

# MICROCLIMA



AMBROSTUDIO S.R.L. – MILANO TEL.800 33 44 55 FAX 178 22 83 041

CORSO RLS

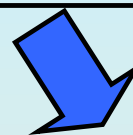
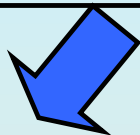


**il MICROCLIMA** è il complesso dei parametri climatici che caratterizzano un ambiente di lavoro e condizionano il **benessere termico** dei lavoratori

condizione mentale di soddisfazione nei confronti dell'ambiente termico

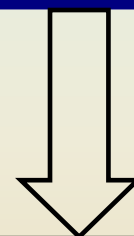
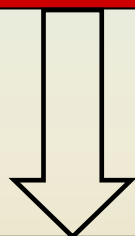
L'insoddisfazione può essere causata dal disagio per il caldo o per il freddo che prova il corpo nel suo complesso  
(UNI EN ISO 7730)

# il MICROCLIMA



**VALUTAZIONE DEI RISCHI**  
-----  
**MISURE DI PREVENZIONE**

**requisiti dei**  
**LUOGHI DI LAVORO**



**D.Lgs.81/08**

**Titolo VIII- AGENTI FISICI**  
Capo I  
Disposizioni generali

**Titolo II**  
**LUOGHI DI LAVORO**  
**Allegato IV**



**D.Lgs.81/08**  
**Titolo II**  
**LUOGHI DI LAVORO**

**ALLEGATO IV – REQUISITI DEI LUOGHI DI LAVORO**

1.3.1. A meno che non sia richiesto diversamente dalle necessità della lavorazione, è vietato adibire a lavori continuativi locali chiusi che non rispondono alle seguenti condizioni:

1.3.1.1. essere ben difesi contro gli agenti atmosferici, e provvisti di un isolamento termico e acustico sufficiente, tenuto conto del tipo di impresa e dell'attività fisica dei lavoratori;

1.3.1.2. avere aperture sufficienti per un rapido ricambio d'aria

### ALLEGATO IV – REQUISITI DEI LUOGHI DI LAVORO

#### 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.

### ALLEGATO IV – REQUISITI DEI LUOGHI DI LAVORO

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.

### ALLEGATO IV – REQUISITI DEI LUOGHI DI LAVORO

#### 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.

### ALLEGATO IV – REQUISITI DEI LUOGHI DI LAVORO

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.



### ALLEGATO IV – REQUISITI DEI LUOGHI 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**

...

1.9.3.1 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 minimi compatibili con le esigenze tecniche.

# **D.Lgs.81/08**

## **Titolo II**

### **LUOGHI DI LAVORO**

#### **ALLEGATO IV – REQUISITI DEI LUOGHI DI LAVORO**

##### **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

...

1.9.3.1 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 minimi compatibili con le esigenze tecniche.

CORSO RLS

AMBROSTUDIO S.R.L. – MILANO TEL.800 33 44 55 FAX 178 22 83 041



# D.Lgs.81/08

### Art. 2. (Definizioni)

1. Ai fini ed agli effetti delle disposizioni di cui al presente decreto legislativo si intende per:

u) **norma tecnica**: specifica tecnica, approvata e pubblicata da un'organizzazione internazionale, da un organismo europeo o da un organismo nazionale di normalizzazione, la cui osservanza non sia obbligatoria;

v) **buone prassi**: soluzioni organizzative o procedurali coerenti con la normativa vigente e con le norme di buona tecnica, adottate volontariamente e finalizzate a promuovere la salute e sicurezza sui luoghi di lavoro attraverso la riduzione dei rischi e il miglioramento delle condizioni di lavoro, elaborate e raccolte dalle regioni, dall'Istituto superiore per la prevenzione e la sicurezza del lavoro (ISPESL), dall'Istituto nazionale per l'assicurazione contro gli infortuni sul lavoro (INAIL) e dagli organismi paritetici di cui all'articolo 51, validate dalla Commissione consultiva permanente di cui all'articolo 6, previa istruttoria tecnica dell'ISPESL, che provvede a assicurarne la più ampia diffusione;

z) **linee guida**: atti di indirizzo e coordinamento per l'applicazione della normativa in materia di salute e sicurezza predisposti dai Ministeri, dalle regioni, dall'ISPESL e dall'INAIL e approvati in sede di Conferenza permanente per i rapporti tra lo Stato, le regioni e le province autonome di Trento e di Bolzano;

### Valori di RA

1. Uffici, ambulatori, mense, locali di riposo, aule, locali di degenza:  $RA \geq 1/8$  della superficie del pavimento
2. Locali adibiti ad attività lavorative diverse dalle precedenti, compresi i magazzini e gli archivi, occupati da lavoratori:  $RA \geq 1/16$  se di superficie inferiore a 1.000 mq,  $RA \geq 1/20$  se di superficie compresa tra 1.000 e 3.000 mq,  $RA \geq 1/24$  se di superficie maggiore di mq 3.000
3. Locali con posti di lavoro non continuativo  $RA \geq 1/30$ .



