

Vol. 26

1975, N:o 2

15.10.1975

# SUO

Julkaisija – Publisher:

SUOSEURA – FINNISH PEATLAND SOCIETY

Toimituskunta – Editorial board:

Kalevi Raitasuo (puh. joht. – chairman), Erkki Ahti,  
 Hannu Mannerkoski, Esko Lehtimäki.

Toimitus – Office:

Unionink. 40 B

00170 Helsinki

Finland

Tilaushinta 20 mk

Subscription price

20 Finnish marks:

Kirjoituksia lainattaessa pyydetään mainitsemaan lehden nimi

Jukka Laine – Hannu Mannerkoski

Suo 26, 1975 (2):17–24

## TENSIOMETRIN KÄYTTÖ TURVEMAI DEN KOSTEUSOLOJEN KUVAUKSESSA

### ON THE USE OF TENSIOMETERS IN DESCRIBING MOISTURE CONDITIONS OF PEAT SOILS

#### JOHDANTO

Turvemaan kosteusolojen määrittämiseen on kehitetty useita eri menetelmiä. Näistä yleisimpiä on maasta otettujen kertanäytteiden kosteusprosentin määrittäminen, johon tosin liittyy turvemailla eräitä vaikeuksia. Esimerkiksi tietyn tilavuuden näytteen ottaminen on vaikeaa ja vaatii erityistä huolellisuutta. Määrittämällä kosteusprosentin lisäksi kyseisen turpeen vedenpidätyskäyrä päästään vastaaviin pF-arvoihin (esim. Päivänen 1973), jotka kuvaavat parhaiten veden käyttökelpoisuutta kasvien kannalta maan laadusta riippumatta. Toinen hyvin yleisesti käytetty turvemaiden vesiolojen kuvaaja on pohjavesikaivossa olevan vesipinnan syvyys.

Pohjavesipinnan syvyyden ja pintaturpeen kosteuden välillä on todettu olevan vahva negatiivinen korrelaatio (Heikurainen ym. 1964), joka ko. tutkimuksen vaihtelalueella (0-40 cm) oli suoraviivainen. Pohjavesipinnan syvyysmittauksista on siis teoriassa mahdollista päästä myös pF-arvoihin vedenpidätyskäyrän avulla.

Maaveden jännitys voidaan määrittää myös suoraan tensiometriperiaatteella, jonka on esittänyt Yhdysvalloissa Richards (1942, 1949). Sitä on käytetty monissa kivennäismaiden vesitaloutta kuvaavissa maataloudellisissa (esim. Kühnel 1969) ja metsätieteellisissä (esim. Brühlhart 1969) tutkimuksissa hyvin tuloksin. Suomessa olivat ensimmäiset kokemukset tensiometrin käytöstä turvemailla melko negatiivisia, koska käytetyt laitteet eivät olleet kyllin luotettavia (Paavilainen 1963). Myöhemmin on Päivänen (1973) käyttänyt rasiamanometrillä varustettua tensiometriä hyvin tuloksin, vaikka

sen käyttöalue ei ulottunutkaan alle pF 1.3:n. Sveitsiläisten esikuvien mukaan (vrt. Brühlart 1969, Kühnel 1969) rakennetun tensiometri-mallin on esittänyt Suomessa Ahti (1971, 1974) havaiten sen toimivan hyvin myös turvemaidella ja alhaisilla maaveden jännityksillä. Vastaavan tensiometrin yksityiskohtaiset rakennusohjeet ovat esittäneet myös Henderson ja Rodgers (1963).

Tätä mallia on käytetty myös Helsingin yliopiston suometsätieteen laitoksella, ja seuraavassa esittelemme siitä sekä maasto- että kasvihuoneolosuhteissa saatuja kokemuksia.

#### MITTAUKSET

Tensiometrejä käytettiin sekä maastossa että kasvihuoneessa tehdyissä mittauksissa. Maastokokeet tehtiin suometsätieteen laitoksen koe-kentällä Juupajoen Lylyssä ja kasvihuonekokeet Viikissä. Maastossa oli kullakin koealalla 5,20 ja 40 cm:n syvyyksiin sijoitetut tensiometrit, jotka luettiin illalla noin klo 20. Samoilla koealoilla oli piirtävä pohjavesimittari, jonka käyrältä on otettu tensiometrilukeman ajankohtaa vastaava pohjavesipinnan syvyyden arvo. Pohjavesipiirturin ja tensiometrien nollatasojen mahdollista poikkeamista toisistaan ei määritetty.

