

JYRKI HYTÖNEN

## ENERGIAPAJUJEN LANNOITUKSESTA ENTISILLÄ TURVETUOTANTOALUEILLA

### THE FERTILIZATION OF ENERGY WILLOW PLANTATIONS GROWING ON WORKED-OUT PEAT EXTRACTION FIELDS

Hytönen, J. 1984. Energiapajujen lannoituksesta entisillä turvetuotantoalueilla. (The fertilization of energy willow plantations growing on worked-out peat extraction fields.) — Suo 35: 114—118. Helsinki.

The possibilities of producing wood biomass as an energy source in intensive willow plantations is currently being studied as part of the PERA Project (Wood as a Source of Energy) at the Finnish Forest Research Institute. The pH of the peat substrate in areas no longer used for peat production is usually, without soil amelioration, too low for the satisfactory development of the roots of willow. The peat in swamp bottoms has a low phosphorus and potassium content, and the large amounts of nitrogen that are present are bound in an unavailable form in the organic matter. Willows have proved to be very demanding plants. They take up considerable amounts of nutrients — phosphorus and potassium and especially nitrogen — and the amount of nutrients bound in the bark and stemwood is many times that bound by birch and pine. The harvesting of the complete above-ground biomass of young willow stands at short intervals may increase the need for fertilization.

*J. Hytönen, Kannus Research Station, Forest Research Institute, Valtakatu 18, SF-69100 Kannus, Finland.*

Turvetuotantoon nykykriteerein soveltuvia alueita on Suomessa laskettu olevan n. 500 000 ha. Vuonna 1982 turvetta tuotettiin n. 38 000 ha:lla. Turvetuotannosta arvioidaan poistuvan vuoteen 2000 mennessä alueita yli 50 000 ha (Ferm ja Kaunisto 1983). Metsäntutkimuslaitoksen Puu energiaraaka-aineena -projektissa tutkitaan mahdollisuuksia hyödyntää näitä turvetuotannosta vapautuvia suonpohjia energiapuun, erityisesti pajujen tehokkaaseen massatuotantoon.

Monien viljelyteknisten ominaisuuksien puolesta suonpohjat ovat sopivia alueita pajujen intensiiviseen, maatalousmaiseen kasvatukseen: ne ovat tasaisia, kivetömiä, kannottomia ja valmiiksi ojitettuja (Pohjonen 1980). Hyvin tärkeä etu on, että turvetuotannon päätyttyä kentät ovat vapaita kilpailevasta kasvillisuudesta. Jäljelle jääneen turvekerroksen paksuus vaihtelee suon pinnanmuodoista ja nostotekniikasta johtuen jopa kymmenestä cm:stä yhteen metriin samallakin suolla. Turve on hyvin maatumutta, verrattain hapanta, sekä sisäl-

tää yleensä runsaasti orgaanisesti sitoutunutta tyyppiä (taulukko I). Turpeen tyyppivarojen 10 cm:n kerroksessa voidaan arvioida olevan n. 1000-6000 kg/ha riippuen turpeen tyyppipitoisuudesta ja tilavuuspainosta (Kaunisto 1980). Fosfori- ja kaliumpitoisuudet, jotka soilla yleensäkin ovat pieniä, laskevat kohti suon pohjaa. Hivenravinnepitoisuuksia on tutkittu vielä vähänlaisesti.

Turpeessa voi olla paljon rautaa. Jossakin tapauksessa sitä on ollut turpeen tuhkassa yli 30 % (Kaunisto 1982). Puustjärven (1953) mukaan rauta sitoo fosforia veteen liukenemattomaksi ferrofosfaatiksi pH:n ollessa yli 6,5. Näin korkea pH on kuitenkin harvinainen soilla ilman maanparannusaineiden käyttöä. Kauniston (1982) mukaan eräs ongelma voi myös olla boorin sitoutuminen rautaan, mikä tapahtuu hiukan alhaisemmalla pH-tasolla.

Pajujen juuristojen ja siten myös versojen on hyvin kehittyäkseen todettu vaativan korkeata (5-6) pH:ta (Ericsson ja Lindsjö 1981). Pajun kasvatus turvemilla edellyttääkin siten

Taulukko 1. Maa-analysitulosten keskiarvoja neljän suon turpeentuotannosta vapautuneilta osilta.

