

## Talajhőmérsékletmérés termisztorokkal

PLETSEK JÁNOS és PUSZTAI ANTAL

OMMI Agrometeorológiai Observatórium és MTA Mezőgazdasági Kutató Intézet, Martonvásár

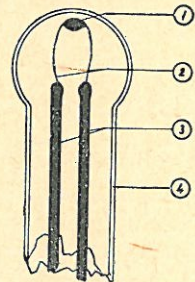
A félvezető anyagokból készített ellenállásmérőket, ún. termisztorokat ma már világszerte gyártják és egyre szélesebb körben alkalmazzák. Martonvásáron 1956 óta foglalkozunk termisztorokkal történő hőmérsékletmérés problémáival. E helyen a mérés módszereit, a termisztorok és üveghőmérők összehasonlító vizsgálatát ismertetjük.

A termisztor elnevezés hőérzékeny-ellenállást jelent, a termikus érzékenységre rezisztor összevonásából ered [3]. A Szovjetunióban hőellenállásnak (termoszoprotivlenyjé) nevezik [5]. A fémekből készített ellenállások is hőérzékenyek, azonban a fenti két elnevezés kizárólag a félvezető anyagokból készített hőérzékeny ellenállásokra vonatkozik.

A termisztorok negatív hőmérsékleti tényezője 3—4 %<sup>o</sup> C°-ként azaz mintegy 8—10-szer nagyobb, mint a fémeké [8]. Nagy belső ellenállásuk miatt távolság mérésekre alkalmazhatók anélkül, hogy a vezeték a mérés pontosságát lényegesen befolyásolná. Kis mérete alkalmassá teszi pontszerű hőmérséklet-mérésre. Megfelelő kapcsolatban két pont hőmérséklet különbségét is mérhetjük [5]. Csudnovszkij [1] szerint mikroklíma-állomáson minden mérést termisztorokkal lehet a legjobban elvégezni (léghőmérséklet, légnedvesség, talajhőmérséklet, talajnedvesség és szélsőbesség). Kaganov és Csudnovszkij [4], valamint Kedrolivanszkij és Szerzát [7] termisztoros elektropszichrométert ír le. Kaganov és Csudnovszkij termisztoros talajhőmérőszondát és termoanemométert készített. Kaganov és Slimovics [6] leszűrhető talajhőmérőt, talajhőmérőszondát, magtári hőmérőt, állati hőmérőt és levélhőmérőt készített termisztorral. Csudnovszkij [2] a talajnedvesség távmérését is termisztorral végezte.

A termisztor ellenállása abszolút zérus fokon végtelen és a hőmérséklet növekedésével logaritmikusan csökken. A termisztorok névleges ellenállását szobahőmérsékletre (20°) szokás megadni. A Tungstram termisztorok típusát jelző számok és betűk után következő szám ezt a névleges ellenállás-értéket jelenti KΩ-ban. Mi 2TH—10 termisztorokkal dolgoztunk. A 2TH—10 típusú termisztorban a félvezető gombostűfej nagyságú massa (1. ábra 1.), két vékony platina szál (2) között létesít vezető kapcsolatot, melyek vörösréz drótban (3) folytatódnak. Mindezt 4 mm átmérőjű 36 mm hosszú, a végén 5,5 mm átmérőjű gömbben végződő üvegcsőbe (4) forrasztották. A termisztor massa a gömb elvékonyított falához simul.

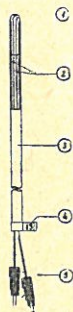
A mérőfejeket Czelnai [3] módszerével szereltük fel 1 méter hosszú csatlakozó vezetékre. Csatlakozó vezeték céljára 0,5 mm PVC burkolatú sodrott rézbelű kéteres vezetéket használtunk. Ezt 90 cm hosszú 4 mm belső keresztmetszetű mipolán csőbe



1. ábra

2TH-10 típusú termisztor: 1. félvezető, 2. platinaszál, 3. vörösréz drót, 4. üvegcső

fűztük. A mérőfej (2. ábra 1.) kivezetéseit úgy burkoltuk, hogy csak a forrasztási helyek (2) maradtak szabadon. Ezek azonban egymástól mintegy 2 cm-re vannak, ezért érintkezés köztük nem lehetséges. Annak megakadályozására, hogy a vezetékek a mipolán csőben (3) esetleg elmozduljanak és zárlatot okozzanak, ún. „Plaxtik ragasztó oldat”-tal összeragasztottuk őket. Az így előkészített mérőfejet behúzzuk a mipolán csőbe úgy, hogy csak az üvegső gömbalakú vége marad szabadon. A mipoláncsőből kilépő huzalokat plasztik ragasztóval beragasztjuk és alumínium foglatba helyezett plexi burkolattal védett számot (4) szorítunk rá. Az így elkészített termisztorvezeték teljesen vízmentes.



