

Corso di formazione COMPETENZE AVANZATE IN LOGISTICA: MICROCLIMA

INAIL

ISTITUTO NAZIONALE PER L'ASSICURAZIONE
CONTRO GLI INFORTUNI SUL LAVORO

La strumentazione e le misure delle grandezze fisiche ambientali

ing. Simona Del Ferraro

INAIL - Dipartimento di Medicina, Epidemiologia, Igiene del Lavoro ed Ambientale (DiMEILA)

Laboratorio di Ergonomia e Fisiologia

2 dicembre 2025

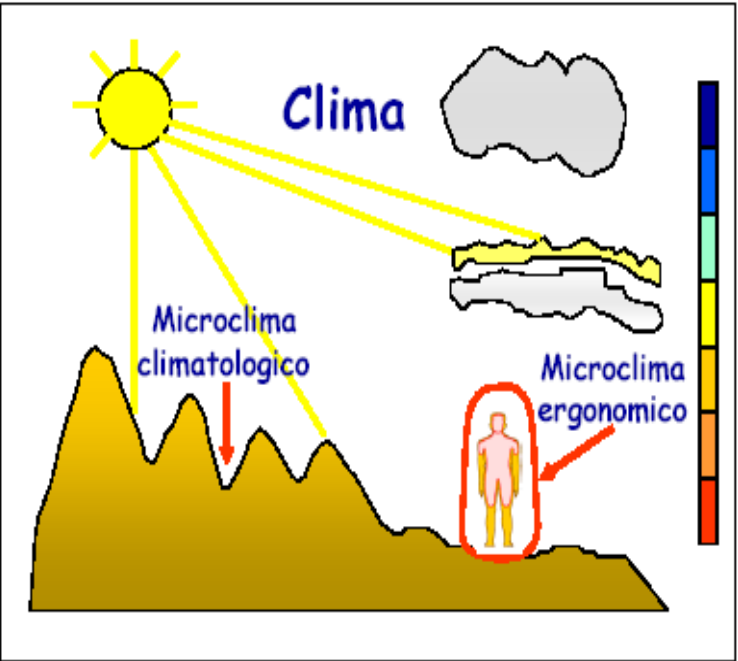
Corso di formazione

**“COMPETENZE AVANZATE IN LOGISTICA:
MICROCLIMA”****1° e 2 dicembre 2025****Lunedì 1° dicembre 2025****09,00-09,30 Inquadramento normativo del rischio microclimatica***Iole Pinto, Portale Agenti Fisici e Andrea Bogi, Azienda USL Toscana Sud-Est***09,30-10,30 Fisiopatologia della termoregolazione in ambienti caldi e freddi, conseguenze sulla salute e cenni di sorveglianza sanitaria***Vincenzo Molinaro, INAIL***10,30-11,30 Indicatori di comfort termico e del rischio da esposizione ad ambienti caldi e freddi***Simona Del Ferraro, INAIL***11,30-12,30 Le indicazioni operative per la prevenzione del rischio “microclima”: valutazione e misure di prevenzione***Iole Pinto e Andrea Bogi, Portale Agenti Fisici***12,30-13,00 Nota di indirizzo su calore e radiazione solare del GTI***Sandra Bernardelli, AUSL Bologna***Martedì 2 dicembre 2025****09,00-09,30 La strumentazione e le misure delle grandezze fisiche ambientali***Simona Del Ferraro, INAIL***09,30-10,30 Strumenti e procedure presenti sul Portale Agenti Fisici***Francesco Picciolo, Università degli Studi di Siena***10,30-11,30 Gli strumenti del Portale Workclimate e la loro applicazione a casi studio di valutazioni outdoor***Michela Bonafede, INAIL***11,30-12,30 Casi studio e valutazioni indoor***Nicola Stacchini e Andrea Bogi, Azienda USL Toscana Sud-Est***12,30-13,00 Tavola rotonda**

Le grandezze fisiche ambientali

microclima

complesso di parametri ambientali che caratterizzano localmente l'ambiente e congiuntamente a parametri individuali condizionano gli scambi termici tra soggetto e ambiente circostante



Parametri fisici che caratterizzano l'ambiente

Temperatura dell'aria (°C)

Velocità dell'aria (°C)

Temperatura media radiante (°C)

Umidità relativa (%)

Table 2 — Main independent quantities

Elements in thermal balance	Air temperature t_a	Mean radiant temperature t_r	Surface temperature t_{sk}	Air velocity v_a	Water vapour partial pressure p_a
Heat transfer by radiation, R		X	X		
Heat transfer by convection, C^a	X			X	
Heat exchanges through evaporation: — evaporation from the skin, E — evaporation by respiration, E_{res}				X	X
Convection by respiration, C_{res}	X				
Heat transfer by conduction, K			X		

^a Heat transfer by convection is also affected by body movements. The resultant air velocity at skin level is usually defined relative air velocity (v_{ar}).

$$S = (M - W) - (C_{res} \pm E_{res} \pm C \pm R \pm E \pm K)$$

Le grandezze fisiche ambientali



FINAL DRAFT
International
Standard

ISO/FDIS 7726

**Ergonomics of the thermal
environment — Instruments for
measuring and monitoring physical
quantities**

*Ergonomie des ambiances thermiques — Appareils et méthodes
de mesure et de surveillance des grandeurs physiques*

ISO/TC 159/SC 5

Secretariat: BSI

Voting begins on:
2025-06-20

Voting terminates on:
2025-08-15

Le grandezze fisiche fondamentali (direttamente misurabili)

temperatura dell'aria

Umidità relativa

Velocità dell'aria

Temperatura del globotermometro

Temperatura del bulbo umido a ventilazione
naturale

Le grandezze fisiche derivate

Temperatura media radiante

Temperatura operativa

CARATTERISTICHE METROLOGICHE DELLA STRUMENTAZIONE DI MISURA

Un dispositivo destinato ad eseguire la misurazione di grandezze fisiche deve essere corredato di tutte le informazioni che ne indicano le corrette modalità d'impiego e che permettono all'utilizzatore di valutarne le prestazioni nelle possibili condizioni d'uso, anche per guidare la scelta del sistema di misura più adatto all'applicazione.

Misurando: grandezza fisica che si deve misurare.

