

Studio di validità su schermi solari a basso costo per il campionamento di variabili termo-igrometriche

Validation Analysis about Low-cost Solar Radiation Shields for sampling of thermo-hygrometric variables

TH.D.T. – Thermo-Hygrometric Double Tube (Aspirated Solar Radiation Shields)

Autore: Egidio Zaccaria – *Email:* zac1789@alice.it – *Website:* <http://mirbellameteo.altervista.org>

Sintesi: lo studio presentato in seguito verte, sostanzialmente, su tre ambiti di lavoro.

- **Individuazione di studi antecedenti**
- **Simulazioni di laboratorio**
- **Campionamento ed analisi**

Lo schermo solare utilizzato come riferimento è il **Davis 7755** (Fan Aspirated 24H) mentre i sensori sono due Thermo-Logger IButton **DS1922L** (MAXIM-IC) calibrati su dispositivi con certificazione tracciabile NIST (vedi allegato). Le simulazioni di laboratorio hanno avuto come scopo l'accertamento della presunta linearità indicata nelle specifiche. La sede del campionamento in situ è Mirabella Eclano (AV) – Italia. La strumentazione è stata posizionata su suolo erboso a 200 cm di altezza.

Summary: the study presented below deals mainly on three areas of work.

- **Identification of prior studies**
- **Laboratory simulations**
- **Sampling and analysis**

The solar shields used as reference is the **Davis 7755** (Fan aspirated 24H), while the sensors are two Thermo Logger IButton **DS1922L** (MAXIM-IC) calibrated on devices with NIST traceable certification (see attachments). The purpose of the the laboratory simulations was to verify the presumed linearity indicated in specifications. The headquarters of the situ sampling is Mirabella Eclano (AV) - Italy. The instrumentation was placed on grassy soil at 200 cm in height.

Introduzione

La misurazione della temperatura è una delle operazioni più frequenti in ambito scientifico, in studi di climatologia, idrologia e agronomia. Specialmente su territori, morfologicamente complessi, è auspicabile poter ottenere la distribuzione spaziale di questa variabile (reti di rilevamento locale o nazionale) contenendone i costi di installazione.

Campionare in aria libera richiede l'adozione di una corretta schermatura per minimizzare l'errore derivante dalla radiazione solare e irraggiamento notturno. La radiazione a onde lunghe (radiazione infrarossa) governa i bilanci di energia durante la notte ma l'errore tende ad essere insignificante e comunque proporzionale all'intensità della ventilazione naturale. (Hortscience Vol. 42, 2007).

Introduction

Temperature is one of the most frequently measured variables in science, in studies of climatology, hydrology and agronomy. Especially on lands, morphologically complex, it is desirable to obtain the spatial distribution of this variable (local or national network) limiting the cost of installation.

Free air sampling requires the adoption of proper shielding to minimize the error resulting from solar radiation and irradiation at night. The longwave radiation (infrared radiation) governs the balance of energy during the night but the error tends to be insignificant and in proportion to the intensity of natural ventilation. (HortScience Vol 42, 2007).

Il bilancio energetico di una schermatura durante le ore diurne è regolato dalla radiazione a onde corte in arrivo (solare) che si manifesta come trasferimento di energia per convezione (Lin et al., 2001a). Gli schermi a ventilazione naturale (passivi) non possono bloccare completamente la radiazione solare senza ostacolare la ventilazione.

Gli errori nella misurazione della temperatura sono inversamente proporzionali alla velocità con la quale il vento attraversa lo schermo (velocità minore perché comunque ostacolata dalla struttura dello schermo). Usare una schermatura a ventilazione forzata consente di riequilibrare gli effetti della convezione indipendentemente dalla velocità naturale del vento. (Hortscience Vol 42, 2007).

Alcuni studi, condotti da aziende che commercializzano prodotti per la meteorologia, mostrano con coerenza quanto affermato in precedenza.

La Davis Instruments, nel 1999, ha condotto alcuni test in California per verificare le prestazioni delle proprie schermature. Nel grafico riportato in seguito sono molto evidenti gli errori di stima in due schermi passivi: Davis 7714 e RM Young 41002 prendendo come riferimento RM Young 43408 (a ventilazione forzata).

