

# Ojien mitoitus kunnostusojituksessa. Kirjallisuustarkastelu

Ditch dimensioning in ditch-network-maintenance areas. A literature review

Markku Saarinen, Timo Silver ja Samuli Joensuu

*Markku Saarinen, The Finnish Forest Research Institute, Parkano Research Station, Kaironiementie 54, FIN-39700 Parkano, Finland (e-mail: markku.saarinen@metla.fi)*  
*Timo Silver, Lounais-Suomi Forestry Centre, Kuralankatu 2, FIN-20540 Turku, Finland*  
*Samuli Joensuu, Forestry Development Centre, Soidinkuja 4, FIN-00700 Helsinki, Finland*

Drainage of pristine mires has been discontinued in Finland and now drainage activity focuses on remedial treatment of old ditch networks on transformed drained mires. In the era of first-time drainage, uniform regulations were applied in the dimensioning of ditches. Also the current national recommendations pertaining to remedial drainage and the dimensioning of ditches corresponds to the old regulations applied in first-time drainage. However, regional organizations have their own directives, and accordingly ditch depths show considerable regional variation. The purpose of this paper is to look for answers to questions which have arisen already some years ago, especially among practitioners responsible for forest-improvement works in non-industrial, private woodlots: Can the service life of ditch networks be increased by means of ditches which are deeper than those implemented at the time of first-time drainage and will this also result in a reduced impact on water ecosystems by reducing the number of remedial actions needed? Is ditch depth in old, well-stocked drainage areas a more important factor than ditch spacing in controlling the drainage depth?

Key words: drainage areas, ditch network maintenance, peatlands

## JOHDANTO

Kunnostusojitus on vanhan ja osittain umpeutuneen ojaverkoston parantamista ojia syventämällä eli perkaamalla tai ojaverkostoa täydentämällä (Lauhanen 1992, Ahti ym. 1995a). Usein kunnostusojitushankkeet sisältävät sekä perkaus- että täydennysojitusta. Kunnostusojitusta koskeva ohjeisto on pitkälti perustunut uudisojituksesta saatuihin kokemuksiin ja niistä tehtyihin olettamuksiin.

Puuston kasvun kannalta optimaalista vesitaloutta ja siihen liittyen kuivatussyvyyttä on tutkittu

pitkään. Kuivatussyvyyteen vaikuttavia ympäristötekijöitä ovat erityisesti ilmasto sekä turpeen ja sen alaisen kivennäismaan ominaisuudet. Kuivatussyvyyteen vaikuttavat luonnollisesti myös ojituksessa käytetty sarkaleveys ja ojasyvyys sekä ojituksen ikääntyessä kehittyvän puuston määrä. Uudisojituksessa sovelletut ojasyvyydet ovat jo 1930-luvun lapiokaivukaudelta alkaen pitkään perustuneet etupäässä turpeen painumisen ennakoimiseen ja sen myötä ojien kunnossa pysymisen edellyttämiin minimimittoihin. Turpeen huonon vedenläpäisevyyden vuoksi ojien syvyydellä ei

alunperin katsottu olevan kovinkaan suurta merkitystä pohjavesipinnan syvyyteen (Lukkala 1947, Heikurainen 1957a, Huikari 1960). Näin ollen metsäojituksen kuivatustekniikkaan liittyvä tutkimus on keskittynyt lähinnä sarkaleveyskokeisiin (Heikurainen 1959, Huikari 1959, Seppälä 1972). Erilaisia sarkaleveyden ja ojasyvyyden yhdistelmiä on tarkasteltu Suomessa uudisojituksen osalta vain teoreettisen optimikuivatusteorian näkökulmasta (Heikurainen 1964, Heikurainen ym. 1964, Heikurainen 1967a, 1967b) sekä yhden kenttäkokeen perusteella (Huikari ym. 1966, Ahti 1987). Vanhoilla käytännön uudisojitusalueilla on tehty myös otantaan perustuvia selvityksiä sarkaleveyden ja ojasyvyyden vaikutuksista kuivatukseen ja puuston kasvuun (Heikurainen 1980, Laine 1986). Puuston kasvun kannalta optimaalista turvemaan vesitaloutta ei ole kuitenkaan yleispätevästi pystytty selvittämään (Päivänen 1990, Vompersky & Sirin 1997).

Koneellisen metsäojituksen alkuvaiheissa 1950-luvulla eri ojitajien käsitykset taloudellisesti tarkoituksenmukaisimmasta kuivatusojien koosta ja muodosta vaihtelivat suuresti. Käytäntö yhtenäistettiin 1962 annetulla ja yhteisesti sovitulla suosituksella (Raitasuo ym. 1962). Tilanne on josain määrin vastaavanlainen myös nykyisissä kunnostusojituksissa. Ojien syvyys vaihtelee eri metsäalan organisaatioissa. Metsähallituksen ohjeiston mukaan uudisojituksessa sovellettu ojien syvyys (60–90 cm) on riittävä myös kunnostusojituksessa (Puuntuottamisen suunnittelu- ja toteutamisohjeisto 1988). Ojien ”tarpeetonta” syventämistä pyritään välttämään ja yleisesti katsotaan myös uudisojitusvaihetta jonkin verran matalampien ojien olevan riittäviä (Hokajärvi 1997, Metsähallituksen kunnostusojitusta koskevat toteutusohjeet 1997). Metsäkeskukset ovat tähän mennessä pääosin vastanneet yksityismailla kunnostusojitushankkeiden suunnittelusta ja toteutuksesta. Ojien mitoituksessa on näillä hankkeilla periaatteessa noudatettu Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion toimintaohjeita, joista viimeisin on vuodelta 1993 (Metsänparannusohjeisto). Ohjeiden mukaiset ojasyvyydet voivat vaihdella 60–90 cm:iin. Ojasyvyyden valintaan vaikuttavat lähinnä maalaji ja turpeen paksuus sekä maaston kaltevuus. Soistuneilla kankailla ja ohutturpeisilla soilla katsotaan kuivatuksen kannalta 60 cm:n ojasyvyys riittäväksi. Helposti liettyvillä maalajeilla ojat tulisi suosi-

tusten mukaan kaivaa loivaluiskaisiksi. Tapion suosituksissa ei ojan syvyyden osalta tehdä eroa perkaus- ja täydennysojien välille.

Tapion suositukset ovat koskeneet kaikkia valtion tukemia kunnostusojituksia, mutta ne eivät sido toteuttajatahoja. Maakunnallisissa metsäkeskuksissa ojamitoituksen käytäntö on osoittautunut kirjavaksi, ja eräiden metsäkeskusten vaatima normisyvyys onkin noin 20 cm Tapion suosituksia suurempi. Lounais-Suomen metsäkeskuksen alueella Satakunnassa ojien tavoitesyvyydet ovat 0,9 m, 1,0 m ja 1,1 m turvepaksuuden ollessa vastaavasti alle 30 cm, 30–80 cm tai yli 80 cm (Eskola & Silver 1990). Etelä-Pohjanmaalla noudatetaan periaatteessa Tapion suosituksia, mutta tarkastuksissa hyväksytyjen ojasyvyyksien vaihtelu on huomattavasti Tapion suosituksia laajempi (Kuusela 1991). Metsäyhtiöiden kunnostusojituksissa ainakin A. Ahlström Satakunnassa on kaivattanut omilla maillaan selvästi Tapion suosituksia syvempiä oja.

