

Valutazione e prevenzione del rischio da Microclima: aggiornamenti tecnici e normativi
10-11 maggio 2022



Metodi di valutazione degli ambienti severi caldi; rischi per la salute e la sicurezza nell'interazione lavoratore-ambiente severo caldo

Vincenzo Molinaro

INAIL - Dipartimento di Medicina, Epidemiologia, Igiene del Lavoro ed Ambientale (DiMEILA)

Laboratorio di Ergonomia e Fisiologia

INTRODUZIONE

L'equazione di bilancio termico



EQUAZIONE DI BILANCIO TERMICO

$$S = (M - W) - (C_{res} \pm E_{res} \pm C \pm R \pm E \pm K) \quad [W/m^2]$$



Variazione di
energia interna



Calore
prodotto



Potenza termica
dispersa con la
respirazione

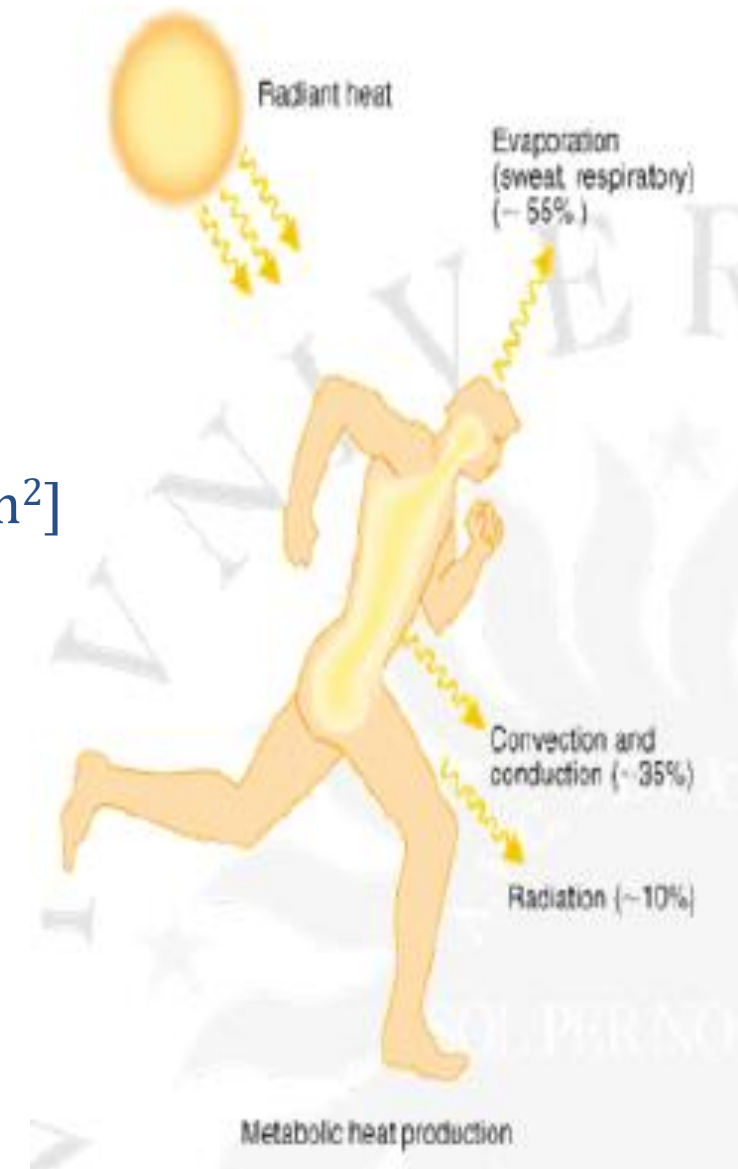


Potenza termica dispersa
attraverso la pelle

$S > 0$ potenza termica in ingresso $>$ di quella in uscita \Rightarrow incremento T_c

$S = 0$ potenza termica in ingresso = di quella in uscita \Rightarrow T_c costante

$S < 0$ potenza termica in ingresso $<$ di quella in uscita \Rightarrow decremento T_c