The daytime energy balance of a shield is dominated by incoming shortwave (solar) radiation and outgoing convective heat transfer (Lin et al., 2001a). Passively ventilated radiation shields cannot completely block solar radiation without simultaneously impeding air flow.

Errors in the measurement of air temperature are inversely proportional to air speed in the shield (lower speeds, however, because hampered by the structure of the shields). Use a shield with forced ventilation allows you to balance the effects of convection regardless of the speed of natural wind. (HortScience Vol 42, 2007).

Some studies, conducted by companies that sell products for meteorology, show consistency with the above.

The Davis Instruments, on 1999, has conducted some tests in California to verify the performance of their shields. In the following graph are very obvious errors in estimating liabilities in two passively ventilation shields: 7714 Davis and RM Young 41002 (RM Young 43408 as reference).

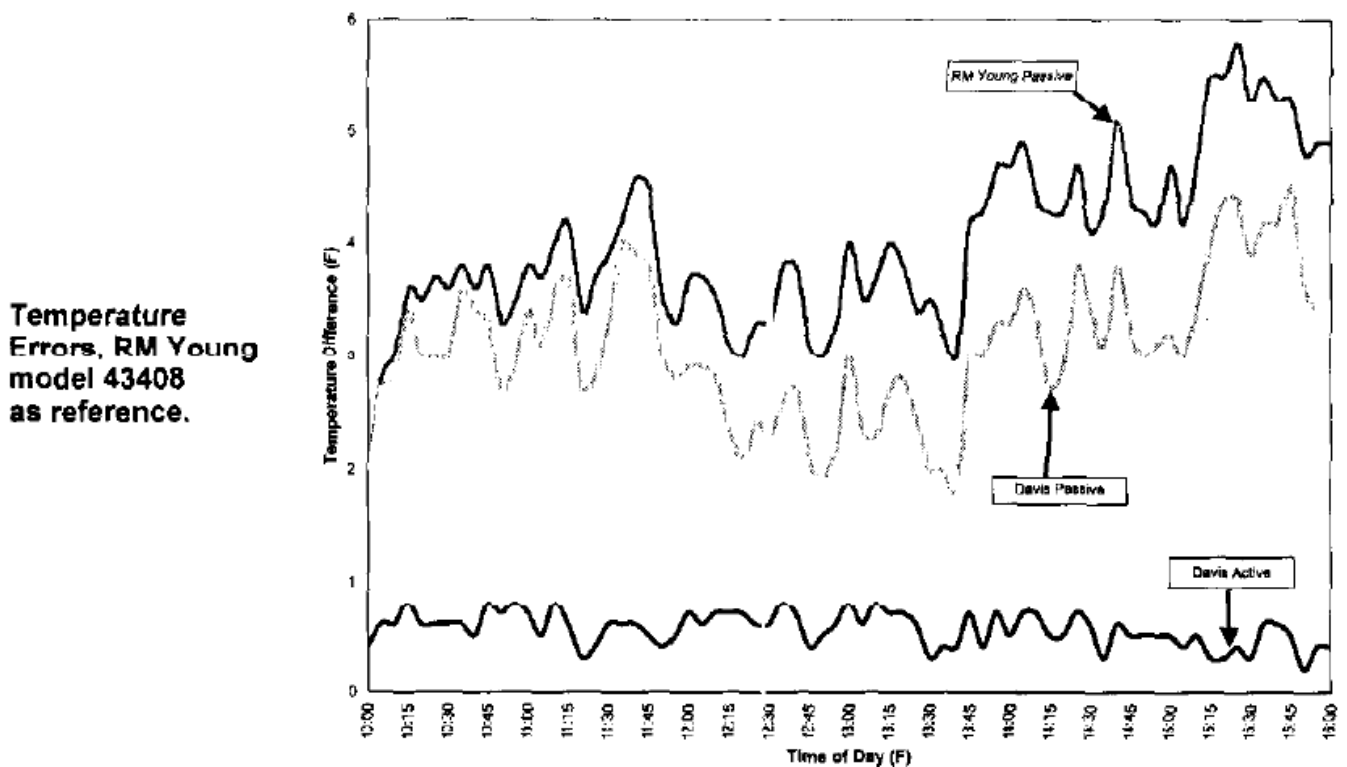


Figure 1: WIND: The maximum recorded instantaneous wind speed during the test was 4mph (1.8 m/s)

INSOLATION: between 800 and 1050 W/m²

Metodi

Valutazione sui sensori

Come preannunciato nel sommario, i sensori utilizzati appartengono alla grande famiglia degli IButton, prodotti e commercializzati dalla Maxim-IC.

