

## Mäntypuustojen runkotilavuus ja ravinnetila ojitusalueiden tehoviljelykokeilla

Stem volume and nutrient status of Scots pine stands in intensive cultivation experiments on drained peatlands

Klaus Silfverberg, Jorma Issakainen & Timo Haikarainen

*Klaus Silfverberg & Timo Haikarainen, Metsäntutkimuslaitos, Vantaan toimintayksikkö (Finnish Forest Research Institute, P.O. Box 18) PL 18, FIN- 01301 Vantaa, Finland, e-mail: Klaus.Silfverberg@metla.fi.*

*Jorma Issakainen, Metsäntutkimuslaitos, Muhoksen toimintayksikkö (Finnish Forest Research Institute), Kirkkosaarentie 7, FIN- 91500 Muhos, Finland.*

Metsäntutkimuslaitos perusti vuosina 1973–1978 ojitusaluemetsiin maanlaajuisen nk. H-kulttuurikoesarjan. H-kulttuurilla tarkoitetaan metsänuudistamis- ja kasvatustapaa, jossa puuntuotannon olosuhteet — puiden vesi- ja ravinnetalous sekä myös puunkorjuu — on optimoitu puuntuotoksen ja metsänkasvatuksen talouden maksimoimiseksi. Vuosien 1999–2003 aikana tästä koesarjasta mitattiin yhdeksän koetta. Kokeiden perustamisesta oli tällöin kulunut 24–30 vuotta. Mitatut kohteet olivat istutusmänniköitä, jotka saivat istutuksen yhteydessä laikku- tai kaistalannoituksen. Kasvupaikat vaihtelivat karuista keskiviljaviin; kohteiden ravinnetila (turpeen tyyppi, neulasten pääravinteet) oli varsin hyvä. Yleiset kasvutekijät (lämpösumma, viljavuus) ovat määränneet puuntuotoksen tason. Pelkän istutuslannoituksen saaneilla koealoilla runkopuun kokonaistuotos oli kokeesta riippuen 46–192 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Vuonna 1994 tehtyjen jatkolannoituskäsittelyjen vaikutus vaihteli suuresti. Parhaiten kasvaneella Padasjoen mustikkaturvekankaalla tuotokset olivat 1973–1999, käsittelystä riippuen, 182–238 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Kokeiden perustamisvaiheessa esitettyihin tuotostavoitteisiin (300 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> 30 vuodessa) ei päästy missään kokeessa. Nykykäsityksen mukaan manuaaliseen puunkorjuuseen perustunut ja paljon hoitotöitä vaatinut H-kulttuuri tuottaa liian kallista puuta. Ajatukseltaan ja toteutukseltaan tämä tutkimuksellinen lähestymistapa on kuitenkin ollut kokopuukorjuu- ja energiametsäasioiden edelläkävijä.

Asiasanat: intensiivinen kasvatus, kokonaistuotos, lannoitus, neulaset, turvemaa.

### Johdanto

Metsien kasvun lisääminen nähtiin sodanjälkeisinä vuosikymmeninä keskeisenä kansallisena tavoitteena (Tuokko 1992). Puun saannin turvaaminen loi tarvetta tutkia tehokkaita puuntuotosta

lisäviä toimia (Ahti ym.2005). Eräs toteutus näistä pyrkimyksistä on ns. H-kulttuuri. H-kulttuuri-metsänviljelymenetelmän synty 1970-luvun alkupuolella liittyy myöhempään tehometsätalouden aikakauteen. H-kulttuureissa pyrittiin maksimoimaan metsäojitusalueen viljelymännikön

puuntuotos, rationalisoimaan puuston hoito ja minimoimaan kustannukset (Huikari 1972, Kaunisto 1985). Termi H-kulttuuri juontuu hydrokulttuurista eli vesitalouden optimaalisesta järjestelystä. Menetelmän ideana on tärkeimpien kasvu-tekijöiden, vesi- ja ravinnetalouden sekä myös metsänhoidon ja puunkorjuun optimointi ojitetulla suolla (Huikari 1972, Ahti & Kaunisto 2002). Suppeilla pinta-aloilla tapahtuvan intensiivisen puunkasvatuksen ajateltiin myös toisaalta mahdollistavan laajat soidensuojelualueet (Huikari 1972). Ajatuksena oli harjoittaa tehoviljelyä pienimuotoisena isännänlinjan työnä maatilojen silloisessa kalusto- ja työvoimatilanteessa. Menetelmässä puut istutettiin vesitaloudeltaan parhaille paikoille ojanpenkoille ja keskisarka varattiin puuston hoidossa ja korjuussa tarvittavalle kulkemiselle. Ravinnetalous ajateltiin hoidettavan ideaalutilaan toistuvien lannoituksin — met-sikön perustamisvaiheessa laikku- ja kaistalannoituksena, myöhemmin hajalannoituksena (Kaunisto & Saarinen 1995). Tehokkuutta etsittiin myös viljelytiheyttä lisäämällä. Männyn runkokuun tuotostavoitteeksi Huikari (1972) on esittänyt  $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  10 vuodessa,  $150 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  20 vuodessa,  $300 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  30 vuodessa ja  $350\text{--}400 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  40 vuodessa, jolloin puusto olisi jo saavuttanut hakkuukypsyyden.

H-kulttuureita ja muita samankaltaisia tehoviljelykokeita perustettiin ojitusalueille 1970-luvun puolivälissä eri puolille Suomea muutamia kymmeniä (Paarlahti & Veijalainen 1988, Metsäntutkimuslaitoksen... 2005). Tuloksia H-kulttuurien puuston kasvusta ovat raportoineet Kaunisto (1985) ja Nousiainen (1996). Eräiden nyt tarkasteltavien mäntypuustojen kasvu oli taimikkovaiheessa ollut varsin joutuisaa tavanomaisiin ojitusalueiden männiköihin verrattuna (ks. Heikurainen ym. 1983, Salminen ym. 1997). Mäntyjen tekninen laatu oli kuitenkin heikko, lenkoutta ja oksikkuutta tavattiin runsaasti (Kaunisto 1985). Istutetuista männyntaimista 13–40 % oli kuollut ensimmäisten 10 vuoden aikana. Luontaisesti syntyneiden männyntaimien runsaus oli kuitenkin kompensoinut istutustaimien kuolleisuutta (Kaunisto 1985). Kymmenen vuotta myöhemmin Nousiainen (1996) tuli siihen tulokseen, että kuitu- ja energiapuun tuottaminen soveltuisi H-kulttuurien ensisijaiseksi tavoitteeksi.

Taimikkovaiheen ravinnetila on mitä ilmeisimmin ollut hyvä (ks. Kaunisto 1985). Oletetun kasvuhäiriöriskin takia muutamalla kokeella oli kuitenkin tehty osittainen hivenlannoitus jo vuonna 1976 (Kolari 1983). Sen vaikutus pituuskasvuun osoittautui kuitenkin vähäiseksi (Kaunisto 1985), minkä vuoksi tässä tutkimuksessa sen vaikutusta ei ole erikseen otettu huomioon.

