

## HD32.3, HD32.3A, WBGT-PMV-PPD



### HD32.3, HD32.3A STRUMENTO PER L'ANALISI DEGLI INDICI: WBGT - PMV - PPD

HD32.3 – WBGT - PMV Index è uno strumento per l'analisi di:

- Analisi degli ambienti severi caldi mediante l'indice **WBGT** (Wet Bulb Glob Temperature: temperatura a bulbo umido e del globo-termometro) in presenza o assenza di irraggiamento solare.
- Analisi degli ambienti moderati mediante l'indice **PMV** (Predicted Mean Vote: Voto Medio Previsto) e l'analisi dell'indice **PPD** (Predicted Percentage of Dissatisfied: Percentuale Prevista di Insoddisfatti).

#### Normative di riferimento:

- ISO 7243: Ambienti caldi. Valutazione dello stress termico per l'uomo negli ambienti di lavoro, basata sull'indice WBGT (temperatura a bulbo umido e del globotermometro).
- ISO 8996: Ergonomia dell'ambiente termico – Determinazione del metabolismo energetico.
- ISO 7726: Ergonomia dell'ambiente termico – Strumenti per l'analisi di grandezze fisiche
- ISO 7730: Ambienti termici moderati. Determinazione degli indici PMV, PPD e specifica delle condizioni di benessere.



Lo strumento è dotato di tre ingressi per sonde con modulo SICRAM: le sonde dispongono di un circuito elettronico che dialoga con lo strumento, nella loro memoria permanente sono conservati i dati di taratura del sensore.

Tutte le sonde SICRAM possono essere inserite in uno qualunque degli ingressi: vengono riconosciute automaticamente all'accensione dello strumento.

Le **caratteristiche principali** dello strumento sono:

- **Logging:** acquisizione dei dati e memorizzazione all'interno dello strumento. Capacità di memoria: 64 sessioni di logging distinte, con la possibilità di impostare l'intervallo di acquisizione dei campioni.
- Si può impostare la durata della memorizzazione e, con la funzione auto-start, la data e l'ora di inizio e di fine memorizzazione.
- Unità di misura della temperatura selezionabile: °C, °F, K.
- Visualizzazione dei parametri statistici massimo, minimo, media.
- Il trasferimento dei dati tramite le porte seriali RS232 o USB.

HD32.3 è in grado di rilevare contemporaneamente le seguenti grandezze:

- Temperatura di globotermometro **T<sub>g</sub>** con la sonda **TP3276.2** (o **TP3275**)
- Temperatura di bulbo umido a ventilazione naturale **T<sub>n</sub>** con la sonda **HP3201.2** (o **HP3201**)
- Temperatura ambiente **T** con la sonda **TP3207.2** (o **TP3207**).
- Umidità relativa **UR** e temperatura ambiente **T** con la sonda **HP3217.2** (o **HP3217R**)
- Velocità dell'aria **V<sub>a</sub>** con la sonda **AP3203.2** (o **AP3203**)

Sulla base delle grandezze rilevate lo strumento HD32.3 è in grado di calcolare e di visualizzare, con le sonde **TP3207.2** (o **TP3207**), **TP3276.2** (o **TP3275**) e **HP3201.2** (o **HP3201**) i seguenti indici:

- Indice **WBGT (in)** (Wet Bulb Glob Temperature: temperatura a bulbo umido e del globotermometro) in assenza di irraggiamento solare.
- Indice **WBGT(out)** (Wet Bulb Glob Temperature: temperatura a bulbo umido e del globo-termometro) in presenza di irraggiamento solare.

Sulla base delle grandezze rilevate lo strumento HD32.3 è in grado di calcolare e di visualizzare, con le sonde **HP3217.2R** (o **HP3217R**), **TP3276.2** (o **TP3275**) e **AP3203.2** (o **AP3203**) i seguenti indici:

- Temperatura media radiante **Tr**.
- Indice **PMV** (Predicted Mean Vote - Voto Medio Previsto).
- Indice **PPD** (Predicted Percentage of Dissatisfied - Percentuale Prevista di Insoddisfatti).