2. ábra

A felszerelt termisztor: 1. mérőfej, 2. forrasztási helyek, 3. mipolán cső, 4. számszám, 5. banándugó

A termisztorok ellenállását a Wheatstone hidas nullázó módszerrel mérjük. Ennek az az előnye, hogy bármilyen típusú és ellenállású termisztorhoz használható. Méretezéskor csak a nullázó műszer minimális érzékenységét és a maximálisan megengedhető mérőfeszültséget kell kiszámítanunk.

Méréseinket kezdetben 4 dekádós EKM által gyártott, ún. szabatos kétkaros mérőhíddal és egy  $1,2 \times 10^{-7}$  A érzékenyséű 100 ohm belső ellenállású fénysugár mutatós galvanométerrel végeztük. A híd feszültséget zseblámpaelemtől egy M. Ohmos potméterrel szabályoztuk és Univekával mértük. Tapasztalataink szerint  $200 \mu\text{A}$  erősségű hídáram esetén termisztorainkat nem fűtöttük túl és a galvanométer a termisztor  $0,1$  fok hőmérséklet változásának hatására 5–6 osztályzattal eltért a nullától. Mivel méréseinket sokszor szántóföldön kell végezni, ez a híd meglehetősen kényelmetlen volt. Nehezen szállítható és 30–40 termisztor esetén a mérés már félórát is igényel. Ezért hordozható mérőhidat (3. ábra) készítettünk, amellyel 40 termisztor ellenállását 15 perc alatt tudjuk mérni.

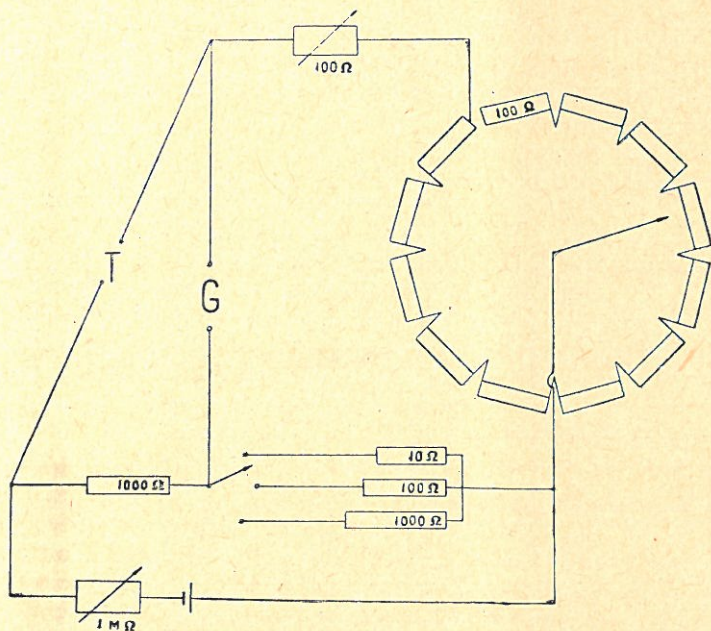
A híd külmérete  $7 \times 18 \times 23$  cm. Súlya 1 kg. Ellenállásait  $0,1$  mm átmérőű öregbített mangán huzalból  $\pm 0,01\%$  pontossággal készítettük. Hídkhoz  $10^{-8}$  A érzékenyséű 100 Ohm belső ellenállású galvanométert használunk.

