

FOLIA FORESTALIA 616

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1985

SEPPÖ KAUNISTO

LANNOITUKSEN, ILMAN LÄMPÖSUMMAN JA ERÄIDEN KASVUALUSTAN OMINAISUUKSIEN
VAIKUTUS MÄNTYTAIMIKOIDEN KASVUUN
TURVEMAILLA

EFFECT OF FERTILIZATION, TEMPERATURE
SUM AND SOME PEAT PROPERTIES ON THE
HEIGHT GROWTH OF YOUNG PINE SAPLING
STANDS ON PEATLANDS



METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

Osoite: Unioninkatu 40 A
Address: SF-00170 Helsinki 17, Finland

Puhelin: (90) 661 401
Phone:

Ylijohtaja: <i>Director:</i>	Professori <i>Professor</i>	Aarne Nyysönen
Yleisinformaatio: <i>General information:</i>	Tiedotuspäällikkö <i>Information Chief</i>	Olli Kiiskinen
Julkaisujen jakelu: <i>Distribution of publications:</i>	Kirjastonhoitaja <i>Librarian</i>	Liisa Ikävalko-Ahvonon
Julkaisujen toimitus: <i>Editorial office:</i>	Toimittaja <i>Editor</i>	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 yhdeksällä tutkimus- ja koeasemalla. Tutkimus- ja koetoimintaa varten laitoksella on hallinnassaan valtionmetsiä yhteensä n. 150 000 hehtaaria, jotka on jaettu 17 kokeilualueeseen 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 nine research 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 616

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1985

Seppo Kaunisto

LANNOITUKSEN, ILMAN LÄMPÖSUMMAN JA ERÄIDEN KASVUALUSTAN OMINAISUUKSIEN VAIKUTUS MÄNTYTAIMIKOIDEN KASVUUN TURVEMAILLA

Effect of fertilization, temperature sum and some peat properties on the
height growth of young pine sapling stands on peatlands

Approved on 10.5.1985

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	3
2. AINEISTO	3
3. TULOKSET	6
31. Turpeen ominaisuudet	6
32. Neulasten typpipitoisuus	7
33. Taimien kasvu	7
331. Lannoitus ja ilman lämpösumma kasvun selittäjänä	7
332. Turpeen ominaisuudet kasvun selittäjänä	12
333. Neulasten typpi kasvun selittäjänä	14
4. TULOSTEN TARKASTELU JA PÄÄTELMÄT	14
KIRJALLISUUS—LITERATURE	16
SUMMARY	17
LIITETAULUKOT	19

KAUNISTO, S. 1985. Lannoituksen, ilman lämpösumman ja eräiden kasvualueen ominaisuuksien vaikutus mäntytaimikoiden kasvuun turvemaidella. Summary: Effect of fertilization, temperature sum and some peat properties on the height growth of young pine sapling stands on peatlands. *Folia For.* 616: 1—27.

Aineisto kerättiin seitsemältä Metsätutkimuslaitoksen Muhoksen kokeilualueeseen avosuo- ja rämemuuttumille perustetulta jatkolannoituskokeelta yhteensä 106 koelajalta. Jatkolannoituksessa päähuomio kiinnitettiin PK- ja NPK-ravinneyhdistelmien vertailuun. Lisäksi on tarkasteltu ilman lämpösumman vaikutusta kasvuun. Turpeen ominaisuuksista tarkasteltiin kokonaistyyppipitoisuuden, C/N-suhteen ja pH:n (0—5 ja 5—10 cm:n kerroksessa) sekä turvekerroksen paksuuden vaikutusta taimien kasvuun. Sekä perus- että jatkolannoituksessa fosfori ja kalium annettiin yhtä poikkeusta lukuunottamatta raakafosfaattina ja kalisuolana sekä typpi joko ureana tai oulunsalpietarina.

Ennen peruslannoitusta taimien pituuskasvu oli hyvin vähäistä ja pituuskasvun erot samaan kokeeseen kuuluvien koelajojen välillä pieniä. Peruslannoitus lisäsi pituuskasvua vuosi vuodelta erittäin voimakkaasti 6—8 vuoden ajan. Tämän jälkeen pituuskasvun nouseva kehitys joko pysähtyi tai alkoi alentua. Jatkolannoitus erityisesti tyypeä sisältävillä ravinneyhdistelmillä siirsi alentavan kasvun vaihetta useissa tapauksissa myöhemmäksi. Pituuskasvun vaihtelu näytti seuraavan edellisen vuoden lämpösumman vaihtelua. Lannoituksen ajankohta, ravinneyhdistelmä ja turpeen tyyppipitoisuus aiheuttivat kuitenkin tähän säännönmukaisuuteen poikkeuksia. Näyttääkin todennäköiseltä, että lämpösumman merkitykseen puiden kasvun kannalta liittyy ainakin osittain lämpösumman vaikutus maan mikrobiointiin ja tämän kautta kasveille käyttökelpoisen tyypin määrään maassa.

Turpeen kokonaistyyppipitoisuus 5—10 cm:n turvekerroksessa selitti puiden pituuskasvun vaihtelua verrattain hyvin ja jonkin verran paremmin kuin turpeen C/N-suhde ja pH. Turpeen kokonaistyyppipitoisuutta voitaneenkin pitää varsin luotettavana turpeen tyyppilouden kuvaajana.

The material comes from seven refertilization experiments in northern Finland (64°50'N, 25°15'E) consisting of 106 sample plots. The main focus in refertilization was on comparing the nutrient combinations of PK and NPK. The effect of temperature sum on the growth was also being investigated. The analyzed peat properties were the total nitrogen content, C/N ratio and pH in the 0—5 and 5—10 cm layers. With one exception both basic and refertilization with phosphorus and potassium was carried out with rock phosphate and muriate of potash. Nitrogen was applied as urea or calcium ammonium nitrate.

The height growth of trees was very poor before the basic fertilization and there were only small differences in the height growth of trees between the sample plots of the same experiment. Height growth was stimulated year by year after basic fertilization for 6—8 years irrespective of nutrient combination. After this period growth started to decline. Refertilization, particularly with nitrogen containing nutrient combinations, postponed the falling trend in most cases. Height growth seemed to correlate with the previous year temperature sum. The regularity was affected by fertilization time, the nutrient combination and the peat nitrogen content. It seems likely that the importance of the temperature sum for the growth of trees is at least partly related to the soil microbial activity and hence to the amount of available nitrogen in soil.

The total peat nitrogen content in the 5—10 cm layer explained the variation in height growth fairly well and slightly better than the C/N ratio and pH. It seems that the total peat nitrogen content is a fairly reliable indicator of the nitrogen conditions in peat.

ODC 237.4+111.2+2-114.444+174.7
Pinus sylvestris +561.1+236
ISBN 951-40-0694-1
ISSN 0015-5543

Helsinki 1985. Valtion painatuskeskus

1. JOHDANTO

Avosoille syntyneiden puustojen kasvatus edellyttää yleensä toistuvaa lannoitusta fosforilla ja kaliumilla (Kaunisto & Tukeva 1984). Rämellä kivennäisravinteiden lisääminen ei ilmeisesti ainakaan ensimmäisen ojituksenjälkeisen puusukupolven aikana ole välttämätöntä, mutta lannoittamalla voidaan kuitenkin edistää puiden kasvua (esim. Heikurainen & Veijola 1971, Huikari 1973, Paavilainen & Simpanen 1975, Heikurainen & Laine 1976, Paavilainen 1977, 1979, 1984, Heikurainen ym. 1983). Lannoituksen vaikutus ja erityisesti sen kesto näyttää jossain määrin riippuvan kasvualustan typpitaloudesta (Paavilainen & Simpanen 1975, Karsisto 1976, Paavilainen 1977, 1984, Kaunisto 1977) ja myös ilman lämpösummasta (Heikurainen ym. 1983).

Vaikka tiedetäänkin, että myös vuotuinen puiden kasvunvaihtelu seuraa varsin kiinteästi lämpösumman vuotuista vaihtelua (Hustich 1948, Mikola 1950), on tätä yleensä vain harvoin otettu huomioon esim. lannoitusvaikutuksen kestoa tai lannoitusvaikutuksen vaihtelua arvioitaessa (vrt. kuitenkin Kaunisto 1977, Kaunisto & Tukeva 1984).

Sen sijaan turpeen typpitalouden merkitys tulosten tulkinnan kannalta on yleensä tuotu esiin (esim. Paavilainen & Simpanen 1975, Karsisto 1976, Paavilainen 1977, 1979, 1984,

Kaunisto 1977, 1982, Heikurainen ym. 1983). Yleensä varhaisemmissa tutkimuksissa turpeen typpitaloutta on kuvattu pintakasvillisuuteen perustuvan suotyypin avulla. Vasta viime vuosina on enenevässä määrin kiinnitetty huomiota myös turpeen ominaisuuksiin turpeen typpitalouden indikaattorina puiden kasvun kannalta (Kaunisto 1982, 1984, Kaunisto & Tukeva 1984).

Tässä työssä tarkastellaan perus- ja jatkolannoituksen vaikutusta mäntytaimikoiden kasvuun ja pyritään samalla selittämään ilman lämpösumman ja eräiden turpeen kemiallisten ominaisuuksien vaikutusta kasvun vaihteluun.

Tutkimuksen aineiston on kerännyt Muhoksen tutkimusaseman mittausryhmä MH Markku Tervosen ja tj Kauko Kylmäsen johdolla. Maa- ja neulasanalyysit on tehty Parkanon tutkimusasemalla laboratoriomestari Arja Ylisen johdolla. Aineiston käsittelyssä ovat avustaneet tutkimusapulainen Anneli Nuijanmaa ja vanhempi ATK-suunnittelija Veli Haapanen. Käännökset suomenkielestä englanninkielelle on tehnyt fil.maist. Leena Kaunisto. Konekirjoitustyön eri vaiheissaan ovat tehneet merkonomit Paula Häkli, Tuire Kilponen, Tiina Luoto ja Pirkko Marjamäki. Käsikirjoituksen ovat lukeeet prof. Eero Paavilainen ja erikoistutkijat Erkki Lipas ja Juhani Päivänen ja tehneet siihen varteenotettavia huomautuksia.

Kaikille tutkimuksen toteuttamisessa avustaneille esitän parhaat kiitokset.

2. AINEISTO

Aineisto kerättiin seitsemältä Metsäntutkimuslaitoksen Muhoksen kokeilualueeseen neva- ja rämemuuttumille perustetulta jatkolannoituskokeelta, yhteensä 106 koealalta. Kokeet 2—5 edustivat vanhoja ja kokeet 1, 6 ja 7 verrattain nuoria ojitusalueita (taulukko 1). Suotyyppi vaihteli tupasvillanevasta ja -rämeestä suursaranevaan ja -rämeeseen edustaen siis verrattain laajaa ravinteisuusasteikkoa. Puusto oli kaikilla alueilla vaihtelevan kokoista taimikko- ja riukuasteen männikköä, joka oli syntynyt kokeissa 2 ja 3 kylvämällä ja muissa luontaisesti (taulukko 1).

Sekä perus- että jatkolannoituksen ravinneyhdistel-

mät ja määrät samoin kuin myös lannoitusajankohdat vaihtelivat jonkin verran kokeittain (taulukko 2). Kokeissa 1—6 peruslannoitus kunkin kokeen sisällä oli yhdenmukainen. Kokeessa 7 oli erilaisia peruslannoituksia. Peruslannoituskäsittelyt edustivat kuitenkin samalla eri alueita, joten perus- ja jatkolannoituksen välistä yhdysvaikutusta ei tässä kokeessa voitu tarkastella. Sekä perus- että jatkolannoituksessa PK-lannoitus toteutettiin erilaisilla raakafosfaatti- ja kalisulapohjaisilla Suo-PK-lannoitteilla tai yksittäisten ravinteiden ollessa kysymyksessä raakafosfaatilla ja kalisulalla koetta 5 lukuunottamatta, jossa peruslannoituk-

Taulukko 1. Puusto, suotyyppi ja ojitusvuosi ja koealojen lukumäärä eri kokeissa.

Table 1. Method of stand establishment, site type and drainage year and the number of sample plots in the experiments.

Koe no Experiment Tutkimuksessa In report	No Maastossa In field	Puuston syntytyapa Stand establishment	Pituus, m vuonna Height, m in year		Suotyyppi Site type ¹⁾	Ojitusvuosi Drainage year	Koealoja kpl No of pl
			1967	1979			
1 = 141		Luontainen — Natural	1,76 ± 75	3,64 ± 0,80	TR—KgR	1967	12
2 = 551		Kylvö — Sown 1939	1,03 ± 44	3,52 ± 0,73	RTR	1934, -38, -70	9
3 = 552		Kylvö — Sown 1939	0,75 ± 40	3,24 ± 0,64	SSN	1934, -38, -72	14
4 = 553		Luontainen — Natural	0,64 ± 42	3,43 ± 0,64	TN—SSN	1934	27
5 = 554		Luontainen — Natural	1,10 ± 55	3,67 ± 0,66	TR, PsR	1934, -39, -72	16
6 = 146c		Luontainen — Natural	1,18 ± 36	3,26 ± 0,69	PsR—SSR oj.	1967	10
7 = 147A		Luontainen — Natural	1,55 ± 33	3,65 ± 0,45	PsR—SSR oj.	1967	18

TR Cotton-grass low sedge pine swamp
RTR " " " with *S. fuscum* hummocks
SSN Tall sedge bog
TN Cotton-grass bog
PsR *Carex globularis* pine swamp
SSR Tall sedge pine swamp
oj. newly drained

nessä käytettiin kotkafosfaattia. NPK-lannoituskäsittelyissä fosfori ja kalium annettiin Suo-PK-lannoitteina ja tyyppi ureana tai oulunsalpietarina.

Puusto mitattiin vuoden 1980 keväällä. Koealoilta mitattiin koalan koosta riippuen 15—25 tainta, yhteensä 1986 kpl. Mittauspisteet sijoitettiin koalalle systemaattisesti. Mitattavaksi taimeksi valittiin lähimpänä mittauspistettä sijaitseva elinvoimainen taimi. Vanhoja ylispuita ei mitattu. Jokaisesta taimesta mitattiin rinnankorkeusläpimitta ja vuosien 1966—1979 vuotuinen pituuskasvu. Lisäksi mitattiin turpeen syvyys jokaisen taimen kohdalta.

Jokaiselta koeralta kerättiin maaliskuussa v. 1981 kymmenestä puusta neulasnäytteet eteläpuoleisesta ylimmästä oksakiehkurasta ja yhdistettiin yhdeksi koalaa edustavaksi näytteeksi. Neulasista määritettiin vain typpipitoisuus.

Jokaiselta koeralta otettiin kesällä 1981 turvenäyte viidestä koalan halkaisijoille systemaattisesti sijoitetusta kohdasta 0—5 ja 5—10 cm:n syvyydestä. Näytteet yhdistettiin kerroksittain koalaa edustavaksi kokonaisnäytteeksi. Turvenäytteistä analysoitiin kokonaistyyppi Kjeldahlin-menettelmällä, pH vesisuspensiassa (turve/vesi = 1/5) sekä hiili Tiurinin menetelmällä (ks. esim. HALONEN & TULKKI 1981).

