



KUNNOSTUSOJITUKSEN ONGELMAT JA TUTKIMUSTARPEET

Risto Lauhanen

Metsäntutkimuslaitos, metsänkasvatuksen tutkimusosasto/
Kannuksen tutkimusasema. Kannus 1992

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 409

**Metsäntutkimuslaitos
Kannuksen tutkimusasema
PL 44
69101 Kannus
puh. 968-71161**

**The Finnish Forest Research Institute
Kannus Research Station
PL 44
SF-69101 Kannus
Finland**

**Kansikuvat: RISTO LAUHANEN/ESA HEINO
Cover photos:**

KUNNOSTUSOJITUKSEN ONGELMAT JA TUTKIMUSTARPEET

Risto Lauhanen

Metsäntutkimuslaitos, metsänkasvatuksen tutkimusosasto/
Kannuksen tutkimusasema. Kannus 1992

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 409

Lauhanen, Risto 1992. Kunnostusojituksen ongelmat ja tutkimustarpeet. Abstract: Ditch network maintenance, its problems and research needs. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 409. 45 s. ISBN 951-40-1208-9, ISSN 0358-4283.

Katsauksessa selvitettiin kunnostusojituksen ongelmia ja tutkimustarpeita. Vanhojen ojitusalueiden kunnostaminen on tärkeää suometsien suotuisan kehityksen ja metsänparannustoiminnan tulosten turvaamiseksi. Metsä 2000 -ohjelman mukainen vuotuinen kunnostusojitustarve on 120 000 hehtaaria, mutta suoritteet ovat viime vuosina jääneet 40 000—50 000 hehtaariin. Keskeimmät kysymykset liittyvät kunnostusojituskohteen ja työmuodon (ojanperkaus, täydennysojitus, tai nämä molemmat) valintaan sekä vanhojen ojitusalueiden puunkorjukseen. Kaivukaluston arvioinnin ja kehittämisen ohella on tarpeen tutkia kunnostusojituksen ympäristövaikutuksia ja ympäristönsuojeluteknologiaa.

Avainsanat: metsäojitus, kunnostusojitus

This review discusses the problems and the research needs of ditch network maintenance, a very important subject in Finnish forestry today. The estimated need for ditch network maintenance is 120 000 hectares per annum according to Forest 2000 Programme, but the annual output has been about 40 000—50 000 hectares. The main problems concerning ditch network maintenance are the evaluation of the need, and then the selection between ditch cleaning, supplementary drainage or a combination of them both. Also, the timber harvesting of old drainage areas has to be considered. Additional requirements are for the evaluation and development of excavators and for assessing the effects of ditch network maintenance on the environment.

Keywords: forest drainage, ditch network maintenance

Kirjoittajan yhteystiedot: Lauhanen, Risto; Metsäntutkimuslaitos, Kannuksen tutkimusasema, PL 44, 69101 Kannus (puh. 968-71161).

Julkaisija: Metsäntutkimuslaitos; Hanke 3031. Hyväksynyt: Jari Parviainen, tutkimusjohtaja 30.4.1992.

Jakaja: Metsäntutkimuslaitos, Kannuksen tutkimusasema, PL 44, 69101 Kannus.

ISBN 951-40-1208-9
ISSN 0358-4283

KP-PAINO, Kokkola, 1992

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	4
11. Tutkimuksen tausta	4
12. Tutkimuksen tavoitteet	4
2. UUDISOJITUS JA SEN VAIKUTUKSET	6
21. Metsäojitustoiminnan laajuus Suomessa	6
22. Metsäojituksen työmenetelmät ja niiden kehitys	6
23. Hydrologiset vaikutukset	8
24. Puuntuotannolliset vaikutukset	9
25. Ympäristövaikutukset	11
26. Kansantaloudelliset vaikutukset	12
3. KUNNOSTUSOJITUS JA SEN MAHDOLLISUUDET	14
31. Tarkoitus ja käsitteistö	14
32. Ojituslainsäädäntö	14
33. Kunnostusojitustarve	16
331. Kunnostusojitustarpeeseen vaikuttavat tekijät	16
3311. Vanhojen ojien kunto	16
3312. Ojitusalueiden puusto	17
3313. Ilmaston muutos	18
3314. Metsien elinvoima ja terveydentila	19
332. Kunnostusojituksen työmuodon valinta	20
333. Kunnostusojituksen ajankohta	22
3331. Metsänkasvatuksellinen kunnostusajankohta	22
3332. Taloudellinen kunnostusajankohta	22
334. Kunnostusojituksen suoritetarve	23
34. Kunnostusojituksen vaikutukset	24
341. Hydrologiset vaikutukset	24
342. Puuntuotannolliset vaikutukset	25
343. Vesistövaikutukset	26
35. Kunnostusojituksen työtekniset näkökohdat	26
351. Kunnostusojituksen suunnittelu	26
352. Kunnostusojituksen toteutus	27
353. Ympäristönsuojeluteknologia	29
36. Puunkorjuu ja kunnostusojitus	30
361. Turvemaiden puunkorjuun ongelmat	30
362. Korjuutyön suunnittelu	32
363. Korjuutekniikka ja -kalusto	35
364. Korjuun ja kunnostusojituksen yhteensovitus	36
4. PÄÄTELMÄT JA TUTKIMUSTARPEET	37
KIRJALLISUUS.....	39

1. JOHDANTO

11. Tutkimuksen tausta

Liika vesi on osoittautunut suometsissä tärkeimmäksi puiden kasvua rajoittavaksi tekijäksi. Metsäojitustoiminnan tavoitteena on ollut soiden vesitalouden parantaminen ja puuntuotoksen lisääminen. Tällä hetkellä suometsien vuotuisia hakkuumahdollisuuksia onkin uudisojituksella lisätty arviolta 5 miljoonaa kuutiometriä (Heikurainen 1980a).

Ajan myötä ojat kuitenkin mataloituvat ja niiden toimintakyky heikkenee. Samalla suon vesitalous palautuu kohti uudisojitusta edeltänyttä tilaa, ja puiden kasvuolosuhteet huononevat (Multamäki 1934, Päivänen ja Ahti 1988, Päivänen 1990, Ahti 1991a,b).

Metsäojituksen painopiste onkin siirtymässä uudisojituksesta kunnostusojitukseen. Metsähallitus ja yhtiöt ovat kunnostaneet ojitusalueitaan jo pitempään. Yksityismetsissä kunnostusojitustoiminta alkoi organisoidusti vasta vuonna 1987, jolloin metsänparannuslaki mahdollisti töiden rahoituksen. Puuston käsittelyt liittyvät entistä korostuneemmin ojastojen kunnostuksen yhteyteen (Antola 1989).

Metsä 2000 —ohjelman (1985) mukainen vuotuinen kunnostusojitustarve on maassamme noin 120 000 hehtaaria vuosina 1986—2005. Näin ollen kunnostusojitus on varsin mittava ja vaativa työsaika (Antola 1989). Samanaikaisesti kunnostusojitusta toteuttavat organisaatiot, koneyritykset ja metsänomistajat ovat kuitenkin monien kysymysten ja ongelmien edessä. Esimerkiksi ojituksen ympäristövaikutukset sekä ojitusalueiden puunkorjuu asettavat metsäammattilaisille entistä suurempia haasteita.

Vanhojen ojitusmetsien hoitoon ja kunnostusojitukseen on kiinnostusta Suomen lisäksi lähinnä Kanadassa ja Baltian maissa. Tosin uudisojitustoiminta on näissä maissa ollut varsin vähäistä. Ruotsissa, joka olosuhteiltaan vastaa muutoin monin tavoin Suomea, ei kunnostusojituksella ole käytännön merkitystä voimakkaiden ympäristönsuojelullisten vaatimusten vuoksi (Valk ja Kollist 1980, Björn Hånell, 1991, SLU, suullinen tieto).

12. Tutkimuksen tavoitteet

Kunnostusojitustutkimus on vasta alkamassa eikä se kykene antamaan riittävästi vastauksia käytännön organisaatioiden ja yhteiskunnan esittämiin kysymyksiin. Tämän kirjallisuuteen ja metsäorganisaatioiden asiantuntijain kanssa käytyihin keskusteluihin perustuvan katsauksen tavoitteena on koota kunnostusojitusta koskeva tutkimustieto sekä kartoittaa tutkimustarpeet ja -ongelmat, joiden ratkaiseminen palvelisi osaltaan käytännön kunnostusojitustoimintaa.

Aiheen käsittely keskittyy kunnostusojituksen metsänkasvatuksellisten perusteiden ohella kunnostusojitustekniikkaan ja kunnostusojituksen ympäristövaikutuksiin. Aluksi luodaan kuitenkin katsaus uudisojitustoimintaan ja sen saavutuksiin.

Katsaus on laadittu Metsäntutkimuslaitoksen Kannuksen tutkimusasemalla professori Pentti Hakkilan ja asemanjohtaja Ari Fermin aloitteesta. Edellisten lisäksi käsikirjoitusta kommentoivat professori Seppo Kaunisto sekä tutkijat Erkki Ahti, Jyrki Hytönen, Markku Saarinen ja Kaija Kanninen. Katsausta tehdessä keskustelukumppaneina toimivat metsänparannuspäällikkö Juhani Kokkonen ja MH Samuli Joensuu Metsäkeskus Tapiosta, apulaisjohtaja Jukka Saraluhta ja MH Pertti Laatikainen Keski-Pohjanmaan metsälautakunnasta, sekä apulaisjohtaja Per Wecksten Pohjanmaan ruotsinkielisestä metsälautakunnasta. Satakunnan metsälautakunnasta mukana olivat MH Timo Silver sekä mti Esko Vaalaranta. Metsähallituksen näkökohtia toivat esille MH Juhani Karjalainen ja mti Timo Ari. Toimialapäällikkö Sinikka Jokela Kokkolan vesi- ja ympäristöpiiristä otti kantaa vesiensuojelukysymyksiin. Piiriesimies, mti Keijo Jylhä Pohjanmaan Puusta neuvoi ojitusalueiden puunkorjukseen liittyvissä asioissa. Ohjelmoija Keijo Polet, tutkimussihteeri Maire Ala-Pönttiö sekä metsätieteiden ylioppilas Ulla Huusko vastasivat käsikirjoituksen viimeistelystä. Kaikille edellä mainituille parhaimmat kiitokset.

2. UUDISOJITUS JA SEN VAIKUTUKSET

21. Metsäojitustoiminnan laajuus Suomessa

Metsäojituksia on tehty maassamme 1800-luvun loppupuolelta lähtien. Heikurainen (1960, 1961) katsoo metsäojitustoiminnan virallisesti alkaneen vuonna 1908, jolloin Metsähallitukseen palkattiin ensimmäiset suonkuivausmetsänhoitajat. Suometsätieteen yliopisto-opetus alkoi vuonna 1928.

Yksityismetsissä metsäojitustoiminta yleistyi vuodesta 1928 lähtien voimaan tulleen metsänparannuslain myötä, kun laki mahdollisti ojitusten rahoituksen. Vuonna 1928 Metsäntutkimuslaitokseen perustettu suontutkimusosasto aloitti käytännön ojitusorganisaatioita palvelevan tutkimustoiminnan (Heikurainen 1960, 1980a).

Metsäojituksen volyymi kasvoi 1950-luvulta lähtien kytkeytyen puupulaan, maan jälleenrakennukseen sekä sotakorvausten maksamiseen (Heikurainen 1960, Hakkila ym. 1989). Suoritepinta-ala oli suurimmillaan 82 000 km eli 294 000 hehtaaria vuonna 1969. Vuonna 1988 se oli enää 20 000 km eli 69 000 hehtaaria (kuva 1) (Aarne ym. 1990). Keskimääräinen valtakunnallinen ojatiheys on siten 280 metriä ojaa hehtaaria kohti. Vastaava tunnusluku vuosina 1909—1928 oli ainoastaan 84 metriä (Huikari 1988).

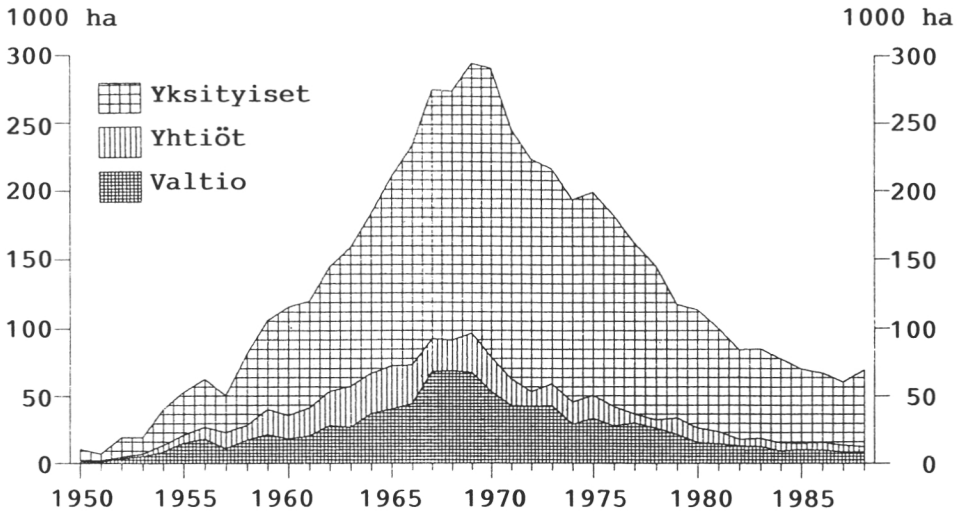
Vuoden 1988 lopulla metsänkasvatusta varten ojitettu kokonaispinta-ala oli 5,9 miljoonaa hehtaaria ja ojamäärä 1,4 miljoonaa kilometriä. Lukuarvot pitävät sisällään myös soistuneiden kankaiden ojitukset sekä jonkin verran kunnostusojituksia. Vuosina 1950—1988 ojituksista tapahtui yksityismetsissä 67 %, valtion metsissä 20 % ja teollisuusyhtiöiden mailla 13 % (Aarne ym. 1990).

22. Metsäojituksen työmenetelmät ja niiden kehitys

Ensimmäiset metsäojat kaivettiin miestyönä lapiolla. Ojituskohteet valittiin ja työt hinnoiteltiin tutkimusten perusteella laadittujen ohjeiden mukaisesti (Lukkala 1949). Sodanjälkeisen työvoimapulan, elinkeinorakenteen muutoksen ja lapiokaivun kustannusten kohoamisen myötä oli pakko alkaa kehittää myös muita työmenetelmiä (Huikari 1958, 1988, Hakkila ym. 1989).

Työvoiman tarvetta voitiin 1940-luvun lopulta lähtien vähentää ojitusdynamiitin käytöllä. Lapiokaivuun verrattuna kustannukset alenivat erityisesti ohutturpeisilla, kantoisilla ja kivisillä ojituskohteilla. Metsäojia tehtiin räjäyttämällä kaikkiaan noin 2000 km. Myöhemmin dynamiittia käytettiin auran työjälkiä siistittäessä (Huikari 1958, 1988, Hakkila ym. 1989).

Koneellisiin työmenetelmiin metsäojituksessa siirryttiin 1950-luvulla. Ensimmäisinä käyttöön tulivat 5—6 tonnin metsäoja-aurat, jotka vaativat 14—18 tonnin vetokoneen. Aurat mahdollistivat hyvän tuottavuuden alhaisin kustannuksin. Parhaiten aurat soveltuivat pitkäsarkaisille paksuturpeisille soille (Huikari 1958, Niskanen 1980b, Huikari 1988, Hakkila ym. 1989).



Kuva 1. Uudisojittussuoritteet hehtaareina vuosina 1950—1988 metsänomistajaryhmittäin (Aarne ym. 1990).

Aurajot olivat keskimäärin 50—60 cm syviä, ja työnjälki ojakyntysten takia usein huono. Siksi ojat ja varsinkin ojien risteykset piti viimeistellä lapiolla, räjäyttämällä tai kaivukoneilla. Auran muodostamat ojavallit haittasivat vesien virtausta saroilta ojiin (Heikurainen 1960, Huikari ym. 1963).

Jyrsimiä kokeiltiin ojanteossa 1960-luvun lopulla. Työn tuottavuus oli hyvä, mutta jyrsimet vaativat raskaita vetokoneita. Lisäksi kivet ja kannot rikkoivat jyrsinyksikön helposti, jolloin keskeytykset lisääntyivät. Siksi menetelmä soveltui vain paksuturpeisille ojitusalueille (Niskanen 1980b, Hakkila ym. 1989).

Kaivumenetelmä syrjäytti aurauksen 1960-luvun lopulla (Heikurainen 1980a). Vuonna 1988 oja tehtiin kaivamalla noin 20 000 km aurajien määrän ollessa 123 km. Muita työmenetelmiä (9 km) käytettiin yksinomaan valtion mailla (Aarne ym. 1990).

Metsäojituksen koneellistuminen oli alkusysäyksenä järjestäytyneen metsäkoneyrittäjien ammattikunnan synnylle Suomessa. Kaivukalusto kehittyi 1970— ja 1980-luvulla raskaista 15—20 tonnin kaivukoneista kevyisiin 8—10 tonnin traktorikaivureihin (Niskanen 1980b, Hakkila ym. 1989). Viime vuosina kalusto on kuitenkin uudestaan järeytynyt, koska koneyritysten on mahdollista tehdä samoilla kaivukoneilla myös muita töitä toimeentulonsa turvaamiseksi (Per Wecksten, 1991, Österbottens skogsämnd, suullinen tieto).

Metsäojat ovat lähes järjestään avo-ojia. Paksuturpeisille soille on tehty vähäinen määrä salaojia pelloilla käytettävien ojitusrakenteiden ja -tapojen perusteella. Salaoja on mahdollisimman pystyluiskainen, 20-30 cm leveä ja 70-80 cm syvä oja, jonka pohjalle sijoitettavat veden kulkua helpottavat uitit voivat olla latvuksia, risuja, riukuja tai jopa muoviva (Huikari ym. 1963, Heikurainen 1980a).

Huikari ym. (1963) ovat pitäneet salaojitusta parempana kuin avo-ojitusta, koska salaojat eivät vie puustolta kasvupinta-alaa. Lisäksi kaivettavat maamäärät ovat avo-ojiin nähden pienempiä. Käytännössä avo-ojat ovat kuitenkin osoittautuneet 1960-luvun tekniikalla tehtyjä salaojia tehokkaammiksi. Salaojituksen kustannukset ovat kuitenkin yleensä hyötyjä suurempia (Päivänen 1990).

23. Hydrologiset vaikutukset

Suon vesitaloutta voidaan kuvata seuraavalla yhtälöllä (Verry 1988, Päivänen 1990).

$$P = Q + E + dS \text{ missä,}$$

P = sadanta

Q = valunta

E = haihdunta

dS = suon vesivaraston muutos.

