

# Siementuotannon vaikutus kuusen ja männyn vuotuisen kasvuun

Timo Pukkala

ABSTRACT: EFFECT OF SEED PRODUCTION ON THE ANNUAL GROWTH OF *PICEA ABIES* AND *PINUS SYLVESTRIS*

Pukkala, T. 1987. Siementuotannon vaikutus kuusen ja männyn vuotuisen kasvuun. Abstract: Effect of seed production on the annual growth of *Picea abies* and *Pinus sylvestris*. *Silva Fennica* 21 (2): 145–158.

Tutkimusaineistona oli 13 varttunutta kuusikkoa ja 17 männikköä, joiden siementuotannon, sädekasvun ja kesäpuun osuuden vaihtelu tiedettiin n. 10 vuoden ajalta. Sekä kuusella että männyllä siementuotanto vähentää sen vuoden sädekasvua, jona siemen tuleentuu. Etelä- ja Keski-Suomessa alenee myös kesäpuun osuus. Siementuotanto selittää Lapissa n. 14 % ja muualla Suomessa 27 % varttuneen kuusikon vuotuisen sädekasvun vaihtelusta. Männyn sädekasvun vaihtelusta siemensato selittää Lapissa n. 19 % ja muualla Suomessa 7 %. Keskimääräinen siemensato pienentää kuusen sädekasvua Lapissa 14 % ja muualla Suomessa 5 %. Hyvänä siemenvuonna pienennys on koko maassa n. 20 %. Kesäpuun osuus alenee Etelä- ja Keski-Suomessa n. 5 % keskinkertaisena ja 24 % hyvänä siemenvuotena. Männyllä keskimääräinen siemensato vähentää tuleentumisvuoden sädekasvua n. 5 % ja runsas sato n. 15 %. Etelä- ja Keski-Suomessa alenee lisäksi kesäpuun osuus: keskimääräisen sadon vaikutuksesta 5 % ja hyvän sadon vaikutuksesta 16 %. Keskimääräisen siemensadon arvioitiin vähentävän varttuneen kuusikon vuotuista tilavuuskasvua Lapissa runsaat 10 % ja muualla Suomessa n. 6 %. Runsas sato pienentää tilavuuskasvua n. 20 %. Varttuneessa männikössä keskimääräinen siemensato pienentää tilavuuskasvua n. 5 % ja hyvää siemensato n. 15 %.

The study material consisted of 13 rather old spruce stands and 17 pine stands located in different parts of Finland. In each stand the seed crops, radial growth and amount of latewood were measured during a period of about ten years. Seed production reduces the radial growth of spruce and pine in the year of seed maturing. In southern and central Finland also the proportion of latewood is reduced. Seed production accounts for about 14 % of the variation in radial growth of a spruce stand growing in Lapland, and 27 % in other parts of Finland. In pine stands the seed crop explains 19 % of the variation in radial growth in Lapland, and only 7 % in the rest of Finland. In spruce stands an average seed crop reduces radial growth by 14 % in Lapland, and 5 % in the rest of Finland. An abundant seed production causes a reduction of about 20 %. In southern parts of Finland the proportion of latewood is reduced by 5 % in an average seed year and by 24 % in a good seed year. In pine stands an average seed crop decreases the width of annual ring by 5 %, and a good seed crop by 15 %. Outside Lapland, also the proportion of latewood is reduced: in an average seed year by 5 %, and in a good seed year by 16 %. The reduction in volume growth of spruce stands due to an average seed crop was estimated to be about 10 % in Lapland, and 6 % in other parts of Finland. A prolific seed production causes a reduction of 20 %. In old pine stands the reduction is about 5 % in an average seed year, and 15 % in a good seed year.

Keywords: growth variation, reproduction, forest growth  
ODC 161+181.5+56+174.7 *Picea abies* +174.7 *Pinus sylvestris*

Author's address: University of Joensuu, Faculty of Forestry, P.O.Box 111, SF-80101 Joensuu, Finland.

Approved on 8. 7. 1987

## 1. Johdanto

Puiden kasvun vuotuista vaihtelua aiheuttavat mm. sää, siementuotanto sekä tuhohyönteiset ja sienitaudit. Siementuotanto aiheuttaa vuotuista kasvunvaihtelua erityisesti siksi, että sadon määrä on eri vuosina hyvin erilainen. Huippuvuosina siemensato on kuusikossa 120...160 kg/ha ja männikössä 15...20 kg/ha. Parhaimpien siemenvuosien siitepölytuotanto on kuusikossa n. 60 kg/ha ja männikössä jopa 100 kg/ha (Sarvas 1962, 1968, Koski ja Tallqvist 1978). Siemenet ja siitepöly sisältävät huomattavia määriä valkuaisaineita ja rasvoja, joiden tuottamiseen kuluu enemmän energiaa kuin selluloosan tuottamiseen. Kivennäisaineita siemenet sisältävät jopa kymmeniä kertoja enemmän kuin puuaine (Firbas ja Sagromsky 1947, Rohmeder 1967). Siementen tuottaminen edellyttää lisäksi hedekukintoja ja käpyjä.

Muissa maissa tehdyissä tutkimuksissa sie-

mentuotannon on havaittu vaikuttavan merkittävästi runkokuun tuotokseen (esim. Danilov 1953, Holmsgaard 1955, Messer 1958, Rohmeder 1967, Chalupka ym. 1975). Suomessa siementuotannon vaikutusta metsikön kasvuun ei ole juuri tutkittu. Ongelman tutkimiseen olisi kuitenkin hyvät mahdollisuudet, koska on tällä runsaasti täsmällistä tietoa metsiköiden siemensadoista.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, kuinka siementuotanto vaikuttaa kuusen ja männyn vuotuisen sädekasvuun Suomessa. Tulosten perusteella pyritään myös arvioimaan siementuotannon vaikutusta tilavuuskasvuun.

Esitän parhaat kiitokseni prof. Seppo Kellomäelle ja dos. Pertti Harille käsikirjoituksen lukemisesta ja Leena Kaunistolle englannin kielen tarkastuksesta.

## 2. Aineisto ja menetelmät

Tutkimusaineiston muodostavat Metsän-tutkimuslaitoksen siemensatotutkimuksen koemetsiköt (Koski ja Tallqvist 1978), joista tähän tutkimukseen otettiin 13 kuusikkoa ja 17 männikköä (liite 1). Metsiköiden siemensato tiedettiin n. 10 vuoden ajalta. Siemensadon mittausjakson aikainen sädekasvu ja kesäpuun osuus mitattiin puista kairatuista lastuista. Tilastollisissa analyyseissä siementuotannon, sädekasvun ja kesäpuun osuuden vaihtelua kuvattiin suhteellisten indeksien avulla.