Elemento sensibile: è la parte specifica del dispositivo che interagisce direttamente con la grandezza fisica da misurare e la converte in un segnale, solitamente elettrico. Subisce una variazione in base alla grandezza misurata.

Campo di misura: l'insieme dei valori su cui uno strumento è in grado di effettuare una misurazione.

Risoluzione: la più piccola variazione di una grandezza che uno strumento è in grado di rilevare e visualizzare.

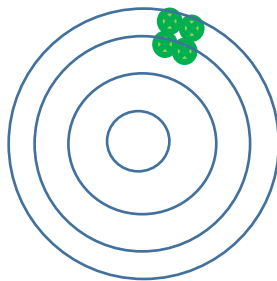
Accuratezza: è una misura dell'errore e indica quanto le misure si

avvicinano al valore vero della grandezza fisica. L'accuratezza riguarda la correttezza

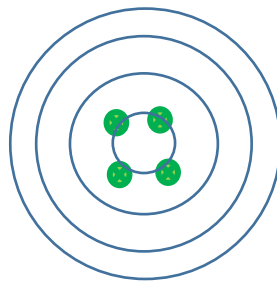
Precisione: è la vicinanza dei diversi risultati di misurazioni tra loro. Riguarda la coerenza o ripetibilità. Uno strumento di misura preciso darà quasi lo stesso risultato ogni volta che viene utilizzato.

Tempo di risposta è il tempo con il quale risponde lo strumento alla variazione della grandezza da misurare.

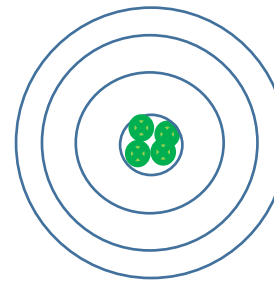
Rata di acquisizione: .E' programmabile dal datalogger individualmente per ogni tipo di sensore



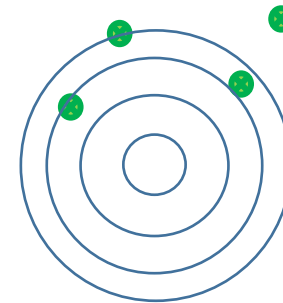
PRECISO
NON ACCURATO



NON PRECISO
ACCURATO



PRECISO
ACCURATO



NON PRECISO
NON ACCURATO

Table 3 — Characteristics of measuring instruments for basic physical quantities

Quantity	Symbol	Class C (comfort)			Class S (stress)			Comments
		Measuring range	Accuracy	Response time	Measuring range	Accuracy	Response time	
Air temperature	t_a	10 °C to 35 °C	Required: $\pm(0,3\text{ °C} + 0,005\cdot t_a \text{ °C})$ Desirable: $\pm(0,1\text{ °C} + 0,0017\cdot t_a \text{ °C})$	$\leq 1\text{ min}$	-60 °C to 150 °C	Required: $\pm(0,6\text{ °C} + 0,01\cdot t_a \text{ °C})$ Desirable: $\pm(0,15\text{ °C} + 0,002\cdot t_a \text{ °C})$	$\leq 1\text{ min}$	Response time takes into account that the measurement is carried out in air.
Radiation flux	r_d	-35 W·m ⁻² to 35 W·m ⁻² spectral range: 0,3 µm to 50 µm	Required: $\pm 5\text{ W·m}^{-2}$ Desirable: $\pm 5\text{ W·m}^{-2}$	$\leq 1\text{ min}$	-300 W·m ⁻² to -100 W·m ⁻² -100 W·m ⁻² to +100 W·m ⁻² > +100 W·m ⁻² spectral range: 0,3 µm to 50 µm	Required: 10 % $\pm 5\text{ W·m}^{-2}$ 10 % Desirable: 5 % $\pm 5\text{ W·m}^{-2}$ 5 %	$\leq 1\text{ min}$	Accuracy values have been chosen as a function of the different measuring ranges and proportional to the read value in the ranges 300 W·m ⁻² to -100 W·m ⁻² and > +100 W·m ⁻² .
Plane radiant temperature	t_{pr}	0 °C to 50 °C	Required: $\pm(0,6\text{ °C} + 0,05\cdot t_{pr} \text{ °C})$ Desirable: $\pm(0,2\text{ °C} + 0,04\cdot t_{pr} \text{ °C})$ These levels shall be guaranteed at least for a deviation $ t_{pr}-t_a < 10\text{ °C}$		-60 °C to +200 °C	Required: $\pm(1,2\text{ °C} + 0,02\cdot t_{pr} \text{ °C})$ Desirable: $\pm(0,6\text{ °C} + 0,02\cdot t_{pr} \text{ °C})$ These levels shall be guaranteed at least for a deviation $ t_{pr}-t_a < 50\text{ °C}$		
Dew point temperature	t_d	-5 °C to 28 °C	Required: 0,2 °C Desirable: 0,1 °C		-5 °C to +50 °C	Required: 0,5 °C Desirable: 0,2 °C		
Relative humidity	RH	20 % to 80 % 10 °C to 35 °C	Required: 3 % Desirable: 2 %	$\leq 3\text{ min}$	5 % to 95 %	Required: 3 % Desirable: 2 %	$\leq 3\text{ min}$	The range proposed for class S instruments is consistent with the limits of the current measurement technology.

Table 3 (continued)