Ojituksen vaikutuksesta suon pohjavesipinta laskee keskimäärin 20—40 cm ojitustehosta riippuen (Mannerkoski 1985, Ahti 1988, Lukin 1988). Tällöin yllä olevassa yhtälössä valunta kasvaa ja suon pintaosien kuivuessa turpeen haihdunta pienenee. Samalla turvekerroksen ilmattila kasvaa, ja puiden juurten hapensaanti paranee. Pitkällä aikavälillä valunnan ja haihdunnan summa säilyy ojituksenjälkeisellä tasolla, mutta vähitellen valunta pienenee ja haihdunta kasvaa vastaavasti (Ahti 1988).

Ojituksen vaikutus pohjavesipinnan käyttäytymiseen riippuu pääasiassa sarkaleveydestä ja ojasyvyydestä (Ahti 1988). Miina ym. (1991) ovat laskeneet saralla olevassa pisteessä vallitsevan pohjaveden syvyyden (GWO, cm) sekä pisteen ja lähimmän ojan välisen etäisyyden (SD, dm) suhteen seuraavasti:

$$GWO = 62,8183 - 7,4818 \cdot \ln(SD).$$

Mallin perusteella 60 cm tai sitä suurempi pohjavesisyvyys eivät rajoita puiden kasvua. Malli kuvaa kuitenkin keskimääräistä pohjaveden syvyyttä eikä ota vuosivaihtelua huomioon.

Myös puusto sekä pintakasvillisuus sitovat ja haihduttavat suon vesivarvoja. Näin ollen hakkuut kohottavat pohjavesipintaa (Heikurainen ja Päivänen 1970, Heikurainen 1980b, Päivänen 1982). Heikurainen (1980b) on arvioinut, että noin 14 m³:n muutos puuston tilavuudessa merkitsee 10 cm:n muutosta pohjaveden syvyydessä.

24. Puuntuotannolliset vaikutukset

Ojitus lisää puiden kasvua. Seppälä (1969) on havainnut, että männyn sädekasvu paranee välittömästi ojituksen jälkeen, kun taas kuusen sädekasvun toipumisessa on parin vuoden viive. Vastaavasti nuoret puut toipuvat vanhempia nopeammin, ja viljavilla kasvupaikoilla puut reagoivat ojitukseen nopeammin kuin karuilla. Saman suuntaiseen tulokseen sädekasvun suhteen on päätynyt myös Heikurainen (1980b).

Taulukon 1 mukaan ojitus lisää puuston tilavuuskasvua, joka muuten määräytyy kasvupaikan maantieteellisen sijainnin ja ravinteisuuden perusteella. Saran leventäminen pienentää sekä tilavuutta että tilavuuskasvua (Seppälä 1972). Myös suopuuston epätasaisuus ja ryhmittyneisyys alentavat tilavuuskasvua 5—13 % verrattuna tilanteeseen, jossa puusto on jakautunut kasvupaikalle tasaisesti (Miina ym. 1991). Tähän tulokseen on suhtauduttava kuitenkin varauksellisesti, koska laskelmissa on sovellettu kivennäismaille laadittua puuston tilajärjestykseen perustuvaa kasvumallia.

Taulukko 1. Ojituksen aiheuttama vuotuisen juoksevan kuutiokasvun lisäys ($\text{m}^3/\text{ha}/\text{a}$) noin 35 vuotta ojituksen jälkeen. Koealat rajoittuvat ojaan (Heikurainen ja Seppälä 1973).

Suotyyppi	Kasvun lisäys, $\text{m}^3/\text{ha}/\text{a}$	
	Etelä-Suomi	Pohjois-Suomi
Ruohokorpi	5,35	3,57
Mustikkakorpi	3,28	1,83
Ruohoinen sararäme	6,70	2,33
Varsinainen sararäme	4,42	1,48
Isovarpuinen räme	1,48	0,78
Tupasvillaräme	1,22	0,29

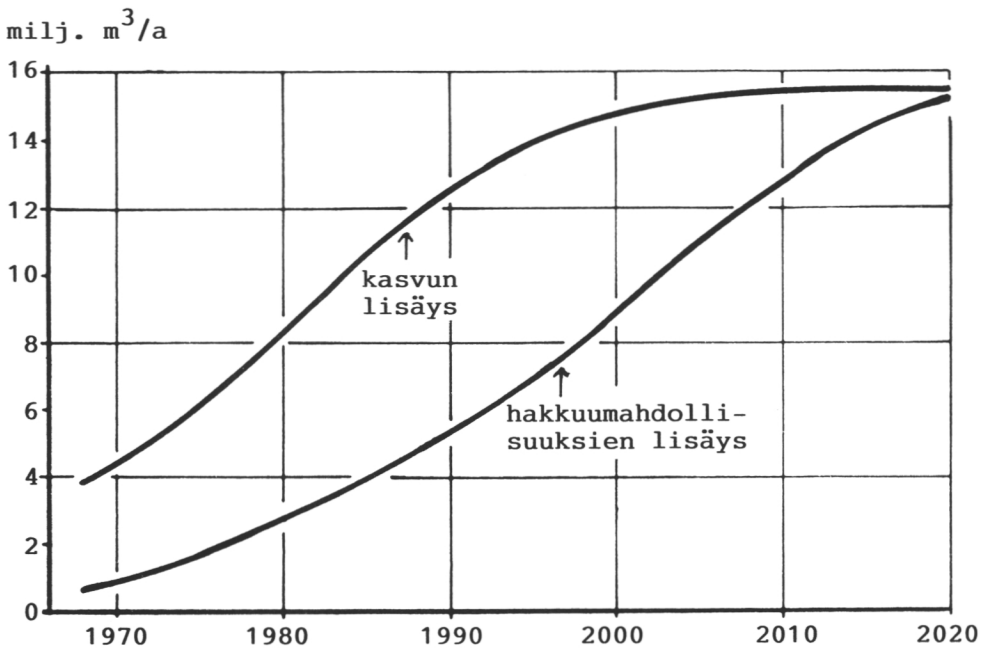
Keltikankaan (1971) tekemien teoreettisten laskelmien perusteella myös sarkaleveyden pieneminen ja oja-aukon leveyden lisääntyminen vähentävät keskikasvua. Ojitetulla rämeellä, jossa sarkaleveys on 30 metriä ja hakattavaksi suositeltu oja-aukko 4 metriä, kasvun vähennys on noin 10 % (taulukko 2). Laskelmissa on huomioitu oja-aukon puuston kasvua lisäävä reuna-vaikutus.

Jos avattavaa ojalinjaa ei raivata riittävän leveäksi, puunkorjuun ja kaivutyön yhteydessä puuston runko- ja juuristovauriot yleistyvät (Isomäki ja Kallio 1974, Sirén 1990). Tästä johtuen erityisesti kuusikoiden ja koivikoiden arvo laskee lahoamisen ja mahdollisten hyönteis- ja sienituhojen seurauksena. Lisäksi koituu ylimääräisiä korjuukustannuksia, jos yksittäisiä vioittuneita puita joudutaan jälkikäteen poistamaan.

Taulukko 2. Oja-aukon puuston keskikasvua pienentävä vaikutus laskettuna prosentteina teoreettisesta keskikasvusta, joka saavutettaisiin ilman oja-aukkoja (Keltikangas 1971).

Oja-aukon leveys, m	Sarkaleveys, m					
	10	20	30	40	50	60
				%		
2	19	9	5	4	3	2
4	39	17	10	7	5	4
6	59	26	16	11	8	6

Valtakunnalliset puuntuotantomahdollisuudet ovat lisääntyneet ojitusten seurauksena (Heikurainen 1961, Paavilainen ja Tiihonen 1988, Paavilainen 1991). Heikurainen (1961, s. 26) ennusti jo laajamittaisen ojitustoiminnan alkuvaiheessa, että soiden ojitettamisen tuottama lisäkasvu tulisi aikoinaan olemaan koko maassa 8,2 miljoonaa m^3 vuodessa. Koska soiden kasvu ennen ojituksia oli vuositasolla 5,0 miljoonaa m^3 , keskimääräiseksi kokonaiskasvuksi saataisiin 13,2 miljoonaa m^3 . Koska aiemmin ennustettu lisäkasvu saavutettiin jo vuonna 1980, vuoden 1990 ennustetta nostettiin 12 miljoonaan m^3 :iin (kuva 2) (Heikurainen 1980a).



Kuva 2. Ennuste metsäojitustoiminnan aiheuttamasta puuston kasvun ja hakkuumahdollisuuksien lisäyksestä (Heikurainen 1980a).

Valtakunnan metsien 3. inventoinnin perusteella suometsien kokonaiskasvu oli 9,9 miljoonaa ja 6. inventoinnissa 10,2 miljoonaa m³. Seitsemännen inventoinnin (1977—1984) perusteella puuston vuotuisen kokonaiskasvun kuorineen on arvioitu olevan Etelä-Suomessa 10,7, Pohjois-Suomessa 4,2 miljoonaa ja koko maassa 14,9 miljoonaa m³. Vastaavasti suopuuston valtakunnalliset kokonaistilavuudet inventoinneittain olivat 252, 231 ja 291 miljoonaa m³ (Paavilainen ja Tiihonen 1988).

Ojituksen ja lannoituksen seurauksena valtakunnalliset hakkuumahdollisuudet ovat lisääntyneet 1980-luvun lopulla vuositasolla noin 7,0—8,5 miljoonaa m³ (Paavilainen ja Tiihonen 1988). Heikuraisen (1980a) mukaan pelkällä ojitustoiminnalla lisätyt hakkuumahdollisuudet olisivat noin 5 miljoonaa m³ vastaavana ajankohtana (kuva 2).

Laskelmiin ja vertailuihin on suhtauduttava tietyin varauksin, koska soiden pinta-ala sekä lannoitusten ja harvennusten voimakkuudet vaihtelevat. Myös inventointimenetelmät ovat muuttuneet. Lisäksi ilmaston lämpenemisen vaikutuksia ei ole ennakoitu laskelmissa (Paavilainen ja Tiihonen 1988).

25. Ympäristövaikutukset

Kaikella taloudellisella toiminnalla on ulkoisvaikutuksensa. Metsäojituksen osalta merkityksellimpiä vaikutuksia ovat ojitusalueiden alapuolisten vesistöjen hydrologiassa ja kiintoainekuormituksessa tapahtuvat muutokset. Vesistövaikutusten ohella ojitukset aiheuttavat muutoksia soiden kasvillisuudessa ja eläimistössä (Heikurainen ym. 1978, Heikurainen ja Joensuu 1981, Eronen 1984, Ahti 1991a,b, Jokela 1991).

Lyhyellä aikavälillä ojitus lisää kokonaisvaluntaa suon vesivaraston tyhjenemisen ja suon pinnan kuivumisesta aiheutuvan haihdunnan vähentymisen seurauksena. Ylivalumat kasvavat etenkin syksyisin ja keväisin, sillä ojatot nopeuttavat sade- ja sulamisvesien valumista. Kesän alivalumat ovat kasvaneet eniten, koska kuivat ojat toimivat sadevesiviemäreinä (Mustonen ja Seuna 1971, Ahti 1988, Verry 1988, Ahti 1991a).

Pitkällä aikavälillä ojituksen hydrologiset vaikutukset kuitenkin tasoittuvat. Ennen pitkää yli- ja alivalumat pienenevät, kun elpyvän puuston latvuspidentä ja vedenkäyttö tehostuvat ojituksen seurauksena (Heikurainen ym. 1978, Ahti 1991a,b).

Ojaeroosion seurauksena ojaviesien sekä pienten järvien ja lampien kiintoainepitoisuudet kasvavat. Vakavinta ojaeroosio on ohutturpeisilla soilla, joissa kaivu ulottuu kivennäismaahan saakka. Vastaavasti eroosio on pienintä paksutturpeisilla soilla (taulukko 3) (Heikurainen ym. 1978, Konstantinov ja Suhorukova 1980, Metsä- ja turvetalouden... 1987).

Pääosa vesiin liuenneesta kiintoaineesta on humusta. Nurmes-hankkeen yhteydessä tehty 15 hehtaarin ojitus aiheutti yli 2000 kg:n hehtaarikohtaisen kiintoainekuormituksen, vaikka tutkimuspuuron ja ojitusalueen väliin oli jätetty suojavyyhyke (Ahtiainen 1988). Nurmes-hanke kuitenkin on esimerkki erittäin voimaperäisen metsätalouden maanhoitomenetelmistä, eikä sen

perusteella voida tehdä kiintoainekuormituksesta yleistettäviä johtopäätöksiä (Ahti 1991a). Taulukon 3 mukaan kiintoainekuormitus pienenee ajan kuluessa.

Kiintoainekuormitus mataloittaa vesiä samalla kun kohonneet humuspitoisuudet kiihdyttävät bakteeritoimintaa, joka lisää happikatoa. Humushapot edistävät myrkyllisten yhdisteiden, kuten elohopean ja raudan vapautumista, mikä todennäköisesti on kaloille haitallista (Lodenius 1983, Metsä- ja turvetalouden... 1987, Jokela 1991).

Taulukko 3. Ojavesien kiinteän aineksen määrä maalajeittain (Konstantinov ja Suhorukova 1980).

Maalaji	Päiviä ojituksesta						
	1	2	10	30	40	60	180
	Kiinteän aineksen määrä, mg/l						
Paksaturpeinen kohosuo	648	460	280	233	201	180	115
” siirtymäsuu	701	238	209	202	180	110	108
Ohutturpeinen hiesumaa	1725	1420	612	475	308	235	140

Pääravinteiden huuhtoutumat kytkeytyvät useimmiten ojitusalueilla tehtyihin lannoituksiin tai hakkuisiin. Vesistöissä on jo itsessään runsaasti kaliumia ja typpeä, joten fosfori on osoitautunut vesistöjen rehevöitymisen kannalta minimitekijäksi (Karsisto 1974, Ahti 1991a). Kaiken kaikkiaan ojituksen vaikutuksista kiintoaine- ja ravinnekuormitukseen ei kuitenkaan ole olemassa yleistämiskelpoisia tutkimustuloksia (Metsä- ja turvetalouden... 1987, Ahti 1991a).

Tulokset ojituksen vaikutuksista vesistöjen happamoitumiseen ovat ristiriitaisia. Koska suovedet ovat happamia, niillä on arveltu olevan vesistöjä happamoittava vaikutus. Selvä happamoitumisvaara on Pohjanmaan ja Lounais-Suomen alunamailla. Ohutturpeisilla alueilla valunnan lisääntyminen kohottaisi vesistöjen pH-arvoja, koska ojat kaivetaan syvälle ja maan pH-arvo kasvaa syvälle mentäessä (Lodenius 1983, Metsä- ja turvetalouden... 1987, Jokela 1991).

26. Kansantaloudelliset vaikutukset

Metsänparannustoiminta on mahdollistanut puuraaka-aineen saatavuuden pitkällä aikavälillä, ja metsäteollisuus on voinut vastaavasti laajentaa tuotantoaan. Mikäli puuntuotanto olisi ollut 15 prosenttia toteutunutta alemmalla tasolla 1980-luvun lopulla, taulukon 4 mukaan Suomen valtion vaihtotase olisi ollut noin 6 miljardia markkaa silloista alhaisempi. Vastaavasti työttömien määrä olisi ollut vuonna 1989 noin 60 000 henkeä suurempi (Suokko 1989).

Mallilaskelmiin on suhtauduttava tietyin varauksin, koska ne kuvaavat lisääntyneiden hakuumahdollisuuksien vaikutusta metsäteollisuuden investointeihin. Joka tapauksessa metsänpa-

rannustoiminnan avulla on pystytty välttämään puupula ja mahdollistamaan metsäteollisuuden laajentamishankkeet (Suokko 1989).

Voidaan kuitenkin kysyä, olisivatko laskelman tunnusluvut muuttuneet millään tavoin, mikäli osa karummista rämeistä ja avosoista olisi jätetty ojittamatta? Entä jos vanhojen ojitusalueiden hoitoon olisi panostettu enemmän 1970-luvulla, ja maanomistajilta olisi vaadittu täsmällisemmin lainsäädännön edellyttämää ojitusalueiden kunnossapitoa. Laskelmasta puuttuvat toisaalta ympäristölle aiheutuneiden ulkoisvaikutusten kustannukset.

Metsäojituksen ja muun metsänparannustoiminnan työllisyysvaikutukset ovat kohdentuneet erityisesti koneyrittäjille sekä suunnittelutyövoimalle. Työllisyysvaikutusten kautta valtion verotulot ovat lisääntyneet. Toisaalta yksityiset maanomistajat ovat saaneet määräaikaista verohuojennuksia.

Taulukko 4. Kansantalouden tunnuslukuja vuosina 1985-1989, mikäli metsäteollisuuden tuotanto olisi sopeutettu 15 % toteutunutta alhaisemmalle puuntuotannon tasolle (Suokko 1989). Metsäojitustoiminnan osuuden laskelmissa voidaan arvioida olevan noin 5/8 eli noin 63 %. BKT = bruttokansantuote.

	1985	1986	1987	1988	1989
Bruttokansantuote, %	-2,6	-3,1	-3,6	-3,9	-4,3
Työllisyys, 1000 henkeä	-18	-30	-40	-49	-57
Vaihtotase, mrd mk	-4	-4	-6	-6	-6
Ulkom. nettovelka/BKT, %	2	3	4	6	7

Metsäojituksen koneellistumisen luoma koneyrittäjien ammattikunta on edelleen työllistänyt alan kone- ja laitevalmistajia. Traktorikaivureiden myynti vuositasona oli arvoltaan 20—30 miljoonaa markkaa vuosina 1985—1987. Vuonna 1986 metsäkoneyritysten lukumääräisestä konekannasta oli traktorikaivureita 15 % ja kaivukoneita 4 %, joskin tätä kalustoa käytettiin ojituksen lisäksi metsäteiden rakentamisessa ja muissa tehtävissä (Hakkila ym. 1989).

Metsäojitusyrittäjät ilmoittivat työviikkonsa pituudeksi 54,9 tuntia. Noin 10 prosentilla yrittäjistä viikottainen työaika oli kaivukaudella yli 71 tuntia. Koneiden vuotuinen käyttötuntimäärä oli kuitenkin vain 1200—1300 tuntia vuosina 1986—1988, kun laskennallinen täystyöllisyystavoite olisi ollut 1400 käyttötuntia. Pitkät työpäivät eivät siis ole merkinneet alalla ympärivuotista täystyöllisyyttä (Hakkila ym. 1989).

Metsänparannusalalla työn määrään ovat vaikuttaneet paljon valtion harjoittama metsäpolitiikka sekä sen puitteissa myönnettyjen metsänparannusvarojen määrä. Ojankaivu keskittyy lisäksi työvaikeussyistä kesäkauteen. Lisäksi työmaiden epätyytyttävä organisointi on aiheuttanut koneyrittäjille turhia seisokkeja (Hakkila ym. 1989).