Suo Peatland	pH	N. Org. %	Vaihtuva Exchangeable K, mg/l	Liukoinen Soluble P, mg/l	Vaihtuva Exchangeable Ca, mg/l
Paloneva (Ruukki)	4,9	2,43	7,3	1,2	618
Valkeasuo (Tohmajärvi)	4,2	2,31	13,4	2,2	475
Aitoneva <sup>1)</sup> (Kihniö)	3,6	2,05	54,8	2,8	—
Hirvineva <sup>2)</sup> (Liminka)	5,0	1,53	9,6	0,8	679

1) Ferm & Kaunisto 1983.

2) Lumme ym. 1984.

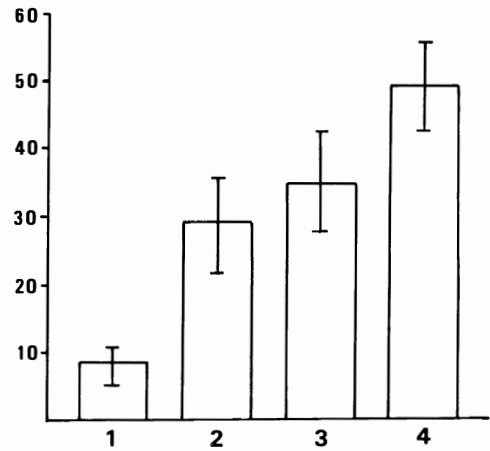
joko kalkitsemista tai tuhkalannoitusta. Pelkkä turpeen pH:n kohottaminen kalkituksen avulla ei vielä kuitenkaan riittävä toimenpide, sillä kalkitussakin turpeessa (pH 5,8) pajut ovat kuolleet toisena tai kolmantena kasvukautena (Hytönen 1982, 1984). Turve on voimakkaasti puskuroitunutta, joten maanparannusaineiden käyttömäärien on oltava melko suuria. Puuntuuhkalla on kalkkiin verrattavissa oleva neutraloiva vaikutus, turvetuhkalla se on n. 12 % kalkikivijauheen vastaavasta kalkitusvaikutuksesta (Hakkila ja Kalaja 1983). Turvetuhkaa onkin siten käytettävä huomattavan paljon saman kalkitusvaikutuksen saamiseksi, ainakin 50 000 kg/ha (Lumme ym. 1984). Maanparannusaineet on sekoitettava turpeeseen niin, että pH nousee koko juuristokerroksessa. Puuntuuhka sisältää myös fosforia, kaliumia ja hivenaineita, vähentäen siten lannoitustarvetta.

Lannoituksella saatu pistokkaista kasvaneiden vesojen kasunlisäys on kenttäkokeissa jäänyt vähäiseksi (Hytönen 1982). Suuret lannoitusmäärät juurtuville pistokkaille saattavat olla jopa haitallisia ja lisätä kuolleisuutta (kuva 1).

Esimerkkinä lannoituksen vaikutuksesta vesipajun (*Salix cv. aquatica*) tuotokseen esitetään tuloksia Palonevalla, Ruukissa sijaitsevilta v. 1981 perustetuilta typpi- ja fosforilannoittelajien vertailukokeilta, jotka on lannoitettu vuonna 1981 ja 1983 (Hytönen 1984, koejärjestelyt ks. taulukko 2). Kalkituilta, mutta lannoittamattomilta koeruuduilta (pH 5,6-5,9) pajut kuolivat (kuvat 2 ja 3). Fosforilannoittelajista ainoastaan nopealiukoinen superfosfaatti antoi lannoitusvaikutuksen. Kuiva-ainetuotos oli selvästi suurempi superfosfaateilla lannoitetuilla koeruuduilla sekä ensimmäisen että toisen (tuotos 13,1 t/ha) kasvukau-

Table 1. The mean values of soil nutrient analyses carried out on samples taken from four worked-out peat extraction fields.

Kuolleita pistokkaita, %  
Mortality of cuttings, %



Kuva 1. Keväällä 1982 istutettujen vesipajun pistokkaiden kuolleisuus eri tavoin lannoitetuilla koeruuduilla saman vuoden syksyllä.

Fig. 1. The mortality rate of *Salix 'Aquatica'* cuttings, planted in spring 1982, growing on blocks spread with different types of fertilizer in autumn the same year.

