ACTA FORESTALIA FENNICA

Vol. 123, 1971

Sarkaleveyden vaikutus ojitusinvestoinnin taloudelliseen tulokseen

Effects of Drain Spacing on the Economic Results of Forest Drainage Investments

Matti Keltikangas

SUOMEN METSÄTIETEELLINEN SEURA

Suomen Metsätieteellisen Seuran julkaisusarjat

ACTA FORESTALIA FENNICA. Sisältää etupäässä Suomen metsätaloutta ja sen perusteita käsitteleviä tieteellisiä tutkimuksia. Ilmestyy epäsäännöllisin väliajoin niteinä, joista kukin käsittää yhden tutkimuksen.

SILVA FENNICA. Sisältää etupäässä Suomen metsätaloutta ja sen perusteita käsitteleviä kirjoitelmia ja lyhyehköjä tutkimuksia. Ilmestyy neljästi vuodessa.

Tilaukset ja julkaisuja koskevat tiedustelut osoitetaan Seuran toimistoon, Unioninkatu 40 B, 00170 Helsinki 17.

Publications of the Society of Forestry in Finland

ACTA FORESTALIA FENNICA. Contains scientific treatises mainly dealing with Finnish forestry and its foundations. The volumes, which appear at irregular intervals, contain one treatise each.

SILVA FENNICA. Contains essays and short investigations mainly on Finnish forestry and its foundations. Published four times annually.

Orders for back issues of the publications of the Society, subscriptions, and exchange inquiries can be addressed to the office: Unioninkatu 40 B, 00170 Helsinki 17, Finland.

SARKALEVEYDEN VAIKUTUS OJITUSINVESTOINNIN TALOUDELLISEEN TULOKSEEN

EFFECTS OF DRAIN SPACING ON THE ECONOMIC RESULTS OF FOREST DRAINAGE INVESTMENTS

MATTI KELTIKANGAS

HELSINKI 1971

Suomalaisen Kirjallisuuden Kirjapaino Oy Helsinki 1972

ALKUSANAT

Nyt ilmestyvä tutkimus liittyy osana laajempaan sarjaan julkaisuja, jotka kaikki käsittelevät metsänparannustöiden edullisuusjärjestystä ja sen määrittämisperusteita. Ne ovat tulos viisi vuotta kestäneestä Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen, suometsätieteen ja metsätalouden liiketieteen laitosten yhteistyönä toteutetusta ns. sopimustutkimusprojektista. Kokonaisuudessaan tämä professorien VALTER KELTIKANGAS, LEO HEIKURAINEN ja PAAVO YLI-VAKKURI johdolla työskennelleen tutkijaryhmän työ valmistuu lähikuukausien aikana.

Käsillä olevan osatutkimuksen lähtökohtana olen voinut käyttää tutkijaryhmämme jäsenen, maat. metsät. tohtori, dosentti KUSTAA SEPPÄLÄN erityisesti myös tätä tarkoitusta silmällä pitäen keräämää koealamateriaalia. Hän on niinikään luovuttanut käyttööni samasta materiaalista koostamansa vielä julkaisemattomat ojitusalueiden puuston poistumasarjat. Ilman näitä tietoja ei tutkimuksen suorittaminen tässä laajuudessaan olisi ollut mahdollista.

Tutkimuksen käsikirjoituksen ovat lukeneet professorit LEO HEIKURAINEN ja PÄIVIÖ RIIHINEN, isäni, professori VALTER KELTIKANGAS sekä dosentti KUSTAA SEPPÄLÄ. Kukin heistä on tehnyt siihen joukon varteenotettuja huomautuksia. Heille kaikille esitän parhaat kiitokseni.

Olen niinikään kiitollinen VALTION MAATALOUS-METSÄTIETEELLISELLE TOIMIKUNNALLE, joka on rahoittanut tutkimuksen, samoin kuin SUOMEN METSÄTIETEELLISELLE SEURALLE, joka on hyväksynyt työni julkaisusarjaansa.

Helsingissä marraskuussa 1971

Matti Keltikangas

SISÄLLYS

Sivu

1. Johdanto ... 5
2. Vertailukriteerien valinta ... 8
3. Sarkaleveyden vaikutus kustannuksiin ... 11
   31. Metsäojituksen kustannuslajien riippuvuus sarkaleveydestä ... 11
   32. Ojatiheyden riippuvuus sarkaleveydestä ... 15
      321. Teoreettiset ojametrimäärät ... 15
      322. Empiirinen selvitys ojitettujen suolohkojen koosta, muodosta ja ojien sijoittelusta ... 17
      323. Saran kaventumista vastaavat ojametrimäärän lisäykset ... 23
   33. Ojametrikustannus ja sen riippuvuus ojatiheydestä ... 25
4. Sarkaleveyden vaikutus ojitustuottoihin ... 30
   41. Sarkaleveyden ja ojitustuottojen riippuvuuden teoreettinen tarkastelu ... 30
   42. Ojitustuottolaskelmien koeala-aineisto ja sen valmistava muokkaus ... 34
   43. Saran kaventumista vastaavat ojitustuoton lisäykset ... 36
5. Vertailulaskelmat sarkaleveyden vaikutuksesta ojitusinvestoinnin taloudelliseen tulokseen ... 41
   51. Perusvertailu ... 41
   52. Tuotossarjavertailu ... 47
   53. Hyötykertoimien muuttuminen ... 53
6. Tulosten tarkastelu ja niiden luotettavuuden arviointi ... 56

Viitekirjallisuus ... 65

Summary ... 67

1. JOHDANTO

Tarkoituksenmukaisin ojien välimatka eli sarkaleveys on askarruttanut metsäojittajia ja alan tutkijoita jokseenkin yhtä kauan kuin järjestelmällistä ojitustoimintaa soiden kuivattamiseksi metsänkasvua varten on harjoitettu. Kasvualustan liian veden poistamiseksi ja sitä tietä happimäärän lisäämiseksi kaivetut ojat vaikuttavat ojitetun alueen vesitalouteen ja sitä tietä puuston kasvuun tavalla, jonka jo varhain havaittiin riippuvan monien muiden tekijöiden, kuten turpeen laadun ja syvyyden, alla olevan kivennäismaan läpäisevyyden, ojien syvyyden ja sijoittelun sekä suon kaltevuussuhteiden, ohella myös ojien keskinäisestä etäisyydestä (esim. LUNDBERG 1914, s. 63—82; LUKKALA 1931, s. 163—165).

Suomessa TANTUN ja erityisesti LUKKALAN tutkimukset vuosisadan alun ja 1860-luvun ns. nälkävuosien aikaisilta ojitusalueilta toivat selvästi esiin, kuinka puiden kasvu elpyy sitä paremmin, mitä lähempänä ojaa puut ovat (TANTTU 1915; LUKKALA 1929, 1939, 1951). Ojasta etäännyttäessä »puiden kasvu yleensäkin ja erityisesti huonommilla suotyypeillä huononee» (LUKKALA 1929, s. 261). Tästä voitiin päätellä, että mitä lähemmäksi toisiaan ojat kaivetaan, sitä paremmat edellytykset puilla keskimäärin ottaen on kasvaa.

Oletettavaa kuitenkin on, että ojitusta tihennettäessä jossakin vaiheessa saavutetaan aste, jota tehokkaampi kuivatus ei enää paranna puiden keskimääräistäkään kasvua. Paitsi kasvualustan liiallisen kuivumisen mahdollisuutta on otettava huomioon, että kaivettaessa ojat riittävän tiheään, ojitusalueelle ei enää jää puille tilaa kasvaa. Ennestään metsäisillä soilla joudutaan ojituksen yhteydessä poistamaan sitä suurempi osa puustosta mitä tiheämpään ojia kaivetaan. Täten kasvuedellytysten parantuessa niitä hyväksikäyttävän puuston määrä samanaikaisesti pienenee. Kun yksittäisten puiden kyky lisätä kasvuaan olosuhteiden parantuessa ei liene rajaton, jossakin vaiheessa sarkaleveyttä kavennettaessa ojitusalueen puuston kasvun täytyy saavuttaa huippunsa.

Tämä ns. *biologinen optimikuivatus* on askarruttanut suometsätieteellistä tutkimusta ensisijaisesti teoreettisena ongelmana, jonka ratkaisusta tosin usein on pyritty tekemään myös käytännön ojitustiheyttä koskevia päätelmiä. Ongelman lähestymistapa samoin kuin jossain määrin myös kyseisen käsitteen tulkinta ovat kuitenkin vaihdelleet.

Ojitusalueiden puuston mittauksiin perustuen on kysymystä selvitellyt suomalaisista tutkijoista ensisijaisesti HEIKURAINEN (1959, s. 179—189), joka 1930-luvulla ojitettujen soiden puuston kehitystä koskevassa laajassa selvityksessään vertaa toisiinsa erilevyisillä saroilla saran keskelle ja toisaalta ojaa sivuamaan asetettujen ympyräkoealojen puuston kasvua. Samaan päämäärään, kasvuoptimin löytämiseen, pyrkii myös HUIKARI 1950-luvun puolivälissä perustamillaan sarkaleveyskoekentillä. Niiden suhteellisen nuoruuden vuoksi tähän mennessä julkaistut tulokset ovat kuitenkin rajoittuneet lähinnä yksittäisten puiden kasvureaktioiden vertailuun ojaetäisyyden funktiona (esim. HUIKARI ja PAARLAHTI 1967; PAAVILAINEN 1966).

Toinen, teoreettisempi tie biologisen optimisarkaleveyden määrittämiseen on selvittää kokeellisesti kasvualustan optimikosteus, sen saavuttamiseksi tarpeellinen pohjavesipinnan syvyys ja edelleen tähän johtava ojasyvyys/sarkaleveys-yhdistelmä (HEIKURAINEN 1964). Eri tahoilla harjoitettu intensiivinen tutkimustyö (Suomesta mainittakoon esimerkkeinä HEIKURAINEN 1967a; HEIKURAINEN ym. 1964; HUIKARI 1959; HUIKARI ym. 1966; MULTAMÄKI 1936; PÄIVÄNEN 1968) onkin merkittävässä määrin laajentanut ja syventänyt soiden ja turpeen vesitaloutta koskevaa tietämystämme. Silti tarvittaneen vielä runsaasti aikaa ja lisäselvityksiä, ennen kuin yksimielisesti hyväksyttyihin ratkaisuihin on tätäkään tietä mahdollista päästä (HEIKURAINEN 1967).

Biologisesti optimaalinen sarkaleveys ei kuitenkaan sellaisenaan kelpaa tavoitteeksi käytännön metsäojitustoiminnassa. Mitä tehokkaampaan ojitukseen pyritään, sitä enemmän työtä ja varoja vaativaa ojitus on, eikä näitä kustannuksia voida jättää ottamatta

huomioon. Jo ruotsalainen LUNDBERG (1914, s. 64) korosti metsäojituksen tavoitteena olevan »att med minsta längd diken uppnå största torrläggande effekt». Suomessa puolestaan LUKKALA (1931, s. 147) katsoi metsäojitusten suunnittelun ensisijaiseksi ongelmaksi »kuinka suot saadaan mahdollisimman vähäisillä kustannuksilla kuivatuiksi siinä määrin, että ne rupeavat tyydyttävästi kasvamaan metsää». Myös TANTTU (1943, s. 136) omassa oppikirjassaan tähdentää, että »metsäojituksia suunniteltaessa on tarkoin varottava työn ja kustannusten tuhlaamista», sillä »ei ole suinkaan ilman muuta selvää, että tehoisa ojitus johtaisi . . . parempaan taloudelliseen tulokseen kuin vähemmän tehoisa».

Myöhemmistä tutkijoista HEIKURAINEN (1956) korostaa niinikään, että sarkaleveyttä valittaessa on kiinnitettävä huomiota myös kustannuksiin. Toisaalta erityisesti HUIKARI (1959, s. 5) näyttää olevan sitä mieltä, että koneellistamisen aikaansaama ojametrikustannuksen aleneminen on oleellisesti vähentänyt kustannusten merkitystä. Varsinaisia laskelmia, jotka osoittaisivat mainittujen seikkojen vaikutuksen suuruuden, ei kukaan heistä kuitenkaan esitä. Syy tähän on ilmeinen.

Tarkoitetun ns. *taloudellisen optimikuivatuksen* eli optimisarkaleveyden määrittämiseksi on tiedettävä, minkälaisia kustannuksia eritehoiset kuivatukset vaativat sekä missä määrin niillä voidaan lisätä puuston kasvua ja sitä tietä hakkuutuloja. Monestakin syystä tällaisia tietoja on ollut verraten niukasti käytettävissä, joten tutkijoiden mielenkiinto ei ole yltänyt varsinaisiin vertailulaskelmiin asti. Niinpä esimerkiksi TANTTU (1941) laajassa tutkimuksessaan metsäojituksen edullisuudesta käytännöllisesti katsoen sivuuttaa tämän kysymyksen. Samoin ovat myöhemmätkin metsänojituskohteiden keskinäistä edullisuusjärjestystä selvitelleet tutkijat (KAITERA 1964; V. KELTIKANGAS 1950; M. KELTIKANGAS ja SEPPÄLÄ 1966, 1968) perustaneet laskelmansa vallinneisiin keskimääräisiin ojituskustannuksiin ja keskimäärin saavutettuihin tuloksiin kiinnittämättä varsinaisesti huomiota siihen, missä määrin käytetyt sarkaleveydet ovat vastanneet kussakin tapauksessa edullisimpaan tulokseen johtavaa ojatiheyttä tai mahdollisesti poikenneet siitä.

Ainoat kirjoittajan tiedossa olevat tutkimukset, joissa on nimenomaisesti pyritty selvittämään taloudellista optimisarkaleveyttä, ovat peräisin Latviasta. Sikäläisiltä metsäojituksilta kootun aineiston pohjalta BUŠS ja SABO (1959) ovat laskeneet kolmelle edustavalle suotyypille sarkaleveydet, jotka tuottavat suurimman »puhastulun». Tulokseksi he saavat karuimmasta tyypistä viljavimpaan lueteltuna 110, 180 ja 90 metriä. SABO (1963) on myöhemmin laajentanut laskelmansa käsittämään Neuvostoliiton koko Euroopan puoleisen osan, jonka hän jakaa kuuteen ilmastovyöhykkeeseen. Näistä Suomea lähinnä olevaan II vyöhykkeeseen, joka käsittää mm. Vienan eteläosat ja Aunuksen, hän saa — aiempaa hieman pitemmälle kehitettyä edullisuuskriteeriä käyttäen — optimisarkaleveydeksi 80—280 metriä suotyypistä riippuen. Leningradin alueelle tutkimus suosittaa edellisiä vielä 20—70 metriä leveämpiä sarkoja.

Neuvostoliitossa siihen asti noudatettuihin ohjesarkaleveyksiin, 150—250 metriä, verrattuna tulokset edellyttivät osaksi varsin merkittäviäkin lisäyksiä. Silti sarat ovat suomalaisen näkökulmasta yhä yllättävän leveitä. Esimerkiksi HUIKARI ym. (1964) antavat oppikirjassaan ohjeen, jonka mukaan »taloudellisesti edullisin sarkaleveys vaihtelee 30 metristä 80 metriin» eikä »neva- ja rämesoilla pitäisi käyttää yli 40 metrin levyistä sarkaa».

Jo yksistään olosuhteiden erilaisuuden vuoksi ZABOn tuloksia tuskin voidaankaan sellaisenaan yleistää. Oma vaikutuksensa tähän on myös käytetyillä edullisuuskriteereillä, joista kumpaakaan ei voitane pitää täysin nykyaikaisen talousteorian mukaisena. Korkotekijän puuttuessa tulojen ja menojen eriaikaisuus oletettavasti jää vaille riittävää painoa. Suomalaisittain on taloudellinen sarkaleveys siten yhä selvittämätön ongelma. Esitettyjen lukujen suuret erot toisaalta viittaavat mahdollisuuteen, että meillä nykyisin käytettävät enemmänkin kokemuksenvaraiseen harkintaan kuin tutkimuksiin perustuvat ojatiheydet poikkeavat kenties paljonkin optimista.

Metsäojitus on Suomessa varsin laajaa. Esimerkiksi vuosina 1967 ja 1968 siihen käytettiin varoja yhteensä 79.0 miljoonaa markkaa (Metsätilastollinen . . . 1968 ja 1969). Suhteellisen pienetkin muutokset keskimääräisessä ojatiheydessä voivat siten aikaansaada merkittävän suuria rahallisia säästöjä tai tulonlisäyksiä.

Näistä syistä pidettiin taloudellisesti tarkoituksenmukaisimman sarkaleveyden selvittämistä keskeisenä ja välttämättömänä osatehtävänä, kun professorien VALTER KELTIKANGAS, LEO HEIKURAINEN ja PAAVO YLIVAKKURI johtama tutkijaryhmä vuonna 1967 ryhtyi laatimaan valtion maatalous-metsätieteellisen toimikunnan kanssa sovittua selvitystä metsänparannustöiden edullisuusjärjestyksestä. Tavoitteeksi asetettiin määrittää ojitettujen soiden puustoon kohdistuvin mittauksin, miten sarkaleveys vaikuttaa ojitustulokseen eli puuston kasvuun ja puutavaralajeittaiseen tuotokseen. Näin saatavien tulosten perusteella tuli sen jälkeen laatia vertailuja taloudellisesti tarkoituksenmukaisimman sarkaleveyden löytämiseksi.

Tehtävän ensimmäisestä vaiheesta on vastannut dosentti KUSTAA SEPPÄLÄ, joka myös on jo esitellyt työtään ja sen tuloksia useammassa yhteydessä (SEPPÄLÄ 1968, 1969, 1971). Nyt käsillä olevassa tutkimuksessa on kyseessä tutkimustehtävän toinen vaihe, taloudelliset vertailulaskelmat.

Soiden ja vesiperäisten kangasmaiden ojittaminen metsänkasvua varten tapahtuu Suomessa pääosiltaan valtion rahoittamana, avustamana ja lainoittamana. Useimmat ojitukset ovat lisäksi ns. yhteishankkeita, joissa ojitussuunnitelma laaditaan valtion kustannuksella ja viranomaisen toimesta. Tarkoituksenmukaisimman ojavälin valintaa on siten perusteltua tarkastella ensisijaisesti yhteiskunnan näkökulmasta. Yksityisellä metsänomistajalla ei ole käytännössä kovinkaan suurta mahdollisuutta itse valita käytettävää sarkaleveyttä. Silti lienee paikallaan pyrkiä tarjoamaan myös hänelle sellaiset tiedot sarkaleveyden vaikutuksesta, että hän niiden avulla pystyy muodostamaan kuvan hankkeen seurauksista ja valvomaan — siihen mittaan asti kuin se ylimalkaan on mahdollista — omat intressinsä.

Tutkimuksen tavoitteena on niin ollen *selvittää, miten sarkaleveys vaikuttaa ojitushankkeen taloudelliseen tulokseen* ja tarkastella kysymystä sekä *yhteiskunnan* että *yksityisen metsänomistajan* tavoitteiden kannalta. Viimeksi mainitussa mielessä tutkimus on samalla yritys soveltaa käytäntöön niitä laskentaperiaatteita, joihin kirjoittaja päätyi aikatekijän käsittelyä investointilaskelmissa koskevassa tutkimuksessaan (M. KELTIKANGAS 1971).

Jo tässä vaiheessa on syytä korostaa, että jäljempänä ei pyritä antamaan valmista vastausta kysymykseen, mitä sarkaleveyttä ojittajan kulloinkin tulee tai on edullisinta käyttää. Tavoitteena on ainoastaan tarjota ko. päätöksen tekoa varten tarpeellinen faktaaines mahdollisimman käyttökelpoisessa muodossa. Varsinainen ratkaisu eli käytettävän sarkaleveyden valinta on aina päätöksentekijän, so. siihen valtuutetun viranomaisen tai metsänomistajan itsensä asia. Samalla se edellyttää vaihtoehtojen seurauksia koskevien faktojen lisäksi tiettyjä arvoasetelmia, jotka pakostakin ovat vahvasti subjektiivisia. Kirjoittajan käsityksen mukaan päätöksentekijöitä palvellaan parhaiten pitämällä nämä kaksi päätöksenteon ainesosaa mahdollisimman selvästi erillään. Täysinhän tätä ei voida toteuttaa, sillä jo biologis-taksatoristen lähtötietojen määrittämiseen liittyy aina jossain määrin tutkijan subjektiivisia harkintaratkaisuja. Raja on kuitenkin yritettävä asettaa siihen, missä subjektiiviset arvostukset alkavat ratkaisevasti vaikuttaa lopputulokseen. (Ks. myös M. KELTIKANGAS 1971, erityisesti luku 242).

Edellä sanottu ei tarkoita, etteikö nimenomaan yhteiskunnan tasolla tapahtuvissa valinnoissa tutkijan käsityksillä mainituista arvoasetelmista ja niiden mukaisella optimisarkaleveydellä olisi ja tulisi olla huomattava paino. Päätutkimuksen eli metsänparannustöiden edullisuusjärjestyksen määrittämisen yhteydessä nämä ratkaisut myös tullaan tekemään. Nyt esillä olevan osatutkimuksen laskelmat palvelevat tällöin lähtökohtana tarpeellisille harkinnoille.

2. VERTAILUKRITEERIEN VALINTA

Edellä asetettu tutkimustehtävä kuuluu investointilaskelmien piiriin. Ryhdyttäessä toteuttamaan sitä on ensimmäiseksi ratkaistava, missä muodossa sarkaleveyden seuraukset pyritään määrittämään ja ilmaisemaan. Jotta tutkimuksen tuloksista olisi apua päätöksentekijälle tämän valitessa tiettyyn ojitukseen soveliainta sarkaleveyttä, informaatio tulisi kyetä tarjoamaan muodossa, joka mahdollisimman pitkälle vastaa ao. henkilön odotuksia. Toisin sanoen, informaatio olisi esitettävä käyttäen tunnuslukuja, jotka kysymykseen tuleva normaali päätöksentekijä kokemuksensa puitteissa vaivatta mieltää. Pitkälle komplisoidut edullisuustunnukset, joiden täsmällisen sisällön ja merkityksen tuntee vain tutkija — jos aina hänkään —, eivät täytä tehtäväänsä, mikäli ne eivät välitä informaatiota vääristymättömänä tutkijalta käyttäjälle.

Päätöksentekijän primäärisen tiedontarpeen tyydyttänevät yleensä jo lukusarjat, joista toinen osoittaa ojituksen vaatimat *panokset* ja toinen siitä odotettavissa olevat *tuotokset*. Kysymyksen ollessa ojatiheydestä eli valinnan tekemisestä kahden (tai useamman) vaihtoehtoisen sarkaleveyden välillä, ei ole välttämätöntä selvittää ja tarkastella kunkin vaihtoehdon kokonaispanoksia ja kokonaistuotoksia. Yleensä katsotaan, että toiminnan intensiteettiastetta ratkaistaessa riittää ja on oikein verrata vain niitä lisä- tai rajapanoksia ja lisä- tai rajatuotoksia, jotka intensiteetin, tässä tapauksessa siis ojatiheyden, muutos aiheuttaa. Sen sijaan erillisten toimenpiteiden, esimerkiksi kahden eri ojitushankkeen, keskinäisen edullisuusjärjestyksen määrittämisessä ovat kokonaispanokset ja -tuotokset ratkaisevampia.

Asetelmaa lisäpanokset-lisätuotokset voitaneen siis pitää esitettävän informaation perusmuotona. Informaation käsittely on kuitenkin sitä hankalampaa, mitä useampia alkioita ja dimensioita se sisältää. Päätöksentekijän harkintatyötä helpottaa, jos sekä lisäpanokset että lisätuotokset voidaan kummatkin erikseen tai molemmat yhdessä mitata ja ilmaista yhtä ja samaa mittayksikköä käyttäen sekä, mikäli mahdollista, tiivistää yhteen tai enintään muutamaan harvaan tunnuslukuun. Kuten kirjoittaja on toisessa yhteydessä todennut, tämä ei kuitenkaan voi olla ehdoton vaatimus eikä tavoite, johon tulisi pyrkiä hinnalla millä hyvänsä. Jos mainitunlainen informaation tiivistäminen johtaa relevantin informaation kadottamiseen, on parempi olla sitä tekemättä (vrt. M. Keltikangas 1971).

Koska panokset ja tuotokset poikkeuksetta ovat fyysisesti hyvin erilaisia (markkoja, työpäiviä, kuutiometrejä, jopa täysin aineettomia palveluksia), niiden yhteisenä mittana voi tulla kysymykseen vain jokin arvosuure. Sen ei välttämättä tarvitse olla raha, vaikka raha onkin tavallisin. Riippumatta yksiköstä, jota mittaamiseen käytetään, näin yhteismitallisiksi muunnettuja eli »hinnoitettuja» panoksia ja tuotoksia nimitetään jäljempänä *kustannuksiksi* ja *tuotoiksi*.

Kustannusten ja tuottojen yhdistäminen samaan tunnukseen merkitsee periaatteessa joko

— kustannusten vähentämistä tuotoista tai
— kustannusten ja tuottojen välisen suhteen laskemista tai
— jotakin edellisten muunnelmaa tai yhdistelmää, esimerkkinä tuottojen ja kustannusten erotuksen suhde kustannuksiin.

Mikä näistä menetelmistä kulloinkin on soveliain käytettäväksi, riippuu mm. päätöksentekotilanteesta ja vertailun tavoitteista. Kun verrataan toisiinsa vaihtoehtoisia toimintoja ja käytettävissä oleva panosmäärä on tavalla tai toisella rajoitettu, jokin tuottojen ja kustannusten suhde tai nettotuotto rajoituksen alaisen panoslajin yksikköä kohden laskettuna vastannevat informaatiotarvetta paremmin kuin pelkkä tuottojen ja kustannusten erotus. Viimemainittua lienee taas pidettävä soveliaampana, jos kyseessä on yhden ja saman toiminnan edullisimman toiminta-asteen etsiminen intensiteettitasoltaan erilaisia vaihtoehtoja vertailemalla.

Kuten edellä jo todettiin sarkaleveyden valinnassa on kysymys juuri tämän tyyppisestä ongelmasta. Vertailukriteerinä on siten

perusteltua käyttää tuottojen ja kustannusten tai paremminkin *lisätuottojen ja lisäkustannusten erotusta*. Kun ojituskohteiden järjestys tullaan päätutkimuksessa määrittämään käyttämällä ensisijaisena kriteerinä ns. hyötykerrointa eli tuottojen ja kustannusten suhdetta (ks. M. KELTIKANGAS ja SEPPÄLÄ 1966), on sarkaleveyden ja edullisuusjärjestyksen välisen yhteyden valottamiseksi silti aihetta laskea myös näitä hyötykertoimia.

Mainittujen erotuksen ja suhteen laskemista varten on tuotot ja kustannukset kuitenkin saatettava täysin yhteismitallisiksi. Panos- ja tuotosodotukset, joista alkuperäinen informaatio koostuu, eroavat näet toisistaan paitsi laadultaan myös esiintymisajankohdan ja odotuksen varmuusasteen suhteen. Tavanomainen »hinnoittaminen» rajoittuu laadullisten erojen eliminoimiseen: panokset muunnetaan vastaaviksi ostomenoiksi ja puutavaralajeittaiset tuotokset kantorahatuloiksi. Jäljellä on tällöin vielä ajallisten ja epävarmuuserojen huomioon ottaminen. Se tapahtuu yleensä kiinteästi puheena olevien vertailusuureiden laskentaan kytkettynä.

Käytännössä tämä »kytkentä» useimmiten tarkoittaa sitä, että tuotot ja kustannukset ennen niiden erotuksen tai suhteen laskemista »diskontataan» eli yritetään muuntaa samaan nykyhetken ajankohtaan sekä usein myös samaan varmuustasoon käyttämällä arvostussuhteena sopivaksi harkitun korkoprosentin mukaisia diskonttaus- eli nykyarvotekijöitä. — Tuottojen ja kustannusten suhde saatetaan selvittää ja ilmaista myös korkokantana, jota käyttäen tuotot ja kustannukset kummatkin erikseen nykyhetkeen diskontattuina ja summattuina ovat yhtä suuret. Tätä ns. sisäisen korkokannan menetelmää ei tässä tutkimuksessa lainkaan käytetä, joten siihen ei tässä myöskään enemmälti kajota.

Kirjoittaja on käsitellyt kyseistä ajallisten erojen arvostamista ja diskonttoprosentin valinnan taustalla olevia ongelmia verraten yksityiskohtaisesti kahdessa aikaisemmassa julkaisussa (M. KELTIKANGAS 1969, 1971). Tässä riittänee sen vuoksi lyhyt viittaus seikkoihin, jotka sarkaleveysvertailujen kannalta ovat oleellisimpia.

Mitä kaukaisemmasta tulevaisuuden ajankohdasta on kysymys, sitä epävarmempia tuotto- ja kustannusodotukset yleensä ovat. Laskelmien kannalta on kuitenkin merkitävämpää, että myös päätöksentekijän käsitykset näiden odotusten arvostusperustana olevista tulevaisuuden olosuhteista suhteellisen nopeasti hämärtyvät. Mitä pitempää aikaväliä tarkastellaan, sitä useammat mainittujen olosuhteiden osatekijät saattavat muuttua ja sitä vaikeampi päätöksentekijän on muodostaa täsmällistä odotusta niiden kokonaisuudesta. Tästä on seurauksena *aikahorisontin* muodostuminen: vain tiettyä ajankohtaa ennen odotettavissa olevilla tuotoilla ja kustannuksilla on vaikutusta päätöksentekoon, sen takaiset tuotot ja kustannukset ovat päätöksentekijästä »arvottomia».

Ojituksen tuotosvaikutukset (hakkuut) jakaantuvat tavallisesti hyvin pitkälle aikavälille. Näin siltikin vaikka tarkastelu rajoitettaisiin ensimmäiseen ojituksen jälkeiseen puustosukupolveen. Laskelmissa on sen vuoksi jotenkin otettava huomioon mahdollisuus, että näistäkään odotuksista kaikki eivät mahdu päätöksentekijän relevantin aikahorisontin sisään.

Päätöksentekijäin *aikapreferenssien*, ts. eriaikaisten tuottojen (kustannusten) keskinäisten arvostussuhteiden yksilöllisyys on yhtä tärkeä huomioon otettava. Vertailulaskelmat tulisi mukauttaa siihen mahdollisuuteen, että eri päätöksentekijät ehkä haluavat perustaa ratkaisunsa erilaisiin aikapreferensseihin ja että yhden ja saman diskonttoprosentin käyttäminen aikavälin pituudesta riippumatta voi aiheuttaa harhaa.

Lähtemättä enemmälti perustelemaan laskelman muotoa koskevia ratkaisuja todettakoon, että edellä sanotun mukaisesti tässä tutkimuksessa esitetään seuraavat tunnusluvut ja laskelmat, joiden odotetaan auttavan päätöksentekijää sarkaleveyden valinnassa:

1) Sarkaleveyden muuttamisesta aiheutuvat lisäkustannukset (tai kustannusvähennykset) ja lisätuotot (tai tuotantovähennykset), molemmat mitattuina sopivalla reaalisuureella.
2) Lisäkustannusten ja lisätuottojen nykyarvot.
3) Sarkaleveyden muutoksen vaikutukset hankkeen hyötykertoimeen eli tuotto/kustannus-suhteeseen.

Käytettävissä olevan tutkimusaineiston luonteesta seuraa, että kohdissa 1 ja 2 mainitut tunnusluvut lasketaan tuottojen osalta kahdella eri tavalla. Ensimmäisessä tarkas-

telussa oletetaan, että tuoton lisäys on sama kuin puuston hakkuuarvossa 30—35 vuotta ojituksen jälkeen todettu ero. Näin syntyvästä vertailusta käytetään jäljempänä nimitystä *perusvertailu*. Toisessa rinnakkaisessa tarkastelussa taas tuoton lisäykset määritetään käyttäen lähtökohtana saman koealamateriaalin perusteella erilevyisille saroille koostettuja, puuston puutavaralajeittaisia poistumasarjoja. Vertailua varten nämä poistumat eli *puusadot* ensin muunnetaan yhteismitallisiksi ja diskontataan nykyarvoiksi. Näihin perustuvasta vertailusta puolestaan käytetään nimitystä *tuotossarjavertailu*.

Informaation käyttökelpoisuuden lisäämiseksi annetaan puusato-odotuksia diskontattaessa sekä korkoprosentin että relevantin laskentajakson pituuden vaihdella.

3. SARKALEVEYDEN VAIKUTUS KUSTANNUKSIIN

Tarkastelu sarkaleveyden vaikutuksesta ojitusinvestoinnin taloudelliseen tulokseen aloitetaan tässä kustannuksista. Ensin selvitetään metsäojituksen eri kustannuslajien ja sarkavälin suhdetta, sitten ojatiheyden ja sarkaleveyden sekä lopuksi ojametrikustannuksen ja ojatiheyden välistä riippuvuutta.

31. Metsäojituksen kustannuslajien riippuvuus sarkaleveydestä

Useimmat metsäojituksen kustannuksia käsitelleet tutkijat jakavat ne kahteen pääryhmään: ojituksen *peruskustannuksiin*, joilla tarkoitetaan ojitukseen välittömästi liittyviä kustannuksia, sekä ojituksen *jälkikustannuksiin*, joilla puolestaan ymmärretään ojastojen myöhemmästä kunnossapidosta ja ojitusalueen puuston kasvattamisesta aiheutuvia kustannuksia. Mukaan otettavien kustannusten tarkempi rajaaminen samoin kuin niiden yksityiskohtaisempi jaottelu näyttävät sen sijaan jossain määrin vaihtelevan. Tässä riittänee esimerkkinä TANTUN (1941) tutkimuksessaan käyttämä suhteellisen pitkälle viety ryhmittely. Sen mukaan ojituksesta aiheutuvat kokonaiskustannukset jaetaan seuraavasti:

Metsäojituksen peruskustannukset
  Suunnittelukustannukset
    Suunnitteluapurien palkat
    Muut suunnitelmantekokustannukset
  Metsäojituksen toimeenpanokustannukset
    Ojituksen toimeenpanon yleiskustannukset
    Ojituksen toimeenpanon työtilin kustannukset
      Ojankaivukustannukset
      Kivityökustannukset
      Työnjohtokustannukset
      Kalustokustannukset
        Kaivutyövälinekustannukset
        Kivityövälinekustannukset
    Maan ja puuston hukkakustannukset
    Osuus aikaisempaan kuivatushankkeeseen liittymisestä
    Ojituksen aiheuttamat vahingonkorvaukset
Metsäojituksen jälkikustannukset
  Ojien kunnossapitokustannukset
    Metsänomistajain kustannukset ojien kunnossapidosta
    Keskusmetsäseuran kustannukset jälkitarkastuksista
    Metsäojituksen verokustannukset
    Metsäojituksen hallintokustannukset
    Metsäojituksen metsänhoitokustannukset
    Metsäojituksen sekalaiset kustannukset

(TANTTU m.t., s. 66)

TANTUN tutkimuksen jälkeen on metsänparannuslainsäädännössä ja ojituksen toimeenpanotekniikassa tapahtunut erinäisiä muutoksia. Ne samoin kuin tarkoitus, johon kustannusjaottelua tässä aiotaan käyttää, tekevät tarpeelliseksi osittain muuttaa, täydentää ja uudelleen ryhmitellä TANTUN luetteloa. Jatkossa käytetään siten tarkastelujen taustana seuraavaa kustannusjaottelua:

Metsäojituksen peruskustannukset

Yleiskustannukset

Suunnittelukustannukset

Maastotöiden kustannukset
Muut suunnittelukustannukset

Toimeenpanokustannukset

Työnjohto ja -valvonta
Ojien kaivukustannukset
  Valtaojien kaivusta aiheutuvat
  Kuivatusojien kaivusta aiheutuvat
Ojituksen yhteydessä suoritettavien metsitysten ja lannoitusten kustannukset
Toimitusmaksut, vahingonkorvaukset yms. sekalaiset

Metsäojituksen jälkikustannukset

Metsänparannuslain mukaisista jälkitarkastuksista aiheutuvat kustannukset
Ojien kunnossapitokustannukset
Metsänhoitokustannukset
Metsänomistajan hallinto- yms. yleiskustannukset
Verot

Huomattakoon, että jaottelua laadittaessa on pidetty silmällä nimenomaan yhteishankkeena metsänparannusvaroin toteutettavaa ojitusta. Luettelo sisältää siten eräitä sellaisia kustannuslajeja, joita muunlaisissa kuivatuksissa ei lainkaan tavata. Luettelo pyrkii myös, kuten TANTUN luettelokin, kattamaan

kaikki kustannuksiksi koettavat maksut ja menot riippumatta siitä, katsellaanko asiaa yksityisen metsänomistajan vaiko yhteiskunnan kannalta. Olennaisimpana erona TANTUN ryhmittelyyn verrattaessa on maan ja puuston hukkakustannusten puuttuminen. Niitä ei tässä tutkimuksessa ole katsottu kustannuksiksi, koska niiden vaikutus tulee esiin ja huomioon otetuksi ojituksen tuloja arvioitaessa.

Kustannusnimikkeiden tarkempi sisältö selvinnee lukijalle samalla kertaa, kun seuraavassa pohditaan kunkin kustannuslajin osalta erikseen, vaikuttaako käytettävä sarkaleveys ko. kustannusten suuruuteen ja millä tavoin. Aloitettakoon metsänojituksen peruskustannuksista.

Yleiskustannuksilla tarkoitetaan tässä ensisijaisesti ojitusten suunnittelusta ja toteuttamisesta huolehtivan metsänparannusorganisaation ylempien portaiden, so. metsänparannuspiirin, keskusmetsälautakunnan metsänparannusosaston ja metsähallituksen ao. toimiston menojen sitä osaa, jonka on katsottava aiheutuneen metsäojitustoiminnasta. Näiden kustannusten kokonaismäärän ja toisaalta hankkeiden lukumäärän, osakastilojen lukumäärän, ojitettavan pinta-alan ja kaivetun ojamäärän välistä riippuvuutta ei liene koskaan lähemmin tutkittu. Kirjoittajan kokemusperäinen käsitys kuitenkin on, että kolme ensinmainittua tekijää selittävät valtaosan näiden pääasiassa tarkastus- ja kirjanpitotoimista aiheutuvien kustannusten vaihtelusta. Hankekohtaisesti arvioituina mainitut kustannukset ovat siten sarkaleveydestä jokseenkin riippumattomia.

Metsäojituksen suunnitteluun sisällytetään tässä ojitusalueen maastotutkimus ja -kartoitus, varsinaisen suunnitelman laatiminen kaikkine siihen liittyvine asiakirjoineen, ojalinjojen merkintä maastoon sekä suunnitelman hyväksymiseksi tarpeelliset kokoukset. Kapeampaan sarkaan siirtyminen aiheuttaa näiden osalta lisätyötä lähinnä ojalinjojen merkinnässä. Myös suunnitelma-asiakirjojen valmistamiseen kuluva työaika oletettavasti hieman pitenee ojien lukumäärän lisääntyessä, mutta muutos on kustannusten kannalta merkityksetön.

Toimeenpanon kustannuksista keskeisimpiä ovat varsinaiset *kaivukustannukset*, jotka esimerkiksi vuosina 1967—69 muodostivat keskimäärin 90.5 % keskusmetsälautakunta Tapion toteuttamien ojitushankkeiden toimeenpanokustannuksista. Tarkemmin eritellen kaivukustannukset voidaan ryhmittää valtaojista ja varsinaisista kuivatus- eli paikallisojista aiheutuviin kustannuksiin. Näistä ensinmainitut ovat ojitushankkeen yhteisiä kustannuksia, joiden jakaminen osakastilojen kesken on oma ongelmansa (ks. esim. HEIKURAINEN ym. 1963). Jälkimmäiset puolestaan ovat tilakohtaisia. Kaivuri- tai aurausurakoitsijalle maksettavien ojametri- tai kuutiometriperusteisten korvausten lisäksi kaivukustannuksiin sisältyvät myös menot, joita aiheutuu mahdollisista ojien jälkisiivouksesta, kivi- ja räjäytystöistä sekä rumpujen ja siltojen rakentamisesta ja korjauksesta. Jonkinlaisen käsityksen saamiseksi näiden eri kustannuserien keskinäisestä suuruudesta mainittakoon, että kahdenkymmenen satunnaisesti valitun Seinäjoen metsänparannuspiirissä vuonna 1966 loppuun toteutetun hankkeen muodostamassa näytteessä olivat räjäytys- ja kivityökustannukset keskimäärin 7.6 % ja silta- ja rumputyöt 2.3 % kaivun kokonaistyökustannuksista. Vastaavasti sadassa Rovaniemen piirin vuonna 1967 loppuun saattamassa hankkeessa oli kivitöiden osuus keskimäärin 4.6 % (TILLMAN 1970).