Quantity	Symbol	Class C (comfort)			Class S (stress)			Comments
		Measuring range	Accuracy	Response time	Measuring range	Accuracy	Response time	
Surface temperature	t_s	0 °C to 50 °C	Required: $\pm(0,6\text{ °C} + 0,01\cdot t_s \text{ °C})$ Desirable: $\pm(0,15\text{ °C} + 0,002\cdot t_s \text{ °C})$	$\leq 1\text{ min}$	-50 °C to +200 °C	Required: $\pm(0,6\text{ °C} + 0,01\cdot t_s \text{ °C})$ Desirable: $\pm(0,15\text{ °C} + 0,002\cdot t_s \text{ °C})$	$\leq 1\text{ min}$	The accuracy of the measurement is affected by the contact pressure.
Air velocity	v_a	0,05 m·s ⁻¹ to 1 m·s ⁻¹	Required: $\pm(0,1 + 0,05\cdot v_a)\text{ m·s}^{-1}$ Desirable: $\pm(0,05 + 0,05\cdot v_a)\text{ m·s}^{-1}$ These levels shall be guaranteed whatever the direction of air flow within a solid angle $\omega = 3\pi\text{ sr}$	Required: $\leq 2\text{ s}$ Desirable: $\leq 1\text{ s}$ For turbulence measurement $\leq 0,2\text{ s}$ (*)	0,1 m·s ⁻¹ to 20 m·s ⁻¹	Required: $\pm(0,1 + 0,05\cdot v_a)\text{ m·s}^{-1}$ Desirable: $\pm(0,1 + 0,03\cdot v_a)\text{ m·s}^{-1}$	Required: $\leq 2\text{ s}$ Desirable: $\leq 1\text{ s}$ For turbulence measurement $\leq 0,2\text{ s}$ (*)	The turbulence intensity can be calculated only with a suitable frequency of the measurement. The ranges of air velocity are made consistent with the accuracies specified.
Globe temperature	t_g	0 °C to 50 °C	Required: $\pm(0,6\text{ °C} + 0,01\cdot t_g \text{ °C})$ Desirable: $\pm(0,15\text{ °C} + 0,002\cdot t_g \text{ °C})$	$\leq 30\text{ min}$	-50 °C to +200 °C	Required: $\pm(0,6\text{ °C} + 0,01\cdot t_g \text{ °C})$ Desirable: $\pm(0,15\text{ °C} + 0,002\cdot t_g \text{ °C})$	$\leq 30\text{ min}$	for a globe 150 mm in diameter.
Psychrometric wet-bulb temperature	t_w	5 °C to 40 °C	Required: $\pm(0,6\text{ °C} + 0,01\cdot t_w \text{ °C})$ Desirable: $\pm(0,15\text{ °C} + 0,002\cdot t_w \text{ °C})$	$\leq 1\text{ min}$	-	-	-	Response time takes into account that the measurement is carried out in air.
Natural-wet bulb temperature	t_{nw}	-	-		5 °C to 40 °C	Required: $\pm(0,6\text{ °C} + 0,01\cdot t_{nw} \text{ °C})$ Desirable: $\pm(0,15\text{ °C} + 0,002\cdot t_{nw} \text{ °C})$	$\leq 1\text{ min}$	Response time takes into account that the measurement is carried out in air.

Le quantità fisiche che caratterizzano l'ambiente possono variare nello spazio e nel tempo

Se si considera
lo SPAZIO

Ambiente
OMOGENEO

Ambiente
ETEROGENEO

Se si considera
il TEMPO

Ambiente
STAZIONARIO

Ambiente
Non STAZIONARIO

L'ambiente è omogeneo o eterogeneo?

(rispetto allo spazio)

AMBIENTE OMOGENEO

Un ambiente deve essere considerato “omogeneo” dal punto di vista microclimatico se, in un dato momento, la temperatura dell'aria, la temperatura del globo, la temperatura radiante media, la velocità dell'aria e l'umidità relativa possono essere considerate praticamente uniformi intorno al soggetto, ovvero quando le deviazioni tra ciascuna di queste quantità e il loro valore **spaziale medio** calcolato come media delle posizioni non superano i valori ottenuti moltiplicando l'accuratezza di misura richiesta dalla tabella 3 per il corrispondente fattore X elencato nella tabella 5.

$$|x_i - \bar{x}| < \text{accuratezza} * X$$

Tabella 5 ISO 7726

	Factor X	
	Class C (comfort)	Class S (stress)
Air temperature	3	4
Globe temperature	2	2
Mean radiant temperature	2	2
Radiant temperature		
Air velocity	2	3
Relative humidity	2	3
NOTE: Deviation between each individual quantity and their mean value shall be less than that obtained by multiplying the required measuring accuracy (Table 3) by the appropriate factor X from this table.		

L'ambiente è stazionario?

(rispetto allo spazio)

AMBIENTE STAZIONARIO

Un ambiente deve essere considerato “stazionario” rispetto al soggetto quando le grandezze fisiche utilizzate per descrivere il livello di esposizione sono praticamente indipendenti dal tempo, ovvero quando le fluttuazioni di tali parametri rispetto al loro valore **temporale medio** non superano i valori ottenuti moltiplicando l'accuratezza di misura richiesta dalla tabella 3 per il corrispondente fattore X elencato nella tabella 5.

$$|x_i - \bar{x}| < \text{accuratezza} * X$$

Tabella 5 ISO 7726

	Factor X	
	Class C (comfort)	Class S (stress)
Air temperature	3	4
Globe temperature	2	2
Mean radiant temperature	2	2
Radiant temperature		
Air velocity	2	3
Relative humidity	2	3
NOTE: Deviation between each individual quantity and their mean value shall be less than that obtained by multiplying the required measuring accuracy (Table 3) by the appropriate factor X from this table.		

Le altezze a cui posizionare le sonde in una postazione di misura sono specificate nella Tabella

	Recommended heights	
	Sitting	Standing
Head level	1,1 m	1,7 m
Abdomen level	0,6 m	1,1 m
Ankle level	0,1 m	0,1 m

Nel caso di ambiente **omogeneo** l'altezza a cui effettuare le misure è l'altezza dell'**ADDOME**

Nel caso di ambienti con indicazioni di stratificazioni verticali della temperatura, o comunque possibilmente **disomogenei**, bisognerà effettuare le misure alle 3 altezze e poi effettuare una media

Table B.1 — Weighting coefficients for t_p calculation in heterogeneous environment

Locations of the sensors	Weighting coefficients for calculation mean values			
	Homogeneous environment		Heterogeneous environment	
	Class C	Class S	Class C	Class S
Head level			1	1
Abdomen level	1	1	1	2
Ankle level			1	1

LA CENTRALINA MICROCLIMATICA

E' uno strumento per lo studio, la misura e la verifica del microclima.



E' composta da:



DATALOGGER



SONDE



PIEDISTALLO



STATIVO

UNITA' CENTRALE: datalogger

In genere è un dispositivo stand alone (alimentato a batteria, provvisto di microprocessore interno e sistema di archiviazione dati), in grado di leggere i diversi tipi di segnali che vengono acquisiti dalle sonde e memorizzare i dati nella memoria interna, per renderli scaricabili su PC.



