

LEENA FINÉR

OHUTJUURTEN BIOMASSA JA PITUUS OJITUSALUEEN MÄNNIKÖSSÄ, KOIVU-MÄNTYSEKAMETSİKÖSSÄ JA KUUSIKOSSA

Fine root length and biomass in a pine, mixed birch–pine and spruce stand on a drained peatland

Finér, L. 1989: Ohutjuurten biomassa ja pituus ojitusalueen männikössä, koivu-mäntysekametsikössä ja kuusikossa. (Summary: Fine root biomass and length in a pine, mixed birch–pine and spruce stand on a drained peatland.) — Suo 40:155–161. Helsinki. ISSN 0039-5471

The biomass of Scots pine fine roots (diam. <10 mm) averaged ca. 5 000 kg/ha and total length ca. 12 000 km/ha on a tall-sedge pine mire. In a herb-rich sedge birch–pine mire, Scots pine fine root biomass was ca. 800 kg/ha and hairy birch fine root biomass 2 000–4 000 kg/ha. The total length of fine roots were correspondingly ca. 3 000 km/ha and 4 000–7 000 km/ha. Norway spruce fine root biomass was 7 000–8 000 kg/ha with a total length of ca. 11 000 km/ha on a *Vaccinium myrtillus* spruce mire. The root systems were superficial; over 90% of the root biomass was in the uppermost 20 cm peat layer. The biomass of 1–10 mm diameter fine roots was larger than that of the <1 mm roots on all sites. In the case of root length, the situation was just the opposite.

Keywords: Drainage, hairy birch, Norway spruce, root systems, Scots pine

L. Finér, Finnish Forest Research Institute, Joensuu Research Station, P.O. Box 68, SF-80100 Joensuu, Finland

JOHDANTO

Juuristo on osa puiden tukirakennetta. Se huolehtii ravinteiden ja veden otosta. Juuriston osuus varttuneen puuston koko biomassasta on 20–30% (Santantonio ym. 1977). Lämpimitaltaan alle yhden senttimetrin paksuiset ohutjuuret muodostavat puuston koko biomassasta vain 2–15% (Mälkönen 1974, Paavilainen 1980). Ohutjuurten pituus on kuitenkin huomattava, tutkituissa turvemaiden metsiköissä se on ollut 3 000–18 000 km/ha (Heiku-

rainen 1955a, b, Paavilainen 1966a, 1967a, 1968, Håland & Braecke 1989). Mitä ohuempia juuret ovat sitä lyhytikäisempiä ne ovat (esim. Heikurainen 1955a). Koska taimikkovaiheen jälkeen metsikön ohutjuurten määrän on havaittu saavuttavan tason, joka ei paljon muutu metsikön vanhetessa (Kalela 1949, 1955, Heikurainen 1955b), uusiutuvat ohutjuuret nopeasti. Ohutjuurten nettokasvun on arvioitu olevan 5–75% puuston koko biomassan nettokasvusta (Harris ym. 1977, Grier

ym. 1981, Keyes & Grier 1981, Santantonio & Santantonio 1986, Joslin & Henderson 1987).

Ohutjuuristo on luonnontilaisilla soilla hyvin pinnallinen, eikä ojitus sitä ratkaisevasti syvennä (Heikurainen 1955b, Paavilainen 1966a). Yli 90% ohutjuurista on ylimmässä 20 cm turvekerroksessa. Mitä viljavampi kasvupaikka on sitä pienemmän ohutjuuriston metsikön on arveltu tarvitsevan (Lyr & Hoffman 1967, Persson 1980). Lannoitus ei ole vaikuttanut ohutjuurten biomassaan ja pituuteen vartuneissa kivennäismaiden männikoissä (Persson 1980), mutta alunperin huonokasvuissa kivennäismaan kuusikossa ohutjuurten määrä lisääntyi lannoituksen vaikutuksesta, ja oli edellytyksenä puuston kasvun elpymiselle (Zöttl 1964). Karuilla turvemaidella NPK-lannoituksen on todettu lisänneen kookkaiden taimien juurten pituutta ja myös biomassaa (Paavilainen 1967b, 1968).

