

LABORATORIO DI SICUREZZA SUL LAVORO

LA VALUTAZIONE DEL MICROCLIMA IN AMBITO OCCUPAZIONALE



Premessa

Il microclima

Per microclima si intende il complesso dei parametri climatici dell'ambiente nel quale un individuo vive o lavora.

L'interazione dell'individuo con l'ambiente termico che lo circonda può dar luogo ad una serie di conseguenze estremamente varie che spazia da effetti di tipo percettivo (comfort/discomfort) ad aspetti di tipo prestazionale fino a produrre conseguenze che coinvolgono elementi fisiologici fino a compromettere le funzioni vitali dell'individuo stesso.

Da un punto di vista microclimatico possiamo convenzionalmente distinguere due tipi di ambienti:

- 1) gli ambienti "moderati" sono ambienti nei quali gli scambi termici fra soggetto e ambiente consentono il raggiungimento di condizioni prossime all'equilibrio termico, ovvero di comfort;
- 2) gli ambienti "severi" sono, al contrario, quelli in cui le condizioni ambientali sono tali da determinare nel soggetto esposto uno squilibrio termico tale da poter rappresentare un fattore di rischio per la sua salute.

Ambienti moderabili ed ambienti vincolati

In relazione alla possibilità di intervenire sui parametri microclimatici ambientali, è possibile distinguere due tipologie di ambienti termici. Vengono così definiti:

- ambienti termicamente moderabili: ambienti nei quali non esistono vincoli in grado di pregiudicare il raggiungimento di condizioni di comfort;
- ambienti termicamente vincolati: ambienti nei quali esistono vincoli, in primo luogo sulla temperatura e sulle altre quantità ambientali, ma anche sull'attività metabolica e sul vestiario, in grado di pregiudicare il raggiungimento di condizioni di comfort.



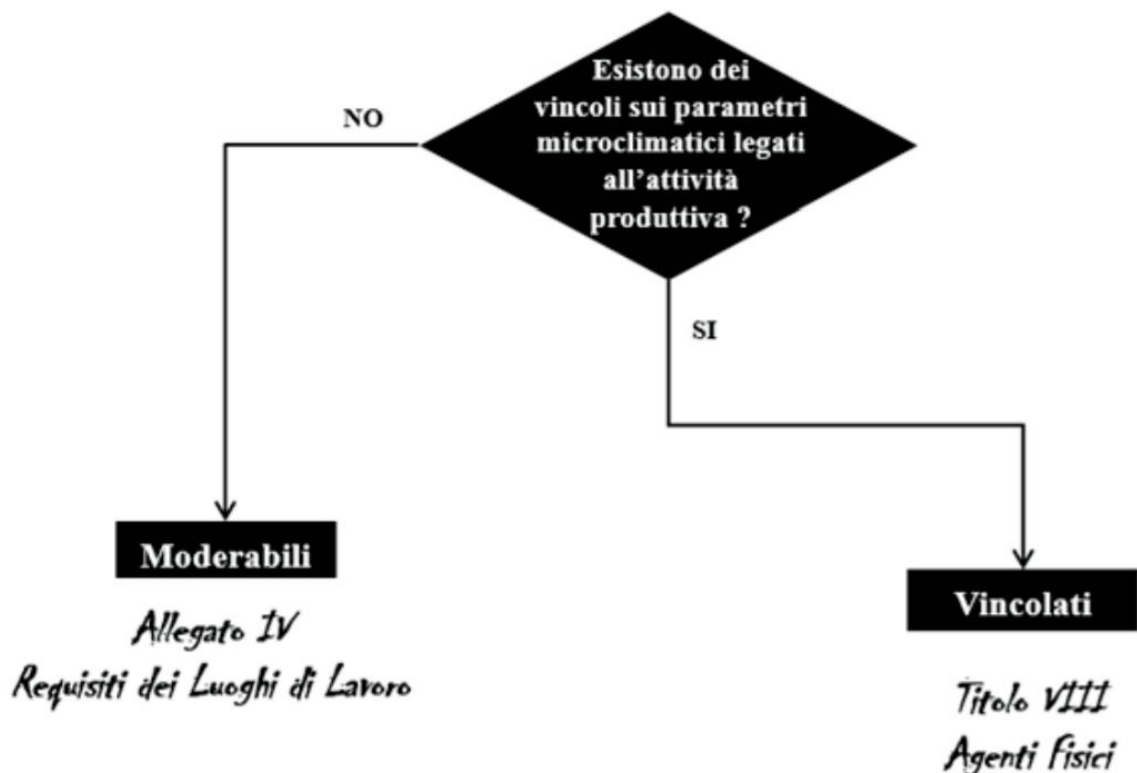
Inquadramento normativo

Il titolo VIII del d.lgs. 81 del 9 aprile 2008 e s.m.i definisce all'art. 180 il microclima come uno degli agenti di rischio fisico. In questa prospettiva si evidenzia la necessità di adottare interventi mirati alla minimizzazione e ove possibile alla eliminazione del rischio laddove il microclima impatta sulla salute del lavoratore. Poiché non esiste un capo del titolo VIII specificamente dedicato al microclima, a questo si applicano le disposizioni generali contenute nel Capo I.

