

**METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN  
TIEDONANTOJA**

**328**



**METSÄNJALOSTUKSEN TUTKIMUSOSASTO**



**METSÄNTUTKIMUSPÄIVÄ TUUSULASSA 1989**

Kansi: Vuonna 1931 istutettu männyn provenienssikoe Ruotsinkylän tutkimusalueessa. Maijan takana kasvavien puiden alkuperä Rovaniemen maalaiskunta, viereisen ruudun suurempien puiden Raivola. Valok. Erkki Oksanen 14.3.1989.

# METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN TIEDONANTOJA 328

Metsänjalostuksen tutkimusosasto

METSÄNTUTKIMUSPÄIVÄ TUUSULASSA 1989

## SISÄLLYS

LUKIJALLE .....	3
MAX. HAGMAN: Varttamisesta varianssianalyysiin - 40 vuotta jalostustoimintaa Ruotsinkylässä .....	5
VEIKKO KOSKI: Siemensierrot ja ilmastoon sopeutu- minen .....	20
ANNELI VIHHERÄ-AARNIO: Raudus- ja hieskoivun jalos- tuksen nykytilanne Etelä-Suomessa .....	38
MARTTI VENÄLÄINEN: Mitä jälkeläiskokeet osoittavat männyn siemenviljelysten jalostushyödyistä? .....	54
MAX. HAGMAN: Eräitten lehtikuusijälkeläistöjen alkukehityksestä .....	67
EGBERT BEUKER ja MAX. HAGMAN: Hybridahaapa - esimerkki lajiristeytysjalostuksesta .....	74
ANNELI VIHHERÄ-AARNIO: Pajut jalostuksen kohteena ....	77

ISBN 951-40-1051-5  
ISSN 0358-4283

## LUKIJALLE

Metsäntutkimuslaitoksen metsänjalostuksen tutkimusosaston tänään 17.5.1989 järjestämää tutkimuspäivää vietetään Ruotsinkylän jalostuskoeaseman 40-vuotisen toiminnan merkeissä. Päivän esitelmät on koottu tähän tiedonantoon, joka sisältää myös tietoja iltapäivän maastoretkeilyllä esille tulevista aiheista.

Kiitän kaikkia tutkimuspäivän järjestelyihin ja tiedonannon valmisteluihin osallistuneita samoin kuin paikalle saapunutta yleisöä mielenkiinnosta metsänjalostusta kohtaan. Toivon, että päivästä muodostuu antoisa.

17.5.1989

Max. Hagman  
osastopäällikkö,  
professori



Max. Hagman

## VARTTAMISESTA VARIANSSIANALYYSIIN -

### 40 VUOTTA JALOSTUSTOIMINTAA RUOTSINKYLÄSSÄ

Tänä vuonna maaliskuun 9. päivänä tuli kuluneeksi 40 vuotta siitä kun Ruotsinkylän jalostuskoeasema aloitti varsinaisen toimintansa järjestämällä varttamiskurssit ruotsalaisen kenttämestari Bengt Janssonin johdolla.

Tämä ei merkitse, ettei metsäpuiden jalostamiseen ja varttamiseen aikaisemmin olisi maassamme kiinnitetty huomiota. Jo 1891 oli Suomen Metsäyhdistyksen vuosikokouksessa Kuopiossa keskusteltu kysymyksestä, miten ulkolaisten puulajien kotiuttaminen ja siihen liittyvä koetoiminta olisi Suomessa järjestettävä. Alustaja, asemapäällikkö G. Niklander (Niklander 1892) sanoi mm. että ottamalla siementä kestävimiksi todetuista yksilöistä ja näiden siementäimistä jälleen valitsemalla kestävimät lisäykseen samalla tavalla kunnes laji osoittaa vakiintunutta kestävyyttä ja sopeutuneisuutta uudella kasvupaikallaan, voitaisiin uudet puulajit saada maahamme soveltuviksi. Hän ehdotti siis täsmälleen samaa valintajalostusta, jota tänä päivänä harrastamme. Nyl<sup>ik</sup>lander suositteli myös kestävien lajien risteyttämistä arempien kanssa, jotta vähemmän kestävien lajien arkuutta voitaisiin vähentää.

Varttaminenkaan ei ollut asemapäällikölle vierasta, sillä hän suositteli kestäväen perusrungon käyttämistä ja esitti että pitäisi tutkia miten tämä perusrunko vaikuttaa vartteeseen ja vuorostaan varte perusrunkoon.

Niklander ei suinkaan ollut ainoa, joka tänä viljelymetsätalouden aikana puhui puiden jalostuksesta. Kirjallisuudesta löytyy kyllä useita muita.

Eräs syy miksi jalostuskoeasema perustettiin Ruotsinkylään oli kieltämättä se, että Ruotsinkylän kokeilualueessa oli sen perustamisesta 1923 alkaen Metsäntutkimuslaitoksen johtaja Olli Heikinheimo suorittanut laajoja ulkolaisten puulajien istutuksia ja myös aloittanut kokeet männyn ja kuusen maantieteellisillä roduilla. Tällaista provenienssikokeilua oli Heikinheimo jo vuosisadan alussa tehnyt Tuomarniemen metsäkoululla.

Ruotsinkylä oli sijainniltaan lähellä tutkimuslaitoksen päärakennusta Helsingissä, jossa Heikinheimon lisäksi työskentelivät metsäpuiden perinnöllisyydestä kiinnostuneet tutkijat professori Viljo Kujala ja maisteri Sakari Saarnijoki. Ruotsinkylän kokeilualueen paikallisjohtajana toimi metsäteknikko Viljo Vestala, joka jo vuosikymmeniä oli hoitanut suurta taimitarhaa ja kaikkia istutuksia. Myös vastaperustetun Metsänjalostussäätiön toiminnanjohtaja, tohtori Risto Sarvas työskenteli Metsätalolla, sopivan etäisyyden takia.

Eräs proosallinen syy, miksi jalostusasema rakennettiin Ruotsinkylään - vaikka kyllä jo silloin Punkaharju oli ehdolla - saattoi olla se, että sodan jälkeisenä jälleenrakennusaikana oli tavaton puute kaikista rakennustarvikkeista ja useimmat niistä olivat säännöstelyn alaisia. Naulojenkin saanti edellytti moninaisia neuvotteluja Helsingissä ostolupia myöntävien viranomaisten kanssa.

Kun valtiolla - kuten tavallisesti on asian laita - ei uuteen hyvään asiaan ollut heti rahaa, niin v. 1947 perustettu Metsänjalostussäätiö huolehti professori N. A. Osaran johdolla rahoituksen järjestämisestä. Aseman piirustukset hankittiin tammikuussa 1948 ja ne olivat tunne-



tun suunnittelijan, tarkastaja Collanin käsialaa. Rakennustyöt aloitettiin huhtikuussa 1948 allekirjoittamalla urakkasopimus rakennusmestari Jalmar Tuomalan kanssa ja joulukuussa samana vuonna asemarakennus oli periaatteessa valmis. Siinä oli työrakennuksen lisäksi kaksi kasvihuonetta, toinen risteytystöitä ja toinen varttamista varten.

Metsänjalostuksen suunnittelua oli helpottanut tutkimuslaitoksen hyvät suhteet Ruotsiin, jossa 1930-luvulla aloitettu metsäpuiden jalostustyö oli sotavuosienkin aikana rauhassa saanut kehittyä. Ruotsista olivat Suomessa käyneet esitelmää pitämässä ja neuvoja antamassa niin hyvin professori Nils Sylvén kuin professori Bertel Lindqvist, molemmat Ruotsin metsänjalostuksen merkkimiehiä. Myös Tanskasta, jossa metsänjalostus oli aloitettu 1930-luvulla tohtori Carl Syrach Larsenin johdolla, saatiin arvokasta apua, etenkin siemenviljelyasioissa.

Suomessa oli metsätaloudessakin edessä jälleenrakennustyö ja metsänviljelyyn <sup>to</sup>toivottiin saavan mahdollisimman hyvää materiaalia - aika oli kypsä käytännön metsänjalostustyölle.

Kun näin taannehtivasti tarkastelee Ruotsinkylän jalostusaseman toimintaa, voi siinä selvästi erottaa tiettyjä vaiheita, jotka johdonmukaisesti seuraavat jalostustyön kehitystä. On ollut materiaalin hankinta- ja tallentamisvaihe, on ollut provenienssikokeiden vaihe, on ollut perustutkimuksen vaihe ja on ollut selviä risteytysjalostuksen ja testauksen sekä käytäntöön soveltamisen kausia.

#### **VALINNAN JA TALLENTAMISEN VAIHE**

Metsähallitus oli jo 1947 määrännyt kaksi metsänhoitajaansa, Pentti Leinosen ja Antti Salmen suorittamaan plusmetsien ja pluspuiden etsintää ja toukokuussa 1947 oli

Ruotsinkylän kokeilualueessa pidetty tästä asiasta kurssit. Valintaa varten oli laadittu seikkaperäiset ohjeet (Sarvas 1947) ja etsintätyöstä oli myös laajalti informoitu. Voi ehkä sanoa, että etsintä oli lähtenyt liikkeelle viime tipassa sillä sotakorvauslain mukaiset kuunaripuiden hakkuut olivat vähentäneet suurten puiden määrää monissa metsissä. Puita kuitenkin löytyi, ja siten oli valmistauduttava niiden kasvulliseen monistamiseen, joka siihen aikaan tehtiin yksinomaan sisätiloissa varttamalla.

Syksyllä 1948 astui töihin aseman ensimmäinen työntekijä, metsäharjoittelija Ingvald Sundström, joka invaliditeettistään huolimatta - hänellä oli vain yksi käsi - kottikärryllään kuljetti ruukkuja ja perusrunkoja niin että kasvihuoneet olivat täynnä, kun oksankerääjät helmikuussa toivat ensimmäiset varteoksapussinsa ja perusrunkojen hyödyntäminen oli alkanut. Varttamiskurssiin osallistui 15 henkilöä ja on selvää, että syksyllä tulosta arvosteltaessa, voitiin todeta mestari Janssonin onnistuneen parhaiten. Kokonaisuonnistumisprosenttia, n. 77 %, voidaan pitää näin alkajaisiksi melko hyvänä.

Jo vuonna 1950 tehtiin asemalla 1764 vartetta ja tahti lisääntyi kokemuksen mukana niin että 1950-luvun loppupuolella Ruotsinkylässä tehtiin noin 5000 vartetta vuosittain. Vuonna 1953 oli tämän lisäksi aloitettu ulkona varttaminen Punkaharjulla, mutta toiminta jäi siellä toistaiseksi henkilökunnan puutteen takia vähäisemmäksi.

Viisikymmentäluvun loppupuolella Metsänjalostussäätiö oli saanut oman jalostusasemansa toimimaan ja vähitellen siirtyi varttamistoiminta kokonaan tämän hoidettavaksi. Ensimmäisten siemenviljelysten vartteet tehtiin kuitenkin kaikki Ruotsinkylässä ruukkuvartteina. Vartteita käytettiin tietysti myös omien kokoelmien perustamiseen ja tämä toiminta on jatkunut näihin päiviin saakka, jolloin Ruotsin-

kylän jalostuskoeaseman kokoelmissa on vartettuna yhteensä 1447 kloonina hyvin monesta eri puulajista.

Nyttemmin on kokoelmien perustamista Ruotsinkylään rajoittamassa maa-alueiden puute ja niinpä tutkimuslaitoksen kokoelmia tänään laajennetaan Punkaharjulle ja Paimion Preitilään, joista viimeksimainitusta on kehittymässä Ruotsinkylän satelliittiasema.

Kokoelmien tarkoituksena on kantapuiden tallentaminen niiden tuhoutumisen varalta, mutta myös niiden tuominen jalostajan ulottuville risteytyksiä ja monenlaisia havaintoja varten. Puulajista riippuen päästiin kokelmissa kukkivien vartteiden käyttöön eri aikoina 1960-luvun alussa. Ennen sitä oli kuitenkin perehdyttävä perusteellisesti lisääntymisbiologiaan.

#### PERUSTUTKIMUKSEN VAIHE

Kaikki kasvinjalostustyö edellyttää kohteena olevan kasvin lisääntymisjärjestelmän tarkkaa tuntemista. On tiedettävä, miten puiden kukkimistapahtuma etenee, miten yksilöt käyttäytyvät itsepölytettyinä, miten yksilön ristipölytys on ajoitettava, voivatko lajit risteytyä keskenään ja voidaanko risteytysteitä kiertää. Tietenkin on myös selvitettävä siementen syntyemiselle ja kehittymiselle edullisimmat olosuhteet. Kun Ruotsinkylän asema 1970-luvulle saakka oli metsänhoidon tutkimusosaston alainen, on selvää, että osaston päällikön professori Risto Sarvaksen laajuudessaan ainutlaatuiset kukkimistutkimukset (Sarvas 1952, 1962, 1968) voimakkaasti työllistivät Ruotsinkylän henkilökuntaa 1950- ja 1960-luvulla. Työntekijät osallistuivat intensiivisesti kenttätutkimuksiin eri puolilla maatamme, eikä tässä työssä juhannusöitäkään säästetty. Kokemusta tästä kaikesta kuitenkin kertyi ja kun Amerikan Yhdysvalloista 1960-luvulla saatiin tutkimusapurahoja, niitä

kohdistettiin tämän alan tutkimuksiin, joista tuloksina syntyi asemalta useita julkaisuja, esim. Hagman ja Mikkola 1963, Mikkola 1970, Hagman 1975.

#### PROVENIENSSITUTKIMUKSEN VAIHE

Samanaikaisesti perustutkimuksen kanssa ja osittain jo ennenkin, käynnistettiin maantieteellisillä roduilla uudet tutkimukset. Syyt provenienssitutkimuksen laajentamiselle olivat useat. Kolmekymmentäluvulla perustetut männyn ja kuusen kokeet sisälsivät suhteellisen vähän alkuperiä, varsinkin ulkomailta, ja niiden koeteknillinen järjestely oli jo vanhanaikainen kun toistoja oli vain eri paikkakunnilla, mutta ei kokeen sisällä. Metsäntutkimuslaitosten kansainvälisen liiton (IUFRO:n) toimesta oli provenienssikokeita aloitettu jo viime vuosisadalla ja toisen maailmansodan vaikeuksista huolimatta niitä oli jatkettu niin että Suomessakin oli onnistuttu saamaan Ruotsinkylään kaksi koetta, mänty ja kuusi. Sotien jälkeen IUFRO ryhtyi kokoamaan koetuloksia ja tietoa virtasi meillekin siitä, että monet Itä-Euroopan kuusialkuperät tuntuivat lupaavilta meidän leveysasteillamme. Tästä oli tosin jo viitteitä Heikinheimon vanhoissa kokeissa ja niissä käytännön viljelyksissä, joita C. G. Tigerstedtin aloitteesta oli 1930-luvulla balttilaisilla kuusialkuperillä perustettu.

Vanhoissa kansainvälisissäkin kokeissa oli usein se epätarkkuus, ettei varmuudella tiedetty minkälaisista metsiköistä siemenet oli kerätty. Uusia kokeita suunniteltaessa pidettiin sen takia tärkeänä että jokaisesta erästä tulisi olla tarkat alkuperätiedot ja kaikkein parhaimpana pidettiin omien keräysretkikuntien käyttämistä.

Uutta toimintaa helpotti tietysti se, että ajatus siemenkeruumetsiköistä ja tarkkojen alkuperätietojen merkityksestä oli nyt levinnyt moniin metsätalousmaihin. Kirjeen-

vaihdon kautta hankittiin uusia siemeneriä Balttian mais-  
ta, Puolasta, Itä- ja Länsi-Saksasta sekä Itävallasta.  
Monien valmistelujen jälkeen saatiin yhteispohjoismaisena  
hankkeena syksyllä 1962 toteutetuksi oma retkikunta Etelä-  
Puolaan ja Romaniaan, johon tämän kirjoittaja osallistui  
Ruotsinkylän jalostusaseman Land-Roveria ajaen. Romaniassa  
mitattiin ja merkittiin parikymmentä koealaa, joista sie-  
mentä seuraavana satokautena saatiin kerätyksi ja lähete-  
tyksi Skandinaviaan.

Yhteydet muihin maihin esim. Itä-Saksaan, Ruotsiin ja  
Neuvostoliittoon tekivät mahdolliseksi proveniensiimateri-  
aalin täydentämisen myös varttamisoksilla ja yksinpuin  
kerätyllä siemenellä. Hieman myöhemmin 1960-luvulla Kes-  
kusmetsälautakunta Tapio joutui ostamaan suuren erän venä-  
läisiä männynsiemeniä saadakseen muutamia haluttuja alku-  
periä, ja tämä mahdollisti nyt laajan männyn proveniensi-  
koesarjan perustamisen. Vaikka tulokset näillä alkuperillä  
sisämaassa eivät olleet hyviä, niin rannikolle Neuvosto-  
liiton ja Suomen rajaseuduilta ja vähän etelämpääkin siir-  
retyt mäntyalkuperät osoittivat hyvää kasvua laadun ehkä  
hyvillä kavupaikoilla jättäessä toivomisen varaa (Hagman  
1973). Monet sen ajan kuusialkuperät ovat osoittautuneet  
kestäviksi, hyväkasvuiseksi ja myöhäisen kasvunlähtönsä  
takia keväthallankestäviksi (Hagman 1974).

Päivän polttavana puheenaiheena on puulajiemme mahdollinen  
käyttäytyminen muuttuvassa ilmastossa. Juuri tähän voivat  
jo ajat sitten perustetut kansainväliset maantieteellisten  
rotujen kokeet antaa vastauksia, sillä samaa alkuperää on  
niissä siirretty ei vain vaikeampiin olosuhteisiin vaan  
myös päinvastaiseen suuntaan. Kuten näillä tutkimuspäi-  
villä erikseen selostetaan, osoittavat kokeet selvästi,  
että puulajeillamme on melkoinen mukautumiskyky. Muonion  
ja Rovaniemen kuuset kasvavat Ruotsinkylässäkin ja Vilppu-  
lan kuusi on vielä Romanian ilmastossa hyväkasvuinen. Ei  
ole syytä olettaa, että kasvihuoneilmiön alkuvaiheessa

puut joutuisivat liian nopeasti hyvin suurten ilmastonmuutosten uhriksi. Ja onhan meillä materiaalia kaiken varalta, sillä esimerkiksi kuusesta on Ruotsinkylän kautta kulkenut provenienssikokeisiin jo yli 250 alkuperää koko sen eurooppalaiselta levinneisyysalueelta ja vähän Siperiastakin. Myös muista puulajeista alkaa meillä, kiitos provenienssitutkimuksen, olla hyvä käsitys siirtomahdollisuuksista ja sopeutuneisuudesta erilaisiin ilmasto-olosuhteisiin.

#### **KÄYTÄNTÖÖN SOVELTAMISEN VAIHE**

Jo alusta saakka oli Ruotsinkylässä selvää, että metsägeneettisen tutkimuksen ja metsäpuiden jalostustyön tuli edetä rinnan käytännöllisten soveltamisten kanssa. Vaikkei pitkälle jalostettuja metsälajikkeita tietysti saada niin nopeasti, on metsänviljelijälle aina pyrittävä tarjoamaan keinot sen hetken parhaimman viljelymateriaalin käyttämiseksi.

Kun pluspuiden ja metsiköiden valinnan perusteella oli saatu selville missä sijaitsivat parhaimmat mänty- ja kuusimetsikkömme, ryhdyttiin Ruotsinkylästä käsin heti ensimmäisten siemenvuosien satuttua organisoimaan pystykeräyksiä yhdessä muiden metsäorganisaatioiden kanssa. Koska jokaista siemenerää oli seurattava erikseen, keräyksestä taimitarhaan ja metsään, kehitettiin samalla se tunnusjärjestelmä ja kirjanpitosysteemi, joka vielä tänä päivänä on maassamme yhteisessä käytössä. Ruotsinkylään oli rakennettu pieneräkaristamo vuosina 1952-53 ja sen kautta kulki heti sen valmistumisen jälkeen suuria eriä kuusen ja männyn siementä. Samanaikaisesti kiinnitettiin selvityksillä huomio siementen oikeaan käsittelyyn ja laadun arvosteluun (Hagman 1951, 1951a, 1955, 1959-60).

Tarkoitus ei kuitenkaan ollut jättää siemenhuoltoamme siemenkeräysmetsien varaan, joskin se kuusen osalta melkein näihin päiviin saakka on ollut tosiasia. Läntisistä naapurimaistamme kehittynyt ajatus siementen viljelemisestä erityisissä siemenviljelyksissä esitettiin jo alkuvaiheessa käytännön ratkaisuksi (Hagman 1950, Sarvas 1953). Ensimmäiset siemenviljelykset Sippola, Osara ja Oitti voitiinkin varttaa ja perustaa Ruotsinkylästä 1950-luvulla ja ne toimivat vielä tänä päivänä. Siemenviljelysten perustaminen ei laajuutensa takia voinut jäädä tutkimuslaitoksen hoidettavaksi vaan koko suunnittelu ja toteuttaminen siirtyi myöhemmin Metsänjalostusäätiön, Metsähallituksen, Keskusmetsälautakunta Tapion ja metsäyhtiöiden käsiin. Meille jäi kuitenkin toiminnan seuranta, josta vuosien mittaan on annettu monenlaisia neuvoja ja ohjeita (esim. Sarvas 1970, Pajamäki 1971).

Ajankohtaisena käytännön siemenhuollon tehtävänä on tänään jälleen<sup>e</sup> ulkolaisten puulajien sopivien alkuperien hankkiminen tai siemenlähteiden osoittaminen. Ruotsinkylän ja muiden tutkimusalueiden vanhat viljelykset voidaan jo kerätä ja pohjoismaisena yhteishankkeena on juuri järjestetty retkikunta, tällä kertaa Pohjois-Amerikan luoteisosiin, josta saadut n. 2000 siemenerää parastaikaa ovat puhdistuksen ja idätyksen vaiheessa.

#### **RISTEYTYSTEN JA TESTAUKSEN VAIHE**

Heti Ruotsinkylän aseman perustamisesta lähtien oli harjoitettu risteytystä, ensiksi lehtipuilla joista materiaalia oli saatavilla. Visakoivu oli ollut tutkimuslaitoksen ohjelmassa jo pitkään ja nyt yritettiin jalostuksellisin keinoin parantaa sen puuaineen laatua. Toinen risteytyskohde oli niin sanotun hybridihaavan (Populus tremula x Populus tremuloides) valmistaminen koska tästä lajiristeytyksestä oli Saksassa ja Ruotsissa saatu hyviä kokemuksia

sen osoittaessa lajiristeytykselle tyypillistä heteroosista: hybridi kasvoi paremmin kuin kumpikaan vanhemmista.

