



## **I dati utilizzati**

### **La serie termometrica 1993-2008 dell'ARPAV**

*Dr. Francesco Rech, Paolo Meneghin*

*Centro Meteorologico di Teolo (PD)  
ARPAV, Dipartimento Regionale Sicurezza del Territorio*



#### La misura della variabile temperatura aria a 2 m dal suolo

I dati giornalieri di temperatura massima minima e media sono derivati da misure effettuate da stazioni meteorologiche automatiche ogni 15 minuti (dato istantaneo di temperatura rilevato al 15 minuto di ciascun intervallo d'acquisizione).

I 4 dati rilevati ogni ora vengono utilizzati per calcolare i valori di temperatura minima media e massima oraria; tali dati sono considerati validi solo se è presente il 75% dei contribuenti (3 dati su 4)

I 96 dati rilevati nelle 24 ore vengono utilizzati per calcolare i valori di temperatura minima, media e massima giornaliera; tali dati sono considerati validi solo se è presente il 75% dei contribuenti (72 dati su 96).

Si sottolinea in particolare che:

- la temperatura media giornaliera è la **media delle 96 misure** effettuate nelle 24 ore e non la semplice semisomma degli estremi giornalieri (t.minima + t. massima)/2
- l'orario e la data attribuiti ai dati **sono sempre riferiti all'ora solare.**

#### Gli strumenti di misura della temperatura aria

I sensori termometrici in dotazione alle stazioni meteorologiche automatiche sono termistori linearizzati ovvero resistenze a semiconduttore costituite da materiali ad elevato coefficiente termico positivo (PTC) o negativo (NTC), per i quali il valore della resistenza varia sensibilmente al variare della temperatura.

Le caratteristiche fornite dalla ditta assemblatrice (MTX Italia S.r.l.) sono le seguenti:

Tipo sensore	<b>Termistore lineare di precisione</b>
Principio di funzionamento	<i>Variazione di resistenza</i>
Range di misura standard	$(- 30) \div (+ 50) \text{ }^{\circ}\text{C}$ <i>oppure <math>(- 50) \div (+ 50) \text{ }^{\circ}\text{C}</math> per stazioni in alta quota</i>
Errore di quantizzazione	$0,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Non- linearità	<i>entro <math>0,1 \text{ }^{\circ}\text{C}</math></i>
Costante di tempo	<i>&lt; 15 secondi (63 % della variazione)</i>
Precisione	$\pm 0,15 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Uscita elettrica	<i>Variazione di resistenza su 2 fili</i>
Dimensioni (gruppo completo)	<i>Altezza 275 mm - Diametro 170 mm</i>
Peso	$0,6 \text{ Kg}$

**L'incertezza della misura dei valori di temperatura**, stimata sull'intera catena metrologica, è di  **$\pm 0,52 \text{ }^{\circ}\text{C}$** .

### La stazione meteorologica

Il sensore temperatura aria è installato:

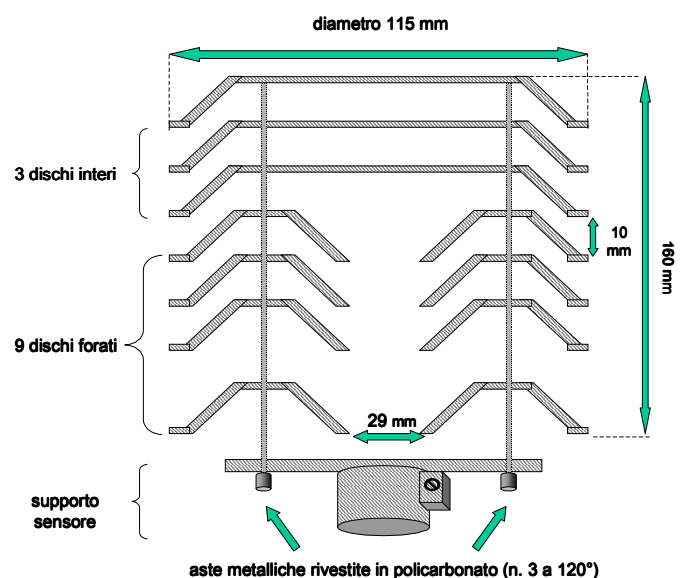
a 2 m dal suolo, su terreno naturale costituita ove possibile da cotica erbosa periodicamente tagliata; all'interno di uno schermo antiradiante in polycarbonato dotato di 12 alettature che consentono la ventilazione naturale del sensore.

Lo schermo è:

- di colore bianco
- di 115 mm di diametro e 160 mm di altezza
- del peso di 500 g
- spessore anelli 2 mm

Tale schermo serve ad impedire l'esposizione diretta dello strumento alla radiazione solare ed alla precipitazione in modo tale che venga misurata la temperatura dell'aria e non la temperatura dello strumento riscaldato dalla radiazione solare.