Ohutjuuritutkimuksella on Suomessa vankka perinne. Turvemaiden metsiköiden ohutjuuria ovat maassamme tutkineet Heikurainen (1955a, b, 1958) ja Paavilainen (1966a–c, 1967a, b, 1968, 1969, 1980). Ohutjuurista on tarkasteltu pituutta, biomassaa, läpimittaa, lyhytjuurten määrää, mykorrhizaa ja ravinnepitoisuutta sekä niiden suhdetta ympäristötekijöihin. Ohutjuurten kasvua on tarkasteltu vain Heikuraisen (1955a) tutkimuksessa.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää puuston ohutjuurten biomassa ja pituus kolmessa lannoitetussa ja lannoittamattomassa ojitusalueen metsikössä. Tutkimuksen aineisto on kerätty valtakunnallisen Lannoituksen vaikutus metsäekosysteemiin-projektin yhteydessä perustetuilta koealoilta.

AINEISTO JA MENETELMÄT

Aineisto kerättiin kolmelta kokeelta Ilomantsin Ahvensalosta. Kokeet sijaitsivat

samalla ojitusalueella, kukin erilaisella kasvupaikalla. Yksi kasvupaikoista luokiteltiin varsinaiseksi nevarämemuuttumaksi (VNRmu), yksi ruohoiseksi nevarämemuuttumaksi (RhNRmu) ja yksi mustikkakorpimuuttumaksi (MKmu). Varsinaisella nevarämemuuttumalla kasvoi 40–50-vuotias männikkö, ruohoisella nevarämemuuttumalla 40–60-vuotias koivu–mäntysekametsikkö ja mustikkakorpimuuttumalla yli satavuotias kuusikko (taulukko 1).

Kokeet perustettiin vuonna 1979, jolloin kullekin kasvupaikalle rajattiin 12–25 kappaletta 900–1 200 m² suuruista koealaa. Lannoitteet levitettiin syksyllä 1979. Lannoituskäsittelyjä kokeessa oli seitsemän ja toistoja keskimäärin kaksi. Kokeita ja käsittelyjä ovat tarkemmin esitelleet mm. Silvola ym. (1985). Tämän tutkimuksen kohteeksi valittiin kultakin kasvupaikalta lannoittamaton (0) ja NPK- ja hivenlannoituksen (UABM) saanut käsittely. Typpilannoitteena käytettiin ureaa, fosforilannoitteena apatiittia, kaliumlannoitteena biotiittia ja hivenlannoitteena kaupallista hivenseosta. Lannoitekäsittelyn mukana kasvualustaan levitettiin ravinteita seuraavasti: tyypeä 100 kg/ha, fosforia 40 kg/ha, kaliumia 60 kg/ha, kalsiumia 180 kg/ha, magnesiumia 105 kg/ha, mangaania 5,5 kg/ha, rautaa 116 kg/ha, sinkkiä 5,6 kg/ha, kuparia 12,8 kg/ha ja booria 1,1 kg/ha.

Elokuussa vuonna 1985 otettiin kultakin kasvupaikalta turvenäytteet yhdeltä NPK- ja hivenlannoitetulta ja yhdeltä lannoittamattomalta koealalta. Näytteitä otettiin kultakin koealalta systemaattisesti 20 kappaletta näytteenottolaitteella, jonka poikkileikkauspinta-ala oli 24 cm². Elävä sammalkerros poistettiin, ja näytteet jaettiin pinnasta alkaen osanäytteisiin seuraavasti: 0–10 cm, 10–20 cm, 20–40 cm. Alimmasta kerroksesta otettiin vain joka viides näyte. Yhteensä osanäytteitä otettiin siis 270 kpl.

Laboratoriossa kustakin osanäytteestä eroteltiin elävät puiden ohutjuuret. Juuret

Taulukko 1. Koealojen puustotunnukset v. 1985.

Table 1. Drained site type and tree stand characteristics in 1985.

