



Etelä-Suomen metsien uudistaminen

Tutkimusohjelman loppuraportti

Jaana Luoranen (toim.)

Suonenjoen tutkimusasema

15.03.03

Etelä-Suomen metsien uudistaminen

Tutkimusohjelman loppuraportti

Jaana Luoranen (toim.)

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 888

Metsäntutkimuslaitos – Suonenjoen tutkimusasema



Luoranen, Jaana (toim.). 2003. Etelä-Suomen metsien uudistaminen.
Tutkimusohjelman loppuraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 888.
89 sivua. ISBN 951-40-1875-3

Julkaisija: Metsäntutkimuslaitos, Suonenjoen tutkimusasema

Hyväksytty painettavaksi: Kari Mielikäinen 17.2.2003

Tilaukset: Metla, Vantaan tutkimuskeskus, kirjasto, PL 18, 01301 Vantaa
puh. 010 2111 , fax 010 211 2101

Kansikuva: Erkki Oksanen

Vammalan Kirjapaino Oy, Vammala 2003

Sisältö

ETELÄ-SUOMEN METSIEN UUDISTAMINEN -TUTKIMUSOHJELMA

Jaana Luoranen

Johdanto	5
Metsänuudistamisessa tapahtuneet muutokset	5
Metsänuudistamistutkimus 1990-luvun alun Suomessa	5
Tutkimusohjelman tavoitteet.....	6
Menetelmät ja aineistot	8
Tutkimusohjelman tulokset suhteessa asetettuihin tavoitteisiin	10
Tutkimustiedon synteesi	10
Metsänuudistamisen käytännön ongelmien ratkaiseminen	10
Metsänuudistamistuloksen seuranta ja taimikoiden nykytila.....	11
Uudet lähestymistavat ja tutkimusmenetelmät.....	14
Tulevaisuuden tutkimustarpeet	18
Vaihtoehtolaskelmat	18
Käyttätymis- ja organisaatiotieteet apuun?	19
Perinteinen metsänhoidollinen tutkimus	19
Kirjallisuus.....	21

TUTKIMUSOHJELMAN HANKKEIDEN KESKEISET TULOKSET

Metsänuudistamisen ekologisiin prosesseihin perustuvat mallit uudistamistavan valintaperusteina <i>Sauli Valkonen</i>	25
Luontaisen taimettumisen ekologiset perusteet ja menetelmät <i>Markku Saarinen</i>	31
Lahottajasienten merkitys kuusikon uudistamisessa <i>Tuula Piri ja Kari Korhonen</i>	37
Jalostetun viljelyaineiston vaikutus metsänuudistamisen tulokseen <i>Pirkko Velling</i>	43
Kylvön ja maanmuokkauksen kehittäminen <i>Kaarlo Kinnunen</i>	47
Metsänuudistamisen vaikutus maisemaan <i>Irja Löfström ja Susan Tönnés</i>	53
Metsänomistajan uudistamistavoitteet ja uudistamistavan valinta <i>Heimo Karppinen</i>	60
Metsänuudistamisen seurantamenetelmä ja uudistamistuloksen mittaaminen <i>Timo Saks</i>	66
Paakkutaimien kesäistutus <i>Heikki Smolander ja Jaana Luoranen</i>	74

Liitteet

Liite 1. Etelä-Suomen metsien uudistaminen -tutkimusohjelman hankkeiden tutkimusaiheet ja tutkijat	81
Liite 2. Etelä-Suomen metsien uudistaminen -tutkimusohjelman henkilöstö- ja taloudelliset resurssit vuosina 1998–2002.....	84
Liite 3. Etelä-Suomen metsien uudistaminen -tutkimusohjelman tuotokset vuosina 1998–2002	86
Liite 4. Tutkimusohjelman tieteelliset referoidut julkaisut	88

Vuosina 1998–2002 Metsäntutkimuslaitoksessa on metsänuudistamistutkimus keskittynyt pääosin Etelä-Suomen metsien uudistaminen -tutkimusohjelmaan. Tutkimusohjelmassa oli mukana yhdeksässä hankkeessa tutkijoita lähes kaikista tutkimuslaitoksen yksiköistä Etelä-Suomessa. Tutkimusohjelmalle nimettyyn tukiryhmään kuuluivat professori Jarmo Eronen Helsingin kauppakorkeakoulusta, ylitarkastaja Erkki Hallman Metsähallituksesta, metsänhoitopäällikkö (nyk. eläk.) Fred Kalland UPM-Kymmene Metsästä, metsäkeskuksen johtaja Antti Koskimäki Metsäkeskus Häme-Uusimaasta ja professori Pasi Puttonen Helsingin yliopistosta.

Tutkimusohjelmassa on ollut mukana laaja kirjo erilaisia metsänuudistamiseen liittyviä ongelmakokonaisuuksia. Useimmissa hankkeissa tutkimukset toteutettiin yhteistyössä käytännön metsäorganisaatioiden kanssa. Tähän loppuraporttiin on pyritty kokoamaan käytännön metsänuudistamistoimintaa eniten palvelevat tutkimustulokset. Raportin alkuosan tavoitteena on antaa kokonaiskuva ohjelmasta ja sen saavutuksista. Jälkimmäiseen osaan on kukin

vastuututkija yksin tai yhdessä hankkeen tutkijan kanssa koonnut tärkeimmät käytännön metsänuudistamista koskevat tulokset hankkeestaan. Hankeosuuksien lopussa on vielä pyritty tiivistämään tärkeimmät käytäntöä palvelevat tulokset johtopäätösluetteloiksi.

Tutkimusohjelman suunnittelusta kuuluvat kiitokset ohjelman ensimmäiselle koordinaattorille MMT Sauli Valkoselle. Tutkimusohjelman etene- miseen ovat vaikuttaneet merkittävästi professori Matti Kärkkäinen ja MMT Taneli Kolström, jotka toimivat koordinaattoreina vuosina 1999–2001. Allekirjoittaneen tehtäväksi ohjelman viimeisen toimintavuoden koordinaattorina jäi käsillä olevan loppuraportin toimittaminen yhteistyössä hankkeiden tutkijoiden kanssa. Kiitokset kaikille yhteistyöstä. Tutkimusjohtaja Kari Mielikäinen esitti lukuisia parannusehdotuksia tekstiin, mistä kiitokset hänelle.

Suonenjoella Taiston päivänä 2002

Jaana Luoranen
tutkimusohjelman koordinaattori

Etelä-Suomen metsien uudistaminen -tutkimusohjelma

Jaana Luoranen

Johdanto

Metsänuudistamisessa tapahtuneet muutokset

Metsälainsäädännössä on tapahtunut viimeisten reilun kymmenen vuoden aikana lukuisia metsänuudistamiseen ja metsien käsittelyyn liittyviä muutoksia. Vuoden 1991 maaliskuussa poistui käytöstä yksityismetsälain (Yksityismetsälaki 412/1967) mukainen metsäkeskuksen (metsälautakunnan) asettama riittävä vakuus (Laki yksityismetsälain muuttamisesta 266/1991), jonka avulla turvattiin uuden metsän perustamisesta aiheutuvat kustannukset. Vuonna 1997 voimaan tulleessa uudessa metsälaissa (1093/1996) määrätään, että taimikon perustamista koskeviin toimenpiteisiin on ryhdyttävä viiden vuoden kuluessa uudistushakkuun aloittamisesta. Edelleen uudessa metsälaissa todetaan, että metsänuudistamisen yhteydessä on otettava huomioon myös sekä metsien biologisen monimuotoisuuden säilyttäminen että niiden hoidon ja käytön sosiaaliset vaikutukset. Metsien sertifiointikriteerit määräävät lisäksi, että uudistusaloille on jätettävä joko eläviä tai kuolleita säästöpuita.

Lainsäädännöllisten muutosten lisäksi metsätaloudessa on tapahtunut muitakin muutoksia. Vuoden 2001 alussa Suomessa oli 447 100 yli 1 hehtaarin metsälöä. Määrä on lisääntynyt vuodesta 1990 noin 14 000 metsälöllä. Etenkin pienten alle 20 ha metsälöjen määrä on kasvanut vuosien 1988–1990 ja 2001 välillä 134 000 metsälöstä 163 000 metsälöön (Aarne 1992, Metsätilastollinen ... 2001). Samanaikaisesti metsänomistajakunta on muuttunut. Metsänomistajat ikääntyvät ja maatalousyrittäjien osuus metsänomistajista pienenee (Karppinen ym. 2002). Metsänomistusrakenteen muutokset voivat tulevina vuosina merkitä omatoimisten omistajien määrän vähenemistä, jolloin metsänhoitotöitä tekeviä ammattilaisia tarvitaan lisää. Työvoiman saanti voi olla kuitenkin ongelmallista, sillä metsänhoito-

töitä tekevien metsureiden määrä on vähentynyt vuodesta 1990 vuoteen 2000 noin 5 100 henkilöstä 1 700 henkilöön (Metsätilastollinen ... 2001). Työntekijöiden määrän on ennustettu tulevaisuudessa vähenevän edelleen.

Metsätilastojen perusteella metsänuudistamisen menetelmien käytössä on tapahtunut muutoksia. Vuosittaiset uudistushakkuupinta-alat ovat lisääntyneet 10-vuotisjaksolla 1990–2000 (taulukko 1). Kylvö ja luontainen uudistaminen ovat lisänneet suosiotaan. Samanaikaisesti istutus-pinta-ala on pienentynyt, mutta kylvöala hieman kasvanut, vaikka metsänviljelypinta-ala kaikkiaan on pienentynyt. Istutus on kuitenkin edelleen pääasiallinen metsänuudistamisen menetelmä.

Taimituotannossa on siirrytty paljasjuuristen, avomaalla kasvatettujen taimien tuotannosta osin muovihuoneessa kasvatettuihin paakkutaimiin. Suomen taimitarhojen metsänviljelyyn toimittama taimimäärä on laskenut noin 80 miljoonalla taimella (taulukko 1) samalla, kun vuotuinen taimituonti Ruotsista on noussut 5–10 miljoonaan taimeen (Rikala 2001).

Taimitarhakylvöissä käytetyistä männyn siemenistä noin 60 %, kuusen siemenistä 65–70 % ja rauduskoivun siemenistä noin 80 % on siemenviljelyssiementä (Metsätilastollinen 2001). Männyn siemenviljelysten tuotanto riittää taimitarhakylvöihin, mutta metsäkylvöissä joudutaan käyttämään pääosin metsikkösiementä.

Metsänuudistamistutkimus 1990-luvun alun Suomessa

Metsien uudistamiseen liittyvä tutkimus keskittyi 1990-luvun alkupuoliskolla pääosin Pohjois-Suomeen, peltojen metsitykseen, luontaiseen uudistamiseen sekä eri-ikäisten metsien kasvattamiseen. Etelä-Suomen metsänviljelytutkimus oli suhteellisen vähäistä.

Taulukko 1. Metsänuudistamistoimenpiteiden muutokset Suomessa 1990-luvulla.

Lähde: Metsätalastollinen vuosikirja 2001.

Tunnus		1990	1995	2000
Uudistushakkuut, 1000 ha	avohakkuu	101	110	156
	siemen- ja suojuuspuuhakkuu	43	57	51
Metsänviljely, 1000 ha	istutus	97	80	83
	kylvö	24	32	34
Taimituotanto, milj. tainta	yhteensä	232	149	153
	mänty, paljasjuuriset	30	4	1
	mänty, paakku	102	62	55
	kuusi, paljasjuuriset	25	18	12
	kuusi, paakku	47	49	70
	rauduskoivu, paljasjuuriset	5	1	1
	rauduskoivu, paakku	17	10	10
	muut	5	4	4
	Taimitarhakylvöt, kg	mänty		773
siemenviljelyssiementä, %			51	61
kuusi			1259	1046
siemenviljelyssiementä, %			24	70
rauduskoivu			73	44
siemenviljelyssiementä, %			56	78

Pohjois-Suomessa havaittuihin metsänviljelyalojen taimituhoihin pyrittiin löytämään vastauksia kartoittamalla riskialueita maaperätunnuksiin perustuen (mm. Sutinen ym. 1994, Sutinen ym. 1996, Heiskanen ja Mäkitalo 2002). Luontaisen uudistamisen tutkimuksen pääpaino oli myös Pohjois-Suomessa (mm. Niemistö ym. 1993, Valtanen 1995), joskin siemensato- ja karikeseurannat olivat ja ovat edelleen koko maan kattavia. Peltojen metsittäminen oli ajankohtaista 1990-luvun alkupuoliskolla. Laajoissa tutkimushankkeissa selvitettiin aihetta eri näkökulmista (Hytönen ja Polet 1995, Hynönen 2000). Pehmeämpien ja luonnonmukaisempien menetelmien kehittäminen oli tavoitteena, kun mallinnuksen avulla tutkittiin alikasvosten esiintymistä, rakennetta, sopeutumista alikasvosemaan ja kasvureaktioita vapauttamisen jälkeen sekä alikasvoksia säästäviä puunkorjuumenetelmiä (Moilanen ja Saksa 1998).

Metsänviljelyn osalta tutkimus painottui taimituotantomenetelmien kehittämiseen (Heiskanen 1994, Rikala 1994) ja taimien laadun mittamiseen (Jalkanen 1994), joskin myös männyn istutustaimikoiden kehitystä muokatuiilla istutusaloilla selvitettiin inventointitutkimuksin (Saksa 1992). Juuriston lämpötilan vaikutuksia kasvuun lähtöön ja juurtumiseen selvitettiin vesiviljely-

tutkimuksin (Vapaavuori ym. 1992, Ryyppö ym. 1994). Myös männyn kylvön onnistumista erilaisilla maanmuokkauksilla ja kasvupaikoilla selvitettiin (Kinnunen 1993).

Tutkimusohjelman tavoitteet

Vuonna 1998 Metsäntutkimuslaitoksessa käynnistyi viisivuotinen Etelä-Suomen metsien uudistaminen -tutkimusohjelma. Tutkimusohjelman suunnitteluvaiheessa pidetyssä yksipäiväisessä seminaarissa käytännön metsäammattilaiset yhdessä tutkijoiden kanssa nostivat esiin lukuisia maan eteläosaa koskevia metsänuudistamiseen liittyviä ongelmia (taulukko 2).

Tutkimusohjelman tavoitteet olivat:

1. Tehdä tutkimustiedon synteesi yhdistämällä olemassa oleva ja uusi tutkimustieto käytännön päätöksentekoa palvelevaksi metsänuudistamisen käsikirjaksi. Tavoitteena oli liittää siihen myös multimediaosa, jota voisi käyttää interaktiiviseen tiedonhakuun ja vaihtoehtolaskelmien havainnollistamiseen.
2. Ratkaista ajankohtaiset metsänuudistamisen käytännön ongelmat uusien tutkimustulosten ja olemassa olevan tutkimustiedon avulla.

Taulukko 2. Tutkimusohjelman suunnitteluvaiheessa käytännön ja tutkijoiden seminaarissa tunnistamat metsänuudistamisen ongelmat.

Luontainen taimettuminen: ekologiasta käytännön sovelluksiin	Sekataimikoiden kasvattaminen	Metsänomistajien uudistumiskäytännön tyminen	Säästöpuiden vaikutus uudistamiseen ja taimikon kehitykseen	Metsänuudistamisen käsikirja	Uudistamisen taloudellisuus, kun lähtökohdat ja tavoitteet vaihtelevat	Uusien menetelmien kehittäminen ja testausta	1990-luvun metsänhoidon tulosten inventointi ja seuranta-järjestelmän kehittäminen
Ympäristön vaikutus itämiseen, kuolleisuuteen ja taimien varhaiskehitykseen	Taimikoiden varhaiskehityksen kuvaaminen	Miten motivoin metsänomistajan uudistamaan?	Säästöpuiden ja säästöpuuryhmien vaikutus taimettumiseen	Mitä uudistamisesta tiedetään?	Uudistusmenetelmien kokonais-talous	Siementen fysiologisten ominaisuuksien vaikutus kylvö-tulokseen	Kaukokartoituksen hyväksikäyttö uudistamisen päätöksenteossa
Luontaisen taimien syntyminen ja varhaiskehitys	Metsän alkukehitysmalli	Miksi uudistamis-rästejä syntyy?	Säästöpuut		Uudistamisketjun taloudellisuus	Syysistutus vai keväistutus	Epäonnistumisen syyt
Luontaisen uudistamisen ennustettavuus	Miten tehdään ja hoidetaan sekataimikko	Uudistamisen viivästymisen taloudell. vaikutus yks. metsänomistajalle	Miten metsät uudistetaan: miten uudet käsittelyohjeet näkyvät metsissä	Tavoitetaimikon määrittäminen	Metsänjalostuksen tulokset	Millaisia metsiä tulossa uudistettaviksi?	
Sukcession alkuvaiheiden kilpailuolot	Hieskoivun käyttö metsänuudistamisessa		Reunavyöhykkeiden ja säästöpuuston vaikutus uudistamiseen	Miten uudistamis-säkin tilanteessa: kustannukset ja riskit		Uudistamisen organisointi ja seuranta	
Sekastrategiat: Seka-uudistamisen mahdollisuudet	Alikasvosten hyväksikäyttö			Epäonnistumisen riskin minimoiminen eri kustannustasoilla		Miten inventointi taimikon?	
Eri uudistamismenetelmien integrointi							Mikä on metsänuudistamisen tilanne 1990-luvulla?
Luontaisen uudistamisen käyttöalueiden raja- ja kasvupaikkatyyppittäin							

Ryhmien kuulumattomina ongelmina nähtiin myös eväät hyvän uudistamistuloksen ja luonnonhoidon yhteensovittamiseksi, tuleeko metsäkauriskanta puuntuotanto-Suomeen, ilmaston muutokset ja uudistamisen menetelmät.

3. Kehittää metsänuudistamisen seurantaa. Metsänuudistamisen tuloksia ei ole 1990-luvulla seurattu järjestelmällisesti. Tutkimusohjelmassa pyrittiin kehittämään seurantajärjestelmä ja analysoimaan kertyvää tietoa.
4. Etsiä uusia lähestymistapoja ja tutkimusmenetelmiä, jotta metsänuudistamisen tutkijat ja asiantuntijat pystyisivät vastaamaan tulevaisuuden haasteisiin entistä varmemmin tutkittuun tietoon nojautuen. Tutkimuksilla ja tutkimustiedolla täytyy tulevaisuudessa olla entistä vankempi teoreettinen ja kokeellinen pohja.

Menetelmät ja aineistot

Tutkimusohjelma muodostui yhdeksästä hankkeesta, joiden tutkimusaiheet (taulukko 3, liite 1), menetelmät ja aineistot (taulukko 4) vaihtelivat suuresti. Tutkimusten tekemiseen käytetyt henkilö- ja raharesurssit on esitetty liitteessä 2 ja julkaisutilastoja liitteessä 3.

Taulukko 3. Etelä-Suomen metsien uudistaminen -tutkimusohjelman koordinaattorit, hankkeet, vastuututkijat ja hankkeiden kestot.

Koordinaattori	vastuu aika		
Sauli Valkonen	1.1.1998–30.4.1999		
Matti Kärkkäinen	1.5.1999–31.10.1999		
Taneli Kolström	1.11.1999–31.8.2001		
Jaana Luoranen	1.9.2001–31.12.2002		

Hanke	Hankenro	Vastuututkija	Kesto
Metsänuudistamisen ekologisiin prosesseihin perustuvat mallit uudistamistavan valintaperusteina	3148	Sauli Valkonen Taneli Kolström (1.1.–30.8. 2001)	1995–2001
Luontaisen taimettumisen ekologiset perusteet ja menetelmät	3233	Markku Saarinen	1998–2002
Lahottajasienten merkitys metsänuudistamisessa	3234	Kari Korhonen Tuula Piri (1.1.2000 alkaen)	1998–2002
Jalostetun viljelyaineiston vaikutus metsänuudistamisen tulokseen	3235	Pirkko Velling	1998–2002
Kylvön ja maanmuokkauksen kehittäminen	3237	Kaarlo Kinnunen	1998–2002
Maiseman huomioon ottaminen metsänuudistamisessa	3254	Eeva Karjalainen Irja Löfström (1.1. 2001 alkaen)	1999–2002
Metsänomistajien uudistamismotiivit ja uudistamistavan valinta	3255	Heimo Karppinen	1999–2002
Metsänuudistamistoiminnan laadun seurantajärjestelmä	3202	Timo Saksa	1997–1998
Metsänuudistamisen seurantamenetelmä ja uudistamistuloksen mittaaminen	3256	Timo Saksa	1999–2002
Paakkutaimien kesäistutus (suunnitteluhanke)	3236	Heikki Smolander	1998
Paakkutaimien kesäistutus	3257	Heikki Smolander	1999–2002
Etelä-Suomen metsien uudistaminen – koordinointi	3275	Taneli Kolström Jaana Luoranen (1.9.2001 alkaen)	2000–2002

Taulukko 4. Tutkimusmenetelmät ja aineistot hankkeittain.

Hanke	Tutkimusmenetelmät	Aineistot
Metsänuudistamisen ekologisiin prosesseihin perustuvat mallit uudistamistavan valintaperusteina	Tutkimustiedon synteessijulkaisut Uudistamismallit Taimikon kehityksen mallit	Tutkimusraportit VM16 ja VM19, kenttäkoeaineistot, vanhat mallit, tutkimusraportit INKA- ja TINKA-kestokoesarjat, 5 kertakoeaineistoa, yht. 113 metsikköä
Luontaisen taimettumisen ekologiset perusteet ja menetelmät	Siemensatohavainnot karikelaskeuman pitkäaikaisseurannan aineistosta sekä siemensadon tarkkailumetsiköiden kukka- ja käpyhavainnoista Itäisen ja taimien varhaiskehityksen intensiiviseuranta ohjettujen soiden kenttäkokeilla sekä muokkauksen ja pintakasvillisuuden yhdysvaikutuksen tutkiminen ojitusalueiden vanhoilta uudistamisen koekentiltä Luontaisen taimettumisen ja viljelyn yhteensovittamisen kenttäkoeaineisto	29 karikkeoemetsikköä, joista havainnot vuodesta 1958 lähtien Kukka- ja käpyhavainnot vuodesta 1979 lähtien 270 metsikköä, noin 1100 näytepuusta ja lähes 15000 silmusta Taimettumisen intensiiviseurannassa seitsemän koekenttää, joissa yhteensä noin 2200 näytealaa Muokkaus- ja pintakasvillisuusvaikutusta testattu kymmeneltä luontaisen uudistamisen koekentältä
Lahottajasiementen merkitys metsänuudistamisessa	Koealojen puustokartoitukset ja sienimääritykset	16 koekenttää ja yli 1000 näytealaa kuusen sekä 6 koekenttää ja 1000 näytealaa männyn uudistusaloilta
Jalostetun viljelyaineiston vaikutus metsänuudistamisen tulokseen	Koeviljelysten mittaukset ja mittaustietojen tilastolliset analyysit	2199 alikasvospuuta, 594 istutettua ja 170 luontaisesti syntynyttä kuusen tainta, 407 kantoa 41 koealalla 17 metsikkössä Noin 650 jälkelaiskoetta ja 30 muuta koetta, 134000 koepuuta, 1285 kuusi- ja 11 koivukloonaa
Kylvön ja maanmuokkauksen kehittäminen	Kylvökokeet maastossa ja inventoinnit käytännön konekylväloilla	70000 viljelykohtaa 40 kokeessa ja 1700 näytealaa 48 uudistusalalla
Maiseman huomioon ottaminen metsänuudistamisessa	Kyselytutkimukset	261 metsänomistajaa ja 112 matkailijaa haastateltu
Metsänomistajien uudistamismotiivit ja uudistamistavan valinta	Kyselytutkimukset	Vältaumallinen aineisto: 4819 vastannutta metsänomistajaa; Pirkkanmaan ja Pohjois-Karjalaa aineisto: 154 vastannutta metsänomistajaa
Metsänuudistamisen seuranta- menetelmä ja uudistamistuloksen mittaaminen	Kaukokartoitusinformaation tulkinta Taimikon tilajärjestyksen mallintaminen ja simulointi sekä taimikkoinventoinnit	12 korkealimakuvaa, 4 väärävärikuva, 2 satelliittikuva 8 kartoitettua taimikkoa 20 metsänhoitoyhdistystä ja 5 metsäkeskusta (uudistamistulos mitattu 7400 ha:ta vv. 2000–2002)
Paakkutaimien kesäistutus	Istutusajankohtakokeet, koealainventoinnit ja taimien kasvatus- ja rasituskokeet	28000 istutettua tainta 15 maasto-, 6000 tainta 15 rasitus- ja 10000 tainta 5 taimikasvatuskokeessa sekä 6300 tainta 63 koealalla

Tutkimusohjelman tulokset suhteessa asetettuihin tavoitteisiin

Seuraavassa tarkastellaan tutkimusohjelmassa saatuja tuloksia suhteessa edellä lueteltuihin tavoitteisiin. Viisi eri hankkeissa työskennellyttä tutkijaa väitteli ohjelman aikana. Väitöskirjojen tärkeimmät tulokset on kerrottu erillisissä tietotau- luissa kunkin aihepiiriin tarkastelun yhteydessä.

Tutkimustiedon synteesi

Olemassa olevan tutkimustiedon ja kokemusten viemiseksi paremmin metsänuudistamiskysymysten parissa työskentelevien tietoon tutkimusohjelman tutkijat kokosivat Onnistunut metsänuudistaminen -kirjan (Valkonen ym. 2001a). Ohjelman tavoitteena oli alun perin liittää kirjaan myös multimediaosa. Sitä oli tarkoitus käyttää interaktiiviseen tiedonhakuun ja vaihtoehtolaskelmien havainnollistamiseen. Sitä ei kuitenkaan tällä erää tehty.

Metsänuudistamisen käytännön ongelmien ratkaiseminen

Tutkimusohjelman suunnitteluvaiheessa tunnistetut käytännön ongelmat liittyivät luontaisen taimettumisen ekologiaan, sekataimikoiden kasvattamiseen sekä säästöpuiden vaikutuksiin uudistusalueilla (ks. taulukko 2). Lisäksi tärkeä tutkimusohjelmaan mukaan otettu, mutta suunnitteluseminaarissa huomiotta jäänyt uudistamisongelma on tyvilahoisten kuusikoiden uudistaminen. Joitakin suunnitteluvaiheessa tärkeiksi tunnistettuja aihekokonaisuuksia jäi kokonaan tutkimusohjelmasta pois. Niitä tarkastellaan jatkotutkimuspohdintojen yhteydessä.

Luontaisen taimettumisen ekologia

Luontaisen taimettumisen osalta selvitetiin ympäristötekijöiden vaikutusta itämiseen, sirkkataimien kasvuun ja kuolleisuuteen etenkin vanhoilla ojitusalueilla. Ympäristötekijöistä tutkimuksissa olivat mukana erilaiset muokatut ja

muokkaamattomat taimettumispinnat, säätekijät ja pohjaveden korkeus. Taimettumispinnoista selvitetiin ojitusaluiden raakahumuskerrostumien esiintymistä ja pintakasvillisuuden vaihtelua (Saarinen ja Hotanen 2000) sekä muokkauksen ja pintakasvillisuuden yhteisvaikutusta (Saarinen 2002). Tulokset täsmentyvät ja eri ympäristötekijöiden väliset suhteet selkeytyvät tulevana vuosina, kun kerättyjä aineistoja ehditään analysoida ja tuloksia julkaista.

Siemensatutkimuksissa siemensatoennusteiden laadinta ja ennusteiden luotettavuuden parantaminen olivat keskeisiä kysymyksiä. Luontaisen uudistamisen onnistuminen riippuu hakkuiden ja maanmuokkauksen ajoittamisesta suhteessa siemensatoihin. Metsäntutkimuslaitos on laatinut siemensatoennusteita vuodesta 1994 lähtien. Sekä valtakunnallisia että alueellisia ennusteita annetaan kaksi kertaa vuodessa kuuselle, männylle sekä raudus- ja hieskoivulle. Ennusteet perustuvat tarkkailumetsistä kerättyihin kukkasilmu-, emikukka- ja käpyhavaintoihin sekä arvioihin siementen tuleentuneisuudesta ja siemensatoja vähentävistä käpytuhoista (Hokkanen 2001). Tarkkailumetsiä on ympäri Suomea ja havainnointia tekevät Metsäntutkimuslaitoksen lisäksi myös muut organisaatiot, kuten Metsähallitus ja metsäoppilaitokset. Vaikka tarkkailumetsiköitä on lähes 280, niiden alueellisessa kattavuudessa ja siten ennusteiden alueellisessa tarkkuudessa on edelleen toivomisen varaa.

Luontaisen uudistamisen, kylvön ja istutuksen tietoista yhdistämistä eli sekastrategioita tutkittiin kuusen viljelyn ja luontaisen uudistamisen (Timo Saksa, julkaisematon aineisto) sekä männyn luontaisen uudistamisen ja kylvön osalta (Kaarlo Kinnunen, julkaisematon aineisto). Alustavat tulokset viittaavat siihen, että luontaisen täydennyksen saaminen viljelytaimikoihin on riippuvainen siemenvuosista ja siten esim. kuusella, jolla hyviä siemenvuosia on vain kerran tai pari kymmenessä vuodessa, sekastrategian käyttö on arveluttavaa. Sekastrategioihin voidaan lukea myös valmiin alikasvostaimikon hyödyntäminen osalla uudistus- alaa. Jos alikasvoskuuset ovat elinvoimaisia eikä edellisessä kuusisukupolvessa ole tyvilahoa, hyödyntäminen on mahdollista (Valkonen 2000). Jos kohteella esiintyy juurikäpää, alikasvosryhmää ei ole syytä säilyttää, sillä alikasvosten sairastumisriski on suuri (Piri ja Korhonen 2001).

Sekataimikoiden kasvattaminen

Taimikoiden varhaiskehitystä mallitettiin erityisesti sekataimikoiden osalta. Empiirisiä malleja tehtiin mm. kuusi–koivu-sekataimikoiden, puhtaan kuusen taimikon ja kuusialikasvosten (tietotaulu 1; Valkonen 2000) sekä mänty–koivu-sekataimikoiden (Valkonen ja Ruuska 2001) ja säästöpuutaimikoiden (Valkonen ym. 2001b, 2002) kehityksestä. Näiden lisäksi saatiin MELA- (Metsälaskelma) ja MOTTI-ohjelmiin uudet uudistamismallit testausvaiheeseen. Varhaiskehitystä koskevia mallintamisen tuloksia liitettiin osaksi Metsätehon ja Helsingin yliopiston kanssa yhteistyössä kehitettyyn Taimikkosimulaattori-ohjelmistoon.

Säästöpuut

Mäntysäästöpuut voivat hidastaa männyn taimikoiden kasvua (Valkonen ym. 2001b, 2002). Muiden kuin mäntysäästöpuiden kasvuvaiikutuksia ei ehditty selvittää ohjelman kuluessa. Reunavyöhykkeiden tai suurempien, reunametsään ja avainbiotooppeihin yhdistettyjen säästöpuuryhmien tuotos- ja monimuotoisuusvaikutusta selvitetään hankkeen pohjalta aloitetuissa jatkotutkimuksissa.

Säästöpuut parantavat maisemaa, jos uudistuslalle jätetään hyväkuntoisia, järeitä puita vaihtelevasti sijoitettuna (Irja Löfström ja Susan Tönnés, julkaisematon aineisto). Maisema-arvotuksiin vaikuttaa myös metsänuudistamisesta annettu tieto: mitä enemmän ihmisillä on tietoa metsänuudistamisen ekologiasta ja metsänhoidosta, sitä enemmän arvostetaan esim. ryhmittäin jätettyjä säästöpuita.

Siementen fysiologisten ominaisuuksien vaikutus kylvötulokseen

Kinnusen vielä julkaisemattomien tulosten mukaan laboratorioissa mitattu itävyys ja itämistarmo eivät automaattisesti takaa siementen menestymistä maastossa, vaan kasvukauden sääolot vaikuttavat siihen, millaisia ominaisuuksia siemeneltä vaaditaan. Koska kasvukauden sääoloja ei etukäteen tiedetä, ominaisuuksiltaan

erilaisten siemenerien sekoittaminen keskenään parantaa kylvön onnistumisvarmuutta. Se, kuinka suuri etu tällä saavutetaan, vaatii vielä jatkotutkimuksia.

Tyvilahaisen kuusikon uudistaminen: menetelmät ja riskit

Kuusenjuurikäävän saastuttamia metsiköitä on laajalti Etelä- ja Länsi-Suomessa. Kuusenjuurikääpä ei saastuta muita puulajeja, joten pääsääntöinen menetelmä lahojen kuusikoiden uudistamiseen on puulajin vaihtaminen. Tuoreilla ja kuivahkoilla kankailla ei voida rehevyyden vuoksi käyttää kylvöä ja luontaista uudistamista (Kinnunen 2002). Vaihtoehtona on männyntaimien istutus, mutta rehevillä kasvupaikoilla männystä voi kehittyä laadultaan heikkoja. Laatuun voidaan vaikuttaa jonkin verran kasvatamalla koivua männyn seassa (Valkonen ja Ruuska 2001). Joskus tyvilahon saastuttamilla kohteilla ei nisäkästuhoriskin vuoksi ole muuta mahdollisuutta kuin uuden kuusisukupolven kasvattaminen. Tällöin kuuset kannattaa istuttaa mahdollisimman kauaksi lahoista kannoista. Istutuskuusilla taimien infektiot ovat tapahtuneet pääosin juuriyhteyksien kautta, jolloin kauempana kannosta tartuntariski on pienempi (Piri 2002).

Tyvilahon saastuttamissa metsiköissä alikasvoskuusia ei kannata hyödyntää uudistettaessa. Niillä taimien maanpäällinen osa saattaa näyttää elinvoimaiselta, mutta juuristo voi olla pahoin juurikäpäsienen saastuttama (Piri ja Korhonen 2001). Tartunta uusiin puihin voi tapahtua myös itiölevinnän kautta, jolloin uudistamishetkellä terveet puut voivat saastua myöhemmin.

Metsänuudistamistuloksen seuranta ja taimikoiden nykytila

UPM-Kymmene Metsä ja sen edeltäjä Tehdaspuu Oy kehittivät omien metsiensä metsänuudistamisen laadun seurantamenetelmän (Kalland 2002). UPM-Kymmene Metsän kokemukset osoittavat, että metsänuudistamisen tuloksen parantamisessa oleellisimpia tekijöitä ovat tavoitteiden asettaminen, uudistamistuloksen kattava mittaaminen ja vertaaminen tavoitteisiin eli palautteen saami-

Tietotaulu 1

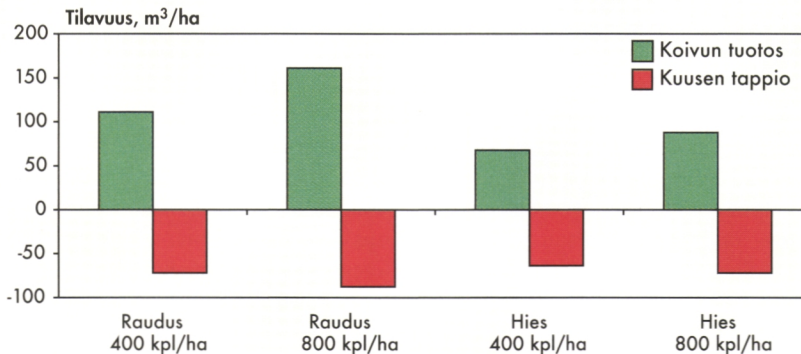
Valkonen, S. 2000. Kuusen taimikon kasvattamisen vaihtoehdot Etelä-Suomen kivennäismailla: Puhdas kuusen viljelytaimikko, vapautettu alikasvos ja kuusi–koivu-sekataimikko. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 763.

Työn tavoitteena oli selvittää, voivatko vapautettu kuusialikasvos, kuusikon aukkojen täydentäminen luontaisilla koivuilla ja kaksijaksoinen kuusi–koivusekametsä olla kilpailukykyisiä vaihtoehtoja puhtaan viljelykuusikon kasvattamiselle kivennäismaan viljavilla kasvupaikoilla Etelä-Suomessa. Vaihtoehtoja vertailtiin koeala-aineistoista laadittujen mallien avulla. Laskelmissa tarkasteltiin puiden kasvua, kes-

kinäistä kilpailua, metsikön rakennetta ja kehitystä, taimikoiden puuntuotannollista arvoa ja taloudellista kannattavuutta.

Vanhan kuusikon alta vapautettujen hyväkuntoisten alikasvoskuusten pituuskasvu alkoi nopeutua vasta 4–5 vuoden kuluttua. Pituuskasvu ei vielä 10 vuoden kuluttuakaan saavuttanut yhtä pitkien viljelykuusten pituuskasvua. Alikasvotaimikoiden pituuksien epätasaisuus ei juuri tasoittunut 10 vuodessa.

Jos kuusen taimikossa ei ole liian tiheää etukasvuista lehtipuustoa, perkauksella ei ole kiirettä. Noin kahden metrin pituudesta lähtien kuusi pystyy tasavertaiseen kasvuun siemensyntyisten koivujen kanssa. Vesasyntyisten koivujen alkukehitys on paljon nopeampaa, ja niitä voidaan joutua perkaamaan jo aikaisessa vaiheessa.



Kuva 1.1. Koivun tarjoama lisätuotos ja kuusen kasvatustappio kasvatettaessa 400 tai 800 raudus- tai hieskoivua hehtaarilla järeäksi puuksi kuusen viljelytaimikon päällä (Valkonen ja Valsta 2001).

nen omasta työstä. Vastaavanlaista laadunseurantamenetelmää ollaan ajamassa sisään myös yksityismetsiin (Saksa ym. 2002). Mittaamalla uudistamistulos kolmevuotiailta istutus- ja neljävuotiailta kylvöaloilta sekä viisi vuotta aiemmin muokatuilta luontaisen uudistamisen aloilta ja vertaamalla sitä yhteisesti sovittuihin tavoitteisiin, saadaan toiminnan kehittämisessä tarvittava palaute. Mittausten pohjalta saadaan kuva metsänuudistamismenetelmien keskinäisestä hyvydestä sekä tulosten vaihtelusta eri metsänhoitoyhdistyksien ja toimihenkilöalueiden välillä.

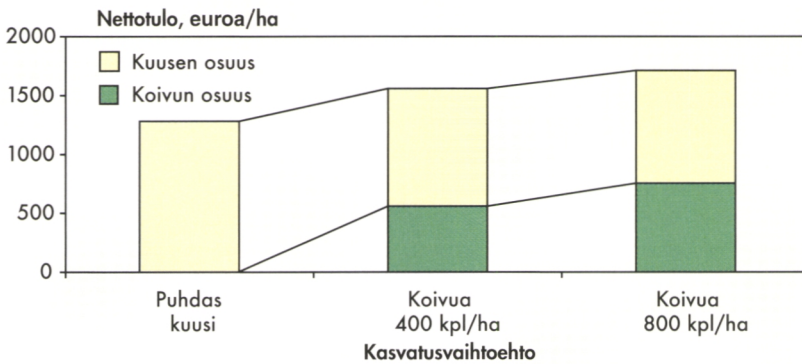
Saksan ym. (2002) tulosten mukaan istutus antoi tasaisimman uudistamistuloksen. Kylvö ja luontainen uudistaminen osoittautuivat istutusta epävarmemmiksi menetelmiksi. Männyn kylvöissä taimettumattoman pinta-alan osuus oli 11 % eli selvästi suurempi kuin istutustaimikoissa (3–6 %).

Uudistamistulosten laadun vaihtelut olivat alueittain ja uudistamismenetelmittäin suuria (Saksa ym. 2002). Joissakin metsänhoitoyhdistyksissä yli 80–90 % taimikoista oli hyviä, kun toisten yhdistysten alueella hyvien taimikoiden osuus jäi 20–30 %:iin samassa uudistamismene-

Kuusten hitaan kasvun, koivikon tiheyden tai tietoisuuden verhoisuuden käytön takia voi syntyä kaksijaksoinen kuusi–koivu-sekametsikkö. Hoidetun ylemmän rauduskoivujakson tuotos ylittää selvästi kuusen kasvun hidastumisesta ja korjuuvaurioista kuuselle aiheutuneet kasvutappiot kaksijaksoisessa sekametsässä (kuva 1.1). Rauduskoivusta saatavat aikaiset hakkuutulot lisäävät metsikön kiertoajan tulojen nykyarvoa niin, että metsikön kasvattaminen kaksijaksoisena sekametsänä on nykyisillä hintasuhteilla kannattavampaa kuin koivun perkaaminen pois (kuva 1.2). Jos ylempi jakso on hieskoivua, kannattavuus ei ole puhdasta kuusikkoa suurempi.

Hyväkuntoisten kuusen alikasvostaimien pitäisi olla vapauttamishetkellä vähintään 1,0–1,5 m pitkiä, jotta ne pärjäisivät pituuskehityksessä samaan aikaan

viljellyille kuusille. Kuusen alikasvoksista syntyneiden taimikoiden epätasaisuus säilyy ainakin latvuston sulkeutumiseen asti. Kuusten kanssa saman kokoisia siemensyntyisiä koivuja voidaan käyttää taimikon aukkojen täydennyksenä, mutta vesasyntyisistä koivuista on vain harmia niiden nopean alkukehityksen takia. Luontaisesti syntyneen koivikon pitäminen kuusikon päällä ja poistaminen keskenkasvuina ilman hakkuutuloja on taloudellisesti kannattamatonta, paitsi silloin, kun se on välttämätöntä hallatuloja vastaan. Koivuylispuuston kasvattamista kannattaa mieluummin jatkaa rauduskoivulla noin 40 vuoden ja hieskoivulla 45–50 vuoden ikään saakka. Vasta järeästä koivusta saatavat hakkuutulot tekevät menetelmästä taloudellisesti kilpailukykyisen puhtaaseen kuusikkoon verrattuna.



Kuva 1.2. Kaksijaksoisen kuusi–koivu-sekametsikön kasvattamisen kannattavuus puhtaaseen viljelykuusikkoon verrattuna, kun raudus- tai hieskoivuja on 400 tai 800 hehtaaria. Kriteerinä nettotulojen nykyarvo 4 % korolla (Valkonen ja Valsta 2001).

telmässä. Mistä tulostason suuri vaihtelu eri metsänhoitoyhdistysten välillä sitten johtuu? Onko kyse tutkimustiedon puutteesta, vaiko siitä, ettei tutkittu ja kokemusperäinen tieto ole uudistamis-päätöksiä tekevien tiedossa? Vai johtuvatko erot metsänhoitoyhdistysten organisatorisista eroista tai toimihenkilöiden asennoitumisesta metsänuudistamistoimintaan?

Kertamittausaineistosta ei yleensä voida analysoida metsänuudistamisen epäonnistumisen syitä tarkemmin. Laaja inventointiaineisto antaa kuitenkin rajoitetun mahdollisuuden eri uudistamismenetelmien onnistumistodennäköisyyksien

tarkempaan vertailuun. Metsänhoitoyhdistyksille ja metsäkeskuksille tieto eri uudistamismenetelmien epäonnistumisriskeistä on hyödyllistä neuvonnassa ja koulutuksessa. Tiedon tarvetta tuntuisi olevan, sillä metsänomistajat ovat viime vuosina halunneet käyttää yhä enemmän pehmeämpiä menetelmiä. Yli 60 % metsänomistajista valitsisi uudistamismenetelmäksi luontaisen uudistamisen, jos se olisi kasvupaikan ominaisuudet huomioiden mahdollista (Karppinen 2001). Esimerkiksi Pohjois-Savossa useimmat metsänomistajista, joiden mailla uudistamistöitä ei ollut tehty normaalissa rytmässä, ilmoittivat tietoisesti

Tietotaulu 2

Karppinen, H. 2000. Forest values and the objectives of forest ownership. Abstrakti: Metsänomistajien arvot ja tavoitteet. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 757.

Metsät tarjoavat omistajilleen sekä taloudellisia että aineettomia hyötyjä. Aineettomien tavoitteiden korostus ei kuitenkaan sulje pois puuntuotantoa. Tämä käy ilmi väitöskirjatyöstä, joka käsittelee suomalaisten yksityismetsänomistajien yleisiä metsiin kohdistamia arvostuksia ja oman metsänomistuksen tavoitteita sekä niiden yhteyttä hakkuisiin ja metsänhoitoon.