## **Ricambi d'aria**

- **apporto di aria di rinnovo, cioè aria nuova non riciclata (ASHRAE/ANSI 62-89)**
- **purezza dell'aria immessa (ASHRAE/ANSI 62-89)**
- **immissione dell'aria dal soffitto con maggior numero di bocchette per diminuirne la velocità**
- **ripresa dell'aria posta in basso con aspirazione meccanica per favorire un completo ricambio**
- **presa dell'aria esterna localizzata il più lontano possibile da fonti di inquinamento**

## **VOLUMI DI ARIA DI RINNOVO**

| Ambiente                            | occupazione prevista<br>[pers./100m <sup>2</sup> ] | portata d'aria di ventilazione<br>[m <sup>3</sup> /h pers.] |                |
|-------------------------------------|--|---|----------------|
|                                     |  | minima  | raccomandabile |
| uffici generici                     | 10   | 25.5  | 25.5-42.5      |
| sale riunioni                       | 65   | 42.5  | 51.0-68.0      |
| sale disegnatori                    | 21   | 12  | 17.0-25.5      |
| centri<br>meccanografici            | 32   | 8.5 (divieto di<br>fumo)                                    | 12.0-17.0      |
| reparti vendita<br>grandi magazzini | 20-30  | 12  | 17.0-25.5      |
| mensa                               | 75   | 17  | 25.5-34        |

# AMBIENTE MODERATO

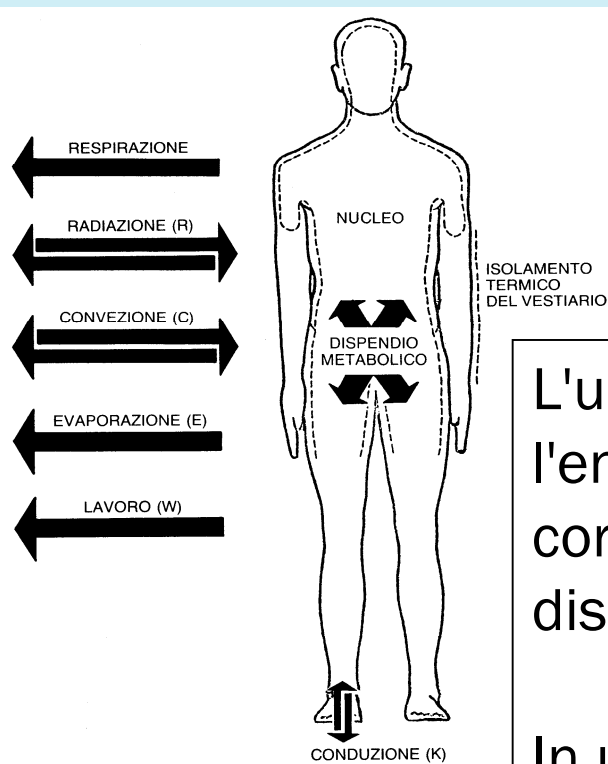
non esistono specifiche esigenze produttive che vincolano uno o più parametri che possono impedire il raggiungimento del comfort

esigenze produttive (forni, celle frigo, ciclo alimentare del freddo) o condizioni climatiche esterne (agricoltura, edilizia, cave)

AMBIENTE SEVERO FREDDO

AMBIENTE SEVERO CALDO

# Bilancio energetico del corpo umano



L'uomo è in **equilibrio termico** quando l'energia termica generata all'interno del corpo è uguale all'energia termica dispersa nell'ambiente.

In un **ambiente moderato** il sistema di **termoregolazione** del corpo umano cerca di modificare automaticamente la temperatura della pelle e la secrezione di sudore per mantenere l'equilibrio termico.