Hybridihaavasta tulikin Ruotsinkylässä laaja myyntiartikkeli ja sitä tuotettiin vuosina 1950 - 1970 lähes 100 000 kappaletta yli 170 yhdistelmästä. Hybridihaavan viljelyksestä tullaan tekemään erillinen selostus, joten tässä tulkoon vain mainituksi, että sen parhaimmat yhdistelmät ilmeisesti kuuluvat Suomen nopeakasvuisimpiin puulajeihin. Valitettavasti lisääntynyt hirvikanta, myyrävuodet ja tulitikkuteollisuuden väheneminen pysäyttivät hybridihaavan jalostuksen moneksi vuodeksi. Nyt on haavan viljely muuttuneiden teollisuusprosessien ja myös peltojen metsitysohjelman johdosta jälleen tullut ajankohtaiseksi. On hyvä, että meillä on mittaussaineistoa ja seurattuja kokeita, joista saatua kokemusta voidaan välittömästi hyödyntää.

Kokoelmien ja siemenviljelysten vartteiden saavuttaessa kukkimisiän käynnistyi toinen risteytysohjelma, joka vähitellen on muodostunut metsänjalostuksen päätehtäväksi. Kysymys on tietysti siemenviljelyspuiden jälkeläisarvon testaamisesta. Tätä varten on Ruotsinkylässä ja Punkaharjulla tehty männynristeytyksiä kohta 30 vuoden ajan. On täysin ymmärrettävää, ettei yhden tai parin jalostuskoeseman tiloissa ole ollut mahdollista kasvattaa kaikkia niitä koetaimia, joita näistä risteytyksistä on syntynyt. Vuosien mittaan on siksi kehittynyt tiivis yhteistyö etenkin Metsähallituksen, mutta myös yksityismetsätalouden järjestöjen ja metsäteollisuuden kanssa kokeiden järjestämisestä, hoidosta ja mittauksesta. Tehtävien jako on saatu järjestetyksi niin että Ruotsinkylän osalle on jäänyt siemenerien koostaminen jalostusosaston tekemien suunnitelmien mukaan, siemenerien lähettäminen ja kylvöohjeiden antaminen. Muut osapuolet, materiaalin tuottajat ja koeisännät ovat sitten kasvattaneet taimet ja istuttaneet kokeet meidän paalutusten mukaan.



Tämä koetoiminta on pienestä alusta nyt kasvanut koko maata kattavaksi verkostoksi, jonka seuranta ja mittaus muodostaa metsänjalostuksen työkentässä hyvin ison työmäärän, onhan kokeita lähes 2 000 kappaletta, joissa mitataan säännöllisin aikaväleihin noin 8 miljoonaa tainta. Samanaikaisesti kun kokeiden määrä kasvaa, niissä olevat puut tietysti kehittyvät niin, että voidaan mitata yhä enemmän erilaisten ominaisuuksien tunnuksia. Jos samanaikaisesti halutaan selvittää ilmaston kestävyyttä, kasvua, puiden sisäisiä ja ulkoisia laatuominaisuuksia ja resistenssiä tuholaisiin ja taudinaiheuttajia vastaan, tulee analyysiaineiston määrä hyvin suureksi ja tulosten tulkinta vaikeaksi. Voisin ehkä sanoa, että elän sananmukaisesti istutusteni lisääntyvässä varjossa.

Suomen osien erilaisessa ilmastossa ja sen melkein mosaikkimaisesti vaihtelevissa kasvupaikoissa on tullut selväksi, että testausmetodeja ja kenttäkoetekniikkaa on parannettava luotettavien erojen selvillesaamiseksi. Tavanomaisten tilastollisten varianssianalyysien lisäksi on kehitettävä laskentametodeja, jotka voivat ottaa huomioon kaikki ne vaikeudet, joita pitkäaikaisten kokeiden järjestämisessä metsämateriaalilla esiintyy. On vain toivottava, että automaattisen tietojenkäsittelyn resursseja saadaan pian niin paljon, että tästä urakasta selvittää ja soveltamiseen voidaan antaa tuloksia.

## **TULEVAISUUS**

Melkein joka päivä tulee meitä vastaan sanomalehtiotsikoissa sanat kloonaukset ja geenimanipulaatio. Kloonauksella tarkoitetaan tällöin mahdollisuuksia kasvullisesti koeputkessa tuottaa suuri määrä identtisiä yksilöitä, viljelemällä niitä yksittäisestä solusta tai emokasvin solukosta. Geenimanipulaatiolla taas tarkoitetaan ominaisuuksia

säatelevien perintötekijäin tunnistamista, eristämistä, monistamista ja siirtämistä keinollisesti suoraan uusiin yksilöihin monistusvaiheen alussa. Aivan viime vuosina onkin alalla tapahtunut valtavaa kehitystä. Metsäpuut eivät kuitenkaan ole osoittautuneet niin helpoiksi käsitellä kuin mikrobit ja eräät maa- ja puutarhatalouden viljelykasvit.

Tavanomaista kasvullista monistamista pistokastekniikalla on metsäpuillakin harjoitettu pitkään (Hagman 1950a) ja Ruotsinkylässä on tehty haavan, kuusen ja männynkin pistokkaita vaihtelevalla menestyksellä. Punkaharjun tutkimusasemalla on puolestaan aivan äsken kehitetty koivulle, ja kehitetään parastaikaa lehtikuuselle ja haavalle, solukkoviljelymenetelmää. Ainakaan havupuulle ei kuitenkaan vielä ole menetelmää, joka olisi meillä käytössä riittävän helppo ja samalla taloudellisesti edullinen.

Hyvät monistusmenetelmät ovat kuitenkin edellytys sille, että geenimanipuloidut yksilöt ja protoplastifuusiolla aikaansaadut somaattiset hybridit saadaan lisättyä kokeita ja viljelyä varten. Klooni-istutuksista on vielä hyvin vähän kokemuksia.

Ja onhan aina tarpeen ylläpitää kasvinjalostuksen traditiionaalisia menetelmiä, sillä ennen geenisiirtoja on geenit ja niiden säätämät ominaisuudet tunnettava ja jälkeläiskokeilla luotava valinnalle edellytykset. Jos vähitellen siirrytään metsäpuissa lajikkeisiin, joita ehkä voidaan patentoidakin - tarvitaan myös keinot lajikkeiden, klooni- ja populaatioiden tunnistamiseksi. Tässä on käytettävä biokemiallisia ja molekyylogeneettisiä uusia menetelmiä. Tutkimukset on aloitettu, mutta näissäkin töissä olemme 40 vuoden toiminnastamme huolimatta vasta alussa. On vain toivottava, että Ruotsinkylänkin jalostuskoeasema, vaikka se sijaitseekin parjatulla pääkaupunkiseudulla, voisi kehittyä metsänjalostustoiminnan mukana tehden niitä töitä

ja tutkimuksia, joita se mielestäni aika hyvin on aloittanut.

### JÄLKIAJATUKSIA

Voidaan lopuksi kysyä, että jos nyt vasta aloitettaisiin toimintaa Ruotsinkylässä, olisiko joku asia voitu tehdä toisin ja paremmin. Kokemukseni perusteella sanoisin, ettei suurempia virheitä ole tapahtunut. Ehkä me emme ole riittävästi muistaneet vanhaa roomalaista totuutta: "Qui nimium probat nihil probat". Joka hyväksyy vähän ei hyväksy mitään. Olemme ehkä monessa asiassa lähteneet liian pienillä voimilla aloittamaan työt, parempien mahdollisuuksien toivossa. Kun näitä ei sitten ole tullut, on työ jäänyt liian pieneksi, vaillinaiseksi tai tilanpuutteen takia rajoitetuksi.

Jos uusi jalostuskoeasema perustetaan, on se tehtävä alusta saakka riittävän isona ja varustettuna täydellisin rakennuksin ja työvälinein samalla kun sille on varattava riittävät maa-alueet aseman ympäriltä, tulevaisuudenkin laajentumista silmälläpitäen. Silloin sen työskentely voi alusta alkaen olla tehokasta. Alusta saakka on myös opittava työssä olemaan niin selvä ja tarkka, että vielä vuosikymmenien päästä tulevat jalostajat pystyvät vaikeuksitta jatkamaan edeltäjänsä dokumentaation perusteella. Metsätaloudessakin esiintyviin muotivirtauksiin on suhtauduttava varauksellisesti ja määrätietoisesti jatkettava sellaistaakin työtä, joka ei sillä hetkellä tunnu ajankohtaiselta.

On minulla yksi asia tunnustettavana: Luotuani neljäkymmentä vuotta sitten siemen- ja taimierien tunnusjärjestelmän, olen siitä lähtien yrittänyt saada metsänviljelijöitä merkitsemään pysyvästi muistiin metsänviljelynsä alkuperätiedot tulevaisuuden käyttöä varten. Muutamaa poikkeusta

lukuunottamatta en ole tässä onnistunut. Voi vain kuvitella niitä vaikeuksia, joita meillä jo yhden kiertoajan kuluttua on edessä kun yritetään selvittää, mikä on luonnosta syntyneitä, paikallista tai jalostettua, ja kun yritetään silloin harkita, mikä olisi uuden viljelykieroksen paras aines. Voin vain toivoa, että seuraajani onnistuvat tässä asiassa paremmin.

#### KIRJALLISUUS

- Hagman, M. 1950. Om plantageodling av skogsfrö. Skogsbruket 20:33-38.
- 1950a. Metsäpuiden kasvullinen monistaminen. Metsätaloudellinen aikakauslehti 67:240-244.
  - 1951. Haavan kasvattaminen siemenestä. Metsätietoa 3:14-20.
  - 1951a. Några synpunkter på skogsbrukets fröförsörjning. Skogsbruket 21:127-135.
  - 1955. Idätysnäytteiden otto. Tapion taimitarhakurssien luennot 1954:41-44. Helsinki, Keskusmetsäseura Tapio. Moniste.
  - 1959-1960. Metsäpuiden siementen itävyyden määrittäminen. I-IV. Metsälehti 1959 (51-52), 1960 (1-2, 4 & 6).
  - 1973. The first development of some Eastern Europe provenances of *Pinus sylvestris* L. grown in Finland. Proceedings IUFRO Working Party S2.03.5 Breeding Scots Pine, Symposium on Genetics of Scots pine. Warszawa-Kórnik October 8-18, 1973:1-18.
  - 1974. Ger sydliga granraser tillväxtökning? Skogsbruket 44:77-78.
  - 1975. Incompatibility in forest trees. Proceedings of the Royal Society London, B. 188:313-326.
  - & Mikkola, L. 1963. Observations on cross-, self- and interspecific pollinations in *Pinus peuce* Griseb. *Silvae Genetica* 12:72-79.

- Mikkola, L. 1970. Kuusilajien risteytyvyydestä. *Silva Fennica* 4:291-300.
- Niklander, G. 1892. Då önskligt vore att acklimatiseringsförsök med för lokaliteten främmande träd och buskar blefve utförda i olika delar av landet, så frågas huru sådana försök borde anordnas och verkställas för att afsedd utredning dermed kunde vinnas. *Finska Forstföreningens Meddelanden* 9:209-220.
- Pajamäki, J. 1971. Alkuperäistiedot ja vartteiden hoito tärkeitä siemenviljelyksissä. *Metsä ja Puu* 1971 (11):18-21.
- Sarvas, R. 1947. Millaiset puut soveltuvat metsäpuiden rodunjälöstuksen kantapuiksi. *Metsätaloudellinen Aikakauslehti* 64:223-226.
- 1952. On the flowering on the birch and the quality of seed crop. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 40.7 :1-38.
  - 1953. Siemenviljelys. *Metsätaloudellinen Aikakauslehti* 70:73-76.
  - 1962. Investigations on the flowering and seed crop of *Pinus silvestris*. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 53.4:1-198.
  - 1968. Investigations on the flowering and seed crop of *Picea abies*. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 67.5 :1-84.
  - 1970. Establishment and registration of seed orchards. *Folia Forestalia* 89:1-49.

**Veikko Koski**

## **SIEMENSIIRROT JA ILMASTOON SOPEUTUMINEN**

### **JOHDANTO**

Suunniteltaessa metsänviljelyä, kylvöä tai istutusta, joudutaan päättämään, mistä tarvittava viljelymateriaali hankitaan. Väärä valinta voi johtaa viljelyn epäonnistumiseen tai ainakin kasvutappioihin. Menneinä vuosikymmeninä virheitä valitettavasti tehtiin ja niiden johdosta koko metsänviljely on saanut huonoa mainosta. Nykyisin viljelymateriaalin alkuperään ts. sen sopeutuneisuuteen osataan kiinnittää huomiota. Vuodesta 1980 lähtien laki metsänviljelyaineiston kaupasta täydentävine säännöksineen velvoittaa myyjän antamaan tiedot ostajalle mm. materiaalin alkuperästä. Metsähallituksella on myös velvollisuus valvoa, että säädöksiä noudatetaan.

Käyttökelpoisen ohjeen antaminen siitä mitä alkuperää kullakin paikkakunnalla voi käyttää edellyttää tietoa puiden sopeutumiskyvystä ja metsien perinnöllisestä rakenteesta. Näistä asioista on esitetty erilaisia olettamuksia, kuten:

1. Luonnon valinta on tuottanut kullekin paikalle tarkasti sopeutuneen ja joka suhteessa parhaan paikallisrodun.
2. Jääkauden jälkeinen aika on ollut liian lyhyt (alle 50 sukupolvea), jotta puut olisivat ehtineet riittävästi sopeutua.
3. Metsien geneettinen rakenne on sattumanvarainen, eivätkä kaikki paikallisrodut ole "oikeilla" paikoillaan.
4. Luonnon valinta ei tuota taloudellisilta ominaisuuksiltaan parasta metsää.

Edellä luetellut hypoteesit ovat paitsi erilaisia myös keskenään ristiriitaisia. Käsityksiä siemensierroista ja alkuperän vaikutuksista onkin esitetty erilaisten hypoteesien pohjalta. Ei siis ihme, että käytäntö on ajoittain hämmentynyt monenlaisten väittämien keskellä.

Ainoa luotettava tapa selvittää alkuperän valintaan ja siemensierroihin liittyviä ongelmia on tehdä vertailevia viljelykokeita. Siemenen siirtokokeita eli provenienssikokeita on Suomessa tehty kuusella ja männyllä jo 1920-luvulta lähtien. Vanhimmat Olli Heikinheimon perustamat kokeet ovat siis jo yli 60-vuotiaita. Myöhemmin provenienssikokeita on perustettu paljon lisää. Ne kaikki ovat kenttäkokeita ts. ne on perustettu ja hoidettu kunkin ajan normaalin metsänviljelykäytännön mukaisesti. Näiden kokeiden tuloksista voidaan etsiä vastauksia seuraaviin kysymyksiin.

1. Kuinka laajaksi rajataan paikallinen alkuperä?
2. Onko paikallinen alkuperä aina paras vaihtoehto?
3. Kuinka suuri merkitys alkuperällä on metsänviljelyn tulokseen?

Asetelma voidaan kääntää myös toisin päin. Kun vertaillaan saman alkuperän menestymistä eri paikkakunnilla, voidaan saada tietoa kyseisen alkuperän mukautumiskyvystä. Tämä puiden ominaisuus muodostuu ratkaisevan tärkeäksi, jos kasvihuoneilmiö selvästi muuttaa ilmastoamme. Tavallaan alkuperäisen ohjelman ulkopuolelta voidaan esittää vielä yksi kysymys.

4. Mitä tapahtuu metsäpuille, jos ilmasto lämpenee laadittujen mallien mukaisesti?

## AINEISTO JA MENETELMÄT

Aineistona voidaan käyttää vain sellaisia kokeita, joissa alkuperältään tunnetut koejäsenet kasvavat vertailukelpoisissa olosuhteissa. Todistusvoimaisimpia ovat kokeet, joissa on myös mukana paikallinen vertailuerä ja, joissa on käytetty tilastolliset testit mahdollistavaa koejärjestelyä.

Olli Heikinheimo perusti aikanaan laajat kuusen ja männyn provenienssikoesarjat (Heikinheimo 1949). Vanhimmissa kokeissa ei vielä sovellettu koeruutujen satunnaistamista eikä kerranteita eli toistoja samoissa kokeissa. Kokeet on kuitenkin toistettu eri paikkakunnilla. Kokeen sisäisiä toistoja ruvettiin käyttämään 1940-luvulla. Kaikkiaan provenienssikokeita on Suomen eteläpuoliskossa männyllä 52 kpl ja kuusella 67 kpl. Tässä raportissa esitellään vain pieni osa näistä kokeista. Tarkasteltavaksi on otettu ne koesarjat, joissa jokin osakoe kasvaa Ruotsinkylän tutkimusalueessa. Koko koemateriaali on kuitenkin käsiteltävänä, joten yleisemmät johtopäätökset perustuvat koko materiaalista saatuun kokonaiskuvaan. Tässä raportissa esiteltävien koepaikkojen ja koejäsenten tiedot ovat taulukoissa 1 ja 2.

Kokeet on mitattu 1980-luvun aikana, tosin ei kaikkia kokeita yhtenä vuotena. Vanhoista kokeista on voitu laskea jäljellä olevan puuston tilavuus ja usein myös kokonaistuotos. Koeruuduilta saadut arvot on muunnettu hehtaaria koskeviksi havainnollisuuden vuoksi. Näitä hehtaarikohtaisia lukuja ei pidä tulkita tarkkoina tuotoslukuina. Nuorissa kokeissa on mitattu elävyys (s) ja puiden keskipituus (h). Näiden tunnusten tuloa (s x h) on käytetty myöhemmissä tarkasteluissa. Puuston tunnuksia on vertailtu siirron pituuteen pohjois-eteläsuunnassa.





A. KOEPAIKKATIEDOT Suunnittelu: Hagman  
Toistoja kokeessa: 6 Alkuperäinen taimimäärä ruudussa 25

Koe	Paikkakunta	Latit. o ' o	Longit. o ' o	Altit. m	Istutus- vuosi	Taimien ikä, v
232/1	Nauvo	60 14	21 58	5	1966	3
232/2	Pieksämäki mlk	62 22	26 51	140	1966	3
232/3	Kuorevesi	62 02	24 50	140	1966	3
232/4	Himanka	64 09	23 40	10	1966	3
232/5	Muhos	64 53	26 06	74	1966	3
232/8	Karvia	62 10	22 47	160	1966	3
232/12	Tuusula, Ruotsinkylä I	60 21	24 59	60	1966	3
	Rusutjärvi II	60 27	24 57	60	1966	3

B. KOEJÄSENTEN ALKUPERÄTIEDOT

Työ nro	Maa	Paikkakunta	Latit. o ' o	Longit. o ' o	Altit. m
1	SF	Sotkamo	64 09	28 25	120
2	SF	Pudasjärvi	65 25	27 25	110
3	SF	Kemijärvi	66 52	28 02	185
4	SF	Leppävirta	62 30	27 50	115
5	SF	Isokyrö	62 55	22 15	55
6	SF	Lappajärvi	63 15	23 37	120
7	SF	Vaala	64 30	26 45	140
8	SF	Bromarv	60 02	23 02	30
9	SF	Padasjoki	61 25	25 15	115
10	SF	Kuorevesi	62 01	24 48	110
11	SF	Jaala	61 06	26 39	80
12	SF	Kerimäki	61 50	29 25	81
13	SF	Pyhäjoki	64 25	24 35	80
14	SF	Liekka, Koli	63 04	29 49	130
15	SF	Rovaniemi mlk	66 22	26 45	100
16	SF	Salla	67 12	29 12	223
17	SF	Jaala	61 00	26 30	120
18	SF	Rovaniemi mlk	66 25	26 45	100
19	SF	Inari	69 05	27 10	150
20	SF	Sund	60 13	20 13	20
21	SF	Ranua	65 52	26 30	170
22	SF	Posio	66 04	28 08	300
23	SF	Inari	68 35	27 30	300
24	SF	Rovaniemi mlk	66 25	25 45	100
25	SF	Sulkava	61 44	28 26	130
26	SF	Sulkava	61 44	28 08	130
27	SF	Asikkala	61 10	25 30	140
28	SF	Sulkava	61 40	28 20	130
30	SF	Kesälahti- Kitee	61 50	29 50	120
31	SF	Suomenniemi	61 20	27 30	130
32	SF	Loppi	60 40	24 28	130
33	SF	Loppi	60 40	24 28	130









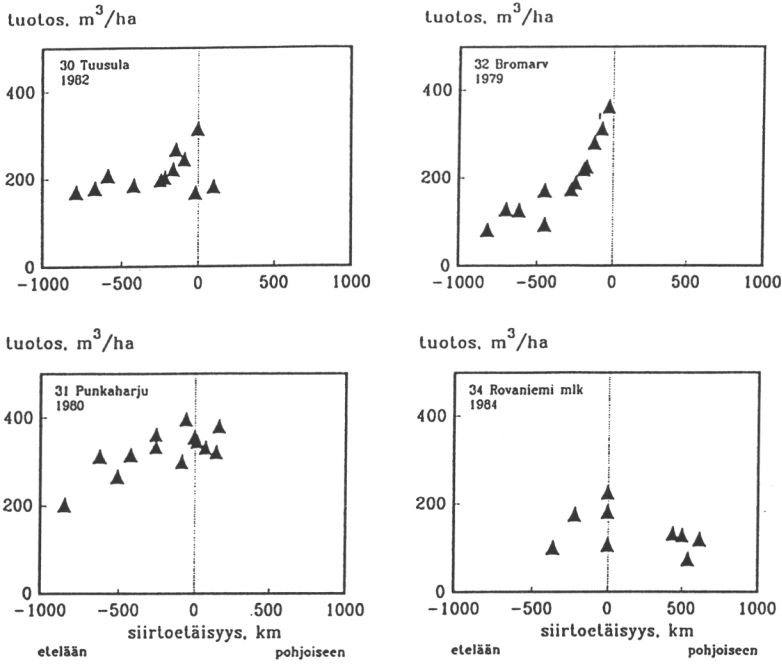
## TULOKSET

Eri kokeista tähän mennessä saadut tulokset esitellään seuraavassa varsin pelkistetyesti. Kutakin alkuperää kuvataan mittausajankohtaan asti kertyneellä kokonaistuotoksella, tai eräissä tapauksissa puiden elävyyden ja keskipituuden tulolla. Tuotosluvut tarkoittavat kuorellisen puutavaran kiintokuutiometrejä. Tuotosluvut on muunnettu hehtaaria kohti, vaikkakin ne tällöin ovat varsin epätarkkoja. Koeruudut ovat yleensä melko pieniä ja vanhoissa kokeissa lisäksi alkuperittäin eri kokoisia. Alkuperän vaikutusta kuvataan tässä yksinomaan suhteessa pohjois-eteläsuuntaisen siirron pituuteen. Yksittäisten kokeiden tulokset esitetään pistediagrammeina.