Sädekasvuindeksien määrittämiseksi koemetsiköistä kairattiin lastut 10...17 relaskoopilla valitusta puusta rinnankorkeudelta. Kolmella koelalla (Bromarv I, Punkaharju LII ja Siilinjärvi 545) oli ennen aineistonkeruuta tehty päätehakkuu. Näitä metsikköjä edustava tutkimusaineisto kairattiin hakkuu-alueita ympäröivien uudistuskypsiens metsiköjen valtaapuista.

Kairanlastuista määritettiin lustomikroskooppiä käyttäen läpimitan kasvu ja kesäpuun leveys kussakin vuosilustossa. Mittauksen jälkeen jokaiselle vuodelle laskettiin keskimääräinen lustonleveys ja kesäpuun osuus.

Keskiarvosarjalle laskettiin tasoituskäyrä, jonka tavoitteena oli poistaa sarjasta iänmukainen ja hakkuiden aiheuttama vaihtelu. Tasoituskäyrä muodostettiin yhdeksän vuoden liukuvilla keskiarvoilla. Sädekasvuindeksit saatiin kertomalla mitatun leveyden ja tasoituskäyrän mukaisen leveyden suhde luvulla 100.

Kesäpuun osuus muutettiin indeksiksi jakamalla yhden vuoden kesäpuuosuus koko mittausjakson keskimääräisellä kesäpuuosuudella.

Tutkimusmetsiköiden siemensatoa on mitattu kariesuppiloiden avulla (Sarvas 1962, 1968, Koski ja Tallqvist 1978). Yhdessä metsikössä siementuotantoa on yleensä mitattu

kymmenellä satunnaisesti sijoitetulla suppilolla. Suppiloiden suuaukon pinta-ala on ollut 0.5 m<sup>2</sup>. Suppiloihin varissee siemenet on kerätty kuukauden välein.

Myös siemensatotiedot muutettiin indekseiksi. Tasoituskäyrää ei kuitenkaan mittausjaksojen lyhyiden vuoksi voitu laskea liukuvilla keskiarvoilla. Siensatoindeksit muodostettiin laskemalla kunkin vuoden siemensadon ja ko. metsikön keskimääräisen siemensadon suhde.

Tutkimusaineisto jaettiin kummallakin puulajilla kahteen osaan: Lappi ja muu Suomi (liite 1). Jako tehtiin siksi, että riippuvuus-

suhteet havaittiin Lapissa hieman erilaisiksi kuin Etelä- ja Keski-Suomessa. Jakoa puoltaa myös se, että tutkimusaineistossa on melkoinen aukko Siilinjärven ja Rovaniemen välillä (liite 1).

Siemensadon vaikutusta tilavuuskasvuun tutkittiin neljässä mallimetsikössä, jotka iältään ja puustoltaan vastasivat siensatotutkimuksen koemetsiköitä (taulukko 1). Sekä Lappia että muuta Suomea varten muodostettiin kuusikko ja männikkö. Kutakin metsikköä edustamaan muodostettiin puujoukko käyttäen perustana metsikölle johdettua pohjapinta-alan läpimittajakaumaa, jota kuvat-

Taulukko 1. Mallimetsiköt, joissa siementuotannon vaikutusta tilavuuskasvuun arvioitiin.  
Table 1. Model stands where the effect of seed production on volume growth was evaluated.

Metsikkötunnus Stand parameter	Kuusi - Spruce		Mänty - Pine	
	Etelä- ja Keski-Suomi Southern Finland	Lappi Lapland	Etelä- ja Keski-Suomi Southern Finland	Lappi Lapland
Lähtötiedot - Initial stand characteristic				
- Pohjapinta-ala Basal area, m <sup>2</sup> /ha	25	20	20	15
- Keskipituus Mean height, m	25	17	22	15
- Ikä, v - Age, years	100	150	100	200
- Minimiläpimitta Minimum diameter, cm	25	15	21	13
- Keskiläpimitta Mean diameter, cm	33	20	28	18
- Suurin läpimitta Maximum diameter, cm	38	26	33	23
Pohjapinta-alan läpimittajakauma - Dbh-distribution of basal area				
- Parametri α Parameter α of beta function	1.28	0.72	1.36	0.97
- Parametri γ Parameter γ of beta function	0.42	1.06	0.68	0.97
- Skaalaustekijä Scaling factor	0.26	0.27	0.14	0.19
Johdetut metsikötunnukset - Calculated stand variables				
- Runkoluku, runkoa/ha Stocking, stems/ha	299	672	333	621
- Tilavuus Volume, m <sup>3</sup> /ha	281	165	205	111
- Tilavuuskasvu, m <sup>3</sup> /ha/v Volume growth, m <sup>3</sup> /ha/y	3.1	2.6	4.2	1.7

tiin betafunktion avulla. Jakauman parametrit laskettiin Loetschin ym. (1973, s. 52) esittämällä menetelmällä. Parametrien laskemiseksi tarvittava jakauman varianssi estimoitii Päivisen (1980) yhtälöillä.

Metsikön puiden pituus laskettiin yhtälöillä

$$\text{Mänty } h = 1.3 + d^2 / (1.20 + 0.190d)^2 \quad (1)$$

$$\text{Kuusi } h = 1.3 + d^2 / (2.28 + 0.143d)^2 \quad (2)$$

Pituusestimaattia korjattiin kertoimella, joka saatiin jakamalla lähtötietona ollut keskipituus keskiläpimittaa vastaavalla pituusestimaatilla. Puiden tilavuus laskettiin Laasasenahon (1982) tilavuusyhtälöillä (hänen yhtälönsä 61.3). Metsikön tilavuus saatiin puiden tilavuuksien summana.

Metsiköille laskettiin heikkoa, keskimääräistä ja hyvää siemenvuotta vastaavat sädekasvuindeksin odotusarvot tässä tutkimuksessa muodostetuilla malleilla (taulukko 3). Heikko, keskimääräinen ja hyvä siemenvuosi määriteltiin seuraavasti:

	Heikko	Keskim.	Hyvä
	Siemensatoindeksi <sup>1)</sup>		
Kuusi, Lappi	1	100	500
Kuusi, muu Suomi	0	100	500
Mänty	0	100	300

<sup>1)</sup> Siemensatoindeksi ilmaisee siemensadon suhteessa ko. metsikön keskimääräiseen satoon (%).

