

Metlan työraportteja **5**

<http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2004/mwp005.htm>

ISBN 951-40-1938-5

ISSN 1795-150X

Suunnitelma pohjoisen kuusisiemenviljelyksen kloonivalinnaksi

Seppo Ruotsalainen ja Teijo Nikkanen

Metlan työraportteja / Working Papers of the Finnish Forest Research Institute -sarjassa julkaistaan tutkimusten ennakkotuloksia ja ennakkotulosten luonteisia selvityksiä. Sarjassa voidaan julkaista myös esitelmiä ja kokouskoosteita yms.

Sarjassa ei käytetä tieteellistä tarkastusmenettelyä. Kirjoitukset luokitellaan Metlan julkaisutoiminnassa samaan ryhmään monisteiden kanssa.

Sarjan julkaisut ovat saatavissa pdf-muodossa sarjan Internet-sivuilta.

<http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/>
ISSN 1795-150X

Toimitus

Unioninkatu 40 A
00170 Helsinki
puh. 010 2111
faksi 010 211 2101
sähköposti julkaisutoimitus@metla.fi

Julkaisija

Metsäntutkimuslaitos
Unioninkatu 40 A
00170 Helsinki
puh. 010 2111
faksi 010 211 2101
sähköposti info@metla.fi
<http://www.metla.fi>

Tekijät Ruotsalainen, Seppo & Nikkanen, Teijo			
Nimeke Suunnitelma pohjoisen kuusisiemenviljelyksen kloonivalinnaksi			
Vuosi 2004	Sivumäärä 16	ISBN 951-40-1938-5	ISSN 1795-150X
Yksikkö / Tutkimusohjelma / Hankkeet Punkaharjun tutkimusasema / - / 3334 Jalostushyöty ja geneettinen monimuotoisuus jalostetussa metsänviljelyaineistossa			
Hyväksynyt Juhani Häggman, tutkimusaseman johtaja, 28.9.2004			
Tiivistelmä Tässä raportissa kuvataan klooniaiaineiston valintaa Forelia Oy:n Tyrnävälle suunnittelemaa kuusen siemenviljelystä varten, sekä tarkastellaan yleisemminkin siemenviljelyksen koostamisen periaatteita. Suunnitellun viljelyksen tarkoituksena on tuottaa metsänviljelymateriaalia lähinnä Lapin läänin alueelle lähtöisyysalueille 4 ja 5. Kloonivalinnan perusteina käytettiin alkuperän pohjoisuuden lisäksi jälkeläiskokeista saatua kasvu- ja kestävyystietoa sekä siemenviljelyksiltä mitattua siementuottokykyä. Näiden ominaisuuksien yhdistäminen ei ollut aivan ongelmantonta, sillä siementuotanto oli jossain määrin käännteisessä riippuvuussuhteessa kasvun ja kestävyuden kanssa. Oli siis vaikea löytää sellaisia klooneja, jotka olisivat olleet hyviä kaikkien näiden ominaisuuksien suhteen. Siemenviljelyksen perustamista varten valittiin 25 pluspuukloonin joukko, joka on nykyisiin siemenviljelyksiin verrattuna parempi sekä jälkeläisten kasvun ja kestävyuden että myös siementuotannon suhteen. Esitetty kloonien lukumäärä on niin suuri, että se takaa riittävän geneettisen monimuotoisuuden tuotetussa metsänviljelyaineistossa. Kloonien lukumäärästä voidaan jopa tinkiä, jos siihen on tarvetta esimerkiksi varrtamisessa ilmenevien ongelmien vuoksi. Alustavassa siemenviljelyksen käyttöalueen määrittelyssä todettiin, että nykyisin käytössä olevat ohjeet eivät sovellu sellaisenaan testauksen perusteella valituista klooneista perusteluille siemenviljelyksille, jotka perustetaan nykyisiä siemenviljelyksiä pohjoisemmaksi. Raportissa pohditaan ohjeistuksen kehittämismahdollisuuksia.			
Asiasanat metsänjalostus, kuusi, siemenviljelys, geneettinen monimuotoisuus, jalostushyöty, Pohjois-Suomi			
Julkaisun verkko-osoite http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2004/mwp005.htm			
Tämä julkaisu korvaa julkaisun			
Tämä julkaisu on korvattu julkaisulla			
Yhteydenotot Seppo Ruotsalainen, Metsäntutkimuslaitos, Punkaharjun tutkimusasema, Finlandiantie 18, 58450 Punkaharju. Sähköposti seppo.ruotsalainen@metla.fi			
Muita tietoja			

1 Johdanto

Tämän työn tavoitteena on valita kloonaineisto Forelia Oy:n Tyrnävälle (64° 44' N, 25° 41'E, 18 m mpy, lämpösumma 1062 d.d. [vuosien 1951-1980 keskiarvo]) perustettavaa kuusen siemenviljelystä varten. Viljelyksen tarkoituksena on tuottaa metsänviljelymateriaalia lähinnä Lapin lääniin lähtöisyysalueille 5 ja 6. Se tulee olemaan Suomen pohjoisin kuusen siemenviljely, ellei oteta huomioon Tervolaan 1960-luvulla perustettua pientä koeluontoista siemenviljelyä, joka luokitellaan nykyään kloonikokoelmaksi (sv131). Samalla se on ensimmäinen Pohjois-Suomen alkuperää oleva puolentoista polven kuusen siemenviljely ja kolmas kuusen puolentoista polven siemenviljely koko Suomessa (Jukka Antola, Metla, suullinen tiedonanto) Tämän konkreettisen tavoitteen lisäksi tarkastellaan yleisemmin kloonivalintaan ja siemenviljelyn käyttöalueen määrittelyyn liittyviä kysymyksiä.