Koealoja oli kaikkiaan kuusi, joista kolmen tuloksia esitetään tässä yhteydessä. Nämä kolme koealaa ovat varsinaisen saranevan eri kuivatusasteita, joista koeala 5 on luonnontilainen, koeala 6 on ojitettu v. 1967 ja koeala 3 on 30-luvulla ojitettu muuttuna.

Kasvihuoneessa tensiometrit olivat kasvustasioissa, joiden pohjavesipintaa vaihdeltiin jaksottaisesti. Veden lisäys tapahtui yhtyvien astioiden periaatteella astian pohjan kautta. Esitettävät tulokset ovat kolmesta pohjavesikäsitte-lystä: a)  $25 \pm 20$ , b)  $50 \pm 20$  ja c)  $50 \pm 10$ , joissa vesipinta vastaavasti vaihteli 2 – 43 cm, 29 – 70 cm ja 42 – 64 cm. Vesipintaa muutettiin nostamalla se suoraan syvimmästä arvosta lähinnä turpeen pintaa olevaan tasoonsa ja laskemalla siitä alaspäin 2 – 3 vuorokauden välein a- ja b-tapauksissa 10 cm:llä ja c-tapauksessa 5 cm:llä.

Tensiometrien elohopeamillimetreinä (mm Hg) saadut lukemat muutettiin vesisenttimetreiksi (cm H<sub>2</sub>O), jotka ovat helposti muutetta-

vissa pF-arvoiksi. Muuntokerroin, joka riippuu mm. elohopeasäiliön ja manometrikapillaari-putken läpimitoista, oli tässä tapauksessa 13.345 eli 1 mm Hg on n. 1.3 cm H<sub>2</sub>O (ks. Brühlart 1969, Kühnel 1969).