Puille laskettiin läpimitan ja pituuden vuotuisen kasvu Nyssösen ja Mielikäisen (1978) kasvumalleilla (heidän yhtälönsä 4, 8, 10 ja 13) ottamalla siementuotannon estimoitu vaikutus huomioon. Laskelmat tehtiin sekä olettamalla siementuotannon vaikuttavan ainoastan läpimitan kasvuun että olettamalla myös pituuskasvun pienenevän suhteellisesti yhtä paljon kuin sädekasvu.

Läpimitan ja pituuden kasvatuksen jälkeen puiden ja metsikön tilavuus laskettiin uudelleen. Kahden ajankohdan tilavuuksien erotuksina saatiin arviot tilavuuskasvusta heikkona, keskimääräisenä ja hyvänä siemenvuotena.

### 3. Tulokset

#### 3.1 Kuusi

Etelä- tai keski-Suomessa sijaitsevassa varttuneessa kuusikossa siementuotannon ja sädekasvun yhteisvaihtelu on yleensä varsin selvä; runsaiden kukkimisvuosien sädekasvu on normaalia pienempi (kuva 1). Korrelaatio siemensadon ja sädekasvun välillä on vahva (taulukko 2). Kesäpuun osuus ei vaihtele yhtä selvästi siementuotannon mukaan, mutta ilmeisesti myös siihen siementuotanto vaikuttaa pienentävästi (kuva 1, taulukko 2). Korrelaatiokertoimien perusteella näyttäisi siltä, että siementuotanto vaikuttaa ainoastaan kukkimisvuoden kasvuun (taulukko 2).

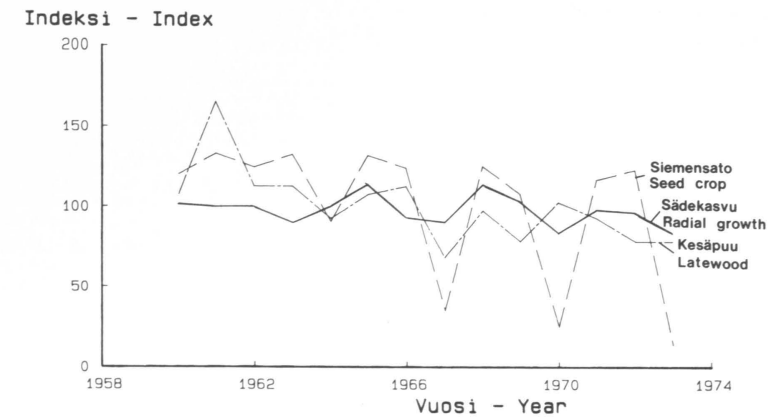
Lapin alueella siemensatoindeksi korreloi negatiivisesti sekä kukkimisvuoden että sitä seuraavan vuoden sädekasvun ja kesäpuun osuuden kanssa, mutta korrelaatio ei ole yhtä vahva kuin muualla Suomessa kukkimisvuoden kohdalla (taulukko 2). Tulos viittaa sii-

hen, että Lapissa siementuotannon vaikutus kestää kauemmin kuin Etelä- ja Keski-Suomessa.

Etelä- ja Keski-Suomen alueella siemensatoindeksi selittää n. 27 % sädekasvuindeksin vaihtelusta ja 13 % kesäpuun osuuden vaihtelusta (taulukko 3). Sädekasvu näyttää pienenevän lineaarisesti siemensadon suurentuessa (kuva 2). Lapissa siemensatoindeksin ja kukkimisvuoden sädekasvuindeksin välinen epälineaarinen riippuvuussuhde selittää ainoastaan 14 % sädekasvuindeksin vaihtelusta (taulukko 3, kuva 3). Siementuotannon vaikutus kesäpuun osuuteen tai kukkimista seuraavan vuoden sädekasvuindeksiin ei ole tilastollisesti merkitsevä.

Siementuotannon vaikutusta kuvaavilla yhtälöillä (taulukko 3) voidaan laskea sädekasvu- ja kesäpuuindeksin odotusarvo erilai-

#### Bromarv I



#### Punkaharju LII



Kuva 1. Siemensadon, sädekasvun ja kesäpuun osuuden vaihtelu kuusella Etelä-Suomessa. Siemensatoindeksi on muutettu muotoon (A-seed crop indeksi)/3. A on 400 Bromarvissa ja 500 Punkaharjulla.

Fig. 1. Variation of seed production, radial growth and proportion of latewood in spruce stands in Southern Finland. The seed crop is expressed in terms of (A-seed crop index)/3. A is 400 for Bromarv I and 500 for Punkaharju LII.

sina siemenvuosina. Yhtälöiden mukaan keskimääräinen siemensato pienentää kukkimisvuoden sädekasvua Lapissa 14 % ja muualla Suomessa 5 % (taulukko 4). Lisäksi kesäpuun osuus pienenee Etelä- ja Keski-Suomessa 5 %. Hyvänä siemenvuonna sädekasvu ja kesäpuun osuus pienenevät 19...24 % (taulukko 4).

Varttuneen kuusikon (ks. taulukko 1) tilavuuskasvu on keskimääräisenä siemenvuonna Etelä- ja Keski-Suomessa 6 % pienempi kuin heikkona siemenvuonna, Lapissa ennustettu vähennys on laskentatavasta riippuen joko 11 tai 14 % (taulukko 5). Hyvä siemensato pienentää kuusikon tilavuuskasvua n. 20 %.

Taulukko 2. Siemensatoindeksin korrelaatio sädekasvuindeksin ja kesäpuuindeksin kanssa. Suluissa on esitetty sädekasvuindeksin korrelaatio siemensatoindeksin logaritmin kanssa.

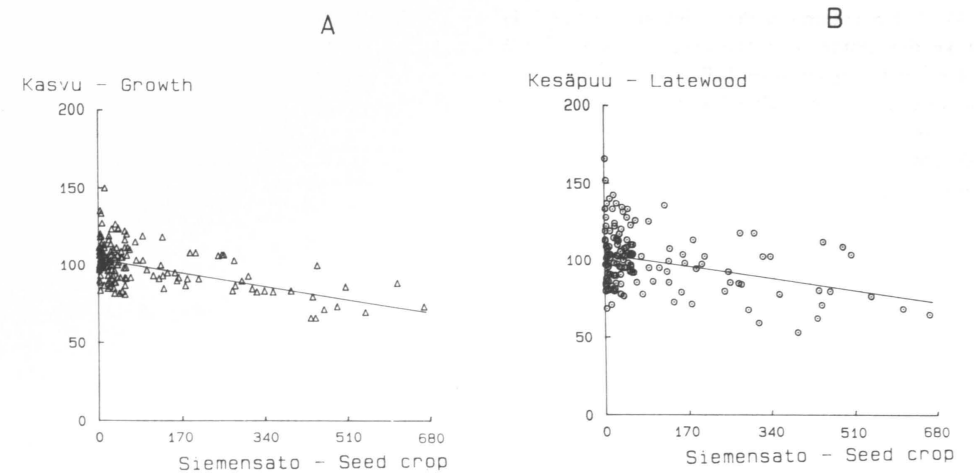
Table 2. Correlation of seed crop index with radial growth index and latewood index. In parentheses: correlation of the logarithm of seed crop index with radial growth index.