3. KUNNOSTUSOJITUS JA SEN MAHDOLLISUUDET

31. Tarkoitus ja käsitteistö

Kunnostusojituksen tarkoituksena on saattaa kuivatustehonsa menettänyt vanha ojasto uudisojituksessa tavoitellulle tasolle. Kunnostus tapahtuu vanhoja ojia perkaamalla tai uusia ojia kaivamalla tai näillä molemmilla työmuodoilla. Uusintaojitus on yksi kunnostusojituksen työmuoto, jonka avulla väärin tehty ojaverkosto suunnitellaan uudestaan. Metsähallituksessa täydennysojitus luetaan uusintaojitukseksi (Heino 1980, Metsänhoitosuosituksset 1989, Metsänhoito 1990, Metsänparannusohjeisto 1990). Ojituksen uusiminen puolestaan liittyy päätehakkuun jälkeiseen vanhan ojitusalueen kuivatuksen uusimiseen.

Kunnostusojitus on yleisesti ammattikielessä ja Metsä 2000 —ohjelmassa hyväksytty käsite, jota myös tässä tutkimuksessa käytetään. Metsänparannuslaissa samoin kuin metsänparannusohjeistossa (1990) virallisena terminä on kuitenkin metsäojituksen kunnostus. Vuoden 1987 metsänparannuslaissa ja -asetuksessa metsäojitusta sekä metsäojituksen kunnostusta pidettiin erillisinä työlajeina (Yksityismetsätalouden... 1988, 1991).

Uudisojitusta käsittelevässä varhaisemmassa kirjallisuudessa Lukkala (1949), Huikari (1958), Heikurainen (1960, 1980a), ja Huikari ym. (1963) käsittelevät metsäojien kunnostapidon yhteydessä ojien perkausta. Heikurainen (1980a) viittaa täydennysojituksen yhteydessä 1930-luvun ojastojen 70—90 metrin sarkaleveyteen. Niskanen (1977, 1980a,b,c) puolestaan jakaa metsäojituksen kunnostamisen liian harvaksi tehdyn ojaverkoston täydennykseen ja riittävän tiheän ojaston perkaukseen. Silloin kun vanha ojitusuunnitelma on epäonnistunut, on tarpeen laatia täysin uusi suunnitelma (Heikurainen 1980a).

32. Ojituslainsäädäntö

Metsänparannuslaki on rahoituslaki, joka ohjaa ja mahdollistaa metsäojituksen ja siihen sisältyvän metsäojituksen kunnostamisen yksityismetsissä. Valtion tulo- ja menoarviossa metsänparannusvarat osoitetaan vuosittain metsänparannustöitä varten. Ojituksen lisäksi muita työlajeja ovat metsän uudistaminen, kulutus, taimikonhoito, pystypuiden karsinta, metsänlannoitus ja metsätien rakentaminen. Maa- ja metsätalousministeriön alainen metsäkeskus Tapio laatii metsälautakuntaakohtaiset vuosittaiset toimintasuunnitelmat sekä ohjaa ja valvoo metsänparannus-toimintaa (Yksityismetsätalouden... 1991).

Metsänparannusvarat tulee ohjata ensi sijassa taloudellisesti edullisimpiin kohteisiin ottaen huomioon maan eri osien olosuhteet sekä ympäristönsuojelu- ja työllisyysnäkökohdat. Varoja myönnetään yksityisille metsänomistajille avustuksina, lainoina tai ennakkorahoituksena. Vuoden 1991 lopulla metsänparannuslainoista luovuttiin, ja rahoitus muuttui kokonaan avustusluonteiseksi.

Yhteisöille ja säätiöille myönnetään varoja ainoastaan silloin, kun kysymyksessä on ojitusta koskeva yhteishanke. Yksityinen maanomistaja voi itsekin toteuttaa ojitushankkeen. Kun työ on tehty metsälautakunnan hyväksymällä tavalla, saa maanomistaja maa- ja metsätalousministeriön vuosittain vahvistaman korvauksen (Yksityismetsätalouden... 1991).

Metsäojituksen kunnostukseen voidaan käyttää valtion varoja, mikäli alueen aikaisempi ojitus on toteutettu kokonaan maanomistajan varoin tai mikäli metsänparannusvarojen käytöstä alueen pääosan ojituksesta on kulunut yli 20 vuotta. Metsänparannusvaroja voidaan metsäojituksen kunnostuksen yhteydessä käyttää töiden suunnitteluun ja toteutukseen, erikoisrakennelmien (rummut, piennartiet, lietealtaat) tekemiseen ja työssä havaittujen virheiden ja vahinkojen korvaamiseen. Varoja voidaan myöntää myös metsänparannustöiden kehittämistä koskevaan kokeilu- ja selvitystoimintaan (Yksityismetsätalouden... 1991).

Metsänparannusavustusta ei tarvitse maksaa valtiolle takaisin mikäli metsänomistaja ei ole laiminlyönyt ojitusalueen kunnossapitoa 20 vuoden aikana hankkeen luovutuksesta (Yksityismetsätalouden... 1991).

Vesilainsäädäntö säätelee metsäojitusta ja samalla myös kunnostusojitusta. Vesilain 6. luvussa todetaan, että maanomistajalla on oikeus viljelys- tai metsämaan ojittamiseen tietyin rajoituksin. Lain keskeisimmän sisällön mukaan ojitus on tehtävä siten, että siitä ei aiheudu haittaa ulkopuolisille (Huikari ym. 1963, Metsänparannusohjeisto 1990, Kokkonen 1991).

Ojitukseen on saatava vesioikeuden lupa, mikäli ojituksesta aiheutuu joessa, järvessä tai purossa vesistön aseman, syvyyden ja vedenkorkeuden tai vedenjuoksun muutos, joka saa aikaan vahinkoa tai haittaa toiselle tai loukkaa yleistä etua (Huikari ym. 1963, Metsänparannusohjeisto 1990, Kokkonen 1991).

Ojitukseen ei saa ryhtyä ilman ojitustoimitusta, jos tarvitaan vesioikeuden lupa tai jos ojitukseen sisältyy tulva-alueen poistaminen tai pienentäminen, pienehkön järven vedenpinnan laskeminen, vesien virtaamissuunnan huomattava muuttuminen, tai lupaa ei ole saatu ojan tekemiseen yleisen tien tai kiskoradan alitse tai sopimusta yhteisestä ojituksesta ei ole saatu aikaan (Huikari ym. 1963, Metsänparannusohjeisto 1990, Kokkonen 1991).

Asian vaatiessa ojan saa tehdä toisen maalle tai rajalle siten, että siitä aiheutuu mahdollisimman vähän haittaa. Mikäli ojituksesta aiheutuu haittaa ulkopuolisille, on vahinko korvattava. Ojan käyttäjän on pidettävä toisen maalle tehty oja kunnossa. Hyödynsaajien on pidettävä yhteinen oja kunnossa ojituskustannuksiin osallistumisperustein (Huikari ym. 1963, Metsänparannusohjeisto 1990, Kokkonen 1991).

Naapurilta tai muulta asianosaiselta on hankittava ojituslupa, jos oja tehdään rajalle, tai jos vedet lasketaan toisen maalle tai puroon. Kyseisessä tapauksessa myös vanhan ojan perkaukseen on hankittava ojituslupa. Lupaa tarvitaan lisäksi kun oja kaivetaan yksityistien poikki tai yleisen tien, rautatien tai muun kiskoradan alitse (Huikari ym. 1963, Metsänparannusohjeisto 1990, Kokkonen 1991).

33. Kunnostusojitustarve

331. Kunnostusojitustarpeeseen vaikuttavat tekijät

3311. Vanhojen ojien kunto

Ojien kunto on ensimmäinen kunnostusojitustarvetta määrittäessä huomioon otettava kriteeri. Syvyys ei ole kuitenkaan tärkein ojien kuntoa kuvaava tekijä, vaan kuivavara eli kasvukauden ojan vesipinnan sekä maanpinnan välinen etäisyys (Tikkanen 1987, Lukin 1988, Metsänparannusohjeisto 1990). Vaikka ojat ovat ulkoisesti huonossa kunnossa, puusto voi siitä huolimatta hoitaa suon vesitalouden.

Jaakkoin suon 20 vuotta kestäneet pohjavesipinnan säännöstelykokeet osoittavat kuivatuksen tehon ja ylläpidon merkityksen kestäväälle ojitusvaikutukselle (Silfverberg 1984). Lukkala (1949) on selvittänyt ojustojen kuntoa ja sitä huonontavia tekijöitä (taulukko 5). Samoja tekijöitä ovat tarkastelleet lisäksi Multamäki (1934), Timonen (1971, 1983), Ahti ym. (1988) ja Päivänen (1990).

Karja ei enää nykyisin huononna ojien kuntoa, vaan vauriot syntyvät ennen kaikkea puunkorjuussa (Saarilahti 1981, Matilainen 1988, Ojitusalueiden... 1989, Päivänen 1990). Lisäksi lannoitus heikentää ojien kuntoa ojakasvillisuutta rehevöittämällä (Huikari ym. 1963).

Laskusuhteet vaikuttavat ojien kuntoon. Ojat kasvavat umpeen nopeasti, jos vesi ei kulje kunnolla. Huonot laskusuhteet ovat ongelmana erityisesti Keski-Pohjanmaalla.

Työmenetelmä vaikuttaa ojien kuntoon ja ojamittojen kehitykseen. Lapio-ojien on väitetty tukkeutuvan kaikkein helpoimmin siitäkin huolimatta, että ne aikoinaan vastasivat mitoitukseltaan nykyisiä konekaivettuja ojia. Auraajat puolestaan ovat heikenneet kaivuoja nopeammin, koska ne on mitoitettu alunperin pienemmiksi. Lisäksi auran työnjälki oli kaivumenetelmää huonompi (Heikurainen 1980a, Risto 1983, Päivänen 1990). Päinvastaisiakin tuloksia on olemassa, mutta aineistojen pienuus estää tekemästä lopullisia johtopäätöksiä työmenetelmän vaikutuksesta ojien kuntoon (Timonen 1971, 1983, Risto 1983).

Ojien kuntoa ja ojamittojen muutoksia koskevat tutkimukset rajoittuvat uudisojien kuntoon. Kunnostusojitusalueiden ojien kunnosta, ojien mitoista ja niihin vaikuttavista tekijöistä ei ole tutkimustietoa olemassa.

Ojien kunnan ohella vanhan ojitusalueen kunnostustarvetta arvioitaessa kasvukauden pohjavesipinnan etäisyys maanpinnasta on hyvä päätöskriteeri (Reinikainen 1980). Käytännössä pohjavesipinnan korkeuden arviointi on kuitenkin ongelmallista. Pohjavesipintaa määrittäessä on huomattava sen vuodenaikaisvaihtelu ja arviointihetkeä edeltäneen jakson säätila.

Lisäksi pintakasvillisuuden perusteella voidaan päätellä vesitalouden heikkeneminen. Rahkasammalien lisääntyminen on osoituksena uudelleen soistumisesta (Reinikainen 1980, Metsänparannusohjeisto 1990). Ilmavalokuvien tai väärvärikuvien perusteella on myös mahdollista päätellä vanhan ojitusalueen kuivatuksen tila riittävän luotettavasti (Heino 1980, Reinikainen 1980, Laine 1983).

Taulukko 5. Ojien kuntoa heikentävät tekijät (Lukkala 1949).

Vesoittuminen	erityisesti ohutturpeisissa korvissa
Hakkuutähteet	mukaan lukien risusillat
Karikkeet	erityisesti korvissa
Irtoturpeet ja kivet	
Pohjahaot	eli pohjasta esiin pistävät juuret ja kannot
Murtuminen	erityisesti hiekka- ja hietamailla
Syöpyminen	erityisesti hiekka- ja hietamailla
Pohjaliete	
Turpeen painuminen	(ojan mataloituminen ja luiskien loiveneminen sitä enemmän mitä paksuturpeisempi suo on)
Kynnyskohdat	(kivennäismaaleikkaukset)
Kasvillisuus	
Riista	erityisesti hirvet
Karja	

3312. Ojitusalueiden puusto

Puuston heikko kasvu tai kasvun taantuminen ovat osoituksena vanhan ojitusalueen epätydyttävästä kuivatuksesta, mikäli alue muuten on metsänkasvatuskelpoinen eikä sillä esiinny ravinnetai kasvuhäiriöitä (Ahti ym. 1988, Metsänparannusohjeisto 1990). Saran keskellä liiallinen vesi rajoittaa usein puiden kasvua eniten (ks. Pohjola 1983, Miina ym. 1991). Ojanvarsilla, missä vesi ei ole kasvun minimitekijä, puiden välinen kilpailu kuitenkin lisääntyy pitkällä aikavälillä. Tällöin kasvuresurssien ehtyessä puiden kasvu taantuu ja kuoleminen lisääntyy.

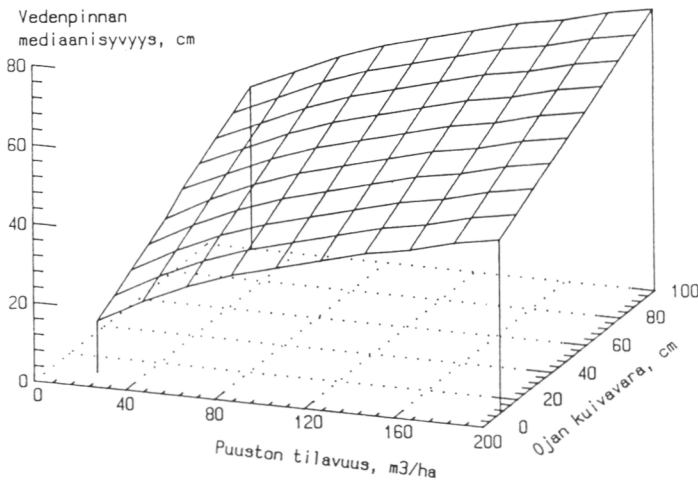
Puuston tilavuus, jota suotyypin (kasvupaikan ravinteisuus) sekä alueellisuus (ilmasto-olot) selittävät, on selvästi ilmaistavana numeerisena suureena hyvä kriteeri kunnostusojituksen kohdevalinnan tukena. Sen sijaan pelkän ei-numeerisen suotyypin määrittämisessä virhemahdollisuudet ovat aina olemassa. Rämellä puiden pituuskasvu puolestaan on hyvä suon vesitalouden tilan indikaattori.

Nykyisten ohjeiden mukaan on puustoa oltava paremmilla suotyypeillä vähintään 40 m³/ha ja huonommilla 15—20 m³/ha (Metsänparannusohjeisto 1990). Toisaalta toisessa ääripäässä, kun puustoa on runsaasti, uudisojituksen jälkeen tehostunut latvuspidäntä sekä lisääntynyt haihdunta voivat osaltaan huolehtia suon vesitaloudesta eikä ojien kunnostus ole tällöin tarpeen.

Mikäli puusto uudistetaan tai harvennetaan, on kunnostusojitus nykyisen käsityksen valossa perusteltua (Tikkanen 1987, Ahti ym. 1988, Metsänparannusohjeisto 1990, Olkinuora 1990). Taulukon 6 mukaan ojitusalueilla tehtävät hakkuut kohottavat pohjavesipintaa, jolloin jäljelle jäävän puuston kasvuolosuhteet huononevat (Päivänen 1982, Ahti ym. 1988). Kuva 3 havainnollistaa puuston ja pohjaveden välisiä vuorovaikutussuhteita (Lukin 1988). Näiden kahden tekijän välinen riippuvuus on kuitenkin vielä lopullisesti selvittämättä (Erkki Ahti, 1991, Metsäntutkimuslaitos, suullinen tieto).

Taulukko 6. Harvennuksen vaikutus pohjavesipinnan nousuun (cm) (Päivänen 1982).

Pohjavesipinnan syvyys (cm) harventamattomalla vertailualueella	Kuusivaltainen alue			Mäntyvaltainen alue		
	Harvennusvoimakkuus, % tilavuudesta					
	17	26	100	17	30	100
	Pohjavesipinnan nousu, cm					
10	1	5	6	0	3	6
30	4	10	15	3	6	12
50	7	15	24	6	9	18



Kuva 3. Koko saran mediaanipohjavesipinnan riippuvuus ojan kuivavarasta ja puuston tilavuudesta. Sarkaleveys 50 m (Lukin 1988).

3313. Ilmaston muutos

Ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden kasvu ja muut kasvihuonekaasut nostanevat maapallon ilman keskilämpötilaa 1—5 °C seuraavan 50 vuoden kuluessa. Lämpötilan kohoamisen arvellaan olevan pienintä päiväntasaajalla ja voimakkainta pohjoisilla leveysasteilla (Kimball 1985, Kettunen ym. 1987, von Grassl 1987, Karjalainen ym. 1991).

Suomessa ilman vuotuinen keskilämpötila kohoaisi mallilaskelmien perusteella 4—5 °C siten, että Etelä-Suomen keskilämpötila kohoaisi 2—3 °C vähäsateisten jaksojen ollessa edelleen mahdollisia kasvukauden aikana. Kasvukauden tehoisan lämpösumman on ennakoitu tulevaisuudessa Etelä-Suomessa olevan 1600—1700 d.d. ja Pohjois-Suomessa 1200—1300 d.d. Samalla touko-elokuun sadanta lisääntyisi keskimäärin 120-180 mm (Kettunen ym. 1987, Karjalainen ym. 1991).

Gloaalisten ilmastomallien tulosten yleistäminen Suomen kokoiselle pienelle alueelle on kuitenkin varsin epävarmaa. Näin ollen ei ole itsestään selvää, mihin suuntaan vesitase muuttuu (Kimball 1985, von Grassl 1987, Kettunen ym. 1987, Karjalainen ym. 1991).

Makroilmasto vaikuttaa soiden vesitalouteen ja kuivatuksessa sovellettavaan sarkaleveyteen siten, että mannerilmastossa sarat ovat leveämpiä kuin mereisillä alueilla. Länsi-Norjassa sarkaleveys voi olla 15—20 m, kun taas Puolan itäosissa tai Venäjällä sarkaleveydet ovat 150—300 metriä (Keltikangas 1971, Valk ja Kollist 1980, Päivänen 1990). Tästä syystä ilmastoon muutokseen on mahdollista varautua kunnostusojitusten yhteydessä sarkaleveyttä pienentämällä, sillä tähän saakka ojasjyvyyttä lisäämällä ja sarkaleveyttä suurentamalla kuivatustehoa ei ole voitu olennaisesti lisätä (Heikurainen 1980a).

Ennustettu ilmaston muutos ei liity pelkästään sadantaan ja sitä kautta sarkaleveyteen. Ilman hiilidioksidipitoisuuden ja keskilämpötilan kohoamisen seurauksena puiden kasvu paranee ja haihdunta tehostuu (Arovaara ym. 1984, Kimball 1985, Binkley ja Larson 1987, Kellomäki ym. 1988, Aldwell 1990, Ilmastomuutoksen... 1990, Karjalainen ym. 1991). Lisääntyvä metsien kasvu edellyttää hakkuiden lisäämistä; on järkevää poistaa puita, jotka muuten kuolisivat kasvuresurssien ehtyessä (Binkley ja Larson 1987, Kellomäki ym. 1988). Hakuut taas kohottavat pohjavesipintaa. Kokonaisuutta ajatellen ollaankin monimutkaisessa vuorovaikutussuhteiden verkossa, ja lopputulosta on vaikea arvioida.

