



Environmental
Monitoring Solutions

STAZIONE MICROCLIMA

Comfort e Stress termico e grandezze correlate



◦ **Sistema portatile per lo
Stress e Comfort termico
e grandezze correlate**

◦ **Heat Shield—Sistema di
monitoraggio
real-time portatile**

Con il termine Microclima si esprimono una serie di parametri termo-igrometrici che caratterizzano l'aria in luoghi confinati e che sono responsabili della sensazione termica degli individui. Essi sono: temperatura, umidità relativa, temperatura media radiante e velocità dell'aria. Gli ambienti dal punto di vista termico si dividono in **ambienti severi** e **moderati**. In questi ultimi, l'obiettivo è il raggiungimento del miglior comfort termico, situazione che influenza le performance lavorative e la gradevolezza dell'ambiente abitativo; negli ambienti severi, sia caldi che freddi, invece l'obiettivo è di preservare gli occupanti da situazioni termiche pericolose che possono esporli a colpi di calore (ambienti caldi) o condizione di ipotermia (ambienti freddi); in questi casi quindi, le analisi microclimatiche sono rivolte alla valutazione della distanza tra la situazione attuale e quella potenzialmente pericolosa. La valutazione della sensazione termica dell'individuo è eseguita attraverso il calcolo e relativa analisi, di indici microclimatici. L'obiettivo di un indice è quello di riassumere una situazione complessa, dove una serie di variabili (grandezze termo-igrometriche e grandezze relative ai soggetti: attività metabolica, grado di vestiario e rendimento meccanico) interagiscono tra di loro, attraverso l'ottenimento di un numero sintetico oggettivo e confrontabile. Diversi indici si applicano alle diverse tipologie di ambienti termici. Gli indici utilizzati possono essere svariati, ma quando l'obiettivo è preservare la salute degli occupanti negli ambienti di lavoro, occorre utilizzare indici normati ed approvati dalle varie normative nazionali. Questi i principali indici normati dalla ISO:

Indice	Norma	Titolo	Descrizione
Indici normati ISO per ambienti moderati			
Predicted Mean Vote (PMV)	ISO7730 (2018) ASHRAE 55 standard	Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria	Valuta lo stato di benessere dell'individuo attraverso un valore numerico su una scala -3 (sensazione di freddo) a +3 (sensazione di caldo), con lo zero che rappresenta il benessere termico
Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD)	ISO7730 (2018)		Indica la percentuale di persone non soddisfatte dell'ambiente termico
Indici normati ISO per ambienti caldi			
WBGT	ISO7243 (2017)	Ergonomics of the thermal environment — Assessment of heat stress using the WBGT (wet bulb globe temperature) index	Fornisce un valore da valutare all'interno dei limiti dati dalla norma per classi di metabolismo dei soggetti sotto osservazione. Tali limiti differiscono quando applicati a soggetti acclimatati e non acclimatati
PHS	ISO 7933	Predicted Heat Strain	Si basa su un algoritmo interattivo che analizza istante per istante gli scambi termici di un individuo che si muove tra ambienti di lavoro/riposo, fornendo la stima del tempo massimo di esposizione nell'ambiente di lavoro ed il tempo di recupero all'interno dell'ambiente di riposo basandosi sulla perdita di liquidi e temperatura del nucleo corporeo
Indici normati ISO per ambienti freddi			
IREQ	ISO 11079 (2007)	Ergonomics of the thermal environment — Determination and interpretation of cold stress when using required clothing insulation (IREQ) and local cooling effects	Fornisce il valore di isolamento termico del vestiario richiesto allo scopo di mantenere condizioni organiche accettabili durante l'esposizione e la durata di esposizione quando tale vestiario non è utilizzabile

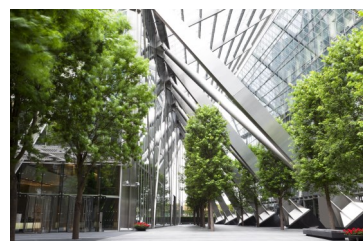
Esiste una sotto-categoria di indici utilizzati per valutare discomfort localizzati presenti dove gli scambi termici sono localizzati in specifiche zone superficiali del corpo umano. In queste situazioni la sola analisi degli indici "globali" potrebbe non evidenziare delle situazioni di disagio dovuti a queste situazioni localizzate. Questi indici sono descritti sempre nella norma ISO7730 (2018):