Käytännön metsätalouden mielenkiinto intensiiviseen puunkasvatukseen ojitetuilla soilla on ajan kuluessa hiipunut. Syynä ovat olleet mm. työkoneiden polttoaineen kallistuminen, puunkasvatuksen ja korjuun hankaluudet turvemaiilla, halvemman puun riittävä ja helpompi saanti muualta sekä kestävän metsätalouden ja ympäristöarvojen esiinnousu. Toisaalta viime vuosina käytännön metsätaloudessa yleistynyt kokopuukorjuu kantojen nostamisineen on lähellä H-kulttuurin perusajatusta tehostetusta puunkorjuusta. H-kulttuurit ovat mielenkiintoisia myös ojituksen jälkeisen, toisen puusukupolven tuotoskyvyn selvittämisen kannalta (Kaunisto & Päivänen 1985, Ahti ym. 2005).

Tämän tutkimuksen tavoitteena on raportoida H-kulttuurikokeiden runkokuun tuotoksesta viljavuudeltaan ja lämpösummaltaan erilaisilla kasvupaikoilla, kun kokeiden perustamisesta oli kulunut 24–30 vuotta. Tutkimukseen sisältyy myös jatkolannoituksen vaikutuksen selvittäminen.

## Aineisto ja menetelmät

### Koekentät

H-kulttuureja perustettiin 1970-luvulla runsaat kaksikymmentä. Tähän tutkimukseen valittiin ensisijaisesti jo aiemmin tarkemmassa seurannassa olleet yhdeksän koetta: Jaala, Suomusjärvi, Tammela, Padasjoen Kettulansuo ja Sammallahti, Vilppula, Pieksämäki sekä Pudasjärven Sammakkosuo ja Penikkasuo (Taulukko 1). Kokeiden kuvaus ja terminologia seuraavat soveltuvin osin Kauniston (1985) tutkimuksessa esitettyä. Pääosa kohteista on vanhoja ojitusalueita (Taulukko 2), alun perin melko runsaspuustoisia rämeitä tai korpia. Suomusjärven ja Tammelan kohteet ovat olleet lähes puuttomia. Kasvupaikko-

Taulukko 1. Tutkittujen H-kulttuurin kokeiden kasvupaikkatiedot. Kasvupaikkatyypit, ks. myös Laine & Vasander (2005).  
 Table 1. General information about the studied H-cultivation experiment sites. For explanation of site types, see also Laine & Vasander (2005).

	Tammela		Suomusjärvi		Jaala	Vilppula		Kettulansuo		Sammallahti	Pieksämäki	Penikkasuo	Sammakkosuo
Alkuperäinen kasvupaikka Original site type	RR	TN-SsN	SsR	ITR,NK, VK	ITR,NK, VK	ITR-MK	MK	RR(TR)	TR(PsR) – SsR	MK-RhK	TR – KnSsRmu	MK-RhK	
Kasvupaikka perustamishetkellä Site type at the time of establishment	RRmu	TN-SsNmu	Ptkg-Mtkg	Ptkg-Mtkg	Ptkg-Mtkg	Ptkg-Mtkg	Mtkg	Ptkg	TR – KnSsRmu	Mtkg	Mtkg	Mtkg	
Sijainti N, yhtenäiskoordinaatisto Location, latitude	6736	6706	6776	6885	6811	6809	6911	7271	7258				
Sijainti E, yhtenäiskoordinaatisto Location, longitude	3335	3322	3468	3369	3397	3399	3513	3522	3462				
Korkeus mpy, m Altitude, m asl	120	90	86	118	109	109	126	206	103				
Lämpösusuma, d.d. > 5°C Temperature sum, d.d. > 5°C	1258	1289	1292	1185	1226	1228	1150	899	1089				
Turvetta, dm Peat thickness, dm	15+	10+	5–20	3–10	3–15+	5–15+	10+	2–6	2–5				
Turpeen N <sub>tot</sub> , % (0–10 cm) N <sub>tot</sub> of peat, % (0–10 cm)	1,30	1,70	2,13	1,93	1,32	2,16	1,35	1,44	0,99				

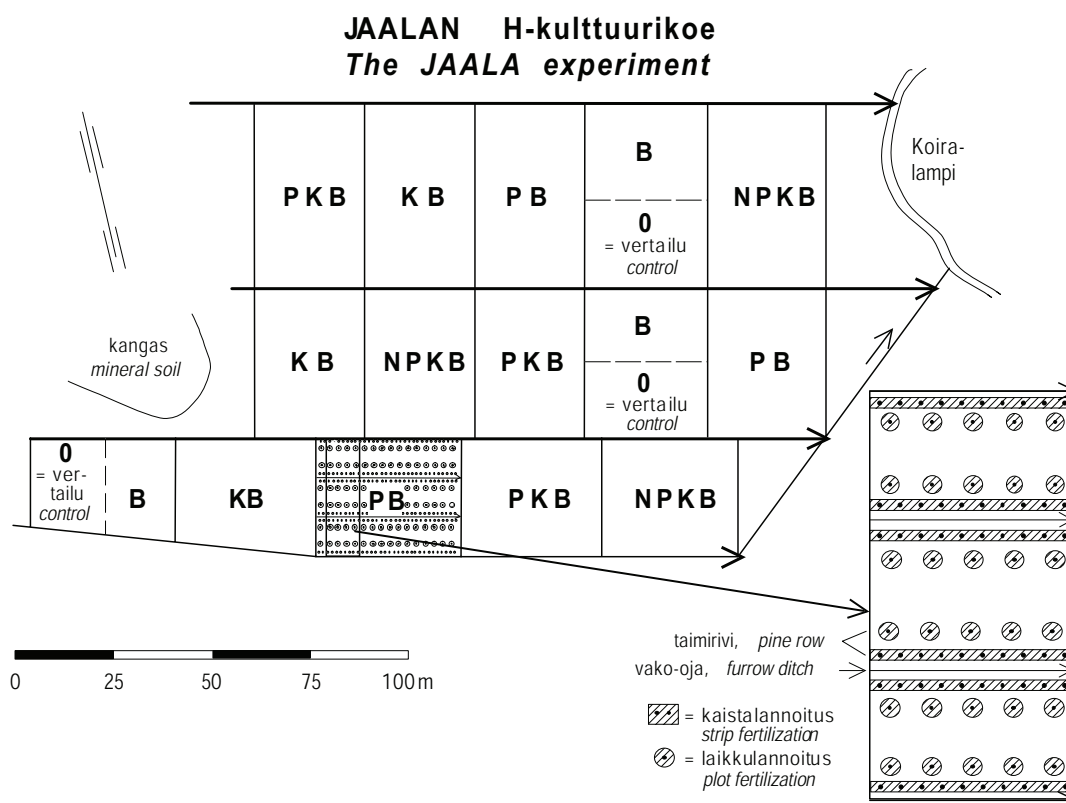
Taulukko 2. Koejärjestelyt tutkituilla H-kulttuuri kokeilla. Jatkolannoituskäsittelyt on selietyt tekstissä.  
 Table 2. Experimental design on the studied H-cultivation sites. The referential treatments are explained in the body text.