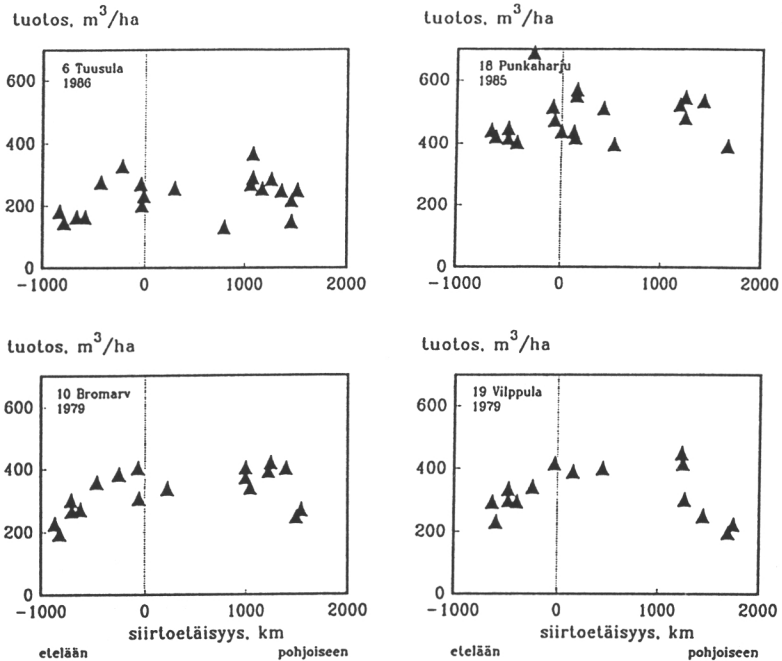
Olli Heikinheimon 1920-luvulla suunnittelemissa männyn ja kuusen provenienssikokeilla etsittiin perusteita siemensiiro-ohjeille. Niissä on koejäseniä koko silloisen Suomen alueelta ja niiden lisäksi Keski-Euroopasta. Mäntykokeiden (30, 31, 32) tulokset ovat kuvassa 1. Tuotosten tasoerot eri koepaikkojen välillä aiheutuvat maaperäteki-  
jöistä. Punkaharjun koe kasvaa männylle liiankin viljavalla maalla, kun taas Tuusulan ja erityisesti Bromarvin koe ovat karuilla kasvupaikoilla.

Pisteparville on yhteistä pohjoisesta tuotujen alkuperien vähäisempi tuotos paikalliseen verrattuna. Pitkät siirrot pohjoiseen näyttävät puuttuvan. Alunperin niitäkin oli, mutta ne tuhoutuivat jo taimitarhassa.

Vanhimpien kuusikokeiden (6, 10, 18, 19) tulokset ovat kuvassa 2. Kuusellakin nähdään selvät erot eri koepaikkojen kasvunopeudessa. Syynä ovat jälleen erot kasvupaikkojen viljavuudessa. Erityisesti Tuusulan koe (6) on kovin karulla paikalla. Pohjoisesta siirretyt alkuperät ovat kuusellakin selvästi hidaskasvuisempia. Erona mäntyyn on



Kuva 1. Kokonaistuotos suhteessa pohjois-eteläsuuntaiseen siirtoon 1931 istutetuissa männyn provenienssikokeissa. Alkuperätiedot taulukossa 1.



Kuva 2. Kokonaistuotos suhteessa pohjois-eteläsiirtoon 1931 istutetuissa kuusen provenienssikokeissa. Alkuperätiedot taulukossa 2.

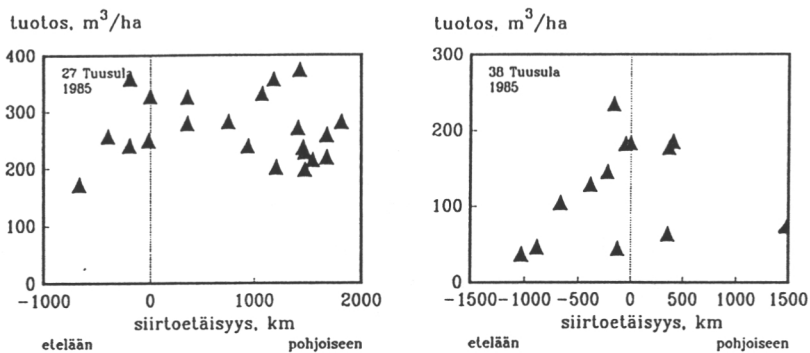


se, että huomattavan eteläisiä alkuperiä on edelleen mukana, ja monet niistä ovat tuotokseltaan varsin hyviä. Tässä kohdassa on mainittava, että keskieuropalaiset alkuperät ovat varsin korkealta, eli niitä on samalla siirretty useita satoja metrejä alaspäin.

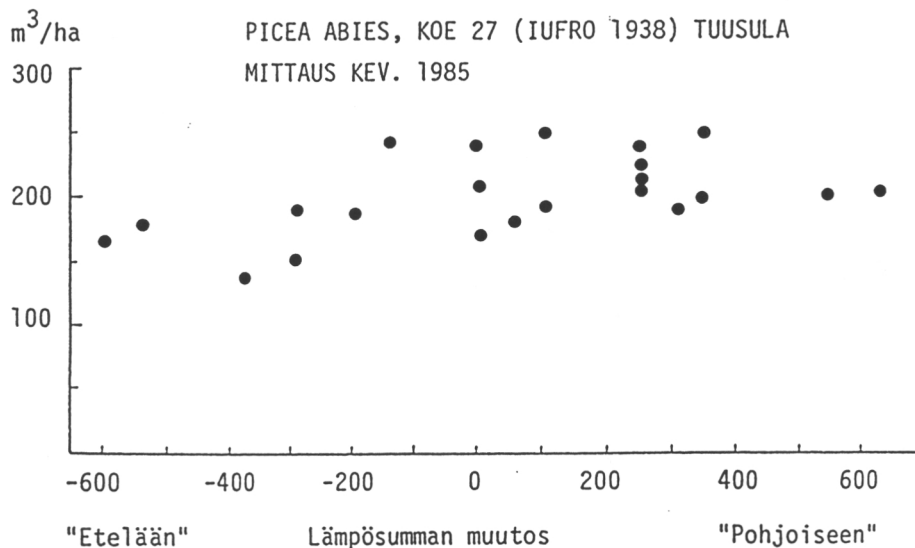
Mäntykoe 38 on kokoonpanoltaan kansainvälinen. Suomesta on mukana pohjoisia (Inari, Rovaniemi) ja eteläisiä (Sääminki, Tuusula) vertailueriä. Muut koejäsenet ovat Ruotsista, Norjasta, Latviasta, Iso-Britanniasta ja Sveitsistä. Tulos osoittaa (kuva 3), että tällä kertaa eteläisetkin alkuperät ovat osittain selvinneet hengissä, mutta niiden tuotos on vähäinen. Pohjoiset alkuperät ovat hyvin elossa, mutta niiden kasvu on hidas.

Kuusikoe 27 on Suomen osuus kansainvälisessä IUFRO-koesarjassa. Kokeen alkuperät ulottuvat Rovaniemeltä Keski-Euroopan läpi aina Jugoslaviaan asti. Pisimmät siirrot ovat yli 16 leveysastetta eli yli 1800 kilometriä. Tulokset osoittavat (kuva <sup>3</sup>4) ensinnäkin kuusen hämmästyttävän suurta mukautumiskykyä. Toiseksi nähdään pohjoisen alkuperän hidaskasvuisuus. Eteläisillä alkuperillä on nopeampi kasvu. Suurin tuotos on yllättäen Romanian Crucean alkuperällä tässä kokeessa. Pelkkä leveysaste ei tietenkään selitä kaikkea vaihtelua. Jos otetaan jokin ekologinen selittäjä, kuten korkeuden muutos tai kasvukauden lämpösumman muutos mukaan, saadaan pisteparvelle vähän säännöllisempi muoto (kuva 4). Loiva huippu tulee viljelypaikkaa vähän lämpimämmän ilmaston kohdalle.

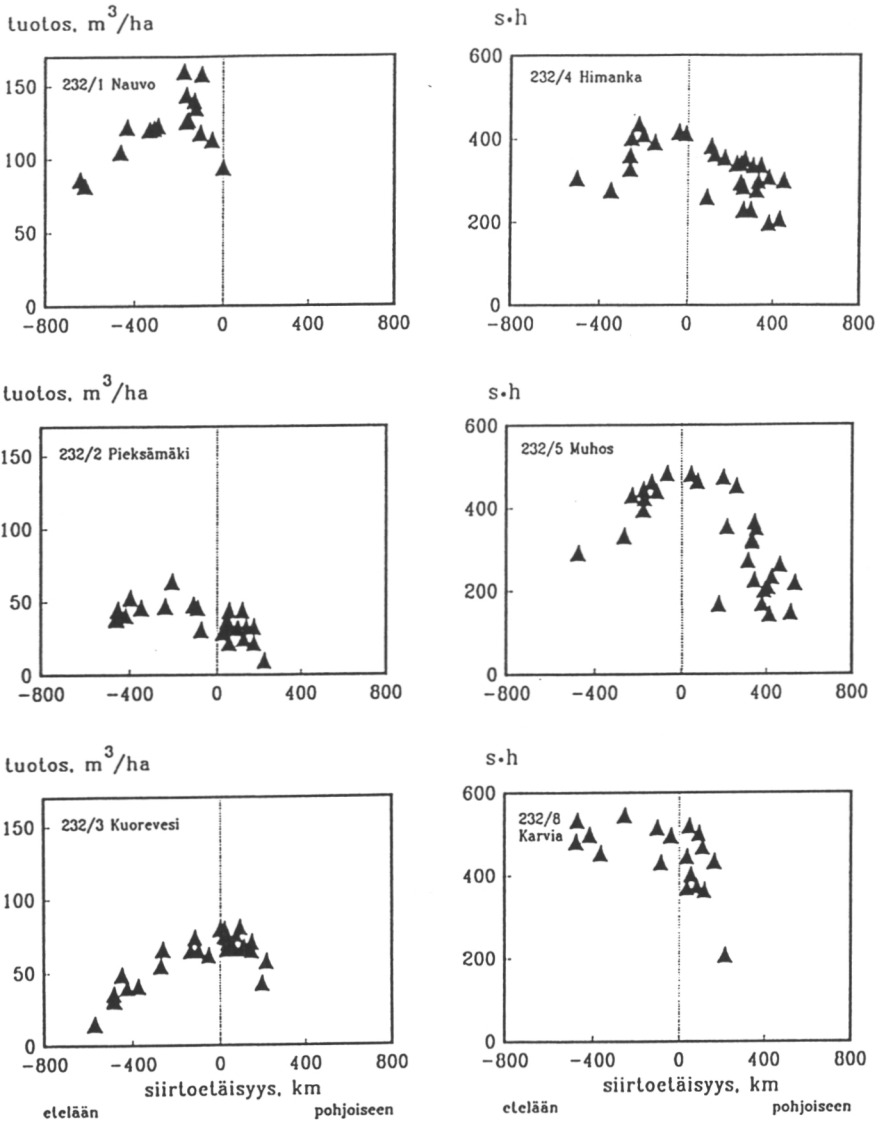
Nuoremmissa, Hagmanin suunnittelemissa mäntykokeissa, on erilaisia alkuperäkokoonpanoja. Koesarjassa 232 on suomalaisia alkuperiä Ahvenanmaalta Inariin asti. Etelä-Suomessa olevista osakokeista 1, 2, 3, 4, 5, 8 ja 12 esitetään tulokset kuvassa 5. Pisteparvissa on yleisimpinä muotoina kupoli, jonka loiva huippu on nolla-siirron tuntumassa. Yksityiskoke<sup>hd</sup>issa osakokeiden välillä on eroja.



Kuva 3. Kokonaistuotos kansainvälisissä provenienssikoikeissa 27 (kuusi) ja 38 (mänty) suhteessa pohjois-eteläsiirtoon.

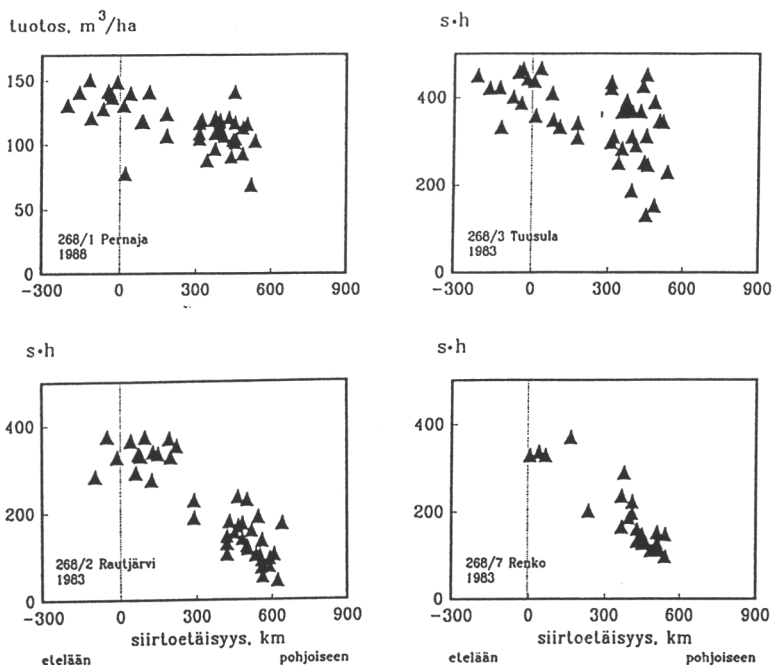


*Nykyperusto*  
Kuva 4. Kokonaistuotos suhteessa kasvukauden lämpösunnan muutokseen siemensierroissa.



Kuva 5. Puuston tilavuuden (m<sup>3</sup>/ha) <sup>+</sup>elävyyden ja keskipituuden\*) suhde pohjois-eteläsiirron pituuteen 1984. Kokeet istutettu 1966.

\*) + elon (s·h)



Kuva 6. Puuston tilavuuden tai elävyyden ja keskipituuden tulon suhde pohjois-eteläsiirron pituuteen. Pohjoiseen siirron lisäksi siirto idästä länteen. Kokeet on istutettu 1969-71. Mittausvuosi osakuvissa.

Taulukko 3. Etelään siirron vaikutus Rovaniemen alkuperän kasvuun. Heikinheimon kokeet, istutettu 1931.

## MÄNTY

Koepaikka	Vuoden keskilämpötila, °C	Mittausvuosi	Tuotos, m <sup>3</sup> /ha	
			Rovaniemen alkuperä	Paikallinen alkuperä
Rovaniemen mlk	+0,5	1984	226	226
Tuusula	+4,5	1989	233	433
Punkaharju	+3,5	1980	267	348
Bromarv	+5,5	1979	129	363

## KUUSI

Rovaniemen mlk	+0,5	1987	140+	140+
Vilppula	+3,5	1979	337	417
Punkaharju	+3,5	1985	449	475
Tuusula	+4,5	1981	165	234
Bromarv	+5,5	1979	269	406

Ilmaston ja maaperän vaikutus kasvuun on suuri; piste-parven sijainti vaihtelee.

Koesarjassa 268 on koejäsenenä venäläisiä alkuperiä pituusastetta 42 myöten. Itä-länsisiirtoon liittyy tällöin vielä yli 400 kilometrin siirto pohjoiseen. Etelä-Suomesta on 9 vertailuerää. Tulokset näistä kokeista ovat kuvassa 6. Eteläisimmissä kokeissa kaukaa kaakosta tuodut alkuperät ovat kohtalaisesti hengissä, mutta niiden tuotos on huonompi kuin vertailuerien. Rautjärven ja Rengon kokeissa kaakkoisten alkuperien elävyys on alhainen. Neuvostoliittolaisista alkuperistä Leningradin alueelta tuodut ovat tasavertaisia eteläsuomalaisten kanssa.

Taulukkoon 3 on poimittu aikaisemmin käsitellyistä kokeista ja niiden lisäksi Rovaniemellä olevista kokeista lukuja, joilla vertaillaan saman alkuperän menestymistä eri viljelypaikoilla. Kussakin tapauksessa esitellään, miten ilmaston pysyvä lämpeneminen on vaikuttanut puihin. Ilmastotunnukseksi on käytetty kasvukauden keskimääräistä lämpösomaa. Kaikissa tapauksissa puiden reaktio on ollut positiivinen. Tuusulan kuusikokeessa pienen kuutiomäärän syynä on karu kasvupaikka.

#### **TULOSTEN TARKASTELU**

Vanhimmat edellä esitetyistä kokeista ovat mittausten aikaan olleet noin 60-vuotiaita. Tähän ajanjaksoon on sattunut sääsuhteiltaan monenlaisia vuosia. Kokeiden puut ovat todella testattuja, ja tuloksia voidaan siinä mielessä pitää luotettavina. Heikinheimo julkaisi siemensiirto-ohjeet kuuselle ja männylle niiden tulosten perusteella, joita nämä samat kokeet osoittivat 20-vuotiaina (Heikinheimo 1949). Toistojen puuttuminen Heikinheimon kokeista on tehnyt mm. Kajaanin ruudun huippulukemasta Punkaharjun

kuusikokeessa kiusallisen ongelman. Onko tässä sattunut sekaannus ja onko kokeissa kenties muitakin virheitä?

Uudemmissa kokeissa on käytetty asianmukaista koejärjestelyä. Heikinheimon kokeita ei ole sellaisenaan toistettu, mutta monet kokeet ovat niiden kanssa analogisia. Edellä esitettyä laajemmankin aineiston valossa voidaan todeta Heikinheimon tulosten olevan edelleen päteviä. Provenienssikokeissa erot ovat yleensä niin suuria, ettei tietyn kaavan mukaista koejärjestelyä välttämättä tarvita oikeiden johtopäätösten tekoon edellyttäen, että tutkimus muuten on terveellä pohjalla.

Koetulosten pohjalta voidaan alussa esitettyihin kysymyksiin esittää varsin selviä vastauksia.

1. Puiden "kotiseutu" on varsin laaja. Suomessa pohjois-eteläsuunnassa ulottuvuus on noin  $\pm 100$  km ja itä-länsisuunnassa satoja kilometrejä. Poikkeuksena ovat Ahvenanmaa sekä kapea merenrannan rannikkokaistale.
2. Paikallinen alkuperä edellä esitetyllä tavalla määriteltynä on männyllä paras vaihtoehto viljelymateriaaliksi. Kuusella sen sijaan kohtuullinen siirto pohjoiseen päin parantaa kasvua. Vaikka hyvin eteläiset alkuperät yksittäistapauksissa ovat olleet parhaita, suositellaan kuitenkin vain 2 - 4 leveysasteen siirtoja pohjoiseen.
3. Muiden tekijöiden kuin alkuperän vaikutus viljelytulokseen on erittäin suuri. Hyvä tulos saadaan vain, jos alkuperä on oikea ja sen lisäksi kasvupaikan valinta ja ennen kaikkea jälkihoito tehdään asianmukaisesti.
4. Puiden mukautumiskyky ilmastonmuutokseen on hämmästyttävän suuri. Etelään siirron toisin sanoen ilmaston lämpenemisen pystyvät sekä kuusi että mänty hyödyntä-

mään parempana kasvuna. Mänty sietää huonosti kylmempään ilmastoon siirtoja, mutta kuusi sietää paremmin.

Siemensierroihin ja alkuperän <sup>val</sup>uusintaan nähden tarkastelun tulos on rauhoittava. Ei ole tullut esiin mitään sellaista, joka olisi ristiriidassa Heikinheimon (1949) suoritus-<sup>s</sup>ten ja niiden pohjalta annettujen käytännön ohjeiden kanssa. Ei ole uusi tieto sekään, että viljelytyön laadulla on ratkaiseva merkitys. Metsäntutkimuslaitoksen kokeet on tehty tavallista huolellisemmin. Silti muut tekijät mm. alkuperä ovat aiheuttaneet suuria eroja viljelytuloksiin.

Kuusen ja männyn hyvä mukautumiskyky uudempaan ilmastoon on lohdullinen havainto, kun kasvihuoneilmiön pelätään koituvan metsiemme tuhoksi. Ei silti pidä tuudittautua siihen uskoon, että ne sietävät samanaikaisesti esiintyviä muita muutoksia yhtä hyvin.

#### KIRJALLISUUS

Heikinheimo, O. 1949. Tuloksia kuusen ja männyn maantieteellisillä roduilla suoritetuista kokeista. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 37.2. s. 1-44.

Anneli Viherä-Aarnio

## RAUDUS- JA HIESKOIVUN JALOSTUKSEN NYKYTILANNE ETELÄ-SUOMESSA

### JOHDANTO

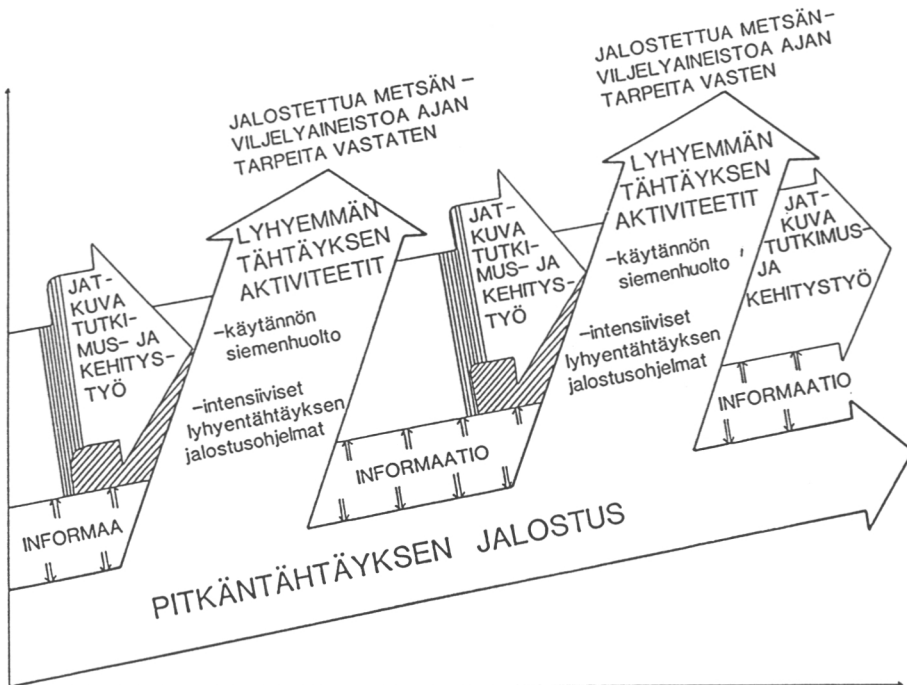
Metsänjalostuksen alkuaikoina 1950-luvulla koivu ei saanut osakseen paljon huomiota. Vasta, kun tarve viljellä koivua tuli ilmeiseksi, ruvettiin rauduskoivua järjestelmällisesti jalostamaan. Hieskoivun viljely ja jalostus puolestaan on vasta aivan viime vuosina hyväksytty.