È dotato di:

- Ingressi per la connessione dei sensori (analogici, digitali e seriali) rispondenti ai requisiti stabiliti dalla UNI EN ISO 7726:2002
- Uscite per la connessione al PC (USB, Ethernet)
- Batteria ricaricabile
- Connessione all'alimentazione esterna
- Libreria interna per calcolo grandezze derivate e calcoli matematici
- Memoria dati
- Display (per visualizzare le misure in real-time)
- Tastiera (per la configurazione)

TERMOMETRO – Temperatura dell'aria (t_a)



Il materiale più adatto è il **Platino**
Termoresistenze in platino (Pt100)



Caratteristiche tecniche

COSA MISURA	Temperatura dell'aria [°C]
ELEMENTO SENSIBILE	Termoresistenza Pt100 (platino)
RISOLUZIONE	0,01°C
ACCURATEZZA	0,15 a 0 °C
CAMPO DI MISURA	da -30 a 70°C
TEMPO DI RISPOSTA	30 s senza filtro protettivo, 6 min con filtro protettivo (0,2 m/s)

Funzione R/T
lineare

Per applicazioni ambientali all'esterno possono essere corredati da uno schermo antiradiante.



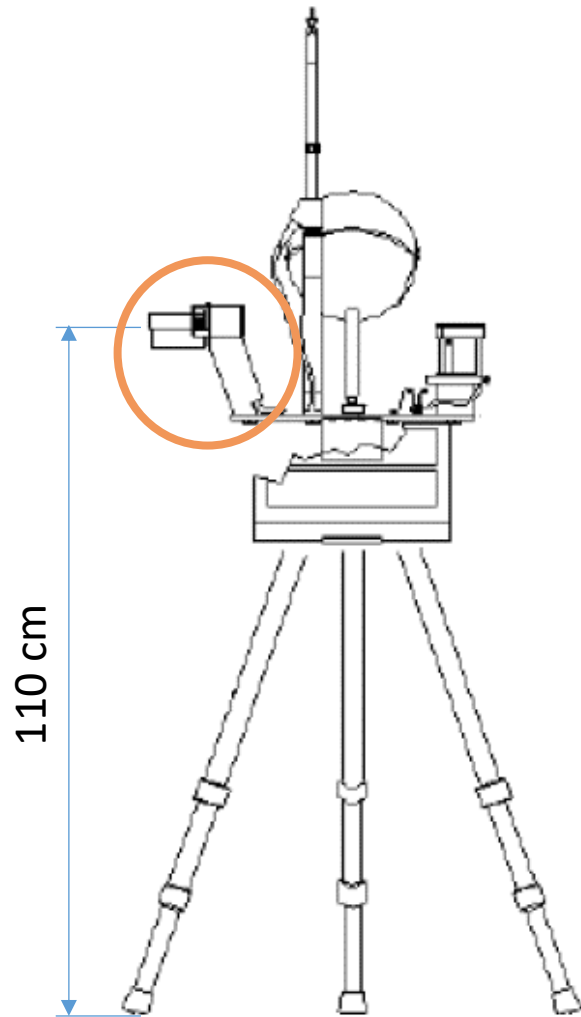
PSICROMETRO – Temperatura e umidità relativa dell'aria

Caratteristiche tecniche



COSA MISURA	Temperatura di bulbo secco con ventilazione forzata [°C]	Temperatura di bulbo umido con ventilazione forzata [°C]
ELEMENTO SENSIBILE	Termoresistenza Pt100 (platino)	Termoresistenza Pt100 avvolta in una calza di cotone bagnata con acqua distillata
ACCURATEZZA	0,10 °C a 0°C	2 %
RISOLUZIONE	0,01°C	1%
CAMPO DI MISURA	da -5 a 60 °C	UR %: da 0 a 100%
TEMPO DI RISPOSTA	1,5 min	1,5 min

PSICROMETRO



Consigli di utilizzo

- Riempire di acqua distillata il serbatoio fino a circa 3/4 dell'altezza (per favorire la circolazione dell'acqua distillata si consiglia di spruzzarne un po' sulla calza che ricopre l'elemento sensibile).
- Finita l'acquisizione svuotare l'acqua dalla sonda.

Manutenzione

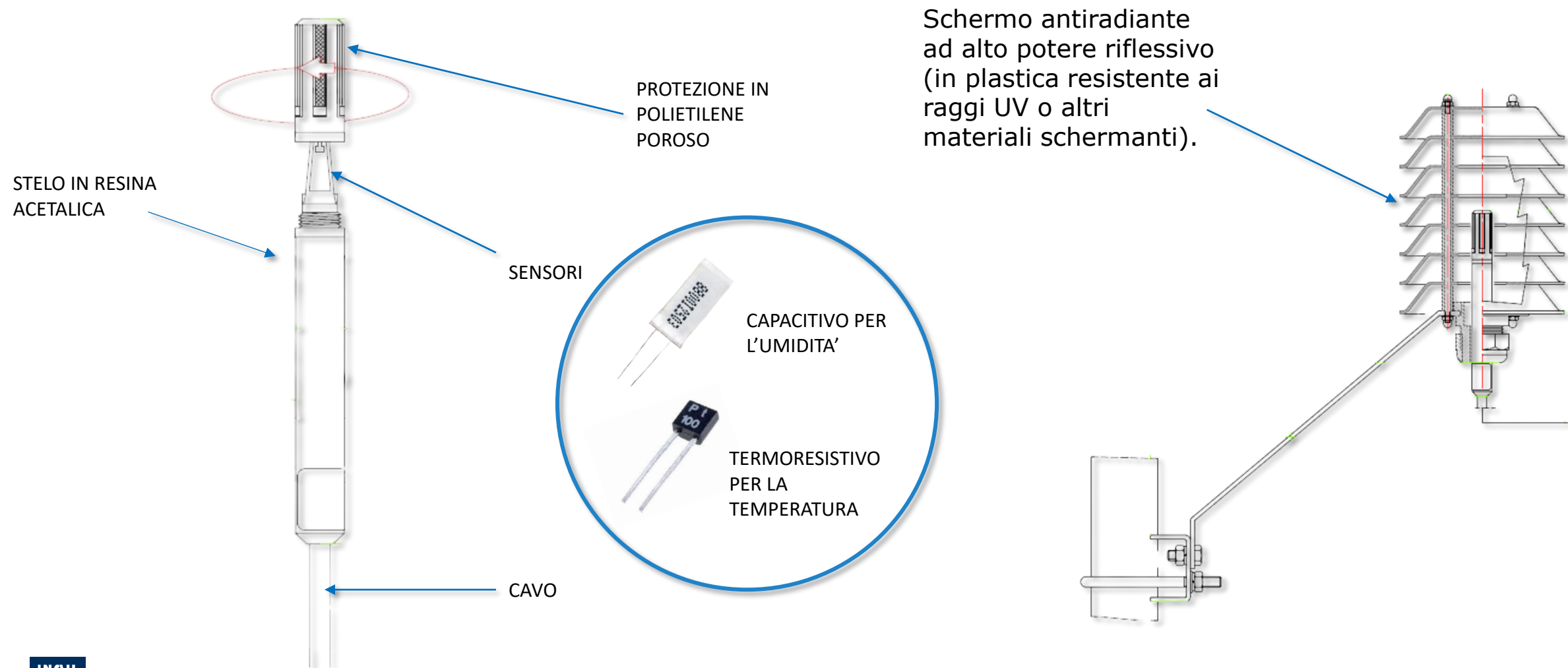
Sostituire la calza quando sono presenti delle impurità o comunque dopo 100 ore di continuo funzionamento. Ispezionare i bulbi.

