispuiden poisto Pika 75- ja FMG 707/12 S Motonalleharvestereilla. Review: The removal of seed trees and shelterwood using Pika 75 and FMG 707/12 S harvesters. *Metsätehon katsaus* 19. 4 s.

- 1992. Ylispuiden poistohakkuiden korjuutekniikka. Review: Harvesting technique used for removal of seed and shelterwood trees. *Metsätalon katsaus* 6. 6 s.
- Mäkitalo, K. 1987. Kuusen luontaisesta uudistumisesta korkealla paksusamalmatyypin maalla. Julkaisussa: Saarenmaa, H. & Poikajärvi, H. (toim.). 1987. Korkeiden maiden metsien uudistaminen. Ajankohtaista tutkimuksesta. *Metsäntutkimuspäivät Rovaniemellä 1987. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 278: 32–46.
- 1999. Effect of site preparation and reforestation method on survival and height growth of Scots pine. *Scandinavian Journal of Forest Research* 14: 512–525.
- , Penttilä, T. & Räsänen, P. 1998. Poron ja jäniksen vaikutus hieskoivun luontaiseen uudistumiseen tuoreilla kankailla Etelä- ja Keski-Lapissa. Julkaisussa: Hyppönen, M., Penttilä, T. & Poikajärvi, H. (toim.). Poron vaikutus metsä- ja tunturiluontoon. Tutkimusseminaari Hetassa 1997. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 678: 109–121.
- , Sutinen, R., Sutinen, M.-L. & Päänttjä, M. 1993. Metsämaan vesipitoisuuden luokitus dielektrisyiden ja gammasäteilyn avulla: Potentiaalinen apuväline metsänuudistamisen suunnittelussa. Julkaisussa Nikula, A. & Lahti, M.-L. (toim.). Paikkatiedon ja satelliittikuvien käyttö metsäntutkimuksessa. *Tutkimuspäivä Rovaniemellä 1993. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 479: 62–78.
- Mälkönen, E. 1972. Näkökohtia metsämaan muokkauksesta. Summary: Some aspects concerning cultivation of forest soil. *Folia Forestalia* 137. 11 s.
- 1983. Maan kunnostaminen metsänuudistamisessa. *Metsäntutkimuspäivä Joensuussa 15.11.1983. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 124: 6–16.
- Nenola, E. 1884. Männyn siemenpuuhakkuu- ja kaistaleavohakkuu-alojen uudistaminen Inarissa. *Opinnäytetyö. Rovaniemen metsäopisto*. 39 s.
- Niemelä, J. 2002. Männyn luontainen uudistaminen Savukoskella. *Metsähallituksen metsätalouden julkaisuja* 42. 41 s.
- Niemistö, P., Lappalainen, E. & Isomäki, A. 1993. Mäntysiemenpuuston kasvu ja taimikon kehitys luontaisen uudistamisvaiheen aikana. Summary: Growth of Scots pine seed bearers and the development of seedlings during a protracted regeneration period. *Folia Forestalia* 826. 26 s.
- Nikula, A. 1993. Animals as forest pests in Finnish Lapland. Julkaisussa: Jalakanen, R., Aalto, T. & Lahti, M.-L. (toim.). Forest pathological research in northern forests with a special reference to abiotic stress factors. Extended SNS meeting in forest pathology in Lapland, Finland, 3–7 August, 1992. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 451: 22–29.
- Norokorpi, Y. 1971. Männyn viljelytaimistojen tuhot Pohjois-Suomessa. *Metsä ja Puu* 4: 23–26.
- 1972. Nuorten kuusentaimitojen nykyisestä tilasta ja kehityksestä Perä-Pohjolan valtionmailla. *Metsäntutkimuslaitos. Rovaniemen tutkimusaseman tiedonantoja* 3: 16–22.
- 1983. Männyn luontainen uudistaminen Lapissa. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 105: 57–71.

- 1987. Metsänviljelyn onnistuminen korkeilla alueilla. Julkaisussa: Saaremaa, H. & Poikajärvi, H. (toim.). Korkeiden maiden metsien uudistaminen. Ajankohtaista tutkimuksesta. Metsäntutkimuspäivät Rovaniemellä 1987. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 278: 17–27.
- Nygren, M., Ahonen, M., Koskinen, R., Kubin, E. & Mälkönen, E. 1997. Monimuotoinen metsänuudistaminen. Uudistamismenetelmien perustan tarkastelua. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 636. 40 s.
- Nyssonen, A. 1995. Väljennyshakkuut. *Folia Forestalia* 1995(4): 293–302.
- Oinonen, E. 1956. Männiköiden luontaisen uudistumisen edellytyksistä Lapin kangasmailla eräiden taimivaroja selvittävien inventointien valossa. *Metsätaloudellinen Aikakauslehti* 73: 225–230.
- , Sarvas, R. & Sirén, G. 1958. Lapin suojametsien käsittelyohjeet. Moniste. 23 s.
- Ojansuu, R. & Henttonen, H. 1983. Kuukauden keskilämpötilan, lämpösumman ja sademäärän paikallisten arvojen johtaminen ilmatieteen laitoksen mittastiedoista. Summary: Estimation of local values of monthly mean temperature, effective temperature sum and precipitation sum from the measurement made by the Finnish Meteorological Office. *Silva Fennica* 17(2): 143–160.
- Palén, T. & Lohi, T. 1999. Metsien käsittely Lapissa metsälain valvonnan ja puun tuotannon kannalta. Julkaisussa: Hyppönen, M., Jalkanen, R. & Aalto, T. (toim.). Onko Lapin metsätaloudella tulevaisuutta? Lapin Metsätalouspäivät 21.–22.1.1999. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 732: 19–25.
- Parviainen, J., Ruotsalainen, M. ja Sokkanen, S. 1984. Metsänviljelyn toimenpiteketjuja vertaileva laskentaohjelma ”Viljo”. MT 134. 66 s.
- Peltoniemi, T. 1991. Ylispuiden poisto konetyönä, miestyönä ja niiden yhdistelmänä. Review: Removal of seed and shelterwood trees mechanically, manually and by using combination of both. *Metsätehon katsaus* 18. 4 s.
- Pohtila, E. 1972a. Tulokset Perä-Pohjolan valtionmailla vuosina 1930–1945 tehdyistä kuusiviljelyistä. Summary: Results of spruce cultivation from 1930–1945 on state-owned lands in Perä-Pohjola. *Folia Forestalia* 156. 12 s.
- 1972b. Tutkimuksia aurattujen alueiden metsänviljelymenetelmistä Koillis-Suomessa. Tulokset vuosina 1967–68 tehdyistä männyn kylvö- ja istutuskokeista. Helsingin yliopisto, metsänhoitotieteen laitos. Tiedonantoja 6. 97 s.
- 1977a. Metsien rodullinen kokoonpano ja männyn siemenen siirrot Pohjois-Suomessa. *Metsä ja Puu* 10: 4–7.
- 1977b. Reforestation of ploughed sites in Finnish Lapland. Seloste: Aurattujen alueiden metsänviljely Lapissa. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 91. 100 s.
- 1979a. Lapin luonnonolot. Summary: The environmental conditions prevailing in Lapland. Julkaisussa: Leikola, M. & Pohtila, E. (toim.). Tutkimustoiminta Lapin metsien hoidon ja käytön suuntaajana. *Silva Fennica* 13(1A): 6–7, 41.

- 1979b. Tutkimustoiminnan nousu. Summary: The rise of research activity. Julkaisussa: Leikola, M. & Pohtila, E. (toim.). Tutkimustoiminta Lapin metsien hoidon ja käytön suuntaajana. *Silva Fennica* 13(1A): 10–13, 42–43.
- 1979c. 'Metsänviljelytalouden' läpimurto. Summary: The breakthrough in intensive forest management. Julkaisussa: Leikola, M. & Pohtila, E. (toim.). Tutkimustoiminta Lapin metsien hoidon ja käytön suuntaajana. *Silva Fennica* 13(1A): 18–19, 44–46.
- 1979d. 1960-luvun vastoinkäymiset. Julkaisussa: Leikola, M. & Pohtila, E. (toim.). Tutkimustoiminta Lapin metsien hoidon ja käytön suuntaajana. *Silva Fennica* 13(1A): 22–24, 46.
- 1980. Climatic fluctuations and forestry in Lapland. *Holarctic Ecology* 3: 91–98.
- 1990. Metsän uudistuminen Kivalon vanhoilla kaistalehakkuaaloilla. Summary: Forest regeneration of old strip cutting areas in Kivalo, Northern Finland. Julkaisussa: Leikola, M. & Koponen, A. (toim.). *Metsä Akatemiana. Professori Paavo Yli-Vakkuri 75 vuotta*. *Silva Fennica* 24(1): 105–122.
- 1995. Effect of site preparation on regeneration results in Lapland. Julkaisussa: Ritari, A., Saarenmaa, H., Saarela, M. & Poikajärvi, H. (toim.). Northern silviculture and management. Proc. IUFRO Working Party S1.05–12 Symposium, Lapland, Finland, 16–22 Aug. 1987. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 567: 105–110.
- & Pohjola, T. 1983. Vuosina 1970–1972 Lappiin perustettujen aurattujen alueiden viljelykokeen tulokset. Summary: Results from the reforestation experiment on ploughed sites established in Finnish Lapland during 1970–1972. *Silva Fennica* 17(3): 201–217.
- & Pohjola, T. 1985. Maan kunnostus männyn viljelyssä Lapissa. Summary: Soil preparation in reforestation of Scots pine in Lapland. *Silva Fennica* 19(3): 245–270.
- & Timonen, M. 1980. Suojametsäalueen viljelytaimikot ja niiden varhaiskehitys. Summary: Scots pine plantations and their early development in the protection forests of Finnish Lapland. *Folia Forestalia* 453. 18 s.
- & Valkonen, S. 1985. Varttuneiden viljelytaimikoiden tila Lapin piirimetsälautakunnan alueen yksityismetsissä. Summary: Development and condition of artificially regenerated pine and spruce sapling stands in the privately owned forests of Finnish Lapland. *Folia Forestalia* 631. 19 s.
- Pukkala, T. 1987a. Kuusen ja männyn siemensadon ennustemalli. Abstract: A model of predicting the seed crop of *Picea abies* and *Pinus sylvestris*. *Silva Fennica* 21(2): 135–144.
- 1987b. Simulation model for natural regeneration of *Pinus sylvestris*, *Picea abies*, *Betula pendula* and *Betula pubescens*. Tiivistelmä: Männyn, kuusen ja koivun luontaisen uudistamisen simulointimalli. *Silva Fennica* 21(1): 37–53.
- & Kolström, T. 1992. A stochastic spatial regeneration model for *Pinus sylvestris*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 7(3): 377–385.

- Punkkinen, E. 1982. Männyn luontaisen uudistamisen onnistuminen muokatuilla mailla Etelä-Lapissa. Metsänhoitotieteen laudaturtyö. Helsingin yliopisto. 76 s.
- Renvall, A. 1912. Die periodischen Erscheinungen der Produktion der Kiefer an der polaren Waldgrenze. *Acta Forestalia Fennica* 1(2). 154 s.
- 1919. Suojametsäkysymyksestä 1–6. *Acta Forestalia Fennica* 11. 654 s.
- Ryytänen, M. 1982. Individual variation in seed maturation in marginal populations of Scots pine. *Silva Fennica* 16(2): 185–187.
- Räsänen, A. A. 1938. Metsien uudistamisesta Perä-Pohjolassa. Referat: Die Verjüngung der Wälder in Nordfinnland. *Silva Fennica* 52: 140–150, 292–293.
- Räsänen, P. 1992. Maanmuokkauksen vaikutus männyn luontaiseen uudistamiseen Metsä-Lapissa. Tutkielma. Joensuun metsä- ja puutalousoppilaitos. 16 s.
- Räsänen, P. K., 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.
- Saarenmaa, H. & Poikajärvi, H. (toim.). 1987. Korkeiden maiden metsien uudistaminen. Ajankohtaista tutkimuksesta. Metsäntutkimuspäivät Rovaniemellä 1987. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 278. 179 s.
- Saarenmaa, L. 1992. Induktiivinen oppiminen metsänviljelyn tietokannan tulokinnassa. Metsähallituksen metsänhoitotöiden kirjanpitoaineistoon perustuva tutkimus. Summary: Inductive learning in knowledge acquisition from the forest regeneration database. A study based on the data collected by the National Board of Forestry. Helsingin yliopiston metsäekologian laitoksen julkaisuja 3. 144 s.
- & Leppälä, T. 1995. Fill-in seedlings in constituting the stocking of Scots pine stands in northern Finland. *Silva Fennica* 29(2): 141–150.
- Saksa, T., Hyppönen, M. & Valkonen, S. 1998. Miten suhtautua alikasvoksiin. Julkaisussa: Moilanen, M. & Saksa, T. (toim.). Alikasvokset metsänuudistamisessa. Varjosta valoon. *Pihlaja-sarja* 3: 77–84.
- Sarvas, R. 1937. Kuloalojen luontaisesta metsittymisestä. Pohjois-Suomen kivililla kankailla suoritettu metsäbiologinen tutkielma. Referat: Über die natürliche Bewaldung der Waldbrandflächen. Eine waldbiologische Untersuchung auf den trockenen Heideböden Nord-Finnlands. *Acta Forestalia Fennica* 46. 147 s.
- 1949. Siemenpuuhakkuu männikön uudistushakkuuna Etelä-Suomessa. Summary: Seed-tree cutting as a regeneration method in Scots pine forests of Southern Finland. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 37(6). 43 s.
- 1950. Tutkimuksia Perä-Pohjolan harsimalla hakattujen yksityismetsien luontaisesta uudistumisesta. Summary: Investigations into the natural regeneration of selectively cut private forests in northern Finland. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 38(1). 95 s.

- 1952. Pohjois-Suomen kuivien kangasmetsien ekologiasta. Summary: On the ecology of dry moss-lichen forests in North Finland. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 41(1). 27 s.
- 1962. Investigations on the flowering and seed crop of *Pinus silvestris*. Summary: Selostus: Tutkimuksia männyn kukkimisesta ja siemensadosta. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 53(4): 7–198.
- 1964. Havupuut. WSOY. Porvoo–Helsinki. 518 s.
- Sirén, G. 1952. Havaintoja Peräpohjolan valtionmailla vuosina 1948–50 suoritetuista männynkylvöistä. Summary: Observations on pine sowings on state-owned lands in Peräpohjola (Far North) in 1948–1950. *Silva Fennica* 78. 30 s.
- 1955a. Lapin metsien tuotantomahdollisuudet. Julkaisussa: Kauhanen, V.-M. (toim.). Lapin metsien mahdollisuudet. Suomen Metsänhoitajaliitto. Kirjapaino Oy Libris, Helsinki. Sivut 132–141.
- 1955b. The development of spruce forest on raw humus sites in northern Finland and its ecology. Seloste: Pohjois-Suomen paksusammalkankaiden kuusimetsien kehityksestä ja sen ekologiasta. *Acta Forestalia Fennica* 62(4). 408 s.
- 1957. Lentokonekylvön tulokset. *Metsätaloudellinen aikakauslehti* 75(10): 305–309.
- 1965. Lapin metsänhoidon suuntaviivat. Synopsis: Trends of forestry in Lapland. Lapin tutkimusseuran vuosikirja VI/1965: 20–34.
- 1995. Reforestation experiments at the pine timberline in northernmost Finland. Julkaisussa: Ritari, A., Saarenmaa, H., Saarela, M. & Poikajärvi, H. (toim.). Northern silviculture and management. Proc. IUFRO Working Party S1.05–12 Symposium, Lapland, Finland, 16–22 Aug. 1987. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 567: 249–260.
- Solin, P. 1970. Männyn istutuksen antamista tuloksista Lapin piirimetsälautakunnan alueen eteläosissa. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitoksen tiedonantoja 3. 69 s.
- Sundkvist, H. 1994. Extent and causes of mortality in *Pinus sylvestris* advance growth in Northern Sweden following overstorey removal. *Scandinavian Journal of Forest Research* 9: 158–164.
- Suoheimo, J. 1982. Männyn luontainen uudistaminen siemen- ja suojuspuumenetelmällä Metsä-Lapissa. *Laudaturtyö*. Helsingin yliopisto. 77 s.
- Terti (Hertz), M. 1937. Metsien luontaisen uudistumisen edistämisestä. Referat: Über die Förderung der natürlichen Verjüngung der Wälder. *Metsänhoitajien jatkokurssit* 1935. *Silva Fennica* 39: 87–96, 302–303.
- Tillman-Sutela, E. 1995. Structural and seasonal aspects on the imbibition and germination of northern conifer seeds. *Acta Universitatis Ouluensis A* 266. 28 s.
- Tynys, T. 1977. Luontaisen uudistamisen antamia tuloksia Lounais-Suomen piirimetsälautakunnassa. *Metsäntutkimuslaitos, metsänhoidon tutkimusosasto*. Moniste. 79 s.
- Vaartaja, O. 1951. Alikasvosasemasta vapautettujen männyn taimistojen toipumisesta ja merkityksestä metsänhoidossa. Summary: On the recovery

- of released pine advance growth and its silvicultural importance. *Acta Forestalia Fennica* 59(1). 133 s.
- Valkonen, S. 1992. Metsien uudistaminen korkeilla alueilla Pohjois-Suomessa. Summary: Forest regeneration at high altitudes in Northern Finland. *Folia Forestalia* 791. 84 s.
- 2000. Kuusen taimikon kasvattamisen vaihtoehdot Etelä-Suomen kivennäismailla: Puhdas kuusen viljelytaimikko, vapautettu alikasvos ja kuusikoivusekataimikko. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 763. 83 s.
- , Ruuska, J. & Siipilehto, J. 2001. Mäntysäästöpuut männyntaimikoissa – aukkoisuutta, kasvutappioita vai laatua? *Metsätieteen aikakauskirja* 1/2001: 55–59.
- Valtakunnan metsänuudistamisen inventointi 1979. Kenttätöiden ohjeet. Metsäntutkimuslaitos, metsänhoidon tutkimusosasto, Helsinki. 32 s.
- Valtanen, J. 1994. Männyn luontainen uudistaminen Keski-Pohjanmaalla. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 503. 65 s.
- 1998. Männyn luontainen uudistaminen siemenpuumenetelmällä. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 693. 77 s.
- Varmola, M. 1996. Nuorten viljelymänniköiden tuotos ja laatu. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 585. 70 s.
- 2000. Saatteeksi. Julkaisussa: Varmola, M. & Virtanen, E. (toim.). Uusien metsänkäsittelyohjeiden toimivuus Pohjois-Suomessa. Tutkimusseminaari 11.–12.5.1999 Rovaniemellä. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 786: 5–7.
- Volkov, A. D., Sokovets, V. I. & Ananiev, V. A. 2000. The role of coniferous understorey in stand formation on clear-cut areas in the Taiga zone of the Russian Northwest. Julkaisussa: Mälkönen, E., Babich, N. A., Krutov, V. I. & Markova, I. A. (toim.). 2000. Forest Regeneration in the Northern Parts of Europe. Proceedings of the Finnish-Russian Forest Regeneration Seminar in Vuokatti, Finland, Sept. 28<sup>th</sup>–Oct. 2<sup>nd</sup>, 1998. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 790: 59–63.
- Wall, A. & Kubin, E. 2000. Maanmuokkaustavan ja maalajin vaikutus männyn hajakylvön onnistumiseen. *Metsätieteen aikakauskirja* 1/2000: 5–17.
- Woodhouse, G., Rasbash, J., Goldstein, H. & Yang, M. 1993. Introduction to multilevel modelling. Julkaisussa: Woodhouse, G. (toim.). A guide to ML3 for new users. Second edition. Multilevel models project. Institute of Education, University of London. Sivut 9–54.
- Yli-Vakkuri, P. 1961. Kokeellisia tutkimuksia taimien syntymisestä ja ensi kehityksestä kuusikoissa ja männiköissä. Summary: Experimental studies on the emergence and initial development of tree seedlings in spruce and pine stands. *Acta Forestalia Fennica* 75(1). 122 s.
- Zasada, J., Sharik, T. & Nygren, M. 1992. The reproductive process in boreal forest trees. Julkaisussa: Shugart, H. H., Leemans, R. & Bonan, G. B. (toim.). A systems analysis of the global boreal forest. Cambridge University Press. ISBN 0-521-40546-7. Sivut 85–123.

# Summary: Regeneration of Scots pine using the seed-tree method in Finnish Lapland

## *Introduction*

Finnish Lapland is located at the top of northern Europe and, as a result, it has a harsh climate characterised by cold, humid conditions. However, owing to the warming influence of the Gulf Stream, the climate in the region is milder than that at corresponding latitudes in Siberia and Canada. Thus, in spite of its rather extreme climate and location, commercial forestry is practiced intensively in Lapland. As Lapland covers a rather large area, there are considerable differences in the local climate, and the annual variation is also high. These variations in the climate strongly influence the success of forest regeneration by restricting the frequency of good seed years and successful seedling establishment.

The regeneration of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) by natural means increased strongly in Finnish Lapland in the beginning of the 1990's. The main reasons for this development were the public pressure to take environmental viewpoints into account, the need to reduce regeneration costs, and the decrease in state support for private forestry during the economic turndown in the 1990's. The current widespread use of natural regeneration in practice has also increased the need for new research, because the regeneration studies carried out during the last few decades have mainly focused on artificial regeneration. Information is especially needed about the occurrence of naturally developed understoreys (advance growth) and the possibility of utilizing them in forest regeneration, the success of natural regeneration using the seed-tree method in practice, the effect of soil preparation on seedling establishment, the effect of climatic and site factors on seed yield and seedling establishment, the time required for successful natural regeneration, the usability of a combination of direct seeding and natural regeneration, and the damage caused to the regeneration when the seed trees are eventually removed. The purpose of this study was to investigate these issues.

## *Materials and methods*

The study consists of five articles on the natural regeneration of Scots pine using the seed-tree method based on two soil preparation experiments and three surveys of practical regeneration areas. The

individual experiments were situated in the southern part of Lapland, but the surveys were carried out throughout the whole of Lapland, apart from the north-eastern part. The regeneration result was estimated on the basis of density, spatial distribution, tree species and the size distributions of the seedling stands, as well as on their quality. Variance analysis, regression analysis and mixed models were used in the data analyses. The factors effecting on the regeneration result were studied by constructing explanatory models for density, spatial distribution and height development. Mixed models have not, to the author's knowledge, been earlier used for analysing regeneration survey data.

## *Results*

The occurrence and usability of naturally developed pine understoreys were investigated by surveying a sample of seedling stands with an overstorey marked for final cutting. According to the history of the parent stands, about half of the seedling stands had developed as advance growth, and half as a result of natural regeneration using the seed-tree method. There were no differences in the density, spatial distribution and development potential between the understoreys and the seed-tree seedling stands.

In spite of the good regeneration potential of pine, the seed-tree method does not appear to have been used successfully in private forests during the 1960–1980's. Regeneration failed on 48% of the area of the studied seed-tree stands, and succeeded satisfactorily or well on only 27% of the regeneration area. The main reason for the poor results was the lack of soil preparation. There were significantly more seedlings on prepared areas than on the non-prepared sites. Without soil preparation regeneration was not sufficiently successful on moist and even sub-dry upland forest sites, whereas on the prepared sites regeneration was in most cases satisfactory or good. The beneficial effect of soil preparation lasted for about ten years. Stoniness and a thick humus layer weakened the result. Altitude had a negative influence and the effective temperature sum a positive effect on the regeneration result.

An interval of seven years since regeneration felling proved to be enough time for satisfactory seedling establishment on prepared moist and sub-dry upland sites, on the average, if the temperature sum was more than 700 dd. However, there was large variation in the results. Synchronizing soil preparation with a predicted good seed yield was of great importance. The regeneration result could be improved by direct seeding of the prepared regeneration areas.

The final cutting of seed trees did not seem to be particularly problematic from the viewpoint of seedling damage, in spite of the special conditions in Lapland.

### *Discussion and conclusions*

The relative abundance of viable understoreys in Lapland was rather surprising. It would appear that the natural regeneration potential of Scots pine is rather good on dry upland forest sites, and advance growth is of great importance for the natural regeneration of pine. The utilization of advance growth saves time and costs, and the formation and development of advance growth in a stand to be regenerated can be promoted by thinning the parent stand about ten years before regeneration felling.

The fact that natural regeneration has failed so often in practice is mainly due to the lack of soil preparation. On the prepared regeneration areas the regeneration result was usually good or satisfactory. Soil preparation had the greatest effect on the regeneration result on moist upland sites, but it was also beneficial on sub-dry sites. Without soil preparation it is almost impossible to regenerate moist upland sites naturally. The duration of the soil preparation effect gives some scope for synchronizing soil preparation with a predicted good seed yield. In addition, if a good seed year is not predictable, regeneration can be speeded up by means of direct seeding.

Although high altitude and a low effective temperature sum have a negative effect on seedling establishment, a time lag of seven years from seed-tree felling seems to be just sufficient for the satisfactory regeneration of dry upland sites and prepared moist and sub-dry upland sites if the temperature sum is at least 700 dd. If the temperature sum is less than 700 dd, then regeneration seems to require considerably more time.









Mikko Hyppönen



Juha Hyvönen

Mikko Hyppönen ja Juha Hyvönen

## Ylispuustoisten mäntytaimikoiden syntyhistoria, rakenne ja alku- kehitys Lapin yksityismetsissä

**Hyppönen, M. & Hyvönen, J.** 2000. Ylispuustoisten mäntytaimikoiden syntyhistoria, rakenne ja alkukehitys Lapin yksityismetsissä. *Metsätieteen aikakauskirja* 4/2000: 589–602.

Tutkimuksessa selvitettiin ylispuuhakkuuta varten leimattujen mänty-ylispuutaimikoiden syntyhistoriaa, rakennetta ja alkukehitystä silloisen Lapin metsälautakunnan alueen yksityismetsissä. Tarkoitusta varten inventoitiin 55 ylispuustoista mäntytaimikkoa linjoittaista ympyräkoelä-  
arviointia käyttäen.

Noin puolet (49 %) taimikoista oli syntynyt alikasvoksena ilman uudistamistarkoitusta ja 44 % luontaiseen uudistamiseen tähtäävän siemenpuuhakkuun tuloksena. Neljä taimikkoa (7 %) oli viljelty siemenpuuston alle. Alikasvotaimikoissa ylispuujaksojen aiempi käsittely oli useimmiten ollut epäsäännöllistä, eikä hakkuutapaa pystytty määrittelemään tavanomaisin hakkuuta kuvaavien termein.

Alikasvotaimikoiden tiheys, tilajärjestys ja kasvatuskelpoisuus eivät eronneet siemenpuuhakkuun tuloksena syntyneiden taimikoiden vastaavista taimikotunnuksista. Siemenpuutaimikot olivat kuitenkin elinvoimaisempia, ja niiden pituuskehitys oli nopeampaa kuin alikasvotaimikoiden.

Noin neljännos taimikoista oli taimien keski-ään perusteella syntynyt ennen ylispuuston edellistä hakkuuta. Taimien ikävaihtelun perusteella taimikot olivat yleensä syntyneet pitkän ajan kuluessa. Siemenpuuhakkuun ja ylispuuhakkuun välinen aika oli siemenpuutaimikoissa keskimäärin 22 vuotta. Vastaava hakkuiden välinen aika alikasvotaimikoissa oli 33 vuotta. Muokkaus lyhensi uudistusaisiaka siemenpuutaimikoissa.

Tutkimuksen tulokset vahvistavat aikaisempia käsityksiä, joiden mukaan männyn luontainen uudistumiskyky Lapissa on hyvä, ja mäntyalikasvokset ovat usein metsänuudistamiseen kelpollisia.

Asiasanat: Mänty, luontainen uudistaminen, alikasvos, siemenpuuhakkuu, ylispuuhakkuu  
Yhteystiedot: Metla, Rovaniemen tutkimusasema, Eteläranta 55, 96300 Rovaniemi  
Puhelin (016) 336 411, faksi (016) 336 4640, sähköposti mikko.hypponen@metla.fi  
Hyväksytty 8.11.2000

## I Johdanto

Suomen oloissa metsän luontainen sukessio perustuu häiriö- tai muutostekijöihin, joiden seurauksena yksittäisiä puita, puuryhmiä tai metsiköitä tuhoutuu muodostaen pieniä tai suuria aukkoja (esim. Kalela 1948, 1950, Lehto 1956, Kuuluvainen 1994). Luonnonolosuhteissa metsikössä jo olevasta tai aukkoihin syntyvästä taimiaineksesta ja alikasvoksesta kehittyy tuleva puusukupolvi. Taimiaineksen eloonjänti ja kehittyminen riippuu etenkin kasvutilasta (Aaltonen 1919, Sarvas 1937, Vaartaja 1951). Luontainen taimiaineksestä syntyy usein runsaan puuston alle (Aaltonen 1919, Kalela 1950, Hagner 1962, Sirén 1965). Suuri osa taimiaineksestä ja taimista häviää erityisesti syntymisen jälkeisinä vuosina, mutta voi säilyä elossa sulkeutuneenkin puuston alla (esim. Yli-Vakkuri 1961, Ackzell 1993). Taimiaineksestä syntyy myös koko ajan lisää uusien siemensatojen vaikutuksesta ja siemenen jälki-itämisen tuloksena (esim. Lassila 1920, Sarvas 1937, Sirén 1961, Skoklefeld 1995).

Pohjoisessa levinneisyytensä äärialueilla mänty ei aina pysty tuottamaan kypsää siementä (Henttonen ym. 1986), vaikka jonkin verran itävää siementä syntyykin lähes joka vuosi (Heikinheimo 1932, 1937). Merkittävät männyn siemenvuodet toistuvat metsänrajan eteläpuolella kuitenkin harvoin ja metsänrajalla vain muutamana kerran vuosisadassa (esim. Renvall 1912, Lakari 1915, Sarvas 1937, 1950, Sirén 1961, 1995, Pohtila 1980a, Henttonen ym. 1986). Maaston korkeus vaikuttaa negatiivisesti siemensatojen toistumiseen ja määrään sekä taimettumiseen ja taimien eloonjäntiin (esim. Hagner 1962, 1965, Pohtila ja Pohjola 1983, Kubin ym. 1997). Lapissa metsän uudistuminen riippuu ratkaisevasti lämpö- ja kosteusoloista (esim. Sirén 1952, Pohtila ja Pohjola 1985).

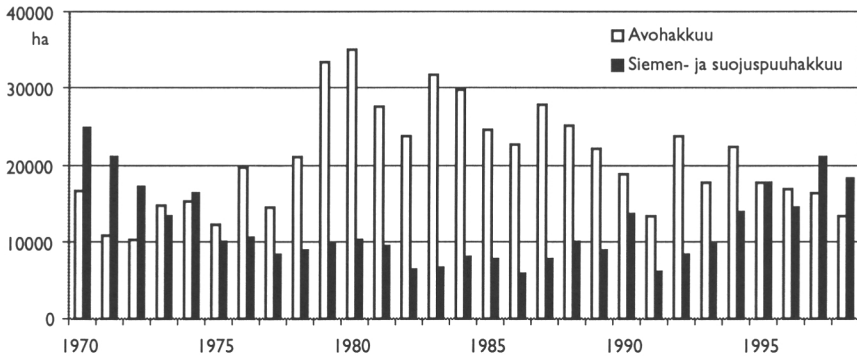
Siemensatojen vaihtelusta huolimatta männyn luontainen uudistumiskyky on todettu Pohjois-Suomessa kuitenkin suhteellisen hyväksi, vaikka uudistuminen on hidasta (esim. Aaltonen 1919, Lehto 1969). Niinpä Pohjois-Suomen mäntyvaltaisissa metsissä onkin usein valmista, metsän uudistamiseen käyttökelpoista *mäntyalikasvosta* jo ennen uudistushakkuuta (Sarvas 1937, 1950, Vaartaja 1951, Oinonen 1956, Mikola 1966). Alikasvostaimikoihin on usein suhtauduttu varovasti ja epäilevästi.

Syynä varovaisuuteen ovat olleet epätietoisuus alikasvoksen elpymisestä, taimien huono ulkomuoto sekä huomattava pituusvaihtelu, aukkoisuus ja ryhmittäisyys (esim. Hyppönen ym. 1998). Alikasvoksia esiintyy myös muualla Euroopan pohjoisosissa (esim. Vaartaja 1951, Sundkvist 1994a, Listov ym. 1995).

Metsien rakennetta ja puulajikoostumusta ohjaa luonnonsukcession lisäksi ihmisen toiminta (Kalela 1948, 1950). *Siemenpuumenetelmä* on todettu männyn luontaiseen uudistamiseen soveltuvaksi uudistamismenetelmäksi Pohjois-Suomessa ja Lapissa (Sarvas 1937, Lehto 1969, Punkkinen 1982, Suoheimo 1982, Valtanen 1998). Uudistettava metsikkö käsitellään siemenpuuhakkuulla niin, että uudistusosalalle jää 50–150 kpl siemenpuita hehtaaria kohti. Menetelmään kuuluu myös uudistusalan raivaus ja tarvittaessa maan paljastaminen äestämällä tai laikkamalla. Maan paljastaminen on usein välttämättömyyttä erityisesti niillä kasvupaikoilla, joissa on paksu raakahumus (esim. Hagner 1962, 1965, Lehto 1969, Bergan 1981, Valtanen 1998). Luontaista uudistamista voidaan edistää siemenpuuhakkuuta edeltävällä väljennyshakkuulla (esim. Metsänhoitosuositukset 1990, Nyyssönen 1995). Friesin (1979) mukaan väljennyshakkuu on tarpeen erityisesti hoitamattomissa männiköissä. Taimia syntyy siemenpuualalle myös reunametsästä leviävistä siemenistä (esim. Fern ja Sepponen 1981).

Pohjois-Lapissa männiköt uudistetaan monesti *luontaisen uudistamisen ja metsänviljelyn yhdistelmänä*, jolloin metsikkö siemenpuuhakkuun, raivauksen ja muokkauksen jälkeen kylvetään tai joskus istutetaan (Metsänhoitosuositukset 1990). Siemenpuut poistetaan ylispuuhakkuussa taimikon synnyttyä.

Luontaiseen uudistamiseen tähtäävien männyn siemenpuuhakkuiden ja kuusen suojuspuuhakkuiden osuus Lapin uudistushakkuupinta-alasta oli 1970-luvun alussa noin 40 %, jonka jälkeen osuus pieneni 1980-luvun puoliväliin mennessä 25–30 %:iin uudistushakkuualasta. Sen jälkeen luontaiseen uudistamiseen tähtäävät hakkuut alkoivat taas lisääntyä, ja 1990-luvun loppupuolella niiden osuus on ollut noin puolet uudistushakkuupinta-alasta (kuva 1). Valtaosa luontaisesti uudistettavista metsiköistä on ollut mäntyvaltaisia. Siemen- ja suojuspuiden poistohakkuuta ja muita ylispuuhakkuuta



**Kuva 1.** Uudistushakkuiden pinta-ala Lapissa vuosina 1970–1998 kaikkien omistajien metsissä. Kuusamon kunnan luvut eivät ole mukana aikasarjoissa kolmena viimeisenä vuotena.

Lapissa on tehty 1990-luvulla keskimäärin 10 000–12 000 ha vuodessa (Metsätilastolliset vuosikirjat 1971–1999). Tilastoista ei selviä, kuinka suuri osa ylispuuhakkuista on ollut siemenpuiden poistoa ja kuinka suuri osa emopuiden poistoa alikasvoksena syntyneiden taimikoiden päältä.

Lapissa metsien luontaiseen uudistamiseen liittyvää tutkimustietoa ei ole ollut riittävästi saatavissa. Tiedon tarvetta on lisännyt luontaiseen uudistamiseen tähtäävien hakkuiden nopea lisääntyminen 1990-luvun loppupuolella (Palén ja Lohi 1999). Tämän tutkimuksen tarkoituksena on tuoda lisää valaistusta männyn luontaisen uudistamisen ongelmiin tarkastelemalla Lapin länsiosan yksityismetsien mäntyvaltaisten ylispuutaimikoiden metsikköhistoriaa, rakennetta ja alkukehitystä. Tarkoituksena oli selvittää

- 1) miten tutkimuksen kohteina olevat mänty-ylispuutaimikot ovat syntyneet,
- 2) miten ja milloin luontaisesti syntyneiden taimikoiden ylispuujaksoja on aiemmin käsitelty ja mikä on ylispuustojen rakenne ennen ylispuuhakkuuta,
- 3) millainen on luontaisesti syntyneiden ylispuutaimikoiden rakenne ja alkukehitys (tiheys, tilajärjestys, elinvoimaisuus, kasvatuskelpoisuus, ikä, pituuskehitys ja syntyaika) sekä
- 4) mitkä tekijät ovat vaikuttaneet luontaisesti syntyneiden ylispuutaimikoiden rakenteeseen ja alkukehitykseen. Erityisesti kiinnitetään huomiota siihen, onko taimikoiden syntytavalla ollut vaikutusta rakenteeseen ja alkukehitykseen.

## 2 Aineisto ja menetelmät

### 2.1 Aineisto

Perusjoukkona käytettiin silloisen Lapin metsälautakunnan alueen yksityismetsien leimausluettelon mukaisia ylispuuleimikoita vuodelta 1990. Luettelosta valittiin ositettua systemaattista otantaa käyttäen (ositteena kunta) 55 ylispuustoista mäntytaimikkoa tutkimuskohteiksi (kuva 2). Taimikot inventoitiin vuosina 1991–1993.

Koko taimikkoa koskevia *yleismuuttujia* olivat sijaintikunta, pinta-ala, korkeus merenpinnasta, lämpösomma, kasvupaikkatyyppi, kivisyys ja soistuneisuus sekä tehtyjen uudistamistöiden (raivaus, muokkaus, mahdollinen viljely) ajankohta. Ylispuujaksosta määritettiin lisäksi edellisen hakkuun ajankohta sekä hakkuutapa ja -poistuma (m<sup>3</sup>/ha). Tehtyjen uudistamistöiden ja ylispuuston aiemman käsittelyn perusteella määritettiin taimikon synty tapa: 1 = uudistunut luontaisesti alikasvoksena ilman uudistamistarkoitusta, 2 = uudistettu luontaisesti siemen- tai suojuspuuhakkuuta käyttäen, 3 = uudistettu viljelemällä siemenpuuston alle. Alikasvoksena syntyneitä taimikoita kutsutaan jäljempänä alikasvostaimikoiksi ja siemen- ja suojuspuuhakkuun tuloksena syntyneitä taimikoita siemenpuutaimikoiksi. Viljelemällä uudistetut taimikot jätettiin uudistamistavan selviämisen jälkeen lähemmän tarkastelun ulkopuolelle, koska mielenkiinnon kohteina olivat ainoastaan luontaisesti syntyneet taimikot. Lo-

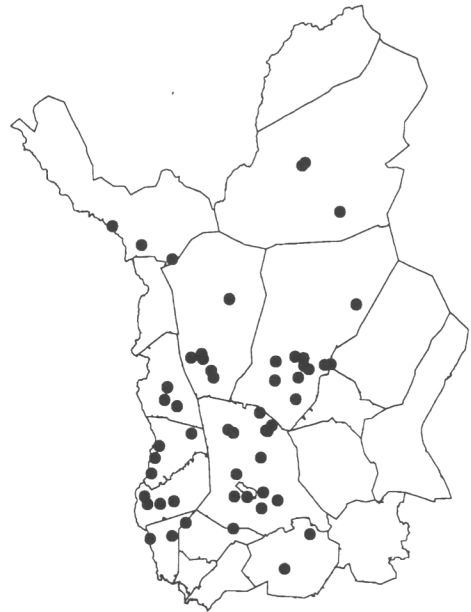
pullinen inventoitu aineisto käsitti näin ollen 51 taimikkoa. Metsikköhistorian selvittämiseksi käytettiin maastohavainnointia ja -mittauksia sekä asiakirjoja. Lisäksi hyödynnettiin paikallisten metsäammattilaisten ja metsänomistajien paikallistunte-  
musta.