Koivun runsas kukinta ja lähes joka vuosi toistuvat hyvät siemensadot luonnossa, helppo kukittaminen ja risteyttäminen muovihuoneessa sekä taimien nopea varhaiskehitys mahdollistavat koivunjalostuksen nopean etenemisen ja tulosten saamisen (Sarvas 1952, Holopainen ja Pirttilä 1978). Samoista syistä on mahdollista myös soveltaa tuloksia nopeasti käytäntöön ja järjestää valittujen, hyvien yksilöiden ja hyvien risteytysyhdistelmien siemenen massatuotanto metsänviljelyyn melko nopeasti ja pienin kustannuksin (Lepistö 1974, Metsänjalostussäätiö 1976, 1978, 1982). Tällä hetkellä koivun metsänviljelymateriaalista on n. 30 % siemenviljelyksistä saatua jalostettua materiaalia ja loput n. 70 % on siemenkeräysmetsikoistä valituista pluspuista kerättyä siementä. Huolimatta myöhästyneestä liikkeellelähdestä koivunjalostus on koivun edullisten biologisten ominaisuuksien vuoksi tullut edelläkävijäksi. Se ei kuitenkaan ole tullut päätepisteeseensä.



Koivunjalostuksen erilaisia toimintalinjoja sopii kuvaamaan kaavio, jonka Gullberg ja Kang (1985) ovat esittäneet useita sukupolvia jatkuvaa metsänjalostusta varten (kuva 1). Sen mukaan myös koivunjalostus on pitkälle tulevaisuuteen jatkuvaa toimintaa, jossa huolehditaan sekä riittävän geneettisen vaihtelun säilymisestä että uusien, entistä parempien jalosteiden tuottamisesta metsänviljelyyn.

Jalostetun materiaalin tuottamisessa käytännön tarpeisiin lyhyellä tähtäimellä on koivulla onnistuttu hyvin. Pitkän tähtäimen jalostusta silmällä pitäen tähänastisessa toiminnassa on kuitenkin ollut selviä puutteita, joihin kiinnittää huomionsa myös vuosiksi 1985 - 94 laaditun metsänjalostusohjelman tarkistustyöryhmä raportissaan (Pitkän tähtäyksen... 1988).

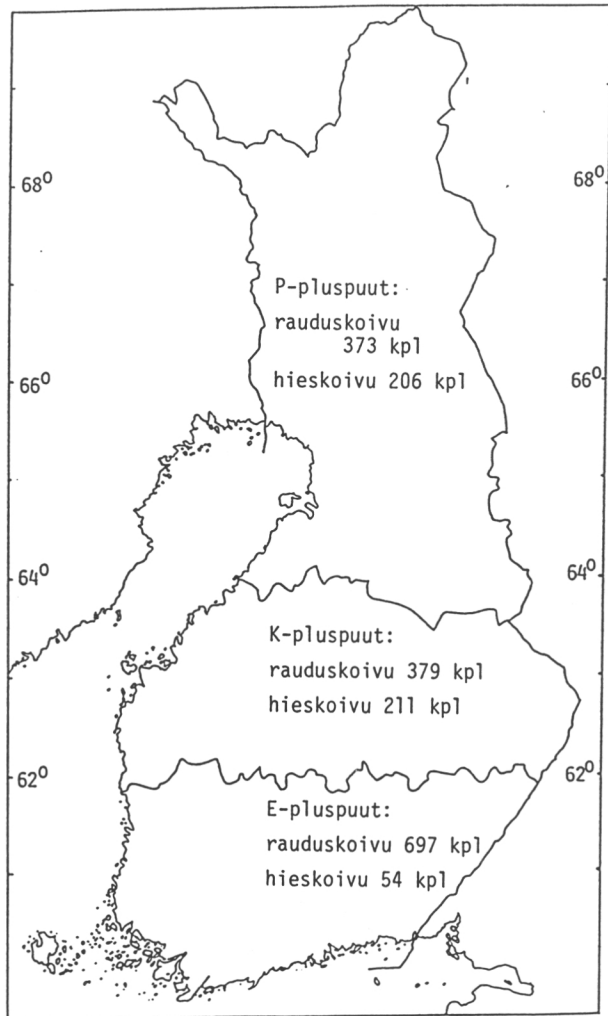


Kuva 1. Useita sukupolvia jatkuvan metsänjalostuksen lyhyen- ja pitkántähtäyksen toimintojen muodostama kokonaisuus (Gullberg ja Kang 1985, Pitkántähtäyksen... 1988).

Tässä esityksessä luodaan lyhyt katsaus koivunjalostuksen lyhyen ja pitkän tähtäimen nykytilanteeseen. Lisäksi esitellään raudus- ja hieskoivun eteläsuomalaisten aineistojen osalta joitakin jalostetun materiaalin tuotannossa soveltamiskelpoisia koetuloksia.

#### JALOSTUSAINEISTON VALINTA

Koivun jalostusaineiston valinta aloitettiin 1940-luvulla. Ensimmäinen rauduskoivun pluspuu valittiin v. 1947 Kirkkonummelta ja ensimmäinen hieskoivun pluspuu v. 1948 Karkkilaista. Rauduskoivun jalostusaineiston valinnassa noudatettiin aluksi samoja periaatteita kuin havupuilla, eli valittiin yksittäisiä puita sieltä täältä. Pluspuiden tuli tällöin erottua naapureistaan hyvän kasvun ja laadun perusteella, kun taas metsikköön kokonaisuutena ei kiinnitetty erityistä huomiota. 1960-luvulla siirryttiin pluspuiden valinnassa keskitettyyn valintaan. Alettiin valita kokonaisuudessaan hyvälaatuisia metsiköitä, joista merkittiin pluspuiksi hyvälaatuiset valtapuut (Raulo 1969). Tällaisia siemenkeräysmetsiköitä on metsägeneettisen rekisterin mukaan valittu rauduskoivulla 43 kpl ja hieskoivulla 42 kpl. Rauduskoivun kantapuita on yhteensä 2972 kappaletta, mistä määrästä 1686 on varsinaisia pluspuita. Hieskoivulla erilaisia kantapuita on tällä hetkellä rekisteröity 714, joista 535 on pluspuita (Metsägeneettinen rekisteri 14.4.1989). Kotimaisten, maan etelä-, keski- ja pohjoisosista pääosin luonnonmetsistä valittujen pluspuiden määrät raudus- ja hieskoivulla ilmenevät kuvasta 2 (ns. E-, K-, P-puut). Valitut pluspuut jakautuvat alueellisesti maassamme melko epätasaisesti, keskittyen metsiköittäin rauduskoivulla Järvi-Suomeen ja hieskoivulla Pohjanmaalle. Pluspuita on jonkin verran valittu myös ulkomaisen aineiston joukosta sekä myöhemmistä jalostus-sukupolvista.



Kuva 2. E-, K- ja P-kantapuualueittain valitut raudus- ja hieskoivun pluspuut (Metsägeneettinen rekisteri 14.4.1989).

#### RISTEYTTÄMINEN JA TESTAUS

Rauduskoivun pluspuista noin puolet on tällä hetkellä testattavana jälkeläiskokeissa vapaapölytys- tai risteytysjälkeläistoinä. Hieskoivulla kokeissa on noin kolmannes kaikista pluspuista. Todellinen tilanne on kuitenkin mai-

nittua heikompi, sillä osa kokeista on eri syistä epäonnistunut.

Risteytyksiä tehtiin koivulla jo ennen laajamittaisen jalostuksen alkamista. Ruotsinkylän jalostusaseman alkuvuosina Risto Sarvas teki mm. kontrolloituja itsepölytyksiä. Max. Hagman teki 1960-luvulla laajat risteytysohjelmat selvittääkseen koivulajien risteytyvyyttä (Hagman 1971). Koivuaineistoja on risteytetty runsaasti verrattuna muihin puulajeihin. Rauduskoivun risteyttämisen jalostustarkoituksiin aloitti Jyrki Raulo Metsäntutkimuslaitoksessa 1960-luvun alussa. Sen jälkeen koivunjalostusta on tehty v. 1969 perustetulla metsänjalostuksen tutkimusosastolla sekä Metsänjalostussäätiössä. Risteytykset tehtiin aluksi luonnonmetsiköiden puissa, saman metsikön puiden kesken sekä eri metsiköiden puiden välillä. 1970-luvulla siirryttiin yhä enemmän tekemään risteytystyöt muovihuoneissa siemenviljelyksissä ja jalostustarhoissa.

Risteytyksissä on keskitytty rauduskoivuun. Metsäntutkimuslaitoksessa risteytyksiä on tehty etupäässä E-kantapuilla. Tämän lisäksi on tehty jonkin verran laji-, proveniensi- ja visaristeytyksiä. Näiden risteytysjälkeläistöjen lisäksi on kenttäkokeissa rauduskoivun E-, K- ja P-kantapuiden vapaapölytysjälkeläisiä, erilaisia jalostusasteita edustavia jälkeläistöjä sekä Neuvostoliitosta, lähinnä Baltian maista peräisin olevia alkuperiä. Metsänjalostussäätiön muovihuoneissa kukitetuissa, pääasiassa kotimaista alkuperää olevissa aineistoissa on toteutettu useita erilaisia systemaattisia risteytysmenettelyjä. Pääpaino on ollut E- ja K-kantapuualueiden puissa (R. Haggvist, suull. tieto).

Hieskoivun risteyttämiseen ja hieskoivukantapuiden testaukseen on maassamme panostettu huomattavasti vähemmän. Metsäntutkimuslaitoksessa hieskoivuristeytyksiä tehtiin vuosina 1975 - 1977 Punkaharjulla ja Tuusulassa metsiköi-

den välisinä ja sisäisinä risteytyssarjoina. Jälkeläistöt näistä risteytyksistä ja vapaapölytysjälkeläistöjä lähinnä K-alueen kantapuista kasvaa kenttäkokeissa Etelä-Suomessa ja Pohjanmaalla. Metsänjalostussäätiossä hieskoivun risteytykset aloitettiin vuonna 1985 mm. hieskoivun siemenviljelyksen No 350 kloonien testaamiseksi ja hyvien risteytysyhdistelmien löytämiseksi (R. Hagqvist, suull. tieto).

Jyrki Raulon 1960-luvulla perustamista, rauduskoivun risteytys- ja vapaapölytysjälkeläistöjä sisältäneistä kokeista on saatu arvokasta testaustietoa valituista pluspuista. Näiden koetulosten mukaan periytyvä muuntelu on suurimmaksi osaksi yksilöiden välistä, ja pelkästään yksinkertaisella valinnalla on saavutettavissa huomattava kasvun ja laadun parannus (Raulo 1977).

#### KOIVUNJALOSTUKSEN PITKÄN JA LYHYEN AIKAVÄLIN OHJELMISTA

Koivunjalostuksen piirissä tähän mennessä tehty työ on tuottanut runsaasti hyödyllistä tietoa ja koetuloksia mukana olleista puista. Näistä tuloksia on voitu soveltaa käytäntöön mm. perustettaessa siemenviljelyksiä. Sellaisenaan nämä jalostuksen erillislinjat eivät kuitenkaan ole riittäviä kuvan 1 esittämän pitkän tähtäimen jalostusohjelman aineistoksi. Metsänjalostusohjelman tarkistustyöryhmä esittääkin raportissaan (Pitkätähtäyksen... 1988), että myös rauduskoivun pitkätähtäyksen valintajalostuksen perustaksi tarvitaan entistä laajempiin aineistoihin perustuvat valinta- ja risteytysuunnitelmat, joilla jalostuksen eteneminen ja riittävän perinnöllisen vaihtelun säilyminen turvataan useiden sukupolvien ajaksi. Käytännössä jalostusohjelman toteuttaminen edellyttää aluksi mm. maan eteläpuoliskon jakamista erillisiin jalostusvyöhykkeisiin ja riittävän laajojen peruspopulaatioiden koostamista vyöhykkeittäin jalostuksen lähtökohdaksi. Tämä taas

edellyttää jonkin verran lisävalintaa pluspuuaineiston maantieteellisen peittävyuden lisäämiseksi sekä jo valitun aineiston säilymisen turvaamista kloonikokoelmia perustamalla. Tällaista laajaa ja systemaattista jalostusohjelmaa metsänjalostusohjelman tarkistustyöryhmä esittää toistaiseksi vain rauduskoivulle Oulu-Kajaani -linjan eteläpuolella (Pitkätähtäyksen... 1988).

Koivunjalostuksen lyhyen tähtäimen aktiviteetit puolestaan pyrkivät tuottamaan hyvää materiaalia käytännön tarpeisiin tavoitteena mahdollisimman suuri jalostushyöty, joskus jopa geneettisen vaihtelun kustannuksella. Tällaisia lyhyen tähtäimen aktiviteetteja ovat sekä usean että kahden kloonin siemenviljelysten perustaminen. Myös esimerkiksi nisäkätuhoille resistenttien koivujalosteiden tuottaminen voisi lähitulevaisuudessa muodostaa tällaisen lyhyen tähtäimen jalostusohjelman.

Kantapuiden testauksesta saatavaa tietoa sovelletaan pitkän ja lyhyen tähtäimen jalostusohjelmissa eri tavoin. Varsinkin kahden kloonin siemenviljelyksiä perustettaessa on tärkeätä olla tietoa kantapuiden ns. erityisestä **kombinaatiokyvystä**. Tällä tarkoitetaan jonkin tietyn kahden puun risteytysyhdistelmän paremmuutta verrattuna emon- ja isäpuiden jälkeläisiin keskimäärin. Toinen tärkeä kantapuun ominaisuus, ns. yleinen **kombinaatiokyky**, ilmaisee, kuinka hyviä tarkastellussa ominaisuudessa ovat tietyn emopuun risteytysjälkeläiset keskimäärin (Luukkanen 1969, Falconer 1983). Yleisen kombinaatiokyvyn ollessa suuri verrattuna erityiseen kombinaatiokykyyn tiedetään tarkasteltavan ominaisuuden periytyvän additiivisesti. Tämä taas on edullista pitkän tähtäimen jalostuksen kannalta sekä valittaessa aineistoa monen kloonin siemenviljelyksiin. Sekä erityisen että yleisen kombinaatiokyvyn määrittäminen tarkasti edellyttää tietynlaisia systemaattisia risteytysmenettelyjä (dialleeli-, faktori- tai polycross-risteytykset), mutta viitteitä niistä voidaan nähdä epätäydellisem-

mistäkin kokeista. Tämän hetken tunnetuinta koivujalostetta, kahden kantapuun E 1970 x E 1980 risteytysjälkeläistöä (JR-1) voidaan pitää esimerkkinä näiden kahden kantapuun hyvästä erityisestä kombinaatiokyvystä (Raulo 1979).

Seuraavassa tarkastellaan raudus- ja hieskoivun eteläsuomalaista aineistoa sisältävien koesarjojen tuloksia, joita voidaan mm. soveltaa jalostuksen lyhyen tähtäimen toiminnoissa, esim. siemenviljelyksiä perustettaessa.

#### RAUDUSKOIVUN KOESARJA 727

Rauduskoivun koesarja 727/1-3 sisältää yhteensä 51 koeerää, joista 42 on eteläsuomalaisten rauduskoivukantapuiden vapaapölytysjälkeläistöjä sekä 9 erilaisia vertailueriä. Vertailueristä 8 on etelä- ja keskisuomalaisia metsikkösiemeneriä sekä yksi kantapuiden risteytyseriä, E 3013 Tuusula x E 2812 Valkeakoski. Kokeet perustettiin kaksivuotiailla taimilla toukokuussa 1981. Koesarjan osakokeiden sijainti, koejärjestely ja tehdyt mittaukset käyvät ilmi taulukosta 1.

Taulukko 1. Koesarjan 727 osakokeiden sijainti, koejärjestely sekä tehdyt mittaukset.

Osakoe	Sijainti	Koetyyppi	Koe- eriä, kpl	Tois- toja, kpl	Taimia ruudussa kpl	Mittaukset 1985
727/1	Punkaharju	testaus- tarhakoe	51	7	16	elävyys, pituus, läpimitta, tila- vuus
727/2	Eurajoki	kenttäkoe	51	7	16	elävyys, pituus
727/3	Muurame	kenttäkoe	47	7	16	elävyys, pituus

Koe 727/1 Punkaharjulla on erittäin hyvin onnistunut taisaisella peltomaalla sijaitseva, aidattu testaustarhakoe. Koe 727/2 Eurajoella kasvaa rauduskoivulle sopimattomalla ja maaperältään hyvin epätasaisella, paikoitellen kiviselällä, paikoitellen soistuneella alustalla. Koe 727/3 Muuramessa kasvaa myös rauduskoivulle sopimattomalla alustalla, tiiviillä peltomaalla. Tällä kokeella on myös runsaasti hirvituhoja. Osakokeet 727/2 ja 727/3 ovat molemmat kunoltaan heikkoja.

Eurajoen ja Muuramen kokeiden alhaisen elävyyden, epätasaisen ja rauduskoivulle sopimattoman kasvualustan sekä hirvituhojen vuoksi keskitytään jatkossa tarkastelemaan Punkaharjun osakokeen tuloksia, jotka antavat todennäköisesti luotettavimman kuvan koe-erien kasvuerosta. Taulukosta 2 käyvät ilmi elävyydet ja keskipituudet koesarjan osakokeissa keskimäärin.

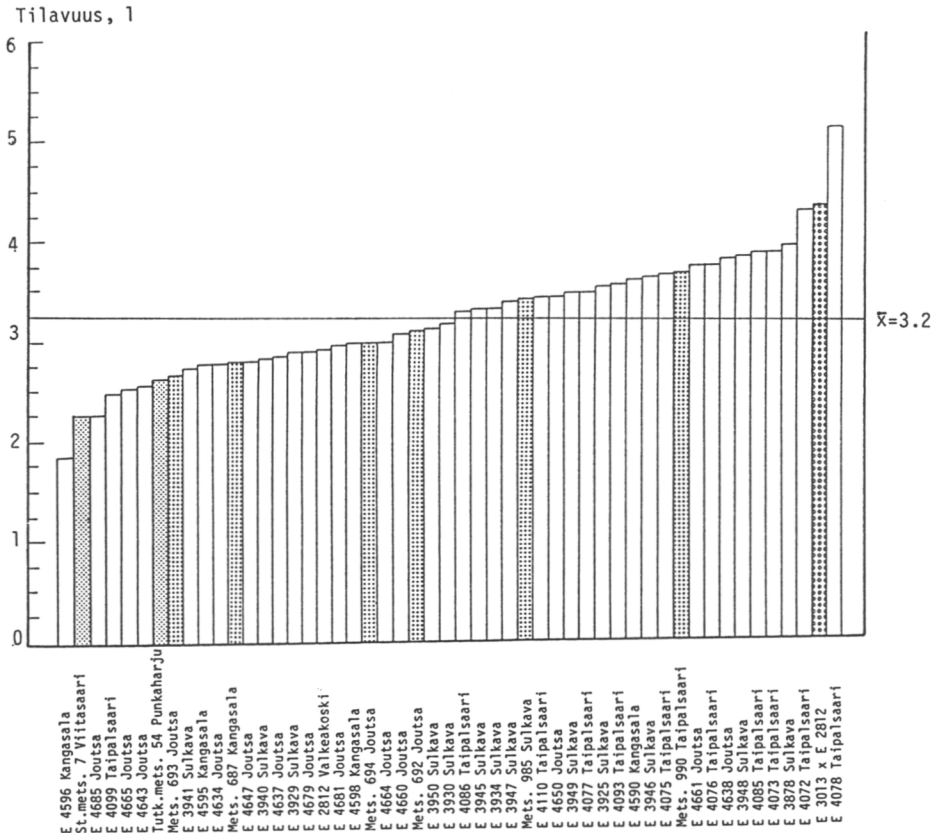
Taulukko 2. Koeaineiston elävyydet ja keskipituudet koesarjan 727 osakokeissa keskimäärin.

Osakoe	Elävyys, %		Keskipituus, m	
	$\bar{x}$	vaihteluväli	$\bar{x}$	vaihteluväli
727/1 Punkaharju	98	83-100	4,96	4,16 - 5,98
727/2 Eurajoki	55	41-69	1,62	1,37 - 1,87
727/3 Muurame	65	34-90	1,93	1,52 - 2,26

Kuvasta 3 ilmenee Punkaharjun testaustarhakokeen koe-erien tilavuus litroina seitsemän vuoden ikäisistä taimista mitattuna v. 1985. Koe-erien keskimääräinen runkotilavuus vaihteli 1,8 litrasta 5,0 litraan. Koko kokeen keskimääräinen runkotilavuus oli 3,2 l. Parhaiten kasvanut erä oli Taipalsaaren kantapuun E 4078 vapaapölytysjälkeläistö, jonka keskimääräinen tilavuus oli 58 % parempi kuin kokeen keskiarvo ja 39 % parempi kuin paras metsikkösiemenerä



Taipalsaaren metsiköstä 990. Metsiköittäin tarkasteltuna Taipalsaaren ja Sulkavan metsiköiden kantapuut sijoittuivat pääsääntöisesti koekeskiarvon yläpuolelle ja Joutsan sekä Kangasalan puut koekeskiarvon alapuolelle. Viitasaaren standardimetsikön jälkeläistö, joka edusti muihin koe-eriin nähden selvästi pohjoisempaa alkuperää oli tilavuuskasvultaan toiseksi heikoin. Punkaharjun tutkimusmetsikön jälkeläiset olivat seitsemänneksi heikoimpia. Tätä metsikköä ei ole valittu erityisen hyvien kasvu- tai laatuominaisuuksien perusteella, eivätkä sen puut ole pluspuita.



Kuva 3. Pluspuiden vapaapölytysjälkeläisten sekä metsikkösiemenerien keskimääräinen runkotilavuus kokeessa 727/1 Punkaharjulla seitsemän vuoden ikäisistä taimista mitattuna. Emopuun ja metsikön alkuperä ja numero on merkitty kunkin pylvään alle.

