

■ Timo Saksa

Timo Saksa

Männyn istutustaimien menestyminen äestetyllä uudistusalalla

Saksa, T. 1998. Männyn istutustaimien menestyminen äestetyllä uudistusalalla. Metsätieteen aikakauskirja – Folia Forestalia 1/1998: 15–31.

Tutkimuksessa tarkastellaan männyn istutustaimien menestymistä seitsemän kasvukauden aikana. Aineisto koostuu 27:stä vuonna 1987 istutetusta männyn viljelyalasta. Pitkäaikaisen kestokoealoihin perustuvan seurannan avulla luodaan kuva männyn istutustaimikon vakiintumisprosessista.

Tutkituille aloille oli istutettu keskimäärin 1 857 tainta/ha ja 45 %:lla kohteista saavutettiin voimassa ollut viljelytiheysohje 2 000 tainta/ha ($Q_1 = 1635$ ja $Q_3 = 2 067$ tainta/ha). Männyn istutustaimia kuoli runsaimmin ensimmäisenä ja toisena vuonna istutuksen jälkeen. Kolmantena vuonna istutustaimipopulaation vakiintuessa niistä oli elossa keskimäärin 74 % ja seitsemäntenä kasvukautena 71 % (vaihteluväli 39–94 %). Yksilöidyistä kuolleisuuden aiheuttajista olivat yleisimpiä paakkutaimilla hyönteiset ja paljasjuuritaimilla pintakasvillisuus sekä istutusvirheet. Paakkutaimien menestymisen paranisi yli 10 %-yksiköllä, jos tukkikärsäkkäiden tuhot voitaisiin estää. Huolellisemmalla viljelytyöllä ja jälkihoidolla istutustaimien menestymistä voitaisiin edelleen kohentaa 5–10 %-yksikköä.

Seitsemäntenä kasvukautena kasvatuskelpoisia istutusmäntyjä oli keskimäärin 1 257 kpl/ha eli 68 % istutustiheydestä ($Q_1 = 938$ ja $Q_3 = 1 633$ tainta/ha). Parhaimmillaan yli 90 % istutustaimista oli edelleen kasvatuskelpoisia mutta 20 %:lla uudistusalosta viljelyn onnistumisaste jäi alle 50 %:n. Sekä paljasjuuri- että paakkutaimilla perustettujen taimikoiden keskipituus ylsi lähes 130 cm:n tasolle kuuden vuoden kuluttua istutuksesta. Istutustaimien elossaoloa ja keskipituuden kehitystä kuvattiin epälinearisilla regressiomalleilla.

Asiasanat: mänty, istutus, taimien alkukehitys, tuhot

Yhteystiedot: Metsäntutkimuslaitos, Suonenjoen tutkimusasema, Juntintie 40, 77600 Suonenjoki Faksi (017) 513 068, sähköposti timo.saksa@metla.fi

Hyväksytty 10.2.1998

1 Johdanto

Suomessa männyn istutustiheytenä käytettiin 1950-luvulle saakka vähintään 5 000 kpl/ha (esim. Kalela 1945). Metsänviljelyn laajetessa 1950- ja 1960-luvuilla laski viljelytiheysnormi vähitellen 2 500 taimen/ha (Kauttu 1965). Vielä 1960-luvulla männyn istutustiheys käytännön metsänviljelyaloilla oli esim. Yli-Vakkurin ym. (1969) sekä Raulon ja Rikalan (1974) tekemien selvitysten mukaan yli 2 500 tainta/ha. Sen sijaan 1970- ja 1980-luvuilla istutustiheydet jäivät usein reilustikin alle tavoitteena olleen 2 000 taimen/ha (Kinnunen 1977, Metsämuuronen ym. 1978, Valtanen 1983). Nykyisissä yksityismetsätalouden metsänhoitosuosituksissa edellytetään männyn istutustaimikoissa vähintään 2 000 taimen/ha perustamistiheyttä (Luonnonläheinen ... 1994).

Männyn istutuksen lähtökohtana on kasvattaa kaikista istutustaimista käyttöpuun mitat täyttäviä runkoja (Vuokila 1972, Kellomäki 1988). Yleensä istutuksessa varaudutaan keskimäärin 10–20 %:n taimikuolleisuuteen taimikon alkukehityksen aikana. Käytännön männynistutusaloilla taimikuolleisuus 5–10 ensimmäisen vuoden aikana on kuitenkin ollut tätä suurempaa, vaihdellen suomalaisten ja ruotsalaisten inventointitutkimuksien mukaan 15 %:sta aina 60 %:iin (Elfving 1992, Karjula ym. 1982). Männyn istutuskokeissa keskimääräinen taimikato ensimmäisen 10 vuoden aikana on vaihdellut 0–40 %:iin (Rikala 1994). Järjestettyjen metsänuudistamisen kenttäkokeiden ja käytännön metsänuudistamistoiminnan tulokset eivät näin ollen täysin vastaa toisiaan. Kanadassa ja USA:ssa tehtyjen vertailututkimusten mukaan tutkimuskoealoilla päästään 10–20 % parempaan elossaoloon kuin käytännön metsänviljelyaloilla (Shiver ym. 1990, Paterson 1993).

Istutustuloksen ratkaisee pitkälti viljelyketjun – taimimateriaalin kasvatus, kuljetus, välivarastointi, istutustyö ja taimikon hoito – toteutuksen taso (esim. Räsänen 1981, Parviainen 1988). Taimien kasvatukseen, varastointiin, kuljetukseen sekä istutustyöhön liittyviä riskitekijöitä on tutkittu runsaasti (esim. Huuri 1972, Rikala 1979, Kauppi 1984, Puttonen 1986). Tutkimuksen myötä taimien kasvatusmenetelmät ovat kehittyneet ja viljelytyön laatua on voitu nostaa. Istutustulosta on arvioitu voitavan

parantaa edelleen 10–20 %-yksiköllä, jos taimien kasvatus tehdään parhailla nykyisillä kasvatusmenetelmillä ja istutustyö erityisen huolellisesti (Rikala 1994). Istutustaimien menestymiseen uudistus- alalla vaikuttavat edellä mainittujen taimentuottajan ja viljelytyöntekijän lisäksi hyvinkin vaihtelevat, ihmisestä riippumattomat ympäristötekijät, joiden aiheuttamat satunnaiset taimituhot tulevat aina heikentämään istutustulosta.

Käytännön metsänviljelyn onnistumista on tutkittu lähes yksinomaan kertamittauksiin perustuvien inventoinnein. Vain muutamissa tutkimuksissa on samat uudistusalat mitattu uudelleen muutaman vuoden kuluttua ensimmäisestä inventoinnista (esim. Raulo ja Rikala 1974, Leikola ym. 1977 ja Kinnunen ja Nerg 1983). Osassa niissä on pyritty löytämään samat mittauskoealat, mutta taimikoh- taista seurantaan niissä ei ole tehty. Kertamittaukse- na tai samoillakin uudistusaloilla tehdyissä perä- käisissä inventoinneissa ei yleensä pystytä määrit- tämään istutustaimien kuolleisuutta, koska istutus- tiheyttä ei ole tiedossa eikä tarkasti analysoimaan istutustaimien tuhonaiheuttajia vaan se edellyttää intensiivistä, kartoitettuihin kestokoealoihin perus- tuvaa seurantatutkimusta.

Työn tavoitteena oli tutkia männyn istutustaimi- koiden vakiintumisprosessia. Taimikon vakiintu- misprosessia seurattiin tarkastelemalla viljelytai- mien kuolleisuutta ja pituuskehitystä toistuvien mit- tauksin kuuden viljelyä seuranneen vuoden aikana. Lisäksi tutkittiin, onko viljelytaimien eloonjäämi- nen ja pituuskehitys erilaista paakku- ja paljasjuu- ritaimilla. Tutkimuksen ennakkoraportissa “Vilje- lytiheys ja istutustaimien kunto Suomenjoella ke- sällä 1987” (Saksa 1988) analysoitiin istutusten perustamistiheyttä sekä arvioitiin istutustaimien kuntoa ensimmäisenä kasvukautena.

2 Aineisto ja menetelmät

2.1 Tutkimusaineisto

Kesällä 1987 arvottiin seurannan kohteeksi 27 sa- mana keväänä istutettua männyn viljelyalaa Suo- nenjoen metsänhoitoyhdistyksen toimialueelta. Is- tutusmateriaalina oli käytetty paljasjuuri- ja paakku-

taimia. Valittujen uudistusalojen tuli olla muokattuja ja kooltaan vähintään puoli hehtaaria. Arvoituista uudistusaloista 50 % oli pinta-alaltaan 1–2 ha:n laajuisia. Kuusi istutusala oli kooltaan alle hehtaarin ja vain yksi oli yli viiden hehtaarin laajuinen. Kaikki uudistusalat luokiteltiin tuoretta kangasta vastaaviksi kasvupaikoiksi.

Yleisimpiä maalajitteita uudistusaloilla olivat hieno hiekka ja karkea hieta, joiden yhteen laskettu osuus maalajitejakaumasta oli keskimäärin yli 50 %. Lajittuneisuusindeksin (Heiskanen ja Tamminen 1992) perusteella arvioiden 26 uudistusala oli moreenimailla ja yksi valtaosaltaan lajittuneella kangalla. Kaikkiaan yhdellätoista uudistusalalla osa koealoista sijaitsi lajittuneella maaperällä. Keskirakoko oli keskimäärin 0,33 mm ($s = 0,32$), mutta lähes 50 %:lla uudistusalojen pinta-alasta keskiraakoko jäi alle 0,2 mm:n. Raekooltaan hienoimman (raakoko $< 0,06$ mm), routivan, maalajitteen osuus oli uudistusaloilla keskimäärin 17 %. Joka kolmannella uudistusalalla hienon hiedan ja sitä hienompinen maalajitteiden osuus nousi yli 20 %:n.

Uudistusalat oli hakattu muutamaa aiemmin tehtyä avoalaa lukuunottamatta talvikaudella 1985–86 ja muokattu kesän 1986 aikana. Muokkausmenetelmänä oli lähes yksinomaan ollut äestys TTS-metsä-äkeellä. Kaksi uudistusala oli aurattu palleanuralla ja yhtä uudistusala oli osin kulotettu ennen äestystä. Muokatun maanpinnan osuus (paljastunut kivennäismaapinta ja muu muokkausjälki yhteensä) oli uudistusaloilla keskimäärin 48 % ($s = 19$ %). Viidellä uudistusalalla muokatun maanpinnan osuus jäi alle 40 %:n ja kaikkein heikoimmin muokatulla uudistusalalla se oli alle 15 %:n. Kolmella uudistusalalla yli 60 % maanpinnasta oli muokattu ja parhaiten muokatulla alalla se oli keskimäärin 72 %. Auratuilla uudistusaloilla muokkausjäljen peittävyys ei ollut suurempi kuin äestetyillä aloilla.

