

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: $-0.7 \leq PMV \leq 0.7$.

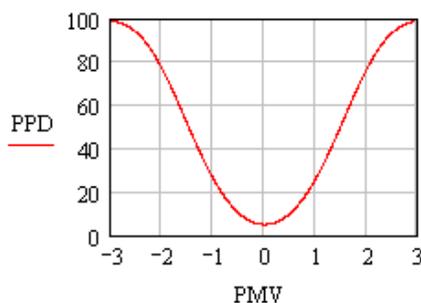
- **Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD)**

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