Indice	Norma	Titolo	Descrizione
Disagio da correnti d'aria	ISO7730 (2018) Cap.6 Disagio Termico Localizzato	Percentuale di insoddisfatti da corrente d'aria (DR)	L'indice fornisce la percentuale di insoddisfatti da correnti d'aria. In funzione della temperatura, della velocità dell'aria e suo grado di turbolenza nel punto; vi può essere un disagio localizzato soprattutto quando la corrente d'aria investe il dorso ed il collo
Differenza verticale della temperatura dell'aria	ISO7730 (2018) Cap.6 Disagio Termico Localizzato	Percentuale di insoddisfatti in funzione della differenza verticale della temperatura dell'aria tra testa e caviglie (PD)	L'indice fornisce la percentuale di insoddisfatti da gradiente verticale di temperatura cioè la differenza di temperatura dell'aria tra le zone testa-collo ($h = 1,10$ m per una persona seduta) e caviglie ($h = 0,10$ m)
Disagio da temperatura del pavimento	ISO7730 (2018) Cap.6 Disagio Termico Localizzato	Percentuale di insoddisfatti in funzione della temperatura del pavimento	La temperatura del pavimento può essere più calda o più fredda di quella dell'aria. Se il pavimento è troppo caldo o troppo freddo, gli occupant sono sottoposti ad una sensazione di disagio dovuto alla sensazione termica dei propri piedi
Asimmetria radiante	ISO7730 (2018) Cap.6 Disagio Termico Localizzato	Percentuali di Insoddisfatti da asimmetria della temperatura radiante	Le persone sono particolarmente sensibili all'asimmetria radiante dovuta a soffitti caldi o a pareti fredde. L'indice fornisce la percentuale di insoddisfatti in funzione dell'asimmetria della temperatura radiante causata da un soffitto caldo, una parete fredda, un soffitto freddo o una parete calda

La valutazione dell'ambiente termico tradizionalmente è rivolto agli **ambienti di lavoro** al fine di preservare la salute dei lavoratori. Per questo motivo il "Microclima" è uno dei rischi fisici contemplati nella normativa Italiana nel Testo Unico della Sicurezza (d.lgs. 81 del 9 aprile 2008 e s.m.i.). Le condizioni termo-igrometriche degli ambienti di lavoro influiscono in quelli moderati sul rendimento del lavoratore e in quelli severi sulla sua salute.



Negli ultimi anni la valutazione del Microclima ed in particolare del comfort termico, è stata utilizzata come uno degli elementi per definire l'**efficienza energetica** degli edifici. Ottimizzando il consumo energetico in funzione del comfort termoigrometrico prodotto dall'impianto termotecnico e dagli elementi architettonici. Lo studio dei parametri microclimatici aiuta a regolare gli impianti, quali quelli di condizionamento e riscaldamento, per ridurre al massimo il dispendio di energia.



Ultimamente, nell'ottica di mitigare gli effetti del clima e realizzare **ambienti cittadini** il più possibile sostenibili e vivibili, la valutazione del microclima si sta evolvendo anche agli ambienti outdoor. Il concetto di **smart city** include anche la possibilità di misurare parametri microclimatici outdoor e valutare interventi mirati alla mitigazione di fenomeni, quali ad esempio di ondate di calore, in determinate zone.



Per misure rivolte alla valutazione della salute degli occupanti negli ambienti di lavoro, anche la strumentazione di misura per l'analisi degli ambienti termici deve soddisfare i requisiti di una norma ISO. In questo caso la ISO7726-2002: *Ergonomics of the thermal environment - Instruments for measuring physical quantities*. Tale norma divide la strumentazione in due classi: classe C (utilizzata per misure di Comfort) e classe S (utilizzata per misure di Stress termico). Entro i limiti delle possibilità applicative, LSI LASTEM fornisce sensori conformi alla norma.

