

FOLIA FORESTALIA³⁶

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1967

EERO PAAVILAINEN
KYÖSTI VIRRANKOSKI

TUTKIMUKSIA VEDEN
KAPILLAARISESTA
NOUSUSTA TURPEESSA

STUDIES ON THE CAPILLARY
RISE OF WATER IN PEAT

- 1963 No 1 Lauri Heikinheimo: Metsätyömiesten ansiotaso. Ennakkoselostus.
Level of earnings of forest workers in Finland. Preliminary report.
- 1964 No 2 Matti Palo: Markkinapuun alueittaiset hankintamäärät v. 1962. Ennakkoselostus.
Removals of commercial roundwood in Finland by district in 1962. Preliminary report.
- No 3 Puutavaran mittaustutkimuksia — Untersuchungen über die Holzmessung.
- No 4 Seppo Ervasti — Pentti Hämäläinen: Suomen puun käyttö v. 1962—63 ja katsaus sen kehitykseen v. 1955—63.
Finland's wood utilization in 1962—63 and a review of its development in 1955—63.
- No 5 Sulo Väänänen: Yksityismetsien kantohinnat hakkuuvuosina 1955/56—1962/63.
Stumpage prices in private forests during the cutting seasons from 1955/56 to 1962/63.
- No 6 Antti Reinikainen: Kasvillisuustutkimuksia Kivisuon rahkaturvealustaisilla lannoitusaloilla.
Vegetationsuntersuchungen auf dem Walddüngungsversuchsfeld von Kivisuo in Mittel-Finnland.
- No 7 Matti Palo: Markkinahakkuumäärien kausitilastointikokeilu 1.7.—30.9.1964. Ennakkotulokset.
An experiment on seasonal statistics of removals of commercial roundwood in Finland July — September 1964. Preliminary results.
- 1965 No 8 Kullervo Kuusela: Etelä-Pohjanmaan ja Vaasan metsänhoitolautakunnan alueen metsävarat vuoden 1963 koeinventoinnin tulosten mukaan.
Forest resources in the Forestry Board Districts of Etelä-Pohjanmaa and Vaasa according to the experimental inventory of 1963.
- No 9 Jouko Hämäläinen: Maaseudun kiinteistöjen runkopuun käytön kehitys vuosina 1927—63.
Trends of the stemwood utilisation by rural property units in 1927—63.
- No 10 Veikko O. Mäkinen: Hakatun puuston ja kokonaispuuston keskiläpimittojen suhde metsikössä.
On the relationship between the mean diameters of the removed stock and the stock before cutting in a stand.
- No 11 Sulo Väänänen: Yksityismetsien kantohinnat hakkuuvuonna 1963/64.
Stumpage prices in private forests during the cutting season 1963/64.
- No 12 Eero Paavilainen: Tuloksia männyn istutus- ja kylvökokeesta rahkanevalla.
Results of pine planting and sowing experiment on open Sphagnum fuscum swamp.
- No 13 Veli-Pekka Järveläinen ja Veli Snellman: Suomen metsätyömiesten asumistaso v. 1950 ja v. 1963.
Level of housing of forest workers in Finland in 1950 and 1963.
- No 14 Timo Kurkela: Männyn lumikaristetaudin ja lannoituksen suhteesta Kivisuon metsänlannoitusalueella.
On the relationship between the snow blight (*Phacidium infestans* Karst.) and fertilization in scotch pine seedlings.
- No 15 Pentti Hämäläinen: Suomen puunkäyttö vuosina 1963—64.
Wood utilization in Finland in 1963—64.
- No 16 Päiviö Riihinen ja Seppo Ervasti: Sahatavaran käyttöön vaikuttavat tekijät maaseudun rakennustoiminnassa.
Independent factors affecting the consumption of sawnwood in rural buildings.
- No 17 Heikki Ravela: Valtakunnan metsien V inventoinnin tuloksia Lounais-Suomen ja Satakunnan metsänhoitolautakuntien soista ja metsäojitusalueista.
Results of the fifth national forest inventory concerning the swamps and forest drainage areas at Southwest-Finland and Satakunta.
- 1966 No 18 Sulo Väänänen: Yksityismetsien kantohinnat hakkuuvuonna 1964/65.
Stumpage prices in private forests during the cutting season 1964/65.
- No 19 Paavo Tiuhonen: Puutavaralajitaulukot. 1. Maan eteläpuoliskon mänty ja kuusi.

Metsäntutkimuslaitos . Institutum forestale Fenniae . Helsinki 1967

Eero Paavilainen ja Kyösti Virrankoski

TUTKIMUKSIA VEDEN KAPILLAARISESTA NOUSUSTA TURPEESSA

Studies on the capillary rise of water in peat

SUMMARY

The study was carried out in an experimental field established by the Department of Swamp Research of the Forest Research Institute at the swamp of Jaakkoinsuo, Vilppula, for studying the water economy of drained peat soils (figure 1). A method was devised for the laboratory, which enabled the measurement of the capillary rise rate of water in peat samples. Samples taken intact were placed into containers filled with water, and these were subjected to hot air blown by a powerful electric fan (figures 2-4). The sinking of the water level in the containers, resulting entirely from the evaporation of water raised by capillary force through the peat, was measured daily.

The sinking of the water level in the containers was recorded during 51 days. Calculations based on all observations gave an equation expressing the relationship between the sinking of the water level and time:

$y = 7.80x^{0.518}$, with a coefficient of determination of 88.2 % (figure 5).

Measurements of the water content of the samples after the evaporation period gave the results shown in figures 6 and 7.

The sinking of the water level could be used to compute the mass flow of water, since each cm-layer of sample represented, according to calculations, approximately 70 cu. cm of water. The derivate of the curve in figure 5 thus shows the regression of the capillary rise rate of water in terms of the

ground-water level (figure 8). The relative rate of water rise was, at different levels of ground water from the soil surface:

Ground-water level cm from soil surface	Relative capillary rise rate of water
10	100
30	59
50	46
70	40

Computing the mass flow and comparing the results with those to be expected in natural conditions was facilitated by the fact that the peat temperature remained at a fairly constant level. The difference between the largest and the smallest average temperature was 5°C (figure 9).

Results from the laboratory experiments showed that the deeper the ground-water level, the longer the duration of the capillary rise of water to the surface layer of peat. Field measurements were carried out in the experimental field at Jaakkoinso to find out, whether the slowing down of the capillary rise rate of water causes a water deficit in the peat, slowing down the activity of tree roots. The Boyocous resistance moisture meter was used in the measurements after calibrating the readings by pressure plate and pressure membrane apparata.

