

MÄNNYN KASVU JA UUDISTUMINEN LUONNONTILAISELLA JA OJITETULLA SEKÄ LANNOITETULLA KEIDASRÄMEELLÄ

GROWTH AND REGENERATION OF SCOTS PINE (*PINUS SYLVESTRIS* L.) ON VIRGIN, DRAINED AND FERTILIZED RAISED BOG SITES IN LAMMI, SOUTHERN FINLAND

JOHDANTO

Karujen soiden puuston muodostaa meillä mänty (*Pinus sylvestris* L.), joka on sopeutunut selviytymään ankarissa olosuhteissa. Se kasvaa meillä kuitenkin hyvin erilaisilla kasvupaikoilla: ombrotrofisilla soilla, kallioilla ja jopa lehtometsissä. Yksi selitys tähän lienee Pohjois-Euroopan poikkeuksellisen niukka puulajivalikoima. Muualla vastaavissa kasvillisuusvyöhykkeissä puulajeja on runsaammin. Pohjois-Amerikassa kasvaa karuille soille erikoistuneena puulajina mustakuusi (*Picea mariana* (Mill.) B.S.P.), joka pohjoisessa nousee kivennäismaallekin (Sarvas 1964 ja Pakarinen & Talbot 1976). Kaukoidässä karuille soille on sopeutunut dahurianlehtikuusi (*Larix dahurica* Turcz.), joka on erilaistunut useaksi eri roduksi eri biotoopeille (Nechaev et al. 1979). Meikäläisen männyn ekologinen amplitudi on ilmastollisestikin poikkeuksellisen laaja, sillä esiintyyhän laji Lapin metsänrajoilta Välimerelle ja miltei Ohotanmerelle saakka selviä erillisiä rotuja muodostamatta (Kalela 1934 ja Sarvas 1964). Männyn niche, ekolokero, on siis tietyissä ulottuvuuksissa erittäin leveä. Tästä on eräitä seurauksia. Voidaan olettaa, että mänty ulottaa esiintymisensä optimaalisen alueen ulkopuolelle kilpailun puutteessa. Se on varsinaisesti karujen maiden niukkakasvuinen kasvi, jonka kilpailukyky rehevillä mailla on heikko. Jos sitä kuitenkin kasvatetaan ravinteisuudeltaan

liian hyvällä kasvualustalla, saattaa seurauksena olla fysiologisia ravinnonottohäiriöitä. Luonnonvalinnan varassahan laji ei tällaisilla kasvupaikoilla juuri päässyt kasvamaan, ja ilmeisesti sen ravinne-ekologiset sopeumat tähän suuntaan ovat puutteelliset. Suomaiden ojitus ja lannoitus on keinotekoisesti luotu tilanne, jonka aiheuttamat kasvutekijäin muutokset voivat ylittää männyn fysiologisen sopeutumiskyvyn. Äärimmäisissä tapauksissa tämä ilmenee kasvun häiriöinä, joiden on tulkittu johtuvan hivenravinnesaannin epäsuhdasta (Huikari 1977, Kolari 1979 ja Silfverberg 1979).

Soiden ojitukset ja lannoitukset tarjoavat hyvän ja teoreettisestikin kiintoisan koejärjestelyn tutkia männyn suhdetta ympäristöönsä. Tässä työssä on selvitetty männyn reaktionopeutta pelkän ojituksen ja ojitusta seuranneen lannoituksen vaikutukseen. Aihetta on tutkittu aiemminkin mutta erityisesti tietoja on tuskin lainkaan käytettävissä suotyypisarjan karuimmasta päästä. Metsänparannettujen alojen kasvua ei myöskään yleensä ole verrattu luonnontilaisen suon puiden kasvuun.

Käsillä oleva julkaisu Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston, ja Helsingin yliopiston kasvitieteen laitoksen yhteistyönä tehtävään ja vuodesta 1977 pääasiassa Suomen Akatemian rahoittamaan tutkimusprojektiin, jonka tavoitteena on luonnontilaisen ja ojitettujen soiden vertaileva ekosysteemanalyysi (Reinikainen 1976 ja Ruuhijärvi et al. 1979). Tämä Lammin biologisella asemalla valmistunut työ kuuluu osana perustuotantorytmiikkaa koskeviin tutkimuksiin.

Työ on tehty Lammin Laaviosuolla, joka sijaitsee Lammin biologisen aseman läheisyydessä (N 61° 02', E 24° 58'). Laaviosuo on karu ombrotrofinen keidasuo, joka sijaitsee Rannikko-Suomen konsentristen ja Sisä-Suomen eksentristen keidassoiden välisessä vaihtumisvyöhykkeessä (Eurola 1962). Laaviosuolla on molempien vyöhykkeiden piirteitä. Se on epäkeskinen keidasuo (Aartolahti 1965), jossa kuitenkin eksentriset piirteet ovat vallitsevampia (vrt. Ruuhijärvi 1974). Lammi kuuluu eteläisimpään metsäojitusvyöhykkeeseen (esim. Heikurainen 1972). Tehoisan lämpötilan summa alueella on noin 1200 (Kolkkki 1966).

Laaviosuo on keidasuo, jonka kasvillisuus on reunaosia lukuunottamatta sadevedestä ravinteensa saavaa keidasrämettä (KeR), jossa mättäät ja kuljut vuorottelevat (Cajander 1913). — Kokonaisuudessaan käyttämämme suotyypinmäärittely ja nimistö noudattaa Eurolan ja Kaakisen (1978) järjestelmää, johon on sovellettu Ruuhijärven (1979) esittämiä lyhennyksiä. — Mätäiden kasvillisuus on rahkarämettä (RaR), missä valtalajeina ovat kanerva (*Calluna vulgaris* (L.) Hull), variksenmarja (*Empetrum nigrum* L.) ja ruskorahkasammal (*Sphagnum fuscum* (Schimp.) Klinggr.). Kuljujen kasvillisuus koostuu kuivemmista tupasvillavaltaisista (*Eriophorum vaginatum* L.) lyhytkorsinevapinnoista (LkN), joiden runsain sammal on mätäsrahkasammal (*Sphagnum angustifolium* (Russow) C. Jens.), ja märemmistä silmäkenevapinnoista (SiN), joissa kasvaa mm. vajorahkasammalta (*Sphagnum majus* (Russow) C. Jens.). Laaviosuo on paksuturpeinen suo (turvekerroksen paksuus 5—7 m) ja 2—3 metriä paksu rahkaturvekerros pinnassa riittää estämään kaiken mineraalivaikutuksen kasvillisuudessa. Paikoin suolla kuljupintojen osuus on varsin huomattava, mikä antaa suolle varsin tupasvillaisen ulkonäön (kuva 4.).