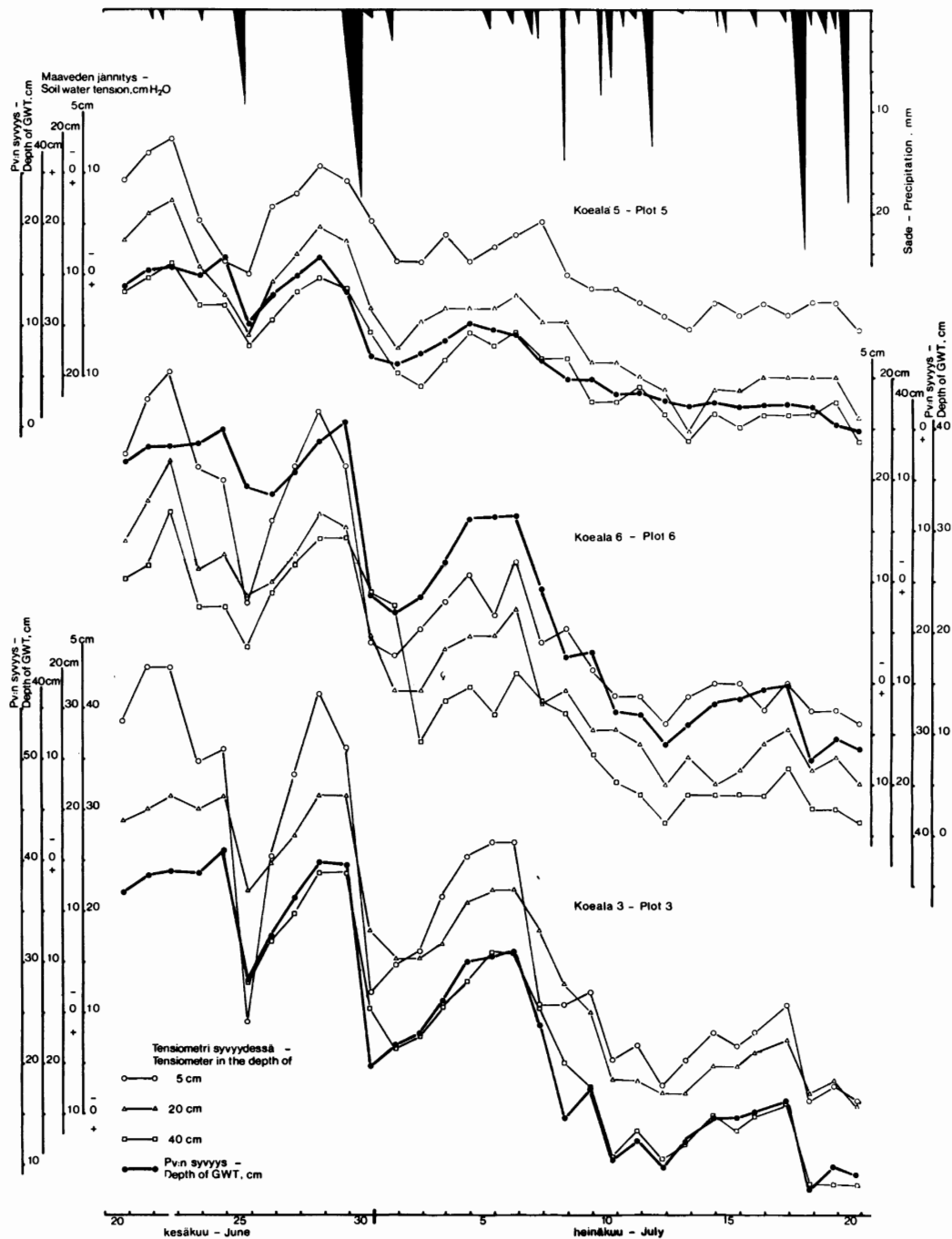
#### TULOKSET

Maastokokeen tuloksia esitellään kuvissa 1 ja 2. Kuvassa 1 esitetään eri koealojen pohjavesipinnan ja eri syvyyksiltä saatujen tensiometrilukemien kehitys mittausajalla 20.6. – 20.7. 1974. Kesä oli hyvin sateinen, ja vain mittausjakson alussa oli lyhyt kuiva kausi, joten havaintojen määrä tensiometriarvojen ja syvällä olevan vesipinnan suhteesta jäi vähäiseksi. Kuvassa on esitetty myös sademäärät koealalla 5 mitattuina vapaan sadannan arvoina. Kuvasta havaitaan tensiometrilukemien seuraavan hyvin pohjavesipinnan syvyyden kulkua. Selvintä tämä oli mää- rällä luonnontilaisella nevalla 20 ja 40 cm:n syvyydessä. Ojitetuilla koealoilla oli sateiden ja poutakausien aiheuttama pintaturpeen (5 cm) vesipitoisuuden vaihtelu selvästi suurempaa kuin pohjavesipinnan syvyyden vaihtelu. Tämä oli sitä selvempää mitä syvemmällä vesipinta oli. 40 cm:n (ja koealalla 5,20 cm:n) syvyydessä olevien tensiometriä kärjet olivat koko ajan pohjavesipinnan alapuolella, joten ne mittasivat veden hydrostaattista painetta.

Kuvassa 2 on tensiometrilukemat asetettu koordinaatistoon pohjavesipinnan syvyyteen. Huomataan, että tensiometrilukemien ja pohjavesipinnan välillä on erittäin selvä korrelaatio. Seuraavassa asetelmassa esitetään vesipinnan ja tensiometrilukemien väliset lineaariset korrelaatiokertoimet.

	koeala		
syvyys	5	6	3
5 cm	.876	.927	.958
20 cm	.928	.960	.984
40 cm	.957	.901	.983