Taimikoiden inventointimenetelmänä oli systemaattinen koeala-arviointi, jossa linjat vedettiin muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta itä-länsi-suunnassa. Taimet mitattiin 10 m<sup>2</sup>:n koealoilta. Ensimmäinen koeala mitattiin puolen koealavälin päästä taimikon reunasta. Linja- ja koealaväli määräytyi taimikon pinta-alan mukaan seuraavasti:

Taimikon pinta-ala, ha	Linja- ja koealaväli, m	Koealojen lukumäärä, kpl
–2,5	20	12– 63
2,6–10,0	30	29–110
10,1–25,0	40	63–156

Taimikoista mitattiin yhteensä 1643 koealaa. Koealoja oli keskimäärin 36 kpl taimikkoa kohti. *Koealoilta* määritettiin yli 10 cm pitkien taimien kokonaismäärä ja kehityskelpoisten taimien määrä puulajeittain sekä kehityskelpoisten taimien aritmeettinen keskipituus ja -ikä koealalla. Yksittäisen taimen ikä laskettiin vuosikasvaimien perusteella. Kehityskelpoisiksi taimiksi valittiin kuntosaa ja laatunsa puolesta parhaat, yli 10 cm:n pituiset taimet ja niitä sai olla enintään viisi yhdellä koealalla. Määrä vastaa 5000 taimen hehtaaritihyettä. Taimien etäisyyden tuli olla vähintään 80 cm toisistaan (ks. Pohtila 1980b). Taimien tuli sopeutua koealalla ja siinä osassa taimikkoa, jossa koeala sijaitsi, pituutensa ja kuntosaa puolesta ympäröivään taimikkoon. Tässä sovellettiin Valtakunnan metsänuudistamisen inventoinnin (1979) kenttätöiden ohjeita. Taimien tuli myös puulajin puolesta sopia kasvupaikalle Lapin metsälautakunnan metsänhoitosuosituksen (1990) mukaisesti. Taimikon elinvoimaisuus määritettiin koealoilta tehtyjen havaintojen perusteella silmävaraisesti käyttämällä asteikkoa: 1 = terve ja elinvoimainen, 2 = hieman heikentynyt (esim. varjostus, kilpailu), 3 = lieviä vaurioita ja tuhoja ja 4 = tuntuvia tuhoja.

Joka viidennen koealan keskipisteestä mitattiin varsinaisten koealamittausten lisäksi ylispuuston keskipituus, pohjapinta-ala, tilavuus ja runkoluku



**Kuva 2.** Tutkimusmetsiköiden sijainti.

sekä lähimmän mänty-ylispuun etäisyys koealan keskipisteestä. Lisäksi määritettiin taimiaineksen määrä puulajeittain sekä maalaji, kivisyys ja humuksen paksuus neliömetrin erikoiskoealalta.

Inventoitujen, luontaisesti syntyneiden taimikoiden yhteispinta-ala oli 130,9 ha. Taimikoiden keskipinta-ala oli 2,6 ha pienimmän ollessa 0,3 ha ja suurimman 14,4 ha. Taimikot sijaitsivat keskimäärin 170 m:n korkeudella merenpinnan yläpuolella vaihteluvälin ollessa 70–330 m. Taimikoiden sijaintipaikan lämpösomma (vuosien 1941–1970 tehoisan lämpösunnan keskiarvo) oli keskimäärin 832 dd-yksikköä, alimmillaan 650 dd ja enimmillään 970 dd. Taimikoista kaksi kasvoi tuoreella, 41 kuivahkolla ja kahdeksan kuivalla kankaalla. Viidennes taimikoista luokiteltiin soistuneiksi. Kivisyysrassin painuma oli keskimäärin 21,5 cm mitattuna Viron (1958) esittämällä tavalla. Humuksen paksuus taimikoissa oli keskimäärin 6 cm vaihdellen välillä 1–13 cm. Kolmessa soistuneen kankaan taimikossa oli yli 20 cm:n turvekerros. Erikoiskoealoilta kenttämenetelmin (ks. Taskupainos... 1990) määritetty maalajijakauma oli seuraava (n = 327):

	kpl	%
Sora ja hiekka	59	18,6
Hiekkamoreeni	182	57,4
Hieta	33	10,4
Hietamoreeni	32	10,1
Hiesu ja hiesumoreeni	1	0,3
Turve	10	3,2

Siemenpuutaimikoissa uudistusala oli raivattu 16 tapauksessa 24:sta (67 %). Muutamassa tapauksessa raivauksen tekemisestä ei saatu varmuutta, jolloin kysymyksessä oli puuttuva havainto. Maanpintaa oli käsitelty kuudessa metsikössä (25 %). Raivauksesta oli kulunut aikaa keskimäärin 19 vuotta ja muokkauksesta 10 vuotta.

## 2.2 Aineiston käsittely

Aineiston analysoinnissa havaintoyksikkönä käytettiin taimikkoa. Osa muuttujista oli taimikkoa koskevia yleismuuttujia. Lisäksi taimikkotasoisia muuttujia muodostettiin laskemalla koealoista keskiarvoja ja variaatiokertoimia. Tutkimuksen tarkoituksen kohdissa 1–3 mainittuja muuttujia analysoitiin tunnusluvuin ja taulukoin. Taimikon sisäistä eli koealojen välistä vaihtelua kuvattiin yleensä variaatioeli vaihtelukertoimella, jossa keskihajonta suhteutetaan keskiarvoon, mikä mahdollistaa havaintoarvojen suuruusluokaltaan erilaisten aineistojen tai muuttujien hajonnan vertailun (esim. Helenius 1989). Taimikon sisäistä ikävaihtelua tarkasteltiin kuitenkin vaihteluvälin avulla.

Tutkimuksen tarkoituksen kohdan 4 vaikutuksia analysoitiin  $\chi^2$ -testillä ja regressioanalyysillä. Järjestysasteikollisten muuttujien jakaumien eroja eri syntytaivoilla uudistuneissa taimikoissa testattiin  $\chi^2$ -testillä. Syntyvän mahdollista vaikutusta jatkuviin muuttujiin tutkittiin puolestaan regressioanalyysillä, koska samalla haluttiin löytää jonkinlaiset selitysmallit vastemuuttujille. Koska tutkimus oli epäkokeellinen, selitysmallien luotettavuuteen on suhtauduttava varauksin. Mahdollisina selittäjinä oli syntyvän lisäksi muita kaksiluokkaisia ja jatkuvia muuttujia. Askeltavaa regressiota käytettiin mallin selittäjien alustavaan valintaan. Lopullinen malli perustui kuitenkin harkintaan siten, etteivät selittäjät korreloineet keskenään. Regressioanalyysin jakaumaoletuksia tutkittiin residuaalien avulla.

Vakiovarianssisuusoletuksesta jouduttiin joissakin malleissa tinkimään, koska vastemuuttujille ei haluttu tehdä tulkintavaikkeitä aiheuttavia muunnoksia.

Taimikoiden tilajärjestystä tutkittiin tyhjen koealojen suhteellisen osuuden perusteella määritetyn aukkoisuuden perusteella. Kunkin taimikon kasvatuskelpoisuusluokkaa määritettiin taimikon aukkoisuuden ja kehityskelpoisten taimien määrän (kpl/ha) perusteella (esim. Hyppönen 2000):

Kasvatuskelpoisuusluokka	Taimia vähintään kpl/ha	Tyhjiä koealoja enintään, %
Hyvä	2000	13
Tyydyttävä	1200	30
Välttävä	500	60
Huono	–	100

## 3 Tulokset

### 3.1 Taimikoiden syntytaapa sekä ylispuujaksojen aiempi käsittely ja rakenne

Lähes puolet (49 %) ylispuutaimikoista oli syntynyt alikasvoksena ilman luontaiseen uudistamiseen tähtäävää hakkuuta (taulukko 1). Hieman vähemmän taimikoita (44 %) oli syntynyt siemen- tai suospuuhakkuuta käyttäen. Muutama taimikko oli syntynyt siemenpuuston alle kylvään tai istuttaen. Siemenpuuhakkuun tuloksena syntyneiden taimikoiden ja viljelytaimikoiden ylispuustoa oli käsitelty siemenpuuhakkuin (taulukko 1). Alikasvotaimikoiden ylispuustoa oli sen sijaan useimmiten (15 taimikkoa) käsitelty epäsäännöllisin, epämääräisin hakkuin, joille ei pystytty määrittämään tarkoitusta metsätaloudessa käytetyin hakkuutavoin.

Alikasvotaimikoissa ylispuujaksoon kohdistuvasta edellisestä hakkuusta oli kulunut keskimäärin enemmän aikaa, ja hakkuupoistuma oli ollut keskimäärin pienempi kuin siemenpuutaimikoissa (taulukko 2). Ylispuuston tilavuus ja runkoluku olivat alikasvotaimikoissa keskimäärin suurempia kuin siemenpuutaimikoissa. Eri puulajien osuudet ylispuustojen tilavuudesta eivät poikenneet toisistaan eri tavoin syntyneissä taimikoissa.

**Taulukko 1.** Ylispuutaimikoiden jakautuminen luokkiin syntyvän ja ylispuuston edellisen käsittelyn mukaan.

Taimikon syntytyyppi	Hakkuun tarkoitus <sup>1)</sup>					
	1	2	3	4	5	6
	kpl					
Uudistunut luontaisesti alikasvoksena ilman uudistamistarkoitusta (alikasvotaimikot)	3	0	0	3	6	15
Uudistettu luontaisesti siemenpuuhakkuuta käyttäen (siemenpuutaimikot)	0	24	0	0	0	0
Viljelty siemenpuuston alle (viljelystaimikot)	0	4	0	0	0	0
<b>Yhteensä</b>	<b>3</b>	<b>28</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>15</b>

<sup>1)</sup> Hakkuun tarkoitus ylispuuston edellisessä käsittelyssä: 1 = ei hakattu, 2 = siemen- tai suojuspuuhakkuu, 3 = harvennushakkuu, 4 = myrskytuhojen korjuu, 5 = harsintahakkuu, hakkuu kohdistunut valtapuustoon, 6 = hakattu, hakkuutapaa ei pystytty määrittelemään

**Taulukko 2.** Ylispuuston edellisestä hakkuusta kulunut aika ja silloinen hakkuumäärä sekä ylispuuston rakenne inventointihetkellä alikasvos- ja siemenpuutaimikoissa.

	$\bar{x}$	Alikasvotaimikot			$\bar{x}$	Siemenpuutaimikot		
		s	min	max		s	min	max
Hakkuusta kulunut aika, a	33,4	16,8	8,0	80,0	22,1	8,1	8,0	40,0
Hakkuumäärä, m <sup>3</sup> /ha	31,7	14,3	5,0	70,0	43,8	17,1	10,0	80,0
Runkoluku, kpl/ha	154,0	88,8	0,0	400,0	109,4	60,2	13,3	244,4
Pohjapinta-ala, m <sup>2</sup> /ha	7,5	3,8	0,7	16,0	4,8	1,9	1,0	9,0
Pituus, m	13,7	2,5	9,0	17,0	14,1	2,1	9,5	17,4
Tilavuus, m <sup>3</sup> /ha	53,0	31,9	4,0	136,0	34,3	14,8	5,3	62,5
Puulajisuhteet, %								
– mänty	86,8	22,3	20,0	100,0	90,7	14,8	55,0	100,0
– kuusi	6,3	17,6	0,0	80,0	3,2	6,9	0,0	33,3
– koivu	6,9	12,5	0,0	50,0	6,1	12,7	0,0	40,0

### 3.2 Taimikoiden tiheys

Kaikki puulajit mukaan luettuna taimikoiden tiheys taimien kokonaismäärällä mitattuna oli keskimäärin 7 000–8 000 kpl/ha sekä alikasvos- että siemenpuutaimikoissa (taulukko 3). Alikasvotaimikoissa männyn osuus kaikista taimista oli keskimäärin 65 % ja siemenpuutaimikoissa 50 %. Mäntytaimien kokonaismäärää selittävän regressiomallin mukaan ylispuuiden pohjapinta-ala lisäsi mäntytaimien kokonaismäärää, mutta edellisestä hakkuusta kulunut aika ja humuksen paksuus vähensivät sitä (malli 1, taulukko 4). Malli selitti 43 % mäntytaimien kokonaismäärän vaihtelusta. Syntytyyppi ei vaikuttanut sen enempää mänty-, kuusi- kuin hieskoivutaimien kokonaismäärään. Muiden puulajien (haapa ym.)

taimia oli kuitenkin selvästi enemmän siemenpuutaimikoissa. *Kokonaistaimimäärän taimikonsisäiselle vaihtelulle* ei saatu tyydyttävää selitysmallia.

*Kehityskelpoisia taimia* oli kaikki puulajit mukaan luettuna keskimäärin 1 900–2 000 kpl/ha (taulukko 3). Taimimäärä ei poikennut merkitsevästi toisistaan eri tavoin syntyneissä taimikoissa. Mäntytaimien osuus kehityskelpoisista taimista oli kummasakin ryhmässä 80–90 %. Kehityskelpoisten mäntytaimien määrää lisäävästi vaikuttivat ylispuuston tilavuus ja maanmuokkaus (malli 2, taulukko 4). Humuksen paksuus ja hakkuusta kulunut aika vaikuttivat taimia vähentävästi. Mallin selitysaste oli 48 %.

*Kehityskelpoisten mäntytaimien määrän taimikonsisäistä vaihtelua* selittivät ylispuuston pohja-

**Taulukko 3.** Taimien, taimiaineksen ja tyhjen koealojen määrä alikasvos- ja siemenpuutaimikoissa.

Puulaji ja aukkoisuuden peruste	Alikasvotaimikot				Siemenpuutaimikot			
	$\bar{x}$	s	min	max	$\bar{x}$	s	min	max
Kokonaistaimimäärä, kpl/ha								
Mänty	5166	4005	481	17480	3638	2248	808	8667
Kuusi	658	995	0	3286	756	1104	0	5485
Rauduskoivu	1	7	0	38	39	154	0	750
Hieskoivu	1857	2766	0	10500	1751	2136	0	8848
Muut puulajit	305	768	0	2778	1095	1731	0	6569
Yhteensä	7987	4722	2821	20571	7277	4463	2907	21212
Kehityskelpoisten taimien määrä, kpl/ha								
Mänty	1703	776	481	3720	1580	738	500	3016
Kuusi	168	294	0	882	236	350	0	1636
Rauduskoivu	1	4	0	19	14	52	0	250
Hieskoivu	87	157	0	611	106	139	0	531
Yhteensä	1959	755	885	3778	1935	733	1155	3697
Mäntytaimiaineksen määrä, kpl/ha								
Mänty	2178	3758	0	15000	2001	3555	0	12727
Aukkoisuus, %								
Kokonaistaimimäärän mukaan	8,0	9,1	0,0	30,8	10,9	9,8	0,0	28,1
Kehityskelpoisten taimien määrän mukaan	17,4	12,7	0,0	47,4	20,8	10,2	0,0	36,7

pinta-ala, humuksen paksuus ja taimikon ikä (malli 3, taulukko 4). Humuksen paksuus ja taimikon ikä vaikuttivat vaihtelua lisäävästi ja ylispuuston pohjapinta-ala vähentävästi. Syntytyypä ei selittänyt vaihtelua. Mallin selitysaste oli 43 %.

Männyn *taimiaineksen määrälle* ja sen *sisäiselle vaihtelulle* ei löydetty tyydyttävää selitysmallia.

### 3.3 Taimikoiden tilajärjestys

Kaikkien taimien perusteella laskettu *aukkoisuus* eli tyhjen koealojen määrä oli keskimäärin noin 10 %, ja kehityskelpoisten taimien perusteella laskettu aukkoisuus noin 19 % (taulukko 3). Syntytyypä ei vaikuttanut merkittävästi aukkoisuuteen kummasakaan tapauksessa. Aukkoisuutta selittävien mallien selitysvoima jäi heikoksi. Taimikoiden välinen vaihtelu oli samansuuruinen kummassakin taimikoryhmässä.

### 3.4 Taimikoiden elinvoimaisuus

Siemenpuutaimikot olivat *elinvoimaisempia* kuin alikasvotaimikot testattaessa jakautumista elinvoimaisuusluokkiin 1 ja 2 ( $\chi^2$ -testi,  $p = 0,002$ ). Siemenpuutaimikoista 71 % oli terveitä ja elinvoimaisia, kun vastaava luku oli alikasvotaimikoissa 30 % (taulukko 5). Alikasvotaimikoista valtaosa (70 %) oli hieman heikentynyt varjostuksen ja kilpailun takia.

### 3.5 Taimikoiden kasvatuskelpoisuus

Taimikoiden jakautuminen *kasvatuskelpoisuusluokkiin* ei poikennut toisistaan alikasvos- ja siemenpuutaimikoissa ( $\chi^2$ -testi,  $p = 0,783$ ). Noin 80 % taimikoista oli hyviä tai tyydyttäviä kummassakin ryhmässä (taulukko 5). Huonoja taimikoita ei ollut lainkaan.

**Taulukko 4.** Eräiden taimikkotunnusten selitysmallit.

Muuttuja	Kerroin	p-arvo	n	Jäännöshajonta	Selitysaste
Mäntytaimien kokonaismäärä (kpl/ha) vastemuuttujana (malli 1)					
Vakio	5043,9	0,0010			
Ylispuuston ppa, m <sup>2</sup> /ha	532,8	0,0002	43	2752,0	0,43
Hakkuusta kulunut aika, a	-81,8	0,0072			
Humuksen paksuus, cm	-282,8	0,0390			
Kehityskelpoisten mäntytaimien määrä (kpl/ha) vastemuuttujana (malli 2)					
Vakio	1836,9	0,0001			
Ylispuuston tilavuus, m <sup>3</sup> /ha	11,2	0,0011			
Muokkaus tehty = 1, ei = 0	706,4	0,0161	43	579,1	0,48
Humuksen paksuus, cm	-68,4	0,0185			
Hakkuusta kulunut aika	-13,8	0,0443			
Kehityskelpoisten mäntytaimien määrän variaatiokerroin vastemuuttujana (malli 3)					
Vakio	0,820	0,0001			
Ylispuuston ppa, m <sup>2</sup> /ha	-0,035	0,0008	46	0,213	0,43
Humuksen paksuus, cm	0,026	0,0127			
Taimikon ikä, a	0,008	0,0153			
Taimikon pituus (m) vastemuuttujana (malli 4)					
Vakio	-3,57	0,0001			
Taimikon ikä, a	0,151	0,0001	51	0,57	0,87
Lämpösumma, dd	0,003	0,0028			
Syntytapa	0,383	0,0289			
0 = alikasvotaimikot					
1 = siemenpuutaimikot					
Taimikoiden pituuden variaatiokerroin vastemuuttujana (malli 5)					
Vakio	2,045	0,0001			
Taimikon ikä, a	-0,029	0,0001			
Muokkaus tehty = 1, ei = 0	-0,447	0,0012			
Raivaus tehty = 1, ei = 0	-0,212	0,0114	50	0,233	0,53
Lämpösumma, dd	-0,001	0,0182			
Männyn osuus ylispuuston tilavuudesta	0,004	0,0233			

### 3.6 Taimikoiden keskipituus, -ikä ja -kasvu

Alikasvotaimikot olivat hiukan pitempiä ja selvästi vanhempia kuin siemenpuutaimikot (taulukko 6). Pituutta selittivät iän lisäksi kasvupaikan pitkän ajan lämpösumma ja taimikon syntytapa (malli 4, taulukko 4). Ikä ja lämpösumma vaikuttivat pituuskehitykseen positiivisesti. Siemenpuutaimikot kehittivät nopeammin kuin alikasvotaimikot (kuva 3). Mallin selitysaste oli 87 %. Kehityskelpoisten taimien keskipituuden ja keski-ikänsä osamääränä saatu taimikoiden keskimääräinen pituuskasvu ei poikennut toisistaan eri tavoin syntyneissä taimikoissa.

Taimikoiden sisäistä pituusvaihtelua selittivät ikä, muokkaus, raivaus, lämpösumma ja männyn osuus

ylispuuston tilavuudesta (malli 5, taulukko 4). Pituusvaihtelua pienensivät kaikki selittäjät lukuun ottamatta männyn osuutta ylispuuston tilavuudesta. Selitysaste oli 53 %.

Taimikot olivat yleensä syntyneet pitkän ajan kuluessa. Taimikoittainen taimien iän vaihteluväli oli keskimäärin 41 vuotta. Lyhin taimien iän vaihteluväli oli kolme vuotta ja pisin 65 vuotta. Alikasvos- ja siemenpuutaimikoiden välillä ei ollut eroa.

### 3.7 Taimikoiden syntyajankohta

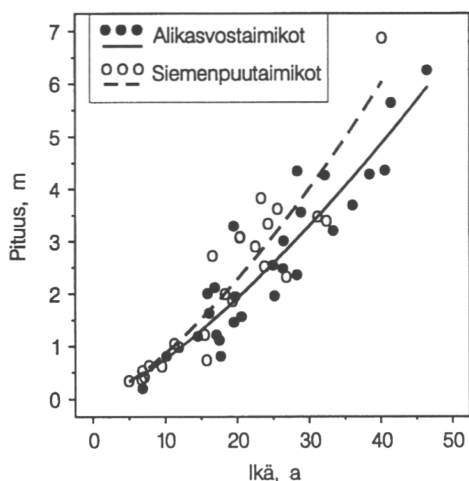
Siemenpuutaimikoista kolmannes ja alikasvotaimikoista viidennes oli taimikoiden keski-ikänsä perus-

**Taulukko 5.** Taimikoiden jakautuminen luokkiin elinvoimaisuuden, kasvatuskelpoisuuden ja syntyvän perusteella.

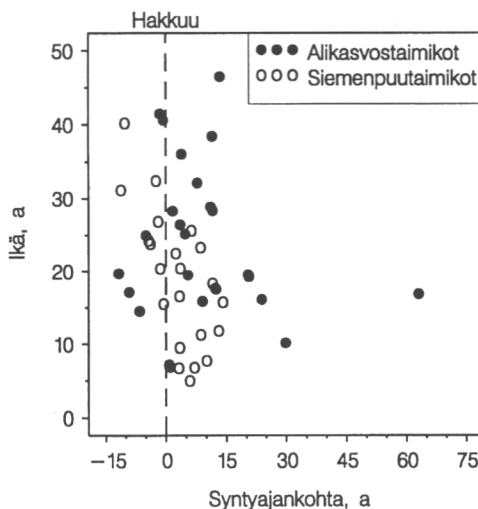
Elinvoimaisuus- ja kasvatuskelpoisuusluokka	Alikasvostaimikot		Siemenpuutaimikot	
	kpl	%	kpl	%
	Elinvoimaisuus			
Terve ja elinvoimainen	8	30	17	71
Hieman heikentynyt	19	70	6	25
Lieviä vaurioita ja tuhoja	0	0	1	4
Tuntuvia tuhoja	0	0	0	0
Yhteensä	27	100	24	100
	Kasvatuskelpoisuus			
Hyvä	10	37	7	29
Tyydyttävä	11	41	12	50
Välttävä	6	22	5	21
Huono	0	0	0	0
Yhteensä	27	100	24	100

**Taulukko 6.** Taimikoiden keskipituus, -ikä ja -kasvu syntytavoittain.

Taimikotunnus	Alikasvostaimikot				Siemenpuutaimikot			
	$\bar{x}$	s	min	max	$\bar{x}$	s	min	max
Pituus, m	2,6	1,5	0,2	6,3	2,2	1,6	0,3	6,9
Ikä, a	24,8	10,0	6,9	46,5	18,4	9,2	5,0	40,1
Kasvu, cm	10,0	3,2	2,9	16,9	10,5	3,8	4,7	17,1

**Kuva 3.** Kehityskelpoisten taimien pituuskehitys alikasvos- ja siemenpuutaimikoissa. Mallit ovat muotoa  $y = ax^b$ .

teella syntynyt ennen edellisen hakkuun ajankohdtaa (kuva 4). Siemenpuutaimikot olivat syntyneet keskimäärin neljä vuotta siemenpuuhakkuun ja alikasvostaimikot yhdeksän vuotta edellisen hakkuun jälkeen. Siemenpuutaimikoissa siemenpuuhakkuusta oli kulunut ylispuuhakkuuhetkellä (inventointihetkellä) keskimäärin 22 vuotta ja alikasvostaimikoissa edellisestä hakkuusta 33 vuotta. Maanpinnan käsittely lyhensi selvästi uudistumisaikaa siemenpuutaimikoissa. Siemenpuuhakkuun ja ylispuuhakkuun välinen aika oli muokatuilla aloilla vain 12 vuotta, kun se oli muokkaamattomilla aloilla 25 vuotta. Taimikoiden keskipituus oli muokatuilla siemenpuualoilla ylispuuhakkuuhetkellä 0,5 m ja muokkaamattomilla 2,7 m. Vastaavasti keski-ikä oli muokatuilla aloilla seitsemän vuotta ja muokkaamattomilla 22 vuotta.

**Kuva 4.** Taimikoiden syntyajankohta edellisen hakkuun ja taimikon keski-ian perusteella määritettynä.

## 4 Tarkastelu

Vaikka aikaisempien tutkimusten perusteella oli tiedossa, että männyn luontaisen uudistamisen edellytykset Lapin mäntymetsissä ovat hyvät ainakin kuivilla ja kuivahkoilla kankailla (esim. Aaltonen 1919, Sarvas 1950, Pohtila 1979a ja b), oli yllätys, että noin puolet tutkimuskohteina olleista mänty-ylispuutaimikoista oli syntynyt alikasvoksena, usein epäsäännöllisen hakkuun seurauksena ilman varsinaista uudistamistarkoitusta, ja vain 44 % siementai suojuspuuhakkuun tuloksena. Etelä-Suomessa 1970- ja 1980-lukujen taitteessa tehdyssä tutkimuksessa luontaisesti syntyneistä taimikoista 70 % oli syntynyt säännöllisten siemen- ja suojuspuuhakkuiden seurauksena (Räsänen ym. 1985). Näyttää siltä, että Lapissa kuivan ja kuivahkon kankaan männikkö alkaa uudistua luontaisesti, kun vallitseva puusto tavalla tai toisella harvenee (Lassila 1920, Sarvas 1950, Kuuluvainen 1994).

Alikasvostaimikot eivät epäsäännöllisestä emopuuston käsittelystä huolimatta poikenneet siemenpuutaimikoista tiheyden, tilajärjestyksen ja niiden vaihtelun perusteella. Sama koskee myös taimikoiden pituusvaihtelua ja kasvatuskelpoisuutta (vrt. Valkonen 1992, Saksa ym. 1998). Alikasvosten pituuskehitys oli kuitenkin hitaampaa kuin siemenpuutaimikoiden. Pituuskehitysero saattaa olla todellisuudessa tässä todettua suurempikin, koska erityisesti alikasvosten ikä arvioidaan helposti liian pieneksi (Lakari 1915, Sarvas 1950, Vaartaja 1951). Siemenpuutaimikoiden nopeampi kasvu johtunee niiden alikasvostaimikoita huomattavasti pienemmästä ylispuuston määrästä ja siten pienemmästä valo- ja juuristokilpailusta (Hagner 1962, Lehto 1969, Sundkvist 1994b). Toinen syy alikasvostaimikoiden keskimäärin hitaampaan kasvuun lienee se, että niiden maalaajajakauma oli keskimäärin kärkeampi kuin siemenpuutaimikoiden. Alikasvostaimikot kasvoivat näin ollen ravinteisuudeltaan karmuissa olosuhteissa kuin siemenpuutaimikot.

Tutkimustulokset vahvistavat käsitystä, jonka mukaan pohjoisessa männyn luontainen uudistumiskyky on hyvä ja mäntyalikasvokset usein sellaisenaan metsän uudistamiseen kelvollisia (Lassila 1920, Sarvas 1950, Vaartaja 1951, Oinonen 1956, Sundkvist 1994a ja b, Listov ym. 1995).

Taimikoiden keski-ikä perusteella noin neljännes

taimikoista oli syntynyt ennen edellistä hakkuuta (ks. Sarvas 1950, Lehto 1969, Hänninen ym. 1972, Fries 1979, Räsänen ym. 1985). Taimikoiden keskipituuden perusteella ylispuut aiottiin poistaa keskimäärin liian myöhään verrattuna metsänhoitosuosituksissa esitettyihin taimikoiden keskipituuksiin (Metsänhoitosuositukset 1990). Taimikko oli ylispuuhakkuuajankohtana usein jo monen metrin pituinen, vaikka siemenpuiden liian pitkän seisottamisen on todettu aiheuttavan taimikkoon epätasaisuutta, aukkoisuutta ja kasvun heikkenemistä (Vaartaja 1951, Kinnunen 1993, Niemistö ym. 1993, Skoklefeld 1995, Valtanen 1998). Ylispuuhakkuuajankohdan päättämistä vaikeuttanee erityisesti alikasvostaimikoissa se, että taimet syntyvät emopuuston alle vähitellen pitkän ajan kuluessa monen siemensadon tuloksena ja ilman uudistamistarkoitusta (Lassila 1920, Sarvas 1950, Lehto 1969, Räsänen ym. 1985, Jeansson 1995). Sen vuoksi ne ”löydetään” vasta varttuneessa iässä. Siemenpuutaimikoissa ylispuuhakkuuta oli esitetty selvästi aikaisemmin kuin alikasvostaimikoissa, mutta niissäkin suosituksissa (1990) esitettyä myöhemmin. Ylispuuston korjuussa syntyviin korjuuvaurioihin taimikon pituudella ei ole todettu olevan yksiselitteistä vaikutusta (Hyppönen ja Niemistö 1998, Hyppönen 2000).

Tutkimustaimikoiden sisäinen ikävaihtelu osoittaa, että männyn luontainen uudistuminen on jatkuva prosessi, jonka tuloksena taimikossa yleensä on vuosikymmenien aikana syntyneitä taimia (ks. Sundkvist 1993). Luontainen uudistuminen ja uudistaminen ilman maanmuokkausta kestää Lapissa aikaisempien tutkimusten mukaan kauan, 20–60 vuotta (esim. Blomqvist 1891, Sarvas 1937, Lehto 1969, Suoheimo 1982). Vaikka siementä ilmeisesti tulee jossain määrin lähes vuosittain metsänrajalle asti (Heikinheimo 1932, 1937, Sundkvist 1993), siemenmäärä ei yleensä riitä nopeaan taimetumiseen ainakaan ilman maankäsittelyä. Hagnerin (1962) mukaan heikkoa siemensatoa voidaan ainakin kompensoida maanmuokkauksella.

Norokorven (1983) ja Valkosen (1992) tutkimuksissa siemenpuualan taimimäärä lisääntyi hakkuusta kuluneen ajan kasvaessa toisin kuin tässä aineistossa. Ero tuloksissa selittyy tutkimustaimikoiden ikään liittyvillä eroilla. Tässä tutkimuksessa taimikot olivat keskimäärin selvästi vanhempia kuin

mainituissa tutkimuksissa. Yleispätevä havainto, että kangashumuksella on haitallinen vaikutus männyn uudistamiseen, osoittautui todeksi myös tässä aineistossa (Pohtila 1979a, vrt. kuitenkin Norokorpi 1983). Humuksen paksuus vaikutti negatiivisesti mäntytaimien määrään ja positiivisesti taimien määrän vaihteluun. Muokkauksen taimettumista parantava ja nopeuttava vaikutus oli odotettu (Hagner 1962, Lehto 1969, Kaila 1993, Kinnunen 1993, Valtanen 1998).

Luontaisen uudistamisen onnistumisesta ja onnistumiseen vaikuttavista tekijöistä ei ole vielä riittävästi tietoa käytännön uudistamis päätöksiä varten. Lisätietoa kaivataan mm. taimien syntymiseen ja kuolemiseen liittyvistä prosesseista, uudistumisnopeudesta, maanmuokkauksen vaikutuksesta uudistamisaikaan ja -tulokseen sekä luontaisen uudistamisen käyttöalan laajentamisesta perinteisten ohuthumuksisten kuivien ja kuivahkojen kankaiden ulkopuolelle.

## Kiitokset

Tutkimus on tehty Lapin metsäkeskuksen ja Metsäntutkimuslaitoksen yhteistyönä. Aineiston keruusta on pääasiassa vastannut metsätalousinsinööri Sinikka Koivuranta. Käsikirjoituksen ovat lukeneet MH Kari Mäkitalo, MH Timo Penttilä ja MMT Martti Varmola. Kiitämme heitä ja kaikkia muita työn valmistamiseen vaikuttaneita henkilöitä arvokkaasta avusta. Käsikirjoituksen virallisia tarkastajia kiitämme ajatuksia herättäneestä ja perusteellisesta työstä. Kiitokset myös Metsämiesten säätiölle, jonka myöntämä apuraha on ratkaisevasti vaikuttanut työn valmistamiseen.

## Kirjallisuus

- Aaltonen, V. T. 1919. Kangasmetsien luonnollisesta uudistumisesta Suomen Lapissa, I. Referat: Über die natürliche Verjüngung der Heidewälder im Finnischen Lappland, I. Metsätieteellisen koelaitoksen julkaisuja 1. 375 s.
- Ackzell, L. 1993. A comparison of planting, sowing and natural regeneration for *Pinus sylvestris* (L.) in boreal Sweden. *Forest Ecology and Management* 61: 229–245.
- Bergan, J. 1981. Foryngelse av furuskog i Troms og Finnmark. Summary: Regeneration of Scots pine forests in Troms and Finnmark. Norsk Institutt for Skogforskning. Rapport 10. 69 s.
- Blomqvist, A. G. 1891. Suomen puulajit metsänhoidolliselta kannalta I. Mänty. Helsingissä, keisarillisen senaatin kirjapainossa. 211 s.
- Ferm, A. & Sepponen, P. 1981. Aurasjäljen muuttuminen ja kasvillisuuden kehittyminen metsänuudistusaloilla Lapissa 10 vuoden aikana. Summary: Development of ploughed tracks and vegetation on reproduction areas in Finnish Lapland during a period of 10 years. *Folia Forestalia* 493. 19 s.
- Fries, J. 1979. Naturlig föryngring inom Siljanfors försöksark. Summary: Natural regeneration within the Siljanfors experimental park. Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift 2: 96–111.
- Hagner, S. 1962. Naturlig föryngring under skärm. En analys av föryngringsmetoden, dess möjligheter och begränsningar i mellannorrländskt skogsbruk. Summary: Natural regeneration under shelterwood stands. An analysis of the method of regeneration, its potentialities and limitations in forest management in middle North Sweden. *Meddelanden från Statens Skogsforskningsinstitut* 52(4). 263 s.
- 1965. Om fröproduktion, fröträdval och plantsuppslag i försök med naturlig föryngring. Summary: Yield of seed, choice of seed trees and seedling establishment in experiments with natural regeneration. *Studia Forestalia Suecica* 27. 43 s.
- Heikinheimo, O. 1932. Metsäpuiden siementämiskyvyttä I. Referat: Über die Besamungsfähigkeit der Waldbäume I. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 17(3). 61 s.
- 1937. Metsäpuiden siementämiskyvyttä II. Referat: Über die Besamungsfähigkeit der Waldbäume I. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 24(4). 67 s.
- Helenius, H. 1989. Tilastollisten menetelmien perustiedot. *Statcon Oy*, Tampere. 412 s.
- Henttonen, H., Kanninen, M., Nygren, M. & Ojansuu, R. 1986. The maturation of *Pinus sylvestris* seeds in relation to temperature climate in Northern Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research* 1: 243–249.
- Hyppönen, M. 2000. Ylispuiden korjuun vaikutus mäntytaimikoiden kasvatuskelppoisuuteen Lapissa. *Metsätieteen aikakauskirja* 2/2000: 269–280.
- & Niemistö, P. 1998. Ylispuuhakkuut ja taimikkovauriot. *Julkaisussa: Moilanen, M. & Saksa, T. (toim.), Alikasvokset metsänuudistamisessa. Varjosta valoon. Pihlaja-sarja* 3: 55–65.
- , Saksa, T. & Valkonen, S. 1998. Alikasvokset ja nyky-päivän metsänhoito. *Julkaisussa: Moilanen, M. & Sak-*

- sa, T. (toim.), Alikasvokset metsänuudistamisessa. Varjosta valoon. Pihlaja-sarja 3: 13–17.
- Hänninen, T., Räsänen, P.K., & Yli-Vakkuri, P. 1972. Männyn ja kuusen luontaisen uudistamisen antamista tuloksista Etelä-Suomen kangasmailla. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitos. Tiedonantoja 7. 96 s.
- Jeansson, E. 1995. Some aspects on site preparation and natural regeneration in Sweden. Julkaisussa: Ritari, A., Saarenmaa, H., Saarela, M. & Poikajärvi, H. (toim.), Northern silviculture and management. Proc. IUFRO Working Party S1.05–12 Symposium, Lapland, Finland, 16–22 Aug. 1987. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 567: 69–84.
- Kaila, S. 1993. Metsänuudistamisen tuloksen määrittäminen ja männyn uudistamisen tuloksia. Summary: Determining the outcome of forest regeneration; results from Scots pine reforestation practices. Metsätehon tiedotus 409. 47 s.
- Kalela, E.K. 1948. Luonnonmukainen metsien käsittely. Metsänhoitajien jatkokurssit 1947. V. Der Fortbildungskursus für Forstmeister 1947. V. *Silva Fennica* 64: 16–32.
- 1950. Ecological characters of tree species and its relation to silviculture. Selostus: Ekologiset puulajiryhmät ja metsänhoito. *Acta Forestalia Fennica* 57: 1–35.
- Kinnunen, K. 1993. Männyn kylvö ja luontainen uudistaminen Länsi-Suomessa. Abstract: Direct sowing and natural regeneration of Scots pine in western Finland. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 447. 36 s.
- Kubin, E., Pasanen, J. & Savilampi, P. 1997. Korkeiden alueiden metsien uudistaminen Kainuussa ja Koillismailla. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 666. 36 s.
- Kuuluvainen, T. 1994. Gap disturbance, ground microtopography, and the regeneration dynamics of boreal coniferous forests in Finland: a review. *Annales Zoologici Fennici* 31: 35–51.
- Lakari, O.J. 1915. Studier über die Samenjahre und Altersklassenverhältnisse der Kiefernwälder auf dem nordfinnischen Heideböden. *Acta Forestalia Fennica* 5(1). 211 s.
- Lassila, I. 1920. Tutkimuksia mäntymetsien synnystä ja kehityksestä pohjoisen napapiirin pohjoispuolella. Referat: Untersuchungen über die Entstehung und Entwicklung der Kiefernwälder nördlich vom nördlichen Polarkreise. *Acta Forestalia Fennica* 14(3). 98 s.
- Lehto, J. 1956. Tutkimuksia männyn luontaisesta uudistumisesta Etelä-Suomen kangasmailla. Summary: Studies on the natural reproduction of Scots pine on the upland soils of Southern Finland. *Acta Forestalia Fennica* 66. 106 s.
- 1969. Tutkimuksia männyn uudistamisesta Pohjois-Suomessa siemenpuu- ja suojuspuumenetelmällä. Summary: Studies conducted in northern Finland on the regeneration of Scots pine by means of the seed tree and shelterwood methods. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 67(4). 140 s.
- Listov, A.A. & Semyonov, B.A. 1995. Nature and rational use of pretundra pine forests in the European part of The USSR. Julkaisussa: Ritari, A., Saarenmaa, H., Saarela, M. & Poikajärvi, H. (toim.), Northern silviculture and management. Proc. IUFRO Working Party S1.05–12 Symposium, Lapland, Finland, 16–22 Aug. 1987. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 567: 211–216.
- Metsänhoitosuosituksset 1990. Lapin metsälautakunta. 32 s. Metsätaloustilastolliset vuosikirjat 1971–1999.
- Mikola, P. 1966. Alikasvosten merkitys metsien uudistamisessa. Summary: Significance of the undergrowth in reforestation. *Metsätaloudellinen aikakauslehti* 83: 4–7.
- Niemistö, P., Lappalainen, E. & Isomäki, A. 1993. Mänty-siemenpuuston kasvu ja taimikon kehitys luontaisen uudistamisvaiheen aikana. Summary: Growth of Scots pine seed bearers and the development of seedlings during a protracted regeneration period. *Folia Forestalia* 826. 26 s.
- Norokorpi, Y. 1983. Männyn luontainen uudistaminen Lapissa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 105: 57–71.
- Nyyssönen, A. 1995. Väljennysshakkuut. *Folia Forestalia* 1995(4): 293–302.
- Oinonen, E. 1956. Männiköiden luontaisen uudistamisen edellytyksistä Lapin kangasmailla eräiden taimivaroja selvittävien inventointien valossa. *Metsätaloudellinen aikakauslehti* 73: 225–230.
- Palén, T. & Lohi, T. 1999. Metsien käsittely Lapissa metsälain valvonnan ja puun tuotannon kannalta. Julkaisussa: Hyppönen, M., Jalkanen, R. & Aalto, T. (toim.), Onko Lapin metsätaloudella tulevaisuutta? Lapin Metsätalouspäivät 21.–22.1.1999. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 732: 19–25.
- Pohtila, E. 1979a. Tutkimustoiminnan nousu. Summary: The rise of research activity. Julkaisussa: Leikola, M. & Pohtila, E. (toim.), Tutkimustoiminta Lapin metsien hoidon ja käytön suuntaajana. Summary: The role of forestry research in guiding forest policy and management in Finnish Lapland. *Silva Fennica* 13(1A): 10–13, 42–43.
- 1979b. 'Metsänviljelytalouden' läpimurto. Summary: The breakthrough in intensive forest management. Julkaisussa: Leikola, M. & Pohtila, E. (toim.), Tutkimustoiminta Lapin metsien hoidon ja käytön suuntaajana. Summary: The role of forestry research in guiding

