

FOLIA FORESTALIA 516

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1982

JUHANI PÄIVÄNEN

HAKKUUN JA LANNOITUKSEN
VAIKUTUS VANHAN
METSÄOJITUSALUEEN
VESITALOUTEEN

THE EFFECT OF CUTTING
AND FERTILIZATION ON
THE HYDROLOGY OF AN
OLD FOREST DRAINAGE
AREA



METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

Osoite: Unioninkatu 40 A
Address: SF-00170 Helsinki 17, Finland

Puhelin: (90) 661 401
Phone:

Ylijohtaja: <i>Director:</i>	Professori <i>Professor</i>	Olavi Huikari
Yleisinformaatio: <i>General information:</i>	Tiedotuspäällikkö <i>Information Chief</i>	Tuomas Heiramo
Julkaisujen jakelu: <i>Distribution of publications:</i>	Kirjastonhoitaja <i>Librarian</i>	Liisa Ikävalko-Ahvonon
Julkaisujen toimitus: <i>Editorial office:</i>	Toimittaja <i>Editor</i>	Seppo Oja

Metsäntutkimuslaitos on maa- ja metsätalousministeriön alainen vuonna 1917 perustettu valtion tutkimuslaitos. Sen päätehtävänä on Suomen metsätaloutta sekä metsävarojen ja metsien tarkoituksenmukaista käyttöä edistävä tutkimus. Metsäntutkimustyötä tehdään lähes 800 hengen voimin yhdeksällä tutkimusosastolla ja yhdeksällä tutkimus- ja koeasemalla. Tutkimus- ja koetoimintaa varten laitoksella on hallinnassaan valtion-metsiä yhteensä n. 150 000 hehtaaria, jotka on jaettu 17 kokeilualueeseen ja joihin sisältyy kaksi kansallis- ja viisi luonnonpuistoa. Kenttäkokeita on käynnissä maan kaikissa osissa.

The Finnish Forest Research Institute, established in 1917, is a state research institution subordinated to the Ministry of Agriculture and Forestry. Its main task is to carry out research work to support the development of forestry and the expedient use of forest resources and forests. The work is carried out by means of 800 persons in nine research departments and nine research stations. The institute administers state-owned forests of over 150 000 hectares for research purposes, including two national parks and five strict nature reserves. Field experiments are in progress in all parts of the country.

FOLIA FORESTALIA 516

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1982

Juhani Päivänen

HAKKUUN JA LANNOITUKSEN VAIKUTUS VANHAN
METSÄOJITUSALUEEN VESITALOUTEEN

The effect of cutting and fertilization on the hydrology
of an old forest drainage area

PÄIVÄNEN, J. 1982. Hakkuun ja lannoituksen vaikutus vanhan metsäojitusalueen vesitalouteen. Summary: The effect of cutting and fertilization on the hydrology of an old forest drainage area. *Folia For.* 516:1—19.

Tutkimuksessa tarkasteltiin harvennuksen ja avohakkuun vaikutusta kuusi- ja mäntyvaltaisen vanhan ojitusalueen vesitalouteen paksaturpeisella suolla. Mäntyvaltaisella alueella oli myös lannoitettu koejäsen. Tutkimuksessa sovellettiin kalibrointi- ja vertailukoeala -menetelmää. Harvennettävien koealojen leimauksessa käytettiin alaharvennussperiaatetta.

Saadut tulokset ovat pääosin yhtäpitäviä aiempien metsikköhydrologisten selvitysten kanssa. Hakkuun vaikutuksesta pohjavesipinta nousee ja nousu on sitä suurempi, mitä voimakkaammasta hakkuusta on kyse. Poistetun puuston tilavuus näytti selittävän maan vesivaraston muutosta varsin hyvin. Tässä tutkimuksessa ei aiemmista selvityksistä poiketen voitu todeta lannoituksen ainaakaan kolmen ensimmäisen lannoitusta seuranneen vuoden aikana vaikuttaneen pohjavesipinnan tasoon.

The paper deals with the effects of thinning and clearcutting on the water regime in an old forest drainage area on deep peat soil growing Norway spruce (*Picea abies*) and Scots pine (*Pinus sylvestris*) dominant stands. In the pine-dominant area there was also a fertilized sample plot. A calibration period — control plot -method was applied in the study. The thinning method used was the so called low thinning where the trees removed belonged to the dominated crown layers.

The results agree fairly well with the earlier studies dealing with the hydrology of tree stands. As a result of cutting the ground water table rises, and the rise is the greater the heavier the cutting. The average increase in soil water supply seemed to depend quite evidently on the volume of the growing stock removed. The favorable effect of fertilization sometimes reported did not appear during the first three years after treatment in this study.

ODC 2--114.444:237.4 : 116.2
ISBN 951-40-0568-6
ISSN 0015-5543

Helsinki 1982. Valtion painatuskeskus

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	4
2. TIEDOT TUTKIMUSKOHTEISTA	4
21. Tutkimusalue	4
22. Puusto	5
23. Turveprofiilit	5
3. TUTKIMUSMENETELMÄ JA SUORITETUT TOIMENPITEET	6
4. TUTKIMUSTULOKSET	8
41. Sadanta	8
42. Pohjavesipinnan etäisyyden kesto	9
43. Pohjavesipinnan etäisyyden muutokset	10
44. Maan vesivaraston muutokset	11
5. TULOSTEN TARKASTELU	16
6. YHTEENVETO JA PÄÄTELMÄT	17
KIRJALLISUUS — REFERENCES	18
SUMMARY	19

1. JOHDANTO

Metsäojitusalueilla suoritetuilla metsänhoidollisilla toimenpiteillä on voitu osoittaa olevan vaikutusta sekä maahan pääsevään vesimäärään, pohjavesipinnan etäisyyteen että epäsuorasti myös alueelta tapahtuvaan haihduntaan ja valuntaan (Heikurainen 1967, Heikurainen ja Päivänen 1970, Päivänen 1972, 1974). Toimenpiteet vaikuttavat luonnollisesti myös metsiköiden lumi- ja routasuhteisiin (Päivänen 1973). Tähän mennessä saatuja tuloksia on synteesisomaisesti referoitu äskettäin julkaistussa kirjallisuuskatsauksessa (ks. Päivänen 1980 a). Katsauksen kokoamisvaiheessa tämän tutkimuksen aineistonkäsittely oli vielä kesken; eräitä esituloksia on sittemmin esitetty 6. kansainvälisessä suo- ja turvekongressissa (Päivänen 1980 b). Työ kuuluu edellä mainittujen tutkimusten tavoin Helsingin yliopiston suomensätieteen laitoksessa suoritettujen metsikköhydrologisten tutkimusten

sarjaan. Tutkimuksen tavoitteena on selvittää eräiden metsänhoidollisten toimenpiteiden — voimakkuudeltaan erilaisten harvennusten ja lannoitusten — vaikutuksia vanhan ojitusalueen vesitalouteen.

Tutkimus on käynnistetty ja pääosin tehty Helsingin yliopiston suomensätieteen laitoksessa. Tutkimuksen pitkän keston vuoksi osa kenttätöistä on ohjattu kirjoittajan toimiessa Metsätehossa. Tutkimuksen valmistumista on oleellisesti edistänyt Suomen Akatemian maatalous-metsätieteellisen toimikunnan vuosiksi 1981—82 myöntämä rahoitustuki. Tutkimuksen käsikirjoituksen viimeistely on tapahtunut Metsäntutkimuslaitoksessa. Sekä maanomistaja, Kymi Kymmene että puunkorjuu- ja metsänhoito-organisaatio, Tehdaspuu Oy ovat ratkaisevasti vaikuttaneet tutkimuksen aloitukseen ja avustaneet sen toteutuksessa. Käsikirjoituksen ovat lukeneet prof. Leo Heikurainen, prof. Erkki Lähde, prof. Eero Paavilainen ja MML Jukka Laine. Englanninkieliset tekstit on tarkastanut David Hotton, B.Sc. — Kiitokset kaikille tutkimuksen onnistumiseen myötävaikuttaneille.

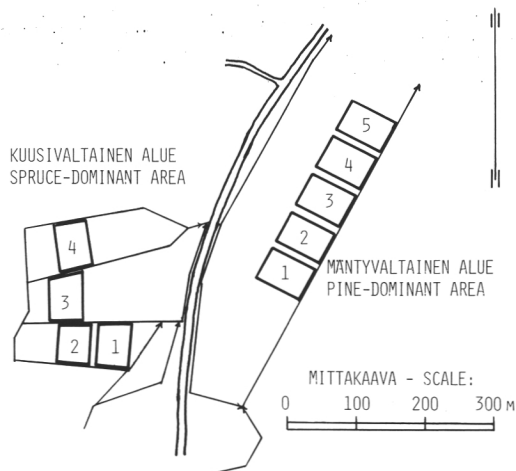
2. TIEDOT TUTKIMUSKOHTEISTA

21. Tutkimusalue

Tutkimus tehtiin Kymi Kymmenen Hallasippolan tilaan kuuluvalla Haukkasuolla Anjalankosken kunnassa (60°49'N; 26°56'E; 60 m m.p.y.). Vuoden keskilämpötila on alueella +4,0 °C ja heinäkuun keskilämpötila +17,1 °C. Vuotuinen sademäärä on noin 610 mm, josta noin 300 mm tulee touko—syyskuun aikana (Kuukausikatsaus . . . 1978).

Tutkimusalueiksi valittiin kuusivaltainen ja mäntyvaltainen metsikkö paksuturpeiselta suolta, joka oli ojitettu noin 40 vuotta aikaisemmin. Kuusivaltainen alue on kasvupaikkatyybiltään ruohoturvekangasta ja mäntyvaltainen alue pääosin varsinaisen saranevan muuttumaa, mutta aluetta sivuavan ojan varressa ja puolukkaturvekangasta.

Ojitus oli aikanaan suoritettu lapiotyönä. Kuusivaltaisella alueella sarkaleveys on noin 70 metriä ja mäntyvaltaisella alueella lähes 150 metriä (kuva 1). Alueiden ojat olivat vielä tyydyttävässä kunnossa; korkean veden aikaan kuusivaltaisellakin alueella, jossa ojien mataluminen oli ollut voimakkaampaa, vesi virtasi ojissa. Seuraava jaotelmä kuvaa ojien keskimääräistä kokoa tutkimuksen kenttätöiden päättyessä. Kuusivaltai-



Kuva 1. Koejärjestely.
Figure 1. The experimental layout

sella alueella luvut ovat kahdeksan ja mäntyvaltaisella alueella viiden mittauskohdan keskiarvoja. Ojien dimensioiden mittauskohdat määräytyivät koalojen keskellä saran poikki kulkevan pohjavesikaivolinjan jatkeen ja sarkaojan leikkauskohtaan; mäntyvaltaisella alueella mittaus kohdistui kuitenkin vain koalojen kaakkoisrajaa sivuvaan ojaan:

	Ojien keskimääräinen		
	syvyys	pintalev. cm	pohjan lev.
Kuusivaltainen alue	48	93	52
Mäntyvaltainen alue	90	142	43

22. Puusto

Tutkimuksen metsikkökoalat rajattiin maastoon syksyllä 1972 siten, että ne kuusivaltaisella alueella yltyivät saran poikki ojan keskeltä ojan keskelle. Mäntyvaltaisella alueella koalojen pitkät sivut olivat kohtisuorassa koalasarjaa sivuvaan ojaan nähden. Metsikkökoalojen koko oli jälkimmäisellä alueella täsmälleen 50 × 70 metriä, edellisellä sarkaojien vähäisen erisuuntaisuuden vuoksi koalojen muoto oli puolisuunnikas, jonka keskileveys saattoi poiketa jonkin verran 70 metristä. Koalojen välisen vaipan leveys oli 10 metriä (kuva 1).

