

Mikko Moilanen

Runkokäyrämallien tarkkuus lannoitetussa  
rämemännikössä

MUHOS 1985



METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN TIEDONANTOJA 199

Muhoksen tutkimusasema

RUNKOKÄYRÄMALLIEN TARKKUUS LANNOITETUSSA  
RAMEMANNIKÖSSÄ

Mikko Moilanen

Muhos 1985

ISBN 951-40-0946-0

ISSN 0358-4283

MOILANEN, M. 1985. Runkokäyrämallien tarkkuus lannoitetussa rämemännikössä.

Tutkimuksessa seurattiin männyn kasvun ja runkomuodon kehitystä ojitetulla ja kahdesti lannoitetulla rehevähö-pohjaisella rämeellä. Samoin arvioitiin LAASASENAHON runkokäyräyhtälöiden soveltuvuutta rämemännikön tilavuuden ja kasvun laskentaan. Aineisto (146 kaatokoe-puuta) kerättiin metsähallituksen Pohjanmaan piirikunnan alueelta kolmelta lannoituskokeelta: Iin Sammakkosuolta, Vaalan Hyrynpuroilta ja Pyhännän Köhisevältä. Peruslannoitus tehtiin 1960-luvun alussa hie-nofosfaatilla ja kalisuolalla. Jatkolannoituksessa vuonna 1974 käytettiin suometsien PK-lannosta, ureaa ja kalisuolaa.

Lannoitusvaikutus puiden kasvuun oli voimakkain Sammakkosuon kokeella, jossa lannoitus lisäsi pituus-kasvua 25 - 45 % ja paksuuskasvua 35 - 80 %. Muilla kokeilla vaikutus jäi verraten vaatimattomaksi. Kai-killa kohteilla suurimman kasvunlisäyksen tuotti NPK-käsittely, jossa kaliumin osuus oli lannoitussuosi-tusta korkeampi. Lannoituksen vaikutus puiden runko-muodon kehitykseen oli vähäinen. Sammakkosuolla to-dettiin vaikutuksen kuitenkin painottuneen puun latvu-sosaan muutamina levitystä seuranneina vuosina.

LAASASENAHON kahden (d 1.3, h) ja kolmen (d 1.3, d 6.0, h) tunnuksen polynomirunkokäyrät antoivat rungon tyviosalla lievän yliarvion läpimitaan. 20 ja 60 %:n osakorkeuksien välillä virhe oli lähes olematon, mutta kasvoi hiukan latvusosalla.

Runkokäyrämallit estimoivat koepuiden tilavuuden varsin tarkasti. Yksittäisen puun tilavuusarvioon kahden tunnuksen runkokäyrä toi keskimäärin 1,5 %:n

yliarvion. Yläläpimitan mukaanotto ei sanottavasti vähentänyt virhettä. Lannoituksella ei ollut vaikutusta runkokäyrien tarkkuuteen. Tilavuusarvion virhe oli viisi prosenttia tai pienempi 61 %:lla koeuista, kun käytettiin kahden tunnuksen mallia. Kolmen tunnuksen mallilla virhe jäi alle viiden prosentin 81 %:lla koeuista.

SISALLYYS	SIVU
1. JOHDANTO .....	5
2. AINEISTO JA MENETELMÄT .....	6
21. Koekentät .....	6
22. Mittaukset .....	9
3. TULOKSET .....	10
31. Lannoituksen vaikutus puuston kasvuun ja runkomuotoon .....	10
32. Runkokäyrien ennustaman läpimitan ja tilavuusarvion tarkkuus .....	17
4. PÄATELMÄT .....	22
KIRJALLISUUS .....	25

## 1. JOHDANTO

Pystypuiden runkotilavuuden määrittäminen kuuluu puunmittausopin käytännön sovellutusten keskeisimpiin tehtäviin. Erilaisten puuston määrää ja rakennetta koskevien selvitysten yleistyessä tilavuuden ja kasvunlaskentamenetelmien kehittämisen tarpeellisuus edelleen korostuu.

ILVESSALON (1947) laatimien pystypuiden kuutioimistaulukoiden ohella on viime vuosina alettu yleisesti käyttää LAASASENAHON (1982, 1983) runkokäyräyhtälöitä. Mallit on laadittu erikseen männylle, kuuselle ja koivulle. Kahden tunnuksen runkokäyrä edellyttää tunnettaviksi puun rinnankorkeusläpimitan ( $d$  1.3) ja puituuden ( $h$ ) ja kolmen tunnuksen runkokäyrä edellisten lisäksi kuuden metrin korkeuden läpimitan ( $d$  6.0) (LAASASENAHO ja SNELLMAN 1983).

LAASASENAHON (1982) käyttämä aineisto edustaa koko maata, ja runkokäyräyhtälöt ovat samat sekä kivennäisettä turvemaille. Aineisto on kerätty noin sadalta valtakunnan metsien inventoinnin lohkolta maan eri osista.

Runkokäyräyhtälöillä saatava tilavuusarvion tarkkuus riippuu siitä, miten hyvin kohteen puusto edustaa mallien pohjana ollutta aineistoa. Mikäli puun runkomuoto esim. metsänkäsittelyn seurauksena poikkeaa keskimääräisestä, aiheutuu siitä systemaattista harhaa tulokseen.

Lannoituksen on todettu vaikuttavan puun runkomuotoon, joskin tulokset ovat osittain ristiriitaisia (PEGG 1966, SEIBT 1968, FRIBERG 1974, JOHANN 1977). Laajah-

kossa kotimaisessa selvityksessä lannoitus paransi ki-  
vennäismaan männikön runkomuotoa muutaman vuoden  
ajaksi, ts. kasvu painottui lannoituksen jälkeen  
rungon yläosaan (SARAMÄKI 1980).

Selvitykset ojitusalueiden puiden runkomuodosta ovat  
vähäisiä. Tämän työn tarkoituksena on arvioida runko-  
käyräyhtälöiden tarkkuutta rämemännikön tilavuuden ja  
kasvun laskennassa. Samalla pyritään selvittämään,  
miten kasvu jakaantuu rungon eri osiin lannoituksen  
jälkeen ja aiheuttaako lannoitus muutoksia puun runko-  
muotoon.

Tutkitut kokeet ovat osa metsähallituksen maille vuo-  
sina 1974 - 75 perustetusta koesarjasta, jonka ovat  
suunnitelleet MML Kalevi Karsisto ja MT Jorma Issa-  
kainen. Puustomittauksia on johtanut kenttämestari  
Kauko Kylmänen. VTK Jaakko Heinonen, FM Carl-Gustaf  
Snellman ja MMT Jouko Laasasenaho ovat auttaneet mit-  
tausaineiston ATK-käsittelyssä. Kuvat on tehnyt kar-  
tanpiirtäjä Tuula Väärä ja puhtaaksikirjoituksen mer-  
konomi Merja Mustonen. Käsikirjoituksen ovat lukeneet  
professori Eero Paavilainen ja MMT Jouko Laasasenaho.  
Kaikille työssä mukanaolleille esitän parhaat kiitok-  
seni.