Kasvupaikka Site type	Koalan no. Sample plot no. *	Käsittely Treatment **	Puulaji Tree species	Runkoluku No. of trees (/ha)(cm)	Keskiläpimitta Mean breast height diam. (m)	Keskipituus Mean height (m ³ /ha)	Tilavuus Volume
VNRmu	23	O	mänty	1108	15	11	78
	24	UABM	pine	1617	13	10	82
	23	O	koivu	275	11	10	9
	24	UABM	birch	217	10	9	6
RhNRmu	12	O	mänty	357	20	16	70
	11	UABM	pine	314	19	17	55
	12	O	koivu	579	16	16	70
	11	UABM	birch	1100	17	16	94
MKmu	2	O	kuusi	731	22	18	164
	1	UABM	spruce	702	25	20	227
	2	O	koivu	125	19	17	14
	1	UABM	birch	49	18	17	6

* Ks. Silvola ym. 1985. – See Silvola et al. 1985

** O = lannoittamaton – unfertilized

UABM = NPK + hivenlannoitettu – NPK + micronutrient fertilized

jaettiin läpimitan perusteella kahteen kokoluokkaan: <1 mm ja 1–10 mm. Eri puulajien juuret eroteltiin erikseen. Juurten pituus mitattiin 10 mm tarkkuudella ja kuivamassa punnittiin 0,001 g tarkkuudella.

Ohutjuurten biomassa ja pituus laskettiin kasvupaikoittain, puulajeittain, kerroksittain ja kokoluokittain.

