

**KUIVATUKSEN TEHOKKUUS JA TURPEEN  
LÄMPÖTALOUS**

LEO HEIKURAINEN JA KUSTAA SEPPÄLÄ

*SUMMARY:*

*THE EFFECT OF DRAINAGE DEGREE ON TEMPERATURE  
CONDITIONS OF PEAT*

HELSINKI 1963

### Alkulause

Tutkimusaihe on jo usean vuoden ajan ollut yliopiston suometsätieteen laitoksen työohjelmassa. Kesinä 1960 ja 1961 kerättiin Hyytiälässä, Yliopiston metsäharjoitteluasemalla muiden töiden yhteydessä tämän tutkimuksen aineisto. Työn on suunnitellut ja johtanut HEIKURAINEN, aineiston käsittely ja pääosa julkaisun kokoonpanoa on SEPPÄLÄN käsialaa. Viimemainittu on myös suorittanut jälkimmäisen kesän maastotyöt. Kesän 1960 aineiston keräämisessä on avustanut silloinen metsät. yliopp. KARL-JOHAN AHLSEVED, joka ansaitsee parhaat kiitoksemme.

Helsingissä helmikuussa 1963

TEKIJÄT

## Sisällysluettelo

	Sivu
1. Johdanto .....	5
11. Kuivatuksen aiheuttamista muutoksista turpeen lämpötaloutta ajatellen .....	5
12. Tutkimuksen tarkoitus .....	7
2. Tutkimuksessa käytetyt välineet ja menetelmät .....	8
21. Sade- ja pohjavesimittaukset .....	8
22. Lämpötilan mittaukset .....	8
23. Systemaattisten mittarivirheiden korjaus .....	9
3. Lämpötilan mikrovaihtelu .....	10
31. Käytetty menetelmä .....	10
32. Tulokset .....	12
4. Kuivatuksen aiheuttamat lämpötilaerot .....	15
41. Tutkimuskohteet .....	15
42. Aineiston ryhmittely .....	16
43. Kesän 1960 tulokset .....	19
431. Turpeen lämpötilan yleinen kulku .....	19
432. Vertailuparien tarkastelua .....	20
44. Kesän 1961 tulokset .....	24
441. Turpeen lämpötilan yleinen kulku .....	24
442. Vertailuparien tarkastelua .....	25
5. Tiivistelmä .....	29
6. Kirjallisuus — <i>Literature</i> .....	31
<i>Summary</i> .....	32

## 1. Johdanto

### 11. Kuivatuksen aiheuttamista muutoksista turpeen lämpötaloutta ajatellen

Tärkeimmät turvemaan lämpötalouteen vaikuttavat tekijät ovat huono lämmönjohtokyky, runsas haihdunta ja kangasmaita alavampi sijainti.

Turpeen huono lämmönjohtokyky johtuu ensisijaisesti turpeen huokoisuudesta. Kun päivittäiset lämmönvaihtelut turpeessa ulottuvat vain 20—30 cm:n syvyyteen (HOMÉN 1897), voisi olettaa, että pintaturpeen lämpöolot muodostuvat sangen ääreviksi. Kun kuitenkin haihduntaan saattaa kuluu luonnontilaisella suolla kaksi kolmannesta maanpinnan saamasta kokonaislämpömäärästä (MULTAMÄKI 1942), ei näin kuitenkaan ole asianlaita, vaan sekä maksimi- että minimilämpötilat turvemaassa jäävät yleensä alhaisiksi.

Kangasmaita alavammasta sijainnista johtuen kylmät ilmassat saattavat valua suolle ja jäädä sinne seisomaan ympäröivien korkeampien maastonkottien estäessä niiden poispääsyn.

Mainituista syistä turvemaat ovat kasvualustana suhteellisen kylmiä ja hallanarkoja, joita seikkoja on totuttu pitämään soiden maa- ja metsätaloudellisia käyttömahdollisuuksia vakavasti rajoittavina tekijöinä.

Luonnontilaisen suon kuivatus muuttaa monin tavoin turpeen lämpöoloja. Tärkeimmät muutoksia aiheuttavat tekijät voidaan ryhmitellä seuraavasti: vesitaloudessa tapahtuvat muutokset, turpeen rakenteen muutokset ja kasvilisuuden muutokset.

Suon ojittaminen vähentää turpeen sisältämää vesimäärää. Vesipitoisuuden aleneminen vaikuttaa lämpötilaan kahdella toisilleen vastakkaisella tavalla. Toisaalta se pienentää haihduntaa. MULTAMÄEN (1942) tekemien havaintojen mukaan kuivatun nevan haihdunta on vain kaksi kolmannesta siitä, mitä se on ojittamattomalla alueella. Täten päivälämpötila ojitetun suon pinnassa kohoaa ja syvempiin kerroksiin johtuu enemmän lämpöä. Toisaalta turpeen lämmönjohtokyky entisestään heikkenee, kun turpeessa olevat ontelot, kasvijätteiden ehjät solut jne. täyttyvät veden sijasta ilmalla. On oletettavissa, että kuivatun suon lämpöolot muuttuvat äärevämmiksi. Päivälämpötilat kohoavat, mutta heikentyneen lämmönjohtokyvyn vuoksi turpeeseen varastoitunut lämpömäärä on vähäinen ja öiden lämpötila jää alhaiseksi. Niinpä esim. FRANSSILA

(1949) esittää, että metsänkasvatukseen tarkoitettun suon kuivatus yhä lisää sen hallaisuuutta.

Äärevyyttä lisäävänä tekijänä on vielä otettava huomioon, että turpeen ominaislämpö on vedellä kyllästettynä jokseenkin kivennäismaalajien luokkaa, mutta alenee voimakkaasti turpeen kuivuttua, kuten esim. KIVISEN (1948) esittämistä luvuista ilmenee. Mikroilmaston äärevöitymisen ohella ominaislämmön pienenemisestä johtuu, että sama lämpö määrä kohottaa enemmän kuivahkon turpeen lämpötilaa.

Turvemaille on ominaista, että niiden pinta kuivatuksen vaikutuksesta laskee. Ensisijainen syy on luonnollisesti veden poistuminen turpeen onkaloista ja kasvijätteen solukoista. Rakenteeltaan kolloidisena turve vettyessään laajenee ja kuivuessaan kutistuu.

Painumisen suuruus riippuu ensisijaisesti turvekerroksen paksuudesta, veden määrästä turpeessa, turpeen maatuneisuudesta sekä ojien syvyydestä (HALLAKORPI 1932, OSVALD 1937). LUKKALA (1949) ja HEIKURAINEN (1957) korostavat erityisesti ojien syvyyden merkitystä turpeen painumisessa. Myös ojitetulle suolle nousevan puuston paino tiivistää turvetta (HEIKURAINEN 1960).

Turpeen tiivistyminen vaikuttaa edullisesti suon lämpöolojen kehitykseen. Eristävän ilmatilan määrä turpeessa vähenee ja lämmönjohtokyky paranee. Samaan suuntaan vaikuttaa myös entistä vilkkaampi mikrobi-toiminta, mikä edistää turpeessa olevien kasvijätteen lahoamista (MIKOLA 1952).

Mainittakoon myös se suon mikroilmastoa parantava tekijä, jonka ojien olemassaolo sinänsä jo aiheuttaa. Ojat, erityisesti kookkaat viemärit, toimivat kanavina, joiden kautta suolle valuneet kylmät ilmamassat pääsevät virtaamaan muualle.

Suon kuivattaminen saa aikaan kasvipeitteessä merkittäviä muutoksia, jotka osaltaan muuttavat myös suon mikroilmastoa. Metsänkasvatusta varten ojitettun suon kasvillisuuden oleellisen osan muodostaa puusto. Lukuisat tutkijat ovat todenneet metsän edullisen merkityksen alueen mikroilmastolle. Varjostamalla maanpintaa päivisin ja hidastamalla öistä ulossäteilyä sekä ilman virtailuja puusto huomattavasti tasoittaa maanpinnan lämpöoloja (esim. MULTAMÄKI 1942).

Kuivatuksen aiheuttamat lajistolliset muutokset suon pintakasvillisuudessa riippuvat alkuperäisestä suotyypistä. Seuraavassa tarkastellaan asiaa lähinnä SARASTON (1952 ja 1961) tutkimusten pohjalla. Yleispiirteinä usein sangen hitaasta muuttumisprosessista voidaan pitää rahkasammalten samoin kuin useimpien muiden suosammalten asteittaista vähentymistä. Niiden paikan valtaavat kangasmaiden lajit. Kun kangasmaiden sammat taten saavat valtaseman kasvipeitteen pohjakerroksessa, pääsee maanpinta paremmin kosketuksiin ulkoilman kanssa. Suon lämpötilouden kannalta voitaneen kuivatuksen aiheuttamaa pintakasvillisuuden muutosta siis pitää edullisena.

Useilla suotyypeillä, etenkin nevoilla ja rämeillä suovarvut rehevöityvät ojituksen vaikutuksesta niin, että ne muodostavat lähes yhtenäisen kenttäkerroksen. Tämän merkitys turvemaan mikroilmastoon lienee suuressa määrin saman suuntainen kuin puustonkin.

## 12. Tutkimuksen tarkoitus

Kun käytännön suonkuivaustöissä laaditaan suunnitelma jonkin suoalueen ojittamiseksi, on käytettävän sarkaleveyden määrittäminen eräs ensimmäisistä ratkaistavista kysymyksistä. Optimaalisen sarkaleveyden selvittelyssä on tähän asti ollut lähemmin tutkimatta kysymys, miten turvemaan lämpöolot muuttuvat kuivatusasteen kohotessa. Viime vuosikymmeninä on luonnontilaisten ja ojitettujen soiden lämpöoloja vertailevissa töissä (VESIKIVI 1941, MULTAMÄKI 1942, HEIKURAINEN 1954 ja PESSI 1958) yleensä voitu todeta, että kuivatus alentaa turvemaan lämpötilaa. Mainittujen tutkimusten perusteella ei kuitenkaan voi varmuudella päätellä, missä määrin kuivatustehon lisääminen huonontaa turpeen lämpötiloutta. Tämän kysymyksen tarkastelu on käsillä olevan työn päätarkoitus.

Edellä esitetyn tavoitteen ohella on pyritty kerätyn havaintoaineiston pohjalla selvittämään, missä rajoissa turpeen lämpötilat liikkuvat erilaatuisilla soilla kasvukauden aikana ja missä määrin voidaan ojitetuilla soilla havaita eroavuuksia turpeen lämpötilassa muista syistä kuin turpeen vesitaloudesta johtuen.

Työn kestäessä on turpeen lämpötilouden mikrovaihtelun selvittäminen osoittautunut nimenomaan tulevia turpeen lämpötiloututkimuksia ajatellen tärkeäksi tämän työn tavoitteeksi.



