



# Piano Mirato di Prevenzione Stress da calore

Analisi dei parametri e  
degli indici microclimatici  
nella valutazione del  
rischio

Monza, 27 Novembre 2024

Dott. Pietro Sechi  
Dirigente Professioni Sanitarie  
PSAL – ATS BRIANZA

# Programma

## 3° parte (durata 30')

- Normativa Italiana e tecnica di settore
- Benessere termico
- Centraline e sonde microclimatiche
- Ambienti moderati e relativi indici di benessere termico
- Ambienti severi caldi e relativi indici di stress termico

# La normativa Italiana

TITOLO VIII - AGENTI FISICI

D.Lgs. 09 aprile 2008 n. 81

## TITOLO VIII - AGENTI FISICI

### CAPO I - DISPOSIZIONI GENERALI

#### Articolo 180 - Definizioni e campo di applicazione

1. Ai fini del presente Decreto Legislativo per *agenti fisici* si intendono il rumore, gli ultrasuoni, gli infrasuoni, le vibrazioni meccaniche, i campi elettromagnetici, le radiazioni ottiche, di origine artificiale, il microclima e le atmosfere iperbariche che possono comportare rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori.

2. Fermo restando quanto previsto dal presente capo, per le attività comportanti esposizione a rumore si applica il capo II, per quelle comportanti esposizione a vibrazioni si applica il capo III, per quelle comportanti esposizione a campi elettromagnetici si applica il capo IV, per quelle comportanti esposizione a radiazioni ottiche artificiali si applica il capo V.

3. La protezione dei lavoratori dalle radiazioni ionizzanti è disciplinata unicamente dal Decreto Legislativo 17 marzo 1995, n. 230<sup>(N)</sup>, e sue successive modificazioni.

*Note all'Art. 180*

#### Articolo 181 - Valutazione dei rischi

1. Nell'ambito della valutazione di cui all'articolo 28, il datore di lavoro valuta tutti i rischi derivanti da esposizione ad agenti fisici in modo da identificare e adottare le opportune misure di prevenzione e protezione con particolare riferimento alle norme di buona tecnica ed alle buone prassi.

2. La valutazione dei rischi derivanti da esposizioni ad agenti fisici è programmata ed effettuata, con cadenza almeno quadriennale, da personale qualificato nell'ambito del servizio di prevenzione e protezione in possesso di specifiche conoscenze in materia. La valutazione dei rischi è aggiornata ogni qual volta si verificano mutamenti che potrebbero renderla obsoleta, ovvero, quando i risultati della sorveglianza sanitaria rendano necessaria la sua revisione. I dati ottenuti dalla valutazione, misurazione e calcolo dei livelli di esposizione costituiscono parte integrante del documento di valutazione del rischio.

3. Il datore di lavoro nella valutazione dei rischi precisa quali misure di prevenzione e protezione devono essere adottate. La valutazione dei rischi è riportata sul documento di valutazione di cui all'articolo 28, essa può includere una giustificazione del datore di lavoro secondo cui la natura e l'entità dei rischi non rendono necessaria una valutazione dei rischi più dettagliata.

A differenza degli altri agenti fisici non c'è un capo specifico per il microclima

# La normativa Italiana

## LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO PER GLI AMBIENTI TERMICI la normativa italiana

### Ambienti moderati

#### ALLEGATO IV .....

#### REQUISITI DEI LUOGHI DI LAVORO.

1.9. <u>Microclima</u> .....	12
1.9.1. Aerazione dei luoghi di lavoro chiusi .....	12
1.9.2. Temperatura dei locali .....	13
1.9.3. Umidità .....	13

### **1.9. Microclima**

#### *1.9.1. Aerazione dei luoghi di lavoro chiusi*

1.9.1.1. Nei luoghi di lavoro chiusi, è necessario far sì che tenendo conto dei metodi di lavoro e degli sforzi fisici ai quali sono sottoposti i lavoratori, essi dispongano di aria salubre in quantità sufficiente ottenuta preferenzialmente con aperture naturali e quando ciò non sia possibile, con impianti di areazione.

1.9.1.2. Se viene utilizzato un impianto di aerazione, esso deve essere sempre mantenuto funzionante. Ogni eventuale guasto deve essere segnalato da un sistema di controllo, quando ciò è necessario per salvaguardare la salute dei lavoratori.

# La normativa Italiana

## ALLEGATO IV .....

### REQUISITI DEI LUOGHI DI LAVORO.

1.9. Microclima .....	12
1.9.1. Aerazione dei luoghi di lavoro chiusi .....	12
1.9.2. Temperatura dei locali .....	13
1.9.3. Umidità .....	13

1.9.1.3. Se sono utilizzati impianti di condizionamento dell'aria o di ventilazione meccanica, essi devono funzionare in modo che i lavoratori non siano esposti a correnti d'aria fastidiosa.

1.9.1.4. Gli stessi impianti devono essere periodicamente sottoposti a controlli, manutenzione, pulizia e sanificazione per la tutela della salute dei lavoratori.

1.9.1.5. Qualsiasi sedimento o sporcizia che potrebbe comportare un pericolo immediato per la salute dei lavoratori dovuto all'inquinamento dell'aria respirata deve essere eliminato rapidamente.

#### 1.9.2. Temperatura dei locali

1.9.2.1. La temperatura nei locali di lavoro deve essere adeguata all'organismo umano durante il tempo di lavoro, tenuto conto dei metodi di lavoro applicati e degli sforzi fisici imposti ai lavoratori.

1.9.2.2. Nel giudizio sulla temperatura adeguata per i lavoratori si deve tener conto della influenza che possono esercitare sopra di essa il grado di umidità ed il movimento dell'aria concomitanti.

