

SEPPO KAUNISTO ja TIMO VIINAMÄKI

LANNOITUKSEN JA LEPPÄSEKOITUKSEN VAIKUTUS
MÄNTYTAIMIKON KEHITYKSEEN JA SUONPOHJATURPEEN
OMINAISUUKSIIN AITONEVALLA

Effect of fertilization and alder (*Alnus incana*) mixture on the development of young Scots pine (*Pinus sylvestris*) trees and the peat properties in a peat cutover area at Aitoneva, southern Finland

Kaunisto, S. & Viinamäki, T. 1990. Lannoituksen ja leppäsekoituksen vaikutus mäntytaimikon kehitykseen ja suonpohjaturpeen ominaisuuksiin Aitonevalla. (Summary: Effect of fertilization and alder (*Alnus incana*) mixture on the development of young Scots pine (*Pinus sylvestris*) trees and the peat properties in a peat cutover area at Aitoneva, southern Finland.) — *Suo* 42:1–12. Helsinki. ISSN 0039-5471

The alder mixture and fertilization, both separately and especially together increased the growth of pine and the mass and length of roots, and decreased mortality of trees. Alder mixture increased the amounts of phosphorus and potassium in peat as compared to the alderless plots. The thickness of the peat layer (range 0.24–0.72 m) was negatively correlated with the growth of pine, the foliar P and K concentrations and the root mass and length. In no case were roots found in the peat layer closest to the subsoil. Obviously the peat layer should not be thicker than 30 cm, even if fertilized, for growing pine in a peat cutover area.

Keywords: Foliar nutrients, peat nutrients, peat thickness, root penetration

S. Kaunisto, The Finnish Forest Research Institute, Parkano Research Station, SF-39700 Parkano, Finland

T. Viinamäki, Satakunta Forestry Board, Itsenäisyydenkatu 35A, SF-28130 Pori, Finland

JOHDANTO

Vuonna 1964 prof. Peitsa Mikola perusti Kihniön Aitonevalle kokeen, jossa tutkittiin mykorritsaympäyksen vaikutusta männyn istutustaimien alkukehitykseen suonpohjaturpeella (Mikola 1967 ja 1975). Ympäyksen lisäksi kokeessa tutkittiin myös lannoituksen sekä muutamia vuosia myöhemmin istutetun harmaalepän vaikutusta männyntaimien kasvuun.

Ympäyksen vaikutuserot olivat kokonaan kadonneet jo v. 1971 inventoinnissa (Mikola 1975). Sen sijaan NPK-lannoituksen ja lepän vaikutus näkyi voimakkaana. Kumpikin käsittely vähensi kuolleisuutta ja paransi männyntaimien kasvua. Kasvu oli paras osakoealoilla, joilla oli molemmat käsittelyt.

Tässä tutkimuksessa selvitetään edelleen männyn kehitystä kyseisessä kokeessa

sekä tarkastellaan lisäksi lannoituksen ja leppäsekoituksen vaikutusta kasvualustan ja puuston ravinnetilaan.

AINEISTO

Koe perustettiin v. 1964 lähinnä mykorrhizasymbiyyksen vaikutuksen selvittämiseksi kasvupaikalla, josta ko. sienet puuttuvat. Koealat olivat pieniä (10 x 12 m). Seuraavana kesänä koealat puolitettiin ja toiselle puolikkaalle levitettiin NPK-lannoitetta (10-12-6) 20 g jokaisen taimen ympärille. Kaksi vuotta myöhemmin (v. 1967) koealat puolitettiin jälleen ja toiselle puolikkaalle istutettiin riveihin kahden vuoden ikäisiä harmaalepän taimia. Tämän jälkeen jokainen ympäyskäsittely oli jaettu neljäksi käsittelyksi: käsittelemätön vertailu, NPK-lannoitus (NPK), lepän istutus (*Alnus*) sekä NPK-lannoitus ja lepän istutus (NPK+*Alnus*). Kunkin osakoealan koko oli tällöin vain 5 x 6 m. Leppä harvennettiin v. 1982.

Jokaiselta koealalta (36 kpl) luettiin v. 1985 puiden lukumäärä ja mitattiin puiden pituus 0,1 m:n sekä rinnankorkeusläpimitta 1 mm:n tarkkuudella. Turvesyvyys mitattiin tasavälein viidestä kohdasta kunkin koealan keskilinjalta. Jokaiselta koealalta otettiin koealan keskilinjalta n. 1,5 m:n etäisyydeltä toisistaan kaksi turveprofiilia, jotka jaettiin pinnasta alkaen 5 cm:n kerroksiin 30 cm:n syvyyteen saakka ja yhdistettiin kerroksittain koealaa edustaviksi kokoomänäytteiksi. Turpeen tiheysmäärittäjä varten otettiin erilliset näytteet myöhemmin, v. 1987. Turvenäytteistä analysoitiin kokonaistyyppi, -fosfori, -kalium ja -kalsium sekä ammoniumtyppi, nitraattityppi, AAAC-liukoinen fosfori ja vaihtuvat kalium ja kalsium Metsäntutkimuslaitoksen normaalein menetelmin (Halonen ym. 1983).

Juuristotutkimusta varten otettiin näytteet em. kohtien välittömästä läheisyydestä. Näytteet otettiin paksuturpeisilla koe-

aloilla 50 cm:n syvyyteen ja muilla kivennäismaahan saakka. Osanäytteitä ei yhdistetty. Näytteistä erotettiin männyn ja lepän juuret huuhtelemalla sekä mitattiin niiden pituus 1 mm:n ja punnittiin kuivamassa 1 mg:n tarkkuudella.

Neulasnäytteet otettiin puiden talvilevon aikana marraskuussa 1985 kuudesta-kahdeksasta puusta kultakin koealalta ylimmistä oksakiehkuroista etelän puolelta. Neulasista analysoitiin typpi, fosfori, kalium ja kalsium.

