

S U O

Vol. 23

1972, No 6

20. 12. 1972

Julkaisija - *Publisher:*

SUOSEURA - *FINNISH PEATLAND SOCIETY*

Toimituskunta - *Editorial board:*

Yrjö Pessi (puh. joht. - *Chairman*), Seppo Kaunisto,

Matti Syrjänen, Eero Paavilainen, Juhani Päivänen

(päätoimittaja - *Editor*)

Toimitus - *Office:*

Unionink. 40 B

00170 Helsinki

Finland

Tilaushinta 10 mk

Subscription price

10 Finnish marks

Kirjoituksia lainattaessa pyydetään mainitsemaan lehden nimi

Erkki Ahti

KENTTÄKAPASITEETTI OJITETTujen TURVEMAIDEN VESISUHTEIDEN ILMENTÄJÄNÄ

FIELD CAPACITY AS AN INDICATOR OF WATER RELATIONS IN DRAINED PEATLANDS

1. JOHDANTO

Veihmeyerin ja Hendricksonin (1950) mukaan, joihin yleisesti viitataan käytettäessä termiä "kenttäkapasiteetti", maan kosteus on kenttäkapasiteettia vastaava, kun painovoiman aiheuttama veden vajoaminen on sateen jälkeen käytännöllisesti katsoen lakanut. Epätäsmällinen ilmaisu ("käytännöllisesti katsoen") johtuu siitä, että veden vajoamisen lakkaamishetkeä ei tarkasti kyetä määrittämään. Puustjärvi (1963) käyttää täsmällisempää sanontaa: "kenttäkapasiteetilla ymmärretään sitä maassa olevaa vesimäärää, joka ei valu pois painovoiman vaikutuksesta".

Soiden ojittaminen perustuu veden liikkumiseen painovoiman vaikutuksesta. Paavilainen (1967) kytkee painovoiman vaikutuksen kenttäkapasiteettikäsitteeseen seuraavasti: "Täysin kyllästettyä maata ja kenttäkapasiteettia vastaavien rajakosteustilojen välillä oleva vesi on painovoiman vaikutuksesta liikkuvaa ja siten esimerkiksi ojituksella poistettavissa". Kenttäkapasiteettia vastaava maan kosteus antaa siis kuvan siitä, millaiseen kuivattavaan vaikutukseen ojituksella on mahdollisuus päästä. Tästä johtuu, että kenttäkapasiteettikäsitettä on hyvin paljon käytetty soiden vesitaloutta koskettelevissa julkaisuissa.

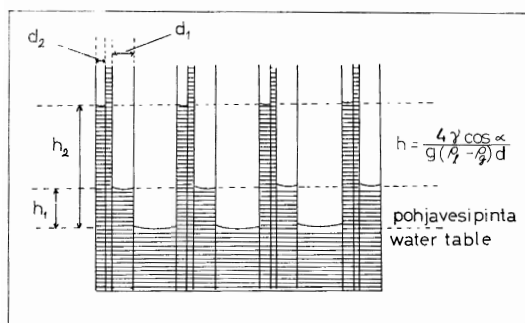
Kenttäkapasiteettia pidetään kivennäismailla suhteellisen kiinteänä, maalajia kuvaavana tunnuksena (esim. Heinonen 1954). Käsit-

teen luonne muuttuu kuitenkin, kun on kysymyksessä ojitettu suo. Ojitetulla suolla nimitetään pohjavesipinta vaikuttaa pintamaan kosteuteen, päinvastoin kuin useimmilla kivennäismailla. Seuraavassa tarkastelen teoreettisten esimerkitapausten ja maastossa mitattujen kostearvojen perusteella, mikä merkitys pohjavesipinnan syvyydellä on kenttäkapasiteettikäsitteen käyttökelpoisuuden kannalta.

2. PERUSKÄSITTEITÄ

Kenttäkapasiteettia vastaava kosteus ilmaistaan yleisimmin ns. pF-arvolla, joten pF-käsitteen määrittelemine on tässä paikallaan. Se käy parhaiten pänsä yksinkertaisen esimerkitapausten avulla.

