



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 männyntaimikon kehitykseen Lapissa. Metsätieteen aikakauskirja 1/2001: 5–18.

Tutkimuksen tarkoituksena oli verrata erilaisten maanmuokkausmenetelmien vaikutusta siemenpuu-  
menetelmällä luontaisesti uudistetun männyntaimikon 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, männyntaimia 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  
männyntaimien määrä oli niin ikään suurin piennaraurauksessa (2 100 kpl/ha), mutta pienin äestyksessä  
(1 300 kpl/ha). Kaikkien puulajien taimet mukaan luettuna kehityskelpoisten taimien luku-  
määrä 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 kehityskel-  
poista tainta. Kehityskelpoisten taimien määrän ja aukkoisuuden perusteella määritettynä kaikkien  
käsittelyjen kaikki lohkot olivat kasvatuskelpoisuudeltaan vähintään välttävää.

Männyntaimikoiden valtapituuskehitys oli kahdella ensimmäisellä mittauskerralla lähes saman-  
lainen kaikissa käsittelyissä. Vuonna 1997 menetelmien väliset erot olivat suurentuneet: piennar-  
aurauksessa 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. Metsänhoitosuosituksat 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 uudistumista 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 uudistumisen kestosta ja metsänrajakysymyksistä saatujen tulosten perusteella Lapin mäntymetsien tulevaisuuteen on voitu suhtautua luottavaisesti (Pohtila 1979). Männyn luontaisen uudistumisen 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 uudistumisaikaa (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). Erittäin paksuhumuksisilla 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 harvojen 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).

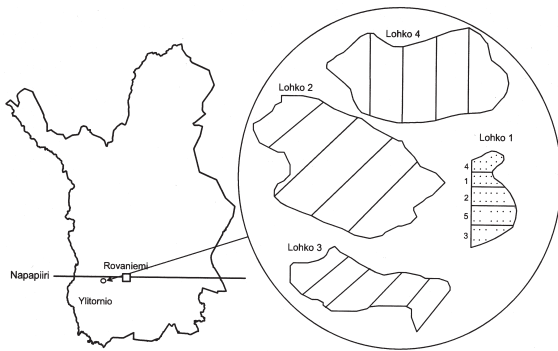
Maanmuokkaus lisää ravinteiden mobilisaatiota ja taimien kasvua niiden alkukehitysvaiheessa. Mitä voimakkaampaa maanmuokkaus on, sitä enemmän ravinteita on taimien käytössä ja sitä nopeampaa niiden kasvu on (esim. Mälkönen 1983, Pohtila ja Valkonen 1985, Valtanen 1998, Mäkitalo 1999). Parempi kasvu nopeuttaa myös lumirajan saavuttamista, minkä jälkeen männyntaimien 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 Metsätutkimuslaitos perustivat vuonna 1979 yhteistyössä Ylitornion Koppelomaahan ja Pöytämaahan männyn luontaista uudistamista siemenpuumenetelmällä selvittävän kokeen. Kokeen tarkoituksena oli selvittää erilaisten maanmuokausmenetelmien vaikutusta männyn luontaiseen uudistamiseen. Koejärjestelyinä oli arvotut 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), palleaura (Hirvas), äestys (TTS-35) ja palleaura ns. nollasennossa (Hirvas), jossa humuskerros poistettiin leveältä alalta ilman muokausvaikutusta. Vetokoneena muokkauksissa oli Caterpillar D6. Koeluu-

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 kasvupaikkatyypiltään 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 suojuspuuasennossa (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	Koeluoja, 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

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

Kaikkina inventointivuosina ympyräkoelajilta kerättiin tiedot taimien (≥10 cm) kokonaismäärästä 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 tyhjien ympyräkoalojen suhteellisenä 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.

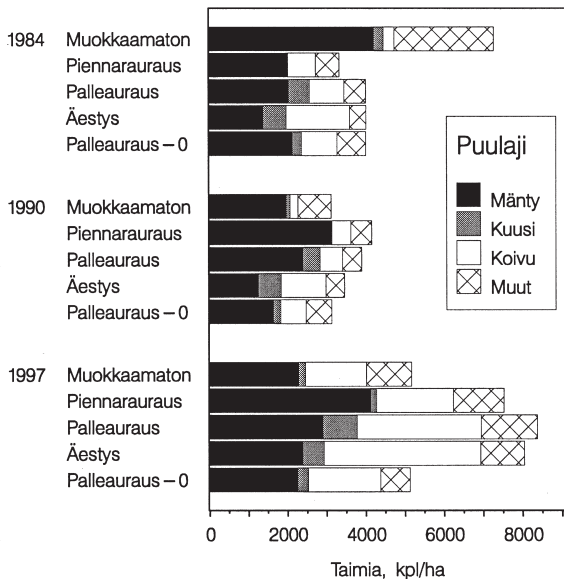
Käsittely	Taimia, kpl/ha
1 – Muokkaamaton	2060
2 – Piennarauraus	684
3 – Palleauraus	563
4 – Äestys	403
5 – Palleauraus 0-asento	940