I DS1922L sono dei termologger capaci di campionare ed archiviare i dati rilevati. La frequenza massima di campionamento è di 1s; risoluzione a 0.0625 °C

Vengono accompagnati da certificati di validazione rilasciati sulla base di procedure di comparazione con strumentazione certificata NIST.

Nonostante l'accuratezza dichiarata di $\pm 0.5^\circ\text{C}$ e tutte le certificazioni del caso, per indagini di questo tipo, il parametro statistico dell'accuratezza è del tutto insignificante. Ben più importante è l'accertamento che il grado di accuratezza risulti costante a vari livelli di temperatura ma soprattutto nel range operativo di campionamento sul campo.

Per questo scopo è utile simulare, in camere ventilate, incrementi di temperatura per valutare la risposta dei sensori.

La linearità delle differenze, a livello strumentale, è fondamentale per individuare quelle che poi saranno le effettive performance delle schermature.

Nel grafico riportato, il tratto lineare rappresenta la curva termica simulata mentre i punti riportano le differenze simultanee tra i due sensori utilizzati.

Le temperature sono state campionate ogni 20 secondi. Il range simulato va da 20 a 40°C

Methods

Sensor assessment

As stated in the summary, the sensors are in the great family of IButton, produced and marketed by Maxim-IC.

DS1922L are thermologgers able to sample and store data. The maximum frequency of sampling is 1s; resolution at 0.0625 °C

DS1922L are provided with certificates of validation issued on the basis of procedures for comparison with NIST-certified instruments.

Despite the stated accuracy of $\pm 0.5^\circ\text{C}$ and all the certifications necessary, for investigations of this type, the statistical parameter of accuracy is quite insignificant. Much more important is the finding that the degree of accuracy is constant at different temperature levels but especially in the operating range of sampling in the field.

For this purpose it is useful to simulate, in ventilated rooms, increase of temperature to evaluate the response of sensors.

The linearity of the differences, instrumental, it is essential to identify those who will be the performance of the shields.

In the graph below, the linear stretch is the thermal simulated curve and points show simultaneous differences between the two sensors.

Temperatures were sampled every 20 seconds. The simulated range is from 20 to 40 °C

