

FOLIA FORESTALIA 104

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1971

OLE OSKARSSON

PLUSMETSIKÖIDEN VALINTAERO JA
JALOSTUSVOITON ENNUSTE

SELECTION DIFFERENTIAL AND THE ESTI-
MATION OF GENETIC GAIN IN PLUS STANDS

- N:ot 1—18 on lueteltu Folia Forestalia-sarjan julkaisuissa 1—41.
 Nos. 1—18 are listed in publications 1—41 of the Folia Forestalia series.
 N:ot 19—55 on lueteltu Folia Forestalia-sarjan julkaisuissa 19—96.
 Nos. 19—55 are listed in publications 19—96 of the Folia Forestalia series.
- 1969 No 56 Terho Huttunen: Länsi-Suomen havusahatukkien koko ja laatu vuonna 1966.
 The size and quality of coniferous sawlogs in western Finland in 1966. 1,50
- No 57 Metsäntutkimuslaitoksen päätös puutavaran mittauksessa käytettävistä muuntoluvuista ja kuutioimistaulukoista.
 Skogsforskningsinstitutets beslut beträffande omvandlingskoefficienterna och kuberings-tabellerna, som används vid virkesmätning. 28,80
- No 58 Paavo Tiihonen: Puutavaralajitaulukot 2. Maan eteläpuoliskon mänty, kuusi ja koivu. 2,50
- No 59 Paavo Tiihonen: Puutavaralajitaulukot 3. Männyn ja kuusen uudet paperipuutaulukot. 2,50
- No 60 Paavo Tiihonen: Puutavaralajitaulukot 4. Maan pohjoispuoliskon mänty ja kuusi. 2,—
- No 61 Matti Aitolahdi ja Olavi Huikari: Metsäojien konekaivun vaikeusluokitus ja hinnoittelu.
 Classification of digging difficulty and pricing in forest ditching with light excavators. 1,—
- No 62 Kullervo Kuusela ja Alli Salovaara: Etelä-Pohjanmaan, Vaasan ja Keski-Pohjanmaan mestävarat vuonna 1968.
 Forest resources in the Forestry Board Districts of Etelä-Pohjanmaa, Vaasa and Keski-Pohjanmaa in 1968. 3,—
- No 63 Arno Uusvaara: Maan ja metsän omistus Suomessa v. 1965 alussa ja sen kehitys v. 1957—65.
 Land and forest ownerships in Finland 1965 and their development during 1957—65. 2,50
- No 64 Timo Kurkela: Haavanruosteen esiintymisestä Lapissa.
 Leaf rust on aspen in Finnish Lapland. 1,—
- No 65 Heikki Ravela: Metsärunko-ojien mitoitus.
 Dimensioning of forest main ditches. 1,50
- No 66 Matti Palo: Regression models for estimating solid wood content of roundwood lots. 1,50
- No 67 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1967—69.
 Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1967—69. 2,50
- No 68 Lauri Heikinheimo, Seppo Paananen ja Hannu Vehviläinen: Stumpage and contract prices of pulpwood in Norway, Sweden and Finland in the felling seasons 1958/59—1968/69 and 1969/70. 2,50
- No 69 U. Rummukainen ja E. Tanskanen: Vesapistooli ja sen käyttö.
 A new brush-killing tool and its use. 1,—
- No 70 Metsätilastollinen vuosikirja 1968.
 Yearbook of forest statistics 1968. 6,—
- No 71 Paavo Tiihonen: Rinnankorkeusläpimitaan ja pituuteen perustuvat puutavaralajitaulukot. 1,—
- No 72 Olli Makkonen ja Pertti Harstela: Kirves- ja moottorisahakarsinta pinotavaran teossa.
 Delimiting by axe and power saw in making of cordwood. 2,50
- No 73 Pentti Koivulehto: Juurakoiden maasta irrottamisesta.
 On the extraction of stumps and roots. 1,50
- No 74 Pertti Mikkola: Metsähukkapuun osuus hakkuupoistumasta Etelä-Suomessa.
 Proportion of wastewood in the total cut in southern Finland. 1,50
- No 75 Eero Paavilainen: Tutkimuksia levityssajankohdan vaikutuksesta nopealiukoisten lannoitteiden aiheuttamiin kasvureaktioihin suometsissä.
 Influence of the time of application of fast-dissolving fertilizers on the response of trees growing on peat. 2,—
- 1970 No 76 Ukko Rummukainen: Tukkimiehintäin, *Hylobius abietis* L., ennakkotorjunnasta taimitarhassa.
 On the prevention of *Hylobius abietis* L. in the nursery. 1,50
- No 77 Eero Paavilainen: Koetuloksia suopeltojen metsittämisestä.
 Experimental results of the afforestation of swampy fields. 2,—
- No 78 Veikko Koskela: Havaintoja kuusen, männyn, rauduskoivun ja siperialaisen lehtikuusen halla- ja pakkaskuivumisvaurioista Kivisuon metsänlannoituskeokentällä.
 On the occurrence of various frost damages on Norway spruce, Scots pine, silver birch and Siberian larch in the forest fertilization experimental area at Kivisuo. 2,—
- No 79 Olavi Huikari—Pertti Juvonen: Työmenekki metsäojituksen työssä.
 On the work input in forest draining operations. 1,50
- No 80 Pertti Harstela: Kasausajan ja valtimonyöntitiheyden sekä tehollisen sahausajan määrittäminen järjestettyjen kokeiden, pulssitutkimuksen ja frekvenssianalyysin avulla.
 Determination of pulse repetition frequency and effective sawing time with set tests pulse study and frequency analysis. 1,50
- No 81 Sulo Väänänen: Yksityismetsien kantohinnat hakkuuvuonna 1968—69.
 Stumpage prices in private forests during cutting season 1968—69. 1,—
- No 82 Olavi Huuri, Kaarlo Kytökorpi, Matti Leikola, Jyrki Raulo ja Pentti K. Räsänen: Tutkimuksia taimityppiluokituksen laatimista varten. I Vuonna 1967 metsänviljelyyn käytettyjen taimien morfologiset ominaisuudet.
 Investigations on the basis for grading nursery stock. I The morphological characteristics of seedlings used for planting in the year 1967. 1,50