#### Indice WBGT

Il **WBGT** (Wet Bulb Globe Temperature – temperatura a bulbo umido e del globotermometro) è uno degli indici utilizzato per la determinazione dello stress termico a cui è soggetto un individuo in un ambiente caldo.

Rappresenta il valore, in relazione al dispendio metabolico associato ad una particolare attività lavorativa, oltre il quale il soggetto viene a trovarsi in una situazione di stress termico.

L'indice WBGT combina la misura della temperatura di bulbo umido a ventilazione naturale **t<sub>nw</sub>** con la temperatura di globotermometro **t<sub>g</sub>** e, in alcune situazioni, con la temperatura dell'aria **t<sub>a</sub>**.

La formula per il calcolo è la seguente:

- all'interno di edifici e all'esterno di edifici in assenza di irraggiamento solare:

$$\text{WBGT}_{\text{ambienti chiusi}} = 0,7 t_{nw} + 0,3 t_g$$

- all'esterno di edifici in presenza di irraggiamento solare:

$$\text{WBGT}_{\text{ambienti esterni}} = 0,7 t_{nw} + 0,2 t_g + 0,1 t_a$$

dove:

**t<sub>nw</sub>** = temperatura del bulbo umido a ventilazione naturale;

**t<sub>g</sub>** = temperatura del globo termometro;

**t<sub>a</sub>** = temperatura dell'aria.

I dati rilevati devono essere confrontati con i valori limite prescritti dalla norma; qualora vengano superati occorre:

- ridurre direttamente lo stress termico sul posto di lavoro preso in esame;
- procedere ad un'analisi dettagliata dello stress termico.

Per il calcolo dell'indice WBGT è necessario collegare le sonde:

- La sonda di temperatura a bulbo umido a ventilazione naturale **HP3201.2** (o **HP3201**).
- La sonda globotermometro **TP3276.2** (o **TP3275** o **TP3276**).

- La sonda di temperatura a bulbo secco nel caso in cui il rilievo venga effettuato in presenza di irraggiamento solare TP3207.2 (o TP3207).

Per la misura dell'indice WBGT si fa riferimento alle norme:

- ISO 7726 - ISO 7243 - ISO 8996

## Indice PMV - PPD

Il comfort termico viene definito dalla ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers INC) come una condizione di benessere psicofisico dell'individuo rispetto all'ambiente in cui vive e opera. La valutazione di tale stato soggettivo può essere oggettivata e quantificata mediante l'utilizzo di indici integrati che tengono conto sia dei parametri microclimatici ambientali ( $T_a$ ,  $T_r$ ,  $V_a$ , RH), sia del dispendio energetico (dispendio metabolico MET) connesso all'attività lavorativa, sia della tipologia di abbigliamento (isolamento termico CLO) comunemente utilizzato. Tra i suddetti indici quello che con maggiore precisione rispecchia l'influenza delle variabili fisiche e fisiologiche sopracitate sul comfort termico è il **PMV (Predicted Mean Vote)**.

Sinteticamente esso deriva dall'equazione del bilancio termico il cui risultato viene rapportato ad una scala di benessere psicofisico ed esprime il parere medio (voto medio previsto) sulle sensazioni termiche di un campione di soggetti che si trovano nel medesimo ambiente. Dal PMV è derivato un secondo indice denominato **PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied)** che quantifica percentualmente i soggetti comunque "insoddisfatti" in rapporto a determinate condizioni microclimatiche.