Kun puun juuri on pohjavesipinnan alapuolella, siihen kohdistuu hydrostaattinen paine, joka on riippuvainen juuren tason ja pohjavesipinnan tason välisestä korkeuserosta. Kun pohjavesipinta maan kuivuessa on laskenut juuren tasolle, juureen kohdistuvan hydrostaattisen paineen suuruus on nolla. Kun pohjavesipinta laskee juuren tason alapuolelle, juureen kohdistuu negatiivinen paine eli imu: maa pyrkii tavallaan imemään juuresta vettä. Käytännössä näin ei kuitenkaan tapahdu: puiden juurethan ottavat vettä myös pohjavesipinnan yläpuolelta. Juureen kohdistuva negatiivinen paine kuvaa sitä energiaa, joka puun on käytettävä voidakseen irroittaa maasta vettä.



Kuva 1. Kapillaarisen nousukorkeuden ja kapillaariputken läpimitan välinen riippuvuus.

Fig. 1. Relationship between the capillary rise and the capillary tube diameter.

Yhtälön symbolit — symbols in the equation (Hillel 1971):

- h = kapillaarinen nousukorkeus
capillary rise
- γ = pintajännitys
surface tension
- α = adheesiokulma
contact angle
- g = maan vetovoiman kiihtyvyys
acceleration of gravity
- ρ = veden ja ilman tiheys
density of water and air
- d = kapillaariputken läpimitta
capillary tube diameter

Samoin kuin positiiviset paineet voidaan negatiivisetkin paineet ilmaista elohopeamillimetreinä tai muilla nestepatsaan korkeutta vastaavilla paineyksiköillä. Maafysiikassa käytetään elohopeamillimetrin (mmHg) asemesta yleisesti vesisenttimetriä (cmH₂O), joka on Schofieldin (1935) esittämän pF-yksikön perustana: pF-arvoon päästään ottamalla vesisenttimetreissä (cmH₂O) ilmaistusta arvosta kymmenkantainen logaritmi. Jos juureen kohdistuva negatiivinen paine on esimerkiksi 100 cmH₂O, vastaava pF-arvo on 2.0.

Edellä käsitellystä negatiivisesta paineesta käytetään nimitystä *maaveden jännitys*.

3. POHJAVESIPINNAN VAIKUTUS YLÄPUOLELLEEN OLEVAN MAAKERROKSEN KOSTEUTEEN

Oletetaan, että kuvan 1 esittämät kapillaariputket kuvaavat maa-vesi-ilma-systeemiä, jossa vallitsee kenttäkapasiteettia vastaava kosteus, eli jossa painovoiman aiheuttama veden vajoaminen on lakannut.

Koska kapillaarinen nousukorkeus on riippuvainen maahuokosten keskimääräisestä läpimi-

Taulukko 1. Kenttäkapasiteettia vastaavan pF-arvon riippuvuus pohjavesipinnan etäisyydestä.

Table 1. Relationship between soil moisture tension at field capacity and the distance from the water table.

Etäisyys pohjavesipinnasta Distance from water table cm	Maaveden jännitys Soil water tension pF
1	0.00
10	1.00
20	1.30
30	1.47
40	1.60
50	1.70
100	2.00

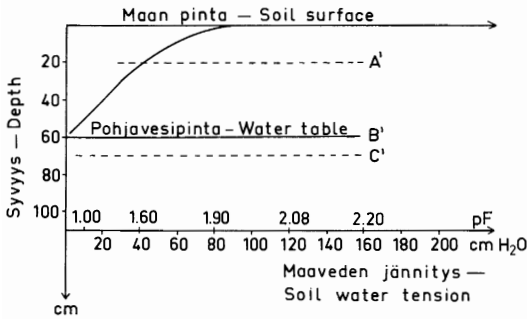
tasta (kuva 1; vrt. Hillel 1971), on ilmeistä, että siirryttäessä pohjavesipinnasta kohti maanpintaa maassa oleva vesi keskittyy yhä pienempiin huokosiin. Tämä merkitsee, että vesipitoisuus pienenee ylöspäin olettaen, että kyseinen maakerros on homogeeninen (vrt. Heikurainen 1963).