F O L I A F O R E S T A L I A 104

Metsäntutkimuslaitos. Institutum forestale Fenniae. Helsinki 1971

Ole Oskarsson

PLUSMETSIKÖIDEN VALINTAERO JA JALOSTUSVOITON ENNUSTE
Selection differential and the estimation of genetic gain in plus stands

SISÄLLYSLUETTELO

	sivu
SUMMARY	3
JOHDANTO	4
VALINTAMENETELMÄ	4
MATERIAALIN VALINTA	5
VALINTAERO JA JALOSTUSVOITTO	6
TULOSTEN TARKASTELU	9
KIRJALLISUUTTA	10

SUMMARY

In order to obtain seed of high genetic quality, 550 seed collection stands have been listed in various parts of Finland, excluding only the northernmost parts of the country. The total area covered by the registered stands is about 4000 ha. In selecting these stands, those showing the best quality and growth within a certain area have been taken into consideration. Generally speaking, this selection work can now be considered as being finished. The next step to be taken is to put the collection stands in question into the best possible condition from the viewpoint of seed production. By means of sanitation cuttings, in which only dominants superior in phenotype are left for seed collection, the frequency of desired genes can be affected, and consequently, the genetic quality of the seed yields.

In the phenotypic selection of seed collection trees the principle of mass selection was applied. This principle is based on the assumption that the properties studied in a population follow the normal distribution, which enables us to make our choice in favour of individuals representative of the better end of the curve.

The present study is an attempt to assess, on the basis of four examples, the selection differentials obtained in seed collection stands as well as the genetic gain produced and the effect of sanitation cuttings on the latter. The selection differential and the genetic gain were determined both for height and for volume.

The genetic gain for entirely sanitized plus stands was determined from the formula $\Delta G = h^2S$, as if no foreign pollination had affected the result. Correspondingly, the ΔG of unsanitized stands, in which the whole population takes part in pollination, was determined from the formula $\Delta G = \frac{1}{2}h^2S$. The genetic gain of partly sanitized stands must then be somewhere between the ΔG values mentioned. The effect of partial sanitation on the genetic gain was determined as described on p. 7–8. In our examples the influence of the earliest sanitation cutting was rather small. In terms of volume the genetic gain of the initial population – when evenaged progenies living under similar conditions are in question – is about 6.2 %, after the first sanitation, 7.3 %, and in fully sanitized plus stands, 12.8 %. For the plus stand at Vilppula (933–101), for example, the genetic gain would be, in the last-mentioned case, about 24 m³/ha in the following generation. If such improvement could be expected from an area covering hundreds of thousands of hectares, the economical gain would be considerable.

At least during the nearest ten-year period to come, seed collected from stands must be used in Finland. Thus it is of utmost importance to turn all seed collection stands into pure plus stands as soon as possible, in this way the genetic gain that can be obtained would be utilized to its full extent.

PLUSMETSIKÖIDEN VALINTAERO JA JALOSTUSVOITON ENNUSTE

JOHDANTO

Siemenkeräysmetsiköiden valinta Suomessa alkoi 1950-luvun alussa ja on eri aikoina tapahtunut hieman eri perustein. Aikaisempi inventointi keskittyi lähinnä ihanne-plusmetsiköiden etsimiseen. Yleisesti katsottiin, että hyvärotuisia lajikkeita esiintyy spontaanisesti syntyneinä saarekkeina maamme metsäalueilla. Valinta kohdistui yleensä varttuneisiin ja voimakkaasti haktuihin metsiin, joissa yleiskuvan saaminen populaatiosta oli vaikeata. Se oli lähinnä metsien välistä vertailua. Nykyaikaisen populaatiogenetiikan uudet sovellutukset ovat johtaneet perusteiden tarkistamiseen. Tosin puuston laatuun perustuvalla metsikön yleishabituksella on edelleen merkitystä. Fenotyyppi kuvastaa aina myös genotyyppiä ja antaa valitsijalle jonkinlaisen kuvan toivottujen geenien frekvenssistä tarkasteltavassa metsässä. Metsikön sisäinen geneettinen vaihtelu antaa kuitenkin suuremman mahdollisuuden kaikkein tärkeimpään, paremman tuoton tavoittelemiseen valintajalostuksella. Asenteen muutos on käytännössä merkinnyt sitä, että siemenkeräyskohteiden valinnassa on siirrytty metsiköiden välisestä vertailusta saman metsikön puiden väliseen vertailuun. Tämä on merkinnyt helpotusta fenotyyppisen valinnan toteuttamisessa. Valinta perustuu tarkasteltavan

populaation tarkempaan tuntemiseen ja tekee valintaerojen ja valintahyötyjen laskemisen mahdolliseksi.