### **SEZIONE DELLO SCHERMO ANTIRADIANTE A VENTILAZIONE NATURALE**



Si segnala che prima dell'anno 2002 i sensori di temperatura erano alloggiati all'interno di uno schermo antiradiante in alluminio di colore bianco a 5 alettature.

Schermo antiradiante in uso prima del 2002	Schermo antiradiante in uso dal 2002
<p>A photograph of the old anti-radiation screen, which is a white, cylindrical device with five horizontal louvers. It is mounted on a metal pole. The background shows a green field and trees.</p>	<p>A photograph of the new anti-radiation screen, which is a white, cylindrical device with twelve horizontal louvers. It is mounted on a metal pole. The background shows a clear sky and a white building.</p>

Particolare cura è stata posta nella scelta dei siti delle stazioni meteorologiche ricercando la rispondenza alle indicazioni riportate dal W.M.O. n. 8 "Guide to meteorological instruments and methods of observation" anche se con il trascorrere degli anni risulta difficile mantenere invariate le condizioni del sito.

In particolare le stazioni di misura devono essere collocate in luoghi aperti, su terreno pianeggiante, lontano da edifici, alberature od ostacoli in grado di interferire con le misurazioni, in siti rappresentativi del territorio circostante, evitando installazioni su tetti o terrazzi di edifici.

#### L'acquisizione il controllo e l'archiviazione dei dati

I processi di acquisizione-trattamento dei dati e di manutenzione-taratura sensori sono organizzati da diversi anni con sistema di gestione certificato UNI EN ISO 9001-2000. In particolare i termometri sono tarati una volta l'anno (o a seguito di ogni sostituzione), su 5 valori di temperatura, mediante confronto con strumento di precisione certificato S.I.T.. Il processo di validazione dati viene svolto ogni giorno lavorativo da un gruppo di tecnici che si avvalgono di procedure automatiche di segnalazione dei dati aberranti o sospetti che operano sulla base dei seguenti principi generali:

Range e formato dei dati	I dati pervenuti devono rientrare nel range di misura dello strumento e devono rispondere ai requisiti formali (struttura dati, congruità data, presenza codici identificativi appropriati) che ne consentano l'univoco riconoscimento
Consistenza assoluta dei dati	Per ciascun mese dell'anno vengono definiti dei valori di soglia (calcolando, sulla base dei dati pregressi, il 10° e il 90° percentile). Le misure non rientranti in tale range vengono segnalate come sospette
Consistenza relativa dei dati	I dati di variabili diverse rilevate dalla stazione devono presentare andamenti correlati (es. incremento di temperatura spesso è correlato a decremento di U.R.% o sensori collocati ad altezze dal suolo diverse devono avere andamenti congruenti). Andamenti anomali vengono segnalati come sospetti
Consistenza temporale dei dati	Vengono confrontati tra loro i dati di una sequenza analizzando e segnalando: <u>persistenza dati</u> : il dato rimane sempre uguale a se stesso per più di n. rilevazioni; <u>confronto temporale</u> : vengono confrontate tra loro brevi serie di dati e segnalate le variazioni superiori ad un valore prefissato; <u>ciclicità giornaliera</u> : vengono analizzate serie di dati giornalieri e segnalate le variazioni superiori ad un valore prefissato di escursione o l'anomalie negli andamenti giornalieri
Consistenza spaziale dei dati	Vengono confrontati tra loro misure della stessa variabile effettuate da stazioni vicine segnalando come sospette le situazioni caratterizzata da rilevanti differenze.

Ciascuna segnalazione di dati sospetti avvia un processo manuale di controllo dati. Solo il superamento dei valori di Range strumentale o il non riconoscimento della struttura formale dei dati comporta l'invalidazione automatica degli stessi.

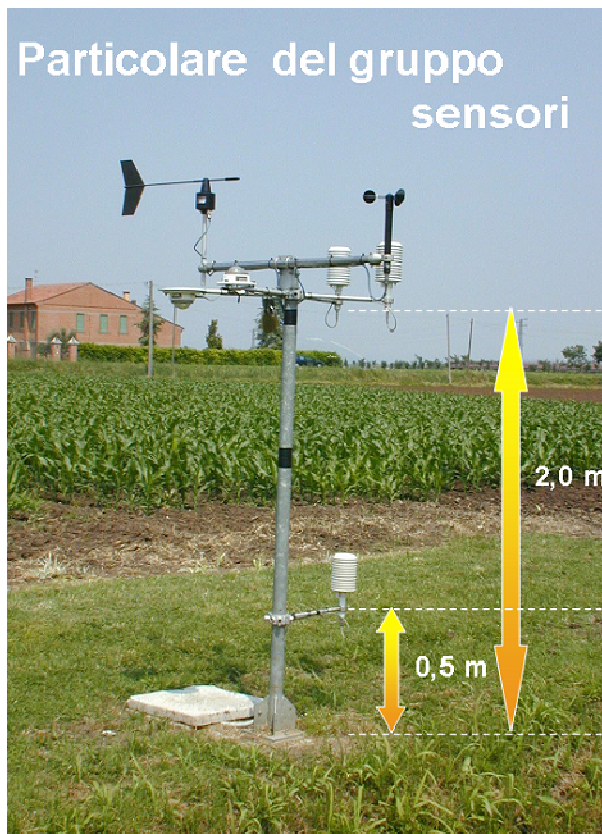
**Fig. 1 e 2** - Stazione agrometeorologica automatica di Montagnana



