

VUOSINA 1970–1972 LAPPIIN PERUSTETUN AURATTUJEN ALUEIDEN VILJELYKOKEEN TULOKSET

ELJAS POHTILA ja TAPANI POHJOLA

Summary

*RESULTS FROM THE REFORESTATION EXPERIMENT ON PLOUGHED SITES ESTABLISHED
IN FINNISH LAPLAND DURING 1970–1972*

Saapunut toimitukselle 25. 7. 1983

Tutkimuksessa on pyritty vertailemaan erilaisia metsänviljelymenetelmiä auratuilla alueilla Lapissa. Koeviljelyt neljällä puulajilla tehtiin 38 tutkimusalueella vuosina 1970–1972. Tulokset inventoitiin viimeksi 10 kasvukauden kuluttua viljelystä.

Tuloksissa oli suurta vaihtelua. Taimia kuoli ja kylvöruutuja jäi taimettumatta keskimäärin 28–66 %. Männyllä huonoimman ja parhaimman menetelmän välillä oli ero keskimäärin n. 15 %-yksikköä. Parhaiten pysyivät elossa turveruukku- ja kennotaimet. Kuusella ero kylvön ja istutuksen välillä oli n. 20 %-yksikköä istutuksen hyväksi. Puulajivalinnalla voidaan koetulosten mukaan lisätä taimien elossapysymistä n. 20 %-yksikköä.

Taimien keskipituus vaihteli 10 kasvukauden jälkeen kuusen kylvötaimien 25 cm:stä rauduskoivun istutustaimien 179 cm:iin. Lähes samaan rauduskoivun kanssa yltyivät myös männyn ja lehtikuusen istutustaimet. Mitä kookkaampia taimet istutettaessa olivat, sitä nopeampaa oli niiden pituuskehitys.

Tuloksiin vaikutti viljelypaikan korkeus merenpinnasta. Männyn taimien kuolleisuus nousi jokaista maaston korkeuden 100 metriä kohti keskimäärin 15 %-yksikköä sekä kylvössä että istutuksessa. Kylvötaimien pituus aleni vastaavasti 9 cm ja istutustaimien 14 cm.

Männyn taimia vaivasivat varsinkin sienitaudit, kuusen ja lehtikuusen taimia erilaiset fysiogeeniset vaivat ja rauduskoivun taimia porot ja hirvet.

1. JOHDANTO

Pohjois-Suomessa sattui 1960-luvulla suurta huomiota herättäneitä metsänviljelyn epäonnistumisia ja taimikkotuhoja (Solin 1970, Valtanen 1970, Etholén 1972). Ilmeinen syy epäonnistumisiin oli 1960-luvulle osuneet kolme poikkeuksellisen viileätä kesää. Myös käytettyjen siemenalkuperien katsottiin olleen Lappiin sopimattomia. Lapissa vallinneen siemenpulan vuoksi siemenen siirrot olivat olleet pitempiä kuin mitä nykyään pidetään suotavana. Tärkeänä syynä epäonnistumisiin pidettiin myös riittämätöntä uudistusalan maan valmistusta ja uutena menetelmänä otettiin silloin käyttöön metsämaan auras.

Syksyllä 1969 silloinen maa- ja metsätalousministeri Martti Miettunen kutsui metsähallituksen ja Metsäntutkimuslaitoksen edustajat luokseen neuvottelemaan Pohjois-Suomen metsänhoidossa syntyneestä vaikeasta tilanteesta. Metsäntutkimuslaitos sai tehtäväkseen selvittää sattuneiden epäonnistumisten syyt ja uusien metsänuudistamismenetelmien käyttökelpoisuuden (Leikola 1979). Marraskuussa 1969 pidettiin Rovaniemellä prof. Risto Sarvaksen johdolla viisipäiväinen tiivis neuvottelukokous, jossa hahmoteltiin Pohjois-Suomen metsien tutkimustoiminnan tulevat suuntaviivat. Tutkijat järjestäytyivät enemmän tai vähemmän kiinteäksi työryh-

mäksi, jossa eri alojen asiantuntemus oli edustettuna. Painopiste tuli Lappiin, jonne perustettiin v. 1970 uusi tutkimusasema Rovaniemelle.

Aloitettiin laaja, monihaarainen tutkimusohjelma, jossa tärkeinä pidetyt kysymykset otettiin yksityiskohtaisesti tarkasteltaviksi. Käytännössä kysymyksen tulevien metsänviljelymenetelmien vertailemiseksi perustettiin vuosina 1970–1972 suuri kenttäkoe, ns. metsänviljelyn runkotutkimus, joka Lapin lisäksi käsitti myös Pohjois-Pohjanmaan ja Kainuun alueet. Koejärjestelyltään samantapaisia "metsänviljelyn runkotutkimuksen" koealoja perustettiin myös Etelä-Suomeen. Lapin kokeet perustettiin auratuille alueille.

Tässä tutkimuksessa tehdään selkoa Lapin perustetun "metsänviljelyn runkotutki-

muksen" päätuloksista. Tuloksia on esitetty jo eräissä aiemmissa julkaisuissa (Pohtila 1977, Ferm ja Pohtila 1977, Ferm ja Sepponen 1981, Heikkilä 1981), mutta yhteenveto koko kuluneelta kymmenvuotiskaudelta on toistaiseksi puuttunut.

Metsänviljelykokeet suunniteltiin työryhmässä, jota johti prof. Sarvas ja jonka aktiivisimpia jäseniä olivat tri Matti Leikola ja maist. Jyrki Raulo sekä julkaisijoista Pohtila. Tutkimus toteutettiin Metsätutkimuslaitoksen ja metsähallituksen yhteistyönä siten, että edellinen vastasi tavanomaisista tutkimuksellisista menoista, jälkimmäinen tarjosi koealueet ja vastasi normaaleiksi katsottavista viljely- ja hoitokustannuksista. Käytännössä koejärjestelyt, inventoinnit, raportointi jne. ovat olleet julkaisijoiden vastuulla.

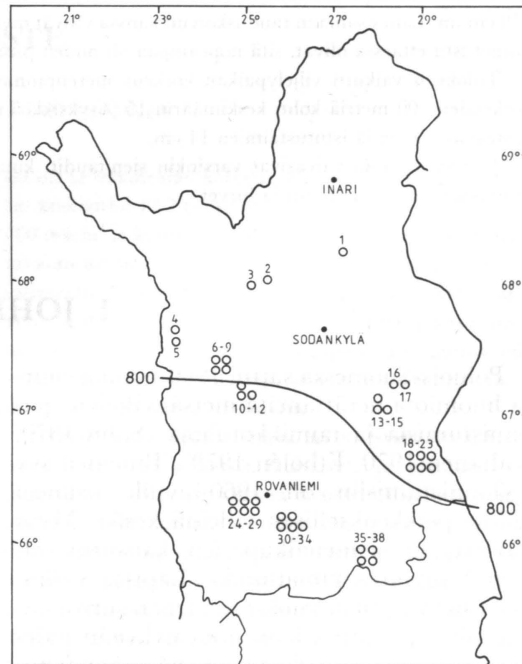
2. AINEISTO JA TUTKIMUSMENETELMÄ

21. Tutkimusalueet

Tutkimusalueet valittiin metsähallinnon Perä-Pohjolan piirikunnan vuosina 1969–1970 auratuilta metsänuudistamisalueilta (kuva 1). Niiden kasvupaikkavaihtelu oli suuri: korkeus merenpinnasta vaihteli 130–365 metrin välillä, kasvukauden lämpösunnan pitkän ajan keskiarvo välillä 629–911 d.d., humuksen paksuus 2–18 cm:n välillä, kiviisyys maan tilavuudesta 3–77 %:n välillä jne. (liite 1). Pohjoisimmat tutkimusalueet, joista kolme sijaitsi suojametsäalueella, kuuluivat Metsä-Lapin kasvillisuusvyöhykkeeseen. Eteläisimmillä tutkimusalueilla oli jo tyypillisiä Pohjanmaa–Kainuu metsäkasvillisuusvyöhykkeen piirteitä. Myös metsätyyppijakauma oli monipuolinen. Tutkimusalueita on kuvailtu yksityiskohtaisesti eräissä aikaisemmissa tutkimusraporteissa (Pohtila 1977, Ferm ja Pohtila 1977, Ferm ja Sepponen 1981).

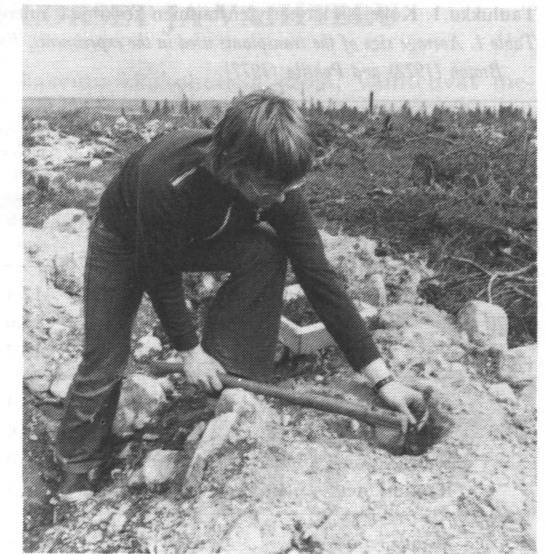
22. Koejärjestelyt

Koejärjestelyissä sovellettiin arvottujen lohkojen periaatetta. Valitulle tutkimusalueelle rajattiin ensin lohkot, joihin vertail-



Kuva 1. Tutkimusalueiden sijainti suhteessa kasvukauden lämpösunnan 800 d.d.:n isogrammiin.

Figure 1. Location of research areas with reference to the isogram of 800 d.d. of the growing season.



Kuva 2. Kokeissa käytettyjä istutusmenetelmiä. Vasemmalla kennotaimien istutus pottiputkella, oikealla paljasjuuristen taimien istutus kourukuokalla.

Figure 2. Planting methods used in the experiments. On the left planting of paperpot seedlings with a pot punch, on the right planting of bare-root transplants with a semi-circular planting hoe.

tavat koejäsenet arvottiin. Koeviljelyt tehtiin tavanomaiseen aikaan kevätkesällä ja porrastettiin kolmelle vuodelle 1970–1972. Koeyksikön koko oli 40 tainta tai kylvölaikkua jaettuna tasan aurasvaon pientareisiin ja palteisiin.

Männyn siemenalkuperä oli Pohjois-Ruotsista (Arvidsjaur 65°40'N, 19°10'E, 350 m ymp.) eikä ollut laadultaan parasta mahdollista. Siementen röntgenkuvauksessa saatiin seuraava jakauma:

0	Siemenluokka ¹⁾				Yhteensä
	I	II	III	IV	
1,0	3,8	42,2	31,4	21,6	100,0

¹⁾ 0 tarkoittaa täysin tyhjää siementä. Parhaassa luokassa IV alkiö täyttää yli 3/4 alkiö-ontelosta (ks. Ryyänen 1973)

Kuusen siemenalkuperä oli kaikissa tapauksissa Rovaniemi. Kuusen siemenen laboratorioitavuus oli erinomainen: 90–100 %. Rauduskoivun siemenalkuperä oli Kittilän Sätkenä ja siperianlehtikuusen Raivola. Rauduskoivua istutettiin kuitenkin vain 19 viljavimmalle tutkimusalueelle.