Koska maavesi ei kenttäkapasiteetin vallitessa liiku, maaveden vaikuttavat voimat, kapillaarivoima ja painovoima¹), ovat keskenään tasapainossa, ja veden potentiaalienergia eri etäisyyksillä pohjavesipinnasta vakio. Gravitaatioenergia (painovoimasta aiheutuva energia) on suoraan verrannollinen tarkastelupisteen ja pohjavesipinnan korkeuseroon, joten kapillaarivoiman aiheuttama energiakomponentti on myös suoraan verrannollinen e.m. korkeuseroon, mutta vaikutussuunnaltaan vastakkainen.

Maaveden jännityksen ja pohjavesipinnan syvyyden välistä riippuvuutta kosketelleissa julkaisuissa on usein todettu, että energiatasapainon vallitessa maaveden jännitys on suoraan verrannollinen tarkastelutason ja pohjavesipinnan korkeuseroon (Heinonen 1954, Paavilainen 1963). Edellä on osoitettu, että sama verrannollisuus pätee myös kapillaarivoiman ja painovoiman suhteen. Maaveden jännitys on siis määriteltävissä kapillaarivoiman tai painovoiman avulla. On varsin luonnollista, että veden paine-energia voidaan määrittellä veteen vaikuttavien voimien avulla.

Mikäli maaveden jännityksen mittayksikkönä käytetään vesipatsaan korkeutta (cmH₂O), tarkastelutason ja pohjavesipinnan välinen kor-

¹) Maaveden vaikuttaa eräitä muitakin voimia (esim. osmoottiset voimat, haihtumisasi jne.), mutta niillä ei liene kenttäkapasiteetin vallitessa merkitystä. Kenttäkapasiteettia vastaavan kosteuden esiintymiseen niillä sen sijaan on voimakas vaikutus.



Kuva 2. Maaveden jännityksen teoreettinen syvyysjakautuma ojitetulla suolla, kun veden vajoaminen painovoiman vaikutuksesta on sateen jälkeen loppunut.

Fig. 2. Theoretical vertical distribution of the soil water tension in drained peat when the downward movement after rain has ceased.

keusero ilmaisee siis suoraan kenttäkapasiteettia vastaavan maaveden jännityksen. Tämä merkitsee, että kenttäkapasiteettia vastaava pF-arvo on taulukon 1 mukainen pohjavesipinnan etäisyyden funktio (vrt. Heino 1954).

On syytä korostaa, että taulukossa 1 esitettyihin lukuihin päädytään puhtaasti teoreettisen tarkastelun perusteella, ja että ne ovat maajajista riippumatta samat kaikissa tapauksissa, jolloin tarkastelupisteen ja pohjavesipinnan välillä on kapillaarinen yhteys.

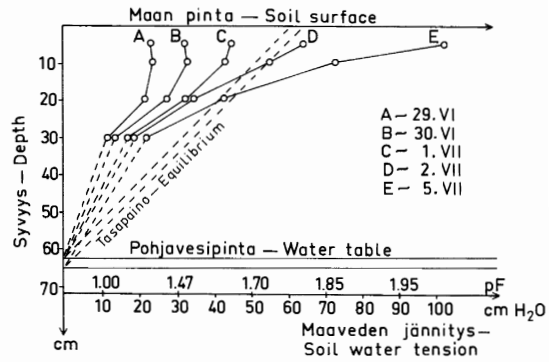
Edellä esitetyn perusteella on ilmeistä, että useimmilla ojitetuilla soilla kenttäkapasiteettia vastaava pF-arvo on pohjavesipinnan syvyyden, mutta ei turvelajin funktio. Kivennäismailla, joilla pohjavesipinnan vaikutus ei yleensä tunnu pintamaassa, eri syvyydellä olevat maakerrokset ovat veden sitoutumisen kannalta samassa asemassa. Tällöin (maan ollessa homogeenista) kenttäkapasiteettia vastaava pF-arvo ei vaihtelee vertikaalisuunnassa, vaan on nimenomaan maajajista riippuvainen.