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* lisäntyi piennar- ja palleaurauksessa mittaus mittaukselta 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 lisäntyi piennaraurauksessa noin



**Kuva 2.** Taimien kokonaismäärä mittauseroittain, muokkausmenetelmittäin ja puulajeittain.

2000 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 vuosijaksolla 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, vaihtelukerroin, minimi ja maksimi vuonna 1997.

Käsittely	Taimikkotunnus			
	$\bar{x}$	cv	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.

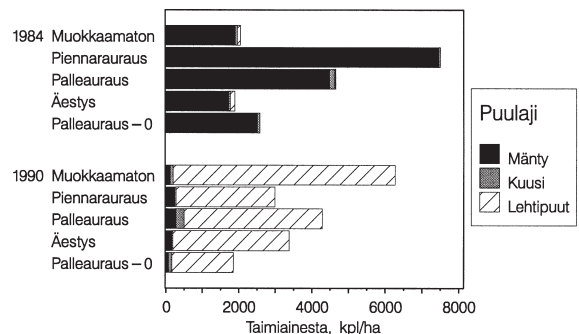
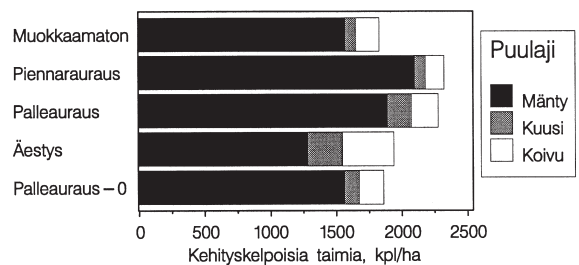
**Taulukko 4.** Varianssianalyysin tulokset männyntaimien kokonaismäärien absoluuttisista ja suhteellisista muutoksista vuosijaksoilla 1984–1990, 1990–1997 ja 1984–1997.

Vaihtelun lähde	df	Absoluuttinen muutos, kpl/ha			p	df	Suhteellinen muutos, %		
		MS	F-arvo				MS	F-arvo	p
Vuosisjakso 1984–1990									
Maanmuokkaus	4	6 295 879	2,9948	0,0628	4	5 495	7,7571	0,0025	
Lohko	3	7 053 361	3,3551	0,0553	3	9 080	12,8161	0,0005	
Jäännös	12	2 102 276			12	708			
Vuosisjakso 1990–1997									
Maanmuokkaus	4	467 945	1,0724	0,4123	4	15 149	1,9979	0,1644	
Lohko	3	514 415	1,1789	0,3587	3	7 345	0,9687	0,4420	
Jäännös	12	436 353			11	7 582			
Vuosisjakso 1984–1997									
Maanmuokkaus	4	9 005 863	3,5111	0,0405	4	25 507	1,6184	0,2331	
Lohko	3	10 353 260	4,0364	0,0337	3	38 179	2,4224	0,1165	
Jäännös	12	2 564 981			12	15 761			

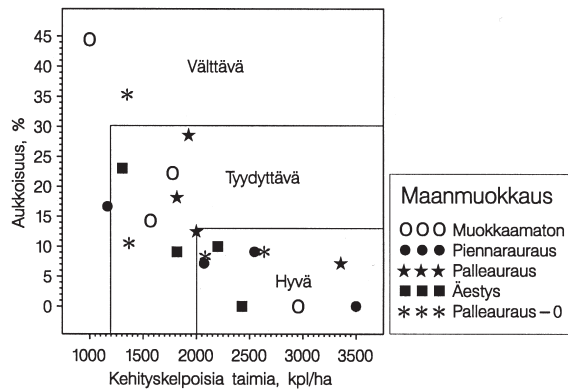
Muiden lehtipuiden taimien määrä oli vuonna 1984 suurin muokkaamattomalla alalla, mutta muiden muokkausten välillä ei ollut eroja (kuva 2). Vuonna 1990 taimimäärä pysyi muissa käsittelyissä suunnilleen vuoden 1984 tasolla, mutta väheni muokkaamattomalla alalla. Vuonna 1997 taimimäärä oli suurentunut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

Mäntytaimaineksen määrä vaihteli runsaasti eri käsittelyjen välillä vuonna 1984 (kuva 3). Eniten taimiainesta oli piennaraurauksessa, toiseksi eniten palleaurauksessa sekä vähiten äestuksessa ja muokkaamattomalla alalla. Vuonna 1990 mäntytaimaineksen 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 äestuksessa, 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-asennossa.