Käytännössä metsikkövalinta voidaan nyt katsoa Suomessa suurin piirtein loppuun suoritetuksi. Seuraava askel on saattaa rekisteröidyt siemenkeräysmetsiköt mahdollisimman tehokkaaseen siemenentuottokuntoon. Lannoituksilla voidaan parantaa niiden yleistä kuntoa ja sen kautta kohottaa siemensatoa ja saneeraushakkuuksilla voidaan vaikuttaa siemensadon rodulliseen tasoon.

Siemenkeräysmetsiköllä tarkoitetaan tässä julkaisussa siemenen pystykeräykseen hyväksyttyä ja rekisteröityä metsikköä. Plusmetsiköksi siemenkeräysmetsikkö muuttuu sen jälkeen kun se on saneerattu, ts. kun kaikki muut paitsi siemenkeräykseen hyväksytyt ja merkityt puut on poistettu ja keräyspuiden valintaero on määritelty ja todettu positiiviseksi.

Tässä julkaisussa selostetaan sovellettu käytäntö ja pyritään neljän esimerkkitapauksen valossa selvittämään siemenkeräysmänniköissä saavutettuja valintaeroja ja niistä saatavia jalostusvoittoja sekä saneerauksien vaikutusta jalostusvoittoon.

VALINTAMENETELMÄ

Siemenkeräykseen sopivien alueiden löytämiseksi metsäntutkimuslaitos on yhteistyössä Metsähallituksen, Metsänjalostussäätiön, Keskusmetsäseurojen ja metsiä omistavien yhtiöiden kanssa. Kiertokirjein ja tiedotustilaisuuksin on kentällä toimiville metsäammattimiehille ilmoitettu siemenkeräysmetsiköille asetettavista vaatimuksista ja on pyydetty ilmoittamaan metsiköitä, jotka ovat:

- laadultaan ja kasvultaan metsätyyppin huomioon ottaen paikkakunnan keskitasoa parempia,
- luonnontilaisia tai lievällä alaharvennuksella käsiteltyjä, ei harsittuja,
- alle 100-vuotiaita (Etelä- ja Keski-Suomessa) ja mahdollisimman tasaikäisiä,
- terveitä ja täydessä kasvukunnossa,
- pinta-alaltaan vähintään 3 hehtaaria.

Ehdotettujen metsiköiden tarkastuksessa kiinnitetään huomiota koko metsikön yleiseen habitukseen, varsinkin laatuun ja kuntoon. Sairaita ja poikkeuksellisen huonolaatuisia yksilöitä ei ole sallittu merkittävässä määrin. Hyvä runkokuoto, suhteellisen hienot oksat ja hyvä karstutuminen sekä elinvoimaiset latvukset kuuluvat metsiköiltä vaadittavaan yleiskuvaan. Hyväksytyt metsiköt joutuvat tarkan mittauksen kohteeksi, jonka suorittaa tehtävää varten koulutettu työryhmä, vahvuudeltaan tavallisesti yksi työnjohtaja ja kaksi apulaista. Tarkastettava metsikkö rajoitetaan siten, että mitattava alue on boniteetiltaan kutakuinkin samanlainen ja puusto fenotyypiltään ja iältään mahdollisimman tasainen. Tarkastus tapahtuu pluspuuvalinnan tapaan arvioimislinjoin (OSKARSSON 1970); pluspuiden vaatimia vertailupuita ei kuitenkaan oteta huomioon. Metsiköitäkin valittaessa arvostellaan kuitenkin mitatut puut LÖNNROTHIN (1925) puuluokituksen mukaan.

Mittauksen jälkeen merkitään terveet ja laadultaan parhaat valtapuut keltaisilla täplillä kol-

melle puolelle runkoa noin rinnankorkeudelle.

Keräyspuiden valinnassa noudatetaan massa-valinnan periaatetta. Se perustuu olettamukseen, että populaation tarkastettavat ominaisuudet noudattavat normaalijakautumaa, josta valinta tehdään parhaasta osasta alkaen. STERNIN (1960 s. 58) mukaan on yhdentekevää, valitaanko populaatiosta tietty prosentti fenotyypisesti parhaita yksilöitä vai valitaanko yksinkertaisesti silmävaraisen arvion perusteella fenotyypisesti ylivoimaisista yksilöistä parhaat. Jälkimmäistä menetelmää hän pitää metsäpuiden valinnassa edellistä realistisempänä. Meillä käytettyä valintamenetelmää voidaan pitää eräänlaisena "mittauksin varmistettuna silmävaraisena valintana". Vertailevissa laskelmissa on käynyt ilmi, että mittauksiin perustuvat valintaerot poikkeavat selvästi tilastollisista taulukoista saaduista arvoista (BECKER 1967). Tämä johtuu mm. siitä, että varsinkaan hakkauksin käsitellyn metsikön puiden pituusjakauma ei ole parhaasakaan tapauksessa tarkkaan normaalikäyrän mukainen. Mitatut arvot ovat yleensä pienempiä ja ilmeisesti lähempänä todellisuutta.

MATERIAALIN VALINTA

Tutkimusmetsiköiksi on valittu neljä rekisteröityä männikköä, joissa ensimmäisen saneerausleiman on suoritettu tai tekeillä, mutta lähtöpopulaation puut vielä kaikki pystyssä. Kaikki kohteet ovat puolukkatyyppin männiköitä, joita on aikaisemmin käsitelty alaharvennuk-

sin. Taulukossa 1 esitetään muutamia yleistietoja tutkituista männiköistä.