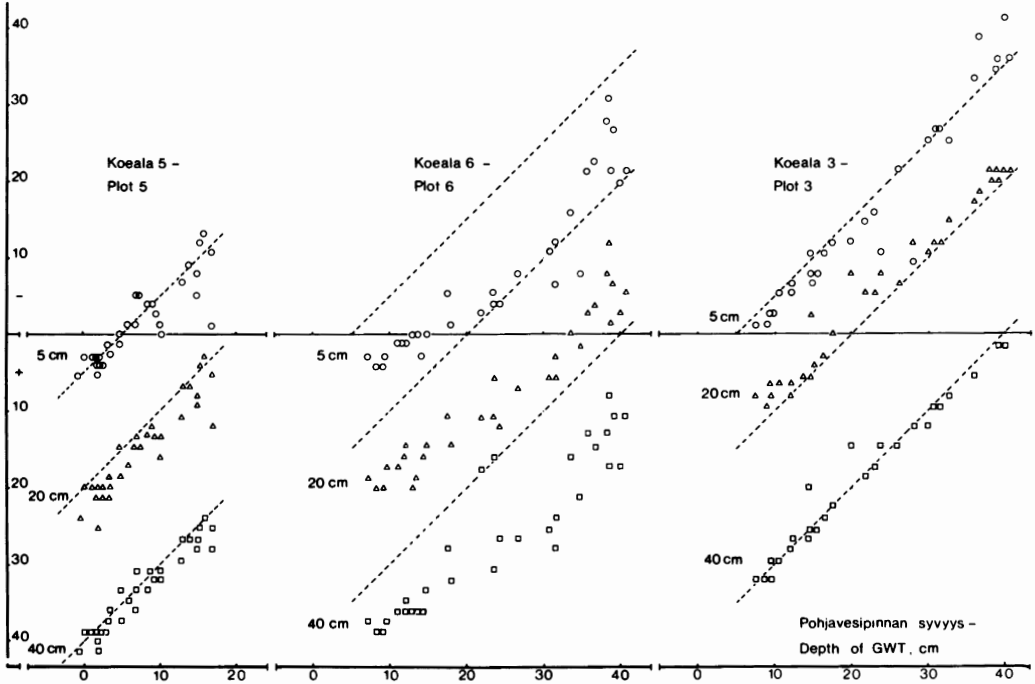
Pisteparven kuvaajat olivat suoraviivaisia, lukuunottamatta ojitettuja koealoja (3 ja 6) viiden senttimetrin syvyydellä ja koealalla 6 myös 20 cm:n syvyydellä olevia tensiometrejä, joilla myös yhtälön neliötermi osoittautui merkitseväksi. Käyräviivaisuutta oli siis yleensä vain 5 cm:n syvyydessä, jossa siihen oli syynä pinta-



Kuva 1. Maastossa 5, 20 ja 40 cm:n syvyydessä olleiden tensiometriin osoittamien maaveden jännityksen arvojen (cm H<sub>2</sub>O) ja pohjavesipinnan ajallinen vaihtelu sekä sateiden jakautuminen mittausjaksona 20.6. – 20.7.1974.

Fig. 1. Field experiment: Temporal variation of ground water table and soil water tension values (cm H<sub>2</sub>O) measured with tensiometers at the depths of 5, 20 and 40 cm and the distribution of rainfall during the measuring period 20.6. – 20.7.1974.

Maaveden jännitys -  
Soil water tension, cm H<sub>2</sub>O



Kuva 2. Maastossa eri syvyyksillä mitattujen maaveden jännityksen arvojen suhde pohjavesipinnan syvyyteen. Maaveden jännityksen saadessa positiivisiä arvoja (hydrostaattinen paine) tensiometrin kärkikappale on ollut vesipinnan alapuolella.

Fig. 2. Field experiment: Relationship between ground water table and soil water tension measured at different depths. When the water tension values are positive (hydrostatic pressure), the measuring unit has been below the water table.

turpeen kuivuminen haihdunnan vaikutuksesta pohjavesipinnan ollessa syvällä (30 – 40 cm). Toisaalta käyräviivaisuutta aiheuttavat myös sateet, joiden vaikutus näkyy selvempänä ja nopeammin pintaturpeessa kuin syvällä olevassa pohjavedessä. Sateet ja haihtuminen aiheutta-

vat siis merkittävää hajontaa pintaturpeen (5 cm) kosteuden ja pohjavesipinnan syvyyden suhteessa (vrt. Heikurainen ym. 1964).

Lineaaristen yhtälöiden regressiokertoimien poikkeaminen arvosta 1.0 testattiin ja tulokset esitetään seuraavassa asetelmassa.

