

Kunnostusojituksen erilliskannattavuus muutamilla karuhkoilla rämeillä

Profitability of ditch-network maintenance on some oligotrophic pine mires

Leena A. Hytönen & Jukka Aarnio

Leena A. Hytönen, Finnish Forest Research Institute, Kannus Research Station, P.O. Box 44, FIN-69101 Kannus, Finland (e-mail: leena.hytonen@metla.fi)

Jukka Aarnio, Finnish Forest Research Institute, Helsinki Research Centre, Unioninkatu 40 A, FIN-00170 Helsinki, Finland (e-mail: jukka.aarnio@metla.fi)

The paper presents the results of a study to assess the profitability of ditch-network maintenance on some oligotrophic pine mires. The alternative ditch-network maintenance methods compared were: ditch cleaning, complementary ditching, and ditch cleaning and complementary ditching combined. Nine drained pine-dominated mires were chosen for investigation. Only the ditch-network maintenance costs were included in the calculations. Profitability was calculated for two cases: 1) the forest owner pays all the costs and 2) he obtains the maximum state grant. Without the state grant, ditch-network maintenance provided a net present value of 870 FIM ha⁻¹ with a 3% rate of interest, of 220 FIM ha⁻¹ with a 5% rate of interest, and an internal rate of return of 5%. With the state grant, the results were: 1620 FIM ha⁻¹, 970 FIM ha⁻¹ and 10%, respectively. The conclusions were that in most cases, ditch-network maintenance is profitable even without the state grant. By using 3% and 5% rates of interest, the complementary ditching and combination provided similar profitability, specially when the state grants were provided. Using the IRR criterion, the complementary ditching provided the best profit.

Key words: forest drainage, internal rate of return, net present value, Scots pine

JOHDANTO

Suomen metsämaasta soita on 8,9 milj. ha, joista on ojitettu yli puolet (Metsätilastollinen ... 1997). Soilla on maamme metsien puustosta viidennes ja puuston vuotuisesta kasvusta lähes neljännes eli 17,8 milj. m³, tästä ojitetuilla soilla 14,9 milj m³ (Tomppo & Henttonen 1996). Ojituksista suurin osa on tehty 1950-luvun alun ja 1970-luvun lopun välillä (Metsätilastollinen ... 1997). Valtion myöntämiä metsäparannusvaroja on käytetty uudisojituksen nykyrahassa arvioiden noin 3,5 miljardia

markkaa (Aarnio & Pajuoja 1997).

Tähän mennessä ojitus on lisännyt turvemaiden vuotuista kasvua lähes 10 milj. m³. On arvioitu, että ensi vuosikymmenellä tämä kasvunlisä saavuttaa 13–18 milj. m³ tason (Päivänen 1990). Uudisojituksen vaikutusaika on rajallinen, koska ojaston kunto ja kuivatusteho huonontuvat ajan myötä. Ilman kunnostusojitusta suon vesitalous palautuu kohti uudisojitusta edeltänyttä tilaa (esim. Heikurainen 1980, Paavilainen & Päivänen 1995). Kunnostusojituksen tarpeeksi 1990-luvulla on arvioitu noin 150 000 ha vuosittain, mutta esi-



Kuva 1. Koealueiden sijainti.

Figure 1. Location of the field experiments.

merkiksi vuosina 1990–1994 tavoitteista on toteutunut vain puolet. (Metsätalostollinen ... 1996).

Kunnostusojituksen kasvu- ja tuotosvaikutuksia karuilla rämeillä ovat tutkineet Ahti ja Päivänen (1997) sekä Hökkä (1997a, c). Näiden tutkimusten mukaan suurin kasvureaktio saavutetaan perkaus- ja täydennysojitusmenetelmien yhdistelmällä, toiseksi suurin täydennysojituksella ja huonoin perkauksella. Tutkimustoiminta on kohdistunut lähinnä uudisojituksen ja siitä alkavan kokonaisen puunkasvatusketjun (mukana myös kun-

nostusojitus) tarkasteluun.

Uudisojituksen puuntuotannollista kannattavuutta tutkineen Aarnion (1985), mukaan kannattavinta on eteläsuomalaisen korven uudisojitus. Toiseksi kannattavinta on eteläsuomalaisen rämeen ojittaminen, mikä tuotti 3,4–7,5% sisäisen koron. Samaa suuruusluokkaa olevia kannattavuuslukuja ovat saaneet tutkimuksessaan myös Keltikangas ja Seppälä (1973). Carlén ja Müller (1983) ovat tarkastelleet eroja ojitustoiminnan kannattavuudessa yksityisen metsänomistajan ja kansantalouden kannalta. Sen sijaan kunnostusojituksen kannattavuutta ei ole aiemmin tutkittu.

Tämän tutkimuksen tavoitteena on selvittää kunnostusojituksen yksityistaloudellista erilliskannattavuutta metsänomistajan näkökulmasta. Tutkimuksessa selvitetään eri kunnostusojitusmenetelmien keskinäinen edullisuus karuhkoilla rämeillä metsänomistajan omarahoituksella ja valtion myöntämällä kestävä metsätalouden rahoitustuella. Myöhemmin tässä tutkimuksessa kutsutaan kestävä metsätalouden rahoitustukea lyhyemmin julkiseksi tueksi tai metsänparannustueksi. Kannattavuuskriteereinä käytetään nettotuottojen nykyarvoa ja sisäistä korkokantaa.

AINEISTO JA MENETELMÄT

Koela-aineisto

Aineistona käytettiin Metsäntutkimuslaitoksen vuosina 1982–85 metsähallituksen ojitusalueille perustamia kunnostusojituskokeita. Kokeet edustavat karuhkoja, Huikarin (1952) luokituksessa III–V kasvupaikkatyyppin, rämeitä eri puolella Suomea. Lähtömittauksen jälkeen kokeille on sijoitettu seuraavat käsittelyt: 1) ojanperkaus, 2) täydennysojitus, 3) ojanperkaus + täydennysojitus ja 4) kontrolli (alkuperäinen uudisojitus). Kokeet on mitattu viiden vuoden välein ja niille on laskettu kymmenen vuoden erotuskasvut (Ahti & Päivänen 1997). Tähän tutkimukseen valittiin alkuperäisestä 12 kokeesta ne 9, joista oli mitattu myös puiden etäisyys vanhasta ojasta (Kuva 1). Koealoja oli kokeesta riippuen 4–22 kpl ja ne olivat kooltaan 0,1–0,2 ha. Simulointeja varten kunkin kokeen sisällä yhdistettiin koealoja siten, että koetta kohden saatiin yksi simulointikoeala. Simulointikoealojen pinta-alat olivat 0,5–1,5 ha. Yksittäisiä puita kul-

lakin simulointikoealalla oli 400–1600 kpl. Näin muodostetuilla simulointikoealoilla oli puuston tilavuus 20–63 m³ ha⁻¹, alkuperäisen uudisojituksen ikä 17–56 vuotta ja sarkaleveys 35–69 metriä. Heikuraisen (1973) mukaan määritetyt metsäojitusboniteetit vaihtelevat 1,6 ja 3,3 välillä (Taulukko 1).