Laskennassa käytettiin BMDP-ohjelmiston varianssi- ja regressioanalyysijä. Varianssianalyyseissä lannoitus- ja leppäkäsitteilyjen yhdistelmät olivat luokittelutekijöinä ja ympäyskäsittelyt toistoina.

TULOKSET

Puusto

Sekä lannoitus että leppäsekoitus lisäsivät männyntaimien pituutta ja rinnankorkeusläpimittaa ja alensivat kuolleisuutta (taulukko 1). Tulos oli kaikkien puustotunnusten osalta paras NPK-lannoituksen saaneilla leppäkoaloilla. Mielenkiintoista on todeta, että lannoittamattomilla leppäkoaloilla männyn taimet olivat kookkaampia kuin pelkästään lannoitetuilla koealoilla, kun tilanne vielä Mikolan (1975) inventoinnissa oli päinvastoin.

Turvekerroksen paksuus vaikutti erittäin voimakkaasti puustotunnuksiin. Sekä pituus että rinnankorkeusläpimitta olivat sitä suurempia mitä ohuempi turvekerros oli (kuvat 1 ja 2). Riippuvuus oli verrattain kiinteä kaikissa käsittelyissä. Regressiosuoran kulmakertoimen itseisarvot olivat leppäkoaloilla selvästi pienemmät kuin leppäkoaloilla (kuvat 1 ja 2) viitaten siihen, että leppäsekoitus on vähentänyt turvekerroksen paksuuden vaikutusta männyntaimien kehitykseen. Turvekerroksen paksuuden ollessa 25-30 cm, erot puustotunnuksissa eri käsittelyjen välillä olivat verrattain pieniä (kuvat 1 ja 2).

Taulukko 1. Käsittelyjen vaikutus puustotunnuksiin. Vuoden 1971 arvot Mikolan (1975) mukaan.

Table 1. Effect of treatments on stand characteristics. The 1971 figures according to Mikola (1975).

Puulaji Tree species	Suure Parameter	Vuosi Year	Käsittely – Treatment					W, 05 ²⁾	F ³⁾
			0	NPK	Alnus	NPK+Alnus			
Pinus	H, m	1971	0,4	1,3	1,1	1,6	–	–	
		1985	4,3	4,9	5,1	6,1	1,4	4,38*	
	D1,3	1985	4,7	5,7	6,1	7,4	1,8	5,75**	
		Kuolleisuus Mortality, %	1971	55	22	9	24	–	–
Alnus	H, m	1985	–	–	3,8	4,2	–	n.s.	
		D1,3, cm	1985	–	–	3,7	3,7	–	n.s.
	Kuolleisuus Mortality, %	1982 ¹⁾	–	–	37	51	–	n.s.	

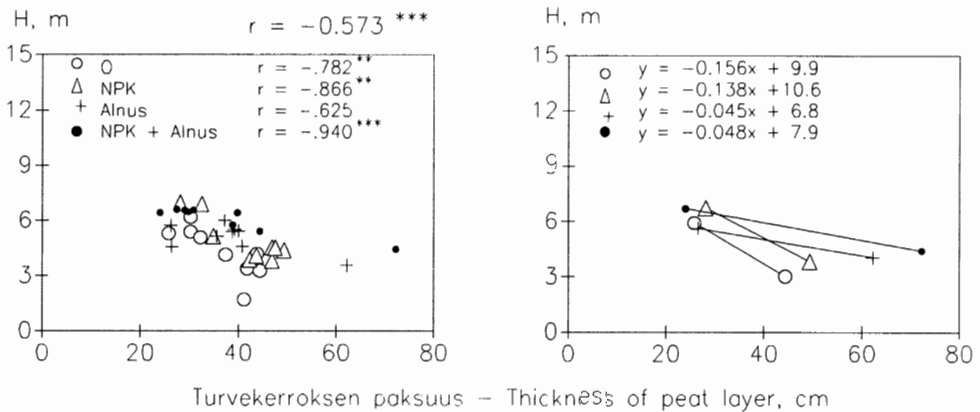
1) Ennen harvennusta. – Before thinning.

2) Merkitsevä ero Tukey:n W-range-testin mukaan 5%:n riskillä. – Significant difference according to Tukey's W-range-test with 5% risk.

3) F = F-testiarvo. – F test value. Ero merkitsevä 0,05 = *, 0,01 = ** ja 0,001%:n = *** riskillä. – Significant difference with 0.05 = *, 0.01 = ** and 0.001 = *** risk level.

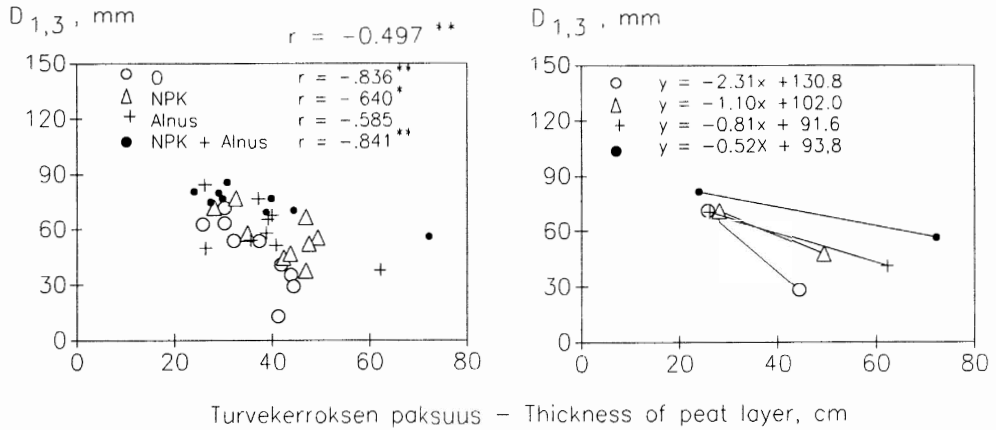
Neulasten ravinnepitoisuuksissa ei käsittelyjen välillä ollut tilastollisesti merkitseviä eroja (taulukko 2). Neulasten tyypipitoisuudet olivat poikkeuksellisen korkeita ylittäen selvästi optimitason (esim. Paarlahti ym. 1971, Kaunisto 1982) ja toisaalta

fosforipitoisuudet poikkeuksellisen matalia alittaen voimakkaan fosforinpuutoksen alarajan selvästi (esim. Paarlahti ym. 1971). Neulasten N/P-suhde olikin näin epänormaalin korkea (esim. Puustjärvi 1962a, Paarlahti ym. 1971, Kaunisto &



Kuva 1. Taimien pituuden riippuvuus turvesyvyydestä.

