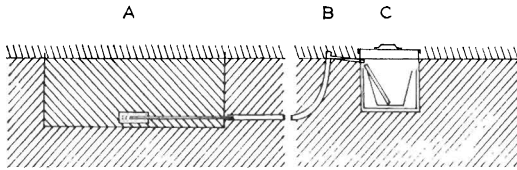


SUOHYDROLOGISISTA TUTKIMUKSISTA LAPISSA JA POHJANMAALLA

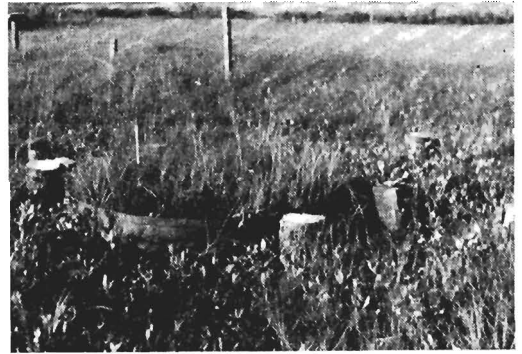


Kuva 1. Haihtumishavainnoissa käytetty lysimetri.

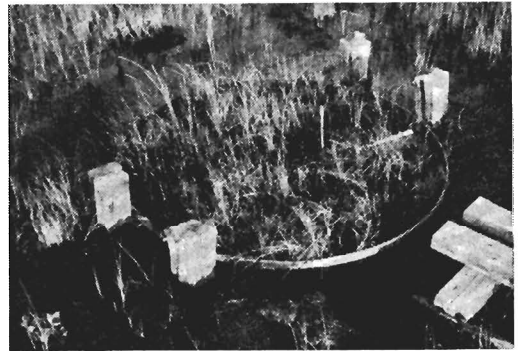
Hydrologeja kiinnostavia suureita sadetta, haihtumista ja valumaa on tutkittu eräillä luonnontilassa olevilla soilla. Korvasessa Naarasaavalla ($\varphi = 67,9^\circ\text{N}$, $\lambda = 27,8^\circ\text{E}$), tulevalla Lokan allasalueella joka sijaitsee n. 80 km Ivalon eteläpuolella, suoritettiin sade- ja haihtumishavainnot ja sekä näihin liittyviä mittauksia kesinä 1959 ja 1960. Möksyssä Pohjoisnevalla ($\varphi = 63,1^\circ\text{N}$, $\lambda = 24,3^\circ\text{E}$) joka sijaitsee n. 60 km Lapuan itäpuolella suoritettiin samanlaisia mittauksia kesinä 1960 ja 1961.

Suoranaiset haihtumishavainnot tehtiin lysimetrillä (kuva 1). Suohon oli upotettu puupilarien varaan messingistä valmistettu näyteastia (A) jonka korkeus oli 50 cm ja pohjan pinta-ala 1 m^2 . Tämä astia täytettiin 25 cm saakka vedellä ja turvekappaleilla. Päälimmäiseksi asetettiin suon pinnasta leikattu yhtenäinen sarojen juurten sitoma suon pintakerros. Astia oli muoviletkulla yhdistetty mittakaivoon (C). Jos vedenpinta näyteastiassa oli korkeammalla kuin letkun korkein kohta, kynnys (B), pääsi liikavesi valumaan mittakaivoon. Illalla astiaan kaadetun ja aamulla mittakaivossa mitatun vesimäärän erotus on edellisen vuorokauden haihtuminen.

