

SIEMENVILJELYSSIEMENEN JALOSTUSHYÖDYT LUNASTAVAT METSÄNJALOSTUKSEN LUPAUKSET

Matti Haapanen ja Seppo Ruotsalainen,
Metsäntutkimuslaitos, Vantaan ja Punkaharjun yksiköt

Kuusen ja männyn jalostettuja siemeniä ja taimia on ollut saatavilla metsänviljelyyn 1980-luvun alkupuolelta lähtien ja rauduskoivulla jo vuosikymmen aiemmin. Siemenviljelyksillä tuotettu siemen on painavampaa, tasakokoisempaa ja tasaisemmin itävää kuin luonnonmetsäkoistä kerätty siemen, ja sillä saavutetaan parempi tulos niin taimikasvatuksessa kuin metsäkylvössäkin. Siemenviljelyssiemenen hyvä fysiologinen laatu onkin ratkaisevasti edistänyt metsänjalostuksen tulosten hyödyntämistä metsänviljelyssä. Perinnöllisen laadun paraneminen lienee jäänyt usein vähemmälle huomiolle, vaikka koko laajamittaisen siemenviljelytoiminnan lähtökohtana on ollut jo 1960-luvulta lähtien metsiemme puuntuotannon kohottaminen jalostetun viljelyaineiston avulla. Yhteiskunta onkin rahoittanut metsäpuiden jalostustyötä vuosikymmenten mittaan varsin mittavin panoksin. Odottavissa olevat tuotot — jalostushyödyt — kiinnostavatkin varmasti niin rahoittajaa kuin metsänviljelijää. Kenttäkokeiden varttumisen myötä tähänkin kysymykseen osataan jo vastata aikaisempaa paremmin.

Jalostushyötyä kertyy useassa vaiheessa

Metsänjalostuksella metsänviljelyaineiston ominaisuuksia pyritään muokkaamaan paremmin ihmisen tarpeita vastaaviksi. Ensisijaisia jalostustavoitteita ovat lisääntynyt kasvu ja puun tuotos, vaneri- ja sa-

hatukin laatuominaisuuksien paraneminen sekä luontaista laaja-alaisempi sopeutuneisuus erilaisiin ympäristöoloihin. Taloudellisesti tärkeitä ominaisuuksia jalostetaan valitsemalla ja risteyttämällä keskenään valintakriteerit parhaiten täyttäviä puita. Valinnalla saadaan aikaan muutos perintötekijöiden määräsuhteissa, minkä tuloksena jalostettavan ominaisuuden keskiarvo muuttuu toivottuun suuntaan. Tätä mitattavaa muutosta kutsutaan jalostushyödyksi. Metsäpuilla jalostushyöty ilmaistaan yleensä suhteessa jalostamattoman vertailuaineiston keskiarvoon.

Jalostustyössä parhaat yksilöt seuloaan esiin vaiheittain. Ensimmäisen polven siemenviljelykset perustettiin Suomessa pääosin 1960- ja 1970-luvuilla erityisen hyvälaatuisilla ja -kasvuisilla puuyksilöillä, pluspuilla, joita valittiin luonnonmetsistä useita tuhansia. Jatkojalostukseen niistä on sittemmin kelpuutettu jälkeläiskoetulosten perusteella paras osa (puulajista riippuen muutamasta sadasta tuhanteen yksilöä). Tällä hetkellä havupuilla perustetaan nk. 1,5 polven valiosiemenviljelyksiä, joihin hyväksytään toisen valintakierroksen testattujen puiden parhaimmisto. Valiosiemenviljelysten perustamista on siis edeltänyt kolme valintavaihetta, joissa kaikissa on tapahtunut asteittaista perinnöllistä edistymistä. Metsänviljelyaineiston loppukäyttäjän kiinnostus kohdistuu luonnollisesti siemenviljelyksellä tuotetun siemenen jalostushyötyyn, koska jalostuksen vai-

kutus metsänkasvatuksen taloudelliseen tulokseen määräytyy viime kädessä sen perusteella.