Fig. 1. Dependence of transplant height on peat depth.



Kuva 2. Taimien rinnankorkeusläpimitan riippuvuus turvesyvyvyydestä.

Fig. 2. Dependence of the breast-height-diameter of transplants on peat depth.

Paavilainen 1977). Myös N/K-suhde oli korkea (Puustjärvi 1962b). Turvekerroksen paksuuden ja neulasten ravinnepitoisuuksien välinen yhteys oli löyhä. Ainoan poikkeuksen muodosti kalium, joka lepällisillä koealoilla korreloi tilastollisesti melkein merkitsevästi negatiivisesti ($r = -0.504^*$) turvesyvyyden kanssa.

Kolmea millimetriä ohuempia juuria oli enemmän lepällisillä kuin lepättömillä koealoilla (taulukko 3). Ero oli tilastollisesti merkitsevä kuitenkin vain 1–3 mm:n paksuisten juurten ryhmässä ja siinäkin

vain ääriarvojen välillä. Sen paremmin juuriston keskisyvytydessä kuin syvyysulottuvuudessaakaan ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja (taulukko 4), joskin juuristo oli lepällisillä koealoilla jonkin verran pinnallisempi. Selvemmin tämä näkyy juuriston pituuden syvyysjakautumassa (kuva 3). Pintakerroksessa (0–5 cm) lepällisillä koealoilla oli juuria tilastollisesti merkitsevästi enemmän kuin lepättömillä.

Männyn juurien pituus korreloi negatiivisesti turpeen syvyyden kanssa puhtailta mäntykoealoilla (taulukko 5, kuva 4).

Taulukko 2. Männyn neulasten ravinnepitoisuudet eri käsittelyissä. Erot käsittelyjen välillä eivät olleet merkitseviä.

Table 2. Nutrient concentration of pine needles in different treatments. Differences between the treatments were not significant.

	Käsittely – Treatment				\bar{x}
	0	NPK	Alnus	NPK+Alnus	
N, %	1,93	2,07	1,96	1,91	1,97
P, m/g	0,97	0,98	1,02	1,03	1,00
K, mg/g	3,69	3,67	3,60	3,66	3,65
Ca, mg/g	2,09	2,10	2,09	2,04	2,08
N/P	19,9	21,1	19,2	18,5	19,7

Taulukko 3. Männyn juurien pituus (m/m²) paksuusluokittain eri käsittelyissä.

Table 3. Length of pine roots (m/m²) in different diameter classes and treatments.

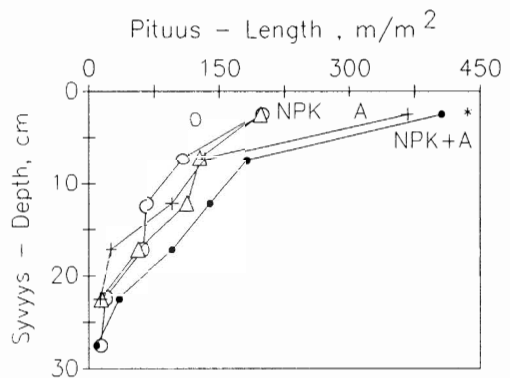
Paksuusluokka Diameter class	Käsittely – Treatment				F
	0	NPK	Alnus	NPK+Alnus	
>3 mm	7	9	8	9	0,13
3–1 mm	59	67	110	130	2,93*
<1 mm	402	432	515	726	2,07
Yhteensä	468	508	633	865	2,24

Taulukko 4. Männyn ja leppän juurien pituudella ja massalla painotetut keskisyvytydet ja juurten keskimääräinen syvyysulottuvuus. Erot käsittelyjen välillä eivät olleet merkitseviä.

Table 4. Mean depths of pine and alder roots weighted with the length and mass of roots and the mean depth penetration of roots. Differences between treatments were not significant.

Suure, cm Parameter	Puulaji Tree species	Käsittely – Treatment			
		0	NPK	Alnus	NPK+Alnus
Keskisyvyys (pituus) Mean depth (length)	<i>Pinus</i>	6.5	7.1	5.2	6.6
	<i>Alnus</i>	–	–	8.4	10.6
Keskisyvyys (massa) Mean depth (mass)	<i>Pinus</i>	8.1	7.0	5.4	6.8
	<i>Alnus</i>	–	–	7.5	8.7
Syvyysulottuvuus Max. root penetration	<i>Pinus</i>	16.0	15.1	16.9	19.7
	<i>Alnus</i>	–	–	15.0	15.6

Sen sijaan leppäkoaloilla ei em. suureiden välillä ollut riippuvuutta. Toisaalta leppäkoaloilla männyn juurien keskisyvyys korreloi positiivisesti turvekerroksen paksuuden kanssa (taulukko 5, kuva 4). Tulos viittaa siihen, että leppäsekoitus on vähentänyt männynjuuriston syvyyden negatiivista riippuvuutta turvekerroksen paksuudesta ja mahdollisesti edistänyt yksittäisten juurien tunkeutumista syvemmälle. Tähän viittaavat myös kuva 3 sekä taulukon 4 syvyysulottuvuutta esittävät luvut, vaikka erot käsittelyjen välillä eivät olekaan tilastollisesti merkitseviä. Syvimmilläänkin juuria löytyi vain kivennäismaata lähimpänä olevasta kokonaisesta turvenäyttees-



Kuva 3. Juuriston pituuden mukainen syvyysjakautuma.