Vertailueristä risteytysyhdistelmä E 3013 Tuusula x E 2812 Valkeakoski oli tilavuuskasvultaan kokeen toiseksi paras erä ollen 34 % koekeskiarvoa parempi sekä 18 % parasta metsikköalkuperää parempi. Risteytysyhdistelmässä isänä käytetyn Valkeakosken kantapuun E 2812 vapaapölytysjälkeläistö sijoittui 10 % koekeskiarvon alapuolelle. Risteytysyhdistelmän hyvä kasvu verrattuna sen toisen vanhemman vapaapölytysjälkeläistön kasvuun antaa viitteitä hyvästä erityisestä kombinaatiokyvystä tämän yhdistelmän kohdalla. Nopean kasvunsa puolesta tämä jälkeläistö on esimerkki risteytysyhdistelmästä, joka voisi soveltua tuotettavaksi metsänviljelyyn kahden kloonin siemenviljelyksessä. Ennenkuin tätä voidaan suositella, tulee kuitenkin tarkkaan varmistua siitä, että yhdistelmä on laatuominaisuuksiltaan moitteeton, eikä erityisen altis nisäkästuholle.

Kokeen parhaimmiston sijoittuvien kantapuiden vapaapölytysjälkeläistöt (kuten Taipalsaaren puiden E 4078, E 4072, E 4073, E 4085, E 4076, Sulkavan puiden E 3878, E 3948 sekä Joutsan puiden E 4638 ja E 4661) puolestaan antavat viitteitä kyseisten emopuiden hyvästä yleisestä kombinaatiokyvystä. Näistä kasvultaan hyvistä kantapuista voisivat sopia monen kloonin siemenviljelykseen ne, jotka todetaan laadultaan hyviksi.

#### **HIESKOIVUN KOESARJA 672**

Hieskoivun koesarja 672/1-2 sisältää yhteensä 42 koe-erää, joista 32 on Punkaharjun ja Tuusulan hieskoivukantapuiden välisiä ristetytysjälkeläistöjä, neljä Punkaharjun kantapuiden vapaapölytysjälkeläistöjä, viisi Tuusulan kantapuiden vapaapölytysjälkeläistöjä sekä yksi vertailuerä. Vertailueränä on Punkaharjun alkuperää oleva metsikkösiemen-erä. Kokeet perustettiin kaksivuotiailla taimilla touko-

kuussa 1980. Koesarjan osakokeiden sijainti, koejärjestely ja tehdyt mittaukset käyvät ilmi taulukosta 3.

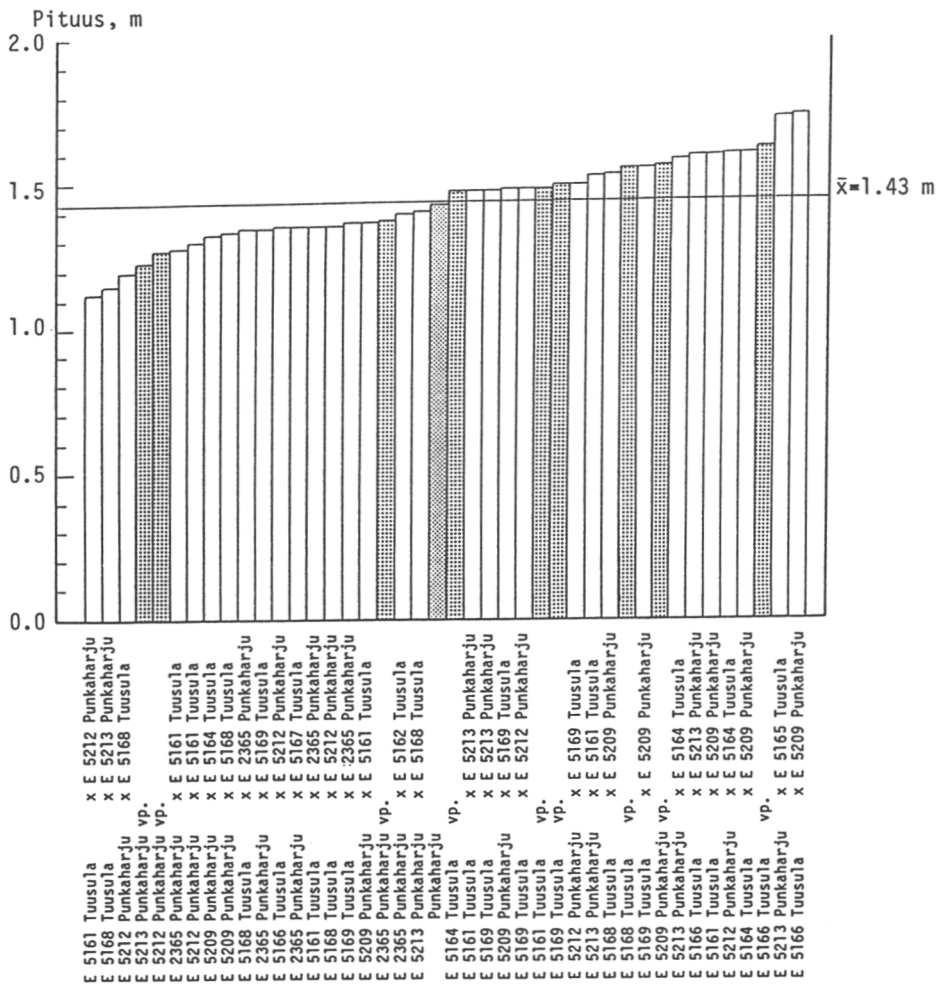
Taulukko 3. Koesarjan 672 osakokeiden sijainti, koejärjestely sekä tehdyt mittaukset.

Osakoe	Sijainti	Koetyyppi	Koe- eriä, kpl	Tois- toja, kpl	Taimia ruudussa, kpl	Mittaukset 1984
672/1	Somero	kenttäkoe	42	7	9	elävyys, pituus
672/2	Hartola	kenttäkoe	29	7	9	elävyys, pituus

Molemmat osakokeet ovat kokeena hyvin onnistuneita ja välttyneet tuhoilta. Someron koe sijaitsee pellolla, tiiviillä savimaalla, ja Hartolan koe paikoitellen soistuneella kangasmaalla. Someron kokeella koe-erien elävyys vaihteli 63 %:sta 97 %:iin. Kokeen keskimääräinen elävyys oli 83 %. Erot koe-erien elävyydessä eivät olleet tilastollisesti merkitseviä (F koe-erät 1.292, F toistot 9.875\*\*\*). Hartolan kokeella koe-erien elävyys vaihteli 91 %:sta 100 %:iin. Kokeen keskimääräinen elävyys oli 97 %. Myöskään tällä kokeella eivät erot koe-erien elävyydessä olleet tilastollisesti merkitseviä (F koe-erät 1.409, F toistot 1.666).

Vuonna 1984 seitsemän vuoden ikäisistä taimista tehdyn pituusmittauksen mukaan koe-erien keskipituus Someron kokeella vaihteli 1,12 m:stä 1,74 m:iin. Koko kokeen keskiarvo oli 1,43 m. Koe-erien keskipituuksissa oli tilastollisesti erittäin merkitseviä eroja (F koe-erät 2.267\*\*\*, F toistot 9.704\*\*\*). Tukeyn testissä 5 % riskitasolla merkitsevä ero oli 0,52 m. Kokeen kaksi parasta erää E 5166 Tuusula x E 5209 Punkaharju ja E 5213 Punkaharju x E 5165 Tuusula olivat 22 % koekeskiarvoa parempia. Hartolan kokeella koe-erien keskipituus vaihteli 1,89

m:stä 2,91 m:iin. Koko kokeen keskiarvo oli 2,39 m. Koeerien keskipituuksissa oli tilastollisesti erittäin merkitseviä eroja (F koe-erät 4.192\*\*\*, F toistot 45.256\*\*\*). Kokeen paras erä E 5213 Punkaharju x E 5165 Tuusula oli 25 % koekeskiarvoa parempi.



Kuva 4. Hieskoivun risteytys- ja vapaapölytysjälkeläistöjen keskipituus kokeessa 672/1 Somerolla vuonna 1984 seitsemän vuoden ikäisistä taimista mitattuna.

Koe-erien pituuskasvu eri osakokeilla on ollut hyvin erilainen. Tätä osoittaa kokeiden välinen alhainen korrelaatio, joka oli molemmissa kokeissa esiintyvien koe-erien osalta 0.259. Molemmissa kokeissa oli kuitenkin sama risteytysrä, E 5213 Punkaharju x E 5165 Tuusula, menestynyt hyvin, yli 20 % koekeskiarvoa paremmin. Vertailueränä käytetty Punkaharjun alkuperää oleva, jalostamaton siemenrä sijoittui molemmissa kokeissa hieman koekeskiarvon alapuolelle. Vapaapölytysjälkeläistöistä parhaiten menestyi Tuusulan kantapuun E 5166 jälkeläistö, joka oli molemmilla kokeilla järjestyksessä kolmantena ja 13 % koekeskiarvoa parempi.

Koesarjan tulokset osoittavat, että myös hieskoivulla voidaan löytää yksittäisiä hyviä risteytysyhdistelmiä, jotka antavat viitteitä hyvästä erityisestä kombinaatiokyvystä. Jos yhdistelmän E 5213 Punkaharju x E 5165 Tuusula paremmuus kasvussa vahvistuu tulevissa mittauksissa, ja jos kyseinen yhdistelmä lisäksi osoittautuu laadultaan moitteettomaksi, voidaan harkita esim. kahden kloonin hieskoivusiemenviljelyksen perustamista yhdistelmän tuottamiseksi metsänviljelyyn Etelä-Suomessa.

#### JOHTOPÄÄTÖKSIÄ

Koivunjalostuksen lähiajan haasteena tulee olemaan pitkän-tähtäimen jalostusohjelman aloitus laajalla aineistolla, joka mahdollistaa tuloksellisen jalostustyön vielä useiden puusukupolvien kuluttua. Jatkamalla risteytystyötä luodaan uutta muuntelua, ja uusien risteytysyhdistelmien joukosta voidaan valita parhaat myös käytännön viljelyyn tuotettaviksi. Myös nuoremmista, 1970-80-luvulla perustetuista kokeista kertyvää testaustietoa voidaan hyödyntää paitsi jalostuspopulaatioiden koostamisessa, myös esim. siemenviljelysten perustamisessa. Geneettisen muuntelun hyväksi-

käytössä aivan uuden mahdollisuuden tarjoaa koivulla jo hyvin toimiva kasvullisen monistamisen menetelmä, solukko-  
viljely. Hyvien alkuperien joukosta voidaan edelleen vali-  
ta monistettavaksi kasvultaan, laadultaan tai muilta omi-  
naisuuksiltaan halutunlaiset yksilöt viljelyyn, joskin  
samalla on pidettävä mielessä kloonatun aineiston käyttöön  
mahdollisesti liittyvät riskit.

#### KIRJALLISUUS

- Falconer, D.S. 1983. Introduction to quantitative genet-  
ics. Longman. Lontoo, New York. 2. p. 340 s.
- Gullberg, U. & Kang, H. 1985. A model for tree breeding.  
Studia Forestalia Suecica 169.
- Hagman, M. 1971. On self- and cross-incompatibility shown  
by *Betula verrucosa* Ehrh. and *Betula pubescens* Ehrh.  
Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 73.6.
- Holopainen, L. & Pirttilä, V. 1978. Kukittamishuoneen  
varusteet ja käyttö. Metsänjalostussäätiö. Tiedote  
1(1978).
- Lepistö, M. 1974. Jalostettua koivunsiementä käytännön  
tarpeisiin. Metsä ja Puu 1(1974).
- Luukkanen, O. 1969. Metsägeneettinen sanasto. Helsingin  
yliopiston metsänhoitotieteen laitos. Tiedonantoja N:o  
1. Helsinki 1969. 108 s.
- Metsänjalostussäätiö 1976. Vuosikirja 1976. 48 s.
- Metsänjalostussäätiö 1978. Vuosikirja 1978. 31 s.
- Metsänjalostussäätiö 1982. Vuosikirja 1982. 32 s.
- Pitkántähtäyksen metsänjalostusohjelma ja työsuunnitelma  
vuosiksi 1989-1998. Vuosiksi 1985-1994 laaditun metsän-  
jalostusohjelman tarkistustyöryhmän raportti. Helsinki  
1988. 113 s.
- Raulo, J. 1969. Koivun rodunjalostuksesta. Puumies  
3(1969):57-59.
- 1977. Studies on the growth of trees in *Betula planta-*

- tions and progeny tests in Finland. Väitöskirja. Turun Yliopisto, Biologian laitos, kasvitieteen osasto. 39 s.
- 1979. Rauduskoivujälkeläistöjen rungon laatu Etelä- ja Keski-Suomessa. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 97.5.
- Sarvas, R. 1952. On the flowering of birch and the quality of seed crop. Selostus: Koivun kukkimisesta ja siemen-sadon laadusta. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 40.7.

Martti Venäläinen

## MITÄ JÄLKEKÄISKOKEET OSOITTAVAT MÄNNYN SIEMENVILJELYSTEN JALOSTUSHYÖDYSTÄ?

### JOHDANTO

Etelä- ja Keski-Suomessa jo lähes kaikki tänä keväänä metsänviljelyyn käytettävät männyn taimet on kasvatettu siemenviljelyksiltä kerätystä siemenestä. Siemenviljelyssiemenen käyttö myös yksityisten maanomistajien metsäkylvöissä on alkamassa. Metsähallituksen metsissä siemenviljelyssiemen on syrjäyttänyt vaihtoehdoisen metsikkösiemenen niin metsäkylvöissä kuin istutuksessa jo useita vuosia sitten.

Jalostushyödyllä tarkoitetaan tässä kirjoituksessa sitä metsänkasvatuksen lopputuloksen eroa, joka syntyy, kun metsänviljelijä käyttää metsänsä uudistamiseen jalostettua siemen- tai taimiaineistoa parhaan saatavissa olevan jalostamattoman aineiston asemesta. Nykyään saatavilla oleva jalostettu männynsiemen on ensimmäisen polven siemenviljelyksistä kerättävää, alkuperäluokkiin A2 (siemenviljelyksistä saatu aineisto) tai A3 (nuorista siemenviljelyksistä saatu aineisto) kuuluvaa siementä. Männyn jalostuksessa ollaan siten vielä aivan alkuvaiheessa, testattua siemenaineistoa (A1) ei saada vielä lähitulevaisuudessakaan. Jalostamaton vaihtoehto olisi aluekeräyssiemen tai tavallisesta metsiköstä ohjatusti kerätty siemen. Plusmetsiköistä kerättyä siementä ei juuri ole saatavissa. Jalostushyöty perustuu siis puiden perinnöllisten kasvu- ja laatuominaisuuksien eroihin. Siemenviljelysten merkitystä



valtakunnallisen siemenhuollon järjestämisessä, siemenviljelyssiemenen fysiologista laatua tai hintaa ei tässä yhteydessä käsitellä.

Tässä kirjoituksessa jalostushyödyistä tehtävät päätelmät ovat hyvin alustavia. Ne perustuvat Metsäntutkimuslaitoksen metsänjalostuksen tutkimusosaston jälkeläiskokeiden uusiimpiin mittaustuloksiin.

#### **PLUSPUIDEN VALINTAERON PERUSTEELLA ODOTETTAVA JALOSTUSHYÖTY**

Pluspuiden valinta aloitettiin Suomessa v. 1947. Valinnalla pyrittiin tavoittamaan luonnonmetsistä ilmiasultaan eli fenotyypiltään kaikkein parhaimmat puuyksilöt. Valinta-perusteena pidettiin sekä hyvää kasvua, laatua että terveydentilaa (esim. Sarvas 1953, Oskarsson 1972). Oletettiin, että huolellisella ja riittävän ankaralla ilmiasuun kohdistuvalla valinnalla löydettäisiin ne puut, jotka hyvien perinnöllisten ominaisuuksiensa ansiosta tuottaisivat keskinkertaista parempia jälkeläisiä. Yksittäisestä hyvän näköisestä puusta ei kuitenkaan voida sanoa, onko vain puun kasvuympäristö ollut poikkeuksellisen suotuisa vai ovatko puun perintötekijät todella keskimääräistä paremmat. Ensin mainitussa tapauksessa sen jälkeläiset ovat uudessa kasvuympäristössä todennäköisimmin keskinertaisia, jälkimmäisessä tapauksessa taas keskiarvoltaan valikoimattomien puiden jälkeläistöjen keskiarvoa parempia. Pluspuiden joukossa lienee siis myös "vääriä" valintoja.

Pluspuut valittiin ensijaisesti metsänjalostuksen lähtöaineistoksi, josta jälkeläistestauksen avulla erotellaan jatkojalostukseen otettavat puut. Silmänvaraisesti valittujen pluspuiden käyttäminen välitöntä jalostushyötyä

antavissa siemenviljelyksissä on kuitenkin ajoittain kovastikin korostunut.

1970-luvun alkaessa, kun pluspuita katsottiin olevan jo riittävästi, laskettiin arvio valinnalla saavutettavasta jalostushyödystä. Laskelmassa käytettiin hyväksi ensimmäisiä suomalaisia tuloksia mäntyjen pituuden periytyvyydestä. Oli havaittu, että noin 18 % mäntyjen pituseroista siirtyi jälkeläisiin eli johtui metsänjalostuksessa käytökelpoisista perintötekijöistä. Toisaalta laskettiin valintaero, eli kuinka paljon pluspuiden pituuden keskiarvo poikkesi normaalien mäntymetsien keskipituudesta. Yksityiskohtaisimmin arvioitiin VT-tyyppin männiköissä saatava jalostushyöty. Pituudessa se vaihteli 4,4 %:sta 2,6 %:iin metsikön iän muuttuessa 60 vuodesta 100 vuoteen. Pituuden jalostushyödystä johdettiin tilavuuden jalostushyöty kehityssarjan mukaiselle keskipuulle. Jalostushyödyksi saatiin 15,3 %:sta 7,3 %:iin edellä mainittuja iäkiä vastaavasti. Samojen lukujen on yleisesti tulkittu pätevän myös metsikön puuntuotokseen. Kuten tekijät totesivat, selvitys sisälsi merkittäviä epävarmuustekijöitä (Tigerstedt ja Malmivaara 1970).

Metsänjalostustoimikunnan mietinnössä esitettyssä selvityksessä metsänjalostusprojektin kansantaloudellisten vaikutusten ja edullisuuden arvioinnista käytettiin 1. polven siemenviljelysten jalostushyödyille 10 %:n arviota (Metsänjalostustoimikunnan mietintö 1975).

#### **NUORTEN KOEVILJELYSTEN TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU**

Metsänjalostuksen tutkimusosaston perustamien kenttä- ja testaustarhakokeiden joukossa on harvoja sellaisia kokeita, joiden suoranaisena tarkoituksena on tutkia siemenviljelyssiemenen ja metsikkösiemenen menestymisen eroja. Tähän liittyviä päätelmiä on kuitenkin mahdollista tehdä

muihinkin tarkoituksiin perustetuista kokeista. Suurin tällainen koeryhmä ovat sellaiset pluspuiden jalostusarvoa selvittävät kokeet, joissa on käytetty metsikkösiemeniin rinnastettavia vertailueriä. Jalostusarvokokeiden ensijainen tarkoitus on selvittää pluspuiden keskinäinen paremmuusjärjestys, jonka perusteella puut valitaan jatkojalostusohjelmaan. Jalostusarvojärjestystä voidaan hyödyntää myös siemenviljelysten harvennuksissa ja uusien siemenviljelysten perustamisessa.

Taulukossa 1 on esitetty yhteenveto 19 kenttäkokeen tuloksista. Mukaan on otettu sellaisia kokeita, joista on mittaustulos vähintään kymmenen vuoden iältä istutuksesta lukien, ja joiden voidaan katsoa sopivan fenotyyppiin perustuvan valinnan tehosta tehtäviin päätelmiin. Kussakin kokeessa on yhdestä kuuteen vertailuerää, joiden keskiarvoa on verrattu useiden kantapuiden jälkeläistöjen keskiarvoon. Tulos on esitetty suhteellisena: vertailuerien keskiarvolle on annettu arvo 100. 12 kokeesta on mitattu pituuden lisäksi runkotilavuus. Koska koe-erän runkotilavuus on koe-erän kaikkien puiden tilavuuksien summa, siihen vaikuttaa myös elävyys. Näistä kokeista mitattu runkotilavuus antaa kuitenkin epävarman kuvan suurten metsiköiden tuotoksesta, koska kutakin koe-erää on kasvanut kokeessa vain 400 - 700 m<sup>2</sup>:n suuruisella alueella. Lisää epävarmuutta tulokseen aiheuttaa se, että pienten puiden tilavuuden laskeminen on epätarkkaa. Jos valittujen puiden jälkeläisten runkomuoto on normaalista poikkeava, tilavuuden laskemisessa joudutaan entistä epävarmemmalle pohjalle.

Taulukko 1. Yhteenvedo pluspuiden vapaapölytysjälkeläistön kasvusta. Menestyminen on ilmoitettu suhteellisena, vertailuerien keskiarvo on 100.

Koe nro	Sijainti-kunta	Ikä v.	Vertailuerät		Pluspuiden vapaapölytysjälkeläistöt			
			lkm	Alkuperä	lkm	Siementen keräyspaikka	Menestyminen	Pituus Tuotos
159/1	Kuorevesi	20	1	yleiskeräys Itä-Häme	35	kantapuut, E- ja K-Suomi	109	159
277/1	Kisko	20	1	yleiskeräys Pohja	12	sv 6, Fiskars	101	109
329/1	Tammela	15	2	St. 11 Kerimäki, st. 21 Tammela	38	kloonikok. 10, Tuusula	96	78
330/1	Vilppula	15	2	St. 16 Kuorevesi, st. 17 Padasjoki	14	kloonikok., Tuusula	99	92
330/2	Heinola mlk	15	2	St. 16 Kuorevesi, st. 17 Padasjoki	14	kloonikok., Tuusula	103	112
367/1	Kuorevesi	15	2	St. 16 Kuorevesi, st. 17 Padasjoki	9	kloonikok., Tuusula	102	
369/1	Pohja	15	1	yleiskeräys Pohja	21	sv. 6, Fiskars	104	
377/1	Iitti	19	2	Kalvola, yleiskeräys Itä-Häme	17	sv. 2, Osara	106	117
418/1	Tenhola	15	1	St. 22 Solböle	25	sv. 6, Fiskars	103	122
428/1	Inkoo	15	1	St. 20 Lapinjärvi	25	kloonikok., Tuusula	103	111
428/2	Keuruu	15	1	St. 20 Lapinjärvi	25	kloonikok., Tuusula	104	116
429/1	Karvia	16	1	St. 17 Padasjoki	25	kloonikok., Tuusula	108	
429/2	Joutseno	15	1	St. 17 Padasjoki	25	kloonikok., Tuusula	97	98
430/1	Savonranta	15	1	St. 11 Kerimäki	25	kloonikok., Punkaharju	95	94
431/1	Savonranta	15	1	St. 11 Kerimäki	13	kloonikok., Punkaharju	103	112
431/2	Keuruu	16	1	St. 11 Kerimäki	13	kloonikok., Punkaharju	102	
635/1	Rantasalmi	10	5	St. 11 Kerimäki, st. 16 Kuorevesi, st. 17 Padasjoki, st. 18 Miehikkälä ja st. 20 Lapinjärvi	11	useita siemenviljelyksiä	103	
635/6	Tuusula	10	6	St. 11 Kerimäki, st. 16 Kuorevesi, st. 17 Padasjoki, st. 18 Miehikkälä, st. 20 Lapinjärvi ja Tammela	11	useita siemenviljelyksiä	106	
654/1	Pieksämäki	10	3	St. 11 Kerimäki, st. 16 Kuorevesi ja st. 17A Jaala	93	sv 124, Iitti, K-kloonit	106	
KESKIARVO							102,5	109,9

St. = standardimetsikkö, ks. sivu 64

Kloonikok. = kloonikokoelma, ks. sivu 60

Havaitaan, että pluspuujälkeläistöjen pituusero metsikkösiemeneriin verrattuna vaihtelee 9 %:n etumatkasta 5 %:n jälkeensäneisyyteen. Jopa saman koesarjan kaksi rinnakkaiskoetta, kuten 429/1 Karvialla ja 429/2 Joutsenossa, antavat kahdella eri paikkakunnalla ristiriitaisen tunteisen tuloksen. Kaikkien kokeiden keskiarvoksi noin 15 vuoden iässä muodostuu 2,5 % pluspuujälkeläistöjen eduksi. Tuotoksessa ero on kuitenkin keskimäärin lähes 10 % puiden vielä ollessa pienikokoisia.