- forest policy and management in Finnish Lapland. *Silva Fennica* 13(1A): 18–19, 44–46.
- 1980a. Climatic fluctuations and forestry in Lapland. *Holarctic Ecology* 3: 91–98.
- 1980b. Havaintoja taimikoiden ja nuorten metsien tilajärjestyksen kehityksestä Lapissa. Summary: Spatial distribution development in young tree stands in Lapland. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 98(1). 35 s.
- & Pohjola, T. 1983. Vuosina 1970–1972 Lappiin perustettujen aurattujen alueiden viljelykokeen tulokset. Summary: Results from the reforestation experiment on ploughed sites established in Finnish Lapland during 1970–1972. *Silva Fennica* 17(3): 201–217.
- & Pohjola, T. 1985. Maan kunnostus männyn viljelyssä Lapissa. Summary: Soil preparation in reforestation of Scots pine in Lapland. *Silva Fennica* 19(3): 245–270.
- Punkkinen, E. 1982. Männyn luontaisen uudistamisen onnistuminen muokatuilla mailla Etelä-Lapissa. Metsänhoitotieteen laudaturtyö. Helsingin yliopisto. 76 s.
- Renvall, A. 1912. Die periodischen Erscheinungen der Produktion der Kiefer an der polaren Waldgrenze. *Acta Forestalia Fennica* 1(2). 154 s.
- Räsänen, P. K., 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.
- Saksa, T., Saarinen, M. & Valkonen, S. 1998. Alikasvoksen monet kasvat. Julkaisussa: Moilanen, M. & Saksa, T. (toim.), Alikasvokset metsänuudistamisessa. Varjosta valoon. Pihlaja-sarja 3: 19–30.
- Sarvas, R. 1937. Kuloalojen luontaisesta metsittymisestä. Pohjois-Suomen kuivilla kankailla suoritettu metsäbiologinen tutkielma. Referat: Über die natürliche Bewaldung der Waldbrandflächen. Eine waldbiologische Untersuchung auf den trockenen Heideböden Nord-Finnlands. *Acta Forestalia Fennica* 46. 147 s.
- 1950. Tutkimuksia Perä-Pohjolan harsimalla hakattujen yksityismetsien luontaisesta uudistumisesta. Summary: Investigations into the natural regeneration of selectively cut private forests in northern Finland. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 38(1). 95 s.
- Sirén, G. 1952. Havaintoja Peräpohjolan valtionmailla vuosina 1948–1950 suoritetuista männynkylvöistä. Summary: Observations on pine sowings on state owned lands in Peräpohjola (Far North) in 1948–1952. *Silva Fennica* 78. 40 s.
- 1961. Skogsgränstallen som indikator för klimatfluktuationerna i norra Fennoskandien under historisk tid. Summary: *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 54(2). 66 s.
- 1965. Lapin metsänhoidon suuntaviivat. Synopsis: Trends of forestry in Lapland. Lapin tutkimusseuran vuosikirja VI: 20–34.
- 1995. Reforestation experiments at the pine timberline in northernmost Finland. Julkaisussa: Ritari, A., Saarenmaa, H., Saarela, M. & Poikajärvi, H. (toim.), Northern silviculture and management. Proc. IUFRO Working Party S1.05–12 Symposium, Lapland, Finland, 16–22 Aug. 1987. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 567: 249–260.
- Skoklefeld, S. 1995. Spot scarification in a mountainous Scots pine forest in Norway. Julkaisussa: Ritari, A., Saarenmaa, H., Saarela, M. & Poikajärvi, H. (toim.), Northern silviculture and management. Proc. IUFRO Working Party S1.05–12 Symposium, Lapland, Finland, 16–22 Aug. 1987. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 567: 85–90.
- Sundkvist, H. 1993. Forest regeneration potential of Scots pine advance growth in northern Sweden. Sveriges lantbruksuniversitetet, institutionen för skogsskötsel. Avhandling. 33 s.
- 1994a. Extent and causes of mortality in *Pinus sylvestris* advance growth in Northern Sweden following overstorey removal. *Scandinavian Journal of Forest Research* 9: 158–164.
- 1994b. Initial growth of *Pinus sylvestris* advance reproduction following varying degrees of release. *Scandinavian Journal of Forest Research* 9: 360–366.
- Suoheimo, J. 1982. Männyn luontainen uudistaminen siemen- ja suojuospuunetelmällä Metsä-Lapissa. Laudaturtyö. Helsingin yliopisto. 77 s.
- Taskupainos metsänhoitosuosituksista maastokäyttöön 1990. Koillis-Suomen metsälautakunta, Lapin metsälautakunta. 12 s.
- Vaartaja, O. 1951. Alikasvosasemasta vapautettujen männyn taimistojen toipumisesta ja merkityksestä metsänhoidossa. Summary: On the recovery of released pine advance growth and its silvicultural importance. *Acta Forestalia Fennica* 59(1). 133 s.
- Valkonen, S. 1992. Metsien uudistaminen korkeilla alueilla Pohjois-Suomessa. Summary: Forest regeneration at high altitudes in Northern Finland. *Folia Forestalia* 791. 84 s.
- Valtakunnan metsänuudistamisen inventointi 1979. Kenttätöiden ohjeet. Metsäntutkimuslaitos, metsänhoidon tutkimusosasto, Helsinki. 32 s.
- Valtanan, J. 1998. Männyn luontainen uudistaminen siemenpuunetelmällä. Metsäntutkimuslaitoksen

tiedonantoja 693. 77 s.

Viro, P.J. 1958. Suomen metsämaiden kivisyydestä. Summary: Stoniness of forest soil in Finland. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 49(4). 45 s.

Yli-Vakkuri, P. 1961. Kokeellisia tutkimuksia taimien syntymisestä ja ensi kehityksestä kuusikoissa ja mäntiköissä. Summary: Experimental studies on the emergence and initial development of tree seedlings in spruce and pine stands. *Acta Forestalia Fennica* 75(1). 122 s.

**64 viitettä**







Mikko Hyppönen



Juha Hyvönen



Kari Mäkitalo



Niina Riissanen



Pentti Sepponen

Mikko Hyppönen, Juha Hyvönen, Kari Mäkitalo, Niina Riissanen ja Pentti Sepponen

## Maanmuokkauksen vaikutus luontaisesti uudistetun männyn- taimikon kehitykseen Lapissa

**Hyppönen, M., Hyvönen, J., Mäkitalo, K., Riissanen, N. & Sepponen, P.** 2001. Maanmuokkauksen vaikutus luontaisesti uudistetun männyn- taimikon kehitykseen Lapissa. Metsätieteen aikakauskirja 1/2001: 5–18.

Tutkimuksen tarkoituksena oli verrata erilaisten maanmuokkausmenetelmien vaikutusta siemenpuu- menetelmällä luontaisesti uudistetun männyn- taimikon tiheyteen, tilajärjestykseen ja kasvatuskelpoisuuteen sekä pituuskehitykseen ja laatuun. Menetelmät olivat piennarauraus, palleauraus, äestys, palleauraus ns. 0-asennossa ja muokkaamaton. Koejärjestelynä oli arvotut lohkot, jossa lohkojen määrä oli neljä. Koekentät sijaitsivat Ylitorniolla Länsi-Lapissa. Koe perustettiin vuonna 1979, jolloin käsittelylohkot hakattiin siemenpuuasentoon ja muokattiin. Koe mitattiin vuosina 1984, 1990 ja 1997.

Vuonna 1997, 18 kasvukautta kokeen perustamisen jälkeen, männyn- taimia oli keskimäärin eniten piennaraurauksessa (4 100 kpl/ha). Vähiten taimia oli muokkaamattomalla alalla ja palleaurauksen 0-asennossa (2 300 kpl/ha) sekä lähes yhtä vähän äestyksessä (2 400 kpl). Kehityskelpoisten männyn- taimien määrä oli niin ikään suurin piennaraurauksessa (2 100 kpl/ha), mutta pienin äestyksessä (1 300 kpl/ha). Kaikkien puulajien taimet mukaan luettuna kehityskelpoisten taimien lukumäärä oli kaikissa käsittelyissä keskimäärin vähintään 1 800 kpl/ha.

Taimikon aukkoisuus oli vuonna 1997 keskimäärin pienin piennaraurauksessa (8 %), lähes yhtä pieni äestyksessä (11 %) ja suurin muokkaamattomassa (20 %), kun tyhjen koealojen suhteellinen osuus laskettiin niiden koealojen perusteella, joilla ei ollut yhtään minkään puulajin kehityskelpoista tainta. Kehityskelpoisten taimien määrän ja aukkoisuuden perusteella määritettynä kaikkien käsittelyjen kaikki lohkot olivat kasvatuskelpoisuudeltaan vähintään välttäviä.

Männyn- taimikoiden valtapituuskehitys oli kahdella ensimmäisellä mittauskerralla lähes samanlainen kaikissa käsittelyissä. Vuonna 1997 menetelmien väliset erot olivat suurentuneet: piennaraurauksessa ja molemmissa palleaurauksissa valtapituus oli 260–280 cm, muokkaamattomassa ja äestyksessä 220–230 cm.

Asiasanat: mänty, luontainen uudistaminen, siemenpuuhakkuu, maanmuokkaus, uudistamistulos  
Yhteystiedot: Metsäntutkimuslaitos, Rovaniemen tutkimusasema, Eteläranta 55, 96300 Rovaniemi.  
Puh. (016) 336 411, sähköposti kari.makitalo@metla.fi  
Hyväksytty 15.3.2001

## I Johdanto

Männyn luontainen uudistaminen on lisääntynyt Lapissa voimakkaasti 1990-luvulla (Metsätilastolliset vuosikirjat 1971–1998). Yli puolet Lapin metsistä uudistetaan nykyisin luontaisesti. Luontaisen uudistamisen suosio on lisääntynyt yhtäältä ympäristö- ja luontonäkökohtien ja toisaalta kustannustietoisuuden ja metsätalouden kannattavuuden korostumisen vuoksi (esim. Metsänhoitosuositukset 1990, Luonnonläheinen metsänhoito 1994, Parviainen ja Seppänen 1994, Mielikäinen ja Riikilä 1997). Luontaisen uudistamisen nopea lisääntyminen on aiheuttanut huolestumista uudistamisen onnistumisesta (Palén ja Lohi 1999).

Mäntymetsien luontaista uudistamista ja uudistamista on tutkittu Pohjois-Suomessa vuosisadan alusta lähtien (Renvall 1912, Lakari 1915, Aaltonen 1919, Lassila 1920). Näissä tutkimuksissa siemen vuosien toistumisesta, siementen määrästä ja laadusta, taimikoiden ikäluokkajakaumista, luontaisen uudistamisen kestosta ja metsänrajakysymyksistä saatujen tulosten perusteella Lapin mäntymetsien tulevaisuuteen on voitu suhtautua luottavaisesti (Pohtila 1979). Männyn luontaisen uudistamisen edellytykset on todettu ilmaston humidisuuden, valoilmaston ja maaperätekiöiden perusteella pohjoisessa jopa Etelä-Suomea paremmiksi (Sarvas 1937, 1950, 1952). Myöhemmin käsitys Pohjois-Suomen kuivien ja kuivahkojen kankaiden mäntymetsiköiden hyvistä luontaisista uudistumisominaisuuksista on edelleen vahvistunut (Oinonen 1956, Mikola 1966, Lehto 1969, Hyppönen ja Hyvönen 2000).

Maanmuokkauksen on todettu lisäävän luontaisen uudistamisen mahdollisuuksia parantamalla uudistamistulosta ja lyhentämällä uudistamisaikaa (esim. Blomqvist 1891, Aaltonen 1938, Lehto 1956, Yli-Vakkuri 1961, Hagner 1962, Bergan 1981, Suoheimo 1982, Kinnunen 1990, 1993, Ackzell 1993, Valtanen 1998). Muokkauksen tarkoituksena on luoda siemenen itämiselle ja taimettumiselle edulliset mikro-olosuhteet, vähentää kilpailua vedestä ja ravinteista sekä tarjota suojaa siemensyöjiä ja epäedullisia ilmasto-olosuhteita vastaan (esim. Jeansson 1995). Voimakasta, maan vesitaloutta ja lämpöoloja parantavaa, ravinteiden mineralisaatiota lisää-

vää ja mikrobitoimintaa vilkastuttavaa maanparannustarvetta männyn luontaisessa uudistamisessa ei yleensä ole (Mälkönen 1983, Jeansson 1995). Erittäisesti paksuhumuksilla mailla luontainen uudistaminen on kuitenkin vaikeaa ilman maan taimettumiskunnan parantamista maanpintaa paljastamalla (esim. Hagner 1962, Bergan 1981, Mälkönen 1983, Valtanen 1998). Pohjois-Suomen korkeilla mailla männiköiden luontainen uudistaminen ei ole pienten ja harvoin toistuvien siemensatojen takia aina johtanut tyydyttäviin tuloksiin edes maanmuokkauksen jälkeen (Kubin ym. 1997). Myös Pohjois-Ruotsin korkeilta mailta on samanlaisia kokemuksia (Hagner 1965). Muokkauksen merkitystä vähentää maan taimettumiskunnan nopea heikkeneminen muokkauksen jälkeen (Hagner 1962, Kellomäki 1972, Punkkinen 1982, Jeansson 1995, Pohtila 1995).

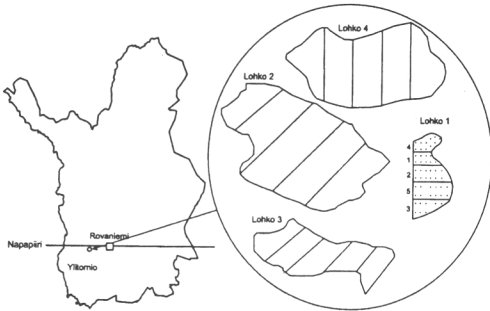
Maanmuokkaus lisää ravinteiden mobilisaatiota ja taimien kasvua niiden alkukehitysvaiheessa. Mitä voimakkaampaa maanmuokkaus on, sitä enemmän ravinteita on taimien käytössä ja sitä nopeampaa niiden kasvu on (esim. Mälkönen 1983, Pohtila ja Valkonen 1985, Valtanen 1998, Mäkitalo 1999). Parempi kasvu nopeuttaa myös lumirajan saavuttamista, minkä jälkeen mäntyntaimien riski kuolla talvihomeeseen (*Phacidium infestans*) ja versosurmaan (*Gremmeniella abietina*) vähenee (Jalkanen 1989, Roll-Hansen ym. 1992). Toisaalta alkuvaiheen nopea kasvu myös altistaa taimia talvihomeelle (Jalkanen 1989).

Eri maanmuokkausmenetelmien vaikutusta männikön puiden laatuun ei ole tutkittu. Toisaalta tiedetään, että mitä enemmän maata paljastetaan, sitä tiheämpi taimikko yleensä saadaan syntymään (esim. Punkkinen 1982, Suoheimo 1982, Valtanen 1998). Taimikon laadun taas on todettu kehittyvän sitä paremmaksi, mitä tiheämpänä taimikko kasvaa alkukehitysvaiheessa (esim. Huuri ym. 1987, Varmola 1996). Maanmuokkauksen kasvunopeutta parantava vaikutus puolestaan lisää oksaisuutta ja huonontaa runkomuotoa (esim. Uusvaara 1974, Kärkkäinen ja Uusvaara 1982, Kellomäki ja Väisänen 1986).

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää eri maanmuokkausmenetelmien vaikutusta luontaisesti uudistettujen mäntytaimikoiden tiheyteen, tilajärjestykseen, kasvatuskelpoisuuteen, pituuskehitykseen ja laatuun. Mahdollisiin muokkausmenetel-

**Taulukko 1.** Puustotunnukset ennen kokeen perustamista eri lohkoissa ja lohkojen pinta-alat.

Lohko	Pohja-pinta-ala, m <sup>2</sup> /ha	Keski-pituus, m	Tilavuus, m <sup>3</sup> /ha	Ikä, a	Puulajisuhteet (mä/ku/ko), %	Lohkon pinta-ala, ha
1	15	18	100	190	30/50/20	2,0
2	4	15	30	150	90/00/10	8,2
3	4	15	30	150	90/00/10	3,7
4	6	18	50	150	90/00/10	7,2



**Kuva 1.** Kokeen sijainti ja koejärjestely.

mien välisiin eroihin johtaneita syitä tarkastellaan toisessa yhteydessä yhtäaikaan taimettumiseen vaikuttavien tekijöiden kanssa.

## 2 Aineisto ja menetelmät

Metsähallitus ja Metsäntutkimuslaitos perustivat vuonna 1979 yhteistyössä Ylitornion Koppelomaaahan ja Pöytämaahan männyn luontaista uudistamista siemenpuumenetelmällä selvittävän kokeen. Kokeen tarkoituksena oli selvittää erilaisten maanmuokausmenetelmien vaikutusta männyn luontaiseen uudistamiseen. Koejärjestelynä oli arvatut lohkot. Maanmuokkauksia oli viisi ja lohkoja neljä (kuva 1). Lohkot jaettiin viiteen osaan eli käsittelylohkoon, joihin muokausmenetelmät arvottiin. Muokausmenetelmät olivat: muokkaamaton, pienaraura (auran malli Marttiini/Kanada), palleauraus (Hirvas), äestys (TTS-35) ja palleauraus ns. nollasennossa (Hirvas), jossa humuskerros poistettiin leveältä alalta ilman muokkausvaikutusta. Vetokoneena muokkauksissa oli Caterpillar D6. Koealu-

et hakattiin siemenpuuasentoon kesällä 1979 sekä raivattiin ja muokattiin saman vuoden syksynä. Lähes kaikki siemenpuut kaatuivat Mauri-myrskyssä vuonna 1982, jolloin myös loput siemenpuut korjattiin myrskytuhopuiden korjuun yhteydessä.

Lohko 1 oli kasvupaikkatyyppiltään tuoretta kangasta, muut lohkot kuivahkoa kangasta. Lohko 2 oli valtaosaltaan soistunutta. Lohkojen pinta-alat ja siemenpuuhakkuuta edeltävät puustotiedot vaihtelivat lohkojen välillä, vaikka osa lohkoista näytti metsähallituksen metsäsuunnittelutietojen perusteella olleen koetta perustettaessa jo valmiiksi siemen- tai suojukspuuasennossa (taulukko 1). Koe mitattiin lohkoittain linjoista ympyräkoelaa-arviointia käyttäen vuosina 1984, 1990 ja 1997. Inventoinnissa käytettiin lohkon koon mukaan seuraavia linja- ja koelavälejä:

Pinta-ala, ha	Linja- ja koelaväli, m	Koealoja, kpl/ha
1,1– 2,0	15	44
2,1– 3,0	20	25
3,1– 5,0	25	16
5,1– 7,0	30	11
7,1–10,0	35	8

Ympyräkoalojen paikat merkittiin ensimmäisellä kerralla maastoon. Ympyräkoalan koko oli taimien inventoinnissa 10 m<sup>2</sup>. Jos jotakin koelaa ei jonakin vuonna löydetty, sitä koskevat tiedot hylättiin muiltakin vuosilta. Näin eri inventointien välisistä muutoksista saatiin tarkempi kuva. Niiden koalojen lukumäärä, jotka löydettiin kaikkina vuosina, oli 229 kpl. Käsittelylohkoa kohden ympyräkoeloa oli vähimmillään seitsemän ja enimmillään 19.

Kaikkina inventointivuosina ympyräkoaloilta kerättiin tiedot taimien (≥10 cm) kokonaisuudesta ja valtapituudesta puulajeittain. Vuosina 1984 ja 1990 kerättiin lisäksi tiedot taimiaineksen (< 10 cm) määrästä puulajeittain. Vuonna 1997 kerättiin seu-

raavat tiedot: taimien kokonaismäärä, kehityskelpoisten taimien määrä ja valtapituus puulajeittain sekä männyn valtataimesta lisäksi rinnankorkeusläpimitta ja paksuimman oksan läpimitta.

Vuoden 1997 inventointiaineistossa kehityskelpoisiksi taimiksi luokiteltiin kuntonsa ja laatunsa puolesta parhaat, vähintään 10 cm:n pituiset taimet. Kehityskelpoisia taimia sai olla enintään viisi yhdellä koealalla. Taimien etäisyyden tuli olla vähintään 80 cm toisistaan (ks. Hyppönen 1998a). Taimien tuli sopeutua pituutensa ja kuntonsa puolesta taimikkoon koealalla ja ympäröivään taimikkoon siinä osassa taimikkoa, jossa koeala sijaitsi Räsänen ym. (1985) käyttämien kenttätöiden ohjeiden mukaisesti. Taimien tuli myös puulajin puolesta sopia kasvupaikalle Lapin metsälautakunnan metsänhoitosuosituksen (1990) mukaan. Taimikoiden tilajärjestystä tutkittiin aukkoisuuden perusteella, joka laskettiin tyhjiin ympyräkoalojen suhteellisena osuutena käsittelylohkoittain. Taimikoiden kasvatuskelpoisuusluokka määritettiin käsittelylohkoittain aukkoisuuden ja kehityskelpoisten taimien lukumäärän perusteella (esim. Räsänen ym. 1985, Hyppönen 1998a):

Kasvatuskelpoisuusluokka	Kehityskelpoisia taimia vähintään kpl/ha	Aukkoisuus enintään %
Hyvä	2000	13
Tyydyttävä	1200	30
Välttävä	500	60
Huono	–	100

Taimikoiden tiheyttä ja pituuskehitystä kuvaavat keskiarvot esitetään inventointivuosien 1984, 1990 ja 1997 aikasarjana. Taimiainesta kuvaavat tulokset ovat kuitenkin vain vuosilta 1984 ja 1990. Maanmuokkausten sisäistä eli lohkojen välistä vaihtelua kuvattiin variaatio- eli vaihtelukertoimella. Taimikoiden tilajärjestystä, kasvatuskelpoisuutta ja laatua koskevat tulokset ovat vuodelta 1997.

Aineiston analysoinnissa havaintoyksikkönä käytettiin käsittelylohkoa. Ympyräkoaloja ei voitu käyttää havaintoina, koska maanmuokkauksia ei oltu arvottu ympyräkoaloille. Maanmuokkausten välisiä keskimääräisiä eroja testattiin arvottujen lohkojen varianssianalyysillä ja parivertailut tarvittaessa Tukeyn testillä (5 %:n riskitaso) vuoden 1997 tulosten perusteella. Männyntaimimäärien absoluut-

**Taulukko 2.** Ennen maanmuokkausta syntyneiden männyntaimien määrä käsittelyittäin taimien iän perusteella määritettynä.

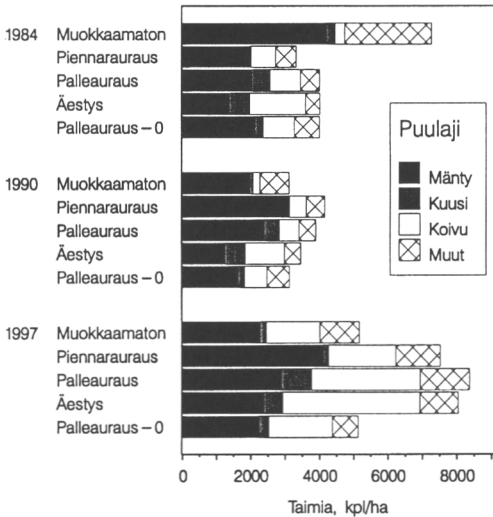
Käsittely	Taimia, kpl/ha
1 – Muokkaamaton	2060
2 – Piennarauraus	684
3 – Palleauraus	563
4 – Äestys	403
5 – Palleauraus 0-asento	940

tisen ja suhteellisen muutoksen eroja eri maanmuokkauksissa testattiin vastaavasti vuosijaksoilla 1984–1990, 1990–1997 ja 1984–1997. Muutoksen testaamisella haluttiin ottaa huomioon vastemuuttujan erilainen lähtötaso eri maanmuokkauksissa (taulukko 2). Varianssianalyysillä testattiin lisäksi valtapituuden vuotuista kasvua vuosijaksolla 1990–1997 ja muita taimikko- ja laatutunnuksia vuodelta 1997. Laatu- ja taimikkotunnusten välisiä korrelaatioita tarkasteltiin Spearmanin järjestyskorrelaatiokertoimilla vuoden 1997 tulosten perusteella. Eri maanmuokkausten jakautumista kasvatuskelpoisuusluokkiin testattiin  $\chi^2$ -testillä vuoden 1997 tulosten perusteella.

## 3 Tulokset

### 3.1 Taimikon tiheys ja sen kehitys

*Männyntaimien kokonaismäärä* lisääntyi piennar- ja palleaurauksessa mittaus mittaaukselta vuodesta 1984 vuoteen 1997 (kuva 2). Muissa käsittelyissä määrä väheni vuonna 1990 vuoteen 1984 verrattuna, mutta kääntyi taas nousuun vuonna 1997. Erityisesti taimimäärä väheni muokkaamattomalla alalla, jossa taimien kokonaismäärä oli vuonna 1990 keskimäärin vain puolet vuoden 1984 määrästä. Yhdessä lohossa muokkaamattoman alan kaikki taimet olivat kuolleet. Vuonna 1990 männyntaimia oli piennaraurauksessa muita muokkauksia enemmän, ja vuonna 1997 ero muihin käsittelyihin oli edelleen lisääntynyt. Muiden käsittelyiden väliset erot olivat sen sijaan tasoittuneet. Vuosien 1984 ja 1997 välillä taimien määrä lisääntyi piennaraurauksessa noin



Kuva 2. Taimien kokonaismäärä mittauserkroittain, muokkausmenetelmittäin ja puulajeittain.

2 000 taimella hehtaaria kohti ja vähentyi saman verran muokkaamattomalla alalla. Muokkaamattomalla alalla ja piennaraurauksessa lohkojen välinen suhteellinen vaihtelu oli suurempi kuin muissa käsittelyissä (taulukko 3).

Muokkausten väliset erot taimimäärissä eivät olleet tilastollisesti merkitseviä yhtenäkkään mittausvuotena. Sen sijaan muutokset männyntaimimäärissä (kpl/ha) mittausajankohdasta toiseen (taimien syntyminen ja/tai vartuminen taimiaineksesta taimeksi sekä taimien kuoleminen) poikkesivat varianssianalyyseissä lähes merkitsevästi tai merkitsevästi eri maanmuokkausmenetelmien ja myös lohkojen välillä vuosijakoilla 1984–1990 ja 1984–1997 (taulukko 4). Tukeyn testin perusteella erot olivat merkitseviä muokkaamattoman alan ja piennaraurauksen välillä. Suhteelliset taimimäärien muutokset muokkaustapojen ja lohkojen välillä poikkesivat merkitsevästi vain mittausajaksolla 1984–1990 (taulukko 4). Tukeyn testissä muokkaamaton ala ja palleauraus sekä muokkaamaton ala ja piennarauraus poikkesivat toisistaan.

Myös kuusentaimien kokonaismäärä oli vuonna 1990 useimmissa käsittelyissä pienempi kuin vuonna 1984 (kuva 2). Piennaraurauksessa ja äestyksessä taimimäärä pysyi kuitenkin suunnilleen

Taulukko 3. Taimikkotunnusten keskiarvo, vaihtelukeroin, minimi ja maksimi vuonna 1997.

Käsittely	$\bar{x}$	Taimikkotunnus cv	min max	
			min	max
<b>Männyntaimien kokonaismäärä, kpl/ha</b>				
1 – Muokkaamaton	2285	0,7	444	4583
2 – Piennarauraus	4117	0,7	667	7750
3 – Palleauraus	2893	0,6	1625	5571
4 – Äestys	2379	0,6	1273	4429
5 – Palleauraus 0-asento	2251	0,3	1474	3182
<b>Kehityskelpoisten männyntaimien määrä, kpl/ha</b>				
1 – Muokkaamaton	1586	0,7	333	2875
2 – Piennarauraus	2089	0,6	417	3500
3 – Palleauraus	1891	0,5	1375	3214
4 – Äestys	1281	0,5	692	1900
5 – Palleauraus 0-asento	1564	0,5	1000	2636
<b>Kehityskelpoisten taimien kokonaismäärä, kpl/ha</b>				
1 – Muokkaamaton	1827	0,5	1000	2958
2 – Piennarauraus	2321	0,4	1167	3500
3 – Palleauraus	2276	0,3	1818	3357
4 – Äestys	1939	0,3	1308	2429
5 – Palleauraus 0-asento	1860	0,3	1353	2636
<b>Aukkoisuus kokonaistaimimäärän perusteella, %</b>				
1 – Muokkaamaton	16,7	1,3	0,0	44,4
2 – Piennarauraus	6,0	1,3	0,0	16,7
3 – Palleauraus	11,2	0,7	0,0	18,2
4 – Äestys	4,2	1,2	0,0	9,1
5 – Palleauraus 0-asento	10,2	1,0	0,0	23,5
<b>Aukkoisuus kehityskelpoisten taimien määrän perusteella, %</b>				
1 – Muokkaamaton	20,2	0,9	0,0	44,4
2 – Piennarauraus	8,2	0,8	0,0	16,7
3 – Palleauraus	16,6	0,6	7,1	28,6
4 – Äestys	10,5	0,9	0,0	23,1
5 – Palleauraus 0-asento	15,8	0,8	8,3	35,3

ennallaan. Vuonna 1997 taimimäärä oli äestyksessä aikaisempien vuosien tasolla, mutta muissa käsittelyissä suurempi kuin vuonna 1990. Vuonna 1997 kuusentaimia oli eniten palleaurauksessa ja toiseksi eniten äestyksessä. Muokkausten väliset erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.

Koivuntaimien kokonaismäärä oli vuonna 1990 kaikissa käsittelyissä pienempi kuin vuonna 1984, mutta vuonna 1997 jo moninkertainen edellisiin mittausvuosiin verrattuna (kuva 2). Vuonna 1997 koivuntaimia oli eniten äestyksessä ja toiseksi eniten palleaurauksessa. Muissa käsittelyissä taimia oli selvästi vähemmän. Muokkausten väliset erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.

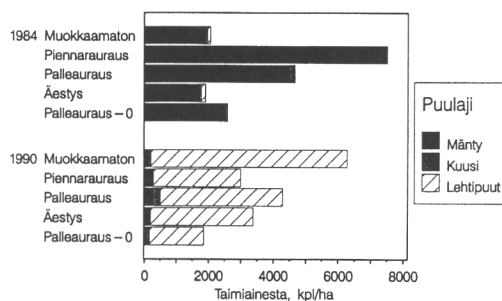
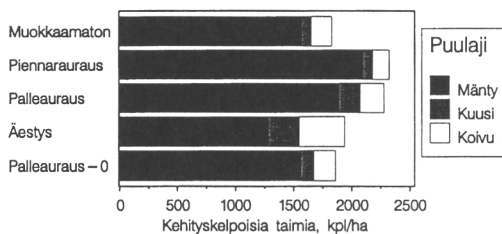
**Taulukko 4.** Varianssianalyysin tulokset männyntaimien kokonaismäärien absoluuttisista ja suhteellisista muutoksista vuosijaksoilla 1984–1990, 1990–1997 ja 1984–1997.

Vaihtelun lähde	df	Absoluuttinen muutos, kpl/ha			p	df	Suhteellinen muutos, %		
		MS	F-arvo				MS	F-arvo	p
Vuosijakso 1984–1990									
Maanmuokkaus	4	6295879	2,9948	0,0628	4	5495	7,7571	0,0025	
Lohko	3	7053361	3,3551	0,0553	3	9080	12,8161	0,0005	
Jäännös	12	2102276			12	708			
Vuosijakso 1990–1997									
Maanmuokkaus	4	467945	1,0724	0,4123	4	15149	1,9979	0,1644	
Lohko	3	514415	1,1789	0,3587	3	7345	0,9687	0,4420	
Jäännös	12	436353			11	7582			
Vuosijakso 1984–1997									
Maanmuokkaus	4	9005863	3,5111	0,0405	4	25507	1,6184	0,2331	
Lohko	3	10353260	4,0364	0,0337	3	38179	2,4224	0,1165	
Jäännös	12	2564981			12	15761			

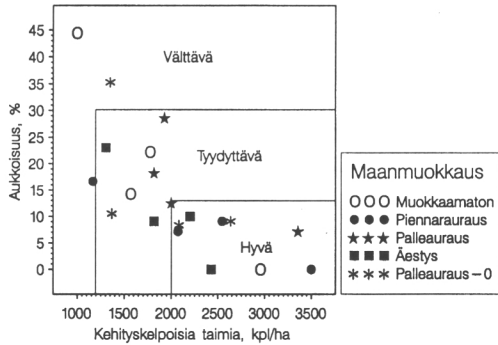
Muiden lehtipuiden taimien määrä oli vuonna 1984 suurin muokkaamattomalla alalla, mutta muiden muokkausten välillä ei ollut eroja (kuva 2). Vuonna 1990 taimimäärä pysyi muissa käsittelyissä suunnilleen vuoden 1984 tasolla, mutta väheni muokkaamattomalla alalla. Vuonna 1997 taimimäärä oli suurentunut kaikissa käsittelyissä. Muokkausten väliset erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.

Mäntytaimaineuksen määrä vaihteli runsaasti eri käsittelyjen välillä vuonna 1984 (kuva 3). Eniten taimiainesta oli piennaraurauksessa, toiseksi eniten palleaurauksessa sekä vähiten äestyksessä ja muokkaamattomalla alalla. Vuonna 1990 mäntytaimaineuksen määrä oli vähentynyt kaikissa käsittelyissä tasolle 100–300 kpl/ha. Osa taimiaineksesta oli kehittynyt taimiksi, osa oli kuollut. Männyn taimien ja taimiaineksen yhteenlaskettu määrä oli kumpanakin mittausajankohtana suurin piennaraurauksessa ja pienin äestyksessä, mutta erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Kuusitaimiaineksen määrä oli vähäinen kumpanakin mittausvuotena. Koivun ja muiden lehtipuiden taimiainesta oli vuonna 1984 vain vähän. Vuonna 1990 taimiainesta oli kuitenkin jo useita tuhansia hehtaaria kohti, eniten muokkaamattomalla alalla ja vähiten palleaurauksen 0-asenossa.

Kehityskelpoisia kaikkien puulajien taimia oli vuonna 1997 eniten piennar- ja palleaurauksessa (kuva 4). Kaikissa muissa käsittelyissä taimia oli

**Kuva 3.** Taimiaineksen määrä mittauseroittain, muokkausmenetelmittäin ja puulajeittain.**Kuva 4.** Kehityskelpoisten taimien määrä muokkausmenetelmittäin ja puulajeittain vuonna 1997.

noin 1000 vähemmän hehtaaria kohti. Erot muokkausten välillä eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Lohkojen välinen vaihtelu oli suurin käsittelemättömällä alalla, mutta lähes yhtä suuri piennaraurauk-



Kuva 5. Kasvatuskelpoisuusluokkajakaumat muokkausmenetelmittäin.

nessa (taulukko 3). Männyn osuus kehityskelpoisista taimista oli äestyksessä 66 %, muissa käsittelyissä 83–90 %.

### 3.2 Taimikon tilajärjestys

Kaikkien puulajien taimien kokonaismäärän perusteella tyhjiä koealoja oli keskimäärin vähiten äestyksessä ja piennaraurauksessa ja eniten muokkaamattomalla alalla (taulukko 3). Muokkausten väliset erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Muokkaamattomalla alalla ja piennaraurauksessa lohkojen välinen vaihtelu oli suurempi kuin muissa käsittelyissä.

Myös kehityskelpoisten taimien perusteella tyhjiä koealoja oli keskimäärin eniten muokkaamattomalla alalla (taulukko 3). Hieman vähemmän aukkoisuutta oli palleaurauksessa ja palleaurauksen 0-asennossa. Vähiten aukkoisuutta oli nykyin piennaraurauksessa ja äestyksessä. Muokkausten väliset erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Lohkojen välinen vaihtelu oli suurin muokkaamattomalla alalla, mutta lähes yhtä suuri äestyksessä.

### 3.3 Taimikon kasvatuskelpoisuus

Kaikkien maanmuokkausmenetelmien kaikki lohkot olivat kaikkien puulajien kehityskelpoisten taimien määrän ja aukkoisuuden perusteella määritettyjen

Taulukko 5. Valtataimien taimikkotunnusten keskiarvo, vaihtelueroin, minimi ja maksimi vuonna 1997.

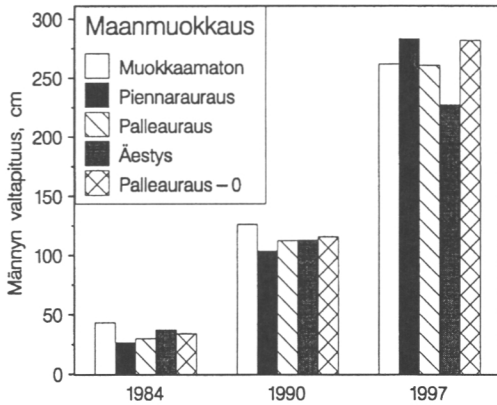
Käsittely	$\bar{x}$	Taimikkotunnus		
		cv	min	max
Ikä, a				
1 – Muokkaamaton	14,5	0,3	9,7	19,3
2 – Piennarauraus	15,4	0,1	13,2	17,2
3 – Palleauraus	15,1	0,2	12,0	17,8
4 – Äestys	14,8	0,2	11,3	18,4
5 – Palleauraus 0-asento	16,2	0,1	14,9	17,6
Rinnankorkeusläpimitta, cm				
1 – Muokkaamaton	3,5	0,6	1,0	5,8
2 – Piennarauraus	4,1	0,3	2,9	5,2
3 – Palleauraus	4,0	0,5	2,1	6,1
4 – Äestys	4,0	0,5	1,8	5,9
5 – Palleauraus 0-asento	4,6	0,3	3,0	6,0
Pituus, cm				
1 – Muokkaamaton	219	0,6	93	375
2 – Piennarauraus	283	0,2	244	357
3 – Palleauraus	261	0,4	148	367
4 – Äestys	227	0,4	107	333
5 – Palleauraus 0-asento	282	0,3	189	377
Vuotuinen pituuskasvu 1990–1997, cm				
1 – Muokkaamaton	17,0	0,4	10,6	23,7
2 – Piennarauraus	22,4	0,2	18,1	28,3
3 – Palleauraus	18,5	0,4	9,5	26,6
4 – Äestys	14,3	0,5	7,9	24,0
5 – Palleauraus 0-asento	20,7	0,3	14,0	25,7

kasvatuskelpoisuusluokkien mukaan keskimäärin vähintään välttäviä (kuva 5). Kasvatuskelpoisuusluokkajakaumien erot eri muokkausmenetelmissä eivät olleet tilastollisesti merkitseviä  $\chi^2$ -testillä testattuna.