Fig. 3. Depth distribution of roots according to length.

Taulukko 5. Turvekerroksen paksuuden ja männyn juuristotunnusten väliset korrelaatiokertoimet mänty- (*Pinus*) ja mänty-leppä (*Pinus + Alnus*) -koaloilla.

Table 5. Correlation coefficients between the thickness of the peat layer and the roots characteristics of pine on pine (*Pinus*) and pine-alder (*Pinus + Alnus*) sample plots.

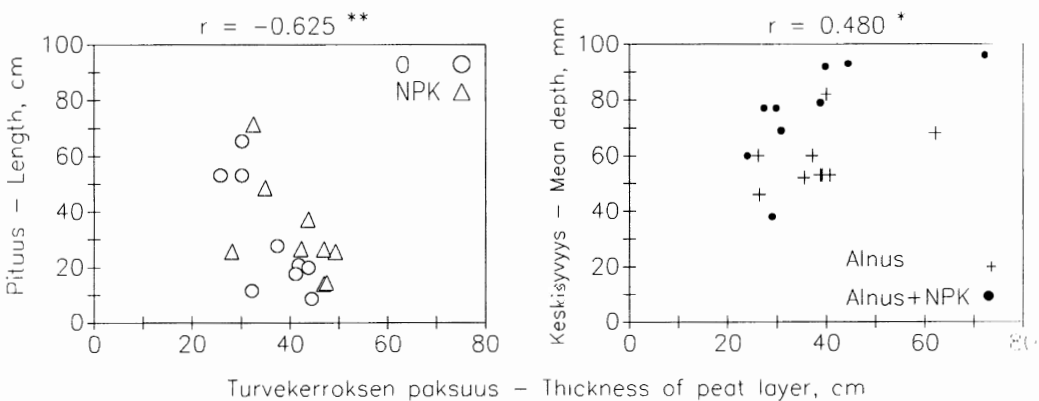
Suure - Parameter	<i>Pinus</i>	<i>Pinus + Alnus</i>	Kaikki - All
Pituus - Length 0-10 cm	-,625**	-,094	-,256
Koko pituus - Total length	-,527*	,038	-,168
Massa - Mass 0-10 cm	-,471*	-,086	-,249
Koko massa - Total mass	-,453	,048	-,202
Keskisyvyys - Mean depth	,008	,480*	,228
Syvyysulottuvuus - Penetration	-,271	,394	,086

tä (kuva 5). Näin ollen sen paremmin männyn kuin lepänkään juuret eivät havaintoaineistossa ole ulottuneet kivennäismaahan saakka.

Kasvualusta

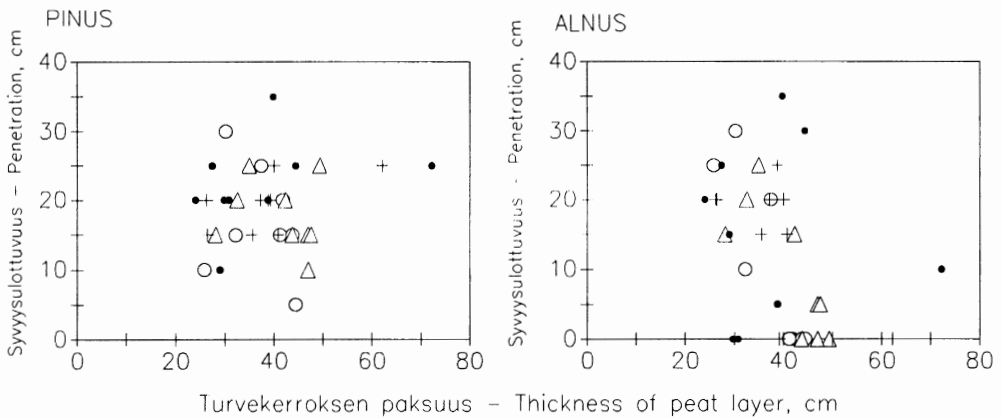
Kaikkien ravinteiden kokonaismäärät, sekä fosforin ja kaliumin osalta myös liukoiset määrät 0-20 cm:n pintaturvekerroksessa olivat suurempia lepällisillä kuin lepättömillä koaloilla (taulukko 6). Erot oli-

vat tilastollisesti merkitseviä kuitenkin vain fosforin ja kaliumin osalta. Typen kokonaismäärät olivat erittäin korkeita vastaten ruohoisuus- ja saraisuustason vanhojen ojitusalueiden turpeen typpimääriä (Kaunisto & Paavilainen 1988). Sen sijaan sekä fosforia että kaliumia oli niukasti. Kaliumin määrät vastasivat lähinnä avosoilta mitattuja määriä (Kaunisto 1988, Kaunisto & Paavilainen 1988). Helppoliukoisen fosforin osuus oli erittäin pieni (ks. Kaila 1956, Kaunisto & Paavilainen 1988).



Kuva 4. Männyn juuriston pituuden lepättömillä (vasen kuva) ja keskisyvyyden lepällisillä koaloilla (oikea kuva) riippuvuus turvesyvyydestä.

Fig. 4. Dependence of the length of pine roots on alderless (left picture) and dependence of the mean depth on alder-growing plots (right picture) on peat depth.



Kuva 5. Männyn ja lepän juurien syvyyssulottuvuuden riippuvuus turvesyvyydestä. Ks. myös Taulukko 6. Symbolit kuten kuvassa 1.