Caratteristiche tecniche



COSA MISURA	Temperatura di bulbo secco [°C]	Umidità relativa [%]
ELEMENTO SENSIBILE	Termoresistenza Pt100	Elemento igro-capacitivo
ACCURATEZZA	0,10 °C a 0°C	±1%
RISOLUZIONE	0,01°C	0,1%
CAMPO DI MISURA	da -50 a 100 °C	da 0 a 100%
TEMPO DI RISPOSTA	4 s (flusso d'aria 1 m/sec)	10 s (flusso d'aria 1 m/sec)

TERMOIGROMETRO – Temperatura e umidità relativa dell'aria



ANEMOMETRO A FILO CALDO – velocità dell'aria (v_a)

Caratteristiche tecniche

COSA MISURA	Velocità dell'aria [m/s]
ELEMENTO SENSIBILE	Filo di tungsteno $\varnothing$ 9,45 μ m
RISOLUZIONE	v: da 0,01 m/s a 20 m/s TU: 1%
ACCURATEZZA	$\pm 0,05$ m/s per v da 0 a 0,2 m/s $\pm 0,052$ m/s per v da 0,2 a 0,5 m/s $\pm 0,087$ m/s per v da 0,5 a 1 m/s $\pm (0,05+0,05)$ per v > 1 m/s
CAMPO DI MISURA	Velocità media dell'aria: da 0 a 20 m/s Intensità turbolenza: da 0 a 100 %
TEMPO DI RISPOSTA	0,1 s

Misura calcolata dalla sonda:

- Turbolenza (%TU)

$$SD = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (v_{a_i} - v_a)^2}$$

$$TU = \frac{SD}{v_a} \times 100$$

Misure calcolate dal datalogger :

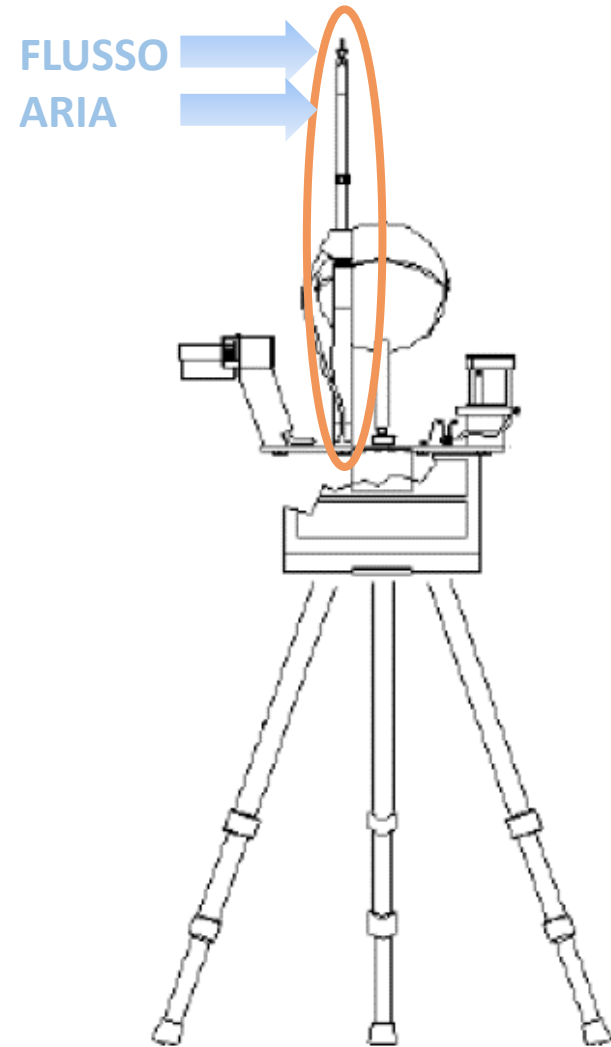
- Draught rate index (ISO 7730) (%)



$$DR = (34 - t_{a,l}) (\bar{v}_{a,l} - 0,05)^{0,62} (0,37 \cdot \bar{v}_{a,l} \cdot Tu + 3,14)$$



ANEMOMETRO A FILO CALDO



Consigli di utilizzo

- Tenere la sonda direttamente in mano, oppure montarla sullo stativo o appoggiarla su un ripiano per mezzo del piedistallo metallico dedicato. Il sensore deve essere posizionato **perpendicolarmente alla direzione** del flusso d'aria. Manipolare la sonda con cura senza toccare il filo perché è molto sensibile.
- Connettere la sonda agli ingressi del datalogger.
- Estrarre l'elemento sensibile ruotando il cappuccio protettivo in metallo.

Manutenzione

Controllare periodicamente l'elemento sensibile verificando visivamente che non sia danneggiato e che non siano presenti tracce di impurità. Nel caso immergere la testa della sonda in un solvente (alcool, acetone o acqua distillata).