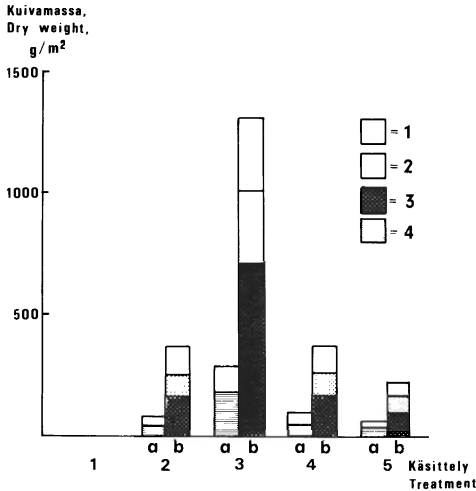
1 = Urea 216 kg/ha (N 100 kg/ha),  
Suo-PK 500 kg/ha

2 = Urea 216 kg/ha (N 100 kg/ha),  
Suo-PK 1000 kg/ha

3 = Urea 432 kg/ha (N 200 kg/ha),  
Suo-PK 1000 kg/ha

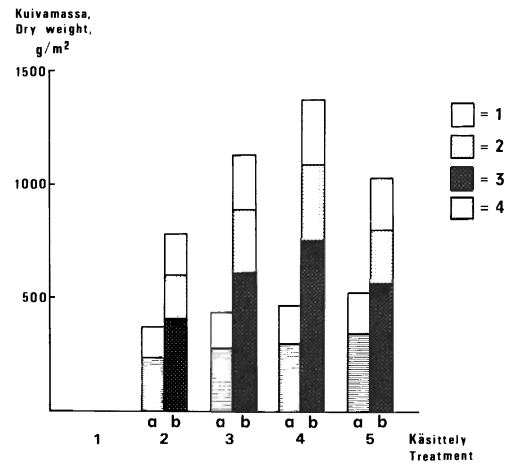
4 = Urea 648 kg/ha (N 300 kg/ha),  
Suo-PK 1500 kg/ha

den jälkeen verrattuna NK, raakafosfaatti tai apatiittilannoitukseen (tuotos 6,9-8,4 t/ha/2a), jotka eivät poikenneet toisistaan. Typpilannoittelajien väliset erot olivat pienet. Pajut kasvoivat parhaiten kun käytettiin ureaa (tuotos 13,7 t/ha/2a). Oulunsalpietari antoi hieman hei-



Kuva 2. Yksi- (a) ja kaksivuotiaiden (b) vesipajujen kuiva-ainetuotos fosforilannoitelajikokeella Palonevalla. Lannoituskäsittelyt taulukossa 2.

Fig. 2. The dry-matter production of one-year-old (a) and two-year-old (b) *Salix 'Aquatica'* cuttings given different types of phosphorus fertilizer. Paloneva. See Table 2 for fertilizer treatments.



Kuva 3. Yksi- (a) ja kaksivuotiaiden (b) vesipajujen kuiva-ainetuotos typpilannoitelajikokeella Palonevalla. Lannoituskäsittelyt taulukossa 3.

Fig. 3. The dry-matter production of one-year-old (a) and two-year-old (b) *Salix 'Aquatica'* cuttings given different types of nitrogen fertilizer. Paloneva. See Table 3 for fertilizer treatments.

Käsittely Treatment	Lannoitteet ja käsittelyt Fosforilannoitelajivertailukoe Phosphorus fertilizer experiment	Fertilizers and treatments Typpilannoitelajivertailukoe Nitrogen fertilizer experiment
1	O	O
2	N + K	P <sub>sf</sub> + K
3	N <sup>os</sup> + K + P	P <sub>sf</sub> + N
4	N <sup>os</sup> + K + P <sup>sf</sup>	P <sub>sf</sub> + N <sup>os</sup>
5	N <sup>os</sup> + K + P <sup>sf</sup> <sub>ap</sub>	P <sub>sf</sub> + N <sup>ur</sup> <sub>1)</sub>

N 200 kg/ha, P 87 kg/ha, K 166 kg/ha

N<sub>os</sub> = Oulunsalpietari, ammonium nitrate with lime

N<sub>ur</sub> = urea

P<sub>sf</sub> = superfosfaatti, superphosphate

P<sub>ap</sub> = apatiitti, apatite

N<sub>ur</sub> = nitroformaldehydi, nitroformaldehyde

P<sub>rt</sub> = raakafosfaatti, raw phosphate

K = kalisuola, kalium chloride

1) Lannoitettu vain v. 1981. Given only once in 1981.

Taulukko 2. Fosfori- ja typpilannoitelajikokeiden lannoituskäsittelyt. (Kaikki koeruodut kalkittu 6000 kg/ha dolomiittikalkkia, lannoitukset v. 1981 ja 1983.)