## 2. Tutkimuksessa käytetyt välineet ja menetelmät

### 21. Sade- ja pohjavesimittaukset

Sadehavainnot on saatu Ilmatieteellisen keskuslaitoksen Hyytiälän havainto-aseman mittaustuloksista. Ne antavat siis luotettavan kuvan sadannan todellisesta suuruudesta puuttomissa mittaushaasteissa. Metsäisissä haasteissa maanpinnan saama sademäärä on huomattavasti pienempi, koska latvusto pidättää osan sadannasta. LUKKALAN (1942) tutkimukset osoittavat, että puiden latvusten pidättämä osuus sadannasta on sitä suurempi, mitä heikompi sade on ja mitä tiheämpi on puusto. Näin ollen metsäisten haasteiden pohjavesipintojen lukemat ja aukealla kentällä suoritettavat havainnot sadannasta eivät ole täysin vertailukelpoisia. Tietomme sadannan ja latvuston pidättämän vesimäärän suhteista ovat kuitenkin vielä niin karkeita, että niiden perusteella suoritettavat korjaukset maahan saapuneen sadannan määrittämiseksi olisivat varsin epävarmoja.

Kesällä 1960 havainnot pohjaveden korkeudesta tehtiin avokaivoista. Kaivot suojattiin sateelta bitumihuovalla. Kesällä 1961 käytettiin pohjavesimittauksissa yksinomaan putkikaivoja, joiden käyttöä oli kokeiltu edellisenä kesänä. Lämpimältä kolmen tuuman muoviputken seinämiin porattiin reiät ja putket upotettiin maahan. Pohjavesikaivot sijoitettiin lämpömittauskohteiden lähetyville noin 0.5—1.5 metrin päähän mittarisarjasta.

### 22. Lämpötilan mittaukset

Lämpömittauksissa käytettiin saksalaista valmistetta olevia ääriarvomittareita. (Valmistaja Karl Schneider & Sohn, Wertheim/Main.) Maksimimittarit olivat elohopeamittareita, minimimittarit alkoholimittareita.

Käytetyissä lämpömittareissa oli 0.2°:n jaoitus. Mittareiden luku suoritettiin suurennuslasia käyttäen. Lukematarkkuutena voidaan pitää 0.1°:tta. Mittaukset suoritettiin kussakin haasteessa 5, 10 ja 20 cm:n syvyydessä turpeen pinnasta lukien. Jokaisessa mittaushaasteessa oli siis kolmen maksimi- ja kolmen minimimittarin sarja. Mittarit asetettiin tarkoitusta varten rakennetuille telille siten, että mittarin maahan työnnetty osa oli kohtisuorassa maan pintaan nähden.

Kullekin mittarille painettiin maahan puutikulla niin ahdas reikä, että mittarin tyviosa vain juuri ja juuri mahtui siihen, joten turve ympäröi mittaria estäen ulkoilman pääsyn mittaushaasteeseen. Säteilysuojuksia ei käytetty. Vain haasteessa 8 kokeiltiin mittareiden suojaamista asettamalla mittaushaasteen yläpuolelle pahvilevy kesäkuun 1. ja 12. päivän väliseksi ajaksi. Asiaa tarkastellaan lähemmin tulosten käsittelyn yhteydessä.

Lämpömittaukset suoritettiin päivittäin säännöllisesti klo 19—20. Kysymys mittaushaasteen sopivuudesta sivuutetaan tässä viittaamalla toisessa yhteydessä esitettyyn yksityiskohtaiseen tarkasteluun (SEPPÄLÄ 1962).

### 23. Systemaattisten mittarivirheiden korjaus

Lämpömittauksia suorittava joutuu työssään havaitsemaan, että parhaimpienkaan lämpömittareiden lukemat eivät aina ole tarkalleen oikeita, vaan yksittäistapauksissa virhe voi olla varsin huomattava. Mittarin lukeman poikkeama todellisesta ei yleensä myös ole vakio, vaan se muuttuu lämpötilan muuttuessa. Samoin poikkeaman suuruus saattaa muuttua mittaushaasteen aikana samassakin lämpötilassa.

Tässä työssä systemaattiset mittarivirheet on pyritty eliminoimaan seuraavalla tavalla. Keväisin ennen mittausten aloittamista sekä syksyllä välittömästi mittausten loputtua käytettyjen lämpömittareiden lukemia verrattiin kahden vakaustoimistossa tarkistetun lämpömittarin lukemiin. Vertailu suoritettiin kahdessa eri lämpötilassa, joko sulavassa lumessa tai jäävedessä noin 0°:n lämpötilassa sekä noin 22-asteiseksi lämmitetyssä vedessä. Olettaen, että mittarin systemaattinen poikkeama on suoraviivainen, yhdistettiin alhaisen ja korkeamman lämpötilan poikkeamien keskiarvot toisiinsa suoralla. Täten saatiin kutakin lämpötilaa vastaava korjaustekijä, jolla primääristä lämpöhavaintoa muutettiin.

Poikkeamat olivat keskimäärin vähäisiä. Korjaustekijän arvot vaihtelivat  $-0.2^{\circ}$  —  $+0.2^{\circ}$ , joskin muutamia 0.5-asteisiakin poikkeamia on todettu. Käytetyt minimimittarit näyttivät olevan jonkin verran maksimimittareita epätarkempia. Lähes säännönmukainen näyttää myös olevan ilmiö, että poikkeamat kasvavat lämpötilan kohotessa. Useimmat tarkistetuista mittareista näyttivät liian alhaisia lukemia lämpötilan kohotessa yli  $15^{\circ}$ .

### 3. Lämpötilan mikrovaihtelu

#### 31. Käytetty menetelmä

Koostumukseltaan ja rakenteeltaan tasaisessa maaperässä havaittujen merkitsevien lämpötilan erojen voidaan suoralta kädeltä katsoa johtuvan mitauskohteiden erilaisesta vesitaloudesta, kasvillisuudesta tai muusta vastaavasta syystä. Turvemailla ei asian ratkaiseminen ole näin yksinkertaista. Jo ahtaastikin rajoitetulla alueella turpeen laatu saattaa huomattavasti vaihdella. Saman tapaista mikrovaihtelua on tietysti kivennäismaillakin (vrt. ÅNGSTRÖM 1939). Ennen kuin havaittuja lämpötilan eroavuuksia voidaan lukea joidenkin tiettyjen tekijöiden aiheuttamiksi, on tunnettava ne rajat, joissa lämpötilan vaihtelua tapahtuu lähekkäisissä muilta ominaisuuksiltaan samankaltaisissa mittauskohteissa.

Sitä kahden tai useamman, lähellä toisiaan olevan mittauspisteen lämpötilan systemaattista eroavuutta, mikä aiheutuu ilmeisesti pääasiallisesti turvemaan epähomogeenisesta rakenteesta, nimitetään seuraavassa lämpötilan mikrovaihteluksi.

Sen suuruuden selvittämiseksi kehitettiin menetelmä, joka perustuu kahden yhtäaikaan havaitun lämpötilan erotukseen varianssin suuruutta määritettäessä (vrt. FRANSSILA 1960). Menetelmä on seuraavanlainen.

Kiinteän mittauskohteen ympäriltä valittiin 3—6 m:n säteeltä 5 pistettä, jotka olivat pintakasvillisuudeltaan ja muiltakin havaittavilta ominaisuuksiltaan vakio pisteiden kaltaisia. Lämpömittareita siirrettäessä suojattiin tyhjäksi jäävien mittauspisteiden lämpömittareille kaivetut reiät puutikuin, jotka oli vuoltu sen kokoiseksi, että ne täyttivät reiät tiiviisti, mutta eivät suurentaneet niitä. Näissä viidessä pistesarjassa kierrätettiin yhtä lämpömittarisarjaa viiden päivän jaksoin siten, että ensimmäisenä ja kuudentena päivänä mittarit olivat pisteessä 1, toisena ja seitsemäntenä päivänä pisteessä 2 jne. Täten käytettiin yhtä kiinteätä ja yhtä siirrettävää mittarisarjaa paikallisen lämpötilavaihtelun selvittämiseksi. Vertaamalla kiinteän mittauspisteen lämpötilaa kunakin päivänä siirrettävien lämpömittareiden lämpölukemiin saatiin selville viiden mittauspisteen lämpötilojen eroavuudet.

Käytetyllä menetelmällä on sekä etuja että haittoja. Etuna on pidettävä sitä, että käytettäessä vertailussa vakio pisteiden ja joka viides päivä mitattujen pisteiden lämpötilojen erotuksia saadaan tuloksista eliminointia pois lämpötilojen päivittäiset vaihtelut. Toiseksi käytettyjen lämpömittareiden mahdolliset systemaattiset virheet menettävät merkityksensä, koska niiden voi olettaa esiintyvän kaikissa lämpötilojen erotuksissa saman suuruisina. Täten saadaan näiden vertailupisteiden keskinäiset lämpötilan erot varsin totuudenmukaisesti lasketuiksi.

Menetelmän suurin heikkous on siinä, että lämpötilan nopeasti muuttuessa saattaa vakio- ja siirrettävien mittareiden välillä syntyä lämpötilaeroja, jotka eivät vastaa todellisuutta. Siirrettäviä mittareita paikoilleen asennettaessa pääsee mittareille turpeeseen tehtyyn reikään aina hieman ulkoilmaa, joka vaikuttaa lämpötilaan. Tämä aiheuttaa sen, että satunnaishajonta saadaan laskelmissa jonkin verran suuremmaksi kuin se ilmeisesti on todellisuudessa.

Alustavia kokeita lähekkäisissä pisteissä ilmenevien systemaattisten vaihteluiden tutkimiseksi suoritettiin jo kesällä 1960. Kun havaintojakson pituus on kuitenkin ollut vain 7 vuorokautta, ei kokeen tuloksia ole pidetty tarkoituksenmukaisina esittää. Kesällä 1961 on kerätty koko mittausajan jatkettu havaintosarja kahdesta mittauskohteesta, jossa lämpömittauksia on suoritettu, nimittäin kohteissa 8 ja 10 (vrt. s. 00). Tässä yhteydessä esitettäkään keskiarvosarjat, jotka osoittavat sen erotuksen suuruutta, joka on syntynyt käytetystä menetelmästä.

	Vakio mittarin lukema — Siirrettävän mittarin lukema, °C					
	Maksimit			Minimit		
	5	10	20	5	10	20
Kohde 8 .....	1.00	0.47	0.80	0.51	0.54	0.94
Kohde 10 .....	0.38	0.43	0.52	0.41	0.40	0.47

Siirrettävät lämpömittarit näyttävät siis aina antavan hieman alemman lämpölukeman kuin paikallaan olevat. On syytä kuitenkin huomauttaa, että menetelmästä aiheutunut systemaattinen erotus ei vaikuta lämpötilan mikrovaihtelua koskevien laskelmien luotettavuuteen, koska se esiintyy kaikissa havainnoissa. Osa eroista saattaa luonnollisesti olla systemaattista mittarivirhettä, mikä ei myöskään heikennä luotettavuutta.