1.9.2.3. La temperatura dei locali di riposo, dei locali per il personale di sorveglianza, dei servizi igienici, delle mense e dei locali di pronto soccorso deve essere conforme alla destinazione specifica di questi locali.

1.9.2.4. Le finestre, i lucernari e le pareti vetrate devono essere tali da evitare un soleggiamento eccessivo dei luoghi di lavoro, tenendo conto del tipo di attività e della natura del luogo di lavoro.

1.9.2.5. Quando non è conveniente modificare la temperatura di tutto l'ambiente, si deve provvedere alla difesa dei lavoratori contro le temperature troppo alte o troppo basse mediante misure tecniche localizzate o mezzi personali di protezione.

1.9.2.6. Gli apparecchi a fuoco diretto destinati al riscaldamento dell'ambiente nei locali chiusi di lavoro di cui al precedente articolo, devono essere muniti di condotti del fumo privi di valvole regolatrici ed avere tiraggio sufficiente per evitare la corruzione dell'aria con i prodotti della combustione, ad eccezione dei casi in cui, per l'ampiezza del locale, tale impianto non sia necessario.

#### 1.9.3. Umidità

1.9.3.1. Nei locali chiusi di lavoro delle aziende industriali nei quali l'aria è soggetta ad inumidirsi notevolmente per ragioni di lavoro, si deve evitare, per quanto è possibile, la formazione della nebbia, mantenendo la temperatura e l'umidità nei limiti compatibili con le esigenze tecniche.

# La normativa tecnica di settore

NORMA	TITOLO
UNI EN ISO 7726: 2002	Ergonomia degli ambienti termici – Strumenti per la misurazione delle grandezze fisiche
UNI EN ISO 8996:2022	Ergonomia dell'ambiente termico - Determinazione del metabolismo energetico
UNI EN ISO 9920:2009	Ergonomia degli ambienti termici - Valutazione dell'isolamento termico e della resistenza evaporativa dell'abbigliamento
UNI EN ISO 9886:2004	Valutazione degli effetti termici (thermal strain) mediante misurazioni fisiologiche
UNI EN ISO 10551:2002	Ergonomia degli ambienti termici – Valutazione dell'influenza dell'ambiente termico mediante scale di giudizio soggettivo
UNI EN ISO 11399:2001	Ergonomia degli ambienti termici – Principi ed applicazioni delle relative norme internazionali
UNI EN ISO 12894: 2002	Ergonomia degli ambienti termici - Supervisione medica per persone esposte ad ambienti molto caldi o molto freddi
UNI EN ISO 13731:2004	Ergonomia degli ambienti termici - Vocabolario e simboli
UNI EN ISO 15265: 2005	Ergonomia dell'ambiente termico - Strategia di valutazione del rischio per la prevenzione dello stress o del disagio termico in condizioni di lavoro
UNI EN ISO 28803: 2012	Ergonomia degli ambienti fisici: Applicazione di norme internazionali alle persone con speciali necessità

# La normativa tecnica di settore

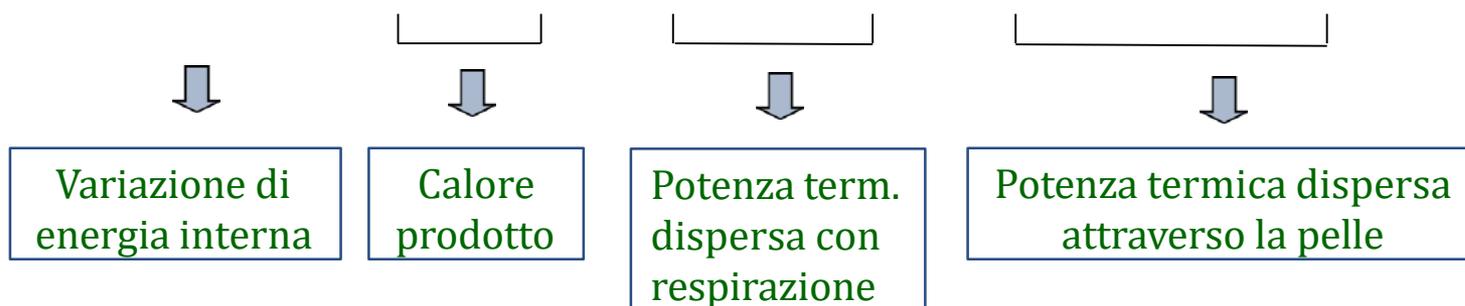
NORMA	TITOLO
UNI EN ISO 7730:2006	Ergonomia degli ambienti termici - Determinazione analitica ed interpretazione del benessere termico mediante il calcolo degli indici PMV e PPD e dei criteri di benessere termico
UNI EN ISO 7243:2017	Ergonomia degli ambienti termici - Valutazione dello stress da calore utilizzando l'indice WBGT (temperatura globo del bulbo bagnato)
UNI EN ISO 7933:2005	Ergonomia dell'ambiente termico - Determinazione analitica ed interpretazione dello stress termico da calore mediante il calcolo della sollecitazione termica prevedibile
UNI EN ISO 11079:2008	Ergonomia degli ambienti termici - Determinazione e interpretazione dello stress termico da freddo con l'utilizzo dell'isolamento termico dell'abbigliamento richiesto (IREQ) e degli effetti del raffreddamento locale.
UNI EN ISO 15743: 2008	Ergonomia dell'ambiente termico - Posti di lavoro al freddo - Valutazione e gestione del rischio