## 2. AINEISTO JA MENETELMÄT

### 2.1. Koekentät

Selvitykseen valitut kolme turvemaakohdetta sijait-  
sevat metsähallituksen Pohjanmaan piirikunnan mailla  
Iissä, Vaalassa ja Pyhännällä. Kohteet ovat kaikki  
paksuturpeisia ja kasvualustaltaan viljavia rämeitä,  
joiden peruskuivatus on tehty 1920 - 40 -luvuilla. O-



jitettaessa puuston määrä on ollut varsin vähäinen. Myöhemmissä harvennuksissa puulajisuhteita on ohjattu männyn hyväksi, joten sekapuuston (hieskoivu) osuus puuston tilavuudesta on alle 10 %:n. Syksyllä 1982 puuston tilavuus vaihteli välillä 50 - 70 m<sup>3</sup>/ha ja valtapituus 9 - 11 m (taulukko 1).

Taulukko 1. Kokeiden kasvupaikka- ja puustotunnukset syksyllä 1982.

	Ii, Sammakkosuo	Vaala, Hyrynpuro	Pyhäntä, Köhisevä
Ojitus, v	1928,-54,-65	1950-luku	1930,-50
Lannoitus, v	1961,1975	1962,1974	1964,-74
Suotyyppi	SsR-RhR mu	SsR mu	SsR mu
Turpeen paksuus, m	1,5 +	0,9-1,4	1,2-1,4
Rinnankorkeusikä, v	30	45	56
Puulajisuhteet, % (mä/ko)	100/0	90/10	95/5
Valtapituus, m	8,5	11,0	9,5
Runkoluku, kpl/ha	2000	1700	1300
Tilavuus, m <sup>3</sup> /ha	55	70	50
Tilavuuskasvu, m <sup>3</sup> /ha/v	3,6	3,8	3,1

Kohteet lannoitettiin käytännön työnä 1960-luvun alussa. Käytetyt ravinnemäärät olivat nykysuosituksiin verrattuna suuria: fosforia 75 - 90 kg/ha ja kaliumia 75 - 100 kg/ha. Lannoitteina käytettiin hienofosfaattia (14 % P), kalisuolaa (50 % K) ja kaliumsulfaattia (42 % K).

Uusintalannoitus ja varsinaisen kokeen perustaminen tapahtui vuonna 1974. Koejärjestelyssä toteutettiin

arvottujen lohkojen periaatetta ja kukin lannoituskäsittely toistettiin 2 - 3 koealalla. Lannoitteina käytettiin suometsien PK-lannosta (10,5 % P, 12,5 % K), ureaa (46 % N) ja kalisuolaa (50 % K) eri yhdistelminä ja määrinä (taulukko 2). Osa koealoista jätettiin lannoittamattomiksi vertailualoiksi.

Taulukko 2. Perus- ja jatkolannoituksessa käytetyt lannoitteet.

	Ii, Sammakkosuo	Vaala, Hyrynpuro	Pyhätä, Köhisevä
<u>Peruslannoitus:</u>			
hienofosfaatti 600 kg/ha			
+ kaliumsulfaatti 200 kg/ha	X		X
hienofosfaatti 600 kg/ha			
+ kalisuola 200 kg/ha		X	
<u>Jatkolannoitus:</u>			
suometsien PK 400 kg/ha	X	X	X
suometsien PK 400 kg/ha			
+ urea 200 kg/ha	X	X	X
suometsien PK 200 kg/ha			
+ urea 200 kg/ha			
+ kalisuola 200 kg/ha	X	X	X
urea 200 kg/ha			
+ kalisuola 200 kg/ha	X		X

## 22. Mittaukset

Puustomittaukset tehtiin toukokuussa 1983. Lämpimittaluokittain laaditulta koealan puuston pohjapinta-alaikäyrältä valittiin tasavälein kuusi puuta, jotka kaadettiin maanpinnan tasosta. Kaatokoepuista mitattiin pituus ja pituuskasvut kymmenen vuoden ajalta, sekä sahattiin kuusi kiekkoa rungon eri osista: rinnankorkeudelta (1.3 m) sekä 2,5 %:n, 10 %:n, 30 %:n, 50 %:n ja 75 %:n suhteellisilta korkeuksilta. Koeputa tuli Iin Sammakkosuolta 50, Vaalan Hyrynpuroilta 46 ja Pyhännän Köhisevältä 50 kpl (liite 1). Näyttekiekoista selvitettiin sisätyönä läpimitta, kuoren paksuus ja sädekasvun kehitys.

Suhteellisten korkeuksien läpimittojen, sädekasvujen ja pituuskasvujen perusteella laadittiin runkokäyrät koeputien tilavuuden ja tilavuuskasvun laskemiseksi. "Tarkka" tilavuus johdettiin simultaanimallilla saadun runkokäyrän avulla. Kunkin mitatun läpimitan perusteella estimoitiin lähin simultaanimallissa mukana olevista suhteellisen korkeuden läpimitoista. Käytetty simultaanimalli (LAASASENAHO 1982) sisältää 14 osakorkeuden läpimitan estimaatin. Koeputien tilavuus laskettiin myös kahden (d 1.3, h) ja kolmen (d 1.3, d 6.0, h) tunnuksen polynomirunkokäyrillä.

Lannoitusreaktion suuruuden tilastollinen testaus tehtiin BMDP:n kovarianssianalyysiohjelmilla.