### 3.4 Taimikon ikä, läpimitta, pituus ja pituuskasvu

Valtataimien keski-ikä vuonna 1997 vaihteli eri muokkauksissa 14,5–16,2 vuoden välillä (taulukko 5). Lohkojen välinen ikävaihtelu oli selvästi suurin muokkaamattomalla alalla ja pienin palleaurauksen 0-asennossa ja piennaraurauksessa.

Vuonna 1997 valtataimien rinnankorkeusläpimitta oli suurin palleaurauksen 0-asennossa ja pienin muokkaamattomalla alalla (taulukko 5). Lohkojen välinen vaihtelu oli suurin muokkaamattomalla



Kuva 6. Männyn valtipituuden kehitys muokausmenetelmittäin.

alalla ja pienin piennaraeruksessa.

Männyn valtipituuden kehitys oli vuosina 1984 ja 1990 hyvin samansuuruinen kaikissa käsittelyissä (kuva 6). Vuonna 1997 eri muokkausten väliset erot alkoivat kuitenkin näkyä. Parhaiten männyn taimet olivat kasvaneet 18 kasvukauden aikana piennaraeruksessa ja palleaeruksen 0-asennossa ja hitaimmin äestyksessä. Lohkojen välinen valtipituuden vaihtelu oli suurin muokkaamattomalla alalla ja pienin piennaraeruksessa (taulukko 5).

Vuosien 1990 ja 1997 välisen kahdeksan kasvukautta käsittävän jakson keskimääräinen vuotuinen kasvu vaihteli eri käsittelyjen välillä (taulukko 5). Vuotuinen kasvu oli suurin ja lohkojen välinen vaihtelu pienin piennaraeruksessa. Vastaavasti äestyksessä kasvu oli pienin ja lohkojen välinen vaihtelu suurin.

Erot muokkausten välillä eivät olleet tilastollisesti merkitseviä minkään edellä mainitun muutujan suhteen.

### 3.5 Taimikon laatu

Vuonna 1997 valtatimien solakkuus (pituus, dm jaettuna rinnankorkeusläpimitalla, cm) oli keskimäärin suurin eli runkomuoto oli paras muokkaamattomalla alalla (taulukko 6). Muokkaamattomalla alalla runkomuoto kuitenkin vaihteli kaikkein eniten

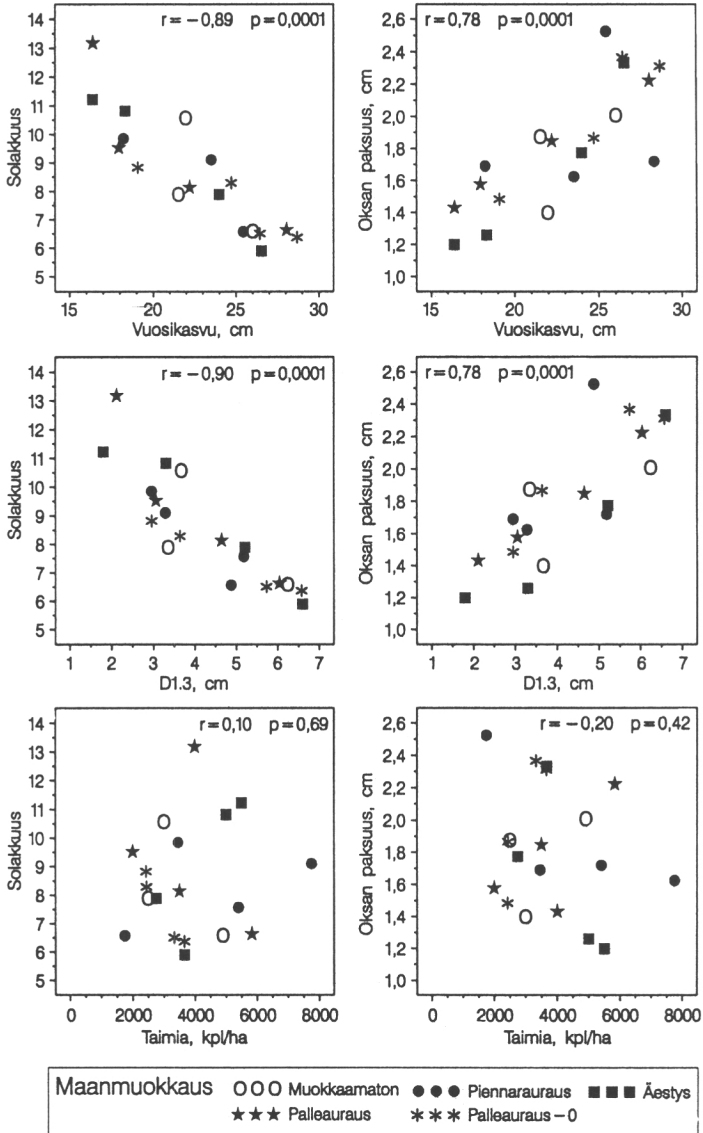
Taulukko 6. Valtatimien laatuolosuhteiden keskiarvo, vaihtelukoefficientti, minimi ja maksimi vuonna 1997.

Käsittely	$\bar{x}$	Laatuolosuhteet		
		cv	min	max
Solakkuus				
1 – Muokkaamaton	10,0	0,4	7,3	15,0
2 – Piennaraeraus	8,2	0,2	6,6	9,7
3 – Palleaeraus	9,3	0,3	6,6	13,2
4 – Äestys	9,2	0,3	6,1	11,5
5 – Palleaeraus 0-asento	7,7	0,1	6,5	8,6
Oksan paksuus, cm				
1 – Muokkaamaton	1,4	0,2	1,3	1,9
2 – Piennaraeraus	1,8	0,1	1,6	2,1
3 – Palleaeraus	1,7	0,3	1,1	2,2
4 – Äestys	1,4	0,4	0,8	1,8
5 – Palleaeraus 0-asento	1,8	0,3	1,3	2,4

lohkojen välillä. Taimien runkomuoto oli huonoin palleaeruksen 0-asennossa. Tässä muokkauksessa myös lohkojen välinen vaihtelu oli pienin, eli runkomuoto oli tasaisesti heikoin. Toiseksi huonoin taimien runkomuoto oli piennaraeruksessa. Muokkausten väliset erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.

Vuonna 1997 latvuksen paksuimman tuoreen oksan läpimita oli pienin muokkaamattomalla ja äestetyllä alalla sekä suurin piennaraeruksessa ja kummassakin palleaeruksessa (taulukko 6). Läpimita oli kaikissa muokkauksissa keskimäärin alle 2,0 cm. Muokkausten väliset erot eivät olleet merkitseviä. Lohkojen välinen vaihtelu oli pienin piennaraeruksessa ja suurin äestyksessä.

Solakkuuden ja kahdeksan viimeisen vuoden keskimääräisen pituuskasvun välillä oli voimakas negatiivinen korrelaatio käytettäessä eri käsittelyjen lohkoja havaintoina (kuva 7). Yhtä selvä negatiivinen korrelaatio vallitsi solakkuuden ja taimien rinnankorkeusläpimitan välillä. Myös paksuimman tuoreen oksan läpimitan ja pituuskasvun sekä vastaavasti paksuimman tuoreen oksan läpimitan ja rinnankorkeusläpimitan välillä vallitsi selvä positiivinen korrelaatio. Männyn taimien kokonaismäärällä mitatun taimikon tiheyden ja runkomuodon välillä ei ollut merkitsevää korrelaatiota, kuten ei myöskään taimikon tiheyden ja latvuksen paksuimman tuoreen oksan läpimitan välillä.



**Kuva 7.** Männyntaimien kasvunopeuden, rinnankorkeusläpimitan ja lukumäärän vaikutus taimien solakkuuteen ja paksuimman tuoreen oksan läpimittaan vuonna 1997.

## 4 Tarkastelu

Tässä tutkimuksessa männyntaimia oli noin viiden-toista kasvukauden jälkeen sekä muokatuilla että muokkaamattomilla aloilla 2 300–4 100 kpl/ha, mikä vastaa kohtuullisesti useita männyn luontaisesta uudistamisesta aiemmin saatuja tutkimustuloksia. Esim. Suoheimon (1982) pohjoisempana Metsä-Lapissa tekemän inventoinnin mukaan taimia oli keskimäärin 1 800 kpl/ha noin 10 vuotta sitten muokatuilla metsähallituksen siemenpuualoilla. Vastaavassa inventoinnissa Etelä-Lapissa taimia oli keskimäärin 4 900 kpl/ha (Punkkinen 1982). Silloisen Lapin metsälautakunnan alueen yksityismetsien ylispuuhakkuuta varten 1990-luvun alussa leimatuilla siemenpuualoilla, joista vain noin neljäsosa oli muokattu, männyntaimia oli keskimäärin 3 600 kpl/ha (Hyppönen ja Hyvönen 2000). Fermin ja Sepposen (1981) tutkimuksen mukaan piennarauraatuilla siemenpuualoilla oli noin 10 vuoden kulluttua muokkauksesta pääasiassaa muutaman sentin pituista männyntaimiainesta selvästi enemmän, 6 000–12 000 kpl/ha. Kaikissa mainituissa tutkimuksissa yksittäisten siemenpuulojen taimimäärän vaihtelu oli suuri, kuten luontaisessa uudistamisessa yleensäkin (esim. Kinnunen 1993).

Verrattaessa tämän tutkimuksen taimimääriä muihin tutkimuksiin on kuitenkin muistettava, että tässä taimettumisaika jäi lyhyeksi siemenpuuston kaaduttua myrskyssä jo kolmen kasvukauden kulluttua muokkauksesta. Kohtuullinen siemensato (tai useampi) lienee kuitenkin sattunut heti maanmuokkauksen jälkeen, koska jo vuonna 1984 männyntaimia ja -taimiainesta oli useita tuhansia hehtaaria kohti kaikissa käsittelyissä. Itävää männyn siementä syntyykin Lapissa jonkin verran lähes vuosittain (Heikinheimo 1932, 1937), vaikka merkittävät siemensadot toistuvatkin 5–15 vuoden välein (Lakari 1915, Pohtila 1980, Bergan 1981) ja erittäin runsaat siemensadot vain muutaman kerran vuosisadassa (Henttonen ym. 1986). Metsänrajalla ja korkeilla alueilla uudistamisen kannalta tyydyttävät siemensadot ovat luonnollisesti vielä pienempiä ja harvinaisempia kuin pohjoisen olosuhteissa keskimäärin (Hagner 1962, Henttonen ym. 1986). Maanmuokkauksella voidaan kuitenkin kompensoida heikkoa siemensatoa (Hagner 1962, Skoklefeld 1995). Nyt

saatuja tuloksia voidaan soveltaa vain Lapin eteläosissa.

Männyntaimien ja taimiaineksen yhteenlaskettu määrä oli koko tutkimusjakson ajan suurin, vaikkakaan ei tilastollisesti merkitsevästi, piennarauraauksessa, jossa paljastetun maan osuus on yleensä suurempi kuin muissa tavallisimmin käytetyissä muokkauksissa (Punkkinen 1982, Suoheimo 1982, Valtanen 1998). On huomattava, että muokkaamaton ala oli jo etukäteen taimettunut kaikkia muita muokkauksia paremmin, joten muokatut alat olivat huonommassa asemassa koetta perustettaessa. Tästä syystä tutkittiin myös taimimäärän muutosta mittausvuosien välillä. Männyntaimien määrän muutoksella mitaten piennarauraus oli muokkaamatonta, mutta ei muita menetelmiä parempi. Tulos tukee aikaisempien tutkimusten tuloksia, joiden mukaan muokatun tai paljastetun kivennäismaan pinta-alaosuus vaikuttaa taimien määrään männyn luontaisessa uudistamisessa. Mitä suurempi on muokatun maan osuus, sitä tiheämpi taimikko syntyy, ja sitä suurempi osa taimista kasvaa muokkausjäljessä (esim. Punkkinen 1982, Suoheimo 1982, Ackzell 1993, Valtanen 1998).

Taimien ja taimiaineksen yhteenlaskettu määrä väheni alle puoleen kaikissa käsittelyissä vuoden 1984 ja 1990 välillä. Eniten taimia oli kuollut muokkaamattomalla alalla, jossa taimia oli ennen maanmuokkausajankohtaa kahdesta viiteen kertaan enemmän kuin muokatuilla aloilla. Aiemminkin on todettu, että suuri osa taimiaineksesta ja taimista häviää erityisesti syntymisen jälkeisinä vuosina ja erityisesti koskemattomalla alustalla (Yli-Vakkuri 1961, Ackzell 1993). Toisaalta taimiainesta syntyy myös koko ajan lisää uusien siemensatojen vaikutuksesta ja siemenen jälki-itämisen tuloksena (esim. Lassila 1920, Sarvas 1937, Sirén 1961, Skoklefeld 1995).

Merkillepantavaa tuloksissa oli suuri koivun ja muiden lehtipuiden määrä. Onhan tunnettua, että laajoilla aloilla Pohjois-Suomessa poron kesälaidunalueilla lehtipuut eivät yleensä pääse kehittymään täysimittaisiksi puiksi, koska ne ovat tärkeää porojen kesäravintoa (esim. Hyppönen 1998b, Mäkitalo ym. 1998). Koivuntaimien suuri määrä takasi sen, että kehityskelpoisten taimien määrä oli kaikissa käsittelyissä keskimäärin vähintään 1 800 kpl/ha.

Useissa männyn luontaista uudistamista, kylvöä ja

istutusta Pohjois-Suomessa käsittelevissä tutkimuksissa männyntaimien pituuskehitys on ollut nopeampaa voimakkaasti muokatuilla kuin muokkaamattomilla ja kevyemmin muokatuilla aloilla (Lähde 1978, Pohtila ja Pohjola 1985, Pohtila ja Valkonen 1985, Valtanen 1998, Mäkitalo 1999, Hyppönen ja Hyvönen 2000). Voimakkaan muokkauksen kasvua lisäävä vaikutus perustuu maan kasvuominaisuuksien paranemiseen. Muokkauksessa maa kuohkeutuu, maan huokos- ja ilmatila suurenee, maan lämpötila nousee, vetinen maa kuivuu taimille sopivammaksi, mikrobi- ja hajoitustoiminta vilkastuu ja taimien käytettävissä olevat ravinteet lisääntyvät (Mälkönen 1972, Leikola 1974, Kauppila ja Lähde 1975, Lähde 1978). Tämän tutkimuksen tulokset ovat samansuuntaisia, vaikka tulokset eivät oleellakaan tilastollisesti merkitseviä.

Kärkkäisen ja Uusvaaran (1982) mukaan puun koko vaikuttaa moniin laatutunnuksiin. Jos koon vaikutus eliminoidaan, tärkeimmäksi laatutekijäksi saadaan kasvunopeus, riippuupa se puuston harvasta asennosta, kasvupaikan viljavuudesta tai jostain muusta tekijästä. Myös tässä tutkimuksessa valtataimien kasvunopeus (pituuskasvu) korreloi voimakkaasti sekä taimikon keskimääräisen solakkuuden että latvuksen paksuimman tuoreen oksan läpimitan kanssa. Sen sijaan taimikon tiheyden (männyntaimien määrä) ja laatutunnusten välinen korrelaatio oli olematon, toisin kuin eräissä aiemmissa tutkimuksissa (Kärkkäinen ja Uusvaara 1982, Huuri ym. 1987, Varmola 1996). Oksan paksuuden suhteen tulos on yhdenmukainen niiden tutkimusten kanssa, joiden mukaan tiheyden ylittäessä 2000–2500 kpl/ha oksikkuus ei enää vähene (Jokinen ja Kellomäki 1982, Kellomäki ja Väisänen 1986, Oker-Blom ym. 1988), koska taimikon tiheys oli kaikkien käsittelyjen kaikissa lohkoissa vähintään noin 2000 kpl/ha jo männyntaimien määrällä mitaten. Lisäksi kaikissa käsittelyissä oli suunnilleen saman verran muiden puulajien taimia.

Tämä tutkimus ei tue yksiselitteisesti mitään kokeessa mukana ollutta maamuokkausmenetelmää, kun tarkastellaan männyn luontaisen uudistamisen onnistumista siemenpuumenetelmällä. Runsaasti maata paljastavat muokkausmenetelmät, piennar- ja palleauraus, olivat kuitenkin muokkaamattomaa käsittelyä parempia verrattaessa männyntaimien kokonaismäärän muutosta eri mittausajankoh-

tien välillä. Vain piennaraurauksella saavutettiin keskimäärin noin 4000 taimen hehtaaritiheys, jota voidaan voidaan pitää luontaisessa uudistamisessa ja kylvössä minimitavoitteena (Metsänhoitosuosituksen 1990).

Tutkimuksessa ei harvojen mittauskertojen vuoksi voitu selvittää tarkasti taimien syntymis- ja kuolemisdynamiikkaa. Toistojen vähäisen määrän takia kasvupaikan viljavuuden vaikutusta taimettumiseen ei myöskään voitu selvittää. Muokkausmenetelmien joukosta puuttui luontaisen uudistamiseen aiemmin kuulunut ja nykyisin taas kuuluva laikutus. Lisäksi äestys oli kokeen perustamishetkellä otettu vasta käyttöön maanmuokkausmenetelmänä, joten äestysjälki ei välttämättä silloisilla koneilla ja taidoilla ollut vielä tyydyttävää. Mm. edellä mainitut seikat edellyttävät lisätutkimusta.

## Kiitokset

Koe perustettiin Metsäntutkimuslaitoksen ja Metsähallituksen yhteistyönä. Kenttätöistä ovat vastanneet metsätalousinsinööri Sointu Nenola ja metsätalousteknikko Pentti Räsänen. Mittauksissa ja tutkimuksen muissa vaiheissa ovat lisäksi avustaneet mm. tutkimusmestarit Raimo Pikkupeura ja Risto Ollikainen sekä metsätalousinsinööri Heikki Harjunniemi. Käsikirjoituksen on lukenut MMT Sauli Valkonen. Kiitämme edellä mainittuja ja kaikkia muita työhön osallistuneita henkilöitä hyvästä yhteistyöstä. Kiitämme myös käsikirjoituksen virallisia tarkastajia perusteellisesta asiaan paneutumisesta. Erityiset kiitokset Metsämiesten säätiölle, jonka tuen turvin tutkimuksen loppuunsaattaminen on ollut mahdollista.

## Kirjallisuus

- Aaltonen, V.T. 1919. Kangasmetsien luonnollisesta uudistamisesta Suomen Lapissa, I. Referat: Über die natürliche Verjüngung der Heidewälder im Finnischen Lappland, I. Metsätieteellisen koelaitoksen julkaisuja 1. 375 s.
- 1938. Maa ja metsän uudistuminen. Metsänhoitajien jatkokurssit 1937. III. Referat: Der Boden und die Verjüngung des Waldes. Der Vortbildungskursus für Forst-

- meister 1937. III. *Silva Fennica* 46: 25–42.
- Ackzell, L. 1993. A comparison of planting, sowing and natural regeneration for *Pinus sylvestris* (L.) in boreal Sweden. *Forest Ecology and Management* 61: 229–245.
- Bergan, J. 1981. Foryngelse av furuskog i Troms og Finnmark. Summary: Regeneration of Scots pine forests in Troms and Finnmark. Norsk institutt for skogforskning. Rapport 10. 69 s.
- Blomqvist, A.G. 1891. Suomen puulajit metsänhoidolliselta kannalta I. Mänty. Helsingissä, keisarillisen senaatin kirjapainossa. 211 s.
- Ferm, A. & Sepponen, P. 1981. Aurasjäljen muuttuminen ja kasvillisuuden kehittyminen metsänuudistusaloilla Lapissa 10 vuoden aikana. Summary: Development of ploughed tracks and vegetation on reproduction areas in Finnish Lapland during a period of 10 years. *Folia Forestalia* 493. 19 s.
- Hagner, S. 1962. Naturlig föryngring under skärm. En analys av föryngringsmetoden, dess möjligheter och begränsningar i mellannorrländskt skogsbruk. Summary: Natural regeneration under shelterwood stands. An analysis of the method of regeneration, its potentialities and limitations in forest management in middle North Sweden. *Meddelanden från statens skogsforskningsinstitut*. Band 52(4). 263 s.
- 1965. Om fröproduktion, fröträdsval och plantslag i försök med naturlig föryngring. Summary: Yield of seed, choice of seed trees and seedling establishment in experiments with natural regeneration. *Studia Forestalia Suecica* 27. 43 s.
- Heikinheimo, O. 1932. Metsäpuiden siementämiskyvystä I. Referat: Über die Besamungsfähigkeit der Waldbäume I. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 17(3). 61 s.
- 1937. Metsäpuiden siementämiskyvystä II. Referat: Über die Besamungsfähigkeit der Waldbäume I. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 24(4). 67 s.
- Henttonen, H., Kanninen, M., Nygren, M. & Ojansuu, R. 1986. The maturation of *Pinus sylvestris* seeds in relation to temperature climate in Northern Finland. *Scandinavian Journal of Forest research* 1: 243–249.
- 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.
- Hypönen, M. 1998a. Koneellisen männynkylvön onnistuminen Länsi-Lapissa. Metsätieteen aikakauskirja – *Folia Forestalia* 1/1998: 65–74.
- 1998b. Aitaamisen vaikutus koivun luontaiseen uudistamiseen poron kesälaidunalueella Rovaniemen maalaiskunnassa. Summary: Effect of reindeer browsing on the natural regeneration of birch. *Julkaisussa: Hypönen, M., Penttilä, T. & Poikajärvi, H. (toim.). Poron vaikutus metsä- ja tunturiluontoon. Tutkimusseminaari Hetassa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 678: 99–108.
- & Hyvönen, J. 2000. Ylispuustoisten mäntytaimikoiden syntyhistoria, rakenne ja alkukehitys Lapin yksityismetsissä. *Metsätieteen aikakauskirja* 4/2000: 589–602.
- Jalkanen, R. 1989. Lapin metsäpatologiset ongelmat. Abstract: Forest pathological problems in Finnish Lapland. Teoksessa: Saastamoinen, O. & Varmola, M. 1989. (toim.). Lapin metsäkirja. *Acta Lapponica Fenniae* 15: 32–47.
- Jeansson, E. 1995. Some aspects on site preparation and natural regeneration in Sweden. *Julkaisussa: Ritari, A., Saarenmaa, H., Saarela, M. & Poikajärvi, H. (toim.). Northern silviculture and management. Proc. IUFRO Working Party S1.05–12 Symposium, Lapland, Finland, 16–22 Aug. 1987. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 567: 69–84.
- Jokinen, P. & Kellomäki, S. 1982. Havaintoja metsikön kasvutiheyden vaikutuksesta runkojen oksaisuuteen varttuneissa männyn taimikoissa. Summary: Observations on the effect of spacing on branchiness of Scots pine stems at pole stage. *Folia Forestalia* 508. 12 s.
- Kauppila, A. & Lähde, E. 1975. Koetuloksia maan käsittelyn vaikutuksesta metsämaan ominaisuuksiin Pohjois-Suomessa. *Folia Forestalia* 230. 29 s.
- Kellomäki, S. 1972. Maanpinnan reliefin ja kasvillisuuden kehityksestä auroksen jälkeisinä vuosina Perä-Pohjolan metsänuudistusaloilla. Helsingin yliopisto, metsänhoitotieteen laitos. Tiedonantoja 8. 56 s.
- & Väisänen, H. 1986. Kasvatustiheyden ja kasvupaikan viljavuuden vaikutus puiden oksikkuuteen taimikko- ja riukuvaiheen männikoissä. Summary: Effect of density and site fertility on the branchiness of Scots pines at pole stage. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 139.38 s.
- Kinnunen, K. 1990. Alikasvos-, luonnon- ja istutustaimien alkukehitys mustikkatyypillä. *Julkaisussa: Laiho, O., & Kilponen, T. (toim.). metsäntutkimuspäivä Nurmossa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 394: 10–16.
- 1993. Männyn kylvö ja luontainen uudistaminen Länsi-Suomessa. Abstract: Direct sowing and natural regeneration of Scots pine in western Finland. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 447. 36 s.
- Kubin, E., Pasanen, J. & Savilampi, P. 1997. Korkeiden aluiden metsien uudistaminen Kainuussa ja Koillismaalla. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 666. 36 s.

- Kärkkäinen, M. & Uusvaara, O. 1982. Nuorten mäntyjen laatuun vaikuttavia tekijöitä. Summary: Factors affecting the quality of young stands. *Folia Forestalia* 515. 28 s.
- Lakari, O.J. 1915. Studier über die Samenjahre und Altersklassenverhältnisse der Kiefernwälder auf dem nordfinnischen Heideböden. *Acta Forestalia Fennica* 5(1). 211 s.
- Lassila, I. 1920. Tutkimuksia mäntymetsien synnystä ja kehityksestä pohjoisen napapiirin pohjoispuolella. Referat: Untersuchungen über die Entstehung und Entwicklung der Kiefernwälder nördlich vom nördlichen Polarkreise. *Acta Forestalia Fennica* 14(3). 98 s.
- Lehto, J. 1956. Tutkimuksia männyn luontaisesta uudistumisesta Etelä-Suomen kangasmailla. Summary: Studies on the natural reproduction of Scots pine on the upland soils of Southern Finland. *Acta Forestalia Fennica* 66. 106 s.
- 1969. Tutkimuksia männyn uudistamisesta Pohjois-Suomessa siemenpuu- ja suojuspuumenetelmällä. Summary: Studies conducted in northern Finland on the regeneration of Scots pine by means of the seed tree and shelterwood methods. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 67(4). 140 s.
- Leikola, M. 1974. Muokkauksen vaikutus metsämaan lämpösuhteisiin Pohjois-Suomessa. Summary: Effect of soil preparation on soil temperature conditions of forest regeneration areas in northern Finland. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 84(2). 64 s.
- Luonnonläheinen metsänhoito 1994. Metsänhoitosuosittukset. Metsäkeskus Tapion julkaisu 6. 72 s.
- Lähde, E. 1978. Maan käsittelyn vaikutus maan fysikaalisiin ominaisuuksiin sekä männyn ja kuusen taimien kehitykseen. Summary: Effect of soil treatment on physical properties of the soil and on development of Scots pine and Norway spruce seedlings. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 94(5). 59 s.
- Metsänhoitosuosittukset 1990. Lapin metsälautakunta. 32 s.
- Metsätalastolliset vuosikirjat 1971–1998.
- Mielikäinen, K. & Riikilä, M. (toim.). 1997. Kannattava puuntuotanto. Tapio ja Metsäntutkimuslaitos. Metsälehti Kustannus. Helsinki.
- Mikola, P. 1966. Alikasvosten merkitys metsien uudistamisessa. Summary: Significance of the undergrowth in reforestation. *Metsätaloudellinen aikakauslehti* 83: 4–7.
- Mäkitalo, K. 1999. Effect of site preparation and reforestation method on survival and height growth of Scots pine. *Scandinavian Journal of Forest Research* 14: 512–525.
- , Penttilä, T. & Räsänen, P. 1998. Poron ja jäniksen vaikutus hieskoivun luontaiseen uudistumiseen tuoreilla kankailla Etelä- ja Keski-Lapissa. Julkaisussa: Hyppönen, M., Penttilä, T. & Poikajärvi, H. (toim.). Poron vaikutus metsä- ja tunturiluontoon. Tutkimusseminaari Hetassa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 678: 109–121.
- Mälkönen, E. 1972. Näkökohtia metsämaan muokkauksesta. Summary: Some aspects concerning cultivation of forest soil. *Folia Forestalia* 137. 11 s.
- 1983. Maan kunnostaminen metsänuudistamisessa. Metsäntutkimuspäivä Joensuussa 15.11.1983. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 124: 6–16.
- Niemistö, P., Lappalainen, E. & Isomäki, A. 1993. Mäntysiemenpuuston kasvu ja taimikon kehitys luontaisen uudistamisvaiheen aikana. Summary: Growth of Scots pine seed bearers and the development of seedlings during a protracted regeneration period. *Folia Forestalia* 826. 26 s.
- Oinonen, E. 1956. Männiköiden luontaisen uudistumisen edellytyksistä Lapin kangasmailla eräden taimivaroja selvittävien inventointien valossa. *Metsätaloudellinen aikakauslehti* 73: 225–230.
- Oker-Blom, P., Kellomäki, S., Valtonen, E. & Väisänen, H. 1988. Structural development of *Pinus sylvestris* stands with varying initial density: a simulation model. *Scandinavian Journal of Forest Research* 3(2): 185–200.
- Palén, T. & Lohi, T. 1999. Metsien käsittely Lapissa metsälain valvonnan ja puun tuotannon kannalta. Julkaisussa: Hyppönen, M., Jalkanen, R. & Aalto, T. (toim.). Onko Lapin metsätaloudella tulevaisuutta? Lapin Metsätalouspäivät 21.–22.1.1999. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 732: 19–25.
- Parviainen, J. & Seppänen, P. Metsien ekologinen kestävyys ja metsänkasvatusvaihtoehdot. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 511. 110 s.
- Pohtila, E. 1979. Tutkimustoiminnan nousu. Summary: The rise of research activity. Julkaisussa: Leikola, M. & Pohtila, E. (toim.). Tutkimustoiminta Lapin metsien hoidon ja käytön suuntaajana. Summary: The role of forestry research in guiding forest policy and management in Finnish Lapland. *Silva Fennica* 13(1A): 10–13, 41–50.
- 1980. Climatic fluctuations and forestry in Lapland. *Holarctic Ecology* 3: 91–98.
- 1995. Effect of site preparation on regeneration results in Lapland. Julkaisussa: Ritari, A., Saarenmaa, H., Saarela, M. & Poikajärvi, H. (toim.). Northern silviculture and management. Proc. IUFRO Working Party S1.05–12 Symposium, Lapland, Finland, 16–22 Aug. 1987. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 567: 105–110.
- & Pohjola, T. 1985. Maan kunnostus männyn vilje-

- lyssä Lapissa. Summary: Soil preparation in reforestation of Scots pine in Lapland. *Silva Fennica* 19(3): 245–270.
- & Valkonen, S. 1985. Varttuneiden viljelytaimikoiden tila Lapin piirimetsälautakunnan alueen yksityismetsissä. Summary: Development and condition of artificially regenerated pine and spruce sapling stands in the privately owned forests of Finnish Lapland. *Folia Forestalia* 631. 19 s.
- Punkkinen, E. 1982. Männyn luontaisen uudistamisen onnistuminen muokatuilla mailla Etelä-Lapissa. *Metsänhoitotieteen laudaturtyö*. Helsingin yliopisto. 76 s.
- Renvall, A. 1912. Die periodischen Erscheinungen der Produktion der Kiefer an der polaren Waldgrenze. *Acta Forestalia Fennica* 1(2). 154 s.
- Roll-Hansen, F., Roll-Hansen, H. & Skroppa, T. 1992. Gremmeniella abietina, Phacidium infestans, and other causes of damage in alpine, young pine plantations in Norway. *European Journal of Forest Pathology* 22: 77–94.
- Räsänen, P.K., 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.
- Sarvas, R. 1937. Kuloalojen luontaisesta metsittymisestä. Pohjois-Suomen kuivilla kankailla suoritettu metsäbiologinen tutkielma. Referat: Über die natürliche Bewaldung der Waldbrandflächen. Eine waldbiologische Untersuchung auf den trockenen Heideböden Nord-Finnlands. *Acta Forestalia Fennica* 46. 147 s.
- 1950. Tutkimuksia Perä-Pohjolan harsimalla hakattujen yksityismetsien luontaisesta uudistumisesta. Summary: Investigations into the natural regeneration of selectively cut private forests in northern Finland. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 38(1). 95 s.
- 1952. Pohjois-Suomen kuivien kangasmetsien ekologiasta. Summary: On the ecology of dry moss-lichen forests in North Finland. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 41(1). 27 s.
- Sirén, G. 1961. Skogsgränstallen som indikator för klimafluktuationer i norra Fennoskandien under historisk tid. Summary. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 54(2). 66 s.
- Skoklefald, S. 1995. Spot scarification in a mountainous Scots pine forest in Norway. Julkaisussa: Ritari, A., Saarenmaa, H., Saarela, M. & Poikajärvi, H. (toim.). Northern silviculture and management. Proc. IUFRO Working Party S1.05–12 Symposium, Lapland, Finland, 16–22 Aug. 1987. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 567: 85–90.
- Suoheimo, J. 1982. Männyn luontainen uudistaminen siemen- ja suojuuspuumenetelmällä Metsä-Lapissa. *Laudaturtyö*. Helsingin yliopisto. 77 s.
- Uusvaara, O. 1974. Wood quality in plantation-grown Scots pine. Lyhennelmä: Puun laadusta viljelymänniköissä. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 80(2). 105 s.
- Valtanen, J. 1998. Männyn luontainen uudistaminen siemenpuumenetelmällä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 693. 77 s.
- Varmola, M. 1996. Nuorten viljelymänniköiden tuotos ja laatu. Abstract. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 585. 70 s.
- Yli-Vakkuri, P. 1961. Kokeellisia tutkimuksia taimien syntymisestä ja ensi kehityksestä kuusikoissa ja männiköissä. Summary: Experimental studies on the emergence and initial development of tree seedlings in spruce and pine stands. *Acta Forestalia Fennica* 75(1). 122 s.

#### 64 viitettä







■ Mikko Hyppönen



■ Taito Kemppe

Mikko Hyppönen ja Taito Kemppe

## Maanmuokkauksen ja kylvön vaikutus mäntysiemenpuualan taimettumiseen Etelä-Lapissa

**Hyppönen, M. & Kemppe, T.** 2001. Maanmuokkauksen ja kylvön vaikutus mäntysiemenpuualan taimettumiseen Etelä-Lapissa. Metsätieteen aikakauskirja 1/2002: 19–27.

Tutkimuksessa selvitettiin äestyksen sekä äestyksen ja viirukylvön vaikutusta mäntysiemenpuualan taimettumiseen ja taimikon alkukehitykseen. Koekenttä perustettiin mäntyvaltaiseen kuivahkon kankaan sekametsikköön Rovaniemen maalaiskuntaan keväällä 1989, jolloin koeruodut hakattiin, muokattiin ja kylvettiin. Koejärjestelyinä oli satunnaistettujen lohkojen koe, jossa lohkojen määrä oli kolme. Käsittelet olivat 0) muokkaamaton, 1) äestys sekä 2) äestys ja kylvö. Koe mitattiin 6, 10 ja 12 kasvukauden kuluttua maanmuokkauksesta. Kokeen perustamisväenä Etelä- ja Keski-Lappiin saatiin hyvä männyn siemensato. Ylispuut poistettiin toisen ja kolmannen mittauksen välillä.

Vuonna 2000 12 kasvukauden jälkeen muokkauksesta männyntaimia oli muokkaamattomalla alalla keskimäärin 3 500 kpl/ha, äestetyllä 7 200 kpl/ha sekä äestetyllä ja kylvetyllä yhteensä 10 100 kpl/ha. Kehityskelpoisia männyntaimia oli vastaavasti 1 100 kpl/ha, 2 300 kpl/ha ja 2 700 kpl/ha. Kuusentaimet mukaan lukien kehityskelpoisia taimia oli yli 2 000 kpl/ha myös muokkaamattomalla alalla. Kehityskelpoisten männyntaimien keskipituus oli 12 kasvukauden jälkeen muokatuilla aloilla noin 130 cm ja muokkaamattomalla alalla noin 100 cm.

Mäntysiemenpuuala taimettui hyvin, kun maa muokattiin ja erityisesti kun maa muokattiin ja kylvettiin. Poikkeuksellisen hyvän siemensadon, kokeen suppeuden sekä edullisten ilmasto- ja kasvupaikkatekijöiden vuoksi tutkimustuloksia ei voida laajasti yleistää männyn luontaiseen uudistamiseen Lapin eteläosissa.

Asiasanat: mänty, luontainen uudistaminen, siemenpuu, maanmuokkaus, kylvö  
Yhteystiedot: *Hyppönen*, Metsäntutkimuslaitos, Rovaniemen tutkimusasema, PL 16, 96301 Rovaniemi; *Kemppe*, Metsäkeskus Lappi, Keminmaan toimisto, PL 14, 94401 Keminmaa.  
Faksi (016) 3364 640, sähköposti mikko.hypponen@metla.fi  
Hyväksytty 4.2.2002

## I Johdanto

Mänty uudistetaan luontaisesti yleensä siemenpuumenetelmällä, mutta joskus myös kaista-lehakkua käyttäen (Hokajärvi 1997, Hyppönen ym. 2001b, Hyvän ... 2001). Noin puolet metsistä uudistetaan Lapissa nykyisin luontaisesti (Metsätilastollinen ... 2000). Luontaista uudistamista siemenpuumenetelmällä on tutkittu Lapissa suhteellisen vähän. Laajimmassa ja varhaisimmassa koko Pohjois-Suomea koskevassa tutkimuksessa havaittiin, että uudistaminen ilman maanmuokkausta johtaa usein huonoon tai vain välttävään uudistamistulokseen erityisesti Lapin pohjoisosissa (Lehto 1969). Lisäksi on havaittu, että uudistaminen pohjoisilla äärialueilla ja korkealla merenpinnasta sijaitsevilla alueilla kestää kauan (esim. Suoheimo 1982, Kubin ym. 1997). Syynä uudistamisvaikeuksiin ovat harvoin toistuvat, pienet ja vajaasti kypsyneet siemensadot (esim. Henttonen ym. 1986, Pohtila 1995, Kubin ym. 1997).

Etelä- ja Keski-Lapissa männyn luontainen uudistaminen on johtanut parempaan tulokseen etenkin, jos uudistusala on muokattu (Punkkinen 1982, Eskelinen 2000, Hyppönen ym. 2001a). Maanmuokkauksen on todettu lisäävän luontaisen uudistamisen mahdollisuuksia myös pohjoisessa ja korkeilla mailla parantamalla taimettumista ja nopeuttamalla uudistumista (Hagner 1962, Bergan 1981, Norokorpi 1983, Eskelinen 2000). Paljastunut kivennäismaa luo siemenen itämiselle ja taimettumiselle edulliset mikro-olosuhteet, vähentää kilpailua vedestä ja ravinteista sekä tarjoaa suojaa siemensyöjiä ja epäedullisia ilmasto-olosuhteita vastaan (esim. Jeansson 1995). Muokkauksen on myös todettu kompensoivan huonojen siemensatojen vaikutusta (Hagner 1962).

Metsälaki (1996) alempiasteisine säädöksineen asettaa luontaisen uudistamisen käytölle vaatimuksia mm. uudistamisen nopeudesta. Lapissa, suojametsäaluetta lukuun ottamatta, uudistusosalalle on saatava syntymään riittävä taimimäärä seitsemän vuoden sekä Pohjois-Pohjanmaalla ja Kainuussa viiden vuoden kuluttua uudistamistöiden loppuun saatamisesta (Metsäasetus 1996). Muokkauksesta huolimatta metsäasetuksessa esitetty aika ei aina näytä riittävän kyllin hyvään taimettumiseen erityisesti

Pohjois-Lapissa ja Pohjois-Suomen korkeilla mailla (Suoheimo 1982, Kubin ym. 1997, Eskelinen 2000). Myös Pohjois-Ruotsin korkeilla mailla uudistumisen on todettu olevan hidasta ja vajaata (Hagner 1965). Luontaisen uudistamisen onnistumisesta ja erityisesti maanmuokkauksen vaikutuksesta uudistamisaikaan ja uudistamistulokseen Lapin eri osissa kaivataan lisätietoa (Palén ja Lohi 1999, Hyppönen ym. 2001a).