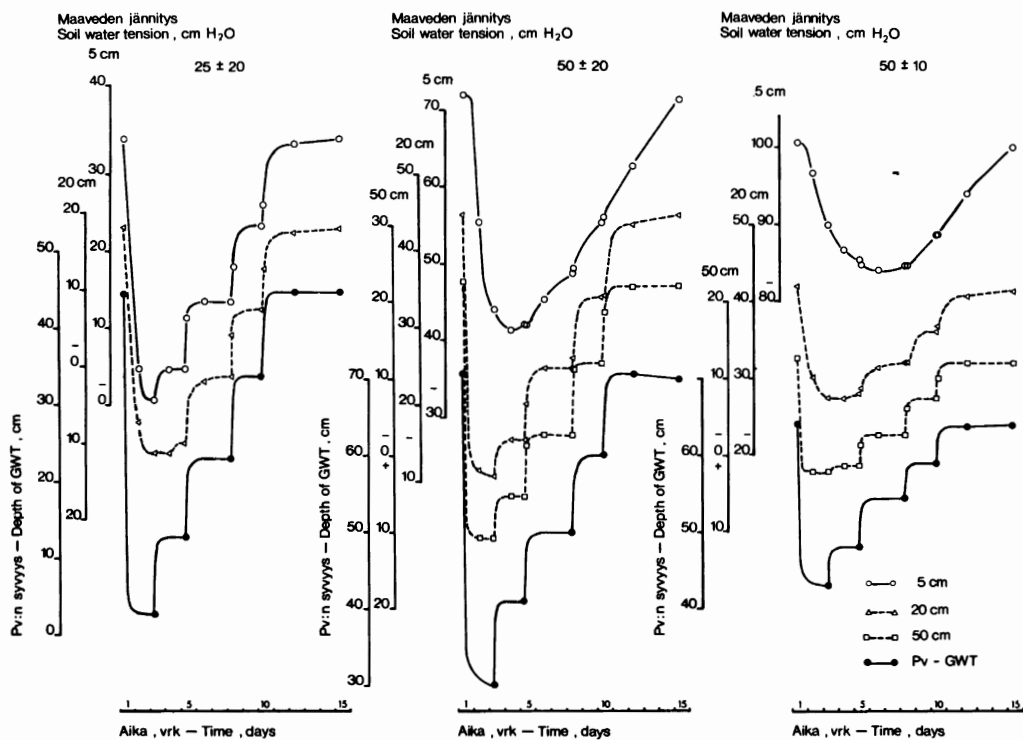
	koeala		
syvyys	5	6	3
5 cm	b = 0.865 t = 1.52	b = 0.864 t = 2.09 <sup>X</sup>	b = 1.193 t = 2.92 <sup>XX</sup>
20 cm	b = 1.031 t = 0.40	b = 0.805 t = 4.43 <sup>XXX</sup>	b = 0.961 t = 1.18
40 cm	b = 0.924 t = 1.46	b = 0.828 t = 2.49 <sup>X</sup>	b = 0.957 t = 1.19

Koaloilla 5 ja 3, lukuunottamatta jälkimäisen koalan 5 cm:n syvyyttä, tensiometrilukemat seuraavat teoreettista suhdetta (esim. Ahti 1971), mikä onkin luonnollista tensiometriin ollessa lähellä pohjavesipintaa tai sen alapuolella, jolloin haihdunta ei vaikuta tuloksiin. Koalalla 6 on runsasta hajontaa (ks. kuva 2), joka saattaa johtua koalan tiivistä, maastuneesta saraturpeesta, jonka vedenläpäisevyys on hyvin pieni.

Kuvissa 3 ja 4 on tuloksia kasvihuonekokeesta ajalta 9.1. – 18.2.1974. Astioissa olevat mätynyt olivat lepotilassa ja haihdunta oli varsin vähäistä, lähinnä turpeen pinnasta tapahtuvaa evaporaatiota. Ajanjakso käsittää vain kolme pohjavesipinnan vaihtelujaksoa. Kuvan 4 tulokset ovat yhtäpitäviä maastokokeen tulosten kanssa lukuunottamatta pisteparven kaartumis-