GLOBOTERMOMETRO – temperatura del globo t_g

Caratteristiche tecniche

COSA MISURA	Temperatura del globo [°C]
ELEMENTO SENSIBILE	Termoresistenza Pt100
ACCURATEZZA	± 0,15°C a 0°C
RISOLUZIONE	0,01°C
CAMPO DI MISURA	da -30 a 70°C
TEMPO DI RISPOSTA	20 min (in flusso d'aria 0,2 m/s)



MISURE CALCOLATE DAL MULTI-ACQUISITORE:

- Temperatura media radiante [°C]



$$\bar{t}_r = \left[(t_g + 273)^4 + 2,5 * 10^8 * v_a^{0,6} (t_g - t_a) \right]^{1/4} - 273$$

Nel caso di un globo standard con D= 0,15 m ed $\epsilon=0,95$ (COLORE NERO MATTO)

- WBGT (interno ed esterno) con sonda termometrica e sonda di temperatura a bulbo umido a ventilazione naturale

SONDA PER LA TEMPERATURA UMIDA A VENTILAZIONE NATURALE

Caratteristiche tecniche

COSA MISURA	Temperatura del bulbo umido a ventilazione naturale [°C]
ELEMENTO SENSIBILE	Termoresistenza Pt100 avvolta in una calza di cotone bagnata con acqua distillata
ACCURATEZZA	0,15°C a 0°C
RISOLUZIONE	0,01°C
CAMPO DI MISURA	da 0 a 60 °C
TEMPO DI RISPOSTA	10 min (in flusso d'aria 0,2 m/s)



MISURE CALCOLATE DAL MULTI-ACQUISITORE:

- WBGT (con e senza carico solare) con sonda globotermometrica e sonda termometrica collegate. (ISO 7243)

Senza carico solare:

$$WBGT = 0,7t_{nw} + 0,3t_g$$



Con carico solare:

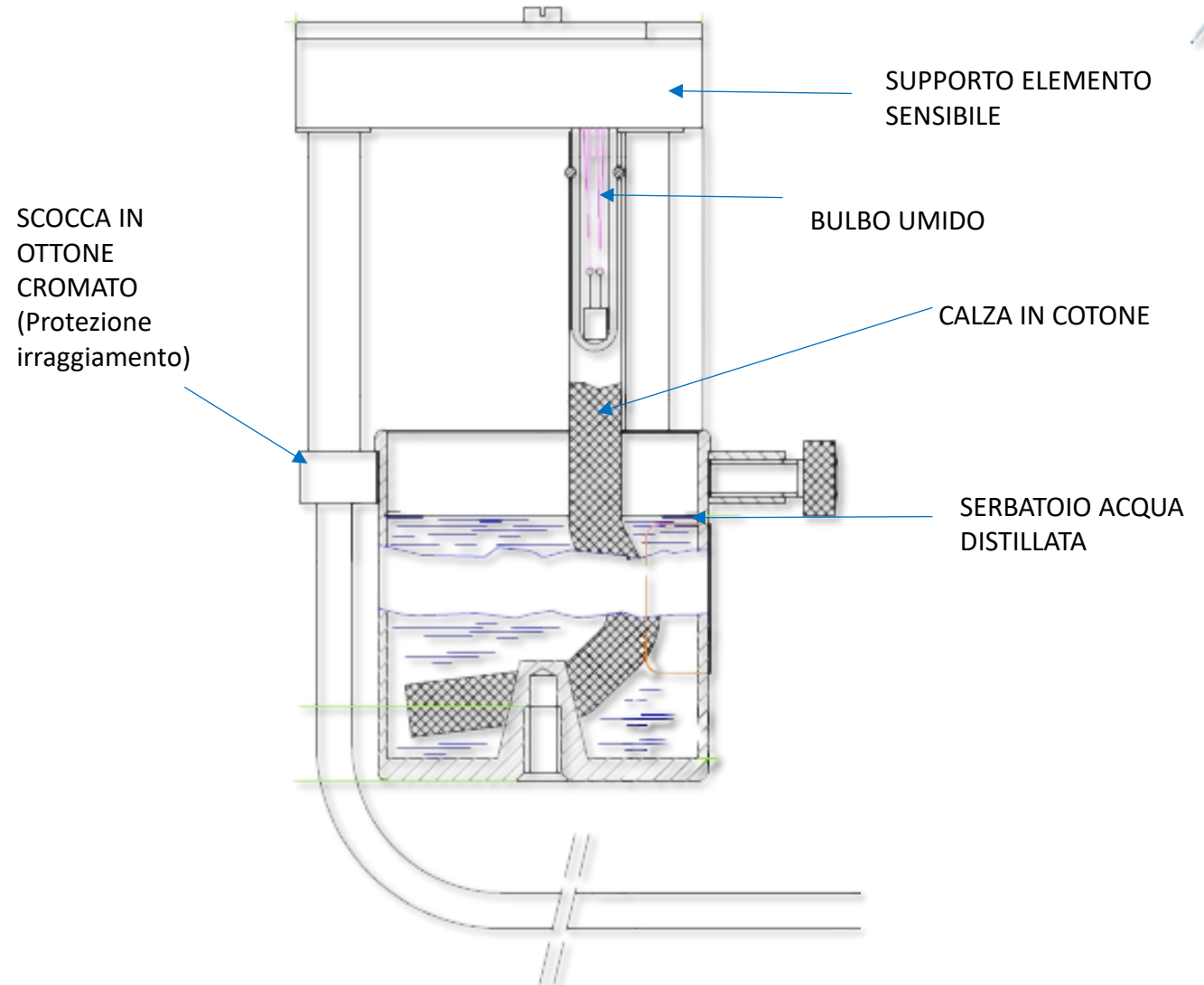
$$WBGT = 0,7t_{nw} + 0,2t_g + 0,1t_a$$



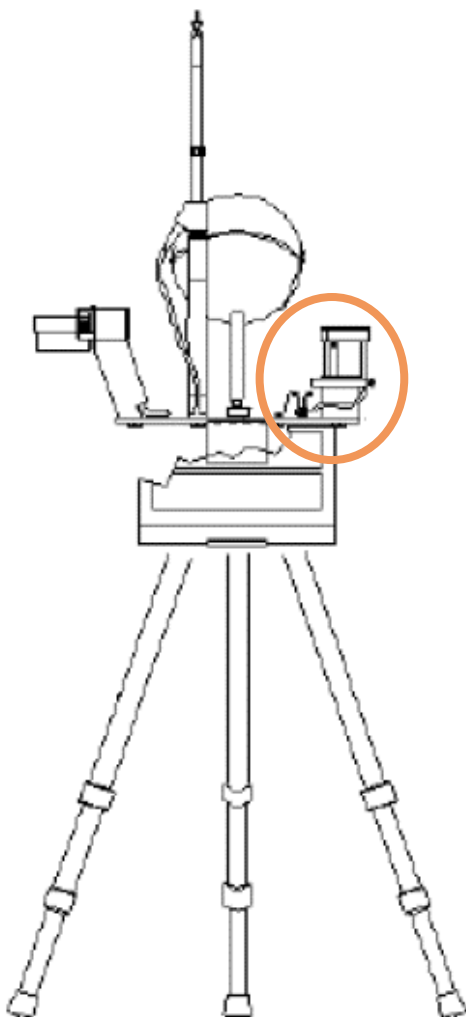
SONDA PER LA TEMPERATURA UMIDA A VENTILAZIONE NATURALE – Misura T_{nw}



Misura la temperatura a bulbo umido a ventilazione naturale (T_{nw}) che corrisponde alla temperatura di un sensore ricoperto da una guaina bagnata, soggetta a ventilazione naturale e protetta dall'irraggiamento. La T_{nw} è quindi diversa da quella a ventilazione forzata ricavata con lo psicrometro ed è indispensabile per la determinazione dell'indice **WBGT** indicato dalla norma **UNI EN ISO 7243** per la valutazione degli ambienti caldi.



SONDA PER LA TEMPERATURA UMIDA A VENTILAZIONE NATURALE



Consigli di utilizzo

- Esporre l'elemento sensibile allentando le viti laterali.
- Montare la sonda sullo stativo già fissato sul cavalletto.
- Versare l'acqua distillata nel serbatoio spruzzandola anche sulla garza che ricopre l'elemento sensibile per favorire l'innesco della circolazione.
- Connettere la sonda ad una delle entrate del datalogger.
- Finita l'acquisizione svuotare l'acqua dalla sonda.

Manutenzione

Sostituire la calza quando sono presenti delle impurità o comunque dopo 100 ore di continuo funzionamento. Ispezionare il bulbo.



Caratteristiche tecniche

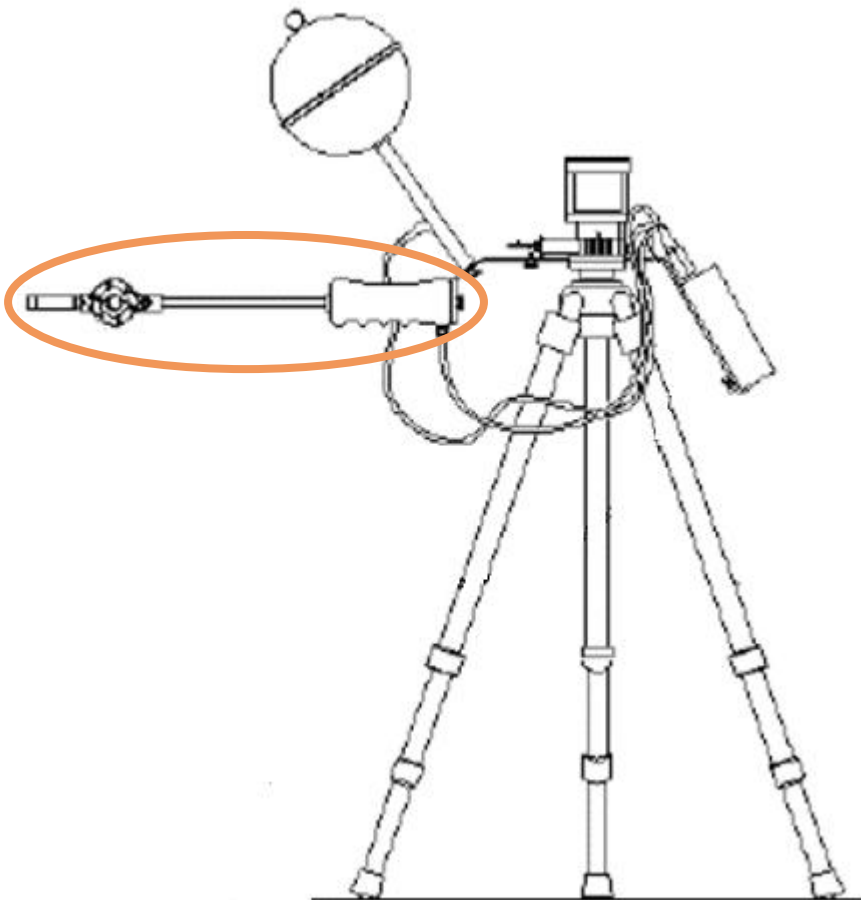
COSA MISURA	Radiazione netta tra due semi-aree dell'ambiente [W/m ²] Temperatura della termopila [°C]
ELEMENTO SENSIBILE	Termopila
ACCURATEZZA	5 %
CAMPO DI MISURA	da -1500 a +1500 W/m ²
TEMPO DI RISPOSTA	2-3 min

MISURE CALCOLATE DAL MULTI-ACQUISITORE :

- Asimmetria della temperatura piana radiante Δt_{pr} [°C] (ISO 7726)
- Insoddisfatti da asimmetria radiante [%] (ISO 7730)

Consigli di utilizzo

- L'elemento sensibile deve essere posizionato in modo **perpendicolare ad un asse** dello spazio utilizzando come riferimento il segno rosso sulla sonda (soffitto-pavimento o parete-parete).
- Connettere la sonda a due degli ingressi del datalogger.
- Per il calcolo degli insoddisfatti da asimmetria radiante, selezionare l'asse analizzato.



Manutenzione

Pulire periodicamente il duomo in plastica con un panno di cotone. Eliminare la condensa interna svitando la cartuccia contenente i sali e lasciare che aria secca entri nel sensore. Assicurarsi che i sali contenuti nella cartuccia siano sempre di colore blu, se essi si presentano di colore rosa, sono umidi e vanno rigenerati. Allora rimuoverli dalla cartuccia e metterli ad aria secca e calda (60-70 °C).