Tapiossa tehtiin vuonna 1996 työnlaadun seurantarastarkastuksiin liittyvä selvitys ojien mitoitus-suositusten toteutumisesta yksityismaiden kunnostusojitushankkeilla (Joensuu, S., julkaisematon käsikirjoitus). Kyseessä oli otanta kahdentoista metsäkeskuksen alueella kolmen viimeisimmän vuoden aikana valmistuneista hankkeista. Selvityksen mukaan valtaosalla ojitushankkeista ojasyvyys ylittää Tapion suositukset. Suositusnormit ylittyvät erityisesti ohutturpeisilla (turvetta alle 30 cm) kohteilla, joilla kivennäismaasta johtuva eroosioriski on suurimmillaan.

Tämä kirjoitus on syntynyt ajatuksista, joiden mukaan ojitusalueilla on pyrittävä mahdollisimman harvoin toistuviin harvennuksiin ja kunnostusojituksiin. Ojitusalueiden hakkuut ja kunnossapito on Suomessa hoidettu huonosti. Näillä näkymin on vaikea uskoa tilanteen tulevaisuudessaan ratkaisevasti paranevan (Silver & Saarinen 1995). Siksi harvennusten tulisi olla voimakkaita ja kaikki ojaverkoston kunnossapitoon ja korjuulojen parantamiseen liittyvät työt tulisi toteuttaa siten, että tavoitteena on toimenpiteiden mahdollisimman pitkäaikainen vaikutus. Kunnostusojituksen tehokkuuteen liittyen ojien mitoitus ei nykyisin ole enää taloudellisesti merkittävä tekijä. Ojitustyömailla käytettävien kaivureiden tehokkuudesta ja laajalti sovelletusta ”kolmen kauhapiston” kaivutekniikasta johtuen ojakoon muutok-

set eivät ole olennaisesti vaikuttaneet useimmiten vapaan urakkakilpailun perusteella määräytyviin urakkahintoihin.

Edelliseen liittyen kirjoituksessa etsitään vastauksia kysymyksiin, joita erityisesti yksityismaiden metsänparannustoiminnasta vastaavien ammattilaisten keskuudessa on pohdittu jo useiden vuosien aikana: Voidaanko uudisojitukselta omaksuttua mitoitusta syvemmällä ojilla lisätä ojaverkoston toiminnallista ikää ja samalla torjua vesistökuormitusta vähentämällä tarvittavien kunnostuskertojen määrää? Onko ojan syvyys käytännössä sovellettavaa sarkaleveyttä (30–60 m) määräävämpi tekijä kuivatussyvyyden säätelyssä vanhoilla puustoisilla ojitusalueilla ja saadaanko suuremmasta kaivussyvyydestä hyötyä myös kuivatus-tehon olennaisena lisääntymisenä?

Näitä kysymyksiä lähestytään esittämällä nykyinen tietämys ojan koon ja sarkaleveyden vaikutuksista ojitusalueen vesitalouteen, puuston kasvuun, ojaverkoston kunnossa pysyvyyteen sekä vesien suojeluun. Lisäksi tarkastellaan kunnostusojituksen muita ympäristövaikutuksia sekä pohditaan kunnostusojitustekniikan tutkimukseen liittyviä tarpeita ja tavoitteita.

## POHJAVESIPINNAN SYVYYDEN VAIKUTUS PUUSTON KASVUUN

Ojitusalueilla pohjavesipinnan alentaminen lisää puuston kasvua (Huikari & Paarlahti 1967, Heikurainen 1980, Silfverberg 1984, Laine 1986). Positiivinen vaikutus on seuraus turpeen ilmatilan sekä kasvualustan mikrobitoiminnan lisääntymisestä (Paavilainen 1967, 1970, Lähde 1969, Päivänen 1973, Karsisto 1979, Mannerkoski 1985). Puuston kasvun kannalta optimaalista kuivatussyvyyttä on toistaiseksi ollut vaikea arvioida, koska pohjavesipinnan syvyyden osalta vakioituissa kenttätutkimuksissa kasvu on lisääntynyt suurimpiin syvyyksiin (60–70 cm) asti (Huikari & Paarlahti 1967, Silfverberg 1984). Pohjavesipinnan syvyyden ja puuston kasvun riippuvuuden tarkastelua vaikeuttaa myös pohjavesipinnan usein voimakas kasvukautinen syvyysvaihtelu. Varsinkin loppukesän pohjavesitaso onkin keskiarvoa tärkeämpi puiden kasvuoloja määrittävä tekijä (Buss & Zalis 1968, Pelkonen 1975, Vompersky ym. 1975, Päivänen 1984, Mannerkoski 1985).

Pohjavesipinnan syvyyden ja puuston kasvun välisestä riippuvuudesta on vaikea erottaa toisaalta vesitalouden ja toisaalta ravinnetalouden vaikutusta. Syvällä oleva pohjavesipinta vaikuttaa kasvuun myös edistämällä ravinteiden mineralisointumista ja käyttökelpoisten ravinteiden saatavuutta.

Puuston kasvumittauksiin perustuvien kuivatussyvyyskokeiden lisäksi optimaalista pohjavesipinnan syvyyttä voidaan tarkastella myös käyttämällä mittarina turpeen pintakerrosten vesipitoisuutta ja veden sitoutuneisuutta (Heikurainen 1964, Heikurainen ym. 1964, Heikurainen 1967a, 1967b). Pohjavesitaso laskiessa turpeen ilmatila lisääntyy ja vesipitoisuus laskee. Toisaalta pohjavedestä kapillaarisesti nousevan veden kyky korvata puiden juuristokerroksesta haihtuvaa vettä heikkenee huomattavasti pohjavesipinnan saavuttaessa 40–70 cm:n etäisyyden turpeen pintaosista (Päivänen 1973, Ahti 1978). Ilmiö riippuu voimakkaasti turpeen tiheydestä (Paavilainen & Virrankoski 1967, Päivänen 1973). Loppukesän poutakausina pintaturpeen kuivumisen on arveltu hidastavan puuston kasvua ojitusalueilla, joilla pohjavesitaso on laskettu syvälle (Huikari & Paarlahti 1967, Paavilainen 1967, Paavilainen & Virrankoski 1967). Nämä havainnot on tosin tehty pienissä puustoissa ja taimikoissa sekä varsin heikosti maatuneilla turpeilla. Myöhemmissä tutkimuksissa on kuitenkin havaittu maaveden jännitysarvojen olevan kuivinakin kesinä niin alhaisia, ettei veden puutetta voitane pitää puiden kasvua rajoittavana tekijänä (Päivänen 1973, Ahti 1978). Sekä turpeen vedenpidätysmäärittysten että ojitusalueiden puustojen kasvumittausten perusteella on päädytty siihen, ettei Suomen ilmasto-oloissa käytännön ojitusalueilla jouduta varttuneen puuston kannalta ylikuivatustilanteeseen (Päivänen 1990).