Fig. 5. Dependence of the depth penetration of pine and alder roots on peat depth. See also Table 6. Key as in Fig. 1.

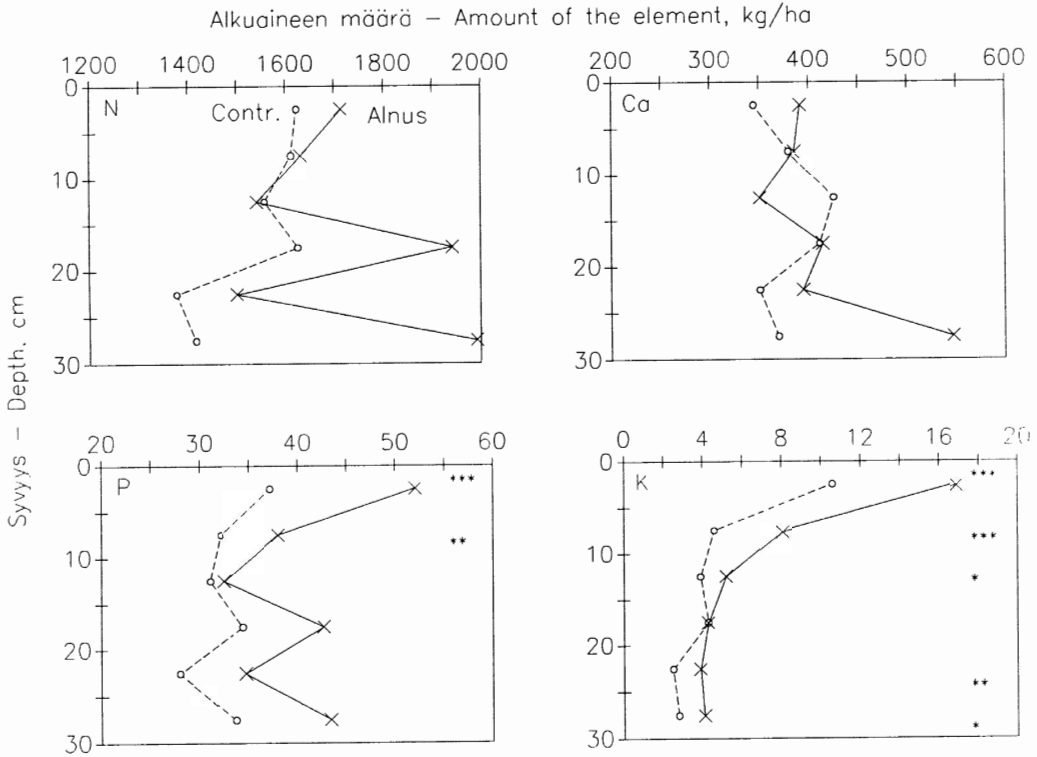
Kuvassa 6 on esitetty ravinteiden kokonaismäärän ja kuvassa 7 niiden liukoisen määrän jakautuminen turveprofiilissa. Typen ja kalsiumin kokonaismäärien jakau-

tuminen profiilissa oli epämääräinen (kuva 6). Sen sijaan fosforia ja kaliumia oli kaikissa turvekerroksissa enemmän lepällisillä kuin lepättömillä koelaloilla. Fosforin

Taulukko 6. Pääravinteiden helppoliukoiset ja totaalimäärät (kg/ha) sekä liukoisten osuus totaalista (l/t, %) puhtailla mäntykoelaloilla ja mänty-leppä-koelaloilla 0–20 cm:n turvekerroksessa. AAAC = Hapan ammoniumasettaatti, pH 4,65.

Table 6. Total and easily soluble amounts (kg/ha) of the main nutrients as well as the proportion of the soluble nutrients out of the total amount (l/t, %) in the 0–20 cm peat layer on pure pine and pine-alder plots. AAAC = Acid ammoniumacetate, pH 4.65.

Ravinne – Nutrient	<i>Pinus sylvestris</i>	<i>Pinus sylvestris</i> + <i>Alnus</i>	F
Total N	6418	6829	n.s.
NH ₄ -N	22	23	n.s.
NO ₃ -N	1,3	1,1	n.s.
l/t, %	0,4	0,4	
Total P	135	165	9,00**
AAAc P	2,4	4,0	33,24***
l/t, %	1,7	2,4	
Total K	23	35	26,53***
AAAc K	16	28	23,56***
l/t, %	69,6	80,0	
Total Ca	1395	1544	n.s.
AAAc Ca	828	800	n.s.
l/t, %	59,4	51,8	



Kuva 6. Ravinteiden kokonaismäärät eri turvekerroksissa.

Fig. 6. The total nutrient amounts in different peat layers.