La norma ISO 7730 raccomanda l'uso del PMV in presenza dei seguenti ambiti di variazione delle variabili condizionanti il bilancio termico:

- Dispendio energetico =  $1 \div 4$  met
- Impedenza termica da abbigliamento =  $0 \div 2$  clo
- Temperatura del bulbo secco =  $10 \div 30^\circ\text{C}$
- Temperatura media radiante =  $10 \div 40^\circ\text{C}$
- Velocità dell'aria =  $0 \div 1$  m/sec
- Pressione di vapore =  $0 \div 2,7$  kPa

Il PMV risulta quindi un indice particolarmente adatto alla valutazione di ambienti lavorativi a **microclima moderato**, quali abitazioni, scuole, uffici, laboratori di ricerca, ospedali, ecc; esso è utile nel rilevare anche limitati gradi di disagio termico nei residenti in tali ambienti. La norma ISO 7730 suggerisce per lo stato di comfort termico valori di PMV compresi tra +0,5 e -0,5, cui corrisponde una percentuale di insoddisfatti delle condizioni termiche (PPD) inferiore al 10% (vedi tabella seguente).

Esempio di stampa immediata dei dati del PMV, ottenuto con la stampante HD40.1

| =====                    | NOTE   |
|--------------------------|--|
| ISO 7730 PMV Index       | Normativa di riferimento                         |
| Model HD32.3 WBGT - PMV  | Modello dello strumento                          |
| Firm.Ver.=01.00          | Versione del firmware dello strumento            |
| Firm.Date=2008/12/05     | Data del firmware dello strumento                |
| SN=12345678              | Numero di Serie dello strumento                  |
| ID=0000000000000000      | Codice Identificativo                            |
| Probe ch.1 description   | Descrizione della sonda collegata all'ingresso 1 |
| Type: Hot wire           |  |
| Data cal.:2008/10/15     |  |
| Serial N.:08109460       |  |
| Probe ch.2 description   | Descrizione della sonda collegata all'ingresso 2 |
| Type: Pt100 Tg 50        |  |
| Data cal.:2008/10/01     |  |
| Serial N.:08109452       |  |
| Probe ch.3 description   | Descrizione della sonda collegata all'ingresso3  |
| Type: RH                 |  |
| Data cal.:2008/10/15     |  |
| Serial N.:08109464       |  |
| Date=2008/11/21 15:00:00 | Data e ora                                       |
| Va 0.00 m/s              | Velocità dell'aria                               |
| Tg 22.0 °C               | Temperatura di globotermometro                   |
| Ta 22.0 °C               | Temperatura di bulbo secco                       |
| RH 39.1 %                | Umidità relativa                                 |
| MET 1.20                 | Attività metabolica                              |
| CLO 1.00                 | Resistenza del vestiario                         |
| PMV 0.10                 | PMV - Voto Medio Previsto                        |
| PPD 5.10 %               | PPD - Percentuale Prevista di Insoddisfatti      |
| =====                    |  |

Tabella 1: scala di valutazione dell'ambiente termico

| PMV               | PPD % | VALUTAZIONE AMBIENTE TERMICO      |
|-------------------|-------|-----------------------------------|
| +3                | 100   | Molto caldo                       |
| +2                | 75,7  | Caldo                             |
| +1                | 26,4  | Leggermente caldo                 |
| +0,85             | 20    | Ambiente termicamente accettabile |
| -0,5 < PMV < +0,5 | < 10  | Benessere termico                 |
| -0,85             | 20    | Ambiente termicamente accettabile |
| -1                | 26,8  | Fresco                            |
| -2                | 76,4  | Freddo                            |
| -3                | 100   | Molto freddo                      |

Per il calcolo degli indici PMV e PPD è necessaria la conoscenza:

- del carico di lavoro (dispendio energetico);
- della impedenza termica del vestiario.