Valtaojituksen kustannuksia voitaneen pitää käytännöllisesti katsoen riippumattomina sarkaojien määrästä. Ojitettiinpa jokin suokuvio tiheää tai harvaa sarkaojastoa käyttäen, valtaoja on välttämätön ja yleensä mitoitetaan ojatiheydestä riippumattomien tekijöiden mukaan (ks. esim. HEIKURAINEN 1960, s. 236—245, vrt. kuitenkin RAVELA 1969, s. 88). Kuivatusojien kaivukustannuksen ja ojatiheyden välillä on sen sijaan varsin kiinteä korrelaatio. Maksetaanhan kaivutyöstä korvaus nimenomaan ojametrien määrän mukaan. Riippuvuussuhteen yksityiskohtaisempi pohtiminen on kuitenkin syytä jättää tuonnemmaksi.

Työnjohdon ja -valvonnan kustannukset määräytynevät melko suoraan työmaan ojakilometreissä mitatun suuruuden mukaan: mitä enemmän työtä sitä enemmän myös johtamista ja/tai valvontaa. Tosin osa näistä työmaan tehtavistä on aina hoidettava ja aiheuttaa tietyt kulut, olipa työmaa pieni tai suuri. Mainittujen »kiinteiden» suhteellinen osuus ja samalla myös niiden merkitys vähenevät kuitenkin nopeasti työmaan (hankkeen) koon kasvaessa. Sarkaleveysvertailujen

kannalta voitaneen siten pitää riittävän tarkkana olettamusta, että työnjohto- ja valvontakustannukset ovat tietty vakioprosentti kaivukustannuksista.

Ojituksen yhteydessä joudutaan toisinaan istuttamaan tai kylvämään suokuvioita, jotka ovat luontaisesti hitaita taimettumaan tai eivät muutoin taimettuisi »oikealla» puulajilla. Samassa yhteydessä suoritetaan usein myös lannoitus. Etenkin avosoiden osalta näitä toimenpiteitä lienee pidettävä kiinteästi ojituksen yhteyteen kuuluvina, sillä ilman niitä ojitus ei kyseisillä soilla useinkaan johda tavoiteltuun tulokseen. Ojatiheys tuskin vaikuttaa näihin, lähinnä pinta-alaperusteisiin *metsitys- ja lannoituskustannuksiin*. Ojamäärän kasvun voidaan tosin ajatella jossain määrin hankaloittavan liikkumista ja siten lisäävän istutuksen tai kylvön työkustannuksia, mutta toisaalta se myös vähentää vastaavasti metsitettävää pinta-alaa ja metsityksen materiaalikustannuksia.

Myös mahdollisen ojitustoimituksen *toimitusmaksut*, erilaiset *vahingonkorvaukset* alempana sijaitsevien maiden omistajille aiheutuvista vahingoista ja muut vastaavat ojitushankkeen toteuttamisesta aiheutuvat ja metsänparannuslain nojalla kokonaan valtion varoista maksettavat sekalaiset kustannukset lienevät käytännöllisesti katsoen riippumattomia siitä, käytetäänkö sarkaojituksessa tiheää vai harvaa ojaväliä.

Kaikki edellä mainitut olivat ojituksen peruskustannuksia. *Jälkikustannuksista*, joihin nyt siirrytään, ovat keskeisimpiä *ojituksen kunnossapitokustannukset*. Kaivettujen ojastojen vedenjohtokyky ei yleensä säilyne, ellei ojia pidetä jatkuvasti kunnossa. Niiden perkauksesta aiheutuvat kustannukset ovat samalla tavoin ojametriperusteisia kuin varsinaiset kaivukustannuksetkin. Sarkaleveyden kaventamisen saatettaisiin siten odottaa lisäävän ojien kunnossapitokustannuksia likimain samassa suhteessa kuin ojamääräänkin. Näin on kuitenkin vain sillä edellytyksellä, että sarkaleveydellä ei ole vaikutusta itse perkaustarpeeseen. Toisin sanoen siihen kuinka usein ja kuinka voimaperäisesti ojien kunnostaminen on suoritettava.

Monet seikat puhuvat tällaista olettamusta vastaan. On pikemminkin todennäköistä, että tiheä ojasto säilyttää kuivattavan vaikutuksensa kauemmin kuin harva. Toisaalta ojien kuivatusvaikutus ajan mittaan osaksi korvautuu puuston lisääntyvän haihdunnan kuivattavalla vaikutuksella (Heikurainen 1967a). Täten ojasto joka säilyttää kuntonsa riittävän pitkään, omaa hyvät mahdollisuudet täyttää tehtävänsä, vaikka sitä ei varsinaisesti perattaisi ennen kuin puuston päätehakkuun yhteydessä. Ja mitä voimakkaammin puuston kasvu lisääntyy, sitä nopeammin mainittu korvautuminen ilmeisesti myös tapahtuu.

Ojamäärän lisääntymistä vastaa siten kunnossapitotarpeen ja edelleen yksikkökustannusten nykyarvon todennäköiseltä tuntuva pieneneminen. Mikä on näiden vastakkaissuuntaisten vaikutusten yhteistulos ja missä määrin se riippuu suotyypistä tai ilmastoalueesta, sitä on vaikea päätellä ilman empiirisiä lisätutkimuksia.

Edellä selostettuihin läheisesti liittyviä ovat ojitusten *jälkitarkastuksista aiheutuvat kustannukset*. Metsänparannuslain ja -asetuksen mukaan metsänomistaja on velvollinen huolehtimaan metsänparannusvaroin osaksi tai kokonaan toteutetun ojitusalueen kunnossapidosta ja hoidosta. Toisin sanoen siitä että »kaivetut ja peratut uomat sekä tehdyt laitteet ja rakennelmat pidetään kunnossa ja että ojitusalueella suoritetaan metsänparannusvarojen myöntämistä koskevassa päätöksessä määrätyt metsänhoitotyöt». Metsänparannusviranomaiset valvovat määräyksen noudattamista 20 vuoden aikana ojituksen päättymisestä suorittamalla ns. jälkitarkastuksia. Tarkastuksen luonteen vuoksi voidaan siihen käytettävän työpanoksen katsoa määräytyvän lähinnä hankkeen pinta-alan mukaan. Ojien määrällä pinta-alayksikköä kohti tuskin on esiin saatavaa vaikutusta.

Ojitusalueiden puusto vaatii yleensä tiettyjä *metsänhoitotoimenpiteitä* kehittyäkseen toivotulla tavalla. Osa näistä joudutaan suorittamaan siinä vaiheessa, jolloin puuston käsittelystä ei vielä kerry markkinointikelpoista puuta. Näiden lähinnä taimistonhoitotöiden kustannuksiin nähden pätevät samat toteamukset, jotka esitettiin edellä metsänviljelystöistä: jos ojat lisäävät työhankaluutta, ne vastaavasti pienentävät käsittelypinta-alaa. Kokonaiskustannusten riippuvuus saranleveydestä ei siten ole todennäköinen.

Neljäntenä jälkikustannusten lajina on luetteloon sisällytetty *verot*, tarkemmin sanottuna veronlisäykset (ja -vähennykset), sillä

suosta joudutaan useimmiten maksamaan veroa ojittamattomanakin. Verojen asema on sikäli poikkeuksellinen, että kun kaikilla muilla aikaisemmin selostetuilla kustannuksilla on reaalipanosvastineensa, veroilta se puuttuu. Verot ovat yhteiskunnan sisäistä tulonsiirtoa ja sellaisena kustannus yksityisen metsänomistajan mutta ei yhteiskunnan laskelmissa.

Suomessa käytössä olevan metsäverotusjärjestelmän mukaan metsänomistajaa verotetaan suon osalta tulosta, jonka suuruus määritetään laskennallisesti kasvupaikan laadun eli veroluokan, suon pinta-alan ja asianomaiseen kuntaan vuosittain vahvistettavan ns. verokuutiometrin hinnan perusteella. Veroasteikon progressiivisuuden vuoksi lopullisen veron suuruuteen vaikuttavat myös metsänomistajan muut tulot ja omaisuus. Ojituksen jälkeen suo on kutenkin verotuksesta vapaa Lapin läänissä 25 vuotta, Oulun läänissä 20 vuotta ja muualla maassa 15 vuotta. Sen jälkeen ojitetun suon veroluokka sovitetaan vastaamaan suon parantunutta puuntuottokykyä. Käytännössä viime mainittu merkinnee sitä, että suo siirretään kaavamaisesti astetta tai kahta korkeampaan veroluokkaan. (Olettamus perustuu kokemuksiin aikaisemman lain soveltamisesta; nykyinen laki on ollut voimassa vasta neljä vuotta).

Mainittu 15—25 vuoden verovapaus merkitsee verokustannusten vähenemistä, ja tämä muutos on täysin ojatiheydestä riippumaton. Verovapausajan jälkeen on teoriassa mahdollista joskin käytännössä erittäin epätodennäköistä, että suo tiheään ojitettuna luokiteltaisiin astetta ankarampaan veroluokkaan kuin harvaojaisena. Käytetyn luokittelun karkeajakoisuudesta johtuu, että veron lisäys tällöinkin tulee joka tapauksessa olemaan sama verraten laajoilla sarkaleveyden vaihteluväleillä, eikä vaihtumakohtaa voida ennakkoon määrittää. Näin ollen lienee perusteltua käsitellä myös veroja sarkaleveydestä riippumattomana kustannuksena.

Nykyinen metsäverotusjärjestelmä saattaa kuitenkin tulevaisuudessa korvautua ns. todellisten tulojen verotuksella. Tällöin omaisuusvero todennäköisesti säilyisi vuosittaisena vakiomaksuna, miten sen laskemisperusteet sitten säädettäisiinkin. Valtion tulovero, kunnallisvero ja muut samaperusteiset verot ja maksut sen sijaan määräytyisivät vuotuisten todellisten hakkuutulojen mukaan. Toisin sanoen vero olisi tietty osuus ojitetun suon hakkuutulosta ja sen suuruus riippuisi sarkaleveydestä samalla tavoin kuin itse hakkuutulo. Mainittuja veroja ei siten uuden järjestelmän vallitessa olisikaan syytä käsitellä kustannuksina. Tarkoituksenmukaisempaa olisi sisällyttää ne laskelmiin tulonvähennyksinä siten, että bruttohakkuutulojen sijasta käytetään verojen vähentämisen jälkeen käteen jäävää nettohakkuutuloa.

Kaikesta edellä esitetystä voitaneen yhteenvetona todeta, että *sarkaleveyden kaventaminen vaikuttaa ensisijaisesti varsinaisia sarkaojien kaivukustannuksia sekä vähäisemmässä määrin työnjohto-, valvonta- ja suunnittelukustannuksia lisäävästi.* Ojien kunnossapitokustannusten osalta se sijaan muutoksen suuntaa sen paremmin kuin suuruuttakaan ei voida päätellä ilman laajahkoja erillistutkimuksia. Muita kustannuksia saatetaan pitää ojatiheydestä käytännöllisesti katsoen riippumattomina.

Jos verrataan tässä mainittuja ojatiheyden mukaan vaihtelevia kustannuseriä toisiinsa, havaitaan, että varsinaiset kaivukustannukset muodostavat jo kokonaiskustannuksista ylivoimaisesti suurimman erän ja että erotus- eli differentiaalikustannuksista — joihin tässä tutkimuksessa pääasiallinen huomio on kiintynyt — niiden osuus on todennäköisesti vielä suurempi. Jatkotarkastelussa tullaankin rajoittumaan lähinnä kaivukustannuksiin. Toisin sanoen *oletetaan, että ojatiheyden muutos vaikuttaa ainoastaan kaivukustannusten suuruuteen.* Olettamuksesta tuloksiin mahdollisesti syntyvän virheen maksimisuuruutta ja merkitystä tarkastellaan erikseen tulosten luotettavuutta koskevassa luvussa.

Kaivukustannukset otetaan huomioon sekä yhteiskunnan että yksityisen metsänomistajan laskelmissa. Metsänparannuslain mukainen valtion rahoitus merkitsee kuitenkin sitä, että yksityinen metsänomistaja maksaa vain osan kaivukustannuksista itse ja lopusta huolehtii valtio. Tähän seikkaan palataan kustannusten suuruuden arvioinnin yhteydessä.

Ojitushankkeen kaivukustannukset voidaan ilmaista tulona: ojametrimäärä kertaa keskimääräinen ojametrikustannus. Vastaavasti tällöin kaivukustannusten muutos las-

ketaan ojametrimäärän ja sen muutoksen (vähennyksen tai lisäyksen) sekä keskimääräisen ojametrikustannuksen ja siinä mahdollisesti tapahtuvan muutoksen perusteella. Kaivukustannusten muutokset, jotka aiheutuvat siirtymisestä sarkaleveydestä toiseen määritetään siten tarkoituksenmukaisimmin pyrkimällä ensin selvittämään *ojatiheyden* eli hehtaaria kohden lasketun ojamäärän (m/ha) ja erikseen *ojametrikustannuksen* (mk/m) riippuvuus sarkaleveydestä. Siirrymme nyt tarkastelemaan lähemmin näitä tekijöitä.

32. Ojatiheyden riippuvuus sarkaleveydestä

321. Teoreettiset ojametrimäärät

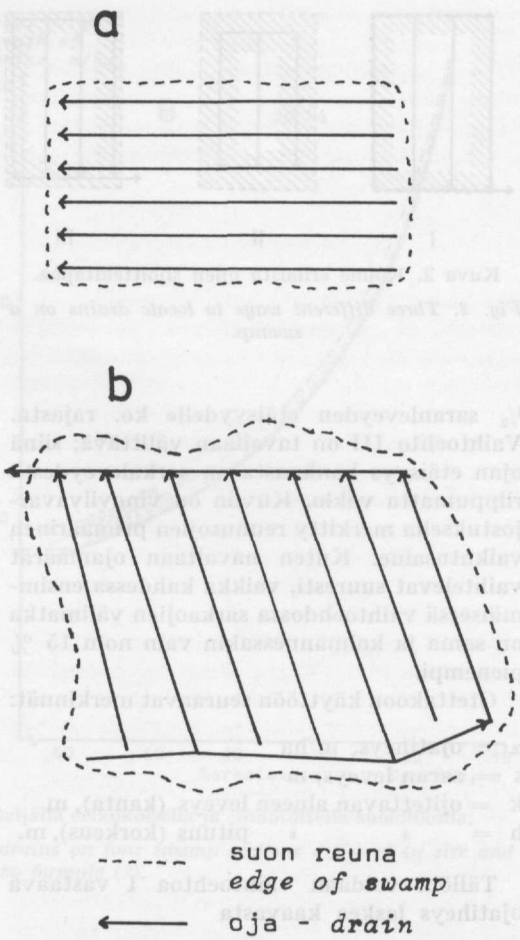
Sarkaleveyden ja hehtaaria kohden lasketun ojametrimäärän eli ojatiheyden (m/ha) välinen yhteys nähdään usein varsin pelkistettynä. Esimerkiksi SABO molemmissa edellä mainituissa tutkimuksissaan (BUŠS ja SABO 1959; SABO 1963) laskee sarkaleveyttä vastaavan ojametrimäärän osamääränä.

$$\frac{10\,000}{l}$$

(l = sarkaleveys, metrejä).

Tarkasti ottaen tämä suhde pitää kuitenkin paikkansa vain, mikäli sarkaojat muodostavat toisiinsa kytkemättömän yhdensuuntaisen näennäisojaston (kuva 1a) tai ojitettava alue on äärettömän suuri. Todellisuudessa sarkaojastoon (kuva 1b) kuuluu sarkaojien (kuvassa ojat Aa-Ag) lisäksi aina kokooja- eli valtaoja (kuvassa oja A) sekä useimmiten myös niskaoja (oja Aga), jonka tehtävänä on estää vesien valuminen ylempää sarkojen suunnassa ojitettavalle suolle. Kumpaakaan näistä ojista ei ole syytä unohtaa ojatiheyslaskelmista.

Itse asiassa voitaneen sanoa, että normaalitapauksessa sarkaojitettavalla suolla aina on vähintään neljä ojaa, jotka eri suunnilta erottavat suon sitä ympäröivistä kangasmaista ja/tai muista soista. Sarkaleveyttä valittaessa on kysymys siitä, montako ojaa näiden saarto- eli »reunusojien» väliin kaivetaan. Reunusojat muodostavat siten eräänlaisen vähimmäisojamäärän, johon sarkaleveyttä



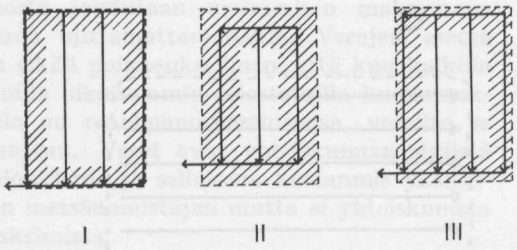
Kuva 1. Esimerkit näennäisestä (a) ja todellisesta (b) sarkaojastosta.

Fig. 1. Examples of quasi (a) and real (b) networks of drains.

kavennettaessa tulee lisää ojia ja ojametrejä. Pinta-alayksikköä kohden laskettavan ojatiheyden määräävät mainittu vähimmäismäärä ja lisäojametrit yhdessä.

Jos yksinkertaisuuden vuoksi oletetaan, että ojitettavat suot ovat suorakaiteen muotoisia, sarkaleveyden ja ojatiheyden välille on helposti johdettavissa matemaattisia riippuvuuslausekkeita, jotka SABOn käyttämää tarkemmin osoittavat tarvittavan ojamäärän/ha.

Kuvassa 2 nähdään kolme erilaista reunusojien sijoittamisperiaatetta. Vaihtoehdossa I reunusojat on kaivettu aivan suon ja kankaan rajaan, vaihtoehdossa II sen sijaan



Kuva 2. Kolme erilaista ojien sijoittelutapaa.

Fig. 2. Three different ways to locate drains on a swamp.

$^1/_2$ saranleveyden etäisyydelle ko. rajasta. Vaihtoehto III on tavallaan välittävä; siinä ojan etäisyys kankaasta on sarkaleveydestä riippumatta vakio. Kuviin on vinoviivavarjostuksella merkitty reunusojien primäärinen vaikutusalue. Kuten havaitaan ojamäärät vaihtelevat suuresti, vaikka kahdessa ensimmäisessä vaihtoehdossa sarkaojien välimatka on sama ja kolmannessakin vain noin 15 % pienempi.

Otettakoon käyttöön seuraavat merkinnät:

α = ojatiheys, m/ha
s = saran leveys, m
k = ojitettavan alueen leveys (kanta), m
h = » » pituus (korkeus), m.

Tällöin voidaan vaihtoehtoa I vastaava ojatiheys laskea kaavasta

$$(1)\ \alpha = 10\,000\ \frac{(\frac{k}{s} + 1)\,h + 2\,k}{k\,h}$$

$$= 10\,000\,(\frac{1}{s} + \frac{1}{h} + \frac{k+h}{kh})$$

ja vaihtoehtoa II vastaava ojatiheys kaavasta

$$(2)\ \alpha = 10\,000\ \frac{\frac{k}{s}\,(h - s) + 2\,(k - s) + {}^1/_2\,s}{kh}$$

$$= 10\,000\,(\frac{1}{s} + \frac{1}{h} - \frac{3\,s}{2\,kh})$$

Jos lisäksi merkitään

d = reunusojan etäisyys kankaasta, m

voidaan myös vaihtoehdon III mukaiselle ojatiheydelle esittää kaava

$$(3)\ \alpha = 10\,000\ \frac{(\frac{k - 2d}{s})\,(h - 2d) + 2\,(k - 2d) + d}{kh}$$

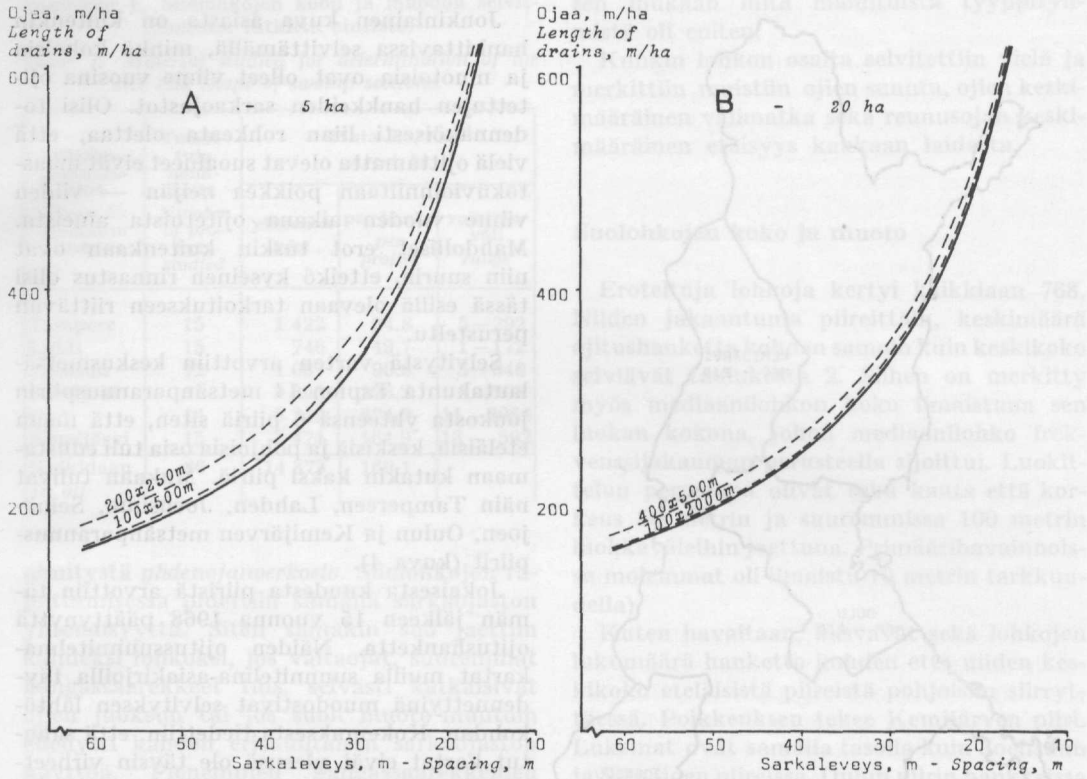
$$= 10\,000\,\left[\frac{1}{s} + \frac{1}{h} + \frac{k+h}{kh} - \frac{d}{khs}\,(2h + 2k + 5\,s - 4\,d)\right]$$

Vertaamalla kaavoja toisiinsa voidaan helposti todeta, että sarkaleveydestä riippumatta ojatiheys on suurin sijoitettaessa ojat vaihtoehdon I mukaan. Vaihtoehtojen II ja III järjestys puolestaan riippuu d:n ja s:n keskinäisestä suhteesta. Ojatiheys on vaihtoehdossa II pienempi niin kauan kuin s> 2d. Toisin sanoen sarkaleveyden pienentäminen lisää ojamäärää/ha jonkin verran jyrkemmin annettaessa reunusojan etäisyyden määräytyä saranleveyden mukaan kuin jos reunusojan etäisyys on sarkaleveydestä riippumaton.

Kaavoja käytettäessä on huomattava, että ne ollakseen yksittäistapauksissa realistisia edellyttävät osamäärän k/s (= sarkojen lukumäärä) kokonaisluvuksi. Tämä merkitsee samalla sitä, että ojatiheys ei yksittäistapauksissa muutu jatkuvasti vaan portaittain. Suon leveys määrää, mitkä sarkaleveydet ovat ylimalkaan mahdollisia harkintavaihtoehtoja. Niinpä 100 metrin levyinen suo voidaan ojittaa vain 100, 50, 33 $^1/_3$, 25, 20 jne metrin sarkoihin, mikäli muutoin noudatetaan edellä esitettyjä sijoitteluperiaatteita.

Jos tilanne kuitenkin tulkitaan siten, että kysymyksessä ovat suuren joukon keskimääräistunnukset — suon keskimääräinen leveys ja pituus, keskimääräinen sarkaleveys ja keskimääräinen ojatiheys —, ei tehtäne suurta virhettä, vaikka kyseisiä funktioita käytetään sellaisenaan, ikään kuin ne olisivat jatkuvia. Jäljempänä pitäydytään tähän olettamukseen.

Kaavoista voidaan edelleen nähdä, että alueen koko ja muoto vaikuttavat ojatiheyteen, vaikka sarkaleveys pidettäisiin vakiona. Esimerkkinä siitä, kuinka suuri tämä vaikutus voi olla, tarkasteltakoon kuvaa 3. Siinä on tavanomaisen 10000/s -suhteen rinnalle laskettu kaavan (2) mukaiset ojatiheydet neljälle erikokoiselle ja/tai -muotoiselle ojitusalueelle. Niistä kaksi on kooltaan 5 hehtaaria ja toiset kaksi 20 hehtaaria. Käyräparien vertailu osoittaa, että alueen muodon



Kuva 3. Ojatiheyden riippuvuus sarkaleveydestä neljällä erikokoisella ja -muotoisella suolohkolla.

Fig. 3. Dependence of the drain density on spacing of drains on four swamp sections different in size and shape. Calculated by formula (2).

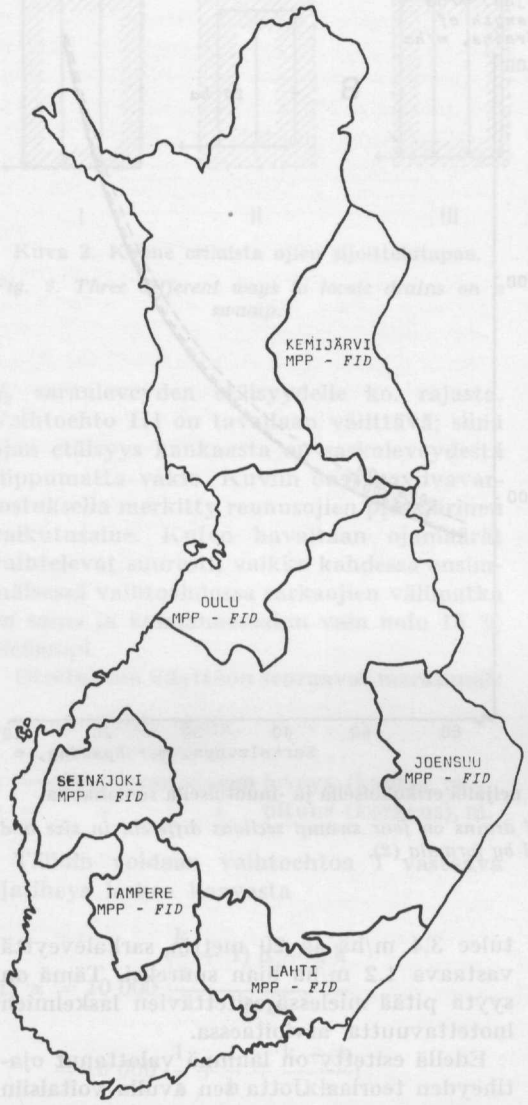
vaihtuminen ei muuta ojatiheyksien erotuksia, vaan saran kaventaminen esimerkiksi 50 metristä 20 metriin lisää ojatiheyttä aina saman verran, olipa alueen muoto mikä tahansa. Vain alueen koko on ratkaiseva. Kaavoista (1—3) on pääteltävissä, että sama pitää paikkansa myös käytettäessä kaavaa (1) mutta ei ole voimassa kaavaan (3) nähden.

Kaikki esitetyt kaavat edellyttävät kuitenkin, että ojitettava alue on suorakaiteen muotoinen. Tämäkään olettamus ei sinänsä ole realistinen, sillä harva suo on muodoltaan säännöllinen. Ojastot kaivetaan myös usein kolmion, suunnikkaan tai puolisuunnikkaan muotoisiksi. Tällaisissa tapauksissa em. kaavojen avulla laskettu ojatiheys on yleensä jonkin verran todellista suurempi. Niinpä 45° suunnikkaan kyseessä ollen kaavan (2) yliarviointi on suuruusluokkaa 6213 s/kh, eli alueen koon ollessa esimerkiksi 10 hehtaaria, 50 metrin sarkaleveyttä vastaava ojatiheys tulee 3.4 m/ha ja 20 metrin sarkaleveyttä vastaava 1.2 m/ha liian suureksi. Tämä on syytä pitää mielessä esitettävien laskelmien luotettavuutta arvioitaessa.

Edellä esitetty on lähinnä valottanut ojatiheyden teoriaa. Jotta sen avulla voitaisiin laskea kustannusten määrittämiseen käytettävät ojametrimäärät, on kuitenkin tiedettävä, minkä kokoisia ja muotoisia sarkaojitettaviksi tulevat suot keskimäärin ovat. Kun tällaisia tietoja ei ollut valmiina, jouduttiin asiasta suorittamaan erillinen empiirinen osaselvitys.

322. Empiirinen selvitys ojitettujen suolohkojen koosta, muodosta ja ojien sijoittelusta

Täsmällisen käsityksen muodostaminen lähivuosina sarkaojitettavaksi tulevien suo-



Kuva 4. Metsänparannuspiirit, joista suolohkojen koon ja muodon selvittämiseen käytetty aineisto on kerätty.

Fig. 4. Forest Improvement Districts (FID) where the material used for analyzing the size and shape of swamp sections has been assembled from.

alueiden koosta ja muodosta olisi mahdollista vain suorittamalla vielä ojittamattomien suoalueiden riittävän täydellinen inventointi. Yhdistettynä kartta-, ilmakuva- ja maastoanalyysinäkin sellainen vaatisi siksi paljon työtä ja varoja, ettei sen järjestämiseen tämän tutkimuksen yhteydessä ollut edellytyksiä.

Jonkinlainen kuva asiasta on kuitenkin hankittavissa selvittämällä, minkä kokoisia ja muotoisia ovat olleet viime vuosina ojitettujen hankkeiden sarkaojastot. Olisi todennäköisesti liian rohkeata olettaa, että vielä ojittamatta olevat suoalueet eivät maastokuvioinniltaan poikkea neljän — viiden viime vuoden aikana ojitetuista alueista. Mahdolliset erot tuskin kuitenkaan ovat niin suuria, etteikö kyseinen rinnastus olisi tässä esillä olevaan tarkoitukseen riittävän perusteltu.

Selvitystä varten arvottiin keskusmetsälautakunta Tapion 14 metsänparannuspiirin joukosta yhteensä 6 piiriä siten, että maan eteläisiä, keskisiä ja pohjoisia osia tuli edustamaan kutakin kaksi piiriä. Mukaan tulivat näin Tampereen, Lahden, Joensuun, Seinäjoen, Oulun ja Kemijärven metsänparannuspiirit (kuva 4).

Jokaisesta kuudesta piiristä arvottiin tämän jälkeen 15 vuonna 1968 päättynyttä ojitushanketta. Näiden ojitussuunnitelmakartat muilla suunnitelma-asiakirjoilla täydennettyinä muodostivat selvityksen lähtökohdan. Kokemuksesta tiedettiin, että sanotut kartat eivät yleensä ole täysin virheettömiä. Maastomittauksin hankittu aineisto olisi kuitenkin käytössä olleiden resurssien puitteissa jäänyt siksi pieneksi, ettei sen voitu odottaa parantavan tulosten yleistämiskelpoisuutta. Toisaalta karttojen mahdollisten virheiden vaikutus tässä selviteltäviin tunnuksiin tuskin on kovin merkittävä.

Asiakirjojen puuttumisen vuoksi otoksesta karsiutui arkistotyövaiheessa 4 hanketta; niistä 3 Joensuun ja 1 Oulun piiristä. Lopullinen aineisto käsitti näin ollen 86 hanketta jakaantuneina kokonsa ja sijaintinsa puolesta taulukon 1 osoittamalla tavalla.

Suomenkielisten metsänparannuspiirien vuonna 1968 valmistuneiden hankkeiden kokonaismäärästä tutkimusaineisto käsittää 6.1 % ja kokonaispinta-alasta 8.8 %. Kyseisten kuuden piirin osalta vastaavat luvut ovat 17.3 % ja 19.6 %. Aineistoa voitaneen siten pitää verraten peittävänä.

Aluksi kukin tutkittava hanke jaettiin suunnitelmakartalla osiin: yhtenäisiin sarkaojitettuihin alueisiin eli *suolohkoihin* sekä niiden väliin tai ulkopuolelle jääviin yleensä yhdellä ojalla kuivattuihin juotteihin ja muihin rakenteeltaan epäsäännöllisempiin ojastoihin, joista kaikista seuraavassa käytetään

Taulukko 1. Suolohkojen koon ja muodon selvittämiseksi tutkittu aineisto.

Table 1. Material studied for determination of the size and shape of swamp sections.

Metsänparannuspiiri *Forest improvement district*	Tutkittuja hankkeita *Number of projects studied*	Pinta-ala, ha *Areal, ha*		
		yhteensä *total*	per hanke *per project*	vaihteluväli *range*
Tampere	15	1 422	94.8	5 – 292
Lahti	15	746	49.7	1 – 172
Joensuu	12	1 087	90.6	3 – 546
Seinäjoki	15	3 395	226.3	6 – 708
Oulu	14	5 249	374.9	11 – 2066
Kemijärvi	15	2 474	164.9	13 – 592
Kaikkiaan *In all*	86	14 373	169.1	

nimitystä *yhdenojanverkosto*. Suolohkojen rajoittamisessa pidettiin silmällä sarkaojaston yhtenäisyyttä. Siten samakin suo jaettiin kahdeksi lohkoksi, jos valtaojat, suuremmat kangassaarekkeet tms. selvästi katkaisivat ojien juoksun tai jos suon muoto muutoin edellytti kahden erisuuntaisen sarkaojaston käyttöä. Pienempien kangassaarekkeiden esiintyminen lohkon sisällä sallittiin.

Tapausten monimuotoisuuden vuoksi mainitut pääsäännöt eivät sellaisenaan riitä rajojen täsmälliseen paikantamiseen kaikissa esiintulleissa tapauksissa. Lopullinen tulos heijastaa siten jossain määrin myös työn suorittaneiden henkilöiden subjektiivista näkemystä, mikä on syytä muistaa tuloksia tutkittaessa.

Kustakin näin rajatusta suolohkosta määritettiin tämän jälkeen lohkon koko käyttäen ilmausta: kanta × korkeus. Mittausta varten lohkon yleensä jonkin verran epäsäännöllinen muoto tasoitettiin silmävaraisesti vastaamaan sitä geometrista kuviota — suorakaidetta, suunnikasta, puolisuunnikasta tai kolmiota —, jota lähinnä se oli. Myös lohkon todellinen muoto merkittiin muistiin karkein pääpiirtein. Samoin arvioitiin yhdenojanverkoston likimääräinen pituus.

Suolohko saattaa koostua useammastakin kuin yhdestä suotyyppikuviosta. Suunnitelmakartan tyyppiryhmämerkintöjen perusteella arvioitiin erikseen korpien, rämeiden ja nevojen osuus lohkon pinta-alasta ja lohko luokiteltiin korpi-, räme- tai nevavaltaiseksi sen mukaan mitä mainituista tyyppiryhmistä oli eniten.

Kunkin lohkon osalta selvitettiin vielä ja merkittiin muistiin ojien suunta, ojien keskimääräinen välimatka sekä reunusojan keskimääräinen etäisyys kankaan laidasta.

Suolohkojen koko ja muoto

Eroteltuja lohkoja kertyi kaikkiaan 768. Niiden jakaantuma piireittäin, keskimäärä ojitushanketta kohden samoin kuin keskikoko selviävät taulukosta 2. Siihen on merkitty myös mediaanilohkon koko ilmaistuna sen luokan kokona, johon mediaanilohko frekvenssijakauman perusteella sijoittui. Luokittelun perustana olivat sekä kanta että korkeus 50 metrin ja suuremmissa 100 metrin luokkaväleihin jaettuna. Primäärihavainnoissa molemmat oli ilmaistu 10 metrin tarkkuudella).

Kuten havaitaan, kasvavat sekä lohkojen lukumäärä hanketta kohden että niiden keskikoko eteläisistä piireistä pohjoisiin siirryttäessä. Poikkeuksen tekee Kemijärven piiri. Lukemat ovat samalla tasolla kuin Joensuun ja Seinäjoen piireissä. Oulun piirin hankkeissa lohkoja on noin 2 $^1/_2$-kertainen määrä eteläisimpiin piireihin verrattuna ja lohkojen keskikoko on pyöreästi kolminkertainen. Sama suuntaus näkyy myös mediaanilohkojen koossa. Tulos vastaa hyvin vallitsevaa käsitystä,

Taulukko 2. Tutkittujen suolohkojen lukumäärä, keskimäärä hanketta kohden ja keskikoko sekä mediaanilohkon koko metsänparannuspiireittäin.

Table 2. Number of swamp sections studied, the average number of sections per draining project, and the average and median size of sections, by forest improvement districts.

Metsänparannuspiiri *Forest improvement district*	Tutkittuja lohkoja *Number of sections studied*		Lohkojen keskikoko, ha *Average size of sections*	Mediaanilohkon koko, ha *Median size of sections*
	yhteensä *total*	per hanke *per project*		
Tampere	74	4.9	6.7	4
Lahti	55	3.7	6.8	5
Joensuu	68	5.7	8.5	6
Seinäjoki	180	12.0	11.4	7.5
Oulu	207	14.8	20.2	12
Kemijärvi	184	12.3	8.0	6
Yhteensä *In all*	768	9.0	11.9	

että maastokuvioiden keskikoko on pohjoisessa suurempi kuin etelässä. Kemijärven poikkeavuus saattaa selittyä ainakin osaksi sillä, että mainitussa piirissä ojituskelpoisiksi katsottavien soiden joukko todennäköisesti karsiutuu voimakkaammin kuin etelämpänä. Ojitettaviksi tulevat pääasiassa parhaat ja samalla keskimääräistä pienialaisemmat korpi- ja rämelohkot.

Esitettyjä lukuja on syytä verrata myös seuraavaan lukusarjaan, joka osoittaa sarkaojitettujen suolohkojen osuuden hankkeiden koko pinta-alasta:

Tampere	34.7 %	Seinäjoki	60.6 %
Lahti	50.0 %	Oulu	79.6 %
Joensuu	53.4 %	Kemijärvi	59.7 %

Loppuosa pinta-alasta on edellä jo selostettua yhdenojanverkostoa eli kapeita yhdellä ojalla kuivattuja korpijuotteja ja muita vastaavia sarkaojitukseen soveltumattomia soita ja suon osia.

Asetelmassa on aiheellista kiinnittää huomiota lähinnä metsänparannuspiirien välisiin suhteisiin. Lohkojen rajaamisen harkinnan varaisuudesta ja niiden koon määrityksen arviointiluonteesta seuraa, että osuuksien absoluuttinen taso voidaan tulkita enintään suuruusluokkaa osoittavaksi.

Merkille pantavaa on, että sarkaojituslohkojen osuus kasvaa ja yhdenojanverkoston osuus vastaavasti pienenee lounaasta itään ja pohjoiseen, poikkeuksena tässäkin Kemijärven piiri. Kun yhdenojanverkosto käsittää etupäässä korpijuotteja ja muita keskimääräistä viljavampia soita, tuloksen voidaan katsoa heijastavan ei pelkästään maaston kuviointia vaan myös ojitettujen soiden yleistä laatua. Lukusarja tukee siten Kemijärven piirin poikkeuksellisuudelle edellä annettua selitystä.

Lohkojen koon vaihtelua tutkittiin myös laskemalla keskiarvot erikseen korpivaltaisille ja erikseen rämevaltaisille lohkoille (taulukko 3). Nevavaltaisia oli siksi vähän, yhteensä 20, että niiden erillinen esittäminen on perusteltua vain Oulun piirin osalta. Lohkon koon tunnuksena käytettiin tässä yhteydessä pinta-alaltaan yhtäsuuren neliönmuotoisen alueen sivun pituutta. Keskiarvot on laskettu lohkoittaisista tunnuksista tavalliseen tapaan painottamattomina aritmeettisina keskiarvoina.

Omaksuttu tunnus pienentää jossain määrin haittaa, joka pelkkää pinta-alaa käytettäessä on ilmeinen: pinta-alaltaan suuret lohkot saavat kohtuuttoman suuren painon. Mediaanilohkolla on tunnuksena suunnilleen samat edut, mutta käytännön syistä siihen ei tässä tarkastelussa turvauduttu.

Taulukko 3. Korpivaltaisten ja rämevaltaisten suolohkojen keskikoot, kun koon tunnuksena on käytetty neliönmuotoiseksi muunnetun alueen sivun pituutta eli pinta-alan neliöjuurta.

Table 3. The average size of sections dominated by spruce or pine swamps, indicated by the average length of side in sections transformed into squares, i.e. by the average square root of the areas of sections.