Maanmuokkauksen tehokkuus, humuksen paksuus ja keskiraakoko olivat likimain samansuuruiset paljasjuuri- ja paakkutaimilla istutetuissa kohteissa. Hienoimpien maalajitteiden osuus oli paljasjuuritaimilla viljelyissä kohteissa keskimäärin 18,1 % ($s = 5,1$ %) ja paakkutaimilla istutetuissa kohteissa 14,8 % ($s = 6,0$ %). Kivisyysrassin painuman avulla laskettu kiviaineksen tilavuusosuus (Viro 1952) oli paakkutaimilla viljelyissä kohteissa selvästi pienempi ($\bar{x} = 7,7$ %, $s = 9,5$ %) kuin

paljasjuuritaimilla istutetuissa kohteissa ($\bar{x} = 15,4$ %, $s = 13,7$ %).

Paljasjuuritaimet oli kasvatettu metsikkökeräysaineistoon kuuluneista siemenistä vuodelta 1982 tai 1983 (karistusvuosi). Paakkutaimet oli puolestaan kasvatettu testaamattomilta siemenviljelyksiltä kerätyistä siemenistä (karistusvuosi 1985). Paljasjuuriset taimet olivat Pohjois-Savon metsälautakunnan Pekolammen taimitarhalla avomaalla kasvatettuja, valtaosaltaan II-kokoluokan (keskeinen pituusluokka 13–18 cm) 2Ax1A taimia. Paakkutaimista suurin osa oli samalla taimitarhalla muovihuoneeseen kylvettyjä, FS-408 paperikenoissa kasvatettuja yksivuotiaita taimia. Kahdelle istutusalalle taimimateriaali oli tuotu Metsäntutkimuslaitoksen Suonenjoen tutkimustaimitarhalla ja ne olivat VAPO-kuutiopaakkutaimia. Yhdellä uudistusalalla taimimateriaalina oli FH-508 paakuissa kasvatetut taimet.

Paakkutaimilla istutettuja uudistusaloja oli 12 ja paljasjuurisilla istutettuja 15 (liite). Taimet oli toimitettu uudistusaloille pääosin toukokuun kolmen viimeisen viikon aikana (11.5.–4.6.1987). Paljasjuuristen taimien mukana toimitettiin tukkimiehentäitä vastaan tarkoitettu torjunta-aine, mutta sen käytöstä ei ollut varmaa tietoa. Paakkutaimet oli käsitelty taimitarhalla F-permetriinillä tukkimiehentäiden tuhojen torjumiseksi. Viljelytyön toteuttajana oli 15 uudistusalalla (6 paakkutaimilla ja 9 paljasjuuritaimilla) ollut metsänhoitoyhdistys ja 12 uudistusalalla (6/6) oli metsänomistaja vastannut istutuksesta.

2.2 Seurantamenetelmä

Taimikon kehityksen seurantaan varten perustettiin jokaiselle uudistusalalle pysyvät ympyräkoealat. Koeala/linjaväli vaihteli 24:stä 45:een metriin. Koealat sijoitettiin uudistusalan pisimmän sivun suuntaisille linjoille tasavälein ja merkittiin maastoon metallitikuin. Koealalinjasto kiinnitettiin etäisyysmittauksin näkyviin maastomerkeihin. Koealat olivat kooltaan 50 neliometriä ($r = 3,99$ m). Pysyvien koealojen perustaminen ja lähtötilanteen mittaaminen aloitettiin männyn pituuskasvun loppuessa heinäkuun ensimmäisellä viikolla 1987 ja mittaus saatiin päätökseen elokuun puoliväliin mennessä. Toi-

sen kasvukauden loputtua mitattiin 15 uudistusala (7 paakkutaimilla ja 8 paljasjuuritaimilla perustettua taimikkoa) ja kolmannen kasvukauden päätyttyä loput 12 uudistusala (5/7). Neljännen kasvukauden päättyessä ja seitsemännellä kasvukaudella toistettiin mittaukset kaikilla uudistusaloilla. Kaikkiaan kuuden vuoden ajan seurannassa olleita koealoja oli 300 kpl.

Kultakin koealalta mitattiin maaperän kivisyys rassin painumana, humuskerroksen paksuus, määritettiin metsätyppi sekä otettiin maanäyte mekaanista maanalajiteanalyysia varten. Muokkauksen tehokkuutta kuvattiin arvioimalla koealalta muokkaamattoman maanpinnan osuus 10 %:n tarkkuudella. Koealalta kartoitettiin kaikki viljelytaimet, joista mitattiin pituus ja tyviläpimitta sekä arvioitiin taimen kasvatuskelpoisuus. Kasvatuskelpoisiksi luokiteltiin sellaiset istutustaimet, joilla kuntonsa puolesta katsottiin olevan edellytykset normaaliin kehitykseen.

Kaikista istutustaimista mitattiin pituuskasvu ja määritettiin ikä ja istutuskohdan taso mikroympäristön suhteen sekä kasvualustan laatu (muokattu/muokkaamaton). Samalla katsottiin, ilmenikö taimessa tauteja tai tuhoja tai oliko taimessa jotain silminnähtävää vikaa. Lopuksi arvioitiin taimen elinvoimaisuus eli kunto. Taimi luokiteltiin terveeksi, jos siinä ei ollut mitään havaittavaa tuhoa ja se oli elinvoimaltaan hyvä. Kunnoltaan kohtalaiseksi luokitellun taimen oletettiin vielä kehittyvän normaalisti lievistä vaurioista tai tuhoista huolimatta. Kuntoluokkiin heikot ja kituvat luokiteltiin sellaiset taimet, joiden ei enää katsottu elyvän kasvatuskelpoisiksi taimiksi. Luokkaan kuolleet laskettiin sellaiset taimet, joissa ei enää ollut vihreitä neulasia tai eläviä silmuja lainkaan (ks. Saksa 1992).

Kuolleiden istutustaimien tuhoutumisyy pyrittiin määrittämään maastossa mahdollisimman tarkasti. Tulosten analysoinnin yhteydessä määritettiin aiemmassa mittauksessa havaittu tuho istutustaimen tuhoutumisyyksi, jos taimesta ei oltu voitu tehdä havaintoja seuraavassa mittauksessa. Kuolleista paljasjuuritaimista pystyttiin määrittämään tuhoniheuttaja 80 %:ssa ja paakkutaimista 67 %:ssa tapauksista. Tunnistamattomaksi jääneistä syistä kuolleista taimista lähes 10 % oli edellisessä mittauksessa ollut ilman tuhoja.

Viljelytiheyden sekä kasvatettavaksi arvioitujen

istutustaimien tiheyden (kpl/ha) keskiarvo (\bar{x}) laskettiin koealojen lukumäärällä painottaen. Havaintojakaumia kuvataan keskihajonnan (s), variaatiokerroimen ($CV = s/\bar{x}$, %), ala- ja yläkvartiilien (Q_1 ja Q_3) sekä vinouden (g_1) ja huipukkuuden (g_2) avulla. Taimilajien ja istuttajien välisiä eroja viljelytiheydessä ja taimien menestymisessä testattiin yksija kaksisuuntaisella varianssianalyysilla. Samoin analysoitiin muokkausjäljen peittävyuden vaikutusta viljelytiheyteen sekä istutuspituuden vaikutusta taimien menestymiseen ja jatkokehitykseen. Taimien tilajärjestyksestä arvioitiin vertaamalla kasvatuskelpoisten taimien tiheyden ja tyhjälaittealueen (laskettu 10 m²:n koealaa käyttäen) suhdetta Poisson-jakaumaan sekä Fisherin indeksin ($I = s^2/\bar{x}$) avulla. Laskenta toteutettiin SPSS-ohjelmistolla (Norusis 1994a, b).

2.3 Istutustaimien menestymisen ja pituuskehityksen mallitus

Istutustaimien elossaoloa sekä keskipituuskehitystä mallitettiin epälineaarilla regressioanalyysillä. Mallien parametrien estimoinnissa käytettiin pienimmän neliösumman menetelmää.

Istutustaimien elossaoloa voidaan kuvata yleisellä ajan funktiona alenevan puuston tiheyttä (S_t) esittävällä mallilla (Payandeh 1983, Belli ja Ek 1988):

$$S_t = 100 e^{(-b_1 t - b_2 t^2)} \quad (1)$$

jossa

S_t = elossaolosadannes vuonna t

t = istutuksesta kulunut aika vuosina ($t = 0,5, 1, 2, 3$ ja 6) ja

b_1 ja b_2 = aineistosta riippuvia mallin parametreja.

Taimien elossaoloa ajankohtana t kuvaavaa epälineaarista regressiomallia (1) sovitettiin aineistoon taimilajeittain kaksivaiheisen iteraatioprosessin avulla. Toisella iteraatiokierroksella havaintoja painotettiin jakamalla yhtälön molemmat puolet ensimmäisellä iteroitokierroksella lasketun estimaatin ($S_t (101 - S_t)^{-1/2}$) avulla. Muunnos perustuu elossaolosadannes verrannollisuuteen lausekkeeseen ($S_t (100 - S_t)$) (Weisberg 1985 s. 269).

Taimikoiden keskipituuskehitystä kuvattiin mallilla, jossa taimien istutuspituus ja istutuksesta kulunut aika olivat selittävinä tekijöinä (Belli ja Ek 1988):

$$H_t = H_0 + b_1 t^{b_2} \quad (2)$$

jossa

H_t = taimien keskipituus (cm) vuonna t

t = istutuksesta kulunut aika, vuosia ($t = 1, 2, 3, 4, 5, 6$)

H_0 = istutuspituus, cm

b_1 ja b_2 = aineistosta riippuvia mallin parametreja.

Taimikoiden valtapituutta estimoitiin mittauskoealojen pisimpien istutustaimien keskiarvolla, mikä vastaa hehtaarilla 200 pisimmän taimen keskipituutta.

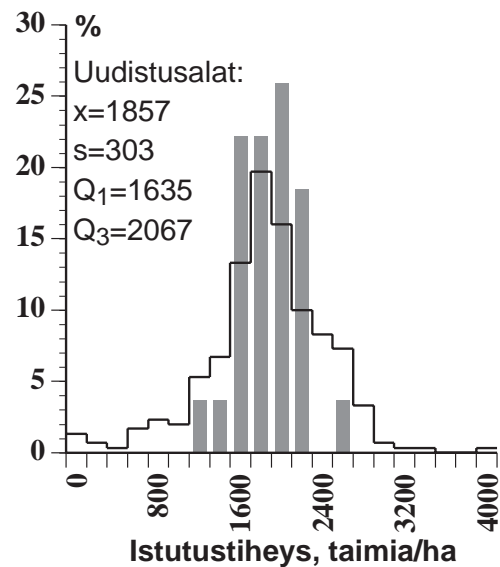
3 Tulokset

3.1 Istutustiheys

Viljelytiheys vaihteli tutkituilla aloilla 1 116 taimesta aina 2 600 taimeen hehtaarilla (kuva 1). 45 %:ssa kohteista oli istutettu vähintään tavoitteen mukainen 2 000 tainta hehtaarille. Keskimääräinen mittauskoealojen lukumäärällä painotettu viljelytiheys oli 1 857 ($s = 303$) tainta/hehtaari. Istutustiheyden mediaani (1 778 tainta/ha) jäi hieman keskiarvoa pienemmäksi ja havaintojakauma lievästi oikealle vinoksi ($g_1 = 0,015$).