Kasvumallit

Ojituksen aiheuttama kasvureaktio kestää 20–25 vuotta (Seppälä 1969). Koemetsiköiden kehitystä ennustettiin kymmenen vuotta eteenpäin tähän mennessä mitatuista erotuskasvutiedoista olettaen myös kunnostusojitusreaktion kestävän ainakin 20 vuotta. Koeala-aineistosta laskettavista kasvu- ja tuotosluvuista erotettiin muut kuin kunnostusojituksen aiheuttamat kasvun muutokset yhdistämällä koealat suuremmiksi simulointikoealoiksi ja käyttämällä laskennoissa pääosin saman aineiston pohjalta tehtyä kunnostusojitusreaktiomallia (Hökkä 1997a). Näitä kasvun muutoksia aiheuttavia tekijöitä ovat mm. puiden elinvoimaisuus, metsikkö- ja kasvupaikkaolosuhteet, sekä vuosittaisten sääolosuhteiden aiheuttama vaihtelu (Hökkä 1997a).

Tukimuksessa arvioitiin kunnostusojituskäsitelyjen aiheuttama kasvulisäys seuraavasti. Simulointikoealojen puista mukaan otettiin ennen käsit-

telyjä ja ojalinjahakkuita mitatut männyt, joista puusto pääosin koostui. Kullekin simulointikoealalle ennustettiin metsikön kehitys kunkin kolmen kunnostusojitusmenetelmän sekä kontrollin tapauksissa. Kunkin menetelmän yhteydessä ojalinojilta hakattavaksi tulevat puut määritettiin ja poistettiin simulointikoeala-aineistosta. Perattavan ojan läheisyydestä puut poistettiin 2 m etäisyydeltä. Täydennysojan alta poistettiin saran keskellä sijaitsevat puut 4,5–5,5 m leveältä linjalta.

Männyn kunnostusojitusreaktion ennustamiseen käytettiin läpimitan kasvumallia (Hökkä 1997a) ja turvemaiden mäntyjen pituusmallia (Hökkä 1997b). Puiden kasvua ennustettiin kasvupaikan, pohjapinta-alan, puun läpimitan ja lämpösunnan avulla. Kasvunlisäystä selitettiin puun läpimitan kasvumallissa kunnostusojituskäsitelyllä, kuluvalle ajalla ja puun koolla. Tilavuus ja puutavaralajit määritettiin runkokäyrämalleilla (Laasasenaho 1982). Puustojen tasaikäisrakenteen, ts. yksijaksoisuuden, perusteella oletettiin Hynysen (1991) kivennäismaiden itseharvenemismallin sopivan metsiköille. Laskennat suoritettiin Metlan Koepuulaskenta (Heinonen 1994) ja Excel -ohjelmilla.

Simulointikoealojen kasvuennusteiden luotettavuutta arvioitiin vertaamalla kymmenen vuoden simulointien tuloksia maastokoealoilta mitattuihin kymmenen vuoden erotuskasvuihin. Simulointitu-

Taulukko 1. Kunnostusojituskokeiden yleistietoja.

Table 1. General description of the ditch-network maintenance experiments.

Koe <i>Experiment</i>	Sarka- leveys <i>Ditch spacing</i>	Puuston keskitilavuus kunnostusojitushetkellä <i>Mean stand volume at the time of ditch-network maintenance</i>	Kasvupaikka- tyyppi ⁽¹⁾ <i>Site class⁽¹⁾</i>	Lämpö- summa <i>Temperature sum</i>	Ojituksen ikä <i>Age of the original drainage</i>	Metsäojitus- boniteetti ⁽²⁾ <i>Site quality index⁽²⁾</i>
	<i>m</i>	<i>m³ ha⁻¹</i>	<i>I-VI</i>	<i>dd °C</i>	<i>a</i>	<i>1-10</i>
Parkano	69	56	IV	1132	28	2,3
Ähtäri	46	32	V	1069	29	2,1
Viitasaari	48	63	IV	1070	48	2,5
Leivonmäki	51	56	IV	1178	32	3,3
Joroinen	65	51	V	1173	31	2,5
Sonkajärvi	47	60	IV	1044	-	3,0
Haapajärvi	43	59	IV	1044	56	3,0
Yli-Ii	35	20	III	1002	17	1,8
Puolanka	44	27	V	951	52	1,6
Keskiarvo — Average	50	47	-	1074	37	2,5

⁽¹⁾ Huikari (1952)

⁽²⁾ Heikurainen (1973)

loksia verrattiin sellaisten maastokoalojen erotuskasvuihin, joiden lähtöarvot (runkoluku ja pohjapinta-ala) olivat samaa tasoa simulointilähtöarvojen kanssa. Kymmenen ensimmäisen vuoden simulointien antamat kokonaiskasvut eivät saaneet poiketa erotuskasvuista keskimäärin yli $1 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$. Kahdenkymmenen vuoden kasvu- ja tuotosennusteiden oletettiin olevan luotettavia, mikäli kymmenen vuoden ennusteet vastasivat kymmenen vuoden erotuskasvuja.

Kantohinnat

Kunnostusojituksella saatavat tuotot muodostuvat tilavuuskasvu- ja järeytymisvaikutuksesta. Kannattavuutta laskettaessa oli määritettävä kunnostusojitetun ja kunnostusojittamattoman simulointikoealan puutavaralajijakaumat. Tämän jälkeen kummassakin toimenpidevaihtoehdossa saadut puutavaralajit hinnoiteltiin kalenterivuoden 1996 keskimääräisten kantohintojen mukaan (Metsätalollinen ... 1997). Simulointikoealoille käytettiin metsäkeskuskohtaisia hintoja. Keskimääräisiin alueellisiin kantohintoihin ei tehty mitään leimikko- tai kauppakohtaisia korjauksia.

Kunnostusojituksen suunnittelu- ja työnjohtokustannukset

Kunnostusojituksen kustannukset muodostuvat suunnittelu- ja työnjohtokustannuksista (yleiskustannukset) sekä toteutuskustannuksista. Yleiskustannusten oletettiin olevan samansuuruisia kaikille kunnostusojitusmenetelmille ts. ojatiheydellä (m ha^{-1}) ei oletettu olevan vaikutusta suunnittelu- ja työnjohtokustannuksiin (Keltikangas 1971).

Kunnostusojitustoiminnan hehtaarikohtaisina yleiskustannuksina käytettiin vuoden 1995 kustannuksia, jotka saatiin Metsätalouden kehittämiskeskus Tapiosta. Metsäkeskukset jaettiin Etelä- ja Pohjois-Suomeen, ja näille alueille laskettiin yleiskustannusten keskiarvot. Etelä-Suomeen kuuluivat metsäkeskukset 1–11 ja Pohjois-Suomeen 12–14 (Metsätalollinen...1997). Saadut kustannukset olivat suunnittelulle 354 mk ha^{-1} ja työnjohdolle 217 mk ha^{-1} Etelä-Suomessa ja vastaavasti 272 mk ha^{-1} ja 164 mk ha^{-1} Pohjois-Suomessa. Hehtaarikohtaiset yleiskustannukset halpenevat pohjoiseen siirtyäessä, koska pohjoisessa ojituskohteet ovat

pinta-alaltaan suurempia (Keltikangas 1971).