Turpeen paksuus vaihteli koalueilla ohutturpeisesta (20 cm) aina lähes puolentoista metrin turvepatjoihin (taulukko 3). Varsinaisia kauttaaltaan paksuturpeisia alueita ei aineistossa ollut.

Kasvualueen turve oli hapanta (taulukko 3). Koealueiden välillä keskimääräiset erot pH:ssa olivat enimmillään vain 0,3 pH-yksikköä. Sen sijaan minimi- ja maksimiarvojen erot koalojen välillä olivat suurimmillaan jopa 1,1 pH-yksikköä.

Turpeen kokonaistyyppipitoisuuden vaihtelu oli erittäin runsasta niin koalueiden sisällä kuin niiden välillä (taulukko 3). Koe 7 oli keskimäärin vähätyppinen, joskin vaihteluväli oli laaja. Koe 3 sen sijaan oli erittäin runsastyppinen. Muissa kokeissa turpeen kokonaistyp-

pitoisuudet olivat keskinkertaisia, mutta näilläkin, kuten kokeessa 7 vaihteluväli oli suuri.

Myös hiilen ja typen määrän välinen suhde (C/N) vaihteli laajalla alueella (taulukko 3). Kokeita keskenään vertailtaessa koe 3 erottui selvästi muita matalammilla C/N-suhteilla. Arvoja voitaneen pitää jopa poikkeuksellisen matalina verrattaessa niitä mikrobiomassan C/N-suhteesta esitettyihin tietoihin (esim. Alexander 1967).

Aineistoa käsiteltiin pääasiassa kovarianssianalyyseillä. Vertailtaessa jatkolannoituskäsittelyjä keskenään kovariaattina oli perus- ja jatkolannoituksen ajankohdan välinen kasvu sekä turpeen typpipitoisuus. Lisäksi tarkasteltiin turpeen ominaisuuksien vaikutusta puiden kasvuun erillisinä regressiomuuttujina kovarianssianalyyseillä ja myös pelkästään regressioanalyyseillä. Luokkamuuttujina kovarianssianalyyseissä olivat jatkolannoituskäsittelyt siten, että jokainen erilainen lannoituskäsittely (= ravinneyhdistelmä + ravinnemäärä) muodostivat oman luokkansa.

Tutkimuksessa haluttiin vertailla myös PK- ja NPK-jatkolannoituksen välisiä eroja. Koska yksittäiset kokeet olivat verrattain pieniä, yhdistettiin kokeet 3, 4 ja 5 yhdeksi aineistoksi, vaikka kokeiden välillä olikin jonkin verran käsittelyeroja. Jatkolannoitus kokeessa 3 oli suoritettu yhtä kasvukautta muita aikaisemmin ja kokeessa 5 oli peruslannoituksessa käytetty pelkkää fosforia. Kyseiset kokeet olivat kuitenkin parhaiten keskenään vertailukelpoisia. Lisäksi yhdistettiin vielä perus- ja jatkolannoituksen ajankohdasta riippumatta kaikki kokeet (3—7), joissa oli käytetty sekä PK- että NPK-ravinneyhdistelmiä. Näiden tulokset olivat kuitenkin niin yhdenmukaisia kokeista 3—5 saatujen kanssa, että niitä ei ole katsottu tarpeelliseksi esittää muutoin kuin joissakin kuvissa, joissa samalla näkyy myös kokeiden 3—5 tulokset. Laskennassa tutkittiin kaikissa tapauksissa regressiomuuttujien sekä paraboloidinen että suoraviivainen malli.

Taulukko 2. Perus- ja jatkolannoituskäsitellyt eri kokeissa. Määrät alkuaineina.
 Table 2. Basic and refertilization treatments in the experiments. Amounts as elements.

Koe Experiment	Peruslannoitus — Basic fertilization Aika ¹⁾ Time	Ravinne ja määrä, kg/ha Nutrient and rate, kg/ha			Jatkolannoitus — Refertilization Aika ¹⁾ Time	Ravinne ja määrä, kg/ha Nutrient and rate, kg/ha		
		N	P	K		N	P	K
1	K 1968	—	53	62	K 1970	—	63	75
		—	”	”		—	126	150
		—	”	”		—	—	75
		—	”	”		—	—	150
		—	”	”		—	65	—
2	K 1967	—	”	”	S 1973	—	130	—
		93	45	75		0	0	0
		”	”	”		92	21	25
		”	”	”		92	42	50
		—	—	—		—	—	—
3	K 1967	—	45	75	K 1973	0	0	0
		—	”	”		—	42	50
		—	”	”		65	42	50
		—	”	”		92	42	50
		—	”	”		46	21	75
4	K 1967	—	”	”	S 1973	—	—	100
		—	45	75		0	0	0
		—	”	”		—	21	25
		—	”	”		—	42	50
		—	”	”		33	21	25
5	K 1967	—	”	”	S 1973	46	21	25
		—	40	—		65	42	50
		—	”	—		92	42	50
		—	”	—		65	—	—
		—	”	—		92	—	—
6	K 1969	208	105	125	S 1974	0	0	0
		”	”	”		—	53	62
		”	”	”		65	53	62
		”	”	”		65	—	—
		”	”	”		65	—	63
7	K 1969	0	0	0	S 1973	0	0	0
		”	”	”		—	21	25
		”	”	”		52	21	25
		—	53	62		0	0	0
		—	”	”		—	21	25
8	K 1969	104	53	62	S 1973	52	21	25
		”	”	”		—	21	25
		”	”	”		52	21	25
		”	”	”		0	0	0
		”	”	”		—	21	25

¹⁾ K = kevät — K = Spring
 S = syksy — S = Autumn

Taulukko 3. Turpeen ominaisuuksia eri kokeissa.
 Table 3. Peat properties in the experiments.

Koe Experiment	Syvyys, cm — Depth			pH			Kokonais-N — Total N						C/N-suhte — C/N ratio								
	Min.	Maks. Max.	\bar{x}	0–5 Min.	Maks. Max.	\bar{x}	5–10 Min.	Maks. Max.	\bar{x}	0–5 Min.	Maks. Max.	\bar{x}	5–10 Min.	Maks. Max.	\bar{x}	0–5 Min.	Maks. Max.	\bar{x}	5–10 Min.	Maks. Max.	\bar{x}
1	40	110	87	3.4	3.7	3.5	3.2	3.5	3.4	1.04	1.43	1.20	1.11	1.99	1.56	27.3	42.7	34.5	20.0	38.0	26.9
2	60	140	110	3.2	3.4	3.5	3.0	3.5	3.5	0.89	1.84	1.29	0.75	2.89	1.53	23.9	49.4	36.1	14.5	58.9	36.7
3	70	130	99	3.0	3.7	3.4	3.4	3.7	3.5	2.31	3.47	2.96	2.85	3.52	3.15	10.9	16.2	13.0	11.7	16.8	13.9
4	50	140	117	3.0	3.7	3.3	3.0	3.6	3.3	0.96	3.02	1.52	0.64	3.22	1.61	11.9	44.6	31.4	12.3	80.7	36.4
5	70	140	115	3.2	3.4	3.3	3.1	3.5	3.3	0.97	2.91	1.51	0.78	3.49	1.57	12.0	44.8	31.5	10.7	64.5	35.5
6	20	70	37	3.5	3.7	3.7	3.4	4.2	3.7	0.41	2.17	1.48	0.40	2.79	1.60	17.7	36.6	29.2	13.1	60.0	22.8
7	20	70	38	3.2	3.5	3.3	3.4	3.7	3.6	0.73	1.58	1.27	0.48	2.00	1.14	20.4	36.9	29.2	15.0	40.0	26.5

3. TULOKSET

31. Turpeen ominaisuudet

Mitattujen turpeen ominaisuuksien keskinäiset riippuvuudet vaihtelivat jonkin verran eri kokeissa (taulukko 4). Turpeen paksuus korreloi pintaturpeen kokonaistypen kanssa

positiivisesti kokeissa 1, 5, 6 ja 7, mutta negatiivisesti kokeissa 2 ja 3. Turpeen C/N-suhde korreloi positiivisesti turpeen paksuuden kanssa kokeissa 2 ja 3. Muissa kokeissa korrelaatio ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Turpeen kokonaistyyppitoisuus korreloi po-

Taulukko 4. Turpeen ominaisuuksien väliset korrelaatiomatriisit (1000r) eri kokeissa.

Table 4. Correlation matrices (1000r) of peat characteristics in the experiments.

Koe Experi- ment	Turpeen ominaisuus Peat characteristic	Turpeen ominaisuus — Peat characteristic					
		Syvyys Depth	N 0—5 cm	N 5—10 cm	pH 0—5 cm	pH 5—10 cm	C/N 0—5 cm
1	N 0—5 cm	336					
	N 5—10 cm	536(*)	782				
	pH 0—5 cm	-297	-114	-594*			
	pH 5—10 cm	74	245	368	-282		
	C/N 0—5 cm	-218	-917***	-654*	83	-173	
	C/N 5—10 cm	-257	-893***	-769**	93	-273	858**
2	N 0—5 cm	-674*					
	N 5—10 cm	-439	930				
	pH 0—5 cm	-259	-252	-434			
	pH 5—10 cm	-140	446	430	323		
	C/N 0—5 cm	609*	-980***	-892***	187	-524	
	C/N 5—10 cm	365	-889***	-971***	564	-271	852**
3	N 0—5 cm	-584*					
	N 5—10 cm	-698**	103				
	pH 0—5 cm	152	261	-281			
	pH 5—10 cm	-124	288	159	131		
	C/N 0—5 cm	648**	-944***	-251	-298	-142	
	C/N 5—10 cm	687**	-720	-978***	275	-155	209
4	N 0—5 cm	54					
	N 5—10 cm	-68	759***				
	pH 0—5 cm	-117	475**	119			
	pH 5—10 cm	-40	386*	458**	88		
	C/N 0—5 cm	-84	-977***	-794***	-366*	-395*	
	C/N 5—10 cm	150	-646***	-881***	19	-373*	710***
5	N 0—5 cm	327					
	N 5—10 cm	192	949***				
	pH 0—5 cm	-74	-190	-83			
	pH 5—10 cm	168	575*	564*	-203		
	C/N 0—5 cm	-286	-972***	-930***	223	-548*	
	C/N 5—10 cm	69	-782***	-901***	-85	-359	799***
6	N 0—5 cm	390					
	N 5—10 cm	573*	812**				
	pH 0—5 cm	-68	443	236			
	pH 5—10 cm	295	449	465	362		
	C/N 0—5 cm	-328	-950***	-870***	-485	-511	
	C/N 5—10 cm	-204	-436	-710**	-298	-241	636*
7	N 0—5 cm	205					
	N 5—10 cm	593*	710***				
	pH 0—5 cm	-679	-39	-377			
	pH 5—10 cm	-237	613***	438*	341		
	C/N 0—5 cm	354	-460*	7	-400*	-626**	
	C/N 5—10 cm	281	-164	-124	-89	-321	41

sitiivisesti pH:n kanssa, mutta erittäin merkitsevästi negatiivisesti C/N-suhteen kanssa. Myös pH:n ja C/N-suhteen välillä vallitsi negatiivinen korrelaatio.

32. Neulasten typpipitoisuus

Neulasten typpipitoisuus oli yleensä alhainen (taulukko 5). Kokeissa 1, 6 ja 7 aineiston maksimiarvotkin olivat alempia kuin esim. Paarlahden ym. (1971) ja Raition (1978) esittämät puutosrajat (1,30 ja 1,31 vastaavasti). Ainoastaan kokeessa 3 neulasten typpipitoisuus oli keskimäärin em. puuterajoja korkeampi jopa minimiarvonkin ollessa näitä korkeamman. Kokeissa 2, 4 ja 5 neulasten keskimääräinen typpipitoisuus oli vain vähän em. puuterajoja alempi.

Lannoituksen vaikutus neulasten typpipitoisuuteen näkyi enää verrattain vähän (7—8 vuotta lannoituksesta). Jatkolannoittamattomiin koealoihin verrattuna jatkolannoitus fosforilla ja kaliumilla useimmissa tapauksissa alensi jonkin verran typpipitoisuuksia (ks. myös Penttilä 1980, Raitio 1981 ja Kaunisto 1982). Typpilannoitus PK-lannoituksen ohella lisäsi jonkin verran neulasten typpipitoisuutta PK-lannoitettuihin verrattuna kokeissa 3, 4 ja 7. Kuitenkin ainoastaan kokeiden 3, 4 ja 5 yhteisanalyyseissä typpilannoituksen vaikutus neulasten typpipitoisuuteen oli tilastollisesti merkitsevä.

Liitteessä 1 on tarkasteltu turpeen kokonaistyyppipitoisuuden sekä turpeen C/N-suhteen vaikutusta neulasten typpipitoisuuteen. Liitteen luvuista todetaan, että kokeissa 4 ja 5 neulasten typpipitoisuus on lisääntynyt 0,05 tai 0,01 %:n merkitsevyystasolla turpeen typpipitoisuuden myötä sekä kokeissa 4, 5 ja 6 vähentynyt turpeen C/N-suhteen kohotessa.

Kokeiden 3, 4 ja 5 yhteisanalyyseissä tilanne on samantapainen, mutta on merkillepantavaa, että PK-lannoitetuilla koealoilla neulasten typen ja em. turpeen ominaisuuksien välinen riippuvuus on kiinteämpi kuin NPK-lannoitetuilla koealoilla (ks. myös Kaunisto 1982).

Voidaankin todeta, että neulasten typpipitoisuus oli selvästi riippuvainen turpeen typpitaloudesta ja että 7—8 vuotta ennen neulasnäytteiden ottoa suoritettun typpilannoituksen vaikutus näkyi vielä jonkin verran korkeampina neulasten typpipitoisuusarvoina ja vähäisempänä riippuvuutena turpeen typpitaloudesta.

33. Taimien kasvu

331. Lannoitus ja ilman lämpösumma kasvun selittäjinä

Kuvissa 1 ja 2 sekä liitteissä 2 ja 3 on tarkasteltu lannoituksen vaikutusta taimien kas-

Taulukko 5. Jatkolannoituksen vaikutus neulasten typpipitoisuuteen¹⁾ eri kokeissa sekä F-arvot²⁾.

Table 5. Effect of refertilization on the nitrogen content¹⁾ of needles in the experiments and F values²⁾.