Laaviosuon länsipään 20 ha:n kokoisesta suoaltaasta, jota tämä tutkimus koskee, on vuonna 1966 ojitettu kaivurilla 6 ha:n ala pääasiassa keidasrämettä. Sarkaleveys on 45 m ja ojasyyvyys alunperin n. 1 m. Ojitettu ala on vuonna 1970 lannoitettu typpellä (urea 100 kg/ha), fosforilla ja kallilla (suo PK:ta 400 kg/ha) hajalannoitukseksi (Ruuhijärvi et al. 1979). Lannoitusta on seurannut voimakas kasvillisuussukessio, jonka ansiosta lannoitettu alue on edennyt oikkovaiheesta varhaiseen muuttumavai-

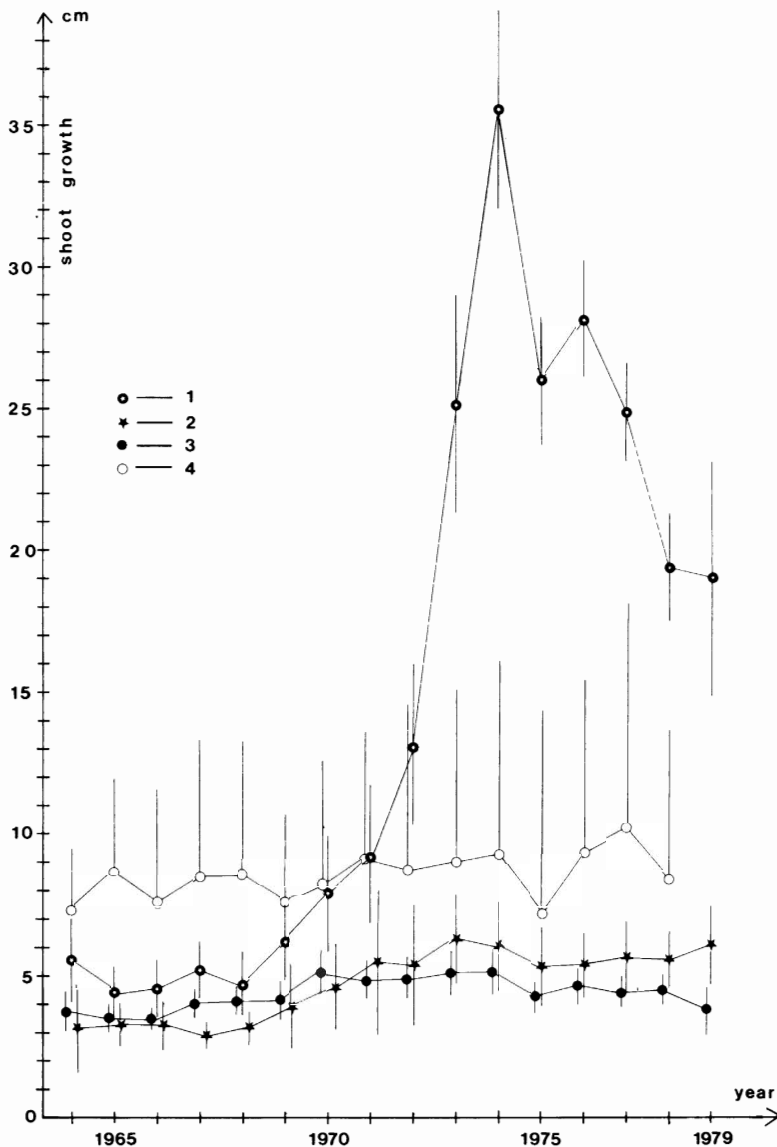
heeseen (Sarasto 1961).

Aineisto kerättiin kesien 1978 ja 1979 aikana neljältä erilaiselta kasvupaikalta. Perustana olivat luonnontilaisen keidasrämeen rahkaräme-pinnat suon keskiosissa, joita verrattiin ojitettuun ja lannoitettuun, alunperin luonnontilaista näytealaa vastanneeseen rahkarämemuuttumaan. Pelkän ojitusvaikutuksen seurauksia tarkkailtiin ojitusaluetta reunustavilta rämeosilta, joissa ilmeni kuivatusvaikutus, muttei lannoitusvaikutusta. Tutkimuksen oli tässä rajoitettava ojen läheisyyteen kapealle (n. 8 m) vyöhykkeelle. Tämän lisäksi kerättiin suppeampi aineisto luonnontilaisen rämeen reunaosista paikoin esiintyvältä isovarpurämeeltä (IR). Satunnaisesti valituista puista mitattiin 15 viime vuoden pituus- ja paksuuskasvu ja luettiin näyteruutujen kaikki puut ja taimet. Tämän lisäksi oli käytettävissä tietoja eri biotooppien kosteustilanteesta pohjavesihavaintojen muodossa.

Pituuskasvu mitattiin näytepuiden latvakasvaimista oksakiehkuroita taaksepäin lukien. Latvaan noustiin tikkailla ja mittaukset tehtiin viivaimella sentin tarkkuudella. Kaikilla rämeillä 15 vuotta oli maksimi, mikä voitiin mitata, sillä paksuuskasvun takia osalla puista häviävät tässä vaiheessa silmusuomujen arvet. Luonnonrämeillähän ei lukemista helpottavia oksakiehkuroita aina muodostu. Kumpanakin kasvukautena mitattiin yhteensä 37 puuta rahkarämeeltä, 23 puuta ojikolta, 27 puuta muuttumalta sekä 7 puuta isovarpurämeeltä.

Paksuuskasvu mitattiin kasvukairalastuista mikroskooppisella lustomittarilla 0.01 millin tarkkuudella. Lustot kairattiin 50—70 cm korkeudelta satunnaiselta suuntaa puuta. Myös nämä näytepuut valittiin satunnaisesti. Lustoja mitattiin rahkarämeeltä 17:stä, ojikolta 10:stä, muuttumalta 10:stä ja isovarpurämeeltä vain 7:stä puusta.

Puusto ja taimet luettiin luonnontilaiselta rahkarämeeltä 1.92 ha:n alalta, missä mitattiin yli 1.8 metristen puiden rinnankorkeusläpimitta mittasaksilla. Vastaavasti taimet luettiin samalta alalta pituuden mukaan puiden mittaan saakka. Muuttumalla puustokoealan pinta-ala oli 1.60 ha ja taimikoealan 0.88 ha. Puun ja taimen rajana pidettiin 2 m mittaa. Rinnankorkeusläpimitta mitattiin 1 cm tarkkuudella ja pituus 10 cm tarkkuudella. Koealoihin sisältyivät myös kuljupinnat. Ojikolta ei puustaloja luettu tämän biotoopin vähäisen pinta-alan vuoksi. Oli nähtävissä, että taimet-



Kuva 1. Mäntyjen pituuskasvu Laaviosuolla 1964—1979. Kuvaan on vuotuisten keskiarvojen lisäksi piirretty 95 %:n luotettavuusvälit. 1 = ojitettu ja lannoitettu keidasräme, 2 = vain ojitettu keidasräme, 3 = luonnon-tilainen keidasräme, 4 = isovarpuräme.