Lämpötilan mikrovaihtelun laskennassa on käytetty pohjana mittauskohteen vakio mittareiden lämpölukemien ja siirrettävien mittareiden lukemien erotuksia. Kullekin mittarille on täten saatu 26 havaintoa jokaista viittä mittauspistettä kohden. Yksityinen havainto kuvaa tietyn pisteen lämpötilaa vakio mittauskohteen suhteen eli kun vakio kohteen lämpötila vaikuttaa samalla painolla kaikissa havainnoissa, tämän pisteen lämpötilaa, josta päivittäinen lämmönvaihtelu on eliminoitu.

Havainnoille on laskettu keskiarvot mittareittain ja mittauspisteittäin. Keskiarvojen erojen merkittävyyttä on testattu laskemalla mittareittain havaintojen kokonaissandardipoikkeama. Varianssianalyysin avulla on kokonais-

standardipoikkeama jaettu systemaattiseen ja satunnaiseen komponenttiin. Tunnuksista edellinen kuvastaa lämpötilan mikrovaihtelun suuruutta, jälkimmäinen taas satunnaisista tekijöistä, kuten havaintovirheistä, epäsäännöllisten ilmastomuutosten aiheuttamista paikallisista mikroilmaston muutoksista, tutkimusmenetelmän heikkouksista jne. aiheutuvaa satunnaishajontaa.

Varianssianalyysit on laskettu ns. yhden tekijän lyhennysmenetelmää käytäen. Käytetyt kaavat on esitetty toisaalla (SEPPÄLÄ 1962).

### 32. Tulokset

Seuraavassa asetelmassa esitetään mittauskohteen 8 (vrt. s. 16) ympärillä havaitut lämpötilojen erot eri pisteissä.

Mittaus- syvyys, cm	Lämpötila	Lämpötilojen erotusten keskiarvo pisteessä				
		1	2	3	4	5
5	Max.	-1.14	-0.95	-0.37	-0.85	-1.70
	Min.	-0.67	-0.68	-0.33	-0.85	-1.48
10	Max.	-0.23	-0.31	-0.09	-0.70	-1.03
	Min.	-0.33	-0.48	-0.05	-0.82	-0.90
20	Max.	-0.35	-0.29	-0.19	-0.85	-1.03
	Min.	-0.67	-0.77	-0.35	-1.44	-1.47

Keskiarvojen erotusten merkitsevyys nähdään taulukosta 1.

Taulukko 1. Havaitun lämpötilan mikrovaihtelun merkitsevyys.

	Mittausvyvyys, cm					
	5		10		20	
	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.
<i>F</i>	12.31 <sup>xxx</sup>	9.87 <sup>xxx</sup>	22.42 <sup>xxx</sup>	10.11 <sup>xxx</sup>	10.79 <sup>xx</sup>	29.80 <sup>xxx</sup>
<i>LSD</i>	0.39	0.38	0.21	0.31	0.34	0.26

Kirjain *F* tarkoittaa systemaattisen ja satunnaisvarianssin suhdetta. Tässä ja myöhemmissä analyysitaulukoissa käytetään varianssien erojen merkitsevyyttä kuvaamassa seuraavia merkkejä:

- xxx = erittäin merkitsevä,
- xx = merkitsevä,
- x = melkein merkitsevä,

mitkä edellyttävät 5, 1 ja 0.1 prosentin virhemarginaalia.

Pienin merkitsevä ero on laskettu kaavalla

$$LSD = t_{5\%} \times s_2 \sqrt{\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}, \text{ missä}$$

*LSD* = pienin merkitsevä ero,

*s*<sub>2</sub> = standardipoikkeaman satunnaiskomponentti ja

*n*<sub>1</sub>, *n*<sub>2</sub> = havaintojen lukumäärä mittauskohteessa.

Näin menetellen päädytään jonkin verran liian pieneen tulokseen, koska varianssin suuruus eri mittauskohteissa vaihtelee. Tällä tavoin laskettu suure antaa kuitenkin likimääräisen kuvan asiasta.

Taulukosta 1 havaitsemme, että eri mittauspisteiden väliset systemaattiset lämpötilan erot ovat olleet erittäin merkitseviä. Suurimmat havaitut keskiarvojen erotukset ovat 1.5°C, mutta jäävät yleensä alle 1°C. Mittauspisteistä piste 3 on ollut selvästi lämpimin, piste 5 kylmin.

Seuraavaan asetelmaan on merkitty mittauskohteessa 10 (vrt. s. 16) havaitut lämpötilojen erotusten keskiarvot.

Mittaus- syvyys, cm	Lämpö- tila	Lämpötilojen erotusten keskiarvo pisteessä				
		1	2	3	4	5
5	Max.	0.52	-0.17	-0.13	-1.33	-0.77
	Min.	-0.02	-0.55	-0.06	-0.80	-0.63
10	Max.	0.18	0.02	-0.43	-1.35	-0.57
	Min.	0.03	-0.22	-0.22	-0.88	-0.70
20	Max.	-0.05	-0.17	-0.37	-1.20	-0.81
	Min.	0.04	-0.28	-0.31	-0.97	-0.83

Piste 1 on siis ollut kaikissa mittausvyvyksissä lämpimin, piste 4 kylmin. Pisteiden lämpötilojen erot vaihtelevat 0.9—1.9°C. Erojen merkitsevyyttä kuvataan taulukossa 2.

Taulukko 2. Ojitetussa korvessa havaitun lämpötilan mikrovaihtelun merkitsevyys.

	Mittausvyvyys, cm					
	5		10		20	
	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.
<i>F</i>	13.86 <sup>xxx</sup>	3.48 <sup>xxx</sup>	16.14 <sup>xx</sup>	4.73 <sup>xx</sup>	14.73 <sup>xxx</sup>	8.20 <sup>xxx</sup>
<i>LSD</i>	0.53	0.53	0.42	0.49	0.35	0.41

Taulukot 1 ja 2 osoittavat, että kummassakin kohteessa lämpötilojen erot eri havaintopisteiden välillä ovat merkitseviä kymmenessä tapauksessa kahdestoista 0.1 ja kahdessa 1.0 %:n virhemahdollisuudella.

Jos vertaamme nyt esitettyjä tuloksia FRANSILAN (1960) saamiin arvoihin, havaitsemme, että mittauspisteiden väliset lämpötilan erot ovat tässä tapauksessa suurempia. Tämä johtunee osittain erilaisesta tutkimusmenetelmästä, osittain kohteiden erilaisuudesta. Tuntuu luonnolliselta, että ojitetuilla soilla turpeen epätasaisen rakenteen aiheuttamat erot lämpötiloissa ovat suurempia kuin tapauksessa, jolloin tutkittava kohde on suhteellisen märkä.

Franssilan tutkimuksessakin on kuitenkin useissa tapauksissa päädytty tulokseen, että havaintopisteiden lämpötiloissa on selviä eroja. Tulokset ovat siis saman suuntaisia. Voidaankin sanoa, että lämpötilojen tutkimuksessa paikalliset lämpövaihtelut ovat erittäin oleellisia tekijöitä, joiden sivuuttaminen tuloksia arvioitaessa saattaa helposti johtaa virhepäätelmiin.

#### 4. Kuivatuksen aiheuttamat lämpötilaerot

##### 4.1. Tutkimuskohteet

Kaikki tutkimuksen kohteena olleet suot ovat metsänkasvatusta varten kuivatettuja. Ojittamattomia soita ei aineiston joukossa ole; eroja on vain kuivatuksen tehokkuudessa. Eriasteinen kuivatus luonnollisesti näkyy myös pintakasvillisuudessa. Kasvillisuuden aiheuttamia eroavuuksia on pyritty välttämään toisiinsa verrattavissa mittauskohteissa siten, että kohteet on valittu paikoista, missä pintakasvillisuus on ollut mahdollisimman samankaltaista. Kun vertailuparit ovat yleensä sijainneet varsin lähekkäin, on lämpömittareiden sijoittamisessa yhdenmukaisesti kasvualustoihin onnistuttukin. Mainittakoon vielä, että kaikki mittauskohteet on valittu suon tasapinnoilta mättäitä ja painanteita karttaen.

Kesällä 1960 lämpöhavainnot on tehty 12. 5.—5. 7. ja 4.—13. 8. välisenä aikana. Havaintojen teko on keskeytetty keskikesällä noin kuukaudeksi. Lämpöhavainnot on täten tehty 75 päivänä.

Mittauskohteita on ollut yhteensä kuusi. Kohteiden 1 ja 2 suotyypiksi on määritetty isovarpuinen rämemuuttuma. Kohteet sijaitsevat samalla saralla, edellinen lähellä ojaa ja toinen saran keskellä. Kohteet 3 ja 4 sijaitsevat noin 300 m:n päässä toisistaan, edellinen noin 10 m:n päässä ojasta, jälkimmäinen on lähellä ojan reunaa ruoho- ja heinäkorpimuuttumalla, edellisen suotyypiksi on varsinainen korpimuuttuma. Kohteet 1—4 on ojitettu n. 40 vuotta sitten.

Kohteet 5 ja 6 ovat v. 1950 ojitetulla pienellä suolla, jonka alkuperäinen suotyypiksi on ollut varsinainen saraneva. Seuraavassa asetelmassa esitetään tärkeimmät tiedot mittauskohteista.

Kohde	Puulajit	Puuston kuvaus	Etäisyys ojasta, m
1	Mä	Keski-ikäinen männikkö, kuutiomäärä 80 m <sup>3</sup> /ha.	5
2	Mä	»	35
3	Ku, Ko, Mä	Kuutiomäärä 120 m <sup>3</sup> /ha.	10
4	Ku, Ko	Kuutiomäärä 150 m <sup>3</sup> /ha.	5
5	Mä, Ko	Noin 2 m:n mittainen harvahko taimisto.	10
6	Mä, Ko	«	17

Kesän 1961 lämpömittaukset suoritettiin keskeytymättä 8. 5.—15. 9. välisenä aikana. Täten saatiin havainnot yhteensä 131 vuorokaudelta. Mittauskohteita oli 5 kpl.

Kohteet 7, 8 ja 9 sijaitsevat 1930-luvulla ojitetulla nevalle. Sarat on tehty noin 90 m:n levyisiksi ja kuivatus on jäänyt selvästi vajaatehoiseksi. Suomensä-tieteen laitos on kesällä 1960 perustanut tälle suolle sarkaleveyskokeet. Tällöin on muodostettu 10, 20, 30 ja 40 m:n levyiset sarat. Kohteet 7 ja 8 on valittu koe-alueelta, edellinen 10 m:n, jälkimmäinen 30 m:n saran keskeltä rinnakkain siten, että mittauspisteiden väli on 20 m. Runsaan 100 m:n päässä olevan 90 m:n levyisen saran keskeltä on valittu kohde 9. Uuden, tiheän ojaverkoston vai-  
kutusta ei vielä näy pintakasvillisuudessa.