In aggiunta alle disposizioni contenute nel titolo VIII, il d.lgs. 81 del 9 aprile 2008 e s.m.i si occupa di microclima anche in una parte dell'allegato IV (Luoghi di lavoro), a sua volta richiamato dall'art. 63 (Requisiti di salute e sicurezza), il quale richiede la conformità dei luoghi di lavoro agli elementi ivi indicati. Nell'Allegato IV punto 1.9 il microclima viene considerato come requisito di salute e sicurezza, sottolineando la necessità di "adeguatezza" della temperatura, dell'umidità, e della velocità dell'aria nonché la relazione tra questi parametri ed i metodi di lavoro applicati e degli sforzi fisici imposti ai lavoratori in un'ottica di massimizzazione del comfort.

Se non esistono vincoli sul conseguimento dei parametri microclimatici, nell'ambiente oggetto di indagine sono realisticamente perseguibili condizioni di comfort. L'ambiente termico è di conseguenza definito "moderabile" e deve essere valutato in un'ottica di perseguimento del comfort ai sensi del punto 1.9.2 dell'Allegato IV del d.lgs. 81/2008.

Se al contrario tali vincoli esistono, e sono in grado di pregiudicare il raggiungimento di condizioni di comfort, l'ambiente termico è definito "vincolato" e deve essere valutato in un'ottica di tutela della salute. Tali ambienti sono disciplinati dal Titolo VIII del d.lgs. 81/2008, e precisamente dal capo I, articoli 180 - 186. Gli ambienti vincolati possono essere caldi, e quindi determinare possibili rischi da ipertermia, ovvero freddi, e quindi determinare possibili rischi da ipotermia.





La valutazione del microclima

La valutazione del comfort termo-igrometrico in ambienti moderabili

La norma tecnica UNI EN ISO 7730 è, ad oggi, il documento cardine per la valutazione del comfort termo-igrometrico. Essa fornisce un criterio di quantificazione del discomfort basato su un indice detto PMV, acronimo di Predicted Mean Vote (voto medio previsto) che rappresenta la miglior sintesi delle disposizioni dell'allegato IV: integra le quantità fisiche citate (temperatura, umidità, irraggiamento solare, movimento dell'aria) con gli indicatori soggettivi relativi all'abbigliamento e al dispendio metabolico del soggetto (metodi di lavoro applicati e sforzi fisici imposti).

Parametri ambientali ed individuali che caratterizzano il rapporto individuo-ambiente

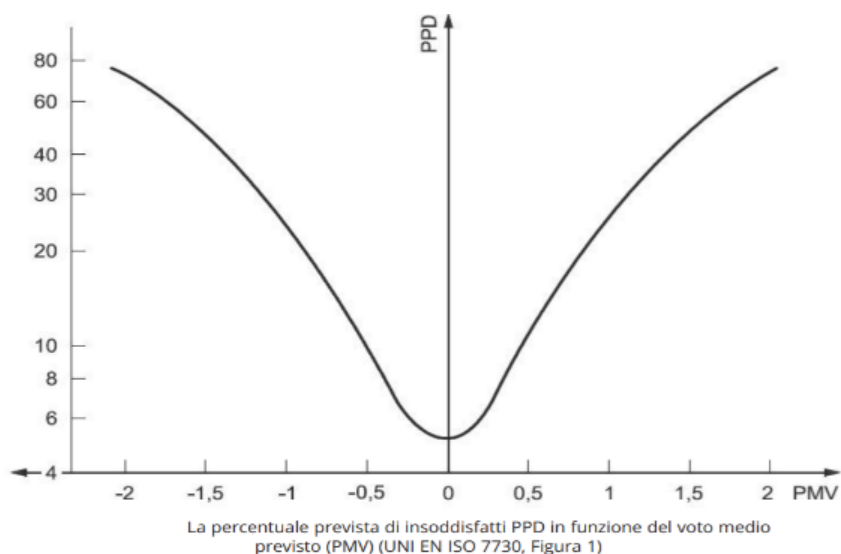
Parametri	Quantità	Simbolo	Unità di misura
FISICI	temperatura dell'aria	t_a	°C o K
	temperatura media radiante	t_r	°C o K
	pressione parziale del vapore acqueo	p_a	Pa (1 Pa = 1 N/m ²)
	velocità relativa dell'aria	v_a	m/s
INDIVIDUALI	attività metabolica (ovvero dispendio metabolico ovvero metabolismo energetico)	M	W/m ² o met (1 met = 58,2 W/m ²) pari a 104,8 W per la superficie corporea standard di un individuo adulto (1,8 m ²)
	isolamento termico del vestiario	I_{cl}	m ² K/W o clo (1 clo = 0,155 m ² K/W)