	Tammela	Suomusjärvi	Jaala	Vilppula	Ketunlansuo	Sammallahti	Pieksämäki	Penikkasuo	Sammakkosuo
Ojitukset, v.	1973	1976	1973	1909	1910, 1932	1913, 1928	< 1918, 1954	1977	1932, 1977
<i>Drainage year</i>									
Sarkaleveys ja vako-ojen väli (m)	60-70, 5-10	20-30, 5	40, 7	40, 10	40, 10	40, 10	40-60, 10	86, 7	100, 10
<i>Strip and furrow width (m)</i>									
Männyn istutus, vuonna	1976	-	1973	1974	1973	1973	1974	1977	1978
<i>Pine planting, year</i>									
<sup>a)</sup> Peruslannoitus (laikku/kaista)	1976	1978	1973	1974	1974	1974	1975	1977	1978
<i>Basic fertilisation (spot/trip)</i>	super-Y	suo PK <sup>b)</sup>	suo PK	suo PK	suo PK	suo PK	suo PK	suo PK	suo PK
Peruslannoitus: N,P,K kg/ha	150, 108 83	92, 45, 85	0, 105, 125	0, 105, 125	0, 105, 125	0, 105, 125	0, 90, 170	0, 114, 216	0, 114, 216
<i>Basic fertilisation: N, P, K kg/ha</i>									
Käsittelyjä × toistoja = koealoja	5 × 3 = 15	5 × 3 = 15	5 × 3 = 15	5 × 5 = 25	5 × 3 = 15	5 × 2 = 10	5 × 3 = 15	5 × 6 = 30	5 × 2 = 10
<i>Treatm. × replic. = sample plots</i>									
Puuston käsittely	-	raivaus 2002	perkaus 1989	perkaus 5x h 1993	perkaus 1991	perkaus 1991	-	perkaus 1994	perkaus 3x
<i>Stand treatment</i>									
Puuston mittaus	kevät 2003	syksy 2002	kevät 2003	kevät 2003	syksy 1999	syksy 2000	kevät 2003	syksy 2003	syksy 2003
<i>Stand measurement</i>									
Vuosisuonitus (perusjätke)-lannoituksesta	27(10)	25(9)	30(10)	29(9)	27(6)	28(7)	30(10)	27(10)	24(10)
<i>Years since basic (re)fertilisation</i>									

h = harvennus - *thinning*, kevät = *spring*, syksy = *autumn*, raivaus = *clearing*, perkaus = *cleaning*

a = vuodesta 1975 suo-PK oli rakeistettua - *peatland PK has been granulated since 1975*

b = hajalannoituksena 500 kg/ha + kalkkiviijauhetta 5000 kg/ha + ureaa 200 kg/ha - *broadcast fertilisation, powdered limestone, urea*



Kuva 1. H-kulttuurien koejärjestelyt, esimerkkinä Jaalan koe. Kaista- ja laikkulannoitus kaikilla koealoilla 1974. Kuvaan on merkitty vuoden 1994 jatkolannoituskäsittelyt.

Fig. 1. The experimental design used in the H cultivation experiments — the Jaala experimental area as an example. Strip and spot fertilisation on all the plots in 1974. The 1994 refertilisation treatments are marked on the figure.

jen alkuperäisten suotyypien ja ojituksen jälkeisten kuivatusvaiheiden nimeäminen perustuu Huikarin (1952) luokitukseen. Useimmat kohteet olivat saavuttaneet turvekangasvaiheen jo koemetsiköitä perustettaessa. Turvekerroksen paksuus vaihteli huomattavasti kokeiden sisälläkin (Taulukko 1). Turpeen totaalitypen pitoisuus 0–10 cm:n kerroksessa analysoidiin ennen vuonna 1994 tehtyä jatkolannoitusta (Taulukko 1). Korkeimmat pintaturpeen typpipitoisuudet todettiin Sammallahtella (2,16 %) ja Jaalassa (2,13 %).

Metsiköt avohakattiin kokeita perustettaessa. Muutamilta alueilta (Vilppula, Kettulansuo, Sammallahti, Sammakkosuo) poistettiin myös kannot, jolloin aikaansaatiin osittain voimakaskin maanmuokkausvaikutus. Kauniston (1985) mukaan kivennäismaata on saattanut kulkeutua maanpintaan muuallakin ojienkaivuun yhteydes-

sä, mikä saattaa selittää kokonaistypen alhaisuutta ohutturpeisella kohteella. Alhaisimmat typpipitoisuudet (0,99 %) havaittiin Sammakkosuo mesotrofisessa korvessa (Taulukko 1). Siellä kantojen nostossa kuoriutui huomattava osa turpeesta kantojen mukana varastolle. Sammakkosuo lukuun ottamatta ojamaat levitettiin saroilte kaivuun yhteydessä (Kaunisto 1985, Huikari 1972). Koelohkoja ympäröivät 80 cm:n syvyiset ojat kaivettiin 20–100 metrin välein. H-kulttuurikoille ominaiset vako-ojat (Huikari 1972) olivat vain 50 cm syvät ja sijaitsivat 5–10 metrin välein sarkaojien rajaamalla saralla (Kuva 1, Taulukko 2). Ojitusaste kokeilla on ollut vähintään tyydyttävä tutkimusjakson (1973–2003) aikana. Järvenrantaan rajoittuvilla Jaalan ja Kettulansuo kokeilla kuivatusteho on ajoittain voinut olla puutteellinen.

Koealueille istutettiin yleensä kaksivuotiaita männyntaimia (Taulukko 2) — varsinaisia koealoja ei H-kulttuurien perustamisvaiheeseen sisällytetty. Vako-ojien väliin istutettiin neljä riviä mäntyjä, yhteensä 3000 tainta hehtaarille. Istutusrivien etäisyys vako-ojasta oli yleensä yksi ja kolme metriä, keskisaralla oli neljän metrin levyinen kulkutie. Taimet istutettiin lähinnä vako-ojaa oleville riveille metrin välein, ja keskiriveille kahden metrin välein (Kuva 1). Tammelan kokeella taimien väli oli kaksi metriä kummassakin rivissä. Suomusjärvellä — joka oli ainoa muokattu koe — männyn istutus jäi tekemättä, joten kokeen nykyinen mäntypuusto on kokonaisuudessaan luontaisesti syntyneitä. Usealla kokeella oli runsaasti luontaisesti syntyneitä männyntaimia, jonkin verran koivua sekä paikoin runsaasti alikasvoskuusta (ks. myös Kaunisto 1985, Nousiainen 1996). Männynissä oli vain vähän näkyviä tuhoja (ks. Reinikainen ym. 1998), koska heikkolaatuisin puusto oli poistettu perkausten yhteydessä. Taimikon harvennusta oli tehty vain Vilppulan kokeella. Puuston tilajärjestyksen parantamiseksi kuusialikasvos ja lehtipuuvesakko oli poistettu useimmilta kokeilta (Taulukko 2). Esimerkiksi Sammakkosuon viljavalla kokeella perattiin lehtipuustoa vuonna 2000 arviolta  $40 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ .

Perustettaessa kaikki kokeet saivat istutuslannoituksen. Lähinnä vako-ojaa oleva puurivi sai puolen tai yhden metrin levyisen kaistalannoituksen. Ulommalla rivillä tehtiin taimikohtainen laikkulannoitus yhden neliömetrin ympyröille (Kaunisto 1985, Kuva 1). Pohjois-Suomen kummallakin kokeella käytettiin vain laikkulannoitusta. Istutuslannoituksissa annetut fosforin ja kaliumin määrät ovat taulukossa 2. Myöhäissyksyllä 1989, kun puustot olivat olleet 11–16 kasvukautta istutuslannoituksen varassa, otettiin neulasnäytteet kaikilta kohteilta Kettulanosuota lukuun ottamatta. Neulasnäytteet otettiin toisen kerran vuonna 1999 jokaiselta vuonna 1994 jatkolannoitetulta koealalta vertailut mukaan lukien.

