

# Foglio di approfondimento - Valutazione del comfort termico

## COMFORT GLOBALE

Il comfort globale viene valutato attraverso il calcolo di 2 indici proposti da Fanger (1970):

- **Predicted Mean Vote (PMV)**

è l'indice che rappresenta il valore del voto medio che sarebbe espresso da un ampio campione di persone nei confronti dell'ambiente in esame e valutato attraverso l'espressione analitica di seguito riportata:

$$PMV = (0.303e^{-0.036M} + 0.028) + \left\{ [(M - W) - 3.05 \times 10^{-3} x [5733 - 6.99(M - W) - p_a] - 0.42(M - W) - 58.15] + \right. \\ \left. - 1.7 \times 10^{-5} M (5867 - p_a) - 0.0014M (34 - t_a) - 3.96 \times 10^{-8} f_{cl} [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4] - f_{cl} h_c (t_{cl} - t_a) \right\}$$

E' un indice basato sull'equilibrio tra il calore prodotto all'interno del corpo e quello dissipato dal corpo stesso.

Si osserva che il PMV è funzione sia dei 4 parametri ambientali (temperatura dell'aria  $t_a$ , temperatura media radiante  $\bar{t}_r$ , velocità dell'aria  $v_a$ , pressione dell'aria  $p_a$ ) sia dei due parametri personali (il calore prodotto all'interno del corpo  $M - W$  e l'isolamento termico dell'abbigliamento  $I_{cl}$ ).

Il PMV calcolato corrisponde alla sensazione psicofisica che un ampio campione di persone esprimerebbe nei confronti dello stesso ambiente attraverso una scala termica a 7 punti secondo la tabella di seguito riportata.

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

l'indice PMV risulta affidabile nell'intervallo

$$-2 \leq PMV \leq +2$$

e per parametri che variano nei seguenti intervalli

PARAMETRO	INTERVALLO
Metabolismo $M$	$46W / m^2 < M < 232W / m^2$
Isolamento termico abbigliamento $I_{cl}$	$0 < I_{cl} < 0.3m^2K / W$ (0 - 2clo)
Temperatura dell'aria $t_a$	$10^\circ C < t_a < 30^\circ C$
Temperatura media radiante $\bar{t}_r$	$10^\circ C < \bar{t}_r < 40^\circ C$
Velocità relativa dell'aria $v_{ar}$	$0 < v_{ar} < 1m / s$
Pressione parziale di vapore acqueo $p_a$	$0 < p_a < 2700Pa$

La ISO 7730 individua 3 classi di comfort termico:

1. CLASSE A:  $-0.2 \leq PMV \leq 0.2$  ;
2. CLASSE B:  $-0.5 \leq PMV \leq 0.5$  ;
3. CLASSE C:  $-0.7 \leq PMV \leq 0.7$  .

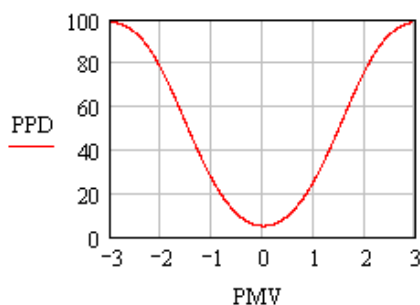
- **Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD)**

Il PPD è l'indice associato al PMV ed indica la percentuale di persone che invece non esprimono una condizione di soddisfazione termica per l'ambiente in esame.

Il PPD viene calcolato a partire dal PMV mediante la seguente espressione analitica

$$PPD = 100 - [95 \cdot e^{-(0.03353PMV^4 - 0.2179PMV^2)}]$$

il cui andamento in funzione di PMV è di seguito diagrammato:



Si osserva che per valori di  $PMV = 0$  il  $PPD = 5\%$  ovvero anche nel caso in cui la maggior parte delle persone esprime una sensazione di completa soddisfazione mentale per l'ambiente esiste una minima percentuale che non è d'accordo con il giudizio medio espresso.

## DISCOMFORT LOCALI

Anche i discomfort locali vengono valutati attraverso il calcolo della percentuale di insoddisfatti, secondo quanto contenuto nella ISO 7730:

- per le correnti d'aria viene calcolata la percentuale di persone infastidite dalla corrente (DR) in funzione della temperatura locale dell'aria, della velocità media dell'aria e dell'intensità locale della turbolenza;
- per l'asimmetria radiante si distinguono 4 casi: se il discomfort è causato dal soffitto o dalla parete e se tende al caldo o al freddo. In ciascun caso viene comunque calcolata la percentuale di insoddisfatti (PD) con una relazione diversa a seconda della situazione in esame;
- per la differenza verticale di temperatura viene calcolata la percentuale di insoddisfatti in funzione della differenza di temperatura tra la testa e le caviglie (PD);
- per i pavimenti troppo caldi o troppo freddi la percentuale di insoddisfatti (PD) viene calcolata in funzione della temperatura del pavimento.

La Tabella 1 riassume i criteri di comfort per ogni categoria individuata dalla ISO 7730 che devono essere soddisfatti contemporaneamente.

Tabella 1. Le categorie di comfort termico individuate dalla ISO 7730

Categoria	Stato termico globale del corpo		Discomfort Locale			
	PPD %	PMV	DR %	PD %		
				Differenza verticale in temperatura della dell'aria	Causata da pavimento caldo o freddo	Asimmetria radiante
A	<6	$-0,2 < PMV < +0,2$	<10	<3	<10	<5
B	<10	$-0,5 < PMV < +0,5$	<20	<5	<10	<5
C	<15	$-0,7 < PMV < +0,7$	<30	<10	<15	<10

Per un ambiente domestico si può calcolare la temperatura di comfort, ovvero la temperatura che garantisce la condizione  $PMV=0$  (comfort termico) noti gli altri parametri fisici e personali.

Il comfort ambientale è una condizione che si riferisce alla percezione dell'aria sia dal punto di vista delle sue proprietà fisiche (temperatura ed umidità dell'aria, ventilazione) che chimiche (aria "pulita" e "fresca").

**A cura di:**

Dott. Vincenzo Molinaro, Dott.ssa Simona Del Ferraro  
ISPESL - Dipartimento Medicina del Lavoro

[www.ispesl.it/osservatorio](http://www.ispesl.it/osservatorio)