Metsänparannuspiiri *Forest improvement district*	Lohkojen lukumäärä *Number of sections*		Sivun pituus keskimäärin m *The average length of side, m*	
	Korpivaltaiset *Sections dominated by spruce swamps*	Rämevaltaiset *Sections dominated by pine swamps*	Korpivaltaiset *Sections dominated by spruce swamps*	Rämevaltaiset *Sections dominated by pine swamps*
Tampere	17	56	220	240
Lahti	21	34	240	240
Joensuu	15	53	270	270
Seinäjoki	20	159	290	320
Oulu	30	159	410	380
Kemijärvi	19	165	230	260
Yhteensä *Total*	122	626	290	300

Kuten havaitaan, korpi- ja rämevaltaisten lohkojen keskikoolla ei ole merkittävää eroa. Korpivaltaisille lohkoille laskettu arvo on hieman suurempi Oulun piirissä, hieman pienempi Tampereen, Seinäjoen ja Kemijärven piireissä ja yhtä suuri Lahden ja Joensuun piireissä. Erot ovat siksi pieniä, ettei niillä ole tilastollista merkitsevyyttä. Oulun piirissä nevavaltaisten lohkojen (18) keskimääräinen koko (sivun pituus 520 m) oli kuitenkin merkitsevästi korpi- ja rämevaltaisten keskikokoa suurempi. Nevavaltaisten lohkojen pieni lukumäärä ja jopa täydellinen puuttuminen nimenomaan muissa metsänparannuspiireissä selittyy sillä, että nevat laajoina yhtenäisinä kokonaisuuksina jätetään yleensä ojittamatta.

Korpi- ja rämevaltaisia lohkoja vertailtaessa on pidettävä mielessä, että edellisiin sisältyy myös varsin paljon rämeitä ja jälkimmäisiin vastaavasti korpia ja toisaalta että mainitut yhdenojanverkostot ovat pääosaltaan korpijuotteja. Korpivaltaisiin loh-

koihin sisältyvät siis vain sellaiset korpikuviot, jotka on sarkaojitettu. Viimemainittu selittänee pääosaltaan sen, että korpivaltaisten lohkojen suhteellinen osuus, 19.5 % korpivaltaisten ja rämevaltaisten lohkojen kokonaismäärästä, on yllättävän pieni. Olihan esimerkiksi HEIKURAISEN (1961) laskelmien mukaan koko ojituskelpoisesta suoalasta vuonna 1953 korpia 46 % ja avosoita 6 %, eikä puolentoista vuosikymmenen ojitustoiminta liene näitä suhteita täysin muuttanut.

Samalla on kuitenkin aihetta korostaa, että kysymyksessä on pelkkä kartta-analyysi, jonka paikkansapitävyys riippuu karttojen todenperäisyydestä. Aikaisemmat kokemukset koealojen maastoetsintävaiheessa samoin kuin ojituskustannusvertailuja varten suoritettu maastotarkastus (noin 40 ojitushanketta kolmen metsänparannuspiirin alueella pistokokeenomaisesti läpikäytynä) kehottavat tässä suhteessa varovaisuuteen.

Suolohkojen muoto

Lohkojen keskimääräinen muoto määritettiin käyttäen ns. muotosuhdetta, jolla tässä tarkoitetaan suorakaiteen muotoiseksi muunnetun lohkon pitemmän ja lyhyemmän sivun suhdetta. Kolmion muotoisille lohkoille suhde laskettiin vastaavasti kannan ja korkeuden puolikkaan sekä suunnikkaille kannan ja korkeuden suhteena.

Lohkojen näin määritetyistä muotosuhteista laskettiin painottamattomat keskiarvot. Ne olivat seuraavat:

Tampere	1.9	Seinäjoki	2.3
Lahti	2.0	Oulu	2.5
Joensuu	2.4	Kemijärvi	1.9

Korpi- ja rämevaltaisille lohkoille erikseen laskettuina keskiarvot poikkesivat toisistaan merkitsevästi vain Seinäjoen ja Oulun piireissä. Niissä korpivaltaiset lohkot osoittautuivat hieman rämevaltaisia pitkänomaisemmiksi. Erot olivat suuruusluokkaa 0.25—0.50. Muualla erot jäivät satunnaisiksi jo suunnaltaankin.

Mediaanilohkon muotosuhde selvitettiin samalla tavalla kuin koonkin osalta: luokitellun aineiston sen luokan muotosuhteena, johon mediaanilohko frekvenssijakauman mukaan määritettynä kuului. Eri metsänparannuspiireille saatiin kyseiset muotosuhteet seuraaviksi:

Tampere	1.6	Seinäjoki	2.0
Lahti	1.6	Oulu	2.0
Joensuu	2.0	Kemijärvi	1.7

Merkille pantavaa on, että sekä keskimääräinen että mediaanilohkon muotosuhde vaihtelevat eri piirien kesken kutakuinkin samaan tapaan kuin lohkon kokokin. Toisin sanoen sarkaojitettavien suolohkojen muoto on sitä pitkänomaisempi, mitä pohjoisemmasta metsänparannuspiiristä on kysymys. Poikkeuksena on jälleen Kemijärven piiri. Tulos voidaan ymmärtää, jos sen rinnalla ajatellaan sarkaojitettavien lohkojen osuuden muutoksia. Pohjoisempana kuviokoko on keskimäärin suurempi ja siten moniin sellaisiin korpiin, jotka etelämpänä ovat vain yksiojajuotteja, voidaan kaivaa kaksi tai useampia ojia. Kun tällaisista kuvioista muodostuvat lohkot ovat useimmiten pitkänomaisia, ne myös vaikuttanevat keskimääräiseen muotoon suhteellisen voimakkaasti.

Käytetty sarkaleveys

Kerätyn aineiston perusteella oli myös mahdollista muodostaa entistä täsmällisempi kuva nykyisin käytetyistä keskimääräisistä sarkaleveyksistä. Vuosittain julkaistavista ojitustilastoista tosin löytyvät piireittäin ojitushankkeitten keskimääräiset ojatiheydet, mutta ne eivät vielä sellaisenaan osoita sarkaleveyttä. Kyseisiä ojatiheyslukuja laskettaessa ovat näet mukana myös yhdenojanverkostot, joissa ojatiheys määräytyy ensisijaisesti juotin kapeuden mukaan. Toisaalta on, kuten edellä jo todettiin, ojatiheyden johtamiseksi laskennallisesti sarkaleveydestä tunnettava myös suolohkojen koko ja muoto. Sama on luonnollisesti voimassa päinvastaiseen suuntaan.

Tässä tapauksessa keskimääräiset sarkaleveydet mitattiin suunnitelmakartoista. Metsänparannuspiireittäin korpi- ja rämevaltaisille lohkoille erikseen lasketut käytettyjen sarkaleveyksien jakaantumat ja keskimääräiset sarkaleveydet ilmenevät taulukosta 4. Sitä tarkasteltaessa havaitaan, että piirien väliset erot eivät ole kovin suuria. Rämevaltaisten lohkojen ryhmässä vain Tampereen piiri poikkeaa merkitsevästi muista keski-

Taulukko 4. Käytetyt sarkaleveydet ja niiden keskiarvot metsänparannuspiireittäin.

Table 4. Spacings used and their averages by forest improvement districts.

Metsänparannuspiiri *Forest improvement district*	Käytetty sarkaleveys, metriä *Spacing used, meters*				Keskimäärin, metriä *Average, meters*
	−35	40−45	40−55	60 +	
	Prosenttia havainnoista *Per cent of observations*				
Korpivaltaiset lohkot — *Sections dominated by spruce swamps*					
Tampere	—	33	33	34	52.5
Lahti	—	28	61	11	49.5
Joensuu	—	27	33	40	52.0
Seinäjoki	—	25	40	35	52.8
Oulu	—	21	72	3	50.0
Kemijärvi	—	69	21	10	46.8
Kaikki — *In all*					50.4
Rämevaltaiset lohkot — *Sections dominated by pine swamps*					
Tampere	—	45	35	21	49.7
Lahti	3	57	38	3	46.0
Joensuu	—	74	25	2	44.4
Seinäjoki	13	52	31	4	44.5
Oulu	7	50	42	1	45.3
Kemijärvi	2	81	15	2	44.2
Kaikki — *In all*					45.2
Kaikki lohkot — *All sections*					
Tampere					50.3
Lahti					47.3
Joensuu					46.1
Seinäjoki					45.4
Oulu					46.0
Kemijärvi					44.5
Kaikki — *In all*					46.0

määräisen ojavälin ollessa siellä lähes viisi metriä suurempi kuin muualla. Korpivaltaisten lohkojen ryhmässä puolestaan Kemijärven piirin käyttämä sarkaleveys on ainoana muita merkitsevästi (3—6 m) kapeampi. Varsin selvä on sen sijaan korpivaltaisten ja rämevaltaisten lohkojen välinen keskimääräisten sarkaleveyksien ero. Korpivaltaisilla on kautta linjan käytetty keskimäärin leveämpää sarkaa. Suurimmillaan ero on Seinäjoen ja Joensuun piireissä (n. 8 m) ja pienimmillään Tampereen ja Kemijärven piireissä (2.5—3 m). Kaikki erot Tampereen piiriä lukuunottamatta ovat tilastollisesti merkitseviä 5 % riskillä.

Tulokset vastaavat varsin hyvin metsäojituksen oppikirjoissa sarkaleveyden valitsemiseksi annettuja ohjeita. Niissähän yleensä neuvotaan käyttämään sitä tiheämpää ojaväliä mitä heikompilaatuinen tai vähäpuustoisempi suo on (esim. HEIKURAINEN 1960, s. 257; HUIKARI ym. 1964, s. 175).

Sarkaleveyden vaihtelua tutkittiin myös suolohkon koon funktiona. Tarkastelu rajoitettiin tällöin rämevaltaisiin lohkoihin, sillä korpivaltaisia oli liian vähän salliakseen aineiston pitemmälle menevän jaottelun.

Vertailu osoitti, että koko aineistossa keskimääräinen sarkaleveys oli alle 2 hehtaarin lohkolla pienin (43.6 m) ja yli 25 hehtaarin lohkolla suurin (47.4 m) mutta välillä 2—25 hehtaaria, jolle osui 81.7 % havainnoista, lohkon koon ja sarkaleveyden välillä ei ollut selvää riippuvuutta. Metsänparannuspiireistä Oulu oli ainoa, jossa saatiin esiin selvä trendi: koon suuretessa myös käytetty sarkaleveys

Taulukko 5. Reunusojan keskimääräinen etäisyys kankaasta sarkaojitetuilla suolohkoilla

Table 5. Average distance of side drains from the edge of surrounding upland on swamp sections drained in strips.

Metsänparannuspiiri *Forest improvement district*	Havaintolohkoja *Number of sections observed*			Ojan etäisyys kankaasta, m *Average distance of side drain from the upland, m*		
	Korpivaltaisia *Dominated by spruce*	Rämevaltaisia *Dominated by pine*	Kaikilla *In all*	Korpivaltaisilla *Dominated by spruce*	Rämevaltaisilla *Dominated by pine*	Kaikkiaan *In all*
Tampere	12	44	57	22.5	23.3	23.1
Lahti	18	33	51	26.1	18.3	21.1
Joensuu	15	52	67	20.3	20.7	20.6
Seinäjoki	17	140	158	24.7	23.0	23.2
Oulu	15	110	125	15.7	17.1	17.0
Kemijärvi	18	155	173	22.5	19.7	10.0
Yhteensä — *Total*	95	534	631	22.2	20.3	20.6

Huom. Sarakkeisiin »kaikkiaan» ja »kaikilla» sisältyvät myös tässä erittelemättömät nevavaltaiset lohkot.

Obs. Columns headed as »In all» also include the sections dominated by open swamps.

johdonmukaisesti kasvoi 40.0 metristä alle 2 hehtaarin lohkoilla 50.0 metriin yli 100 hehtaarin lohkoilla.

Reunusojan etäisyys kankaasta

Jokaiselta suolohkolta pyrittiin määrittämään myös suon laitaan eli reunukseen sijoitetun reunusojan keskimääräinen etäisyys kankaasta. Kaikkien lohkojen osalta tässä ei onnistuttu. Joko lohko rajoittui ojittamatta jääviin soihin ja yhdenojanverkostoon tai keskimäärän selvittäminen oli muutoin vaikeaa lohkon muodon epämääräisyyksien vuoksi. Havaintoja kertyi kuitenkin 631 eli 82.2 %:lta tutkituista suolohkoista.

Korostettakoon tässä, että kysymyksessä ovat kartoilta mitatut suureet, joiden yhtäpitävyyttä todellisuuden kanssa ei ole voitu tarkistaa. Etenkin reunusojan etäisyyttä koskevia lukuarvoja on siten syytä tulkita hyvin varoen.

Keskietäisyydet piireittäin ilmenevät taulukosta 5. Koko aineistossa on keskietäisyys korpivaltaisilla lohkoilla noin 2 metriä suurempi kuin rämevaltaisilla. Piireittäin tarkasteltuna mainittu ero vaihtelee suuresti, mutta vain kahden piirin, Lahden ja Kemijärven, osalta se on tilastollisesti merkitsevä (P = . 95). Rämevaltaisilla lohkoilla reunusoja on merkitty lähimmäksi kangasta Oulun metsänparannuspiirissä ja kauimmaksi siitä Tampereen ja Seinäjoen piireissä.

Esillä olevan tutkimuksen kannalta mielenkiintoisin on kuitenkin reunusojan keskietäisyyden ja vastaavan keskimääräisen sarkaleveyden välinen suhde. Laskettuina korpi- ja rämevaltaisia lohkoja erottelematta kyseiset suhteet ovat piireittäin seuraavat:

Tampere	0.46	Seinäjoki	0.51
Lahti	0.45	Oulu	0.37
Joensuu	0.45	Kemijärvi	0.45

Keskimäärin reunusoja on siis piirretty *hieman alle puolen saranleveyden päähän kankaasta.* Poikkeuksen tekee ainoastaan Oulun piiri, jossa mainittu etäisyys jää runsaaseen kolmasosaan keskimääräisestä ojavälistä. Kaikkien piirien keskiarvona suhde on korpivaltaisilla lohkoilla 0.44 ja rämevaltaisilla 0.45 sekä erottelematta 0.45.

Kaikki nämä luvut tarkoittavat siis kartoilla esiintyviä suhteita. Tekijän käsityksen mukaan ne samalla kuitenkin heijastavat myös todellista ojasijoittelua. Vaikka kartoituksen tarkkuus saattaa yksittäistapauksissa vaihdella paljonkin, on epätodennäköistä, että laajan aineiston keskiarvossa olisi suuruusluokaltaan ratkaisevaa systemaattista virhettä.

323. Saran kaventumista vastaavat ojametrimäärän lisäykset

Suoritetun empiirisen selvityksen perusteella on nyt mahdollista laskea sarkalevey-

den muutoksiin liittyvät kaivettavan ojametrimäärän muutokset. Laskemiseen käytetään kaavaa (2), sillä reunusojan etäisyyden ja sarkaleveyden vertailu edellä osoitti kaavan perustana olevan olettamuksen vastaavan varsin hyvin nykyistä ojien sijoittelutekniikkaa.

Ojametrimäärän muutokset lasketaan olettaen, että sarkaojitettavat suolohkot vastaavat kooltaan ja muodoltaan empiirisen selvityksen mukaista *mediaanilohkoa*. Eri metsänparannuspiireissä mediaanilohkot ovat seuraavat:

Tampere	160 m × 260 m
Lahti	180 m × 280 m
Joensuu	170 m × 350 m
Seinäjoki	195 m × 385 m
Oulu	245 m × 490 m
Kemijärvi	190 m × 320 m

Vertailun vuoksi esitettäköön rinnalla myös keskimääräisen lohkon koon ja keskimääräisen muotosuhteen perusteella lasketut keskimääräislohkot:

Tampere	190 m × 355 m
Lahti	185 m × 370 m
Joensuu	190 m × 450 m
Seinäjoki	220 m × 520 m
Oulu	285 m × 710 m
Kemijärvi	205 m × 390 m

Viime mainitut ovat järjestään suurempia ja muodoltaan pitkänomaisempia. Edellä jo esitetystä syystä mediaanilohkoa lienee kuitenkin pidettävä soveliaampana edustamaan ns. tyypillisiä tapauksia. Käytännössä valinta johtaa jonkin verran suurempiin ojatiheyksiin kuin mihin keskimääräislohkoon turvautumalla päädyttäisiin.

Kun kaavaan (2) sijoitetaan mediaanilohkon pituus ja leveys ja annetaan sarkaleveydelle vaihtelevia arvoja, saadaan tuloksena lukusarja, joka osoittaa kutakin sarkaleveyttä vastaavan ojametrimäärän per hehtaari. Vähentämällä edelleen perättäiset ojatiheyslukemat toisistaan saadaan selville sarkaleveyden vaihtamisista aiheutuvat ojametrimäärän muutokset.

Taulukko 6 esittää nämä muutokset lisäojametreinä, jotka tarvitaan sarkaleveyden kaventamiseksi 5 metrillä kerrallaan. Samat lukemat pätevät luonnollisesti myös vastakkaiseen suuntaan. Toisin sanoen osoittamaan montako metriä ojaa säästetään hehtaarilla, jos tyydytään 5 metriä leveämpään sarkaan. Metsänparannuspiireittäisistä tuloksista on laskettu painottamattomat keskiarvot siten, että Kemijärven ja Oulun piirit muodostavat oman ryhmänsä ja neljä muuta piiriä omansa.

Jäljempänä esitettävissä vertailulaskelmissa tullaan näitä ojametrimääriä käyttämään sarkaleveyden muutoksesta aiheutuvan panosten muutoksen estimaattina. Tällöin Kemijärven ja Oulun piirien muodostaman ryhmän keskiarvoja sovelletaan koko Pohjois-Suomen eli Lapin ja Oulun läänien alueel-

Taulukko 6. Keskimääräinen ojametrimäärän lisäys, joka tarvitaan sarkaleveyden kaventamiseksi viidellä metrillä.

Table 6. Average increase in the length of drains, needed to narrow the spacing by ×ve meters.

Metsänparannuspiiri *Forest improvement district*	Sarkaleveys, m *Spacing, m*							
	60 — 55	55 — 50	50 — 45	45 — 40	40 — 35	35 — 30	30 — 25	25 — 20
	Ojametrimäärän lisäys, m/ha *Increase in drain density, m/ha*							
Tampere	16.9	20.0	24.1	29.5	37.5	49.5	68.4	101.9
Lahti	16.6	19.7	23.7	29.2	37.2	49.1	68.2	101.5
Joensuu	16.4	19.5	23.5	29.0	36.9	48.9	68.0	101.3
Seinäjoki	16.2	19.2	23.2	28.8	36.7	48.6	67.7	101.0
Keskimäärin *Average*	16.5	19.6	23.6	29.1	37.1	49.0	68.1	101.4
Oulu	15.8	18.8	22.8	28.4	36.4	48.1	67.3	100.7
Kemijärvi	16.4	19.4	23.5	29.0	37.0	48.8	67.9	101.2
Keskimäärin *Average*	16.1	19.1	23.2	28.7	36.7	48.5	67.6	101.0

seen ja toisen ryhmän keskiarvoja muihin osiin maata.

33. Ojametrikustannus ja sen riippuvuus ojatiheydestä

Ojametrikustannuksen riippuvuutta käytetystä sarkaleveydestä voidaan ajatella tutkittavan kokeellisesti seuraavalla tavalla: valitaan ojituskohteiksi joko suolohkoja tai kokonaisia hankkeita, jotka luontaisilta ominaisuuksiltaan ja sijainniltaan ovat mahdollisimman samanlaisia, ja toteutetaan niillä ojitus käyttäen kullakin erilevyistä ojaväliä. Määrittämällä eri tapauksissa syntyvät kustannukset tai suorittamalla työmenekkiä koskeva yksityiskohtainen aikatutkimus saadaan tällöin esiin ojatiheyden mahdollinen vaikutus ojametriä kohden laskettavaan kustannukseen tai panokseen. Käytännössä tällaisen kokeellisen tutkimuksen järjestäminen tuottaa kuitenkin suuria vaikeuksia, mikäli pyritään riittävän yleistämiskelpoisiin kvantitatiivisiin tuloksiin. Ojituskohteiden ja olosuhteiden suuri vaihtelu edellyttää niin laajaa koeaineistoa, ettei sellaisen kerääminen esimerkiksi tässä esillä olevan tutkimuksen sivutyönä ole mahdollista.

Toinen kustannustutkimuksissa yleisesti käytetty keino on yrittää selvittää mainittu riippuvuussuhde analysoimalla tilastomatemaattisin menetelmin kustannustietoja, jotka ovat saatavissa käytännön ojitushankkeista niiden kirjanpidosta. Hankekohtaisina tiedossa olevat kustannukset kaivettua ojametriä kohden laskettuina vaihtelevat suuruudeltaan, ja vaihteluun saattaa olla useitakin syitä, eräänä niistä käytetty sarkaleveys. Jos valitaan riittävä määrä sellaisia ojitushankkeen sijaintiin, soiden laatuun, käytettyyn työmenetelmään jne liittyviä muuttujia, jotka oletettavasti vaikuttavat ojametrikustannukseen, ja määritetään kunkin tällaisen muuttujan arvo jokaisessa tutkittavassa ojitushakkeessa sekä käsitellään näin kertynyttä informaatiota sopivalla monimuuttujamenetelmällä voidaan ehkä saada selville, mikä osa ojametrikustannuksen vaihtelusta on muiden tekijöiden ja mikä osa sarkaleveyden aiheuttamaa. Tätä tietä voidaan edelleen selvittää, mikä on sarkaleveyden ja ojametrikustannuksen välinen vaikutussuhde.

Edellytyksenä tilastollisen analyysin onnistumiselle on, että löydetään oikeat muuttujat ja pystytään myös hankkeittain määrittämään niille arvot. Kumpaakaan vaatimusta ei ole helppo täyttää. Etenkin jälkikäteen tapahtuvan mittaaminen on vaikeaa ja jopa mahdotonta, mikä rajoittaa käyttökelpoisten muuttujien määrää ja heikentää niiden selityskykyä monesti ratkaisevalla tavalla. Havaintojen lukumääräkin saattaa muodostua pullonkaulaksi, mikäli muuttujia on paljon. Mitä useampia muuttujia selitysmalliin halutaan mukaan, sitä enemmän on myös havaintoja eli hankkeita oltava.

Ennen kuin varsinaiseen kvantitatiiviseen analyysiin ryhdytään, on sen vuoksi tarpeen selvittää, mitkä tekijät todennäköisesti voimakkaimmin vaikuttavat ojametrikustannukseen ja mitä mahdollisuuksia on näiden muuttujien mittaamiseen. Jos näet mukaan ei saada keskeisimmin vaikuttavia muuttujia, ei analyysin tulosten voida odottaa olevan kovin käyttökelpoisia.

Ongelmaa voidaan lähestyä hahmottelemalla ensin kuva kaivukustannusten rakenteesta sellaisena kuin se metsänparannusvaroin toteutettujen hankkeiden kirjanpidosta ilmenee. Kuten luvussa 31 jo todettiin, ojitushankkeen kaivukustannuksista pääosan muodostaa auraus- tai konekaivu-urakoitsijoille maksettava palkkio eli korvaus, joka kuivatusojien osalta on normaalisti juoksumetriperusteinen ja valtaojan osalta kuutiometriperusteinen. Huikarin ja Juvosen (1970) selvityksen mukaan tämä korvaus oli keskusmetsälautakunta Tapion vuonna 1968 päättyneissä hankkeissa keskimäärin 82.9 % konekaivun ojametriä kohti lasketuista työkustannuksista. Loput 17.1 % aiheutuivat lähinnä kivi-, silta- ja rumputöistä. Viimeksi mainittujen määrän ja osuuden voi odottaa vaihtelevan hankkeen sijainnin ja soiden laadun mutta vain vähäisessä määrin ojatiheyden mukaan. Samaa voidaan sanoa aurauksen yhteydessä merkittäväksi kustannuseräksi muodostuvasta ojien jälkisiivouksesta. Sikäli kuin hankkeen sarkaleveyden ja sen ojametriä kohti laskettujen kaivukustannusten välillä on jokin merkittävämpi riippuvuussuhde, sen täytynee siten olla sarkaleveyden ja urakoitsijalle kaivutyöstä maksetun ojametrikorvauksen välinen.

Nykyinen metsänparannuslain toimeenpanosäädöstö edellyttää, että urakoitsijalle

maksettava korvaus määritetään tarjouskilpailun avulla, pyytämällä kaivutyöurakasta tarjoukset useammalta yrittäjältä. Tämä merkitsee käytännössä yleensä sitä, että huomattava osa vuosittain ojitettavaksi tulevista hankkeista (kaivu-urakoista) ilmoitetaan julkisesti sanomalehdissä kaikkien halukkaiden kilpailtavaksi. Kuka tahansa urakoitsija voi tällöin tehdä tarjouksensa ja ilmoittaa, millä yksikköhinnalla on valmis työn tekemään. Toinen ja joissakin metsänparannuspiireissä pääasiallisin tapa on pyytää kustakin hankkeesta tarjous muutamalta, yleensä kuitenkin vähintään viideltä, asianomaisella seudulla toimivalta ja luotettavaksi tunnetulta urakoitsijalta. Säännönmukaisesti tarjouksista alin hyväksytään, ellei ole olemassa painavia syitä epäillä kyseisen tarjoajan kykyä suoriutua työstä sovittavassa ajassa ja sovittavalla tavalla. Tarjouskilpailujen vakiinnutettua hintatason on sen mukaisella yksikkötaksalla voitu antaa vähäisempiä hankkeita urakoitsijoille myös ilman varsinaista tarjouspyyntökierrosta. (Edellä esitetty perustuu eri metsänparannuspiireistä suullisesti saatuun informaatioon).

Mihin ojitushankkeen ominaisuuksiin urakoitsijat sitten kiinnittävät huomiota hintatarjousta tehdessään? Erään viitteen antaa Metsäkoneurakoitsijain Liiton keväällä 1971 vahvistama ohjehinnasto. Siinä on kaivettava maa eritelty kolmeen kaivuvaikeudeltaan erilaiseen luokkaan:

— kevyet, helppokaivuiset turve- ja mineraalimaat;
— liekoiset tai vetiset turvemaat, lievästi iskostuneet tai lievästi kiviset mineraalimaat;
— kovat ja kiviset mineraalimaat, kuiva savi ja turvepintaiset pohjakivikot

Kullekin näistä ryhmistä on vahvistettu oma yksikköhintansa ja ojitushankkeen hinnoittelussa otetaan huomioon kunkin kaivuvaikeusluokan suhteellinen osuus. Erikseen määrätään, että »työmaiden ollessa pieniä tai hajallaan hintoihin on lisättävä siirtokustannuksia vastaava ja siirtymisestä johtuvaa työajan menetystä vastaava lisä . . .».

Toisin sanoen *kaivuvaikeus ja työmaan koko ovat ilmeisen keskeisiä.* Näistä vain jälkimmäinen on selvästi yhteydessä sarkaleveyteen: ojatiheyden kasvu suurentaa työmaan ojametreinä määritettävää kokoa. Sen sijaan on vaikeampi nähdä, miten kaivuvaikeus voisi riippua ojatiheydestä, kun ojan koon oletetaan pysyvän vakiona.

Esitetty kaivuvaikeusluokitus on sinänsä karkea: valtaosa ojitettavista soista kuuluu ensimmäiseen luokkaan. Hienovaraisemman jaottelun käyttöön oton tiellä on kuitenkin tarpeellisten faktojen puuttuminen. Urakoitsija joutuu normaalisti tekemään hintatarjouksensa niiden tietojen varassa, jotka selviävät ojitussuunnitelman asiakirjoista ja joita metsänparannuspiiri ja asianomainen suonkuivausteknikko hänelle lisäksi antavat. Näihin tietoihin ei ainakaan toistaiseksi ole sisältynyt sen tapaista selvitystä kuin mihin esim. metsäntutkimuslaitoksen kehittämällä kaivuvaikeusluokituksella (Aitolahti ja Huikari 1969) on tähdätty. Harvalla urakoitsijalla on toisaalta aikaa omakohtaiseen tarjolla olevaan hankkeiden maastotarkastukseen ja arviointiin.

Kilpailutilanteessa mainitut kaksi seikkaa — kaivuvaikeus ja työmaan koko — eivät voinekaan olla ainoita asiaan vaikuttavia. Urakoitsijan on pidettävä silmällä myös kilpailijoidensa mahdollisia tarjouksia ja tehtävä oma tarjouksensa niin alhaiseksi että sillä voi odottaa urakan saavansa. Harvoin hanke myöskään muodostaa urakoitsijan ainoata työmaata sen vuoden aikana. Ollakseen läpivuotista toiminta edellyttää tavallisesti useampia urakoita, ja tällöin toiminnan taloudellisuutta on arvosteltava kokonaisuutena. Tärkeintä ei ole, että jokainen urakka on kohdallaan; riittää kun kaikki vuoden aikana kaivettavat urakat yhdessä antavat kohtuullisen tuloksen. Tarjouskilpailussa urakoitsija sen vuoksi useinkin tarjoaa kaikista hankkeista samaa hintaa. Nimittäin sellaista hintaa, jonka arvioi olevan keskimäärin paikallaan.

Kun hinnanmuodostusprosessi on edellä kuvatun kaltainen, tarvittaisiin tilastoanalyysiin ojametrikustannusten vaihtelua selittämään monia sellaisiakin tekijöitä, jotka ovat hankkeen ulkoisista ominaisuuksista täysin riippumattomia. Nämä kilpailutilannetta ja urakoitsijoiden hinnoittelutaktiikkaa kuvaavat muuttujat ovat taasen vaikeasti muodostettavia ja vielä vaikeampi niille on määrittää luotettavia arvoja. Kun niiden merkitys selittäjinä on ilmeisen suuri, on toisaalta odotettavissa, että pelkästään hankkeen laatua koskevien muuttujien avulla

koostetulle kustannusmallille tuskin saadaan kovin korkeaa selitysastetta. »Satunnaismuuttujan» osuus mallissa jää suureksi, ja toiveet ojatiheyden vaikutuksen esiin saamisesta ovat niin muodoin vähäiset.

Asiaa kokeiltiin empiirisesti. Keskusmetsälautakunta Tapion metsänparannuspiireiltä pyydettiin vuotuiset päättyneiden ojitushankkeiden yhdistelmät kolmelta vuodelta 1967, 1968 ja 1969. Kertyneet yhdistelmät muodostivat perusjoukon, josta valittiin satunnaisesti 15 yhdistelmän näyte. Kustakin yhdistelmästä laskettiin tämän jälkeen hankkeittaisten ojametrikustannusten ja ojatiheyksien välinen korrelaatio.

Viidestätoista lasketusta korrelaatiokertoimesta vain kuusi osoittautui merkitsevästi nollasta poikkeavaksi. Kolme näistä oli negatiivisia ja loput kolme positiivisia, vaihdellen suuruudeltaan —0.519:stä +0.572:een. Jo etumerkkien vaihtelusta voidaan päätellä, että sikäli kuin sarkaleveyden ja ojametrikustannuksen välillä on korrelaatio, se on pikemminkin kolmansien muuttujien välityksellä syntynyt näennäiskorrelaatio kuin varsinaisen vaikutussuhteen osoittaja.

Suhteen yksityiskohtaisempaa analysointia varten valittiin Helsingin, Porin, Seinäjoen, Rovaniemen ja Kemijärven piireistä kustakin 20—100 hanketta, joista selvitettiin arkistoasiakirjojen avulla joukko todennäköisesti merkityksellisiä muuttujia: hankkeen koko, korpien ja nevojen osuus, ohut (enintään 30 cm)- ja syväturpeisten (yli 70 cm) soiden osuus, osakastilojen lukumäärä, kivi-, silta- ja rumputöiden kustannukset, aurauksen osuus töiden toteuttamisessa jne. Eri metsänparannuspiirien erilaisen kirjaamismenettelyn vuoksi kaikkia muuttujia ei kyetty määrittämään jokaisesta piiristä.

Tillman (1970) on selostanut näistä kokeiluja, jotka suoritettiin Rovaniemen ja Kemijärven piireistä kerätyllä aineistolla. Ojatiheyden ja ojametrikustannuksen välinen korrelaatio oli — 0.064, mitä ei voida pitää merkitsevänä. Tutkittaessa kummankin tekijän korrelaatioita muihin mukana olleisiin muuttujiin nähden, todettiin ojametrikustannuksella olevan 0.300-tasoa vahvempi korrelaatio syväturpeisuuden (0.367) ja auraojaprosentin (— 0.559) suhteen, kun taas ojatiheydellä ei tällaista ollut lainkaan. Ainoa ominaisuus, jonka suhteen kummallakin oli vielä merkitsevänä pidettävä korrelaatio, oli kivityökustannusten määrä. Kun aineistosta laskettiin valikoivaa multiregressioanalyysiä käyttäen lineaarinen selitysyhtälö ojametrikustannukselle, mukaan tulivat selittävinä muuttujina aurauksen osuus, syväturpeisten soiden osuus ja runsaspuustoisuus (kehitysluokkien 4—6 osuus). Yhtälön selitysaste jäi kuitenkin 38.3 %:iin. Seuraavana selittävänä muuttujana olisi mukaan tullut ojien lukumäärä/ha, mutta sen regressiokerroin ei enää ollut tilastollisesti merkitsevä.

Muiden tutkittujen piirien osalta tulokset olivat varsin samansuuntaiset, joskin pienemmän havaintomäärän vuoksi tilastollisesti epävarmempia. Missään ei ojatiheyden ja ojametrikustannuksen välille löydetty selvää riippuvuutta. Tämä ei sinänsä todista, etteikö tällaista vaikutussuhdetta olisi. Muiden tekijöiden vaikutus ojametrikustannukseen on vain käytettävänä olleissa aineistoissa siksi dominoiva, että ojatiheyden ja ojametrikustannuksen välistä mahdollista yhteyttä ei saada esiin. Eräs osasyy tähän on myös se, että vaikka ojatiheys vaihtelee hankkeittain, vaihteluväli ei ole kovin suuri. Esimerkiksi em. Tillmanin keräämässä aineistossa ojatiheyden keskiarvo oli 223.9 m/ha ja hajonta 44.4 m/ha. Kun tästäkin suurin osa lienee hankkeen ominaisuuksien perusteella määräytyvää ja vain vähäisempi osa vapaata riippumatonta vaihtelua, edellytykset analyysin onnistumiseen ovat heikot.

Edellä jo pääteltiin teoreettisen erittelyn avulla, että ojatiheyden muutoksen vaikutus urakoitsijalle maksettavaan metrikustannukseen, sikäli kuin sellainen löytyy, syntyy lähinnä työmaan koon välityksellä. Jokainen työmaa aiheuttaa urakoitsijalle tiettyjä kiinteäluontoisia kustannuksia. Koneet joudutaan siirtämään työmaalle ja sieltä pois, ja näin aiheutuu sekä varsinaisia kuljetuskustannuksia että keskeytyksestä johtuva menetys tehollisessa työajassa. Työmaan muusta järjestelystä seuraa niinikään kustannuksia, jotka ovat samat olipa kyseessä kilometrin tai viidenkymmenen kilometrin ojaurakka. Mitä suurempi työmaa on, sitä pienempi on näiden kiinteiden kustannusten kattamiseen tarvittava lisä yhtä ojametriä kohden laskettuna. Ojatiheyden kaksinkertaistuminen merkitsee myös työmaan koon (= ojametrien kokonaismäärän) kaksinkertaistumista ja siten mainitun katetarpeen pienenemistä puoleen.

Tässä tarkoitettujen työmaakohtaisten kiinteiden kustannusten suuruudesta ei tiettävästi ole olemassa kokonaisselvitystä. JUVONEN (1970) on kuitenkin tutkinut metsäojituskaluston siirtokustannuksia, jotka yleensä muodostanevat pääosan kyseisistä kustannuksista. Käyttämällä hyväksi tietoja, jotka saatiin urakoitsijoilta metsäojitushankkeiden työmenekkiä koskevan kirjeellisen tiedustelun yhteydessä, hän on laskenut, että vuonna 1968 päättyneissä ojitushankkeissa kaivuriyksikön keskimääräiset kuljetuskustannukset olivat 165 mk/työmaa ja aurauskaluston vastaavasti 373 mk/työmaa. Työmaan koon vaikutuksesta JUVONEN esittää lukusarjat erikseen kummallekin kaivutavalle. Niiden mukaan »työmaan kasvaminen yhdestä kymmeneen kilometriin on alentanut tehtyä ojametriä kohden laskettuja siirtokustannuksia hyvin jyrkästi», mutta lasku on »ollut yli kahdenkymmenen kilometrin työmailla jo hyvin vähäinen». Kaivuriyksikön osalta kustannus on 10 km:n työmaalla 1.7 p/m, 20 km:n työmaalla 0.8 p/m ja 50 km:n työmaalla enää 0.3 p/m. Aurausyksikön vastaavat kustannukset ovat hieman yli kaksinkertaiset.

Esimerkiksi vuonna 1969 oli ojitushankkeiden keskikoko 31.2 km ojaa/hanke, metsänparannuspiireittäisten keskiarvojen vaihdellessa Helsingin piirin 10.7 km:stä Seinäjoen piirin 95.3 km:iin. Esitettyjen lukujen perusteella voidaan siten päätellä, että keskimääräistapauksissa kaluston siirtokustannukset jäänevät konekaivussa selvästi alle 5 %:iin kaivun keskimääräisestä yksikkötaksasta ja että ojatiheyden muutoksen mahdollinen vaikutus jää vielä sitäkin pienemmäksi. Aurauksessa vaikutus on suurempi, sillä vielä 20 km:n työmaalla JUVOSEN määrittämien siirtokustannusten osuus on yli 10 % keskimääräisestä kaivutaksasta ja noin 5 % ojametrin kokonaiskustannuksesta. Nämä luvut antanevat samalla viitteen työmaan kiinteiden kustannusten kokonaisvaikutuksen suuruusluokasta. Millä tavoin tämä vaikutus todella on mukana kaivutaksassa, on kysymys erikseen. Siihen vastaaminen samoin kuin täsmällisempien lukujen esittäminen jäävät odottamaan myöhempiä tutkimuksia.

Ennen kuin täsmälliset luvut ovat käytettävissä ei sarkaleveyden vaikutusta voida ottaa kvantitatiivisesti huomioon. Sen vuoksi jatkossa *oletetaan, että ojametrikustannus on käytännössä ojatiheydestä riippumaton.* Maksettuihin ojametrikorvauksiin nähden oletamus saattaa monissa tapauksissa pitää paikkansa; todellisten työpanoksina mitattujen kustannusten osalta se sen sijaan aiheuttaa virheen, jonka suuruus tuskin kuitenkaan keskimääräistapauksissa noussee muutamaa prosenttia suuremmaksi. Tämä on syytä muistaa jatkossa samoin kuin se, että yksityisen metsänomistajan kannalta ovat relevantteja maksetut taksat ja yhteiskunnan kannalta taas reaalipanokset.

Edellä sanottu on kaikki koskenut ojametrikustannuksen mahdollista muutosta sarkaleveyden vaihtuessa. Itse ojametrikustannuksen osalta on vielä syytä kajota pariin seikkaan.

Laskelmissa tullaan käyttämään ojametrikustannuksena keskusmetsälautakunta Tapion metsänparannuspiirien keskimääräisiä ojametrikustannuksia vuosilta 1966—70 sellaisinaan. Mainitut kustannukset sisältävät tosin erittelemättöminä paitsi kuivatusojien myös valtaojien kaivusta aiheutuneet kustannukset. Kun valtaojien kaivutaksat metriä kohden ovat normaalisti paljonkin tavallisen kuivatusojan taksaa korkeammat, hankkeittainen keskikustannus jonkin verran yliarvioi sarkaojan kustannusta. Samaan suuntaan vaikuttaa todennäköisesti myös yhdenojanverkoston mukanaolo. Korpijuottien kaivun ainakin odottaisi olevan keskimäärin hankalampaa verrattuna yhtenäisten suolohkojen ojitukseen. Kumpaakaan mainittua vaikutusta ei käytettävissä olleesta kustannusaineistosta kuitenkaan kyetty erottelemaan. Toisaalta yliarviointia tasapainoittanee jossain määrin seuraava seikka: kuten luvussa 31 todettiin laskelmista on jätetty pois työnjohto-, valvonta- ja suunnittelukustannukset, joiden suuruus kaivukustannuksiin verrattuna lienee likimain samaa luokkaa.

Tehtäessä vertailuja yksityisen metsänomistajan kannalta on vielä otettava huomioon, että metsänparannusvaroin toteutettavissa hankkeissa metsänomistaja ei yleensä joudu maksamaan ojituskustannuksia heti eikä kokonaisuudessaan. Hankkeen sijainnista ja metsänomistajan taloudellisesta asemasta riippuen valtio maksaa avustuksena 0—95 % kaivukustannuksista ja rahoittaa yleensä loppuosankin kustannuksista halpakorkoisella lainalla, jonka perii metsänomistajalta takaisin vasta 2—10 vapaavuoden

jälkeen alkavin 6 % suuruisin vuotuismaksuin. Toisin sanoen yksityisen metsänomistajan kannalta ojametrikustannus ilmenee normaalitapauksissa 26—34 vuoden ajalle jakautuvina osamaksusuorituksina, jotka kukin suuruudeltaan 0—6 % varsinaisesta valtion rahoittamasta ojametrin kaivukustannuksesta. Jäljempänä esitettävissä laskelmissa tämä näkökohta ei ole mukana omana muuttujanaan, vaan sen huomioon ottaminen jätetään tulosten hyväksikäyttäjän harkintaan. Tarkoituksenmukaisimmin tämä ehkä tapahtuu alentamalla vertailussa käytettävää ojametrikustannusta kussakin tapauksessa erikseen määritettävällä prosentilla, joka saadaan takaisinmaksuerien nykyarvon ja kaivukustannusten suhteesta.

