



Timo Saksa



Jukka Nerg

Timo Saksa ja Jukka Nerg

## Kuusen istutus, luontainen uudistaminen ja näiden yhdistelmät kuusen uudistamisessa

**Saksa, T. & Nerg, J.** 2008. Kuusen istutus, luontainen uudistaminen ja näiden yhdistelmät kuusen uudistamisessa. *Metsätieteen aikakauskirja* 4/2008: 255–267.

Tutkimuksessa verrattiin kuusen istutuksen (istutustiheys 2000 tainta ha<sup>-1</sup>), kuusen luontaisen uudistamisen ja näiden yhdistelmien antamaa uudistamistulosta äestään muokatuilla tuoreen kankaan uudistusaloilla yhdeksän kasvukauden kuluttua uudistamistoimenpiteistä. Kaikki tutkimuksen uudistusalat rajoittuvat siemenniskykyiseen kuusivaltaiseen reunametsään. Sekastrategia vaihtoehtoisissa tehtiin muokkauksen jälkeen joko harva kuusen istutus (istutustiheys 1 200 tainta ha<sup>-1</sup>) tai uudistaminen aloitettiin odottamalla luontaista taimettumista ja tarvittaessa, 5–6 vuoden kuluttua muokkauksesta, tehtiin täydennysistutus (kokonaistiheys 1 600 tainta ha<sup>-1</sup>).

Kun uudistamisvaihtoehtoja arvioitiin havupuutaimikon tiheyden, tilajärjestyksen ja keskipituuskehityksen perusteella, osoittautui tavanomaisen istutuksen (2 000 tainta ha<sup>-1</sup>) tulos selvästi parhaimmaksi. Yli 70% näistä taimikoista ylitti hyvän uudistamistuloksen rajan (taimikon keskitiheys vähintään 1 600 kasvatettavaa havupuuta ha<sup>-1</sup>). Luontaisesti syntyneen taimikon täydentäminen tuotti yhtä hyvän uudistamistuloksen, mutta näissä taimikoissa täydennysistutuskustannukset nousivat huonona siemenvuonna tavanomaisen istutuksen (2 000 tainta ha<sup>-1</sup>) suuruiseksi ja taimikon pituuskehitys jäi noin neljä vuotta jälkeen nykyisestä istutustaimikon pituuskehityksestä.

Erinomaisen siemensadon yhteydessä syntyi riittävän tiheä havupuutaimikko yksinomaan luontaisen uudistamisen avulla, mutta taimikon pituuskehitys jäi vähintään kaksi vuotta jälkeen istutustaimikon pituuskehityksestä.

Asiasanat: kuusi, istutus, luontainen uudistaminen, sekastrategia, uudistamistulos  
Yhteystiedot: Saksa: Metsäntutkimuslaitos, Suonenjoen toimipaikka, Juntintie 154, 77600 Suonenjoki; Nerg: Fin Forelia Oy, Hermannin aukio 3 E, PL 1058, 70101 Kuopio  
Sähköposti timo.saksa@metla.fi, jukka.nerg@finforelia.fi  
Hyväksytty 31.10.2008

## I Johdanto

Useat metsänuudistamistutkimukset ovat osoittaneet, että luontaisesti syntyneet taimet vaikuttavat oleellisesti viljelytaimikon kokonaistiheyteen (esim. Leikola ym. 1977, Räsänen ym. 1985, Saksa 1992, Kinnunen 1993). Metsänviljelyn lähtökohtana on yleensä sellainen viljelytiheys, että viljelytaimien määrä takaa, viljelyn onnistuessa, riittävän taimikon tiheyden. Tällöin luontaisesti uudistuslalle syntyvät taimet ovat periaatteessa ‘ylimääräisiä’ taimia. Käytännön metsänviljelyssä istutustaimista kuolee ensimmäisten kasvukausien aikana 15–30 % (esim. Rikala 1994), jolloin luontaisilla taimilla, jos vain mahdollista, korvataan tuhoutuneita viljelytaimia. Ajatus luontaisen uudistamisen ja metsänviljelyn tehokkaammasta yhdistämisestä on maanmuokkauksen kehittymisen myötä noussut mielenkiintoiseksi mahdollisuudeksi. Suunnitelmallisesti toteutettua viljelyn ja luontaisen uudistamisen yhdistämistä kutsutaan sekastrategiaksi tai sekamenetelmäksi (Kotisaari 1982, Kotisaari ym. 1983).

Avohakkuualalla luontainen taimettuminen edellyttää kohtuullisen lähellä sijaitsevaa siementävää reunametsää. Empiiristen kokeiden mukaan siementen määrä laskee matkan kasvaessa nopeasti (esim. Heikinheimo 1932) ja avohakkuualojen tehokas siementyminen yltää havupuilla reunametsästä 30–50 metrin etäisyydelle (mm. Lehto 1956, Kinnunen ja Mäki-Kojola 1980). Reunametsän lisäksi uudistuslalla saattaa olla siemeniä ns. siemenpankissa ja usein siemeniä tulee myös avohakkuualan hakkuutehteissä olevista kävyistä, mutta reunametsästä tulevalla siemennyksellä on kuitenkin ratkaisevin vaikutus luontaiseen taimettumiseen.

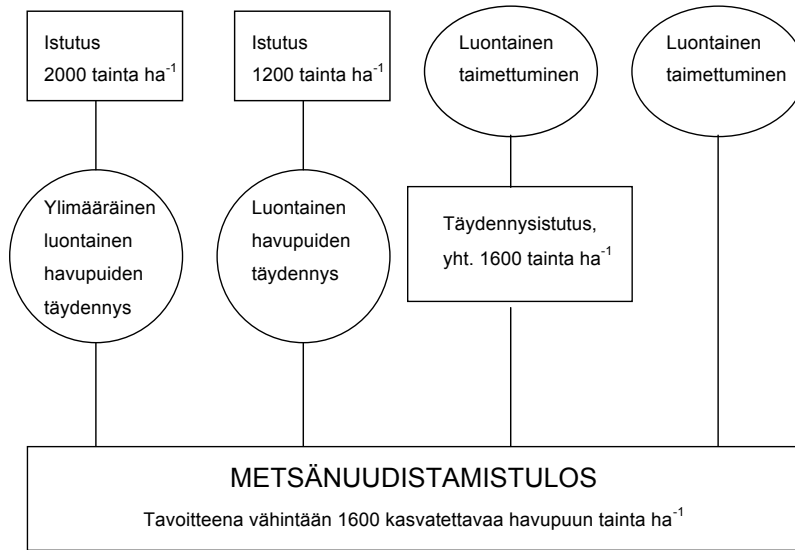
Havupuiden siementuotannon vaihteluiden on tiedetty olevan yksi tärkeimmistä luontaisen uudistamisen onnistumiseen vaikuttavista tekijöistä (Blomqvist 1891). Siemensadon vaihtelua on seurattu mittauksin ja siitä on olemassa maantieteellisesti ja ajallisesti kattavaa tietoa (mm. Sarvas 1968, Koski ja Tallqvist 1978, Hokkanen 2000). Vaikka kuusella on hyviä käpyvuosia Etelä-Suomessa 3–4 kertaa kymmenessä vuodessa, vähentävät erilaiset sientuholaiset oleellisesti kuusen siemenmääriä ja katovuosia tai heikkoja siemensatoja on keskimäärin viisi kertaa kymmenessä vuodessa (Hokkanen

2001). Erinomaisia siemensatoja, jolloin siementen määrä ylittää tuhat siementä neliometrille, sattuu 1–2 kertaa kymmenessä vuodessa.