Metsäojituksen on toisaalta väitetty lisäävän suon CO₂-tuottoa varsinkin karummilla soilla (Silvola 1988). Siten ojitustoiminnan vaikutus olisi ilmastoon muutosta voimistava. Laineen ym. (1991) mukaan Suomea koskevat alustavat laskelmat perustuvat kuitenkin pieniin aineistoihin. Ojituksen vaikutus riippuu lisääntyvän puuston biomassasta ja kariketuotannon sekä turpeen voimistuvan mineralisaation suhteesta. Tätä asiaa selvitetään SILMU-projektin yhteydessä.

3314. Metsien elinvoima ja terveydentila

Anaerobisissa oloissa ravinteiden mineralisoituminen on hidasta ja juuriston kyky ottaa ravinteita heikkoa. Lisäksi anaerobisissa oloissa syntyvät myrkylliset yhdisteet vaikuttavat epäedullisesti juurten toimintaan ja niiden kasvuun (Heikurainen 1980a, Mannerkoski 1985). Huonontunut vesitalous stressaa ojituksen elvyttämiä puita, erityisesti jos samaan aikaan vaikuttaa jokin muu ulkoinen häiriötekijä. Esimerkiksi akuutin versosurman tai runsassateisen kesän vaikutukset puustoon eivät olisi niin radikaaleja, mikäli suon vesitalous olisi kunnossa (Ahti 1991b).

Huononevan vesitalouden ohella puuston kasvu heikkenee myös, mikäli harvennushakkuuta ei toteuteta. Puiden kasvu ja elinvoima ovat kääntäen verrannollisia niiden kasvutilaan eli käytännössä puuston pohjapinta-alaan. Mikäli puustoja ei harvenneta, hyönteistuhojen mahdollisuus kasvaa (Larsson 1984, Lauhanen ym. 1989).

Monet tuhosienet, kuten versosurman aiheuttaja, viihtyvät kosteissa ja varjoisissa olosuhteissa (Read 1968, Aalto-Kallonen ja Kurkela 1985). Viime aikoina tautia on tavattu turvemaidilla

myös Suomessa (Vasander ja Lindholm 1985, Päivänen 1990, Ahti 1991b). Vasander ja Lindholm (1985) toteavatkin, että oijen perkauksesta ja taimikon harventamisesta on huolehdittava myös versosyöpäriskin vähentämiseksi.

332. Kunnostusojituksen työmuodon valinta

Kunnostusojituksen työmuodon valintaa voidaan havainnollistaa Ahdin ym. (1988) esittämän kaavion avulla (kuva 4). Työmuoto ratkaistaan joko perkauksen tai täydennysojituksen tai näiden molempien suhteen silmävaraisen arvioinnin perusteella. Kaaviossa on otettu huomioon ravinnepuutokset ja tuhot, mutta ei harvennushakkuiden vaikutusta.

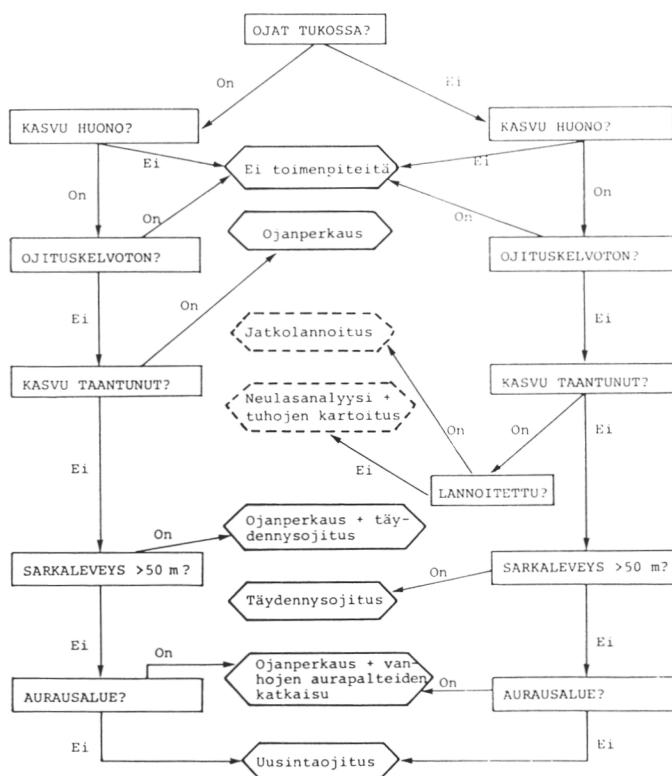
Metsänparannusohjeiston (1990) mukaan perkaus on perusteltua, jos aikaisempi ojitus näyttää onnistuneelta ja ojatiheys on kohdallaan. Lisäksi perkaus yksistään on perusteltua, koska yleensä suon turvekerros on painunut oijen läheltä ja valumauomat ovat valmiina viemäreinä olemassa.

Täydennysojitustarve on ilmeinen, kun sarkaleveys on yli 60 metriä, ja sarkojen keskellä oleva puusto ei ole elpynyt uudisojituksen jälkeen. Kun sarkaleveys on 60 metriä alhaisempi, keskeisimpänä päätöksenteko-ongelmana on valinta perkauksen ja täydennysojituksen välillä. Kasvuisimman puuston suojele korjuu- ja kaivukoneilta puoltaa sarkojen halkomista. Tästä syystä on perusteltua tehdä uusi ojalinja ja ajoura saran keskelle, missä puusto on yleensä hidaskasvuisinta vanhan ojituksen jälkeen. Sarkojen halkomiseen on ryhdyttävä kuitenkin harkiten, sillä liiallinen ojatiheys vie puilta kasvutilaa. Metsänparannusohjeiston (1990) mukaan alle 50 metrin sarkoja ei pääsääntöisesti halkaista (kuvat 4 ja 5). Metsätehon toimintamallissa puolestaan oletetaan, että alle 55 metrin sarkoja ei halkaista (Ojitusalueiden... 1989).

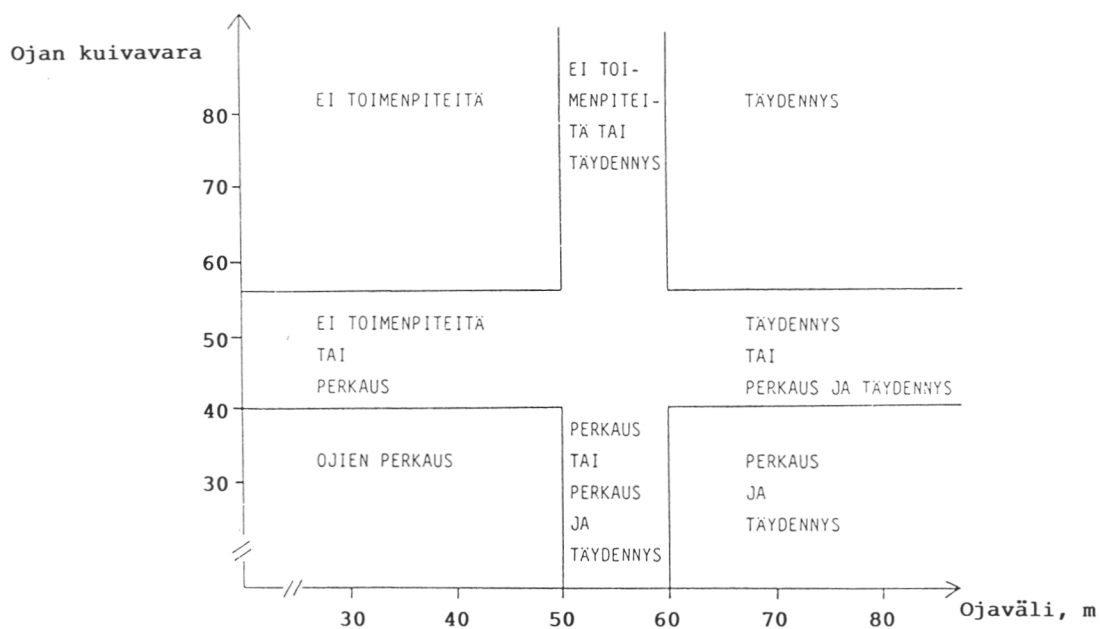
Molemmat työmuodot ovat alkuperäisen sarkaleveyden puitteissa perusteltuja silloin kun ojissa ei ole riittävästi kuivavaraa (kuva 5), ja kun puuston kasvu on oijen varsilla selvästi taantunut ja puuston keskipituus on sarkojen keskellä selvästi pienempi kuin oijen varsilla.

Uusintaojitusta tarvitaan, jos ojasto on suunniteltu väärin jo alunperin. Tällöin ojat voivat olla hyvässä kunnossa, mutta puusto ei ole elpynyt uudisojituksen jälkeen (Metsänparannusohjeisto 1990).

Kangas (1991) puolestaan on esittänyt menetelmän eri ojitusvaihtoehtojen taloudelliseen hyötyvertailuun. Menetelmän avulla kyetään monipuolisesti tarkastelemaan metsänomistajan tavoiteyhdistelmien ja eri hyötymallien vaikutusta ojitusvaihtoehdon valintaan. Periaattessa atk-pohjaiseksi kehitettävän päätöksenteon tukijärjestelmän soveltaminen edellyttää kuitenkin tutkimustietoa sekä kunnostusojituksen puuntuotannollisista vaikutuksista että sen ympäristövaikutuksista.



Kuva 4. Kunnostusojitustoimenpiteen (työmuodon) määrittyskaavio (Ahti ym. 1988).



Kuva 5. Kunnostusojituksen työmuodon määrittäminen ojavälin (sarkaleveyden) ja ojan kuivavaran (maanpinnan ja vedenpinnan väli) perusteella (Metsänparannusohjeisto 1990).

333. Kunnostusojituksen ajankohta

3331. Metsänkasvatuksellinen kunnostusajankohta

Suometsien suotuisan kehityksen turvaamiseksi kunnostusojitukset on tehtävä riittävän ajoissa ennen puuston kasvun taantumista (Paavilainen ja Tiihonen 1988, Paavilainen 1991). Useimpien puuston ja ojaston heikkenemistä koskevien tutkimusten mukaan sopiva kunnostusojitusajankohta on 15—20 vuotta uudisojituksen jälkeen (Heikurainen 1980b, Niskanen 1980a,b,c, Timonen 1983, Tikkanen 1987). Keskimääräiseksi perkausväliksi on Heikurainen jo 30 vuotta sitten arvioinut 20 vuotta. Nykyisen metsänparannuslain mukaan rahoitusta on saatavissa metsäojien kunnostukseen, mikäli metsänparannusvaroin toteutetusta uudisojituksesta on kulunut yli 20 vuotta (Yksityismetsätalouden... 1991).

Kunnostusojituksen jälkeinen puuston kasvun huomattava paraneminen osoittaa, että kunnostusojitus on ollut tarpeen, mutta se on tehty liian myöhäisenä ajankohtana. Jos kasvuvaiikutukset ovat vähäisiä tai lähes olemattomia, kunnostusojituksella ei ole vaikutusta lainkaan tai se on tehty liian varhain puuston vielä hoitaessa suon vesitaloutta (Tikkanen 1987, Ahti ym. 1988).

Harvennusten yhteydessä kunnostusojitus on tämänhetkisen tiedon valossa perusteltua (ks. Heikurainen ja Päivänen 1970, Päivänen 1980, 1982, Ahti ym. 1988, Olkinuora 1990). Perattavien ojien ojalinjat olisi mahdollista avata hakkuun yhteydessä, vaikkei ojia perattaisikaan heti hakkuun jälkeen (Aalto ja Manner 1980). Kun harvennusajankohtaa myöhäistetään puuston hyvän arvokasvun takia, myös kunnostusojitusta on tarpeen siirtää myöhemmäksi.

Uudistamisajankohdan lähestyessä ja kasvun taantuessa kunnostusojitus on tarpeen siirtää uudistamishakkuun jälkeen (Ahti ym. 1988). Ennen päätehakkuuta tehtävällä ojituksella ei välttämättä lisätä puuston kasvua ja arvokasvua. Lisäksi päätehakkuun yhteydessä ojastot vaurioituvat helposti. Päätehakkuun jälkeen tehtävä kunnostusojitus huolehtii uudistamisalan vesitaloudesta.

3332. Taloudellinen kunnostusajankohta

Tikkanen (1987) on laatinut optimointimallin perkausajankohdan määrittämiseksi. Lähtökohtana on nettohyödyn eli perkauksesta saatavien välittömien tuottojen ja perkauskustannusten välisen erotuksen maksimointi. Käytännössä nettohyöty määritetään tarkasteluhetkeen diskontattujen positiivisten ja negatiivisten rahassa mitattujen odotusten perusteella. Samalla periaatteella voidaan laatia koko kiertoajalle optimaalinen perkausohjelma, josta saatava suhteellinen nettohyöty on suurin:

$$N_h = \left(\sum_{n=0}^{ka} T_n/a - \sum_{n=0}^{ka} T'_n/a \right) - \left(\sum_{n=0}^{ka} K_n/a - \sum_{n=0}^{ka} K'_n/a \right)$$

missä, N_h = tarkasteltavan perkausohjelman suhteellinen nettohyöty

ka = aika tarkasteluhetkestä päätehakkuuseen

T_n = nettotuotto vuonna n tarkasteltavaa perkausohjelmaa noudatettaessa

T'_n = nettotuotto vuonna n perusohjelmaa noudatettaessa

K_n = metsänkasvattamisen kustannukset vuonna n noudatettaessa tarkasteltavaa perkausohjelmaa

K'_n = metsänkasvattamisen kustannukset vuonna n noudatettaessa perusohjelmaa

a = diskonttaustekijä = $(1 + p/100)$

n = aika vuosina

p = korkoprosentti.

Investointilaskelmissa päätöksentekijän aika- ja korkopreferensseillä on keskeinen merkitys (Keltikangas 1971, Tikkanen 1987). Näin ollen Tikkasenkin (1987) tutkimus tuottaa valmiiden perkausohjelmien sijasta laskentamallin päätöksentekijän avuksi, vaikkakin tutkimuksessa viitataan 15—20 vuoden perkausväliin.

334. Kunnostusojituksen suoritatarve

Kunnostusojitustarvetta ovat arvioineet useat tutkijat (Lukkala 1949, Heikurainen 1980b, Niskanen 1977, 1980a,b,c, Keltikangas ym. 1986). Seuraavassa keskitytään viimeisimpiin valtakunnallisiin tarvearvioihin, joista Keltikankaan ym. (1986) selvitys on perusteellisin.

Valtakunnan metsien 7. inventoinnin perusteella täydennysojituksen ja ojanperkauksen tarpeessa olevia soita oli yhteensä noin 884 000 hehtaaria, Etelä-Suomessa suhteellisesti enemmän kuin Pohjois-Suomessa. Luvuista eivät selviä omistajaryhmittäiset eivätkä aikataulliset tiedot (Paavilainen ja Tiihonen 1988).

Valtakunnallisessa Metsä 2000 -ohjelmassa on arvioitu metsäojituksen suoritetarpeet vuosille 1986—2005. Ohjelman mukaan tavoiteltava uudisojitusmäärä jää muutamaa kymmentuhanteen hehtaariin kunnostusojituksen kokonaistavoitteen ollessa noin 120 000 hehtaaria vuodessa (taulukko 7).

Keltikankaan ym. (1986) mukaan ojien välitön valtakunnallinen perkaustarve oli viime vuosikymmenen puolivälissä 63 000 km, lähimmän 10 vuoden talouskauden perkaustarpeen ollessa yhteensä 229 000 km. Edelleen vuoden 2000 tienoilla perkaustarpeen katsotaan olevan jo yli 370 000 km. Suurin tarve on yksityismailla Keski-Suomen, Etelä-Pohjanmaan, Vaasan ja Keski-Pohjanmaan metsälautakuntien alueilla.

Välttämättömän täydennysojitustarpeen arvioitiin viime vuosikymmenen puolivälissä olevan noin 100 000 hehtaaria, ja suositeltavan tarpeen noin 150 000 hehtaaria erityisesti parhaimmilla suotyypeillä. Täydennysojitusta tarvitaan varsinkin 1930- ja 1950-luvuilla ojite- tuilla soilla, jotka inventointihetkellä olivat ojikko- tai muuttumavaiheessa (Keltikangas ym. 1986).

Taulukko 7. Metsä 2000 -ohjelman metsäojitukseen liittyvät tavoitteet omistajaryhmittäin (Metsä 2000... 1985).

Työmuoto ja suun- nittelukausi	Yksityiset	Yhtiöt	Valtio	Yhteensä
	ha/a			
1986—1995				
Uudisojitus	29000	5000	6000	40000
Kunnostusojitus	88000	13000	19000	120000
1996-2005				
Uudisojitus	11000	2000	2000	15000
Kunnostusojitus	85000	16000	19000	120000

Metsätilastollisen vuosikirjan mukaan kunnostusojituksen kokonais- ja perkaussuorite olivat vuonna 1988 noin 11 000 km (perkaussuorite = kokonaissuorite, täydennysojitusta ei ole tilastossa eritelty). Kunnostusojituksen osuus ojituksen kokonaissuoritteesta oli noin 54 %. Ojia on aina perattu eniten valtion mailla. Vuonna 1988 määrä oli 50 %, kun teollisuusyhtiöiden maiden osuus oli 28 % ja yksityismaiden vain 22 % (Aarne ym. 1990).

Uudisojituksen suoritemäärä on edelleen laskeva. Kunnostusojitukset ovat lisääntymässä, mutta toteutus on tällä hetkellä jäämässä alkuperäisen Metsä 2000 -ohjelman tavoitteista poike- ten muutamiiin kymmeneen tuhansiin hehtaareihin vuositasolla. Rajoitteina kunnostusojituksille ovat ennen kaikkea niukkeneva rahoitus, mutta myös rahoituksen saantia eli harvennushakkuita ja taimikonhoitotöitä koskevat vaatimukset.

34. Kunnostusojituksen vaikutukset

341. Hydrologiset vaikutukset

Päivänen ja Ahti (1988) ovat tutkineet kunnostusojituksen työmuodon vaikutusta pohjaveden korkeuteen harvennusikäisillä rämeillä eri puolilla Keski-Suomea. Vuosina 1982—1985 traktori-

kaivuna tehty perkaus alensi pohjavesipintaa keskimäärin 4,2 cm, täydennysojitus 5,6 cm ja molemmat yhdessä 10,0 cm.

Olkinuoran (1990) tulokset olivat samansuuntaisia. Pohjavesipinta aleni eniten ($10,9 \pm 7,1$ cm) niillä koeruuduilla, joilla oli tehty sekä ojien perkaus että täydennysojitus. Perkaus yksistään alensi pohjavesipintaa keskimäärin $6,1 \pm 5,1$ cm ja täydennysojitus $4,8 \pm 3,3$ cm.