4. SARKALEVEYDEN VAIKUTUS OJITUSTUOTTOIHIN

Myös metsäojituksen tuottoja ja niiden riippuvuutta sarkaleveydestä on aiheellista tarkastella ensin puhtaasti teoreettista tietä. Vasta sen jälkeen laaditaan varsinaiset empiiriset laskelmat ojituksen tuottojen vaihtelusta eri sarkaleveyksillä käyttäen hyväksi johdantoluvussa mainittuja SEPPÄLÄN mittaamia koealoja.

41. Sarkaleveyden ja ojitustuottojen riippuvuuden teoreettinen tarkastelu

Yhteiskunnan kannalta metsäojituksen tavoite on suon metsittäminen tai sillä jo kasvavan puuston kasvun parantaminen. Yksityinen metsänomistaja saattaa perustella toimenpiteitään lisäksi kulkuyhteyksien parantamisella, viljelysmaiden suojaamisella hallalta, naapurien esimerkillä jne. Metsittyminen ja puuston kasvun lisääntyminen voidaan puolestaan tulkita välitavoitteiksi, joilla varsinaisesti pyritään hakkuukertymien ja -tulojen sekä muiden metsän tarjoamien hyödykkeiden ja palvelusten lisäyksiin. Kun seuraavassa puhutaan metsäojituksen tuotoista, tarkoitetaan yksinomaan yhteisellä mitalla mitattuja hakkuumääriä tai hakkuutuloja. Kaikki muut eri tapauksissa mahdollisesti relevantit tavoitteet ja hyötyvaikutukset jätetään näiden laskelmien ulkopuolelle.

Johdantoluvussa jo viitattiin siihen, että sarkaleveyden kaventamisen vaikutus puuston kasvuun on kaksijakoinen. Kasvuedellytysten paraneminen vaikuttaa — ainakin tiettyyn rajaan asti — erillisten puiden kasvua lisäävästi, mutta toisaalta ojia varten hakattavien aukkojen lisääntyminen pienentää kasvavien puiden lukumäärää ja sitä tietä puuston kasvua tai ainakin hakkuutuloja.

Edellinen näistä vaikutuksista näkyy siinä, että puiden kasvu on ojitetulla suolla sitä runsaampaa mitä lähempänä ojaa puut ovat. Kasvua kuvatkoon funktio

$$v = f(x)$$

jossa selittävänä muuttujana on etäisyys ojasta tai paremminkin oja-aukon reunasta. Jos nyt oletetaan, että tämä funktio on tietyllä kasvupaikalla aina sama riippumatta saran leveydestä, ojien sijoittelusta tms., saadaan erilevyisten sarkojen kokonaiskasvut laskemalla funktion integraali 0:sta s′/2:een (s′ = saran leveys mitattuna oja-aukon reunasta oja-aukon reunaan) ja kertomalla tämä kahdella. Kun tulos jaetaan sarkaleveydellä, päästään kuivatetun tehoalan (= suon koko ala — oja-aukkojen vaatima ala) hehtaaria kohden laskettuun keskikasvuun

$$(4) \qquad v_{s'} = \frac{2\int_0^{\frac{s'}{2}} f(x)dx}{s'}$$

Jälkimmäinen vaikutus ilmenee puolestaan kuivatetun tehoalan osuuden pienenemisenä. Jos merkitään b:llä puuttoman oja-aukon leveyttä, voidaan tehopinta-alan A'osuus koko alasta A ilmaista sarkaleveyden funktiona

$$(5) \qquad A'/A(s') = \frac{s'}{s' + b}$$

Yhdistämällä molemmat vaikutukset päästään ojitusalueen hehtaaria kohden laskettuun keskikasvuun

$$(6) \qquad \bar{v}_s = \frac{2\int_0^{\frac{s'}{2}} f(x)dx}{s' + b}$$

Jos nyt tässä käytetty sarkaleveyden käsite korvataan tavanomaisella, jossa sarkaleveys tulkitaan ojien keskinäiseksi etäisyydeksi mitattuna ojan keskeltä ojan keskelle, on s′ + b = s ja yhtälö (6) saa muodon

$$(6a) \qquad \bar{v}_s = \frac{2\int_0^{\frac{s-b}{2}} f(x)dx}{s}$$

Verrattaessa tätä kaavaa Bušsin ja Sabon (1959, s. 62) esittämään, joka vastaavin merkinnöin voidaan kirjoittaa

$$(7) \qquad \bar{v}_s = \frac{2\int_0^{\frac{s}{2}} f(x)dx}{s} \cdot (1 - \frac{b}{s}),$$

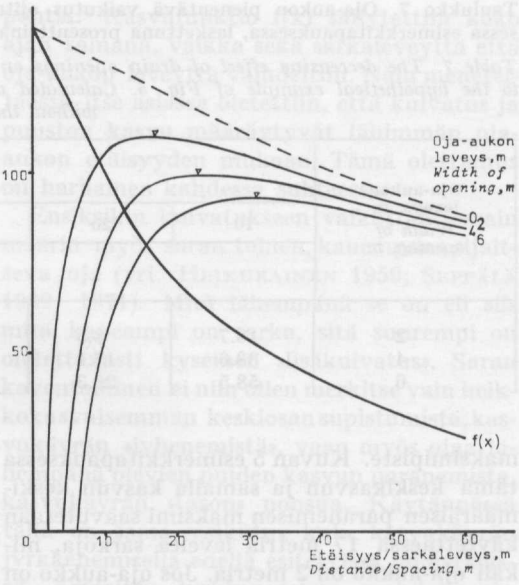
havaitaan oleellinen ero tavassa, jolla oja-aukon vaikutus on otettu huomioon. Bušs ja Sabo laskevat ensin saran keskikasvun niin kuin oja-aukkoa ei lainkaan olisi ja pienentävät tämän jälkeen tulosta oja-aukon suhteellisella osuudella $(\frac{b}{s})$. Tällöin oja-aukon vaikutus painottuu saran keskimääräisellä kasvulla, kun se kaavassa (6a) saa keskisaran kasvun mukaisen painotuksen. Mikäli kasvu olisi muuttumaton ojaetäisyyden funktiona, molemmat johtaisivat samaan tulokseen. Nyt sen sijaan Bušsin ja Sabon laskutapa yliarvioi oja-aukon vaikutusta.

Huomattakoon, että tehdyn päätelmän paikkansapitävyys on riippumaton siitä, käytetäänkö kaavoja ojituksen jälkeisen keskimääräisen kokonaiskasvun vaiko luonnontilaan verrattuna keskimäärin syntyvän kasvun lisäyksen laskemiseen. Edellisessä tapauksessa funktio f(x) vain esittää kokonaiskasvun muuttumista, jälkimmäisessä tapauksessa taas kasvun lisäyksen muuttumista oja-aukon etäisyyden vaihdellessa.

Kaavan (6a) avulla on mahdollista tutkia sen sisältämien muuttujien s, b ja f(x) keskinäisiä vaikutussuhteita. Analyyttinen kasvufunktiolauseke ja sen integraalin laskenta korvataan tällöin yksinkertaisuuden ja havainnollisuuden vuoksi niiden graafisilla vastineilla: kasvukäyrällä ja pinta-alan mittauksella (vrt. Bušs ja Sabo m.t.).

Kuvaan 5 on piirretty käyrä f(x), joka osoittaa kasvun muuttumisen oja-aukon etäisyyden funktiona eräässä hypoteettisessa tapauksessa. Käyrän suhteet on valittu siten, että sen kaltevuus vasemmalta oikealle vastaa jyrkkyydeltään likimain seuraavassa luvussa tarkemmin selostettavaan koeala-aineistoon sisältyviä ääritapauksia. Jos kasvua 10 metrin päässä oja-aukosta merkitään 100:lla, on se oja-aukon reunassa 140, 30 metrin päässä oja-aukosta 53 ja 60 metrin päässä 26.

Sinänsä epätodelliselta vaikuttava oja-



Kuva 5. Ojitusalueen suhteellinen keskikasvu erilevyisiä sarkoja käytettäessä, kun puuston kasvu oja-aukon etäisyyden funktiona on käyrän f(x) mukainen ja oja-aukon leveys 0, 2, 4 tai 6 metriä.

Fig. 5. Relative mean increment of drained stand when different spacings are used. Growth of trees is assumed to be a function of the distance from drain opening (curve f(x)), and the width of the opening is alternatively 0, 2, 4 or 6 meters.

aukon leveys 0 metriä on otettu mukaan, jotta nähtäisiin mikä on pelkästään kasvuedellytysten paranemisesta johtuva ojituksen vaikutus. Tämän käyrän ja esimerkiksi 4 metrin oja-aukkoa vastaavan käyrän erotus puolestaan osoittaa, kuinka paljon mainitun suuruinen oja-aukko pienentää puuston kasvua. Pienennys on luonnollisesti suurin silloin, kun sarkaleveys ja oja-aukon leveys ovat yhtä suuret eli puusto poistetaan ojituksen yhteydessä tyystin. Mitä leveämmäksi sarka tehdään oja-aukkoon verrattuna, sitä vähäisempi on oja-aukon vaikutus.

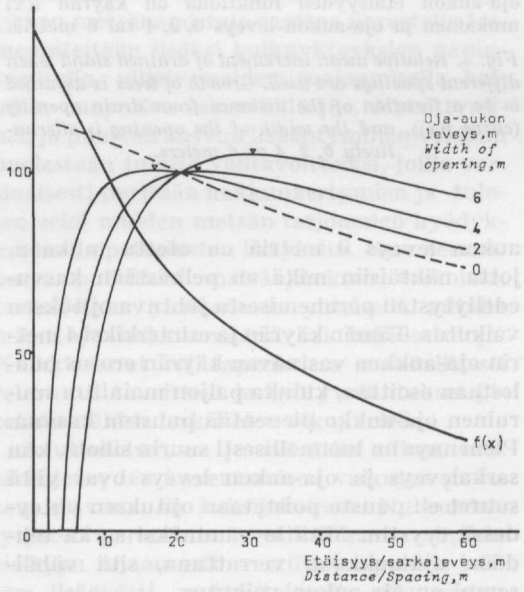
Taulukkoon 7 on laskettu kyseiset vähennykset eli oja-aukon vaikutukset prosentteina 0-käyrän arvoista. Merkille pantavaa on, että vähennyksen suuruus jää jo 50 metriä leveämmillä saroilla kaikissa tapauksissa alle 10 %:n ja on — kapeimpia sarkaojia lukuunottamatta — likimain suorassa suhteessa oja-aukon leveyteen. Vaikutuksen verraten nopeasta pienenemisestä on seurauksena, että ojituksen kokonaisvaikutukselle syntyy selvä

Taulukko 7. Oja-aukon pienentävä vaikutus ojitusalueen puuston keskikasvuun kuvan 5 hypoteettisessa esimerkkitapauksessa, laskettuna prosentteina keskikasvusta joka saavutettaisiin ilman oja-aukkoja.

Table 7. The decreasing effect of drain openings on the mean stand increment on drained swamps according to the hypothetical example of Fig. 5. Calculated as percentage of the mean increment that there would be without the openings.

Oja-aukon leveys, m *Width of opening, m*	Sarkaleveys, m *Spacing, m*					
	10	20	30	40	50	60
	Vähennys, % *Decrease, per cent*					
2	18.7	8.5	5.1	3.5	2.7	2.1
4	38.6	17.1	10.4	7.0	5.4	4.2
6	58.5	26.3	15.8	10.8	8.1	6.4

maksimipiste. Kuvan 5 esimerkkitapauksessa tämä keskikasvun ja samalla kasvun keskimääräisen paranemisen maksimi saavutetaan käytettäessä 17 metriä leveitä sarkoja, mikäli oja-aukko on 2 metriä. Jos oja-aukko on leveämpi, on myös maksimikeskikasvuun johtava ojaväli suurempi. Niinpä 6 metrin oja-aukko vaatii tässä tapauksessa 31 metrin sarkavälin ennen kuin kasvun paraneminen saavuttaa maksiminsa.



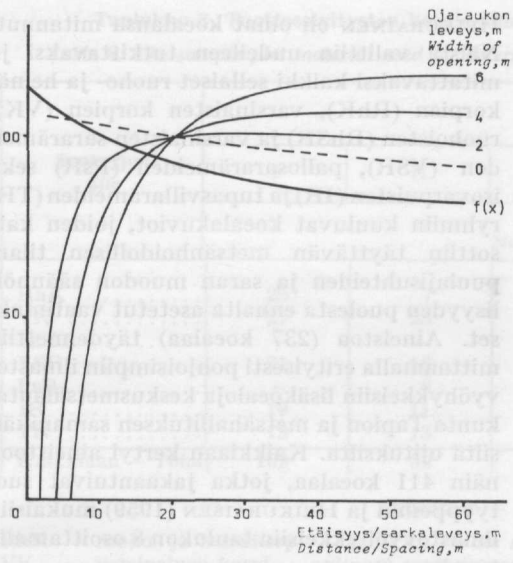
Kuva 6. Eri sarkaleveyksiä vastaavat suhteelliset keskikasvut, kun 20 metriä leveän saran keskikasvua merkitään 100:lla ja oja-aukon leveys on vaihtoehtoisesti 0, 2, 4 tai 6 metriä. Laskelmien lähtökohtana käytetty kasvukäyrä f(x) sama kuin kuvassa 5.

Fig. 6. Relative mean increments as a function of drain spacing. The mean increment on swamps drained with 20 meter spacings is marked as 100, and the width of drain openings is assumed to be 0, 2, 4 or 6 meters alternatively. The f(x) growth curve as in Fig. 5

Asiaa havainnollistanee myös kuva 6, joka on muunnettu edellisestä kuvasta merkitsemällä kunkin vaihtoehtoisen oja-aukon osalta erikseen 20 metrin sarkaleveyttä käyttämällä saavutettua keskikasvua luvulla 100 ja lausumalla muiden sarkaleveyksien mukaiset keskikasvut suhteessa siihen. Käyrien kulusta näkyy selvästi edellä mainittu säännönmukaisuus: lakipiste saavutetaan sitä leveämmällä saralla, mitä leveämpi on oja-aukko.

Kasvufunktion muodolla on luonnollisesti vaikutuksensa silläkin. Tämän valaisemiseksi esitettäköön vielä toinen hypoteettinen esimerkkitapaus (kuva 7). Siinä kasvun pieneneminen oja-aukon etäisyyden funktiona on suhteellisesti paljon hitaampaa kuin ensimmäisessä esimerkissä. Jos kasvua 10 metrin etäisyydellä merkitään jälleen 100:lla, on se nyt oja-aukon reunassa 113 ja 60 metrin etäisyydellä 82. Kerätyssä koeala-aineistossa tällainen kasvufunktiotyyppi ei ole lainkaan harvinainen parhaiden korpien ja sararämeiden ryhmissä.

Keskikasvun suhteita osoittavien käyrien kulku on hyvin samantapainen kuin edellä. Kuvaan 6 verrattaessa havaitaan kuitenkin, että käyrien kulminaatiopisteet ovat siirtyneet selvästi oikealle. Niinpä 3 metrin oja-aukkoa käytettäessä paras keskikasvu saavutetaan, kun saran leveys on noin 27 metriä (17 metriä kuvan 6 tapauksessa), ja 4 metrin oja-aukko siirtää maksimikasvun 47 metrin ojavälille (23 metriä kuvassa 6). Oja-aukon leveyden ollessa 6 metriä ei kasvun



Kuva 7. Hypoteettinen esimerkki 2. Vrt. kuva 6.

Fig. 7. A hypothetical example 2. Cf. Fig. 6.

maksimia saavuteta vielä tässä tarkasteltavana olevalla sarkaleveyden vaihteluvälillä (0—60 metriä).

Nämä pari esimerkkiä riittänevät osoittamaan ojitusalueen keskikasvun ja sarkaleveyden välisen riippuvuussuhteen keskeisimmät piirteet: *Maksimaalinen kasvu ja kasvun lisäys saavutetaan sitä kapeampaa sarkaa käyttäen, mitä selvemmin ja nopeammin puuston kasvu heikkenee ojasta etäännyttäessä* eli mitä heikompi on ojitettavan suon boniteetti (vrt. SEPPÄLÄ 1968, 1971). Toisaalta kuitenkin *oja-aukon suurentaminen leventää maksimikeskikasvuun johtavaa ojaväliä.*

Edellinen näistä säännöistä vastaa kirjallisuudessa usein esitettyä ohjetta, että saman suhteellisen kuivatustehon aikaansaamiseksi on huonoilla soilla käytettävä tiheämpää ojastoa kuin hyvillä (esim. HEIKURAINEN 1960, s. 257). Jälkimmäiseen ei sen sijaan näytetä kiinnitetyn samanlaista huomiota; ehkä siksi että oja-aukon leveys on yleensä käsitetty »luonnostaan määräytyväksi» vakioksi. Molempien säännönmukaisuuksien osalta on nyt suoritettu tarkastelu pyrkinyt lähinnä antamaan entistä selvemmän käsityksen vaikutuksen suuruusluokista.

Laskelmien perustana olevaan ajatusrakennelmaan sisältyy kuitenkin yksinkertaistava olettamus, jonka merkitystä on vielä syytä pohtia. Kasvufunktio f(x) säilytettiin koko ajan samana, vaikka sekä sarkaleveyttä että oja-aukon leveyttä vaihdeltiin. Näin meneteltäessä itse asiassa oletettiin, että kuivatus ja puuston kasvu määräytyvät lähimmän oja-aukon etäisyyden mukaan. Tämä olettamus on harhainen kahdessa suhteessa.

Ensiksikin kuivatukseen vaikuttaa jossain määrin myös saran toinen, kauempana sijaitseva oja (vrt. HEIKURAINEN 1959; SEPPÄLÄ 1969, 1971). Mitä lähempänä se on eli siis mitä kapeampi on sarka, sitä suurempi on oletettavasti kyseinen »lisäkuivatus». Saran kaventaminen ei niin ollen merkitse vain heikkokasvuisemman keskiosan supistumista, kasvukäyrän »lyhenemistä», vaan myös ojaa lähempänä olevien puiden kasvun paranemista, kasvukäyrän »tason» nousua. Käytännössä tällä on sama vaikutus kuin kasvukäyrän jyrkkenemisellä edellä esitetyissä esimerkeissä. Arvioihin jyrkkenemisen mahdollisesta suuruusluokasta ja tämän »virheen» vaikutuksista palataan tuonnempana luvussa 6.

Toinen harhaisuus aiheutuu siitä, että puuston kasvu on ensisijaisesti ojan eikä oja-aukon etäisyyden funktio. Runsaampi kasvutila saanee tosin aikaan sen, että samalla etäisyydellä ojasta puusto on tiheämpää, mikäli se on aukonreunan puustoa. Tämä kasvun paraneminen rajoittunee kuitenkin varsin kapeaan vyöhykkeeseen aukon reunan välittömässä läheisyydessä. Muualla kasvu määräytynee edelleenkin vain kuivatusasteen mukaan. Näin ollen olisi kasvukäyrää aivan alkupäätä lukuunottamatta laskettava alaspäin oja-aukon suurentuessa, mikäli keskikasvun laskenta suoritetaan edellä kuvattuun tapaan. Käytetty kiinteä kasvufunktio siten jonkin verran aliarvioi oja-aukon vaikutusta. Virhe ei kuitenkaan ole kovin suuri. Esimerkiksi kuvassa 5 suurentuisi neljän ja kuuden metrin oja-aukkoja vastaavien käyrien väli enintään 3 %-yksikköä, mikäli mainittu korjaus suoritettaisiin. Kasvumaksimien sijainti puolestaan ei muuttuisi käytännön tarkkuudella lainkaan.

Edellä sanottu on kokonaisuudessaan koskenut puuston keskimääräisen kasvun tai kasvunlisäyksen ja sarkaleveyden välistä suhdetta. Tulokset ja päätelmät pätevät kuitenkin yhtälailla siinäkin tapauksessa, että määritettäväksi otetaan kasvun sijasta puuston arvokasvu tai muu vastaava suure. Kasvu- tai kasvunlisäysfunktio f(x) tällöin vain kor-

vautuu vastaavalla arvokasvufunktiolla g(x). Arvokasvulla tarkoitetaan tässä puuston hakkuuarvossa tapahtuvaa muutosta lisättynä laskentakauden mahdollisen hakkuupoistuman kantoraha-arvolla.

Kun puuston parempi kasvu merkitsee yleensä myös puiden ja poistumien järeytymistä ja siten puuston yksikköarvon nousua, kasvufunktion korvaaminen arvokasvufunktiolla johtanee säännönmukaisesti funktion kuvaajan jyrkkenemiseen. Siitä puolestaan seuraa, että *maksimaalinen keskimääräinen arvokasvu yleensä saavutetaan jonkin verran kapeampaa sarkaa käyttäen kuin keskimääräisen kuutiokasvun maksimi.* Sama pitää paikkansa myös, milloin arvokasvun sijaan asetetaan puuston hakkuuarvo tietyn ajan kuluttua ojituksesta, hakkuutulojen määrä tai muu niihin rinnastettava ojituksen taloudellista tulosta mittaava suure.

Nämä osaksi hypoteettisten esimerkkien ja teoreettisten laskelmien avulla esiin saadut lainmukaisuudet osoittavat kuitenkin vain suhteiden suunnan ja mahdollisten erojen suuruusluokan. Ne eivät riitä sellaisenaan eri sarkaleveyksiä vastaavien tuottojen täsmälliseen määrittämiseen yksittäistapauksissa. Sitä varten tarvitaan myös tieto käytetyn oja-aukon tarkasta leveydestä ja ennen kaikkea kasvu- tai arvokasvufunktiot. Tämän vuoksi varsinaisissa vertailulaskelmissa käytettävät tuotot määritettiin empiirisen koeala-aineiston avulla, jonka tarkasteluun nyt siirrytään.

42. Ojitustuottolaskelmien koeala-aineisto ja sen valmistava muokkaus

Kuten edellä on toistuvasti huomautettu, tuottojen arvioinnin lähtökohtana on sama sopimustutkimusta varten 1930-luvun ojituksilta mitattu koeala-aineisto, jota SEPPÄLÄ on biologis-taksatoristen tunnusten osalta jo useassa yhteydessä esitellyt (SEPPÄLÄ 1968, 1969, 1971). Primäärisenä tavoitteena tätä aineistoa kerättäessä oli tarkistaa, missä määrin HEIKURAISEN (1959) tutkimuksessa selvittämät suopuustojen kasvusuhteet ovat säilyneet ojitusten ikääntyessä, missä määrin taas mahdollisesti muuttuneet. Tämän vuoksi koealakohteiden valinnassa muodostivat varsinaisen perusjoukon ne suokuviot, joilta HEIKURAINEN oli omat koealansa mitannut. Näistä valittiin uudelleen tutkittavaksi ja mitattavaksi kaikki sellaiset ruoho- ja heinäkorpien (RhK), varsinaisten korpien (VK), ruohoisten (RhSR) ja varsinaisten sararämeiden (VSR), pallosararämeiden (PsR) sekä isovarpuisten (IR) ja tupasvillarämeiden (TR) ryhmiin kuuluvat koealakuviot, joiden katsottiin täyttävän metsänhoidollisen tilan, puulajisuhteiden ja saran muodon säännöllisyyden puolesta ennalta asetetut vaatimukset. Aineistoa (237 koealaa) täydennettiin mittaamalla erityisesti pohjoisimpiin ilmastovyöhykkeisiin lisäkoealoja keskusmetsälautakunta Tapion ja metsähallituksen samanikäisiltä ojituksilta. Kaikkiaan kertyi aineistoon näin 411 koealaa, jotka jakaantuivat suotyyppeihin ja HEIKURAISEN (1959) mukaisiin ilmastovyöhykkeisiin taulukon 8 osoittamalla tavalla.

SEPPÄLÄ on edellä mainituissa julkaisuissaan selostanut verraten yksityiskohtaisesti kohteiden valintaa, koealojen sijoittelua ja suoritettuja mittauksia. Tässä riittänee sen vuoksi, että todetaan jäljempänä esitettävien laskelmien kannalta oleelliset seikat.

Suorakaiteen muotoiset koealat sijoitettiin siten, että niiden pitempi, normaalitapauksissa 50-metrinen sivu asettui ojan suuntaiseksi ja keskelle sitä. Ojasta keskisaralle päin rajattiin tämän jälkeen viisi kaistaa, joista ojaa lähinnä oleva oli 10 ja muut 5 metriä leveitä. Koealan kokonaisleveydeksi tuli näin 30 metriä.

Puuston kuutiomäärän poistuman, puutavaralajijakaumien ja kasvun määrittämiseksi tarpeelliset tunnukset mitattiin erikseen kultakin kaistalta. Kun vastaavat kaistakohtaiset laskennat oli suoritettu, muunnettiin tulokset hehtaaria kohden ilmaistuiksi keskikuutiomääriksi, keskikasvuksi jne. kumulatiivista menettelyä käyttäen. Toisin sanoen laskettiin kyseiset keskimääräistunnukset ojasta lähtien 10 metrin kaistalle, 10 + 5 metrin yhdistetylle kaistalle, 10 + 5 + 5 metrin yhdistetylle kaistalle jne. Sarkaleveysvertailussa näistä ensimmäinen,10 metrin levyinen kaista edustaa 20 metrin sarkaa, seuraava 15 metrin levyinen kaista vastaavasti 30 metrin sarkaa jne.

Näin saatiin kustakin koealasta viisi puustoa kuvaavien tunnuslukujen sarjaa, jotka edustavat kukin tiettyä sarkaleveyttä — 20, 30, 40, 50 tai 60 metriä. Nämä lukusarjat

Taulukko 8. Tuottoselvitysten koeala-aineisto suotyypeittäin ja ilmastovyöhykkeittäin.

Table 8. The sample plot material used for determination of value output, by sites and climatic zones.

Suotyyppi *Site*	Ilmastovyöhyke *Climatic zone* I	II	III	IV	V	I—V yht. *I—V in all*
	Mitattuja koealoja *Number of sample plots measured*					
RhK	23	7	6	11	6	53
VK	27	25	15	9	1	77
RhSR	—	—	19	25	8	52
VSR	21	18	24	21	8	92
PsR	—	6	8	14	4	32
IR	19	11	16	6	3	55
TR	19	13	14	4	—	50
Kaikkiaan — *Total*	109	80	102	90	30	411

Lyhenteet — *Abbreviations:*

RhK = ruoho- ja heinäkorpi — *herb-rich spruce swamp*
VK = varsinainen korpi — *ordinary spruce swamp*
RhSR = ruohoinen sararäme — *herb-rich sedge-pine swamp*
VSR = varsinainen sararäme — *ordinary sedge-pine swamp*
PsR = pallosararäme — *Carex globularis pine swamp*
IR = isovarpuinen räme — *dwarf-shrub pine swamp*
TR = tupasvillaräme — *cottongrass pine swamp*

muodostivat sen perusmateriaalin, jonka pohjalta sarkaleveyden vaikutuksia lähdettiin erittelemään.

Materiaaliin sisältyvät puustotunnukset jakaantuvat käyttötarkoituksensa kannalta kahteen ryhmään. Puuston kuutiomäärä ja kuutiokasvu ovat puhtaasti biologis-taksatorisia tunnuksia, joiden perusteella voidaan selvittää edellisessä luvussa mainitun kasvufunktion f(x) muotoa ja vaihtelua. Teknisinä mittoina ilmaistut puuston ja poistuman rakennetunnukset puolestaan on tarkoitettu lähtökohdaksi ojituksen tuottojen laskentaan ja arvokasvufunktion g(x) mukaisiin vertailuihin. Edellisen ryhmän erittely on toteutettu SEPPÄLÄN selvityksissä, jälkimmäistä tullaan analysoimaan tässä tutkimuksessa.

Ennen kuin kuitenkaan lähdetään tarkastelemaan tuottojen määritykseen liittyviä muunnoslaskelmia, on syytä lyhyesti todeta SEPPÄLÄN tutkimustulosten (1969, 1971) pääpiirteet.

SEPPÄLÄ suoritti vertailunsa erilevyisten sarkojen puuston kuutiomäärä- ja kuutiokasvusuhteita käyttäen. Kullakin koealalla hän merkitsi 20 metrin sarkaa edustavaa keskikuutiomäärää ja keskikasvua 100:lla ja laski muiden sarkojen vastaavat tunnukset suhteessa tähän (vrt. edellä kuvissa 6 ja 7 käytetty menettely). Kysymyksessä olivat siis eräänlaiset kuutiomäärä- ja kasvuindeksit. Indeksiluvuista laskettiin saroittain yksinkertaiset keskiarvot ja näitä verrattiin toisiinsa.

Suotyypeittäin suoritettu vertailu osoitti, että »metsikön kokonaispuumäärä pienenee saran leventyessä sitä jyrkemmin, mitä karumpi ja luonnontilaisena vähämetsäisempi kasvupaikka on». Heikoimmallakaan tutkituista suotyypeistä eli tupasvillarämeellä ei keskimääräinen pienentyminen kuitenkaan ylitä 17 %:a saran leventyessä 20 metristä 60 metriin. Parhailla eli ruohoisilla suotyypeillä metsikön kokonaispuumäärä näyttää vastaavasti pysyvän jokseenkin muuttumattomana. Koko aineistossa keskimäärin on 60 metrin saran kokonaispuumäärä 92 % 20 metrin saran puumäärästä.

Kun tarkasteltavaksi otettiin mittausta edeltäneen 5-vuotiskauden kuutiokasvun muuttuminen sarkaleveyttä lisättäessä, havaittiin indeksilukujen muutosten olevan eteläisempien ilmastovyöhykkeiden aineistossa oleellisesti samansuuruisia kuin kuutiomäärissä todetut erot. Tulos oli sama niin viljavilla kuin karuillakin suotyypeillä. Pohjoisten

ilmastovyöhykkeiden aineistossa kuutiokasvun suhteellinen pieneneminen oli sen sijaan 0—3 %-yksikön verran nopeampaa kuin kuutiomäärän pieneneminen.

Mainittujen lukujen rinnalle on syytä asettaa vastaavat lukemat kuvien 6 ja 7 esittämiltä käyriltä. Jos oletetaan oja-aukon leveyden olevan 4 metriä, on 60 metrin saran keskikasvu kuvan 6 tapauksessa 85 % ja kuvan 7 tapauksessa 107 % 20 saran keskikasvusta. Mikäli oja-aukon leveys on vain kaksi metriä, luvut ovat vastaavasti 79 % ja 98 %. SEPPÄLÄN tulosten mukaan näyttäisivät siis tämän aineiston koealat sijoittuvan pääosaltaan kuvien 6 ja 7 esittämien tapausten välille.

Alueellisen vaihtelun analysointi toi mukanaan lisäpiirteitä. Kun tutkimukseen vuonna 1967 ryhdyttiin, oli lähtökohtana oletamus, että sarkaleveyden vaikutuksessa tulee ilmenemään selviä eroja paitsi suotyypeittäin myös eri ilmastoalueiden välillä (vrt. HEIKURAINEN 1956, 1959). Muiden kuivatustehoa säätelevien tekijöiden, kuten turvekerroksen paksuuden ja turpeen ja mineraalimaan laadun sekä suon kaltevuuden ja ojien sijoittelun, vaikutuksen odotettiin osaksi heijastuvan suotyypissä ja muilta osin tasoittuvan satunnaisvaihteluksi, kun koealoja mitataan riittävän runsaasti. Se, että sarkaleveyden vaikutusta tutkittiin toisen, pääasiallisen ongelman ohessa, esti osaltaan muiden tekijöiden huomioon ottamisen koealojen sijoittelussa.

Tulosten valmistuessa kävi selväksi, että ilmastovyöhykkeen merkitys näkyy kyllä saroittaisten puusto- ja kasvuerojen absoluuttisessa tasossa samankaltaisena kuin yleensäkin ojituksella saavutettavissa kasvunlisäyksissä (vrt. HEIKURAINEN 1959). Erilevyisten sarkojen kuutiomäärä- ja kasvusuhteissa puolestaan ei oletetun kaltaista ilmastovyöhykkeittäistä vaihtelua saada esiin, vaan se peittyy jonkin tai joidenkin toisten tekijäin aiheuttamaan vaihteluun. Suoritettuaan koko koeala-aineiston puitteissa mainittujen suhdelukujen alueittaisen vertailun SEPPÄLÄ jakoi Suomen kolmeen vyöhykkeeseen kuvan 8 osoittamalla tavalla. Niistä ensimmäisessä ja samalla itäisimmässä sarkaleveyden keskimääräinen vaikutus erilevyisten sarkojen kuutiomääräsuhteisiin on vähäisin, ja suurin kolmannessa pääosaltaan Pohjanlahden tasaisen rannikkoalueen käsittävässä vyöhykkeessä. Toinen vyöhyke edustaa välittäviä tapauksia. Aluejaon vertaaminen MUSTOSEN (1968) maaston keskimääräistä kaltevuutta esittävään käyrästöön osoitti, että läntisimmän vyöhyke 3:n rajat yhtyvät Ranuan tienoita ja Keski-Suomea lukuunottamatta melko tarkoin 3 ‰:n keskikaltevuuskäyrään. On siten varsin todennäköistä, että muodostunut vyöhykejako kuvastaa pääasiassa ojitettujen suomaiden yleiskaltevuutta. Maastomittausten puuttuessa tätä ei kuitenkaan voitu suoraan todentaa. Jäljempänä näitä nimitetään *kaltevuusvyöhykkeiksi*.

Vyöhykkeittäin suoritetuissa laskelmissa edellä esitetty kuva suotyypin merkityksestä vain vahvistuu: viljavammilla sarkaleveyden vaikutus on vähäisempi kuin karuilla vyöhykkeestä riippumatta. Erot muutosten jyrkkyydessä ovat kuitenkin vyöhykkeiden välillä varsin suuria. Niinpä tupasvillarämeillä kokonaispuumäärän vähennys vaihdettaessa 20 metrin sarka 60 metrin sarkaan on vyöhykkeessä 1 keskimäärin 10 % mutta vyöhykkeessä 3 peräti 24 %. Vastaavasti ruoho- ja heinäkorvissa puumäärä vyöhykkeessä 1 lisääntyy 5 % ja vyöhykkeessä 3 vähenee samat 5 %.

43. Saran kaventumista vastaavat ojitustuoton lisäykset

Luvussa 2 tehdyn ratkaisun mukaisesti tämän tutkimuksen ns. perusvertailussa tuotolla tarkoitetaan ojituksen 30—35 vuodessa eli mittaushetkeen mennessä aikaansaamaa puuston hakkuuarvon lisäystä mukaanluettuna mittausta edeltäneen 10-vuotiskauden poistuma.

Periaatteessa tuotto lasketaan siis seuraavasti: puuston hakkuuarvoon mittaushetkellä lisätään mittausta edeltäneen 10-vuotiskauden hakkuupoistuman arvo ja tästä *kokonaistuotosta* vähennetään se puuston ja hakkuupoistuman arvo, joka ojitetulla suolla mittaushetkellä olisi ollut, jos suota ei olisi aikoinaan ojitettu. Vertailussa ei kuitenkaan tarvita erilevyisten sarkojen tuottoja sellaisenaan vaan ainoastaan niiden keskinäiset erot, *lisätuotot*, kuten edellä luvussa 2 niinikään todettiin. Kun mainittu ojittamattoman suon tuotto voidaan olettaa saran leveydestä riippumattomaksi, saadaan lisätuotot selville yksinkertaisesti vähentämällä erilevyisten sar-

kojen kokonaistuotot perättäin toisistaan. Näin laskelmia varten riittää, kun selvitetään puuston kokonaistuotot;ojittamattoman suon tuottojen arviota ei tarvita.

Ensimmäisenä vaiheena sarkaleveyden muutosta vastaavien lisätuottojen määrittämisessä oli siten puuston ja poistuman teknisinä mittoina ilmaistujen tavaralajimäärien muuntaminen yhteenlaskukelpoisiksi. Toisin sanoen niiden mittaaminen sopivalla arvosuureella eli »hinnoittaminen».

Tavanomaisesti käytetty menettely on, että selvitetään puutavaralajien keskimääräiset kantohinnat muutamien viimeisten vuosien tai vuosikymmenien ajalta, muunnetaan ne vakiorahanarvoon eli ns. reaalihinnoiksi ja projisoidaan näin selville saatu reaalihintojen kehitys mainittujen 30—35 vuoden päähän tulevaisuuteen. Puutavaran kantohinnat vaihtelevat kuitenkin verraten voimakkaasti niin ajallisesti kuin alueellisestikin. Pitkälle tulevaisuuteen yltäviä hintaennusteita voidaan siten syystä pitää sangen epävarmoina ja subjektiivisina odotuksina. Kun tässä tutkimuksessa muutenkin pyritään erottamaan selvästi subjektiiviset arvostukset objektiivisemmista faktoista, päätettiin varsinaisten kantohintojen ja siten rahan käyttöä arvonmittana välttää.

Arvostusyksiköksi valittiin havuainespuun pinokuutiometri tai paremminkin sen suhteellinen arvo, jota merkittiin 1.00:lla. Muille puutavaralajeille — havusahatukeille, vanerikoivuille ja koivuainespuulle — laskettiin hankintavuoden 1968/69 keskimääräisten kantohintojen (VÄÄNÄNEN 1970) perusteella niiden suhteellinen yksikköarvo havuainespuuhun verrattuna.

Rämeillä havuainespuu on mäntyä ja lasketut suhteelliset arvot

mäntytukki-j^3	.16
mäntyainespuu-pm^3	1.00
vanerikoivu-j^3	.09
koivuainespuu-pm^3	.38

Korvissa on vastaavasti kysymys kuusesta, ja suhteelliset arvot ovat

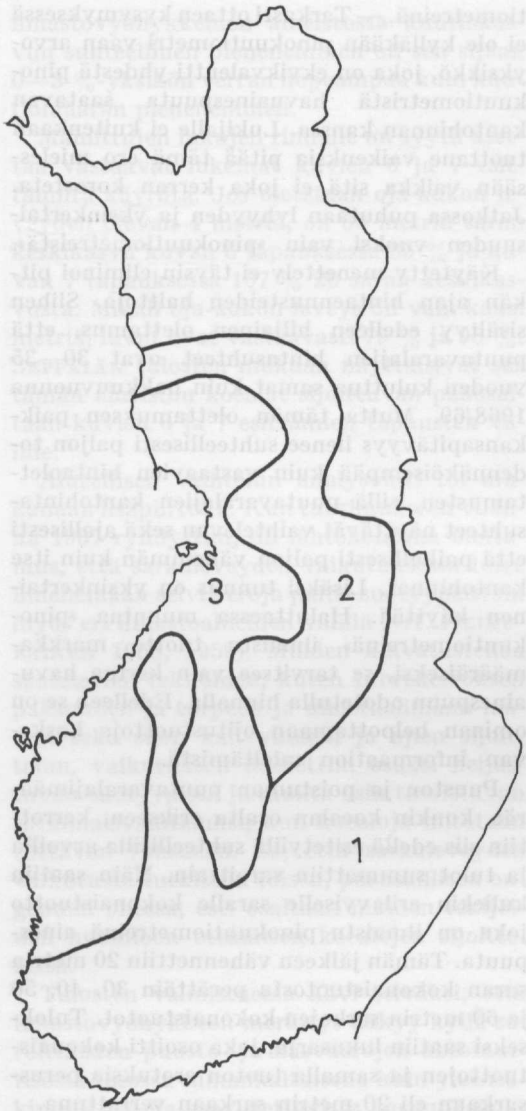
kuusitukki-j^3	1.12
kuusiainespuu-pm^3	1.00
vanerikoivu-j^3	.07
koivuainespuu-pm^3	.29

Kertomalla puutavaralajimäärät yllä olevilla kertoimilla saadaan kaikki lausuttua samoina yksikköinä, havuainespuun pinokuutiometreinä. — Tarkasti ottaen kysymyksessä ei ole kylläkään pinokuutiometri vaan arvoyksikkö, joka on ekvikvalentti yhdestä pinokuutiometristä havuainespuuta saatavan kantohinnan kanssa. Lukijalle ei kuitenkaan tuottane vaikeuksia pitää tämä ero mielessään vaikka sitä ei joka kerran korosteta. Jatkossa puhutaan lyhyyden ja yksinkertaisuuden vuoksi vain »pinokuutiometreistä».

Käytetty menettely ei täysin eliminoi pitkän ajan hintaennusteiden haittoja. Siihen sisältyy edelleen hiljainen olettamus, että puutavaralajien hintasuhteet ovat 30—35 vuoden kuluttua samat kuin hakkuuvuonna 1968/69. Mutta tämän olettamuksen paikkansapitävyys lienee suhteellisesti paljon todennäköisempää kuin vastaavien hintaolettamusten, sillä puutavaralajien kantohintasuhteet näyttävät vaihtelevan sekä ajallisesti että paikallisesti paljon vähemmän kuin itse kantohinnat. Lisäksi tunnus on yksinkertainen käyttää. Haluttaessa muuntaa »pinokuutiometreinä» ilmaistu tuotto markkamääräiseksi, se tarvitsee vain kertoa havuainespuun odotetulla hinnalla. Edelleen se on omiaan helpottamaan ojitustuottoja koskevan informaation mieltämistä.

