

FOLIA FORESTALIA 396

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1979

KLAUS SILFVERBERG

MÄNNYN KASVUHAIRIÖN AJOITTU-
MINEN JA ALKUKEHITYS TURVE-
MAAN BOORINPUUTOSALUEELLA

PHENOLOGY AND INITIAL DEVELOP-
MENT OF A GROWTH DISORDER IN
SCOTS PINE ON BORON DEFICIENT
PEATLAND

- No 325 Raulo, Jyrki & Lähde, Erkki: Rauduskoivun istutustuloksia Lapissa. Reforestation results with *Betula pendula* Roth in Finnish Lapland.
- No 326 Paavilainen, Eero: Männyn istutus suopeltojen metsityksessä. Planting of Scots pine in afforestation of abandoned swampy fields.
- No 327 Paavilainen, Eero: Jatkolannoitus vähäravinteisilla rämeillä. Ennakkotuloksia. Refertilization on oligotrophic pine swamps. Preliminary results.
- No 328 Laitinen, Jorma & Takalo, Sauli: Moottorisahavintturin käytöstä pienten puiden ja rukkien esijuonnossa. Preliminary skidding of small trees and sawlogs by power saw winch.
- No 329 Kinnunen, Kaarlo & Linnimäki, Jorma: Metsänuudistamisen onnistuminen ja taimistojen alkukehitys Pohjois-Karjalassa. Success of forest regeneration and initial development of sapling stands in northern Karelia.
- No 330 Huttunen, Terho: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1975—77. Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1975—77.
- No 331 Gustavsen, Hans G.: Valtakunnalliset kuutiokasvuyhtälöt. Finnish volume increment functions.
- No 332 Helander, Matti & Simula, Anna-Leena: Metsäalan toimihenkilöiden kysyntä ja tarjonta vuoteen 1985. Demand and supply of professional forestry staff by 1985.
- No 333 Hakkila, Pentti, Kalaja, Hannu, Salakari, Martti & Valonen, Paavo: Whole-tree harvesting in the early thinning of pine. Kokopuun korjuu männikön ensiharvennuksessa.
- No 334 Järveläinen, Veli-Pekka: Mielipteet yksityismetsätaloudessa. Metsänomistajien ja metsäammattimiesten käsityksiä metsätaloudesta ja sen edistämisestä. Opinions in Finnish private forestry. On the opinions of the private forest owners and the forestry experts concerning forestry and its promotion.
- 1978 No 335 Juutinen, Paavo: Kuitupuupinot pystynävertäjän (*Tomicus piniperda* L.) lisääntymispaikkoina Pohjois-Suomessa. Pulpwood stacks as breeding sites for pine shoot beetle (*Tomicus piniperda* L.) in northern Finland.
- No 336 Kärkkäinen, Matti: Menetelmiä likipituisten kuitupuupölkkyjen keskipituuden mittaamiseksi. Methods for measuring the average length of pulpwood bolts estimated during logging by eye.
- No 337 Kuusela, Kullervo & Salminen, Sakari: Koillis-Suomen metsävarat vuonna 1976 ja Lapin metsävarat vuosina 1970 ja 1974—76. Forest resources in the Forestry Board Districts of Koillis-Suomi in 1976 and Lappi in 1970 and 1974—76.
- No 338 Lähde, Erkki: Välivarastoinnin vaikutus männyn paakkutaimien viljelyn onnistumiseen. Effect of intermediate storage of containerized Scots pine planting stock on reforestation success.
- No 339 Teivainen, Terttu: Eräiden poppelikloonien myyrätuhoalttius ruokintakokeiden mukaan. Resistance of some poplar clones to vole damage through feeding experiments.
- No 340 Laitinen, Jorma & Takalo, Sauli: Kantokäsittelylaittein varustettujen raivaussahojen vertailua. Comparison of clearing saws equipped with stump spraying devices.
- No 341 Uusvaara, Olli: Teollisuushakkeen ja purun painomittaus. Weight scaling of industrial chips and sawdust.
- No 342 Hakkila, Pentti: Pienpuun korjuu polttoaineeksi. Harvesting small-sized wood for fuel.
- No 343 Paavilainen, Eero: PK-lannoitus Lapin ojitetuilla rämeillä. Ennakkotuloksia. PK-fertilization on drained pine swamps in Lapland. Preliminary results.
- No 344 Lehtonen, Irja, Pekkala, Osmo & Uusvaara, Olli: Tervalepän (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) ja raidan (*Salix caprea* L.) puu- ja massateknisiä ominaisuuksia. Technical properties of black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) and great willow (*Salix caprea* L.) wood and pulp.
- No 345 Metsätalastollinen vuosikirja 1976. Yearbook of Forest Statistics 1976.
- No 346 Parviainen, Jari: Taimisto- ja riukuvaiheen männikön harvennus. Durchforstung im Kiefernbestand in der Jungwuchs- und Stangenholzphase.
- No 347 Vuorinen, Heikki: Metsätraktorin kuljettajan kuormittumisen mittaussuhteet. Possibilities of measuring the strain on forest tractor drivers.
- No 348 Löyttyniemi, Kari: Metsänlannoituksen vaikutuksesta ytimenävertäjiin (*Tomicus* spp., Col., Scolytidae). Effect of forest fertilization on pine shoot beetles (*Tomicus* spp., Col., Scolytidae).
- No 349 Metsämuuronen, Markku, Kaila, Simo & Räsänen, Pentti K.: Männyn paakkutaimien alkukehitys vuoden 1973 istutuksissa. First-year planting results with containerized Scots pine seedlings in 1973.

FOLIA FORESTALIA 396

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1979

Klaus Silfverberg

MÄNNYN KASVUHÄIRIÖN AJOITTUMINEN JA ALKUKEHITYS
TURVEMAAN BOORINPUUTOSALUEELLA

Phenology and initial development of a growth disorder in Scots
pine on boron deficient peatland

SILFVERBERG, K. 1979. Männyn kasvuhäiriön ajoittuminen ja alkukehitys turvemaan boorinpuutosalueella. Abstract: Phenology and initial development of a growth disorder in Scots pine on boron deficient peatland. *Folia For.* 396: 1-19.

Kuluneen vuosikymmenen aikana on varsinkin ojitetuilla ja lannoitetuilla turvemailla todettu kasvuhäiriöitä, joiden syyksi on epäilty hivenravinteiden, lähinnä boorin puutosta. Oirekuvaan kuuluu latvuksen kasvupisteiden kuoleminen ja puiden pensastuminen. Tässä tutkimuksessa selvitettiin kasvuhäiriön alkukehitystä ja ajoittumista fenologisen seurannan avulla. Tutkimus suoritettiin vuosina 1977 ja 1978 Kivisuon metsänlannoituskoekentällä Leivonmäellä Keski-Suomessa.

Akuutti kasvuhäiriö (latvakato) ilmeni alkukesällä. Tällöin muodostui lyhyt, vajaasti kehittynyt kasvain, joka tavallisesti kuivui samana kesänä tai seuraavan kesän alussa. Kahden vuoden kuluessa latvakato ilmaantui noin puoleen puista. Latvakatoja oli tasaisesti kaikissa kokoluokissa. Latvakatoa edeltävät oireet ilmenivät myöhään tai puuttuivat. Toisaalta oireita siintyi myös puissa, jotka säästyivät latvakadolta. Latvakadon toistuessa puiden toipumismahdollisuudet heikkenivät niiden jäädessä alispuiksi. Istutusvälin tihentäminen lisäsi selvästi latvakadon määrää. Oireiden ajoittuminen alkukesään viittaa vaikeuksiin puiden vedensaannissa. Tätä vahvistaa myös roudan myöhäinen säilyvyys alueella.

Ravinnetilanteen merkitystä häiriön primäärisenä aiheuttajana puoltaa kasvuhäiriön puuttuminen koalojen välisiltä lannoittamattomilta vaipoilta. Alueella tehdyt neulasanalyysit tukevat esitettyjä boorinpuutoshypoteesejä. Torjuntatoimet olisi suoritettava metsikkötasolla ennen yksittäisten latvakatojen ilmaantumista.

During the last ten years growth disorders have been observed in Scots pine, particularly on drained and fertilized peatlands. Micronutrient deficiencies, especially of boron, have been suspected as the main cause. Death of the growing points and bushing of the top are characteristic symptoms. The aim of this study was to elucidate the initial phase and timing of such growth disorders by means of phenological monitoring. The investigation was carried out at the Kivisuo experimental area (61°53'N 25°59'E) in Leivonmäki during 1977 and 1978.

Acute growth disorders (dieback) appeared in early summer. Short, poorly-developed shoots were formed, usually dying later on the summer or early the next. Symptoms preceding dieback were lacking or appeared late. Several trees which were still healthy showed symptoms. During a two year period, dieback occurred in about half of the trees. Dieback was found in equal numbers in all size classes. If repeated, dieback reduced the chances of recovery as the trees became suppressed. Reducing planting spacing distinctly increased the number of diebacks. The timing of the symptoms in early summer suggest that the trees may experience difficulties in taking up water. This is also supported by the fact that the spring thaw occurred late in the peat.

The importance of the nutritional status as the primary cause of the disorder is supported by the absence of the disorder on the unfertilized marginal strips. Needle-analyses carried out on samples taken from the experimental plots support the micronutrient-hypotheses. Preventive action should be carried out at the stand level, before the appearance of dieback in separate trees.

ALKUSANAT

Tämä työ on osa laajempaa ns. kasvuhäiriöprojektia, jonka Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosasto on käynnistänyt v. 1976. Työn tarkoituksena on tarkastella kasvuhäiriön alkukehitystä ja fenologiaa. Tulosten käyttö kasvuhäiriön fysiologisten syiden tulkinnassa sekä kasvuhäiriön torjunnassa on nähtävä eräinä sovellutusmahdollisuuksina. Tutkimus on rahoitettu osittain valtion tulo- ja menoarviossa myönnettyillä suhdannepidätysvaroilla.

Työn on alunperin ideoinut LuK Heikki Veijalainen. Maastotöissä ovat avustaneet FK Ulla Silfverberg ja

yo. Hanna Ouni. FK Riitta Heinonen on suorittanut aineiston tietokonekäsitteilyn. Yo. Liisa Poutanen ja Maija Tuuri ovat tehneet konekirjoitustyöt. Taideopiskelija Päivi Lempiäinen on piirtänyt kuvat. Käsikirjoituksen ovat luke- neet ja siihen korjauksia tehneet prof. Olavi Huikari, prof. Erkki Lähde, FL Antti Reinikainen, LuK Heikki Veijalainen ja LuK Kimmo Kollari. Englanninkielisen tekstin on tarkastanut MMK John Deroome. Kiitän lämpimästi kaikkia tutkimuksen syntyyn myötävaikuttaneita henkilöitä.

Helsingissä, toukokuussa 1979

Klaus Silfverberg

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	5
2. AINEISTO JA MENETELMÄT	5
3. TULOKSET	7
31. Pituuskasvu	7
32. Sädekasvu	9
33. Neulasten ja silmujen kehitys	11
34. Latvakadon esiintymistapa ja seurausvaikutukset	12
4. TULOSTEN TARKASTELU	15
5. KIRJALLISUUS	17

1. JOHDANTO

Metsänparannustoiminnan kuvaan liittyi 1950-luvulla nopeasti laajeneva soiden metsätaloudellinen hyväksikäyttö mm. ojituksen ja lannoituksen avulla. Jo tällöin oli odotettavissa, maataloudesta saatujen kokemusten perusteella, joidenkin ravinteiden myöhemmin ehkä muodostuvan kasvun minimitekijöiksi (H u i k a r i 1977). 1970-luvulla on monilla metsänparannusalueilla, varsinkin nuorissa viljelymänniköissä, ilmennyt vakavia kasvuhäiriöitä (V e i j a l a i n e n 1978). Näiden kasvuhäiriöiden on epäilty kytkeytyvän puiden hivenravinnetalouteen (H u i k a r i 1974). Runsaan pääravinnelannoituksen aikaansaama voimakas biomassan lisäys hivenköyhillä turvemaille on alentanut neulasten hivenpitoisuuksia (P a a r l a h t i ym. 1971, V e i j a l a i n e n 1977).