Teoreettisesti ajatellen metsänviljelyn ja luontaisen uudistamisen yhdistelmällä, sekamenetelmällä, olisi mahdollista saavuttaa parempi uudistamistulos jopa edullisemmilla kustannuksilla kuin käyttämällä yksinomaan metsänviljelyä tai luontaista uudistamista. Metsänviljelyssä viljelytaimien kuolleisuuden vuoksi joudutaan käyttämään optimia korkeampia viljelytiheyksiä, jotta voidaan taata keskimäärin riittävä taimikon tiheys. Kuusen luontaisen uudistamisen kohdalla siemensatojen sekä itämis- ja taimettumisolosuhteiden vaihteluista johtuvat riskit tekevät siitä usein liian epävarman uudistamismenetelmän. Jos kuusen siemensadon ennuste on luotettava ja uudistusala maaperältään siementen itämiselle ja sirkkataimien kehitykselle sovelias, voitaisiin periaatteessa laskea optimaalinen viljelytiheys, jolloin luontaista uudistamista ja metsänviljelyä voitaisiin hyödyntää suunnitelmallista sekastrategiaa toteuttaen.

Suunnitelmallinen luontaisen uudistamisen ja viljelyn sekastrategia voidaan toteuttaa periaatteessa kahdella eri lähestymistavalla. Ensinnäkin voidaan odottaa luontaista taimettumista maanmuokkauksen jälkeen ja täydentää muutaman vuoden kuluttua luontaisesti syntynyt taimikko istuttamalla. Toisena vaihtoehtona on tehdä ensiksi harva istutus ja antaa luontaisten taimettumisen täydentää istutustaimikko.

Vaikka luontaisen uudistamisen ja metsänviljelyn yhtäaikainen hyödyntäminen teoriassa onkin helppoa, niin käytännön metsänuudistamisessa ei riskienhallintaan ole yleensä riittäviä edellytyksiä. Yleensä metsänuudistamisessa ei odotella esim. hyvän siemensadon tuloa, vaan uudistushakkuiden tahti määräytyy muiden seikkojen pohjalta. Toisaalta meiltä puuttuu kokemus ja tieto tällaisten metsänviljelyn ja luontaisen uudistamisen sekamenetelmien käytöstä. Tällä tutkimuksella pyritään osaltaan valottamaan millaisiin uudistamistuloksiin ja millaisiin taimikoihin päädytään kuusen luontaisen uudistamisen ja istutuksen yhdistelmällä. Tutkimuksessa verrataan kuusen istutuksen, kuusen luontaisen uudistamisen ja näiden yhdistelmien antamaa uudistamistulosta muokatuilla tuoreen kankaan uudistusaloilla yhdeksän kasvukauden kuluttua uudistamistoimenpiteistä.



Kuva 1. Tutkimuksessa vertailtavat uudistamisvaihtoehdot.

Vertailukriteerinä käytetään kasvatettavien havupuutaimien tiheyttä (hyvien uudistamistulosten osuutta) ja tilajärjestystä sekä syntyneiden taimikoiden keskipituuden kehitystä.

## 2 Aineisto ja menetelmät

### 2.1 Tarkasteltavat uudistamisvaihtoehdot

Tutkimuksessa verrataan kuusen istutuksen ja kuusen luontaisen uudistamisen sekä näiden yhdistelmien antamia uudistamistuloksia (kuva 1). Tavonomaista metsänviljelyä edusti kuusen istutus tavoitetiheyteen  $2000 \text{ tainta ha}^{-1}$ . Yhdistelmävaihtoehdoissa tehtiin muokkauksen jälkeen joko harva kuusen istutus (tavoitetiheys  $1200 \text{ tainta ha}^{-1}$ ) tai uudistaminen aloitettiin odottamalla luontaista taimettumista ja tarvittaessa, 4–5 vuotta kokeen perustamisesta (5–6 vuotta maanmuokkauksesta), tehtiin täydennysistutus.

Tutkimusta varten perustettiin Pohjois-Savoon vuosina 1991 ja 1992, yhteensä 16 uudistuslalle em. uudistamisvaihtoehtoja vertaileva koe. Uudistusalat olivat pääosin normaaleja istuttaen uudis-

tettavia avohakkuualoja, mutta mukana oli myös kaksi luontaiseen uudistamiseen tähtävää kaistalehakkuaalaa (uudistusalat 8 ja 9). Uudistusalojen koko vaihteli 0,7–1,9 hehtaariin (taulukko 1). Vallitseva kasvupaikka oli tuore kangas kaikilla kohteilla. Uudistusalat rajoittuivat vähintään yhdeltä sivultaan siemennyskykyiseen, yleensä kuusivaltaiseen reunametsään. Uudistusaloittain keskimääräinen reunametsäetäisyys (ympyräkoalojen etäisyyksien keskiarvo, ks. kappale 2.2) vaihteli 16–44 m:iin (yleiskeskisarvo 27 m). Avohakkuun jälkeen uudistusaloilla tehtiin raivaus ja maanmuokkaus, joka ajoittui useimmissa kohteissa alkukesään 1990 tai 1991. Muokkausmenetelmänä oli äestys ja äestyksen jälkeen keskimäärin 37 % uudistusalan pinta-alasta oli joko paljastunutta kivennäismaata tai rikkoonnutta humuspintaa. Uudistusaloittain muokatun maanpinnan osuus vaihteli 22–44 %:iin.

Maanmuokkauksen jälkeen kukin uudistusala jaettiin uudistusalan muodosta ja koosta riippuen 20–40 metrin levyisiin, pääasiallista reunametsää vastaan sijaitseviin lohkoihin, joille tutkimuksen neljä käsittelyä satunnaistettiin. Viljelyä edellyttäneet käsittelylohkot istutettiin kuusen paakkutaimilla joko keväällä 1991 (uudistusalat 1–9) tai keväällä 1992 (uudistusalat 10–16). Taimimateriaalina käytettiin

**Taulukko 1.** Uudistusalojen pinta-alat, hakkuu- ja muokkausajankohdat sekä keskimääräinen äestysjäljen peittävyys ja reunametsäetäisyys ( $\bar{x} \pm s$  = keskiarvo  $\pm$  hajonta). Reunametsäetäisyys on laskettu seurantakoealojen etäisyytenä lähimmästä kuusen siementä tuottavasta reunametsästä.

Ala	Pinta-ala ha	Hakkuu vuosi	Muokkaus kk / v	Muokattu ala $\bar{x} \pm s$ , %	Reunametsäetäisyys, m		
					$\bar{x} \pm s$	min	max
1	1,1	1989	5/1990	42 $\pm$ 21	27 $\pm$ 16	5	60
2	1,0	1990	5/1990	34 $\pm$ 18	20 $\pm$ 7	10	35
3	0,9	1990	5/1990	34 $\pm$ 18	20 $\pm$ 11	10	50
4	0,7	1990	5/1990	28 $\pm$ 16	16 $\pm$ 7	5	30
5	1,6	1990	6/1990	44 $\pm$ 19	34 $\pm$ 15	10	65
6	1,8	1990	6/1990	35 $\pm$ 19	24 $\pm$ 13	5	50
7	0,9	1990	6/1990	37 $\pm$ 19	20 $\pm$ 10	5	50
8	1,5	1990	5/1990	39 $\pm$ 20	16 $\pm$ 7	5	30
9	1,5	1990	5/1990	41 $\pm$ 17	17 $\pm$ 7	5	30
10	1,2	1990	6/1990	44 $\pm$ 18	44 $\pm$ 22	15	95
11	1,7	1990	7/1990	32 $\pm$ 15	38 $\pm$ 19	10	80
12	1,1	1990	8/1991	35 $\pm$ 19	27 $\pm$ 14	5	60
13	1,9	1990	7/1991	41 $\pm$ 20	40 $\pm$ 19	10	85
14	1,4	1991	9/1991	40 $\pm$ 20	24 $\pm$ 9	10	40
15	1,2	1990	7/1991	22 $\pm$ 14	27 $\pm$ 14	5	60
16	0,7	1991	7/1991	34 $\pm$ 16	16 $\pm$ 7	5	30

(uudistusaloja 8 ja 9 lukuun ottamatta) 2-vuotisia PS-608 paakuissa Metsäntutkimuslaitoksen Suonenjoen taimitarhalla kasvatettuja taimia (siemen-erä M29-78-82). Istutusmateriaalin keskipituus oli 20 cm vuonna 1991 ja 21 cm vuonna 1992. Uudistusalojen 8 ja 9 taimet olivat UPM-Kymmenen Joroisten taimitarhalla PS-608 paakuissa kasvatettuja 1-vuotiaita keskipituudeltaan 14 cm pitkiä taimia (siemen-erä T3-87-38). Keskimääräiset istustiheydet vaihtelivat 1 645 taimesta aina 2 300 taimen saakka, kun tavoitteena oli 2 000 taimen hehtaari-tyheys (taulukko 2). Vastaavasti tavoiteltaessa 1 200 taimen keskitiheyttä vaihtelivat keskiarvot välillä 788–1 750 tainta hehtaarilla.