Kloonikokoonpanon koostamista varten ei kerätty uutta aineistoa, vaan siinä on käytetty hyväksi Metlan keräämiä jälkeläiskoeaineistoja ja siemenviljelysten satotietoja sekä metsägeneettisen rekisterin tietoja. Aineiston työstäminen tähän tarkoitukseen on ollut Heikki Paajasen vastuulla ja raporttiin sisältyvän karttakuvan on tuottanut Kaarlo Karvinen. Esko Oksa on avustanut aineiston käsittelyssä ja rekisteritietojen haussa.

2 Aineistot

Perustettavan siemenviljelyn kloonivalinnan lähtömateriaalina käytettiin vanhoja kokeissa ja siemenviljelyksillä mukana olevia pohjoissuomalaisia (jalostusvyöhykkeet 4-6) pluskuusia. Kloonivalintaa varten käytiin läpi koko se jälkeläiskoeaineisto, joka on mukana pohjoissuomalaisissa jälkeläiskokeissa (yhteensä 11 koetta) sekä kaksi ruotsalaisten perustamaa kuusen jälkeläiskoetta, joissa on mukana myös suomalaisia pluskuusia. Suomalaiset kokeet sijaitsevat Oulun läänin pohjoisosassa ja Lapin läänissä ja ne oli mitattu 9-16 kasvukauden iällä (Ruotsalainen & Nikkanen 1998). Ruotsalaisten perustamat kokeet sijaitsevat Kolarissa ja Ruotsin Ylitorniolla, ja ne oli mitattu 15 kasvukauden iällä.

Kokeista oli mitattu taimien pituus ja laskettu jäljellä olevien taimien perusteella elävyys. Yhdestä nuoresta jälkeläiskokeesta oli käytettävissä vain elävyys. Toisaalta ruotsalaisista jälkeläiskokeista käytettiin vain pituustieto, sillä yksipuuruutukokeista ei voinut laskea käyttökel-poista elävyytunnusta.

Kloonien siementuottokykyä koskeva arvio perustuu siemenviljelyksillä 169, 170 ja 365 v. 1989 tehtyyn klooneittaiseen kävynkeräykseen ja karistukseen (aineiston osalta ks. Nikkanen 1992). Siementuottokykyä kuvaavana tunnuksena käytettiin kloonin keskimääräistä vartekohtaista siementuotantoa (g/varte).

Kaikkiaan tarkastelun kohteena oli 159 jalostusvyöhykkeiden 4-6 pluskuusta. Jälkeläiskoetiedot olivat saatavissa 147 ja siemensatotiedot 152 kloonista. Molemmat tiedot olivat käytettävissä 141 kloonista. Täydelliset tiedot olivat käytettävissä 2/3 vyöhykkeiltä 4-6 valituista ns. vanhoista pluspuista (vrt. Ruotsalainen & Venäläinen 1999). Käytännössä juuri tämän enempää vanhoja kuusen pluspuita ei tällä alueella ole käytettävissäkään, sillä loppuja puita ei ole vartettu siemenviljelyksiin (Pitkätähkäyksen... 1989). Kolmen laskennassa mukana olleen siemenviljelyksen lisäksi sv176:n siemensatotietoja käytettiin hyväksi muutaman muilta viljelmiltä puuttuvan kloonin osalta. Tämän viljelyksen siemensato oli kuitenkin v. 1989 varsin alhaisella tasolla (2,6 kg/ha), joten sitä ei muuten käytetty siemensadon tarkastelussa.

Pluspuita koskevat sijainti- ja muut taustatiedot saatiin Metlan metsägeneettisestä rekisteristä.

3 Laskentamenetelmät

3.1 Menestystason laskenta

Kokeiden pituus- ja elävyystiedot sekä siemenviljelysten satotiedot piti yhteismitallistaa ennen kloonikohtaisten keskiarvojen laskentaa, koska kokeet ja siemenviljelykset erosivat toisistaan mitattujen tunnusten keskiarvojen ja hajontojen suhteen. Tähän käytettiin ns. menestystasotunnusta (MT), joka standardoi havainnot seuraavasti:

$$(1) MT = 50 + 25 \frac{(x - \bar{x})}{s}, \text{ missä}$$

x on yksittäisen erän keskiarvo, \bar{x} on koko aineiston keskiarvo ja s on eräkeskiarvojen välinen hajonta.

Havaintojen lukumäärien vaikutusta painotettiin ns. Pukkalan kaavalla (Nikkanen & Pukkala 1987) seuraavasti:

$$(2) MT_w = (MT - 50)n^w + 50,$$

missä MT_w on painotettu menestystaso, n on kloonikeskiarvon laskennassa käytettyjen havaintojen (kokeiden, siemenviljelysten) määrä ja w on empiirisesti määräytyvä kerroin. Kertoimen w arvo oli kokeiden kohdalla 0,4 ja siemenviljelysten kohdalla 0,6.

Havaintojen lukumäärällä tehtävä painotus ”työntää” useaan havaintoon perustuvia kloonikeskiarvoja kauemmas aineiston kokonaiskeskiarvosta (=50). Tätä voidaan perustella sillä, että useaan havaintoon perustuva kloonikeskiarvo on luotettavampi kuin yhteen perustuva, joten sen poikkeamiselle kokonaiskeskiarvosta on syytä antaa suurempi painoarvo. Käytetty laskentamenettely noudattaa varsin pitkälle männyn testaustulosrekisterissä (ks. Venäläinen ym. 1994, Venäläinen & Ruotsalainen 2002) ja siemenviljelysten harvennusohjelmassa (Nikkanen & Pukkala 1987) käytettyjä menetelmiä ja perustuu menestystasomenetelmän osalta Hatcherin ym. (1981) julkaisuun.

3.2 Käyttöalueiden määrittely

Kuusen siemenviljelyssiemenen käyttöalueen keskimääräinen lämpösumma on määritelty Nikkasan ym. (1999) mukaan seuraavasti:

$$(3) \bar{x}_{KA} = 0,75AP + 0,25SV + \frac{1100 - AP}{1,75}, \text{ missä}$$

AP on siemenviljelyksen kloonien alkuperälämpösummien keskiarvo ja SV on siemenviljelyksen sijaintipaikan keskimääräinen lämpösumma. Kuusella siemenviljelyksen käyttöalue, joka on laajuudeltaan 200 d.d.-yksikköä, ulottuu lämpösummakeskiarvosta 70 dd-yksikköä lämpimämpään ja 130 dd-yksikköä kylmempään suuntaan (Nikkanen ym. 1999).