Hivenaineiden riittämättömyyden seurauksena on usein puun latvan kuolemisenä ilmenevä latvakato (ks. K o l a r i 1977, 1979). Yksittäisistä hivenaineista on H u i k a r i (1974, 1977) pitänyt erityisesti boorin puutetta todennäköisenä ja merkittävänä. Sekä kasvutapaan että neulasten ja juurten anatomiaan perustuvat diagnoosit ovat vahvistaneet tätä käsitystä (V e i j a l a i n e n 1975, R a i t i o ja R a n t a l a 1977, K o l a r i ym. 1977). Kasvuhäiriöalueiden eriaisteisista häiriöpuista tehdyt biomassaja tuotostutkimukset (R e i n i k a i n e n ja S i l f v e r b e r g 1979) sekä ravinnejakautumatulokset (R e i n i k a i n e n 1979) ovat myös tukeneet hivenravinnepoteesia.

Useimmat yllämainituista tutkimuksista perustuvat neulas- ja maa-analyysiaineistoon. Analyysitulosten yhdensuuntaisuus muodostaa oireiston ohella merkittävän todisteen hypoteesin puolesta. Eräiden turvemaille esiintyvien kasvuhäiriöiden primäärisenä syynä voidaan pitää hivenravinnetaloudessa esiintyviä vinoutumia.

Myös ulkomailla on havaittu samankaltaisia kasvuhäiriöitä kuin Suomessa. Norjassa B r a e k k e (1977, 1978) on havainnut turvemaan lannoituskokeiden männynissä makroskooppisia häiriöoireita ja tulkinnut ne neulasanalyysin perusteella boorin puutteesta aiheutuviksi. Ruotsissa A l b r e k t s o n ym. (1977) ovat todenneet männyllä riippuvuutta taimivaurioiden ja neulasten alhaisen booripitoisuuden välillä. Australiassa ja Uudessa Seelannissa on usealla mäntylajilla havaittu laajamittaista boorin puutteesta johtuvaa kasvuhäiriötä (S t o n e ja W i l l 1965, W i l l 1971, S n o w d o n 1972).

Tämän Metsäntutkimuslaitoksen kasvuhäiriöprojektiin kuuluvan osatutkimuksen tarkoituksena oli tarkastella akuutin kasvuhäiriön (latvakadon) fenologiaa ja eräitä kasvuhäiriön alkuvaiheisiin liittyviä piirteitä. Seurannan painopiste sijoittui siten kasvukauden ajalle. Pyrittiin myös ajoittamaan kasvuhäiriön alkuoireiden esiintyminen sekä kuvaamaan niiden laatu ja runsaus. Tämä katsottiin tarpeelliseksi kasvuhäiriön ennakointimenetelmien kehittämiseksi.

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

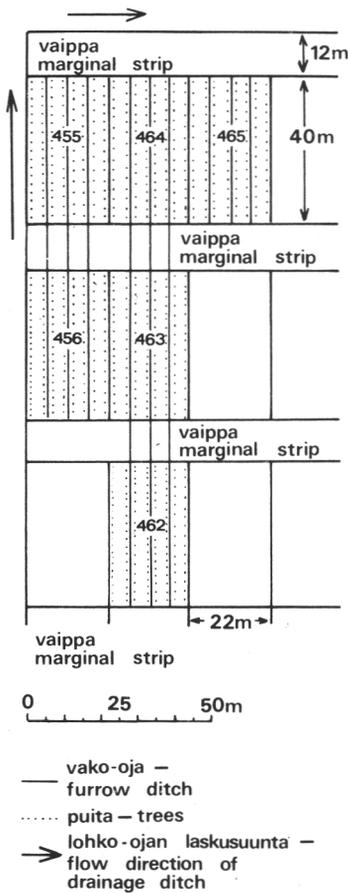
Tutkimuspaikkana oli Leivonmäen kunnassa sijaitseva Kivisuon metsänlannoituskoe kenttä. Luonnontilaisena alue muodosti suurehkon tupasvillanevan keskiosan. Ojituksen jälkeen paikalla oli sodanjälkeisenä aikana hydroturpeen kuivatuskenttä vuoteen 1953 (H u i k a r i ja P a a r l a h t i 1973).

Tutkimuskohteena oli 181 mäntyä (*Pinus sylvestris* L.) kokeella XIII, H-kulttuurikoe (H u i k a r i

1973), joka perustettiin keväällä 1966 alunperin istutetäisyys- ja rivilannoituskokeena. Taimet olivat 2 + 1-vuotiaita. Koelakohteaiset tiedot istutustiheydestä sekä suoritetuista lannoituksista esitetään liitteessä 1.

Kaksittain sijaitsevien puurivien välinen etäisyys on 2,0 ja näiden rivistöjen etäisyys 3,5 metriä (kuva 1.). Rivien välissä kulkee vako-oja, eräänlainen navero.

H-kulttuuri H-culture



Kuva 1. Kaavapiirros H-kulttuurista
 Fig. 1. Lay-out of the "H-culture" experiment

Aluetta ympäröivät lohko-ojat. Eri istutustiheyksiä (0,5, 1,0 ja 1,5 metriä) vastaavat taimiluvut ovat 7100, 3550 ja 2400/ha. Tutkimus suoritettiin vuosina 1977 ja 1978 koaloilla 455, 456, 462, 463, 464 ja 465. Mainitut koalat valittiin siksi, että niissä v. 1976 esiintyi yksittäisten latvakatojen lisäksi kasvuhäiriön esioireita (Veijalainen 1975, Reinikainen ja Silfverberg 1979). Kasvuhäiriöriskin lisääntymiseen viittasivat myös koalojen tavanomaista runsaampi lannoitus, puuston koko (taulukko 1.) sekä koalalla 464 maaliskuussa 1977 suoritettujen neulasanalyysien (Reinikainen ja Veijalainen, julkaisematon, ks. alla). Nämä tekijät huomioonottaen arveltiin alueella ilmenevän uusia lat-

vakatoja riittävästi akuutin kasvuhäiriön seuranta varten.

Alkukesän sade- ja lämpöolot vuosina 1976–78 olivat melko lähellä pitkäaikaisia keskiarvoja (taulukko 2). Oleellisinta ehkä oli kumpanakin vuonna vallinneet pitkähköt lämpimät poutajakset (Kuukausikatsaus...). Alkukesällä 1978 pohjaveden pinta pysytteli tutkimusalueella 25–30 cm:n syvyydessä.

Huhtikuussa 1977 valittiin koaloilta 455, 456, 464 ja 465 silmämääräisesti yhteensä 153 terveennäköistä koepuuta. Ne edustivat tasaisesti eri kokoluokkia eikä niissä ollut esiintynyt latvakatoja vuoden 1972 jälkeen. Keväällä 1978 aineistoa täydennettiin 28 puulla koaloilta 462 ja 463. Aineistoon sisältyi siis kaikkiaan 181 koepuuta (taulukko 1). Käytetyt parametrit ja havaintoajankohdat esitetään liitteessä 2. Neulasten ja päätekasvaimen (-silmun) tila arvioitiin seuraavasti:

Neulaset	Päätekasvain (-silmu)
normaalit	normaali
epäjärjestyksessä	taipunut
lyhyet	≤ sivukasvaimet
kuolevia	ja/tai oksat
kuolleet	haarautunut
varisseet	muu häiriö
	kuollut

Inventointi- ja mittaustyön ohessa pyrittiin ajoittamaan kasvukauden aikana ilmenevät häiriöt sekä toteamaan mahdolliset eliöperäiset tuhot. Liitteessä 2 esitetyn havainnoinnin ohella seurattiin kymmenen koepuun sädekasvurytmiikkaa v. 1978 kasvupantaa hyväksikäyttäen (Huikari ja Paarlahti 1967). Lisäksi koalueelta otettiin lustonäytteet 0,5 m:n korkeudelta kahdeksasta seurantaan kuulumattomasta puusta.

Liitteestä 1 käy ilmi, että aineistoon vaikuttavat hajottavasti lannoituskäsittelyn ja istutusvälin vaihtelut. Myös varsinaisia virhelähteitä esiintyi. Vuosikasvainten mittaustarkkuus v. 1977 oli eräissä tapauksissa puutteellista mittausten tapahtuessa maasta käsin. Seuraavan vuoden pituuskasvumittaukset suoritettiin 0,5 cm:n tarkkuudella tikkaita käyttäen. Koska 28:sta koepuusta päätekasvaimet otettiin neulasanalyysiä varten kasvun alettua 1978, osa näiden koepuiden havainnoista merkittävin puuttuviksi tiedoiksi. Vastaavasti keuhalla 1978 valituista koepuista osa vuoden 1977 havainnoista puuttui.

Aineiston käsittelyssä koepuut jaoteltiin kolmeen luokkaan häiriön ilmaantumivuoden mukaan. Koko tarkkailujakson ilman näkyviä päätekasvaimen häiriöitä kasvaneet puut luokiteltiin normaaleiksi (0). Häiriöpuut koostuivat kahdesta luokasta. Luokkaan 1 tulivat ne tapaukset, joissa päätekasvaimessa ilmenei sel-

	N %	P %	Ravinnepitoisuudet neulasten kuivapainosta						
			K %	Ca %	Mg %	Cu ppm	Mn ppm	Zn ppm	B ppm
Terveennäköiset puut	1,55	0,19	0,54	0,22	0,14	4,8	192	54,3	3,8
Latvakatopuut	1,79	0,24	0,68	0,22	0,13	5,1	149	59,0	3,4

Taulukko 1. Koepuut lokakuussa 1977
 Table 1. Characteristics of sample trees in October 1977

	Koeala - Plot					
	455	456	462	463	464	465
Lukumäärä Number	36	41	13	15	39	37
Keskipituus, cm Mean height, cm	312	294	316	287	351	316
Keskiläpimitta, cm Mean diameter, cm	4,1	3,8	5,7	3,7	5,1	5,0

viä häiriöoireita v. 1978. Koepuut, joissa v. 1977 oli tapahtunut latvakato, jonka seurauksena pääranan kasvu ei jatkunut seuraavana vuonna, sijoitettiin luokkaan 2. Aineistoon sisältyi myös 18 koepuuta, joiden pituuskasvu oli lakannut jo v. 1976. Nämä puut eivät sisälly luokitukseen.

	Lukumäärä
0 Normaali puut	89
1 Häiriöoireita 1978	36
2 Kasvu lakannut 1977	38

31. Pituuskasvu

Tiedot pituuskasvun muutoksesta latvakatoa ennakoivana oireena ovat olleet jonkin verran ristiriitaisia (Veijalainen 1975, Reinikainen ja Silfverberg 1979). Tämän tutkimuksen aineistosta ilmeni, että pituuskasvu pysyi tulevissa häiriöpuissakin säännöllisenä ja melko hyvänä aina latvakatoa edeltävään vuoteen saakka. Mittaustulokset lähitienoiden samankokoisista lannoittamattomista puista osoittavat, ettei koepuiden pituuskasvu poikennut yleisestä suuntauksesta (kuva 2). Ainoastaan v. 1973 luokkien 0 ja 2 ero oli lähes merkitsevä. Kasvu oli pysyvästi voimakkainta normaalipuissa ja heikointa luokassa 2. Tämä viittaa siihen, että heikommin kasvavat puut olisivat kasvuhäiriölle alttiimpia. On myös mahdollista, että piilevä esiintyvä hivenravinnepuutos on ensiksi useampana vuonna rajoittanut pituuskasvua ja lopulta aiheuttanut latvakadon.