Periaatteessa optimikuivatussyvyys voitaisiin siis määrittää turpeen tiheyden mukaan vaihtelevan vedenpidätyskyvyn ja turpeen kapillaarisuuden perusteella. Kasvien kasvun kannalta optimaalisena turpeen vesitaloutena on pidetty kosteusoloja, joissa veden sitoutuneisuus eli maaveden jännitys vaihtelee välillä 10–100 kPa (Heinonen 1954, Heikurainen 1967a, 1967b, Päivänen 1973). Ojitusalueen turpeen pintakerroksessa (0–17 cm) tämä edellyttää Heikuraisen (1967) mukaan kuivatussyvyyttä, joka maatuneilla saraturpeilla on 33–64 cm ja heikosti maatuneilla ( $H_{1-2}$ ) rahkaturpeilla vähintään 23 cm ilman määritettyä ylärajaa. Tu-

losten soveltuvuutta ojitusaluepuustojen vesitalousoptimin arviointiin rajoittaa kuitenkin edellä mainittujen maaveden jännitysarvojen yleistettyvyys, sillä lukemat on kopioitu tomaatteja koskevasta tutkimuksesta (Heinonen 1954). Venäläisissä tutkimuksissa Keski-Venäjän erilaisissa ilmastoloissa optimaalista kosteutta ilmaisevan maaveden jännitysarvon alarajan on katsottu olevan 6–10 kPa (Vompersky & Sirin 1997). Tämä raja saavutetaan 50–70 cm:n pohjavesipinnan syvyyksillä.

Edellä mainittuja erilaisia puustoja koskevien tutkimusten tulkintaa ja optimaalisen vesitalouden ratkaisua vaikeuttaa kuitenkin se, että kasvualustan vesitalouden vaikutus puustoon riippuu suuresti sen kehitysvaiheesta. Lähtökohta vesiolojen tarkasteluun on erilainen itävän siemenen, taimikon ja varttuneen metsikön kannalta (Päivänen 1990). Kasvualustan ja puuston ominaisuuksien lisäksi siihen vaikuttavat myös vallitsevat sääolot (Vompersky & Sirin 1997).

#### OJASYVYYDEN JA POHJAVESIPINNAN SYVYYDEN RIIPPUVUUS

Pohjavesipinnan syvyyteen vaikuttavat tärkeimmät kuivatustekniset tekijät ovat ojasyvyys ja sarkaleveys. Ympäristötekijöistä tärkeimpiä ovat ilmasto-olot, turpeen ominaisuudet, turvekerroksen alla olevan kivennäismaan lajitekoostumus ja erityisesti puuston määrä. Useimmiten ojasyvyyden vaikutuksen suuruus pohjavesitasoon riippuu siitä, miten muut kuivatustekniset tekijät ja ympäristöolot vaihtelevat.

Ojasyvyydellä ja sarkaleveydellä on selväpiirteinen yhteisvaikutus. Keskimääräinen pohjavesipinnan syvyys laskee ojasyvyyden kasvaessa, mutta samalla sen ajallinen vaihtelu lisääntyy. Matalilla ojilla ja kapealla sarkaleveydellä voidaan saavuttaa vakaampi pohjavesitaso, kuin pyrittäessä samaan keskimääräiseen pohjavesipinnan tasoon leveämmillä saroilla mutta vastaavasti syvemmillä ojilla. Jälkimmäisessä tilanteessa alivalumakausien pohjavesipinta on keskimäärin syvemmällä. Sen sijaan kevään lumensulamiskauden ja kesäsaateiden aiheuttamat ylivalumat nostavat leveämpien sarkojen pohjavesitason korkeammalle erityisesti saran keskiosissa. Siis mitä leveämpi sarka ja suurempi havaintopisteen etäisyys lähimpään

ojaan, sitä suurempi on havaintopisteen pohjavesipinnan korkeusvaihtelu (Ahti 1987, Hökkä 1997, Vompersky & Sirin 1997). Ojien syventämisellä ojaiston perkauksen yhteydessä vaikutetaan erityisesti kuivien sääjaksojen pohjavesipinnan syvyyteen, kun taas esimerkiksi sarkojen puolittaminen vaikuttaa märkien jaksojen aikana turpeen pinta-kerroksessa tapahtuvaan valuntaan (Ahti 1994, Ahti & Päivänen 1997).

Heikurainen (1967) on sveitsiläisistä tutkimuksista lainattuun matemaattiseen malliin (Richard 1963) perustuen määrittänyt optimikuivatuksen mukaisiin kuivatussyvyyksiin johtavaksi sarkaleveydeksi 23–24 m tasaisen ja keskimääräisen sadannan vallitessa ja ojasyvyyden ollessa 75 cm. Norjassa puolestaan luotiin 1960-luvun lopulla puuttomille ja vähäpuustoisille soille soveltuvat nomogrammit, joiden avulla ilmaistiin eri kuivatussyvyyksiin johtavat sarkaleveyden ja ojasyvyyden yhdistelmät (Meshechok 1969, Braekke 1983). Etelä-Norjan ilmasto-oloissa saavutetaan niiden mukaan optimaalinen kuivatussyvyys esim. 75 cm:n ojasyvyydellä ja n. 15 m:n sarkaleveydellä. Vastaaviin kuivatusnormeihin johtavia ojasyvyys- ja sarkaleveysyhdistelmiä on esitetty sovellettaviksi myös Kanadan itärannikolla (Päivänen & Wells 1978).

Meshechokin puuttomilla soilla tekemissä tutkimuksissa kävi ilmi, että ojan syvyyden vaikutus pohjavesipinnan syvyyteen oli sitä voimakkaampi mitä pienempi on sarkaleveys. Alle 30 m:n saroilla 20–30 cm:n ojasyvyyden lisäys vastasi sarkaleveyden kaventamista likimain 10 m:llä. Suomessa ojasyvyyden ja sarkaleveyden vaikutusta tutkittiin ensimmäisenä Metsäntutkimuslaitoksessa (Huikari ym. 1966). Kyseisen tutkimuksen mukaan ojasyvyys vaikutti puuttomalla tai vähäpuustoisella suolla merkittävästi pohjavesipinnan syvyyteen vain alle 30 m:n saroilla.

Ojasyvyyden merkitys pohjavesipinnan syvyyteen lienee vähäinen sellaisilla ohutturpeisilla soilla, joiden pohjamaalaji on hiesu tai savi. Vedenläpäisevyys on savella vain neljäsosa keskinertaisesti maatuoneeseen saraturpeeseen verrattuna (Päivänen 1990). Tällaisilla maalajeilla onkin oleellisempaa huolehtia ojitusmätästyksessä sovellettua menettelyä noudattaen riittävän kapeasta sarkaleveydestä ja siitä, että pintavedet pääsevät esteettä ojiin eikä yhtenäinen ojamaavalli estä veden kulkua.

