



# FOLIA FORESTALIA

METSÄNTUTKIMUSLAITOS  
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE  
HELSINKI 1988

708

Mari Rusanen & Pirkko Velling

SATOINDEKSIIN VAIHTELU JA KORRELOINTI KASVU- JA LAATU-  
OMINAISUUKSIEN KANSSA MÄNNYN JÄLKELÄISKOKEISSA

Harvest index in young Scots pine progeny tests, variation and  
correlation with growth and quality traits

METSÄNTUTKIMUSLAITOS  
*THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE*

Osoite: Unioninkatu 40 A  
Address: SF-00170 Helsinki, Finland

Puhelin: (90) 661 401  
Phone:

Telex: 126246 Metla SF

Ylijohtaja: <i>Director:</i>	Professori <i>Professor</i>	Aarne Nyysönen
Julkaisujen jakelu: <i>Distribution of publications:</i>	Kirjastonhoitaja <i>Librarian</i>	Liisa Ikävalko-Ahvonon
Julkaisujen toimitus: <i>Editorial office:</i>	Toimittajat <i>Editors</i>	Seppo Oja Tommi Salonen

Metsäntutkimuslaitos on maa- ja metsätalousministeriön alainen vuonna 1917 perustettu valtion tutkimuslaitos. Sen päätehtävänä on Suomen metsätaloutta sekä metsävarojen ja metsien tarkoituksenmukaista käyttöä edistävä tutkimus. Metsäntutkimustyötä tehdään lähes 800 hengen voimin yhdeksällä tutkimusosastolla ja kymmenellä tutkimus- ja koeasemalla. Tutkimus- ja koetoimintaa varten laitoksella on hallinnassaan valtionmetsiä yhteensä n. 150 000 hehtaaria, jotka on jaettu 17 tutkimusalueeseen ja joihin sisältyy kaksi kansallis- ja viisi luonnonpuistoa. Kenttäkokeita on käynnissä maan kaikissa osissa.

*The Finnish Forest Research Institute, established in 1917, is a state research institution subordinated to the Ministry of Agriculture and Forestry. Its main task is to carry out research work to support the development of forestry and the expedient use of forest resources and forests. The work is carried out by means of 800 persons in nine research departments and ten research and field stations. The institute administers state-owned forests of over 150 000 hectares for research purposes, including two national parks and five strict nature reserves. Field experiments are in progress in all parts of the country.*

# FOLIA FORESTALIA 708

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1988

Mari Rusanen & Pirkko Velling

## SATOINDEKSIIN VAIHTELU JA KORRELOINTI KASVU- JA LAATUOMINAISUUKSIEN KANSSA NUORISSA MÄNNYN JÄLKELÄISKOKEISSA

Harvest index in young Scots pine progeny tests, variation and correlation  
with growth and quality traits

*Approved on 25.3.1988*

### SISÄLLYS

1. JOHDANTO .....	3
2. AINEISTO JA MENETELMÄT .....	4
21. Aineisto .....	4
22. Mittaukset .....	4
3. TULOKSET .....	5
31. Satoindeksi tuoreena ja kuivana .....	5
32. Satoindeksi ja rungon massa .....	5
33. Kasvu- ja laatutunnukset ja niiden korrelaatiot .....	9
34. Kasvu- ja laatutunnusten ja satoindeksin korrelaatiot .....	11
4. TULOSTEN TARKASTELU .....	14
41. Satoindeksin suuruuteen ja vaihteluun vaikuttavat tekijät .....	14
42. Satoindeksin epäsuora mittaaminen .....	16
KIRJALLISUUS - REFERENCES .....	17
SUMMARY .....	18

RUSANEN, M. & VELLING, P. 1988. Satoindeksin vaihtelu ja korrelointi kasvu- ja laatuominaisuuksien kanssa nuorissa männyn jälkeläiskokeissa. Summary: Harvest index in young Scots pine progeny tests, variation and correlation with growth and quality traits. *Folia Forestalia* 708. 19 p.

Tuoremassoista mitattujen satoindeksien (rungon massan osuus puun maanpäällisen osan kokonaisfytomassasta) keskiarvo oli 8-vuotiaissa jälkeläistöissä 0,44 ja 13-vuotiaissa 0,67. Vastaavat ilmakeivut arvot olivat 0,56 ja 0,74. Korrelaatio tuorearvojen ja ilmakeivien arvojen välillä oli hyvin voimakas. Geneettiseltä kokoonpanoltaan tutkimusaineisto oli kirjava: siihen sisältyi sekä maantieteellistä vaihtelua että yksilövaihtelua. Runnon massa ja satoindeksi korreloivat yleensä negatiivisesti, mikä selittyy suureksi osaksi maantieteellisillä eroilla. Muutamissa risteytysjälkeläistöissä molemmat ominaisuudet olivat keskimääräistä parempia. Yksittäisistä kasvu- ja laatuominaisuuksista eli ns. satokomponenteista satoindeksin kanssa korreloivat voimakkaimmin (negatiivisesti) rungon rinnankorkeusläpimitta, oksien läpimitta ja lukumäärä sekä kuoren paksuus.

The mean of the harvest index values (proportion of stem mass out of the total above-ground phytomass) calculated from the fresh mass was 0.44 in the 8-year-old progenies and 0.67 in the 13-year-old progenies. The corresponding values from air-dry mass were 0.56 and 0.74. There was a very close correlation between the fresh and air-dry values. The genetic composition of the material was highly variable including both open-pollinated entries from various origins and full-sib families from controlled crossings. The correlation between stem mass and harvest index was generally negative mainly due to the geographic variation. Both characters were better than the average in some control-pollinated progenies. Of the individual growth and quality traits, here called yield components, breast height diameter, branch diameter, number of branches and bark thickness were rather closely (negatively) correlated with the harvest index.

Key words: *Pinus sylvestris*, breeding, above-ground phytomass, stem mass, yield components  
ODC 232.13 + 165.5 + 165.6 + 174.7 *Pinus sylvestris*

Authors' addresses: *Rusanen*: Norkkokuja 3 B 35, 01360 Vantaa, Finland. *Velling*: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki, Finland.

ISBN 951-40-0804-9  
ISSN 0015-5543

Helsinki 1988. Valtion painatuskeskus

# 1. JOHDANTO

Maatalouskasvien jalostuksessa on yli 20 vuotta ollut käytössä käsite *satoindeksi* (harvest index, HI). Ensimmäisenä sen määritteli Donald (1962) ja hän tarkoitti sillä jyväsadon suhdetta koko biologiseen satoon viljakasveilla. Yleisesti satoindeksillä tarkoitetaan käyttökelpoisen hyötyosan suhdetta kasvin tuottamaan kokonaisfytomassaan.

Monien viljelykasvien satoindeksi on kasvinjalostuksen avulla parantunut merkittävästi. Kertészin (1984) mukaan on esimerkiksi tärkeimpien eurooppalaisten viljalajien jyväsato kaksinkertaistunut 30 vuodessa ja satoindeksi noussut vehnällä, ohralla ja kauralla parhaimmillaan yli 50 %:iin, maissilla jopa 60 %:iin.

Metsäpuiden tärkein hyötyosa, runko, ei tietenkään ole biologisessa mielessä vertailukelpoinen viljakasvien jyvien, perunan mukuloiden tms. kanssa. Luonnonvalinnan kannaltakin rungolla on erilainen merkitys kuin suoraan ns. fitnessiin (~suvunjatkamiskertoimen) yhteydessä olevilla kasvinosilla, kuten siemenillä. Fotosynteesissä syntyvän fytomassan siirtymiseen yhteyttämispaikalta (source) varastoon (sink) eli yhteyttämisuotteiden allokaatioon on kuitenkin metsänjalostuksenkin keinoin mahdollisuus ja syytä vaikuttaa. Tätä tarkoitusta palvelevat metsäpuiden satoindeksimääritykset.

Metsäpuilla satoindeksi (HI) määritellään yleensä

$$HI = \frac{\text{korjuukelpoisen runkopuun kuivamassa}}{\text{puun kokonaiskuivamassa}}$$

missä kokonaiskuivamassaan sisältyvät runko, oksat, lehdet (neulaset) ja juuret. Tähänastiset tutkimukset ovat tosin rajoittuneet vain puun maanpäällisiin osiin. Käsite satoindeksi on siten hyvin lähellä jo kauan käytettyä termiä runkopuuosuus. Puun satoindeksi muodostuu suuresta joukosta ominai-

suuksia, joita yksitellen voidaan kutsua *satokomponenteiksi*, sadon muodostukseen vaikuttaviksi ominaisuuksiksi (esim. Tigerstedt 1986).

Satoindeksi liittyy läheisesti käsitteeseen *ideotyyppi*, jonka Donald määritteli vuonna 1968. Laajassa merkityksessä ideotyyppi on kasvin biologinen malli, jonka oletetaan käyttäytyvän tietyssä ympäristössä odotetulla tavalla ja antavan määrällisesti tai laadullisesti paremman sadon kuin kasvin vähemmän jalostetut muodot. Ideotyyppi on siis teoreettinen tavoite, jota kohti kasvinjalostus pyrkii. Se on aina sidoksissa kasvin ympäristöön ja siten kasvupaikkatekijöihin ja met-sänhoidollisiin toimenpiteisiin.

Korkea satoindeksi on yksi ideotyypin tunnus. Metsäpuilla muita tunnuksia ovat suora runko, ohuet ja lyhyet oksat, suora oksakulma sekä kapea latvus (mm. Kärki 1983, 1985, Kärki ja Tigerstedt 1985, Velling ja Tigerstedt 1984, Kellomäki 1986). Pluspuiden fenotyypissä valinnassa on suosittu korkeaa satoindeksiä, vaikka itse termiä ei vielä valintoja tehtäessä ole käytetty (Tigerstedt ja Velling 1986).

Käsillä olevan työn tarkoituksena oli mitata ja kuvata satoindeksin vaihtelua sekä korrelaatiota kasvu- ja laatuominaisuuksien kanssa männyn nuorissa jälkeläiskokeissa. Lisäksi tutkittiin, voidaanko epäsuorasti, satokomponentteja (kasvu- ja laatuominaisuuksia) mittaamalla, saada niin tarkka arvio satoindeksistä, ettei koepuita tarvitsisi kaataa.

Tutkimuksen tekijöiden kesken työ jakaantui seuraavasti: Velling laati tutkimussuunnitelman ja johti mittauksia, jotka tehtiin J. Mikolan suunnittelemissa kokeissa. Rusanen laski tulokset ja laati niistä metsänjalostustieteen opinnäytetyön, jonka pohjalta Velling muokkasi lopullisen käsikirjoituksen. Sen tarkastivat professori Olli Uusvaara ja erikoistutkija Veikko Koski. Heille samoin kuin kaikille muille työn valmistumiseen myötävaikuttaneille esitämme parhaat kiitokset.