Luontaisella uudistamisella aloitetut käsittelylohkot täydennysistutettiin keväällä 1996. Tällöin luontaista taimettumista täydennettiin siten, että kasvatettavien kuusen taimien tiheys nousi 1 600 taimen ha<sup>-1</sup>. Taimimateriaalina käytettiin 2-vuotiaita Suonenjoen taimitarhalla kasvatettuja paakkutaimia, jotka istutettiin kuokalla tehtyyn laikkuun. Viidellä uudistusosalalla ei tarvittu täydennysistutusta hyvän luontaisen taimettumisen ansiosta (erinomainen siemen vuosi 1990) lainkaan. Täydennetyillä kohteilla keskimääräinen täydennystaimien tarve 5–6 vuoden kuluttua muokkauksesta oli 890 tainta ha<sup>-1</sup>.

Kuusen taimikoiden varhaisperkaus tehtiin keuhällä 1996. Varhaisperkauksen tavoitteena oli poistaa taimikon välitöntä kehitystä haittaava, yleensä havupuun taimia selvästi korkeampi lehtipuusto kasvatettavien taimien välittömästä läheisyydestä (noin yhden metrin säteeltä). Keskimäärin varhaisperkauksessa poistettiin 1 600–2 000 lehtipuuta (pihlajaa, koivua, haapaa, pajua ja leppää) hehtaarilta (taulukko 3).

Vaikka uudistusalojen seurannasta ja jälkihoidosta tehtiin perustamisvaiheessa kirjalliset sopimukset, oli kahdella uudistusosalalla (uudistusalat 1 ja 4) tehty maanomistajan toimesta sellaisia taimikonhoitotoimenpiteitä vuoden 1994 jälkeen, jotka olivat vaikuttaneet oleellisesti koejärjestelyyn. Nämä uudistusalat jätettiin pois viimeisestä mittauksesta.

## 2.2 Aineiston mittaus ja analysointi

Istutustaimien menestymisen ja luontaisen taimettumisen dynamiikan seuraamiseksi perustettiin käsittelylohkoille pysyvä koealaverkosto ensimmäisenä kasvukautena. Ympyräkoalat (pinta-alaltaan 50 m<sup>2</sup>) sijoitettiin lohkolle systemaattisesti kahteen rinnakkaiseen riviin kymmenen metrin välein reuna-

**Taulukko 2.** Tavanomaisessa istutuksessa (tavoitetiheys 2000 tainta ha<sup>-1</sup>), harvassa istutuksessa (tavoitetiheys 1200 tainta ha<sup>-1</sup>) sekä täydennysistutetuilla luontaisen uudistamisen aloilla (täydennetty tiheyteen 1600 tainta ha<sup>-1</sup>) toteutuneet istutusaiheet ( $\bar{x} \pm s$ ) uudistusaloittain.

Uudistusala	Istutusaiheet, taimia ha <sup>-1</sup>		Luont.+täyd. $\bar{x} \pm s$
	Istutus 2000 $\bar{x} \pm s$	Istutus 1200 $\bar{x} \pm s$	
1	1950±401	1000±419	”*
2	2000±250	1267±327	0
3	2120±343	1480±303	0
4	1645±296	1350±298	”*
5	2080±434	1543±298	317±289
6	2000±335	1533±224	117±180
7	2200±179	1750±410	0
8	2000±540	1283±470	0
9	2300±346	1578±367	0
10	2080±353	1244±240	1400±268
11	1969±489	1514±321	1325±241
12	1787±366	1220±323	1200±443
13	1820±405	788±186	1233±206
14	2015±238	1450±310	850±300
15	2000±814	1600±533	475±465
16	2225±392	1680±482	1060±401
Keskimäärin	2012±166	1393±253	570±576

\*Uudistusalat poistettiin aineistosta 1995

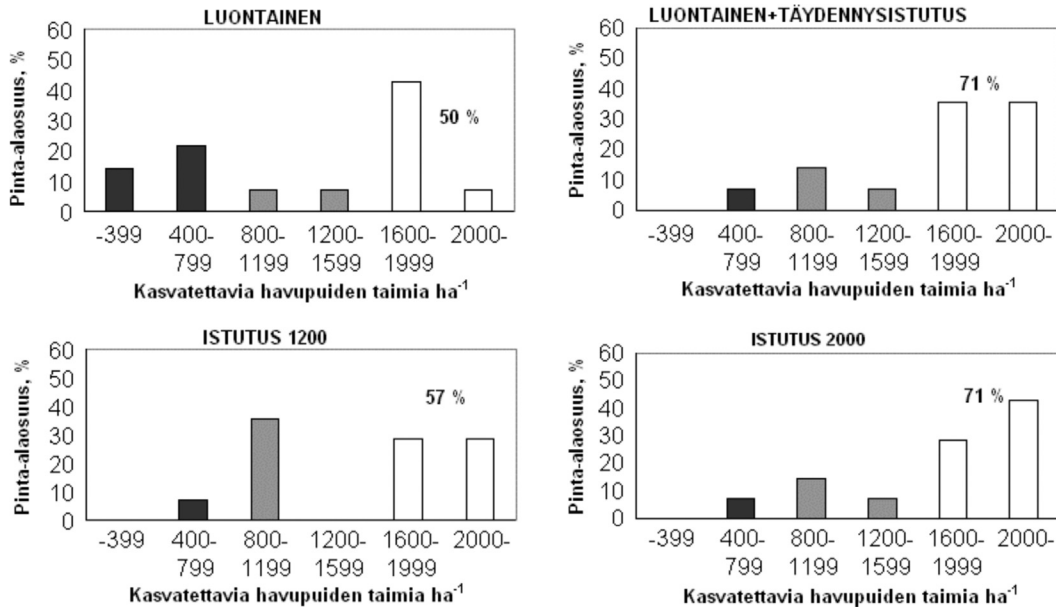
metsästä alkaen. Ympyräkoalojen määrä lohossa vaihteli lohkon koon mukaan 4–20, yhteensä seurantakoealoja perustettiin 698. Ympyräkoaloilta mitattiin taimien (pituus >10 cm) lukumäärä puulajeittain (mänty, kuusi, rauduskoivu, hieskoivu, pihlaja, haapa, muu lehtipuu) ja syntytaivoittain (istutettu, siemensyntyinen, vesasyntyinen) kokeen aloittamisvuonna, 3–4 vuotta kokeen perustamisesta (vuonna 1994) sekä 9 kasvukauden kuluttua kokeen perustamisesta (vuonna 1999 tai 2000). Taimien kasvatuskelpoisuus arvioitiin puulajin, taimien pituuden, kunnan ja tilajärjestyksen avulla silmävaraisesti. Kasvatettaviksi luokiteltujen taimien tuli olla kunnoltaan ja ulkoiselta laadultaan sellaisia, että niiden voitiin olettaa kehittyvän ainespuuksi. Lisäksi istutetuilla lohkoilla luontaisen täydentävien taimien pituus ei saanut poiketa yli 50 % koealalla olleiden viljelytaimien pituudesta. Samoin luontaisen uudistamisen aloilla kasvatettaviksi luokiteltujen taimien pituusvaihtelu pyrittiin rajoittamaan ±50 %:iin ympyräkoaloittain. Kasvatuskelpoisten taimien minimietäisyytenä käytettiin 0,6 metriä (vrt. Räsänen ym. 1985). Enimmillään kasvatuskelpoisia taimia

**Taulukko 3.** Varhaisperkauksessa 5–6 vuoden kuluttua muokkauksesta poistetun lehtipuuston määrä ( $\bar{x} \pm s$ ) uudistamisvaihtoehdoittain eri uudistusaloilla.