Luontaiseen uudistamiseen liittyvän epävarmuuden vuoksi Pohtila (1995) on esittänyt erityisesti Pohjois-Lapissa sijaitsevien siemenpuualojen kylvämistä, jos niiden uudistaminen edellyttää maanmuokkausta. Nykyisissä metsänhoitosuosituksissa eräänä uudistamisvaihtoehtona onkin siemenpuualan kylväminen tai istuttaminen taimettumisen varmistamiseksi ja uudistamisajan lyhentämiseksi (Hokajärvi 1997, Hyppönen ym. 2001b). Kinnunen (1994) suosittelee siemenpuualan kylvämistä huonoina siemenvuosina myös Etelä-Suomessa. Siemenpuualojen kylvöstä Lapissa ei ole julkaistua tutkimustietoa.

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää 1) maanmuokkauksen sekä 2) maanmuokkauksen ja kylvön vaikutusta siemenpuuasentoon hakatun männikön taimettumiseen Etelä-Lapissa.

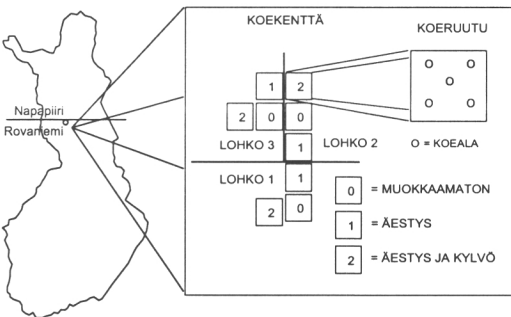
## 2 Aineisto ja menetelmät

Koejärjestelyynä oli satunnaistettujen lohkojen koe, jossa lohkoja oli kolme. Lohkot jaettiin kolmeen käsittelyryutuun, joihin arvottiin seuraavat käsittelyt: 0) muokkaamaton, 1) äestys sekä 2) äestys ja kylvö. Koeruuden koko oli 0,2 ha (40 m × 50 m). Koe-entä sijaitsee Kemijokivarressa Rovaniemen maalaiskunnassa (kuva 1). Alueen korkeus merenpinnasta on 100 m ja keskimääräinen lämpösumma 900 dd. Tutkimusmetsikön puusto oli ennen siemenpuuhakkuuta mäntyvaltaista sekametsää, jossa männyn osuus oli 70 %, kuusen 20 % ja lehtipuun 10 %. Puuston kokonaistilavuus oli 205 m<sup>3</sup>/ha ja männyn tukkipuuosuus 60 %. Kasvupaikkatyyppi on kuivahkoa kangasta. Lohkot hakattiin siemenpuuasentoon talvikautena 1988–1989. Siemenpuita jätettiin keskimäärin 70 kpl/ha. Muokattavat ja kylvettävät koeruudet äestettiin ja kylvettiin viiru-

kylvönä kesäkuussa 1989 siemenviljelyssiemenellä (Parkkola 141) pyrkien silloisten metsänhoitosuositusten (Metsänhoitosuositukset 1990) mukaisesti 4 000–5 000 kylvöpisteeseen hehtaarilla. Siemen itävyys oli 83 % ja 1 000-jyväpaino 6,0 g. Keväällä 1989 Etelä- ja Keski-Lappiin saatiin runsas ja hyvin tuleentunut männyn siemensato (Eskelinen 2000). Siemenpuut poistettiin 10 kasvukauden jälkeen heti toisen mittauksen jälkeen keväällä 1999.

Koekenttä mitattiin syksyllä 1994, keväällä 1999 ja syksyllä 2000 eli 6, 10 ja 12 kasvukauden kuluttua muokkauksesta. Kultakin käsittelyruudulta mitattiin viisi 10 m<sup>2</sup>:n suuruista ympyräkoelaa (kuva 1). Koaloilta mitattiin ko. vuosina taimien (havupuut ≥10 cm, lehtipuut ≥50 cm) ja taimiaineksen (havupuut <10 cm, lehtipuut <50 cm) kokonaismäärä puulajeittain sekä kehityskelpoisten taimien määrä ja pituus puulajeittain. Vuonna 1999 lehtipuiden taimiainesta ei mitattu. Kehityskelpoisiksi taimiksi valittiin kuntonsa ja laatunsa puolesta parhaat eri puulajien taimet. Taimien oli sijaittava vähintään 80 cm:n etäisyydellä toisistaan. Yhdeltä koelalalta hyväksyttiin enintään viisi tainta kehityskelpoisiksi eli 5 000 kpl/ha (Hyppönen 1998b). Taimien oli sopeutettava sekä koelalla että siinä osassa taimikkoa, jossa koelalla sijaitti, pituutensa ja kuntonsa puolesta ympäröivään taimikkoon (Hyppönen 1998b).

Koaloilta määritettiin vuonna 2000 humuksen paksuus ja maalaji kenttämenetelmin (Taskupainos ... 1990). Maalaji oli valtaosin karkeaa hietamoreenia, vain kahdella koelalla hienoa hiekkamoreenia. Humuksen paksuus oli keskimäärin 2 cm vaihteluvälillä ollessa 1–3 cm.



Kuva 1. Koekentän sijainti ja kojärjestely.

Aineiston analyysissä havaintoyksikkönä oli koeruutu. Käsittelyjen ja lohkojen välisiä runkolukujen ja pituustunnusten keskimääräisiä eroja eri vuosina testattiin satunnaistettujen lohkojen varianssianalyysillä, jossa käytettiin mallia:

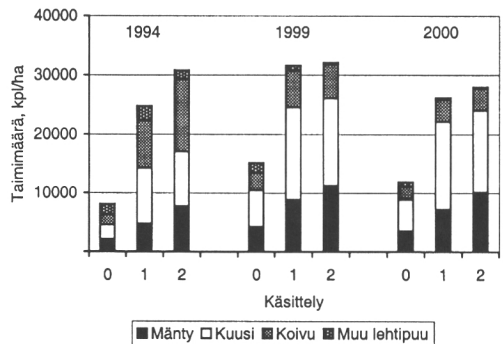
$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

missä  $\mu$  = yleiskeskisarvo,  $\alpha_i$  = käsittelyn vaikutus ( $i = 1 - 3$ ),  $\beta_j$  = lohkon vaikutus ( $j = 1 - 3$ ) ja  $\varepsilon_{ij}$  = virhetermi. Pareittaiset vertailut tehtiin Tukeyn testillä 5 %:n riskitasolla.

## 3 Tulokset

### 3.1 Taimien kokonaismäärä

*Männyntaimien kokonaismäärä* lisääntyi vuosien 1994 ja 1999 välisenä aikana ja väheni vuosien 1999 ja 2000 välillä, jolloin siemenpuut korjattiin (kuva 2). Taimia oli aina enemmän äestetyllä ja kylvetyllä kuin muokkaamattomalla alalla, ja käsittelyjen väliset erot olivat tilastollisesti merkitseviä kaikilla mittauskerroilla (taulukko 1). Lohkojen väliset erot eivät olleet merkitseviä. Muokkaamaton ala poikkesi aina merkitsevästi äestetyistä ja kylvetystä alasta. Vuonna 2000, 12 kasvukauden jälkeen siemenpuuhakuusta, männyntaimia oli äestetyllä alalla keski-



Kuva 2. Taimien kokonaismäärä puulajeittain ja käsitteilyttain eri mittausvuosina. Käsittely: 0 = muokkaamaton, 1 = äestetty, 2 = äestetty ja kylvetty.

**Taulukko 1.** Varianssianalyysi ja Tukeyn testi (5 %:n riskitaso). Eri kirjaimilla merkityt käsitellyt poikkeavat merkitsevästi toisistaan. Käsitellyt: 0 = muokkaamaton, 1 = äestetty, 2 = äestetty ja kylvetty.

Vaihtelun lähde / käsittely	Männynntaimien kokonaismäärä, kpl/ha					Kehityskelpoisten männynntaimien määrä, kpl/ha				
	$\bar{x}$	df	MS	F-arvo	p	$\bar{x}$	df	MS	F-arvo	p
<i>Vuosi 1994 / 6 kasvukautta</i>										
Muokkaus		2	23,560	17,409	0,011		2	1,391	5,397	0,073
Lohko		2	2,813	2,079	0,240		2	0,058	0,224	0,809
Jäännös		4	1,353				4	1,391		
0	2 133 <sup>a</sup>					1 133 <sup>a</sup>				
1	4 733 <sup>ab</sup>					2 200 <sup>a</sup>				
2	7 733 <sup>b</sup>					2 400 <sup>a</sup>				
<i>Vuosi 1999 / 10 kasvukautta</i>										
Muokkaus		2	38,111	15,580	0,013		2	1,764	11,676	0,021
Lohko		2	1,764	0,734	0,535		2	0,298	1,971	0,254
Jäännös		4	2,404				4	0,151		
0	4 200 <sup>a</sup>					1 733 <sup>a</sup>				
1	8 867 <sup>b</sup>					2 533 <sup>ab</sup>				
2	11 200 <sup>b</sup>					3 267 <sup>b</sup>				
<i>Vuosi 2000 / 12 kasvukautta</i>										
Muokkaus		2	32,804	8,684	0,035		2	2,138	8,084	0,039
Lohko		2	7,951	2,105	0,237		2	0,271	1,025	0,437
Jäännös		4	3,778				4	0,264		
0	3 533 <sup>a</sup>					1 067 <sup>a</sup>				
1	7 200 <sup>ab</sup>					2 333 <sup>ab</sup>				
2	10 133 <sup>b</sup>					2 667 <sup>b</sup>				

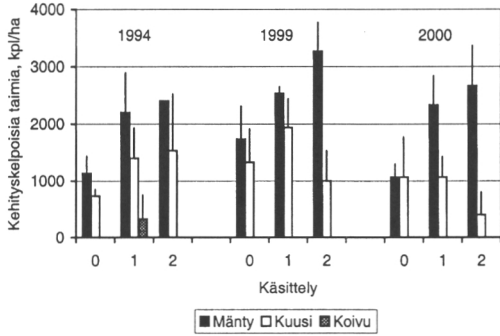
määrin kaksinkertainen sekä äestetyllä ja kylvetyllä alalla noin kolminkertainen määrä muokkaamattomaan alaan verrattuna.

*Kuusentaimien kokonaismäärä* lähes kolminkertaistui kahden ensimmäisen mittauksen välisenä aikana, mutta väheni taas kahden viimeisen mittauksen välillä (kuva 2). Käsitelyjen väliset erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä millään mittauskerralla kuten eivät myöskään lohkojen väliset erot. *Koivuntaimien kokonaismäärä* pieneni muokatuilla aloilla mittauskerrasta toiseen (kuva 2). Muokkaamattomalla alalla taimimäärä sen sijaan lisääntyi kahden ensimmäisen mittauksen välisenä aikana, mutta sen jälkeen taas väheni. *Muiden lehtipuiden taimien määrä* väheni jokaisen mittausjakson välisenä aikana (kuva 2). Käsitelyjen väliset ja lohkojen väliset erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä yhtenäkkään mittausvuonna sen enempää koivulla kuin muilla lehtipuilla.

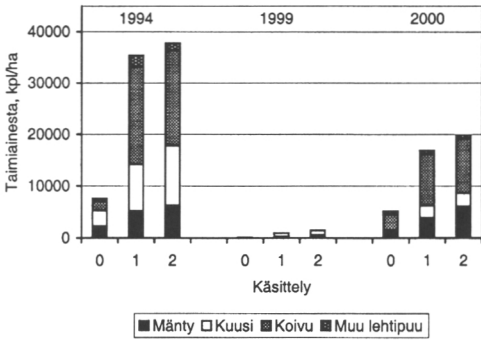
### 3.2 Kehityskelpoisten taimien määrä

*Kehityskelpoisten männynntaimien määrä* oli suurimmillaan vuonna 1999 ennen ylispuiden korjuuta (kuva 3). Taimia oli vähiten muokkaamattomalla alalla sekä eniten äestetyllä ja kylvetyllä alalla kaikkina mittauskertoina. Erot olivat vuosina 1999 ja 2000 merkitseviä muokkaamattoman alan ja äestetytyn ja kylvetyn alan välillä (taulukko 1). Vuonna 2000 kehityskelpoisia männynntaimia oli muokatuilla aloilla kaksinkertainen määrä muokkaamattomaan alaan verrattuna (kuva 3). Lohkojen väliset erot eivät olleet merkitseviä.

*Kehityskelpoisten kuusentaimien määrä* vaihteli runsaasti eri vuosien mittauksissa ja käsittelyissä (kuva 3). Käsitelyjen väliset ja lohkojen väliset erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä yhtenäkkään mittausvuonna. *Kehityskelpoisia koivuntaimia* oli muutamalla muokatulla koelalalla vain vuonna 1994 (kuva 3).



**Kuva 3.** Kehityskelpoisten taimien määrä ja keskihajonta puulajeittain ja käsittelyittäin eri mittausvuosina. Käsittelyt: 0 = muokkaamaton, 1 = äestetty, 2 = äestetty ja kylvetty.

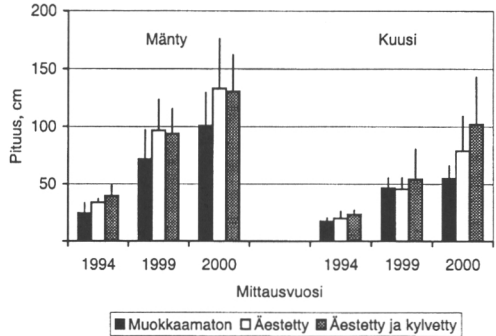


**Kuva 4.** Taimiaineksen määrä puulajeittain ja käsittelyittäin eri mittausvuosina. Käsittelyt: 0 = muokkaamaton, 1 = äestetty, 2 = äestetty ja kylvetty.

### 3.3 Taimiaineksen määrä

Männyn taimiaineksen määrä vaihteli runsaasti eri mittausajankohtina (kuva 4). Vuosina 1994 ja 2000 taimiainesta oli kaikissa käsittelyissä useita tuhansia, mutta vuonna 1999 vain muutamia satoja. Vähiten taimiainesta oli jokaisena mittausvuonna muokkaamattomalla alalla sekä eniten äestetyllä ja kylvetyllä alalla. Erot käsittelyiden välillä ja lohkojen välillä eivät olleet merkitseviä yhtenäkkään mittausvuonna.

Myös kuusen taimiaineksen määrä väheni jyrkästi ensimmäisen mittauksen jälkeen mutta lisääntyi taas kahden viimeisen mittauksen välillä (kuva 4).



**Kuva 5.** Kehityskelpoisten männyn- ja kuusentaimien keskipituus ja -hajonta käsittelyittäin eri mittausvuosina.

Muokkaamattomalla alalla kuusitaimiainesta oli vähiten sekä äestetyllä ja kylvetyllä alalla eniten kaikilla mittauskerroilla. Käsittelyjen väliset erot olivat vuosina 1994 ja 2000 merkitseviä muokkaamattoman alan ja äestetyt alan sekä muokkaamattoman alan ja äestetyt ja kylvetyt alan välillä. *Koivun taimiainesta* oli runsaasti vuosina 1994 ja 2000 (kuva 4). *Muiden lehtipuiden taimiainesta* oli vähän kummallakin mittauskerralla (kuva 4). Vuonna 1999 taimiainesta ei mitattu.

### 3.4 Taimien pituuskehitys ja uudistumisnopeus

Kehityskelpoisten männyntaimien pituuskehitys oli muokatuilla aloilla jonkin verran nopeampi kuin muokkaamattomalla (kuva 5). Vuosina 1999 ja 2000 ero oli 20–30 cm. Ero suurentui hieman vuosien 1999 ja 2000 välillä. Äestetyllä sekä äestetyllä ja kylvetyllä alalla pituuskehitys oli jokseenkin samanlainen. Käsittelyjen väliset erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä yhtenäkkään mittausvuonna. *Kehityskelpoisten kuusentaimien keskipituus* kehittyi samaan tapaan kuin männyntaimien (kuva 5). Myös kuusentaimien keskipituus oli vuonna 2000 muokatuilla aloilla hieman suurempi kuin muokkaamattomalla alalla. Käsittelyjen väliset erot eivät olleet kuitenkaan tilastollisesti merkitseviä.

Vuosikasvaimista laskettu kehityskelpoisten männyntaimien keski-ikä oli muokkaamattomalla alalla 7,8 vuotta, äestetyllä 8,1 vuotta sekä äestetyllä ja

kylvetyllä 8,5 vuotta. *Uudistumisnopeus* oli näin ollen taimien keski-ikien perusteella lähes sama kaksissa käsittelyissä.

## 4 Tulosten tarkastelu

Männyn taimien kokonaismäärä 12 kasvukauden jälkeen oli äestetyllä alalla, mutta myös muokkaamattomalla alalla suuri verrattuna useimpien aikaisempien tutkimusten tuloksiin (Norokorpi 1983, Valtanen 1998, Eskelinen 2000, Hyppönen ja Hyvönen 2000, Hyppönen ym. 2001a). Keskimääräistä suurempaan männyn taimien määrään vaikutti epäilemättä poikkeuksellisen runsas ja hyvälaatuinen männyn siemensato Etelä- ja Keski-Lapissa vuonna 1989 (Eskelinen 2000). Lapissa hyvät siemensadot toistuvat keskimäärin 10 vuoden välein, pohjoisosissa harvemmin ja eteläosissa useammin (esim. Pohjola 1980, Henttonen ym. 1986), joskin jonkin verran itävää siementä saadaan lähes joka vuosi (Heikinheimo 1937). Hyvän siemensadon merkitys riittävälle ja nopealle uudistamiselle on Lapissa erittäin suuri (Norokorpi 1983, Eskelinen 2000). Harvoin toistuvien, hyvien tai keskimääräistä parempien siemensatojen sattuessa siemeniä kerätään Lapissa aina metsänviljelyn tarpeisiin. Suurehkoja männyn siemenkeräyksiä on viimeisen kolmenkymmenen vuoden aikana ollut Lapissa talvikausina 1972–1973, 1988–1989 ja 1997–1998 eli vain kolme kertaa. Vuonna 1973 tuleentunutta siementä saatiin koko Lapista pohjoisimpia alueita myöten. Muina vuosina siemen kypsyi riittävästi vain Etelä- ja Keski-Lapissa (Vuosikertomus 1973, Toimintakertomus 1987, 1989, Lapin ... 1997). Pienehköjä, alueellisesti suppeita keräyksiä on lisäksi tehty tuleentumisvuosina 1971, 1974, 1986, 1990 ja 1991 sekä niitä seuraavina keväinä (Männyn ... 2001). Pohjolan (1977) mukaan sellaisten vuosien todennäköisyys, joihin männyn keräyskelpoinen siemensato (riittävän runsaasti käpyjä, joissa on tuleentunutta siementä), on Sodankylässä 0,06 ja Pudasjärvellä 0,65.

Muokkauksella on eri tutkimusten mukaan ratkaiseva vaikutus taimettumiseen ja uudistamisnopeuteen (esim. Norokorpi 1983, Kinnunen 1993, Valtanen 1998, Karlsson ja Örlander 2000, Kubin 2000).

Myös tässä tutkimuksessa muokkaus paransi uudistamistulosta merkitsevästi. Tulosta paransi entisestään se, että taimettuminen tapahtui nopeasti hyvän siemensadon ja muokkauksen ajoittuessa täsmälleen samaan ajankohtaan (ks. myös Norokorpi 1983, Eskelinen 2000). Maanmuokkaus tulisikin mahdollisuuksien mukaan keskittää hyvän siemensadon yhteyteen tai sen edelle (Kinnunen 1996, Karlsson ja Örlander 2000). Kubinin (1998) mukaan metsää muodostavat taimet syntyvät parina ensimmäisenä vuonna muokkauksen jälkeen. Mitä myöhemmin muokkauksesta taimet syntyvät, sitä suurempi osa niistä kuolee. Hyvään uudistamistulokseen lienevät käsillä olevassa tutkimuksessa hyvän siemensadon, muokkauksen ja niiden ajoittumisen lisäksi vaikuttaneet myös Kemijokivarren otolliset ilmastot ja kasvupaikkatekijät: korkea lämpösusma, kuivahko kangas, ohuehko humuskerros ja sopiva maalaji (Kinnunen 1993, Hyppönen 1998b, Valtanen 1998, Kubin 2000).

Kylvö ei parantanut taimikon kasvatuskelpoisuutta pelkkään muokkaukseen verrattuna tilastollisesti merkitsevästi. On kuitenkin ilmeistä, että etenkin huonoina siemenvuosina kylvön antama taimimäärän lisäys on uudistamisen onnistumisen kannalta tärkeä. Erityisesti Pohjois- ja Keski-Lapissa ja huonoina siemenvuosina myös Etelä-Lapissa luontaisen uudistamisen varmistaminen kylvämällä on varteentottava vaihtoehto, jos sopivaa siementä vain on käytettävissä (Pohjola 1995). Erityisen hyvin uudistamisen varmistukseen sopii Kinnusen (1993) mukaan koneellinen kylvö, jonka työkuustannukset ovat pienet käsikylvöön verrattuna (Kinnunen 1993, Hyppönen 2000a).

Tuloksissa kiinnittää huomiota kuusentaimien huomattavan suuri määrä. Tämä johtunee siitä, että myös kuusella oli Etelä- ja Keski-Lapissa huomattavan hyvä siemensato muokkausta seuraavana vuonna 1990 (esim. Toimintakertomus 1990). Suurin osa koekenttää ympäröivästä metsästä on kuusivaltaista, joten siementä on voinut levitä runsaasti uudistuslalle reunametsästä. Reunametsällä onkin tärkeä merkitys niin luontaisesti uudistettavien kuin viljeltävienkin uudistusalojen taimettumisessa (esim. Kinnunen 1993).

Tulosten mukaan lehtipuiden taimien määrä väheni mittaus mittaukselta. Tulos vastaa niitä tutkimustuloksia, joissa poron on todettu riippiessään puiden

lehtiä ravinnokseen vähentävän lehtipuiden taimien määrää ja hidastavan niiden pituuskehitystä kesälaidunalueilla sijaitsevilla uudistusaloilla (Hyppönen 1998a, Mäkitalo ym. 1998).

Taimiainesta oli selvästi vähemmän keväällä 1999 kuin vuosina 1994 ja 2000. Männyllä ilmiö selitynee vuoden 1994 osalta vuoden 1992 ja vuoden 2000 osalta vuoden 1998 keskimääräistä paremmalla siemensadolla (Eskelinen 2000). Männyn taimiaineksen suuri määrä vuonna 2000 erityisesti muokatulla alalla ilmentää myös sitä, että muokkausjälki oli pysynyt taimettumiskunnossa ainakin 10 vuoden ajan. Saman havainnon ovat tehneet aiemmin mm. Kellomäki (1972), Ferm ja Sepponen (1981), Norokorpi (1983) ja Eskelinen (2000). Metsähallituksen siemenkeskuksessa Rovaniemellä tehtyjen röntgen- ja pöytäitävyysselvitysten mukaan myös kuusella on ollut Pohjois-Suomessa itävää siementä vuosina 1996, 1998 ja 1999, joskin siemenen laatu (tyhjiä siemenien suuri osuus) on ollut heikohkoa (Rovaniemen ... 2001).

Kehityskelpoisten taimien kokonaismäärä väheni kahden viimeisen mittauksen välillä eri käsittelyissä keskimäärin noin 1100 taimella hehtaaria kohti (27 %). Suurin osa taimista lienee tuhoutunut ylispuuston korjuussa kesällä 1999, vaikka taimissa oli merkkejä myös sienitautien ja hirven aiheuttamista vaurioista. Korjuusta oli kulunut jo kaksi kasvukautta, mikä vaikeutti korjuuvaurioiden erottamista muista tuhoista. Korjuuvaurioprocentti oli Lapin yksityismetsien ylispuiden korjuussa 1990-luvun alussa keskimäärin 17 % ja tiheissä taimikoissa 21 % (Hyppönen 2000b). Korjuuvaurioututkimuksissa vaurioprocentti on ollut mänty-ylispuiden korjuussa keskimäärin 15–20 % kokonaistaimimäärästä (Hyppönen ja Niemistö 1998).

Koejärjestelyjen puutteena oli, että koetta perustettaessa ei ollut mahdollisuuksia alueellisiin, kasvupaikka- eikä vuositoistoihin. Poikkeuksellisen hyvän siemensadon sattuminen yhtäaikaan muokkauksen kanssa lienee antanut luontaisen uudistamisen onnistumisesta ja etenkin uudistamisnopeudesta keskimäärin liian hyvän kuvan, mutta toisaalta ilmensi hyvin muokkauksen ja hyvän siemensadon yhteyden merkitystä. Edellä mainitun sekä koealueen edullisten ilmasto- ja kasvupaikkaolosuhteiden vuoksi tuloksia ei voida yleisesti soveltaa männy luontaiseen uudistamiseen Lapin eteläosissa.

## Kiitokset

Tutkimus on tehty Lapin metsäkeskuksen, Rovaniemen ammattikorkeakoulun ja Metsäntutkimuslaitoksen yhteistyönä. Kiitämme koekentän perustamisessa ja aineiston keruussa mukana olleita Sinikka Koivurantaa, Tapani Kuusela ja Anne Ollilaa hyvin tehdystä työstä. Kiitämme myös Juha Hyvöstä, Ville Hallikaista, Kari Mäkitaloa, Jussi Soppelaa ja Martti Varmolaa, jotka ovat asiantuntevasti kommentoineet käsikirjoitusta sen eri vaiheissa, tutkimuksen virallisia tarkastajia huolellisesta ja asiantuntevasta työstä sekä muita nimeltä mainitsemattomia henkilöitä, jotka ovat vaikuttaneet tutkimuksen valmistumiseen. Erityiskiitokset Metsämiesten säätiölle, jonka myöntämän apurahan turvin käsikirjoitus on saatu julkaisukuntoon.

## Kirjallisuus

- Bergan, J. 1981. Foryngelse av furuskog i Troms og Finnmark. Summary: Regeneration of Scots pine forests in Troms and Finnmark. Norsk institutt for skogforskning. Rapport 10. 69 s.
- Eskelinen, T. 2000. Männy luontainen uudistaminen Länsi-Lapissa. Metsähallituksen metsätalouden julkaisuja 27. 58 s.
- Ferm, A. & Sepponen, P. 1981. Aurasjäljen muuttuminen ja kasvillisuuden kehittyminen metsänuudistusaloilla Lapissa 10 vuoden aikana. Summary: Development of ploughed tracks and vegetation on reproduction areas in Finnish Lapland during a period of 10 years. *Folia Forestalia* 493. 19 s.
- Hagner, S. 1962. Naturlig förnygring under skärm. En analys av förnygringsmetoden, dess möjligheter och begränsningar i mellannorrländskt skogsbruk. Summary: Natural regeneration under shelterwood stands. An analysis of the method of regeneration, its potentialities and limitations in forest management in middle North Sweden. *Meddelanden från statens skogsforskningsinstitut*. Band 52(4). 263 s.
- 1965. Om fröproduktion, fröträdval och plantsupplag i försök med naturlig förnygring. Summary: Yield of seed, choice of seed trees and seedling establishment in experiments with natural regeneration. *Studia Forestalia Suecica* 27. 43 s.
- Heikinheimo, O. 1937. Metsäpuiden siementämiskyvystä

- II. Referat: Über die Besamungsfähigkeit der Wald-bäume I. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 24(4): 67 s.
- Henttonen, H., Kanninen, M., Nygren, M. & Ojansuu, R. 1986. The maturation of *Pinus sylvestris* seeds in relation to temperature climate in Northern Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research* 1: 243–249.
- Hokajärvi, T. (toim.). 1997. Metsänhoito-ohjeet. Metsähallituksen metsätalouden julkaisuja 10. 60 s.
- Hyppönen, M. 1998a. Aitaamisen vaikutus koivun luontaiseen uudistumiseen poron kesälaidunalueella Rovaniemen maalaiskunnassa. Julkaisussa: Hyppönen, M., Penttilä, T. & Poikajärvi, H. (toim.). Poron vaikutus metsä- ja tunturiluontoon. Tutkimusseminaari Hetassa 1997. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 678: 99–108.
- 1998b. Koneellisen männynkylvön onnistuminen Länsi-Lapissa. *Metsätieteen aikakauskirja – Folia Forestalia* 1/1998: 65–74.
- 2000a. Artificial regeneration techniques in Finland. Julkaisussa: Mälkönen, E., Babich, N.A., Krutov, V.I. and Markova, I.A. (toim.). 2000. Forest Regeneration in the Northern Parts of Europe. Proceedings of the Finnish-Russian Forest Regeneration Seminar in Vuokatti, Finland, Sept. 28<sup>th</sup>–Oct. 2<sup>nd</sup>, 1998. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 790: 159–167.
- 2000b. Ylispuiden korjuun vaikutus mäntytaimikoiden kasvatuskelpoisuuteen Lapissa. *Metsätieteen aikakauskirja* 4/2000: 269–280.
- & Niemistö, P. 1998. Ylispuuhakkuut ja taimikkovauriot. Julkaisussa: Moilanen, M. & Saksa, T. (toim.). Alikasvokset metsänuudistamisessa. Varjosta valoon. Pihlaja-sarja 3. 123 s.
- & Hyvönen, J. 2000. Ylispuustoisten mäntytaimikoiden syntyhistoria, rakenne ja alkukehitys Lapin yksityismetsissä. *Metsätieteen aikakauskirja* 4/2000: 589–602.
- , Hyvönen, J., Mäkitalo, K., Riissanen, N. & Sepponen, P. 2001a. Maanmuokkauksen vaikutus luontaisesti uudistetun mäntytaimikon kehitykseen Lapissa. *Metsätieteen aikakauskirja* 1/2001: 5–18.
- , Härkönen, J., Keränen, K., Riissanen, N. & Tikkanen, J. (toim.). 2001b. Pohjois-Suomen metsänhoitosuosituksat. ISBN 951-98731-1-2. 60 s.
- Hyvän metsänhoidon suosituksat. 2001. Tapio. 95 s.
- Jeansson, E. 1995. Some aspects on site preparation and natural regeneration in Sweden. Julkaisussa: Ritari, A., Saarenmaa, H., Saarela, M. & Poikajärvi, H. (toim.). Northern silviculture and management. Proc. IUFRO Working Party S1.05-12 Symposium, Lapland, Finland, 16–22 Aug. 1987. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 567: 69–84.
- Karlsson, C. & Örlander, G. 2000. Soil scarification shortly before a rich seed fall improves seedling establishment in seed-tree stands of *Pinus sylvestris*. *Scandinavian Journal of Forest Research*. 15(2): 256–266.
- Kellomäki, S. 1972. Maanpinnan reliefin ja kasvillisuuden kehityksestä aurauksen jälkeisinä vuosina Perä-Pohjolan metsänuudistusalloilla. Helsingin yliopisto, metsänhoitotieteen laitos. Tiedonantoja 8. 56 s.
- Kinnunen, K. 1993. Männyn kylvö ja luontainen uudistaminen Länsi-Suomessa. Abstract: Direct sowing and natural regeneration of Scots pine in western Finland. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 447. 36 s.
- 1994. Männyn kylvön ja luontaisen uudistamisen näkymät. Julkaisussa: Laiho, O. & Luoto, T. (toim.). Metsäntutkimuspäivät Seinäjoella. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 495: 27–35.
- 1996. Site preparation and mechanized sowing in the regeneration of Scots pine. Proc. of S3.02-00 technical sessions during IUFRO XX World Congress 1995, Tampere, Finland. SkogForsk., Report 2: 71–81.
- Kubin, E. 1998. When to remove Scots pine seed trees. Julkaisussa: New stand types in boreal forestry – ecological features and silvicultural consequences. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 714: 45–53.
- 2000. Natural regeneration in Finland. Julkaisussa: Mälkönen, E., Babich, N.A., Krutov, V.I. and Markova, I.A. (toim.). 2000. Forest Regeneration in the Northern Parts of Europe. Proceedings of the Finnish-Russian Forest Regeneration Seminar in Vuokatti, Finland, Sept. 28<sup>th</sup>–Oct. 2<sup>nd</sup>, 1998. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 790: 49–57.
- , Pasanen, J. & Savilampi, P. 1997. Korkeiden alueiden metsien uudistaminen Kainuussa ja Koillismaalla. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 666. 36 s.
- Lapin metsäkeskuksen vuosikertomus 1997. 1998. 40 s.
- Lehto, J. 1969. Tutkimuksia männyn luontaisesta uudistamisesta Pohjois-Suomessa siemenpuu- ja suojuospuumenettelmällä. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 67(4). 140 s.
- Metsäasetus. 1996. Asetus 1200/1996.
- Metsälaki. 1996. Laki 1093/1996.
- Metsänhoitosuosituksat. 1990. Lapin metsälautakunta. 32 s.
- Metsätalostollinen vuosikirja 2000. 2001. Metsäntutkimuslaitos. 366 s.
- Mäkitalo, K., Penttilä, T. & Räsänen, P. 1998. Poron ja jäniksen vaikutus hieskoivun luontaiseen uudistumiseen tuoreilla kankailla Etelä- ja Keski-Lapissa. Julkaisussa: Hyppönen, M., Penttilä, T. & Poikajärvi, H. (toim.). Poron vaikutus metsä- ja tunturiluontoon. Tutkimusseminaari Hetassa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 678: 109–121.
- Männyn siemenen keräykset Lapin läänissä. 2001. Metsähallitus, siemenkeskus. 1 s.

- Norokorpi, Y. 1983. Männyn luontainen uudistaminen Lapissa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 105: 57–71.
- Palén, T. & Lohi, T. 1999. Metsien käsittely Lapissa metsälain valvonnan ja puun tuotannon kannalta. Julkaisussa: Hyppönen, M., Jalkanen, R. & Aalto, T. (toim.). Onko Lapin metsätaloudella tulevaisuutta? Lapin metsätalouspäivät 21.–22.1.1999. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 732: 19–25.
- Pohtila, E. 1977. Metsien rodullinen kokoonpano ja männyn siemenen siirrot Pohjois-Suomessa. Metsä ja Puu 10: 4–7.
- 1980. Climatic fluctuations and forestry in Lapland. *Holarctic Ecology* 3: 91–98.
- 1995. Effect of site preparation on regeneration results in Lapland. Julkaisussa: Ritari, A., Saarenmaa, H., Saarela, M. & Poikajärvi, H. (toim.). Northern silviculture and management. Proc. IUFRO Working Party S1.05-12 Symposium, Lapland, Finland, 16–22 Aug. 1987. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 567: 105–110.
- Punkkinen, E. 1982. Männyn luontaisen uudistamisen onnistuminen muokatuilla mailla Etelä-Lapissa. Metsänhoitotieteen laudaturtyö. Helsingin yliopisto. 76 s.
- Rovaniemen siemenkeskuksessa tutkitut kuusen käpynäytteet v. 1995–1998. 2001. 2 s.
- Suoheimo, J. 1982. Männyn luontainen uudistaminen siemen- ja suojuspuumenetelmällä Metsä-Lapissa. Metsänhoitotieteen laudaturtyö. Helsingin yliopisto. 77 s.
- Taskupainos metsänhoitosuosituksista maastokäyttöön 1990. Koillis-Suomen metsälautakunta, Lapin metsälautakunta. 12 s.
- Toimintakertomukset 1987, 1989. Lapin metsälautakunta. 38 s., 31 s.
- Valtanen, J. 1998. Männyn luontainen uudistaminen siemenpuumenetelmällä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 693. 77 s.
- Vuosikertomus 1973. 1974. Lapin piirimetsälautakunta. 54 s.

**46 viitettä**







## Männyn luontaisen uudistamisen onnistuminen Lapin yksityismetsissä 1960-, 1970- ja 1980-lukujen siemenpuuhakkuissa

**Hyppönen, M., Hyvönen, J. & Valkonen, S.** 2001. Männyn luontaisen uudistamisen onnistuminen Lapin yksityismetsissä 1960-, 1970- ja 1980-lukujen siemenpuuhakkuissa. Hyväksytty korjattuna painettavaksi Metsätieteen aikakauskirjassa (ei korjattu).

Tutkimuksessa selvitettiin mäntysiemenpuualojen taimettumista 1960-, 1970- ja 1980-luvuilla siemenpuuasentoon hakatuilla yksityismetsien uudistusaloilla Lapissa. Otannan perusjoukkona olivat silloisen Lapin metsälautakunnan alueen siemenpuuleimikot, joista poimittiin 155 uudistusalan otos. Uudistusaloista 50:llä luontainen uudistaminen oli myöhemmin keskeytetty ja uudistusalat oli viljelty. Lisäksi viisi uudistusalaa oli viljelty osittain. Yhteensä 38 % uudistusalojen kokonaispinta-alasta oli siten viljelty. Uudistusalojen taimettumattomuus ja siemenpuiden kaatuminen myrskyissä olivat pääsyyt viljelyyn.

Ne uudistusalat ja uudistusalojen osat, joissa luontaista uudistamista oli jatkettu (105 alaa), inventoitiin maastossa uudistamistuloksen selvittämiseksi. Taimettumiseen vaikuttaneita tekijöitä tutkittiin sovittamalla aineistoon malleja sekamallitekniikalla. Taimettuminen oli onnistunut yleensä huonosti muokkaamattomilla uudistusaloilla. Muokkauksen positiivinen vaikutus oli suurin tuoreella kankaalla. Muokatuilla tuoreen ja kuivahkon kankaan uudistusaloilla männyntaimien kokonaisuus oli keskimäärin 2700 kpl/ha, kun niitä oli muokkaamattomalla tuoreella kankaalla keskimäärin 1000 kpl/ha ja kuivahkolla 1900 kpl/ha. Kuivan kankaan uudistusaloilla taimettuminen oli onnistunut tyydyttävästi ilman maanmuokkausta, ja niillä taimia oli keskimäärin 2400 kpl/ha. Lämpösumma ja uudistusalan korkeus merenpinnasta vaikuttivat merkittävästi taimettumiseen, lämpösumma positiivisesti ja maaston korkeus negatiivisesti.

Männyn luontainen uudistaminen oli onnistunut keskimäärin huonosti. Viljeltyjen ja epäonnistuneiden luontaisesti uudistettujen alojen pinta-ala oli yhteensä 48 % uudistusalojen pinta-alasta. Vastaavasti hyvin ja tyydyttävästi onnistuneiden alojen osuus oli 27 % otospinta-alasta.

Asiasanat: mänty, luontainen uudistaminen, siemenpuu, taimettuminen, uudistamistulos, maanmuokkaus, metsänviljely

Yhteystiedot:

Hyväksytty xx.xx.2002

# 1 Johdanto

Metsiä uudistettiin Lapissa 1960-luvulla ja vielä 1970-luvun alkupuolella suunnitteen yhtä paljon niin luontaisesti siemen- ja suojuspuumenetelmällä kuin avohakkuuta ja metsänviljelyä käyttäen. Sen jälkeen luontaisen uudistamisen käyttö väheni 20–30 %:iin uudistushakkuualasta, jona se pysyi aina 1990-luvun puoliväliin saakka (Metsätilastolliset... 1966–2000). Avohakkuiden määrä vastaavasti lisääntyi. Hakkuita kohdistettiin entistä enemmän vajaatuottoisiin metsiin, jotka uudistettiin yleensä viljellen valtion myöntämän metsänparannustuen avulla (esim. Hyppönen ja Kojola 1998). Erityisesti sen jälkeen kun laki Lapin vajaatuottoisten metsien kunnostamisesta, ns. Lapin laki, tuli voimaan 1980-luvun alussa, sekä avohakkuun että metsänviljelyn määrä kaksinkolminkertaistui aikaisemmasta. Luontainen uudistaminen yleistyi taas 1990-luvun puolivälin jälkeen eri syistä (ks. Hyppönen ym. 2001), ja vuosituhannen vaihteessa siemen- ja suojuspuuhakkuiden osuus uudistushakkuista oli Lapissa 55 %.