Vuonna 1994 kokeet jaettiin koealoihin ja jatkolannoitettiin hajalevityksenä. Arvottuja lannoituskäsittelyjä oli viisi ja toistoja kokeesta riippuen 2–6 (Kuva 1, Taulukko 2). Sarkojen pitkittäissuunnassa koealat rajoittuivat toisiinsa ilman vaippoja, poikittaissuunnassa koealat rajoittuivat

lohko- tai sarkaojiin (Kuva 1). Jatkolannoituskäsittelyt olivat vertailu (0), apatiitti (P), kalihiven (K), apatiitti + kalihiven (PK) ja Oulun salpietari + apatiitti + kalihiven (NPK). Käytetyt lannoitteet olivat Oulun salpietari (N 27,5 %), Kuolan apatiitti (P 16 %), Kalihiven (K 30 ja B 0,4 %) sekä Boorilannos (B 0,5 %). Pääravinteiden (N 100, P 45 ja K 80  $\text{kg ha}^{-1}$ ) ohella kaikki lannoituskäsittelyt sisälsivät booria 1,1  $\text{kg ha}^{-1}$ . Vertailualat jaettiin kahtia ja niiden toiselle puoliskolle annettiin booria niin ikään 1,1  $\text{kg ha}^{-1}$  (Kuva 1). Tässä artikkelissa lannoituskäsittelyillä tarkoitetaan vuoden 1994 jatkolannoituksia.

### Mittaukset ja aineiston analyysi

Puuston mittaukset tehtiin vuosina 1999–2003, jolloin puustojen ikä oli 24–30 vuotta (Taulukko 2). Koealojen puusto mitattiin ojasta ojaan ulotuvalla alueella. Kaikki rinnankorkeusläpimitaltaan vähintään 5 cm:n puut luettiin mittasaksilla yhden millimetrin tarkkuudella. Koepuut määräytyivät puiden luvussa systemaattisella otannalla. Koepuista, joita oli koealan koosta riippuen 10–38, mitattiin läpimitan lisäksi kokonaispituus yhden desimetrin tarkkuudella. Penikkasuolla puusto mitattiin pitkänomaisten koealojen ensimmäiseltä ja kolmannelta neljännekseltä. Sammakkosuolla vaipaksi rajattiin 5–10 metriä vierekkäisten koealojen reunavaikutuksen poistamiseksi. Mitattuja koealoja oli kaikkiaan 149 ja niiden yhteispinta-ala noin 15 hehtaaria (Taulukko 2). Taimikoiden hoidossa kertyneitä poistumia (etenkin Vilppula ja Sammakkosuon) ei mittauksissa otettu huomioon.

Mittausaineisto tallennettiin ja laskettiin Metsäntutkimuslaitoksen KPL-ohjelmalla (Heinonen 1994). Aineiston tilastollinen käsittely tehtiin SPSS 13.0 for Windows laskentaohjelmalla. Jatkolannoituksen yhteydessä halkaistujen vertailukoalojen puoliskot käsiteltiin laskennassa yhtenä sen jälkeen, kun oli todettu, etteivät puoliskojen runkotilavuudet poikenneet tilastollisesti merkittävästi toisistaan. Puuston alkumittausta ei tehty ennen vuoden 1994 jatkolannoitusta. Koska puuston lähtötilavuutta ei tunnettu, jatkolannoituskäsittelyjen tilastollista vertailua ei tehty, vaan tuotosluvut esitetään aritmeettisinä keskiarvoina hajontoineen.

Turvenäytteet otettiin vertailualoilta jo ennen jatkolannoitusta syksyllä 1993 tai keväällä 1994 (Taulukko 1). Näyte koostui 0–10 cm:n kerroksesta koealan eri osista otetuista viidestä osanäytteestä. Näytteistä poistettiin vihreät kasvinosat, mutta raakahumuskerros sisällytettiin (pl. Penikkasuo) näytteisiin, jotka pakastettiin ( $-20^{\circ}\text{C}$ ). Näytteet kuivattiin  $60^{\circ}\text{C}$ :ssa (5–6 vuorokautta) ja punnittiin kuivana. Jauhatuksen jälkeen turvenäytteistä määritettiin totaalityppi (Taulukko 1) CHN-analyysaattorilla LECO 2000.

Neulasnäytteiden keräämisessä noudatettiin vakiintunutta menetelmää (Hartman ym. 2001). Vallitsevasta latvuserroksesta valittuja näytepuita oli 6 kpl koealaa kohti. Näyte otettiin mäntyjen ylimpien oksakiehkuroiden nuorimman vuosikerran neulasista. Kuivatuista ( $60^{\circ}\text{C}$ ) neulasista määritettiin sadan neulasen massa sekä totaali-ravinteista typpi Kjeldahl-menetelmällä ja kalium ICP-AES laitteella 0,1 M HCl-uuhteesta. Fosfori ja boori analysoitiin spektrofotometrisesti. Neulasanalyysien tulokset testattiin kaksisuuntaisella varianssianalyysillä ja Tukeyn testillä lannoituskäsittelyn ja kokeen ollessa selittävinä muuttujina. Puustodatasta poiketen neulasanalyysien tulosten laskennassa vertailukoealan booria saanut puolisko pidettiin omana, kuudentena käsittelynä.

## Tulokset

### Neulasten ravinnepitoisuudet

Vuoden 1989 neulasnäytteiden tulokset viittasivat lievään fosforin puutokseen ( $P < 1,5 \text{ mg g}^{-1}$ ) viidellä ja typen puutokseen ( $N \leq 1,3 \%$ ) kahdel-

la kohteella kun istutuslannoituksesta oli kulu-  
nut 11–16 vuotta. Kaliumin puutosta ei todettu (Taulukko 3).

Jatkolannoituksen jälkeisen neulasanalyysin mukaan ravinnepuutosrajan alittavat pitoisuudet olivat harvinaisia, vertailualatkin mukaan lukien (Kuva 2). Koska neulasnäytteiden oton ajankoh-  
tana vuonna 1999 jatkolannoituksesta oli kulu-  
nut vain viisi vuotta eikä vertailuolollakaan ta-  
vattu visuaalisia ravinnepuutosoireita, puuston  
ravinnetilanne voitiin todeta tyydyttäväksi. Vuoden 1994 jatkolannoituskäsittelyt muuttivat neu-  
lasten ravinnepitoisuuksia lähinnä karuilla Suo-  
musjärven, Tammelan ja Pieksämäen kokeilla. Tilastollisesti merkitseviä muutoksia oli vähiten  
viljavalla Sammallahden kokeella. Yhdysvaiku-  
tuksia lannoituskäsittelyn ja kokeen välillä ilme-  
ni sekä fosforin, kaliumin että boorin pitoisuuksien kohdalla.

Typen pitoisuudet olivat kaikilla kokeilla ja  
kaikilla käsittelyillä vähintään tyydyttävät (Kuva 2). Vertailupuustojen typpi-arvot eivät yhdelläkään  
kokeella poikenneet merkitsevästi lannoitetuista  
käsittelyistä, NPK-käsittely mukaan lukien. Typen osalta hajonta oli suurinta vertailu- ja K-kä-  
sittelyillä (Kuva 2).