Fig. 1. Annual shoot growth of pines 95 % confidence limits marked in the figure. 1 = drained and fertilized site, 2 = only drained site, 3 = virgin bog, 4 = dwarf shrub pine bog.

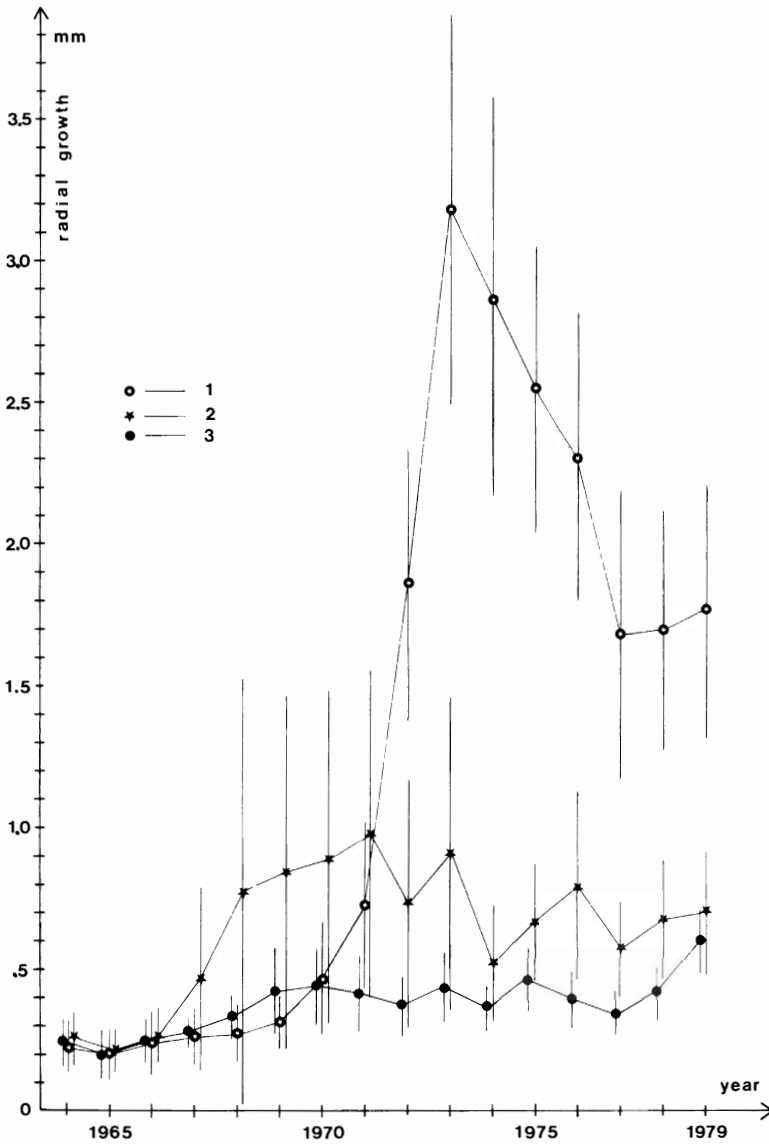
tuminen ei ollut lisääntynyt pelkällä ojitus-vaikutusalalla.

TULOKSET

Pituuskasvu: Ennen suon metsänparanuskäsittelyä on puiden kasvu ollut varsin vähäistä. Kasvun taso on ollut 3—4 cm vuodessa (kuva 1). Nykyisen muuttuman kasvu on ollut hieman (0.5—1 cm) parempaa kuin muiden kohteiden. Isovarpurä-

meen kasvu on selvästi parempaa, so. n. 9 cm vuodessa. Luonnontilassa suon mäntyjen vuosittaisessa kasvussa ei ole suuria eroja. Alle kahden sentin vaihteluvälin sisälle mahtuu 95 % vaihtelusta.

Ojitusvaikutus näkyy ojikon männyissä 2—3 vuotta ojituksen jälkeen (kuva 1). Kasvun taso nousee n. viiden vuoden aikana vähittäin n. kuuteen senttiin, jolla se lopun tarkasteluperiodia on pysynyt. Ojituksen kasvua lisäävä vaikutus on pieni, keskimäärin n. 1 cm. Tämäkin tulos vastaa



Kuva 2. Mäntyjen sädekasvu Laaviosuolla 1964—1979. Merkinnot ovat samat kuin kuvassa 1. Isovarpurämeen keskimääräinen sädekasvu oli n. 0.6 mm/v.

Fig. 2. The radial growth of pines. For biotopes see fig. 1. In the dwarf shrub bog site the annual values are appr. 0.6 mm.

vain erittäin hyviä kuivatusolosuhteita, sillä mitatut puut kasvoivat keskimäärin hyvin lähellä ojaa. Ojitusvaikutus heikkenee jyrkästi jo 2—3 m ojasta, ja tämä lienee syynä kasvun tasossa ilmenevään suurentuneeseen hajontaankin (kuva 1).

Muuttumaksi kehittyneen suonosan puuston kasvun historia on samanlainen kuin muidenkin kohteiden. Pelkkä ojitus on vaikuttanut muuttumallakin kasvun elpymiseen jonkin verran, ja kasvun taso oli v. 1969 noussut samaan kuin sittemmin ojikkollakin — kuuteen senttiin vuodessa.

Muuttuman puut ovat pystyneet lisäämään kasvuaan jo hieman aikaisemmin kuin ojikon puut — ovathan ne jo alkujaan olleet parempikasvuisia (kuva 1). Myös muuttumalta on osa puista mitattu läheltä ojia. Välittömästi lannoituksen jälkeen kasvu on kiihtynyt tasaisesti pari vuotta, mutta jo v. 1972 kasvu lisääntyy jyrkästi. Runsaan kasvun kautta kestää kuitenkin vain viisi vuotta. Maksimi saavutettiin v. 1974, jolloin kasvu oli n. 35 cm. Heti tämän jälkeen kasvunopeus alkaa varsin nopeasti pienetä. Vasta v. 1979 väheneminen näyttää hidas-



Kuva 3. Keidasräme yhdeksän vuotta lannoituksen jälkeen kesällä 1979.