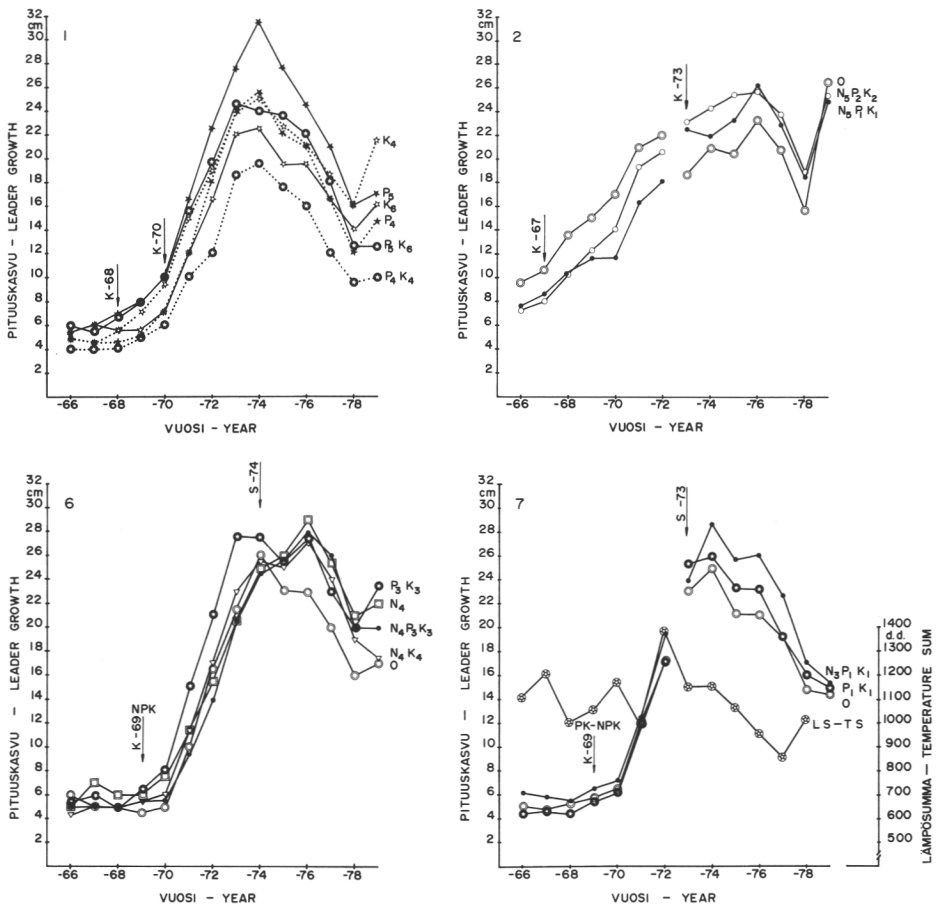
Koe Experiment	Lannoitus — Fertilization										
	0	PK	NPK	N	P	K	NK	Min.	Maks. Max.	\bar{X}	F
1	—	1.06	—	—	1.09	1.10	—	1.01	1.15	1.08	0.50
2	1.33	—	1.24	—	—	—	—	1.22	1.33	1.27	0.08
3	1.63	1.38	1.41	1.64	—	1.48	—	1.37	1.64	1.48	2.07
4	1.29	1.22	1.28	1.38	—	—	—	1.21	1.40	1.29	1.28
5	1.14	1.27	1.27	1.34	—	—	—	1.18	1.37	1.28	2.58
6	1.18	1.21	1.02	1.12	—	—	1.11	1.02	1.21	1.13	1.30
7	1.07	1.06	1.14	—	—	—	—	1.05	1.20	1.09	1.60
3—5	1.35	1.29	1.32	—	—	—	—	—	—	—	5.40*
3—5 _{PK/NPK}	—	1.25	1.32	—	—	—	—	—	—	—	5.24*

1) Neulasten typpipitoisuudet ovat todellisia korjaamattomia paitsi tapauksessa 3—5_{PK/NPK}, jossa ne on kovarianssikorjattu turpeen kokonaistyyppipitoisuuden (5—10 cm:n kerroksessa) suhteen.

1) The nitrogen contents of needles are real and uncorrected except in 3—5_{PK/NPK}, in which they are corrected to regression with the total peat nitrogen content in the 5—10 cm layer.

2) F-arvot ovat turpeen kokonaistyyppipitoisuuden 5—10 cm:n kerroksessa suhteen kovarianssikorjatuista analyyseistä.

2) F values are derived from the covariance analyses corrected to regression with the total peat nitrogen content in the 5—10 layer.



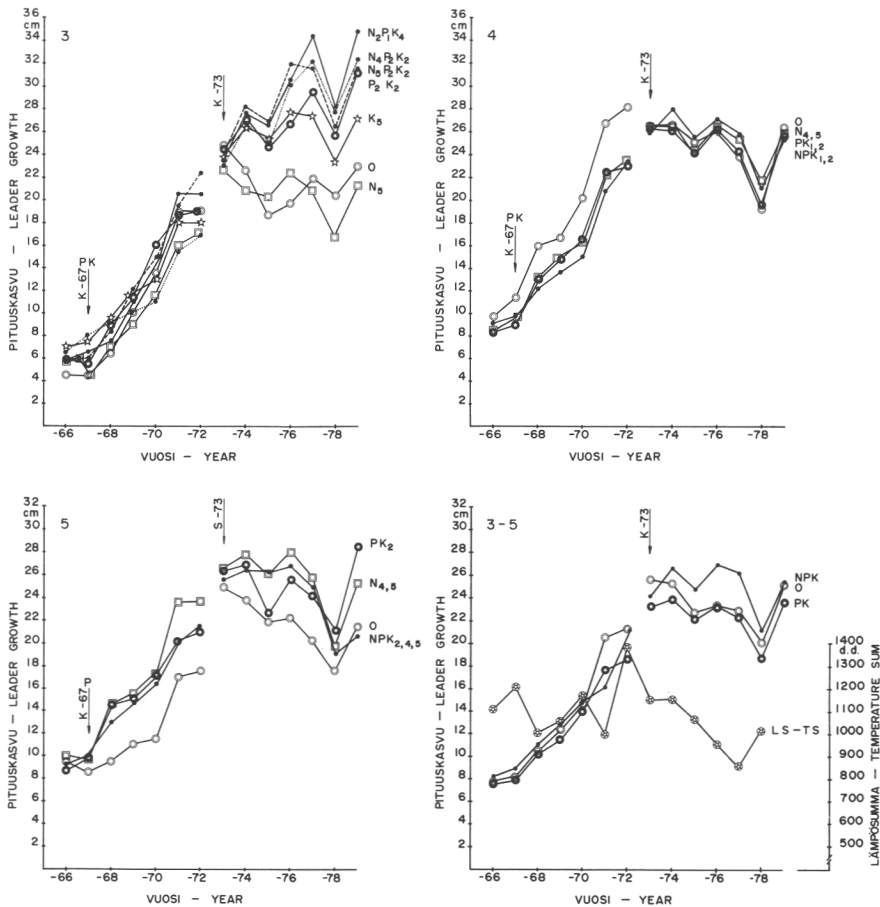
Kuva 1. Perus- ja jatkolannoituksen vaikutus puiden pituuskasvuun kokeissa 1, 2, 6 ja 7 sekä ilman lämpösomma (LS) vuosina 1966—79. Murtoviivan katkeamiskohtaan jälkeen luvut kovarianssi-korjattu perus- ja jatkolannoituksen välisellä kasvulla ja turpeen kokonaistyyppipitoisuudella 5—10 cm:n turvekerroksessa. Lannoitusajankohdat merkitty nuolilla. S = syksy, K = kevät.

Fig. 1. The temperature sum (TS) and the effect of basic and refertilization on the height growth of trees in Exps. 1, 2, 6 and 7 in 1966—79. Figures after cutting off the broken line are adjusted to regression, the growth between primary fertilization and refertilization and the total peat nitrogen content in the 5—10 cm peat layer. Time of fertilization marked with arrow. S = autumn, K = spring.

vuun. Koekenttien sisäisen vaihtelun vähentämiseksi on laskennassa käytetty kovarianssianalyysiä, jossa kovariaattina on ollut turpeen kokonaistyyppipitoisuus 5—10 cm:n kerroksessa. Jotta jatkolannoituksen vaikutus saataisiin esille mahdollisimman pelkistettynä, otettiin jatkolannoitusajankohdan jälkeistä pituuskasvua selitettäessä kovarianssi-analyysiin kovariaatiksi mukaan myös taimien pituuskasvu perus- ja jatkolannoituksen välisenä aikana siten, että kasvu oli ensimmäisenä kovariaattina ja turpeen kokonaistyyppipitoisuus ja sen neliö toisena ja kolmantena kovariaattina. Tämä antoi mahdollisuuden tarkastella turpeen kokonaistyyppipitoi-

suden ja toisaalta puiden jatkolannoitusta edeltäneen kasvun vaikutusta kovarianssi-analyysin erottelukykyyn. Kuten luvussa 2 todettiin, luokittelumuuttujana on lannoitus siten, että jokainen lannoitemäärien ja ravinyhdistelmien kombinaatio muodostaa oman luokkansa.

Kuvista 1 ja 2 sekä liitteestä 2 todetaan, että ennen peruslannoitusta taimien pituuskasvu oli hyvin vähäistä ja pituuskasvun erot samaan kokeeseen kuuluvien koalojen välillä verrattain pieniä ja vailla tilastollista merkittävyyttä. Peruslannoitus lisäsi taimien kasvua voimakkaasti. Tällöin myös taimien pituuskasvun erot myöhemmin toteutettavien



Kuva 2. Perus- ja jatkolannoituksen vaikutus puiden pituuskasvuun kokeissa 3–5 sekä ilman lämpösomma (LS) vuosina 1966–79. Murtoviivan katkeamiskohdan jälkeen luvut kovarianssikorjattu perus- ja jatkolannoituksen välisellä kasvulla ja turpeen kokonaistypipitoisuudella 5–10 cm:n turvekerroksessa. Lannoitusajankohdat merkitty nuolilla. S = syysy, K = kevät.

Fig. 2. The temperature sum (TS) and the effect of basic and refertilization on the height growth of trees in Exps. 3–5 in 1966–79. Figures after cutting off the broken line are adjusted to regression, the growth between primary fertilization and refertilization and the total peat nitrogen content in the 5–10 cm peat layer. Time of fertilization marked with arrow. S = autumn, K = spring.

jatkolannoituskäsittelyjen mukaisesti ryhmiteltyjen osa-aineistojen välillä lisääntyivät. Liitteestä 2 kuitenkin todetaan, että erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä yhdessäkään tapauksessa.

Jatkolannoituksen vaikutus taimien pituuskehitykseen oli yleensä verrattain vähäinen ja tilastollisesti osoitettavissa vain kokeissa 1, 3 ja 7 (kuvat 1 ja 2, liite 2). Näissäkin, runsastyypisintä kasvualustaa (koe 3) lukuunottamatta, jatkolannoituksen vaikutus oli varsin lyhytaikainen.

Kokeessa 1 (kuva 1), jossa tyyppiä ei annettu lainkaan, taimet kasvoivat parhaiten suurimman määrän fosforia (126 kg/ha) ja huo-

noimmin pienimmän määrän fosforia ja kaliumia (63 ja 75 kg/ha vastaavat) saaneilla koaloilla. Muiden lannoituskäsittelyjen välillä ei ollut sanottavia eroja. Aineistoa lähemmin tarkasteltaessa todettiin, että alemman PK-lannoituksen saaneista kahdesta koalasta toisella kasvu oli yhdenmukainen muiden kanssa, mutta toisella huomattavasti muita huonompi. Tulos antaneekin todellista huonomman kuvan kyseisen lannoituskäsittelyn vaikutuksesta. Eroa ei voitu selittää maasta mitatuilla tunnuksilla.

Kokeessa 7 (kuva 1) erilaisesta peruslannoituksesta huolimatta ei ollut mahdollista tutkia perus- ja jatkolannoituksen yhteisvai-

kutuksia, koska erilaiset peruslannoitukset olivat koejärjestelyissä eri lohkoina. Kokeessa PK-jatkolannoitus ei lisännyt puiden pituuskasvua jatkolannoittamattomaan verrattuna. Sen sijaan typen lisäys PK:n ohella paransi kasvua tilastollisesti melkein merkitsevästi. Kokeessa 7 turpeen kokonaistyyppipitoisuus oli erittäin alhainen (taulukko 3). Tämä todennäköisesti oli syynä typen lisäyksen positiiviseen vaikutukseen.

Kokeessa 3 (kuva 2) NPK-, PK- ja K-lannoitus lisäsivät kasvua varsin selvästi lannoittamattomiin ja pelkästään tyypellä lannoitettuihin koealoihin verrattuna. Jatkolannoitus pelkällä tyypellä heikensi kasvua aikaisempaan verrattuna, vaikka koealoille olikin peruslannoituksessa, kuusi vuotta aikaisemmin, annettu fosforia ja kaliumia. Samantapaisia tuloksia, jopa hyvin vähätyypisilläkin turveilla ovat esittäneet myös Kaunisto (1977), Kaunisto ja Paavilainen (1977). Kokeessa 3 turpeen tyyppipitoisuus oli erittäin korkea (taulukko 3).

Kokeiden 4 ja 5 erillisanalyseissa ei jatkolannoituksen todettu vaikuttavan kasvuun tilastollisesti merkitsevästi. Sen sijaan kokeiden 3, 4 ja 5 yhteisanalyysissä jatkolannoitus NPK:lla lisäsi kasvua PK:lla jatkolannoitettuihin ja jatkolannoittamattomiin koealoihin verrattuna (kuva 2, liite 3). Koska kokeen ja

jatkolannoituksen välillä ei PK- ja NPK-jatkolannoitetussa osa-aineistossa ilmennyt yhdysvaikutusta, voitaneen jatkolannoituksen vaikutusta pitää kokeissa samansuuntaisena. Tämä mahdollistaa kokeiden yhdistämisen myös turpeen ominaisuuksien ja kasvun välisessä tarkastelussa myöhemmin (luku 332).

Jatkolannoittamattomilla koealoilla puiden pituuskasvu lisääntyi peruslannoituksen jälkeen vuosi vuodelta 6—8 vuoden ajan ravinneyhdistelmästä ja turpeen tyyppipitoisuudesta riippumatta. Puiden kasvu kääntyi alenevaksi kokeissa 3 ja 5 v. 1974 ja kokeissa 2, 4, 5 ja 7 v. 1975 (kuvat 1 ja 2). Jatkolannoitus vaikutti jossain määrin kasvun kulminaation ajankohtaan. Samanaikaisesti, v. 1973 syksyllä jatkolannoitetuista (kokeet 2, 4, 5 ja 7), kokeessa 2, jossa annettiin kaikkia kolmea pääravinnetta, kasvun kulminaatio jatkolannoitetuilla koealoilla oli vasta v. 1976 (kuva 1). Kokeissa 4 ja 5 kasvu kulminoitui PK-lannoitetuilla v. 1973 ja NPK-lannoitetuilla v. 1984. Kokeessa 7 kulminaatio oli sekä PK- että NPK-jatkolannoitetuilla koealoilla v. 1974, mutta taimien pituuskasvu oli jo v. 1974 tilastollisesti merkitsevästi suurempi NPK- kuin PK-jatkolannoitetuilla koealoilla. Kokeessa 6 kulminoituminen tapahtui v. 1974. Vuoden 1974 syksyllä toteutettu jatkolannoitus paransi taimien kasvua

Taulukko 6. Puiden vuotuisen (74—79) kasvun ja ilman lämpösumman (kynnysarvo +5 °C) väliset regressioyhtälöt eri jatkolannoituskäsitellyissä kokeiden 4—7 yhteisanalyysissä. Lämpösumma a-1 on pituuskasvua edeltäneen vuoden, a-2 kahden vuoden ja a-3 kolmen vuoden takainen ilman lämpösumma. Regressiokertoimen F-arvot ja merkitsevyydet sekä mallien selitysaaste regressioanalyysistä (regr.) että kovarianssianalyysistä (cov.), jossa koe on luokkamuuttujana.