Muutamista vanhimmista kokeista on tehty myös laatumittauksia. Taulukossa 2 esitetään yhteenveto neljän kokeen antamista tuloksista. Oksan paksuutta on tarkasteltu sekä absoluuttisena että rungon rinnankorkeuslähimittaan suhteutettuna.

Taulukko 2. Yhteenveto kokeiden 277/1, 369/1, 377/1 ja 428/2 laatumittauksista. Pluspuujälkeläistöjen menestyminen metsikköeriin verrattuna noin 17 vuoden iässä.

	Ero %	Eron vaikutus jalostushyötyyn
Pituus	6,0	+
Läpimitta	3,3	+
Absoluuttinen oksan paksuus	-5,9	+
Suhteellinen oksan paksuus	-8,0	+
Oksien lukumäärä	5,9	-
Oksakulma	1,4	+
Puuaineen tiheys	-0,8	-

Sahapuun laatuun vaikuttavista oksaominaisuuksista oksan suhteellinen ja absoluuttinen paksuus sekä oksakulma ovat pluspuujälkeläistöillä edullisemmat kuin vertailuerillä. Oksien lukumäärä on sen sijaan suurempi. Puuaineen tiheys on aivan vähän alhaisempi. Kokonaisuudessaan pluspuujälkeläistöjen voidaan katsoa olevan nopeammasta kasvusta huolimatta laadultaan parempia kuin metsikköerät (ks. esim. Velling 1986 a ja b).

Tehtäessä päätelmiä nykyisin tarjolla olevan siemenviljelysalkuperää olevan metsänviljelyaineiston jalostushyödytystä edellä olevien tulosten perusteella, on otettava huomioon ainakin seuraavat kysymykset.

Vastaavatko kokeissa edustetut pluspuut niitä pluspuuklooneneja, jotka esiintyvät nykyisissä Etelä- ja Keski-Suomen siemenviljelyksissä?

Varsinaisia siemenviljelyksiä on koesiementen keräyspaikkojen joukossa vain kolme. Niistä siemenviljelykset no. 2 ja 6 ovat kloonimäärältään pieniä ja siemenviljelys no. 6 on kokeiden joukossa yliedustettu. Pääosa koesiemenistä on kerätty Ruotsinkylässä sijaitsevasta kloonikokoelmista. Niiden kloonit ovat muutamia erikoispuita lukuunottamatta samoja kuin vanhimmissa siemenviljelyksissä. Keskiarvo painottuu noin 50:n, ennen vuotta 1955 valitun pluspuun jälkeläistön käyttäytymisellä ja se edustaa kohtalaisen hyvin Etelä-Suomen siemenviljelyksissä esiintyvää 660 pluspuukloonina.

Vastaako kokeisiin käytetty siemen pölytysososuhteiden osalta nykyisissä siemenviljelyksissä tuotettavaa siementä?

Kokeisiin käytetty siemen on kerätty melko nuorista vartteista. Tiedetään, että vartteiden emikukinta ja siemenen

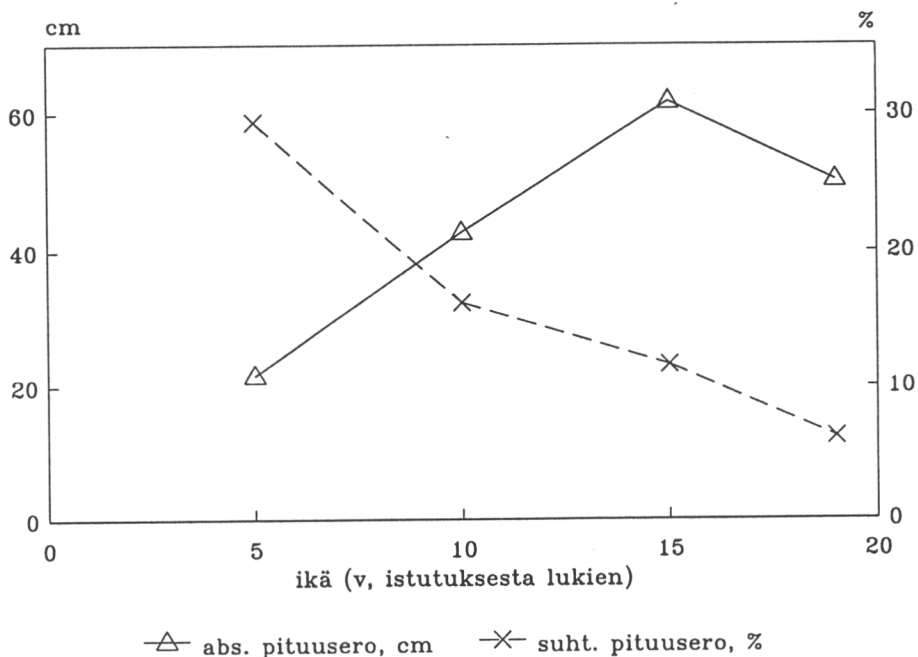
tuotanto alkaa useita vuosia aikaisemmin kuin hedekukinta ja siitepölyn tuotanto. Siten voidaan olettaa, että kokeisiin käytetyt siemenet ovat syntyneet keräyspaikkaa ympäröivistä mäntymetsistä lentäneiden siitepölyhiukkasten aikaan saaman hedelmöittymisen tuloksena, ja jälkeläiset ilmentävät vain puoliksi pluspuuvalinnan antamaa hyötyä. Tilanne on aluksi samantapainen kaikkien siemenviljelysten kohdalla. Nuorille siemenviljelyksille onkin annettu oma alkuperäluokkansa: A3. A3-alkuperäluokkaan kuuluvan siemenen perinnöllinen laatu vaihtelee kuitenkin suuresti. Aivan alkuvaiheessa, kun pölyttyminen tapahtuu täysin taustapölyn vaikutuksesta, A3-siemenen taso on koetuloksissa esitetyn kaltaista. Siemenviljelyksen varttuessa pluspuuvartteet alkavat pölyttää toisiaan enenevässä määrin ja saatavan siemenen perinnöllinen taso kohoaa. Myös siemenviljelyksen koolla, muodolla ja sijainnilla on merkitystä pölytyssuhteiden kehittymiselle.

A2-alkuperäluokkaan luetaan sellaiset siemenviljelykset, joiden arvioidaan pölyttävän 80 %:sti oman siitepölynä ansiosta. Tällöin jalostushyödyn voidaan laskea olevan 1,8-kertainen nuorimpaan vaiheeseen verrattuna, jota nyt esiteltyt tulokset siis edustavat. Juuri ennen kuin siemenviljely siirtyy A2-alkuperäluokkaan, sen tuottama siemen on jo geneettiseltä tasoltaan lähellä maksimia, mutta siemen kuuluu vielä A3-alkuperäluokkaan.

Kuinka hyvin 15 vuoden iällä havaitut erot kuvaavat kieroajan lopulla esiintyviä eroja?

Kasvuerojen osalta tähän on toistaiseksi vaikea vastata. Kuvassa 1 esitetään pluspuujälkeläistöjen ja vertailuerien absoluuttisen ja suhteellisen pituuseron kehittyminen kokeessa 377/1 5 - 19 vuoden iän välillä. Myös absoluuttisen pituuseron kasvu on taittunut jo alle 19 vuoden iässä. Vartteissa syntyvät siemenet ovat suurikokoisia, mutta

MIKOLA (1985) ei havainnut siemenen koon vaikuttavan pituuseroon enää 5 vuoden iässä.



Kuva 1. Pluspuujälkeläistöjen ja vertailuerien pituuseron kehittyminen jälkeläiskokeen iän muuttuessa. Absoluuttinen pituusero ilmoittaa keskiarvojen erotuksen ja suhteellinen pituusero erotuksen suuruuden vertailuerien keskiarvoon verrattuna. Koe 377/1, Iitti.

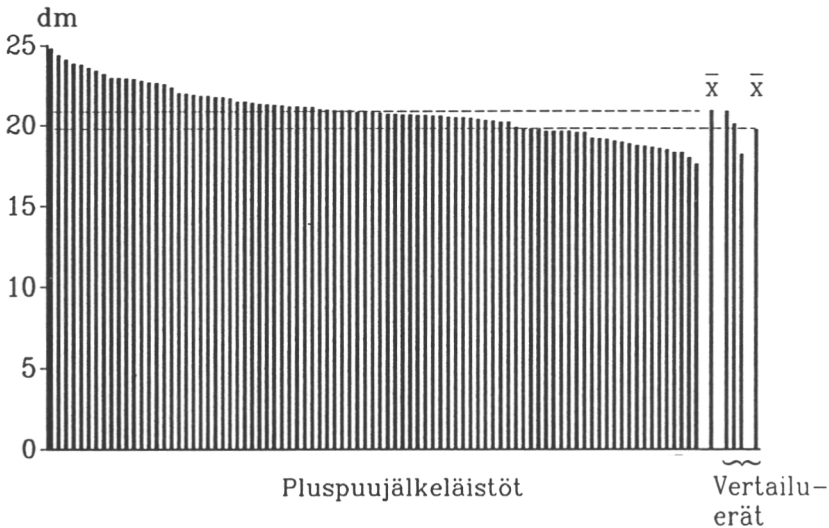
Samoin on vaikea arvioida, miten pituuseron ja tuotoseron suhde poikkeaa nuorten ja hakkuukypsien metsiköiden välillä. Näissä alustavissa tuloksissa pieni pituusero on johtanut moninkertaiseen tuotoseroon, mikä tukee TIGERSTEDTin ja MALMIVAARAN (1970) laskelmaa.

Oksaominaisuuksien mittausta 15 - 20 vuoden iällä voi sen sijaan pitää varsin oikea-aikaisena arvokkaimman loppu-tuotteen osan eli tyvitukin laadun kehittymisen kannalta.



Kuinka suurta on eri kantapuiden jälkeläistöjen vaihtelu?

Kuvassa 2 on esitetty kokeessa 654/1 mukana olevien 93 Keski-Suomen pluspuun jälkeläistöjen pituudet, niiden keskiarvo, kolmen standardierän pituudet ja niiden keskiarvo. Keskiarvojen ero pluspuiden hyväksi on 5,9 %.



Kuva 2. Koe 654/1, Pieksämäki mlk. 93 pluspuujälkeläistön ja 3 standardimetsikköerän pituus 10 vuoden iällä. (vrt. taulukko 1)

Havaitaan, että kantapuiden joukossa näyttää olevan sekä onnistuneita että epäonnistuneita valintoja. 1. polven siemenviljelysten jalostushyödyn kannalta on haitallista, että myös perinnöllisiltä ominaisuuksiltaan huonoja puita on tietämättä vartettu siemenviljelyksiin. Pluspuiden jalostusarvoa selvittävien kokeiden tuloksia voidaan kuitenkin hyödyntää siemenviljelysten geneettisessä harvennuksessa ja pyrkiä nostamaan jalostushyötyä suuntaamalla harvennus huonoimpiin klooneihin. Hyvän geneettisen harvennuksen aikaan saamiseksi pitäisi mahdollisimman monesta

siemenviljelyksen kloonista olla vähintään 10 vuoden ikäinen jälkeläiskoetulos, ja sen vuoksi siemenviljelyksen harvennus tulisikin lykätä niin myöhäiseksi, kuin muut harvennusta vaativat seikat suinkin sallivat.

Vastaavatko kokeiden vertailuerät metsänviljelyyn saatavissa olevaa metsikkösiementä?

Suurimmassa osassa kokeita on vertailuerinä käytetty ns. standardimetsiköiden siementä. Standardimetsiköiksi on ollut tarkoitus valita metsiköitä, joista saatavaa siementä voitaisiin käyttää koeviljelyksissä normaalia perinnöllistä tasoa osoittavana mittarina. On kuitenkin esitetty epäilyjä, että standardimetsien joukossa olisi myös perinnöllisesti keskimääräistä parempilaatuisia metsiä. Mikäli näin on, niiden siemen muodostaa jalostushyötyä aliarvioivan mittarin. Kuvasta 2 havaitaan, että ainakin standardimetsien välinen vaihtelu voi olla suurta, ja että paras standardierä (St. 11 Kerimäki) on tässä tapauksessa ollut pluspuujälkeläistöjen keskiarvon veroinen.

Kuinka metsänkasvatuksen tulos poikkeaa jälkeläiskokeen tuloksesta?

Jälkeläiskokeesta laskettuun keskiarvoon vaikuttaa jokaisen mukana olevan pluspuun jälkeläistön tulos samalla painolla. Metsänkasvatuksessa tilanne on toisenlainen. Parhaiden erien parhaat puut jättävät hitaammin kasvavat varjoonsa ja valtaavat kasvutilan. Alaharvennuksin tätä kehitystä vielä korostetaan. Metsänkasvatuksen lopputulosta ei muodosta kaikkien puiden vaan parhaimpien keskiarvo. Kuten kuvasta 2 voi todeta, jo 1. polven siemenviljelyksestä kerätyn siemenen joukossa on myös huippuyksilöitä. Niiden vaikutus metsikön päätepuuston runkotilavuuteen on suurempi kuin jälkeläiskokeen aritmeettisesta keskiarvosta voisi päätellä.

## JOHTOPÄÄTÖKSET

Jälkeläiskokeiden alustavat tulokset osoittavat, että nuorista 1. polven siemenviljelyksistä saatava metsänviljelyaineisto on pituuskasvultaan ja tuotokseltaan jonkin verran parempaa kuin metsikkökeräysaineisto. Kokeet ovat vielä liian nuoria päätehakkuukää koskevien päätelmien tekemiseen. Tulosten suunta ei kuitenkaan ole ristiriidassa teoreettisesti lasketun kiertoajan lopulla odotettavissa olevan jalostushyödyn kanssa.

Paremmasta kasvusta huolimatta pluspuujälkeläistöjen oksat ovat hennompia kuin valitsemattomien puiden jälkeläistöillä. Tällä on merkitystä rungon tyvestä saatavan tukin laadulle sahapuuna. Siitä, kuinka paljon muutokset vaikuttavat lopputuotteen arvoon, ei ole tehty laskelmia.

Siemenviljelysiemenen käyttö yhdessä huolellisen metsänviljelyn ja metsänkasvatuksen kanssa näyttää johtavan parempaan viljelymetsikön tuottoon kuin valikoimattoman metsikkösiemenen käyttö.

## KIRJALLISUUS

Metsänjalostustoimikunnan mietintö. Metsänjalostusohjelma vuosiksi 1976-85. Komiteamietintö 1975:25. 209 s.

Mikola, J. 1985. Relationships between height growth differences of Scots pine full-sib families and variations in seed size, annual growth rhythm, and some foliage characteristics. In *Crop Physiology of Forest trees*. (Peter M.A. Tigerstedt, Pasi Puttonen and Veikko Koski, eds.) pp. 233-243. Helsinki University Press. Helsinki.

- 1986. Jälkeläistestaus siemenviljelyksien kehittämisen perustana. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 263. Punkaharjun metsänjalostuspäivä 1986. s. 5-42.
- Oskarsson, O. 1972. Suomalaiset plusmänyt ja pluskuuset. Folia Forestalia 150. 138 s.
- Sarvas, R. 1953. Ohjeita pluspuiden valitsemista ja ilmoittamista varten. Silva Fennica 80.
- Tigerstedt, P.M.A. ja Malmivaara E. 1970. Metsänjalostuksen mahdollisuudet I. Pluspuiden valintaero ja siemenviljelysten valintahyöty. Silva Fennica vol. 4, 1970, N:o 2:101-118.
- Velling, P. 1986a. Laatuominaisuuksien ottaminen huomioon siemenviljelyksien harventamisessa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 263. Punkaharjun metsänjalostuspäivä 1986. s. 43-53.
- 1986b. Metsänjalostuksella parannetaan pysyvästi puiden ominaisuuksia. Metsänjalostus, 4. osa. Teollisuuden Metsäviesti 2/1986.

Max. Hagman

## ERÄIDEN LEHTIKUUSIJÄLKELÄISTÖJEN ALKUKEHITYKSESTÄ

### AIKAISEMMAT KOKEMUKSET

Lehtikuusen viljelyä on Suomessa harrastettu jo kauan (Ilvessalo 1916) ja jokseenkin kaikkia lajeja, aivan eteläisimpiä lukuunottamatta, on viljelty menestyksellisesti (Heikinheimo 1956, Vuokila 1960, Lähde, Werren, Etholén & Silander 1984). Vaikeuksia on tuottanut ainoastaan Larix occidentalis ja eräät Keski-Siperiasta saadut Larix gmelini-alkuperät. Siperialaisen lehtikuusen parhaimmaksi siemenlähteeksi on osoittautunut Raivolan lehtikuusimetsä tai sen jälkeläisistä perustetut viljelykset. Raivolan lehtikuusikoiden alkuperistä ei olla täysin varmoja, osa on kuitenkin Archangelskin seudulta. Venäläinen tutkija N. Dylis (1947) on erottanut Ob-joen länsipuolella kasvavan siperialaisen lehtikuusen omaksi lajikseen Larix sukaczewii Dylis, ja tähän kuuluvat siis sekä Uralin vuorten että Archangelin seudun lehtikuuset. Ob-joen itäpuolella kasvava siperialainen lehtikuusi on edelleen nimeltään Larix sibirica.

Lehtikuuset risteytyvät, lännen lehtikuusta lukuunottamatta, helposti keskenään ja monet hybridit ovat osoittautuneet nopeakasvuisiksi (Ostenfeld & Syrach Larsen 1930). Eniten on kokemuksia japanilaisen lehtikuusen (Larix kaempferi) ja eurooppalaisen lehtikuusen (Larix decidua) hybrideistä. Näillä on etenkin Skotlannissa ollut suuri metsätaloudellinen merkitys. Siperialaisen lehtikuusen risteytyksistä on suhteellisen vähän tietoa, ilmeisesti

siksi ettei tämä laji ole menestynyt Keski-Euroopassa eikä Isossa-Britanniassa, ollen siellä erittäin arka kevät-halloille.

Saarnijoki (1942) kuvasi ensimmäisen kerran eurooppalaisen ja siperialaisen lehtikuusen luonnonristeytymän Suomesta. Se tavattiin Kiteeltä, jossa molemmat lajit kasvoivat rinnan. Mustilan arboretumissa Elimäellä, jossa japanilainen, eurooppalainen ja siperialainen laji oli istutettu lähekkäin, oli jo 1930-luvulla huomattu, että kerätyistä siemenistä oli noussut nopeakasvuisia, hybrideiltä näyttäviä taimia. Saarnijoki oli siellä saman vuosikymmenen lopussa tehnyt keinoristeytyksiä eri lajien välillä (Heikinheimo & Saarnio 1972). Näiden risteytysten taimet on istutettu Ruotsinkylän kokeilualueeseen. Sinne istutettiin myös Mustilasta multalohkareessa tuotuja luonnontaimia, jotka etupäässä edustivat risteytymää japanilainen x eurooppalainen, mutta joukossa saattoi olla myös japanilaisen ja siperialaisen hybridejä. Nämä luonnonristeytyvät osoittautuivat hyvin nopeakasvuiseksi (Heikinheimo & Saarnio 1972, s. 21).

#### KOE JA SEN TULOKSET

Kun Ruotsinkylän kokoelmissa lehtikuusivartteet 1960 kukkivat, tehtiin muutamia risteytyksiä tarkoituksena uusia siperialaisen ja japanilaisen lehtikuusen hybridisaatio. Samalla kokeiltiin, olisiko mahdollista siperialaisen lehtikuusen maantieteellisellä risteytyksellä jotain vaikutusta, kun oli mahdollista risteyttää Uralin länsipuolelta olevaa alkuperää Keski-Siperiasta olevan - tosin sekin Suomessa viljellyn - kanssa.

Jälkeläiset kasvatettiin Ruotsinkylän jalostusasemalla 1961-63 ja istutettiin Ruotsinkylän kokeilualueeseen koikeena No 228 toukokuussa 1964, jolloin taimien ikä oli 2/1

vuotta paitsi kahdessa erässä (työnumerot 1 ja 19), joiden ikä oli 1/1. Koepaikka on kuivahko kangas, heikkoa mustikkatyyppejä. Koe istutettiin 3 x 3 metrin välein, toistoit-  
tain, 4 taimen ruutuihin. Erilaisesta taimisaannosta joh-  
tuen toistojen lukumäärä vaihtelee yhdestä kahteentoista. Kokeen viimeiset mittaukset ovat maaliskuulta 1989 ja ne on koottu taulukkoon 1. Taulukossa työnumerot on ryhmitel-  
ty rungon keskitilavuuden mukaan paremmuusjärjestykseen.

Taulukko 1. Kokeen No 228 lehtikuusijälkeläistöjen mit-  
taustulokset keväällä 1989.