Taulukko 2. Ilmasto- ja sääolot. Jyväskylän lentoasema (Kuukausikatsaus. . .)
 Table 2. Meteorological data. Jyväskylä airport (Finnish Meteorological Institute)

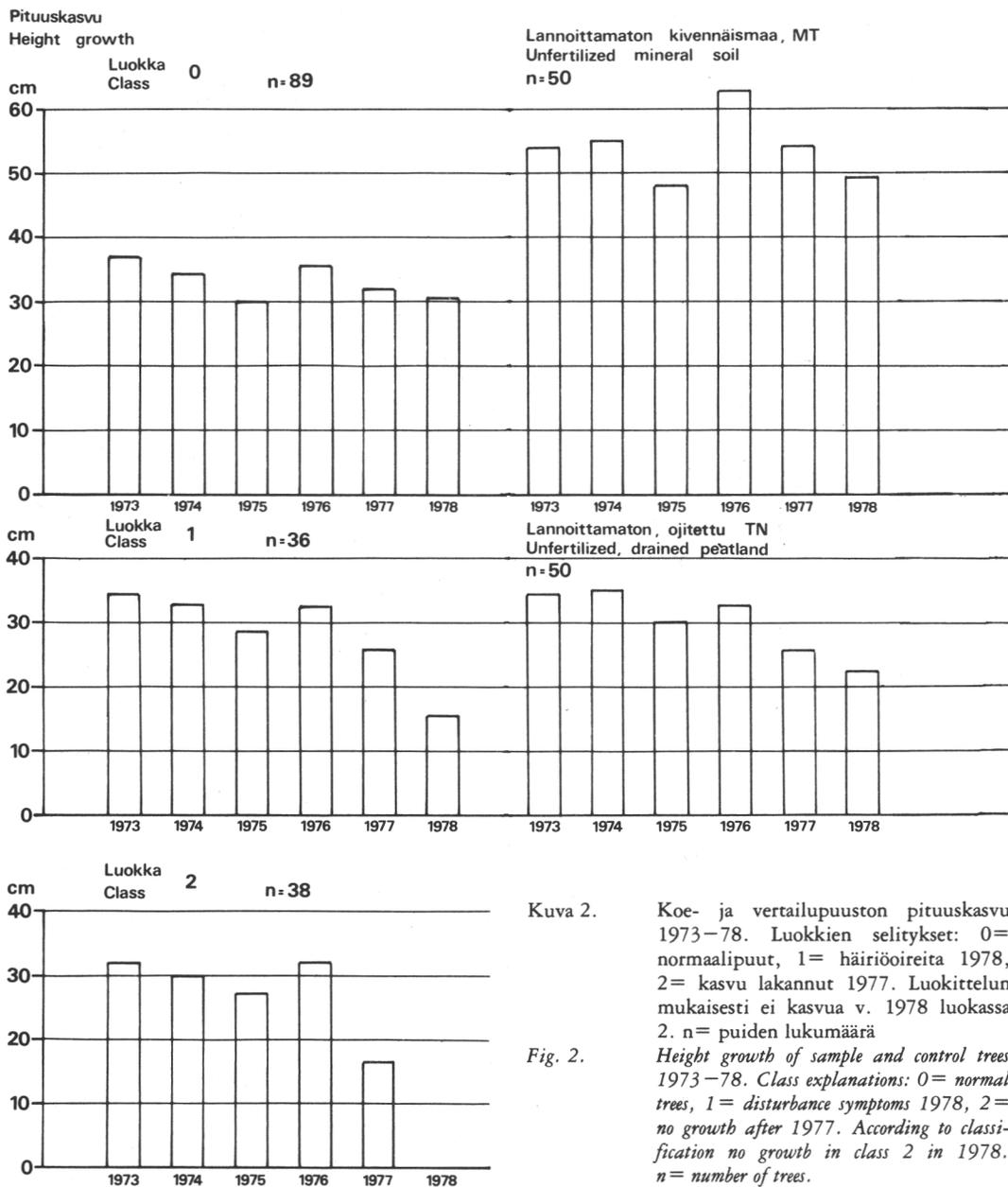
Vuosi Year	Keskilämpötila Mean temperature		Sademäärä, mm Precipitation, mm	
	Toukok. May	Kesäk. June	Toukok. May	Kesäk. June
1931-60	8,1	13,3	41	54
1976	10,5	11,4	13	86
1977	8,0	13,7	54	28
1978	9,4	14,1	6	43

Luokkien välisessä vertailussa on käytetty yksisuuntaista varianssianalyysiä ja t-testiä.

Koska tutkimuksen päätarkoituksena ei ollut selvittää eri lannoituskäsittelyjen tai istutustiheyden vaikutusta kasvuhäiriön esiintymiseen, on aineistoa käsitelty yhtenä kokonaisuutena, lannoituskäsittelyä ja istutustiheyttä huomioimatta. Tähän antanee oikeutuksena tutkittavan kasvuhäiriön vaikutusmekanismien samankaltaisuus kaikilla tutkimuskoealoilla.

3. TULOKSET

Kasvunvaihtelut vuosina 1973-76 olivat hyvin samansuuntaiset ja -suuruiset kaikissa luokissa. Vuosikasvainten pituus vaihteli 27 ja 37 cm:n välillä. Tätä on pidettävä turvemaan oloissa tyydyttävänä (Paarlahti ym. 1971, Paavilainen 1977). Kasvun voimakas väheneminen 1975 johtuu edelliskesän koleasta säästä. Ilmiö on mäännöllä vanhastaan tunnettu (esim. Romell 1925, Mikola 1950). Vastaavasti kasvu v. 1976 selittynee pääasiassa suotuisilla sääoloilla; kesäkuussa 1974 tehdyn jatkolannoituksen vaikutus on epäselvä (kuva 2). Häiriöpuiden pituuskasvu vv. 1973-76 poikkesi varsin vähän normaalipuista. Luokassa 2 ei havaittu vuosikasvainten lyhenemistä latvakadon edellä. Tämä johtunee ensisijaisesti siitä, että koepuiksi valittiin terveennäköisiä, normaalin(pituisen) kasvaimen omaavia puita. Luokassa 1 sitävästoin esiintyi selvää kasvun vähenemistä v. 1977, vuotta ennen latvahäiriöiden ilmaantumista. Ero normaalipuuihin oli erittäin merkitsevä. Tämä pitää



Kuva 2. Koe- ja vertailupuuston pituuskasvu 1973–78. Luokkien selitykset: 0= normaali puut, 1= häiriöoireita 1978, 2= kasvu lakannut 1977. Luokittelun mukaisesti ei kasvu v. 1978 luokassa 2. n= puiden lukumäärä

Fig. 2. Height growth of sample and control trees 1973–78. Class explanations: 0= normal trees, 1= disturbance symptoms 1978, 2= no growth after 1977. According to classification no growth in class 2 in 1978. n= number of trees.

osittain yhtä Veijalaisen (1975) sekä Reinikaisen ja Silfverbergin (1979) havaintojen kanssa. Näiden mukaan latvakadon puhkeamista edeltää pituuskasvun asteittainen väheneminen. Vuosikasvainten pituuden käyttö latvakadon kaukoindikaattorina voi kuitenkin olla epävarmalla pohjalla. Pituuskasvun romahdusmainen aleneminen näyttääkin liittyvän kiinteästi vasta latvakadon puhkeamiseen (kuva 2).

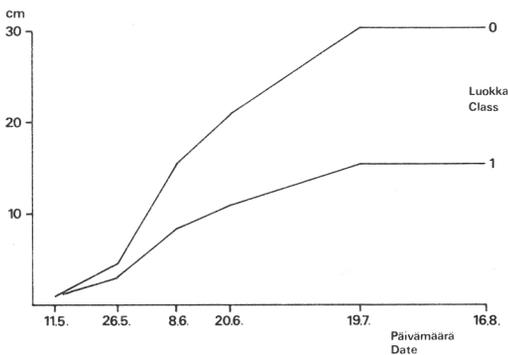
Akuutin kasvuhäiriön (latvakadon) puhkeaminen ilmeni tavallisimmin joko päätesilmun tai kaikkien latvasilmujen kasvun hitautena kasvukauden alussa. Eräissä puissa osa lateraalisilmuista oli jo tuolloin kuollut. Ilmiö esiintyi usein myös ylimpien oksien kärjissä, mutta säännöllisesti lievempänä kuin päärangalla. Pituuskasvu alkoi v. 1978 samanaikaisesti luokissa 0 ja 1. Pituuskasvun rytmiikka oli koko ajan kummassakin luokassa hyvin samansuuntainen (kuva 3).

Häiriöpuiden latvakasvaimissa se oli kuitenkin alusta lähtien hitaampaa kuin normaalipuissa ja häiriöpuiden terveissä kasvaimissa (kuva 5b). Muutamassa häiriöpuussa pituuskasvu painottui kasvukauden alkuosalle kasvun ehtyessä lähes täysin kesäkuun alun jälkeen. Useimmissa häiriö- ja normaalipuissa kasvun kesto oli kuitenkin sama. Kasvun hidastumisilmiö todettiin kumpanakin tutkimusvuonna. Häiriöpuiden päätekasvain jäi yleensä paljon lyhyemmäksi kuin normaalipuissa (kuva 4).

Kasvaimen lyhyteen liittyivät lähes aina heikosti kehittyneet neulas ja silmut. Tällaista vajaakehittyntä kasvainta ovat Raitio ja Rantala (1977) nimittäneet tupsukasvaimiksi. Kasvaimen kehityksen jäädessä alkuasteelle neulas ja silmut jäivät muodostumatta. Ainoastaan muutamaan häiriöpuuhun muodostui normaali kasvain (kuva 4). Kaikissa tapauksissa seurauksena oli kuitenkin pituuskasvun loppuminen seuraavana vuonna.

32. Sädekasvu

Kasvuhäiriö ei tunnetusti vaikuta yhtä voimakkaasti sädekasvuun kuin pituuskasvuun (Huikari 1974, Veijalainen 1975). Normaalipuiden viiden vuoden sädekasvu, laskettuna d 1973:sta oli hieinan, muttei merkitsevästi, suurempi kuin häiriöpuiden (kuva 6). Kasvua, joka vaihteli 14–17 mm:n välillä voidaan pitää hyvänä (Paavilainen 1977). Häiriöpuiden vähäisempi kasvu saattaa johtua näiden pie-



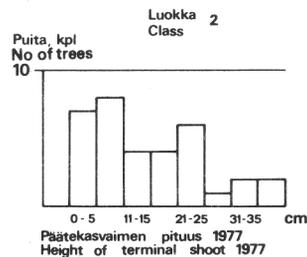
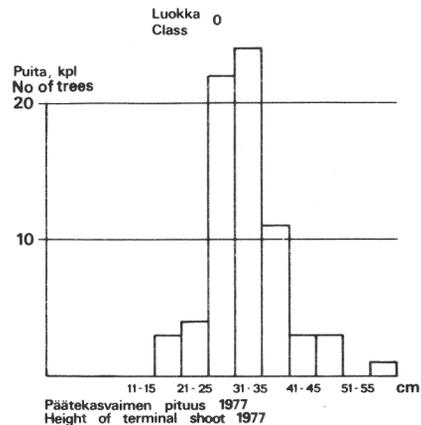
Kuva 3. Pituuskasvun kehitys 1978. Luokkien selitykset: 0= normaalipuut, 1= häiriöoireita 1978

Fig. 3. Height growth development in 1978. Classification: 0= normal trees, 1= disorder symptoms 1978

nemmästä koosta (asetelma alla) sekä neulasmassan alkavasta vähenemisestä (Veijalainen 1975, Reinikainen ja Silfverberg 1979).