Grandezza	Classe C		Classe S		Sensore	LSI LASTEM	
	Accuratezza	Campo	Accuratezza	Campo	Modello	Accuratezza	Campo
Temp. aria	Desiderabile $\pm 0,2$ °C	10...40 °C	$\pm 0,5$ °C	0...50 °C	ESU403.1	$\pm 0,1$ °C	-50...100 °C
Temp. media radiante	Desiderabile $\pm 0,2$ °C	10...40 °C	± 5 °C	0...50 °C	EST131	$\pm 0,15$ °C	-30...70 °C
Velocità aria	Richiesta $\pm (0,05+0,05 \text{ va})$ m/s	0,05...1 m/s	Richiesta $\pm (0,1+0,05 \text{ va})$ m/s	0,2...20 m/s	ESV308	0,1...0,5 m/s = $\pm 0,083$ m/s 0,5...1 m/s = $\pm (0,05+0,05 \text{ va})$ m/s >1 m/s = $\pm (0,1+0,05 \text{ va})$ m/s	0,01...20 m/s
Temperatura superfici	Desiderabile $\pm 0,5$ °C	0...50 °C	Richiesta $\pm 0,5$ °C	-10...50 °C	EST124	$\pm 0,15$ °C	-50...70 °C
Radiazione direzionale	± 5 W/m ²	-35...35 W/m ²	± 5 W/m ²		PRRDA0110	5%	-1500...1500 W/m ²
Umidità assoluta (press. parziale vapore)	$\pm 0,15$ kPa	0,5...3 kPa	$\pm 0,15$ kPa	0,5...6 kPa	ESU403.1	$\pm 1\%$ @ 5...95% UR	0...100% UR

LSI LASTEM è una azienda storica nella produzione di strumentazione per la misura del microclima. Sin dal 1972 l'allora LSI Laboratori di Strumentazione Industriale, per il crescente mercato del Microclima termico per valutazioni negli ambienti di lavoro, aveva messo sul mercato i primi apparati a tale fine.



► 1979: Centralina ANADATA MICROCLIMA

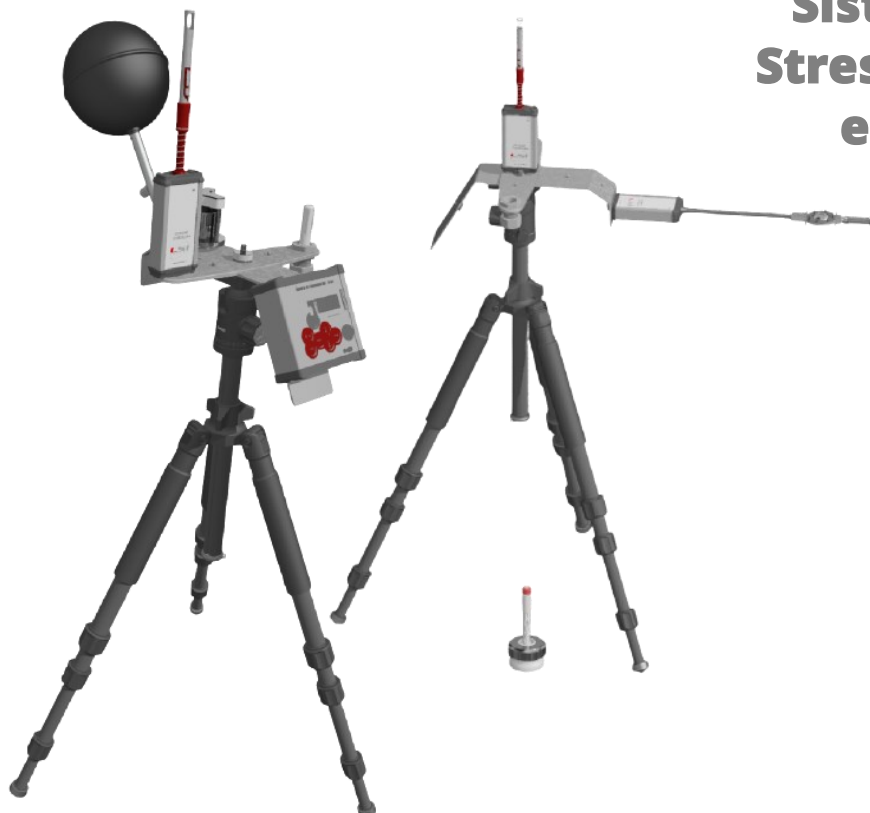
Primo strumento portatile a micro-processore per il calcolo dei principali indici microclimatici e loro stampa su stampante termica integrate.