## Temperatura media radiante $T_r$

La temperatura media radiante è definita come la temperatura di un ambiente fittizio termicamente uniforme che scambierebbe con l'uomo la stessa potenza termica radiante scambiata nell'ambiente reale. **Per valutare la temperatura media radiante si rilevano: la temperatura di globotermometro, la temperatura dell'aria e la velocità dell'aria misurate nelle vicinanze del globotermometro.**

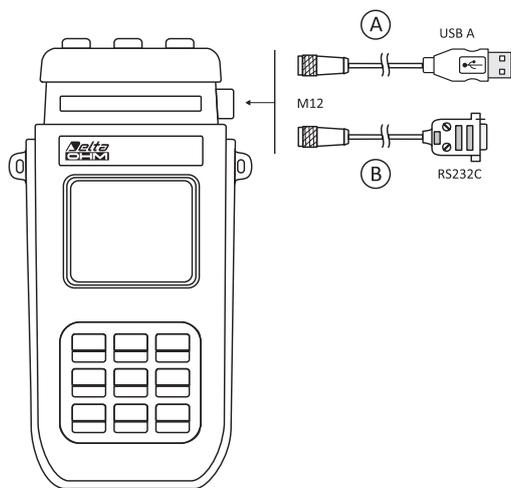


| CARATTERISTICHE TECNICHE                     |   |
|--|---|
| Caratteristiche tecniche dello strumento     |   |
| Alimentazione                                | Adattatore di rete (cod. SWD10) 12 Vdc/1A                                 |
| Batterie                                     | 4 batterie 1.5V tipo AA   |
| Autonomia                                    | 200 ore con batterie alcaline da 1800mAh                                  |
| Corrente assorbita a strumento spento        | < 45µA  |
| Ingresso per sonde con modulo SICRAM         | 3 Connettori 8 poli maschio DIN 45326                                     |
| Interfaccia seriale                          |   |
| Presca                                       | M12-8 poles   |
| Tipo   | RS232C (EIA/TIA574) o USB 1.1 o 2.0 non isolata                           |
| Baud rate                                    | da 1200 a 38400 baud.<br>con USB baud = 460800                            |
| Bit di dati                                  | 8   |
| Parità                                       | Nessuna   |
| Bit di stop                                  | 1   |
| Controllo di flusso                          | Xon-Xoff  |
| Lunghezza cavo                               | max 15 m  |
| Memoria                                      | suddivisa in 64 blocchi   |
| Capacità di memoria                          | 67600 memorizzazioni per ciascuno dei 3 ingressi                          |
| Intervallo di memorizzazione                 | selezionabile tra: 15, 30 s; 1, 2, 5, 10, 15, 20, 30 min e 1 ora.         |
| Sicurezza dei dati                           | Illimitata  |
| Intervallo di logging                        | Configurabile da 1 sec a 1 ora  |
| Capacità di memoria                          | 8 GB  |
| Incertezza strumento                         | ± 1 digit @ 20°C  |
| Condizioni operative                         |   |
| Temperatura operativa                        | -5 ... 50 °C  |
| Temperatura di magazzino                     | -25 ... 65 °C   |
| Umidità relativa di lavoro                   | 0 ... 90 %UR no condensa  |
| Grado di protezione                          | IP64  |
| Dimensioni (Lunghezza x Larghezza x Altezza) | 185 x 90 x 40 mm  |
| Peso   | 470 g (completo di batterie)  |
| Materiali                                    | ABS, gomma  |
| Display                                      | Retroilluminato, a matrice di punti 160x160 punti, area visibile 52x42 mm |

| Intervallo memorizzazione | Capacità di memoria       |
|---------------------------|---------------------------|
| 15 secondi                | Circa 11 giorni e 17 ore  |
| 30 secondi                | Circa 23 giorni e 11 ore  |
| 1 minuto                  | Circa 46 giorni e 22 ore  |
| 2 minuti                  | Circa 93 giorni e 21 ore  |
| 5 minuti                  | Circa 234 giorni e 17 ore |
| 10 minuti                 | Circa 1 anno e 104 giorni |
| 15 minuti                 | Circa 1 anno e 339 giorni |
| 20 minuti                 | Circa 2 anni e 208 giorni |
| 30 minuti                 | Circa 3 anni e 313 giorni |
| 1 ora                     | Circa 7 anni e 261 giorni |