Puuston ja poistuman puutavaralajimäärät, kunkin koealan osalta erikseen, kerrottiin siis edellä esitetyillä suhteellisilla arvoilla ja tulot summattiin saroittain. Näin saatiin kullekin erilevyiselle saralle kokonaistuotto joka on ilmaistu pinokuutiometreinä ainespuuta. Tämän jälkeen vähennettiin 20 metrin saran kokonaistuotosta perättäin 30, 40, 50 ja 60 metrin sarkojen kokonaistuotot. Tulokseksi saatiin lukusarja, joka osoitti kokonaistuottojen ja samalla tuoton erotuksia perussarkaan eli 20 metrin sarkaan verrattuna.

Koealoittaisista luvuista laskettiin tämän jälkeen keskiarvot. Sitä varten koealat ryhmitettiin paitsi suotyypeittäin myös alueittain. Aluejakona käytettiin sekä SEPPÄLÄN erottamia maaston kaltevuusvyöhykkeitä (kuva 8) että ns. ilmastoalueita. Viimemainitut muodostettiin aiemmissa edullisuusvertailuissa (M. KELTIKANGAS ja SEPPÄLÄ 1966, 1968) käytettyyn tapaan metsänparannuspiirien (piirimetsälautakuntien) aluejaon pohjalle. Siten ilmastoalue C (Peräpohjola) käsittää Rovaniemen ja Kemijärven, ilmastoalue B (Väli-Suomi) Oulun ja Kajaanin sekä ilmastoalue A (Etelä-Suomi) muut metsänparannuspiirit. Tähän ilmastoaluejakoon pää-



Kuva 8. SEPPÄLÄN (1971) esittämä sarkaleveyden vaikutuksen voimakkuuteen perustuva vyöhykejako.

Fig. 8. Zone division introduced by SEPPÄLÄ *(1971) on the basis of the relative effects of drain spacing.*

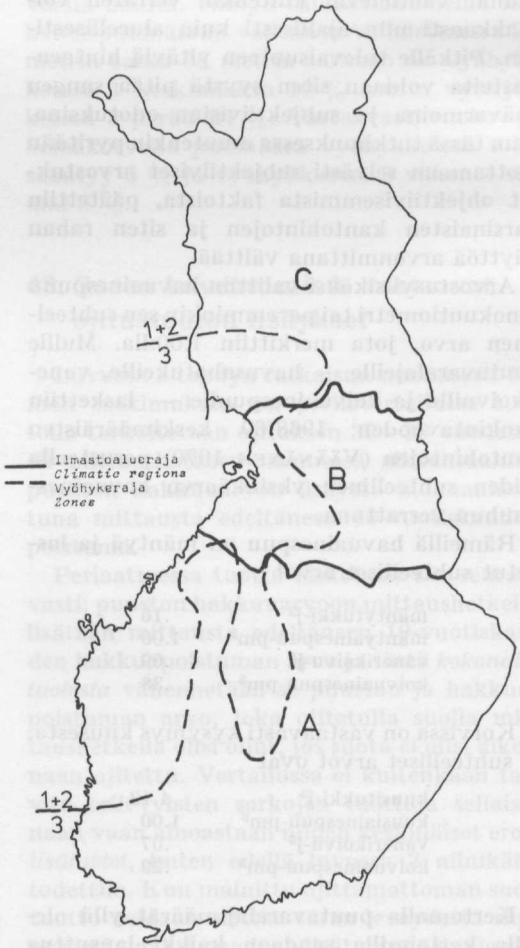
dyttiin sekä laskentateknisistä syistä että tulosten myöhempää käyttöä silmällä pitäen. Tässä yhteydessä ei siis ole kysymys edellä jo mainitusta HEIKURAISEN ilmastovyöhykejaosta.

Koealojen suhteellisen suuresta lukumäärästä (411) huolimatta aineisto ei kuitenkaan ollut riittävä niin pitkälle menevään jaotteluun kuin mitä kaikkien 8 suotyypin, 3 ilmasto-alueen ja 3 kaltevuus vyöhykkeen samanaikainen käyttö olisi merkinnyt. Kokeilujen jälkeen luokittelua sen vuoksi tarkistettiin. Suotyypeistä yhdistettiin kaikki korvet ja rämeistä viljavuudeltaan lähinnä samanarvoiset siten, että muodostui kolme suotyyppiryhmää:

— korvet (RhK ja VK)
— sararämeet (RhSR, VSR ja PsR)
— karut rämeet (IR ja TR)

Samoin yhdistettiin SEPPÄLÄN kaltevuus vyöhykkeistä ensimmäinen ja toinen yhdeksi vyöhykkeeksi, josta jäljempänä käytetään merkintää 1 + 2. Osa-alueiden määrä supistui näin yhdeksästä kuuteen. Kuva 9 osoittaa tämän jäljempänä sovellettavan aluejaon.

Näiden muutosten jälkeen koealat jakaantuivat 3 × 3 × 2 = 18 ryhmään, joista kah-



Kuva 9. Vertailuissa käytettävä aluejako.

Fig. 9. Areal division used in comparisons.

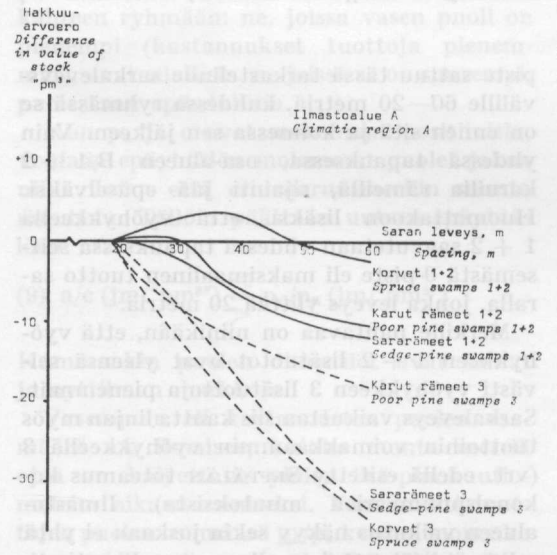
Taulukko 9. Koealojen jakaantuminen suotyyppiryhmittäin, ilmastoalueittain ja vyöhykkeittäin.

Table 9. Distribution of sample plots by site classes, climatic regions, and inclination zones.

Suotyyppiryhmä *Site class*	Ilmastoalue *Climatic region*					
	A		B		C	
	Vyöhyke *Zone*		Vyöhyke *Zone*		Vyöhyke *Zone*	
	1 + 2	3	1 + 2	3	1 + 2	3
Korvet — *Spruce swamps*	68	22	17	6	6	11
Sararämeet — *Sedge-pine swamps*	43	24	30	22	30	27
Karut rämeet — *Poor pine swamps* ..	51	25	15	8	5	2
Yhteensä — *Total*	162	71	62	36	41	40
	233		98		81	

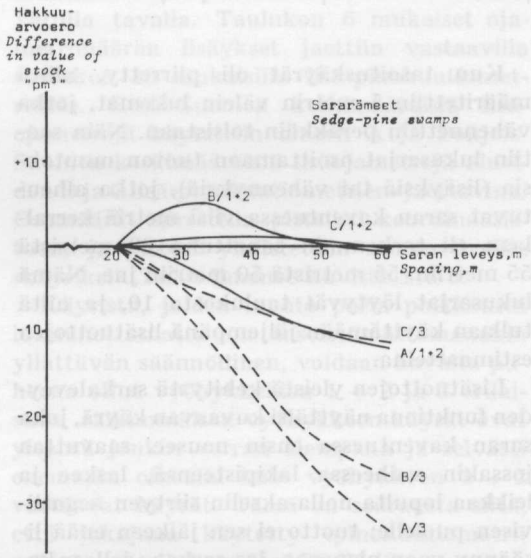
teentoista kertyi havaintoja riittävänä pidettävä määrä eli vähintään 15. Jakaantuma ilmenee yksityiskohtaisemmin taulukosta 9. Osa-alueiden B/3 ja C/1 + 2 korvista sekä ilmastoalueen C karuilta rämeiltä on koealoja siksi vähän, että niitä koskevia vertailuja ei jäljempänä lainkaan esitetä.

Suotyyppiryhmille osa-alueittain lasketut keskiarvot tasoitettiin graafisesti käyriksi, jotka osoittavat erilevyisten sarkojen osalta niiden tuoton ja 20 metrin saran tuoton välisen eron »pinokuutiometreinä». Esimerkkeinä kyseisistä tasoituskäyristä ovat kuvassa 10a ilmastoalueen A käyrät ja kuvassa 10b sararämeiden käyrät kaikissa kolmessa ilmastoalueessa.



Kuva 10a. Erilevyisten sarkojen puuston suhteellinen hakkuuarvo »pinokuutiometreinä» verrattuna 20 metrin levyisen saran vastaavaan arvoon. Ilmastoalueen A tasoitetut käyrät.

Fig. 10a. The relative value of stock in stands drained with different spacings, measured in »piled cubic meters of coniferous pulpwood» (»pm³») and compared with the values of stands with 20 meter spacings. Smoothed curves for the climatic region A.



Kuva 10b. Erilevyisten sarkojen puuston suhteellinen hakkuuarvo »pinokuutiometreinä» verrattuna 20 metrin levyisen saran vastaavaan arvoon. Sararämeiden tasoitetut käyrät ilmastoalueittain ja vyöhykkeittäin.

Fig. 10b. The relative value of stock in stands drained with different spacings, measured in »piled cubic meters of coniferous pulpwood» (»pm³») and compared with the values of stands with 20 meter spacings. Smoothed curves for sedge-pine swamps by different climatic regions and zones.

Taulukko 10. »Pinokuutiometreissä» mitattu keskimääräinen lisätuotto (tai tuoton vähennys), jonka saran kaventuminen 5 metrillä saa aikaan.

Table 10. Average increase (or decrease) in value output, measured in »pm³»s, brought about by narrowing the spacings by five meters.

Suotyyppiryhmä *Site class*	Ilmastoalue *Climatic region*	Vyöhyke *Zone*	Sarkaleveys, m *Spacing, m* 60 — 55 — 50 — 45 — 40 — 35 — 30 — 25 — 20
			Tuoton lisäys tai vähennys, »pm³» *Increase or decrease (—) in value output, »pm³»*
Korvet ..... *Spruce swamps*	A	1 + 2	.9 | 1.2 | 1.6 | 2.2 | .3 | —.7 | —1.3 | —1.6
		3	2.8 | 3.2 | 3.6 | 4.1 | 4.3 | 5.0 | 5.2 | 6.4
	B	1 + 2	2.8 | 3.3 | 4.5 | 7.1 | 2.6 | 1.2 | —.4 | —1.4
		3	ei riittävästi havaintoja — *insufficient number of observations*
	C	1 + 2	ei riittävästi havaintoja — *insufficient number of observations*
		3	.4 | .6 | .8 | 1.1 | 1.2 | 1.5 | 1.5 | 1.6
Sararämeet ..... *Sedge-pine swamps*	A	1 + 2	.8 | 1.1 | 1.5 | 1.9 | 2.3 | 2.3 | 1.5 | .6
		3	3.0 | 3.6 | 4.3 | 5.1 | 5.0 | 4.6 | 4.1 | 3.7
	B	1 + 2	.5 | .7 | .7 | 1.2 | 2.4 | .3 | —1.6 | —3.3
		3	1.6 | 2.4 | 3.4 | 5.3 | 5.1 | 4.0 | 3.0 | 2.2
	C	1 + 2	.8 | .6 | .3 | .2 | .0 | —.1 | —.3 | —.6
		3	2.8 | 2.0 | 1.5 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | .9 | .6
Karut rämeet .... *Poor pine swamps*	A	1 + 2	.7 | 1.0 | 1.3 | 1.6 | 2.8 | 3.5 | .2 | —.5
		3	1.3 | 1.4 | 1.5 | 1.7 | 1.8 | 2.3 | 3.0 | 5.2
	B	1 + 2	.8 | .6 | .5 | .4 | .5 | .6 | .8 | .8
		3	1.3 | 1.4 | 1.6 | 2.0 | 2.6 | 2.8 | 2.0 | 1.0
	C		ei riittävästi havaintoja — *insufficient number of observations*

Kun tasoituskäyrät oli piirretty, niiltä määritettiin 5 metrin välein lukemat, jotka vähennettiin peräkkäin toisistaan. Näin saatiin lukusarjat osoittamaan tuoton muutoksia (lisäyksiä tai vähennyksiä), jotka aiheutuvat saran kaventuessa viisi metriä kerrallaan eli tarkemmin sanottuna 60 metristä 55 metriin, 55 metristä 50 metriin jne. Nämä lukusarjat löytyvät taulukosta 10, ja niitä tullaan käyttämään jäljempänä lisätuottojen estimaatteina.

Lisätuottojen yleistä kehitystä sarkaleveyden funktiona näyttäisi kuvaavan käyrä, joka saran kaventuessa ensin nousee, saavuttaa jossakin vaiheessa lakipisteensä, laskee ja leikkaa lopulta nolla-akselin siirtyen negatiivisen puolelle; tuotto ei sen jälkeen enää lisäänny vaan pienenee, jos sarkaa edelleen kavennetaan. Taulukon 10 neljästätoista havaintoryhmästä kahdeksassa lisätuoton lakipiste sattuu tässä tarkastellulle sarkaleveysvälille 60—20 metriä, kahdessa ryhmässä se on ennen sitä ja kolmessa sen jälkeen. Vain yhdessä tapauksessa, osa-alueen B/1 + 2 karuilla rämeillä, sijainti jää epäselväksi. Huomattakoon lisäksi, että vyöhykkeellä 1 + 2 saavutetaan viidessä tapauksessa seitsemästä 0-piste eli maksimaalinen tuotto saralla, jonka leveys ylittää 20 metriä.

Merkille pantavaa on niinikään, että vyöhykkeen 1 + 2 lisätuotot ovat yleensä selvästi vyöhykkeen 3 lisätuottoja pienemmät. Sarkaleveys vaikuttaa siis kautta linjan myös tuottoihin voimakkaammin vyöhykkeellä 3 (vrt. edellä esitetty SEPPÄLÄN toteamus kokonaispuumäärien muutoksista). Ilmastoalueen vaikutus näkyy sekin joskaan ei yhtä selvänä lisätuottojen ollessa tavallisesti A-alueella suurempia kuin B-alueella ja tällä puolestaan suurempia kuin C-alueella.

5. VERTAILULASKELMAT SARKALEVEYDEN VAIKUTUKSESTA OJITUSINVESTOINNIN TALOUDELLISEEN TULOKSEEN

51. Perusvertailu

Edellisessä pääluvussa on sekä saran kaventumisesta aiheutuvat lisäkustannukset että siitä vastaavasti koituvat lisätuotot selvitetty ja ilmaistu kummatkin erikseen omissa mittayksiköissään — kustannukset metreinä ja ojametrikustannuksina, tuotot »pinokuutiometreinä». Jotta niitä voitaisiin vertailla myös keskenään, on molemmat muunnettava samoiksi yksiköiksi.

Markkamääräisten lisäkustannusten ja lisätuottojen vertailu voidaan esittää epäyhtälön muodossa:

$$(8)\quad a\ (jm) \times p_a\ (mk/jm) \lessgtr c(''pm^{3}'') \times p_c\ (mk/''pm^{3}'')$$

Yhtäsuuruus jakaa vertailtavat tapaukset kahteen ryhmään: ne, joissa vasen puoli on pienempi (kustannukset tuottoja pienemmät), ovat edullisia, ne joissa se on suurempi, puolestaan epäedullisia.

Kun p_a ja c ovat molemmat positiivisia, voidaan epäyhtälön molemmat puolet jakaa niillä ilman että eri suuruusmerkin suunta muuttuu. Tällöin päästään uuteen epäyhtälöön

$$(9)\quad a/c\ (jm/''pm^{3}'') \lessgtr p_c/p_a\ (jm/''pm^{3}'')$$

Kummankin puolen dimensiot ovat samat ja nyt ilman markkoja.

Vasemman eli kustannusten puolen osamäärä a/c ilmaisee, kuinka monta metriä ojaa on kaivettava yhden lisä»pinokuutiometrin» aikaansaamiseksi. Vastaavasti tuottojen puolen osamäärä p_c/p_a kertoo, monenko ojametrin arvoinen on yksi lisä »pinokuutiometri». Edellinen voidaan laskea suoraan taulukoiden 6 ja 10 lukujen perusteella, jälkimmäinen on arvostusongelma, jonka ratkaiseminen jää viime kädessä päätöksentekijän asiaksi.

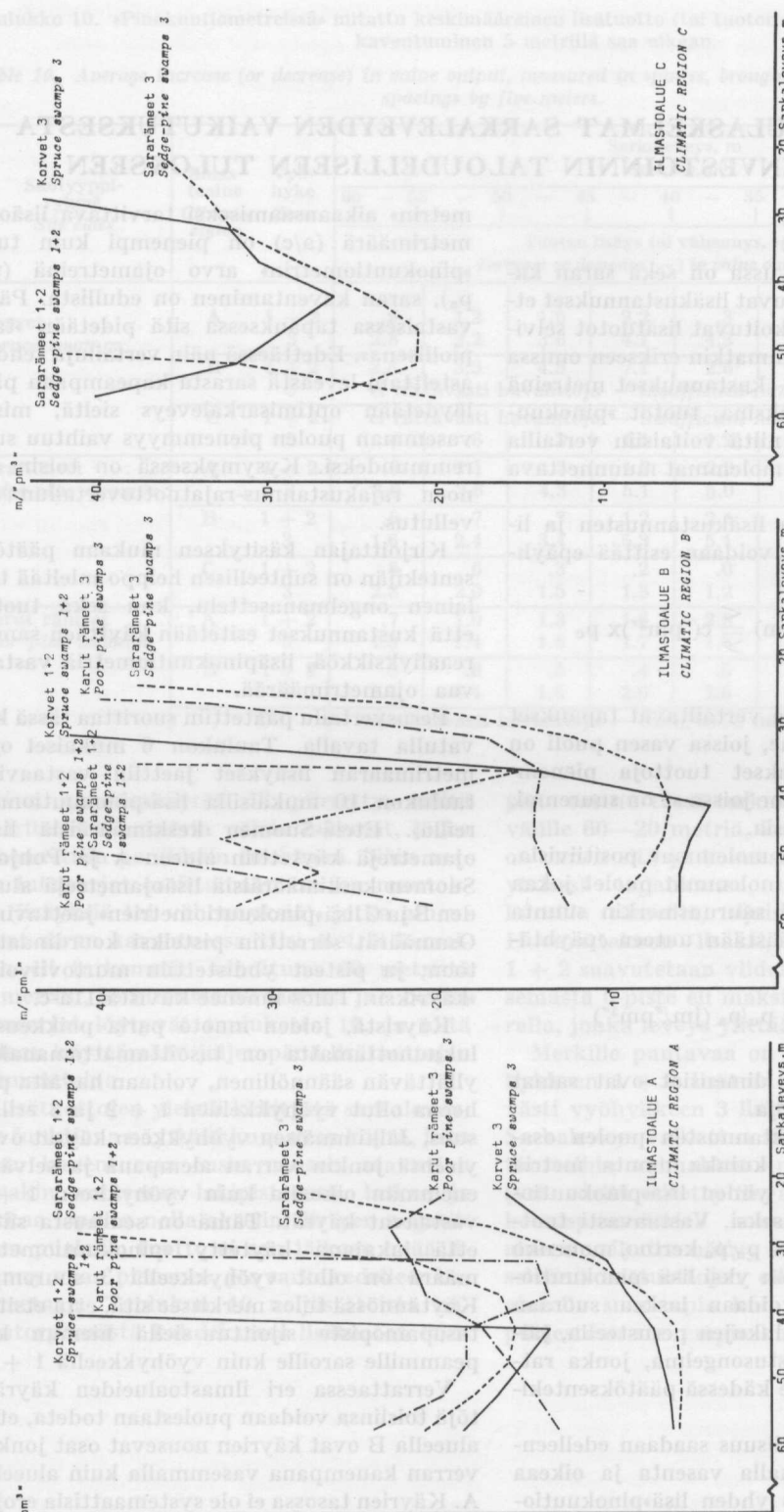
Toimenpiteen edullisuus saadaan edelleenkin selville vertaamalla vasenta ja oikeaa puolta toisiinsa. Jos yhden lisä»pinokuutiometrin» aikaansaamiseksi tarvittava lisäojametrimäärä (a/c) on pienempi kuin tuon »pinokuutiometrin» arvo ojametreinä (p_c/p_a), saran kaventaminen on edullista. Päinvastaisessa tapauksessa sitä pidetään »tappiollisena». Edettäessä näin vertailuja tehden asteittain leveästä sarasta kapeampaan päin löydetään optimisarakeleveys sieltä, missä vasemman puolen pienemmyys vaihtuu suuremmuudeksi. Kysymyksessä on toisin sanoen rajakustannus-rajatuottovertailun sovellutus.

Kirjoittajan käsityksen mukaan päätöksentekijän on suhteellisen helppo mieltää tällainen ongelmanasettelu, kun sekä tuotot että kustannukset esitetään käyttäen samaa reaaliyksikköä, lisäpinokuutiometriä vastaavaa ojametrimäärää.

Perusvertailu päätettiin suorittaa tässä kuvatulla tavalla. Taulukon 6 mukaiset ojametrimäärän lisäykset jaettiin vastaavilla taulukon 10 mukaisilla lisä»pinokuutiometreillä». Etelä-Suomen keskimääräisiä lisäojametrejä käytettiin alueen A ja Pohjois-Suomen keskimääräisiä lisäojametrejä alueiden B ja C lisä»pinokuutiometrien» jaettavina. Osamäärät siirrettiin pisteiksi koordinaatistoon, ja pisteet yhdistettiin murtoviivoilla »käyriksi». Tulos ilmenee kuvista 11a-c.

Käyristä, joiden muoto paria poikkeusta lukuunottamatta on tasoittamattomanakin yllättävän säännöllinen, voidaan havaita puheena ollut vyöhykkeiden 1 + 2 ja 3 erilaisuus. Jälkimmäisen vyöhykkeen käyrät ovat yleensä jonkin verran alempana ja selvästi enemmän oikealla kuin vyöhykkeen 1 + 2 vastaavat käyrät. Tämä on seurausta siitä, että jakajana käytetty »pinokuutiometri» määrä on ollut vyöhykkeellä 3 suurempi. Käytännössä tulos merkitsee sitä, että etsitty tasapainopiste sijoittuu siellä hieman kapeammille saroille kuin vyöhykkeellä 1 + 2.

Verrattaessa eri ilmastoalueiden käyrästöjä toisiinsa voidaan puolestaan todeta, että alueella B ovat käyrien nousevat osat jonkin verran kauempana vasemmalla kuin alueella A. Käyrien tasossa ei ole systemaattisia eroja.



Kuva 11. Rajakustannuskäyrät, jotka osoittavat ilmastoalueittain, vyöhykkeittäin ja suotyypeittäin, kuinka monta metriä ojaa on kaivettava lisää, jotta puuston hakkuuarvo 30 — 35 vuoden kuluttua ojituksesta olisi yhden »pinokuutiometrin» verran suurempi. Erikseen ilmastoalueet A, B ja C.

Fig. 11. Marginal cost curves indicating how many additional meters of drain it is to be digged to increase the stock value of stands, 30 to 35 years after drainage, by one »piled cubic meter» (»pm³»), i.e. by the value equivalent of one piled cubic meter of coniferous pulpwood. Separately for climatic regions A, B and C.

Alue C sen sijaan poikkeaa edellä mainituista selvimmin juuri siinä, että sen käyrät ovat huomattavasti ylempänä.

Haluttaessa selvittää, mihin asti sarkaleveyden kaventaminen on edullista esimerkiksi osa-alueen B/3 sararämeillä, on meneteltävä seuraavasti. Ensin harkitaan, minkä arvoiseksi on katsottava yksi lisä »pinokuutiometri» mäntyainespuuta ojitusmetsikössä 30—35 vuoden kuluttua ojituksesta verrattuna kustannuspanokseen, joka ojitushetkellä aiheutuu yhden lisäojametrin kaivamisesta. Kun tämä arvostusongelma on ratkaistu, etsitään kyseistä suhteellista hintaa vastaava piste kuvan 11b pystyakselilta (jm/»pm³») ja seurataan sen kautta piirrettäväksi ajateltua vaaka-akselin suuntaista suoraa. Viimemainitun ja »Sararämeet 3»-käyrän leikkauspisteen kohdalla vaaka-akselilla oleva sarkaleveyslukema antaa vastauksen kysymykseen.

Tämä vaihe on periaatteessa jätettävä päätöksentekijälle itselleen, jonka »pinokuutiometrille» antamasta arvosta lopputulos olennaisesti riippuu. Jos sen arvo on suuri suhteessa ojametrin arvoon, niin rajatuottoa edustava suora piirtyy korkealle ja sen leikkauspisteet rajakustannus-käyrien kanssa osuvat verraten pienten sarkaleveyksien kohdalle. Jos taas arvo on vähäinen, rajatuottosuora on alempana ja optimisarkaleveydet suurempia.

Seuraavat vallitsevien hintojen perusteella lasketut p_c/p_a-suhteet saattavat olla avuksi päätöksentekijälle hänen arvioidessaan »pinokuutiometrin» arvoa. Ojametrikustannus on otettu keskusmetsälautakunta Tapion ojituskustannustilastoista ja edustaa ojitushankkeiden kaivettua ojametriä kohden laskettua keskimääräistä työkustannusta (vrt. luku 223). Mänty- ja kuusiainespuun kantohintoina (mk/pm³ puolipuhdasta 2-metristä) ovat vastaavasti metsäntutkimuslaitoksen tilastoimat yksityismetsien keskimääräiset kantohinnat.

Suhteet on määritetty neljältä eri vuodelta, 1967—70, käyttäen aina kyseisenä vuonna päättyneiden ojitushankkeiden ojametrikustannusta ja samana vuonna päättyneen hakkuukauden kantohintaa. Kutakin metsänparannuspiiriä käsiteltiin aluksi omana laskentayksikkönään. Kun tulokset yhdistettiin ilmastoalueittain painottamattomiksi keskiarvoiksi, saatiin taulukossa 11 näkyvät p_c/p_a-suhteet.

Merkille pantava on suhteiden voimakas vuotuinen vaihtelu, joka pääosaltaan on seurausta kantohintojen heilahtelusta; keskimääräiset ojametrikustannukset ovat pysyneet mainittuina vuosina verraten vakaina. Tarkastelujakso ei käsitä täyttä suhdanneaaltoa eikä edes sen symmetristä puolikasta. Hakkuuvuosi 1967/68 oli kantohintojen osalta aallonpohja ja huippu lienee vasta hakkuuvuodessa 1970/71, eli tarkastelujakson jälkeen. Silti vuosijakson keskiarvot ja todettu vaihtelu osoittanevat suuruusluokkaa.

Vertailun vuoksi esitettäköön vastaavat luvut 1930-luvulta. Silloisen Keskusmetsäseura Tapion tilastojen ja Harveen (1940) ilmoittamien kantohintojen perusteella voidaan laskea, että vuosijaksona 1935—38 kyseinen suhde oli korpien osalta Pohjois-Suomessa keskimäärin 15 ja Etelä-Suomessa 18—20 jm/pm³. Rämeiden vastaavat luvut olivat 7 ja 7—10 jm/pm³. Toisin sanoen pino-

Taulukko 11. Ilmastoalueittaiset keskimääräiset havuainespuun pinokuutiometristä maksetun kantohinnan ja ojametrikustannuksen väliset suhteet vuosina 1967—70.

Table 11. Average ratios between the stumpage price paid for a cubic meter of coniferous pulpwood and the cost of digging one meter of drain, by climatic regions in 1967—70.

Suotyyppi *Site*	Alue *Climatic region*	Ojitusten päättymisvuosi *Year of drainage completion*				Keskimäärin *Average*
		1967	1968	1969	1970	
		jm/pm³ — *m/cu.m*				
Korvet — *Spruce swamps*	A	27.0	23.2	25.2	30.3	26.4
	B	24.8	19.8	24.8	35.8	26.3
	C	17.3	12.2	18.4	27.7	18.9
Rämeet — *Pine swamps*	A	19.5	15.5	20.4	26.0	20.4
	B	15.5	9.9	18.8	30.1	18.6
	C	5.3	2.0	10.3	20.0	9.4

kuutiometrin arvo on suhteessa ojametriin nyt suurempi kuin 30—35 vuotta sitten. Lukuunottamatta ilmastoaluetta B ja rämeiden osalta myös ilmastoaluetta A, muutos ei kuitenkaan ylitä 50 %:ia.

Välivuosina on tilanne ollut myös toisenlainen. Vuosina 1953—55 eli ennen koneellisen ojituksen varsinaista läpimurtoa pinokuutiometri kuusipaperipuuta vastasi vain kahdeksaa ja pinokuutiometri mäntypaperipuuta viittä ojametriä. Kun verrataan kaikkia edellä esitettyjä lukuja ja piirroksen 11 käyriä toisiinsa, voidaan päätellä, että jos sarkaleveyden määräämisessä olisivat ratkaisevia vallitsevat hintasuhteet, olisivat optimisarkaleveydet nykyisin joitakin metrejä kapeampia kuin 1930-luvulla. Mitään mullistavaa muutosta silloin vallinneeseen edullisuusasetelmaan koneellinen ojitus ei kuitenkaan ole merkinnyt. Todella käytettyjen sarkaleveyksien välillä havaittaville suurillekin eroille on etsittävä selitystä muista tekijöistä. Mutta ilman koneellistamista markkamääräinen ojametrikustannus olisi jatkuvasti noussut suhteessa kantohintoihin ja siten siirtänyt optimia leveämpien sarkojen suuntaan. Tähän nähden koneellistamisen aiheuttama muutos on paljon huomattavampi. (Vrt. M. Keltikangas 1961).

Jos päätöksentekijä käyttää vuosien 1967—70 p_c/p_a-suhteita sellaisinaan rajatuottojen estimaatteina, hän itse asiassa katsoo, että pinokuutiometristä tulevaisuudessa saatava kantohinta on hänelle nyt samanarvoinen kuin laskelmassa käytetty markkamääräinen hinta. Tämä on mahdollista seuraavin edellytyksin: tulevaisuudessa saatava kantohinta on reaaliarvoltaan niin paljon nykyistä korkeampi, että odotuksesta aiheutuva diskonttovähennys tulee katetuksi. Tai sitten päätöksentekijän aikapreferenssi on 0 eli tulo on hänestä samanarvoinen riippumatta siitä milloin se saadaan.

Ellei kumpikaan vaihtoehto vastaa todellisuutta, on tarkistettava edellä laskettuja p_c/p_a-suhteita ottamalla huomioon ajallinen ero ja kantohintatason odotettu kehitys. Jos oletetaan, että keskimääräinen reaalikantohintataso on 35 vuoden kuluttua sama kuin nyt, päätöksentekijän on diskontattava p_c/p_a-suhde aikapreferenssinsä mukaista korkoprosenttia käyttäen päästäkseen ojitushetken arvosuhteeseen. (Diskonttauksen ei tietenkään tarvitse tapahtua eksplisiittisesti laskelman muodossa; olennaista on, että päätöksentekijä suorittaa ajallisesta etäisyydestä johtuvan vähennyksen ko. arvostussuhteeseen).

Esimerkkinä diskonttauksen vaikutuksesta ovat taulukon 12 luvut. Niissä lähtökohtana ovat edellä mainitut vuosien 1967—70 keskimääräiset pinokuutiometrin kantohinta/ojametrin hintasuhteet. Diskonttausajanjakson pituudeksi on laskettu Heikuraisen aineiston keski-iän perusteella Etelä-Suomessa (ilmastoalue A) 33 vuotta ja Pohjois-Suomessa (ilmastoalueet B ja C) 34 vuotta. Havaitaan, että jo 3 %:n korkovähennys pienentää p_c/p_a-suhteen runsaaseen kolmannekseen alkuperäisestä ja 5 %:n korkovähennys vajaaseen viidennekseen.

Minkä prosentin mukaan vähennys todella tapahtuu, on päätöksentekijän harkinnassa. Sitä ei voida lähteä ennalta sanelemaan, sillä

Taulukko 12. Edellisen taulukon mukaisten keskimääräisten kantohinta/ojametrikustannussuhteiden nykyarvot eri diskonttoprosentteja käyttäen, kun ojituksesta keskimäärin kulunut aika on Etelä-Suomessa 33 vuotta ja Pohjois-Suomessa 34 vuotta.

Table 12. Present values of the average stumpage price/unit cost of drain-ratios presented in the preceding table, calculated by discounting with various rates over 33 years in South Finland and over 34 years in North Finland.

Suotyyppi *Site*	Alue *Climatic region*	Diskonttoprosentti — *Discount percentage*			
		0	3	4	5
		jm/pm³ — *m/cu.m*			
Korvet — *Spruce swamps*	A	26.4	10.0	7.2	5.3
	B	26.3	9.6	6.9	5.0
	C	18.9	6.9	5.0	3.6
Rämeet — *Pine swamps*	A	20.4	7.7	5.6	4.1
	B	18.6	6.8	4.9	3.5
	C	9.4	3.4	2.5	1.8

Taulukko 13. Esimerkkejä optimaalisesta sarkaleveydestä eri suotyypeillä ja osa-alueilla, kun pinokuutiometrin arvostus vaihtelee.

Table 13. Examples of optimum spacings on various sites and subareas when the evaluation of additional cubic meter of pulpwood varies.

Suotyyppi *Site*	Vyöhyke *Zone*	Alue *Region*	Pelkän tuoton mukaan *Based on output only*	Kustannukset huomioon otettuina *Costs included*		
				Diskonttoprosentti *Discount percentage*		
				0 %	3 %	5 %
			Optimisarkaleveys, m *Optimum spacing, m*			
Korvet *Spruce swamps*	1 + 2	A	36	41	> 60	> 60
		B	28	35	40	42
		C	ei riittävästi havaintoja *insufficient number of observations*			
	3	A	< 20	< 20	32	> 60
		B	ei riittävästi havaintoja *insufficient number of observations*			
		C	< 20	> 60	> 60	> 60
Sararämeet *Sedge-pine swamps*	1 + 2	A	< 20	33	> 60	> 60
		B	31	37	> 60	> 60
		C	36	> 60	> 60	> 60
	3	A	< 20	26	37	> 60
		B	< 20	29	35	> 60
		C	< 20	> 60	> 60	> 60
Karut rämeet *Poor pine swamps*	1 + 2	A	26	32	> 60	> 60
		B	< 20	> 60	> 60	> 60
	3	A	< 20	38	> 60	> 60
		B	< 20	32	> 60	> 60

päätöksentekijän ratkaisu vaihtelee lukuisten erilaisten tekijöiden vaikutuksesta. Näin on, olipa kyseessä yksityinen metsänomistaja tai yhteiskunta. Esitetyt prosentit ovat siten tässä vain esimerkkejä.

Tilanteen havainnollistamista voidaan vielä jatkaa. Jos kuvien 11a-c käyristä määritetään taulukon 12 mukaiset optimisarkaleveydet, päädytään eri tapauksissa taulukosta 13 ilmeneviin tuloksiin. Niiden rinnalle on merkitty myös suurimpaan hehtaarituottoon johtavat sarkaleveydet.

Olennaisempia kuin absoluuttiset sarkaleveyslukemat sinänsä ovat niiden keskinäiset suhteet eri ilmastoalueilla, eri vyöhykkeillä ja eri suotyypeillä. Muutamat pääsäännönmukaisuudet näyttäisivät tällöin selviltä.

Suotyyppien vertailu osoittaa, että *taloudellinen optimitulos saavutetaan yleensä sitä leveämmällä saralla mitä heikompi on suon luontainen viljavuus.* Poikkeuksena säännöstä on ainoastaan Etelä-Suomen vyöhyke 1 + 2. Kun kuutio- ja arvokasvunkin maksimit edellyttävät karulla suolla tiheämpää ojitusta kuin viljavalla (vrt. luku 42) suhteen kääntyminen päinvastaiseksi aiheutuu ojituskustannuksista, jotka kasvavat tuottoja voimakkaammin saran kaventuessa. Kustannukset toisaalta vaikuttavat nopeimmin siellä, missä tuoton muutosten absoluuttinen (ei siis välttämättä relatiivinen) suuruus on pienin.

Vertailu kaltevuusvyöhykkeiden välillä osoittaa niinikään selvää eroa. Vyöhykkeessä 1 + 2 taloudellinen optimikuivatus näyttää edellyttävän leveämpiä sarkoja kuin pääasiassa Pohjanlahden rannikon tasaisia, vähäviettoisia seutuja edustavassa vyöhykkeessä 3. Jos vyöhykemuodostuksen ensisijaisena aiheuttajana pidetään maaston kaltevuutta, voidaan tulos yleistää laajemmallekin: *taloudellinen optimi saavutetaan käyttämällä heikosti kaltevilla soilla tiheämpää ojitusta kuin voimakkaammin viettävillä.* Näin tulkittuna tulos on yhdenmukainen oppikirjoissa metsäojittajille annettujen neuvojen kanssa (esim. LUNDBERG 1914; HEIKURAINEN 1960).

Kolmas ja vallitsevaan käytäntöön nähden poikkeavin säännönmukaisuus löytyy verrattaessa taulukon 13 optimisarkaleveyksiä ilmastoalueittain. Alueiden A ja B välillä erot eivät ole kovin suuria eivätkä täysin yhdensuuntaisiakaan. Tuoton heikkenemisen osittaisena vastapainona on ojametrikustannuksen pieneneminen. Sen sijaan ilmastoalue C, joka käsittää Rovaniemen ja Kemijärven metsänparannuspiirit, poikkeaa muista selvästi. Taulukon 13 kaikki arvostusvaihtoehdot osoittavat yhtäpitävästi, että 60 metrin tai sitä kapeampien sarkojen käyttö ei ole ilmastoalueella C kannattavaa. Näin siitä huolimatta, että tuoton eli arvokasvun maksimi saavutetaan, vyöhykkeen 1 + 2 sararämeitä lukuunottamatta, alle 20 metrin ojavälein (vrt. HUIKARI ym. 1964). Ojamäärän lisäyksillä saavutettavissa olevat tuoton lisäykset eivät riitä kattamaan kustannuksia, jotka ojituksen intensiteettiasteen nostaminen aiheuttaa.

Taloudellista optimia tavoiteltaessa olisi siis ilmeisesti — taulukon 11 mukaisin hintaodotuksin — *Peräpohjolassa käytettävä leveämpiä sarkoja kuin etelämpänä saman boniteettiluokan soilla.* Kuten taulukossa 4 luvussa 322 ilmenee, nykyinen käytäntö on päinvastainen, Ja vaikka tässä ei ole tarkoitus esittää varsinaisia metrimääräisiä suosituksia voitaneen silti todeta, että erityisesti ilmastoalueen C osalta optimin täsmällinen määrittäminen on mahdollista vasta kun on tutkittu myös 60 metriä leveämpien sarkojen lisätuottoja ja -kustannuksia.

Edellä sanottuun on syytä liittää pari täydentävää näkökohtaa. Ojametrikustannus on esimerkkilaskelmissa oletettu samaksi niin korvissa kuin rämeilläkin. Tämä näyttäisi olevan ristiriidassa sen mm. aiemmin vertailuissa (HEIKURAINEN ym. 1963; M. KELTIKANGAS ja SEPPÄLÄ 1966, 1968) omaksutun käsityksen kanssa, että korpien ojitus on jonkin verran kalliimpaa pintaalayksikköä kohden kuin rämemaiden tai nevojen ojittaminen.

Suoritetuissa kustannusanalyyseissä (luku 33) ei hankkeen korpisuussadanneksen ja ojametrikustannuksen välille saatu selvää korrelaatiota. Myös AITOLAHDEN ja NUMMISEN (1968) selvitys metsäojakaivureiden työtulokseen vaikuttavista tekijöistä viittaa siihen, että suotyypin vaikutus ei ehkä ole aivan sellainen kuin aiemmin on oletettu. Tässä tapauksessa on lisäksi otettava huomioon, että suhteellisen vaikeasti kaivettavat kiviset, ohutturpeiset ja morenipohjaiset korpijuotit jäävät sarkaleveystarkastelun ulkopuolelle. Toisekseen kaivuvaikeus näyttää määräytyvän välittömimmin paitsi jo mainittujen kivisyyden, turpeen paksuuden ja pohjamaan laadun myös puustoisuuden ja liekoisuuden mukaan. Ainakaan yhtenäisillä suolohkoilla suotyyppi ei sinänsä kuvasta kaikkia näitä tekijöitä.