Istutusmateriaalia on kuvattu lähemmin taulukossa 1. Kylvö tehtiin vakoruutukylvönä. Kuhunkin vakoraudalla lyötyyn syvennykseen kylvettiin n. 50 siementä. Istutuksessa käytettiin eri taimilajeille kehitettyjä kuokkia, putkia yms. apuvälineitä (kuva 2). Pohtila (1977) on kuvannut koejärjestelyä yksityiskohtaisemmin.

23. Tulosten inventointi

Taimien syntymistä ja elossapysymistä seurattiin inventoimalla koeruodut ensimmäisen, neljännen ja kymmenennen kasvukauden kuluttua. Kylvöissä laskettiin taimelisten laikkujen määrä ja istutuksessa elävien taimien määrä. Elävistä taimista mitattiin

Siementen laboratorioitavuus oli 50–60 %.

Männyn istutustaimien siemenalkuperä oli sama Arvidsjaur kaikilla muilla paitsi vuoden 1972 turveruokkutaimitilla, joilla se oli Rovaniemi.

Taulukko 1. Kokeissa käytettyjen taimien keskimääräinen koko.

Table 1. Average size of the transplants used in the experiments. For further explanations concerning type of nursery stock see Low and Brown (1972) and Pohtila (1977).

Viljelyvuosi Year of reforestation	Puu- ja taimilaji Species and type of nursery stock	Verson pituus cm Shoot height cm	Juuren niskan paksuus, mm Root collar diameter mm	Kuivapaino, g - Dry weight, g			Verso/ juuristo Shoot/ root ratio
				Verso Shoot	Juuristo Root system	Yhteensä Total	
1970	Mänty - Scots pine 1M+1A	12,4	2,5	1,06	0,40	1,46	2,65
	" " " 1Mk	11,6	1,6	0,35	0,09	0,44	3,89
	" " " 1M+1Ar	15,3	3,5	1,54	0,65	2,19	2,37
1971	Mänty - Scots pine 1M+1A	13,4	2,6	1,13	0,28	1,41	4,04
	" " " 1Mk	5,6	1,0	0,12	0,04	0,16	3,00
	Kuusi - Norway spruce 1M+1Ar	22,0	2,4	1,16	0,31	1,47	3,74
	Rauduskoivu - Silver birch 1/2Mk+1/2M	59,5	5,6	3,15	1,64	4,79	1,92
1972	Mänty - Scots pine 1M+1A	16,4	3,4	2,01	0,40	2,41	5,02
	" " " 1Mt	7,1	1,4	0,28	0,10	0,38	2,80
	Kuusi - Norway spruce 1Mt+1Ar	16,7	2,3	0,85	0,26	1,11	3,27
	Rauduskoivu - Silver birch 1/2Mk+1/2M	39,3	4,7	1,36	0,64	2,00	2,13
	Lehtikuusi - Siberian larch 1M+1Ar	25,5	3,4	1,03	0,45	1,48	2,29

21. Tutkimusalueet

pituus 1 dm:n tai 1 cm:n tarkkuudella, latvakasvain 1 cm:n tarkkuudella ja tyviläpimitta 1 mm:n tarkkuudella. Kylvötuppaasta mitattiin vain valtataimi. Elävissä taimissa esiintyneet tuhot kirjattiin taimikohtaisesti. Mahdollisuuksien mukaan pyrittiin selvittämään myös tuhon aiheuttaja.

24. Tutkimusjakson sääolot

Kokeen perustaminen ja sitä seuranneet vuodet olivat sääoloiltaan hyvin vaihtelevia (kuva 3). Kasvukausien lämpösummat vaihtelivat Rovaniemellä 696–1064 sekä Sodankylässä 612–991 d.d.:n välillä. Sademäärät

vaihtelivat vastaavasti 404–654 ja 391–623 mm:n välillä.

Tutkimusjakson alkupuoliskon kesät olivat lämpimiä ja vähäsateisia. Poikkeuksen teki kesä 1974, joka oli lämmin ja runsassateinen aina syyskuun loppuun asti. Kesät 1975–1978 olivat poikkeuksellisen kylmiä ja vähäsateisia. Jakson jälkipuoliskon kesät (1979 ja 1980) olivat taas normaalijakson kesä hieinan lämpimämpiä ja vähäsateisempia. Tutkimusjakso päättyi kesään 1981 sääoloiltaan viileänä ja sateisena.

Talvet tutkimusjakson alkupuoliskolla olivat kylmiä ja vähälumisia tai leutoja ja lumisia. Jakson keskivaiheilla (1977–1979) ne olivat jokseenkin keskimääräisiä. Kaksi viimeistä talvea olivat poikkeuksellisen kylmiä ja melko runsaslumisia.

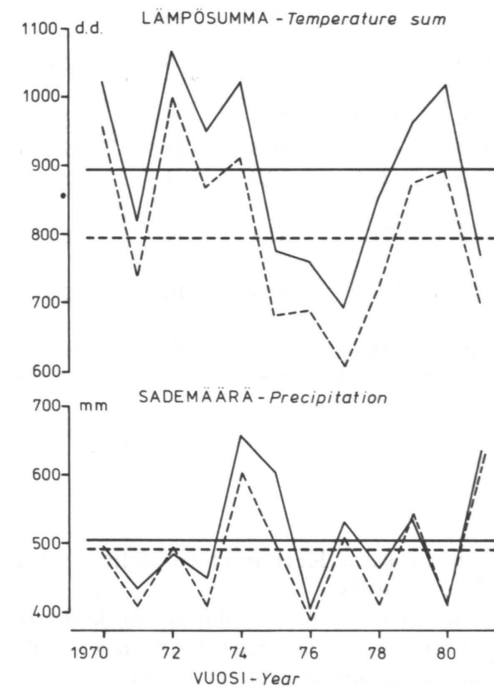
3. KESKIMÄÄRÄISET TULOKSET JA VAIHTELU

31. Taimien elossapysyminen

Viljelymenetelmästä riippuen taimia kuoli niinä 10 vuotena, mikä koeviljelyä seurattiin, keskimäärin 28–66 % (taulukko 2, kuva 4). Kylvöissä elossaololukuihin sisältyvät myös alusta alkaen kokonaan taimettumattomiksi jääneet kylvölaikut. Keskiarvolukuihin luonnollisesti vaikuttivat tutkimusalueiden sijoittelu (kuva 1, liite 1) ja kokeisiin valitut viljelymenetelmät.

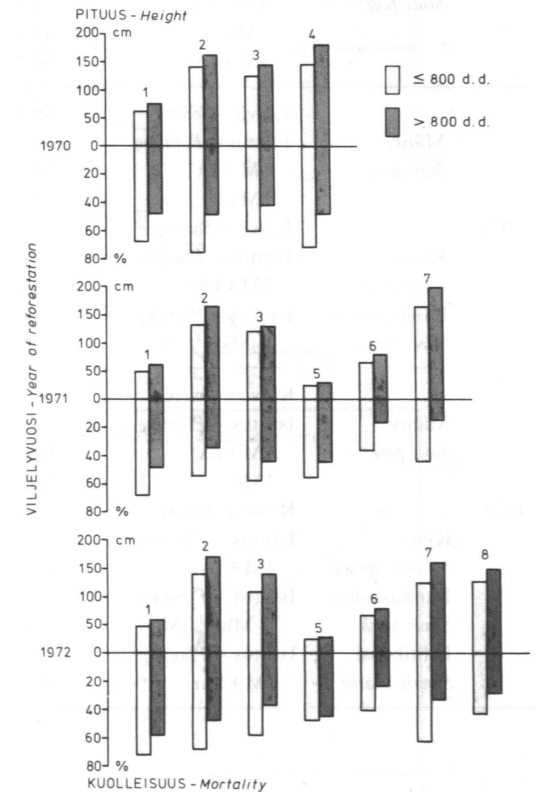
Kokeella ei pyritty niinkään selvittämään viljelyn keskimääräistä onnistumista kuin menetelmien ja alueitten välisiä eroja. Tätä tavoitetta silmällä pitäen olennaisin suure on tulosten vaihtelu. Elossapysymisen keskihajonnat, jotka kuvaavat lähinnä alueittaisia ja

kasvupaikkakohtaisia eroja, vaihtelivat menetelmittäin 12:sta 29 %-yksikköön. Näihin arvoihin eivät sisälly vielä viljelyvuosien väliset erot. Vaihtelu oli kaiken kaikkiaan varsin suurta ja tarjosi edellytykset tutkia eroja lähemmin (liite 2).



Kuva 3. Kasvukauden tehoisan lämpötilan summa kynnyksarvolla +5°C ja vuotuinen sademäärä Rovaniemellä (-) ja Sodankylässä (---) tutkimusjakson aikana verrattuna pitkän ajan keskiarvoihin.

Figure 3. Number of degree days with threshold value of +5°C during the growing season and annual precipitation during the study period compared to the long-term average at Rovaniemi (-) and Sodankylä (---).



Kuva 4. Taimien keskimääräinen kuolleisuus ja pituus yli ja alle 800 d.d.:n alueilla 10 kasvukauden kuluttua viljelystä. 1 = männyn kylvä, 2 = männyn istutus 1M + 1A, 3 = männyn istutus 1Mk ja 1Mt, 4 = männyn istutus 1M + 1Ar, 5 = kuusen kylvä, 6 = kuusen istutus 1M + 1Ar, 7 = rauduskoivun istutus 1/2Mk + 1/2M ja 8 = lehtikuusen istutus 1M + 1Ar.

Figure 4. Average mortality and height of saplings in the areas over and below 800 d.d. after 10 growing seasons from the reforestation. 1 = sowing of pine, 2 = planting of 1M + 1A pine, 3 = planting of 1Mk and 1Mt pine, 4 = planting of 1M + 1Ar pine, 5 = sowing of spruce, 6 = planting of 1M + 1Ar spruce, 7 = planting of silver birch 1/2Mk + 1/2M and 8 = planting of 1M + 1Ar larch. For further explanations of symbols see Low and Brown (1972) and Pohtila (1977).

Taulukko 2. Taimien elossaolo ja kasvu 10 kasvukauden kuluttua viljelystä.
Table 2. Survival and growth of the seedlings after 10 growing seasons from the reforestation.