Vaihtoehtoisesti käyttöalueen keskimääräisen lämpösumman laskennassa käytettiin kaavaa (4), josta siirtojarru oli poistettu kokonaan, eli käyttöalueen lämpösummakeskiarvo laskettiin alkuperä- ja sijaintilämpösummien painotettuna keskiarvona seuraavasti:

$$(4) \bar{x}_{KA} = 0,75AP + 0,25SV .$$

3.3 Jalostushyödyn laskenta

Kloonivalinnan avulla saavutettava jalostushyöty (G) laskettiin kaavan (5) avulla.

$$(5) G = h^2 S ,$$

missä h^2 on heritabiliteetti ja S on valintaero (Falconer & Mackay 1996).

3.4 Kloonivalinta

Kloonivalinnassa käytettiin hyväksi pituuden ja siemensadon menestystasoarvoja (kaava 2), niiden keskiarvona muodostettua indeksilukua sekä jossain määrin myös elävyyden menestystasoa. Näiden muuttujien perusteella kloonit luokiteltiin taulukon 2 mukaisesti luokkiin.

Siemenviljelyksen kloonivalintaa tehtäessä järjestettiin kloonit paremmuusjärjestykseen ja tämän jälkeen ruvettiin lisäämään klooneja kuvitteelliseen viljelykseen yksitellen parhaimmasta päästä. Samalla laskettiin jokaisen lisätyn kloonin kohdalla koko siihen mennessä mukaan otetun kloonijoukon keskiarvot edellä mainituille valintaperusteina käytetyille muuttujille sekä alkuperän lämpösummalle (kuva 2). Kloonien lisääminen tapahtui seuraavassa järjestyksessä: ensin luokan 1 kloonit (indeksin mukaisesti), sitten luokkien 2-5 kloonit pituuden (MT_w) mukaisesti luokkarajoista piittaamatta ja lopuksi luokat 12, 22 ja 32 kukin erikseen pituutensa mukaisessa järjestyksessä. Alustavan tarkastelun jälkeen rajattiin aineistosta pois Oulun läänin puolelta ehdolla olevat kloonit sekä yksi klooni, joka oli mukana vain yhdessä jälkeläiskokeessa. Nämä poistot tehtiin yhtenäisen alkuperäalueen saavuttamiseksi ja tulosten luotettavuuden parantamiseksi.

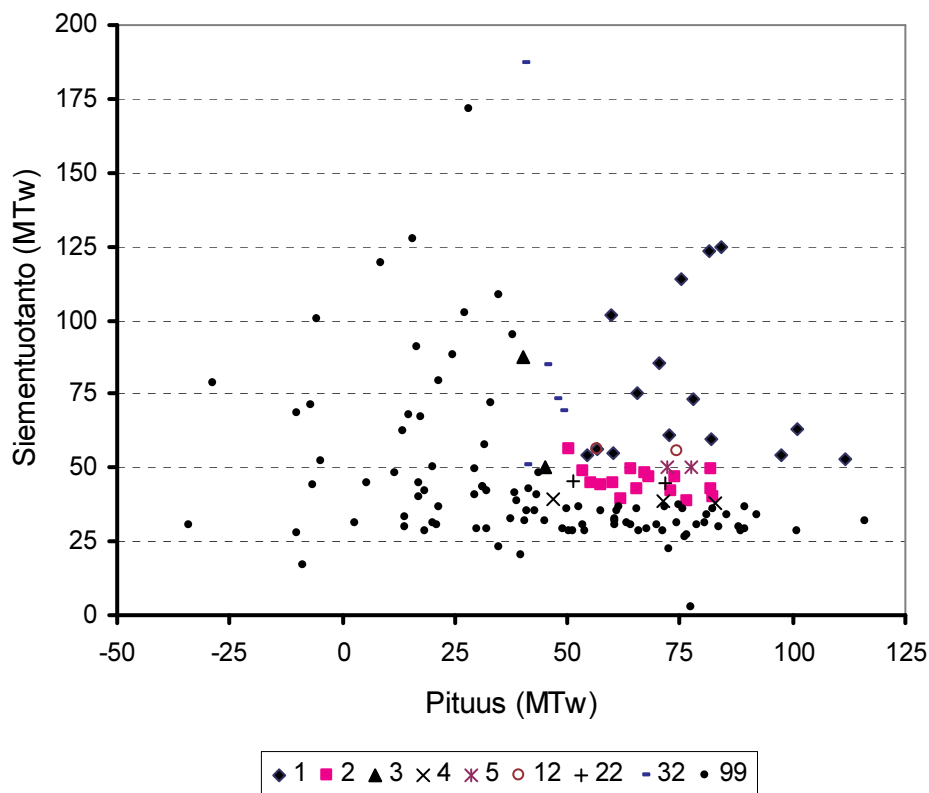
4 Tulokset

4.1 Valinnassa mukana olevien ominaisuuksien riippuvuudet

Valinnan perusteena olevien tunnusten välillä todettiin olevan selviä riippuvuussuhteita, joilla on merkitystä kloonivalinnan kannalta (taulukko 1). Valintatyön kannalta on hyvä, että pituuden ja elävyyden välillä oli vahva tilastollisesti merkitsevä positiivinen riippuvuus. Sen sijaan hankalampaa on, että kasvun ja siemensadon välillä oli tilastollisesti merkitsevä joskin itseisarvoltaan lievä negatiivinen korrelaatio (kuva 1). On siis vaikea löytää sekä kasvun että siemensadon suhteen hyviä kloonieja. Nämä kaikki kloonista mitatut tunnuksivat olivat myös selvässä riippuvuussuhteessa alkuperän lämpösummaan: lämpimämmän alueen kloonit olivat jälkeläistensä pituuden ja elävyyden suhteen kylmemmän alueen kloonieja huonompia, mutta tuottivat runsaammin siementä.

