

05.02.92



FOLIA FORESTALIA

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE
HELSINKI 1991

780

Jyrki Hytönen & Klaus Silfverberg

KUIVATUSTEHON VAIKUTUS TURVEMAAN LÄMPÖLOIHIN
Effect of drainage on thermal conditions in peat soils

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

Osoite: Unioninkatu 40 A
Address: SF-00170 Helsinki, Finland

Puhelin: (90) 857 051
Phone:

Telex: 121286 metla sf
Telefax: (90) 625 308

| | | |
|---|--------------------------------------|----------------------------|
| Ylijohtaja: <i>Director:</i> | Professori <i>Professor</i> | Eljas Pohtila |
| Julkaisujen jakelu: <i>Distribution of publications:</i> | Kirjastonhoitaja <i>Librarian</i> | Liisa Ikävalko-Ahvonon |
| Julkaisujen toimitus: <i>Editorial office:</i> | Toimittajat <i>Editors</i> | Seppo Oja Tommi Salonen |

Metsäntutkimuslaitos on maa- ja metsätalousministeriön alainen vuonna 1917 perustettu valtion tutkimuslaitos. Sen päätehtävänä on Suomen metsätaloutta sekä metsävarojen ja metsien tarkoituksenmukaista käyttöä edistävä tutkimus. Metsäntutkimustyötä tehdään lähes 800 hengen voimin yhdeksällä tutkimusosastolla ja kymmenellä tutkimus- ja koeasemalla. Tutkimus- ja koetoimintaa varten laitoksella on hallinnassaan valtion-metsiä yhteensä n. 150 000 hehtaaria, jotka on jaettu 17 tutkimusalueeseen ja joihin sisältyy kaksi kansallis- ja viisi luonnonpuistoa. Kenttäkokeita on käynnissä maan kaikissa osissa.

The Finnish Forest Research Institute, established in 1917, is a state research institution subordinated to the Ministry of Agriculture and Forestry. Its main task is to carry out research work to support the development of forestry and the expedient use of forest resources and forests. The work is carried out by means of 800 persons in nine research departments and ten research stations. The institute administers state-owned forests of over 150 000 hectares for research purposes, including two national parks and five strict nature reserves. Field experiments are in progress in all parts of the country.

Jyrki Hytönen & Klaus Silfverberg

KUIVATUSTEHON VAIKUTUS TURVEMAAN LÄMPÖOLOIHIN

Effect of drainage on thermal conditions in peat soils

Approved on 13.11.1991

SISÄLLYS

| | |
|---|----|
| 1. JOHDANTO | 3 |
| 2. AINEISTO JA MENETELMÄT | 4 |
| 21. Tutkimusalueet | 4 |
| 22. Aineiston keruu | 4 |
| 23. Aineiston käsittely | 5 |
| 24. Pohjavesipinnan säätely | 6 |
| 3. TULOKSET | 7 |
| 31. Yleistä | 7 |
| 32. Kuivatustehon vaikutus lämpöoloihin | 9 |
| 33. Lämpöolot turveprofiilissa | 11 |
| 34. Vuosien välinen vaihtelu | 11 |
| 4. TULOSTEN TARKASTELU | 15 |
| 41. Tulosten luotettavuus | 15 |
| 42. Roudan sulaminen | 16 |
| 43. Kuivatustehon vaikutus | 16 |
| 44. Lämpöolot eri kasvupaikoilla | 16 |
| 45. Lämpöolot ja puuston kasvu | 17 |
| KIRJALLISUUS | 17 |
| SUMMARY | 19 |
| Liitteet — <i>Appendices</i> | 21 |

Hytönen, J. & Silfverberg, K. 1991. Kuivatustehon vaikutus turvemaan lämpöoloihin. Summary: Effect of drainage on thermal conditions in peat soils. *Folia Forestalia* 780. 24 p.

The purpose of this study was to investigate the effects of drainage on thermal conditions in peat soils. In addition, the study includes an examination of inter- and intra-annual temperature variation at various depths in peat. The study material was collected during the period 1965–1973 from pine and spruce mire experimental plots laid out in the Vilppula (62°03'N, 24°34'E) and Kivalo (66°27'N, 26°50'E) research areas of the Finnish Forest Research Institute. The water level in the ditches had been regulated to be 10, 30, 50 and 70 cm below the soil surface. Peat temperature at five depths (5, 10, 15, 20 and 40 cm) and the ground water level were recorded 1–5 times per week during the growing period.

Intensified drainage was accompanied by reduced peat temperatures in pine mires. In Kivalo areas in northern Finland, the difference between poorly drained and well drained experimental plots in terms of the June-August mean temperatures at the depth of 10 cm was approximately 1.5°C. At Vilppula in southern Finland the corresponding difference was only 0.6°C. When expressed in terms of temperature sums (threshold value +5°C), the corresponding differences during the growing season were 147 dd°C at Kivalo and 74 dd°C at Vilppula. Intensified drainage did not have a distinct effect on peat temperatures in spruce swamp plots. The inter-annual variation in temperature sums recorded in the peat was greater at Kivalo than at Vilppula and greater in the spruce swamp plots than in the pine mire plots.

Key words: Soil temperature, drainage, annual variation, pine bog, spruce swamp
FDC 232.2 + 111

Authors' addresses: *Hytönen*: The Finnish Forest Research Institute, Kannus Research Station, PL 44, 69101 Kannus, Silfverberg: The Finnish Forest Research Institute, Department of Peatland Forestry, PL 18, 01301 Vantaa.

Työn tarkoituksena oli tutkia ojituksen vaikutusta turpeen lämpöoloihin. Tutkimuksessa tarkastellaan myös turpeen lämpötilan vuosien sisäistä ja -välistä vaihtelua sekä lämpöoloja eri turvekerroksissa. Aineisto on kerätty vuosina 1965–1973 räme- ja korpikoekentiltä Metsäntutkimuslaitoksen Vilppulan (62°03'N, 24°34'E) ja Kivalon (66°27'N, 26°50'E) tutkimusalueilta. Ojaveden pinta oli säännöstelty 10, 30, 50 ja 70 cm:n syvyydelle maanpinnasta. Koealoilla mitattiin kasvukauden aikana 1–5 kertaa viikossa pohjavesipinnan syvyys sekä turpeen lämpötila viideltä syvyydeltä (5, 10, 15, 20 ja 40 cm).

Kuivatustehon kasvaessa rämeet kylmenivät. Pohjois-Suomen Kivalossa heikosti ja tehokkaasti kuivattujen koealojen keskilämpötilojen erotus oli 10 cm:n syvyydessä kesä-elokuun aikana noin 1,5°C. Vilppulassa vastaava ero oli vain 0,6°C. Lämpösummina ilmaistuna (kynnysarvona +5°C) vastaavat kasvukauden aikaiset erot olivat Kivalossa 147 dd°C ja Vilppulassa 74 dd°C. Korpikoekentillä kuivatuksen tehostumisella ei ollut selvää vaikutusta turpeen lämpötiloihin. Turpeen lämpösummien vuosienvälinen vaihtelu oli Kivalossa suurempaa kuin Vilppulassa ja korpikentillä suurempaa kuin rämeillä.

ISBN 951-40-1178-3
ISSN 0015-5543

Tampere 1991. Tammer-Paino Oy

1. Johdanto

Turvemaita pidetään sekä ilman että maaperän lämpöoloiltaan kivennäismaita epäsuotuisampina kasvupaikkoina (Pessi 1957a, Reinikainen 1980, Mustonen 1986). Turpeen lämpöolot määrytyvät pitkälti ilman lämpötilan ja suoraan maanpinnalle tulevan säteilyn määrän, pohjaveden syvyyden ja liikkuvuuden sekä turvelajin ja maatuneisuuden mukaan. Lisäksi suon topografia, puusto sekä kenttä- ja pohjakerroksen kasvillisuus vaikuttavat turpeen lämpöoloihin. Turve- ja kivennäismaiden lämpöolojen erilaisuus aiheutuu eroista pohjavesipinnan tasossa ja maalajien lämmönjohtokyvyssä. Luonnontilaisien soiden lämpöoloja ovat tutkineet mm. Haapasaari (1964) Etelä-Pohjanmaan kermikeitailla ja Eurola (1975) talviajan olosuhteissa Pohjois-Pohjanmaalla. Turpeen lämpötila vaikuttaa voimakkaasti pieneliöstön toimintaan ja ravinteiden mineralisaatioon (Kaila ym. 1953, Kaunisto & Norlamo 1976, Tuominen 1981, Silvola ym. 1985). Astiakokeissa on todettu maan lämpötilan kohoamisen nopeuttavan puuntaimien alkukehitystä (Aaltonen 1942, Ravela 1973, Söderström 1974).

Ojittamattomien soiden pohjavesipinnan syvyydestä on runsaasti tutkimustietoa (esim. Lindholm & Markkula 1984). Ojituksen jälkeen pohjavesipinta on yleensä 20–40 cm syvemmällä kuin ennen ojitusta, vaikkakin sääoloista aiheutuva vaihtelu on suurta (esim. Ahti 1978). Ojitus muuttaa useita turpeen lämpötilaan vaikuttavia tekijöitä. Yleisenä trendinä on useasta tekijästä johtuva turpeen kylmeneminen. Pohjavesipinnan laskiessa turpeen vesipitoisuus vähenee ja ilmatila kasvaa. Tämän seurauksena lämmönjohtokyky heikkenee (esim. Päivänen 1982) ja samalla myös ominaislämpö pienenee. Tällöin turpeen kyky varastoida lämpöä heikkenee. Tehokkaasti ojitetuilla soilla routa viipyy keväisin myöhempään ja alkuaan märillä soilla hallat yleistyvät (Reinikainen 1980, Lindholm & Vasander 1981, Liefvers & Rothwell 1986, Latja & Kurimo 1988). Turpeen tiheys, joka riippuu turvelajista ja sen maatuneisuudesta, vaikuttaa lämmönjohtokykyyn ja siten turvemaan lämpöoloihin. Lämpötaloutta parantavaan suuntaan vaikuttaa ehkä selvimmin turpeesta tapahtuvan haihdunnan väheneminen (Multamäki 1942, Päivänen 1982).

Puuston määrällä ja laadulla on ratkaiseva merkitys turpeen lämpöoloihin (Heikurainen & Seppälä 1963). Vähäpuustoisten rämeiden ja runsaspuustoisten korprien lämpöolot poikkeavatkin yleensä huomattavasti toisistaan. Puuston ja muun kasvillisuuden vaikutus on monitahoinen ja osaksi vastakkainenkin; haihduttava, varjostava ja ulossäteilyä rajoittava. Vaikutukset saattavat olla erilaisia mm. vuorokauden ja vuodenajasta riippuen. Kiistatonta lienee että puusto vähentää lämpöolojen äärevyyttä sekä ilmassa että turpeessa. Vaikutukset turpeen lämpö- ja happitalouteen ovat puuston kannalta ilmeisen vastakkaiset. Puuston kasvun paraneminen ojituksen seurauksena osoittaa happitalouden paranemisesta koituvan hyödyn olevan suuremman kuin turpeen kylmenemisestä aiheutuvan haitan (Heikurainen & Seppälä 1963).

Maatalousmaan lämpötiloja on tutkittu varsin paljon (Pessi 1954, 1956, 1957b, c, d, 1958a, b, 1962, Pessi & Takala 1959, Vesikivi 1933, 1941). Peltokohteiden tulokset eivät kuitenkaan ole suoraan rinnastettavissa metsämaalla tehtyihin tutkimuksiin. Peltojen muokkaus, lannoitus sekä erityisesti eloperäisillä mailla saveuksena tai hiekoituksena tehdyt maanparannustoimenpiteet ovat muuttaneet kasvualustan fysikaalisia ominaisuuksia (Pessi 1956). Lisäksi peltojen erilainen kasvipeite vaikeuttaa vertailua metsämaalla saatuihin tuloksiin.

Tämän työn tarkoituksena on tutkia kuivatuksen vaikutusta turpeen lämpöoloihin rämeen ja korven kasvupaikoilla Etelä- ja Pohjois-Suomessa. Aineisto on kerätty kenttäkokeista, joissa vesitaloutta on säännöstelty varsin pitkään. Tutkimuksessa tarkastellaan turpeen lämpötilan kasvukauden aikaista ja yhdeksän kasvukauden välistä vaihtelua sekä lämpöoloja eri turvekerroksissa.

Tämä tutkimus on syntynyt pitkäaikaisen ryhmätyön tuloksena. Koealat on perustettu professori Olavi Huikarin aloitteesta ja MML Kimmo Paarlahaan valvonnassa. Kenttämasteri Eero Pelkonen on vastannut koealojen hoidosta ja mittauksista tutkimusjakson aikana. Maastotyöt teki Vilppulassa tutkimusmetsuri Pertti Niemi ja Kivalossa työnjohtaja Esko Eskola. Aineiston tallentamisesta on huolehtinut ohjelmoija Airi Piira. Valtaosan aineiston tilastollisesta käsittelystä suoritti FK Arto Ke-

tola. MH Erkki Pekkinen tarkasti ja käänsi englanninkieliset tekstinosat. Käsikirjoitusta ovat kommentoineet prof. Eero Paavilainen, MMT Seppo Kaunisto, MMT Hannu Mannerkoski, MMT Erkki Ahti ja FK Riitta Heinonen.

Myöskin MMT Ari Ferm perehtyi aihepiiriin. Yllämainituille ja lukuisille muille työssä avustaneille kirjoittajat esittävät vilpittömät kiitoksensa.

2. Aineisto ja menetelmät

21. Tutkimusalueet

Etelä-Suomen koekentät sijaitsivat Vilppulan tutkimusalueen Jaakkoinnuolla (62°03'N, 24°34'E) ja Pohjois-Suomen koekentät Rovaniemen maalaiskunnan Kivalon tutkimusalueessa (66°27'N, 26°50'E). Sekä Vilppulaan että Kivaloon perustettiin vuosina 1960–61 räme- ja korpikenttä. Näitä niinsanottuja ekologisia koekenttiä (taulukko 1) ovat kuvanneet Paavilainen (1966), Huikari & Paarlahti (1967) sekä Ahti (1978).

Tutkimukseen sisältyi yhteensä 36 koealaa, jotka jakautuivat eri koekentille taulukoiden 2 ja 3 mukaisesti. Koealojen ympäri kaivettiin metrin syvyiset ja 30 cm leveät ojat, joiden väliin jäi noin 2 metriä leveä vaippa (Huikari & Paarlahti 1967). Vilppulassa ja Kivalon korpessa koealojen koko oli 15 × 40, Kivalon rämeellä 10 × 50 metriä. Viereisiltä kivennäismailta tuleva vesi padottiin koealoja ympäröiviin ojiin siten että ojaveden pinta pyrittiin pitämään jatkuvasti samalla etäisyydellä turpeen pinnasta. Nämä ns. ojaveden tasot olivat 10, 30, 50 ja 70 cm. Koealoilla sijaitsevista pohjavesikaivoista seurattiin kasvukauden aikana pohjavesipinnan tasoa. Kasvukauden alussa ja lopussa ojaveden ja pohjaveden pinnan tasot ovat selvimmin poikenneet toisistaan. Keväisin lumensulamisvedet ja routa pitävät pohjavesipinnan korkealla säännöstelystä huolimatta. Syksyisin vähentävä haihtuminen aiheuttaa samantapaisen tilanteen. Turpeen painuminen on supistanut koealojen maanpinnan ja ojavesipinnan välistä etäisyyttä.

Koealojen perustamisvaiheessa osa koealoista jaettiin kahtia, jolloin toista puolisko käytettiin maan jäädyttämiskokeissa (Huikari & Paarlahti 1967). Ainoastaan jäädyttämätön puolisko on sisällytetty tähän aineistoon. Koealoilla tehdyt toimenpiteet ilmenevät taulukoista 2 ja 3. Tutkimusjakson aikana koealojen puustoa käsiteltiin vain lievästi; pääasiassa vain alispuita sekä kuolevia ja kuolleita puita poistettiin (Silfverberg 1984).

22. Aineiston keruu

Tutkimuksen aineisto on kerätty vuosina 1965–73. Jokaisella koealalla oli yksi sarja elohopealämpömittareita, joilla mitattiin maan lämpötila 5, 10, 15, 20 ja 40

cm:n syvyydeltä. Systemaattinen mittarivirhe tarkastettiin vuosittain keväällä jään sulamisvedessä ennen mittausten asettamista paikoilleen. Sekä mittarisarjojen että yksittäisten mittausten sijainti koealueilla on siten vaihdellut vuosittain. Mittarit sijoitettiin keskisaralle suonpinnan pienmuotojen, kasvillisuuden ja puuston suhteen vertailukelpoisin paikkoihin. Lämpömittarit suojattiin auringonpaisteelta aluminisilla säteilysuojuksilla (Huikari & Paarlahti 1967:31). Vuotuinen mittausjakso ulot-

Taulukko 1. Koekenttien kasvupaikkatiedot (Huikari & Paarlahti 1967). ViR = Vilppula räme, ViK = Vilppula korpi, KiR = Kivalo räme, KiK = Kivalo korpi. Puuttuva tieto = ...

Table 1. Site characteristics of the experimental areas (Huikari & Paarlahti 1967). ViR = Vilppula pine bog, ViK = Vilppula spruce swamp, KiR = Kivalo pine fen, KiK = Kivalo spruce swamp. No data = ...

| Tunnus Characteristic | ViR | ViK | KiR | KiK |
|--|------------------|-----------------------------------|-------------------|-----------------------------------|
| Suotyyppi Site type | TR ¹⁾ | MK ²⁾ | RhR ³⁾ | RhK ⁴⁾ |
| Turve — Peat | | | | |
| – syvyys depth, dm | 8–15 | 5–8 | 29–33 | 5–10 |
| – laji — type | St | ... | LCt | ... |
| – maatuneisuus degree of humification | H3–5 | ... | H4 | ... |
| – pH | 3,7 | 4,8 | 4,6 | 5,1 |
| Ojitusvuosi Drainage year | 1909 | 1909 | 1933 | 1933 |
| Vallitseva puulaji Dominant tree species | mänty pine | kuusi koivu spruce birch | mänty pine | kuusi koivu spruce birch |

1) Cottongrass pine bog

2) Vaccinium myrtillus spruce swamp

3) Herb-rich pine fen

4) Herb-rich birch-spruce swamp

tui Vilppulassa tavallisesti toukokuun alusta syyskuun loppuun, Kivalossa jakso oli hieman lyhyempi. Lämpötilat luettiin ensimmäisinä vuosina 3–5 kertaa viikoittain, mutta vuodesta 1970 alkaen vain 1–2 kertaa viikossa lukematarkkuuden ollessa 0,1 astetta. Kaikki mittarit luettiin yhdellä käyntikerralla aamupäivisin. Mittareita luettaessa niitä ei nostettu paikaltaan. Samoja reikiä mittareille käytettiin vain yhtenä vuotena ja reiän yläpää tukittiin sammalella ilman- ja lämmönvaihdon minimoimiseksi (Heikurainen & Seppälä 1963).