► 1985: Centralina BABUC-A MICROCLIMA

Primo acquisitore multi-misura con auto-riconoscimento dei sensori connessi. Babuc poteva memorizzare i dati dai sensori connessi e veniva collegato al PC per scaricare le misure. LSI LASTEM aveva realizzato la prima applicazione su PC (Infogen), che in post-processing, calcolava i principali indici microclimatici.

Sistema portatile per lo Stress e Comfort termico e grandezze correlate

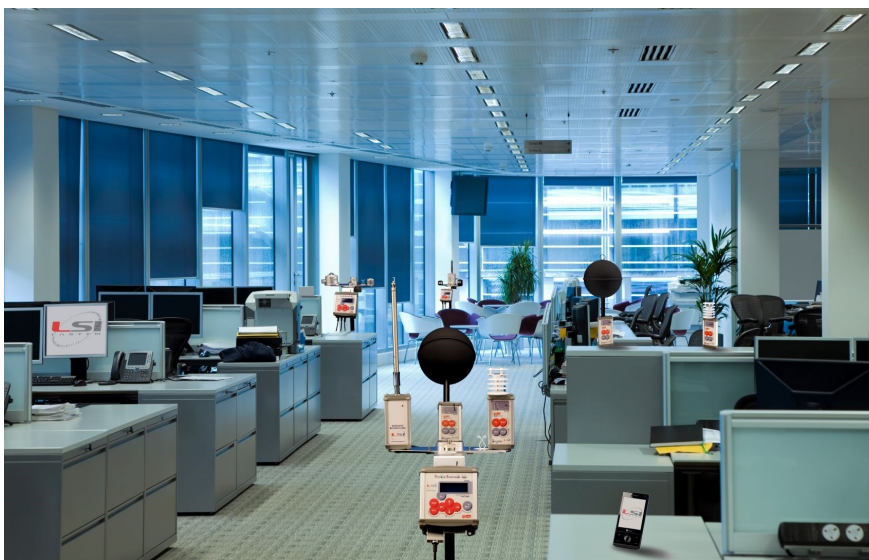


- ▶ Pochi minuti per il montaggio della centralina ed inizio delle misure
- ▶ Calcolo di indici per ambienti moderati (PMV-PPD), caldi (WBGT, PHS) e freddi (IREQ) per mezzo di programma su PC
- ▶ Calcolo diretto, senza necessità di programma su PC, degli indici WBGT e TO, Insoddisfatti da correnti d'aria, da temperatura pavimenti e da asimmetrie radianti
- ▶ Possibilità di acquisire altre grandezze per l'analisi della IEQ (Indoor Environmental Quality) quali sensori di Qualità dell'aria e sensori di illuminamento per ottenere un sistema integrato di misura

Il sistema è composto da un assieme strumentale (data logger e sensori) montato su un tripode. In funzione del tipo di ambiente e della relativa indagine microclimatica (ambienti moderati, caldi e freddi e discomfort localizzati) è possibile scegliere differenti tipi di sensori. Alcuni indici (WBGT, Temperatura Operativa ed indici di Discomfort localizzati) sono calcolati direttamente dal data logger (M-Log), altri sono calcolati in post-processing per mezzo del software Gidas TEA (Thermal Environments Application) su PC. Il programma TEA è diviso in tre moduli: ambienti Moderati, Caldi e Freddi.

Le misure sono eseguite solitamente vicino alla postazione di lavoro del soggetto oggetto di indagine, le misure hanno una durata variabile, idealmente concomitante alla durata del ciclo di lavoro, ma, dove questo non è possibile, devono essere realizzate durante situazioni di "Massimo discomfort ricorrente", ovvero con le situazioni termo-igrometriche peggiori tra quelle che si presentano ricorrentemente. Ad esempio per quanto riguarda il caldo, durante le ore centrali dei mesi estivi, nel caso di discomfort freddo nelle prime ore del mattino dei mesi invernali.

La centralina memorizza i dati dividendoli in "rilievi"; I rilievi sono poi scaricati sul PC per il calcolo in post-processing degli indici microclimatici e relative report di misura.





► **Sensore globotermometrico**

La temperatura media radiante è il parametro responsabile degli scambi termici per irraggiamento tra l'individuo e l'ambiente ed è coinvolta nella definizione del termine "R" nella formula del bilancio termico. Tutti gli indici che si basano sul bilancio termico (oltre al WBGT) richiedono la misura della temperatura radiante ottenuta con il sensore globotermometrico.