Pienimmillään viljelytiheys oli maanomistajien paakkutaimilla perustamissa istutuksissa, keskimäärin 1 774 ($s = 528$) tainta/ha. Vastaavissa metsänhoitoyhdistyksen teettämässä istutuksissa oli viljelty yli sata tainta enemmän hehtaaria kohti ($\bar{x} = 1 904$, $s = 232$). Maanomistajien tekemissä istutuksissa istutustiheys vaihteli enemmän ($CV = 20\%$) kuin metsänhoitoyhdistysten vastuulla olleilla uudistusaloilla ($CV = 12\%$). Edellä kuvatut erot eri istuttajien välillä eivät kuitenkaan olleet tilastollisesti merkitseviä.

Yksittäisellä uudistusosalalla viljelytiheys vaihteli yli tuhannella taimella/ha koealojen välillä. Istutustiheyden keskihajonta oli yleensä 15–30 % kes-



Kuva 1. Viljelytiheyden jakauma uudistusaloittain (pylväät) sekä mittauskoealoittain (50 m²; murtoviiva). Luokkavälinä on 200 tainta ha⁻¹ (0, 1–200, 201–400 ...).

kiarvosta eli 300–600 tainta/ha. Uudistusaloilla, joilla oli viljelytaimettomia koealoja nousi viljelytiheyden variaatiokerroin yli 50 %:n. Parhaimmillaan koealakohtainen istutustiheys nousi 4 000 taimeen/ha (kuva 1).

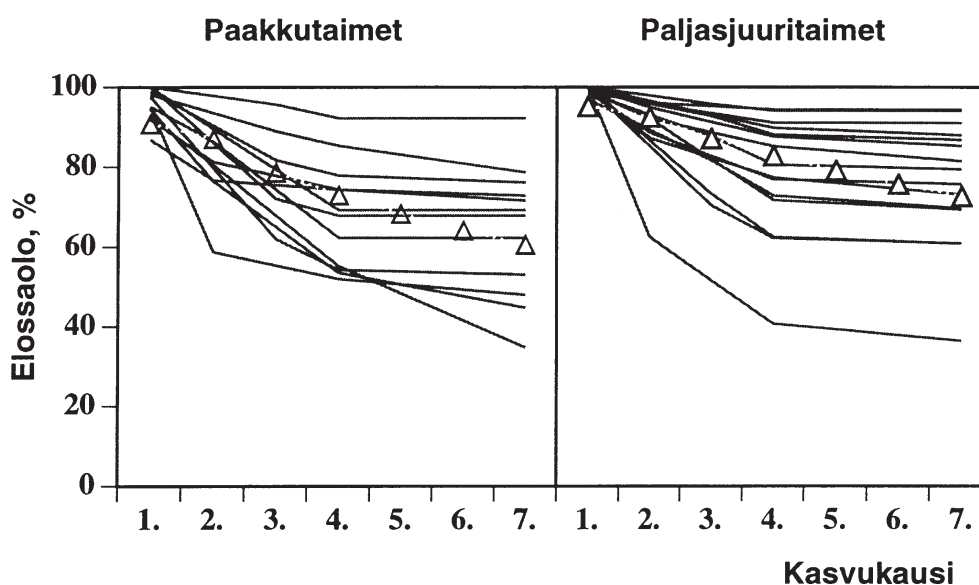
Kullakin uudistusosalalla viljelytiheys laski siirryttäessä parhaiten muokatuilta keskinkertaisesti muokatuille ja edelleen heikoimmilla muokatuille koealoille (taulukko 1). Koealoilla, joilla vähintään 40 % maanpinnasta oli muokattu, oli viljelytaimia yli 1 800 kpl/ha. Sitä heikoimmilla muokatuilla kohdilla istutustiheys jäi runsaaseen 1 700 taimeen hehtaarilla. Muokkausjäljen peittävyys vaihteli maaperän kivisyyden ja humuskerroksen paksuuden mukaan (korrelaatiokertoimet $-0,369$ ja $-0,282$; p -arvo $< 0,001$ ja $n = 300$). Lähes 80 % taimista oli istutettu muokkausjälkeen.

3.2 Istutustaimien menestyminen ja vakiintuminen

Ensimmäisellä kasvukaudella tehdyssä mittauksessa keskimäärin 98 % istutustaimista oli elossa. Kaikki istutustaimet olivat elossa yli 40 %:lla uudistusalois-

Taulukko 1. Istutustiheys heikosti, keskinertaisesti ja hyvin muokatuissa uudistusalan osissa. Luokitteluperusteena uudistusalan sisäinen muokkausjäljen peittävyys, jonka jakauman alakvartiili muodostaa heikoimmin muokatut koealat (10 % luokitustarkkuus) ja yläkvartiili peittävimmin muokatut koealat. Erojen testaus yksisuuntaisella varianssianalyysillä.

	Koe- aloja n	Muokkaus- jäljen peittä- vyys, %		Humus- kerroksen paksuus, cm		Kivien tilavuus- osuus, %		Istutus- tiheys, taimia/ha	
		\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
Heikoimmin muokatut	102	31,8	13,5	6,7	4,8	14,8	19,8	1798	604
Keskinertaisesti muokatut	86	48,8	11,3	6,4	3,8	10,5	15,8	1813	578
Peittävimmin muokatut	112	62,1	14,9	5,3	3,0	11,0	17,9	1944	547
F-arvo		134,4		3,75		1,68		2,07	
p-arvo		<0,001		0,025		0,188		0,128	



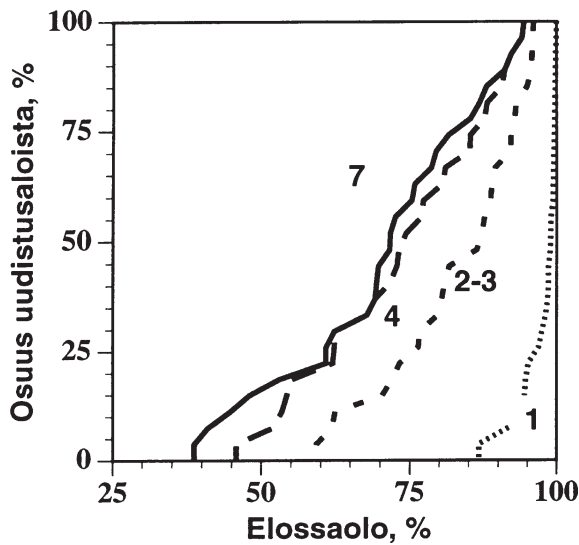
Kuva 2. Istutustaimien elossaolosadannes eri mittausajankohtina uudistusaloittain. Uudistusalat mitattu joko 2. tai 3. kasvukautena. Kuvaan on lisäksi piirretty mallilla lasketut elossaolosadannekset taimilajeittain (kolmiot).

ta (kuva 2). Vain yhdellä uudistusosalalla elossaolosadannes alitti 90 jo ensimmäisenä kasvukautena.

Taimia kuoli eniten, keskimäärin 12,3 % ensimmäisen talven aikana. Kahdella uudistusosalalla taimikuolleisuus ylitti tällöin 35 %. Toisen talven jälkeen elossa oli keskimäärin 83 % ja kolmantena vuotena keskimäärin 74 % istutustaimista. Tällöin parhaissa taimikoissa oli edelleen elossa yli 90 % istutetuista taimista ja yli 80 %:n elossaolotasoon päästiin joka kolmannella uudistusosalalla. Viimei-

sen kolmen seurantavuoden yhteenlaskettu taimikuolleisuus oli enää 3,0 %. Seitsemänten kasvukauteen mennessä elossaolosadannes oli lasketut keskimäärin 71:een ja niiden taimikoiden osuus, joissa elossaolosadannes oli edelleen yli 80 oli 30 % (kuva 3). Seitsemännen vuoden alkaessa heikoimmin onnistuneissa uudistamiskohteissa istutustaimista oli elossa alle 40 %.

Uudistusalan sisäinen taimien elossaolon vaihtelu lisääntyi taimikon vanhetessa. Ensimmäisenä kasvu-



Kuva 3. Viljeltyjen taimien elossaolosadannesten kumulatiivinen jakauma 1., 2.-3., 4. ja 7. kasvukautena istutuksen jälkeen.

kautena elossaolosadanneksen variaatiokerroin oli keskimäärin 4 % kun se kuudentena vuonna oli noussut 29 %:iin. Tällöin joka kymmenennessä taimikossa istutustaimien elossaolo laski koko uudistusosalalla alle 80 %:n ja kauttaaltaan yli 50 %:n elossaoloon päädyttiin joka kolmannessa taimikossa. Kaikkiaan istutustaimettomia koealoja oli kuudentena vuonna vajaa 1 %. Vastaavasti koealoja, joilla kaikki istutustaimet olivat edelleen elossa oli 18 %. Maanmuokkauksen tehokkuudella, humuksen paksuudella tai maalajitteella ei ollut yksisuuntaista vaikutusta istutustaimien elossa pysymiseen.

Istutustaimien elossaoloa (S_t) kuvaavan mallin (1) parametrien arvoiksi ja mallin selitysasteiksi saatiin taimilajeittain seuraavat :

	n	b_1	Asympt. keskiv.	b_2	Asympt. keskiv.	Jäännös keskineliö	Selitysaste
Paakkutaimet	48	0,151	0,024	0,669	0,117	,084	0,96
Paljasjuuritaimet	60	0,081	0,018	0,762	0,158	,101	0,94

Mallilla pystyttiin osittain kuvaamaan istutustaimien vakiintumisprosessia, mutta mallilla laskettu elossaolo aliarvioi etenkin paakkutaimipopulaation kehitystä tarkastelujakson viimeisinä vuosina.

Taulukko 2. Istutustaimien kuolleisuus ensimmäisen kuuden vuoden aikana. Taimilajin ja istutustyön toteuttajan vaikutus kuolleisuuteen testattu 2-suuntaisella varianssianalyysillä (arcsin-muunnos).