Puulaji ja kasvuvuosi Species and growth year	Etelä- ja Keski-Suomi South and Central Finland		Lappi Lapland	
	Sädekasvu Growth	Kesäpuu Latewood	Sädekasvu Growth	Kesäpuu Latewood
<b>Kuusi - Spruce</b>				
- Kukkimisvuosi Flowering year	-0.52	-0.36	(-0.37) -0.01	-0.24
- Seuraava vuosi Next year	0.08	0.01	(-0.27) -0.11	-0.23
<b>Mänty - Pine</b>				
- Kukkimisvuosi Flowering year	0.00	-0.19	0.08	0.11
- Seuraava vuosi Next year	-0.26	-0.27	-0.43	-0.12

Taulukko 3. Tuleentumisvuoden sädekasvuindeksin ja kesäpuuindeksin riippuvuus siemensatoindeksistä. SS = siemensatoindeksi, SK = sädekasvuindeksi, KP = kesäpuuindeksi.

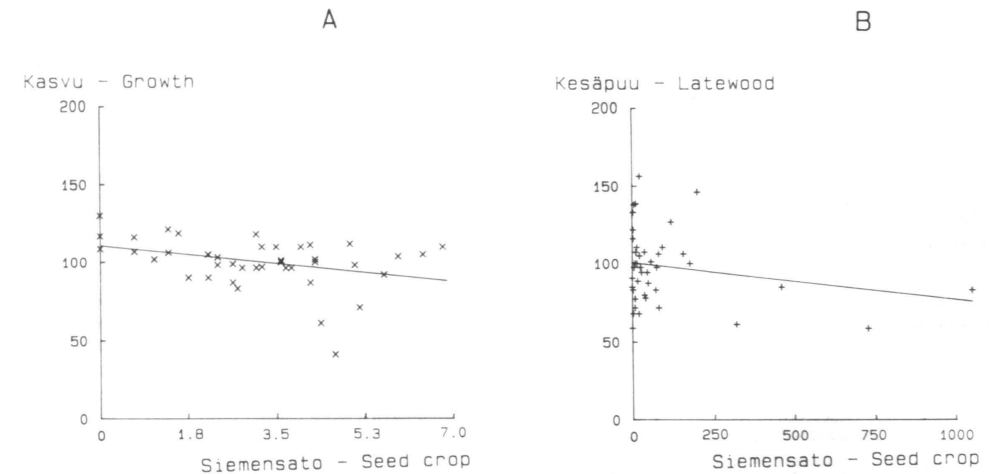
Table 3. Dependence of radial growth and proportion of latewood on seed production in the year when the seeds mature. SS = seed crop index, SK = radial growth index, KP = latewood index.

Puulaji ja alue Species and region	Yhtäkö Equation	F-arvo (d.f.) F-value (d.f.)	R <sup>2</sup> , %	S <sub>e</sub>
<b>Kuusi - Spruce</b>				
Sädekasvu - Radial growth				
- Muu Suomi Rest of Finland	SK = 105.0 - 0.05059 SS	52.2 (1,139)	27.3	12.0 (3)
- Lappi - Lapland	SK = 110.9 - 3.315 ln(SS)	6.3 (1,40)	13.6	14.9 (4)
Kesäpuu - Latewood				
- Muu Suomi Rest of Finland	KP = 104.8 - 0.04938 SS	21.2 (1,139)	13.3	18.3 (5)
<b>Mänty - Pine</b>				
Sädekasvu - Radial growth				
- Muu Suomi Rest of Finland	SK = 104.3 - 0.04727 SS	13.8 (1,197)	6.6	15.3 (6)
- Lappi - Lapland	SK = 105.7 - 0.05591 SS	17.0 (1, 73)	18.9	13.4 (7)
Kesäpuu - Latewood				
- Muu Suomi Rest of Finland	KP = 105.6 - 0.05632 SS	15.0 (1,197)	7.1	17.5 (8)



Kuva 2. Sädekasvuindeksin (A) ja kesäpuuindeksin (B) riippuvuus siemensatoindeksistä kuusella Etelä- ja Keski-Suomessa.

Fig. 2. Dependence of radial growth index (A) and latewood index (B) on seed crop index in spruce stands in Southern and Central Finland.



Kuva 3. Sädekasvuindeksin (A) ja kesäpuuindeksin (B) riippuvuus siemensatoindeksistä kuusella Lapissa. Osakuvassa A vaakamuuttuja on siemensatoindeksin logaritmi.

Fig. 3. Dependence of radial growth index (A) and latewood index (B) on seed crop index in spruce stands in Lapland. In (A) the horizontal axis shows the logarithm of seed crop index.

### 3.2 Mänty

Männillä siemensatoindeksi korreloi negatiivisesti kukkimista seuraavan vuoden (tuleentumisvuoden) sädekasvuindeksin kanssa (taulukko 2). Lapissa korrelaatio on vahvem-

pi kuin muualla Suomessa, jossa siemensadon ja kasvun yhteisvaihtelu ei ole erityisen selvä (kuva 4). Siemensato korreloi negatiivisesti, joskin heikosti, myös tuleentumisvuoden kesäpuuosuuden kanssa (taulukko 2).

Siemensatoindeksi selittää Lapissa n. 19 %

Taulukko 4. Tuleentumisvuoden sädekasvuindeksin ja kesäpuuindeksin odotusarvo siemensadon ollessa heikko (0 tai 1), keskimääräinen (100) tai hyvä (männyllä 300 ja kuusella 500). Suluissa olevat luvut ilmoittavat kasvu- tai kesäpuuindeksin suhteessa heikon siemenvuoden odotusarvoon (%). Taulukkoon on merkitty vain tilastollisesti merkitseviä (5 %:n riskitasolla) riippuvuuksia vastaavat arvot.