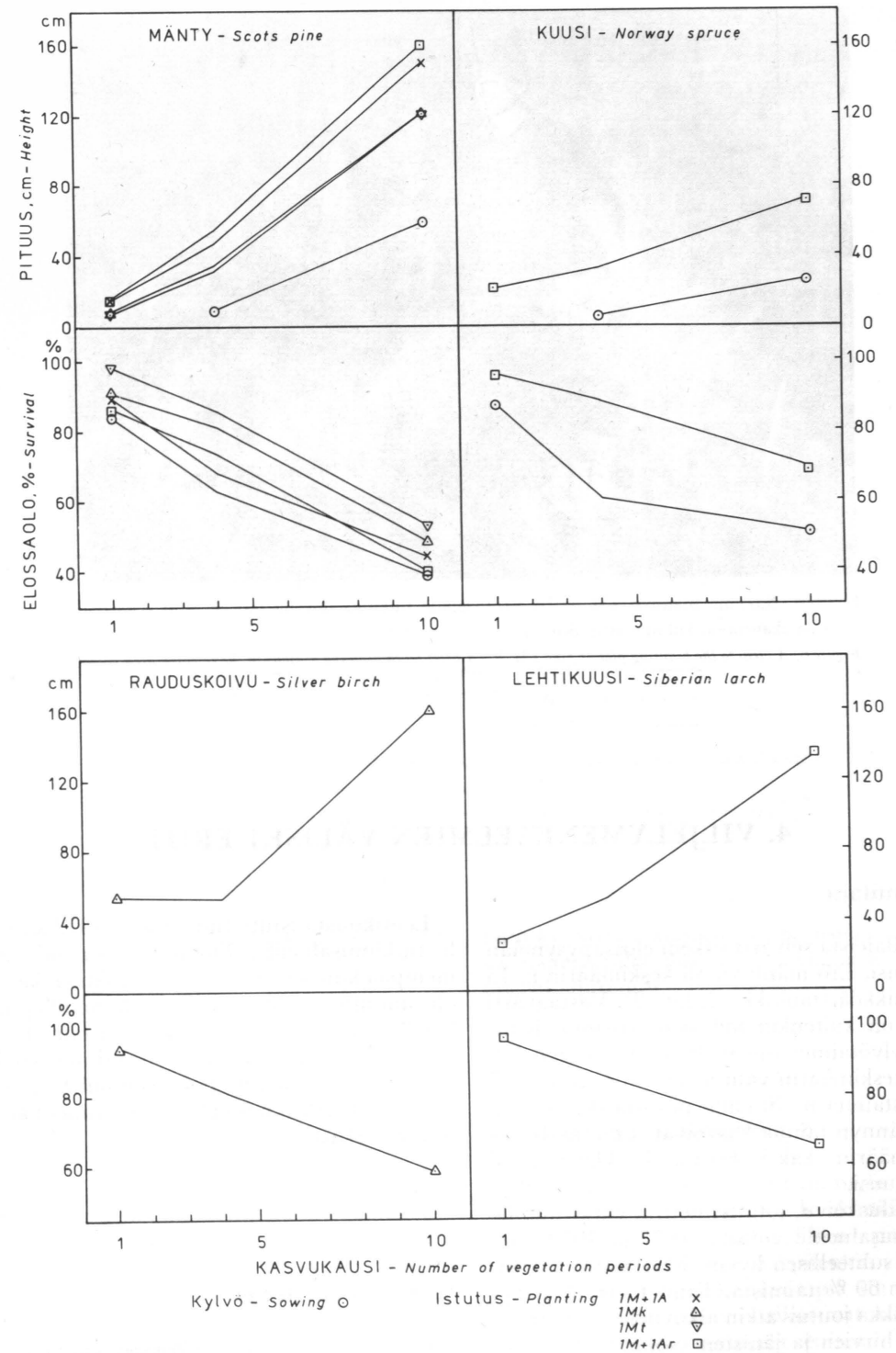
Viljely- vuosi Year of refore- station	Puulaji Species	Viljely- menetelmä Method of reforestation	Elossa, % Survival-%		Pituus, cm Height, cm		Tyviläpimitta, mm Diameter at stump height, mm	
			Keskiarvo Mean	Keskihajonta Standard deviation	Keskiarvo Mean	Keskihajonta Standard deviation	Keskiarvo Mean	Keskihajonta Standard deviation
1970	Mänty Scots pine	Kylvö - Sowing	41,7	17,3	67,8	47,5	14,2	8,2
		Istutus - Planting						
		1M+1A	36,1	21,7	150,0	78,1	41,7	14,7
		1Mk	48,5	19,5	133,5	61,2	31,3	13,3
		1M+1Ar	39,3	21,6	160,3	76,9	43,4	16,0
1971	Mänty Scots pine	Kylvö - Sowing	40,5	17,5	57,3	47,2	10,5	7,2
		Istutus - Planting						
		1M+1A	54,9	17,7	145,6	70,0	28,0	15,1
		1Mk	48,1	15,9	110,0	60,7	20,3	12,5
1972	Kuusi Norway spruce	Kylvö - Sowing	49,8	13,7	25,3	14,0	4,5	3,6
		Istutus - Planting						
		1M+1Ar	72,1	17,2	71,4	31,7	13,1	8,0
		1/2Mk+1/2M	68,3	28,6	179,4	103,0	25,2	13,7
1972	Mänty Scots pine	Kylvö - Sowing	34,1	15,5	52,4	31,5	9,6	5,8
		Istutus - Planting						
		1M+1A	41,0	18,6	154,2	76,3	34,4	15,5
		1Mt	52,3	21,3	121,9	69,3	23,3	12,2
1972	Kuusi Norway spruce	Kylvö - Sowing	53,3	12,5	26,1	12,8	4,1	3,4
		Istutus - Planting						
		1M+1Ar	66,8	16,2	71,1	32,8	14,3	8,2
		1/2Mk+1/2M	50,5	28,9	138,6	90,0	16,1	12,4
1972	Lehtikuusi Siberian larch	Istutus - Planting						
		1M+1Ar	63,5	18,6	134,8	85,6	23,9	14,9

32. Taimien kasvu

Elossापसymisen ohella metsittymisnopeu-
teen vaikuttaa ratkaisevasti taimien kasvu.
Taimien keskipituudet vaihtelivat menetel-
mittäin 10 kasvukauden kuluttua viljelystä
25:stä 179 cm:iin ja myös keskihajonnat oli-
vat suuria (taulukko 2, kuvat 5 ja 6): Variaa-
tiokertoimilla ilmaistu suhteellinen vaihtelu
oli suurinta männyn kylvössä, pienintä kuu-

sen istutuksessa. Kertoimet vaihtelivat 44:n
ja 82 %:n välillä.

Vastaavasti taimien tyviläpimitan keskiar-
vot vaihtelivat viljelymenetelmittäin 4:stä 43
mm:iin ja variaatiokertoimet 15:stä 42 %:iin.
Pituuden ja tyviläpimitan keskihajontoihin
sisältyy myös tutkimusalueen sisäistä vaihte-
lua, sillä niitä laskettaessa yksikkönä olivat
yksittäiset elossापsuneet taimet.



Kuva 5. Taimien elossापsymisen ja pituuden keskimääräinen kehitys eri viljelymenetelmissä.
Figure 5. Average development of survival and height of the seedlings when using various reforestation methods.



Kuva 6. Näkymä männyn 1M + 1A istutuslalle tutkimusalueella n:o 28, kun seitsemän kasvukautta oli kulunut istutuksesta.

Figure 6. A view to the planting plot of pine 1M + 1A after seven growing seasons in the research area no 28.

4. VILJELYMENETELMIEN VÄLISET EROT

41. Puulajit

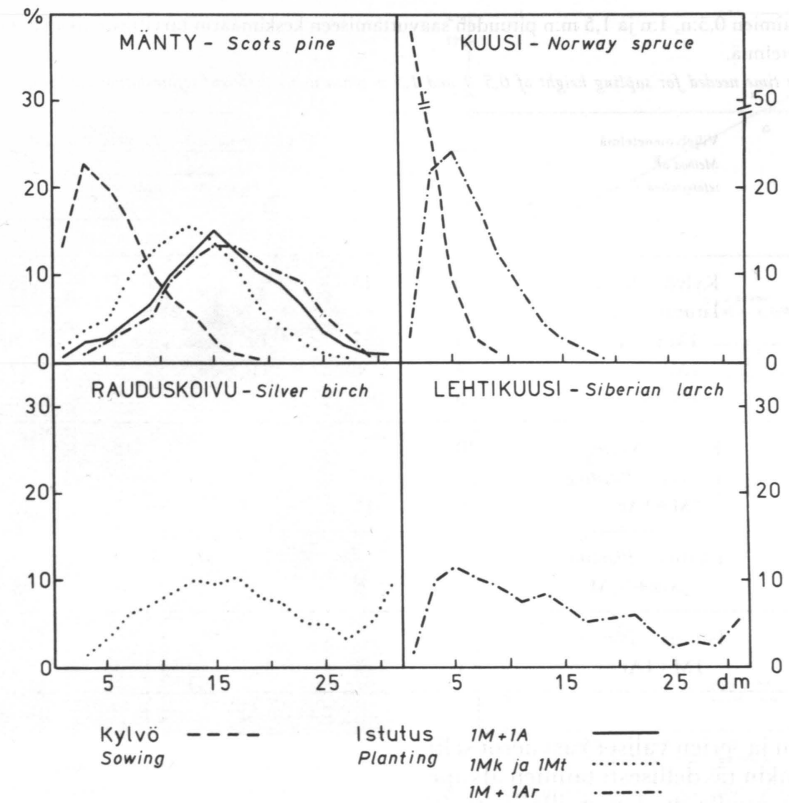
Puulajeista selvästi sitkein elossapysymään oli kuusi. Ero mäntyyn oli keskimäärin n. 15 %-yksikköä (taulukko 2, liite 2). Vastaavasti kuusi oli kuitenkin hidaskasvuisempi. Kuusen kylvötaimet olivat 10 kasvukauden jälkeen keskimäärin vain n. 25 cm:n pituisia ja istutustaimet n. 70 cm:n pituisia (kuvat 5 ja 7). Männyn taimet kasvoivat samassa ajassa keskimäärin kaksi kertaa kookkaammiksi kuin kuusi.

Rauduskoivu, jota istutettiin viljavimmille tutkimusalueille vuosina 1971 ja 1972, menestyi suhteellisen hyvin. Eloassa pysyi keskimäärin 60 % taimista. Taimet kasvoivat hyvin vaikka joutuivatkin alkuvuosina usein porojen, hirvien ja jänisten syömiksi (kuva 8). Rauduskoivun taimet olivat tosin jo istutettaessa muita huomattavasti kookkaampia (taulukko 1).

Lehtikuusta istutettiin vuonna 1972 kaikille tutkimusalueille. Eloojääminen oli varmempaa kuin männyllä, mutta taimien kasvu oli suunnilleen yhtä nopeaa molemmilla puulajeilla (liite 2). Myös lehtikuusen taimet olivat jo istutettaessa männyn taimia kookkaampia. Varsinkin pohjoisimmilla tutkimusalueilla lehtikuusen latvakasvaimet paleltuivat herkästi.

42. Kylvö ja istutus

Istutuksessa taimien elossapysyminen oli keskimäärin parempi kuin kylvössä (taulukko 2, kuva 5). Vertailu tehtiin männyllä kolmena ja kuusella kahtena vuotena. Suhteellisesti



Kuva 7. Taimien pituusluokkajakaumat eri viljelymenetelmissä 10 kasvukauden kuluttua viljelystä. Luokkaväli 2 dm.

Figure 7. Height class distributions of saplings when using different reforestation methods after 10 growing seasons from the reforestation. Class interval 2 dm.

parhaiten pysyvät elossa kuusen istutustaimet:

	Mänty elossaolo-% ± keskivirhe	Kuusi
Kylvö	39 ± 2,7	52 ± 2,1
Istutus	46 ± 3,2	69 ± 2,7

kuin kylvössä (taulukko 3). Kuusella vastaava aikaero tulee ilmeisesti olemaan huomattavasti suurempi.

43. Männyn istutustaimilajit

Asetelmassa on yhdistetty männyn kaikki taimilajit.