Taulukko 1. Pluspuukloonien alkuperälämpösumman sekä pituuden, elävyyden ja siemensadon menestystasojen väliset korrelaatiot.

	Pituus	Elävyys	Siemensato
Lämpösumma	-0,321***	-0,345***	0,271***
Pituus		0,562***	-0,178*
Elävyys			-0,289***



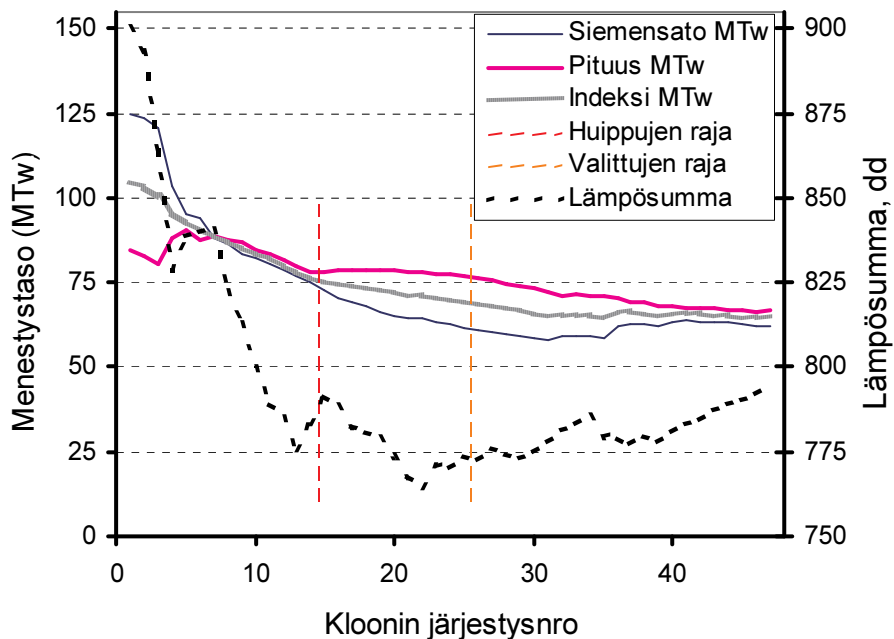
Kuva 1. Siementuotannon ja pituuden välinen riippuvuus siemenviljelyksen koostamiseen käytetyssä kloonijoukossa ja eri luokkiin kuuluvat kloonit (luokitus ks. taulukko 2).

4.2 Kloonivalinta

Kaikkiaan 47 (30 %) kloonია luokiteltiin käyttökelpoisiksi siemenviljelystä koostettaessa, mutta jos jätetään tarkastelusta pois kestävyydeltään huonot kloonit, määrä putoaa 38:an (24 %). Vain 15 kloonია (9 %) oli yli keskiarvon sekä kasvultaan että siemensadoltaan (taulukko 2). Lisättäessä klooneja laskevassa järjestyksessä ehdotettuun viljelykseen, erityisesti siemensadon taso laskee jyrkästi (kuva 2). Alueellisen tarkastelun ja testaustilanteen perusteella tehty karsinta pudotti mahdollisten joukosta pois 8 kloonია, joista yksi kuului huippukloonien joukkoon, muiden ollessa pääosin hyväkasvuisia eteläisiä klooneja.

Taulukko 2. Siemenviljelyksen kloonivalintaa varten tehdyssä tarkastelussa käytetyt luokat, niiden kriteerit ja kloonien lukumäärät kussakin luokassa.

Luokka	Luokan kuvaus	MT _w -alaraja		Kloonien lukumäärä
		Pituus	Siemensato	
1	Huippukloonit	51	51	15
2	Kasvukloonit	51	39	16
3	Siementuottajat	40	50	2
4	Keskinkertaiset	47/51	38/39	3
5	Kasvu hyvä, sato epävarma	70	?	2
12	Huippuklooni, kestävyys epäilyttää	51	51	2
22	Kasvuklooni, kestävyys epäilyttää	51	39	2
32	Satoisa, kestävyys epäilyttää	40	50	5
99	Hylätyt kloonit	Ei täytä yhtä tai useampaa kriteeriä		112
Yhteensä				159



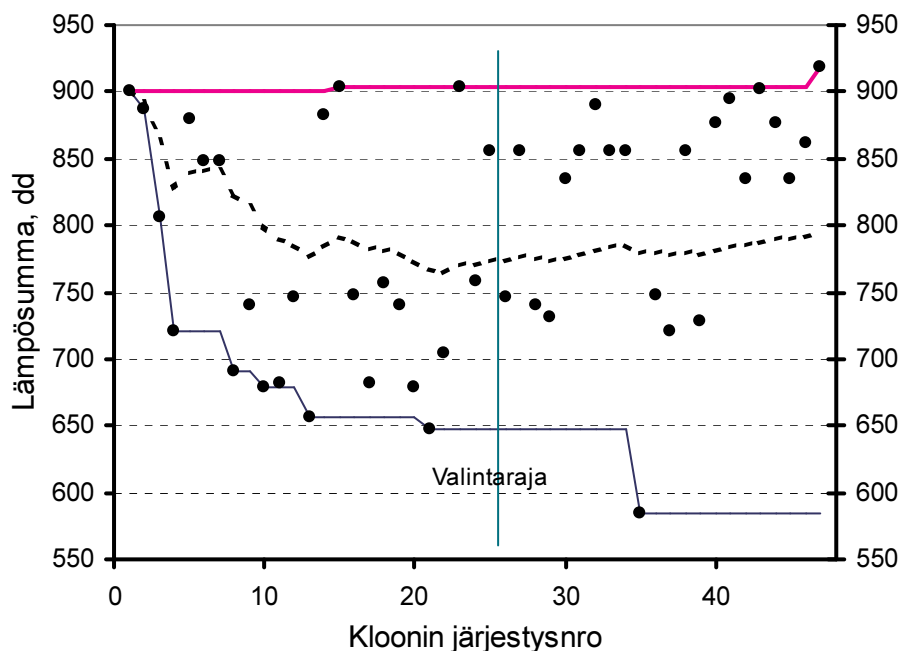
Kuva 2. Pituuden, siemensadon, nämä yhdistävän indeksin sekä alkuperän lämpösomman keskiarvojen muuttuminen otettaessa mukaan uusia klooneja siemenviljelykseen. Pystyviivat rajaavat valittujen huippukloonien (14 kpl) ja kaikkien siemenviljelykseen ehdotettujen kloonien (25 kpl) alueen.