Termisztor segítségével nagy távolságról mérhetünk anélkül, hogy a kábel ellenállását számításba kellene venni. A kábel ellenállása korrekció igénybevétele nélkül a termisztor szobahőmérsékleten mért ellenállásának  $0,5\%$ -áig terjedhet. Ez azt jelenti, hogy a  $10 \text{ K}\Omega$  termisztoroknál  $0,5$  mm átmérőű rézhuzallal 250 m távolságról mérhetünk. Ez céljainknak megfelel, mivel kísérleteinkben általában 50–100 m távolságból szoktunk mérni. Kábelünk  $5 \times 4 \times 0,5$  PVC falikábel. A kábel egyik végére 40, páronként számozott banánhüvelyt 4 mm vastag plexi lapra szerelt fadobozba helyeztünk, másik végén 21 db, a banánhüvely pároknak megfelelően számozott banándugó van. A dobozon elhelyezett 40 banánhüvely felét egy vezeték köti össze a 21. kábelérrel. Ez a közös vezeték. A banándugós kábelvezetékét mérőhelyátkapcsolóhoz csatlakoztatjuk. Mérőhelyátkapcsolónk 5 db  $1 \times 12$  jexley tárcsából készült. A tárcsák forgatógombjai a mérőhelyátkapcsoló dobozának szemközti oldalán helyezkednek el. Alattuk számozott tárcsa van. A doboz felső vízszintes lapjára a tárcsák számozásának megfelelő banánhüvelyeket szereltünk. A kábelek közös vezetékéi a tárcsák alatt elhelyezett banánhüvelyekbe csatlakoznak, melyeket közös vezeték köt össze. A közös vezetékek banánhüvelye mellett helyezkedik el a jexley tárcsákhoz csatlakozó banánhüvely. A mérőhelyátkapcsoló egyes egységeit U dugók kapcsolják össze. Ezek eltávolításával a mérőhelyátkapcsoló külön egységekre bontható és lehetővé válik, hogy két személy két híddal mérhet egyszerre ugyanazon átkapcsoló segítségével.

A termisztorokat MTA KUTESz-gyártmányú E-149 típusú ultratermosztátban hitelesítjük. Negatív hőmérsékletre történő hitelesítéskor a termosztátban 50–60%-os

alkoholt áramoltatunk. Negatív hőmérsékletet úgy állítunk elő, hogy az ultratermosztát külső termosztálására szolgáló csővezetékhez 5 m hosszú, 10 mm belső átmérőjű vörösréz hűtőspirált csatlakoztatunk.

A hűtőspirált  $17 \times 24 \times 42$  cm méretű kettős falú bádogdobozba helyezük. A hőszigetelést egy külső falada biztosítja. A sózott jéggel töltött bádogdoboz segít-



3. ábra

Hordozható Wheatstone híd vázlatja. T. termisztor, G. galvanométer.

ségével az ultratermosztát folyadékát  $-7, -8$  fokra tudjuk lehűteni. Az ultratermosztát mérőtartályát eltávolítottuk és fedele helyébe bakelitből és gumiból készített lapot helyeztünk. E kör alakú lap közepén foglal helyet a FUESS-gyártmányú  $0,1$  fok beosztású  $-30$ -tól  $+100$  fokig skálázott anyahőmérő. A hőmérő körül  $50$  db  $5$  mm keresztmetszetű lyuk a termisztorok befogadására szolgál. Az ultratermosztát mögött a falon kapcsolótáblát helyeztünk el  $100$  db banánhüvellyel  $50$  db termisztor számára. Az ultratermosztátba helyezett termisztorok banándugóit a kapcsolótáblához csatlakoztatjuk. A kapcsolótábláról a vezetékek a mérőhelyátkapcsolóba, onnan a hídhoz csatlakoznak. A hitelesítést úgy végezzük, hogy az ultratermosztát folyadékát  $5$  fokok között különböző hőmérsékletekre állítjuk, s ugyanekkor a termisztorok ellenállását  $4$  számjegynyi pontossággal mérjük.

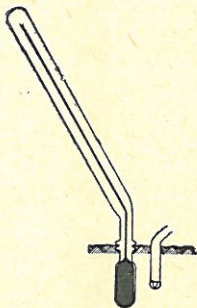
A kalibrálás folyamán kapott ellenállás és hőmérséklet értékeket e célra készített speciális rajztábla [3] segítségével felrajzoljuk. A rajztábla alján  $500$  mm alaptávolságú logaritmikus beosztású plexi vonalzó helyezkedik el, amelyen mm beosztású, ugyancsak plexi derékszög vonalzó csúsztatható. A logaritmikus skálán az ellenállást, a lineálison pedig a hőmérsékletet vesszük fel. A hőmérséklet-ellenállás függvény ilyen módon csaknem egyenes lesz. Minden egyes termisztorhoz egyéni hőmérséklet-ellenállás függvény tartozik.

A termisztoraink stabilitásáról még keveset tudunk, mivel csak 1957 decemberétől vizsgáljuk. Ez idő alatt termisztoraink 90%-a nem változtatta meg hőmérséklet-ellenállás függvényét. Amíg a termisztorok stabilitását nem ismerjük, célszerű, ha havonként ellenőrző kalibrálást végzünk.