Ojasyvyydellä ja erityisesti puuston määrällä näyttäisi eräiden tutkimusten perusteella olevan sarkaleveyttä suurempi merkitys vanhojen uudisojitusalueiden pohjavesipinnan syvyyteen, kun tarkastellaan 20–60 metrin sarkaleveyksiä (Heikurainen 1980, Laine 1986). Ojitusalueen kokonaisuutena kasvaa puuston määrän lisääntyessä, joten ojitusalueen pohjavesitaso saattaa pysyä ennallaan, vaikka ojaston kautta valumalla poistuva vesimäärä samalla pienenee ojien madaltumisen johdosta. Vastaavasti kunnostusojituksen jälkeinen pohjavesipinnan syvyyden muutos voi jäädä yllättävän vähäiseksi (Ahti 1994). Teoriassa voidaan toisaalta ajatella, että poikkeuksellisen märkinä kasvukausina ja sienitautien (esim. *Ascocalyx abietina*) vaivatessa puustoa, ojitusalueen vesitalous jää pääosin ojaston varaan. Jos ojat tällaisessa tilanteessa ovat heikossa kunnossa, pohjavesipinta nousee ja puuston kasvu saattaa taantua useiden vuosien ajaksi (Ahti 1991, 1994, Ahti & Päivänen 1997).

Uusimmilla kunnostusojituskoekentillä on ojitusarkojen halkaisulla saatu etenkin Pohjois-Suomessa voimakkaampi kasvulisäys kuin pelkästään vanhojen ojien syventämisellä (Päivänen & Ahti 1988, Ahti 1994, Ahti & Päivänen 1997, Hökkä 1997). Vaikka sekä vanhojen sarkaojien perkaus että sarkojen halkaisu kumpikin erillisinä toimenpiteinä lisäsivät vain vähän pohjavesipinnan syvyyttä, lisäsi jälkimmäinen ilmeisesti edellistä enemmän turpeen pintakerroksessa tapahtuvaa valuntaa ja ylivalumakausien aikaista pohjavesipinnan syvyyttä erityisesti Pohjois-Suomen humidissa ilmastossa. Kyseiset koekentät käsittivät kuitenkin enimmäkseen karuja ja vähäpuustoisia ojitusalueita. Puuston vaikutus pohjavesitasoon oli todennäköisesti heikkoa ja sarkojen halkaisun parempi kasvuvaikeus vanhojen ojien perkaukseen verrattuna johtui erityisesti vanhan saran keskiosissa kasvaneiden puiden voimakkaasta kasvu-reaktiosta (Hökkä 1997).

## OJIEN MATALOITUMISEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

Tärkeimpiä ojien mataloitumiseen vaikuttavia tekijöitä ovat turvekerroksen painuminen, hakku- ja leikkaukset, ojien syöpyminen ja liettyminen, sekä ojia tukkiva kasvillisuus (Kokkonen 1923, 1931, Mul-

tamäki 1934, Saarinen 1935, Lukkala 1948, Tulkki 1949, Heikurainen 1957b). Ojien syöpyymiseen vaikuttaa oleellisesti maalaji. Lajittuneet hiesu-, hieta- ja hiekkamaat ovat herkimpiä syöpymään. Vastaavasti maatuneet turpeet syöpyvät herkemmin kuin maatumattomat turpeet. Syöpymisherkyyteen vaikuttavat lisäksi ojan virtaama sekä ojan pohjan ja ojaluiskan kaltevuus. Myös roudan merkitys hienolajitteilla mailla on ilmeisen suuri ojaa mataloittavana tekijänä. Vaikean routatalven 1995–96 jälkeen havaittiin käytännön metsäojitus-työmailla luiskien sortumista sellaisissakin kesällä 1994 kaivetuissa ojissa, jotka olivat säilyttäneet hyvin muotonsa edellisen talven jälkeen. Myös kaivuajankohdalla on oleellinen merkitys ojan kunnan kannalta. Talvella hienolajitteeseen kivennäismaahan tai maatuneeseen turpeeseen kaivetut ojat routivat ja liettyvät selvästi enemmän kuin kesällä kuivan kauden aikana kaivetut ojat.

Osittain tai kokonaan kivennäismaahan kaivetuissa ojissa ojaluiskien syöpyminen on merkittävin ojan mataloitumiseen vaikuttava tekijä. Ojien syventämisestä saavutettava hyöty saatetaan menettää ojan pohjan liettyessä hienojakoisessa pohjamaassa. Toisaalta jo alunperin 80–90 cm:n ojasyvyydellä lievä ojan mataloituminen on mahdollista ilman merkittäviä vesitalousongelmia. Ojien vähäinen kaltevuus on myös merkittävä oja-verkoston rappeutumiseen vaikuttava tekijä (Lukkala 1948, Heikurainen 1957b). Käytännön kunnostusojitusalueilla tehtyjen havaintojen mukaan kasvillisuus lisääntyy erittäin nopeasti huonolaskuisimmissa sarkaojissa. Tupasvilla- ja rahkasammalkasvustot saattavat karuillakin kasvupaikoilla mataloittaa ojia runsaassa viidessä vuodessa kunnostuksen jälkeen lähes neljänneksen alkuperäisestä syvyydestään.

Uudisojituksen jälkeinen ojien mataloituminen on sitä suurempaa, mitä syvemmäksi ojat on kaivettu (Heikurainen 1957b, 1980b, Isoaho ym. 1993). Ainakin paksuturpeisilla ojitusalueilla tämä johtuu pääosin turvekerroksen painumisesta (Lukkala 1948, Heikurainen 1957b). Kaivussyvyyden suuretkin erot voivat jo kahdessa vuosikymmenessä tasoittua melkein olemattomiksi (Heikurainen 1957b). Koska turvekerroksen painuminen on voimakkainta ojan vieressä ja vähenee huomattavasti siirryttäessä keskisaralle (Lukkala 1948), kohdistuu painumisen kuivatustehoa heikentävä vaikutus lähinnä saran reunaosiin. Kunnostusojituksen yh-

teydessä turpeen painuminen on selvästi vähäisempää, jolloin painuminen ei todennäköisesti aiheuta ojien mataloitumista samalla tavoin kuin uudisojitusalueilla. Kaivusyvyydellä saattaakin olla ojien kunnossa pysyvyyden kannalta huomattavasti pitkäaikaisempi vaikutus kuin uudisojituksessa, syvien ojien mahdollistaessa riittävän kuivavaran myös ojakasvillisuuden kehittyessä.

Ojien mitoitus on turpeen painumisen vuoksi ongelmallista laskuojien kynnyskohdissa, joissa ojat leikkaavat kivennäismaata. Vaikeudet ovat sitä suurempia mitä syvempiä sarkaojia kaivetaan, sillä turpeen painumisen ennakoimiseksi ojan pohjan on kynnyskohdissa oltava vähintään 20 cm yläjuoksun puoleisia ojia syvemmällä. Kynnyskohtien syventäminen onkin kuivatuksen kannalta ratkaisevan tärkeää, mutta kalliokynnysten osalta myös kallista. Käytännön ojitustoiminnassa on huomattavasti vähennetty ojitussuunnitteluun liittyviä pintavaaituksia, jolloin kynnyskohdat jäävät helposti liian korkeiksi.

## OJIEN MITOITUS JA YMPÄRISTÖHAITAT

### Vesien suojele

Vesiensuojelun kannalta olisi tarkoituksenmukaista, että kunnostusojituksessa muutettaisiin mahdollisimman vähän ojien muotoja ja syvyyksiä. Valumaveden kiintoainepitoisuuden kasvu on todennäköisesti tärkein kunnostusojituksen aiheuttama haitta. Siksi suurten ojasyvyyksien käyttö maatumatonta turvetta sisältävillä paksaturpeisilla kunnostusojitusalueilla ei ole niin suuri riskitekijä, kuin hienolajitteisilla eroosioherkillä kivennäismailla (Ahti ym. 1995a, Joensuu 1996). Kunnostusojituksen yhteydessä tulisikin mahdollisimman vähän kaivaa turpeenalaista hienolajitteista kivennäismaata. Kiintoainehuuhtoutumien ympäristövaikutuksia pyritään lieventämään laskeutusaltaila, pintavalunteknikalla tai lietekuopilla. Ojasyvyyden lisääntyessä vesiensuojeluratkaisujen mitoitus jouduttaisiin todennäköisesti tehostamaan.