Fig. 3. Ombrotrophic bog nine years after fertilization in summer 1979.

tuvan, mutta siitä ei voida päätellä, miten jatkossa tulee käymään. Kasvun lisääntymisen ohessa lisääntyy myös kasvainten välinen hajonta, sillä puiden elpymiskyky ei ole samanlainen (kuva 3).

Erillisten ympäristötekijöiden vaikutusta mäntyjen pituuskasvuun ei suuremmissa määrin voida havaita. Ojikon kasvunlisäys indikoi juuriston lisääntyneen aerobisuuden vaikutusta. Lämpötilan vaikutus suopuiden pituuskasvuun on normaalisti pieni, lämpösomma ei siis ole minimitekijä. Poikkeuksellisen kylmän kesän vaikutus verrattuna lämpimämpiin vierusvuosiin on kuitenkin nähtävissä. Tehoisan lämpötilan summa Jokioisissa oli v. 1973, 1974 ja 1975 vastaavasti 1260.2, 1156.2 ja 1385.9 Ilmatieteen laitos 1973, 1974, 1975). Vuoden 1974 vaikutus on nähtävissä seuraavan kesän kasvussa kaikilla biotoopeilla — voimakaimmin muuttamalla — vähäisempänä kasvuna (kuva 1).

Paksuuskasvu: Mäntyjen paksuuskasvussa ei ennen ojitusta ollut eroa eri koealoilla. Paksuuskasvu on luonnontilassa hyvin vähäistä (kuva 2). Vuosien 1964—1966 lustojen paksuus on vain n. 0.2 mm. Luonnontilaisenkin rämeen puiden lustoissa tapahtuu paksuuden lisääntymistä 1970-luvun alussa n. kaksinkertaiseksi so. 0.4 mm:iin/v. Syynä lienevät suotuisat kesät. Isovarpurämeen arvoja ei ole kuvan selvyiden vuoksi piirretty. Sädekasvun taso on siellä hieman suurempi, so. n. 0.6 mm vuodessa. Rahkarämeen parantunut sädekasvu v. 1979 (kuva 2) lienee yhteydessä ao. rämeen ojitukseen v. 1978 kevättälvella.



Kuva 4. Luonnontilainen keidasräme kesällä 1979. Puusto on harvaa ja matalaa. Kuljut ovat taimettomia antaen suolle avaran ulkonäön.

Fig. 4. Virgin ombrotrophic bog in 1979. Tree layer is scarce and low. Due to this and large area of hollows the general view is open. Photos: T. Lindholm.

Ojikolla sädekasvu lisääntyi heti ojitusta seuraavana kasvukautena (kuva 2). Sädekasvun taso nousee kahdessa vuodessa 0.7 mm:iin vuodessa. Samalla lisääntyy huomattavasti puiden välinen vaihtelu. Lähellä ojia kasvaneet puut ovat reagoineet voimakkaasti kuivatukseen, kauempana ojista olevat tuskin ollenkaan. Keskimäärin ei pelkällä ojituksella siis ole näin suurta vaikutusta. Vuoden 1971 jälkeen tapahtuu ojikon mäntyjen sädekasvussa vähenemistä, joka lienee yhteydessä ojien alkavaan madaltumiseen ja tukkeutumiseen.

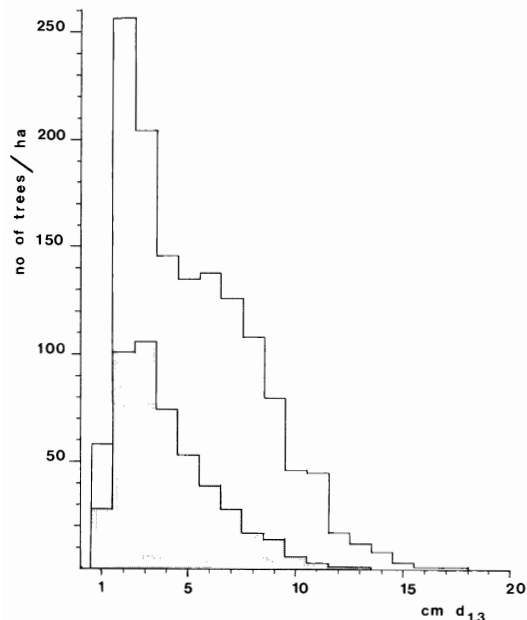
Muuttumaksi kehittyneen koealan aineistossa, joka on kerätty eri puolilta 45-metrillä sarkaa, pelkän ojituksen vaikutus näkyy hyvin heikkona. Lannoituksen vaikutus sensijaan näkyy välittömästi (kuva 2). Mäntyjen sädekasvu lisääntyy voimakkaasti kolmena lannoitusta seuranneena vuonna. Maksimi saavutettiin v. 1973, jolloin sädekasvu oli 3.18 mm (\pm CFL 95 % 0.69 mm). Tätä seuraa nopea taantuminen, joka tasoittuu v. 1977 lähtien tasolle n. 1.7 mm/v. Myös muuttamalla lisääntyy puiden välinen hajonta kasvun paranemisen jälkeen.

Erillisten säätekijöiden vaikutusta ei paksuuskasvussakaan ole selvästi nähtävissä. Vuoden 1974 viileä kesä näkyy suoraan saman vuoden sädekasvussa.

Puuston rakenne: Luonnontilaisella rahkarämeellä (kuljupintoineen) on mäntyjä (yli 1.8 m) 470 kpl/ha. Niiden keskimääräinen rinnankorkeusläpimitta on 3.9 cm ja pituus 2.5 m. Läpimittaluokat (kuva 5) eivät kuitenkaan ole normaalisti jakautu-

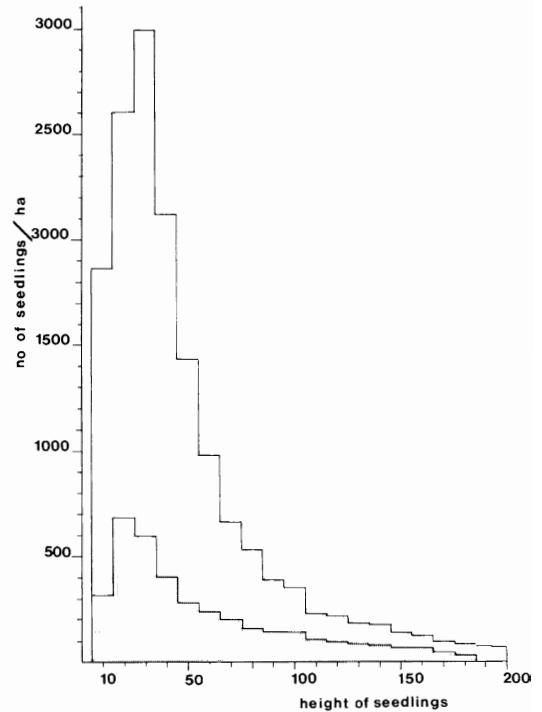
neita, vaan suurimpien puiden kokoluokkia on runsaammin ja niissä on puita vähemmän kuin runsainta kokoluokkaa ($d_{1,3} = 3$ cm, 106 puuta/ha) pienemmissä kokoluokissa. Järein puu on rinnankorkeusläpimitaltaan 16 cm. Kuutiomäärä luonnontilaisella suolla on keskimäärin $1.3 \text{ m}^3/\text{ha}$ vaihdellen kuljupintojen osuuden mukaan. Suon keskustan runsaskuljusilla aloilla on kuutiomäärä vain n. $0.3 \text{ m}^3/\text{ha}$ nousten suon reunan vähempikuljuisilla aloilla $2\text{—}3 \text{ m}^3/\text{ha}$.