Pohjavesipinnan syvyyttä mitattiin samoilla käyntikerroilla kuin maan lämpötilaakin. Kullakin koealalla oli 9 jääkairalla tehtyä metrin syvyistä pohjavesikaivoa (Huikari & Paarlahti 1967). Kaivojen vedenpinnan keskiarvo osoitti koko tai puolen koealan pohjavesipinnan syvyyttä. Pohjaveden ja maanpinnan väli mitattiin 1 cm:n tarkkuudella (Huikari & Paarlahti 1967: kuva 27). Kaivojen ollessa kuivat pohjavesipinnan syvyydeksi ilmoitettiin maanpinnan ja kaivon pohjan etäisyys.

Taulukko 2. Koejärjestelyt ja puustotiedot koealoittain Vilppulassa Huikarin & Paarlahtien (1967) mukaan.
Table 2. Experimental layout and tree stand characteristics at Vilppula according to Huikari and Paarlahti (1967).

| Koeala Plot | Ojaveden taso Ditch water level cm | Puusto — Stand Tilavuus Volume m ³ /ha | Runkoluku, Stems per ha | Toimenpiteet Treatments |
|-----------------------------|---|--|----------------------------|----------------------------|
| Räme — Pine bog | | | | |
| 66 d1 | 10 | 19,2 | 617 | olkipeite |
| 66 c1 | 30 | 20,2 | 617 | straw cover |
| 66 b1 | 50 | 19,1 | 683 | 1963 |
| 66 a1 | 70 | 29,9 | 850 | “ |
| 67 a | 10 | 22,7 | 867 | 1961–62 NPK |
| 67 f | 30 | 17,0 | 850 | 1100 kg/ha |
| 67 g | 50 | 20,7 | 650 | 1968–70 NPK |
| 67 h | 70 | 17,7 | 767 | 883 kg/ha |
| 67 e | 10 | 16,7 | 600 | lannoittamaton |
| 67 b | 30 | 22,4 | 1200 | unfertilized |
| 67 c | 50 | 20,2 | 1300 | “ |
| 67 d | 70 | 19,2 | 1000 | “ |
| Korpi — Spruce swamp | | | | |
| 68 a1 | 10 | 128,2 | 967 | lannoittamaton |
| 68 b1 | 30 | 138,9 | 933 | unfertilized |
| 68 c1 | 50 | 145,2 | 966 | “ |
| 68 d1 | 70 | 180,2 | 966 | “ |

23. Aineiston käsittely

Kunkin lämpömittarin systemaattisen mittarivirheen vaatima korjaus lämpötila-arvoihin tehtiin aineiston tallennuksessa. Graafisessa tarkastelussa käytettiin lämpötilahavaintojen viikkokeskiarvoja ja varianssianalyyseissä kuukausikeskiarvoja. Jokainen viikkokeskiarvo koostuu 1–5:stä päivittäisestä mittaushavainnosta. Laskenta tehtiin BMDP Data Manager ohjelmistolla. Varianssianalyysijä varten aineisto oli ajallisesti kattava ja eri mittaussuodet vertailukelpoisia kesä-, heinä-, elo- ja syyskuun osalta.

Tutkimusvuosien (1965–73) ilman lämpösummat ovat peräisin Ilmatieteen laitoksen Juupajoen ja Apukan ilmastoasemien havainnoista. Maan lämpösummat laskettiin käsittelykohtaisten lämpötilahavaintojen viikkokeski-

Taulukko 3. Koejärjestelyt ja puustotiedot Kivalossa Huikarin & Paarlahtien (1967) mukaan.

Table 3. Experimental layout and tree stand characteristics at Kivalo according to Huikari and Paarlahti (1967).

| Koeala Plot | Ojaveden taso Ditch water level cm | Puusto — Stand Tilavuus Volume m ³ /ha | Runkoluku, Stems per ha | Ravinneisäykset Fertilization |
|-----------------------------|---|--|----------------------------|----------------------------------|
| Räme — Pine fen | | | | |
| 1 d1 | 10 | 39,3 | 1440 | lannoittamaton |
| 1 c1 | 30 | 28,8 | 1320 | unfertilized |
| 1 b1 | 50 | 30,7 | 1360 | “ |
| 1 a1 | 70 | 47,8 | 1760 | “ |
| 1 e | 10 | 30,1 | 1460 | lannoittamaton |
| 1 g | 30 | 35,2 | 1660 | unfertilized |
| 1 i | 50 | 30,6 | 1580 | “ |
| 1 k | 70 | 26,5 | 1300 | “ |
| 1 f | 10 | 26,7 | 1360 | 1961–62 NPK; |
| 1 h | 30 | 30,0 | 1520 | 1100 kg/ha |
| 1 j | 50 | 33,8 | 1480 | 1965 NPK |
| 1 i | 70 | 40,1 | 1540 | 1100 kg/ha |
| Korpi — Spruce swamp | | | | |
| 2 c | 10 | 85,2 | 1116 | lannoittamaton |
| 2 a | 30 | 99,9 | 1733 | unfertilized |
| 2 e | 50 | 94,4 | 1633 | “ |
| 2 f | 70 | 90,1 | 1650 | “ |
| 2 g | 10 | 78,4 | 1333 | 1961–62 NPK; |
| 2 d | 30 | 95,8 | 1633 | 1100 kg/ha |
| 2 b | 50 | 123,7 | 917 | 1965 NPK; |
| 2 h | 70 | 87,8 | 1533 | 1100 kg/ha |

arvoista. Maan lämpösumman kertyminen laskettiin alka-neeksi lämpötilan viikkokeskiarvon ylittäessä ensimmäi-sen kerran kynnyksarvona käytetyn +5°C. Tätä arvoa on käytetty yleisesti sekä ilmatieteellisissä että myös biologi-sissa ilman lämpösummaa koskevilla tutkimuksissa. Vuosittaisten mittauskausien lyhyys ei myöskään tehnyt mahdolliseksi alle 5°C olevan kynnyksarvon käyttöä. Läm-pötilan mittausten alkaessa lämpötila ei yhtenäkkään vuo-tena ollut ylittänyt kynnyksarvoa. Sen sijaan eräinä vuosi-na mittaukset oli lopetettu maan lämpötilan vielä viimei-sellä mittauskerralla ollessa yli viisi astetta. Kivalossa näin oli tapahtunut vain neljästi (2,2 % tapauksista), kyseisten havaintojen keskiarvon ollessa 5,3°C. Vilppu-lassa vuonna 1973 viimeisellä mittauskerralla lämpötila oli keskimäärin 6,2°C. Mittausten päätyttyä lämpösum-maa olisi voinut kertyä myös vuosina 1967 (5,8°C) ja 1969 (5,6°C). Muina vuosina vain muutama mittausha-vainto ylitti niukasti 5°C. Mainittuihin ylityksiin sisälty-viä lämpösummakertymiä ei ole otettu huomioon. Läm-pösummat laskettiin kummallekin alueelle (Vilppula ja Kivalo), eri kasvupaikoille (räme ja korpi), eri kuivatus-tasoille (4 tasoa), lämpömittareiden syvyyksille (5 tasoa) sekä yhdeksälle vuodelle (1965–73).

Maan lämpötilan ja lämpösumman vaihtelua selitet-tiin varianssianalyseissa. Luokittelevina tekijöinä an-alyseissa olivat ojavesipinnan syvyys sekä aika (vuosi ja kuukausi). Analyysit laskettiin kummallekin alueelle erik-seen sekä rämeelle että korvelle. Lisäksi sekä Vilppulas-sa että Kivalossa verrattiin suotyyppäjä keskenään, vaika pohjavesipinnan tasot rämeillä ja korvissa poikkesi-vat merkittävästi toisistaan (ks. taulukko 4).

24. Pohjavesipinnan säätely

Pohjavesipinnan tasoa säännösteltiin kaikilla koekentil-lä pyrkimällä pitämään ojaveden pinta kasvukauden ai-kana vakioetäisyydellä (ojaveden tasot 10, 30, 50 ja 70 cm) maanpinnasta. Se onnistui vaihtelevasti eri ojave-den tasoilla. Mitä syvemmällä oli ojaveden pinta, sitä pitempään ja enemmän pohjaveden pinta poikkesi oja-veden tasosta ja sitä suurempi oli myös keskiarvon kes-kivirhe (kuva 1). Ojaveden tasolla 10 cm pohjaveden pinta pysytteli lähellä ojaveden pinnan tasoa kaikilla koekentillä ja vaihtelukin oli pieni. Myös ojaveden ta-solla 30 cm oja- ja pohjaveden pinnat olivat lähellä toisiaan. Sen sijaan tasoilla 50 ja 70 cm ojaveden ja pohjaveden pinnat poikkesivat toisistaan melko paljon. Esimerkiksi Kivalossa pohjaveden pinta oli toukokuun puolivälin ja lokakuun alun välisenä ajanjaksona tasolla 50 keskimäärin 31 cm:n ja tasolla 70 keskimäärin 41 cm:n syvyydessä. Vilppulan korvessa säännöstely on-nistui parhaiten ja suurimmillakin ojaveden pinnan ta-soilla (50 ja 70 cm) pohjaveden pinta oli heinä-elo-

Taulukko 4. Kolmisuuntaisen varianssianalyysin F-arvot pohjavesipinnan tasolle Vilppulassa ja Kivalossa.
Table 4. F-values of three-way analysis of variance for groundwater level at Vilppula and Kivalo.

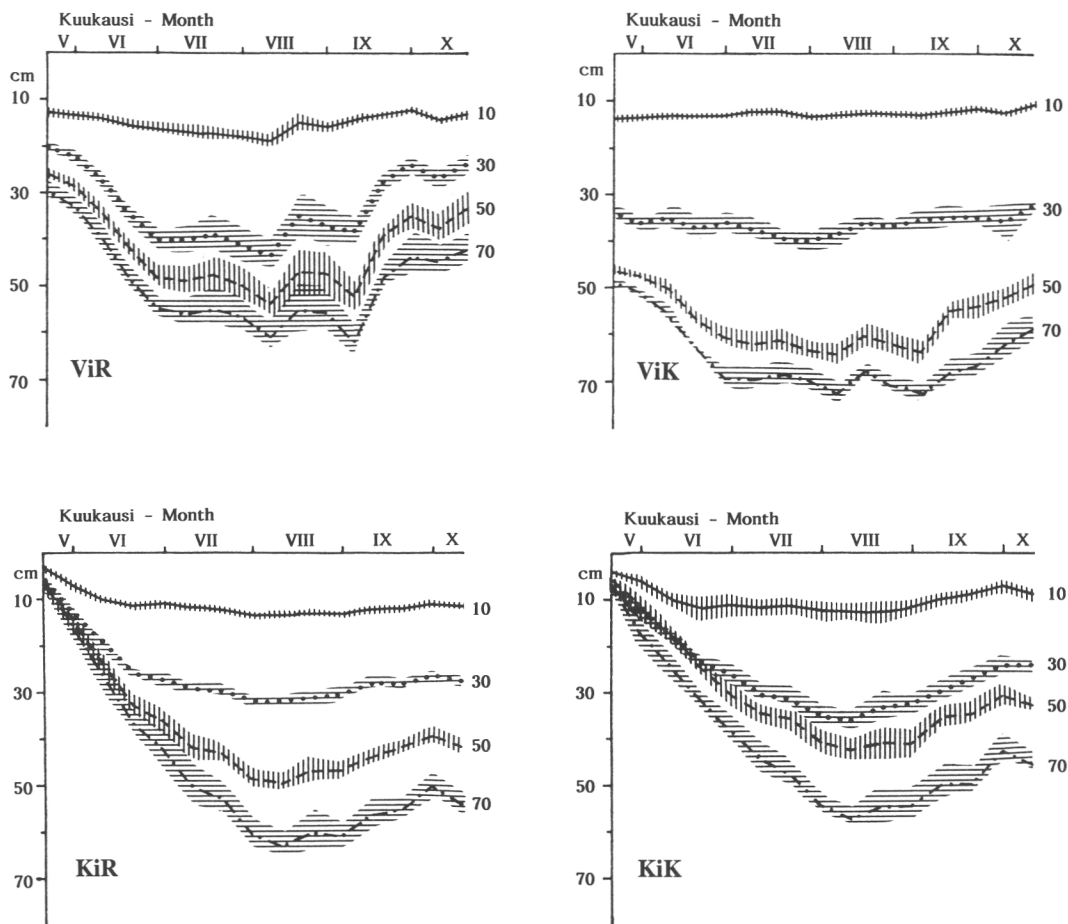
| Muuttuja Variable | Alue — Experimental field | |
|---------------------------------------|---------------------------|------------|
| | Vilppula | Kivalo |
| 1. Suotyyppi Site type | 184,20*** | 81,03*** |
| 2. Ojaveden taso Ditch water level | 1638,24*** | 1957,85*** |
| 3. Kuukausi Month | 26,73*** | 262,35*** |
| 1 × 2 | 79,63*** | 25,82*** |
| 1 × 3 | 3,44* | 1,72 |
| 2 × 3 | 3,85*** | 39,58*** |
| 1 × 2 × 3 | 0,19 | 0,91 |

kuussa lähellä tavoitteita.

Pohjavesipinta vaihteli ojavesien säännöstelystä huo-limatta myös kasvukauden aikana (myös Ahti 1978). Tavoitellut pohjavesipinnan tasot toteutuivat parhaiten vasta loppukesällä. Keväisin, lumen ja roudan sulaessa, pohjavesipinta oli, varsinkin Kivalossa, lähellä maan-pintaa (kuva 1). Vilppulassa ojaveden ja pohjaveden pinnat olivat eri syvyydellä jo toukokuussa, mutta lähel-le ojaveden tasojä pohjavesipinnat asettuivat vasta kesä-kuun lopussa pysyen siinä syyskuun puoliväliin saakka. Vilppulan korvessa säännöstely onnistui paremmin kuin rämeellä (kuva 1). Kivalossa eri säännöstelytasojä poh-javesipinnat olivat lähellä toisiaan kesäkuun puoliväliin asti. Lähelle haluttuja tasojä päästiin vasta heinäkuussa. Tavoitetaso toteutui sitä myöhemmin mitä syvemmällä ojaveden pinta oli säännöstelty (kuva 1).

Varianssianalyysillä tutkittiin eroavatko pohjavesipi-nan tasot merkittävästi toisistaan eri ojaveden pinnan tasoilla. Sekä Vilppulassa että Kivalossa ojaveden taso selitti parhaiten ja tilastollisesti erittäin merkittävästi mitattuja pohjavesipinnan tasojä (taulukko 4). Ojaveden pinnan tasot edustavat siten käyttökelpoisia, toisistaan tilastollisesti erittäin merkittävästi poikkeavia, pohjave-sipinnan tasoluokkia. Rämeen ja korven pohjavesipinnat erosivat kummallakin alueella toisistaan (taulukko 4). Tämä vaikeuttaa sekä alueiden, että myös rämeiden ja korpien vertailua samankin alueen sisällä.

Ajankohdan vaikutus pohjavesipinnan tasoon oli vari-anssianalyysin mukaan paljon suurempi Kivalossa kuin Vilppulassa (taulukko 4, kuva 1). Tämä johtunee pohja-vesipintojen vähäisistä eroista Kivalossa kesäkuussa. Ajankohdan ja ojavedentason merkittävän yhdysvaiku-tuksen syynä on, etenkin Kivalossa, pohjavesipinnan asettuminen tavoitellulle tasolle sitä myöhemmin kesäl-lä mitä syvemmälle ojaveden pinta oli säännöstelty.



Kuva 1. Pohjavesipinnan keskimääräinen syvyys eri ojavedentasoilla (10, 30, 50 ja 70 cm) vuosina 1965–73 Vilppulassa ja Kivalossa. Keskiarvon keskivirhe rasteroitu. ViR = Vilppula räme, ViK = Vilppula korpi, KiR = Kivalo räme, KiK = Kivalo korpi.