## 2. AINEISTO JA MENETELMÄT

### 21. Aineisto

Aineistossa oli mukana kaikkiaan 629 puuta neljästä eri testaustarhakokeesta (testaustarha, ks. esim. Mikola 1985) Punkaharjulta (61°48'N, 29°21'E, 90 m), (taulukko 1). Kokeet 489/1 ja 490/1 oli perustettu yksivuotiailla kennotaimilla toukokuussa 1974. Siten puiden ikä oli 13 vuotta syksyllä 1985, jolloin ne kaadettiin. Kokeet 678/1 ja 679/1 perustettiin toukokuussa 1980 kaksivuotiailla taimilla, joten puut olivat kaatohtekellä kahdeksan vuoden ikäisiä. Kokeessa 489/1 puiden keskipituus oli 5,2 m ja kokeessa 490/1 5,6 m sekä molemmissa nuoremmissa kokeissa 2,3 m.

Geneettiseltä kokoonpanoltaan aineisto oli hyvin kirjava. Siinä oli sekä standardimetsikköeriä, jotka edustivat eri maantieteellisiä alkuperiä, että erilaisten kanta-puiden (plus-, erikois- ja suopuiden) vapaapölytys- ja risteytysjälkeläisiä (kuva 1). Kokeessa 489/1 oli vertailtavina neljä standardimetsikköä ja niistä kustakin viiden yksittäisen puun jälkeläiset. Metsiköt sijaitsivat Lapinjärvellä (60°37'N, 26°10'E, 30 m), Michikkälässä (60°50'N, 27°25'E, 60 m), Kuorevedellä (62°01'N, 24°48'E, 110 m) ja Lieksassa (63°04'N, 30°17'E, 130 m). Koe 490/1 koostui 15 eteläsuomalaisen kloonin vapaapölytysjälkeläisistä. Siemenet oli kerätty Tuusulassa sijaitsevan kloonikokoelman varteista. Jälkeläistöistä kymmenen edusti pluspuita, kaksi suopuita ja kolme erikoispuuta (kapealataivainen ns. "Kanervan mänty", mukuramänty ja litteäoksinen erikoispuu).

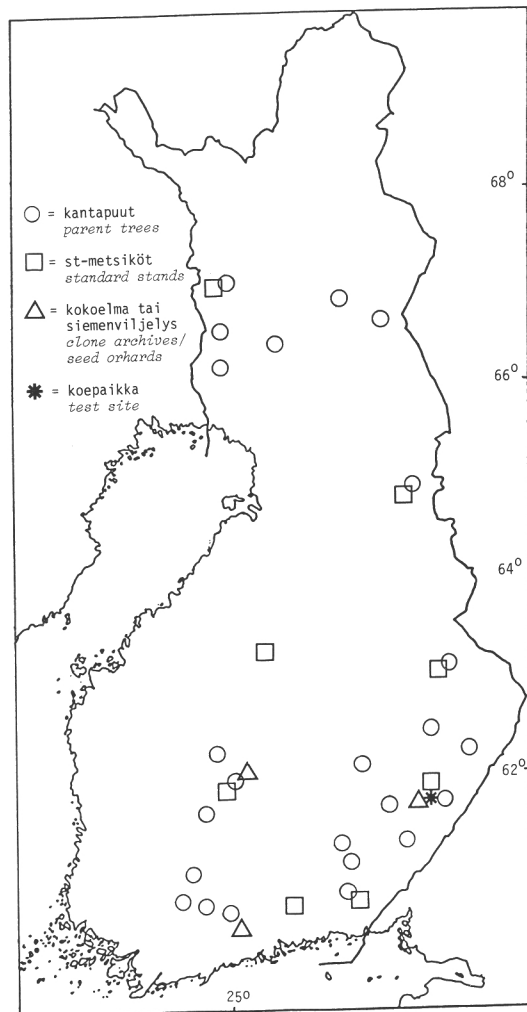
Kokeessa 678/1 oli pohjoissuomalaisten pluspuiden jälkeläisiä sekä valvotuista risteytyksistä että vapaapölytyksistä. Osassa risteytyksiä oli käytetty yhden isäpuun siitepölyä, osassa usean puun pölyseosta. Vapaapölytysjälkeläiset olivat syntyneet Tuusulan ja Punkaharjun kloonikokeelmissa ja keskisuomalaisella siemenviljelyksellä. Ne edustivat siten Pohjois-Suomi x Etelä-Suomi ja Pohjois-Suomi x Keski-Suomi proveniensiyhridejä. Risteytyseriä oli yhdeksän, samoin vapaapölytyseriä. Lisäksi kokeessa oli mukana standardimetsikköerät Kerimäeltä (61°50'N, 29°23'E, 80 m), Kuorevedeltä (62°01'N, 24°48'E, 110 m), Suomussalmelta (64°51'N, 29°06'E, 210 - 220 m) ja Kolarista (67°10'N, 24°07'E, n. 200 m).

Koe 679/1 muodostui neljästä Etelä-Suomi x Etelä-Suomi, kahdesta Keski-Suomi x Keski-Suomi, neljästä Pohjois-Suomi x Etelä-Suomi ja viidestä Pohjois-Suomi x Pohjois-Suomi risteytyksestä sekä kahdesta Punkaharjun kloonikokeelmassa syntyneestä pohjoissuomalaisen kantaapuun vapaapölytyksestä. Lisäksi kokeessa oli standardimetsikköerät Lapinjärveltä (60°37'N, 26°10'E, 30 m), Pihtiputaalta (63°23'N, 26°06'E, 160-170 m) ja Kolarista (67°10'N, 24°07'E, n. 200 m).

Kokeissa 489/1 ja 490/1 istutusväli oli ollut 0,45 m x 0,70 m, mutta kasvatusväli myyrätuhojen ja harvennusten vuoksi kevästä 1977 lähtien 0,90 m x 0,70 m ja kevästä 1980 lähtien 0,90 m x 1,40 m. Kokeissa 678/1 ja 679/1 istutusväli oli tuntuvasti suurempi, 1,50 m x 0,75 m. Kokeista 489/1 ja 490/1 otettiin koepuiksi kaikki jäljellä olleet puut, kokeista 678/1 ja 679/1 systemaattisesti kaksi puuta ruudun keskeltä. Kaikista ruuduista ei saatu täyttä puumäärää (taulukko 1).

### 22. Mittaukset

Koeput kaadettiin loka-marraskuussa 1985. Niiden tuoremassat punnittiin kymmenen gramman tarkkuudella välittömästi kaadon jälkeen. Ensinnä punnittiin runko oksineen (kuva 2), isommista puista useassa osassa. Sitten oksat karsittiin ja punnittiin pelkät rungot. Kävyt, joita oli vain vanhempien kokeiden puissa ja niissäkin hyvin vähän, kerättiin pois ennen punnitusta.



Kuva 1. Tutkimusaineistoon sisältyvien jälkeläistöjen vanhemmaispuiden, standardimetsikköiden ja kloonikokoelmien/siemenviljelysten sekä koepaikan sijainti.

Fig. 1. Location of the parent trees of progenies, standard stands and clone archives/seed orchards, as well as the test site included in the study.

Taulukko 1. Tutkimuksessa mukana olevat kokeet.  
Table 1. Trials included in the study.

Koe nro Trial no	Eriä, kpl Number of seed lots	Lohkoja, kpl Number of blocks	Taimia ruudussa, kpl Number of trees per plot	Koepuita, kpl Number of sample trees	Ikä, v Age, years	Jälkeläistyyppi Type of progeny
489/1	20	8	1	156	13	puolisisar — <i>half-sibs</i>
490/1	15	6	1	85	13	puolisisar — <i>half-sibs</i>
678/1	22	5	6	213	8	täyssisar — <i>full-sibs</i> puolisisar — <i>half-sibs</i>
679/1	20	5	6	175	8	metsikkösiemen — <i>stand seed</i> täyssisar — <i>full-sibs</i> puolisisar — <i>half-sibs</i> metsikkösiemen — <i>stand seed</i>

Satoindeksi laskettiin tässä työssä kaavalla (vrt. s. 3):

$$HI = \frac{\text{rungon massa (kuorineen)}}{\text{rungon massa} + \text{oksien massa (kuorineen) (neulasineen)}}$$

Punnitusten jälkeen rungot ja oksat vietiin talven ajaksi kuivumaan lämmittämättömään muovihuoneeseen. Ne punnittiin ”ilmakuivina” (kosteuspitoisuutta ei mitattu) seuraavan kevään ja kesän kuluessa. Satoindeksi laskettiin samoin kuin tuoremassoistakin. Neulaset olivat näissä ilmakuivissa punnituksissa vielä suureksi osaksi tallella.

Vanhempien kokeiden (489/1 ja 490/1) puista oli syksyllä 1984 mitattu ja laskettu seuraavat kasvu- ja laatuannukset:

- *pituus*
- keskimääräinen *pituuskasvu*/vuosi kolmen viimeisen vuoden aikana
- *latvusraja* (alimman vihreän oksakiehkuran etäisyys maanpinnasta), sen ja pituuden avulla laskettiin →

- *latvussuhde* (pituus-latvusraja)/pituus
- *rinnankorkeusläpimitta*
- *oksan paksuus*, ylhäältä lukien neljännen ja viidennen oksakiehkuran paksuimpien oksien läpimittojen keskiarvona
- *suhteellinen oksan paksuus* (oksan paksuus/rinnankorkeusläpimitta)
- *oksakulma*, keskiarvo samoista oksista, joista mitattiin oksan paksuus
- *oksien lukumäärä*/oksakiehkura, keskiarvo samoista kiekuroista, joista mitattiin oksan paksuus ja oksakulma; alle 5 mm:n paksuisia oksia ei otettu huomioon
- *kuoren paksuus* rinnankorkeudelta etelä- ja pohjoispuolelta runkoa mitattujen arvojen keskiarvona
- *Pilodyn-arvo* rinnankorkeudelta etelä- ja pohjoispuolelta runkoa mitattujen arvojen keskiarvona; ilmaisee epäsuorasti puuaineen tiheyden (esim. Cown 1978).