### 3. TULOKSET

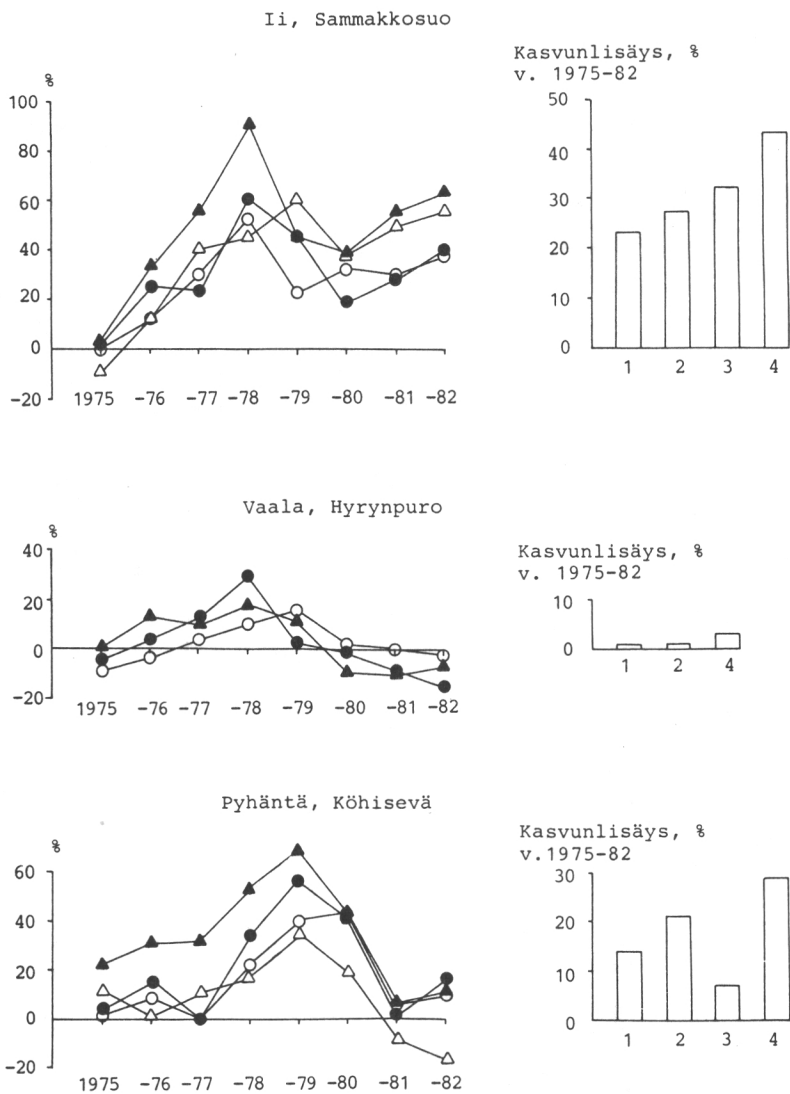
31. Lannoituksen vaikutus puuston kasvuun ja runko-  
muotoon

#### Pituuskasvu

Lannoitus kiihdytti puuston pituuskasvua eniten Iin Sannakkosuolla, jossa vuotuinen kasvunlisäys oli lannoituskäsittelystä riippuen 5 - 9 cm kahdeksan vuoden aikana. Suurimman suhteellisen kasvunlisäyksen tuotti typpi-fosfori-kaliumlannoitus, jossa kaliumia käytettiin normaalia enemmän (kuva 1). Voimakas ja tilastollisesti merkitsevä reaktio todettiin myös typpi-kaliumkäsittelyn saaneilla puilla. Fosfori-kaliumkäsittelyn saaneet puut reagoivat heikoimmin. Kaikkien lannoitusvaihtoehtojen vaikutus näkyi selvänä vielä kahdeksan vuoden jälkeen lannoituksesta.

Pyhännän Kõhisevõn kokeella lannoitusvaikutus oli samansuuntainen kuin Sannakkosuolla, joskin hiukan pienempi eikä tilastollisesti merkitsevä. Reaktion havaittiin myös päättyvõn aikaisemmin. Voimakkaimmillaan vaikutus oli viisi vuotta lannoituksen jõlkeen. Pituuskasvun lisõs oli 5 - 7 cm vuotta kohden.

Vaalan Hyrynpuuron kokeella lannoitusvaikutus pituuskasvuun jõi vaatimattomaksi.



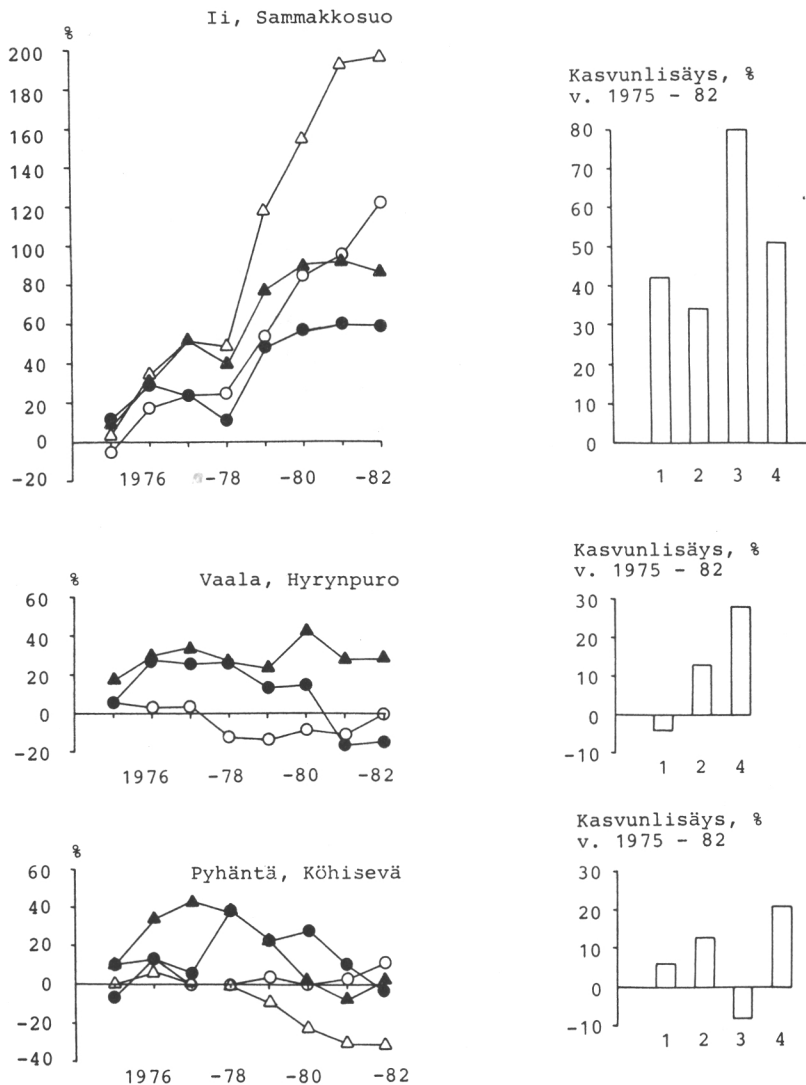
Kuva 1. Lannoituksen aiheuttama suhteellinen pituus-  
kasvun lisäys. 1 ○—○ suometsien PK-lannos,  
2 ●—● suometsien PK-lannos + urea, 3  
△—△ urea + kalisuola, 4 ▲—▲ suometsien PK-  
lannos + urea + kalisuola.