INTRODUZIONE

I parametri fondamentali dell'equazione di bilancio termico

$$S = (M - W) - (C_{res} \pm E_{res} \pm C \pm R \pm E \pm K)$$



$$S = f(M, I_{cl}, t_a, p_a, v_a, t_r)$$



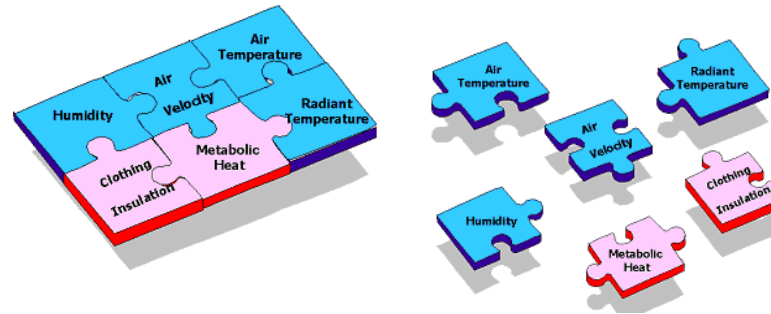
4 parametri AMBIENTALI:

- t_a temperatura dell'aria [°C]
- t_r temperatura media radiante [°C]
- v_a velocità dell'aria [m/s]
- p_a pressione parziale di vapore acqueo (umidità)



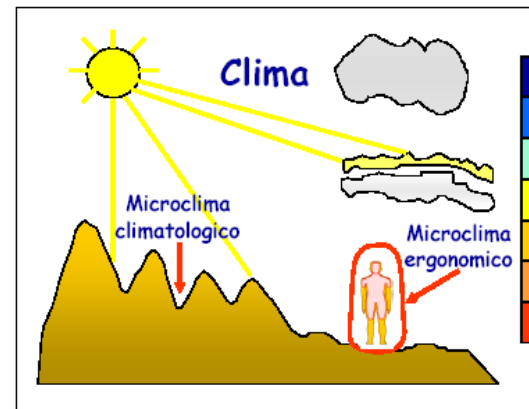
DEFINIZIONE DI MICROCLIMA

Insieme di parametri ambientali che influenzano gli scambi termici tra soggetto e ambiente termico



2 parametri SOGGETTIVI:

- M Metabolismo energetico [met]
- I_{cl} Isolamento termico dell'abbigliamento [clo]



Congiuntamente a parametri individuali quali l'attività metabolica correlata al compito lavorativo e la resistenza termica del vestiario determinata dalle caratteristiche dell'abbigliamento indossato in termini di isolamento termico e resistenza evaporativa, condizionano gli scambi termici tra soggetto e ambiente circostante.

GLI AMBIENTI TERMICI

AMBIENTI MODERATI

non è presente alcun vincolo che impedisca il raggiungimento del comfort termico



Obiettivo:
raggiungimento **COMFORT TERMICO**



AMBIENTI CALDI O FREDDI

esiste un vincolo legato alle necessità produttive o alle condizioni ambientali che non consente il raggiungimento del comfort termico



Obiettivo:
SALVAGUARDIA della sicurezza e della salute dei lavoratori

AMBIENTI FREDDI



AMBIENTI CALDI



LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO PER GLI AMBIENTI TERMICI la normativa italiana

TITOLO VIII - AGENTI FISICI

D.Lgs. 09 aprile 2008 n. 81



TITOLO VIII - AGENTI FISICI

CAPO I - DISPOSIZIONI GENERALI

Articolo 180 - Definizioni e campo di applicazione

1. Ai fini del presente Decreto Legislativo per *agenti fisici* si intendono il rumore, gli ultrasuoni, gli infrasuoni, le vibrazioni meccaniche, i campi elettromagnetici, le radiazioni ottiche, di origine artificiale, **il microclima** e le atmosfere iperbariche che possono comportare rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori.
2. Fermo restando quanto previsto dal [presente capo](#), per le attività comportanti esposizione a rumore si applica il [capo II](#), per quelle comportanti esposizione a vibrazioni si applica il [capo III](#), per quelle comportanti esposizione a campi elettromagnetici si applica il [capo IV](#), per quelle comportanti esposizione a radiazioni ottiche artificiali si applica il [capo V](#).
3. La protezione dei lavoratori dalle radiazioni ionizzanti è disciplinata unicamente dal Decreto Legislativo 17 marzo 1995, n. 230^(N), e sue successive modificazioni.