Koekenttien välinen vaihtelu oli kuitenkin huomattava. Mitä alempana pohjavesipinta oli ennen ojitusta, sitä pienempi oli kunnostusojituksen alentava vaikutus. Alueella, missä puuston tilavuus oli keskimäärin $76 \text{ m}^3/\text{ha}$, perkaus ja täydennysojitus yhdessä alensivat pohjavesipintaa keskimäärin vain 1,1 cm (Olkinuora 1990). Kahden tutkimuksen ja lyhyiden seurantajaksojen perusteella ei kuitenkaan voida tehdä vielä kovin pitkälle meneviä johtopäätöksiä. Näin ollen tarvitaan lisätietoa työmuodon, pohjavesipinnan alenemisen ja puuston määrän välisestä yhteydestä harvennushakkuiden vaikutusta unohtamatta.

342. Puuntuotannolliset vaikutukset

Kunnostusojituksen puustovaikutuksia on selvitetty Metsäntutkimuslaitoksessa vuodesta 1982 lähtien. Taulukon 8 mukaan kunnostusojitettujen alueiden puuston keskimääräinen tilavuuskasvu on jonkin verran suurempi kunnostusojittamattomiin verrattuna. Suurin kasvu on alueilla, jotka on sekä perattu että täydennysojitettu. Tilanne pysyi samana tilavuudesta ja koekenttien välisistä eroista johtuvan vaihtelun poistamisen jälkeenkin (Olkinuora 1990).

Keskihajonnat jäivät suuriksi puuston tilavuuden ollessa tärkein puuston kasvuun vaikuttava yksittäinen tekijä. Viiden vuoden erotuskasvujen perusteella ei kunnostusojituksen kasvuvaikutuksista voida tehdä pitkällä meneviä johtopäätöksiä. Yleistettävyyden parantamiseksi tarvitaan pitkäaikaista kenttäkokeiden seurantaa. Tietoa tarvitaan myös lannoituksen ja kunnostusojituksen yhdysvaikutuksesta sekä näiden toimenpiteiden keskinäisestä ajoituksesta.

Taulukko 8. Kunnostusojituksen työmuodon vaikutus puuston tilavuuskasvuun. Koko aineistossa tulokset ovat suuntaa antavia. n = koeruutujen lukumäärä (Olkinuora 1990).

Työmuoto	Kasvu, $\text{m}^3/\text{ha}/\text{a}$		
	\bar{x}	s	n
Ei kunnostusojitusta	3,07	1,81	10
Perkaus	3,25	1,47	19
Täydennysojitus	3,36	1,88	14
Perkaus ja täydennysojitus	3,46	1,54	17

343. Vesistövaikutukset

Kunnostusojitusvaiheessa puusto on yleensä jo niin pitkälle kehittyntä, että ojaston kunnostaminen ei välttämättä aiheuta suuria muutoksia valunnan ja haihdunnan suhteeseen. Tästä syystä kunnostusojituksen arvellaan vaikuttavan ojitusalueen hydrologiaan samansuuntaisesti kuin uudisojituksen, mutta pienemmässä määrin (Ahti 1991a,b).

Kunnostusojituksen oletetaan vaikuttavan edellä kuvatulla tavalla myös kiintoaine- ja pääravinnekuormitukseen. Kun lisäksi täydennysojitusarve on perkaustarvetta vähäisempi, kunnostusojituksen vesistövaikutukset tulisivat jäämään uudisojituksen vaikutuksia pienemmiksi. Kiintoainekuormituksesta voi syntyä kuitenkin ympäristöongelma etenkin ohutturpeisilla mailla ja valtauomien kunnostuksessa. Paksaturpeisilla alueilla puolestaan maatuneesta turpeesta voi tulla ongelma (Metsä- ja turvetalouden... 1987, Ahti 1991b, Jokela 1991).

Kunnostusojituksen vesistövaikutusten selvittämiseksi tarvitaan tutkimustyötä. Vuonna 1990 aloitettiin Metsäntutkimuslaitoksessa ja vesi- ja ympäristöhallituksessa monitieteinen metsätalouden vesistövaikutuksia käsittelevä METVE-projekti, josta tuloksia saadaan muutaman vuoden kuluttua (Ahti 1991a,b).

35. Kunnostusojituksen työtekniset näkökohdat

351. Kunnostusojituksen suunnittelu

Seuraava vaihe kunnostusojitustarpeen ja työmuodon määrittämisen jälkeen on ojalinjoiden merkitseminen maastoon. Ojastoja suunniteltaessa puunkorjuunäkökohdat otetaan huomioon. Mahdollisten epäselvyyksien välttämiseksi ajourat merkitään erikseen. Perkausojien yhteydessä merkitään erikseen oikaistavat ojat, lietealtaat, rumpujen paikat ja rajakivet (Metsänparannusohjeisto 1990, Päivänen 1990).

Täydennysojat suunnitellaan samalla tavalla kuin uudisojatin. Lisäksi merkitään ojien risteykset, kulmat, alkupaikat, loppupaikat, rajalinjat, tiestö, rummut ja muut erikoisrakenteet. Laskusuunnaltaan epävarmat ojat paalutetaan vaaitusta varten. Sama koskee myös perkausojia. Tärkeintä vaaitus on koko ojaverkon toimivuuden kannalta välttämättömien valta- ja laskuojien osalta (Metsänparannusohjeisto 1990, Päivänen 1990).

Täydennysojat on mitattava erikseen, vaikka niiden pituuden arviointi olisi nopeinta peruskartan ja vanhojen ojitusasiakirjojen avulla. Nykyisten toimintaohjeiden mukaisesti mittaus tapahtuu tehokkaimmin lankamittauslaitteella. Perkausojia suunniteltaessa voidaan ojien mittaus tehdä vanhojen hankeasiakirjojen pohjalta (Metsänparannusohjeisto 1990, Päivänen 1990).

Kunnostusojitusalueiden kuvioinnissa noudatetaan samoja periaatteita kuin uudisojituskeskin. Kuviotietolomakkeelle kirjataan puustotiedot, maaperätiedot, kaivuvaikeusluokitus ja metsänhoitotoimenpidesuosituksset. Nykyisen käytännön mukaan kuviotiedot saadaan aluetason metsätaloussuunnitelmasta (Ojitusalueiden 1989, Metsänparannusohjeisto 1990).

Aluesuunnitelman tehnyt suunnitteluinsinööri saattaa kuitenkin tarkastella asioita eri lähtökohdista kuin ojitusteknikko, joten virhemahdollisuuksia on olemassa (Pertti Laatikainen, 1991, Keski-Pohjanmaan metsälautakunta, suullinen tieto). Syksyllä 1991 Pohjois-Satakunnassa tehdyssä kunnostusojitusalueiden inventointitutkimuksessa ilmeni hankesuunnitelmien ja aluesuunnitelmien kuvioinnissa huomattavaa vaihtelua suotyypipiluokituksen ja puuston osalta (Markku Saarinen, 1991, Metsäntutkimuslaitos, suullinen tieto).

352. Kunnostusojituksen toteutus

Lukkala (1949) on selvittänyt lapiokaivun ajanmenekkiä eri kaivuvaikeusluokissa ja laatinut sen pohjalta silloiset perkauksen urakkapalkkasuosituksset. Koneellisia perkausmenetelmiä ovat tarkastelleet Huikari (1958), Niskanen (1977, 1980a,b,c), Vuollekoski (1983) sekä Ari (1987, 1989a).

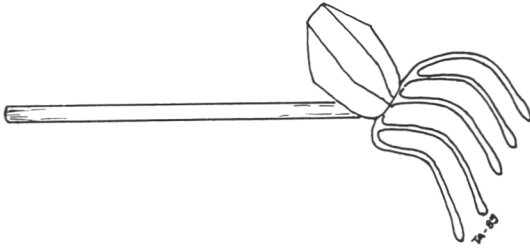
Huikarin ym. (1963) sekä Niskasen (1977, 1980a,b,c) mukaan oikeaoppinen perkaus kohdistuu vain ojan pohjaan, jolloin perkauspoistuma on keskimäärin noin 0,25 m³ ojometriä kohti. Perkaussyvyys on turvemailloin noin 70 cm ja kivennäismailloin 50-60 cm. Käytäntö on kuitenkin osoittanut edellä olevan perkauksen teorian mahdottomaksi.

Huikari ym. (1963), Niskanen (1977), Aalto ja Manner (1980) sekä Konstantinov ym. (1980) ovat korostaneet, että useimmiten pelkkä runko-ojien perkaus riittää. Jos ojituksen runko toimii, huonotkin kuivatusojat täyttävät tehtävänsä vaikkei niitä perattaisi. Tällöin voidaan säästää myös kuivatusojien ympärillä olevaa puustoa ja vähentää kiintoainekuormitusta.

Lievästi tukkeutuneita ojia voi perata käsityönä esimerkiksi pitkävartisella turvekuokalla eli pirunkouralla, ja ojanpohjia voidaan siivota kevyesti raivaussahaan kiinnitetyllä ojanperkauskiekolla (Lukkala 1949, Niskanen 1980c, Ari 1989b).

Metsähallituksen kehittämisjaostossa on selvitetty hara/kuokka -yhdistelmän käyttöä ojien kevyessä puhdistuksessa (Ari 1989b, kuva 6). Keskimääräinen tuottavuus 13,7 km:n seuranta työmaalla oli 2,4 km/h eli noin 40 m/min, kun puhdistus tehtiin vuosi perkauksen jälkeen. Toisella 50 km:n hankkeella työkustannukset olivat 3 628 mk eli 7,3 p/m. Menetelmän etuna oli yhden työväliseen käyttö. Huonona puolena oli toisaalta työväliseen paino ja toisaalta se, että kuokkaosa ei ollut käyttöominaisuuksiltaan yhtä hyvä kuin lappi.

Hara/kuokka -menetelmällä on edellytyksiä vaihtoehtoiseksi isännänlinjan työmenetelmäksi jatkossa. Jos maanomistaja puhdistaa käsityömenetelmällä ojastonsa vuoden tai kahden välein, koneellisilta perkauksilta voidaan välttyä jopa kokonaan. Useimmiten kriittisimmin ojien kunnon kehitykseen vaikuttavat juuri muutamat ojituksen jälkeiset vuodet (Heikurainen 1960, Huikari ym. 1963, Timonen 1971, 1983, Niskanen 1980a).



Kuva 6. Hara/kuokka-yhdistelmätyöväline (Ari 1989b).

Perkauskoneilta vaaditaan suurta työ- ja etenemisnopeutta ja kykyä liikkua vanhan ojan päällä. Niiden on lisäksi kyettävä toimimaan sekä turve- että kivennäismailla ja perkaamaan kaikenkokoisia ojia. Useimmiten kunnostusojitushankkeella tarvitaan myös ojaverkoston täydentämistä ja tieyhteyksien parantamista. Kunnostusojituskoneen tulisi kyetä myös näihin töihin (Niskanen 1980c).

Niskasen (1980a,c) mukaan yksitelaisella moottorikelkalla voi ajaa metsäojassa ja syventää sitä jyräämällä, mutta menetelmä ei täytä työturvallisuudelle asetettuja vaatimuksia. Yleisesti pienitehoiset ojanperkauskoneet eivät ole osoittautuneet käyttökelpoisiksi työvälineiksi.

Auran soveltuvuutta ojanperkaukseen puoltavat hyvä työnopeus ja alhaiset käyttökustannukset. Metsäoja-aura on rakenteltaan yksinkertainen ja kestävä. Auramenetelmän heikkoutena on kuitenkin huono työtarkkuus. Risteyksien ja laskuojien perkauksessa auran jälki ei vastaa kaivurilla tehdyn työn tasoa, joten viimeistelyyn tarvitaan lähes poikkeuksetta kaivuria. Lisäksi auraus aiheuttaa helposti puustovaurioita. Näin ollen auroista ei ole tullut hyväksytyjä metsäojien perkausvälineitä (Niskanen 1980a,c, Ari 1987).

Ojajyrsimet soveltuvat kuivatusojien perkaukseen paksuturpeisille, kivettömille ja vähäpuustoisille alueille. Hyvää työtehota ja maastokelpoisuutta ajatellen kiekkojyrsinyksikön peruskone vaatii suurta, vähintään 74 kW:n moottoritehoa. Edullisissa olosuhteissa ja pitkillä ojalajoilla jyrsintyön tuottavuus on 1000–1500 metriä tunnissa. Käytännössä tuottavuus jää kivien ja kivennäismaan aiheuttamista työkatkoista ja kaluston rikkoontumisesta johtuen huomattavasti pienemmäksi (Niskanen 1980a,c).

Metsähallituksen kehittämisjaostossa on tutkittu kairajyrsimellä varustetun SUOKKO 300 -työkoneen käyttöä sekä vanhojen ojien perkaukseen että uuden ojan tekoon paksuturpeisilla soilla. Jyrsimen tehon tarve oli 80–100 kW ja se pystyi tekemään tarvittaessa 1,5 metrin syvyistä ojaa heittäen maat tasaisesti 5–15 metrin leveydelle ojan molemmin puolin. Kiviset kohdat jouduttiin kuitenkin kaivamaan erikseen kaivurilla. Kaivuvaikeusluokassa 1 uuden ojan tekemisen tuotos oli 1600–1800 metriä ja perkauksessa 1900–2600 metriä tehotunnissa. Suunnilleen kolmasosa työmaa-ajasta oli häiriöaikaa (Ari 1989a).

Kaksitoimisten ojajyrsin-kaivuriyhdistelmien tai aurakaivureiden etu perustuu alhaisiin siirtokustannuksiin. Yhdistelmäkonien ongelmana on järeys, joka laskee kannattavuutta ja lisää puustovaurioita (Niskanen 1977, 1980b,c, Ari 1989a).

Parhaisiin tuloksiin ojanperkauksessa päästään kaivureilla. Niillä voidaan tehdä uudis-, täydennys- ja perkausojia sekä ojitusalueen lähellä olevia teitä. Kaivuriyksikön tuottavuus on 100—150 metriä tunnissa (Niskanen 1977, 1980a,b,c).

Pelkästään perkausta ajatellen kaivurin tuotosta voidaan lisätä muun muassa telirakenteita leventämällä, nokkapyörällä, ryömintävaihteella ja erikoiskauhoja kehittämällä (Niskanen 1977, 1980a,b,c, Vuollekoski 1983). Arin (1985) mukaan kaivuvaikeusluokissa 1—3 perkaus on ojanperkauskauhalla noin 25—30 % joutuisampaa kuin uudisojakauhalla. Tulos selittyy yksinkertaisesti poistettavalla maamäärällä.

Kapeista perkauskauhoista on vähitellen luovuttu, koska ne eivät ole soveltuneet isokoisten kivien siirtelyyn. Kivennäismailla kauhojen työnjälki ei ole myöskään ollut riittävän hyvä ja ne ovat rikkoontuneet helposti. Näin ollen perkauskauhat soveltuvat lähinnä paksuturpeisille soille. Nykyisin perkausta tehdään ainoastaan uudisojitukseen soveltuvalla muotokauhalla (Marti Vuollekoski, 1991, Metsäntutkimuslaitos, suullinen tieto).

Perkauksessa kaivukoneet ovat joutuisampia kuin kaivurit. Työmaatuntia kohti laskettu tuottavuus on ollut kaivukoneilla 145—300 m/h ja kaivureilla 83—187 m/h (Salo 1987).

Raskaat kaivukoneet vaativat kuitenkin suuren kaivutilan ja lisäävät puustovaurioriskiä (Salo 1987). Kaivukoneiden lavettikuljetus on lisäksi kallista. Suuri tuottavuus ja alhaiset kustannukset eivät välttämättä takaa hyvää työnjälkeä varsinkin, jos ojanvarsiuuston vauriot samanaikaisesti lisääntyvät. Lisäksi on syytä ottaa tarkasteluun myös ojien väliseen siirtymiseen liittyvät tekijät. Tuotekehittelyä ja kaivutyötä ajatellen on tarpeen tutkia kokonaisvaltaisesti kaivukaluston soveltuvuutta kunnostusojitukseen.

353. Ympäristönsuojeluteknologia

Luvussa 25. käsitellään tarkemmin ojituksen ympäristövaikutuksia. Niiden vähentäminen on syytä ottaa entistä enemmän huomioon hankkeita suunniteltaessa ja toteutettaessa (Metsä- ja turvetalouden... 1987, Jokela 1991). Esimerkiksi Ruotsissa yleinen mielipide ja ympäristölainsäädäntö asettavat metsäojitukselle niin tiukat vaatimukset, että ojituksia ei käytännössä tällä hetkellä tehdä juuri lainkaan (Björn Hånell, 1991, SLU, suullinen tieto). Kehittämällä kunnostusojituksen teknologiaa ympäristöystävällisemmäksi, voidaan toiminnan jatkuvuus turvata Suomessa.

Metsä- ja turvetalouden vesiensuojelutoimikunnan mietinnössä on tarpeita ja toimenpiteitä ojituksen vesistövaikutusten vähentämiseksi (Metsä- ja turvetalouden... 1987). Samankaltaisia toimenpiteitä ja tutkimustarpeita on esittänyt myös Jokela (1991):

- 1) Ojituksista tulisi pidättäytyä metsänkasvatuskelvottomilla alueilla.
- 2) Ojitusten aiheuttamien haittavaikutusten torjuntamenetelmiä tulee kehittää.

- 3) Varastoidaan jokivesistöjen huonolaatuisia tulvavesiä meritaimenen poikasten suojelemiseksi.
- 4) Haittojen ennakoimiseksi tulisi kehittää ja jatkaa maaperätutkimuksia, jotka auttavat hankkeen vesiensuojelutoimenpiteiden suunnittelua.
- 5) Ojan syvyyteen, ojatiheyteen, uusien ojien avaamiseen ja käytettävien koneiden kauha-kokoon tulisi kiinnittää huomiota.
- 6) Eri viranomaisten välistä yhteistyötä tulisi tehostaa.

Kaivukalustolla saattaa olla merkitystä kunnostusojituksen haitallisten vesistövaikutusten vähentämisessä. Ojanperkauksessa kaivumenetelmän aiheuttama kiintoaineksen kulkeutuminen on vähäisempää kuin aurausmenetelmän, koska aurattaessa kosketaan voimakkaasti ojaluiskiin (Niskanen 1980a,c). Jyrsinmenetelmässä kiintoaineen kulkeutumismäärä vastaa Niskasen mukaan kaivumenetelmän kuormitusta (ks. Heikurainen ja Joensuu 1981).

Kaivun ajoituksella on mahdollista lieventää vesistövaikutuksia. Valtaojat voidaan kaivaa vuosi tai kaksi sarkaojien kaivun jälkeen. Tällöin osa sarkaojista tulevasta kiintoaineksesta jää valtaojiin. Kustannuksetkaan eivät ole osoittautuneet tätä kaivun ajoitustapaa rajoittavaksi tekijäksi (Alriksson 1990).

Kaivutyön ajoituksessa on otettava huomioon myös vuodenaika. Kunnostusojituksia ei ole syytä tehdä kevättulvien aikaan. Toisaalta ojissa olevat sulamisvedet haittaavat itse kaivua.

Laskeutusaltaita ja lietekuoppia kaivamalla tai kaivukatkoja tekemällä voidaan kiintoainesta pidättää ojitusalueelle. Altaat ja kuopat on kuitenkin pidettävä kunnossa, jotta ne hoitaisivat tehtävänsä. Erityisesti keväisiä valuntahuippuja ajatellen jäätyneet altaat tulisi tyhjentää ja tarvittaessa sulattaa. Siksi altaiden puhdistus- ja sulatuskalustoa tulisi kehittää (Metsä- ja turvetalouden... 1987, Joensuu 1991).