According to the field measurements, the water stress in peat was the greater the deeper the regulated water level in the ditch surrounding the sample plot (table 1). Thus, pF-values exceeding the wilting point (pF 4) were recorded only in the plot with a level regulated to 70 cm. The greatest pF-values in surface peat were recorded in this sample plot during the dry periods at the end of June and the turn of July-August, at the same occasions as the lowest ground-water levels (figure 10).

These results were given by studies on the capillary characteristics of rather slightly humified Sphagnum peat. In order to arrive at more general conclusions concerning for instance the draining techniques of swamps, experiments should also be carried out on other types of peat. The methods used in this project would seem practical in further studies.

JOHDANTO

Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston perustamalla vesitalouskoe- kentällä Vilppulan Jaakkoinsuolla on todettu, että lannoitetun rämenännikön kasvu on ollut paras silloin kun koealaa (koko 15 x 40 m) ympäröivän ojan vedenpinta on säännöstelty 50 cm:n syvyyteen. Kun ojan vedenpinta on ollut 70 cm:n etäisyydellä maanpinnasta, on puiden kasvu ollut tilastollisesti erittäin merkittävästi heikompi kuin 30 cm:n ja 50 cm:n säännöstelysyvyyttä käytettäessä (H u i k a r i 1965). Selvin syy tähän on ollut 70 cm:n koe- alan puiden pienempi paksuuskasvu keski- ja loppukesällä 30 cm:n ja 50 cm:n koealojen puiden paksuuskasvuun verrattuna.

Koska muissa olosuhteissa ei ole olennaista eroa tutkittujen koealojen välillä, on aihetta otaksua, että veden puute on ollut keski- ja loppukesällä 70 cm:n koealan puiden kasvua rajoittava tekijä. Tähän aikaan on lumesta se- kä roudasta muodostunut vesivarasto jo loppunut, ja ojat estävät pintaveden pääsyn kasvupaikalle, minkä vuoksi kasvillisuuden käyttöön jää vain sadevesi ja pohjavesi. Keski- ja loppukesän sateettomina kausina ei pohjavedestä käsin tapahtuva kapillaarinen veden nousu ilmeisesti pysty täyttämään 70 cm:n säännöstelysyvyyttä käytettäessä ilmenevää vedenvajausta, ja puiden juuret joutuvat kärsimään kuivuudesta (H u i k a r i 1967). Tämä ns. ylikuivatus- ilmiö otettiin prof. Olavi H u i k a r i n kehoituksesta tutkittavaksi Poh- jois-Satakunnan metsäkoebasemalle. Seuraavassa tarkastellaan koeaseman toimes- ta vuosina 1966-1967 suoritettuja kokeita ja mittauksia ja niissä saatuja tuloksia.

AINEISTO JA MENETELMÄT

Laboratoriokokeet

Laboratoriokokeita varten otettiin Jaakkoinsuon vesitalouskoe kentältä 24.9.1966 yhteensä yhdeksän turvenäytettä (kuva 1), joiden poikkileikkauksen pinta-ala oli $10 \times 10 \text{ cm}^2$ ja jotka ulottuivat yhden metrin syvyyteen asti. Kukin näyte irroitettiin ehjänä turvekappaleena tarkoitusta varten tehtyyn peltikouruun, jonka ympärille kiedottiin muovikelmu (kuva 2). Näin turve tu- li suojatuksi myös kuljetuksen ajaksi.

Jokaista turvenäytettä varten valmistettiin astia 160 mm:n muoviputkes-

ta. Tähän kiinnitettiin puinen pohja, jonka sisäpinta ja reunat päällystettiin auton sisäkumilla. Pohja painettiin putken sisään ja sauma kiristettiin teräsiteellä. Kumia käyttämällä saatiin pitävä liitos ja estettiin veden imeytyminen puuhun. Astian sivulle alapäähän kiinnitettiin vielä läpinäkyvä muoviletku, jonka avulla astian vedenpinnan korkeus voitiin havaita (kuva 3).

Näytepylväs muovisuojauksineen sijoitettiin em. astiaan, joka tämän jälkeen täytettiin vedellä. Turpeen ja peltikourun ympärille, muovikelmun alle pingotettiin n. 5 cm:n matkalle kumilettoa, jonka toinen pää käännettiin ja venytettiin astian suun ympärille. Näin estettiin veden pääsy astiasta muuten kuin turpeen läpi.

Suljetuissa astioissa vesi sai tasaantua muutamia päiviä, minkä jälkeen astiat sijoitettiin voimakkaan sähkötuulettajan kehittämään kuumaan ilmavirtaan, jolloin turpeesta alkoi haihtua vettä. Haihtumista seurattiin päivittäin merkitsemällä astioiden vedenpinnan korkeus niiden kyljessä oleviin millimetripaperiliuskoihin. Välineistön tarkistamiseksi turvepylväiden päät peitettiin ennen kokeen aloittamista kumilevyllä ja vedenpinnan liikkeitä seurattiin muutaman päivän ajan. Koska tällöin ei havaittu vedenpinnan laskevan, niin sen muutoksien voitiin katsoa johtuvan pelkästään turpeen läpi nousevan veden haihtumisesta. Toisaalta turvepylväs oli peltikourun ja muovin eristämä, joten siinä nouseva vesi oli peräisin astian vedenpinnasta saakka, sillä sen yläpuolelta vesihöyry ei päässyt turpeeseen eikä myöskään turpeesta pois.

Lopuksi kolmeen turvepylvääseen, joilla oli eri asema sähkötuulettajaan nähden (kuva 4), asetettiin maalämpömittarit 5, 20 ja 40 cm:n syvyyteen kuhunkin. Näiden lukemat rekisteröitiin myös päivittäin.

Haihtumismittausten jälkeen turvepylväät siirrettiin jatkotutkimuksia varten pakastekaappiin, jossa niitä säilytettiin n. -15°C :n lämpötilassa. Jäädäyttäminen katsottiin sopivaksi, koska täten estettiin veden valuminen turpeessa sekä haihtuminen. Jatkotutkimuksissa määritettiin turvenäytteiden mittaushetken vesipitoisuus sekä painelevylaitetta ("pressure plate extractor") ja painekalvolaitetta ("pressure membrane extractor") hyväksi käyttäen 0.1, 0.3, 0.6, 0.8, 5.0, 10.0 atm paineita eli pF-arvoja 2.0, 2.5, 2.8, 2.9, 3.7 ja 4.0 vastaavat vesipitoisuudet. Vesipitoisuudet määritettiin painoprosentteina kuivapainosta.

Kenttämittaukset

Jaakkoinsuon vesitalouskoe kentällä mitattiin turpeen kosteutta kesän 1966 aikana. Mittauksessa käytettiin Boyocousin vastuskosteusmittaria ja

nylonkohtioita, jotka sijoitettiin maahan 5, 10, 15, 20, 25, 30, 50, 70 cm:n syvyyteen. Havainnot suoritettiin samoissa kohdissa, joista turvenäytteet otettiin (kuva 1). Mittaus tapahtui kaikissa havaintopaikoissa kaksi kertaa viikossa.