Nevalle on ojituksen jälkeen syntynyt epätasainen mänty-koivu-sekatai-  
misto. Keväällä 1961 taimisto hakattiin mittauskohteiden lähetyviltä, joten puustossa ei ole eroavuuksia. Kohde 9 oli jo alunperin mittauskohdan ympä-  
ristössä jokseenkin aukeata nevaa. Kohteet 7—9 muodostavat näin sarjan, jossa etäisyys ojasta kasvaa:

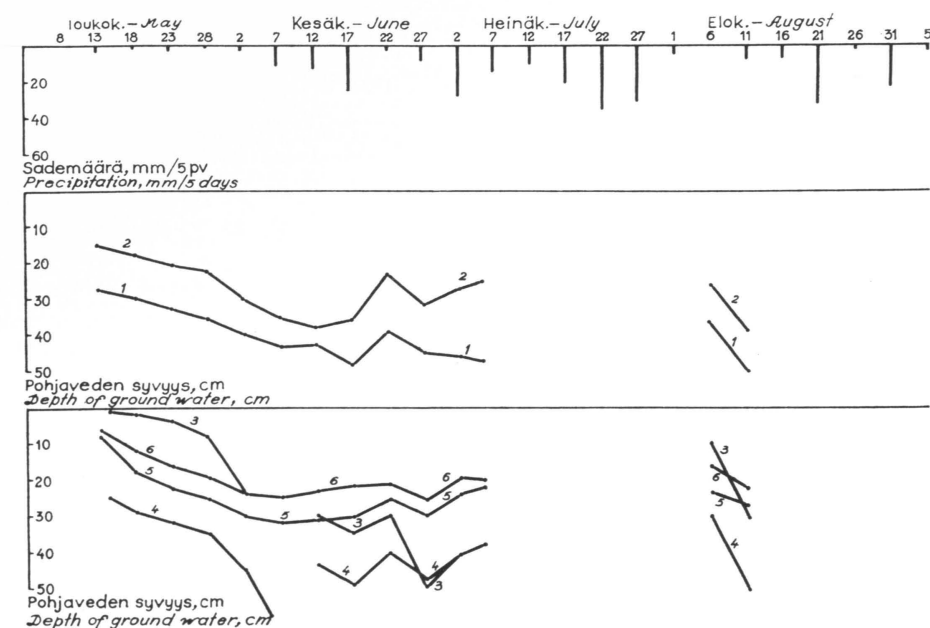
Kohde	Etäisyys ojasta, m
7	5
8	15
9	45

Viimeisen mittausparin muodostavat kohteet 10 ja 11. Niiden keskinäinen etäisyys oli noin 50 m. Edellinen kohde oli silminnähdessä märkä, mikä johtui siitä, että suon ja läheisen kankaan välillä ei ollut niskaojaa, joten kankaalta tulevat vedet pääsivät esteettä valumaan mittauskohteeseen. Etäisyys ojasta oli noin 25 metriä. Kohde 11 oli kahden ojan risteyksessä 4 m:n päässä ojan reunasta. Molempien kohteiden puusto oli kasvuissa, kohteessa 10 kuusi-koivu-sekametsää, kuutiomäärä silmävaraisesti arvioiden 80 m<sup>3</sup>/ha, jälkimmäisessä järeämpää ja kuusivaltaisempaa kuutiomäärän ylittäessä 100 m<sup>3</sup>/ha.

#### 42. Aineiston ryhmittely

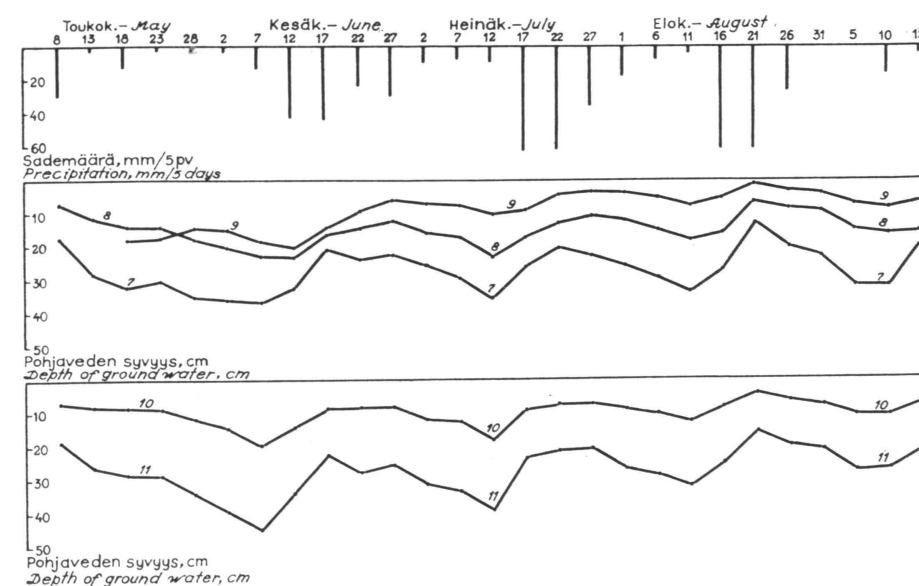
Koska oli luultavaa, että sateiden vaikutus heijastuisi lämpömittausten tuloksissa, pyrittiin saadusta havaintomateriaalista erottelamaan poutaisia ja sateisia jaksoja ja esittämään lämpötilahavainnot näiden jaksojen puitteissa. Kuvista 1 ja 2 nähdään tutkimuskesien sademäärät viisipäiväisten jaksojen summina, kuviin on piirretty myös tutkimuskohteiden pohjavesipinnan taso.

Kesän 1960 sateisuusjaksot ovat seitsemänpäiväisiä, kesän 1961 aineistossa jaksojen pituudeksi on saatu 12 päivää. Jaksoja erotettaessa on kiinnitetty huomiota siihen, että vähäsateiset jaksot on aloitettu päivästä, jolloin vähintään sitä edeltänyt vuorokausi on ollut sateeton. Seuraavassa asetelmassa on ilmaistu kesän 1960 jaksojen aikana havaittujen sademäärien summa sekä täysin poutaisten päivien luku.



Kuva 1. Pohjavesipinta mittauskohteilla 1, 2, 3, 4, 5 ja 6 ja sademäärä v. 1960.

Fig. 1. Depth of ground water in the measuring points 1, 2, 3, 4, 5 and 6 and precipitation.



Kuva 2. Pohjavesipinta mittauskohteilla 7, 8, 9, 10 ja 11 ja sademäärä v. 1961.

Fig. 2. Depth of ground water in the measuring points 7, 8, 9, 10 and 11 and precipitation.



Jakso	Sademäärä, mm	Poutapäivien luku
16. 6.— 22. 5.	0	7
29. 5.— 4. 6.	0	7
10. 6.— 16. 6.	23.5	1
29. 6.— 5. 7.	35.0	0
4. 8.— 10. 8.	0.2	6

Kesän 1960 aineistosta on siis löydetty kolme poutaista tai lähes poutaista jaksoa sekä kaksi sateista periodia. Molempien sateistenkin jaksosten päivittäiset sademäärät ovat tosin jääneet melko alhaisiksi, edellisessä 3.3 mm ja jälkimmäisessä 5.0 mm keskimäärin vuorokautta kohden.

Kesällä 1961 jaksosten sateisuuserot ovat sitävastoin suuremmat, kuten seuraava asetelma osoittaa.

Jakso	Sademäärä, mm	Poutapäivien luku
27. 5.— 7. 6.	5.4	8
8. 6.— 19. 6.	102.8	2
29. 6.— 10. 7.	14.7	8
16. 7.— 27. 7.	156.5	4
4. 8.— 15. 8.	8.8	3
17. 8.— 28. 8.	127.9	1
30. 8.— 10. 9.	1.4	9

Sateiset ja vähäsateiset jaksot vuorottelevat, joskaan täysin sateetonta jaksoa ei ole kyetty erottamaan. Vähäsateisessa viidennessä jaksossa on ollut vain kolme täysin poutaista päivää, jaksossa 1 ja 3 kahdeksan ja jaksossa 7 yhdeksän poutapäivää. Sateisten ja vähäsateisten periodien sademäärien erot ovat kuitenkin sangen suuria.

Seuraavat asetelmat kuvaavat sateisuusjaksoittain laskettuja keskimääräisiä pohjavedenpintoja mittauskohteissa, jotka on ryhmitelty siten, että toisiinsa verrattaviksi tarkoitettut kohteet ovat alekkain ja kaariviivoin yhdistettyjä.

Kesällä 1960 mittauskohteissa havaitut pohjavesipinnat:

Kohde	Pohjaveden syvyys cm, sadejaksossa				
	Kuiva	Kuiva	Sateinen	Sateinen	Kuiva
{ 1	30.4	38.9	43.3	45.3	39.6
{ 2	18.1	28.0	37.4	27.7	28.7
{ 3	1.9	19.7	30.3	41.6	14.4
{ 4	29.3	42.7	44.1	39.9	35.6
{ 5	18.4	28.6	30.6	24.7	24.0
{ 6	12.4	22.6	21.9	20.1	17.6

Pohjavesipintojen erotukset eivät siis näissä mittauskohteissa ole erityisen suuria, mutta kuitenkin varsin selviä ja yleensä systemaattisesti samansuuntaisia. Se että sateisina jaksoina pohjavesipinta on sattunut olemaan syvemmällä kuin kuivina kausina johtuu siitä, että kahdessa ensimmäisessä jaksossa tuntuu vielä keväisten sulamisvesien vaikutus, kun taas viimeinen kuiva jakso on erotettu heti runsassateisen heinäkuun loppupuoliskon jälkeen.

Kesällä 1961 mittauskohteissa havaitut pohjavesipinnat:

Kohde	Pohjaveden syvyys cm, sadejaksossa							
	Kuiva	Sat.	Kuiva	Sat.	Kuiva	Sat.	Kuiva	
{ 7	35.6	28.8	27.1	22.1	32.0	15.2	29.6	
{ 8	19.7	20.5	16.4	13.5	16.4	8.5	13.4	
{ 9	15.3	17.8	7.0	5.8	6.2	1.8	6.4	
{ 10	14.4	13.2	12.3	7.7	11.3	5.3	9.9	
{ 11	38.8	31.1	32.3	21.0	30.7	17.7	25.9	

Erittäin sateisen kesän johdosta pohjavesipinnan syvyys vaihtelee suuresti eri sateisuusjaksoissa. Vertailtavien kohteiden pohjavesipintojen erotukset säilyvät kuitenkin systemaattisesti samansuuntaisina. Käsittelevaiheessa eri kuivatusasteiden lämpötilouden eroavuuksien selvittämiseksi on nevalkohteilla (7, 8 ja 9) verrattu toisiinsa ensi sijassa ääritapauksia (7 ja 9), koska oli todennäköistä, että erot näiden välillä ovat jyrkimmät.