NORMA	TITOLO
UNI EN ISO 13732 - 1: 2009	Ergonomia degli ambienti termici - Metodi per la valutazione della risposta dell'uomo al contatto con le superfici - Parte 1: Superfici calde
ISO/TS 13732 - 2: 2001	Ergonomics of the thermal environment - Methods for the assessment of human responses to contact with surfaces - Part 2: Human contact with surfaces at moderate temperature
UNI EN ISO 13732 - 3: 2006	Ergonomia degli ambienti termici - Metodi per la valutazione della risposta dell'uomo al contatto con le superfici - Parte 3: Superfici fredde



# EQUAZIONE DI BILANCIO TERMICO

$$S = (M - W) - (C_{\text{res}} \pm E_{\text{res}} \pm C \pm R \pm E \pm K) \quad [\text{W}/\text{m}^2]$$



- $S > 0$  potenza termica in ingresso > di quella in uscita ➔ incremento  $T_c$
- $S = 0$  potenza termica in ingresso = di quella in uscita ➔  $T_c$  costante
- $S < 0$  potenza termica in ingresso < di quella in uscita ➔ decremento  $T_c$

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

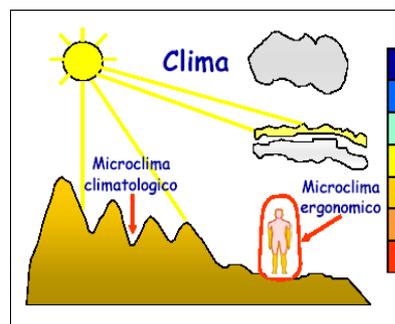


$$S = f(M, I_{cl}, t_a, p_a, v_a, t_r)$$



### 4 parametri AMBIENTALI:

- $t_a$  temperatura dell'aria [°C]
- $t_r$  temperatura media radiante [°C]
- $v_a$  velocità dell'aria [m/s]
- $p_a$  Pressione parziale di vapor acqueo (umidità)



### 2 parametri SOGGETTIVI:

- $M$  Metabolismo energetico [met]
- $I_{cl}$  Isolamento termico dell'abbigliamento [clo]

## AMBIENTI MODERATI

non è presente alcun vincolo che impedisca il raggiungimento del comfort termico



Obiettivo:  
raggiungimento **COMFORT TERMICO**



## AMBIENTI CALDI O FREDDI

esiste un vincolo legato alle necessità produttive o alle condizioni ambientali che non consente il raggiungimento del comfort termico



Obiettivo:

**SALVAGUARDIA** della sicurezza e della salute dei lavoratori

### AMBIENTI FREDDI



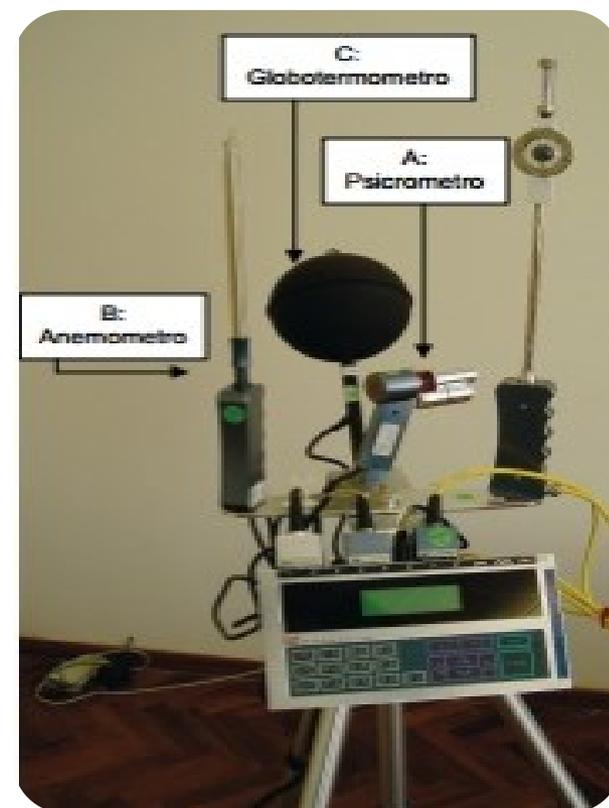
### AMBIENTI CALDI



## SISTEMA MICROCALCOLATORE RILEVATORE ELABORATORE BABUC/A (DITTA LSI LASTEM)

Il multiacquisitore memorizza i dati su una centralina. Il dispositivo è montato su uno stativo, collegato a un gruppo di sensori:

- **Psicrometro a ventilazione forzata** con serbatoio d'acqua, per rilevare temperatura a bulbo secco e umidità relativa;
- **Globotermometro** per determinare temperatura radiante media;
- **Anemometro a filo caldo** per misurare la velocità dell'aria.



## SONDE AGGIUNTIVE



Si possono aggiungere sonde per determinare gli indici relativi al discomfort localizzato e, quindi, misurare le seguenti grandezze:

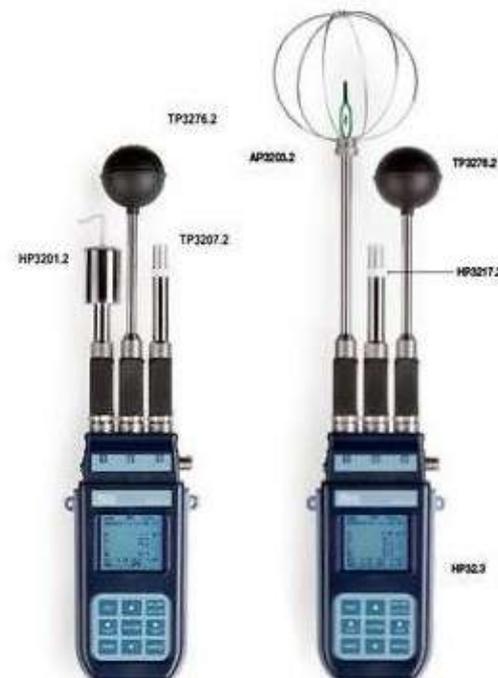
- Temperatura del pavimento
- Temperatura radiante piana (nelle diverse direzioni)
- Turbolenza dell'aria
- Temperatura dell'aria al livello delle caviglie e della testa del soggetto