Settimanalmente si effettua un controllo dei dati avvalendosi di varie tipologie di grafici; tale analisi consente di valutare gli andamenti delle variabili meteorologiche su base plurigiornaliera al fine di evidenziare eventuali derive strumentali.

Il riscontro di anomalie di funzionamento comporta l'annullamento di tali dati e l'attivazione di processi di controllo manutentivo della relativa stazione meteorologica.

Le misure trasmesse via radio dalle stazioni meteorologiche vengono archiviate, sia prima che dopo il processo di validazione, in una banca dati relazionale operante con sistema Oracle denominata SIRAV (Sistema Informativo Regionale Ambientale del Veneto) accessibile tramite rete intranet ARPAV a tutte le strutture operative dell'Agenzia.



### Evoluzione strutturale e funzionale della rete di monitoraggio regionale

La rete di stazioni meteorologiche automatiche in teletrasmissione nasceva, per volontà della Regione Veneto, alla metà degli anni 80, finalizzata al monitoraggio degli afflussi e deflussi nel Bacino del Cordevole (BL) e poi più in generale del Piave e quindi dell'intera Provincia di Belluno, in quanto area idrogeologicamente più delicata della regione.

L'importanza delle attività del settore primario nell'economia regionale e la percezione del loro impatto sull'ambiente spingevano gli organi Regionali, all'inizio degli anni 90, a favorire la creazione di una specifica struttura denominata Dipartimento Regionale per l'Agrometeorologia, che avvalendosi di fondi nazionali e comunitari procedeva, all'estensione dell'azione di monitoraggio e supporto agrometeorologico all'intero territorio regionale. In tale contesto soprattutto tra il 1991 ed 1993 si procedeva all'installazione di una rete di stazioni agrometeorologiche in grado garantire il monitoraggio dell'intero territorio Regionale con discreto dettaglio spaziale.

Alla fine degli anni 90 i Servizi Meteorologici regionali venivano trasferiti dalla Regione alla neo-costituita ARPAV (Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale) mantenendo inalterate le primitive funzioni ma acquisendo anche una nuova sensibilità per le problematiche dell'inquinamento e igiene ambientale soprattutto per quanto attiene le relazioni tra stato del tempo atmosferico e la qualità dell'aria e delle acque.

Negli ultimi anni:

- si concretizza un processo, avviato dalla Legge 15 Marzo 1997, n. 59, di decentramento di competenze dallo Stato alle Regioni che interessa i campi della meteorologia, climatologia, idrografia ed idrologia e che vede il trasferimento alla Regione ed in particolare all'ARPAV, di personale, strumentazioni e competenze dell'Ufficio Idrografico di Venezia (ente prima del Magistrato alle Acque di Venezia poi del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale)
- a seguito della Direttiva P.C.M. del 27 febbraio 2004 viene istituito il Centro Funzionale Decentrato che è la struttura regionale deputata alla gestione delle allerte nel territorio regionale di concerto con il Dipartimento Nazionale di Protezione Civile, la Regione e le Province, tale struttura vede un pesante coinvolgimento dell'ARPAV.
- L'ARPAV, in un processo di razionalizzazione, istituisce al proprio interno il Dipartimento Regionale per la Sicurezza del Territorio, ente che, accorpando vari uffici in un sistema integrato, deve garantire l'azione di monitoraggio e previsione in ambito meteorologico, idrologico ed idraulico, nivologico, agrometeorologico e climatologico.

I passaggi sopra delineati hanno comportato effetti strutturali rilevanti sulla rete di stazioni di monitoraggio che ha subito un incremento nel numero di punti di monitoraggio (nel tentativo di garantire la copertura integrale del territorio regionale), nel numero di variabili ambientali monitorate (aggiungendo, ai classici sensori meteorologici, sensori agrometeorologici, idrometrici, piezometrici, nivometrici), nei ritmi di acquisizione ed elaborazione dati (passando da una gestione dati in tempo differito ad una gestione dati progressivamente sempre più in tempo reale)

Anche grazie alle possibilità offerte da internet in tale processo evolutivo si è sempre più estrinsecato il concetto di funzionalità multiuso dei sistemi di monitoraggio.