Tähän mennessä saatujen kokemusten valossa voidaan erilaisten allasratkaisujen merkitystä kiintoaineskuormituksen vähentäjänä pitää pääosin riittävänä karkeiden maalajitteiden ojituskohdeilla. Sen sijaan savi- ja hiesumailla altaiden merkitys

on osoittautunut hyvin heikoksi. Näillä kohteilla tulisi laskeutusaltaiden sijasta pyrkiä muihin ratkaisuihin (Ahti ym. 1995b).

### Muut ympäristövaikutukset

Soiden uudistusojitus ja sitä seurannut suometsätalous ovat aiheuttaneet monella mittarilla mitattuna suurimman luonnonmuutoksen suomalaisessa metsäluonnossa (Reinikainen 1995). Uhanalaisiksi luokiteltavien suolajien osuus kaikista tunnetuista uhanalaislajeista on kuitenkin yllättävän vähäinen (Rassi ym. 1992, Hotanen 1998). Alueekologisessa mittakaavassa soiden ojitus on siitä huolimatta aiheuttanut suuria muutoksia sekä lajiston, kasvupaikkojen että maiseman monimuotoisuuteen (Reinikainen 1984, Hotanen 1998). Jo kertaalleen ojitettujen turvemaiden kunnostusojituskella ei kuitenkaan enää ole samanlaista vaikutusta, vaan muut kuin vesistövaikutuksiin liittyvät ympäristöongelmat liittyvät lähinnä metsän esteettisiin arvoihin ja metsissä liikkumiseen.

Moni luonnossa liikkuva on kokenut uudisojat eräänlaisiksi suoluonnon haavoiksi, jotka vanhoilla ojitusalueilla ovat jo pitkälle "arpeutuneet" ojien hiljalleen umpeutuessa. Niillä soilla, jotka ovat alunperinkin olleet puustoisia, ojaverkoston umpeenkasvu luo mielikuvan luonnontilan vähittäisestä palautumisesta. Kunnostusojituksessa syntyvät uudet syvät ojat korkeine ojamaavalleineen koetaan ehkä jälleen toistuvana maisemallisena ja esteettisenä haittana. Korpikuusikon vanha naveroksi "holvautunut" oja lähes näkymättömiksi maatumine ojamaineen on esimerkki kohteesta, jossa kunnostusojituksen aiheuttama esteettinen muutos on kenties suurimmillaan. Mikäli ojat on lisäksi kaivettu perinteistä uudistusojituksen ojamitoitusta huomattavasti suuremmiksi, korostuvat maisemalliset haitat entisestään ja samalla aiheutetaan merkittäviä liikkumisongelmia. Suuren yli metrin syvyyden ojan pintaleveys saattaa olla lähes kolme metriä, mikä vaikeuttaa liikkumista ojitusalueella.

Puhtaasti metsämaiseman hoidon ja maastossa liikkumisen näkökulmasta olisi siis syytä pyrkiä mahdollisimman pieniin ojiin ja vähäisiin maa-ainemassojen siirtoihin. Hyvälaskuiset, naveroituneet ojaosuudet tulisi kokonaan jättää kaivamatta. Laskeutusaltaiden sijasta tai niiden yhteydessä tu-

lisi kunnostusojitusalueella pyrkiä pintavalutuksen käyttöön aina kun maaston kaltevuus tarjoaa siihen mahdollisuuden. Putouksestaan riittävien maastokynnysten alapuoliset pienet suokuviot voidaan myös ennallistaa luomalla ojat umpeen, jolloin ne toimivat tehokkaina valumavesien suodattajina (Kivipelto 1996).

## PÄÄTELMIÄ JA TUTKIMUSTARPEITA

Puuston kasvun kannalta optimaalinen pohjavesipinnan syvyys ja siinä sallittava vaihtelu puuston eri ikävaiheissa on edelleenkin puutteellisesti tunnettu. Kasvun on havaittu kuitenkin lisääntyvän nuorena männikössä aina 60–70 cm:n pohjavesisyvyyteen asti (Huikari & Paarlahti 1967, Silfverberg 1984). Eri pohjavesitasojen edellyttämästä kuivatustekniikasta on runsaasti tietoa, mutta suurimmalta osaltaan se perustuu avoimien tai vähäpuustoisten soiden uudisojitustutkimuksiin (mm. Huikari ym. 1966, Meshechok 1969, Heikurainen 1980, Braecke 1983). Sama koskee myös tietoa eri sarkaleveys-ojasyvyysyhdistelmien vaikutuksista pohjavesipinnan syvyysvaihteluun (Huikari ym. 1966, Ahti 1987). Eräät vanhoilla ojitusalueilla tehdyt tutkimukset viittaavat siihen suuntaan, että kuivatusteknisistä tekijöistä ojasyvyydellä on ratkaisevin merkitys kuivatussyvyyden säätelyssä (Heikurainen 1980, Laine 1986). Näistä Laineen (1986) aineistossa pohjavesitasoon voimakkaasti vaikuttavan puuston määrän vaihtelu on parhaiten edustettuna (9–251 m<sup>3</sup>/ha) käsittäen myös runsaspuustoisia kohteita. Kyseessä ovat kuitenkin kohteena olleiden ojitusalueiden vallitsevaa kuivatustilaa ja siihen vaikuttavia tekijöitä analysoivat tutkimukset. Kunnostusojituksen ja sitä seuraavan ojasyvyyden ja sarkaleveyden muutosten seurausvaikutuksista on vain yksi tutkimusaineisto (Päivänen & Ahti 1988), painottuen kuitenkin pieni- ja vähäpuustoisempiin ja myös pohjoisempaan sijaitseviin ojitusalueisiin (30–108 m<sup>3</sup>/ha). Siitä saatujen tulosten mukaan sarkaleveyden pienentäminen on ojan perkausta (syventämistä) voimakkaammin pohjavesipintaa alentava ja puuston kasvua lisäävä kunnostustoimenpide (Päivänen & Ahti 1988, Ahti 1994, Ahti & Päivänen 1997, Hökkä 1997).

Käytettävissä olevat tutkimustulokset jättävät siis edelleen osittain avoimeksi kysymyksen ojasyvyyden ja sarkaleveyden vaikutuksesta pohja-

vesitasoon erityisesti runsaspuustoilla ojitusalueilla. Onko niin, että vähäpuustoisten ojitusalueiden hydrologia on enemmän painottunut turvekerroksen pintaosissa tapahtuvaan valuntaan, jolloin sarkaleveyden merkitys kasvaa erityisesti Pohjois-Suomen humidisissa ilmasto-oloissa? Tällöin saattaisi uusien ojien kaivaminen sarkojen keskelle tuottaa käytännössä sovellettavilla 30–60 m:n sarkaleveyksillä paremman tuloksen kuin vanhojen ojien perkaaminen. Mikäli runsaspuustoilla ojitusalueilla valunta olisi puuston latvuspidännän ja haihdunnan vuoksi useammin syvemällä turvekerroksessa tapahtuvaa pohjavesivaluntaa, saattaisi ojien syventäminen vaikuttaa tehokkaimmin pohjavesipinnan syvyyteen. Entä kuinka syviä ojien tällöin pitäisi olla, että toimenpiteellä olisi merkittävä vaikutus pohjavesipintaan ja edelleen puuston kasvuun?