## CENTRALINE MICROCLIMATICHE PIU' MODERNE MA CON MEDESIME FUNZIONI DEL BABUC



centralina Isi-lastem m log



centralina Delta Ohm HD 32.2  
(in uso al servizio)

# AMBIENTI MODERATI



## **AMBIENTI AD OBIETTIVO COMFORT**

Gli ambienti in cui non si individua alcun vincolo in grado di pregiudicare il raggiungimento di condizioni di comfort vengono detti **moderabili**.

**In questi ambienti l'obiettivo è il raggiungimento del comfort.**

**BENESSERE TERMICO:** *definito come lo stato psicofisico nel quale il soggetto esprime soddisfazione verso l'ambiente termico che lo circonda.*

## INDICI DI BENESSERE TERMICO

- *Predicted Mean Vote* (PMV) – Voto medio previsto
- *Predicted Percentage of Dissatisfied* (PPD) – Percentuale prevista di insoddisfatti

### PMV

Il calcolo dell'indice è basato sull'equazione di **bilancio termico**.

Considerato che il PMV quantifica un voto medio, si assume che esista comunque una percentuale di insoddisfatti rispetto alle condizioni termiche in esame e che voterebbero *caldo, molto caldo, o freddo, molto freddo*. Tale percentuale viene quantificata dall'indice **PPD**.

## PMV

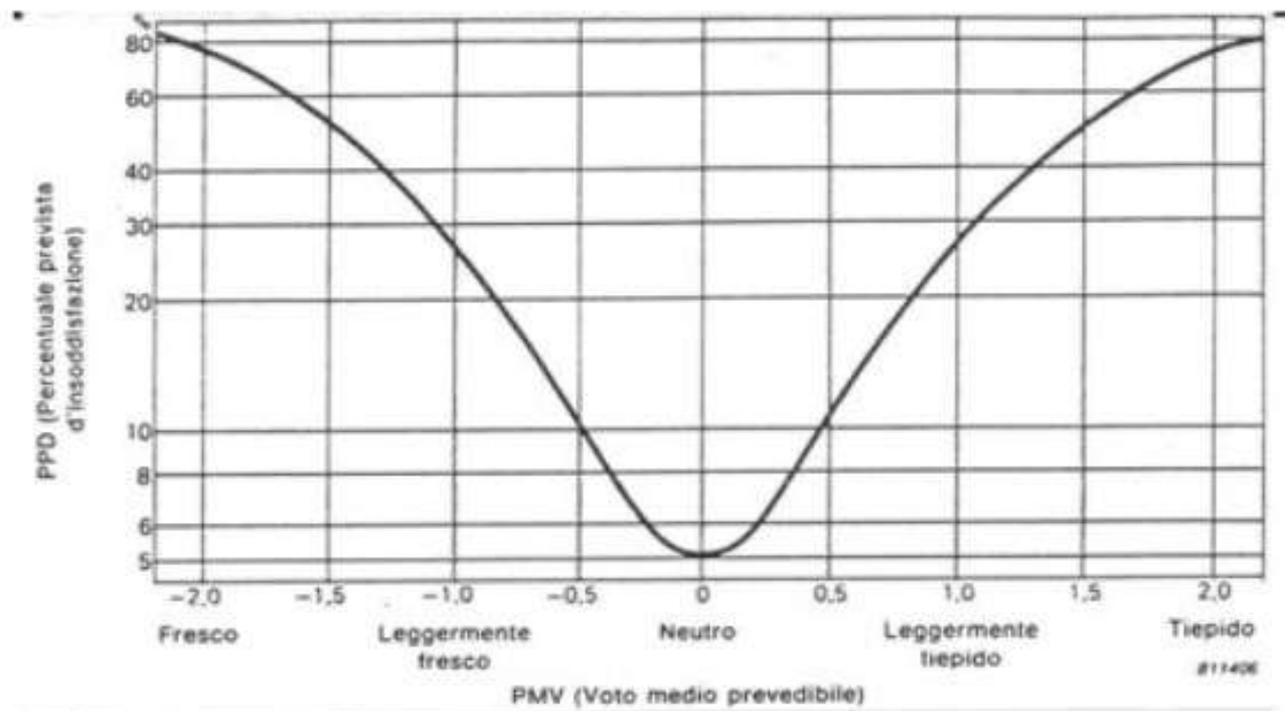
Il PMV rappresenta il giudizio medio che darebbe un gruppo di individui adulti sani privi di particolari necessità termiche, esposte all'ambiente termico in esame, espresso in una scala a 7 punti.

Tale indice fornisce un giudizio medio sulla condizione di comfort/discomfort globale, ovvero relativo al corpo nella sua interezza.

voto	sensazione
+3	molto caldo
+2	caldo
+1	leggermente caldo
0	né caldo né freddo
-1	leggermente freddo
-2	freddo
-3	molto freddo

## PPD

Andamento della percentuale di insoddisfatti (PPD) in funzione del PMV (Voto medio prevedibile)



## APPLICABILITA' DELL'INDICE PMV

La UNI EN ISO 7730 raccomanda di utilizzare l'indice PMV quando tutti i principali 6 parametri necessari per la sua valutazione, assumono valori compresi negli intervalli sottostanti.