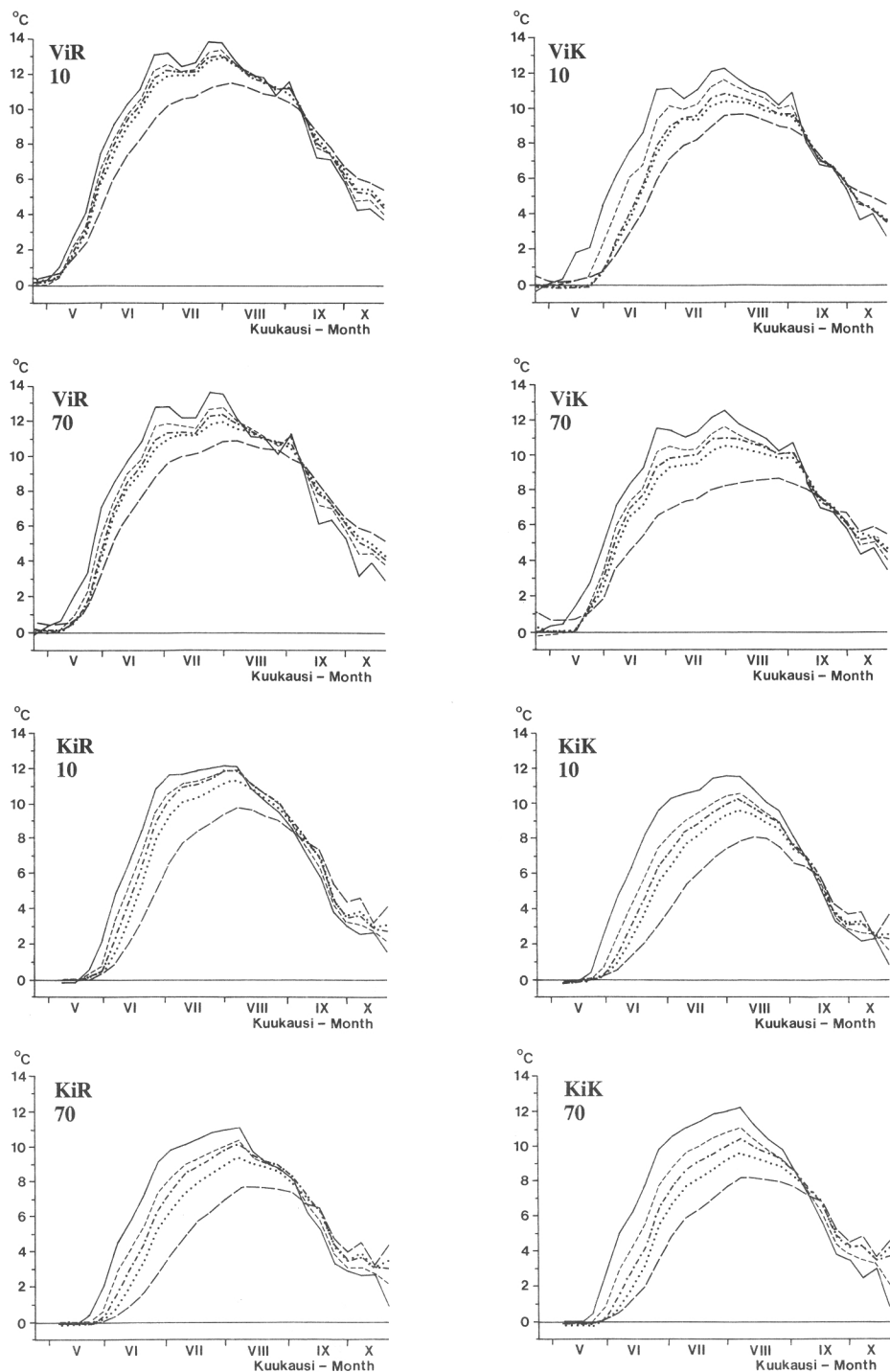
Fig. 1. Mean ground water level depth for different ditch water levels (10, 30, 50 and 70 cm) at Vilppula and Kivalo study areas in 1965–73. Standard error of mean highlighted. ViR = Vilppula pine bog, ViK = Vilppula spruce swamp, KiR = Kivalo pine fen, KiK = Kivalo spruce swamp.

3. Tulokset

31. Yleistä

Lämpötilatarkastelussa on käytetty koko tutkimusjakson (1965–73) viikkokeskiarvoja eikä yksittäisten vuosien päivittäisiin lämpötila-arvoihin kiinnitetä huomioita. Ojaveden tasojen 30 ja 50 cm käsittely on jätetty vähemmälle, tarkastelun pääpainon ollessa ojaveden ääritasoissa 10 ja 70 cm. Kuukausittaiset lämpötilakeskiarvot sekä kunkin kuukauden keskimääräinen minimi- ja maksimiarvo on esitetty liit-

teissä 1 ja 2. Vuosittaiset lämpösumat Vilppulassa ja Kivalossa eri ojavedentasoilla turveprofiilissa on esitetty liitteissä 3 ja 4. Lämpöolojen tarkastelun pääpaino on kymmenen cm:n syvyydessä, missä vuorokautinen lämpötilavaihtelu on pienempää kuin viiden cm:n syvyydessä (Pessi 1957b). Kymmenen cm:n syvyys kuvastanee riittävän hyvin myös puiden juuristokerroksen lämpöoloja (Heikurainen 1955, Paavilainen 1966, 1967). Lämpöoloja eri syvyyksissä tarkastellaan lähemmin luvussa 33.



Kuva 2. Lämpötilan viikkokeskiarvot turpeessa vuosina 1965–73. Syvyudet 5 (—), 10 (---), 15 (- · - · -), 20 (····) ja 40 (---) cm. Ojavesitasot 10 ja 70. Merkkien selitykset kuvassa 1.

Fig. 2. Mean weekly soil temperatures measured at depths of 5 (—), 10 (---), 15 (- · - · -), 20 (····) and 40 cm (---) during 1965–73. Ditch water levels 10 and 70. Symbols as in Fig. 1.

Taulukko 5. Keskimääräiset lämpösummat (kynnysarvona +5°C) eri syvyyksissä turpeessa vuosina 1965–73.

Table 5. Mean temperature sums (threshold value +5°C) at different depths in peat.

| Paikkakunta, suotyyppi Location, site type | Mittarin syvyys, cm Depth of measurement, cm | Ojaveden taso — Ditch water level | | | |
|---|--|-----------------------------------|-------|-------|--------------------------------|
| | | 10 cm Lämpösumma, dd°C | 30 cm | 50 cm | 70 cm Temperature sum, dd°C |
| Vilppula, räme <i>pine bog</i> | 5 | 779,5 | 731,7 | 782,4 | 713,0 |
| | 10 | 736,4 | 707,5 | 711,4 | 666,2 |
| | 15 | 725,3 | 715,0 | 706,4 | 648,2 |
| | 20 | 713,8 | 687,4 | 689,6 | 623,2 |
| | 40 | 594,6 | 627,3 | 589,6 | 528,0 |
| Vilppula, korpi <i>spruce swamp</i> | 5 | 587,0 | 634,3 | 662,4 | 624,4 |
| | 10 | 511,7 | 558,3 | 562,6 | 549,2 |
| | 15 | 437,9 | 519,0 | 502,9 | 516,2 |
| | 20 | 420,3 | 481,1 | 442,3 | 472,3 |
| | 40 | 338,8 | 354,8 | 283,4 | 308,9 |
| Kivalo, räme <i>pine fen</i> | 5 | 541,5 | 449,5 | 446,6 | 430,4 |
| | 10 | 503,4 | 383,0 | 360,7 | 356,8 |
| | 15 | 501,7 | 362,4 | 324,6 | 337,6 |
| | 20 | 447,6 | 310,8 | 271,9 | 281,7 |
| | 40 | 321,1 | 203,9 | 161,2 | 168,5 |
| Kivalo, korpi <i>spruce swamp</i> | 5 | 491,3 | 482,3 | 413,0 | 526,1 |
| | 10 | 377,2 | 389,3 | 296,6 | 411,6 |
| | 15 | 339,9 | 365,0 | 253,8 | 362,3 |
| | 20 | 301,3 | 306,0 | 210,7 | 297,2 |
| | 40 | 189,6 | 190,9 | 107,8 | 206,5 |

32. Kuivatustehon vaikutus lämpöoloihin

Kuivatuksen tehokkuus vaikutti turpeen lämpöoloihin eri tavoin eri kasvupaikoilla ja erilaisissa ilmasto-oloissa. Lisäksi kuivatuksen tehostuminen lisäsi pintaturpeen ja syvempien kerrosten lämpötilaeroa (kuva 2). Kivalon rämeellä tehokkaasti kuivatuilla koealoilla 0°C lämpötila ylittyi 1–2 viikkoa myöhemmin kuin heikosti kuivatuilla koealoilla. Kuivatuksen tehostumisella ei ollut vaikutusta 0°C ylittymiseen kaikilla koealueilla. On huomattava, että pohjavesipintojen erot eri käsittelyissä olivat keväällä pienet.

Rämeillä (mittausyvyys 10 cm) turve oli lämpimintä ojaveden ollessa lähimpänä (10 cm) turpeen pintaa (kuva 3). Keskilämpötilojen ero 10 ja 70 cm:n säännöstelytasojen välillä oli Vilppulan rämeellä 0,6°C ja Kivalossa peräti 1,2–1,9°C. Kummassakin tapauksessa ero oli tilastollisesti erittäin merkitsevä (taulukko 6). Myös lämpösummat 10 cm:n syvyydessä olivat rä-

meillä sitä pienempiä mitä syvemmällä ojaveden pinta oli (taulukko 5). Vilppulassa äärimmäisten säännöstelytasojen välinen lämpösummaero oli 74 dd°C ja Kivalossa 147 dd°C. Kivalossa ojavesitasojen 30, 50 ja 70 cm väliset lämpösummaerot olivat varsin vähäiset (taulukko 5). Voimakkaimmillaan kuivatuksen vaikutus lämpötiloihin ja lämpösummiin oli Vilppulan rämeellä 15–20 cm:n syvyydessä (taulukko 5, liite 1).

Korpikoealoilla ojaveden tasojen vaikutus turpeen lämpöoloihin ei ollut yhtä selvä kuin rämeillä. Vilppulan korvessa heikoimmin kuivatetun koealan pintaturve (5–20 cm) oli kylmempää kuin muilla koealoilla. Kymmenen cm:n syvyydessä taso 70 oli kesäkuussa 1,2°C lämpimämpi kuin taso 10, mutta elokuussa lämpötila oli sama (kuva 3, liite 1). Tämä näkyi varianssi-analyysissä ojavedentason ja kuukauden tilastollisesti merkitsevästä yhdysvaikutuksesta (taulukko 6). Koska koejärjestelyt toistettiin Vilppulan korvessa vain kerran kuivatuksesta aiheu-

Taulukko 6. Varianssianalyysin F-arvot eri syvyyksiltä mitatulle turpeen lämpötilalle Vilppulassa ja Kivalossa.
 Table 6. *F-values for peat temperature measured at different depths in peat at Vilppula and Kivalo.*

Ojaveden tason vaikutus — *Effect of ditch water level*

| Vaihtelun lähde <i>Source of variation</i> | Lämpömittarin syvyys — <i>Depth of thermometer</i> | | | | |
|---|--|------------|------------|------------|------------|
| | 5 cm | 10 cm | 15 cm | 20 cm | 40 cm |
| Vilppula, räme — <i>Pine bog</i> | | | | | |
| 1. Ojaveden taso <i>Ditch water level</i> | 10,13*** | 14,13*** | 10,08*** | 13,47*** | 11,61*** |
| 2. Vuosi — <i>Year</i> | 21,78*** | 21,61*** | 20,17*** | 18,27*** | 22,14*** |
| 3. Kuukausi — <i>Month</i> | 605,26*** | 564,61*** | 434,90*** | 414,19*** | 373,09*** |
| 4. 1 × 2 | 1,12 | 1,09 | 0,56 | 0,90 | 1,06 |
| 5. 1 × 3 | 0,65 | 0,63 | 1,41 | 1,35 | 0,58 |
| 6. 2 × 3 | 33,49*** | 26,07*** | 17,15*** | 12,99*** | 6,65*** |
| 7. 1 × 2 × 3 | 0,38 | 0,29 | 0,22 | 0,23 | 0,11 |
| Vilppula, korpi — <i>Spruce swamp</i> | | | | | |
| 1. Ojaveden taso <i>Ditch water level</i> | 14,71*** | 13,02*** | 30,32*** | 15,83*** | 9,50*** |
| 2. Vuosi — <i>Year</i> | 28,30*** | 31,27*** | 21,29*** | 25,66*** | 24,65*** |
| 3. Kuukausi — <i>Month</i> | 840,27*** | 656,14*** | 608,03*** | 573,20*** | 668,61*** |
| 4. 1 × 2 | 3,32*** | 4,03*** | 2,89*** | 2,61*** | 5,23*** |
| 5. 1 × 3 | 3,61*** | 8,80*** | 12,12*** | 10,60*** | 12,77*** |
| 6. 2 × 3 | 41,61*** | 25,40*** | 16,91*** | 13,96*** | 6,79*** |
| Kivalo, räme — <i>Pine fen</i> | | | | | |
| 1. Ojaveden taso <i>Ditch water level</i> | 45,56*** | 86,44*** | 102,75*** | 100,90*** | 103,05*** |
| 2. Vuosi — <i>Year</i> | 240,61*** | 258,87*** | 252,85*** | 233,12*** | 205,88*** |
| 3. Kuukausi — <i>Month</i> | 1463,57*** | 1422,83*** | 1426,26*** | 1361,57*** | 1280,18*** |
| 4. 1 × 2 | 1,52 | 1,58* | 1,54 | 1,14 | 1,74 |
| 5. 1 × 3 | 1,33 | 4,02*** | 6,15*** | 6,23*** | 5,26*** |
| 6. 2 × 3 | 58,16*** | 44,12*** | 37,56*** | 30,46*** | 19,48*** |
| 7. 1 × 2 × 3 | 0,49 | 0,49 | 0,52 | 0,51 | 0,57 |
| Kivalo, korpi — <i>Spruce swamp</i> | | | | | |
| 1. Ojaveden taso <i>Ditch water level</i> | 12,39*** | 16,65*** | 19,24*** | 15,10*** | 19,13*** |
| 2. Vuosi — <i>Year</i> | 134,06*** | 123,34*** | 109,35*** | 89,09*** | 87,52*** |
| 3. Kuukausi — <i>Month</i> | 782,33*** | 627,25*** | 618,41*** | 533,13*** | 609,65*** |
| 4. 1 × 2 | 3,16*** | 2,73*** | 2,88*** | 2,09** | 2,51*** |
| 5. 1 × 3 | 1,90 | 1,78 | 1,67 | 1,42 | 1,30 |
| 6. 2 × 3 | 26,13*** | 17,24*** | 13,31*** | 11,05*** | 8,41*** |
| 7. 1 × 2 × 3 | 0,64 | 0,41 | 0,38 | 0,34 | 0,36 |

tuviin eroihin on tilastollisesta merkitsevyydestä huolimatta suhtauduttava varauksin. Kivalon korvessa kylmintä oli tasolla 50 ja lämpimintä tasolla 70 (liite 2). Erot olivat tilastollisesti merkitseviä (taulukko 6). On huomattava ettei korven pohjavesipinnan säännöstely täysin onnistunut, sillä pohjavesipinnan syvyys pysytteli

alimmillaankin noin 50 cm:ssä (kuva 1). Korvet olivat rämeitä kylmempää (taulukko 5, liitteet 1 ja 2). Verrattaessa Vilppulan suotyyppejä kuivatuksen vaikutus ei ollut tilastollisesti merkitsevä (taulukko 6). Tämä johtunee vesipinnan säännöstelyn erilaisesta toteutumisesta rämeellä ja korvessa (kuva 1).

Taulukko 6. jatkoa
Table 6. Continued

Suotyypien vertailu — Comparison of site types

| Vaihtelun lähde Source of variation | Lämpömittarin syvyys — Depth of thermometer | | | | |
|--|---|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 5 cm | 10 cm | 15 cm | 20 cm | 40 cm |
| Vilppula | | | | | |
| 1. Suotyyppi Site type | 32,03*** | 100,24*** | 200,41*** | 262,48*** | 399,12*** |
| 2. Ojaveden taso Ditch water level | 0,71 | 0,06 | 0,88 | 0,29 | 4,76** |
| 3. Kuukausi — Month | 188,08*** | 206,64*** | 234,34*** | 252,43*** | 283,89*** |
| 1 × 2 | 2,47 | 4,77** | 8,24*** | 7,39*** | 1,48 |
| 1 × 3 | 4,40** | 6,88*** | 9,37*** | 9,44*** | 8,47*** |
| 2 × 3 | 0,28 | 0,64 | 0,84 | 0,90 | 1,28 |
| 1 × 2 × 3 | 0,21 | 1,04 | 2,22* | 2,20* | 2,02 |
| Kivalo | | | | | |
| 1. Suotyyppi Site type | 4,58** | 8,59*** | 10,23*** | 11,35*** | 14,06*** |
| 2. Ojaveden taso Ditch water level | 0,10 | 8,19** | 17,56*** | 19,73*** | 20,42*** |
| 3. Kuukausi — Month | 258,56*** | 257,32*** | 280,58*** | 299,65*** | 338,26*** |
| 1 × 2 | 1,38 | 2,56* | 4,25** | 3,91** | 5,27** |
| 1 × 3 | 0,89 | 0,84 | 1,08 | 0,96 | 0,68 |
| 2 × 3 | 0,38 | 0,71 | 0,89 | 0,96 | 0,91 |
| 1 × 2 × 3 | 0,12 | 0,09 | 0,15 | 0,16 | 0,19 |

33. Lämpöolot turveprofiilissa

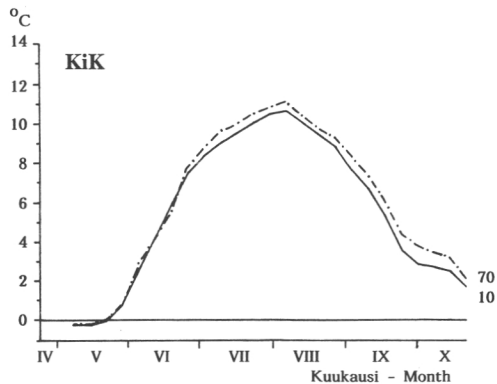
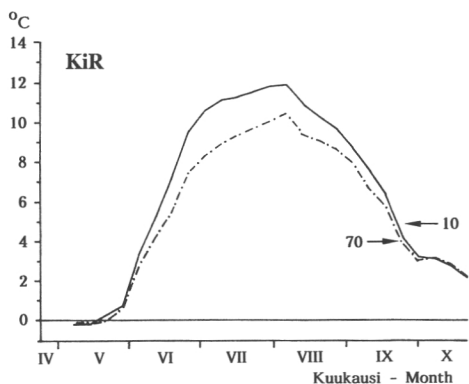
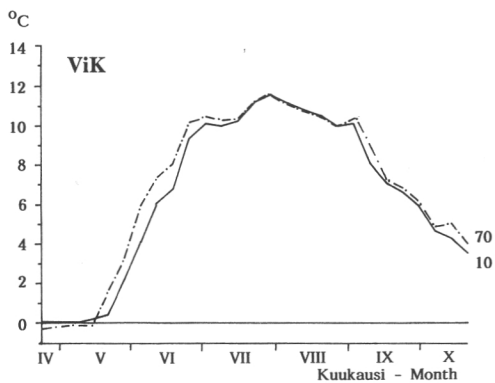
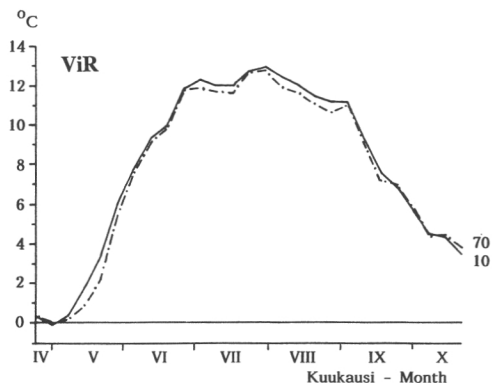
Mittausten alkaessa keväällä lämpötilat olivat lähes samat eri syvyyksillä (kuva 2, liitteet 1 ja 2). Turpeen lämpötila kohosi jäätympisteeseen yläpuolelle nopeammin pinnassa kuin syvemmillä. Ojaveden säännöstelyllä oli vain vähäinen vaikutus lämpötilan kohoamisessa 0°C:en yläpuolelle. Korvissa 0°C ylitys tapahtui selvästi myöhemmin kuin rämeillä ja luonnollisesti pohjoisessa (Kivalo) myöhemmin kuin etelässä (Vilppula). Vilppulassa 0°C ylitys tapahtui viimeiseksi 10–20 cm:n ja Kivalossa 40 cm:n syvyydellä.