Tutkimuksessa luontoon liittyvien arvojen ja metsänomistuksen tavoitteiden yhteysosoittautui heikoksi. Luontoarvot olivat tosin selkeästi yhteydessä metsänomistuksen aineettomiin tavoitteisiin. Metsänomistajat voitiin luokitella tavoitteidensa suhteen neljään ryhmään: monitavoitteiset, virkistyskäyttäjät, metsästä elävät ja taloudellista turvaa korostavat. Tavoitteilla todettiin olevan suoraa vaikutusta omistajien metsätaloudelliseen käyttäytymiseen. Monitavoitteiset metsänomistajat korostivat välittömien puunmyyntitulojen ja metsäomaisuuden antaman taloudellisen turvan ohella myös metsien virkistyskäyttöä ja muita aineettomia hyötyjä. He olivat aktiivisimpia puunmyynti- ja metsänhoidollisessa toiminnassaan. Moninaiset tavoit-

valinneensa luontaisen uudistamisen metsänuudistamissuunnitelmassa mainitun viljelyn sijaan (Saksa ym. 1999).

Uudet lähestymistavat ja tutkimusmenetelmät

Tutkimusohjelman eräänä tavoitteena oli etsiä uusia metsänuudistamisen lähestymistapoja ja tutkimusmenetelmiä. Perinteisesti metsänuudistamista on pyritty kehittämään tutkimalla eri uudistamismenetelmiä ja niillä saatuja tuloksia. Nyt metsänuudistamista lähestyttiin myös selvittämällä metsänomistajien tavoitteita ja uudistamistavan valintaan vaikuttavia tekijöitä. Tulevaisuudessa uhkaavaan työvoimapulaan etsittiin ratkaisua tutkimalla perinteisestä poikkeavia istutusajankohtia ja metsänviljelyn koneellista-

teet ilmeisesti heijastavat hyvää metsäntuntemusta ja monipuolista kiinnostusta metsän erilaisiin hyötyihin. Muut kolme omistajaryhmää myivät puuta suunnilleen saman verran hehtaaria ja vuotta kohti, mutta selvästi monitavoitteisia vähemmän. Tulokset viittaavat myös alueellisiin eroihin metsänomistajien tavoitteissa. Kulttuuriltaan perinteisemmässä Pohjois-Suomessa tavoitteet olivat eriyttävämpiä kuin maan eteläosassa. Taloudelliset tavoitteet korostuivat maan eteläpuoliskossa.

Mikrotaloustieteen näkökulmasta monitavoitteisten metsänomistajien puunmyyntikäyttäytyminen on lähinnä kantorahatulojen nykyarvoa maksimoivaa hakuu- ja puoli- ja metsänomistajien liittyvät piirteet osoittautuivat merkittäviksi puun tarjonnan selittäjiksi. Heidän hakuu- ja puoli- ja metsänomistajien liittyvät piirteet osoittautuivat merkittäviksi puun tarjonnan selittäjiksi. Heidän hakuu- ja puoli- ja metsänomistajien liittyvät piirteet osoittautuivat merkittäviksi puun tarjonnan selittäjiksi.

Tutkimuksessa verrattiin myös metsänomistajia muihin suomalaisiin. Vaikka joka kuudes suomalainen omistaa jossain muodossa metsää, poikkevat metsänomistajat muista kansalaisista metsiin liittyviltä asenteiltaan.

Tulokset perustuvat haastattelu- ja postikyselyaineistoihin. Tutkimusta voidaan hyödyntää julkisen metsäpolitiikan suunnittelussa ja toimeenpanossa, erityisesti yksityismetsätalouden neuvonnan kohdentamisessa.

mista. Tavoitteena oli löytää uudenlaisia työrytmejä, joilla voitaisiin muuttaa metsänhoidollisten töiden vuosirytmisiä ja tasoittaa työhuippuja. Metsänjalostustutkimuksessa puolestaan kehitettiin uudenlaisia menetelmiä jälkeläistestaukseen. Lupaaavia tuloksia saatiin myös männyntaimien pakkaskestävyyden testausmenetelmistä.

Metsänomistajien uudistamiskäyttäytyminen

Metsänomistajien metsänomistukselleen asettamat moninaiset tavoitteet (tietotaulu 2; Karppinen 2000) heijastavat myös monenlaisia motiiveja metsänuudistamisessa (Karppinen 2001). Neuvonnan suuntaamisen kannalta saatiin arvokasta tietoa metsänuudistamismenetelmien valintaan vaikuttavista tekijöistä. Tulosten

mukaan metsänomistajat valitsisivat luontaisen uudistamisen uudistamismenetelmäksi useammin kuin he todellisuudessa tekevät, jos se vain olisi kasvupaikka- ym. tekijät huomioiden mahdollista (Karppinen 2001). Tulokset viittaavat siihen, että useimmat metsänomistajat huolehtisivat metsien uudistamisesta ilman lain velvoitettakin (Karppinen 2001).

Viime vuosina osalla avohakatuista kohteista uudistamistoimet ovat jääneet tekemättä säädetyn ajan kuluessa (Saksa 1998 ja Saksa ja Smolander 1998). Uudistamisrästien syntyyn vaikuttavista tekijöistä saatiin alustava kuva Pohjois-Savossa rästialoiksi jääneiden uudistamiskohteiden omistajien haastattelusta (Saksa ym. 1999). Tulokset osoittivat, että jotkut metsänomistajista jättivät tietoisesti uudistumisen luontaisesti syntyvien taimien varaan, vaikka olivatkin suunnittelu- vaiheessa ilmoittaneet käyttävänsä viljelyä. Tarkempi selvyys uudistamatta jäämisen syistä saadaan, kun Pirkanmaalla ja Pohjois-Karjalassa tehdyn haastattelututkimuksen (Heimo Karppinen) tulokset valmistuvat vuonna 2003.

Istutusajankohta

Paakkutaimien kehittämistä perusteltiin 1960–1970-luvuilla mm. sillä, että istutuskautta voitaisiin jatkaa keväästä pidemmälle alkukesään tai jopa koko kasvukauden mittaiseksi (Leikola ja Raulo 1973, Kinnunen ym. 1974). Viime vuosiin saakka niin paljasjuurisia kuin paakkutaimiakkin on istutettu pääasiallisesti vain keväällä ja jonkin verran syksyllä. Istutuskauden pidentäminen koko sulanmaan ajan jatkuvaksi on tullut jälleen ajankohtaiseksi, kun metsänhoitotöitä tekevien ammattilaisten määrä on vähentynyt voimakkaasti viime vuosina (Metsätalastollinen vuosikirja 2001). Istutuskauden pidentäminen keväästä alkukesään mahdollistaisi viljelytöiden tekemisen ammattitaitoisella työvoimalla ja myös istutusten koneellistamisen. Jotta istutuskoneet olisivat kannattavia, niiden käyttöaikaa olisi pidennettävä perinteistä kuukauden istutuskautta pidemmäksi.

Koneellinen istutus vastaa työnjäljeltään jo käsinistutusta, mutta kustannusten alentamiseksi työtuottavuutta olisi vielä parannettava (Rumukainen ym. 2002). Kuusen paakkutaimien

istuttaminen keväästä aina myöhäissyysyyn näyttää mahdolliselta, kunhan kunakin istutusajankohtana istutetaan ajankohtaan sopivia taimia (Luoranen ym. 2001, Aulin 2002). Vuonna 2002 koneellista istutusta tehtiin Suomessa noin 10 koneen voimin (kirjoittajan arvio), mikä merkitsee sitä, että perinteisen kevät- ja syysistutuskauden ulkopuolella istutettiin arviolta 1–2 % vuosittaisesta kuusentaimien istutusmäärästä.

Koivun paakkutaimien istutuskautta voidaan laajentaa keväästä kesään käyttämällä sopivaa taimimateriaalia. Koivun paakkutaimien kesäistutus tarkoittaa muutaman kuukauden ikäisten lehdellisten taimien istuttamista juhannuksesta elokuun puoliväliin (tietotaulu 3; Luoranen 2000). Keväällä istutettavat lepotilaiset ja lehdettömät koivun taimet ovat 50–80 cm pitkiä. Ne vaativat paljon sekä kasvatustilaa taimitarhalla että kuljetustilaa ja ne istutetaan kuokalla. Kesäkoivut ovat puolestaan lyhyitä, 20–25 cm pitkiä, pienissä paakuissa kaksi–kolme kuukautta kasvatettuja ja myös helpompia käsitellä ja halvempia kuin keväällä istutettavat kookkaat taimet. Kesäkoivujen istuttaminen on mahdollista myös pottiputkella. Kesällä on istutettu vuosittain noin 3 % tuotettujen koivuntaimien määrästä sen jälkeen, kun menetelmä esiteltiin käytännön metsäammattilaisille ja metsänomistajille vuonna 1999 'Koivun istutus kesällä' -oppaassa (Luoranen ym. 1999).

Metsänjalostuksen jälkeläistestaus

Jalostustoiminnan kehittämisen kannalta saatiin merkittäviä tuloksia mm. männyn jälkeläistestauksesta. Haapasen (2002) tulosten mukaan yhden puun koeruutujen käytöllä männyn testustehokkuus paranee ja saavutetaan kustannussäästöjä (ks. tietotaulu 4). Samoin ohjelman aikana saatiin valmiiksi pitkäaikainen kehitystyö pluspuiden testausulosrekisterin muodostamiseksi. Kehitetyn ns. menestystasomenetelmän avulla voidaan luotettavasti verrata iältään, kokoonpanoltaan ja kasvupaikkaolosuhteiltaan erilaisia jälkeläiskokeita ja saada siten pluspuiden jalostusarvot paremmuusjärjestykseen (Venäläinen ja Ruotsalainen 2002).

Tietotaulu 3.

Luoranen, J. 2000. Control of growth and frost hardening of silver birch container seedlings: growth retardants, short-day treatment and summer planting. Abstrakti: Rauduskoivun paakkutaimien kasvun ja karaistumisen hallinta: kasvunsäätet, lyhytpäivä-käsittely ja kesäistutus. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 777.

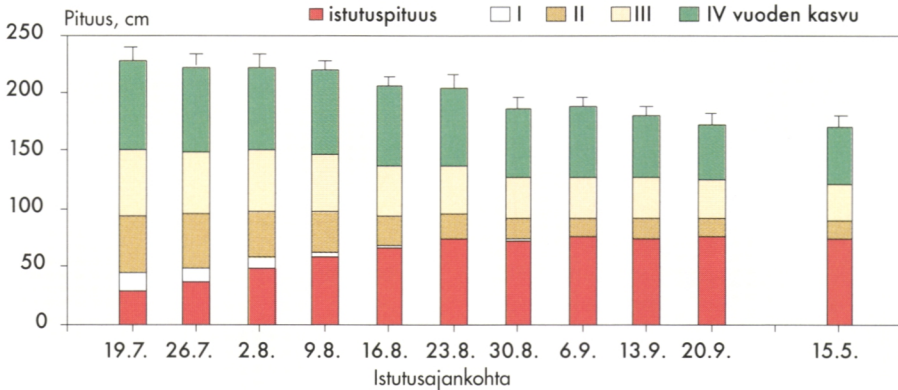
Tutkimuksen tarkoituksena oli löytää menetelmiä rauduskoivun paakkutaimien kasvussa ja karaistumisessa taimitarhalla ilmenneiden ongelmien hallitsemiseen tai välttämiseen. Työssä tutkittiin menetelmiä, joiden avulla olisi mahdollista 1) vähentää hallavaurioriskiä syksyllä, 2) säädellä taimien pituuskasvua taimitarhalla ja 3) parantaa rauduskoivun paakkutaimien maastomenestymistä.

Tutkituilla taimien kasvun- ja karaistumisen hallintamenetelmillä (kasvunsäätet, lyhytpäiväkäsittely) ei saavutettu toivottuja tuloksia tai menetelmät osoittau-

tuivat epävarmoiksi. Käytännön metsänuudistamisen kannalta lupaavimmat tulokset saavutettiin kesäistutuksessa.

Tulokset osoittavat, että koivun paakkutaimien liiallisen pituuskasvun ja korkeiden taimi- ja istutuskustannusten vähentämiseksi koivun paakkutaimien istutuskautta on mahdollista laajentaa kesään käyttäen pienempiä, lehdellisiä, ensimmäisen kasvukauden taimia (kuva 3.1). Kun taimet istutettiin heinäkuussa tai ennen elokuun puolta väliä, kasvu parani seuraavina kasvukausina ja elävyys oli sama kuin perinteisesti syyskuun alussa tai seuraavana keväänä istutetuilla taimilla. Juurtumiskykytestin tulokset osoittivat, että istutettujen taimien kyky kasvattaa juuria paakusta ympäröivään maahan oli korkea elokuun puoliväliin saakka ja hidastui sitten suoraviivaisesti syksyn edessä.

Lehdelliset, kasvukauden aikana lämpimään maahan istutetut taimet, joiden juurten kasvu on aktiivista, juurtuvat nopeasti nopeuttaen taimien alkukehitystä istutuksen jälkeen.



Kuva 3.1. Eri aikoina istutettujen koivun paakkutaimien alkukehitys. Siemenet kylvettiin toukokuun alussa ja taimet kasvatettiin Plantek 25 -kennostoissa (paakun tilavuus 380 cm³, kasvatustiheys 156 tainta/m²). Saman taimierän taimia istutettiin viikoittain heinäkuun puolivälistä (lehdelliset taimet noin 2,5 kk ikäisiä) syyskuun lopulle (kasvunsa päättäneitä taimia, joiden lehdet osin kellastuneita) sekä seuraavan kevään toukokuussa (yksivuotiaita lehdettämiä taimia).

Tietotaulu 4

Haapanen, M. 2002. Evaluation of options for use in efficient genetic field testing of *Pinus sylvestris* (L.). Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 826.

Työssä tutkittiin metsäpuiden jälkeläistestauksen tehostamisen mahdollisuuksia sen eri vaiheissa sekä sitä, minkälaista tietoa nykyisistä eri tavoin perustetuista jälkeläiskokeista saadaan valintajalostuksen käyttöön.

Tulokset osoittavat, että jälkeläistöjen arvosteluvarmuuden parantamiseksi on välttämätöntä siirtyä käyttämään sellaisia koejärjestelyjä, jotka ottavat huomioon ympäristövaihtelua nykyisiä pitkäaikaisia kokeita tehokkaammin. Testausmateriaalin tarve pienenee ja kokeiden tehokkuus paranee mm., jos kokeet perustetaan nykyisten 25 puun koeyksiköiden sijasta yhden puun koeruuduilla tai vaihtoehtoisesti ns. hajaruuuduilla. Nykyisten jälkeläiskokeiden tehokkuuden todettiin olevan tyypillisesti vain 30–40 % siitä, mihin voitaisiin helposti päästä koejärjestelyä muuttamalla. Tehokkaammista koejärjestelyistä seuraa myös jälkeläistestauksen resurssitarpeen huomattava pieneneminen.

Jälkeläistestauksen tehokkuutta voidaan kasvattaa myös mittausvaiheessa siirtymällä rutiinimittauksissa koeyksiköiden sisäiseen otantaan.

Jälkeläistestauksen päätavoitteita on ennustaa luotettavasti ns. geneettisiä muuttujia, joita ovat mm. ominaisuuden periytymisaste ja ominaisuuksien väliset perinnölliset riippuvuudet. Kyseisten muuttujien ennustaminen yksittäisten kenttäkokeiden perusteella osoittautui epäluotettavammaksi kuin on aikaisemmin oletettu. Yksittäisten kenttäkokeiden kyky havaita perinnöllisiä eroja osoittautui melko heikoksi, mitä kuvastaa puun pituuden harhattomalle periytymisasteelle saatu estimaatti, 0,12 (puun pituuden vaihtelusta keskimäärin 12 % oli tulkittavissa perintötekijöistä johtuvaksi). Luotettavan jälkeläisarvostelun edellytys on kokeiden toistaminen useissa ympäristöissä.

Suomessa yleiset metsämaalle perustetut kenttäkokeet osoittautuivat keskimäärin selvästi heikommiksi valintaympäristöiksi kuin muut tutkimuksessa tarkastellut koetyypit. Männyn jälkeläistestaukseen soveltuvat parhaiten viljaille maapohjille tiheällä istutusväliällä perustetut ns. testastarhakokeet. Vaikka olosuhteitaan (maaperä, hoitotoimenpiteet) nämä kokeet poikkeavat huomattavasti männyn viljelyaloista, ei näihin intensiivisiin kokeisiin tutkimustulosten mukaan liity riskiä systemaattisesti muista koetyypeistä poikkeavasta jälkeläisarvostelusta. Jälkeläiskokeiden perustamista metsäkasvupaikoille tulisi jatkossa välttää näiden kokeiden heikon geneettisen erottelukyvyn takia.

Pakkaskestävyyden määrittäminen suoraan ilman altistusta

Yhdellä taimitarhalla kasvatetaan nykyisin useita eri alkuperää olevia taimia ja usein tavoitteena on kasvattaa myös useita taimisatoja yhden kasvukauden aikana. Lisäksi taimitarhat ovat siirtyneet yhä enemmän varastoimaan taimet pakkasvarastossa. Kaikki nämä toimenpiteet lisäävät tarvetta myös taimien karaistumisen seurantaan ja pakkaskestävyyden määrittämiseen syksyllä. Taimitarhoille hyvin soveltuvia menetelmiä ei kuitenkaan ole. Zhangin (2001) tulokset männyn taimien pakkaskestävyyden määrittämisestä sähkön johtavuuteen perustuvalla mittausmenetelmällä, impedanssispektros-

kopiolla, ilman näytteiden pakkasaltistusta ovat lupaavia (tietotaulu 5). Toistaiseksi menetelmä ei vielä sovellu käytännön menetelmäksi. Jos menetelmä saataisiin kehitettyä toimivaksi ja riittävän edulliseksi, karaistumisen seuranta syksyisin taimitarhoilla helpottuisi huomattavasti.

Tietotaulu 5.

Zhang, G. 2001. Cold acclimation in Scots pine. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 817. 52 s.

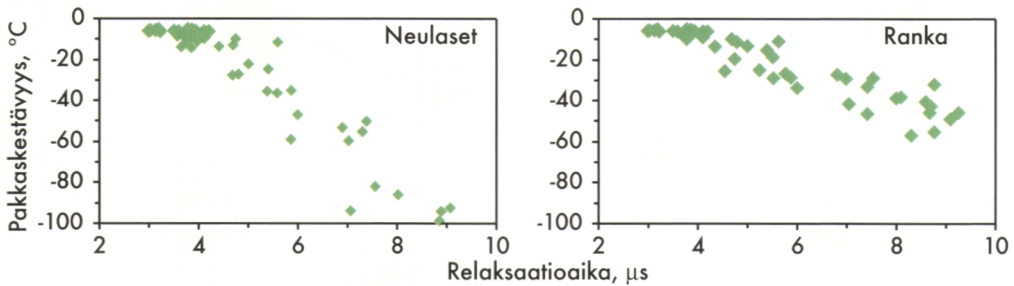
Työssä tutkittiin eri alkuperää olevien männyn taimien 1) verson ja neulasten kasvunpäättymisen ja pakkaskestävyyden suhdetta, 2) lämpötilan ja päivänpituuden vaikutusta karaistumiseen sekä 3) mahdollisuutta mitata taimien pakkaskestävyys ilman altistusta.

Kahdeksanvuotiaiden männyn taimien verson pituuskasvu loppuu kesällä ensimmäisenä, seuraavaksi päättyy neulasten pituuskasvu ja viimeisenä läpimitan kasvu. Verson ja neulasten pituuskasvun päättyminen ennakoivat myös karaistumisen alkamista. Pohjoisten taimialkuperien neulasten ja verson pituuskasvu päättyy eteläisiä aikaisemmin. Samoin karaistuminen

alkaa niillä aikaisemmin. Neulasten pakkaskestävyys on parempi kuin silmujen, rangan ja juurien.

Yksivuotiaiden taimien eri osat reagoivat eri tavalla alenevaan lämpötilaan ja lyhenevään päivään. Neulaset karaistuvat aluksi lyhenevän päivän vaikutuksesta, kun taas ranka karaistuu lämpötilojen laskiessa. Juuret karaistuvat vain lämpötilan vaikutuksesta.

Tulokset osoittavat, että männyn eri alkuperää olevien taimien pakkaskestävyyden kehittymistä voidaan tutkia impedanssispektroskopiolla ilman, että näytteitä tarvitsee altistaa alhaisiin lämpötiloihin (kuva 5.1). Käytännön mittakaavassa tehtäviin mittauksiin menetelmä ei kuitenkaan ole vielä sovelias. Kuiva-ainepitoisuuden lisääntymisen seuranta tai klorofyllifluoresenssi muuttuvat karaistumisen edetessä, mutta niiden mittaus ei anna yhtä luotettavia ennusteita pakkaskestävyydestä kuin impedanssispektroskopia.



Kuva 5.1. Kahdeksanvuotiaiden mäntyjen neulasten ja rangan pakkaskestävyyden ja ennen altistusta impedanssispektroskopiolla mitattujen relaksaatioaikojen suhde. Lähde: Repo ym. 2000.

Tulevaisuuden tutkimustarpeet

Vaihtoehtolaskelmat

Uudistamisen taloudellisuus, kun lähtökohdat ja tavoitteet vaihtelevat

Metsänuudistamismenetelmien kirjo on suuri ekstsensivisestä luontaisesta uudistamisesta intensiiviseen istutukseen. Metsälaki ja metsäsertifiointikriteerit edellyttävät luonnon monimuotoisuuden sekä ekologisten ja sosiaalisten tekijöiden huomioon ottamista uudistamispäätöksiä tehtäessä. Myös metsänomistajien tavoitteet

vaihtelevat suuresti (Karppinen 2000). Päätöksen tueksi ja eri menetelmien taloudellisuuden ja riskien vertailemiseksi olisi tehtävä investointi- ja tuotolaskelmia. Aihepiiriin liittyvää hanketta suunniteltiin tutkimusohjelmaan, mutta se jäi toteutumatta. Valkonen (2000) vertaili joitakin kuusen kasvatusvaihtoehtoja, mutta esimerkiksi kylvö ei ollut menetelmänä mukana laskelmissa.

Saksan ym. (2002) tulokset metsänuudistamisen laadun seurannasta viittaavat siihen, että uudistamispäätöksiä ei aina tehdä ajatellen koko uudistamisketjua hakkuusta vakiintuneen taimikon ensiharvennukseen asti. Luontainen

uudistaminen tai kylvö voivat tuntua houkuttelevilta uudistamisvaihtoehdoilta, mutta rehevällä kasvupaikalla pintakasvillisuus estää taimettumista. Syntynyt taimikko voi jäädä aukkoiseksi ja heikkotuottoiseksi. Myös istuttaminen muokkaamattomaan maahan tuntuu houkuttelevalta, koska se alentaa kustannuksia. Taimikko voi kuitenkin tuhoutua täysin, sillä tukkimiehentäin tuhojen riski on moninkertainen verrattuna siihen, että taimet olisi istutettu muokattuun maahan (Örlander ja Nilsson 1999). Eri uudistamisketjuvaihtoehtojen kokonaiskustannukset huomioiden epäonnistumisen riskit ja uuden puusukupolven tuotto olisivat syytä olla sekä metsänomistajien että neuvontaorganisaatioiden käyttöön sopivassa muodossa, jotta kullekin kasvupaikalle osattaisiin valita oikea uudistamismenetelmä.

Hirviongelma

Hirvituhojen ja niiden estämiseksi tehtyjen taloudellisten uhrausten kustannus-hyötyvertailu olisi tärkeää. Puolet metsästäjistä on myös maanomistajia (Heikkilä 2001). Metsästäjä-maanomistajien arvoissa hirviin liitetään muitakin kuin metsästyksen materiaalisia arvoja (Heikkilä ja Aarnio 2001). Hirvituhoriski estää usein kasvupaikalle parhaiten soveltuvien puulajien, kuten koivun, haavan tai männyn käytön. Esimerkiksi korkean hirvikannan alueella tyvilahon saastuttamilla kohteilla on pakko yrittää kasvattaa uusi kuusi-sukupolvi, jos puulajin vaihto ei hirvituhoriskin vuoksi tule kyseeseen. Vertailevat laskelmat metsänuudistamiseen ja hirvikantojen säätelyyn liittyvien päätösten taloudellisesta merkityksestä olisivat tarpeen.

Käyttätymis- ja organisaatitieteet apuun?

Metsänuudistamisen tulos on Suomessa keskimäärin suhteellisen hyvä. Uudistamiskustannuksia pitäisi kuitenkin saada alennettua pitäen uudistamistulos edelleen hyvänä. Metsänuudistamisen laadun seurantaselvityksissä havaittiin, että metsänuudistamisen tulos ja käytetyt menetelmät vaihtelevat metsänhoitoyhdistyksien välillä ja yhden yhdistyksen toimihenkilöalueiden välillä (Saksa ym. 2002).

Metsänuudistamistutkimuksen painopisteen siirtäminen metsänuudistamispäätöksiä tekevien asenteiden ja toiminnan tutkimiseen saattaisi parantaa uudistamistulosta ja kustannustehokkuutta enemmän kuin pelkkä taimien ja uudistusmenetelmien tutkimus. Herääkin kysymys, pitäisikö Karppisen tutkimukset (2000, 2001) metsänomistajien tavoitteista ja uudistamiskäyttäytymisestä kenties laajentaa metsäammattilaisten asenteiden ja toiminnan sekä johtamisen ja organisaatioiden toiminnan tutkimiseen?

Perinteinen metsänhoidollinen tutkimus

Maanmuokkaus

Maanpinnan käsittely on yksi tärkeimpiä luontaiseen uudistamiseen ja metsänviljelyyn liittyviä toimenpiteitä. Tietoa maanpinnan käsittelymenetelmien soveltuvuudesta erilaisiin kohteisiin on jonkin verran olemassa (esim. Mälkönen 2001). Saksan ym. (2002) alustavat tulokset metsänhoitoyhdistysten laadun seurannasta antavat olettaa, että uudistamis- ja muokkausmenetelmiä ei ole aina osattu valita kasvupaikalle ja uudistettavalle puulajille sopiviksi. Etenkä reheville kasvupaikoille soveltuvien maanpinnan ja pintakasvillisuuden käsittelymenetelmien tutkiminen olisi tärkeää.

Kylvön osalta ohjelmassa selvitetiin mätästyksen ja äestyksen soveltuvuutta eri puulajien kylvöön rehevillä kasvupaikoilla (Kinnunen 2002). Muiden muokkausmenetelmien käytöstä kylvöalustana ei ole tutkimustietoa. Istutuksen osalta vertailuja muokkausmenetelmien välillä on tehty 1960–1970-luvuilla Etelä-Suomessa (mm. Raulo ja Rikala 1981, Kinnunen 1989). Sen jälkeen sekä maan muokkaukseen käytettävissä oleva tekniikka että istutettavat taimityypit ovat muuttuneet. Menetelmä, joka soveltuu paljasjuurisille, kookkaille taimille, ei välttämättä olekaan oikea menetelmä paakkutaimille. Ruotsissa on tutkittu maanmuokkauksen osuutta mm. tukkimiehentäin tuhojen ja pintakasvillisuuskilpailun vähentämisessä (Örlander ja Nilsson 1999). Tutkimukset on tehty Etelä-Ruotsissa, jossa ilmasto on Etelä- ja Keski-Suomea lämpimämpi. Ruotsissa kuuselle hyväksi menetelmiksi ovat osoittautuneet laikkuja kääntömätästyks. Nykyisin ohjeellisena istutus-

syvyytenä on noin 3 cm, joka sopii laikutukseen ja äestykseen. Mätästyksessä sen sijaan taimien istuttaminen syvemmälle on taimien menestymistä ajatellen parempi. Maanmuokkaustutkimuksen kokoaminen synteetiksi ja samalla avoimena olevien kysymyksiä kartoittaminen olisivatkin tärkeitä maanmuokkaustutkimukseen liittyviä tehtäviä.

Tukkimiehentäi- ja muut hyönteistuhot

Tukkimiehentäi on pahimpia tuhon aiheuttajia metsänuudistamisen alkuvaiheessa. Ruotsalaisiin tutkimuksiin perustuen tiedetään, että viivästyttämällä viljelyä hakkuun jälkeen, kivennäismaata paljastavalla maanmuokkauksella (Örlander ja Nilsson 1999) ja suojuspuilla (von Sydow ja Örlander 1994) voidaan vähentää tukkimiehentäin aiheuttamia tuhoja. Uusia istutusmenetelmiä kehitettäessä tai istutusajankohtaa laajennettaessa ilmenee uusia tekijöitä, jotka olisi otettava huomioon mm. hyönteistuhojen estämiseksi. Kemiallisen torjunnan osalta on selvítettävä, voidaanko taimien torjunta-ainekäsittely tehdä riskittömästi kaikissa kasvukauden vaiheissa. Suomessa tukkimiehentäin kemiallinen torjunta-ainekäsittely tehdään pääasiassa taimitarhalla ennen taimien maastoon viemistä. Ruotsissa on nähty tarpeellisuutta tehostaa torjuntaa käsittelemällä taimet istutuksen jälkeisenä kasvukautena vielä maastossa. Toistaiseksi ei tiedetä, olisiko käsittelyn toistaminen tarpeellista myös Suomessa.

Tukkimiehentäin ohella toinen taimia tuhoava hyönteisryhmä on juurinilurit, jotka syövät taimien maanalaisiin osiin puuaineksen paljastavia käytäviä (Poteri 1999). Koska syönte rajoittuu maan alle, syntyneitä tuhoja on vaikea määrittää juurinilurin aiheuttamiksi. Siten juurinilurin aiheuttamia tuhoja on voinut jäädä tunnistamatta tai tuhon aiheuttajaksi on saatettu määrittää virheellisesti esim. kuivuus. Selvityksiä juurinilurituhojen laajuudesta ja vakavuudesta tarvitaan lisää.

Metsiköiden alkukehitysmallit

Kasvu- ja tuotostutkijat ovat laatineet malleja, joilla ennustetaan puuston kehitystä erilaisissa käsittelyvaihtoehdoissa ja olosuhteissa. Mallien sovellutusalue on perinteisesti alkanut n. 5–10 metrin valtapituusvaiheesta. Taimikkovaiheen malleja on laadittu tiettyjä kasvatusvaihtoehdoja varten, mutta niiden kattavuus on pienten aineistojen takia rajallinen. Taimikkovaiheen kehityksen kuvaaminen ja kehityksen ennustaminen metsävaralaskelmien tarpeisiin on edelleen puutteellista. Kaikilla uudistamismenetelmillä aikaansaatujen taimiköiden jatkokehitystä ja käsittelyä ei myöskään pystytä simuloimaan luotettavasti. Taimien syntymistä kuvaavia malleja on kehitetty osana MELA- ja MOTTI- ohjelmistoja. Edes kohtuullisen luotettavia metsien kasvu- ja kehityssennusteita ei pystytä tekemään ennen kuin laajoista aineistoista laaditut, kattavat taimiköiden kehitys- ja käsittelymallit on tehty.

Ojitusaluemetsien uudistaminen

Lähivuosina on tulossa runsaasti ojitusaluemetsiä uudistuskypsään ikään. Turvekankaiden olosuhteet poikkeavat ojittamattomista soista ja kangasmaista. Kangasmaista poiketen ojitusaluemetsissä ravinnetalous, pohjaveden syvyys, hallaisuus, pintakasvillisuusmuutokset ja turpeen ominaisuudet ovat tekijöitä, jotka on otettava uudistamisessa huomioon. Metsänuudistamista ajatellen sekä näiden olosuhteiden että turvekankaille soveltuvien uudistamismenetelmien tunteminen on tärkeää. Saarinen (2002) ja julkaisemattomat aineistot sekä Saarinen ja Hotanen (2000) ovat selvittäneet etenkin pohjavesipinnan ja erilaisten kasvillisuus- ja raakahumuspiintojen vaikutuksia turvekankaiden taimettumiseen. Viljelymenetelmien osalta tarvitaan uusia tutkimuksia. Kuten edellä on jo todettu, myös taloudellisuuslaskelmat olisi syytä tehdä eri menetelmien vertailun helpottamiseksi. Toistaiseksi ei ole myöskään tutkittu ojitusalueiden metsänuudistamisen vesistövaikutuksia ja metsäluonnon monimuotoisuuskysymyksiä.

Kirjallisuus

- Aarne, M. (toim.). 1992. Metsätalastollinen vuosikirja 1990–91. Yearbook of forest statistics 1990–91. SVT Maa- ja metsätalous 1992:3. *Folia Forestalia* 790. 281 s.
- Aulin, K. 2002. Koneellinen istutus läpi kasvukauden: Kuusen taimien maastomenestyminen ja istutustyön laatu. Mikkelin ammattikorkeakoulu, metsätalouden koulutusyksikkö. Opinnäytetyö. 54 s + 5 s. liitteitä.
- Haapanen, M. 2002. Evaluation of options for use in efficient genetic field testing of *Pinus sylvestris* (L.). Akateeminen väitöskirja. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 826. 67 s. + 4 osajulkaisua.
- Heikkilä, R. 2001. Hirvivahinkojen optimointi. Metsätieteen aikakauskirja 2/2001: 280–283.
- Heikkilä, R. & Aarnio, J. 2001. Forest owners as moose hunters in Finland. *Alces* 27(1): 89–95.
- Heiskanen, J. 1994. Hydrological properties of peat-based growth media. Akateeminen väitöskirja. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 524. 41 s. + 5 osajulkaisua.
- Heiskanen, J. & Mäkitalo, K. 2002. Soil water-retention characteristics of Scots pine and Norway spruce forest sites in Finnish Lapland. *Forest Ecology and Management* 162(2–3): 137–152.
- Hokkanen, T. 2001. Siemenet ja siemensato. Julkaisussa: Valkonen, S., Ruuska, J., Kolström, T., Kubin, E., & Saarinen, M. (toim.). Onnistunut metsänuudistaminen. Kustannusosakeyhtiö Metsälehti, Hämeenlinna. s. 69–79.
- Hynönen, T. 2000. Pellonmetsityksen onnistuminen Itä-Suomessa. Akateeminen väitöskirja. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 765. 90 s. + 4 osajulkaisua.
- Hytönen, J. & Polet, K. (toim.) 1995. Peltojen metsitysmenetelmät. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 581. 242 s.
- Jalkanen, A. 1994. Variability of morphological and nutritional quality attributes of bareroot Scots pine seedlings in nurseries. Akateeminen väitöskirja. Joensuun yliopisto. Metsätieteellinen tiedekunta. 21 s. + 5 osajulkaisua.
- Kalland, F. 2002. Metsänuudistamisen laadun hallinta. Kokemuksia teollisuuden metsistä. Metsätieteen aikakauskirja 1/2002: 35–41.
- Karppinen, H. 2000. Forest values and the objectives of forest ownership. Abstrakti: Metsänomistajien arvot ja tavoitteet. Akateeminen väitöskirja. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 757. 55 s + 4 osajulkaisua.
- Karppinen, H. 2001. Metsänomistaja tavoitteiden asettajana. Julkaisussa: Valkonen, S., Ruuska, J., Kolström, T., Kubin, E. & Saarinen, M. (toim.). Onnistunut metsänuudistaminen. Kustannusosakeyhtiö Metsälehti, Hämeenlinna. s. 20–23.
- Karppinen, H., Hänninen, H. & Ripatti, P. 2002. Suomalainen metsänomistaja 2000. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 852. 84 s.
- Kinnunen, K. 1989. Taimilajin ja maanmuokkauksen vaikutus männyn ja kuusen taimien alkukehitykseen. *Folia Forestalia* 727. 23 s.
- Kinnunen, K. 1993. Männyn kylvö ja luontainen uudistaminen Länsi-Suomessa. Akateeminen väitöskirja. Abstract: Direct sowing and natural regeneration of Scots pine in western Finland. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 447. 36 s.
- Kinnunen, K. 2002. Kylvö metsänuudistamismenetelmänä. Metsätieteen aikakauskirja 1/2002: 47–49.
- Kinnunen, K., Lind, J. & Lähde, E. 1974. Eri ajankohdina istutettujen männyn kennonaimien alkukehitys Pohjois-Suomessa. Summary: Initial development of Scots pine paper pot seedlings planted on different dates in northern Finland. *Folia Forestalia* 212. 26 s.
- Leikola, M. & Raulo, J. 1973. Tutkimuksia taimityypiluokituksen laatimista varten III. Taimien morfologisten tunnusten muuttuminen kasvukauden aikana. Summary: Investigations on the basis for grading nursery stock III. Changes in morphological characteristics of nursery stock during the vegetation period. *Folia Forestalia* 178. 19 s.
- Luoranen, J. 2000. Control of growth and frost hardening of silver birch container seedlings: growth retardants, short-day treatment and summer planting. Akateeminen väitöskirja. Abstrakti: Rauduskoivun paakkutaimien kasvun ja karautumisen hallinta: kasvunsäätet, lyhytpäiväkasittely ja kesäistutus. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 777. 167 s.
- Luoranen, J., Rikala, R., Saksa, T., Smolander, H., Lilja, S. & Hynönen, T. 1999. Koivun paakkutaimien istutus kesällä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 749. 22 s.
- Luoranen, J., Konttinen, K., Rikala, R. & Smolander, H. 2001. Ennakkotuloksia kuusen paakkutaimien kesäistutuksesta. Julkaisussa: Poteri, M. (toim.).

- Taimitarhatutkimuksen vuosikirja 2001. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 813: 24–31.
- Metsätilastollinen vuosikirja 2001. 2001. Metsäntutkimuslaitos. SVT Maa-, metsä- ja kalatalous 2001: 52. 374 s.
- Moilanen, M. & Saksa, T. (toim.) 1998. Alikasvokset metsänuudistamisessa – varjosta valoon. Pihlajasarja 3. Kustannusosakeyhtiö Metsälehti, Vammala. 123 s.
- Mälkönen, E. 2001. Uudistusalan valmistus. Julkaisussa: Valkonen, S., Ruuska, J., Kolström, T., Kubin, E. & Saarinen, M. (toim.). Onnistunut metsänuudistaminen. Kustannusosakeyhtiö Metsälehti, Hämeenlinna. s. 123–130.
- Niemistö, P., Lappalainen, E. & Isomäki, A. 1993. Mäntysiemenpuiden kasvu ja taimikon kehitys pitkitetyn luontaisen uudistamisvaiheen aikana. Summary: Growth of Scots pine seed bearers and the development of seedlings during a protected regeneration period. *Folia Forestalia* 826. 26 s.
- Piri, T. 2002. Tyvilahoisen kuusikon uudistaminen. *Metsätieteen aikakauskirja* 1/2002: 42–46.
- Piri, T. & Korhonen, K. 2001. Infection of advance regeneration of Norway spruce by *Heterobasidion parviporum*. *Canadian Journal of Forest Research* 31(6): 937–942.
- Poteri, M. (toim.) 1999. Taimituho-opas. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 737. 128 s.
- Raulo, J. & Rikala, R. 1981. Istutettujen männyn, kuusen ja rauduskoivun taimien alkukehitys eri tavoin käsitellyllä viljelyalalla. *Folia Forestalia* 462. 13 s.
- Repo, T., Zhang, G., Ryyppö, A. & Rikala, R. 2000. The electrical impedance spectroscopy of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) shoots in relation to cold acclimation. *Journal of Experimental Botany* 51(353): 2095–2107.
- Rikala, R. 1994. Kastelu ja lannoitus taimitarhalla: Kastelutarpeen määrittäminen ja lannoituksen vaikutus taimien kehittymiseen tarhalla ja istutuksen jälkeen. *Lisensiaattitutkielma*. Helsingin yliopisto, metsäekologian laitos. 40 s. + 6 osajulkaisua.
- Rikala, R. 2001. Taimet. Julkaisussa: Valkonen, S., Ruuska, J., Kolström, T., Kubin, E. & Saarinen, M. (toim.). Onnistunut metsänuudistaminen. Kustannusosakeyhtiö Metsälehti, Hämeenlinna. s. 158–163.
- Rummukainen, A., Tervo, L. & Kautto, K. 2002. Ilves- ja Bräcke-istutuskoneet – Tuottavuus, työnjälki ja kustannukset. Abstract: Ilves and Bräcke forest planting machines – Productivity, quality of work and cost. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 857. 75 s.
- Ryyppö, A., Vapaavuori, E.M., Rikala, R., Sutinen, M.-L. 1994. Fatty acid composition of microsomal phospholipids and H⁺-ATPase activity in the roots of Scots pine seedlings grown at different root temperatures during flushing. *Journal of Experimental Botany* 45(280): 1533–1539.
- Saarinen, M. 2002. Kasvillisuuden ja maanmuokkauksen vaikutus männyn ja koivun taimettumiseen varpu- ja puolukkaturvekankailla. Summary: Effect of vegetation and site preparation on restocking of Scots pine and birch on dwarf-scrub and *Vaccinium vitis-idaea* type peatland forests. *Suo* 53(2): 41–60.
- Saarinen, M. & Hotanen, J.-P. 2000. Raakahumuksen ja kasvillisuuden yhteisvaihtelu Pohjois-Hämeen vanhoilla ojitusalueilla. Summary: Covariation between raw humus layer and vegetation on peatlands drained for forestry in western Finland. *Suo* 51(4): 227–242.
- Saksa, T. 1992. Männyn istutustaimikoiden kehitys muokatuilla uudistusaloilla. Abstract: Development of Scots pine plantations in prepared reforestation areas. Akateeminen väitöskirja. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 418. 48 s.
- Saksa, T. 1998. Metsänuudistamistulos viivästyneillä avohakkuualueilla Etelä-Savossa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 695. 31 s.
- Saksa, T. & Smolander, H. 1998. Metsänviljelyn viivästyminen Pohjois-Savon alueella tilastoissa ja todellisuudessa. Metsätieteen aikakauskirja – *Folia Forestalia* 1/1998: 53–64.
- Saksa, T., Jokinen, M. & Korhonen, J. 1999. Miksi metsänuudistamistoimet poikkeavat suunnitelmasta – haastattelututkimus Pohjois-Savossa. *Metsätieteen aikakauskirja* 2/1999: 215–226.
- Saksa, T., Särkkä-Pakkala, K. & Smolander, H. 2002. Työkalu metsänuudistamisen laatutyöhön. *Metsätieteen aikakauskirja* 1/2002: 29–34.
- Sutinen, R., Hyvönen, E., Mäkitalo, K. & Sutinen, M.-L. 1994. Soil classification using dielectric and gamma-ray moisture detection: Potential aid for forest regeneration. In: Proceedings of the First International Airborne Remote Sensing Conference and Exhibition. Applications, Technology, and Science. Strasbourg, France, 12–15 September 1994. Environmental Research Institute of Michigan

- (ERIM). Vol. III. s. 529–538.
- Sutinen, M.-L., Mäkitalo, K. & Sutinen, R. 1996. Freezing dehydration damages roots of containerized Scots pine (*Pinus sylvestris*) seedlings overwintering under subarctic conditions. *Canadian Journal of Forest Research* 26(9): 1602–1609.
- Valkonen, S. 2000. Kuusen taimikon kasvattamisen vaihtoehdot Etelä-Suomen kivennäismailla: Puhdas kuusen viljelytaimikko, vapautettu alikasvos ja kuusi-koivusekataimikko. Akateeminen väitöskirja. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 763. 83 s. + 4 osajulkaisua.
- Valkonen, S. & Valsta, L. 2001. Productivity and economics of mixed two-storied spruce and birch stands in Southern Finland simulated with empirical models. *Forest Ecology and Management* 140(2–3): 133–149.
- Valkonen, S. & Ruuska, J. 2001. Koivusekoituksella laatupuuta istutusmänniköihin? *Metsätieteen aikakauskirja* 1/2001: 60–64.
- Valkonen, S., Ruuska, J., Kolström, T., Kubin, E. & Saarinen, M. (toim.). 2001a. Onnistunut metsänuudistaminen. Kustannusosakeyhtiö Metsälehti, Hämeenlinna. 217 s.
- Valkonen, S., Ruuska, J. & Siipilehto, J. 2001b. Mäntysäästöpuut männyntaimikossa – aukkoisuutta, kasvutappioita vai laatua? *Metsätieteen aikakauskirja* 1/2001: 55–59.
- Valkonen, S., Ruuska, J. & Siipilehto, J. 2002. Effect of retained trees on the development of young Scots pine stands in southern Finland. *Forest Ecology and Management* 166(1–3): 227–243.
- Valtanen, J. 1995. Männyn luontainen uudistaminen Keski-Pohjanmaalla. Julkaisussa: Hytönen, J. & Polet, K. (toim.). *Metsäntutkimuspäivä Kälviällä 1994*. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 540: 7–11.
- Vapaavuori, E., Rikala, R. & Ryyppö, A. 1992. Effects of root temperature on growth and photosynthesis in conifer seedlings during shoot elongation. *Tree Physiology* 10(3): 217–230.
- Venäläinen, M. & Ruotsalainen, S. 2002. Procedure for managing large-scale progeny test data: a case study of Scots pine in Finland. *Silva Fennica* 36(2): 475–487.
- von Sydow, F. & Örlander, G. 1994. The influence of shelterwood density on *Hylobius abietis* (L.) occurrence and feeding on planted conifers. *Scandinavian Journal of Forest Research* 9(4): 367–375.
- Zhang, G. 2001. Cold acclimation in Scots pine. Akateeminen väitöskirja. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 817. 52 s. + 4 osajulkaisua.
- Örlander, G. & Nilsson, U. 1999. Effect of regeneration methods on pine weevil (*Hylobius abietis*) damage and seedling survival. *Scandinavian Journal of Forest Research* 14(4): 341–354.