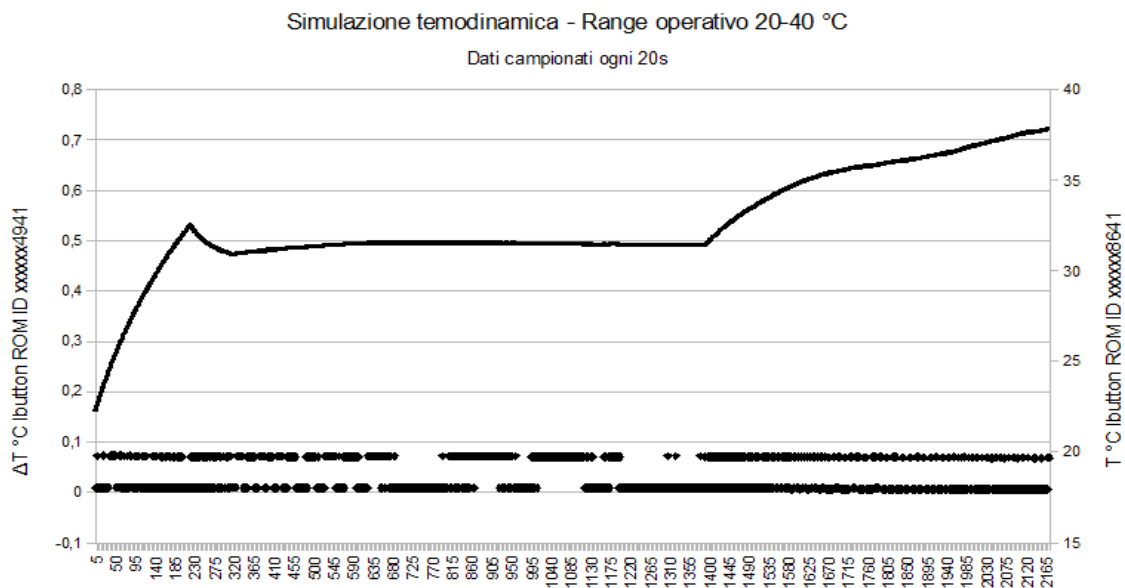


Figure 2: Simulated thermal positive trend. The rates of increase are different in the two sections but the differences between the two sensors are constants. More than 2000 measurements

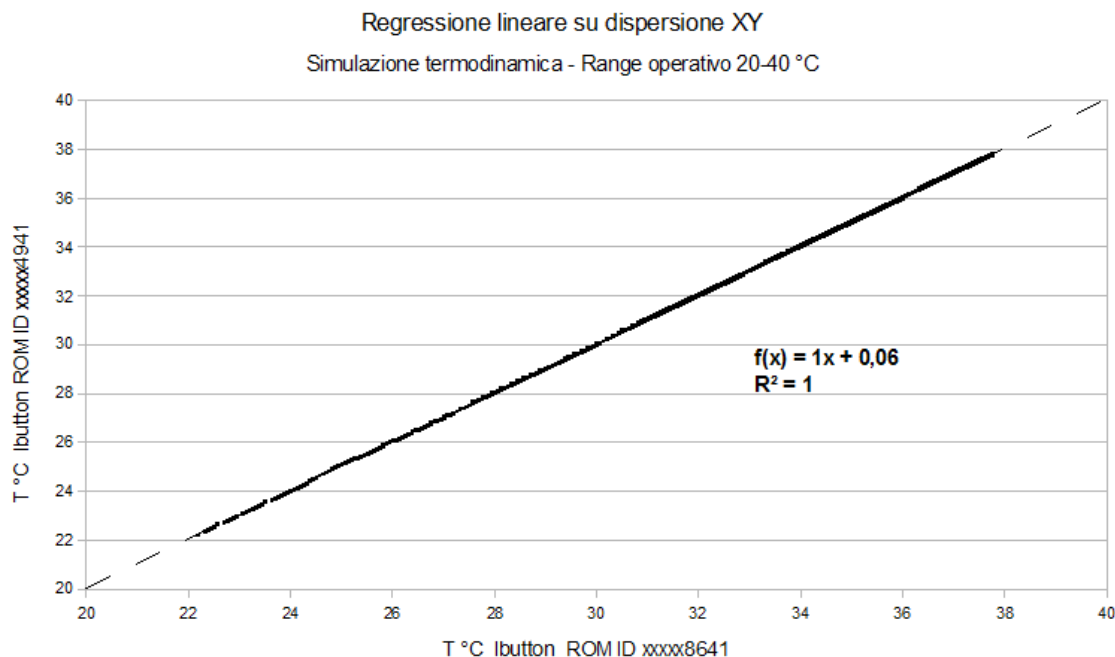


Figure 3: Linear regression on the sample temperature during the simulation. The slope ($m = 1$) indicates the absolute correctness of the two sensors. The y-intercepts ($c = 0.06$) represents the standard error of the sensor with ROM ID xxxxx4941. More than 2000 measurements

Campionamento ed analisi

Le sede del test è in Mirabella Eclano (AV) - Italia a 323 metri s.l.m., ove è già presente una postazione stabile di campionamento.

La strumentazione del test è stata posizionata su terreno erboso a 200 cm di altezza. La postazione è soleggiata dall'alba al tramonto senza alcuna interferenza di edifici o vegetazione.

La schermatura di riferimento è il Davis 7555. Le specifiche dello schermo sono allegate a questo lavoro.