Kesällä lämpötilat eri syvyyksillä vaihtelivat tarkastelujakson aikana pääpiirteissään samantapaisesti eri ojaveden säännöstelyn tasoilla samoin kuin eri kasvupaikoilla ja ilmasto-oloissakin. Kaikille oli yhteistä, että lämpötilat olivat sitä alempia mitä syvemmillä turpeessa mittauskohta oli. Kasvukauden korkeimmat lämpötilat saavutettiin sitä myöhemmin mitä syvemmillä turpeessa mittauspiste oli (kuva 2). Syksyllä pintaturve kylmeni nopeammin kuin syvemmät kerrokset. Muutos tapahtui Vilppulan

koealueella ja Kivalon korvessa syyskuun alkupuoliskolla ja Kivalon rämeellä elo-syyskuun vaihteessa. Kesäkautena oli havaittavissa, että eri syvyyksillä lämpötilojen erot olivat suuremmat korvissa kuin rämeillä ja edelleen suuremmat Kivalon kuin Vilppulan koealueella. Kesäajan lämpötilaerot eri turvekerroksissa ilmenevät myös lämpösummissa. Syvemmillä lämpösumma jäi alhaisemmaksi kuin pinnassa (taulukko 5) lämpösummakertymän painottuessa keski- ja loppukesään (kuva 2). Ojaveden tasolla 10 pintakerroksen (10 cm) lämpösummasta kertyi Vilppulan rämeellä kesäkuussa 22 ja Kivalon rämeellä 18 %. Korvissa lämpösumman kertyminen painottui enemmän loppukesään kuin rämeillä. Vilppulan korvessa ojaveden tasolla 10 cm kesäkuussa kertyi 13 % ja Kivalossa 11 % lämpösummasta.

34. Vuosien välinen vaihtelu

Maan lämpöolojen vuosittaiset vaihtelut aiheutuvat sääoloista sekä mm. lumi- ja routasuhteista (Pessi 1957d). Ilman lämpösummat (kynnysar-



Kuva 3. Viikoittainen keskimääräinen lämpötila maassa 10 cm:n syvyydessä vuosina 1965–73 ojavedentasoilla 10 ja 70 cm. Merkkien selitykset kuvassa 1.

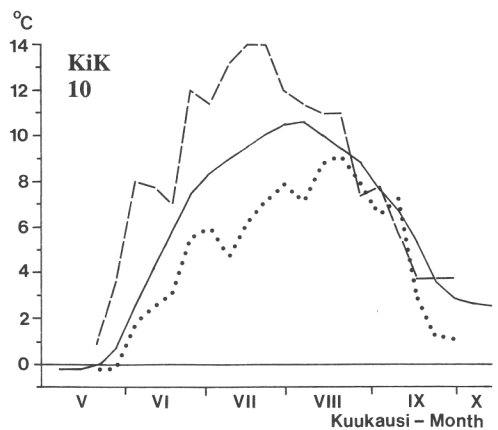
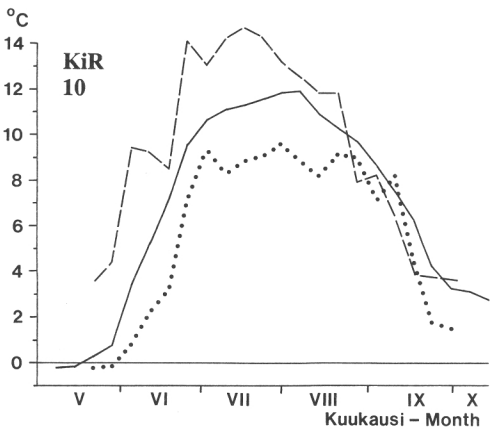
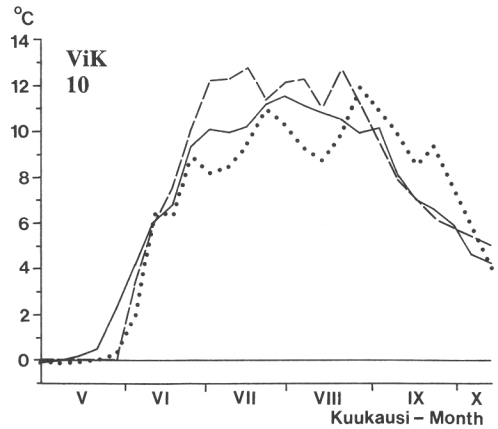
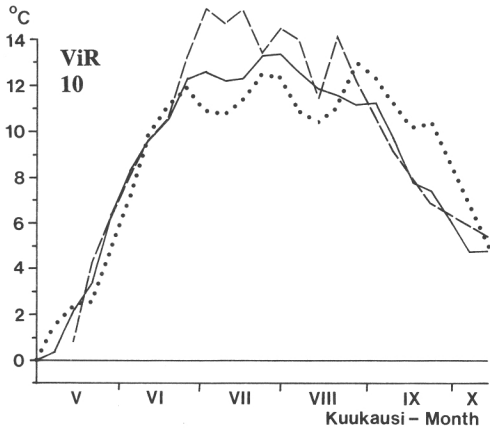
Fig. 3. Mean weekly soil temperatures during 1965–73 at ditch water levels of 10 and 70 cm. Temperature recordings made at 10 cm soil depth. Symbols as in Fig. 1.

vona +5°C) Juupajoen ja Apukan ilmastoasemilla vuosina 1965–73 (Ilmatieteen ... 1965–73) olivat seuraavat:

| | | | | | |
|-----------|------|------|------|------|------|
| Vuosi | 1965 | 1966 | 1967 | 1968 | 1969 |
| Juupajoki | 997 | 1104 | 1209 | 1051 | 1064 |
| Apukka | 773 | 902 | 1003 | 763 | 894 |
| Vuosi | 1970 | 1971 | 1972 | 1973 | |
| Juupajoki | 1155 | 1080 | 1271 | 1164 | |
| Apukka | 1028 | 827 | 1076 | 953 | |

Keskimääräinen ilman lämpösumma oli Juupajoella 1122 ja Apukassa 913 dd°C. Turpeen lämpötilat vaihtelivat suuresti vuodesta toiseen. Kasvualustan lämpösummien mukaan keskimääräisen, kylmimmän (1965 Vilppulassa, 1968 Kivalossa) ja lämpimimmän (1972 Vilppulassa, 1973 Kivalossa) kasvukauden lämpötilojen kul-

ku esitetään kuvassa 4. Keväällä lämpötilojen 0°C ylityksessä oli ollut suurta vuosienvälistä vaihtelua. Vilppulan rämeellä lämpötila ylitti keväisin 0-asteen keskimäärin toukokuun alussa ja Kivalon rämeellä vasta touko-kesäkuun vaihteessa (kuva 4). Aikaisimmillaan lämpötila nousi 0-asteen yläpuolelle Vilppulan rämeellä kymmenen cm:n syvyydessä huhti-toukokuun vaihteessa ja myöhäisimmillään toukokuun lopussa (kuvat 3 ja 4, liite 1). Vilppulan korvessa 0°C ylittyi myöhäisimmillään kesäkuun alussa. Kylmänä vuotena Kivalon rämeellä 0°C ylittyi syvemmällä turpeessa vasta kesäkuun lopussa ja korvessa vasta heinäkuun puolivälissä. Korkeimmat lämpötilat Vilppulassa olivat vuonna 1972 12–15°C, mutta 1965 vain 11–13°C. Kivalon lämpimimmän vuoden lukemat olivat samaa suuruusluokkaa kuin Vilppulassa. Kylmimmän vuoden lukemat olivat sitävastoin vain 8–



Kuva 4. Lämpötilojen viikkokeskiarvot 10 cm:n syvyydessä keskimääräisenä (—), lämpimimpänä (---, Vilppula 1972, Kivalo 1973) ja kylmimpänä (· · · ·, Vilppula 1965, Kivalo 1968) kasvukautena. Ojavedentasot 10 ja 70. Merkkien selitykset kuvassa 1.

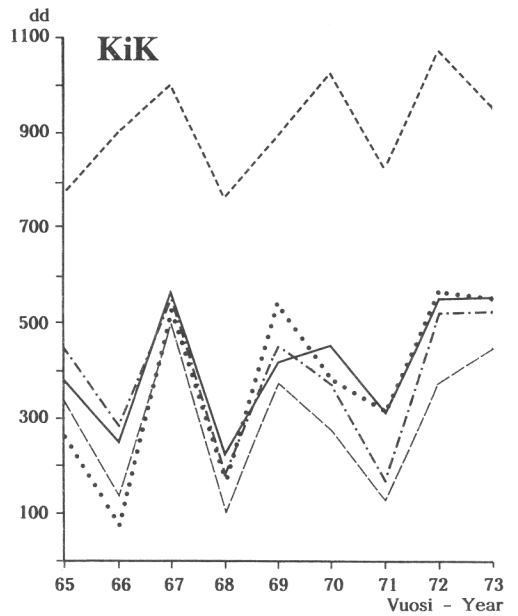
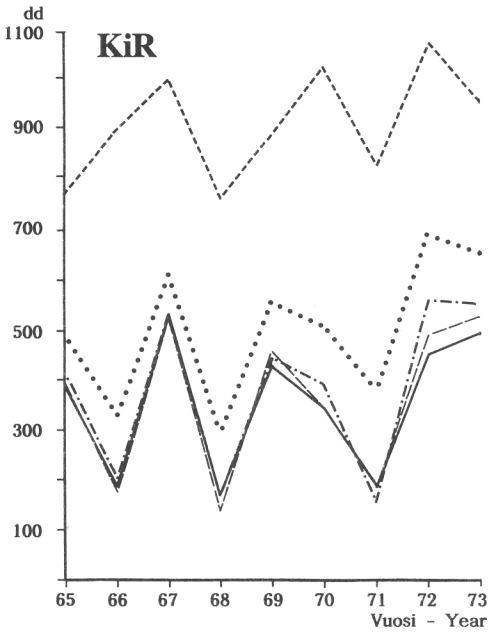
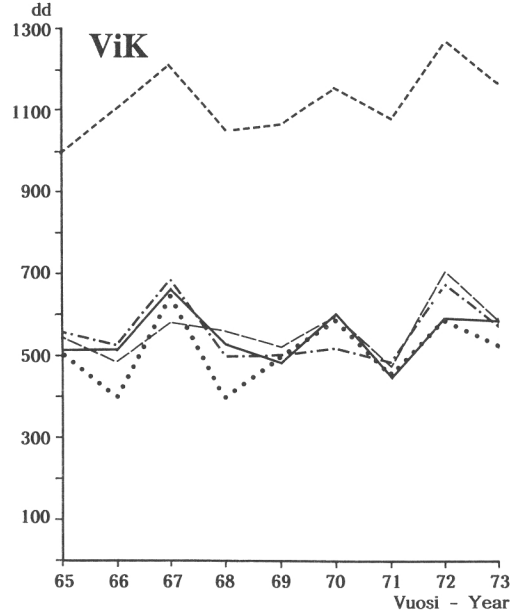
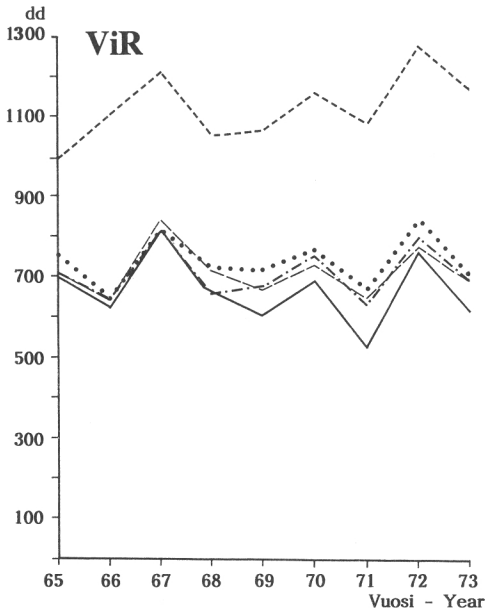
Fig. 4. Mean weekly soil temperatures at 10 cm depth during average (—), warmest (---, Vilppula 1972, Kivalo 1973) and coldest (· · · ·, Vilppula 1965, Kivalo 1968) growing season. Ditch water levels 10 and 70. Symbols as in Fig. 1.

10°C (kuva 4). Vilppulan rämeen turpeen lämpötilojen viikkokeskiarvojen maksimit ovat ajoittuneet elokuun alkuun. Kylmänä vuotena lämpötilan huippu on ajoittunut selvästi myöhempään kuin muina vuosina (kuva 4). Vuosienvälinen lämpötilanvaihtelu oli tilastollisesti merkitsevää, vaikka vuosien ja kuukausien välinen yhdysvaikutus vaikeuttaa päävaikutuksen tulkintaa, etenkin Vilppulassa (taulukko 6).

Lämpötilojen ja etenkin lämpösummien vuosienvälinen vaihtelu oli suurempaa pohjoisessa (Kivalo) kuin etelässä (Vilppula) (kuva 5). Maan lämpösumman vuotuiset vaihtelut olivat etenkin Vilppulassa selvästi riippuvaisia ilman lämpösummasta. Vuonna 1966 lämpösummat poikkesivat toisistaan erittäin selvästi, mikä saattaa

johtua talven 1965–66 kylmyydestä (Hydrologinen...). Lämpösummien vuosienvälinen vaihtelu kymmenen cm:n syvyydessä oli pienintä Vilppulan rämeellä ojaveden tasolla 10 (kuva 5). Lämpimimmän ja kylmimmän vuoden (841–645 dd°C) ero oli selvästi pienempi kuin tasolla 70 (818–525). Korvessa ojaveden tasolla 10 lämpösummien vaihtelu, (647–396), oli sitävastoin hieman suurempi kuin tasolla 70 (665–446). Tutkimusvuosien välistä lämpösummavaihtelua kuvaava vaihtelukerroin ($s/\bar{x} = C$) oli Vilppulan rämeellä keskimäärin 10,1 % ja korvessa 14 %. Syvyyssuunnassa vuosienvälinen vaihtelu oli korvessa suurinta 40 cm:n syvyydessä (keskimäärin 21 %).

Kivalon rämeen ja korven lämpösummien vuosienvälinen vaihtelu oli suurempaa pohjoisessa (Kivalo) kuin etelässä (Vilppula) (kuva 5).



Kuva 5. Lämpösumma ilmassa (-----) ja turpeessa 10 cm:n syvyydessä ojavedentasoilla 10 (···), 30 (- · - · -), 50 (-----) ja 70 (——) cm vuosina 1965–73. Merkkien selitykset kuvassa 1.

Fig. 5. Temperature sums for air (-----) and peat at ditch water levels 10 (···), 30 (- · - · -), 50 (-----) and 70 (——) cm during the period 1965–73. Thermometer at 10 cm depth. Symbols as in Fig. 1.

sienvälinen vaihtelu oli samankaltaista ja -suuruista (kuva 5, liite 4). Rämeeellä ojaveden tasolla 10 lämpösummien vuosienvälinen vaihtelu (693–296) oli hieman suurempi kuin tasolla 70 (536–174). Korvessa vastaava vaihtelu oli huomattava (564–75 dd°C) ojaveden tasolla 10 (liite 5). Tasolla 70 vaihtelu oli selvästi vähäisempää (569–222). Ojaveden tasojen vuosienväli-

nen vaihtelukerroin kymmenen cm:n syvyydessä oli rämeeellä keskimäärin 39 % ja korvessa 42 %. Vaihtelu kasvoi siirryttäessä syvemmälle. Rämeeellä vaihtelukerroin oli 40 cm:n syvyydessä keskimäärin 65 % ja korvessa 55 %. Kylminä vuosina lämpösummat jäivät 40 cm:n syvyydessä erittäin alhaisiksi, vain muutama kymmenen dd-asteeseen (liite 4).

4. Tulosten tarkastelu

4.1. Tulosten luotettavuus

Puuston ja kasvillisuuden erot sekä turpeen epähomogeenisuus voivat vaikuttaa tuloksiin (Seppälä 1962, Heikurainen & Seppälä 1963, Pessi 1958a). Puuston määrä vaikuttaa ratkaisevasti lämpötilan yleiseen tasoon (Heikurainen 1954). Puusto vaikuttaa lämpötiloihin myös lisäämällä haihduntaa ja tiivistämällä turvetta. Myös pelloilla tehdyissä tutkimuksissa kasvipeitteellä ja sen laadulla on todettu olevan merkittävä vaikutus. Runsaan ja tiheän kasvillisuuden alla maa on kylmempää kuin harvemman kasvipeitteen alla (Pessi 1957a, 1958a). Turvemailla vastavantapainen merkitys voi olla kuntalla (ks. Matveyeva ym. 1975). Koealojen välisiin lämpötilaeroihin saattoi vaikuttaa pohjaveden pintojen erojen lisäksi myös puuston tilavuuden vaihtelu ja koealojen väliset pintakasvillisuuserot. Tässä tutkimuksessa kuitenkin puusto oli melko homogeenista saman koealueen sisällä, etenkin rämeeillä. Korvet olivat kuitenkin rämeeitä runsaspuustoisempia. Lisäksi koealojen pienen koon vuoksi viereisten koealojen puuston varjostus olisi otettava huomioon.