	Luokka		
	0	1	2
Kokonaispituus, cm			
1977 huhtikuu	299	278	283
Läpimitta (d 1,3), cm			
1977 lokakuu	4,8	4,1	4,3

Rinnankorkeusläpimitan ero normaalipuiden ja luokan 1 välillä oli lähes merkitsevä. Heikoimmin kasvavat puut olisivat siten alttiimpia kasvuhäiriölle (ks. myös kuva 1). Syy-seuraussuhteet ovat kuitenkin erittäin vaikeasti selvitettäviä. Kahdeksasta seurantaan kuulumattomasta puusta otetut lustonäytteet osoittivat myös sädekasvun vuosittaiset vaihtelut pieniksi eri häiriöasteen puis-



Kuva 4. Pituuskasvun frekvenssit v. 1977. Luokkien selitykset: 0= normaalipuut, 2= kasvu lakannut 1977

Fig. 4. Height growth frequencies in 1977. Classification: 0= normal trees, 2= no growth after 1977



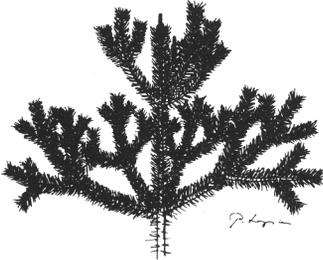
Kuva 5a. 1. kasvukausi, huhtikuu. Ulkonaisesti häiriötön.

Fig. 5a 1st growing season, April. No macroscopic disorder symptoms.



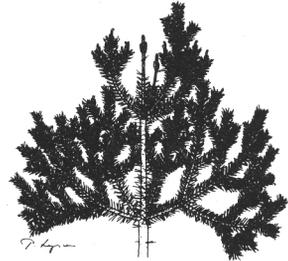
Kuva 5b. 1. kasvukausi, kesäkuun puoliväli. Päärangan versojen kasvu hidasta.

Fig. 5b 1st growing season, mid-June. Slow growth of the shoots on main stem.



Kuva 5c 1. kasvukausi, elokuu. Päärangan kasvaimet heikosti kehittyneet.

Fig. 5c 1st growing season, August. Shoots on the main stem poorly developed.



Kuva 5d 2. kasvukausi, elokuu. Päärangan kasvu pysähtynyt. Muualla latvuksessa häiriöitä. Ohituskasvain muodostunut.

Fig. 5d 2nd growing season, August. No growth of the main stem. Disturbances in other parts of the crown. Secondary leading shoot formed.



Kuva 5e 4. kasvukausi, elokuu. Ohituskasvaimen silmut kuolleet. Kasvu loppunut latvuksessa. Laajamittaista neulasten varisemista.

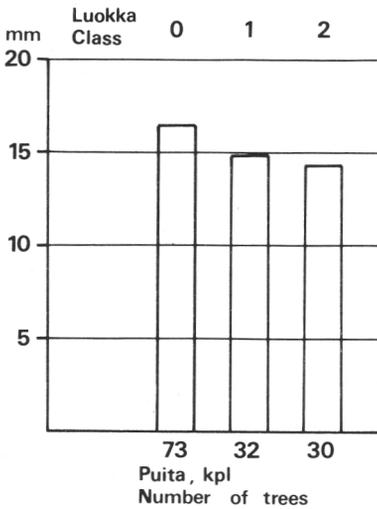
Fig. 5e 4th growing season, August. The buds of the secondary leading shoot are dead. No growth in the crown. Extensive needle-cast.

Kuva 5. Kaavakuvasarja kasvuhäiriön kehityksestä
Fig. 5. Schematic series of pictures depicting growth disorder development

sa (kuva 7). Vuosien 1973–77 kokonaiskasvut ovat samaa suuruusluokkaa kuin koe-
puissa (ks. kuva 6). Sädekasvun vuosittainen
kulku osoittaa myös, ettei latvakato ole mer-
kinnyt sädekasvun huomattavaa vähenemis-
tä. Häiriöpuissa kasvu latvakadon edellä on
ollut jopa hieman suurempaa kuin normaali-
puissa.

Kymmenestä puusta tehdyt ympäräysmitan
kasvumittaukset osoittivat sädekasvun ryt-

miikan v. 1978 samanlaiseksi normaalipuissa
ja luokassa 2 (kuva 8). Mittausvuonna lat-
vakatoja ei tapahtunut näissä puissa. Kasvu
oli voimakkainta kesäkuun alkupuoliskon
lämpimän jakson aikana. Sädekasvuksi
muunnettuina pantalukemat osoittavat sel-
västi pienempää kasvua kuin d 1973:sta ja
lustonäytepuista lasketut tulokset (kuvat 6 ja
7). Normaali- ja häiriöpuiden kokonaiskas-
vun välinen ero oli selvä, päinvastoin kuin
muissa sädekasvun mittauksissa. Saman-
suuntainen ero mainittujen normaalipuiden
hyväksi havaittiin myös d 1973:n kohdalla,
joten selvien erojen syntyminen v. 1978 oli
jopa odotettavissa. Normaali- ja häiriöpuissa
sattui elokuussa voimakas sateenjälkeinen ympäräys-
mitan lisäys. Tätä ei näkynyt häiriöpuissa,
mikä saattaa johtua näiden sijainnista muu-
toksille vähemmän alttiilla, tiheän taimiväl-
lin koealoilla.



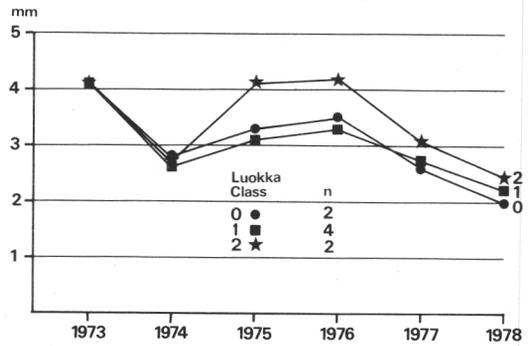
Kuva 6. Viiden vuoden (1973–77) sädekasvu. Luokkien selitykset: 0= normaalipuut, 1= häiriöoireita 1978, 2= kasvu lakannut 1977.

Fig. 6. Radial growth during five year period (1973–77). Classification: 0= normal trees, 1= disorder symptoms 1978, 2= no growth after 1977.

33. Neulasten ja silmujen kehitys

Veijalaisen (1975) mainitsemista kasvuhäiriön alkuaireista useimmat havaittiin koalueella. Kasvainten morfologista poikkeavuutta kuten haarautumista, litistymistä ja kurkkumaisuutta todettiin, joskin niukasti (taulukko 3). Silmujen pihkoittumista ja neulasten nekroosia havaittiin myös. Nämä oireet olivat siksi vaikeasti arvioitavissa, ettei niitä inventoitu. Useimmissa häiriöpuissa ei havaittu selviä latvakatoa ennakoivia oireita. Päätekasvaimessa ilmenevät oireet tulivat korostetusti esiin vasta latvakadon yhteydessä (taulukko 3). Molempina vuosina havaittiin koalueella jälkikasvua, jolloin useat päätesilmät venyivät noin 5 cm:n mittaisiksi.

Neulasten värin vaihtelulla tai niiden epäjärjestyksellä ei todettu selvää yhteyttä latvakatoon. Myöskään neulasten runsasta kuolemista tai varisemista ei esiintynyt ennen latvakatoa. Neulasten kasvu sitävästoin oli estynyt muutamassa versossa. Tällöin muuten normaaliin kasvaimen muodostui rengasmainen, silmusuomujen peittävä, korkkiutunut 1–5 cm:n levyinen lyhytversoton ja siis neulaseton vyöhyke. Neulasten jääminen

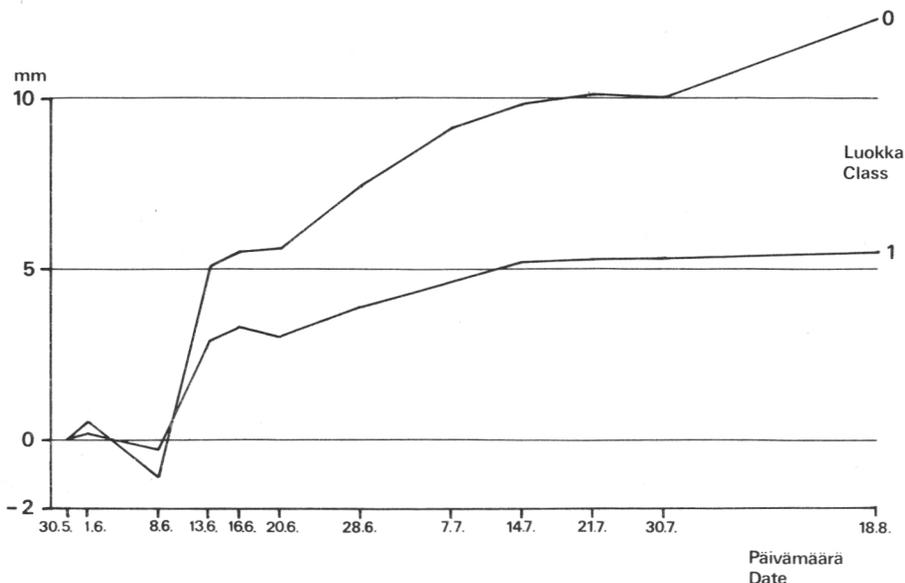


Kuva 7. Vuosittainen sädekasvu 1973–78. Luokkien selitykset: 0= normaalipuut, 1= häiriöoireita 1978, 2= kasvu lakannut 1977. n= puiden lukumäärä.

Fig. 7. Annual radial growth, 1973–78. Classification: 0= normal trees, 1= disorder symptoms 1978, 2= no growth after 1977. n= number of trees.

tavallista lyhyemmiksi ennakoii melko yleisesti latvakatoa (taulukko 3). Elävien neulasvuosikertojen määrä huhtikuussa 1978 oli lähes sama normaalipuissa ja luokassa 1 (keskiarvot 2,58 ja 2,61). Oireiden esiintyminen oli yleisintä tulevissa häiriöpuissa, mutta niitä esiintyi myös normaalipuissa. Oireita ei siten ainakaan välittömästi kaikissa tapauksissa seuraa latvakato. Myös taulukosta 3 ilmenee oireiden puutteellisuus latvakadon indikaattoreina. Oireiston jakautuminen eri luokissa viittaa kasvuhäiriön laajaan, piilevään esiintymiseen. Oireellisten puiden %-osuuden arvioiminen oli vaikeaa. Tähän on syynä häiriöoireen ja sen asteen määrittämisen hankaluus (ks. myös Snowdon 1972) Oireistossa oli myös päällekkäisyyttä. Esim. neulasten lyhytteen liittyi usein epämuodostuneisuus.

Latvasilmujen luku pysyi normaalien rajoissa vielä latvakadon kynnyksellä. Eräissä häiriöpuissa tapahtui silmumäärän pienemistä latvakadon edellä (taulukko 3). Selvä silmuluvun väheneminen sattui vasta latvakatovaiheessa (kuva 9). Tällöin luokkien väliset erot saavuttivat merkitsevyytensä. Silmujen runsaslukuisuutta tavattiin harvoin ja se ilmenee lähinnä kääpiöversojen kärkikasvupisteiden puhkeamista latvakadon tapahtuessa. Häiriöpuissa silmujen koko oli silmämääräisesti arvioiden yleensä pienempi kuin normaalipuissa.



Kuva 8. Ympärysmitan kasvu 1978. Luokkien selitykset: 0 = normaalipuut, 1 = häiriöoireita 1978, n = 5 molemmissa luokissa.

Fig. 8. Girth growth in 1978. Classifications: 0 = normal trees, 1 = disorder symptoms 1978, n = 5 in both classes.

Kuva latvakadon varsinaisista esioireista jää riittämättömäksi aiemman seurannan puuttuessa. Monessa koepuussa esiintyvä neulasmassan runsaus sekä alaoksien voimakkuus antavat aiheen pitää niitä kasvuhäiriöriskin ensimmäisinä, selvimpinä ja osittain pysyvinäkin esioireina (ks. Reinikainen 1966).