I dati campionati si riferiscono al 24 e 26 maggio 2009. Giornate caratterizzate da cielo totalmente sereno dall'alba al tramonto con escursione termica superiore ai 15°C, temperature massime superiori ai 30°C e ventilazione naturale media piuttosto bassa nelle prime ore diurne.

I dati hanno una frequenza di campionamento di 20 secondi. In sede di analisi sono stati mediati a 5 minuti e rappresentati su grafico con un 10 punti di smorzamento.

L'intervallo di rilevamento analizzato va dalle 1.00 alle 19.30 per entrambe le giornate (Ora legale su Roma)

Per dimostrare la regolarità dei sensori, il loro posizionamento è stato invertito nei lavori della seconda giornata.

Sampling and analysis

The location of the test is in Mirabella Eclano (AV) - Italy at 323 meters above sea level, where there is already a stable location of sampling.

The instrumentation of the test was placed on grassland to 200 cm in height. The location is sunny from sunrise to sunset without any interference from buildings or vegetation.

The shield as reference is the Davis 7555. The specifications of the shields is attached to this work.

The data refer to 24 and 26 May 2009. Days with totally clear sky from sunrise to sunset with fluctuations in temperature over 15°C, maximum temperatures above 30°C and average natural ventilation rather low in the early daylight hours.

The data have a sampling rate of 20 seconds. In the analysis were averaged to 5 minutes, and represented on a graph with 10 points smoothing.

The sample interval analyzed starts at 1.00 and ends at 19.30 (Rome - Legal Time) on both days.

To prove the regularity of the sensors, their positioning was reversed in the work of the second day.