Non c'è un capo specifico per il microclima, a differenza degli altri agenti fisici

Note all'Art. 180

Articolo 181 - Valutazione dei rischi

1. Nell'ambito della valutazione di cui all'[articolo 28](#), il datore di lavoro valuta tutti i rischi derivanti da esposizione ad agenti fisici in modo da identificare e adottare le opportune misure di prevenzione e protezione con particolare riferimento alle norme di buona tecnica ed alle buone prassi.
2. La valutazione dei rischi derivanti da esposizioni ad agenti fisici è programmata ed effettuata, con cadenza almeno quadriennale, da personale qualificato nell'ambito del servizio di prevenzione e protezione in possesso di specifiche conoscenze in materia. La valutazione dei rischi è aggiornata ogni qual volta si verificano mutamenti che potrebbero renderla obsoleta, ovvero, quando i risultati della sorveglianza sanitaria rendano necessaria la sua revisione. I dati ottenuti dalla valutazione, misurazione e calcolo dei livelli di esposizione costituiscono parte integrante del documento di valutazione del rischio.
3. Il datore di lavoro nella valutazione dei rischi precisa quali misure di prevenzione e protezione devono essere adottate. La valutazione dei rischi è riportata sul documento di valutazione di cui all'[articolo 28](#), essa può includere una giustificazione del datore di lavoro secondo cui la natura e l'entità dei rischi non rendono necessaria una valutazione dei rischi più dettagliata.

LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO PER GLI AMBIENTI TERMICI

la normativa tecnica di settore

PER TUTTI GLI AMBIENTI

NORMA	TITOLO
UNI EN ISO 7726: 2002	Ergonomia degli ambienti termici - Strumenti per la misurazione delle grandezze fisiche
UNI EN ISO 8996:2022	Ergonomia dell'ambiente termico - Determinazione del metabolismo energetico
UNI EN ISO 9920:2009	Ergonomia degli ambienti termici - Valutazione dell'isolamento termico e della resistenza evaporativa dell'abbigliamento
UNI EN ISO 9886:2004	Valutazione degli effetti termici (thermal strain) mediante misurazioni fisiologiche
UNI EN ISO 10551:2002	Ergonomia degli ambienti termici - Valutazione dell'influenza dell'ambiente termico mediante scale di giudizio soggettivo
UNI EN ISO 11399:2001	Ergonomia degli ambienti termici - Principi ed applicazioni delle relative norme internazionali
UNI EN ISO 12894: 2002	Ergonomia degli ambienti termici - Supervisione medica per persone esposte ad ambienti molto caldi o molto freddi
UNI EN ISO 13731:2004	Ergonomia degli ambienti termici - Vocabolario e simboli
UNI EN ISO 15265: 2005	Ergonomia dell'ambiente termico - Strategia di valutazione del rischio per la prevenzione dello stress o del disagio termico in condizioni di lavoro
UNI EN ISO 28803: 2012	Ergonomia degli ambienti fisici: Applicazione di norme internazionali alle persone con speciali necessità

LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO PER GLI AMBIENTI TERMICI

la normativa tecnica di settore

NORMA	TITOLO
UNI EN ISO 7730:2006	Ergonomia degli ambienti termici – Determinazione analitica ed interpretazione del benessere termico mediante il calcolo degli indici PMV e PPD e dei criteri di benessere termico
UNI EN ISO 7243:2017	Ergonomia degli ambienti termici - Valutazione dello stress da calore utilizzando l'indice WBGT (temperatura globo del bulbo bagnato)
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 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.
UNI EN ISO 15743: 2008	Ergonomia dell'ambiente termico - Posti di lavoro al freddo - Valutazione e gestione del rischio

NORMA	TITOLO
UNI EN ISO 13732 - 1: 2009	Ergonomia degli ambienti termici - Metodi per la valutazione della risposta dell'uomo al contatto con le superfici - Parte 1: Superfici calde
ISO/TS 13732 - 2: 2001	Ergonomics of the thermal environment - Methods for the assessment of human responses to contact with surfaces - Part 2: Human contact with surfaces at moderate temperature
UNI EN ISO 13732 - 3: 2006	Ergonomia degli ambienti termici - Metodi per la valutazione della risposta dell'uomo al contatto con le superfici - Parte 3: Superfici fredde

Il portale agenti fisici – PAF

MACRO DATI 4.203 - MISURE IN BANCA DATI 9.357



Benvenuto nel Portale Agenti Fisici

Le Banche Dati "**Vibrazioni Mano Braccio**" e "**Vibrazioni Corpo Intero**" sono valedoli ai fini della valutazione dei rischi ai sensi del D.Lgs. 30 aprile 2008 n. 81 (art. 202, comma 2; Allegato XXXV).