Tutkimusohjelman hankkeiden keskeiset tulokset

Metsänuudistamisen ekologisiin prosesseihin perustuvat mallit uudistamistavan valintaperusteina

Sauli Valkonen

Johdanto

Metsäalan organisaatiot ja metsänomistajat etsivät uusia ratkaisuja metsänuudistamisen kustannustehokkuuden, ympäristön huomioon ottamisen ja puutavaran korkeiden laatuvaatimusten saavuttamiseksi, kun toimintaympäristö muuttuu. Osa tavoitteista voidaan saavuttaa käyttämällä entistä enemmän metsiköiden luontaisia kehityskulkuja hyödyntäviä uudistamis- ja käsittelymenetelmiä. Toimenpiteitä tarvitaan tämän ajattelutavan mukaan vähemmän ja kustannukset pienenevät. Välittömät kustannukset ovat kuitenkin vain osa metsänuudistamisen tuloksellisuutta ja taloudellisuutta. Siihen kuuluvat myös taimikoiden puuntuotannollinen arvo ja puun laatu, suunnittelu- ja korjuukustannukset, uudistamismenetelmiin liittyvät kustannus- ja tuottovaikutukset (kiertoaika, harvennukset, uudistusalalle jätettävät puut, uudistumisaika) sekä vaikutukset muille metsänkäyttömuodoille ja metsäluonnon monimuotoisuudelle.

1990-luvulla metsänhoidossa alettiin soveltaa erilaisia menetelmiä entistä joustavammin. Vanhoja menetelmiä ”lämmitettiin” uudelleen ja uusia kehiteltiin. Tulokset vaihtelivat sen mukaan, sopiko menetelmä uudistettavan metsikön olosuhteisiin ja tehtiinkö oikeita päätöksiä ja toimenpiteitä. Tietopohja oli monelta osin heikko ja tutkimustulokset hajallaan tutkimusraporteissa. Käytännön metsänuudistajia palvelevia kokoomajulkaisuja ja käsikirjoja ei oltu tehty aikoihin.

Tavoitteet

Hankkeen tarkoituksena oli osaltaan vastata esiin nousseisiin käytännön kysymyksiin sekä kehittää menetelmiä ja uudistamisprosessin tuntemusta, jotta voitaisiin vastata myös tulevaisuuden vielä tuntemattomiin kysymyksiin. Tärkeimmät tutkimusongelmat liittyivät sekametsien kasvatamiseen, luontaisen uudistamisen ja viljelyn samanaikaiseen hyödyntämiseen, viljelytaimien kuolleisuuden syihin, tulen käyttöön, alikasvosten hyödyntämiseen sekä ylis- ja säästöpuustoihin. Olemassa olevat tutkimustulokset pyrittiin kokoamaan käytäntöä palveleviksi synteesisjulkaisuiksi.

Tutkimushankkeen tarkoituksena oli:

- 1) Kehittää uudistamisprosessin yleinen käsitelmä uudistamistutkimusten viitekehyyksi.
- 2) Kirjoittaa ja toimittaa käytännönläheiset kokoomateokset metsänuudistamisen keskeisistä osa-alueista.
- 3) Kokeilla olemassa olevan ja uuden tutkimustiedon yhdistämistä multimediatyyppiseksi asiantuntijajärjestelmäksi.
- 4) Laatia uudistamisen ja taimikon kehityksen empiirisiä malleja ja rakentaa niistä käytännön kysymysten ratkaisemista tukevia laskentaohjelmia ja asiantuntijajärjestelmiä.
- 5) Tarkastella eri tavalla perustettavien ja kasvatettavien taimikoiden tiheyttä, rakennetta, kehitystä sekä puuntuotannollista ja ekologista arvoa sekä niiden aikaan saamiseksi tarvittavia panostuksia.

Tavoitetaimikot ja metsänuudistamisen tulokset

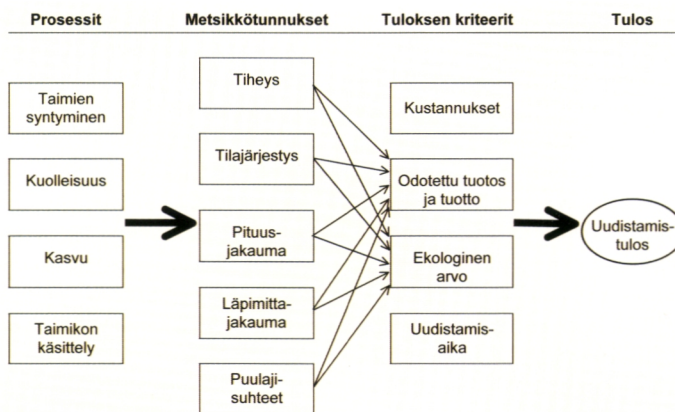
Metsänuudistamisen tulos on hyvin monien tekijöiden summa (kuva 1). Hyvä tulos tarkoittaa tavoitteiden saavuttamista nopeasti ja kohtuullisin kustannuksin. Taimikon ominaisuudet arviointihetkellä (metsikkötunnukset) ovat arvioinnin perusta. Mutta ne kertovat meille jotain vain, jos tiedämme, millainen metsä taimikosta voi kehittyä, mitä hyötyjä se voi tuottaa, ja millä kustannuksilla ja vaivannäöllä tulokset on saatu aikaan. Siinä vaikeudet alkavatkin. Metsikön kehitystä, toimenpidetarvetta, kustannuksia, tuottoja, ekologisen arvon ja maiseman tulevaa kehitystä pitää pystyä ennustamaan. Eikä sillä hyvä: näiden tekijöiden painottaminen ja keskinäinen punnitseminen on henkilökohtaista. Monet asiat metsikön, metsälön, metsätalouden ja taloudellisten seikkojen ulkopuolelta vaikuttavat siihen, mikä on arvioijalle tärkeää.

Kaikille metsänomistajille ja kaikkiin uudistamislanteisiin sellaisinaan sopivia tavoitteita ja tavoitetaimikoita (metsikkötunnukset) ei pystytty tässä hankkeessa määrittelemään. Kaikkia taimikoita koskevat minimivaatimukset on kyllä selvästi kirjattu Metsälakiin liittyvässä Maa- ja

metsätalousministeriön päätöksessä metsälain soveltamisesta (224/1997). Hyvän metsänhoidon suositusten (Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio 2001) mukaan toimittaessa syntyy taimikoita, joiden puuntuotoskyky on suuri ja kannattava ensiharvennus mahdollista. Mutta moni yksityinen metsänomistaja ja metsäteollisuus pyrkii suosituksia parempiin tuloksiin esim. männyn laadun, uudistamisajan tai taimikon kasvunopeuden osalta. Toisaalta huonompikin tulos voi olla hyväksyttävä vaikeissa oloissa, missä metsän tuotos jää joka tapauksessa pieneksi.

Käytännönläheiset kokoomateokset ja katsaukset

Metsänuudistamista koskevia tutkimustuloksia on karttunut vuosien kuluessa laajasti, mutta tietämys on ollut hajallaan tutkimusraporteissa, oppi- ja käsikirjoissa, metsänhoitosuosituksissa ja käytännön ammattilaisten ja tutkijoiden ajatuksissa. Hankkeen aikana tuotettiin joukko kokoomajulkaisuja (taulukko 1), joiden tarkoituksena oli koota yhteen aihepiiriin ajankohtaisin tutkimustieto ja esittää se käyttökelpoisessa muodossa käytännön ammattilaisille.



Uudistamisaika: Uudistamisen aloittamisesta tuloksen arvioimishetkeen kulunut aika.
 Kustannukset: Eri ajankohtina kumuloiduneet kustannukset.

Kuva 1. Metsänuudistamistuloksen tekijät. Osa metsänuudistamisen käsitteistä, jonka Liisa Saarenmaa, Tatu Hokkanen, Kaarlo Kinnunen, Risto Lauhanen, Arto Rummukainen, Markku Saarinen, Timo Saksa ja Sauli Valkonen laativat yhdessä (Valkonen 1998).

Taulukko 1. Metsänuudistamisen kokoomajulkaisuja, joiden tekemiseen hankkeen tutkijat osallistuivat merkittävällä panoksella.

Toimittaja tai kirjoittaja	Vuosi	Teos/julkaisu
Nygren, Ahonen, Koskinen, Kubin ja Mälkönen	1997	Monimuotoinen metsänuudistaminen
Mielikäinen ja Riikilä	1997	Kannattava puuntuotanto
Saarinen	1997	Kasvupaikkatekijöiden vaikutus vanhojen ojitusalueiden taimettumiseen
Moilanen ja Saksa	1998	Alikasvokset metsänuudistamisessa – valosta varjoon
Valkonen, Ruuska, Kolström, Kubin ja Saarinen	2001	Onnistunut metsänuudistaminen

Onnistunut metsänuudistaminen -kirjasta suunniteltiin verkossa tai CD:llä jaeltavaa multimedia-tuotetta, mutta sen lisäarvo todettiin liian pieneksi työmäärään ja kustannuksiin verrattuna. Hankkeen alkuvaiheessa ideoitu metsänuudistamisen asiantuntijajärjestelmä, jossa multimediympäristöön olisi liitetty erilaisia tietokanta-, simulointi- ja vertailuohjelmistoja olisi ollut vielä monin verroin kalliimpi ja työlämpi. Sellaisten aika ei ole vielä tullut käytännön metsänuudistamisessa.

Uudistumisen ja taimikon kehityksen mallit ja simulaattorit

Erilaisia malleja laadittiin ja käytettiin hankkeen monien tutkimusten menetelmällisinä ytiminä. Hankkeen tutkijoilla ja hankkeessa laadituilla malleilla oli merkittävä rooli MELA/MOTTI- ja Taimikkosimulaattori -ohjelmistojen kehittämis-työssä.

MELA-systeemin uudistumismallien ensimmäinen, edelleen käytössä oleva versio laadittiin 1980-luvulla (Ojansuu ym. 1991). Sen aineistopohjana on Valtakunnan metsien 7. inventointi eli 1950–1970-luvuilla perustetut taimikot. Metsänhoidon muututtua niitä on vaikeaa tai mahdotonta soveltaa moniin nykyisen metsänhoidossa yleisiin uudistamis- ja käsittelykohteisiin, puhumattakaan erikoisemmista tapauksista. Malleja oli myös tarpeen ja mahdollista kehittää joustavammiksi entiseltä pohjalta. Hankkeen tutkijoiden ja Mela-ryhmän yhteistyönä laadittiin malleista uusi versio, jota testattiin MELA:ssa ja mm. sen luonnonprosessit käyttäjäystävällisemmässä

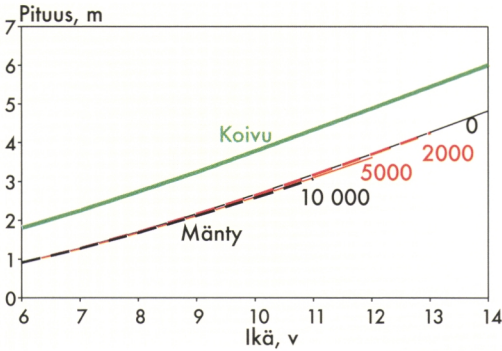
muodossa käsittävissä MOTTI-ohjelmistossa. Tärkeimmät testattavat uudistukset olivat:

- Taimikot kehittyvät kohti VMI8–VMI9:ssä havaittuja tiheyksiä ja puulajisuhteita VMI7:n sijasta.
- Alueelliset erot uudistamistuloksissa otetaan huomioon lämpösumman avulla.
- Kasvatuskelpoisten taimien osuus lasketaan puulaajeittain kokonaistiheyksien lisäksi.
- Maanpinnan käsittelyn vaikutus ja maan taimettumiskunnon säilyminen otetaan huomioon kasvupaikoittain, alueittain ja menetelmittäin.
- Puuston tiheyden (pohjapinta-ala) vaikutus erotellaan puulajeittain.
- Puulajin, menetelmän ja olosuhteiden yhteensopimattomuudesta aiheutuva vähennys tehdään taimimääriin, kun onnistumisen edellytykset arvioidaan tavallista huonommiksi.
- Tuloksiin voidaan haluttaessa lisätä realistista satunnaista vaihtelua.

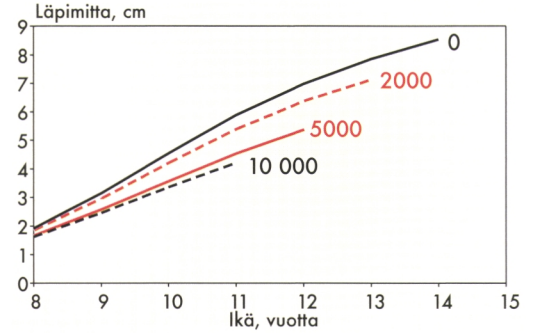
Metsätehon ja Helsingin yliopiston metsäekologian laitoksen kanssa yhteistyössä laadittu Taimikkosimulaattori-ohjelmisto on tarkoitettu apuvälineeksi taimikoiden käsittelyvaihtoehtojen vertailuun, taimikonhoito-ohjeiden laatimiseen, koulutukseen ja metsätalouden suunnitteluun (Räsänen ym. 2002).

Koivusekoituksella laatupuuta istutusmänniköistä

Puiden oksikkuus ja huono laatu oli tärkeimpiä syitä männyn istutuksen suosion hiipumiseen 1990-luvulla. Jo pitkään käytetty istutustiheys



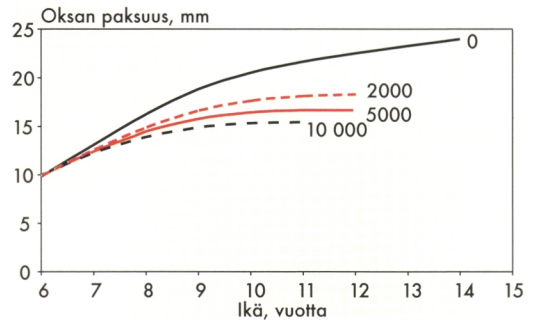
Kuva 2. Männyn ja rauduskoivun taimien keskipituuden kehityksen riippuvuus koivun tiheydestä (koivua 0, 2000, 5000 tai 10 000 kpl/ha) (Valkonen ja Ruuska 2001, 2002).



Kuva 3. Männyn taimien keskiläpimitan kehityksen riippuvuus koivun tiheydestä (koivua 0, 2000, 5000 tai 10 000 kpl/ha) (Valkonen ja Ruuska 2001, 2002).

2000 kpl/ha on hyvä tavoiteltaessa nopeaa kasvua, suurta käyttöpuun tuotosta ja kannattavaa ensiharvennusta. Tuo runkoluku on kuitenkin liian pieni laatusahatavaran tuottamiseen ilman pystykarshintaa. Laadun ja nopean kasvun yhdistäminen saattaisi olla mahdollista käyttämällä luontaista koivua hyväksi tiheyden tilapäiseksi lisäämiseksi. Mäntyä istutetaan edelleen jonkin verran, esimerkiksi tyvilahoisia kuusikoita uudistettaessa.

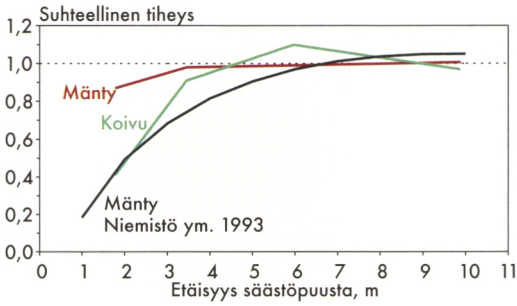
Mänty–koivu-sekataimikoista kerättyyn aineistoon ja sen pohjalta laadittuihin malleihin nojautuen voidaan todeta, että hyvin kasvuun lähteneet männyn istutustaimet pystyvät tasapäiseen pituuskehitykseen siemensyntyisten rauduskoivujen kanssa Etelä-Suomen kuivahkoilla ja kuivilla kankailla. Koivu kasvaa ensimmäisinä vuosina mäntyä nopeammin, mutta pieni pituusetumatka ei haittaa mäntyä, jos koivun tiheys on kohtuullinen. Parin metrin pituusvaiheen jälkeen männyn ja koivun kasvu on yhtä nopeaa (kuva 2). Läpimitan kasvuun ja puun paksuimman oksan paksuuteen koivulla aikaan saatu suuri taimitiheys vaikutti voimakkaasti (kuvat 3 ja 4). Koivut eivät luonnollisestikaan kasva tasaisesti kaikkien mäntyjen ympärillä. Aukkoapaikoissa ja niiden reunalla kasvavista männystä tulee keskimääräistä oksikkaampia. Hirvituhot olivat vähäisiä tämän tutkimuksen taimikoissa, mutta monien tutkimusten mukaan sekapuusto saattaa lisätä tuhorkiä. Tiheän, etukasvuisen koivun seassa mänty ei menesty ja sellaiset taimikot kannattaa perata määrätietoisesti mäntyä suosien.



Kuva 4. Männyn taimien paksuimman oksan kehityksen riippuvuus koivun määrästä sekataimikoissa (koivua 0, 2000, 5000 tai 10 000 kpl/ha) (Valkonen ja Ruuska 2001, 2002).

Säästöpuiden vaikutus taimikoiden kehitykseen

Säästöpuut ovat osa nykypäivän metsätaloutta. Niiden vaikutusta uudistumiseen ja taimikon kehitykseen on voitu arvioida siemenpuita koskevien tutkimusten perusteella. Pitkäksi aikaa uudistusaloille jätetyt siemenpuut ovat hidastaneet taimien kasvua etenkin Pohjois-Suomen karuilla kasvupaikoilla (Niemistö ym. 1993). Tässä tutkimuksessa selvitettiin säästöpuiden, säästöpuuryhmien ja reunametsän vaikutusta taimikoiden pituus- ja paksuuskasvuun, tiheyteen ja laatuun Etelä-Suomessa.



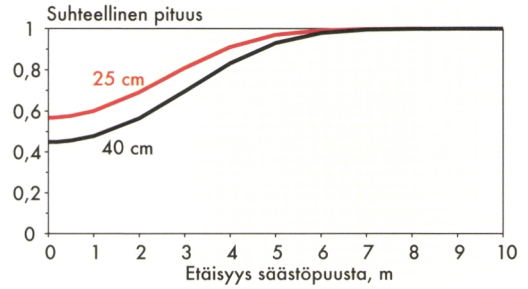
Kuva 5. Männy ja koivun taimien tiheyden riippuvuus etäisyydestä vanhaan kookkaaseen ($d = 20\text{--}45\text{ cm}$) säästöpuuhun (Valkonen ym. 2001b, 2002). Riippuvuus on laskettu kaikkien tietyllä etäisyydellä olleiden koalojen taimitiheyksien keskiarvona. Suhteellinen tiheys 1,0 = uudistusalan keskimääräinen tiheys. Vertailuna Niemistön ym. (1993) vastaava tulos 25 cm:n paksuisille säästöpuille Pohjois-Suomessa.

Eteläsuomalaisissa kuivilla, kuivahkoilla ja tuoreilla kankailla kasvavissa männy taimikoissa 8–18 vuotta olleet säästöpuut eivät juuri vaikuttaneet männy taimien tiheyteen (kuva 5). Aivan ison männy juurelle ei taimia syntynyt, mutta jo 0,5–1 metrin päässä taimia oli yhtä paljon kuin kauempana taimikossa. Tulos oli selvästi erilainen kuin pohjoissuomalaisissa tutkimuksissa, joissa siemenpuiden on havaittu aiheuttavan laajoja aukkoja taimikkoon etenkin karuilla kasvupaikoilla (Niemistö ym. 1993). Koivun taimitiheyteen (kuva 5) sekä taimien pituuskasvuun (kuva 6) säästöpuut vaikuttivat kuitenkin merkittävästi 4–5 metrin etäisyydelle asti. Taimien oksikkuus oli pienempi säästöpuiden lähistöllä, mutta vaikutus oli selvästi pienempi kuin kasvupaikan ja taimikon tiheyden. Säästöpuiden jättäminen ryhmiin (4–12 puuta/ryhmä) ei merkittävästi pienentänyt taimille aiheutunutta kasvuhaittaa haja-asentoon verrattuna metsikkötasolla.

Johtopäätökset

Koivusekoitus parantaa männy laadua

- Tilapäinen koivusekoitus on yksi mahdollinen keino laadun parantamiseksi männy istutustaimikoissa. Noin 2000–5000 männy kanssa suunnilleen saman



Kuva 6. Männy taimien suhteellinen pituus eri etäisyydellä säästöpuusta, jonka läpimitta on 25 tai 40 cm (Valkonen ym. 2001b, 2002).

kokoista siemensyntyistä rauduskoivua hehtaaria kohti pienentää merkittävästi männy oksikkuutta.

- Koivua tarvitaan korkeintaan männy n. 5–8 metrin valtapituuteen asti, jolloin taimikko kannattaa harventaa kannattavan ensiharvennuksen tiheyteen.
- Selvästi etukasvuiset koivut, etenkin nopeakasvuisten vesojen ryhmät, on kuitenkin poistettava varhaisperkauksessa.
- Riskinä voi olla hirvituhojen lisääntyminen.

Säästöpuiden haitta taimikolle pieni

- Säästöpuiden ympärille ei muodostu Etelä-Suomen kuivahkoilla ja tuoreilla kasvupaikoilla suuria, huonosti taimettuneita aukkoja, vaikka säästöpuut hidastavatkin taimien kasvua.
- Viiden suuren mäntysäästöpuun vaikutus metsikön puuntuotoskykyyn on taimikkovaiheen tutkimuksen perusteella ainoastaan 2–3 %, 10 säästöpuun 3–5 %. Käytännössä ainakin osa säästöpuista on selvästi pienempiä kuin mihin ko. tutkimustulokset viittaavat (läpimitta 25–40 cm), joten niiden vaikutus on pienempi.
- Säästöpuiden jättäminen ryhmiin ei paranna kasvua haja-asentoon verrattuna, jos ryhmät jätetään metsikön keskelle. Ryhmien jättäminen metsän reunaan tai huonokasvuiselle tai huonosti uudistuvalla kohdalla pienentää kasvutappiota ja on muutenkin järkevää.
- Ylispuut vähentävät männy taimien oksikkuutta, mutta siemen- tai muiden ylispuiden kasvattamisesta tuskin on käytännön menetelmäksi männy laadun parantamiseen; sopivan karun kasvupaikan valinta ja suuri tiheys riittävät.

Pitkä toipumisaika ja epätasaisuus huonontavat hyvienkin alikasvosten käyttökelpoisuutta

- Hyväkuntoiset, yli 1,0–1,5 m pitkät vapautetut kuusen alikasvostaimet pärjäävät pituuskehityksessä samaan aikaan viljellyille kuusille, mutta alikasvos-taimikoiden epätasaisuus säilyy pitkään.

Kuusen taimikko pärjää siemensyntyisten koivun taimien ja koivuylispuuston kanssa

- Kuusten kanssa saman kokoisia siemensyntyisiä koivuja voidaan käyttää taimikon aukkojen täyden-nyksenä, mutta vesasyntyisistä koivuista on vain harmia niiden nopean alkukehityksen takia.
- Kuusikon päälle itsestään syntyneiden rauduskoivujen kasvattaminen järeäksi puuksi on taloudellisesti kilpailukykyinen vaihtoehto koivun perkaamiseen ja puhtaan kuusikon kasvattamiseen verrattuna.

Kiitokset

Seuraavien yhteistyökumppanien tuki oli erityisen tärkeää hankkeen toteuttamisessa: monet ammattikorkeakoulut, Euroopan Unioni, Helsingin yliopiston metsäekologian ja metsävarojen käytön laitokset, Joensuun yliopiston metsätieteellinen tiedekunta, Maa- ja metsätalousministeriö, Metsähallitus, Metsäkeskukset, Metsälehti Kustannus, Metsämiesten Säätiö, useat metsänhoitoyhdistykset, Metsäteho, Oulun yliopisto, Suomen Akatemia ja UPM-Kymmene Metsä. Kaikkien hankkeen tutkimuksia tukeneiden ihmisten nimiä ei tässä voi mainita, mutta kiitän jokaista lämpimästi, samoin kuin hankkeen tutkijoita ja henkilökuntaa.

Kirjallisuus

- Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. 2001. Hyvän metsänhoidon suositukset. Julkaisuja 13/2001. 95 s.
- Mielikäinen, K. & Riikilä, M. (toim.) 1997. Kannattava puuntuotanto. Kustannusosakeyhtiö Metsälehti, Jyväskylä. 140 s.
- Moilanen, M. & Saksa, T. (toim.). 1998. Alikasvokset metsän uudistamisessa – varjosta valoon. Pihlaja-sarja 3. Kustannusosakeyhtiö Metsälehti. 123 s.

- Niemistö, P., Lappalainen, E. & Isomäki, A. 1993. Mäntysiemenpuuston kasvu ja taimikon kehitys pitkitetyn luontaisen uudistamisen aikana. Summary: Growth of Scots pine seed bearers and the development of seedlings during a protracted regeneration period. *Folia Forestalia* 826. 26 s.
- Nygren, M., Ahonen, M., Koskinen, R., Kubin, E. & Mälkönen, E. 1997. Monimuotoinen metsänuudistaminen. Uudistamismenetelmien perustan tarkastelua. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 636. 40 s.
- Ojansuu, R., Hynynen, J., Koivunen, J. & Luoma, P. 1991. Luonnonprosessit metsälaskelmassa (MELA) – Metsä 2000 -versio. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 385. 59 s.
- Räsänen, T., Kaila, S., Kokkila, T., Lehtonen, M., Mäkelä, A., Nikinmaa, E., Ruuska, J. & Valkonen, S. 2002. Taimikon kehityksen ja käsittelyiden simulointi. Taimikkosimulaattorin kuvaus. Metsäteho. Käsikirjoitus Metsätehon raportti-sarjaan.
- Saarinen, M. 1997. Kasvupaikkatekijöiden vaikutus vanhojen ojitusalueiden taimettumiseen. Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu. Summary: Effect of site factors on restocking of old drainage areas. *Suo* 48(3): 61–70.
- Valkonen, S. 1998. Miten syntyy uudistamistulos? Metsätieteen aikakauskirja – *Folia Forestalia* 2: 231–234.
- Valkonen, S. & Ruuska, J. 2001. Koivusekoituksella laatu puuta istutusmänniköihin? Metsätieteen aikakauskirja 1/2001: 60–64.
- Valkonen, S. & Ruuska, J. 2002. Effect of birch admixture on tree growth and branch diameter in young Scots pine stands in Southern Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research*. Lähetetty käsikirjoitus.
- Valkonen, S., Ruuska, J., Kolstrom, T., Kubin, E. & Saarinen, M. (toim.). 2001a. Onnistunut metsänuudistaminen. Kustannusosakeyhtiö Metsälehti, Hämeenlinna. 217 s.
- Valkonen, S., Ruuska, J. & Siipilehto, J. 2001b. Mäntysäästöpuut männyntaimikossa – aukkoisuutta, kasvutappioita vai laatua? Metsätieteen aikakauskirja 1/2001: 55–59.
- Valkonen, S., Ruuska, J. & Siipilehto, J. 2002. Effect of retained trees on the development of young Scots pine stands in Southern Finland. *Forest Ecology and Management* 166(1–3): 227–243.

Luontaisen taimettumisen ekologiset perusteet ja menetelmät

Markku Saarinen

Johdanto

Luontaiseen uudistamiseen liittyy edelleen epävarmuus onnistumisesta sielläkin, missä luontaisen taimettumisen olosuhteet ovat hyvät. Luonnon monimuotoisuuden huomioon ottaminen asettaa metsätaloudelle uusia haasteita ja on johtanut ennen kokeilemattomien luontaisen uudistamisen sovellutuksien laajamittaiseen käyttöön. Hakkuukypsiksi varttuneet ojitusaluet ovat myös tuoneet eteen uusia haasteita metsien uudistamiseen. Tärkein luontaisen uudistamisen tutkimuksen tehtävä onkin tällä hetkellä selvyyden luominen paitsi vanhastaan hyväksi tunnetuihin menetelmiin, myös uusiin sovellutuksiin. Luontaisilta uudistamismenetelmiltä odotetaan kustannussäästöjä ja ekologisen kestävyuden edistämistä.

Hankkeen tavoitteena oli tutkia siementen itämisen, sirkkataimien syntymisen ja taimikon varhaiskehityksen riippuvuutta uudistusalan kasvupaikkatekijöistä ja siemensadon vaihteluista sekä antaa tietoa siemensadon ajallisista ja alueellisista vaihteluista sekä niihin vaikuttavista tekijöistä. Tavoitteena oli myös antaa olemassa olevan ja uuden tutkimustiedon perusteella suosituksia vanhojen ojitusaluemetsien luontaisesta uudistamisesta. Lisäksi tuotettiin käytännön tietoa muokkausjälkien taimettumisherkkyiden säilymisajasta sekä luontaisen taimettumisen ja viljelyn yhteensovittamisesta kivennäismaiden männyn ja kuusen uudistamisessa.

Siemensato metsänuudistamisen lähtökohtana

Männyllä on Etelä- ja Keski-Suomessa runsas käpysato keskimäärin kaksi tai kolme ja kuusella kolme tai neljä kertaa kymmenessä vuodessa. Tuholaiset turmelevat kuitenkin kuusen siemensadoista keskimäärin kaksi satoa, jonka vuoksi runsas siemensato saadaan vain kerran tai kaksi vuosikymmenessä. Kuusella on todella heikkoja siemensatoja keskimäärin viisi kertaa kymmenessä vuodessa. Raudus- ja hieskoivulla runsaita siemenvuosia esiintyy Etelä-Suomessa keskimäärin kahden tai kolmen vuoden välein. (Hokkanen 2000, Hokkanen 2001).

Uudistuskypsän männikön vuotuinen siemensato on Etelä-Suomessa keskimäärin 2–5 kg/ha; kuusella vajaa 15 kg/ha. Kuusi voi tuottaa huippuvuonna jopa 120 kg/ha siementä. Männyn ja kuusen vuotuiset siemensadot ylittävät aiemmat, lyhyempiin aikasarjoihin perustuvat arviot. Etelä-Suomessa uudistuskypsän VT-männikön vuotuinen siemensato ylittää yleensä kriittisenä rajana pidetyn 100 kpl/m². (Hokkanen 2000, Hokkanen 2001).

Männiköissä siemenpuiden järeys ja yhteyttävän neulasmassan määrä selittävät parhaiten puukohtaista siemensatoa. Siemenpuiden määrä puolestaan lisää hehtaarikohtaista siemensatoa suoraviivaisesti. Siemenpuuhakkuun jälkeen siemensato alkaa lisääntyä vasta neljäntenä kasvukautena. Pyrittäessä nopeaan uudistamiseen ja siemenpuiden pikaiseen poistoon (alle viisi vuotta), siemenpuita tulisikin jättää riittävästi (100–150 kpl/ha). Vuosien välinen siemensatojen vaihtelu on kuitenkin suurempi kuin siemenpuiden määrän vaikutus. Maanmuokkaus olisikin edullisinta ajoittaa hyvää siemensatoa edeltävään syksyyn tai varhaiskevääseen, sillä

Etelä-Suomessa siementen variseminen alkaa jo huhtikuun lopulla ja päättyy yleensä kesäkuun jälkipuoliskolla. Keskimäärin 60 % sadosta varisee toukokuussa (Kaarlo Kinnunen ja Tatu Hokkanen, julkaisematon aineisto).

Vanhojen ojitusalueiden luontainen uudistaminen

Hankkeen alkuvaiheissa tehtiin selvitys vanhojen ojitusalueiden pintakasvillisuudesta ja turvekangaspintojen karike- eli raakahumuskerrostumien esiintymisestä (Saarinen ja Hotanen 2000). Tavoitteena oli laatia kuivatustilaan ja kasvillisuuden kehitysvaiheisiin eli kasvillisuussukessioon perustuva kuvaus ojitusalueiden pohjakerroksesta siementen itämisen ja sirkkataimien kehityksen kasvualustana. Mittausajankohtaan asti pelkän uudisojituksen varassa edennyt kasvillisuuden kehitys oli 1930- ja 1950-luvun ojitusalueilla saavuttanut turvekangasasteen enimmillään kolmanneksella havaintoaloista. Suon kuivumisen astetta kuvaavan ”muuttuma”-käsitteen käyttö oli lopuilla havaintoaloista ongelmallista. Kehitys saattoi keskeytyä ja osittain taantua missä tahansa ojituksen jälkeisessä vaiheessa. Useimmat vielä osittain suokasvillisuuden peittämät havaintoalat osoittautuivat mosaiikiksi erisuuntaisia sukkessiovaiheita. Raakahumuksen esiintyminen riippui erityisesti rahkasammal- ja turvekangaspintojen vaihtelusta, ts. kasvillisuuskehityksen aiheuttamasta vaihtelusta. Rahkasammalpinnoilla raakahumusta ei ole, kun taas kuivuneilla pinnoilla karikkeiden kerrostuminen ja pian sen jälkeen seinäsammalen tehokas leviäminen alkavat heti rahkasammalkasvustojen häviämisen jälkeen. Paksummat (5,4–6,5 cm) raakahumuskerrostumat painoutuivat seinäsammalpintaisille puolukaturvekankaille.

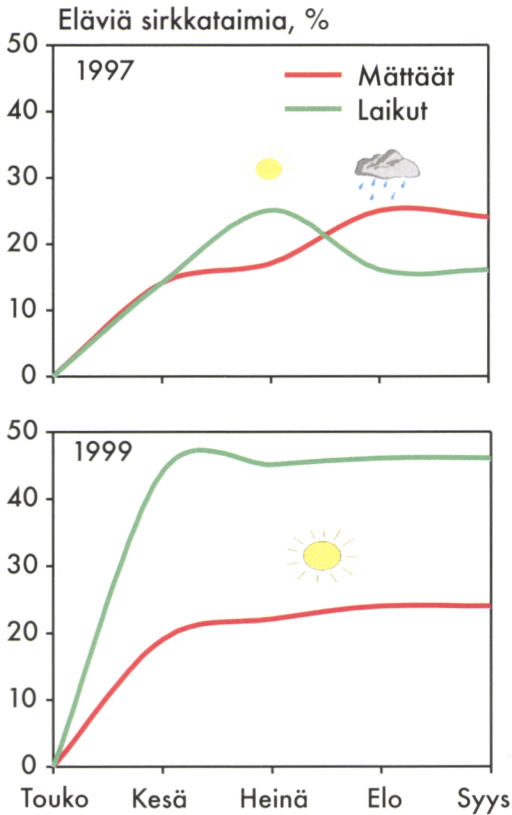
Luontaisen uudistamisen kannalta on tärkeä tiedostaa jatkuvasti muuttuvan kasvillisuuden merkitys taimettumispintojen luojana. Saarisen ja Hotasen (2000) tutkimuksen hakkuukypsissä ja varttuneissa metsiköissä rahkasammalien osuus oli enää runsaat kymmenen prosenttia pohjakerroksen peittävydestä. Kangassammalet peittivät puolet pohjakerroksesta runsaan kolmanneksen ollessa edelleen paljasta karikepintaa. Muok-

kaamattomien pintojen taimettumisherkkyuden mallintamiseen tähtäävissä kenttäkokeissa kasvualusta luokiteltiin rahkasammal-, kangasammal- ja karikepintoihin ja eräissä tapauksissa myös karhunsammalpinntoihin. Ne käsittävät valtaosan uudistamisen kannalta merkityksellisestä vaihtelusta. Sinänsä keinotekoisten luokkien taimettumisherkkyys riippuu myös sääoloista. Turvekangaspintojen taimettumisherkkyys vaihtelee merkittävästi myös raakahumuskerrostuman paksuuden suhteen. Näiden pintojen taimettumisherkkyys riippuu lisäksi kasvukauden kosteusoloista ja pohjavesipinnan etäisyydestä (Saarinen 1997).

Seuraavassa esitellään joitakin aiemmin julkaisemattomia tuloksia tutkimuksista, joissa on selvitetty sirkkataimien syntyyn ja kehitykseen vaikuttavia tekijöitä.

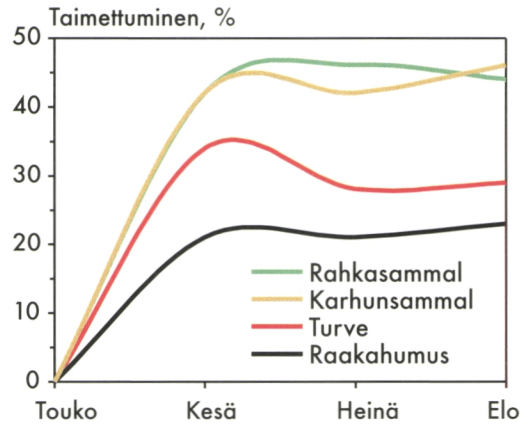
Sirkkataimien syntyajankohtien säällä ja kasvualustan ominaisuuksilla on voimakas yhdysvaikutus taimettumiseen. Tällöin itämis- ja kasvualustojen taimettumiserot vaihtelevat vuodesta toiseen erityisesti mätäs- ja laikkupinnoilla. Kuivana kesänä laikkuihin syntyi kaksinkertainen sirkkataimimäärä turvemättäisiin verrattuna, kun taas sateiset kesät saattoivat kääntää asetelman päinvastaiseksi (kuva 1). Myös pohjavesipinnan korkeuden vaikutus taimettumiseen riippui vuoden sääoloista, mutta erot eri pohjavesitasojen välillä olivat vähäiset. Pohjaveden kohottaminen taimettumisvaiheen ajaksi ei näyttäisi korvaavan maanmuokkausta.

Hyvin kuivatetun ojitusalueen pinnalle tehdyt laikut (kaivurilla tehdyt pintalaikut) ovat teoriassa hyvin toimiva ratkaisu, mikäli poistetaan vain pintakasvillisuus ja turvekankailla enintään pintakasvillisuuden alla oleva raakahumuskerros. Laikun ominaisuudet itämisen ja sirkkataimien alkukehityksen kannalta riippuvat olennaisesti siitä, minkälaiseen kasvillisuuspinnaan se tehdään (kuva 2). Karhunsammal- ja rahkasammalkasvustoihin tehdyt laikut ovat kuohkeita ja kosteita, tarjoten kuivana kesänä hyvän itämisalustan. Turvekankaiden seinäsammalpintaisen raakahumuksen alta löytyy usein maaton turvekerros, joka taimettumisalustana on jo huomattavasti heikompi. Kosteutta on siinäkin riittävästi, mutta siemenet ovat alttiita niitä syöville eläimille. Toisaalta kovat sadekuurot sekoittavat ja liettävät hienojakoista turvemassaa. Vesi jää myös helposti lammikoksi

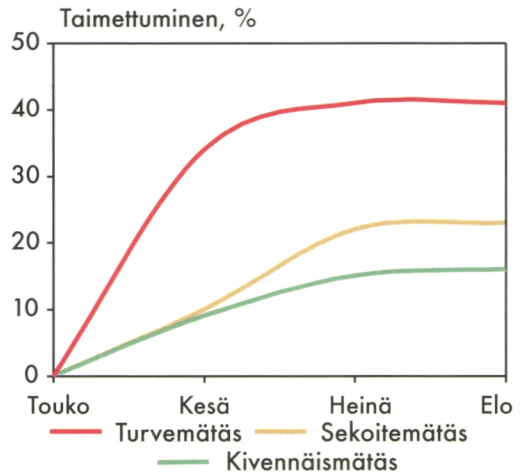


Kuva 1. Männyn taimettuminen puolukkaturvekankaan turvemättäällä ja kaivurilaikuissa kasvukausina 1997 ja 1999. Taimettuminen on esitetty elävien sirkkataimien osuutena (%) näytealalle kylvetyistä 50:stä siemenestä. Kuva perustuu Saarisen toistaiseksi julkaisemattomaan aineistoon.

huonosti vettä läpäisevälle maatumelle turvepinnalle. Mikäli kyseisen turvepinnan päälle jätetään osa raakahumuskerroksesta, lisääntyy puolestaan itämisalustan kuivumisriski. Laikutuksen vaikutus suhteessa muokkaamattomaan pintaan oli erittäin merkitsevä turvekankailla, mutta erityisesti karhunsammalmuuttumilla. Kummassakaan tapauksessa ei ilman muokkausta syntynyt juurikaan taimia. Rahkasammalpintaisten kohteiden laikutus oli vaikutukseltaan vähäisempi, sillä muokkaamattomat rahkasammalpinnot taimettuivat muutoinkin. Laikutus kuitenkin kaksinkertaisti taimimäärän.



Kuva 2. Männyn taimettuminen eri tyyppisissä kaivurilaikuissa kuivan kasvukauden 1999 aikana. Laikkupintojen kuvaus tarkemmin tekstissä. Taimettuminen laskettu kuten kuvassa 1. Kuva perustuu Saarisen toistaiseksi julkaisemattomaan aineistoon.



Kuva 3. Männyn taimettuminen turve- ja kivennäismaamättäällä sekä turpeen ja kivennäismaan sekoitemättäällä kuivan kasvukauden 1999 aikana. Taimettuminen laskettu kuten kuvassa 1. Kuva perustuu Saarisen toistaiseksi julkaisemattomaan aineistoon.

Mätästetyillä ojitusalueilla suurin itämisalustan laadun vaihtelu aiheutuu turvepaksuuden vaihtelusta. Ohutturpeisen (alle 30 cm) ojitusalueen mättäät ovat useimmiten lähes puhtaita kivennäismaamättäitä. Paksuturveisimmilla oji-

tusalueilla turpeen osuus lisääntyy, mutta turve ja kivennäismaa sekoittuvat harvoin tehokkaasti toisiinsa. Mätättäissä on puhtaita turvepaakkuja kivennäismaan joukossa. Kivennäismaasekoituksen vaikutusta testaavassa koejärjestelyssä turvetta sekoitettiin keinotekoisesti kivennäismaan joukkoon kasvualustan vesitalouden parantamiseksi. Turpeen osuus oli kuitenkin varsin vähäinen. Ero pinnaltaan kuivuviin karkeajakaisen kivennäismaan mätättäisiin oli pieni (kuva 3). Turvemätättäiden taimettuminen sen sijaan oli huomattavasti parempi kuin kivennäismaamätättäiden kuivana kesänä 1999.

Edellä esitellyn sirkkataimiseurannan tulokset ovat taimettumisvaiheen ensimmäisiltä vuosilta ja vasta pitempi seurantajakso antaa luotettavan kuvan lopullisesta taimettumistuloksesta. Luotettavampi kuva jatkokehityksestä saadaan vertaamalla näitä alkuvaiheen tuloksia eri ikäisten (4–16 vuotta) männyn siemenpuuasetoihin hakattujen uudistamiskoekenttien taimettumistulokseen varpu- ja puolukkaturvekankailla (Saarinen 2002). Luontaista koivua oli näillä koekentillä enemmän kuin luontaisia männyn taimia. Muokkauksen ja taimitiheyden välinen riippuvuus oli koivulla kuitenkin heikompi kuin männyllä. Tämä johtui koivun mäntyä paremmasta kyvystä uudistua muokkaamattomillekin kasvillisuuspinnoille. Erityisesti kosteille rahkasammalpinnoille koivuja syntyy usein runsaasti myös ilman muokkausta.