# Parametri misurabili

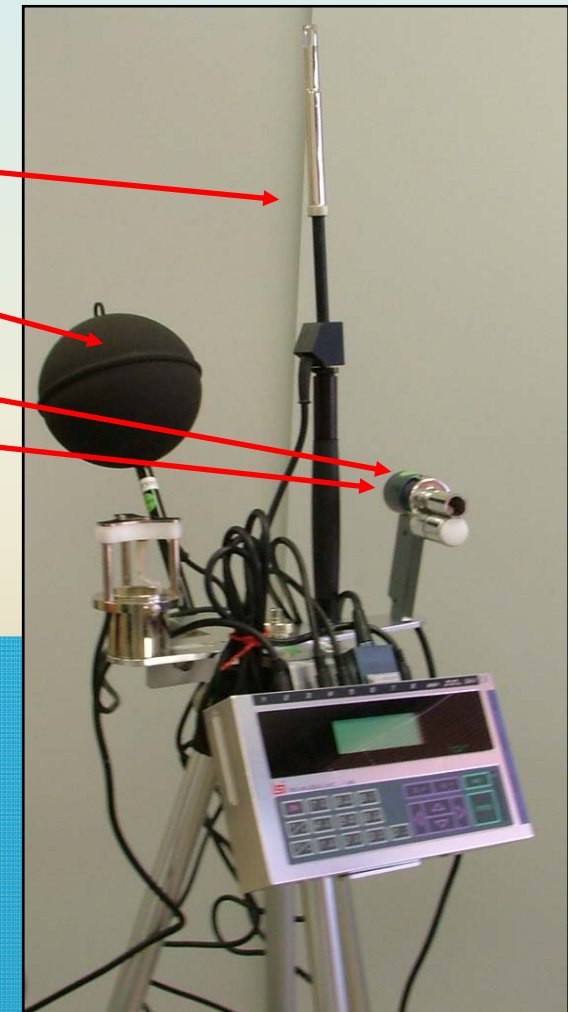
I termini dell'equazione sono riconducibili ai seguenti parametri:

❖ Quantità fisiche che caratterizzano l'ambiente da un punto di vista **termo**  
– igro – anemometrico:

- $V_a$  = Velocità aria (m/s)
- $t_r$  = Temperatura media radiante ( $^{\circ}\text{C}$ )
- $t_a$  = Temperatura dell'aria ( $^{\circ}\text{C}$ )
- RH = Umidità relativa (%)
- TU = turbolenza aria (%)

❖ Quantità riconducibili alle caratteristiche  
del singolo individuo:

- Isolamento termico del vestiario
- Attività metabolica



# AMBIENTE MODERATO

UNI EN ISO 7730:2006 Ergonomia degli ambienti termici - Determinazione analitica e interpretazione del benessere termico mediante il calcolo degli indici PMV e PPD e dei criteri di benessere termico locale

Il PMV si basa sul presupposto, tratto da studi sperimentali, che la **CONDIZIONE DI BENESSERE TERMICO** per la maggior parte degli individui si ottiene quando il bilancio termico e' in equilibrio e la temperatura cutanea media ed il calore dissipato per evaporazione del sudore variano entro limiti ben ristretti corrispondenti, di fatto, ad una **sollecitazione moderata del sistema di termoregolazione**

## UNI EN ISO 7730

Il PMV è un indice che predice il valore medio dei voti di un consistente gruppo di persone sulla seguente scala di sensazione termica a 7 punti:

| SENSAZIONE TERMICA | VOTO |
|--------------------|------|
| Molto caldo        | +3   |
| Caldo              | +2   |
| Leggermente caldo  | +1   |
| Neutrale           | 0    |
| Leggermente freddo | - 1  |
| Freddo             | - 2  |
| Molto freddo       | - 3  |

## UNI EN ISO 7730

L'indice PMV può essere determinato quando sono stimati:

- attività (energia metabolica)
- abbigliamento (resistenza termica)

e misurati i seguenti parametri ambientali:

- temperatura dell'aria
- temperatura media radiante
- velocità relativa dell'aria
- pressione parziale del vapore d'acqua