Kohteet 10 ja 11 on myös katsottu vertailukelpoisiksi.

#### 43. Kesän 1960 tulokset

##### 431. Turpeen lämpötilan yleinen kulku

Kerrattakoon aluksi mittauskohteiden tärkeimmät ominaisuudet. Kohteet 1 ja 2 sijaitsivat harvapuustoisella isovarpuisella rämeellä. Kuivatusojien lähettyvillä (kohde 1) oli erittäin tehokas, mutta keskisaralla (kohde 2) heikonpuoleinen, kohteiden pohjavesipintojen erotus oli yleensä yli 10°C.

Kohteet 3 ja 4 edustavat järeäpuustoisia korpiojituksia. Kohteiden välimatka on suhteellisen pitkä, noin 300 metriä. Pintakasvillisuudeltaan ne jossakin määrin poikkeavat toisistaan. Myös niiden pohjavesipintojen erot ovat epäselviä. Keväällä kohde 3 on tosin selvästi märempi kuin kohde 4, mutta ero pienenee nopeasti, ja suhde kääntyy kesäkuun loppupuolella hetkeksi jopa päinvastaiseksi. Myös pohjavesimittausten epäonnistuminen on osaltaan tuloksia sekoittamassa. Kaivot ovat nimittäin ulottuneet kivennäismaahan saakka, ja siten ne

ovat voineet antaa erheellisen kuvan kohteiden vesitaloudesta. Kaikki edellä esitetty luonnollisesti heikentää kohteiden vertailukelpoisuutta. Lämpömitaustulosten esittely on kuitenkin myös näiden kohteiden kohdalla katsottu aiheelliseksi, koska tahdottiin tarkata korprien lämpötaloudellisia ominaisuuksia muihin suotyyppeihin verrattuna.

Kohteet 5 ja 6 ovat ojitettaessa olleet puutonta nevaa. Ojituksen jälkeen suolle on syntynyt harvahko sekataimisto, joka vain vähäisessä määrin kykenee varjostamaan turpeen pintaa tai suojelemaan sitä lämmön ulossäteilyltä. Kohteiden keskinäiset vesitalouserot ovat pieniä. Pohjavesipintojen erotus ei missään mittausjakson vaiheessa ylitä 10 cm:ä.

Kuvasta 3 (s. 22) nähdään kohteiden 1 ja 2, kuvasta 4 (s. 22) kohteiden 3 ja 4 lämpötilat. Kuva 5 (s. 23) puolestaan esittää lämpötilat kohteissa 5 ja 6. Lämpötiloja edustavat pisteet on laskettu viisipäiväisten jaksojen keskiarvoina. Maksimi- ja minimipisteet on jouduttu piirtämään eri asteikoille, koska lämpötilojen kulkua olisi muutoin ollut vaikeata seurata.

Pintaturpeen lämpötilat ovat pysytelleet kaikissa mittauskohteissa melko alhaisina toukokuun loppupuolelle saakka, minkä jälkeen on tapahtunut jyrkkä nousu. Kesäkuun puolivälistä juhannuksen tienoille on sattunut viileän sään kausi, jota seuraa pintaturpeen lämpötilan tasainen kohoaminen.

Verrattaessa eri suotyypeiltä saatuja tuloksia toisiinsa todetaan, että miltei puuttomat neva kohteet ovat olleet lämpimimpiä, järeäpuustoiset korvet kylmimpiä, ja että lämpötilojen erot ovat suurimpia lähellä turpeen pintaa. Niinpä korpikohteiden pintamaksimit ovat selvästi alempia kuin räme kohteilla, muut lämpötilat jokseenkin samaa suuruusluokkaa.

Korpikohteiden lämpöolot ovat tasaisempia kuin nevoilla ja rämeillä. Kun rämeillä lämpötilojen vuorokautinen vaihtelu on 5 cm:n syvyydessä suurimmillaan noin 10°C ja pienimmilläänkin noin 5°C, suurimmatkin vaihtelut korpikohteissa jäävät 4.5°C:hen, ja 20 cm:n syvyydessä lämpötilan vuorokautinen vaihtelu on jo miltei olematonta, vain harvoin yli 0.5°C.

#### 432. Vertailuparien tarkastelua

Vertailuparien tarkastelu suoritetaan kuvien 3, 4 ja 5 sekä sateisuusjaksoittain laskettujen märemmän ja kuivemman kohteen lämpötilojen erotusten perusteella.

Kuvassa 3 on esitetty kohteiden 1 ja 2 lämpötilat. Palautettakoon vielä mieleen, että kohde 1 oli huomattavasti tehokkaammin kuivattu kuin kohde 2. Seuraava asetelma osoittaa määrän kohteen (2) ja kuivan kohteen (1) lämpötilojen eroja, jotka on esitetty sateisuusjaksoittain keskiarvoina.

Mittaus- aika	16. — 22. 5.		29. 5. — 4. 6.		10. — 16. 6.		29. 6. — 5. 7.		4. — 10. 8.	
	Kuiva		Kuiva		Sateinen		Sateinen		Kuiva	
Sateisuus- jakso	Erotus, C°									
Mittaus- syvyys, cm										
5	2.90		2.78		1.93		1.58		0.31	
Max. 10	3.14		0.31		-0.10		0.34		-0.61	
20	2.63		0.97		0.47		0.13		-0.17	
5	-0.03		-1.33		-0.96		-0.64		-1.23	
Min. 10	1.59		-0.27		-0.09		0.36		-0.63	
20	2.36		0.89		0.84		1.03		0	

Tarkastelusta toteamme, että maksimilämpötilat ovat märemmällä kohteella olleet yleensä korkeampia kuin kuivemmalla kohteella. Ero märemmän kohteen hyväksi on suurimmillaan alkukesällä ja pienenee kesän mittaan, on pa se 10 cm:n syvyydessä ollut aika-ajoin päinvastainenkin.

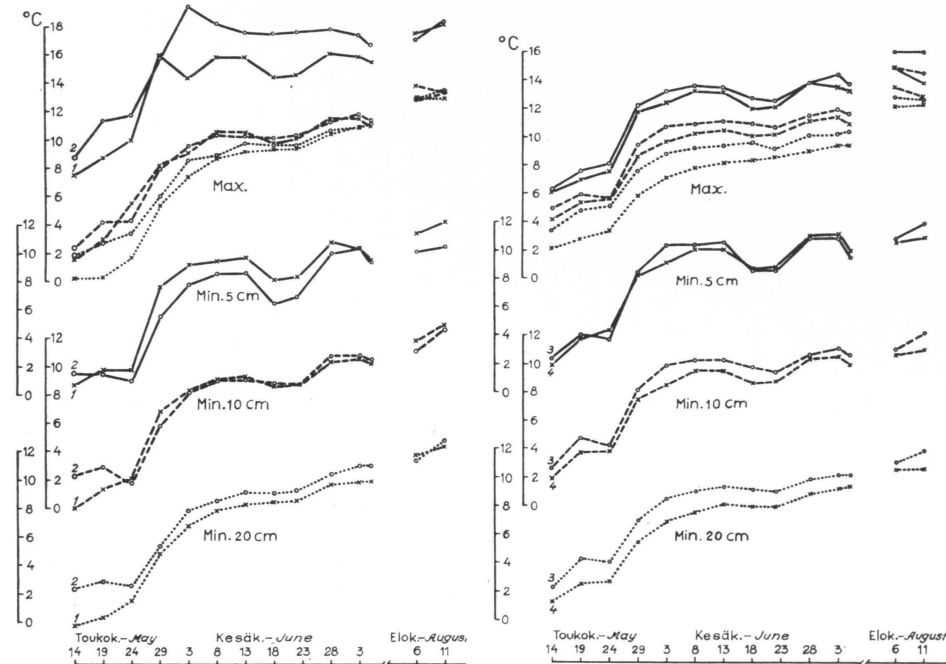
Minimilämpötilat ovat 5 cm:n syvyydessä olleet märemmällä alhaisempia kuin kuivemmalla kohteella, 10 cm:n syvyydessä erot ovat pieniä ja vailla selvää suuntaa ja 20 cm:n syvyydessä ero on jo päinvastainen, märemmän kohteen minimilämpötilat ovat korkeampia kuin kuivemman kohteen. Vain mittauskauden alussa, toukokuun puolivälin jälkeen, kuivemman kohteen minimilämpötilat ovat kaikilla syvyyksillä alhaisempia. Kesän mittaan ero tasoittuu ja suunta on sama kuin maksimilämpötilojenkin kohdalla, tehokkaasti kuivuneen kohteen lämpötilat ovat märemmän kohteen lämpötiloihin verrattuna kylmimmillään keväällä, mutta lämpenevät kesän kuluessa.

Edellä esitetystä voidaan myös todeta, että heikosti kuivuneen kohteen vuorokautinen lämpötilan vaihtelu on 5 cm:ssä huomattavasti suurempi kuin kuivemmassa kohteessa. Syvemmillä ei sitä vastoin saata havaita selviä eroja.

Sateitten merkitystä kohteiden lämpöerojen muodostuksessa on asetelmista vaikea huomata, tosin minimilämpötilojen kohdalla sateilla näyttää olevan heikko kuivatusasteiden lämpöeroja pienentävä vaikutus.

Kuvassa 4 esitetään kohteiden 3 ja 4 lämpöeroja. Edellinen kohde on märempi kuin jälkimmäinen, vesitalouserot eivät tosin olleet täysin selviä, kuten edellä on esitetty (vrt. s. 17). Seuraavassa asetelmassa esitetään kohteiden 3 ja 4 lämpötilojen erotusten keskiarvot sateisuusjaksoittain.

Mittaus- aika	16. — 22. 5.		29. 5. — 4. 6.		10. — 16. 6.		29. 6. — 5. 7.		4. — 10. 8.	
	Kuiva		Kuiva		Sateinen		Sateinen		Kuiva	
Sateisuus- jakso	Erotus, °C									
Mittaus- syvyys, cm										
5	0.43		0.51		0.27		0.60		1.20	
Max. 10	0.44		0.94		0.56		0.43		1.21	
20	1.94		1.71		1.04		0.76		0.44	
5	0.31		0.69		0.37		-0.26		0.78	
Min. 10	0.90		0.99		0.94		0.49		0.79	
20	1.49		1.64		1.20		0.97		0.77	



Kuva 3. Kohteiden 1 ja 2 lämpötilat.