### 3. TULOKSET

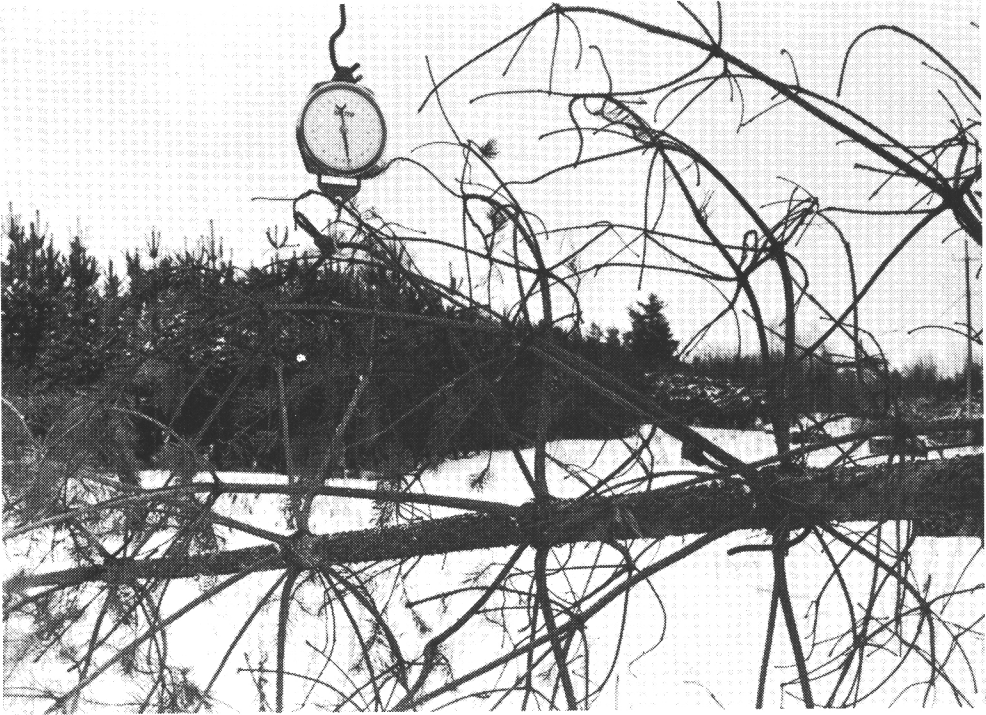
#### 31. Satoindeksi tuoreena ja kuivana

Tuoremassoista määritetyt satoindeksit vaihtelivat koko aineistossa yksilötasolla 0,28—0,87 ja jälkeläistötasolla 0,39—0,74 (taulukko 2). 13-vuotiaiden puiden keskiarvo oli 0,68 kokeessa 489/1 ja 0,65 kokeessa 490/1, 8-vuotiaiden puiden molemmissa kokeissa (678/1 ja 679/1) 0,44. Ilmakuivista mittauksista saatujen satoindeksien minimiarvo oli koko aineistossa yksilötasolla 0,37 ja maksimiarvo 0,90, jälkeläistötasolla vastaavasti 0,49 ja 0,80. Kokeen 489/1 keskiarvo oli 0,75, kokeen 490/1, 0,73. Nuoremmissa kokeissa arvot olivat, kuten tuoreinakin, selvästi pienemmät: 0,56 kokeessa 678/1 ja 0,55 kokeessa 679/1. Variaatiokerroimet olivat

samalla selvästi suuremmat kuin vanhemmissa kokeissa. Ilmakuivista mittauksista saadut satoindeksit olivat hyvin voimakkaasti riippuvaisia tuoresatoindekseistä kaikissa kokeissa (kuva 3).

#### 32. Satoindeksi ja rungon massa

Rungon tuoremassa vaihteli koko aineistossa yksilötasolla 0,08 ja 34,46 kg:n välillä sekä jälkeläistötasolla 0,79 ja 25,48 kg:n välillä (taulukko 3). Vastaavat ilmakuivat arvot olivat 0,04—24,98 kg ja 0,59—17,03 kg. 13- ja 8-vuotiaiden puiden massoissa oli moninkertaiset erot ja variaatiokerroin oli suuri kai-



Teijo Nikkanen

Kuva 2. Satoindeksin määrittystä varten koepuut joudutaan kaatamaan.  
*Fig. 2. Assessing harvest index is a destructive procedure.*



Taulukko 2. Satoindeksin keskiarvot sekä yksilö- (i) ja jälkeläistötason (p) vaihteluvälit ja variaatiokertoimet kokeittain.

Table 2. Overall means, as well as ranges and coefficients of the variation in harvest index at the individual (i) and progeny mean (p) levels in the different trials.

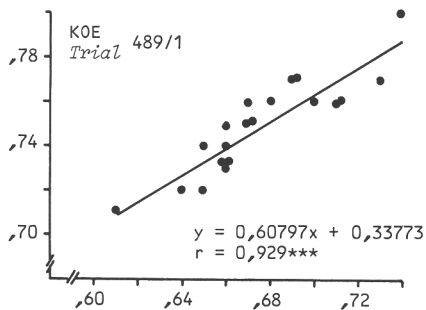
Koe nro Trial no	Tuore — Fresh				Satoindeksi — Harvest index				Ilmakuiva — Air dry			
	$\bar{X}$	Vaihteluväli — Range		CV %		$\bar{X}$	Vaihteluväli — Range		CV %			
		i	p	i	p		i	p	i	p		
489/1	0,68	0,48—0,82	0,61—0,74	9,2	4,8	0,75	0,63—0,90	0,71—0,80	6,1	2,8		
490/1	0,65	0,46—0,87	0,60—0,69	10,9	3,3	0,73	0,58—0,85	0,69—0,77	7,3	2,8		
678/1	0,44	0,28—0,64	0,40—0,49	12,9	6,7	0,56	0,37—0,71	0,50—0,61	10,1	5,0		
679/1	0,44	0,30—0,58	0,39—0,51	12,8	8,2	0,55	0,40—0,69	0,49—0,62	10,8	7,0		

Taulukko 3. Rungon massan keskiarvot sekä yksilö- (i) ja jälkeläistötason (p) vaihteluvälit ja variaatiokertoimet kokeittain.

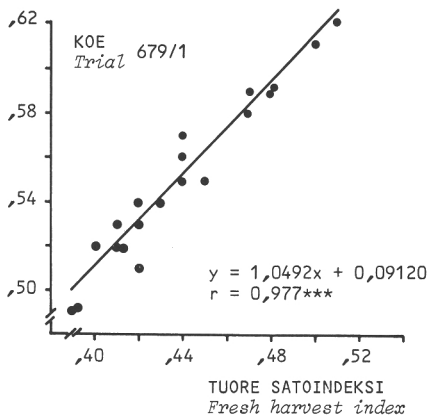
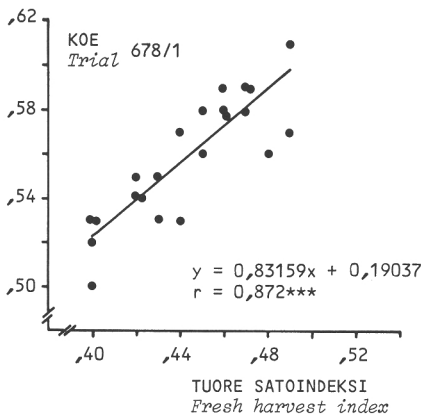
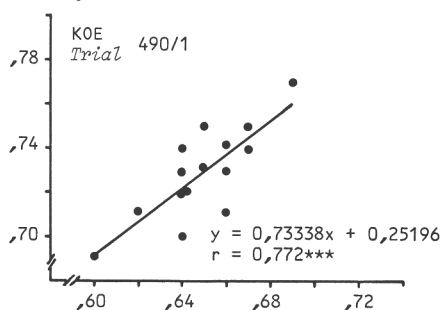
Table 3. Overall means, as well as ranges and coefficients of the variation in stem mass at the individual (i) and progeny mean (p) levels in the different trials.

Koe nro Trial no	Tuore — Fresh				Rungon massa — Stem mass, kg				Ilmakuiva — Air dry			
	$\bar{X}$	Vaihteluväli — Range		CV %		$\bar{X}$	Vaihteluväli — Range		CV %			
		i	p	i	p		i	p	i	p		
489/1	13,08	1,00—33,60	7,98—19,24	54,6	24,8	9,16	0,45—24,21	5,21—13,63	57,7	26,6		
490/1	15,50	2,03—34,46	8,52—25,48	43,9	30,3	10,72	1,14—24,98	5,54—17,03	45,5	31,1		
678/1	2,22	0,08— 5,78	0,79— 3,71	59,7	40,3	1,77	0,04— 4,88	0,59— 2,98	63,1	42,2		
679/1	2,12	0,16— 5,38	0,89— 3,36	53,1	27,5	1,68	0,10— 4,52	0,67— 2,55	56,0	27,9		

ILMAKUIVA SATOINDEKSI  
Air dry harvest index



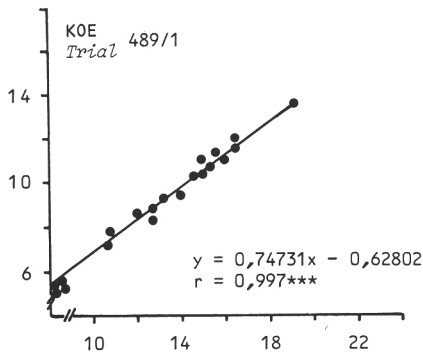
ILMAKUIVA SATOINDEKSI  
Air dry harvest index



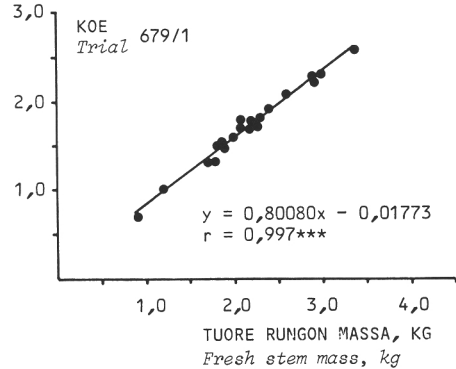
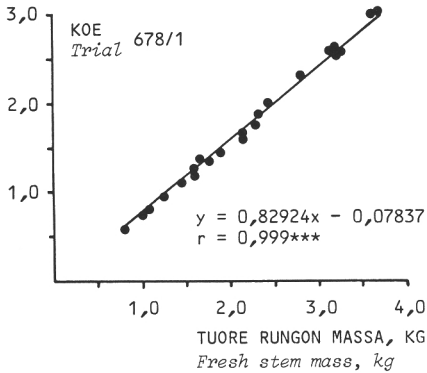
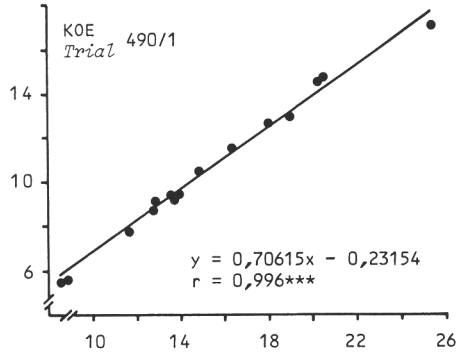
Kuva 3. Tuore- ja kuivasatoindeksien riippuvuus jälkeläistötasolla kokeittain.

Fig. 3. Relationship between fresh and dry harvest index values at the progeny mean level in the different trials.

ILMAKUIVA RUNGON MASSA, KG  
Air dry stem mass, kg



ILMAKUIVA RUNGON MASSA, KG  
Air dry stem mass, kg



Kuva 4. Rungon tuore- ja kuivamassojen riippuvuus jälkeläistötasolla kokeittain.

Fig. 4. Relationship between fresh and air dry stem mass values at the progeny mean level in the different trials.

kissa kokeissa. Tuore- ja kuivamittausten tulosten riippuvuus oli lähes täydellinen (kuva 4).