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

**Kuva 3.** Taimiaineksen määrä mittauskerroittain, muokkausmenetelmittäin ja puulajeittain.**Kuva 4.** Kehityskelpoisien taimien määrä muokkausmenetelmittäin ja puulajeittain vuonna 1997.

noin 1 000 vähemmän hehtaaria kohti. Erot muokkausten välillä eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Lohkojen välinen vaihtelu oli suurin käsittelemättömällä alalla, mutta lähes yhtä suuri piennaraurauks-



**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 nytkin 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, vaihteluerroin, minimi ja maksimi vuonna 1997.

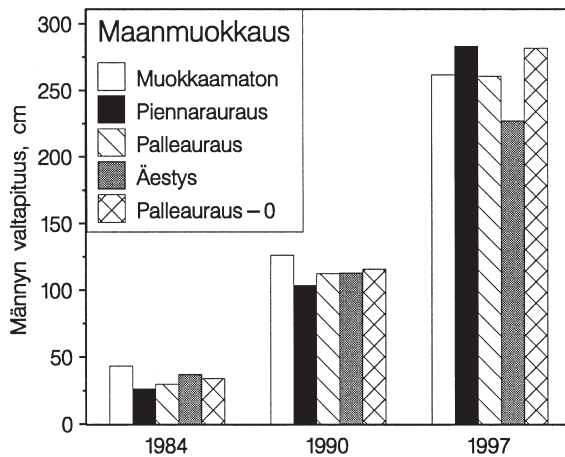
Käsittely	$\bar{x}$	Taimikkotunnus		
		cv	min	max
Ikä, a				
1 – Muokkaamaton	14,5	0,3	9,7	19,3
2 – Piennarauraus	15,4	0,1	13,2	17,2
3 – Palleauraus	15,1	0,2	12,0	17,8
4 – Äestys	14,8	0,2	11,3	18,4
5 – Palleauraus 0-asento	16,2	0,1	14,9	17,6
Rinnankorkeusläpimitta, cm				
1 – Muokkaamaton	3,5	0,6	1,0	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. Männyntaimien valtipituuden kehitys muokkausmenetelmittäin.

alalla ja pienin piennaraurauksessa.

Männyntaimien *valtipituuskehitys* oli vuosina 1984 ja 1990 hyvin samansuuruinen kaikissa käsittelyissä (kuva 6). Vuonna 1997 eri muokkausten väliset erot alkoivat kuitenkin näkyä. Parhaiten männyntaimet olivat kasvaneet 18 kasvukauden aikana piennaraurauksessa ja palleaurauksen 0-asennossa ja hitaimmin äestyksessä. Lohkojen välinen valtipituuden vaihtelu oli suurin muokkaamattomalla alalla ja pienin piennaraurauksessa (taulukko 5).

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

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

### 3.5 Taimikon laatu

Vuonna 1997 valtataimien *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. Valtataimien laatuolosuhteiden keskiarvo, vaihtelukoefficientti, minimi ja maksimi vuonna 1997.