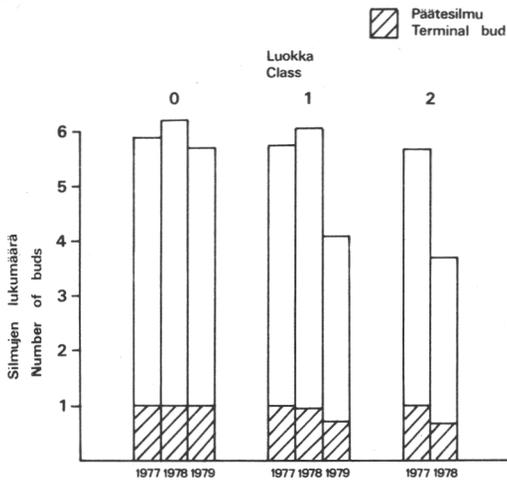
Bioottisista tuhoista ainoastaan versoruostetta (*Melampsora pinitorqua* [A.Br.] Rostr.) tavattiin laajemmin. Vuonna 1976 sitä esiintyi 19 koepuun päätekasvaimessa. Seuraavana vuonna versoruoste ilmaantui 6:een kasvaimen ja 1978 sitä ei löytynyt lainkaan. Versoruostetta oli kaikissa luokissa saman verran. Sen ei todettu aiheuttaneen päätekasvainten kuolemista koepuissa.

Latvakadon vaikutus ei ilmennyt ainoastaan verson pituuskasvun romahtamisena. Sen vaikutus näkyi selvästi myös neulasten ja uusien silmujen muodostuksessa. Monissa päätesilmuissa saattoi esiintyä anatomisia vaurioita jo kasvukauden alkaessa. Silmusuomujen myöhäinen irtoaminen sekä siihen liittyvät mutkat versoissa saattoivat johtua sisäisistä solukkovaurioista (ks. Snowdon 1973). Kasvunsa alussa olevien versojen kärjissä todettiin myös onteloitumista (ks. Raitio ja Rantala 1977).

Häiriöpuiden tupsuomaisissa kasvaimissa neulaset verson hitaan kasvun seurauksena jäivät lyhyiksi, varsinkin kasvaimen kärjessä. Kasvaimen kärkiosassa kääpiöversot olivat erittäin tiheässä nivelvälien voimakkaan supistumisen vuoksi. Silmujen lukumäärä jäi useimmiten pieneksi, $\leq 1+3$ kappaletta (taulukko 3). Hitaan versonkasvun ja silmusuomujen lujan kiinnittymisen vuoksi uusien silmujen ilmaantuminen viivästyi. Verson silmusuomut ja sen kuollut kärki saattoivat jäädä kasvavan verson kärkeen estäen uusien silmujen muodostumisen. Silmut olivat usein morfologisesti poikkeavia, pienikokoisia, vinoja ja keskinäisen järjestyksensä menettäneitä. Silmävaraisen tarkastelun mukaan nämä uudet silmut olivat kuitenkin terveitä sekä ulkoisesti että sisäisesti.

34. Latvakadon esiintymistapa ja seurausvaikutukset

Männyn latvakadon makroskooppinen vaihe kesti 1–2 kasvukautta. Sitä saattoi edeltää kasvuhäiriön esiintyminen silmutasolla ilman näkyviä häiriöoireita (kuva 5a, Raitio ja Rantala 1977). Seuraavana vuonna kasvuhäiriö muodostui akuutiksi, jolloin useimmiten kehittyi aiemmin ku-



Kuva 9. Päätekasvaimen keskimääräinen silmuluku 1977–79. Luokkien selitykset: 0= normaalipuut, 1= häiriöoireita 1978, 2= kasvu lakannut 1977.

Fig. 9. Average number of buds on the terminal shoot 1977–79. Classification: 0= normal trees, 1= disorder symptoms 1978, 2= no growth after 1977.

vattu tupsukasvain (kuvat 5b, c). Tämä saattoi kuolla jo samana kasvukautena, etenkin jäätyään hyvin lyhyeksi. Usein tämä kuitenkin tapahtui vasta seuraavan kasvukauden alussa. Häiriöoireiden ilmaantuminen oli erittäin selvästi ajoittunut kasvukauden alkuun. Tupsukasvaimen muodostuminen ei aina merkinnyt kasvunpysähdystä. Latvakadon riski pysyi kuitenkin jatkossakin suurena. Mikäli kasvain oli normaalisti kehittynyt, kuoleminen rajoittui aluksi vain uusiin silmuihin, jolloin oli vaikeaa määrittää edes ylimalkaisesti kuolinajankohtaa. Eräissä tapauksissa jyrkkää latvakatoa ei esiintynyt, vaan päätekasvain menetti 2–3 vuoden aikana vähitään dominanssinsa kuullen lopulta kokonaan.

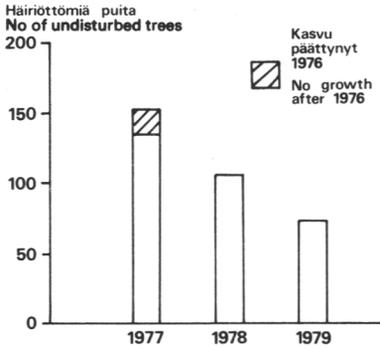
Verson ja neulasten pituuskasvun päätyttyä makroskooppisesti havaittavat muutokset olivat vähäisiä. Kesän aikana tapahtui pienessä mitassa heikoimpien kasvainten kuivumista. Seuraavat silmin nähtävät muutokset sattuivat vasta seuraavan kasvukauden alussa. Tässä vaiheessa tapahtui tupsukasvainten kärjestä alkava ruskettuminen. Päätekasvaimen silmujen ja neulasten kuollessa pääran-

gan latvakato sinetöityi (kuva 5d). Neulasten kuoleminen päärangalla jatkui tämän jälkeen hitaasti alaspäin. Vastaava kehitys esiintyi myös oksissa. Tämä poikkeaa selvästi fosforin- ja kalinpuutoksen oireiden ajoittumisesta (Reinikainen 1967).

Päärangan korvaava ohituskasvain muodostui useimmiten edellisvuoden sivukasvaimesta (kuva 5d). Lievemmissä tapauksissa ohituskasvain muodostui samasta kiekkurasta kuin kuollut päätekasvain. Mikäli puun yleistila oli heikko, ohituskasvain saattoi jäädä muodostumatta tai sen muodostuminen viivästyi. Ohituskasvaimen muodostumista kääpiöversojen silmuista ei todettu. Ns. sykerön (Raitio ja Rantala 1977) muodostumista kääpiöversojen silmuista sitävastoin tavattiin jonkin verran. Latvakato ohituskasvaimessa oli samanlainen kuin päärangallakin. Latvakadon kohdistuessa ohituskasvaimiin puun latvus saattaa pensastua 3–4 vuodessa (kuvat 5d, e).

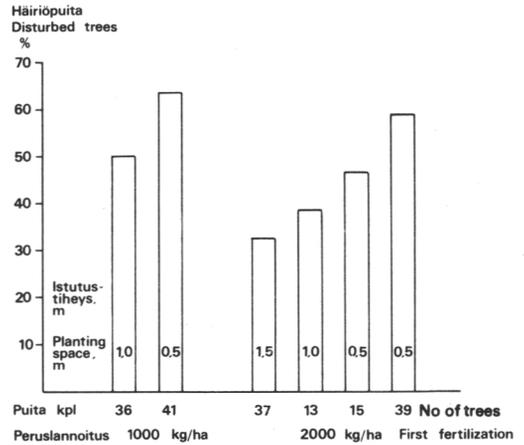
Kun uusia kasvaimia ei synny latvukseen silmujen puuttuessa tai kuollessa, ja kun vanhat neulaset varisevat, puun toipuminen viivästyy ja yleistila heikkenee. Häiriön kestosta ja toistuvuudesta ei ole täyttä varmuutta, mutta se on oletettu pitkäaikaiseksi (Veijalainen 1975, Reinikainen ja Silfverberg 1979). Koeputista vain yksi oli kuollut seurantajakson aikana, mutta kuolleisuus nousee nopeasti, etenkin alispuuasemaan joutuneiden puiden keskuudessa. Näin on tapahtunut mm. Kivisuolla vuoden 1959 männynistutusalueilla.

Latvakadon esiintymistapa, sen puhkeaminen ja kehityskulku, oli hyvin samanlainen sekä 1977 että 1978. Latvakatofrekvenssi oli kumpanakin vuonna erittäin korkea. Kuvassa 10 on esitetty häiriöttömien koepuiden määrä kasvukauden alkaessa 1977, 1978 ja 1979. Keväällä 1977 valituista 153 puusta 18:n kasvu oli pysähtynyt jo vuonna 1976. Vuonna 1977 tapahtui kasvunpysähdys 30 puussa. Seuraavana vuonna häiriöoireita ilmaantui vielä 32 puuhun. Tarkkailun päättyessä todettiin 153 koepuusta enää 73 häiriöttömiksi. Verrattaessa häiriöfrekvenssiä eri koelohjoilla, todettiin ilmeinen yhteys latvakatojen määrän ja istutusitiheyden välillä (kuva 11). Istutusvälin pienetessä, 1,5–0,5 m:iin, lisääntyi häiriöfrekvenssi lähes merkittävästi. Tämä suuntaus oli sama kummallakin pohjalannoituksella, Metsän Y-lannos 1 000 ja 2 000 kg/ha.



Kuva 10. Häiriöttömien koepuiden määrä huhtikuussa 1977, 1978 ja 1979.

Fig. 10. Number of undisturbed sample trees in April 1977, 1978 and 1979.



Kuva 11. Häiriöpuiden %-osuus koepuustosta eri istutustiheyksillä elokuussa 1978.

Fig. 11. Percentage of disturbed sample trees with different planting spacing in August 1978.

Taulukko 3. Koeuiden oireisto, luvut %-osuuksia

Table 3. Symptoms of the sample trees, figures indicate percentages

Tunnus Parameter	Ennen latvakatoa Pre-dieback phase						Latvakatovaihe Dieback phase	
	0			Luokka - Class			1	2
	1976	1977	1978	1976	1977	1976	1978	1977
PÄÄTEKASVAIN - TERMINAL SHOOT								
Kasvutapa - Growth form								
normaali - normal	80,9	82,0	95,9	80,6	69,5	84,3	57,1	42,2
taipunut - bent	9,0	5,6	2,7	11,1	11,1	10,5	17,9	18,4
≤ sivukasvaimet ja/tai oksat - ≤ laterals and/or branches	10,1	9,0	1,4	8,3	11,1	2,6	14,3	21,0
morfologisesti poikkeava - morphological abnormalities	-	3,4	-	-	8,3	2,6	10,7	13,2
kuollut - dead	-	-	-	-	-	-	-	5,2
Silmujen luku - No of buds								
≤ 1 + 3	12,3	5,6	13,8	15,6	22,2	30,0	45,1	55,2
≥ 1 + 10	-	-	-	3,1	-	-	3,2	-
Neulaset - Needles								
normaalit - normal	88,9	93,2	90,4	83,9	68,8	73,3	53,3	41,4
epäjärjestyksessä - twisted	6,9	2,7	-	3,2	-	10,0	3,3	-
lyhyet - short	4,2	1,4	9,6	12,9	25,0	16,7	40,0	41,4
kuolevia - dying	-	2,7	-	-	6,2	-	-	3,4
kuolleet - dead	-	-	-	-	-	-	-	-
eivät muodostuneet - not formed	-	-	-	-	-	-	3,4	13,8
Latvaminanssista kilpailleita oksia - Former codominant branches								
		13,6		9,3		12,5		

4. TULOSTEN TARKASTELU

Verrattaessa Veijalaisen ja Reinikaisen (julkaisematon) neulas-analyysituloksia tutkimusalueelta Raition (1978) asettamiin, lähinnä neulasten anatomiaan perustuviin ravinnepuutosrajoihin, havaitaan niiden vahvasti tukevan esitettyjä kasvuhäiriöhypoteesejä. Pääravinteiden (N, P, K) pitoisuus neulasissa on täysin riittävä, jopa luksustasolla. Hivenravinteista boori ja myös mangaani sijoittuvat selvästi puuterajan alapuolelle Raition (1978) mukaan. Useissa aiemmissä kasvuhäiriöalueilla tehdyissä tutkimuksissa on, mangania lukuunottamatta, päädytty samansuuntaiseen tulkintaan (Huikari 1974, Veijalainen 1977, Raitio ja Rantala 1977, Reinikainen ja Silfverberg 1979). Makro-oireiston viitatessa pääasiassa boorin puutteeseen (esim. Kolari 1977, 1979), asiaa tarkastellaan lähinnä booripuutoksen näkökulmasta.