Rungon massa pieneni etelästä pohjoiseen satoindeksiin samalla kasvaessa. Kokeessa 489/1 tuore satoindeksi oli Lapinjärven ja Miehkälän alkuperää olevilla puilla keskimäärin 0,66, Kuoreveden 0,67 ja Lieksan 0,72. Rungon tuoremassa oli suurin, keskimäärin 15,64 kg, Miehkälän alkuperää olevilla koe-erillä; Lieksan alkuperällä se oli melkein puolet pienempi, 8,75 kg. Sama suuntaus vallitsi myös kokeiden 678/1 ja 679/1 risteytysjälkeläistöissä: Etelä-Suomi x Etelä-Suomi -risteytysten rungon tuoremassa oli suurempi ja satoindeksi pienempi kuin Keski-Suomi x Keski-Suomi, Pohjois-Suomi x Etelä-Suomi (Keski-Suomi) ja Pohjois-Suomi x Pohjois-Suomi -risteytysten. Esimerkiksi kokeessa 679/1 ES x ES-risteytysten rungon tuoremassa oli keskimäärin 2,72 kg, KS x KS-risteytysten 2,39 kg, PS x ES-risteytysten 2,30 kg ja PS x PS-risteytysten 1,71 kg.

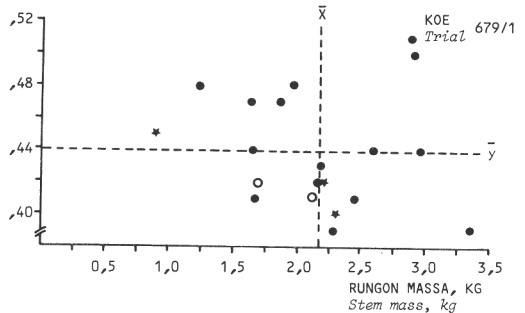
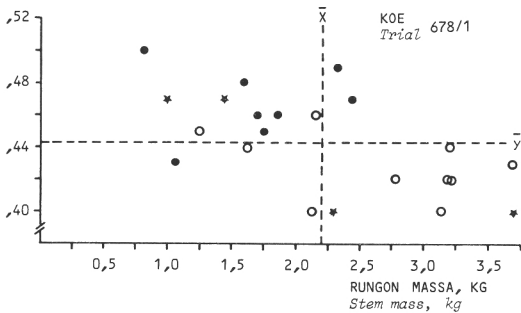
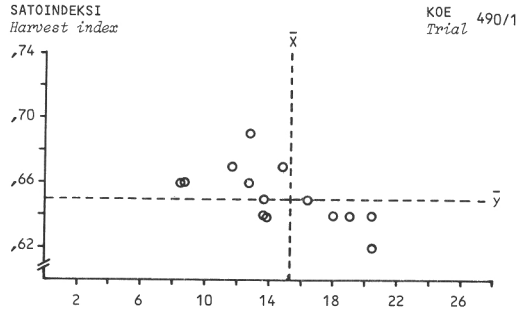
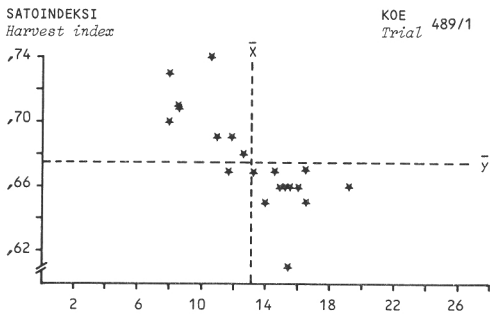
Taulukko 4. Satoindeksin ja rungon massan korrelaatio tuoreena ja ilmakeivana yksilö- (i) ja jälkeläistötasolla (p) kokeittain.

Table 4. Correlation between fresh and air-dry harvest index and stem mass at the individual (i) and progeny mean (p) levels in the different trials.

Koe nro Trial no	Korrelaatiokerroin — Correlation coefficient			
	Tuore — Fresh		Ilmakeiva — Air dry	
	i	p	i	p
489/1	-0,652***	-0,775***	-0,450***	-0,628**
490/1	-0,478***	-0,770***	-0,382***	-0,519*
678/1	-0,304***	-0,593**	-0,078	-0,270
679/1	-0,100	-0,094	0,013	0,090

Vastaavat satoindeksit olivat 0,43 (ilman kantapuuta E 1101, 0,40), 0,43, 0,44 (ilman kantapuuta E 1101, 0,42) ja 0,47.

Satoindeksin ja rungon massan korrelaatiot olivat tuoremittausten perusteella negatiivisia ja tilastollisesti merkitseviä sekä yksilö- että jälkeläistötasolla kokeissa 489/1, 490/1 ja 678/1 (taulukko 4). Myös kokeessa 679/1 korrelaatio oli negatiivinen, mutta hy-



- ★ = st-metsikköjälkeläistö - standard stand progeny
- = vapaapölytysjälkeläistö - open pollination progeny
- = risteytysjälkeläistö - controlled pollination progeny

Kuva 5. Satoindeksin ja rungon massan tuorearvojen korrelaatio jälkeläistötasolla kokeittain.

Fig. 5. Correlation between fresh harvest index and stem mass at progeny mean level in the different trials.

vin heikko. Ilmakuiva satoindeksi ja rungon massa korreloivat merkitsevästi vain vanhimmissa koeuissa eli kokeissa 489/1 ja 490/1.

Kokeen 489/1 tulokseen vaikutti merkittävästi Lieksan standardimetsikön alkuperää olevien puiden pieni rungon massa ja korkea satoindeksi. Samanlainen maantieteellinen vaikutus oli kokeessa 678/1 Kolarin ja Suomussalmen alkuperillä sekä eräillä Pohjois-Suomi x Pohjois-Suomi risteytyksillä. Kuitenkin myös kokeessa 490/1, joka pääosin koostui eteläsuomalaisten pluspuiden jälkeläisistä, negatiivinen korrelaatio oli voimakas. Kokeessa 679/1 tulokseen vaikutti korkeita satoindeksejä antavan ”Kanervan mänyn”, E 1101:n mukanaolo risteytysvanhempana. Kun tästä kokeesta laskettiin korrelaatiokertoimet ilman niitä koe-eriä, joissa E 1101 oli isäpuuna, kertoimet muuttuivat selvemmin negatiivisiksi. Tuorearvoilla tulos oli yksilötasolla  $r = -0,281^{***}$  ja jälkeläistötasolla  $r = -0,502^*$  sekä ilmakuivilla arvoilla vastaavasti  $r = -0,126$  ja  $r = -0,253$  (vrt. taulukko 4).

Vaikka satoindeksi ja rungon massa korreloivat tutkituissa kokeissa yleensä negatiivisesti oli risteytysjälkeläistöissä muutamia perheitä, joissa molemmat ominaisuudet olivat keskimääräistä parempia (kuva 5). Tällaiset jälkeläistöt ovat jalostuksessa erityisen arvokkaita.

### 33. Kasvu- ja laatuominaisuudet ja niiden korrelaatiot

Kokeista 489/1 ja 490/1 mitattiin satoindeksin lisäksi useita kasvu- ja laatuominaisuuksia. Molemmissa kokeissa tutkitut ominaisuudet olivat keskimäärin hyvin samansuuruisia (taulukko 5). Eniten eroja oli kasvutunnuksissa. Kokeen 490/1 kantapuiden (joista suurin osa pluspuita) jälkeläiset olivat parempikasvuisia kuin kokeen 489/1 standardimetsiköiden puiden jälkeläiset. Viime mainitut olivat puolestaan eräissä laatuominaisuuksissa hiukan parempia: oksakulma oli suurempi, oksien lukumäärä kiekkurassa

Taulukko 5. Kasvu- ja laatuominaisuuksien keskiarvot sekä yksilö- (i) ja jälkeläistason (p) vaihteluvälit ja variaatio-kerroimet kokeissa 489/1 ja 490/1.

Table 5. Overall means, as well as ranges and coefficients of the variation in the growth and quality characters at individual (i) and progeny mean (p) levels in trials 489/1 and 490/1.

Ominaisuus Character	Koe 489/1 — Trial 489/1						Koe 490/1 — Trial 490/1					
	$\bar{X}$	Vaihteluväli — Range		CV %		$\bar{X}$	Vaihteluväli — Range		CV %			
		i	p	i	p		i	p	i	p		
Pituus, dm Height, dm	52,2	25—70	45,4—56,5	13,1	6,3	55,8	29—70	47,3—64,8	13,0	8,8		
Pituuskasvu, dm/v Height growth, dm/yr	6,9	1,3—9,0	6,0—7,8	15,0	7,1	7,4	1,7—9,3	5,6—8,3	17,4	10,5		
Latvussuhde, % Crown ratio, %	70	49—89	65—73	10,9	3,1	71	53—90	66—74	12,5	3,1		
D1, 3-läpimitta, mm Diameter at D1, 3 m, mm	61,6	21—99	45,8—76,4	25,9	11,8	65,8	24—99	47,5—76,8	21,6	14,1		
Oksan paksuus, mm Branch diameter, mm	16,3	7,0—32,0	3,5—19,4	27,2	11,9	17,4	8,0—29,5	14,7—22,0	25,0	12,8		
Suht. oksan paksuus Relat. branch diameter	0,27	0,20—0,48	0,24—0,32	14,8	7,1	0,27	0,20—0,40	0,25—0,32	14,6	6,4		
Oksakulma, ° Branch angle, °	67,5	37,5—97,5	55,0—77,5	16,0	7,9	65,3	47,5—95,0	60,3—76,2	14,2	6,5		
Oksien lkm/oksakiehk., kpl Number of branches/whorl	6,3	2,5—8,5	4,6—7,6	21,7	11,2	6,7	3,5—10,0	6,3—8,2	18,2	7,9		
Kuoren paksuus, mm Bark thickness, mm	2,6	1,0—5,0	2,1—3,5	28,8	14,8	2,9	1,5—5,0	2,3—3,7	27,4	13,6		
Pilodyn-arvo, mm Pilodyn value, mm	20,3	14,5—26,0	18,4—22,3	10,1	5,4	20,6	16,0—25,0	19,0—21,8	7,8	3,6		

pienempi ja kuori ohuempi kuin kokeessa 490/1.

Hierarkkinen varianssianalyysi osoitti, että kokeessa 489/1 kasvu- ja laatuominaisuuksissa todettu vaihtelu oli ennen muuta standardimetrisiköiden välistä (taulukko 6) ja kuvasti siten maantieteellisiä eroja (kuva 1). Jälkeläistöjen tai toistojen väliset kasvuerot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Latvus- suhteessa todettu erittäin merkitsevä toistojen välinen vaihtelu selittyi sillä, että kokeessa 489/1 toistot 1 ja 8 sijoittuivat koalueen reunoiille, joten niissä olleet koepuut saivat runsaasti valoa ja ulottivat vihreän latvuksen alemmaksi kuin muissa toistoissa. Sama koskee kokeessa 490/1 toistoja 1 ja 6. Siksi taulukossa 8 on esitetty suluissa latvussuhteen F-arvot laskettuina kokeen 489/1 toistoista 2—7 ja kokeen 490/1 toistoista 2—5. Tällöin toistojen välillä ei enää ollut merkitseviä eroja. Reunatoistojen koepuiden erilaisuus saattoi osaltaan vaikuttaa myös oksan paksuuden ja edelleen satoindeksin sekä kuoren paksuuden F-arvojen toistojen välisen vaihtelun merkitsevyyteen kokeessa 490/1.

Jälkeläistöjen väliset erot olivat tilastollisesti merkitseviä suhteellisessa oksan paksuudessa ja oksakulmassa sekä Pilodyn-arvossa (puuaineen tiheydessä) kokeessa 489/1, mutta eivät kokeessa 490/1. Siinä merkitseviä eroja oli vain kasvuominaisuuksissa ja absoluuttisessa oksan paksuudessa (taulukko 6).