► **Sensore termo-igrometrico**

La temperatura è la forma assunta dall'energia di scambio tra uomo ed ambiente, è il parametro fondamentale per la definizione degli scambi termici per convezione e conduzione nel bilancio termico. La quantità di acqua contenuta nell'aria è di importanza fondamentale per il benessere, in quanto legata alla cessione di calore attraverso la pelle (convezione).



► **Sensore di velocità dell'aria**

La velocità dell'aria influenza lo scambio termico per convezione ed è una causa comune di discomfort localizzato descritto dall'indice "Draught Rate" (DR). Il sensore a filo caldo assicura la omni-direzionalità della misura, oltre alla bassa soglia e veloce tempo di risposta indispensabili nella misura della velocità dell'aria e indice di Turbolenza in ambienti confinati.



► **Sensore di temperatura umida con ventilazione naturale**

Il sensore di temperatura umida a ventilazione naturale è necessario esclusivamente per il calcolo dell'indice WBGT, come descritto nella norma ISO7243.



► **Temperatura del pavimento**

Per il discomfort dovuto alla temperatura del pavimento t_f elevata (es. a causa di riscaldamento a pavimento) o troppo bassa, è possibile stimare la percentuale di insoddisfatti, sotto la condizione ($5^{\circ}\text{C} < t_f < 35^{\circ}\text{C}$).



► **Asimmetria radiante**

Per il discomfort dovuto ad una asimmetria radiante è possibile stimare la percentuale di insoddisfatti da diverse situazioni: soffitto caldo, parete calda, soffitto freddo, parete fredda (es. pareti vetrate).

► **GIDAS TEA—Modulo Comfort**

Calcolo degli indici:

- PMV Voto medio previsto (ISO7730)
- PPD % di insoddisfatti (ISO7730)
- DR % di insoddisfatti da correnti d'aria (ISO7730)
- TO Temperatura operativa

► **GIDAS TEA—Modulo Freddo**

Calcolo degli indici (ISO11079) :

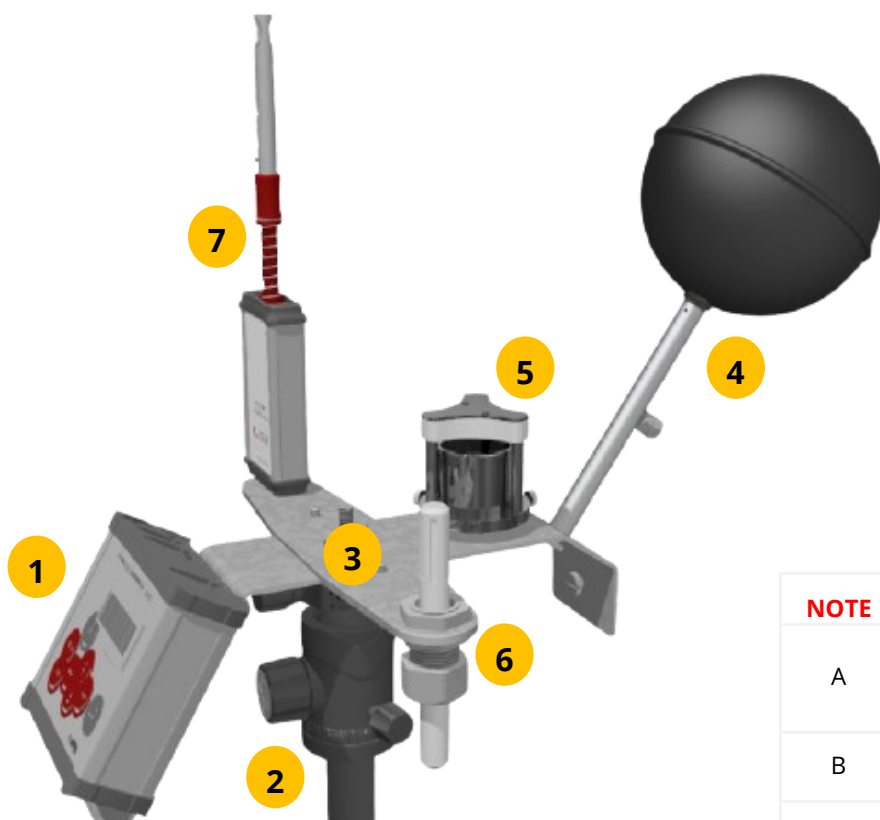
- IREQ Isolamento termico richiesto
- IclReq Isolamento termico richiesto dall'abbigliamento
- Dlim Durata massima dell'esposizione e Drec tempo di recupero
- TWC Temperatura di WindChill