Toinen huomautus koskee suotyyppiryhmien sisäistä hajontaa. Sekä korvissa että sararämeillä on sarkaleveyden vaikutus keskikasvuun vähäisin viljavimmilla soilla. Vaikka tässä ei ole voitu laskea kuvan 11 mukaisia käyriä erikseen ruohoisille ja varsinaisille korville tai ruohoisille ja varsinaisille sararämeille ja pallosararämeille, on todennäköistä että vastaavia eroja on myös näiden optimisarkaleveyksissä. Siten esimerkiksi ruohoja heinäkorpien käyrä olisi kuviteltava kuvassa 11 hieman siinä esitetystä korpien käyrästä oikealle ja varsinaisten korpien käyrä puolestaan vasemmalle. Vastaavasti optimisarkaleveyksien välille syntyisi muutaman metrin ero, ruoho- ja heinäkorpien optimisaran ollessa kapeampi.

Edellä esitettyjä laskelmia tuloksineen voidaan soveltaa yhteiskunnan kannalta tehtävissä sarkaleveysratkaisuissa. Ne palvelevat sellaisenaan myös metsänomistajaa, joka rahoittaa ojituksen kokonaisuudessaan omin varoin — varauksena kuitenkin ehkä se, mitä verotusjärjestelmän mahdollisesta muutoksesta on sanottu luvussa 31.

Metsänparannusvaroin toteutettavassa hankkeessa joudutaan sen sijaan ottamaan lisäksi huomioon rahoitukseen liittyvien etujen vaikutus. Avustus sekä lainan alhainen korko ja takaisinmaksun vapaavuodet merkitsevät ojametrikustannuksen jakaantumista sarjaksi pienehköjä vuotuiseriä, joista ensimmäinen maksetaan 2—10 vuoden ja viimeinen parhaassa tapauksessa 34 vuoden kuluttua ojituksesta. Jos ojametrikustannus on esimerkiksi 40 p/jm, vuotuiset takaisinmaksut ovat 100 prosentin lainasta 2.4 p/jm ja 50 prosentin lainasta vain 1.2 p/jm.

Pinokuutiometrin ja ojametrin välistä arvosuhdetta määrittäessään metsänomistaja ilmeisesti perustaa arviointinsa pinokuutiometrin odotetun hinnan ja mainitun takaisinmaksujen sarjan keskinäiseen vertailuun.

Taulukko 14. Esimerkkejä metsänparannusrahoituksen vaikutuksesta jm/pm³-arvostukseen: metsänparannusvaroin ja ilman niitä ojittavan metsänomistajan arvostusten suhde, jos arvostusperusteet muuten ovat samat.

Table 14. Examples of the effect of state financial support on the evaluation of m/cu.m ratio: the ratios between evaluations of forest owners draining with and without forest improvement grants and loans other grounds of evaluation being same.

Rahoitusvyöhyke *Zone of financing*	Diskonttoprosentti *Discount percentage*					
	3			5		
	Avustusta/lainaa, prosenttia *Share of grant/loan, per cent*					
	50/50	20/80	0/100	50/50	20/80	0/100
	Arvostussuhdekerroin *Coefficient for the evaluation ratio*					
I	2.12	1.33	1.06	2.70	1.68	1.35
II	2.25	1.41	1.13	2.97	1.86	1.49
III	2.46	1.54	1.23	3.44	2.15	1.72
IV	2.69	1.68	1.34	3.98	2.49	1.99

Eräs tapa simuloida kyseistä arvostusprosessia on laskea takaisinmaksuille nykyarvo diskonttaamalla erät ojitushetkeen sopivaa korkoprosenttia käyttäen. Nykyarvon ja varsinaisen ojametrikustannuksen suhde ilmaisee tällöin, mitä osaa ojametrikustannuksesta metsänomistajan maksettavaksi lopullisesti tuleva, metsänparannuslainalla katettu osuus arvostukseltaan vastaa. Taulukkoon 14 on laskettu tämän suhteen käänteisluvut eräille avustus/laina-yhdistelmille. (Tutkituista ilmastoalueista A sisältyy rahoitusvyöhykkeisiin I ja II lukuunottamatta Kokkolan metsänparannuspiiriä, joka yhdessä ilmastoalueen B kanssa muodostaa rahoitusvyöhykkeen III. Ilmastoalue C vastaa käytännössä rahoitusvyöhykettä IV.)

Kertomalla taulukon 14 kertoimilla taulukon 12 mukaiset luvut päästään jm/pm³-arvoihin, joita metsänparannusrahoitusta hyväkseen käyttävä metsänomistaja voi pitää rajatuottoina sarkaleveysoptimia kuvan 11 avulla määrittäessään. Taulukon esimerkinluontoisten kertoimien tarkastelu osoittaa, kuinka rahoituksen vaikutus kasvaa sekä avustusprosentin suuretessa että vapaavuosien määrän lisääntyessä. Myös korkoprosentilla, jonka mukaan metsänomistaja tulevia tuloja ja menoja diskonttaa, on voimakas vaikutus kyseisiin kertoimiin.

Rinnastamalla nämä havainnot kuvan 11 käyriin ja taulukon 13 lukuihin voidaan päätellä, että metsänparannusrahoitus alentaa metsänomistajan maksettavaksi jäävää ojametrikustannusta tai ainakin sen diskonttoarvoa ja siten *kaventaa optimisarkaleveyttä siitä, mikä se ilman metsänparannusrahoitusta olisi.* Muutokset ovat tuntuvimpia pohjoisessa, missä vapaavuosia on useampia ja missä myös avustusprosentit ovat keskimäärin suurempia (vrt. M. KELTIKANGAS 1966).

Samansuuntainen vaikutus on diskonttoprosentin alentamisella, joten metsänparannusrahoituksen voidaan tulkita myös loiventavan päätöksentekijän aikapreferenssiä. Sikäli kuin yhteiskunnan aikapreferenssi on alunperin metsänomistajien aikapreferenssejä loivempi, rahoitus on omiaan lähentämään näitä ja niiden mukaisia optimisarkaleveyksiä toisiinsa. Väärin mitoitettu rahoitus saattaa kuitenkin johtaa myös siihen, että yksityinen metsänomistaja on halukas ja hänelle on edullista käyttää yhteiskunnan kannalta katsottuna ylitiheää ojitusta.

52. Tuotossarjavertailu

Edellä esitetyn perusvertailun lähtökohtana oli olettamus, että päätöksentekijä ratkaisee ojituksen optimi-intensiteetin vertaamalla toisiinsa hankkeen lisäkustannuksia ja puuston hakkuuarvoon 30—35 vuotta ojituksen jälkeen odotettavissa olevia muutoksia. Jotta olettamus voisi pitää paikkansa

Taulukko 15a. Ojitetun varsinaisen korven puustosta ojituksen jälkeisinä vuosikymmeninä poistettavat puumäärät tavaralajeittain. Etelä-Suomi.

Table 15a. Amounts of timber, by assortments, expected to be removed from the stand of a drained ordinary spruce swamp during the decades after drainage. South Finland.

Vuosia ojituksesta *Years after drainage*	Kehityskelpoista alkupuustoa ojitushetkellä, k-m³ kuorineen/ha *Volume of the reviving part of the stock at the time of drainage, solid cu.m/ha, incl. bark*											
	8				26				58			
	Kuusta *Spruce*		Koivua *Birch*		Kuusta *Spruce*		Koivua *Birch*		Kuusta *Spruce*		Koivua *Birch*	
	sp	ap	sp	ap	sp	ap	sp	ap	sp	ap	sp	ap
15	—	—	—	—	—	10.5	—	—	—	11.1	—	—
25	22	5.5	3	7.7	79	11.8	—	5.0	114	19.4	105	4.4
35	11	0.8	1	8.1	108	11.7	33	24.3	170	18.2	121	18.4
45	137	24.6	7	3.0	422	30.1	17	3.8	883	43.1	—	1.1
55	447	33.6	21	4.1	967	39.0	41	4.8	1544	44.9	—	1.3
65	924	38.7	45	4.8	1535	38.3	64	4.7	1733	34.3	—	.9
75	1486	39.2	72	4.8	1687	30.3	69	3.8	—	—	—	—
85	1648	32.4	79	4.0	—	—	—	—	—	—	—	—

sp = sahapuuta j³/ha — *sawlogs cu.ft/ha*
ap = ainespuuta kuorellista pm³/ha — *pulpwood piled cu.m/ha, with bark*

ja jotta päätöksentekijä kykenisi muodostamaan mielessään käsityksen nykyhetken kustannusten ja 35 vuodessa kertyvän omaisuudenlisän välisestä arvosuhteesta, päätöksentekijän täytyy tavoitella joko nimenomaan tuon tulevaisuuden ajankohdan puustonlisäyksiä tai jotakin muuta siihen läheisesti kytkeytyvää asiaa. Ellei näin ole, vertailun informatiivinen merkitys vähenee.

Yleensä metsänomistaja tavoitellee paremminkin *hakkuutulojen* kuin puuston hakkuuarvon lisäyksiä, jotka ovat vain edellisten epäsuora indikaattori: puuston hakkuuarvo antaa lähinnä viitteen tietyn ajankohdan ja sen jälkeisten vuosien hakkuumahdollisuuksista. Kolmen-neljän vuosikymmenen päästä olevat tulot saattavat kuitenkin monen metsänomistajan, ehkä useimpien, kannalta olla liian kaukaisia varsinaiseksi investoinnin tavoitteeksi. Jos heidän aikahorisonttinsa jää lyhyemmäksi kuin 30—35 vuotta, ei heillä myöskään ole mahdollisuutta muodostaa käsitystä edellä mainitusta arvosuhteesta. (Ks. tarkemmin M. KELTIKANGAS 1969 ja 1971).

Toisaalta on huomattava, että etenkin soilla, jotka ojitettaessa ovat vähäpuustoisia, puusto ei yleensä kolmen-neljän vuosikymmenen kuluttua ole vielä lähelläkään varsinaista hakkuukypsyyttä. Puuston hakkuuarvo tuona ajankohtana saattaa siten antaa liian heikon kuvan myöhemmistä hakkuutulomahdollisuuksista ja vastaavasti liioitellun vaikutelman aiemmista hakkuutuloista.

Näistä syistä katsottiin välttämättömäksi suoritttaa sarkaleveysvertailut myös lähtien ojitettujen turvemaiden poistumasarjoista ja antaen laskentajakson (aikahorisontin) vaihdella. Poistumasarjoiksi valittiin esillä olevan tutkimuksen aineistona käytetystä SEPPÄLÄN koealamateriaalista hänen koostamansa vielä julkaisemattomat tuotossarjat. Tarkastelu rajoitetaan tässä yhteydessä vain kahteen tapaukseen, ilmastoalueen A varsinaisiin korpiin (VK) ja varsinaisiin sararämeisiin (VSR). Ne valaisevat riittävästi kyseisten kahden vertailutavan välisiä eroja.

Tuotossarjojen koostamismenettelyn yksityiskohtiin ei ole aihetta kajota. Todettakoon vain, että taulukoiden 15a ja 15b sarjat pyrkivät edustamaan poistumien keskimääräistä kehitystä koko ilmastoalueella A.

Jotta näistä 60 metrin saran poistumista päästäisiin saran kavennuksia vastaaviin poistuman muutoksiin, turvauduttiin olettamukseen, että erilevyisten sarkojen poistumat suhtautuvat toisiinsa kiertoajan kaikissa vaiheissa kuten samojen sarkojen puustojen hakkuuarvot 30—35 vuotta ojituksen jälkeen. Olettamuksen paikkansapitävyyttä kokeiltiin laskemalla NYYSSÖSEN (KOIVISTO 1959) toistuvin harvennuksin käsiteltyjen männiköiden sarjoista mustikkatyypin ja

Taulukko 15b. Ojitetun varsinaisen sararämeen puustosta ojituksen jälkeisinä vuosikymmeninä poistettavat puumäärät tavaralajeittain. Etelä-Suomi.

Table 15b. Amounts of timber, by assortments, expected to be removed from the stand of a drained ordinary sedge-pine swamp during the decades after drainage. South Finland.

Vuosia ojituksesta *Years after*	Kehityskelpoista alkupuustoa ojitushetkellä, k-m³ kuorineen/ha *Volume of the reviving part of the stock at thetime of drainage, solid cu.m/ha, incl. bark*											
	5				18				50			
	Mäntyä *Pine*		Koivua *Birch*		Mäntyä *Pine*		Koivua *Birch*		Mäntyä *Pine*		Koivua *Birch*	
	sp	ap	sp	ap	sp	ap	sp	ap	sp	ap	sp	ap
15	—	—	—	—	—	9.7	—	—	—	10.7	—	—
25	4	1.4	—	9.9	14	8.1	4	1.9	28	11.7	—	—
35	—	4.2	—	9.2	47	6.6	—	15.2	333	23.1	31	31.6
45	9	18.1	—	3.3	107	26.0	—	3.0	211	32.3	7	1.7
55	69	27.3	—	5.1	247	31.1	—	3.6	848	40.7	26	2.2
65	209	32.3	—	6.1	886	37.3	—	4.2	1477	34.7	45	1.9
75	827	38.2	—	7.2	1520	32.7	—	3.8	1492	11.3	45	0.6
85	1473	33.7	—	6.2	1515	11.9	—	1.4	—	—	—	—
95	1515	11.3	—	2.0	—	—	—	—	—	—	—	—

sp = sahapuuta j³/ha — *sawlogs, cu.ft/ha*
ap = ainespuuta kuorellista p-m³/ha — *pulpwood, piled cu.m/ha, with bark*

puolukkatyypin metsiköiden hakkuuarvojen suhteet eri iänkohdilla samoin kuin eripituisten kiertoaikojen mukaiset poistumien nykyarvojen suhteet. Hakkuuarvojen ja poistuman arvojen määritys suoritettiin vakiohintasuhteita käyttäen.

Tulos, joka ilmenee taulukosta 16, osoittaa että hakkuuarvojen suhteet ja toisaalta 3 %:n mukaan diskontattujen hakkuutulojen suhteet ovat melko lähellä toisiaan eivätkä 5 %:n mukaiset suhteetkaan poikkea niistä kovin paljon. Ajan mukana suhteet muuttuvat siten, että pienimmillään ne ovat 30 vuoden iällä ja jälleen 80—90 vuoden iällä. Erot eri ikävaiheiden välillä ovat kuitenkin verraten pieniä, suurimmillaan noin 10—15 %. Kun lisäksi otetaan huomioon, että sarkojen väliset kasvuerot ovat yleensä selvästi pienempiä kuin tässä tarkasteltu mustikka- ja puolikkatyypin metsiköiden välinen ero, voitaneen pitää todennäköisenä, että mainitun olettamuksen soveltaminen ei aiheuta kovin suurta virhettä.

Taulukko 16. Mustikkatyypin ja puolukkatyypin metsiköiden keskinäiset hakkuuarvojen sekä kiertoaikaisten tulojen nykyarvojen suhteet toistuvasti harvennetuissa männiköissä.

Table 16. The ratios between the stock values and the ratios between the present values of past cutting incomes of regularly thinned Myrtillus and Vaccinium type pine stands.

Puuston ikä vuotta *Age of stand*	Hakkuuarvojen suhde *Ratio of stock values*	Kiertoajan tulojen nykyarvojen suhde *Ratio of the present values of past cuttings*	
		3 %	5 %
30	1.55	1.58	1.60
40	1.66	1.71	1.75
50	1.80	1.83	1.87
60	1.69	1.72	1.77
70	1.58	1.62	1.76
80	1.46	1.59	1.60
90	1.38	1.47	1.50

Puutavaralajeittaiset poistumat taulukoista 15a ja 15b muunnettiin aluksi suhteellisiksi hakkuutuloiksi eli havuainespuun »pinokuutiometreiksi» kertomalla ne samoilla suhteellisilla hinnoilla, joita käytettiin perusvertailussakin. Kuutiojalka havusahapuuta vastasi siten arvoltaan korvissa 0.12 pinokuutiometriä kuusiainespuuta ja rämeillä 0.16 pinokuutiometriä mäntyainespuuta, kuutiojalka koivusahapuuta (vaneripuuta) vastaavasti 0.07 ja 0.09 pinokuutiometriä sekä pinokuutiometri koivuainespuuta 0.29 ja 0.38 pinokuutiometriä havuainespuuta.

Käyttämällä taulukon 10 mukaisia tasoitettuja tuottoeroja sekä vastaavien koealaryhmien keskimääräisiä 60 metrin saran hakkuuarvoja — molemmat »pinokuutiometrejä» — laskettiin tämän jälkeen, kuinka

Taulukko 17. Sarkaa kavennettaessa syntyvät puuston hakkuuarvon keskimääräiset muutokset prosentteina 60 metrin saran vastaavasta hakkuuarvosta.

Table 17. The average changes in the value of stock caused by narrowing the spacing of drains, expressed as percentages of the value of stock in stands with 60 meter spacings.

Suotyyppi *Site*	Osa-alue *Subarea*	Sarkaleveys, m — *Spacing, m*							
		60	55	50	45	40	35	30	25 — 20
		Hakkuuarvon muutos, % *Change in the value of stock, per cent*							
Varsinaiset korvet	A/1 + 2	.3	.4	.4	.7	.1	−.2	−.4	−.5
Ordinary spruce swamps	A/3	.9	1.0	1.2	1.3	1.3	1.7	1.7	2.1
Varsinaiset sararämeet	A/1 + 2	.4	.6	.7	1.1	1.3	1.3	.9	.3
Ordinary sedge-pine swamps	A/3	1.5	1.7	2.0	2.4	2.4	2.2	2.0	1.7

suuri on sarkaa kavennettaessa syntyvä hakkuuarvon muutos prosentteina 60 metrin saran hakkuuarvosta (taulukko 17). Kun näillä suhdeluvuilla kerrotaan — tehdyn oletamuksen mukaisesti — edellä mainitut »pinokuutiometreiksi» muunnetut poistumat, saadaan lukusarjat, jotka osoittavat saran kaventamisen vaikutuksen ojituksen jälkeisiin poistumiin »pinokuutiometreinä». Tämän laskutoimituksen lukija voi tarvittaessa suorittaa itse. Tilan säästämiseksi tässä tarkastellaan esimerkkeinä ainoastaan neljää vaihtoehtoista tapausta: vyöhykkeiden 1 + 2 ja 3 varsinaisia sararämeitä, joissa molemmissa kehityskelpoista alkupuustoa oletetaan olevan ojitushetkellä 18 k-m³, ja vyöhykkeen 3 varsinaisia korpia, joissa alkupuustoa on 8 ja toisaalta 58 k-m³ (taulukko 18).

Taulukon 18 lukusarjat osoittavat siis, minkälaisia tulonlisäyksiä — ilmaistuina »pinokuutiometreinä» hehtaaria kohti — on odotettavissa ojitusmetsiköstä ensimmäisen kiertoajan kuluessa, jos sarkaa kavennetaan viidellä metrillä. Kuten kirjoittaja on aikaisemmin (M. KELTIKANGAS 1971; vrt. myös edellä luku 2) todennut, tämä tieto saattaa joissakin tapauksissa olla sellaisenaan — yhdessä vastaavan kustannusten lisäystä koskevan tiedon (taulukko 6, luvussa 323) kanssa — tarkoituksenmukaisin muoto ja tapa esittää päätöksentekijälle sarkaleveyden valintaa varten tarpeellinen informaatio. Siinä ei alkuperäisestä informaatiosta ole vielä menetetty mitään oleellista ja valinnan tulokseen mahdollisesti vaikuttavaa, ja kuitenkaan alkioiden määrä ei ole liian suuri samanaikaisesti hallittavaksi. Päätöksentekijä voi itse katkaista sarjan ajallisesti haluamastaan kohdasta ja verrata sitä kustannuksiin suoraan ilman muunnoslaskelmia.

Jos informaatiota kuitenkin halutaan tästä vielä tiivistää, se käy päinsä määrittämällä poistuman muutossarjan nyky- eli diskonttoarvo. Jotta tällainen tunnus olisi käyttökelpoinen, sitä laskettaessa olisi käytettävä päätöksentekijän aikahorisonttiin mukautuvaa laskentajaksoa sekä hänen subjektiivisten aikapreferenssiensä (ks. M. KELTIKANGAS 1969) mukaista diskonttoprosenttia. Yhteiskunnan kannalta tapahtuvassa tarkastelussa olisi vastaavasti sovellettava yhteiskunnan aikahorisonttia ja sosiaalista aikapreferenssiä. Ellei kumpiakaan tunneta voidaan menetellä seuraavalla tavalla: suoritetaan nykyarvolaskelmat useita vaihtoehtoisia aikahorisontteja ja diskonttoprosentteja käyttäen ja annetaan kulloisenkin päätöksentekijän valita niistä se vaihtoehtoyhdistelmä, jonka katsoo parhaiten vastaavan omia arvostuksiaan tai käsitystään yhteiskunnan arvostuksista. Sekä aikahorisontti että aikapreferenssi ovat näet viime kädessä arvoasetelmia.

Tässä tutkimuksessa meneteltiin juuri näin. Taulukon 18 »pinokuutiometri»-sarjoille laskettiin nykyarvot käyttäen viittä eri korkoprosenttia (2, 3, 4, 5 ja 6 %) sekä yhdeksää eri laskentajakson eli aikahorisontin pituutta (5, 15, 25, 35, 45, 55, 65, 75 ja 85 vuotta). Kussakin tapauksessa otettiin laskelmaan mukaan vain ne poistumat, jotka sattuvat ko. aikahorisontin sisälle. Jäljelle jäävän puuston hakkuuarvo horisontissa ei ole mukana näissä vertailuissa.

Yhdenmukaisuuden saavuttamiseksi perusvertailun asetelman kanssa jaettiin näin saaduilla diskontatuilla »pinokuutiometri»-määrillä sarkaleveyden kaventamiseen tarvittavat lisäojametrimäärät (taulukko 6). Saadut tulokset osoittavat, kuinka monta

Taulukko 18. Neljä esimerkkiä saran kaventamisen vaikutuksesta ojituksen jälkeisiin poistumiin »pinokuutiometreinä» hehtaaria kohden.

Table 18. Four examples of how narrowing of the spacing of drains affects the outputs of drained stand, in »piled cubic meters» (»pm³») per hectare.

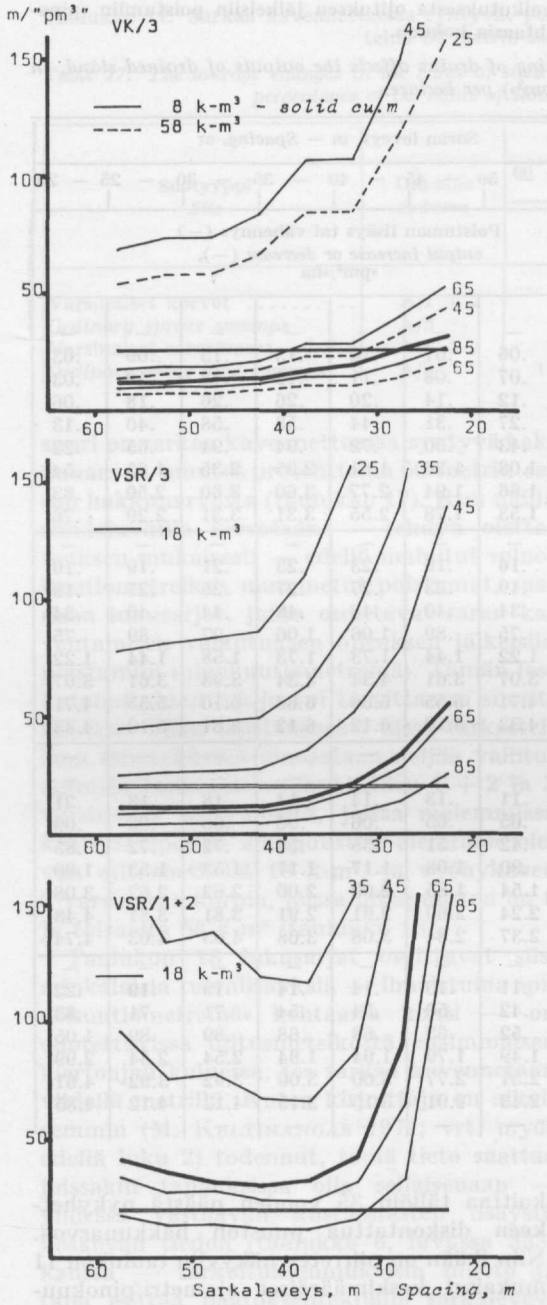
Esimerkkitapaus *Example*	Hakkuun ajankohta, vuotta ojituksesta *Time of cutting, years after drainage*	Saran leveys, m — *Spacing, m* 60 — 55 — 50 — 45 — 40 — 35 — 30 — 25 — 20							
		Poistuman lisäys tai vähennys (—) *output increase or decrease (—),* »pm³»/ha							
VSR/1 + 2, alkupuustoa	5	—	—	—	—	—	—	—	—
18 k-m³/ha	15	.04	.06	.07	.10	.13	.13	.09	.03
VSR/1 + 2, stand volume at	25	.05	.07	.08	.11	.15	.15	.10	.03
start 18 cu.m/ha	35	.08	.12	.14	.20	.26	.26	.18	.06
	45	.18	.27	.31	.44	.58	.58	.40	.13
	55	.29	.43	.50	.72	.94	.94	.65	.22
	65	.72	1.08	1.26	1.81	2.35	2.35	1.63	.54
	75	1.11	1.66	1.94	2.77	3.60	3.60	2.50	.83
	85	1.02	1.53	1.78	2.55	3.31	3.31	2.29	.76
VSR/3, alkupuustoa	5	—	—	—	—	—	—	—	—
18 k-m³/ha	15	.15	.16	.19	.23	.23	.21	.19	.16
VSR/3, stand volume at start	25	.17	.19	.23	.27	.27	.25	.23	.19
18 cu.m/ha	35	.30	.34	.40	.48	.48	.44	.40	.34
	45	.67	.75	.89	1.06	1.06	.97	.89	.75
	55	1.08	1.22	1.44	1.73	1.73	1.58	1.44	1.22
	65	2.71	3.07	3.61	4.34	4.34	3.98	3.61	3.07
	75	4.16	4.71	5.55	6.66	6.66	6.10	5.55	4.71
	85	3.82	4.33	5.10	6.12	6.12	5.61	5.10	4.33
VK/3, alkupuustoa	5	—	—	—	—	—	—	—	—
8 k-m³/ha	15	—	—	—	—	—	—	—	—
VK/3, stand volume at start	25	.10	.11	.13	.14	.14	.18	.18	.21
8 cu.m/ha	35	.04	.05	.05	.06	.06	.08	.08	.09
	45	.38	.42	.51	.55	.55	.72	.72	.85
	55	.81	.90	1.08	1.17	1.17	1.53	1.53	1.80
	65	1.39	1.54	1.85	2.00	2.00	2.62	2.62	3.08
	75	2.02	2.24	2.69	2.91	2.91	3.81	3.81	4.48
	85	2.13	2.37	2.84	3.08	3.08	4.03	4.03	4.74
VK/3, alkupuustoa	5	—	—	—	—	—	—	—	—
58 k-m³/ha	15	.10	.11	.13	.14	.14	.19	.19	.22
VK/3, stand volume at start	25	.38	.42	.50	.54	.54	.71	.71	.83
58 cu.m/ha	35	.47	.52	.63	.68	.68	.89	.89	1.05
	45	1.35	1.49	1.79	1.94	1.94	2.54	2.54	2.99
	55	2.08	2.31	2.77	3.00	3.00	3.92	3.92	4.61
	65	2.18	2.43	2.91	3.15	3.15	4.12	4.12	4.85
	75	—	—	—	—	—	—	—	—

metriä ojaa on kaivettava lisää, jotta tietyin edellytyksin (aikahorisontti ja diskonttoprosentti) määritetty hakkuutulojen nykyarvo suurenisi yhdellä »pinokuutiometrillä».

Kuvissa 12 ja 13 esitetään osa näistä tuloksista samantapaisina rajakustannuskäyrinä kuin kuvien 11a-c käyrät, toisessa 2 %:n ja toisessa 4 %:n mukaisina. Havainnollisuuden vuoksi on piirroksiin merkitty myös perusvertailun vastaavat käyrät siten muunnettuina, että nekin nyt ilmaisevat ojamäärän, joka on tarpeen *nykyarvon* suurentamiseksi yhdellä yksiköllä. Nykyarvo tarkoittaa tällöin 35 vuoden päästä nykyhetkeen diskontattua puuston hakkuuarvoa. Niin ikään on piirretty näkyviin taulukon 11 mukaiset keskimääräiset ojametri/pinokuutiometri arvosuhteet (= rajatuottosuorat).

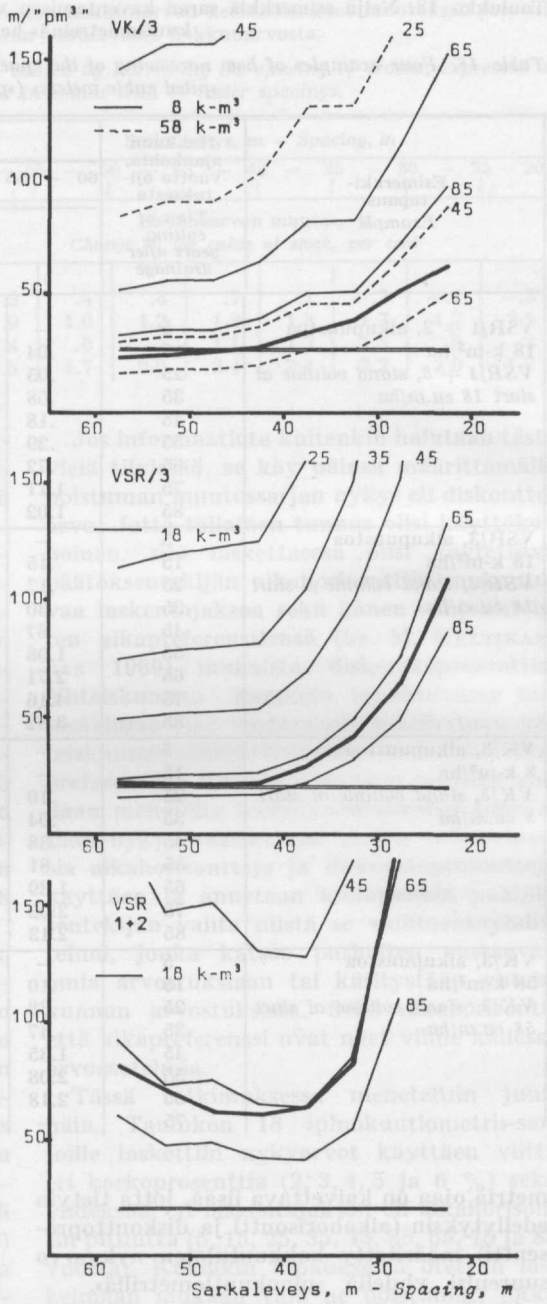
Kuvien käyrät ovat vain esimerkkejä. Silti niistä ja laadituista laskelmista voitaneen tehdä eräitä päätelmiä perusvertailun ja tuotossarjoihin pohjautuvan vertailun keskinäisistä suhteista.

Tarkastelemme aluksi tapauksia, joissa lähtöpuustoa on määrältään keskinkertaisesti (VSR 18 k-m³). Havaitaan, että perusver-



Kuva 12. Aikahorisontin vaikutus lisäojametrimääriin, jotka tarvitaan ojituksen tuottojen nykyarvon suurentamiseksi yhdellä »pinokuutiometrillä», eräissä ilmastoalueen A esimerkkitapauksissa. Vastaavat perusvertailun mukaiset käyrät esitetty paksummalla ja hintasuhdesuora kaksoisviivalla. Diskonttoprosentti 2.

Fig. 12. Influence of time horizon on the additional length of drains needed to increase the present value of the output of drainage by one »piled cubic meter» in some illustrative cases in the climatic region A. The corresponding curves from the basic comparison (Fig. 11) are shown by a thicker line and the price ratios (Table 11) by a double line. Discount percentage used is 2.



Kuva 13. Kuten kuva 12, mutta diskonttoprosentti on 4.

Fig. 13. As Fig. 12, but discount percentage is 4.

tailu vastaa tuloksiltaan tilannetta, jossa ojittajan tavoitteena ovat 50—70 vuoden aikana saatavat hakkuutulojen lisäykset. Jos aikahorisontti on pitempi ja mahduttaa itseensä ojitusmetsikön koko kiertoajan, ovat rajakustannuskäyrät alempana. Niinpä esimerkiksi kaltevuusvyöhykkeen 3 varsinaisilla sararämeillä optimisarkaleveys kapenisi 85 vuoden ja 2 %:n mukaan laskien perusvertailun tulokseen verrattuna noin 9 metriä eli 25 metriin; 4 %:n mukaan optimi sijoittuisi 40 metriin.

Vastaavasti rajakustannuskäyrät aikahorisontin lyhetessä nousevat suhteellisen nopeasti. Samalla optimi siirtyy leveämmille saroille, joiden tarkkaa mittaa ei tässä käytetyn aineiston perusteella voida määrittää. Mikäli aikahorisontti on lyhyempi kuin 15 vuotta, ei vertailua voida enää rakentaa tässä käytettyyn tapaan.

Suolle ojitettaessa kasvamaan jäävän kehityskelpoisen alkupuuston määrä näyttäisi ainakin esimerkkinä käytetyissä varsinaisissa korvissa vaikuttavan siten, että rajakustannuskäyrät ovat sitä alempana — ja niin muodoin myös optimisarat sitä kapeampia — mitä enemmän alkupuustoa on. Toisin sanoen ojitettaessa olisi runsaspuustoisilla soilla edullista käyttää jonkin verran tiheämpää ojastoa kuin vähäpuustoisilla soilla.

Tämä tulos on kuitenkin saatu olettamalla, että sarkaleveyden kaventamisen vaikutus puuston määrään on prosenttuaalisesti sama kaikissa alkupuustoluokissa. Olettamusta täytynee pitää ainakin lievästi epärealistisena, vaikka vastakkaiselle olettamukselle prosenttien erisuuruudesta ei saatu vahvistusta, kun verrattiin keskenään alkupuuston keskiläpimitan perusteella kolmeen ryhmään jaoteltuja koealoja. Jos näet puuston kasvu on tarkalleen sama, täytyy erisuuruisen alkupuuston jotenkin näkyä kuutiomäärien suhteissa vielä 35 vuoden kuluttua ojituksesta, olkoonkin että erot prosentteina olisivat jo suhteellisen pieniä. Ennen kuin alkupuuston vaikutuksesta kasvuun on saatu täsmällisempiä tietoja, ei tässä esitettyjen käyrien perusteella lienekään syytä yrittää tehdä kovin pitkälle meneviä päätelmiä eroista vähäja runsaspuustoisten soiden optimisarkaleveyksien välillä.

Aikapreferenssi eli käytettävä diskonttausprosentti näyttää sekin vaikuttavan tuloksiin varsin selvästi: mitä suurempi on prosentti sitä korkeammalla ovat rajakustannuskäyrät ja sitä leveämpi on optimisarka. Kuuden prosentin mukaan lasketut käyrät, joita tässä ei lainkaan esitetä, ovat jo niin korkealla, että alle 60 metrin sarkojen käyttöä tuskin voidaan yhdessäkään tapauksessa puoltaa nykyisin hintasuhtein. Näin on asian laita, olipa aikahorisontti kuinka etäällä tahansa. Perusvertailussa korkoprosentin vaikutus on samansuuntainen mutta ei aivan yhtä voimakas.

Yhteenvetona edellä sanotusta voitaneen siis todeta, että mikäli kysymyksessä ovat keskinkertaisen puustoiset kohteet ja aikahorisontin oletetaan olevan 50—70 vuoden etäisyydellä, antavat perusvertailu ja tuottosarjoihin pohjautuva vertailu likimain samanlaisia tuloksia. Aikahorisontin lyheneminen, korkoprosentin (aikapreferenssin) suureneminen ja jossain määrin myös alkupuuston määrän väheneminen kuitenkin leventävät optimisarkaa siitä, mikä se on perusvertailun mukaan.

53. Hyötykertoimien muuttuminen

Kuten luvussa 2 jo mainittiin, ojitusinvestoinnin kohteiden keskinäinen edullisuusjärjestys tullaan määrittämään käyttäen kriteerinä tuottojen ja kustannusten nykyarvojen suhdetta eli ns. hyötykerrointa. Näin ollen on aiheellista tässä yhteydessä selvitellä myös sarkaleveyden muuttumisen vaikutus mainittuun kriteeriin.

Hyötykerroin tulkitaan tässä osamääräksi

$$(10) \qquad \frac{B}{K}$$

missä B tarkoittaa tuottojen (hyötyjen) nykyarvoa ja K vastaavasti kustannusten nykyarvoa. Ojituksen kyseessä ollen pidetään tuottoina hakkuista kertyviä lisänettotuloja ja kustannuksina kaikkia niitä lisämenoja, jotka ojituksen toimeenpano ja ojitusalueen hoito aiheuttavat ensimmäiseen tuloa tuottavaan hakkuuseen mennessä (vrt. M. Keltikangas ja Seppälä 1966).

Kahden investoinnin hyötykertoimien suhde voidaan ilmaista lausekkeella

$$(11) \qquad \frac{B_1}{K_1} : \frac{B_2}{K_2} = \frac{B_1}{B_2} : \frac{K_1}{K_2}$$

Oletetaan, että kysymyksessä ovat saman suon ojittaminen esimerkiksi 40 metrin levyisiin sarkoihin ja toisaalta 60 metrin sarkoihin. Tällöin yhtälön (11) oikean puolen ensimmäinen termi $\frac{B_1}{B_2}$ vastaa hehtaaria kohti laskettujen ojitustuottojen nykyarvojen suhdetta näillä erilevyisillä saroilla. Ojitustuottojen estimaattina käytetään seuraavassa ojituksen 33 vuodessa aikaansaamia puuston hakkuuarvon lisäyksiä. Kun hakkuuarvon lisäyksiä nykyhetkeen diskontattaessa aikaväli olisi kaikissa vaihtoehtoisissa tapauksissa sama, ei nykyarvojen määrittäminen ole tarpeen. Hakkuuarvon lisäysten suhde on näet tällöin sama kuin niiden nykyarvojen suhde.

Merkitään $B_1 = B_2 + \triangle B$. Tällöin $\triangle B$ vastaa näiden erilevyisten sarkojen välistä puuston hakkuuarvojen erotusta, joka edellä luvussa 43 selostettujen laskelmien perusteella jo tunnetaan. B_2 ei sen sijaan selviä suoraan koealoittaisista mittaustuloksista. Jotta siihen päästäisiin, on puuston mittaushetken (kokonais) hakkuuarvosta vähennettävä se hakkuuarvo, joka puustolla olisi ollut mittaushetkellä, ellei suota olisi aikoinaan ojitettu. Toisin ilmaistuna $B_2 = B(oj) - B(0)$.

Kun nämä molemmat täsmennykset otetaan huomioon voidaan tuottojen suhteen laskemiseksi johtaa lauseke seuraavasti:

$$(12) \quad \frac{B_1}{B_2} = \frac{B(oj) - B(0) + \triangle B}{B(oj) - B(0)}$$

$$= \frac{B(oj) - B(0) + \triangle B}{B(oj)} \cdot \frac{B(oj)}{B(oj) - B(0)}$$

$$(12a) \quad = \left(\frac{B(oj) + \triangle B}{B(oj)} - \frac{B(0)}{B(oj)}\right) \cdot \left(\frac{1}{1 - \frac{B(0)}{B(oj)}}\right)$$

Yhtälön (12a) termi $\frac{B(oj) + \triangle B}{B(oj)}$ on sama kuin sarkojen hehtaaria kohden laskettujen puuston hakkuuarvojen suhde. Sen keskimääräinen suuruus voitiin määrittää koealaaineistosta. Lisäksi tarvitaan osamäärä $\frac{B(0)}{B(oj)}$ eli ojittamattoman ja ojitetun suon puuston hakkuuarvojen suhde 35 vuotta ojituksen jälkeen. Koska B(0):aa ei voitu suoraan mitata, turvauduttiin suhteen määrityksessä likimääräisarvioon. Ojitettujen ja ojittamattomien soiden puustoista ja poistumista käytettävissä olleiden tietojen perusteella arvioitiin ko. suhteen olevan eri suotyypeillä keskimäärin seuraava:

Korvet	40 %
Sararämeet	25 %
Karut rämeet	65 %

Sijoittamalla nämä tiedot kaavaan (12a) saatiin lasketuksi 20—50 metrin levyisten sarkojen ojitustuottojen suhteet 60 metrin saran ojitustuottoon sillä tarkkuudella kuin se nyt käytettävissä olleiden tietojen perusteella näyttää mahdolliselta.