Käytännön ojitustoiminnan yhteydessä on arvioitu, että kuivatuksen tehostumisen lisäksi sarkojien syventäminen paksaturpeisilla ojitusalueilla esim. 1,2 metriin saattaa merkitä seuraavan kunnostusojituksen lykkääntymistä Etelä-Suomen puustoilla soilla aina pätehakkuuseen asti. Tämä edellyttää voimakkaita harvennuksia sekä korjuun vaatimien tehokkaiden kulkuyhteyksien rakentamista kunnostuksen yhteydessä. Kysymys ojituskertojen vähentämisestä on merkittävä erityisesti vesiensuojelun ja metsätalouden kannattavuuden näkökulmasta.

Ojien koon vaikutuksista niiden kunnossa pysyvyyteen on runsaasti tutkimusmateriaalia lähinnä vain uudisojitusta koskien. Turpeen painuminen uudisojituksen merkittävimpänä ojasyvyydestä riippuvana tekijänä on kuitenkin huomattavasti vähäisempi ongelma kunnostusojituksen yhteydessä. Olemassa olevan tiedon perusteella ei ole syytä olettaa ojien syventämisen aiheuttavan kunnossa pysymisen kannalta ongelmia mikäli oja ei yllä kivennäismaahan.

Kunnostusojituksen menetelmiin ja hydrologiaan liittyvää tutkimusta pitäisi jatkossa lisätä runsaspuustoisten puolukka- ja mustikkaturvekankaiden ojitusalueille, jotka käytännön metsätaloudessa ovat tärkeimmässä asemassa ja muodostavat tulevaisuudessakin valtaosan ojitusaluemetsien puuntuotantokapasiteetista. Nämä ojitusalueet ovat myös kaikkein kiireellisimpiä harvennuskohhteita, joiden puustojen käsittely edellyttää ratkaisua ojaverkoston kunnostusmenetelmästä ja tietoa



sen vaikutuksista ojien kunnossapysyvyyteen ja kasvualustan vesitalouteen.

## KIRJALLISUUS

- Ahti, E. 1978. Maaveden energiasuhteista ojitetuilla soilla (Summary: Energy relationships of soil water on drained peat). *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 94(3): 1–56.
- Ahti, E. 1987. Water balance of drained peatlands on the basis of water table simulation during the snowless period. Seloste: Ojitettujen soiden vesitasen arvioiminen lumettomana aikana pohjavesipinnan simulointimallin avulla. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 141. 64 p.
- Ahti, E. 1991. Kunnostusojituksen puuntuotanto- ja ympäristövaikutukset. Julkaisussa: Ferm, A. & Heino, E. (toim.). Keski-Pohjanmaa — nouseva metsämaakunta. Metsäntutkimuspäivä Ylivieskassa 14. 6. 1990. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 374: 12–14.
- Ahti, E. 1994. Kunnostusojituksen vaikutus pohjavesipinnan syvyyteen ja männyn pohjapinta-alan kasvuun karuhkoilla rämemuuttumilla. Julkaisussa: Hytönen, J. & Polet, K. (toim.). Metsäntutkimuspäivä Kälviällä 1994. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 540: 49–58.
- Ahti, E. & Päivänen, J. 1997. Response of stand growth and water table level to maintenance of ditch networks within forest drainage areas. In: Trettin, C. C., Jurgensen, M. F., Grigal, D. F., Gale, M. R. & Jeglum, J. K. (eds.) *Northern Forested Wetlands Ecology and Management*. Lewis Publishers, Chapter 32: 449–457.
- Ahti, E., Alasaarela, E. & Ylitölonen, A. 1995a. Kunnostusojituksen vaikutus ojitusalueen hydrologiaan ja valumavesien ainepitoisuuksiin. Julkaisussa: Saukkonen, S. ja Kenttämies, K. (toim.). Metsätalouden vesistövaikutukset ja niiden torjunta. METVE-projektin loppuraportti. Suomen ympäristö 2 - ympäristönsuojelu, s. 157–168. Helsinki.
- Ahti, E., Joensuu, S. & Vuollekoski, M. 1995b. Laskeutuslaitaiden vaikutus kunnostusojitusalueiden kiintoainehuuhtoutumaan. Julkaisussa: Saukkonen, S. ja Kenttämies, K. (toim.). Metsätalouden vesistövaikutukset ja niiden torjunta. METVE-projektin loppuraportti. Suomen ympäristö 2 - ympäristönsuojelu, s. 139–155. Helsinki.
- Braekke, F. H. 1983. Water table levels at different drainage intensities on deep peat in northern Norway. *Forest Ecology and Management* 5: 169–192.
- Buss, K. K. & Zalitis, P. P. 1968. On groundwater regime of drained forests. In: *Questions of Hydroforestreclamation*, Zinatne Publishers, Riga. p. 51. (In Russian).
- Eskola, M. & Silver, T. 1990. Satakunnan metsälautakunnan työvaatimukset metsäojituksessa. Moniste. Lounais-Suomen metsäkeskus. 2 s.
- Heikurainen, L. 1957a. Metsäojien syvyys ja ojituksen tiheys (I-II) (Summary: Depth and spacing of forest ditches). *Metsätaloudellinen Aikakauskirja* 6: 188–191 ja 7: 233–238.
- Heikurainen, L. 1957b. Metsäojien syvyyden ja pintaleveyden muuttuminen sekä ojien kunnan säilyminen (Summary: Changes in depth and top width of forest ditches and the maintaining of their repair). *Acta Forestalia Fennica* 65(5): 1–45.
- Heikurainen, L. 1959. Tutkimus metsäojitusalueiden tilasta ja puustosta. Referat: Über waldbaulich entwässerte Flächen und ihre Waldbestände in Finnland. *Acta Forestalia Fennica* 69(1). 279 p.
- Heikurainen, L. 1960. Metsäojitus- ja sen perusteet. WSOY. Porvoo. 378 s.
- Heikurainen, L. 1964. Ajatuksia turvemaiden vesitaloudesta (Summary: Thoughts on the water economy of peatlands). *Suo* 15: 37–43.
- Heikurainen, L. 1967a. On the possibilities of optimum drainage in peat lands. *Proceedings of the 14th Congress of the International Union of Forestry Research Organisations*, Section 23: 264–277.
- Heikurainen, L. 1967b. Optimikuiatuksen mahdollisuuksista turvemilla. *Metsätaloudellinen Aikakauslehti* 12/1967: 385–388.
- Heikurainen, L. 1973. Soiden metsänkasvatuskelpoisuuden laskentamenetelmä (Summary: A method for calculation of the suitability of peatlands for forest drainage). *Acta Forestalia Fennica* 131: 1–35.
- Heikurainen, L. 1980. 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 p.
- Heikurainen, L., Päivänen, J. & Sarasto, J. 1964. Ground water table and water content in peat soil. *Acta Forestalia Fennica* 77(1). 18 p.
- Heinonen, R. 1954. Multakerroksen kosteusuhteista Suomen maalajeissa (Summary: Moisture conditions in Finnish topsoils). *Agrogeologia julkaisuja* 62. 82 p.
- Hokajärvi, T. (toim.) 1997. Metsänhoito-ohjeet. Metsähallituksen metsätalouden julkaisuja 10. 58 s.
- Hotanen, J.-P. 1998. Metsänparannuksen vaikutus soiden monimuotoisuuteen. Julkaisussa: Moilanen, M. ym. (toim.). Metsäntutkimuspäivä Pyhäsalalla 1996. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 674: 7–19.
- Huikari, O. 1959. Metsäojitettujen turvemaiden vesitaloudesta. Referat: Ueber den wasserhaushalt waldentwässerter torfböden. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 51(2). 45 p.
- Huikari, O. & Paarlahti, K. 1967. Results of field experiments on the ecology of pine, spruce and birch. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 64(1). 135 p.
- Huikari, O., Paarlahti, K., Paavilainen, E. & Ravela, H. 1966. Sarkaleveyden ja ojasyvyyden vaikutuksesta suon vesitalouteen ja valuntaan (Summary: On the effect of strip-width and ditch depth on water economy and runoff on peat soil). *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 61(8). 39 p.
- Hökkä, H. 1997. Models for predicting growth and yield in drained peatland stands in Finland. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 651. The Finnish Forest Research Institute. Research Papers 651. 45 + 53 p.
- Isoaho, P., Lauhanen, R. & Saarinen, M. 1993. Metsäojien