Virhettä saattaa aiheutua myös lämpömittareista ja niiden sijoittelusta. Mittarit pyrittiin kuitenkin sijoittamaan suonpinnan pienmuotojen, kasvillisuuden ja puuston suhteen vertailukelpoisiin paikkoihin. Kullakin koeruudulla oli vain yksi sarja eri syvyyksille asetettuja elohopealämpömittareita. Mittareiden virhenäytöt olivat suurimmillaankin kuitenkin suhteellisen pieniä. Mikäli lämpömittarin virhe ei ole lineaarinen todellisen lämpötilan ja mittarilukeman välinen erotus voi olla sitä suurempi mitä korkeampi lämpötila on. Vuosien välistä vaihtelua saattaa aiheutua siitäkkin, että mittareiden sijoitus koeruuduilla ei ollut eri vuosina täsmälleen sama. Toisaalta näin vältettiin mittareiden sijoit-

tusreikien laajeneminen ja ulkoilman pääsy niihin. Alumiinisten säteilysuojusten käyttö lienee tasoittanut mahdollisia kasvillisuudesta tai puuston varjostuksesta syntyneitä eroja. Lämpömittarit on luettu päiväsaikaan 1–5 kertaa viikossa. Tällöin, etenkin pintakerrosten lämpötilat eivät ilmeisesti kuvasta vuorokauden keskimääräisiä arvoja, vaan ovat systemaattisesti virheellisiä (Pessi 1957b). Samat kaksi henkilöä ovat lukeneet mittareiden lämpötilat koko yhdeksänvuotisen seurantajakson ajan, kesälomakausia lukuunottamatta, sekä Vilppulassa että Kivalosassa.

Lämpösummat laskettiin lämpötilahavaintojen käsittelykohtaisista viikkokeskiarvoista käyttäen kynnyksarvona +5°C. Vuosittaisten mittaustaksojen lyhyiden vuoksi ei ollut mahdollista käyttää tätä alhaisempaa kynnyksarvoa. Alhaisempi kynnyksarvo olisi tasoittanut turvekerrosten välisiä eroja. Lämpösummakertymän kannalta syksyisin liian aikaisin lopetettujen mittausten vuoksi lämpösummat jäivät eräiden vuosien osalta aliarvioiksi. Tämäkin vaikeuttaa turvekerrosten vertailua, koska syksyllä lämpösummakertymä syvemmässä turvekerroksissa olisi luultavasti ollut hieman suurempi kuin pintaturvekerroksessa. Lämpösummakertymän aliarvio lienee suurimmillaankin ollut n. 10–15 dd°C. Sekä lämpötiloja, että etenkin lämpösummia, on pidettävä suhteellisina, mutta kuitenkin vertailukelpoisina suureina. Lämpötilahavaintojen luotettavuus on suurempi syvemmässä turvekerroksissa, missä vuorokautisten lämpötilavaihtelujen merkitys on vähäisempi. Lämpötilan vuorokausivaihtelu on pientä jo 20 cm:n syvyydellä (Heikurainen & Seppälä 1963, Pessi 1957b).

Ojavedenpinnan säännöstelyyn käytettiin läheisiltä kangasmailta johdettua kylmää lähdevettä, joka saattoi vaikuttaa turpeen lämpötiloihin. Maan lämpötila riippuu merkittävästi myös

sateista (Heikurainen & Seppälä 1963). Koejärjestelyin tavoitellut pohjavesipinnan tasot eivät täysin toteutuneet. Pohjavesipinnat eri ojaveden tasoilla poikkesivat eniten loppukesällä, jolloin pohjaveden tason vaikutus puuston kehitykseen on voimakkain (Pelkonen 1980, Päivänen 1984). Koejärjestelyjen toimivuutta kuitenkin osoitti, että varianssianalyyseissä ojaveden tasot muodostivat pohjavesipinnan mukaan tilastollisesti poikkeavia luokkia. Pohjavesipinnan merkitsevä poikkeaminen kummankin koekentän rämeellä ja korvessa toisistaan vaikeuttaa kuitenkin vertailuja. Pohjavesipinta ojavedentasolla 10 cm vastannee parhaiten luonnontilaista, eteläsuomalaista suota (Lindholm & Markkula 1984).

42. Roudan sulaminen

Ojituksen on katsottu hidastavan roudan sulamista etenkin Pohjois-Suomessa (Pessi 1957c, Eurola 1975, Eurola & Holappa 1984, Latja & Kurimo 1988). Roudan sulaminen on Vilppulassa tapahtunut sekä alhaalta että ylhäältä, mutta Kivalossa ilmeisesti pääasiassa ylhäältä käsin. Sulamistapa (myös Eurola 1975) saattaa osaksi selittyä syvempien turvekerrosten vähäisemmällä talviaikaisella lämpövarastolla Kivalossa, missä vuoden ilman keskilämpötila on vain +1°C (Huikari & Paarlahti 1967).

Ojitustehon merkitys roudan sulamisessa oli melko vähäinen. Eri ojavedentasoilla routa hävisi melko samanaikaisesti, koska pohjavesipinta oli niillä keväisin lähes samalla syvyydellä. Ojanvarsien myöhäinen routa aiheutuu eristävästä ojamaista, jotka äärevöittävät ilman ja maan lämpötilaeroa, ja lisäksi pohjavesi todennäköisesti on syvällä aiemmin keväällä. Koska tässä tutkimuksessa turpeen lämpötilaa mitattiin vain keskisaran yhdestä kohdasta, aineisto on riittämätön usein laikuttaisesti esiintyvän roudan (Eurola 1975) yksityiskohtaiseen tarkasteluun.

43. Kuivatustehon vaikutus

Tutkimuksen selvimpiä tuloksia oli kuivatuksen voimakas kasvualustaa kylmentävä vaikutus rämeillä. Erityisen selvää tämä oli Kivalossa, missä kesä-elokuun keskilämpötilojen erotus kahden äärimmäisen säännöstelytason välillä oli 10 cm:n syvyydessä puolitoista astetta. Lämpöolojen heikkeneminen oli selvää myös ojaveden tasoilla 30 ja 50. Vilppulan rämeellä kuivatuksen kylmentävä vaikutus jäi sen sijaan vähäisem-

mäksi. Äärimmäisten säännöstelytasojen välinen ero oli 0,6°C. Ojituksen kasvualustaa kylmentävä vaikutus on ollut pitkään yleisesti tunnettu (Heikurainen 1954, Seppälä 1962, Heikurainen & Seppälä 1963, Mannerkoski 1985, 1988). Vaikutuksen suuruuskin oli samaa suuruusluokkaa kuin em. tutkimuksissa. Uutta on sen sijaan, ettei kylmenemistä havaittu kummallakaan korpikoekentällä. Rämeen ja korven ero saattaa aiheutua turpeiden lämmönjohtokyvyn ja maanpintaan tulevan suoran säteily määrän erilaisuudesta (Päivänen 1982). Vilppulan korvessa koejärjestelyt toistettiin vain kerran, joten tältä osin tuloksiin on suhtauduttava varauksin.

Ojitustehon lisääntyminen kylmensi turvetta eniten 40 cm:n syvyydessä. Kylminä vuosina lämpösummat 40 cm:n syvyydessä Kivalossa jäivät muutamaa kymmenen dd-asteeseen. Myös Pessi (1958b), Seppälä (1962) ja Heikurainen & Seppälä (1963) ovat havainneet kuivatuksen kylmentävän eniten syvempiä (> 15 cm) turvekerroksia. Tämä johtuu ilmeisesti heikentyneestä lämmön johtumisesta turpeessa. Tämä vuorostaan lienee yhteydessä sekä turpeen ilman tilan kasvuun että aluskasvillisuuden lajistomutoksiin (Huttunen 1969). Myös kuivatuksen vaikutus roudan sulamiseen saattaa osaltaan selittää tulosta (Pessi 1958b).

44. Lämpöolot eri kasvupaikoilla

Runsaspuustoisemmat korvet olivat rämettä kylmempiä kasvupaikkoja. Vilppulassa lämpösumma oli rämeellä 225 dd°C ja Kivalossa 126 dd°C surempi kuin korvessa (ojaveden taso 10 cm, mittarin syvyys 10 cm). Erityisesti turpeen syvemmissä kerroksissa korpi oli rämettä kylmempi. Ensisijaisena tekijänä soiden päätyypiryhmien lämpöaloudellisiin eroihin on ilmeisesti puuston määrä. Myös turpeen koostumuksella ja rakenteella lienee oma osuutensa lämpöerojen muovaajana (Heikurainen & Seppälä 1963). Kuivatus tasasi rämeen ja korven lämpötilaeroja Vilppulassa, missä tehokkaasti kuivattu räme oli ainoastaan 115 dd°C paikallista korpea lämpimämpi. Tehokkaasti ojitettuna Kivalon räme oli jopa 55 dd°C kylmempi kuin vastaava korpi. Maan lämpösumma on pienentynyt ojitustehon lisääntyessä pohjoisessa enemmän kuin etelässä.

Vuosienvälinen vaihtelu oli odotetusti suurinta Kivalossa. Kylminä vuosina Kivalon ja Vilppulan lämpötilaerot olivat suurimmillaan. Kor-

vissa vuosienvälinen vaihtelu oli yllättäen laajempaa kuin rämeellä. Vuosienvälinen lämpösummavaihtelu pieni kuivatuksen tehostuessa, lukuunottamatta Vilppulan rämettä.

45. Lämpöolot ja puuston kasvu

Maan lämpötila vaikuttaa kasvien veden ja ravinteiden ottoon sekä juurten kasvuun. Mm. turpeen typen mobilisaatio lisääntyy lämpötilan noustessa (Kaila ym. 1953, Kivekäs & Kivinen 1959, Kaunisto & Norlamo 1976, Prozorova 1988). Maan lämpötilan vaihteluun sekä siihen vaikuttaviin tekijöihin olisi kiinnitettävä erityistä huomiota tutkittaessa pohjoisten turvemaiden mikrobi- ja juuristoaktiivisuutta (ks. esim. Karsisto 1979). Lämpötilamuutosten biologista merkitystä voidaan arvioida esim. Silvolan ym:n (1985) sekä maasto-olosuhteissa että laboratoriossa tehtyjen tutkimusten perusteella. He ovat todenneet ojitettujen turvemaiden maahengityksen huomattavaksi vielä ilman lämpötilan ollessa alle 5°C. Käytetty lämpösummakertymän raja-arvo (5°C) ei ilmeisestikään edusta turpeen eliötoiminnalle kriittistä lämpötilaa.

Ravinne- ja vesitalouden vaikutuksista puiden kasvuun turveilla on erittäin runsaasti tietoa (esim. Ahti 1988). Kasvualustan lämpötilan vaikutuksesta taimien ja puiden kasvuun tiedetään vähemmän. Huikarin (1958, 1961) päätelmien mukaan männyn, kuusen ja koivun kasvu ei ole suorassa riippuvuussuhteessa kasvun-aikaiseen lämpötilaan. Aaltonen (1942), Ravela

(1973) sekä Söderström (1974) ovat toisaalta astiakokeissa todenneet männyn ja kuusen taimien kehityksen riippuvan hyvin voimakkaasti kasvualustan lämpötilasta, vieläpä siten että kasvualustan lämpötila vaikutti voimakkaammin männyn kuin kuusen taimiin. Pessi (1958a) on todennut maan lämpötilan vaikuttavan myös peltokasvien kehitysnopeuteen, jopa niin että yksin maan lämpötilaa nostamalla on mahdollista nopeuttaa niiden kehitystä.

Astiakokeissa kasvualustan lämpötilan on todettu vaikuttavan selvästi juurten pituuskasvuun (Ravela 1973, Tryon & Chapin 1983, Andersen ym. 1986, Raitio 1990). Juuret voivat tunkeutua lämpimässä maassa syvemmälle kuin viileämmässä (Ravela 1973, Tryon & Chapin 1983). Lämpötilan noustessa taimien lyhytjuurten määrä sitä vastoin väheni (Ravela 1973). Juurten kasvun allokatio voikin muuttua siten, että alhaisissa maan lämpötiloissa hienojuurten määrä lisääntyy pidempien juurien kustannuksella (Paavilainen 1966, Tryon & Chapin 1983, Andersen ym. 1986, vrt. Raitio 1990).

Turpeen lämpötilan merkitystä puuston kehitykselle ei kuitenkaan pidä yliarvioida. Kivalon rämeellä puuston kasvu on ollut parasta lämpöoloiltaan heikoimmalla ojaveden tasolla 70 (Silverberg 1984). Maan lämpötilan merkitys saattaa vaihdella puuston eri kehitysvaiheissa. Kuvumisen myötä ojitettujen turvemaiden lämpöolot todennäköisesti kuitenkin heikkenevät jo pelkästään puuston kasvavan varjostuksen vuoksi. Etenkin kylminä vuosina ojitettujen soiden lämpöolot Pohjois-Suomessa saattavat muodostua varsin epäsuotuisiksi.

Kirjallisuus

- Aaltonen, V.T. 1942. Muutamia kasvukokeita puuntaimilla. Referat: Einige Vegetationsversuche mit Baumpflanzen. Acta Forestalia Fennica 50(6). 33 s.
- Ahti, E. 1978. Maaveden energiasuhteista ojitetulla suolla. Summary: Energy relationships of soil water on drained peat. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 94(3). 56 s.
- 1988. (toim.). Soiden käyttö metsänkasvatukseen. Suontutkimusosasto 60 vuotta. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 308. 222 s.
- Andersen, C.P., Sucoff, E.I. & Dixon, R.K. 1986. Effects of root zone temperature on root initiation and elongation in red pine seedlings. Canadian Journal of Forest Research 16: 696–700.
- Eurola, S. 1975. Snow and frost conditions of some Finnish mire types. Annales Botanici Fennici 12: 1–16.
- & Holappa, K. 1984. Luonnontilaisten soiden ekologia ja soiden metsänojituskelpoisuus. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 148: 90–108.
- Haapasaari, M. 1964. Kermikeitaan lämpöoloista. Pro gradu, Helsingin Yliopiston Kasvitieteen laitos. 94 s.
- Heikurainen, L. 1954. Havaintoja metsäojituksen vaikutuksesta turpeen lämpöalouteen. Summary: Observations on the effect of drainage for forestry purposes upon the warmth conditions of peat. Metsätaloudellinen Aikakauslehti 1: 31–34.

- 1955. Rämemännikön juuriston rakenne ja kuiva-
tuksen vaikutus siihen. Referat: Der Wurzelaufbau
der Kiefernbestände auf Reisermoorböden und sei-
ne Beeinflussung durch die Entwässerung. Acta Fo-
restalia Fennica 65(3). 85 s.
- & Seppälä, K. 1963. Kuiva-
tuksen tehokkuus ja tur-
peen lämpötilaus. Summary: The effect of drainage
on temperature conditions of peat. Acta Forestalia
Fennica 76(5). 16 s.
- Huikari, O. 1958. Kasvualustan lämpötilan merkitys pui-
den kasvutekijänä. Summary: On the significance of
the temperature of the nutrient layer as a growth
factor for trees. Metsätaloudellinen Aikakauslehti
10: 333–336.
- 1961. Roudasta puiden kasvutekijänä. Zusammen-
fassung: Über den Bodenfrost als Wachstumsfaktor.
Terra 4. 8 s.
- & Paarlahti, K. 1967. Results of field experiments
on the ecology of pine, spruce, and birch. Communi-
cations Instituti Forestalis Fenniae 64(1). 135 s.
- Huttunen, P. 1969. Lannoituksen ja pohjaveden korkeu-
den säännöstelyn aiheuttamista aluskasvillisuuden
muutoksista kahdella suokoekentällä Rovaniemen
mlk:ssa. Pro-gradu-työ, Helsingin Yliopiston Kas-
vitieteen laitos.
- Hydrologinen vuosikirja 1965–66. Tie- ja vesirakennus-
hallitus, hydrologinen toimisto. Helsinki. 97 s.
- Ilmatieteen laitoksen ilmastotilastoja 1965–73.
- Kaila, A., Köyljjarvi, J. & Kivinen, E. 1953. Influence of
temperature upon the mobilization of nitrogen in
peat. Maataloustieteellinen aikakauskirja 25: 37–46.
- Karsisto, M. 1979. Maanparannustoimenpiteiden vai-
kuuksista orgaanista ainetta hajottavien mikrobien ak-
tiivisuuteen suometissä. Osa I. Pohjaveden etäisyy-
den ja NPK-lannoituksen vaikutus Vilppulan ja Ki-
valon rämeellä ja korvessa. Summary: Effect of fo-
rest improvement measures on activity of organic
matter decomposing micro-organisms in forested
peatlands. Part I. Effect of drainage and NPK ferti-
lization in the spruce and pine swamps at Kivalo and
Vilppula. Suo 30(3): 49–58.
- Kaunisto, S. & Norlamo, M. 1976. On nitrogen mobiliza-
tion in peat. I. Effect of liming and rotavation in
different incubation temperatures. Seloste: Typen
mobilisaatiosta turpeessa. I. Kalkituksen ja muokka-
uksen vaikutus erilaisissa haudutuslämpötiloissa.
Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 88(2).
27 s.
- Kivekäs, J. & Kivinen, E. 1959. Observations on the
mobilization of peat nitrogen in incubation experi-
ments. Maataloustieteellinen aikakauskirja 31: 268–
281.
- Latja, A. & Kurimo, H. 1988. Temperature changes in
the soil and close to the ground on wetlands drained
for forestry. Teoksessa: Symposium on the hydrology
of wetlands in temperate and cold regions. Joen-
suo, Finland 6–8 June 1988. Suomen Akatemian
julkaisuja 4: 46–51.
- Lieffers, V.J. & Rothwell, R.L. 1986. Effects of drainage
on substrate temperature and phenology of some
trees and shrubs in an Alberta peatland. Canadian
Journal of Forest Research 17: 97–104.
- Lindholm, T. & Markkula, I. 1984. Moisture conditions
in hummocks and hollows in virgin and drained sites
on the raised bog Laaviosuo, southern Finland. An-
nales Botanici Fennici 19: 193–201.
- & Vasander, H. 1981. The effect of summer frost
damage on the growth and production of some raised
bog dwarf shrubs. Annales Botanici Fennici 18: 155–
167.
- Mannerkoski, H. 1985. Effect of water table fluctuation
on the ecology of peat soil. Tiivistelmä: Vedenpin-
nan vaihtelun vaikutus turvemaan ekologiaan. Hel-
singin Yliopiston Suomensäätieteen laitoksen julkai-
suja 7. 190 s.
- 1988. Effect of drainage on the temperature of surfa-
ce peat. In: Symposium on the hydrology of wet-
lands in temperate and cold regions. Joensuu, Fin-
land 6–8 June 1988. Suomen Akatemian julkaisuja
4: 60–65.
- Matveyeva, N. V., Parinkina, O. M. & Chernov, Yu. I.
1975. Maria Pronchitsva Bay, USSR. In: Rosswall,
T. & Heal, O.W. (eds.) 1975. Structure and Function
of Tundra Ecosystems. Ecol. Bull. (Stockholm) 20:
61–72.
- Multamäki, S. E. 1942. Kuusen taimien paleltuminen ja
sen vaikutus ojitetujen soiden metsittämiseen. Re-
ferat: Das Erfrieren der Fichtenpflanzen in seiner
Wirkung auf die Bewaldung der entwässerten Moo-
re. Acta Forestalia Fennica 51(1). 352 s.
- Mustonen, S. (toim.). 1986. Sovellettu hydrologia. Vesi-
yhdistys r.y. Helsinki. 503 s.
- Paavilainen, E. 1966. Maan vesitalouden järjestelyn vai-
kutuksesta rämemännikön juurisuhteisiin. Summa-
ry: On the effect of drainage on root systems of
Scots pine on peat soils. Communicationes Instituti
Forestalis Fenniae 61(1). 110 s.
- 1967. Männyn juuriston suhteesta turpeen ilmati-
laan. Summary: Relationships between the root sys-
tem of Scots pine and the air content of peat. Com-
municationes Instituti Forestalis Fenniae 63(6). 21 s.
- Pelkonen, E. 1980. Padotuksen vaikutuksesta pohjavesi-
pinnan syvyyteen ja metsäojien kuntoon. Summary:
Effect of damming on water table depth and ditch
condition. Suo 31(2–3): 33–39.
- Pessi, Y. 1954. Kivennäismaan vaikutuksesta suoviljelyk-
sen lämpötiloihin. Summary: On the temperature of
mineral soil upon the temperature of the cultiva-
ted peat area. Suo 4(6): 67–70.
- 1956. Studies on the effect of the admixture of mine-
ral soil upon the thermal conditions of cultivated
peatland. Publications of the Finnish state agricul-
tural research board 147: 1–89.
- 1957a. On the thermal conditions in mineral and
peat soil at Pelsonsuo in 1955–1956. Seloste: Kiven-
näismaan ja turvemaan lämpöoloista Pelsonsuolla
vuosina 1955–1956. Valtion maatalouskoetoinnin
julkaisuja 159: 1–31.
- 1957b. On the influence of plant cover upon soil
temperature. Maataloustieteellinen aikakauskirja 29:
92–95.
- 1957c. Suon ojituksen ja viljelyksenoton vaikutuk-
sesta maan ja maan pinnan läheisen ilman lämpö-
oloihin. Suo 8(4): 37–41.
- 1957d. Suoviljelyksen maan lämpöoloista Pelson-
suolla vuosina 1952–1955. Summary: On the ther-
mal conditions of cultivated peat soil in Pelsonsuo
in the years 1952–1955. Valtion maatalouskoetoinnin