Tutkituissa metsiköissä on siemenkeräykseen hyväksytyjen puiden määrä ollut likimain ohjelukua (n. 100 runkoa hehtaarilla) vastaava. Siemenkeräysmetsikön valintahyöty eli jalostus-

Taulukko 1. Mitatut metsiköt.
Table 1. Stands measured.

Tunnus Sign	Sijainti Locality	Ikä, v Age, years	Pinta-ala/ha Area, ha	Runkoja/ha Stems per ha	Keräyspuita/ha Seed trees per ha		Saneerattu run- komäärä Sanitized stems %
					kpl, nr	%	
933-101	Vilppula	78	2.8	791	119	15	43.5
576-101	Padasjoki	68	3.1	600	109	17	15.8
460	Keuruu	95	4.5	496	93	19	37.5
170	Jämsä	86	3.0	655	175	27	27.5

voitto on tosin sitä suurempi mitä pienempi määrä runkoja valitaan, mutta toisaalta valitun puuston täytyy olla niin tiheä, että runsas sisäinen pölytyks on mahdollinen (MATTHEWS 1964).

Metsikön n:o 170 keräyspuiden määrä on poikkeuksellisen suuri sen vuoksi, että metsä

on kasvanut ylittehenä. Sellaisessa tapauksessa ja nuorissa keräysmetsiköissä yleensäkin ylisuuri keräyspuiden lukumäärä antaa mahdollisuuden tarkistaa keräyspuiden valintaa myöhemmän saneerausleimauksen yhteydessä, kun nähdään miten eri latvukset ovat toipuneet ensimmäisen saneerauksen jälkeen.

VALINTAERO JA JALOSTUSVOITTO

Valintaero on vanhempaispopulaatiossa jalostuksessa suoritetun valinnan voimakkuusaste ja jalostusvoitto eli valintahyöty on valinnan tehokkuuden ilmaiseva arvo (LUUKKANEN 1969). Ensimmäinen etsittävä suure onkin valintaero (S), joka on keräyspuiksi valittujen yksilöiden mittaustunnusten keskiarvon (X_K) ja koko metsikköpopulaation keskiarvon (X_P) erotus.

$$\bar{X}_K - \bar{X}_P = S.$$

Siemenkeräysmetsiköiden valintaerolla ja jalostusvoitolla on merkitystä varsinkin rekisteröityjen metsiköiden luokituksessa. Keräysmetsiköitä on valittu parinkymmenen vuoden ajan, ja valintaa on ollut suorittamassa suuri joukko valitsijoita omine näkemyksineen. Tulos on tästä syystä kirjava. Joskin useimmat rekisteröidyt metsiköt todennäköisesti kuuluvat paikkakuntansa parhaimpiin, vasta mittauksien perusteella laskettava valintaero antaa käsityksen keräysmetsikön geneettisestä arvosta. Valintaero ja jalostusvoitto lasketaan kaikista maamme siemenkeräysmetsiköistä, joista on mittaustuloksia käytettävissä.

Valtapuihin kohdistuvassa keräyspuiden valinnassa jätetään enää pois vain sairaat ja vialliset sekä mahdolliset karkeaksaiset tai muuten epäedulliset muodot. Valinnan kannalta tärkeimmät ominaisuudet ovat siis jo mukana, vaikka viimeisessä arvostelussa kiinnitetään huomiota vain pituuteen tai kuutiomäärään. Näin on sovellettu populaatio-genetiikan yleistä käytäntöä valintajalostuksessa (LERNER 1958, FALCNER 1960, STERN 1960). Meillä näitä perusmalleja on aikaisemmin sovellettu pluspuiden valintaeroja ja valintahyötyjä selvittäessä (TIGERSTEDT ja MALMIVAARA 1970, OSKARSSON 1970).

Taulukossa 2 esitetään tutkittavien metsiköiden mittaustulokset ja niistä saadut valintaerot.

Siemenkeräyspuiden valinnasta saatava jalostusvoitto voidaan ennustaa, kun valintaero ja emopuiden periytyvyys eli heritabiliteetti tunnetaan. Metsäpuiden eri ominaisuuksien periytyvyyttä on tutkittu ja selostettu mm männyn kasvun osalta lukuisissa julkaisuissa. NILSSON (1957) toteaa, että emopuun H/D-osamäärän (pituus/D1.3) ja jälkeläisten pituuden välillä vallitsee positiivinen riippuvuus. EKLUNDH EHRENBURG (1963) päättelee, että hänen tutkimuksissaan saatu suhteellisen korkea heritabiliteetti-arvo, 41 %, osoittaa valintajalostuksen positiivista vaikutusta. HATTEMER (1963) esittää männyn pituuskasvulle 24 %:n heritabiliteettia. Suomessa on saatu vastaaviksi arvoiksi 18 % (TIGERSTEDT 1969) ja 21 % (PÄLMBERG 1970). On selvää, että toistaiseksi taimistoihin ja suhteellisen nuoriin jälkeläistöihin nojautuvat periytyvyysarvot ovat jonkin verran epävarmoja. Suuntaa antavia ne kuitenkin ovat. Tutkittavien siemenkeräysmetsien jalostusvoittoa laskettaessa on seuraavassa käytetty pyöristettyä heritabiliteetti-arvona 20 %, jolloin

$$h^2 = 0,2.$$

Heritabiliteetti on ominaisuuden periytyvyyden mitta ja merkitään h^2 (ei tarkoita toista potenssia).