Kuva 2 esittää tilannetta, joka edellä esitetyn teoreettisen tarkastelun perusteella esiintyyne ojitetuilla soilla, kun turpeen kosteus sateen jälkeen alkaa lähennellä kenttäkapasiteettia.

Pohjavesipinta on sateen vaikutuksesta nousnut tasolta C' tasolle B'. Tasojen A' ja B' välisessä profiilissa osassa vesi ei liiku (kenttäkapasiteettia vastaava korkeus); pintaturpeen kuivuminen on alkanut.

4. KENTTÄKAPASITEETTIA VASTAAVAN MAAVEDEN JÄNNITYKSEN SUHDE POHJAVESIPINTAAN KENTTÄHAVAINTOJEN VALOSSA

Kesällä 1971 suoritettiin Vilppulan Jaakkoin-suolla ns. ekologisilla erikoiskoekentillä tensio-



Kuva 3. Maaveden jännityksen syvyysjakautuman kehitys 29. 6. 1972 sattuneen sateen jälkeen.

Fig. 3. Changes in the vertical distribution of the soil water tension after a rain on 29 June.

metrimittauksia (vrt. Ahti 1971), joiden tuloksista osa esitetään esimerkin vuoksi tässä yhteydessä. Kuvassa 3 on esitetty maaveden jännityksen syvyysjakautuman kehitys 29.6. sattunutta sadetta seuranneina päivinä.

Voidaan nähdä, että kenttämittausten perusteella saatu jakautuma (kuva 3, kuvaaja E) vastaa 6 vuorokautta sateen jälkeen suurin piirtein teoreettista jakautumaa (kuva 2). Kuvaajat poikkeavat toisistaan lähinnä siksi, että 30 cm:n syvyydellä olleet tensiometrit (jokainen havaintopiste edustaa vähintään 4:n tensiometrilukeman keskiarvoa) ovat näyttäneet keskimäärin hieman pienempiä pF-arvoja kuin edellä esitetty tasapainoteoria edellyttää. Tämä ei suinkaan aseta teoriaa kyseenalaiseksi. Kuvaaja E ilmaisee vain, että kenttäkapasiteettia vastaava pF-arvo ei ole 30 cm:n syvyydellä vielä saavutettu. Huikarin (1959) Jaakkoin-suolla tekemät vedenläpäisevyysmittaukset, joiden mukaan turpeen vedenläpäisevyys pienenee erittäin voimakkaasti siirryttäessä 10 cm:n syvyydestä 30 cm:iin, selittävät, miksi kenttäkapasiteetin saavuttaminen kestää kauan.

5. TULOSTEN TARKASTELU

Edellä on osoitettu, että

- 1) kenttäkapasiteettia vastaava pF-arvo on turvemaidella riippuvainen pohjavesipinnan syvyydestä, mutta ei turvelajista, ja että
- 2) maaveden jännitys ojitetulla suolla on kenttäkapasiteettia vastaavassa kosteudessa suoraan verrannollinen tarkastelupisteen ja pohjavesipinnan korkeuseroon.

Tämä merkitsee, että kenttäkapasiteetin sitominen tiettyyn pF-arvoon on harhaanjohtavaa, koska kenttäkapasiteettia vastaava pF-arvo vaih-

telee pohjavesipinnan syvyyden ja siis myös ajan funktiona. Niinpä kivennäismailla havaittuja kenttäkapasiteetin pF-arvoja ei itse asiassa voida soveltaa koskemaan ojitettuja soita, jos on kysymys todella kentällä esiintyvistä kenttäkapasiteettikosteuksista. Heikuraisen (esim. 1964) ja Paavilaisen (1967) käyttämät kenttäkapasiteettia vastaavat pF-arvot (Heikuraisella pF 1.6 – 2.0 ja Paavilaisella 2.0) saattavat kuitenkin vastata todellisuutta, kun on kysymys turvenäytteistä mitatuista kosteusarvoista. Esimerkiksi Puustjärven (1963) mittausten mukaan turvenäytteistä mitatut kenttäkapasiteettia vastaavat pF-arvot vaihtelevat 2.0 molemmiin puolin.