Uudistusala	Varhaisperkauksessa poistettu lehtipuusto, kpl ha <sup>-1</sup>			
	Istutus 2000 $\bar{x} \pm s$	Istutus 1200 $\bar{x} \pm s$	Luont.+täyd. $\bar{x} \pm s$	Luont.uud. $\bar{x} \pm s$
1*	”	”	”	”
2	8080±7331	4200±3994	1514±1279	6980±7985
3	1640±1936	1120±1473	1142±877	1400±2304
4*	”	”	”	”
5	920±885	1285±979	883±134	660±890
6	2138±2146	444±467	2267±2117	2138±1533
7	633±1280	800±1186	225±446	1971±275
8	640±1299	6567±4917	8889±7720	4822±3424
9**	”	”	”	”
10	973±1237	1289±1562	2545±4337	1775±4170
11	785±597	614±1033	275±379	262±569
12	360±651	1090±1730	138±359	2047±1817
13	2920±2571	900±1009	1671±1083	1675±1462
14	700±1042	483±623	1700±1409	1150±1023
15	2150±2166	1767±1811	100±282	307±523
16	975±952	0±0	2900±5817	1680±1833
Keskimäärin	1763±2043	1582±1812	1865±2310	2067±1865

\*uudistusalalla tehty koejärjestyksen kuulumaton perkaus v.1995

\*\*mittaustiedot puuttuvat; uudistusala 8:n kaltainen taimikko



**Kuva 2.** Kasvatuskelpoisten havupuiden keskitiheysjakauma tutkituissa uudistamisvaihtoehdoissa. Osa-kuviin on merkitty keskitiheyden 1 600 kasvatettavaa havupuuta ha<sup>-1</sup> ylittävien taimikoiden osuus (valkeat pylväät). Mustat pylväät kuvaavat epäonnistuneiden (keskitiheys alle 800 kasvatettava havupuuta ha<sup>-1</sup>) taimikoiden osuutta.

saattoi koelalla olla 30 kpl, mikä vastasi 6 000 taimen tiheyttä hehtaarilla. Kaikki istutustaimet sekä kasvatuskelpoisiksi määritellyt luontaiset taimet kartoitettiin mittaamalla niiden suunta ja etäisyys koalan keskipisteestä ja näistä taimista mitattiin pituus senttimetrin tarkkuudella.

Tavanomaisen istutuksen ja sekastrategiavaihtoehtojen antamia tuloksia verrattiin luontaisen taimettumisen antamiin tuloksiin. Kaikkien uudistamisvaihtoehtojen tuottamaa tulosta arvioitiin kasvatuskelpoisten havupuun taimien määrän, havupuutaimikon tasaisuuden sekä pituuskehityksen perusteella. Eri käsittelyjen välisiä eroja kasvatettavien havupuiden määrissä, syntyneiden havupuutaimikoiden tasaisuudessa, keskipituuksissa ja keskipituusjakaumien muodoissa analysoitiin varianssianalyysillä.

## 3 Tulokset

### 3.1 Uudistamistulos eri vaihtoehdoissa

Taimikoiden kasvatuskelpoisten havupuun taimien keskitiheysjakaumien perusteella arvioiden sekä kuusen tavanomaisella istutuksella (2 000 tainta ha<sup>-1</sup>) että luontaista taimettumista täydentävällä istutuksella oli saavutettu samantasoinen uudistamistulos (kuva 2). Harvassa istutuksessa (1 200 tainta ha<sup>-1</sup>) ja pelkästään luontaisen taimettumisen varaan jätetyissä taimikoissa keskitiheyden vähintään 1 600 kasvatettavaa havupuuta ylittäviä taimikoita oli runsaat 50 % kun suuremmalla istutustiheydellä ja luontaista taimettumista täydentämällä vastaavan uudistamistulokseen oli ylletty 70 %:ssa uudistusaloista.

Joka kolmannella pelkän luontaisen uudistamisen varaan jätetyllä uudistusaloilla havupuiden uudistamistulos jäi erittäin huonoksi, alle 800 kasvatettavaa havupuuta ha<sup>-1</sup>. Muissa uudistamisvaihtoehdoissa näitä epäonnistuneita kohteita oli alle 10 % uudistusaloista.

**Taulukko 4.** Hyvien uudistamistulosten osuus (taimikon keskitiheys vähintään 1 600 kasvatettavaa havupuuta ha<sup>-1</sup>) sekä kasvatuskelpoisten havupuutaimien määrä ( $\bar{x} \pm s$ ) eri uudistamisvaihtoehdoissa vuositoistoittain. Eri kirjaimilla merkityt kasvatuskelpoisten havupuiden taimien keskiarvot eroavat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi (riski < 0,05, Tukeyn testi).

Uudistamis- vaihtoehto	Hyviä uudistamis- tuloksia, %	Havupuuta		Kasvatuskelpoisia taimia ha <sup>-1</sup>		Luontaisia	
		$\bar{x} \pm s$	%*	$\bar{x} \pm s$	%**	$\bar{x} \pm s$	%***
Perustamisvuosi 1991 (n=7)							
Istutus 2000	100	2168±373a	1	1436±274	71	731±403	34
Istutus 1200	100	2063±331a	2	1009±180	71	1054±381	51
Luont.+täyd.	87	2089±419a	3	40±73	33	2048±473	98
Luontainen uudist.	100	1950±390a	2				
F-arvo		0,39					
p-arvo		0,758					
Perustamisvuosi 1992 (n=7)							
Istutus 2000	43	1381±422a	6	1110±328	56	269±158	19
Istutus 1200	14	1088±275ab	7	808±312	60	280±200	26
Luont.+täyd.	57	1425±537a	27	1001±330	90	424±279	30
Luontainen uudist.	0	608±373b	28				
F-arvo		5,82					
p-arvo		0,004					

\*Männyn osuus, %; \*\*Osuus istutusitiheydestä, %; \*\*\*Luontaisen täydennyksen osuus, %

Vuosien välinen ero uudistamistuloksissa oli merkittävä (taulukko 4). Vuonna 1991 perustetuissa kohteissa keskitiheyden vähintään 1 600 kasvatettavaa havupuuta ylittävien taimikoiden osuus vaihteli uudistamisvaihtoehdoittain 87–100 %. Mutta vuotta myöhemmin perustetuissa kohteissa laadultaan vastaavia taimikoita oli istutuksen sisältäneissä vaihtoehdoissa 14–57 % ja pelkästään luontaisen uudistamisen varaan jätetyillä aloilla jäätiin kaikissa tapauksissa keskimäärin alle 1 600 kasvatettavan havupuun taimen tiheyteen.

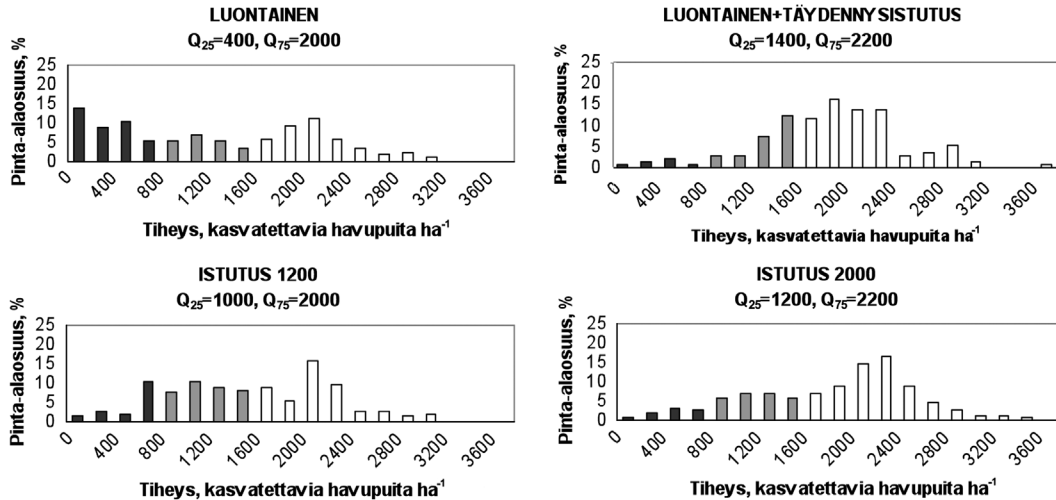
Vuonna 1991 perustetuissa kohteissa kaikilla tutkituilla uudistamisvaihtoehdoilla saatiin keskimäärin yhtä tiheät ja kuusivaltaiset taimikot aikaiseksi. Vuonna 1992 perustetuissa kohteissa kasvatettavien havupuun taimien tiheys jäi niin istutettujen kuin luontaisesti syntyneiden taimien osalta selvästi alhaisemmaksi kuin vuotta aiemmin perustetuissa taimikoissa. Männyn taimien osuus oli erityisen suuri heikosti onnistuneilla luontaisen uudistamisen aloilla.