- nan julkaisuja 154: 1–47.
- 1958a. On the significance of soil temperature in plant cultivation. Publications of the Finnish state agricultural research board 167: 1–24.
- 1958b. On the influence of bog draining upon thermal conditions in the soil and in the air near the ground. *Acta Agriculturae Scandinavica* 8(4): 359–374.
- 1962. The temperature of peat soil at Leteensuu. *Maataloustieteellinen aikakauskirja* 34: 12–17.
- & Takala, M. 1959. Some results of measurements at the Leteensuu experimental station relating to the temperatures of air and soil and to the humidity of air in the summer of 1958. *Maataloustieteellinen aikakauskirja* 31(3): 207–211.
- Prozorova, M. I. 1988. Influence of moisture and temperature on the mineralization of peat. *The Soviet Journal of Ecology* 19(2): 69–72.
- Päivänen, J. 1982. Turvemaan fysikaaliset ominaisuudet. Abstract: Physical properties of peat soil. *Helsingin Yliopiston Suomensäätieteen laitoksen julkaisuja* 2. 69 s.
- 1984. The effect of runoff regulation on tree growth of forest drainage area. Teoksessa: Proceedings of the 7th International Peat Congress, 1984, Vol. 3: 476–488.
- Raitio, H. 1990. Decline of young Scots pines in a dry heath forest. *Acta Universitatis Ouluensis, Series A* 216. 40 s.
- Ravela, H. 1973. Kasvialustan lämpö- ja vesitalouden vaikutus puiden taimien alkukehitykseen. Kasvihuooneessa turvealustalla suoritettu tutkimus. *Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tiedonantoja* 2/1973. 27 s.
- Reinikainen, A. 1980. Suoekosysteemi toimii. *Suomen Luonto* 3: 211–261.
- Seppälä, K. 1962. Kuivatuksen tehokkuuden vaikutus pintaturpeen lämpöoloihin. *Suo* 13(4): 54–55.
- Silfverberg, K. 1984. Kuivaustehon ja lannoituksen vaikutus rämemännikön kehitykseen. Summary: Effects of drainage intensity and fertilization in a pine bog stand. *Suo* 35(4–5): 86–89.
- Silvola, J., Välijoki, J. & Aaltonen, H. 1985. Effect of draining and fertilization on soil respiration at three ameliorated peatland sites. *Acta Forestalia Fennica* 191. 32 s.
- Söderström, V. 1974. Orienterande laboratorieförsök angående markttemperaturens betydelse för barrträplantors tillväxt. Summary: Influence of soil temperature on conifer plant growth — pilot studies in the laboratory. *Sveriges Skogsförbunds Tidskrift* 72(5–6): 595–614.
- Tryon, P.R. & Chapin III, F.S. 1983. Temperature control over root growth and root biomass in taiga forest trees. *Canadian Journal of Forest Research* 13: 827–833.
- Tuominen, L. 1981. Selluloosan hajoaminen eräillä luonnontilaisilla räme- ja nevatyypeillä. Summary: Decomposition of cellulose in the peat of some pine bogs and fens. *Suo* 32(4–5): 130–133.
- Vesikivi, A. 1933. Suomaan lämpötilamittausten tuloksia. Referat: Ergebnisse von Temperaturbeobachtungen im Moorboden. Suomen Suoviljelysyhdistys. *Tieteellisiä julkaisuja* 15: 1–19.
- 1941. Savimaalla ja viljellyllä suomaalla sekä ojitetulla ja ojittamattomalla rahkarämeellä suoritettujen ilman lämpötilahavaintojen tuloksia. Referat: Ergebnisse von Lufttemperaturbeobachtungen auf Tonboden und bebautem Moorboden sowie auf entwässerten und unentwässerten Sphagnum fuscum-Reisermoor. Suomen Suoviljelysyhdistys. *Tieteellisiä julkaisuja* 18: 1–53.

A total of 56 references.

Summary

Effect of drainage on thermal conditions in peat soils

Peat soils are considered to be inferior to mineral soils when considering both air and soil temperatures. Temperature in peat is determined mainly by net radiation and its moisture content. These in turn affect evaporation, thermal conductivity and specific heat. Drainage affects peatland temperature conditions chiefly through changes in the water content of peat, peat structure and the overlying ground vegetation.

The purpose of this study was to make a survey of the effect of drainage on temperature in peat soils. The study also includes an examination of the inter- and intra-annual variation in temperature and thermal conditions at various depths below the peat surface. The study material was collected during the period 1965–1973 at four experimental fields in the Vilppula (62°03'N,

24°34'E) and Kivalo (66°27'N, 26°50'E) research areas of the Finnish Forest Research Institute (Table 1). Pine and spruce mire sites were included at both locations. The Vilppula sites comprised 12 pine bog plots and 4 spruce swamp plots and Kivalo sites 12 pine fen and 8 spruce swamp plots (Tables 2 and 3). The ditch water level had been regulated to be 10, 30, 50 and 70 cm below the soil surface giving 1–3 replications per ditch water level. Peat temperature at five levels below the soil surface (5, 10, 15, 20 and 40 cm) and the depth of the ground water level were recorded at the experimental plots 1–5 times per week during the growing period.

The processing of the study material began with the computation of weekly mean values for the depth of the ground water level and soil temperatures. These weekly

mean values were used in figures. In the analyses of variance mean monthly temperatures of June–September were used. The computations were performed per experimental plot and separately for each thermometer depth and year. This was followed by the computation of the effective temperature sum ($dd > +5^{\circ}\text{C}$) and mean ground water level depth for the entire research period (1965–1973). The measured ground water level depths for the various ditch water levels were tested for statistically significant differences (Table 4). Although the differences were statistically significant, the ground water levels aimed at were achieved at the deeper ditch water levels only in the latter part of the summer (Fig. 1). The ditch water levels were employed as a class variable when testing the effects of drainage on temperature conditions in soil.

Enhanced drainage had a cooling effect on the pine mires. This was particularly evident at Kivalo where the ditch water level of 10 cm was accompanied by a June–August mean temperature of 9.4°C at the depth of 10 cm; with the ditch water level at 70 cm, the correspon-

ding temperature was only 7.9°C (Figs. 3 and 5, Table 6). In the Vilppula pine bog, on the other hand, the cooling effect of drainage was not as prominent. The difference in mean temperatures between poorly and well drained experimental plots was only 0.6°C . Expressed in terms of effective temperaturesums, the corresponding growing period differences were $147\text{ dd}^{\circ}\text{C}$ for Kivalo and $74\text{ dd}^{\circ}\text{C}$ for Vilppula (Table 5). The drainage intensity did not have a distinct effect on temperatures recorded in the peat soils of the spruce swamp experimental plots (Figs. 3 and 5, Table 5, Appendices 1–4).

The inter-annual variation in peat temperatures was greater at Kivalo than at Vilppula (Fig. 4 and 5, Appendices 3 and 4). The variation was greater on spruce swamps than on pine mires. Intensified drainage reduced the variation. Deeper in peat, the temperature sum variation was quite large. Enhanced drainage cooled the deeper peat layers most of all (Fig 2). During cold years, the temperature sums at the depth of 40 cm remained very low (Appendix 4).

Liite 1. Kuukausittaiset keski-, maksimi- ja minimilämpötilat vuosina 1965–73. Maksimit ja minimi on laskettu kunkin koealan kuukausiääriarvon mukaan. Vilppula.

Appendix 1. Monthly mean, maximum and minimum temperatures during the period 1965–73. Maximum and minimum values computed per monthly extreme value of each plot. Vilppula.

| Kuu- kausi Month | Ojaveden- taso Ditch water level, cm | Lämpötilan mittaussyvyys - Depth of thermometer | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|---|---|------|-----------|-------|------|-----------|-------|------|-----------|-------|------|-----------|-------|------|-----------|
| | | 5 cm | | | 10 cm | | | 15 cm | | | 20 cm | | | 40 cm | | |
| | | Min | Max | \bar{x} | Min | Max | \bar{x} | Min | Max | \bar{x} | Min | Max | \bar{x} | Min | Max | \bar{x} |
| Räme - Pine bog | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Vb(1) | 10 | 1,8 | 7,2 | 4,4 | 1,5 | 6,1 | 3,7 | 1,3 | 5,6 | 3,4 | 1,2 | 5,2 | 3,1 | 1,2 | 4,1 | 2,6 |
| Vb | 30 | 0,8 | 6,2 | 3,1 | 0,5 | 4,7 | 2,3 | 0,4 | 4,2 | 2,0 | 0,5 | 4,0 | 2,0 | 0,8 | 3,4 | 1,9 |
| Vb | 50 | 1,3 | 6,7 | 3,8 | 0,5 | 5,1 | 2,6 | 0,4 | 4,4 | 2,1 | 0,3 | 4,0 | 1,9 | 0,6 | 2,9 | 1,6 |
| Vb | 70 | 0,9 | 6,5 | 3,4 | 0,4 | 4,6 | 2,2 | 0,2 | 3,6 | 1,7 | 0,2 | 3,4 | 1,5 | 0,4 | 2,6 | 1,3 |
| VI | 10 | 8,1 | 13,5 | 10,9 | 7,6 | 12,4 | 10,1 | 7,3 | 11,9 | 9,7 | 7,0 | 11,4 | 9,3 | 5,5 | 9,5 | 7,6 |
| VI | 30 | 7,3 | 12,7 | 10,1 | 6,9 | 11,5 | 9,3 | 6,7 | 11,2 | 9,1 | 6,3 | 10,6 | 8,6 | 4,9 | 9,4 | 7,4 |
| VI | 50 | 7,5 | 13,4 | 10,6 | 6,9 | 11,6 | 9,4 | 6,6 | 11,0 | 8,9 | 6,2 | 10,4 | 8,5 | 4,7 | 8,8 | 7,0 |
| VI | 70 | 7,1 | 13,2 | 10,3 | 6,4 | 11,9 | 9,2 | 5,8 | 10,9 | 8,6 | 5,4 | 10,4 | 8,2 | 4,2 | 8,6 | 6,6 |
| VII | 10 | 11,5 | 14,8 | 13,1 | 11,4 | 13,9 | 12,5 | 11,3 | 13,5 | 12,3 | 11,2 | 13,1 | 12,0 | 9,9 | 11,5 | 10,6 |
| VII | 30 | 10,8 | 14,3 | 12,4 | 10,7 | 13,4 | 11,9 | 10,9 | 13,0 | 11,8 | 10,5 | 12,5 | 11,4 | 9,8 | 11,2 | 10,5 |
| VII | 50 | 11,2 | 14,7 | 12,7 | 10,8 | 13,3 | 11,9 | 10,7 | 12,9 | 11,7 | 10,6 | 12,4 | 11,4 | 9,4 | 10,9 | 10,1 |
| VII | 70 | 11,1 | 14,7 | 12,7 | 10,8 | 13,4 | 11,9 | 10,6 | 12,8 | 11,5 | 10,4 | 12,3 | 11,2 | 9,2 | 10,7 | 9,9 |
| VIII | 10 | 9,7 | 14,1 | 11,9 | 10,1 | 13,7 | 11,9 | 10,4 | 13,4 | 11,9 | 10,5 | 13,1 | 11,9 | 10,3 | 11,7 | 11,0 |
| VIII | 30 | 9,2 | 13,7 | 11,5 | 9,8 | 13,3 | 11,5 | 10,2 | 13,1 | 11,7 | 10,2 | 12,7 | 11,5 | 10,2 | 11,5 | 11,0 |
| VIII | 50 | 9,2 | 14,3 | 11,7 | 9,7 | 13,2 | 11,5 | 10,2 | 12,9 | 11,6 | 10,4 | 12,6 | 11,5 | 10,0 | 11,3 | 10,7 |
| VIII | 70 | 8,9 | 13,8 | 11,4 | 9,8 | 13,2 | 11,5 | 10,1 | 12,7 | 11,5 | 10,0 | 12,4 | 11,3 | 9,8 | 11,3 | 10,6 |
| IX | 10 | 6,6 | 10,4 | 8,5 | 7,2 | 10,5 | 8,8 | 7,4 | 10,4 | 9,0 | 7,6 | 10,3 | 9,0 | 8,1 | 10,0 | 9,1 |
| IX | 30 | 6,3 | 10,1 | 8,2 | 7,0 | 10,1 | 8,6 | 7,4 | 10,3 | 8,9 | 7,5 | 10,1 | 8,9 | 8,2 | 9,9 | 9,1 |
| IX | 50 | 6,1 | 10,2 | 8,1 | 7,0 | 10,1 | 8,6 | 7,4 | 10,3 | 8,9 | 7,8 | 10,3 | 9,1 | 8,0 | 9,8 | 9,0 |
| IX | 70 | 5,8 | 10,1 | 8,0 | 6,8 | 10,1 | 8,5 | 7,4 | 10,2 | 8,9 | 7,5 | 10,1 | 8,9 | 7,9 | 9,5 | 8,8 |
| Xa(2) | 10 | 5,4 | 5,4 | 5,4 | 5,8 | 5,9 | 5,9 | 6,0 | 6,1 | 6,1 | 6,1 | 6,2 | 6,2 | 6,4 | 6,5 | 6,5 |
| Xa | 30 | 5,1 | 5,2 | 5,2 | 5,7 | 5,8 | 5,8 | 5,9 | 6,0 | 6,0 | 5,9 | 6,0 | 6,0 | 6,3 | 6,4 | 6,4 |
| Xa | 50 | 5,1 | 5,2 | 5,2 | 5,9 | 6,0 | 5,9 | 6,2 | 6,2 | 6,2 | 6,4 | 6,4 | 6,4 | 6,5 | 6,5 | 6,5 |
| Xa | 70 | 4,8 | 4,9 | 4,9 | 5,6 | 5,7 | 5,6 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,1 | 6,2 | 6,1 | 6,4 | 6,4 | 6,4 |
| Korpi - Spruce swamp | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Vb | 10 | 0,9 | 4,6 | 2,6 | 0,1 | 2,0 | 0,8 | -0,3 | 0,4 | 0,0 | -0,1 | 0,6 | 0,1 | 0,1 | 0,8 | 0,4 |
| Vb | 30 | 0,7 | 5,2 | 2,7 | 0,0 | 3,2 | 1,2 | -0,1 | 2,3 | 0,8 | -0,1 | 2,1 | 0,7 | 0,2 | 1,6 | 0,8 |
| Vb | 50 | 1,2 | 5,9 | 3,6 | 0,3 | 4,6 | 2,4 | 0,1 | 4,0 | 1,9 | 0,2 | 3,3 | 1,7 | 0,7 | 2,4 | 1,4 |
| Vb | 70 | 0,9 | 5,1 | 2,8 | -0,1 | 3,5 | 1,5 | -0,1 | 3,1 | 1,4 | 0,0 | 2,7 | 1,2 | 0,6 | 2,0 | 1,2 |
| VI | 10 | 4,8 | 11,7 | 8,4 | 3,7 | 9,6 | 6,6 | 2,2 | 8,1 | 5,1 | 2,1 | 7,9 | 4,8 | 1,6 | 6,2 | 3,7 |
| VI | 30 | 5,5 | 12,2 | 9,1 | 4,5 | 10,3 | 7,7 | 3,6 | 9,4 | 6,9 | 3,2 | 8,9 | 6,4 | 2,5 | 6,8 | 4,8 |
| VI | 50 | 6,7 | 12,2 | 9,7 | 5,9 | 10,9 | 8,4 | 5,4 | 9,6 | 7,6 | 4,9 | 8,9 | 6,9 | 3,3 | 6,8 | 5,1 |
| VI | 70 | 5,8 | 11,8 | 9,1 | 4,6 | 10,4 | 7,8 | 4,1 | 9,5 | 7,2 | 3,9 | 8,8 | 6,6 | 2,8 | 6,6 | 5,0 |
| VII | 10 | 9,8 | 13,1 | 11,3 | 9,2 | 12,0 | 10,5 | 8,5 | 10,9 | 9,8 | 8,4 | 10,8 | 9,5 | 7,1 | 9,3 | 8,2 |
| VII | 30 | 10,2 | 13,5 | 11,7 | 9,7 | 12,3 | 10,9 | 9,3 | 11,8 | 10,4 | 8,9 | 10,9 | 9,9 | 7,3 | 9,0 | 8,2 |
| VII | 50 | 10,4 | 13,7 | 12,0 | 9,7 | 12,2 | 10,8 | 9,2 | 11,3 | 10,2 | 8,7 | 10,5 | 9,5 | 6,7 | 8,2 | 7,4 |
| VII | 70 | 10,4 | 13,2 | 11,6 | 9,6 | 12,0 | 10,7 | 9,1 | 11,4 | 10,2 | 8,7 | 10,7 | 9,7 | 6,8 | 8,4 | 7,6 |
| VIII | 10 | 8,8 | 13,1 | 11,1 | 8,9 | 12,4 | 10,7 | 8,8 | 11,5 | 10,3 | 8,9 | 11,2 | 10,1 | 8,5 | 10,3 | 9,4 |
| VIII | 30 | 9,2 | 13,2 | 11,3 | 9,3 | 12,4 | 10,9 | 9,4 | 11,8 | 10,6 | 9,3 | 11,4 | 10,4 | 8,6 | 9,9 | 9,2 |
| VIII | 50 | 9,0 | 13,6 | 11,4 | 8,8 | 12,3 | 10,7 | 8,7 | 11,6 | 10,3 | 8,6 | 10,8 | 9,8 | 7,8 | 8,7 | 8,3 |
| VIII | 70 | 9,2 | 13,2 | 11,2 | 9,0 | 12,5 | 10,7 | 9,2 | 11,9 | 10,6 | 9,0 | 11,2 | 10,2 | 8,1 | 9,1 | 8,5 |
| IX | 10 | 5,9 | 9,8 | 7,9 | 6,2 | 9,6 | 7,9 | 6,4 | 9,1 | 7,9 | 6,5 | 9,1 | 7,9 | 6,8 | 8,5 | 7,8 |
| IX | 30 | 6,4 | 9,8 | 8,1 | 6,5 | 9,6 | 8,2 | 6,7 | 9,6 | 8,3 | 6,8 | 9,3 | 8,2 | 7,3 | 8,7 | 8,1 |
| IX | 50 | 6,1 | 9,7 | 7,9 | 6,1 | 9,5 | 7,9 | 6,3 | 9,3 | 7,9 | 6,5 | 8,9 | 7,8 | 6,8 | 8,0 | 7,5 |
| IX | 70 | 6,3 | 9,7 | 8,0 | 6,8 | 10,2 | 8,4 | 6,7 | 9,6 | 8,2 | 6,8 | 9,3 | 8,2 | 7,2 | 8,4 | 7,8 |
| Xa | 10 | 4,8 | 4,8 | 4,8 | 5,4 | 5,4 | 5,4 | 5,3 | 5,4 | 5,4 | 5,4 | 5,4 | 5,4 | 5,5 | 5,6 | 5,6 |
| Xa | 30 | 5,2 | 5,4 | 5,3 | 5,6 | 5,6 | 5,6 | 5,6 | 5,6 | 5,6 | 5,7 | 5,7 | 5,7 | 5,9 | 5,9 | 5,9 |
| Xa | 50 | 5,3 | 5,4 | 5,3 | 5,7 | 5,7 | 5,7 | 5,8 | 5,8 | 5,8 | 5,8 | 5,8 | 5,8 | 6,0 | 6,0 | 6,0 |
| Xa | 70 | 5,3 | 5,4 | 5,3 | 5,7 | 5,8 | 5,8 | 5,8 | 5,8 | 5,8 | 5,9 | 6,0 | 6,0 | 6,1 | 6,2 | 6,1 |