PARAMETRO $\alpha$	INTERVALLO $\alpha$
Attività metabolica $M\alpha$	$46 \text{ W/m}^2 \div 232 \text{ W/m}^2 (0.8 \cdot \text{Met} \div 4 \text{ Met})\alpha$
Isolamento termico $I_{cl}\alpha$	$0 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} \div 0.31 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} (0 \cdot \text{clo} \div 2 \text{ clo})\alpha$
Temperatura dell'aria $t_a\alpha$	$10^\circ\text{C} \div 30^\circ\text{C}\alpha$
Temperatura media radiante $\bar{t}_r\alpha$	$10^\circ\text{C} \div 40^\circ\text{C}\alpha$
Velocità relativa $v_r\alpha$	$0 \text{ m/s} \div 1 \text{ m/s}\alpha$
Pressione parziale di vapore $p_a\alpha$	$0 \text{ Pa} \div 2700 \text{ Pa}\alpha$



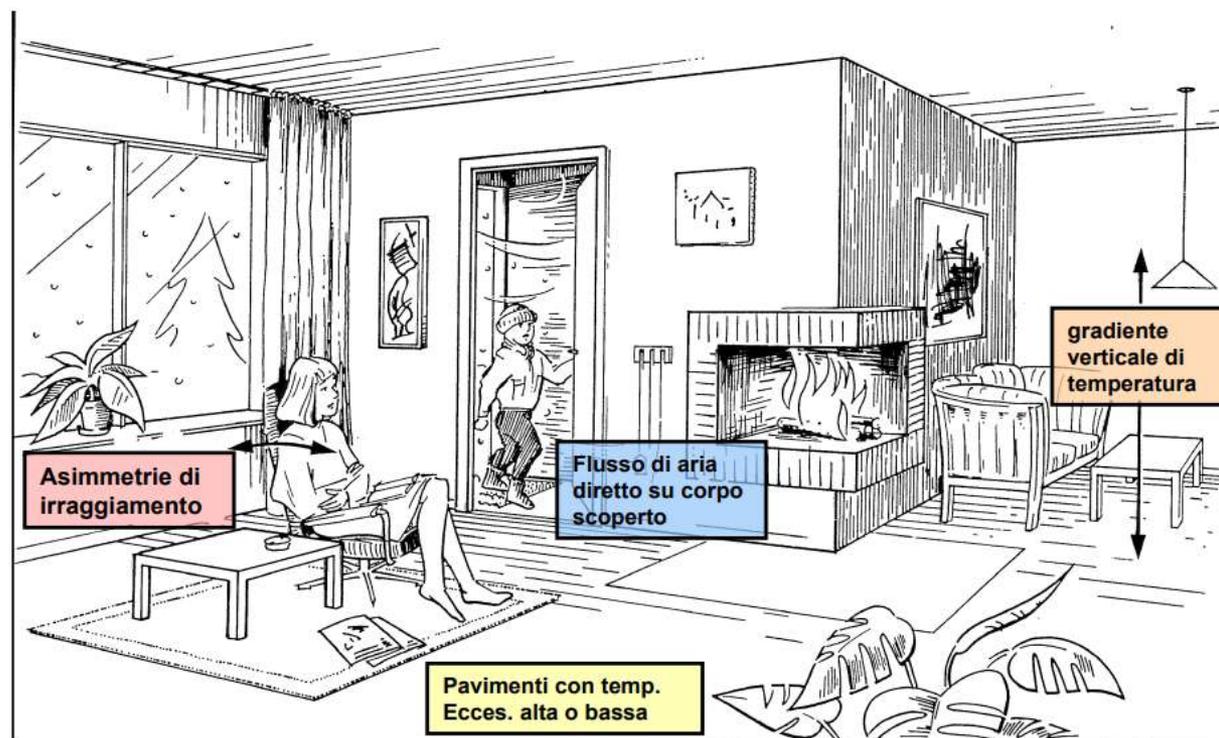
Tipo di attività prevalente esercitata	MET
Distesi o sdraiati	0,8
Seduti, rilassati	1,0
Attività sedentarie (ufficio, abitazione, laboratorio, scuola)	1,2
In piedi, a riposo	1,2
In piedi, attività leggere (shopping, laboratorio, industria leggera)	1,6
In piedi, attività medie (commesso, lavori domestici, lavori alle macchine)	2,0
Attività pesante (lavoro pesante su macchinari, garage)	2,6
Camminare in piano alla velocità di 2 Km/h	1,9
Camminare in piano alla velocità di 3 Km/h	2,4
Camminare in piano alla velocità di 4 Km/h	2,8
Camminare in piano alla velocità di 5 Km/h	3,4

Tipo di attività prevalente esercitata	CLO
Tipico abbigliamento tropicale: slip, pantaloncini, camicia a maniche corte, scarpe	0,30
Tipico abbigliamento leggero estivo	0,50
Slip, tuta, calzini, scarpe	0,70
Slip, camicia, tuta, calzini, scarpe	0,80
Slip, camicia, pantaloni, grembiule, calzini, scarpe	0,90
Biancheria intima a maniche e gambe corte, camicia, pantaloni, giacca, calzini, scarpe	1,00
Tipico abbigliamento invernale per ambienti chiusi	1,00
Biancheria intima a maniche e gambe lunghe, giacca termica, calzini, scarpe	1,20
Biancheria intima a maniche e gambe corte, camicia, pantaloni, giacca, giacca con imbottitura pesante e tuta, calzini, scarpe, berretto e guanti	1,40
Completo invernale tipico	1,50
Biancheria intima a maniche e gambe lunghe, camicia, pantaloni, giacca, giacca con imbottitura pesante e tuta, calzini, scarpe	2,00
Biancheria intima a maniche e gambe lunghe, giacca termica e pantaloni, parka, parka con imbottitura pesante, tuta con imbottitura pesante, calzini, scarpe, berretto e guanti	2,55

## DISCOMFORT LOCALE

L'indice PMV fornisce un giudizio medio sulla condizione di comfort/discomfort globale e non tiene, quindi, conto di specifiche disomogeneità che possono essere presenti nell'ambiente e che possono determinare dei disagi locali per il soggetto.