Table 4. Expected growth and latewood index in the maturing year of seeds calculated for poor (index 0 or 1), average (100) and good (pine 300, spruce 500) seed year. In parentheses: the expected value in relation to expectation of poor seed year (%). Only values corresponding to statistically significant (risk 5 %) relationships are presented in the Table.

Puulaji ja alue Species and region	Sädekasvu - Radial growth Siemensatoindeksi Seed crop index			Kesäpuu - Latewood Siemensatoindeksi Seed crop index		
	0/1	100	300/500	0/1	100	300/500
<b>Kuusi - Spruce</b>						
- Muu Suomi Rest of Finland	105.0 (100)	99.9 (95)	79.7 (76)	104.8 (100)	99.9 (95)	80.1 (76)
- Lappi - Lapland	110.9 (100)	95.6 (86)	90.3 (81)			
<b>Mänty - Pine</b>						
- Muu Suomi Rest of Finland	104.3 (100)	99.6 (95)	90.1 (86)	105.6 (100)	100.0 (95)	88.7 (84)
- Lappi - Lapland	105.7 (100)	100.1 (95)	88.9 (84)			

Taulukko 5. Tuleentumisvuoden tilavuuskasvuennuste ( $m^3/ha$ ) olettaessa siementuotannon vaikuttavan sädekasvuun tai säde- ja pituuskasvuun taulukon 4 mukaisesti. Suluissa olevat luvut ilmoittavat kasvun suhteessa heikon siemenvuoden odotusarvoon (%).

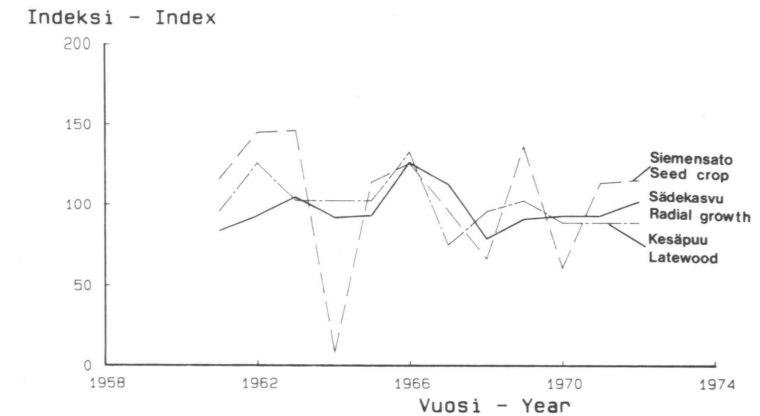
Table 5. Expected volume growth ( $m^3/ha$ ) of the seed maturing year when only radial growth is affected according to Table 4 and when also height growth is reduced in the same proportion. The figures in parentheses express the volume growth in relation to the growth in poor seed year (%).

Puulaji ja alue Species and region	Vain sädekasvu pienenee Only radial growth reduced Siemensatoindeksi Seed crop index			Säde ja pituuskasvu pienenevät Radial and height growth reduced Siemensatoindeksi Seed crop index		
	0/1	100	300/500	0/1	100	300/500
	Tilavuuskasvu - Volume growth					
<b>Kuusi - Spruce</b>						
- Muu Suomi Rest of Finland	3.2 (100)	3.0 (94)	2.5 (78)	3.2 (100)	3.0 (94)	2.5 (78)
- Lappi - Lapland	2.8 (100)	2.5 (89)	2.4 (86)	2.9 (100)	2.5 (86)	2.3 (79)
<b>Mänty - Pine</b>						
- Muu Suomi Rest of Finland	4.3 (100)	4.2 (98)	3.9 (91)	4.3 (100)	4.1 (95)	3.7 (86)
- Lappi - Lapland	1.8 (100)	1.7 (94)	1.6 (89)	1.8 (100)	1.7 (94)	1.5 (83)

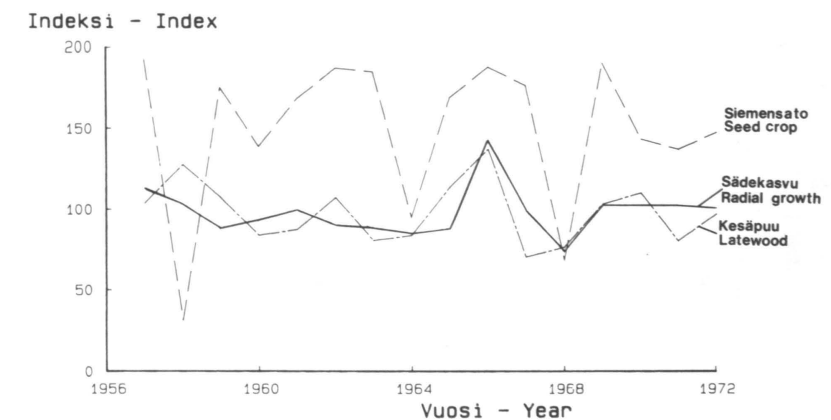
tuleentumisvuoden sädekasvuindeksin vaihtelusta, muualla Suomessa vain 7 % (taulukko 3, kuvat 5 ja 6). Kesäpuun osuuden vaihtelusta tuleentumisvuoden lustossa siemensatoindeksi selittää Etelä- ja Keski-Suomessa n. 7 %, Lapissa vaikutus ei ole merkitsevä (taulukko 3, kuvat 5 ja 6).

Keskimääräinen siemensato pienentää koko maassa tuleentumisvuoden sädekasvua n. 5 % ja hyvä siemensato n. 15 %. Etelä- ja Keski-Suomessa alenee lisäksi kesäpuun osuus, keskimääräisen siemensadon vaikutuksesta 5 % ja hyvän sadon vaikutuksesta 16 % (taulukko 4).