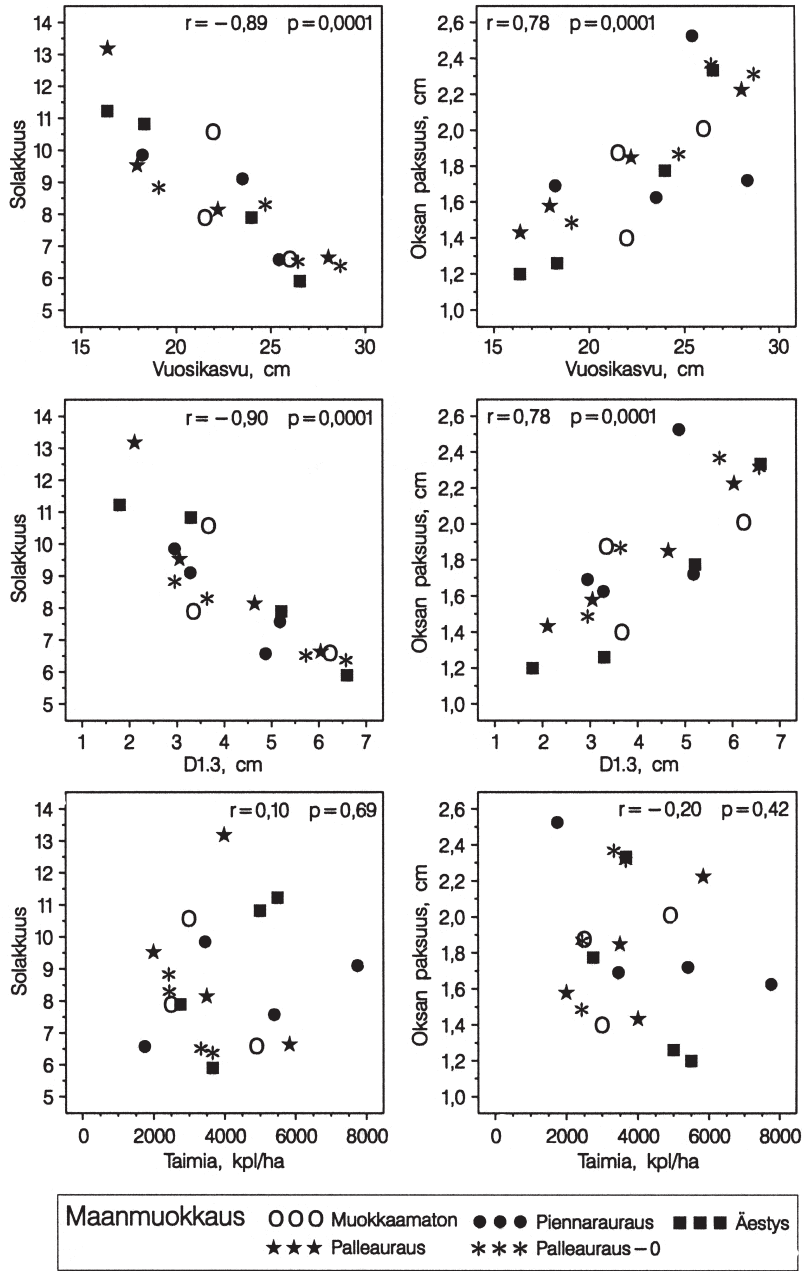
Käsittely	$\bar{x}$	Laatuolosuhteet		
		cv	min	max
Solakkuus				
1 – Muokkaamaton	10,0	0,4	7,3	15,0
2 – Piennarauraus	8,2	0,2	6,6	9,7
3 – Palleauraus	9,3	0,3	6,6	13,2
4 – Äestys	9,2	0,3	6,1	11,5
5 – Palleauraus 0-asento	7,7	0,1	6,5	8,6
Oksan paksuus, cm				
1 – Muokkaamaton	1,4	0,2	1,3	1,9
2 – Piennarauraus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

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

Vuonna 1997 latvuksen *paksuimman tuoreen oksan läpimitta* oli pienin muokkaamattomalla ja äestetyllä alalla sekä suurin piennaraurauksessa ja kummassakin palleaurauksessa (taulukko 6). Läpimitta oli kaikissa muokkauksissa keskimäärin alle 2,0 cm. Muokkausten väliset erot eivät olleet merkitseviä. Lohkojen välinen vaihtelu oli pienin piennaraurauksessa 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. Männyntaimien 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) pohjoisempaan 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 piennaraurautuilla siemenpuualoilla oli noin 10 vuoden kuluessa muokkauksesta pääasiassa 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 kuluttua 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, Skoklefald 1995). Nyt

saatuja tuloksia voidaan soveltaa vain Lapin eteläosissa.

Männyntaimien ja taimiaineksen yhteenlaskettu määrä oli koko tutkimusjakson ajan suurin, vaikkakaan ei tilastollisesti merkitsevästi, piennaraurauksessa, 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, Skoklefald 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 (Mätkönen 1972, Leikola 1974, Kauppila ja Lähde 1975, Lähde 1978). Tämän tutkimuksen tulokset ovat samansuuntaisia, vaikka tulokset eivät olleetaakaan 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 2 000–2 500 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 2 000 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 4 000 taimen hehtaaritiheys, jota voidaan voidaan pitää luontaisessa uudistamisessa ja kylvössä minimimitavoitteena (Metsänhoitosuosittukset 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 Harjunieniemi. 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 uudistumisesta 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 föröyrnging under skärm. En analys av föröyrngingsmetoden, dess möjligheter och begränsningar i mellannorrändskt 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 föröyrnging. 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.
- Hyppönen, 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: Hyppönen, 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.
- Kauppi, 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 aurauksen 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 männiköissä. 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 alueiden 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 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.
- 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. Skogsgränställen som indikator för klimatfluktuationerna 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