	Paakkutaimet			Paljasjuuritaimet		
	n	\bar{x}	s	n	\bar{x}	s
Metsänhoitoyhdistys	6	35,7	14,5	9	21,6	18,3
Maanomistaja	6	36,1	19,1	6	26,7	11,4
Vaihtelunlähde:	F-arvo			p-arvo		
Toteuttaja	0,24			0,628		
Taimilaji	3,47			0,075		
Toteuttaja × Taimilaji	0,30			0,590		

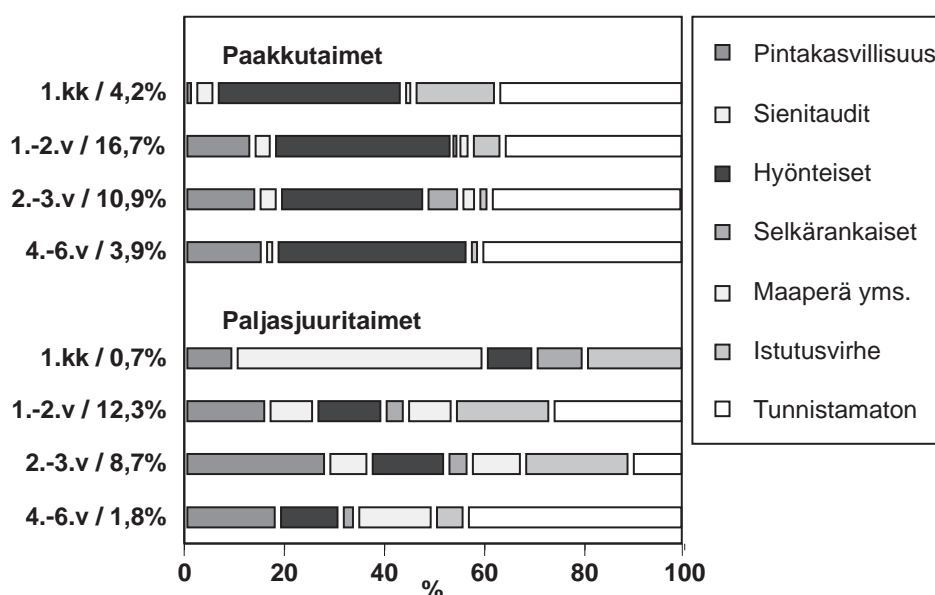
Taulukko 3. Kuuden ensimmäisen vuoden aikana kuolleiden istutustaimien suhteellinen osuus tuhoutumissyitäin (a) sekä niiden osuus istutustaimien kokonaismäärästä (b), %.

Tuhonaiheuttaja	Paakkutaimet		Paljasjuuritaimet	
	a	b	a	b
Pintakasvillisuus	12,9	4,6	20,7	4,9
Sienitaudit	3,9	1,4	9,5	2,2
Hyönteiset	34,5	12,3	14,1	3,3
Nisäkkäät	2,4	0,9	4,5	1,1
Maaperätekiijät / sää	2,5	0,9	10,3	2,4
Istutusvirhe	6,1	2,2	19,1	4,5
Tunnistamaton syy	37,6	13,4	21,8	5,1
Yhteensä	100,0	35,7	100,0	23,5

Mallien jäännöshajonnat kasvoivat istutuksesta kuluneen ajan myötä.

Paakkutaimista oli kuollut kuuden vuoden aikana keskimäärin 12 %-yksikköä enemmän kuin paljasjuuritaimista (taulukko 2). Istuttajalla ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta paakkutaimien kuolleisuuteen.

Joka kolmas paakkutaimen tuhoutuminen todettiin hyönteisten, pääasiassa tukkikärsäkkäiden (lähinnä *Hylobius abietis* L.) aiheuttamiksi (taulukko 3). Näitä tuhoja oli kaikilla paakkutaimilla istutetuilla uudistusaloilla ja ne olivat yleisimpiä paakkutaimien tuhoutumissyitä vielä viimeisinäkin seuranta vuosina (kuva 4). Niissä kolmessa taimikossa, joissa paakkutaimien kuolleisuus nousi yli 50 %:n, valtaosan tuhoista aiheuttivat tukkikärsäkkäät. Pin-



Kuva 4. Istutustaimien kuolinsyyt kuuden ensimmäisen kasvukauden aikana. Kuvaan on lisäksi merkitty kuolleiden taimien suhteellinen osuus istutustiheydestä.

takasvillisuuden rehevöityminen oli tuhonnut 13 % ja istutusvirhe 6 % kuolleista paakkutaimista. Paakkutaimien yleisin istutusvirhe oli liian löyhään istutus tai paakun jättäminen osittain maanpinnan yläpuolelle, jolloin paakun turve oli kuivunut. Nämä istutusvirheet lisäsivät kuolleisuutta kahden ensimmäisen kasvukauden aikana kun taas pintakasvillisuuden aiheuttamia tuhoja alkoi esiintyä enemmän vasta kolmantena kasvukautena. Kuitenkin vain yhdellä uudistusosalalla pintakasvillisuus oli suurin tuhonaiheuttaja, jolloin joka neljäs paakkutaimi oli menehtynyt pintakasvillisuuden kilpailuun.

Pintakasvillisuus ja istutusvirheet määritettiin yleisimmiksi paljasjuuritaimien tuhoutumissyiksi. Yhteensä lähes 40 % taimikuolemista luettiin näiden aiheuttamiksi. Istutusvirheeksi tulkittiin liian syvään tai muutoin sopimattomaan paikkaan istuttaminen. Esim. kosteissa painanteissa äestysvaon pohjalle istutettujen taimien menehtyminen toisena ja kolmantena vuonna tulkittiin istutusvirheen aiheuttamaksi. Taimikossa, jossa paljasjuuritaimien kuolleisuus ylitti 50 %, tuhojen pääasiallinen aiheuttaja oli ollut pintakasvillisuus. Kahdessa taimikossa nousivat istutusvirheet suurimmiksi kuolleisuuden aiheuttajiksi.

Hyönteisten (lähes yksinomaan tukkikärsäkkäät)

aiheuttamat vauriot olivat paljasjuuritaimilla kolmanneksi yleisimpiä tuhonaiheuttajia. Hyönteisten aiheuttamat tuhot paljasjuuritaimilla jäivät paakkutaimiin verrattuna puolta vähäisemmiksi, 14 %:iin kaikista tuhoista. Tukkipärsäkkäiden aiheuttamat tuhot olivat vain yhdellä paljasjuuritaimilla istutetulla uudistusosalalla pahin kuolleisuuden aiheuttaja. Sienitaudit sekä maaperästä ja muista ympäristöoloista aiheutuneet vaikeudet selittivät joka viiden taimikuoleman. Versosurma ja istutuspaikan märkyys olivat yleisimpiä näihin ryhmiin kuuluvia tuhonaiheuttajia. Versosurma oli yleisimmillään kolmena ensimmäisenä kasvukautena. Myyrät, jänikset ja metsäkanalinnut aiheuttivat taimituhoja yksittäisillä uudistusaloilla.

Elossa olleiden istutustaimien kuntoa olivat voimakkaimmin heikentäneet hyönteisten, lähinnä kärpäkkäiden aiheuttamat vauriot. Istutuksen jälkeen 2.–3. kasvukautena istutustaimien kunto oli heikoimmillaan, mutta sittemmin taimien kunto kohtui oleellisesti. Seitsemän ensimmäisen kasvukauden aikana elossa olleiden taimien kuntoa heikensivät eniten hyönteisten ja pintakasvillisuuden aiheuttamat vauriot.

3.3 Istutustaimien pituus- ja paksuuskasvu

Istutustaimet olivat seitsemännen kasvukauden alkaessa keskipituudeltaan lähes 130 cm (kuva 5). Paakkutaimien pituuskasvu ylitti paljasjuuritaimien pituuskasvun viidentenä ja kuudentena kasvukautena, jolloin istutusvaiheessa ollut pituusero paljasjuuri- ja paakkutaimien välillä pieni lähes olemattomaksi. Viimeisessä mittauksessa paljasjuuritaimien keskipituus, 127 cm (s = 36 cm) ei enää eronnut paakkutaimien keskipituudesta, 126 cm (s = 38 cm) (F = ,44, p = ,513). Uudistusalojen välillä istutustaimien keskipituus vaihteli 100 cm:stä aina 150 cm:iin saakka ja erot näyttivät edelleen kasvavan. Poikkeuksellisen hyvin paakkutaimet olivat kasvaneet auratulla uudistusosalalla. Paljasjuuritaimilla perustettujen taimikoiden valtapituus (200 pisintä tainta/ha), 165 cm (s = 18 cm) ei eronnut paakkutaimilla perustettujen taimikoiden valtapituudesta, 156 cm (s = 23 cm) (F = 1,33, p = ,260).

Istutustaimien keskipituuden kehitystä mallitettiin erikseen paaku- ja paljasjuuritaimille, koska

näillä taimilajeilla oli erilainen pituuskehitysrytmi ensimmäisinä kasvukausina (taulukko 4). Taimikon vuotuista keskipituutta kuvaavan yhtälön kertoimiksi tässä aineistossa saatiin seuraavat:

	n	H ₀	b ₁	Asympt. keskv.	b ₂	Asympt. keskv.	Jäännös keskineliö	Selitysaste
Paakkutaimet	72	12,5	3,31	0,40	1,95	0,07	53,6	0,96
Paljasjuuritaimet	90	16,1	4,71	0,45	1,75	0,06	53,0	0,96

Yksittäisellä uudistusosalalla istutustaimien pituuden keskihajonta oli 30–40 cm. Yksittäisten taimien välinen pituuden vaihtelu oli kuitenkin hyvin suurta, lyhyimmät taimet olivat vielä 20–30 cm ja pisimmät yli 250 cm:n. Seitsemännen kasvukauden alkaessa pituusjakauman alakvartiili oli paljasjuuritaimilla 101 cm ja paakkutaimilla 99 cm ja vastaavat yläkvartiilien arvot 150 ja 151 cm (kuva 5). Lillieforssin testin mukaan istutustaimien pituusjakaumat noudattivat hyvin normaalijakaumaa