Kunnostusojituksen toteutuskustannukset

Kunnostusojituksen toteutuskustannukset hehtaaria kohden (mk ha^{-1}) riippuvat menetelmän työmäärästä (m ha^{-1}) ja yksikkökustannuksista (mk m^{-1}). Työmäärällä tarkoitetaan sitä, miten paljon uusia ojia tai ojanperkausta alueelle on tehtävä kussakin menetelmässä. Kunnostusojituskohteen alkuperäinen ojatiheys määräytyy Keltikankaan (1971) I yhtälön mukaan, jossa kohde oletetaan suorakaiteen muotoiseksi. Laskuoja kulkee suorakaiteen kannan suuntaisesti ja sarkaojat korkeuden suuntaisesti. Ojatiheys voidaan laskea, kun tiedetään kunnostusojituskohteen koko ja muoto (kanta ja korkeus) sekä sarkaleveys. Kunnostusojituskohteessa reunaajat kulkevat suon ja kankaan reunaa myöten. Perattavia ojia ovat kaikki sarkaojat sekä reunaajat paitsi niskaoja.

Täydennysojitusmenetelmässä laskuojaa perataan vastavirran suuntaisesti laskien viimeisen sarran puoliväliin asti ja kaikki sarat halkaistaan. Perkausten ja täydennysojituksen yhdistelmässä sarat halkaistaan ja kaikki olemassa olevat ojat paitsi niskaoja perataan. Keltikankaan (1971) I yhtälöstä johdettiin kunnostusojitustyömäärän laskemiseksi ne yhtälöt, jotka määräävät ojatiheyden ojien perkausten, täydennysojituksen ja yhdistelmäkäsittelyn tapauksissa.

Ojien määrä riippuu menetelmän lisäksi ojituslohkon muodosta ja koosta sekä sarkaleveydestä. Eri kunnostusojitusmenetelmien kannattavuuden vertailemista varten määritettiin sekä Etelä- että Pohjois-Suomelle yleinen kunnostusojituskohteen muoto, koko ja sarkaleveys. Käytetyssä kunnostusojituksen kasvureaktion mallissa ei ollut sarkaleveyttä selittävänä muuttujana. Koska tästä johdettua sarkaleveys ei vaikuta tuottoihin, sen vaikutus myös kustannuksiin vakioitiin.

Kunnostusojituskohteen koko ja muoto määritettiin Keltikankaan (1971) keräämän ojitusalueiden muotoa ja kokoa koskevan aineiston pohjalta. Silloisten metsänparannuspiirien ojituskohteiden mediaanilohkojen kannan ja korkeuden pinta-alalla painotetut keskiarvot laskettiin Etelä- ja Pohjois-Suomelle. Sarkaleveydeksi laskettiin samojen alueiden rämeiden aritmeettiset keskiarvot.

Kunnostusojituskohteiden keskimääräiset mitat olivat Etelä-Suomelle: sarkaleveys 46 m , kanta

180 m ja korkeus 340 m. Vastaavat mitat Pohjois-Suomelle olivat 45 m, 215 m ja 425 m. Etelä-Suomessa oja käsiteltiin ojen perkausvaihtoehdossa 302 m ha⁻¹, täydennysojituksessa 243 m ha⁻¹ ja menetelmien yhdistelmässä 520 m ha⁻¹. Vastaavat luvut Pohjois-Suomessa olivat 292 m ha⁻¹, 243 m ha⁻¹ ja 514 m ha⁻¹.

Menetelmäkohtaiset toteutuskustannukset laskettiin näille yleisten mittojen mukaisille kunnostusojituskohteille. Kustannukset laskettiin kertomalla menetelmäkohtaiset ojametrimäärät metsäkeskuskohtaisilla yksikkökustannuksilla ja lisäämällä yleiskustannukset. Kunnostusojitusmenetelmien yksikkökustannuksina käytettiin vuoden 1996 Tapion ilmoittamia kustannustietoja. Täydennysojituksen yksikkökustannukseksi oletettiin sama kuin uudisojituksen. Kannattavuuslaskelmat tehtiin kahdelle rahoitusvaihtoehdolle 1) maanomistaja maksaa kunnostusojituksen kustannukset kokonaan itse ja 2) maanomistaja saa metsänparannustukena suunnittelukustannukset kokonaisuudessaan ja täysimääräisen tuen työnjohto- ja työkustannuksiin. Täysimääräinen julkinen tuki työnjohdolle ja toteutukselle on I tukivyöhykkeellä 40% ja II tukivyöhykkeellä 55% (Asetus kesä... 1996).

Kunnostusojituksen kokonaiskustannukset (suunnittelu-, työnjohto- ja toteutuskustannukset) olivat 800–1700 mk ha⁻¹ siten, että ojen perkaus- ja täydennysojituskustannukset olivat lähes samansuuruiset ja yhdistelmän kustannukset n. kolmanneksen suuremmat. Tuetut kustannukset vaihtelivat 250 mk ha⁻¹ ja 700 mk ha⁻¹ välillä.

Kannattavuuden määrittäminen

Tuottojen määrittämisessä käytettiin hakkuiden lisääntymismenetelmää (Keipi 1972, Keltikangas & Seppälä 1973, Laakkonen 1994). Tällöin oletetaan, että kunnostusojituksella saatu hakkuuarvon lisäys kuvastaa tulojen lisäystä, vaikkei käsittelyn avulla aikaansaata kasvunlisäystä käytännössä useimmiten voida realisoida kokonaisuudessaan kunnostusojitusreaktion loppumisen jälkeen (esim. Rantala & Moilanen 1993). Hyötyjen arvotamiseksi 20 vuotta simuloinnein kasvatetut puustot hinnoiteltiin puutavaralajeittain eri menetelmille ja kontrollille (kasvatus ilman kunnostusojitustoimenpidettä). Kunnostusojituksella aikaansaatua hyötyä on kunnostusojitetun metsikön puuston ar-

von ja kotrollin puuston arvon erotus.

Kunnostusojituksen kannattavuus määritettiin erilliskannattavuutena, jolloin kustannuksiksi laskettiin vain kunnostusojituskustannukset (Keipi 1972, Keltikangas & Seppälä 1973, Salminen 1984). Puustoon sitoutuneen pääoman (hakkuuarvon), aikoinaan suoritettua uudisojituksen tai mahdollisten lannoitusten kustannuksia ei oteta huomioon laskelmissa. Laskelmat tehdään metsikkötasolla, jolloin investointia käsitellään muusta metsänomistajan kokonaistaloudesta irrallisena. Tällöin tulokset ovat helpommin yleistettäviä tavoitteiltaan erilaisille metsäloille.

Kannattavuuden kriteerinä käytetään nettotuottojen nykyarvoa (NPV) ja sisäistä korkoa (IRR) (Aho 1982, Holopainen 1976). Nettotuottojen nykyarvo (NPV) kunnostusojitushetkellä määritellään:

$$NPV = \frac{B}{(1+r)^t} - C \quad (1)$$

missä C = kunnostusojituskustannukset, B = hyöty, joka toteutuu vuotena t ja r = laskentakorkokanta sadanneksina. Nykyarvomenetelmän mukaan investointi on edullinen, jos tulojen nykyarvo on kustannusten nykyarvoa suurempi tietyllä laskentakorkokannalla. Tässä tutkimuksessa käytetään nykyarvojen laskennassa 3 ja 5 prosentin laskentakorkokantaa. Investoinnin sisäisellä korkokannalla tarkoitetaan korkokantaa, jonka mukaan tulot ja kustannukset ovat vertailuajankohtaan lasketuna yhtä suuret. Investointi on edullinen, jos sisäinen korkokanta on suurempi kuin investoinnille asetettu tuottovaatimus.