Taulukko 1. Koealoittaiset puustotiedot ennen toimenpiteiden suorittamista.
Table 1. The tree stands of the sample plots before treatments.

a. Kokonaispuusto — a. The trees stand, totally.

Koeala Sample plot	Runkoluku Number of stems	Tilavuus, m ³ /ha Volume, m ³ /ha	Puulajisuhteet tilavuudesta — Per cent of volume		
			Kuusi — Spruce	Mänty — Pine	Koivu — Birch
Kuusivaltainen alue — Spruce-dominant area					
1	1552	176	59	23	18
2	1834	198	87	2	11
3	1929	149	85	2	13
4	1354	137	89	1	10
Mäntyvaltainen alue — Pine-dominant area					
1	3274	107	4	72	24
2	3028	111	6	64	30
3	2751	119	5	74	21
4	2706	120	4	77	19
5	2963	114	4	80	16

b. Markkinakelpoinen puusto (D 1.3 ≥ 7 cm) — b. The commercial tree stand (D 1.3 ≥ 7 cm)

Koeala Sample plot	Valtapiitus, m Dominant height, m	Pohjapinta-ala, m ² /ha Basal area, m ² /ha	Runkoluku/ha Number of stems	Tilavuus, m ³ /ha Volume, m ³ /ha	Rungon keskitilavuus, dm ³
					Mean volume of a stem, dm ³
Kuusivaltainen alue — Spruce-dominant area					
1	19.5	25.4	1396	175	126
2	22.1	27.2	1517	196	129
3	20.3	21.8	1574	147	93
4	18.1	19.1	1202	136	114
Mäntyvaltainen alue — Pine-dominant area					
1	13.1	16.2	1371	99	72
2	15.8	17.3	1337	104	78
3	16.1	18.0	1397	114	81
4	14.9	18.4	1389	114	82
5	13.4	17.5	1419	108	76

Taulukkoon 1 on koottu eräitä tietoja koalojen puustosta syksyllä 1975 suoritettujen mittausten perusteella ja ne edustavat siten tilannetta ennen toimenpiteiden suorittamista. Tiedot on esitetty erikseen koko puustoa (taulukko 1 a) ja sitä puuston osaa, josta on vähennetty pieniläpimittainen raivauspuu (taulukko 1 b), koskevana. Metsiköt ovat ilmeisesti olleet lähes hakuin käsittelemättömiä. Kuusivaltaisella alueella raivauspuiksi ($D 1.3 \leq 5$) luettuja puita oli 152—355 kpl/ha, mäntyvaltaisella alueella peräti 1317—1903 kpl/ha koealasta riippuen. Tämän vuoksi taulukon b-osa antaa tuotosopillisesti ja korjuuteknisesti paremman kuvan koalojen lähtöpuustosta. Koalojen puustossa on koealoittain jonkin verran vaihtelua, mutta käytetty tutkimusmenetelmä ei edellytäkään ehdotonta puuston tasaisuutta.

23. Turveprofiilit

Ensimmäisissä suomalaisissa tutkimuksissa, joissa tavoitteena oli selvittää metsänhoidollisten toimenpiteiden hydrologisia vaikutuksia ojitetulla suolla, määritettiin myös koeenttien pohjavesikertoimet (Heikurainen 1967). Pohjavesikertoimella ymmärretään pohjavesipinnan alenemisen (tai nousun) ja poistuneen (tai turpeeseen tulleen) vesimäärän vuorosuhdetta (Heikurainen 1963). Sitten tämän tyyppisissä tutkimuksissa ei ole kiinnitetty riittävästi huomiota turpeen

ominaisuuksiin lähinnä sen vuoksi, että pohjavesiker-
toimen kokeellinen määrittäminen on todettu erittäin
työlääksi. Käsillä olevan työnkin esitösten yhtey-
dessä jouduttiin vain toteamaan, että puustoon koh-
distuneen toimenpiteen lisäksi myös turveprofiilin
ominaisuudet vaikuttavat siihen, miten voimakkaasti
esimerkiksi keskimääräinen pohjavesipinnan taso suori-
tettuun toimenpiteeseen reagoi (Päivänen 1980 b).

Äskettäin valmistuneessa tutkimuksessa, joka käsit-
telee suolta tapahtuvan haihdunnan määrittämistä, on
kuitenkin voitu osoittaa, että pohjavesikerhoimet voi-
daan riittävän luotettavasti määrittää myös laskennal-
lisesti turpeen tiheysprofiilin avulla (Laine 1981). Tä-
män vuoksi otettiin syksyllä 1981 tutkimuksen kum-
maltakin vertailukoelalalta (ks. luku 3) 70 cm:n sy-
vyyteen ulottuva, läpimitaltaan 30 cm oleva häiriinty-
mätön turvenäyte ja näistä 10 cm:n välein kustakin
kerroksesta 4 kappaletta 348 cm³:n suuruista tilavuus-

tarkkaa näytettä. Samalla tehtiin havaintoja turvela-
jeista ja määritettiin turpeen maatumisuus von Postin
(1922) maatumisasteina.

Näytteet kuivattiin laboratoriossa 105 °C:ssa ja niille
laskettiin turpeen tiheydet (kuiva massa/tuore tila-
vuus). Kullekin näytteenottosyvyydelle laskettiin lisäk-
si turpeen tiheyden ja kerrossyvyyden perusteella teo-
reettinen pohjavesikerhoimen arvo (ks. Laine 1981, s.
50—51, taulukot 6 ja 8, regressiomallit 2/T ja 4/T).
Edellä esitetyllä tavalla kerätyt tiedot turveprofiileista
ovat taulukossa 2.

Turpeen paksuus mitattiin kaikilla koealoilla kunkin
pohjavesikaivon kohdalta 160 cm:n pituisella rassilla.
Kuusivaltaisella alueella turpeen paksuus oli keski-
määrin 104 cm. Koaloittain se vaihteli 85 cm:stä 125
cm:iin. Mäntyvaltaisella alueella turpeen paksuus oli
kaikissa mittauspisteissä yli 160 cm.

Taulukko 2. Tietoja koealueiden turveprofiilien ominaisuuksista.

Table 2. Some peat properties of different sampling depths from the experimental fields.

Kerros, cm Sampling depth, cm	Turvelaji Peat type	Maatumisaste ¹⁾ Degree of humification ¹⁾	Turpeen tiheys, g/cm ³ Bulk density, g/cm ³	Pohjavesikerroin ²⁾ Ground water coefficient ²⁾
Kuusivaltainen alue — Spruce-dominant area				
10—15	LC—t	H _{7—8}	.155 ± .006	3.9
20—25	C—t	H _{5—6}	.105 ± .005	5.2
30—35	C—t	H _{5—6}	.104 ± .002	5.7
40—45	C—t	H ₅	.098 ± .003	6.3
50—55	C—t	H ₅	.086 ± .004	6.5
Mäntyvaltainen alue — Pine-dominant area				
10—15	LCS—t	H ₆	.128 ± .008	3.7
20—25	SC—t	H ₄	.081 ± .004	5.0
30—35	SC—t	H ₄	.085 ± .004	5.5
40—45	SC—t	H ₅	.081 ± .002	6.1
50—55	SC—t	H ₆	.078 ± .004	6.4

1) von Postin (1922) mukaan — According to von Post (1922).

2) Ks. Heikurainen 1963 — See Heikurainen 1963.

3. TUTKIMUSMENETELMÄ JA SUORITETUT TOIMENPITEET

Kunkin koealan keskiviivalle kairattiin
kuusi pohjavesikaivoa määrävälein poikki
saran. Kaivot varustettiin lattaraudasta teh-
dyllä ristikolla, joka osoitti suonpinnan ta-
son ja jota käytettiin pohjavesipinnan ja
suonpinnan välisen etäisyyden mittausten
lähtökohtana. Ristikoiden korkeusasemat
vaadittiin 0,5 cm:n tarkkuudella vuosina
1973, 1975, 1976 ja 1978. Vertauspisteinä
käytettiin perusmaahan saakka lyötyjä rau-
tatankoja, joita kummallakin alueella oli
kaksi. Korkeusasemissa ei havaittu niin suu-
ria muutoksia, että ne olisivat edellyttäneet
korjauksia mitattuihin pohjavesipinnan etä-
isyyksiin.

Aukealla paikalla koealueiden itäpuolella
suoritettiin vapaan sadannan mittauksia sa-

depiirturilla kaikkina havaintokesinä. Alun-
perin oli tarkoituksena suorittaa metsiköis-
sä myös maahan pääsevän sademäärän (met-
sikkösadanta) mittaukset. Resurssipula ra-
joitti kuitenkin mittaukset vuosiin 1973
ja 1974. Metsikkösadannan mittauksia suo-
ritettiin tällöinkin ainoastaan kuusivaltaisen
alueen koealoilla 1 ja 4, kummallakin 25:llä
systemaattisesti sijoitetulla kesäsademitta-
rilla (keräysala 100 cm²), jotka olivat Hel-
singin yliopiston suometsätieteen laitoksella
kehitettyä mallia (ks. Päivänen 1966). Sade-
mittarien tyhjennystä ei myöskään voitu
suorittaa jokaisen sateen jälkeen, joten met-
sikkösadannasta saatiin näidenkin koealojen
kohdalla vain keskimääräinen kuva.

Metsänhoidollisten toimenpiteiden pohja-

vesipinnan tasoon kohdistuvia vaikutuksia selvittävässä tutkimuksen osassa sovellettiin kalibrointi-aika — vertailukoeala -menetelmää (Heikurainen 1967, Heikurainen ja Päivänen 1970). Pohjavesipinnan etäisyys suonpinnasta mitattiin seuraavasti:

Kalibrointikausi	Havaintokertoja
4.5.—27.9.1973	35
20.5.—16.9.1974	25
4.6.—16.9.1975	13
	yht. 73

Toimenpiteiden suoritusta seuraava kausi	
3.6.—30.9.1976	34
20.5.—29.9.1977	39
24.5.—22.9.1978	35
	yht. 108

Aineisto käsittää yhteensä 9774 yksittäistä pohjavesipinnan etäisyyden mittausta. Kullekin havaintokerralle laskettiin koaloittain pohjavesipinnan etäisyyden keskiarvo kuuden pohjavesikaivon perusteella.

Metsänhoidolliset toimenpiteet suoritettiin keväällä 1976 ennen havaintokauden alkua. Toimenpiteet olivat koaloittain seuraavat:

Koala	Toimenpide
Kuusivaltainen alue	
1	Vertailu
2	Harvennus, 26 % kokonaiskuutiomäärästä
3	Harvennus, 17 % kokonaiskuutiomäärästä
4	Avohakkuu
Mäntyvaltainen alue	
1	Vertailu
2	Lannoitus
3	Harvennus, 17 % kokonaiskuutiomäärästä
4	Harvennus, 30 % kokonaiskuutiomäärästä
5	Avohakkuu

Taulukko 3. Harvennetuille koaloille jätetyn puuston tunnuksat.
Table 3. The tree stand of the thinned sample plots after treatments.