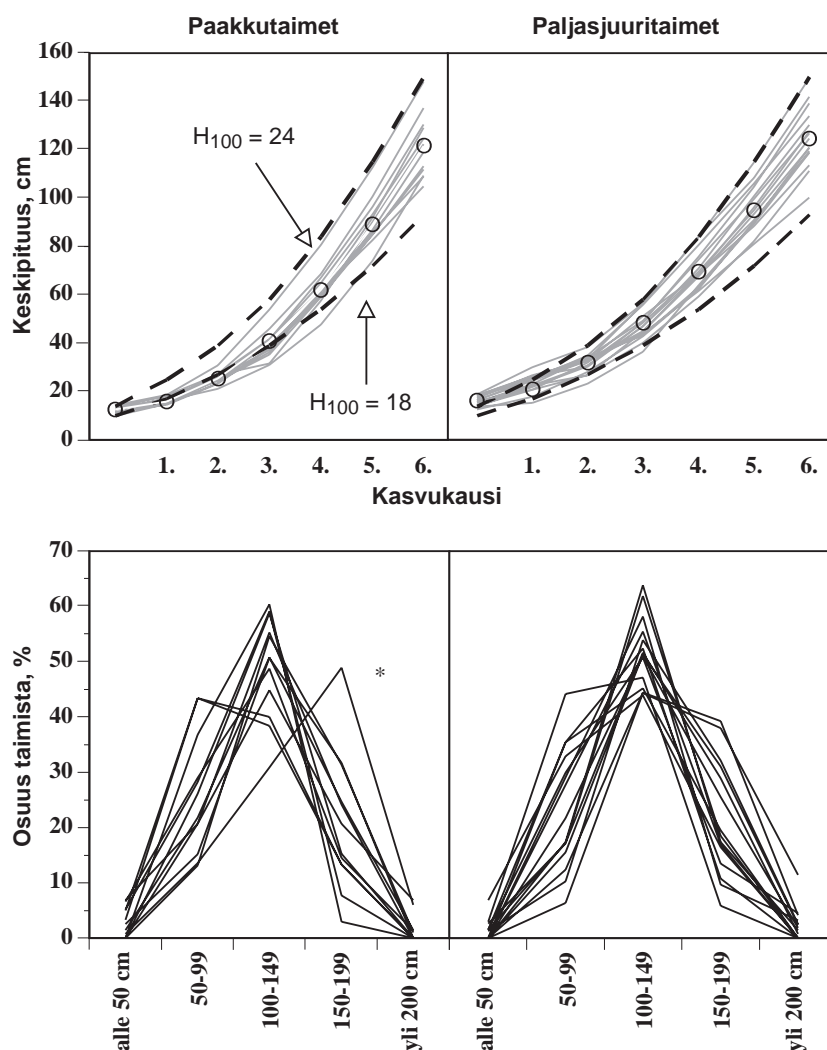
Taulukko 4. Istutuspuuuden vaikutus taimien kuolleisuuteen, pituuteen ja tyviläpimittaan (D_{0,0}) kuudentena vuonna istutuksen jälkeen. Erojen testaus varianssianalyysillä. Pituusluokitus perustuu uudistusaloittain taimien istutuspuuuden jakaumaan.

Istutus- pituus- luokka	Istutusvuonna				Kuudentena vuonna				Kuolleisuus		Taimia	
	Pituus, cm x̄	s	D _{0,0} , mm x̄	s	Pituus, cm x̄	s	D _{0,0} , mm x̄	s	x̄	s	%	
Paakkutaimet (n=60)												
LT* ₁	7,5	0,9	2,7	0,2	117,3	18,1	33,3	6,9	32,4	20,5	13,7	
KP* ₂	10,4	1,1	2,8	0,2	119,0	15,4	33,8	6,3	40,2	18,8	26,9	
KP* ₂	12,8	1,1	3,0	0,2	121,7	21,2	34,4	7,8	37,8	22,0	24,3	
KP* ₂	15,2	1,3	3,1	0,3	124,3	14,5	35,2	6,4	38,7	20,9	22,5	
PT* ₃	18,2	1,4	3,5	0,5	130,5	16,0	36,3	6,0	40,9	24,7	12,6	
F-arvo	151,7		13,25		0,29		0,37		1,08			
p-arvo	<0,001		<0,001		0,880		0,828		0,375			
Paljasjuuritaimet (n=75)												
LT	9,1	1,6	4,7	0,7	107,4	22,1	27,7	6,3	25,8	21,1	12,0	
KP	12,9	1,8	5,3	0,7	117,6	12,3	30,4	3,7	24,9	17,0	28,7	
KP	16,1	2,2	5,8	0,8	126,3	14,9	33,8	5,3	24,9	20,9	25,6	
KP	19,3	2,8	6,4	0,8	129,8	18,2	34,1	6,3	23,3	16,2	21,5	
PT	24,3	3,3	7,7	1,9	146,7	20,3	37,8	6,0	21,3	15,3	12,2	
F-arvo	87,6		17,33		9,98		7,13		0,14			
p-arvo	<0,001		<0,001		<0,001		<0,001		0,965			

*₁ LT = pituusjakauman lyhyimmät taimet, vähintään 10 % taimista

*₂ KP = pituusjakauman keskimäiset taimet tasavälisesti luokitettuna

*₃ PT = pituusjakauman pisimmät taimet, vähintään 10 % taimista



Kuva 5. Yläkuvassa istutustaimien keskimääräinen pituuskehitys uudistusaloittain. Piirroksen lisäksi piirretty Varmolan (1993) esittämät istutusmänniköiden valtapituuden kehitystä kuvaavat käyrät. Alakuvassa istutustaimien pituusjakaumat (huom. 50 cm:n luokissa) kuudentena vuonna istutuksen jälkeen uudistusaloittain. Muista poikkeavan, auratun uudistusalan paakkutaimien pituusjakauma on merkitty kuvaan *:llä.

(testisuureen arvot uudistusaloittain välillä 0,032–0,126, $p > 0,20$, $n = 30\text{--}130$). Pituusjakaumat olivat vain lievästi vinoja (g_1 :n arvot välillä $-0,37\text{--}0,56$) ja huipukkaita/latteita (g_2 :n arvot välillä $-0,51\text{--}0,56$).

Paakkutaimien paksuuskasvu niin kuin pituuskasvukin oli ollut ripeämpää kuin paljasjuurisilla taimilla. Kuudentena kasvukautena paakkutaimet

olivat tyviläpimitaltaan paljasjuuritaimia paksumpia ($F = 1,18$, $p = ,288$), vaikka niiden keskipituus oli vielä hieman paljasjuuritaimien keskipituutta pienempi. Kolmena ensimmäisenä kasvukautena tyven paksuuskasvu jäi alle viiden millimetrin vuodessa mutta viimeisinä vuosina syntyneiden lustojen paksuus ylitti jo 5 millimetrin vahvuuden etenkin paakkutaimilla.

Kultakin uudistusosalta istutusvaiheen pituusjakauman perusteella luokiteltujen lyhyimpien paljasjuuritaimien pituus ja tyviläpimitta olivat kuudentennen kasvukauden jälkeen merkittävästi istutusvaiheessa pisimpien taimien pituutta ja tyviläpimittaa pienempiä (taulukko 4). Paakkutaimien pituuden ja tyviläpimitan kehitys oli paljasjuuritaimia tasaisempaa eikä istutettaessa pisimpien ja lyhyimpien paakkutaimien välinen pituuden tai tyviläpimitan ero ollut kuudentena vuonna enää tilastollisesti merkittävä. Istutuspituuksella ei ollut tilastollisesti merkittävää vaikutusta paaku- tai paljasjuuritaimien kuolleisuuteen. Tukkimiehentäin vaurioittamat taimet olivat keskimäärin viisi senttimetriä muita taimia lyhyempiä.

3.4 Istutustulos

Kasvatuskelpoisiksi arvioitiin ensimmäisenä kasvukautena yli 93 % elossaolleista taimista. Toisena ja kolmantena kasvukautena kasvatuskelpoisten osuus oli alhaisimmillaan (keskimäärin 85 % elossaolleista istutustaimista), tasoittuen myöhemmin hieman yli 90 %:n tasolle. Kasvatuskelpoisten viljelytaimien määrä asettui paakkutaimilla perustetuissa taimikoissa välille 480–2 363 ($\bar{x} = 1\,125$, $s = 496$) ja paljasjuuritaimilla perustetuissa taimikoissa välille 688–1 892 tainta/ha ($\bar{x} = 1\,379$, $s = 356$).

Joka toisessa paakkutaimilla perustetussa taimikossa kasvatuskelpoisten viljelytaimien määrä jäi kuudentena vuonna alle 1 000 taimen/ha kun paljasjuuritaimia oli näin vähän vain kolmessa taimikossa (20 %) (kuva 6). Istutustulos jäi alle 500 taimen yhdellä paakkutaimilla perustetulla uudistusosalalla, mutta toisaalta ainoa edelleen yli 2 000 taimen tiheyteen yltänyt viljely oli paakkutaimilla perustettu. Taimien tilajärjestys osoittautui kuudentena vuonna valtaosassa taimikoista tyhjäksi koealasadanneksen (laskettu 10 m² koealaa käyttäen) ja istutustuloksen mukaan arvioituna satunnaista ryhmittäisemmäksi. Fisherin tilajärjestysindeksillä (koealakoko 50 m²) arvioiden 56 % taimikoista oli puustoltaan satunnaista tasaisempia ($I < 1$). Istutettaessa taimien tilajärjestys oli ollut molemmilla menetelmillä arvioiden hyvin tasainen.

Kuudentena vuonna parhaissa taimikoissa oli yli 90 % istutustaimista edelleen kasvatuskelpoisia,

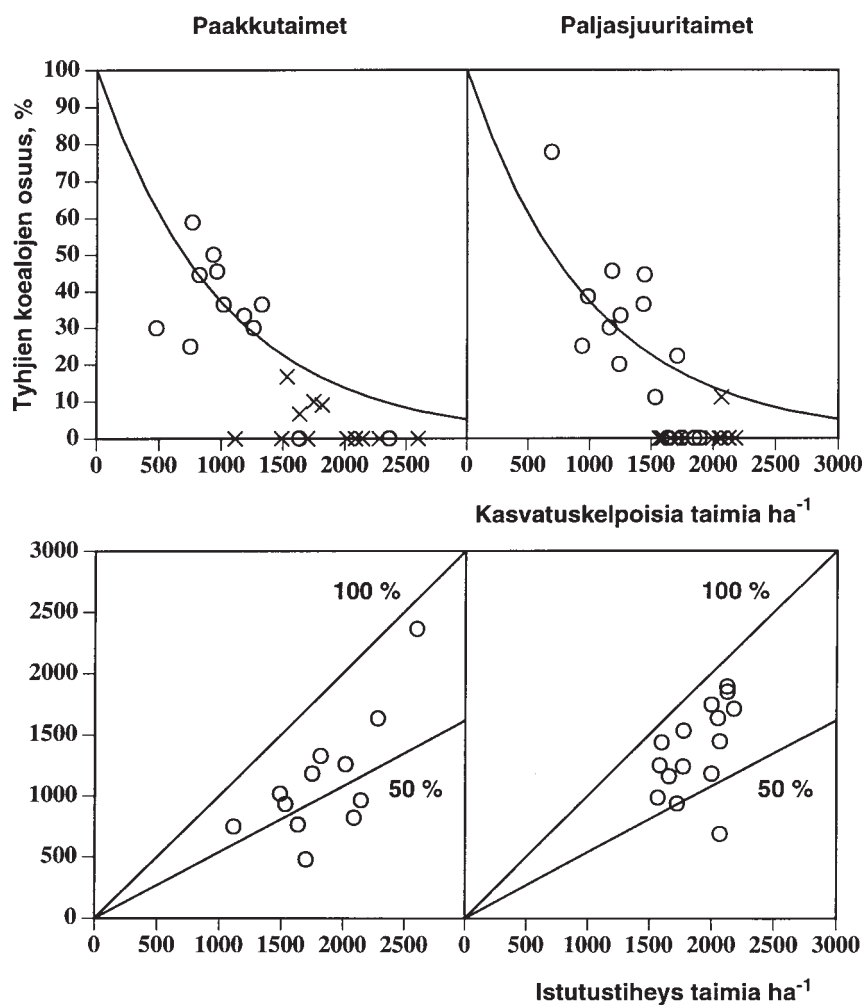
mutta kaikkein heikoimmin onnistuneessa viljelyssä vain runsas neljännes istutustaimista oli enää mukana kasvatettavassa puustossa (kuva 6). Joka viidennellä uudistusosalalla kasvatettavassa puustossa oli alle puolet istutetuista taimista. Näistä uudistusaloista neljä oli paakkutaimilla ja yksi paljasjuuritaimilla perustettu. Yli 75 %:n istutustulokseen päästiin joka toisella paljasjuuritaimilla istutetulla alalla ja vain yhdellä paakkutaimilla istutetulla alalla. Keskimääräiseksi istutuksen onnistumissadannekseksi saatiin paakkutaimilla 61 ($s = 17$) ja paljasjuuritaimilla 73 ($s = 15$).