Kuvatulla tavalla siemenviljelykselle valitut kloonit (25 kpl) on lueteltu liitteessä 1 ja niiden alkuperäiset kotipaikat on kuvattu karttamuodossa liitteessä 2. Klooneista 14 oli keskimääräistä parempia sekä kasvultaan että siementuotoltaan (luokka 1), muut olivat pituuskasvultaan hyviä, mutta siementuotoltaan jonkin verran keskimääräistä huonompia (luokat 2 ja 4, yhteensä 10 kloonina) tai siementuotannosta ei ollut vertailukelpoista tietoa (luokka 5, 1 klooni). Alueellisesti valitut kloonit jakautuivat siten, että eteläisimmältä jalostusvyöhykkeeltä 4 tuli mukaan 9 kloonina, vyöhykkeeltä 5 neljä kloonina sekä 12 kloonina vyöhykkeeltä 6.

Kaikki valitut kloonit ovat olleet mukana vähintään kahdessa jälkeläiskokeessa, joissa on mitattu jälkeläisten kasvua ja inventoitu elävyyttä. Tältä osin aineisto täyttää siis metsänviljely-aineiston luokan ”testattu” vähimmäisvaatimukset (Neuvoston direktiivi 1999/105/EY).

4.3 Käyttöalue

Ehdotetun siemenviljelyksen yksittäisten kloonien alkuperälämpösummat ja lämpösummakeskisarvo eri kloonimäärillä on esitetty kuvassa 3. Ehdotetulla kloonikokoonpanolla koostetulle siemenviljelykselle tehtiin käyttöaluekartta, josta ilmenee kloonien sijainti sekä muodostettavan viljelyksen perustiedot (liite 2). Nykykäytännön mukainen, Keski-Suomessa sijaitseville ensimmäisen polven siemenviljelyksille tarkoitettu menetelmä antaa käyttöalueeksi suurin piirtein 800 ja 1000 dd:n välillä sijaitsevan alueen, mikä on sama kuin nykyisistä kuusen siemenviljelyksistä käyttöalueeltaan pohjoisimman, sv176:n (Metsä-Ihala) käyttöalue.



Kuva 3. Siemenviljelyksen alkuperälämpösumman minimin, maksimin ja keskiarvon muutokset sekä yksittäisten kloonien lämpösummat lisättäessä klooneja valintakriteereiden mukaisessa järjestyksessä. Pystyviiva kertoo missä on saavutettu siemenviljelykselle valittavien kloonien määrä (25 kpl).

Se, että käyttöalue säilyi samana suunnitellun siemenviljelyksen huomattavasti pohjoisemmasta sijainnista huolimatta, johtuu kahdesta seikasta. Ensinnäkin suunniteltu siemenviljelys on kloonikokoonpanoltaan jonkin verran Metsä-Ihalaa eteläisempi (alkuperälämpösummat 774 dd vs. 746 dd) ja toiseksi siemenviljelyksen sijaintipaikka Tyrnävällä lähellä merta on pohjoisesta sijainnistaan huolimatta vain jonkin verran Keski-Suomea kylmempi (sijaintilämpösummat 1062 dd vs. 1140 dd). Jos käyttöalueen laskentakaavasta jätetään ns. siirtojarru pois, siirtyisi käyttöalue 80 d.d:tä pohjoisemmaksi eli olisi 720 ja 920 d.d:n välinen alue.

4.4 Kloonivalinnan vaikutukset

Kloonivalinnan tuloksena saavutettiin selvää parannusta sekä valinnan kohteena olleissa ominaisuuksissa (pituus ja siemensato) että myös elävyydessä verrattuna sekä koko aineistoon että mahdollisiin kandidaateihin (taulukko 3). Lopullisen valinnan yhteydessä tehty eteläisimpien kloonien poisto ei vaikuttanut pituuskeskiarvoon, paransi aavistuksen verran elävyyttä ja alensi hieman siemensatoa ja indeksiä (vaihtoehdot 'Indeksi ja pituus' ja 'Lopullinen valinta' taulukossa 3). Alkuperälämpösummien keskiarvo aleni myös hieman. Jos siemenviljelyksen kloonimäärä olisi selvästi alle 25 voitaisiin koota siementuottokyvyltään selvästi ehdotettua parempi siemenviljelys, joka ei muilta ominaisuuksiltaan merkittävästi poikkeaisi nyt ehdotetusta (esim. vaihtoehto 'Indeksi' taulukossa 3).

Taulukko 3. Siemenviljelyksen koostamisessa käytetyn aineiston sekä siitä eri tavoin muodostettujen siemenviljelysten tunnusten keskiarvoja.

Rajausperuste	Aineiston koko	Menestystasokeskiarvot (MTw)				Alkuperälämpösumma, dd
		Pituus	Elävyys	Siemensato	Indeksi	
Kaikki	159	50	49	49	50	792
Mahdolliset	47	67	56	62	64	795
Indeksi	15	77	63	77	77	790
Indeksi ja pituus	25	77	65	65	71	781
Lopullinen valinta	25	77	66	62	69	774

Taulukko 4. Laskelma Tyrnävän siemenviljelyksen kloonivalinnalla saavutettavasta jalostushyödyistä (kaava 5).