36. Puunkorjuu ja kunnostusojitus

361. Turvemaiden puunkorjuun ongelmat

Puusto ja maasto hankaloittavat ojitettujen suometsien puunkorjuuta. Siksi suometsien hakkuumahdollisuudet eivät ole tulleet täysimääräisesti hyödynnetyiksi. Lisäksi Antolan (1980) mukaan ojitusmetsien välttämättömiä metsänhoito- ja perusparannustoita, ennen kaikkea kasvatus- ja uudistushakkuuta ei ole pystytty täysimääräisesti toteuttamaan, koska suoalueilla ei ole sopivaa tiestöä.

Vuonna 1978 turvemaiden puunkorjuun osuus metsäteollisuusyhtiöiden kokonaiskorjuumäärästä oli 14 %. Jo tuolloin ojitettujen suometsien puunkorjuun ennustettiin lisääntyvän (Saarilahti 1981). Korjuumäärien kasvu sekä ennustettu ilmaston lämpeneminen lisäävät sulan maan

aikana tapahtuvaa korjuuta. Ympärivuotinen puunkorjuu on toisaalta perusteltua työvoiman ja koneiden järkevän käytön sekä puunjalostusprosessiin liittyvien syiden vuoksi (Takalo ja Väyrynen 1982, Heikka 1985, Högnäs 1985, Sirén ym. 1985, Ojitusalueiden... 1989, Suni 1991).

Kuvan 7 perusteella erityisesti pieniläpimittaisten lehtipuiden osuus on ojitusalueilla selvästi suurempi kuin kangasmetsissä. Valtakunnan metsien 7. inventoinnin perusteella rinnankorkeusläpimitaltaan alle 14,5 cm:n puiden osuus suometsien lehtipuuston kokonaistilavuudesta on Etelä-Suomessa 60 % ja Pohjois-Suomessa 77 % (Paavilainen ja Tiihonen 1988).

Puuston keskitilavuus on suomailta toistaiseksi alhaisempi kuin kangasmailla; Etelä-Suomessa 70 m³/ha ja Pohjois-Suomessa 38 m³/ha. Vastaavat luvut olivat 1980-luvulla kaikilla metsämailla 101 m³/ha ja 54 m³/ha. Suopuuston tilajärjestys on lisäksi epätasainen. Tästä syystä harvennushakkuiden suunnittelu ja harvennusmallien minimipohjapinta-alan soveltaminen voi olla suomailta ongelmallista (Pohjola 1983, Matilainen 1988, Paavilainen ja Tiihonen 1988, Eeronheimo 1991, Miina ym. 1991).

Suometsien hehtaariohittaiset hakkuukertymät ovat pieniä. Esimerkiksi 41—50 vuotta vanhoilla ojitetuilla eteläsuomalaisilla isovarpuisilla rämeillä kokonaishakkuukertymä oli 12—41 m³/ha, ja sararämeillä vastaavasti 29—41 m³/ha (Multamäki 1967). Yksityismetsien turvemaiden metsätaloussuunnitelmissa vuosille 1974—1983 ehdotettujen hakkuiden kertymä oli keskimäärin 33 m³/ha. Avohakkuissa se oli 87 m³/ha, harvennushakkuissa 29 m³/ha, ylispuiden poistossa 22 m³/ha ja muissa hakkuissa 42 m³/ha (Eeronheimo 1985). Metsähallituksen suometsissä keskimääräinen hakkuukertymä vuosina 1984—1985 oli 34 m³/ha (Pohjola 1983).

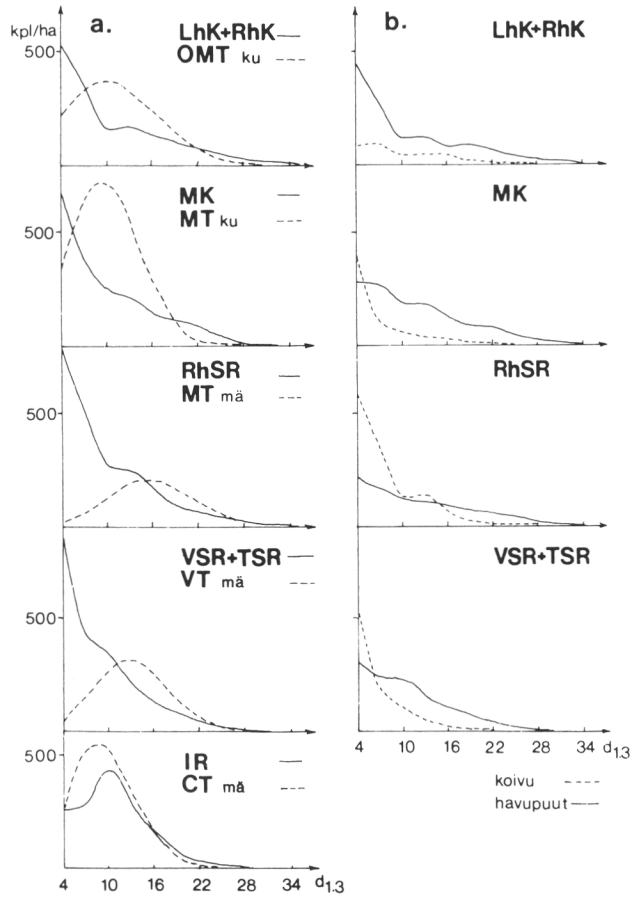
Pienet hakkuukertymät sekä runkojen pieni keskitilavuus nostavat korjuun yksikkökustannukset suuriksi (Harstela 1984, Lilleberg 1990). Vähimmäiskertymävaatimus vaihtelee toisaalta puun ostajien, toisaalta puun myyjien asettamien tuottovaatimusten mukaisesti. Matilaisen (1988; s. 57) mukaan taloudellinen vähimmäiskertymä on tavallisesti 30 m³/ha.

Koska suomaa on huonosti kantavaa, pääosa korjuusta tapahtuu talviaikana. Suomaa on toisaalta kuitenkin tasaista ja vähäkivistä (Saarilahti 1981, Rummukainen 1984, Eeronheimo 1991).

Vuonna 1978 Suomessa sattui 750—1000 korjuukoneiden uppoamista. Näiden nostaminen maksoi 300 000 mk. Korjuumäärillä painotettu keskimääräinen nostokustannus oli siten 0,15 mk/m³. Yleisin syy uppoamisiin oli riittämätön kantavuuden määrittäminen. Ongelmina olivat sekä kesä- että talviaikana pienialaiset silmäkkeet (Saarilahti 1981).

Ojastot haittaavat ajourien sijoittelua ja korjuukaluston liikkumista. Talvikorjuussa ongelmaksi muodostuu kuivattujen turvemaiden huono routaantuminen. Kyse on nimenomaan kuivuneesta pintaturpeesta (Saarilahti 1981, Eeronheimo 1985, Högnäs 1985, Matilainen 1988).

Korjuukoneet ja hakkuutähteet vaurioittavat ojia. Vaikeat korjuuolot ja puutteellinen suunnittelu aiheuttavat helposti puustolle runko- ja juuristovaurioita (Saarilahti 1981, Heikka 1985, Högnäs 1985, Ojitusalueiden... 1989, Epalts 1990, Sirén 1990).



Kuva 7. (a) 31—50 -vuotiaiden ojitusalueiden ja 60—70 -vuotiaiden vastaavan ravinteisuustason kangasmaametsiköiden runkolukusarjat Etelä-Suomessa, sekä (b) havupuiden ja koivun runkolukusarjat 31—50 -vuotiailla ojitusalueilla Etelä-Suomessa. $d_{1,3}$ = puun rinnankorkeusläpimitta (cm) (Hökkä ja Laine 1988).

362. Korjuutyön suunnittelu

Puunkorjuu on tehtävä ennen ojitusta (Niskanen 1977, Aalto ja Manner 1980, Harstela 1984 sekä Högnäs 1985). Metsätehossa on laadittu toimintamalli ojitusalueiden puunkorjuuta varten. Mallissa kuvataan puunkorjuun ja kunnostusojituksen sekä muiden metsänparannustöiden ajoitusjärjestelyä (Ojitusalueiden... 1989, taulukko 9). Aikataulun vuodet noudattavat kalenterivuosi-kiertoa. Kun suunniteltu toteuttamisvuosi on sama, työt tehdään esitettyssä toimenpidejärjestyksessä.

Mallin keskeisenä lähtökohtana on, että ojitussuunnitelmassa otetaan huomioon puunkorjuun vaatimukset. Ojavälien tulee olla sellaiset, etteivät hakkuut vaikeudu eikä ajouratiheys nouse liian suureksi. Ojien suuntauksessa on otettava huomioon metsäkuljetuksen suuntautumi-

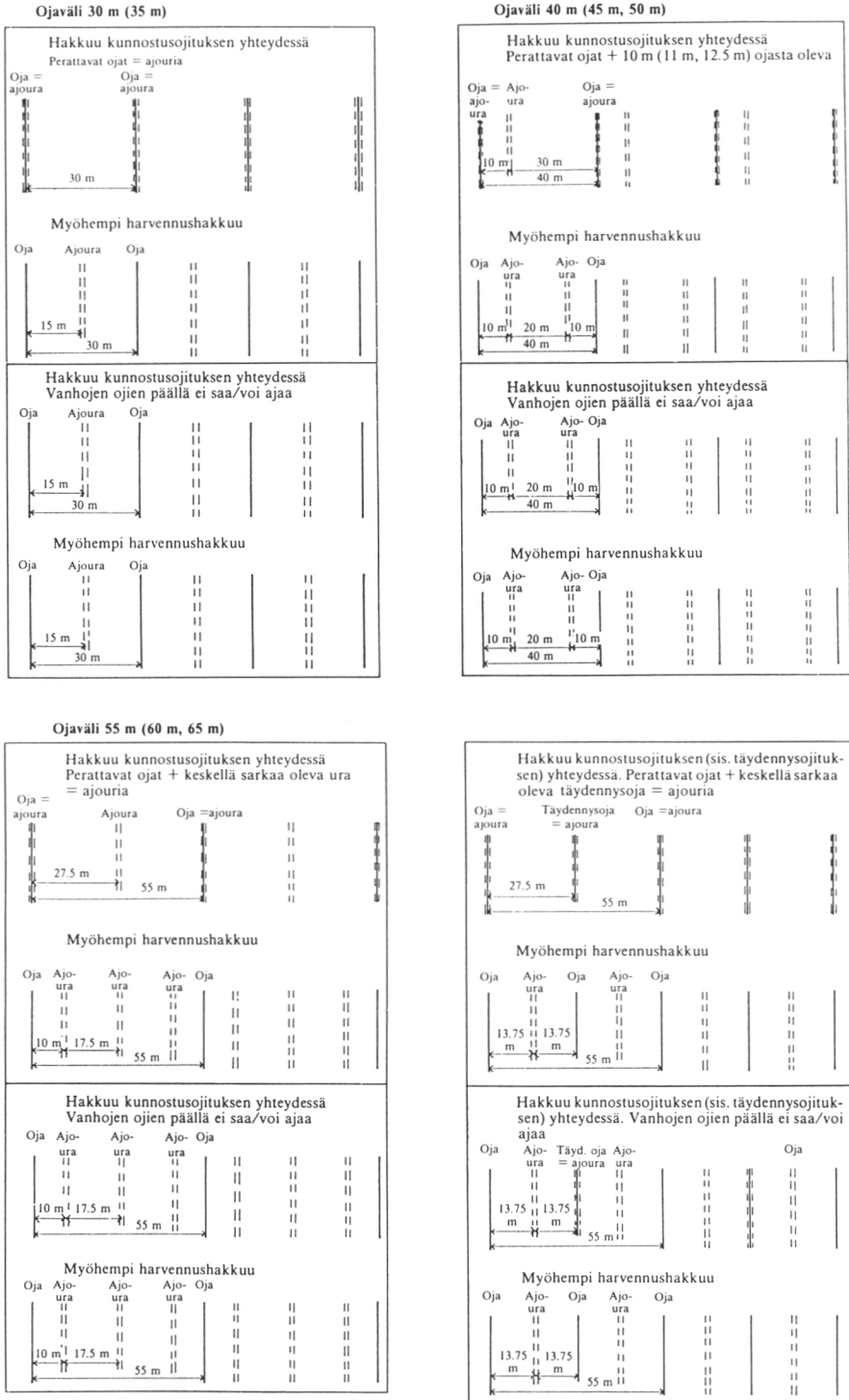
nen, jos kuivatustekniikka sen sallii. Puunkorjuun helpottamiseksi ojitussuunnitelmaan sisällytetään piennartasanteiden, rumpujen ja ajoluiskien rakentaminen. Vedenjakopaikoille jätetään kannaksia ja sarkaojen yläpäät jätetään irti niskaojista, ellei niskaojen vesien johtaminen edellytä ojen yhdistämistä (Ojitusalueiden... 1989).

Metsätehon toimintamallissa kuvataan lisäksi, miten ajourat tulisi suunnitella kunnostusojituksen yhteydessä tehtäviä harvennushakkuita varten, silloin kun sarkaleveydet vaihtelevat (kuva 8). Ennen kunnostusojitusta luodaan perusteet myös kunnostusojituksen jälkeen tapahtuvan puunkorjuun suunnittelulle. Ojitusalueilla pyritään puuston kiertoajan kuluessa 2—3 harvennuskertaan, minkä vuoksi leimikon tiheys voi korjuun jälkeen olla hieman pienempi kuin kangasmaiden harvennushakkuissa (Ojitusalueiden... 1989).

Malli edellyttää, että täydennysojia ei tehdä vanhoille ojitusalueille, joiden sarkaleveys on 55 metriä tai sitä pienempi. Ajouran tekeminen ojan päälle on kielletty, jos ojaa ei perata tai se on upottava. Ajouran tekeminen ojan viereen on myös kiellettyä, koska ojaan joutuu helposti hakkuutähteitä ja paras kasvualusta tuhlautuu ajouran pohjaksi. Oja-aukon leveyden tulee olla vähintään 5 metriä ja puut on ehdottomasti korjattava ennen ojitusta (Ojitusalueiden... 1989).

Taulukko 9. Ojitusalueiden puunkorjuun suunnittelun toimintamalli (Matilainen 1988).

	Toteutusvuosi
1 Suunnitelmat	
- Metsätiesuunnitelma	-3
- Metsäojitussuunnitelma	0
- Muut metsänparannussuunnitelmat	0
2 Kulkuyhteyksien rakentaminen	
- Metsätiet ja varastopaikat	-2-0
- Piennartasanteet ja rummut	0-3
3 Puunkorjuun suunnittelu ja puunkorjuu	0-3
4 Ojitusta edeltävät työt	0-3
5 Ojitus ja ojitusmätästys	1-3
6 Lannoitus	5-8



Kuva 8. Ojaston ja ajouraston suunnittelun perusteet ennen kunnustusojitusta tehtävissä ja kunnustusojituksen jälkeisissä harvennushakkuissa (Ojitusalueiden... 1989).

363. Korjuutekniikka ja kalusto

Ojitusleimikot hakataan yleensä miestyönä, oli kyseessä sitten hankinta- tai pystykauppa. Puuston rakenteesta ja ojista johtuvat epäsäännölliset ajourat tekevät usein puutavaran kasauksesta raskaan. Hakkuun jälkeen ojiin ei saa jäädä tähteitä, joten suunnattu kaato ojista pois päin kohti ajouria on usein perusteltu vaihtoehto, samoin kuin pitkän kuitupuun kasaus vyöhykkeelle. Pystykaupoissa hakkuun ja metsäkuljetuksen välinen aikaero edellyttää yleensä erillistä työmitausta tekomiehen hakkuupalkan määrittämiseksi (Högnäs 1985, Matilainen 1988).

Metsänomistajien omatoiminen puunkorjuu tapahtuu yleensä maataloustraktorilla, jonka lisävarusteena on peräkärri, reki ja puomikuormain. Myös laahusuontovarusteet voivat tulla kysymykseen. Omatoimisessa puunkorjuussa vetävällä perävaunulla varustettu nelivetotraktori on osoittautunut maasto-ominaisuksiltaan hyväksi (Matilainen 1988).

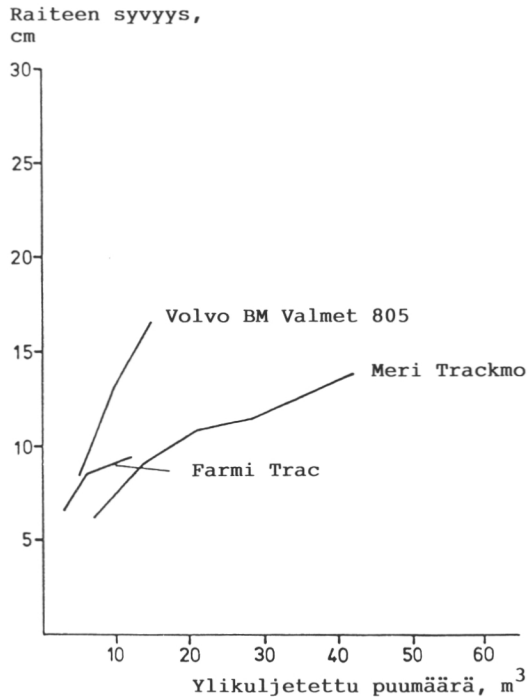
Yksityismetsänomistajien keskuudessa raskaan kaluston aiheuttamia maastovaurioita on pelätty jopa niin, että harvennuksista on pidättäytytty. Hakkuukone voi kuitenkin havuttaa eteensä kulkua helpottavan patjan. Toisaalta hakkuukoneet aiheuttavat vähemmän painumia kuin kuljetustraktorit.

Ojanvarsipuuston suojeleminen konekalustolta on tärkeää. Oja-aukon leveysuusositus on tällä hetkellä 5 metriä, joten hakatut aukot vievät runsaasti kasvutilaa (Keltikangas 1971). Reunavaikutus toisaalta parantaa niin ojanvarsipuuston kuin ajourien varrellakin olevien puiden kasvua (Heikurainen 1980b, Sirén 1990). Metsänomistajien mielestä tätä kasvultaan parasta puustoa ei saisi hakata pois.

Vaikka perinteisen pyörätraktorin kulkukelpoisuutta on saatu parannetuksi pienentämällä koneen omaa painoa ja kehittämällä telejä, renkaita ja teloja pintapaineen pienentämiseksi, kaivataan nimenomaan suo-oloihin suunniteltuja erikoiskoneita lähikuljetukseen (Heikka 1985). Meri Trackmo -telatraktorilla päästiin puunkorjussa lähes samoihin käyttötuntituotoksiin kuin varsinaisilla metsätraktoreillakin. Samalla juuristovauriot jäivät vähäisiksi ja telastot säästivät ojastoa (kuva 9).