Alkava latvakato ilmeni ensiksi pituuskasvun hidastumisena. Pituuskasvun alkaessa ilman lämpötilan nousun myötä (Huikari 1961, Huikari ja Paarlahti 1967, Raulo ja Leikola 1974) kasvualusta etenkin turvemailla on useimmiten vielä roudassa. Pessi (1958) on todennut roudan sulavan erityisen hitaasti ojitetuilla turvemailla. Vuonna 1978 tutkimuskoealoilla tavattiin routaa vielä kesäkuun 20. päivänä, jolloin n. 70 % pituuskasvusta oli tapahtunut. Näissä oloissa puiden vedensaanti voi vaikeutua, etenkin kun latvakasvaimessa ja neulasissa saattaa esiintyä onteloitumista (Raitio & Rantala 1977). Latvakatoilmiöiden selvä ajoittuminen alkukesään (ks. myös Braekke 1977) ja versojen hidas, mutta jatkuva kasvu voisi osaksi selittyä roudan tai maan alhaisen lämpötilan juurten vedenottoa jarruttavalla vaikutuksella (Huikari ja Paarlahti 1967, Fries 1973). Häiriöpuiden pituus- ja paksuuskasvun vuotuisrytmit eivät poikenneet oleellisesti normaalipuista eivätkä myöskään muualla saaduista tuloksista (Romell 1925, Huikari ja Paarlahti 1967). Lämpösumma pituuskasvun selittäjänä olisi ollut parempi menetelmä kuin päivämäärän käyttö (Raulo ja Leikola 1974). Sädekas-

vun tuloksiin on voinut vaikuttaa kasvupan-tojen myöhäinen asettaminen (18.5.) ja ns. asettuminen (Mikola 1950, Huikari ja Paarlahti 1967, Leikola 1969).

Sekä vuosi 1977 että alkukesä 1978 olivat melko vähäsateisia haihdunnan ollessa ajoittain voimakasta lämpimien jaksojen aikana (Kuukausikatsaus. . .). Mahdollinen vesistressi on voinut vaikuttaa sekä varsinaiseen pituuskasvuun että muodostuviin uusiin silmuihin (ks. Kosonen & Silfverberg 1976). Yhden stressikauden vaikutukset saattavat siten ulottua kahdelle kasvukaudelle. Erääksi booripuutoksen seuraukseksi on mainittu vesitalouden häiriytyminen. Norjassa Braekke (1977) on päätellyt myöhäisen roudan olleen syynä loppukevään männyn latvakatoihin boorin ja kuparin miinuskokeissa. Turpeen pintakerroksen kuivumisella voi myös olla vaikutusta pääosan juuristosta sijaitessa aivan maanpinnassa (Paavilainen 1968). Päätekasvaimen heikko kehitys johtuu ehkä ensisijaisesti boorinpuutteen aiheuttamista veden ja ravinteiden kulkeutumisvaikeuksista ja sen ohella mahdollisesti juuriston riittämättömästä vedensaannista (Odin 1972, Snowdon 1973, Kolari ym. 1977, Kolari 1979).

Istutustiheydellä todettiin olleen selvä vaikutus häiriöfrekvenssiin siten, että latvakatojen määrä on lisääntynyt istutustiheyden kasvaessa. Eräs seuraus istutusvälin supistamisesta on taimien välisen juuristokilpailun kiristyminen kasvupinta-alan vähetessä. Tämä yhdessä eräiden muiden tekijöiden kanssa on saattanut olla syynä latvakatojen suureen määrään. 1 m:n levyiset kaistalannoitukset ovat ehkä rajoittaneet juuristoa myös rivin leveys suunnassa (Paavilainen 1968). Rivin kohdalla routa säilyi keväisin useasta syystä poikkeuksellisen pitkään. Roudan hitaaseen sulamiseen myötävaikuttavat puiden varjostus, sateen pidätys ja runkoyalunsa sekä loppupalvesta myös lumen aikainen sulaminen (Yli-Vakkuri 1960). Paavilaisen (1968) mukaan männyn juuriston biomassassa on NPK-lannoitetuilla koeruuduilla yli kolminkertainen lannoittamattomiin kontrolliruutuihin verrattuna. Lyhytjuurten tiheys oli lähes sa-

ma NPK- ja kontrolliruuduilla (ks. myös K o l a r i ym. 1977). H u i k a r i n ja P a a r l a h d e n (1973) tiedot runkopuun kuutiomäärän kehityksestä 2 vuotta myöhemmin saman alueen NPK- ja kontrolliruuduilta (23 ja 3 m³) viittaavat myös neulasmassan välisiin suuriin eroihin. NPK-lannoitus on lisännyt maanpäällisten osien biomassaa enemmän kuin juurten. Neulasmassa/juuristo -suhteen vinoutumista on J a l k a n e n (1976) epäillyt kasvuhäiriön erääksi osatekijäksi (ks. V e i j a l a i n e n 1975). Kasvuhäiriön ohimenevyyden voi selittää noin 20 v:n iässä alkava neulasmassa/juuristo -suhteen muuttuminen juuristovoittoisemmaksi (O v i n g t o n 1957). Jos neulaskato tai kilpailu (varjostus) muodostuu ankaraksi, juuristo ei ehkä pääse vahvistumaan eikä puu toipumaan.

Alkukesästä 1977 ja 1978 Kivisuolla ei esiintynyt poikkeuksellisen kovia halloja. Myöskään oireisto ei viittaa alkukesän halloihin tuhon aiheuttajina (A n d e r s s o n 1968, K o s k e l a 1970). Syyshallojen vaurioita ei todettu, mutta neulasten korkeat typpipitoisuudet huomioiden niitä on voinut esiintyä solutasolla uusissa silmuissa (A l b r e k t s o n ym. 1977). Samaan viittaisivat myös koalueella tavatut jälkikasvutaukukset (ks. R e i n i k a i n e n 1966). Pohjaveden taso pysytteli alkukesästä noin 25–30 cm:n syvyydessä. Tämä on lähes optimitaso puiden vesitalouden kannalta (H o l m e n 1969).

Koalojen välisillä lannoittamattomilla vaipoilla ei havaittu kasvuhäiriöitä. K o l a r i n (julkaisematon) kesällä 1978 tekemät neulasanalyysit osoittavat pääravinnetason alemmaksi ja boorin tason korkeammaksi kuin tutkimuskoealoilla. Tämä, samoin kuin kasvuhäiriön vähäisyys hivenlannoituksen saaneilla koaloilla (V e i j a l a i n e n 1975), tukee vahvasti hypoteesia ravinneepätasapainosta kasvuhäiriön primäärisenä syynä.

Hivenpuutoksen esiintyminen näyttää olevan laajassa mitassa piilevää. Tämän puolesta puhuvat melko samansuuntaiset neulas-

analyysitulokset ulkoasultaan erilaisista puista sekä oireiden yleisyys normaalipuissa-kin (ks. R a i t i o ja R a n t a l a 1977, R e i n i k a i n e n ja S i l f v e r b e r g 1979). Oireisto ja ulkoasu ovatkin seurausta etupäässä sekundäärisistä tekijöistä. Hivenaineiden puutos saattaa näiden kautta heijastua eri tavoin puiden ulkoasuun.

Ennen tutkimusjaksoa tapahtuneet latvakadot mukaanlukien tutkimuskoealojen koko puuston häiriöfrekvenssi on yli 50 %. B r a e k e n (1978) aineistossa häiriön runsaus on samaa suuruusluokkaa.

Latvakadon ennakoiti puuyksilötasolla näyttää olevan vaikeaa varmojen häiriöoireiden ilmetessä vasta latvakadon yhteydessä. Tämän ja korkean vuotuisen häiriöfrekvenssin takia torjuntaan olisi ryhdyttävä metsikötkötasolla. Tämä tulisi suorittaa viimeistään silloin kun yksittäisissä puissa alkaa ilmetä latvakatoja. Ravinnetilanteen kehitystä voidaan myös seurata säännöllisten neulasanalyysien avulla. Toistaiseksi ei ole seurattu ns. ohentumisilmion kehitystä yhden kasvupaikan puitteissa (V e i j a l a i n e n 1977). Anatomis-fysiologiset tutkimukset päätekasvaimista ja niiden silmuista saattaisivat myös osoittaa tuloksellisiksi (ks. R a i t i o 1977a, b). Perustettujen hivenlannoituskokeiden perusteellinen inventointi on tarpeen esitettyjen hypoteesien varmistamiseksi ja tehokkaiden torjuntamenetelmien löytämiseksi käytännön tasolla.

Tämän tutkimuksen tulokset sattuvat hyvin yksin aiempien tulosten kanssa ja luovat samalla lisävaloa kasvuhäiriön problematiikkaan. Tuloksia voitaneen käyttää selvittämään kasvuhäiriön fysiologisten mekanismien tulkintaa. Myös kuva taloudellisista tappioista selkiintyneen kasvuhäiriömekanismien alkuvaiheiden tuntemisen myötä. Kivisuon koekenttä ja varsinkin tutkimuskohteenä ollut H-kulttuuri poikkeavat suuresti käytännön metsänparannusalueista. Lyhyen, kaksivuotisen tutkimusjakson, ja yhden, poikkeavan tutkimuspaikan tuoman kapeapohjaisuuden takia tuloksia ei ole syytä yleistää liiaksi.