#### Talajhőmérsékletmérés termisztorokkal és higanyos talajhőmérőkkel

1958 augusztusában több ízben végeztünk óránként összehasonlító mérést termisztorokkal és FUESS-gyártmányú higanyos talajhőmérőkkel. A talajhőmérőkön a mélység megjelölésére a hőmérő szárán levő két karika szolgál, amely között a talaj felszínnek kell lenni (4. ábra).

A termisztorokat úgy helyeztük el, hogy a mérőtest a hőmérő higanyzsákja közepének megfelelő mélységben volt. A termisztorokat az üveghőmérőktől 2 m távolságra helyeztük el. A talajhőmérőket úgy helyeztük el, hogy számlapjuk észak felé mutatott. Méréseinket 3 mélységben (2, 5, 10 cm), 5—5 sorozatban végeztük. E közleményben egy derült és egy borult napon végzett méréseinket ismertetjük. 1958. augusztus 7-én végzett méréseink adatait az 5. ábra bal oldalán mutatjuk be. Derült időben 10—17 óra között a 2 cm mélységben elhelyezett talajhőmérők jóval magasabb hőmérsékletet mutatnak, mint a termisztorok. Legerősebb besugárzáskor a különbség  $-5,0\text{C}$  fok. 1958. augusztus 21-én, borult időben, 2 cm mélyen már nem találtunk a termisztorokkal és a talajhőmérőkkel mért hőmérsékletek között lényeges különbséget (5. ábra jobb oldalán).