Koala Sample plot	Valtapiuus, m Dominant height, m	Pohjapinta-ala, m ² /ha Basal area, m ² /ha	Runkoluku/ha Number of stems/ha	Tilavuus, m ³ /ha Volume, m ³ /ha	Rungon keskikoko, dm ³ Mean volume of a stem, dm ³
Kuusivaltainen alue — <i>Spruce-dominant area</i>					
2	22.1	17.8	651	146	224
3	20.3	17.6	1079	123	114
Mäntyvaltainen alue — <i>Pine-dominant area</i>					
3	16.1	14.8	968	97	100
4	14.9	13.1	738	84	114

Harvennettävien koalojen leimauksessa sovellettiin alaharvennusperiaatetta. Harvennus oli eri tavoin ilmaistuna voimakkuudeltaan seuraava (puusto, jonka $D_{1.3} \geq 7$ cm):

Koala	Runkoluvusta	Poistoprosentti	
		Pohjapinta-alasta	Tilavuudesta
Kuusivaltainen alue			
2	57.1	34.6	25.5
3	31.4	19.2	16.3
Mäntyvaltainen alue			
3	30.7	17.9	15.1
4	46.9	28.8	26.6

Alaharvennuksen toteutumista osoittaa se, että lievemmissä harvennuksissa on tilavuudesta poistettu 15—16 %, mutta runkoluvusta jo lähes kolmannes. Voimakkaammassakin harvennuksissa tilavuudesta on poistettu vain runsas neljännes, mutta runkoluvusta 47—57 %.

Leimauksessa suosittiin kuusivaltaisella alueella kuusta ja mäntyvaltaisella alueella mäntyä. Sekapuita jätettiin siten, että leimauksen jälkeen jäävä puusto oli mahdollisimman tasa-asentoista. Korjuu toteutettiin tasaisesti siten, ettei koaloille tullut ajouria. Myös vain raivauspuun mitat täyttivät puut kaadettiin.

Harvennetuille koaloille jätetyn puuston tunnuksat esitetään taulukossa 3. Verrattaessa käytettyjä harvennusvoimakkuuksia Keskusmetsälautakunta Tapion harvennusmallihin Etelä-Suomen kangasmaille on todettava, että erityisesti kuusivaltaisella alueella jäävän puuston pohjapinta-ala on alhainen (vrt. Etelä-Suomen metsien . . . 1981). Valtapiuus ei ehkä kuitenkaan sovi kovin hyvin leimausvoimakkuuden kriteeriksi ojitusalueiden metsissä, missä alkuperäisen, ojitusta edeltäneen puuston epätasaisuus on

vielä vaikuttamassa; puustossa on sekä isoja että pieniä puita. Samassa valtipituusvaiheessa pohjapinta-alaa ei siten kerry ojitusalueen puustossa yhtä paljon kuin kangasmaiden tasarakenteisemmissa metsiköissä. Vuokila (1980) toteaaakin, että yksityismetsälain tulkinnan sallimaa 15 %:a ohjepohjapinta-alaa alemmaa tasoa on käytettävä aukkoisissa, ryhmittäisissä puustoissa sekä hoitamattomien nuorten metsien ensiharvennuksissa, koska runkoluku jää muutoin liian korkeaksi. Kyseessä olevien koealojen voimakkaammassakaan harvennuksissa ei ole alitettu esim. Tehdaspuu Oy:n runkolukuun perustuvia harvennusohjeita. (Kasvatusmetsiköiden . . . 1979). Lievemmissä harvennuksissa runkoluku on jäänyt noin 300 runkoa/ha edellä mainitun rajan yläpuolelle.

Suoritettuja harvennuksia voidaan siten

pitää voimakkuudeltaan järkevinä puuston käsittelyn vaihtoehtoina ojitusalueiden metsissä. Myös hehtaarikohtaiset korjuukertymät muodostuisivat riittäviksi, jos normaalia ajouraväliä käytettäessä urilta kertyvät puumäärät otettaisiin huomioon. Puuston kehitystä ajatellen suoritettavat avohakkuut ovat olleet luonnollisesti ennenaikaisia, mutta koejärjestelyyn haluttiin sisällyttää myös puuston käsittelyn radikaalein vaihtoehto.

Lannoituskäsittely suoritettiin levittämällä miestyönä fosforirikasta Super Y-lannosta (N — P — K, 15 — 11 — 8) 500 kg/ha. Kuu-sivaltaisella alueella jouduttiin koealojen rajausvaiheessa tyytymään vain neljään koealaan, koska turpeen paksuus ei ylittänyt riittävän laajalla alueella rajaksi asetettua 80 cm:ä. Tämän vuoksi lannoituskäsittely jäi pois tältä alueelta.

4. TUTKIMUSTULOKSET

4.1. Sadanta

Tutkimuskesien sadantasuhteita kuvaa taulukko 4, joka on kerätty Ilmatieteen laitoksen kuukausikatsauksista (1973—78). Sääasema sijaitsee noin 13 km koealueelta lounaaseen. Myös koealueen välittömässä läheisyydessä suoritettiin vapaan sadannan mittauksia, mutta piirturin toimintaan liittyvien yksittäisten häiriöiden vuoksi näistä ei ollut mahdollista saada koko tutkimuskautta kattavaa aineistoa.

Yleispiirteinä voidaan todeta, että kesä 1975 oli poikkeuksellisen vähäsateinen ja kesät 1977 ja 1978 runsassateisia. Kesän 1974 kokonaissademäärä on suurin; osa syyskuun runsaista sateista jää kuitenkin tutkimuksen havaintokauden ulkopuolelle. Laskettaessa pohjavesimittausten havaintojaksoja vastaavien sulkeissa olevien sademäärien vuotuiset keskiarvot toisaalta kalibrointikaudelle (1973—75; 206 mm) ja toisaalta toimenpiteiden suoritusta seuraavalle kaudelle (1976—78; 270 mm) todetaan, että jäl-

Taulukko 4. Touko-syyskuun sademäärät (mm) tutkimuskesinä sekä pitkän ajanjakson keskiarvo Anjalankosken säähavaintoasemalla (Kuukausikatsaus . . . 1973—78).

Table 4. Precipitation (mm) from May through to September during the study and the long-term mean measured at Anjalankoski weather station (Kuukausikatsaus . . . 1973—78).

Kuukausi Month	Vuosi — Year						Keskiarvo 1931—1960 Mean 1931—1960
	1973	1974	1975	1976	1977	1978	
Touko—May	34	42	34	23	39	3	39
Kesä—June	24	58	21	55	46	57	53
Heinä—July	33	76	16	63	139	63	74
Elo—Aug.	45	72	38	36	50	99	76
Syys—Sep.	124	114	73	43	60	112	60
Yht.—Total	260(223) ¹⁾	362(288)	178(106)	220(192)	334(297)	334(322)	302

¹⁾ Sulkeissa olevat kokonaissademäärät vastaavat pohjavesimittausten havaintokausia, ks. s. 7.

¹⁾ Total amounts of precipitation in paranthesis equal the observation period for ground water, see p. 7.

kimmäinen on ollut noin 31 % edellistä sateisempi.

Kuten luvussa 3 mainittiin, suoritettiin tutkimuksen yhteydessä myös eräitä metsikkösadantamittauksia, jotka tosin resurssipulan vuoksi jäivät varsin suppeiksi. Kuusivaltaisen alueen koaloilla 1 ja 4 suoritettujen metsikkösadantamittausten (kummallakin koalalla 25 mittaria) ja aukealla alalla suoritettun vapaan sadannan mittausten perusteella ko. koalojen metsikkösadantaprosentit olivat seuraavat:

Havaintokausi	Koala 1	Koala 4
14.5.—27.9.1973	66.6 %	62.6 %
20.5.—16.9.1974	66.3 %	62.4 %

Prosenttiluvut osoittavat vain metsikkösadantamittarien keskimäärin keräämän osuuden vapaasta sadannasta. Runkovaluntaa ei mitattu, mutta sen osuus kuusikoissa on vähäinen (Päivänen 1966). Sademittarit tyhjenettiin ainoastaan pohjavesikaivojen mittausten yhteydessä eli 1—2 kertaa viikossa. Siten ei ole mahdollista analysoida esimerkiksi sateen intensiteetin vaikutusta maahan pääsevään sadantaan.

Saadut metsikkösadantaprosentit ovat keskimäärin jonkin verran pienempiä kuin mihin eräissä aiemmissa tutkimuksissa kuutiomäärältään lähes samanlaisissa kuusikoissa on päädytty (Päivänen 1966, 1974). Puustopidäntää voikin tämän tutkimuksen koaloilla nostaa suhteellisen runsas alikasvos. Käytetty menettely, jossa metsikkösadantamittarit saatettiin tyhjentää vasta usean päivän kuluttua sateesta voi myös liioitella puustopidännän määrää. Näyttäisi kuitenkin siltä, että puuston poistamisen

(avohakkuu) aiheuttama puustopidännän lakkaaminen on kyseessä olevissa metsiköissä noin kolmannes vapaan sadannan määrästä. Aiempien selvitysten perusteella vastaava muutos saattaa mäntyvaltaisella alueella olla 20—25 % vapaan sadannan määrästä (Päivänen 1966, 1974; Heikurainen ja Päivänen 1970). Todellisuudessa maahan ei kuitenkaan hakkuun jälkeenkään pääse koko sademäärä, koska myös hakkuutähteet pidättävät osan sateesta.

42. Pohjavesipinnan etäisyyden kesto

Kullekin koalalle laskettiin pohjavesipinnan etäisyyden keskiarvo kuuden pohjavesikaivon perusteella havaintokerroittain. Pohjavesipinnan etäisyyden kestoa eri koaloilla tarkasteltiin asettamalla havaintokerroittaiset keskimääräiset pohjavesipinnan etäisyydet suuruusjärjestykseen. Tarkastelu tapahtui kahdessa ryhmässä: Kalibrintikauden havainnot ja havainnot toimenpiteiden suorituksen jälkeen.

Kalibrintikaudella puolet havaintoajasta pohjavesipinnan etäisyys oli kuusivaltaisen alueen koaloilla ollut suurempi kuin 35—45 cm ja mäntyvaltaisella alueella vastaavasti 26—32 cm (taulukot 5 ja 6). Tämä osoittaa, että kuivatus on ollut kuusivaltaisella alueella keskimäärin tehokkaampi kuin mäntyvaltaisella alueella.

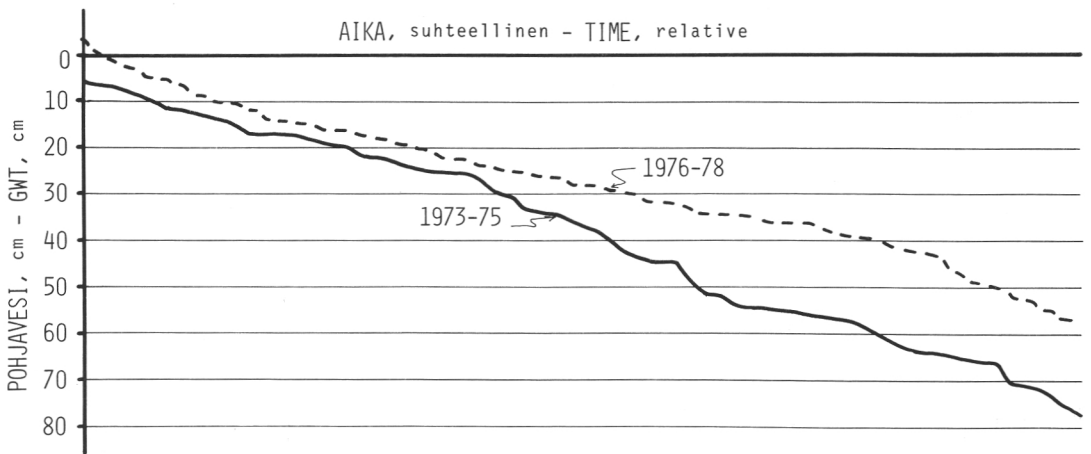
Pohjavesipinnan etäisyyden keston tarkastelu voidaan suorittaa myös graafisesti. Suuruusjärjestykseen asetetut pohjavesilukemat merkitään koordinaatistoon siten, että kullekin havaintovälille asetetaan yhtä suuri

Taulukko 5. Pohjavesipinnan etäisyyden kesto kuusivaltaisen alueen koaloilla.
Table 5. The duration of the ground water table (GWT) in the sample plots of the spruce-dominant area.