### Paksuuskasvu

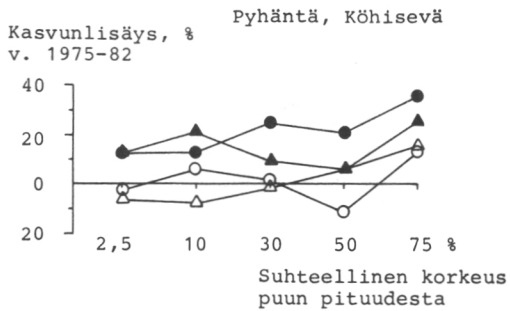
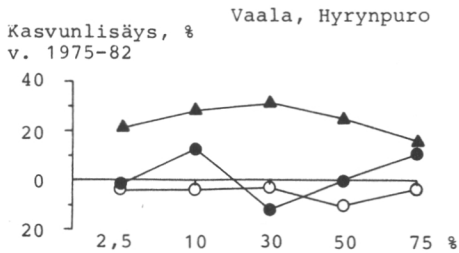
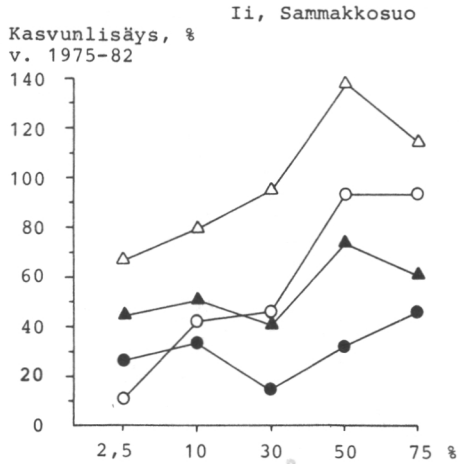
Koepuiden paksuuskehitystä kuvasi koepuiden rinnankorkeudelta mitatun poikkileikkauspinta-alan kasvu. Suurin kasvunlisäys vuosina 1975 - 82 todettiin Iin Sammakkosuon kokeella, jolla typpeä ja kaliumia saaneet puut kasvoivat lähes kaksi kertaa paremmin kuin lannoittamattomat puut. Myös typpi-fosfori-kaliumlannoitus, jossa kaliumia annettiin käytännön suositusta suurempi määrä, lisäsi Sammakkosuolla puiden kasvua tilastollisesti merkitsevästi (kuva 2). Lannoitusvaikeus jatkui vielä mittaushetkellä voimakkaana.

Vaalan Hyrynpuron ja Pyhännän Köhisevän kokeiden kasvureaktiot jäivät selvästi pienemmiksi kuin Sammakkosuolla. Hyrynpurolla ainoastaan NPK-käsittely yhdistettynä ylimääräisen kalisuolan kanssa tuotti tilastollisesti merkitsevän kasvunlisäyksen (28 %). Köhisevällä eivät kasvuerot lannoitetun ja lannoittamattoman puuston välillä olleet yleensä merkitseviä. Köhisevälläkin voimakkain kasvureaktio saatiin suurimmalla lannoiteannoksella (21 %).

Iin Sammakkosuolla suhteellinen paksuuskasvureaktio oli keskimäärin sitä suurempi mitä yleemmästä rungonosasta oli kyse. Puun tyviosan ja 75 %:n suhteellisen korkeuden kasvureaktioero vaihteli välillä 20 - 80 prosenttiyksikköä lannoituskäsittelystä riippuen (kuva 3). Vaalan Hyrynpuron ja Pyhännän Köhisevän kohteilla vaikutus oli lähes sama rungon eri osissa.



**Kuva 2.** Lannoituksen aiheuttama suhteellinen paksuus-  
kasvunlisäys rungon 10 %:n osakorkeudella. 1  
○—○ suometsien PK-lannos, 2 ●—● suometsien  
PK-lannos + urea, 3 △—△ urea + kalisuola, 4  
▲—▲ suometsien PK-lannos + urea + kalisuola.



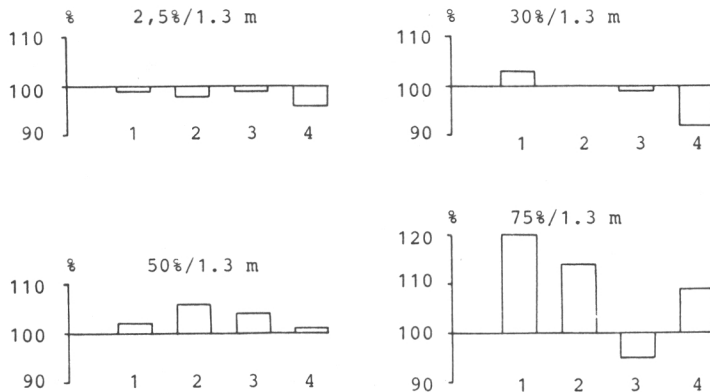
Kuva 3. Lannoituksen aiheuttama suhteellinen paksuus-  
kasvunlisäys rungon eri osissa. Osakorkeudet  
mittaushetken (v. 1982) suhteellisia kor-  
keuksia. ○—○ suometsien PK-lannos,  
●—● suometsien PK-lannos + urea, △—△ urea +  
kalisuola, ▲—▲ suometsien PK-lannos + urea +  
kalisuola.



### Runkomuodon muutokset

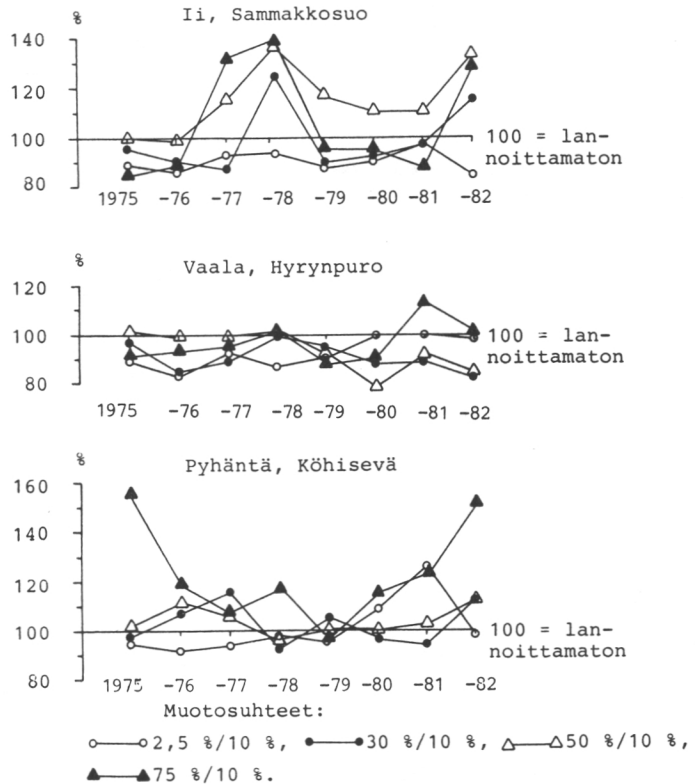
Puiden runkomuodon kuvaajana käytettiin muotosuhdetta, jolla tässä tarkoitetaan rungon kahden osakorkeuden poikkileikkausalan suhdetta. Muotosuhteen avulla pyrittiin selvittämään lannoituksen jälkeisen kasvun jakaantuminen rungon eri osiin.