Fig. 3. Temperatures in the measuring points 1 and 2.

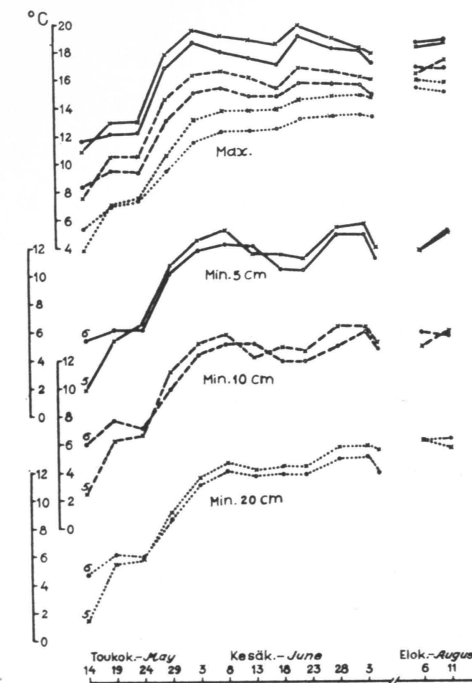
Kuva 4. Kohteiden 3 ja 4 lämpötilat.

Fig. 4. Temperatures in the measuring points 3 and 4.

Tulokset ovat samankaltaisia kuin edellisellä vertailuparilla. Tosin 5 cm:n syvyydessä ero märemmän kohteen hyväksi on verrattain pieni, sen sijaan syvemmällä ero on selvä, lämpötilojen erotus on heikkotehoisemman kuivatuksen hyväksi 20 cm:n syvyydessä ollut alkukesästä lähes 2°C. Myöhemmin kesällä ero jonkin verran tasoittuu. On merkillepantavaa, että tulokset ovat varsin yhdenmukaisia sekä maksimi- että minimilämpötilojen kohdalla. Sateisuusjaksojen vaikutus näkyy selvemmin kuin edellisellä vertailuparilla. Sateiden lämpötilaeroja pienentävä vaikutus näkyy erityisesti runsassateisimmassa jaksossa kesä-heinäkuun vaihteessa.

Myös tässä vertailuparissa lämpötilojen vuorokautinen vaihtelu turpeen pintakerroksessa on märemmässä mittauskohteessa suurempi kuin kuivemmassa. Keskinäiset erot ovat tosin sängen pieniä. Syvemmällä eroja ei voida havaita ja päivittäinen lämmönvaihtelu yleensäkin on hyvin vähäinen.

Kuvassa 5 esitetään vertailuparin 5 ja 6 lämpötilat. Kuten kuvasta 1 (s. 17) nähtiin on kohde 5 ollut kuivempi kuin kohde 6, ero on kuitenkin erittäin pieni. Seuraavassa asetelmassa on esitetty kohteiden lämpötilojen eroja sateisuusjak-



Kuva 5. Kohteiden 5 ja 6 lämpötilat.

Fig. 5. Temperatures in the measuring points 5 and 6.

soittain samoin kuin edellisilläkin vertailupareilla, siis märemmän kohteen (6) lämpötiloista on vähennetty kuivemman kohteen (5) lämpötilat.

Mittausaika	16. — 22. 5	29. 5. — 4. 6.	10. — 16. 6.	29. 6. — 5. 7.	4. — 10. 8.
Sateisuusjakso	Kuiva	Kuiva	Sateinen	Sateinen	Kuiva
Mittaus-syvyys, cm	Erotus, °C				
Max. 5	-0.76	-0.90	-1.20	-0.44	+0.33
10	-1.03	-1.80	-1.16	-0.59	-0.01
20	-0.03	-1.49	-1.34	-1.37	-0.66
Min. 5	+0.37	-0.59	+0.39	-0.69	-0.14
10	+1.56	-0.37	+0.50	-0.47	+0.71
20	+0.89	-0.54	0	-0.87	+0.07

Kuvan ja asetelman lukujen tarkastelu osoittaa, että kuivemman kohteen lämpötilat ovat tässä tapauksessa olleet korkeampia kuin märemmän kohteen, vain alkukesällä märempi kohde on ollut sekä maksimi- että minimilämpötiloiltaan kuivempaa kohdetta lämpimämpi.



Vertailuparien erot eivät kasvukauden aikaisissa lämpötilojen muutoksissa enempää kuin vuorokautisissa lämpötilan vaihteluissakaan ole selviä. Sen sijaan on merkille pantavaa, että vuorokautinen lämpötilanvaihtelu on vielä 20 cm:n syvyydessäkin varsin suuri, n. 2°C. Tämä johtuu ilmeisesti kohteiden yleisestä märkydestä.

#### 44. Kesän 1961 tulokset

##### 441. Turpeen lämpötilan yleinen kulku

Mittauskohteiden erikoispiirteitä on edellä kuvattu. Kertauskutenomaisesti esitetään niistä seuraavassa lyhyt luonnehdinta.

Kaikki kolme nevakohdetta (7, 8 ja 9) sijaitsivat lähekkäin ja samantapaisessa ympäristössä. Vesitalouserot ääritapausten 7 ja 9 välillä olivat erittäin jyrkät. 30 metrin levyisellä saralla oleva kohde 8 muistutti vesitaloudeltaan enemmän kohdetta 9.

Samoin kuin kesän 1960 lämpömittauksissa myös seuraavana kesänä mitattujen korpikohteiden 10 ja 11 vertailukelpoisuuteen on suhtauduttava varauksin. Mittauskohteet tosin sijaitsivat varsin lähekkäin ja alunperin ilmeisesti samankaltaisissa olosuhteissa. Myös vesitaloudelliset erot ovat selviä. Kohde 10 oli koko mittauskauden sangen märkä, kun taas kohde 11 oli hyvinkin tehokkaasti kuivunut. Vertailukelpoisuutta vakavasti heikentävänä tekijänä on sen sijaan pidettävä kohteessa 10 ilmennyttä lähteisyyttä. Suon ja läheisen kankaan välille ei oltu kaivettu niskaojaa, joten kohteen märkyys johtui oleellisesti kivennäismaasta virranneesta vedestä, jonka lämpötila oli alhainen.

Kohteiden 7—9 lämpöhavainnot esitetään kuvissa 6 ja 7 (s. 25), korpikohteiden kuvassa 8 (s. 27).

Tuloksia tarkasteltaessa on syytä huomata, että v. 1961 oli poikkeuksellisen sateinen, mikä on voinut vaikuttaa lämpöerojen muodostukseen.

Lämpötilojen yleisestä kulusta voidaan kohteilta esittää seuraavat toteamukset. Turpeen lämpötila on pysytellyt suhteellisen alhaisena toukokuun loppupuolelle saakka. Touko-kesäkuun vaihteessa tapahtuu nopea lämpötilan nousu, joka 20 cm:n syvyydessä jatkuu aina juhannuksen tienoille. Pintaturpeessa lämpötilan nousu on pysähtynyt jo kesäkuun alkupuolella. Kesäkuun puolivälin jälkeen turpeen lämpötilat laskevat niin voimakkaasti, että lasku on 20 cm:n syvyydessäkin selvästi nähtävissä. Sen jälkeen lämpötilat kohoavat jokseenkin tasaisesti heinäkuun loppupuolelle, jolloin kesän suurimmat lämpötilat luetaan. 5 cm:n syvyydessä kohteiden 8 ja 9 maksimilämpötilat ovat jopa yli 20°C. Sen jälkeen turpeen lämpötila alenee tasaisesti ja hitaasti, kunnes syyskuun alussa lämpötiloissa tapahtuu jyrkkä lasku.

Verrattaessa korpikohteiden lämpötilaa nevakohteisiin havaitaan, että korvet ovat etenkin kasvukauden alkupuolella erittäin

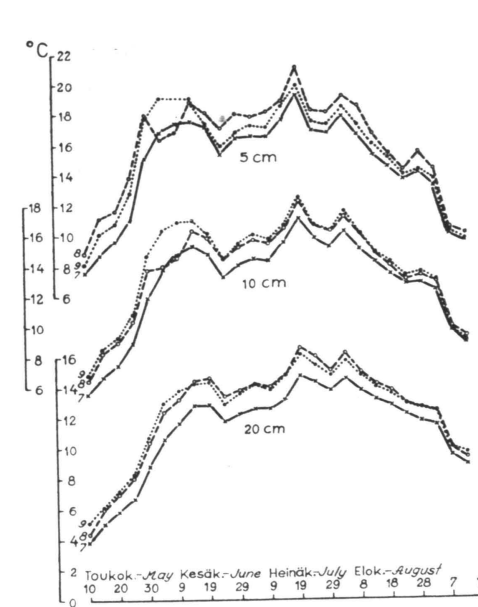
huomattavasti kylmempiä kuin puuttomat suot. Syksyyn mentäessä erot kuitenkin pienenevät. Korvet siis kykenevät toisaalta paremmin säilyttämään lämpötilansa. Lämpötilat ovat korvessa muutoinkin tasaisemmat. Vuorokautinen lämmönvaihtelu turpeen pintakerroksessa on nevakohdeita pienempi, samoin vertikaalisuunnassa tapahtuvat lämpötilan muutokset.

##### 442. Vertailuparien tarkastelua

Vertailuparien tarkastelu on suoritettu samoin kuin kesän 1960 aineistollakin.

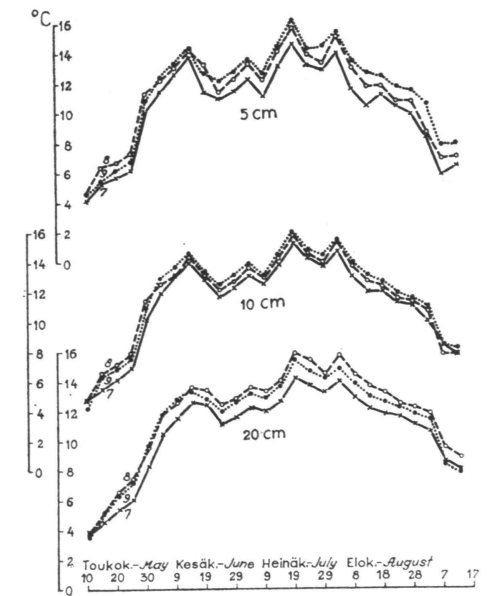
Melkein aukealla nevalle sijaitsevien vertailuparien 7, 8 ja 9 maksimilämpötilat on esitetty kuvassa 6 ja minimilämpötilat kuvassa 7.