Valintahyötyä ennustettaessa on otettava huomioon, että jälkeläisiin ei vaikuta yksinomaan keräyspuiden, emopuiden, vaan pölytyksen kautta myöskin isäpuiden ominaisuudet. Siementä kerätään tosin vain valituista valta- puista, mutta pölyttäviä puita ei kuitenkaan tunneta. Jos metsikkö on lisäksi kokonaan saneeraamaton, on otaksuttava, että metsikön

Taulukko 2. Mittaustulokset.
Table 2. Results of measurement.

Metsikön tunnus Sign of stand	Keskiarvot – Means			Valintaerot – Selection differential	
	Koko mets. Total stand	Keräyspuut Seed trees	Mets. 1. saneerauksen jälkeen Stand after 1 st -sanitation	$\bar{X}_K - \bar{X}_P$	$\bar{X}_S - \bar{X}_P$
	\bar{X}_P	\bar{X}_K	\bar{X}_S	S_K	S_S
Pituus – Height					
933–101	16.31	19.30	17.25	2.99	1.94
576–101	18.60	20.91	18.98	2.31	0.38
460	22.37	25.45	23.45	3.08	1.08
170	19.57	22.18	20.10	2.61	0.53
Kuutiomäärä – Volume m³					
933–101	.196	.348	.239	.152	.043
576–101	.280	.439	.300	.159	.020
460	.469	.787	.545	.318	.076
170	.314	.452	.333	.138	.019

huonoimmatkin puut ottavat osaa pölytykseen. Sen lisäksi tulee kaukopölytyksen vaikutus, joka on sitä suurempi mitä pienempi on keräysmetsikön pinta-ala (KOSKI 1970). Jos metsikkö on täysin saneerattu, niin että vain valitut yksilöt ovat jäljellä, niiden välisen pölytyksen todennäköisyys kasvaa, mutta toisaalta kaukopölytyksen mahdollisuus lisääntyy. Tässä julkaisussa kaukopölytyksen vaikutusta ei ole otettu huomioon, vaan esimerkiksi saneeratun metsikön jalostusvoitto on laskettu ikään kuin se olisi eristetty.

Valintajalostuksesta saatava saneeratun metsikön jalostusvoitto (ΔG) lasketaan peruskavasta

$$\Delta G = h^2 \cdot S.$$

Kaava pitää paikkansa, jos vain valitut yksilöt ovat jäljellä sekä emopuina että pölyttäjinä. Jos metsikkö on saneeraamaton, ottaa koko populaatio osaa pölytykseen. Keräyspuista saatavan siemenen perimästä on silloin vain puolet varmasti peräisin valituista puista, joten jalostusvoitto on jaettava kahdella

$$\Delta G = \frac{1}{2} h^2 \cdot S.$$

Käytännössä saattaa siirtyminen vastavalitusta sulkeutuneesta siemenkeräysmänniköstä täysin saneerattuun plasmännikköön kestää kauan. Saneeraushakkuut joudutaan, hakkausohjelmaa kiirehtienkin, suorittamaan useimmiten kahdessa vaiheessa melko pitkin välein. Sillä aikaa saattaa sattua hyviä siemenvuosia, jolloin halutaan osittainkin saneeratusta rekisteröidystä keräysmetsiköstä ottaa siemenet talteen. Laskeamalla osittain, huonommasta päästä saneeratun männikön jalostusarvoa, pyritään osoittamaan ensimmäisen saneeraushakkuun merkitystä siemenkeräysmetsien kunnostusohjelmassa.

Kun tässä saneeraamaton metsikkö tarkoittaa lähtöpopulaatiota kaikkine puuluokkineen, täytyy huonommasta päästä osittain saneeratun keräysmetsikön jalostusvoitto olla jossakin kahden edellä mainitun kaavan ΔG -arvojen välissä.

Tällöin voidaan soveltaa esim. RENDELIN ja ROBERTSONIN (1950) käyttämää menetelmää jalostusvoiton arvioimiseksi. Siinä kokonaisvoitto on valittujen isien ja valittujen emojen tuomien hyötyjen summa

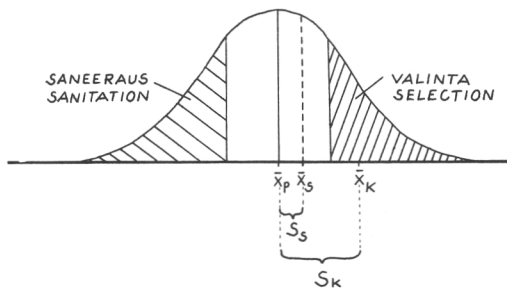
$$\Delta G_{\text{kok. (total)}} = \frac{\Delta G_{\text{isät (fathers)}}}{2} + \frac{\Delta G_{\text{äidit (mothers)}}}{2}$$

Jos tässä isien aiheuttama lisävoitto on osittain saneeratun metsikön valintaero (S_S) ja emojen aiheuttama voitto vastaa keräyspuiden valintaeroa (S_K) saadaan osittain saneeratun siemenkeräysmetsikön jalostusvoitoksi

$$\Delta G = \left(\frac{S_S}{2} + \frac{S_K}{2} \right) \cdot h^2 \text{ eli } \Delta G = \frac{S_S + S_K}{2} \cdot h^2$$

Kuva 1:n avulla osoitetaan miten saneerauksen vaikutus jalostushyötyyn on laskettu.

Kuvassa oikealla oleva varjostus tarkoittaa siemenkeräykseen valittujen puiden osuutta koko populaatiosta ja vasemmalla oleva varjostus ensimmäisessä saneerauksessa poistettavien puiden osuutta.