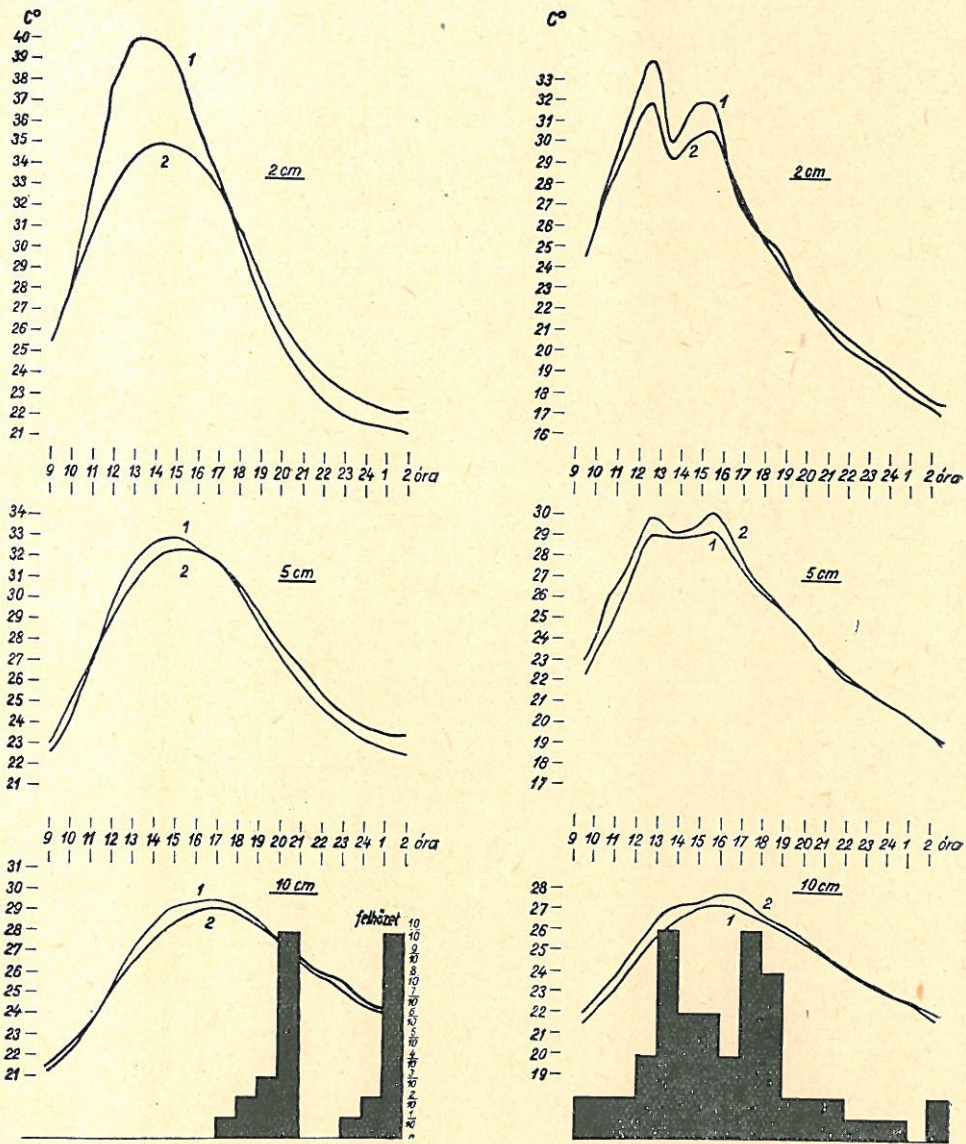
4. ábra

A talajhőmérő és a termisztor a talajban.

A termisztor és a talajhőmérő között derült időben fellépő különbséget egyrészt azzal magyarázzuk, hogy az üveghőmérő talajból kiálló része a sugárzástól erősen felmelegszik, másrészt pedig az 1,5 cm hosszúságú higanyzsák jóval vastagabb talajréteg hőmérsékletét méri, mint a gombostűfej nagyságú termisztor massa (4. ábra).

A nappali erős besugárzás felmelegíti a hőmérő talajból kiálló részét. Ez melegebb is lehet, mint az a talajréteg, ahol a hőmérő higanyzsákja elhelyezkedik. A talajból kiálló hőmérőrészt rossz hővezető levegő veszi körül. A sugárzástól kapott hőenergiát a hőmérő üvegteste a levegőnél sokkal jobb hővezető talajnak adja át. Az ily módon kialakult egyensúlyi hőmérsékletet mutatja a talajhőmérő. Erős besugárzás esetén ezért mutat magasabb hőmérsékletet a talajhőmérő mint a termisztor, amelynek csak az igen rossz hővezető anyaggal szigetelt vezetőke áll ki a talajból. A termisztornál a saját hőmérséklete által okozott hiba olyan kicsiny, hogy elhanyagolhatjuk.

Erős besugárzás esetén a legfelső talajrétegben igen nagy hőmérsékleti gradiens alakul ki. A 2 cm-es talajhőmérő higanyzsákjának felső része olyan rétegben helyezkedik el, amely jóval melegebb a higanyzsák alsó részének megfelelő talajszint hőmérsékleténél. A hőmérő az 1,5 cm-es rétegben létrejövő hőegyensúly hatására mutat valamilyen hőmérsékleti értéket, amelyet még a hőmérő üvegtestének hőmérséklete és a hőmérő szákkal korrekciója is módosít. A termisztor viszont a 2 cm-es rétegben egy pont hőmérsékletét méri. Napnyugta táján a termisztorok a talajhőmérőkkel megegyező értéket mutatnak. Kisugárzásnál viszont a talajhőmérők mutatnak alacsonyabb értéket. Ennek okát abban látjuk, hogy kisugárzási helyzetben a gradiens ellenkező előjelű lesz. A higanyzsák felső része jóval alacsonyabb hőmérsékletű talajrétegben helyezkedik el, mint a termisztor. A talajhőmérő hőmérsékletét saját kisugárzása is módosítja 5 cm mélységben hasonló, de kisebb mértékű különbségeket találtunk. 10 cm mélységben a különbség még látható, de már nem számottevő (1. táblázat), mivel a vastagabb



5. ábra

A termisztor és a higanyos hőmérő összehasonlító vizsgálata egy derült (bal oldalt) és egy borult (jobb oldalt) napon. 1. Higanyos hőmérővel mért talajhőmérsékleti adatok. 2. Termisztorral mért adatok. Az oszlopos grafikon a borultság mértéke az égbolt tizedeiben kifejezve

talajréteg több hőt vezet el, mint a 2 cm-es réteg. 5 és 10 cm mélységben a hőmérsékleti gradiens is jóval kisebb, s a 1,5 cm-es higanyzsák gyakorlatilag azonos hőmérsékletű rétegben helyezkedik el.