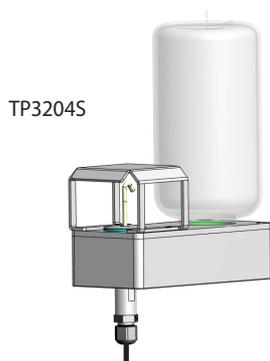
| Caratteristiche tecniche delle sonde                            |  |
|---|--|
| Sonda di temperatura TP3207.2 (e TP3207)                        |  |
| Sensore   | Pt100  |
| Range di misura   | -40...100 °C   |
| Risoluzione   | 0,1 °C   |
| Accuratezza   | 1/3 DIN  |
| Deriva in temperatura @20°C                                     | 0,003%/°C  |
| Stabilità a lungo termine                                       | 0,1°C/anno   |
| Collegamento  | Connettore 8 poli femmina DIN45326<br>Cavo L=2 m (solo TP3207)   |
| Dimensioni  | Ø=14 mm, L=140 mm (TP3207), L= 150 mm (TP3207.2)                 |
| Tempo di risposta T <sub>95</sub>                               | 15 minuti  |
| Sonda di globotermometro TP3275 (e TP3276.2)                    |  |
| Sensore   | Pt100  |
| Range di misura   | -30...120 °C   |
| Risoluzione   | 0,1 °C   |
| Accuratezza   | 1/3 DIN  |
| Deriva in temperatura @20°C                                     | 0,003%/°C  |
| Stabilità a lungo termine                                       | 0,1°C/anno   |
| Collegamento  | Connettore 8 poli femmina DIN45326<br>Cavo L=2 m (solo TP3276.2) |
| Dimensioni globo  | Ø=150 mm (TP3275), Ø=50 mm (TP3276.2)                            |
| Dimensioni gambo  | Ø=14 mm, L=110 mm (TP3275)<br>Ø=8 mm, L=170 mm (TP3276.2)        |
| Tempo di risposta T <sub>95</sub>                               | 15 minuti  |
| Sonda a bulbo umido a ventilazione naturale HP3201 (e HP3201.2) |  |
| Sensore   | Pt100  |
| Range di misura   | 4...80 °C  |
| Risoluzione   | 0,1 °C   |
| Accuratezza   | Classe A   |
| Deriva in temperatura @20°C                                     | 0,003%/°C  |
| Stabilità a lungo termine                                       | 0,1°C/anno   |
| Collegamento  | Connettore 8 poli femmina DIN45326<br>Cavo L=2 m (solo HP3201.2) |
| Dimensioni gambo  | Ø=14 mm, L=110 mm (HP3201), L= 170 mm (HP3201.2)                 |
| Lunghezza calza   | 10 cm circa  |
| Serbatoio   | Capacità 15 cc, autonomia 96 ore @ UR =50 % e T= 23 °C           |
| Tempo di risposta T <sub>95</sub>                               | 15 minuti  |
| Sonda a bulbo umido a ventilazione naturale TP3204S             |  |
| Sensore   | Pt100  |
| Range di misura   | 4...80 °C  |
| Risoluzione   | 0,1 °C   |
| Accuratezza   | Classe A   |
| Deriva in temperatura @20°C                                     | 0,003 %/°C   |
| Stabilità a lungo termine                                       | 0,1 °C/anno  |
| Collegamento  | Connettore 8 poli femmina DIN45326<br>Cavo L=2 m                 |
| Dimensioni  | L x W x H = 140 x 65 x 178,5 mm (serbatoio + bottiglia)          |
| Lunghezza calza   | 10 cm circa  |
| Serbatoio   | Capacità 500 cc, autonomia 15 giorni @ T=40 °C                   |
| Tempo di risposta T <sub>95</sub>                               | 15 minuti  |