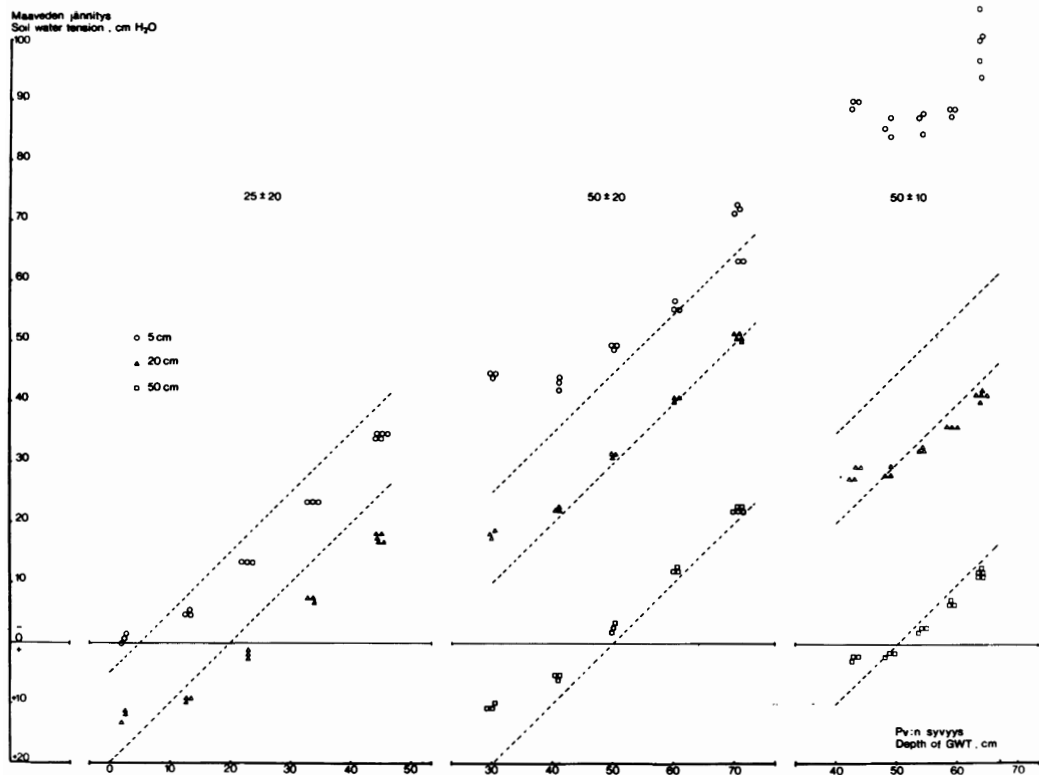
ta pohjaveden ollessa lähinnä turpeen pintaa. Sama ilmiö näkyy kuvan 3 ajallisesta kehityskuvajasta. Pisteitä kuvassa 4 tarkasteltaessa ei voida varmuudella sanoa, johtuuko poikkeaminen lineaarisuudesta pohjavesipinnan vaihtelun jännityksen mittauksesta. On todennäköistä, että osa poikkeamasta selittyy vesipinnan syvyyden mittausten menetelmästä. Vesipintamittaukseen putkesta, joka oli suorassa yhteydessä säännöstelysaavista tulevaan veteen. Vesipinta siis nousi heti samalle tasolle kuin saavissa, vaikke kasvatusastian keskellä turpeesta olisi vielä ehtinytkään hitaan vedenläpäisevyyden vuoksi asettua yhtä korkealle. Vesipinta ei mahdollisesti ehtinyt vielä täysin tasoittua kahdessa vuorokaudessa.

Toisaalta, kun vesipinta nousee alhaalta päin kuivaan kerrokseen, siitä nousee kapillaarisesti



Kuva 3. Kasvihuoneessa 5, 20 ja 50 cm:n syvyydessä olleiden tensiometriin osoittamien maaveden jännityksen arvojen ja pohjavesipinnan syvyyden vaihtelu yhden vaihtelujakson aikana. Vaihtelu on saatu aikaan keinotekoisesti.

*Fig. 3. Greenhouse experiment: Temporal variation of ground water table and soil water tension measured with tensiometers at the depths of 5, 20 and 50 cm during one fluctuation period. The fluctuation was artificially accomplished.*



Kuva 4. Kasvihuoneessa eri syvyyksillä mitattujen maaveden jännityksen arvojen suhde pohjavesipinnan syvyyteen.

Fig. 4. Greenhouse experiment: Relationship between ground water table and soil water tension measured at different depths.

vettä ylöspäin. Samalla turpeen kolloidien turpoamistila muuttuu, ja turpeeseen jää helposti ilman täyttämiä huokosia pohjavesipinnan alapuolellekin. Tällöin tensiometriin voi kohdistua vielä imua, vaikka vesipinta edellyttäisi hydrostaattista painetta.