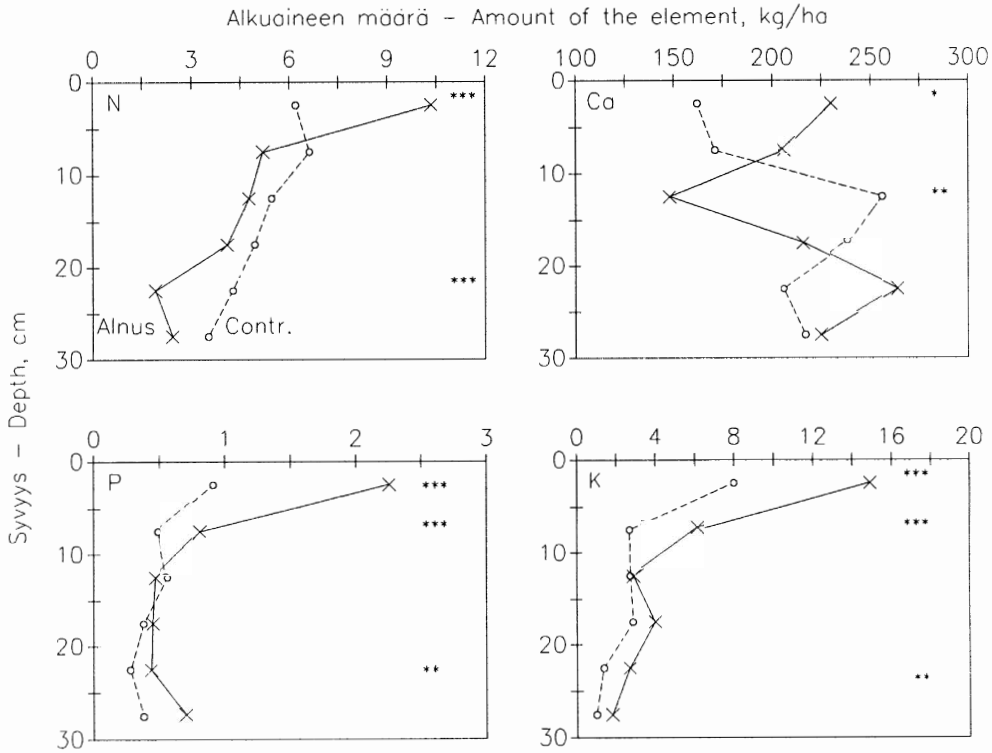
osalta erot olivat tilastollisesti merkitseviä vain turpeen pintaosassa (0–10 cm), mutta kaliumin osalta myös syvemmällä.

Kaikkien tutkittujen ravinteiden helpoliukoisia fraktioita oli turpeen pintakerroksessa (0–5 cm) enemmän lepällisillä kuin lepättömillä koelajoilla (kuva 7). Typen osalta tilanne muuttui päinvastaiseksi 5 cm syvemmässä kerroksissa ja kalsiumin osalta epämääräiseksi. Helppoliukoisen fosforin ja kaliumin määrät muuttuivat profiilissa hyvin toistensa kaltaisesti. Voimakkaan pintakonsentroitumisen (0–10 cm) alapuolella (10–15 cm) kummankin ravinteiden määrä oli käsittelystä riippumaton, mutta taas tätä syvemmällä kumpaakin ravinnettä oli enemmän lepällisillä kuin lepättömillä koelajoilla. Koska toi-

saalta kuitenkin fosforin ja kaliumin kokonaismäärät olivat kaikissa kerroksissa korkeampia lepällisillä kuin lepättömillä koelajoilla, on ilmeistä, että leppä on lisännyt näiden ravinteiden ottoa turpeen alla olevasta kivennäismaasta.

TULOSTEN TARKASTELU JA PÄÄTELMÄT

Koelat olivat erittäin pieniä (5 x 6 m) ja puut inventointivaiheessa jo verrattain kookkaita (4–6 m). On selvää, että lehti- ja neulaskarikkeita on levinnyt myös naapurikoelajoille. Samoin voitiin havaita, että esim. lepän juuristoa löytyi koelajoilta, joille leppää ei oltu istutettu. Tästä huolimatta



Kuva 7. Liukoisten ravinteiden määrät eri turvekerroksissa.

Fig. 7. Amounts of soluble nutrients in different peat layers.

olivat tulokset varsin selväpiirteisiä. Lepäsekoitus edisti männyn kasvua ja vähensi sen kuolleisuutta etenkin, jos taimien alkukehitys oli ensin turvattu lannoittamalla. Juuriston pituuserot olivat saman suuntaisia. Samoin turpeen kivennäisravinteiden määrät olivat korkeampia leppäkoaloilla kuin lepättömillä.

Sen sijaan jossakin määrin yllättävää oli, että neulasten ravinnepitoisuuksissa ei ollut vastaavia eroja. Neulasten fosforipitoisuudet olivat kaikissa käsittelyissä jopa poikkeuksellisen matalia kirjallisuudessa esitettyihin verrattuna (Puustjärvi 1962a, Paarlahti ym. 1971, Kaunisto 1982 ja 1988) ja kaliumpitoisuudetkin puutosrajan tuntumassa (Paarlahti ym. 1971).

Toisaalta on todettava, että vaikka kivennäisravinteita olikin enemmän leppäkoalojen kuin lepättömien koalojen pintakerroksessa, olivat niiden määrät esim. kauan ojitettuina olleisiin (Kaunisto & Paavilainen 1988) ja etenkin luonnontilaisiin soihin (Westman 1981) verrattuna erittäin vähäiset. Näyttääkin ilmeiseltä, että mänty on elänyt paljolti lepän juuristollaan ottamien ja nopeasti hajoavien lehtikarikkeidensa välityksellä sille luovuttamien kivennäisravinteiden varassa. On mahdollista, että v. 1982 toteutettu lepän harvennus on aiheuttanut ongelmia myös männyn kivennäisravinteiden saannille.

Yllättävää tuloksissa on, että leppäkoaloilla runsaampaan puustoon sitoutuneen

suuremman kivennäisravinteiden määrän lisäksi myös turpeessa oli näitä ravinteita enemmän kuin mäntykoealoilla. Tämä edelleen korostaa leppän merkitystä. Yhtä yllättävää on, että leppän ja männyn juuristojen syvyysulottuvuus oli hyvin samanlainen ja että ne eivät yhdessäkään tapauksessa ylittäneet kivennäismaahan saakka, ja vain muutamassa tapauksessa edes sitä lähimpänä olevaan kokonaiseen turvenäytteeseen. Lisäksi on huomattava, että juurien syvyysulottuvuuden arvo oli sama kuin kyseisen näytteen alemman leikkauspinnan etäisyys turpeen pinnasta, joten se edustaa syvyysulottuvuuden maksimiarvoa. Toisaalta on todettava, että näytteitä oli kultakin koealalta vain kahdesta kohdasta, joten tulokset eivät täysin sulje pois mahdollisuutta juuriston kivennäismaayhteydestä joissakin tapauksissa.