Table 2. The fertilizer treatments used the phosphorus and nitrogen fertilizer experiments. (All blocks given 6000 kg dolomite limestone/ha. Fertilized in 1981 and 1983.)

komman tuloksen (kuva 3). Typpilannoitus lisäsi selvästi tuotosta. Verrattaessa näiden kahden samalla alueella vierekkäin sijaitsevien kokeiden NK- ja PK-käsittelyjä, havaitaan, että fosfori- ja nimenomaan superfosfaattilannoituksen vaikutus näyttäisi olevan suurempi kuin typpilannoituksen.

Lehtien osuus kokonaiskuivamassasta vaihteli kummallakin kokeella 35,7:stä 42,5 %:iin yksivuotiaassa kasvustossa ja 21,1:stä 24,0 %:iin kaksivuotiaassa pajukossa (kuvat 2 ja 3).

Kuoren osuus lehdettömästä kuivamassasta oli huomattava : 29,3-34,5 % kahden kasvukauden jälkeen. Lehdellisestä kokonaiskuivamassasta kuoren osuus oli 22,9-25,1 %. Lehtien, samoin kuin kuorenkin osuus kuivamassasta pieneni pajujen koon ja tuotoksen kasvaessa.

Eri tavoin lannoitettujen pajujen lehtien, kuoren ja puuaineen ravinnepitoisuuksia on esitetty taulukossa 3. Pajun lehtien ravinnepitoisuudet ovat korkeampia kuin männyn tai koivun. Etenkin runkopuun ja kuoren ravinnepitoisuudet ovat korkeampia kuin männyn tai koivun.

Taulukko 3. Koivun, männyn ja pajun maanpäällisten osien ravinnepitoisuuksia.

Table 3. The nutrient contents of the above-ground parts of birch, pine and willow.

Osa Compartment	Puulaji Species	Lannoitus Fertilization			Ravinne — Nutrient			Tekijä Author
		N	P	K	N %	P %	K %	
Lehdet Leaves	<i>B. pendula</i>				2,42	0,194	1,00	Mälkönen 1978
	<i>P. sylvestris</i>				1,37—1,65	0,16—0,23	0,40—0,54	Paavilainen 1980
	—»—				1,77	0,154	0,581	Mälkönen 1975
	<i>S. viminalis</i>				0,87—5,18	0,10—0,57	0,62—2,87	Kaunisto 1983
	<i>S. aquatica</i>	—	—	—	3,45	0,178	1,04	Hytönen 1984
	—»—	x	x	x	2,33	0,348	1,61	—»—
	—»—	x	x	x	3,79	0,115	2,04	—»—
—»—	x	x	x	3,40	0,287	1,50	—»—	
Kuori Bark	<i>B. pendula</i>				0,474	0,041	0,393	Mälkönen 1978
	<i>P. sylvestris</i>				0,382	0,058	0,220	Mälkönen 1975
	—»—				0,40—0,58	0,05—0,07	0,14—0,26	Paavilainen 1980
	<i>S. viminalis</i>				0,48—3,96	0,08—0,63	0,52—1,95	Kaunisto 1983
	<i>S. aquatica</i>	—	—	—	2,00	0,120	0,73	Hytönen 1984
	—»—	x	x	x	1,41	0,167	0,78	—»—
	—»—	x	x	x	2,05	0,126	1,06	—»—
—»—	x	x	x	2,08	0,212	0,75	—»—	
Puu Wood	<i>B. pendula</i>				0,083	0,010	0,036	Mälkönen 1978
	<i>P. sylvestris</i>				0,072	0,005	0,033	Mälkönen 1975
	—»—				0,040	0,007	0,03—0,04	Paavilainen 1980
	<i>S. viminalis</i>				0,22—3,32	0,03—0,18	0,26—1,43	Kaunisto 1983
	<i>S. aquatica</i>	—	—	—	0,65	0,040	0,32	Hytönen 1984
	—»—	x	x	x	0,39	0,080	0,26	—»—
	—»—	x	x	x	0,63	0,033	0,39	—»—
—»—	x	x	x	0,57	0,090	0,26	—»—	

nepitoisuudet ovat hyvin korkeat — eräissä tapauksissa jopa kymmenkertaiset — mäntyyn ja koivuun verrattuna (taulukko 3).

