

### Come valutare il microclima e calcolare il confort termico

*Un approfondimento sulla valutazione del rischio microclimatico nei luoghi di lavoro. Il confort e il discomfort, il calcolo degli indici PMV e PPD, il benessere termico, le norme tecniche, gli ambienti moderati e gli ambienti severi.*

Brescia, 11 Mar ? Il **microclima di un ambiente di lavoro**, cioè quel complesso di parametri fisici (temperatura dell'aria, temperatura media radiante, velocità dell'aria, umidità relativa) che insieme a parametri quali attività metabolica ed abbigliamento caratterizzano gli scambi termici tra ambiente e lavoratori, è un elemento molto importante di ogni valutazione dei rischi.

Infatti l'ambiente termo-igrometrico in cui opera un lavoratore non solo può comprometterne la sicurezza e salute, ma può essere non adeguato alla attività e creare vere e proprie **sensazioni di disagio** (discomfort).

Sono tanti i fattori che possono provocare **discomfort in un ambiente lavorativo**.

Per parlarne possiamo fare riferimento a quanto presentato dal Prof. Gianfranco Cellai (Laboratorio di Fisica Ambientale per la Qualità Edilizia - Università di Firenze) in un Corso di Tecniche del controllo ambientale.

In "**Condizioni di benessere e prestazioni tecniche**" il Prof. Cellai riporta a livello esemplificativo alcuni fattori che possono provocare **discomfort locale**:

- "presenza di ampie superfici particolarmente fredde/calde (ad es. pareti vetrate o pareti non isolate) che possono causare scambi termici radiativi anomali tra alcune parti del corpo umano e le superfici suddette (si raccomanda di mantenere l'asimmetria della temperatura radiante  $< 10^{\circ}\text{C}$  per le superfici verticali, e  $< 5^{\circ}\text{C}$  per i soffitti);
- contatto con superfici eccessivamente fredde o calde ; ad esempio pavimenti non isolati su porticati ecc. (si raccomandano temperature superficiali comprese tra  $19$  e  $26^{\circ}\text{C}$ );
- presenza di correnti d'aria fredda (spifferi) che su alcune zone del corpo, ad esempio la nuca, possono risultare particolarmente fastidiose (si raccomanda una velocità relativa dell'aria  $< 0,25$  m/s);
- gradienti di temperatura all'interno dello stesso locale (si raccomanda una differenza verticale di temperatura  $< 3^{\circ}\text{C}$ ").

Pubblicità

<#? QUI-PUBBLICITA-MIM-[DVD017] ?#>

Ricordiamo che un ambiente si trova in **condizioni termicamente confortevoli** "quando una elevata percentuale di persone poste all'interno dello stesso, soggette ad analoghe condizioni di vestiario ed attività fisica, non è in grado di dire se preferirebbe una temperatura più alta o più bassa".

A questo proposito il Prof. Cellai elenca le **condizioni di benessere in periodi invernali** (con riscaldamento) e con riferimento ad attività leggere, fondamentalmente sedentarie.

Ne riprendiamo brevemente alcune:

- la "temperatura operativa deve essere compresa tra  $20^{\circ}\text{C}$  e  $24^{\circ}\text{C}$ ";
- "la differenza verticale di temperatura dell'aria tra  $1,1$  m e  $0,1$  m dal pavimento (livello testa e caviglia) deve essere minore di  $3^{\circ}\text{C}$ ;
- la temperatura superficiale del pavimento normalmente deve essere compresa tra  $19^{\circ}\text{C}$  e  $26^{\circ}\text{C}$ , ma si possono progettare sistemi di riscaldamento a pavimento a  $29^{\circ}\text{C}$ ";
- "l'asimmetria della temperatura radiante dovuta a finestre o ad altre superfici fredde verticali deve essere minore di  $10^{\circ}\text{C}$  (rispetto ad un piccolo elemento piano verticale posto a  $0,6$  m dal pavimento);

- l'asimmetria della temperatura radiante dovuta ad un soffitto caldo (riscaldato) deve essere minore di 5 °C (rispetto ad un piccolo elemento piano orizzontale posto a 0,6 m dal pavimento);

- l'umidità relativa deve essere compresa tra il 30% e il 70%".