- ① correnti d'aria
- ② gradiente verticale della temperatura
- ③ pavimenti troppo caldi o freddi
- ④ asimmetria radiante





## CBE Thermal Comfort Tool

Help Other CBE tools

ASHRAE-55 EN-16798 Compare Ranges Upload Fans & Heat PHS

**Inputs**

Select method: PMV method

Air temperature: 25 °C  Use operative temp

Mean radiant temperature: 25 °C

Air speed: 0.3 m/s

Relative humidity: 51 % Relative humidity

Metabolic rate: 1.7 met Seated, quiet: 1.0

Dynamic clothing insulation: 0.3 clo Trousers, long-sleeve shir

Create custom ensemble

Reset Set pressure SI/IP

✓ Complies with EN-16798

PMV = -0.13

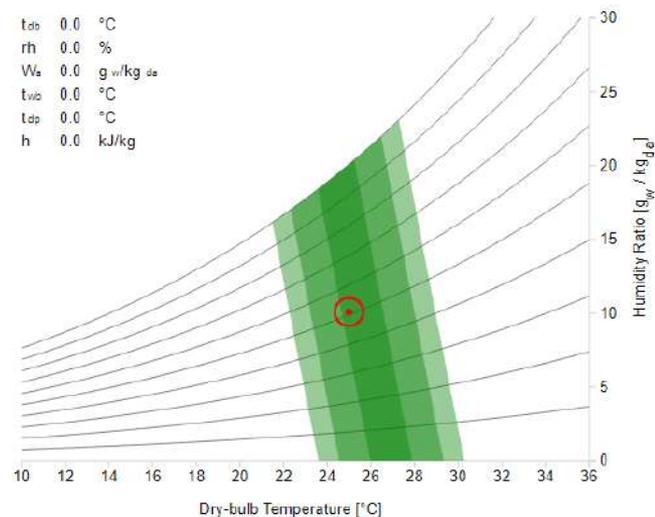
PPD = 5 %

Category = I

Relative air speed = 0.51 m/s

Psychrometric (air temperature)

t<sub>db</sub> 0.0 °C  
 rh 0.0 %  
 W<sub>a</sub> 0.0 g w/kg da  
 t<sub>wb</sub> 0.0 °C  
 t<sub>dp</sub> 0.0 °C  
 h 0.0 kJ/kg



## HEAT INDEX

Nelle condizioni esterne agli intervalli di applicabilità, mostrati nelle slide precedenti, potrebbero insorgere condizioni di «stress da calore». In questo caso è utilizzabile l'indice di calore (Heat Index).



### 4 LIVELLI DI ALLERTA

*«Cautela per possibile affaticamento» fino al  
«Rischio elevato di colpo di calore».*

L'indice di calore sfrutta i valori della temperatura ambiente (termometro) e dell'umidità relativa (igrometro).

L'utilizzo dell'indice di calore risulta valido per lavoro all'ombra, con leggera ventilazione ed in assenza di DPI o indumenti pesanti.



## Calcolatore Indice di Calore (Heat Index)

Il calcolatore consente di valutare l'indice di calore a partire dai parametri di temperatura e umidità, è richiesta anche l'informazione se il lavoratore opera in pieno sole, in tale caso l'indice viene aumentato di 15 punti, in accordo con una stima cautelativa effettuata dal National Weather Service statunitense.

[Mostra un esempio](#)

Temperatura

31

°C

Umidità Relativa

70

%

Lavorazione in pieno sole  Si  No

[CALCOLA](#)

Heat Index 100 

Messaggio **Estrema cautela, possibili crampi muscolari, esaurimento fisico**

versione 240222

*Tabella - Valori dell'indice Heat Index e possibilità di insorgenza di disturbi tra gli individui della popolazione*

Indicatore	Valore(HI)	Messaggio
	<80	Nessun rischio da colpo di calore (non vale per i soggetti sensibili o per chi indossa DPI che modificano l'isolamento termico complessivo).
	da 80 a 90	Cautela per possibile affaticamento (non vale per i soggetti sensibili o per chi indossa DPI che modificano l'isolamento termico complessivo).
	da 90 a 104	Estrema cautela: possibili crampi muscolari, esaurimento fisico.
	da 105 a 129	Rischio di possibilità di colpo di calore.
	>130	Rischio elevato di colpo di calore.

Al comparire dell'indicazione di rischio "cautela" bisognerà comunque attivare misure preventive nel caso in cui le lavorazioni comportino l'impiego di DPI che non consentono la traspirazione (es tute integrali) o indumenti da lavoro pesanti e/o elevato sforzo fisico.

Altra informazione richiesta è quella relativa all'esposizione diretta alla radiazione solare.