Istutustaimet kasvoivat huomattavasti nopeammin kuin kylvötaimet. Istutustaimien saamaa etumatkaa ei voitu selittää pelkästään taimien biologisen iän eroilla (kuva 9). Jos metsittymisrajana pidetään esim. 1 m:n keskipituutta, männyllä se saavutetaan istutuksessa keskimäärin 7-8 vuotta aikaisemmin

Männyn istutuksessa pyrittiin myös taimilajien väliseen vertailuun. Keskimääräiset elossaoloerot jäivät suhteellisen pieniksi, mutta paakkutaimet olivat kuitenkin yleensä paljasjuurisia taimia kestävämpiä (taulukko 2). Erojen syntymiseen vaikuttivat kaikesta päätellen taimien laatuero eniten. Tähän viittasi se, että ko. erot syntyivät jo ensimmäisenä vuonna ja säilyivät likimain samansuuruisina tutkimusjakson loppuun asti (kuva 5).

Taulukko 3. Taimien 0,5:n, 1:n ja 1,5 m:n pituuden saavuttamiseen keskimäärin tarvittava aika käytettäessä erilaisia viljelymenetelmiä.

Table 3. Average time needed for sapling height of 0,5, 1 and 1,5 m when using different reforestation methods.

Puulaji Species	Viljelymenetelmä Method of reforestation	Lämpösomma, d.d. - Temperature sum, d.d.					
		≤ 800			> 800		
		Pituus, m - Height, m					
		0,5	1	1,5	0,5	1	1,5
		vuosia - yrs					
Mänty Scots pine	Kylvö - Sowing	9	15	..	7	13	..
	Istutus - Planting						
	1M+1A	3	7	10	3	6	8
	1Mk	4	8	11	4	7	10
	1M+1Ar	3	6	9	3	5	8
Kuusi Norway spruce	Kylvö - Sowing	18	..	..	15	..	..
	Istutus - Planting						
	1M+1Ar	6	15	..	5	12	..
Rauduskoivu Silver birch	Istutus - Planting 1/2Mk+1/2M	3	6	9	3	5	8
Lehtikuusi Siberian larch	Istutus - Planting 1M+1Ar	3	7	11	3	6	9

Taimilajien ja -erien väliset kasvuerot selittyvät jokseenkin täydellisesti taimien alkupe-
räisen koon ja kuolleisuuden eroilla (kuva 9).
Olettamalla riippuvuudet lineaarisiksi ilmiöl-
le saatiin seuraava regressioyhtälö:

$$Y = 65,3 + 3,80x_1 + 0,52x_2 \quad R^2 = 90 \%$$

jossa Y = taimien pituus, cm
x₁ = verson alkupituus, cm
x₂ = kuolleisuus, %
R² = selityssaste, %

Männyn taimien tyviläpimitan ja pituuden kasvusuhteissa ei myöskään voitu havaita selviä taimilajien välisiä eroja. Havaitut erot selittyivät pääasiassa kokoerojen perusteella.

44. Viljelykohdan valinta

Kun viljelystä oli kulunut 10 kasvukautta keskimääräiset erot aurausvaon pientareeseen ja palteeseen viljeltyjen taimien elossapysymisessä olivat suhteellisen pieniä. Kylvötaimet olivat paremmin elossa pientareissa kuin palteissa, istutustaimilla suhde oli päinvastainen:

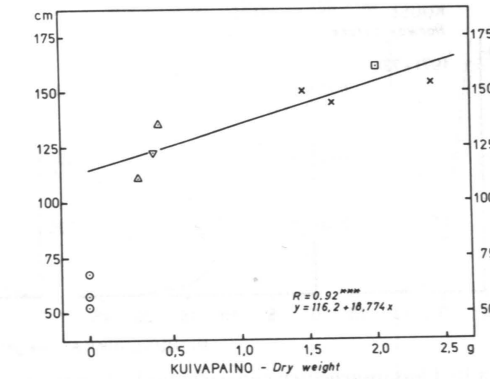
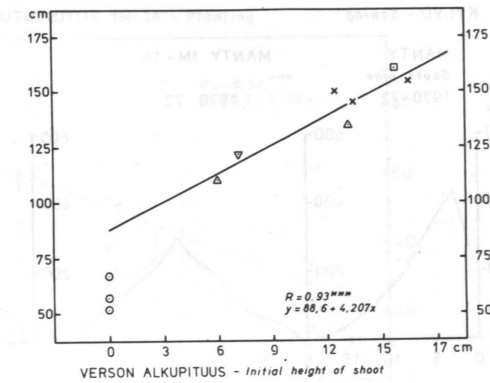
	Mänty	Kuusi	Raudusk.	Lehtik.
	elossao- % ± keskilvirhe			
Kylvö				
pientareeseen	40±1,9	58±2,8	-	-
Kylvö				
palteeseen	37±1,8	44±2,4	-	-
Istutus				
pientareeseen	43±1,3	68±3,0	60±4,0	59±3,6
Istutus				
palteeseen	48±1,4	71±3,1	58±4,0	68±3,0

Asetelmassa on yhdistetty männyn kaikki istutustaimilajit. Merkillepantavaa oli, että palteisiin viljelty taimet menestyivät suhteellisesti sitä paremmin, mitä pitempi aika viljelystä oli kulunut.

Taimien kasvun keskiarvot olivat yleensä palteissa suurempia kuin pientareissa, mutta keskiarvojen vertailua vaikeuttivat kuolleisuuserot. Taimien pituusjakautumia tarkastelemalla saattoi kuitenkin päätellä taimien siirtymisen suurempiin kokoluokkiin olleen palteissa nopeampaa kuin pientareissa, jos kohta jakaumat vielä suurimmaksi osaksi peittivätkin toisensa (kuva 10).



Kuva 8. Viljavimmilla kasvupaikoilla rauduskoivut menestyivät hyvin. Tutkimusalue n:o 38, kun istutuksesta oli kulunut viisi kasvukautta.
Figure 8. Silver birch succeeded very well on the most fertile sites. Research area no 38 after five growing seasons.



Kuva 9. Männyn taimien pituuden riippuvuus istutus-
hetkistä koosta 10 kasvukauden kuluttua viljelystä.
Symbolit samat kuin kuvassa 4.
Figure 9. Dependence of the stem height of Scots pines on the initial size of seedlings after 10 growing seasons from the reforestation. Symbols as in figure 4.

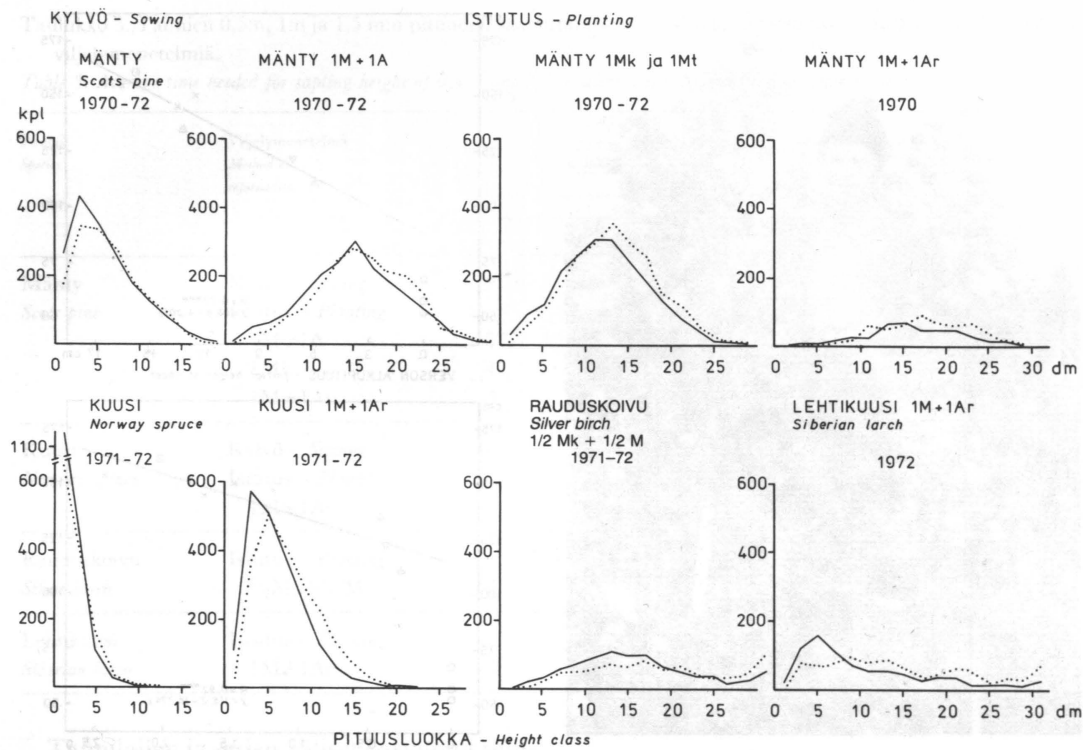
5. KASVUPAIKAN VAIKUTUS

51. Pohjoisuus ja maaston korkeus

Kaikkein merkittävimmäksi tuloseroja aiheuttavaksi tekijäksi osoittautui pohjoisuuden ja maaston korkeuden vaikutus. Tämä oli tietenkin seurausta siitä, että osa kokeista sijoitettiin todella ääreviin ilmasto-oloihin (liite 1). Mitä korkeammalla tutkimusalue sijaitti, sitä huonompaa oli taimien elossapysyminen ja sitä hitaampaa niiden kasvu (kuva 11). Jokaista maaston korkeuden 100 metriä kohti männyn taimien kuolleisuus nousi sekä kylvössä että istutuksessa keskimäärin 15 %-yksikköä. Kylvötaimien pituus pieneni

vastaavasti 9 cm ja istutustaimien 14 cm. Aineistosta laskettu teoreettinen puuraja osui 495-537 metrin korkeuteen merenpinnasta. Lainalaisuus ei ollut kuitenkaan kovin kiinteä, vaan hajontaa oli paljon.

Kuvaamalla alueen pohjoisuutta ja korkeutta keskimääräisen lämpösunnan avulla voitiin laskea samantapaisia riippuvuuksia kuin pelkän maaston korkeudenkin avulla. Jokaista 100 d.d.:n vähennystä kohti männyn taimien elossapysyminen aleni kylvössä 12 %-yksikköä ja istutuksessa 16 %-yksikköä. Taimien pituudessa 10 kasvukauden jälkeen vastaavat vähennykset olivat 12 ja 23 cm.



Kuva 10. Elossapysyneitten taimien pituusluokkajakaumat pientareissa (-) ja palteissa (...) 10 kasvukauden kuluttua viljelystä. Luokkaväli 2 dm.
 Figure 10. Height class distributions of living seedlings on shoulders (-) and tilts (...) of ploughed furrows after 10 growing seasons from the reforestation. Class interval 2 dm.