Kun biomassa korjattiin syyskuun puolivälissä ilman lehtiä edellä kuvattujen kokeiden kasvuisimmilla käsittelyillä (NPK-lannoitus, P superfosfaattina, N ureana), poistui ravinteita kasvupaikalta 1,6 kg N, 1,3 kg P ja 4,1 kg K yhtä kuiva-ainetonna kohti. Mikäli korjataan myös lehdet, jotka syyskuun puolivälissä ovat vielä pajuissa kiinni, sitoutuneiden ravinteiden määräksi kuiva-ainetonnissa saatiin: 16,0 kg N, 1,6 kg P ja 6,5 kg K. Ravinteiden määrät muuttuvat tuotoksen muuttuessa, koska runsaasti ravinteita sisältävien lehtien ja kuoren osuus laskee kuiva-ainetuotoksen noustessa.

Vesipaju käyttää typpeä, fosforia ja kaliumia tuotettua biomassatonna kohti huomattavasti enemmän kuin mänty tai koivu, mutta hieman vähemmän typpeä kuin harmaaleppä (taulukko 4). Lepän kyky sitoa ilmakehän vapaata typpeä turvaa sen riittävän typen saannin korvaten myös biomassan korjuun aiheuttaman ravinnemenetyksen. Mikäli pajut korjataan lehdettömänä aikana olisi ravinteiden menetys, etenkin typen osalta pienempi. Puiden sisäinen ravinnekierto kuitenkin pienentää tätä eroa: ennen lehtien varisemista siirtyy oksiin ja runkoon osa niiden sisältämistä ravin-

teista. Ravinteiden menetystä lisää se, että koko maanpäällinen biomassa (ehkä lehdetkin mukaanlukien) pyritään korjaamaan lyhyin väliajoin.

Pohjosen (1980) mukaan vesipajuviljelmällä turvetuotannon jättömaalla, jonka keskimääräinen sato on 12 t/ha tarvittaisiin vuosittain lannoitetyyppeä 90 kg/ha korvaamaan ravinnemenetys. Huuhtoutumisen tai maahan sitoutumisen huomioonottaen lannoitustarve Pohjosen (1980) mukaan olisi vuosittain 100-150 kg/ha typpeä ja tuhkaa 1000-2000 kg/ha. Edellä esitetyn aineiston mukaan typpeä tarvittaisiin tuohon 12 t/ha tuotokseen huomattavasti Pohjosen (1980) arvioimaa enemmän, 190 kg, fosforia 19 kg ja kaliumia 78 kg, mikäli massa korjattaisiin lehtineen. Todellinen lannoitustarve saattaa olla suurempi, koska pajut käyttävät vain osan (huuhtoutuminen, haihtuminen, muun kasvillisuuden käyttö ja lannoituksen vaikuttavan osan jakaantuminen pajujen ravinnetarpeen ja kasvurytmin mukaan) annetuista ravinteista. Tutkimuksia ravinteiden kierrosta turvetuotannosta vapautuneiden alueiden pajukasvustoissa ei ole. Turpeen typen mineralisoituminen pienentää lannoitustarvetta. Runsastyyppisistäkin suonpohjan turpeista näyttää alkuvaiheessa kuitenkin mineralisoituvan pajun tarpeisiin riittävästi typpeä vain eri-

Taulukko 4. Männyn, hieskoivun, harmaalepän ja vesipajun ravinteiden määrä tuotettua biomassatonna kohti.

Table 4. The amounts of nutrients required by Scots pine, *Betula pubescens*, *Alnus incana* and *Salix 'Aquatika'* to produce one ton of biomass.

Puulaji <i>Species</i>	Ravinne — <i>Nutrient</i>				Tekijä <i>Author</i>
	N, kg	P, kg	K, kg	Ca, kg	
<i>P. sylvestris</i>	4,5	0,5	2,3	1,8	Mälkönen 1974
<i>B. pendula</i>	9,7	0,7	3,8	4,9	Mälkönen 1977
<i>A. incana</i>	17,5	1,1	5,3	5,9	Mälkönen & Saarsalmi 1984
<i>Salix 'Aquatika'</i> <sup>1)</sup>	16,0	1,6	6,5	—	Hytönen (julkaisematon)
<i>Salix 'Aquatika'</i> <sup>1,2)</sup>	10,6	1,3	4,1	—	Hytönen (julkaisematon)