## UNI EN ISO 7730

### Intervallo di applicabilità degli indici di Fanger (PPD e PMV)

| Quantità                         | Simbolo  | Intervallo di applicabilità |
|----------------------------------|----------|-----------------------------|
| Temperatura dell'aria            | $t_a$    | 10 – 30 °C                  |
| Temperatura media radiante       | $t_r$    | 10 – 40 °C                  |
| Velocità dell'aria               | $v_a$    | 0 – 1 m/sec                 |
| Pressione del vapore acqueo      | $p_a$    | 0 – 2700 Pa                 |
| Attività metabolica              | M        | 0,8 – 4 met                 |
| Resistenza termica del vestiario | $I_{cl}$ | 0 – 2 clo                   |

Requisiti di benessere termico raccomandati dalla UNI EN ISO 7730:

**PPD < 10%**

**-0,5 < PMV < +0,5**

**RH = 30% - 70%**

UNI EN ISO 7730

## ENERGIA METABOLICA PER DIVERSE ATTIVITÀ



### Energia metabolica

| Attività  | Energia metabolica |     |
|---|--------------------|-----|
|   | W/m <sup>2</sup>   | met |
| Disteso   | 46                 | 0,8 |
| Seduto, rilassato   | 58                 | 1,0 |
| Attività sedentaria (ufficio, casa, scuola, laboratorio)                | 70                 | 1,2 |
| Attività leggera in piedi (compere, laboratorio, industria leggera)     | 93                 | 1,6 |
| Attività media in piedi (commesso, lavori domestici, lavori a macchina) | 116                | 2,0 |
| Camminare a:  |                    |     |
| 2 km/h  | 110                | 1,9 |
| 3 km/h  | 140                | 2,4 |
| 4 km/h  | 165                | 2,8 |
| 5 km/h  | 200                | 3,4 |