SENSORE DI TEMPERATURA A PAVIMENTO

Caratteristiche tecniche



COSA MISURA	Temperatura superficiale del pavimento [°C]	Temperatura dell'aria ad una distanza di 10 cm dal pavimento [°C]
ELEMENTO SENSIBILE	Termoresistenza Pt100 (platino)	Termoresistenza Pt100 (platino)
ACCURATEZZA	0,15 °C a 0°C	0,15 °C a 0°C
RISOLUZIONE	0,01°C	0,01°C
CAMPO DI MISURA	-40 a 80 °C	-40 a 80 °C
TEMPO DI RISPOSTA	3,5 min	6 min

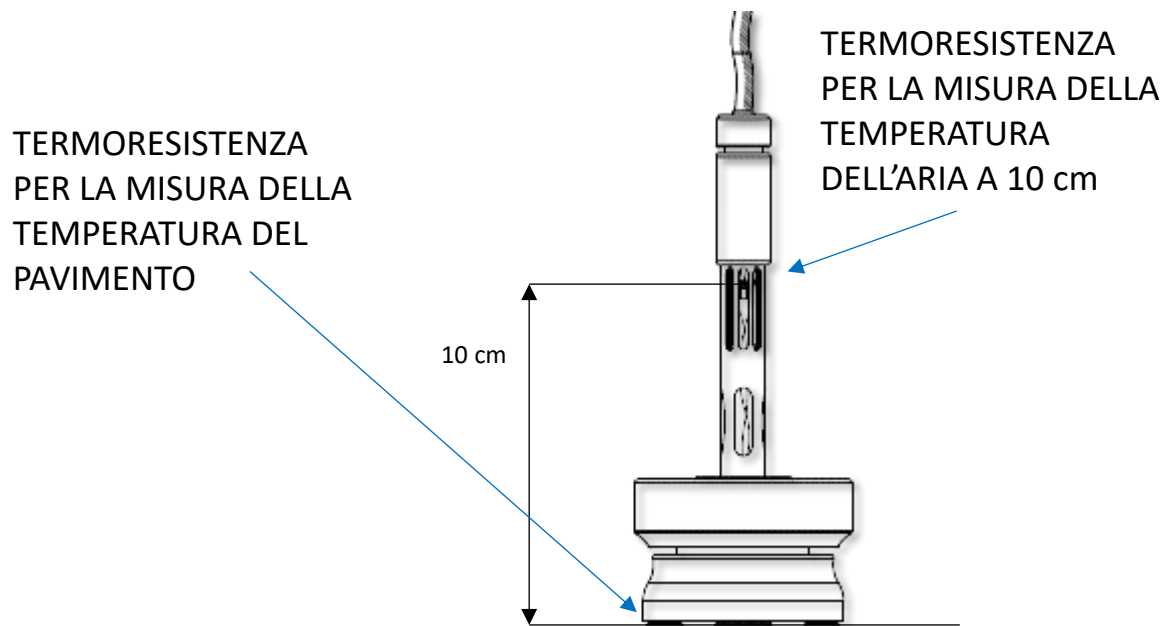
MISURE CALCOLATE DAL MULTI-ACQUISITORE:

- % persone insoddisfatte da temperatura del pavimento (ISO 7739)
- Differenza temperatura verticale (ISO7730) [%]



Richiede un sensore di temperatura a 110 cm di altezza

SENSORE DI TEMPERATURA A PAVIMENTO – Misura T_f



Insoddisfatti per pavimenti troppo freddi o troppo caldi

$$PD = 100 - 94 \cdot \exp(-1,387 + 0,118 \cdot t_f - 0,0025 \cdot t_f^2)$$

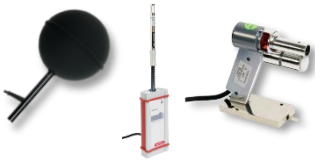
Differenza temperatura verticale

$$PD = \frac{100}{1 + \exp(5,76 - 0,856 \cdot \Delta t_{a,v})}$$

$\Delta t_{a,v}$ Differenza di temperatura verticale dell'aria tra testa e piedi. [°C]

AMBIENTI MODERATI: IMPIEGO DELLE SONDE PER LE MISURE MICROCLIMATICHE

AMBIENTI	NORME DI RIFERIMENTO	INDICI CALCOLATI	SONDE DA UTILIZZARE
MODERATI	UNI EN ISO 7730	Voto medio previsto (PMV) Percentuale di insoddisfatti (PPD)	Globotermometro (T_G) Psicrometro (T_A, UR) Anemometro a filo caldo (V_A)
		Rischio da correnti d'aria (DR)	Psicrometro (T_A) Anemometro a filo caldo (V_A)
		Insoddisfatti da asimmetria radiante (PD_Δ)	Radiometro netto (Δt_{pr})
		Insoddisfatti per pavimenti troppo freddi o troppo caldi (PD)	Sensore di temperatura aria e pavimento (T_f)
		Insoddisfatti per gradiente verticale di temperatura (PD)	Sensore di temperatura aria e pavimento (T_f) Psicrometro (T_A)



AMBIENTI SEVERI CALDI:
IMPIEGO DELLE SONDE PER LE MISURE MICROCLIMATICHE

AMBIENTI	NORME DI RIFERIMENTO	INDICI CALCOLATI	SONDE DA UTILIZZARE
SEVERI CALDI	UNI EN ISO 7243 UNI EN ISO 7933	WBGT indoor e outdoor	Globotermometro (T_G) Sonda temperatura del bulbo umido a ventilazione naturale (T_{WN}) Psicrometro(T_A)
		PHS	Globotermometro (T_G) Anemometro a filo caldo (V_A) Psicrometro (T_A, UR)



AMBIENTI SEVERI FREDDI: IMPIEGO DELLE SONDE PER LE MISURE MICROCLIMATICHE

AMBIENTI	NORME DI RIFERIMENTO	INDICI CALCOLATI	SONDE DA UTILIZZARE
SEVERI FREDDI	UNI EN ISO 11079	Isolamento richiesto (IREQ)	Globotermometro (T_G) Anemometro a filo caldo (V_A) Psicrometro ($T_{A,UR}$)
		Indice di raffreddamento del vento (WCI)	Anemometro a filo caldo (V_A) Psicrometro (T_A)