E riguardo alle **condizioni di benessere estive**, con riferimento alle stesse attività:

- la "temperatura operativa deve essere compresa tra 23 °C e 26 °C";

- "la differenza verticale di temperatura dell'aria tra 1,1 m e 0,1 m dal pavimento (livello testa e caviglia) deve essere minore di 3 °C";

- "l'umidità relativa deve essere compresa tra il 30% e il 70%".

In entrambi i casi è necessario anche tener conto della velocità media dell'aria (secondo quanto riportato nelle tabelle nel documento).

Ricordiamo che nel documento originale, che vi invitiamo a leggere, il Prof. Cellai riporta formule e calcoli relativi al microclima, alla resistenza termica del vestiario, al bilancio termico del corpo umano, agli scambi termici, agli indici di confort,

...

Il **confort** (o comfort) **microclimatico** è importante in tutti gli ambienti di lavoro e la stessa normativa sulla tutela della salute e sicurezza dei lavoratori, il Decreto legislativo 81/2008, classifica nel Titolo VIII (art. 180) il microclima tra gli agenti fisici che, ai sensi dell'art. 181, devono essere compresi nella valutazione dei rischi.

Benché mancante di un capo specifico (come altri agenti fisici), il microclima deve essere valutato con riferimento alle norme di buona tecnica (UNI, ISO ecc.) ed alle buone prassi in modo da identificare ed adottare le più adeguate misure di prevenzione e protezione.

### Come fare dunque la valutazione del microclima e come calcolare il confort termico?

La valutazione del microclima ambientale e del confort dei lavoratori avviene mediante la misurazione di parametri ambientali ed individuali, misurazione seguita dall'elaborazione di specifici **indici di confort** che permettono di esprimere numericamente le condizioni microclimatiche di un ambiente.

Ricordiamo che il confort termico viene definito dalla American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers ( ASHRAE) come "condizione di benessere psicofisico dell'individuo rispetto all'ambiente in cui vive e opera". E la valutazione di tale benessere può essere quantificata specialmente attraverso due indici:

-**PMV** (voto medio previsto): è il valore medio dei voti previsto in un consistente gruppo di persone, secondo una scala di sensazione termica a 7 punti. Da +3 (molto caldo) a -3 (molto freddo), passando per 0 (né caldo né freddo);

-**PPD** (percentuale prevista di insoddisfatti): percentuale di soggetti termicamente insoddisfatti in uno specifico ambiente. È un indice calcolato a partire dal valore di PMV.

Il PMV è un indice adatto alla valutazione di **ambienti lavorativi a microclima moderato**, ad esempio uffici, laboratori di ricerca, scuole, ospedali, .... Uno stato di confort termico si raggiunge per valori di PMV compresi tra + 0,5 e - 0,5, cui corrisponde una percentuale di insoddisfatti delle condizioni termiche (PPD) inferiore al 10%.

Inoltre, come indicato nel documento Inail "Microclima e luoghi di lavoro", si possono distinguere, dal punto di vista termico, diverse **tipologie di ambiente**:

- "**ambienti moderati**, in cui si possono raggiungere condizioni di confort";

- "**ambienti severi** in cui tali condizioni non possono essere garantite e pertanto ci si deve preoccupare di assicurare la salute e la sicurezza del lavoratore".

Negli **ambienti moderati** il lavoratore non corre generalmente rischi per la salute ed è possibile raggiungere la condizione di **benessere termico**, una sorta di "equilibrio termico tra soggetto ed ambiente ottenuta mediante un'attivazione minima dei meccanismi di termoregolazione per mantenere costante la temperatura corporea intorno ai 37°C".

In questo caso per la valutazione gli indici più utilizzati sono descritti nella UNI EN ISO 7730 e sono, come abbiamo visto, il **PMV** (Predicted Mean Vote) e il **PPD** (Predicted Percentage of Dissatisfied). Si deve inoltre tener conto dei discomfort locali individuati dalla stessa UNI EN ISO 7730.

Gli **ambienti severi** sono ambienti in cui non si possono realizzare condizioni di confort termico ed è necessario individuare opportune misure di protezione.