Yhtälön (11) oikean puolen toinen termi K_1/K_2 osoittaa puolestaan kummankin saran kustannusten keskinäisen suhteen. Näiden kustannusten voidaan katsoa muodostuvan kahdesta erästä, joista toisen (K_m) suuruus määräytyy ojatiheyden mukaan ja toisen (K_k) suuruus on riippumaton ojatiheydestä. Merkitään $K_2 = K_k + K_m$ ja r = hehtaaria kohden laskettujen ojametrimäärien suhde. Silloin mainittu osamäärä K_1/K_2 voidaan kirjoittaa muotoon

$$(13) \quad \frac{K_1}{K_2} = \frac{K_k + r\,K_m}{K_k + K_m}$$

Merkitään nyt $K_k = q\,K_2$, jolloin $K_m = (1-q)K_2$. Tällöin lauseke voidaan kehittää edelleen muotoon

$$(13a) \quad \frac{K_1}{K_2} = q + (1-q)r$$

Kaavan suureista r:n arvot eli ojametrimäärien suhteet voitiin laskea suoraan taulukon 6 lähtökohtana olleista luvuista. Sen sijaan q:n osalta jouduttiin turvautumaan toisenlaiseen menettelyyn. Tässä tapauksessa q tarkoittaa ojametrimäärästä riippumattomien kustannusten osuutta kokonaiskustannuksista käytettäessä 60 metrin ojavälejä. Kustannusanalyysit, joihin edellä luvussa 33 on viitattu, osoittivat mainitun osuuden saattavan vaihdella mm. kaivutavasta ja työmaan koosta riippuen melkoisesti, joskaan täsmällisiä laskelmia ei käytettävissä olleiden tietojen perusteella voitu laatia. Ongelma päätettiin sen vuoksi ratkaista siten, että laskelmissa käytettiin kahta eri q:n arvoa, 0.10 ja 0.50. Likimääräisarvioiden perusteella nämä näyttäisivät olevan eräänlaisia »normaalivaihtelun» ääritapauksia.

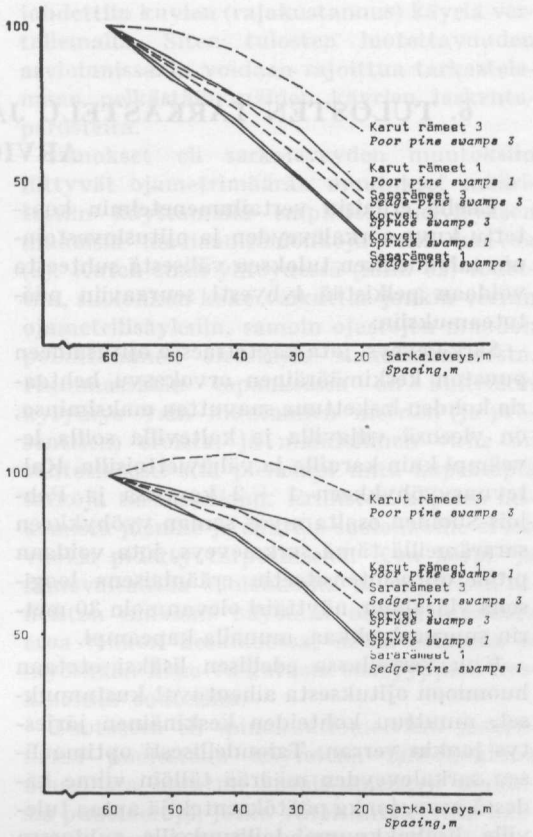
Täten selvitetyillä K_1/K_2-suhteilla jaettiin sitten kaavan (11) mukaisesti B_1/B_2-suhteet.

Näin saatiin kumpaakin q:n arvoa vastaamaan joukko lukusarjoja, jotka osoittavat suotyypeittäin ja vyöhykkeittäin hyötykertoimen suhteellisen arvon muuttumisen sarkaa kavennettaessa. Kussakin tapauksessa 60 metrin saran hyötykertoimella on suhteellinen arvo 1. Kuvat 14 a ja b on piirretty näiden lukusarjojen perusteella. Selvyyden vuoksi on kaltevuusvyöhykkeen 2 käyrät jätetty piirtämättä. Ne sijoittuisivat kaikissa tapauksissa molempien muiden vyöhykkeiden käyrien väliin.

Koska kyseessä eivät ole absoluuttiset hyötykertoimet, kuvista ei pidä yrittääkään tehdä päätelmiä eri suotyyppien ja kaltevuusvyöhykkeiden keskinäisestä edullisuusjärjestyksestä. Kunkin käyrän arvot ovat sellaisenaan vertailukelpoisia vain keskenään. Mikäli haluttaisiin selvittää esimerkiksi 20 metrin sarkoihin ojitettujen korpien ja sararämeiden edullisuusjärjestys, olisi 60 metrin saralle tässä annettu arvo 1 ensin korvattava vastaavilla hyötykertoimen absoluuttisilla arvoilla, jotka mainittujen tyyppiryhmien osalta saattavat olla aivan eri suuruusluokkaa.

Olennaisia kuvissa 14 a ja b ovat hyötykertoimen suhteelliset muutokset saran kaventuessa sekä niissä eri suotyyppien ja vyöhykkeiden välillä havaittavat erot. Kahteen seikkaan on tällöin syytä kiinnittää huomiota. Hyötykerroin pienenee — yhtä poikkeusta lukuunottamatta — saran kaventuessa ja se pienenee sitä nopeammin mitä vähäisempiä ovat ojitustuoton muutokset; siis korvissa ja ykkösvyöhykkeessä nopeammin kuin karuilla rämeillä ja kolmosvyöhykkeessä (vrt. edellä luku 42). Tämä merkitsee sitä, että suurin hyötykertoimen arvo ilmeisestikin saavutetaan käytettäessä yli 60 metrin sarkaleveyksiä. Vain vyöhykkeen 3 karuilla rämeillä hyötykertoimen maksimi sattuu tarkasteluvälille 20—60 metriä, ja niilläkin ainoastaan siinä tapauksessa, että ojituskustannuksissa ojametrimäärästä riippumattomien kustannusten osuus (q) on suurempi kuin 20 %.

Kaavoista, joiden avulla käyrät määritettiin, saatetaan toisaalta helposti todeta, että hyötykertoimen maksimin sijaintiin ei vaikuta lainkaan ojametrin ja pinokuutiometrin arvostussuhde. Optimaalinen sarkaleveys ja maksimihyötykertoimeen johtava sarkaleveys ovat kaksi eri käsitettä, jotka yhtyvät ainoastaan poikkeustapauksissa. Hankkeen hyötykerroin ei siten myöskään ole yksiselitteinen. Samalle ojituskohteelle saatetaan



Kuva 14. Erilevyisten sarkojen suhteelliset hyötykertoimet, kun 60 metrin saran hyötykerroin on 100, suotyyppiryhmittäin kaltevuusvyöhykkeillä 1 ja 3. Ojametrimäärästä riippumattomien kustannusten osuus kokonaiskustannuksista tapauksessa a) 10 % ja tapauksessa b) 50 %.

Fig. 14. Relative »benefit coefficients» when those of swamps drained with 60 meter spacings are marked as 100, by site classes in the inclination zones 1 and 3 (see Fig. 8). Costs not dependent on the length of drains are assumed to be a) 10 per cent, b) 50 per cent of the total cost of drainage.

laskea useampia hyötykertoimia aina sen mukaan, mitä sarkaleveyttä kulloinkin oletetaan käytettävän.

Jotta eri ojituskohteiden keskinäinen järjestys tulisi ristiriidattomasti määritetyksi, on sen vuoksi kunkin kohteen sarkaleveys ensin sovitettava vastaamaan optimisarkaleveyttä, joka on valittu yhtäläisten kriteerien mukaan. Ottaen huomioon edellä todetun hyötykertoimen erilaisen muuttumisnopeuden ei liioin liene samantekevää, mitkä nämä arvostuskriteerit ovat. Ongelman yksityiskohtaisempi pohtiminen ei kuitenkaan enää kuulu tämän tutkimuksen tehtäviin.

6. TULOSTEN TARKASTELU JA NIIDEN LUOTETTTAVUUDEN ARVIOINTI

Edellä erilaisin vertailumenetelmin koostettu kuva sarkaleveyden ja ojitusinvestoinnin taloudellisen tuloksen välisestä suhteesta voidaan pelkistää lyhyesti seuraaviin päätoteamuksiin:

Sarkaleveys, jota käytettäessä ojitusalueen puuston keskimääräinen arvokasvu hehtaaria kohden laskettuna saavuttaa maksiminsa, on yleensä viljavilla ja kaltevilla soilla leveämpi kuin karuilla ja vähäviettoisilla. Kaltevuusvyöhykkeen 1 + 2 korvissa ja Pohjois-Suomen osalta myös saman vyöhykkeen sararämeillä tämä sarkaleveys, jota voidaan pitää ojitusintensiteetin eräänlaisena loogisena ylärajana, näyttäisi olevan noin 30 metrin suuruusluokkaa, muualla kapeampi.

Kun vertailussa edellisen lisäksi otetaan huomioon ojituksesta aiheutuvat kustannukset, muuttuu kohteiden keskinäinen järjestys jonkin verran. Taloudellisesti optimaalisen sarkaleveyden määrää tällöin viime kädessä arvo, jonka päätöksentekijä antaa tuleville lisähakkuumahdollisuuksille suhteessa ojituksen vaatimiin kustannuksiin. Mitä jyrkempi kyseinen aikapreferenssi on, sitä leveämpään sarkaan ja ekstensiivisempään ojitukseen päädytään.

Taloudellinen optimi saavutetaan tosin nytkin käyttämällä heikosti kaltevilla soilla tiheämpää ojitusta kuin viettävillä, mutta luontaiselta viljavuudeltaan karu suo on ojitettava suhteellisesti harvempaan kuin viljava suo.

Niinikään on taloudellista optimia tavoiteltaessa käytettävä Peräpohjolassa leveämpiä sarkoja kuin etelämpänä saman boniteettiluokan soilla.

Metsänparannusrahoitus vaikuttaa osaltaan optimisarkoja kaventavasti: mitä pienemmäksi jää metsänomistajan osuus maksettavista kustannuksista, sitä vähäisempi myöskin on kustannusten vaikutus.

Edellä esitetyt tulokset saavutettiin ns. perusvertailua käyttäen eli vertaamalla toisiinsa kustannuksia ja puuston hakkuuarvossa 35 vuotta ojituksen jälkeen havaittuja eroja. Tuotossarjoihin nojautuva rinnakkainen vertailu vahvisti näitä päätelmiä. Lisäksi saatiin viitteitä siitä, että myös alkupuuston vähäisyys saattaa johtaa leveämpään optimisarkaan.

Näitä tuloksia voidaan verrata siihen, mitä kirjallisuudessa on asiasta aiemmin esitetty. Ensisijaisesti tulevat tällöin kysymykseen Bušsin ja Sabon (1959, 1963) tutkimukset. Kuten johdantoluvussa todettiin ne lienevät ainoat varsinaiset taloudelliset selvitykset. Niiden ohella on kuitenkin kiinnitettävä huomio myös oppikirjojen sarkaleveyssuosituksiin. Vaikka nämä perustunevatkin miltei yksinomaan biologis-taksatoristen havaintojen yleistämiseen, on niiden vaikutus käytännön metsäojitustekniikan muotoutumiseen ollut ratkaiseva.

Esillä olevassa turkimuksessa emme ole ottaneet kantaa varsinaisiin arvostuskysymyksiin eikä niin muodoin myöskään siihen, mitä sarkaleveyttä olisi kulloinkin edullisinta käyttää. Silti voidaan päätöksentekijälle edellä tarjoamastamme informaatiosta päätellä, että nyt esitetyin perustein valittavat sarkaleveydet tulevat olemaan pienempiä kuin ne, joihin Bušs ja Sabo ovat tutkimuksessaan päätyneet (vrt. edellä s. 6).

Osasyynä eroon voidaan pitää olosuhteita: Latviassa ilmasto on toinen ja siten kuivatusreaktiokin saattaa olla erilainen. Puutavaralajien hintojen ja ojituskustannusten välinen suhde tuskin sekään on sama. Oleellinen lienee myös vertailumenetelmien erilaisuus. Kuten luvussa 41 todettiin, latvialaisten käyttämä laskutapa liioittelisi Suomen oloissa oja-aukon vaikutusta. Siten se myös johtaisi optimisarkoihin, jotka ovat leveämpiä kuin mihin tässä tutkimuksessa käytetty määritysmenetelmä johtaa. Sabo käyttää lisäksi jälkimmäisessä julkaisussaan edullisuuskriteerinä eräänlaista investoinnin takaisinmaksuaikaa, mikä on omiaan vielä kärjistämään kyseistä tendenssiä.

Merkillepantavaa on, että mainitusta suuruusluokkaerosta huolimatta suon viljavuuden vaikutus optimisaran leveyteen on säilynyt samansuuntaisena. Myös Bušs ja Sabo

saivat näet tulokseksi, että hyvillä soilla optimisarka on kapeampi kuin huonommilla. Vertailu on tosin tällöin rajoitettava samankaltaisiin metsäisiin soihin, joita tässä tutkimuksessa on käsitelty. Avosoiden ja rahkarämeiden ojaväleistä ei sen perusteella voida tehdä päätelmiä. Tällä varauksella voidaan katsoa, että sekä Bušsin ja Sabon tutkimuksen tulokset että nyt esittämämme tutkimustulokset poikkeavat yhtäpitävästi kirjallisuudessa yleisestä käsityksestä, jonka mukaan on käytettävä sitä tiheämpää ojitusta mitä huonompi on suon boniteetti (erityisesti Huikari ym. 1964; vrt. Heikurainen 1960).

Optimisarkaleveyksien alueellisessa vaihtelussa on sen sijaan merkittävä ero Sabon (1963) tutkimukseen verrattuna. Kun optimisarkaleveydet oman tutkimuksemme tulosten perusteella näyttäisivät kasvavan etelästä pohjoiseen, Sabon laskemat luvut osoittavat päinvastaista trendiä. Sabo ei tosin lähteenä käytetyssä lyhyehkössä tutkimusselostuksessaan selvästi ilmoita, perustuvatko hänen laskelmansa alueellisten vaikutuserojen osalta mitattuun aineistoon vaiko vain kasvun yleisen alueellisen vaihtelun perusteella tehtyihin rinnastaviin olettamuksiin. Sabon tulokset ovat kuitenkin yhdenmukaisia oppikirjoissa tavanomaisesti esitettyjen käsitysten kanssa. Tiettävästi vain Heikurainen (m.t.) on suopuustojen kehitystä koskevien tutkimustulostensa perusteella pitänyt todennäköisenä, että optimiojaväli on pohjoisessa suurempi kuin etelässä.

Kaiken kaikkiaan tässä tutkimuksessa esiin saatu kuva suon boniteetin ja toisaalta maantieteellisen sijainnin vaikutuksesta saran taloudelliseen optimileveyteen poikkeaa merkittävästi totunnaisista käsityksistä. Tämän vuoksi onkin paikallaan vielä eritellä suorittamiemme laskelmien perusteisiin mahdollisesti sisältyviä puutteita ja harhoja. Rajoitamme tämän tarkastelun perusvertailuun, sillä muita rinnakkaisia vertailuja on käytetty vain perusvertailun avulla luodun kuvan täydentämiseen.

Perusvertailun keskeisen tuloksen voidaan katsoa tulleen ilmaistuksi kuvassa 11 (s. 42). Sen mukaisessa asetelmassa varsinainen arvostustehtävä sisältyy pinokuutiometrin ja ojametrin välisen arvosuhteen (= rajatulosuoran) valintaan, mikä tehtävä on jätetty päätöksentekijälle. Esittämämme päätelmät optimisarkaleveyksien keskinäisistä suhteista johdettiin kuvien (rajakustannus) käyriä vertailemalla. Siten tulosten luotettavuuden arvioinnissakin voidaan rajoittua tarkastelemaan pelkästään näiden käyrien laskentaperusteita.

Panokset eli sarkaleveyden muutoksiin liittyvät ojametrimäärän muutokset määritettiin käyttämällä empiirisen selvityksen mukaisia mediaanisuolohkoja sekä kaavaa (2). Kuten siinä yhteydessä (luku 32) todettiin, suolohkon koko vaikuttaa jonkin verran ojametrilisäyksiin, samoin ojastojen muodon poikkeaminen oletetusta suorakulmaisesta. Kummassakin tapauksessa on kuitenkin kysymys vain muutamien metrien (ja prosenttien) eroista, ja mahdollinen virhe on suhteellisesti sitä pienempi mitä kapeampia sarkoja tarkastellaan. Erillisten käyrien laskemista pienille ja suurille suolohkoille ei sen vuoksi pidetty tarpeellisena. Kun korpi- ja rämevaltaisilla suolohkoilla ei empiirisen aineiston mukaan näyttäisi olevan oleellista eroa lohkon keskikoossa, näillä seikoilla ei myöskään liene vaikutusta suotyyppien keskinäisiin suhteisiin.

Tuotosten eli »pinokuutiometrien» laskennassa puolestaan käytettiin lähtökohtana maastosta mitatun koeala-aineiston mukaisia puustoeroja, jotka yhteismitoitettiin hakkuuvuoden 1968/69 keskimääräisiä kantohintasuhteita käyttäen. Harkittaessa tulosten luotettavuutta joudutaan tältä osin siis pohtimaan, onko käytetty koealamateriaali edustava ja onko olettamus vakiohintasuhteista perusteltu. Aloitamme kuitenkin tarkastelun tulosten tilastollisesta hajonnasta.

Tulosten hajonta

Koealojen mittaustuloksista ja niiden perusteella lasketuista suureista on edellä esitetty ainoastaan keskiarvot, ei sen sijaan tilastollisia hajontatunnuksia sen paremmin kuin erojen merkitsevyysasteitakaan. Näin on menetelty seuraavasta syystä.

Koeala-aineiston keruussa ei voitu eliminoida saran kaltevuussuhteiden vaikutusta, joten havaintojen jakaumat muodostuivat leveiksi ja normaalista selvästi poikkeaviksi. Ojan kuivattava tehohan on tunnetusti suurin ojan alapuolella ja jää yläpuolella usein varsin vähäiseksi (Lukkala 1937; Heikurainen 1960, s. 257). Koealat on sijoitettu

siten, että ne eivät ulotu ojasta ojaan saran poikki vaan ovat pelkästään jommalla kummalla saran puoliskolla, siis joko ojan alatai sen yläpuolella. Tästä syystä kaltevuuden ja samalla kasvun vaihtelu muodostuu enemmän tai vähemmän kaksihuippuiseksi: ojan alapuolisilla havainnoilla on tavallaan oma jakaumansa ja yläpuolisilla omansa. Kun näitä kahta ryhmää ei mittausvaiheessa huomattu erotella, aineisto jouduttiin käsittelemään jaottelemattomana. Havaintojen hajonta ei siten osoita pelkästään ojituskohteiden välistä vaihtelua, vaan siihen sisältyy myös saran sisäinen heterogeenisuus, sen eri puoliskojen välinen tasoero kasvureaktiossa. Tästä edelleen seuraa, että havainnoille lasketut standardipoikkeamat ovat vaikeasti keskenään vertailtavia ja saattavat helposti johtaa harhaan. Siksi niiden esittämistä ei ole pidetty tässä tarkoituksenmukaisena.

Samasta syystä myös keskiarvon keskivirhe ja siihen perustuvat merkitsevyystestaukset menettävät huomattavan osan tehostaan. Kun koealoittaisten havaintojen keskiarvoa käytetään kokonaisten sarkojen puumäärien keskiarvon estimaattina, ei keskiarvon keskivirhe, joka on laskettu pitämällä lähtökohtana saran puoliskojen puumäärien hajontaa, ole harhaton. Se liioittelee todellista keskivirhettä ja siten myös pienentää t-testin käyttökelpoisuutta. Erojen merkitsevyyttä arvioitaessa on sen vuoksi jouduttu kiinnittämään yhtä paljon huomiota erojen systemaattisuuteen. Jos esimerkiksi sararämeiden keskimääräinen puumäärän muutos on kaikissa vyöhykkeissä ja/tai kaikilla alueilla karujen rämeiden vastaavaa muutosta suurempi, on eroa pidetty reaalisena, vaikka t-testin mukainen riskiprosentti jääkin suureksi.

Taulukko 19 valaissee osaltaan, mitä edellä sanotulla tarkoitetaan. Samalla se antanee lukijalle jonkinlaisen käsityksen koealatulosten hajonnasta. Taulukko osoittaa keskimääräiset 60 metrin ja 20 metrin sarkojen »pinokuutiometri» suhteet eri suotyypeillä kaikissa kolmessa kaltevuusvyöhykkeessä. Keskiarvojen rinnalle on nyt merkitty myös »keskiarvon keskivirheet» laskettuna tavanomaisella menetelmällä.

Jos taulukon lukujen erotukset testataan t-testillä, löydetään itse asiassa varsin vähän erotuksia, jotka ovat 5 %:n riskillä merkitseviä. Niinpä tällainen ero on vyöhykkeiden 1 ja 3 välillä kaikissa suotyyppiryhmissä, mutta erikseen vain suotyypeillä RhK, RhSR ja IR. Vyöhyke 2 eroaa muista vyöhykkeistä (jommasta kummasta) merkitsevästi kolmessa tapauksessa — sararämeet yleensä, RhSR ja IR. Suotyyppien keskinäiset erot puolestaan

Taulukko 19. Keskimääräiset 60 metrin ja 20 metrin sarkojen »pinokuutiometri»suhteet suotyypeittäin eri kaltevuusvyöhykkeissä.

Table 19. Average ratios between the number of »piled cubic meters» in stands drained with 60 meter and 20 meter spacings, by sites and inclination zones.

Suotyyppi tai tyyppiryhmä [1] *Site or site class*	Kaltevuusvyöhyke *Inclination zone*		
	1	2	3
	60 metrin saralla »pinokuutiometrejä» % 20 metrin saran määrästä *Number of »piled cubic meters» in stands with 60 meter drain spacings, per cent of that in stands with 20 meter drain spacings*		
RhK	110.8 ± 6.6	103.1 ± 6.9	92.2 ± 4.0
VK	99.8 + 4.2	94.5 + 3.3	91.8 ± 4.1
Korvet — *Spruce swamps*	104.6 ± 3.7	97.5 + 3.3	92.0 + 2.9
RhSR	129.2 + 17.9	102.3 + 8.2	81.1 + 2.8
VSR	97.9 + 5.2	89.2 + 3.7	86.7 + 4.1
PsR	94.0 + 7.1	93.6 + 6.1	88.1 + 5.5
Sararämeet — *Sedge-pine swamps*	106.7 + 6.4	93.7 + 3.2	85.2 + 2.4
IR	93.0 + 3.6	92.3 + 8.0	76.1 + 2.8
TR	85.9 + 4.9	82.1 + 10.3	79.2 + 6.5
Karut rämeet — *Poor pine swamps*	90.3 + 2.9	87.2 + 6.4	78.0 + 4.0

[1] Lyhenteet: ks. taulukko 8 — *Abbreviations: see Table 8.*

saavat merkitseviä t-arvoja lähinnä vain kolmannessa vyöhykkeessä.

Pelkän t-testin perusteella näyttäisikin kyseenalaiselta, onko tuloksia lainkaan aiheellista esittää suotyypeittäin tai edes suotyyppiryhmittäin ja onko vyöhyke 2 syytä pitää erillään. Tulosten keskinäiseen järjestykseen eri vyöhykkeissä liittyvä systemaattisuus on kuitenkin varsin selvä viite siitä, että erot eivät ole pelkästään satunnaisia. Harhaton hajonnan estimaatti ilmeisesti toisi mukanaan myös tilastollisen merkitsevyyden.

T-testi ei siis ole tässä yhteydessä kovinkaan tehokas, eikä keskiarvon keskivirheellä ole sen tavanomaista informaatioarvoa. Siksi keskivirhetunnuksia ei myöskään ole esitetty varsinaisten koealatulosten yhteydessä. Näin on tosin jouduttu menettelemään osaksi siitäkin syystä, että puustoerotusten määrittelyvaiheessa (kuva 10) käytettiin graafista silmävaraistasoitusta, jolloin samalla luovuttiin mahdollisuudesta esittää jatkossa hajontatunnuksia. Äsken mainituista syistä ei vaihtoehtoinen menettely eli analyyttisen tasoituskäyrän laskeminen olisi kuitenkaan tarjonnut olennaisia etuja.

Aineiston edustavuus

Edellä sanotun perusteella näyttää siis siltä, että löydetyt säännönmukaisuudet eivät voine olla pelkästään satunnaisia. Pikemminkin ne joko kuvastavat todellisia eroja tai sitten johtuvat näytteen systemaattisista harhoista. Sen vuoksi siirrymmekin nyt tarkastelemaan aineiston edustavuutta ja sen mahdollisia puutteita.

Kolme osaongelmaa näyttäisi tällöin vaativan vastausta:

1. Antavatko edellä kuvatulla tavalla kaistoista koostettujen »sarkojen» kasvusuhteet oikean kuvan todellisten erilevyisten sarkojen kasvusuhteista?
2. Voidaanko nykyisiltä muuttunutta ojitustekniikkaa käyttäen toteutettavilta ojituksilta odottaa saatavan samanlaisia tuloksia kuin 1930-luvun lapiolla kaivetuilta ojituksilta?
3. Ovatko käytetyn aineiston koealat edustava otos 1930-luvun ojituksista?

SEPPÄLÄ (1969, 1971) on tutkimusselostuksissaan käsitellyt kysymystä *kaistoista koostettujen ja todellisten sarkojen eroista*. Leveältä saralta mitatulla kaistalla puuston kasvuun vaikuttaa vain lähin oja samalla tavoin kuin todellisella saranpuoliskolla, jota kuvaamaan kaistaa käytetään. Toinen oja on kauempana ja sen kuivattava vaikutus niin ollen vähäisempi. Kaistan puuston kasvu jää siten oletettavasti vastaavaa todellisen saranpuolikkaan puuston kasvua pienemmäksi.

Teoreettista tietä SEPPÄLÄ (1969) saattoi päätellä, että kyseinen kuivatusolojen aliarviointi on kapeimmalla eli 10 metrin kaistalla (= 20 metrin teoreettisella saralla) viiden prosentin ja leveimmällä eli 30 metrin kaistalla (= 60 metrin saralla) kolmen prosentin luokkaa, mikäli kaistat oletetaan mitatuiksi 80 metrin levyiseltä saralta ja ojan kuivatusvaikutus on kääntäen verrannollinen sen etäisyyden neliöön. Jos puuston kasvureaktio puolestaan on suoraan verrannollinen kuivatusolojen muutokseen, merkitsee mainittu virhe vastaavasti 3—5 prosentin aliarviointia sarkojen puuston kuutiokasvussa ja 1.5—2 prosenttiyksikön suuruista loivenemista 60 metrin ja 20 metrin sarkojen puustosuhteissa.

Päätelmän empiiristä todentamista varten SEPPÄLÄ (1971) mittautti 50 kontrollikoealaparia, joista kussakin toinen koeala edusti todellista 30 metrin ja toinen todellista 60 metrin sarkaleveyttä. Kun hän vertasi näiltä parikoealoilta selvitettyjen puuston kuutiomäärien ja kasvujen suhteita vastaaviin pääaineistosta laskettuihin suhteisiin, hän saattoi todeta tulosten olevan siinä määrin yhdenmukaisia, ettei »mitään selvää systemaattista virhettä» voitu havaita. Vertailun tilastolliset virherajat huomioon ottaenkin lienee siis perusteltua pitää edellä mainittuja teoreettista tietä johdettuja prosenttiarvioita tutkimusmenetelmään sisältyvän virheen ylärajana.

Muuttunut ojitustekniikka on toinen mahdollinen virhelähde. Ojitusalueiden metsänkasvun kannalta lienee koneellistumisen näkyvin seuraus siinä, että ojien kaivua varten avattava oja-aukko on entistä leveämpi.

Lapiokaivuna toteutettujen ojitushankkeitten työurakoissa sovellettiin 1930-luvulla määräyksiä, joiden mukaan puusto oli poistettava kaivun yhteydessä yhden metrin leveydeltä ojan molemmin puolin (esim. LUKKALA 1931, s. 218; TANTTU 1943, s. 82). Kun ojan pintaleveys oli tuolloin keskimäärin 1.6

metriä (TANTTU 1941, s. 117), voidaan päätellä oja-aukon alkuperäisen leveyden olleen tutkimusaineiston koealoilla 3.5—4 metriä.

Nykyisen koneellisen ojituksen vaatimasta oja-aukon leveydestä ei ollut vastaavia tietoja. Sen vuoksi suoritettiin siitä kesällä 1971 esitutkimuksen luonteinen suppeahko selvitys. Kohteeksi valittiin satunnaisesti 10 Helsingin ja Seinäjoen metsänparannuspiirien alueilla sijaitsevaa vuosina 1966—69 päättynyttä ojitushanketta. Kultakin niistä arvottiin etukäteen 2—5 ojaa, joista maastossa mitattiin oja-aukon leveys yleensä viidestä eri kohdasta 20 metrin välein. Mittaus suoritettiin aina saman suotyyppikuvion sisällä ja siten, että oja-aukon reunana kummallakin puolen ojaa pidettiin puuston äärimmäisinä sijaitsevia puuyksilöitä sivuavaa tähystyssuoraa. Oja-aukon leveys oli näiden tähystyssuorien välimatka ojaa vastaan kohtisuorassa suunnassa. Mittaus suoritettiin 0.1 metrin tarkkuudella ja kunkin ojan viidestä erillisestä havainnosta laskettiin keskiarvo, jota jatkossa käsiteltiin yhdistettynä havaintona.

Eri suotyyppiryhmille saatiin taulukon 20 mukaiset keskimääräiset oja-aukon leveydet. Tuloksia tarkasteltaessa kiinnittää nytkin huomiota hajonnan suuruus, joka lienee osaltaan — aineiston pienuuden lisäksi — syynä siihen, ettei eri ryhmien välillä ole saatu esiin merkitseviä eroja. Koko aineistolle laskettu keskimääräinen oja-aukon leveys, 5.4 metriä, on kuitenkin erittäin merkitsevästi suurempi kuin 4 metriä. Toisin sanoen nykyinen koneellinen ojitustekniikka näyttää ainakin tässä tutkituilla hankkeilla vaatineen noin 1.5 metriä leveämmän oja-aukon kuin 1930-luvun lapiokaivuun perustuva tekniikka. Silmävaraisemmat havainnot muualta maasta samoin kuin kentällä toimivilta teknikoilta saadut suulliset tiedot viittaavat siihen, että tämä tulos on yleistettävissä laajemmallekin.

Kaivureiden ja erityisesti aurauskaluston siirtely ja kääntely aiheuttavat nekin aukkoja ojitusalueen puustoon — aukkoja, joita lapiokaivun aikakaudella ei lainkaan syntynyt. Näiden määrälliseen arviointiin ei tässä kuitenkaan ole mahdollisuuksia.

Edellä esitetyt luvut tarkoittavat alkuperäistä oja-aukon leveyttä. Ojituksen jälkeen aukkoon yleensä ilmestyy taimia ojapenkoille, ja oja-aukko siten kapenee jonkin verran. Kuitenkin lienee niin, että mitä kookkaampaa ja tiheämpää ojitusalueen puusto on ojitushetkellä sitä vaikeampaa on uusien puuyksilöiden selvitä kilpailussa vanhempien ja kehityksessään jo melkoisen etumatkan omaavien puiden kanssa. Ainakin teoriassa näillä uusilla taimilla on mahdollisuus saavuttaa markkinakelpoisen puun mitat vain siinä tapauksessa, että suo on ojitettaessa lähes aukea. Mainittu oja-aukon supistuminen on siten ainakin runsaspuustoisilla soilla suurelta osin näennäistä, hakkuukertymiin vain vähän vaikuttavan lehtipuuvesakon aikaansaamaa. Varsinainen tehollinen eli efektiivinen oja-aukko muuttuu vähemmän. Joka tapauksessa voitaneen pitää todennäköisenä, että efektiivinen oja-aukko on myöhemminkin sitä leveämpi mitä leveämmäksi se on alunperin avattu.

Miten tämä oja-aukon leveydessä havaittava 1—1.5 metrin lisäys sitten vaikuttaa erilevyisten sarkojen puumääriin ja puuston kasvuun? Taulukosta 7 luvussa 41 voidaan karkeasti arvioida, että oja-aukon leveneminen yhdellä metrillä pienentää puuston keskikasvua 20 metrin saralla noin 4 % ja 60 metrin saralla noin 1 %. Muutokset ovat toisin sanoen suunnilleen samaa suuruusluokkaa kuin juuri käsitelty saran koostamismenette-

Taulukko 20. Oja-aukon keskimääräinen leveys 33 Helsingin ja Seinäjoen metsänparannuspiireistä mitatussa kohteessa, erikseen korvissa ja rämeillä.

Table 20. Average width of drain openings on 33 spruce and pine swamps studied in the Forest Improvement Districts of Helsinki and Seinäjoki.

Metsänparannuspiiri *Forest improvement district*	Rämeet *Pine swamps*		Korvet *Spruce swamps*		Yhteensä *All swamps*	
	Havaintojen lukumäärä ja oja-aukon keskileveys, m *Number of observations, and the average width of openings, m*					
Seinäjoki	16	5.27 ± 0.20	7	5.53 ± 0.14	23	5.35 ± 0.15
Helsinki	6	5.59 ± 0.37	4	5.73 ± 0.67	10	5.65 ± 0.33
Yhteensä — *Together*	22	5.36 ± 0.18	11	5.60 ± 0.24	33	5.44 ± 0.14

lyn aiheuttama enimmäisvirhe. Tarpeellisen korjauksen suunta on vain päinvastainen.

Jos siis käytetty erilevyisten sarkojen kasvun määritystapa ehkä johtaakin puuston kasvun lievään aliarviointiin, ojitustekniikan muuttumisesta seurannut siirtyminen leveämpiin oja-aukkoihin saa aikaan sen, että 1930-luvun ojitusten tulokset vastaavasti yliarvioivat puuston tulevaa kasvua nykyisillä ojitusalueilla.

Oja-aukon leventyminen ei kuitenkaan ole ainoa ojitustekniikkaan liittyvä muutos, jolla voi odottaa olevan vaikutusta puuston kasvuun. Ojien kuivatusteho riippuu olennaisesti siitä, miten ojat on sijoitettu suon kaltevuussuhteisiin nähden: mitä vähemmän ojien suunta poikkeaa korkeuskäyrien suunnasta sitä tehokkaammin oja kerää valuvia vesiä (esim. HEIKURAINEN 1964) ja sitä lähempänä toisiaan ovat tässä tutkimuksessa yksinomaisesti käytetty »geometrinen» sarkaleveys ja suurimman kaltevuuden suunnassa mitattu ojaväli eli »efektiivinen» sarkaleveys (mainittu käsitepari on alunperin norjalaisen MESHECHOKIN esittämä, ks. esim. HEIKURAINEN m.t.). Jos siis ojien sijoittelu muuttuu sattumanvaraisemmaksi, on todennäköistä, että keskimäärin saavutettava kuivatusteho ja siten myös puuston kasvu heikkenevät.

Ojitusten suunnittelussa on viime vuosina tapahtunut muutoksia, jotka ilmeisesti ovat vaikuttaneet juuri tähän suuntaan. Pyrittäessä nopeuttamaan suunnitelmien laadintaa on mm. luovuttu suon kaltevuussuhteiden yksityiskohtaisesta vaakitsemisesta. Sen sijaan tyydytään selvittämään ja merkitsemään kartalle pelkästään vesien pääpiirteiset valumasuunnat. Toisaalta ojien oikean sijoittelun tärkeyttä ei näe korostettavankaan enää samassa määrin kuin ennen. Suunnittelu on myös huomattavalta osaltaan siirtynyt suonkuivausmetsänhoitajilta ja -teknikoilta tilapäisten työnjohtajien tehtäväksi. Näistä monillakaan ei liene ojastojen suunnitteluun sanottavaa koulutusta.

Kirjoittajan käsitys onkin edellä sanotun perusteella seuraava: ojien sijoittelu on nykyisin vähemmän tarkkaa kuin 1930-luvulla ja *tässä tutkimuksessa esitetyt tulokset siten pikemminkin yli- kuin aliarvioivat sarkaleveyden vaikutusta nykyisillä ojitusalueilla*. Syntyvän virheen huomioon ottaminen tuskin kuitenkaan olennaisesti leventäisi optimisarkaleveyksiä.

Mitä tulee kolmanteen esitettyyn kysymykseen — *edustaako koeala-aineisto harhattomasti 1930-luvun ojituksia?* —, viitattakoon HEIKURAISEN (1959) ja SEPPÄLÄN (1971) selostuksiin koealojen valintamenettelystä. Mikäli aineistossa on valinnasta johtuvaa systemaattista harhaa, on se ilmeisesti voinut syntyä vain sijoitettaessa koealoja ennalta valituille suokuvioille. HEIKURAINEN (m.t., s. 77) toteaa tähän liittyen, että hänen tutkimiensa koealojen keskikuutiomäärä oli korvissa ja parhailla rämeillä suurempi ja huonoimmilla rämeillä pienempi kuin vastaaville kuvioille relaskoopin avulla määritetty keskikuutiomäärä. Erot eivät kuitenkaan olleet kovin merkittäviä, ja toisaalta niitä selittävät ainakin osaksi käytetyn relaskooppimenetelmän epätarkkuus sekä se, että saran keskelle ja laitaan sijoitettujen kahden koealan kuutiomäärien keskiarvo ei yleensä ole sama kuin koko saran keskikuutiomäärä.

Kirjoittajan suorittamat tarkistuslaskelmat, joissa verrattiin toisiinsa HEIKURAISEN alkuperäiseen aineistoon kuuluneita koealoja ja toisaalta uusintamittauksen yhteydessä valittuja täydennyskoealoja, osoittivat puolestaan aineiston olevan tässä suhteessa kohtalaisen homigeenista. Tosin täydennyskoealoilla oli sarkaleveyden vaikutus merkitsevästi vähäisempää ykkösvyöhykkeen ruoho- ja heinäkorvissa ja kolmosvyöhykkeen varsinaisissa korvissa, mutta muutoin erot olivat pienet ja suunaltaan vaihtelevia.

Edellä sanotun perusteella ei siis liene syytä epäillä, etteikö tutkimusaineisto edustaisi harhattomasti 1930-luvun ojituksia ja antaisi verraten luotettavan kuvan niiden keskimääräisistä tuotoksista.

Tämä ei kuitenkaan vielä todista, että aineisto edustaisi harhattomasti myös nykyisiä ojituskohteita. HEIKURAINEN (m.t.) nimenomaan huomauttaa, että 1930-luvun ojitustoiminta on ollut jossain määrin alueellisesti kasaantunutta. Vastaavasti on eräillä alueilla tuolloin ojitettu suoalaan nähden varsin vähän jos lainkaan. Seuraukset näkyvät nyt koealojen alueellisessa jakaumassa. SEPPÄLÄN (1971) esittämästä kartakkeesta voidaan havaita, että täydentämisen jälkeenkään ei aineistoon sisälly koealoja aivan kaikkialta maasta. Erityisesti on huomattava, että luontosuhteiltaan jossain määrin poikkeuksellinen Pohjanlahden rannikolta noin 20—30 kilometriä sisämaahan ulottuva

rantavyöhyke on Oulun ja Porin välillä tällaista käytännöllisesti katsoen »tyhjää aluetta». Tutkimustuloksia yleistettäessä on tämä seikka otettava huomioon.

Hintasuhteiden vaikutus

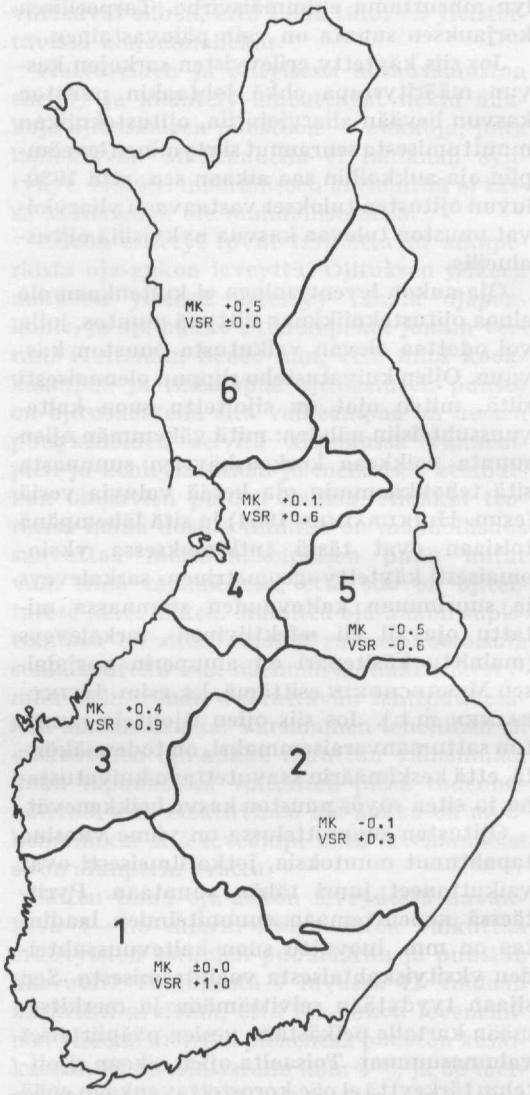
Käsiteltyämme näin koeala-aineiston edustavuuteen liittyvät ongelmat voimme lopuksi pohtia hintasuhteiden mahdollisen virheen vaikutusta. Laskelmissahan oletettiin eri puutavaralajien kantohintasuhteiden olevan vakioita. Tämä olettamus on sinänsä epärealistinen, sillä kokemuksesta tiedetään mainittujen suhteiden muuttuvan, joskin niiden vuotuinen vaihtelu on huomattavasti vähäisempää kuin itse kantohintojen vaihtelu. Toisaalta hintasuhteiden muuttumista voidaan havaita nimenomaan siirryttäessä alueelta toiselle.