Kenttäkapasiteettia on kivennäismaiden vesitaloutta koskeneissa tutkimuksissa käytetty yhtenä kasveille käyttökelpoisen vesimäärän in-

KIRJALLISUUTTA

- Ahti, E. 1971. Maaveden jännityksen mittaamisesta tensiometrillä. Summary: Use of a tensiometer in measuring soil water tension. Folia Forestalia 112.
- Heikurainen, L. 1963. On using ground water table fluctuations for measuring evapotranspiration. Seloste: Pohjavesipinnan vaihteluista haihdunnan mittaamisessa. Acta Forest. Fenn. 76. 5.
- Heikurainen, L. 1964. Ajatuksia turvemaiden vesitaloudesta. Abstract: Thoughts on the water economy of peat lands. Suo 15:37–43.
- Heikurainen, L. 1967. Optimikuivatuksen mahdollisuuksista turvemaidella. Metsätal. Aikakausl. 84:385–387.
- Heikurainen, L. 1971. Pohjavesipinta ja sen mittaaminen ojitetuilla soilla. Summary: Ground water table in drained peat soils and its measurement. Acta Forest. Fenn. 113.
- Heinonen, R. 1954. Multakerroksen kosteus-suhteista Suomen maalajeissa. Summary: Moisture conditions in Finnish topsoils. Agrogeol. Publ. 62.
- Hillel, D. 1971. Soil and Water. Physical Principles and Processes. Academic Press. New York – London.
- Huikari, O. 1959. Kenttämittaustuloksia turpeiden vedenläpäisevyydestä. Referat: Feldmessungsergebnisse über die Wasserdurchlässigkeit von Torfen. Commun. Inst. Forest. Fenn. 51. 1.
- Paavilainen, E. 1963. Turpeen vesipitoisuudesta ja pohjavesipinnasta. Summary: On water content of peat and ground water level. Suo 14:8–9.
- Paavilainen, E. 1967. Männyn juuriston suhteesta turpeen ilmatilaan. Summary: Relationship between the Root System of Scots Pine and the Air Content of Peat. Commun. Inst. Forest. Fenn. 63. 6.
- Puustjärvi, V. 1963. Turpeen vesitaloudesta. Summary: On the water economy of garden peat. Suo 14:56–62.
- Schofield, R. K. 1935. The pF of water in soil. Trans. Third Intern. Cong. Soil Sci. (Oxford) II.
- Veihmeyer, F. J. and A. H. Hendrickson, 1950. Soil Moisture in relation to Plant Growth. Ann. Rev. Pl. Phys. 1:285–304.

SUMMARY: FIELD CAPACITY AS AN INDICATOR OF WATER RELATIONS IN DRAINED PEATLANDS

The aim of this paper was to point out some limitations of the concept "field capacity" as used to describe the water status of drained peatlands.

According to Veihmeyer and Hendrickson (1950), "the field capacity is the amount of water held in a soil after excess water has drained away and the rate of downward movement has materially decreased", i.e.

dikaattorina. Turvemaidella kenttäkapasiteettikäsitys on tässäkin mielessä vailla merkitystä, koska juurikerroksen vesivarasto täydentyy kapillaarisesti pohjavedestä. Mikäli tietyn turvekerroksen kenttäkapasiteettikosteutta vastaava vesimäärä jostakin syystä halutaan tietää, ei tarvita pF-mittauksia; jos tunnetaan pohjavesipinnan syvyys, tunnetaan myös kysymyksessä olevan turvekerroksen kenttäkapasiteettia vastaava pF-jakautuma.

Kun tiedetään, että kenttäkapasiteetti on varsin teoreettinen käsite, joka maastossa ei juuri milloinkaan esiinny yht'aikaa eri syvyyksillä, tuntuu kaiken edellä sanotun nojalla täysin perusteettomalta kytkeä kenttäkapasiteettikäsitettä pohjavesipinnan syvyyden ja pintaturpeen pF-arvon väliseen selkeään riippuvuuteen.

when the soil water is approaching an energy equilibrium.

In drained peatlands, which are characterized by a high-lying water table, this energy equilibrium is influenced by the capillary rise of water.

It is a well-known fact that, at equilibrium, the soil water tension is directly proportional to the distance to the water table. In drained