Lehdon (1969) laajimmassa ja varhaisimmassa koko Pohjois-Suomea koskevassa männyn luontaista uudistamista käsittelevässä tutkimuksessa havaittiin, että männyn luontainen uudistaminen siemenpuumenetelmällä oli johtanut usein huonohkoon tai korkeintaan tyydyttävään uudistamistulokseen erityisesti Lapin pohjoisosissa. Osasyinä olivat hoitotoimenpiteiden laiminlyönti ja viivästyminen sekä virheelliset uudistamistoenpiteet. Nykyisen käsityksen mukaan pahin puute oli se, ettei uudistusaloja oltu muokattu (ks. Hänninen ym. 1972, Räsänen ym. 1985). Muissa tutkimuksissa on havaittu, että luontainen uudistaminen vie etenkin Pohjois-Lapissa paljon aikaa (Lehto 1969, Suoheimo 1982, Eskelinen 2000). Pohjoisessa levinneisyytensä äärialueilla ja korkealla merenpinnasta sijaitsevilla alueilla männyn luontaisen uudistamisen mahdollisuuksia rajoittavat harvoin toistuvat, pienet ja vajaasti kypsyneet siemensadot (Henttonen ym. 1986, Pohtila 1995, Kubin ym. 1997).

Etelä- ja Keski-Lapissa männyn luontaisen uudistamisen on todettu onnistuvan useimmiten hyvin, jos uudistusala muokataan (Norokorpi 1983, Eskelinen 2000, Hyppönen ja Kemppe 2001). Maanmuokkauksen on todettu lisäävän luontaisen uudistamisen mahdollisuuksia myös pohjoisessa ja korkeilla mailla (Hagner 1962, Bergan 1981, Eskelinen 2000, Niemelä 2002). Maanmuokkaus luo siemenen itämiselle ja taimettumiselle edulliset mikro-olosuhteet, vähentää kilpailua vedestä ja ravinteista sekä tarjoaa suojaa siemensyöjiä ja epäedullisia ilmasto-olosuhteita vastaan (esim. Yli-Vakkuri 1961, Jeansson 1995). Muokkaus kompensoi huonojen siemensatojen vaikutusta (Hagner 1962). Muokkaus on tarpeen erityisesti paksuhumuksisilla ja tuoreilla mailla (Hagner 1962, Bergan 1981, Kinnunen 1993, Ackzell 1993, Niemistö ym. 1993, Valtanen 1998). Luontaiseen uudistamiseen liittyvän epävarmuuden vuoksi Pohtila (1995) on esittänyt erityisesti Pohjois-Lapin siemenpuualojen kylvämistä niillä kasvupaikoilla, jotka edellyttävät muokkausta. Kinnunen (1994) suosittelee siemenpuualan kylvämistä huonoina siemenvuosina myös Etelä-Suomessa.

Männyn luontaisen uudistamisen onnistumista on selvitetty Lapissa ja muualla Pohjois-Suomessa sekä järjestettyjen kokeiden avulla (esim. Valtanen 1998, Hyppönen ym. 2001, Hyppönen ja Kemppe 2001) että inventoimalla käytännön uudistusaloja (Lehto 1969, Norokorpi 1983, Eskelinen 2000, Niemelä 2002). Käytännön inventoinnit on yleensä kohdistettu vain taimettumassa oleviin tai vasta taimettuneisiin uudistusaloihin, joilla siemenpuut on jo poistettu tai vielä poistamatta. Huomiota ei ole sen sijaan kiinnitetty niihin uudistusaloihin, joissa luontainen uudistaminen on syystä tai toisesta keskeytetty ja alue on viljelty. Ei ole tutkittu, kuinka suuri osa siemenpuumenetelmällä luontaisesti uudistettaviksi aiotuista uudistusaloista lopulta viljellään luontaisen uudistamisen epäonnistuttua. Tässä tutkimuksessa männyn luontaisen uudistamisen onnistumista tarkasteltiin kummastakin näkökulmasta. Tarkoituksena oli ensin selvittää,

- 1) kuinka suurella osalla Lapin yksityismetsien uudistusaloista luontainen uudistaminen oli myöhemmin keskeytetty ja ala oli viljelty sekä keskeyttämisen ja viljelyn syyt.

Niillä uudistusaloilla, joilla luontaista uudistamista ei oltu keskeytetty, tarkoituksena oli lisäksi selvittää,

- 2) miten uudistusalat olivat taimettuneet ja mikä oli uudistamistulos (tiheys, tilajärjestys, kasvatuskelpoisuus, taimien terveydentila ja metsänhoitotöiden tarve) sekä
- 3) mitkä tekijät olivat vaikuttaneet taimettumiseen ja uudistamistulokseen. Erityisesti oltiin kiinnostuneita maanmuokkauksen ja kasvupaikkatyypin vaikutuksista.

## 2 Aineistot ja menetelmät

### 2.1 Aineistot

Otannan perusjoukkona käytettiin silloisen Lapin metsälautakunnan alueen (Länsi- ja Pohjois-Lappi) yksityismetsien leimausluettelon mukaisia männyn siemenpuuhakkuuleimikoita 1960-, 1970- ja 1980-luvuilta. Luettelosta poimittiin tutkimuskohteet ositettua systemaattista otantaa käyttäen (ositteena kunta). Aineistoon hyväksyttiin ne 155 uudistusalaa (yhteispinta-ala 747 ha), jotka oli hakattu luontaista uudistamista varten siemenpuuasentoon vähintään seitsemän vuotta ennen inventointia (Metsäasetus 1996). Uudistusalat jakautuivat kahteen osaan:

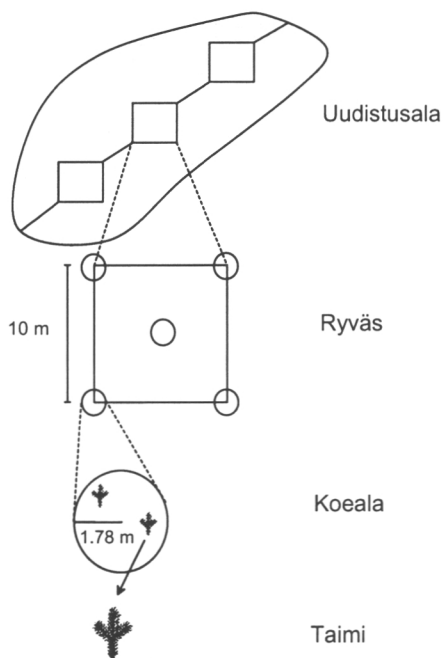
- 1) Ne uudistusalat, joilla luontainen uudistaminen oli keskeytetty ja jotka oli viljelty. Keskeytettyjä ja kokonaan viljeltyjä aloja ei inventoitu maastossa. Niistä selvitettiin kuitenkin metsäsuunnitelmia, muita suunnitelma-asiakirjoja ja metsäammattilaisten paikallistuntemusta hyväksi käyttäen seuraavat perustiedot: milloin uudistusala oli hakattu siemenpuuasentoon, oliko uudistusala aikanaan muokattu luontaista uudistamista varten ja milloin luontainen uudis-

taminen oli keskeytetty. Lisäksi viljellyt uudistusalat pyrittiin luokittelemaan uudistamisen keskeyttämisen syytä ilmentäviin ryhmiin: a) myrskytuhoalat, joilla siemenpuuhakkuusta oli kulunut vähemmän kuin 10 vuotta, b) taimettumattomat alat, joilla siemenpuuhakkuusta oli kulunut enemmän kuin 10 vuotta ja c) muusta syystä viljellyt alat, joilla siemenpuuhakkuusta oli kulunut vähemmän kuin 10 vuotta.

2) Uudistusalat, joilla luontaista uudistamista ei oltu keskeytetty. Nämä luontaisesti uudistettavat ja uudistetut alat sekä osittain viljeltyjen alojen viljelemättömät osat inventoitiin maastossa kesällä 1994. Inventoinnissa käytettiin Metsätehossa kehitettyä ryvästointaan perustuvaa menetelmää (Kaila 1993). Uudistusalalta mitattiin kolme viiden ympyräkoealan (10 m<sup>2</sup>) ryvästä, jotka sijoitettiin tasavälein uudistusalan pisimmälle halkaisijalle (kuva 1). Tietoja kerättiin uudistusala-, ryvä-, koeala- ja taimitasolta.

*Uudistusalalta* kerättäviä tietoja olivat koordinaatit ja muut tunnistetiedot, korkeus merenpinnasta, pinta-ala, uudistusalan raivaus (ei raivattu; raivattu), raivausvuosi, muokkaus (ei muokattu; muokattu), muokkausvuosi, siemenpuuhakkuun ajankohta, poistuma siemenpuuhakkuussa, siemenpuiden lukumäärä, ylispuuhakkuu (jäljellä; poistettu), perkaus (ei perattu; perattu) sekä perkausvuosi.

*Rypästä* määritettiin maaryhmä (kangas; korpi; räme), kasvupaikkatyyppi (tuore kangas; kuivahko kangas; kuiva kangas), maalajiryhmä kenttämenetelmän (Taskupainos ... 1990) (hiesu, hieno hieta ja hieno moreeni; karkea hieta, hieno hiekka ja hiekkamoreeni; karkea hiekka, sora ja soramoreeni), kivisyys-



Kuva 1. Inventointimenetelmä.

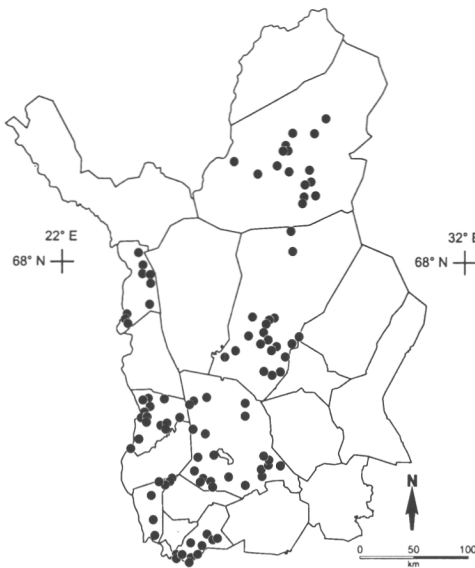
indeksi eli todennäköisyys, että rassi ei painu 20 cm:n syvyyteen kivennäismaahan (Kaila 1993) (vähäkivinen – 0–33 %; normaalikivinen – 34–66 %; kivinen – 67–100 %), topografia (tasamaa – kaltevuus < 5 % ja etäisyys rinteeseen > 25 m; rinne – kaltevuus > 5 %; mäenlaki – korkeusero huipulle < 5 m, tasamaalle > 5 m ja etäisyys rinteeseen > 25 m; painanne – korkeus tasamaalle > 5 m ja etäisyys rinteeseen > 25 m), maaperän kosteus (normaali – ei suokasveja; vedenvaivaama – suokasveja alle 25 %; soistunut – suokasveja vähintään 25 %) sekä etäisyys lähimpään reunametsään ja reunametsän puulaji.

*Koealan* valtataimista valittiin pituusjärjestyksessä enintään neljä perustainta, jotka mitattiin. Perustaimiksi voitiin määrittää mänty, kuusi

sekä raudus- ja hieskoivu tässä ensisijaisuusjärjestyksessä noudattaen puulajivalinnassa silloisia yksityismetsien metsänhoitosuosituksia (Metsänhoitosuositukset 1990). Etäisyyden lähimpään suurempaan perustaimien piti olla vähintään 50 cm. Jos männyntaimia ei ollut riittävästi, mitattiin myös muiden puulajien valtataimia mainitussa järjestyksessä. Taimien laatu, elinvoimaisuus, pituuskehityksen häiriöisyys ja pituus eivät vaikuttaneet perustaimien valintaan. Tätä taimikäsitettä käytettiin mallitettaessa männyn ja kaikkien puulajien perustaimien määrää sekä niiden perusteella määritettyä tyhjien koealojen osuutta.

Taimien määrä laskettiin myös niin, että häiriöisyys, lenkous, elinvoimaisuus ja pituus otettiin laskennallisesti huomioon jälkikäteen. Tällöin taimet otettiin mukaan vain, jos ne olivat terveitä (häiriöluokat häiriötön ja lievästi häiriöinen), elinvoimaisia (normaali tai heikentynyt) ja laadultaan välttäviä (lenkousluokat suora, lievä tai kohtalainen). Taimien pituus sai olla korkeintaan puolitoista kertaa koealan taimien keskipituutta suurempi tai vähintään puolet keskipituudesta. Keskipituuden ollessa alle metrin pituusrajoituksia ei kuitenkaan ollut. Lisäksi taimien tuli sijaita vähintään 60 cm:n päässä suuremmasta taimesta (ks. Kaila 1993). Jos taimi ei täyttänyt edellä mainittuja kriteereitä, sitä ei korvattu uudella taimella.

Koealalta laskettiin lisäksi taimien kokonaismäärä, jolloin kaikki koealan taimet laskettiin kuuluvaksi siihen puulajiin, joita koealalla oli eniten eli vallitsevaan puulajiin. Näistä taimista määritettiin myös valtapituus. Taimiksi luettiin kaikki taimet pituudesta riippumatta, mutta ei sirkkataimia. Lisäksi koealalta määritettiin taimettumiskelvottoman alan suhteellinen osuus. Taimettumiskelvottomaan alaan luettiin oja, kallio ja läpimitaltaan yli 20 cm suurempi kivi tai lohkare.



Kuva 2. Inventoitujen siemenpuualojen sijainti Lapin metsälautakunnan alueella.

Perustaimista määritettiin puulaji, pituus, ikä (havupuista), elinvoimaisuus (normaali – menehtymisriski vähäinen; heikentynyt – menehtyminen mahdollista; kituva – menehtymisriski suuri), pituuskehityksen häiriöisyys (häiriötön – ei sanottavia vikoja; lievästi häiriöinen – ranganvaihdos tai useampi latva; vakavasti häiriöinen – useita ranganvaihdoksia tai pensastunut), lenkous ja kallistuminen eli tyven poikkeama pystysuorasta asteina (suora – 0°; lievä – <10°; kohtalainen 11–30°; voimakas 31–60°; erittäin voimakas >60°) sekä tuhonaiheuttaja.

Kokonaan tai osittain inventoituja uudistusaloja oli yhteensä 105 kpl (457 ha) (kuva 2). Rypäitä

mitattiin 315 kpl ja koealoja 1575 kpl. Maastossa inventoitujen uudistusalojen pinta-ala oli keskimäärin 4,4 ha, korkeus merenpinnasta 164 m, lämpösumma 822 °Cvrk ja uudistushakkuusta kulunut aika 17,4 vuotta. Lähinnä uudistusalan kivisyyttä kuvaava taimettumiskelvottoman alan osuus koealojen pinta-alasta oli keskimäärin 3,8 %. Uudistusaloista 20 oli hakattu siemenpuuasentoon 1960-luvulla, 48 1970-luvulla ja 37 1980-luvulla. Siemenpuut oli poistettu 28 uudistusalla ja poistamatta 77 alalla. Uudistusaloista oli muokattuja 28 ja muokkaamattomia 77. Yleisin muokkausmentelmä oli äestys (71 % lukumäärästä). Joitakin uudistusaloja oli lisäksi laikutettu ja aurattu. Taimikon perkausta oli tehty 15 uudistusallalla. Perustaimien keskipituus oli 120 cm ja vaihteluväli 5–529 cm. Keski-ikä oli 13,2 vuotta ja iän vaihteluväli 2–38 vuotta.

## 2.2 Aineiston analysointi

Taimettumiseen vaikuttaneita tekijöitä analysoitiin sovitamalla aineistoon malleja, joissa ryvästason taimettumista (taimimäärä, tyhjien koealojen osuus) selitettiin ilmastoa, kasvupaikkaa ja metsikön käsittelyä kuvaavilla uudistusala- ja ryvästason jatkuvilla ja luokkamuuuttujilla. Aineistoa analysoitiin lineaarisilla sekamalleilla käyttäen SAS-ohjelmiston mixed-proseduuria. Aineiston hierarkkisuuden aiheuttama riippuvuus havaintojen välillä otettiin huomioon mallituksessa.

Sekamallit olivat muotoa

$$y_{jk} = b_0 + b(i)x(i)_j + b(i)x(i)_{jk} + \beta_j + \varepsilon_{jk}, \text{ missä}$$

$y_{jk}$	=	selitettävä muuttuja, jossa indeksi j viittaa uudistusallatasoon ja k ryvästasoon
$b_0, b(i), i=1, n$	=	kiinteitä parametreja
$x(i)_j, x(i)_{jk}, i=1, n$	=	selittäviä muuttujia
$\beta_j$	=	uudistusalan satunnaisvaikutus
$\varepsilon_{jk}$	=	virhetermi (rypään satunnaisvaikutus)

Uudistusalan vaikutus huomioitiin malleissa satunnaisena, muiden muuttujien vaikutukset kiinteinä. Maan muokkaus ja kasvupaikkatyyppi yhdistettiin yhdeksi viisiluokkaiseksi muuttujaksi. Muokkauksen ja kasvupaikkatyyppin pää- ja yhdysvaikutuksia tutkittiin kontrastitesteillä. Luokkamuuuttujien pareittaisissa vertailuissa käytettiin Tukeyn testiä. Varianssin vakioimiseksi tehtiin neliöjuurimuunnoksia. Mallien antamat korjatut luokkakeskiarvot palautettiin alkuperäiseen asteikkoon korottamalla ne ensin toiseen potenssiin ja lisäämällä niihin sitten harhattomuuskorjauksena varianssikomponenttien summa. Muita tutkimuksen tarkoituksen kohtia (1 ja 2) selvitettiin tunnuslukujen, taulukoiden sekä graafisen tarkastelun avulla.

Taimien tilajärjestystä kuvattiin tyhjien koealojen suhteellisella osuudella. Taimikoiden kasvatuskelpoisuutta tarkasteltiin *uudistusaloikohtaisesti* kaikkien puulajien perustaimien määrän ja tyhjien koealojen määrän perusteella (esim. Hyppönen ym. 2001):

Kasvatuskelpoisuus- luokka	Perustaimia vähintään kpl/ha	Tyhjiä koealoja enintään %
Hyvä	2 000	13
Tyydyttävä	1 200	30
Välttävä	500	60
Huono	–	100

Uudistusaloikohtaiset taimikkotunnukset olivat uudistusaloilla sijaitsevien rypäiden keskiarvoja.

Metsänkäsittely- ja metsänhoitotöiden tarve (ylispuuhakkuu, täydennysviljely, uudelleenviljely ja taimikonhoito) määritettiin kultakin uudistusaloilta jälkikäteen laskennallisesti metsikkötietojen perusteella. Hoitotöiden tarve riippui siemenpuuhakkuusta kuluneen ajan pituudesta, luontaisen uudistamisen edistymisestä, taimikon pituudesta, vesakon määrästä ja pituudesta, haavan runsaudesta ja uudistusalan maantieteellisestä sijainnista. Toimenpiteiden tarpeen määrittämisessä nojaututtiin silloisen Lapin metsälautakunnan metsänhoitosuositukseen (Metsänhoitosuositukset 1990).

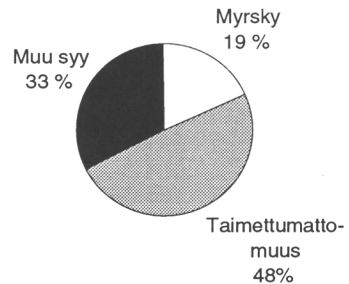
## 3 Tulokset

### 3.1 Luontaisen uudistamisen keskeyttäminen ja metsänviljely

Luontainen uudistaminen oli keskeytetty ja uudistusala viljelty kokonaan 50 uudistusalalla (264,4 ha) ja osittain viidellä uudistusalalla (17,6 ha). Viljellyn alan yhteispinta-ala (282 ha) oli 38 % alunperin luontaisesti uudistettavaksi aiotusta alasta (747 ha). Viljellyn uudistusalan pinta-alasta 73 % oli muokkaamatonta ja loppu muokattua. Muokkaamatonta ja muokatuista siemenpuualoista oli viljelty suhteellisesti yhtä suuri osa.

Noin puolet viljeltyjen uudistusalojen pinta-alasta oli viljelty todennäköisesti siksi, että siemenpuuala ei ollut taimettunut riittävän nopeasti (kuva 3). Myrsky oli myös yleinen syy luontaisen uudistamisen keskeyttämiseen tuulen kaadettua siemenpuut.

Viljellyn alan keskikoko oli 5,1 ha. Viljellyt alat oli hakattu siemenpuuasentoon keskimäärin vuonna 1973 ja viljelty keskimäärin vuonna 1984. Keskimäärin aikaa oli kulunut 11 vuotta. Vaihteluväli oli 0–30 vuotta.



Kuva 3. Viljeltyjen uudistusalojen pinta-alan suhteelliset osuudet viljelyn syyhin mukaan.

## 3.2 Luontaisen uudistamisen tulokset

### 3.2.1 Taimien kokonaismäärä

*Männynntaimien kokonaismäärä* oli inventoiduilla uudistusaloilla keskimäärin 1950 kpl/ha (taulukko 1). Hieskoivua oli runsaasti. Männynntaimien kokonaismäärää selittivät malleissa parhaiten maanmuokkauksen ja kasvupaikkatyyppin yhteismuuttuja, uudistusalan korkeus merenpinnasta ja taimettumiskelvottoman alan suhteellinen osuus koelajojen pinta-alasta (taulukko 2). Kontrastitarkastelussa muokkaamattomien ja muokattujen uudistusalojen välillä oli merkitsevä ero ( $p=0,0001$ ) samoin kuin kuivahkon ja tuoreen kankaan välillä ( $p=0,0245$ ). Maanmuokkauksen ja kasvupaikkatyyppin välillä oli yhdysvaiku-

Taulukko 1. Taimien ja tyhjien koelajojen määrän tunnuslukuja aineistossa ( $n=315$ ).

Muuttuja	Keskiarvo	Keskihajonta	Min	Max
Taimien kokonaismäärä, kpl/ha				
Mänty	1 954	2 455	0	18 800
Kuusi	200	397	0	3 200
Rauduskoivu	42	215	0	2 000
Hieskoivu	1 352	3 891	0	52 600
Leppä	13	206	0	3 600
Haapa	618	1 992	0	18 200
Muut	48	335	0	4 000
Kaikki yht.	4 227	5 094	0	55 800
Perustaimien määrä, kpl/ha				
Mänty	1 263	976	0	4 000
Kuusi	157	325	0	2 000
Rauduskoivu	13	67	0	600
Hieskoivu	57	162	0	1 200
Yhteensä	1 490	954	0	4 000
Tyhjien koelajojen määrä, %				
Ei männyn perustaimia	41,3	31,1	0	100
Ei minkään puulajin perustaimia	32,8	27,8	0	100

Taulukko 2. Männynntaimien kokonaismäärän neliöjuuren selitysmalli.

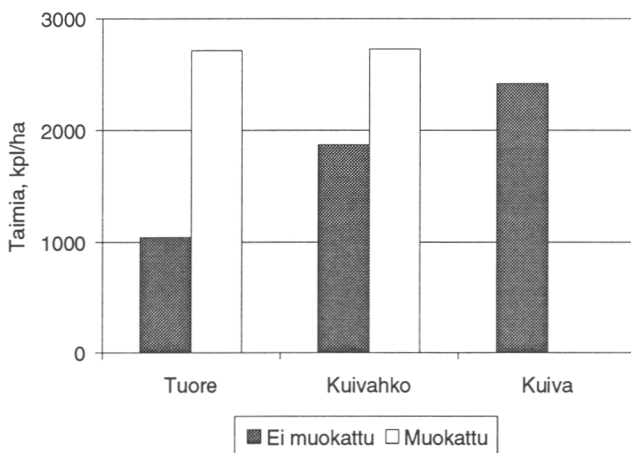
Selittävä muuttuja	Parametrin estimaatti	Keski- virhe	Vapaus- asteet	t-arvo	p-arvo
Vakio	59,93	5,01	114	11,94	0,0001
Tuore kangas, ei muokattu	-23,24	4,59	140	-5,06	0,0001
Kuivahko kangas, ei muokattu	-9,98	4,44	139	-2,25	0,0260
Kuiva kangas, ei muokattu	-3,31	5,83	181	-0,57	0,5713
Tuore kangas, muokattu	-0,14	4,89	305	-0,03	0,9764
Kuivahko kangas, muokattu	0,00	.	.	.	.
Taimettumiskelvoton osuus,%	-0,41	0,12	307	-3,32	0,0010
Korkeus merenpinnasta, m	-0,06	0,02	98,3	-2,75	0,0072

tusta ( $p=0,0275$ ). Pareittaisissa vertailuissa (Tukeyn testi) muokkaamaton tuore kangas poikkesi muokkaamattomasta kuivahkosta ja kuivasta kankaasta sekä muokatusta tuoreesta ja kuivahkosta kankaasta ( $p\leq 0,05$ ). Uudistusalan satunnaisvaikutus oli huomattava ( $p=0,0001$ ). Sen varianssikomponentin estimaatti oli mallissa lähes yhtä suuri (208) kuin jäännösvaihtelun (228).

Kun maata ei ollut muokattu, männyn- ja kuusentaimien kokonaismäärä oli keskimäärin pienin tuoreella kankaalla ja suurin kuivalla kankaalla (kuva 4). Maanmuokkaus lisäsi taimimääriä, eniten tuoreella kankaalla, jossa taimimäärä oli muokkaamattomalla alalla noin 1000 kpl/ha ja muokatulla 2700 kpl/ha. Taimimäärä oli keskimäärin suunnilleen sama muokatulla tuoreella kankaalla ja muokatulla kuivahkolla kankaalla sekä hiukan alempi muokkaamattomalla kuivalla kankaalla.

*Männyn- ja kuusentaimien kokonaismäärä* oli noin 2150 kpl/ha. Taimimäärän neliöjuurta selittivät parhaiten samat muuttujat kuin männyn- ja kuusentaimien määrääkin. Muokkaamattomien ja muokattujen uudistusalojen välillä oli merkitsevä ero ( $p=0,0007$ ). Pareittaisten vertailujen tulokset olivat samanlaiset kuin männyn- ja kuusentaimien kokonaismäärän kohdalla. Myös uudistusalan satunnaisvaikutus oli samanlainen kuin edellä.

*Männyn-, kuusen- ja koivuntaimien kokonaismäärä* oli keskimäärin 3550 kpl/ha. Sen neliöjuurta selittivät parhaiten muuten samat muuttujat kuin edellä, mutta korkeuden tilalle malliin otettiin lämpösumma. Muokkaamattomien ja muokattujen uudistusalojen välinen ero oli merkitsevä ( $p=0,0008$ ) samoin kuin kuivahkon ja tuoreen kankaan välinen ero ( $p=0,0256$ ). Lisäksi maanmuokkauksen ja kasvupaikkatyypin välillä oli yhdysvaikutusta ( $p=0,0126$ ). Pareittaisissa vertailuissa muokattu tuore kangas poikkesi muokkaamattomasta tuoreesta, kuivahkosta ja kuivasta kankaasta sekä muokatusta kuivahkosta kankaasta ( $p\leq 0,05$ ). Uudistusalalla oli satunnaisvaikutusta ( $p=0,0001$ ). Sen varianssikomponentin estimaatti (340) oli mallissa suurempi kuin jäännöksen (269).



Kuva 4. Sekamallilla ennustettu männyn- ja kuusentaimien kokonaismäärän keskiarvo kasvupaikkatyypeittäin ja muokkausluokittain.

### 3.2.2 Perustaimien määrä

Männyn perustaimia oli uudistusaloilla keskimäärin 1260 kpl/ha (taulukko 1). Perustaimien määrää selittivät maanmuokkauksen ja kasvupaikkatyypin yhteismuuttuja, maalaji, uudistusalan korkeus merenpinnasta ja taimettumiskelvottoman alan suhteellinen osuus koelajien pinta-alasta (taulukko 3). Kontrastivertailussa männyn perustaimien määrä erosi muokkaamattomien ja muokattujen uudistusalojen välillä ( $p=0,0001$ ) sekä kuivahkon ja tuoreen kankaan välillä ( $p=0,0433$ ). Myös maanmuokkauksen ja kasvupaikkatyypin yhdysvaikutusta esiintyi ( $p=0,0078$ ). Pareittaisissa vertailuissa muokkaamaton tuore kangas poikkesi muokkaamattomasta kuivahkosta ja kuivasta kankaasta sekä muokatusta tuoreesta ja kuivahkosta kankaasta ( $p\leq 0,05$ ). Hienoimpien maalajien ryhmä poikkesi karkeimpien maalajien ryhmästä ( $p\leq 0,05$ ). Uudistusalan satunnaisvaikutus oli huomattava ( $p=0,0001$ ). Sen varianssikomponentin estimaatti oli mallissa suunnilleen yhtä suuri (377 995) kuin jäännöksen (357 509).

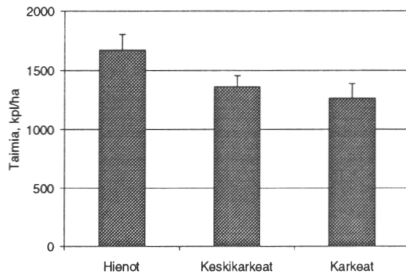
Sadan metrin korkeuden lisäys vähensi mallin mukaan männyn perustaimien määrää noin 200 kpl/ha. Männyn perustaimien määrä oli keskimäärin suurin hienojakoisilla mailla ja pienin karkeilla mailla (kuva 5). Muokatuilla tuoreen ja kuivahkon kankaan aloilla sekä muokkaamattomilla kuivan kankaan aloilla männyn perustaimia oli mallin mukaan keskimäärin yhtä paljon. Muokkaamattomilla tuoreen kankaan aloilla taimia oli keskimäärin selvästi vähemmän kuin muokkaamattomilla kuivan kankaan ja kuivahkon kankaan aloilla.

Kun häiriöisyys, elinvoimaisuus, lenkous, taimien etäisyys (60 cm) ja pituus otettiin huomioon, taimia oli 990 kpl/ha eli 270 kpl/ha (21 %) vähemmän kuin perustaimia.

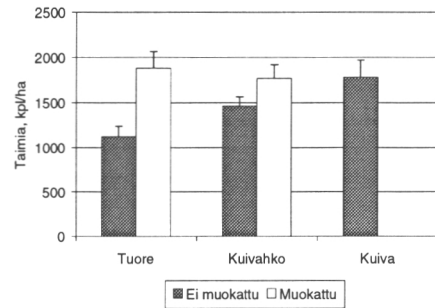
*Kaikkien puulajien perustaimien määrä* oli keskimäärin 1500 kpl/ha (taulukko 1). Perustaimien määrää selittivät maanmuokkauksen ja kasvupaikkatyypin

Taulukko 3. Männyn perustaimien määrän selitysmalli.

Selittävä muuttuja	Parametrin estimaatti	Keski- virhe	Vapaus- asteet	t-arvo	p-arvo
Vakio	1954,71	232,33	133	8,41	0,0001
Tuore kangas, ei muokattu	-989,76	194,04	145	-5,10	0,0001
Kuivahko kangas, ei muokattu	-418,32	185,51	141	-2,26	0,0257
Kuiva kangas, ei muokattu	-40,83	241,41	184	-0,17	0,8659
Tuore kangas, muokattu	75,41	200,37	302	0,38	0,7069
Kuivahko kangas, muokattu	0,00	.	.	.	.
Hiesu, hieno hieta, hieno moreeni	401,86	168,28	239	2,39	0,0177
Karkea hieta, hieno hiekka, hiekkamoreeni	93,67	129,05	296	0,73	0,4685
Karkea hiekka, sora, soramoreeni	0,00	.	.	.	.
Taimettumiskelvoton osuus,%	-13,70	5,12	297	-2,68	0,0079
Korkeus merenpinnasta, m	-2,18	0,98	99,8	-2,23	0,0282



Kuva 5. Sekamallilla ennustettu männyn perustaimien määrän keskiarvo ja keskiarvon keskivirhe maalajiryhmittäin.



Kuva 6. Sekamallilla ennustettu männyn, kuusen ja koivun perustaimien määrän keskiarvo ja keskiarvon keskivirhe kasvupaikkatyypeittäin ja muokkausluokittain.

pin yhteismuuttuja, uudistusalan lämpösumma ja taimettumiskelvottoman alan osuus koealojen pinta-alasta. Kontrastivertailussa muokkaamattomien ja muokattujen uudistusalojen välillä oli ero ( $p=0,0015$ ). Pareittaisissa vertailuissa muokkaamaton tuore kangas poikkesi muokkaamattomasta kuivahkosta ja kuivasta kankaasta sekä muokatusta tuoreesta ja kuivahkosta kankaasta ( $p \leq 0,05$ ). Uudistusalan satunnaisvaikutus oli huomattava ( $p=0,0001$ ). Sen varianssikomponentin estimaatti oli mallissa suunnilleen yhtä suuri (375 066) kuin jäännöksen (374 095).

Sadan yksikön ( $^{\circ}\text{Cvrk}$ ) lisäys lämpösummassa lisäsi mallin mukaan kaikkien puulajien perustaimien määrää noin 250 kpl/ha. Kun maata ei ollut muokattu, kaikkien puulajien perustaimien määrä oli mallin mukaan keskimäärin pienin tuoreella kankaalla ja suurin kuivalla kankaalla, (kuva 6). Maanmuokkaus vaikutti voimakkaimmin tuoreella kankaalla. Taimimäärä oli keskimäärin suunnilleen yhtä suuri muokatulla tuoreella kankaalla, muokatulla kuivahkolla kankaalla ja muokkaamattomalla kuivalla kankaalla.

Häiriöisyys, elinvoimaisuus, lenkous, taimien etäisyys (60 cm) ja pituus aiemmin mainitulla tavalla huomioon ottaen perustaimien määrä väheni 20 % ja oli 1200 kpl/ha.

### 3.2.3 Tyhjiin koealojen osuus

Männyn perustaimista laskettuna *tyhjiin koealojen osuus* oli keskimäärin 41,3 % (taulukko 1). Tyhjiin koealojen suhteelliseen osuuteen vaikuttivat maanmuokkauksen ja kasvupaikkatyyppin yhteismuuttuja, uudistusalan korkeus merenpinnasta ja taimettumiskelvottoman alan suhteellinen osuus koealojen pinta-alasta (taulukko 4). Kontrastivertailussa muokkaamattomien ja muokattujen uudistusalojen välinen ero oli merkitsevä ( $p=0,0001$ ). Eroa oli myös kuivahkon ja tuoreen kankaan välillä ( $p=0,0074$ ). Lisäksi maanmuokkauksen ja

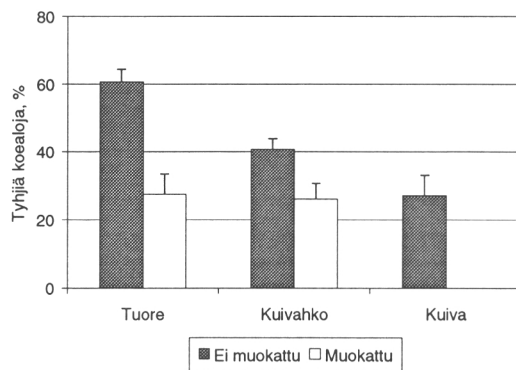
Taulukko 4. Männyn perustaimien perusteella määritetyn tyhjen koealojen osuuden selitysmalli.

Selittävä muuttuja	Parametrin estimaatti	Keski- virhe	Vapaus- asteet	t-arvo	p-arvo
Vakio	13,01	6,26	115	2,08	0,0399
Tuore kangas, ei muokattu	34,66	5,80	139	5,98	0,0001
Kuivahko kangas, ei muokattu	14,76	5,61	139	2,63	0,0095
Kuiva kangas, ei muokattu	1,02	7,49	172	0,14	0,8922
Tuore kangas, muokattu	1,46	6,57	290	0,22	0,8238
Kuivahko kangas, muokattu	0,00	.	.	.	.
Taimettumiskelvoton osuus,%	0,61	0,17	305	3,70	0,0003
Korkeus merenpinnasta, m	0,07	0,03	98,9	2,26	0,0259

kasvupaikkatyypin välillä oli yhdysvaikutusta ( $p=0,0204$ ). Pareittaisissa vertailuissa muokkaamaton tuore kangas poikkesi muokkaamattomasta kuivahkosta ja kuivasta kankaasta sekä muokatusta tuoreesta ja kuivahkosta kankaasta ( $p\leq 0,05$ ). Uudistusalan satunnaisvaikutus oli huomattava ( $p=0,0001$ ). Sen varianssikomponentin estimaatti oli mallissa kuitenkin pienempi (279) kuin jäännöksen (462).

Tyhjien koealojen osuus oli mallin mukaan keskimäärin suurin tuoreella kankaalla ja pienin kuivalla kankaalla, jos maata ei oltu muokattu (kuva 7). Maanmuokkaus vaikutti voimakkaimmin tuoreella kankaalla, jossa tyhjiä koealoja oli muokkaamattomilla aloilla kaksi kertaa enemmän kuin muokatuilla. Tyhjiä koealoja oli suunnilleen yhtä paljon muokatulla tuoreella kankaalla, muokatulla kuivahkolla kankaalla ja muokkaamattomalla kuivalla kankaalla. Perustaimien häiriöisyys, elinvoimaisuus, lenkous, taimien etäisyys (60 cm) ja pituus huomioon ottaen tyhjien koealojen määrä oli keskimäärin 47,2 %.

Kaikkien puolajien perustaimista laskettuna *tyhjen koealojen määrä* oli keskimäärin 32,8 %. Sitä selittivät maanmuokkauksen ja kasvupaikkatyypin yhteismuuttuja, uudistusalan lämpösumma ja taimettumiskelvottoman alan suhteellinen osuus koealojen pinta-alasta. Kontrastivertailussa muokkaamattomien ja muokattujen uudistusalojen välillä oli eroa ( $p=0,0055$ ). Pareittaisissa vertailuissa muokkaamaton tuore kangas poikkesi merkitsevästi muokatusta tuoreesta ja kuivahkosta



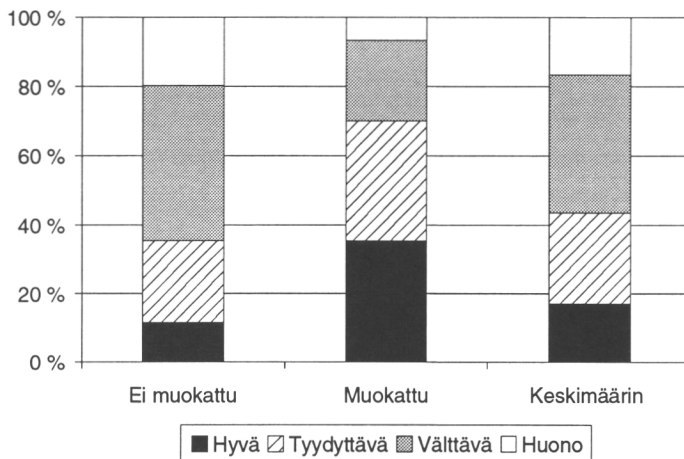
Kuva 7. Sekamallilla ennustettu tyhjen koealojen suhteellisen osuuden keskiarvo ja keskiarvon keskiarvo kasvupaikkatyypeittäin ja muokkausluokittain.

sekä muokkaamattomasta kuivasta kankaasta. Uudistusalan satunnaisvaikutus oli huomattava ( $p=0,0001$ ). Sen varianssikomponentin estimaatti oli kuitenkin selvästi pienempi (271) kuin jäännöksen (384). Perustaimien häiriöisyys, elinvoimaisuus, lenkous, taimien etäisyys (60 cm) ja pituus huomioon ottaen tyhjiä koealoja määrä oli 38,2 %.

### 3.2.4 Taimikoiden kasvatuskelpoisuus

Inventoitujen uudistusalojen pinta-alasta 40 % oli kasvatuskelpoisuudeltaan hyviä tai tyydyttäviä (kuva 8). Uudistaminen oli epäonnistunut (luokka huono) 17 %:lla uudistusalojen pinta-alasta. Muokkaus paransi uudistamistulosta selvästi. Muokkaamattomista uudistusaloista hyviä ja tyydyttäviä oli 35 % ja muokatuista 70 %. Vastaavasti epäonnistuneitten osuus muokkaamattomien uudistusalojen pinta-alasta oli 20 % ja muokatuista 7 % (yksi uudistusala). Hyvin onnistuneista uudistusaloista 49 % oli muokattu. Tyydyttävästi onnistuneista uudistusaloista muokattujen osuus oli vastaavasti 31 %, välttävästä 14 % ja epäonnistuneista 9 %.