Herkkyyksianalysissä tutkittiin käytettyjen kantohintojen ja kustannusten ± 30 % vaihtelun vaikutusta nettotuottojen nykyarvoihin ja sisäiseen korkoon. Tukki- ja kuitupuun hintojen suhteellisten muutosten oletettiin olevan samansuuruisia. Lisäksi tutkittiin myös eri kunnostusojitusmenetelmien kustannusten muutosten vaikutusta kannattavuusjärjestykseen.

TULOKSET

Tuotokset

Kahdenkymmenen vuoden simuloitua kokonais-
tuotokset olivat keskimäärin menetelmien yhdis-

telmälle 17,8 m³ ha⁻¹, täydennysojitukselle 16,7 m³ ha⁻¹ ja perkaukselle 5,2 m³ ha⁻¹ suuremmat kuin kontrollille (Taulukko 2). Parkanon ja Yli-Iin simulointikoealojen kasvun ennustaminen tehtiin uudestaan muuttamalla kasvupaikkatyypiluokaksi V, sillä ensimmäiset simuloinnit luokituksilla III ja IV antoivat metsikön pohjapinta-alan kokonaiskasvusta keskimäärin yli 1 m² ha⁻¹ yliarvioita ensimmäisen 10 vuoden simulointijaksolla. Näin suuren yliarvion katsottiin kertautuvan huomattavana virheenä 20 vuoden simulointeihin, joten yliarvion välttämiseksi alennettiin kasvupaikkatyypiluokkaa.

Nettotuottojen nykyarvot

Metsänomistajan omarahoituksella kolmen ja viiden prosentin laskentakorkokannoilla määritettyjen nykyarvojen perusteella täydennysojitus ja menetelmien yhdistelmä olivat kannattavampia kunnostusojitusmenetelmiä kuin ojien perkaus (Taulukko 3). Perkaus oli kannattamaton vaihtoehto useimmiten jo 3% korkokannalla. Keskimäärin hehtaarikohtaiset nettotuottojen nykyarvot olivat 3% laskentakorolla perkauksessa – 90 mk, täydennysojituksessa 1440 mk ja yhdistelmässä 1250 mk hehtaaria kohti. Vastaavat keskiarvot olivat vielä 5% laskentakorollakin täydennysojituksissa 660 mkn ha⁻¹ ja yhdistelmässä 390 mk ha⁻¹. Nykyarvojen

perusteella täydennysojitusta voitiin pitää kannattavampana vaihtoehtona kuin yhdistelmää. Korkokannan noustessa ero täydennysojituksen eduksi edelleen korostui, koska perkauksen ja täydennysojituksen yhdistelmä vaati suuremman alkuinvestoinnin kuin pelkkä täydennysojitus.

Metsänparannustuella nettotuottojen nykyarvot olivat 3% laskentakorolla ojien perkausmenetelmällä keskimäärin 600 mk täydennysojituksella 2120 mk ja menetelmien yhdistelmällä 2140 mk hehtaaria kohti (Taulukko 3). Nykyarvot kohosivat tuen määrällä eli 700–900 mk ha⁻¹ verrattuna omarahoitusvaihtoehtoon. Vielä 5% laskentakorolla perkauskin antoi positiivisen nykyarvon (300 mk ha⁻¹). Julkisen rahoitustuen ansiosta täydennysojitus ja menetelmien yhdistelmä olivat kaikilla kokeilla kannattavia. Metsänparannustuki kavensi myös samalla nykyarvojen eroja täydennysojituksen ja yhdistelmän välillä. Sekä 3 että 5% korkokannoilla laskettujen nykyarvojen perusteella edellä mainittuja menetelmiä voitiin pitää pääsääntöisesti yhtä kannattavina yksityistaloudellisesti.

Sisäiset korot

Metsänomistajan omarahoituksella kaikkien kokeiden keskimääräinen sisäinen korkokanta oli täydennysojituskäsitteilylle 6,8%, menetelmien yhdistelmälle 5,5% ja ojien perkauskäsitteilylle

Taulukko 2. Simulointikoealoja koskevat tiedot 20 vuotta kunnostusojituksen jälkeen.

Table 2. Information concerning the experiments 20 years after the ditch-network maintenance.

Koe <i>Experiment</i>	Kontrollikoealojen puuston tilavuus <i>Stand volume of the control plots</i>	Perkauksen aih. kasvunlisä <i>Growth increment after ditch clearing</i>	Täydennyksen aih. kasvunlisä <i>Growth increment after compl. ditching</i>	Yhdistelmän aih. kasvunlisä <i>Growth increment after combin.</i>	Metsikön pohjapinta-ala/ hävennusraja <i>Stand basal area/ thinning limit</i>
	m ³ ha ⁻¹	m ³ ha ⁻¹ 20a ⁻¹	m ³ ha ⁻¹ 20a ⁻¹	m ³ ha ⁻¹ 20a ⁻¹	m ² /m ²
Parkano	131	10	28	26	21/21
Ähtäri	69	1	11	6	11/20
Viitasaari	148	4	19	21	23/25
Leivonmäki	153	12	23	29	24/26
Joroinen	139	7	21	27	24/20
Sonkajärvi	126	3	19	14	20/26
Haapajärvi	125	9	19	18	19/26
Yli-Ii	68	-2	3	8	-
Puolanka	66	3	7	11	-
Keskiarvo — Average	114	5,2	16,7	17,8	

2,5% (Taulukko 4). Perkaukselle ei voitu kolmella simulointikoealalla (Ähtäri, Yli-Ii ja Puolanka) määrittää sisäistä korkoa, koska investoinnin kustannukset olivat suurempia kuin odotettavissa olevat lisätulot. Täydennysojitus antoi parhaan sisäisen koron yhtä poikkeusta lukuunottamatta. Perkauksen kannattavuus oli kaikilla kokeilla huonoin.

Kun metsänomistaja saa julkista tukea, tuottaa täydennysojitus 12,9%, menetelmien yhdistelmä 10,7% ja perkaus 7,2% sisäisen koron. Yli-Iin simulointikoealalla rahoitustukikaan ei tee perkauskäsittelyä kannattavaksi. Ähtäriin ja Puolangan simulointikoealoilla sisäisellä korolla mitattu kannattavuus jää myös melko alhaiseksi (3–4 %). Kokonaisuutena julkinen rahoitustuki kohotti perkauskäsittelyjen sisäisiä korkokantoja yli 4%-yk-

siköllä. Sekä täydennysojituksissa että yhdistelmissä vastaava sisäisen koron nousu oli keskimäärin 6%-yksikköä. Metsänparannustuki ei siis muuttanut kannattavuusjärjestystä, vaan täydennysojitus antoi korkeimmat sisäiset korot kuten omarahoituksellakin.

Herkkyyshanalyysi

Kantohintojen $\pm 30\%$:n muutos vaikuttaa nykyarvoon keskimäärin ± 630 mk/ha käytettäessä 3% laskentakorkokantaa (Kuva 2). Viiden prosentin laskentakorolla muutos on enää noin 430 mk ha⁻¹. Kantohintojen 30%:n laskun jälkeen ainoastaan täydennysojitus olisi kannattava toimenpide 5% laskentakorolla. Kantohintojen lasku alensi sisä-

Taulukko 3. Nettotuottojen nykyarvot eri laskentakorkokannoilla, mk ha⁻¹.

Table 3. Net present values with different rates of interest, FIM ha⁻¹.