Koeala	Toimenpide	Kausi	Pohjavesipinnan etäisyys — Distance to GWT				
			min., cm	%:ssa havainnoista min., cm	suurempi kuin cm per cent of measurements greater than, cm	maks., cm	
1	Vertailu Control	1973—75	5.5	19.4	38.3	58.3	78.1
		1976—78	—5.4	15.9	28.1	37.8	56.6
3	Harv. 17 % Thinn.	1973—75	3.3	19.7	35.0	53.2	67.7
		1976—78	1.5	12.5	21.0	27.6	47.3
2	Harv. 26 % Thinn.	1973—75	7.2	28.6	45.3	63.1	78.2
		1976—78	—0.4	16.1	25.1	31.0	48.4
4	Avohakkuu Clearcutting	1973—75	5.0	18.7	35.7	54.6	66.4
		1976—78	—3.2	5.1	9.6	15.7	27.9

Taulukko 6. Pohjavesipinnan etäisyyden kesto mäntyvaltaisen alueen koaloilla.
 Table 6. The duration of the ground water table (GWT) in the sample plots of the pine-dominant area.

Koeala Sample plot	Toimenpide Treatment	Kausi Period	Pohjavesipinnan etäisyys — Distance to GWT				
			min., cm min., cm	%:ssa havainnoista suurempi per cent of measurements greater than, cm			maks., cm max., cm
				75	50	25	
1	Vertailu Control	1973—75	8.5	20.1	28.9	49.1	63.9
		1976—78	5.5	17.0	23.4	30.4	45.8
2	Lannoitus Fertiliz.	1973—75	5.4	16.9	26.5	47.0	64.7
		1976—78	1.9	14.4	21.9	29.7	43.5
3	Harv. 17 % Thinn.	1973—75	5.3	17.9	28.2	49.0	64.0
		1976—78	2.4	13.1	20.0	26.7	41.2
4	Harv. 30 % Thinn.	1973—75	6.2	21.7	31.8	53.7	65.7
		1976—78	2.3	13.4	21.2	27.3	41.4
5	Avohakkuu Clearcutting	1973—75	8.6	22.2	31.8	51.5	66.2
		1976—78	1.5	9.3	14.2	21.3	33.0



Kuva 2. Pohjavesipinnan etäisyyden kesto kalibroitukautena (1973—75) ja toimenpiteiden suoritusta seuranneena kautena (1976—78) kuusivaltaisen alueen vertailukoelalla.

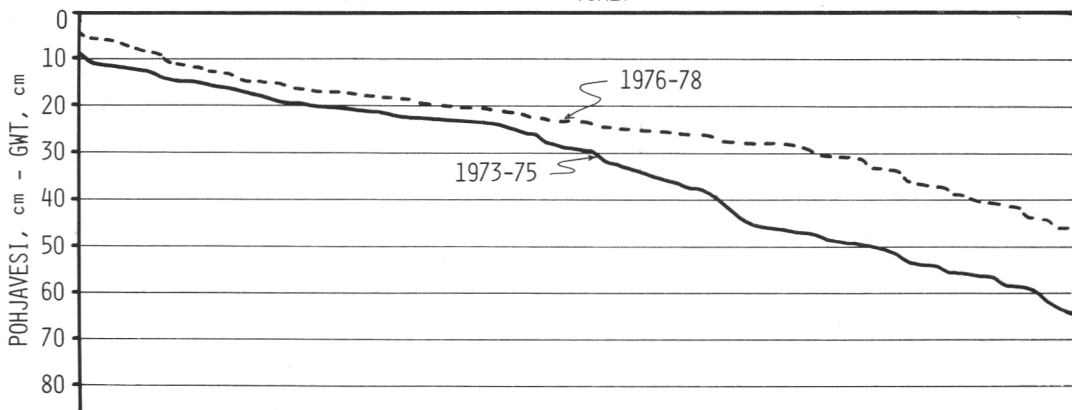
Figure 2. The duration of the ground water table (GWT) during the calibration period (1973—75) and during the period after treatments (1976—78) in the control sample plot of the spruce-dominant area.

pituusyksikkö x-akselille ja y-akselille merkitään pohjavesipinnan etäisyydet (Heikurainen 1971). Vertailukoalojen pohjavesipinnan etäisyyden kestojen tarkastelu (kuvat 2 ja 3) osoittaa toimenpiteitä seuranneen kolmen kesän mittaisen kauden olleen kalibroitukautta selvästi märemmän. Myös pohjavesipinnan etäisyyden vaihteluväli eli suurimman ja pienimmän havainnon erotus on pienempi toimenpiteitä seuranneena kuin edeltäneenä kautena. Nämä tekijät vaikeuttavat jossain määrin pohjavesipinnan etäisyyden keston perustuvan tarkastelun havainnollisuutta (taulukot 5 ja 6), jos nimenomaan toimenpiteiden vaikutuksia pyritään selvittämään.

43. Pohjavesipinnan etäisyyden muutokset

Sovellettu tutkimusmenetelmä mahdollistaa kuitenkin myös toimenpiteiden vaikutusten tarkastelun kausien erilaisuudesta huolimatta. Tutkittavan koalan pohjavesipinnan etäisyyden (y) ja vertailukoalan pohjavesipinnan etäisyyden (x) keskinäistä riippuvuutta tutkittiin erikseen kalibroitukautena (1973—75) ja erikseen toimenpiteiden suorituksen jälkeen (1976—78).

Laskelmien tuloksena saatiin hakkuin käsiteltävien (käsiteltyjen) koalojen kohdalla seuraavat suoraviivaiset riippuvuudet ja korrelaatiokertoimet (ks. myös kuva 4 ja 5):



Kuva 3. Pohjavesipinnan etäisyyden kesto kalibrointikautena (1973—75) ja toimenpiteiden suoritusta seuranneena kautena (1976—78) mäntyvaltaisen alueen vertailualalla.

Figure 3. The duration of the ground water table (GWT) during the calibration period (1973—75) and during the period after treatments (1976—78) in the control sample plot of the pine-dominant area.

Koela Sample plot	Kausi Period	Yhtälö Function	r
Kuusivaltainen alue — Spruce-dominant area			
3	1973—75	$y = -0.1 + 0.88x$	0.976
	1976—78	$y = 0.6 + 0.72x$	0.961
2	1973—75	$y = 7.1 + 0.95x$	0.986
	1976—78	$y = 5.0 + 0.69x$	0.946
4	1973—75	$y = 1.8 + 0.83x$	0.966
	1976—78	$y = 0.2 + 0.38x$	0.800
Mäntyvaltainen alue — Pine-dominant area			
3	1973—75	$y = -3.6 + 1.08x$	0.997
	1976—78	$y = -2.6 + 0.95x$	0.995
4	1973—75	$y = -0.3 + 1.07x$	0.995
	1976—78	$y = -2.1 + 0.95x$	0.991
5	1973—75	$y = 1.5 + 1.02x$	0.995
	1976—78	$y = -1.6 + 0.71x$	0.927

Koela Sample plot	Kausi Period	Yhtälö Function	r
2	1973—75	$y = -4.5 + 1.07x$	0.998
	1976	$y = -7.0 + 1.11x$	0.994
	1977	$y = -4.1 + 1.19x$	0.987
	1978	$y = -2.8 + 1.06x$	0.978

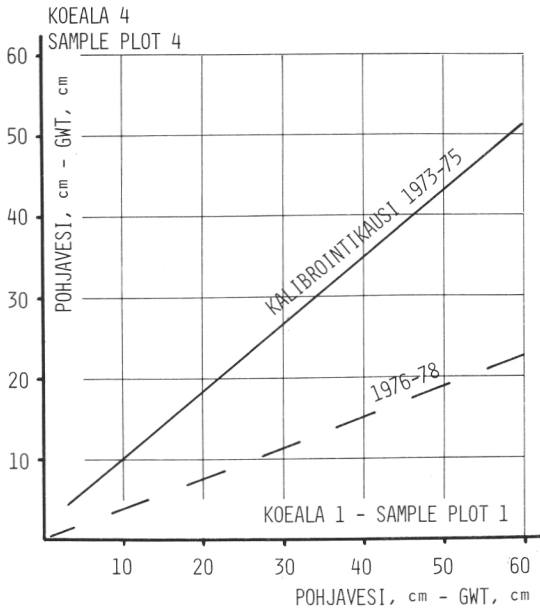
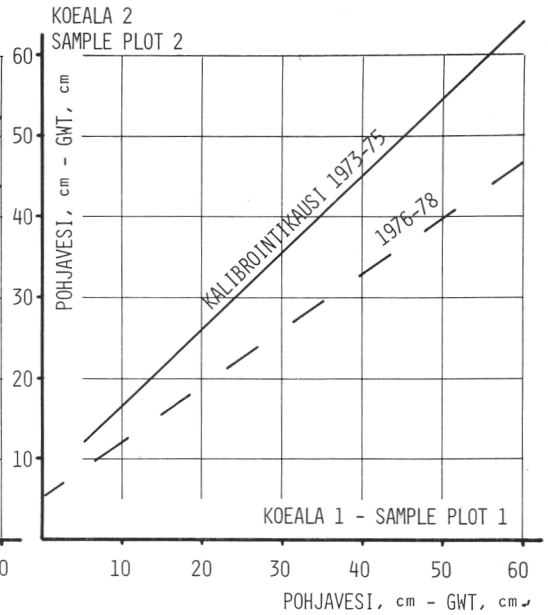
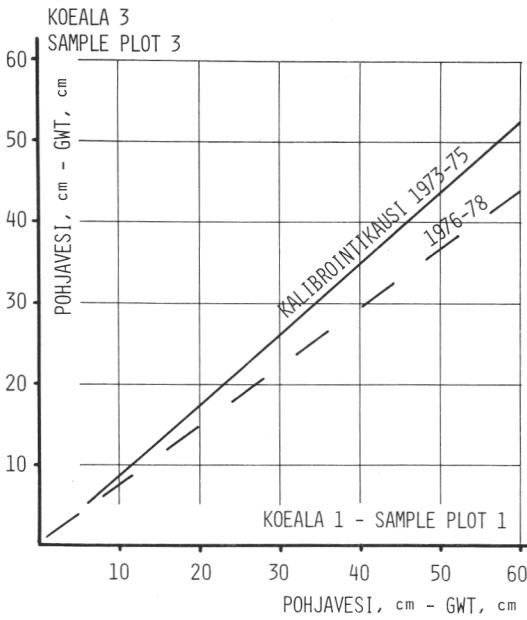
Lannoituksella ei siten näyttänyt tässä tutkimuksessa juurikaan olevan vaikutusta pohjavesipinnan tasoon. Tältä osin tulokset poikkeavat aiemmista tutkimuksista, joissa on todettu maahan pääsevän osan sadannasta pienentyvän (Päivänen 1972) ja maanpinnasta mitatun pohjavesipinnan etäisyyden lisääntyvän (Heikurainen ja Päivänen 1970) lannoituksen vaikutuksesta. Koska koelajojen puusto mitattiin vain kerran, syksyllä 1975, ei ole myöskään tietoa lannoituksen mahdollisesti aiheuttaman puuston kasvureaktion suuruudesta.

