



**Definizione Del Rischio Microclima E
Metodologia Di Valutazione Con Esempi
Pratici**



Valutazione del Rischio Microclimatico

Il rischio microclimatico negli ambienti di lavoro si riferisce ai potenziali effetti negativi sulla salute e sul benessere dei lavoratori dovuti alle condizioni ambientali non ottimali. Questo rischio può variare da lievi disagi a gravi problemi di salute, a seconda delle condizioni specifiche e della durata dell'esposizione. Ecco una descrizione dettagliata dei principali rischi associati ai parametri microclimatici:

1. Temperatura dell'Aria (T_a)

Alta temperatura: Può causare disidratazione, colpi di calore, eccessiva sudorazione e stanchezza.

Bassa temperatura: Può portare a ipotermia, brividi, riduzione della destrezza manuale e aumento del rischio di incidenti.

2. Temperatura Media Radiante (T_r)

Elevata temperatura radiante: Può aumentare la sensazione di calore e stress termico, portando a condizioni come l'affaticamento termico.

Bassa temperatura radiante: Può causare una sensazione di freddo anche in presenza di una temperatura dell'aria adeguata, contribuendo al disagio termico.

3. Velocità dell'Aria (V_a)

Alta velocità dell'aria: Può aumentare la dispersione del calore corporeo e causare raffreddamento eccessivo, con effetti negativi su comfort e salute.

Bassa velocità dell'aria: Può ridurre la ventilazione, causando accumulo di calore e umidità, e peggiorare la qualità dell'aria interna.

4. Umidità Relativa (U_r)

Alta umidità: Può ridurre l'efficacia della sudorazione nel raffreddare il corpo, aumentando il rischio di stress termico e disidratazione.

Bassa umidità: Può causare secchezza delle mucose, pelle secca e problemi respiratori.

5. Metabolismo (M)

Elevato metabolismo: Aumenta la produzione di calore corporeo, che deve essere dissipato efficacemente per mantenere il comfort termico.

Basso metabolismo: Riduce la produzione di calore corporeo, rendendo più facile il mantenimento del comfort termico in ambienti freschi.

6. Isolamento Termico del Vestiario (I_{cl})

Isolamento termico insufficiente: Può portare a dispersione eccessiva del calore corporeo in ambienti freddi, aumentando il rischio di ipotermia.

Isolamento termico eccessivo: Può impedire la dissipazione del calore corporeo in ambienti caldi, aumentando il rischio di surriscaldamento.

Classificazione del Rischio

La classificazione del rischio microclimatico è basata sull'analisi dei valori di PMV e PPD:

Rischio basso: PMV tra -0.5 e +0.5, PPD inferiore al 10%. Le condizioni ambientali sono generalmente confortevoli per la maggior parte dei lavoratori.

Rischio medio: PMV tra -1 e -0.5 o tra +0.5 e +1, PPD tra 10% e 25%. Le condizioni ambientali possono causare disagio a una parte significativa dei lavoratori.

Rischio alto: PMV inferiore a -1 o superiore a +1, PPD superiore al 25%. Le condizioni ambientali sono probabilmente insoddisfacenti per la maggior parte dei lavoratori, aumentando il rischio di problemi di salute e incidenti.

Misure di Controllo del Rischio

Per mitigare il rischio microclimatico, si possono adottare diverse misure tecniche e organizzative:

Misure Tecniche

Controllo della temperatura: Installazione di sistemi di riscaldamento o raffreddamento per mantenere la temperatura dell'aria e la temperatura radiante entro intervalli confortevoli.

Ventilazione: Installazione di sistemi di ventilazione per controllare la velocità dell'aria e migliorare la qualità dell'aria interna.

Umidificazione e deumidificazione: Utilizzo di umidificatori o deumidificatori per mantenere l'umidità relativa entro livelli ottimali.

Misure Organizzative

Adeguamento dei turni di lavoro: Pianificazione di pause regolari in ambienti termicamente controllati per ridurre l'esposizione a condizioni estreme.

Formazione: Educazione dei lavoratori sui rischi microclimatici e sulle strategie per minimizzare l'impatto (ad esempio, idratazione, uso di abbigliamento adeguato).

Monitoraggio: Controllo regolare dei parametri microclimatici e dei segni di disagio termico tra i lavoratori.

Definizione del Rischio e Metodologia di Valutazione

Il documento di valutazione del rischio microclimatico negli ambienti di lavoro si basa sull'analisi dei parametri fisici ambientali che influenzano il comfort termico e la sensazione di benessere dei lavoratori. La valutazione è condotta secondo la norma UNI EN ISO 7730, che prevede il calcolo degli indici PMV (Predicted Mean Vote) e PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied).

Indici Utilizzati

1. Indice PMV (Predicted Mean Vote): misura la sensazione termica media di un gruppo di persone su una scala da -3 (molto freddo) a +3 (molto caldo). Questo indice considera sei parametri principali: temperatura dell'aria, temperatura media radiante, velocità dell'aria, isolamento termico del vestiario, metabolismo e pressione parziale del vapore acqueo.