Kasvu- ja laatuominaisuuksien väliset fenotyyppiset korrelaatiot olivat pääsääntöisesti samansuuntaiset ja samaa suuruusluokkaa molemmilla kokeissa (taulukot 7 ja 8). Merkitävin ero kokeiden välillä oli Pilodyn-arvon ja kasvuominaisuuksien välisissä korrelaatioissa: kokeessa 489/1 ne olivat merkitsevästi positiivisia, kokeessa 490/1 puolestaan jopa negatiivisia. Koska Pilodyn-arvo on kääntäen verrannollinen puuaineen tiheyteen, viittaa tulos siihen, ettei nopea kasvu ole aiheuttanut kokeen 490/1 pluspuujälkeläisissä puuaineen tiheyden alenemista toisin kuin kokeen 489/1 jalostamattomissa standardimetrisikköjälkeläisissä.

Tuloksissa kiintyy huomio myös siihen, että molemmilla kokeissa absoluuttinen oksan

Taulukko 6. Varianssianalyysin F-arvot kokeissa 489/1 ja 490/1.  
Table 6. F-values of analysis of variance in trials 489/1 and 490/1.

Ominaisuus Character	Koe 489/1 — Trial 489/1			Koe 490/1 — Trial 490/1	
	Metsikkö Stand	Jälkeläistö Progeny	Toisto Block	Jälkeläistö Progeny	Toisto Block
Satoindeksi (tuore) Harvest index (fresh)	11,528***	1,065	1,295	0,758	7,535***
Rungon massa (tuore) Stem mass (fresh)	8,503***	0,490	0,954	4,568***	1,897
Pituus Height	10,051***	0,478	0,764	3,853***	0,469
Pituuskasvu Height growth	8,373***	0,469	0,910	4,152***	0,764
Latvussuhde Crown ratio	2,569 (3,773)	0,562 0,858	3,372*** (0,758) <sup>1)</sup>	0,772 (0,987)	21,875*** (1,490) <sup>2)</sup>
D1, 3-läpimitta Diameter at 1,3 m	7,172***	0,823	0,998	3,961***	2,284
Oksan paksuus Branch diameter	8,550**	0,589	1,495	2,738**	7,656***
Suht. oksan paksuus Relat. branch diameter	0,929	2,399**	1,441	1,586	4,774***
Oksakulma Branch angle	2,222	2,398**	1,186	1,260	0,937
Oksien lkm/oksakiehkura Number of branches/whorl	9,996***	1,074	0,640	1,221	0,476
Kuoren paksuus Bark thickness	7,661***	0,815	1,183	1,721	3,609**
Pilodyn-arvo Pilodyn value	6,723***	1,912*	1,144	1,308	1,115

- 1) Suluissa olevat F-arvot saatu ilman reunatoistoja 1 ja 8  
F-values in parentheses calculated without blocks 1 and 8 at the edge of the trial  
2) Suluissa olevat F-arvot saatu ilman reunatoistoja 1 ja 6  
F-values in parentheses calculated without blocks 1 and 6 at the edge of the trial

paksuus korreloi positiivisesti rungon pituuden ja paksuuden kanssa, mutta suhteellinen paksuus negatiivisesti, joten nopeakasvuilla puilla oli suhteessa ohuet oksat.

### 34. Kasvu- ja laatuominaisuuksien ja satoindeksin korrelaatiot

Korrelaatioanalyysin avulla tutkittiin myös kasvu- ja laatuominaisuuksien yhteisvaihtelua satoindeksin kanssa. Regressioanalyysiä ei sovellettu, koska satokomponentteina tar-

kasteltuja ominaisuuksia ei voitu pitää toisistaan riippumattomina ja koska aineisto oli hyvin heterogeeninen.

Satoindeksin ja kasvuominaisuuksien välinen korrelaatio oli hyvin selvästi negatiivinen kokeessa 489/1 (taulukko 9). Pääosin pluspuujälkeläisistä koostuneessa kokeessa 490/1 korrelaatio oli kuitenkin heikompi, etenkin pituuskasvun osalta. Oksan paksuuden, oksien lukumäärän ja kuoren paksuuden korreloituminen satoindeksin kanssa oli odotetusti negatiivinen. Oksakulma ja Pilodyn-arvo olivat jokseenkin heikkoja satoindeksin kuvaajia: korrelaatiot olivat osittain erisuuntaisia ja merkitseviä vain yksilötasolla.

Taulukko 7. Kasvu- ja laatuominaisuuksien väliset korrelaatiokertoimet yksilötasolla (ylempi luku) ja jälkeläistötasolla (alempi luku) kokeessa 489/1.  
 Table 7. Correlation coefficients between the growth and quality characters at the individual (upper row) and progeny mean (lower row) levels in trial 489/1.

Ominaisuus Character	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 Pituus Height	1,000 1,000									
2 Pituuskasvu Height growth	0,888*** 0,955***	1,000 1,000								
3 Latvussuhde Crown ratio	0,326*** 0,464*	0,390*** 0,497*	1,000 1,000							
4 D1, 3-läpimitta Diameter at 1.3 m	0,865*** 0,907***	0,689*** 0,854***	0,441*** 0,453*	1,000 1,000						
5 Oksan paksuus Branch diameter	0,706*** 0,825***	0,521*** 0,740***	0,498*** 0,675***	0,882*** 0,883***	1,000 1,000					
6 Suht. oksan paksuus Relat. branch diameter	-0,398*** -0,323	-0,437*** -0,348	0,053 0,380	-0,282*** -0,364	0,169* 0,089	1,000 1,000				
7 Oksakulma Branch angle	-0,242*** -0,244	-0,128 -0,183	-0,014 -0,382	-0,279*** -0,212	-0,399*** -0,347	-0,214** -0,311	1,000 1,000			
8 Oksien lkm/oksiehkura Number of branches/whorl	0,604*** 0,812***	0,470*** 0,731***	0,250** 0,312	0,702*** 0,892***	0,582*** 0,776***	-0,297*** -0,396	-0,200* -0,158	1,000 1,000		
9 Kuoren paksuus Bark thickness	0,619*** 0,669**	0,505*** 0,690***	0,355*** 0,501*	0,734*** 0,739***	0,691*** 0,718***	-0,082 -0,177	-0,208** -0,066	0,516*** 0,715***	1,000 1,000	
10 Pilodyn-arvo Pilodyn value	0,433*** 0,568**	0,365*** 0,509*	0,260** 0,496*	0,487*** 0,641**	0,372*** 0,582**	-0,296*** -0,267	-0,047 -0,317	0,373*** 0,576**	0,289*** 0,543*	1,000 1,000

Taulukko 8. Kasvu- ja laatuominaisuuksien väliset korrelaatiokerroimet yksilötasolla (ylempi luku) ja jälkeläistötasolla (alempi luku) kokeessa 490/1.  
 Table 8. Correlation coefficients between the growth and quality characters at the individual (upper row) and progeny mean (lower row) levels in trial 490/1.

Ominaisuus Character	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 Pituus Height	1,000 1,000									
2 Pituuskasvu Height growth	0,907*** 0,945***	1,000 1,000								
3 Latvussuhde Crown ratio	0,121 0,371	0,212* 0,370	1,000 1,000							
4 D1, 3-läpimitta Diameter at 1.3 m	0,801*** 0,963***	0,705*** 0,918***	0,442*** 0,430	1,000 1,000						
5 Oksan paksuus Branch diameter	0,497*** 0,904***	0,424*** 0,438	0,611*** 0,368	0,848*** 0,951***	1,000 1,000					
6 Suht. oksan paksuus Relat. branch diameter	-0,511*** -0,589***	-0,518*** -0,725***	0,303*** -0,430	-0,190 -0,560*	0,338*** -0,333	1,000 1,000				
7 Oksakulma Branch angle	-0,016 -0,003	-0,030 0,290	-0,128 0,294	-0,089 0,120	-0,279* -0,005	-0,308** -0,306	1,000 1,000			
8 Oksien lkm/oksakiehkura Number of branches/whorl	0,443*** 0,593*	0,373*** 0,567*	0,088 0,185	0,573*** 0,607*	0,466*** 0,585*	-0,136 -0,310	-0,075 0,310	1,000 1,000		
9 Kuoren paksuus Bark thickness	0,521*** 0,847***	0,428*** 0,837***	0,316** 0,116	0,732*** 0,626*	0,652*** 0,722**	-0,068 -0,602*	-0,096 0,143	0,404*** 0,719**	1,000 1,000	
10 Pilodyn-arvo Pilodyn value	0,006 -0,100	-0,009 -0,266	-0,056 0,114	0,016 0,003	-0,017 -0,061	-0,060 -0,219	0,013 -0,026	-0,055 -0,445	-0,047 -0,077	1,000 1,000

## 4. TULOSTEN TARKASTELU

### 41. Satoindeksin suuruuteen ja vaihteluun vaikuttavat tekijät

Metsäpuiden satoindekseistä on toistaiseksi vähän tuloksia. Monissa kokopuun käyttöön tai metsikön fytomassan tuotokseen ja jakautumiseen liittyvissä tutkimuksissa on selvitetty rungon, oksien ja neulasten osuutta männyn maanpäällisestä fytomassasta (esim. Heikinheimo 1953, Ovington 1957, Hakkila 1971, Kanninen ym. 1979, Albrektsen 1980). Näiden tutkimusten tuloksista on mahdollista johtaa satoindeksi-arvoja. Ensimmäiset varsinaiset satoindeksitutkimukset on tehty meille eksooteilla puulajeilla kuten sitkan-kuusella (Cannell ym. 1983). Ensimmäisessä

Suomessa tehdyssä tutkimuksessa Velling ja Tigerstedt (1984) saivat plusmäntyjen 16-vuotiaiden risteytysjälkeläisten satoindeksiksi 0,43—0,57 tuoremassoista mitattuna. Ilmakuivista massoista lasketut satoindeksit vaihtelivat vastaavasti 0,62—0,75.

Kellomäki (1986) määrittä satoindeksin massojen sijasta tilavuuksien avulla ja tutki sen riippuvuutta metsikön tiheydestä ja latvuksen leveydestä 12 - 16-vuotiailla männyllä. Hänen tutkimuksessaan, joka oli pääosin teoreettinen mallitarkastelu, satoindeksiarvot olivat suuruusluokkaa 0,65—0,70. Muita tuloksia satoindeksin vaihtelusta suomalaisilla puulajeilla ei tiettävästi ole vielä julkaistu.

Ilmakuivista massoista lasketut satoindeksit olivat käsillä olevassa tutkimuksessa, kuten Vellingin ja Tigerstedtinkin (1984) tutkimuksessa, selvästi suurempia kuin tuoremassoista lasketut, mikä johtunee tuoreiden oksien ja neulasten suuresta kosteuspitoisuudesta (esim. Hakkila 1971, Gislerud 1974, Kärkäinen 1985). Tuore- ja kuivasatoindeksien välillä oli joka tapauksessa hyvin voimakas korrelaatio, joten tuoreena tehtävä määrittäys näyttää riittävän jalostusaineiston luokitteluun ja valintaan. Käytännön määrittästyön kannalta tämä on hyvin merkittävä tulos, sillä suurien puumäärien varastointi, kuivaus ja käsittely tuottaa usein vaikeuksia.