5. KIRJALLISUUS

- ALBREKTSON, A., ARONSSON, A. & TAMM, C.O. 1977. The effect of forest fertilization on primary production and nutrient cycling in the forest ecosystem. In: Nutrient cycle in tree stands - Nordic symposium. *Silva Fenn.* 11(3): 201-257.
- ANDERSSON, B. 1968. Om temperaturförhållandena på kala hedar samt tall- och granplantors känslighet för frost under vegetationsperioden. *Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift* 2:109-157.
- BRAEKKE, F. H. 1977. Fertilization for balanced mineral nutrition of forests on nutrient-poor peatland. Lyhennelmä: Turvemaiden tasapainoinen lanneitus. *Suo* 28 (3):53-61.
- 1978. Njustmyra. Forsøksopplegg og resultater. Den XIV nordiske skogkongress 26 s.
- FRIES, N. 1973. Fysiologisk botanik. 438 s. Stockholm.
- HOLMEN, H. 1969. Skogsproduktion på torvmark. Summary: Afforestation of peatlands. *Kungl. Skogs- och Lantbruksakademiens tidskr.*, 5:216-235.
- HUIKARI, O. 1961. Roudasta puiden kasvutekijänä. Refer.: Über den Bodenfrost als Wachstumsfaktor. *Terra* 73:166-174.
- 1973. H-kulttuuri, uusi metsäntuotantomenetelmä. *Leipä Leveämmäksi* 2:29-31.
- 1974. Hivenravinteet ja puiden kasvu. *Metsä ja Puu*. 11:24-25.
- 1977. Micro-nutrient deficiencies cause growth disturbances in trees. In: Nutrient cycle in tree stands - Nordic symposium. *Silva Fenn.* 11(3):201-257.
- & PAARLAHTI, K. 1967. Results of field experiments on the ecology of pine, spruce, and birch. *Commun. Inst. For. Fenn.* 64(1):1-135.
- & PAARLAHTI, K. 1973. Kivisuon metsänlannoituskokeet. *Kenttäopas*, 2 painos. Helsinki. 57 s.
- Kuukausikatsaus Suomen ilmastoon. 1976-78. Ilmatieteen laitos. Helsinki
- JALKANEN, E. 1976. Matkalla tuntemattomaan. *Metsä ja Puu* 2:30-31.
- KOLARI, K. 1977. Puiden boorinpuutosoireista - kirjallisuuskatsaus. Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tiedonantoja 9. 28 s.
- 1979. Hivenravinteiden puute metsäpuilla ja männyn kasvuhäiriöilmio Suomessa. Kirjallisuuskatsaus. Abstract: Micronutrient deficiency in forest trees and dieback of Scots pine in Finland. A review. *Folia For.* 389:1-37.
- PAAVILAINEN, E & RAITIO, H. 1977. Männyn juuristosuhteista Kivisuon kasvuhäiriöalueella. Abstract: Pine root condition and growth disturbances. *Folia For.* 313:1-16.
- KOSKELA, V. 1970. Havaintoja kuusen, männyn, rauduskoivun ja siperialaisen lehtikuusen halla- ja pakkaskuivumisvaurioista Kivisuon metsänlannoituskoekentällä. Summary: On the occurrence of various frost damages on Norway spruce, Scots pine, silver birch and Siberian larch in the forest fertilization experimental area at Kivisuo. *Folia For.* 78:1-25.
- KOSONEN, R & SILFVERBERG, K. 1976. Havainnotja eskimosis-ilmioista männyn Kivisuolla 1976. Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tiedonantoja 8. 15 s.
- LEIKOLA, M. 1969. The influence of environmental factors on the diameter growth of forest trees. Axanometric study. *Acta For. Fenn.* 92:1-144.
- MIKOLA, P. 1950. Puiden kasvun vaihteluista ja niiden merkityksestä kasvututkimuksissa. Summary: On variations in tree growth and their significance to growth studies. *Commun. Inst. For. Fenn.* 38(5):1-131.
- ODIN, H. 1972. Studies of the increment rhythm of Scots pine and Norway spruce plants. (Refer.: Studier av tall- och granplantors tillväxtrytm). *Stud. For. Suec.* 97:1-32.
- OVINGTON, J. D. 1957. Dry-matter production by *Pinus silvestris* L. *Ann. Bot. N.S.* 21:287-314.
- PAARLAHTI, K., REINIKAINEN, A. & VEIJALAINEN, H. 1971. Nutritional diagnosis of Scots pine stands by needle and peat analysis. Seloste: Maa- ja neulasanalyysi turvemaiden männiköiden ravitsemustilan määrittämisessä. *Commun. Inst. For. Fenn.* 74(5):1-58.
- PAAVILAINEN, E. 1968. Juuristotutkimuksia Kivisuon metsänlannoituskoekentällä. Summary: Root studies at the Kivisuo forest fertilization area. *Commun. Inst. For. Fenn.* 66(1):1-31.
- 1977. Männyn istutus suopeltojen metsityksessä. Abstract: Planting of Scots pine in afforestation of abandoned swampy fields. *Folia For.* 326:1-27.
- PESSI, Y. 1958. On the influence of bog draining upon thermal conditions in the soil and in the air near the ground. *Acta Agriculturae Scandinavica* vol. VIII:4, 359-374.
- RAITIO, H. 1977a. Tallarnas växtstörningar, markens näringsbalans och mikronäringsbrist. In: Nutrient cycle in tree stands - Nordic symposium. *Silva Fenn.* 11(3):201-257.
- 1977b. Männyn kasvuhäiriö metsityksellä suopeltoilla. Oireiden kuvaus ja tulkinta. Käsikirjoitus. Metsäntutkimuslaitos, suontutkimusosasto.
- 1978. Pääravinnelannoituksen vaikutus männyn neulasten rakenteeseen ja ravinnepitoisuuksiin ojitetulla karulla avosuolla. Parkanon tutkimusosaston tiedonantoja 7. 8 s.
- & RANTALA, E-M. Männyn kasvuhäiriön makro- ja mikrokooppisia oireita. Oireiden kuvaus ja tulkinta. Summary: Macroscopic and microscopic symptoms of a growth disturbance in Scots pine. Description and interpretation. *Commun. Inst. For. Fenn.* 91(1): 1-30.

- RAULO, J. & LEIKOLA, M. 1974. Tutkimuksia puiden vuotuisen pituuskasvun ajoittumisesta. Summary: Studies on the annual height growth of trees. Commun. Inst. For. Fenn. 81(2):1-19.
- REINIKAINEN, A. 1966. Puulajien ja eräiden metsä- ja suokasvien ekologiasta ja erityisesti niiden ravinnepuute- ja tasapainottomuusoireista Kivisuon metsänlannoituskokeiden valossa. 159 s. Käsikirjoitus. Helsingin yliopiston Kasvitieteen laitos.
- 1967. The appearance of nutrient deficiency in plants growing in the experimental area for forest fertilization at Kivisuo. Proc. of the 5th Colloquium of the Int. Potash Inst. 345-361.
 - 1979. Distribution of nutrients in growth disturbed Scots pine stands on peat. Manuscript. Metsäntutkimuslaitos, suontutkimusosasto.
 - & SILFVERBERG, K. 1979. Männyn biomassan jakauma hivenravinnetaloudellisen häiriön eri vaiheissa. Biomass distribution of Scots pine during a micronutritional growth disorder. Käsikirjoitus. Metsäntutkimuslaitos, suontutkimusosasto.
- ROMELL, L-G. 1925. Växttidsundersökningar å tall och gran. Recherches sur la marche de l'accroissement chez le pin et l'épicéa durant la période de végétation. Medd. fr. Stat. skogforsk. anst. 22. 45-124.
- SNOWDON, P. 1972 Observations on boron deficiency in *Pinus radiata* In: Boardman, R. (Ed.) Aust. Forest-Tree Conf. Sept. 1971. Canberra, A.C.T. Forestry and Timber Bureau., p. 191-206.
- 1973. Problems in the diagnosis of boron deficiency in *Pinus radiata*. FAO/IUFRO Int. Symp. For. Fert. Paris 3-7 Dec. 1973 p. 1-5.
- STONE, E. L. & WILL, J. M. 1965. Boron deficiency in *Pinus radiata* and *P. pinaster*. For. Sci. 11(4): 425-433.
- VEIJALAINEN, H. 1975. Kasvuhäiriöistä ja niiden syistä metsäojitusalueilla. Summary: Dieback and fertilization on drained peatlands. Suo 26 (5):87-92.
- 1977. Use of needle analysis for diagnosing micronutrient deficiencies of Scots pine on drained peatlands. Seloste: Neulasanalyysi männyn mikroravinnetilanteen määrittämisessä turvemilla. Commun. Inst. For. Fenn. 92(4):1-32.
 - 1978. Metsäpuiden latvakadon esiintymisestä Suomessa. Metsä ja Puu 2:31.
- WILL, G.M. 1971. The occurrence and treatment of boron deficiency in New Zealand pine forests. New Zealand Forest Service, Forest Research Institute. Research Leaflet No. 32: 1-4.
- YLI-VAKKURI, P. 1960. Metsiköiden routa- ja lumisuhteista. Summary: Snow and frozen soil conditions in the forest. Acta For. Fenn. 71.5. 1-48.

Liite 1. Koealatiedot
Appendix 1. Characteristics of sample plots

Koeala, nr	Istutusväli, m	18.5.-7.6.1966 1 m:n kaistalle Met- sän Y-lannos kg/ha	Jatkolannoitus 1968	14.-16.6.1974 1 m:n kaistalle suo- metsien PK kg/ha
Plot no.	Planting spacing, m	NPK-fertilization 1 m strip kg/ha	Refertilization 1968	PK-fertilization 1 m strip kg/ha
455	1,0	1000	—	2000
456	0,5	„	—	„
462	1,0	2000	x)	„
463	0,5	„	x)	„
464	0,5	„	x)	„
465	1,5	„	x)	„

x) = koeala jaettu kahdeksaan osaan, joiden lannoitus ilmenee alla.

x) = sample plot divided into 8 sections given various N, PK and NPK fertilizers.

1. N 52 kg/ha
2. N 46 kg/ha
3. P₂O₅ 51 kg/ha; K₂O 45 kg/ha
4. P₂O₅ 50 kg/ha; K₂O 31 kg/ha
5. N 20 kg/ha; P₂O₅ 50 kg/ha; K₂O 50 kg/ha
6. N 37 kg/ha; P₂O₅ 50 kg/ha; K₂O 37 kg/ha
7. N 46 kg/ha
8. Kontrolli — Control plot

Liite 2. Seurantajakson havainnointi
Appendix 2. Observations made during the monitoring period

	1977				1978						
	28.4.	15.6.	2.8.	15.10	24.4.	11.5.	26.5.	8.6.	20.6.	19.7.	17.8.
Kokonaispituus — Total height				0							
Pituuskasvu 1973-77 — Height growth 1973-77				0							
Rinnankorkeusläpimitta $d_{1,3}$ — Breastheight diameter $d_{1,3}$				0							
Viisivuotisen kasvaimen läpimitta, d 1973 — Diameter of five-year old stem, d 1973				0							
Eläviä neulasvuosikertoja päärangalla — Living needle age classes on the main stem					0						
V:n 1976 päätekasvain — Terminal shoot of 1976											
kasvutapa — growth form				0							
neulaset — needles		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
päätesilmu — terminal bud		0									
silmiujen luku — number of buds			0								
V:n 1977 päätekasvain — Terminal shoot of 1977											
kasvutapa — growth form			0	0	0						
neulaset — needles			0	0	0	0	0	0	0	0	0
päätesilmu — terminal bud			0	0	0	0	0				
silmiujen luku — number of buds							0				
V:n 1978 päätekasvain — Terminal shoot of 1978											
kasvutapa — growth form						0	0	0	0	0	0
neulaset — needles						0	0	0	0	0	0
päätesilmu — terminal bud						0	0	0	0	0	0
silmiujen luku — number of buds										0	
kasvunmittaus — measurement of height growth						0	0	0	0	0	0

ODC 424:2- -114.444
ISBN 951-40-0399-3
ISSN 0015-5543

SILFVERBERG, K. 1979. Männyn kasvuhäiriön ajoittuminen ja alkukehitys turvemaan booripuutosalueella. Abstract: Phenology and initial development of a growth disorder in Scots pine on boron deficient peatland. *Folia For.* 396:1-19.

The aim of the investigation was to clarify the growth disorder and the allied symptoms with regard to the time when they appear as well as their occurrence. The appearance of the growth disorder was mainly restricted to the beginning of summer. Dieback often occurred without any earlier visible symptoms. The disturbance frequency on the experimental plots was high. The primary reason for the growth disorder seems to be micronutrient deficiency, especially of boron. Difficulties arising from the water balance might turn out to be a secondary disturbance factor.

Author's address. The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17

ODC 424:2- -114.444
ISBN 951-40-0399-3
ISSN 0015-5543

SILFVERBERG, K. 1979. Männyn kasvuhäiriön ajoittuminen ja alkukehitys turvemaan booripuutosalueella. Abstract: Phenology and initial development of a growth disorder in Scots pine on boron deficient peatland. *Folia For.* 396:1-19.

The aim of the investigation was to clarify the growth disorder and the allied symptoms with regard to the time when they appear as well as their occurrence. The appearance of the growth disorder was mainly restricted to the beginning of summer. Dieback often occurred without any earlier visible symptoms. The disturbance frequency on the experimental plots was high. The primary reason for the growth disorder seems to be micronutrient deficiency, especially of boron. Difficulties arising from the water balance might turn out to be a secondary disturbance factor.