4 Tulosten tarkastelu

Tutkimuksen aineisto koostuu yhden metsänhoitoyhdistyksen alueelta arvotuista yhden vuoden männyn istutusaloista, joita seurattiin koeala- ja taimikohtaisesti seitsemän kasvukauden ajan istutuksen jälkeen. Suppeasta maantieteellisestä peittävydestään huolimatta aineisto antaa kuvan männyn istutustaimien menestymisestä ja alkukehityksestä. Tutkimuksessa saatuja keskiarvoja ei sinänsä voi yleistää jokaiselle eteläsuomalaiselle männyn istutusosalalle, mutta aineistosta havaitut istutustaimien kehitystrendit ja jakaumatyypit sekä syyseuraussuhteet ovat yleistyskelpoisia myös muille männyn istutusaloille.

Yksityismetsätaloudessa vuonna 1987 voimassa ollut normisto edellytti männyn istutusaloilla 2 000 taimen viljelytiheyttä (Ohje uudistamis- ja ... 1981). Tämän normin täytti lähes joka toinen seurannassa ollut uudistusala. Länsi-Suomessa tehdyssä tutkimuksessa, jonka aineistona oli vuoden 1969 viljelyt, todettiin joka kolmannen uudistusalan olleen normien mukaan istutettu (Kinnunen 1977). Samaa tulokseen päätyivät Metsämuuronen ym. (1978) koko maan kattaneessa paakkutaimien alkukehitystä (viljelyvuosi 1973) kartoittaneessa tutkimuksessa. Pohjois-Karjalassa vuoden 1975 viljelyistä eivät Kinnunen ja Linnimäki (1977) löytäneet lainkaan riittävän tiheitä männynistutuksia; tosin aineisto oli myös pieni (8 uudistusala).

Monissa inventointitutkimuksissa (esim. Räsänen ym. 1985, Saksa 1992) on jouduttu metsityksen perustamistiheytenä käyttämään yksityismet-



Kuva 6. Istutustaimien tilajärjestys taimitiheyden ja tyhjälakealasanneksen (10 m²) avulla kuvattuna. Vinorastit esittävät tilannetta istutusvuonna ja ympyrät kuudentena vuonna istutuksen jälkeen. Kuvaan on lisäksi piirretty Poisson-jakauma vastaavalla koealakoolla (yläkuva). Istutustulos istutustiheyden ja kuusi vuotta myöhemmin olleiden kasvatuskelpoisten istutustaimien avulla kuvattuna. Kuvaan on lisäksi piirretty suorat, jotka osoittavat 100- ja 50-prosenttisen onnistumistason (alakuva).

sätälouden organisaatioiden asettamia istutustiheysnormeja tai metsähallituksen kirjanpitoaineistoon tallennettuja arvoja (Saarenmaa 1990, 1992). Tästä aiheutuu melkoinen epätarkkuus kun istutustaimien menestymistä arvioidaan elossaolosadanneksen muodossa. Esimerkiksi, jos tässä aineistossa istutustiheydenä käytettäisiin 2 000 tainta/ha todellisen istutustiheyden sijasta, päädyttäisiin noin 5 %-yksikön aliarvioon istutustuloksessa.

Istutustyön suorittajalla (metsänhoitoyhdistys tai maanomistaja) tai taimilajilla (paljasjuuri- tai paakkutaimi) ei ollut oleellista vaikutusta viljelytiheyteen. Humuskerroksen paksuus ja muokkauksen tehokkuus eli muokkausjäljen peittävyys olivat vaikuttaneet mitatuilla aloilla ilmeisesti eniten istutustiheyteen. Ohuthumuksiset, helposti muokkaantuvat maastonkohdat ovat helpoimmin viljeltäviä vaikka muokkausjälki olisi puutteellinenkin. Heikkoa

muokkausjälkeä on aiemminkin epäilty syyksi alhaiseen viljelytiheyteen etenkin aurasaloilla (Kinnunen ja Linnimäki 1977, Valtanen 1983).

Tutkimuksessa mukana olleet uudistusalat olivat keskimäärin hyvin muokattuja, sillä maanpinnasta oli keskimäärin puolet muokattu (ks. Valtanen 1983). Vaikka muokkausjälki oli uudistusosalalla keskimääräistäkin parempi, nousi istutustiheys parhaiten muokatuissa uudistusalan kohdissa heikommin muokattuja kohtia suuremmaksi. Parantamalla muokkauksen tehokkuutta, mikä tarkoittaa muokkausjäljen peittävyuden ja tasaisuuden lisäämistä, erityisesti paksuhumuksilla tai muuten vaikeasti muokattavilla uudistusaloilla tai uudistuskuvioiden osilla, saadaan aiempaa runsaammin hyviä viljelykohtia, mikä vähentäisi viljelytiheyden vaihtelua uudistusosalalla. Muokkausjälkeä parantamalla ei kuitenkaan voida nostaa viljelytiheyttä, jos uudistusosalalle alunperin varataan ja toimitetaan uudistamiskuvion pinta-alan arvioinnissa tehdyn aliarvion vuoksi liian vähän taimia.

Viljeltyjen taimien määrä luo lähtökohdan metsänviljelyn tulostasolle, mutta siihen voidaan vaikuttaa oleellisesti jo ennen istutustapahtumaa taimimateriaalin kasvatuksen, kuljetuksen ja varastoinnin aikana (esim. Kauppi 1984). Seurantakoealoja perustettaessa saatiin viitteitä, että osassa tutkimusaineiston paakkutaimista oli taimitarhan varastointivaiheessa päässyt juuristo vaurioitumaan talvella 1986–87 olleiden kovien pakkasten aikana (Kuuksauskatsaus Suomen ilmastoon ... 1987a,b). Tällöin taimien juuristot olivat altistuneet lumipeitteen vähyiden vuoksi liian alhaisille lämpötiloille, josta seurasi taimien juuristojen osittainen tuhoutuminen (Sutinen 1987). Vaurioita ei havaittu ennen taimien toimittamista maastoon vaan ne tulivat esille vastasyksyn mittauksissa. Tällöin juuristovaurioita ei enää voitu erotella omaksi tuhonaiheuttajaksi vaan ne kirjattiin luokkaan muut tuhonaiheuttajat. Juuristovaurioiden aiheuttamia taimituhoja oli havaittavissa vielä toisena ja kolmantenakin kasvukautena. Tällaiset vahingot tulisi havaita taimimateriaalin tarkastuksien ja testauksien avulla jo taimitarhalla ennen taimien maastoon kuljettamista. Muista taimien kuljetuksessa tai istutusta edeltävistä välivarastointi- yms. käsittelyvirheistä ei tutkimuksessa tehty havaintoja (vrt. Rikala 1994).

Istutustaimien juurtuminen istutuspaikalle tapah-

tuu männyllä pääosin muutaman viikon kuluessa viljelystä (Parviainen 1988), mutta niiden mukautuminen kasvupaikalle saattaa kestää 3–4 kasvukautta (Örlander 1986). Männyn istutustaimien kuolleisuus oli suurinta tässäkin tutkimuksessa ensimmäisen ja toisen vuoden aikana (ks. esim. Kinnunen 1977). Kolmannen vuoden jälkeen istutustaimien kuolleisuus väheni oleellisesti ja istutustaimipopulaation voidaan katsoa vakiintuneen. Tutkimuskohdetta pohjoisemmissa olosuhteissa, Kainuussa ja Pohjois-Pohjanmaalla, vastaavaa taimipopulaation elossaolon vakiintumisesta ei ole ollut havaittavissa 15 istutuksen jälkeisen vuoden aikana (Valtanen ja Tasanen 1996). Aineistoon sovitettu epälineaarinen regressiomallikin yliarvioi tältä osin istutustaimien kuolleisuutta tarkastelujakson viimeisinä vuosina. Tässä tutkimuksessa kuudentena vuonna taimista oli elossa keskimäärin 71 %, mikä vastaa männyn keskimääräistä elossaolotasoa Etelä-Suomessa 5–10 vuoden kuluttua istutuksesta (Kinnunen 1989, Elfving 1992, Rikala 1994).

Istutusmateriaalin pisimmät paljasjuurisaiset taimet menestyivät ja kasvoivat pituutta ja paksuutta hieinan paremmin kuin pituusjakauman lyhyimmät taimet. Samansuuntaiseen tulokseen päätyi Rikala (1989) verratessaan kokoluokituksessa hyväksytyjen ja hylättyjen männyn istutustaimien menestymistä. Paakkutaimimateriaalissa vastaavaa alkupituuden positiivista vaikutusta ei voitu havaita. Pitkemminkin tilanne oli päinvastainen, mikä saattoi myös johtua paakkutaimilla todetuista juuristovaurioista. Toisaalta kaikkein suurimpien paakkutaimien juuri/verso -suhde on saattanut pienestä paakkukoosta johtuen olla jo epäedullinen taimen maastomenestymisen kannalta. Tehdyt havainnot tukevat paljasjuuritaimien kokoluokituksen käyttökelpoisuutta taimimateriaalin luokittelussa sekä korostavat uudistusaloilta käytettävän taimimateriaalin valinnan merkitystä istutustulokseen.

Yksilöidyistä kuolleisuuden aiheuttajista olivat paakkutaimilla hyönteiset ja paljasjuuritaimilla pintakasvillisuus, istutusvirheet ja hyönteiset yleisimpiä. Kuolleen taimen tuhoutumissyyn tunnistaminen on aiemminkin osoittautunut vaikeaksi (ks. esim. Annala 1982). Tässä tutkimuksessa lähes joka kolmannen taimen tuhoutumissyystä ei voitu mittaauksissa yksilöidä. Tähän luokkaan luettiin myös ne taimet, joista ei seurantamittauksessa tehty min-

käänlaista havaintoa, vaan ne olivat täysin kadonneet. Näiden tyystin kadonneiden taimien osuus oli noin kolmannes tunnistamattomista tuhoista. Tarkka istutustaimien tuhoaiheuttajien yksilöinti edellyttäisi taimien tarkastusta vähintään kahdesti, keväisin ja syksyisin, kasvukauden aikana.