Työ no.	Yhdistelmä Puiden numerot, laji ja alkuperä	Puita kpl	Pituus m	Läpimitta cm	Tilavuus l
9	E 390 sibir., Pinega x E 1931 kaempf.	1	18,0	23,20	346,0
3	E 1932 sibir., Raivola x E 1931 kaempf.	10	17,0	23,26	335,5
17	E 386 sibir., Novosibirsk vapaapöl.	1	17,5	22,50	317,5
22	E 1931 kaempf. x E 1932 sibir., Raivola	27	17,6	22,16	317,1
8	E 392 sibir., Pinega x E 1931 kaempf.	2	17,7	21,30	305,2
2	E 697 (decid. x gmel.) x E 1037 sibir., Raivola	34	17,9	20,94	297,6
13	E 395 sibir., Pinega vapaapöl.	3	16,0	22,43	293,7
19	E 685 (kaempf. x sibir.) vapaapöl.	2	16,2	22,10	285,4
12	E 385 sibir., Novosibirsk x E 1931 kaempf.	26	16,3	20,77	281,4
5	E 386 sibir., Novosibirsk x E 1931 kaempf.	21	16,2	21,33	278,6
4	E 697 (decid. x gmel.) x E 1037 sibir., Raivola	31	17,4	19,99	277,8
14	E 1932 sibir., Raivola vapaapöl.	5	16,2	21,19	264,6
20	E 390 sibir., Pinega vapaapöl.	1	16,0	21,00	254,4
1	Larix sp., Punkaharjun kokoelma, vapaapöl.	10	15,0	19,15	238,9
7	E 387 sibir., Novosibirsk x E 1931 kaempf.	18	15,4	18,38	215,9
11	E 387 sibir., Novosibirsk x E 395 sibir., Pinega	6	15,3	19,02	205,5
15	E 1931 kaempf. vapaapöl.	31	14,7	18,07	199,0
6	E 395 sibir., Pinega x E 387 sibir., Novosibirsk	14	14,2	17,57	189,5
21	E 395 sibir., Pinega vapaapöl.	3	14,0	17,93	185,1
16	E 697 (decid. x gmel.) vapaapöl.	6	14,6	14,78	148,9
20 kpl	Yhteensä ja keskiarvo	252	16,2	20,00	262,8

Tuloksia tarkasteltaessa on otettava huomioon, että kokeen kehittyessä alkuperäinen taimimäärä ruutua kohti on voinut vähentyä niin, että tänään eräissä ruuduissa on jäljellä vain yksi puu. Tämä on tietysti voinut vaikuttaa yksilön tilavuuskasvuun.

Kaikkiaan on mitattu 252 puuta. Koko kokeen keskipituus on 16,2 m, keskiläpimitta kuoren päältä 20,0 cm ja keskitilavuus rungolle kuorineen on 262,8 litraa. Koe on mittauksen jälkeen harvennettu.

Jos kokeen keskitilavuutta merkitään 100:lla, saadaan kaikkien siperialaisen x japanilaisen lehtikuusen risteytyserien vertailuluvuksi 113, kun näiden keskitilavuus 105 rungon keskiarvona on 297,1 litraa. Vastaavasti saadaan kaikkien siperialaisten keskitilavuudeksi 244,3 litraa ja vertausluvuksi 92,9. Kymmenen parhaan alkuperän joukkoon mahtuu 6 siperialaisen ja japanilaisen lehtikuusen hybridiä.

Yksisuuntainen varianssianalyysi yksilötasolla antaa niukasti merkitseviä eroja tilavuudelle, mutta nämä erot koskevat ääriarvoja. Kymmenen jälkeläistön kohdalla, joissa on enemmän puita, oli mahdollista suorittaa neljällä toistolla kaksisuuntainen varianssianalyysi, mutta johtuen eri ruutujen suuresta keskinäisestä vaihtelusta merkitseviä eroja ei tässä voida havaita.

Mielenkiintoista on kuitenkin näissä kymmenessä työnumerossa, että keskipituus numeroissa 2 ja 6, jotka edustavat samaa risteytystä, on suurin. Molemmissa tapauksissa emona on hybridi decidua x gmelini ja isänä sibirica, joka on kotoisin Raivolasta. Kun kuriilien lehtikuuselle on ominaista juuri suuri pituuskasvu, jää kysymään olisiko tässä nähtävissä edellisen sukupolven vaikutusta. Kaikkein huonoimman tuloksen on antanut sama emopuu vapaapölytettynä. On mahdollista, että meillä on saatu tähän kokeeseen itse-pölytyksestä syntyneitä taimia.

Läpimitoissa paras työnnumero on 3 ja seuraavaksi paras 22. Nämä risteytykset edustavat samaa yhdistelmää molempiin suuntiin suoritettuna. Vapaapölytetty hybridi decidua x



gmelini on läpimitankin osalta huonoin. Suurimman tilavuuden antaa työnnumero 3 ja sen vastakkaisristeytys 22. Absoluuttisesti suurin tilavuus löytyy työnumerosta 3 = 477,6 litraa. Työnumerossa 22 esiintyy kuitenkin kokeen viimeisessä toistossa vielä suurempi yksilö 478,8 litraa.

Hybridien kohdalla ei näytä olevan suuria, siperialaisen vanhemman kotipaikasta johtuvia eroja. Jotta mahdollisia provenienssieroja voitaisiin todeta, on suoritettava risteytykset paljon suuremmalla yksilömäärällä.

#### TULOSTEN TARKASTELUA

Vleisesti voitaneen todeta, että lajiristeytys sibirica x kaempferi vaikuttaa lupaavalta, mutta että sopivien vanhempien etsimistä parhaimman kombinaation aikaansaamiseksi on jatkettava. Samankaltaiseen tulokseen tulivat hybridin decidua x kaempferin kohdalla Braun ja Hering (1987). Myös Kleinschmit (1987) korostaa emo- ja isäpuiden valinnan tärkeyttä ja suosittelee myös muiden hybridien kokeilua. Tähän viittaavat myös SaarniJoen aikaisemmin mainitut risteytykset, joissa yhdistelmä sibirica x gmelini vaikuttaa lupaavalta. Kaikissa risteytysjälkeläisissä on seurattava kehitystä riittävän pitkään, sillä on olemassa mahdollisuus, että nopeakasvuiset hybridit ennen pitkää jäävät puhtaitten lajien jälkeen.

Jos oikein hyvä yhdistelmä löytyy, on sellaisen tuottaminen siemenviljelyksessä mahdollista. Hybridisiemenviljelyksiä on Suomeenkin perustettu muutama. Vaikeutena on tässä yhteydessä todeta, mitkä taimet ovat varsinaisia hybridejä, mitkä mahdollisesti syntyneet emopuun itsepölytyksestä. Kemiallisia keinoja käyttäen tunnistaminen, ainakin pienessä mittakaavassa, näyttää olevan mahdollista (Weissmann & Reck 1987, Bergmann & Ruetz 1987). Olemme

aloittaneet tutkimukset kotimaisten hybridisiemenviljelysten osalta, mutta tuloksia ei vielä ole.

Ongelmasta päästäisiin, jos hyviä lehtikuusiyksilöitä voitaisiin kasvullisesti monistaa pistokkaista tai solutai solukkoviljelyllä. Nuorista lehtikuusista pistokasmonistus näyttää olevan mahdollista ja solukkoviljelyä vanhemmista puista on koemielessä aloitettu Punkaharjun tutkimusasemalla. Käytäntö saanee kuitenkin odottaa jonkin aikaa ennenkuin menetelmät ovat valmiina suurtuotantoon.

Jos aiotaan käyttää klooneja, on niiden kasvupaikkasopiavuus vielä tutkittava. Näyttää siltä (Haasemann & Tzschacksch 1986), että hybrideillä on erilainen ekologinen reaktiokyky kuin niiden vanhemmilla.

Kun hyvällä lehtikuusella on huomattavaa taloudellista arvoa ja kun se hyvällä kasvupaikalla on tuottoisa, on syytä jatkaa tutkimuksia tälläkin puulajilla. Kannustavaa on todeta, että Sakari Saarnijoen Mustilasta tuoma hybridi E 1501 on Ruotsinkylässä nyt 29,5 m pitkä ja kuoren päältä rinnankorkeudelta 50,7 cm kasvettuaan siellä 49 vuotta.

#### KIRJALLISUUS

- Bergmann, F. & Ruetz, W. 1987. Short Note: Identifizierung von Hybridlärchen-Saatgut aus Samenplantagen mit Hilfe eines Isoensym-Markers. *Silvae Genetica* 36:102-105.
- Braun, H. & Hering, S. 1987. Wachstumsverlauf von Hybridlärchen (*Larix eurolepis* Henry) Beiträge für die Forstwirtschaft 21:164-168.
- Dylis, N.V. 1947. Sibirskaja listvennitsa. Contributions a la connaissance de la faune et la flore de L'URSS publié par la société des naturalistes de Moscou N.S., Sect. Botanique 2(8):1-138.

- Haasemann, W. & Tzschacksch, O. 1986. Untersuchungen zur Ökologie der Europäerlärche, Japanerlärche und ihrer Hybriden im Nass-Trockenfeld. Beiträge für die Forstwirtschaft 20:184-188.
- Heikinheimo, O. 1956. Tuloksia ulkomaisten puulajien viljelystä Suomessa. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 46.3:1-129.
- O. & Saarnio, R. 1972. Ruotsinkylän retkeilykohteiden selostukset. Liittyy julkaisuun Metsäntutkimuslaitoksen kokeilualueita 2, Ruotsinkylä:1-76.
- Ilvessalo, L. 1916. Lehtikuusiviljelys Suomessa. Suomen Metsänhoitoyhdistyksen julkaisuja, Erikoistutkimuksia 5:1-108.
- Kleinschmit, J. 1987. Die Züchtung der Japanlärche. Erfahrungen, Möglichkeiten, Probleme. Allgemeine Forstzeitschrift 26:678-680.
- Lähde, E., Werren, M., Etholén K. & Silander, V. 1984. Ulkomaisten havupuulajien varttuneista viljelmistä Suomessa. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 125:1-87.
- Ostenfeld, C.H. & Syrach Larsen, C. 1930. The species of the genus Larix and their geographical distribution. Det Kgl. Danske Videnskabernes Selskab, Biologiske Meddelelser IX, 2:1-106.
- Saarnijoki, S. 1942. Larix decidua x sibirica, ein neuer Lärchenbastard. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 31.1:1-30.
- Weissmann, G. & Reck, S. 1987. Identifizierung von Hybridlärchen mit Hilfe chemischer Merkmale. Silvae Genetica 36:60-64.
- Vuokila, Y. 1960. Siperialaisten lehtikuusikoiden kehityksestä ja merkityksestä maamme metsätaloudessa. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 52.5:1-111.

Egbert Beuker ja Max. Hagman

## HYBRIDIHAAPA - ESIMERKKI LAJIRISTEYTYSJALOSTUKSESTA

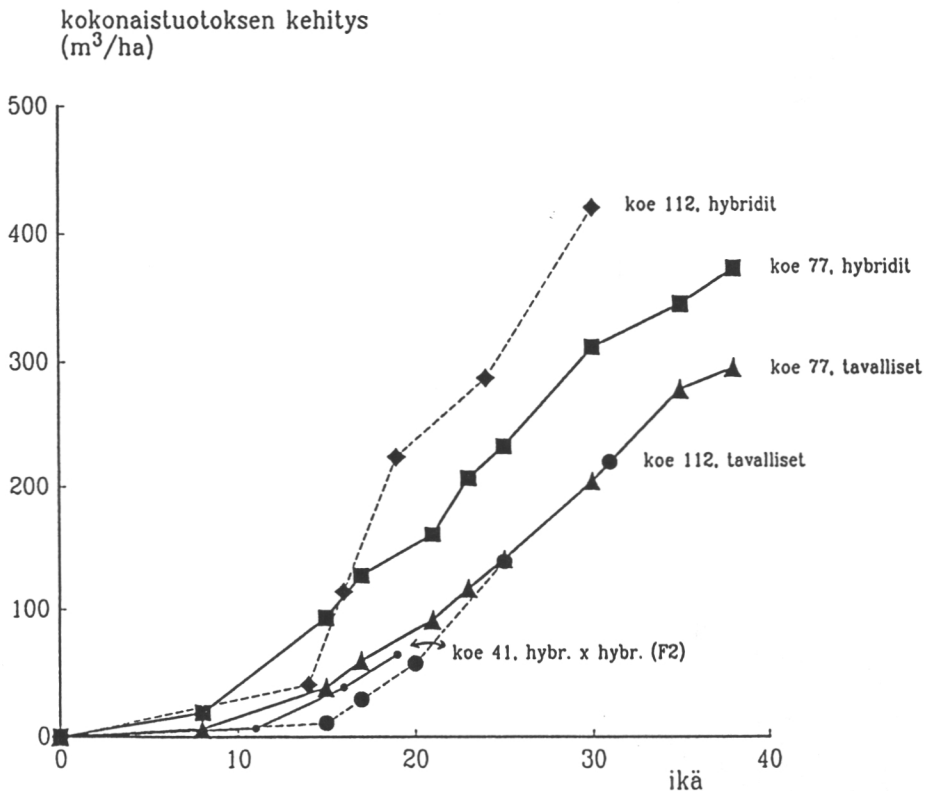
Hybridihaapa on Euroopasta ja Aasiasta kotoisin olevan haavan (Populus tremula) ja pohjoisamerikkalaisen ameri-  
kanhaavan (Populus tremuloides) risteytys. Hybridit ovat erityisen kiinnostavia niissä havaitun nk. heteroosi-  
ilmiön vuoksi. Heteroosilla tarkoitetaan sitä, että ris-  
teytysjälkeläistö kasvaa paremmin kuin kumpikaan vanhem-  
mistaan.

Ensimmäiset risteytykset Suomessa tehtiin vuonna 1950 Ruotsinkylän jalostusasemalla. Jälkeläistöjä on istutettu eri puolille Suomea kokeisiin ja viljelyksiin. 1970-luvun alussa mitattiin yli 300 hybridihaapametsikköä, joissa on yhteensä yli 170 jälkeläistöä. Kasvun lisäksi myös puiden laatuominaisuuksia on tutkittu.

Kuvassa 1 on vertailtu tavallisen haavan (P. tremula x P. tremula) ja hybridihaavan kasvua kahdessa eri kokeessa. Kokeen 77 (Vaajakoski) (kuva 2) risteytykset tehtiin vuonna 1950 ja kokeen 112 (Hollola) risteytykset 1954 (taval-  
linen haapa) sekä 1955 (hybridihaapa). Kokeessa 77 on molemmissa risteytyksissä käytetty samaa yksilöä isänä. Kuvasta näkyy, että molemmilla kasvupaikoilla hybridit kasvavat paremmin kuin tavallinen haapa. Hollolan kokeessa on mitattu suurin kasvu hybridihaavalla suomalaisissa kokeissa. Kuvassa on mukana myös Vaajakosken kokeessa oleva kahden hybridihaavan välinen risteytys, nk. F<sub>2</sub>-  
polvi, jossa heteroosi-vaikutus on hävinnyt.

Hollolan koe on kaadettu vuonna 1983. Kuvassa 3 näkyy kuinka erinomaisesti koe on uudistunut vesoista jo viisi vuotta hakkuun jälkeen.

Nykyään paperiteollisuus on alkanut kiinnostua uudelleen haavasta. Nopean kasvukykyensä ja hyvän vesomistaipumuksensa takia hybridihaapa sopii myös peltometsitykseen. Tulevaisuudessa metsiköistä täytyy valita parhaat yksilöt kasvullista monistamista varten, jotta hybridien paremmuus saadaan täysimääräisesti hyödynnettyä.



Kuva 1. Esimerkkejä haavan risteytysjälkeläisten kokonaistuotoksen kehityksestä.



Kuva 2. a) hybridihaapa kokeessa 77 Vaajakoskella 16  
vuoden ikäisenä  
b) sama 39 vuoden ikäisenä



Kuva 3. Hybridihaavan uudistuminen vesoista viisi vuotta  
hakuun jälkeen kokeessa 112 Hollolassa.

Anneli Viherä-Aarnio

## PAJUT JALOSTUKSEN KOHTEENA

### ENERGIAPAJUTUTKIMUKSEN TAUSTAA

Energiatutkimuksen määrää ja rahoitusta lisättiin maassamme 1970-luvun jälkipuoliskolla tuntuvasti. Tutkimuksen painopiste siirrettiin ydintutkimuksesta energian säästämistä ja kotimaisten energialähteiden hyödyntämistä edistävään tutkimukseen.

Maa- ja metsätalousministeriö asetti 5.5.1977 toimikunnan, jonka tehtävänä oli selvittää mahdollisuudet erilaisten puulajien käyttämiseen energianlähteenä, mahdollisuudet alueiden käyttämiseen energiapuun tuotantoon sekä miten energiapuun tuotantoa varten tarpeellisten metsien perustaminen ja kasvatus olisi järjestettävä. Energiametsätoimikunta jätti työstään kaksi mietintöä: Komiteamietintö 1979:49 ja Komiteamietintö 1980:50. Mietinnöissä ehdotettiin pienpuun ja metsätähteen käyttöön ja energiapuun kasvattamiseen kohdistuvan metsäntutkimuksen pikaista tehostamista.

Energiametsätoimikunnan esityksen pohjalta Metsäntutkimuslaitokselle varattiin vuodesta 1978 lähtien määräraha alan tutkimus-, koe- ja kehittämistoimintaan valtion tulo- ja menoarvion momentille Metsätaloudelliset yhteistutkimukset. Määrärahalla käynnistettiin samana vuonna energiametsätoimikunnan suunnitelmien pohjalta puun käyttöä energialähteenä koskeva PERA-projekti (Puu Energian Raaka-aineena).

PERA-projekti koostui kolmesta osasta, joista osaprojekti A (pienpuu ja metsätähde) selvitti olemassaolevien polttopuuresurssien hyödyntämistä ja mahdollisuuksia lisätä pien- ja jätepuun energiakäyttöä. Osaprojektissa B (luonnonvesakot) tutkittiin mahdollisuuksia tuottaa energia-puuta metsänkasvatuksen pää- tai sivutuotteena perinteisin metsänhoidon menetelmin. Erityisesti tutkimuskohteena oli turvemaiden hieskoivikoiden kasvattaminen lyhyellä kiertoajalla ja vesoista uudistaen. Osaprojektissa C (energia-viljelmät) tutkittiin mahdollisuuksia tuottaa energiaksi käytettävää puubiomassaa tehokkaasti hoidetuilla lyhytkiertoviljelmillä. Tämän osaprojektin keskeisiä tavoitteita olivat energiaviljelmille sopivien puulajien ja -lajikkeiden valinta, niiden rodullinen testaaminen, viljelymateriaalin tuottaminen, viljelmien perustaminen sekä viljelmien ravinnekysymykset ja hoito. Seuraavassa esiteltävä pajujen risteytysjalostus kuuluu PERA-projektin C-osaprojektiin. PERA-projekti päättyi vuonna 1987. C-osaprojektissa perustettujen kokeiden seuranta jatketaan maa- ja metsätalousministeriön alaisessa Lyhytkiertoisten lehtipuuviljelmien biomassantuotanto -projektissa.

#### **PAJUJEN OMINAISUUDET JALOSTUKSEN KANNALTA**

Jalostuksen kannalta tärkeissä ominaisuuksissa pajut muistuttavat läheisesti poppeleita, joita on jo pitkään jalostettu määrätietoisesti. Poppelien jalostuksessa saadut tulokset ovat antaneet aihetta olettaa, että myös pajujen kasvu-, laatu- ja kestävyysominaisuuksia voidaan kehittää haluttuun suuntaan.

Pajun suvulla (*Salix*) on useita ominaisuuksia, joista on suurta etua jalostustyössä. Pajun suvun lajienvälinen ja -sisäinen vaihtelu on suurta, mikä luo hyvät edellytykset jalostukselle. Jalostuksen lähtökohtana voidaan käyttää



lähes alkuperäisiä luonnonpopulaatioita, sillä ihmisen toiminta ei ole vielä suuresti vaikuttanut pajujen luon-  
 taiseen geenivarastoon. Monet pajulajit risteytyvät hel-  
 posti keskenään, mikä tarjoaa hyvät mahdollisuudet ristey-  
 tysjalostukselle. Pajujen siementaimet kukkivat nuorina,  
 mikä nopeuttaa risteytysohjelmassa etenemistä. Pajujen  
 kehitys on muutenkin nopeata, joten valintaa voidaan tehdä  
 jo varhaisella iällä. Risteytysjalostuksen kannalta suuri  
 etu on myös pajujen kaksikotisuus. Pajujen risteytystek-  
 niikka on vaivaton. Risteytykset voidaan tehdä kasvihuo-  
 neessa kevättalvella lepotilassa olevista emopuista leika-  
 tuilla oksilla. Pajujen siementuotanto on yleensä runsas,  
 joskin siemenet luonnossa menettävät nopeasti itävyytensä.  
 Oikein karistettuina ja pakastettuina varastoitaessa sie-  
 menet säilyttävät itävyytensä ainakin muutamia vuosia.  
 Jalostuksessa ja testauksessa tarvittavaa materiaalia on  
 pajuilla helppo tuottaa kasvullisesti monistamalla. Useim-  
 piin pajulajien monistaminen pistokkaista on helppoa. Myös  
 menetelmiä pajujen lisäämiseksi solukkoviljelyssä on kehi-  
 tetty menestyksekkäästi. Pistokkaiden käyttö testauksessa  
 mahdollistaa monipuolisemmat koejärjestelyt kuin siemen-  
 lisäys sekä helpottaa viljelmien perustamista.

Jalostustyön kannalta merkittävin haittapuoli on se, että  
 useimmat pajulajit ovat hyönteispölyttäjiä. Siitepölyn  
 määrä on yleensä vähäinen, sen kerääminen on vaikeaa ja  
 säilyvyys heikko. Toteutettaessa laajoja risteytysohjelmia  
 kasvihuoneessa on hankalaa sovittaa usean eri kloonin  
 kukinta samanaikaiseksi pölytystä varten.

#### **PAJUJEN RISTEYTYSJALOSTUS RUOTSINKYLÄSSÄ**

Pajujen jalostus Suomessa aloitettiin valitsemalla lähtö-  
 materiaalia luonnonvaraisten pajulajiemme joukosta sekä  
 mm. korinpunontateollisuuden toimesta meille tuotujen  
 ulkomaista alkuperää olevien kloonien joukosta. Kerättyjä

kotimaisia lajeja olivat S. caprea (raita), S. cinerea (tuhkapaju), S. myrsinifolia (mustuvapaju), S. pentandra (halava), S. phylicifolia (kiiltopaju) ja S. triandra (jokipaju). Korinpunontateollisuuden käyttämistä ulkomaisista pajuisista tärkeimpiä olivat S. cv. Aquatican (vesipaju), S. x dasycladosin (vannepaju) ja S. viminalisin (koripaju) kloonit.