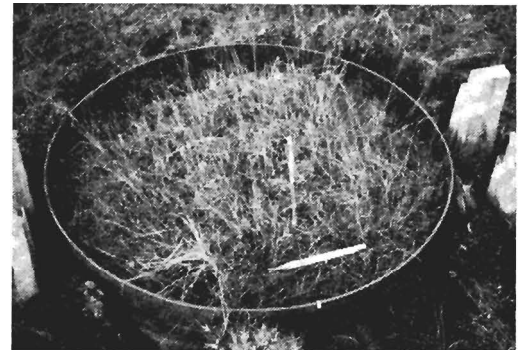
Kynnyksen avulla voitiin säätää vedenpinnan korkeutta näyteastiassa. Aluksi mitattiin haihtumista siinä tapauksessa että suon pinta oli mahdollisimman kostea. Vedenpintaa pidettiin 2 cm suon pinnan alapuolella. Näin saadut haihtumisarvot ovat liian suuria kuvaamaan todellista haihtumista suosta, sillä haihtuminen riippuu vedenkorkeudesta ja vedenkorkeus taas vaihtelee ja on yleensä syvemmällä kuin 2 cm. Tämän vuoksi mitattiin



Kuva 2. Näyteastia Naarasaavalla 1960. Vedenpinta 2 cm syvyydellä.



Kuva 3. Näyteastia Pohjoisnevalla 1961. Vedenpinta 2 cm syvyydellä.



Kuva 4. Näyteastia Pohjoisnevalla 1961. Vedenpinta 15 cm syvyydellä.

Taulukko 1. Haihtumis- ja sadetulokset.

Vuosi	Paikka	Vesipinnan syvyys näyte- astiassa cm	Haihtuminen mm/kk.			Yhteensä	Sade summa mm/3 kk.
			VI	VII	VIII		
1959	Korvanen, Naarasaapa	2	138*	112	74	324	147
1960	Korvanen, Naarasaapa	2	105	136	63	304	140
1960	Möksy, Pohjoisneva	2	126	104	86	316	276
1961	Möksy, Pohjoisneva	2	92*	69	59	220	324
1961	Möksy, Pohjoisneva	15	66	64	43	173	324

*) Osa tuloksista perustuu vertailuun.

haihtumista kesällä 1961 myös näyte-
astiasta, missä vedenpinta pidettiin 15 cm
syvyydellä.

Kuvissa 2, 3 ja 4 on esitetty eräitä näyte-
astioita. Kuva 2 esittää näyteastiaa Naarasaavalla vuonna 1960. Kuvassa 3 on esitetty näyteastiaa Pohjoisnevalla. Tässä pidettiin vedenpintaa 2 cm syvyydellä. Kuvassa 4 on esitetty näyteastiaa samalta suolta mutta vedenpinta oli 15 cm syvyydellä.

Taulukossa 1 on esitetty mitatut sade-
ja haihtumistulokset eri kesinä. Huomataan, että haihtuminen Lapissa on ollut suunnilleen yhtä suurta ja suurempaakin kuin Pohjanmaalla sijaitsevalta suolta. Syyinä on se, että kesät 1959 ja 1960 ovat olleet poikkeuksellisia Lapissa. Tämä näkyy esimerkiksi sadetuloista. Lapissa olivat kummatkin havaintokesät vähäsateisia, sillä kolmen kesäkuukauden normaali sademäärä on Korvasessa n. 190 mm. Pohjanmaalla olivat havaintokesät runsasateisia, sillä täällä on kolmen kesäkuukauden normaali sademäärä n. 210 mm. Toinen syy suureen haihtumiseen Lapissa on se, että käytetyissä näyteastioissa oli hieman enemmän varpu- ja ruohokasveja kuin Pohjanmaalla.

Taulukon 1 arvoja voidaan verrata kuivemmalla maalla tehtyihin haihtumismittauksiin. Hydrologinen toimisto on suorittanut mittauksia Popovin pienoislysimetrillä eri puolilla Suomea kesäaikana. Esimerkiksi Vuotsossa, joka on n. 30 km Korvasen länsipuolella, haihtui kuivalta jäkäläkankaalta kolmen kesäkuukauden aikana vuonna 1960 vain 92 mm. Etelä-Suomessa Leteensuolla mitattiin haihtumissummaksi vuonna 1960 216 mm ja vuon-

na 1961 173 mm. Kasvillisuus oli täällä tiheää n. 20 cm korkeaa ruohoa.