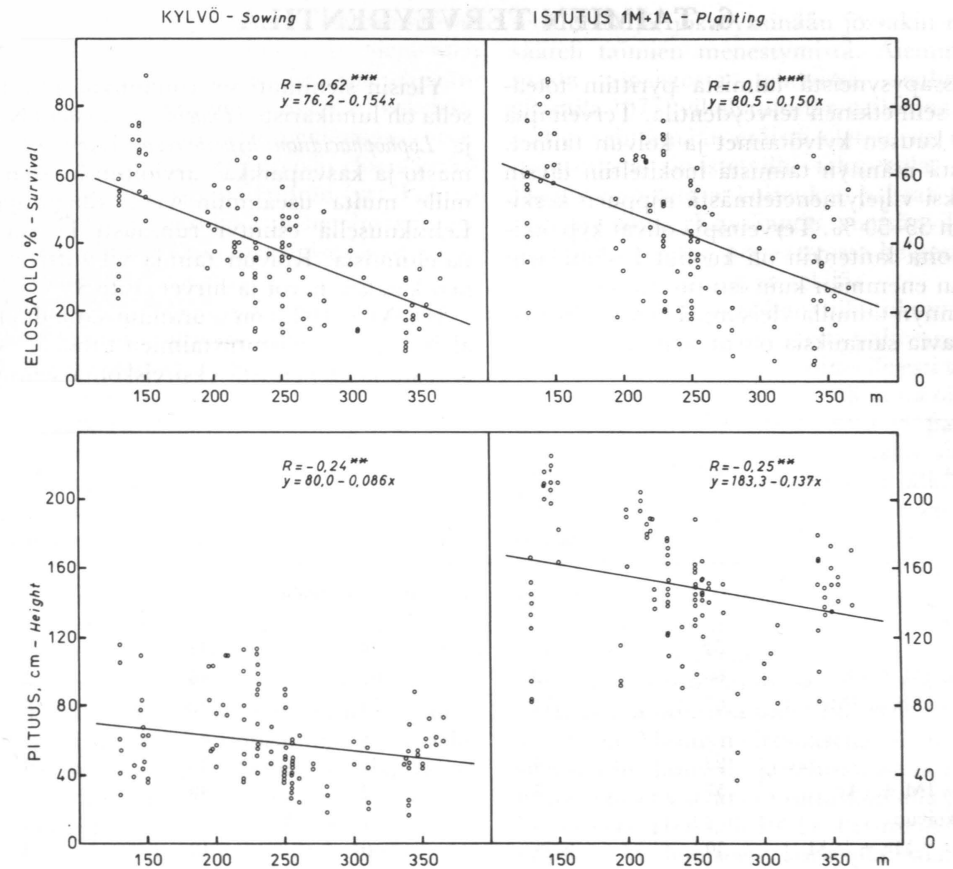
Laskennallinen puuraja asetui 479-517 d.d.:n vaihteluvälille.

Riippuvuudet olivat samantapaisia kaikilla puulajeilla ja viljelymenetelmillä. Jakamalla aineisto kahtia yli ja alle 800 d.d.:n alueisiin voitiin todeta säännönmukainen ero lämpimämmän vyöhykkeen hyväksi (kuva 4).

52. Maan laatu

Koejärjestelyssä kasvupaikan maan laatu pyrittiin ottamaan huomioon luokittelemalla tutkimusalueet lajittuneisuuden ja soistuneisuuden perusteella. Taimet pysyivät parhaiten elossa soistuneilla kasvupaikoilla, mutta kasvoivat parhaiten lajittuneilla kasvupaikoilla:

	Elossa, %			Pituus, cm		
	Lajittuneet	Moreenit	Soistuneet	Lajittuneet	Moreenit	Soistuneet
Männyn kylvö	39	37	41	67	54	60
Männyn istutus	48	41	50	149	136	137
Kuusen kylvö	50	50	53	28	24	25
Kuusen istutus	66	68	72	72	74	67
Raudusk. istutus	62	59	56	177	145	156
Lehtik. istutus	60	64	65	148	134	127
Keskim.	54	53	56	107	94	95



Kuva 11. Männyn taimien elossapysymisen ja piteuden riippuvuus tutkimusalueen korkeudesta 10 kasvukauden kuluttua viljelystä.

Figure 11. Dependence of survival and height of pines on site elevation after 10 growing seasons from the reforestation.

Luokittelu oli ilmeisesti liian karkea, sillä tilastollisesti merkitseviä erot eivät varianssi-analyysin mukaan olleet. Kaikesta päätellen auraus tasoittaa maapohjien välisiä eroja.

Moreenimaitten keskiarvoja alensi se, että kaikkein pohjoisimmat tutkimusalueet olivat nimenomaan moreeneja.

6. TAIMIEN TERVEYDENTILA

Elossapysyisestä taimista pyrittiin toteamaan senhetkinen terveydentila. Terveimpiä olivat kuusen kylvötaimet ja koivun taimet. Elävistä männyn taimista luokiteltiin täysin terveiksi viljelymenetelmästä riippuen keskimäärin 33–50 %. Terveimpiä olivat kylvötaimet, joita kuitenkin oli kuollut keskimäärin hieman enemmän kuin istutustaimia.

Männyn taimilla yleisimpiä ja helpoimmin todettavia sairauksia olivat sienitaudit:

Yleisin sienitauti sekä männyllä että kuusella oli lumikariste (*Phacidium infestans* Karst. ja *Lophophacidium hyperboreum* Lagerb.). "Ilmasto ja kasvupaikka" arvioitiin kuusen taimille muita useammin vian aiheuttajaksi. Lehtikuusella esiintyi runsaasti kasvaimen paleltumisia. Koivun taimia vikuuttivat ennen kaikkea porot ja hirvet (liite 3).

Heikkilä (1981) on seurannut samoilta koealoilta männyn istutustaimien tuhojen esiintymistä ja etenemistä yksityiskohtaisemmin.

Viljelymenetelmä	Viallisia taimia	Selkärangaiset ja hyönteiset	Vian aiheuttaja		
			Sienet	Ilmasto ja kasvupaikka	Muut ja tunnistamattomat
% elävistä taimista					
Männyn kylvö	50	12	74	11	3
istutus 1M + 1A	66	18	65	16	1
istutus 1Mk ja 1Mt	67	14	73	12	1
Kuusen kylvö	22	4	35	57	4
istutus 1M + 1Ar	57	7	32	59	2
Rauduskoivun istutus 1/2Mk + 1/2M	30	74	0	18	8
Lehtikuusen istutus 1M + 1Ar	64	12	2	81	5

7. TULOSTEN TARKASTELU

Kysymyksessä on poikkeuksellisen laaja metsänviljelykoe ja sitä on myös seurattu pitkään kuin mitä metsänviljelytekniikkaa selvittävässä kokeissa yleensä on ollut tapana. Tulosten yleistettävyyden kannalta tärkeä kysymys on tutkimusalueiden edustavuus. Kasvupaikkajakauma on monipuolinen, mutta käytännön metsänviljelyä ajatellen aineisto epäilemättä painottui tavanomaista äärevämpiin oloihin (ks. Ohjekirje metsien käsittelystä Perä-Pohjolan piirikunnassa 1981, Pohjois-Suomen metsien käsittelyohjeet 1981). Tutkimusjakso oli ilmastoltaan Lapin olosuhteita hyvin edustava. Siihen sisältyi se-

kä suotuisia että epäsuotuisia vuosia. Pääpuulajin viljelymateriaali ei ollut kaikkein parasta. Siemenalkuperä oli yhtä poikkeusta lukuunottamatta ruotsalaista ja siemenen itävyys alhainen.

Männyllä vertailtavia viljelymenetelmiä oli kaikkiaan viisi. Menetelmien väliset taimien ellossapysymiserot syntyivät yleensä jo ensimmäisinä kasvukausina ja säilyivät likimain samansuuruisina läpi tutkimusjakson. Huonoimman ja parhaimman menetelmän välillä oli 10 kasvukauden kuluttua eroa keskimäärin n. 15 %-yksikköä, mikä on ehkä vähemmän mitä odotettiin. Riittävän tiheyden var-

mistamiseksi kannattaa ilmeisesti kiinnittää enemmän huomiota taimien ja siementen määrään ja laatuun kuin viljelymenetelmään. Kuten monissa aikaisemmissakin kokeissa, paakkutaimet ja niistä nimenomaan turveruokku- ja kennotaimet pysyivät elossa keskimäärin paljasjuurisia paremmin (vrt. Pohtila 1977). Kuusella vastaava menetelmästä johtuva ero taimien ellossapysymisessä oli n. 20 %-yksikköä.

Puulajivalinnalla voitaneen taimien ellossapysymistä lisätä keskimäärin n. 20 %-yksikköä. Kaikkein parhaiten elossa pysyivät kuusen istutustaimet. Suhteellisen hyvin menestyivät myös rauduskoivu ja lehtikuusi.

Taimien keskimääräisessä pituuskehityksessä oli suuria viljelymenetelmästä ja puulajista johtuvia eroja. Keskipituus vaihteli 10 kasvukauden jälkeen kuusen kylvötaimien 25 cm:stä rauduskoivun istutustaimien 179 cm:iin. Viimeksi mainittua puulajia viljeltiin kuitenkin vain viljavimmille kasvupaikoille ja keskimääräistä edullisempiin ilmasto-oloihin. Lähes samaan koivun kanssa yltyivät männyn turverullataimet. Mitä nopeampaa taimien pituuskehitys on, sitä nopeampaa on avoalan metsittyminen ja sitä lyhyemmän ajan taimet ovat alttiita erilaisille nuoruusajan tuhoille (Heikinheimo 1940, 1941). Istutustaimien pituuskehityksen nopeuteen vaikutti taimien istutusketken koko: mitä suurempia taimet keskimäärin olivat istutettaessa, sitä nopeammin ne saavuttivat tietyn pituusrajan. Kehitys on käytännössä johtanut yhä pienempien taimien käyttöön. Rehevimmille maille ja erikoistapauksiin, joissa nopea metsittyminen on erityisen suotavaa, kannattaisi ilmeisesti harkita nykyistä suurempien taimien käyttöä. Kun suuret taimet ovat kalliimpia kuin pienet, kysymys taimen koosta palautuu optimointiongelmaksi (Räsänen 1981). Paakkutaimien juuriston epämuodostumilla (esim. Lähde ja Kinnunen 1974, Parviainen 1976) ei havaittu olleen vaikutusta taimien myöhempiin kehitykseen, vaan paakkutaimet noudattivat paljasjuuristen taimien tapaan istutusketken koon perusteella ennustettavissa olevaa kehitystä.

Mitä pitempi aika viljelystä oli kulunut, sitä selvemmin tuli esiin paikallisten kasvuolosuhteiden vaikutus taimien kehitykseen. Tulosten alueittainen vaihtelu oli suurta eikä sille löydetty yleistä tyhjentävää selitystä. Viljelypaikan korkeus merenpinnasta oli kui-

tenkin tekijä, joka yksinään jossakin määrin säätelä taimien menestymistä. Aiemmin samasta aineistosta tehdyissä analyyseissä (Pohtila 1977) viljelytulosten vaihtelua onnistuttiin selittämään eräistä oletetuista taustamuuttujista tiivistetyillä faktoreilla, joiden käyttökelpoisuutta kuitenkin haittaa tulkinanvaraisuus. Käytännön metsänviljelyssä alueen korkeus on periaatteessa helposti huomioon otettavissa oleva tekijä.

Kasvupaikkatekijöiden vaikutuksen korostamiseen viittaa myös se, että palteeseen istutetut taimet menestyivät suhteellisesti sitä paremmin, mitä pitempi aika viljelystä oli kulunut. Yhdistämällä pientareessa ja palteessa parhaiten menestynyt taimijoukko saadaan kuitenkin vielä 10 kasvukauden jälkeen parempi lopputulos kuin kummastakin pienmuodosta erikseen (vrt. Pohtila 1977, Lähde 1978). Tulosta arvioitaessa on otettava huomioon että ko. tutkimusalueiden aurauksessa ei oltu kertaakaan käytetty ns. palleana.