UNI EN ISO 7730

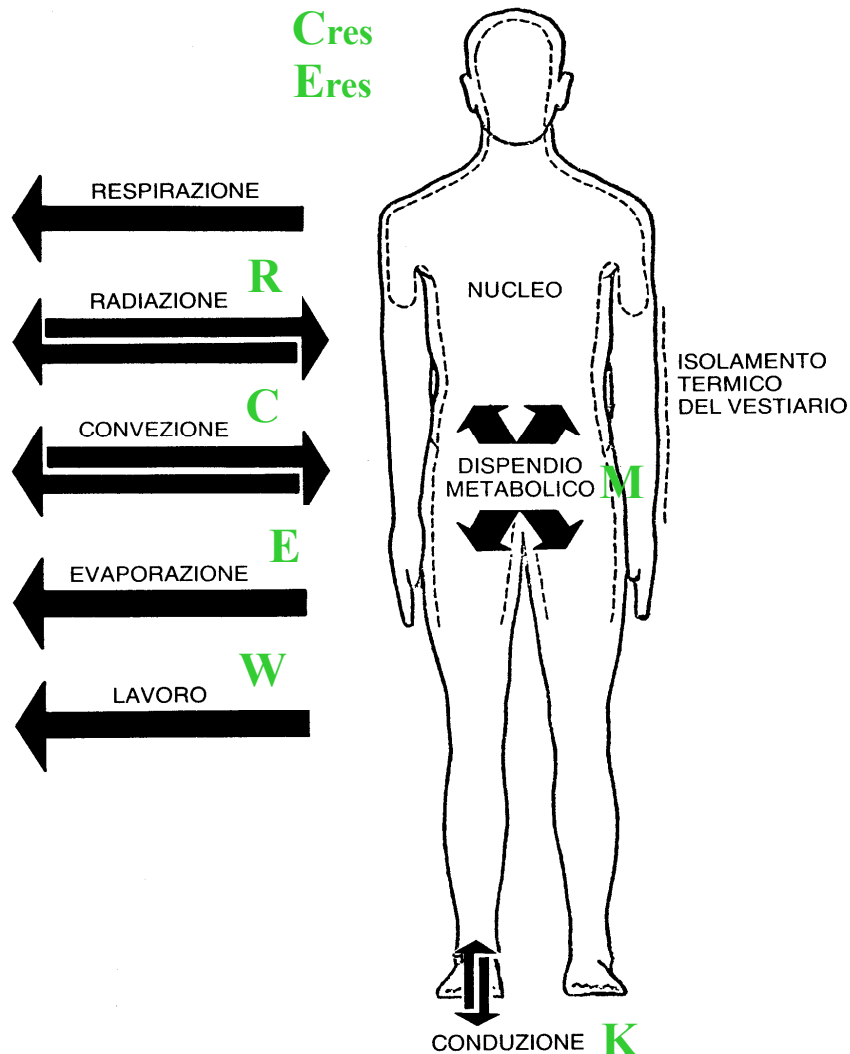


## RESISTENZA TERMICA DELL'ABBIGLIAMENTO

| DESCRIZIONE CAPO                 | RESISTENZA TERMICA clo |
|----------------------------------|------------------------|
| <b>Maglie - bluse</b>            |                        |
| Maniche corte                    | 0,15                   |
| Leggera, a maniche lunghe        | 0,20                   |
| Normale, a maniche lunghe        | 0,25                   |
| Di flanella, a maniche lunghe    | 0,30                   |
| <b>Abbigliamento per esterno</b> |                        |
| Cappotto                         | 0,60                   |
| Sotto-giacca                     | 0,55                   |
| Parka                            | 0,70                   |
| Tuta                             | 0,55                   |

# Bilancio energetico del corpo umano

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



$$S=0$$

omeotermia

$$S>0$$

sensazione  
di caldo

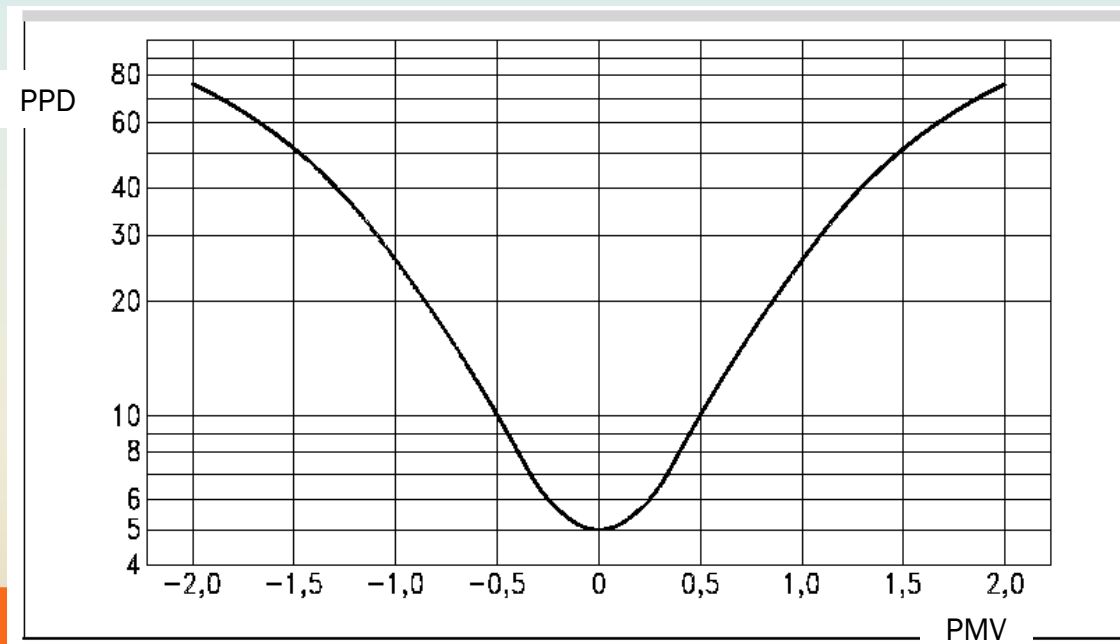
$$S<0$$

sensazione  
di freddo



## UNI EN ISO 7730

- ❑ PMV: voto medio previsto
- ❑ PPD: previsione del numero di persone insoddisfatte



Percentuale prevista di  
insoddisfatti (PPD) in  
funzione del voto medio  
previsto (PMV)

## UNI EN ISO 7730

La condizione di PMV compreso tra **-0.5 e +0.5** rappresenta una condizione necessaria ma non sufficiente per il comfort.

Devono infatti essere assenti anche disuniformità delle variabili ambientali, in grado di dare **disagio ad aree localizzate del corpo**, quali:

- elevato gradiente verticale di temperatura
- pavimento troppo caldo o troppo freddo
- correnti d'aria
- elevata asimmetria media radiante

# AMBIENTE SEVERO CALDO

Quando i meccanismi di termoregolazione non sono più sufficienti a mantenere l'equilibrio termico, la temperatura del nucleo corporeo si innalza provocando manifestazioni patologiche anche gravi che possono avere **conseguenze fatali**

a **42.0°**: alterazioni cerebrali irreversibili

## NORME TECNICHE PER LA VALUTAZIONE

UNI EN 27243:1996 Ambienti caldi. Valutazione dello stress termico per l'uomo negli ambienti di lavoro, basata sull'indice WBGT