Haihtumista mitattiin myös vedellä täytetystä astiasta. Tämä 25 cm korkea ja 1 m² laajuinen astia oli asetettu suon pinnalle. Taulukossa 2 on haihtumista suosta verrattu haihtumiseen vesipinnasta. Haihtuminen vesipinnasta eri kuukausina = 100. Huomataan, että haihtuminen suosta on yleensä suurimmillaan kesäkuussa. Tämä johtuu siitä, että tässä kuussa on kasvillisuuden kehittyminen kaikkein voimakkainta. Kesän 1961 tuloksista ei ole havaittavissa tätä seikkaa. Syyinä on ehkä se, että tämä kesä ei ollut edullinen haihtumiskesä, jolloin myöskään kasvillisuus ei päässyt kehittymään voimakkaasti. Aikaisemmin on todettu, että haihtuminen suosta voi olla 10—30 % suurempaa kuin haihtuminen vesipinnasta (Blomqvist 1917), (Nomals 1938), (Wäre 1947). Tämä ei ole ristiriidassa taulukon 2 arvojen kanssa, sillä vertailuun käytetty vesia-
stia oli asetettu suon pinnalle. Tällaisesta astiasta haihtuu enemmän kuin yllämainittujen tutkijoiden käyttämistä maahan tai veteen upotetuista astioista.

Haihtumisen lisäksi yritettiin arvioida valumaa, maata pitkin alueelta poistuvaa vesimäärää alueen pinta-ala yksikköä kohden. Vesimäärä joka aikayksikössä kulkee tietyn pinnan läpi riippuu vesipinnan kaltevuudesta, poikkipinta-alan suuruudesta ja siitä, kuinka suuren vastuksen tämä pinta tarjoaa veden kululle. Peräkkäisten vedenkorkeusasteikkojen avulla todettiin, että kaltevuus riippui vedenkorkeudesta suossa. Poikkipinta-ala riippuu niinkään vedenkorkeudesta. Voidaan siis päätellä, että vesimäärä aikayksikössä ja siis valu-

Taulukko 2. Haihtuminen suosta verrattuna haihtumiseen vesipinnasta.
Haihtuminen vesipinnasta = 100.

Vuosi	Paikka	Vedenpinnan syvyys näyteastiassa	VI	VII	VIII
1959	Korvanen, Naarasaapa	2	104*	95	97
1960	Korvanen, Naarasaapa	2	99	88	87
1960	Möksy, Pohjoisneva	2	85	73	81
1961	Möksy, Pohjoisneva	2	63*	63	86
1961	Möksy, Pohjoisneva	15	45	59	62

*) Käytettävissä ei ollut tuloksia koko kuukaudelta.

makin riippuvat pääasiassa vedenkorkeudesta suossa. Koska suoturpeen ominaisuudet vaihtelevat riippuen siitä kuinka kauan se on ollut veden kyllästäjänä, saattaa valuma riippua mutkikkaalla tavalla aikaisemmista sateista ja haihtumismääristä.

Valuman ja vedenkorkeuden välistä riippuvaisuutta suossa on vaikea määrätä suoraan mittauksista. Jos suolta lähtee puro, voitaisiin kyllä mitata tässä purossa kulkeva vesimäärä aikayksikössä ja myöskin valuma, jos valuma-alueen pinta-ala tunnetaan. Tällöin ei kuitenkaan mitata valumaa pelkästään suolta, sillä yleensä kuuluisi tähän alueeseen suon ympärillä olevia metsiä.

Suon vesivaraston muutos esimerkiksi viiden vuorokauden aikana on myöskin vaikea määrätä suoranaisista mittauksista. Tässä tarkastellaan menetelmää kuinka tämä voidaan laskea ilman vaivalloisia turvenäytteenottoja. Menetelmä on suunnilleen sama, jota Visser ja Bloemen (1959) ovat käyttäneet Hollannissa.