Varsinkin korkealla sijaitsevilla tutkimusalueilla tapahtui jatkuvasti taimien kuolemista. Elävissä taimissa todettiin vielä monenlaisia vikoja. Männyn vitsauksena olivat etenkin sienitaudit, kuusella ja lehtikuusella erilaiset fysiogeeniset vaivat ja rauduskoivulla porot ja hirvet (vrt. Heikkilä 1981). Perimmäinen syy taimien kuolemiseen korkealla sijaitsevilla alueilla lienee yleinen energian puute, joka kärjistyy poikkeuksellisen viileinä kasvukausina. Kaikesta päätellen aurauksesta ei ole tähän pulmaan ratkaisevaa apua. Aineistosta lasketut männyn teoreettiset puurajat asettuivat likimain oikeille kohdille (vrt. Heikinheimo 1921, Roiko-Jokela 1980).

Vaikka viljelykokeiden tuloksia ei voi sellaisenaan siirtää käytännön metsänviljelyyn, johtopäätöksiin viljelytiheydestä ne antavat selvästi aihetta. Riittävän taimikon tiheyden varmistamiseksi viljelytiheyttä, so. kylvöpis- teiden ja taimien määrää pitäisi lisätä nykyisestä. Tähän suuntaan viittaavat myös eräät aikaisemmat käytännön viljelyalojen inventoinnit (Solin 1970, Valtanen 1970, Etholén 1972, 1977). Viljelytiheyden lisääminen lisää tietenkin kustannuksia, jolloin joudutaan entistä tarkemmin ottamaan huomioon myös muut uudistamisvaihtoehdot. Ongelmat kärjistyvät korkealla sijaitsevilla lakimailla, joilla viljelyn onnistuminen on epävarminta ja epäsuhteellisesti korkeita kustannuksia ja odotettavissa olevien tuottojen välillä ilmeisin.

KIRJALLISUUS

- ETHOLÉN, K. 1972. Männyn viljelyn tulos Pohjois-Suomessa ja siemenen alkuperä. Summary: The succes of artificial regeneration of Scots pine in Northern Finland and origin of seed. *Folia For.* 160: 1-27.
- 1977. Inventointituloksia aurattujen alojen männynviljelyistä Lapissa. Metsäntutkimuslaitos Rovaniemen tutkimusasema. Moniste.
- FERM, A. & POHTILA, E. 1977. Pintakasvillisuuden kehittyminen ja muokkausjäljen tasoittuminen auratuilla metsänuudistusaloilla Lapissa. Summary: Succession of ground vegetation and leveling of ploughed tracks on reforestation areas in Finnish Lapland. *Folia For.* 319: 1-34.
- & SEPPONEN, P. 1981. Aurasjäljen muuttuminen ja kasvillisuuden kehittyminen metsänuudistusaloilla Lapissa 10 vuoden aikana. Summary: Development of ploughed tracks and vegetation on reforestation areas in Finnish Lapland during a period of 10 years. *Folia For.* 493: 1-19.
- HEIKINHEIMO, O. 1921. Suomen metsärajametsät ja niiden vastainen käyttö. Referat: Die Waldgrenzerwälder Finnlands und ihre künftige Nutzung. *Commun. Inst. For. Fenn.* 4:1-71, 1-20.
- 1940. Metsäpuiden taimien kasvatusta taimitarhassa. Referat: Versuche in Baumschulen. *Commun. Inst. For. Fenn.* 29(1): 1-97.
- 1941. Metsänistutusmenetelmistä. Referat: Versuche mit Waldbaulichen Pflanzmethoden. *Acta For. Fenn.* 61(9): 1-28.
- HEIKKILÄ, R. 1981. Männyn istutustaimikkojen tuhot Pohjois-Suomessa. Summary: Damage in Scots pine plantations in Northern Finland. *Folia For.* 497: 1-22.
- KINNUNEN, K. & LÄHDE, E. 1974. Paperikennon ja turveruukun seinän lujuus ja taimien alkukehitys Pohjois-Suomessa. The relationship between wall strength of paper and peat pots and the initial development of seedlings in Northern Finland. *Folia For.* 197: 1-19.
- LEIKOLA, M. (toim.) 1979. Tutkimustoiminta Lapin metsien hoidon ja käytön suuntaajana. *Silva Fenn.* 13(1A): 1-50.
- LOW, A. J. & BROWN, R. M. 1972. Production and use of ballrooted planting stock in Sweden and Finland. *For. Comm. Res. Devel. Pap.* 87: 1-25.
- 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. *Commun. Inst. For. Fenn.* 94(5): 1-59.
- Ohjekirje metsien käsittelystä Perä-Pohjolan piirikunnassa 1981. *Metsähallitus* 307: 1-33. Moniste.
- PARVIAINEN, J. 1976. Männyn eri taimilajien juuriston alkukehitys. Summary: Initial development of root systems of various types of nursery stock for Scots pine. *Folia For.* 268: 1-21.
- Pohjois-Suomen metsien käsittelyohjeet 1981. *Tapio* 3: 9-20.
- POHTILA, E. 1977. Reforestation of ploughed sites in Finnish Lapland. Seloste: Aurattujen alueiden metsänviljely Lapissa. *Commun. Inst. For. Fenn.* 91(4): 1-98.
- ROIKO-JOKELA, P. 1981. Maaston korkeus puuntuotantoon vaikuttavana tekijänä Pohjois-Suomessa. Summary: The effect of altitude on the forest yield in northern Finland. *Folia For.* 452: 1-21.
- RYYNÄNEN, M. 1973. Vajaasti tuleentuneiden männyn alkioiden luokittelu ja kasvatusta. Kolarin tutkimusaseman tiedonantoja 5: 1-17.
- RÄSÄNEN, P. K. 1981. Metsäpuiden taimikasvatusta ja metsänviljelyä. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitos. *Tiedonantoja* 29: 1-98.
- SOLIN, P. 1970. Männyn istutuksen antamista tuloksista Lapin piirimetsälautakunnan alueen eteläosissa. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitos. *Tiedonantoja* 3: 1-69.
- VALTANEN, J. 1970. Männyn viljelytaimistojen kunnosta. *Metsä ja Puu* 87(4): 5-6.

SUMMARY

RESULTS FROM THE REFORESTATION EXPERIMENT ON PLOUGHED SITES ESTABLISHED IN FINNISH LAPLAND DURING 1970-1972

The objective of the study was to compare different reforestation methods on ploughed areas in Finnish Lapland. This study is a sequel to the previously published report (Pohtila 1977). Four tree species were compared: Scots pine, Norway spruce, silver birch and Siberian larch. With the dominant species, Scots pine, sowed seedlings and four planted plant types were compared with each other. Sowing and planting were also included

in experiments with the Norway spruce while experiments with the other tree species dealt with planting only.

The reforestation experiments were established during years 1970-1972 in different parts of Finnish Lapland by applying the random block principle. There were 38 research areas in all (Figure 1, Appendix 1). The distribution of the sites showed great variety, but as to practi-

cal reforestation, the material dominantly represented conditions more extreme than usual. The size of the experimental unit was 40 seedlings or seed patches. The origin of the seed of Scots pine was from North Sweden, (Arvidsjaur 65°40'N, 19°10'E, 350 m o.s.l.), and it was not of the best possible quality. The laboratory germination of the seed was 50-60 %. The origin of the Norway spruce seed was from Rovaniemi, (66°30'N, 26°00'E, 130 m o.s.l.), and the laboratory germination of the seed was high, 90-100 %. The silver birch was from Kittilä, (67°45'N, 24°45'E, 200 m o.s.l.), and the Siberian larch was of the "Raivola" stand utilized in Finland the origin of which is not precisely known. About 50 seeds were sown into each spot made by the drill punch while sowing. Planted seedlings are described in details in table 1. The last information about the experimental plots is presented 10 years after the reforestation. The weather conditions varied greatly during the study period 1970-1980 (Figure 3).

The differences in survival of the seedlings planted on different methods occurred usually during the first growing seasons and remained somewhat similar throughout the whole study period (Figure 5). In Scots pine there was a difference of about 15 percentage points between the worst and the best method after 10 growing seasons (Table 2). Containerized seedlings and paperpot seedlings had the best survival rates. In Norway spruce the respective difference between sowing and planting was about 20 percentage points in favor of the planting. Accordingly, the survival rate can be increased by about 20 percentage points by selecting the right tree species. Contrary to the survival rates, there were great differences in the average height growth of the plants due to raising methods and tree species. The average height varied from 25 cm (the sowed Norway spruce) to 179 cm (the planted silver birch) after 10 growing seasons (Table 2). The latter species was planted at the most fertile sites only.

The faster the height growth of the seedlings the faster the open area becomes covered with forest (Table 3). The height growth rate of the planted seedlings was

affected by the original size. The taller the seedlings were when planted the faster they attained a certain height level (Figure 9). The deformations of the root systems of the container seedlings did not have had any effect on the later development of the seedlings (e.g. Kinnunen & Lähde 1974, Parviainen 1976).

The longer time passed after reforestation the clearer was the effect of the local growing conditions on the development of the seedlings. The variation of the results according to study areas was great (Appendix 2), and no general comprehensive explanation could be found for it. The elevation of the reforestation sites, however, is a factor which controls the success of the seedlings to some extent (Figure 11).

The seedlings on tilt succeeded relatively the better the longer a time had passed from the reforestation. However, by combining the most successful group of the seedlings derived from the tilt and the shoulder, a better result was attained than that which was got from these microreliefs separately even after 10 growing seasons (Figure 10).

Many kinds of defects were found in the living seedlings indicating that there are seedlings which are still going to die. Fungal diseases especially were the plague of the dominant species, Scots pine, different physiogenic ailments of Norway spruce and Siberian larch, and vertebrates of the silver birch (Appendix 3). The fundamental reason for the dying of the seedlings, especially in the sites of high elevation, was apparently lack of energy which culminates during exceptionally cool summers. The theoretical tree lines calculated from the material fell on 495-537 m o.s.l., and at 479-517 d.d., respectively corresponding well with reality (cf. Roiko-Jokela 1980).

In order to guarantee the sufficient density of the stand the number of seeds and seedlings should obviously be increased from the present in Lapland. However, the increasing of the planting and sowing density raises the expenses of reforestation. Therefore other regeneration alternatives must be taken more strongly into consideration than before.

Liite 1. Tutkimusalueiden yleiskuvaus.
Appendix 1. General description of the study areas.