Az elmondottakat az is igazolja, hogy reggel, amikor a besugárzás még gyengébb, a hőmérők és a termisztorok adatai között nem találtunk különbséget. Augusztus 24-én 0,4, felhőzetnél (12<sup>h</sup>) már 2 C fokkal magasabbat mutatott 2 cm-ben a talajhőmérő, mint a termisztor. 13 órakor teljes borultság következett be és ekkor a talajhőmérők adatai megegyeztek a termisztorok adataival. 14 órakor a felhőzet 0,6-re csökkent és a talajhőmérők ismét magasabb értéket mutattak. A különbséget a 15 órára bekövetkezett teljes borultság ismét megszüntette. A borultság további csökkenése már nem okozott különbséget, mivel a besugárzás intenzitása a késő délutáni órákban már kicsi. Napnyugta táján egyébként derült napon is megszűnik a termisztorok és hőmérők közti különbség. Az augusztus 7-én 20 órakor bekövetkezett borulás is arra az időpontra esik, amikor a besugárzás már teljesen megszűnt. Ez a borultság hamar feloszlott és megkezdődött az erős kisugárzás, mely hatására a nappali arányokkal ellentétes adatokat kaptunk.

1. táblázat

A különbségek szignifikanciája 1958. aug. 7

Cm	Óra	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
2		—	++	+++	+++	+++	+++	++	—	—	+++	+++	+++	+++	+++	+++
5		+	—	+	++	++	++	—	—	—	—	+	+	+	++	++
10		+++	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

— = nem szignifikáns  
 + = 95% szinten szignifikáns  
 ++ = 97,5% szinten szignifikáns  
 +++ = 99,0% szinten szignifikáns  
 ++++ = 99,5% szinten szignifikáns  
 +++++ = 99,9% szinten szignifikáns

Mérési adatainkat a kis elem számú kísérletekhez alkalmazott *t* próbával vizsgáltuk meg [9]. A kapott eredményeket az 1. táblázatban közöljük. Csak a derült időben végzett méréseink adatai között találtunk szignifikáns különbséget. Borult időben a termisztorokkal és a talajhőmérőkkel mért hőmérsékletek között szignifikáns különbség nincs.

### Összefoglalás

A félvezető ellenálláshőmérőkkel (termisztorokkal) végzett talajhőmérsékletmérési módszerünket ismertettük. A termisztorok ellenállását Weatstone hidas nullázó módszerrel mértük. Szántóföldi vizsgálatokra alkalmas hordozható Weatstone hidat építettünk.

2TH—10 típusú gyöngytermisztorokkal 1958 nyarán két alkalommal, öt sorozatban, összehasonlító vizsgálatokat végeztünk termisztorok és üveghőmérők között. E vizsgálatokból megállapítottuk, hogy derült időben az üveghőmérők szignifikánsan magasabb hőmérsékletet mutatnak, mint a termisztorok. Borult időben nem volt szignifikáns különbség.

Érkezett: 1958. november 19.

### Irodalom

- [1] Csudnovszkij, A. F.: Mikroklimaticseskaja sztancija. Szbornyik trudov po agr. fizike. Vűpuszk. 5. 58—61. Szel'hozgiz. Moszkva—Leningrad. 1952.
- [2] Csudnovszkij, A. F.: Új módszer a talajnedvesség dinamikájának méréséhez. Gidrometeoizdat. Leningrad. 1953.
- [3] Czelnai, R.: Hőmérőtermisztorok alkalmazása a mikrometeorológiai kutatásban. Időjárás. 5. 357—363. 1957.
- [4] Kaganov, M. A. & Csudnovszkij, A. F.: Félvezető ellenállások alkalmazása mikroklíma mérésénél. Szbornyik trudov po agr. fizike. Vűp. 5. 102—113. Szel'hozgiz. Moszkva—Leningrad. 1952.

- [5] Kaganov, M. A.: K metodike izmerenija temperaturü sz pomocsju termosoprotivlenii Szbornik trudov po agr. fizike vüp. 5. 62—72. Szel'hozgiz. Moszkva—Leningrad. 1952.
- [6] Kaganov, M. A. & Slimovics, B. M.: Poluprovodnyikovüe priboru dlja izmerenija temperaturü pocsvü, raszrenij, zerna i zsvotnüh. Bull. naucsnotech. informaci po agr. fizike No. 2. Leningrad. 1956.
- [7] Kedrolivanszkij, V. N. & Sterzat, M. C.: Meteorologicseszkie priborü. Gidrometeoizdat. Leningrad. 1953.
- [8] Turicsin, A. N.: Nem villamos mennyiségek villamos mérése. Műszaki Kiadó. Budapest. 1956.
- [9] Weber, E.: Grundriss der biologischen Statistik. Veb. Gustav Fischer. Verlag. 2. kiadás. Jena. 1956.

## ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОЧВЫ ТЕРМИСТЕРАМИ

Й. Плетшер и А. Пустаи

Агрометеорологическая Обсерватория И. М. и Сельскохозяйственный научно исследовательский Институт А. Н. Венгрии. Мартонвашар

### Резюме

В Мартонвашаре с 1956 года занимаемся с полупроводниковыми термосопротивлениями (термистерами). Главное преимущество их перед ртутными термометрами состоит в том, что они позволяют проводить дистанционные измерения. В данной статье описываем нашу методику применения термистеров.

В своих работах мы применяли полупроводниковые термистеры типа 2ТН-10, изготовленные заводом ТУНГШРАМ. Цифра 10 в типовом обозначении показывает внутреннее сопротивление термистера при комнатной температуре в к. ом. Датчики температуры электротермометра смонтировали следующим образом: к термосопротивлениям припаивали провода длиной до 1 м., которые находятся в мягкой винилпластовой трубке. При дистанционных измерениях применяли кабели с 20 проводами (+ один общий) и распределительное устройство с переключателем на 60 позиций.

Измерение сопротивлений термосопротивлений производили при помощи уравновешенного моста Вистона. Сконструированный нами мост Вистона пригоден для работы в полевых условиях. Измерение сопротивлений 40 термосопротивлений можно им провести в течение 15 минут. Параметры нашего моста от 100 ом до 130 000 ом. К мосту применяем гальванометр с чувствительностью  $10^{-8}$  А и с внутренним сопротивлением в 100 ом. Величина тока проходящего через термосопротивления при измерении, равна 200 микроампер.

До настоящего времени еще не убедились, являются ли данные термистеры стабильными, поэтому регулярно проводим контрольные калибровки. При нанесении на бумагу характеристики термосопротивлений используем 2 линейки. Одна из них прикреплена к доске и имеет логарифмическую шкалу, а вторая, которую можно по ней передвигать, расположена к первой перпендикулярно, и имеет миллиметровую шкалу. На логарифмической линейке отсчитываем сопротивление, а на миллиметровой — температуру в градусах Цельсия. При этом получаем характеристику близкую к прямой линии. На основании данных калибровки рисуем характеристику каждого термистера в отдельности. При работе по этим характеристикам отсчитываем температуру. Калибровку проводим в ультратермостате. При отрицательных температурах в ультратермостате циркулирует 40—60% спирт.

Летом 1958 года в 2 случаях сравнивали термистеры с ртутными почвенными термометрами. Число повторностей: 5. На основании данных сравнительных измерений установили, что в случае сильной радиации ртутные термометры показывают более высокую температуру чем термистеры. Разницы оказались математически достоверными и в некоторых случаях доходили до 5 градусов. При пасмурной погоде различия были недостоверны. Это явление объясняем следующим: при радиации часть ртутных термометров, выступающих над поверхностью почвы, сильно нагреваются; ртутный резервуар вследствие большого размера измеряет температуру небольшого слоя почвы; они имеют коррекцию на капилляр. Часть датчика температуры, при применении термистеров имеет ничтожную теплопроводность; измеряет температуру одной точки; и не имеет коррекцию на капилляр.

Рис. 1. Термистер типа 2 ТН-10. На рисунке: 1 — полупроводник, 2 — платина, 3 — медь, 4 — стеклянная труба.

Рис. 2. Датчик электротермометра. На рисунке: 1 — термосопротивление, 2 — место спайки, 3 — мягкая винилпластовая труба, 4 — порядковый номер, 5 — штепсельные вилки.

Рис. 3. Схема уравновешанного моста Вистона. G — Гальванометр.

Рис. 4. Ртутный термометр и датчик электротермометра в почве.

Рис. 5. Сравнительные данные температуры почвы при ясной погоде. (На левом графике). На рисунке: с левой стороны — температура почвы в градусах Цельсия, внизу справа облачность % в десятых долях неба. Тонкая линия обозначает показания ртутных термометров, толстая — данные термосопротивлений. Данные облачной погоды направо.

Таблица 1. Математическая достоверность разницы между данными ртутных и электрических термометров (проба „t“).

## Bodentemperaturmessung mit Thermistoren

J. PLETSEK und A. PUSZTAI

Agrometeorologisches Observatorium der Landesanstalt für Meteorologie und Landwirtschaftliches Forschungsinstitut der Ungarischen Akademie der Wissenschaften  
Martonvásár

### Zusammenfassung

Seit 1956 beschäftigen wir uns in Martonvásár mit der Anwendung von Halbleiter-Wärme-widerstandsthermometern (Thermistoren). Der grösste Vorteil der Thermistoren gegenüber dem Quecksilber-Thermometer besteht darin, dass Temperaturmessungen in verschiedenen Entfernungen möglich sind. Nachfolgend wird unsere Bodentemperatur-Messungsmethode besprochen.