Pohjaveteen varastoitunut vesimäärä riippuu lähinnä pohjaveden korkeudesta. Huokosvesimäärä pohjavedenpinnan ja maan pinnan välissä riippuu aikaisemmista sateista ja haihtumismääristä. Suolla missä pohjavesi on lähellä suon pintaa, tässä esityksessä korkeintaan 20 cm syvyydellä, tämän huokosveden vaihtelut ovat ilmeisesti pieniä. Tässä tapauksessa voidaan siis olettaa, että vesivaraston muutos suossa on verrannollinen suon vedenkorkeuden muutokseen. Verrannollisuuskerron, jota tässä esityksessä kutsutaan varastoitumiskertoimeksi, voi vedenkorkeuden ohella riippua myöskin siitä, kuinka kauan turve on ollut veden kyllästäjänä.

Vesitalousyhtälö kirjoitetaan valuma-alueen pintayksikköä kohden ja viiden vuorokauden pituista jaksoa varten on

$$P = E + A + \Delta S. \quad 1$$

P on alueelle tullut sademäärä, E haihtuminen, A valuma ja ΔS alueen vesivaraston muutos. Kaikki suureet on lausuttu mm/5 vrk. Jos tehdään yllämainitut oletukset, että valuma ja varastoitumiskerroin riippuvat vain vedenkorkeudesta suossa, voidaan yhtälö 1 kirjoittaa muotoon

$$P = E + A(W) + k \left(\frac{W_1 + W_2}{2} \right) \cdot (W_2 - W_1), \quad 2$$

missä W on jakson keskimääräinen vedenkorkeus, $k \left(\frac{W_1 + W_2}{2} \right)$ varastoitumiskerroin ja W_1 on vedenkorkeus jakson alussa ja W_2 vedenkorkeus jakson lopussa (mm). Yhtälön 2 kaikki jäsenet voidaan määrätä jos on käytettävissä riittävästi sade-, haihtumis- ja vedenkorkeushavaintoja.

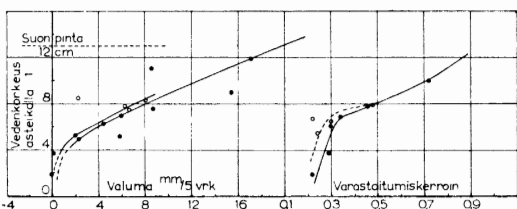
Möksyn pohjoisneva on n. 5 km² laaja suo. Suon keskellä on n. 1 km² laajuinen rimpineva. Täältä saa myös suolta lähtevä puro, Poikkijoki alkunsa. Suon pohjoisosan vesitalous määrättiin vuonna 1961 käyttämällä yhtä vedenkorkeusasteikkoa, asteikkoa 1. Tämän asteikon ympärillä ei ollut mitään selviä uomia missä vesi kulki. Muun alueen vesitalous määrättiin seuraavalla tavalla. Keskellä rimpinevaa oli vedenkorkeusasteikko 3 minkä avulla laskettiin valuma. Tämän asteikon ympäristössä vesi kulki jänteiden välissä olevia kapeita uomia pitkin. Vesivaraston muutos määrättiin siten, että laskettiin neljän eripuolella suota olevan asteikon vedenkorkeuksien muutosten keskiarvo. Kunkin asteikon 0-lukema valittiin niin, että se vastasi alinta mitattua vedenkorkeutta.

Sade mitattiin suoraan. Haihtumisen oletettiin olevan verrannollisen lysimetrin avulla mitattuun haihtumiseen. Verrannollisuuskertoimen ajateltiin riippuvan lineaarisesti vedenkorkeudesta ja se mää-

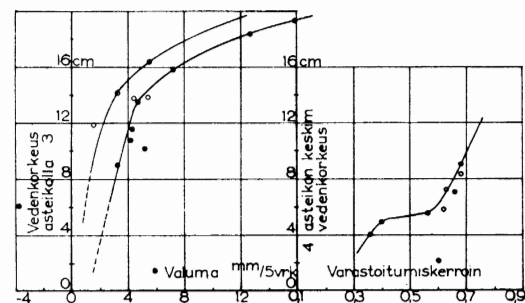
rättiin kahden lysimetrin avulla joissa pidettiin vedenpintaa eri korkeudella.