Satoindeksin vaihteluun vaikuttavista tekijöistä puiden ikä näyttää olevan hyvin merkittävä. Jo Ovington (1957) totesi runkopuun osuudeksi metsikön maanpäällisestä kuiva-fytomassasta 20-vuotiaassa männikössä 52 % ja 35 - 55-vuotiaissa metsiköissä yli 80 %. Albrektsenin (1980) tutkimuksessa männyn biomassan jakautumisesta eri-ikäisissä metsiköissä oli sama suunta, runkopuun osuus nousi iän myötä. Myös käsillä olevassa tutkimuksessa ikä näytti vaikuttavan satoindeksiin, sillä sen tuorearvo oli 8-vuotiailla puilla keskimäärin 0,44, 13-vuotiailla 0,67. Tosin eroa on saattanut suurentaa myös vanhempien puiden suurempi kasvatusiheyys, jonka vaikutusta tarkastellaan tuonnempana.

Arvioitaessa tämän tutkimuksen tulosten luotettavuutta pitkällä aikavälillä on huomattava, että satoindeksiin vaikuttavat sekä kasvu- että laatuominaisuudet ja niiden ke-

Taulukko 9. Satoindeksin korrelaatio kasvu- ja laatuominaisuuksien kanssa yksilötasolla (ylempi luku) ja jälkeläistötasolla (alempi luku) kokeissa 489/1 ja 490/1.

Table 9. Correlation between harvest index and quality characters at the individual (upper row) and progeny mean (lower row) levels in trials 489/1 and 490/1.

Ominaisuus Character	Satoindeksi, tuore — Harvest index, fresh	
	Koe — Trial 489/1	Koe — Trial 490/1
Pituus Height	—0,584***	—0,093
Pituuskasvu Height growth	—0,537***	—0,055
Latvussuhde Crown ratio	—0,784***	—0,482
D1, 3-läpimitta Diameter at 1.3 m	—0,624***	—0,658***
Oksan paksuus Branch diameter	—0,704***	—0,634*
Suht. oksan paksuus Relat. branch diameter	—0,135	—0,765***
Oksakulma Branch angle	—0,107	—0,717**
Oksien lkm/oksakiehkura Number of branches/whorl	0,241**	0,343***
Kuoren paksuus Bark thickness	0,404	—0,148
Pilodyn-arvo Pilodyn value	—0,589***	—0,265***
	—0,689***	—0,480
	—0,503***	—0,441***
	—0,632**	—0,379
	—0,267***	0,247**
	—0,424	0,307



hittyminen. Kasvuerojen muuttumisesta iän mukana on tehty runsaasti selvityksiä ja useimmat niistä viittaavat siihen, ettei männyn nuorten jälkeläiskokeiden tuloksia voida soveltaa koko kiertoajalle (mm. Giertych 1974, Mikola 1980). Sama koskee esim. Lindgrenin (1985) mukaan myös laatuominaisuuksia. Cannell (1982) on esittänyt, että tilavuuskasvun valintahyöty arvioidaan helposti suuremmaksi kuin se tulee olemaan koko kiertoaikana hehtaaria kohti. Vuositaisesta kuiva-ainetuotoksesta runkoon ohjautuva osuus kasvaa latvuston sulkeutumisen jälkeen. Siksi ei voida olettaa, että jonkin jälkeläistön tietyn suuruinen prosentuaalinen paremmuus nuorena jälkeläiskokeessa säilyy yhtä suurena kiertoajan loppuun.

*Kasvatustiheyden* vaikutus satoindeksin vaihteluun jäi tämän tutkimuksen aineistossa epäselväksi. Vanhemmissa kokeissa, 489/1 ja 490/1, alkuperäinen korkea istutustiheys 31 700 tainta/ha ei todennäköisesti ehtinyt vaikuttaa puiden oksikkuuteen, koska taimikko harvennettiin puoleen (15 900 tainta/ha) puiden ollessa 4-vuotiaita. Tässä tiheydessä, joka oli lähes kaksinkertainen nuorempien kokeiden (678/1 ja 679/1) kasvustiheyteen, 8 900 kpl/ha, verrattuna, puut kasvoivat 7-vuotiaiksi, minkä jälkeen kokeet harvennettiin tiheyteen 7 900 kpl/ha. Kellomäen (1986) tutkimuksessa, jossa tiheys vaihteli vain 1 300—4 300 runkoa/ha, satoindeksi nousi tiheyden lisääntyessä ja latvuksen kaventuessa. Huurin ym. (1987) mukaan alle 3 500 kpl/ha tiheydessä biomassan tuotos alkoi yhä enemmän sijoittua oksistoon runkoon kustannuksella.

Nyt tutkitut kokeet olivat geneettiseltä kokoonpanoltaan hyvin kirjavia. Kuitenkin saatiin viitteitä siitä, että satoindeksin vaihteluun vaikuttavat sekä populaatioiden väliset (maantieteelliset) erot että niiden sisäiset jälkeläistö- ja yksilötason erot. Satoindeksi näytti selvästi suurenevan pohjoista kohti. Samalla kuitenkin rungon massa pieneni. Kokeisiin sisältyneistä erikoispuista kanta-puu E 1101, ns. ”Kanervan mänty”, periytti keskimääräistä korkeamman satoindeksin. Toisaalta variaatiokerroin oli suuri niissä yhdistelmissä, joihin ko. erikoispuu sisältyi. Tämä viittaa siihen jo monissa vanhemmissa kokeissa havaittuun seikkaan, että vain noin puolet Kanervan männyn jälkeläisistä on kapealatavaisia ”Kanerva”-tyyppisiä, toinen puoli normaalin ”villimännyn” kaltaisia.

Tässä tutkimuksessa ei mitattu *juuriston*

osuutta puiden fytoomassasta. Myös kaikki aikaisemmat satoindeksitutkimukset ovat rajoittuneet maanpäälliseen osaan. Esimerkiksi Albrektsonin (1980) tutkimuksen tuloksista voidaan kuitenkin laskea, että läpimitaltaan yli kolmesenttien juurten osuus männyn kokonaisfytoomassasta vaihteli 9—16 %:iin. Keyes ja Grier (1981) osoittivat douglaskuusella, että koko juuriston osuus kuivafytoomassasta oli viljavalla kasvupaikalla 16 % ja karulla 19 %. Hienojuuriston kehityksestä he totesivat, kuten Albrektsonkin, ettei maanpäällisten osien nopea kehitys runsaravinteisellä kasvupaikalla vaikuttanut hienojuurten fytoomassaan.

Vaikka maaperätekiöiden vaikutuksesta juuriston fytoomassan muodostumiseen alkaa jo olla tietoa, ei juuriston kehityksen geneettisestä kontrollista ole tuloksia. Ei tiedetä, korreloiko juurten haaroittuminen ja kasvu rungon oksikkuuden tai latvuksen muodon kanssa. Myöskään optimaalista juuriston laajuutta ei tunneta eikä sitä, onko mahdollista nostaa runkokuun tuotosta juuriston kasvun kustannuksella. Cannell ym. (1978) totesivat, että suurin tilavuuskasvu oli kuivalla kasvupaikalla niillä loblollymännyn perheillä, jotka kasvattivat laajimman juuriston suhteessa versoon. Juuristokilpailun selvittäminen on myös tärkeää, koska se osaltaan vaikuttaa satoideotyypin kasvustiheyteen.

Puun *kuoren* ja lisääntymiseen liittyvien osien (*kukat, kävyt, siemenet*) määrällä on niilläkin merkitystä satoindeksin kannalta. Kuoren paksuuden ja satoindeksin välillä vallitsi tämän tutkimuksen aineistossa selvä negatiivinen riippuvuus, vaikka jälkeläistöjen väliset erot kuoren paksuudessa olivat pieniä. Kuten juurten kasvun myös kuoren muodostumisen perinnöllisistä eroista puuttuu tietoa.

Kukkumisen vaikutusta satoindeksiin ei tässä tutkimuksessa ollut mahdollista selvittää, koska koepuut olivat niin nuoria, että niissä oli vain muutama yksittäinen käpy. Linder ja Troeng (1981) ovat laskeneet, että 14-vuotiaalla männyllä 75 kävyn kasvattaminen vaatii 6 % vuotuisesta fotosynteesin tuotoksesta. Yksilöiden väliset erot kukinnan ja käpysadon runsaudessa ovat kuitenkin huomattavia (mm. Sarvas 1962, Koski ja Tallqvist 1978, Müller-Starck ja Ziehe 1984, Nikkanen ja Velling 1987). Viime mainitut havaitsivat runsaan kukinnan männyn vartteisissa korreloivan oksikkuuden (ja siten alhaisen satoindeksin) kanssa.

Korkean satoindeksin ja korkean runko-

puun tuotoksen samanaikainen jalostaminen on tämän tutkimuksen tulosten perusteella mahdollista, joskaan ei kovin helppoa. Vaikka satoindeksin ja rungon massan korrelaatio oli voimakkaasti negatiivinen proveniensitasolla ja enimmäkseen myös jälkeläistötasolla, löytyi jälkeläistöjä, joissa molemmat olivat keskimääräistä parempia. Nämä kombinaatiot ovat jalostuksessa erityisen arvokkaita, etenkin kun kasvullisen lisäyksen menetelmät kehittyvät nopeasti. Esimerkiksi kokeessa 679/1 korkein satoindeksi oli risteytysjälkeläistöllä (P 330 x E 1101), jonka runkopuun tuotos oli neljänneksi suurin tuoremittauksessa ja toiseksi suurin ilmakeivana. Toiseksi paras satoindeksi oli jälkeläistöllä (E 147 x E 1101), joka sijoittui tuotoksessa kolmanneksi (tuoreena) ja neljänneksi (kuivana). Toisaalta kolmanneksi paras satoindeksi oli jälkeläistöllä (P 304 x P 2504), jonka runkopuun tuotos oli toiseksi pienin tuoreena ja pienin kuivana. Korkea satoindeksi saatiin siis hyvin vaihtelevilla runkopuun tuotoksen arvoilla.

Vellingin ja Tigerstedtin (1984) tutkimuksessa satoindeksin ja runkopuun tuotoksen korrelaatio oli risteytysjälkeläistöissä heikosti positiivinen, mutta kokeessa mukana ollut itsepölytysjälkeläistö osoitti hyvin selvästi, ettei korkeaan satoindeksiin suinkaan aina liity korkeaa runkopuun tuotosta: itsepölytysjälkeläistöllä oli yksi korkeimmista satoindekseistä, mutta runkopuun tuotos vain noin viidesosa kokeen keskiarvosta.