Kohteiden 8 (30 m:n sarka) ja 9 (90 m:n sarka) lämpötilat ovat melkein samantapaiset. 5 cm:n syvyydessä maksimilämpötilat ovat edellisellä, siis kuivemmalla kohteella, n. 1°C korkeampia lukuunottamatta peittämiskokeen kestoaikaa. Kohteen 8 lämpömittarit nimittäin suojattiin auringolta kesäkuun alkupäivinä. Toimenpiteen vaikutus on selvästi nähtävissä (kuva 6). Pintakerroksen maksimilämpötila on 3—4°C alempi kuin se ilmeisesti olisi ollut ilman peittämistä. Minimilämpötiloissa sen sijaan peittämisen vaikutusta ei voi huomata.



Kuva 6. Kohteiden 7, 8 ja 9 maksimilämpötilat.

Fig. 6. Maximum temperatures in the measuring points 7, 8 and 9.



Kuva 7. Kohteiden 7, 8 ja 9 minimilämpötilat.

Fig. 7. Minimum temperatures in the measuring points 7, 8 and 9.

Sekä 10 että 20 cm:n maksimilämpötilat ovat kuitenkin koko mittauskauden molemmissa kohteissa hyvin lähellä toisiaan. Myös minimilämpötilat ovat alkukesästä yhtä korkeita, mutta heinäkuun loppupuolelta lähtien 5 cm:n minimilämpötilat alkavat kohteessa 8 laskea jyrkemmin kuin kohteessa 9. 20 cm:ssä muutos on päinvastainen. Tästä johtuen kuivemman kohteen 20 cm:n minimilämpötila on elo-syyskuussa noin 1°C korkeampi kuin 10 cm:n minimi- ja noin 2°C korkeampi kuin 5 cm:n minimilämpötilat, kun taas kohteessa 9 minimilämpötilat ovat suunnilleen yhtä suuria eri kerroksissa.

Sen sijaan kohde 7 (10 m:n sarka) on huomattavasti kylmempi kaikissa kerroksissa kuin märemmät mittauskohteet. Maksimilämpötilojen erot ovat suurimmillaan kasvukauden alkupuolella, mutta minimilämpötilojen kohdalla tilanne on päinvastainen.

Lämpötilojen vertikaalisessa jakaantumisessa on kohteiden 7 ja 9 välillä selviä eroja. Kohteen 9 maksimilämpötila on 5 cm:n syvyydessä mittauskauden alussa (10. 5.) 3.1°C korkeampi kuin 20 cm:ssä, lämpötilojen jyrkimmän nousun aikana (30. 5.) 7.0°C, kesän lämpimimpänä kautena (19. 7.) 3.8°C ja syksyllä lämpötilojen jyrkästi laskiessa vain 0.3°C. Kohteen 7 maksimilämpötilat alenevat 5:stä 20 cm:iin vastaavina ajankohtina: 4.0°, 8.4°, 4.6° ja 0.7°C. Märemmissä kohteissa eri kerrosten maksimilämpötilat ovat siis lähempänä toisiaan, toisin sanoen tehokkaasti kuivunut kohde kylmenee nopeammin suon pinnalta syvemälle siirryttäessä.

Sama ilmiö on havaittavissa myös minimilämpötilojen kohdalla, mutta siten, että märemmän kohteen (9) minimilämpötilat eri kerroksissa ovat kaiken aikaa lähes saman suuruisia, kun taas kuivan kohteen (7) pintakerroksen minimilämpötila on lämpötilan noustessa selvästi korkeampi, lämpötilan laskiessa alempi kuin 20 cm:n syvyydessä. Tämä johtuu tietysti kuivemman kohteen heikomasta lämmönjohtokyvystä.

Seuraavassa asetelmassa on esitetty kohteen 9 (90 m:n sarkaleveys) ja kohteen 7 (10 m:n sarkaleveys) lämpötilojen erotusten keskiarvot sateisuusjaksoittain.

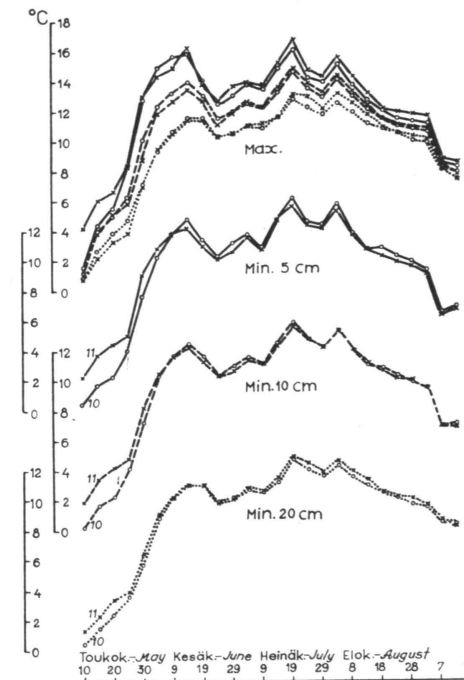
Sateisuus- jakso	27. 5. —	8. —	29. 6. —	16. —	4. —	17. —	30. 8. —	
	7. 6.	19. 6.	10. 7.	27. 7.	15. 8.	28. 8.	10. 9.	
Mittaus- syvyys, cm	Kuiva		Sateinen		Kuiva		Sateinen	
	Erotus, °C							
Max.	5	2.40	1.37	0.67	0.64	0.68	0.35	0.33
	10	2.56	1.83	1.43	1.03	0.77	0.68	0.38
	20	2.19	1.76	1.41	1.26	1.03	0.70	0.63
Min.	5	0.74	0.80	1.36	1.31	1.82	1.19	2.09
	10	1.88	0.58	0.74	0.67	0.95	0.52	0.91
	20	1.15	0.86	0.93	0.99	0.99	0.79	0.77

Asetelman luvuista toteamme, että märemmän kohteen maksimilämpötilat ovat olleet huomattavasti korkeampia kuin kuivan kohteen, ero kuitenkin pienenee kesän mittaan. Eron pieneminen on 5 cm:n kerroksessa nopeinta ja 20 cm:n syvyydessä hitainta. Minimilämpötilojen erot sen sijaan suurenevät 5 cm:n syvyydessä kesän kuluessa, muissa kerroksissa erot märän kohteen hyväksi ovat pysyneet lähes muuttumattomina.

Edellä esitetystä jo ilmenee, että märän kohteen lämpötilat ovat kaikissa kerroksissa äärevämmät kuin kuivemman kohteen.

Sateilla on ollut kohteiden minimilämpötilojen eroja pienentävä vaikutus. Sateiden merkitys on selvästi nähtävissä ainakin 5 ja 10 cm:n syvyydessä. Kohteiden 10 ja 11 lämpötilat on esitetty kuvassa 8. Kuten edellä (s. 24) on esitetty, on kohde 11 selvästi kuivempi kuin kohde 10, mutta vertailun luotettavuutta heikentää se seikka, että kohteen 10 vesi on peräisin kankaan ja suon rajalla purkautuvista lähteistä.

Seuraava asetelma osoittaa kohteen 10 ja 11 lämpötilojen erojen keskiarvoja sateisuusjaksoittain laskettuna.



Kuva 8. Kohteiden 10 ja 11 lämpötilat.

Fig. 8. Temperatures in the measuring points 10 and 11.

	27. 5. — 7. 6.	8. — 19. 6.	29. 6. — 10. 7.	16. — 27. 7.	4. — 15. 8.	17. — 28. 8.	30. 8. — 10. 9.	
Sateisuus- jakso	Kuiva	Sateinen	Kuiva	Sateinen Erotus, °C	Kuiva	Sateinen	Kuiva	
Mittaussyvyys, cm								
Max	5	0.18	0.25	-0.52	-0.52	-0.53	-0.48	-0.39
	10	0.32	0.48	0.01	-0.36	-0.29	-0.03	-0.18
	20	0.04	0.12	-0.15	-0.50	-0.57	-0.18	-0.25
Min.	5	-0.84	0.30	0.29	0.26	0.21	0.38	0.24
	10	-0.60	0.21	0.14	0.11	-0.14	0.07	-0.03
	20	-0.43	-0.05	-0.13	-0.33	-0.45	-0.12	-0.08

Kuvasta 8 ja asetelmasta toteamme, että vain kesän alussa on selviä eroja. Kuivempi kohde (11) on ollut lämpimämpi kuin heikommin kuivattu. Tämä johtuu kuitenkin siitä, että jälkimmäinen on ollut pinnaltaan jäässä lähes kaksi viikkoa kauemmin kuin edellinen. Myöhemmin lämpötilat ovat niin toistensa kaltaisia, ettei sanottavia eroja voida havaita.

Vaikka kohteiden keskinäinen lämpötila on toisenlainen kuin edellä olleissa nevakohteissa, muutosten suunta on yhdenmukainen. Märkään kohteeseen nähden ovat tehokkaasti kuivuneen kohteen maksimit olleet alimmillaan touko-kesäkuussa. Muuttumisessa on nevakohteisiin verrattuna sikäli eroa, että korpi-kohteiden keskinäiset lämpötilat näyttävät tasoittuvan kaikissa syvyyksissä jo heinäkuussa. Minimilämpötilojen erotuksissa ainoa merkitsevä muutos nähdään vain ensimmäisen sateisuusjakson jälkeen. Muutoin kohteiden lämmönerot ovat hyvin pieniä, eikä niiden muutoksilla ole selvää suuntaa.

## 5. Tiivistelmä

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää erilaisten turvemaiden pintaturpeen lämpöolojen kehitystä kasvukauden aikana. Asian tutkimiseksi suoritettiin kesinä 1960 ja 1961 5, 10 ja 20 cm:n syvyydellä turpeessa lämpötilan mittauksia erilaatuisilla soilla ja kuivatusasteiltaan erilaisissa kohteissa. Saatujen tulosten perusteella voitiin tehdä mm. seuraavat johtopäätökset.

Aukeat ojitusaluet lämpiävät nopeimmin ja ovat erityisesti pintakerroksiltaan kesän aikana lämpimimpiä soita. Sään viiletessä ne toisaalta myös kylmenevät nopeimmin. Puisevilla korpisoilla turpeen lämpöolot ovat kaikkein tasaisimmat. Kevästä pitkälle kesään ne erityisesti pintakerrosten maksimilämpötiloiltaan säilyvät muita kylmempinä, mutta säilyttävät paremmin saamansa lämmön, joten syyspuolella erilaisten soiden lämpöolojen erilaisuus tasoittuu. Korprien pintaturpeen vuorokautinen lämpötilan vaihtelu on selvästi vähäisempi samoin kuin pintaturpeen ja syvempien kerrosten lämpöerokin. Ensisijaisena tekijänä soiden eri päätyyppiryhmien lämpötaloudellisiin eroihin on ilmeisesti puusto. Puuston lämpöoloja tasoittavaa merkitystä monet tutkijat ovatkin jo aikaisemmin korostaneet (esim. HOMÉN 1897, ÅNGSTRÖM 1937 ja MULTAMÄKI 1942). Epäilemättä myös turpeen koostumuksen ja rakenteen muutoksilla on oma osuutensa lämpöerojen muovaajana.