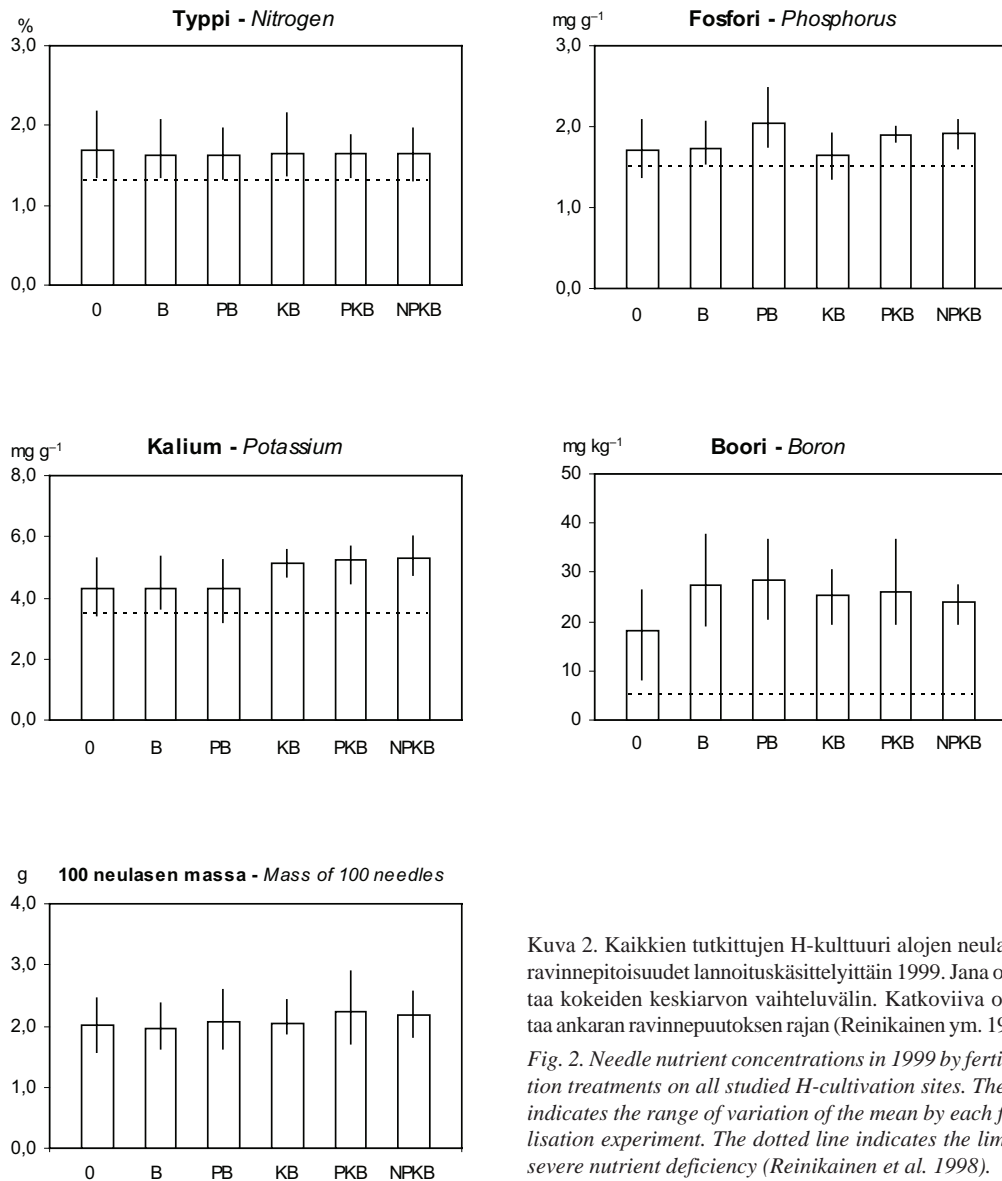
Fosforipitoisuudet olivat lähes kauttaaltaan  
riittävät. Fosforilannoitetuilla koealoilla fosforin  
pitoisuudet olivat keskimäärin korkeammat kuin  
ilman fosforilannoitetta jääneillä koealoilla (Kuva 2). Kolmella kokeella fosforilannoituksella oli  
tilastollisesti merkitseviä eroja vertailuun. Fos-  
forin puutosta esiintyi ainoastaan Tammelan (ver-  
tailu) ja Suomensjärven (K-lannoitus) kokeilla.

Kaliumin puutosta tavattiin vain Pieksämäel-  
lä (vertailu) sekä Sammallahdessa ja Tammelas-  
sa (P-lannoitus). Kalihiventä saaneissa puustois-

Taulukko 3. Tutkittujen H-kulttuuri kokeiden neulasten ravinnepitoisuuksia vuonna 1989. Kettulansuo puuttuu.  
Table 3. Needle nutrient concentrations of the studied H-cultivation sites in 1989. The experiment at Kettulansuo is  
not included.

Ravinne Nutrient	Tammela	Suomus- järvi	Jaala	Vilppula	Sammal- lahti	Pieksä- mäki	Penikka- suo	Sammakko- suo
$N_{\text{tot}}, \%$	1,43	1,61	1,49	1,52	1,73	1,28	1,31	1,41
$P \text{ mg g}^{-1}$	1,33	1,24	1,88	1,45	1,37	1,55	1,29	1,61
$K \text{ mg g}^{-1}$	4,16	4,49	5,58	4,44	4,11	4,74	4,93	4,72
$B \text{ mg kg}^{-1}$	17,2	13,8	18,0	10,1	18,6	10,3	17,8	11,6





Kuva 2. Kaikkien tutkittujen H-kulttuuri alojen neulasten ravinnepitoisuudet lannoituskäsittelyittäin 1999. Jana osoittaa kokeiden keskiarvon vaihteluvälin. Katkoviiva osoittaa ankaran ravinnepuutoksen rajan (Reinikainen ym. 1998).

Fig. 2. Needle nutrient concentrations in 1999 by fertilisation treatments on all studied H-cultivation sites. The bar indicates the range of variation of the mean by each fertilisation experiment. The dotted line indicates the limit of severe nutrient deficiency (Reinikainen et al. 1998).

sa kaliumpitoisuudet olivat merkittävästi korkeammat kuin muissa puustoissa (Kuva 2). Neljällä kokeella ainakin yhden kaliumia saaneen käsittelyn ero vertailuun oli tilastollisesti merkitsevä.

Boorin puutosta ei tavattu ollenkaan. Boorin pitoisuudet olivat booria saaneilla käsittelyillä selvästi korkeammat kuin vertailualoilla, missä

pitoisuus oli keskimäärin 18 mg kg<sup>-1</sup> (Kuva 2). Kokeiden välinen vaihtelu oli boorilla suurempaa kuin pääravinteilla.

Neulasten kuivamassa oli jonkin verran nousut PK-lannoitetuilla koaloilla. Erot lannoittamattomaan eivät kuitenkaan olleet merkitseviä yhdelläkään käsittelyllä tai kokeella (Kuva 2).



## Puun tuotos

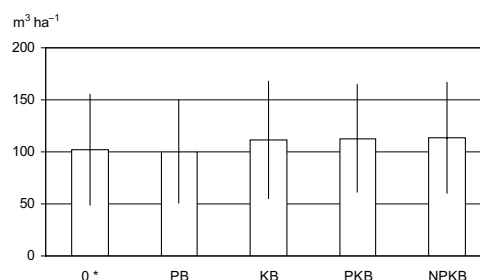
Mittaushetkellä puustot olivat hyvin mäntyvaltaisia. Jaalan viljavalla kokeella männyn osuus runkotilavuudesta oli 73 %, muilla kokeilla yli 95 %. Viidestä lannoituskäsittelystä jatkolannoitamaton vertailu oli varttunut pelkän istutuslannoituksen varassa. Kokeiden väliset runkotilavuuksien erot — kaikki käsittelyt sisältyen — olivat merkitseviä ( $F=79,1$  ja  $p=.000$ ). Tämä johtui ilmeisesti kokeiden eri-ikäisyydestä (24–30 vuotta) mittaushetkellä sekä alkuperäisen kasvupaikkatyyppin ja lämpösumman vaihtelusta (Taulukko 1 ja 2).