Ojitetulla ja lannoitetulla rahkaräme muuttumalla on mäntyjä (yli 2 m) 1390 kpl/ha. Hieskoivuja on joukossa 8 kpl/ha, joskin ne ovat vain hieman yli kaksimetrisiä. Puuston keskimääräinen rinnankorkeusläpimita on 5.9 cm ja pituus hieman alle 4 m. Kuutiomäärä on luonnontilaiseen rämeeseen nähden kuusinkertaistunut so. n. $8 \text{ m}^3/\text{ha}$. Vaikka keskiläpimita onkin noussut luonnontilaiseen suohon nähden, muodostavat varsin hoikat puut (2 cm, 257 puuta/ha, kuva 5) runsaimman läpimitaluokan. Jakauma ei ole täysin jatkuva, vaan siinä on erotettavissa kolme tasoa: $2\text{—}3$ cm, $4\text{—}6$ cm ja $10\text{—}11$ cm läpimitaltaan olevat puut. Viimeksimainittu koostuu vanhoista jurovista petäjistä, keskimäinen vanhoista valtapuista (vrt. luonnontilaisen



Kuva 5. Puuston rinnankorkeusläpimitan ($D 1.3$ m) mukainen histogrammi. Muuttuman puut merkitty vaaleana, luonnontilaisen varjostettuna.

Fig. 5. Distribution of trees according to breast height diameter ($D 1.3$ m). Trees of virgin bog are shaded.



Kuva 6. Männyntaimien pituuden mukainen kokoluokkakajakautuma. Luonnontilaisen suon taimet tummennettu.

Fig. 6. Height distribution of pine seedlings. Seedlings of the virgin bog are shaded.

suon puustoluokat) ja ensimmäinen lannoituksen jälkeen puustoluokkaan nousseista nuorista puista. Suurin rinnankorkeusläpimita muuttumalla on 18 cm.

Taimikon rakenne: Luonnontilaisella keidasrämeellä puut samoin kuin taimet ovat rajoittuneet mättäiden rahkarämepinnoille (kuva 4). Luonnontilaisella rämeellä on alle 1.8-metrisiä mäntyjä n. 7100 kpl/ha. Vaihtuvan taimiaineksen osuus näkyy selvästi. Taimista 28 % on alle 50 cm pitkiä. Eniten taimia on 20 cm korkeiden luokassa (680 tainta).

Pelkkä ojitus ei näyttänyt vaikuttaneen taimikon kasvuun ja taimettumiseen, joten jakauma ja taimimäärä lienee suurin piirtein sama kuin luonnontilaisella rämeellä.

Ojitetulla ja lannoitetulla muuttumalla männyn taimien määrä on yli kaksinkertainen luonnontilaiseen rämeeseen verrattuna so. 15300 tainta/ha. Mättäidenkin taimettumisalttius on kohonnut, mutta ero johtuu ennen kaikkea kuljupintojen taimettumisesta. Mäntyjen lisäksi kuljuihin on noussut runsaasti koivuja (koko alalla 2060 koivun tainta/ha). Männyn taimista 63 % on alle 50 cm pitkiä. Eniten taimia on 30 cm korkeiden luokassa (2900 kpl/ha, kuva 6).

TARKASTELU

Suoranaisia rahkarämeitä koskevia tutkimustuloksia ei ole käytettävissä nyt saatujen arvojen vertailuun. Ojitetuilta rahkamättäisiltä tupasvillarämeiltä on mitattu n. 10 cm:n vuotuista mäntyjen pituuskasvua (Paavilainen 1977). Isovarpurämeen tuloksia vastaavia tai hieman pienempiä ovat Multamäen (1916) mittaukset sararämeeltä ja suopursurämeeltä. Puuston ikä vaikuttaa myös pituuskasvuun (Multamäki 1916 ja Mikola 1950). Vaikka puut Laaviosuolla ovatkin eri-ikäisiä, voidaan niiden saman fysiologisen tilansa puolesta katsoa olevan tasaisen kasvuvauhdin vaiheessa.

Irlannin oligotrofisten soiden viljelytaimikoissa kasvaa sitkankuusi (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.) lannoittamatta n. 10 cm vuodessa (Dickson & Savill 1974). Tulokset koskevat nuoria puita, kuten myös eräät kotimaiset tulokset lannoittamattomien ja lannoitettujen karujen soiden taimien kasvusta (mm. Heikurainen & Veijola 1971). Lukkalan (1929) ja Seppälän (1969) tulokset luonnontilaisten isovarpurämeiden puiden sädekasvusta ovat samansuuruisia kuin nyt saadut sädekasvuarvot (0.6—0.7 mm/v). Ojitetuilta rahkamättäisiltä tupasvillarämeiltä on mitattu korkeampia arvoja, 0.94 mm/v (Paavilainen 1977). Ylipäänsä on todettava, että tietoja luonnontilaisten soiden puustosta on hyvin vähän käytettävissä (vrt. Heikurainen 1971).