| Sonde combinate di temperatura e umidità HP3217R (e HP3217.2R) |  |
|--|--|
| Sensore  | Temperatura: Pt100 - U.R.: capacitivo  |
| Range di misura  | Temperatura: -40...100 °C - U.R.: 0...100%   |
| Risoluzione  | 0,1 °C / 0,1 %RH   |
| Accuratezza  | Temperatura: 1/3 DIN<br>U.R.: ±1.5% (0...90 %UR) / ±2% (90...100 %UR) @ T=15...35 °C<br>(1.5 + 1.5% misura)% @ T= restante campo |
| Deriva temperatura @20°C                                       | 0,02 %UR/°C  |
| Stabilità a lungo termine                                      | 0,1 %UR/anno   |
| Collegamento   | Connettore 8 poli femmina DIN45326<br>Cavo L=2 m (solo HP3217R)  |
| Dimensioni   | Ø=14 mm, L=150 mm  |
| Tempo di risposta T <sub>95</sub>                              | 15 minuti  |
| Sonde velocità dell'aria a filo caldo AP3203 (e AP3203.2)      |  |
| Sensore  | NTC 10 kΩ  |
| Range di misura  | 0,02...5 m/s / 0...80 °C   |
| Risoluzione  | 0,01 m/s   |
| Accuratezza  | ± (0,05 + 5% misura) m/s   |
| Deriva temperatura @20°C                                       | 0,06 %/°C  |
| Stabilità a lungo termine                                      | 0,12 °C/anno   |
| Collegamento   | Connettore 8 poli femmina DIN45326<br>Cavo L=2 m (solo AP3203)   |
| Dimensioni gambo   | Ø=8 mm, L=230 mm   |
| Dimensioni protezione  | Ø=80 mm  |



**A** Connessione USB al PC: usa il cavo HD2110USB con connettori USB tipo A e M12. **Richiede l'installazione dei driver USB.**

**B** Connessione RS232C al PC. Vi si può collegare la porta seriale RS232C di un PC o la stampante HD40.1 con il cavo HD2110RS.



## CODICI DI ORDINAZIONE

**HD32.3** - Datalogger per microclima. Include il software DeltaLog10 (con analisi degli indici WBGT, PMV e PPD) scaricabile dal sito web di Delta OHM. Il kit è composto da strumento, quattro batterie AA da 1,5 V, manuale di istruzioni. Le sonde e i cavi devono essere ordinati separatamente.

**HD32.3A** - come HD32.3 ma fornito con valigia più grande per le sonde con cavo.

Le sonde necessarie per la misura del **WBGT** sono le seguenti (tra parentesi codice sonda versione con cavo 2 m)

- **TP3207.2 (TP3207)** - Sonda di temperatura di bulbo secco
- **TP3276.2 (TP3275)** - Sonda globotermometro
- **HP3201.2 (HP3201)** - Sonda di temperatura di bulbo umido a ventilazione naturale. Per misurazioni di lunga durata **TP3204S**.

Le sonde necessarie per la misura di **PMV/PPD** sono le seguenti (tra parentesi codice sonda versione con cavo 2 m)

- **HP3217.2R (HP3217R)** Sonda combinata temperatura e umidità relativa
- **AP3203.2 (AP3203)** Sonda a filo caldo omnidirezionale
- **TP3276.2 (TP3275)** Sonda globotermometro

## ACCESSORI

**VTRAP30** - Treppiede altezza massima 157 mm.

**VTRAP32.2A.3A** - Treppiede con supporto per strumento con sonde con cavo.

**HD32.2.7.1** - Supporto per sonde da fissare a VTRAP32.2A.3A.

**HD2110RS** - Cavo di collegamento con connettore M12 dal lato strumento e con connettore a vaschetta SubD femmina 9 poli per RS232C dal lato PC.

**HD2110USB** - Cavo di collegamento con connettore M12 8-poli dal lato strumento e con connettore USB 2.0 dal lato PC.

**SWD10** - Alimentatore stabilizzato a tensione di rete 100-240Vac/12Vdc-1A.

**AQC** - 200cc di acqua distillata

**HD40.1** - Stampante portatile (usa cavo HD2110RS).