\bar{X}_P = lähtöpopulaation keskiarvo (pituus tai kuutiomäärä)

\bar{X}_S = populaation keskiarvo saneerauksen jälkeen

\bar{X}_K = keräyspuiden keskiarvo.

Sen mukaan keräyspuiden valintaero on $\bar{X}_K - \bar{X}_P = S_K$ ja saneerauksesta saatava pölyttävien puiden valintaero on $\bar{X}_S - \bar{X}_P = S_S$.

Neljässä tarkastettavassa metsikössä on suoritettu ensimmäisen saneerauksen leimaus alaharvennuksena ja poistaen kaikista luokista sairaita ja erikoisen huonoja yksilöitä. Poistettavien puiden pituuden ja kuutiomäärän keskiarvot on laskettu.

Taulukossa 3 esitetään tutkimusmetsiköiden arvioitu valintahyöty metsikön ollessa saneeraamattomana, osittain saneerattuna ja täysin saneerattuna.

Lasketuista jalostusvoitosta ilmenee, että esimerkiksi Vilppulan metsikön (933-101) keräyspuiden jälkeläiset – samanikäisinä kuin keräysmetsikkö, ja samoissa olosuhteissa kasvaneina – olisivat keskimäärin $16.31 + 0.299 = 16,6$ m, $16.31 + 0.393 = 16,7$ m tai $16.31 + 0.598 = 16,9$ m, riippuen saneerausasteesta.

Taulukko 3. Jalostusvoiton ennustaminen ($h^2 = 0.2$).

Table 3. Estimation of genetic gain ($h^2 = 0.2$).

Metsikön tunnus <i>Sign of stand</i>	Metsikkö ennen saneerausta <i>Unsanitized stand</i>		Osittain saneerattu metsikkö <i>Partly sanitized</i>		Saneerattu plusmetsikkö <i>Sanitized plus stand</i>	
	m	%	m	%	m	%
Pituus – Height						
933-101	.299	1.8	.393	2.4	.598	3.7
576-101	.231	1.2	.269	1.5	.462	2.5
460	.308	1.4	.416	1.9	.616	2.8
170	.261	1.3	.314	1.6	.522	2.7
Keskim. <i>Mean</i>	.275	1.4	.348	1.9	.550	2.9
Kuutio – Volume						
	k-m ³ <i>solid m³</i>	%	k-m ³ <i>solid m³</i>	%	k-m ³ <i>solid m³</i>	%
933-101	.0152	7.8	.0196	9.9	.0304	15.5
576-101	.0159	5.7	.0179	6.4	.0318	11.4
460	.0318	6.8	.0394	7.9	.0636	13.6
170	.0138	4.4	.0157	5.0	.0276	8.8
Keskim. <i>Mean</i>	.0192	6.2	.0232	7.3	.0384	12.8

Pituuden voittoprosentit ovat siis 1,8, 2,4 ja 3,7. Keskikuutiioon laskettava voitto on huomattavasti suurempi. Keräämällä siementä valituista puista voidaan nostaa keskikuutiota 0.196:sta 0.211:een (7,8 %) ja saneeraamalla lisäksi nostaa sitä 0.226:een eli 15,5 %.

Osittaisesta saneerauksesta saatavan hyödyn nousu käsittelemättömästä metsästä on melko pieni kaikissa tutkituissa tapauksissa. Todetakaan, että varsinkin Padaşjoen (576–101) ja Jämsän (170) keräysmetsiköt ovat hyvin varovasti leimatut.

TULOSTEN TARKASTELU

Sitä mukaa kuin yhä useammat siemenviljelykset lähenevät hyvän siementuoton ikää ja kokoa, siemenkeräysmetsien merkitys vähenee. Suomen siemenviljelyksistä ei ole saatu niin suuria siemensatoja, että niiden perusteella voisi laatia prognoosia, mutta Ruotsissa esitetyt tulokset ovat varmaankin vertailukelpoisia. Kauden 1969–70 sadot n. 10–19 vuotisista vartteista ovat hyvin vaihtelevia. Pohjois-Ruotsin männyn siemenviljelyksistä on saatu keskimäärin n. 2 kg siementä hehtaarilta, vanhimmissa huomattavasti enemmän kuin nuorista. Keski-Ruotsin siemenviljelyksistä on saatu paljon parempia satoja, esim. 16 kg siementä hehtaarilta 16–20 vuotisista vartteista (JOHNSON 1970). Yleensä näyttää siltä, että siemensadot nousevat jyrkästi, kun vartteet alkavat olla 13–15 vuoden ikäisiä. Tältä pohjalta tehty ennuste Suomen oloihin lupaisi runsaita satoja suurista, n. vuoden 1967 jälkeen istutetuista männyn siemenviljelyluokista 1980-luvun aikana ja sen jälkeen. Siihen saakka plusmetsiköt muodostavat tärkeimmän siemenlähteemme, joten niitä on käytettävä mahdollisimman tehokkaasti.

Metsägenetiikan soveltamin tilastomatematiisin menetelmin voidaan arvioida seuraavien polvien jalostusvoitto, kun lähtöpopulaatio ja valittu osa tunnetaan. Jalostusvoiton suuruus riippuu lähinnä valintaeron suuruudesta niin, että mitä pienempi osa parhaasta päästä on valittu, sitä suurempi on jalostusvoitto. Populaatiosta valittu osa ei kuitenkaan saa olla liian ahdas, mm. sen vuoksi, että se vähentää liiaksi sisäisen pölytyksen osuutta ja osaksi sen takia, että metsikön siemensato voi käydä kannattamattoman pieneksi.