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 (PHS)

# UNI EN 27243

## VALORI LIMITE DELL'INDICE DI STRESS TERMICO WBGT

| Classe di tasso metabolica | Tasso metabolico, $M$   |  | Valore limite di WBGT                        |                          |  |                          |
|----------------------------|---|--|--|--------------------------|--|--------------------------|
|                            | Relativa ad un'area unitaria di superficie della pelle<br>$W/m^2$ | Totale (per un'area media della superficie della pelle di $1,8 m^2$ )<br>$W$ | Persona acclimatata al calore<br>$^{\circ}C$ |                          | Persona non acclimatata al calore<br>$^{\circ}C$ |                          |
| 0<br>(a riposo)            | $M \leq 65$   | $M \leq 117$   | 33   |                          | 32   |                          |
| 1                          | $65 < M \leq 130$   | $117 < M \leq 234$   | 30   |                          | 29   |                          |
| 2                          | $130 < M \leq 200$  | $234 < M \leq 360$   | 28   |                          | 26   |                          |
| 3                          | $200 < M \leq 260$  | $360 < M \leq 468$   | Aria stagnante<br>25                         | Aria non stagnante<br>26 | Aria stagnante<br>22                             | Aria non stagnante<br>23 |
| 4                          | $M > 260$   | $M > 468$  | 23   | 25                       | 18   | 20                       |

*Nota - I valori dati sono stati stabiliti prendendo come riferimento una temperatura rettale massima di  $38^{\circ}C$  per le persone in esame.*



**OBIETTIVO:** evitare il superamento della temperatura del nucleo oltre i **38°C**

**INTERVENTI TECNICI :**

- INTERVENTI SULLE SORGENTI: compartimentazione (quando si ha forte irraggiamento); schermature assorbenti e/o riflettenti; coibentazione; sistemi localizzati di aspirazione dell'aria
- INTERVENTI SULLE ZONE DI LAVORO: Cabinature; Raffrescamento localizzato

**ACCORGIMENTI ORGANIZZATIVI :**

- acclimatamento progressivo
- caratteristiche del vestiario
- numero e durata dei periodi di permanenza nell'ambiente operativo
- somministrazione bevande

***non sottovalutare mai segni o sintomi dei disturbi  
correlati con il calore!***

AMBROSTUDIO S.R.L. – MILANO TEL.800 33 44 55 FAX 178 22 83 041

CORSO RLS



# AMBIENTE SEVERO FREDDO

Quando i meccanismi di termoregolazione non sono più sufficienti a mantenere l'equilibrio termico, la temperatura del nucleo corporeo si abbassa provocando manifestazioni patologiche anche gravi (assideramento) che possono avere conseguenze fatali

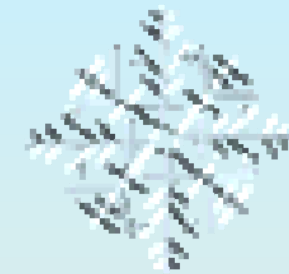


I lavoratori devono essere protetti dall'esposizione al freddo in modo tale che la temperatura rettale non scenda sotto i 36°C

## NORMA TECNICA PER LA VALUTAZIONE


UNI EN ISO 11079:2008 Determinazione e interpretazione dello stress termico da freddo con l'utilizzo dell'isolamento termico dell'abbigliamento richiesto (IREQ) e degli effetti del raffreddamento locale

| Temperatura interna °C | Sintomi clinici  |
|------------------------|--|
| 37,6                   | Temperatura rettale "normale"  |
| 37,0                   | Temperatura orale "normale"  |
| 36,0                   | Il metabolismo basale aumenta nel tentativo di compensare la cessione di calore  |
| 35,0                   | Massima intensità dei brividi  |
| 34,0                   | Vittima pienamente cosciente, pressione arteriosa normale  |
| 33,0                   | Ipotermia grave al di sotto di questa temperatura  |
| 32,0-31,0              | Obnubilamento della coscienza; pressione sanguigna difficilmente rilevabile; pupille dilatate ma reattive alla luce; i brividi cessano                     |
| 30,0-29,0              | Perdita progressiva di coscienza; incrementata rigidità muscolare; polso e pressione sanguigna difficili da rilevare; diminuisce la frequenza respiratoria |
| 28,0                   | Possibile fibrillazione ventricolare da irritabilità miocardica  |
| 27,0                   | La motilità volontaria cessa; pupille non reattive alla luce; riflessi superficiali e profondi assenti   |
| 26,0                   | Vittima raramente cosciente  |
| 25,0                   | Possibilità di fibrillazione ventricolare spontanea  |
| 24,0                   | Edema polmonare  |
| 22,0-21,0              | Rischio massimo di fibrillazione ventricolare  |
| 20,0                   | Arresto cardiaco   |
| 18,0                   | Grado massimo di ipotermia accidentale alla quale il paziente può sopravvivere   |
| 17,0                   | Elettroencefalogramma isoelettrico   |
| 9,0                    | Grado massimo di ipotermia per raffreddamento artificiale a cui il paziente può sopravvivere   |