- jatkuvan kunnossapidon vaikutus ojitusalueiden tilaan Keski-Pohjanmaalla (Summary: Effects of continuous ditch network maintenance on the condition of forest drainage areas in Central Ostrobothnia district). *Suo* 44: 33–41.
- Joensuu, S. 1996. The effect of drainage maintenance on the leaching of suspended solids and nutrients. *Proceedings of the 10th International Peat Congress, 27 May–2 June 1996, Bremen, Germany, Vol 2: 207–218. Stuttgart.*
- Karsisto, K. 1979. Maanparannustoimenpiteiden vaikutuksista orgaanista ainetta hajottavien mikrobin aktiivisuuteen suometsissä. Osa 1. Pohjaveden etäisyyden ja NPK-lannoituksen vaikutus Vilppulan ja Kivalon rämeellä ja korvessa (Summary: Effects of forest improvement measures on activity of organic-matter decomposing micro-organisms in forested peatlands. Part 1. Effect of drainage and NPK-fertilization in the spruce and pine swamps at Kivalo and Vilppula). *Suo* 30: 81–91.
- Kivipelto, A. 1996. Suo suodattaa ravinteita. *Helsingin Sanomat* 21.9.1996. Sivu D1.
- Kokkonen, P. 1923. Tutkimuksia viemärien kuntoon vaikuttavista seikoista (Summary: Studies of the circumstances affecting the condition of drainage canals). *Acta Forestalia Fennica* 27: 3.
- Kokkonen, P. 1931. Tutkimuksia kuivatuksen aiheuttamasta turvekerrosten painumisesta. Referat: Untersuchungen über die durch die Entwässerung verursachte Senkung der Torfschichten. Valtion maatalouskoetöiminnan julkaisuja 40.
- Kuusela, M. 1991. Metsäojituksen otantatarkastuksen arviointiperusteet. *Moniste. Etelä-Pohjanmaan metsäkeskus.* 2 s.
- Laine, J. 1986. Kuivastekniikan, kuivatusvyöyden ja puuston kasvun välisiä vuorosuhteita 25 vuotta vanhoilla rämeojitusalueilla. Tutkimussopimushankkeen "Metsäojitettujen soiden ekologia" loppuraportti. Helsingin yliopisto. Metsäekologian laitos. 49 s.
- Lauhanen, R. 1992. Kunnostusojituksen ongelmat ja tutkimustarpeet. Abstract: Ditch network maintenance, its problems and research needs. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 409. 45 s.
- Lukkala, O. J. 1947. Metsämiehen suo-oppi. Keskusmetsäseura Tapio, Helsinki. Toinen painos. 190 s.
- Lukkala, O. J. 1948. Metsäojien kunnossapito. Referat: Die Instandhaltung der Waldgräben. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 36(1): 1–56.
- Lähde, E. 1969. Biological activity in some natural and drained peat soils with special references to oxidation-reduction conditions. *Acta Forestalia Fennica* 94, 1–69.
- 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: 1–190.
- Meshechok, B. 1969. Tørrlegging av myr ved ulik grøfteavstand og grøftedybde (Summary: Drainage of swamps at different ditch distances and ditch depths). *Meddelelser fra det Norske Skogforsøksvesen.* Nr. 98, Bind XXVII, 227–294.
- Metsänparannusohjeisto. Kunnostusojitus. *Metsäkeskus Tapio, MMM:n ojitusta koskeva ohje* 1993. 18 s.
- Multamäki, S. E. 1934. Metsäojien mittojen ja muodon muuttumisesta. Referat: Über die Grössen und Formveränderungen der Waldgräben. *Acta Forestalia Fennica* 40. 1–20.
- Paavilainen, E. 1967. Männyn juuriston suhteesta turpeen ilmatilaan (Summary: Relationships between the root system of Scots pine and the air content of peat). *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 63(6): 1–20.
- Paavilainen, E. 1970. Astiakoikeita pintalannoituksen vaikutuksesta koivuun, kuusen ja männyn kylvön onnistumiseen muokkaamattomalla kasvualustalla (Summary: On the effect of top dress fertilization on successful seeding of birch, spruce, and pine. Vessel experiments in soil with an untreated surface. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 72(1): 1–37.
- Paavilainen, E. & Virrankoski, K. 1967. Tutkimuksia veden kapillaarisesta noususta turpeessa (Summary: Studies on the capillary rise of water in peat). *Folia Forestalia.* 36. 16 s.
- Pelkonen, E. 1975. Vuoden eri aikoina korkealla olevan pohjaveden vaikutus männyn kasvuun (Summary: Effects on Scots pine growth of water adjusted to the ground surface for periods of varying length during different seasons of the year). *Suo* 26: 25–32.
- Puuntuottamisen suunnittelu- ja toteutusohjeisto. *Metsähallitus* 1988.
- Päivänen, J. 1973. Hydraulic conductivity and water retention in peat soil. Seloste: Turpeen vedenläpäisevyys ja vedenpidätkyky. *Acta Forestalia Fennica* 129. 70 s.
- Päivänen, J. 1984. The effect of runoff regulation on tree growth on a forest drainage area. *Proceedings of the 7th International Peat Congress, 18–23 June 1984, Dublin, Ireland, Vol 3: 476–488.*
- Päivänen, J. 1990. Suometsät ja niiden hoito. *Kirjayhtymä, Helsinki.* 231 s.
- Päivänen, J. & Ahti, E. 1988. Ditch cleaning and additional ditching in peatland forestry – effect on ground water level. In: *Symposium on the hydrology of wetlands in temperate and cold regions, Vol. 1. Publications of the Academy of Finland vol. 4* 1988. 6 s.
- Päivänen, J. & Wells, E. D. 1978. Guidelines for the development of peatland drainage systems for forestry in Newfoundland. *Infor. Rept. N-X-156, Newfoundland Forest Research Centre, Fisheries and Environment Canada, ST. Johns.* 44 pp.
- Raitasuo, K., Suominen, A., Mansner, P. B., Björkvist, E., Huikari, O. ja Heikurainen, L. 1962. Suositus metsäojien mittavaatimusten yhdenmukaistamiseksi. *Suo* 5: 67.
- Rassi, P., Kaipainen, H., Mannerkoski, I. ja Ståhls, G. 1992. Uhanalaisten eläinten ja kasvien seurantaomikunnan mietintö. *Komiteamietintö* 1991:30. Helsinki. 328 s.
- Reinikainen, A. 1984. Suotyypit ja ojituksen vaikutus pintakasvillisuuteen. *Julkaisussa: Jaakkoinen koeojitusalue 75 vuotta (Summary: Jaakkoinen experimental drainage area 75 years).* *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 156: 7–21.