Koe <i>Experiment</i>	Ilman metsänparannustukea <i>Without state grant</i>			Metsänparannustuen kanssa <i>With state grant</i>		
	Perkaus <i>Ditch cleaning</i>	Täydennys <i>Complementary ditching</i>	Yhdistelmä <i>Combination</i>	Perkaus <i>Ditch cleaning</i>	Täydennys <i>Complementary ditching</i>	Yhdistelmä <i>Combination</i>
a) Laskentakorkokanta 3% — <i>Rate of interest 3%.</i>						
Parkano	280	2 700	2 200	1 070	3 430	3 210
Ähtäri	- 720	200	- 630	100	970	450
Viitasaari	- 140	2 080	1 860	490	2 750	2 690
Leivonmäki	890	2 680	3 370	1 530	3 340	4 200
Joroinen	- 230	1 660	1 710	420	2 280	2 520
Sonkajärvi	40	1 840	1 210	790	2 560	2 170
Haapajärvi	530	2 210	2 030	1 240	2 920	2 960
Yli-Ii	- 880	- 330	- 400	- 280	270	410
Puolanka	- 570	- 60	- 120	20	520	660
Keskiarvo — <i>Average</i>	- 90	1440	1250	600	2 120	2 140
b) Laskentakorkokanta 5% — <i>Rate of interest 5%.</i>						
Parkano	- 180	1 530	1 020	620	2 240	2 020
Ähtäri	- 870	- 220	- 970	- 50	550	120
Viitasaari	- 430	1 060	770	200	1 720	1 600
Leivonmäki	280	1 470	1 800	910	2 130	2 630
Joroinen	- 500	800	690	150	1 420	1 500
Sonkajärvi	- 320	930	360	430	1 650	1 320
Haapajärvi	40	1 190	940	750	1 900	1 870
Yli-Ii	- 880	- 500	- 680	- 280	100	140
Puolanka	- 660	- 300	- 460	- 70	270	320
Keskiarvo — <i>Average</i>	- 390	660	390	300	1 330	1 280

sia korkoja keskimäärin 1,9%-yksikköä ja kohonaminen vastaavasti nosti niitä 1,4%-yksikköä (Taulukko 5). Sekä nykyarvot että sisäiset korkokannat osoittivat kunnostusojitushankkeet kannattaviksi mahdollisesta kantohintojen laskusta huolimatta, kun investointeihin saadaan julkista rahoitustukea.

Nykyarvot eivät ole yhtä herkkiä kustannusten muutoksille kuin vastaavansuuruisille suhteellisille kantohintojen muutoksille. Keskimääräinen muutos nettotulojen nykyarvoissa oli molemmilla laskentakoroilla omarahoituksella 370 mk ha⁻¹ ja metsänparannustueella 130 mk ha⁻¹ (Kuva 2). Sisäisiin korkoihin kustannusten nousu vaikutti alentaen keskimäärin 1,5%-yksikköä ja vastaavansuuruisen lasku nosti niitä keskimäärin 2,1%-yksikköä (Taulukko 5). Menetelmien väliseen kannattavuusjärjestykseen kustannusten muutoksilla ei ollut vaikutusta.

Lisäksi verrattiin sisäisen koron kriteerin tapauksessa täydennysojituksen ja menetelmien yhdistelmän edullisuusjärjestyksen herkkyyttä kustannusten muutoksiin. Metsänomistajan omarahoituksella keskimäärin 25%:n kustannusten lasku menetelmien yhdistelmässä teki sen yhtä kannattavaksi täydennysojituksen kanssa. Käytettäessä julkista rahoitustukea menetelmien yhdistelmän kustannusten oli alennuttava keskimäärin 35%:lla, jotta kannattavuus olisi samansuuruisen täydennysojituksen kanssa.

TULOSTEN TARKASTELU JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Aineisto sijoittuu Keski-Suomeen, Pohjanmaalle ja Satakuntaan (Kuva 1). Näillä alueilla on karuhkoja rämeitä runsaasti ja niitä on myös ojitettu merkittävässä määrin. Lämpösummaltaan tutkimuskoealat edustavat myös melko yhtenäistä aluetta, koska yhtä poikkeusta lukuunottamatta koeala-
paikkakuntien lämpösumma on 1 000 ja 1 180 dd:n välillä (Taulukko 1). Tulosten tulkinnessa onkin muistettava, että aineisto on lähinnä Pohjanmaalta ja Keski-Suomesta, eikä tuloksia voida yleistää koko Etelä-Suomea koskeviksi.

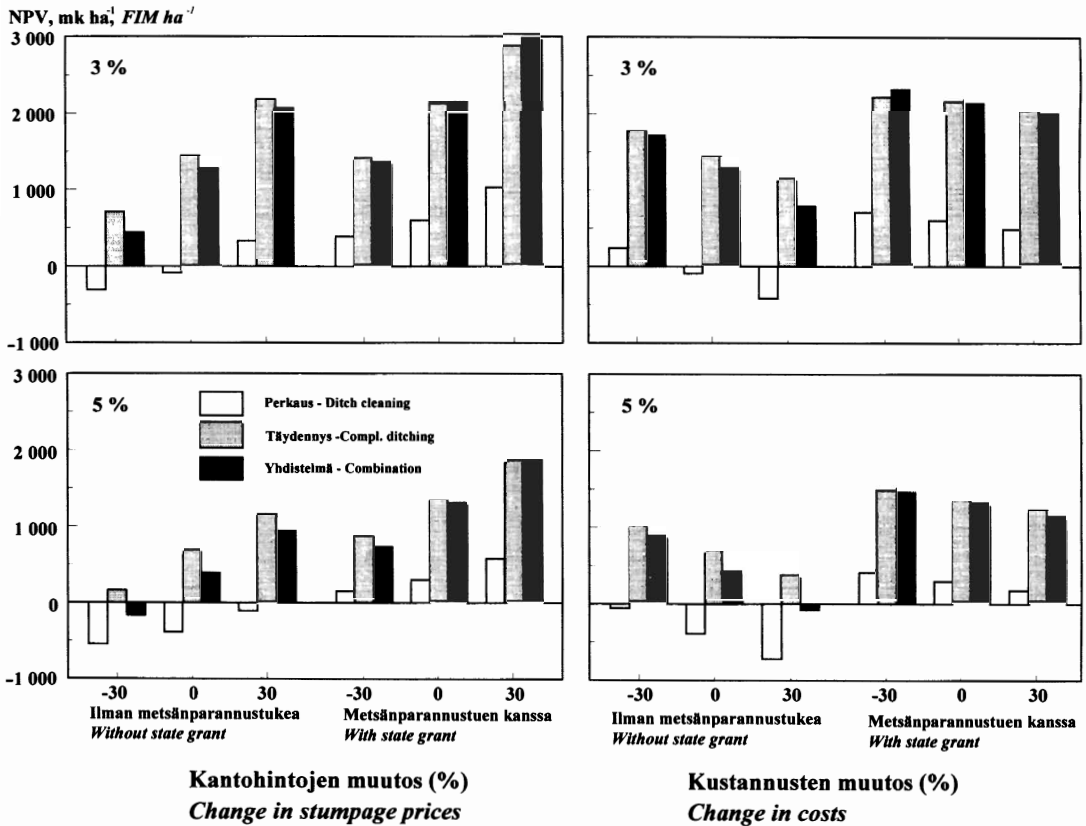
Puun läpimitan kasvua ennustavan mallin avulla aineistosta on poistettu mahdollisimman hyvin muut kasvuun vaikuttavat tekijät kuin kunnostusojituskäsittely. Mallin käytön tavoitteena oli saada esille nimenomaan käsittelyn aiheuttama yleinen, koko aineistossa näkyvä, kasvureaktio. Itseharvenemismallia ei käytetty, sillä simulointijaksolla ei saavutettu Hynysen (1991) mallin edellyttämää itseharvenemisrajaa. Itseharvenemisvaikutus onkin yleensä merkityksetön vanhoilla ojitusaluilla (Seppälä 1969, Miina ja Pukkala 1995). Sen sijaan yksittäispuiden satunnaisella tai esimerkiksi vesitalouden vaihteluista aiheutuvalla kuolleisuudella voi olla merkitystä. Tämän seurauksena ennustettu tuotos lienee lievä yliarvio.