**Temperatura [°C]**

	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
30	76	78	80	81	82	84	86	87	90	92	94	97	100	103	106	110	113	117	121
35	76	78	80	81	83	85	86	89	91	94	96	100	103	106	110	114	118	122	127
40	76	78	80	82	84	85	88	90	93	96	99	103	106	110	114	119	124	129	134
45	77	78	81	83	84	87	89	92	95	98	102	106	110	115	119	124	130	135	141
50	77	79	81	83	85	88	91	94	97	101	105	110	114	120	125	131	137		
55	77	79	82	84	87	89	93	96	100	104	109	114	119	125	131	137			
60	77	80	83	85	88	91	95	99	103	108	113	118	125	131	138				
65	77	81	83	86	89	93	97	102	107	112	118	124	130	138					
70	78	81	84	87	91	95	100	105	110	116	122	130	137						
75	78	81	85	88	93	97	103	108	114	121	128	136							
80	78	82	86	90	95	100	106	112	119	126	134	142							
85	78	82	86	91	97	103	109	116	123	131	140								
90	78	82	87	93	99	105	112	120	128	137									
95	78	83	88	94	101	108	116	125	134	143									
100	78	83	89	96	104	112	120	130	139										

**Umidità Rel. [%]**

# AMBIENTI CALDI

# VALUTAZIONE: 2 INDICI

## **WBGT**

Utile per una  
valutazione  
preliminare ed  
esplorativa  
dell'ambiente in  
esame

## **PHS**

Modello  
utilizzato per  
una valutazione  
più approfondita

## UNI EN ISO 7243:2017 (temperatura globo del bulbo bagnato)

W  
B  
G  
T

Utilizzato in prima battuta per comprendere se l'esposizione ad un determinato ambiente caldo genera o meno stress termico sia in ambienti indoor che outdoor su un soggetto nel corso di una giornata lavorativa (fino a 8 h).

La valutazione avviene attraverso i seguenti passi:

- Calcolo del WBGT
- Correzione del valore  $WBGT_{eff}$  calcolato, nel caso di abbigliamento diverso da quello preso come riferimento\*, aggiungendo al WBGT il valore CAV (*Clothing Adjustment Value*) che viene stimato attraverso la Tabella 3 della UNI EN ISO 7243:2017, ottenendo il valore del  $WBGT_{eff}$ .

(\*) abbigliamento in cotone con caratteristiche  $I_{cl}=0,6$  clo e  $i_m=0,38$



## UNI EN ISO 7243:2017 (temperatura globo del bulbo bagnato)

Se il valore del WBGT valutato risulta inferiore ai  
valore di riferimento non sono richieste ulteriori  
azioni da intraprendere.

Se viceversa tale indice risulta maggiore del  
rispettivo valore di riferimento è necessario:

- ridurre lo stress termico con metodi appropriati (controllo dell'ambiente, del livello di attività, del tempo trascorso nell'ambiente in esame);
- procedere eventualmente ad una analisi più dettagliata dello stress termico utilizzando la ISO 7933 (modello PHS).



## 1. Calcolo valore indice WBGT effettivo ( $WBGT_{eff}$ )

$$WBGT_{eff} = WBGT + CAV$$

In assenza carico solare

$$WBGT = 0.7t_{nw} + 0.3t_g$$

In presenza carico solare

$$WBGT = 0.7t_{nw} + 0.2t_g + 0.1t_a$$

Dove

$t_{nw}$  è la temperatura di bulbo umido a ventilazione naturale

$t_g$  è la temperatura del globotermometro

$t_a$  è la temperatura dell'aria

Tabella 3. Valori di CAV

Ensemble	Comment	CAV [°C-WBGT]
Work clothes	Work clothes made from a woven fabric is the reference ensemble.	0
Cloth coveralls	Woven fabric that includes treated cotton.	0
Non-woven SMS coveralls as a single layer	A non-proprietary process to make non-woven fabrics from polypropylene.	0
Non-woven polyolefin Coveralls as a single layer	A proprietary fabric made from polyethylene.	2
Vapour-barrier apron with long sleeves and long length over cloth coveralls	The wrap-around apron configuration was designed to protect the front and sides of the body against spills from chemical agents.	4
Double layer of woven clothing	Generally taken to be coveralls over work clothes.	3
Vapour-barrier coveralls as a single layer, without hood	The real effect depends on the level of humidity and in many cases the effect is less.	10
Vapour-barrier coveralls with hood as a single layer	The real effect depends on the level of humidity and in many cases the effect is less.	11
Vapour-barrier over cloth coveralls, without hood	—	12
Hood <sup>a</sup>	Wearing a hood of any fabric with any clothing ensemble.	+1

The CAVs are added to the measured WBGT to obtain  $WBGT_{eff}$ .

NOTE For high vapour resistance clothing there is a dependence on relative humidity. The CAVs represent the likely high value.

<sup>a</sup> This value is added to the CAV of the ensemble without hood or respirator.

## 2. Calcolo valore indice $WBGT_{ref}$ (in funzione del metabolismo energetico)

**Soggetto acclimatato:** è una persona che è stata esposta all'ambiente caldo (o ad ambienti più estremi) **per almeno una intera settimana di lavoro**, immediatamente prima del periodo in cui avviene la valutazione.

Per soggetto acclimatato:

$$WBGT_{ref} = 56.7 - 11.5 \times \log_{10}(M) \text{ in } ^\circ\text{C}$$

Per soggetto non acclimatato:

$$WBGT_{ref} = 59.9 - 14.1 \times \log_{10}(M) \text{ in } ^\circ\text{C}$$

Tabella 5 - esempi di attività associate alle differenti classi di attività metabolica