2. Indice PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied): quantifica la percentuale prevista di persone insoddisfatte dalle condizioni microclimatiche. È derivato dal PMV utilizzando la formula:

$$PPD = 100 - 95 \times \exp(-0.03353 \times PMV^4 + 0.2179 \times PMV^2)$$

Tablelle di Calcolo del Rischio

Parametri di Input

- Ta: Temperatura dell'aria (°C)
- Tr: Temperatura media radiante (°C)
- Va: Velocità dell'aria (m/s)
- Ur: Umidità relativa (%)
- M: Metabolismo (Met)
- Icl: Isolamento termico del vestiario (Clo)

Tabella di Riferimento PMV e PPD

PMV	PPD (%)	Valutazione Ambiente Termico
+3	100	Molto caldo
+2	75.5	Caldo
+1	26.5	Tiepido
+0.5	10	Benessere termico
0	5	Neutralità
-0.5	10	Benessere termico
-1	26.5	Fresco
-2	75.5	Freddo

-3	100	Molto freddo
----	-----	--------------

Esempio di Calcolo del PMV e del PPD

Consideriamo un ambiente con i seguenti parametri:

- Ta = 25 °C
- Tr = 25 °C
- Va = 0.1 m/s
- Ur = 50%
- M = 1.2 Met
- Icl = 0.5 Clo

Calcolo del PMV:

La formula per il PMV è complessa e solitamente viene risolta con software specifici, ma il principio base è che PMV è una funzione dei sei parametri sopra elencati.

Calcolo del PPD:

Una volta determinato il PMV (ad esempio PMV = 0.5), il PPD viene calcolato come:

$$PPD = 100 - 95 \times \exp(-0.03353 \times 0.5^4 + 0.2179 \times 0.5^2)$$

Sostituendo:

$$PPD = 100 - 95 \times \exp(-0.002095625 + 0.054475)$$

$$PPD = 100 - 95 \times \exp(0.052379375)$$

$$PPD = 100 - 95 \times 0.949$$

$$PPD \approx 10.35\%$$

Secondo la tabella di riferimento, con un PMV di 0.5 e un PPD di circa 10.35%, l'ambiente è valutato come con benessere termico.

Tablelle dei Parametri Misurati e Calcolati

Ambiente	Ta (°C)	Tr (°C)	Va (m/s)	Ur (%)	M (Met)	Icl (Clo)	To (°C)	PMV	PPD (%)	Giudizio Termico
Ambiente 1	25	24	0.15	45	1.0	0.6	24.5	0.6	12	Benessere termico
Ambiente 2	28	26	0.20	55	1.5	0.8	27.0	1.2	30	Tiepido
Ambiente 3	18	18	0.10	35	1.2	0.9	18.0	-0.8	20	Fresco

Misure di Sicurezza

In funzione della classe di rischio identificata (alto rischio per PMV > 2 o PMV < -2), si adottano le seguenti misure:

- Tecniche: installazione o potenziamento degli impianti per la regolazione termoigrometrica, dotazione di regolatori autonomi.

- Organizzative: aumento dell'umidità relativa invernale, riduzione di quella estiva, riduzione della velocità dell'aria, schermatura delle sorgenti radianti.

ALTRO ESEMPIO

Consideriamo un ambiente con i seguenti parametri:

- **Ta** = 22 °C
- **Tr** = 20 °C
- **Va** = 0.15 m/s
- **Ur** = 60%
- **M** = 1.4 Met
- **Icl** = 0.7 Clo

Calcolo del PMV

Il PMV viene calcolato considerando i parametri elencati. La formula del PMV è complessa e viene generalmente risolta tramite software specifici. Tuttavia, possiamo descrivere i passaggi generali:

1. **Calcolo del bilancio termico:** Tenendo conto dei parametri ambientali e personali, si determina il bilancio termico del corpo umano.
2. **Calcolo del PMV:** Utilizzando la formula del PMV che considera il bilancio termico e le variabili ambientali.

Calcolo del PPD

Una volta determinato il PMV (ad esempio PMV = 0.3), il PPD viene calcolato come:

$$PPD=100-95 \times \exp^{f_0}(-0.03353 \times 0.34 + 0.2179 \times 0.32) \quad PPD=100-95 \times \exp(-0.03353 \times 0.34 + 0.2179 \times 0.32)$$

Sostituendo:

$$PPD=100-95 \times \exp^{f_0}(-0.03353 \times 0.0081 + 0.2179 \times 0.09) \quad PPD=100-95 \times \exp(-0.03353 \times 0.0081 + 0.2179 \times 0.09)$$

$$PPD=100-95 \times \exp^{f_0}(-0.000271353 + 0.019611) \quad PPD=100-95 \times \exp(-0.000271353 + 0.019611)$$

$$PPD=100-95 \times \exp(-0.019339647 \times PMV^2)$$

$$PPD=100-95 \times 0.98089$$

$$PPD \approx 6.83\%$$

Valutazione

Secondo la tabella di riferimento, con un PMV di 0.3 e un PPD di circa 6.83%, l'ambiente è valutato come con benessere termico.

Tabelle dei Parametri Misurati e Calcolati

Ambiente	Ta (°C)	Tr (°C)	Va (m/s)	Ur (%)	M (Met)	Icl (Clo)	To (°C)	PMV	PPD (%)	Giudizio Termico
Ambiente 1	25	24	0.15	45	1.0	0.6	24.5	0.6	12	Benessere termico
Ambiente 2	28	26	0.20	55	1.5	0.8	27.0	1.2	30	Tiepido
Ambiente 3	18	18	0.10	35	1.2	0.9	18.0	-0.8	20	Fresco
Ambiente 4	22	20	0.15	60	1.4	0.7	21	0.3	6.83	Benessere termico

Misure di Sicurezza

In funzione della classe di rischio identificata (alto rischio per $PMV > 2$ o $PMV < -2$), si adottano le seguenti misure:

- **Tecniche:** installazione o potenziamento degli impianti per la regolazione termoigrometrica, dotazione di regolatori autonomi.
- **Organizzative:** aumento dell'umidità relativa invernale, riduzione di quella estiva, riduzione della velocità dell'aria, schermatura delle sorgenti radianti.

Conclusioni

La valutazione del rischio microclimatico permette di determinare l'adeguatezza delle condizioni ambientali di lavoro e di adottare le misure necessarie per garantire il benessere termico dei lavoratori, minimizzando il rischio di insoddisfazione e disagio termico.