Jotta saataisiin käsitys hintasuhdeolettamukseen sisältyvän virheen vaikutuksesta tuloksiin, suoritettiin eräitä vertailulaskelmia. Niitä varten maa jaettiin kuuteen osa-alueeseen kuvan 15 osoittamalla tavalla. Piirimetsälautakuntia on siinä pyritty yhdistelemään kantohintasuhteiden vaihtelua vastaavasti.

Hakkuuvuoden 1968/69 kantohintatilastosta (VÄÄNÄNEN 1970) laskettiin puutavaralajien keskinäiset kantohintasuhteet kullekin osa-alueelle erikseen. Tulokset näkyvät taulukosta 21. Kuusiainespuun hintaan (pm^3 1.0) verrattuna sahapuu-j^3:n suhteellinen hinta vaihtelee 0.11:stä 0.14:ään ja koivuainespuu-pm^3:n 0.12:sta 0.31:een. Vastaavat vaihtelurajat mäntyainespuu-pm^3:n hintaan verrattuna ovat 0.13—0.21 ja 0.16—0.38.

Kun koealatuloksista laskettiin 60 metrin ja 20 metrin sarkojen »pinokuutiometri»suhteet käyttämällä taulukon 21 alueittaisia kantohintasuhteita ja tuloksia verrattiin koko maan keskimääräisten kantohintasuhteiden mukaisiin tuloksiin, nämä poikkesivat toisistaan kuvan 15 osoittamalla tavalla. Erot ovat varsin pieniä ja enimmäkseen sen suuntaisia, että alueellisten hintasuhteiden käyttö muunnettaessa puutavaralajeja »pinokuutiometreiksi» pienentäisi sarkojen välisiä eroja.

Ajallinen vuodesta toiseen esiintyvä heilahtelu kantohintasuhteissa ei 1960-luvulla ole ollut olennaisesti sen voimakkaampaa kuin edellä tarkasteltu alueittainen vaihtelu.



Kuva 15. Hintasuhteiden alueittaisen vaihtelun vaikutus 60 metrin ja 20 metrin sarkojen »pinokuutiometri»-suhteeseen mustikkakorvissa (MK) ja varsinaisilla sararämeillä (VSR), prosenttiyksiköissä.

Fig. 15. The influence of the areal variation of stumpage price ratios on the »pm^3»-ratio of Myrtillus spruce swamps (MK), and ordinary sedge pine swamps (VSR), drained with 60 meter or 20 meter spacings, in percentage units.

Suoritetun »herkkyysanalyysin» tulos voitaneen siten yleistää päätelmäksi, että käytettyjen hintasuhteiden mahdolliset virheet eivät näytä vaikuttavan ratkaisevasti tutkimuksen päätuloksiin.

Taulukko 21. Puutavaralajien hintasuhteet alueittain hakkuuvuonna 1968/69. Aluejako kuvan 15 mukainen.

Table 21. Ratios between the stumpage prices of timber assortments by regions in the cutting season 1968/69. Area division as in Fig. 15.

Alue *Region*	Kantohintojen suhde — *Ratio between stumpage prices*					
	havust ku-ap	havust mä-ap	ko-st ku-ap	ko-st mä-ap	ko-ap ku-ap	ko-ap mä-ap
1.	.11	.14	.07	.09	.29	.35
2.	.12	.15	.07	.09	.31	.38
3.	.11	.13			.31	.37
4.	.14	.19			.12	.16
5.	.13	.16			.21	.27
6.	.11	.21			.17	.33
Koko maassa .... *Whole country*	.12	.16	(.07)	(.09)	.29	.38

Lyhenteet — *Abbreviations:*

havust = havusahapuu-j^3 — *cu.ft of coniferous sawlogs*
ko-st = koivusahapuu (vanerikoivu)-j^3 — *cu.ft of hardwood sawlogs*
ko-ap = koivuainespuu-pm^3, kuorellinen — *piled cu.m of birch pulpwood, with bark*
ku-ap = kuusiainespuu-pm^3, kuorellinen — *piled cu.m of spruce pulpwood, with bark*
mä-ap = mäntyainespuu-pm^3, kuorellinen — *piled cu.m of pine pulpwood, with bark*

Suoritettu luotettavuustarkastelu ei siis tuonut esiin sellaisia aineiston edustavuuteen tai muunnoslaskelmiin liittyviä ilmeisiä virhelähteitä tai puutteita, jotka olennaisesti olisivat aiheuttaneet vinoutumia tutkimuksen tuloksissa. Säännönmukaisuudet, joita edellä on todettu optimisarkaleveyksien keskinäisissä suhteissa eri suotyypeillä ja alueilla, ovat näin varmentuneet. Niitä voitaneen siten suositella noudatettavaksi nykyisessä ojitustoiminnassa. Myös muilta osin tässä tutkimuksessa esitetyt laskelmat ja luvut näyttäisivät antavan päätöksentekijälle verraten luotettavan perustan ojatiheyttä valittaessa.

Eräitä varauksia on edellä sanottuun kuitenkin liitettävä, sillä tutkimuksessahan ei ole katettu kaikkia ojitustoiminnassa esiintyviä kohteita eikä liioin ole eritelty kaikkien eri tekijöiden vaikutusta:

— tutkimus rajoittuu 20—60 metrin levyisiin sarkoihin, eikä esitettyjen lukujen perusteella siten voida päätellä optimisaran täsmällistä leveyttä tapauksissa, joissa se on yli 60 metriä tai alle 20 metriä;
— selvitys koskee yksinomaan metsäisiä soita, joten tuloksista ei voida ainakaan suoraan päätellä, mikä olisi optimiojaväli avosoilla;
— merenpinnasta mitatun korkeuden vaikutusta suon ojitustulokseen ja sitä tietä optimisarkaleveyteen ei ole eritelty;
— kaltevyysvyöhykkeet heijastavat maaston keskimääräisen kaltevuuden vaikutusta, mutta myös paikalliset erot olisi jatkossa ilmeisesti pyrittävä ottamaan huomioon;
— aineistoa ei ole juuri lainkaan rannikkoalueelta (20—30 km sisämaahan), ei liioin pohjoisimmasta Lapista tai Kuusamosta, eikä tuloksia siksi voitane soveltaa mainituilla alueilla sellaisenaan ilman lisätutkimuksia;
— lannoituksen yhdistäminen ojitukseen saattaa vaikuttaa optimisarkaleveyteen.

Kun nämä rajoitukset otetaan huomioon, voidaan edellä esitettyä selvitystä pitää vastauksena johdantoluvussa asetettuun tutkimusongelmaan.

Tutkimuksessa oli nimenomaan tarkoituksena myös kokeilla, missä määrin kirjoittajan kehittämä teoria investointilaskelmasta informaation muokkausvälineenä soveltuu tämäntapaiseen investoinnin intensiteettiasteen valintaa palvelevaan selvitykseen. Mainitun teorian vaikutus näkyy ensisijaisesti suoritettujen laskelmien muodossa ja siinä tavassa, jolla sarkaleveyden taloudellisia vaikutuksia koskeva informaatio edellä on esitetty päätöksenteossa käytettäväksi.

Olennaisimpana ja ratkaisevana erona traditionaaliseen menettelyyn verrattuna on, että laskelmia ei ole kahlittu yhteen ja lopulliseen optimiratkaisuun päätyviksi. Sen sijasta

on tyydytty esittämään asetelmia (kuvat 11 ja 13; taulukot 6 ja 18) ja jätetty päätöksentekijälle valta itse etsiä niistä edullisimmaksi katsomansa sarkaleveysvaihtoehto ratkaistuaan ensin omien subjektiivisten arvostustensa perusteella, minkä arvoisena hän pitää yhtä lisäpinokuutiometriä havuainespuuta verrattuna yhden lisäojametrin kaivamisen vaatimiin kustannuksiin.

Kirjoittajan oma käsitys on, että suoritettu kokeilu on onnistunut. Tulos osoittaa, että laskelmat voidaan laatia tässä käytettyyn tapaan ottamatta varsinaista kantaa tulevaisuuden ja nykyhetken tulojen keskinäiseen arvostukseen (diskonttoprosenttiin tai aikahorisonttiin). Ja silti päädytään tuloksiin, jotka kertovat päätöksentekijälle asiasta enemmän kuin traditionaaliset, yleensä vain yhtä ennalta valittua diskonttoprosenttia ja ikuisuuteen ulotettua aikahorisonttia käyttäen lasketut »optimiratkaisut». Metsänomistajaa ei myöskään pakoteta tulkitsemaan ja ilmaisemaan arvostuksiaan *diskonttoprosenttina*, joka varmaankin useimmille heistä on varsin abstrakti käsite ja sellaisena vaikea tai jopa ylivoimainen mieltää. Epäilemättä *lisäpinokuutiometrin ja ojametrin arvosuhde* on metsänomistajalle tunnuksena konkreettisempi ja paljon helpommin miellettävä.

Kuten aiemmissa yhteyksissä on käynyt selville kirjoittajan kehittämä menetelmä tai ajattelutapa on ensisijaisesti tarkoitettu metodiseksi määrittämis- ja informaatioperustaksi selviteltäessä erilaisten metsänparannustöiden valtakunnallista ja alueittaista edullisuusjärjestystä. Tätä koskeva nyt viidettä vuotta meneillä oleva sopimustutkimus, johon sen suorittajat ovat käyttäneet pääosan ajastaan, valmistuu keskeisten tulostensa osalta kevään 1972 aikana. Mikäli katsotaan tekijän onnistuneen soveltaessaan mainittua menetelmää ojitusinvestoinnin intensiteettivaihtoehtojen vertailuun, voidaan jo nyt käytettävissä olevien tutkimustulosten perusteella päätellä, että menetelmä on vielä hedelmällisempi vaikutusajaltaan ja-nopeudeltaan erilaisten metsänparannusten, kuten metsänviljelyn, metsäojituksen ja lannoituksen, keskinäistä edullisuusjärjestystä ratkaistaessa.

VIITEKIRJALLISUUS

AITOLAHTI, Matti ja HUIKARI, Olavi 1969. Metsäojien konekaivun vaikeusluokitus ja hinnoittelu. Summary: Classification of digging difficulty and pricing in forest ditching with light excavators. Folia For. 61.

AITOLAHTI, Matti ja NUMMINEN, Erkki 1968. Metsäojakaivureiden työteho ja ehdotus kaivuvaikeusluokitukseksi. Summary: On the efficiency of light excavators in forest ditching and a proposal for the classification of digging difficulty. MTJ 67.2.

BUŠS, K. SABO, E. 1959. Monede Läti NSV metsätüüpide kuivendamise intensiivsusest ja ökonoomilisest efektiivsusest. — Zusammenfassung: Über die Intensität und ökonomische Effektivität der Entwässerung einiger Waldtypen der Lettischen SSR. Metsakuivenduse Küsimusi, s. 55—68. Tartu.

HARVE, Paavo 1940. Puutavaran kantohinnat viisivuotiskautena 1934—39. MA 8: 67—74.

HEIKURAINEN, Leo 1956. Muistio vanhoilla ojitusalueilla saaduista kokemuksista. Vuosina 1930—39 toteutetuilta hankkeilta koonnut v. 1955 L. H. Moniste. Helsinki.

—»— 1959. Tutkimus metsäojitusalueiden tilasta ja puustosta. — Referat: Über waldbaulich entwässerte Flächen und ihre Waldbestände in Finnland. Acta For. Fenn. 69.1.

—»— 1960. Metsäojitus ja sen perusteet. Porvoo—Helsinki.

—»— 1961. Metsäojituksen vaikutuksesta puuston kasvuun ja poistumaan. Hakkuusuunnitteen laskemista varten. Summary: The influence of forest drainage on growth and removal in Finland. For estimation of allowable cut. Acta For. Fenn. 71.8.

—»— 1964. Ajatuksia turvemaiden vesitaloudesta. Summary: Thoughts on the water economy of peat lands. Suo 2: 37—43.

—»— 1967a. Hakkuun vaikutus ojitettujen soiden vesitalouteen. Summary: On the influence of cutting on the water economy of drained peat lands. Acta For. Fenn. 82.2.

—»— 1967b. On the possibilities of optimum drainage in peat lands. XIV IUFRO Congress, Sec 23, s. 264—277.

HEIKURAINEN, Leo, KELTIKANGAS, Matti ja SEPPÄLÄ, Kustaa 1963. Kustannusten jakaminen yhteisissä metsäojitushankkeissa. Summary: Allocation of costs in joint forest drainage undertakings. Silva Fenn. 115.1.

HEIKURAINEN, Leo, PÄIVÄNEN, Juhani ja SARASTO, Juhani 1964. Ground water table and water content in peat soil. Acta For. Fenn. 77.1.

HUIKARI, Olavi 1959. Metsäojitettujen turvemaiden vesitaloudesta. — Referat: Über den Wasserhaushalt waldentwässerter Torfböden. MTJ 51.2.

HUIKARI, Olavi ja JUVONEN, Pertti 1970. Työmenekki metsäojituksessa. Summary: On the work input in forest draining operations. Folia For. 79.

HUIKARI, Olavi ja PAARLAHTI, Kimmo 1967. Results of field experiments on the ecology of pine, spruce, and birch. Suomenkielinen selostus: Kenttäkokeiden tuloksia männyn, kuusen ja koivun ekologiasta. MTJ 64.1.

HUIKARI, Olavi, PAARLAHTI, Kimmo, PAAVILAINEN, Eero ja RAVELA, Heikki 1966. Sarkaleveyden ja ojasyvyyden vaikutuksesta suon vesitalouteen ja valuntaan. Summary: On the effect of strip-width and ditch-depth on water economy on a peat soil. MTJ 61.8.

HUIKARI, Olavi, WÄRE, Matti ja MUOTIALA, Simo 1964. Ojitusopas. 2. p. Helsinki.

JUVONEN, Pertti 1970. Metsäojituskaluston siirtokustannukset. Metsäkoneurakoitsija 4: 19.

KAITERA, Pentti 1946. Hyödyn arvioinnista yhteisissä maankuivatusyrityksissä. Suomen Maanmittari-Yhdistyksen aikakauskirja 11—12: 286—318.

KELTIKANGAS, Matti 1961. Metsäojituksen tuotoista, kustannuksista ja kannattavuudesta. Komiteanmietintö 1961: 10, liite 5. Helsinki.

—»— 1966. Valtio metsänparannustöiden rahoittajana. MA 2: 88—92.

—»— 1969. Time element and investment decisions in forestry. Teoksessa Readings in forest economics, s. 81—94. Oslo.

—»— 1971. Time factor and investment calculations in timber growing. Theoretical fundamentals. Seloste: Aikatekijä ja investointilaskelmat puunkasvatuksessa. Teoreettisia perusteita. Acta For. Fenn. 120.

KELTIKANGAS, Matti ja SEPPÄLÄ, Kustaa 1966. Laskelmia metsäojituksen alueittaisesta edullisuudesta. Summary: A comparison of the economic results of forest drainage undertakings in different parts of Finland. Suo 1: 9—21.

KELTIKANGAS, Matti ja SEPPÄLÄ, Kustaa 1968. Arvioita turvemaiden lannoituksen taloudellisesta edullisuudesta. Summary: Estimates on the profitability of fertilizing drained peatlands. Suo 1: 1—11.

KELTIKANGAS, Valter 1950. Suotyyppien liiketaloudellisesta ojituskelpoisuusjärjestyksestä. Referat: Über die betriebswirtschaftliche Reihenfolge der Moortypen in der Waldentwässerung. Acta For. Fenn. 58.

KOIVISTO, Pentti 1959. Kasvu- ja tuottotaulukoita. Summary: Growth and yield tables. MTJ 51.8.

LUKKALA, O. J. 1929. Tutkimuksia soiden metsätaloudellisesta ojituskelpoisuudesta erityisesti kuivatuksen tehokkuutta silmälläpitäen. Referat: Untersuchungen über die waldwirtschaftliche Entwässerungsfähigkeit der Moore. MTJ 15.1.

—»— 1931. Metsäojituksen oppikirja. Helsinki.

—»— 1939. Nälkävuosien suonkuivatusten tulok-

sia. Referat: Ergebnisse der in den Hungerjahren angelegten Moorentwässerungen. MTJ 24.3.

LUKKALA, O. J. 1951. Kokemuksia Jaakkoinsuon koeojitusalueelta. Summary: Experiences from Jaakkoinsuo Experimental drainage area. MTJ 39.6.

LUNDBERG, Gustaf 1914. Handbok i skogsdikning. Stockholm.

Metsätilastollinen vuosikirja 1968. Yearbook of forest statistics 1968. Folia For. 70.

Metsätilastollinen vuosikirja 1969. Yearbook of forest statistics 1969. Folia For. 96.

MULTAMÄKI, S. E. 1936. Über den Grundwasserstand in versumpften Waldböden vor und nach der entwässerung. V Hydr. Konf. der baltischen Staaten. Finnland.

MUSTONEN, Seppo 1958. Ylivalumista pienillä järvettömillä alueilla. Rakennustekniikka 5: 244 –246.

PAAVILAINEN, Eero 1966. Maan vesitalouden järjestelyn vaikutuksesta rämemännikön juurisuhteisiin. Summary: On the effect of drainage on root systems of Scots pine on peat soils. MTJ 61.1.

PÄIVÄNEN, Juhani 1968. Pohjavesipinta ja turpeen vesipitoisuus rahkamättäisellä lyhytkortisella nevalla. Summary: Groundwater content of peat in an open low-sedge swamp with Sphagnum fuscum hummocks. Suo 2: 17 –24.

RAVELA, Heikki 1969. Metsärunko-ojien mitoitusperusteista. Summary: On the principles of dimensioning forest main drains. Suo 5: 86 –89.

SABO, E. D. 1963. Some results of projects to increase productivity of swamped forests by means of drainage. Teoksessa Akademiya Nauk S.S.S.R: The increase of productivity of swamped forests. Jerusalem.

SEPPÄLÄ, Kustaa 1968. Ennakkotuloksia suometsiköiden ojituksen jälkeisestä kehityksestä ja siihen vaikuttavista tekijöistä. Summary: Preliminary results of peatland stand postdrainage development. Silva Fenn. 2: 166 –182.

SEPPÄLÄ, Kustaa 1969. Sarkaleveyden vaikutus suometsien puumäärään ja kasvuun. Summary: Effect of drain spacing on the volume and growth of peatland-forest stands. Suo 3 –4: 55 –60.

–»– 1971. Sarkaleveys korpi- ja rämemetsiköiden ojituksenjälkeisen kehityksen säätelijänä. Julkaisematon käsikirjoitus.

TANTTU, Antti 1915. Tutkimuksia ojitettujen soiden metsittymisestä, Referat: Studien über die Aufforstungsfähigkeit der entwässerten Moore. Acta For. Fenn. 5.2.

–»– 1941. Metsäojituksen edullisuus. Helsinki.

–»– 1942. Metsäojittajan opas. Helsinki.

TILLMAN, Eila 1970. Hankkeen ominaisuuksien vaikutus metsäojituksen toteuttamiskustannuksiin. Konekirjoite Helsingin yliopiston suometsätieteen laitoksessa.

VÄÄNÄNEN, Sulo 1970. Yksityismetsien kantohinnat hakkuuvuonna 1968 –69. Summary: Stumpage prices in private forests during cutting season 1968 –69. Folia For. 81.

Lyhenteet – Abbreviations:

Acta For. Fenn.	= Acta Forestalia Fennica, Helsinki, Finland.
Folia For.	= Folia Forestalia, Helsinki, Finland.
MA	= Metsätaloudellinen Aikakauslehti, Helsinki, Finland.
MTJ	= Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae. Helsinki, Finland.
Silva Fenn.	= Silva Fennica, Helsinki, Finland.

SUMMARY:

EFFECTS OF DRAIN SPACING ON THE ECONOMIC RESULTS OF FOREST DRAINAGE INVESTMENTS

1. Background and aim of the study

The proper spacing of drains is one of the essential problems that must be solved when a forest drainage is planned. From observations it has long been known that the growth of trees and probably the expected future cutting incomes increase with increasing density of drain network, at least to a certain limit. On the other hand the costs of drainage increase too, and they do it rather rapidly. The more drains there are digged per hectare the bigger the investment and other costs needed. The expected benefits should therefore be compared and balanced against the expected costs to find out the right solutions.

Up till now there has, however, been a lack of data about the exact magnitude of the income and cost effects of different drain spacings. Most of the norms, guidelines, and suggestions presented in various textbooks are derived rather from biological and hydrological conceptions than from any real economic evaluations. Thus far the studies by Bušs and Sabo (1959) have been the only ones where systematic economic calculations are carried out on the basis of empirical material. Because of the different climatic and economic framework in Latvia the results of the studies hardly can be extended to Finland as such. A special investigation is needed here.

From the economic viewpoint this is a typical problem of choosing the optimum level of inputs, or the optimum magnitude of a single investment. The need to investigate it became urgent when a large collaborational research program was started in 1967, aimed to determine the most efficient sequence of the various forest improvement activities and objects throughout the whole country. Before the activities and objects can be meaningfully compared it must be known on what level of intensity each activity is to be carried out.

Thus the aim of this substudy is set as *to determine how the spacing of drains affects the economic results of forest drainage projects* and so to provide the decision makers, whether government officials or private forest owners, with information given in as usable form as possible and sufficient for the making of choices.

2. Choise of criterion

In the main study the sequence of various forest improvements will be determined on the basis of their »benefit coefficients», a sort of B/C ratios. Here we are not, however, concerned with the sequence but with the right level of intensity of each activity. How many meters of drains it is economically wise to dig per hectare? This type of problem seems to be more suitably handled by the present value method combined with a marginal analysis. The additional costs of digging drains nearer to each other (e.g. in 40 meter intervals instead of 45 meters) are to be compared with the additional net benefits earned through that change.

The material available for estimating the benefits has been collected from peatlands drained 30—35 years before the date of measurement. Therefore it is decided that the present differences in the values of stock of drained stands will primarily be used to represent all the benefits obtainable by changing from one drain spacing to another. The comparison of the value differences with due costs will be called the »basic comparison».

In a parallel method the income effects are derived from yield tables constructed on the basis of the same material to show what are the cutting quantities expectable from a stand growing on a drained peatland during the whole rotation. This method of comparison is used mainly for checking.

3. Changes in costs

The chapter starts with a detailed analysis of the costs connected with draining. Possible effects of drain spacing on each type of cost are discussed. It is concluded on the basis of theoretical deliberation and of data from earlier studies that a change in the intensity of drainage will mainly affect the cost of digging work. Slight reactions may be

expected in the costs of planning, supervising, and later maintenance of drain network, too, but the digging costs are clearly dominating. Therefore the calculations are restricted to changes in digging costs only.

The relationship between drain spacing and the total length of ditches (in meters per hectare) is discussed in theory first and then on the basis of empirical findings. Instead of the simple formula

$$a = \frac{10000}{l}$$

(where a = drain density, in meters of drain per hectare; l = drain spacing, in meters), used by e.g. Bušs and Sabo, it is suggested more realistic ones which take into account that every drain network contains the end drains, too (see Fig. 1). Three formulas (1 to 3) are developed, each based on a different assumption about the locating of the surrounding »side» ditches (Fig. 2). It is presumed that the formulas are used to determine average drain densities of larger groups of swamps, not that of any single swamp.

It is found that the size of a swamp section to be drained does have effect on the differences in length of drains per hectare needed for various spacings. On the other hand the shape of the section does not influence the differences but only the absolute total length of drains (Figs. 3). It is also noticed that deviations from the rectangular form of network may cause slight overestimation in the length of drains per hectare.

The relationship between drain density and the unit cost of digging is discussed next. Several detailed analyses have been made of the cost statistics available to figure out real correlations between the unit costs (marks per meter) and the length of drains (meters per hectare). If there exists such a relationship it however seems to be concealed by other more significant factors of cost formation. Partly theoretically it is concluded that no errors of practical magnitude will be made if the price of digging one meter of drain is assumed to be independent of the total number of meters digged per hectare.

4. Changes in incomes

Also the effects of drain spacing on expected cutting quantities, and thus on expected incomes, are discussed in theory first. Narrowing of the spacing of drains has two opposite kinds of consequences. It usually improves hydrology and thus ncreases the growth of individual trees. On the other hand it also decreases the number of trees left to grow. The higher the density of drains, the more of openings it must be cut into a stand for digging of the drains.

If the growth of trees per hectare (v) is assumed to be a function of the distance (x) from the nearest drain opening,

$$v = f(x);$$

if the width of spacing (measured from the middle of a drain to the middle of the other drain) is marked by s and the width of drain opening by b, the average increment of stand, expressed in solid cubic meters per hectare of total drained area, is

$$\bar{v}_s = \frac{2\int_0^{\frac{s-b}{2}} f(x)\,dx}{s} \tag{6a}$$

The formula differs from that of Bušs and Sabo (1959):

$$\bar{v}_s = \frac{2\int_0^{\frac{s}{2}} f(x)\,dx}{s} \cdot \left(1 - \frac{b}{s}\right) \tag{7}$$

In the former the effect of drain openings is measured by cutting down the integral of the function, in the latter by reducing the average increment of an »openingsless» stand by the proportional areal share of the openings. At least in the Finnish conditions with relatively narrow openings the formula (6a) seems to give more realistic estimates.

By applying the formula (6a) to two examples of growth curves, constructed partly hypothetically to match the usual range of variation, it is analyzed the influence and mutual dependence of the variables s, b, and $f(x)$ (Figs. 5 to 7, Table 7). It is concluded that to reach the maximum average stand increment and maximum increase in the average stand increment after drainage, narrower spacings should be used on poor sites than on better ones. On the other hand an increase in the width of drain opening makes the optimum spacing wider. It also seems probable that the maximum value increment will be reached with narrower spacings than the maximum of »simple» cubic increment.

The actual differences in the outputs of drainage are determined from an empirical material of 411

sample plots, collected by SEPPÄLÄ (1968, 1971). Each sample plot was measured as a 30—50 meter long and 30 meter wide rectangular, the long side coinciding with the middle line of a drain. Then the rectangular was divided into five strips parallel to each other and to the ditch. The nearest one to the drain was 10 meters and each of the others 5 meters wide. By using the separate measurement data of the five strips and by adding them up cumulatively, one by one, it is formed half spacings, 10, 15, 20, 25, and 30 meters wide, to estimate the values of stands with corresponding real spacings (from 20 to 60 meters).

The stumpage price ratios between different timber assortments are determined from the statistics of cutting season 1968/69. By using these ratios all assortment quantities (sawlogs, veneer logs, pulpwood) are transformed into their value equivalents of piled cubic meters of coniferous pulpwood, of spruce in spruce swamps and of pine in pine swamps. Summed up these form the »piled cubic meter» or »pm³» values of the stands. By substracting the »pm³»s (per hectare) of two stands with different spacings, there is got the change in value caused by the corresponding change in spacing. The averages of the value changes are presented as smoothed curves in Fig. 10 and numerically in Table 10.

5. Comparisons

When the changes in cost and the corresponding changes in incomes (value differences used as estimates) thus are known, they can be compared with each other. First, however, they must be made commensurable. To make the comparison more concrete and understandable and to avoid mixing of facts and valuations as far as possible the following method is chosen:

The change in cost, measured as meters per hectare (Table 6), is divided by the change in incomes, measured as »piled cubic meters» per hectare (Table 10). The outcome indicates how many additional meters of drain are needed to produce one »piled cubic meter of coniferous pulpwood» more. Depicted in a graph such numbers form a sort of marginal (in a fact, incremental) cost curves (Fig. 11, p. 42).

Decision makers are expected to choose the corresponding value of the »pm³» according to their own preferences. (How many meters of drain is one »pm³» worth of?). Having made this, and by using the Fig. 11, they are able to determine the spacings which are optimal on various sites.

By calculating the average ratios of stumpage prices to unit costs of drains from a few recent years (Table 11) and by taking into account the possible discounting over proper periods (Table 12), it is determined some illustrative numbers just to show the mutual relationships of optimum spacings for different sites, climatic regions, and terrain inclination zones (Table 13).

The financial support from the state means decrease in the unit costs of drain paid by landowners themselves. Thus it tends to increase the relative value of »pm³» and to make the optimum spacings narrower than they were without such a financing.

The results of the basic comparison are checked by calculations based on the yield tables constructed by SEPPÄLÄ (Tables 15a and 15b). By assuming that the ratios between stock values of stands drained with different spacings will be roughly the same throughout the whole rotation (cf. Table 16), it is made possible to calculate estimates of how the narrowing of spacings affects the cutting incomes (»pm³»s) of various future decades. The series of numbers in Table 18 may be used as such by the landowners. After deciding what his relevant time horizon is, the landowner is able to choose those numbers only which match his time horizon and to compare them with due costs. Figs. 12 and 13 indicate that, except relatively short (10 to 30 years) horizons, the resulting optimum spacings do not differ very radically from the results received in the basic comparison.

Finally there are analyzed the relationships between spacings and »benefit coefficients», or B/C ratios. The spacing which leads to the maximum »benefit coefficient» may coincide with the optimum spacing only casually. Increases in spacing seem to bring about relatively rapid changes in the coefficient (Fig. 14).

6. Results and their reliability

The main results of the study can be reduced as following:

The optimum spacing of drains depends rather decisively on the value the decision maker gives to additional future cutting possibilities in relation to the corresponding increases in drainage costs. The steeper the decision maker's rate of time preference the wider are the optimal spacings, and the more extensive the drainage investment should be.

Reaching of the economic optimum implies that narrower spacings are used on level swamps than on swamps which are sloping. Similarly there should be chosen wider spacings on poor sites and narrower on good quality peatlands.

In the north the optimum spacings seem to be wider than in the south.

Particularly the last two of the results are very contrary to what has been thought before and what is the usual practice. Therefore it is considered necessary to discuss and evaluate the basic assumptions and sample plot material more thoroughly. The main comparisons were confined to the cost curves only, but the units of measure were meters of drain per one »pm³». So it is asked whether both inputs and outputs used in calculations are representative of the present forest drainages.

The representativeness of the inputs (meters of drain per hectare) seems to be rather unquestionable and the possible errors less significant. Thus the discussion concentrates on the output side, i.e. on determination of the »pm³»s. Both the representativeness of the sample plots and the effects of variation in stumpage price ratios are scrutinized.

First, however, it is given some numbers to illustrate the magnitude of the variance of results (Table 19). The draining effect is known to be stronger on the lower side of the drain than on the upper side. Because no sample plot covers both sides, the mean is the only unbiased estimate of whole swamps. The variance and the standard error of mean are biased for this purpose and overestimate the true values. Therefore no tests of significance are considered to be wellfounded. Conclusions are based on other features of the results, mainly on their logical consistency.

The significance of the output numbers depends on answers to two separate problems: whether the sample plot data are correct and representative and whether the stumpage price ratios, used in weighing up the different timber assortments into one »pm³» number, are unbiased.

First it is considered the possible errors in the method of adding up narrow strips measured on one and same spacing to get estimates for different other spacings. Then it is evaluated how the results will be influenced by the evident changes in drainage technique, especially by the wider openings and the less effective locating of drains in relation to swamp contours as compared to those of 1930's. The conclusion results that the probable errors or changes are reversing each other.

The influence of stumpage price ratios is studied by calculating a part of the results also on the basis of regional ratios (Table 21). Comparison of the new and old numbers shows deviations which e.g. in the »pm³» ratios of 60 meter and 20 meter spacings do not acceed one per cent unit (Fig. 15). As the temporal differences in stumpage price ratios during past decades have not been very much greater than the interregional ones, it is considered wellfounded to assume the final results to be rather independent of the price ratios used in weighing.

The findings about the relations of optimum spacings on various swamps have thus been confirmed and are recommended to be followed in practice. However, some stipulations are necessary:

- spacings from 20 to 60 meters only are studied, and no exact estimates can be derived from the curves presented if the optimum is over 60 meters;
- swamps which are not forest growing naturally are excluded;
- the effects of altitude have not been analyzed;
- the inclination zones reflect the average slope of terrain, but not necessarily the local differences;
- there are lacking sample plots from some parts of Finland, especially from the 20 to 30 kilometer wide strip along the coast of the Gulf of Bothnia; and
- combining of fertilization to drainage may alter the optimum spacings.

In the preceding the author has also tried to apply a part of the ideas and models developed in his previous work »Time element and investment calculations in timber growing. Theoretical fundamentals», published as Acta For. Fenn. 120. The most essential difference, as compared to the traditional methods, is that there is given up attempts to figure out one exact and final optimum, or optimums connected with certain discount rates. Instead of that there are marginal cost curves calculated and presented in units of measure which leave the value problems almost entirely to the decision maker himself. Thus he may choose the spacings according to his personal preferences.

It is the author's opinion that the trial has been a success. The wider interpretation and structure given to the concept of investment calculation has made it possible to analyze and illustrate the relationships more thoroughly and still more uncomplicatedly than otherwise. Even more fruitful it is turning out to be in cases where it is compared forest improvements which have income effects of widely different duration, such as forest fertilization, drainage, and afforestation. The results of these comparisons will be published within a few months as the five year long main study ends. Before that this substudy with the earlier one will be presented to the faculty of agriculture and forestry in the University of Helsinki as a dissertation for the Doctor's degree in business economics of forestry.

KELTIKANGAS, MATTI O.D.C. 651.78

1971. Effects of drain spacing on the economic results of forest drainage investments. – ACTA FORESTALIA FENNICA 123. 70 p. Helsinki.

The aim of the study is to determine how the spacing of drains affects the economic results of forest drainage projects. On the basis of empirical material consisting of 411 sample plots, it is presented marginal cost curves showing how many meters more of drains it is needed to increase the value of stock, 35 years after the drainage, by a value equivalent of one cu.m of coniferous pulpwood. Results indicate that wider spacings ought to be used on poor sites, on sloping swamps, and in the north.

Author's address: Department of Social Economics of Forestry, University of Helsinki, Unioninkatu 40 B, 00170 Helsinki 17, Finland.

KELTIKANGAS, MATTI O.D.C. 651.78

1971. Effects of drain spacing on the economic results of forest drainage investments. – ACTA FORESTALIA FENNICA 123. 70 p. Helsinki

The aim of the study is to determine how the spacing of drains affects the economic results of forest drainage projects. On the basis of empirical material consisting of 411 sample plots, it is presented marginal cost curves showing how many meters more of drains it is needed to increase the value of stock, 35 years after the drainage, by a value equivalent of one cu.m of coniferous pulpwood. Results indicate that wider spacings ought to be used on poor sites, on sloping swamps, and in the north.

Author's address: Department of Social Economics of Forestry, University of Helsinki, Unioninkatu 40 B, 00170 Helsinki 17, Finland.

KELTIKANGAS, MATTI O.D.C. 651.78

1971. Effects of drain spacing on the economic results of forest drainage investments. – ACTA FORESTALIA FENNICA 123. 70 p. Helsinki.

The aim of the study is to determine how the spacing of drains affects the economic results of forest drainage projects. On the basis of empirical material consisting of 411 sample plots, it is presented marginal cost curves showing how many meters more of drains it is needed to increase the value of stock, 35 years after the drainage, by a value equivalent of one cu.m of coniferous pulpwood. Results indicate that wider spacings ought to be used on poor sites, on sloping swamps, and in the north.

Author's address: Department of Social Economics of Forestry, University of Helsinki, Unioninkatu 40 B, 00170 Helsinki 17, Finland.

KELTIKANGAS, MATTI O.D.C. 651.78

1971. Effects of drain spacing on the economic results of forest drainage investments. – ACTA FORESTALIA FENNICA 123. 70 p. Helsinki.

The aim of the study is to determine how the spacing of drains affects the economic results of forest drainage projects. On the basis of empirical material consisting of 411 sample plots, it is presented marginal cost curves showing how many meters more of drains it is needed to increase the value of stock, 35 years after the drainage, by a value equivalent of one cu.m of coniferous pulpwood. Results indicate that wider spacings ought to be used on poor sites, on sloping swamps, and in the north.

Author's address: Department of Social Economics of Forestry, University of Helsinki, Unioninkatu 40 B, 00170 Helsinki 17, Finland.

ACTA FORESTALIA FENNICA

EDELLISIÄ NITEITÄ — PREVIOUS VOLUMES

Vol. 113, 1971. Leo Heikurainen.
Pohjavesipinta ja sen mittaaminen ojitetuilla soilla. Summary: Ground Water Table in drained Peat Soils and its Measurement.

Vol. 114, 1971. Leo Heikurainen ja Pertti Veijola.
Lannoituksen ja sarkaleveyden vaikutus rämeen uudistumiseen ja taimien kasvuun. Summary: Effect of Fertilization and Ditch Spacing on Regeneration and Seedling Growth in Pine Swamps.

Vol. 115, 1971. Tauno Kallio.
Aerial Distribution of some wood-inhabiting Fungi in Finland. Seloste: Eräiden kuusen puuaineksessa kasvavien sienien Suomessa ilmateitse tapahtuva leviäminen.

Vol. 116, 1971. Aarne Nyyssönen, Pentti Roiko-Jokela and Pekka Kilkki.
Studies on Improvement of the Efficiency of Systematic Sampling in Forest Inventory. Seloste: Systemaattiseen otantaan perustuvan metsän inventoinnin tehokkuudesta.

Vol. 117, 1971. Tauno Kallio.
Protection of Spruce Stumps against *Fomes annosus* (Fr.) Cooke by some Wood-inhabiting Fungi. Seloste: Kuusen kantojen maannousemasieni-infektion estäminen muutamia puussa kasvavia sieniä käyttäen.

Vol. 118, 1971. Eino Oinonen.
The Time Table of Vegetative Spreading in Oak Fern (*Carpogymnia dryopteris* (L.) Löve & Löve) and May-Lily (*Mainthemum bifolium* (L.) F. W. Schmidt) in Southern Finland. Seloste: Kasvullisen leviämisen aikataulu metsäimarteella (*Carpogymnia dryopteris* (L.) Löve & Löve) ja oravanmarjalla (*Maianthemum bifolium* (L.) F. W. Schmidt) Etelä-Suomessa.

Vol. 119, 1971. Leo Ahonen.
Diskonttausarvo ja hakkuiden ajallinen tahdistus. Referat: Diskontierungswert und zeitliche Einordnung des Einschlags.

Vol. 120, 1971. Matti Keltikangas.
Time Factor and Investment Calculations in Timber Growing. Theoretical Fundamentals. Seloste: Aikatekijä ja investointilaskelmat puunkasvatuksessa. Teoreettisia perusteita.

Vol. 121, 1971. Paavo Havas.
Injury to Pines in the Vicinity of a Chemical Processing Plant in Northern Finland. Seloste: Männyn vaurioista erään Pohjois-Suomen kemiallisen tehtaan läheisyydessä.

Vol. 122, 1971. Pekka Kilkki.
Optimization of Stand Treatment Based on the Marginal Productivity of Land and Growing Stock. Seloste: Maan ja puuston rajatuottavuuksiin perustuva metsikön käsittelyn optimointi.

KANNATTAJAJÄSENET — UNDERSTÖDANDE MEDLEMMAR

CENTRALSKOGSNÄMNDEN SKOGSKULTUR
SUOMEN PUUNJALOSTUSTEOLLISUUDEN KESKUSLIITTO
OSUUSKUNTA METSÄLIITTO
KESKUSOSUUSLIIKE HANKKIJA
SUNILA OSAKEYHTIÖ
OY WILH. SCHAUMAN AB
OY KAUKAS AB
RIKKIHAPPO OY
G. A. SERLACHIUS OY
TYPPI OY
KYMIN OSAKEYHTIÖ
SUOMALAISEN KIRJALLISUUDEN KIRJAPAINO
UUDENMAAN KIRJAPAINO OSAKEYHTIÖ
KESKUSMETSÄLAUTAKUNTA TAPIO
KOIVUKESKUS
A. AHLSTRÖM OSAKEYHTIÖ
TEOLLISUUDEN PAPERIPUUYHDISTYS R.Y.
OY TAMPELLA AB
JOUTSENO-PULP OSAKEYHTIÖ
TUKKIKESKUS
KEMI OY
MAATALOUSTUOTTAJAIN KESKUSLIITTO
VAKUUTUSOSAKEYHTIÖ POHJOLA
VEITSILUOTO OSAKEYHTIÖ
OSUUSPANKKIEN KESKUSPANKKI OY
SUOMEN SAHANOMISTAJAYHDISTYS
OY HACKMAN AB
YHTYNEET PAPERITEHTAAT OSAKEYHTIÖ