Kuvassa 4 on esitetty eri osakorkeuksien poikkileikkauspinta-alojen kasvujen suhde vertailutasoon eli 1.3 m:n korkeuden poikkileikkauspinta-alan kasvuun. Vaaka-akseli kuvaa lannoittamattomien koepuiden muotosuhteita. Kuvasta havaitaan kasvun painottuneen lannoitetuilla puilla eniten 75 %:n suhteelliselle mittauskorkeudelle. Todettu vaikutus oli kuitenkin verraten lievä.



Kuva 4. Koepuiden suhteellisten korkeuksien poikkileikkausalojen kasvu vuosina 1975 - 82 verrattuna rinnankorkeuden poikkileikkausalan kasvuun. 100 = lannoittamaton, 1 = suomet-sien PK-lannos, 2 = suomet-sien PK-lannos + urea, 3 = urea + kalisuola, 4 = suomet-sien PK-lannos + urea + kalisuola.

Rungon eri osakorkeuksien kasvusuhteiden kehitys näkyy kuvassa 5. Käyrien arvot ovat lannoitetun puun muotosuhteiden ja lannoittamattoman puun muotosuhteiden suhteita. Vertailutasona on 10%:n suhteellinen korkeus. Rungon kasvun havaitaan Iin Sammakkosuolla painottuneen lannoituksen vaikutuksesta rungon yläosiin (50 ja 75 %:n suhteellisille korkeuksille) vuosina 1977 - 79. Vaalan Hyrynpuron ja Pyhännän Köhisevän kokeilla lannoitus ei muuttanut rungon kasvusuhteita.



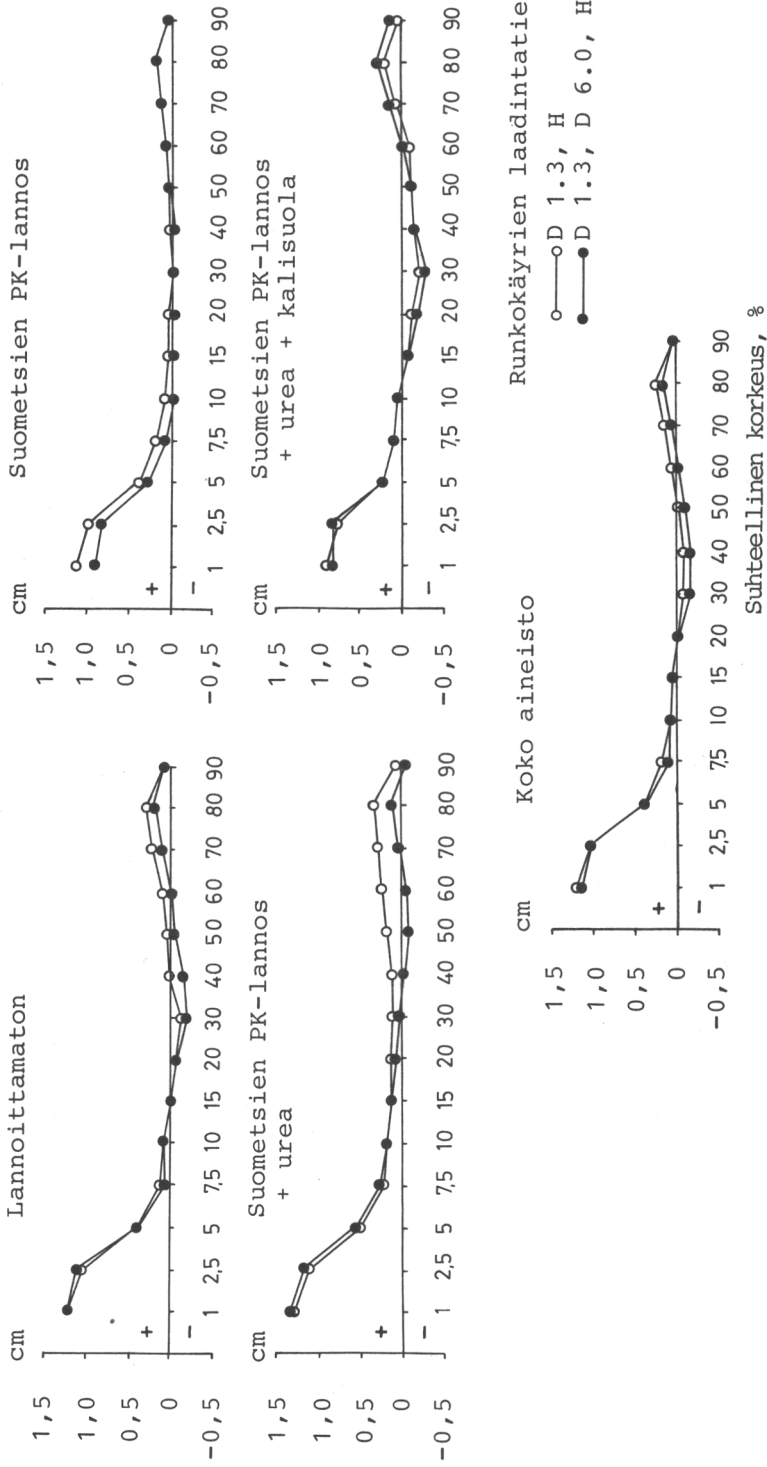
Kuva 5. Lannoitettujen puiden eri osakorkeuksien poikkileikkausalojen muotosuhteiden kehitys suhteessa lannoittamattomien puiden vastaaviin muotosuhteisiin.

### 32. Runkokäyrien ennustaman läpimitan ja tilavuuden tarkkuus

Koepuun viiden eri osakorkeuden läpimitan käyttö tilavuuden laskennassa mahdollisti LAASASENAHON (1982) männyn runkokäyrien soveltuvuuden testauksen. Rungon viideltä suhteelliselta korkeudelta mitattujen läpimittojen ja sädekasvutietojen avulla laadittiin simultaaniyhtälöä käyttäen runkokäyrä jokaiselle tutkimusjakson vuodelle. Simultaanimallilla saatuja läpimitan estimaatteja verrattiin sekä kahden (d 1.3, h) että kolmen (d 1.3, d 6.0, h) tunnuksen polynomirunkokäyrillä arvioituun läpimitaan. Polynomirunkokäyrän tilavuuden ennustevirhe saatiin vähentämällä runkokäyrällä määritetystä tilavuudesta simultaanimallin tarkka tilavuus ja jakamalla erotus tarkalla tilavuudella.