Eräänä syynä ravinnemäärien erilaisuuteen saattavat olla erilaiset haihduntaolosuhteet. Leppä käyttää tuottamaansa biomassayksikköä kohden vettä enemmän kuin mänty (Saarsalmi ym. 1985). Kun lisäksi samoilla koealoilla oli täystiheä, hyväkasvuinen mäntytaimikko, on haihdunnan ollut pakko olla huomattavastikin suurempi lepällisillä kuin lepättömillä koealoilla. Tämä on saattanut edistää kivennäisravinteiden kulkeutumista pohjamaasta haihtumisvirtauksen mukana.

On mielenkiintoista todeta, että 20 vuoden aikana puusto, erityisesti leppäkoealoilla, on luonut suonpohjaturpeelle hyvin poikkeuksellisen kivennäisravinneprofiilin, joka muistuttaa näiden ravinteiden jakautumista tavallisten turvemaiden profiilissa kivennäisravinteiden rikastuessa turpeen pintaan. Kuitenkin tässä tapauksessa oli turvetta jo olemassa useita kymmeniä senttimetrejä ennen puuston syntymistä. Tulos tukee teoriaa, jonka mukaan kasvillisuus sitoo suon kehityksen alkuvaiheessa kivennäismaasta ravinteita, jotka turpeen paksuuden kasvaessa jäävät kiertämään turpeen pintakerroksen ja kasvillisuuden välillä.

Turvekerroksen paksuuden merkitys tuli tutkimuksessa esille monin eri tavoin. Neulasten kivennäisravinnepitoisuudet olivat sitä alempia mitä paksumpi turvekerros oli. Tosin riippuvuus oli tilastollisesti merkitsevä vain yhdessä tapauksessa. Juuriston pituus ja massa ja ennenkaikkea puuston keskipituus ja rinnankorkeusläpimitta korreloivat kaikki negatiivisesti turpeen paksuuden kanssa. Kasvu oli paras ohuimpien turvekerrosten yhteydessä. Aineistossa ei ollut 24 cm ohuempia turvekerroksia, joten täyttä selvyttä turvekerroksen paksuuden ja puuston kasvun välisestä suhteesta ei ollut mahdollista saada. Koska juuristo kuitenkin vain harvoissa tapauksissa saavutti 30 cm:n syvyyden ja koska puuston pituus ja rinnankorkeusläpimitta melko selvästi alkoivat tätä suuremmilla turvesyvyyksillä pienentyä, on ilmeistä, että turvekerroksen ei tulisi olla ainakaan 30 cm paksumpi kasvatettaessa mäntyä suonpohja-alueilla (ks. myös Kaunisto 1979, Kaunisto & Saarinen 1989).

KIITOKSET

Kiitämme prof. Peitsa Mikolaa, joka on luovuttanut kokeen Metsäntutkimuslaitoksen käyttöön. Työ perustuu pääosin Timo Viinamäen pro gradu-tutkimukseensa varten keräämään aineistoon (Viinamäki 1987). Turpeen ravinnetaloutta käsittelevää osaa on kuitenkin laajennettu ottamalla mukaan ravinteiden totaolimääritykset sekä muuttamalla kaikki ravinteet pinta-alakohtaisiksi määriksi (kg/ha). Myös aineiston laskentaa on täydennetty. Käsikirjoituksen on laatinut kokonaan uudelleen Seppo Kaunisto. Aineiston käsittelyssä ovat avustaneet mm. Anneli Nuijanmaa (juuristotutkimus), Arja Ylinen (ravinnemääritykset), Tuire Kilponen, Tiina Luoto, Pirkko Marjamäki (piirroksot ja konekirjoitus) ja Leena Kaunisto (käännöstyö) sekä Olli Seppälä ja Tauno Suomalainen (laskenta). Käsikirjoituksen ovat lukeneet professorit Eero Paavilainen ja Juhani Päivänen sekä FT Harri Vasander ja antaneet arvokkaita neuvoja käsikirjoituksen viimeistelyvaiheessa. Esitämme parhaat kiitoksemme kaikille tutkimuksen toteuttamisessa avustaneille.