Kangasmaiden lautasaurasta vastaavalla jyrsinällä voidaan saavuttaa täystiheä mäntytaimikko, mikä luontaisen uudistamisen yhteydessä antaa aiheen rohkaista muidenkin pintamuokkausmenetelmien käyttöön mätätystsmuokkauksen vaihtoehtona. Taimet keskittyvät jyrshintäjäljissä vakopintoihin, jolloin hyvin kuivatetun uudistusalan mahdollisimman pinnanmyötäisellä kaivurilaikutuksella voitaneen päästä samaan lopputulokseen hyödyntämällä ojitusalueilla muutoinkin toimivaa ja saatavissa olevaa konekantaa. Jyrsinän kaltaisen pintamuokkausjäljen vaikutus on kuitenkin usein vallitsevasta pintakasvillisuudesta riippuva. Rahkasammalpinnaat ovat usein muokkaamattominakin hyvin taimettuvia, jolloin muokkauksen vaikutus näkyy vain kuivilla turvekangaspinnoilla (Saarinen 2002). Tosin rahkasammalkasvuston muokkaus saattaa joskus tuottaa kaikkein herkimmin taimettuvan pinnan

erityisesti kuivina kesinä. Nämä pinnat ovat erityisen otollisia hieskoivun taimettumiselle, mikä saattaa muodostua ongelmaksi männyn taimien syntymiselle ja jatkokehitykselle varsinkin puolukkaturvekankailla (Saarinen 2002). Ongelma kärjistyy, jos koivun osuus uudistettavasta puustosta on suuri (nevojen ja nevarämeiden ojitusalueet) ja uudistusalueille kehittyä lisäksi tiheä ja nopeakasvuinen vesakko. Siemensyntyisten koivujen runsauteen vaikuttaa lisäksi lannoitus, joka on männyn luontaisen uudistamisen yhteydessä enemmän haitaksi kuin hyödyksi. Lannoituksella saattaa tosin olla merkitystä taimikon myöhemmissä kehitysvaiheissa, sillä osalla vanhimmista taimikoista oli havaittavissa laikuittaisia kaliumin puutosoireita (Saarinen 2002).

Lannoituksen merkitys tulee selkeästi esiin myös hyödynnettäessä luontaista alikasvosta. Saarinen ja Sarjala (1999) osoittivat, että vapautettaessa alikasvos vallitsevasta puustosta, saatavat alikasvotaimien ravintoesuhteet muuttua voimakkaasti typpipitoisuuksien noustessa ja kaliumpitoisuuksien laskiessa. Ravinnetaloudeltaan epätasapainoisilla ojitusalueilla, joilla kaliumia on jo alunperinkin niukasti tyyppeen verrattuna, tämä voi merkittävästi hidastaa alikasvoksen elpymistä. Alikasvoksen vapauttamisen yhteydessä annettava PK-ravinnelisäys korjaa ravinne-epätasapainon jo ensimmäisen hakkuun jälkeisen kasvukauden aikana. Hakkuun jälkeinen sopeutumisviive avartuneissa kasvuoloissa aiheutti kuitenkin sen, että lannoitettujen, mutta vapauttamattomien taimien kasvun elpyminen oli vapautettuja nopeampi. Tämän vuoksi lienee tehokkainta antaa ravinnelisäys vuosi tai kaksi ennen hakkuuta.

Luontaisen uudistamisen ja viljelyn yhteensovittaminen

Kangasmaiden männiköissä luontaisen uudistamisen ja viljelyn yhteensovittamisen tuloksellisuus riippuu siemenvuosista. Huonoina siemenvuosina männyn siementä kylvämällä voidaan nopeuttaa ja varmistaa männyn luontainen uudistuminen, mutta hyvinä siemenvuosina siihen ei ole tarvetta. Kuivien ja kuivahkojen kankaiden pienillä uudistusaloilla männyn reunametsäsiemennys

Taulukko 1. Taimikoiden tiheysjakaumat (%) ja keskipituudet (cm) uudistamisketjuittain. Tarkastelussa ovat mukana kasvatuskelpoiset kuusen taimet. Taulukko perustuu Timo Saksan julkaisemattomaan aineistoon.

Tiheys kuusentainta/ha	Luontainen uudistaminen	Kuusen istutus 2000	Kuusen istutus 1200	Luontainen täydennysistutus
alle 1000	50	7	21	14
1001–1400	0	14	29	7
1401–1800	22	29	14	43
1801–2200	21	50	36	36
2200	7	0	0	0
Keskipituus, cm				
v. 1991 koekentät	102±53	135±56	121±51	90±37
v. 1992 koekentät	97±77	155±53	147±61	80±51

vastasi 20–25 rungon hehtaari tiheyteen hakatun siemenpuuston siemensatovaikutusta (Kaarlo Kinnunen, julkaisematon aineisto). Eri puulajien reunametsäsiemennyksellä oli varsin suuri merkitys uudistusalojen täydentäjänä myös viljavilla kasvupaikoilla, mutta vuosien välinen vaihtelu oli suuri ja luontaisten taimien epätasainen jakautuminen uudistusaloille pienensi niiden käyttökelpoisuutta (Kinnunen 1995).

Viljavalla kasvupaikalla luontaisen uudistamisen ja istutuksen yhteensovittaminen eli ns. sekastrategia tuotti normaalia istutusta heikomman lopputuloksen. Istutustiheydellä 2000 tainta/ha viljellyistä uudistusaloista joka toinen saavutti 9–10 vuoden iässä tavoitteen 1800 kuusentainta/ha (taulukko 1). Harvemmassa istutuksessa (1200 istutuskuusta/ha), jossa pyrittiin hyödyntämään luontaisesti syntyvää ja täydentävää taimiainesta em. tavoite saavutettiin runsaalla kolmanneksella uudistusaloista. Vastaavaan tulokseen päästiin myös, jos luontaista taimettumista täydennettiin 4–5 vuoden kuluttua muokkauksesta kuusen istutuksella. Viimeksi mainitussa tapauksessa tosin huonosti taimettuneiden uudistusalojen (alle 1000 kuusentainta/ha) osuus oli pienempi kuin harvassa istutuksessa. Yksinomaan reunametsästä tulevan luontaisen uudistamisen varaan jätetyillä uudistusaloilla tavoitettiä saavutettiin joka neljännellä kohteella, mutta samalla joka toisessa taimikossa tulos jäi heikoksi. Alhaisempien taimitiheyksien lisäksi kuusen pituuskehitys oli luontaisen uudistamisen aloilla 9–10 vuoden iässä 30–50 cm jäljessä istutustaimikkoon verrattuna (Timo Saksa, julkaisematon aineisto).

Johtopäätökset luontaisen taimettumisen ekologiasta

Siemensato metsänuudistamisen lähtökohtana

- Metsäpuiden vuotuiset ja alueelliset siemensatovaihtelut ovat niin suuria, että ne tulee aina ottaa huomioon metsää luontaisesti uudistettaessa.
- Pyrittäessä nopeaan (alle 5 v) männyn luontaiseen uudistamiseen siemenpuita pitäisi jättää paljon (100–200 kpl/ha), koska harvan kasvatusasennon siemensatoa edistävä vaikutus alkaa näkyä vasta neljäntenä kasvukautena siemenpuuhakkuun jälkeen.
- Järeät, suuren latvuksen omaavat ja hyvälaatuiset siemenpuumännyt tuottavat parhaimman siemensadon.
- Tiheästä päätehakkuumetsiköstä ei saa hyvää siemenpuustoa. Ajallaan tehdyt harvennukset ja siemenpuuhakkuuta edeltävä väljennyshakkuu edistävät tulevien siemenpuiden latvusten tuuhteutta ja siemensatoa.
- Luontaisen uudistamisen onnistumisvarmuutta voidaan parantaa hyödyntämällä siemensatoennusteiden tarjoamaa tietoa. Parhaiten ennusteet palvelevat metsän uudistamistapaan sekä siemenpuuhakkuun ja maanmuokkauksen optimaaliseen ajoittamiseen liittyvää päätöksentekoa.

Ojitusalue metsien uudistaminen

- Ojitusalueet ovat kasvillisuudeltaan hyvin vaihtelevia. Eri suokasvilajien ja turvekankaille ominaisten kangassammallajien sekä sammalpeitteettömien karikepintojen muodostamat taimettumispinnat luovat myös taimettumisherkkyteen suurta vaihtelua.

- Turvekankaiden raakahumuskerrostumat heikentävät taimettumisherkkyyttä ja ovat paksuimmillaan mäntyvaltaisilla puolukkaturvekankailla.
- Erilaisten luontaisten kasvillisuuspintojen ja muokattujen pintojen taimettumiserot riippuvat voimakkaasti sääolojen vaihtelusta; kuivina kasvukausina pintalaikut tuottivat parhaiten männyn ja erityisesti koivun sirkkataimia. Erot tasaantuivat tai muuttuivat päinvastaisiksi kosteina kasvukausina.
- Pohjavesitason nostaminen (esim. viivästetty kunnostusojitus) edistää taimettumista kuivina kesinä, mutta ei korvaa muokkausvaikutusta. Laikkupintojen tai muiden pintamuokkausjälkien liiallisen kosteuden riskiä voidaan vähentää ajoittamalla kunnostusojitus maanmuokkauksen yhteyteen.
- Rahkasammalpintoihin tehdyt laikut ovat hyviä itämisalustoja verrattuna turvekankaan raakahuksesta tai maatuneesta turpeesta muodostuneisiin laikkupintoihin. Laikutuksen suhteellinen vaikutus muokkaamattomaan pintaan verrattuna on kuitenkin usein suurimmillaan turvekankailla. Rahkasammalpinna taimettuvat kohtalaisesti ilman muokkaustakin.
- Suometsien PK-lannoitus edistää koivun, mutta ei männyn taimettumista.

Luontaisen taimettumisen ja viljelyn yhteensovittaminen

- Kuusen istutuksella saadaan varmin ja tasaisin uudistamistulos.
- Kuusen luontainen uudistaminen onnistuu vain, kun muokkauksen yhteyteen 'osuu' erittäin hyvä kuusen siemensato.
- Istutustaimikon keskipituus on noin 30 % luontaisesti uudistettua kuusen taimikkoa suurempi 10 vuoden kuluttua uudistamistoimenpiteistä.

Kiitokset

Huomattava osa tämän tutkimushankkeen koejärjestelyistä sijaitsee Metsähallituksen hallinnoimilla maa-alueilla. Sujuva yhteistyö Metsähallituksen kanssa onkin ollut tärkeä tekijä erityisesti erilaisten luontaisen uudistamisen koe-kenttien perustamisessa ja hoidossa. Metsämies-ten Säätiö on rahoittanut suuren osan vanhoilla ojitusalueilla toteutettujen uudistamiskokeiden mittauksista. Siemen- ja karikesatotutkimuksia ovat edistäneet A. Ahlström Oy, Forelia Oy, Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio, Stora

Enso Oyj Metsä, UPM-Kymmene Oyj Metsä, Metsäkeskus Etelä-Pohjanmaa, Harjun oppimis-keskus, Kymenlaakson ammattikorkeakoulu, MTK:n Säätiö sekä yksityishenkilöistä erityisesti Georg Blomqvist Lemlandista ja Erkki Tanskanen Joensuusta. Kaikille edellä mainituille kiitokset arvokkaasta avusta ja tuesta.

Kirjallisuus

- Hokkanen, T. 2000. Seed crops and seed crop forecasts for a number of tree species. Julkaisussa: Mälkönen, E., Babich, N.A., Krutov, V.I. & Markova, I.A. (toim.). Forest Regeneration in the Northern Parts of Europe. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 790: 86–97.
- Hokkanen, T. 2001. Siemenet ja siemensato. Julkaisussa: Valkonen, S., Ruuska, J., Kolström, T., Kubin, E. & Saarinen, M. (toim.). Onnistunut metsänuudistaminen. Kustannusosakeyhtiö Metsälehti, Hämeenlinna. s. 69–79.
- Kinnunen, K. 1995. Onko rehevien maiden uudistamisessa vaihtoehtoja. Laiho, O. & Luoto, T. (toim.). Metsäntutkimuspäivä Tampereella 1994. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 538: 15–22.
- Saarinen, M. 1997. Kasvupaikkatekijöiden vaikutus vanhojen ojitusalueiden taimettumiseen. Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu. Summary: Effect of site factors on restocking of old drainage areas. A literature review. *Suo* 48(3): 61–70.
- Saarinen, M. 2002. Kasvillisuuden ja maanmuokkauksen vaikutus männyn ja koivun taimettumiseen varpu- ja puolukkaturvekankailla. Summary: Effect of vegetation and site preparation on restocking of Scots pine and birch on dwarf-scrub and Vaccinium vitis-idaea type peatland forests. *Suo* 53(2): 41–60.
- Saarinen, M. & Sarjala, T. 1999. Effects of fertilization and removal of overstorey on foliar nutrient status and chlorophyll fluorescence of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) underwood on drained peatlands. *International Peat Journal* 9: 83–93.
- Saarinen, M. & Hotanen, J.-P. 2000. Raakahumuksen ja kasvillisuuden yhteisvaihtelu Pohjois-Hämeen vanhoilla ojitusalueilla. Summary: Covariation between raw humus layer and vegetation on peatlands drained for forestry in western Finland. *Suo* 51(4): 227–242.

Lahottajasienten merkitys kuusikon uudistamisessa

Tuula Piri ja Kari Korhonen

Johdanto

Tyvilaho on taloudellisesti merkittävin sienitauti Etelä-Suomen kuusikoissa. Sen pääasiallinen aiheuttaja on kuusenjuurikäpää (*Heterobasidion parviporum*). Toinen Suomessa esiintyvä juurikäpälaji, moni-isäntäinen männynjuurikäpää (*H. annosum*), on kuusella harvinaisempi. Muita kuusen lahottajia ovat mm. mesisienet (pohjanmesisieni ja nuijamesisieni) sekä runko- ja juurivaurioista tarttuva verinahakka. Juurikäpään verrattuna niiden taloudellinen merkitys on kuitenkin verrattain pieni, sillä lähes 80 % tyvilahon kokonaismäärästä on juurikäävän aiheuttamaa.

Lahoissa kuusen kannoissa juurikäävän rihmasto voi säilyä tartuntakykyisenä vuosikymmeniä, suurimmissa päätehakkukannoissa jopa 50 vuotta. Jos tyvilahoinen kuusikko uudistetaan lahoaltille puulajille, on vaara, että sieni leviää lahoista kannoista juuriyhteyksiä pitkin seuraavaan puusukupolveen. Lisäksi lahoihin kantoihin kehittyä vuosien kuluessa juurikäävän itiömiä eli kääpiä, jotka lisäävät itiötartunnan riskiä etenkin lähialueiden kesähakkuissa.

Tyvilahoista kuusikkoa uudistettaessa vältetään seuraavan puusukupolven juurikäpätuhoilta varmimmin, jos kuusenjuurikäävälle alttiiden kuusen ja lehtikuusen sijaan valitaan puulajiksi kestävä lehtipuu, esim. koivu tai haapa. Kestävän puusukupolven aikana myös kasvupaikka puhdistuu juurikäpätartunnasta. Mäntykin on suhteellisen kestävä kuusenjuurikäävää vastaan, joskin taimien kuolemista lahojen kuusenkantojen lähellä saattaa esiintyä. Männikön varttuessa puuston vastustuskyky kuitenkin lisääntyy ja taudin eteneminen pysähtyy.

Käytännön metsätaloudessa puulajin vaihto on osoittautunut ongelmalliseksi. Kasvupaikka-

tekijät tai korkea hirvieläinkanta saattavat estää kestävien puulajien kasvatuksen ja ainoaksi vaihtoehdoksi jää kuusen kasvatuksen jatkaminen. Tällöin tyvilahon aiheuttamat tuhot on pystyttävä pitämään mahdollisimman pieninä. Se edellyttää tietoa siitä, kuinka juurikäpää tarttuu ja miten metsänhoidolliset toimenpiteet vaikuttavat siihen.

Tiedot juurikäävän tartuntamekanismeista nuorissa kuusikoissa ovat yhä puutteellisia. Nuoria kuusia – ennen kuin niihin alkaa muodostua sydänpuuta – on yleisesti pidetty vastustuskykyisinä juurikäpätartunnalle. Toisaalta Kangas (1952) on osoittanut, että nuoret kuusen taimet voivat saada lahotartunnan lahovikaisen ylispuun tai kannon läheisyydessä. Viitteitä juurikäävän leviämisestä alikasvoskuusiin antaa myös Venäjällä Moskovan lähellä tehty tutkimus, jossa 65 % alikasvoskuusista arvioitiin juurikäävän tartuttamiksi (Semenkova 1971).

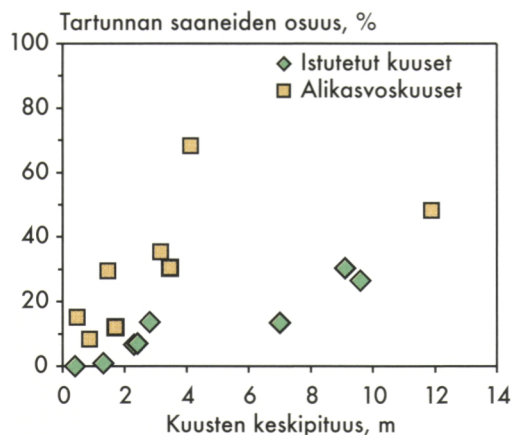
Uudistamistavan vaikutusta tyvilahon esiintymisrunsautteen on tutkittu vähän ja tutkimukset ovat pääosin pohjautuneet varttuneiden kuusikoiden inventointeihin. Saadut tulokset ovat ristiriitaisia: toisaalta luontaisesti syntyneiden kuusikoiden on todettu olevan istutuskusikoita kestävämpiä juurikäpätuhoille (Weissen 1981) ja toisaalta juurikäpälahoja on todettu olevan vähemmän istutetuissa kuin luontaisesti syntyneissä kuusikoissa (Graber 1996). Norjalaisilta päätehakkualoilta kootun laajan aineiston perusteella uudistamistavalla ei ollut vaikutusta juurikäpälahon määrään (Stamnes ym. 2000). Koska kiertoajan kuluessa puuston lahoisuuteen vaikuttavat useat eri tekijät, ei uudistamistavan vaikutus taudin esiintymisrunsautteen – jos se ei ole kovin suuri – tule välttämättä esille päätehakkukun lahomäärässä.

Useissa tutkimuksissa on todettu lahoisuuden lisääntyvän peräkkäisissä kuusisukupolvissa (Holmsgaard ym. 1961, Schönhar 1973, Yde-Andersen 1978). Vanhojen kantojen merkitys seuraavan puusukupolven tartuntalähteenä on osoitettu myös selvittämällä juurikäpäkylöiden levinneisyys kasvupaikalla (Stenlid 1987, Piri 1996). Edellisestä puusukupolvesta peräisin oleva tartunta ilmenee etenkin nuorehkojen kuusikoiden lisääntyneenä lahomääränä (Holmsgaard 1966). Toisenlaisiakin tuloksia on esitetty: Tanskassa ja Etelä-Ruotsissa tehdyissä inventoinneissa päätehakkuihin lahomäärä ja seuraavan kuusisukupolven lahoisuus ensimmäisessä harvennushakkuussa eivät korreloineet keskenään (Rönneberg ja Jørgensen 2000, Rönneberg ym. 2001). Näiden tulosten mukaan jopa erittäin pahoin tyvilahon vaivaama kuusikko voidaan istuttaa kuuselle ilman, että seuraavan puusukupolven tartuntariski olisi suurempi kuin lähes terveen kasvupaikan kuusikoissa. On kuitenkin huomattava, että yli puolet tutkituista kuusikoista oli vasta 11–14-vuotiaita ja on mahdollista, ettei kaikissa tartunnan saaneissa istutuskuusissa lahovika ollut vielä ehtinyt kannon korkeudelle. Tämänhetkisen tiedon perusteella ei voida suositella puhtaasti kuusikon istuttamista tyvilahon vaivaamalle kasvupaikalle ilman, että seuraava puusukupolvi on vaarassa sairastua.

Tavoitteet

Vaikka kuusen luontaisesta uudistamisesta on käytännössä lähes täysin luovuttu lukuisten epäonnistumisten takia, ns. sekastrategiat, joissa yhdistetään eri uudistamismenetelmiä samalla kuviolla, ovat lisääntyneet. Jos viljelyalueella esiintyy luontaisesti syntyneitä, kehityskelpoisia taimiryhmiä, ne mielellään säästetään ja hyödynnetään tulevan taimikon täydentäjinä. Emopuuston alle syntynyt taimiaines tarvitsee kehittyäkseen valoa ja siksi kuusivaltaisissa metsissä alikasvosryhmiä esiintyy usein tyvilahon aiheuttamissa aukoissa.

Koska juurikäävän leviämistä alikasvoskuusiin tiedetään erittäin vähän, selvitimme, missä iässä ja miten tyvilahon vaivaamalle kasvupaikalle syntyneet alikasvoskuuset saavat juurikä-

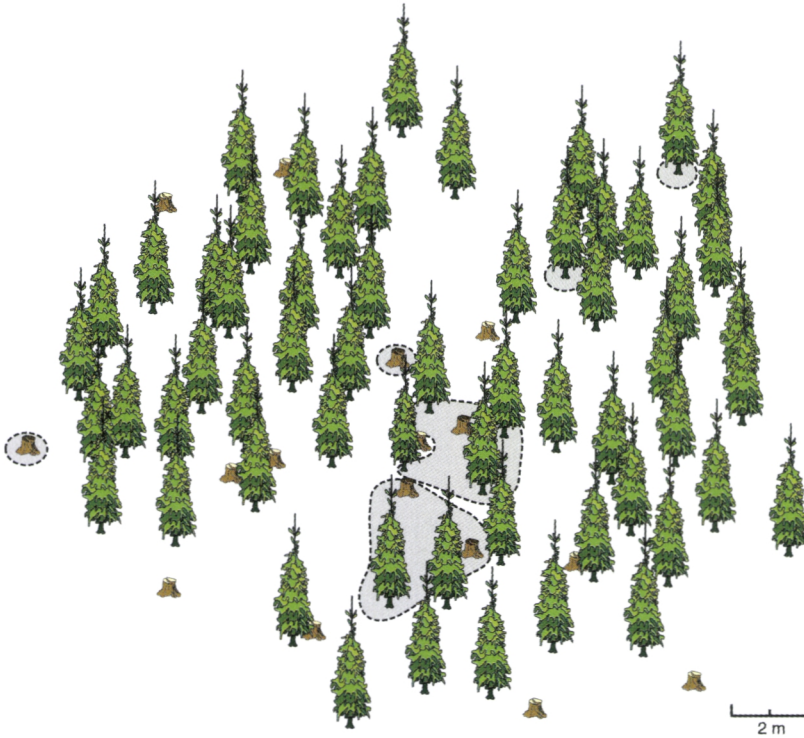


Kuva 1. Juurikäpätartunnan saaneiden kuusen taimien osuus lahopesäkkeissä lisääntyy taimien pituuden kasvaessa. Alikasvoskuuset saavat tartunnan pienempinä kuin istutetut kuuset. Kuvassa esitetyt arvot ovat taimikkokohtaisia koealojen keskiarvoja. Kuva perustuu Pirin ja Korhosen (2001) ja Pirin (2002) aineistoihin.

pätartunnan. Saadut tulokset, jotka viittasivat alikasvotaimien runsaaseen juurikäpätartuntaan (Piri ja Korhonen 2001), ja viimeaikaiset pohjoismaiset tutkimustulokset istutuskuusten juurikäpäkestävyydestä (Rönneberg ja Jørgensen 2000, Rönneberg ym. 2001) antoivat aiheen selvittää tarkemmin juurikäävän leviämistä myös istutettuihin kuusen taimiin. Tanskassa ja Etelä-Ruotsissa saadut tutkimustulokset ovat suuntaantavia, eikä niitä voida suoraan soveltaa Suomen oloihin. Tunnistamalla edellisessä ja nykyisessä kuusisukupolvessa esiintyvät juurikäävän genotyypit paritustestien avulla pyrimme saamaan uutta käyttökelpoista tietoa juurikäävän tartuntamekanismeista sekä uudistamistavan ja sekapuuston vaikutuksesta taudin leviämiseen.

Istutuskuusikoissa juurikäpätuhoja vähemmän

Juurikäpätartunnan saaneiden taimien lukumäärä yhtä edellisen puusukupolven tyvilahoista kuusta kohden oli suurempi alikasvoskuusissa (keskimäärin 4,5 tainta) kuin istutuskuusikoissa (1,2 tainta).



Kuva 2. Tyvilahopesäke 23-vuotiaassa istutuskuusikossa. Harmaalla alueella olevat puut ja kannot ovat juurikäävän lahottamia. Saman juurikääpäyksilön infektoimat puut ja kannot on ympäröity katkoviivalla. Kaikkia kloonien ulkopuolella olevia terveitä puita ei ole merkitty kuvaan. Kuva perustuu Pirin (2002) aineistoon.

Tyvilahopesäkkeissä keskimäärin 21 % alikasvoskuusista ja 16 % istutuskuusista oli juurikäävän tartuttamia. Toisin kuin istutuskuuset, alikasvoskuuset eivät olleet täysin välttyneet juurikääpärtunnalta edes vertailukoalueilla, joilla edellinen puusukupolvi oli tervettä. Juurikääpälaho oli lähes yksinomaan kuusenjuurikäävän aiheuttama. Männynjuurikäävän osuus oli pieni: alle kaksi prosenttia kaikista juurikäävän lahottamista taimista. Juurikäävän ohella koealueilla esiintyi mesisientä. Vaikka mesisientä pidetään nimenomaan huonokuntoisten aluspuiden lahottajana, oli mesisien osuus suurempi istutuskuusissa (7 %) kuin alikasvoskuusissa (0,6 %). Muiden lahottajien esiintyminen oli satunnaista eikä lajeja määritetty.

Uudistamistavasta riippumatta juurikääpärtunnan saaneiden kuusten osuus korreloi taimien koon ja edellisen puusukupolven lahoisuuden kanssa. Mitä suurempia kuusen taimet olivat ja

mitä enemmän tyvilahoa esiintyi edellisessä puusukupolvessa, sitä suurempi oli tartunnan saaneiden taimien osuus. Nuorimmat, alle 10-vuotiaat taimet olivat lähes terveitä. Vanhimmissa, noin 10-metrisissä istutuskuusikoissa keskimäärin 28 % kuusista oli juurikäävän infektoimia. Hieman kookkaammissa, noin 12-metrisissä alikasvoskuusissa juurikäävän tartuttamien puiden osuus oli jo 48 % (kuva 1) (Piri ja Korhonen 2001, Piri 2002).

Alikasvoskuuset alttiita myös itiötartunnalle

Vähän yli puolet (53 %) juurikäävän vaivaamista alikasvoskuusista oli infektoinut juurikääpäyksilö, joka eristettiin myös lahopesäkkeen ylispuustosta. Näiden taimien katsottiin saaneen tartunnan juu-

riyhteyksiä pitkin edellisestä puusukupolvesta. Muista alikasvoskuusista eristetyt juurikäävät erosivat genotyypiltään edellisen puusukupolven juurikäpäeristyksistä, mikä viittaa siihen, että juurikäpä oli levinnyt taimiin itiötartuntana. Alikasvoskuusissa itiötartunta näyttäisi olevan lähes yhtä yleistä kuin juuriyhteyksien kautta tapahtunut tartunta (Piri ja Korhonen 2001). Istutuskuusiin juurikäpä oli levinnyt pääasiassa kasvullisesti rihmastotartuntana vanhoista kannoista. Itiötartunnan osuus istutuskuusissa oli alle 30 % (kuva 2) (Piri 2002).

Syy siihen, että alikasvotaimet ovat istutus-taimia alttiimpia itiötartunnalle, on todennäköisesti alikasvoskuusten pinnallinen juuristo, joka kärsii usein kuivuudesta (Sirén 1951). Itiöt pysyvät tartuttamaan nimenomaan heikkokuntoisia juuria. Myös ylispuuston aiheuttama varjostus ja kilpailu ravinteista todennäköisesti heikentävät alikasvoksen mahdollisuuksia puolustautua niin itiö- kuin rihmastotartunnalta.

Vaikka taimien infektoituminen juuristoyhteyksien kautta oli pääasiallinen leviämistapa istutuskuusikoissa, niin määrällisesti rihmastotartunta edellisestä puusukupolvesta oli yleisempää alikasvoskuusikoissa kuin istutuskuusikoissa. Suurin juurikäpäklooni löytyi alikasvoskuusikosta; se oli tartuttanut yhteensä 46 puuta: 13 edellisen puusukupolven ylispuuta ja 33 alikasvoskuusta (Piri ja Korhonen 2001). Tiheissä alikasvoksissa todennäköisyys juuriyhteyksien muodostumiselle ja taudin leviämislle lahosta ylispuusta taimeen on suurempi kuin harvemmissä istutustaimikoissa.

Juurikäpälaho etenee nopeasti hyväkasvuisissa taimissa

Aiemmissä tutkimuksissa on todettu, että juurikäpälahon eteneminen kuusessa on sitä nopeampaa, mitä paremmin puu kasvaa (Isomäki ja Kallio 1974, Dimitri 1994). Myös tässä tutkimuksessa juurikäpä oli edennyt nopeammin hyväkasvuisissa istutuskuusissa kuin hidaskasvuisissa alikasvoskuusissa. Valtaosassa juurikäpä tartunnan saaneita alikasvoskuusia (79 %) juurikäpälaho oli rajoittunut juuristoon ja kantojen kaatopinnat olivat täysin terveitä. Vielä alkuvaiheessa olevasta

lahoviasta johtuen alikasvoskuuset näyttivät tartunnasta huolimatta ulkoisesti hyväkuntoisilta ja kasvatuskelpoisilta (Piri ja Korhonen 2001).

Istutuskuusille oli sen sijaan tyypillistä, että laho oli noussut puun tyvelle tai runkoon. Ainoastaan 28 %:ssa tartunnan saaneita istutuskuusia laho oli rajoittunut puun juuristoon. Vanhimmissa 22 ja 23 vuotta vanhoissa istutuskuusissa juurikäpälaho oli edennyt rungossa keskimäärin 170 cm:n korkeudelle maksimikorkeuden ollessa 350 cm (Piri 2002). Kun alikasvoskuuset vapautetaan ja ne saavuttavat vapaana kasvaneiden kuusten kasvunopeuden, on todennäköistä, että myös niissä lahon eteneminen nopeutuu.

Taudin leviämistä istutuskuusiin voidaan rajoittaa

Mänty- ja lehtisekapuuston vaikutus juurikäävän torjunnassa perustuu kuusten välisten juuriyhteyksien vähenemiseen, mikä rajoittaa sienen kasvullista leviämistä metsikössä. Varttuneessa kuusikossa runsaan koivu- tai mäntysekapuuston on todettu jonkin verran vähentävän juurikäpärihmaston leviämistä kasvavien kuusten välillä. Itiötartunnan määrään sekapuuston ei ole todettu vaikuttavan. Vaikka sekapuuston vaikutus kuusen lahoisuuteen on melko pieni, lisää juurikäpäville kestävä sekapuusto terveen puun osuutta pääte-hakkuussa. Myös seuraavan puusukupolven tartuntalähteinä toimivien lahojen kuusen kantojen määrä pinta-alayksikköä kohden on pienempi sekametsässä kuin puhtaassa kuusikossa. (Piri ym. 1990).

Ennen ensimmäistä harvennushakkuuta juurikäpälaho leviää pääasiassa vanhoista kannoista taimiin, mutta taudin leviäminen taimeen on erittäin vähäistä. Näin ollen runsaalakaan luontaisesti syntyneellä lehtipuustolla – sen jakautuessa taimikossa sattumanvaraisesti – ei ole merkitystä juurikäpälahon määrään tai taudin leviämiseen nuorissa kuusikoissa. Istutuskuusikoissa, joissa pääosa taimista saa juurikäpä tartunnan juuriyhteyksiä pitkin lahoista kannoista, voidaan taudin leviämistä sen sijaan tuntuvasti rajoittaa välttämällä kuusten istuttamista juurikäävän lahottaman kannon läheisyyteen ja suosimalla juurikäpäpesäkkeissä

lehtipuita. Koealueilla 2,5 metriä leveä kuuseton suojavyyhyke kantojen ympärillä olisi vähentänyt tartunnan saaneiden istutuskuusten määrää keskimäärin puolella, kolme metriä leveä vyyhyke 60 prosentilla ja neljä metriä leveä vyyhyke 80 prosentilla (Piri 2002). Alikasvosryhmissä, joissa itiötartuntaa esiintyy runsaasti ja tartunnan saaneiden taimien sijoittuminen on hajanaisempaa, ei suojavyyhykkeellä ole samanlaista merkitystä taudin leviämislle.

Johtopäätökset tyvilahaisen kuusikon uudistamisvaihtoehdoista

Tyvilahon leviäminen seuraavaan puusukupolveen voidaan estää vaihtamalla puolaji lehtipuiksi. Myös mänty on suhteellisen kestävä kuusenjuurikkävälle.

Jos tyvilahoinen kuusikko uudistetaan kuuselle:

- Uusien tautipesäkkeiden syntymistä voidaan vähentää tekemällä päätehakuu talvella tai, jos hakkuu tehdään kesällä, huolehtimalla kantokäsittelystä.
- Kantojen nosto ja kulutus vähentävät taudin leviämistä seuraavaan puusukupolveen.
- Taudin leviämistä istutuskuusiin voidaan vähentää, jos kuusta ei istuteta lahojen kantojen lähelle. Koska juurikkääpä leviää istutuskuusiin pääasiassa juuriyhteyksiä pitkin edellisen puusukupolven lahoista kannoista, voidaan taudin etenemistä rajoittaa suosimalla tyvilahopesäkkeissä, vähintään 2–3 m säteellä lahosta kannosta, juurikkävälle kestäviä lehtipuita.
- Jos ylispuustossa näkyy merkkejä tyvilahosta, kuusi-alikasvos on todennäköisesti juurikkävän tartuttama. Juurikkääpärtunnasta huolimatta alikasvoskuuset näyttävät yleensä ulkoisesti hyväkuntoisilta ja kasvatuskelpoisilta. Koska laho etenee alikasvoskuusissa hitaasti, ovat myös taimien kaatopinnat vapauttamisvaiheessa pääsääntöisesti terveitä. Parhaiten alikasvoskuusten lahoisuutta voidaan arvioida ylispuuston lahoisuuden perusteella.
- Nuorissa kuusikoissa taudin leviämistä voidaan rajoittaa välttämällä ylitheitä taimikoita, huolehtimalla taimikon perkauksesta ja harvennuksesta sekä suosimalla kuusenjuurikkävälle kestävää sekapuustoa. Mitä harvemmassa kuuset kasvavat ja mitä suurempi on sekapuuston osuus, sitä myöhemmin ja vähem-

män syntyy kuusten välisiä juuriyhteyksiä, joita pitkin juurikkääpälaho pääsee etenemään. Taimikon harventaminen pienentää poistettavan puuston määrää kasvatushakuissa, mikä vähentää taudin leviämistä kaatopintojen kautta. Taimikon pienet harvennuskannot lahoavat nopeasti eivätkä lisää merkittävästi tartuntariskiä.

Kiitokset

Tutkimukseen on saatu rahoitusta Marjatta ja Eino Kollin Säätiöltä, mistä esitämme parhaat kiitokset.

Kirjallisuus

- Dimitri, L. 1994. Host defence and genetical resistance of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) against *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. Julkaisussa: M. Johansson & J. Stenlid (toim.). Proceedings of the 8th IUFRO root and butt rot conference in Sweden and Finland, August 9–16, 1993. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala. s. 1–9.
- Graber, D. 1996. Die Kernfäuleschäden an Fichte (*Picea abies* Karst.) in der Schweiz nördlich der Alpen: Untersuchungen über das Schadenausmass, die ökologischen, waldbaulichen und mykologischen Einflussfaktoren sowie die ökonomischen Auswirkungen. Beiheft zur Schweizerischen Zeitschrift für Forstwesen 79. 283 s.
- Holmsgaard, E. 1966. Granens vækst, jordbundsdannelse og sundhed i 1. og 2. generation. Kungl. Skogs- och Lantbruksakademiens Tidskrift 105: 67–99.
- Holmsgaard, E., Holstener-Jørgensen, H. & Yde-Andersen, A. 1961. Bodenbildung, Zuwachs und Gesundheitszustand von Fichtenbeständen erster und zweiter Generation. 1. Nord-Seeland. Det forstlige Forsøgsvæsen i Danmark 27. 167 s.
- Isomäki, A. & Kallio, T. 1974. Consequences of injury caused by timber harvesting machines on the growth and decay of spruce (*Picea abies* (L.) Karst. Acta Forestalia Fennica 136. 25 s.
- Kangas, E. 1952. Maannousemasiemen (*Polyporus annosus* Fr.) esiintymisestä, tartunnasta ja tuhoista Suomessa. Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen julkaisu 40(33): 1–34.

- Piri, T. 1996. The spreading of the S type of *Heterobasidion annosum* from Norway spruce stumps to the subsequent tree stand. *European Journal of Forest Pathology* 26: 193–204.
- Piri, T. 2002. Early development of root rot in young Norway spruce planted on sites infected by *Heterobasidion* in southern Finland. *Lähetetty käsikirjoitus*.
- Piri, T. & Korhonen, K. 2001. Infection of advance regeneration of Norway spruce by *Heterobasidion parviporum*. *Canadian Journal of Forest Research* 31: 937–942.
- Piri, T., Korhonen, K. & Sairanen, A. 1990. Occurrence of *Heterobasidion annosum* in pure and mixed spruce stands in southern Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research* 5: 113–125.
- Rönnberg, J. & Jørgensen, B.B. 2000. Incidence of root and butt rot in consecutive rotations of *Picea abies*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 15: 210–217.
- Rönnberg, J., Johansson, U. & Pettersson, M. 2001. Incidence of butt rot in consecutive rotations of *Picea abies* in southern Sweden. *Julkaisussa: Laflamme, G. (toim.). Root and Butt Rots of Forest Trees. The 10th International Conference on Root and Butt Rots. IUFRO Working Party 7.02.01. Québec, Canada, September 16–22, 2001. Abstracts. s. 41.*
- Schönhar, S. 1973. Zur Ausbreitung von *Fomes annosus* und anderer Rotfäulepilze in Fichtenbeständen 2. Generation. *Mitteilungen des Vereins für Forstliche Standortskunde und Forstpflanzenzüchtung* 22: 3–8.
- Semenkova, I. G. 1971. Attack of spruce understorey by *Heterobasidion annosum*. *Nauchnye trudy Moskoskogo Lesotekhnologicheskogo Instituta*, vyp 38: 150–166. (Venäjäksi.)
- Sirén, G. 1951. Alikasvoskuusten biologiaa. *Acta Forestalia Fennica* 58: 1–90.
- Stamnes, V.S.G., Solberg, S. & Solheim, H. 2000. En analyse av råtefrekvens i eldre gran-skog, ut fra skoglige, klimatiske og edafiske faktorer. *Rapport fra skogforskningen* 17/00: 1–16.
- Stenlid, J. 1987. Controlling and predicting the spread of *Heterobasidion annosum* from infected stumps and trees of *Picea abies*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 2: 187–198.
- Weissen, F. 1981. La régénération naturelle de l'épicéa en Ardennes. *Bulletin de la Société Royale Forestière Belgique* 86: 115–123.
- Yde-Andersen, A. 1978. Dyrkning af nåletræer gennem flere generationer og angreb av *Fomes annosus* (Fr.) Cke. *Dansk Skovforenings Tidsskrift* 63: 271–291.

Jalostetun viljelyaineiston vaikutus metsänuudistamisen tulokseen

Pirkko Velling

Johdanto

Metsänjalostuksen tuloksia voidaan hyödyntää vain metsänviljelyn yhteydessä käyttämällä kylvöön ja istutukseen jalostettua viljelyaineistoa. Jalostettu aineisto on syntynyt valituista, keskimääräistä paremmista vanhemmista tai jos kysymyksessä on kasvullisesti monistettu aineisto, lisäys on tehty valituista kantayksilöistä. Vuonna 1997 metsänomistajille ja metsäalan ammattilaisille suunnatussa kyselytutkimuksessa, joka koski metsänviljelyaineiston valintaan vaikuttavia tekijöitä, todettiin jalostettu viljelyaineisto mieluisammaksi vaihtoehdoksi kuin jalostamaton metsikkösiemenaineisto (Venäläinen ja Koponen 1997).

Jalostetulla siemenellä on jalostamattomaan verrattuna todettu olevan suurempi paino ja parempi itämistarmo (esim. Saarsalmi ym. 1994, Wennström 2001). Näiden ansiosta taimien alkukehityksen voidaan odottaa olevan nopeaa, mikä edesauttaa viljelyn onnistumista ja vähentää kustannuksia hoitotoissa. Myös taimien laadun odotetaan kehittyvän suotuisasti, koska jalostuksen perusaineiston valinnassa on kiinnitetty huomiota laatuominaisuuksiin kasvun ja terveydentilan ohella. Voidaan siis olettaa, että jalostetulla aineistolla aikaansaatu viljelytaimikko selviytyy nopeasti vakiintumispiteuteen ja sen taimijakaumassa on runsaasti tulevan päätepuuston puuta. Viljelyaineiston geneettisestä monimuotoisuudesta, joka turvaa sopeutumiskyvyn myös ennalta arvaamattomissa kasvuolosuhteiden muutoksissa, on usein kannettu huolta ja epäilty jalostuksen kaventavan vaihtelua. Näin ei kuitenkaan näytä olevan (esim. Savolainen ja Kärkkäinen 1992).

Mahdollisuudet tuottaa geenisiirtojen avulla entistä parempaa metsänviljelyaineistoa käytän-

nön mitassa näyttävät ainakin vielä lähivuosina vähäisiltä, mutta bio- ja geeniteknikan avulla voidaan monella tavoin edesauttaa perinteisin valinta- ja risteytysmenetelmin tehtävää metsänjalostusta ja sen tutkimusta (Mikola 2002, Velling 2002).

Tavoitteet

Hankkeen päätavoitteena oli selvittää, kuinka paljon jalostetun aineiston käytöllä voidaan parantaa metsänuudistamisen tulosta. Tavoitteeseen pyrittiin vertailemalla koeviljelyksissä rinnakkain kasvavia jalostettuja ja jalostamattomia aineistoja. Männyllä vertailuihin käytettiin valikoimattomasta metsikkösiemenestä, nykyisestä siemenviljelyssiemenestä ja valikoidusta siemenviljelyssiemenestä syntyntä aineistoa. ”Valikoitu siemenviljelyssiemen” edustaa aineistoa, jota tullaan saamaan nyt perusteilla olevilta valiosiemenviljelyksiltä (ns.1,5-polven siemenviljelyksiltä), joiden emokloonit on valittu kenttäkoetiestien perusteella. Nykyisten 1. polven siemenviljelysten kloonit ovat testaamattomista pluspuista.

Kuusella ja koivulla pääasiallisina tavoitteina oli selvittää kasvullisen lisäyksen mahdollisuuksia jalostetun viljelyaineiston tuottamisessa, kuusella pistokaslisyksen, koivulla mikrolisyksen.

Tutkimusohjelman suunnitteluvaiheessa käytännön sidosryhmät toivoivat jalostetulla aineistolla viljelyn ja luontaisen uudistamisen vertailua, mikä ei käytettävissä olevilla aineistoilla ollut mahdollista ja lienee ylipäättäänkin vaikea järjestää niin, että vertailu olisi kaikilta osin pätevä. Koeviljelyksissä olevien jalostettujen ja jalostamattomien aineistojen vertaaminen

Taulukko 1. Pituuskasvun valintahyöty valikoimattomaan metsikköaineistoon verrattuna. ”Ympäristöstä eristetty” on kokeellinen ryhmä, jossa käytettiin pluspuiden välisissä risteytyksissä syntyntä aineistoa. Tämä on verrattavissa tilanteeseen, jossa pölytys tapahtuu vain viljelyksen kloonien kesken.

	Valintahyöty %
Vertailuryhmä 1	
Nykyiset siemenviljelykset	1,6
Nykyiset sv:t ”ympäristöstä eristettynä”	8,0
Vertailuryhmä 2	
Perusteilla olevat siemenviljelykset	4,2
Perusteilla olevat sv:t ”ympäristöstä eristettynä”	10,2

tavoitetaimikon tunnusmerkkien ja taimikon kehityskelpoisuutta kuvaavien mittarien avulla ei myöskään onnistunut, koska käytettävissä ei ollut sellaisia yksiselitteisiä tunnuksia ja mitta-reita, jotka olisivat soveltuneet pieniruutuisiin jalostuskokeisiin.