Viljelytaimien menestyminen oli alusta alkaen vuonna 1992 istutetuilla aloilla vuoden 1991 aloja heikompa. Yhdeksäntenä kasvukautena vuonna 1991 istutetuista taimista yli 70 % oli kasvatuskel-

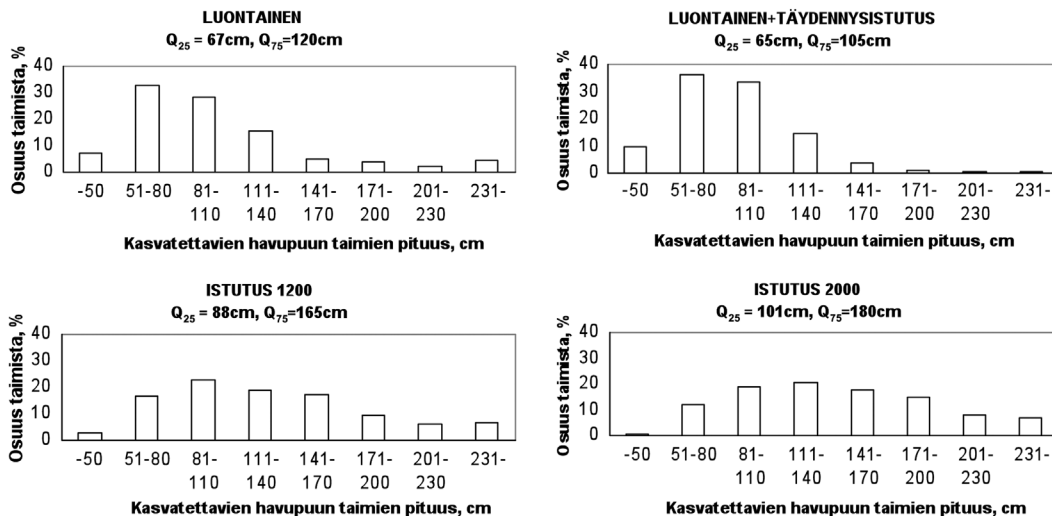
poisia kun vuoden 1992 istutuksissa vastaava osuus oli alle 60 %. Luontaisen kasvatettavien havupuutaimien määrä jäi 1992 perustetuissa kohteissa keskimäärin kolmasosaan verrattuna aiemman vuoden kohteisiin.

### 3.2 Syntyneiden havupuutaimikoiden tasaisuus

Syntyneiden taimikoiden sisäinen tiheysvaihtelu oli hyvin laajaa kaikissa uudistamisvaihtoehdoissa, seurantakoealoittainen vaihteluväli 0:sta yli 3 000 taimeen ha<sup>-1</sup> (kuva 3). Tavanomaisen istutuksen (tavoitetiheys 2 000 tainta ha<sup>-1</sup>) ja täydennysistutetun luontaisen uudistamisen tuloksena syntyneissä taimikoissa lähes 70 %:ssa pinta-alasta havupuutaimien tiheys oli vähintään 1 600 tainta hehtaarilla. Harvaan istutetuilla (1 200 tainta ha<sup>-1</sup>) ja luontaisen uudistamisen aloilla vastaavaan tiheyteen päästiin 40–50 %:n pinta-alalla. Luontaisen uudistamisen aloilla keskimäärin 14 % pinta-alasta oli kokonaan vailla kasvatettavia havupuun taimia ja alle 800 taimen tiheyteen päädyttiin 38 %:n pinta-alalla. Istutuksen sisältäneissä vaihtoehdoissa vastaava tyh-



**Kuva 3.** Taimikoiden sisäinen kasvatuskelpoisten havupuun taimien tiheysjakauma uudistamisvaihtoehdoittain. Valkeat pylväät edustavat tiheyden 1 600 kasvatettavaa havupuuta ha<sup>-1</sup> ylittävien koalojen osuutta ja mustat pylväät puolestaan tiheyden 800 kasvatettava havupuuta ha<sup>-1</sup> alittavien koalojen osuutta.



**Kuva 4.** Kasvatuskelpoisten havupuun taimien pituusjakauma uudistamisvaihtoehdoittain.

jän alan osuus oli 1–2% ja harvan tiheyden (alle 800 tainta ha<sup>-1</sup>) osuus vaihteli täydennysistutuksen 5%:ta harvan istutuksen 16%:iin.

Eri tavoin syntyneiden taimikoiden keskitiheydet ja mediaanit eivät poikenneet toisistaan (taulukko 5). Luontaisen uudistamisen tulos vaihteli kaikkein eniten, mitä suuri hajonta ja variaatiokerroin kuvastavat. Variaatiokertoimen perusteella arvioituna luontaisen uudistamisen tuloksena syntyneissä taimikoissa kas-

vattavien havupuutaimien tiheyden vaihtelu oli suurempaa kuin muissa taimikoissa, mutta ero ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevää.

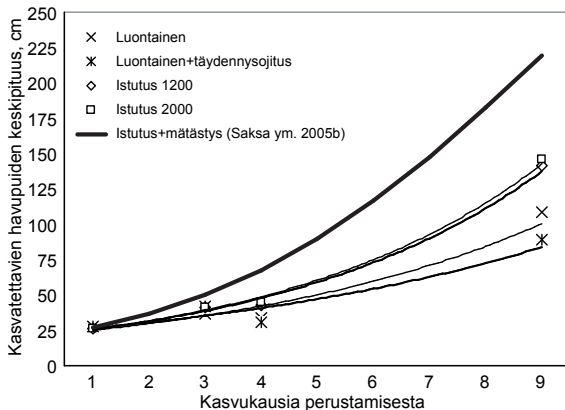
Kasvatettavien havupuun taimien tiheysjakaumat olivat melko symmetrisiä, kuten keskiarvojen ja mediaanien yhtäsuuruus edellyttää. Luontaisen uudistamisen tuloksena syntyneiden taimikoiden tiheysjakauma oli tasaisempi kuin muissa menetelmissä. Tämä johtui muista uudistamisvaihtoehdoista



**Taulukko 5.** Taimikoiden sisäistä kasvatuskelpoisten havupuiden tiheysvaihtelua kuvaavien tunnusten keskiarvot ja hajonnat ( $\bar{x} \pm s$ ) uudistamisvaihtoehdoittain. Keskiarvojen välisten erojen testaus varianssi-analyysillä ( $n=14$  kussakin uudistamisvaihtoehdossa). Eri kirjaimilla merkityt keskiarvot eroavat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi (riski < 0,05, Dunnettin C-testi).