Table 6. The regression equations between the annual (1974—79) growth of trees and temperature sum (threshold value +5 °C) in different refertilization treatments in the joint analysis of Exps. 4—7. Temperature sum a-1 is from the previous year, a-2 two years ago and a-3 three years ago. F values and significances of regression coefficient as well as the coefficient of determination of the model from the analyses of regression (regr.) and covariance (cov.) in which the experiment is class variable.

Lannoitus Fertilization	Lämpösumma vuonna Temperature sum in year	Regressioyhtälö Regression equation	F		Mallin selitysaaste Coeff. det. of model, %	
			Regr.	Cov.	Regr.	Cov.
0	a-1	$y = 0.0222x - 0.22$	9.48**	32.19***	30.01	82.2
	a-2	$y = 0.0138x + 7.63$	8.48**	26.34***	27.8	79.9
	a-3	$y = 0.0031x + 19.30$	0.22	0.40	1.0	53.1
PK	a-1	$y = 0.182x + 5.29$	13.29**	19.40***	37.7	62.6
	a-2	$y = 0.010x + 13.0$	8.52**	11.38**	27.9	53.4
	a-3	$y = 0.0017x + 22.2$	0.12	0.14	0.1	26.0
NPK	a-1	$y = 0.0241x + 0.01$	21.70***	21.87***	49.7	56.8
	a-2	$y = 0.0170x + 6.25$	32.35***	33.99***	59.5	66.7
	a-3	$y = 0.0087x + 15.15$	2.67	2.50	10.8	18.0

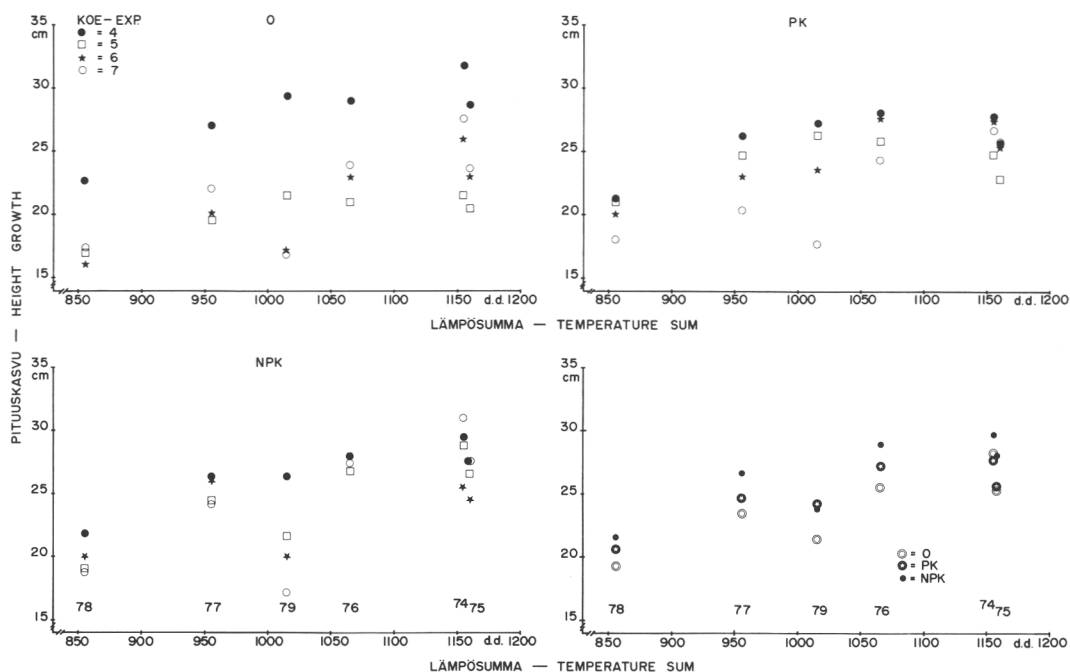
hetkellisesti v. 1976. Koetta 1 lukuunotta-
matta kasvu taantui edelleen vuosina 1977 ja
1978, jonka jälkeen se jälleen kohosi v. 1979.

Kuvien 1 ja 2 oikealla alhaalla olevissa osa-
kuvissa on esitetty ilman lämpösomma tarkas-
telun alaisina vuosina Oulun lentokentällä n.
35 km:n etäisyydellä koalueista. Kuvasta
havaitaan, että puiden pituuskasvu v. 1973
seuraavina vuosina noudattaa verrattain hy-
vin ilman lämpösomman muutoksia viiveellä,
jonka pituus näyttää jonkin verran riippuvan
perus- ja jatkolannoituskäsittelyistä. Sen si-
jaan v. 1978 ja 1979 puiden reaktio on lähes
jatkolannoituskäsittelystä riippumaton. Vuoden
1977 lämpösommaminimin jälkeen seura-
vaa vuonna 1978 pituuskasvun minimi. Vuoden
1978 edellisestä vuodesta kohoavaa läm-
pösommaa puolestaan seuraa v. 1979 kasvun
parantuminen lähes kaikissa kokeissa. Sel-
vimmän poikkeuksen muodostaa koe 7, jossa
kasvu jatkuu edelleen jonkin verran alenevana
(ks. myös kuva 3). Myös kasvun kulmi-
noituminen oli erityisen jyrkkä kokeessa 7,
kun taas esim. kokeessa 3 kasvu joko kohosi
vuoden 1975 kasvun jälkeen suunnilleen ai-

kaisemmalle (PK- ja K-lannoitus) tai jopa
korkeammalle (NPK-lannoitus) tasolle.

Pituuskasvun ja ilman lämpösomman vä-
listä vuorovaikutusta on tarkasteltu myös
regressio- ja kovarianssianalyysillä, tällöin pi-
tuuskasvua selittävänä regressiomuuttujana
kokeiltiin edellisen vuoden sekä kahden ja
kolmen vuoden takaista ilman lämpösom-
maa. Tarkasteltaviksi valittiin kokeet 4—7,
joissa kaikissa oli sekä lannoittamattomia et-
tä PK- ja NPK-lannoitettuja koejäseniä. Koe
3 jätettiin tarkastelun ulkopuolelle turpeen
typpitalouden poikkeavuuden vuoksi.

Tulosten mukaan kolmen vuoden takai-
nen lämpösomma ei vaikuttanut pituuskas-
vuun. Sekä lannoittamattomilla että PK-lan-
noitetuilla koaloilla pituuskasvua selitti par-
haiten edellisen vuoden ja NPK-lannoitetuilla
kahden vuoden takainen lämpösomma (tau-
luko 6). Tämänkin perusteella näyttää siis
siltä, että typpilannoituksella on voitu siirtää
lämpösomman alenemisesta aiheutunutta ale-
nevan kasvun alkamishetkeä. Kuvassa 3 on
esitetty puiden pituuskasvu edellisen vuoden
lämpösomman funktiona eri tavoin lannoite-



Kuva 3. Puiden pituuskasvu vuosina 1974—79 edellisen vuoden ilman lämpösomman funktiona kokeiden 4—7 lannoittamattomilla sekä PK- ja NPK-lannoitetuilla koaloilla.

Fig. 3. Height growth of trees in 1974—1979 plotted against the previous year temperature sum on unfertilized and PK and NPK fertilized plots of Experiments 4—7.

tuilla koealoilla kokeissa 4—7. Havaitaan, että vaikka vuoden 1979 kasvu keskimäärin onkin jonkin verran lämpösunnan ja kasvun välisen yleisen trendin alapuolella asetuu se kuitenkin useissa tapauksissa (esim. kokeiden 4 ja 5 lannoittamattomat ja PK-jatkolannoitetut koealat) varsin hyvin pituuskasvun ja lämpösunnan muodostamaan koordinaatistoon piirrettyyn pisteparveen. Selvimpänä poikkeuksena on vähätyppinen koe 7, kuten jo edellä kuvan 2 yhteydessäkin on todettu.

Mielenkiintoista on tarkastella myös perus- ja jatkolannoituksen välistä aikaa. Kokeissa 6 ja 7 kasvu jatkui peruslannoitusta seuraavasta vuodesta ja kokeessa 7 jatkolannoitusvuodesta lähes suoraviivaisesti nousevana vuoteen 1973 saakka ja eräillä lannoituskäsittelyillä jopa vuoteen 1974 saakka. Sen sijaan muissa kokeissa voitiin v. 1972 havaita kasvun lisääntymisessä porras (kuvat 1 ja 2). Kuvasta 2 todetaan, että ilman lämpösunnan vuonna 1971 aleni edellisvuoteen verrattuna. Näyttääkin siltä, että v. 1967 peruslannoitetuissa kokeissa viisi vuotta myöhemmin tapahtunut lämpösunnan alentuminen on vaikuttanut seuraavan vuoden pituuskasvuun. Sen sijaan kokeissa 1, 6 ja 7 lämpösunnan alentumisen vaikutusta on mahdollisesti vähentänyt myöhemmin (v. 1969 kokeissa 6 ja 7) suoritettu peruslannoitus tai (kokeissa 7) pian peruslannoituksen jälkeen suoritettu jatkolannoitus.

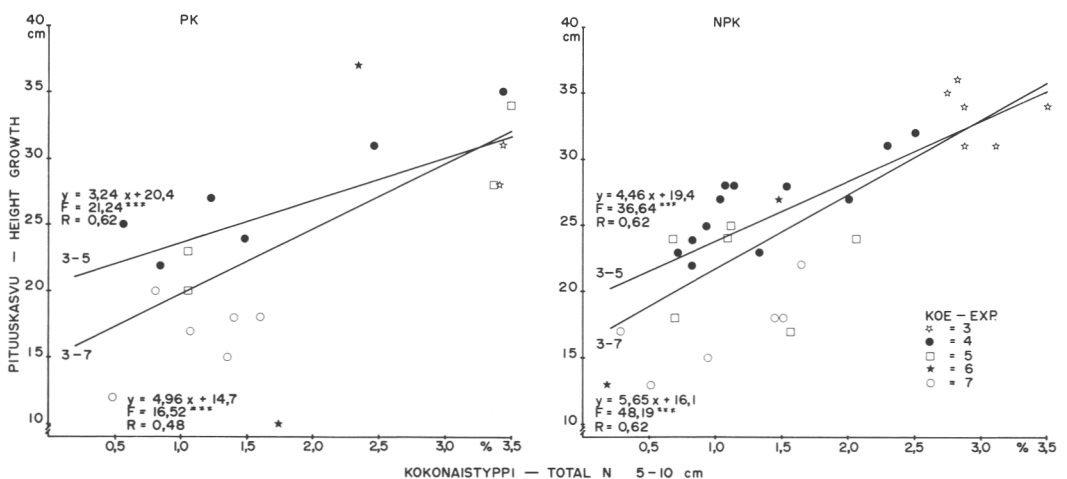
Tulosten perusteella näyttää siltä, että ilman lämpösunnan vaikuttaa voimakkaasti lannoituksenjälkeiseen puuston pituuskasvu-reaktioon ja että erityisesti korkea turpeen typpipitoisuus, mutta jossain määrin myös typpijatkolannoitus voivat lieventää alenevan lämpösunnan negatiivista vaikutusta.

332. Turpeen ominaisuudet kasvun selittäjinä

Turpeen kokonaistyyppi

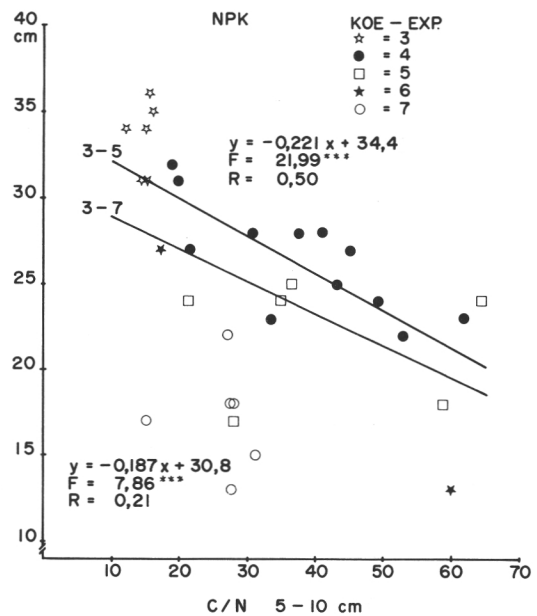
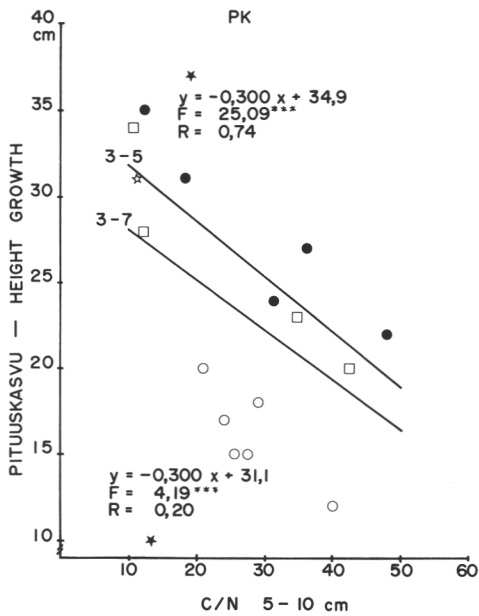
Turpeen kokonaistyyppi 0—5 tai 5—10 cm:n kerroksessa korreloi taimien pituuskasvun kanssa tilastollisesti merkitsevästi vähintään yhtenä kasvukautena jokaisessa kokeessa (liite 4). Kokeissa 1 ja 3 riippuvuus oli negatiivinen, mutta kokeissa 2, 4, 5, 6 ja 7 positiivinen. Kasvun ja turpeen typpipitoisuuden välinen riippuvuus oli jokaisessa tapauksessa suoraviivainen.

Kokeiden 3—5 sekä 3—7 yhteisanalyysissä tarkasteltiin taimien pituuskasvun ja turpeen kokonaistyyppipitoisuuden välistä riippuvuutta erikseen PK- ja NPK-lannoitetuilla koealoilla sekä kovarianssianalyysillä kokeen ollessa luokkamuttujana että pelkällä regressioanalyysillä. Myös tällöin riippuvuudet olivat kaikissa tapauksissa suoraviivaisia (liite 5, kuva 4). Pelkällä regressioanalyysilläkin on voitu selittää yllättävän suuri osa pituuskasvun vaihtelusta (kuva 4). Liitetaulukosta 5 todetaan, että ennen jatkolannoitusvuotta



Kuva 4. Puiden pituuskasvu vuonna 1979 kokeissa 3—7 5—10 cm:n kerroksesta määritetyn turpeen kokonaistyyppipitoisuuden funktiona.