Simuloinnin luotettavuuden arvioimiseksi en-

Taulukko 4. Koealoittaiset sisäiset korot, (%), eri käsittelyillä.

Table 4. The internal rates of return, (%), by experiments and treatments.

Koe Experiment	Ilman metsänparannustukea Without state grant			Metsänparannustuen kanssa With state grant		
	Perkaus Ditch cleaning	Täydennys Complementary ditching	Yhdistelmä Combination	Perkaus Ditch cleaning	Täydennys Complementary ditching	Yhdistelmä Combination
Parkano	4,1	10,0	7,7	10,4	17,0	13,6
Ähtäri	–	3,8	0,6	4,2	10,2	6,0
Viitasaari	2,3	8,6	7,1	7,1	13,6	11,4
Leivonmäki	6,2	9,5	9,1	11,3	14,5	13,4
Joroinen	1,8	8,1	7,0	6,6	13,3	11,3
Sonkajärvi	3,2	8,5	6,2	9,6	15,4	12,0
Haapajärvi	5,2	9,2	7,8	11,9	16,2	13,8
Yli-Ii	–	0,6	1,0	–	6,7	6,5
Puolanka	–	2,6	2,5	3,3	9,0	8,0
Keskisarvo — Average	2,5	6,8	5,5	7,2	12,9	10,7



Kuva 2. Nykyarvon muutos (NPV, mk ha⁻¹) eri laskentakoroilla kantohintojen ja kustannusten muuttuessa $\pm 30\%$.

Figure 2. Changes in net present value (NPV, FIM ha⁻¹) with different discounting rates of interest when stumpage prices and costs change $\pm 30\%$.

simmäisen kymmenen vuoden simulointijakson tuloksia verrattiin todellisiin mitattuihin kasvukuuihin. Tällä varmistettiin se, että mallien yhteiskäytöllä saadaan realistisia ennusteita metsikkötunnusten, kuten pohjapinta-alan ja valtapituuden, kehityksestä. Mallin antamiin kunnostusojitusreaktioihin ei kuitenkaan puututtu.

Kaksikymmentä vuotta katsottiin riittäväksi simulointiajaksi kannattavuuden selvittämistä varten. Aikaisempien ojitustutkimusten perusteella voidaan olettaa kunnostusojitusreaktion kestävän vähintään tämän verran (Seppälä 1969). Koska kunnostusojitusreaktion kasvumallin laadinta-aineisto kattoi vain 5–8 vuoden pituiset kasvujaksot, sisältyy malliin kaksi oletusta, jotka vaikuttavat merkittävästi tehtyihin tuotosvertailuihin. Ensimmäisen oletuksen mukaan ojituksella saavutettu lisäkasvun taso on pysyvä. Jo 20 vuoden si-

mulointi tuottaa todennäköisesti yliarvion viimeisen 5-vuotiskauden kasvusta. Päinvastaiseen suuntaan taas vaikuttaa toinen oletus, jonka mukaan kontrollin kasvun taso ei alene, vaikka ojitusaluetta ei kunnosteta. Se miten kontrollin ja kunnostusojituksen kasvun tasoero ajan mukana todellisuudessa kehittyä, voidaan osoittaa vasta 15–20 vuoden kasvututkimusten perusteella (Hökkä 1997a,c).

Kannattavuusvertailujen tekeminen olisi ollut perustellumpaa, mikäli tuotokset olisi arvioitu kiertoajan loppuun asti. Metsikön kehityksen simulointi uudisojitukselta päätehakkuuseen asti mahdollistaisi optimaalisten kunnostusojitusratkaisujen määrittämisen. Vertailukelpoisen mitaustiedon ja kenttäkokeiden puuttuminen estävät kuitenkin tulosten validioinnin ja yleistämisen (esim. Valsta 1992, Miina 1996, Ahtikoski 1997).

Lisäksi olemassaolevat mallit eivät vielä muodosta riittävän yhtenäistä järjestelmää ojitusalueiden puiden kasvun ennustamiseen, sillä luotettavat kuolemis-, itseharvenemis- sekä syntymämallit puuttuvat. (Hökkä 1997c.) Tuotosten ennustamiseen liittyvät epävarmuustekijät rajoittavat samalla myös kannattavuusvertailujen tekemistä ja yleistämistä.

Erilliskannattavuuden arvioinnissa ei otettu luonnollisestikaan huomioon puustopääomaa kustannuksena. Käytännössä ainoaksi kustannukseksi jäi kunnostusojitusinvestointi. Toisaalta hakkuiden lisääntymismenetelmässä investoinnin tuotot myös yliarvioidaan, koska käytännössä tuottoja ei voida realisoida kuin osittain tarkastelujakson aikana (tässä 20 vuotta). Metsänhoitosuosituksen perusteella tutkituista kokeista ainakin neljässä tapauksessa kunnostusojituksen tuotto oli osittain mahdollista realisoida harvenushakkuina tarkasteluperiodin aikana (Taulukko 2). Herkkyysanalyysi tehtiin vain kantohintojen ja kustannusten muutoksille. Jo tutkimuksen alkuvaiheessa todettiin vastaavansuuruisten kasvun vaihtelun vaikutusten kannattavuuteen olevan pienempiä kuin kantohintojen vaihtelun.

Tulokset osoittivat kunnostusojittamisen kannattavaksi investointikohteeksi metsänomistajan omarahoituksellakin. Varaus on kuitenkin tehtävä ojien perkauksen kohdalla, jossa nykyarvo jää usein negatiiviseksi jo 3% tuottovaatimuksella. Sen sijaan käytettäessä täydennysojitusta tai menetelmien yhdistelmää 5% tuottovaatimukseen ei

useimmiten ole liian korkea. Täydennysojituksella odotettavissa oleva sisäinen korko oli korkein, keskimäärin 7% investoijan rahoittaessa hankkeen omin varoin. Kustannusten noustua tai kantohintojen laskettua 30%:a oli kunnostusojituksesta odotettavissa vielä yli 3% reaalinen sisäinen korko käytettäessä täydennysojitusta tai yhdistelmää.

Metsänparannustuki nosti huomattavasti kunnostusojituksen kannattavuutta ja pienensi samalla investointiin liittyvää taloudellisen tappion riskiä. Julkinen rahoitustuki tasoitti myös eri menetelmien välisiä kannattavuuseroja siten, että täydennysojitus ja menetelmien yhdistelmä olivat yhtä kannattavia verrattaessa 3 ja 5% korkokannoilla laskettuja nykyarvoja. Perkaus pysyi edelleen huonoimpana. Sisäisen koron kriteerillä arvioituna täydennysojitus oli edelleen kannattavin keskimäärin 13%:n sisäisellä korolla.