In unseren Versuchen wurden 2 TH-10 Tungstam-Thermistoren angewendet. Die letzteren zwei Zahlen der Typnummer bedeuten den in Zimmertemperatur gemessenen Widerstand der Thermistoren in K. Ohm. Die einzelnen Mess-Ansätze wurden so eingestellt, dass auf den Thermistoren 1 m lange mit „Mipolan“ isolierte Koppelungsleitungen angebracht wurden. Bei Fernmessungen haben wir auch ein PVC Kabel mit 20 Ableitungen und einen Messpunktumschalter verwendet.

Den Widerstand unserer Thermistoren haben wir in Wheatstone-Brückenschaltung mit Nullkompensationsmethode gemessen. Unser Apparat war in tragbarer Ausführung auch für Feldversuche gebaut, mit welchem 40 Widerstandsmessungen in 15 Minuten abgelesen werden konnten. Der Messbereich unserer Brücke reicht von 100 Ohm bis 130 000 Ohm. Als Ablesegerät dient ein Galvanometer mit  $10^{-8}$  Empfindlichkeit und 100 Ohm innerem Widerstand. Die Messtrom-Intensität der Thermistoren war 200 micro Ampère.

Da wir uns von der Stabilität der 2 TH-10 Thermistoren noch nicht überzeugt haben, war es erforderlich, bei jeder Messung auch die Funktionen der Temperatur und des Widerstandes aufzuzeichnen. Zu diesem Zwecke dienten zwei Lineale. Das horizontale Lineal mit logarithmischer Einteilung diente zur Aufmessung der Widerstandswerte in Ohm und das senkrechte mit linearischer Einteilung zur Aufmessung der Temperaturwerte in C°. Dem Widerstand entsprechende Temperaturwerte waren aus der Funktionskurve ablesbar.

Die Thermistoren waren im Ultrathermostat geeicht. Auf Grund dieser Eichung wurden die Temperatur-Widerstandskurven festgestellt. In halblogarithmischer Darstellung sind die Funktionen nahezu linear. Im Jahre 1958 haben wir zwei vergleichende Versuche in fünf Parallelen mit Glasthermometern und Thermistoren eingestellt. Aus den Ergebnissen konnte festgestellt werden, dass bei starker Einstrahlung die Glasthermometer signifikant höhere Temperaturwerte zeigen als die Thermistoren. Der Unterschied erreichte manchmal auch 5 C°. Bei bedecktem Himmel zeigte sich kein signifikanter Unterschied. Nach unserer Meinung stammt dieser Unterschied aus Folgendem: der freistehende Teil der Glasthermometer erwärmt sich stark und ausserdem hat der Quecksilberhalter der Thermometer eine bestimmte Grösse und steht mit einer ziemlich grossen Bodenschicht im Kontakt. Bei Glasthermometer muss auch auf die Fadenkorrektur Rücksicht genommen werden.

Dagegen stehen bei den Thermistoren nur die schlecht wärmeleitenden Teile frei. Die Thermistoren messen an einem bestimmten kleinen Punkt die Bodentemperatur und haben keine Fadenkorrektur.

Abb. 1. 2 TH-10 Typ Thermistor. (1) Halbleiter, (2) Platinfaden, (3) Kupferdraht, (4) Glasrohr.

Abb. 2. Ausgerüstetes Thermistor, (1) Thermistor, (2) Lötunkte, (3) Mipolanrohr, (4) Serienzahl, (5) Stecker.

Abb. 3. Tragbare Wheatstone-brücke mit Thermistor und Galvanometer.

Abb. 4. Bodenthermometer und Thermistor im Boden.

Abb. 5. Bodenthermometer und Thermistor in vergleichendem Versuch an einem sonnigen Tag (linkes Diagramm). Links: die Temperatur-Einteilung in C°, rechts unten: Wolkendecke in Zehnteln ausgedrückt. Der schmale Strich zeigt die Thermometerwerte, der breite Strich die Thermistorwerte. Versuche bei bedecktem Himmel (rechtes Diagramm).

Tabelle 1. Die Sicherheit der Unterschiede zwischen Thermistor- und Thermometerwerten (t-Zahl).