Le banche dati su **Campi Elettromagnetici** sono valedoli ai fini della valutazione dei rischi ai sensi degli artt. 28, 181 e 209 del D.Lgs.81/2008.

Le sessioni su **Radiazioni ottiche naturali ed artificiali** sono utilizzabili per la Valutazione dei rischi ai sensi del D.Lgs.81/2008.

Le Banche Dati ospitate nella **sessione rumore** sono valedoli ai fini della valutazione dei rischi ai sensi del D.Lgs. 30 aprile 2008 n. 81 (art. 190, comma 5bis; art. 192, art. 193).

Il Portale Agenti Fisici è realizzato dal Laboratorio di Sanità Pubblica dell'Azienda Sanitaria USL Toscana Sud Est (ex Azienda USL 7 Siena) con la collaborazione dell'INAIL e dell'Azienda USL di Modena, al fine di mettere a disposizione uno strumento informativo che orienti gli attori aziendali della sicurezza e gli operatori della prevenzione ad una risposta corretta ai fini della prevenzione e protezione da AGENTI FISICI. Il Portale è in corso di sviluppo e aggiornamento nell'ambito del Piano delle Attività di Ricerca 2016-2018 dell'INAIL e nell'ambito del progetto finanziato dal Decreto RT 2165 del 09/04/2015 Regione Toscana "Rischio di esposizione da Agenti fisici negli ambienti di lavoro: sviluppo e adeguamento del Portale Agenti Fisici per promuovere la valutazione del rischio e gli interventi di prevenzione in tutti i comparti lavorativi". L'utente dovrà consultare i documenti di "Guida all'utilizzo della Banca Dati" per ogni singolo Agente Fisico al fine di poter utilizzare in maniera appropriata i dati in essa contenuti. Si declina qualsiasi responsabilità derivante da un utilizzo improprio dei dati e delle informazioni contenute nelle Banche Dati e nel Portale.

- [Home](#)
- [Corsi, Webinar, Eventi PAF](#)
- [Rumore](#)
- [Vibrazioni Mano-Braccio](#)
- [Vibrazioni Corpo Intero](#)
- [Campi Elettromagnetici](#)
- [Radiazioni Ottiche Artificiali](#)
- [Radiazioni Ottiche Naturali](#)
- [Radiazioni Ionizzanti Naturali](#)
- [Radiazioni Ionizzanti Artificiali](#)
- [Atmosfere Iperbariche](#)
- [Microclima](#)
- [Descrizione del rischio](#)
- [Normativa](#)
- [Metodiche di valutazione del rischio](#)
- [Calcolatori Stress Termico](#)
- [Prevenzione e protezione](#)
- [Documentazione](#)
- [Progetto Workclimate](#)
- [FAQ Microclima](#)
- [Normativa e Linee Guida](#)
- [Contatti](#)
- [Chi siamo](#)
- [Newsletter](#)
- [Documentazione per la Fornitura dati](#)
- [Materiale Didattico](#)
- [FAQ](#)



Rumore



Mano-braccio



Corpo Intero



Campi Elettro-Magnetici



Radiazioni Ottiche Artificiali



Radiazioni Ottiche Naturali



Radiazioni Ionizzanti Naturali



Radiazioni Ionizzanti Artificiali



Atmosfere Iperbariche



Microclima



www.portaleagentifisici.it

Uscita online il 28 giugno 2019

- Newsletter**
Per essere aggiornato iscriviti alla newsletter PAF
- eventi**
Corso di aggiornamento RSPP - Valutatore di Radiazioni ottiche
Webinar
13.8.11 mar 2022
- news**
Pubblicato on-line Materiale Didattico Corso Radiazioni Ottiche del 24/11/21 7 dic 2021
Sono consultabili on line sul Portale Agenti Fisici le nuove indicazioni operative per la prevenzione del rischio da agenti fisici 31 ago 2021
Approvate le nuove Indicazioni Operative per la Prevenzione del Rischio da Agenti Fisici 24 ago 2021
Approvate le Linee di Indirizzo su Prevenzione Rischio Microclima





Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro delle Regioni e delle Province autonome
Gruppo Tematico Agenti Fisici

Indicazioni operative per la prevenzione del rischio da Agenti Fisici ai sensi del Decreto Legislativo 81/08

- Parte 1: Titolo VIII Capo 1
- Parte 2: Radiazione Solare
- Parte 3: Microclima
- Parte 4: Rumore
- Parte 5: Vibrazioni

in collaborazione con:



INAIL - Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro



Istituto Superiore di Sanità

Il testo è stato redatto dal Gruppo Tematico Agenti Fisici del Coordinamento Tecnico Interregionale - INAIL

coordinatrice Iole Pinto

GRUPPO DI LAVORO MICROCLIMA composto da:

Coordinatori: Paolo Lenzuni (INAIL); Pierangelo Tura (ARPA Piemonte)

Sandra Bernardelli (Regione Emilia Romagna)
Lucia Bramanti (Regione Toscana)
Giovanni De Vito (Regione Lombardia);
Miriam Levi (Regione Toscana)
Martina Grisorio (Regione Piemonte)
Nicola Marisi (Regione Abruzzo);
Sara Quirini (Provincia Autonoma Bolzano)
Laura Filosa (INAIL)
Antonio Moschetto (INAIL),
Simona Del Ferraro (INAIL),
Vincenzo Molinaro (INAIL)
Michele Del Gaudio (INAIL)

Referenti Regione Toscana: Giovanna Bianco, Elisabetta De Melis, Trofimen Galibardi; Vincenzo Di Benedetto.

- ❖ Approvate definitivamente il 19/08/2021
- ❖ Indicazioni operative che intendono orientare ad una adeguata e corretta applicazione D.Lgs. 81/08 in relazione alla prevenzione dei rischi da Agenti Fisici
- ❖ Le indicazioni sono raccolte sotto forma di «FAQ»

Parte 3: Microclima

SEZIONE A EFFETTI SULLA SALUTE E SORVEGLIANZA SANITARIA		
A.1	Quali sono gli effetti sulla salute e sulla sicurezza dovuti all'esposizione a caldo/freddo?	9
A.2	Cosa si intende con "ambiente termico moderato"?	12
A.3	Cosa si intende con "ambiente termico severo"?	12
A.4	Quali sono i soggetti particolarmente sensibili al rischio microclima?	13
A.5	In quali casi e con quali modalità va attivata la sorveglianza sanitaria in relazione al rischio microclima?	15

SEZIONE B METODICHE E STRUMENTAZIONE PER LA MISURA E LA STIMA DEI PARAMETRI MICROCLIMATICI		
B.1	Quali requisiti deve avere la strumentazione di misura delle grandezze fisiche ambientali?	21
B.2	Quali criteri vanno applicati per la taratura della strumentazione di misura?	22
B.3	Come si effettua la stima dell'attività metabolica?	23
B.4	Come si effettua la stima delle quantità fisiche descrittive del vestiario?	26
B.5	Secondo quale metodologia deve essere effettuata la misura delle grandezze fisiche ambientali?	29
B.6	Quali sono il periodo dell'anno e l'orario più opportuno per eseguire una misura delle grandezze fisiche ambientali?	29
B.7	Quali fattori devono essere considerati per definire il numero di postazioni di misura e la relativa collocazione spaziale delle stesse in un ambiente termico moderabile?	30
B.8	Quale deve essere la posizione delle sonde in una postazione di misura?	31
B.9	Quale deve essere il numero di misure da eseguire in ciascuna postazione?	31
B.10	Quale deve essere la durata minima di una misura delle grandezze fisiche ambientali?	31
B.11	Quale deve essere il tempo minimo da interporre fra due misure consecutive?	32
B.12	Secondo quali criteri l'ambiente termico può essere considerato stazionario in relazione al soggetto esposto?	33
B.13	Come si procede in presenza di ambienti non stazionari?	34
B.14	Secondo quali criteri un ambiente termico può essere considerato omogeneo attorno al soggetto esposto?	36
B.15	Come si stima l'incertezza di misura?	37