Kesällä 1961 kerätty aineisto jaettiin viiden päivän pituisiin jaksoihin. Jos jakson viimeisenä päivänä oli satanut, yhdistettiin kaksi peräkkäistä jaksoa laskemalla mitattujen suureiden keskiarvot viittä vuorokautta kohden. Näin saatiin 15 jaksoa, joiden lopussa oli vedenkorkeus varmasti laskusuunnassa. Yhtälö 2 ratkaistiin seuraavalla tavalla. Ensiksi annettiin varastoitumiskertoimelle arvo, esimerkiksi 0,5. Tämän jälkeen laskettiin kullekin jaksolle valuma yhtälöstä 2. Saadut arvot sijoitettiin valuma-vedenkorkeus koordinaatistoon ja pistejoukon kautta piirrettiin silmämäärin käyrä. Kunkin jakson keskimääräisen vedenkorkeuden avulla arvioitiin valuma kullekin jaksolle tältä käyrältä. Yhtälöstä 2 laskettiin näiden arvojen avulla varastoitumiskerroin kullekin jaksolle ja saadut arvot asetettiin vedenkorkeus-varastoitumiskerroin koordinaatistoon. Näin laskemalla vuorotellen valuma ja varastoitumiskerroin päästiin lopulta tulokseen, jota ei voitu enää parantaa.

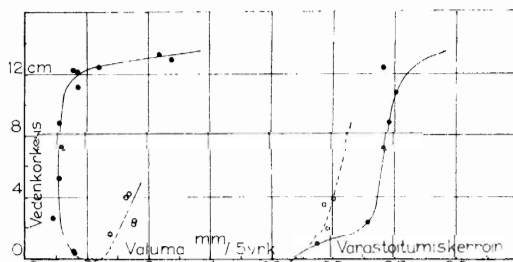
Kun laskut oli suoritettu, verrattiin käyrien A(W) ja k(W) avulla laskettujen valumien erotusta haihtumiseen. Todettiin, että jos haihtumismääristä vähennettiin 12



Kuva 5. Pohjoisneva. Valuman ja varastoitumiskertoimen riippuvuus vedenkorkeudesta asteikolla 1. Renkaat vastaavat loppukesän tuloksia.



Kuva 6. Pohjoisneva. Valuman ja varastoitumiskertoimen riippuvuus vedenkorkeudesta asteikolla 3. Renkaat vastaavat loppukesän tuloksia.



Kuva 7. Naarasaapa. Valuman ja varastoitumiskertoimen riippuvuus vedenkorkeudesta. Renkaat vastaavat loppukesän tuloksia.

% saatiin eri tavoilla laskettujen valumien erotukset mahdollisimman pieneksi. Kun tämä vähennys suoritettiin, saatiin koko suon haihtumismääräksi suunnilleen yhtä paljon kuin haihtui siitä lysimetristä, missä vedenpintaa pidettiin 15 cm syvyydellä.

Kuvassa 5 on esitetty valuma ja varastoitumiskerroin asteikolle 1. Kuvassa 6 on esitetty samat käyrät asteikolle 3. Pisteet ovat alkukesän tulosten perusteella saatuja arvoja ja renkaat ovat loppukesää vastaavia arvoja. Huomataan, että loppukesällä on valuma samalla vedenkorkeudella hieman pienempi kuin alkukesällä. Tämä johtuu siitä, että loppukesällä kasvillisuus pienensi uomia missä vesi virtasi. Kasvillisuuden aiheuttama padotus on hieman suurempi asteikolla 3. Tämä asteikohan sijaitsi paikalla missä veden virtailu tapahtui pääasiassa avoimia uomia pitkin.