### Tuotos ilman jatkolannoitusta.

Tutkimusjakson kokonaistuotos jatkolannoittamattomilla vertailualoilla oli kaikkien kokeiden keskiarvona  $114 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , vaihteluvälin ollessa  $46\text{--}192 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  (Kuva 3, Taulukko 4). Suurimmat tuotokset saavutettiin Etelä-Suomen runsastyyppisillä kasvupaikoilla. Padasjoen korpisilla (Sammallahti, Kettulansuo) kohteilla kokonaistuotokset olivat  $192$  ja  $157 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ . Jaalan hieman vanhemmalla, suursaraton kokeella puustoa oli  $191 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ . Vilppulan karuhkolla kohteella puuta oli karttunut  $116 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ . Pieksämäen rahkaräme oli tuottanut  $86 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ . Tammelan rahkarämeellä tuotos oli  $72 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ . Viljavampi, mutta luontaisesti taimettunut Suomusjärven kohde oli tuottanut vain  $59 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ . Pohjois-Suomessakin runkokuun tuotos määräytyi kasvupaikan luontaisen ravinteisuuden mukaan. Karun Penikkasuon tuotos oli  $46 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , mutta viljavahkon korven (Sammakkosuo)  $105 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ . Runkoluvun vaihtelu ( $912\text{--}2286 \text{ kpl ha}^{-1}$ ) oli huomattavaa (Taulukko 4). Istutustaimia oli kokeilla alun perin 3000 kappaletta (Kuva 4). Nykyinen runkoluku ei anna kovin paljon viitteitä istutusmäntyjen kuolleisuudesta eikä myöskään luontaisen mäntytaimiaineksen määrästä, koska puuta ei eroteltu syntyvän mukaan. Tukkipuun osuus oli suurin (35 %) Sammallahden viljavalla kokeella.

### Tuotos jatkolannoituskäsittelyissä

Jatkolannoituksesta puuston mittaukseen oli koikesta riippuen kulunut vain 6–10 kasvukautta.



Kuva 3. Tutkittujen H-kulttuurikoealueen puuston kokonaistuotos (keskiarvo + keskihajonta) tutkimusjakson aikana. Yhdeksällä koealueella oli yhteensä 30 koealaa per lannoituskäsittely. \* = puolet koealasta saanut booria. Tarkemmat koekohtaiset tiedot ovat taulukossa 4.

Fig. 3. Total yield (mean + standard deviation) of the tree stand during the study period of the studied 9 H-cultivation sites. The values are based on altogether 30 plots per fertilization treatment. \* = half of the plots received boron. For more detailed information about the individual experiments, see table 4.

Siksi jatkolannoituskäsittelyjen tuotoserot eivät olleet muodostuneet kovin suuriksi (Kuva 3). Viljavammilla kohteilla (Jaala, Sammakkosuo, Sammallahti osittain) jatkolannoituskäsittelyt eivät lisänneet puuston tuotosta, paikoin tuotos oli pienempi kuin vertailukoealoilla (Taulukko 4). Kettulansuolla vain NPK-lannoitus lisäsi vuotuisesta tuotosta ( $1,8 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ). Vilppulassa jatkolannoituskäsittelyt olivat parantaneet vuotuisesta tuotosta  $0,9\text{--}2,7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ . Karuimmilla kohteilla jatkolannoituskäsittelyt useimmiten lisäsivät tuotosta. Suomusjärvellä vuotuisen kasvun lisäys oli  $0,1\text{--}3,1$  ja Tammelassa  $0,1\text{--}2,9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , mutta Pieksämäellä lisäystä ei kaikilla jatkolannoituskäsittelyillä saavutettu. Pohjois-Suomen Penikkasuolla jatkolannoitukset kasvattivat tuotosta  $0,4\text{--}0,9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  (Taulukko 4).

Jatkolannoituskäsittelyistä pääravinteiden yhdistelmät (PK ja NPK) lisäsivät kasvua enemmän kuin pelkkä fosfori- tai kaliumlannoitus (Kuva 3). Keskimääräinen kokonaistuotos oli korkein käsittelyllä PK (keskimäärin  $121 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) ja vähäisin — vertailua pienempi — kalihivenellä ( $113 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ). Tukkipuun osuus suureni kasvupaikan viljavuuden myötä; käsittelyjen väliset erot eivät olleet kovin selviä.

Taulukko 4. Tutkitun H-kulttuuri kokeen nimi, alkuperäinen suotyyppi sekä aika vuosissa istutus(jatko)-lannoituksesta puuston mittaajankohtaan mennessä. Koekohtaiset puustotunnukset on esitetty käsittelyittäin tutkimusjakson lopussa.

*Table 4. Name of the studied H-cultivation experiment site, original mire site type, and the length of the period between fertilization at planting/refertilisation and stand measurement. The stand properties of the individual experimental site, presented by fertilisation treatments, refer to the situation at the end of the study period.*

Koe <i>Experiment</i>	Käsittely <i>Treatment</i>	Runkoluku <i>Stems</i> /ha	Keskipituus <i>Mean height</i> m	Keskiläpimitta (d <sub>1,3</sub> ) <i>Mean diameter</i> cm	Pohjapinta-ala <i>Basal area</i> m <sup>2</sup> /ha
Tammela, RR 27(9)	0	2051	8,0	9,4	15,2
	P	2786	8,0	8,6	17,7
	K	2161	8,2	9,5	16,4
	PK	2457	8,7	9,7	19,4
	NPK	2379	8,5	9,9	19,9
Suomusjärvi, TN-SsN 25(9)	0	1825	7,6	9,0	12,9
	P	1792	7,9	9,0	12,7
	K	2130	7,9	9,7	17,1
	PK	1864	8,5	10,4	17,5
	NPK	1968	8,4	10,0	16,9
Jaala, SsR 30(10)	0	1946	12,9	13,1	28,5
	P	1672	12,5	12,3	21,7
	K	1803	13,5	12,9	25,3
	PK	1891	13,1	13,2	28,1
	NPK	2148	13,2	12,3	27,2
Vilppula, ITR, NK, VK 29(9)	0	912	12,5	15,4	17,8
	P	943	12,8	15,6	18,7
	K	1033	12,9	15,5	20,6
	PK	928	12,8	15,5	18,5
	NPK	981	12,9	15,7	19,9
Kettulansuo, ITR-MK, 27(6)	0	2286	11,2	11,6	25,9
	P	2024	11,8	11,8	24,3
	K	2036	11,4	11,6	22,9
	PK	2209	11,4	11,5	25,0
	NPK	2109	11,6	12,2	26,8
Sammallahti, MK 28(7)	0	1714	12,2	14,2	29,8
	P	1693	12,1	13,9	28,4
	K	1978	12,7	14,6	35,9
	PK	1817	11,8	14,3	32,4
	NPK	1665	12,2	14,5	29,8
Pieksämäki, RR(TR) 30(10)	0	1557	10,0	10,9	15,4
	P	1525	9,7	10,9	15,0
	K	1501	9,2	10,8	14,5
	PK	1435	10,0	11,4	15,6
	NPK	1652	10,0	11,5	18,3
Penikkasuo, TR(PsR)-SsR 27(10)	0	1119	7,1	10,2	10,5
	P	1185	7,0	10,3	11,5
	K	1292	7,0	10,3	12,3
	PK	1244	7,1	10,5	12,2
	NPK	1113	7,3	11,1	12,1
Sammakkosuo, MK-RhK 24(10)	0	1317	9,3	13,6	20,5
	P	1213	7,9	11,1	13,8
	K	1313	9,0	13,1	18,9
	PK	1375	8,2	12,6	18,8
	NPK	838	8,6	12,5	11,8



Kuva 4. Istutus käynnissä Sammakkosuon H-kulttuurikoealueella vuonna 1978. Kuva: Jorma Issakainen  
 Fig. 4. Planting in progress at Sammakkosuon H-cultivation site in 1978. Photo: Jorma Issakainen.