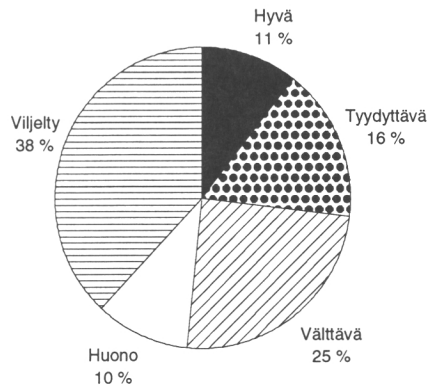
Perustaimien häiriöisyys, elinvoimaisuus, lenkous, taimien tilajärjestys (etäisyys  $\geq 60$  cm) ja pituus huomioon ottaen hyvien ja tyydyttävien uudistusalojen osuus oli muokkaamattomilla aloilla 26 % ja muokatuilla 69 %. Vastaavasti huonojen osuus oli muokkaamattomilla aloilla 33 % ja muokatuilla 7 %.



Kuva 8. Kasvatuskelpoisuusluokkien suhteelliset osuudet muokkaamattomien ja muokattujen uudistusalojen pinta-aloista.

### 3.3 Yhdistelmä uudistamistuloksesta

Hyvien ja tyydyttävien luontaisesti uudistettujen alojen osuus oli noin neljännes koko otoksen eli viljeltyjen uudistusalojen ja maastossa inventoitujen luontaisesti uudistettävien alojen kokonaispinta-alasta (kuva 9). Viljeltyjen alojen ja epäonnistuneiden luontaisen uudistusalojen osuus oli yhteensä 48 % otoksen pinta-alasta. Muokkaamattomista aloista hyvien ja tyydyttävien pinta-alaosuus oli 22 % ja muokatuista 41 %. Viljeltyjen alojen ja epäonnistuneiden luontaisen uudistusalojen osuus oli vastaavasti muokkaamattomista 50 % ja muokatuista 45 %.



Kuva 9. Viljeltyjen alojen ja eri kasvatuskelpoisuusluokkiin jakautuneitten luontaisen uudistusalojen suhteelliset osuudet otosuudistusalojen kokonaispinta-alasta.

### 3.4 Taimien elinvoimaisuus, vikaisuudet ja tuhonaiheuttajat

Männyn- ja kuusen perustaimista 91 % oli pituuskehitykseltään kehityskelpoisia (häiriöttömiä tai vain lievästi häiriöisiä) ja 96 % elinvoimaisuuden puolesta (normaaleja tai heikentyneitä). Lenkoutensa puolesta 98 % taimista oli kehityskelpoisia eli suoria tai vain lievästi tai kohtalaisesti lenkoja.

Tarkemmin erittelemätön muut tuhonaiheuttajat oli suurin tuhonaiheuttajaryhmä (taulukko 5). Tähän ryhmään kuului mm. ylispuiden korjuu. Hirvieläimet olivat suurin eritelty tuhonaiheuttajaryhmä. Lähes yhtä paljon tuhoja olivat aiheuttaneet sienitaudit, joista yleisimpiä olivat karisteet.

Taulukko 5. Perushavupuuntaimissa esiintyneiden tuhojen määrä aiheuttajittain.

Tuhon aiheuttaja	Taimia, kpl
Ei tuhoja	1540
Kilpaileva kasvillisuus	70
Sienet	103
Hyönteiset	9
Hirvieläimet	114
Muut tuhot yhteensä	401
Yhteensä	2237

### 3.5 Tarvittavat metsänhoitotyöt

Siemenpuut oli poistettu noin neljäsosalla maastossa inventoiduista uudistusaloista (taulukko 6). Ylispuuhakkuu olisi ollut mahdollista noin kolmanneksella uudistusaloista. Yhtä suurella osalla ylispuuhakkuu ei ollut vielä ajankohtainen. Muokkaamattomat ja muokatut uudistusalat eivät poikenneet ylispuuhakkuun suhteen toisistaan.

Taulukko 6. Metsänhoidollisia toimenpiteitä edellyttävien uudistusalojen lukumäärä työlajeittain ja niiden suhteellinen osuus muokkaamattomista ja muokatuista uudistusaloista.

Metsänhoitotoimenpide ja sen tarve	Ei muokattu		Muokattu	
	kpl	%	kpl	%
<i>Ylispuuhakkuu</i>				
Ylispuut poistettu	21	27,3	7	25,0
Ylispuuhakkuu ei ajankohtainen	27	35,1	12	42,9
Ylispuuhakkuu mahdollinen	29	37,7	9	32,1
<i>Metsänviljely</i>				
Ei viljelytarvetta	31	40,3	20	71,4
Täydennysviljely	13	16,9	7	25,0
Täydennysviljely myöhässä	22	28,6	0	0,0
Uudelleenviljely	11	14,3	1	3,6
<i>Taimikonhoito</i>				
Ei taimikonhoidon tarvetta	56	72,7	12	42,9
Taimikon harvennus	1	1,3	0	0,0
Taimikon perkaus	20	26,0	16	57,1

Noin puolella inventoiduista uudistusaloista uudistaminen oli onnistunut vähintään tyydyttävästi, eikä täydennysviljelyn tai uudelleenviljelyn tarvetta ollut (taulukko 6). Kokonaan epäonnistuneita (huonoja) uudistusaloja oli yhteensä 12 kpl (11 %). Nämä uudistusalat tulisi viljellä kokonaan uudelleen. Kasvatuskelpoisuusluokkaan välttävät eli täydennettävät kuului yhteensä 42 uudistusalaa. Noin puolella näistä taimikko oli kasvanut jo niin pitkäksi, että täydennysviljely ei ollut enää mahdollista. Puolella uudistusaloista täydennysviljely olisi ollut tarpeen ja vielä mahdollista. Muokatuilla uudistusaloilla viljelytarve oli selvästi pienempi kuin muokkaamattomilla.

Valtaosalla uudistusaloja taimikonhoito ei ollut tarpeen (taulukko 6). Taimikon perkausta tarvittiin noin kolmasosalla uudistusalojen lukumäärästä. Muokatuilla uudistusaloilla perkauksen tarve oli selvästi suurempi kuin muokkaamattomilla

## 4 Tulosten tarkastelu

Tarkasteltaessa tuloksia uudistusaloakohtaisesti (esim. taimikon kasvatuskelpoisuus) on otettava huomioon, että kultakin uudistusaloilta mitattiin vain kolme ryvästä ja 15 koealaa. Mallituksen kannalta vähäisellä koealojen määrällä ei ole samanlaista merkitystä, koska käytetty sekamallitekniikka mahdollistaa hierarkkisen inventointiaineiston tehokkaan hyödyntämisen pienemmälläkin koealojen ja rypäiden määrällä. Kokonaistaimimäärien määrittämistapa voi aiheuttaa epätarkkuutta malleihin.

Niiden uudistusalojen määrä oli yllättävän suuri, joilla luontainen uudistaminen oli keskeytetty ja jotka oli uudistettu viljelemällä, vaikka aiemminkin on havaittu, että luontaiseen uudistamiseen liittyy epävarmuutta, suurta vaihtelua ja riskejä (Kinnunen 1993, Pukkala 1992). Jäljelle jääneillä siemenpuumenetelmällä luontaisesti uudistetuilla aloilla uudistamistulos ei ollut keskimäärin kovin hyvä, koska kasvatuskelpoisuudeltaan hyvien ja tyydyttävien taimikoiden osuus oli vain noin 40 % ja huonojen lähes 20 % uudistusalojen pinta-alasta. Huono tulos johtui yleensä muokkaamattomuudesta (ks. myös Kinnunen 1993, Valtanen 1998). Erityisen huonosti uudistaminen oli onnistunut muokkaamattomilla tuoreen kankaan uudistusaloilla. Muokatuilla tuoreen kankaan aloilla uudistaminen oli onnistunut vähintään yhtä hyvin kuin muokatuilla kuivahkon kankaan uudistusaloilla (ks. myös Norokorpi 1983, Niemelä 2002). Tulosten perusteella voidaan sanoa, että tuoreen kankaan männiköitä ei kannata uudistaa luontaisesti ilman maanmuokkausta. Muokkaus varmistaa uudistamista myös kuivahkoilla kankailla. Kuivan kankaan uudistusaloilla uudistamistulos oli useimmiten tyydyttävä ilman maanmuokkaustakin. Samaan tulokseen on päätyntä myös Valkonen (1992).

Maalaji vaikutti kehityskelpoisten männyntaimien määrään siten, että taimia oli enemmän hienojakoisilla kuin keskikarkeilla ja karkeilla mailla. Tulos poikkeaa yleisestä käsityksestä, jonka mukaan hienot maalajit taimettuvat huonosti maan routimisen ja hapettomuuden vuoksi (Lähde 1974, Valkonen 1992, Hyppönen 1998, Niemelä 2002). Eräissä tutkimuksissa on kuitenkin havaittu taimettumisen paranevan hienojen lajitteiden runsastuessa (Tertti 1936, Norokorpi 1983, ks. myös Kaila 1993). Selityksenä saatuun tulokseen voi olla se, että hienojakoiset maat pysyvät paremmin kosteina kuin karkeammat maat. Kosteus taas vaikuttaa positiivisesti taimettumiseen (Norokorpi 1983).

Taimettumiskelvottoman alan osuus koealan pinta-alasta kuvastaa uudistusalan kivisyyttä ja kallioisuutta. Muuttuja vaikutti negatiivisesti uudistamistulokseen. Kivisyyden uudistamistulosta heikentävä vaikutus on ennestään tunnettu (esim. Kinnunen 1993, Valtanen 1994).

Maaston korkeus vaikutti uudistamistulokseen negatiivisesti ja lämpösusma positiivisesti kuten useissa aikaisemmissa tutkimuksissa Lapin alueen ulkopuolella (Hagner 1962, 1965, Tegemark 1988, Kubin ym. 1997) ja myös Lapissa (Eskelinen 2000). Havupuiden taimimääriä selitettäessä korkeus osoitautui malleissa paremmaksi selittäjäksi kuin lämpösusma. Kaikkien puulajien taimien määriä selitettäessä taas lämpösusma oli parempi. Eroa selittänee hieskoivu, jonka määrään lämpösusma vaikutti positiivisesti, mutta korkeus ei sen enempää negatiivisesti kuin positiivisesti.

Metsälaki (1996) alempiasteisine säädöksineen asettaa luontaiselle uudistamiselle vaatimuksia mm. uudistamisen nopeudesta ja uudistetun taimikon tiheydestä. Lapissa, suojametsäaluetta lukuun ottamatta, uudistusaloille on saatava syntymään seitsemässä vuodessa uudistamistöiden loppuun saattamisesta riittävä määrä sellaisia taimia, joilla on edellytykset kehittyä taimikoksi, jossa on taloudellisesti kasvatuskelpoisten puulajien taimia 1100 kpl/ha (Metsäasetus 1996, Maa- ja metsätalousministeriön... 1997). Muokkauksesta huolimatta

metsäasetuksessa esitetty aika ei aina näytä riittävän kyllin hyvään taimettumiseen erityisesti Pohjois-Lapissa ja Pohjois-Suomen korkeilla mailla (Suoheimo 1982, Kubin ym. 1997, Eskelinen 2000). Tässä tutkimuksessa noin puolet siemenpuumenetelmällä luontaisesti uudistettujen muokkaamattomien alojen pinta-alasta ja kolme viidesosa uudistusaloista ei täyttänyt ko. rajaa. Muokatuista aloista vastaavasti yksi neljäsosa uudistusalojen pinta-alasta ja yksi viidesosa uudistusaloista ei yltänyt perustaimien tiheyteen 1100 kpl/ha. Uudistushakkuusta kulunut aika ei kokeiluissa malleissa vaikuttanut merkitsevästi taimimääriin eikä tyhjien koalojen määriin. Tulos merkitsee sitä, että uudistamiseen varatun ajan (7 vuotta) kuluttua taimimäärä ei ollut enää merkittävästi lisääntynyt. Eskelisen (2000) saamien tulosten mukaan taimettuminen vaatii 8–10 vuotta. On kuitenkin huomattava, että 1960- ja 1970-luvuilla muokkausmenetelmät eivät vielä olleet kehittyneet yhtä hyvin kuin 1980-luvulla (esim. Hyppönen ym. 2001). Tämä on voinut vaikuttaa tuloksiin. Uudistamiseen tarvittava aika vaatii vielä lisätutkimuksia.

## Kiitokset

Tutkimus on tehty Lapin metsäkeskuksen, Metsäntutkimuslaitoksen ja Metsätehon yhteistyönä. Kiitämme MML Simo Kailaa ja MMM Tapio Räsästä yhteistyöstä tutkimuksen suunnittelussa. Käsikirjoitusta ovat kommentoineet FM Virpi Alenius, MMT Ville Hallikainen, MMT Hannu Hökkä ja MH Kari Mäkitalo. Kiitokset myös heille arvokkaista korjausesityksistä.

Aineiston keräsivät metsätalousinsinöörit Anne Ollila ja Tapani Kuusela. Kuvien piirtämisessä auttoivat atk-suunnittelija Vesa Nivala ja tutkimusmestari Risto Ollikainen. Parhaat kiitokset heille, käsikirjoituksen virallisille tarkastajille ja kaikille muille tutkimuksen edistymiseen vaikuttaneille henkilöille hyvin tehdystä työstä.

Kiitämme myös Metsämiesten säätiötä, jonka tuki on ratkaisevasti vaikuttanut työn etenemiseen ja valmistumiseen.

## Kirjallisuus

- Ackzell, L. 1993. A comparison of planting, sowing and natural regeneration for *Pinus sylvestris* (L.) in boreal Sweden. *Forest Ecology and Management* 61: 229–245.
- Bergan, J. 1981. Foryngelse av furuskog i Troms og Finnmark. Summary: Regeneration of Scots pine forests in Troms and Finnmark. Norsk Institutt for Skogforskning. Rapport 10. 69 s.
- Eskelinen, T. 2000. Männyn luontainen uudistaminen Länsi-Lapissa. Metsähallituksen metsätalouden julkaisuja 27. Oy Edita Ab, Helsinki. 58 s.
- Hagner, S. 1962. Naturlig föröngning under skärm. En analys av föröngningsmetoden, dess möjligheter och begränsningar i mellannorrländskt skogsbruk. Summary: Natural regeneration under shelterwood stands. An analysis of the

- method of regeneration, its potentialities and limitations in forest management in middle North Sweden. *Meddelanden från Statens Skogsforskningsinstitut*. Band 52(4). 263 s.
- 1965. Om fröproduktion, fröträdsväl och plantsuppslag i försök med naturlig förnygring. Summary: Yield of seed, choice of seed trees and seedling establishment in experiments with natural regeneration. *Studia Forestalia Suecica* 27. 43 s.
- Henttonen, H., Kanninen, M., Nygren, M. & Ojansuu, R. 1986. The maturation of *Pinus sylvestris* seeds in relation to temperature climate in Northern Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research* 1: 243–249.
- Hypönen, M. 1998. Koneellisen männynkylvön onnistuminen Länsi-Lapissa. *Metsätieteen aikakauskirja – Folia Forestalia* 1: 65–74.
- & Kojola, S. 1998. Meän mettät. Lapin metsätalouden tavoiteohjelma 1998–2002. Gummerus Kirjapaino Oy, Saarijärvi. ISBN 952-90-9903-7. 61 s.
- , Hyvönen, J., Mäkitalo, K., Riissanen, N. & Sepponen, P. 2001. Maanmuokkauksen vaikutus luontaisesti uudistetun mäntytaimikon kehitykseen Lapissa. *Metsätieteen aikakauskirja* 1/2001: 5–18.
- & Kemppe, T. 2001. Maanmuokkauksen ja kylvön vaikutus mäntysiemenpuualan taimettumiseen Etelä-Lapissa. *Metsätieteen aikakauskirja* 1/2002: 19–27.
- Hänninen, T., Räsänen, P. K., & Yli-Vakkuri, P. 1972. Männyn ja kuusen luontaisen uudistamisen antamista tuloksista Etelä-Suomen kangasmailla. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitos. *Tiedonantoja* 7. 96 s.
- Jeansson, E. 1995. Some aspects on site preparation and natural regeneration in Sweden. Julkaisussa: Ritari, A., Saarenmaa, H., Saarela, M. & Poikajärvi, H. (toim.). *Northern silviculture and management. Proc. IUFRO Working Party S1.05–12 Symposium, Lapland, Finland, 16–22 Aug. 1987*. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 567: 69–84.
- Kaila, S. 1993. Metsänuudistamisen tuloksen määrittäminen ja männyn uudistamisen tuloksia. Summary: Determining the outcome of forest regeneration; results from Scots pine reforestation practices. *Metsätieteen tiedotus* 409. 47 s.
- Kinnunen, K. 1993. Männyn kylvö ja luontainen uudistaminen Länsi-Suomessa. Abstract: Direct sowing and natural regeneration of Scots pine in western Finland. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 447. 36 s.
- 1994. Männyn kylvön ja luontaisen uudistamisen näkymät. Julkaisussa: Laiho, O. & Luoto, T. (toim.). *Metsäntutkimuspäivät Seinäjoella*. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 495: 27–35.
- Kubin, E. 1998. When to remove Scots pine seed trees. Julkaisussa: *New stand types in boreal forestry – ecological features and silvicultural consequences. Proceedings of a Nordic symposium. Vaasa, February 10–11, 1998*. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 714: 45–53.
- , Pasanen, J. & Savilampi, P. 1997. Korkeiden alueiden metsien uudistaminen Kainuussa ja Koillismaalla. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 666. 36 s.
- Lehto, J. 1969. Tutkimuksia männyn uudistamisesta Pohjois-Suomessa siemenpuu- ja suojuuspuumenetelmällä. Summary: Studies conducted in northern Finland on the regeneration of Scots pine by means of the seed tree and shelterwood methods. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 67(4). 140 s.

- Lähde, E. 1974. The effect of grain size distribution on the condition of natural and artificial sapling stands of Scots pine. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 84(3). 23 s.
- Maa- ja metsätalousministeriön päätös metsälain soveltamisesta. Päätös 224/1997. Metsäasetus. 1996. Asetus 1200/1996.
- Metsälaki. 1996. Laki 1093/1996.
- Metsänhoitosuositukset. 1990. Lapin metsälautakunta. 32 s.
- Metsätilastolliset vuosikirjat 1966–2000.
- Niemelä, J. 2002. Männyn luontainen uudistaminen Savukoskella. *Metsähallituksen metsätalouden julkaisuja* 42. 41 s.
- Niemistö, P., Lappalainen, E. & Isomäki, A. 1993. Mäntysiemenpuuston kasvu ja taimikon kehitys pitkitetyn luontaisen uudistamisvaiheen aikana. Summary: Growth of Scots pine seed bearers and the development of seedlings during a protracted regeneration period. *Folia Forestalia* 826. 26 s.
- Norokorpi, Y. 1983. Männyn luontainen uudistaminen Lapissa. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 105: 57–71.
- Pohtila, E. 1995. Effect of site preparation on regeneration results in Lapland. *Julkaisussa: Ritari, A., Saarenmaa, H., Saarela, M. & Poikajarvi, H. (toim.). Northern silviculture and management. Proc. IUFRO Working Party S1.05–12 Symposium, Lapland, Finland, 16–22 Aug. 1987. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 567: 105–110.
- Pukkala, T. 1992. Männyn siemensadon ennustaminen. *Julkaisussa: Valtanen, J., Murtovaara, I. & Moilanen, M. (toim.). Metsäntutkimuspäivä Taivalkoskella 1991. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 419: 24–33.
- Punkkinen, E. 1982. Männyn luontaisen uudistamisen onnistuminen muokatuilla mailla Etelä-Lapissa. *Metsänhoitotieteen laudaturtyö. Helsingin yliopisto.* 76 s.
- Räsänen, P. K., 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.
- Sarvas, R. 1949. Siemenpuuhakkuu männikön uudistushakkuuna Etelä-Suomessa. Summary: Seed-tree cutting as a regeneration method in Scots pine forests of Southern Finland. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 37(6). 43 s.
- Suoheimo, J. 1982. Männyn luontainen uudistaminen siemen- ja suojuspuumene- telmällä Metsä-Lapissa. *Laudaturtyö. Helsingin yliopisto.* 77 s.
- Taskupainos metsänhoitosuosituksista maastokäyttöön 1990. Koillis-Suomen met- sälautakunta, Lapin metsälautakunta. 12 s.
- Tegelmark, D. O. 1998. Prediction of regeneration success and wood properties in naturally regenerated stands of Scots pine. *Acta Univ. Agri. Sue., Silvestria, Uppsala.* ISBN 91-576-5605-3. Report 71. 96 s.
- Terti, M. 1936. Metsien luontaisen uudistamisen edistämisestä. *Metsänhoitajien jatkokurssit* 1936. *Silva Fennica* 39: 87–96.
- Valkonen, S. 1992. Metsien uudistaminen korkeilla alueilla Pohjois-Suomessa. Summary: Forest regeneration at high altitudes in Northern Finland. *Folia Forestalia* 791. 84 s.

- Valtanen, J. 1994. Männyn luontainen uudistaminen Keski-Pohjanmaalla. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 503. 65 s.
- 1998. Männyn luontainen uudistaminen siemenpuumenetelmällä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 693. 77 s.
- Yli-Vakkuri, P. 1961. Kokeellisia tutkimuksia taimien syntymisestä ja ensi kehityksestä kuusikoissa ja männiköissä. Summary: Experimental studies on the emergence and initial development of tree seedlings in spruce and pine stands. Acta Forestalia Fennica 75(1). 122 s.







■ Mikko Hyppönen

Mikko Hyppönen

## Ylispuiden korjuun vaikutus mäntytaimikoiden kasvatuskelpoisuuteen Lapissa

**Hyppönen, M.** 2000. Ylispuiden korjuun vaikutus mäntytaimikoiden kasvatuskelpoisuuteen Lapissa. Metsätieteen aikakauskirja 2/2000: 269–280.

Tutkimuksessa selvitettiin ylispuiden korjuun vaikutuksia Lapin luontaisesti syntyneiden mäntytaimikoiden tiheyteen, aukkoisuuteen, pituuteen ja kasvatuskelpoisuuteen sekä eriteltiin ylispuuston korjuussa taimille syntyvien vaurioiden aiheuttajia ja laatua. Samalla tutkittiin ajourien määrää. Aineistona oli silloisen Lapin metsälautakunnan alueen yksityismetsien mänty-ylispuuleimikoista valittu 33 leimikon yhteispinta-alaltaan 80 hehtaarin otos, joka inventoitiin sekä ennen korjuuta että korjuun jälkeen vuosina 1991–1993.

Taimikoiden keskimääräinen tiheys oli ennen ylispuiden korjuuta 8400 kpl/ha. Korjuun jälkeen vaurioitumattomia taimia oli keskimäärin 7000 kpl/ha. Taimista vaurioitui noin 17 %. Kehityskelpoisten taimien määrä oli ennen korjuuta 2100 kpl/ha ja korjuun jälkeen 1700 kpl/ha. Vaurioituneista taimista 90 % oli vaurioitunut niin vakavasti, että ne olivat kehityskelvottomia. Suurin osa kehityskelvottomiksi vaurioituneista taimista oli katkennut.

Vaurioprosenttiin vaikuttivat voimakkaimmin hakkuukertymä ja ajouraverkon tiheys. Vauriomäärä oli sitä suurempi, mitä suurempi oli hakkuukertymä ja mitä tiheämpi ajouraverkko leimikkoon tehtiin. Suurin osa vaurioista (60 %) syntyi metsäkuljetuksen aikana ajouralla ja sen läheisyydessä.

Taimikoiden aukkoisuus lisääntyi korjuussa keskimäärin 8 %-yksikköä mitattuna tyhjen koealojen määrällä. Taimikoiden keskipituus pysyi korjuussa muuttumattomana. Taimikoiden pinta-alasta oli ennen korjuuta hyviä ja tyydyttäviä noin 80 %, korjuun jälkeen hieman alle 60 %. Kaikki taimikot pysyivät korjuussa kasvatuskelpoisina.

Ylispuiden korjuu Lapin luontaisesti uudistetuista mäntytaimikoista ei ole erityisen ongelmallista taimikoiden aukkoisuudesta huolimatta. Ajourien suunnitteluun ja korjuun toteutukseen on kuitenkin syytä kiinnittää huomiota. Tutkimuksen päätulokset vastaavat suurelta osin aiempien korjuuvaurioitutumusten tuloksia. Ajourien suunnittelu ylispuuleimikoissa vaatii lisätutkimuksia.

Asiasanat: mänty, luontainen uudistaminen, ylispuu, kasvatuskelpoisuus, korjuuvaurio, ajoura

Yhteystiedot: Lapin metsäkeskus, Hallituskatu 22, 96100 Rovaniemi

Sähköposti [mikko.hypponen@metsakeskus.fi](mailto:mikko.hypponen@metsakeskus.fi)

Hyväksytty 13.6.2000

## I Johdanto

Ylispuuhakkuussa siemen- tai suojuustuon alle syntynyt uuden sukupolven taimikko vapautetaan emopuustosta. Ylispuuhakkuuta on tehty 1990-luvulla Suomessa keskimäärin 40 000 ha vuodessa, josta noin neljännes Lapissa (Metsätilastolliset vuosikirjat 1992–1998). Ylispuuhakkuut lisääntyvät Lapissa 2000-luvun alkupuolella huomattavasti, koska luontaiseen uudistamiseen kuuluvat siemen- ja suojuustuuhakkuut ovat 1990-luvulla selvästi lisääntyneet (Metsätilastolliset vuosikirjat 1992–1998).

Ylispuuhakkuu on samanaikaisesti sekä puunkorjuuta että metsänhoitoa. Sillä on sekä positiivisia että negatiivisia vaikutuksia taimikon kuntoon, tiheyteen, tilajärjestykseen ja kasvatuskelpoisuuteen. Positiivisia vaikutuksia ovat mm. lisääntynyt kasvutila ja ravinteiden parempi saatavuus, valon lisääntyminen ja juuristikolipailun väheneminen. Ylispuuhakkuuta vääjäämättä seuraava taimien vaurioituminen, taimikkoon syntyvien aukkojen aiheuttama vajaapuustoisuus, maaperävauriot sekä hyönteis- ja sienituhot vaikuttavat pitkällä aikavälillä puolestaan negatiivisesti metsikön tuotokseen, tuottoon ja kasvatuksen kannattavuuteen (esim. Hyppönen ja Niemistö 1998).

Ylispuuiden korjuun taimikolle aiheuttamiin vaurioihin on kiinnitetty huomiota useiden metsien luontaista uudistamista käsitelleiden tutkimusten yhteydessä Suomessa ja muuallakin Pohjoismaissa jo 1940-luvulta lähtien (Sarvas 1944, Vaartaja 1951, Hagner 1962, Lehto 1956, 1969, Hänninen ym. 1972, Wuolijoki 1983, Sievänen 1986, Leinonen ym. 1989). Varsinaiset ylispuuhakkuiden vaurio- ja korjuujälkitutkimukset aloitettiin 1970-luvun puolivälissä. Mänty- ja/tai kuusiylispuuiden poiston aiheuttamia vaurioita ovat selvittäneet Andersson ja Fries (1979), Erkkilä (1979), Roiko-Jokela (1983), Maukonen (1987), Harstela ja Rantonen (1988), Suni (1990), Mäkelä (1990 ja 1992), Youngblood (1990), Peltoniemi (1991), Westerberg ja Berg (1994), Niemistö (1995), Hyppönen (1996) sekä Hyppönen ja Niemistö (1998). Thesslund (1975) ja Frilander (1985) tutkivat koivuverhopuiden poiston aiheuttamia taimikkovaurioita.

Ylispuuiden korjuun vaikutuksia taimikoiden tilaan ja kehitykseen on tutkittu vähemmän kuin korjuu-

vaurioiden merkitystä harvennusekskursioissa. Erityisen vähän tutkimuksia on Lapista, jossa ylispuuiden korjuuolosuhteet poikkeavat muun Suomen olosuhteista mm. siten, että taimikot ovat epätasaisempia ja aukkoisempia kuin muualla maassa (Varmola 1989). Korjuuvauriotutkimuksissa taimikot on yleensä inventoitu vasta korjuun jälkeen, mikä on vaikeuttanut vaurioiden määrittämistä.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on

- 1 selvittää mänty-ylispuuiden korjuun vaikutuksia Lapin luontaisesti syntyneiden mäntytaimikoiden vaurioitumiseen, tiheyteen, tilajärjestykseen, pituuteen ja kasvatuskelpoisuuteen,
- 2 eritellä ylispuuston korjuussa taimille syntyvien vaurioiden aiheuttajia ja laatua,
- 3 analysoida vaurioiden määrään vaikuttavia tekijöitä sekä
- 4 tutkia hakattujen leimikoiden ajouratiheyttä.

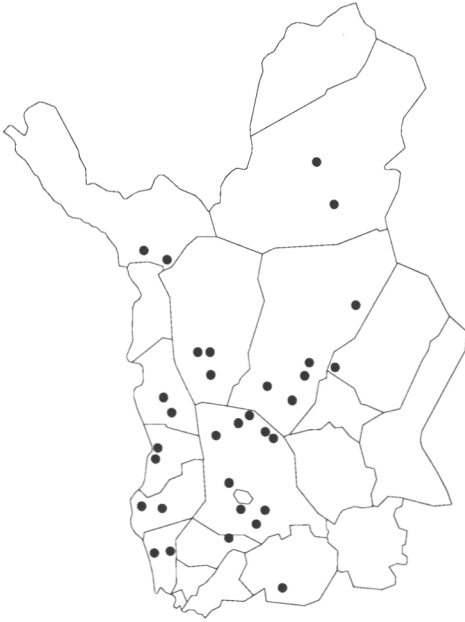
Vaikutusten arvioinnissa rajoitetaan poikkileikkausanalyysin tapaan lähinnä hakkuutyön ja metsäkuljetuksen välittömien vaikutusten tutkimiseen. Tutkimuksen ulkopuolelle jää näin ollen ylispuuiden korjuun taimikoiden kasvuun ja lahoamiseen sekä tuotokseen ja tuottoon aiheuttamien vaikutusten selvittely.

## 2 Aineisto ja menetelmät

### 2.1 Aineiston yleispiirteet

Perusjoukkona käytettiin silloisen Lapin metsälautakunnan alueen yksityismetsien leimaustilastoa vuodelta 1990. Tilaston mänty-ylispuuhakkuuleimikoista poimitun otoksen 33 metsikköä mitattiin ennen korjuuta ja korjuun jälkeen kesien 1991–1993 aikana. Nämä jakautuivat suhteellisen tasaisesti Lapin pohjois-, etelä- ja länsiosiin (kuva 1). Kukin ylispuutaimikko muodosti yhden havaintoyksikön. Koealoja mitattiin yhteensä 1141 kpl, kaikki siis kahdesti. Koealoja oli keskimäärin 35 kpl taimikkoa kohti. Taimikoiden keskikoko oli 2,4 ha ja kokonaisala 80,4 ha.

Taimikoista 85 % kasvoi kuivahkolla kankaalla sekä 9 % kuivalla ja 6 % tuoreella kankaalla. Soistuneiksi luokiteltiin viidennes taimikoista (21 %).



Kuva 1. Tutkittujen ylispuutaimikoiden sijainti.

Noin puolet leimikoista korjattiin lumettomana aikana, neljännes vähän lumen aikana (lunta enintään 50 cm) ja neljännes paksun lumen aikana (yli 50 cm). Yli puolet leimikoista korjattiin lämpötilan ollessa yli 0 °C, noin kolmannes pakkasen ollessa 0...–10 °C ja neljä leimikkoa alle –10 °C:n pakkasella.

Leimikoista 85 % edusti maastoluokkaa yksi ja 15 % maastoluokkaa kaksi (Puutavaran metsäkuljetusmaksut ... 1990). Valtaosa (64 %) leimikoiden ylispuustoista kuului oksaisuusluokkaan yksi, kolmannes luokkaan kaksi ja vain yksi leimikko luokkaan kolme (Metsä- ja uittoalan ... 1992–1993). Ylispuustoa leimikoissa oli keskimäärin 45 m<sup>3</sup>/ha. Alle 40 m<sup>3</sup>/ha oli noin 40 %:lla leimikoita ja 40–80 m<sup>3</sup>/ha noin 50 %:lla leimikoita. Muutamassa tapauksessa ylispuuta oli 120–130 m<sup>3</sup>/ha. Männyn osuus ylispuustoista oli keskimäärin 91 %, kuusen 5 % ja koivun 4 %.

Neljä viidesosaa ylispuustoista hakattiin miestyönä ja vain viidennes hakkuukoneella. Hakkaajana oli maanomistaja 12 %:lla, pienyrittäjä tai piensaha 15 %:lla ja teollisuusyritys 73 %:lla leimikoita. Lähi-

kuljetuksessa käytettiin yleensä metsätraktoria (88 %). Muissa tapauksissa käytettiin maataloustraktoria tai pientraktoria. Esikasausta ei käytetty yhdelläkään työmaalla.

## 2.2 Menetelmä

Inventointimenetelmänä oli systemaattinen koelalarviointi. Linjat vedettiin muutamaa poikkeusta lukuunottamatta itä-länsisuunnassa. Linja- ja koelaväli riippui taimikon koosta seuraavasti:

Taimikon pinta-ala, ha	Linja- ja koelaväli, m	Koalojen lukumäärä, kpl
0,5–2,5	20	12– 63
2,6–10,0	30	29–110
10,1–25,0	40	63–156

Taimet mitattiin 10 m<sup>2</sup>:n koaloilta. Ensimmäinen koela mitattiin puolen koelavälin päässä taimikon reunasta. Koelan keskipiste merkittiin, jotta se voitiin mitata toiseen kertaan täsmälleen samasta paikasta.

Ensimmäisellä inventointikerralla kerättiin leimikoiden sijaintia ja kasvupaikkaa sekä ylispuiden oksaisuutta (Metsä- ja uittoalan ... 1992–1993) ja maastoluokkaa (Puutavaran metsäkuljetusmaksut ... 1990) koskevat yleistiedot. Koaloilta laskettiin ensimmäisellä kerralla yli 10 cm pitkien taimien kokonaismäärä, kehityskelpoisten taimien määrä puulajeittain sekä kehityskelpoisten taimien aritmeettinen keskipituus koelalla. Kehityskelpoisiksi taimiksi valittiin silmävaraisesti kuntosaa ja laatusaa puolesta parhaat, yli 10 cm:n pituiset taimet ja niitä sai olla enintään viisi yhdellä koelalla (5000 kpl/ha). Taimien etäisyyden piti lisäksi olla vähintään 80 cm. Kehityskelpoisten taimien piti sopeutua koelalla ja siinä osassa taimikkoa, jossa koela sijaitsi, pituutensa ja kuntosaa puolesta ympäröivään taimikkoon soveltaen Valtakunnan metsä-uudistamisen inventoinnin (1979) ohjeita. Taimien tuli myös puulajin puolesta sopia kasvupaikalle Lapin metsälautakunnan metsänhoitosuosistusten mukaisesti (Metsänhoitosuositukset 1990).

Erikoiskoaloilta (joka viides koela) mitattiin ensimmäisellä inventointikierroksella taimitietojen lisäksi ylispuuston keskipituus, pohjapinta-ala, ti-

lavuus ja runkoluku. Lisäksi määritettiin maalaji, kivisyys ja humuksen paksuus.

*Toisella mittauskerralla* koaloilta laskettiin vaurioituneitten taimien kokonaismäärä aiheuttajittain ja vauriotyypeittäin sekä kehityskelpoisten taimien määrä ja keskipituus korjuuajana puulajeittain. Vaurioituneet taimet luokiteltiin ensin vaurion aiheuttajan mukaan neljään luokkaan: hakkuutyössä vaurioituneet, hakkuutähteiden alle jääneet, metsäkuljetuksessa vaurioituneet ja muista syistä vaurioituneet taimet. Hakkuun aiheuttamat vauriot jaettiin edelleen puun latvuksen, puun rungon ja hakaajan aiheuttamiin. Metsäkuljetuksen aiheuttamat vauriot jaettiin normaalisti ajouralla tai sen välittömässä läheisyydessä vaurioituneisiin, ajouran ulkopuolella vaurioituneisiin (ajokoneen poiketessa uralta kiven tai kannon, maaston kaltevuuden, maan huonon kantavuuden, mutkan tai liittymän, taakan noutamisen tai huolimattomuuden takia), kuormaustavaiheessa vaurioituneisiin ja muista syistä vaurioituneisiin (ks. Sirén 1981). Lisäksi määritettiin koalojen keskipisteen etäisyys lähimmän ajouran keskilinjaan ja ajouraprosentti arvioituna koalan pinta-alasta.

Vauriotyyppin mukaan taimet luokiteltiin seuraavasti: kallistunut tai kaatunut (vakava vaurio, taimi ei kehityskelpoinen), kallistunut tai taipunut (lievä vaurio, taimi kehityskelpoinen), katkennut (vakava), katkennut (lievä), kolouma (vakava), kolouma (lievä), karsiuma (lievä), juurivaurio (lievä) ja muu vaurio. Vakavasti vaurioituneet taimet eivät voineet olla kehityskelpoisia, lievästi vaurioituneet voivat. Jos taimi oli vaurioitunut usealla erilaisella tavalla, vakavin vaurio määräsi vauriotyyppin.

Toisella inventointikierroksella mitattiin lisäksi ajourien pituus ja leveys sekä ajouran osuus koalan pinta-alasta. Ajourien leveys määritettiin mitaamalla määräväleihin pyörien painumajälkien ulko-reunojen välinen etäisyys. Jos traktori oli vaurioittanut tainta pyörien painuman ulkopuolelta, leveys mitattiin vaurion kohdalta painuman ulkopuolelta. Lisäksi selvitettiin korjuumenetelmä, traktorityyppi (maatalous-/metsä-) ja hakkuoikeuden omistaja. Korjuun aikaista lumen paksuutta ja ilman lämpötilaa koskevat tiedot saatiin jälkikäteen leimikon korjaajalta.

## 2.2 Aineiston käsittely

Taimikot jaettiin kehityskelpoisten taimien ja tyhjien koalojen osuuden perusteella kasvatuskelpoisuusluokkiin käyttäen luokkarajoina seuraavia kehityskelpoisten taimien määriä ja tyhjien koalojen osuuksia (Hypönen 1998):

Kasvatuskelpoisuusluokka	Taimia vähintään kpl/ha	Tyhjiä koaloja enintään, %
Hyvä	2000	13
Tyydyttävä	1200	30
Välttävä	500	60
Huono	–	100

Aukkoisuus laskettiin tyhjien koalojen määrän perusteella. Koeala luokiteltiin tyhjäksi, jos sillä ei ollut yhtään kehityskelpoista tainta.

Korjuun vaikutuksia taimien vaurioitumiseen tarkasteltiin regressioanalyysillä. Selitettävälle ja selittävälle muuttujille tehtiin tarvittaessa logaritmi-muunnokset. Laadittujen mallien hyvyttä tutkittiin residuaalitarkastelun avulla. Korjuun vaikutuksia tarkasteltiin regressioanalyysin lisäksi joidenkin leimikko- ja korjuutekijöitä kuvaavien luokkamuuttujien suhteen vertaamalla eri luokkien välisiä eroja. Luokittelutekijöitä olivat leimikon maasto- ja oksaisuusluokka, korjuumenetelmä, korjuuajankohta, metsäkuljetuksessa käytetty traktorityyppi ja hakkuoikeuden omistaja. Koska useimmat vertailtavat muuttujat eivät jakautuneet normaalisti, käytettiin vertailussa Kruskalin-Wallisin ei-parametristä testiä.