Männyn siemenviljelysten jalostushyöty

Jalostetun siemenen käytöllä saavutettavasta hyödystä on jo vuosikymmeniä tehty ennusteita ja laskelmia, mutta vähitellen on alettu saada tuloksia myös jo realisoituneista hyödyistä. Tässä hankkeessa männyn pluspuuvalinnan toteutunutta valintahyötyä arvioitiin ryhmittelemällä noin 10–30-vuotias aineisto valintatasoltaan yhtenäisiin vertailuryhmiin. Nykyisten 1. polven siemenviljelysten pituuskasvun valintahyödyksi todettiin keskimäärin 1,6 % (taulukko 1) ja tilavuuden 4,1–4,5 % (Yrjänä 2001, Yrjänä ja Haapanen, käsikirjoitus). Nykyisten siemenviljelysten laadun (silmävarainen yleisarvosana) valintahyöty oli 4,1 % (taulukko 2).

Perusteilla olevien valiosiemenviljelysten (1,5-polven siemenviljelysten) pituuskasvun valintahyödyksi arvioitiin keskimäärin 4,2 % (taulukko 1) ja laadun 8,0 % (taulukko 2). Tilavuuskasvussa saavutettavissa olevaa hyötyä ei uusien siemenviljelysten osalta voitu arvioida, mutta niiltä on pituuden ja laadun valintahyödyn perusteella

Taulukko 2. Laadun valintahyöty valikoimattomaan metsikköaineistoon verrattuna. Pluspuiden jälkeläiset verrattavissa nykyisiin siemenviljelyksiin, testattujen pluspuiden jälkeläiset verrattavissa perusteilla oleviin siemenviljelyksiin.

	Valintahyöty %
Vertailuryhmä 1	
Pluspuiden vapaasti pölyttyneet jälkeläiset	4,1
Vertailuryhmä 2	
Testattujen pluspuiden vapaasti pölyttyneet jälkeläiset	8,0

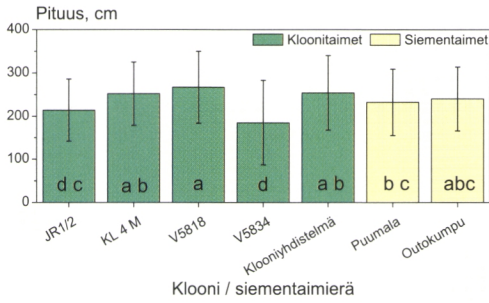
odotettavissa vähintään kaksinkertainen kokonaishyöty nykyisten siemenviljelysten hyötyyn verrattuna. Samaan on päädytty myös Ruotsissa (Rosvall 2001).

Mikäli siemenviljelykset voitaisiin eristää niin, ettei ympäröivien metsien taustapölytys pääsisi vaikuttamaan eli pölytys tapahtuisi vain viljelyksillä olevien kloonien kesken, saataisiin tuntuva ”hyötyhyppäys”: nykyisten siemenviljelysten pituuskasvun valintahyöty olisi 8,0 %, perusteilla olevien 10,2 % (taulukko 1).

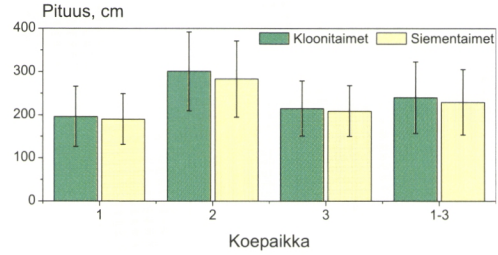
Testaustulosrekisterin avulla jalostusaineisto paremmuuskärjestykseen

Pitkäaikainen kehitystyö iältään, kokoonpanoltaan ja kasvupaikkaolosuhteiltaan erilaisten jälkeläiskokeiden tulosten luotettavaksi vertailemiseksi valmistui vuonna 2002. Menetelmän kehittämiseksi käytettiin malliaineistona Suomessa vuosina 1960–1990 perustettuja männyn jälkeläiskokeita. Menetelmä on sovellettavissa myös muihin puulajeihin.

Kehitystyön tuloksena syntynyt testaustulosrekisteri sisältää tällä hetkellä lähes 3000 plusmäntyä koskevat testaustiedot 620 jälkeläiskokeesta (Venäläinen ja Ruotsalainen 2002). Tuloksia on käytetty hyväksi 1. polven siemenviljelysten harvennuksissa ja uusien valiosiemenviljelysten suunnittelussa. Rekisteri on apuna myös valittaessa pluspuita seuraavan sukupolven jalostuspopulaatioihin. Rekisteri päivitetään vuosittain uusilla tuloksilla ja tiedot toimitetaan tarvitsijoille.



Kuva 1. Yksittäisten rauduskoivun kloonien ja siementaimerien pituus (keskiarvo ja keskihajonta) koesarjassa 1444/1–3 (Viherä-Aarnio ja Velling 2001). Eri kirjaimilla merkityt keskiarvot eroavat tilastollisesti merkitsevästi toisistaan (Tukeyn testi, $p < 0,05$).



Kuva 2. Mikrolisättyjen ja siemensyntyisten rauduskoivun taimien pituus (keskiarvo ja keskihajonta) koesarjassa 1444/1–3 (Viherä-Aarnio ja Velling 2001). Koe 1 = Ruokolahti, 2 = Juankoski, 3 = Tuupovaara.

Kuusella vasta alustavia, mutta lupaavia tuloksia

Kuusen siemenviljelysjälkeläisiä on päästy testaamaan vasta 1990-luvulla, sillä ensimmäinen kunnan siemensato kuusen siemenviljelyksiltä saatiin vuonna 1989. Tuloksia on siten vain jälkeläistojen varhaiskehityksestä. Ne antavat kuitenkin viitteitä selvästä jalostushyödyistä. Napolan (2002) mukaan alle 10-vuotiaat siemenviljelyssiemenestä kasvatetut taimet olivat keskimäärin 15–25 % nopeakasvuisempia kuin metsikkösiemenestä kasvatetut taimet. Vielä paremmin kasvoivat Etelä-Suomeen (Lohjalle ja Vihtiin) perustetuissa kokeissa virolaiset metsikköerät, jotka myöhemmin silmuun puhkeavina olivat selvästi suomalaisia alkuperiä parempia myös kevähallan kestävydessä.

Alustavien tulosten mukaan (Marja-Leena Napola, julkaisematon aineisto) pluspuujälkeläistöistä valitut pistokaslisätyt kuusikloonit olivat 15–60 % pitempiä kuin vertailuerät 15 vuoden iässä. Pluspuujälkeläistöjen joukkomonistetut pistokastaimet puolestaan olivat kuusivuotiaina keskimäärin 7 % pitempiä kuin vertailutaimet. Joukkomonistuksessa useista yksilöistä otetut pistokkaat sekoitetaan yhdeksi eräksi. Pistokaslisäyksessä on kuitenkin vielä ongelmia, pahimpana emokloonien nopea fysiologinen vanheneminen ennen kuin kloonitesteistä on saatu tuloksia riittävän pitkältä ajalta.

Koivun jalostetun aineiston tuotannossa vaihtoehtona mikrolisäys

Koivun solukko viljelymenetelmää kehitettiin jo 1970-luvulla Saksassa, osin suomalaisvoimin (Huhtinen ja Yahyaogly 1974). Suomessa solukomonistus onnistui 1980-luvun puolivälissä (Simola 1985, Ryyänen ja Ryyänen 1986) ja saman vuosikymmenen lopulla käynnistyi kaupallinen toiminta mikrolisättyjen koivun taimien tuottamiseksi. Noin miljoona rauduskoivun kloonitainta ehdittiin toimittaa metsänviljelyyn ennen kuin lisäystoiminta 1990-luvun puolivälissä kannattamattomana loppui. Visakoivua tosin mikrolisätään edelleen kaupallisesti.

Maastokokeissa ei pääsääntöisesti todettu eroja 6–7-vuotiaiden mikrolisättyjen rauduskoivun taimien ja siementaimien välillä elävyydessä, pituudessa ja bioottisten tuhojen (hirvi, myyrä, jänis, tyvilaikkisuus) esiintymisessä (kuva 2, Viherä-Aarnio ja Velling 2000, 2001, Velling ym. 2002). Yksittäisten kloonien välillä sen sijaan oli huomattavia eroja (kuva 1).

Johtopäätökset

Mänty

- Nykyisiltä ensimmäisen polven männyn siemenviljelyksiltä saatavan metsänviljelyaineiston jalostushyöty on sekä kasvussa että laadussa vajaa 5 %.
- Pian tuotantonsa aloittavien männyn valiosiemenviljelysten jalostushyöty voidaan arvioida vähintään kaksinkertaiseksi nykyisiin siemenviljelyksiin verrattuna.

- Männyn testaustulosrekisterin avulla jalostusaineisto saadaan luotettavaan paremmuusjärjestykseen, parhaat kloonit uusiin siemenviljelyksiin ja niiden kautta metsänviljelyaineiston geneettinen taso tulevaisuudessa entistä korkeammaksi.

Kuusi

- Ensimmäiset tulokset kuusen siemenviljelyssiemenen käytöllä saavutettavasta hyödyistä viittaavat selvään kasvun lisääntymiseen. Myös käyttämällä viljelyyn eteläisempiä alkuperiä, esimerkiksi virolaisia alkuperiä Etelä-Suomessa, saadaan parempi kasvu ja vältytään paljolti kevähallon aiheuttamilta vaurioilta.
- Voimakaskasvuilla kuusen pistokasklooneilla selvittää nopeasti taimivaiheen heinikosta ja päästään tuntuviin kasvunlisäyksiin. Ongelmana on kuitenkin vielä emokloonien fysiologinen vanheneminen ennen kuin kloonitesteistä on tuloksia riittävän pitkältä ajalta.

Rauduskoivu

- Rauduskoivun mikrolisättyjen taimien ja siementaimien välillä ei ole merkittäviä eroja elävyydessä, pituudessa tai biottisten tuhojen (hirvi, myyrä, jänis, tyvilaikku) esiintymisessä.
- Yksittäisten kloonien välillä sen sijaan on huomattavia eroja, joten jos kaupallinen mikrolisäys uudelleen käynnistyy, on kloonivalintaan ja testaukseen kiinnitettävä erityistä huomiota.

Kiitokset

Tutkimusten tekijät haluavat kiittää Metsähallitusta ja Stora Enso Oyj:tä koeviljelysten omistajina hyvästä yhteistyöstä.

Kirjallisuus

- Huhtinen, O. & Yahyaogly, Z. 1974. Das frühe Blühen von aus kulluskulturen herangezogenen Pflänzchen bei der Birke (*Betula pendula* Roth). *Silvae Genetica* 23(1–3): 32–34.
- Mikola, J. 2002. Bio- ja geenitekniiikan mahdollisuudet metsäpuiden jalostuksessa sekä jalostetun aineiston tuotannossa ja metsätalouskäytössä. Taustaselvitys maa- ja metsätalousministeriölle. 42 s.
- Napola, M.-L. 2002. Tuloksia kuusen siemenviljelys-

erien varhaiskehityksestä Etelä-Suomen jälkeläiskokeissa. *Taimiuutiset* 1/2002: 6–7.

- Rosvall, O. 2001. Hög förädlingsvinst med nya fröplantager. Resultat – SkogForsk (2001) No.1. 4 s.
- Ryynänen, L. & Ryynänen, M. 1986. Propagation of adult curly-birch succeeds with tissue culture. *Silva Fennica* 20(2): 139–147.
- Saarsalmi, A., Savonen, E.-M., Nikkanen, T., Lipas, E. & Mikola, J. 1994. Effect of fertilization on flowering and seed crop in Scots pine seed orchards. *Silva Fennica* 28(3):155–176.
- Savolainen, O. & Kärkkäinen, K. 1992. Effect of forest management on gene pools. *New Forests* 6: 329–345.
- Simola, L. 1985. Propagation of plantlets from leaf callus of *Betula pendula* f. *purpurea*. *Scientia Horticulture* 26(1): 77–86.
- Velling, P. 2002. Metsänjalostus. Julkaisussa: Hyvämäki, T. (toim.) *Tapion taskukirja*, 24. painos. Kustannusosakeyhtiö Metsälehti, Jyväskylä. s. 207–211.
- Velling, P., Viherä-Aarnio, A., Rautanen, J. & Kurtio, O. 2002. Züchtung und Anbau von Birke in Finnland – eine Erfolgsgeschichte? Summary: Breeding and Cultivation of Birch in Finland – a Story of Success? *Forst und Holz* 15/16: 459–465.
- Venäläinen, M. & Koponen, M. 1997. Metsää halutaan viljellä jalostetuilla siemenillä ja taimilla. Kyselytutkimuksen tulokset. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantaja 641. 42 s. + liitteet.
- Venäläinen, M. & Ruotsalainen, S. 2002. Procedure for managing large-scale progeny test data: a case study of Scots pine in Finland. *Silva Fennica* 36(2): 475–487.
- Viherä-Aarnio, A. & Velling, P. 2000. Mikrolisätyt rauduskoivun taimet metsänviljelyssä. *Taimiuutiset* 2:12–13.
- Viherä-Aarnio, A. & Velling, P. 2001. Micropropagated silver birches (*Betula pendula*) in the field – performance and clonal differences. *Silva Fennica* 35(4):385–401.
- Wennström, U. 2001. Direct seeding of *Pinus sylvestris* (L.) in the boreal forest using orchard or stand seed. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae. Silvestria* 204. 27 s. + 5 osajulk.
- Yrjänä, L. 2001. Männyn fenotyyppisen pluspuuvalinnan toteutunut valintahyöty Etelä-Suomessa – Jälkeläiskokeisiin perustuva tarkastelu. Pro gradu -työ. Helsingin yliopisto, soveltavan biologian laitos. 40 s.
- Yrjänä, L. & Haapanen, M. Realized genetic gains from plus tree selection in Scots pine. *Käsi kirjotus*.

Kylvön ja maanmuokkauksen kehittäminen

Kaarlo Kinnunen

Johdanto

Kylvön osuus oli vajaa kolmasosa männyn uudistusosalasta vuonna 2000 (Metsätilastollinen ... 2001). Luontainen uudistaminen oli yleisin männyn uudistamismenetelmä 44 prosentin osuudella. Männyllä istutuksen osuus on vähentynyt suuresti 1980-luvun jälkeen ja on tällä hetkellä enää neljäsosa uudistusosalasta. Kuusen ja koivun uudistamisessa kylvöllä on vähäinen merkitys, kuusella vajaa kolme prosenttia ja koivulla 13 prosenttia viljelyalasta. Koko uudistusosalasta kylvön osuus on viidesosa.

Kylvössä on käytetty samoja muokkausmenetelmiä kuin istutuksen yhteydessä. Erillisten menetelmien käyttö ei liene jatkossakaan taloudellisista syistä mahdollista, vaan realistinen vaihtoehto lienee, että muokkausjälkeä säädetään kasvupaikan ja uudistamismenetelmän vaatimusten mukaan. Hyvän muokkausjäljen tulisi antaa riittävästi lämpöä ja kosteutta itämis- ja sirkkataimivaiheen ajaksi sekä pitää kylvökohdan ympäristö mahdollisimman kauan vapaana kilpaillevasta kasvillisuudesta. Avoimella maanpinnalla, etenkin kohoumalla olosuhteet ovat kuitenkin äärevät sekä kosteuden että lämmön osalta, joten sopivan kompromissin löytäminen ei ole helppoa. Kylvökohdan pysyminen tasaisen kosteana edellyttää, että siihen nousee maasta kapillaarisesti vettä, mutta sen päällä olisi kuiva eristävä kerros, joka estäisi veden haihtumista ilmaan. Ilmeisesti kylvökohta vaatisi siis jonkinlaista pienkäsittelyä ja/tai peittoa siementen päälle. Ruotsissa pienkäsittelyn onkin todettu parantavan huomattavasti taimettumista (Bergsten 1988).

Maastokylvössä käytetään usein itävyydeltään ja itämistarmoltaan huonompaa siementä kuin taimitarhakylvössä. Hinnan ohella perusteluna on ollut hypoteesi, että maastossa voi olla etua

siementen itämisestä eriaikaisesti. Tähän päästään myös käyttämällä kylvössä siemensekoitusta, jossa on nopeasti ja hitaasti itävää siementä.

Kylvön koneellistaminen on helppoa, joten konekylvö onkin yleistynyt paljon nopeammin kuin koneellinen istutus. Konekylvön työkuuttannukset ovat pienet, mutta kokonaiskustannukset ja uudistamistulos yhdessä ratkaisevat menetelmän todellisen edullisuuden (Kinnunen 2001a, 2002).

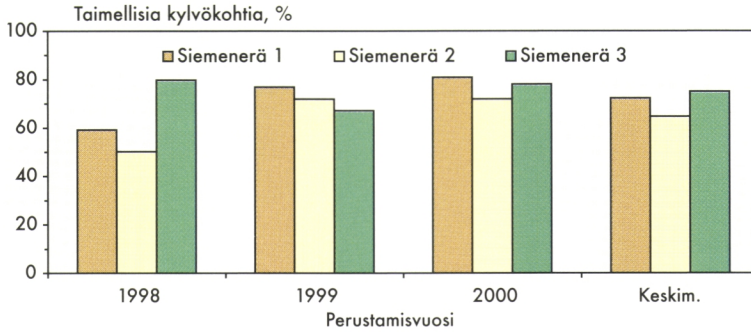
Tavoitteet

Hankkeen tavoitteena oli kehittää kylvöä entistä luotettavammaksi ja monikäyttöisemmäksi uudistamismenetelmäksi. Tähän pyrittiin rajaamalla entistä tarkemmin kylvölle sopiva käyttöalue ja selvittämällä, miten kylvöä voitaisiin kehittää, jotta sen käyttöaluetta voitaisiin haluttaessa laajentaa.

Siemenmateriaali

Männyn siemenmateriaalin vaikutusta kylvötu-
loksen selvitetiin kolmessa kokeessa vuosina 1998–2000. Seuraavassa esitetään ennakkotuloksia näistä kokeista.

Kylvöalustana oli äesjälki, johon tehtiin sekä pintakylvö ilman peittoa että kylvö pieniin painaumiin peittäen siemenet ohuella maakerroksella. Siemenerat valittiin laboratorioissa tehdyn idätyskokeen perusteella siten, että siemenenä 1 oli sekä itämistarmoltaan että lopulliselta itävyydeltään hyvä (97%). Siemenenä 2 oli itämistarmoltaan hyvä, mutta itävyydeltään huono



Kuva 1. Siemenmateriaalin vaikutus taimettuneiden kylvökohtien osuuteen kahden kasvukauden jälkeen eri vuosina perustetuissa kokeissa. Siemenerien ominaisuudet esitelty tekstissä.

(75 %). Siemenerä 3 puolestaan oli itämistarmoltaan huono, mutta itävyysprosentti oli keskitasoa (87 %). Siemenerä 2 oli siemenviljelyssiementä, muut metsikkösiementä.

Kahdessa kokeessa kolmesta siemenerä vaikuttanut kylvön onnistumiseen (kuva 1). Vuoden 1998 kokeessa siemenerän vaikutus oli kaikkein suurin. Parhaiten menestyi siemenerä kolme (itävyys 87 %, hidas itäminen). Nopeasti itäneet siemenerät yksi ja kaksi menestyivät selvästi huonommin. Itävyysadannekseen suhteutettuna siemenviljelyssiemenellä saatiin paras tulos vuosina 1999 ja 2000.

Kylvöalustan käsittelyllä oli suuri vaikutus kylvön onnistumiseen. Kylvämällä siemenet pieniin painanteisiin ja peittämällä ne ohuella maakerroksella saatiin keskimäärin 29 %-yksikköä parempi tulos kuin kylvämällä tasapintaan ilman peittoa. Kasvukauden sääoloilla oli selvä vaikutus tulokseen. Kylmänä ja sateisena kesänä (1998) painanteella ja siemenen peitolla oli vähäisempi vaikutus tulokseen kuin seuraavina lämpiminä ja kuivina kesinä.

Kylvöajankohta

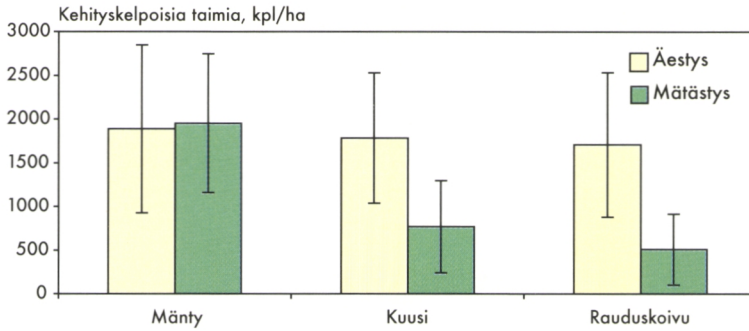
Toukokuun puolivälissä tehty männyn kylvö onnistui paremmin kuin myöhemmät kylvöt (Kinnunen 1992a, 1999). Etenkin lämpiminä, kuivina kesinä aikainen kylvöajankohta oli eduksi. Pintakylvössä kylvöajankohdan vaikutus oli suurempi kuin painaumaan kylvettäessä. Männyllä ja kuu-

sella kevät ja alkukesä olivat syksyä varmempia kylvöajankohtia, rauduskoivua voidaan kylvää myös syksyllä (Kinnunen 1996).

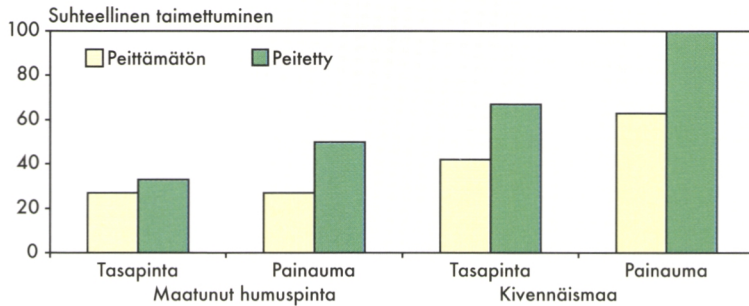
Maanmuokkaus ja kylvökohdan valmistaminen

Muokkausmenetelmistä tutkittiin vain kahta yleisintä: äestystä ja mätätystä (Kinnunen 1995). Kuusen ja rauduskoivun kylvö onnistui erittäin huonosti mättäillä (kuva 2). Äesjäljessä puulajien välillä ei sen sijaan ollut juuri eroa. Rauduskoivulla huonon tuloksen syy mättäillä oli kuivuus, joka aiheutti sen, että siemenet joko eivät itäneet lainkaan tai sirkkataimet tuhoutuivat jo ensimmäisen kasvukauden aikana. Kuusen siemenet puolestaan itivät hyvin ja sirkkataimet olivat vielä syksyllä elossa. Tuhoutuminen tapahtui vasta talven tai seuraavan kevään aikana. Syynä oli nähtävästi rouste, joka nosteli hitaasti kehittyvät kuusen sirkkataimet maasta, jolloin ne kuivuivat. Varjopuuna kuusen taimet lienevät muutenkin mäntyä alttiimpia kuivumiselle.

Kivennäismaapinta oli parempi kylvöalusta kuin humuspinta, josta maatumaton pintakerros oli poistettu (Kinnunen 1992b). Tasaisella humuspinnalla siemenen peittäminenkin ei parantanut taimettumista, vaan tarvittiin painaumia ennen kuin peitosta oli hyötyä (kuva 3). Kivennäismaan tasapinnallakin peitto edisti taimettumista, mutta siinäkin painaumasta oli suurta hyötyä. Kylvöä varten tehtyä muokkausjälkeä kannattaisikin



Kuva 2. Muokkaustavan vaikutus kehityskelpoisten kylvötaimien määrään eri puulajeilla 12 kokeen keskiarvona 10 kasvukauden jälkeen. Pystyjana kuvaa kokeiden välistä keskihajontaa.



Kuva 3. Kasvualustan laadun ja siemenen peittämisen vaikutus männyn ensimmäisen kasvukauden taimettumiseen. Parasta, 60 prosentin kenttäitävyyttä merkitty 100:lla. Lähde: Kinnunen 2002.

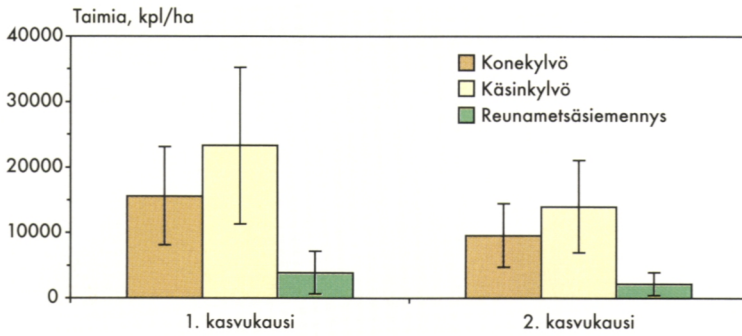
kehittää siten, että siihen syntyisi samalla pieniä painaumia. Erityisesti konekylvön onnistumiseen sillä olisi suotuista vaikutus, samalla kylvettävää siemenmäärää voitaisiin vähentää.

Koneellinen kylvö

Muokkauskoneisiin suunnitelluissa kylvölaitteissa siemenet puhalletaan paineilman avulla muokkausjälkeen. Mätästys/laikutusyksiköihin kehitetyllä kylvölaitteella voidaan kylvää myös koivun siementä ja siinä siemen voidaan kohdistaa tarkasti muokkauskohtaan (Rummukainen 2001). Metsä-äkeeseen liitetyissä laitteissa siemenet tulevat tasaisena virtana, jolloin niitä varsinkin huonossa muokausjäljessä ohjautuu myös taimettumisen kannalta epäedullisiin kohtiin.

Käsinkylvöllä saatiin parempi tulos kuin konekylvöllä, kun molemmissa käytettiin samaa siemenmäärää, 400 g hehtaarilla (kuva 4). Yksi-vuotiaissa taimissa tapahtui huomattava karsiutumisen, jota reunametsäsiemennys osaltaan korvasi. Toisen kasvukauden jälkeen taimien kuolleisuus väheni oleellisesti.

Konekylvön onnistumista käytännön uudistusaloilla selvitettiin Pirkanmaalla ja Lounais-Suomessa (Kinnunen 2001b). Pirkanmaalla konekylvö oli onnistunut paremmin kuin Lounais-Suomessa (kuva 5). Puolukkatyypillä tulos oli parempi kuin mustikkatyypillä. Odotettua pienempi ero johtunee siitä, että mustikkatyypin alat ilmeisesti edustivat tyypin karumpaa laitaa. Varsinkin Pirkanmaan osalta tulosta voidaan pitää varsin tyydyttävänä. Yhtenä syynä Lounais-Suomen huonompaan tulokseen saattaa olla rannikkoalueen vähäsateisuus keväällä.



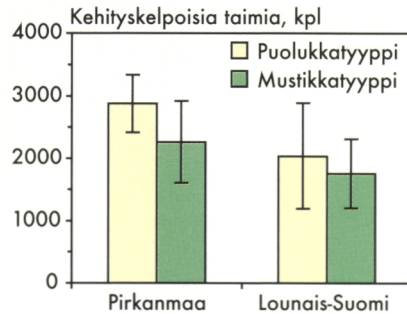
Kuva 4. Kone- ja käsinkylvöllä sekä reunametsäsiemennyksestä saatu elossa oleva taimimäärä ensimmäisen ja toisen kasvukauden jälkeen. Pystyjana kuvaa kolmen kokeen välistä keskihajontaa. Lähde: Kinnunen 2002.

Koivun kylvön onnistuminen mäntäällä

Hirvet ovat tuhonneet monin paikoin istutustaimikoita niin pahoin, että koivun istuttamiseen ei mielellään ryhdytä. Varsinkin tyvilahon vaivamailla alueilla kuusen istutus ei tule kyseeseen, joten rauduskoivun kylvö olisi onnistuessaan tervetullut ratkaisu tähän ongelmaan. Koivun taimettumisen on todettu onnistuvan paremmin äesjäljessä kuin mäntäällä, joka puolestaan olisi taimien jatkokehityksen kannalta parempi vaihtoehto. Kolmena peräkkäisenä vuonna (1999–2001) perustetuissa kokeissa etsittiin keinoja, joilla koivun kylvö saataisiin onnistumaan mäntäällä. Seuraavassa esitetään ennakkotuloksia näistä kokeista.

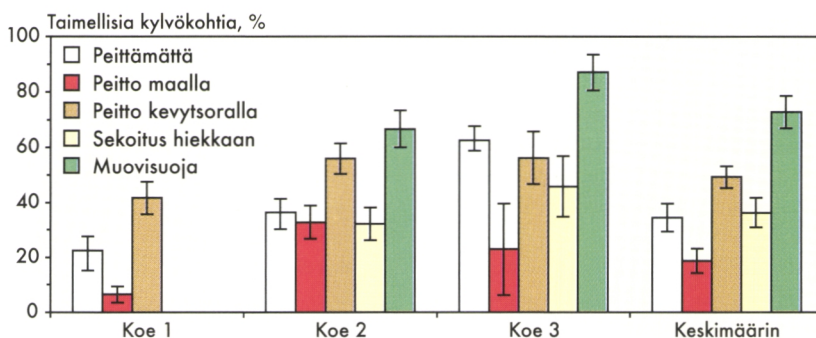
Vuosien välillä oli suuria eroja kylvön onnistumisissa. Erityisesti ensimmäisen kasvukauden jälkeen tulokset vaihtelivat suuresti. Vuonna 1999 tulos ensimmäisen kasvukauden jälkeen oli huono, mutta jatkossa taimet säilyivät hyvin elossa. Vuonna 2000 tulos puolestaan oli ensimmäisen kasvukauden jälkeen hyvä, mutta seuraavana vuonna taimia kuoli runsaasti, joten tulos tasaantui kylvövuosien välillä. Vuonna 2001 saatiin erittäin hyvä tulos ensimmäisen kasvukauden jälkeen, mutta taimien jatkokehitys ei ole vielä selvillä.

Kylvömenetelmällä oli suuri vaikutus onnistumiseen. Parhaiten onnistui suojakylvö, jossa kylvökohdan päälle asetettiin muovinen kylvösuoja



Kuva 5. Kasvupaikan vaikutus männyn konekylvön tulokseen Pirkanmaalla ja Lounais-Suomessa 4–6 kasvukauden jälkeen. Pystyjana kuvaa 12 uudistusalan välistä keskihajontaa. Lähde: Kinnunen 2002.

(kuva 6). Huonoimmin puolestaan onnistui vako-kylvö, jossa siemen peitettiin ohuella maakerroksella. Tavallinen peittämätön laikkukylvö oli selvästi parempi menetelmä. Sen kanssa samaan tulokseen johti siemenen sekoittaminen hiekkaan. Siementen peittäminen karkearakeisella kevytsoralla edisti taimettumista. Suurin suhteellinen etu saatiin huonona taimettumiskesänä 1999.



Kuva 6. Kylvömenetelmän vaikutus koivun kylvön onnistumiseen mättäillä. Tulokset kahden kasvukauden jälkeen. Pystyjana kuvaa kokeittain lohkojen (n) välistä keskiarvon keskivirhettä. Koe 1, n=9, koe 2, n=7 ja koe 3, n=3.

Johtopäätökset kylvöstä ja maanmuokkauksesta

Siemenmateriaali

- Siemenen laboratorioitavuus korreloi positiivisesti maastoitavuuden kanssa. Kasvukauden sääolot vaikuttavat siihen, onko nopeasta itämisestä haittaa vai hyötyä.

Kylvöajankohta

- Männyllä ja kuusella kevät ja alkukesä ovat syksyä varmpia kylvöajankohtia. Rauduskoivulla myöhäinen syyskylvö onnistuu yhtä hyvin.

Maanmuokkaus

- Männyn kylvö onnistuu lähes yhtä hyvin mättäällä kuin äesjäljessä. Kuusen ja koivun kylvö puolestaan onnistuu huonosti mättäällä.

Kylvökohdan pienkäsittely

- Kivennäismaa on humusta parempi kylvöalusta. Männyn siemenen sijoittaminen pieneen painaumaan ja peittäminen ohuella maakerroksella parantaa taimettumista merkittävästi. Koivun siemenen itämistä edistää peitto kevytsoralla.

Koneellinen kylvö

- Käsinkylvö antaa paremman tuloksen kuin konekylvö samaa siemenmäärää käytettäessä. Konekylvön pienemmistä työkuksannuksista johtuen menetelmien kokonaiskustannukset ovat suunnilleen samat.

Kiitokset

Haluan esittää parhaat kiitokseni Metsähallitukselle ja UPM-Kymmene Metsälle yhteistyöstä koelueitten valinnassa ja niiden luovuttamisesta tutkimuskäyttöön sekä Pirkanmaan ja Lounais-Suomen metsäkeskuksille avusta inventointiaineiston valinnassa.

Kirjallisuus

- Bergsten, U. 1988. Pyramidal indentations as a microsite preparation for direct seeding of *Pinus sylvestris* L. *Scandinavian Journal of Forest Research* 3(4): 493–503.
- Kinnunen, K. 1992a. Kylvöalustan, ajankohdan ja menetelmän vaikutus männyn kylvön onnistumiseen. Summary: Effect of substratum, date and method on the post-sowing survival of Scots pine. *Folia Forestalia* 785. 45 s.
- Kinnunen, K. 1992b. Tuloksia kone- ja käsinkylvöstä. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 426: 123–133.
- Kinnunen, K. 1995. Onko rehevien maiden uudistamisessa vaihtoehtoja. Laiho, O. & Luoto, T. (toim.). *Metsäntutkimuspäivä Tampereella 1994*. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 538: 15–22.
- Kinnunen, K. 1996. Kevät- ja syyskylvön onnistuminen eri puulajeilla. Julkaisussa: Laiho, O. & Luoto, T. (toim.). 1996. *Metsäntutkimuspäivä Porissa 1995*.

- Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 593: 4–9.
- Kinnunen, K. 1999. Metsänkylvöä voidaan lisätä maltilla. Maaseudun Tulevaisuus nro 144, s.10.
- Kinnunen, K. 2001a. Viljelymenetelmät. Julkaisussa: Valkonen, S., Ruuska, J., Kolström, T., Kubin, E. ja Saarinen, M. (toim.). Onnistunut metsänuudistaminen. Kustannusosakeyhtiö Metsälehti, Hämeenlinna. s. 139–141, 144–147.
- Kinnunen, K. 2001b. Voidaanko kylvön käyttöaluetta laajentaa. Julkaisussa: Parkanon tutkimusasema. Vuosikertomus 2000. s. 12–13.
- Kinnunen, K. 2002. Kylvö metsänuudistamismenetelmänä. Metsätieteen aikakauskirja 2002(1): 47–49.
- Metsätalastollinen vuosikirja 2001. 2001. SVT. Maa-, metsä- ja kalatalous 2001:52. 374 s.
- Rummukainen, A. 2001. Koneellinen kylvö. Julkaisussa: Valkonen, S., Ruuska, J., Kolström, T., Kubin, E. ja Saarinen, M. (toim.). Onnistunut metsänuudistaminen. Kustannusosakeyhtiö Metsälehti, Hämeenlinna. s. 142–143.

Metsänuudistamisen vaikutus maisemaan

Irja Löfström ja Susan Tönnnes

Maisema metsätalouden sosiaalisen kestävyden mittarina

Sosiaalisesta kestävydestä on tullut metsätaloudessa yhä keskeisempi tavoite etenkin uuden metsälain myötä. Metsätalouden sosiaalinen kestävyys tarkoittaa yhteiskunnallisen hyvinvoinnin tuottamista metsiin liittyvissä asioissa. Sosiaalisen kestävyden mittareita ovat perinteisesti olleet metsätalouden työllisyyskysymykset, metsien monikäyttö, jokamiehen oikeudet ja metsien virkistyskäyttö. Eräs tärkeä sosiaalisen kestävyden mittari on metsien virkistyskäyttöön keskeisesti vaikuttava metsämaisema. Miellyttävä maisema on myös vetovoimatekijä matkailijoiden houkuttelemisessa, sillä matkailussa merkittäväksi on noussut paikalliskulttuuri, omaleimainen identiteetti ja harmoninen maisema (Komulainen 2001).

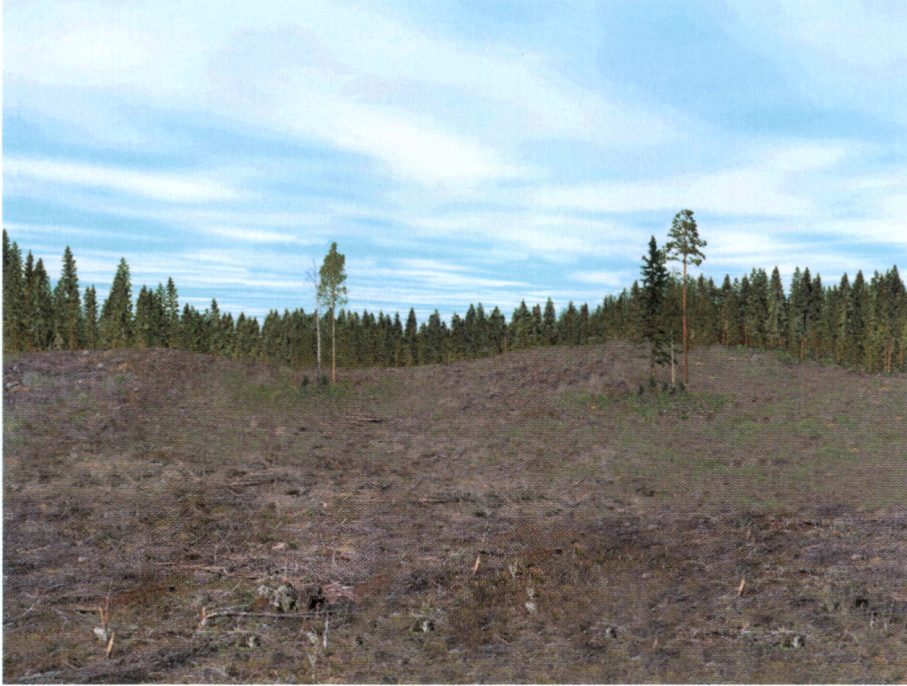
Avohakkuu on ennallistamisen ohella ehkä kaikkein eniten maisemaa välittömästi muuttava metsänkäsittelytoimenpide. Suomessa avohakkuuta tehtiin v. 2000 yli 150 000 hehtaarilla (Metla 2002), mikä kertoo toimenpiteen vaikutusten laajuudesta suomalaiseseen maisemaan. Käytännön metsänhoidossa tulisi ottaa entistä enemmän huomioon myös metsänkäsittelytoimenpiteiden vaikutukset maisemaan, varsinkin virkistysalueilla sekä maisemallisesti herkillä alueilla, kuten harjujen, mäkien ja vaarojen lakimetsissä.

Metsänuudistamisessa on viime aikoina kiinnitetty erityistä huomiota luonnon monimuotoisuuden säilyttämiseen. Sertifiointikriteerien ja Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion ohjeiden mukaan metsän uudistusaloille on jätettävä säästöpuita vähintään viisi runkoa hehtaarille sijoitettuna mielellään arvokkaisiin luontokohteisiin.

Uudistusaloille jätetään säästöpuita kuitenkin suosittelua vähimmäismäärää huomattavasti enemmän: yksityisten ja yhtiöiden metsissä noin 6–7 kuutiometriä hehtaarille ja valtion metsissä 11–12 kuutiometriä hehtaarille (Hänninen 2001). Metsänuudistamisessa tulisi kuitenkin ottaa ekologisten tekijöiden ohella huomioon myös esteettiset tekijät. Säästöpuiksi jätetään usein taloudellisesti vähäarvoisia ja heikkolaatuisia puita, joiden maisemallista vaikutusta ei ole tutkittu.

Metsämaiseman kokemiseen vaikuttavat sekä maiseman ominaisuudet että havainnoitsijaan liittyvät tekijät. Tutkimusten mukaan tieto, koulutus ja kokemus vaikuttavat arvostuksiin. Esimerkiksi avohakkuihin kohdistuva kritiikki voi johtua osaksi siitä, että ihmisillä ei ole tietoa metsän kehitysdynamiikasta. Taajamametsien hoitajille suunnatussa tutkimuksessa havaittiin, että maisema-arvostukset muuttuivat siistin puistomaisesta ihannekuvasta luonnonmukaisen maisemakuvan suuntaan, kun ekologinen tieto lisääntyi (Löfström 2001). Ristiriitojen käsitteilyä varten onkin tärkeää selvittää, missä määrin metsänuudistamiseen ja monimuotoisuuteen liittyvällä tiedolla on vaikutusta metsänuudistamiseen liittyviin asenteisiin, ja voidaanko asenteisiin vaikuttaa tiedottamisen avulla.

Metsämaisematutkimus tuottaa tietoa siitä, kuinka käytännön metsänkäsittelytoimenpiteet voidaan parhaiten sovittaa maisemaan. Maiseman kauneutta mitataan tavallisesti selvittämällä ihmisten arvioita maisemasta. Tutkimustietoa voidaan soveltaa virkistyskäytön ja maisemanhoidon kannalta merkittävien metsäalueiden suunnitteluun ja hoitoon. Ihmisten arvostusten tutkiminen voi olla myös tärkeä osa osallistavaa metsäsuunnittelua.



Kuva 1. Topografialtaan hieman vaihteleva kahden hehtaarin hakkuuala, jolla on 2 kuutiota säästöpuita.

Tutkimuksen tavoitteet ja menetelmät

Tutkimuksessa selvitettiin, voidaanko säästöpuilla parantaa maiseman laatua, millaiset säästöpuut parantavat avohakkuualan maisemaa eniten, kuinka paljon säästöpuita pitäisi jättää sekä kuinka jätetyt puut tulisi sijoittaa hakkuualalle. Metsänomistajien ja matkailijoiden mielipiteitä säästöpuista selvitettiin näyttämällä heille 40 tietokoneella tehtyä metsämaisemakuvaa (esimerkkeinä kuvat 1 ja 2), joissa oli noin kahden hehtaarin suuruisella avohakkuualalla säästöpuita. Kuvat luotiin kolmelle maastonmuodoiltaan erilaiselle uudistusosalalle.

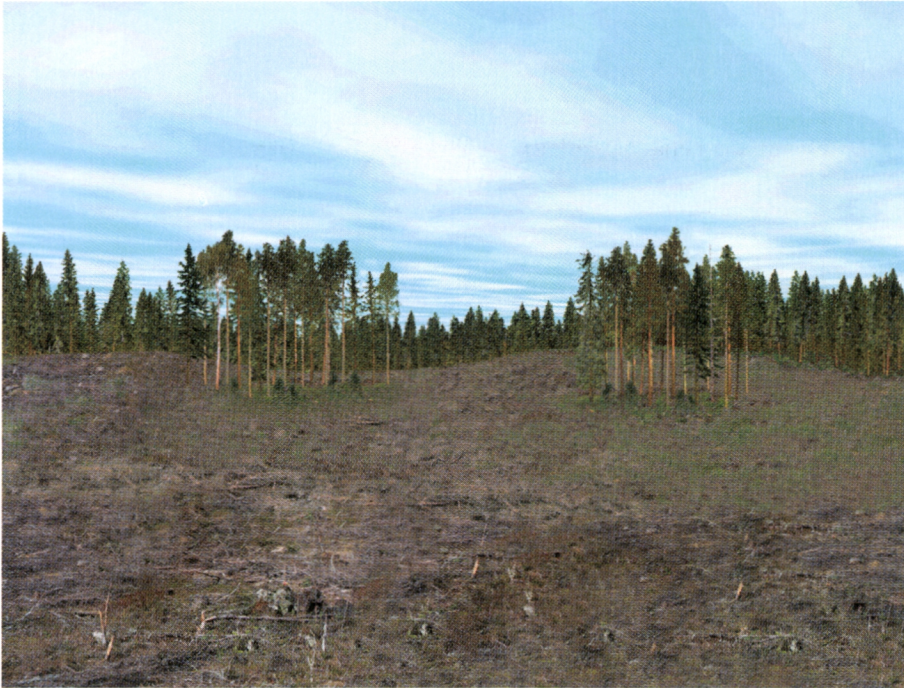
Seuraavassa esitettävät tutkimustulokset ovat aiemmin julkaisemattomia. Johtopäätöksiin on pyritty tekemään synteesi sekä tämän että aiempien maisematutkimusten tuloksista.