	Pituus, dm	Elävyys, %
Valitun aineiston MT-keskiarvo	77	66
Valintaero (S) keskihajontana	1,08	0,64
Keskihajonta (σ_P)	2,1	8,6
Vaihtelukerroin	14,3	13,8
Perheheritabiliteetti (h^2)	0,55	0,38
Jalostushyödyt (G):		
Absoluuttinen	1,2	2,1
Suhteellinen, %	8,5	3,4

Tehdyllä kloonivalinnalla oli positiivinen vaikutus sekä viljelymateriaalin kasvuun että kestävyteen, mutta saavutetun jalostushyödyn suuruudesta voidaan esittää vain karkeita arvioita. Käyttämällä hyväksi pohjoissuomalaisesta koeaineistosta (Ruotsalainen & Nikkanen 1998) laskettuja perhekeskiarvojen hajontoja sekä samoista kokeista laskettuja koekohtaisia perheritabiliteettiarvoja (Ruotsalainen & Nikkanen 2000) saadaan kloonivalinnan jalostushyödyksi pituudessa 8,5 %:a ja elävyydessä 2,1 %-yksikköä (taulukko 4).

5 Tarkastelu

5.1 Kloonivalinnan luotettavuus

Pääasiallisina valintakriteereinä käytetyistä jälkeläisten pituuskasvusta ja vartteiden siemenuotannosta on ensin mainittua pidettävä selvästi luotettavammin selvitettyinä. Pituuskasvutieto oli saatavissa keskimäärin lähes kolmesta kokeesta, kun sen sijaan siemensatotieto oli yleensä saatu vain yhdeltä siemenviljelykseltä (useimmiten sv365, Paronen) ja yhdeltä vuodelta (1989). Kyseinen kukintavuosi edustaa siemenviljelysten varhaista kehitysvaihetta, eli on mahdollista, että kyseisen vuoden sadon perusteella tehty valinta suosii siemenuotannon aikaisin aloitettavia kloonieja. Tämä lienee toivottava ominaisuus siemenviljelyksen siemenuotannon kannalta.

Koska kuusen kestävyys on Pohjois-Suomessa varsin hyvä (Ruotsalainen & Nikkanen 1998), ei elävyyttä otettu kloonivalinnassa varsinaiseksi valintamuuttujaksi, vaan jälkeläiskokeiden osalta valinta perustui pituuteen. Kuitenkin valittujen kloonien osalta tarkastettiin, etteivät ne olleet elävyydeltään huonoja. Siemenviljelykseen kelpuutettiin kuitenkin kaksi kloonieja (P2579 ja P1207) vaikka niiden elävyyden menestystasot olivatkin huomattavan alhaiset. Perusteluna on, että niiden alhainen elävyyden menestystaso johtui huonosta menestymisestä suotuisimman ilmaston jälkeläiskokeissa, missä elävyys oli kaiken kaikkiaan korkea. Tällöin muutaman prosentin sattumanvarainen pudotus kloonin elävyydessä saattoi laskea sen menestystasoa huomattavasti.

5.2 Kloonimäärä

Tässä suunnitelmassa ehdotettu siemenviljely on kloonimäärältään selvästi pienempi kuin nykyiset kuusen siemenviljelykset, mutta täyttää hyvin vastaaville männyn siemenviljelyksille asetetut kloonimäärävaatimukset (Nikkanen & Antola 1998). On monia perusteluja sille, että siemenviljelyksillä voidaan käyttää alhaisempaa kloonimäärää kuin aiemmin. Ensinnäkin viime vuosina on syntynyt näkemys, että lisäyspopulaatiossa (s.o. siemenviljelyksellä) ei tarvita kovin suurta kloonimäärää, jotta tuotantopopulaatiossa (viljelyn tuloksena syntyvässä metsässä) saavutetaan riittävä monimuotoisuus (Nikkanen 2002, Ruotsalainen 2002). Pitkän aikavälin jalostuksen tarvitsemasta monimuotoisuudesta huolehditaan jalostusaineistossa. Toiseksi siemenviljelykselle tuleva taustapölytys kasvattaa syntyvän viljelyaineiston monimuotoisuutta (Nikkanen 2002). Kolmanneksi nyt perustettavan siemenviljelyksen kloonit ovat siemenuotannoltaan tasaisempia kuin alkuperäinen fenotyypisesti valittu pluspuujoukko, joten kloonien

välinen siementuotannon vaihtelu ei alenna tehoisaa kloonimäärää samassa määrin kuin ensimmäisen polven siemenviljelyksillä. Neljänneksi pienempi kloonimäärä on perusteltavissa myös sikäli, että kaikki kloonit on valittu jälkeläiskokeiden perusteella, joten niihin liittyvä tuho- ja kasvutappioriski on pienempi kuin tuntemattomalla materiaalilla.

Ehdotettua 25 kloonin joukkoa voidaan siis pitää siemenviljelyksen maksimikokona, joka mahdollistaa joidenkin kloonien jäämisen pois esim. varttamisvaikeuksien vuoksi tai myöhemmän harvennuksen esim. huonon kukinnan perusteella. Mikäli halutaan edelleen kohottaa saatavan siemensadon geneettistä tasoa kaventamatta liikaa sen monimuotoisuutta, voidaan huippukloonien osuutta lisätä ja vastaavasti heikoimpien osuutta pienentää. Tällä ns. suhteellisten klooniosuuksien -menetelmällä (*linear deployment*), voidaan jalostushyöty maksimoida tietyllä geneettisen monimuotoisuuden tasolla (Lindgren ym. 1989, Lindgren 1993).