Näytöt jalostushyödyistä saadaan viiveellä

Kokonaiskuva siemenviljelyssiemenen jalostushyödyistä on ollut pitkään sirpaleinen, koska luotettavien tulosten saaminen vie metsäpuilla paljon aikaa. Valintajalostuksen vaikutuksesta viljelyaineistoon voidaan tehdä päätelmiä vain suunniteltujen kenttäkokeiden avulla, joissa siemenviljelyssiemenestä saatua taimiaineistoa verrataan vastaavalla tavalla kasvatettuun metsikköaineistoon. Siemenviljelyssiementä kokeisiin saadaan vasta kun siemenviljelysten siementuotanto on alkanut, mikä havupuilla kestää 10–15 vuotta. Kun tähän lisätään kenttäkokeen kesto aika, 15–20 vuotta, voidaan todeta, että viive jalostajan suorittamasta siemenviljelyksen kloonivalinnasta saavutetun jalostushyödyn toteamiseen on havupuilla vähintään 30 vuotta.

Nuorista kenttäkokeista saadut tulokset eivät luonnollisestikaan kerro koko totuutta koko kiertoajan mittaisesta tuotoksesta. Ne ovat kuitenkin vahvasti suuntaa antavia, ja joka tapauksessa parasta käytettävissä olevaa tietoa. Ensimmäiseksi tuloksia alkaa kertyä eroista kestävyudessa ja pituuskasvussa, myöhemmin myös tilavuuskasvussa ja laatuominaisuuksissa. Luotettavat pinta-alakohtaiset tilavuuskasvutu-

lokset edellyttävät lisäksi suurilla koeruuduilla perustettuja ns. tuotoskokeita. Yleisesti voidaan sanoa, että tilavuuskasvussa jalostushyödyt ovat suurempia kuin pituuskasvussa. Varhaisimmat, pituuskasvuun perustuvat jalostushyötyarviot ovat tästä syystä aliarvioita. Laatuominaisuuksien kohdalla nuorten kentäkokeiden näyttöarvo on varsin hyvä, koska nuorista puista mitattavat oksaisuus- ym. tunnuksot vaikuttavat ratkaisevasti myöhemmin syntyvän tyvitukin sisäiseen laatuun.

Koeviljelyksiin perustuvien jalostushyötyarvioiden ja metsänviljelyssä toteutuvien jalostushyötyjen suhdetta mutkistaa havupuiden avomaasiemenviljelyksillä myös luonnonmetsistä tuleva taustapölytys. Männyllä ja kuusella siitepölyn tuotanto alkaa emikukintaa myöhemmällä iällä, ja nuorissa siemenviljelyksissä tuotettu siemen on siten kokonaan taustapölyttynyttä. Iän myötä taustapölytyksen osuus laskee, mutta jää vanhoissakin siemenviljelyksissä noin puoleen. Koska taustapölyttäneestä siemenestä syntyneiden taimien jalostushyöty on vain puolet siitä mitä se olisi sisäisessä pölytyksessä, siemenviljelysten tuottaman viljelyaineiston jalostushyöty kasvaa viljelyksen iän myötä. Jalostushyötyä selvittävät koeviljelykset on tyypillisesti perustettu nuorilta siemenviljelyksiltä kerätyllä siemenellä, joten niistä lasketuissa jalostushyödyissä on kyse minimiarvioista.

Männyn alustavat tulokset lupaavia

Männyn siemenviljelyssiemen tuotetaan yhä suurimmaksi osaksi ensimmäisen polven siemenviljelyksillä, jotka perustettiin aikoinaan luonnonmetsistä ilmiänsä perusteella valituilla (fenotyypisillä) pluspuilla. Alustavia tuloksia eteläsuomalaisten siemenviljelyserien menestymisestä on saatu kevään 2007 aikana 10–18 -vuotiaiden kasvu- ja tuotoskokeiden mittauksista.

Siemenviljelyserien pituuskasvu on näissä kokeissa ollut tyypillisesti 5–15 % nopeampaa kuin metsikköerillä. Tämä ylittää aikaisemmat jälkeläiskokeisiin perustuvat arviot, joista eräät ovat ennakoineet vain muutamman prosenttiyksikön välillä olevaa parannusta (Venäläinen ym. 1994).

Rungon tilavuuskasvussa siemenviljelyssiemenen paremmuus metsikkösiemenen verrattuna on selvästi suurempi, useissa kokeissa jopa 20 % luokkaa. Lisäksi monessa, joskaan ei kaikissa koeviljelyksissä, pinta-alayksikköä kohti lasketun puuntuotoksen jalostushyöty ylittää rungon tilavuudelle lasketun jalostushyödyn. Tämä tukee aikaisempia tuloksia (Venäläinen ym. 1994) siitä, että männyn siemenviljelysjälkeläisten elinvoimaisuus ja elävyys olisi Etelä-Suomessa jonkin verran metsikkösiementä parempi.