Hyönteisten aiheuttamasta taimikuolleisuudesta vastasivat lähes yksinomaan tukkikärsäkkäät (lähinnä *Hylobius abietis* L.). Tukkikärsäkkäiden tuhot olivat suurimmillaan 2–3 ensimmäisenä kasvukautena avohakkuun jälkeen, jolloin tukkikärsäkkäpopulaatio on runsaimmillaan uudistusallalla (Annala 1982, Långström 1982). Tukkikärsäkkäiden on tiedetty jo pitkään olevan yksi männyn taimien pahimpia tuholaisia (esim. Nenonen ja Jukola 1960, Annala 1982), mutta tutkimuksessa havaittujen hyönteisten aiheuttamien tuhojen määrä torjunta-aineen käytöstä huolimatta oli yllättävän suuri; yli 10 % paakkutaimista menehtyi tukkikärsäkkäiden aiheuttamiin vaurioihin. Sen lisäksi vaurioita oli runsaasti myös elävissä taimissa, erityisesti paakkutaimissa, joiden kemiallisen suojauksen vaikutus heikkenee oleellisesti toisena ja kolmantena kasvukautena, jolloin paakkutaimi on vielä kooltaan sopiva kärsäkkäiden ravintolähteeksi (Annala 1982). Näiden voitusten tiedetään heikentävän taimen pituuskehitystä ja altistavan taimen siten pahemmin pintakasvillisuuden ja vesakon kilpailulle (Selander ja Kalo 1979). Jos paakkutaimet voitaisiin suojata tukkikärsäkkäiden aiheuttamilta tuhoilta, nousisi paakkutaimien elossaolo yli 10 %-yksiköllä.

Paljasjuuritaimien suurimmiksi yksilöidyiksi kuolleisuuden aiheuttajiksi nousivat pintakasvillisuus ja istutusvirheet, joista valtaosa tapahtui 2.–4. kasvukaudella. Paljasjuuritaimista tuhoutui istutusvirheiden vuoksi keskimäärin 80 tainta/ha kun paakkutaimilla vastaava taimikato oli vain 40 tainta/ha. Ero selittyy sillä, että paakkutaimet ovat paljasjuuritaimia helpompia käsitellä ja istuttaa, mihin taimimateriaalien kehityksessä on pyrittykin (Parviainen 1984). Istutustaimien elossaoloa voitaisiin nyt tehtyjen havaintojen mukaan parantaa 2–3 %-yksikköä huolellisemmalla viljelytyöllä.

Tarkasteltaessa kasvatuskelpoisten istutustaimien määrää suhteessa istutustiheyteen, voidaan istutustuloksen, keskimäärin 67 %, arvioida olevan lähellä käytännössä saatavaa keskiarvoa (Rikala 1994). Erityisen runsaat hyönteistuhot sekä taimi-

materiaalissa olleet vauriot todennäköisesti heikensivät paakkutaimien istutustulosta keskimääräistä enemmän (vrt. esim. Parviainen 1984). Istutustaimikon tiheys vastasi tutkituilla aloilla aiemmin Pohjois-Savossa todettua tasoa (Saksa ym. 1990).

Istutusmänniköiden kehityssarjoihin (Varmola 1993) verrattuna nyt havaittu istutustaimien valtipituuskehitys asettuu pituusboniteettien $H_{100} = 24$ ja $H_{100} = 27$ välille, mikä Vuokilan (1983) mukaan vastaa kuivahkoa – tuoretta kangasta kasvupaikkana. Istutustaimien keskipituuskehitys vastasi hyvin aiemmin metsänviljelyinventoinneista Etelä-Suomessa saatua pituuskehitystä (Räsänen ym. 1986, Saksa ym. 1990). Paljasjuuritaimet menettivät istutusvaiheessa olleen pituuskehitysetunsa paakkutaimiin verrattuna jo ennen rinnankorkeuden saavuttamista. Ilmeisesti paljasjuuritaimien kasvusta kuluu suurempi osa taimen juuriston kehittämiseen kuin paakkutaimilla ensimmäisten istutusta seuraavien vuosien aikana. Jatkossa paaku- ja paljasjuuritaimien pituuskehityksen voisi ennustaa olevan yhtäläinen.

Tutkimuksen käytännöllisenä yhteenvedona voidaan todeta seuraavaa:

1. Männyn istutustaimia kuolee eniten 2–3 istutusta seuraavan vuoden aikana. Taimien vakiinnuttua taimikuolleisuus jää pieneksi.
2. Tukkikärsäkkäiden aiheuttamat tuhot ovat paakkutaimilla hyvin merkittävä taimikuolleisuutta aiheuttava tekijä. Paakkutaimien menestymistä voitaisiin parantaa yli 10 %-yksiköllä, jos tukkikärsäkkäiden tuhot voitaisiin estää.
3. Huolellisemmalla viljelytyöllä ja jälkihoidolla istutustaimien menestymistä voitaisiin edelleen kohentaa 5–10 %-yksikköä.
4. Taimimateriaalin pisimmät paljasjuuritaimet menestyvät paremmin ja kasvavat nopeammin kuin lyhyemmät taimet. Paakkutaimilla vastaavaa istutuspiisuuden vaikutusta ei tutkimuksessa havaittu.
5. Seitsemäntenä kasvukautena paljasjuuri- ja paakkutaimikoiden keskipituus oli yhtäläinen.

Kiitokset

Tutkimus toteutettiin Metsäntutkimuslaitoksen Suonenjoen tutkimusasemalla. Seurantakoealojen

perustamismittauksen tekivät Pentti Halonen ja Vesa Vesterinen. Seurantamittauksista vastasivat mtt Juhani Korhonen, tutkimusmestari Sylvi Ossi, kenttämestari Raimo Talja sekä harjoittelijat Juha Pirska-
nen, Juha Tiili, Eero-Tapani Kärkkäinen ja Marko Liimatainen. Tutkimusmestari Sylvi Ossi tallensi maastossa kerätyn aineiston ja teki mekaaniset maa-
lajiteanalyysit. Tutkimusraportin käsikirjoitusta kommentoivat MMT Heikki Smolander ja MMT Risto Rikala. VTT Juha Lappi avusti mallien mate-
maattisessa esittämisessä. Esitän kaikille työn eri vaiheisiin osallistuneille parhaat kiitokset.

Kirjallisuus

- Annala, E. 1982. Lindaanin käyttö männyn paperikeno-
taimien suojaamiseksi tukkimiehentäin tuhoilta. Fo-
lia Forestalia 512. 14 s.
- Belli, K.L. & Ek, A.R. 1988. Growth and survival model-
ling for planted conifers in Great Lakes Region. For-
est Science 34(2):458–473.
- Elfving, B. 1992. Återväxtens etablering och utveckling
till röjningspunkten. Sveriges Lantbruksuniversitet.
Institutionen för skogsskötsel. Arbetsrapporter 67.
33 s + bilagor. Umeå.
- Heiskanen, J. & Tamminen, P. 1992. Maan fysikaalisten
ominaisuuksien määrittäminen. Metsäntutkimuslaitok-
sen tiedonantoja 424. 32 s.
- Huuri, O. 1972. Istutuksen suoritustavan vaikutus män-
nyn ja kuusen taimien alkukehitykseen. Communica-
tiones Instituti Forestalis Fenniae 75(6). 92 s.
- Kalela, E. 1945. Metsät ja metsien hoito. WSOY. 368 s.
- Karjula, M., Kaila, S., Parviainen, J., Päivänen, J. &
Räsänen, P.K. 1982. Metsänviljelyn vaihtoehtojen
valintaperusteet kivennäismailla. Kirjallisuustarkas-
telu. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 56. 103 s
+ liitteet.
- Kauppi, P. 1984. Stress, strain, and injury: Scots pine
transplants from lifting to acclimation on the planting
site. Tiivistelmä: Metsänviljelytaimien vaurioitumi-
nen noston ja istutuksen välillä. Acta Forestalia Fen-
nica 185. 49s.
- Kauttu, K. 1965. Metsänviljely. Tapion taskukirja. 15.
painos. Kirjayhtymä Helsinki. s. 92–105.
- Kellomäki, S. 1988. Metsänhoito. Joensuun yliopisto.
Metsätieteellinen tiedekunta. Joensuu 1988. Silva
Carelica 8. 403 s.
- Kinnunen, K. 1977. Istutuksen onnistuminen ja taimis-
tojen alkukehitys Länsi-Suomen yksityismetsissä.
Folia Forestalia 318. 25 s.
- 1989. Taimilajin ja maanmuokkauksen vaikutus män-
nyn ja kuusen taimien alkukehitykseen. Folia Fores-
talia 727. 23 s.
- & Linnimäki, J. 1977. Metsänuudistamisen onnistu-
minen ja taimistojen alkukehitys Pohjois-Karjalassa.
Folia Forestalia 329. 32 s.
- & Nerg, J. 1983. Istutustaimikoiden tila 11–12 vuotta
viljelystä Länsi-Suomen yksityismetsissä. Folia Fores-
talia 546. 20 s.
- Kuukausikatsaus Suomen ilmastoon. Joulukuu 1986. Il-
matieteenlaitos 1987. 12 s.
- Kuukausikatsaus Suomen ilmastoon. Tammikuu 1987.
Ilmatieteenlaitos 1987. 12 s.
- Leikola, M., Metsämuuronen, M., Räsänen, P.K. & Tai-
misto, E. 1977. Männyn viljelytaimistojen kehitys
Lounais-Suomessa vv. 1967–1975. Folia Forestalia
312. 27 s.
- Luonnonläheinen metsänhoito. 1994. Metsänhoitosuosi-
tukset. Metsäkeskus Tapion julkaisuja 6. 72 s. ISBN
952-9891-03-2.
- Långström, B. 1982. Abundance and seasonal activity of
adult Hylobius-weevils in reforestation areas during
first years following final felling. Seloste: Tukkimär-
säkaikuisten runsaus ja esiintyminen avohakkuu-
aloilla päätehakkuaun jälkeisinä vuosina. Communi-
cations Instituti Forestalis Fenniae 106. 23 s.
- Metsämuuronen, M., Kaila, S. & Räsänen, P.K. 1978.
Männyn paakkutaimien alkukehitys vuoden 1973 istu-
tuksissa. Folia Forestalia 349. 36 s.
- Nenonen, M. & Jukola, J. 1960. Tukkimiehen täin (Hy-
lobius abietis L.) tuhoista mäntytaimistoissa ja niiden
torjunnasta DDT:n avulla. Silva Fennica 104. 30 s.
- Norusis, M., J. / SPSS Inc. 1994a. SPSS 6.1 Base system
user's guide, part 2. 547 s. ISBN 0-13-200065-2.
- 1994b. SPSS Advanced Statistics 6.1. 606 s. ISBN 0-
13-200065-2.
- Ohje uudistamis- ja metsitysketjuiksi. 1981. Julkaisija
Keskusmetsälautakunta Tapio. Tapio 3/1981: 16–20.
- Parviainen, J. 1984. Männyn taimilajien menestyminen
eri tavoin muokatuilla uudistamisaloilla. Folia Fores-
talia 593. 27 s.
- 1988. Metsänviljely – perusteet ja sovellutukset. Joen-
suun yliopisto. Metsätieteellinen tiedekunta. Joensuu
1988. Silva Carelica 9. 177 s.
- Paterson, J.M. 1993. Handling and planting methods in-
fluence field performance of red pine ten years after
planting. The Forestry Chronicle 69(5): 589–592.
- Payandeh, B. 1983. Some applications of nonlinear re-
gression models in forestry research. The Forestry
Chronicle 59(5): 244–248.