Boyocousin vastuskosteusmittarin lukemat kalibroitiin käyttämällä hyväksi painelevylaitetta sekä painekalvolaitetta, johon hankittiin tätä varten normaalia korkeampi, $3\frac{1}{2}$ " :n reunus. Nylonkohtiot irroitettiin maasta noin 0.5 dm^3 :n suuruisen turvekappaleen mukana ja sijoitettiin painekalvolaitteeseen. Turpeen ympäröimiin kohtioihin annettiin vaikuttaa 0.1, 0.3, 0.6, 0.8, 1.0, 5.0 ja 10.0 atm paineiden sekä mitattiin kyseisiä paineita vastaavat vastuskosteusmittarin lukemat. Näin voitiin kenttämittauksissa saadut tulokset kytkeä suoraan maassa olevaa vettä pidättävien voimien suuruutta osoittaviin pF-arvoihin. Nylonkohtiot, joita ei heti kalibroitu painekalvolaitteessa, säilytettiin niitä ympäröivine turpeineen pakastekaapissa.

TULOKSET

Laboratoriokokeita varten otettiin turvenäytteitä yhteensä yhdeksän. Näistä oli kaksi hylättävä haihtumiskokeessa kumipeitteen repeytymisen ja yksi vuodon takia. Seuraavassa esitettävät tulokset saatiin jäljelle jääneistä kuudesta näytteestä. Näytteiden turvelaji oli rahkaturve ja turpeen keskimääräinen tilavuuspaino seuraava:

Syvyys, cm	Turpeen tilavuuspaino, g/dm^3
2.5 - 7.5	75
7.5 - 12.5	73
12.5 - 17.5	65
17.5 - 22.5	85
22.5 - 27.5	81
27.5 - 32.5	68
37.5 - 42.5	72
47.5 - 52.5	104

Veden kapillaarisesta noususta johtuvaa astioiden vedenpinnan laskua seurattiin 51 päivän ajan. Tulos selviää kuvasta 5. Siihen on merkitty kaikkien havaintojen perusteella laskettu käyrä, joka osoittaa vedenpinnan alenemisen riippuvuuden ajasta. Käyrä kuvaa varsin hyvin y:n vaihtelua, sillä

sen selvitysaste on 88.2 % ($F = 261.93^{***}$). Riippuvuussuhdetta osoittava yhtälö, $y = 7.80x^{0.518}$ on myös yhdenmukainen aikaisempien tutkimusten kanssa. Muun muassa *Wassiljew* (1937) sekä *Novak ja Pechanek* (1943) (vrt. *Rode* 1959) ovat esittäneet veden kapillaarisen nousukorkeuden riippuvuuden ajasta muotoa $h = kt^n$ olevalla yhtälöllä, jossa potenssi n on lähellä arvoa 0.5.

Kuvan 5 mukaan oli vedenpinnan aleneminen jokaisessa astiassa varsin säännönmukaista, mutta eri pylväiden välillä oli lievää hajontaa. Tämä johtune turpeen rakenteen eroista. Kuvasta 6, johon on merkitty turvenäytteiden jatkotutkimusten perusteella mm. eräitä pF-arvoja vastaavat vesipitoisuudet, todetaan, että väli pF 0 - pF 2 on verraten suuri etenkin turvepylväiden yläosassa. Tätä väliä vastaavat suurimmat huokokset, joissa vesi liikkuu painovoiman vaikutuksesta eikä lainkaan kapillaarisesti. Suurhuokosten lomassa kulkee pienten huokosten muodostamia "kapillaarisiltoja". Näytteiden poikkeileikkauspinta-alan ollessa pieni vaihtelee kyseisten "kapillaarisiltojen" määrä tuntuvasti eri turvepylväissä, mistä aiheutuu tuloksiin hajontaa.

Turvepylväiden vesipitoisuuden analysointi aiheuttaisi tarkkaan ottaen pienehkön korjauksen kuvassa 5 esitettyyn käyrään. Kuvasta 6 ilmenee nimittäin, että välillä 0-20 cm turpeen kosteus oli pieni, joten siitä poistunut vesimäärä on ilmeisesti jossakin vaiheessa vaikuttanut vedenpinnan alenemiseen. On kuitenkin todennäköistä, että turvepylvään yläosa on kuivunut hitaasti pitkähkön ajanjakson aikana, joten virhe on tasoittunut laajalle alalle eikä vaikuta käyrän muotoon.

Kuvasta 6 havaitaan, että turvepylväiden yläosan vesipitoisuus lisääntyy ja veden jännitys pienenee hyvin jyrkästi pinnasta syvemmälle mentäessä. Esimerkiksi 11 cm:n syvyydessä turpeen vesipitoisuus oli haihtumismittausten jälkeen 210 % ja veden jännityksen pF-arvo 4.0 (10 atm). Vain 3.5 cm:ä syvemmällä eli 14.5 cm:n syvyydessä olivat vastaavat luvut 720 % ja pF 2.0 (0.1 atm). Vajaan viiden senttimetrin matkalla oli niin muodoin noin kymmenen ilmakehän imugradientti. Aivan turvepylvään yläosassa oli imugradientti vastaavalla matkalla vieläkin suurempi. Tämä osoittaa, kuinka tavattoman hyvin turve eristää ja kuinka huonosti se kuivuttuaan läpäisee vettä. Kuvan 6 perusteella voidaan vielä todeta, että mentäessä 15 cm:ä syvemmälle turpeessa olevan veden jännitys pieneni alle pF 2.0 ja läheni pF-käyrän 0-arvoa 55 cm:n syvyydessä, jossa astioiden vedenpinta oli kokeen päättyessä. Mahdollisesti turpeessa vallitsi 15-20 cm:ä syvemmällä tasapainotila, jossa veden jännitys poikkeaa vain vähän etäisyydestä pohjavedestä. Muun muassa *Richards* (1941) onkin aikaisemmin esittänyt, että maaveden jännitys on valumisen päätyttyä lopullises-

sa tasapainotilassa sama kuin etäisyys pohjavesipinnasta.

Haihtumismittausten loputtua määritettiin turvenäytteiden vesipitoisuusprofiili erikseen myös pylväiden keskeltä ja reunoilta (kuva 7). Näytteeksi otettiin joka täyden viiden senttimetrin kohdalta 2 cm paksu kiekko, jonka 1.5 cm leveä reunus ja keskusta analysoitiin erikseen. Tällöin ilmeni, että reunus oli keskustaa hieman kosteampi. Tähän voi olla syynä näytteisiin pakastekaapissa mahdollisesti tiivistynyt kosteus, joskin turve oli koko ajan peltikourun ja muovikelmun ympäröimä. Todennäköisempää lienee, että haihtumisvirtaus tapahtui nopeammin turpeen sisäosissa, jolloin reunoihin päin syntyi heikko imugradientti. Syynä kapillaarisen nousun hitauteen reunoilla lienee se, että pylvästä irrotettaessa turpeen rakenne saattoi jonkin verran vaurioitua leikkauspinnassa, ja kapillaarinen verkosto näin katkeilla.