KIRJALLISUUS

- Halonen, O., Tulkki, H. & Derome, J. 1983: Nutrient analysis methods. — Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 121:1–28.
- Kaila, A. 1956: Phosphorus in various depths of some virgin peatlands. Selostus: Fosforista eräitten luonnontilaisten soitten eri kerroksissa. — The Journal of the Scientific Agricultural Society of Finland 28(2): 90–104.
- Kaunisto, S. 1979: Alustavia tuloksia palaturpeen kuivatuskentän ja suonpohjan metsityksestä. Summary: Preliminary results on afforestation of sod drying fields and peat cut-over areas. — Folia Forestalia 404:1–14.
- Kaunisto, S. 1988: Suometsien uudistaminen. — Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 308: 125–132.
- Kaunisto, S. 1990: Potassium fertilization on peatlands. — Seminar in Umeå September 3–7, 1990. Käsikirjoitus. 5 s.
- Kaunisto, S. & Paavilainen, E. 1977: Response of Scots pine plants to nitrogen refertilization on oligotrophic peat. Seloste: Typpijatkolan- noituksen vaikutus männyn taimien kehitykseen karulla turvealustalla. — Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 92(1): 1–54.
- Kaunisto, S. & Paavilainen, E. 1988: Nutrient stores in old drainage areas and growth of stands. Seloste: Turpeen ravinnevarat vanhoilla ojitusalueilla ja puuston kasvu. — Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 145:1–39.
- Kaunisto, S. & Saarinen, M. 1989: Turvekäytössä olevien alueiden loppuvuosien kuivatus- ja turvetuotanto-ongelmat sekä alueiden jälki- käyttö energiapuun tuotantoon ja metsätalouteen. — Projekti 98/881/85 KTM. Alueiden jälkikäyttöä koskevan osan loppuraportti. 23 s.
- Mikola, P. 1967: The effect of mycorrhizal inoculation on the growth and root respiration of Scotch pine seedlings. — XIV. IUFRO-KONGRESS, München 1967. V: 100–111.
- Mikola, P. 1975: Turvetuotannosta vapautuvan maan metsittäminen. Summary: Afforestation of bogs after industrial exploitation of peat. — Silva Fennica 9(2): 101–115.
- Paarlahti, K., Reinikainen, A. & Veijalainen, H. 1971: Nutritional diagnosis of Scots pine stands by needle and peat analysis. Seloste: Maa- ja neulasanalyysi turvemaiden ravinne- tilan määrittämisessä. — Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 74(5): 1–58.
- Puustjärvi, V. 1962a: Suometsien fosforiravitsemuksesta ja neulasten P/N suhteesta neulas- analyysin valossa. Summary: On the phosphorus nutrition of wet peatland forests and on the P/N ratio in their needles. — Suo 1962(2): 21–24.
- Puustjärvi, V. 1962b: Suometsien kaliumravitsemuksesta ja neulasten N/K suhteesta neulas- analyysin valossa. Summary: On the potassium nutrition of wet peatland forests and on the N/K ratio of the needles in the light of needle analysis. — Suo 1962(3): 36–40.
- Saarsalmi, A., Palmgren, K. & Levula, T. 1985: Leppäviljelmän biomassan tuotos sekä ravinteiden ja veden käyttö. Summary: Biomass production and nutrient and water consumption in an *Alnus incana* plantation. — Folia Forestalia 628:1–24.
- Viinämäki, T. 1987: Lepän, lannoituksen ja turvesyvyyden vaikutus männyn taimien kehitykseen suonpohjan turpeella. — Helsingin yliopisto. Suometsätieteen laitos. Tutkielma MMK-tutkintoa varten. 61 s.
- Westman, C.J. 1981: Fertility of surface peat in relation to the site type and potential stand growth. Seloste: Pintaturpeen viljavuustun- nukset suhteessa kasvupaikkatyyppiin ja puuston kasvupotentiaaliin. — Acta Forestalia Fennica 172:1–77.

SUMMARY:

EFFECT OF FERTILIZATION AND ALDER (*ALNUS INCANA*) MIXTURE ON THE DEVELOPMENT OF YOUNG SCOTS PINE (*PINUS SYLVESTRIS*) TREES AND THE PEAT PROPERTIES IN A PEAT CUTOVER AREA AT AITONEVA, SOUTHERN FINLAND

The study area is located in southern Finland (62°12'N, 23°18'E) at Aitoneva, Kih-

niö. Originally it was established for investigating the effect of mycorrhizal fungi

inoculation on the development of pine transplants in a peat cutover area (Mikola 1967 and 1975).

In 1964 pine (*Pinus sylvestris*) was planted on nine small sample plots (10 x 12 m) and inoculated with different mycorrhizal strains. In 1965 each plot was divided into two 6 x 10 m-sub-plots. One was spot fertilized with NPK (10-12-6, 20 g/plant) and the other left as a control. In 1967 the subplots were further divided into two parts for planting alder (*Alnus incana*). After the last treatment each original plot had been divided into four subplots with the following treatments: 0, NPK, *Alnus*, and NPK+*Alnus*, 36 plots altogether.

Within a few years after planting the differences in pine development caused by different inoculation treatments had disappeared (Mikola 1975). Therefore in this paper no attention is paid to the effects of inoculation of mycorrhizal fungi, and only the effects of NPK fertilization and *Alnus* mixture are discussed.

The height growth of pine transplants, the mass, length and depth distribution of roots down to the mineral soil, however not deeper than 50 cm, foliar nutrient concentrations as well as the amounts of nitrogen, phosphorus, potassium and calcium in the 30 cm surface peat layer (0-5, 5-10, etc.) were investigated. Also the effect of the thickness of the peat layer on the above-mentioned variables was studied.

Alder mixture and fertilization separately and especially together, increased pine growth and decreased mortality (Table 1). The growth was the better the thinner the peat layer was (Figs. 1 and 2). In needle nutrients there were no statistically significant differences (Table 2), but the peat mineral nutrient contents (especially potassium) correlated slightly negatively with peat thickness. Needle potas-

sium concentrations were quite low and phosphorus concentrations extremely low.

Alder mixture increased root length (Table 3) especially in the surface peat (Fig. 3), but significant differences were found neither in the mean depth nor in the maximum penetration of roots (Table 4). In pure pine plots the root length and mass correlated negatively with peat thickness, but no such correlation was found on alder plots (Table 5). This with the fact that the mean root depth of pine correlated positively with peat thickness on alder plots (Fig. 4) suggests that alder mixture has decreased the negative effect of peat thickness on pine development. Also the smaller absolute values of regression coefficients (tree parameters vs. peat depth) on alder mixture than on alderless plots (Figs. 1 and 2,) support this interpretation.

No roots were found in the peat layer closest to the mineral soil (Fig. 5). However, the amounts of both the total and AAAC-soluble phosphorus and potassium were higher in peat with alder mixture than in pure pine stands, especially in the surface peat (Table 6, Figs. 6 and 7). Obviously higher amounts of these nutrients were also fixed in the growing stock on mixed plots. A possible explanation may be the supposedly higher transpiration of mixed than pure stands and passive upward movement of the elements along this gradient.

An interesting phenomenon was the concentration of mineral nutrients within two decades in the surface peat, in quite the same manner as in natural peatlands. This is not typical of treeless peat cutover areas. A thick peat layer hampers the nutrient uptake by trees. It seems that even if fertilized the peat layer should be thinner than 30 cm for growing pine in peat cutover areas.

Received 17 XII 1990

Approved 5 II 1991