5.3 Käyttöalue

Voidaan olettaa, että verrattuna Keski-Suomessa sijaitseviin siemenviljelyksiin, Tyrnävälle perustettava siemenviljelys tuottaa taustapölytyksensä puolesta jonkin verran kestävämpää viljelymateriaalia. Jos kestävyuden parantuminen on suorassa suhteessa viljelyksen sijaintipaikan lämpösummaan, ei ero ole kovin merkittävä. Tyrnävää ilmastollisesti selvästi kylmemmässä sijaitseva Tervolan kloonikokoelma (sv131) sen sijaan tuottaa jälkeläiskokeiden mukaan keskisuomalaisia siemenviljelyksiä kestävämpää viljelyaineistoa (Ruotsalainen & Nikkanen 1998).

Nyt perusteilla olevan siemenviljelyksen käyttöalueen määrittelyyn liittyy kaksi eri kysymystä, jotka vaativat tarkempaa pohdintaa. Ensimmäinen niistä koskee käyttöalueen määrittelyä tilanteessa jossa siemenviljelys perustetaan selvästi nykyisiä siemenviljelyksiä (Keski-Suomi) pohjoisemmaksi ja toinen valiosiemenviljelyksiä, jotka perustetaan käyttöalueen rajauksen kannalta merkitykselliseen ominaisuuteen vaikuttavan valinnan pohjalta.

Nykyään käytössä oleva siemenviljelysten käyttöalueiden määrittelyyn käytetty menetelmä (Nikkanen ym. 1999) perustuu siemenviljelyksen alkuperäalueen ja sijaintipaikan lämpösummiin. Pohjois-Suomen osalta käytettyyn kaavaan (kaava 3) on lisätty ns. siirtojaru, jonka avulla käyttöalueet on saatu vastaamaan aiempia, jälkeläiskokeiden tuloksiin perustuvia käyttöalueita. Jos siemenviljelys sijaitsee selvästi Keski-Suomea kylmemmässä ilmastossa, kaava antaa epäloogisen tuloksen; siirtojaru vaikuttaa niin tehokkaasti, että pohjoisella materiaalilla pohjoisiin oloihin perustetun siemenviljelyksen käyttöalue jäisi kauas viljelyksen sijaintipaikan eteläpuolelle.

Kloonivalinnalla aikaan saadun kestävyuden parantumisen huomioiminen käyttöalueen määrittelyssä on vaikeampi ongelma. Eräs mahdollisuus olisi suhteuttaa valinnan tuloksena tapahtunut kestävyuden lisäys alkuperän lämpösummaan ja sitä kautta muuntaa valinnan vaikutus käyttöalueen muutokseksi. Tällaisia uudentyyppejä ja uusiin olosuhteisiin perustettavia siemenvilje-

lyksiä varten on selvitettävä tarkemmin, miten käyttöalueet voidaan parhaiten luotettavasti määrittää.

Nyt perustettavan siemenviljelyksen tapauksessa lopullinen ja luotettava vastaus käyttöalueen pohjoisrajasta saadaan vasta kyseisen siemenviljelyksen materiaalilla perustettavilla kenttäkokeilla, sillä tilanne poikkeaa niin monessa suhteessa aiemmista siemenviljelyksistä, että päätelmien teko vanhojen kokemusten perusteella on epävarmaa. Kokeita pitäisi perustaa kuusen siemenviljelysmateriaalilla arvioidun käyttöalueen pohjoisrajan tuntumaan useisiin paikkoihin, sillä kuusen viljelyn onnistumisessa ratkaisevinta on viljelypaikan pienilmasto, ei niinkään alueen suurilmasto (Rosvall ym. 1998). Voidaan kuitenkin pitää varmana, että viljelyksen käyttöalue tulee olemaan nyky menetelmällä määriteltyä pohjoisempi.

Ehdotetulla kloonikokoonpanolla perustettava siemenviljelys tulee tuottamaan nykyistä paremmin kasvavaa kuusen viljelymateriaalia Pohjois-Suomeen, käyttöalueelle, jonka täsmälliset rajat määritellään myöhemmin (kuva 4). Viljelyksen siemensato tulee myös olemaan parempi kuin aiemmin perustetuilla siemenviljelyksillä.



Kuva 4. Pohjoista alkuperää olevan kuusen siemenviljelyksen 170 (Heinämäki) siemenellä perustettu kuusen jälkeläiskoe nro 799/2 Pellossa 23 kasvukauden iällä. Koe sijaitsee suunnitellun siemenviljelyksen keskeisellä käyttöalueella. (Kuva: Teijo Nikkanen 2004)