Telamaasturit ovat mahdollinen ratkaisu ojitettujen turvemaiden metsäkuljetuksen korjuuongelmiin. Telamaastureiden alhainen pintapaine mahdollistaa kesäaikaisen puunkorjuun turvemaidella samalla kun raiteenmuodostus ja puustovauriot jäävät metsätraktoreiden aiheuttamia vaurioita pienemmiksi (Takalo ja Väyrynen 1982, Sirén ym. 1985, Eeronheimo ja Heikka 1987, Takalo 1987, Eeronheimo 1991). Telamaasturin kuorma on kuitenkin pieni ja työn tuottavuus jää siitä syystä alhaiseksi, mikä kasvattaa kustannuksia. Metsäteollisuusyritysten viimeaikainen kustannusjahti on iskenyt kipeästi pientraktoreilla tapahtuvaan suopuun korjuuseen.

Isännänlinjan erikoiskoneita varten ajourat voidaan tehdä jopa 2—3 metriä leveiksi (Takalo ja Väyrynen 1982, Takalo ja Myllymäki 1984, Eeronheimo ja Heikka 1987, Takalo 1987). Mikäli samaan koneeseen voitaisiin kytkeä sekä kaivulaite että kuormain, puunkorjuu ja sitä seuraava ojitus saattaisivat parhaiten suojata ojanvarsipuustoa. Kun metsälöt ovat yleensä varsin pieniä, mainitun tyyppinen isännänlinjan konekalusto on perusteltua. Toisaalta metsänomistajien omatoimisen puunkorjuun koneellistaminen on ongelmallista suuren investointitarpeen takia.



Kuva 9. Volvo BM-Valmet 805:n, Meri Trackmon ja Farmi Tracin raiteenmuodostus rämeellä (Sirén ym. 1985).

364. Korjuun ja kunnostusojituksen yhteensovitus

Järkevän hankkeen aikaansaanti edellyttää tavallisesti usean tilan yhteistyötä ojituksessa ja puunkorjuussa. Jo suunnittelu- ja konekaluston siirtokustannusten vuoksi pyritään laajoihin ojitus Hankkeisiin. Leimikkokeskitysten avulla myös puunostajat saivat kustannussäästöjä (Ojitusalueiden... 1989, Metsänparannusohjeisto 1990).

Usean tilan yhteishanketta käynnistettäessä on perusteltua pitää neuvottelu, johon maanomistajien lisäksi osallistuu ojituksen suunnittelija. Neuvottelussa käsitellään ojituksen ohella myös puunkorjuuseen liittyviä asioita. Edellä mainittujen asioiden yhdistäminen edellyttää metsälautakunnan, metsänhoitoyhdistyksen ja puunostajien välistä yhteistyötä kahdessa vaiheessa (taulukko 10).

Kokonaisuutta ajatellen yhteistyö on rajoitettava tietyille tasolle. Mikäli hanke kasvaa liian suureksi, sen toteutus saattaa helposti pitkittyä. Matilaisen (1988) mukaan jo noin kymmenen osakastilan kunnostusojitushankkeessa aikataulussa pysyminen on vaikeaa. Tilojen lukumäärän ohella myös niiden pinta-alat vaikuttavat hankkeiden etenemiseen. Käytännössä kuitenkin korjattavalla puumäärällä ei ole ylärajaa, kunhan vain korjuuaikataulu suunnitellaan realistisesti (Keijo Jylhä, 1991, Pohjanmaan Puu, suullinen tieto).

Taulukko 10. Eri sidosorganisaatioiden toiminta kunnostusojitusalueiden puunkorjussa vaiheittain (Matilainen 1988).

1. VAIHE: YHTEISTOIMINNAN PERIAATTEISTA SOPIMINEN

- ojituksen ja ojitusalueiden puunkorjukseen liittyvä organisaatioiden välinen tiedonkulku ja yhteydenpito
- puukaupalliset pelisäännöt
- puunkorjuun pelisäännöt
- aikataulu ja työjärjestys
- työnjako
- keskinäinen ammattiapu

2. VAIHE: YHTEISTOIMINTA HANKKEESSA

- hankkeen sisältö; työmäärät ja hakkuumäärät
 - hankkeen työaikataulu; puunkorjuu ja ojitus
 - hankkeen puukauppatilanne; tehdyt pysty- ja hankintakaupat, ostotoiminnan jatkotoimet
 - laajan hankkeen jako puunkorjuun osa-alueisiin
 - työnjako; leimaus ja puunkorjuu
 - puunkorjuun taloudellisuuden edellyttämät minimikorjuumäärät
 - korjuumenetelmät
 - mittausmenetelmät
-

4. PÄÄTELMÄT JA TUTKIMUSTARPEET

Vanhon ojitusalueiden kunnosta huolehtimalla voidaan edistää ja ylläpitää suopuuston kasvua ja elivoimaisuutta. Kunnostusojituksen avulla voidaan varautua lisäksi ennustettuun ilmaston lämpenemiseen ja sen mukanaan tuomaan kasvukauden sadannan lisääntymiseen.

Metsä 2000 -ohjelman mukaan vuotuinen kunnostusojitustarve vuoteen 2005 asti on noin 120 000 hehtaaria. Suurin suoritettarve on 1960-luvun ojastoilla. Työmuodoittain tarkasteltuna ojien perkaustarve on suurempi kuin täydennysojitustarve. Nykyisen kaivukaluston puolesta kunnostusojitukset on mahdollista toteuttaa, mutta suoritettavoitteiden saavuttamisen esteenä ovat ennen kaikkea niukat rahoitusresurssit.

Kunnostusojitustutkimus on vasta alkuvaiheessa. Tästä johtuen käytännön organisaatioilta puuttuu tutkimustietoon perustuva toimintaohjeisto. Lisäksi käynnissä olevista kenttäkokeista saadaan tietoa vasta pitkällä aikavälillä.

Kunnostusojituksen työmuotojen vaikutusta suon hydrologiaan ja puuston kasvuun on tutkittu Metsäntutkimuslaitoksessa vuodesta 1982 lähtien. Tutkimuksen avulla pyritään selvittämään milloin kunnostusojitus on tarpeen ja miten se kussakin tapauksessa tulisi toteuttaa.

Päiväsen ja Ahdin (1988) sekä Olkinuoran (1990) mukaan täydennysojitus ja ojanperkaus yhdessä alentavat pohjavesipintaa enemmän kuin pelkkä perkaus tai täydennysojitus. Puuston kasvu on ollut paras rämemänniköissä, joissa on tehty sekä perkaus että täydennysojitus (Olkinuora 1990). Vaihtelu on kuitenkin varsin suurta, ja toisaalta viiden vuoden seurantajakso ei

välttämättä ole riittävä lopullisten johtopäätösten tekemiseen. Tutkimustulokset rajoittuvat yksistään rämemänniköihin, eikä korpisoista ole tietoa olemassa. Uutta tutkimustietoa tarvitaan lannoituksen vaikutuksesta kunnostusojitusalueen puustoon ja hydrologiaan sekä lannoituksen ja kunnostusojituksen keskinäisestä ajoituksesta.

Kunnostusojitusalueiden ojien kunnan säilymistä ei myöskään ole tutkittu. Säännöllisesti inventoitavien SINKA-koealojen mittaustietojen perusteella voidaan alustavasti selvittää ojien kuntoa ja siihen vaikuttavia tekijöitä. Näitä ovat muun muassa puuston tilavuus, suotyyppi, ojitussajankohta, ojatyyppi, maaston kaltevuus ja kaivutapa (Penttilä ja Honkanen 1986).

Ennustetun ilmaston muutoksen seurauksena ehkä lisääntyvä touko-elokuun sadanta saattaa vaatia sarkaleveyden pienentämistä. Tätä ilmaston muutoksen, suoekosysteemin ja kunnostusojituksen välistä monisäikeistä tutkimusongelmaa on tietyin varauksin mahdollista yrittää ratkaista ekologisten simulointimallien avulla (Binkley ja Larson 1987, Kellomäki ym. 1988, Lauhanen ym. 1989, Miina ym. 1991).

Kunnostusojituksen tekniikkaa ajatellen olisi tärkeätä selvittää, voidaanko koneellinen perkaustarve välttää ojien jatkuvalla kunnossapidolla käsityövälineillä. Jatkuva kunnossapito estää puuston kasvun taantumista, töiden viivästymisen ja tasaa töiden ruuhkahuippuja. Samalla sen uskotaan edistävän vesiensuojelua. Siksi on tarpeen inventoida vanhoja kunnossapidettyjä ojitusalueita ja tehdä manuaalisia ojanpohjauskokeita. Tämän ohella on tarpeen pyrkiä kehittämään myös vaihtoehtoinen, kevytrakenteinen ojanpohjauskone ja selvittää sen soveltuvuutta ojien jatkuvaan kunnossapitoon.

Kaivukoneet ovat yleistyneet metsäojituksessa, koska ne soveltuvat myös muihin metsänparannustöihin. Alustavasti niiden tuottavuus on parempi kuin kaivureiden (Salo 1987). Lisääntynyt tuottavuus voi kuitenkin tapahtua työn laadun sekä ojanvarsipuuston kunnan kustannuksella. Tämän vaaran välttämiseksi on tarpeen tehdä eri konetyypeistä vertailevia työntutkimuksia, joissa selvitetään kaivukoneiden ja kaivureiden tuottavuutta, työnjälkeä, kaivutyön puustovaurioita, koneiden ergonomiia, kustannuksia sekä koneen kuljettajien välisiä eroja. Työntutkimusten ohkeen on tarpeen liittää myös kaivu- ja valumavesien laadun tarkkailu.

Kaivutyöntutkimusten ja laitekehittelyn ohella on tarpeen kehittää kevyttä puunkorjuukalustoa ojanvarsipuiden suojelemiseksi. Suometsien tämänhetkinen pienikokoinen puusto ja huonosti kantava maasto edellyttävät jo sinällään kevyttä kalustoa. Ilmaston lämmitessä sulan maan aikana tapahtuvan puunkorjuun oletetaan yleistyvän. Toisaalta sarkojen halkomista pyritään välttämään, koska liian suuri ojatiheys vähentää tehokasta kasvualaa. Kevyen korjuukaluston kehitystarvetta puoltavat lisäksi yleiset työllisyys- ja ympäristönäkökohdat.

Kunnostusojituksen vaikutuksista alapuolisten vesistöjen kiintoaine- ja ravinnekuormitukseen ei ole olemassa tutkimustuloksia. Yleisesti kunnostusojituksen vesistövaikutusten arvellaan olevan lievempiä kuin uudisojituksessa. Metsäntutkimuslaitos osallistuu METVE-projektiin, jonka tavoitteena on vuosien 1990—1995 aikana selvittää myös kunnostusojituksen vesistövaikutuksia. Projektissa tarkastellaan erityisesti laskeutusaltaita kiintoainekuormituksen vähentäjinä. Tähän liittyen tarvitaan tietoa altaiden kunnossapidosta ja sulatuksesta (Ahti 1991a,b, Joensuu 1991).

Ongelmaksi on nousemassa vanhojen ojitusalueiden puunkorjuun ja kunnostusojituksen yhteensovittaminen, kun suoritelmäärät lisääntyvät. Vaikeuksia saattaa aiheuttaa lisäksi metsäteollisuuden pyrkimykset kustannussäästöihin keskittämällä ostotoiminta hyvälaatuisiin, mieluummin hakkuukoneella korjattaviin leimikoihin. Toisaalta ojitusalueiden puustojen hyödyntäminen puun energiakäytössä voi lisääntyä jatkossa. Korjuuongelmien ratkaisu edellyttääkin entistä enemmän konkreettista yhteistyötä metsänomistajien ja metsäorganisaatioiden välillä.

Lopuksi kunnostusojituksen koko ongelmakentästä (kunnostusojitustarve, työmuodon valinta, puuntuotantovaikutukset, ympäristövaikutukset sekä eri toimenpiteiden kustannukset) on tarpeen kehittää atk-pohjainen asiantuntijajärjestelmä, jonka avulla yksittäinen päätöksentekijä voi tarkastella eri ojitusvaihtoehtojen valintaa.

KIRJALLISUUS

- Aalto, O. & Manner, E. 1980. Toimenpiteistä vanhoilla ojitusalueilla. *Silva Fennica* 14(2): 196—197.
- Aalto-Kallonen, T. & Kurkela, T. 1985. Gremmeniella disease and the site factors affecting the condition and growth of Scots pine. Seloste: Versosyöpätöä ja ympäristö männyn kuntoon ja kasvuun vaikuttavina tekijöinä. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 126. 28 s.
- Aarne, M., Uusitalo, M. & Herrala-Ylinen, H. (toim.) 1990. Metsätilastollinen vuosikirja 1989. *Folia Forestalia* 760. 246 s.
- Ahti, E. 1988. Hydrologia ja turpeen vesitalous. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 308: 29—39.
- 1991a. Metsätalouden ympäristövaikutukset. Selvitys puuntuotannon ja korjuun eri toimenpiteiden aiheuttamista ympäristövaikutuksista ja niitä koskevasta tutkimustilanteesta. *Käsikirjoitus*. 55 s.
- 1991b. Kunnostusojituksen puuntuotantoja ympäristövaikutukset. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 374: 12—14.
- , Päivänen, J. & Vuollekoski, M. 1988. Kunnostusojitus. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 308: 46—55.
- Ahtiainen, M. 1988. Effects of clear-cutting and forestry drainage on water quality in the Nurmes-study. *Suomen Akatemian julkaisuja* 4: 206—219.
- Aldwell, P. H. B. 1990. Impacts of climate change on the New Zealand forestry industry. IUFRO:n kongressi, Montreal, Kanada. *Divisioona 1*: 246—257.
- Alriksson, B-Å. 1990. Ny finsk dikningsmetod skonar vattenmiljön. *Skogen* 12: 28—30.
- Antola, A. 1980. Ojitusalueillakin tarvitaan teitä. *Silva Fennica* 14(2): 201—202.
- 1989. Metsänparannuksella aikaansaadun tuloksen turvaaminen metsäojitusalueilla. Confirmation of the results of forest amelioration of drained peatland forests. *Suo* 40(2—3): 79—85.
- Ari, T. 1985. Metsäojitustöiden maksuperustetutkimus 1984. Metsähallitus. Kehittämisaosto. Hirvas. *Koeselostus* 224. 14 s.

- 1987. AKLM-ojanperkausauran työpöytäinventointi. Metsähallitus. Kehittämisjaosto. Hirvas. Seloste 13. 3 s.
 - 1989a. SUOKKO 300-ojajyrsin. Metsähallituksen kehittämisjaosto. Hirvas. Seloste 8. 7 s.
 - 1989b. Ojien puhdistus miestyönä ojanperkuun jälkeen. Metsähallituksen kehittämisjaosto. Hirvas. Seloste 12. 4 s.
- Arovaara, H., Hari, P. & Kuusela, K. 1984. Possible effect of changes in atmospheric composition and acid rain on tree growth. An analysis based on the results of Finnish National Forest Inventories. Seloste: Ilmakehän ominaisuuksien muutosten ja happaman laskeuman mahdollinen vaikutus puuston kasvuun. Valtakunnan metsien inventointien tuloksiin perustuva analyysi. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 122. 16 s.
- Binkley, C. S. & Larson, B. C. 1987. Simulated effects of climate warming on the productivity of managed northern hard wood forests. Teoksessa: Kairiuktis, L., Nilsson, S. & Straszak, A. (toim.). *Proceedings of the Workshop on Forest Decline and Reproduction: Regional and Global Consequences, Krakow, Poland (23—27 March, 1987)*. IIASA, A—2361 Laxenburg, Austria. s. 223—230.
- Eeronheimo, O. 1985. Suometsien hakkuumahdollisuudet. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 188. 22 s.
- 1991. Suometsien puunkorjuu. Summary: Forest harvesting on peatlands. *Folia Forestalia* 779. 29 s.
 - & Heikka, T. 1987. Kokemuksia telamaastureiden käytöstä metsäkuljetuksessa. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 250: 18—35.
- Epalts, A. 1990. The impact of mechanized thinnings on the remaining stand. Teoksessa: Sirén, M. (toim.). *Machine design and working methods in thinnings*. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 355: 11—21.
- Eronen, J. 1984. Suonojitus ja puun saanti. Peatland drainage and wood production. *Suo* 35(1): 9—12.
- Grassl, H. von. 1987. Klimaänderung durch erhöhte Spurenstoffgehalte in der Atmosphäre. *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 106: 236—248.
- Hakkila, P., Kanninen, K. & Mäkinen, P. 1989. *Metsäkoneurakoitsija*. Gummerus. Jyväskylä. 93 s.
- Harstela, P. 1984. Johdatus metsäteknologiaan ja -työtieteeseen. Joensuun yliopisto. *Metsätieteellinen tiedekunta. Silva Carelica* 2. 119 s.
- Heikka, T. 1985. Meri Trackmo -telatraktori suopuuston harvennuksessa. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 207. 38 s.
- Heikurainen, L. 1960. *Metsäojitus ja sen perusteet*. WSOY. Porvoo. 378 s.
- 1961. Metsäojituksen vaikutuksesta puuston kasvuun ja poistumaan. Hakkuusuunnitteiden laskemista varten. Summary: The influence of forest drainage on growth and removal in Finland. For estimation of allowable cut. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 71(8): 1—71.
 - 1980a. *Metsäojituksen alkeet*. Gaudeamus. Helsinki. Toinen uudistettu painos. 284 s.
 - 1980b. Kuivatuksen tila ja puusto 20 vuotta vanhoilla ojitusalueilla. Summary: Drainage condition and tree stand on peatlands drained 20 years ago. *Acta Forestalia Fennica* 167. 39 s.
 - & Päivänen, J. 1970. The effect of thinning, clear cutting, and fertilization on the hydrology of peatland drained for forestry. Harvennuksen, avohakkuun, ja lannoituksen vaikutus ojitetun suon vesioloihin. *Acta Forestalia Fennica* 104. 23 s.
 - & Seppälä, K. 1973. Ojitusalueiden puuston kasvun jatkumisesta ja alueellisuudesta. Summary: Regionality and continuity of stand growth in old forest drainage areas. *Acta Forestalia Fennica* 132. 36 s.