Tutkimus on osoittanut, että pystykeräys-siemenestä saatava jalostusvoitto saneeraamattomasta metsiköstä on n. 1–2 %:n luokkaa pituuskasvuun nähden ja 4–8 % kuutiomäärään

nähden. Täysin saneeratusta metsästä saadaan teoriassa koko jalostusvoitto talteen, joten prosenttimäärät likimain kaksinkertaistuvat (2–4 ja 8–16 %). Plusmetsiköistä saatava keskimääräinen kuutiomäärän voitto, n. 12 %, olisi huonoimmin tuottavassa metsikössä n:o 170 n. 18 k-m³/ha. Vilppulan männikön vastaava voitto olisi n. 24 k-m³/ha. Osittaisesta saneerauksesta tutkituissa tapauksissa voitto on suhteellisen pieni. Mitä voimakkaampi ensimmäinen saneeraus on, sitä suurempi on jalostusvoitto. Kuitenkin tämä koskee vain yhtä ominaisuutta, kasvua. On mielekästä olettaa, että saneerauksella vähennetään, ei ainoastaan pituuden miinusgeenejä, vaan myöskin muiden ihmisen kannalta epäedullisten geenien frekvenssiä.

Lapin ja Koillis-Suomen piirimetsälautakunnat pois luettuina Suomessa on 1. 1. 1971 valittu 550 siemenkeräysmännikköä, joiden yhteinen pinta-ala on 4000 hehtaaria. Edellä esitetyt valinnasta saatavat voitot saattavat tuntua kovin mitättömiltä, kun ajatellaan metsikkövalinnan takana olevia töitä ja kustannuksia. Asia muuttuu toiseksi, kun ajatellaan, että jo monena vuonna on suurelta osalta käytetty näin valittua alkuperää metsänviljelyksiin. On toivottavaa, että huonompaa siementä ei enää tarvitsisi käyttää tulevaisuudessa. Jos 10 vuoden aikana 100 000 hehtaaria vuodessa uudistetaan plusmetsien jälkeläisillä, voidaan esimerkiksi 18 tai 24 k-m³:n hehtaarioittoja kertoa 1 000 000:lla. Silloin valinnasta saatava hyöty vasta pääsee oikeuksiinsa. On kuitenkin muistettava, että varmoja ennusteita ei voida esittää. Luvut ovat suuntaa antavia arvioita.

Edellä olevasta voidaan päätellä, että mitä nopeammin saatetaan siemenkeräysmetsiköt hyviä siemeniä tuottaviksi plusmetsiköiksi, sitä suurempi on lähivuosikymmenen aikana perustettavien uusien metsien jalostusvoitto.

KIRJALLISUUTTA – REFERENCES

- BECKER, WALTER A. 1967. Manual of Procedures in Quantitative Genetics. Second Edition. Published by Program in Genetics. Washington State University.
- EKLUNDH EHRENBERG, CARIN. 1963. Genetic variation in progeny tests of scots pine. – *Studia Forestalia Suecica* 10.
- FALCONER, D.S. 1964. Introduction to Quantitative Genetics. Oliver and Boyd, Edinburgh and London.
- HATTEMER, H.H. 1963. Estimates of Heritability published in Forest Tree Breeding Research. – *FAO/FORGEN* 63 – 2a/3.
- JOHNSON, HELGE. Skogsfröplantagernas avkastning skördeåret 1969/70. – Institutet för Skogsförbättring – Information 1970/71, Skogsträdsförädling nr 1.
- KOSKI, VEIKKO. 1970. A study of pollen dispersal as a mechanism of gene flow in conifers. – *COMM. INST. FOREST. FENNICA* 70.4.
- LERNER, MICHAEL, I. 1958. The Genetic Basis of Selection. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- LUUKKANEN, OLAVI. 1969. Metsägeneettinen sanasto (Glossary of Forest Genetics with English Index). – Helsingin Yliopiston Metsänhoitotieteen laitos. Moniste.
- LÖNNROTH, ERIK. 1925. Untersuchungen über die innere Struktur und Entwicklung gleichaltriger naturnormaler Kiefernbestände. Akademische Abhandlung. Helsinki.
- MATTHEWS, J.D. 1964. Seed production and seed certification – *Unasyuva*, vol. 18(2–3) numbers 73–74. – FAO/IUFRO Meeting on forest genetics.
- NILSSON, BO. 1958. Om sambandet mellan moderträd och avkomma hos tall och gran. – *Svenska Skogsvårdsföreningens Tidskrift* 56, s. 55–68.
- OSKARSSON, OLE. 1970. Pluspuiden fenotyyppisessä valinnassa sovellettuja valinnan asteita. – *FOLIA FORESTALIA* 83.
- PALMBERG, CHRISTEL. 1970. Heritabilitettiin arvioiminen eräässä männyn (*Pinus sylvestris* L.) jälkeläiskokeessa. – *SILVA FENNICA* VOL. 4, nr 3: 202–219.
- RENDEL, J.M. and ROBERTSON, A. 1950. Estimation of genetic gain in milk yield by selection in a closed herd of dairy cattle. – *JOURNAL OF GENETICS*, VOL 50, 1–8.
- STERN, KLAUS. 1960. Plusbäume und Samenplantagen. J.D. Sauerländers Verlag. Frankfurt am Main.
- TIGERSTEDT, P.M.A. 1969. Progeny Tests in a *Pinus Sylvestris* (L.) Seed Orchard in Finland. – *ACTA FORESTALIA FENNICA*, VOL. 99.
- TIGERSTEDT, PETER ja MALMIVAARA, EERO. 1970. Metsänjalostuksen mahdollisuudet. I. Pluspuiden valintaero ja siemenviljelysten valintahyöty. – *SILVA FENNICA*, VOL. 4, nr. 2.