## 3 Tulokset

### 3.1 Taimikkotunnukset ennen korjuuta ja korjuun jälkeen

#### 3.1.1 Tiheys

*Taimien kokonaismäärä* taimikoissa oli ennen ylispuiden korjuuta keskimäärin yli 8000 kpl/ha (taulukko 1). Valtaosa taimista (57 %) oli mäntyä. Korjuun jälkeen vaurioitumattomia taimia oli keskimäärin noin 83 % alkuperäisestä tiheydestä. Taimia vaurioitui korjuussa näin ollen keskimäärin lähes 17 %.

**Taulukko 1.** Taimikoiden tiheys ja aukkoisuus ennen korjuuta ja korjuun jälkeen (n = 33).

Inventointikerta	$\bar{x}$	Tiheys ja aukkoisuus		
		s	min	max
Kokonaistaimimäärä, kpl/ha				
Ennen korjuuta	8421	5393	2821	21212
Korjuun jälkeen <sup>1)</sup>	7026	4573	2300	18667
Kehityskelpoisten taimien määrä, kpl/ha				
Ennen korjuuta	2087	771	1000	3778
Korjuun jälkeen	1730	620	632	3164
Tyhjien koealojen määrä, %				
Ennen korjuuta	16,6	12,0	0,0	47,4
Korjuun jälkeen	24,3	11,2	0,0	52,6

<sup>1)</sup> Vaurioitumattomat taimet

Vaurioituneiden taimien määrä vaihteli runsaasti (4–45 %). Kolmessa viidestä taimikosta taimia vaurioitui ja/tai tuhoutui alle 1000 kpl/ha ja kolmessa neljästä taimikosta alle 2000 kpl/ha. Vaurioitumattomien taimien määrä korjuun jälkeen riippui lähes lineaarisesti korjuuta edeltävästä taimikon tiheydestä (kuva 2a). Riippuvuutta kuvaavan regressiomallin mukaan noin 83 % taimista säilyy korjuussa vaurioitumattomana.

*Kehityskelpoisia taimia* tutkituissa taimikoissa oli keskimäärin lähes 2100 kpl/ha ennen korjuuta (taulukko 1). Valtaosa näistä oli männyn taimia (86 %). Kehityskelpoisten taimien määrä hehtaarilla vaihteli runsaasti sekä ennen korjuuta että korjuun jälkeen. Korjuun jälkeen taimia oli jäljellä keskimäärin 83 %. Taimien määrä vähentyi keskimäärin 360 kpl/ha. Joissakin tapauksissa kehityskelpoisten taimien määrä ei vähentynyt lainkaan, mutta enimmillään lähes puolet (45 %) taimista tuhoutui. Vähimmillään taimia oli korjuun jälkeen juuri ja juuri minimimäärä välttävää taimikon kasvatuskelpoisuusluokkaa ajatellen ja enimmillään yli 3000 kpl/ha. Kehityskelpoisten taimien määrä korjuun jälkeen riippui korjuuta edeltävästä tiheydestä samaan tapaan kuin kokonaistiheyskin (kuva 2b). Mitä enemmän taimikossa oli kehityskelpoisia taimia ennen korjuuta, sitä enemmän niiden määrä väheni korjuussa sekä absoluuttisesti että suhteellisesti.

### 3.1.2 Aukkoisuus

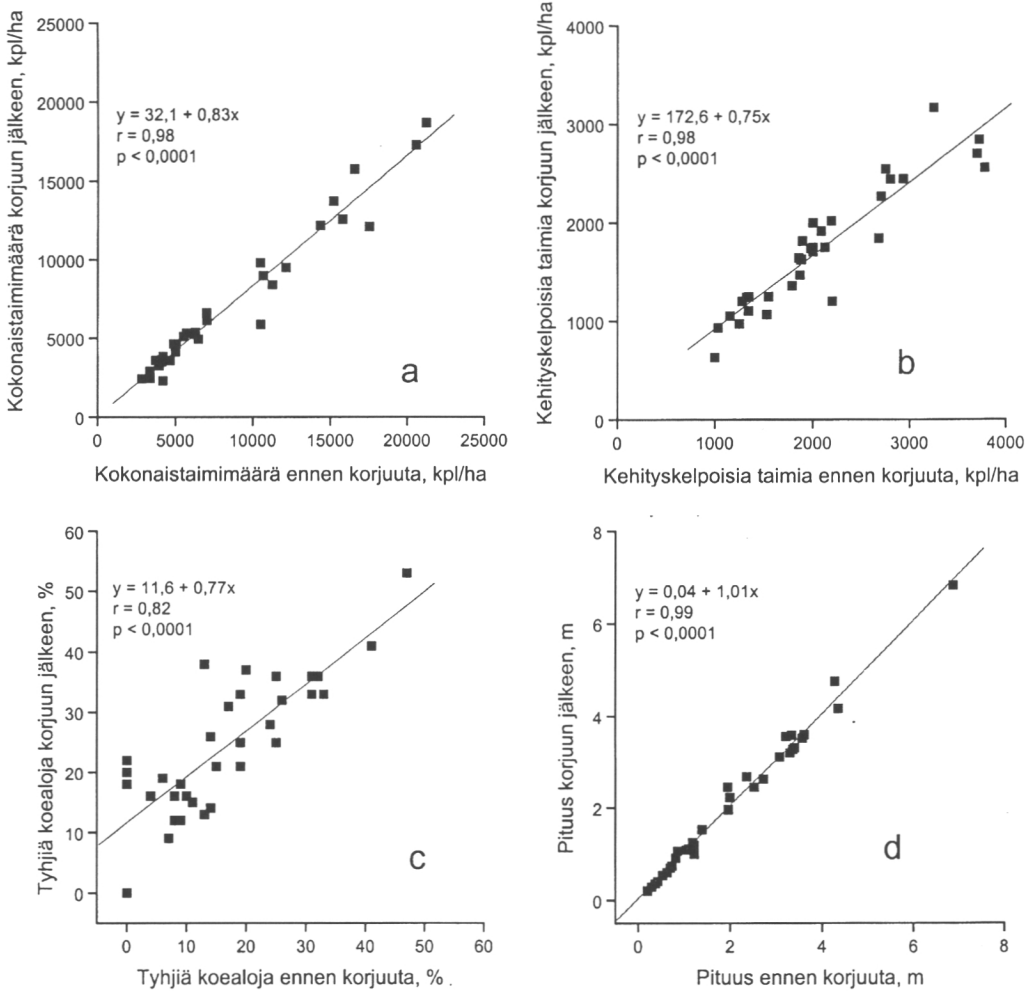
Taimikoiden aukkoisuus tyhjien koealojen määrällä mitaten oli ennen ylispuiden korjuuta keskimäärin 17 % (taulukko 1). Tyhjien koealojen vaihteluväli oli laaja, sillä vähimmillään tyhjiä koealoja ei ollut lainkaan, mutta enimmillään lähes puolet metsikön koealoista. Osa taimikoista oli siten erittäin aukkoisia jo ennen korjuuta. Korjuussa tyhjien koealojen määrä lisääntyi keskimäärin noin 8 %-yksikköä. Korjuun jälkeisen ja korjuuta edeltävän tyhjien koealojen määrän riippuvuus ei ollut yhtä selvä kuin taimimäärillä (kuva 2c). Voidaan kuitenkin sanoa, että mitä aukkoisempi taimikko oli ennen korjuuta, sitä vähemmän aukkoisuus lisääntyi korjuussa.

### 3.1.3 Keskipituus

Taimikoiden keskipituus oli ennen korjuuta keskimäärin 2,1 m. Pituus pysyi korjuussa keskimäärin ennallaan (kuva 2d). Myös taimikoiden minimi- ja maksimipituudet olivat suunnilleen yhtä suuret sekä ennen korjuuta että korjuun jälkeen. Yksittäisten taimikoiden pituudet kuitenkin muuttuivat korjuussa niin, että osassa taimikoita keskipituus pieneni, osassa suureni ja osassa pysyi ennallaan. Erityisesti pienissä, keskipituudeltaan alle metrin pituisissa taimikoissa keskipituus pysyi ennallaan. Taimikoiden pituusluokkajakaumia tarkasteltaessa taimikoita näyttää siirtyneen korjuun seurauksena pituusluokasta 1,1–2,0 m muihin pituusluokkiin (kuva 3).

### 3.1.4 Kasvatuskelpoisuus

Tyhjien koealojen ja kehityskelpoisten taimien määrän välinen riippuvuus oli samantapainen sekä ennen korjuuta että korjuun jälkeen (kuva 4). Korjuun jälkeen kehityskelpoisten taimien määrä oli kuitenkin keskimäärin pienentynyt ja tyhjien koealojen määrä lisääntynyt. Ennen korjuuta yli 80 % taimikoista oli hyviä tai tyydyttäviä (taulukko 2). Korjuun jälkeen hyviä tai tyydyttäviä taimikoita oli enää runsaat 60 %. Välttävissä kunnossa olevien taimikoiden määrä oli kaksinkertaistunut. Huonoja, uudelleen viljeltäviä ylispuuhakkuukohteita ei ollut



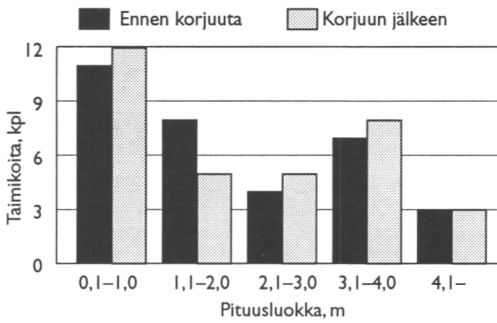
**Kuva 2.** Korjuun jälkeisen kokonaistaimimäärän (a), kehityskelpoisten taimien määrän (b), aukkoisuuden (c) ja keskipituuden (d) riippuvuus vastaavasta korjuuta edeltävästä taimikkotunnuksesta.

ennen korjuuta eikä korjuun jälkeen. Yhdeksän taimikkoa siirtyi hyvistä tyydyttäviin ja yksi suoraan välttäviin. Viisi taimikkoa siirtyi puolestaan tyydyttävistä välttäviin.

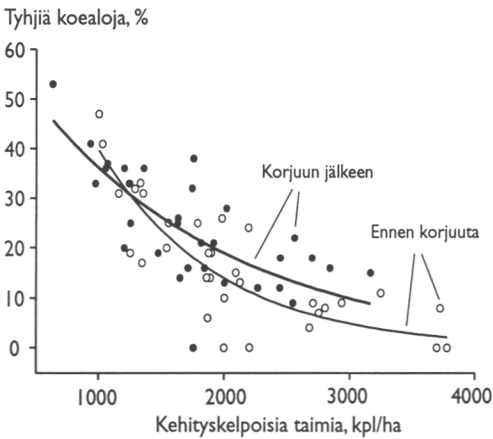
### 3.2 Korjuuvauriot ja niihin vaikuttavat tekijät

#### 3.2.1 Vaurioiden syntyminen

Korjuu vaurioitti keskimäärin 1400 tainta hehtaarilla. Kolme viidesosaa taimista vaurioitui metsäkuljetuksessa, neljäsnes hakuutyössä ja kuudesnes hakkuutähteiden takia (taulukko 3).



**Kuva 3.** Taimikoiden pituusjakaumat ennen korjuuta ja korjuun jälkeen.



**Kuva 4.** Kehityskelpoisten taimien määrän ja tyhjen koealojen määrän välinen riippuvuus ennen korjuuta ja korjuun jälkeen.

Kaadetun puun latvus aiheutti valtaosan hakkuutyön taimivaurioista (taulukko 4). Toiseksi eniten vaurioita aiheutui metsurin raivatessa kaadettavan puun tyveä ja hakkuukoneen kuljettajan asettaessa kaatopäätä puun tyvelle. Kolmanneksi eniten vaurioita aiheutti kaadetun puun runko.

Metsäkuljetuksessa suurin osa taimista vaurioitui tai hävisi ajouralla (taulukko 5). Toiseksi eniten vaurioita aiheutti traktorin poikkeaminen ajouralta. Kuormaus aiheutti vaurioista vain hyvin pienen osan.

**Taulukko 2.** Taimikoiden jakautuminen kasvatuskelpoisuusluokkiin lukumäärän ja pinta-alan perusteella ennen korjuuta ja korjuun jälkeen (n = 33).

Kasvatuskelpoisuusluokka	Osuus taimikoiden lukumäärästä, %		Osuus taimikoiden pinta-alasta, %	
	Ennen	Jälkeen	Ennen	Jälkeen
Hyvä	42,4	12,1	31,2	7,8
Tyydyttävä	39,4	51,5	50,5	50,1
Välttävä	18,2	36,4	18,3	42,0
Huono	0,0	0,0	0,0	0,0

**Taulukko 3.** Vaurioituneiden taimien lukumäärä aiheuttajittain (n = 33).

Vaurion aiheuttaja	Vaurioituneita taimia, kpl/ha			
	$\bar{x}$	s	min	max
Hakkuutyö	339	358	0	1375
Hakkuutähteet	233	232	0	1840
Metsäkuljetus	822	869	0	3250
Muu aiheuttaja	2	8	0	40
Yhteensä	1395	1301	138	5440

**Taulukko 4.** Vaurioituneiden taimien määrä aiheuttajittain hakkuussa (n = 33).

Aiheuttaja	Vaurioituneita taimia	
	kpl/ha	%
Puun latvus	211	62,1
Puun runko	45	13,3
Kaatotyöt	83	24,6
Yhteensä	339	100,0

**Taulukko 5.** Vaurioituneiden taimien määrä metsäkuljetuksessa ja vaurioitumisen syyt (n = 33).

Syy vaurioitumiseen	Taimia	
	kpl/ha	%
Taimi ajouralla	734	89,3
Poikkeaminen ajouralta, syy		
- kivi tai kanto	16	2,0
- kaltevuus	0	0,0
- huono kantavuus	1	0,1
- mutka tai liittymä	24	2,9
- taakan haku	25	3,0
Kuormaus	12	1,5
Muu syy	10	1,3
Yhteensä	822	100,0

**Taulukko 6.** Vaurioituneiden taimien määrä aiheuttajittain, tyypeittäin ja vaurioasteittain (n = 33).

Vauriotyyppi	Vaurioaste	Hakkuutyö	Vaurioituneita taimia, kpl/ha			Yhteensä
			Hakkuutähteet	Kuljetus	Muu	
Kallistunut, kaatunut	Vakava	112	159	277	0	548
Kallistunut, taipunut	Lievä	29	26	25	0	80
Katkennut	Vakava	179	47	488	0	714
Katkennut	Lievä	1	0	12	0	13
Kolouma	Vakava	2	0	0	0	2
Kolouma	Lievä	1	0	7	0	8
Karsiuma	Lievä	2	0	11	0	13
Juurivaurio	Lievä	0	0	0	0	0
Muu vaurio	Vakava	13	0	2	2	17
Yhteensä		339	232	822	2	1395

### 3.2.2 Vauriotyypit

Valtaosa vaurioista (92 %) oli vakavia, jolloin taimi oli katkennut, kallistunut, taipunut tai koloutunut (taulukko 6). Vakavasti vaurioituneet taimet eivät olleet kuntonsa puolesta enää kehityskelpoisia. Yleisin vaurio oli vakava katkeama ja toiseksi yleisin kallistuma tai kaatuminen. Lievästi taimi oli vaurioitunut useimmin kallistumalla tai taipumalla. Yleisimmät vauriotyypit olivat samanlaisia sekä metsäkuljetuksessa että hakkuussa. Hakkuutähteet aiheuttivat lähinnä taimien vakavaa kallistumista. Jos hakkuun ja hakkuutähteiden aiheuttamat vauriot lasketaan yhteen vauriotyypeittäin, niin selvästi yleisin vauriotyyppi hakkuussa oli vakava kallistuminen tai kaatuminen päinvastoin kuin metsäkuljetuksessa, jossa vauriot olivat vakavia taimien katkeamisia. Myös metsäkuljetuksessa taimien vaurioituminen kallistumalla ja kaatumalla oli kuitenkin yleistä.

### 3.2.3 Vaurioitumiseen vaikuttavat tekijät

Vaurioituneitten taimien kokonaismäärää selittivät parhaiten taimikon korjuuta edeltävä kokonaistiheys, ylispuiden pohjapinta-ala ja koealojen keski-etäisyys lähimmän ajouran keskilinjasta. Muuttujat selittivät noin 77 % vaurioituneiden taimien kokonaismäärän vaihtelusta (taulukko 7). Vaurioituneitten taimien määrä on mallin mukaan sitä suurempi,

**Taulukko 7.** Vaurioituneiden taimien kokonaismäärää selittävä malli (malli 1).

Muuttuja	Kerroin	p-arvo	Jäännös- vaihtelu	Selitys- aste	n
Vakio	-1,129	0,398			
ln (x1)	0,863	0,000	0,177	0,765	33
ln (x2)	0,653	0,000			
x3	-0,142	0,022			

ln (y) = selitettävä muuttuja  
y = vaurioituneitten taimien kokonaismäärä, kpl/ha  
x1 = kokonaistaimimäärä ennen korjuuta, kpl/ha  
x2 = ylispuuston pohjapinta-ala, m<sup>2</sup>/ha  
x3 = koealan etäisyys lähimmän ajouran keskilinjasta, m

mitä tiheampi taimikko on ennen korjuuta ja mitä enemmän ylispuuta korjataan. Mitä kauempana taimet ovat ajouralta, sitä vähemmän niitä vaurioituu.

Vaurioituneitten taimien määrää suhteessa korjuuta edeltävään kokonaistaimimäärään eli *vaurioprosenttia* selitti parhaiten malli, jossa selittävinä muuttujina olivat ajourapinta-ala ja ylispuuston pohjapinta-ala (taulukko 8). Vaurioprosentti riippuu mallin mukaan positiivisesti sekä ylispuuston pohjapinta-alasta että ajouramäärästä. Mitä enemmän ylispuuta poistetaan ja mitä suurempi ajourapinta-ala korjuussa syntyy, sitä enemmän syntyy myös vaurioita. Mallin selitysaste jäi selvästi alhaisemmaksi kuin vaurioituneitten taimien kokonaismäärää selittävässä mallissa.

**Taulukko 8.** Vaurioprosenttia selittävä malli (malli 2).

Muuttuja	Kerroin	p-arvo	Jäännös- vaihtelu	Selitys- aste	n
Vakio	-2,581	0,129			
ln (x2)	0,602	0,000	0,176	0,556	33
ln (x3)	0,544	0,028			

$\ln (y/x1*100)$  = selitettävä muuttuja

$y/x1*100$  = vaurioprosentti

y = vaurioituneitten taimien kokonaismäärä, kpl/ha

x1 = kokonaistaimimäärä ennen korjuuta, kpl/ha

x2 = ylispuuston pohjapinta-ala, m<sup>2</sup>/ha

x3 = ajourapinta-ala, m<sup>2</sup>/ha

**Taulukko 9.** Ajourien määrä eri ajouramuuttujien perusteella (n = 33).

Ajouran ominaisuus	$\bar{x}$	Ajourien määrä		
		s	min	max
Pituus, m/ha	602	187	302	1240
Leveys, m	3,2	0,4	2,7	4,7
Pinta-ala, m <sup>2</sup> /ha	1966	876	997	5123
Ura-%	19,5	8,4	8,3	35

Lumen paksuus ja ilman lämpötila korjuuajankohdanna eivät vaikuttaneet merkittävästi vaurioiden kokonaismäärään ja vaurioprosenttiin, ei myöskään taimikon pituus. Maastoluokkien, oksaisuusluokkien, korjuumenetelmien, lähikuljetustraktoreiden ja hakkuuoikeuden omistajien välillä ei ollut merkittävää eroa tarkasteltaessa korjuussa vaurioituneiden taimien kokonaismäärää ja vaurioprosenttia.

### 3.3 Ajourien määrä

Taimikoihin syntyi korjuussa ajouria keskimäärin 602 m/ha (taulukko 9). Ajourien pinta-ala oli keskimäärin noin 20 % ylispuuhakkuualan pinta-alasta sekä koaloilta määritettynä että laskettuna uraleveyden ja -pituuden avulla. Ajouramäärä vaihteli huomattavasti taimikoittain; suurin ajourapinta-ala oli yli viisinkertainen pienimpään verrattuna.

## 4 Tarkastelu

### 4.1 Tutkimusmenetelmän arviointia

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää ylispuiden korjuun vaikutuksia taimikoiden kasvatuskelppoisuuteen sekä vaikutusten aiheuttajia ja syitä. Tutkimusmenetelmänä inventointitutkimus antaa periaatteessa ensin mainittuun kohtaan riittävän hyvän vastauksen. Se ei kuitenkaan anna hyvää kuvaa korjuuvaurioiden todellisista aiheuttajista ja syistä. Järjestetyn kokeen menetelmillä syy-seuraussuhteista voidaan saada parempi käsitys. Järjestettyyn kokeeseen ei ollut kuitenkaan mahdollisuuksia kustannus- ym. syistä. Vaurioiden syntymisen seuraaminen maastossa korjuun ollessa käynnissä olisi helpottanut vaurioiden luokittelua ja analysointia. Inventoinnin tehokkuutta paransi se, että samat koalat mitattiin sekä ennen korjuuta että korjuun jälkeen.

Tutkimuksessa käytettiin havaintoyksikkönä metsikköä, jonka tunnuksot olivat metsikkökohtaisia luokkamuuttujia ja koalakeskiarvoina ilmaistuja jatkuvia muuttujia. Metsikkökeskiarvojen käyttäminen havaintoyksikön muuttujien arvoina merkitsi sitä, että metsiköiden sisäistä vaihtelua ei otettu analyysissä huomioon. Aineiston keräyksessä oli useita virhemahdollisuuksia. Vaurioiden luokittelu aiheuttajittain oli monesti ongelmallista. Erittäin korjuukonetyömailla oli hankala päätellä, oliko vaurio lähikuljetustraktorin vai korjuukoneen aiheuttama. Lähes yhtä vaikea oli erottaa hakkuutyöstä ja hakkuutähteistä aiheutuneet vauriot. Luokittelu osoittautuikin jonkin verran keinotekoiseksi. Korjuukonetyömaihin liittyi toinenkin vaikeus eli se, miten erottaa toisistaan traktorin ja korjuukoneen aiheuttamat ajourat. Kaikki urat päädyttiin luokittelemaan ajouriksi jäljen tekijästä riippumatta. Myös ajouraleveyden määrittäminen oli ongelmallista, kuten tutkimuksissa on aiemmin todettu (Isomäki 1994). Lumen aikana korjatuissa matalissa taimikoissa ajouraa oli usein enää vaikea erottaa lumen sulettua, jolloin taimikot mitattiin. Lumikerroksen paksuuden ja korjuun aikaisen lämpötilan määrittämiseen liittyy tiedonkeruumenetelmästä johtuvaa epävarmuutta.

Korjuun vaikutuksia selittävien regressiomallien laadinnan päätarkoituksena oli saada kuva niistä tekijöistä, jotka parhaiten selittävät korjuuvaurioi-

den määrää. Mallit yritettiin pitää yksinkertaisina. Mallien yleisenä piirteenä oli se, että ne jossain määrin keskimääräistivät selitettävän muuttujan arvoja eli hiukan yliarvioivat keskiarvoa pienempiä vastemuuttujan arvoja ja aliarvioivat suuria arvoja. Tämä kävi ilmi jäännösvaihtelutarkastelussa ja verrattaessa mallin antamien ja todellisten havaintojen arvoja.

#### 4.2 Tulosten tarkastelu ja päätelmiä

Mäntytaimikoissa vaurioita on yleensä ollut vähemmän kuin kuusitaimikoissa (esim. Maukonen 1987). Mäntytaimikoiden ylispuuhakkuussa vaurioprosentti on ollut yleensä 15–20 % ja kuusitaimikoissa noin 30 % (esim. Hyppönen ja Niemistö 1998). Tämän tutkimuksen tulos tukee männyn osalta aikaisempia tuloksia. Joissakin selvityksissä vaurioprosentti on ollut huomattavasti suurempi, mutta ylispuuston hehtaartilavuuskin on ollut kaksinkertainen, jopa nelinkertainen tämän tutkimuksen keskitilavuuteen verrattuna (Wuolijoki 1983, Sievänen 1986, Westerberg ja Berg 1994). Toisaalta Mäkelän (1990) ja Peltoniemen (1991) sekataimikoiden ylispuuhakkuuta koskeneissa tutkimuksissa ylispuuston tilavuudet olivat suuria, mutta vaurioprosentit silti kohtuullisia. Tämä osoittanee, että huolellisella korjuulla ja oikeilla menetelmillä päästään hyviin tuloksiin poistuman ollessa suurikin.

Taimien vaurioitumiseen vaikuttavat tutkimusten mukaan taimikon puulajin lisäksi eniten hakkuukertymä, ajourien määrä ja taimikon tiheys (Thesslund 1975, Maukonen 1987, Suni 1990). Taimikon tiheys, ylispuuston määrä ja ajouramäärä selittivät tässäkin tutkimuksessa suurimman osan vauriomäärän vaihtelusta.

Valtaosa taimista tuhoutui ajourilla tai niiden välittömässä läheisyydessä kuten on havaittu aiemminkin (Maukonen 1987, Niemistö 1995, Youngblood 1990). Ajourien suunnitteluun ja korjuun toteutukseen on näin ollen kiinnitettävä erityistä huomiota (Maukonen 1987, Harstela ja Rantonen 1988, Mäkelä 1992, Hyppönen ja Niemistö 1998). Yleisenä periaatteena voidaan pitää sitä, että ajourien määrä tulisi minimoida (Harstela ja Rantonen 1988, Youngblood 1990, Hyppönen ja Niemistö 1998).

Taimikon pituus ei vaikuttanut merkittävästi vau-

rioiden määrään. Samaan päätyivät myös Maukonen (1987) sekä Westerberg ja Berg (1994). Erkkilän (1979), Sieväsen (1986) ja Youngbloodin (1990) tutkimuksissa pituus vaikutti vaurioiden määrään siten, että taimikon pidettäessä taimien kuolleisuus korjuussa lisääntyi. Wuolijoki (1983) sai puolestaan päinvastaisen tuloksen. Niemistön ym. (1993) mukaan ylispuuiden tarpeeton seisottaminen lisää kuitenkin taimikon aukkoisuutta ja pituusvaihtelua sekä heikentää taimikon laatua. Tässä tutkimuksessa taimikoiden keskipituus pysyi korjuussa keskimäärin ennallaan, vaikka siirtymää pituusluokkien välillä tapahtuikin. Westerberg ja Berg (1994) ja Niemistö (1995) totesivat taimikon keskipituuden korjuun jälkeen lievästi suureneen korjuun vaurioitettua pieniä taimia enemmän kuin suuria. Erkkilän (1979) ja Sieväsen (1986) tutkimuksissa taimikoiden keskipituus päin vastoin pieneni suurten taimien vaurioituessa herkemmin kuin pienten.

Korjuuajan kohta ei myöskään vaikuttanut merkittävästi vaurioiden kokonaismäärään ja vaurioprosenttiin. Useiden muiden tutkimusten mukaan oikealla korjuuajan valinnalla voidaan vaikuttaa korjuujäljen laatuun. Pienet taimikot voidaan korjata joko lumettomana aikana, jolloin taimet ovat näkyvissä ja niitä voidaan väistää tai paksun lumen aikana, jolloin lumi suojaa taimia sekä hakkuun että metsäkuljetuksen vaikutuksilta (Maukonen 1987). Lumirajan yläpuolelle yltävät taimikot on paras korjata sulan puun aikana (Maukonen 1987). Roiko-Jokelan (1983) mukaan kovalla pakkasella taimikon vaurioitumisriski on suuri, ja ylispuuhakkuuta tulee silloin välttää. Huonosti kantavilla kivennäismailla ja soilla ylispuut on syytä korjata talvikauden leutoina päivinä (Erkkilä 1979, Roiko-Jokela 1983, Harstela ja Rantonen 1988).

Tässä tutkimuksessa eri korjuumenetelmien ja lähikuljetukseen käytettyjen traktoreiden välillä ei havaittu eroja korjuuvaurioiden määrässä. Myös Mäkelän (1992) mukaan sekä miestyöhön että korjuukoneisiin perustuvilla menetelmillä ylispuut voidaan korjata suhteellisen vähäisin vaurioin suuremman hakkuupoistuman ollessa kysymyksessä. Pohjois-Amerikan vaikeissa maasto-olosuhteissa tehdystä menetelmävertailusta vaijerijuontomenetelmällä vauriot jäivät selvästi vähäisemmiksi kuin perinteisillä traktorijuontomenetelmillä (Youngblood 1990).

Maukosen (1987) sekä Harstelan ja Rantosen (1988) mukaan taimikoiden korjuunjälkeiseen tilaan voidaan vaikuttaa metsänhoidollisin toimenpitein myös etukäteen. Mitä tiheämpi taimikko saadaan syntymään, sitä enemmän taimia jää jäljelle korjuun jälkeen. Tiheyteen taas voidaan vaikuttaa uudistusalan huolellisella raivauksella, maanmuokkauksella ja sopivalla siemenpuuston määrällä. Pienet luontaisesti uudistettavat alat voitaisiin Maukosen (1987) mukaan metsittää reunametsän avulla, jolloin ylispuuta ei tarvitse korjata lainkaan.

Ylispuiden korjuu Lapin luontaisesti uudistetuista mäntytaimikoista ei ole erityisen ongelmallista taimikoiden aukkoisuudesta huolimatta. Korjuuvaurioiden määrän suuresta vaihtelusta päätellen ajoerien suunnitteluun ja korjuun toteutukseen on kuitenkin syytä kiinnittää huomiota. Tutkimuksen päätulokset vastaavat suurelta osin aiempien korjuuvauriotutkimusten tuloksia. Ajourien suunnittelu ylispuuleimikoissa vaatii lisätutkimuksia.

## Kiitokset

Julkaisu on osa Lapin metsäkeskuksen ja Metsäntutkimuslaitoksen yhteistyönä tehtävää männyn luontaisen uudistamisen tutkimusta. Työn eri vaiheissa olen saanut apua lukuisilta henkilöiltä niin Lapin metsäkeskuksessa, Metsäntutkimuslaitoksella kuin Joensuun yliopistossa. Käsikirjoitusta ovat kommentoineet työn eri vaiheissa MMT Ville Hallikainen, professori Pertti Harstela, FT Timo Helle, LuK Juha Hyvönen, MMT Risto Jalkanen, vs. professori Taneli Kolström, MH Kari Mäkitalo, MMT Martti Saarihahti ja MMT Martti Varmola. Metsätaloudeninsinööri Sinikka Koivuranta keräsi valtaosan tutkimusaineistosta, ja metsätaloudeninsinööri Tarmo Aalto auttoi kuvien piirtämisessä. Kiitän lämpimästi kaikkia edellä mainittuja henkilöitä. Kiitän myös käsikirjoituksen virallisia tarkastajia sekä niitä mainitsemattomia henkilöitä, jotka ovat myötävaikuttaneet tutkimuksen valmistumiseen. Erityisen kiitollinen olen Metsämiesten säätiölle, jonka myöntämän apurahan turvin olen voinut keskittyä tutkimustyöhön.

## Kirjallisuus

- Andersson, O. & Fries, J. 1979. Orienterande försök rörande plantskador vid fröträdsavverkning. Summary: Pilot study on plant damage in a seed tree cutting. Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift 2: 123–129.
- Erkkilä, L. 1979. Mäntytaimikoiden kunto ylispuiden poiston jälkeen kangasmailla Lapissa. Metsänhoitotieteen laudaturtyö metsätutkimtoa varten. Helsingin yliopisto, metsänhoitotieteen laitos. Helsinki. 45 s.
- Frilander, O. 1985. Pienikokaisen lehtiverhopen korjuun kuusentaimitolle aiheuttamat vauriot. Pro gradu-tutkielma. Helsingin yliopisto, metsätieteologian laitos. Helsinki. 75 s.
- Hagner, S. 1962. Naturlig förnygring under skärm. En analys av förnygringsmetoden, dess möjligheter och begränsningar i mellannorrländskt skogsbruk. Summary: Natural regeneration under shelterwood stands. An analysis of the method of regeneration, its potentials and limitations in forest management in middle North Sweden. Meddelanden från statens skogsforskningsinstitut 52(4). 263 s.
- Harstela, P. & Rantonen, H. 1988. Ylispuuhakuun taimikoille aiheuttamat vauriot. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 286: 18–22.
- Hyppönen, M. 1996. Ylispuiden korjuun vaikutus mäntytaimikoiden kasvatuskelpoisuuteen ja arvoon Lapissa. Lisensiaattityö MML-tutkimtoa varten. Joensuun yliopisto. 43 s.
- 1998. Koneellisen männynkylvön onnistuminen Länsi-Lapissa. Metsätieteen aikakauskirja – Folia Forestalia 1/1998: 65–74.
- & Niemistö, P. 1998. Ylispuuhakuut ja taimikkovauriot. Julkaisussa: Moilanen, M. & Saksa, T. (toim.). Alikasvokset metsänuudistamisessa. Varjosta valoon. Pihlaja-sarja 3. 123 s.
- Hänninen, T., Räsänen, P. K. & Yli-Vakkuri, P. 1972. Männyn ja kuusen luontaisen uudistamisen antamista tuloksista Etelä-Suomen kangasmailla. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitos. Tiedonantoja 7. 96 s.
- Isomäki, A. 1994. Ajouraleveyden määrittäminen. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 501. 66 s.
- Lehto, J. 1956. Tutkimuksia männyn luontaisesta uudistumisesta Etelä-Suomen kangasmailla. Summary: Studies on the natural reproduction of Scots pine on the upland soils of Southern Finland. Acta Forestalia Fennica 66. 106 s.
- 1969. Tutkimuksia männyn uudistamisesta Pohjois-Suomessa siemenpuu- ja suojuuspuumenetelmällä. Summary: Studies conducted in northern Finland on the regeneration of Scots pine by means of the seed tree and shelterwood methods. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 67(4). 140 s.

- Leinonen, K., Leikola, M., Peltonen, A. & Räsänen, P. K. 1989. Kuusen luontainen uudistaminen Pirkka-Hämeen metsälautakunnassa. Summary: Natural regeneration of Norway spruce in Pirkka-Häme Forestry Board District, southern Finland. *Acta Forestalia Fennica* 209. 53 s.
- Maukonen, A. 1987. Ylispuuhakkuun taimikolle aiheuttamat vauriot. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 244. 30 s.
- Metsä- ja uittoalan työehtosopimus 1992–1993. Palkkausalue 1. 120 s.
- Metsänhoitosuosituksat 1990. Lapin metsälautakunta. 32 s.
- Metsätalastolliset vuosikirjat 1992–1998. Finnish Statistical Yearbook of Forestry 1992–1998. Metsäntutkimuslaitos. Finnish Forest Research Institute.
- Mäkelä, M. 1990. Ylispuiden poisto Pika 75- ja FMG 707/12 S Motonalle-harvestereilla. Review: The removal of seed trees and shelterwood using Pika 75 and FMG 707/12 S harvesters. *Metsätehon katsaus* 19. 4 s.
- 1992. Ylispuiden poistohakkuiden korjuutekniikka. Review: Harvesting technique used for removal of seed and shelterwood trees. *Metsätehon katsaus* 6. 6 s.
- Niemistö, P. 1995. Turvemaan hieskoivikon tiheyden vaikutus alikasvoskuusikon tiheyteen. Julkaisussa: Poikolainen, J. & Väärä, T. (toim.). *Metsäntutkimuspäivä Kuusamossa 1994*. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 552: 87–103.
- , Lappalainen, E. & Isomäki, A. 1993. Mäntysiemenpuuston kasvu ja taimikon kehitys pitkitetyn luontaisen uudistamisvaiheen aikana. Summary: Growth of Scots pine seed bearers and the development of seedlings during a protracted regeneration period. *Folia Forestalia* 826. 26 s.
- Peltoniemi, T. 1991. Ylispuiden poisto konetyönä, miestyönä ja niiden yhdistelmänä. Review: Removal of seed and shelterwood trees mechanically, manually and by using combination of both. *Metsätehon katsaus* 18. 4 s.
- Puutavaran metsäkuljetusmaksut Pohjois-Suomessa 1990. Metsäalan Kuljetuksenantajat ja Koneyrittäjien Liitto Ry. 57 s.
- Roiko-Jokela, P. 1983. Taimikoiden kunto ylispuiden poiston jälkeen. Julkaisussa: *Metsäntutkimuspäivät Rovaniemellä 1983*. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 105: 72–82.
- Sarvas, R. 1944. Tukkipuun harsintojen vaikutus Etelä-Suomen yksityismetsiin. Referat: Einwirkung der Sägestamplenterungen auf die Privatwälder Südfinnlands. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 33(1). 268 s.
- Sievänen, M. 1986. Kuusi- ja mäntyalikasvoksen kehitys ja hyväksikäyttömahdollisuudet mustikkatyypillä esimerkkitapauksen valossa. Pro gradu-tutkielma. Helsingin yliopisto, metsänhoitotieteen laitos. Helsinki. 94 s.
- Sirén, M. 1981. Puuston vaurioituminen harvennuspuiden korjuussa. Summary: Stand damage in thinning operations. *Folia Forestalia* 474. 23 s.
- Suni, J. 1990. Korjuu-uramenetelmä ylispuiden poistossa. Pro gradu-tutkielma. Helsingin yliopisto, metsätekniologian laitos. Helsinki. 97 s.
- Thesslund, O. 1975. Tutkimus kookkaan kuusitaimiston vaurioitumisesta ylispuiden poistossa. *Tehdaspuu Oy. Tutkimusraportti* 43. 59 s.
- Vaartaja, O. 1951. Alikasvosasemasta vapautettujen männyn taimistojen toipumisesta ja merkityksestä metsänhoidossa. Summary: On the recovery of released pine advance growth and its silvicultural importance. *Acta Forestalia Fennica* 59(1). 133 s.
- Valtakunnan metsänuudistamisen inventointi 1979. Kenttätöiden ohjeet. Metsäntutkimuslaitos, metsänhoidon tutkimusosasto. Konekirjoite. Helsinki. 32 s.
- Varmola, M. 1989. Taimikon käsittely, perusta metsikön tulevalle kehitykselle. Summary: Treatment of sapling stand: Basis for the future development of a stand. Julkaisussa: Saastamoinen, O. & Varmola, M. (toim.). *Lapin metsäkirja. Acta Lapponica Fenniae* 15: 191–199.
- Westerberg, D. & Berg, S. 1994. Avverkning av överståndare. Försöksmetod för att bestämma prestation, kostnad och skador på förnygringen. Summary: Felling of standards. Trial method for determining productivity, costs and damage to advanced growth. *Skog Forsk. Redogörelse* 10. 26 s.
- Wuolijoki, K. 1983. Tutkimus suojuuspuukaistaleiden taimittumisesta ja taimikon vaurioitumisesta ylispuuhakkuussa. Metsänhoitotieteen laudaturtyö metsätutkimusta varten. Helsingin yliopisto, metsänhoitotieteen laitos. Helsinki. 48 s.
- Youngblood, A. P. 1990. Effect of shelterwood removal methods on established regeneration in an Alaska white spruce stand. *Canadian Journal of Forest Research* 20: 1378–1381.

### 35 viitettä







Metsien luontaisen uudistamisen yleistyminen 1990-luvulla on lisännyt uudistamistutkimuksen tarvetta. Tietoa tarvitaan mm. alikasvoksena syntyneiden taimikoiden käyttökelpoisuudesta metsänuudistamisessa, ilmasto- ja kasvupaikkatekijöiden sekä maanmuokkauksen vaikutuksista uudistamistulokseen ja taimien vaurioitumisesta ylispuiden korjuussa. Käytännön metsätalouden kannalta tärkeä ja ajankohtainen asia, taimettuvatko luontaisesti uudistettavat metsiköt Lapissa metsälain vaatimusten mukaisesti ja lain edellyttämässä ajassa, vaatii myös selvittämistä. Tässä raportissa tarkastellaan männyn luontaisen uudistamisen onnistumista ja siihen vaikuttavia tekijöitä Lapissa.



Kannen suunnittelu: Jouni Hyvärinen  
Kuvat: Erkki Oksanen, Risto Jalkanen, Jouni Hyvärinen

ISBN: 951-40-1824-9  
ISSN: 0358-4283