## 42. Satoindeksin epäsuora mittaaminen

Tutkimuksessa mukana olleista vanhemmista kokeista (489/1 ja 490/1) mitattiin kasvu- ja laatuominaisuuksia tavoitteena löytää satoindeksiä kuvaavia tunnuksia, satokomponentteja, joiden avulla valinta voitaisiin tehdä epäsuorasti puita kaatamatta. Riittävän tarkan, ei-destruktiiviseen mittaamiseen perustuvan arviointimenetelmän löytäminen olisi ensiarvoisen tärkeää, jotta satoindeksin määrittäminen voitaisiin liittää koetiljojen rutiinimittauksiin.

Puun kasvutunnuksista läpimitta ja oksatunnuksista oksien lukumäärä ja paksuus kuvasivat parhaiten satoindeksiä. Ne ovat myös helposti mitattavia. Rungon pituus, oksien kulma runkoon nähden ja puuaineen tiheyttä käänteisesti kuvaava Pilodyn-arvo olivat tunnuksina heikompia ja epävarmempia, Pilodyn-määrittäminen lisäksi hiukan vahingoittaa puuta. Pitäyden ja puuaineen tiheyden vaikutus näytti olevan erilainen pluspuujälkeläistöissä ja jalostamattomassa vertailuaineistossa. Kuoren paksuus korreloi siinä määrin voimakkaasti satoindeksin kanssa, että sen sisällyttäminen tutkittaviin satokomponentteihin on jatkotutkimuksissa perusteltua.

Mikään tutkituista satokomponenteista ei kuitenkaan osoittautunut niin selväksi satoindeksin tunnukseksi, että sen mittaamisella voitaisiin korvata destruktiivinen, puiden kaatoa edellyttävä määrittäminen. Mahdollisesti puut olivat tähän tarkoitukseen vielä liian nuoria, joten niiden ominaisuudet eivät olleet ehtineet vakiintua. Tutkimusaineiston heikkoutena oli myös sen geneettisen kokonpanon kirjavuus, minkä vuoksi jouduttiin tyytymään ominaisuuksien fenotyypisiin korrelaatioihin. Kuitenkin vain jalostusarvoihin perustuvat geneettiset korrelaatiot ovat niitä, joihin valinta voidaan luotettavasti perustaa. Korkeaan satoindeksin yhdistyminen korkeaan runkopuun tuotokseen yksittäisissä jälkeläistöissä oli joka tapauksessa osoitus mahdollisuudesta jalostaa samanaikaisesti kasvua ja laatua.

## KIRJALLISUUS — REFERENCES

- Albrektson, A. 1980. Relations between tree biomass fractions and conventional silvicultural measurements. Teoksessa T. Persson (toim.): Structure and Function of Northern Coniferous Forests. An Ecosystem Study. Ecological Bulletins 32: 315—327.
- Cannell, M.G.R. 1982. 'Crop' and 'isolation' ideotypes: evidence for progeny differences in nursery-grown *Picea sitchensis*. *Silvae Genetica* 31: 60—66.
- , Bridgwater, F.E. & Greenwood, M.S. 1978. Seedling growth rates, water stress responses and root-shoot relationships related to eight-year volumes among families of *Pinus taeda* L. *Silvae Genetica* 27: 237—248.
- , Sheppard, L.J., Ford, E.D. & Wilson, R.H.T. 1983. Clonal differences in dry matter distribution, wood specific gravity and foliage 'efficiency' in *Picea sitchensis* and *Pinus contorta*. *Silvae Genetica* 32: 195—202.
- Cown, D.J. 1978. Comparison of the pilodyn and torsionmeter methods for the rapid assessment of wood density in living trees. *New Zealand Journal of Forestry Science* 8(3): 384—391.
- Donald, C.M. 1962. In search of yield. *Journal of the Australian Institute of Agricultural Science* 28: 171—178.
- 1968. The breeding of crop ideotypes. *Euphytica* 17: 385—403.
- Giertych, M. 1974. Inadequacy of early tests for growth characters as evidenced by a 59-year old experiment. Proceedings Joint IUFRO Meeting S.02.04.1—3. Royal College of Forestry, Department of Forest Genetics. Stockholm. s. 237—242.
- Gislerud, O. 1974. Heltreutnyttelse. II. Biomasse og biomasseegenskaper hos tynningsvirke av gran, furu, bjørk og or. Summary: Whole tree utilization. II. Biomass properties of trees from thinnings of spruce, pine, birch and alder. Rapport fra Norsk Institutt for Skogforskning 6/74: 1—59.
- Hakkila, P. 1971. Coniferous branches as a raw material source. A sub-project of the joint nordic research programme for the utilization of logging residues. Seloste: Havupuun oksat raaka-ainelähteenä. Yhteispohjoismaisen hakkuutähdetutkimuksen alaprojekti. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 75(1): 1—60.
- Heikinheimo, O. 1953. Puun rungon luontaisesta karsitumisesta. Summary: On natural pruning of tree stems. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 41(5): 1—39.
- Huuri, O., Lähde, E. & Huuri, L. 1987. Tiheyden vaikutus nuoren istutusmännikön laatuun ja tuotokseen. Summary: Effect of stand density on the quality and yield of young Scots pine plantations. *Folia Forestalia* 68(5): 1—48.
- Kanninen, K., Uusvaara, O. & Valonen, P. 1979. Kokopuuraaka-aineen mittaus ja ominaisuudet. Summary: Measuring and properties of whole-tree raw-material. *Folia Forestalia* 40(3): 1—53.
- Kellomäki, S. 1986. A model for the relationship between branch number and biomass in *Pinus sylvestris* crowns and the effect of crown shape and stand density on branch and stem biomass. *Scandinavian Journal of Forest Research* 1(4): 455—472.
- Kertész, Z. 1984. Improvement of harvest index. Teoksessa W. Lange, A.C. Zeven ja N.G. Hogenboom (toim.): Efficiency in plant breeding. Proceedings. Tenth Congress of Eucarpia. Pudoc, Wageningen. s. 93—104.
- Keyes, M.R. & Grier, C.C. 1981. Above- and below-ground net production in 40-year-old Douglas-fir stands on low and high productivity sites. *Canadian Journal of Forestry Research* 11: 599—605.
- Koski, V. & Tallqvist, R. 1978. Tuloksia monivuotisista kukinnan ja siemensadon määrän mittauksista metsäpuilla. Summary: Results of long-time measurements of the quantity of flowering and seed crop of forest trees. *Folia Forestalia* 36(4): 1—60.
- Kärki, L. 1983. Forest tree breeding combines the highest timber quality and the highest stem wood production per hectare. The Foundation for Forest Tree Breeding in Finland. *Information* 1/1983. 16 s.
- 1985. Genetically narrow-crowned trees combine high timber quality and high stem wood production at low cost. Teoksessa P.M.A. Tigerstedt, P. Puttonen ja V. Koski (toim.): Crop Physiology of Forest Trees. University of Helsinki, Department of Plant Breeding. Helsinki. s. 245—256.
- & Tigerstedt, P.M.A. 1985. Definition and exploitation of forest tree ideotypes in Finland. Teoksessa M.G.R. Cannell ja J.E. Jackson (toim.): Attributes of Trees as Crop Plants. Institute of Terrestrial Ecology. Monks Wood, Abbots Ripton, Hunts U.K. s. 102—109.
- Kärkkäinen, M. 1985. Puutiede. Sallisen Kustannus Oy. Sotkamo. 415 s.
- Linder, S. & Troeng, E. 1981. The seasonal course of respiration and photosynthesis in strobili of Scots pine. *Forest Science* 27: 267—276.
- Lindgren, D. 1985. Genetisk effekt av urval för kvalitet. Skogshögskolans höstkonferens 4.—5. december 1984, Uppsala. Skogsfakta 6, s. 21—22.
- Mikola, J. 1980. The effect of seed size and duration of growth on the height of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) provenances and progenies at the nursery stage. *Silva Fennica* 14(1): 84—94.
- 1985. Methods used for the genetic evaluation of tree breeding material in Finland. Teoksessa P.M.A. Tigerstedt, P. Puttonen ja V. Koski (toim.): Crop Physiology of Forest Trees. University of Helsinki, Department of Plant Breeding. Helsinki. s. 225—231.
- Müller-Starck, G. & Ziehe, M. 1984. Reproductive systems in conifer seed orchards 3. Female and male fitnesses realized in seeds of *Pinus sylvestris* L. *Theoretical and Applied Genetics* 69: 173—177.
- Nikkanen, T. & Velling, P. 1987. Correlations between flowering and some vegetative characteristics of grafts of *Pinus sylvestris*. *Forest Ecology and Management* 19: 35—40.
- Ovington, J.D. 1957. Dry matter production by *Pinus sylvestris* L. *Annals of Botany* 21: 287—316.
- Sarvas, R. 1962. Investigations on the flowering and seed crop of *Pinus sylvestris*. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae*. 53(4): 1—198.
- Tigerstedt, P.M.A. 1986. Hyvään kasvuun ja viljelyvarmuuteen. *Metsänjalostus* 3. osa. Teollisuuden

- Metsäviesti 1(1986): 4—7.  
 — & Velling, P. 1986. The genetic anatomy of harvest index in Scots pine and some suggestions for applications in breeding and silviculture. Teoksessa Fujimori, T. ja Whitehead, D. (toim.): Crown and Canopy Structure in Relation to Productivity. Forestry and Forest Products Research Institute.

- Ibaraki, Japan. s. 49—69.  
 Velling, P. & Tigerstedt, P.M.A. 1984. Harvest index in a progeny test of Scots pine with reference to the model of selection. *Silva Fennica* 18(1): 21—32.

*Total of 32 references*

## SUMMARY

### Harvest index in young Scots pine progeny tests, variation and correlation with growth and quality traits

The investigation is based on 629 sample trees felled in four so-called test orchard (or test garden) experiments situated in Punkaharju (61°48'N, 29°21'E, 90 m asl), eastern Finland (Table 1, Fig. 1). Test orchard experiment refers to a fairly short-term test, which is intensively managed and in many ways represents an intermediate form of test between early tests and long-term field tests (see e.g. Mikola 1985). The age of the trees was 13 in trials no 489/1 and 490/1 and 8 in trials 678/1 and 679/1. The older trees were more than five meters high, and the younger ones a slightly less than two and a half meters.

The genetic composition of the material was highly variable. The material included seed lots from both standard stands, which represented geographic origins, and open- and control-pollinated progenies of selected trees. In trial 489/1 four standard stands, each represented by five single-tree progeny, were compared. Trial 490/1 consisted of 15 open-pollinated progeny of selected trees from southern Finland, and trial 678/1 of nine open-pollinated and nine control-pollinated progeny of plus trees from northern Finland (pollen from southern and central Finland). In addition, four standard stand seed lots were included in the latter trial. Trial 679/1 composed of 15 control-pollinated, provenance hybrid progeny, two open-pollinated progeny and three standard stand entries.

The trials were planted using a very close spacing in the same way as normal test orchards: in trials 489/1 and 490/1 the initial density had been 31 700 trees/ha (spacing 0.45 m x 0.70 m). When the trees were four years old the density of the plantation was thinned to about one half, i.e. 15 900 stems/ha, and at the age of seven years to 7 900 stems/ha. This was the density at the time the measurements were carried out. In trials 678/1 and 679/1 the initial density had been much lower, 8 900 trees/ha (1.50 m x 0.75 m). As no thinnings had been carried out and the survival had been good, the density was approximately the same when the sample trees were felled. In trials 489/1 and 490/1 all remaining trees were taken as sample trees, in trials 678/1 and 679/1 systematically two trees from the middle of the plot. There were some trees missing (Table 1).