Lähteet

Kirjalliset lähteet

- Falconer, D. S. & Mackay, T.F.C. 1996. Introduction to Quantitative Genetics. 4th ed. Longman Group. London and New York. 464 s.
- Hatcher, A.V., Bridgwater, F.E. & Weir, R.J. 1981. Performance Level - Standardized Score for Progeny Test Performance. *Silvae Genetica* 30(6): 184-187.
- Lindgren, D. 1993. Quantitative comparison between truncation selection and a better procedure. *Hereditas* 118: 289-292.
- Lindgren, D., Libby, W.S. & Bondesson, F.L. 1989. Deployment to plantations of numbers and proportions of clones with special emphasis on maximizing gain at a constant diversity. *Theoretical and Applied Genetics* 77: 825-831.
- Nikkanen, T. 2002. Functioning of a Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) seed orchard. Seloste: Kuusen siemenviljelyksen toimivuus. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 850. 58 s. + 6 osajulk.
- Nikkanen, T. & Antola, J. 1998. Männyn valiosiemenviljelysten perustamisperiaatteet. Metsätieteen aikakauskirja - Folia Forestalia 3/1998: 421-428.
- Nikkanen, T. & Pukkala, T. 1987. Siemenviljelysten harvennussuunnitelman laatiminen ATK-ohjelmistolla. Summary: Making a thinning plan for seed orchards using a computer program. FF 701. 26 s.
- Nikkanen, T. & Ruotsalainen, S. 2000. Variation in flowering abundance and its impact on the genetic diversity of the seed crop in a Norway spruce seed orchard. *Silva Fennica* 34(3): 205-222.
- Nikkanen, T., Karvinen, K., Koski, V., Rusanen, M. & Yrjänä-Ketola, L. 1999. Kuusen ja männyn siemenviljelykset ja niiden käyttöalue. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 730. 203 s.
- Pitkätähdyksen metsänjalostusohjelma. 1989. Metsänjalostuksen tarkennustyöryhmä. Metsähallitus. Moniste. 127+8 s.
- Rosvall, O., Andersson, B. & Ericsson, T. 1998. Beslutsunderlag för val av skogsodlingsmaterial i norra Sverige med trädslagsvisa guider. Skogforsk, Redogörelse nr 1, 1998. 66 s.
- Ruotsalainen, S. 2002. Managing breeding stock in the initiation of a long-term tree breeding program. Seloste: Jalostusaineiston hallinta pitkätähdyksen metsänjalostusohjelman käynnistämässä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 875. 95 s. + 4 osajulk.
- Ruotsalainen, S. & Nikkanen, T. 1998. Kuusen siemenviljelysaineiston menestyminen Pohjois-Suomessa. Summary: Survival and growth of Norway spruce seed orchard material in northern Finland. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 709. 33 s.
- Ruotsalainen, S. & Nikkanen, T. 2000. Survival and growth of Norway spruce seed orchard progenies. In: Rapid generation turnover in the breeding population and low-intensity breeding - Desired relationship between juvenile and mature performance. Proceedings from the SNS meeting, July 1-3, 1999 in Uppsala, Sweden. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Genetics, Research Notes 55: 52.
- Ruotsalainen, S. & Venäläinen, M. 1999. Selonteko kuusen testaustilanteesta. Metsäntutkimuslaitos. Moniste. 4 s.
- 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.
- Venäläinen, M., Annala, M-L., Kosonen, E., Rantanen, H. & Tynkkynen, H. 1994. Plusmäntyjen testaustulosrekisteri ja jalostushyöty. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 497. 89 s.

Tietoverkkolähteet

- Neuvoston direktiivi 1999/105/EY. Euroopan yhteisöjen virallinen lehti. 15.1.2000. 24 s. Saatavissa: http://europa.eu.int/eur-lex/pri/fi/oj/dat/2000/l_011/l_01120000115fi00170040.pdf. [Luettu 6.5.2004]

Liite 1. Luettelo Tyrnävän kuusisiemenviljelykseen ehdotetuista kloonista sekä eräitä niiden perustietoja.

Valintatiedot		Kloonien alkuperätiedot					Tiedot kloonien käyttökelpoisuudesta					
Järjestys	Luokka	Kloonitunnus	Jalostusvyöhyke	Kotikunta	Lämpösumma	MTw	Kokeita	Siemensato	Indeksi	MTw	Kokeita	Elävyyks
								Siemen- viljelyksiä				
1	1	P2579	4	Pello	900	84	4	3	105	31 ^{a)}	4	4
2	1	P1207	4	Ylitornio	887	82	2	2	102	16 ^{a)}	2	2
3	1	P1191	5	Kolari	806	75	3	1	95	86	4	4
4	1	P1214	6	Savukoski	721	111	2	1	82	71	3	3
5	1	P1211	4	Ylitornio	879	101	2	3	82	106	2	2
6	1	P2258	4	Rovaniemen mlk	848	70	4	1	78	50	3	3
7	1	P393	4	Rovaniemen mlk	848	97	3	1	76	55	3	3
8	1	P1200	6	Muonio	691	78	2	1	76	74	3	3
9	1	P2157	6	Kittilä	741	82	3	1	71	47	4	4
10	1	P517	6	Kittilä	679	66	2	1	70	62	2	2
11	1	P512	6	Kittilä	682	73	3	1	67	84	3	3
12	1	P2612	6	Kittilä	747	60	2	1	57	50	2	2
13	1	P1182	6	Inari	657	57	3	1	57	105	3	3
14	1	P2054	4	Rovaniemen mlk	882	54	4	2	54	52	4	4
15	4	P693	4	Simo	903	83	3	1	60	78	3	3
16	2	P277A	5	Kittilä	748	82	3	1	61	84	3	3
17	2	P511	6	Kittilä	682	82	2	1	62	72	2	2
18	2	P276	5	Kittilä	756	82	2	1	66	72	2	2
19	2	P2155	6	Kittilä	741	76	3	1	58	71	3	3
20	2	P515	6	Kittilä	679	74	3	1	60	58	3	3
21	2	P1719	6	Inari	647	73	2	1	58	60	3	3
22	5	P1196	5	Muonio	704	72	3	1	58	72	2	2
23	4	P694	4	Simo	903	71	3	1	55	68	3	3
24	2	P2618	6	Kittilä	758	67	3	1	58	63	4	4
25	2	P2322	4	Pello	855	65	3	1	54	56	4	4
Keskiarvo					774	77	2,8	1,3	69	66	66	3,0

^{a)} Alhainen elävyyden menestystaso johtuu sattumanvaraisesta vaihtelusta eteläisillä kokeilla (ks. kappale 5.1)

Liite 2. Tyrnävälle suunnitellun kuusisiemenviljelyksen kloonien sijaintitiedot ja Nikkasen ym. (1999) mukaan sille määritelty käyttöalue. Todellinen käyttöalue tulee olemaan jonkin verran pohjoisempi.

Puulaji:	Kuusi <i>Picea abies</i>
Omistaja:	Forelia
Perustamisvuosi:	
Sijaintikunta:	Tyrnävä
Sijainti:	64°44'N, 25°41'E, 18 m
Lämpösummat:	
Viljelyspaikka	1062 d.d.
Alkuperien ka.	774 d.d.
Käyttöalue	790 - 990 d.d.
Aineiston luokka:	testattu
Klooneja:	25 kpl
Pinta-ala:	ha
Istutusväli:	m
Tiheys:	vartetta / ha
Harvennettu:	
Lisätietoja:	

- Siemenviljelys
- Käyttöalue
- Pluspuu
- 2-5 pluspuuta
- 1-6** Jalostusvyöhyke