Uudistamisvaihtoehto	Keskiarvo $\bar{x} \pm s$	Mediaani $\bar{x} \pm s$	Variaatiokerroin $\bar{x} \pm s$	Vinous $\bar{x} \pm s$	Huippukkuus $\bar{x} \pm s$
Istutus 2000	1774±559	1792±574	0,25±0,15	-0,34±0,76	0,14±1,72
Istutus 1200	1575±584	1550±577	0,25±0,19	0,14±0,65	-0,11±1,47
Luont.+täyd.	1757±576	1757±544	0,24±0,16	0,10±0,74	0,18±1,66
Luontainen uudist.	1278±787	1271±857	0,57±0,45	0,01±1,49	2,14±3,05
F-arvo	1,84	1,90	2,92*	0,72	3,57
p-arvo	0,150	0,142	0,043	0,547	0,020
	Alakvartiili $\bar{x} \pm s$	Yläkvartiili $\bar{x} \pm s$	Q-poitkeama $\bar{x} \pm s$		
Istutus 2000	1517±614	2064±540	273±94		
Istutus 1200	1350±630	1800±554	225±90		
Luont.+täydennysist.	1510±660	2017±524	253±132		
Luontainen uudist.	1021±868	1575±817	276±205		
F-arvo	1,54	1,83	0,50*		
p-arvo	0,216	0,153	0,687		

\* Jakauma normalisoitu logaritmitmuunnoksella ennen varianssianalyysia.



**Kuva 5.** Taimikoiden keskipituuden kehitys uudistamisvaihtoehdoittain yhdeksänteen kasvukauteen saakka. Kuvaan on lisäksi piirretty kuusen istutustaimien keskipituuden kehitys mätästämällä muokatulla alalla (Saksa ym. 2005b).

lukuimmista tiheyshavainnosta pienillä ja suurilla tiheyksillä. Tiheysjakauman ala- ja yläkvartiilit eivät tilastollisesti eronneet toisistaan, mutta pienimmät kvartiilien arvot löytyivät luontaisen uudistamisen aloilta ja suurimmat istutusvaihtoehdossa

2000 tainta  $ha^{-1}$ . Kaikissa uudistamisvaihtoehdoissa kvartiilipoikkeama oli likimain samansuuruinen, mutta luontaisessa uudistamisessa keskimääräinen 50% tiheyshavainnoista olivat välillä 1000–1600 tainta  $ha^{-1}$ , kun esim. istutettaessa 2000 tainta  $ha^{-1}$  keskimääräinen tiheyshavainnot löytyivät 1500–2000 taimen tiheyksistä.

### 3.3 Taimikoiden keskipituus

Kasvatuskelpoisten havupuutaimien keskipituus oli kokeen alussa istutetuissa taimikoissa (istutus 2000/1200 tainta  $ha^{-1}$ ) yhdeksän kasvukauden jälkeen 140 cm kun se luontaiseen uudistamiseen nojautuvissa vaihtoehdoissa (luontainen ja luontainen + täydennysistutus) oli tilastollisesti merkitsevästi pienempi ( $F=12,53$ ,  $p<0,001$ ), keskimäärin 90–110 cm (kuva 5). Täydennysistutustaimet olivat keskipituudeltaan lyhyimpiä, keskimäärin alle 80 cm pituisia. Pituusjakaumassa istutusvaihtoehtojen pituuskehitysetu näkyi siten, että istutustaimikoiden alakvartiilin arvo oli likimain sama kuin luontaisesti uudistettujen taimikoiden yläkvartiilin arvo. Pituusjakauman muodossa eri uudistamisvaihtoeh-

**Taulukko 6.** Koivujen ja muiden lehtipuiden keskitiheys ( $x \pm s$ ) ja mediaanipituus ( $x \pm s$ ) uudistamisvaihtoehdoittain yhdeksäntenä kasvukautena.

Uudistamisvaihtoehto	Keskitiheys, kpl ha <sup>-1</sup>		Mediaanipituus, cm	
	Koivut	Muut lehtipuut	Koivut	Muut lehtipuut
Istutus 2000	10290±8 120	9 160±5 810	182±106	154±72
Istutus 1200	11 750±9 760	9 590±3 800	154±74	162±61
Luont.+täyd.	12 690±15 280	11 860±6 010	142±78	160±68
Luontainen uudist.	11 800±10 180	11 820±5 150	165±87	165±65
Keskimäärin	11 630±10 890	10 610±5 270	162±90	161±74

tojen välillä ei sen sijaan ollut eroa. Mittauskoealoitain kasvatuskelpoisten havupuiden pituusvaihtelu oli tavanomaisessa istutuksessa (2000 tainta ha<sup>-1</sup>) keskimäärin  $\pm 25\%$  ja muissa uudistamisvaihtoehdoissa  $\pm 35\text{--}39\%$  koealan kasvatettavien taimien keskipituudesta.

Kasvatettavien havupuun taimien iän mediaani oli luontaisen uudistamisen aloilla 9–10 vuotta kun se istutusaloilla oli istutustaimien iän mukaan 11 vuotta. Ennen muokkausta syntyneiden luontaisen kasvatuskelpoisten havupuun taimien osuus oli luontaisen uudistamisen aloilla noin 15 % kun se istutusaloilla jäi reiluun 5 %:iin.

### 3.4 Lehtipuuston määrä

Uudistusaloille syntyneen vesakon määrässä oli kohteiden välillä hyvinkin suuria eroja, mutta uudistamisvaihtoehtojen välillä eroja ei ollut havaittavissa (taulukko 6). Koivuja uudistusaloilla oli keskimäärin yli 10 000 kappaletta ha<sup>-1</sup>, joista yli 90 % oli siemensyntyisiä. Koivujen lisäksi muuta lehtipuustoa oli myös keskimäärin reilut 10 000 runkoa ha<sup>-1</sup>, joista kaksi kolmasosaa oli pihlajia. Lehtipuuston mediaanipituus oli yhdeksäntenä kasvukautena hieman yli 160 cm. Istutustaimet olivat keskimäärin 20 cm, luontaiset kasvatettavat kuuset 60–70 cm ja täydennysistutetut kuuset yli 80 cm lehtipuuston mediaanipituutta lyhyempiä.

## 4 Tulosten tarkastelu

Viljavilla kasvupaikoilla kuusen yleisimmäksi uudistamismenetelmäksi Etelä-Suomessa on viimeisten vuosikymmenten aikana vakiintunut avohakkuu ja metsänviljely istuttaen. Luontaiseen uudistamiseen perustuvaa suojuspuumenetelmää on käytetty vähäisessä määrin aikaisempaan verrattuna, vuosittain muutamia prosentteja uudistushakkuupinta-alasta. Kuusen suojuspuumenetelmällä saadut uudistamistulokset eivät myöskään ole tukeneet menetelmän laajempaa käyttöä (esim. Leinonen ym. 1989).

Kuusen luontaisessa uudistamisessa reunametsäsiemennystä hyödyntäviä kaistalehakkuita on pidetty mahdollisina lähinnä korpijuoteilla (Keskusmetsälautakunta Tapio 1987 ja 1989). Menetelmää on suositeltu myös kivennäismaille, kun uudistaminen, erityisesti maanmuokkaus on ajoitettu kuusen hyvän siemensadon yhteyteen (Luonnonläheinen metsänhoito 1994, Hyvän metsänhoidon suositukset 2001, 2006). Maanmuokkauksen käytön myötä reunametsäsiemennyksestä tapahtuvan luontaisen taimettumisen onnistumismahdollisuudet ovat oleellisesti parantuneet etenkin keski- ja vähäravinteisia kasvupaikkoja uudistettaessa, mutta jossain määrin myös viljavilla kasvupaikoilla.

Kuusen luontaisen uudistamisen edellytyksiä rajoittaa hyvin oleellisesti kuusen siemensadon vuosien välinen vaihtelu (esim. Hokkanen 2001). Tämän tutkimuksen aineisto koostui kahtena peräkkäisenä vuonna perustetuista uudistusaloista. Tutkimuksessa olleilla uudistusaloilla luontaiseen taimettumiseen vaikuttivat vuosien 1990–1994 siemensadot, koska pääosa luontaisesta taimettumisesta tapahtuu 2–3 vuoden kuluessa muokkauksesta (Räsänen ym. 1985, Saksa 1992, Kinnunen 1993). Vuonna 1991

perustetut uudistusalat saivat ennätysellisen siemensadon maanmuokkauksen yhteydessä. Lähes vastaavanlainen, erinomainen kuusen siemensato oli vuosien 1961–1994 aikana ollut vain kerran, eli vuonna 1974 (Hokkanen 2001). Vuotta myöhemmin perustetut uudistusalat saivat muokkauksen yhteydessä keskimääräistä heikomman siemensadon ja vasta vuonna 1993 näille aloille tuli kohtuullisen hyvä kuusen siemensato (Hokkanen 2001).