The sample trees were measured in a fresh condition immediately after felling in October-November 1985. The entire tree with branches was first weighed, large trees being cut up into sections (Fig. 2). The branches

were then removed and the stem weighed again. The harvest index (HI) was calculated as follows:

$$HI = \frac{\text{stem mass (with bark)}}{\text{stem mass + branch mass (with bark) (with needles)}}$$

Weighing in an "air-dry" condition (moisture content not determined) was carried out in the spring and summer 1986 after the stems and branches had been kept in an unheated plastic greenhouse during the winter months. Most of the needles were still attached at that time. The harvest index was calculated in the same way as for fresh values. In addition, a number of growth and quality traits were measured and calculated in trials 489/1 and 490/1 one year before the sample trees were felled (Table 5).

The harvest index calculated using fresh values varied in the whole material over the range 0.28—0.87 at the individual tree level, and 0.39—0.74 at the progeny mean level (Table 2). The mean harvest index of the 13-year-old trees, 0.67, was clearly higher than that of the 8-year-old trees, 0.44. The corresponding air-dry values were 0.74 and 0.56. As can be seen from the coefficients of variation, the variation in the harvest index was greatest in the younger trials. Air-dry harvest index correlated very closely with the fresh harvest index (Fig. 3), and the dry stem mass with the fresh stem mass (Fig. 4). The difference between the mass values of the 8- and 13-year old trees was manifold, and the variation considerable in all four trials (Table 3).

The stem mass decreased and the harvest index increased on moving from southern origins to northern ones, as the following example of trials 489/1 and 679/1 indicates:

Trial	Origin	Fresh harvest index	Fresh stem mass, kg
489/1	Michikkälä 60°50'N	0.66	15.64
	Liekksa 63°04'N	0.72	8.27
679/1	South Finland x South Finland	0.43	2.72
	— without the special tree E 1101	0.40	
	Central Finland x Central Finland	0.43	2.39
	North Finland x South Finland	0.44	2.30
	— without the special tree E 1101	0.42	
	North Finland x North Finland	0.47	1.71

The correlation between harvest index and stem mass was generally negative (Table 4). This was also the case in trial 490/1 where all the progenies represented the pine population from southern Finland. The weak correlations in trial 679/1 can be explained by the presence of the special tree E 1101, the so-called "Kanerva pine", as a crossing parent (see the figures above). This tree has been found to produce an exceptionally high harvest index, and to transmit this trait to about half of its descendants. The correlations were more clearly negative when calculated without the progenies where E 1101 was the father tree:  $r = -0.281^{***}$  in the fresh condition at the individual level and  $-0.502^*$  at the progeny mean level, and  $r = -0.126$  and  $-0.253$  in the air-dry condition, correspondingly (cf. Table 4). However, both the harvest index and stem mass were better than the average in some control-pollinated progenies (Fig. 5). Progenies of this type are especially valuable in forest tree breeding.

The growth and quality traits (yield components) measured in trials 489/1 and 490/1 were, on the average, rather similar in the two trials (Table 5), even though the plus tree progenies in trial 490/1 had grown faster than the progenies of unselected trees in the standard stands represented in trial 489/1. On the other hand, the plus tree progenies had a slightly more acute branch angle, higher number of branches and thicker bark.

The variation in most of the characters studied in trial 489/1 was found to be mainly due to the stand, i.e. geographic origin (Table 6). There were statistically significant differences between progenies as regards relative branch thickness (branch diameter/stem diameter), branch angle and wood density (estimated as Pilodyn value, see e.g. Cown 1978). In contrast, the greatest differences between the progenies in trial 490/1, where the entire material originated from southern Finland, were in the growth traits.

The correlations between growth and quality traits were, in the main, rather similar in the two trials (Table 7 and 8). The greatest difference was in the relationship between Pilodyn value and growth characters: in trial

489/1 the correlations were significantly positive, and in trial 490/1 not significant and even negative. Since the Pilodyn value is inversely proportional to wood density, the result suggests that fast growth has not decreased the density of the plus tree progenies in trial 490/1, as opposed to the case in the unbred stand material of trial 489/1. Another result of importance for the breeding work was the negative correlation between relative branch thickness and stem height and diameter in the two trials, i.e. fast-growing trees seemed to have relatively thin branches.

The correlation between the harvest index and growth characters was found to be clearly negative in trial 489/1 (Table 9), but less strong in trial 490/1, especially as regards the correlation with height growth. Branch thickness, number of branches and bark thickness appeared to be fairly good (negative) marker traits for the harvest index, and branch angle and Pilodyn value less suitable.

The results can be summarized as follows:

- Due to the very strong correlation between the fresh and air-dry values for harvest index, the measurements could be restricted to fresh trees when classifying and selecting the breeding material.
- The harvest index increases with tree age. However, the extent to which the ranking order and magnitude of the differences found at a young age will remain constant throughout the course of the rotation period is uncertain. The same uncertainty concerns all results obtained with young material.
- It was not possible to study the effect of stand density on harvest index. Stand density is undoubtedly one of the most important factors (e.g. Kellomäki 1986).
- The variation in the harvest index was found to be strongly influenced by the differences between populations (geographic origins). However, the within-population differences (between progenies and individuals) also seemed to have an effect.
- The results ignore the below-ground part of the tree, which can introduce an error of considerable importance in the harvest index. None of the studies concerning harvest index in breeding material have, up to the present, investigated the roots. This is due to practical measurement problems.
- Trees with thick bark had a lower harvest index. The effect of variation in components associated with sexual reproduction (flowers, cones, seeds) could not be studied because there were only a few cones on the older trees.
- High harvest index values were obtained with very variable values for stem wood production. This suggests that the two characters could be improved simultaneously through breeding.
- None of the yield components (growth and quality traits) proved to be such a clear marker for harvest index that it could replace the destructive felling of sample trees. However, a non-destructive indirect evaluation method is needed in order to be able to include the determination of harvest index in the routine measurement made on progeny tests.



# METSÄNTUTKIMUSLAITOS

## THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

### Tutkimusosastot — *Research Departments*

Maantutkimusosasto  
*Department of Soil Science*

Suontutkimusosasto  
*Department of Peatland Forestry*

Metsänhoidon tutkimusosasto  
*Department of Silviculture*

Metsänjalostuksen tutkimusosasto  
*Department of Forest Genetics*

Metsänsuojelun tutkimusosasto  
*Department of Forest Protection*

Metsäteknologian tutkimusosasto  
*Department of Forest Technology*

Metsänarvioimisen tutkimusosasto  
*Department of Forest Inventory and Yield*

Metsäekonomian tutkimusosasto  
*Department of Forest Economics*

Matemaattinen osasto  
*Department of Mathematics*

### Metsäntutkimusasemat — *Research Stations*

Parkanon tutkimusasema  
*Parkano Research Station*  
Os. — *Address:* 39700 Parkano, Finland  
Puh. — *Phone:* (933) 2912

Muhoksen tutkimusasema  
*Muhos Research Station*  
Os. — *Address:* Kirkkosaarentie, 91500 Muhos, Finland  
Puh. — *Phone:* (981) 431 404

Suonenjoen tutkimusasema  
*Suonenjoki Research Station*  
Os. — *Address:* 77600 Suonenjoki, Finland  
Puh. — *Phone:* (979) 11 741

Punkaharjun tutkimusasema  
*Punkaharju Research Station*  
Os. — *Address:* 58450 Punkaharju, Finland  
Puh. — *Phone:* (957) 314 241

Ojajoen koeasema  
*Ojajoki Field Station*  
Os. — *Address:* 12700 Loppi, Finland  
Puh. — *Phone:* (914) 40 356

Kolarin tutkimusasema  
*Kolari Research Station*  
Os. — *Address:* 95900 Kolari, Finland  
Puh. — *Phone:* (9695) 61 401

Rovaniemen tutkimusasema  
*Rovaniemi Research Station*  
Os. — *Address:* Eteläranta 55  
96300 Rovaniemi, Finland  
Puh. — *Phone:* (960) 15 721

Joensuun tutkimusasema  
*Joensuu Research Station*  
Os. — *Address:* PL 68  
80101 Joensuu, Finland  
Puh. — *Phone:* (973) 151 4000

Kannuksen tutkimusasema  
*Kannus Research Station*  
Os. — *Address:* PL 44  
69101 Kannus, Finland  
Puh. — *Phone:* (968) 71 161

Ruotsinkylän jalostuskoeasema  
*Ruotsinkylä Field Station*  
Os. — *Address:* 01590 Maisala, Finland  
Puh. — *Phone:* (90) 824 420



- No 699 Laiho, Olavi, Sarjala, Tytti, Hyvärinen, Riitta & Rautiainen, Lea:  
Lannoituksen vaikutus männikön mykorrhizoihin.  
Effect of fertilization on mycorrhizae in pine stands.
- No 700 Salonen, Tommi (toim.-ed.): Metsäntutkimuslaitoksen julkaisut 1986.  
Abstracts of publications of the Finnish Forest Research Institute, 1986.
- No 701 Nikkanen, Teijo & Pukkala, Timo: Siemenviljelysten  
harvennussuunnitelman laatiminen ATK-ohjelmistolla.  
Making a thinning plan for seed orchards using a computer program.
- No 702 Saksa, Timo: Männyn taimikoiden kehitys auratuilla ja äestetyillä  
istutusaloilla Keski-Suomessa.  
Development of Scots pine plantations in ploughed or harrowed  
reforestation areas in Central Finland.
- No 703 Mattila, Eero & Penttilä, Timo: Lapin ja Koillis-Suomen metsälautakuntien  
suometsät vuosina 1952—1984.  
Peatland forests of Lappi and Koillis-Suomi forestry board districts,  
North Finland, 1952—1984.
- No 704 Huuri, Olavi & Huuri, Leena: Metsäpuiden pystykarsinnan varhaisvaiheet  
Keski-Euroopassa ja Suomessa.  
The early days of forest tree pruning in Central Europe and Finland.
- No 705 Turkia, Kyösti & Kellomäki, Seppo: Kasvupaikan viljavuuden ja puuston  
tiheyden vaikutus nuorten mäntyjen oksien läpimittaan.  
Influence of the site fertility and stand density on the diameter of  
branches in young Scots pine stands.
- No 706 Laiho, Olavi: Metsiköiden alttius tuulituhoilta Etelä-Suomessa.  
Susceptibility of forest stands to windthrow in southern Finland.
- No 707 Järveläinen, Veli-Pekka: Hakkuumahdollisuuksien käyttöön vaikuttavat  
tilakohtaiset tekijät maan länsi- ja itäosissa.  
Factors affecting the use of the allowable cut in western and eastern parts  
of Finland.
- No 708 Rusanen, Mari & Velling, Pirkko: Satoindeksin vaihtelu ja korrelointi  
kasvu- ja laatuominaisuuksien kanssa männyn jälkeläiskokeissa.  
Harvest index in young Scots pine progeny tests, variation and  
correlation with growth and quality traits.