### Punkaharju I



### Kerimäki XXXIII

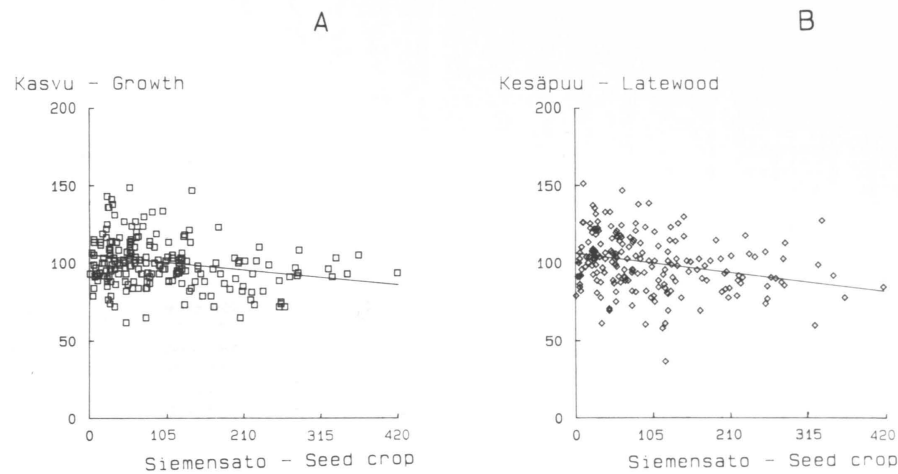


Kuva 4. Siemensadon, sädekasvun ja kesäpuun osuuden vaihtelu männyllä Etelä-Suomessa. Siemensatoindeksi on muutettu muotoon (A-indeksi)/2. A on 300 Punkaharjulla ja 400 Kerimäellä.

Fig. 4. Variation of seed production, radial growth and proportion of latewood in pine stands in Southern Finland. The seed crop is expressed in terms of (A-seed crop index)/2. A is 300 for Punkaharju I and 400 for Kerimäki XXXIII.

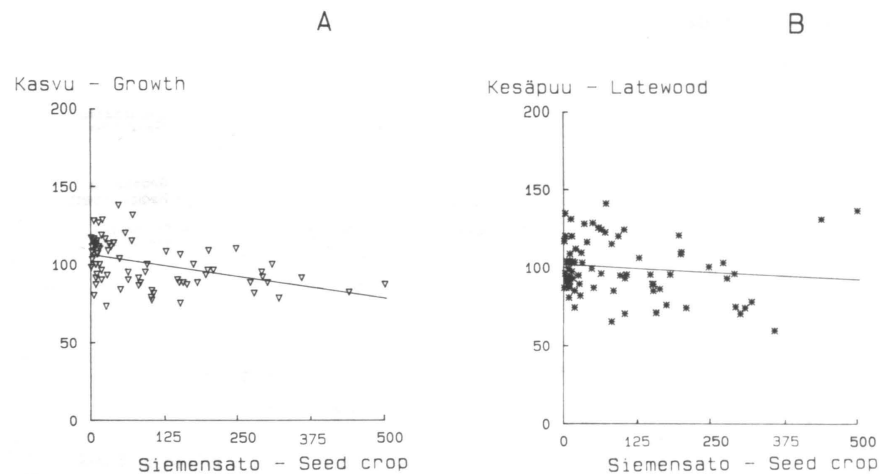
Tehtyjen laskelmien mukaan uudistuskyp-  
sän männikön (taulukko 1) tilavuuskasvu  
pienenee keskimääräisen siementuotannon  
vaikutuksesta tuleentumisvuonna Etelä- ja  
Keski-Suomessa 2...5 %, Lapissa jonkin

verran enemmän (taulukko 5). Hyvän sie-  
mensadon vaikutus tilavuuskasvuun on n. 10  
%, jos vain sädekasvun oletetaan vähenevän,  
ja n. 15 %, jos myös pituuskasvu pienenee  
(taulukko 5).



Kuva 5. Sädekasvuindeksin (A) ja kesäpuuindeksin (B) riippuvuus siemensatoindeksistä männyllä  
Etelä- ja Keski-Suomessa.

Fig. 5. Dependence of radial growth index (A) and latewood index (B) on seed crop index in pine stands in Southern  
and Central Finland.



Kuva 6. Sädekasvuindeksin (A) ja kesäpuuindeksin (B) riippuvuus siemensatoindeksistä männyllä  
Lapissa.

Fig. 6. Dependence of radial growth index (A) and latewood index (B) on seed crop index in pine stands in  
Lapland.

#### 4. Tarkastelua

Tutkimustulosten mukaan siementuotanto  
vaikuttaa männyllä ja kuusella ainoastaan  
sen vuoden kasvuun, jona siemen tulee tuu.  
Keskimääräinen siemensato pienentää säde-  
ja tilavuuskasvu yleisesti n. 5 % ja runsas  
sato 10...25 %. Holmsgaardin (1955) tut-  
kimuksessa kuusen sädekasvu oli siemenvuo-  
sina 25...30 % normaalia vähäisempi.  
Chalupka ym. (1975) havaitsivat vähennyk-  
sen olevan 12...25 %, mikä vastaa tila-  
vuuskasvu 2.5 m<sup>3</sup>/ha. Huomattavasti poh-  
joisempaan sijaitsevan 90-vuotiaan kuusikon  
sädekasvun pienennys oli kukkimisvuonna  
35...40 % ja seuraavana vuonna 20...25  
%, mistä Danilow (1953) päätteli tilavuus-  
kasvun vähentyneen vastaavasti 1.3 ja 0.8  
m<sup>3</sup>/ha. Messerin (1956, 1958) mukaan Sak-  
san oloissa hyvän siemenvuoden siemen- ja  
käpytuotanto vastaa 5.5...8 m<sup>3</sup>:n runko-  
puun tuotosta.

Chalupka ym. (1976) havaitsivat männyn  
kätysatojen korreloivan negatiivisesti kukki-  
misvuoden vuosiluston leveyden kanssa. Tu-  
leentumis- tai kukkasilmujen erilaistumisvuod-  
en sädekasvuun siementuotanto sitä vastoin  
ei vaikuttanut. Tulos on siis vaikutusvuoden  
suhteen erilainen kuin nyt saatu. Sirén (1961)  
laski Lapin männyn 4 vuoden tilavuuskasvun  
pienenevän yhden sadon (200 käpyä/puu)  
vaikutuksesta 12...15 %. Messerin (1958)  
mukaan hyvänä siemenvuotena tuotettu sie-  
men- ja käpymäärä vastaa männyllä puun-  
tuotosta 5.75 m<sup>3</sup>/ha.

Kiertoajan kuluessa lasketaan Saksan  
oloissa kasvavan kuusikon kuluttavan ener-  
giaa uudistumiselimien tuottamiseen puun-  
tuotosta 150 m<sup>3</sup>/ha vastaavan määrän (Roh-  
meder 1967). Männikössä kokonaiskasvun  
menetys on 198 m<sup>3</sup>/ha. Danilow (1953) arvioi  
kuusikon, jonka tilavuus oli 340 m<sup>3</sup>/ha, koka-  
naiskasvun pienentyneen siementuotannon  
takia 40...50 m<sup>3</sup>/ha. Nyt saavutettujen tu-  
lostien perusteella näyttää siltä, että tilavuus-  
kasvun kokonaismenetys on Etelä-Suomessa-  
kin pienempi kuin Danilovin (1953) esittämä  
arvio. Esim. jos oletetaan männikön tai kuu-  
sikon tuottavan siementä 60 vuoden ajan ja  
vuotuinen kasvu on koko ajan 5 m<sup>3</sup>/ha, on

tilavuuskasvun pienennys vain runsaat 15  
m<sup>3</sup>/ha.