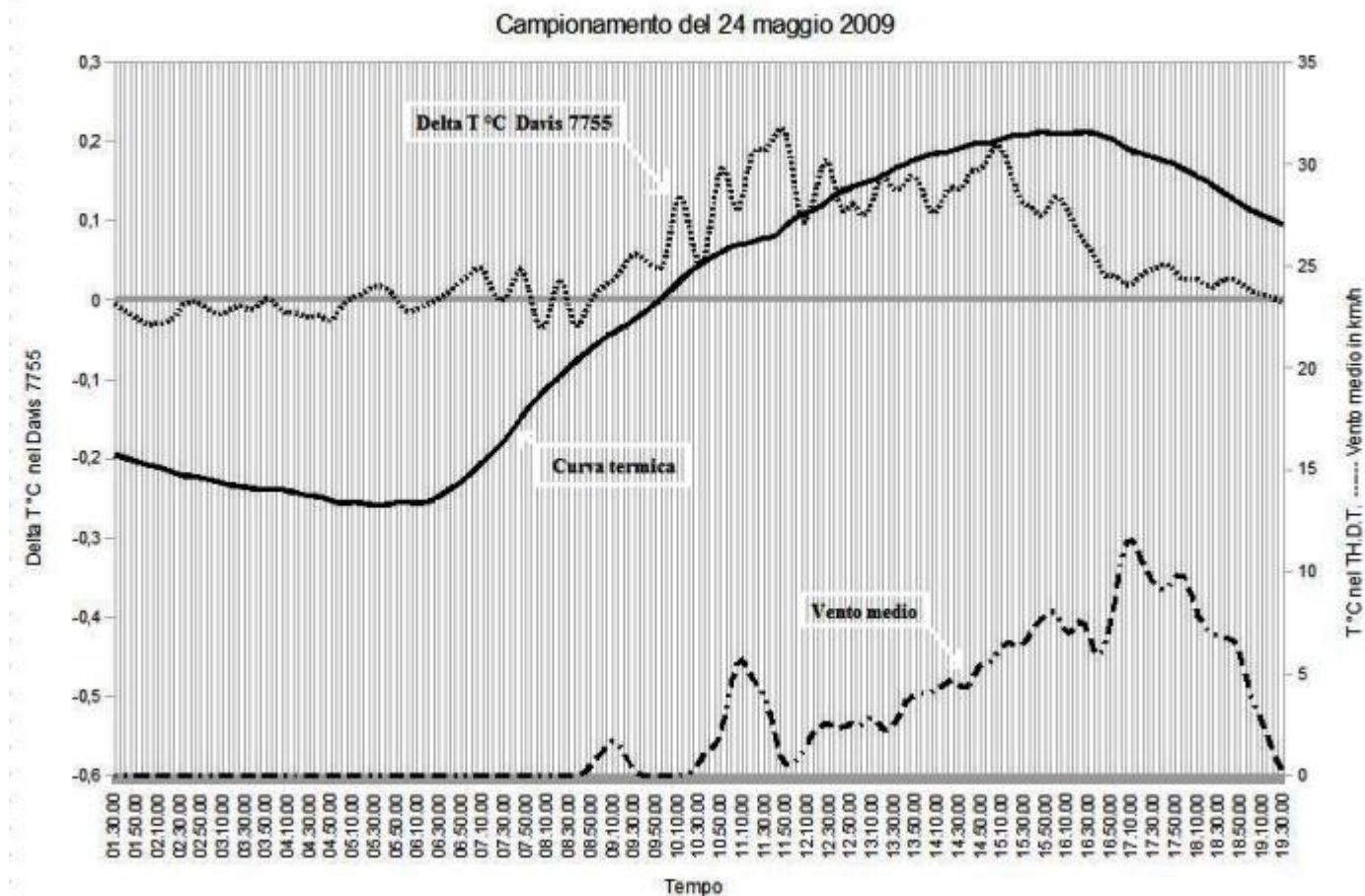


Figure 4: Sampling of 24 May 2009. There are the average wind data, temperature and delta T°C in Davis 7755. Day characterized by low natural ventilation.