Kapillaarisen nousunopeuden määrittämiseen tarvittavaa vedenpinnan laskun ja haihtuneen vesimäärän suhteen arvointia yksinkertaistaa se, että sekä kokeessa käytetty astia että turvepylväs suojuksineen olivat lähes tasapaksut, joten niiden väliin jäi jokaisella pituusyksiköllä sama vesimäärä. Tämän todettiin olevan mittausten perusteella noin $70 \text{ cm}^3/\text{cm}$. Täten veden massavirtausta määritettäessä voitiin tilavuuden asemasta käyttää vedenpinnan alenemaa. Näin saadaan massavirtaus Q' lausekkeesta

$$Q' = ds/dt,$$

missä ds on aikayksikössä dt tapahtunut vedenpinnan lasku. Lauseke on toisaalta kuvassa 5 esitetyn käyrän derivaatta, joka siis ilmoittaa veden kapillaarisen nousunopeuden riippuvuuden pohjaveden korkeudesta. Tämä riippuvuussuhde on esitetty kuvassa 8. Siitä havaitaan, että veden kapillaarinen nousunopeus pienenee pohjaveden pinnan alentuessa. Veden suhteellinen nousunopeus on, pohjaveden ollessa eri etäisyyksillä maanpinnasta, seuraava:

Pohjaveden etäisyys maanpinnasta, cm	Veden kapillaarinen suhteellinen nousunopeus
10	100
30	59
50	46
70	40

Kokeen aikana ja etenkin sen loppupuolella oli eri syvyyksistä mitattuisa turpeen lämpötiloissa jonkin verran eroja (kuva 9). Eri näytteiden lämpötilat erosivat myös toisistaan, kuten seuraavasta asetelmasta havaitaan.

Syvyys, cm	Turvenäyte n:o		
	b_2	e_1	d_1
	Keskilämpötila °C		
5	39.2	37.2	39.5
20	37.1	39.4	40.6
40	35.6	37.0	39.4

Suurimman ja pienimmän keskilämpötilan ero oli kuitenkin yllättävän pieni, vain 5°C. Turpeen lämpötilan pysyminen näinkin vakiona helpottaa paitsi massavirtauksen laskemista, tulosten vertailua luonnossa vallitseviin olosuhteisiin. Jos otaksutaan, että turpeen hienorakenne on lämpötilasta riippumaton, saadaan veden teoreettinen nousunopeus luonnossa suoraan veden viskositeettikertoimia käyttäen ja voidaan ilmaista esim. sademääränä mm/vrk. Veden lämpötilan ollessa +7°C, olisi veden teoreettinen nousunopeus seuraava (olettamalla veden lämpötilaksi kokeen aikana +38°C):

Pohjaveden etäisyys maanpinnasta, cm	Veden kapillaarinen nousu- nopeus +7°C:ssa, mm/vrk
10	4.5
30	2.6
50	2.0
70	1.8

Kyseiset luvut ovat siis veden kapillaarisen nousun teoreettisia arvoja, eivätkä sellaisinaan sovellettavissa luonnon oloihin, joissa haihdunnan intensiteetti vaihtelee hyvin voimakkaasti ilman kyllästysvajauksesta, tuulen nopeudesta yms. tekijöistä johtuen. Mainittakoon vertailun vuoksi, että W ä r e e n (1947) mukaan haihdunta on ollut 3 mm/vrk pohjaveden etäisyyksillä 34 cm (ilman kyllästysvajauksen ollessa 4 mm) ja 38 cm (ilman kyllästysvajauksen ollessa 6 mm).

Edellä puheena olleet koetulokset osoittavat, että mitä syvemmällä pohjavesi on, sitä hitaammin nousee vettä kapillaarisesti pintaturpeeseen. Jaakoinsuon vesitalouskoekentällä pyrittiin kenttämittauksin selvittämään, aiheuttaako veden kapillaarisen nousun hidastuminen puiden juuriston toimintaa haittaavaa vedenvajausta turpeessa. Mittaukset suoritettiin kesällä 1966 ja niissä käytettiin Boyocousin vastuskosteusmittaria, jonka lukemat kalibroitiin painelevyllaitetta ja painekalvolaitetta hyväksi käyttäen.

Kenttämittauksissa saatujen tulosten mukaan on veden jännitys ollut pintaturpeessa keskimäärin sitä suurempi, mitä suurempaa säännöstelysyvyyttä on käytetty (taulukko 1). Niinpä lakastumisrajan (pF 4) ylittäviä pF-arvoja on havaittu vain koealalla, jossa säännöstelysyvyys on 70 cm. Suurimmat

pintaturpeen pF-arvot on todettu tällä koealalla kesäkuun lopun sekä heinä- elokuun vaihteen kuivina aikoina, jolloin pohjavesi on ollut syvimmällä (kuva 10).

Suoritettujen alustavien kenttämittausten perusteella voidaan siis päätellä, että pintaturve saattaa kuivua tutkimusmetsikössä juurten toiminnan kannalta liikaa, mikäli pohjavettä alennetaan voimakkaasti vesitalouden järjestelyllä. Riippuvuussuhteen lähempi tarkastelu ei ole mahdollista tämän tutkimuksen aineiston perusteella mm. tulosten suuren hajonnan vuoksi. Hajontaa näyttää lisänneen tutkimusalueella käytetyn Boyocousin mittauslaitteen epätarkkuus.

LOPPUKATSAUS

Edellä on todettu, kuten eräissä muissakin viimeaikaisissa tutkimuksissa (vrt. H u i k a r i 1965, 1967, P a a v i l a i n e n 1967), että ojitet- tujen soiden pintaturve voi määrätyissä olosuhteissa kuivua puiden kasvun kannalta liikaa. Tällaiset olosuhteet näyttävät vallitsevan ainakin keski- ja loppukesän poutakausina rämeillä, joiden pohjavesipintaa on alennettu voi- makkaasti ojituksella. Syvällä olevasta pohjavedestä käsin tapahtuva kapil- laarinen veden nousu lienee tällöin liian hidasta turvatakseen puille opti- maaliset kasvuedellytykset. Puiden toimeentulo on tuskin kuitenkaan vakavas- ti uhattuna, sillä vettä nousee syvältäkin kapillaarisesti niin paljon, että lähinnä kseromorfiseksi katsottavan männyn minimivaatimukset veden suhteen tulevat ilmeisesti täytetyksi. Tämän tutkimuksen mukaan on esimerkiksi 30 cm:n syvyydestä tapahtuvan kapillaarisen vedennousun suhteellinen nopeus vain noin puolitoistakertainen 70 cm:n syvyydestä tapahtuvaan vedennousuun verrattuna.