<sup>1)</sup> NPK + hivenainelannoitus. *NPK + micronutrient fertilization.*

<sup>2)</sup> Ilman lehtiä. *Without leaves.*

koisolosuhteissa (Kaunisto 1984). Suonpohjan turpeissa niukasti olevaa fosforia ja kaliumia vesipaju käyttää moninkertaisesti mäntyyn ja koivuun verrattuna. Koska paju on muutoinkin varsin vaateliakasvilaji ei tehotuotannossa voitane luottaa turpeen alla olevan kivennäismaan ravinnevaroihin, vaan kivennäisravinteiden saanti on turvattava lannoittamalla (Kaunisto 1983). Runsaan typpilannoituksen vaarana voi olla pajujen heikentynyt talvenkestävyys. Myös kotimaiset pajulajit saattavat

intensiivisessä lyhytkiertoviljelyssä käyttää ravinteita yhtä paljon kuin alkuperältään ulkomaiset pajutkin (Lumme ym. 1984). Erityisen suurta huomiota tulisikin kiinnittää mahdollisuuksiin turpeen omien typpivarastojen mobilisointiin erilaisten maanmuokkausmenetelmien ja maanparannusaineiden avulla sekä perustaa koesarjoja, joissa verrataan lyhytkiertoviljelyyn sopivien puulajien (pajut, koivut, lepät) biomassatuotosta ja ravinnetarvetta.

## KIRJALLISUUS

- Ericsson, T. & Lindsjö, I. 1981: Tillväxtens pH-beroende hos några energiskogsarter. (Abstract: The influence of pH on growth and nutrition of some energy forest tree species.) — Projekt energiskogsodling, Sveriges Lantbruksuniversitet, Teknisk rapport 11: 1-7.
- Ferm, A. & Kaunisto, S. 1983: Luontaisesti syntyneiden koivumetsiköiden maanpäällinen lehdetön biomassatuotos entisellä turpeennostoalueella Kihniön Aitonevalla. (Summary: Above-ground leafless biomass production of naturally generated birch stands in a peat cut-over area at Aitoneva, Kihniö.) — *Folia Forestalia* 558: 1-32.
- Hakkila, P. & Kalaja, H. 1983: Puu- ja kuorituhkan palauttamisen tekniikka. (Summary: The technique of recycling wood and bark ash.) — *Folia Forestalia* 552: 1-37.
- Hytönen, J. 1982: Istutustiheyden ja lannoituksen vaikutus vesipajun (*Salix cv. aquatica*) kuiva-ainetuotokseen ja kasvuston kehitykseen. — *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 70: 67-77.
- Hytönen, J. 1984: Suitability of various phosphorus and nitrogen fertilizers for fertilizing willow stands on cut-over peatlands. — *Käsikirjoitus Bio Energy 84 konferenssiin Göteborgissa*. 5 s.
- Kaunisto, S. 1982: Afforestation of peat cut-away areas in Finland. — *Proc. Int. Symp. IPS Commissions IV and II, Minsk 1982*: 144-153.
- Kaunisto, S. 1983: Puunkasvatus suonpohjilla; turveteollisuuden jättömailla. — *Turveteollisuus* 2: 64-66.
- Kaunisto, S. 1984: Yhteenveto lannoitustutkimuksesta uudistamisen ja taimikonhoidon yhteydessä turvemäällä. Suoseuran kokous 3. 4. 1984. Moniste 3 s.
- Lumme, I., Tikkanen, E., Huusko, A. & Kiukaanniemi, E. 1984: Pajujen lyhytkiertoviljelyn biologiasta ja viljelyn kannattavuudesta turpeentuotannosta poistuneella suolla Limingan Hirvinevalla. (Summary: On the biology and economical profitability of willow biomass production on an abandoned peat production area.) — *Oulun Yliopisto C* 54: 1-79.
- Mälkönen, E. 1974: Annual primary production and nutrient cycle in some Scots pine stands. — *Commun. Inst. For. Fenn.* 84 (5): 1-87.
- Mälkönen, E. 1977: Annual primary production and nutrient cycle in a birch stand. — *Commun. Inst. For. Fenn.* 91 (5): 1-35.
- Mälkönen, E. & Saarsalmi, A. 1984: Lepikon biomassan tuotos ja ravinnetarve. — *Käsikirjoitus Metsäntutkimuslaitoksen maantutkimusosastolla*.
- Paavilainen, E. 1980: Effect of fertilization on plant biomass and nutrient cycle on a drained dwarf shrub pine swamp. — *Commun. Inst. For. Fenn.* 98 (5): 1-71.
- Pohjonen, V. 1980: Energiapajujen viljelystä vanhoilla turvetuotantoalueilla. (Summary: On energy willow farming on the old peat industry areas.) *Suo* 3: 7-9.
- Puustjärvi, V. 1953: Raudan saostuminen soissa: — *Suo* 4 (1b): 5-12.