Viiden senttimetrin syvyydessä olevien tensiometriin lukemat pohjavesikäsitelyissä  $50 \pm 20$  ja varsinkin  $50 \pm 10$  ovat selvästi myöhästyneet pohjavesipinnan muutoksista (kuva 3). Kaikkein kuivinta pintaturve oli käsittelyssä  $50 \pm 10$ , jossa maaveden jännitys oli paljon suurempi kuin etäisyys vesipinnasta olisi edellyttänyt. Tulos osoittaa, että kapillaarinen vedennousu tähän kerrokseen oli selvästi hidastunut pohjavesipinnan ollessa näin syvällä.

#### TULOSTEN TARKASTELUA

Kokeissa tensiometri reagoi hyvin kosteuden muutoksiin. Koeaikana pohjavesipinta oli niin lähellä turpeen pintaa, että sateiden vaikutus näkyi nopeasti myös pohjavesipinnan muutoksina (vrt. Ahti 1974). Vaikutus oli kuitenkin huomattavasti nopeampi lähellä turpeen pintaa oleviin tensiometriin. Tensiometri osoitti myös, että pintaturve tuli haihtumisen vaikutuksesta selvästi kuivemmaksi kuin vesipinnan etäisyyden määräämä tasapainotila olisi edellyttänyt estettäessä haihtuminen (Ahti 1971, 1972).

Poikkeama tasapainotilasta oli suurin kasvihuonekokeen kuivimmassa käsittelyssä ( $50 \pm 10$  cm). Kapillaarinen vedennousu ei ehtinyt

korvata haihdunnan aiheuttamaa pintaturpeen kosteusvajausta enää, jos pohjavesipinta laski maastokokeessa 30 – 40 cm:n syvyyteen. Kasvihuonekokeessa raja oli syvemmällä, mutta se oli koejärjestelyn vuoksi vaikea määrittää.

Pintaturpeen (0 – 5 cm) kosteuden suhde pohjavesipintaan havaittiin siis kokeessa käyräviivaiseksi. Heikurainen ym. (1964) totesivat suhteen suoraviivaiseksi. Tällöin pintaturpeeksi laskettiin 15 cm:n paksuinen kerros, mikä turpeiden laadun ohella vaikuttaa esitettyjen tulosten eroihin.

Maaveden jännityksen ja pohjavesipinnan syvyyden välisen vuorosuhteen hajonta suureni myös sateiden vaikutuksesta vesipinnan syvyyden kasvaessa. Toisaalta hajonta oli sitä suurempaa, mitä lähempänä sade oli mittaushetkeä.

Saadut tulokset osoittavat tensiometrin reagoivan herkästi turpeen kosteustilan muutok-

siin. Maaveden jännityksen mittaus käy hyvin vaivattomasti ja tensiometrit toimivat maastossa varsin luotettavasti. Suurin puute on jatkuvan rekisteröinnin mahdollisuuden puuttuminen käytetyssä mallissa.

Tulokset osoittavat myös, että tensiometriä voi käyttää pohjavesipinnan syvyyden mittaukseen. Elohopeamanometrillä varustettuna sen tarkkuus jää kuitenkin melko heikoksi, sillä 1 mm:n lukemavirhe aiheuttaa 1.3 cm:n virheen pohjaveden syvyysarvoon. Pohjavesipinnan syvyyden mittaus tapahtuu parhaiten tensiometrillä, joka on jatkuvasti pohjavesipinnan alapuolella. Tällaisessa tapauksessa kärkikappale saa olla hyvin helposti vettä läpäisevä tai jopa avoin, jolloin onkin kysymyksessä piezometri. Piezometrin on todettu antavan pohjavesipinnan syvyydestä luotettavampia arvoja kuin tensiometrin (Brühlhart 1969).