Esitetyt tulokset on saatu tutkittaessa suhteellisen heikosti maatuneen rahkaturpeen kapillaarisia ominaisuuksia. Kokeita tulisi suorittaa myös muilla turvelajeilla ja maatumisasteilla, jotta voitaisiin tehdä yleisempiä ja esi- merkiksi soiden ojitustekniikkaa koskevia vertailevia johtopäätöksiä. Tätä tutkimusta varten kehitetty veden kapillaarisen nousun tutkimusmenetelmä näyt- täisi käyttökelpoiselta jatkotutkimuksiakin silmällä pitäen.

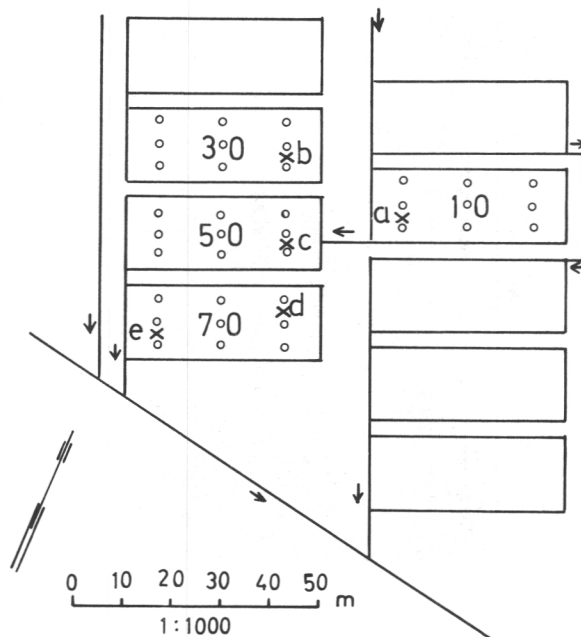
Taulukko 1. Pintaturpeesta mitattujen pF-arvojen jakautuminen eri pF-luokkiin.

Table 1. Distribution of pF-values of surface peat into different pF classes.

Syvyys, cm Depth, cm	% havainnoista pF-luokassa - per cent of observations in pF class					
	< 2.00	2.01-2.50	2.51-3.00	3.01-3.50	3.51-4.00	> 4.00
Säännöstelysyvyys ojassa 10 cm - Regulation depth in the ditches, 10 cm						
5	100	-	-	-	-	-
10	86	14	-	-	-	-
15	100	-	-	-	-	-
20	100	-	-	-	-	-
25	100	-	-	-	-	-
30	100	-	-	-	-	-
Säännöstelysyvyys ojassa 30 cm - Regulation depth in the ditches, 30 cm						
5	-	14	86	-	-	-
10	62	38	-	-	-	-
15	100	-	-	-	-	-
20	67	14	19	-	-	-
25	71	5	24	-	-	-
30	100	-	-	-	-	-
Säännöstelysyvyys ojassa 50 cm - Regulation depth in the ditches, 50 cm						
5	38	62	-	-	-	-
10	81	19	-	-	-	-
15	48	52	-	-	-	-
20	62	24	-	14	-	-
25	100	-	-	-	-	-
30	95	-	-	5	-	-
Säännöstelysyvyys ojassa 70 cm - Regulation depth in the ditches, 70 cm						
5	48	10	24	-	-	18
10	29	57	14	-	-	-
15	62	33	5	-	-	-
20	100	-	-	-	-	-
25	100	-	-	-	-	-
30	100	-	-	-	-	-

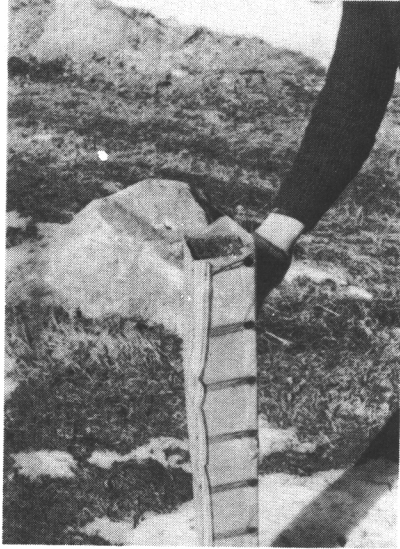
KIRJALLISUUTTA - LITERATURE

- H u i k a r i , O. 1965. Importance of soil temperature, height of water table and microclimate as growth factors of pine, spruce and birch. Moniste metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosastossa.
- " - 1967. Soiden metsätaloudellisen hyväksikäytön perusteista (Summary: Exploitation of peat lands for wood production). Metsätal. Aikakausl. 2, 1967.
- P a a v i l a i n e n , E. 1967. Männyn juuriston suhteesta turpeen ilma-tilaan (Summary: Relationships between the root system of Scots pine and the air content of peat). Comm. Inst. Forest. Fenn. 63.6.
- R i c h a r d s , L. A. 1941. Uptake and retention of water by soil as determined by distance to a water table. Jour. Amer. Soc. Agr. 33.
- R o d e , A. A. 1959. Das Wasser im Boden. Berlin.
- W ä r e , M. 1947. Maan vesisuhteista ja viljelyskasvien sadoista Maasojan vesitaloudellisella koekentällä vuosina 1939-1944. (Referat: "Über die Wasserverhältnisse des Bodens und die Erträge von Kulturpflanzen auf wasserwirtschaftlichem Versuchsfeld Maasoja in den Jahren 1939-1944). Maa- ja vesiteknillisiä tutkimuksia 5.

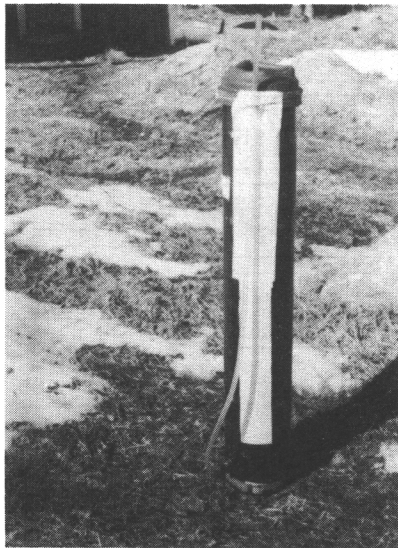


Kuva 1. Tutkimuksen koealat. 10-70 = vedenpinnan säännöstelysyvyys (cm) näytealoja ympäröivissä ojissa, a-e = turvenäytteiden ottopaikat. Kohdasta a otettiin yksi ja muista kaksi näytettä.