1) Vb = Toukokuun 10 - 30 päivä - May 10 - 30

2) Xa = Lokakuun 1 - 10 päivä - October 1 - 10

Liite 2. Kuukausittaiset keski-, maksimi- ja minimilämpötilat vuosina 1965–73. Maksimit ja minimi on laskettu kunkin koealan kuukausiääriarvon mukaan. Kivalo.

Appendix 2. Monthly mean, maximum and minimum temperatures during the period 1965–73. Maximum and minimum values computed per monthly extreme value of each plot. Kivalo.

| Kuu- kausi Month | Ojaveden- taso Ditch water level, cm | Lämpötilan mittausyvyvyys - Depth of thermometer | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|---|--|------|-----------|-------|------|-----------|-------|------|-----------|-------|------|-----------|-------|------|-----------|
| | | 5 cm | | | 10 cm | | | 15 cm | | | 20 cm | | | 40 cm | | |
| | | Min | Max | \bar{x} | Min | Max | \bar{x} | Min | Max | \bar{x} | Min | Max | \bar{x} | Min | Max | \bar{x} |
| Räme - Pine fen | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Vb(1) | 10 | 0,4 | 2,1 | 1,0 | 0,3 | 0,8 | 0,4 | 0,1 | 0,5 | 0,3 | 0,0 | 0,4 | 0,2 | -0,1 | 0,3 | 0,1 |
| Vb | 30 | 0,0 | 2,2 | 0,8 | -0,2 | 0,5 | 0,1 | -0,2 | 0,2 | 0,0 | -0,2 | 0,1 | 0,0 | -0,1 | 0,1 | 0,0 |
| Vb | 50 | 0,0 | 1,7 | 0,7 | -0,2 | 0,4 | 0,1 | -0,2 | 0,2 | 0,0 | -0,2 | 0,1 | -0,1 | -0,1 | 0,0 | -0,1 |
| Vb | 70 | 0,2 | 1,9 | 0,9 | -0,1 | 0,5 | 0,2 | -0,1 | 0,2 | 0,0 | -0,1 | 0,1 | 0,0 | -0,1 | 0,1 | 0,0 |
| VI | 10 | 3,8 | 11,3 | 7,5 | 2,5 | 9,9 | 6,2 | 1,9 | 9,3 | 5,4 | 1,4 | 8,3 | 4,5 | 0,7 | 5,4 | 2,8 |
| VI | 30 | 3,5 | 10,4 | 6,9 | 2,0 | 8,5 | 5,3 | 1,3 | 7,4 | 4,3 | 0,8 | 6,3 | 3,4 | 0,5 | 4,0 | 2,1 |
| VI | 50 | 3,6 | 10,0 | 6,7 | 2,0 | 7,9 | 4,8 | 1,1 | 6,7 | 3,7 | 0,6 | 5,5 | 2,8 | 0,3 | 3,1 | 1,4 |
| VI | 70 | 3,6 | 10,1 | 6,7 | 1,8 | 8,0 | 4,9 | 1,0 | 6,8 | 3,9 | 0,7 | 5,6 | 2,9 | 0,3 | 3,1 | 1,6 |
| VII | 10 | 10,0 | 13,4 | 11,8 | 9,6 | 12,6 | 11,2 | 9,6 | 12,3 | 11,0 | 8,8 | 11,6 | 10,3 | 6,5 | 9,4 | 8,1 |
| VII | 30 | 8,9 | 12,5 | 10,8 | 8,3 | 11,5 | 9,9 | 7,9 | 10,9 | 9,4 | 7,1 | 10,1 | 8,6 | 5,0 | 7,6 | 6,5 |
| VII | 50 | 8,5 | 12,2 | 10,5 | 7,6 | 10,8 | 9,2 | 7,1 | 10,1 | 8,6 | 6,3 | 9,3 | 7,8 | 3,9 | 6,8 | 5,5 |
| VII | 70 | 8,6 | 12,2 | 10,5 | 7,8 | 10,9 | 9,3 | 7,1 | 10,3 | 8,7 | 6,3 | 9,3 | 7,8 | 3,9 | 7,1 | 5,6 |
| VIII | 10 | 8,6 | 12,6 | 10,8 | 9,0 | 12,3 | 10,8 | 9,3 | 12,2 | 11,0 | 9,2 | 11,7 | 10,6 | 8,7 | 10,0 | 9,4 |
| VIII | 30 | 7,8 | 12,1 | 10,1 | 8,1 | 11,5 | 9,9 | 8,4 | 11,2 | 9,9 | 8,2 | 10,6 | 9,5 | 7,4 | 8,7 | 8,2 |
| VIII | 50 | 7,4 | 11,9 | 9,9 | 7,8 | 11,2 | 9,6 | 8,0 | 10,8 | 9,5 | 7,8 | 10,2 | 9,1 | 6,9 | 8,2 | 7,7 |
| VIII | 70 | 7,5 | 12,0 | 9,9 | 7,7 | 11,2 | 9,6 | 8,1 | 10,8 | 9,6 | 7,9 | 10,1 | 9,1 | 7,1 | 8,3 | 7,7 |
| IX | 10 | 4,2 | 8,6 | 6,4 | 4,6 | 8,8 | 6,8 | 5,0 | 9,1 | 7,1 | 5,1 | 9,0 | 7,1 | 5,8 | 8,5 | 7,2 |
| IX | 30 | 3,9 | 8,2 | 6,1 | 4,4 | 8,4 | 6,4 | 4,8 | 8,6 | 6,8 | 4,9 | 8,3 | 6,7 | 5,4 | 7,6 | 6,6 |
| IX | 50 | 3,6 | 8,1 | 5,8 | 4,1 | 8,0 | 6,2 | 4,7 | 8,2 | 6,5 | 4,8 | 8,0 | 6,5 | 5,2 | 7,3 | 6,4 |
| IX | 70 | 3,6 | 8,0 | 5,8 | 4,2 | 8,0 | 6,2 | 4,7 | 8,3 | 6,6 | 4,8 | 8,1 | 6,5 | 5,2 | 7,4 | 6,4 |
| Xa(2) | 10 | 2,8 | 3,0 | 2,9 | 3,2 | 3,3 | 3,2 | 3,6 | 3,6 | 3,6 | 3,7 | 3,8 | 3,7 | 4,5 | 4,5 | 4,5 |
| Xa | 30 | 2,5 | 2,9 | 2,7 | 3,1 | 3,3 | 3,2 | 3,6 | 3,7 | 3,6 | 3,7 | 3,8 | 3,7 | 4,3 | 4,3 | 4,3 |
| Xa | 50 | 2,4 | 2,8 | 2,6 | 2,9 | 3,1 | 3,0 | 3,4 | 3,5 | 3,4 | 3,6 | 3,6 | 3,6 | 4,1 | 4,2 | 4,2 |
| Xa | 70 | 2,5 | 2,9 | 2,7 | 3,1 | 3,3 | 3,2 | 3,5 | 3,6 | 3,6 | 3,7 | 3,8 | 3,7 | 4,2 | 4,3 | 4,3 |
| Korpi - Spruce swamp | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Vb | 10 | 0,1 | 2,5 | 1,0 | -0,1 | 0,7 | 0,2 | -0,1 | 0,2 | 0,0 | -0,2 | 0,1 | 0,0 | -0,1 | 0,1 | 0,0 |
| Vb | 30 | 0,0 | 2,0 | 0,8 | -0,1 | 0,6 | 0,1 | -0,2 | 0,1 | -0,1 | -0,2 | 0,0 | -0,1 | -0,1 | 0,0 | -0,1 |
| Vb | 50 | -0,1 | 2,1 | 0,7 | -0,2 | 0,5 | 0,0 | -0,2 | 0,0 | -0,1 | -0,2 | 0,0 | -0,1 | -0,1 | 0,0 | -0,1 |
| Vb | 70 | 0,1 | 2,3 | 0,9 | -0,1 | 0,6 | 0,2 | -0,2 | 0,1 | 0,0 | -0,2 | 0,1 | -0,1 | -0,1 | 0,1 | 0,0 |
| VI | 10 | 3,9 | 10,8 | 7,2 | 1,8 | 8,4 | 5,1 | 1,0 | 6,7 | 3,8 | 0,7 | 5,7 | 3,0 | 0,4 | 3,4 | 1,8 |
| VI | 30 | 3,6 | 9,9 | 6,7 | 2,0 | 8,0 | 5,0 | 1,2 | 7,2 | 4,1 | 0,7 | 5,9 | 3,1 | 0,3 | 3,6 | 1,8 |
| VI | 50 | 3,6 | 9,2 | 6,4 | 1,8 | 6,7 | 4,2 | 0,9 | 5,4 | 3,1 | 0,5 | 4,4 | 2,3 | 0,2 | 2,5 | 1,2 |
| VI | 70 | 3,8 | 10,0 | 6,8 | 1,9 | 7,5 | 4,7 | 1,0 | 6,2 | 3,5 | 0,7 | 5,1 | 2,6 | 0,4 | 3,2 | 1,6 |
| VII | 10 | 9,0 | 12,9 | 11,1 | 8,0 | 11,5 | 9,7 | 7,1 | 10,4 | 8,8 | 6,3 | 9,6 | 8,0 | 4,2 | 7,3 | 5,9 |
| VII | 30 | 9,1 | 12,6 | 10,9 | 8,2 | 11,0 | 9,6 | 7,6 | 10,5 | 9,1 | 6,7 | 9,6 | 8,2 | 4,5 | 7,4 | 6,1 |
| VII | 50 | 8,1 | 11,6 | 9,9 | 6,7 | 9,7 | 8,2 | 5,9 | 8,8 | 7,3 | 5,0 | 8,0 | 6,5 | 3,0 | 5,8 | 4,5 |
| VII | 70 | 8,9 | 12,7 | 10,9 | 7,7 | 10,9 | 9,3 | 6,9 | 10,0 | 8,4 | 5,9 | 9,0 | 7,5 | 3,9 | 6,9 | 5,5 |
| VIII | 10 | 8,5 | 12,5 | 10,7 | 8,2 | 11,5 | 9,9 | 8,2 | 10,9 | 9,6 | 8,0 | 10,3 | 9,2 | 7,1 | 8,4 | 7,8 |
| VIII | 30 | 8,6 | 12,3 | 10,6 | 8,2 | 11,2 | 9,9 | 8,4 | 10,9 | 9,8 | 8,0 | 10,2 | 9,2 | 7,2 | 8,4 | 7,9 |
| VIII | 50 | 8,1 | 11,8 | 10,1 | 7,6 | 10,5 | 9,1 | 7,6 | 9,9 | 8,8 | 7,2 | 9,3 | 8,3 | 5,9 | 7,4 | 6,8 |
| VIII | 70 | 8,5 | 12,7 | 10,8 | 8,1 | 11,2 | 9,8 | 8,1 | 10,5 | 9,5 | 7,8 | 9,7 | 8,9 | 6,9 | 8,1 | 7,5 |
| IX | 10 | 3,9 | 8,2 | 6,1 | 4,2 | 7,9 | 6,1 | 4,5 | 8,0 | 6,3 | 4,5 | 7,8 | 6,2 | 4,8 | 6,9 | 6,0 |
| IX | 30 | 4,3 | 8,4 | 6,4 | 4,5 | 8,3 | 6,5 | 4,9 | 8,5 | 6,7 | 4,8 | 8,2 | 6,6 | 5,2 | 7,5 | 6,4 |
| IX | 50 | 3,9 | 8,2 | 6,1 | 4,2 | 7,7 | 6,0 | 4,5 | 7,7 | 6,2 | 4,5 | 7,4 | 6,0 | 4,8 | 6,6 | 5,8 |
| IX | 70 | 4,0 | 8,5 | 6,3 | 4,4 | 8,2 | 6,4 | 5,0 | 8,3 | 6,7 | 5,0 | 8,0 | 6,5 | 5,1 | 7,2 | 6,2 |
| Xa | 10 | 2,5 | 2,9 | 2,7 | 2,9 | 3,1 | 3,0 | 3,3 | 3,3 | 3,3 | 3,3 | 3,4 | 3,4 | 3,8 | 3,9 | 3,9 |
| Xa | 30 | 2,8 | 3,2 | 3,0 | 3,2 | 3,4 | 3,3 | 3,7 | 3,7 | 3,7 | 3,7 | 3,8 | 3,7 | 4,1 | 4,2 | 4,1 |
| Xa | 50 | 2,6 | 3,1 | 2,9 | 3,0 | 3,2 | 3,1 | 3,4 | 3,5 | 3,4 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,8 | 3,8 | 3,8 |
| Xa | 70 | 2,7 | 3,2 | 2,9 | 3,3 | 3,5 | 3,4 | 3,9 | 3,9 | 3,9 | 3,9 | 3,9 | 3,9 | 4,3 | 4,3 | 4,3 |

1) Vb = Toukokuun 10 - 30 päivä - May 10 - 30

2) Xa = Lokakuun 1 - 10 päivä - October 1 - 10

Liite 3. Vuosittaiset lämpösummat turpeessa vuosina 1965–73. Vilppula.
Appendix 3. Annual temperature sums in peat during the period 1965–73. Vilppula.