Säästöpuilla voidaan parantaa avohakkuualan maisemaa

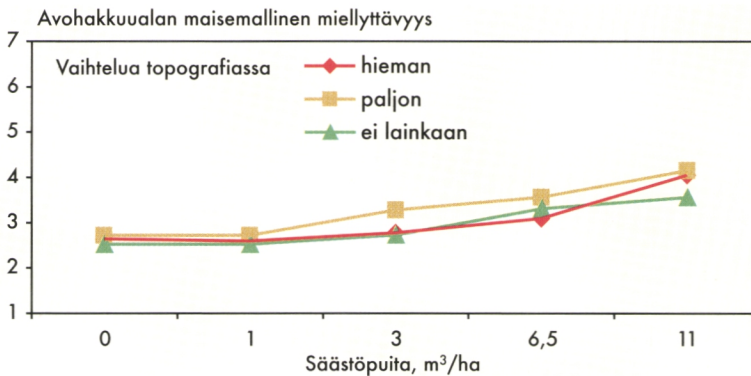
Säästöpuilla voidaan parantaa avohakkuualan maisemaa. Mitä enemmän säästöpuita jätetään avohakkuualalle, sitä miellyttävämpänä avohakkuuala koetaan (kuva 3). Yksi kuutio säästöpuita hehtaarilla ei parantanut maisemaa, mutta 11 kuutiota säästöpuita hehtaarilla paransi maisemaa jo selkeästi.

Säästöpuiden laadulla on merkitystä

Säästöpuiden kunnolla ja koolla on jonkin verran merkitystä avohakkuualan maisemaan. Vastaajat pitivät eniten hyväkuntoisista säästöpuista, jotka ovat vähintään varttuneen kokoisia. Alikasvos ja huonokuntoiset säästöpuut koettiin huomattavasti epämiellyttävämmiksi kuin varttuneet, hyväkuntoiset säästöpuut, eikä niiden jättäminen juurikaan parantanut uudistusalan maisemaa.



Kuva 2. Topografialtaan hieman vaihteleva kahden hehtaarin hakkuuala, jolla on 22 kuutiota säästöpuuta.

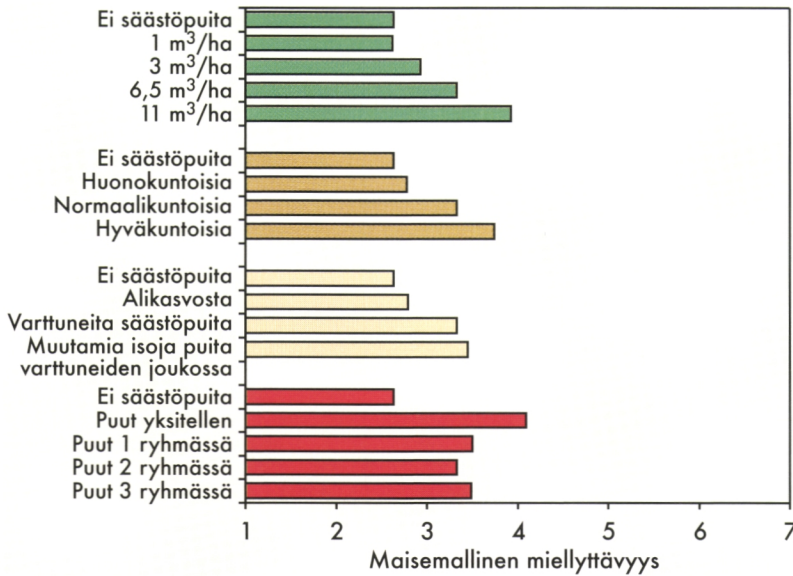


Kuva 3. Säästöpuiden määrän vaikutus avohakkuualan koettuun maisemaan. Astekossa 1 tarkoittaa ”en pidä lainkaan” ja 7 tarkoittaa ”pidän erittäin paljon”.

Yksitellen jätetyistä säästöpuista pidettiin eniten

Pidetyimpiä olivat uudistusalat, joissa säästöpuuta oli jätetty kohtuullisen runsaasti (6,5 m³/ha) avohakkuualalle tasaisesti yksittäin, siemenpuusason tavoin. Kuitenkin ekologisten suositusten

mukaan ryhmiin jätetyt säästöpuut luovat parhaat ekologiset olosuhteet harvinaisille lajeille (Siitonen 2002). Säästöpuiden ryhmiin jättämiselle on myös taloudellisia perusteita, sillä ne hidastavat uudistumista ja taimikon kasvua vähemmän kuin sama määrä säästöpuuta yksitellen. Tutkimuksen perusteella ryhmiin jätettyjen säästöpuiden sijoittelusta ei voida antaa mitään yleispätevää



Kuva 4. Erilaisten säästöpuustojen vaikutus maiseman miellyttävyys (1 = ”en pidä lainkaan”, 7 = ”pidän erittäin paljon”). Jokaisen käsittelyn kohdalla maiseman miellyttävyys on laskettu keskiarvona mäkisen, kumpuilevan ja tasaisen hakkuu-
alan miellyttävydestä.

ohjetta. Säästöpuuryhmien sijoittelussa pitäisi huomioida hakkuualueen maastonmuodot, rajaus ja tarkastelusuunta.

Matkailijat ja metsänomistajat kiinnostavat huomiota eri asioihin

Kyselytutkimukseen vastanneet jaettiin kolmeen ryhmään: 1) pohjoiskarjalaiset ns. aktiiviset metsänomistajat, jotka osallistuvat metsätilansa päätöksentekoon, 2) pohjoiskarjalaiset ns. passiiviset metsänomistajat, jotka eivät osallistu metsätilansa päätöksentekoon ja 3) Pohjois-Karjalassa liikkuvat matkailijat. Aktiiviset metsänomistajat pitivät lähes kaikkia avohakkuumaisemia jonkin verran miellyttävämpinä kuin muut vastaajaryhmät. Matkailijoiden ja metsänomistajien havainnoinnissa oli eroja: matkailijat näyttivät kiinnostavan huomiota selvästi useammin hakkuuaukon maastonmuotoihin ja näkymään yleensä, kun taas metsänomistajat kiinnostivat huomiota enemmän itse säästöpuihin.

Vastaajilla melko hyvät perustiedot metsänhoidosta

Metsänhoitoon ja erityisesti metsänuudistamiseen liittyvien perusasioiden tuntemusta selvitettiin väittämien avulla. Kyselyyn osallistuneita pyydettiin vastaamaan, onko esitetty väittämä oikein vai väärin ja arvaamisen sijaan käyttämään kohtaa en osaa sanoa, mikäli he eivät tiedä väittämän asiaa (taulukko 1). Vastaajilla oli yleisesti katsoen melko hyvät perustiedot metsäasioista. Aktiivisesti metsätilansa päätöksiin osallistuvilla oli paremmat metsätiedot kuin muilla vastaajilla. Yli 90 % vastaajista tiesi lahoppuuston parantavan pieneliöstön elinoloja (taulukko 1, väittämä 1). Sen sijaan avohakkuusta ja luontaisesta uudistamisesta oli melko yleisesti vääriä käsityksiä. Valtaosa käsitti avohakkuun toimenpiteeksi, missä uudistusalalta poistetaan kaikki puut (taulukko 1, väittämä 7). Vastaavasti runsas kolmannes vastaajista piti oikeana väitettä, että luontaisessa uudistamisessa metsän annetaan uudistua itseltään ilman hakkuuta (taulukko 1, väittämä 11).

Taulukko 1. Metsänhoidon ja metsäekologian perustietoa mittaavien väittämien tulokset. Tutkimukseen osallistui 373 henkilöä, joista 93–98 % vastasi alla oleviin väittämiin.

Väittämät	Väittäjä		Vastaus		Ei osaa sanoa (%)
	oikein	väärin	oikein (%)	väärin (%)	
1. Metsään jätetyt lahot puut parantavat pieneliöstön elinoloja.	X		94	2	4
2. Kuusi tarvitsee kasvaakseen tukkipuiksi runsasravinteisen kasvupaikan.	X		74	17	9
3. Pienet, alle hehtaarin avohakkuualat lisäävät laajan metsäalueen kasvi- ja eläinlajien määrää.	X		58	23	19
4. Mänty uudistuu luontaisesti ilman avohakkuuta kaikilla kasvupaikoilla.		X	60	27	13
5. Pienessä metsäsaarekkeessa on erilainen kasvi- ja eläinlajisto kuin laajalla metsäalueella.	X		72	13	15
6. Koivu menestyy hyvin myös muiden puiden alla varjossa.		X	76	19	5
7. Avohakkuulla tarkoitetaan, että uudistusalueelta poistetaan kaikki puut.		X	21	76	3
8. Mänty tarvitsee kasvaakseen tukkipuiksi valoisan ympäristön.	X		83	12	5
9. Metsänhoidon suhteen vaihteleva metsäalue lisää kasvi- ja eläinlajien määrää.	X		94	2	4
10. Vanhat metsät ovat arvokkaita uhanalaisten kasvi- ja eläinlajien elinympäristöjä.	X		90	5	5
11. Luontaisessa uudistamisessa metsän annetaan uudistua itsestään ilman hakkuita.		X	55	39	6
12. Avohakkuun ja puuston istutusten päätarkoitus on nopeuttaa metsän uudistumista.	X		83	9	8
13. Avainbiotooppi tarkoittaa erityisen arvokasta elinympäristöä.	X		54	11	35
14. Metsätyyppi tarkoittaa puuston iän suhteen yhtenäistä aluetta.		X	69	19	12
15. Lehto tarkoittaa samaa kuin lehtipuumetsä.		X	52	44	4
16. Puuston kiertoaika tarkoittaa aikaa puuston uudistamisesta seuraavaan uudistushakkuuseen.	X		80	6	14
17. Metsän monimuotoisuus on sama kuin virkistysmahdollisuuksien monipuolisuus.		X	49	44	7

Tieto lisäsi myönteistä suhtautumista metsänhoitoon ja avohakkuualan maisemaan

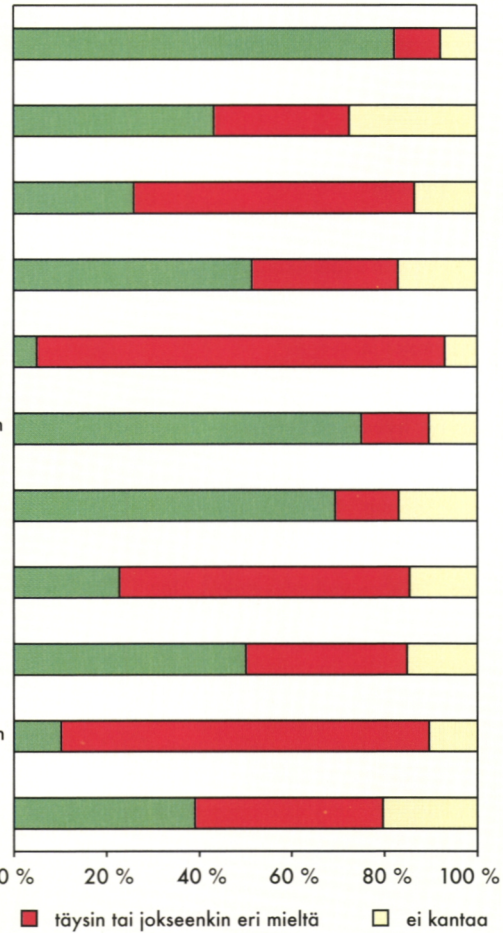
Metsänhoitoon liittyviä mielipiteitä tutkittiin esittämällä väittämiä, joihin tutkimukseen osallistuvat vastasivat käyttäen viisiportaista asteikkoa (1 = täysin samaa mieltä, 5 = täysin eri mieltä). Metsän uudistamisvaihtoehdoista kysyttäessä mielipiteet jakautuivat melko paljon. Noin puolet vastaajista oli sitä mieltä, että hyvin sijoitettu avohakkuuala tuo vaihtelua maisemaan (kuva 5, väittäjä 4).

Vastaava määrä vastaajia puolestaan katsoi avohakkuun pilaavan maiseman (kuva 5, väittäjä 9). Valtaosan mielestä luontainen uudistaminen sopii maisemaan paremmin kuin avohakkuu (kuva 5, väittäjä 7). Huomattavalla osalla vastaajista oli virheellisiä käsityksiä avohakkuusta ja luontaisesta uudistamisesta, mikä vaikutti myös mielipiteisiin. Vastaaja suhtautui avohakkuuseen sitä myönteisemmin, mitä paremmat perustiedot hänellä oli metsänhoidosta ja avohakkuun ja luontaisen uudistamisen eroista.

Mielipiteet jakautuivat voimakkaasti kysyttäessä kuolleiden ja huonokuntoisten puiden

Mielipideväittämät:

1. Metsän uudistusosalalle tulee jättää pystyyn ns. säästöpuita ja puuryhmiä.
2. Hakkuiden yhteydessä metsään pitää jättää mahdollisimman paljon lehtipuita.
3. Hoitamaton luonnonmetsä on maisemallisesti kaunein.
4. Hyvin sijoitettu avohakkuuala tuo vaihtelua maisemaan.
5. Metsää ei tule hakata lainkaan.
6. Uudistusosalalle jätettävien säästöpuiden tulee olla hyväkuntoisia.
7. Metsän luontainen uudistaminen sopii maisemaan paremmin kuin avohakkuu.
8. Lahopuiden jättäminen hakkuualalle pilaa maiseman.
9. Avohakkuuala pilaa maiseman.
10. Metsän tulee antaa uudistua itsestään ilman hakkuita.
11. Kuolleita ja kuolevia puita on tarpeetonta poistaa uudistushakkuissa.



Kuva 5. Metsänhoitoon liittyvien mielipiteiden tulokset. Tutkimukseen osallistuneista 373 henkilöstä 92–97 % vastasi yllä oleviin väittämiin.

poistamisesta uudistushakkuissa. Noin 40 % vastaajista piti kuolleiden ja kuolevien puiden poistamista tarpeettomana ja vastaava määrä vastusti tätä mielipidettä (kuva 5, väittämä 11). Sen sijaan huomattava osa katsoi, että uudistusosalalle jätettävien säästöpuiden tulee olla hyväkuntoisia (kuva 5, väittämä 6). Ekologinen perustieto lisäsi myönteistä suhtautumista kuolleisiin ja huonokuntoisiin puihin. Tieto lisäsi myös mielipiteiden johdonmukaisuutta.

Yleisesti voidaan sanoa, että aktiiviset metsänomistajat, joilla oli myös hyvät perustiedot metsäasioista, suhtautuivat myönteisimmin metsänhoitoon, avohakkuihin, kuolleisiin ja huono-

kuntoisiin puihin. Mitä enemmän vastaajalla oli metsäalan perustietoa, sitä miellyttävämmiksi hän arvioi myös maisemakuvia. Tiedon vaikutus näkyi erityisesti arvioitaessa maisemakuvia, missä oli huonokuntoisia säästöpuita.

Johtopäätökset metsänuudistamisen vaikutuksista maisemaan

- Metsäsertifioinnin vähimmäisvaatimus säästöpuiden määrästä (viisi runkoa/ha) ei riitä parantamaan avohakkuualan maisemaa. Kun säästöpuita jätetään

6–7 kuutiota hehtaarille, niillä on huomattavaa maisemallista vaikutusta.

- Suurilla maisemapuilla ei ole huomattavaa maisemallista vaikutusta, jos ne ovat muiden varttuneiden säästöpuiden ympäröimiä. Niiden maisemallinen vaikutus on todennäköisesti suurempi, jos ne jätetään hyvin näkyville esim. yksittäispuina tai säästöpuuryhmän reunaan.
- Alikasvos ja huonokuntoiset säästöpuut eivät huononna avohakkuualan maisemaa. Huonokuntoisten säästöpuiden jättäminen on suositeltavaa ekologisin perustein.
- Siemenpuuasentoa muistuttavasti jätetyt yksittäiset säästöpuut parantavat maisemaa eniten.
- Hyvät perustiedot metsänhoidosta ja metsien monimuotoisuudesta lisäävät myönteistä suhtautumista metsänhoitoon. Se näkyy erityisesti suhtautumisessa avohakkuihin sekä kuolleisiin ja huonokuntoisiin säästöpuihin. Asianmukaisella tiedottamisella voidaan vähentää metsänuudistamiseen liittyviä virheellisiä käsityksiä ja parannetaan yhteistyötä metsänomistajien, virkistyskäyttäjien ja metsäammatilaisten välillä.

Säästöpuiden järjevä ja tarkoituksenmukainen valinta ja sijoittelu ovat tapauskohtaisia ja vaativat kokonaisvaltaista tarkastelua, missä otetaan huomioon niin maisemalliset, ekologiset kuin metsätaloudellisetkin tekijät. Mikäli kyseessä on sellainen avohakkuuala, jonka maisemallisella laadulla ei ole käytännön merkitystä, voidaan säästöpuiden valinta ja sijoittelu tehdä ensisijaisesti ekologisin ja metsätaloudellisin perustein. Kuitenkin sellaisilla alueilla, joilla virkistyskäyttö ja matkailu ovat tärkeässä roolissa, tulisi maisemaan kiinnittää erityistä huomiota. Näillä kohteilla maisema-analyysi tarjoaa mahdollisuuden pohtia näkymien muuttumista erilaisten uudistamisvaihtoehtojen jälkeen.

Kiitokset

Haluamme kiittää erityisesti Eeva Karjalaista hänen merkittävästä työpanoksestaan tutkimuksen käynnistämisessä, alkuvaiheen suunnittelussa ja käsikirjoituksen kommentoinnissa. Kiitokset myös Liisa Tyrvälle hänen arvokkaista kommentistaan tutkimussuunnitelmaa laadittaessa.

Haluamme kiittää lisäksi Metsähallitusta FORSI-simulointiohjelman käyttömahdollisuudesta ja maasto- ja puustotulkinnan toimittamisesta sekä StoraEnsoa ja Metsähallitusta koealojen tarjoamisesta Itä-Suomessa. Tuomo Härkönen hoiti tietokonekuvien valmistuksen osaavasti, kiitokset hänelle. Kiitämme myös Kolin Luontokeskuksesta Lasse Lovénia ja Merja Lindroosia aineistonkeruun mahdollistamisesta Kolilla, ja Katja Kenttämaata aineiston keruussa avustamisesta. Hannu Ritaa ja Risto Häkkistä kiitämme tilastollisen analysoinnin suunnitteluavusta. Kiitokset kuuluvat erityisesti myös Marjo Neuvoselle, joka on hoitanut aineiston tilastollista käsittelyä ansiokkaasti.

Kirjallisuus

- Hänninen, H. 2001. Luontokohteet ja säästöpuusto talousmetsien hakuissa – seurantatulokset vuosilta 1996–99. Julkaisussa: Siitonen, J. (toim.) 2001. Monimuotoinen metsä. Metsäluonnon monimuotoisuuden tutkimusohjelman loppuraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 812: 81–95.
- Komulainen, M. 2001. Metsämaiseman hoito ja suojelu. Julkaisussa: Kangas, J. & Kokko, A. (toim.): Metsän eri käyttömuotojen arvottaminen ja yhteensovittaminen. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 800: 191–200.
- Löfström, I. 2001. Taajamametsät suunnittelun kohteena. Julkaisussa: Kangas, J. & Kokko, A. (toim.). Metsän eri käyttömuotojen arvottaminen ja yhteensovittaminen. Metsän eri käyttömuotojen yhteensovittamisen tutkimusohjelman loppuraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 800: 260–261.
- Siitonen, J. 2002. Lohupuusto ja säästöpuut metsäsuunnittelussa. Julkaisussa: Kangas, J., Kokko, A., Jokimäki, J. ja Store, R. (toim.) 2002. Tutkimuksia ekologisen informaation liittämistä metsäsuunnitteluun. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 858: 25–32.

Muut lähteet:

- Metla 2002. Metinfo Tilastopalvelu/Metla, <http://www.metla.fi/metinfo/>

Metsänomistajan uudistamistavoitteet ja uudistamistavan valinta

Heimo Karppinen

Johdanto

Viime vuosikymmenen kehitys merkitsi suuria muutoksia metsänomistajien toimintaympäristössä. Metsänuudistamiseen liittyvissä säädöksissä ja suosituksissa tapahtui lukuisia muutoksia, jotka saattavat vähentää metsänomistajien halukkuutta metsänhoidollisesti laadukkaaseen metsänuudistamiseen. Metsänviljelykulut kattava vakuus poistettiin. Myös metsäverojärjestelmä muuttui niin, että uudistamiseen ja taimikonhoitoon liittyvät kannustimet eivät koske myyntituloverotukseen siirtyneitä metsänomistajia. Metsänhoidon kulut ovat kuitenkin vähennyskelpoisia myyntiverotuksessa.

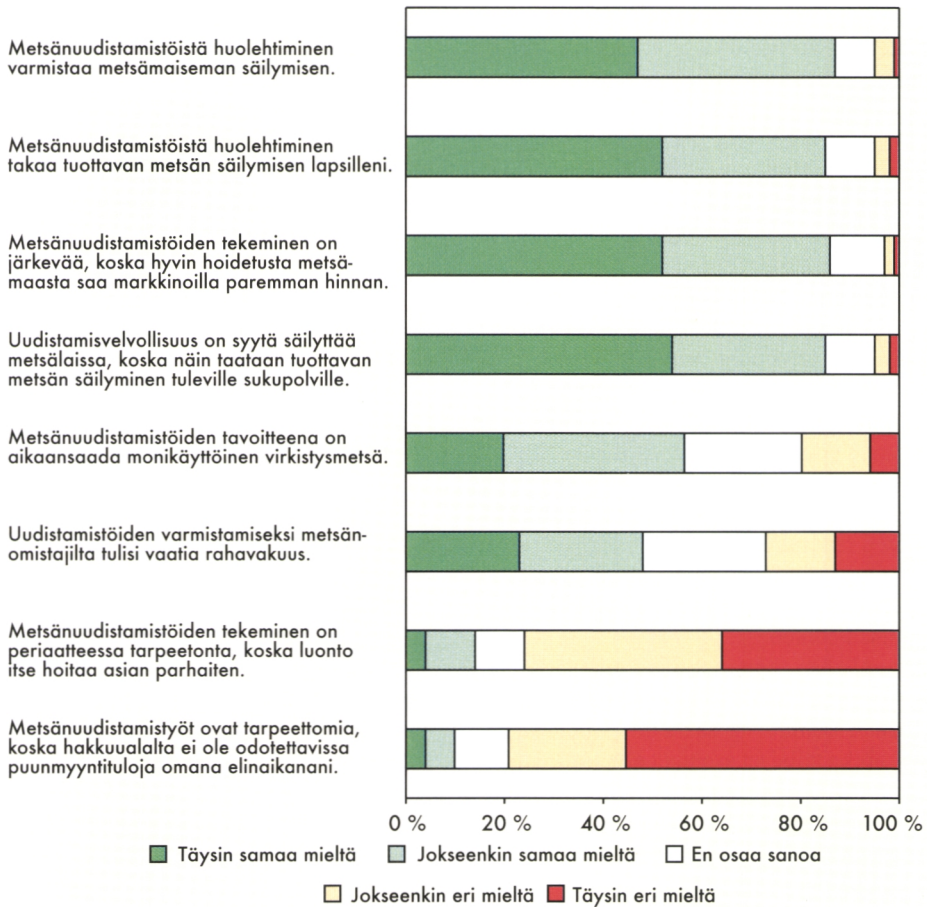
Metsänomistajakunnan rakenne muuttuu jatkuvasti. Muuttoliike Etelä-Suomeen ja paikallisiin kasvukeskuksiin on ollut vilkasta. Muuttopaine kohdistuu etenkin nuoreen ja koulutettuun väestönosaan, eikä siten kosketa metsänomistajakuntaa täydellä voimalla. Metsänomistuksen rakennemuutos ilmenee lähinnä metsänomistajien ikääntymisenä, tilalla asumisen vähenemisenä, maatalousyrittäjien osuuden pienentymisenä ja jossain määrin myös metsänomistajakunnan kaupunkilaistumisena. Rakennemuutoksen ohessa myös metsänomistajien tavoitteet muuttuvat moniarvoisempaan suuntaan (Karppinen ym. 2002).

Omistajakunnan muutoksen ohella etenkin metsälainsäädännön muutokset ja luonnon monimuotoisuuden korostus uusituissa metsänhoitosuosituksissa lisäävät uudistamismenetelmän valintaan vaikuttavien tekijöiden tuntemisen tärkeyttä. Metsänuudistamisen mahdollisesti huonontuneisiin tuloksiin saattaa olla osasyynä halu välttää avohakkuita ja metsänviljelyä

monimuotoisuuden turvaamisen ja maisemanhoidon nimissä silloinkin, kun viljely olisi ollut tarkoituksenmukaisinta. Tilannetta heikensi 1990-luvulla myös neuvonnan resurssien supistuminen. Kansallisen metsäohjelman toimeenpanon myötä rahoitustilanne on nyttemmin tosin parantunut.

Metsälain velvoite huolehtia metsänuudistamisesta päätehakkuun jälkeen on edelleen kestävän metsätalouden kulmakivi. Mutta uudistaisivatko metsänomistajat metsänsä yhtä hyvin kuin nyt ellei laki vaatisi? Onko metsänomistajien uudistamismotivaatio heikentynyt muuttuneessa tilanteessa? Entä mitä metsänomistajat tavoittelevat uudistamalla metsänsä: onko kannustimena tuottavan metsän jättäminen perinnöksi vai hyvin hoidetusta metsämaasta mahdollisesti saatava parempi hinta?

Seuraavassa esitetään tuloksia tutkimuksesta, jossa selvitettiin metsänomistajien uudistamismotiiveja ja uudistamistavan valintaa (Karppinen 2001). Luontaisen uudistamisen valintaa tarkasteltiin lähemmin asenteiden ja käyttäytymisen yhteyttä kuvaavan teorian perusteella (Karppinen 2002). Uudistamistavoitteita ja uudistamistavan valintaa yleisesti koskevat tulokset perustuvat vuonna 1999 tehtyyn valtakunnalliseen postikyselyyn, johon vastasi 4819 omistajaa (vastausprosentti 55) (Karppinen ym. 2002). Luontaisen uudistamisen valinnan tarkastelu perustuu Pirkanmaan ja Pohjois-Karjalan metsäkeskusten alueilta postikyselyllä kerättyyn tapaustutkimusaineistoon, joka käsitti 154 metsänomistajan tiedot.



Kuva 1. Metsänuudistamismotiivit yksityistiloilla. Lähde: Karppinen 2001.

Uudistamismotiivit

Yksityismetsien uudistaminen ei ole pelkästään metsälain uudistamisvelvoitteen varassa. Metsänomistajilla oli yleensä useita tavoitteita uudistamiselle (kuva 1). Metsämaiseman säilyttämistä tulevaisuudessa ja tuottavan metsän säilymistä lapsille piti tärkeänä (oli täysin samaa tai jokseenkin samaa mieltä) yli neljä viidesosaa metsänomistajista. Niin ikään yhtä suuri osa omistajista uskoi uudistamisen huolellisen toteuttamisen nostavan metsämaan hintaa. Metsänuudistamisen tavoitteena oli usein myös monikäyttöinen virkistysmetsä.

Metsänomistajaryhmien välillä ilmeni eroja uudistamismotiiveissa, mutta ne eivät olleet

suuria. Metsämaiseman merkitys metsänuudistamisen motiivina oli – ehkä yllättävästi – jonkin verran vähäisempi ylioppilastutkinnon suorittaneiden ja kaupunkilaisomistajien (kaupungit yli 20 000 as.) keskuudessa. Tuottavan metsän säilyttäminen lapsille korostui hieman metsäalalla työskentelevien keskuudessa ja sen merkitys lisääntyi myös metsälön koon kasvaessa. Suurkaupunkilaiset (yli 100 000 as.) painottivat perintönäkökulmaa keskimääräistä vähemmän. Metsäalalla työskentelevät korostivat uudistamisen metsämaan hintaa nostavaa vaikutusta ja virkistysnäkökohtia hieman muita omistajia enemmän. Viime mainitun tavoitteen merkitys oli keskimääräistä vähäisempi ylioppilastutkinnon suorittaneiden ja suurkaupunkilaisten keskuudessa.

Selvä enemmistö metsänomistajista piti uudistamistöitä tarpeellisena. Yli kymmenesosa metsänomistajista kuitenkin katsoi uudistumisen hoituvan itsestään ja noin kymmenesosa ei pitänyt uudistamista tarpeellisena, koska hakkuualalta ei saada puunmyyntituloja omana elinaikana (kuva 1). Näihin kahteen ryhmään kuuluivat vain osittain samat omistajat, joten uudistamistöitä tarpeettomina pitävien joukko oli kaikkiaan hieman suurempi. Mikäli tällaiset asenteet johdaisivat suoraan uudistamistöiden puutteelliseen toteuttamiseen tai niiden viivästyamiseen, kyse olisi suuren mittaluokan ongelmasta. Asenteet eivät kuitenkaan välttämättä heijastu käytännön toimintaan. Uudistamista tarpeettomana pitävillä metsänomistajilla ei esimerkiksi useinkaan ollut omakohtaisia kokemuksia uudistamisesta. Uudistamistöiden tekeminen olikin yleisempää niiden omistajien keskuudessa, jotka kokivat uudistamisen perustelluksi ja joilla oli selkeät tavoitteet uudistamisen suhteen.

Uudistamistöitä tarpeettomina pitävät olivat hieman keskimääräistä useammin naisia, eläkeläisiä, vähän koulutusta saaneita ja perikunnan jäseniä. Vaikka tällaiset asenteet eivät välttämättä ohjaakaan käytännön toimintaa, kannattaisi neuvonnassa kohdistaa erityistä huomiota näihin omistajaryhmiin.

Uudistamisen varmistaminen

Metsälain uudistamisvelvoitteen lisäksi 1990-luvun alkuun saakka vaadittiin metsänomistajalta avohakkuun yhteydessä riittävä vakuus. Sen tarkoituksena oli varmistaa uudistamistöiden suorittaminen. Huomattava enemmistö, yli neljä viidesosaa metsänomistajista, kannatti uudistamisvelvollisuuden säilyttämistä metsälaisissa (kuva 1) (Karppinen 2001). Uudistamisvelvollisuuden kannatus oli hieman vähäisempää naisten kuin miesten keskuudessa. Pakollisen vakuuden palauttamisen kannalla oli sen sijaan vain puolet omistajista. Vakuuden palauttaminen sai hieman vähäisempää kannatusta naisten ja akateemisesti koulutettujen sekä suurkaupunkilaisten keskuudessa. Nämä omistajaryhmät näyttävät siis jossain määrin vierastavan yhteiskunnan holhousta metsäasioissa. Metsälalla työskentelevät kannattivat rahavakuuden palauttamista keskimääräistä useammin.

Mieluisin uudistamismenetelmä

Metsänuudistamistavan valintaan vaikuttavat ennen kaikkea kasvupaikan olosuhteet. Jos metsänomistajat voisivat valita mieluisimman uudistamismenetelmän kasvupaikasta riippumatta, kaksi kolmesta (62 %) päätyisi luontaiseen uudistamiseen. Keinollisen uudistamisen kannalla olisi noin neljäsosa (24 %) omistajista. Kantaansa ei ilmoittanut 14 prosenttia vastaajista (Karppinen 2001).

Yksityismetsien uudistamisalasta uudistettiin luontaisesti vuonna 1998 kuitenkin vain 26 prosenttia. Kylvön osuus oli 22 prosenttia ja yli puolet (52 %) uudistusala istutettiin (Kokkonen 1999). Luontaista uudistamista tehdään siis vain murto-osa siitä määrästä mihin olisi haluja, jos se vain olisi käytännössä mahdollista.

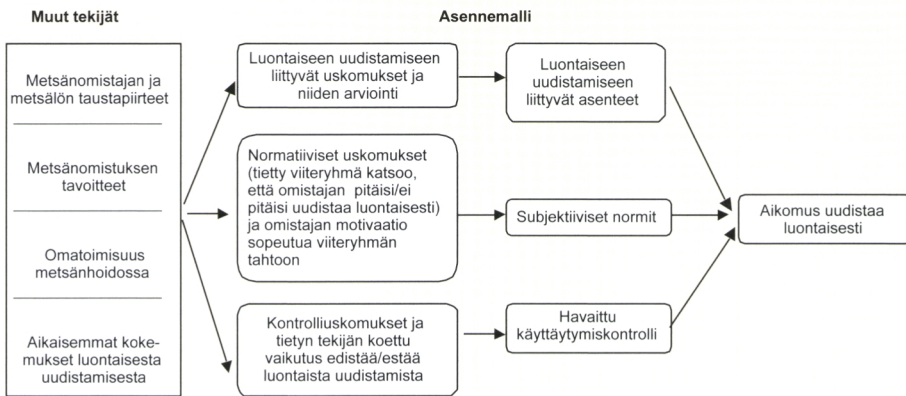
Metsänomistajat näyttävät olevan melko hyvin perillä valitsemansa uudistamismenetelmän eduista ja haitoista muihin menetelmiin verrattuna (taulukko 1) (Karppinen 2001). Osa vastausvaihtoehdoista kuvaa tosin uskomuksia (esim. syntyvän puuston hyvä laatu), jotka voidaan liittää useampaan, jopa kaikkiin menetelmiin. Metsänomistajien mielestä avohakkuu ja istutus -ketju tuottaa taimikon nopeasti ja luontainen uudistaminen on parhaimmillaan suhteellisen halpaa ja vaatii vähän työtä. Niin ikään kylvön katsottiin olevan edullinen menetelmä, joka vaatii vähän työtä. Metsänomistajat tunsivat myös valikoitujen siementen ja taimiaineksen käytön mahdollisuuden viljelyssä. Venäläisen ja Koposen (1997) mukaan metsänomistajat pitivätkin jalostettua materiaalia mieluisimpana vaihtoehtona sekä kylvössä että istutuksessa.

Luontaista uudistamista pidettiin maiseman kannalta parempana kuin viljelyä. Luontaiseen uudistamiseen liitettiin myös luonnonmukaisuus. Merkille pantavaa on lisäksi, että kylvö miellettiin selvästi luonnonmukaisemmaksi kuin istutus. Istutusta ja kylvöä pidettiin uudistumisen onnistumisen suhteen jossain määrin varmempina menetelminä kuin luontaista uudistamista.

Taulukko 1. Uudistamismenettelyvalinnan perustelut. Lähde: Karppinen 2001.

	Avohakkuu ja istutus	Avohakkuu ja kylvö % metsänomistajista	Luontainen uudistaminen
Syntyvän puuston laatu on hyvä	72	94	89
Taimikko syntyy nopeasti	95	55	35
Uudistamiskustannukset ovat pienet	26	77	89
Voi käyttää valikoituja siemeniä ja taimia	83	85	19
Maisemalliset seikat puoltavat	37	31	76
Menetelmä on luonnonmukainen	24	71	95
Työmäärä on vähäinen	21	75	81
Uudistaminen on varmaa	86	78	66

Muina syinä mainittiin mm. perinne, sekametsään pyrkiminen, erikoispuiden kasvatusta, metsä vanhaa, polttopuun saanti sekä paikalle sopeutuneen puuston säilyttäminen.

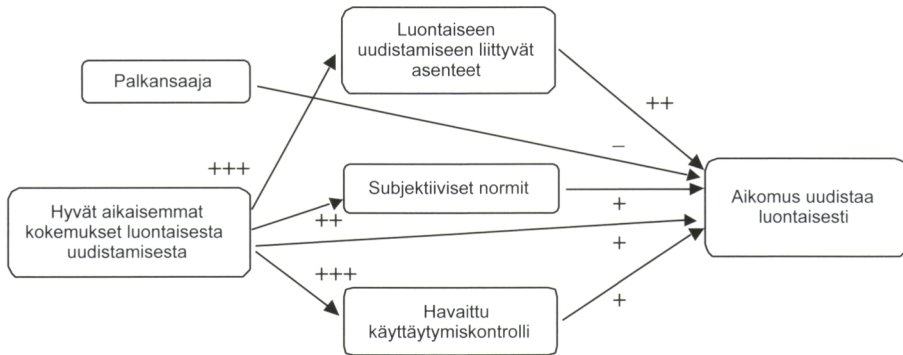


Kuva 2. Luontaisen uudistamisen valinta. Teorian mukaan käyttäytymisaikomuksia selitetään ko. käyttäytymiseen liittyvillä asenteilla ja subjektiivisilla normeilla eli koetulla normipaineella. Asenteet muodostuvat ko. käyttäytymiseen liittyvistä uskomuksista ja niiden arvioinnista ja subjektiiviset normit normatiivisista uskomuksista sekä motivaatiosta sopeutua viiteryhmän tahtoon. Kolmas selittävä tekijä, havaittu käyttäytymiskontrolli, kuvaa toiminnan suorittamisen havaittua helppoutta tai vaikeutta toimijan itsensä arvioimana. Se muodostuu omaan kokemukseen tai muualta saatuihin tietoihin perustuvista uskomuksista sekä havaituista toiminnan toteutumista edistävästä tai rajoittavista resursseista. Lähteet: Ajzen ja Fishbein 1980, Ajzen 1991, Ajzen ja Driver 1992, Karppinen 2002.

Luontaisen uudistamisen valintaan vaikuttavat tekijät

Metsänomistajien aikomusta uudistaa luontaisesti metsäänsä seuraavan kymmenen vuoden aikana tutkittiin erikseen asennetutkimuksissa sovelletun mallin avulla. Kuvassa 2 on esitetty luontaisen uudistamisen valintaan vaikuttavat tekijät. Tutkimuksessa ei ollut mahdollista tar-

kastella todellista käyttäytymistä, vaan asenteilla, normeilla ja havaituilla käyttäytymistä kontrolloivilla tekijöillä selitettiin valinta-aikomusta. Käyttäytymisaikomusten ja kontrollitekijöiden on kuitenkin todettu ennustavan varsin hyvin todellista käyttäytymistä. On huomattava, että esimerkiksi neuvon vaikutus kanavoitui koetun normipaineen kautta. Havaittuihin käyttäytymistä rajoittaviin tai edistäviin tekijöihin kuuluivat mm. kasvupaikan olosuhteet ja uudistamiskustannuk-



Kuva 3. Polkukaavio luontaisen uudistamisen valintaan vaikuttavista tekijöistä. Lineaariset regressiomallit. Vaikutusten suuruus esitetty plus- ja miinusmerkein. Lähde: Karppinen 2002.

set. Edellä mainittujen asennemalliin sisältyvien tekijöiden lisäksi metsänomistajien taustapiirteillä, metsänomistuksen tavoitteilla, omatoimisuudella metsänhoidossa sekä aikaisemmillä kokemuksilla luontaisesta uudistamisesta katsottiin olevan vaikutusta menetelmävalintaan.

Metsänomistajilla oli keskimäärin hyvin myönteinen asenne luontaiseen uudistamiseen. Asenteiden taustalla vaikuttivat voimakkaimmin sellaiset luontaiseen uudistamiseen liittyvät uskomukset kuin hyvä uudistamistulos, taloudellinen kannattavuus pitkällä aikavälillä, menetelmän luonnonmukaisuus sekä syntyvän puuston hyvä laatu. Valtaosalla metsänomistajista oli myös hyviä kokemuksia luontaisesta uudistamisesta.

Runsa puolet metsänomistajista katsoi, että joku heidän mielestään tärkeä taho haluaisi heidän uudistavan metsää luontaisesti. Vaikutusvaltaisimmiksi normipaineen lähteiksi osoittautuivat oman perheen jäsenet, paikallisen metsänhoitoyhdistyksen neuvojat sekä puun ostajat. Sen sijaan sukulaisten, naapurien, ystävien ja tuttavien mielipiteillä oli vähäisempi merkitys.

Selvä enemmistö omistajista piti luontaista uudistamista mahdollisena omassa metsässään, ainakin jollain kuviolla, seuraavan kymmenen vuoden kuluessa (käyttäytymiskontrolli). Aikomukset uudistaa luontaisesti olivat myös hyvin yleisiä, toisaalta avohakkuita ja viljelyäkin suunniteltiin yleisesti.

Kuvassa 3 on esitetty yhteenvedona polkukaavio päätuloksista. Luontaiseen uudistamiseen liittyvillä asenteilla, normeilla ja käyttäytymistä

kontrolloivilla tekijöillä näyttää olevan asenneteorian ennustamalla tavalla vaikutusta aikomukseen uudistaa luontaisesti. Asenteet selittivät voimakkaimmin käyttäytymisaikomusta, normipaineen ja kontrollitekijöiden vaikutus oli keskenään samansuuruinen mutta vähäisempi. Metsänomistajan kuuluminen palkansaajiin (vertailuryhmänä muut) vähensi jonkin verran aikomuksia uudistaa luontaisesti. Hyvät kokemukset luontaisesta uudistamisesta vaikuttivat puolestaan aikomuksia lisäävästi. Kun otetaan huomioon sekä suorat että välilliset, lähinnä asenteiden ja käyttäytymistä kontrolloivien tekijöiden kautta kanavoituvat vaikutukset, aiemmillä kokemuksilla näyttää olevan huomattava merkitys uudistamismenetelmää valittaessa.

Johtopäätökset

Uudistamismotiivit

- Yksityismetsien uudistaminen ei ole pelkästään metsälain uudistamisvelvoitteen varassa. Metsänomistajilla on useita tavoitteita uudistamiselle.
- Selvä enemmistö metsänomistajista pitää uudistamistöitä tarpeellisina. Vain runsas kymmenesosa katsoo uudistumisen hoituvan itsestään ja suunnitelleen yhtä moni ei pidä uudistamista tarpeellisena, koska hakkuualalta ei saada puunmyyntituloja omana elinaikana.
- Uudistamistoimia vähättelevät asenteet eivät välttämättä johda uudistamislainlyönteihin. Uudistamista tarpeettomana pitävillä metsänomistajilla ei

useinkaan ole omakohtaista kokemusta uudistamisesta.

- Uudistamistöiden tekemistä tarpeettomana pitävät metsänomistajat ovat hieman keskimääräistä useammin naisia, eläkeläisiä, vähän koulutusta saaneita ja perikunnan jäseniä.

Uudistamismenetelmän valinta

- Kaksi kolmesta metsänomistajasta suosisi luontaista uudistamista ja vain neljäsosa viljelyä, jos mieluisimman menetelmän voisi valita kasvupaikasta riippumatta.
- Metsänomistajat tuntevat hyvin valitsemansa uudistamismenetelmän edut ja haitat.
- Asenteet selittävät voimakkaimmin aikomusta uudistaa luontaisesti, normipaineen ja havaittujen kontrollitekijöiden, kuten kasvupaikan, vaikutus on vähäisempi.
- Aikaisemmillä kokemuksilla uudistamismenetelmästä on huomattava merkitys menetelmän valinnassa.
- Luontaiseen uudistamiseen liittyvät uskomukset ja asenteet ovat valtaosin hyväksyviä.
- Vaikutusvaltaisimpia normipaineen lähteitä ovat omat perheenjäsenet, metsänhoitoyhdistyksen neuvot ja puun ostajat.
- Kielteiset uskomukset ja asenteet sekä välinpitämättömyys neuvojien ohjeille eivät liene syynä luontaisesti uudistetun alan pienelle osuudelle käytännössä. Kasvupaikan rajoittava vaikutus ei tule täysin esiin tarkastelussa.

Kiitokset

Haluan kiittää Pohjois-Karjalan ja Pirkanmaan metsäkeskuksia sekä Timo Saksaa Metlasta yhteistyöstä metsänomistajien osoitetietojen hankinnassa ja Matti Ruotsalaista Tapiosta vaivannäöstä lomakkeen suunnittelussa. Eeva Sani avusti postikyselyaineiston keruussa ja esikäsittelyssä,

tästä hänelle kiitokset. Kiitokset kuuluvat myös hankkeen muille tutkijoille Harri Hänniselle, Ville Ovaskaiselle, Pekka Ripatille ja Esa-Jussi Viitalalle sujuvasta yhteistyöstä tutkimuksen eri vaiheissa.

Kirjallisuus

- Ajzen, I. 1991. The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes* 50: 179–211.
- Ajzen, I. & Driver, B.L. 1992. Application of the theory of planned behavior to leisure choice. *Journal of Leisure Research* 24(3): 207–224.
- Ajzen, I. & Fishbein, M. 1980. *Understanding attitudes and predicting social behavior*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J. 278 s.
- Karppinen, H. 2001. Metsänomistaja tavoitteiden asettajana. Julkaisussa: Valkonen, S., Ruuska, J., Kolström, T., Kubin, E. & Saarinen, M. (toim.). *Onnistunut metsänuudistaminen*. Kustannusosakeyhtiö Metsälehti, Hämeenlinna. s. 20–23.
- Karppinen, H. 2002. Forest owners' choice of reforestation method. A paper for the International Symposium in the Black Forest 2002 on Contributions of Family-Farm-Enterprises to Sustainable Rural Development, a IUFRO-Working-Unit 3.08.00 and 6.11.02, 28 July–1 August, 2002, Gengenbach, Germany, 21 s. + liitteet.
- Karppinen, H., Hänninen, H. & Ripatti, P. 2002. Suomalainen metsänomistaja 2000. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 852. 83 s.
- Kokkonen, J. 1999. Metsänuudistamisen vaihtoehdot ja kustannukset. Julkaisussa: *Metsän aika 2000*. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. s. 124–125.
- Venäläinen, M. & Koponen, M. 1997. Metsää halutaan viljellä jalostetuilla siemenillä ja taimilla. Kyselytutkimuksen tulokset. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 641. 42 s. + liitteet.