44. Maan vesivaraston muutokset

Pohjavesipinnan tasossa tapahtuvat muutokset riippuvat suoritettujen toimenpiteiden lisäksi oleellisesti turveprofiilin ominaisuuksista. Koska pohjavesikertoimen arvo kasvaa siirryttäessä turveprofiilissa pintakerroksista syvempiin kerroksiin (ks. taulukko 2), aiheuttaa sama vesimäärän lisäys (esim. avohakkuun vaikutuksesta maahan pääsevän sadannan lisäys) suuremman pohjavesipinnan nousun pohjavesipinnan ollessa syvällä

Regressiosuorien väli y-akselin suunnassa osoittaa suoraan toimenpiteiden aiheuttaman maanpinnasta mitatun pohjavesipinnan etäisyyden muutoksen. Voidaan havaita, että mitä voimakkaammin metsikköä on hakkuin käsitelty, sitä enemmän pohjavesipinnan taso on noussut vertailukoelajan ja kalibrointiajan perusteella laskettuun tasoon nähden. Tulos on yhtäpitävä aikaisempien selvitysten kanssa (Watterston ja Iyer 1964, Heikurainen 1967, Heikurainen ja Päivänen 1970, Päivänen 1974).

Lannoitettavan ja sittemmin lannoitetun mäntyvaltaisen koelajan kohdalla päädyttiin seuraaviin riippuvuuksiin (ks. myös kuva 6):



Kuva 4. Harvennuksen ja avohakkuun vaikutus pohjavesipinnan etäisyyteen kuusivaltaisen alueen koealoilla. Harvennuksen voimakkuus koealalla 3 17 %, koealalla 2 26 % ja koealalla 4 avohakkuu.

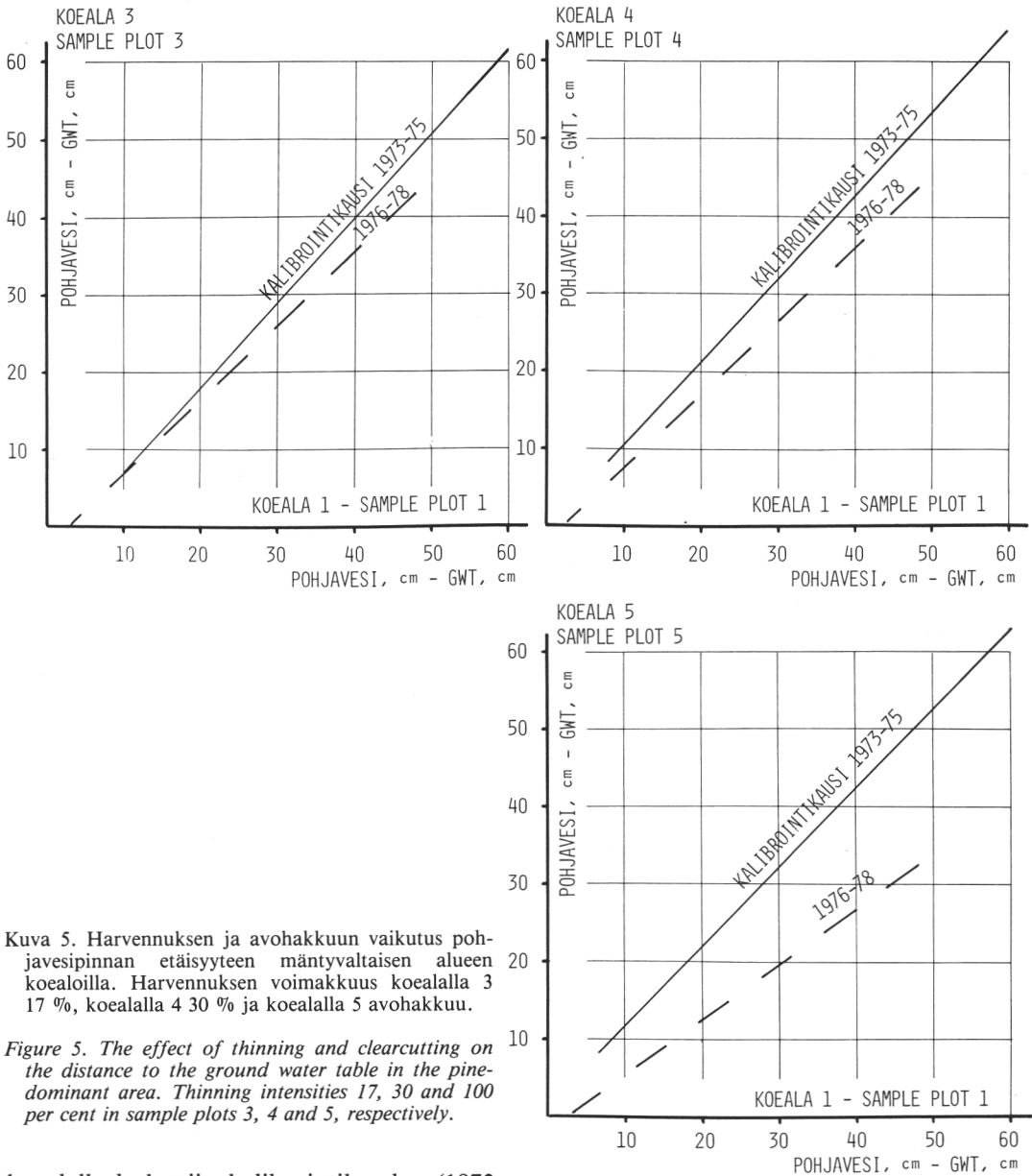
Figure 4. The effect of thinning and clearcutting on the distance to the ground water table in the spruce-dominant area. Thinning intensities 17, 26 and 100 per cent in sample plots 3, 2 and 4, respectively.

kuin sen ollessa lähellä turpeen pintaa. Sama ilmiö on havaittu myös mineraalimailla, joissa tehollinen huokostila yleensä pienenee tarkastelusyvyyden myötä (Lundin 1979).

Hakkuiden aiheuttamat pohjavesipinnan nousut (taulukko 7, yläosa) on muutettu pohjavesikertoimen (ks. taulukko 2) avulla vesivaraston lisäyksiksi (taulukko 7, alaosa). Voidaan havaita, että aikoina, jolloin vesipinta vertailualalla on ollut syvällä, on myös hakkuun aiheuttama suhteellinen vesivaras-

tos lisäys ollut suuri ja aikoina, jolloin vesipinta on ollut lähellä maanpintaa, vesivaraston lisäys on jäänyt vähäiseksi (ks. Heikurainen 1967). Pohjavesikertoimen ja havaintosyvyyden välillä vallitsevan riippuvuuden muodon vuoksi pohjavesipinnan muutoksissa havaintosyvyyden vaikutus näkyy tosin vielä selvemmin.

Voimakkuudeltaan erilaisten hakkuiden vaikutus vesivaraston muutokseen keskimäärin määritettiin seuraavasti: Kullekin



Kuva 5. Harvennuksen ja avohakkuun vaikutus pohjavesipinnan etäisyyteen mäntyvaltaisen alueen koelaloilla. Harvennuksen voimakkuus koelalla 3 17 %, koelalla 4 30 % ja koelalla 5 avohakkuu.

Figure 5. The effect of thinning and clearcutting on the distance to the ground water table in the pine-dominant area. Thinning intensities 17, 30 and 100 per cent in sample plots 3, 4 and 5, respectively.

koelalle laskettiin kalibrointikauden (1973—75) ja toimenpiteiden suoritusta seuranneen kauden (1976—78) pohjavesipinnan etäisyyksien mediaanien erotukset (taulukot 5 ja 6, ”50 prosentissa havainnoista suurempi kuin . . .”) ja ne muunnettiin edelleen pohjavesikertoimen avulla vesivaraston muutoksiksi. Saaduista luvuista vähennettiin vertailukoelalla tapahtunut vesivaraston muutos, jonka voidaan olettaa johtuvan havaintokausien sääolojen eroista. Näin lasketut koelakohtaiset keskimääräiset

maan vesivaraston lisäykset ovat toimenpiteiden aiheuttamia:

Koeala	Maan vesivaraston lisäys keskim., mm
Kuusivaltainen alue	
3	7
2	16
4	32
Mäntyvaltainen alue	
3	5
4	10
5	25

Taulukko 7. Hakkuun vaikutus pohjavesipinnan etäisyyteen ja maan vesivarastoon. Negatiiviset luvut osoittavat pohjavesipinnan nousua (cm) ja positiiviset luvut vesivaraston suurenemista (mm).

Table 7. Effect of cutting on the distance to the ground water table and on the water storage in peat. Negative figures indicate a rise in the ground water table (cm) and positive figures an increase in the water storage (mm).

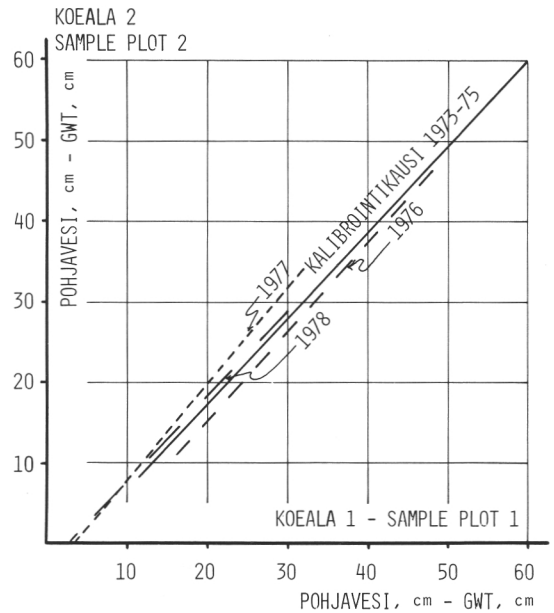
Pohjavesipinnan etäisyys vert. alalla, cm GWT in the control plot, cm	Kuusivaltainen alue Spruce-dominant stand Harvennus voimakkuus, % — Thinning intensity, %			Mäntyvaltainen alue Pine-dominant stand		
	17	26	100	17	30	100
Pohjavesipinnan muutos, cm — Change in the GWT, cm						
10	—1	—5	—6	—0	—3	—6
30	—4	—10	—15	—3	—6	—12
50	—7	—15	—24	—6	—9	—18
Vesivaraston muutos, mm — Change in the water storage, mm						
10	3	18	23	0	10	24
30	7	19	29	6	12	24
50	11	24	40	10	14	30

Saatuja keskimääräisiä maan vesivaraston lisäyksiä suhteutettiin puustotunnuksiin (jäljelle jätetty runkoluku, pohjapinta-ala, puuston tilavuus), niiden absoluuttisiin muutoksiin (poistettu runkoluku, pohjapinta-ala, tilavuus) ja suhteellisiin muutoksiin (poistoprosentti runkoluvusta, pohjapinta-alasta, tilavuudesta).

Hakkuussa jätetyn puuston määrä ei tässä työssä osoittautunut hyväksi maan vesivaraston lisäyksen selittäjäksi (vrt. Heikurainen 1967). Tällainen tarkastelulupa johtaa kahden ryhmän muodostumiseen (avohakatut ja puustoiset alat) ja saatava informaatio määrältään erilaisten puustojen vaikutuksesta vesivarastojen muutokseen jää vähäiseksi. Lähtöpuustojen erilaisuuden vaikutus vesivaraston muutokseen ei myöskään tule esille.

Poistoprosentteina ilmaistujen puuston muutosten ja vesivaraston lisäysten välillä oli havaittavissa selvää riippuvuutta koelaitteilla. Riippuvuudet asettuivat eri tasoille siten, että jos poistoprosentti oli sama, vesivaraston lisäys oli aina kuusivaltaisella alueella suurempi kuin mäntyvaltaisella alueella. Tämä havainto selittyy ainakin osaksi kuusivaltaisen alueen mäntyvaltaista aluetta suuremmalla lähtöpuuston määrällä.