Tutkimusalue Research area	Paikkakunta Location	Korkuusmeren- pinnasta Elevation summa, d.d. Average number of degree days	Metäsävyppi Forest site type	Humus- Lager, cm	KASVUVAIKKA		Kivi- syyss Stoni- mass, %	Maa- laji Soil type	<0,02mm frakti- on osuus Proportion of particles <0,02 mm, %	Kalle- vuus ja suunta Inclina- tion	ENTINEN METSÄ - PREVIOUS FOREST				Hakkuu- vuosi Year of cutting
					A-hori- soniti A-hori- zon, cm	B-hori- soniti B-hori- zon, cm					Mänty Pine	Kuusi Spruce	Lehti- puut Hard- wood trees	Spetsisuhdeet, % Species composition, %	
1	Inari	280	ErCIT	4	5	25	77	Hk Mr	12	0	90	-	10	1969	
2	Kittilä	340	ErCIT	3	9	25	73	Hk Mr	9	2NE	0	90	10	1969	
3	"	310	ErCIT	2	7	12	40	Hk Mr	14	1E	5	5	90	1969	
4	Muonio	300	EMT soist.	7	15	13	60	Hk Mr	11	0	60	20	20	1970	
5	"	270	HMT	3	4	8	33	Hk Mr	6	1NW	25	50	25	1970	
6	Kittilä	255	HMT	6	9	27	23	Hk Mr	12	0	0	80	20	1969	
7	"	255	HMT	6	9	27	23	Hk Mr	12	0	0	80	20	1969	
8	"	260	HMT	6	11	11	33	Hk Mr	14	1SE	0	90	10	1969	
9	"	255	HMT soist.	7	15	24	43	Hk Mr	9	0	0	90	10	1969	
10	"	250	EMT	3	7	12	6	Hk Mr	20	1N	80	-	20	1969	
11	"	250	EMT	2	6	11	37	Hk Mr	12	1E	60	20	20	1969	
12	"	250	EMT soist.	7	17	16	67	Hk Mr	6	2SW	50	30	20	1969	
13	Savukoski	240	EMT	4	6	15	57	Hk Mr	4	1SE	90	-	10	1969	
14	"	195	KR	18	7	28	13	Ht Mr	9	1N	80	10	10	1969	
15	"	230	HMT	3	7	13	7	Ht	9	2N	40	40	20	1969	
16	"	250	HMT	5	8	16	37	Hk Mr	11	0	0	80	20	1969	
17	"	230	HMT soist.	16	20	25	77	Hk Mr	7	3SW	10	70	20	1969	
18	Salla	365	ErCIT	3	7	14	30	Hk Mr	4	2N	0	80	20	1969	
19	"	345	EMT soist.	16	5	23	20	Hk Mr	6	3N	0	60	40	1969	
20	"	355	EMT soist.	8	7	27	22	Hk Mr	7	3NE	0	80	20	1969	
21	"	350	HMT	13	13	21	3	Hk	6	4S	0	80	20	1969	
22	"	340	HMT	6	12	27	40	Hk Mr	5	3SW	0	80	20	1969	
23	"	340	HMT soist.	5	10	26	40	Hk Mr	4	2SW	-	80	20	1969	
24	Rovaniemi	200	ECT	7	13	20	33	Hk	3	1S	20	70	10	1969	
25	"	145	EVT	8	17	34	60	Hk Mr	3	4NE	0	90	10	1969	
26	"	145	EVT soist.	10	23	16	17	Hk	1	3NE	0	85	15	1969	
27	"	150	EVT	4	19	25	27	Hk	2	1S	0	80	20	1969	
28	"	130	VMT	10	9	19	13	Ht Mr	27	2W	0	80	20	1969	
29	"	140	VMT soist.	6	13	20	57	Hk Mr	22	5N	10	60	30	1969	
30	"	130	ECT	4	11	20	6	Hk	4	0	90	10	0	1969	
31	"	255	EVT	3	12	15	43	Hk Mr	12	4N	70	20	10	1968	
32	"	220	EVT soist.	8	9	16	33	Hk Mr	10	0	50	30	20	1968	
33	"	210	VMT	3	11	19	40	Ht Mr	16	3S	80	20	0	1968	
34	"	130	VMT soist.	8	12	28	30	Ht Mr	22	2N	30	30	40	1969	
35	Posto	230	EVT	3	7	22	53	Hk Mr	3	1E	70	10	20	1969	
36	"	230	VMT	6	14	18	37	Hk Mr	6	8S	80	10	10	1969	
37	"	230	VMT	3	11	17	43	Hk Mr	6	6S	10	80	10	1969	
38	"	215	VMT soist.	5	16	27	33	Hk Mr	7	2N	0	80	20	1969	

Forest site types:
ErCIT = Ericaceae-Cladina-Type, EMT soist. = Empetrum-Myrtillus-Type swamp, HMT = Hylocomium-Myrtillus-Type, HMT soist. = Hylocomium-Myrtillus-Type swamp, KR = Spruce-Pine swamp, ECT =

Empetrum-Calluna-Type, EVT = Empetrum-Vaccinium-Type, EVT soist. = Empetrum-Vaccinium-Type swamp, VMT = Vaccinium-Myrtillus-Type, VMT soist. = Vaccinium-Myrtillus-Type swamp.

Soil types:
HkMr = Sandy moraine, HtMr = Fine sand moraine,
Ht = Fine sand, Hk = Sand.

Liite 2. Taimien elossapysyminen (%) ja pituus (cm) tutkimusalueittain 10 kasvukauden kuluttua viljelystä.
Appendix 2. Survival (%) and height (cm) of the seedlings in the research areas after 10 growing seasons from the reforestation.
Viljelyvuosi 1970 – Reforestation year 1970

Tutkimus- alue Research area	Männyn kylvö Sowing of Scots		Männyn istutus – Planting of Scots pine					
	Elossa, % Survival, %	Pituus, cm Height, cm	1M+1A		1Mk		1M+1Ar	
			Elossa, % Survival, %	Pituus, cm Height, cm	Elossa, % Survival, %	Pituus, cm Height, cm	Elossa, % Survival, %	Pituus, cm Height, cm
1	16,2	19,2	7,5	36,6	21,8	70,3	8,7	71,7
2	10,0	17,5	6,2	124,2	11,9	65,3	3,7	65,0
3	15,0	45,9	6,2	127,5	13,7	80,8	1,2	120,0
6	36,8	31,6	11,2	126,2	19,3	98,5	16,8	120,2
7	32,6	42,2	18,7	115,4	37,5	112,6	30,0	153,2
8	15,0	63,1	26,2	190,8	45,0	150,7	36,2	167,0
9	45,6	45,6	35,6	188,6	37,5	135,9	28,1	171,2
10	26,2	56,3	52,1	123,9	58,7	112,9	47,7	110,9
11	36,9	87,1	27,6	138,9	35,6	137,5	26,9	150,7
12	17,8	37,8	15,1	133,7	22,5	107,3	14,7	156,5
13	46,2	69,2	16,7	141,5	26,9	122,8	8,7	143,8
14	32,5	83,7	21,2	160,2	50,8	139,6	37,5	150,5
15	28,7	87,2	35,1	149,5	38,5	136,8	40,9	148,6
16	30,1	93,1	21,8	150,7	39,8	132,3	33,4	149,1
17	38,7	58,1	20,8	158,0	39,5	118,2	13,9	168,7
18	47,0	74,5	76,2	177,7	65,4	144,5	67,1	166,5
19	51,7	89,7	42,8	140,9	62,8	149,7	50,8	182,7
20	64,4	73,3	64,5	190,1	67,8	157,3	58,7	179,9
21	16,2	46,5	22,5	160,4	27,5	140,8	42,5	182,6
22	47,5	44,8	37,8	151,2	65,7	157,7	62,5	183,7
23	35,0	68,9	21,5	139,4	57,5	144,0	25,3	181,9
24	47,5	77,2	35,6	141,8	65,4	138,2	43,3	170,6
25	51,2	110,1	33,9	120,0	67,5	124,3	40,4	129,0
26	47,5	84,6	27,5	140,6	50,0	139,7	32,5	175,9
27	43,6	63,5	11,5	154,6	56,0	127,4	22,8	138,6
28	26,2	54,8	20,0	133,4	31,2	140,9	22,5	213,5
29	38,7	46,2	37,2	179,4	39,4	181,5	34,2	196,7
30	53,7	62,5	45,0	142,2	53,7	127,8	52,5	171,0
31	56,2	49,5	65,0	205,4	60,0	169,6	58,7	216,4
32	55,0	52,6	46,2	83,5	56,2	82,0	54,0	96,2
33	56,7	81,0	41,2	161,6	41,2	129,2	36,2	169,0
34	66,7	117,5	62,9	198,7	82,4	184,8	86,2	216,9
35	74,0	113,4	83,0	206,5	82,8	173,7	73,2	214,3
36	65,8	111,1	63,7	182,9	69,6	162,9	51,2	198,8
37	54,2	70,8	60,0	125,9	60,0	119,5	75,7	133,9
38	74,0	109,5	81,1	200,5	84,7	190,4	75,4	206,1

Liite 2. jatkuu – Appendix 2. cont.
Viljelyvuosi 1971 – Reforestation year 1971

Tutkimus- alue Research area	Männyn kylvö Sowing of Scots pine		Männyn istutus Planting of Scots pine				Kuusen kylvö Sowing of Norway spruce		Kuusen istutus Planting of Norway spruce		Rauduskoivun istutus Planting of Silver birch	
	Elossa, % Survival, %	Pituus, cm Height, cm	1M+1A		1Mk		Elossa, % Survival, %	Pituus, cm Height, cm	1M+1 Ar		1/2Mk+1/2M	
			Elossa, % Survival, %	Pituus, cm Height, cm	Elossa, % Survival, %	Pituus, cm Height, cm			Elossa, % Survival, %	Pituus, cm Height, cm		
1	26,2	32,9	23,7	52,6	35,0	54,8	66,2	14,6	87,5	51,1	..	..
2	17,5	22,2	10,0	100,0	10,0	50,0	47,5	16,3	33,7	55,9	..	..
3	20,0	20,0	36,2	110,8	26,2	66,5	33,7	19,0	25,0	53,2	..	..
4	37,5	47,8	45,0	104,4	51,2	60,8	36,2	19,0	47,5	43,3	..	..
5	15,0	60,2	26,2	134,6	21,7	124,9	40,0	32,3	41,2	65,3	1,2	50,0
6	65,0	35,2	32,5	90,3	31,2	79,5	50,0	11,7	78,7	43,1	..	..
7	45,0	32,7	53,7	94,4	41,2	58,0	45,0	14,0	75,0	44,5	..	..
8	22,5	38,7	52,5	139,2	51,9	115,8	37,5	24,7	81,2	79,4	60,0	161,2
9	21,2	41,3	41,2	126,8	22,5	116,4	36,2	23,2	67,5	71,6	82,5	204,0
10	40,0	45,3	66,5	109,3	47,5	101,9	32,5	23,2	90,0	44,3	78,7	177,5
11	30,0	79,7	56,2	165,4	40,0	113,5	28,3	15,2	85,0	78,8	..	..
12	18,7	51,0	35,0	138,3	30,0	80,5	32,5	29,7	70,0	80,9	..	..
13	23,7	53,3	47,5	151,1	40,0	106,7	41,7	31,5	70,0	71,6	..	..
14	32,5	55,4	62,5	155,2	37,5	97,8	57,5	43,2	76,0	82,5	3,7	232,5
15	20,0	80,4	62,5	166,4	45,0	112,5	56,2	22,5	80,0	87,2	40,3	101,6
16	13,7	49,2	66,2	166,3	42,5	116,7	70,0	35,0	73,7	71,4	32,5	116,8
17	34,9	38,0	41,2	153,8	45,0	104,6	41,9	19,6	89,9	71,0	..	..
18	65,0	68,1	72,4	172,3	57,5	129,5	60,0	28,0	83,2	64,0	91,2	261,0
19	35,5	53,8	71,2	144,9	56,2	131,1	66,2	35,4	91,2	87,0	91,9	236,0
20	50,0	61,4	71,6	182,5	57,5	143,4	51,2	26,0	85,0	62,2	91,2	276,5
21	35,7	49,9	31,9	98,6	20,3	87,4	50,0	22,4	42,8	57,2	..	..
22	56,2	47,7	58,7	145,5	60,0	115,8	45,0	26,5	70,0	79,0	..	..
23	38,7	54,9	43,7	130,7	57,5	99,5	36,2	23,9	58,7	85,1	..	..
24	43,5	58,5	62,5	145,0	55,0	119,9	40,3	18,6	54,4	65,0	82,5	215,3
25	43,5	58,8	62,5	145,0	55,0	119,9	40,3	18,6	54,4	65,0	82,5	215,3
26	45,0	68,8	46,2	148,3	57,5	118,8	46,2	18,5	60,0	48,4	73,7	178,0
27	39,4	36,7	56,2	154,5	53,7	85,8	45,0	22,6	55,0	65,1	73,7	169,5
28	33,7	42,9	42,5	166,2	38,7	115,6	37,5	14,6	84,9	55,7	..	..
29	37,5	43,7	66,3	186,2	40,0	149,3	42,5	17,6	71,2	75,0	..	..
30	36,2	42,9	51,7	137,0	42,5	97,7	51,2	25,0	78,7	73,1	..	..
31	51,2	51,8	66,2	199,8	48,7	149,5	57,5	21,4	77,5	97,4	83,7	97,4
32	52,5	59,9	61,2	94,5	75,0	64,6	48,7	26,4	82,5	58,9	65,0	129,0
33	43,7	107,8	65,0	190,3	32,5	147,1	61,2	50,7	92,5	94,2	..	..
34	67,5	106,4	88,7	210,0	68,7	173,8	53,7	33,0	87,5	95,8	..	..
35	62,5	113,2	88,1	211,0	63,7	166,4	79,9	30,3	85,3	86,4	..	..
36	88,7	101,8	72,4	162,8	73,7	158,0	70,0	35,7	85,0	98,9	90,0	180,4
37	58,7	60,0	76,2	139,6	73,7	118,1	48,7	35,1	81,2	85,3	78,7	189,2
38	70,0	105,3	72,5	209,4	67,5	125,9	86,2	32,1	88,7	121,2	95,0	217,4