Fig. 4. Height growth of trees in Exps. 3-7 in 1979 as affected by the total peat nitrogen content in the 5-10 cm layer.



Kuva 5. Puiden pituuskasvu vuonna 1979 kokeissa 3—5 ja 3—7 5—10 cm:n turvekerroksesta määritetyn C/N-suhteen funktiona.

Fig. 5. Height growth of trees in Exps. 3-5 and 3-7 in 1979 as affected by the C/N ratio in the 5-10 cm peat layer.

(kevät tai syksy 1973) ja vielä jatkolannoitusta seuraavanakin kasvukautena taimien kasvu on lisääntynyt turpeen typpipitoisuuden kohoamisen myötä. Suoran kulmakerroin on tällöin ollut lähes poikkeuksetta pienempi PK:lla kuin NPK:lla jatkolannoitettavilla koaloilla. Jatkolannoituksen jälkeenkin taimien kasvun ja turpeen kokonaistyyppipitoisuuden välillä vallitsi positiivinen riippuvuus. Tilanne kuitenkin muuttui sikäli, että kulmakertoimen arvo vuodesta 1976 lähtien poikkeuksetta oli suurempi PK- kuin NPK-jatkolannoitetuissa osa-aineistoissa. Myös F-arvot olivat yleensä korkeampia. Muutos osoittaa, että NPK-lannoitus vähensi voimakkaasti taimien riippuvuutta turpeen luontaisista typpivaroista. Suorien leikkauspisteet turpeen typpipitoisuuden suhteen 0—5 cm:n turvekerroksessa vaihtelivat välillä 1,99—3,47 % ja 5—10 cm:n kerroksessa välillä 2,85—4,20 %.

Turpeen C/N-suhde

Turpeen C/N-suhteen ja puiden kasvun välillä vallitsi suoraviivainen negatiivinen riippuvuus kokeissa 2, 4, 5, 6 ja 7 sekä positiivinen kokeissa 3 (liite 6). Tilanne oli siis päinvastainen kuin turpeen kokonaistyyppipitoisuus-

den suhteen, mikä luonnollisesti olikin odotettavissa.

Liitteessä 7 on tarkasteltu kokeiden 3, 4 ja 5 yhteisanalyysin tuloksia erikseen PK- ja NPK-lannoitetuilla koaloilla. Kuvassa 5 on lisäksi pisteparvena esitetty pituuskasvun v. 1979 riippuvuus turpeen C/N-suhteesta 5—10 cm:n kerroksessa kokeissa 3—7. Samoin kuin kokonaistyyppipitoisuuden ollessa kysymyksessä olivat kulmakertoimien itseisarvot tässäkin tapauksessa ennen jatkolannoitusta pienempiä PK- kuin NPK-lannoitettavilla koaloilla, mutta jatkolannoituksen jälkeen tilanne kääntyi päinvastaiseksi. Suorien leikkauspisteet C/N:n suhteen 0—5 cm:n turvekerroksessa vaihtelevat välillä 13,3—25,3 ja 5—10 cm:n kerroksessa välillä 6,5—26,6 vuosina 1976—1979.

pH

Turpeen pH 0—5 cm:n kerroksessa selitti taimien kasvua tilastollisesti merkitsevästi vain kahdessa tapauksessa (liite 8). Sen sijaan turpeen pH 5—10 cm:n kerroksessa selitti taimien pituuskasvua tilastollisesti merkitsevästi vähintään yhtenä vuotena kaikissa muissa kokeissa, paitsi kokeissa 7. Kokeissa 1 ja 3 kerroin oli negatiivinen ja muissa posi-

tiivinen. Tulos oli siis yhdenmukainen turpeen kokonaistyyppipitoisuuden kanssa. Jokaisessa tapauksessa riippuvuudet olivat suoraviivaisia.

Kokeiden 3, 4 ja 5 yhteisanalyyssissä (liite 9) ainoastaan 5—10 cm:n turvekerroksesta mitatun pH:n ja PK-lannoitetuilla koelaloilla kasvavien taimien pituuskasvun välinen riippuvuus oli tilastollisesti merkitsevä. PK- ja NPK-lannoitetuille koelaloille laskettujen suorien leikkauspisteet vuosina 1976—1979 vaihtelevat välillä pH 3,3—3,5 5—10 cm:n turvekerroksessa (ks. myös kuva 5). Taimien pituuskasvun ja pH:n välinen riippuvuus oli kaikissa tapauksissa suoraviivainen.

Turpeen syvyys

Taimien pituuskasvun ja turpeen syvyyden välinen riippuvuus oli tilastollisesti osoitettavissa 1 tai 5 %:n riskitasolla kokeissa 1, 2, 3, 5 ja 7 (liite 10). Tilastollisesti merkitsevissä tapauksissa kuvasi riippuvuutta kokeessa 2 laskeva, mutta kaikissa muissa kokeissa kohtava suora. Kaikissa tilastollisesti merkitsevissä tapauksissa näyttää siltä, että kysymyksessä ei ollut turpeen syvyyden vaikutus sellaisenaan, vaan turpeen tyyppipitoisuuden muuttuminen turpeen syvyyden funktiona (ks. myös liite 4). Kokeissa 1 ja 7 sekä puiden kasvu että turpeen totaalityppipitoisuus lisääntyivät turvekerroksen paksuuden lisääntymisen myötä. Kokeessa 7 turpeen tyyppipitoisuus oli erittäin alhainen ja puusto reagoi positiivisesti N-jatkolannoitukseen. Kokeessa 2 puolestaan sekä kasvu että turpeen tyyppipitoisuus alenivat turvekerroksen paksuuden lisääntyessä. Kokeessa 3 turpeen tyyppipitoisuus väheni turpeen syvyyden lisääntyessä. Kuten aikaisemmin (liite 4) on todettu, vallit-

si turpeen kokonaistyyppipitoisuuden ja kasvun välillä tässä kokeessa negatiivinen regressio, joten kasvu siis lisääntyi turpeen syvyyden lisääntyessä ja turpeen tyyppipitoisuuden samanaikaisesti alentuessa.

Turpeen syvyys selitti koekenttien sisäistä vaihtelua selvästi huonommin kuin turpeen kokonaistyyppi, C/N-suhde tai pH. Turpeen ominaisuuksista kokonaistyyppipitoisuus 5—10 cm:n kerroksessa selitti puiden pituuskasvun sisäistä vaihtelua koekentillä paremmin kuin muut turpeesta mitatut suureet (liitteet 4—10).

333. Neulasten tyyppipitoisuus kasvun selittäjänä

Neulasten tyyppipitoisuutta taimien pituuskasvun selittäjänä on tarkasteltu ainoastaan kolmen neulasnäytteenottoa edeltäneen kasvukauden (vuodet 1977—79) osalta (liite 11) ja siis vain vuoden 1980 neulasista tehtyjen analyysien perusteella. Kokeissa 1 ja 4 taimien kasvu on lisääntynyt suoraviivaisesti ja tilastollisesti melkein merkitsevästi tai merkitsevästi neulasten tyyppipitoisuuden kohotessa (liite 11). Tarkasteltaessa kokeiden 3, 4 ja 5 yhteisanalyyssissä erikseen PK- ja NPK-lannoitetuille koelaloille laskettujen suorien kulmakertoimia todetaan, että pituuskasvun ja neulasten tyyppipitoisuuden välinen riippuvuus oli tilastollisesti merkitsevä ainoastaan PK-lannoitetuilla koelaloilla.

Kuten aikaisemmin, luvussa 32 todettiin, typpilannoitus tasoitti jonkin verran neulasten tyyppipitoisuusarvoja. Tästä luonnollisesti seuraa, että myös neulasten tyyppipitoisuuden ja kasvun välinen regressio on heikompi NPK- kuin PK-lannoitetuilla koelaloilla.

4. TULOSTEN TARKASTELUA JA PÄÄTELMÄT

Tutkimuksessa tarkastellut kokeet näyttivät muodostavan varsin heterogeenisen ryhmän. Alkuperäinen suotyyppi vaihtelee rakkaisesta tupasvillarämeestä suursararämeeseen. Turpeen syvyys vaihtelee välillä 20—140 cm. Perusojituksen ajankohta vaihtelee vuodesta 1934 vuoteen 1967.

Tarkasteltaessa kasvualustan viljavuutta turpeen kokonaistyyppipitoisuuden perusteella todetaan kuitenkin, että ainoastaan kaksi koetta poikkeaa selvästi muista, toisaalta erittäin runsastyypinen koe 3 ($N_{\bar{x}} 5-10 \text{ cm} = 3,15 \%$) ja erittäin vähätyypinen koe 7 ($N_{\bar{x}} 5-10 \text{ cm} = 1,14 \%$). Muut kokeet edusta-

vat keskinkertaista kasvualustan typpipitoisuutta ($N_{\bar{x} 5-10 \text{ cm}} = 1,53-1,61 \%$). Turpeen paksuuden vaihtelu näyttää puiden kasvun kannalta jäävän merkityksettömäksi ja pikemminkin heijastavan vain turpeen kokonaistyyppipitoisuuden vaihtelua. Kun jatkolannoituskäsittelyt ja myös puiden pituus jatkolannoitushetkellä vaihtelivat kokeittain, on kokeita ollut pakko käsitellä erillisinä. Toisaalta on kuitenkin yhdistetty kokeet 3, 4 ja 5 yhdeksi ryhmäksi, koska haluttiin tarkastella erityisesti PK- ja NPK-jatkolannoituksen vaikutuseroja. Vaikka näiden kokeiden sekä perus- että jatkolannoituksessa oli jonkin verran kirjavuutta, olivat ne ainoat kokeet, joissa peruslannoitus oli suoritettu samana vuonna ja jatkolannoituksessa käytetty sekä PK- että NPK-ravinneyhdistelmiä. Näissä kokeissa taimien pituuserot lannoitushetkellä olivat kohtuullisia. Samoin yhdistettiin kokeet 3—7. Tulokset olivat kuitenkin siinä määrin samanlaisia kuin kokeiden 3—5 yhteisanalyyseissä, että kovarianssianalyysin laskentatuloksia ei ole esitetty. Suotyypin vaihtelua pidettiin tässä tapauksessa etuna, koska samalla voitiin tarkkailla turpeen typpipitoisuuden merkitystä.

Tutkituilla koealueilla ilmeisesti erityisesti kivennäisravinteiden vähäisyys rajoitti puiden kasvua. Niinpä peruslannoitusta seurasi kaikissa tapauksissa erittäin voimakas pituuskasvun lisääntyminen. Yllättävää kuitenkin oli, että saavutettuaan huipun, kasvu alkoi verrattain jyrkästi heikentyä ja että jatkolannoituksellakin voitiin tähän alenevaan trendiin vaikuttaa verrattain vähän, ehkä runsastyyppisintä koetta 3 lukuunottamatta. On todennäköistä, että kasvun alenemiseen oli syynä useita vuosia jatkunut ilman lämpösunnan aleneminen. Yleensä vaikutus kohdistui seuraavan vuoden pituuskasvuun (ks. myös Mikola 1950). Lannoitus kuitenkin näytti vaikuttavan tähän jossain määrin. Erityisesti typen lisäys näyttää vähentävän läm-

pösunnan alenemisen negatiivista vaikutusta puiden pituuskasvuun. Samoin näyttää siltä, että runsastyyppisellä suotyypillä (koe 3) lämpösunnan vaikutus oli vähäisempi kuin karuimmalla suotyypillä (koe 7). Nähtävästi lämpösunnan vaikutus liittyykin turpeen orgaanisen typen mineralisoitumiseen. Tutkimuksen tulokset korostavat lämpösunnan merkitystä lannoituksen vaikutusajan kestoa arvioitaessa. Ilman tietoa lämpösunnan vaihteluista tarkastelujaksona, on mahdollista, että lannoituksen vaikutuksen kestosta tehdään virheellisiä päätelmiä.

Keskimäärin puiden pituuskasvu samoin kuin neulasten typpipitoisuuskin lisääntyivät turpeen kokonaistyyppipitoisuuden kohotessa. Ainoastaan kaikkein runsastyyppisimmällä alueella (koe 3) voitiin havaita näiden muutujien välillä negatiivinen regressio. Tällöinkin lannoitetypen lisäys fosforin ja kaliumin ohella edisti keskimäärin koko kokeessa kasvua jonkin verran. Pituuskasvun ja turpeen typpipitoisuuden välillä on todettu negatiivinen vuorovaikutus jonkin verran nuoremmissa taimikoissa Etelä-Suomessa (Karvia) jo huomattavasti alemmilla turpeen kokonaistyyppipitoisuuksien tasolla (Kaunisto 1982). Syynä eron voi olla taimikoiden erilainen kehitysvaihe ja sijainti jonkin verran erilaisilla lämpösunnan-alueilla sekä voimakkaasti laskeva lämpösunnajakso jatkolannoituksen jälkeen.

Turpeen kokonaistyyppipitoisuus selitti puiden kasvua varsin hyvin ja paremmin kuin pH tai huomattavasti vaikeammin määritettävissä oleva turpeen C/N-suhde. Aikaisemmin on todettu, että turpeen kokonaistyyppipitoisuus selittää puiden pituuskasvua paremmin kuin turpeen pH tai NH_4 - ja NO_3 -typpi (Kaunisto 1982). Onkin ilmeistä, että turpeen kokonaistyyppiä voidaan pitää varsin luotettavana kasvualustan typpitalouden indikaattorina puiden pituuskasvun kannalta.