- & Joensuu, S. 1981. Metsäojituksen hydrologiset seurausvaikutukset. Summary: The hydrological effects of forest drainage. *Silva Fennica* 15(3): 285—304.
- , Kenttämies, K. & Laine, J. 1978. The environmental effects of forest drainage. Metsäojituksen ympäristövaikutukset. *Suo* 29(3—4): 49—58.
- Heino, E. E. 1980. Vanhojen ojitusalueiden vesitalouden parantaminen Metsähallituksen metsissä. *Silva Fennica* 14(2): 203—205.
- Huikari, O. 1958. Metsäojituksen koneellistamisesta. Deutsches Referat: Über die Mechanisierung der Waldentwässerung. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 49(7): 1—93.
- 1988. Metsäojitusmenetelmien kehitys. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 308: 40—45.
- , Muotiala, S. & Wäre, M. 1963. Ojitusopas. Kirjayhtymä. Helsinki. 257 s.
- Högnäs, T. 1985. Ojitusalueiden puunkorjuu. *Metsähallitus. Kehittämisjaosto. Hirvas. PM* 13. 27 s.
- Hökkä, H. & Laine, J. 1988. Suopuustojen rakenteen kehitys ojituksen jälkeen. Summary: Post-drainage development of structural characteristics in peatland forest stands. *Silva Fennica* 22(1): 45—65.
- Ilmastonmuutoksen vastatoimet pohjoisen havumetsävyöhykkeen metsissä. 1990. Response strategies in boreal forests. Luonnonvarainneuvosto. Maa- ja metsätalousministeriö. Helsinki. Luonnonvarajulkaisuja 13. 46 s.
- Isomäki, A. & Kallio, T. 1974. Consequences of injury caused by timber harvesting machines on the growth and decay of spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). Seloste: Puunkorjuukoneiden aiheuttamien vaurioiden vaikutus kuusen lahoamiseen ja kasvuun. *Acta Forestalia Fennica* 136. 25 s.
- Joensuu, S. 1991. Metsäojitus ja laskeutusaltaat. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 387: 41—51.
- Jokela, S. 1991. Kunnostusojituksen ympäristövaikutukset -kommenttipuheenvuoro. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 374: 15—18.
- Kangas, J. 1991. Menetelmä metsäojitusvaihtoehtojen hyötyvertailuun. A method for utility comparison of forest drainage alternatives. *Suo* 42(3—4): 49—59.
- Karjalainen, T. , Kellomäki, S. , Lauhanen, R. & Tuovinen, J. 1991. Ilmaston muutoksen vaikutukset metsä-ekosysteemiin ja metsän käyttöön: mekanismeja ja kehityssuuntia. Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta. *Silva Carelica* 19. 157 s.
- Karsisto, K. 1974. Ojituksen ja metsänlannoituksen vaikutus vesien saastumiseen. Pyhäkosken tutkimusaseman tiedonantoja 13. 33 s.
- Kellomäki, S. , Kolström, T. & Hänninen, H. 1988. Model computations on the impacts of the climatic change on the productivity and silvicultural management of the forest ecosystem. Tiivistelmä: Ekologiseen malliin perustuvia laskelmia ilmaston muutoksen vaikutuksesta metsän uudistamiseen ja kasvatukseen. *Silva Fennica* 22(4): 293—305.
- Keltikangas, M. 1971. Sarkaleveyden vaikutus ojitusinvestoinnin taloudelliseen tulokseen. Summary: Effects of drain spacing on the economic results of forest drainage investments. *Acta Forestalia Fennica* 123. 70 s.
- , Laine, J. & Seppälä, K. 1986. Vuosina 1930—78 metsäojitetut suot: ojitusalueiden inventoinnin tuloksia. Summary: Peatlands drained for forestry in 1930—1978: Results from field surveys on drained areas. *Acta Forestalia Fennica* 193. 94 s.

- Kettunen, L., Mukula, J., Pohjonen, V., Rantanen, O. & Varjo, U. 1987. The effect of climatic variations on agriculture in Finland. Teoksessa: Parry, M. L., Carter T. R. & Konijn, N. T. (toim.). The impacts of climatic variations on agriculture. Vol. 1. Assesments in cool temperate and cold regions. International Institute for Applied System Analysis. Laxenburg, Austria. 90 s.
- Kimball, B. A. 1985. Adaptation of vegetation and management practices to a higher carbon dioxide world. Teoksessa: Strain, B. R. & Cure, J. D. (toim.). Direct effects of increasing carbon dioxide on vegetation. U.S. Dep. of Energy. Carbon Dioxide research Division. Washington, D.C. 20545. s. 185—204.
- Kokkonen, J. 1991. Metsäojitus. Tapion taskukirja. 21. uudistettu painos. Kustannusosakeyhtiö Metsälehti. Gummerus. Jyväskylä. s. 189—198.
- Konstantinov, V. K. & Suhorukova, L. J. 1980. Metsäojituksen vaikutus jokien ja vesistöjen likaantumiseen. *Silva Fennica* 14(2): 177—181.
- , Neradov, V. P. & Cukicev, A. N. 1980. Metsäojien perkauksen koneellistaminen Neuvostoliitossa. *Silva Fennica* 14(2): 182—184.
- Laine, J. 1983. Ilmakuvatulkinta metsäojitusalueiden kunnan ja toimenpidetarpeiden arvioinnissa. Usability of airphoto interpretation in drained peatland forest surveys. *Suo* 34(1): 1—7.
- , Päivänen, J. & Vasander, H. 1991. Metsäojitus ja soiden hiilitase. Teoksessa: Anttila, P. (toim.). Ilmaston muutos ja Suomi — kohti kansallista toimintastrategiaa. Suomen Akatemian julkaisuja 4: 54—61.
- Larsson, S. 1984. Insektsangrepp och trädvitalitet. *Skogsfakta* 3: 21—25.
- Lauhanen, R., Kellomäki, S. & Kolström, T. 1989. Effects of air impurities on forest growth and tree mortality: results based on a computer model. Teoksessa: Kämäri, J., Brakke, D. F., Jenkins, A. Norton, S. & Wright, R. F. (toim.). Regional Acidification Models. Geographical Extent and Time Development. Springer-Verlag. s. 69—87.
- Lilleberg, R. 1990. Possibilities of multi-tree processing in thinnings. Teoksessa: Sirén, M. (toim.). Machine design and working methods in thinnings. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 355: 187—140.
- Lodenius, M. 1983. Ojituksen vaikutuksista kalojen elohopeapitoisuuksiin. The effects of peatland drainage on the mercury contents of fish. *Suo* 34(1): 21—24.
- Lukin, J. 1988. Kuivatustekniikan ja puuston vaikutus pohjavedenpinnan syvyyteen 25 vuotta vanhoilla ojitetuilla rämeillä. Tutkielma. Helsingin yliopisto. 66 s.
- Lukkala, O. J. 1949. Metsäojien kunnossapito. Referat: Die Instandhaltung der Waldgräben. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 36(1): 1—64.
- Mannerkoski, H. 1985. Effect of water table fluctuation on the ecology of peat soil. Tiivistelmä: Vedenpinnan vaihtelun vaikutus turvemaan ekologiaan. Helsingin yliopiston suometsätieteen laitoksen julkaisuja 7. 190 s.
- Matilainen, J. 1988. Ojitusalueiden puunkorjuun ja metsänparannustöiden yhteensovittaminen. Tutkielma. Helsingin yliopisto. 66 s.
- Metsä 2000 -ohjelman pääraportti. 1985. Talousneuvosto. Valtion painatuskeskus. 189 s.
- Metsä- ja turvetalouden vesiensuojelutoimikunnan mietintö. 1987. Betänkande av kommissionen för vattenskydd inom skogs och torvhusållningen. *Komiteamietintö* 62. 344 s.
- Metsänhoito. 1990. Etelä-Suomi. Metsähallitus. 60 s. + 16 liitettä.
- Metsänhoitosuosituksset. 1989. Keskusmetsälautakunta Tapio. Helsinki. 55 s.

- Metsänparannusohjeisto. 1990. Kunnostusojituksen suunnittelu. Keskusmetsälautakunta Tapio. s. 18—27.
- Miina, J., Kolström, T. & Pukkala, T. 1991. An application of a spatial growth model of Scots pine on drained peatland. *Forest Ecology and Management* 41. 265—277.
- Mustonen, S. E. & Seuna, P. 1971. Metsäojituksen vaikutuksesta suon hydrologiaan. Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja 2. 63 s.
- Multamäki, S. E. 1934. Metsäojien mittojen ja muodon muuttumisesta. Über die Grössen und Formveränderungen der Waldgräben. *Acta Forestalia Fennica* 40. 20 s.
- Multamäki, M. 1967. Hakkuukertymän jakautumisesta puutavaralajeihin metsäojitetuilla soilla Etelä-Suomessa. Summary: On the distribution of the cutting quantity into timber product groups in southern Finland. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 64(2): 1—46.
- Niskanen, M. 1977. Edistystä metsäojien perkaustekniikassa. *Suo* 28(4—5): 75—78.
- 1980a. Metsäojien perkauksen koneellistaminen. *Silva Fennica* 14(2): 198—200.
- 1980b. Metsäojitus. Metsänparannustekniikkaja koneet. Forest improvment techniques and machinery. Karisto. Hämeenlinna. s. 17—49.
- 1980c. Metsäojien perkauksen koneellistaminen. *Suo* 31(2—3): 41—44.
- Ojitusalueiden puunkorjuun ja metsänparannustöiden yhteensovittaminen. 1989. Metsäteho. Helsinki. 40 s.
- Olkinuora, M. 1990. Kunnostusojituksen vaikutus pohjavesipinnan tasoon ja puuston kasvuun. Tutkielma. Helsingin yliopisto. 54 s.
- Paavilainen, E. 1991. Puuntuotannon mahdollisuudet Etelä-Suomen soilla. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 374: 8—11.
- & Tiihonen, P. 1988. Suomen suometsät vuosina 1951—1984. Peatland forests in Finland in 1951—1984. *Folia Forestalia* 714. 29 s.
- Penttilä, T. & Honkanen, M. 1986. Suometsien pysyvien kasvukoealojen (SINKA) maastotyöohjeet. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 226. 98 s.
- Pohjola, T. 1983. Puuston vaihtelu ojitusalueiden nuorissa kasvatusmetsissä. Metsähallitus. Kehittämisjaosto. Hirvas. Tutkimusselostus 137. 10 s.
- Päivänen, J. 1980. Metsänhoidollisten toimenpiteiden vaikutus vanhojen metsäojitusalueiden vesitalouteen. *Silva Fennica* 14(2): 214—217.
- 1982. Hakkuun ja lannoituksen vaikutus vanhan ojitusalueen vesitalouteen. Summary: The effect of cutting and fertilization on the hydrology of an old forest drainage area. *Folia Forestalia* 516. 19 s.
- 1990. Suometsät ja niiden hoito. Kirjayhtymä. Helsinki. 231 s.
- & Ahti, E. 1988. Ditch cleaning and additional ditching in peatland forestry - effect on ground water level. Symposium on the hydrology of wetlands in temperate and cold regions vol 1. Joensuu, Finland 6—8 June 1988. *Suomen Akatemian julkaisuja* 4: 184—189.
- Read, D. J. 1968. Some aspects of the relationship between shade and fungal pathogenity in an epidemic disease of pines. *New Phytology* 67: 39—48.
- Reinikainen, A. 1980. Metsänparannustoimenpiteiden tarpeen arviointi vanhoilla ojitusalueilla. *Silva Fennica* 14(2): 210—213.

- Risto, A. 1983. Eri menetelmin vuosina 1975—1977 perattujen ojien kunto eräillä Metsähallituksen työmailla. Metsähallitus. Kehittämisjaosto. Hirvas. Tutkimusselostus 141. 7 s.
- Rummukainen, A. 1984. Peatland properties and their evaluation for wood harvesting. Final report for "Harvesting on peatlands" a research project of the Nordic Research Council on Forest Operations (NSR), 1977—1983. Suon ominaisuudet ja niiden tutkiminen puunkorjuun kannalta. Yhteispuhjoismaisen metsätutkimuksen neuvoston (NSR) "Puunkorjuu turvemailla" -projektin loppuraportti, 1977—1983. Helsingin yliopiston metsätieteiden laitoksen tiedonantoja 45. 119 s.
- Saari-Lahti, M. 1981. Koneiden uppoaminen suometsien korjuussa. Summary: Sinkage of forest machines during harvesting operations on peatlands. *Silva Fennica* 15(3): 323—331.
- Salo, H. 1987. Kaivukoneiden ajankäyttö, tuottavuus ja työnjälki metsäojituksessa. Metsähallitus. Kehittämisjaosto. Hirvas. Koeselostus 239. 26 s.
- Seppälä, K. 1969. Kuusen ja männyn kasvun kehitys ojitetuilla turvemailla. Summary: Post-drainage growth rate of Norway spruce and Scots pine on peat. *Acta Forestalia Fennica* 93. 88 s.
- 1972. Ditch spacing as a regulator of post-drainage stand development in spruce and pine swamps. Seloste: Sarkaleveys korpi- ja rämemetsiköiden ojituksen jälkeisen kehityksen säätelijänä. *Acta Forestalia Fennica* 125. 25 s.
- Silfverberg, K. 1984. Kuivatustehon ja lannoituksen vaikutus rämemännikön kehitykseen. *Suo* 35(4—5): 86—90.
- Silvola, J. 1988. Ojituksen ja lannoituksen vaikutus turpeen hiilen vapautumiseen ja ravinteiden mineralisoitumiseen. Summary: Effect of drainage and fertilization on carbon output and nutrient mineralization of peat. *Suo* 39(1—2): 27—37.
- Sirén, M. 1990. Cost of mechanized thinning to the stand how to evaluate. Teoksessa: Sirén, M. (toim.). Machine design and working methods in thinnings. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 355: 23—40.
- , Högnäs, T. & Parviainen, K. 1985. Erilaisen puutavaran maastokuljetuskaluston suokelpoisuus. Metsähallitus. Kehittämisjaosto. Nro 212. 15 s.
- Suni, J. 1991. Ilmaston muutos edellyttää jatkuvaa sopeutumista. *Metsä ja Puu* 4: 25—26.
- Suokko, S. 1989. Metsänparannus kansantaloudellisesti kannattavaa. *Metsä ja Puu* 9: 33.
- Takalo, S. 1987. Pientelamaasturi puutavaran kuormajuonossa. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 250: 36—50.
- & Väyrynen, S. 1982. Terri-telamaasturi puutavaran maastokuljetuksessa. Abstract: Terri light crawler in timber transport. *Folia Forestalia* 538. 21 s.
- & Myllymäki, T. 1984. Honda-puutarhatriaktori kuormajuonossa. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 161. 34 s.
- Tikkanen, J. 1987. Metsäojien perkauksen taloudellisesti edullisin ajankohta. Teoreettinen määrittäminen ja laskentamenetelmän kuvaus. Tutkielma. Helsingin yliopisto. 103 s.
- Timonen, E. 1971. Auras- ja kaivuriojien koon ja muodon muutoksista. Summary: On the changes of the size and shape of ditches made by plows and tractor diggers. *Silva Fennica* 5(2): 70—95.
- 1983. Havaintoja auras- ja kaivuriojien mitoista ja kunnosta soilla. The size and condition of ditches made by ploughs and tractor diggers in drained peatlands. *Suo* 34(2): 29—39.
- Valk, U. & Kollist, P. 1980. Eräitä metsäojituksen ja ojitusalueiden metsätalouden harjoittamisen kysymyksiä Eestin SNT:ssä. *Silva Fennica* 14(2): 158—163.

- Vasander, H. & Lindholm, T. 1985. Männynversosyöpätuhot Laavio-suon jatkolannoituskoealueella. Damage caused by Pine dieback (*Ascocalyx abietina*) on refertilization trial plots on Laavio-suo, Lammi, southern Finland. *Suo* 36(4—5): 85—94.
- Verry, E. S. 1988. The hydrology of wetlands and man's influence on it. Symposium on the hydrology of wetlands in temperate and cold regions vol 2. Joensuu, Finland 6—8 June 1988. Suomen Akatemian julkaisuja 5: 41—61.
- Vuollekoski, M. 1983. Hydrostaattisella voimansiirrolla varustetun kaivurin soveltuvuus ojienperkaukseen. Summary: Evaluation of a specially developed excavator for forest ditch cleaning. *Folia Forestalia* 578. 13 s.
- Yksityismetsätalouden säädökset. 1988. Keskusmetsälautakunta Tapio. Helsinki. 51 s.
- Yksityismetsätalouden säädökset. 1991. Metsäkeskus Tapio. Helsinki. 43 s.

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja -sarjassa Kannuksen tutkimusasemalta ilmestynyt:

- N:o 98 Jyrki Hytönen. 1983. Vaaka- ja pystyistutuksen vertailua pajunkasvatuksessa. Abstract: Comparison of horizontal and vertical planting of willow cuttings. 14 s.
- N:o 120 Metsäntutkimuspäivä Kannuksessa 15.9.1983. 40 s.
- N:o 132 Ari Ferm ja Jyrki Hytönen. 1984. Säilytyksen vaikutus kosteusnäytteen puun kuivamassan määrittämisessä. Abstract: Effect of sample storage in determination of tree dry mass. 16 s.
- N:o 163 Jyrki Hytönen ja Ari Ferm. 1984. Vesipajun vesojen puuteknisiä ominaisuuksia. Abstract: On the technical properties of **Salix** 'Aquatica' sprouts. 20 s.
- N:o 206 Metsäntutkimuspäivä Kannuksessa 28.11.1985. Forest Research Day at Kannus 28.11.1985. 99 s.
- N:o 245 Jyrki Hytönen. 1987. Lannoituksen vaikutus koripajun ravinnetilaan ja tuotokseen kahdella suonpohja-alueella. Summary: Effect of fertilization on the nutrient status and dry mass production of **Salix viminalis** on two peat cut-away areas. 31 s.
- N:o 250 Metsäntutkimuspäivä Kokkolassa 13.3.1987. Metsäteknologian teemapäivä. 113 s.
- N:o 304 Ari Ferm (ed.). 1988. Proceedings of the IEA Task II meeting and workshops on cell culture and coppicing. In Oulu, Finland, August 24—29, 1987. 115 s.
- N:o 320 Ari Ferm, Jyrki Hytönen, Kimmo K. Kolari & Heikki Veijalainen. 1988. Metsäpuiden kasvuhäiriöt turkistarhojen läheisyydessä. Sammandrag: Tillväxtstörningar i skogsträd i närheten av pälsfarmer. Abstract: Growth disturbances of forest trees close to fur farms. 77 s.
- N:o 322 Ari Ferm & Maire Ala-Pönttiö (toim.). 1989. Metsäntutkimuspäivä Kannuksessa 1988. 96 s.
- N:o 329 Esa Heino. 1989. Suomalainen pajukirjallisuus. Finnish bibliography on willow. 30 s.
- N:o 346 Juha Nurmi & Keijo Polet (ed.). 1990. Measurement and evaluation of wood fuel. Proceedings of the IEA/BE TASK VI Activity 5 Workshop in Jyväskylä, Finland. October 25—27, 1989. 64 s.
- N:o 348 Ari Ferm. 1990. Coppicing, aboveground woody biomass production and nutritional aspects of birch with specific reference to *Betula pubescens*. 35 s. + osajulkaisut.
- N:o 374 Ari Ferm ja Esa Heino (toim.). 1991. Keski-Pohjanmaa — Nouseva metsämaakunta. Metsäntutkimuspäivä Ylivieskassa 14.6.1990. 43 s.
- N:o 391 Ari Ferm ja Keijo Polet (toim.) 1991. Peltojen metsitysmenetelmät. Tutkimushankkeen väliraportti. Developing methods for afforestation of fields. Interim report. 120 s.
- N:o 401 Risto Lauhanen 1992. PATU M 100 -kaivuri metsäojituksessa. Abstract: PATU M 100 excavator in forest drainage. 23 s.

Kannus 1992
ISBN 951-40-1208-9
ISSN 0358-4283