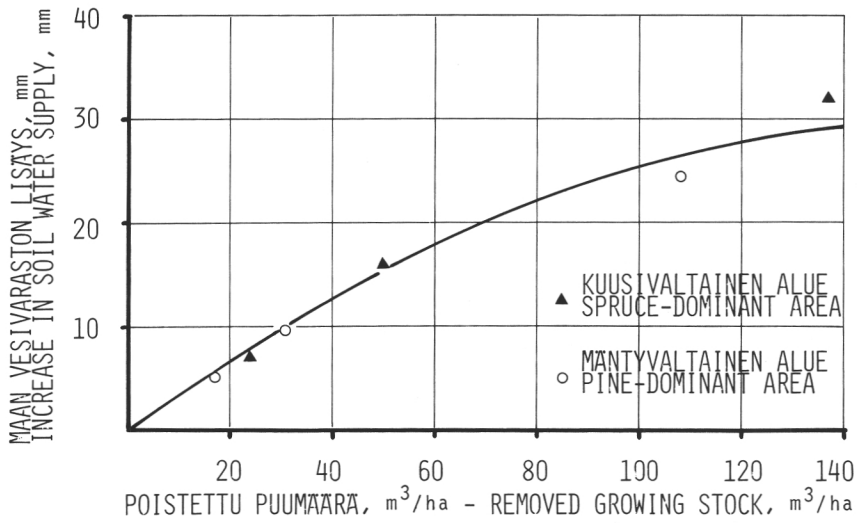
Parhaaksi maan vesivaraston lisäyksen selittäjäksi osoittautuikin tässä aineistossa hakkuussa poistetun puuston tilavuus (kuva 7). Vaikka havaintojen lukumäärä onkin vähäinen, tulosta on pidettävä loogisena.



Kuva 6. Lannoituksen vaikutus pohjavesipinnan etäisyyteen mäntyvaltaisen alueen koelaitteilla 2. Lannoitus suoritettu toukokuussa 1976.

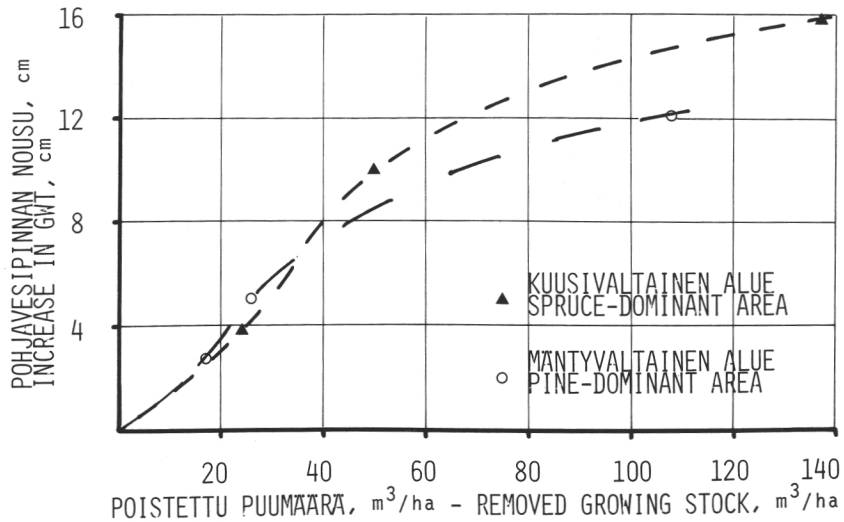
Figure 6. The effect of fertilization on the distance to the ground water table in the sample plot 2 of the pine-dominant area. Fertilization in May 1976.

Puuston tilavuus ottaa huomioon puustopidantään ja ilmeisesti myös metsikön haihduntaan oleellisesti vaikuttavan tekijän — oksien tuoretilavuuden neulasineen — suhteellisen hyvin (Kanninen ym. 1979). Näissä



Kuva 7. Hakuun aiheuttaman maan vesivaraston keskimääräisen lisäyksen riippuvuus poistetun puuston tilavuudesta.

Fig. 7. The dependence of the average increase in soil water storage on the volume of the growing stock removed in the cuttings.



Kuva 8. Hakuun aiheuttaman pohjavesipinnan keskimääräisen nousun riippuvuus poistetun puuston tilavuudesta.

Fig. 8. The dependence of the average increase in ground water table (GWT) on the volume of the growing stock removed in the cuttings.

tapahtuvat muutokset sisältyvät siten kuutiometreissä ilmaistuun poistetun puuston tilavuuteen.

Samalla tavalla laskettu pohjavesipinnan nousu (kuva 8) ei näytä selittyvän yhtä hyvin

kuin vesivaraston lisäys (kuva 7) poistetun puuston tilavuudella. Havainto tukee jo aiemmin esitettyä käsitystä turveprofiilin ominaisuuksien huomioon ottamisen tärkeydestä.

5. TULOSTEN TARKASTELU

Metsänhoidollisten toimenpiteiden vaikutuksesta maan vesivarastossa tapahtuneiden muutosten tarkka kvantitatiivinen vertaaminen metsikön vesitaseen muiden komponenttien mahdollisiin muutoksiin ei ole mahdollista käytettävissä olevan tiedon pohjalta. Tämän vuoksi onkin tyydyttävä päävaikutussuuntien pohdintaan.

Hakkuun vaikutuksesta maahan pääsevä vesimäärä suurenee heti ensimmäisen kasvukauden aikana. Suuntaa antavien metsikkö-sadantamittausten perusteella voitiin päätellä, että puustopidäntä kuusivaltaisella alueella ennen toimenpiteiden suorittamista oli noin kolmannes vapaan sadannan määrästä. Aikaisempien männiköissä suoritettujen sadantamittausten avulla arvioituna puustopidäntä mäntyvaltaisella alueella oli 20—25 %:n luokkaa vapaasta sadannasta. Täten avohakkuu on saattanut lisätä maahan pääsevää sademäärää kuusivaltaisella alueella hakkuuta seuranneena 3-vuotiskautena keskimäärin noin 90 mm:llä ja mäntyvaltaisella alueella noin 60 mm:llä kasvukautta kohden (vrt. taulukko 4). Hakkuutahtaiden vuoksi lisäys jää kuitenkin jonkin verran edellä mainittuja lukuja pienemmäksi (Heikurainen ja Päivänen 1970). Edelleen voidaan olettaa, että puumäärän väheneminen pienentää myös alueelta tapahtuvaa haihduntaa. Sadanta- ja haihduntaolosuhteiden muutokset vaikuttavat siten maan vesivarastoa lisäävästi. Toisaalta pohjavesipinnan tason noustessa myös valunta alueelta lisääntyy (Huikari ym. 1966, Heikurainen ja Päivänen 1970, Heikurainen 1971, Päivänen 1974, 1976, Ahti 1977), mikä on omiaan pienentämään ("leikkaamaan") esimerkiksi avohakkuun vaikutuksesta todettavaa vesivaraston suurenemista, joka tässä tutkimuksessa vertailukoalojen pohjavesipinnan mediaaniarvoa vastaavissa tilanteissa oli kuusivaltaisella alueella noin 32 mm ja mäntyvaltaisella alueella noin 25 mm. Pohjavesipinnan etäisyyden ja valunnan välisen riippuvuuden vuoksi vertailut eri tutkimusalueiden kesken tulisikin rajata kuivatusteknisesti sa-

mankaltaisiin olosuhteisiin. Kaiken kaikkiaan jo lyhyenkin aikavälin (esim. ensimmäinen kasvukausi) tarkasteluissa on varottava liian staattisen kuvan muodostamista metsänhoidollisten toimenpiteiden hydrologisista vaikutuksista.

Myös kasvukausien väliin jäävillä olosuhteilla — lumipeitteellä ja roudalla —, joita niin ikään voidaan metsänhoidollisilla toimenpiteillä muuttaa (Yli-Vakkuri 1960, Päivänen 1973), on hydrologiset vaikutuksensa. Niiden tarkastelu on kuitenkin jätetty tämän tutkimuksen ulkopuolelle.

Hakkuun suorituksesta kuluvan ajan myötä hydrologisten vaikutusten voimakkuus ilmeisesti vähenee. Esimerkiksi avohakkuualalla rehevöityvä pintakasvillisuus ja vesakko haihduttavat enemmän kuin ojitetun suon vast'ikään puustosta vapautettu pohjakerrosrajasto. Myös kangasmailla avohakkuun vaikutuksesta rehevöityvän kasvillisuuden on arvioitu varsin pian käytävän saman vesimäärän, kuin minkä pätehakkuussa poistettu puustokin käytti (Troedsson ja Utbult 1974). Harvennushakkuissa taas jätetty puusto täyttää vähitellen ainakin osaksi vapautuneen kasvutilan; pidäntä ja haihdunta suurenevat, vaikka eivät ehkä tavoittaisikaan hakkuuta edeltävää tasoa.

Haitallisimmin puuston määrää radikaalisesti vähentävät toimenpiteet vaikuttavat vanhojen ojitusalueiden vesioloihin uudistamisen yhteydessä (esim. suojustuuasentoon hakkuu tai avohakkuu). Ellei tällöin samanaikaisesti huolehdita heikkokuntoisten ojien perkauksesta, täydennys- tai uudelleen ojituksesta, voi soistumisprosessi käynnistyä uudelleen eli ojituksella aikaansaatu metsäekosysteemi lähteekin kehittymään takaisin kohti suoekosysteemiä (Heikurainen 1980). Luontaista uudistumista suosammat valtaantäpääsy saattaa edistää (Sarasto ja Sepälä 1964), mutta syntyvän puuston jatkuva kasvu edellyttää kuitenkin riittävää ilmatilaa maassa.

Edellä esitetyt näkökohdat korostavat

vanhojen ojitusalueiden ekologisia erityispiirteitä. Kangasmaiden metsiköiden harvennusmallit ja uudistamismenetelmät eivät ilmeisestikään sovellu sellaisinaan vanhoille ojitusalueille, vaan tuotos- ja metsänuudistamistutkimusta tulisikin enenevässä määrin suunnata turvekankaille.

Ojittamattomalla suolla hakkuun vaikutus saattaa olla edellä esitetystä poikkeava. Tästä antaa viitteitä — tosin ilmastollisesti jonkin verran toisenlaisista olosuhteista, Pohjois-Minnesotan mustakuusisoilta — äskettäin julkaistut tutkimustulokset (Boelter ja Verry 1977, Verry 1980). Avohakkuun vaikutuksesta pohjavesipinta nousi märkänä ja sateisena kautena noin 10 cm, mutta laski kuivana ja sateettomana kautena noin 19 cm kalibrointikauden ja vertailuvaluma-alueen avulla laskettuun tasoon nähden. Jälkimmäisen luvun suuruuteen vaikuttaa osaksi turpeen tiheyden kasvu siirryttäessä suon pinnasta syvempiin turvekerroksiin. Verry (1980) selittää pohjavesipinnan nousun märkänä kautena johtuvan lähinnä puustopiännän lakkaamisesta ja pohjavesipinnan laskun kuivana kautena olevan seurausta haihduntaolosuhteiden (tuuli-, säteily- ja maanpinnan lämpöolojen) ja pintakasvillisuuden (ruohovartistet korvaavat pelkän pohjakerrosalajiston) muutoksista. Edelleen on ilmeistä, että luonnontilaisen ja ojitetun suon erilaiset valuntakynnykset (esim. Heikurainen 1976) eli kuivatustekniset erot vaikuttavat hakkuun aiheuttamaan pohjavesi-

pinnan reagoititapaan.