► **GIDAS TEA—Modulo Caldo**

Calcolo degli indici di stress termico caldo, utili dove vi possono essere rischi di colpi di calore:

- WBGT Interno/Esterno (ISO7243:2018)
- PHS Sollecitazione termica prevedibile (ISO7933:2004)

► **Kit Centralina Microclimatica Portatile**



NOTE

- | | |
|---|---|
| A | Seleziona questo modulo per PMV-PPD, DR, TO, indici di asimmetria radiante
Indice di insoddisfazione della temperatura |
| B | Seleziona questo modulo per TWC, indici IREQ |
| C | Seleziona questo modulo per gli indici WBGT e PHS |

Rif. Fig.	PN	Descrizione	Kit1	Rif. Note
		M-Log Data Logger		
1	ELO009	M-Log/N.5 ingressi/8MB/Batt/MiniDIN	1	
	BSC015	Alimentatore 230Vac->9V/M-RLog/IP54	1	
		Custodia per trasportare data logger e sensori		
	BWA319	Valigia Trolley 68x53x28cm/antiurto/IP65	1	
	BWA048	Sacca lunga per tripode	1	
		Software		
	BSZ311	SW Gidas Viewer/PC	1	
	BSZ313	SW Gidas TEA/Comfort/PC	1	A
	BSZ315	SW Gidas TEA/Freddo/PC	1	B
	BSZ317	SW Gidas TEA/Caldo/PC	1	C
		Accessori di montaggio		
2	BVA304	Tripode	1	
3	BVA305	Stativo corto per sonde e M/RLog	1	
		Globotermometro		
4	EST131	Sensore/Temp.globo nero/Pt100/cavo+MiniDin	1	
		Temperatura umida a ventilazione naturale (per indice WBGT)		
5	ESU121	Sensore/Temp.bulbo umido/cavo+MiniDin	1	
		Sensore Termo-igrometrico		
6	ESU403.1	Sensore/T+UR%/Pt100+0...1V/12V/Cavo+MiniDin	1	
		Sensore di velocità dell'aria		
6	ESV108	Sensore/Vel.aria/filo caldo/mV/Cavo+MiniDin	1	



Rif. Fig.	PN	Descrizione	Kit1	Rif. Note
		Sensori per Criteri di Comfort Termico Locale		
		Sensore di asimmetria radiante (per indice di asimmetria radiante)		
8	ESR231	Sensore/Asimmetria Radiante/Cavo+MiniDIN	Opzionale	
		Sensore di Velocità dell'aria (per TU e indice DR)		
9	ESV308	Sensore/Vel.aria+Turbolenza/filo caldo/RS232/Cavo+DB	Opzionale	
		Sensore di Temperatura del pavimento (per indice di % di insoddisfatti da temperatura del pavimento)		
10	EST130	Sensore/Temp.doppia/Contatto+H=10cm/2xPt100/Cavo+MiniDin	Opzionale	

Heat Shield—Sistema di monitoraggio real-time portatile



- ▶ Pochi minuti per l'installazione del sistema
- ▶ Calcolo in tempo reale dei seguenti indici: WBGT
- ▶ WBGT con/senza carico solare, WBGT Effective e WBGT Reference per soggetti acclimatati/non acclimatati
- ▶ Calcolo dell'indice PMV-PPD (ISO7730) per il comfort termico
- ▶ Programma HS Manager incluso per download, valuta-
- ▶ Sonda di verifica per la valutazione della calibrazione del

Il misuratore Heat Shield calcola, memorizza e visualizza on-line il WBGT (versione con/senza carico solare) oltre agli indici Heat Index e Humidex. Inserendo CAV (Valore di regolazione dell'abbigliamento) e il Tasso Metabolico tramite tastiera, Heat Shield può produrre WBGT Effective e la distanza dal valore di riferimento WBGT che corrisponde al limite di esposizione, dato dallo standard ISO7243:2017. Inoltre, se è collegato l'anemometro ESV125A, Heat Shield può calcolare direttamente l'indice di comfort PMV-PPD (ISO7730). Heat Shield può essere utilizzato per applicazioni indoor (luoghi caldi, fabbriche, impianti industriali, ecc.) o outdoor (cantieri, luoghi di lavoro all'aperto, ecc.), può essere tenuto in mano o fissato su un tripode per periodi di monitoraggio di breve durata (come un giorno).