Tutkimustulosten perusteella simulointikoealat voidaan karkeasti jaotella hyvin ja huonosti kannattaviin kunnostusojituskohteisiin. Huonosti kannattivat Ähtäri, Yli-Ii ja Puolanka, joissa puuston määrä oli vielä 20-30 vuotta uudisojituksen jälkeen ainoastaan 20–32 m³ ha⁻¹. Heikuraisen (1973) ojituskelpoisuutta kuvaava metsäojitusboniteetti oli em. koaloilla myös hyvin alhainen (1,6–2,1) ja lämpösumma alhaisempi kuin kokeilla keskimäärin. Sen sijaan hyvin kannattavissa kohteissa oli kunnostusojitushetkellä ollut puustoa jo vähintään 50 m³ ha⁻¹ ja metsäojitusboniteetti oli vähintään 2,3 (Taulukko 1).

Tulokset käsittelevät pelkästään kunnostuso-

Taulukko 5. Sisäiset korot eri käsitellyillä kantohintojen ja kustannusten muuttuessa $\pm 30\%$.

Table 5. Internal rates of return by different treatments, when stumpage prices and costs change $\pm 30\%$.

Käsittely Treatment	Muutokset kantohintoissa Changes in stumpage prices			Muutokset kustannuksissa Changes in costs		
	- 30%	0	30%	- 30%	0	30%
Ei metsänparannustukea — Without state grant						
Perkaus — Ditch cleaning	1,3	2,5	3,4	3,9	2,5	1,6
Täydennys — Compl. ditching	5,0	6,8	8,2	8,8	6,8	5,4
Yhdistelmä — Combination	3,8	5,5	6,8	7,5	5,5	4,1
Metsänparannustuella — With state grant						
Perkaus — Ditch cleaning	5,5	7,2	8,4	9,0	7,2	5,8
Täydennys — Compl. ditching	10,9	12,9	14,3	15,1	12,9	11,3
Yhdistelmä — Combination	8,7	10,7	12,1	12,8	10,7	9,2

jitusten kannattavuutta lähinnä Pohjanmaan ja Keski-Suomen karuhkoilla rämeillä, jotka taloudellisessa mielessä ovat todennäköisesti kaikkein kriittisimpiä kohteita. Jatkossa olisi kuitenkin toivottavaa, että uudet tutkimusaineistot tai kasvumallit antaisivat mahdollisuuden laajentaa tarkastelua sekä parempikasvuisille rämeille ja korpiin että alueellisesti. Lisäksi eri menetelmien vaikutusta kannattavuuteen olisi selvitettävä tarkemmin nimenomaan sarkaleveyden suhteen. Tässä tutkimuksessa alkuperäiset sarkaleveydet olivat melko suuria, jolloin täydennysojitus oli täysin perusteltua kaikilla koealoilla. Mikäli sarkaleveys on kuitenkin vain 30–40 metriä, niin uusien ojien tekeminen saattaa heikentää huomattavasti kannattavuutta, koska alkuperäiset ja uudet ojat peittävät suuren osan kasvupinta-alasta. Alemmilla sarkaleveyksillä perkauksen kannattavuus ilmeisesti paranee suhteellisesti verrattuna muihin menetelmiin.

Tämän tutkimuksen perusteella voidaan metsänomistajalle suositella karuhkoilla rämeillä etenkin täydennysojittamista, myös ilman metsänparannustukea. Mikäli metsänomistajalla on mahdollisuus saada myös julkista rahoitustukea hanke voidaan toteuttaa joko täydennysojittamalla tai menetelmien yhdistelmällä, jotka yksityistaloudellisen kannattavuuden kannalta ovat likimain yhtä hyviä. Julkisen talouden kannalta täydennysojitus on jonkin verran halvempi vaihtoehto kuin menetelmien yhdistelmä, mutta yhdistelmä tuottaa vastaavasti hieman suuremman kasvunlisäyksen. Tulosten perusteella näyttää kunnostusojitusinvestointi kannattavalta, mikäli karuhkon rämeen metsäojitusboniteetti on yli 2 ja uudisojituksella aikaansaatua puusto on vähintään 30–50 m³ ha⁻¹.

KIITOKSET

MH Paula Jylhä käynnisti tutkimushankkeen ennen siirtymistään äitiyslomalta ja hoitovapaalle. MH Ilpo Greis Metsätalouden kehittämiskeskus Tapiosta kokosi ja antoi käyttööme ojituskustannustietoja hankerekisteristä. MMT Erkki Ahti, MMT Hannu Hökkä, professori Matti Keltikangas sekä MML Risto Lauhanen ovat antaneet arvokkaita kommentteja ja neuvoja tutkimuksen eri vaiheissa. Olavi Kohal ja Inkeri Suopanki ovat auttaneet aineiston muokkaamisessa. VTK Jaakko Heinonen on neuvonut simulointien käytännön toteuttamisessa ja auttanut KPL-ohjelman käyttämisessä. Englanninkielisten osien kieliasun tarkasti Ph. D. Ashley Selby. Käsikirjoituksen ovat lukeneet ja kommentoineet MMT Jyrki Hytönen, YTM Pekka Leskinen ja MMM Antti Wall. Haluamme kiittää kaikkia mainittuja henkilöitä.

KIRJALLISUUS

- Aarnio, J. 1985. Suomensiköiden kasvatuksen yksityistaloudellinen edullisuus (Summary: The profitability of timber growing on peatlands from the standpoint of the private forest owner). *Folia Forestalia* 630: 1–39.
- Aarnio, J. & Pajuoja, H. 1997. Sotien jälkeisen metsänparannuksen kannattavuus - paljonko motti maksaa? Vantaan tutkimuskeskuksen tutkimuspäivä Kotkassa 10.12.1997. Esitelmämoniste.
- Aho, T. 1982. Investointilaskelmat. *Ekonomia*-sarja 76. Weilin + Göös, Espoo. 317 s.
- Ahti, E. & Päivänen, J. 1997. Response of stand growth and water table level to maintenance of ditch networks within forest drainage areas. Teoksessa: Trettin, C., Jurgensen, M. F., Grigal, D. F., Gale, M. R. and Jeglum, K. J. (Toim.). *Northern Forested Wetlands. Ecology and Management*, pp. 449–457. CRC Press.
- Ahtikoski, A. 1997. Siemenviljelyssiemenen käytön kannattavuus männyn kylvössä. *Folia Forestalia — Metsätieteen aikakauskirja* 1997(2): 239–252.
- Asetus kestävän metsätalouden rahoituksesta. 1996 Suomen säädöskokoelma 1996 (1311): 1–5.
- Carlén, O. & Müller, A. 1983. En modell för lönsamhetsberäkning av skogs- och myrdikning. Sveriges Lantbruksuniversitetet, Institutionen för Skogsekonomi, rapport 41. 107 s.
- Heikurainen, L. 1973. Soiden metsänkasvatuskelpoisuuden laskentamenetelmä (Summary: A method for calculation of the suitability of peatlands for forest drainage). *Acta Forestalia Fennica* 131. 35 s.
- Heikurainen, L. 1980. Kuivatuksen tila ja puusto 20 v vanhoilla ojitusalueilla (Summary: Drainage condition and tree stand on peatlands drained 20 years ago). *Acta Forestalia Fennica* 167. 38 s.
- Heinonen, J. 1994. Koealojen puu- ja puustotunnusten laskentaohjelma KPL. Käyttöohje. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 504. 80 s.
- Holopainen, V. 1976. Metsätalouden liikeoppi: johdatusta metsätalousyrityksen ekonomiaan. Otava, Helsinki. 232 s.
- Huikari, O. 1952. Suotyypin määrittäminen maa- ja metsätaloudellista käyttöarvoa silmälläpitäen (Summary: On the determination of mire types, especially considering their drainage value for agriculture and forestry). *Silva Fennica* 75: 1–22.
- Hynynen, J. 1991. Luonnonpoistuman ennustaminen metsikkötason mallilla. Metsänarvioimistieteen pro gradu -työ, julkaisematon. Helsingin yliopisto. Metsänarvioimistieteen laitos. 47 s.
- Hökkä, H. 1997a. Predicting the initial growth response of Scots Pine to ditch network maintenance with an individual-tree diameter growth model. In: Hökkä, H. Models for predicting growth and yield in drained peatland stands in Finland. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja. 20 s.
- Hökkä, H. 1997b. Height-diameter curves with random intercepts and slopes for trees growing on drained peatlands. *Forest Ecology and Management*. In press.
- Hökkä, H. 1997c. Models for predicting growth and yield in drained peatland stands in Finland. *Metsäntutkimus-*