Da ultimo si fa rilevare che la rete di monitoraggio agro-idro-nivometeorologico della regione Veneto non costituisce un apparato a sé ma è parte di un complesso sistema integrato di monitoraggio, analisi e previsione che utilizza satelliti meteorologici, radar meteorologici, profilatori verticali e radiometri, informazioni modellistiche di vario tipo per supportare adeguatamente i processi decisionali di gestione del territorio anche in situazioni di emergenza.



### L'incertezza della misura dei valori di temperatura

L'Incertezza di misura viene definita dalla norma UNI CEI ENV 13005 "Guida per il calcolo dell'incertezza di misura" come il valore, associato al risultato di una misurazione, che caratterizza la dispersione dei valori ragionevolmente attribuibili al misurando (ovvero alla variabile oggetto della misura).

Qualsiasi misura è pertanto definita da un numero, un'incertezza, un'unità di misura.

Per la stima dell'incertezza della misura di temperatura dell'aria a 2 m dal suolo, sono stati analizzati tutti i fattori che concorrono alla determinazione della misura al fine di valutare l'origine di eventuali errori (fonti d'incertezza) in ogni fase del processo di acquisizione del dato procedendo alla loro quantificazione.

#### 1) Tolleranza ammessa in sede di taratura dei sensori $\pm 0.4\text{ }^{\circ}\text{C}$

La taratura dei sensori viene effettuata almeno 1 volta l'anno su 5 valori di temperatura raggiunti mediante l'utilizzo di un bagno termostatico effettuando un confronto tra il valore misurato dallo strumento oggetto di controllo ed il valore misurato da uno strumento campione certificato SIT avente elevate caratteristiche di precisione.

Vengono utilizzati i seguenti punti di verifica  $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$

La tolleranza ammessa per ciascun punto di verifica è di  $\pm 0.4\text{ }^{\circ}\text{C}$  gli strumenti che anche in un solo punto non rispettano tale tolleranza sono eliminati.

#### 2) Tolleranza ammessa in sede di taratura delle interfacce sensore-stazione $\pm 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$

Per interfaccia si intende l'apparato elettronico e di collegamento che trasforma e trasferisce il segnale analogico (resistenza) in digitale; l'interfaccia viene tarata almeno 1 volta all'anno applicando tre resistenze di valore noto ( $100.00\text{ K}\Omega$ ,  $42.00\text{ K}\Omega$ ,  $19.101\text{ K}\Omega$ ) e verificando il relativo valore di temperatura rilevato dalla stazione meteorologica ( $-24.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $0.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $+28.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ )

La tolleranza ammessa per ciascun punto di verifica è di  $\pm 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$

Le resistenze campione sono a loro volta tarate mediante l'impiego di un multimetro di precisione certificato SIT.

#### 3) Errore di quantizzazione (digit) $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$

Essendo i dati di temperatura archiviati con la risoluzione del decimo di  $^{\circ}\text{C}$  si commette un errore di arrotondamento dell'ordine di  $\pm 0.05\text{ }^{\circ}\text{C}$

Non sono considerate, in quanto di effetto irrilevante, le tolleranze del termometro campione ( $\pm 0.01\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) e del multimetro di precisione ( $\pm 0.1\Omega$ ).

Le suddette componenti dell'incertezza possono, in base alla norma UNI CEI ENV 13005, essere definite di categoria B (ovvero non derivano dall'analisi di una serie di osservazioni ripetute ma sono ricavate da dati già esistenti).

L'incertezza  $u_i$  (scarto tipo) di ciascuna fonte di categoria B viene calcolata con la seguente relazione:

$$u_i = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{2 * \sqrt{3}}$$

Dove ( $X_{\max} - X_{\min}$ ) è l'intervallo di tolleranza (es.  $(+0.4 - -0.4) = 0.8$ )

$$u_1 = \left( \frac{\pm 0,4}{2 * \sqrt{3}} \right) = \mathbf{0,2309}$$

$$u_2 = \left( \frac{\pm 0,2}{2 * \sqrt{3}} \right) = \mathbf{0,1154}$$

$$u_3 = \left( \frac{\pm 0,05}{2 * \sqrt{3}} \right) = \mathbf{0,0288}$$

Incertezza composta è data dalla relazione:

$$u_C = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} = \mathbf{0,259}$$

Incertezza estesa con grado di confidenza del 95%

$$\mathbf{U = 2 \quad u_C = 0.519}$$

**L'incertezza della misura dei valori di temperatura**, stimata sull'intera catena metrologica, è di

$$\mathbf{\pm 0,52 \text{ } ^\circ\text{C.}}$$