Rungon laadussa jalostuksella saavutettu parannus näyttää vieläkin selvemmältä. Metsänjalostuskokeissa puut arvostellaan silmävaraisesti

kymmenluokkaisella yleisarvosanalla, jota annettaessa otetaan huomioon puun koko, oksanpaksuus, oksakulma sekä yleinen elinvoimaisuus ja kasvumuoto. Laatuominaisuuksien kohdalla arvosteluvarmuutta parannetaan puusta tehtävin mittauksin (kuva 1). Siemenviljelyserien ja metsikkösiemenien jakaumat eroavat johdonmukaisesti toisistaan. Huomattavinta tuloksissa on se, että kolmessa parhaassa yleisarvosanalokossa 8–10 on yleensä vain pluspuiden jälkeläisiä, kun taas heikoimmissa luokissa 1–3 metsikkösiemenien ylijedustus on yleensä huomattava (kuva 2).

Nuorissa puissa todetun laadun paraneamisen merkityksestä kiertoajan kuluessa tuotetun puuraaka-aineen arvokasvulle ei ole täyttä selvyyttä. Jo näiden tulosten perusteella on silti ilmeistä, että jalostetulla aineistolla toteutetun metsänviljelyn tuloksena harvennuksissa jäljelle jäävä alkuperäisen puuston paras osa on kiertoajan lopulla laadultaan selvästi parempaa kuin siinä tapauksessa,



Kuva 1. Siemenviljelyksen sisäisen pölytyksen tuloksena syntyneissä parhaissa yksilöissä yhdistyvät nopea kasvu, hieno-oksaisuus, ja suora oksakulma. — Valokuva Matti Haapanen, kasvu- ja tuotoskoe nro 1290/01, Mäntsälä (ikä 18 vuotta).

että metsänviljely tehtäisiin jalostamattomalla siemen- tai taimiaineistolla.

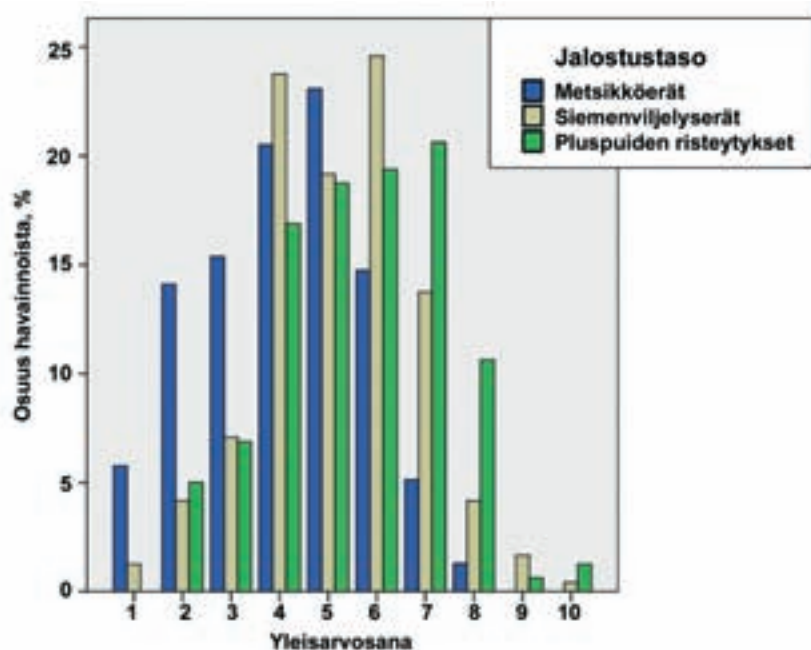
Tuotokokeista saadut alustavat tulokset viittaavat siihen, että pluspuiden valinta luonnonmetsistä on onnistunut erinomaisesti. Laadun paraneminen pluspuiden jälkeläisissä ei ole yllättävää, koska jo pluspuiden valinnassa laatutekijöihin kiinnitettiin männyllä erityistä huomiota. Tulokset ovat kuitenkin erittäin hyviä ottaen huomioon, että ensimmäisen polven siemenviljelyksissä on runsaasti sellaisia perimältään heikompia puita, jotka eivät ole enää kelvanneet uudempiin valiosiemenviljelyksiin, ja toisaalta sen, että kokeissa kasvavat, nuorista siemenviljelyksistä kerätyt siemenrat ovat suurelta osin pölyttyneet siemenviljelyksen ulkopuolisella siitepölyllä.