Tässä tutkimuksessa siementuotannon vai-  
kutusta osoitettiin suhteellisesti suunnilleen  
samaksi tai jonkin verran pienemmäksi kuin  
aiemmissa tutkimuksissa esitetyt arviot. Osa  
eroista saattaa johtua tutkimusmenetelmistä.  
Tässä tutkimuksessa menetelmänä oli vuosi-  
lustoanalyysi. Vuosiluston kapenemista tut-  
kittaessa saadaan kyllä oikea kuva siemen-  
tuotannosta johtuvista kasvunvaihteluista,  
mutta ei välttämättä siementuotannon aiheut-  
tamasta tilavuuskasvun pienemisestä. Yksi  
siemensato voi vaikuttaa kasvuun use-  
ana vuotena, minkä vuoksi myös heikkojen  
tuleentumisvuosien kasvu saattaa olla alentunut  
muiden satojen viivästyneiden vaikutus-  
ten vuoksi (Danilow 1953, Holmsgaard 1955).  
Päättyä vaikeuttaa lisäksi se, että sekä kas-  
vu että siementuotanto riippuvat säätekijöis-  
tä (Mikola 1950, Holmsgaard 1955, Eklund  
1957, Leikola ym. 1982, Pukkala 1987), min-  
kä vuoksi hyvät ja huonot siemenvuodet saat-  
tavat olla kasvun kannalta erilaisia.

Siementuotannon vaikutuksen tutkimiseen  
on tarjolla myös kaksi muuta menetelmää  
(Rohmeder 1967): (1) Vertaillaan hede- ja  
emikkivien puiden kasvua (Rohmeder  
1949) tai (2) lasketaan siemen- ja käpytu-  
otantoon kuluttettuja ainemääriä ja päätellään  
niistä tilavuuskasvun pienennys (Sirén 1961).

Hede- ja emipuiden vertaileminen ei ole  
kuusella ja männyllä mahdollista. Sitä paitsi  
sekään ei välttämättä johda oikeisiin tulok-  
siin, koska hedekukintakin saattaa pienentää  
kasvu. Siementuotantoon kuluttettuja aine-  
määriä laskettaessa törmätään ongelmaan,  
kuinka siemen- ja käpymäärät olisi muunnet-  
tava vastaamaan runkopuumääriä. Tutki-  
mista vaikeuttaa myös kukkien ja käpyjen  
fotosynteesi (Bazzaz ym. 1979) sekä se, että  
yhteyttämistehokkuus riippuu hiilihydraat-  
tien kulutuksesta (Lenz 1977). Lisäksi on  
huomattava, että siementuotanto vaikuttaa  
vegetatiiviseen kasvuun myös lehtipinta-alaa  
pienentämällä. Esimerkiksi Flower-Ellis ja  
Olsson (1978) laskevat, että runsaan kukin-  
nan vuosina 52 % varttuneen männikön uu-

sista versoista menettää 62 % neulasistaan. Myös kuusella kukinta vähentää merkittävästi satovuoden ja seuraavan vuoden versojen lukumäärää (Tirén 1935). Kuusen lehtipinta-ala pienenee myös sen takia, että kukat ja kävyt hiilihydraateista kilpailemalla pienentävät neulasten ja vegetatiivisten silmujen kasvua (Morris 1951, Tappeiner 1969, Powell 1977).

Ongelman tutkimiseen liittyvistä epävarmuustekijöistä huolimatta voitaneen päätellä, että siementuotanto pienentää merkittä-

västi varttuneen kuusikon ja männikön tilavuuskasvua. Lisäksi se ilmeisesti jouduttaa puiden kuolemista (Rohmeder 1967). Ovatko vaikutukset niin merkittäviä, että siementuotannon pienentäminen pitäisi suorastaan asettaa metsänjalostuksen ja -hoidon tavoitteeksi, on jo vaikeammin pääteltävä kysymys (ks. Rohmeder 1967). Perusteellisissa metsikön tuotosta ja kehitysdynamiikkaa sekä kasvun vaihtelua selvittämissä tutkimuksissa siementuotanto on kuitenkin perusteltua ottaa huomioon.