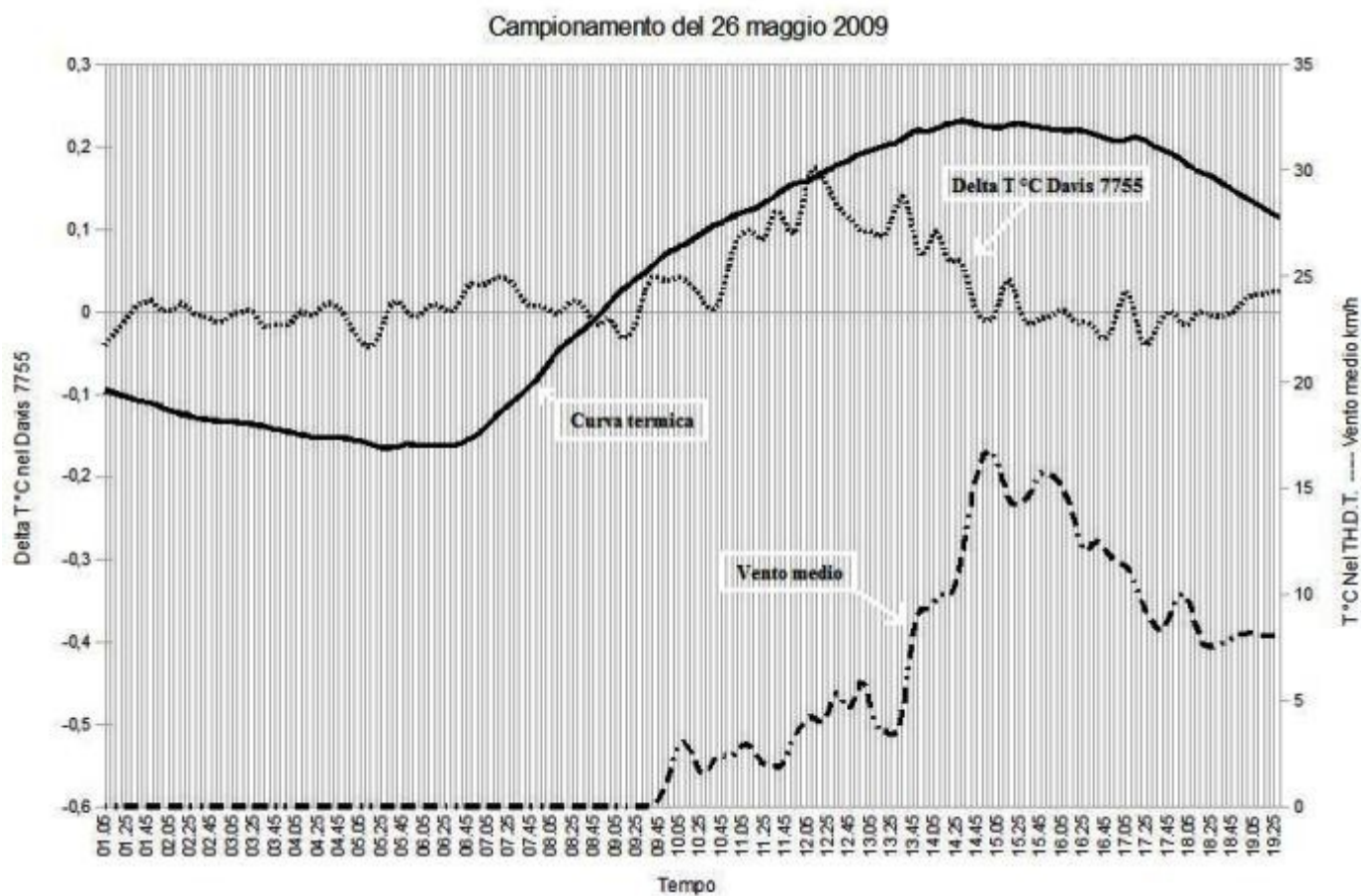


Figure 5: Sampling of 26 May 2009. There are the average wind data, temperature and delta T°C in Davis 7755. Day characterized by low natural ventilation during the first hours sunny

Conclusioni

Come già detto nell'introduzione, gli errori più significativi, derivanti dalla qualità di uno schermo solare, si evidenziano in regime di forte radiazione solare e bassa ventilazione.

Le verifiche in questo lavoro accertano l'assoluta affidabilità del TH.D.T. in simili condizioni; nei due giorni di campionamento, in presenza di forte soleggiamento e bassa ventilazione, il ΔT °C all'interno del Davis 7755 risulta essere sempre positivo (max +0.2°C).

Soprattutto nel campionamento del 26 maggio è possibile notare che, l'aumento della ventilazione naturale, induca una sostanziale uguaglianza nella stima delle temperature all'interno delle due schermature.

Il basso costo di produzione, associato alla possibilità di alloggiamento della maggior parte dei sensori presenti sul mercato, indicano il TH.D.T. come la soluzione migliore per la stima delle temperature in postazioni di campionamento amatoriale ove sia disponibile una fonte di energia sufficiente associata alle caratteristiche tecniche dello schermo.

Conclusions

As mentioned in the introduction, the most significant errors, arising from the performance of a solar shield, are under strong solar radiation and low ventilation.

Tests of this work ensure the absolute reliability of TH.D.T. in similar conditions, in two days of sampling, in the presence of strong sunshine and low ventilation, the ΔT °C in the 7755 Davis is always positive (+0.2 °C max).

Especially in the sampling of 26 May, you may notice that, the increase in natural ventilation, induces a substantial equality in the estimation of temperatures in the two shields.

The low cost of production and the ability to housing many of the sensors currently produced, indicate the TH.D.T. as the best solution for the estimation of temperatures for amateur stations where there is a sufficient source of energy associated with the technical characteristics of the shields.



Figure 5: TH.D.T. (left) and Davis 7755 (right) during sampling

Riferimenti

Low-cost Shielding to Minimize Radiation Errors of Temperature Sensors in the Field
HORTSCIENCE 42(6):1372–1379. 2007.

A study of radiation shield effectiveness.
DAVIS INSTRUMENTS, 1999

Allegati

[Specifiche tecniche DAVIS 7755](#)
[Certificato IButton](#)

References

Low-cost Shielding to Minimize Radiation Errors of Temperature Sensors in the Field
HORTSCIENCE 42(6):1372–1379. 2007.

A study of radiation shield effectiveness.
DAVIS INSTRUMENTS, 1999

Attachments

[Datasheet DAVIS 7755](#)
[IButton Certificate](#)