Muokkausvuosien yhteyteen sattuneiden siemensatojen vaikutus luontaisen, reunametsäsiemennyksen avulla tapahtuvan uudistamisen tulokseen oli hyvin dramaattinen. Erinomaisen siemensadon sattuessa hyvään uudistamistulokseen (keskitiheys vähintään 1 600 kasvatettavaa havupuun tainta ha<sup>-1</sup>) päästiin kaikissa kohteissa, kun keskimääräistä huonomman siemensadon sattuessa jäätettiin kaikissa kohteissa tavoitetason alapuolelle.

Harvalla istutustiheydellä (1 200 tainta ha<sup>-1</sup>) uudistamistulos muodostui luontaisen uudistamisen tuloksen kaltaiseksi. Huonon siemenvuoden yhteydessä luontainen havupuiden täydennys jäi puoleen siitä, mihin erinomaisen siemenvuoden yhteydessä päästiin, ja uudistamistulokset jäivät lähes poikkeuksetta alle tavoitteen. Huonon siemensadon lisäksi ilmeisesti myös siementen itämisolosuhteet ja taimien alkukehitysedellytykset olivat 1992 edellisvuotta heikommat, koska istutustaimienkin menestyminen oli jälkimmäisen vuoden kohteilla 10 %-yksikköä heikompa. Todennäköisesti alkukesän kuivuus heikensi istutustaimen menestymistä ja luontaista taimettumista vuonna 1992. Touko–kesäkuun keskilämpötila oli vuonna 1992 yli 3 °C korkeampi kuin 1991 ja sademäärä jäi alle kolmasosaan edellisen vuoden arvoista. Kevät 1992 oli keskilämpötilaltaan yli 1 °C lämpimämpi ja sademäärä jäi alle puoleen vuosien 1975–2004 keskiarvoista (Metsäntutkimuslaitos, Suomenjoen tutkimusaseman säähavainnot).

Kun nyt saatua luontaisen uudistamisen tulosta yleistettäessä otetaan huomioon kuusen hyvien siemenvuosien harvinaisuus, 2–3 kertaa kymmenessä vuodessa (Hokkanen 2000), laskee hyvien kuusen luontaisen uudistamisen tulosten todennäköisyys 20–30 %:iin ja vastaavasti harvalla istutustiheydellä päästään hyvään uudistamistulokseen 30–40 %:in todennäköisyydellä. Tutkimuksen tuloksia yleistettäessä on kuitenkin muistettava, että tutkimuksen koelalat perustettiin vain kahtena vuonna, joiden kuusen

siemensadot poikkesivat suuresti toisistaan, mikä tuo epävarmuutta edellä tehtyyn yleistykseen.

Tavanomaisessa kuusen istutuksessa (2 000 tainta ha<sup>-1</sup>) hyvän siemenvuoden yhteydessä luontainen taimettuminen korvasi viljelytaimien kuolleisuuden ja kaikki uudistusalat yltivät hyvään uudistamistulokseen. Huonon siemenvuoden yhteydessä hyvään uudistamistulokseen yllettiin noin 40 %:ssa taimikoista. Heikomman luontaisen taimettumisen lisäksi istutustaimien runsas kuolleisuus vuoden 1992 istutuksissa (15 %-yksikköä enemmän kuin vuoden 1991 istutuksissa) heikensi tulosta edelleen ja se jäi keskimääräistä, eteläsuomalaista kuusen istutustulosta heikommaksi (Saksa ym. 2005a). Nykyisin laajasti käytössä olevan mätätystyksen ansioista kuusen istutustaimien menestyminen on osoittautunut olevan selkeästi parempi kuin äestetyillä tai laikutetuilla uudistusaloilla (Luoranen ja Kiljunen 2006, Saksa ym. 2007). Jos kokeessa olisi istutukset tehty mätätäten muokatuille aloille ja luontaisen uudistamiseen alat äestetty, olisivat uudistamisvaihtoehtojen väliset erot todennäköisemmin muodostuneet nyt havaittua suuremmiksi (ks. kuva 5). Luontaisen uudistamisen ja sekastrategian käytön yhteydessä mätätystyksen maanmuokkausmenetelmänä olisi todennäköisimmin johtanut äestystä (tai laikutusta) alhaisempaan uudistamistulokseen mätätystyalan heikomman luontaisen taimettumiseen vuoksi (ks. esim. Saksa ym. 2007).

Täydennysistutetuilla luontaisen uudistamisen aloilla täydennysistutustaimien merkitys jäi vähäiseksi hyvän siemensadon yhteydessä, mutta heikon siemensadon sattuessa täydennysistutustaimien määrä nousi 1 000 taimeen ha<sup>-1</sup>, jolloin 57 % taimikoista ylitti hyvän uudistamistuloksen tason. Viidentenä ja kuudentena kasvukautena istutetut täydennystaimet menestyivät hyvin, keskimäärin 90 % niistä luokiteltiin kasvatettaviksi yhdeksäntenä kasvukautena. Istutustaimikon täydennyksestä tehdyt tutkimukset ovat antaneet melko negatiivisen kuvan täydennysistutuksen mahdollisuuksista (esim. Gemmel 1988) mutta kuusen täydennysistutustaimet ovat menestyneet yleensä parhaiten (Saarenmaa ja Leppälä 1995). Luontaisesti syntyneessä kuusen taimikossa täydennysistutuksella on saatu sitä parempia tuloksia mitä nuorempana taimikko on täydennetty ja mitä aukkoisempi se on ollut (Braathe 1992). Braathen (1992) mukaan pituudeltaan puolimetrisen taimi-

kon täydennys antoi paljon paremman tuloksen kuin metrin mittaan ehtineen luontaisen kuusikon täydentäminen. Tässä tutkimuksessa luontaisten kuusien pituus oli täydennysvaiheessa keskimäärin 30 cm ja täydennysistutusta oli seurannut taimikon varhaisperkaus, mikä selittää täydennystaimien hyvää menestymistä. Nyt saatu tulos tukee em. Braathen (1992) tekemiä havaintoja.

Syntyneen havupuutaimikon tiheyden ja tasaisuuden perusteella arvioituna varmimmin hyvä uudistamistulos saavutettiin tavanomaisessa istutuksessa ja täydennysistutuksessa (tavoitteen täyttävää taimikkoa 70 % pinta-alasta). Hyvän siemenvuoden yhteydessä taimikon keskimääräinen täydennystarve jäi muutama sataan taimeen  $ha^{-1}$ , mutta heikomman siemenvuoden yhteydessä täydennysistutettujen taimien määrä nousi 50 %:iin tavanomaisesta istutustiheydestä (2 000 tainta  $ha^{-1}$ ). Näin suuren taimimäärän täydennysistutuskustannukset (kourukuokalla täydennyslaikkuja tehden) saattavat jopa ylittää pottiputkella tuoreeseen muokkausjälkeen tehtävän istutuksen (2 000 tainta  $ha^{-1}$ ) kustannukset (Metsäalan... 2005). Samoin täydennysistutuksessa käytetään yleensä kookkaita taimia, jotka ovat hinnaltaan 1,5–2-kertaisia pienempään taimimateriaalin verrattuna, jolloin 1 000 tainta  $ha^{-1}$  täydennysistutuksen kokonaiskustannukset ovat samaa suurusluokkaa tavanomaisen istutuksen (2 000 tainta  $ha^{-1}$ ) kanssa.