Pelkkä ojitus ei vaikuttanut juuri ollenkaan puiden kasvuun. Tämä oli odotettavissa: onhan rahkaräme luokiteltu metsänkasvatuskelvottomaksi (esim. Heikurainen 1973). Pääsyyinä on ravinteiden puute, mutta myös kuivatustehokkuus vaikuttaa kasvun määrään. Jo Lukkala (1929) on todennut, että puiden kasvu erityisesti karuimilla suotyypeillä on suurinta ojien lähellä pienentyen nopeasti keskemälle sarkaa mentäessä. Ojitus laskee pohjaveden pintaa selvästi vain aivan ojien läheltä (omat mittaukset). Tämän osoittaa myös, että biologinen optimikuivatusvaikutus saavutetaan heikosti maatuneella rahkaturpeella alle 10 m:n, jopa vain 4—6 m:n sarkaleveydellä (Huikari & Paarlahti 1967 ja Heikurainen & Veijola 1971). Vaikka suopuiden juuristo ulottuu laajalle (Heikurainen 1955), lisääntyy niiden juuristomäärä yllättävän vähän kuivatuksen jälkeen. Tämä johtunee ravinteiden voimakkaasta sitoutumisesta pintaturpeeseen. Samoin voimakkaiden sateiden jälkeen voi anaerobisen turvekerroksen yläraja olla heikosti maatuneessa turpeessa

yhtä korkealla kuin ennen ojitusta (Paavilainen 1966). Paksuuskasvu reagoi huomattavasti pituuskasvua selvemmin pelkkään ojitukseen. Lähellä ojia kasvaneiden puiden lustot erosivat selvästi hieman keskemällä sarkaa kasvaneiden puiden lustoista. Sädekasvu on myös huomattavasti pituuskasvua helpompi mitata, ja niinpä kasvututkimuksissa onkin käytetty lähes pelkästään sädekasvua ja sen muutoksia tutkitessa eri toimenpiteiden ja olosuhteiden vaikutusta puiden kasvuun (esim. Mikola 1950 ja Seppälä 1969).

Lannoituksen jälkeen puusto reagoi hyvin nopeasti ja voimakkaasti. Puiden elpyminen lannoituksen jälkeen on Laaviosuolla ollut hyvä. Vain suurimpiin vanhoihin juroviin puihin, joiden kasvu on ollut olematonta, ei lannoitukseen ole pystynyt vaikuttamaan (vrt. Heikurainen & Kuusela 1962 ja Paavilainen 1968). Lannoituksen vaikutus oli voimakas, mutta lyhytaikainen, vain viisi vuotta. Tosin puiden kasvu lannoitettulla alalla on vieläkin suurempaa kuin luonnontilaisella keidasrämeellä. Tulokset vastaavat monilta osiltaan Karsiston (1972, 1974) tupasvillarämeiltä saamia tuloksia. Karuilla rämeillä onkin lannoitusvaikutuksen todettu kestävän alle 10, usein vain 4—5 vuotta (Huikari & Paavilainen 1972 ja Ipatiev & Paavilainen 1975). Kasvun voimallisen jatkumisen voisi mahdollisesti turvata vain jatkolannoitus. Mielenkiintoista on seurata, miten lannoitussukessio kehittyy kertalannoituksen jälkeen pitkällä aikavälillä ja jääkö lannoitusvaikutuksesta mitään jäljelle.

Rakenteeltaan Laaviosuon luonnontilainen puusto on samantapainen kuin luonnontilaisten soiden puusto yleensäkin (Heikurainen 1971). Puusto koostuu varsin vaihtelevan ikäisistä puista, vaikka läpimittaja-kauma ei suoranaisesti ehkä kuvaakaan ikäluokkajakaumaa. Eniten on pieniä puita, ja eripaksuisia vankempia puita on huomattavasti vähemmän. Jakaumatyyppi kuvaa puiden elinolosuhteita tasapainossa olevassa suometsikössä (vrt. Heikurainen 1971). Jakauman muoto määräytyy puustoluokkaan ehtivän taimiaineksen määrästä ja sen jälkeen tapahtuvasta kuolleisuudesta, joka näyttää olevan runsaimmillaan keskimmäisten puustoluokkien kohdalla. Tasapainotilassa olevalla rämeellä jakauman muodossa tuskin tapahtuu ajan suhteessa muutoksia, vaan vasta ympäristön ja sitä kautta koko ekosysteemin tilassa tapahtuvat muutokset vaikuttanevat jakaumatyyppi-

piin. Luonnonrämeellä on myös taimiaineksen jakauma jotakuinkin pysyvä. Nousevat taimet joutuvat kilpailemaan vähistä ravinnevaroista kenttäkerroksen kasvien kanssa. Tästä johtuu, että vain pieni osa taimista kasvaa puustoluokkaan.

Lannoitus aiheuttaa eräänlaisen nuorentumisen ekosysteemissä. Osa taimista nousee puustoluokkaan, ja monet suhteellisen nopeasti kasvavat taimet saavuttavat pitiuskasvussa vanhoja, hitaammin kasvavia puita. Lannoituksen ansiosta on myös osa vaihtuvasta taimiaineksestä pystynyt nousemaan oikeaksi taimikoksi. Samalla on kuljuihin noussut runsaasti taimia. Lisäksi kenttäkerroksen kasvillisuus on rehevöitynyt. Näiden kaikkien ansiosta lienee juuristotila käytetty jo melko tehokkaasti. Nousevat taimet joutuvat siis kovaan kilpailuun. On vielä vaikea sanoa, miten paljon tämä tulee vaikuttamaan taimien kuolleisuuteen.

Puuston runkoluku on noussut kolminkertaiseksi lannoituksen jälkeen yhdeksässä vuodessa. Samalla kuutiomäärä on noussut kuusinkertaiseksi. Nykyinen kuutiomäärä, 8 m³/ha keskimäärin, vastaa Heikuraisen (1971) kuvaamia keskimääräisiä tupasvillärämeiden puustoja. Kuitenkin tupasvillärämeitä pidetään metsänkasvatuksellisinä rajatapauksina (Heikurainen 1973). Nykyinen puusto luonnontilaiseksi puustoksi kuviteltuna vastaisi siis arveluttavaa ojituskohdetta. Toisin sanoen suota ei ole vielä ojituksen ja yhdeksän vuotta sitten annetun NPK-lannoituksen avullakaan saatu puustokuutiomäärältään ojituskelpoiseksi.

Karuilla vähäpuustoisilla rämeillä kohdataan useita vaikeita metsänparannukselli-

sia ongelmia. Harvan ja kituvan lähtöpuuston neulasmassa samoin kuin juuriston määrä on pieni. Tästä syystä puut eivät kykene käyttämään annettuja ravinteita tehokkaasti hyväkseen, vaan suuri osa lannoitteista sitoutuu kenttäkerrokseen. Samoin ravinteiden mobilisaatio ja hajottajien aktivoituminen on heikkoa. Lähettäessä erittäin pienestä luonnonpuustosta voi puuston kasvukehitys olla suhteellisesti suurtakin. Tosin suurin lisäys yleensä tapahtuu oksa- ja neulasmäärissä, jolloin kasvatettavaksi tarkoitettun runkopuun osuus vähenee. Aikaa myöten rungon osuus tosin voimistune. Oksaisen runkopuun käyttömahdollisuudet ovat myös rajalliset.