Ruotsissa on todettu myös kivennäismaalla suoritettun avohakkuun lisänsen maan vesivarastoa ja nostaneen pohjavesipinnan tasoa (Lundin 1979). Yhdysvaltain kaakkoisvaltioissa rannikon hienojakoisilla kivennäismailla on niin ikään todettu hakkuun pohjavesipintaa nostava vaikutus (Trousell ja Hoover 1955), joskaan pohjavesipinnan nousu ei aina ole ollut suoraan riippuvainen poistetun puuston määrästä (Williams ja Lipscomb 1981). Siten on ilmeistä, että avohakkuun pohjavesipintaa nostava vaikutus saattaa erityisesti tiivis-pohjaisilla kangasmailla johtaa maan vetymiseen ja soistumisprosessin käynnistymiseen.

Tässä tutkimuksessa ei aiemmista selvityksistä (Heikurainen ja Päivänen 1970, Päivänen 1972) poiketen voitu todeta lannoituksen ainakaan kolmen ensimmäisen lannoitusta seuranneen vuoden aikana vaikuttaneen pohjavesipinnan tasoon. Koska kenttämitauksia ei ollut mahdollisuus jatkaa, jäi tämän kokeen kohdalla selvittämättä, olisiko lannoituksesta kuluvan ajan myötä toimenpiteen vaikutus tullut esiin. Lannoituksen mahdollisesti aiheuttamaa puuston kasvureaktiota ei tässä tutkimuksessa mitattu. Mainittakoon, että eräässä ruotsalaisessa kivennäismaalla suoritetussa tutkimuksessa ei myöskään voitu todeta lannoituksen vaikuttaneen maan vesivarastoon (Lundin 1979).

6. YHTEENVETO JA PÄÄTELMÄT

Tutkimuksessa on tarkasteltu eriasteisen harvennuksen ja avohakkuun vaikutusta kuusi- ja mäntyvaltaisen vanhan ojitusalueen vesitalouteen paksuturpeisella suolla Kaakkois-Suomessa. Mäntyvaltaisella alueella oli myös lannoitettu koejäsen. Tutkimuksessa sovellettiin kalibrointiaika-vertailukoeala -menetelmää. Harvennettävien koealojen leimauksessa käytettiin alaharvennusperiaatetta ja käsittelyt pyrittiin valitsemaan niin, että harvennuksia voidaan pitää järkevinä puuston käsittelyn vaihtoehtoina ojitusalueiden metsissä.

Saadut tulokset ovat pääosin yhtäpitäviä aiempien metsikköhydrologisten selvitysten kanssa. Hakkuun vaikutuksesta pohjavesi-

pinta nousee ja nousu on sitä suurempi, mitä voimakkaammasta hakkuusta on kyse. Kun turveprofiilin ominaisuudet (pohjavesikerroin) otetaan huomioon, poistetun puuston tilavuus näytti lähes puulajista riippumatta selittävän maan vesivaraston muutosta varsin hyvin.

Tällä hetkellä puuttuu vielä tietoa kasvustiheyden vaikutuksesta puuston kasvuun ja tuotokseen ojitetuilla turvemaidella. Koska maan vesitalous kuitenkin herkästi heikkenee hakkuun seurauksena, näyttäisi siltä, että voimakkaita harvennuksia tulisi välttää ojitusalueiden kasvatusmetsissä. Uudistamisen yhteydessä on huolehdittava vesitalouden kunnossapysymisestä ja tarpeen vaaties-

sa suoritettava ojien perkaus, täydennys- tai uusinta-ojitus.

Aikaisemmissa tutkimuksissa on yleensä todettu lannoituksen parantavan ojitetun suon vesitaloutta. Tämän on selitetty johtuvan lisääntyneen oksien ja neulasten tuo-

retilavuuden pidäntää ja haihdunnaa suurentavasta vaikutuksesta. Tämän tutkimuksen mäntyvaltaisen alueen lannoitetulla koelalla lannoituksen mahdollinen pohjavesipintaa syventävä vaikutus ei kuitenkaan tullut esille.

KIRJALLISUUTTA — REFERENCES

- AHTI, E. 1977. Runoff from open peatlands as influenced by ditching. I. Theoretical analysis. *Commun. Inst. For. Fenn.* 92.3. (16 s.).
- BOELTER, D.H. & VERRY, E.S. 1977. Peatland and water in the northern lake states. USDA Forest Service, Gen. Tech. Rep. NC -31. (22 s.).
- Etelä-Suomen metsien käsittelyohjeet. Keskusmetsälautakunta Tapio, Helsinki. Tapio 3/1981. (20 s.).
- HEIKURAINEN, L. 1963. On using ground water table fluctuations for measuring evapotranspiration. *Acta For. Fenn.* 76.5. (16 s.).
- 1967. Hakkuun vaikutus ojitettujen soiden vesitalouteen. Summary: On the influence of cutting on the water economy of drained peat lands. *Acta For. Fenn.* 82.2. (45 s.).
- 1971. Pohjavesipinta ja sen mittaaminen ojitetuilla soilla. Summary: Ground water table in drained peat soils and its measurements. *Acta For. Fenn.* 113. (23 s.).
- 1976. Comparison between runoff conditions on a virgin peatland and a forest drainage area. *Proc. 5th Int. Peat Congr.* 1:76—86.
- 1980. Kuivatuksen tila ja puusto 20 vuotta vanhoilla ojitusalueilla. Summary: Drainage condition and tree stand on peatlands drained 20 years ago. *Acta For. Fenn.* 167. (39 s.).
- & PÄIVÄNEN, J. 1970. The effect of thinning, clear cutting and fertilization on the hydrology of peatland drained for forestry. *Acta For. Fenn.* 104. (23 s.).
- HUIKARI, O., PAARLAHTI, K., PAAVILAINEN, E. & RAVELA, H. 1966. Sarkaleveyden ja ojasyvyyden vaikutuksesta suon vesitalouteen ja valuntaan. Summary: On the effect of strip-width and ditch-depth on water economy and runoff of a peat soil. *Commun. Inst. For. Fenn.* 61.8. (39 s.).
- KANNINEN, K., UUSVAARA, O. & VALONEN, P. 1979. Kokopuuraaka-aineen mittaus ja ominaisuudet. Summary: Measuring and properties of whole tree raw-material. *Folia For.* 403. (53 s.).
- Kasvatuseksperimenttien harvennusohjeet. Osakasmetsät. Tehdaspuu Oy, Kouvola 1979. (12 s.).
- Kuukausikatsaus Suomen ilmastoon, vsk. 67—72. Ilmatieteen laitos, Helsinki 1973—1978.
- LAINEN, J. 1981. Haihdunnan määrittäminen suon pohjavedenpinnan vuorokautisen vaihtelun avulla. Konekirjoite Helsingin yliopiston suomensäätieteen laitoksella. (124 s.).
- LUNDIN, L. 1979. Kalhugningens inverkan på markvattenhalt och grundvattennivå. Summary: The effect of clearcutting on soil moisture and ground-water level. Swedish University of Agricultural Sciences, Rep. Forest Ecology and Forest Soils 36. (35 s.).
- POST, L. von 1922. Sveriges geologiska undersöknings torvinventering och några av dess hittills vunna resultat. *Sv. Mosskulturför.* Tidskr. 1:1—27.
- PÄIVÄNEN, J. 1966. Sateen jakaantuminen erilaisissa metsiköissä. Summary: The distribution of rainfall in different types of forest stands. *Silva Fenn.* 119.3. (37 s.).
- 1972. The effect of fertilization on throughfall and ground water table in peatlands drained for forestry. *Proc. 4th Int. Peat Congr.* 3:469—477.
- 1973. Harvennuksen vaikutus lumi- ja routasuhteisiin nuorena turvemaan männikössä. Summary: The effect of thinning on the snow cover and soil frost conditions in a young Scots pine stand on drained peat. *Silva Fenn.* 7(2):114—128.
- PÄIVÄNEN, J. 1974. Hydrological effects of clear cutting in peatland forests. *Proc. Int. Symp. Forest Drainage, Jyväskylä—Oulu, Finland*, s. 219—228.
- 1976. Effect of different types of contour ditches on the hydrology of an open bog. *Proc. 5th Int. Peat Congr.* 1: 93—106.
- 1980 a. Metsänhoidollisten toimenpiteiden vaikutus vanhojen metsäojitusalueiden vesitalouteen. *Silva Fenn.* 14(2): 214—217.
- 1980 b. The effect of silvicultural treatments on the ground water table in Norway spruce and Scots pine stands on peat. *Proc. 6th Int. Peat Congr.*, s. 433—438.
- SARASTO, J. & SEPPÄLÄ, K. 1964. Männyn kylvöistä ojitettujen soiden sammal- ja jäkäläkasvustoihin. *Suo* 15(3): 54—58.
- TROEDSSON, T. & UTBULT, K. 1974. Hydrologiska och markfysikaliska förändringar genom kalhugning. Summary: Hydrological and soil physiological changes following clear felling. *Sv. Skogsförb. Tidskr.* 72(1): 66—74.
- TROUSDELL, K.B. & HOOVER, M.D. 1955. A change in ground-water level after clearcutting of loblolly pine in the coastal plain. *J. For.* 53(7): 493—498.
- VERRY, E.S. 1980. Water table and streamflow changes after stripcutting and clearcutting an undrained black spruce bog. *Proc. 6th Int. Peat Congr.*, s. 493—498.
- VUOKILA, Y. 1980. Metsänkasvatuksen perusteet ja menetelmät. WSOY — Porvoo. (256 s.).
- WATTERSTON, K.G. & IYER, J.G. 1964. Changes in hydromorphic soils produced by thinning of black spruce stands. University of Wisconsin, For. Res. Notes 107. (5 s.).
- WILLIAMS, T.M. & LIPSCOMB, D.J. 1981. Water table rise after cutting on coastal plain soils. *Southern J. Appl. For.* 5(1): 46—48.
- YLI-VAKKURI, P. 1960. Metsiköiden routa- ja lumisuhteista. Summary: Snow and frozen soil conditions in the forest. *Acta For. Fenn.* 71.5. (48 s.).

SUMMARY

THE EFFECT OF CUTTING AND FERTILIZATION ON THE HYDROLOGY OF AN OLD FOREST DRAINAGE AREA

The paper deals with the effect of some silvicultural measures — the intensity of thinning, clearcutting and fertilization — on the water regime in drained peat soils growing Norway spruce (*Picea abies*) and Scots pine (*Pinus sylvestris*) dominating stands. The study was carried out in Southeastern Finland (60°49' N; 26°56' E). The altitude of the study area is about 60 metres above sea level. The annual mean temperature of the month of July is +17,1 °C. The annual precipitation is about 610 mm and that of the summer months (May—September) about 300 mm.

The experimental plots were set up in the fall of 1972 in a peatland area with a deep peat layer drained about 40 years earlier. The experimental design is presented in Figure 1. The tree stands before and after the treatments are presented in Tables 1 and 3, respectively. Some properties of the peat profiles from the experimental fields can be seen in Table 2.

The research was based on a calibration period of three years (1973—1975) and control plots (Heikurainen 1967, Heikurainen and Päivänen 1970). The distance to the ground water table was recorded in each sample plot with six ground water wells; measurements were taken on average once a week during the growing seasons 1973—1978. In addition, throughfall measurements were performed in 1973 and 1974 in the sample plots 1 and 4 of the spruce-dominant area.

All the treatments were carried out in the early spring of 1976. The following treatments were used:

Sample plot	Treatment
Spruce-dominant area	
1	Control
2	Thinning, 26 per cent of the volume
3	” 17 ”
4	Clearcutting
Pine-dominant area	
1	Control
2	Fertilizing, NPK (15-11-8) 500 kg/ha
3	Thinning, 17 per cent of the volume
4	” 30 ”
5	Clearcutting

Throughout the calibration period, the average precipitation during the growing season was 206 mm and during the period after treatments 270 mm (Table 4). Before treatments the interception loss in the spruce-dominant stands was about 1/3 of the

gross precipitation. According to earlier studies (Päivänen 1966, 1974; Heikurainen and Päivänen 1970) it can be expected that the interception loss in the pine-dominant area was 20—25 per cent of the gross precipitation. The duration curves of the ground water table in the control plots also show that the period after treatments has been wetter than the period prior to the treatments (Figures 2 and 3).