Kun käytetään kuvissa 5 ja 6 esitettyjä käyriä, saadaan että havaintokautena 26. 5.—7. 9. 1961 Pohjoisnevalla kului sateesta haihtumiseen 59 % ja valumaan 41 %. Vesivarasto kauden alussa ja lopussa oli yhtä suuri.

Kuvassa 7 on esitetty, minkälaiseksi muodostui Korvasessa Naarasaavalla vuodelle 1960 laskettu valuma- ja varastoitumiskerroinkäyrä.

Huomataan, että valuma on yleensä negatiivinen. Tähän tapaukseen ei sovellukaan yhtälö 1. Valuman tilalla täytyy olla asteikon luota lähtevän ja asteikon luokse tulevan valuman erotus. Tämä siksi, että asteikko sijaitsi lähellä metsän reunaa mistä tapahtui veden virtailua suolle päin. Suon pinta oli alkukesällä vedenkorkeusasteikon lukemassa 13 cm ja loppukesällä 9 cm.

Kuvissa 5, 6 ja 7 esitettyjen pisteiden poikkeaminen keskimääräiseltä käyrältä

voidaan osaksi selittää seuraavilla tavoilla. Yksi sademittari ei kykene ilmaisemaan koko suon todellista sademäärää. Tämä tulee kyseeseen varsinkin kuviossa 6 esitettyihin käyriin nähden. Jos vedenkorkeus jonkun jakson aikana muuttuu paljon, joutuu valumaa esittävä piste käyrän oikealle puolelle, sillä valumakäyrä ei ole suoraviivainen. Kuviossa 5 esitettyssä käyrässä suurimmat poikkeamat johtuvat siitä, että vedenkorkeuden ollessa voimakkaassa laskusuunnassa ei alueen laidassa oleva yksi vedenkorkeusasteikko pysty kuvaamaan koko alueen vesivaraston muutosta.

Varastoitumiskertoimeen saattaa vaikuttaa se, että turpeen ominaisuudet voivat vaihdella lyhyenkin ajan kuluessa. Koska käytettiin sellaisia jaksoja, joiden lopussa vedenkorkeus oli aina ollut alenevassa suunnassa anakin yhden vuorokauden ajan, eli jakson viimeisen päivän vedenkorkeutta vastaava turvekerros oli ollut veden kyllästäjänä yli vuorokauden, oletettiin, että turve oli samassa tilassa

jakson alussa ja lopussa. Menetelmä ei anna vastausta siihen, että riittääkö tämä yhden vuorokauden kyllätymisaika turpeen ominaisuuksien stabilisoitumiseen.

Jos vedenkorkeus on voimakkaassa nousussa, voitaisiin ajatella, että valuma todellisuudessa on suurempi kuin mitä saataisiin valumakäyrältä, sillä turveosaset eivät ehtisi turvota lyhyenä kyllästymisaikana. Näyttää siltä, että Pohjoisnevalla ei ollut tällaista ilmiötä, sillä asteikkojen 1 ja 3 valumien erotuksessa ei ollut mitään olennaista muutosta vedenkorkeuden ollessa nousussa. Asteikko 1 sijaitti paikassa missä vesi ei virrannut selviä uomia pitkin. Juuri täällä voisi odottaa valuman olevan yllämainitusta syystä suurempi. Asteikko 3 sijaitti paikalla missä veden virtailu tapahtui avoimia väyliä pitkin, joten täällä ei pitäisi esiintyä tätä ilmiötä.

Tämä tutkimus on tehty Opetusministeriön ja Valtion luonnontieteellisen toimikunnan tohtori H. Simojolle myöntämien apurahojen turvin.

KIRJALLISUUTTA

BLOMQVIST, EDV., 1917. Haihtumismittauksia Pyhäjärven luona vuosina 1912 ja 1913, Suomen tie- ja vesirak. ylihäll. hydrograf. toimiston tiedonantoja, 3, Helsinki.

NOMALS, P., 1938. Die Verdunstung in einem Hochmoor, VI. Balt. Hydr. Konf., Bericht 16 B, Berlin.