KIRJALLISUUS — LITERATURE

- Alexander, M. 1967. *Introduction to Soil Microbiology*. New York, London, Sydney. John Wiley & Sons, Inc. 472 s.
- Halonen, O. & Tulkki, H. 1981. Ravinneanalyysien työohjeet. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 36: 1—23.
- Heikurainen, L. & Laine, J. 1976. Lannoituksen, kuiva- tuksen ja lämpöolojen vaikutus istutus- ja luonnon- taimistojen kehitykseen rämeillä. Summary: Effect of fertilization, drainage, and temperature conditions on the development of planted and natural seedlings on pine swamps. *Acta For. Fenn.* 150: 1—38.
- , Laine, J. & Lepola, J. 1983. Lannoitus- ja sarkale- veyskokeita karujen rämeiden uudistamisessa ja taimikoiden kasvatuksessa. Summary: Fertilization and ditch spacing experiment concerned with re- generation and growing of young Scots pine stands on nutrient poor pine bogs. *Silva Fenn.* 17(4): 359—379.
- & Veijola, P. 1971. Lannoituksen ja sarkaleveyden vaikutus rämeen uudistumiseen ja taimien kasvuun. Summary: Effects of fertilization and ditch spacing on regeneration and seedling growth in pine swamps. *Acta For. Fenn.* 114: 1—19.
- Huikari, O. 1973. Koetuloksia metsäojitettujen soiden lannoituksesta. Summary: Results of fertilization experiments on peatlands drained for forestry. *Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tiedon- antoja* 1973(1): 1—154.
- Hustich, I. 1948. The Scotch pine in the northernmost Finland and its dependence on the climate in the last decades. *Acta Botanica Fennica* 42: 1—75.
- Karsisto, K. 1976. Fosforilannoitelajit suometsien lan- noituksessa. Opinnäytetyö maatalous- ja metsätie- teiden lisensiaatin tutkintoa varten. *Metsäntutki- muslaitoksen suontutkimusosaston tiedonantoja* 6/1976: 1—252.
- Kaunisto, S. 1977. Ojituksen tehokkuuden ja lannoituk- sen vaikutus männyn viljelytaimistojen kehitykseen karuilla avosoilla. Summary: Effect of drainage in- tensity and fertilization on the development of pine plantations on oligotrophic treeless Sphagnum bogs. *Folia For.* 317: 1—31.
- 1982. Development of pine plantations on drained bogs as affected by some peat properties, fertiliz- ation, soil preparation and liming. Seloste: Männyn istutustaimien kehityksen riippuvuus eräistä turpeen ominaisuuksista sekä lannoituksesta, muokkauksesta ja kalkituksesta ojitetuilla avosoilla. *Commun. Inst. For. Fenn.* 109: 1—56.
- 1984. Peat properties in estimating need for nitrogen fertilization of pine plantations on bogs. *Proc. 7th Int. Peat Congr. Dublin* 3: 327—341.
- Kaunisto, S. & Paavilainen, E. 1977. Response of Scots pine plants to nitrogen refertilization on oligotrophic peat. Seloste: Typpijatkolannoituksen vaikutus män- nyn taimien kehitykseen karulla turvealustalla. *Commun. Inst. For. Fenn.* 92(1): 1—54.
- & Tukeva, J. 1984. Kalilannoituksen tarve avosoille perustetuissa riukuasteen männiköissä. Summary: Need for potassium fertilization in pole stage pine stands established on bogs. *Folia For.* 585: 1—40.
- Mikola, P. 1950. Puiden kasvun vaihtelusta ja niiden merkityksestä kasvututkimuksissa. Summary: On variations in tree growth and their significance to growth studies. *Commun. Inst. For. Fenn.* 38(5): 1—131.
- Paarlahti, K., Reinikainen, A. & Veijalainen, H. 1971. Nutritional diagnosis of Scots pine by needle and peat analysis. Seloste: Maa- ja neulasanalyysi tur- vemaiden männiköiden ravitsemustilan määrittä- mässä. *Commun. Inst. For. Fenn.* 74(5): 1—58.
- Paavilainen, E. 1977. Jatkolannoitus vähäravinteisillä rämeillä. Ennakkotuloksia. Abstract: Refertilization on oligotrophic pine swamps. Preliminary results. *Folia For.* 327: 1—32.
- 1979. Jatkolannoitus runsastyypisillä rämeillä. En- nakkotuloksia. Abstract: Refertilization on nitro- gen-rich pine swamps. Preliminary results. *Folia For.* 414: 1—23.
- 1984. Typpi- ja hivenravinteet ojitetujen rämeiden jatkolannoituksessa. Summary: Nitrogen and micro- nutrients in the refertilization of drained pine swamps. *Folia For.* 589: 1—28.
- & Simpanen, J. 1975. Tutkimuksia typpilannoituk- sen tarpeesta Pohjois-Suomen ojitetuilla rämeil- lä. Summary: Studies concerning the nitrogen fertilization requirements of drained pine swamps in North Finland. *Commun. Inst. For. Fenn.* 86(4): 1—70.
- Penttilä, T. 1980. Neulasanalyysi turvemaan männikön jatkolannoitustarpeen määrittämisessä. *Metsäntutki- muslaitoksen suontutkimusosaston tiedonantoja* 5/1980: 1—31.
- Raitio, H. 1978. Pääravinlannoituksen vaikutus männyn neulasten rakenteeseen ja ravinnepitoi- suuksiin ojitetulla karulla avosuolla. *Metsäntutki- muslaitos. Parkanon tutkimusosaston tiedonantoja* 7. 9 s.
- 1981. Pääravinlannoituksen vaikutus männyn neulasten rakenteeseen ja ravinnepitoisuuksiin ojite- tulla lyhytkorsinevalla. Summary: Effect of macro- nutrient fertilization on the structure and nutrient content of pine needles on a drained short sedge bog. *Folia For.* 456: 1—9.

Total of 22 references

SUMMARY

The material was collected in seven refertilization experiments in northern Finland (64°50'N, 25°15'E) with 106 sample plots altogether. The nutrient combinations and rates of both basic and refertilizations as well as the time of fertilization varied a little from one experiment to another (Table 1). The basic fertilization in Experiments 1—6 did not vary within each experiment. Experiment 7 included different basic fertilizations. The treatments did, however, represent different areas, consequently it was not possible to study the interaction between the basic and refertilization. Both basic and refertilization with phosphorus and/or potassium was carried out by using different combinations of rock phosphate and muriate of potash, except in Experiment 5 where a mixture of super phosphate and rock phosphate was used at basic fertilization. Nitrogen was applied as urea or calcium ammonium nitrate.

Measurements were performed in the spring of 1980. The systematic random sampling was used for choosing 15—25 trees per plot depending on the size of the sample plot, a total of 1986 sample trees. The breast-height diameter of each tree was measured in 1979 and the annual height growth in 1966—1979, excluding old hold-over trees. Peat depth at each tree was measured as well. Needle samples from the uppermost branch whorl facing south of 10 trees were collected in March 1981 on each sample plot and combined into one sample representing the whole plot. Only the foliar nitrogen content was analyzed.

Peat samples were taken at five systematically placed spots on each sample plot from the depths of 0—5 and 5—10 cm. The samples were combined into two samples according to the depths representing the plot. The peat samples were analyzed for the total nitrogen content by using the Kjeldahl method, for pH in water suspension (peat/water = 1/5) and for carbon by using the Tiurin method.

Table 2 presents some characteristics of experimental areas, Table 3 the variation in the measured characteristics and Table 4 the single correlation coefficients. Perhaps the most important feature is the large variation in total peat nitrogen content both within and between the experiments. On average Experiment 7 was poor in nitrogen although the range was wide, whereas Experiment 3 was highly rich in nitrogen. The other experiments had medium nitrogen contents, even though they, like Experiment 7, showed a wide range.

The material was mainly calculated with the analysis of covariance. When comparing the refertilization treatments, the growth between the basic fertilization and refertilization, and the peat nitrogen content were as covariates. In addition, the effect of peat properties on tree growth was investigated as separate regression variables in the analysis of covariance and also with regression analysis alone. In the analysis of covariance, refertilizations were as class variables so that each different fertilization treatment (= nutrient combination + nutrient rate) formed their own classes.

Differences between the PK and NPK refertilizations were also compared. As the individual experiments were rather small, Experiments 3, 4 and 5 were combined although some differences in treatments existed. Refertilization in Experiment 3 had been carried out one growing season earlier than in the others and in Experiment 5 only phosphorus was used at basic fertilization. Yet, these experiments were best comparable with one another. Moreover, irrespective of the differences in basic and refertilization times, all the experiments with both PK and NPK fertilizers were combined (Experiments 3—7). The results, however, were so similar to those of Experiments 3—5 that it was considered sufficient only to present them in some figures together with the results from Experiments 3—5. Both the parabolic and linear models of regression variables were studied in all cases.

Nitrogen content of needles

Apart from Experiment 3, the nitrogen content of needles was low and the effect of fertilization on needles was only slightly perceivable 7—8 years after fertilization (Table 5). In experiments 4 and 5 the nitrogen content increased along with the increase in the peat nitrogen content and decreased in Experiments 4, 5 and 6 as the C/N ratio in peat rose. The joint analysis of Experiments 3, 4 and 5 showed a similar trend.

Growth as affected by fertilization and temperature sum

Before basic fertilization the height growth of seedlings was very poor and the differences in height growth between the sample plots of the same experiment were rather small (Figs. 1 and 2, App. 2). Height growth was stimulated year by year by basic fertilization for 6—8 years irrespective of nutrient combination. After this period the rising trend in height growth either ceased or began to fall, in many cases very fast. Refertilization, particularly with nitrogen-containing nutrient combinations, postponed the falling trend in most cases. Also abundant nitrogen in peat seemed to have a similar effect (cf. Exps. 3, high N and 7, low N, Figs. 1 and 2). The effect of refertilization was, however, only seldom statistically significant (Apps. 2 and 3). Height growth seemed to correlate with the previous-year temperature sum (Fig. 2 and 3, Table 6). The fertilization time in relation to changes in the temperature sum, the nutrient combination and the nitrogen content in peat brought exceptions to this rule. It seems likely that the effect of temperature sum on the growth of trees is at least partly related to the microbial activity in soil and hence on the amount of available nitrogen in soil.

The results suggest that, in order to avoid misinterpretations, it would be important to know about the development of temperature sum when estimating the effect of fertilization on the growth of a stand and

particularly the duration of fertilization effect.

The total peat nitrogen content in the 5—10 cm layer (Apps. 4 and 5, Fig. 4) explained the variation in height growth rather well and somewhat better than the C/N ratio in peat (Apps. 6 and 7, Fig. 5), pH (Apps. 8 and 9) in the 0—5 and 5—10 cm layers and the total peat nitrogen content in the 0—5 cm layer. According to the results the total nitrogen content in peat can be regarded as a fairly reliable indicator of the nitrogen conditions in peat.

In all the statistically significant correlations between the height growth of trees and peat depth, the decisive factor has been the change in the peat nitrogen content along with peat depth rather than the effect of peat depth as such (Apps. 4 and 10).

Nitrogen content of needles as indicator of growth

The nitrogen content of needles as explaining the height growth of seedlings was investigated only in three growing seasons preceding the needle, sampling (only 1980-needles sampled). In Experiment 1 and 4 the growth of seedlings increased linearly with the increase in the nitrogen content of needles. The joint analysis of Experiments 3, 4 and 5 show that the correlation between height growth and the nitrogen content of needles was statistically significant only on Pk fertilized sample plots (App. 11).

Liite 1. Neulasten tyyppipitoisuuden riippuvuus turpeen kokonaistyyppipitoisuudesta ja C/N-suhteesta 0—5 ja 5—10 cm:n turvekerroksissa kokeissa ja koeryhmissä, joissa on tilastollisesti merkitseviä eroja. Regressiokertoimet ja F-arvot. Luokkamuuttujana yksittäisissä kokeissa jatkolannoitus sekä kokeiden 3—5 yhteisanalyyssissä koe. Appendix 1. Dependence of the nitrogen content of needles on the peat total nitrogen content and C/N-ratio in the 0-5 and 5-10 cm peat layers in the experiments and groups of experiments which showed statistically significant differences. Regression coefficients and F values. In single experiments refertilization as class variable and in joint analysis of Exps. 3-5 the experiment.

Koe Exp.	Kokonais N — Total N 0—5 cm		5—10 cm		C/N 0—5 cm		5—10 cm	
	Kerroin Coeff.	F	Kerroin Coeff.	F	Kerroin Coeff.	F	Kerroin Coeff.	F
3	-0,180	3,92	-0,130	1,44	0,0425	5,15	+0,057	4,36
4	0,066	5,82*	0,052	7,08*	-0,0048	6,86*	-0,0061	1,98
5	0,181	12,68*	0,156	21,30**	-0,0109	16,12**	-0,0074	12,61*
6	0,231	7,09	0,191	8,06	-0,0208	22,44*	-0,0140	0,39
3—5 _{PK} ¹⁾	0,098	43,19***	0,064	28,25***	-0,0069	26,83***	-0,0030	10,09*
3—5 _{NPK} ¹⁾	0,057	2,08	0,092	6,40*	-0,0058	4,75*	-0,0034	4,97*
3—5 _{PK + NPK} ¹⁾	0,076	9,59**	0,0734	15,91***	-0,0063	13,79***	-0,0032	11,29**

1) 3—5_{PK} = Kokeiden 3, 4 ja 5 yhteisanalyyssissä PK-lannoitetulle aineiston osalle lasketut arvot jne.
 1) 3—5_{NPK} = the values calculated for the PK fertilized material in the joint analysis of Exps. 3, 4 and 5, etc.

Liite 2. Jatkolannoituksen aiheuttamien erojen F-arvot ja merkitsevyys eri kokeissa eri vuosina puiden pituuskasvusta lasketuissa kovarianssianalyyseissä. Perus- ja jatkolannoitusta seuraava kasvukausi on alleviivattu. Kovariaattina kaikkina tarkastettuina vuosina a) turpeen kokonaistyyppipitoisuus, b) jatkolannoituksen jälkeisinä kasvukausina puiden pituuskasvu perus- ja jatkolannoituksen välisenä aikana + turpeen kokonaistyyppipitoisuus 5—10 cm:n turvekerroksessa.

Appendix 2. F-values and significances due to refertilization in the analysis of covariance calculated from the height growth of trees. The growing season following basic and refertilization is underlined. The covariate for each investigated year was a) the total peat nitrogen content, b) in the growing seasons after refertilization the height growth of trees between the basic fertilization and refertilization + the total peat nitrogen content in the 5-10 cm peat layer.

Kovariaatti Covariate	Vuosi Year	Koe — Experiment						
		1	2	3	4	5	6	7
N5-10	-66	0,38	0,02	0,91	0,45	1,15	1,87	3,07
	-67	0,87	0,07	0,47	1,03	0,95	2,82	2,11
	-68	<u>0,65</u>	0,02	0,53	0,78	1,70	0,83	1,25
	-69	0,69	0,02	0,65	0,38	1,97	4,80	2,21
	-70	<u>0,64</u>	0,28	1,51	0,39	1,32	2,72	1,19
	-71	1,11	0,48	0,61	0,44	1,42	0,99	0,42
	-72	6,83*	0,29	0,47	0,42	0,86	1,30	0,98
	-73	1,19	0,11	<u>0,76</u>	0,55	1,14	2,01	1,14
	-74	1,88	<u>0,86</u>	3,59	0,47	1,19	3,79	4,66*
	-75	1,72	2,34	15,69**	0,51	1,24	4,93	7,63**
-76	0,76	4,27	7,69*	0,33	0,76	2,90	8,46**	
-77	1,03	4,51	4,50*	0,38	0,79	2,65	7,35**	
-78	1,88	4,21	7,93*	0,41	0,32	1,42	1,76	
-79	1,41	0,35	11,92**	0,44	0,79	0,92	0,33	
Pituuskasvu + N5-10 Height growth + N5-10	-70	<u>0,70</u>	—	—	—	—	—	—
	-71	0,24	—	—	—	—	—	—
	-72	3,76	—	—	—	—	—	—
	-73	0,80	—	<u>0,64</u>	—	—	—	—
	-74	1,34	<u>1,13</u>	3,07	0,60	0,74	—	3,14
	-75	0,95	2,24	14,48**	0,47	0,38	6,71	6,52*
	-76	0,60	0,38	6,06*	0,29	0,43	2,23	6,12*
	-77	0,82	0,50	3,52	0,44	0,60	1,60	5,14*
	-78	1,20	0,80	7,10*	0,80	0,32	0,61	0,96
	-79	1,00	0,42	13,17**	0,19	0,95	0,27	0,20

Liite 3. Kokeiden välisten sekä jatkolannoituksen aiheuttamien erojen F-arvot ja merkitsevyydet kokeissa 3—5 puiden pituuskasvusta lasketuissa kovarianssi-analyseissä. Laskennassa on mukana toisaalta lannoittamattomat sekä PK- ja NPK-lannoitetut koealat. Aineisto kovarianssikorjattu turpeen kokonaistyyppi-pitoisuudella ja sen neliöllä 5—10 cm:n turvekerroksessa.