The rise in the ground water table is the greater the heavier the cutting (Figures 4 and 5, regressions on p. 00). When the peat properties are taken into consideration the average increase in soil water storage seems to depend quite evidently on the volume of the growing stock removed in the cuttings (Figure 7). This relationship is even more pronounced than that observed between an increase in ground water table and the growing stock removed (Figure 8). Fertilization did not show any significant effect on the ground water table. In this respect the result differs from those obtained in the earlier studies (Heikurainen and Päivänen 1970, Päivänen 1972).

The hydrological effects of thinning, clearcutting and fertilization are discussed according to the results. Interception loss and probably also evapotranspiration are impaired by thinnings and clearcuttings. These result in an increase in the soil water storage. However, the rise of the ground water level also increases the runoff, which in turn reduces ("cuts") the potential increase in the soil water storage. With time, the hydrological effects produced by cuttings will decline. After some growing seasons the proliferating ground vegetation and hardwood sprouts on the clearcut area use more water than the moss layer immediately after clearcutting. In thinned stands the residual growing stock will take over at least partly the growing space; interception and evapotranspiration will increase even though they would not reach the level prior to the treatments. Generally, one should be careful not to form too static a view of the hydrological phenomena connected with silvicultural treatments.

However, from the viewpoint of tree growth intensive intermediate cuttings ought to be avoided on drained peatlands. The biological drainage effect of the tree stand in itself is of great importance, particularly on old drainage areas where the ditches may have collapsed. The favourable effect of fertilization sometimes reported did not appear in this study. In connection with regeneration, the correct drainage degree should be achieved through ditch cleaning, additional ditching or by planning a completely new drainage system.

ODC 2-114.444:237.4 : 116.2
ISBN 951-40-0568-6
ISSN 0015-5543

PÄIVÄNEN, J. 1982. Hakuun ja lannoituksen vaikutus vanhan metsäojitus-alueen vesitalouteen. Summary: The effect of cutting and fertilization on the hydrology of an old forest drainage area. *Folia For.* 516:1—19.

The study was performed in deep peat soil growing Norway spruce (*Picea abies*) and Scots pine (*Pinus sylvestris*) dominant stands. As a result of cutting the ground water table rose, and the rise was the greater the heavier the cutting. The average increase in soil water supply seemed to depend on the volume of the growing stock removed. In this study fertilization had no significant effect on the ground water table.

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17, Finland.

ODC 2-114.444:237.4 : 116.2
ISBN 951-40-0568-6
ISSN 0015-5543

PÄIVÄNEN, J. 1982. Hakuun ja lannoituksen vaikutus vanhan metsäojitus-alueen vesitalouteen. Summary: The effect of cutting and fertilization on the hydrology of an old forest drainage area. *Folia For.* 516:1—19.

The study was performed in deep peat soil growing Norway spruce (*Picea abies*) and Scots pine (*Pinus sylvestris*) dominant stands. As a result of cutting the ground water table rose, and the rise was the greater the heavier the cutting. The average increase in soil water supply seemed to depend on the volume of the growing stock removed. In this study fertilization had no significant effect on the ground water table.

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17, Finland.

Tilaa kortin kääntöpuolelle merkitsemäni julkaisut (julkaisun numero mainittava).

Please send me the following publications (put number of the publication on the back of the card).

Nimi
Name _____

Osoite
Address _____



Metsäntutkimuslaitos
Kirjasto/Library
Unioninkatu 40 A
SF-00170 Helsinki 17
FINLAND

METSÄNTUTKIMUSLAITOS

THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

Tutkimusosastot — *Research Departments*

Maantutkimusosasto
Department of Soil Science

Suontutkimusosasto
Department of Peatland Forestry

Metsänhoidon tutkimusosasto
Department of Silviculture

Metsänjalostuksen tutkimusosasto
Department of Forest Genetics

Metsänsuojelun tutkimusosasto
Department of Forest Protection

Metsäteknologian tutkimusosasto
Department of Forest Technology

Metsänarvioimisen tutkimusosasto
Department of Forest Inventory and Yield

Metsäekonomian tutkimusosasto
Department of Forest Economics

Matemaattinen osasto
Department of Mathematics

Metsäntutkimusasemat — *Research Stations*

Parkanon tutkimusasema
Parkano Research Station
Os. — *Address:* 39700 Parkano, Finland
Puh. — *Phone:* (933) 2912

Muhoksen tutkimusasema
Muhos Research Station
Os. — *Address:* 91500 Muhos, 1 kp, Finland
Puh. — *Phone:* (981) 431 404

Suonenjoen tutkimusasema
Suonenjoki Research Station
Os. — *Address:* 77600 Suonenjoki, Finland
Puh. — *Phone:* (979) 11 741

Punkaharjun jalostuskoasema
Punkaharju Tree Breeding Station
Os. — *Address:* 58450 Punkaharju, Finland
Puh. — *Phone:* (957) 314 142

Ojajoen koeasema
Ojajoki Experimental Station
Os. — *Address:* 12700 Loppi, Finland
Puh. — *Phone:* (914) 40 356

Kolarin tutkimusasema
Kolari Research Station
Os. — *Address:* 95900 Kolari, Finland
Puh. — *Phone:* (995) 61 401

Rovaniemen tutkimusasema
Rovaniemi Research Station
Os. — *Address:* Eteläranta 55
96300 Rovaniemi 30, Finland
Puh. — *Phone:* (991) 15 721

Joensuun tutkimusasema
Joensuu Research Station
Os. — *Address:* PL 68
80101 Joensuu 10, Finland
Puh. — *Phone:* (973) 28 311

Ruotsinkylän jalostuskoasema
Ruotsinkylä Tree Breeding Station
Os. — *Address:* 01590 Maisala, Finland
Puh. — *Phone:* (90) 824 420

Kannuksen energiametsätoimipiste
Kannus Energy Forestry Station
Os. — *Address:* 69100 Kannus, Finland
Puh. — *Phone:* (968) 71 161

- No 491 Salo, Esko & Vuorivirta, Juha: Yksityismetsien raakapuun hakkuu-, luovutusmittaus- ja toimitustavat vuosina 1974—76.
Cutting, delivery and measurement methods of roundwood in private forests in Finland in 1974—76.
- No 492 Teivainen, Terttu, Kananen, Aino & Kuhlman, Eeva: Vesimyrän aiheuttamat tuhot männyn siemenviljelmillä Keski-Suomessa vuonna 1979/80.
Water vole (*Arvicola terrestris*) damage in Scots pine seed orchards in Central Finland during 1979/80.
- No 493 Ferm, Ari & Sepponen, Pentti: Aorausjäljen muuttuminen ja kasvillisuuden kehittyminen metsänuudistus-aloilla Lapissa 10 vuoden aikana.
Development of ploughed tracks and vegetation on reforestation areas in Finnish Lapland during a period of 10 years.
- No 494 Vanhanen, Heidi & Pajunen, Leevi: Metsurin työvälinekustannukset 1980.
Forest workers' equipment costs in Finland in 1980.
- No 495 Huttunen, Terho: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1979—81.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1979—81.
- No 496 Heikka, Timo & Piirainen, Kimmo: Pienhakkureiden voimankäyttö.
Power consumption of small chippers.
- No 497 Heikkilä, Risto: Männyn istutustaimikkojen tuhot Pohjois-Suomessa.
Damage in Scots pine plantations in northern Finland.
- No 498 Rantamäki, Jari: Hakkuutähteiden haketus kevyellä kalustolla.
Chipping logging residues with light-weight equipment.
- No 499 Järveläinen, Veli-Pekka: Hakkuukäyttäytyminen yksityismetsälöillä.
Cutting behaviour in Finnish private woodlots.

- No 500 Puu energiaraaka-aineena. Kokoussitelmät.
Wood as a raw material for energy production. Symposium papers.
- No 501 Kärkkäinen, Matti: Pölkyittäinen kuitupuun mittaus.
Measurement of pulpwood by the bolt.
- No 502 Etholén, Kullervo & Huuri, Leena: Visakoivua käsittelevä kirjallisuus.
Bibliography on curly birch, *Betula pendula* var. *carelica* (Mercklin).
- No 503 Löytyniemi, Kari: Männytaimikkojen hirvivahingot 1950-luvun alussa.
Moose (*Alces alces*) damage in young pine stands in Finland at the beginning of the 1950's.
- No 504 Valsta, Lauri: Istutuskuusikon kasvatustiheyksien liiketaloudellinen vertailu.
Profitability comparison of growing densities in spruce plantations.
- No 505 Petäistö, Raija-Liisa: Juurten leikkaamisen jälkeinen sienitautiriski havupuun taimilla taimitarhalla.
Risk of fungal infection on coniferous seedlings after root pruning in forest nurseries.
- No 506 Eeronheimo, Olli: Tapio-kuormainharvesteri maataloustraktorissa.
Farm tractor mounted Tapio tree harvesting head.
- No 507 Puro, Tiina: Lannoitusajankohdan merkitys eri puulajien kasvureaktiossa.
Effect of fertilization time on growth reaction of different tree species.
- No 508 Jokinen, Pekka & Kellomäki, Seppo: Havaintoja metsikön kasvutiheyden vaikutuksesta runkojen oksaisuuteen varttuneissa männyn taimikoissa.
Observations on the effect of spacing on branchiness of Scots pine stems at pole stage.
- No 509 Oker-Blom, Pauline & Kellomäki, Seppo: Metsikön tiheyden vaikutus puun latvuksen sisäiseen valoilmastoon ja oksien kuolemiseen. Teoreettinen tutkimus.
Effect of stand density on the within-crown light regime and dying-off of branches. Theoretical study.
- No 510 Metsätalastollinen vuosikirja 1981.
Yearbook of Forest Statistics 1981.
- No 511 Pelkonen, Heikki, Tuomi Pertti & Valtanen, Jukka: Männyn viljelytaimikoiden kunto 10 vuoden iällä Taivalkoskella.
Survival of pine on reforested sites in northern Finland.
- No 512 Annala, Erkki: Lindaanin käyttö männyn paperikennotaimien suojaamiseksi tukkimiehentäin tuhoilta.
Lindane treatment against *Hylobius* damage on Paper pot seedlings of Scots pine.
- No 513 Kalaja, Hannu & Rantamäki, Jari: Junkkari laikkahakkurit.
Junkkari disc chippers.
- No 514 Kärkkäinen, Matti & Salmi, Juhani: Kuitupuupinojen painuminen.
Shrinkage of pulpwood piles.
- No 515 Kärkkäinen, Matti & Uusvaara, Olli: Nuorten mäntyjen laatuun vaikuttavia tekijöitä.
Factors affecting the quality of young pines.
- No 516 Päivänen, Juhani: Hakkuun ja lannoituksen vaikutus vanhan metsäojitusalueen vesitalouteen.
The effect of cutting and fertilization on the hydrology of an old forest drainage area.

Metsäntutkimuslaitoksen julkaisusarjoja, Communicationes Instituti Forestalis Fenniae ja Folia Forestalia, koskevat yksittäiskappaletilaukset ja vaihtotarjoukset osoitetaan laitoksen kirjastolle. Tiedonantomisteita koskevat pyynnöt osoitetaan ao. tutkimusosastolle tai -asemalle.

Subscriptions concerning single copies of the publications, as well as exchange offers, can be addressed to the Library of the Institute.