## Tulosten tarkastelu

Kasvualustan ohella lämpösumman ja kokeen iän merkitys korostuivat puuston kokonaistuotoksen tarkastelussa. Tulosten tulkintaa vaikeuttavat erot kokeiden ojitustehossa, lannoitusajankohdassa sekä maanpinnan käsittelyssä (kantojen nosto, ojamaat). Istutustaimien tuhoutuminen jo kokeen alkuvaiheessa (esim. hirvien ja porojen tekemät tuhot Sammakkosuon kokeella) on mitä ilmeisimmin pienentänyt kokonaistuotosta (ks. myös Kaunisto 1985). Eteläsuomalaisen Suomusjärven kokeen alhainen tuotos selittyy puuston syntyvän, kokeen alemman iän ja vähäisemmän istutuslannoituksen lisäksi epätydyttävällä ojitusteholla laskuojan vajaan toiminnan takia (Veijalainen 2000).

Tutkimusjakson (1973–2003) kahden ensimmäisen vuosikymmenen ajan puuston kasvua avitti kaikilla kohteilla alussa annettu laikku- tai kaistalannoitus. Pelkällä istutuslannoituksella oli saatu varsin tyydyttäviä puuntuotoksia (Moilanen 1993), vaikka kaista- ja erityisesti laikkulannoit-

tuksen vaikutusaikaa on yleensä pidetty tavanomaista hajalannoitusta selvästi lyhyempänä (Huikari & Paavilainen 1972, Huikari & Paarlahti 1973, Paarlahti & Veijalainen 1988). Perustamisvaiheessa uumoiltiin viljavimmilla kokeilla kasvuhäiriöriskin eli lähinnä boorinpuutoksen mahdollisuutta, mutta myöhemmissä neulasanalyseissä boorin puutosta ei havaittu millään käsittelyllä. Vuoden 1989 neulasnäytteet indikoivat ensisijaisesti fosforin puutosta.

Vuonna 1994 tehdyn jatkolannoituksen lähötötilannetta ei tunnettu puuston runkotilavuuden osalta. Kun jatkolannoittamattomia käsittelyjä oli vain yksi viidestä (vertailu), H-kulttuurikokeiden mielekäs raportointi edellytti myös jatkolannoitettujen koealojen mukaan ottamista. Jatkolannoituksella todetut — ei-merkitsevätkin — kasvun lisäykset viittaavat jatkolannoitusten ainakin osittain olleen kohdallaan, vaikei neulasissa vuonna 1999 todettu ravinnepuutoksia edes vertailu-aloilla. Suurin kasvu jatkolannoitusta seuranneiden 6–10 vuoden aikana saatiin PK-käsittelyllä. Lähimmäksi Huikarin (1972) esittämää tavoite-

arviota, 300 m<sup>3</sup> runkopuuta hehtaarilla 30 vuodessa, päästiin viljavimmalla Sammallahten kokeella (182–238 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> 27 vuodessa). Karuimilla ja pohjoisen kohteilla tuotos on jäämässä noin kolmasosaan esitetystä tavoitteesta. Ei edes typen käyttö (NPK) jatkolannoituksessa lisännyt tuotosta merkittävästi.

Pyrkimys puunkorjuun tekniseen ja taloudelliseen optimointiin on mitä ilmeisimmin pienentänyt puuston tuotosta H-kulttuureilla. Kulku-urien jättäminen vako-ojien väliin on vähentänyt puuston tuotosta merkittävästi. Neljä metriä leveät väylät olisivat istutettuina tuottaneet ainespuuta. Kulkuväylien pinta-alan hyödyntäminen puun kasvatukseen olisi saattanut lisätä tuotosta varovasti arvioiden 10–20 prosenttia (Isomäki 1986). Nyt luontaisesti taimettunut väli on kuitenkin jäänyt vajaatuottoiseksi.

Huikarin (1972) esittämiin (runkopuun) tuotoslukuihin pääsy olisi tehtyjen toimenpiteiden lisäksi edellyttänyt kokopuukorjuuta, kantopuun hyödyntämistä ja ehkä myös jatkolannoituksen aikaistamista. Kivennäismaiden vastaaviin metsiin nähden H-kulttuurien puuston kehitys on ollut joutuisaa taimikkovaiheesta asti (Kaunisto 1985). Viljavimmilla Sammallahten (mustikkakorpi) ja Jaalan (korpinen suursararäme) kokeilla tuotos on lähellä mustikkatyyppin tuotosta (Vuokila & Väliaho 1980, Valkonen 2005). Männyn osuus runkopuun tilavuudesta oli Jaalan koetta lukuun ottamatta 96–100 %. Keskiläpimittaan perustuva tukkipuun osuus vaihteli kokeesta riippuen välillä 1–35 %.

Biologisesti ja taloudellisesti mänty ei ole oikea puulaji tutkimuksen viljavimmilla kasvupaikoilla. Parhaiten tuottaneilla kohteilla taimikkovaiheen metsänhoito on ollut hankalaa ja kallista. Vilppulan kokeen viljavimmalla loholla heiniminen tehtiin neljästi ja perkaus viidesti. Sammakosuolla perkausta tehtiin vuosina 1994, 1998 ja 2000. Mäntykuitupuun nykyiseen hintaan nähden H-kulttuurin tapaisessa metsänkasvatuksessa hoitokustannukset saattavat nousta varsin korkeiksi. Jo Kaunisto (1985) ja Nousiainen (1996) ehdottivat vaihtoehdoksi kuusen luontaista uudistamista ja kasvattamista. Kuusialikasvos oli runsas sekä viljavien (Sammallahti, Jaala, Sammakosu) että myös karumpien soiden jatkolannoittamattomillakin koealoilla kuten Suomusjär-

vellä ja Vilppulassa. Useimmat tämän tutkimuksen H-kulttuurikohteet lienevät kuitenkin liian karuja kuusitukin kasvatukseen. Vähätöisempi hieskoivun kasvattaminen energiapuuksi näyttäisi hyvillä kasvupaikoilla varteenotettavammalta vaihtoehdolta kuin mäntypuun H-kulttuuri. Karummilla kohteilla männyin kasvu ilman lannoitusta on hidasta, mutta toisaalta hoitokustannukset ovat pienemmät ja puun laatu parempaa.