- laitoksen tiedonantoja 651. 45 s + liitteet.
- Keipi, K. 1972. Lannoituskustannukset ja tuottojen käsittely metsän lannoituksen kannattavuuslaskelmissa Norjassa, Ruotsissa ja Suomessa. *Folia Forestalia* 152. 38 s.
- Keltikangas, M. 1971. Sarkaleveyden vaikutus ojitusinvestoinnin taloudelliseen tulokseen. (Summary: Effects of ditch spacing on the economic results of forest drainage investments). *Acta Forestalia Fennica* 123. 70 s.
- Keltikangas, M. & Seppälä, K. 1973. Metsälannoituksen edullisuuden vertailu (Summary: Variations in the profitability of forest fertilization). *Silva Fennica* 1973(3): 192–235.
- Laakkonen, O. 1994. Toistuvan lannoituksen kannattavuus Etelä-Suomen kivennäismailla (Summary: Profitability of repeated fertilization on mineral soils in southern Finland). *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 498. 112 s.
- Laasasenaho, J. 1982. Taper curve and volume functions for pine, spruce and birch. *Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja* 108. 74 s.
- Metsätilastollinen vuosikirja 1996 - Skogsstatistisk årsbok — Statistical yearbook of forestry. SVT Maa- ja metsätalous 3. 352 s.
- Metsätilastollinen vuosikirja 1997 — Skogsstatistisk årsbok — Statistical yearbook of forestry. SVT Maa- ja metsätalous 4. 348 s.
- Miina, J. 1996. Optimizing thinning and rotation in a stand of *Pinus Sylvestris* in a drained peatland site. *Scandinavian Journal of Forest Research* 11: 182–192.
- Miina, J. & Pukkala, T. 1995. Comparison of thinning methods in a Scots pine stand on drained peatland. A simulation study. *Simulointitutkimus*. *Suo* 46(1): 1–7.
- Paavilainen, E. & Päivänen, J. 1995. *Peatland Forestry. Ecology and Principles*. Ecological Studies 111. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. 248 s.
- Päivänen, J. 1990. *Suometsät ja niiden hoito*. Kirjayhtymä, Helsinki. 231 s.
- Rantala, T. & Moilanen, M. 1993. Nuorten suomänniköiden lannoituksen kannattavuus Pohjois-Pohjanmaalla. (Summary. Profitability of fertilization of young pine stands in northern Ostrobothnia). *Folia Forestalia* 821. 20 s.
- Salminen, O. 1984. Ojitetun korpikuusikon kertalannoituksen kannattavuus (Summary: The profitability of fertilization on drained spruce swamps). *Suo* 35(4–5): 127–131.
- Seppälä, K. 1969. Kuusen ja männyn kasvun kehitys ojitetuilla turvemilla (Summary: Post-drainage growth rate of Norway spruce and Scots pine on peat). *Acta Forestalia Fennica* 93. 88 s.
- Tomppo, E. & Henttonen, H. 1996. Suomen metsävarat 1989–1994 ja niiden muutokset vuodesta 1951 lähtien. *Metsätilastotiedote* 354. 18 s.
- Valsta, L. 1992. An optimization model for Norway spruce management based on individual-tree growth models. *Acta Forestalia Fennica* 232. 20 s.

SUMMARY

Profitability of ditch-network maintenance on some oligotrophic pine mires

The study assesses the profitability of ditch-network maintenance on some oligotrophic pine mires. The alternative ditch-network maintenance methods compared were: ditch cleaning, complementary ditching, and ditch cleaning and complementary ditching combined. Nine drained pine-dominated mires were chosen for investigation (Figure 1). They were classified as being oligotrophic pine mires which were drained from 17 to 56 years ago (Table 1).

The growth of the forest stands was predicted using an individual-tree diameter growth model (Höckkä 1997a). The model predicts different growth in four situations: no ditch-network maintenance (control), ditch cleaning, complementary ditching, and ditch cleaning and complementary ditching combined. The height increment was determined by using a height model for trees growing on drained peatlands (Höckkä 1997b). The tim-

ber assortments were determined by using the taper curve and volume functions for Scotch pine (Laasasenaho 1982). The time period for the predictions was 20 years.

Only the ditch-network maintenance costs were taken into account. Other costs, such as the felling value of the initial growing stock and the costs of the first-time drainage investment were not included. The ditch-network maintenance costs were determined from the data provided by Forestry Development Centre Tapio. The cost and stumpage price data used were from the year 1996, by forestry centres. Planning and supervision costs for Southern and Northern Finland were from the year 1995.

The benefit brought about by ditch-network maintenance treatment was determined as the difference between the value of the growing stock under treatment, and the value of the growing

stock under control. Profitability was examined from the viewpoint of the private forest owner, and calculated for two cases: 1) forest owner pays all the costs and 2) he obtains the maximum state grant, which is 40–55% of the measures, and supervision costs and planning costs totally. Internal rate of return (IRR) and net present value (NPV) criteria were used to assess the profitability of ditch-network maintenance. Uncertainty in the stumpage prices and ditch-network maintenance costs was studied by applying sensitivity analyses. In these, prices and costs were assumed to vary by $\pm 30\%$. The effects of cost variations between the methods was also analysed.

In this study, ditch-network maintenance provided without a state grant a NPV at 3% rate of interest of -90 FIM ha^{-1} by ditch cleaning, 1440 FIM ha^{-1} by complementary ditching and 1250 FIM ha^{-1} by combination (Table 3). With the 5% rate of interest, the NPV were -390 FIM ha^{-1} , 660 FIM ha^{-1}

and 390 FIM ha^{-1} , respectively. The state grant arised NPV by $700\text{--}900 \text{ FIM ha}^{-1}$. Ditch-network maintenance provided, without a state grant, an internal rate of return of 2.5% in the case of ditch cleaning, 6.8% for complementary ditching and 5.5% for the combination of the two (Table 4). With a state grant, the internal rates of return were 7.2%, 12.9% and 10.7%, respectively. Concerning the IRR criterion, the combination method became as profitable as complementary ditching, if the costs of the combination method were decreased by 25–35%.

The conclusions were that in most cases ditch-network maintenance is profitable, even without state grants. By using 3% and 5% rates of interest, the complementary ditching and combination methods gave similar net present values, specially when the state grants were provided. Using the IRR criterion, the complementary ditching provided the best profit.

Received 8. 4. 1998, accepted 15. 6. 1998