Appendix 3. F values and significances of experiment (F_p) and fertilization (F_f) and their interaction (F_i) calculated from the height growth of trees in the joint analyses of Exps. 3–5. Calculation included on the one hand unfertilized and PK and NPK fertilized, on the other hand only PK and NPK fertilized sample plots. Data adjusted to regression with the total peat nitrogen content and its square in the 5–10 cm layer.

Vuosi Year	Lannoitus — Fertilization O/PK/NPK					
	F_p	F_f	F_i	PK/NPK		
	F_p	F_f	F_i	F_p	F_f	F_i
-66	6,96**	0,15	0,57	2,53	0,24	0,35
-67	7,35**	0,51	0,83	2,64	0,04	0,00
-68	22,61***	0,22	1,37	13,80***	0,51	0,18
-69	17,08***	0,73	0,84	10,90***	1,46	0,92
-70	9,83***	0,13	1,38	5,75**	0,19	0,97
-71	13,36***	1,04	0,89	6,35**	1,14	0,84
-72	13,36***	1,47	0,79	5,66**	2,61	0,34
-73	11,72***	0,68	1,08	5,37*	1,11	0,99
-74	11,28***	2,77	1,46	3,41*	4,19*	0,85
-75	11,76***	6,61**	2,64	2,31	7,42*	0,62
-76	10,25***	9,37***	3,25*	2,65	8,68**	1,65
-77	6,86**	10,04***	3,19*	2,62	9,02**	1,55
-78	5,02*	4,18*	1,94	2,18	4,42*	0,29
-79	8,99***	2,06	4,83*	5,62**	2,39	2,86

Liite 4. Puiden pituuskasvun (I_h), pituuden (h) ja rinnankorkeusläpimitan ($D_{1,3}$) riippuvuus turpeen kokonaistyyppipitoisuudesta (%). Tilastollisesti merkitsevät regressiokertoimet ja F-arvot. Luokkamuuttujana jatkolannoitus. Mukana vain jatkolannoitetut koalat jatkolannoitusvuonna ja sen jälkeen.

Appendix 4. Dependence of height growth (I_h), height (h) and breast-height diameter ($D_{1,3}$) on the total peat nitrogen content. Statistically significant regression coefficients and F values. Refertilization as class variable. Only the refertilized sample plots in and after the refertilization year included.

Koe Experiment	Mitattu suure vuonna Measured quantity in	Turvekerros — Peat layer, cm			
		0—5		5—10	
		Kerroin Coeff.	F	Kerroin Coeff.	F
1	I_h	-72	—	-8,90	14,40*
2		-74	—	5,01	14,17*
		-75	—	4,05	8,69*
3		-74	—	-3,29	12,00*
		-75	—	-1,21	8,35*
	$D_{1,3}$	-79	—	-22,67	7,00*
	h	-79	—	-154,00	8,33*
4	I_h	-68	3,64	2,99	12,81**
		-69	4,80	4,20	17,51**
		-70	5,10	4,61	17,42**
		-71	4,73	4,67	15,90*
		-72	—	3,26	6,54*
		-73	—	3,90	9,47**
		-76	—	2,10	4,61*
		-77	—	3,10	10,63**
		-78	—	2,43	5,58*
		-79	—	2,43	7,59*
	$D_{1,3}$	-79	9,56	7,80	5,34*
5	I_h	-66	3,43	2,70	47,74***
		-67	2,93	2,64	13,90**
		-68	7,76	6,68	72,05***
		-69	9,57	8,14	28,91**
		-70	9,90	8,28	16,78**
		-71	11,35	9,59	16,94**
		-72	9,66	7,88	9,10*
		-73	8,50	7,00	8,25*
	$D_{1,3}$	-79	26,89	21,81	16,24**
	h	-79	90,30	72,97	7,04*
6	I_h	-66	—	1,61	413,86*
		-69	—	2,62	14,54*
		-70	—	3,20	10,86*
		-74	—	15,87	12,78*
		-75	—	11,81	12,79*
	$D_{1,3}$	-79	—	29,95	16,41*
7	I_h	-67	1,75	—	—

Liite 5. Puiden pituuskasvun riippuvuus turpeen kokonaistyyppipitoisuudesta (%) 0–5 ja 50 cm:n kerroksessa kokeiden 3, 4 ja 5 yhteiskovarianssianalysissä PK- ja NPK-lannoitetuilla koaloilla. Regressiokertoimet ja F-arvot. Luokkamuttujana koe.

Appendix 5. Dependence of the height growth of trees on the total peat nitrogen content (%) in the 0–5 and 5–10 cm layers in the joint (Exps. 3, 4 and 5) analysis of covariance on PK and NPK fertilized sample plots. Regression coefficients and F values. Experiment as class variable.

Vuosi Year	Turvekerros — Peat layer							
	0–5				5–10			
	PK		NPK		Lannoitus — Fertilization		NPK	
Kerroin Coeff.	F	Kerroin Coeff.	F	Kerroin Coeff.	F	Kerroin Coeff.	F	
-66	-1,20	1,35	0,88	2,29	-0,59	0,66	1,24	5,02*
-67	-0,71	0,33	1,96	4,92*	-0,34	0,16	1,54	2,77
-68	2,96	7,41*	4,58	12,54**	2,50	21,96**	4,72	13,84**
-69	4,33	7,38*	5,08	10,81**	3,67	22,90**	5,74	16,19***
-70	4,39	3,89	4,10	5,09*	4,41	19,48**	5,11	9,17**
-71	4,44	4,75	4,85	5,08*	4,40	29,25***	6,05	9,18**
-72	3,13	2,29	4,94	5,51*	3,41	10,39*	6,35	11,01**
-73	2,68	1,14	3,92	3,67	3,91	10,63*	4,87	6,26*
-74	2,30	0,76	4,19	6,19*	3,84	8,57*	3,77	4,73
-75	0,39	0,07	1,12	1,10	1,22	1,60	0,96	0,80
-76	3,37	3,03	0,86	0,43	3,54	14,67**	1,55	1,48
-77	3,44	2,10	2,26	4,61	3,23	16,59**	2,81	8,08*
-78	3,39	3,32	1,33	1,21	3,82	31,31***	2,47	4,82
-79	4,38	6,27*	2,92	6,97*	4,09	36,92***	2,84	6,43*

Liite 6. Puiden pituuskasvun (I_h) ja pituuden (h) ja rinnankorkeusläpimitan ($D_{1,3}$) riippuvuus turpeen C/N-suhteesta. Tilastollisesti merkitsevät regressiokertoimet ja F-arvot. Luokkamuuttujana jatkolannoitus. Jatkolannoitusvuonna ja sen jälkeen mukana vain jatkolannoitetut koealat.

Appendix 6. Dependence of height growth (I_h), height (h) and breast-height diameter ($D_{1,3}$) on the C/N ratio in peat. Statistically significant regression coefficients and F values. Refertilization as class variable. In and after the refertilized year only the refertilization sample plots included.

Koe Experiment	Mitattu suure vuonna Measured quantity in	Turvekerros — Peat layer, cm				
		0—5		5—10		
		Kerroin Coeff.	F	Kerroin Coeff.	F	
2	I_h	-74	-0,461	8,63*	-0,241	10,90*
		-75	-0,386	6,99*		
3	$D_{1,3}$	-75			0,658	7,05*
		-79			3,934	9,53*
4	I_h	-79			27,159	12,24*
		-68	-0,290	15,36**	-0,146	11,88**
		-69	-0,379	15,79**	-0,212	18,54**
		-70	-0,408	14,42**	-0,230	17,52**
		-71	-0,398	11,64**	-0,237	17,31**
		-72	-0,275	5,08*	-0,179	8,90**
		-73	-0,307	5,79*	-0,198	10,04**
		-74			-0,163	4,84*
		-76			-0,119	6,54*
		-77			-0,150	9,67**
		-78			-0,138	8,13*
5	I_h	-79			-0,128	9,08**
		-79	-0,810	7,40*		
		-66	-0,197	84,84***	-0,114	11,71*
		-67	-0,168	7,52*	-0,113	6,90*
		-68	-0,449	27,98**	-0,295	17,92**
		-69	-0,561	20,67**	-0,352	11,06**
		-70	-0,577	14,53**	-0,344	6,80*
		-71	-0,662	13,69*	-0,383	5,80*
		-72	-0,566	9,55*		
		-73	-0,483	7,19*		
		-79	-1,535	15,05**	-0,861	5,45*
6	I_h	-79	-5,012	6,08*		
		-67	-0,166	15,32*		
		-68	-0,233	14,06*		
		-69	-0,259	18,27*		
		-75	-1,065	11,46*		
7	I_h	-79	-2,905	16,65*		
		-67	-0,134	17,04**		

Liite 7. Puiden pituuskasvun riippuvuus turpeen C/N-suhteesta 0—5 ja 5—10 cm:n turvekerroksessa kokeiden 3, 4 ja 5 yhteiskovarianssianalysissä PK- ja NPK-lannoitetuilla koelaloilla. Regressiokertoimet ja F-arvot. Luokkamuuttujana koe.

Appendix 7. Dependence of the height growth of trees on the C/N ratio in peat in the 0–5 and 5–10 cm layers in the joint (Exps. 3, 4 and 5) analysis of covariance on the PK and NPK fertilized sample plots. Regression coefficients and F values. Experiment as class variable.

Vuosi Year	Turvekerros — Peat layer							
	0—5				5—10			
	PK		Lannoitus — Fertilization		PK		NPK	
	Kerroin Coeff.	F	Kerroin Coeff.	F	Kerroin Coeff.	F	Kerroin Coeff.	F
-66	0,058	0,52	-0,077	3,60	0,015	0,12	-0,057	6,68*
-67	0,025	0,07	-0,156	6,46*	-0,003	0,00	-0,053	1,85
-68	-0,238	10,52*	-0,375	20,82***	-0,114	8,04*	-0,166	8,76**
-69	-0,332	8,57*	-0,441	21,82***	-0,182	11,76**	-0,208	10,98**
-70	-0,357	5,29*	-0,373	9,88**	-0,226	12,35**	-0,183	6,38*
-71	-0,360	6,57	-0,449	10,41**	-0,209	11,06*	-0,231	7,55*
-72	-0,252	2,86	-0,480	13,46**	-0,156	5,02*	-0,239	8,63*
-73	-0,231	1,64	-0,375	7,73*	-0,184	5,58*	-0,193	5,78*
-74	-0,222	1,39	-0,356	10,17**	-0,192	5,90*	-0,139	3,70
-75	-0,053	0,22	-0,097	1,66	-0,068	1,65	-0,051	1,40*
-76	-0,269	3,75	-0,050	0,28	-0,182	10,23*	-0,074	2,04
-77	-0,284	2,81	-0,134	2,98	-0,207	9,01*	-0,107	6,60*
-78	-0,269	4,12	-0,101	1,37	-0,180	11,02*	-0,118	7,33*
-79	-0,328	6,59*	-0,181	4,84	-0,178	8,31*	-0,111	5,73*

Liite 8. Puiden pituuskasvun (I_h), pituuden (h) ja rinnankorkeuden ($D_{1,3}$) riippuvuus turpeen pH:sta eri kokeissa. Tilastollisesti merkitsevät regressioker-
toimet ja F-arvot. Mukana vain jatkolannoitetut koealat jatkolannoitusvuonna
ja sen jälkeen. Luokkamuuttujana jatkolannoitus.

*Appendix 8. Dependence of height growth of trees (I_h), height (h) and breast-height
diameter ($D_{1,3}$) on peat pH. Statistically significant regression coefficients and F
values. In and after the refertilization year only the refertilized sample plots
included. Refertilization as class variable.*

Koe Experiment	Mitattu suure vuonna Measured quantity in	Turvekerros — Peat layer, cm				
		0—5		5—10		
		Kerroin Coeff.	F	Kerroin Coeff.	F	
1	I_h	-66	—	—	-20,00	6,67*
		-67	—	—	-20,00	13,33*
		-70	—	—	-40,00	7,62*
		-72	17,19	8,37*	—	—
2		-70	—	—	53,33	7,95*
		-71	—	—	53,33	10,00*
		-72	—	—	53,33	6,81*
3		-68	—	—	-30,00	14,73*
		-69	—	—	-28,33	42,29**
		-70	—	—	-31,67	13,97*
		-71	—	—	-40,00	7,20*
		-72	—	—	-50,00	12,50*
4		-74	—	—	-30,00	15,43*
		-69	—	—	15,49	6,59*
5		-70	—	—	17,36	6,57*
		-66	—	—	12,85	6,79*
		-67	—	—	13,92	9,83*
		-70	—	—	38,92	8,08*
		-71	—	—	46,07	8,86*
6	$D_{1,3}$	-72	—	—	37,85	6,01*
		-79	—	—	111,42	10,94*
	I_h	-79	—	—	499,28	14,06**
		-68	—	—	3,30	9,40*
		-69	8,89	9,85*	—	—
		-71	—	—	12,09	11,12*
		-73	—	—	22,04	8,49*
		-74	—	—	23,50	7,94*
		-76	—	—	25,92	10,30*
		-77	—	—	26,70	15,08*
-78	—	—	28,54	17,78*		
h	-79	—	—	37,57	24,65*	
	-79	—	—	209,51	10,52*	

Liite 9. Puiden pituuskasvun riippuvuus turpeen pH:sta 0—5 ja 5—10 cm:n turvekerroksessa PK- ja NPK-lannoitetuilla koealoilla kokeiden 3, 4 ja 5 yhteiskovarianssianalyyseissä. Regressiokertoimet ja F-arvot. Luokkamuuttujana koe.

Appendix 9. Dependence of height growth on peat pH in the 0-5 and 5-10 cm peat layers in the joint (Exps. 3, 4 and 5) analysis of covariance on the PK and NPK fertilized sample plots. Regression coefficients and F values. Experiment as class variable.