LOPPUSANOJA

Koemetsiköiden mittaukset ovat suorittaneet metsäteknikko Eero Ykspuu ja työnjohtaja Pentti Räsänen. Rouva Marjatta Siro on huolehtinut materiaalin koneella laskettavasta osasta ja konekirjoituksesta. Metsänhoitaja Jouni Mikola on auttanut osittaisen saneerauksen las-

kentamenetelmän soveltamisessa. Vt. professorit Veikko Koski ja Yrjö Vuokila ovat lukeneet käsikirjoituksen ja tehneet varteenotettavia korjauksia. Kaikille edellä mainituille esitän parhaat kiitokset.

- No 83 Ole Oskarsson: Pluspuiden fenotyypissä valinnassa sovellettuja valinnan asteita. Selection degrees used in the phenotypic selection of plus trees. 1,50
- No 84 Kari Keipi ja Otto Kekkonen: Calculations concerning the profitability of forest fertilization. Laskelmia metsän lannoituksen edullisuudesta. 2,—
- No 85 S.—E. Appelroth — Pertti Harstela: Tutkimuksia metsänviljelytyöstä I. Kourukuokka, kenttälapio, taimivakka, taimilaukku sekä istutuskoneet Heger ja LMD-1 istutettaessa kuusta peltoon. Studies on afforestation work I. The use of semi-circular hoe, the field spade, plant basket, plant bag and the Heger and LMD-1 tree planters in planting spruce in fields. 3,—
- No 86 Pertti Veckman: Metsäalan toimihenkilöiden koulutustarve 1970-luvulla. Educational requirements of professional forestry staff in the 1970s. 4,—
- No 87 Michael Jones and David Cope: Economics Research in the Finnish Forest Research Institute, 1969—1974. 4,—
- No 88 Seppo Ervasti, Lauri Heikinheimo, Kullervo Kuusela ja Veikko O. Mäkinen: Forestry and forest industry production alternatives in Finland, 1970—2015. 6,—
- No 89 Risto Sarvas: Establishment and registration of seed orchards. 2,—
- No 90 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1968—70. Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1968—70. 5,—
- No 91 Pertti Harstela ja Teemu Ruoste: Kokonaisten puiden esijuonto kaksirumpuvintturilla käytävä- ja riviharvennuksessa. Laitteiden ja menetelmien kehittäjä sekä tuotoksokkeita. Preliminary full-tree skidding by two-drum winch in strip and row thinning. 2,50
- No 92 Pentti Hakkila ja Pentti Rikkinen: Kuusitukit puumassan raaka-aineena. Spruce saw logs as raw material of pulp. 1,50
- No 93 Kari Löyttyniemi: Havupunkin ja kuusen neulaspunkin torjunta. Control of mites *Oligonychus ununguis* and *Nalepella haarlovi* var. *piceae-abietis*. 2,50
- No 94 Paavo Tiihonen: Puutavaralajitaulukot 5. Koivun uudet paperipuu- ja puutavara-aulukot. Sortentafeln 5. Neue Papierholztafeln für Birke. 2,50
- No 95 Jorma Rajala: Nykymetsiköiden kasvuprosentti Suomen eteläpuoliskossa vuosina 1964—68. 2,50
- No 96 Metsätilastollinen vuosikirja 1969. Yearbook of forest statistics 1969. 8,—
- No 97 Juhani Numminen: Short-term forecasting of the total drain from Finland's forests. Suomen metsien kokonaispoistuman lyhytjaksoinen ennustaminen. 1,50
- No 98 Juhani Nousiainen, Jukka Sorsa ja Paavo Tiihonen: Mänty- ja kuusitukkipuiden kuutioimismenetelmä. Eine Methode zur Massenermittlung von Kiefern- und Fichtenblochholz. 4,—
- 1971 No 99 Yrjö Vuokila: Harvennusmallit luontaisesti syntyneille männiköille ja kuusikoille. Gallringsmallar för icke planterade tall- och granbestånd i Finland. Thinning models for natural pine and spruce stands in Finland. 2,—
- No 100 Esko Leinonen ja Kalevi Pullinen: Tilavuuspaino-otanta kuitupuun mittauksessa. Green density sampling in pulpwood scaling. 2,—
- No 101 IUFRO, Section 31, Working Group 4: Forecasting in forestry and timber economy. 5,—
- No 102 Sulo Väänänen: Yksityismetsien kanto hinnat hakkuuvuonna 1969/70. Stumpage prices in private forests during cutting season 1969/70. 1,—
- No 103 Matti Ahonen: Tutkimuksia kanto- ja juuripuun korjuusta I. Kokeilu puiden kaatamisesta juurakkoineen. Studies on the harvesting of stumps and roots in Finland I. Experiment with the felling of trees with their rootstock. 2,—
- No 104 Ole Oskarsson: Plusmetsiköiden valintaero ja jalostusvoiton ennuste. Selection differential and the estimation of genetic gain in plus stands. 1,50

Myynti — Available for sale at: Valtion painatuskeskus, Annankatu 44, Helsinki 10, p. 645 121
Merkintä ODC tarkoittaa metsäkirjallisuuden kansainvälistä Oxford-luokitusjärjestelmää