da American Family  
Physician, 1982

l'esposizione a basse temperature di parti superficiali porta al congelamento dei tessuti che portano fino alla gangrena



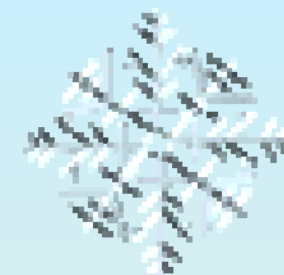
I TLV DELL'ACGIH si prefiggono di proteggere i lavoratori contro gli effetti più gravi dello stress da freddo (ipotermia) e dal danno da freddo.

Obiettivi:

- prevenire temperature corporee al di sotto di 36 °C
- tutelare contro il danno da freddo alle estremità
- per una esposizione singola occasionale si può accettare un abbassamento della temperatura corporea interna fino ad un valore non inferiore a 35 °C
- particolare attenzione a mani, piedi, testa



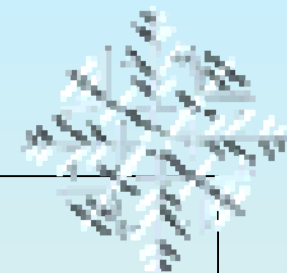
## I TLV ACGIH



| Temperatura aria<br>giornata soleggiata | Vento<br>trascurabile          |             | Vento<br>2,2 m/s               |             | Vento<br>4,4 m/s               |             | Vento<br>6,6 m/s               |             | Vento<br>8,8 m/s               |             |
|---|--------------------------------|-------------|--------------------------------|-------------|--------------------------------|-------------|--------------------------------|-------------|--------------------------------|-------------|
| °C approssimati<br>da a                 | t <sub>lav</sub> max<br>minuti | pause<br>n° | t <sub>lav</sub> max<br>minuti | pause<br>n° | t <sub>lav</sub> max<br>minuti | pause<br>n° | t <sub>lav</sub> max<br>minuti | pause<br>n° | t <sub>lav</sub> max<br>minuti | pause<br>n° |
| -26 -28                                 | normale                        | 1           | normale                        | 1           | 75                             | 2           | 55                             | 3           | 40                             | 4           |
| -29 -31                                 | normale                        | 1           | 75                             | 2           | 55                             | 3           | 40                             | 4           | 30                             | 5           |
| -32 -34                                 | 75                             | 2           | 55                             | 3           | 40                             | 4           | 30                             | 5           | (!)                            |             |
| -35 -37                                 | 55                             | 3           | 40                             | 4           | 30                             | 5           | (!)                            |             | ↓                              |             |
| -38 -39                                 | 40                             | 4           | 30                             | 5           | (!)                            |             | ↓                              |             | ↓                              |             |
| -40 -42                                 | 30                             | 5           | (!)                            |             | ↓                              |             | ↓                              |             | ↓                              |             |
| -43 valori inferiori                    | (!)                            |             | ↓                              |             | ↓                              |             | ↓                              |             | ↓                              |             |

Valori per tempi di lavoro (t<sub>lav</sub>)/pause di riscaldamento per turni di 4 ore

(!) il lavoro, che non sia di emergenza, deve essere interrotto



### Raccomandazioni (ACGIH):

- nelle sale frigorifere velocità dell'aria max 1m/s
- gli indumenti devono essere scelti anche in funzione della velocità dell'aria
- possono essere necessari DPI per gli occhi (terreni ghiacciati e UV)
- i lavoratori con patologie o in cura con farmaci che possono alterare la normale termoregolazione non possono essere adibiti a temperature  $<1^{\circ}\text{C}$