Rungon tyviosalla (1 %:sta - 15 %:iin) kahden ja kolmen tunnuksen runkokäyrä antoi systemaattisen yliarvion läpimitaan (kuva 6). 20 ja 60 %:n osakorkeuksien välillä virhe oli pienimmillään (lievä aliarvio) ja kasvoi taas hiukan rungon yläosassa (2 - 3 mm yliarvio).

Yksittäisen puun tilavuusestimaattiin kahden tunnuksen runkokäyrä toi keskimäärin 1,5 %:n yliarvion. Yläläpimitan mukaanotto ei sanottavasti vähentänyt virhettä (taulukko 3).



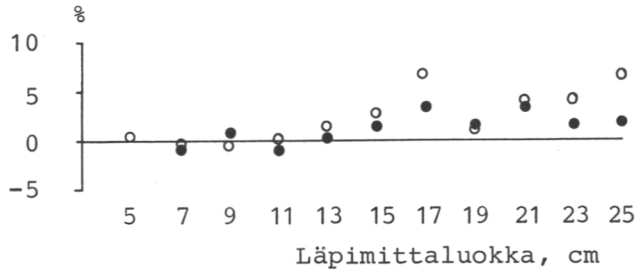
Kuva 6. Runkokäyrien läpimittaestaattien virhe rungon eri osissa.

Tarkka tilavuus laskettu simultaanimallilla. + = yliarvio,

- = aliarvio.

Taulukko 3. Runkokäyrien virheprosentti lannoituskäsittelyittäin eri kokeilla vuonna 1982.  
2 tunn = d 1.3, h; 3 tunn = d 1.3, d 6.0, h. + = yliarvio, - = aliarvio.

	Ii, Sammakkosuo		Vaala, Hyrynpuro		Pyhäntä, Köhisevä		Keskimäärin	
	2 tunn	3 tunn	2 tunn	3 tunn	2 tunn	3 tunn	2 tunn	3 tunn
Lannoit- tamaton	-0,3	-0,3	+2,4	+1,4	+2,2	+1,2	+1,4	+1,0
Suometsien PK-lannos	+5,4	+5,9	+1,0	+1,1	+2,0	+1,8	+2,8	+2,9
Kalисуоla + urea	+1,2	+0,6			-0,9	-0,8	+0,2	-0,1
Suometsien PK-lannos + urea	+1,9	+2,3	+5,5	+2,9	+4,5	+3,8	+4,0	+3,0
Suometsien PK-lannos + urea + kalисуоla	-0,3	+0,9	+0,7	+0,3	3,0	-1,6	-0,9	-0,1
Keskimäärin	+1,6	+1,9	+2,4	1,4	+1,0	+0,9		
Koko aineisto	+1,5	+1,3						



Runkokäyrän laadintatiedot:

- o D 1.3, H
- D 1.3, D 6.0, H

Kuva 7. Tilavuusarvion virheprosentin riippuvuus puun koosta koko aineistossa. + = yliarvio, - = aliarvio.

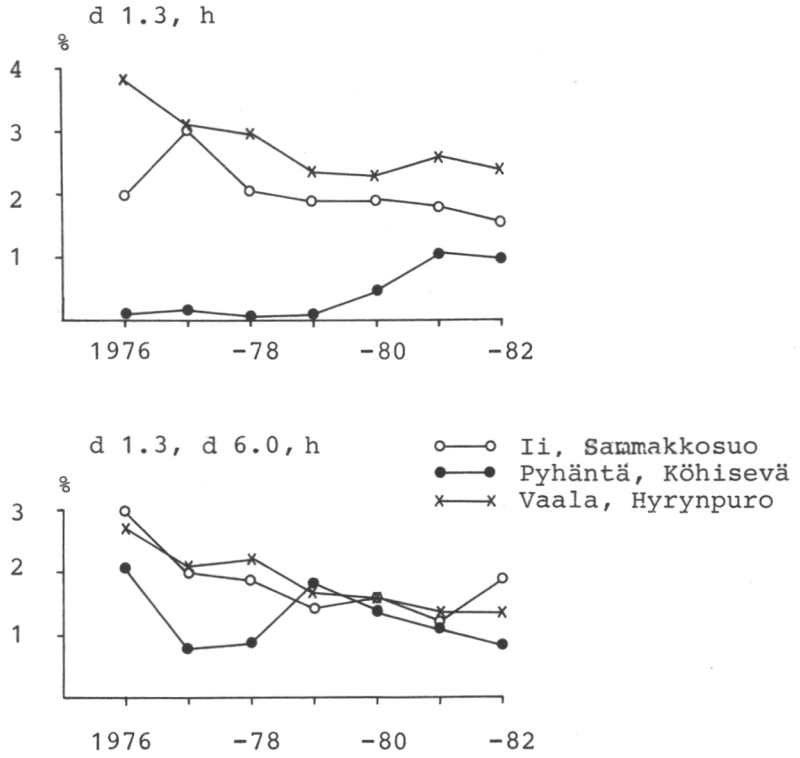
Runkokäyrämallit estimoivat koepuiden tilavuuden varsin tarkasti. Lannoituksella ei ollut suurta vaikutusta runkokäyrän tarkkuuteen. Virheen suuruus ja puun koko näyttivät korreloivan positiivisesti keskenään (kuva 7).

Yksittäisen mäntyrungon tilavuusarvion tarkkuus nähdään taulukosta 4, jossa virheiden jakauma on esitetty virheprosenttiluokittain. Taulukkoon on lisäksi merkitty summafrekvenssi. Tilavuusestimaatin virhe oli viisi prosenttia tai pienempi 61,0 %:lla koepuista, kun käytettiin kahden tunnuksen mallia. Kolmen tunnuksen mallia käytettäessä virhe jäi alle viiden prosentin 81,1 %:lla koepuista. Suurimmillaan virhe yksittäisellä puulla oli n. 20 %.

Taulukko 4 . Puiden lukumäärä (N) ja suhteellinen summafrekvenssi (SF) virheprosenttiluokittain koko aineistossa.

Virhe, %	d 1.3, h		d 1.3, d 6.0, h	
	N	SF	N	SF
1	10	6,8	16	13,1
2	27	25,3	34	41,0
3	23	41,1	20	57,4
4	16	52,1	14	68,9
5	13	61,0	15	81,1
6	10	67,8	12	91,0
7	9	74,0	4	94,3
8	7	78,8	4	97,5
9	9	84,9	1	98,4
10	5	88,4	-	
11	5	91,8	1	99,2
12	5	95,2	-	
13	1	95,9	-	
15	2	97,3	1	100,0
16	1	97,9		
17	1	98,6		
20	1	99,3		
21	1	100,0		

Tehdyt vertailut koskevat mittausvuotta 1982 eli tilannetta 8 vuoden kuluttua lannoitusohjelmasta. Edellä kuvattujen mukaisesti laadittiin sädekasvutietojen perusteella kullekin tutkimusjakson vuodelle tilavuusestimat, joita verrattiin keskenään (kuva 8). Mittausohjelmasta taaksepäin mentäessä tilavuusestimat virhe säilyi jotakuinkin samantasoisena, vaikka pieniä vaihteluita todettiin. Kasvunlaskentaan liittyvien epävarmuustekijöiden vuoksi tulosta on pidettävä vain suuntaa-antavana.