Vaikka tutkimuksen kohteena ollut Laaviosuo onkin metsänparannuksen kannalta äärimmäistapaus, on kuitenkin vastaavia kohteita ojitettu varsin runsaasti Etelä-Suomessa, joskin ne silloin on nimetty vähintään tupasvillärämeiksi. Siksi saadut tulokset eivät jääne erikoistapauksiksi, vaan vastaavia kasvuilmiöitä esiintyne laajemminkin. Paremmillakin rämeillä esiintyne osittain vastaavanlaisia ongelmia, joihin kokonaisuhyöty ei jää yhtä vähäiseksi.

Kiitämme Lammin biologisen aseman esimiestä Rauno Ruuhijärveä tutkimuksen tekemisen mahdollisuksista Lammilla. Hän on ollut myös koko tutkimusprojektin kannustava johtaja. Tutkimuksen eri vaiheissa olemme saaneet neuvoja Antti Reinikaiselta, joka on myös lukenut käsikirjoituksen. Pekka Pakarinen tarkasti englanninkielisen tekstin. Maastossa saimme apua Maritta Liedenpohjalta. Rahallisesti tutkimuksen on mahdollistanut Suomen Akatemian tuki.

KIRJALLISUUS

- Aartolahti, T. 1965. Oberflächenformen von Hochmooren und ihre Entwicklung in Südwest-Häme und Nord-Satakunta. — *Fennia* 93(1): 1—268.
- Cajander, A. K. 1913. Studien über die Moore Finnlands. — *Acta For. Fenn.* 2(2): 1—208.
- Dickson, D. A. & Savill, P. S. 1974. Early growth of *Picea sitchensis* (Bong.) Carr. on deep oligotrophic peat in Northern Ireland. — *Forestry* 47: 57—88.
- Eurola, S. 1962. Über die regionale Einteilung der südfinnischen Moore. — *Ann. Bot. Soc. Vanamo* 33(2): 1—243.
- Eurola, S. & Kaakinen, E. 1978. Suotyyppiopas. WSOY. Porvoo—Helsinki—Juva. 85 s.
- Heikurainen, L. 1955. Rämemännikön juuriston rakenne ja kuivatuksen vaikutus siihen. (Referat: Der Wurzelbau der Kiefernbestände auf Reisermoorböden und seine Beeinflussung durch die Entwässerung.) — *Acta For. Fenn.* 65(3): 1—85.
- Heikurainen, L. 1971. Virgin peatland forests in Finland. — *Acta Agr. Fenn.* 123: 11—26.
- Heikurainen, L. 1972. Utilization of peatlands for forestry purposes. — In: Päivänen, J. (ed.) Finnish peatlands and their utilization. 29—34. Suoseura ry. Helsinki.
- Heikurainen, L. 1973. Soiden metsänkasvatuskelpisyyden laskentamenetelmä. (Summary: A method for calculation of the suitability of peatlands for forest drainage.) — *Acta For. Fenn.* 131: 1—35.

- Heikurainen, L. & Kuusela, K. 1962. Revival of the tree growth after drainage and its dependence on the tree size and age. — *Commun. Inst. For. Fenn.* 55(8): 1—15.
- Heikurainen, L. & Veijola, P. 1971. Lannoituksen ja sarkaleveyden vaikutus rämeen uudistumiseen ja taimien kasvuun. (Summary: Effect of fertilization and ditch spacing on regeneration and seedling growth in pine swamps.) — *Acta For. Fenn.* 114: 1—19.
- Huikari, O. 1977. Micro-nutrient deficiencies cause growthdisturbances in trees. — *Silva Fenn.* 11: 251—255.
- Huikari, O. & Paarlahti, K. 1967. Results of field experiments on the ecology of pine, spruce and birch. — *Commun. Inst. For. Fenn.* 64(1): 1—135.
- Huikari, O. & Paavilainen, E. 1972. Metsänlannoitus. 2. p. Kirjayhtymä. Helsinki. 55.
- Ipatiev, V. & Paavilainen, E. 1975. Lannoituksen vaikutuksen kesto aika tupasvillärämeen männikössä. (Summary: Duration of the effect of fertilization in an old pine stand on a cottongrass pine swamp. — *Folia For.* 241: 1—13.
- Ilmatieteen laitos, 1973, 1974, 1975. Yhteenveto 1973, 1974, 1975. — *Kuukausikatsaus Suomen ilmastoon* 67(13), 68(13), 69(13): 1—12.
- Kalela, A. 1937. Zur Synthese der experimentalen Untersuchungen über Klimarassen der Holzarten. — *Commun. Inst. For. Fenn.* 24(5): 1—445.
- Karsisto, K. 1972. Lannoituksen vaikutuksen kestoajasta suometsissä. (Summary: On the duration of the effect of fertilizer application to peatland forests.) — *Suo* 23: 49—56.
- Karsisto, K. 1974. On the duration of fertilization influence in peatland forests with special reference to the results obtained from experiments with different phosphorus fertilizers. — In: Heikurainen L. (ed.) *Proceedings of the International Symposium on Forest Grainade, 2nd-6th September, 1974 Jyväskylä — Oulu, Finland: 309—328.* Helsinki.
- Kolari, K. K. 1979. Hivenravinteiden puute metsäpuilla ja männyn kasvuhäiriöilmio Suomessa — kirjallisuuskatsaus. (Abstract: Micro-nutrient deficiency in forest trees and dieback of Scots pine in Finland — a review.) — *Folia For.* 389: 1—37.
- Kolkki, O. 1966. Taulukoita ja karttoja Suomen lämpöoloista kaudelta 1931—1960. — *Liite Suomen meteorologiseen vuosikirjaan* 65(1a): 1—42.
- Lukkala, O. J. 1929. Tutkimuksia soiden metsätaloudellisesta ojituskelpoisuudesta erityisesti kuivatuksen tehokkuutta silmälläpitäen. (Referat: Untersuchungen über die waldwirtschaftliche Entwässerungsfähigkeit der Moore mit besonderer Rücksicht auf den Trocknungseffekt.) — *Commun. Inst. For. Fenn.* 15(1): 1—301.
- 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(6): 1—131.
- Multamäki, S. E. 1916. Nuorennoksien elpymisestä ojitetuilla suomilla. — *Metsätaloudellinen Aikakauskirja* 3: 43—53.
- Nechaev, A. P., Luukkanen, O. & Nechaev, A. A. 1979. On the northern limits of woody plant species in the Lower Amur Basin, USSR Far East. — *Ann. Bot. Fenn.* 16(1): 65—75.
- Paavilainen, E. 1966. Maan vesitalouden järjestelyn vaikutuksesta rämemännikön juurisuhteisiin. (Summary: On the effect of drainage on root systems of Scots pine on peat soils.) — *Commun. Inst. For. Fenn.* 61(1): 1—110.
- Paavilainen, E. 1968. Vanhojen rämemäntyjen kasvun elpyminen lannoituksen vaikutuksesta. (Summary: On the response to fertilization of old pine trees growing on pine swamps.) — *Folia For.* 43: 1—15.
- Paavilainen, E. 1977. Jatkolannoitus vähäravinteisillä rämeillä. Ennakkotuloksia. (Summary: Refertilization on oligotrophic pine swamps. Preliminary results.) — *Folia For.* 327: 1—32.
- Pakarinen, P. & Talbot, S. 1976. Aapa- ja koho-suokasvillisuudesta Suuren Orjajärven lähistöllä. (Summary: Observations on the aapa-mire and raised-bog vegetation near Great Slave Lake, Canada.) — *Suo* 27: 69—76.
- Reinikainen, A. 1976. Suoekosysteemi tutkimuskohteenä. (Summary: How to study a mire ecosystem.) — *Suo* 27: 9—18.
- Ruuhijärvi, R. 1974. A general description of the oligotrophic lake Pääjärvi, southern Finland, and the ecological studies on it. — *Ann. Bot. Fennici* 11: 95—104.
- Ruuhijärvi, R. 1979. Suurisuo, Janakkala. Excursion guide. — *International Symposium on Classification of Peant and Peatlands. Hyytiälä and Lammi, Finland. September 17—21, 1979. Lammi Biological Station.* 12 s.
- Ruuhijärvi, R. & Reinikainen, A. & Lindholm, T. 1979. An attempt to a comparative analysis of virgin and forest-improved mire-ecosystem. — *Lammi Notes* 2: 14—19.
- Sarasto, J. 1961. Über die Klassifizierung der für Walderziehung Entwässerten Moore. — *Acta For. Fenn.* 74(5): 1—57.
- Sarvas, R. 1964. Havupuut. WSOY. Porvoo. 518 s.
- Seppälä, K. 1969. Kuusen ja männyn kasvun kehitys ojitetuilla turvemilla. (Summary: Post-drainage growth rate of Norway spruce and Scots pine on peat.) — *Acta For. Fenn.* 93: 1—88.
- Silfverberg, K. 1979. Männyn kasvuhäiriön alkukehitys ja ajoittuminen turvemaan hivenpuustoalueella. (Abstract: Phenology and initial development of a growth disorder in Scots pine on boron deficient peatland.) — *Folia For.* 396: 1—19.