Metsänuudistamisen seurantamenetelmä ja uudistamistuloksen mittaaminen

Timo Saksa

Johdanto

Metsien kestävä käytön edellytys on metsien onnistunut uudistaminen/uudistuminen. Metsälakiemme pääperiaatteena on metsän hävittämisen estäminen ja uuden metsän kasvun turvaaminen. Tämän lakisääteisen veloitteen täyttymistä metsäkeskukset seuraavat ottamalla vuosittain metsänkäyttöilmoituksista vajaan 5 % otoksen ja tarkastamalla uudistamistuloksen näiltä aloilta. Näin koottavalla tiedolla voidaan karkeasti kuvata uudistamisen laatua koko maan tasolla.

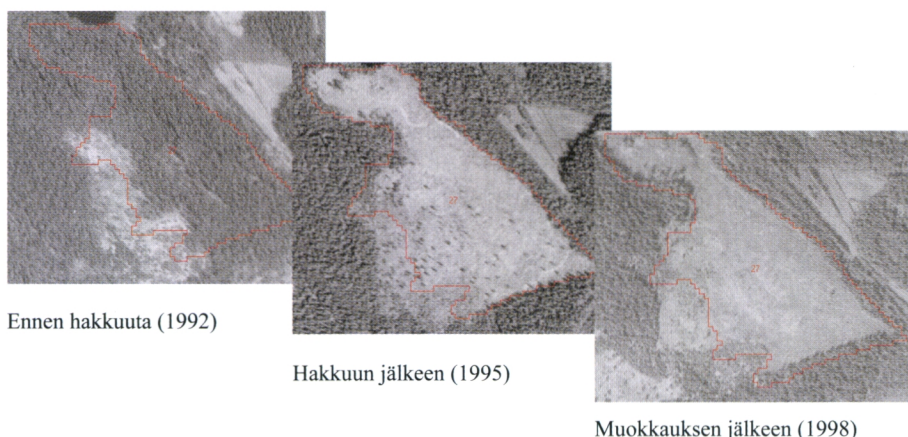
Valtakunnan metsien inventointi (VMI) antaa kuvan maamme metsävaroista ja niissä tapahtuneista muutoksista. VMI valottaa osaltaan kuvaa metsänuudistamisen tuloksellisuudesta. VMI:ssa tulkitaan uudistamisen laatua arvioimalla sitä, kuinka kauan aukeana olevalla alalla on kulunut pätehdäkkästä ja onko siellä tehty hakkuun lisäksi muita uudistamistoimenpiteitä. Tällä kriteerillä verraten metsän uudistaminen ei 1990-luvulla ole aiemmasta viivästynyt (Korhonen & Tomppo 1999). Lisäksi VMI tulokset paljastavat mm. luontaisten ja viljeltyjen, alle 1,3 metristen taimikoiden tiheyden ja puulajisuhteet. Nämä tiedot hahmottavat metsäkeskusalueittain uudistamisen keskimääräisiä tuloksia maastotyötä edeltäneen viimeisen kymmenen vuoden aikana. Kun halutaan tarkempaa tietoa uudistamistuloksesta esim. uudistamisen alkuvaiheesta tai metsäkeskusta pienemmälle alueelle, on VMI:n otos 'liian harva'.

Metsäntutkimuksessa 1960- ja 1970-luvulla tehdyt uudistamistuloksen inventoinnit antoivat ratkaisevia sysäyksiä uudistamistoiminnan kehittämiseen. Esimerkiksi prof. Yli-Vakkurin johdolla tehdyt uudistamisen inventoinnit (Yli-

Vakkuri ym. 1969) toivat olennaista uutta tietoa 1960-luvun uudistamistoiminnan tasosta ja johtivat muutoksiin käytännön uudistamistoiminnassa. Samoin Etelä-Suomessa 1970-luvun lopulla (Räsänen ym. 1985) sekä Keski- ja Itä-Suomessa 1980-luvulla toteutetut inventointitutkimukset (Saksa 1992) antoivat palautetta käytännön metsänuudistajille. Sen sijaan 1990-luvulla ei vastaavia uudistamistulosten laatua selvittäviä tutkimuksia ole tehty.

Viime vuosikymmenen aikana hyvän metsänhoidon tavoitteet jäivät käytännön metsätaloudessa vuosikymmenen alun taloudellisen laman ja metsäveromuutoksen kouriin sekä myöhemmin peittyivät ympäristöasioista ja metsien sertifioinnista annettuun informaatioon. Tähän viittaavat osaltaan myös luontaiseen uudistamiseen tähtäävän uudistushakkuualan kasvu yli 100 000 hehtaarilla 1990-luvulla verrattuna 1980-lukuun, mikä merkitsi luontaisen uudistamisen osuuden nousua 23 %:sta 30 %:iin uudistuspinna-alasta. Samaan aikaan kylvön osuus nousi vajaan 14 %:sta 18 %:iin, jolloin istutuksen osuus uudistamispinna-alasta laski 63 %:sta 52 %:iin (Metsätalostollinen... 2001). Vuosikymmenen puolivälissä metsäkeskusten hankerekistereihin kertyneiden uudistamisrästien kasvu (Hartikainen & Kokkonen 1996) sekä viivästyneitä uudistamistoimenpiteitä koskevat tutkimukset (Hallikainen ym. 1997, Saksa 1998, Saksa & Smolander 1998) ja selvitykset uudistusalojen tilasta (esim. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio 1998) kuvastivat myös 1990-luvulla tapahtunutta muutosta metsätalouden toimintaympäristössä.

Vuosituhanen vaihteessa sai taloudellisesti kannattavan puuntuotannon näkökulma aiempaa enemmän jalansijaa käytännön metsätaloudessa



Kuva 1. Esimerkki uudistusalan tunnistamisesta ja luokittamisesta korkeailmakuvalta.

(Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio 2001). Tällöin korostui myös voimakkaammin metsänuudistamisen merkitys. Onnistuneen metsänuudistamisen tuloksena tulisi olla puusto, joka antaa mahdollisuudet toteuttaa metsänkasvatukselle asetetut puuntuotannolliset tavoitteet ja joka hyödyntää kasvupaikan tarjoamat kasvuedellytykset mahdollisimman hyvin (Hynynen 2001). Näiden edellytysten tulee täytyä eri uudistamismenetelmille asetetuissa tulostavoitteissa eli tavoitetaimikoissa.

Tavoitteet

Metsänuudistamisen tuloksen systemaattinen seuranta niin valtakunnan, metsäkeskuksen, metsänhoitoyhdistyksen kuin yksittäisen metsänomistajankin tasolla kertoo tilanteen asetettuihin tavoitteisiin verrattuna ja antaa eväitä metsänuudistamistoiminnan edelleen kehittämiseen. Tämän tutkimushankkeen tavoitteena oli kehittää menetelmiä ja työkaluja metsänuudistamisen seurantaan ja uudistamistuloksen mittaukseen. Työn lähtökohtana oli selvittää kaukokartoitusmateriaalin käyttömahdollisuudet metsänuudistamisen seurannassa, kehittää uudistamistuloksen mittausmenetelmää erilaisissa taimikoissa sekä kehittää ja testata yksityismetsiin soveltuvaa uudistamisen laadun seurantajärjestelmää.

Kaukokartoitusmateriaali uudistusalojen tunnistamisessa ja luokituksessa

Topografikunnan kuvaamien korkeailmakuvien (harmaasävykuva, kuvauskorkeus 9 km) kuvausväli tietylle alueelle vaihtelee kolmesta viiteen vuoteen (Etelä-Suomessa tavallisesti kolme vuotta) ja yksi korkeailmakuva (kuvausmittakaava 1:60 000) kattaa noin 190 km² (13,8 km x 13,8 km) alueen. Uudistusalojen paikantamisen testaamiseksi valittiin kolme karttalehden aluetta Pohjois-Karjalasta ja kolme karttalehden aluetta Pirkanmaalta.

Metsikkökuvion säteilyarvon muutoksen perusteella vuosien 1992/93 ja 1995 kuvista tehdyltä erotuskuvalla paikannettiin ja rajattiin kuvien ottoajankohtien välillä tehdyt uudistusalat (kuva 1). Kohteiden pinta-alat mitattiin manuaalisen rajauksen yhteydessä ja alat luokitettiin vuoden 1995 kuvan perusteella joko avohakkuiksi tai siemenpuualoiksi.

Ohjattua, puoliautomaattista uudistusalojen tunnistus- ja rajausmenetelmää kehitettiin Oy Arboreal Ltd:n kehittämällä Change Detection Tool -ohjelmistotyökalulla. Tulokinnassa paikannettiin uudistusaloja hyödyntämällä erotuskuvan ja kuvaparin uudemman kuvan yhdistettyä sävyarvoinformaatiota. Ohjatussa puoliautomaattisessa tulokinnassa löydettiin keskimäärin

70 % visuaalisen tulkitsijan löytämistä kuvioista (vaihtelu kuvien välillä 61–82 %). Yli hehtaarin kokoisista kuvioista kyettiin paikantamaan yli 80 % (vaihtelu kuvien välillä 76–93 %). Pienten kuvioiden (alle 0,5 ha) paikantaminen oli epävarminta (Saksa ym. 2000).

Puoliautomaattisen tulkintaprosessin uudistusalojen paikantamis- ja pinta-alatarkkuutta voitaisiin parantaa käyttämällä tie-, pelto- ja vesistömaskia, koska tällöin tulkintaohjelman parametrit voisi säätää herkemmlle. Puoliautomaattisen tulkintatuloksen silmävarainen tarkastelu ja selvien, ihmissilmällä helposti havaittavien tulkintavirheiden poisto parantaisivat vielä tuloksia kohottamatta työajanmenekkiä merkittävästi (Saksa ym. 2002b).

Seuraavana tavoitteena oli selvittää millaiselta kaukokartoitusmateriaalilta voidaan jo rajattu uudistusaloja luokitella maanmuokkauksen perusteella. Testialueina käytettiin samoja alueita, joilta uudistusalat oli tunnistettu ja rajattu erotuskuvilta sekä mitattu uudistamistulos maastotyönä vuonna 1999. Pirkanmaalla uudistusalojen luokitukseen käytettiin vuonna 1999 otettua korkeailmakuvaa (hakuista 5–7 vuotta) ja Pohjois-Karjalassa testimateriaalina käytettiin vuonna 1998 otettua vääräväriskuvaa (hakuista 3–4 vuotta). Luokitustyö tehtiin molemmilla materiaaleilla sekä silmävaraisesti että puoliautomaattisesti ja tulosta verrattiin maastossa havaittuun todellisuuteen.

Maanmuokkauksen toteutumista ei voitu riittävän luotettavasti tulkita silmävaraisesti tai puoliautomaattisesti (erotteluanalyysi) harmaasävykuvulta. Jopa puolet kaikista tulkittavista kuvioista jouduttiin luokittelemaan tulkitsemattomiin. Korkearesoluutioisten vääräväri-ilmakuvien (0,5 m erotuskyky) silmävaraisella tulkinnalla pystyttiin tulkitsemaan noin 80 % muokatuista alueista, mutta yllättävän suuri osa muokkaamattomista alueista tulkittiin muokatuiksi. Äestysalat olivat kaikkein selkeimmin erotettavissa muokatuiksi, tosin äestetyksi merkittiin suuri osa muuten muokatuista alueista. Automaattisessa vääräväri-ilmakuvien tulkinnassa käytettiin erotteluanalyysiä. Selittävinä tekijöinä käytettiin punaisen, vihreän ja sinisen kanavan keskiarvosävyjä ja näiden keskihajontoja sekä spektrin vinoutta ja huipukkuutta. Lisäksi muodostettiin kuvioiden väriskaalalle ns. HSL-arvot, jotka kuvaavat säteilyn sävyä (Hue), värikylläisyyttä (Saturation) ja kirkkautta

(Luminanssi). Automaattisella tulkinnalla pystyttiin tulkitsemaan myös noin 80 % muokatuista alueista oikein.

Korkearesoluutioiset vääräväri-ilmakuvat osoittautuivat varsin hyväksi materiaaliksi uudistusalojen luokittelua varten. Alustavassa tulkinnassa kannattaa käyttää automaattista menetelmää, jonka tulosta tarkennetaan silmävaraisella tarkastelulla.

Lisäksi tulkitsijalla tulee olla huomattavaa kokemusta niin digitaalisten ilmakuvioiden tulkinnaasta kuin metsätalouden toimenpiteistä.

Menetelmä metsänuudistamisen laadun hallintaan

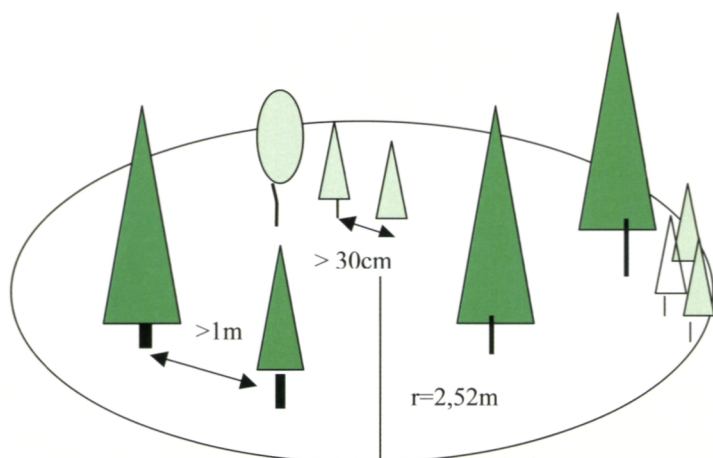
Tavoitteiden kirkastaminen – kehitystyön ensiaskel

Laatutyön keskeisiä periaatteita on toimintaketju: tavoite – toiminta – tuloksen mittaaminen – palaute – toiminnan ohjaaminen. Metsänuudistamisessa tavoite voidaan yksinkertaisesti määrittää uudistamismenetelmittäin kasvatettavan puuston tiheytenä puulajeittain.

Taimikon alkukehitysvaiheessa niin havu- kuin lehtipuuvältaisten taimikoiden tulee olla tiheitä, jotta kasvatettavan puuston laadullinen ja määrällinen kehitys voidaan turvata. Taimikon varhaiskehitysvaiheessa (3–5 vuotta uudistamistoimenpiteistä) *hyvän taimikon tiheystavoitteina* käytetään jatkossa uudistamismenetelmittäin seuraavia tiheyksiä:

Kuusen istutus	1600 havupuuta /ha
Männyn istutus	1800 havupuuta /ha
Rauduskoivun istutus	1400 koivua /ha
(kasvatuskelpoisia taimia; minimietäisyys 1 m)	
Männyn kylvö	3000 mäntyä /ha
Männyn luontainen uudistaminen	3000 mäntyä /ha
(taimien minimietäisyys 30 cm)	

Istutustaimikoissa kasvatettavaa havupuustoa täydentävät siemensyntyiset koivut, jolloin taimikon kokonaistiheys nousee esim. männyn laatua ajatellen riittävälle tasolle (esim. Varmola



Kuva 2. Periaatekuva taimien laskennasta mittauskoelalla. Kasvatuskelpoisten taimien välinen minimietäisyys taimesta taimeen on 1 m ja luontaisten täydentävien taimien pituuden tulee olla vähintään puolet istutustaimien pituudesta. Kokonais-taimimäärää laskettaessa käytetään puulajeittain 30 cm:n minimietäisyyttä.

1996). Männyn laatukehitystä edistävä tiheys muodostuu luontaisissa ja kylvötaimikoissa lähes yksinomaan männyntaimista, koska koivut ennättävät näissä taimikoissa etukasvuiksi mäntyihin verrattuna.

Tuloksen objektiivinen mittaus

Metsänuudistamisessa ei voida antaa kokonaisvaltaista palautetta välittömästi uudistamistoimenpiteiden jälkeen. Muutaman ensimmäisen vuoden kuluessa istutusmateriaalista, istutustyöstä, maanmuokkausjäljestä yms. johtuva kuolleisuus tasaantuu ja sen jälkeen uudistamistulos voidaan mitata kohtuullisen luotettavasti. Etelä-Suomessa sopivan ikäisiä kohteita ovat 3-vuotiaat istutus- alat, 4-vuotiaat kylvöalat ja 5 vuotta aiemmin muokatut luontaisen uudistamisen alat.

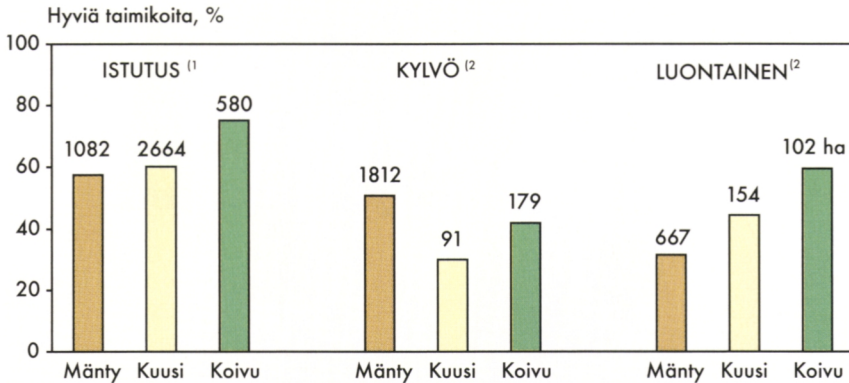
Mittausmenetelmäksi soveltuu koko uudistamiskuvion kattava linjoittainen ympyräkoelalaotanta, jossa koelalan koko on 20 neliometriä (säde 2,52 m). Tällainen koelala vastaa likimain yhden puun viemää alaa päätehakuu- puustossa. Koelaväli valitaan kuvion koon mukaan siten, että 0,5–2,0 hehtaarin laajuisilla istutus- ja kylvö- aloilla sekä 0,5–1,0 hehtaarin laajuisilla luontaisen uudistamisen aloilla mitattiin 15 ja niitä

suuremmilla aloilla 20 koelalaa. Odotusarvoltaan tasaisemmillä viljellyillä aloilla päästään vähemmällä koelamäärällä samaan tarkkuuteen kuin ryhmittäisemmillä luontaisen uudistamisen aloilla. Inventoitavan uudistusalan minimikoko oli 0,5 ha.

Maastotyössä keskityttiin uudistamistuloksen määrittämiseen ja tavoitteena oli yltää noin 6 hehtaarin päivittäiseen mittausalaan. Istutustaimikoissa laskettiin koelalla olevien, kunnoltaan hyvien istutustaimien lukumäärä. Samoin määriteltiin istutustaimien kanssa kasvatettavaan puustoon kuuluvien luontaisten taimien määrä puulajeittain. Havupuiden istutustaimikoissa hyväksyttiin täydentäviksi taimiksi vain havupuiden taimet, istutusköivöissä myös siemensyntyiset köivuntaimet. Kasvatettavien taimien välinen minimietäisyys oli 1 metri. Kasvatettavan puuston maksimitiheys oli 3000 tainta hehtaarilla eli 6 tainta koelalla (kuva 2).

Kaikilla uudistusaloilla (istutetuilla, kylvetyillä ja luontaisesti uudistetuilla) määritettiin luontaisen taimien määrä (mänty, kuusi, siemensyntyinen köivu) puulajeittain. Mukaan laskettavan taimen tuli olla vähintään 30 cm:n etäisyydellä muista saman puulajin taimista. Vesisyntyiset köivut ja muu lehtipuusto luettiin yhdeksi puulajiryhmäksi.

Taimien pituuden määrittämiseksi mitattiin



¹⁾ luokkarajat: mänty 1800, kuusi 1600 ja koivu 1400

²⁾ luokkarajat: mänty, kuusi ja koivu 3000

Kuva 3. Keskimääräinen uudistamistulos uudistamismenettelyittäin 'hyvien' taimikoiden osuudella kuvattuna. Mukana on vuosina 2000–2002 tehdyissä inventoinneissa kertynyt koko aineisto (pylväiden päällä olevat numerot ilmoittavat ko. ketjulla uudistetun pinta-alan).

koealan keskipistettä lähimmän uudistamispuulajin taimen pituus 5 cm:n tarkkuudella sekä arvioitiin taimikon kehitystä haittaavan lehtipuuston (vesakko ja siemensyntyiset koivut) valtapituus 10 cm:n tarkkuudella. Kultakin koealalta määritettiin kasvupaikkaluokka (metsätyyppi) ja maalaji (karkea, keskikarkea, hieno, turve) sekä arvioitiin, poikkeako alan puuntuotoskyky normaalista kivisyyden tai liian märkyuden takia. Uudistamismenetelmä ja -puulaji todettiin kunkin mittauskoealan edustamalta alalta. Inventointityön päätteeksi arvioitiin kuviolle hoitoehdotus koko uudistusalan tilan perusteella.

Tulos verrattuna tavoitteeseen – palaute

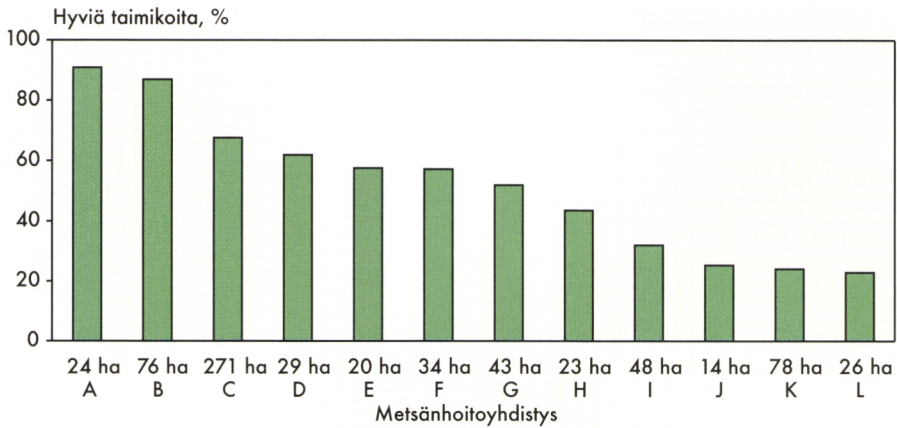
Seuraavat tulokset perustuvat vuosina 2000–2002 kahdessakymmenessä metsänhoitoyhdistyksessä viiden eri metsäkeskuksen alueella tehtyihin maastotöihin. Inventoitu ala oli yhteensä yli 7400 ha käsittäen yli 4100 erillistä uudistusala.

Kuusen ja männyn istutusaloista noin 60 % täytti asetetun 'hyvän' uudistamistuloksen rajan (1600/1800 kasvatuskelpoista havupuuta/ha, kuva 3). Rauduskoivun istutuksista yli 75 % täytti myös 1400 kasvatuskelpoisen rajan.

Männyn kylvöissä tavoitteen täyttäviä oli 50 %, mutta luontaisen uudistamisen aloilla vain 30 % taimikoista saavutti vastaavan tavoitteen (3000 männyntainta/ha).

Istutusaloilla puuston tiheys ylti valtaosalla pinta-alasta (71–77 %) 1500–3000 kasvatettavaan taimeen hehtaarilla. Kylvä- ja luontaisen uudistamisen aloilla männyntaimien esiintyminen oli vaihtelevampaa. Männyn luontaisen uudistamisen aloilla vajaasti taimettuneen, korkeintaan 1500 männyntainta hehtaarilla olevan pinta-alan osuus nousi 43 %:iin ja kylvöissä vastaava osuus oli 25 %. Toisaalta näissä männyntaimikoissa oli hyvin taimettuneita tiheitä alueita. Kylvöalasta 56 % ja luontaisen uudistamisen alasta 41 % ylti vähintään 3000 männyntaimen tiheyteen. Männyn kylvön ja luontaisen uudistamisen tiheysjakauman 'kaksihuippuisuus' kuvastaa uudistamistuloksen epätasaisuutta ja näihin uudistamismenelmiin liittyvää riskiä. Osaltaan sekä männyn kylvön että luontaisen uudistamisen tuloksen vaihtelu johtui liian reheville (tuore/lehtomainen kangas) kasvupaikoille tehdyistä tulokseltaan epäonnistuneista kylvöistä ja luontaisen uudistamisen aloista (Saksa ym. 2002a).

Uudistamistulokset vaihtelivat samassa uudistamismenettelyssä melkoisesti eri metsänhoitoyhdistysten välillä (kuva 4). Metsänhoitoyhdistyksissä käytyjen analyysitulosten



Kuva 4. Männyn istutustuloksen vaihtelu metsänhoitoyhdistysten välillä. Tulos on kuvattu hyvien taimikoiden (vähintään 1800 kasvatuskelpoista havupuun tainta/ha) osuutena ko. uudistamismenetelmässä. Kyseessä on vuoden 2002 aineisto.

perusteella voidaan arvioida, että osa yhdistysten välisistä eroista johtui erilaisista viljelytiheyksistä erityisesti kuusen istutuksessa. Samoin kylvötulokseen aiheutti 'ylimääräistä' vaihtelua kylvettyjen siemenien määrä. Näiden lisäksi metsänhoitoyhdistysten välillä saattoi olla myös kasvupaikkaan ja muihin paikallisiin oloihin liittyvää vaihtelua, mikä näkyy uudistamistuloksen kokonaisvaihtelussa.

Yhden metsänhoitoyhdistyksen sisälläkin saman uudistamismenetelmän uudistamistulos saattoi vaihdella oleellisesti eri toimihenkilöalueiden välillä (Saksa ym. 2002a). Ison metsänhoitoyhdistyksen sisällä saattoi olla esim. kasvupaikkaolosuhteista johtuvaa vaihtelua, mikä peilautuu tällaisessa vertailussa eri toimihenkilöalueiden välisiksi eroiksi. Osa yhdistyksen sisäisestä vaihtelusta selittyy kuitenkin eri toimihenkilöalueilla toteutettavilla työtavoilla ja rutiineilla ja osa uudistamismenetelmää valittaessa tehtävästä kohdevalinnasta, erityisesti kylvön ja luontaisen uudistamisen kohdalla.

Kehittämistarpeet esiin palautteesta

Mittaustulokset tallennettiin metsänhoitoyhdistyksissä Access-tietokantasovellukseen, josta voitiin tulostaa koostetietoa. Mittaustuloksista

metsänhoitoyhdistykset saivat paikallista tietoa eri uudistamismenetelmien toimivuudesta sekä niillä saavutetuista tuloksista. Käyttäjää sai tietokannasta esille koko aluetta koskevia tietoja eri kriteerien mukaan tai yksittäisen taimikon tiedot, josta voitiin tulostaa raportti metsänomistajalle. Keskimääräisten taimitiheyksien lisäksi käyttäjä sai jokaista uudistamismenetelmää koskevat kuvat uudistus- ja koealoittaisista tiheysjakaumista.

Tulosten analysoinnissa voidaan myös yhdistää uutta ja vanhaa tietoa ja näin löytää oleellisimmat kehittämiskohteet esim. metsänhoitoyhdistyksen taimihuollon osalta ja tehdä konkreettiset toiminnan muutokset. Toistuvat mittaukset luovat pohjan uudistamisen laadun kehityksen seuraamiselle. Maastotyö on suunniteltu tehtäväksi saman metsänhoitoyhdistyksen alueella joka kolmas tai neljäs vuosi, jolloin voidaan seurata metsänuudistamisen tuloksessa tapahtuneita muutoksia.

Uudistamisen laadun seurannassa metsäkeskus saa tiedon taimikoiden tilasta alueellaan, mikä helpottaa koulutuksen ja neuvonnan kohdentamista ja lisää sen tehokkuutta. Metsäkeskustasolla seurannan tulokset mahdollistavat aineiston laajetessa eri uudistamismenetelmien vertailun yhtä metsänhoitoyhdistystä paremmin, sillä yhdistystasolla harvinaisempia menetelmiä toteutetaan pienillä pinta-aloilla. On kuitenkin huomattava, että tämäntyyppisestä inventointiaineistosta syy-seuraussuhteiden etsimisessä on omat riskinsä.

Johtopäätökset uudistamisen seurantamenetelmistä ja uudistamistuloksen mittaamisesta

Uudistusalat löytyvät kaukokartoituksella ja tuoreehko maanmuokkaus havaittavissa vääräväri-ilmakuvalta

- Eriaikaisilta satelliittikuvalta (Landsat 5 TM), korkeailmakuvilta sekä väärävärikuvalta pystytään tunnistamaan ja rajaamaan 70–90 % uudistusaloista muutostulkintaohjelmilla.
- Vääräväri-ilmakuvalta (resoluutio 0,5 m) voidaan luokitella luotettavasti uudistusalat muokattuihin ja muokkaamattomiin.
- Alustavassa tulokinnassa kannattaa käyttää automaattista menetelmää, jonka tulosta tarkennetaan silmävaraisella tarkastelulla.

Taimikon tilajärjestyksen mallintaminen

- Syntyvän taimikon tilajärjestyksen riippuu ensisijaisesti maanmuokkauksesta ja uudistamismenetelmästä.

Uudistamisen laadun seurantamenetelmä

- Työkalu, jolla metsänuudistamisesta vastaava saa palautteen omasta työstään ja voi edelleen kehittää toimintaansa.
- Palaute kerätään mittaamalla uudistamistulos nuorilta uudistusaloilta (3–5 vuotta uudistamistoimenpiteistä) ja tulokset kootaan metsänhoitoyhdistyksissä ja metsäkeskuksissa helpokäyttöiseen tietokantaan.
- Palautteen avulla etsitään kehittämiskohteet ja parannetaan toimintaa kertyneen tiedon ja toisilta oppimisen avulla.
- Laatutyön työkalua on testattu kolmen vuoden (2000–2002) aikana 20 metsänhoitoyhdistyksessä viiden eri metsäkeskuksen alueella.

Kiitokset

Tutkimushanke on toteutettu yhteistyössä seuraavien Metlan ulkopuolisten tahojen kanssa: Helsingin yliopiston metsäekologian laitos, Jyväskylän yliopiston tilastotieteen laitos, Metsätalouden Kehittämiskeskus Tapio, Oy Arboreal Ltd sekä Metsäkeskukset Pirkanmaa, Pohjois-Karjala, Pohjois-Savo, Etelä-Savo, Etelä-Pohjanmaa,

Lounais-Suomi ja Häme-Uusimaa. Lisäksi hankkeeseen on osallistunut tutkijoita Joensuun ja Vantaan (Helsinki) tutkimuskeskuksista sekä Parkanon, Rovaniemen ja Suonenjoen tutkimus- asemilta. Tutkimushanke on saanut ulkopuolista rahoitusta Maa- ja metsätalousministeriöltä sekä Metsämiesten Säätiöltä. Kiitokset kaikille yhteistyökumppaneille ja rahoittajille.

Kirjallisuus

- Hallikainen, V., Hyppönen, M. & Vaittinen, A. 1997. Metsänuudistamistöiden viivästyminen Rovaniemen metsänhoitoyhdistyksen alueella. Metsätieteen aikakauskirja – Folia Forestalia 2/1997: 253–260.
- Hartikainen, S. & Kokkonen, J. 1996. Yksityismetsissä isot uudistamisrätit. Metsänviljely pitäisi kaksinkertaistaa. Koneviesti 2: 26.
- Hynynen, J. 2001. Taimikon puuntuotannollinen arvo. Julkaisussa: Valkonen, S., Ruuska, J., Kolström, T., Kubin, E. & Saarinen, M. (toim.). Onnistunut metsänuudistaminen. Kustannusosakeyhtiö Metsälehti, Hämeenlinna. s. 27–34.
- Korhonen, K. T. & Tomppo, E. 1999. Onko metsänhoidon taso romahtanut? Metsätieteen aikakauskirja 1/1999: 134–138.
- Metsätalouden Kehittämiskeskus Tapio. 1998. Esi selvitys vuonna 1994 ilmoitettujen uudistusalojen tilasta neljän eteläisen metsäkeskuksen alueella. Moniste. 4 s.
- Metsätalouden kehittämisskeskus Tapio, 2001. Hyvän metsänhoidon suositukset. Julkaisuja 13 / 2001. 95 s.
- Metsätalostollinen vuosikirja 2001. 2001. SVT. Maametsä- ja kalatalous 2001(52). 374 s.
- Räsänen, P. K., Pohtila, E., Laitinen, E., Peltonen, A. & Rautiainen, O. 1985. Metsien uudistaminen kuuden eteläisimmän piirimetsälautakunnan alueella. Vuosien 1978–1979 inventointitulokset. Folia Forestalia 637. 30 s.
- Saksa, T. 1992. Männyn istutustaimikoiden kehitys muokatuilla uudistusaloilla. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 418. 48 s.
- Saksa, T. 1998. Metsänuudistamistulos viivästyneillä avohakkuualoilla Etelä-Savossa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 695. 31 s.
- Saksa, T. & Smolander, H. 1998. Metsänviljelyn

- viivästyminen Pohjois-Savon alueella tilastoissa ja todellisuudessa. *Folia Forestalia – Metsätieteen aikakauskirja* 1/1998: 53–64.
- Saksa, T., Kolström, T., Leppänen, V., Lehikoinen, M. & Kelle, O. 2000. Remote sensing material in forest regeneration monitoring. In: *FAO/ECE/ILO Joint Committee on Forest Technology, Management and Training. Forestry Information Systems 2000 Workshop, 16.–20.5.2000, Hyytiälä, Finland. Proceedings (myös cd-rom)*. 7 s.
- Saksa, T., Särkkä-Pakkala, K. & Smolander, H. 2002a. Työkalu metsänuudistamisen laatutyöhön. *Metsätieteen aikakauskirja* 1/2002: 29–34.
- Saksa, T., Uuttera, J., Kolström, T., Lehikoinen, M., Pekkarinen, A. & Sarvi, V. 2002b. Detection of clear cutting areas from operationally useable remote sensing material in boreal forest. Lähetetty käsikirjoitus.
- Varmola, M. 1996. Nuorten viljelymänniköiden tuotos ja laatu. Abstract: Yield and quality of young Scots pine cultivations. Akateeminen väitöskirja. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 585. 70 s. + 6 osajulkaisua.
- Yli-Vakkuri, P., Räsänen, P. K. & Solin, P. 1969. Metsänviljelyn antamista tuloksista Lounais-Suomen, Itä-Hämeen, Itä-Savon, Keski-Suomen ja Kainuun piirimetsälautakuntien alueilla. Helsingin yliopisto. *Metsänhoitotieteen laitos. Tiedonantoja* 2. 92 s.

Paakkutaimien kesäistutus

Heikki Smolander ja Jaana Luoranen

Johdanto

Etelä-Suomen olosuhteissa taimet istutetaan pääosin kevätkesällä, lähinnä toukokuussa ja pieni osa elo–syyskuussa. Kevätistutuksen etuina on pidetty sitä, että lepovaiheessa olevat taimet ovat aktiivivaiheessa olevia kestävämpiä ja toisaalta sitä, että juurtumisvaiheessa keväällä istutetut taimet hyötyvät kevätkosteudesta.

Töiden ruuhkautuminen kevään istutussesongin aikana aiheuttaa työvoima- ja organisoitongelmia sekä taimitarhoilla että istutustyössä. Istutuskauden laajentaminen mahdollistaisi siirtymisen ammattimaisemman ja osaavamman työvoiman käyttöön. Toisaalta metsänhoitotöitä tekevien määrä on vähentynyt viime vuosina (Metsätilastollinen ... 2001). Ratkaisua uhkaavaan työvoimapulaan on etsitty istutusten koneellistamisesta. Koneellisen istutuksen kannattavuuden edellytyksenä on kuitenkin useamman kuukauden pituinen istutuskausi.

Istutuskauden laajentamista kesään ja alkusyksyyn on jo tutkittu rauduskoivulla (Rikala 1996) ja lyhytpäiväkäsittelyyn yhdistettynä kuusen paakkutaimilla (Rantanen ja Luoranen 1998). Tulokset ovat lupaavia. Kesäistutusten edullisuutta kevääseen verrattuna selittää osin se, että juurten kasvupotentiaalin huippu ja juurtumisen kannalta maan optimaaliset lämpöolot ajoittuvat samaan ajankohtaan heinä–elokuussa. Kasvuvaiheessa olevien taimien istutukseen liittyy kuitenkin useita riskitekijöitä (korkea lämpötila, maan kuivuus, taimien herkkyys mekaanisille vioituksille), joiden selvittäminen on tarpeellista myös muilla puulajeilla kuin koivulla.

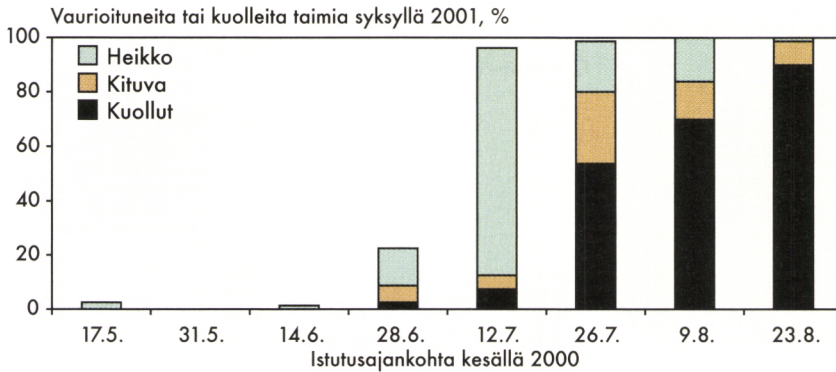
Tavoitteet

Istutuskokein selvitettiin, onko nykyisellä taimimateriaalilla mahdollista laajentaa olennaisesti istutuskautta. Uusien taimituotanto- ja viljelyketjuvaihtoehtojen löytämiseksi katsottiin tarpeelliseksi selvittää myös eri ajankohtina kylvettyjen taimien rakenteen ja karaistumisen kehitystä taimitarhalla, eri ajankohtina kylvettyjen taimien juurten kasvupotentiaalia optimiolosuhteissa ja eriasteisesti kuiviin olosuhteisiin istutettuna. Tämän lisäksi oli tarpeellista selvittää käsittelyn, kuljetus-, ja varastointiolosuhteiden sekä istutuskohteiden olosuhteiden vaikutusta eri kasvuvaiheessa olevien taimien maastomenestymiseen. Näiden tietojen pohjalta oli tavoitteena ennustaa eri puulajeille ja taimityypeille sopivimmat istutusajankohdat (istutusikkunat) ja testata niitä niin taimien kasvatuksen kuin istutuksen osalta käytännön olosuhteissa.

Istutusajankohdan jatkaminen kevästä alkukesään

Istutuskauden laajentamisessa ensimmäisenä vaihtoehtona on jatkaa istutuskautta kevästä alkukesään. Tämä on mahdollista istuttamalla sekä lepotilaisia, pakkasvarastoituja että ulkona talvivarastoituja ja istutushetkellä jo kasvussa olevia taimia.

Lepotilaisilla taimilla istutuksen jälkeen jäljellä olevan kasvukauden on oltava niin pitkä, että taimet ehtivät purkaa lepotilan, kasvaa, karaistua ja muodostaa uuden lepotilan. Kesäkuun puolivälin jälkeen lepotilaisina istutettujen taimien



Kuva 1. Eri ajankohtina istutettujen pakkasvarastoitujen yksivuotiaiden kuusen paakkutaimien vaurioituminen syyshalloissa. Taimet olivat pakkasvarastossa -4°C :ssa, kunnes ne otettiin sulamaan (4 vrk $+8^{\circ}\text{C}$ + 3 vrk puolivarjossa ulkolämpötilassa) viikko ennen istutusta. Vauriot määritettiin neulasten ruskettumisen avulla istutusta seuraavan kasvukauden lopussa.

vaurioitumisriski syyshalloissa lisääntyy (kuva 1) (Luoranen ym. 2001). Hännisen ym. (2002) Ilmatieteen laitoksen 50 vuoden lämpötila-aineistolla (Jyväskylä) tekemät mallilaskelmat tuottivat peukalosäännön: kesäkuun 10. päivän istutuksessa on 10 %:n syyshallariski ja 20. päivän istutuksessa 20 %:n syyshallariski.

Taimet on syytä sulattaa ennen istutusta, koska sekä elävyys että kasvu heikkenevät, jos taimet istutetaan jäisinä (Helenius ja Luoranen 2002). Vaikka kesäkuun alkupuolella maa onkin lämpimämpi kuin keväällä, ja jäiset taimet sulavat jo ensimmäisen vuorokauden aikana, jäisinä istutettujen taimien maastomenestyminen on heikompa kuin sulina istutetuilla taimilla (Helenius ja Luoranen 2002).

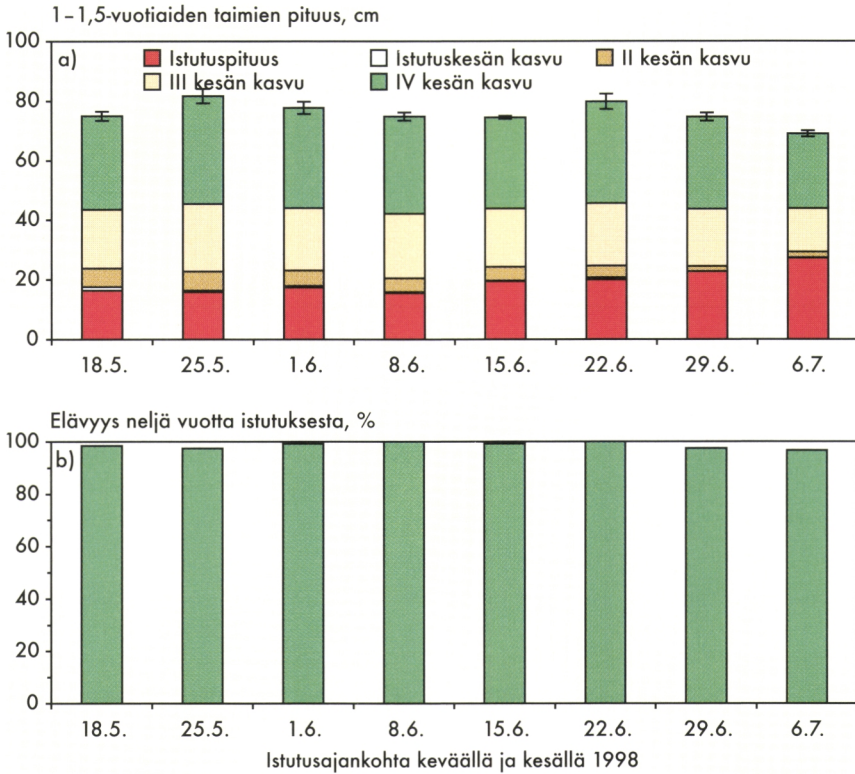
Istutuskauden jatkaminen saman kevään istutukseen tarkoitettuilla, mutta kasvussa olevilla taimilla on mahdollista aina kesäkuun puoliväliin tai lopulle saakka. Kuusen paakkutaimien elävyydessä ei istutusajankohtien välillä juurikaan ollut eroja (kuva 2b). Sen sijaan taimien kasvetta liian pitkiksi kasvatustiheyteen ja paakun tilavuuteen nähden, niiden kasvu istutuksen jälkeen heikkeni (kuva 2a) (Luoranen ym. 2001). Taimien maastomenestymisestä jatkettua istutuksessa ei männyn osalta toistaiseksi ole tietoa, mutta syksyllä 2003 on saatavissa ensimmäisiä tuloksia vuonna 2001 perustetusta kokeesta.

Kasvussa olevien taimien herkkyyks mekaanisille vaurioille on sekä kuusella että män-

nyllä suurimmillaan kesäkuun alkupuoliskolla pituuskasvun alkuvaiheessa (Helenius 2002). Alkukesällä lepotilaisina lämpimään maahan istutettujen taimien juurtumiskyky näyttäisi olevan pitkien kuivuusjaksojen (> 2 viikkoa) aikana parempi kuin kasvussa olevien (Pekka Helenius, julkaisematon aineisto). Näin ollen kesäkuun alussa istutetut pakkasvarastoidut lepotilaiset taimet menestynevätkin maastossa kasvavina istutettuja paremmin, etenkin kuivana kesänä.