Figure 1. Sample plots studied. 10-70 = regulated water level (cm from soil surface) in ditches surrounding the sample plots; a-e = sites of peat samples. Site a was represented by one and the others by two samples.



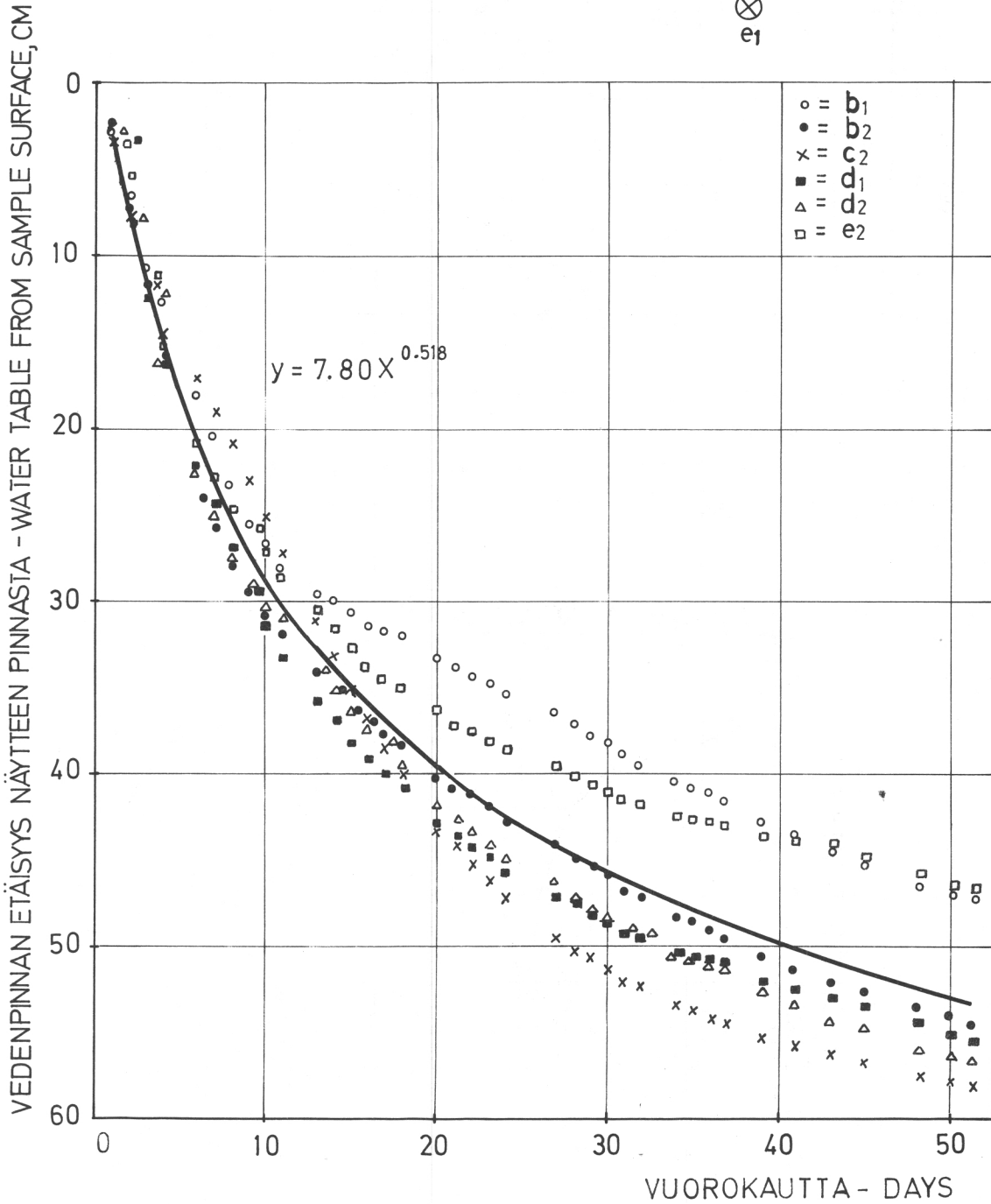
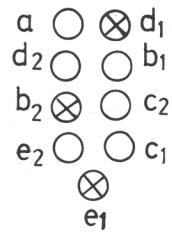
Kuva 2. Näytteiden otossa käytetty peltikouru muovisuojuksineen.
Figure 2. The metal plate trough used in sampling and its plastic cover.



Kuva 3. Haihtumismittauksessa käytetty astia, jonka sisällä on turvenäyte.
Figure 3. The container used in measuring evaporation, with an inserted peat sample.

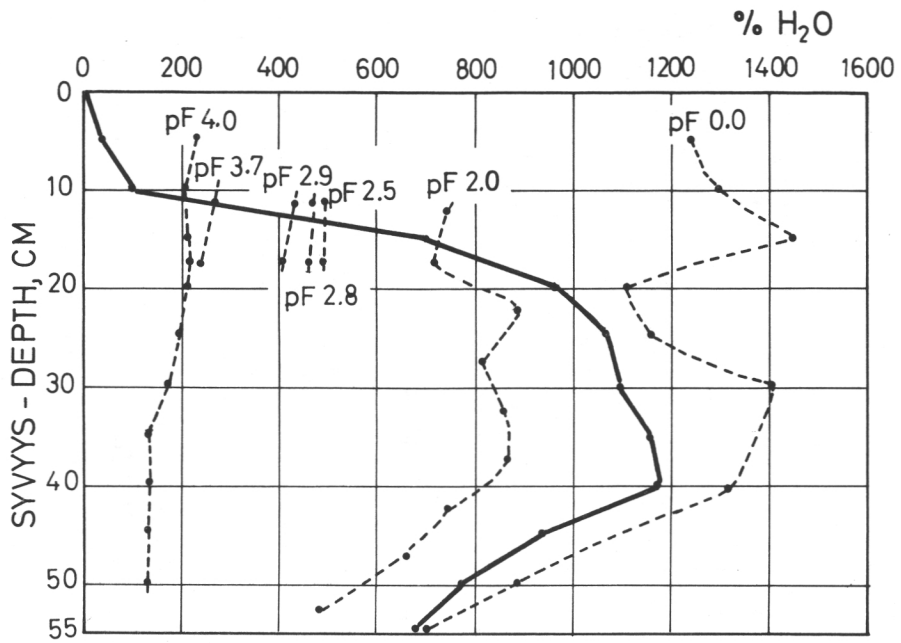
Kuva 4. Turvenäytteiden sijainti sähkötuuletta-
jaan nähden. Näytteet, joissa oli lämpömittareita,
on merkitty ristillä.

Figure 4. The arrangement of the peat samples
in relation to the electric fan. The sites of
the thermometers denoted by crosses.