Class	Metabolic rate W	Examples
0 Resting	115 (100 to 125)	Resting, sitting at ease
1 Low metabolic rate	180 (125 to 235)	Light manual work (writing, typing, drawing, sewing, book-keeping); hand and arm work (small bench tools, inspection, assembly or sorting of light materials); arm and leg work (driving vehicle in normal conditions, operating foot switch or pedal).  Standing drilling (small parts); milling machine (small parts); coil winding; small armature winding; machining with low power tools; casual walking on level surface (speed up to 2,5 km/h).
2 Moderate metabolic rate	300 (235 to 360)	Sustained hand and arm work (hammering in nails, filing); arm and leg work (off-road operation of lorries, tractors or construction equipment); arm and trunk work (work with pneumatic hammer, tractor assembly, plastering, intermittent handling of moderately heavy material, weeding, hoeing, picking fruits or vegetables, pushing or pulling lightweight carts or wheelbarrows, walking at a speed of 2,5 to 5,5 km/h on level surface: forging)
3 High metabolic rate	415 (360 to 465)	Intense arm and trunk work; carrying heavy material; shovelling; sledge-hammer work; sawing; planing or chiselling hard wood; hand mowing; digging; walking at a speed of 5,5 to 7 km/h on level surface.  Pushing or pulling heavily loaded hand carts or wheelbarrows; chipping castings; concrete block laying.
4 Very high metabolic rate	520 (>465)	Very intense activity at fast to maximum pace; working with an axe; intense shovelling or digging; climbing stairs, ramp or ladder; walking quickly with small steps; running on level surface; walking at a speed greater than 7 km/h on level surface.

## Se non vogliamo fare il calcolo al punto nr. 2, troviamo i valori di WBGT *reference* in questa tabella

Tabella 4 Classificazione metabolismo energetico

Metabolic rate (class) (see <a href="#">Table E.1</a> for description)	Metabolic rate W	WBGT reference limit for persons acclimatized to heat °C	WBGT reference limit for persons unacclimatized to heat °C
Class 0 Resting metabolic rate	115	33	32
Class 1 Low metabolic rate	180	30	29
Class 2 Moderate metabolic rate	300	28	26
Class 3 High metabolic rate	415	26	23
Class 4 Very high metabolic rate	520	25	20

The values for WBGT<sub>eff</sub> given here are provided for harmonization with existing national standards. As those standards are revisited in the future, the values from [Figure A.1](#) or the related equations may be considered. The newer values will generally differ by  $\pm 1$  °C.

# INTERPRETAZIONE INDICE WBGT

$$WBGT_{eff} < WBGT_{eff,ref}$$

Non sono richieste ulteriori azioni

$$WBGT_{eff} > WBGT_{eff,ref}$$

Ridurre lo stress termico  
con metodi appropriati  
(controllo ambiente, livello  
di attività, tempi di  
esposizione)

Effettuare una valutazione  
più dettagliata dello stress  
termico attraverso la ISO  
7933



## **PHS (*Predicted Head Strain*) ISO 7933**

### **Interpretazione stress termico di un individuo che si trova in un ambiente caldo**

Nr. 3 tipologie di parametri: **ambientali, individuali e aggiuntivi**.

I primi due sono obbligatori, i terzi no.

- **Tutti gli indici di stress termico hanno limitazioni nel predire in maniera completa la risposta di un individuo soggetto a condizioni ambientali calde/fredde, ed in generale non possono tenere conto di tutte le variabili associate con l'ambiente, l'interazione individuo-ambiente e con l'individuo.**

## Calcolo dello stress termico da calore secondo la norma UNI EN ISO 7933:2005

Valori indicativi di attività metabolica per alcune tipologie di condizioni lavorative, e valori indicativi di isolamento termico del vestiario sono elencati nelle tabelle riportate in questa [pagina](#).

MOSTRA UN ESEMPIO

Peso	<input type="text" value="75"/>	Kg
Altezza	<input type="text" value="1.8"/>	m
Possibilità di idratazione	<input checked="" type="radio"/> Vero <input type="radio"/> Falso	
Soggetto acclimatato	<input checked="" type="radio"/> Vero <input type="radio"/> Falso	
Temperatura dell'aria	<input type="text" value="40"/>	°C
Temperatura media radiante	<input type="text" value="40"/>	°C
Umidità relativa	<input type="text" value="33.9"/>	%

Velocità relativa dell'aria	<input type="text" value="0.3"/>	m/s
Attività metabolica	<input type="text" value="150"/>	W/m <sup>2</sup>
Potenza meccanica reale	<input type="text" value="0"/>	W
Postura	<input type="text" value="in piedi"/>	
Isolamento termico vestiario	<input type="text" value="0.5"/>	clo
Permeabilità statica all'umidità	<input type="text" value="0.38"/>	
Frazione del corpo coperta da vestiario riflettente	<input type="text" value="0.54"/>	
Emissività del vestiario riflettente	<input type="text" value="0.97"/>	
Dati velocità camminata	<input type="radio"/> disponibili <input checked="" type="radio"/> non disponibili	
Velocità di camminata	<input type="text" value="0"/>	m/s
Dati direzione del vento	<input type="radio"/> disponibili	°

## PHS RISULTATI:

Andamento nel tempo della  
temperatura rettale (°C)

Quantità di liquido perduto nel  
corso dell'esposizione (grammi)

Tempo massimo di  
esposizione (minuti)

Tempo massimo di esposizione all'ambiente (minuti)  
affinché la temperatura rettale rimanga inferiore ai 38 °C

Tempo massimo di esposizione all'ambiente (minuti) affinché la  
quantità di liquido perduto sia inferiore a quella massima possibile per  
il 50% della popolazione lavorativa

Tempo massimo di esposizione all'ambiente (minuti) affinché la  
quantità di liquido perduto sia inferiore a quella massima possibile  
per il 95% della popolazione lavorativa (limite più protettivo)

# PHS RISULTATI:

Temperatura rettale (C°)	37.5
Liquido perduto (g)	6173
Durata massima esposizione (min)	297
Durata massima esposizione per temperatura rettale (min)	480
Durata massima esposizione che protegge il 50% degli individui (min)	439
Durata massima esposizione che protegge il 95% degli individui (min)	297
Versione	v190604
Commenti	--