- Reinikainen, A. 1995. Metsäojituksen ja suometsätalouden vaikutus biodiversiteettiin. Julkaisussa: Korhonen, R. (toim). Suoseura ry:n opintoretkeily Pirkanmaalla 5. – 6. 9. 1995, s. 63–68. Geologian tutkimuskeskus.
- Richard, F. 1963. Wasserhaushalt und entwässerung von weideböden. Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für das Forstliche Versuchswesen 39 (5): 247–269.
- Saarinen, E. K. E. 1935. Metsäojien syöpymisestä. Referat: Über die Erosion der Waldgräben. *Communications Institutii Forestalis Fenniae* 20: 7.
- Seppälä, K. 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. 21 p.
- Silfverberg, K. 1984. Kuivatustehon ja lannoituksen vaikutus rämemännikön kehitykseen (Summary: Effects of drainage intensity and fertilization in a pine bog stand). *Suo* 35: 86–90. Helsinki.
- Silver, T. & Saarinen, M. 1995. Hakkuiden tarve ja toteuttaminen yksityismetsien kunnostusajitusalueilla Satakunnassa (Summary: The need for and realization of cuttings in connection with ditch network maintenance in private forests in Satakunta, southwest Finland). *Suo* 46: 55–61.
- Tulkki, V. 1949. Valtaojien syöpymisestä ja liettymisestä hietamaassa. Referat: Über Verschlammen und Auswaschen der Ablaufgräben in Feinsandboden. *Maanviljelysinsinööriyhdistyksen vuosikirja 1949*, s. 89–95.
- Vompersky, S. E. & Sirin, A. A. 1997. Hydrology of drained forested wetlands. In: Trettin, C. C., Jurgensen, M. F., Grigal, D. F., Gale, M. R. & Jeglum, J. K. (eds.) *Northen Forested Wetlands. Ecology and Management*. Lewis Publishers, Chapter 14. 189–211.
- Vompersky, S. E., Sabo, E. D. & Formin, A. S. 1975. Forest drainage amelioration. *Lesnaja Promyshlennost Publishers, Moscow*. 295 pp. (In Russian).

## SUMMARY:

### Ditch dimensioning in ditch-network-maintenance areas

Drainage of pristine mires has been discontinued in Finland and now drainage activity focuses on remedial treatment of old ditch networks on transformed drained mires. In the era of first-time drainage, uniform regulations were applied in the dimensioning of ditches. Also the current national recommendations pertaining to remedial drainage and the dimensioning of ditches corresponds to the old regulations applied in first-time drainage. However, regional organizations have their own directives, and accordingly ditch depths show considerable regional variation.

The purpose of this paper is to look for answers to questions which have arisen already some years ago, especially among practitioners responsible for forest-improvement works in non-industrial, private woodlots: Can the service life of ditch networks be increased by means of ditches which are deeper than those implemented at the time of first-time drainage and will this also result in a reduced impact on water ecosystems by reducing the number of remedial actions needed? Is ditch depth in old, well-stocked drainage areas a more important factor than ditch spacing in controlling the drainage depth?

The groundwater-table level optimal from the viewpoint of tree growth and the acceptable variation in it at the various stages of stand develop-

ment continue to be inadequately understood. However, it has been observed that tree growth is promoted in young stands of pine up to and including groundwater-table levels of 60–70 cm (Huikari & Paarlahti 1967, Silfverberg 1984). There is plenty of research knowledge on the drainage techniques required when dealing with sites with different groundwater levels, but most of this knowledge is based on research focusing on first-time drainage of treeless or low-stocked mires (e.g. Huikari et al. 1966, Meshechok 1969, Heikurainen 1980, Braekke 1983, Ahti 1987). The results of some studies conducted in old, transformed drained areas indicate that ditch depth is the most crucial, drainage-technique-related factor in the endeavor to control drainage depth (Heikurainen 1980, Laine 1986). As to actual remedial drainage and the subsequent effects of the resultant ditch depth and ditch spacing, there is only one set of research data available (Päivänen & Ahti 1988), the emphasis there having been on drainage areas with smaller growing-stock volumes and more northerly locations than in previous research. According to the results obtained in the said study, reducing the ditch spacing lowers the groundwater-table level more and promotes tree growth more than ditch cleaning (deepening of ditches) (Päivänen & Ahti 1988, Ahti 1994,

Ahti & Päivänen 1997, Hökkä 1997).

Thus, the available research results still leave us with the questions of the effect of ditch depth and ditch spacing on the groundwater-table level partially unanswered, especially in the case of drainage areas with high growing-stock volumes. Should we understand the situation to the effect that the hydrology of low-stocked drainage areas centers more around the run-off occurring in the uppermost peat layer, in which case the significance of ditch spacing increases (especially in the humid climatic conditions of northern Finland)? If this is the case, then digging new ditches midway between old ditches would produce a better outcome than cleaning the old ditches. If the run-off on drainage areas with high growing-stock volumes were in most cases to be run-off occurring deeper down in the peat due to canopy retention and transpiration, making the ditches deeper could have a greater impact on the depth of the groundwater level. If the run-off on drainage areas with high growing-stock volumes were in most cases to be run-off occurring deeper down in the peat, making the ditches deeper could have a greater

impact on the depth of the groundwater level. And what about the question of ditch depth for this to have a significant impact on the groundwater level and subsequently on stand growth?

In connection with practical drainage for forestry, it has been estimated that in addition to improved drainage, deepening of trap ditches in thick-peated drainage areas (e.g., to 1.2 meters) can result in putting off the following remedial-drainage operation by some tens of years. This presupposes powerful thinnings and the construction (in connection with remedial drainage work) of efficient access routes to facilitate wood harvesting. The question of reducing the number of drainage operations is a significant one especially from point of view of protection of water ecosystems and the profitability of forestry.

Research looking into the methods and hydrology of remedial drainage should be increased in future in drainage areas representing transformed drained mires of the cowberry and blueberry type, which in practical forestry are of prime concern and will continue to form the majority of the wood-production capacity of mires drained for forestry.

*Received 18. 2. 1998, accepted 11. 7. 1998*