Kun uudistamisvaihtoehtojen varmuutta arvioidaan uudistamistuloksen, syntyneiden havupuutaimikoiden tilajärjestyksen ja keskipituuskehityksen kannalta, osoittautui tavanomaisen istutuksen (2 000 tainta  $ha^{-1}$ ) tulos selvästi parhaimmaksi. Luontaisen taimettumisen tehokas hyödyntäminen kuusen uudistamisessa sekastrategian avulla osoittautui ongelmalliseksi. Erinomaisen siemensadon yhteydessä syntyi riittävän tiheä havupuutaimikko yksinomaan luontaisen uudistamisen avulla, mutta taimikon pituuskehitys jäi vähintään kaksi vuotta istutustaimikon pituuskehityksestä. Jos istutuksen yhteydessä maanmuokkausmenetelmänä olisi ollut mätästys äestyksen sijaan, olisi istutustaimikon pituuskehitys ollut vieläkin ripeämpää (Saksa ym. 2005b). Heikomman siemensadon yhteydessä ei luontaisella uudistamisella tai harvalla istutuksella ja luontaisella täydentymisellä päästy tyydyttävään tulokseen. Luontaisen uudistamisen täydentäminen 5–6 vuoden kuluttua muokkauksesta antoi se-

kastrategioista varmimman tuloksen, mutta näissä taimikoissa täydennysistutuskustannukset nousivat tavanomaisten istutuskustannusten suuruisiksi huonona siemenvuonna ja taimikon pituuskehitys jäi noin neljä vuotta jälkeen nykyisestä istutustaimikon pituuskehityksestä.

## Kirjallisuus

- Blomqvist, A.G. 1891. Suomen puulajit metsänhoidolliselta kannalta. II Kuusi. Helsinki. 165 s.
- Braathe, P. 1992. Investigations concerning the development of regeneration of Norway spruce which is irregularly spaced and of varying density. 3. Supplementary planting. Undersøkelser over utviklingen av glissen gjenvekst av gran. Meddelelser fra Skogforsk 45(4). 64 s.
- Gammel, P. 1988. Development of beeted seedlings in the *Picea abies* (L.) Karst. stands. Scandinavian Journal of Forest Research 1988(3): 175–183.
- Heikinheimo, O. 1932. Metsäpuiden siementämiskyvystä I. Referat: Über die Besamungsfähigkeit der Waldbäume. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 17(3): 1–61.
- Hokkanen, T. 2000. Seed crops and seed crop forecasts for a number of tree species. Julkaisussa: Mälikönen, E., Babich, N.A., Krutov, V.I. & Markova, I.A. (toim.). Forest regeneration in the northern parts of Europe. Proceedings of the Finnish-Russian forest regeneration seminar in Vuokatti, Finland, Sept. 28th–Oct.2nd, 1998. Finnish Forest Research Institute, Research Papers 790: 87–97.
- 2001. Siemenet ja siemensato. Julkaisussa: Valkonen, S., Ruuska, J., Kolström, T., Kubin, E. & Saarinen, M. (toim.). Onnistunut metsänuudistaminen. Metsätutkimuslaitos. Kustannusosakeyhtiö Metsälehti. s. 69–79.
- Hyvän metsänhoidon suositukset. 2001. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. Julkaisu 13/2001. 95 s.
- Hyvän metsänhoidon suositukset. 2006. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. Julkaisu 22/2006. 100 s.
- Keskusmetsälautakunta Tapio. 1987. Yksityismetsien käsittelyohjeet Tapio 1/1987. Helsinki. 24 s.
- Keskusmetsälautakunta Tapio. 1989. Metsänhoitosuositukset. Hyväksytty johtokunnan kokouksessa 26.9.1989. Helsinki. 55 s.

- Kinnunen, K. 1993. Männyn kylvä ja luontainen uudistaminen Länsi-Suomessa. Abstract: Direct sowing and natural regeneration of Scots pine in western Finland. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 447. 36 s.
- & Mäki-Kojola, S. 1980. Männyn luontaisesta uudistamisesta Pohjois-Satakunnassa. Summary: Natural regeneration of Scots pine in western Finland. *Folia Forestalia* 449. 18 s.
- Koski, V. & Tallqvist, R. 1978. Tuloksia monivuotisista kukinnan ja siemensadon määrän mittauksista metsäpuilla. Summary: Results of long-time measurements of the quantity of flowering and seed crop of forest trees. *Folia Forestalia* 364. 60 s.
- Kotisaari, A. 1982. Metsän luontaisen uudistamisen tutkiminen. Esitutkimusraportti. Helsingin yliopisto. Metsänhoitotieteen laitos. Tiedonantoja 38. 132 s.
- , Leikola, M. & Smolander, H. 1983. Metsänuudistamismenetelmät – vastakkainasettelusta yhdistämiseen. *Metsä ja Puu* 6–7: 11–13.
- Lehto, J. 1956. Tutkimuksia männyn luontaisesta uudistumisesta Etelä-Suomen kangasmailla. Summary: Studies on the natural reproduction of Scots pine on the upland soils of southern Finland. *Acta Forestalia Fennica* 66. 106 s.
- Leikola, M., Metsämuuronen, M., Räsänen, P.K. & Taimisto, E. 1977. Männyn viljelytaimistojen kehitys Lounais-Suomessa vv. 1967–1975. Summary: The development of Scots pine plantations in south-western Finland in 1967–1975. *Folia Forestalia* 312. 27 s.
- Leinonen, K., Leikola, M., Peltonen, A. & Räsänen P.K. 1989. Kuusen luontainen uudistaminen Pirkka-Hämeen metsälautakunnassa. Summary: Natural regeneration of Norway spruce in Pirkka-Häme Forestry Board District, southern Finland. *Acta Forestalia Fennica* 209. 53 s.
- Luonnonläheinen metsänhoito. Metsänhoitosuosituksset. 1994. Metsäkeskus Tapion julkaisu 6/1994. 72 s.
- Luoranen, J. & Kiljunen, N. 2006. Kuusen paakkutaimien viljelyopas. Metsäntutkimuslaitos. 108 s.
- Metsäalan palkkaus. Koulutusaineisto. XIV painos. 2005. Metsäpalkkauksen kehittäminen. Projektiryhmä 19.1.2005. 48 s.
- Räsänen P.K., Pohtila, E., Laitinen, E., Peltonen, A. & Rautiainen, O. 1985. Metsien uudistaminen kuuden eteläisimmän piirimetsälautakunnan alueella. Vuosien 1978–1979 inventointitulokset. Summary: Forest regeneration in the six southernmost forestry board districts of Finland. Results from the inventories in 1978–1979. *Folia Forestalia* 637. 30 s.
- Rikala, R. 1994. Miksi taimet kuolevat – tarvitaanko taimitutkimusta? Julkaisussa: Smolander, H. & Rautala, J. (toim.). Taimitarhapäivät Suomenjoen tutkimusalueella 17.–18.8.1993. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 496: 11–26.
- Saarenmaa, L. & Leppälä, T. 1995. Fill-in seedlings in constituting the stocking of Scots pine stands in northern Finland. *Silva Fennica* 29(2): 141–150.
- Saksa, T. 1992. Männyn istutustaimikoiden kehitys muokatuilla uudistusaloilla. Abstract: Development of Scots pine plantations in prepared reforestation areas. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 418. 48 s.
- & Kankaanhuhta, V. 2007. Metsänuudistamisen laatu ja keskeisimmät kehittämiskohteet Etelä-Suomessa. Metsäntutkimuslaitos, Suomenjoen yksikkö. 90 s.
- , Kankaanhuhta, V., Kalland, F. & Smolander, H. 2005a. Uudistamistuloksen laatu Etelä-Suomen yksityismetsissä ja keskeisimmät kehittämiskohteet. *Metsätieteen aikakauskirja* 1/2005: 67–73.
- , Heiskanen, J., Miina, J., Tuomola, J. & Kolström, T. 2005b. Multilevel modelling of height growth in young Norway spruce plantations in southern Finland. *Silva Fennica* 39(1): 143–153.
- Sarvas, R. 1968. Investigations on the flowering and seed crop of *Picea abies*. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 67(5): 1–84.

## 29 viitettä