| Alue ja suotyyp Location and site type | Ojaveden taso Ditch water level, cm | Vuosi Year | Lämpösukka, dd 5 cm 10 cm | | Temperature sum, dd 15 cm 20 cm 40 cm | | |
|---|--|---------------|------------------------------|-------|--|-------|-------|
| | | | 5 cm | 10 cm | 15 cm | 20 cm | 40 cm |
| Vilppula, räme - pine bog | 10 | 65 | 789,8 | 751,5 | 705,8 | 655,1 | 483,9 |
| | 10 | 66 | 690,0 | 645,2 | 654,0 | 631,4 | 538,5 |
| | 10 | 67 | 905,8 | 816,1 | 853,6 | 824,2 | 623,4 |
| | 10 | 68 | 802,6 | 722,7 | 739,1 | 738,9 | 614,4 |
| | 10 | 69 | 762,5 | 715,6 | 690,4 | 701,3 | 641,3 |
| | 10 | 70 | 765,0 | 765,7 | 756,0 | 735,4 | 610,8 |
| | 10 | 71 | 687,8 | 667,8 | 611,6 | 642,8 | 526,3 |
| | 10 | 72 | 869,6 | 841,2 | 828,9 | 783,7 | 702,1 |
| | 10 | 73 | 742,6 | 702,2 | 688,4 | 712,1 | 610,5 |
| | | 30 | 65 | 734,6 | 708,6 | 675,5 | 665,5 |
| | 30 | 66 | 679,2 | 638,8 | 648,9 | 635,4 | 606,9 |
| | 30 | 67 | 809,6 | 810,8 | 832,0 | 784,9 | 727,1 |
| | 30 | 68 | 694,2 | 660,3 | 668,2 | 661,3 | 604,1 |
| | 30 | 69 | 661,7 | 675,3 | 684,1 | 648,2 | 628,1 |
| | 30 | 70 | 746,4 | 751,0 | 723,4 | 748,2 | 661,7 |
| | 30 | 71 | 692,3 | 631,7 | 663,3 | 618,6 | 542,2 |
| | 30 | 72 | 858,0 | 798,9 | 796,8 | 751,1 | 711,0 |
| | 30 | 73 | 709,3 | 692,1 | 743,1 | 673,1 | 616,7 |
| | 50 | 65 | 750,3 | 700,1 | 671,5 | 643,5 | 486,6 |
| | 50 | 66 | 690,7 | 640,0 | 663,3 | 647,0 | 522,2 |
| | 50 | 67 | 839,7 | 841,2 | 813,2 | 766,5 | 675,2 |
| | 50 | 68 | 747,4 | 713,5 | 672,9 | 651,2 | 592,4 |
| | 50 | 69 | 671,1 | 666,2 | 664,7 | 637,2 | 560,7 |
| | 50 | 70 | 874,1 | 729,6 | 724,4 | 748,0 | 608,2 |
| | 50 | 71 | 757,6 | 646,9 | 655,6 | 661,5 | 554,9 |
| | 50 | 72 | 944,3 | 774,6 | 801,0 | 780,0 | 692,3 |
| | 50 | 73 | 766,7 | 690,9 | 691,1 | 671,7 | 614,2 |
| | 70 | 65 | 739,0 | 698,1 | 641,6 | 607,0 | 451,9 |
| | 70 | 66 | 693,7 | 619,2 | 575,2 | 586,3 | 541,5 |
| | 70 | 67 | 826,0 | 817,7 | 764,0 | 744,8 | 673,9 |
| | 70 | 68 | 747,6 | 665,4 | 601,5 | 583,2 | 530,4 |
| | 70 | 69 | 574,4 | 603,5 | 603,9 | 592,4 | 501,5 |
| | 70 | 70 | 712,9 | 691,6 | 654,6 | 662,9 | 522,6 |
| | 70 | 71 | 638,7 | 524,8 | 584,2 | 533,9 | 451,1 |
| | 70 | 72 | 798,7 | 760,9 | 742,0 | 694,1 | 585,8 |
| | 70 | 73 | 686,0 | 614,8 | 667,3 | 603,9 | 493,8 |
| Vilppula, korpi - spruce swamp | 10 | 65 | 653,4 | 504,1 | 448,4 | 435,2 | 282,7 |
| | 10 | 66 | 568,4 | 399,7 | 350,4 | 336,3 | 292,9 |
| | 10 | 67 | 551,9 | 647,8 | 514,2 | 454,8 | 499,2 |
| | 10 | 68 | 540,1 | 396,2 | 356,0 | 339,9 | 277,2 |
| | 10 | 69 | 550,6 | 498,4 | 398,3 | 402,7 | 304,3 |
| | 10 | 70 | 691,6 | 587,0 | 492,7 | 446,6 | 351,1 |
| | 10 | 71 | 525,7 | 456,9 | 388,2 | 371,9 | 241,1 |
| | 10 | 72 | 648,9 | 587,9 | 565,5 | 538,0 | 435,4 |
| | 10 | 73 | 552,7 | 527,3 | 427,7 | 457,2 | 365,1 |
| | | 30 | 65 | 656,6 | 557,4 | 551,4 | 467,9 |
| | 30 | 66 | 613,9 | 526,1 | 492,8 | 429,5 | 288,1 |
| | 30 | 67 | 757,8 | 686,4 | 600,3 | 577,5 | 452,9 |
| | 30 | 68 | 599,2 | 499,8 | 474,3 | 408,8 | 317,5 |
| | 30 | 69 | 590,1 | 501,2 | 492,1 | 442,1 | 325,2 |
| | 30 | 70 | 632,8 | 520,8 | 482,8 | 473,6 | 328,1 |
| | 30 | 71 | 494,6 | 485,2 | 406,5 | 406,4 | 259,4 |
| | 30 | 72 | 679,0 | 674,5 | 623,4 | 601,7 | 482,3 |
| | 30 | 73 | 685,0 | 573,5 | 547,4 | 522,2 | 417,6 |
| | 50 | 65 | 620,8 | 544,7 | 495,4 | 454,9 | 210,6 |
| | 50 | 66 | 642,3 | 484,4 | 474,3 | 403,2 | 334,6 |
| | 50 | 67 | 645,1 | 582,1 | 567,0 | 473,9 | 363,0 |
| | 50 | 68 | 614,3 | 561,4 | 499,4 | 372,1 | 284,6 |
| | 50 | 69 | 556,5 | 523,5 | 451,2 | 377,7 | 244,3 |
| | 50 | 70 | 769,8 | 597,8 | 567,7 | 546,5 | 327,8 |
| | 50 | 71 | 586,3 | 473,7 | 415,1 | 356,5 | 240,5 |
| | 50 | 72 | 819,4 | 708,8 | 517,0 | 515,6 | 315,7 |
| | 50 | 73 | 707,0 | 587,3 | 539,0 | 480,2 | 229,6 |
| | 70 | 65 | 618,2 | 515,3 | 494,1 | 417,2 | 267,4 |
| | 70 | 66 | 588,0 | 513,1 | 473,6 | 496,0 | 267,8 |
| | 70 | 67 | 634,2 | 665,6 | 588,3 | 590,4 | 398,7 |
| | 70 | 68 | 580,3 | 531,2 | 503,0 | 439,3 | 254,8 |
| | 70 | 69 | 598,5 | 484,1 | 520,5 | 440,7 | 249,2 |
| | 70 | 70 | 682,0 | 606,9 | 537,2 | 501,9 | 419,8 |
| | 70 | 71 | 570,2 | 446,2 | 430,0 | 381,1 | 324,7 |
| | 70 | 72 | 686,0 | 592,9 | 597,1 | 488,7 | 284,0 |
| | 70 | 73 | 662,4 | 587,7 | 501,9 | 495,6 | 313,9 |

Liite 4. Vuosittaiset lämpösummat turpeessa vuosina 1965–73. Kivalo.
Appendix 4. Annual temperature sums in peat during the period 1965–73. Kivalo.

| Alue ja suotyppi Location and site type | Ojaveden taso Ditch water level, cm | Vuosi Year | Lämpösukka, dd 5 cm 10 cm | | Temperature sum, dd 15 cm 20 cm 40 cm | | |
|--|--|---------------|------------------------------|-------|--|-------|-------|
| | | | 5 cm | 10 cm | 15 cm | 20 cm | 40 cm |
| Kivalo, räme - pine fen | 10 | 65 | 512,0 | 491,2 | 461,3 | 407,6 | 309,0 |
| | 10 | 66 | 388,2 | 328,7 | 293,8 | 250,1 | 146,1 |
| | 10 | 67 | 652,9 | 612,3 | 602,3 | 533,9 | 340,0 |
| | 10 | 68 | 329,4 | 296,6 | 296,5 | 272,1 | 161,5 |
| | 10 | 69 | 593,5 | 558,1 | 577,7 | 547,5 | 377,3 |
| | 10 | 70 | 531,0 | 510,7 | 530,8 | 466,6 | 378,7 |
| | 10 | 71 | 427,0 | 381,9 | 376,3 | 308,4 | 197,8 |
| | 10 | 72 | 756,7 | 693,7 | 697,2 | 630,0 | 522,2 |
| | 10 | 73 | 683,2 | 657,7 | 679,0 | 612,7 | 457,5 |
| | | | | | | | |
| | | 65 | 439,5 | 414,3 | 393,5 | 366,3 | 249,2 |
| | | 66 | 281,1 | 208,1 | 153,1 | 115,2 | 34,1 |
| | | 67 | 610,3 | 533,8 | 487,2 | 402,5 | 254,8 |
| | | 68 | 216,7 | 168,7 | 145,3 | 113,2 | 54,4 |
| | | 69 | 489,5 | 446,8 | 453,2 | 395,9 | 285,6 |
| | | 70 | 488,8 | 394,6 | 413,2 | 353,7 | 227,2 |
| | | 71 | 252,0 | 161,7 | 137,4 | 75,6 | 6,0 |
| | | 72 | 669,9 | 562,5 | 538,7 | 473,2 | 334,3 |
| | | 73 | 597,5 | 556,5 | 539,7 | 501,6 | 389,2 |
| | | | | | | | |
| | | 65 | 451,8 | 394,7 | 372,7 | 288,4 | 165,1 |
| | | 66 | 318,3 | 174,5 | 117,3 | 79,1 | 14,5 |
| | | 67 | 586,9 | 525,2 | 459,4 | 389,6 | 288,8 |
| | | 68 | 195,7 | 138,1 | 139,5 | 99,1 | 42,0 |
| | | 69 | 534,6 | 460,9 | 432,2 | 364,2 | 231,5 |
| | | 70 | 407,8 | 343,7 | 306,3 | 271,8 | 164,2 |
| | | 71 | 288,8 | 186,6 | 136,7 | 111,0 | 22,6 |
| | | 72 | 631,4 | 492,5 | 460,3 | 392,7 | 231,0 |
| | | 73 | 604,1 | 529,9 | 497,0 | 451,5 | 291,4 |
| | | | | | | | |
| | | 65 | 447,8 | 386,3 | 395,6 | 317,0 | 188,5 |
| | | 66 | 295,4 | 189,2 | 172,0 | 100,6 | 30,1 |
| | | 67 | 618,9 | 536,0 | 494,6 | 435,2 | 308,2 |
| | | 68 | 231,4 | 174,5 | 130,6 | 99,8 | 53,0 |
| | | 69 | 497,0 | 431,8 | 410,6 | 368,8 | 237,9 |
| | | 70 | 410,6 | 348,6 | 348,4 | 275,6 | 165,4 |
| | | 71 | 265,5 | 193,0 | 153,0 | 126,7 | 40,3 |
| | | 72 | 528,2 | 455,0 | 432,3 | 385,7 | 218,4 |
| | | 73 | 579,3 | 497,0 | 501,2 | 426,3 | 275,1 |
| | | | | | | | |
| Kivalo, korpi - spruce swamp | 10 | 65 | 378,6 | 263,0 | 282,1 | 221,4 | 144,1 |
| | 10 | 66 | 222,6 | 75,6 | 34,7 | 25,2 | 0,0 |
| | 10 | 67 | 611,2 | 528,9 | 443,8 | 419,7 | 234,2 |
| | 10 | 68 | 277,6 | 171,5 | 128,1 | 112,7 | 53,6 |
| | 10 | 69 | 662,7 | 538,5 | 485,3 | 430,6 | 276,2 |
| | 10 | 70 | 450,5 | 384,7 | 358,1 | 331,5 | 191,5 |
| | 10 | 71 | 481,6 | 316,1 | 279,0 | 231,0 | 143,5 |
| | 10 | 72 | 730,8 | 564,9 | 527,1 | 476,7 | 329,7 |
| | 10 | 73 | 606,2 | 551,6 | 521,5 | 463,4 | 333,9 |
| | | | | | | | |
| | | 65 | 498,4 | 447,7 | 398,7 | 348,8 | 229,5 |
| | | 66 | 337,8 | 282,6 | 241,5 | 206,2 | 111,5 |
| | | 67 | 639,5 | 552,5 | 517,5 | 432,3 | 278,8 |
| | | 68 | 265,3 | 183,8 | 180,6 | 143,3 | 76,3 |
| | | 69 | 554,7 | 452,6 | 480,4 | 382,6 | 247,5 |
| | | 70 | 489,7 | 373,1 | 374,0 | 301,2 | 221,6 |
| | | 71 | 258,7 | 167,5 | 141,2 | 115,2 | 35,7 |
| | | 72 | 672,0 | 520,8 | 469,7 | 389,9 | 223,0 |
| | | 73 | 625,1 | 523,3 | 481,3 | 434,4 | 294,2 |
| | | | | | | | |
| | | 65 | 452,1 | 335,3 | 320,0 | 285,5 | 160,1 |
| | | 66 | 299,6 | 135,6 | 125,0 | 87,2 | 23,1 |
| | | 67 | 613,4 | 501,4 | 436,7 | 352,8 | 182,9 |
| | | 68 | 216,0 | 101,3 | 80,5 | 51,5 | 35,5 |
| | | 69 | 469,0 | 374,3 | 345,8 | 276,5 | 151,3 |
| | | 70 | 389,0 | 274,6 | 197,9 | 172,6 | 83,7 |
| | | 71 | 238,4 | 126,9 | 98,4 | 73,2 | 10,3 |
| | | 72 | 504,4 | 374,5 | 309,1 | 270,2 | 113,8 |
| | | 73 | 535,2 | 445,9 | 371,0 | 326,9 | 209,7 |
| | | | | | | | |
| | | 65 | 448,4 | 379,3 | 373,7 | 299,5 | 208,6 |
| | | 66 | 324,5 | 247,5 | 212,5 | 163,5 | 89,6 |
| | | 67 | 748,7 | 569,1 | 506,8 | 409,9 | 260,4 |
| | | 68 | 316,4 | 222,6 | 205,8 | 170,5 | 97,7 |
| | | 69 | 529,2 | 416,9 | 396,2 | 342,0 | 290,0 |
| | | 70 | 568,4 | 455,0 | 429,1 | 389,2 | 301,0 |
| | | 71 | 452,2 | 308,4 | 266,7 | 219,1 | 118,7 |
| | | 72 | 695,8 | 551,3 | 452,2 | 353,5 | 217,0 |
| | | 73 | 651,0 | 554,4 | 417,9 | 327,6 | 275,8 |

METSÄNTUTKIMUSLAITOS

THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

Tutkimusosastot — *Research Departments*

Maantutkimusosasto
Department of Soil Science

Suontutkimusosasto
Department of Peatland Forestry

Metsänhoidon tutkimusosasto
Department of Silviculture

Metsänjalostuksen tutkimusosasto
Department of Forest Genetics

Metsänsuojelun tutkimusosasto
Department of Forest Protection

Metsäteknologian tutkimusosasto
Department of Forest Technology

Metsänarvioimisen tutkimusosasto
Department of Forest Inventory and Yield

Metsäekonomian tutkimusosasto
Department of Forest Economics

Matemaattinen osasto
Department of Mathematics

Metsäntutkimusasemat — *Research Stations*

Parkanon tutkimusasema
Parkano Research Station
Os. — *Address:* 39700 Parkano, Finland
Puh. — *Phone:* (933) 82 912

Muhoksen tutkimusasema
Muhos Research Station
Os. — *Address:* Kirkkosaarentie, 91500 Muhos, Finland
Puh. — *Phone:* (981) 5331 404

Suonenjoen tutkimusasema
Suonenjoki Research Station
Os. — *Address:* 77600 Suonenjoki, Finland
Puh. — *Phone:* (979) 51 381

Punkaharjun tutkimusasema
Punkaharju Research Station
Os. — *Address:* 58450 Punkaharju, Finland
Puh. — *Phone:* (957) 314 241

Ojajoen koeasema
Ojajoki Field Station
Os. — *Address:* 12700 Loppi, Finland
Puh. — *Phone:* (914) 40 356

Kolarin tutkimusasema
Kolari Research Station
Os. — *Address:* 95900 Kolari, Finland
Puh. — *Phone:* (9695) 61 401

Rovaniemen tutkimusasema
Rovaniemi Research Station
Os. — *Address:* PL 16
96301 Rovaniemi, Finland
Puh. — *Phone:* (960) 336 411

Joensuun tutkimusasema
Joensuu Research Station
Os. — *Address:* PL 68
80101 Joensuu, Finland
Puh. — *Phone:* (973) 1514 000

Kannuksen tutkimusasema
Kannus Research Station
Os. — *Address:* PL 44
69101 Kannus, Finland
Puh. — *Phone:* (968) 71 161

Ruotsinkylän jalostuskoeasema
Ruotsinkylä Field Station
Os. — *Address:* 01590 Maisala, Finland
Puh. — *Phone:* (90) 824 420



- No 771 Selander, Jukka & Immonen, Auli: Lannoituksen vaikutus männyntaimen tuhonalttiuteen tukkimiehentäille.
Effect of fertilization on the susceptibility of Scots pine seedlings to the large pine weevil, *Hylobius abietis*.
- No 772 Sirén, Matti (red.) Flerträdsteknik och skonsamma maskiner i första-gallring. Slutrapport från ett av Nordiska Skogsarbetsstudiernas Råd (NSR) genomfört forskningsprojekt, 1987–1989.
Puiden joukkokäsittely ja kevyt teknologia ensiharvennuksissa. Yhteispohjoismaisen NSR-projektin loppuraportti, 1987–1989.
Multi-tree processing and light technology in first thinnings. Final report for a research project of the Nordic Research Council on Forest Operations (NSR), 1987–1989.
- No 773 Hakkila, Pentti: Hakkuupoistuman latvusmassa.
Crown mass of trees at the harvesting phase.
- No 774 Korhonen, Kari T.: Sekamallitekniikalla laadittujen runkokäyrämallien käyttö metsäninventoinnissa.
Using taper curve models based on mixed linear models in forest inventory.
- No 775 Oja, Seppo & Salonen, Tommi (toim.): Metsäntutkimuslaitoksen julkaisut 1990.
Abstracts of publications of the Finnish Forest Research Institute, 1990.
- No 776 Mielikäinen, Kari & Valkonen, Sauli: Harvennustavan vaikutus varttuneen metsikön tuotokseen ja tuottoihin Etelä-Suomessa.
Effect of thinning method on the yield of middle-aged stands in southern Finland.
- No 777 Tamminen, Pekka: Kangasmaan ravinnetunnusten ilmaiseminen ja viljavuuden alueellinen vaihtelu.
Expression of soil nutrient status and regional variation in soil fertility of forested sites in southern Finland.
- No 778 Kaunisto, Seppo: Maa-analyysin käyttö kasvupaikan ravinnetilän arvioimiseksi eräillä Alkkian metsitetyillä suopelloilla.
Soil analysis as a means of determining the nutrient regime on some afforested peatland fields at Alkkia.
- No 779 Eeronheimo, Olli: Suometsien puunkorjuu.
Forest harvesting on peatlands.
- No 780 Hytönen, Jyrki & Silfverberg, Klaus: Kuivatustehon vaikutus turvemaan lämpöoloihin.
Effect of drainage on thermal conditions in peat soils.