SUMMARY:

GROWTH AND REGENERATION OF SCOTS PINE (*PINUS SYLVESTRIS* L.)
ON VIRGIN, DRAINED AND FERTILIZED RAISED BOG SITES IN LAMMI,
SOUTHERN FINLAND

The effect of draining and fertilization on the radial and height growth of Scots pine has been studied on an ombrotrophic bog Laaviosuo in the vicinity of Lammi Biological Station. The study site represents a southern Finnish raised bog with *Calluna vulgaris* — *Empetrum nigrum* — *Sphagnum fuscum* -hummocks and *Eriophorum vaginatum* — *Sphagnum angustifolium* or *Sphagnum majus* — *S. balticum* -hollows. Total thickness of the peat layer is 5—7 m with a 2—3 m of *Sphagnum* peat on the surface. Part of the bog (6 ha) was drained in 1966 and fertilized in 1970 (N as urea 100 kg/ha plus PK fertilizer 400 kg/ha). This study is part of a project concerning the comparative analysis of virgin and forest-improved mire ecosystems (Ruuhijärvi et al. 1979).

Height growth of pines during 15 last years was measured with the accuracy of 1 cm from 37 trees in the virgin site, 23 trees in the site with only drainage and 27 trees in the drained and fertilized site during the autumns 1978 and 1979. In addition seven trees from a virgin dwarf shrub pine bog near the marginal slope of Laaviosuo were measured for comparison in the autumn 1978. Radial growth was measured in 1979 from 17, 10, 10 and 7 trees, respectively, with the accuracy of 0.01 mm. All the measured trees were selected randomly. At the same time we counted all the trees and seedlings from a sample area both in the virgin and fertilized sites. In the virgin bog the size of the sample area was 1.92 ha and in the fertilized area 1.60 ha for trees and 0.88 ha for seedlings. Height of all seedlings was measured with the accuracy of 10 cm and breast height diameter ($d_{1.3}$) of trees with the accuracy of 1 cm. Growth of trees in the virgin bog site was very low: height growth about 3 cm and radial growth: 0.2 mm annually (Fig. 1, 2). In dwarf shrub pine bog the corresponding values were about 9 cm and 0.6 mm.

Mere draining had very little effect (about 1 cm) on the height growth (Fig. 1.). Radial growth increased more clearly (Fig. 2). However, the figures exaggerate the situation because the trees have been measured very near the ditches (about

1—8 m). Trees which have grown at a distance of less than about 3 m from the ditches have increased their radial growth, but others growing further away have not. This increases the variation as seen in Fig. 2.

In practise, if this kind of ombrotrophic bog is drained fertilization with all macro-nutrient (N, P, K) is needed. Effect of fertilization is very similar on radial and height growth with the difference that height growth always reacts one year later (Fig. 1, 2). Maximum growth (about 35 cm and 3.2 mm) was reached in 1973 and 1974, respectively, after which the growth decreased almost as quickly as it had increased. In ombrotrophic sites the effect of fertilization is known to last less than ten years (Huikari & Paavilainen 1972 and Ipatiev & Paavilainen 1975). Only refertilization could possibly secure the continuing of tree growth.

Fertilizing has changed also the size-classes of trees and seedlings (Fig. 5,6). Number of trees has increased from 470 per ha in the virgin area to 1390 per ha in the drained and fertilized area. The tree volume increment has been six-fold (from 1.3 to 8 m³/ha). Number of pine seedlings increased from 7100 per ha to 15300 per ha. There were also 2060 birch seedlings per ha in the fertilized area. Especially hollows have become stocked with seedlings. All these seedlings must compete with dense shrub layer for the nutrients but its effect on the mortality of seedlings can not yet be known. Mere draining seemed to have no effect on the population structure of seedlings.

The present volume of the pine stand in the fertilized area, 8 m³/ha on average, is of the same magnitude as Heikurainens (1971) average values for virgin cottongrass pine bogs. However, drainage of cottongrass pine bogs and *Sphagnum fuscum* pine bogs with so scarce pine stands seems to be economically questionable (Heikurainen 1973). Thus according to our results, even after the drainage and NPK fertilization the tree stand of this site type is still so low that the drainage and fertilization of such ombrotrophic pine bogs is probably unprofitable.