Possiamo avere:

- **ambienti severi caldi**: il soggetto "può non riuscire a dissipare calore oltre un certo limite con i meccanismi di termoregolazione (vasodilatazione e sudorazione), con conseguente innalzamento della temperatura centrale. Si va dal deficit idrico, a quello sodico, all'esaurimento della sudorazione, alla sincope da calore e alle ustioni da calore, in caso di esposizione a

fonti di calore radiante". Per la valutazione è possibile utilizzare l'**indice WBGT**, un indice di facile determinazione, che "può dare un'idea immediata sulla necessità di una valutazione più accurata. Tiene conto solo dei parametri ambientali e non dell'attività lavorativa e dell'abbigliamento indossato dal lavoratore". È inoltre possibile utilizzare il **modello PHS**, un "modello analitico sofisticato che tiene conto anche di fattori complessi, restituendo risultati più affidabili e rendendo la valutazione più veritiera";

- **ambienti severi freddi**: "il soggetto non riesce, oltre certi limiti, a trattenere calore all'interno del corpo mediante i meccanismi di termoregolazione (vasocostrizione e brivido), con conseguente abbassamento della temperatura centrale. Il raffreddamento globale può portare al rischio di ipotermia fino alla morte per fibrillazione cardiaca, mentre il raffreddamento locale può comportare il rischio di congelamento delle estremità". Per la valutazione si deve tener conto sia del **raffreddamento globale** (corpo intero) che del **raffreddamento locale** ovvero di alcune parti specifiche come viso, mani e piedi. Per il raffreddamento globale si utilizza l'**indice IREQ** (procedura analitica "basata sulla valutazione dell'isolamento dell'abbigliamento richiesto" affinché il corpo sia in equilibrio termico con l'ambiente) e per il raffreddamento locale è applicabile la norma UNI EN ISO 11079 che individua 4 tipi di raffreddamento locale (raffreddamento dovuto al vento freddo, raffreddamento della pelle per contatto con superficie fredde, raffreddamento delle estremità, raffreddamento delle vie respiratorie).

Concludiamo questa breve disamina, sulla valutazione del rischio microclimatico, riportando alcune **norme tecniche di riferimento**.

Per gli **ambienti moderati**:

-**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": questa norma presenta metodi per prevedere la sensazione termica globale ed il grado di disagio (insoddisfazione termica) delle persone esposte in ambienti termici moderati. Consente infatti la determinazione analitica e l'interpretazione del benessere termico mediante il calcolo del PMV e del PPD e dei criteri di benessere termico locale, fornendo le condizioni ambientali considerate accettabili per il benessere termico globale così come quelle che rappresentano il disagio locale.

Per gli **ambienti severi caldi**:

-**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 27243** "Ambienti caldi. Valutazione dello stress termico per l'uomo negli ambienti di lavoro, basata sull'indice WBGT (temperatura a bulbo umido e del globotermometro)".

Per gli **ambienti severi freddi**:

-**UNI EN 342:2004** "Indumenti di protezione - Completi e capi di abbigliamento per la protezione contro il freddo";  
-**UNI EN 511:2006** "Guanti di protezione contro il freddo";  
-**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".

Per **tutti i tipi di ambienti**:

-**UNI EN ISO 7726:2002** "Ergonomia degli ambienti termici - Strumenti per la misurazione delle grandezze fisiche";  
-**UNI EN ISO 8996:2005** "Ergonomia dell'ambiente termico - Determinazione del metabolismo energetico";  
-**UNI EN ISO 9886:2004** "Ergonomia - Valutazione degli effetti termici (thermal strain) mediante misurazioni fisiologiche";  
-**UNI EN ISO 9920:2009** "Ergonomia dell'ambiente termico - Valutazione dell'isolamento termico e della resistenza evaporativa dell'abbigliamento";  
-**UNI EN ISO 12894:2002** "Ergonomia degli ambienti termici - Supervisione medica per persone esposte ad ambienti molto caldi o molto freddi".

Inail, Settore Ricerca, Dipartimento di Medicina del Lavoro, "Microclima e luoghi di lavoro", a cura di V. Molinaro e S. Del Ferraro (formato PDF, 601 kB).

"Condizioni di benessere e prestazioni tecniche", a cura del Prof. Arch. Gianfranco Cellai (Laboratorio di Fisica Ambientale per la Qualità Edilizia - Università di Firenze), intervento relativo a un Corso di Tecniche del controllo ambientale pubblicato sul

RTM



Questo articolo è pubblicato sotto una [Licenza Creative Commons](#).

I contenuti presenti sul sito PuntoSicuro non possono essere utilizzati al fine di addestrare sistemi di intelligenza artificiale.

---

[www.puntosicuro.it](http://www.puntosicuro.it)