Liite 2. jatkuu - Appendix 2. cont.
Viljelyvuosi 1972 - Reforestation year 1972

Tutkimus-alue	Männyn kylvö Sowing of Scots pine			Männyn istutus Planting of Scots pine			Kuusen kylvö Sowing of Norway spruce			Kuusen istutus Planting of Norway spruce			Raudusköynnön istutus Planting of Siberian larch			
	Elossa, % Survival, %	Pituus, cm Height, cm	IM+IA	Elossa, % Survival, %	Pituus, cm Height, cm	IMK	Elossa, % Survival, %	Pituus, cm Height, cm	Elossa, % Survival, %	Pituus, cm Height, cm	Elossa, % Survival, %	Pituus, cm Height, cm	Elossa, % Survival, %	Pituus, cm Height, cm	Elossa, % Survival, %	Pituus, cm Height, cm
1	48,7	28,5	15,0	86,6	22,5	69,6	61,2	16,2	70,0	49,4	42,5	70,4
2	25,0	25,4	5,0	81,2	2,5	40,0	55,0	21,0	33,7	70,6	..	..	..	..	35,0	65,1
3	30,0	24,4	16,2	80,8	12,5	66,2	37,5	16,3	43,7	57,3	..	..	..	..	57,5	73,3
4	33,7	44,5	38,7	97,7	60,0	87,3	40,0	16,4	58,7	43,8	..	..	..	..	51,2	76,6
5	25,0	58,6	16,3	150,7	22,5	149,0	35,0	35,2	37,5	70,8	0,0	..	..	..	56,2	106,2
6	60,0	32,9	21,2	102,9	30,0	90,7	61,2	14,3	71,2	40,2	..	..	..	..	73,7	75,2
7	48,8	34,7	39,2	92,1	38,7	79,4	58,7	15,1	76,2	35,6	..	..	..	..	63,2	54,9
8	8,7	24,6	23,7	122,5	47,5	79,0	55,0	18,9	72,5	59,7	70,0	107,4	..	..	51,2	86,3
9	13,7	27,6	18,7	159,5	38,7	117,4	55,0	21,5	56,2	61,3	58,7	163,2	..	..	41,7	117,7
10	13,7	43,8	21,2	138,8	42,9	115,0	48,7	22,8	60,6	58,2	3,7	110,0	..	..	53,8	137,4
11	17,5	90,9	48,7	171,1	58,7	134,9	52,5	38,6	76,2	96,7	..	..	..	..	83,7	163,2
12	22,5	38,1	23,7	143,4	32,5	116,4	41,2	27,0	65,0	56,8	..	..	..	..	60,0	118,6
13	18,7	47,5	25,0	155,1	38,7	134,1	76,2	27,7	85,0	67,7	..	..	..	..	76,2	103,6
14	15,0	109,4	51,2	173,3	53,8	145,3	48,7	30,5	66,2	78,3	6,2	62,5	..	..	83,7	171,0
15	8,7	72,9	23,7	207,8	62,5	144,5	61,2	33,8	78,7	83,6	30,0	66,0	..	..	81,2	172,1
16	11,2	43,6	42,5	180,6	65,0	129,4	65,0	25,5	85,0	72,3	26,2	74,0	..	..	78,7	129,0
17	30,0	38,5	51,2	163,6	66,2	138,1	31,2	15,2	88,7	89,3	..	..	..	..	72,5	142,0
18	43,7	52,2	40,0	168,4	83,9	144,2	37,5	21,8	66,9	72,1	90,8	166,4	..	..	78,7	160,0
19	31,2	52,9	67,5	176,2	41,2	118,2	75,0	23,7	82,5	68,5	86,2	165,2	..	..	73,7	187,3
20	40,0	57,2	65,0	189,0	80,0	162,5	71,2	16,5	91,2	74,7	65,0	190,7	..	..	77,5	161,5
21	38,7	46,1	23,9	141,7	30,0	99,6	53,7	28,4	44,6	65,6	..	..	..	..	85,0	153,3
22	25,0	49,6	57,5	162,1	55,0	108,8	51,2	23,0	62,5	68,1	..	..	..	..	78,7	121,2
23	40,0	47,4	52,1	149,3	46,2	110,3	55,0	26,0	63,7	82,9	..	..	..	..	71,2	213,6
24	43,8	45,6	41,3	144,1	72,5	120,8	42,5	20,7	31,2	74,0	55,0	161,0	..	..	11,2	136,6
25	36,2	57,2	51,2	164,2	38,7	149,6	65,0	25,4	46,2	86,0	53,7	196,9	..	..	32,5	180,1
26	51,2	64,0	51,2	151,6	68,7	102,2	53,7	27,8	55,0	63,9	71,0	150,7	..	..	31,2	151,8
27	32,5	36,7	37,5	133,5	40,0	71,4	24,7	18,7	45,0	38,6	42,5	136,3	..	..	31,2	125,8
28	23,7	29,0	35,0	151,7	46,2	121,7	32,5	25,1	61,2	42,8	..	..	..	..	65,0	85,6
29	40,0	45,3	23,7	177,8	37,5	136,0	61,2	18,0	76,2	96,9	..	..	..	..	68,7	131,8
30	31,2	55,8	50,0	148,0	58,7	101,2	62,5	22,6	86,2	68,8	..	..	..	..	63,7	115,7
31	35,0	44,0	65,0	194,9	57,5	136,7	51,2	18,5	86,2	93,5	71,2	151,6	..	..	77,5	154,4
32	51,2	42,5	56,2	82,9	66,2	71,3	50,0	32,9	76,2	53,1	15,0	107,2	..	..	56,2	77,3
33	37,5	64,8	32,5	194,6	52,8	172,9	55,1	44,8	71,2	79,3	..	..	..	..	50,0	121,3
34	73,7	95,3	60,0	221,6	78,7	168,1	43,7	37,4	75,0	107,3	..	..	..	..	78,7	244,9
35	55,0	99,1	78,7	226,0	88,7	198,9	70,0	43,0	83,7	92,3	..	..	..	..	81,2	159,1
36	46,2	89,7	72,5	211,4	81,2	172,5	62,1	48,6	75,0	85,3	66,2	169,1	..	..	82,5	235,4
37	30,0	56,9	57,5	145,9	78,1	134,6	55,0	40,3	78,7	105,2	62,5	142,3	..	..	72,5	172,9
38	60,0	75,6	58,7	216,9	90,0	194,5	70,0	34,1	51,2	92,9	83,7	173,7	..	..	83,7	172,1

Liite 3. Elävissä viljelytaimissa yleisimmin esiintyneet tuhoaiheuttajat.
Appendix 3. The most common factors causing damage to living seedlings.

Viljely- vuosi Year of refor- estati- on	Puulaji Species	Viljely menetelmä Method of reforestation	Tuhon- alaisia taimia Injured seedlings %	Tuhonaiheuttajat, % - Cause of damage, %									
				Hirvet ja porot Alee alee, Rangifer tarandus	Myyräät Microti- dae	Hyöntei- set Insects	Luumi- kariste Phacelia infestans	Männyn- versosyöpiä Sclero- dermis lagerbergii	Muu sieni Other fungal	Ilmasto ja kasvu- paikka Abiotic factors	Muut ja tunnista- mattomat Other and unidentified		
1970	Mänty Scots pine	Kylvö - Sowing	57,2	5,3	10,9	1,0	74,3	5,2	0,6	1,6	1,1		
		Istutus - Planting											
		1M+1A	86,8	15,9	6,4	0,7	54,6	13,8	2,0	6,6	0,0		
		1Mk	83,4	8,8	6,4	1,0	68,2	9,3	1,7	4,3	0,3		
		1M+1Ar	88,5	16,6	3,9	0,4	57,3	13,5	1,7	5,7	0,9		
1971	Mänty Scots pine	Kylvö - Sowing	32,8	3,0	1,2	2,4	69,9	1,0	4,1	16,6	1,8		
		Istutus - Planting											
	1M+1A	33,9	10,3	0,5	4,5	44,2	1,8	11,4	26,5	0,8			
	1Mk	46,8	7,5	2,1	2,9	58,0	1,8	6,6	19,3	1,8			
			Kylvö - Sowing	13,7	0,0	0,0	4,9	31,0	-	3,0	57,2	3,9	
			Istutus - Planting										
		1M+1Ar	49,7	0,0	0,0	7,6	21,6	-	1,8	66,6	2,4		
		Istutus - Planting											
		1/2Mk+1/2M	19,5	75,5	0,0	1,0	-	-	0,0	18,0	5,5		
1972	Mänty Scots pine	Kylvö - Sowing	59,3	4,4	2,1	3,5	47,9	6,0	14,8	14,5	6,8		
		Istutus - Planting											
	1M+1A	77,8	7,7	2,4	6,2	47,3	2,1	15,6	16,3	2,4			
	1Mt	69,7	6,9	2,2	5,5	58,1	2,4	11,5	11,4	2,0			
			Kylvö - Sowing	30,8	0,0	0,0	2,6	30,5	-	5,3	56,5	5,1	
			Istutus - Planting										
		1M+1Ar	64,9	0,1	0,0	5,6	35,7	-	5,3	52,1	1,1		
		Istutus - Planting											
		1/2Mk+1/2M	41,2	49,8	2,6	18,2	-	-	0,0	17,8	11,6		
		Istutus - Planting											
		1M+1Ar	63,6	7,1	0,6	4,1	-	-	1,5	81,5	5,2		