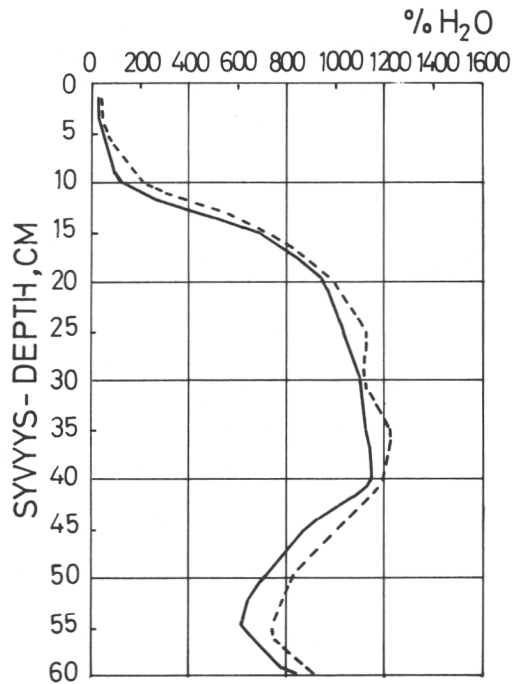
Kuva 5. Näyteastioiden vedenpinnan alenemisen riippuvuus ajasta.

Figure 5. Regression of the sinking of the water level in the sample
containers with time.



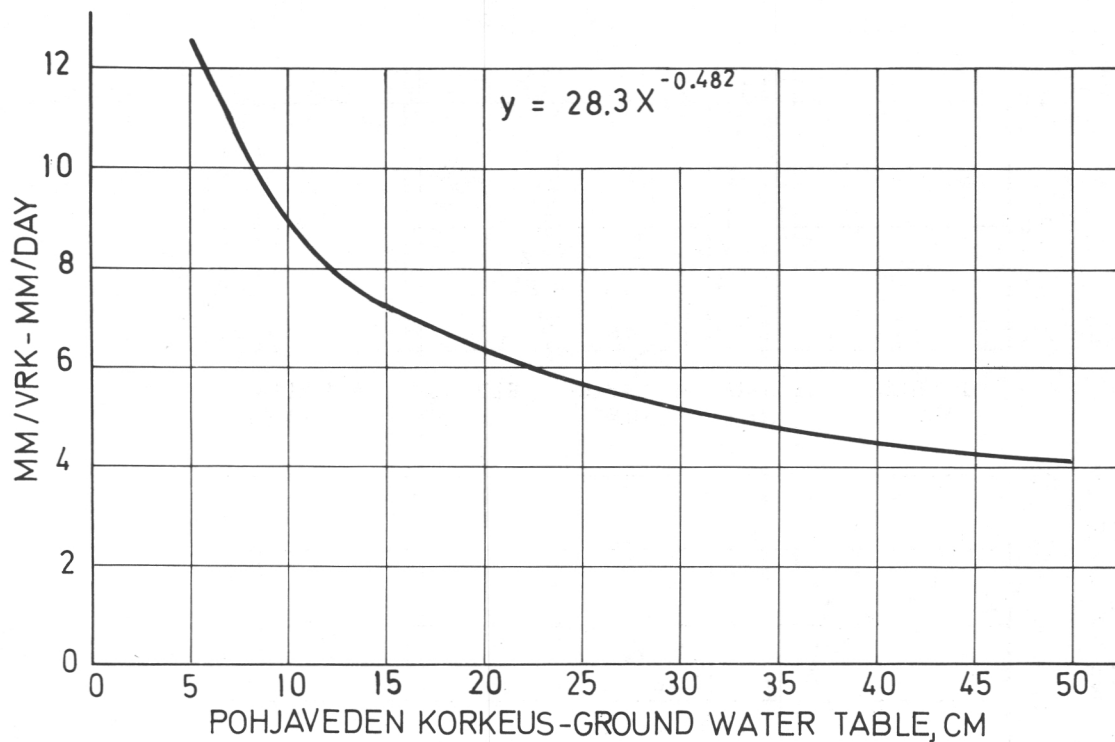
Kuva 6. Näytteiden vesipitoisuus kokeen päättyessä (—) sekä eräitä pF-arvoja vastaavat vesipitoisuudet (- - -).

Figure 6. The water content of the samples at the end of the experiment (—) and the water contents corresponding to some pF-values (- - -).

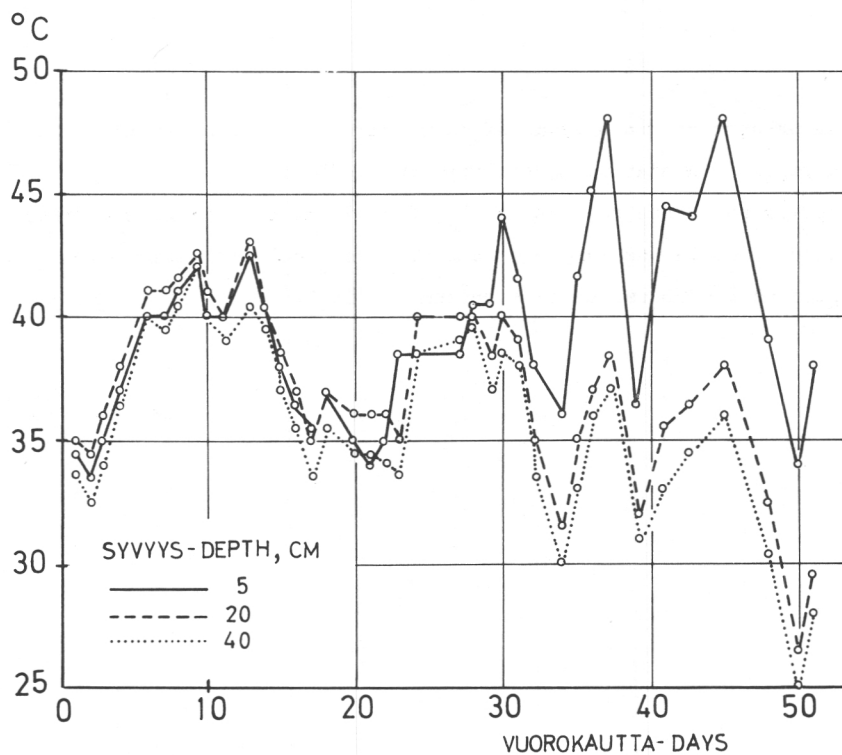


Kuva 7. Turpeen vesipitoisuus kokeen päättyessä näytteiden keskellä (—) ja reunassa (- - -).