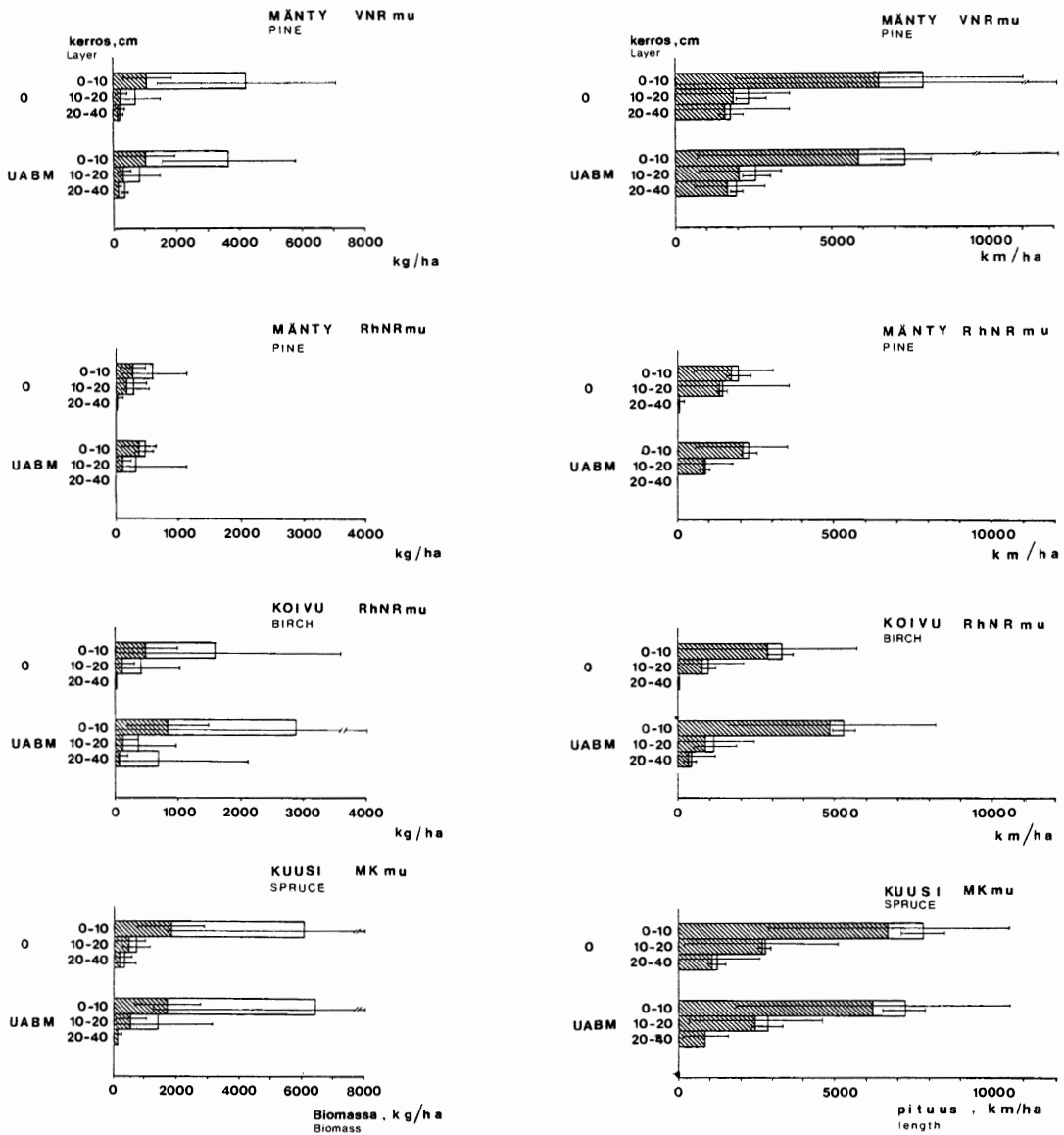
TULOKSET JA TARKASTELU

Varsinaisen nevarämemuuttuman männikön ohutjuurten biomassa oli n. 5 000 kg/ha ja pituus n. 12 000 km/ha. Ruohoisen nevarämemuuttuman mäntyjen ohutjuurten biomassa oli n. 800 kg/ha ja koivujen 2 000–4 000 kg/ha ja pituus vastaavasti n. 3 000 km/ha ja 4 000–7 000 km/ha. Mustikkakorpiuuttuman kuusten ohutjuurten biomassa oli 7 000–

8 000 kg/ha ja pituus n. 11 000 km/ha. Puuston ohutjuurten biomassan ja pituuden keskihajonnat olivat suuria tutkituilla koealoilla, mikä vaikeutti luotettavien päätelmien tekoa (Kuva 1).

Ohutjuurten biomassa ja pituus oli samaa suuruusluokkaa kuin aikaisemminkin tutkituissa turvemaiden metsiköissä (Heikurainen 1955a, b, 1958, Paavilainen 1967, Håland & Braekke 1989).

Juuristo oli pinnallinen kaikissa metsiköissä (ks. myös Heikurainen 1955b, Paavilainen 1967; Håland & Braekke 1989). Yli 90% ohutjuurten biomassasta oli ylimmässä 20 cm turvekerroksessa ja vähintään 50% ylimmässä 10 cm turvekerroksessa. RhNR-muuttuman sekametsässä koivun juuriston biomassa ja pituus oli pinnallisempi kuin männyn. Heikuraisen (1958) mukaan männyn juuristo on koivun juuristoa pinnallisempi. Alle 1 mm paksuisten ohutjuurten kokonaispituus oli



Kuva 1. Ohutjuurten biomassa ja pituus puulajeittain ja kasvupaikoittain. Alle 1 mm paksuiset ohutjuuret viivoitettu, 1–10 mm paksuiset ohutjuuret viivoittamatta. Janoin kuvattu keskiahajonta ($\pm s$).

Fig. 1. Biomass and length of fine roots by tree species and site types. Fine roots with diameter less than 1 mm hatched, fine roots with diameter 1–10 mm unhatched. Standard deviation ($\pm s$) indicated by lines.

suurempi kuin paksumpien (ks. Heikurainen 1955b), mutta biomassan kohdalla tilanne oli päinvastainen. Ohutjuuret eivät olleet, toisin kuin Heikuraisen (1955b) aineistossa, keskimäärin paksampia syvem-

missä turve kerroksissa kuin pintaturpeessa.

VNR-muuttuman mäntyjen ohutjuurten sekä biomassa että pituus olivat puuston tilavuusyksikköä ja puuta kohden suu-

Taulukko 2. Ohutjuurten ($\phi \leq 10$ mm) biomassa ja pituus puustotunnuksien suhteen.

Table 2. Biomass and length of fine roots ($\phi \leq 10$ mm) in relation to tree stand characteristics.