Author's address. The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17

ODC 424:2- -114.444
ISBN 951-40-0399-3
ISSN 0015-5543

SILFVERBERG, K. 1979. Männyn kasvuhäiriön ajoittuminen ja alkukehitys turvemaan booripuutosalueella. Abstract: Phenology and initial development of a growth disorder in Scots pine on boron deficient peatland. *Folia For.* 396:1-19.

The aim of the investigation was to clarify the growth disorder and the allied symptoms with regard to the time when they appear as well as their occurrence. The appearance of the growth disorder was mainly restricted to the beginning of summer. Dieback often occurred without any earlier visible symptoms. The disturbance frequency on the experimental plots was high. The primary reason for the growth disorder seems to be micronutrient deficiency, especially of boron. Difficulties arising from the water balance might turn out to be a secondary disturbance factor.

Author's address. The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17

ODC 424:2- -114.444
ISBN 951-40-0399-3
ISSN 0015-5543

SILFVERBERG, K. 1979. Männyn kasvuhäiriön ajoittuminen ja alkukehitys turvemaan booripuutosalueella. Abstract: Phenology and initial development of a growth disorder in Scots pine on boron deficient peatland. *Folia For.* 396:1-19.

The aim of the investigation was to clarify the growth disorder and the allied symptoms with regard to the time when they appear as well as their occurrence. The appearance of the growth disorder was mainly restricted to the beginning of summer. Dieback often occurred without any earlier visible symptoms. The disturbance frequency on the experimental plots was high. The primary reason for the growth disorder seems to be micronutrient deficiency, especially of boron. Difficulties arising from the water balance might turn out to be a secondary disturbance factor.

Author's address. The Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17

- No 350 Oikarinen, Matti: Viljelymetsiköiden puuston vaihtelu ja kasvukoealojen edustavuus. Variations in growing stock in cultivated stands and the representation of growth sample plots.
- No 351 Heikkilä, Risto: Mäntykuitupuupinojen suojaaminen pystynävertäjän iskeytymistä vastaan Pohjois-Suomessa. Protection of pine pulpwood stacks against the common pine-shoot beetle in northern Finland.
- No 352 Saramäki, Jussi: Kainuun vajaapuustoisten kuusikoiden lannoitus ja sen kannattavuus. Profitability of fertilization in the understocked spruce stands of Kainuu, Finland.
- No 353 Päivinen, Risto: Kapenemis- ja kuorimallit männylle, kuuselle ja koivulle. Taper and bark thickness models for pine, spruce and birch.
- No 354 Jarveläinen, Veli-Pekka: Yksityismetsätalouden seuranta. Metsälöötökseen perustuvan tietojärjestelmän kokeilu. Monitoring the development of Finnish private forestry. A test of an information system based on a sample of forest holdings.
- No 355 Kärkkäinen, Matti & Salmi, Juhani: Tutkimuksia haapatukkien mittauksesta ja teknisistä ominaisuuksista. Studies on the measurement and technical properties of aspen logs.
- No 356 Hyppönen, Mikko & Roiko-Jokela, Pentti: Koepuiden mittauksen tarkkuus ja tehokkuus. On the accuracy and effectivity of measuring sample trees.
- No 357 Uusitalo, Matti: Alueittaiset kantorahatulot vuosina 1970—75. Regional gross stumpage earnings in Finland in 1970—75.
- No 358 Mattila, Eero & Helle, Timo: Keskisen poronhoitoalueen talvilaidunten inventointi. Inventory of winter ranges of semi-domestic reindeer in Finnish Central Lapland.
- No 359 Hannelius, Simo: Istutuskuusikon tiheys — tuotoksen ja edullisuuden tarkastelua. Initial tree spacing in Norway spruce timber growing — an appraisal of yield and profitability.
- No 360 Jakkila, Jouko & Pohtila, Eljas: Perkauksen vaikutus taimiston kehitykseen Lapissa. Effect of cleaning on development of sapling stands in Lapland.
- No 361 Kytätälä, Timo: Työn organisointimahdollisuudet puunkorjuussa. Aspects of work organizing in logging.
- No 362 Kukkola, Mikko: Lannoituksen vaikutus eri latvuskerrosten puiden kasvuun mustikkatyyppin kuusikossa. Effect of fertilization on the growth of different tree classes in a spruce stand on *Myrtillus*-site.
- No 363 Mielikäinen, Kari: Puun kasvun ennustettavuus. Predictability of tree growth.
- No 364 Koski, Veikko & Tallqvist, Raili: Tuloksia monivuotisista kukinnan ja siemensadon määrän mittauksista metsäpuilla. Results of long-time measurements of the quantity of flowering and seed crop of forest trees.
- No 365 Tervo, Mikko: Metsänomistajaryhmittäiset hakkuut ja niiden suhdanneherkkyys Etelä- ja Pohjois-Suomessa vuosina 1955—1975. The cut of roundwood and its business cycles in Southern and Northern Finland by forest ownership groups, 1955—1975.
- No 366 Ryynänen, Leena: Kotimaisten lehtipuiden siitepölyn laadunmäärittämisestä. Determination of quality of pollen from Finnish deciduous tree species.
- No 367 Uusitalo, Matti: Suomen metsätalous MERA-ohjelmakaudella 1965—75. Tilastoihin perustuva tarkastelu. Finnish forestry during the MERA Programme period 1965—75. A review based on statistics.
- No 368 Kärkkäinen, Matti: Käytännön tuloksia koivuviulun saannosta. Empirical results on birch veneer yield.
- No 369 Laitinen, Jorma: Raivaussahojen kantokäsittelylaitteiden vertailu filmianalysillä. Comparing clearing saw sprayers with film analysis.
- No 370 Kärkkäinen, Matti: Pienten kuusitukkien mittaus. Measurement of small spruce logs.
- No 371 Jalkanen, Risto: Maanpinnan rikkomisen vaikutus korvasienen satoisuuteen. Effect of breaking soil surface on the yield of *Gyromitra esculenta*.
- No 372 Laitinen, Jorma: Kuormatraktorin tekninen käyttöaste. Mechanical availability of forwarders.
- No 373 Petäistö, Raija-Liisa: *Phlebia gigantea* ja *Heterobasidion annosum* männyn kannoissa hakkuualoilla Suomenniemen ja Savitaipaleen kunnissa. *Phlebia gigantea* and *Heterobasidion annosum* in pine stumps on cutting areas in Suomenniemi and Savitaipale.
- No 374 Kalaja, Hannu: Pienpuun korjuu TT 1000 F palstahakkurilla. Harvesting small-sized trees with terrain chipper TT 1000 F.
- No 375 Metsätalostollinen vuosikirja 1977—1978. Yearbook of Forest Statistics 1977—1978.
- No 376 Huttunen, Terho: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1976—78. Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1976—78.

- No 377 Kärkkäinen, Matti: Koivutukki tarkistusmittauksia.
Control measurements of birch logs.
- No 378 Mäkelä, Markku: Tilasto- ja aikatutkimustuotosten vertailua ainespuun korjuussa.
Output in harvesting of industrial wood based on statistical data or time studies.
- No 379 Velling, Pirkko: Erilaisten rauduskoivuprovenienssien alkukehityksestä taimitarhalla ja kenttäkokeissa.
Initial development of different *Betula pendula* Roth provenances in the seedling nursery and in field trials.
- No 380 Kuusela, Kullervo & Salminen, Sakari: Suomen metsävarat lääneittäin 1971—1976.
Forest resources in Finland 1971—1976 by counties.
- No 381 Hyppönen, Mikko & Norokorpi, Yrjö: Lahoisuuden vaikutus puutavaran saantoon ja arvoon Peräpohjolan vanhoissa kuusikoissa.
The effect of decay on timber yield and value of the old Norway spruce stands in northern Finland.
- No 382 Paavilainen, Eero & Virtanen, Jaakko: Metsänlannoituksen vaikutuksen riippuvuus levitysmenetelmästä turvemaalla.
Effect of spreading method on forest fertilization results on peatlands.
- No 383 Sirén, Matti, Vuorinen Heikki & Sauvala, Kari: Pientraktorien heilunta.
Low-frequency vibration in small tractors.
- No 384 Löyttyniemi, Kari & Rousi, Matti: Lehtipuutaimistojen hyönteistuhoista.
On insect damage in young deciduous stands.
- No 385 Hytönen-Kemiläinen, Riitta: Suomen sahatavaramarkkinat Länsi-Euroopassa vuosina 1950—1975 ja alueen sahatavaran kulutuksen ennustaminen.
Finland's West-European sawnwood markets 1950—1975, with an econometric model for forecasting the area's sawnwood consumption.
- No 386 Parviainen, Jari: Istuttamalla perustetun männikön, kuusikon, siperialaisen lehtikuusikon ja rauduskoivikon alkukehitys.
Early development of Scots pine, Norway spruce, Siberian larch and silver birch plantations.
- No 387 Teivainen, Terttu: Metsäpuiden taimien myyrätuhot metsänuudistusaloilla ja metsiteillä pelloilla Suomessa vuosina 1973—76.
Vole damage to forest tree seedlings in reforested areas and fields in Finland in the years 1973—76.
- No 388 Teivainen, Terttu, Jukola, Eeva-Liisa, Kaikusalo, Asko & Korhonen, Kyllikki: Vesimyyrän, *Arvicola terrestris* (L.), aiheuttamat metsäpuiden taimien juuristotuhot vv. 1973—76 Suomessa.
Root damage of forest tree seedlings caused by water vole, *Arvicola terrestris* (L.), in the years 1973—76 in Finland.
- No 389 Kolari, Kimmo K.: Hivenravinteiden puute metsäpuilla ja männyn kasvuhäiriöilmio Suomessa. Kirjallisuuskatsaus.
Micro-nutrient deficiency on forest trees and dieback of Scots pine in Finland. A review.
- No 390 Kaunisto, Seppo & Metsänen, Rauni: Turpeen muokkauksen ja lannoitteiden sijoittamisen vaikutus männyn taimien juuriston kehityksen tupasvillanevalla.
Effects of soil preparation and fertilizer placement on the root development of Scots pine on deep peat.
- No 391 Valtonen, Kari: Loppukäyttötiedot saha- ja puulevyteollisuuden markkinoinnissa.
End-use information for marketing in sawmill and wood-based panel industries.
- No 392 Isomäki, Antti: Kuusialikasvoksen vaikutus männikön kasvuun, tuotokseen ja tuottoon.
The effect of spruce undergrowth on the increment, yield and returns of a pine stand.
- No 393 Kurkela, Timo: *Lophodermium seditiosum* Minter *et al.* -sienen esiintyminen männynkaristeen yhteydessä.
Association of *Lophodermium seditiosum* Minter *et al.* with a needle cast epidemic on Scots pine.
- No 394 Rikala, Risto: Lannoitteiden levitystavan vaikutus koulittujen männyn ja kuusen taimien kehittymiseen taimitarhalla.
The effect of fertilizer spreading methods on the development of pine and spruce transplants in the nursery.
- No 395 Löyttyniemi, Kari, Austarå, Øystein, Bejer, Broder & Ehnström, Bengt: Insect pests in forests of the Nordic Countries 1972—1976.
Tuhohyönteisten esiintyminen Pohjoismaiden metsissä 1972—1976.
- No 396 Silfverberg, Klaus: Männyn kasvuhäiriön ajoittuminen ja alkukehitys turvemaan booripuutosalueella.
Phenology and initial development of a growth disorder in Scots pine on boron deficient peatland.
- No 397 Talkamo, Tero: Markkinapuun alueittaiset hankintamäärät ja kulkuvirrat vuonna 1976 (1964—1973).
Removal and flow of commercial roundwood in Finland during 1976 (1964—1973) by districts.