Eri asteisten kuivatussten keskinäiset lämmönerot eivät ole läheskään yhtä suuria kuin päätyyppiryhmien väliset. Tuloksista nähdään kuitenkin, että kun vesitalouserot ovat kyllin suuria ja olosuhteet muutoin samantapaisia, turpeen lämpötila laskee suon kuivatusasteen noustessa. Erot ovat selvimmillään ilmeisesti silloin, kun ojitus on nuori, niin etteivät kuivatuksen aiheuttamat muut tekijät, kuten turpeen tiivistyminen ja kasvillisuudessa tapahtuneet muutokset vielä pääse vaikuttamaan.

Suurimmillaan kuivatuksen tehokkuuden aiheuttamat lämpötilojen erotukset ovat yleensä 20 cm:n syvyydessä ja pienentyvät pintaa kohden niin, että usein erityisesti minimilämpötilojen suhteet 5 cm:ssä ovat jo päinvastaiset. Tulos tuntuu hyvin luonnolliselta ajateltaessa, että kuivatusstehon noustessa haihdunta vähenee ja lämmönjohtokyky heikkenee.

Kuivatusasteen aiheuttamat lämpötilojen erot ovat suurimmillaan kasvukauden alussa. Kesän mittaan erot tavallisesti pienentyvät. Erityisen yhdenmukaisena tämä lämpöerojen hidastuminen on nähtävissä 20 cm:n syvyy-

dessä. Sitä vastoin pintakerroksen lämpöerojen muutoksissa on epäsäännöllisyyksiä, etenkin minimilämpötilojen kohdalla.

Edellä esitetyt toteamukset ovat täysin samansuuntaisia kuin ne havainnot, joita mm. VESIKIVI (1941), HEIKURAINEN (1954) ja PESSI (1958) ovat tehneet vertaillaessaan ojitettujen ja luonnontilaisten turvemaiden lämpöoloja.

Eri kuivatusasteiden väliset lämpötilan erot ovat kuitenkin poikkeuksetta pieniä. Kuivatusasteen on myös muututtava varsin selvästi, ennen kuin muutoksen merkitys näkyy lämpötilouudessa. Niinpä 30 ja 90 m:n levyisten sarkojen lämpöoloissa ei voitu havaita kiistattomia eroja. Vasta 10 m:n levyinen sarka oli edellisiä selvästi kylmempi. Näyttäisi siis siltä, että kuivatuksesta aiheutuva turpeen lämpötilouuden huononeminen ei ole niin vaikuttava tekijä, että kuivatuksen tehokkuutta tarvitsisi tämän takia rajoittaa.

Kuivatustehon ja kasvipeitteen pysyessä muuttumattomana saattaa pinta-turpeessa esiintyä systemaattista lämpötilan vaihtelua, jota tässä työssä kutsuttiin mikrovaihteluksi. Sen on katsottu aiheutuvan ensi sijassa turpeen epähomogeenisesta rakenteesta, ja se on suuruudeltaan ollut samaa luokkaa kuin erilaisen kuivatuksen aiheuttamat lämpötilojen eroavuudet.

#### Kirjallisuus — Literature

- FRANSSILA, M. 1949. Mikroilmasto-oppi. Helsinki.
- »— 1960. On the measurement of soil temperature in forests and swamps. Ilmatieteellisen Keskuslaitoksen toimituksia N:o 52.
- HALLAKORPI, I. A. 1932. Maatalouden vesirakennus. Porvoo-Helsinki.
- HEIKURAINEN, LEO. 1954. Havaintoja metsäojituksen vaikutuksesta turpeen lämpötilouuteen. Metsät. Aikak. N:o 1.
- »— 1957. Metsäojien syvyyden ja pintaleveyden muuttuminen sekä ojan kunnon säilyminen. Summary: Changes in depth and top width of forest ditches and the maintaining of their repair. Acta Forest. Fenn. 65.5.
- »— 1960. Metsäojitus ja sen perusteet. Porvoo-Helsinki.
- HOMÉN, TH. 1897. Der tägliche Wärmeausatz im Boden und die Wärmestrahlung zwischen Himmel und Erde. Leipzig.
- HUIKARI, OLAVI. 1959. Metsäojitettujen turvemaiden vesitaloudesta. Referat: Über den Wasserhaushalt Waldentwässerten Torfböden. Comm. Inst. Forest. Fenn. 51.2.
- KIVINEN, ERKKI. 1948. Suotiede. Porvoo-Helsinki.
- LUKKALA, O. J. 1942. Sateen mittauksia erilaisissa metsiköissä. Referat: Niederschlagsmessungen in verschiedenartigen Beständen. Acta Forest. Fenn. 50.23
- »— 1949. Soiden turvekerroksen painuminen ojituksen vaikutuksesta. Referat: Über die Setzung des Moortorfes als Folge der Entwässerung. Comm. Inst. Forest. Fenn. 37.1.
- MIKOLA, PEITSA. 1952. Soistumisen ja metsäojituksen mikrobiologiaa. Suo N:o 6, 1952.
- MULTAMÄKI, S. E. 1942. Kuusen taimien palettuminen ja sen vaikutus ojitettujen soiden metsittymiseen. Referat: Das Erfrieren der Fichtenpflanzen in seiner Wirkung auf die Bewaldung der entwässerten Moore. Acta Forest. Fenn. 51.1.
- OSVALD, HUGO. 1937. Myrar och myrodling. Stockholm.
- PESSI, YRJÖ. 1958. On the influence of bog draining upon thermal conditions in the soil and in the air near the ground. Acta Agric. Scandinavica VIII/4. Stockholm.
- SARASTO, JUHANI. 1952. Metsäojituksen aiheuttamista aluskasvillisuuden muutoksista eräissä suotyypeissä. Referat: Über Veränderungen in der Untervegetation einiger Moortypen als Folge der Waldentwässerung. Comm. Inst. Forest. Fenn. 40.13.
- »— 1961. Über die Klassifizierung der für Walderziehung entwässerten Moore. Seloste: Metsän kasvattamiseksi ojitettujen soiden luokittelusta. Acta Forest. Fenn. 74.
- SEPPÄLÄ, KUSTAA. 1962. Havaintoja pintaturpeen lämpöoloista ojitetuilla soilla. Pro gradu-tutkielma. Konekirjoite Helsingin yliopiston suometsätieteen laitoksella.
- VESIKIVI, ANTTI. 1941. Savimaalla ja viljellyllä suomaalla sekä ojitetulla ja ojittamattomalla rahkarämeellä suoritettujen ilman lämpötilahavaintojen tuloksia. S. suovilj.yhd. tiet. julk. 98.
- ÅNGSTRÖM, ANDERS. 1937. Jordstemperaturen i bestånd av olika täthet. Summary: Soil temperature in stands of different densities. Medd. f. Statens Skogsförsöksanst. H. 29. 1936—37.



*SUMMARY:**THE EFFECT OF DRAINAGE DEGREE ON TEMPERATURE  
CONDITIONS OF PEAT*

An unknown factor has so far interfered with the determination of a strip width (distance between ditches) most favorable biologically: What are temperature conditions in the surface peat and in the air close to the ground after drainage of different intensities? To be sure, studies comparing natural and drained swamps (VESIKIVI 1941, HEIKURAINEN 1954, PESSI 1958) have all proved that drained peat lands are colder than natural ones. However, it is difficult to conclude on the basis of these studies to what extent more subtle differences in water conditions alter the temperature conditions of a swamp.

To solve this problem the Institute of Peatland Forestry at the University of Helsinki carried out temperature measurements on swamps drained to different degrees in Central Finland in the summer of 1960 and 1961. In the former summer the measurements covered a period of about two months, in the latter summer they were carried on without interruption from early May until the middle of September. There were 11 measuring points in all, 4 of them in spruce swamps and 2 in pine swamps. The number of measuring points in completely open or almost open areas was 5. German-made maximum- and minimum-thermometers were used. Temperature readings were made from the depths of five, ten and twenty centimeters below the peat surface daily between 7 and 8 p. m.

The measuring points were selected in such a way that close to each point was another one in a place as similar as possible in all respects except water conditions. The ground water level in the measuring points, and the strip-width, served as the criterion of differences in water conditions in the measuring points (Figures 1 and 2).

To eliminate systematic errors due to the thermometers, readings of the meters used were compared at the beginning and at the end of periods of measuring with two meters, examined by the office of Weights and Measures, at the temperatures of thawing snow and about 22° C. The deviations observed were marked on axes and a correction line was drawn for each meter. On this basis the temperature readings from the field were corrected.

Figures 3—8 show the temperatures at different depths of the measuring

points. Here is a short account of the results of comparison between the measuring points.

When drainage becomes more intensive, the temperature of the surface peat goes down. However, temperature differences due to changes in the intensity of drainage are small and they can only be discerned when differences in water conditions are considerable. Thus it was observed, when the reciprocal temperature differences of 10-, 30- and 90-metre strips were compared, that temperature conditions in the surface of 30- and 90-metre strips were very similar. Temperatures in the 10-metre strip, on the other hand, were clearly lower than in the former ones. The effect of the strip width on the temperature conditions of the surface peat seems to be of a nature similar to its effect on the level of the ground water (cf. HUIKARI 1959). In both cases no clear differences are discernible unless drainage is very thorough.

Even in extreme cases temperature differences due to different drainage intensity are relatively small. They seldom exceed 2° C. The systematic variation attributable to the uneven structure of peat has roughly the same limits (Tables 1 and 2). Differences in temperature due to growing stock may, according to the same material, be as high as 10° C; thus in the formation of the temperature of the surface peat they may be factors many times more important than temperature differences caused by aspects of drainage.

A peat land well drained is coldest at the beginning of a growing season compared with poor drainage. The reciprocal differences in temperature decrease later in the summer. Differences in temperature caused by drainage are small in the surface of the peat, but they grow in deeper levels. This is shown by the fact, for instance, that when temperatures are rising in a swamp drained thoroughly, the deeper peat layers warm considerably more slowly than in a swamp drained poorly. In the autumn, when temperatures fall, the relations may be reversed provisionally. This phenomenon is caused by the better heat conductivity of the moist peat.

The daily variation of temperature in the surface peat is generally more pronounced in moist swamps. Differences in this respect vanish quickly in the deeper layers. There is hardly any diurnal variation in temperature at the depth of 20 cm, very rarely more than 0.5° C.

Differences in temperature due to drainage of different intensities are most pronounced in an area drained recently. In this case temperatures are still influenced merely by differences in the amount of evaporation and heat conductivity caused by water conditions. Later the difference in temperature conditions caused by factors of drainage decreases because of the condensation of peat and changes in the vegetation.

It can be concluded on the basis of the presentation above that it is hardly practicable to drain swamps so effectively that temperature conditions will become worse to a degree harmful to trees.