Vuosi Year	Turvekerros — Peat layer							
	0—5		Lannoitus — Fertilization				5—10	
	PK		NPK		PK		NPK	
	Kerroin Coeff.	F	Kerroin Coeff.	F	Kerroin Coeff.	F	Kerroin Coeff.	F
-66	2,97	0,12	-0,07	0,00	-2,77	0,24	2,34	1,08
-67	7,84	0,72	0,40	0,03	1,57	0,06	5,01	2,04
-68	-0,54	0,00	2,94	0,68	16,14	9,78*	7,32	1,53
-69	-11,35	0,48	2,19	0,28	26,02	16,18**	5,82	0,69
-70	-12,98	0,41	0,02	0,63	32,30	17,22**	2,22	0,09
-71	-9,99	0,27	1,13	0,05	28,80	12,29**	2,75	0,09
-72	-9,72	0,31	0,99	0,04	22,65	6,51*	-1,75	0,04
-73	-14,59	0,54	1,81	0,14	22,17	3,93	-4,05	0,24
-74	-16,48	0,66	0,27	2,18	24,70	5,03*	1,67	0,05
-75	-6,22	0,29	0,01	-0,19	3,98	0,26	4,09	1,06
-76	-11,62	0,47	1,38	0,23	19,40	4,30	3,34	0,47
-77	-15,41	0,62	0,95	0,14	22,77	4,35	-3,22	0,56
-78	-10,81	0,43	-0,72	0,04	20,72	5,86*	-3,95	0,74
-79	-9,99	0,33	1,76	0,40	22,53	6,52*	-0,59	0,02

Liite 10. Puiden kasvun riippuvuus turpeen syvyydestä peräkkäisinä vuosina eri kokeissa. Regressiokertoimet ja F-arvot.

Appendix 10. Dependence of seedling growth on peat depth in successive years. Regression coefficients and F values.

Mitattu suu- re vuonna Measured quantity in	Koe — Experiment														
	1		2		3		4		5		6		7		
	Kerroin Coeff.	F	Kerroin Coeff.	F	Kerroin Coeff.	F	Kerroin Coeff.	F	Kerroin Coeff.	F	Kerroin Coeff.	F	Kerroin Coeff.	F	
h_i	-66	-0,29	0,44	-0,51	1,28	0,49	10,16*	-0,13	0,29	0,51	1,17	0,10	0,10	0,00	0,00
	-67	0,07	0,03	-0,46	1,11	0,80	7,78*	-0,19	0,47	0,81	3,08	0,00	0,00	-0,08	0,08
	-68	-0,29	0,38	-0,71	1,50	0,75	7,05*	0,20	0,18	1,97	4,22	0,00	0,00	-0,25	0,71
	-69	0,07	0,01	-0,78	0,92	0,61	9,51*	0,52	0,73	2,76	5,73	0,15	0,07	-0,16	0,22
	-70	0,50	0,35	-0,84	1,38	0,94	12,88*	0,02	0,00	2,90	5,20	0,70	1,46	0,50	1,50
	-71	1,57	1,81	-0,48	0,42	1,22	6,93*	0,25	0,13	3,74	8,12*	1,35	0,66	1,66	5,62
	-72	1,64	1,67	-0,63	0,64	1,54	13,76*	0,40	0,39	3,25	6,64*	2,25	1,07	2,91	7,20
	-73	2,57	2,32	-0,40	0,12	1,12	7,03*	0,45	0,46	2,79	5,33	2,85	0,89	3,25	5,45
	-74	3,71	5,40	-0,85	0,75	0,48	2,31	0,43	0,37	1,81	2,90	2,35	0,55	2,25	1,90
	-75	3,21	11,24*	-1,01	1,57	0,12	2,24	0,30	0,52	0,88	0,94	1,60	0,45	1,00	0,42
	-76	3,71	8,87*	-1,58	10,59*	0,09	0,04	-0,25	0,29	0,44	0,17	1,65	0,21	0,50	0,15
	-77	3,07	8,81*	-1,16	7,36	0,12	0,04	-0,33	0,42	-0,14	0,03	0,95	0,07	0,16	0,03
	-78	2,00	12,73*	-0,94	5,04	-0,01	0,00	-0,10	0,04	-0,07	0,01	0,90	0,06	-0,25	0,06
	-79	2,79	12,82*	-0,02	0,00	0,09	0,05	-0,20	0,21	-0,32	0,15	1,00	0,04	-1,00	0,59
$D_{1,3}$	-79	0,08	1,21	-3,97	2,10	2,91	5,40	0,33	0,04	5,97	2,34	-0,30	0,00	-1,16	0,17
h	-79	11,21	0,23	-18,46	1,57	17,72	4,03	-8,58	1,15	14,81	0,77	-2,70	0,01	4,33	0,08

Liite 11. Puiden pituuskasvun vuosina 1977—1979 riippuvuus neulasten typpi-
toisuudesta vuonna 1980 eri kokeissa sekä kokeiden 3, 4 ja 5 yhteiskovarianssi-
analyysissä. Regressiokertoimet ja F-arvot. Luokkamuuttujana yksittäisissä
kokeissa jatkolannoitus ja kokeiden 3, 4 ja 5 yhteisanalyysissä koe.

*Appendix 11. Dependence of height growth of trees in 1977–79 on the foliar nitrogen
content 1980 in all the experiments and in the joint analysis of Exps. 3, 4 and 5.
Regression coefficients and F values Refertilization as class variable in single
experiments and the experiment in the joint analysis of Exps. 3, 4 and 5.*

Koe Experiment	Vuosi Year	Kerroin Coeff.	F	Koe Experiment	Vuosi Year	Kerroin Coeff.	F
1	-77	29,887	4,24	6	-77	56,571	5,38
	-78	20,207	6,29*		-78	56,000	3,80
	-79	25,000	3,93		-79	68,190	2,88
2	-77	1,935	0,03	7	-77	3,784	0,14
	-78	4,911	0,32		-78	3,704	0,13
	-79	-3,274	0,10		-79	2,335	0,03
3	-77	5,877	0,34	3—5 _{PK}	-77	49,22	7,39*
	-78	2,723	0,18		-78	45,38	11,59**
	-79	5,017	0,55		-79	53,41	22,34**
4	-77	22,808	4,72*	3—5 _{NPK}	-77	3,21	0,26
	-78	29,532	11,29**		-78	10,10	2,54
	-79	25,034	9,28**		-79	7,98	1,43
5	-77	1,511	0,02	3—5 _{PK + NPK}	-77	13,76	3,48
	-78	0,949	0,01		-78	18,19	8,23**
	-79	-5,940	0,34		-79	18,40	7,63**

ODC 237.4+111.2+2--114.444+174.7 *Pinus sylvestris* +561.1+236
ISBN 951-40-0694-1
ISSN 0015-5543

KAUNISTO, S. 1985. Lannoituksen, ilman lämpösunnan ja eräiden kasvuolosuhteiden ominaisuuksien vaikutus mäntytaimikoiden kasvuun turvemilla. Summary: Effect of fertilization, temperature sum and some peat properties on the height growth of young pine sapling stands on peatlands. *Folia For.* 616: 1—27.

The sites were pine mires or bogs with different nitrogen conditions. Basic fertilization increased height growth year by year for 6—8 years, after which the rising trend in height growth ceased or the growth began to fall. Refertilization particularly with nitrogen containing nutrient combinations usually postponed the falling trend. Variation in height growth seemed to correlate with the previous-year temperature sum. The fertilization time in relation to the variations in the temperature sum, nutrient combination and the peat nitrogen content brought exceptions to this rule.

The total peat nitrogen content (in 5—10 cm layer) explained the variation in the height growth of trees better than the C/N ratio and pH in peat. Growth improved as the total peat nitrogen content increased, except in the most nitrogen-rich sample plot (N_x 5—10 cm = 3.15 %) in which the correlation was negative.

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Parkano Research Station, SF-39700 Parkano, Finland.

ODC 237.4+111.2+2--114.444+174.7 *Pinus sylvestris* +561.1+236
ISBN 951-40-0694-1
ISSN 0015-5543

KAUNISTO, S. 1985. Lannoituksen, ilman lämpösunnan ja eräiden kasvuolosuhteiden ominaisuuksien vaikutus mäntytaimikoiden kasvuun turvemilla. Summary: Effect of fertilization, temperature sum and some peat properties on the height growth of young pine sapling stands on peatlands. *Folia For.* 616: 1—27.

The sites were pine mires or bogs with different nitrogen conditions. Basic fertilization increased height growth year by year for 6—8 years, after which the rising trend in height growth ceased or the growth began to fall. Refertilization particularly with nitrogen containing nutrient combinations usually postponed the falling trend. Variation in height growth seemed to correlate with the previous-year temperature sum. The fertilization time in relation to the variations in the temperature sum, nutrient combination and the peat nitrogen content brought exceptions to this rule.

The total peat nitrogen content (in 5—10 cm layer) explained the variation in the height growth of trees better than the C/N ratio and pH in peat. Growth improved as the total peat nitrogen content increased, except in the most nitrogen-rich sample plot (N_x 5—10 cm = 3.15 %) in which the correlation was negative.

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Parkano Research Station, SF-39700 Parkano, Finland.

Tilaan kortin kääntöpuolelle merkitsemäni julkaisut (julkaisun numero mainittava).

Please send me the following publications (put number of the publication on the back of the card).

Nimi
Name _____

Osoite
Address _____

Metsäntutkimuslaitos
Kirjasto/Library
Unioninkatu 40 A
SF-00170 Helsinki 17
FINLAND



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:* 91500 Muhos, 1 kp, Finland
Puh. — *Phone:* (981) 431 404

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

Punkaharjun jalostuskoasema
Punkaharju Tree Breeding Station
Os. — *Address:* 58450 Punkaharju, Finland
Puh. — *Phone:* (957) 314 241

Ojajoen koasema
Ojajoki Experimental 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 30, Finland
Puh. — *Phone:* (960) 15 721

Joensuun tutkimusasema
Joensuu Research Station
Os. — *Address:* PL 68
80101 Joensuu 10, Finland
Puh. — *Phone:* (973) 28 331

Kannuksen tutkimusasema
Kannus Research Station
Os. — *Address:* Valtakatu 18
69100 Kannus, Finland
Puh. — *Phone:* (968) 71 161

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

1984

- No 603 Palmgren, Kristina: Muokkauksen ja kalkituksen aiheuttamia mikrobiologisia muutoksia metsämaassa. Microbiological changes in forest soil following soil preparation and liming.
- No 604 Pelkonen, Paavo: Temperature response of electrical impedance in poplar cuttings: A preliminary concept. Poppelipistokkaiden impedanssin riippuvuus lämpötilasta: Alustava malli.
- No 605 Huttunen, Terho: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1982—84. Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1982—84.
- No 606 Arbetsorganisation i skogsbruket. Slutrapport för ett projekt vid Nordiska Skogsarbetsstudiernas Råd under perioden 1981—1983. The organization of work in forestry. Metsätalouden työorganisaatio.
- No 607 Jokinen, Katriina: Männyn tyvitervastaudin leviäminen ja torjunta harmaaorvakalla (*Phlebiopsis gigantea*) männyn taimikoiden harvennuksessa. The spread of *Heterobasidion annosum* and its control using *Phlebiopsis gigantea* during thinnings in the young stands of Scots pine.
- No 608 Savonen, Eira-Maija & Lähde, Erkki: Paakun taimimäärän vaikutus männyntaimien kehitykseen. Effects of seedling density on the development of containerised Scots pine seedlings.
- No 609 Lehto, Tarja: Kalkituksen vaikutus männyn mycorrhizae. The effect of liming on the mycorrhizae of Scots pine.
- No 610 Repo, Tapani, Mela, Martti & Valtanen, Jukka: Männynversosyövälle alttiiden ja vastustuskykyisten taimi-alkuperien erottaminen neulasten ominaisimpedanssin mittauksella. Separation of susceptible and resistant provenances of Scots pine to *Gremmeniella abietina* by specific needle impedance.

1985

- No 611 Raitio, Hannu: Yksivuotiaiden avomaalla kasvatettujen paljasjuuristen männyntaimien kasvuhäiriön oireet ja esiintyminen. Symptoms and occurrence of a growth disturbance in one-year-old, bare-rooted Scots pine seedlings raised in the open.
- No 612 Långström, Bo: Tukkimiehintäin aiheuttamat tuhot Suomessa vuosina 1970—1971. Yhteis pohjoismaisen tutkimuksen Suomea koskevat tulokset. Damage caused by *Hylobius abietis* in Finland in the years 1970—1971. Results from the Finnish part of a joint Nordic study.
- No 613 Ferm, Ari & Markkola, Annamari: Hieskoivun lehtien, oksien ja silmujen ravinnepitoisuuksien kasvukautinen vaihtelu. Nutritional variation of leaves, twigs and buds in *Betula pubescens* stands during the growing season.
- No 614 Hytönen, Jyrki: Teollisuuslietteellä lannoitetun vesipajun lehdetön maanpäällinen biomassatuotos. Leafless above-ground biomass production of *Salix 'Aquatica'* fertilized with industrial sludge.
- No 615 Tiihonen, Paavo: Kasvun vaihtelu Keski-Suomen ja Etelä-Pohjanmaan piirimetsälautakunnissa valtakunnan metsien 7. inventoinnin aineiston perusteella. Growth variation in the Forestry Board Districts of Keski-Suomi and Etelä-Pohjanmaa according to the 7th National Forest Inventory.
- No 616 Kaunisto, Seppo: Lannoituksen, ilman lämpösumman ja eräiden kasvualustan ominaisuuksien vaikutus mäntytaimikoiden kasvuun turvemailla. Effect of fertilization, temperature sum and some peat properties on the height growth of young pine sapling stands on peatlands.
- No 617 Paavilainen, Eero & Tiihonen, Paavo: Keski- ja Pohjois-Pohjanmaan sekä Kainuun suometsät vuosina 1951—1983. Peatland forests in Keski-Pohjanmaa, Kainuu and Pohjois-Pohjanmaa in 1951—1983.
- No 618 Lipas, Erkki: Kasvupaikan puuntuotoskyvyn ja lannoitustarpeen arviointi maan ominaisuuksien avulla. Assessment of site productivity and fertilizer requirement by means of soil properties.
- No 619 Kaunisto, Seppo: Alustavia tuloksia metsän tehoviljelykokeista turvemailla. Preliminary results from high efficiency forest regeneration experiments on peatlands.
- No 620 Metsätalastollinen vuosikirja 1984. Yearbook of Forest Statistics, 1984.
- No 621 Salo, Kauko: Luonnonmarjojen ja sienten poiminta Suomussalmella ja eräissä Pohjois-Karjalan kunnissa. Wild-berry and edible-mushroom picking in Suomussalmi and in some North Karelian communes, Eastern Finland.
- No 622 Metsäntutkimuslaitoksen päätös havupuutukien, lehtipuutukien, mäntypylväiden ja ratapölkkyyaihioiden mittauksessa käytettävistä yksikkötilavuusluvuista. Skogsforskningsinstitutets beslut gällande enhetsvolymtal vid mätning av barrtimmer, lövtimmer, tallstolpar och slipertimmer.

Metsäntutkimuslaitoksen julkaisusarjoja, Communicationes Instituti Forestalis Fenniae ja Folia Forestalia, koskevat yksittäiskappaletilaukset ja vaihtotarjoukset osoitetaan laitoksen kirjastolle. Tiedonantomonisteita koskevat pyynnöt osoitetaan ao. tutkimusosastolle tai -asemalle.

Subscriptions concerning single copies of the publications, as well as exchange offers, can be addressed to the Library of the Institute.

Myynti: Valtion painatuskeskus, Annankatu 44, 00100 Helsinki 10, puh. (90) 17 341

ISBN 951-40-0694-1
ISSN 0015-5543