Valiosiemenviljelykset uusi askel eteenpäin

Männyn uuden polven valiosiemenviljelyksiltä on kerätty ensimmäiset kaupalliset siemensadot vasta tänä

talvena, joten niistä ei ole saatavilla koetuloksia vielä vuosiin. Vanhemmissa tuotokokeissa on kuitenkin ollut mukana joitakin hyviksi tunnettujen pluspuiden risteytysjälkeläistöjä, joiden perusteella voidaan tehdä päätelmiä parhailla pluspuilla perustettujen valiosiemenviljelysten jalostushyödyistä. Kokeissa näiden risteytysjälkeläistöjen kasvunopeus ja erityisesti laatu ovat lähes poikkeuksetta olleet selvästi ensimmäisen polven siemenviljelysten yleissiemeneriä parempia (kuva 2).

Risteytysjälkeläisten tulokset antavat arvion suurimmasta saavutettavissa olevasta valiosiemenviljelysten jalostushyödyistä, josta kuitenkin huomattava osa liukenee alkuvuosina luonnonmänniköiden taustapölytykseen. Uudet siemenviljelykset täyttävätkin niiden jalostustasolle asetetut odotukset vasta taustapölytyksen osuuden laskettua vanhojen siemenviljelysten tasolle. Vanhimmissa valiosiemenviljelyksissä siitepölytuotannon voidaan odottaa runsastuvan jo muutaman vuoden sisällä.



Kuva 2. Silmävaraisesti arvioidun yleisarvosanan (huonoin luokka 1, paras luokka 10) jakaumat metsikkösiemenierissä, taustapölytetyneissä 1. polven siemenviljelyserissä ja hyvien pluspuiden risteytysierissä. Aineisto: Loppilainen kenttäkoe nro 1208/1 (ikä 13 vuotta).

Rauduskoivulla huippusiemmentä jo 1970-luvulla

Hagqvist ja Hahl (1998) analysoivat kolmen ensimmäisen, 1970-luvulla perustetun rauduskoivun muovihuonesiemenviljelyksen jalostushyötyjä kasvu- ja laatuominaisuuksissa kahdeksan 8–12 -vuotiaan kenttäkokeen mittaustulosten perusteella. Rungon tilavuuskasvu oli siemenviljelyserillä keskimäärin 26–29 % suurempi kuin metsikköerillä. Myös rungon laatutekijöissä oli havaittavissa selviä parannuksia, esimerkiksi rungon kapeneminen oli siemenviljelyserillä noin 10 % pienempi kuin metsikköerillä. Samaa suuruusluokkaa oli jalostushyöty rungon rinnankorkeuslähimittaan suhteutetussa keskimääräisessä oksan paksuudessa.

Edellä mainitut tulokset koskevat siis rauduskoivun varhaisimpien siemenviljelysten jalostushyötyjä. Rauduskoivun jalostus on edennyt puulajeistamme ripeimmin, ja nykyiset siemenviljelykset edustavat korkeampaa jalostusastetta kuin Hagqvistin ja Hahlin tutkimuksessaan analysoimat 1970-luvun alun siemenviljelyserät. Koeviljelykset nykyisten siemenviljelysten jalostuksellisen tason määrittämiseksi ovat vasta perusteilla. Voidaan silti pitää hyvin todennäköisenä, että rungon laatuominaisuudet ovat jalostuksen ansiosta entisestään parantuneet. Tämä johtuu siitä, että viime vuosikymmeninä rauduskoivun jalostustyössä on kiinnitetty erityistä huomiota laatuun silmällä pitäen puun loppukäyttöä vaneriteollisuuden raaka-aineena.