Il vantaggio del PMV è che esso, basandosi su considerazioni strettamente fisiologiche e essendo stato validato su un campione significativo di soggetti, ripropone su basi oggettive una sensazione di soddisfazione che per sua stessa natura è intrinsecamente soggettiva.

Per definizione il PMV, rappresenta il giudizio medio potenzialmente espresso da un campione infinito di soggetti di diversa età, sesso, etnia, relativo al complesso delle variabili microclimatiche e dei parametri individuali che caratterizza l'ambiente in esame. Esso viene espresso in una scala di sensazione termica a 7 punti (-3 = molto freddo 0 = neutro +3 = molto caldo).

Poiché il benessere termico è una sensazione soggettiva, il PMV è correlato ad un altro parametro, il PPD – predicted percentage of dissatisfied – che indica la percentuale di soggetti che si ritengono insoddisfatti dalle condizioni microclimatiche in esame, ovvero quelli il cui giudizio termico è rappresentato dai voti in valore assoluto maggiori o uguali a 2.

+ 3	Hot
+ 2	Warm
+ 1	Slightly warm
0	Neutral
- 1	Slightly cool
- 2	Cool
- 3	Cold





La valutazione in ambienti severi caldi

In 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.

Ai fini della determinazione dello stress termico in ambienti caldi è possibile utilizzare in prima battuta l'indice WBGT.

L'indice WBGT (Wet Bulb Globe Temperature) è un indice empirico, di facile valutazione, che viene utilizzato per comprendere se l'esposizione ad un determinato ambiente caldo genera o meno stress termico.

La stima è grossolana ma permette di comprendere se è necessaria una valutazione più approfondita dell'ambiente in esame.

La norma di riferimento in cui viene descritto l'indice WBGT è la UNI EN ISO 7243:2017: "Ergonomia degli ambienti termici - Valutazione dello stress da calore utilizzando l'indice WBGT (temperatura globo del bulbo bagnato). Si applica per valutare la presenza o meno di stress termico provocato da un ambiente caldo sia indoor che outdoor, su un soggetto adulto, sia maschio che femmina.

Il metodo prevede la misurazione delle seguenti grandezze termigrometriche:

- temperatura dell'aria a bulbo umido a ventilazione naturale (tnw);
- temperatura di globotermometro (tg);
- temperatura dell'aria (a bulbo secco) solo in caso di irraggiamento solare (ta).

Il risultato è espresso mediante un indicatore che combina le due grandezze di cui sopra (tre in caso di irraggiamento) tramite la seguente somma pesata:

$WBGT = 0.7 \text{ tnw} + 0.3 \text{ tg}$ (in assenza di irraggiamento solare)

$WBGT = 0.7 \text{ tnw} + 0.2 \text{ tg} + 0.1 \text{ ta}$ (in presenza di irraggiamento solare)

Per valutare il rischio da stress calorico è necessario che i risultati del calcolo derivante dalle espressioni sopra indicate siano confrontati con i "valori limite", quelli cioè oltre i quali l'individuo può ritenersi esposto al rischio da stress calorico. Questi valori limite sono diversi in dipendenza di due fattori:

- attività metabolica del soggetto;
- grado di acclimatazione del soggetto.

L'attività metabolica è legata all'attività fisica svolta dal soggetto; più questa è elevata, più il valore limite del WBGT è basso, dato che si determina una maggiore produzione di calore interno.

L'acclimatazione esprime invece l'attitudine del soggetto a sopportare un clima sfavorevole. In tal senso un individuo si può ritenere acclimatato dopo lo svolgimento di un'attività lavorativa in un ambiente termico per un tempo diverso a seconda dei casi; per individui non acclimatati i valori limite si riducono di un numero di gradi proporzionale all'attività metabolica svolta.

Inoltre i valori limite di riferimento del WBGT diminuiscono se nell'attività lavorativa sono inserite pause progressivamente più lunghe, tanto più quanto più l'attività metabolica è gravosa. Per attività metaboliche leggere il limite è univocamente fissato a 33°C.

La valutazione in ambienti severi freddi

In 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 del rischio negli ambienti severi freddi si può far riferimento alla norma 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), che specifica i metodi e le strategie per la valutazione dello stress termico associato all'esposizione ad ambienti freddi e che prevede il calcolo dell'indice IREQ (Insulation required).