Kesäistutus

Koivun paakkutaimilla sekä pituus- että paksuuskasvu paranevat, kun ne istutetaan kasvavina muutaman kuukauden ikäisinä juhannuksen ja elokuun puolivälin välisenä aikana (tietotaulun 3 kuva 3.1) (Luoranen ym. 1999, 2002). Normaaliin kevätistutukseen tarkoitettujen kuusen paakkutaimien istuttaminen jo edellisenä kesänä niiden ollessa kasvussa parantaa kasvua syys- ja kevätistutukseen verrattuna (kuva 3). Taimien elävyydessä ei koivulla eikä kuusella ollut suuria eroja eri istutusajankohtien välillä. Kuusella heinä–syyskuussa istutetut taimet olivat herkempiä vaurioitumaan syyshalloissa kuin seuraavana keväänä istutetut taimet (Luoranen ym. 2001). Taimien hallankestävyyttä on kuitenkin mahdollista parantaa lyhytpäivä (LP)-käsittelyllä.



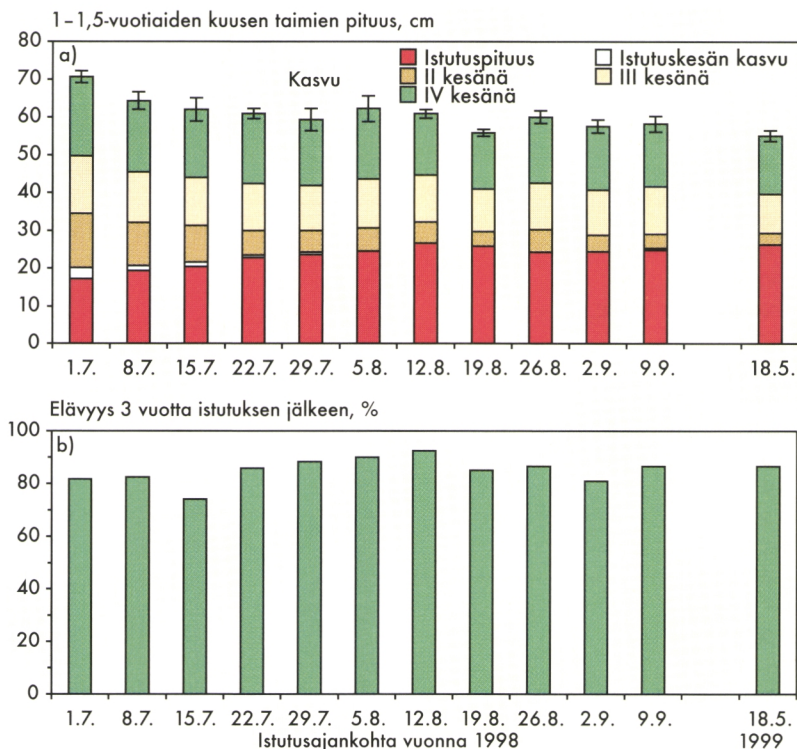
Kuva 2. Kuusen paakkutaimien menestyminen eri istutusajankohtina, kun istutusta jatkettiin kevästä alkukesään. Saman taimierän taimia (kylvö PL81F-kennostoon 29.4.1997) istutettiin viikon välein toukokuun puolivälistä heinäkuun puoliväliin täysmuokatulle taimitarhapolle. Taimia kasteltiin taimitarhalla normaalin kasvatuskäytännön mukaisesti kuhunkin istutusajankohtaan saakka.

Lyhytpäiväkäsittelyllä voidaan pysäyttää taimien pituuskasvu luontaista kehitystä aikaisemmin ja aikaistaa karaistumiskehitystä (ks. Konttinen ym. 2000). Jotta kasvu ei alkaisi uudelleen LP-käsittelyn jälkeen, sen on kestävä kolme viikkoa ja nykytietämyksen mukaan se voidaan aloittaa aikaisintaan 20. kesäkuuta (Kyösti Konttinen, julkaisematon aineisto). Näin ollen LP-käsiteltyjä taimia voidaan istuttaa vasta heinäkuun puolivälin jälkeen.

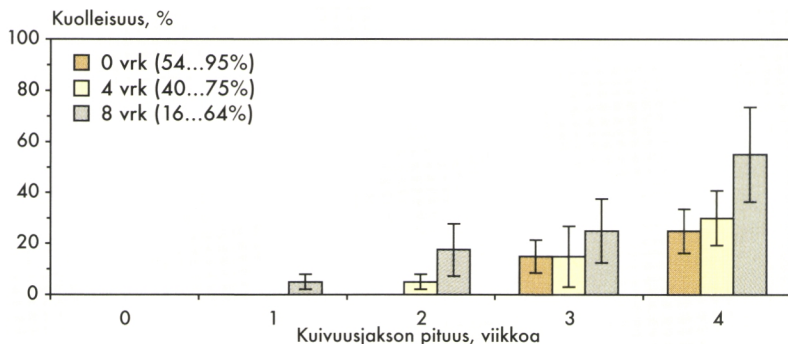
Kesäistutuksen onnistumisen kannalta olennaista on kasvussa olevien taimien kuivuudenkestävyys. Maa voi kuivua pitkien poutajaksojen aikana kuivaksi, joten joskus taimien on selvittävä hyvinkin kuivista oloista. Ennen istutusta hyvin kastellut kasvussa olevat taimet selvisivät kahden–kolmen viikon poutajaksosta vähäisin vaurioin (kuva 4)

(Helenius ym. 2002a). Pitkien poutajaksojen aikana istuttamista on kuitenkin syytä välttää, sillä taimien jatkokehitys voi heikentyä.

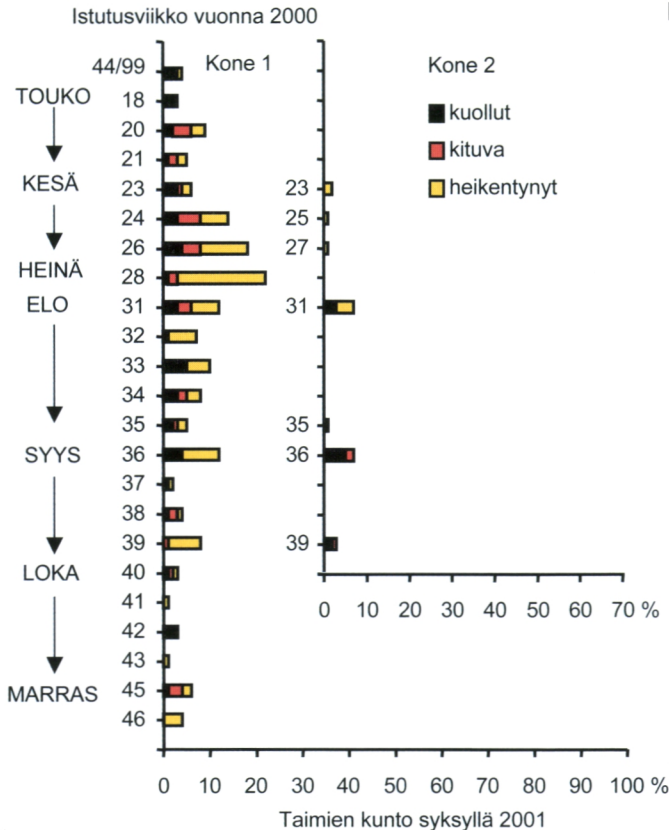
Kavussa olevat taimet kestävät yllättävän hyvin myös mekaanista rasitusta pakkauksen, kuljetuksen ja istutuksen aikana (Helenius ym. 2002b). Vaikka taimipakkausten pudottelu ja taimien kuljetus avoimena peräkärryssä taimitarhalla tai välivarastosta uudistusalalle eivät aiheuttaisikaan näkyviä vaurioita taimiin, voivat ne näkyä kasvun heikkenemisenä ja kuolleisuuden lisääntymisenä istutuksen jälkeen. Näin ollen kasvussa olevien taimien käsittelyn olisi oltava huolellisempaa kuin lepotilaisten taimien. Ennen kaikkea taimien kastelu välivarastoinnin aikana ja juuri ennen istutusta on tärkeää taimien jatkokehityksen kannalta (Helenius 2000).



Kuva 3. Kuusen paakkutaimien menestyminen eri kesäistutusajankohtina verrattuna syys- ja keväistutukseen. Saman taimierän taimia (kylvö 12.6.1997 PL64F-kennostoon) istutettiin viikon välein heinäkuun alusta syyskuun alkuun vuonna 1998 ja vertailutaimet keväällä 1999 äestetyille tuoreen kankaan uudistusalalle. Taimet kasvatettiin ja hoidettiin normaalin kasvatusmenetelmien mukaan ja ne olivat talven ulkona.



Kuva 4. Kuusen paakkutaimien kuolleisuus erilaisten istutusta edeltävien kuivatuskäsittelyjen (0, 4, 8 vrk) ja eripituisten istutuksen jälkeisten kuivusjaksojen jälkeen. Paakkujen istutuskosteudet on merkitty kuivatuskäsittelyjen perään. Taimet (PL81F, 1 v., keskipituus 18 cm) istutettiin heinäkuun ensimmäisellä viikolla hiekkamaahan. Kuivusjaksojen jälkeen taimia kasteltiin kaksi kertaa viikossa siten, että kuivusjakson ja kastelun yhteenlaskettu kesto oli kuusi viikkoa. Kuva perustuu Heleniuksen ym. (2001, 2002a) aineistoon.



Kuva 5. Kahdella Bräcke-planter koneella Keski-Suomeen ja Pohjois-Savoona kasvukaudella 2000 istutettujen kuusen taimien kunto seuraavan kasvukauden (2001) lopulla. Viikon (kone 1) tai kahden (kone 2) välein merkittiin 100 taimen koeala sille istutuskohteelle, jolla kone kulloinkin sattui olemaan. Koealalla olevien taimien kunto luokiteltiin terveisiin (ei merkitty kuvaan), heikentyneisiin (kunto alentunut, mutta taimi todennäköisesti säilyy elossa), kituviin (kunto heikentynyt tuhon seurauksena niin paljon, että se todennäköisesti kuolee) ja kuolleisiin. Koneen 1 tulokset perustuvat Aulinin (2002) opinnäytetyössään esittämään aineistoon.

Juurtuminen

Koivulla lehdellisten kasvussa olevien taimien juurtumiskyky (juurten kasvu kolmen viikon aikana luontaisissa säteily- ja päivänpituusoloissa lämmittämättömässä kasvihuoneessa) on selvästi parempi kuin lepotilaisten (Luoranen 2000). Kuu-sella erot istutusajankohtien välillä eivät ole yhtä selkeitä, mutta niilläkin juurtumiskyky maankos-teuden osalta optimiolosuhteissa on korkeimmi-laan keskikesällä, kesäkuun lopulta heinäkuun lopulle (Luoranen ym. 2001). Sekä istutusta edeltävä taimien kuivuminen että istutuksen jälkeinen maan kuivuuus heikentävät juurtumista (Helenius 2000). Männyllä kasvukauden aikaista juurtumisen kehitystä ei ole selvitetty.

Koneistutus

Edellä esiteltyt tulokset perustuvat huolellisesti perustettuihin kokeisiin, joissa kaikkiin istutus-ajankohtiin liittyvät riskit eivät välttämättä tule ilmi. Käytännön koneistutusalojen seurantalulok-set kuitenkin osoittavat, että istuttaminen keväästä myöhäissyksyyn näyttäisi onnistuvan (Aulin 2002). Istutusta seuraavan kasvukauden jälkeen kuolleisuus oli hyvin vähäistä kaikkina istutus-ajankohtina vuonna 2000 istutetuilla taimilla (kuva 5). Istutusajankohdan sääolot vaikuttavat taimien alkukehitykseen, joten eri istutusajan-kohtiin liittyvät riskit selviävät luotettavammin vasta useampana vuotena istutettujen koealojen seurantalulosten perusteella.

Kasvussa olevien taimien torjunta-ainekäsittely tukkimiehentäitä vastaan

Perustetuissa maastokokeissa ei ole havaittu, että eri ajankohtina istutetut taimet poikkeaisivat tukkimiehentäin tuhojen osalta toisistaan (Jaana Luoranen, julkaisemattomat aineistot). Siis myös kesällä istutettavat taimet on käsiteltävä tukkimiehentäin torjunta-aineilla ennen istutusta. Nykyisin tukkimiehentäin torjuntaan käytetyt torjunta-aineet on testattu ja hyväksytty käytettäviksi vain lepotilaisilla taimilla. Koekäsittely, joka tehtiin kesäkuun puolivälissä uuden vuosikasvaimen ollessa herkimmillään, osoitti, että kesäistutettavien taimien torjuntakäsittely on mahdollinen. Permetriini-valmiste (jo käytöstä poistunut formulaatti) vaurioitti neulasia, mutta muut käytetyt aineet (deltametriini, lambda-cyhalotriini) eivät vaurioittaneet taimia (Viiri ja Luoranen 2002). Aineiden vaikutus säilyi myös seuraavaan vuoteen (Viiri ja Luoranen 2002), jolloin on odotettavissa suurempi tukkimiehentäin syöntipaine. Taimien herkkyys torjunta-aineille voi kuitenkin vaihdella eri kehitysvaiheissa ja eri valmisteilla, joten lisäselvityksiä tarvitaan.

Johtopäätökset istutuksen onnistumisesta eri istutusajankohtina

Paakkutaimien istutus keväästä lokakuulle on mahdollista.

- Koivulla kesäkuun puolesta välistä elokuun puoleen väliin lehdellisinä istutetut taimet kasvavat lepotilaisina syksyllä tai keväällä istutettuja taimia paremmin.
- Kuusella kevätestutusta voidaan jatkaa sekä lepotilaisilla pakkasvarastoiduilla että kasvussa olevilla, kevätestutukseen tarkoitetuilla taimilla noin kesäkuun puoliväliin. Lepotilaiset taimet kestävät räsitusta kasvussa olevia paremmin.
- Kasvussa olevien kuusen paakkutaimien istutus kesäkuun puolivälistä elokuun loppuun ei tuo samanlaista kasvuetua kuin koivulla, mutta maastomenestyminen on kuitenkin yhtä hyvä kuin keväällä tai syksyllä istutetuilla taimilla.

Huolellinen taimihuolto on tärkeää etenkin kasvussa olevilla taimilla

- Kesäistutettavien taimien huolellinen kuljetus, käsittely ja välivarastointi on taimien suuremman vaurioitumisherkkyyden ja suuremman haihduntapaineen takia vieläkin tärkeämpää kuin kevätestutuksessa.

Taimituotanto eri ajankohtien istutuksiin

- Eri istutusajankohtiin on kasvatettava niihin kokonsa ja kehitysvaiheensa puolesta parhaiten soveltuvia taimia. Sopivan materiaalin tuottaminen heinäkuun puolivälin jälkeen tehtäville istutuksille ei näytä ongelmalliselta taimituotannon kannalta. Räsitusta kestävä taimimateriaalin kasvattaminen kesäkuun lopun ja heinäkuun alun istutuksiin vaatii vielä taimituotantomenetelmien kehitystyötä.

Kiitokset

Käytännön mittakaavan läpi kasvukauden istutuksen onnistumista selvittäneet tutkimukset tehtiin yhteistyössä UPM-Kymmene Metsän, Stora Enso Metsän (nykyisen Tornator Oy:n), Hankametsä Oy:n, Hukkanen Veljekset Oy:n, Koneurakointi Kananen Oy:n, Metsäkoneurakointi Hakkarainen Antti ja Pekka Oy:n ja Metsäpalvelu Paakkinen Pekka kanssa. Istutusajankohtakokeita perustettiin yhteistyössä Fin Taimi Oy:n Tuusniemen ja Metsätyllilän taimitarhojen sekä UPM-Kymmene Metsän Joroisten taimitarhan kanssa. Hallavaurioriskin laskennan teki professori Heikki Hänninen Helsingin yliopiston kasviekologian ja systematiikan laitokselta. Lämpimät kiitokset kaikille tutkimusyhteistyöstä. Laajojen maastokokeiden perustaminen ja mittaus ei olisi ollut mahdollista ilman ahkeria työntekijöitämme Kaarina Aulinia, Liisa Huttusta, Ossi Muurosta, Ritva Pitkästä, Pekka Savolaa, Juha-Matti Tarvaista, Riitta Toivosta, Eeva Vehviläistä, Anna-Maija Väänästä ja lukuisaa joukkoa muita. Kiitämme myös hankkeen muita tutkijoita MMM Pekka Heleniusta, mti Kyösti Konttista, MMM Markku Lahtea, MMT Risto Rikalaa, MMT Heli Viiriä ja MMT Gang Zhangia yhteistyöstä. Tutkimusta ovat rahoittaneet myös Metsämiesten Säätiö, Suomen Kulttuurirahasto ja Metsätieteiden tutkijakoulu.

Kirjallisuus

- Aulin, K. 2002. Koneellinen istutus läpi kasvukauden: Kuusen taimien maastomenestyminen ja istutustyön laatu. Mikkelin ammattikorkeakoulu, metsätalouden koulutusyksikkö. Opinnäytetyö. 54 s + 5 s. liitteitä.
- Helenius, P. 2000. Kuusen paakkutaimien kuivuuden kestävyys kesäistutuksessa. Helsingin yliopisto, metsäekologian laitos. Pro gradu -työ. 82 s.
- Helenius, P. 2002. Kuusen ja männyn paakkutaimet kelkkamässä – mekaanisen rasituksen kestävyyttä kasvukauden eri vaiheissa tutkittu Suomenjoella. *Taimi Uutiset* 2/2002.
- Helenius, P. & Luoranen, J. 2002. Miksi pakkasvarastoidut taimet pitää sulattaa ennen istutusta? Julkaisussa: Poteri, M. (toim.). *Taimitarhatutkimuksen vuosikirja 2002*. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 873: 69–78.
- Helenius, P., Luoranen, J. & Rikala, R. 2001. Kasvussa olevien kuusen paakkutaimien kuivuudenkestävyys. Poteri, M. (toim.). *Taimitarhatutkimuksen vuosikirja 2001*. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 813: 32–37.
- Helenius, P., Luoranen, J., Rikala, R. & Leinonen, K. 2002a. Effect of drought on growth and mortality of actively growing Norway spruce container seedlings planted in summer. *Scandinavian Journal of Forest Research* 17: 218–224.
- Helenius, P., Luoranen, J. & Rikala, R. 2002b. Kesällä istutettavien kasvussa olevien kuusen paakkutaimien käsittelykestävyys. *Metsätieteen aikakauskirja* 4/2002: 547–558.
- Hänninen, H., Luoranen, J., Smolander, H. & Rikala, R. 2002. Istutusajankohdan vaikutus pakkasvarastoitujen taimien hallavaurioksiin syksyllä Keski-Suomessa. Julkaisussa: Poteri, M. (toim.). *Taimitarhatutkimuksen vuosikirja 2002*. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 873: 59–68.
- Konttinen, K., Luoranen, J. & Rikala, R. 2000. Metsäpuiden taimien kasvun ja karaistumisen hallinta lyhytpäivä- ja valokäsittelyllä. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 774. 65 s.
- Luoranen, J. 2000. Control of growth and frost hardening of silver birch container seedlings: growth retardants, short-day treatment and summer planting. Abstrakti: *Rauduskoivun paakkutaimien kasvun ja karaistumisen hallinta: kasvunsäätet, lyhytpäiväkäsittely ja kesäistutus*. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 777. 167 s.
- Luoranen, J., Rikala, R., Saksa, T., Smolander, H., Lilja, S. & Hynönen, T. 1999. Koivun paakkutaimien istutus kesällä. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 749. 22 s.
- Luoranen, J., Konttinen, K., Rikala, R. & Smolander, H. 2001. Ennakkotuloksia kuusen paakkutaimien kesäistutuksesta. Julkaisussa: Poteri, M. (toim.). *Taimitarhatutkimuksen vuosikirja 2001*. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 813: 24–31.
- Luoranen, J., Rikala, R. & Smolander, H. 2002. Root egress and field performance of actively growing *Betula pendula* container seedlings. *Scandinavian Journal of Forest Research*. Hyväksytty.
- Metsätalastollinen vuosikirja 2001*. 2001. Metsäntutkimuslaitos. SVT Maa-, metsä- ja kalatalous 2001: 52. 374 s.
- Rantanen, A. & Luoranen, J. 1998. Lyhytpäiväkäsittelyjen kuusen paakkutaimien syysistutus. Julkaisussa: Poteri, M. (toim.). *Taimitarhatutkimuksen vuosikirja 1998*. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 696: 71–80.
- Rikala, R. 1996. Koivun paakkutaimien juurten kasvupotentiaali ja istutusajankohta. *Folia Forestalia – Metsätieteen aikakauskirja* 1996(2): 91–99.
- Viiri, H. & Luoranen, J. 2002. Ennakkotuloksia kesäistutettavien kuusen taimien käsittelystä tukkimiehentäin torjuntaan käytettävillä kasvinsuojeluaineilla. Julkaisussa: Poteri, M. (toim.). *Taimitarhatutkimuksen vuosikirja 2002*. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 873: 41–44.

Liite 1. Etelä-Suomen metsien uudistamisohjelman hankkeiden tutkimusaiheet sekä niistä vastuussa olleet tutkijat.

3148 Metsänuudistamisen ekologisiin prosesseihin perustuvat mallit uudistamistavan valintaperusteina

Tutkimus	Vastaavat tekijät
Metsänuudistamisen tavoitteet ja tulokset Metsänuudistamisen käsitelmä	Liisa Saarenmaa, Sauli Valkonen, Timo Saksa Liisa Saarenmaa, Sauli Valkonen, Tatu Hokkanen, Kaarlo Kinnunen, Markku Saarinen, Timo Saksa
Kannattava puuntuotanto -kirja (uudistaminen ja taimikonhoito -aihepiirit) Alikasvoksen hyväksikäyttö metsänuudistamisessa	Kaarlo Kinnunen, Sauli Valkonen, Martti Varmola, Olli Salminen Mikko Moilanen, Timo Saksa, Esa Koistinen, Sauli Valkonen
Onnistunut metsänuudistaminen -kirja	Sauli Valkonen, Juha Ruuska, Taneli Kolström, Eero Kubin, Markku Saarinen
Monimuotoinen metsänuudistaminen -kirja MELA- ja MOTTI-ohjelmistojen uudistumismallit Taimikkosimulaattori-ohjelmisto	Eero Kubin Sauli Valkonen, Juha Ruuska Tapio Räsänen, Annikki Mäkelä, Eero Nikinmaa, Sauli Valkonen, Juha Ruuska
Siementen kypsymisen anatomia ja fysiologia Uudistamisen ekofysiologian mittausten menetelmien kehittäminen	Eila Tillman-Sutela Markku Saarinen
Siemensadon vaihtelu ja ennusteet Maanpinnan käsittely Suometsien uudistamisen ekologia ja menetelmät Luontaisen uudistamisen ja viljelyn menetelmät	Tatu Hokkanen Eero Kubin, Kaarlo Kinnunen, Jukka Valtanen Markku Saarinen Kaarlo Kinnunen, Markku Saarinen, Jukka Valtanen, Eero Kubin, Kari Mäkitalo, Mikko Hyppönen, Timo Saksa, Leo Tervo
Metsänhoidon koneellistaminen ja kustannukset Sekataimikoiden kehitys Siemen- ja säästöpuiden vaikutus taimikon rakenteeseen ja kehitykseen Kaksijaksoisten sekametsien kehitys ja kannattavuus	Arto Rummukainen ja Risto Lauhanen Sauli Valkonen, Timo Saksa, Juha Ruuska Sauli Valkonen, Juha Ruuska, Jouni Siipilehto, Pentti Niemistö, Eero Kubin Sauli Valkonen, Lauri Valsta

Hanke 3233 Luontaisen taimettumisen ekologiset perusteet ja ennustettavuus

Tutkimusaihe	Vastaavat tekijät
Siemensato metsänuudistamisen lähtökohtana Vanhojen ojitusalueiden luontainen uudistaminen Luontaisen taimettumisen ja viljelyn yhteensovittaminen metsän uudistamisessa Kuusikon luontainen uudistaminen	Tatu Hokkanen Markku Saarinen, Mikko Moilanen, Markus Hartman Kaarlo Kinnunen, Timo Saksa Markku Saarinen, Ilkka Vanha-Majamaa

3234 Lahottajasienten merkitys metsänuudistamisessa

Tutkimusaihe	Vastaavat tekijät
Lahovian leviäminen edellisestä kuusisukupolvesta alikasvoskuusiin Lahovian leviäminen edellisestä kuusisukupolvesta istutettuihin kuusen taimiin	Tuula Piri, Kari Korhonen Tuula Piri, Kari Korhonen

3235 Jalostetun viljelyaineiston vaikutus metsänuudistamisen tulokseen

Tutkimusaihe	Vastaavat tekijät
Männyn jälkeläistestauksen tehokkuus	Matti Haapanen
Toteutuneet jalostushyödyt männyn pluspuuvalinnassa	Leena Yrjänä, Matti Haapanen
Männyn pluspuiden jalostusarvojen ennustamis- menetelmän kehittäminen	Martti Venäläinen, Seppo Ruotsalainen
Kuusen siemenviljelyjälkeläisten testaaminen	Marja-Leena Napola
Kuusen pistokaslisäyksen käyttömahdollisuudet metsäviljelyssä	Marja-Leena Napola
Koivun mikrolisätyjen taimien maastomenestyminen	Anneli Viherä-Aarnio, Pirkko Velling

3237 Kylvön ja maanmuokkauksen kehittäminen

Tutkimusaihe	Vastaavat tekijät
Konekylvön onnistuminen	Kaarlo Kinnunen
Maanmuokkauksen vaikutus kylvön onnistumiseen	Kaarlo Kinnunen
Kuusen ja koivun kylvön mahdollisuudet	Kaarlo Kinnunen, Pentti Niemistö
Siemenmateriaalin vaikutus kylvöön	Kaarlo Kinnunen, Eira-Maija Savonen
Pintakasvillisuuden torjunta kylvön yhteydessä	Kaarlo Kinnunen, Sakari Lilja
Koneellisen kylvön tekniikka ja kylvökohdan mikrokäsittely	Arto Rummukainen, Leo Tervo
Koneellisen istutuksen mahdollisuudet	Arto Rummukainen, Leo Tervo

3254 Maiseman huomioon ottaminen metsänuudistamisessa

Tutkimusaihe	Vastaavat tekijät
Säästöpuiden määrän, laadun ja sijoittelun vaikutus lähi- ja kaukomaisemaan	Susan Tönnés, Irja Löfström
Metsänuudistamisesta annetun informaation vaikutus maisema-arvostuksiin	Irja Löfström

3255 Metsänomistajien uudistamismotiivit ja uudistamistavan valinta

Tutkimusaihe	Vastaavat tekijät
Metsänuudistamismotiivit	Heimo Karppinen
Metsänuudistamistavan valinta	Heimo Karppinen
Metsänuudistamisen viiveet ja puutteellinen toteutus	Heimo Karppinen

3256 Metsänuudistamisen seurantamenetelmä ja uudistamistuloksen mittaaminen

Tutkimusaihe	Vastaavat tekijät
Kaukokartoitusmateriaalin käyttö metsän uudistamisen seurannassa	Timo Saksa, Taneli Kolström, Kaarlo Kinnunen, Vesa Sarvi, Antti Pekkarinen, Janne Uuttera (Metsätalouden Kehittämiskeskus Tapio), Mikko Lehikoinen (Oy Arboreal Ltd), Vesa Sarvi, Antti Pekkarinen
Uudistamistuloksen mittaamenetelmien kehittäminen	Timo Saksa, Kaisa Särkkä-Pakkala, Antti Penttinen (JY), Pasi Puttonen (HY), Aki Niemi (JY)
Metsänuudistamisen laadun hallinta	Timo Saksa, Fred Kalland, Kaisa Särkkä-Pakkala, Ville Kankaanhuhta, Heikki Smolander

3257 Paakkutaimien kesäistutus

Tutkimusaihe	Vastaavat tekijät
Koivun, kuusen ja männyn paakkutaimien istuttaminen eri ajankohtina	Jaana Luoranen, Kyösti Konttinen
Haavan kesäistutus	Jaana Luoranen, Gang Zhang
Taimien juurtumiskyky kasvukauden eri vaiheissa	Jaana Luoranen
Kuusen paakkutaimien rasituskestävyys ja taimihuolto	Pekka Helenius, Risto Rikala, Jaana Luoranen
Taimien kasvattaminen kesäistutukseen	Kyösti Konttinen, Risto Rikala, Jaana Luoranen
Läpi kasvukauden istutuksen onnistuminen käytännön istutusketjuissa: koneellinen ja manuaalinen istutus	Jaana Luoranen, Heikki Smolander
Pakkasvarastoitujen taimien hallavaurioriski	Heikki Hänninen (HY), Heikki Smolander, Jaana Luoranen, Risto Rikala

Liite 2. Etelä-Suomen metsien uudistaminen -tutkimusohjelman henkilöstö- ja taloudelliset resurssit vuosina 1998–2002

Liitetaulukko 2.1. Hankkeiden tutkija- ja muun henkilöstön työkuukaudet vuosittain.
Vuoden 2002 osalta tilanne 30.11.

Hanke	Henkilöstöryhmä	1998	1999	Vuosi		2002	Yhteensä
				2000	2001		
		Työkuukautta					
3148	Tutkijat	40,8	34,6	21,8	14,4		111,6
	Muut	169,7	89,9	34,9	23,4		317,9
3233	Tutkijat	20,5	24,1	23,3	16,9	20,4	105,2
	Muut	64,8	119,4	81,9	52,8	78,3	397,2
3234	Tutkijat	14,2	12,6	13,2	8,0	12,2	60,2
	Muut	8,1	11,9	7,0	2,0	7,6	36,6
3235	Tutkijat	1,1	2,7	27,5	12,7	10,7	54,7
	Muut	2,1	2,4	24,4	12,3	15,1	56,3
3237	Tutkijat	12,5	13,3	13,7	9,6	10,6	59,7
	Muut	19,9	19,3	21,6	13,0	24,1	97,9
3254	Tutkijat		4,1	2,3	0,9	5,5	12,8
	Muut		0,4	0,6	10,2	7,1	18,3
3255	Tutkijat		5,9	6,9	4,9	6,3	24,0
	Muut		0,1	0,3	0,7	5,5	6,6
3202	Tutkijat	4,7					4,7
	Muut	5,9					5,9
3256	Tutkijat		8,6	7,4	11,7	12,8	40,5
	Muut		19,1	28,2	31,5	9,0	87,8
3236	Tutkijat	0,1					0,1
	Muut	6,1					6,1
3257	Tutkijat		2,1	5,0	2,3	5,1	14,5
	Muut		16,0	29,8	30,6	21,1	97,5
3275	Tutkijat			3,2	3,1	7,0	13,3
	Muut			2,5	0	1,2	3,7
	Yhteensä	370,5	386,5	355,5	261,0	259,6	1633,1

Liitetaulukko 2.2. Hankkeittain yhteenlasketut tutkija- ja muun henkilöstön työkuukaudet ja työvuodet vuosittain.
Vuoden 2002 osalta tilanne 30.11.

Henkilöstöryhmä	1998	1999	Vuosi		2002	Yhteensä
			2000	2001		
		Työkuukausia				
Tutkijat	94	108	124	85	91	502
Muut	277	279	231	177	169	1133
Yhteensä	371	387	356	261	260	1635
		Työvuosia				
Tutkijat	7,8	9,0	10,4	7,0	7,6	41,8
Muut	23,1	23,2	19,3	14,8	14,1	94,5
Yhteensä	30,9	32,2	29,7	21,8	21,7	136,3

Liitetaulukko 2.3. Tutkimusohjelman kokonaisrahoitus vuosittain. Kokonaisrahoitus jakautuu Metsäntutkimuslaitoksen myöntämään ja ulkopuoliseen rahoitukseen. Vuoden 2002 osalta taulukon luvussa ovat mukana koko vuodelle myönnetty Metlan käyttövarat ja ulkopuolinen rahoitus sekä 30.11. mennessä kertyneet vakituisten henkilöstön palkkakustannukset.

Hanke	1998	1999	Vuosi 2000	2001	2002	Yhteensä	Metla	Ulkopuolinen
					1000 euroa			
3148	499	330	184	112		1125	703	422
3233	210	310	245	210	249	1224	907	316
3234	64	65	63	51	74	317	297	20
3235	8	16	167	99	97	388	386	2
3237	94	99	107	94	108	502	496	6
3254		15	22	38	50	125	121	4
3255		20	28	36	53	137	117	19
3202	25					25	24	1
3256		99	124	141	165	528	312	216
3236	14					14	12	2
3257		42	90	101	82	314	295	19
3275			26	17	43	86	83	3
Yhteensä	915	996	1057	899	919	4785	3755	1029
josta ulkop.	280	275	155	143	177			
	31 %	28 %	15 %	16 %	19 %			22 %

Liite 3. Etelä-Suomen metsien uudistaminen -tutkimusohjelman tuotokset vuosina 1998–2002

Liitetaulukko 3.1. Tutkimusohjelman julkaisut ryhmiteltyinä julkaisutason mukaan vuosittain ja suhteutettuna tutkijatyövuosiin. Vuoden 2002 osalta suluissa mukana myös sarjoihin hyväksytyt, painossa olevat julkaisut.

Julkaisutaso	1998	1999	Vuosi		2002	Yhteensä
			2000	2001		
			Julkaisua, kpl			
Kansainväliset referoidut	3	4	3	3	4 (2)	19
Kansalliset referoidut	2	2	3	2	2 (1)	12
Referoidut yhteensä	5	6	6	5	6 (3)	31
Ei-referoidut tutkimusjulk.	32	13	21	29	13	108
Lehtiartikkelit	4	19	13	4	4	44
Muut yhteensä	36	32	34	33	17	152
Kaikki yhteensä	41	38	40	38	26	183
Ref. julkaisua/tutkijatyöv.	0,6	0,7	0,6	0,7	1,2	0,7

Liitetaulukko 3.2. Julkaisut ryhmiteltyinä julkaisutason mukaan vuosittain eri hankkeissa. Vuoden 2002 osalta referoiduissa lisäksi suluissa sarjoihin hyväksytyt. Sama julkaisu voi olla kirjattuna useammalle hankkeelle, joten yhteenlaskettu julkaisumäärä ei vastaa liitetaulukon 3.1 lukuja.

Julkaisutaso	1998	1999	Vuosi		2002	Yhteensä
			2000	2001		
			Julkaisua, kpl			
Hanke 3148						
Kansainväliset referoidut	3	3	1	1	1	9
Kansalliset referoidut	2	2	1	0	0	5
Ei-referoidut tutkimusjulk.	24	9	15	11	1	60
Lehtiartikkelit	4	10	5	0	0	19
Kaikki yhteensä	33	24	22	12	2	93
Hanke 3233						
Kansainväliset referoidut	0	1	0	0	0	1
Kansalliset referoidut	0	0	1	0	1	2
Ei-referoidut tutkimusjulk.	6	0	1	2	0	9
Lehtiartikkelit	0	3	0	0	1	4
Kaikki yhteensä	6	4	2	2	2	16
Hanke 3234						
Kansainväliset referoidut		0	0	1	0	1
Ei-referoidut tutkimusjulk.		2	0	0	1	3
Lehtiartikkelit		0	1	1	1	3
Kaikki yhteensä		2	1	2	2	7
Hanke 3235						
Kansainväliset referoidut	0	0	2	1	1	4
Kansalliset referoidut	0	0	0	0	1	1
Ei-referoidut tutkimusjulk.	0	0	0	1	3	4
Lehtiartikkelit	0	0	1	0	1	2
Kaikki yhteensä	0	0	3	2	6	11
Hanke 3237						
Kansainväliset referoidut	0	1	0	0	(1)	2
Kansalliset referoidut	0	1	0	0	0	1
Ei-referoidut tutkimusjulk.	0	0	0	2	2	4
Lehtiartikkelit	0	4	4	0	1	9
Kaikki yhteensä	0	6	4	2	4	16
Hanke 3254						
Ei-referoidut tutkimusjulk.		1	0	4	1	6
Lehtiartikkelit		1	0	0	0	1
Kaikki yhteensä		2	0	4	1	7
Hanke 3255						
Kansalliset referoidut		0	0	1	0	1
Ei-referoidut tutkimusjulk.		0	0	2	0	2
Kaikki yhteensä		0	0	3	0	3
Hanke 3256 & 3202						
Kansainväliset referoidut	1	0	0	0	0	1
Kansalliset referoidut	1	1	0	0	0	2
Ei-referoidut tutkimusjulk.	1	1	1	2	1	6
Lehtiartikkelit	0	1	2	0	0	3
Kaikki yhteensä	3	3	3	2	1	12
Hanke 3257 & 3236						
Kansainväliset referoidut	0	0	0	0	2 (1)	3
Kansalliset referoidut	0	0	1	1	(1)	3
Ei-referoidut tutkimusjulk.	1	0	5	6	4	16
Lehtiartikkelit	0	0	0	3	0	3
Kaikki yhteensä	1	0	6	10	8	25

Liite 4. Tutkimusohjelman tieteelliset referoidut julkaisut

(Julkaisun perässä suluisissa hankenumero)

- Haapanen, M. 2002. Evaluation of options for use in efficient genetic field testing of *Pinus sylvestris* (L.) (väitöskirja). Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 826. 67 s. + 4 osajulk. (3235)
- Helenius, P., Luoranen, J., Rikala, R. & Leinonen, K. 2002. Effect of drought on growth and mortality of actively growing Norway spruce container seedlings planted in summer. *Scandinavian Journal of Forest Research* 17: 218–224. (3257)
- Helenius, P., Luoranen, J. & Rikala, R. 2002. Kesällä istutettavien kasvussa olevien kuusen paakkutaimien käsittelykestävyys. *Metsätieteen aikakauskirja* 4/2002. Hyväksytty. (3257)
- Hänninen, H., Karppinen, H., Ovaskainen, V. & Ripatti, P. 2001. Metsänomistajan uudistamiskäyttäytyminen. *Metsätieteen aikakauskirja* 4/2001: 615–629. (3255)
- Karppinen, H. 2000. Forest values and the objectives of forest ownership. Abstrakti: Metsänomistajien arvot ja tavoitteet (väitöskirja). Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 757. 55 s + 4 osajulkaisua. (3255)
- Kinnunen, K. 1999. Tukkimiehintäin tuhojen kemiallinen ja mekaaninen torjunta. *Metsätieteen aikakauskirja* 4/1999: 687–695. (3237)
- Luoranen, J. 2000. Control of growth and frost hardening of silver birch container seedlings: growth retardants, short day treatment and summer planting (väitöskirja). Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 777. 167 s. (3257)
- Luoranen, J., Rikala, R. & Aphalo, P.J. 2002. Effect of CCC and daminozide on growth of silver birch container seedlings during three years after spraying. *New Forests* 23(1): 71–80. (3257)
- Luoranen, J., Rikala, R. & Smolander, H. 2002. Root egress and field performance of actively growing *Betula pendula* container seedlings. *Scandinavian Journal of Forest Research*. Hyväksytty. (3257)
- Mäkitalo, K. 1999. Effect of site preparation and reforestation method on survival and height growth of Scots pine. *Scandinavian Journal of Forest Research* 14(6): 512–525. (3148)
- Nikkanen, T., Aronen, T., Häggman, H. & Venäläinen, M. 2000. Variation in pollen viability among *Picea abies* genotypes – potential for unequal paternal success. *Theoretical and Applied Genetics* 101(4): 511–518. (3235)
- Paarma, H., Pietiläinen, P., Lauhanen, R. & Hyvönen, E. 1998. NOAA-satellite thermal images in forest land management planning. *Aquilo Series Botanica* 37: 15–21. (3148, 3202)
- Piri, T. & Korhonen, K. 2001. Infection of advance regeneration of Norway spruce by *Heterobasidion parviporum*. *Canadian Journal of Forest Research* 31: 937–942. (3234)
- Rummukainen, A., Kautto, K. & Tervo, L. 2002. Estimating the theoretical development potential of a boom-tip forest planting machine. *Baltic Forestry*. Hyväksytty. (3237)
- Saarinen, M. 2002. Kasvillisuuden ja maanmuokkauksen vaikutus männyn ja koivun taimettumiseen varpu- ja puolukkaturvekankailla. Summary: Effect of vegetation and site preparation on restocking of Scots pine and birch on dwarf-scrub and *Vaccinium vitis-idaea* type peatland forests. *Suo* 53(2): 41–60. (3233)
- Saarinen, M. & Hotanen, J.-P. 2000. Raakahumuksen ja kasvillisuuden yhteisvaihtelu Pohjois-Hämeen vanhoilla ojitusalueilla. Covariation between raw humus layer and vegetation on peatlands drained for forestry in western Finland. *Suo – Mires and Peat* 51(4): 227–242. (3233)
- Saarinen, M. & Sarjala, T. 1999. Effects of fertilization and removal of overstorey on foliar nutrient status and chlorophyll fluorescence of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) underwood on drained peatlands. *International Peat Journal* 9: 83–93. (3233)
- Saksa, T. 1998. Männyn istutustaimien menestyminen äestetyllä uudistusalalla. *Metsätieteen aikakauskirja – Folia Forestalia* 1/1998: 15–31. (3148)
- Saksa, T. & Smolander, H. 1998. Metsänviljelyn viivästyminen Pohjois-Savon alueella tilastoissa ja todellisuudessa. *Metsätieteen aikakauskirja – Folia Forestalia* 1/1998: 53–64. (3148, 3202)
- Saksa, T., Jokinen, M. & Korhonen, J. 1999. Miksi metsänuudistamistoimet poikkeavat suunnitelmasta – haastattelututkimus Pohjois-Savossa.

- Metsätieteen aikakauskirja 2/1999: 215–226. (3148, 3256)
- Tervo, L. 1999. Technical development in seedling production in Finland. *Baltic Forestry* 5(2): 60–66. (3237)
- Tillman-Sutela, E. & Kauppi, A. 1998. Structures restricting passage of water in the mature seeds of yellow-cedar (*Chamaecyparis nootkatensis* D. Don). *Canadian Journal of Botany* 76: 1458–1466. (3148)
- Tillman-Sutela, E. & Kauppi, A. 1999. Calcium crystals in the seeds of Norway spruce, *Picea abies* (L.) Karst. *Trees* 13: 131–137. (3148)
- Tillman-Sutela, E. & Kauppi, A. 2000. Structures contributing to the completion of conifer seed germination. *Trees* 14(4): 191–197. (3148)
- Tillman-Sutela, E., Kauppi, A. & Sahlen, K. 1998. Effect of disturbed photoperiod on the surface structures of ripening Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seeds. *Trees* 12: 499–506. (3148)
- Valkonen, S. 2000. Kuusen taimikon kasvattamisen vaihtoehdot Etelä-Suomen kivennäismailla: Puhdas kuusen viljelytaimikko, vapautettu alikasvos ja kuusi–koivusekataimikko. Väitöskirja. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 763. 83 s. + 4 osajulkaisua. (3148)
- Valkonen, S. & Valsta, L. 2001. Productivity and economics of mixed two-storied spruce and birch stands in Southern Finland simulated with empirical models. *Forest Ecology and Management* 140(2–3): 133–149. (3148)
- Valkonen, S., Ruuska, J. & Siipilehto, J. 2002. Effect of retained trees on the development of young Scots pine stands in Southern Finland. *Forest Ecology and Management* 166(1–3): 227–243. (3148)
- Velling, P., Viherä-Aarnio, A., Hagqvist, R. & Lehto, J. 2000. Valuable wood as a result of abnormal cambial activity – the case of *Betula pendula* var. *carelica*. In: Savidge, R.A., Barnett, J.R. & Napier, R. (eds.). *Cell and Molecular Biology of Wood Formation*. BIOS Scientific Publishers Limited, Oxford. p. 377–386. (3235)
- Venäläinen, M. & Ruotsalainen, S. 2002. Procedure for managing large-scale progeny test data: a case study of Scots pine in Finland. *Silva Fennica* 36(2): 475–487. (3235)
- Viherä-Aarnio, A. & Velling, P. 2001. Micropropagated silver birches (*Betula pendula*) in the field – performance and clonal differences. *Silva Fennica* 35(4): 385–401. (3235)
- Zhang, G. 2001. Cold acclimation in Scots pine (väitöskirja). Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 817. 52 s. + 4 osajulk. (3257)

ISBN 951-40-1875-3

ISSN 0358-4283