VISSER, W. C. and BLOEMEN, G. W., 1959. The moisture flow technique for determining the waterbalance, Publication N:o 48 of the I. A. S. H., Symposium Hannoversch-Münden.

WÄRE, MATTI, 1947. Maan vesisuhteista ja viljelyskasvien sadoista Maasojan vesitaloudellisella koekentällä vuosina 1939—1944, Helsinki.

ON THE RESEARCH OF PEAT LAND HYDROLOGY IN LAPLAND AND OSTROBOTHNIA

by J. Virta

SUMMARY

Evaporation during the summer months has been the object of investigation on several treeless «aapa» peat bogs in Finland. At Korvanen ($\varphi = 67.9^\circ \text{ N}$, $\lambda = 27.8^\circ \text{ E}$) in Lapland field measurements were made in the summers of 1959 and 1960. At Mökky ($\varphi = 63.1^\circ \text{ N}$, $\lambda = 24.3^\circ \text{ E}$) in Ostrobothnia measurements cover the summers of 1960 and 1961.

The lysimeter which was employed in the

direct measurement of evaporation is shown in Figure 1. A 50-cm-high container (A) with a base of 1 sq. m. was sunk into the peat and filled with water and pieces of peat. The topmost layer in this container comprised one intact piece of surface peat. A special device (B) permitted the regulation of the water level in the container. The difference between the amount of water poured into the container in

the evening and that measured in the measuring pit (C) in the morning was taken as the amount of evaporation during the previous day.

Some results are shown in Table 1. In the first column is the observation year; second, location; third, the water level in the sample container; fourth, amounts of evaporation; fifth, total evaporation; and last, total precipitation during the three summer months. In Lapland the months were warmer than normal with below-normal precipitation, and therefore the total evaporation was nearly equal to the evaporation on the peat bog farther south.

In Table 2 a comparison is made between the evaporation from a peat surface and from water in a container on the ground. The evaporation from the water-filled container on the ground is taken as 100. The evaporation is seen to be as its greatest in June. This is due to the growth of vegetation which is most vigorous just in this month.

An attempt was made to estimate the run off from a peat bog on the basis of precipitation, evaporation, and water level observations. The method was very similar to the one used by Visser and Bloemen (1959) on the Netherlands. Equation 1 expresses the water balance on which the estimation is based. P stands for amount of precipitation, E for evaporation, and ΔS for change in the water reserves of the peat bog. All the quantities are expressed in mm per 5 days. By assuming that the run off depends on the height of water level in the peat and that changes in water reserves are directly proportional to changes in water level, Equation 2 is obtained. W is the average water height for the observation period, k $\left(\frac{W_1 + W_2}{2} \right)$

the water storing coefficient, and W_1 and W_2 the water levels at the beginning and end of the period. Of the terms in the equation, precipitation was measured directly. Evaporation was determined through the two lysimeters and the water level.

The run off and water storing coefficient were derived from Equation 2 as follows. The summer's data was divided into five-day periods in such a way that there was no rain during the last day of each period. At first 0.5 was used as the water storing coefficient, and the run off for each period was computed from Equation 2. The derived values were plotted in a run off — water level coordinate system and a curve fitted to the points. From this curve run off for each period was read and the values used to compute the water storing coefficient with Equation 2. The procedure was repeated until a result was obtained that could no longer be improved.

Figures 5, 6 and 7 display some of the results. The curve on the left indicates run off and the one on the right the water storing coefficient. The points and rings stand for early and late summer, respectively. According to the curves in Figures 5 and 6, 59 % of the total precipitation was consumed in evaporation and 41 % in run off in the summer of 1961 at Möksy. The negative values for run off in Figure 7 are due to the fact that the reading station was located at the edge of a forest. From the forest water drained toward the bog. In this case Equation 1 is not suitable as such. The run off must be replaced by the difference in the amount of water draining away from the reading station and draining to the reading station.