Grazie alla sua tecnologia radio integrata, Heat Shield può supportare fino a due unità satellitari per valutare l'analisi in tre diverse posizioni o altezze. È possibile scaricare i dati memorizzati utilizzando il programma per PC HS Manager incluso. Da HS Manager è anche possibile esportare i dati al programma GIDAS TEA, utilizzato per ulteriori analisi degli ambienti termici come il Predicted Heat Strain (PHS), l'isolamento richiesto (IREQ), il Limite di durata dell'esposizione (Dlim). Il programma GIDAS-TEA consente inoltre un'analisi approfondita degli indici WBGT, PMV e PPD (leggi catalogo Gidas-TEA MW9006-ITA-06).





Il kit è composto dall'unità **Heat Shield (1)**. Sono disponibili diversi modelli di Heat Shield: con/senza tecnologia radio incorporata e con diversa dimensione del globo nero da 5 o 15 cm di diametro. La tecnologia radio può supportare fino a **due unità satellitari (2)** per misurare in posizioni diverse.

Il sistema può essere fissato su un **tripode (3)** o tenuto in mano per la rapida valutazione della situazione termica.

Utilizzando la **sonda di temperatura di riferimento ad alta precisione (4)** collegata a Heat Shield, è possibile valutare le differenze di misure tra questo sensore di riferimento e i valori dei tre sensori di temperatura (Ta, Tg, Tnw).

Per eseguire rilievi microclimatici in ambiente moderato è possibile collegare un **anemometro a filo caldo (5)** per il calcolo di indici microclimatici come PMV-PPD.



Rif. Fig.	PN	Descrizione	Qt	Rif. Note
		Heat shield senza radio integrata (vedi catalogo MW9002-ITA-00)		
	ELR600M	Heat Shield/Charger+USB+SW+ Valigia/Globo 5cm	1	
	ELR605M	Heat Shield/Charger+USB+SW+ Valigia/Globo 15cm	Altern. a ELR600M	A
		Heat shield con radio integrata (vedi catalogo MW9002-ITA-00)		
1	ELR610M	Heat Shield/Modulo Base/Charger+USB+SW+ Valigia/Globo 5cm	Altern. a ELR600M	B
	ELR615M	Heat Shield/Modulo Base/Charger+USB+SW+ Valigia/Globo	Altern. a ELR610M	A
		Satelliti Heat Shield con radio integrata		
2	ELR610S	Heat Shield/n.2 Satelliti/Valigia/Globo 5cm	Opzionale	B
	ELR615S	Heat Shield/n.2 Satelliti/Valigia/Globo 15cm	Altern. a ELR610S	A
		Accessori (vedi catalogo MW9005-ITA-07)	Opzionale	C
3	BVA304	Tripode	1	
	BWA314	Valigia 52x43x21cm/antiurto/IP65	1	
		Sonda di verifica (vedi catalogo MW9002-ITA-00)	Opzionale	
4	DMA033.3	Sensore/Temp.riferimento/Pt100/HeatShield	1	D
		Anemometro a filo caldo (vedi catalogo MW9001-ITA-08)	Opzionale	E
5	ESV126	Sensore/Vel.aria/filo caldo/HeatShield/Cavo STD DIN47100/Connettore	1	

NOTE	
A	In funzione della legislazione locale
B	Se si vogliono utilizzare i satelliti selezionare il
C	Necessari per monitoraggi brevi su tripode
D	Per verificare l'accuratezza dei sensori
E	Per rilievi microclimatici in ambiente moderato



Temperatura Radiante

Temperatura aria & Umidità Relativa

Temperatura Bulbo Umido



Contatta LSI LASTEM per maggiori informazioni
sulle configurazioni dei sistemi e sulle opzioni

LSI LASTEM Srl
Via Ex SP. 161 Dosso, 9
20049 Settala (MI)
Italy

Tel. +39 02 954141
Fax +39 02 95770594
Email info@lsi-lastem.com
www.lsi-lastem.com