- Puttonen, P. 1986. Characterization of bareroot planting stock quality using physiological attributes with specific reference to carbohydrate and abscisic acid concentration of needles. Helsingin yliopisto. Metsänhoitotieteen laitos. Tiedonantoja 55. 104 s.
- Raulo, J. & Rikala, R. 1974. Tuloksia metsänviljelyalojen tarkastuksista Pohjois-Savon, Etelä-Savon ja Pohjois-Karjalan piirimetsälautakuntien alueella. Metsäntutkimuslaitos, metsänviljelyn koeaseman tiedonantoja 1: 1–8.
- Rikala, R. 1979. Paljasjuuristen taimien kuljetus ja käsittely ennen istutusta. Metsäntutkimuslaitos. Metsänviljelyn koeaseman tiedonantoja 31 12 s.
- 1989. Planting performance of size graded Scots pine seedlings. *Forestry Supplement* 62: 29–37.
- 1994. Miksi taimet kuolevat – tarvitaanko taimitutkimusta? Julkaisussa: Smolander, H. & Rautala, J. (toim.). Taimitarhapäivät Suonenjoen tutkimusasemalla 17.–18.8.1993. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 496: 11–26.
- Räsänen, P.K. 1981. Metsäpuiden taimikasvatus ja metsänviljely: Kehysmalli ja sen käyttö. Helsingin yliopisto. Metsänhoitotieteen laitos. Tiedonantoja 29. 99 s.
- , Pohtila, E., Laitinen, E., Peltonen, A. & Rautiainen, O. 1985. Metsien uudistaminen kuuden eteläisimmän piirimetsälautakunnan alueella. Vuosien 1978–1979 inventointitulokset. *Folia Forestalia* 637. 30 s.
- Saarenmaa, L. 1990. Viljelyketjun valinta asiantuntijajärjestelmän avulla Lapissa. *Folia Forestalia* 762. 49 s.
- 1992. Induktiivinen oppiminen metsänviljelyn tietokannan tulokinnassa. Metsähallituksen metsänhoitotöiden kirjanpitoaineistoon perustuva tutkimus. Helsingin yliopiston metsäekologian laitoksen julkaisuja 3. 173 s. ISBN 951-45-6268-2.
- Saksa, T. 1988. Viljelytiheys ja istutustaimien kunto Suonenjoella kesällä 1987. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 289. 26 s.
- 1992. Männyn istutustaimikoiden kehitys muokatuilla uudistusaloilla. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 418. 48 s.
- , Nerg, J. & Tuovinen, J. 1990. Havupuutaimikoiden tila 3–8 vuoden kuluttua istutuksesta tuoreilla kankeilla Pohjois-Savossa. *Folia Forestalia* 753. 30 s.
- Selander, J. & Kalo, P. 1979. Männyn taimen pihkan monoterpeenien vaikutuksista tuhonkestävyyteen tukkimiehentäitä, *Hylobius abietis* L. (Coleoptera, Curculionidae) vastaan. *Silva Fennica* 13(2): 115–130.
- Shiver, B.D., Borders, B.E., Page, H.H., Jr. & Raper, S.M. 1990. Effect of morphology and planting quality variables on seedling survival in the Georgia Piedmont. *Southern Journal of Applied Forestry* 14: 109–114.
- Sutinen, M-L. 1987. Kennotaimien juurten pakkasvaurioista. Julkaisussa: Metsäpuiden kylmänkestävyys. Tutkimuspäivien 1986 esitelmät. Suonenjoen tutkimusasema. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 249: 67–71.
- Valtanen, J. 1983. Muokkaustavat ja metsänuudistamistulos. Teoksessa: Metsäntutkimuspäivä Suomussalmella ja Sotkamossa 1983. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 119: 63–72.
- Valtanen, J. & Tasanen, T. 1996. Männyn viljelytavan valinta. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 608. 77s + liitteet.
- Varmola, M. 1993. Viljelymänniköiden alkukehitystä kuvaava metsikkömalli. *Folia Forestalia* 813. 43 s.
- Weisberg, S. 1985. Applied linear regression. Second edition. John Wiley & Sons, Inc. 324 s.
- Viro, P. 1952. Kivisyuden määrittämisestä. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 40(3). 23 s.
- Vuokila, Y. 1972. Taimiston käsittely puuntuotannolliselta kannalta. *Folia Forestalia* 141. 36 s.
- 1983. Viljelymetsiköiden harvennusmallit. *Folia Forestalia* 556. 15 s.
- Yli-Vakkuri, P., Räsänen, P.K. & Solin, P. 1969. Metsänviljelyn antamista tuloksista Lounais-Suomen, Itä-Hämeen, Itä-Savon, Keski-Suomen ja Kainuun piirimetsälautakuntien alueella. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitos. Tiedonantoja 2. 92 s.
- Örlander, G. 1986. Effect of planting and scarification on the water relations in planted seedlings of Scots pine. *Studia Forestalia Suecica* 173. 17 s.

52 viitettä

Liite. Uudistalan ja taimimateriaalin yleistietoja, viljelytiheys sekä kasvatuskelpoisten istutustaimien määrä ja vastaavat keskipituudet sekä viljelyn suhteellinen onnistuminen seitsemäntenä kasvukautena.

Uudis- tusala	Pinta- ala, ha	Hakkuu- kausi	Hienolajite (< 0,06mm) osuus, %	Muokkauksen perittävyys, %			Taimilaji	Taimien kuljetus metsään/ istutettaja	Viljelytiheys 1987			Kasvatuskelpoisia istutustaimia 1993			Istutustaimien keskipituus, cm		
				\bar{x}	s	s			\bar{x}	s	s	\bar{x}	s	%	\bar{x}	s	s
1	0,7	85-86	14,1	9,9	60,0	10,0	IMK FS-408	12.5/MHY	2089	426	822	338	42,4	11,7	3,4	109	32
2	4,0	85-86	26,3	12,0	53,3	22,3	2Ax1A, II	13.5/MHY	2050	452	1633	511	79,3	17,9	6,9	127	35
3	3,7	85-86	12,4	8,2	32,9	11,0	IM-VAPO	8.6/MHY	1635	501	765	470	46,1	11,0	3,9	109	27
4	0,6	85-86	20,0	5,0	45,0	14,3	IMK FS-408	12.5/MO	1700	356	480	391	27,3	13,0	3,1	112	31
5	1,1	85-86	18,9	5,9	34,5	10,4	IMK FS-408	12.5/MO	2145	537	964	454	47,2	13,6	3,8	105	37
6	0,5	85-86	9,8	2,9	71,7	17,2	IMK FS-408	12.5/MO	1533	273	933	575	60,4	12,6	3,6	122	48
7	2,0	85-86	22,3	13,3	63,3	14,4	IMK FS-408	12.5/MHY	2283	376	1633	538	70,9	12,6	3,0	137	29
8	0,5	84-85	17,2	6,8	45,6	10,1	2Ax1A,	19.5/MHY	2067	300	689	511	33,4	17,2	4,7	100	32
9	1,3	84-85	9,7	3,9	48,2	17,8	2Ax1A,	19.5/MHY	1600	1031	1436	995	86,9	16,5	3,6	134	34
10	1,5	85-86	15,3	7,0	54,5	16,9	2Ax1A,	12.5/MO	2000	410	1745	401	87,1	18,3	4,2	142	36
11	1,5	85-86	14,3	4,6	54,2	20,2	IMK FS-408	11.5/MHY	1750	491	1183	501	69,8	13,1	3,3	113	40
12	2,8	85-86	17,3	8,9	46,3	10,6	2Ax1A, II	14.5/MHY	2125	477	1850	521	86,4	13,8	4,6	139	33
13	0,5	85-86	21,3	6,5	12,7	4,7	2Ax1A, II	12.5/MO	2000	297	1182	502	59,2	14,6	7,2	120	39
14	3,6	85-86	15,6	4,3	49,2	15,0	2Ax1A, II	12.5/MHY	2123	608	1892	388	91,4	15,5	4,6	130	34
15	2,5	85-86	19,2	5,8	56,0	12,4	2Ax1A, II	19.5/MO	1773	320	1240	455	69,4	15,5	4,2	119	35
16	4,5	85-86	12,7	6,6	61,9	11,1	2Ax1A, II	12.5/MO	1725	379	938	405	55,6	12,6	3,4	119	32
17	2,0	85-86	5,7	5,0	56,0	23,7	IMK FH-508	4.6/MHY	2020	476	1260	378	62,5	9,9	2,4	124	35
18	1,7	84-85	27,0	18,9	42,3	14,8	2Ax1A,	19.5/MHY	1569	423	985	395	64,6	14,1	5,1	111	38
19*	2,4	85-86	12,9	9,4	55,0	10,0	2Ax1A,	28.5/MHY	1583	646	1250	688	75,0	13,8	3,9	121	32
20	1,2	84-85	21,4	6,7	51,1	19,0	2Ax1A,	13.5/MHY	2067	520	1444	477	69,7	18,2	4,5	119	33
21	1,0	85-86	24,3	2,9	45,6	18,1	2Ax1A, II	20.5/MO	2178	406	1711	333	79,6	18,8	6,1	149	43
22	0,9	85-86	18,5	5,5	45,8	18,3	IMK FS-408	11.5/MO	1117	833	750	566	70,0	12,3	3,0	119	33
23	1,6	84-85	15,4	7,4	47,2	19,0	IMK FS-408	11.5/MHY	1818	352	1327	300	73,2	14,2	3,7	130	36
24	1,8	85-86	13,8	3,5	37,0	15,6	2Ax1A,	20.5/MO	1660	712	1160	679	69,8	16,4	4,7	113	29
25	1,5	85-86	4,3	1,7	51,8	14,0	IM-VAPO	25.5/MO	1491	532	1018	477	67,0	11,2	3,3	129	32
26*	1,2	85-86	22,5	4,7	39,1	23,9	IMK FS-408	11.5/MO	2600	607	2364	638	90,3	14,4	3,2	149	40
27	1,0	84-85	17,0	6,8	42,2	10,9	2Ax1A,	20.5/MHY	1778	211	1533	282	86,9	18,4	4,4	126	32

* maanmuokausmenetelmänä auraus