Kuva 8. Runkokäyrämallien virheprosentin kehitys eri kokeilla vuosina 1976 - 82.

#### 4. PÄATELMAT

Tehdyssä työssä seurattiin männyn kasvun ja runko-  
muodon kehitystä ojitetulla ja kahteen kertaan lannoit-  
tetulla reheväpohjaisella rämeellä. Tutkitut kohteet  
edustavat puustoltaan kahta yleisintä turvemaiden met-  
siköiden kehitysluokkaa (kehitysluokat 2 ja 3). Kai-  
nuun ja Pohjois-Pohjanmaan yksityismetsien ojitusalu-  
eiden puustoista noin 80 prosenttia on taimistoja,  
riukuvaihetta tai nuorta kasvatusmetsikköä (PUTTONEN  
1982).



Aiempien tutkimusten mukaan fosfori ja kalium ovat puuston kasvun minimiravinteet suursaraisella ja sitä paremmalla kasvupaikalla - tyypeä tarvitaan vasta piensaraisella ja sitä karummilla soilla (PAAVILAINEN ja SIMPANEN 1975, PAAVILAINEN 1976, 1978, 1979). Pelkkä PK-lannoitus onkin paremmilla kasvupaikoilla lisännyt puuston kasvua varsin voimakkaasti (esim. HUIKARI 1973).

Tässä selvityksessä PK-jatkolannoituksen vaikutus jäi vähäiseksi kaikilla kohteilla. Syynä lienee ainakin osittain pidettävä 1960-luvun alun voimakasta peruslannoitusta, mikä vielä 1970-luvulla on tyydyttänyt puiden fosforintarpeen. Tehtyjen ravinneanalyyysien mukaan fosforia olikin turpeessa riittävästi muihin pääravinteisiin verrattuna.

Lannoitusreaktio oli selvästi voimakkain Iin Sammakkosuon kokeella. Vaalan Hyrynpurolla ja Pyhännän Köhisevällä kasvunlisäys jäi vähäiseksi kaikilla lannoituskäsittelyillä. Iin Sammakkosuolla todettu voimakas kaliumlannoitusreaktio voidaan selittää kohteen nevaisuuden ja siitä johtuvan kaliuminpuutteen pohjalta. Turveanalyysin mukaan kaliumia oli kasvualustassa liian vähän suhteessa fosforiin ja tyypeen. Kaliumylimäärän positiivinen vaikutus paksuturpeisilla rehevillä soilla on todettu myös toisessa laajemmassa selvityksessä, jonka aineiston osa on tämän tutkimuksen materiaalina (MOILANEN 1983).

Puuston tyyden tarpeen oletetaan lisääntyvän ojituksen ikääntyessä ja puuston kasvun parantuessa. Nyt saatu tulos, jonka mukaan paras lannoitustulos saatiin käyttämällä kaikkia kolmea pääravinnetta, tukee esitettyä olettamusta.

Lannoituksen vaikutus männyn runkokuodon kehitykseen oli vähäinen. Ainoastaan Iin Sammakkosuolla, jolla puusto oli tiheää ja nuorta ja jolla lannoitusvaikutus oli voimakkain, reaktion todettiin painottuneen rungon latvusosaan muutamina lannoitusta seuranneina vuosina. Tulos on samansuuntainen SARAMÄEN (1982) kangasmaamännikköä koskevan tutkimustuloksen kanssa, jonka mukaan lannoitus paransi runkokuotoa etenkin käsittelemättömässä täystiheässä puustossa. Runkokuodon muutokset eivät kuitenkaan olleet SARAMÄEN tutkimuksessaan käytännön mittaustyön kannalta merkityksellisiä, sillä lannoitusjakson loppupuolella tilanne kompensoitui kasvun suuntautuessa puun tyviosiin.

LAASASENAHON (1982) kahden ja kolmen tunnuksen runkokäyrät estimoivat koepuiden tilavuuden varsin tarkasti. Yläläpimitan mukaanotto ei suuresti parantanut arvion tarkkuutta. Huomattakoon, että esitetyt tarkkuusluvut kuvaavat vain funktioiden virhettä, jolloin esim. mittausvirheitä ei oleteta olleen. Jotta yläläpimitan mukaanotosta käytännössä olisi hyötyä, täytyisi yläläpimita kyetä mittaamaan millimetrin tarkkuudella. Se taas on mahdollista ainoastaan puuhun kiipeämällä tai käyttämällä kaatokoepuita.

Polynomirunkokäyrät yliarvioivat rungon läpimitan puun tyviosalla ja latvuksessa. Rungon keskiosalla (20 - 60 %:n suhteellinen korkeus) läpimita-arvio oli tarkin. Tulos osoittaa, ettei verraten yleinen oletamus suopuiden huonosta runkokuodosta verrattuna kangasmaiden puiden runkokuotoon pidä paikkaansa ainakaan tutkitunkaltaisilla kohteilla.

Tämän selvityksen aineisto on kerätty paksaturpeisilta, viljavilta rämeiltä, joiden puusto on taimistovaiheesta saakka ollut kuivatusvaikutuksen alaisena.

Puuston kehitys on ollut verraten ripeää. Esitetyt tulokset soveltuvatkin parhaiten juuri kyseisentyypisille kasvupaikoille. Karummilla tai vast'ikään ojitetuilla soilla puiden runkomuoto ja sen kehitys saattaa poiketa tässä esitetystä.

## 5. KIRJALLISUUS

- FRIBERG, R. 1974. Jämförelser mellan träds volym-, grundyte och höjdtillväxt efter gödsling. Föreningen skogsträdsförädling, Inst. för skogsförbättring, Arsbok 1973:76-123.
- HUIKARI, O. 1973. Koetuloksia metsäojitettujen soiden lannoituksesta. Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tiedonantoja 1 (1973): 1-154.
- ILVESSALO, Y. 1947. Pystypuiden kuutioimistaulukot. Commun. Inst. For. Fenn. 34(4): 1-149.
- JOHANN, K. 1977. Der Grundflächenzuwachs in verschiedenen Schafthöhen nach Bestandesdüngung zu Fichte. Mitt. Forstl. Versuchsanst. 120: 25-41.
- LAASASENAHO, J. 1982. Taper curve and volume functions for pine, spruce and birch. Commun. Inst. For. Fenn. 108: 1-74.
- LAASASENAHO, J. 1983. Pystypuiden rungon tilavuuden uudet laskentamenetelmät. Metsä ja Puu 1983(10): 8-10.
- LAASASENAHO, J. & SNELLMAN, C.-G. 1983. Männyn, kuusen ja koivun tilavuustaulukot. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 113: 1-91.
- MOILANEN, M. 1983. Suursararämeen puuston kehityksestä ojituksen ja lannoituksen jälkeen Pohjois-Pohjanmaalla ja Kainuussa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 119: 73-84.
- PPAAVILAINEN, E. 1976. Tyypilannoitus ohutturpeisilla