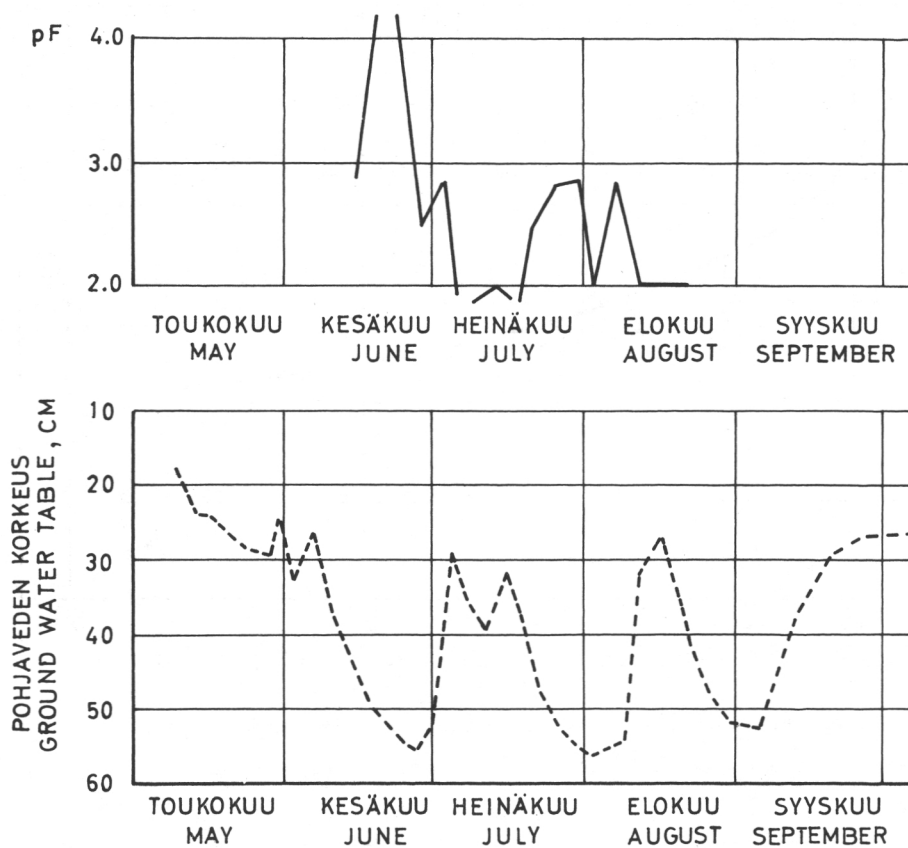
Figure 7. The water content of peat at the end of the experiment at the middle (—) and at the edge (- - -) of the samples.



Kuva 8. Veden kapillaarisen nousunopeuden riippuvuus pohjaveden korkeudesta.
Figure 8. Regression of the capillary rise rate of water in terms of the ground-water level.



Kuva 9. Näytteiden keskimääräinen lämpötila kokeen aikana.
Figure 9. The average temperature of the samples during the experiment.



Kuva 10. Turpeen pF-arvo 5 cm:n syvyydessä ja pohjaveden korkeus kesällä 1966 koealalla, jota ympäröivän ojan säännöstelysyvyys on 70 cm.

Figure 10. The pF-value of the peat at the depth of 5 cm, and the ground-water level in the summer 1966 in the sample plot where the regulated water level from the soil surface was 70 cm in the surrounding ditch.

No 20 Seppo Grönlund ja Juhani Kurikka: Markkinapuun alueittaiset hankintamäärät vuosina 1962 ja 1964. Lopulliset tulokset.

Removals of commercial roundwood in Finland by districts in 1962 and 1964. Final results.

No 21 Kullervo Kuusela: Ålands skogar 1963—64.

No 22 Eero Paavilainen: Havaintoja kasvaturpeen käytöstä männyn istutuksessa.

Observations on the use of garden peat in Scots pine planting.

No 23 Veikko O. Mäkinen: Metsikön runkoluku keskiläpimitan funktiona pohjapinta-alan yksikköä kohti.

Number of stems in a stand as function of the mean breast height diameter per unity of basal area.

No 24 Pentti Koivisto: Itä- ja Pohjois-Hämeen koivuvarat.

Birch resources in the Forestry Board Districts of Itä-Häme and Pohjois-Häme.

No 25 Seppo Ervasti — Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö vuonna 1964 ja vuoden 1965 ennakkotiedot.

Wood utilization in Finland in 1964 and preliminary data for the year 1965.

No 26 Sampsa Sivonen ja Matti Uusitalo: Puun kasvatuksen kulut hakkuuvuonna 1965/66.

Expenses of timber production in Finland in the cutting season 1965/66.

1967 No 27 Kullervo Kuusela: Helsingin, Lounais-Suomen, Satakunnan, Uudenmaan-Hämeen, Pohjois-Hämeen ja Itä-Hämeen metsävarat vuosina 1964—65.

Forest resources in the Forestry Board Districts of Helsinki, Lounais-Suomi, Satakunta, Uusimaa-Häme, Pohjois-Häme and Itä-Häme in 1964—65.

No 28 Eero Reinius: Valtakunnan metsien V inventoinnin tuloksia neljän Etelä-Suomen metsänhoitolautakunnan soista ja metsäojitusalueista.

Results of the fifth national forest inventory concerning the swamps and forest drainage areas of four Forestry Board Districts in southern Finland.

No 29 Seppo Ervasti, Esko Salo ja Pekka Tiililä. Kiinteistöjen raakapuun käytön tutkimus vuosina 1964—66.

Real estates raw wood utilisation survey in Finland in 1964—66.

No 30 Sulo Väänänen: Yksityismetsien kantohinnat hakkuuvuonna 1965/66.

Stumpage prices in private forests during the cutting season 1965/66.

No 31 Eero Paavilainen: Lannoituksen vaikutus rämemännikön juurisuhteisiin.

The effect of fertilization on the root systems of swamp pine stands.

No 32 Metsätalastoa. I Metsävaranto.

Forest Statistics of Finland. I Forest resources.

No 33 Seppo Ervasti ja Esko Salo: Kiinteistöillä lämmön kehittämiseen käytetyt polttoaineet vuonna 1965.

Fuels used by real estates for the generation of heat in 1965.

No 34 Veikko O. Mäkinen: Viljelykuusikoiden kasvu- ja rakennetunnuksia.

Growth and structure characteristics of cultivated spruce stands.

No 35 Seppo Ervasti — Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö vuonna 1965 ja ennakkotieto- ja vuodelta 1966.

Wood utilization in Finland in 1965 and preliminary data for the year 1966.

No 36 Eero Paavilainen — Kyösti Virrankoski: Tutkimuksia veden kapillaarisesta noususta turpeessa.

Studies on the capillary rise of water in peat.

Myynti — Available for sale at: Valtion painatuskeskus, Annankatu 44. Helsinki 10, p. 645 121

Merkintä O D C tarkoittaa metsäkirjallisuuden kansainvälistä Oxford-luokitusjärjestelmää