Corso di Laurea Interateneo
TECNICHE DELLA PREVENZIONE
NELL'AMBIENTE E NEI LUOGHI DI LAVORO



L'IREQ è funzione di parametri ambientali (temperatura dell'aria, temperatura media radiante, pressione parziale del vapore acqueo, velocità relativa dell'aria) e parametri individuali (attività metabolica e isolamento termico del vestiario), e rappresenta una stima dello stress termico prodotto dall'ambiente freddo consentendo una valutazione quantitativa della protezione dell'abbigliamento richiesto, in termini di resistenza termica necessaria a mantenere condizioni di regime stazionario per il corpo a diversi livelli di metabolismo, e di calcolare il tempo massimo di esposizione nell'ambiente freddo.

Si distinguono in particolare:

- IREQmin, il valore minimo di resistenza termica del vestiario che permette di mantenere l'equilibrio termico del corpo con una contenuta sensazione di freddo;
- IREQneu, che indica il valore ottimale di resistenza termica del vestiario per garantire una situazione di omeotermia.

Si possono confrontare questi due valori con l'isolamento termico effettivamente apportato dal vestiario indossato (IclR), tenendo conto dell'effetto della ventilazione e del movimento del soggetto, per valutare il rischio per la salute:

- se l'isolamento termico fornito è inferiore a IREQmin, la protezione dal freddo è insufficiente, con possibile rischio di ipotermia;
- se è compreso tra IREQmin e IREQneu si è nell'intervallo di accettabilità;
- se invece $IclR > IREQneu$ si ha iperprotezione e conseguente rischio di sudorazione con riduzione dell'efficacia isolante del vestiario.

Un soggetto esposto al freddo può subire inoltre le conseguenze di un eccessivo raffreddamento in specifiche parti del corpo (mani, piedi, testa) che, per via della combinazione di ridotta protezione ed elevata superficie specifica, risultano essere particolarmente sensibili al raffreddamento dovuto all'azione combinata di basse temperature e velocità dell'aria.

Per proteggere il corpo da questi effetti localizzati, l'indice per la valutazione dello stress termico da raffreddamento locale è il WCI (Wind Chill Index), che esprime l'entità della potenza termica per unità di superficie perduta dall'organismo in funzione della temperatura e della velocità del vento.

Una grandezza correlata è la Tch (temperatura di chilling) o ECT (Equivalent Chill Temperature) definita come la temperatura equivalente di sensazione di freddo in aria calma.

Il parametro da determinare è la EWCT (Equivalent Wind Chill Temperature), calcolabile dai valori misurati di temperatura e di velocità dell'aria. Infatti, col crescere della velocità del vento, si abbassa la temperatura percepita che dà la sensazione di freddo.

Obiettivi formativi e risultati di apprendimento attesi

Il corso è diretto a fornire gli strumenti e le conoscenze di base necessari per effettuare la valutazione dei parametri microclimatici in ambito occupazionale mediante un approccio operativo.

Durante il corso verranno svolte prove pratiche condotte con l'utilizzo della centralina microclimatica e verranno successivamente elaborati ed analizzati i dati ottenuti.

Al termine dell'esercitazione lo studente dovrà dimostrare di avere una conoscenza di base dell'utilizzo di una centralina microclimatica e delle metodiche di rilevazione per la valutazione del comfort termigrometrico in ambienti moderati e di valutazione del rischio in ambienti severi caldi e freddi.

Risorse bibliografiche e sitografiche

- UNI EN ISO 7730:2006
- UNI EN ISO 11079:2008



Corso di Laurea Interateneo
TECNICHE DELLA PREVENZIONE
NELL'AMBIENTE E NEI LUOGHI DI LAVORO



- UNI EN ISO 7243:2017
- INAIL: La valutazione del microclima – linee guida 2018
- ISPESL: Microclima, aerazione e illuminazione nei luoghi di lavoro. Requisiti e standard indicazioni operative e progettuali - linee guida ISPESL 2006
- https://www.portaleagentifisici.it/fo_microclima_index.php?lg=IT
- <https://www.inail.it/cs/internet/attivita/prevenzione-e-sicurezza/conoscere-il-rischio/agenti-fisici/stress-termico.html>

Organizzazione del corso e metodologia laboratoriale

Il corso è strutturato in una parte di didattica frontale ed una parte di laboratorio pratico con effettuazione di misurazioni ambientali ed elaborazione dei dati di misura riscontrati.

Verranno altresì esaminati possibili contesti lavorativi di esposizione al rumore ed analizzate le possibili strategie tecniche, organizzative e gestionali di riduzione dell'esposizione.