Kuusen kysymysmerkit

Kuusen pluspuuvalinnan on arveltu olleen vähemmän tehokasta kuin männyllä. Tämä johtuu epäilystä, että osa valituista puista olisi ollut naapureitaan kookkaampia vain iästä johtuen. Tätä ei ole kuitenkaan näytetty toteen. Eräisiin pohjoissuo-

malaisiin jälkeläiskoeteluihin perustuen kuusen pituuskasvun jalostushyödyksi on arvioitu noin 10 % (Ruotsalainen & Nikkanen 1998), ja eräiden alustavien eteläsuomalaisten koetulosten perusteella noin 5 %. Tämä on siis suurin piirtein samaa tasoa kuin männyllä. Tilavuuskasvun jalostushyötyjä ei ole Suomessa arvioitu sopivien tutkimusaineistojen puuttuessa. Ruotsissa sikäläisten ensimmäisen polven siemenviljelysten jalostushyödyksi on arvioitu tilavuuskasvussa 18–20% ja testatulla pluspuilla perustetuissa valiosiemenviljelyksissä 26–27% suhteessa jalostamattomaan vertailuaineistoon (Rosvall ym. 2004) — mikä myös vastaa männyllä Suomessa saatuja alustavia tuloksia.

Tulevaisuudessa kuusen jalostus etenee mäntyä nopeammin, koska testauksessa voidaan käyttää siementaimien sijasta pistokkaita. Toisen polven testattuja valiosiemenviljelyksiä päästäänkin kuusella perustamaan kymmenisen vuotta aikaisemmin kuin männyllä.

Onko sijoitus metsänjalostukseen ollut kannattava?

Ahtikoski (2000) arvioi yhteiskunnan panostuksen männyn ensimmäisen polven siemenviljelyksiin tuotavan positiivisen nettohyötyarvon jopa kuuden prosentin reaalikorkokannalla, jos jalostushyödyksi oletetaan 12 %. Tämän hetkisen tiedon

perusteella näyttää ilmeiseltä, että männyn siemenviljelyssiemenen jalostushyödyt ovat selvästi edellä esitettyjä arvioita korkeampia. Yhteiskunta on siis saamassa sijoitukselleen odotettua selvästi paremman tuoton.

Metsänjalostuksen tulosten siirtymien metsätalouden ja yhteiskunnan hyödyiksi edellyttää luonnollisesti sitä, että jalostettua siementä käytetään tulevaisuudessakin metsänviljelyssä laajassa mitassa. Nykyisissä metsänhoitosuosituksissa korostetaan kiertoajan lyhentämisen ja kasvatettavan puuston laadun merkitystä. Näihin tavoitteisiin on pyritty jo vuosikymmeniä vaikuttamaan myös määrätietoisella jalostustyöllä. Tässä näytetään myös onnistuneen — osin jopa odotuksia paremmin. Tilanteessa, jossa laadukkaan puurakka-aineen tuottamisesta on yhä selvemmin kehitymässä maamme metsätaloudelle keskeinen kilpailuvaltti, metsikkösiemenen käyttöä metsänviljelyssä on yhä vaikeampi perustella kestävän metsätalouden näkökulmasta silloin, kun geneettisesti ja fysiologisesti parempaa siemenviljelyssiementä on saatavilla.

Kirjallisuus

Ahtikoski, A. 2000. The profitability of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Silver birch (*Betula pendula* Roth) next-generation seed orchards in Finland. Helsingin yli-

opiston metsäekonomian laitoksen julkaisuja 7. Yliopistopaino, Helsinki. 146 s.

Rosvall, O., Jansson, G., Andersson, B., Ericsson, T., Karlsson, B., Sorensson, J. & Stener, L-G. 2001. Genetiska vinster i nuvarande och framtida fröplantager och klonlandningar. SkogForsk Redogörelse 1. 41 s.

Ruotsalainen, S. 2004. Metsänjalostuksella parempia metsiä. Pohjo-lan geenivarat 2004: 18–19.

Ruotsalainen, S. & Nikkanen, T. 1998. Kuusen siemenviljelysaineiston menestyminen Pohjois-Suomessa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 709. 33 s.

Venäläinen, M., Annala, M-L., Kosonen, E., Rantanen, H. & Tynkynen, H. 1994. Plusmäntytjen testaustulosrekisteri ja jalostushyöty. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 497. 89 s.

Matti.Haapanen@metla.fi
Metsäntutkimuslaitos
Vantaan yksikkö
PL 18
01301 VANTAA

Seppo.Ruotsalainen@metla.fi
Metsäntutkimuslaitos
Punkaharjun yksikkö
Finlandiantie 18
58450 PUNKAHARJU