Kasvupaikka Site type	Puulaji Tree species	Käsittely Treatment	Biomassa – Biomass (kg/puu – tree) (kg/m ³)		Pituus – Length (km/puu – tree) (kg/m ³)	
VNRmu	mänty pine	O	4,8	67,6	10,9	155
		UABM	3,0	58,2	7,3	145
RhNRmu	mänty pine	O	2,5	12,6	9,7	50
		UABM	2,5	14,1	9,8	56
	koivu birch	O	3,4	28,5	7,2	59
		UABM	3,6	41,9	6,3	73
MKmu	kuusi spruce	O	9,8	43,8	16,2	72
		UABM	11,4	35,2	16,9	48

rempia kuin RhNR-muuttuman männyillä (taulukko 2). Tähän voi olla selityksenä erot kasvupaikkojen ravinteisuudessa. On havaittu, että mitä enemmän ravinteita on käytettävissä sitä pienempi on ohutjuuristo (Paavilainen 1966a, Lyr & Hoffman 1967).

Sekametsikössä koivun ohutjuurten biomassa oli suurempi kuin männyn. Kuusikon ohutjuurten biomassa oli puuta kohden selvästi suurempi kuin muilla puulajeilla. Aikaisemmissa tutkimuksissa on koivun ohutjuuriston havaittu olevan kuusen ja männyn juuristoa suuremman (Heikurainen 1958). Männyn ja kuusen ohutjuurten määrässä ei ole havaittu selviä eroja kivennäismailla (Kalela 1949) eikä turvemilla (Heikurainen 1958). Eri puulajien ohutjuuriston vertailua vaikeuttivat erot kasvupaikkojen ravinteisuudessa ja puuston iässä. Tosin iällä ei liene ollut suurta vaikutusta, sillä taimikkovaiheen jälkeen on puuston ohutjuurten biomassan todettu lisääntyvän nopeasti ja vähitellen tasoittuvan riippumatta puuston maanpäällisten osien kasvusta (Kalela 1949, 1955, Heikurainen 1955b).

Lannoituksen vaikutusta koskevia päätelmiä ei voitu tehdä luotettavasti toistojen puuttumisen vuoksi. Ohutjuurten biomassa oli kuitenkin männikössä lannoitetulla koelalla pienempi sekä puuta että puuston

tilavuusyksikköä kohti kuin lannoittamattomalla (taulukko 2). Tämä havainto tukee teoriaa, jonka mukaan lannoitus lisää kasvupaikan ravinteisuutta, eikä lannoitettu puusto tarvitse yhtä suurta ohutjuuristoa ravinteiden ottoon kuin lannoittamaton (Lyr & Hoffman 1967, Persson 1980). Sekametsikössä ei juuri ollut eroa lannoitetun ja lannoittamattoman koelalan mäntyjen ohutjuurten biomassassa. Koivulla ohutjuuria oli yhtä paljon lannoitetulla ja lannoittamattomalla koelalla laskettuna yksittäistä puuta, mutta lannoittamattomalla koelalla vähemmän kuin lannoitetulla laskettuna puuston tilavuusyksikköä kohti. Kuusikossa ohutjuuria oli enemmän joko lannoitetulla tai lannoittamattomalla koelalla, vaihdellen laskentatavan mukaan (taulukko 2).

Ohutjuuret kasvavat kohti ravinnelähdettä (esim. Lyr & Hoffman 1967), ja pinalannoituksen on todettu pinnallistavan juuristoa (esim. Paavilainen 1967b). Tutkitussa aineistossa ei lannoituksen kuitenkaan havaittu vaikuttaneen juuriston syvyysjakautumiseen (myös Paavilainen 1968).

KIITOKSET

Parhaat kiitokset tutkimusmestari Pekka Järviluodolle aineiston keruuseen liittyvästä työstä.