Luonnonvaraisina maassamme kasvavat pajulajit ovat ilmas-  
toomme hyvin sopeutuneita, mutta tuotokseltaan heikompia  
kuin maahamme etelämpää tuodut pajukloonit. Toisaalta taas  
korinpunontateollisuuden käyttämät lajit ovat nopeakasvui-  
sia ja voimakkaasti vesovia. Monet näistä eteläistä alku-  
perää olevista nopeakasvuisista klooneista eivät kuiten-  
kaan talvehdi maassamme kunnolla, vaan kärsivät vesojen ja  
joskus koko kannon paleltumisesta.

Tärkeä edellytys pajun lyhytkiertoviljelyn onnistumiselle  
maassamme on riittävän tuottoisien ja samalla kestävien  
lajikkeiden ja kloonien kehittäminen. Tätä tarkoitusta  
varten on Ruotsinkylän jalostuskoeasemalla tehty pajujen  
lajiristeytyksiä 1980-luvun alusta lähtien. Risteytysten  
tavoitteena on ollut saada aikaan tuottoisia ja voimak-  
kaasti vesovia hybridejä sekä yhdistää kotimaisten lajiem-  
me hyvä talvenkestävyys ja ulkomailta tuotujen kloonien  
korkea tuotos. Risteytyksissä on ollut mukana vaihteleva  
määrä klooneja seuraavista kotimaisista lajeista: S. cap-  
rea, S. cinerea, S. myrsinifolia, S. phylicifolia ja S.  
triandra. Ulkomaista alkuperää olevia klooneja on käytetty  
risteytysvanhempina mm. seuraavista lajeista ja hybrideis-  
tä: S. cv. Aquatica, S. x dasyclados, S. purpurea, S.  
schwerini, S. x smithiana ja S. viminalis. Lisäksi on  
risteytetty syntyneitä hybridejä keskenään sekä vanhem-  
pauskloonien kanssa.

## KOETULOKSIA

Ruotsinkylän jalostusaseman taimitarhalla sijaitsevassa kokeessa 1133/1 kasvaa pajun lajiristeytysjälkeläisiä vuoden 1985 risteytyksistä. Koe perustettiin siementaimilla kesäkuussa 1985 satunnaisten lohkojen periaatteella neljällä toistolla. Istutusväli oli 0,8 m x 0,2 m, mikä vastaa tiheyttä 62 500 tainta/ha. Vuoden ikäiset siementaimet leikattiin 10 cm kantoon keväällä 1986 vesomisen edistämiseksi. Kahden vuoden ikäiset kantovesat kaadettiin keväällä 1988.

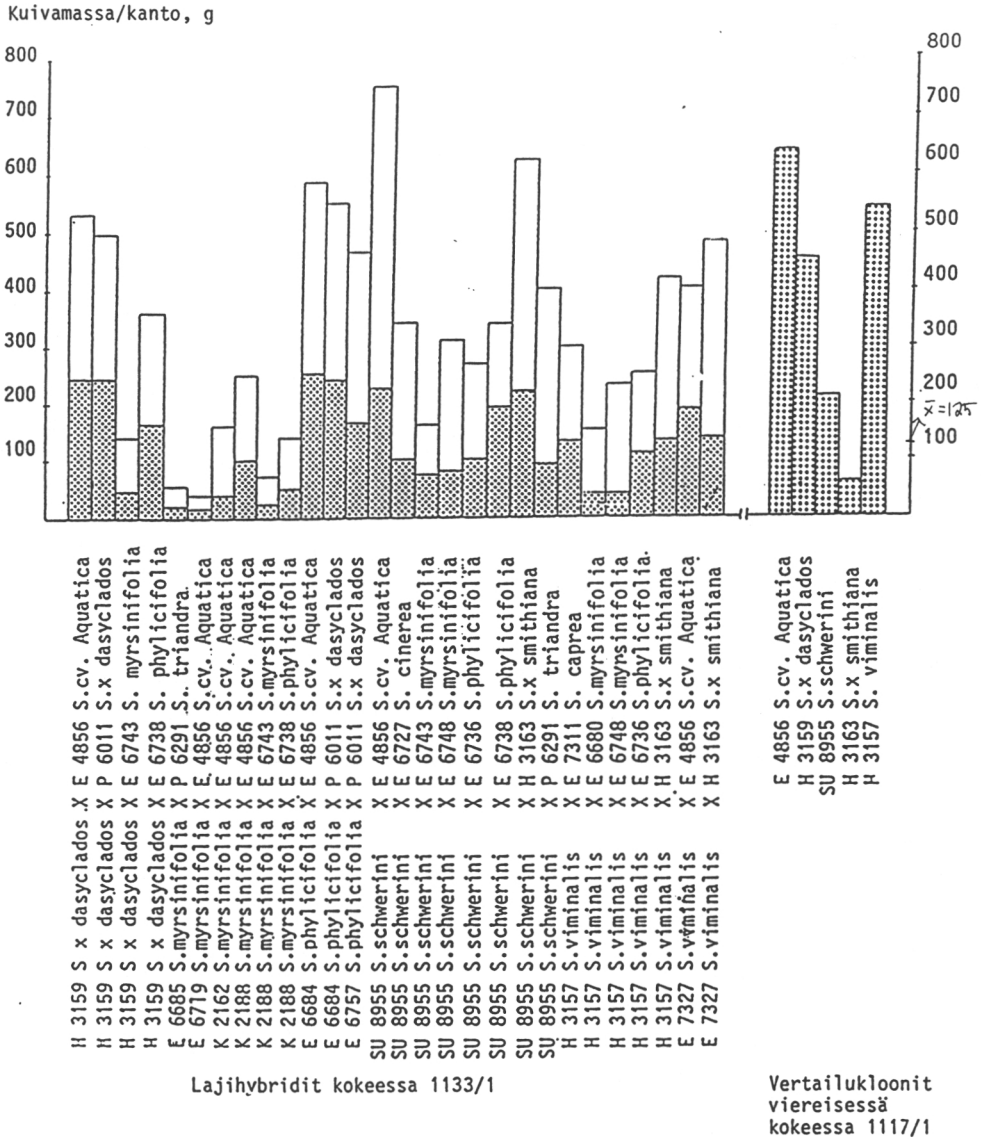
Kaadetuista vesoista punnittiin kantokohtaiset tuoremasat, määritettiin näytteiden avulla eräkohtaiset kuiva-ainepitoisuudet sekä laskettiin keskimääräiset kantokohtaiset kuivamassat kullekin erälle. Mitattujen kantojen määrä vaihteli eräkohtaisesti 12 - 97.

Kuvasta 1 käy ilmi koe-erien keskimääräinen kantokohtainen kuiva-ainetuotos kahden vuoden kiertoajalla. Hybridiperheiden kuiva-ainetuotos vaihteli 17 grammasta 252 grammaan kantoa kohti keskimäärin. Tuotokseltaan parhaita perheitä olivat:

H 3159	S. x dasyclados	x	E 4856	S. cv. Aquatica
H 3159	S. x dasyclados	x	P 6011	S. x dasyclados
E 6684	S. phylicifolia	x	E 4856	S. cv. Aquatica
E 6684	S. phylicifolia	x	P 6011	S. x dasyclados
SU 8955	S. schwerini	x	E 4856	S. cv. Aquatica
SU 8955	S. schwerini	x	H 3163	S. x smithiana

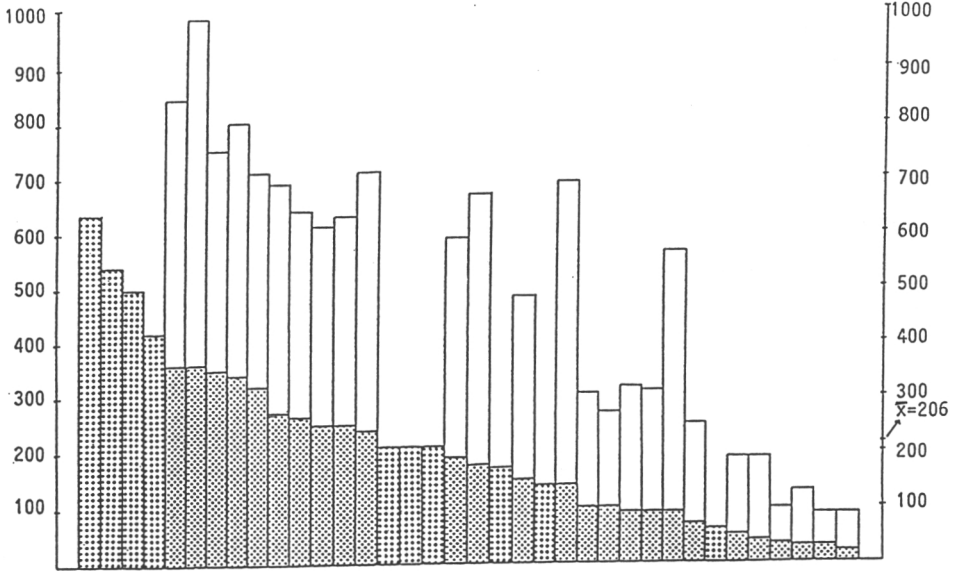
Tuotokseltaan hyvin heikkoja yhdistelmiä olivat puolestaan mm. seuraavat:

E 6685	S. myrsinifolia	x	P 6291	S. triandra
E 6719	S. myrsinifolia	x	E 4856	S. cv. Aquatica
K 2188	S. myrsinifolia	x	E 6743	S. myrsinifolia
H 3157	S. viminalis	x	E 6680	S. myrsinifolia
H 3157	S. viminalis	x	E 6748	S. myrsinifolia






Kuva 1. Pajun lajihybridien kuiva-ainetuotos kokeessa 1133/1 Tuusulassa. Pylväät osoittavat koe-erien keskimääräisen kantokohtaisen kuiva-ainetuotoksen 2-vuotiailla kantovesoilla 3-vuotiailla juurilla. ▨ risteytyskerästä valitut 10% parhaita klooneja, ▩ vanhempia käytetyt vertailukloonit viereisessä kokeessa 1117/1, 2-vuotiaat kantovesat 4-vuotiailla juurilla.

Kuivamassa/kanto, g



E 4856 S.cv. Aquatica  
 H 3157 S.viminalis  
 H 3178 S.cv. Aquatica  
 H 3159 S.x dasyclados  
 H 3159 S.x dasyclados  
 SU 8955 S. schwerini  
 SU 8955 S. schwerini  
 SU 8955 S. schwerini  
 V 785 S.vim. x S.x smithiana  
 V 783 S.vim. x S.x smithiana  
 SU 8955 S.schwerini  
 V 789 S.vim. x S.caprea  
 SU 8955 S.schwerini  
 V 7512 S.sp x S.cv. Aquatica  
 D 2337 S.fragilis  
 SU 8955 S.schwerini  
 E 4853 S.sp  
 H 3157 S.viminalis  
 V 788 S.vim. x S.x smithiana  
 H 3172 S.purpurea  
 H 3157 S.viminalis  
 E 4854 S.alba var. vitellina  
 V 784 S.vim. x S.x smithiana  
 H 3157 S.viminalis  
 V 7510 S.vim. x S.cv. Aquatica  
 H 3157 S.viminalis  
 V 786 S.vim. x S.x smithiana  
 V 788 S.vim. x S.x smithiana  
 V 785 S.vim. x S.x smithiana  
 H 3163 S.x smithiana  
 V 786 S.vim. x S.x smithiana  
 V 784 S.vim. x S.x smithiana  
 V 785 S.vim. x S.x smithiana  
 V 789 S.vim. x S.caprea  
 V 783 S.vim. x S.x smithiana  
  
 X H 3178 S.cv. Aquatica  
 X V 7514 S.vim. x S.x dasycl.  
 X V 796 S.vim. x S.x smithiana  
 X E 4856 S.cv. Aquatica  
 X V 761 S.vim. x S.cv. Aquatica  
 X V 761 S.vim. x S.cv. Aquatica  
 X V 795 S.vim. x S.x smithiana  
 X H 3178 S.cv. Aquatica  
 X V 761 S.vim. x S.x smithiana  
 X E 4856 S.cv. Aquatica  
  
 X V 7519 S.vim. x S.caprea  
 X E 6761 S.caprea  
  
 X V 790 S.vim. x S.x smithiana  
  
 X V 7509 S.vim. x S.cv. Aquatica  
 X V 795 S.vim. x S.x smithiana  
 X H 3178 S.cv. Aquatica  
 X V 796 S.vim. x S.x smithiana  
 X V 7519 S.vim. x S.caprea  
 X H 3163 S.x smithiana  
 X V 790 S.vim. x S.x smithiana  
  
 X V 790 S.vim. x S.x smithiana  
 X H 3163 S.x smithiana  
 X H 3163 S.x smithiana  
 X H 3163 S.x smithiana  
 X E 6761 S.caprea  
 X H 3163 S.x smithiana

Kuva 2. Eri-laisten pajuhybridien ja vanhempaiskloonien kuiva-ainetuotos kokeessa 1117/1 Tuusulassa. Pylväät osoittavat koe-erien keskimääräisen kantokohtaisen kuiva-ainetuotoksen 2-vuotiailla kantovesoilla 4-vuotiailla juurilla.  risteytyserät keskimäärin,  risteytyseristä valitut 10 % parhaita klooneja,  vanhempaiskloonit.

Satoisimpia yhdistelmiä olivat siis erilaiset eteläistä alkuperää olevien Suomeen muualta tuotujen kloonien risteytymät sekä kotimaisen kiiltolehtipajun risteytymät vesi- ja vannepajun kanssa. Risteytysten tavoitteena oli paitsi saada aikaan tuottoisia yhdistelmiä, myös yhdistää korkea tuotos ja hyvä talvenkestävyys. Tuotoksen ja talvenkestävyyden suhteen mielenkiintoisilta ja lupaavilta vaikuttavat näiden tulosten valossa yhdistelmät, joissa on äitinä kotimainen kiiltolehtipajuklooni (E 6684 S. phyllifolia) ja isänä nopeakasvuiset ulkomaiset vesi- ja vannepajukloonit (E 4856 S. cv. Aquatica ja P 6011 S. x dasyclados). Myös yhdistelmällä H 3159 S. x dasyclados x P 6011 S. x dasyclados, jossa emona on keskieurooppalainen vannepajuklooni ja isänä Oulun korkeudella kestäväksi tiedetty vannepajuklooni, saattaisi olla toivotunlaiset ominaisuudet. Kokeen kasvuisimpien yhdistelmien kestävyys testaukseksi perustettiin pistokasmateriaalilla jatkokeiteita Keski-Pohjanmaalle, Kannukseen ja Haapavedelle keväällä 1988.

Vaihtelu kantokohtaisessa kuiva-ainetuotoksessa kunkin risteytysjärjestyksen sisällä oli hyvin suuri. Kuvassa 1 olevat ylemmät, valkoiset pylväät osoittavat kustakin hybridiperheestä valittujen parhaiden kloonien tuotoksen. Nämä tuotosluvut antavat viitteitä siitä, mikä hyöty saavutetaan tekemällä perheen sisäistä valintaa. Pajuista suurin osa on helposti monistettavissa kasvullisesti pistokkaila. Käytännössä pajun lyhytkiertoviljelmää ei perusteta siementaimilla, vaan yhden tai muutaman hyvän kloonin pistokkaila. Näin ollen myös pajun risteytysjalostuksessa pyritään ensin luomaan tuottoisia risteytysyhdistelmiä. Näistä yhdistelmistä valitaan edelleen parhaat kloonit, jotka voidaan monistaa kasvullisesti laajempaan viljelyyn.

Kokeessa 1117/1 kasvaa erilaisia risteytysjälkeläisiä keväällä 1984 tehdyistä risteytyksistä. Koe sisältää laji-

hybridejä, lajihybridien ja vanhempaislajien takaisinristeytyksiä sekä lajihybridien välisiä risteytyksiä. Lisäksi kokeessa kasvavat vertailuerinä alkuperäiset lähtöaineiston vanhempaiskloonit. Koe perustettiin siementaimilla kesäkuussa 1985 satunnaisten lohkojen periaatteella, neljällä toistolla ja istutusvälillä 0,8 m x 0,2 m. Kahden vuoden ikäiset siementaimet leikattiin 10 cm:n kantoon keväällä 1986 vesomisen edistämiseksi. Keväällä 1988 kaadettiin kahden vuoden ikäiset kantovesat, joista tehtiin samat mittaukset kuin edellä esitellyllä kokeella 1133/1.

Kuvasta 2 käy ilmi koe-erien keskimääräinen kantokohtainen kuiva-ainetuotos kahden vuoden kiertoajalla. Koe-erien kuiva-ainetuotos vaihteli 22 grammasta 637 grammaan kantoa kohti keskimäärin. Tuotokseltaan parhaita eriä olivat alkuperäiset, vanhempina käytetyt vesipaju-, koripaju- ja vannepajukloonit sekä erilaiset S. schwerinin hybridit. Sen sijaan takaisinristeytykset ja useiden lajien hybridit olivat tuotokseltaan heikkoja.

Risteytysjälkeläistöjen sisäinen vaihtelu tuotoksessa oli myös tässä kokeessa huomattavan suurta. Kuvassa 2 olevat ylemmät, valkoiset pylväävät osoittavat hybridiperheistä valittujen parhaiden kloonien tuotoksen. Jälleen käy ilmi, että perheen sisäisellä valinnalla voidaan risteytyskerästä löytää lupaavia yksittäisiä klooneja. Kasvullisen monistuksen jälkeen näiden kloonien tuotos- ja kestävyysominaisuudet tulee testata kloonikokeissa. Vasta pidempiaikaisten kloonikokeiden jälkeen voidaan parhaat kloonit edelleen kasvullisesti monistamalla viedä laajempaan viljelyyn.

**KIRJALLISUUS**

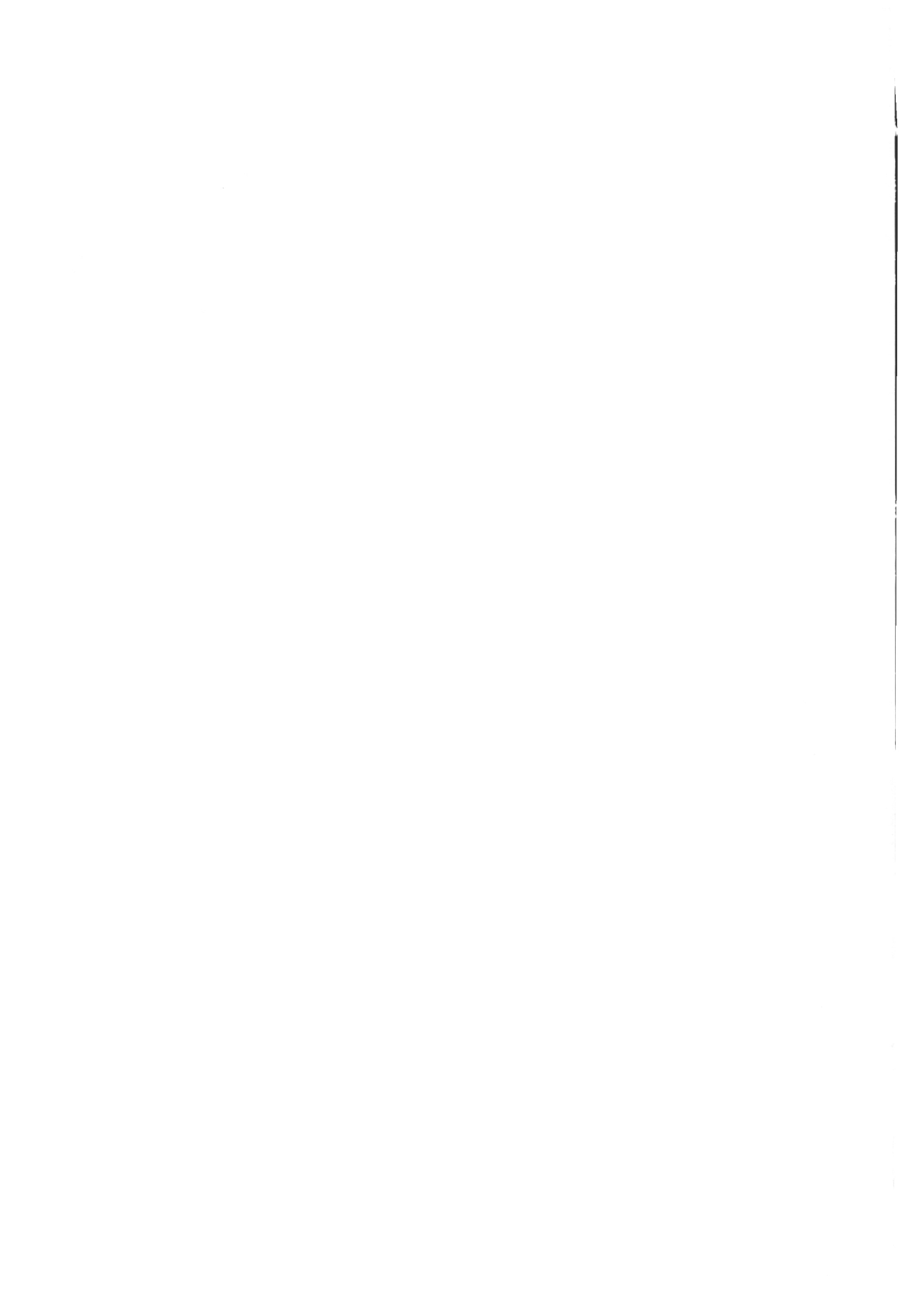
- Hakkila, P. (toim.) 1985. Metsäenergian mahdollisuudet Suomessa. Pera-projektin väliraportti. Folia Forestalia 624. 86 s.
- Lepistö, M. 1978. Pajun kuiva-ainetuotos kolmen vuoden kiertoajalla. Metsänjalostussäätiö. Tiedote 2(1978).
- Lumme, I. & Törmälä, T. 1988. Selection of fast-growing willows (*Salix* spp.) clones for short-rotation forestry on mined peatlands in northern Finland. *Silva Fennica* 22(1):67-88.
- Malmivaara, E., Mikola, J. & Palmberg, C. 1971. Pajujen mahdollisuudet metsäpuiden jalostuksessa. *Silva Fennica* 5(1):11-19.
- Tapio, E. 1965. Pajunviljely ja sen mahdollisuudet Suomessa. Käsikirjoitus Helsingin yliopiston kasvinviljelytieteen laitoksella. 109 s.
- Viherä-Aarnio, A. 1988. Willow breeding in the Finnish Forest Research Institute. IEA/BA - Task II. Proceedings from Willow Breeding Symposium. Uppsala August 31 - September 1, 1987. Dept. of Forest Genetics, Swedish University of Agricultural Sciences, Research Notes 41:35-39.













ISBN 951-40-1051-5  
ISSN 0358-4283

HAKAPAINO OY, HELSINKI 1989