## Kirjallisuus

- Bazzaz, F. A., Carlson, R. W. & Harper, J. L. 1979. Contribution to reproductive effort by photosynthesis of flowers and fruits. *Nature* 279 (7): 554–555.
- Chalupka, W., Giertych, M. & Krolkowski, Z. 1975. The effect of cone crops on growth in Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). *Arboretum Kornickie* 20: 201–212.
- , W., Giertych, M. & Krolkowski, Z. 1976. The effect of cone crops in Scots pine on tree diameter increment. *Arboretum Kornickie* 21: 361–366.
- Danilov, D. N. 1953. Einfluss der Samenerzeugung auf die Struktur der Jahrring (lyhennelmä). *Allg. Forstzeitschr.* 8: 454–455.
- Eklund, B. 1957. Om granens årringvariationer inom mellersta Norrland och deras samband med klimatet. *Medd. St. SkogforskInst.* 47 (1): 1–63.
- Firbas, F. & Sagromsky, H. 1947. Untersuchungen über die Grösse des jährlichen Pollenniederschlags von Gesichtspunkt der Stoffproduktion. *Biol. Zbl.* 66: 129–140.
- Flower-Ellis, J. G. K. & Olsson, L. 1978. Litterfall in an age series of Scots pine and its variation by components during the years 1973–1976. *Swed. Conif. For. Proj. Tech. Rep.* 15. 63 s.
- Holmsgaard, E. 1955. Åringsanalyser af danske skovtraer. Summary: Tree-ring analyses of danish forest trees. *Forst. Forsogsv. Danm.* 22: 1–246.
- 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 For.* 364: 1–60.
- Laasasenaho, J. 1982. Taper curve and volume equations for pine, spruce and birch. *Commun. Inst. For. Fenn.* 108: 1–74.
- Leikola, M., Raulo, J. & Pukkala, T. 1982. Männyn ja kuusen siemensadon vaihtelujen ennustaminen. Summary: Prediction of the variations of the seed crop of Scots pine and Norway spruce. *Folia For.* 537: 1–43.
- Lenz, F. 1977. Einfluss der Frucht auf der Photosynthese und Atmung. *Z. Pflernähr. Bodenk.* 140 (1): 51–61.
- Loetsch, F., Zöhrer, F. & Haller, K. E. 1973. Forest inventory II. BLV Verlagsgesellschaft. München – Bern – Wien. 469 s.
- Messer, H. 1956. Fortschritte des forstlichen Saatgutwesens. J. D. Sauerländer's Verlag. Frankfurt am Main. 117 s.
- 1958. Das Fruchten der Waldbäume als Grundlage der Forstsamengewinnung. I. Konifern. J. D. Sauerländer's Verlag. Frankfurt am Main. 108 s.
- Mikola, P. 1950. Puiden kasvun vaihteluista ja niiden merkityksestä kasvututkimuksissa. Summary: On variations in tree growth and their significance to growth studies. *Commun. Inst. For. Fenn.* 38 (5): 1–131.
- Morris, R. F. 1951. The effects of flowering on the foliage production and growth of Balsam fir. *For. Chron.* 27 (1): 40–57.
- Nyyssönen, A. & Mielikäinen, K. 1978. Metsikön kasvun arviointi. Summary: Estimation of stand increment. *Acta For. Fenn.* 163: 1–40.
- Powell, G. R. 1977. Biennial strobilus production in balsam fir: a review of its morphogenesis and discussion of its apparent physiological basis. *Can. J. For. Res.* 7 (4): 547–555.
- Pukkala, T. 1987. Kuusen ja männyn siemensadon ennustemalli. Abstract: A model for predicting the seed crop of *Picea abies* and *Pinus sylvestris*. *Silva Fenn.* 21 (2): 135–144.
- Päivinen, R. 1980. Puujoukon rinnankorkeusläpimittajakauman estimointi ja siihen perustuvia puustotunnusten arviointimenetelmiä. Helsingin yliopisto. Metsänarvioimistieteen laitos. Moniste. 92 s.
- Rohmeder, E. 1949. Der geschlechtliche Dimorphismus als pflanzenzüchterisches Problem, dargestellt an der Wuchsleistungen männlicher und weiblicher Eschen. *Forstwiss. Cbl.* 68: 680–691.
- 1967. Beziehungen zwischen Frucht- bzw.

Samenerzeugung und Holzerzeugung der Waldbäume. *Allg. Forstzeitschr.* (3): 33–39.

Sarvas, R. 1962. Investigations on the flowering and seed crop of *Pinus sylvestris*. Selostus: Tutkimuksia männyn kukkimisesta ja siemensadosta. *Commun. Inst. For. Fenn.* 53 (4): 1–198.

— 1968. Investigations on the flowering and seed crop of *Picea abies*. Selostus: Tutkimuksia kuusen kukkimisesta ja siemensadosta. *Commun. Inst. For. Fenn.* 67 (5): 1–84.

Sirén, G. 1961. Skoggränställen som indikator för klimafuktuationerna i norra Fennoskandien under his-

torika tid. Summary in English. *Commun. Inst. For. Fenn.* 54 (2): 1–66.

Tappeiner, J. C. 1969. Effect of cone production on branch, needle, and xylem ring growth of Sierra Nevada Douglas-fir. *For. Sci.* 15: 171–174.

Tirén, L. 1935. Om granens kottsättning, des periodicitet och samband med temperatur och nederbörd. *Medd. St. SkogförsAnst.* 28: 413–518.

Total of 28 references

Liite 1. Tutkimusaineistona olleiden metsiköiden sijainti, ikä ja valtapituus (Hdom). Ikä- ja valtapituustiedot ovat vuodelta 1966.

*Appendix 1. Location, age and dominant height (Hdom) of stands used as study material. Age and height measured in 1966.*

Metsikkö <i>Stand</i>	Paikkakunta <i>Locality</i>	Latitudi <i>Latitude</i>	Longitudi <i>Longitude</i>	Ikä <i>Age</i>	Hdom <i>(m)</i>
<i>Kuusi – Spruce</i>					
<i>Lappi – Lapland</i>					
Rovaniemi XVIII	Rovaniemi	66°21'	26°38'	123	19
Kittilä III	Kittilä	68°01'	24°09'	80	17
Kittilä IV	Kittilä	68°01'	24°09'	168	20
<i>Muu Suomi – Rest of Finland</i>					
Bromarv I	Bromarv	60°00'	23°04'	122	28
Tuusula XXX	Tuusula	60°21'	25°01'	87	24
Tuusula XXXIV	Tuusula	60°21'	25°01'	63	22
Heinola 565	Heinola	61°07'	20°00'	116	28
Padasjoki III	Padasjoki	61°25'	25°00'	87	28
Padasjoki IV	Padasjoki	61°25'	25°00'	104	30
Punkaharju LII	Punkaharju	61°48'	29°18'	92	23
Kuorevesi XXXV	Kuorevesi	62°01'	24°48'	106	20
Vilppula XVII	Vilppula	62°03'	24°21'	94	28
Siilinjärvi 544	Siilinjärvi	63°04'	27°39'	72	20
<i>Mänty – Pine</i>					
<i>Lappi – Lapland</i>					
Rovaniemi XXVII	Rovaniemi	66°21'	26°38'	108	22
Rovaniemi XXIX	Rovaniemi	66°21'	26°38'	–	21
Kittilä I	Kittilä	68°01'	24°09'	216	16
Kittilä II	Kittilä	68°01'	24°09'	191	18
<i>Muu Suomi – Rest of Finland</i>					
Bromarv II	Bromarv	60°00'	23°04'	80	17
Tuusula XXXII	Tuusula	60°21'	25°01'	140	19
Heinola 566	Heinola	61°07'	20°00'	123	23
Heinola 567	Heinola	61°07'	20°00'	123	21
Padasjoki VI	Padasjoki	61°25'	25°00'	98	25
Punkaharju I	Punkaharju	61°48'	29°18'	143	27
Punkaharju XKV	Punkaharju	61°48'	29°18'	115	21
Kerimäki XX	Kerimäki	61°50'	29°22'	98	29
Kerimäki XXII	Kerimäki	61°50'	29°22'	94	27
Kerimäki XXXIII	Kerimäki	61°50'	29°22'	151	23
Kuorevesi XXIII	Kuorevesi	62°01'	24°48'	98	26
Kuorevesi XXIV	Kuorevesi	62°01'	24°48'	122	24
Vilppula 2a	Vilppula	66°03'	24°21'	185	25
Siilinjärvi 545	Siilinjärvi	63°04'	27°39'	112	25