KIRJALLISUUS

- Grier, C.C., Vogt, K.A., Keyes, M.R. & Edmonds, R.L. 1981: Biomass distribution and above- and below-ground production in young and mature *Abies amabilis* zone ecosystems of the Washington Cascades. — *Can. J. For. Res.* 11:155–167.
- Harris, W.P., Kinerson, R.S. & Edwards, N.T. 1977: Comparison of belowground biomass of natural deciduous forest and loblolly pine plantations. — *Pedobiologia* 17:369–381.
- Håland, B. & Braekke, F.H. 1989: Distribution of root biomass in a low-shrub pine bog. — *Scand. J. For. Res. (painossa)*
- Heikurainen, L. 1955a: Über Veränderungen in den Wurzelverhältnissen der Kiefern Bestände auf Moorböden in Laufe des Jahres. (Selostus: Rämännikön juuriston vuodenajoittaisista muutoksista.) — *Acta For. Fenn.* 65.2: 1–70.
- Heikurainen, L. 1955b: Rämännikön juuriston rakenne ja kuivatuksen vaikutus siihen. (Referat: Der Wurzelaufbau der Kiefernbeständen auf Reisermoorböden und seine Beflussung durch die Entwässerung.) — *Acta For. Fenn.* 65.3:1–86.
- Heikurainen, L. 1958: Sekametsiköiden juuristoista ojitetulla suolla. (Referat: Der Wurzelaufbau in Mischwäldern auf entwässerten Moorböden.) — *Acta For. Fenn.* 67.2:1–32.
- Joslin, J.D. & Henderson, G.S. 1987: Organic matter and nutrients associated with fine root turnover in a White oak stand. — *For. Sci.* 33.2:330–346.
- Kalela, E. 1949: Männiköiden ja kuusiköiden juurisuhteista I. (Summary: On the horizontal roots in pine and spruce stand I.) — *Acta For. Fenn.* 57.2:1–79.
- Kalela, E. 1955: Über Veränderungen in den Wurzelverhältnissen der Kiefernbestände im Laufe der Vegetationsperiode. (Selostus: Männikön juurisuhteiden kasvukautisesta vaihteluista.) — *Acta For. Fenn.* 61.1:1–41.
- Keyes, M.R. & Grier, C.C. 1981: Above- and below-ground net production in 40-year-old Douglas-fir stands on low and high productivity sites. — *Can. J. For. Res.* 11:599–605.
- Lyr, H. & Hoffman, G. 1967: Growth rates and periodicity of tree roots. — *Int. Rev. For. Res. N.Y.* 2:181–236.
- Mälkönen, E. 1974: Annual primary production and nutrient cycle in some Scots pine stands. (Selostus: Vuotuinen primäärituotos ja ravinteiden kiertokulku männikössä.) — *Commun. Inst. For. Fenn.* 84.5:1–87.
- Paavilainen, E. 1966a: Maan vesitalouden järjestelyn vaikutuksesta rämännikön juuristosuhteisiin. (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. 1966b: Istutettujen männyn taimien juuriston ensi kehityksestä tupasvillärämällä. (Summary: Initial development of root systems of Scots pine transplants in an *Eriophorum vaginatum* swamp.) — *Commun. Inst. For. Fenn.* 61.6:1–17.
- Paavilainen, E. 1966c: On relationships between the rootsystems of white birch and Norway spruce and ground water table. (Seloste: Hieskoivun ja kuusen juuriston suhteesta pohjavesipintaan mustikkakorvessa.) — *Commun. Inst. For. Fenn.* 62.1:1–15.
- Paavilainen, E. 1967a: Männyn juuriston suhteesta turpeen ilmatilaan. (Summary: Relationships between the roots system of Scots pine and air content of peat.) — *Commun. Inst. For. Fenn.* 63.5:1–21.
- Paavilainen, E. 1967b: Lannoituksen vaikutus rämännikön juurisuhteisiin. (Summary: The effect of fertilization on the root systems of swamp pine stands.) — *Folia For.* 31:1–9.
- Paavilainen, E. 1968: Juuristotutkimuksia Kivisuon metsänlannoituskoekentällä. (Summary: Root studies at the Kivisuo forest fertilization area.) — *Commun. Inst. For. Fenn.* 66.1:1–31.
- Paavilainen, E. 1969: Juuristojen ja kasvualueen hivenainepitoisuuksien välisistä suhteista suometsissä. (Summary: On the correlation between the contents of trace elements in roots and growth substratum in certain peatland types.) — *Suo* 20.2:25–29.
- Paavilainen, E. 1980: Effect of fertilization on plant biomass and nutrient cycle on a drained dwarf shrub pine swamp. (Seloste: Lannoituksen vaikutus kasvubiomassaan ja ravinteiden kiertoon ojitetulla isovarpuisella rämällä.) — *Commun. Inst. For. Fenn.* 98.5:1–71.
- Persson, H. 1980: Fine-root dynamics in a Scots pine stand with and without near-optimum nutrient and water regimes. — *Acta Phytogeogr. Suec.* 68:101–110.
- Santantonio, D. & Santantonio, E. 1986: Effect of thinning on production and mortality of fine roots in a *Pinus radiata* plantation on a fertile site in New Zealand. — *Can. J. For. Res.* 17:919–928.