- piensararämeillä. *Folia For.* 272: 1-16.
- " 1978. PK-lannoitus Lapin ojitetuilla rämeillä. Ennakkotuloksia. *Folia For.* 343: 1-17.
- " 1979. Jatkolannoitus runsastyyppisillä rämeillä. *Folia For.* 414: 1-23.
- " & SIMPANEN, J. 1975. Tutkimuksia tyypilannoituksen tarpeesta Pohjois-Suomen ojitetuilla rämeillä. *Commun. Inst. For. Fenn.* 86(4): 1-70.
- PEGG, R.E. 1966. Stem form of fertilized loblolly pine. *J. For.* 64(1): 19-20.
- PUTTONEN, P. 1982. Metsäojitusalueiden kunto Pohjois-Suomen yksityismailla. *Suometsätieteen opinnäytetyö kandidaatin tutkintoa varten.* Helsingin yliopiston suometsätieteen laitoksen kirjasto.
- SARAMAKI, J. 1980. Tyypilannoituksen vaikutus männyn runkomuotoon. *Commun. Inst. For. Fenn.* 99(4): 1-46.
- SEIBT, G., KNIGGE, W., REETSMA, J.B. & ULRICH, B. 1968. Untersuchungen über den Einfluss verschiedener Düngungsmassnahmen auf Ertragsleistung, Holzigenschaften, nadelanalytische Merkmale und Bodenzustand des Fichtenbestandes in Düngungsversuch Oerrel-Linzel. *Allgemeine Forst- und Jagzeitung* 3: 25-72.

Liite 1. Kaatokoepuiden määrä läpimitta- ja pituus-  
luokittain.

pituus, m	3	5	7	9	11	13	15	Yht.
d 1.3, cm								
5		1						1
7		3	13					16
9			17	9				26
11			12	14	2			28
13			3	15	2			20
15			1	11	10			22
17			1	3	11	2		17
19				2	7	1		10
21					1	1		2
23						2	1	3
25						1		1
<b>Yhteensä</b>		<b>4</b>	<b>47</b>	<b>54</b>	<b>33</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>146</b>





Muhoksen tutkimusaseman tiedonantoja -sarjassa julkaistu seuraavat tiedonannot:

- N:o 1. Jukka Valtanen. Avoalan suuruuden vaikutus männynviljelyn tulokseen Pohjois-Suomessa. 1971.
- N:o 2. Tutkimuspäivän alustukset. 1972.
- N:o 3. Jukka Valtanen. Avoalan suuruuden vaikutus männynviljelyn tulokseen Pohjois-Suomessa. 1972.
- N:o 4. Kalevi Karsisto. Esituloksia suometsien fosforilannoittelajikoista. 1973.
- N:o 5. Kalevi Karsisto. Lannoitteiden levitystasaisuudesta moottorikelkkaa käytettäessä. 1973.
- N:o 6. Kalevi Karsisto. Kokeita typpilannoitteiden häviämisestä säikeistä. 1973.
- N:o 7. Kalevi Karsisto. Isorakeisen typpilannoitteen uppoamisesta lumeen. 1975.
- N:o 8. Markku Turtiainen ja Jukka Valtanen. Metsänviljelytutkimuksen välituloksia Pohjanmaan ja Kainuun metsäaurausalueilta. 1974.
- N:o 9. Jukka Valtanen. Avoalan suuruuden vaikutus männynviljelyn tulokseen Pohjois-Suomessa. 1974.
- N:o 10. Esteri Ohenoja ja Niilo Takkunen. Alustavia tietoja lannoituksen vaikutuksesta kangasmetsien sienisatoon. 1974.
- N:o 11. Kalevi Karsisto ja Jorma Issakainen. Riistan tuottaminen metsänparanusalueilla. 1974.
- N:o 12. Kalevi Karsisto. Peatland forestry experiments in Pyhäkoski experimental area. 1974.
- N:o 13. Kalevi Karsisto. Ojituksen ja metsänlannoituksen vaikutus vesien saastumiseen. 1974.
- N:o 14. Tutkimuspäivän esitykset 1975.
- N:o 15. Metsäntutkimuspäivä Haapavedellä 1976.
- N:o 16. Metsäntutkimuspäivä Sotkamossa ja Ämmänsaaressa 1977.
- N:o 17. Metsäntutkimuspäivä Haukiputaalla ja Muhoksella 1978.
- N:o 18. Metsäntutkimuspäivä Kannuksessa 1980.
- N:o 19. Mikko Moilanen ja Matti Oikarinen. Perkausajankohdan vaikutuksesta hieskoivun ja haavan vesomiseen kangasmaalla. 1980.
- N:o 20. Tuhka metsälannoitteena. Toimittaneet Pekka Pietiläinen ja Markku Teronen. 1980.
- N:o 21. Metsäntutkimuspäivä Muhoksella 1980.

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja -sarjassa julkaistu seuraavat tiedonannot:

- N:o 3. Jussi Saramäki. Hieskoivun kasvu ja kasvatus pohjanmaalla ja Kainuussa. 1981.
- N:o 17. Jorma Issakainen ja Mikko Moilanen. Lentolannoituksen levitystasaisuudesta ja työjäljen valvontamenetelmän kehittämisestä. 1981.
- N:o 24. Metsäntutkimuspäivä Taivalkoskella 1981.
- N:o 29. Mikko Moilanen ja Kalevi Karsisto. Lannoitteen levitystasaisuuden vaikutuksesta nuoren suomännikön pituuskasvuun. 1981.
- N:o 70. Metsäntutkimuspäivä Oulaisissa 1982.



- N:o 101 Jarmo Poikolainen ja Eero Kubin. Tuloksia kapealatvaisen kuusen juurruttamisesta. 1983.
- N:o 119 Metsäntutkimuspäivä Suomussalmella ja Sotkamossa 1983.
- N:o 133 Mikko Moilanen ja Jorma Issakainen. Ojituksen, lannoituksen ja muokkauksen vaikutuksesta luontaiseen uudistumiseen piensararämeellä. 1984.
- N:o 158 Metsäntutkimuspäivä Oulussa 1984.
- N:o 198 Eero Kubin ja Hannu Raitio. Puustovauriot keväällä 1985 Suomessa. Metsäammattimiehille osoitetun kyselyn tulokset.