## Kiitokset

Olavi Huikari ideoi ja organisoi tutkittujen H-kulttuurikokeiden perustamisen. Jorma Issakainen ja Heikki Takamaa suunnittelivat kokeet sekä valvoivat maastossa niiden perustamista, hoitoa ja puuston myöhempiä mittauksia. He huolehtivat lisäksi neulas- ja turvenäytteiden otosta. Myös Pertti Niemi, Ari Rynänen ja Ismo Kyngäs osallistuivat maastotöiden eri vaiheisiin. Seppo Kaunisto suunnitteli jatkolannoituskäsittelyt ja neulasnäytteiden keruun sekä osan puustojen mittauksista. Airi Piira ja Heikki Vesala suorittivat puuston KPL-laskennan. Arja Ylinen vastasi ravinneanalyysistä Parkanon toimintayksikön laboratoriossa. John Derome tarkisti englanninkieliset tekstiosuudet. Soili Kojola ja Mikko Moilanen tekivät käsikirjoitukseen merkittäviä parannuksia, kuten myös kaksi toimituksen valitsemää tarkastajaa. Kaikille tutkimustamme edistäneille parhaat kiitokset.

## Kirjallisuus

- Ahti, E. & Kaunisto, S. 2002 (eds.). The experimental area of Jaakkoinsuo mire. Peatland forest ecology on a drained mire. Excursion guide. Finnish Forest Research Institute, Vilppula Research Park, Parkano Research Station. 49 p.
- Ahti, E., Kaunisto, S., Moilanen, M. & Murtovaara, I. (toim.). 2005. Suosta metsäksi. Suometsien ekologisesti ja taloudellisesti kestävä käyttö. Tutkimusohjelman loppuraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 947. 376 s.
- Hartman, M., Kaunisto, S. & Silfverberg, K. 2001. Peat properties and vegetation along different trophic levels on an afforested, fertilised mire. Turpeen ominaisuudet ja kasvillisuus metsitetyn ja lannoitetun avosuon eri trofiatasoilla. *Suo — Mires and Peat* 52(2): 57–74.
- Heikurainen, L., Lepola, J. & Laine, J. 1983. Lannoitus- ja sarkaleveyskokeita karujen rämeiden uudistamisessa ja taimikoiden kasvatuksessa. (Summary: Fertilization and ditch spacing experiments concerned with regeneration and growing of young Scots pine stands on nutrient poor pine bogs.) *Silva Fennica* 174:359–379.



- Heinonen, J. 1994. Koealojen puu- ja puustotunnusten laskentaohjelma KPL käyttöohje. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 504. 80 s.
- Huikari, O. 1952. Suotyypin määritys maa- ja metsätaloudellista käyttöarvoa silmälläpitäen. (Summary: On the determination of mire types, specially considering their drainage value for agriculture and forestry). *Silva Fennica* 75. 22 p.
- Huikari, O. 1972. H-kulttuuri. Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tiedonantoja 2/1972. 19 s.
- Huikari, O. & Paavilainen, E. 1972. Metsän lannoitus. Kirjayhtymä. 68 s.
- Huikari, O. & Paarlahti, K. 1973. Kivisuon metsänlannoituskokeet. Helsinki, Paperityö Oy. 60 s.
- Isomäki, A. 1986. Linjakäytävän vaikutus reunapuiden kehitykseen. Summary: Effects of line corridors on the development of edge trees. *Folia Forestalia* 678: 1–30.
- Kaunisto, S. 1985. Alustavia tuloksia metsän tehoviljelykokeista turvemilla. (Summary: Preliminary results from high efficiency forest regeneration experiments on peatlands.) *Folia Forestalia* 619. 19 p.
- Kaunisto, S. & Päivänen, J. 1985. Metsänuudistaminen ja metsittäminen ojitetuilla turvemilla. Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu. *Folia Forestalia* 625: 1–75.
- Kaunisto, S. & Saarinen, M. 1995. J16. H-kulttuuri. Teoksessa: Mikkeli, H. & Takamaa, H. (toim.). Jaakkoin-suon koeojitusalue, retkeilyopas: 33–34.
- Kolari, K. (ed.) 1983. Growth disturbances of forest trees. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 116: 1–208.
- Laine, J. & Vasander, H. 2005. Suotyypit ja niiden tunnistaminen. *Metsäkustannus Oy*. 110 s.
- Metsäntutkimuslaitoksen koerekisteri /Koetoimintapalvelut. 2005.
- Moilanen, M. 1993. Lannoituksen vaikutus männyn ravinnetilään ja kasvuun Pohjois-Pohjanmaan ja Kainuun ojitetuilla soilla. (Summary: Effect of fertilization on the nutrient status and growth of Scots pine on drained peatlands in northern Ostrobothnia and Kainuu) *Folia Forestalia* 820: 1–37.
- Nousiainen, M. 1996. H-kulttuuri turvemaiden puuntuotantomenetelmänä. Metsäympäristön hoidon ja suoje-lun pro gradu-työ, Joensuun yliopisto, Metsätieteellisen tiedekunta. 52 s. + liitteet.
- Paarlahti, K. & Veijalainen, H. 1988. Leivonmäen Kivisuon metsänlannoituskokeet. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 306: 1–73.
- Reinikainen, A., Veijalainen, H. & Nousiainen, H. 1998. Puiden ravinnepuutokset — metsänkasvattajan ravinneopas. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 688: 1–44.
- Salminen, O., Valkonen, S. & Varmola, M. 1997. Taimikonhoito. Teoksessa: Mielikäinen, K. & Riikilä, M. (toim.). Kannattava puuntuotanto: 52–64.
- Tuokko, K. 1992. Metsänparantajat kansakunnan asialla 1908–88. Saarijärvi 1992. 509 s.
- Valkonen, S. 2005. Metsikön kehitys. Teoksessa: Hynynen, J., Valkonen, S. & Rantala, S. (toim.). Tuottava metsänkasvatus. *Metsäkustannus Oy*: 28–48.
- Veijalainen, H. 2000. Metsänparannuskokeiden tuloksia Kettulan tilan ojitetuilta soilta. Kettulan retkeily 8.9.2000. Vantaa 20.8.2000. Moniste.
- Vuokila, Y. & Väliäho, H. 1980. Viljeltyjen havumetsiköiden kasvatusmallit. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 99/2: 1–271.

**Summary: Stem volume and nutrient status of Scots pine stands in intensive cultivation experiments on drained peatlands**

During 1973–78 the Finnish Forest Research Institute established a nation-wide series of so-called “H cultivation” experiments in drained peatland forests. H cultivation refers to a combination of regeneration and cultivation techniques designed to optimize wood-production conditions, i.e. the hydrological and nutrient status of the site for the tree growth, as well as harvesting, which result in maximum timber production. During 1999–2003, nine of the experiments in this series were measured at a time when 24–30 years had passed since their establishment. The experiments were planted Scots pine (*Pinus sylvestris*) stands in which spot or strip fertilisation was given in conjunction with planting. The site types ranged from infertile to medium fertile; the nutrient status of the sites (peat nitrogen, needle macronutrients) was relatively satisfactory.

The overall growing conditions (effective temperature sum, nutrient availability) have regulated the yield level of the tree stands. The total yield of stem wood on the plots that received fertilisation only at planting varied, in the individual experiments, between 46–192 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. The effect of the refertilisations in 1994 varied considerably; the yields in the best growing stand on a *Vaccinium myrtillus*-type drained peatland forest site were 182–238 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. The yield target of 300 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> in 30 years, set at the time of establishment, were not reached in any of the experiments.

H cultivation which is based on manual harvesting and a considerable amount of silvicultural work, is currently considered to produce timber that is too expensive. As far as the concept and implementation are concerned, however, the H cultivation experiments represent pioneering work in whole-tree harvesting and energy forest matters.

Key words: intensive cultivation, total yield, fertilisation, needles, peatland