- Santantonio, D., Herman, R.K. & Overton, W.S. 1977: Root biomass studies in forest ecosystems. — *Pedobiologia* 17:1–31.
- Silvola, J., Välijoki, J. & Aaltonen, H. 1985: Effect of draining and fertilization on soil respi-

- ration at three ameliorated peatland sites. — *Acta For. Fenn.* 191:1–32.
- Zöttl, H. 1964: Düngung und Feinwurzelverteilung in Fichtenbeständen. — *Mitt. St. Forstverw. Bayer.* 34:333–342.

SUMMARY:

FINE ROOT LENGTH AND BIOMASS IN A PINE, MIXED BIRCH–PINE AND SPRUCE STAND ON ADRAINED PEATLAND

The biomass and length of fine tree roots were measured from peat samples taken from one unfertilized (0) and one NPK and micronutrient fertilized (UABM) plot from three drained mire site types. In August 1985 twenty peat samples were taken from each sample plot with a sampler, the area of which was 24 cm². Living moss layer was taken away, and the samples were divided into subsamples starting from the top as follows: 0–10, 10–20 and 20–40 cm. Only every fifth sample was taken from the lowest layer. In a laboratory all living tree roots were sorted out from the subsamples. Roots were divided into two size classes: diameter <1 mm and 1–10 mm. The length of roots was measured in an accuracy of 10 cm and dry mass (drying in 60°C) in an accuracy of 0.001 g.

Fertilization had been carried out in autumn 1979. Nitrogen had been applied as urea, phosphorus as apatite, potassium as biotite and the micronutrient fertilization had been carried out with a commercial fertilizer. With the fertilization the following amounts of elements were spread on the sample plots: nitrogen 100 kg/ha, phosphorus 40 kg/ha, potassium 60 kg/ha, calcium 180 kg/ha, magnesium 105 kg/ha, manganese 5.5 kg/ha, iron 116 kg/ha, zinc 5.6 kg/ha, copper 12.8 kg/ha and boron 1.1 kg/ha.

The biomass of Scots pine (*Pinus syl-*

vestris) fine roots was ca. 5 000 kg/ha and total length ca. 12 000 km/ha on the tall-sedge pine mire (VNRmu). On the herb-rich sedge birch–pine mire (RhNRmu) the biomass of Scots pine fine roots was ca. 800 kg/ha and hairy birch (*Betula pubescens*) fine roots 2 000–4 000 kg/ha. The length of fine roots was correspondingly ca. 3 000 km/ha and 4 000–7 000 km/ha. The biomass of Norway spruce (*Picea abies*) fine roots was 7 000–8 000 kg/ha and their total length about 11 000 km/ha on the *Vaccinium myrtillus* spruce mire (MKmu). The standard deviation of the biomass and the total length of fine roots was high on the sample plot, which made it complicated to interpret the results (Fig. 1). The root systems were superficial; over 90% of root biomass was in the uppermost 20 cm peat layer. The biomass of 1–10 mm diameter fine roots was bigger than that of the <1 mm diameter roots on all sites. In the case of total root length, the situation was the opposite. Fine root biomass and total length per tree were the biggest for spruce (Table 2). In the mixed birch–pine stand, the biomass and total length of birch roots were bigger than those of pine roots.

The effect of fertilization could not be interpreted reliably, because of lacking repetitions. The results varied depending on the method of examination (Table 2).