## KIRJALLISUUTTA

- A h t i, E. 1971. Maaveden jännityksen mittaamisesta tensiometrillä. Summary: Use of tensiometer in measuring soil water tension. *Folia For.* 112.
- A h t i, E. 1972. Kenttäkapasiteetti ojitettujen turve-  
maiden vesisuhteiden ilmentäjänä. Summary:  
Field capacity as an indicator of water relations in  
drained peatlands. *Suo* 23, 105-109.
- A h t i, E. 1974. Measuring seasonal moisture varia-  
tion of drained peatlands by using tensiometers.  
*Proc. Int. Symp. forest drainage. 2nd-6th Sept.,*  
1974, Jyväskylä-Oulu, Finland 81-86.
- B r ü l h a r t, A. 1969. Jahreszeitliche Veränderun-  
gen der Wasserbindung und der Wasserbewegung in  
Waldböden des schweizerischen Mittellandes. *Mitt.*  
*Schweiz. Anst. forstl. Versuchsw.* 45 (2), 127-232.
- H e i k u r a i n e n, L., P ä i v ä n e n, J. and S a r a s-  
t o, J. 1964. Ground water table and water  
content in peat soil. *Acta For. Fenn.* 77.1.
- H e n d e r s o n, D. N. and R o g e r s, E. P. 1963.  
Tensiometer construction with plastic materials.  
*Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 239-240.
- K ü h n e l, H. 1969. Untersuchung des Dränungser-  
folges an 50 Jahre alten Anlagen. *Mitt. Schweiz.*  
*Anst. forst. Versuchsw.* 45 (4), 331-436.
- P a a v i l a i n e n, E. 1963. Turpeen vesipitoisuude-  
sta ja pohjavesipinnasta. Summary: On water  
content of peat and ground water level. *Suo* 14,  
8-9.
- P ä i v ä n e n, J. 1973. Hydraulic conductivity and  
water retention in peat soils. *Seloste: Turpeen*  
*vedenläpäisevyys ja vedenpidätyskyky. Acta For.*  
*Fenn.* 129.
- R i c h a r d s, L. A. 1942. Soil moisture tensiometer  
materials and construction. *Soil Sci.*, 53, 241-248.
- R i c h a r d s, L. A. 1949. Methods of measuring soil  
moisture tension. *Soil Sci.*, 68, 95-112.

## SUMMARY:

ON THE USE OF TENSIOMETERS IN DESCRIBING  
MOISTURE CONDITIONS OF PEAT SOILS

The article presents results of tensiometer measurements in peat soils. Measurements have been taken both in the field and in the greenhouse. The plots in the field experiment represented different stages of drainage in ordinary sedge bog. Plot 5 was in a virgin state, plot 6 had been drained in 1967, and plot 3, in the 1930's. Each plot had one tensiometer at each of the three measuring depths. (5, 20 and 40 cm). In the field the depth of the ground water table was also measured using self-registering gauges. In the greenhouse experiment the water table in the soil samples was artificially regulated by raising it straight from the deepest level to the topmost level, and lowering it after every 2-3 days (see Fig. 3).

The results are presented in figures 1-4. The soil water tension and hydrostatic pressure values obtained with tensiometers show a close

correlation with those concerning the ground water table in case when the measuring unit has been near the water table or below it. Evapotranspiration and rainfall caused a variation to the relationship between the water table and soil water tension at the depth of 5 cm, particularly when the water table was deep (30-40 cm) (Fig. 2). The effect of evapotranspiration can be seen also in the results of the greenhouse experiment (Fig. 4). In this experiment the effect of the rise of the water table was not as great as expected. The reason for this may be too short a time for levelling (2 days).

The results show that tensiometers can be used also for measurements on the depth of the ground water table if it has a sufficiently accurate manometer and if the measuring unit is kept near or below the ground water table.

## TIEDOTUS

Vuosikokouksessa tehdyn päätöksen mukaisesti Suolehti julkaistaan 1975 lähtien viitenä numerona vuodessa.

Päätoimittajan jouduttua luopumaan tehtävistään Suolehden toimituskunta on päättänyt, ettei vuoden

1974 viimeistä numeroa julkaista. Samasta syystä vuoden 1975 numerot ovat myöhässä. Valitamme tilaajille aiheutunutta epätietoisuutta ja toivomme tilanteen normalisoituvan vuoden 1975 loppuun mennessä.

Toimituskunta

## ACKNOWLEDGEMENT

*Because of difficulties in getting a new editor, it has been decided by the editorial board, that Suo No 6/1974 remains unpublished. For the same reason, the editing of Suo in 1975 has been delayed. It is supposed*

*that the situation will be normalized by the end of 1975.*

*From 1975 on Suo will be published in 5 number per year.*

*Editorial board*