SEZIONE C VALUTAZIONE DEL RISCHIO		
C.1	In quali situazioni lavorative è necessario procedere sempre ad una valutazione dettagliata del microclima?	43
C.2	Quali strategie sono utilizzabili per la valutazione del rischio microclima?	44
C.3	Quali sono le condizioni nelle quali la valutazione del rischio può concludersi con la "giustificazione"?	45
C.4	E' sempre necessario effettuare misurazioni specifiche ai fini della valutazione del rischio microclima?	45
C.5	Quali sono gli indici descrittivi (e i relativi valori di riferimento) che possono essere utilizzati per effettuare la valutazione del comfort (discomfort) termico?	46
C.6	Cosa s'intende con "comfort/discomfort locale" e come si valuta?	48
C.7	Quali sono gli indici descrittivi (e i relativi valori di riferimento) che possono essere utilizzati per effettuare la valutazione dello stress termico da ambiente caldo?	52
C.8	Quali sono gli indici descrittivi (e i relativi valori di riferimento) che possono essere utilizzati per effettuare la valutazione dello stress termico da ambiente freddo?	55
C.9	Quali sono le grandezze fisiche ambientali ed i parametri personali/soggettivi che devono essere stimati nell'ambito di una valutazione microclimatica?	58
C.10	E' possibile effettuare la media su più giorni/settimane/mesi ai fini della valutazione dei parametri di comfort/rischio associati all'ambiente termico?	61
C.11	Quali sono i co-fattori di rischio da valutare in relazione all'esposizione a microclima?	61
C.12	Come si valuta il rischio microclima in lavorazioni outdoor?	62
C.13	Esistono criteri specifici per la valutazione del microclima nei mezzi di trasporto?	63
C.14	Come si effettua la valutazione del rischio microclima per soggetti con suscettibilità individuali?	67

SEZIONE D GESTIONE DEL RISCHIO		
D.1	Come comportarsi all'esito della valutazione?	75
D.2	Come deve essere strutturato e che cosa deve riportare la Relazione Tecnica di supporto al Documento di Valutazione del rischio microclima?	78
D.3	Esistono dispositivi di protezione individuali o dispositivi ausiliari indossabili?	79

D.4	Informazione e formazione: quando e con quali contenuti? In quali casi è necessario effettuare specifica informazione/formazione?	80
D.5	Come gestire il rischio microclima per lavoratori outdoor?	82
D.6	Come gestire il rischio per lavoratori in regime di auto restrizione idrica?	85
D.7	Quali criteri per gestire l'acclimatamento?	86
D.8	Quali indicazioni operative in relazione all' insorgenza di malattie da calore sul luogo di lavoro?	88

SEZIONE E VIGILANZA		
E.1	Nell'ambito del D.Lgs. 81/2008, in ottemperanza a quali riferimenti deve essere effettuata la valutazione del microclima?	93
E.2	In quali casi è appropriato richiedere da O.V. che la valutazione va eseguita in riferimento al Titolo VIII, ed in quali in riferimento all'Allegato IV del D.Lgs. 81/2008?	94
E.3	Esistono ambienti nei quali i valori limite di accettabilità delle quantità microclimatiche sono stabiliti da legislazione specifica?	95
E.4	Esistono dei limiti di riferimento per le situazioni in cui i lavoratori passano da ambienti freddi ad ambienti caldi o viceversa?	96
E.5	Come deve essere gestito il rischio microclima nell'ambito della valutazione dei rischi all'interno dei cantieri (POS e PSC) e dei rischi interferenti (DUVRI)?	97

Bibliografia	99
--------------	----

Osservazioni pervenute	104
------------------------	-----

AMBIENTI CALDI

Indice WBGT

Modello PHS
(Predicted Heat Strain)

1) Prima valutazione con l'indice WBGT

E' un metodo di primo screening per valutare lo stress termico a cui è esposto un individuo

NORMA EUROPEA	Ergonomia degli ambienti termici - Valutazione dello stress da calore utilizzando l'indice WBGT (temperatura globo del bulbo bagnato)	UNI EN ISO 7243
		NOVEMBRE 2017
	Ergonomics of the thermal environment - Assessment of heat stress using the WBGT (wet bulb globe temperature) index	
	<p>La norma illustra una metodologia di controllo da impiegare per valutare lo stress da calore a cui una persona è esposta e stabilire la presenza o meno di condizioni di rischio. Essa si applica alla valutazione degli effetti indotti dal calore su un soggetto nel corso di una giornata lavorativa (fino a 8 ore). Non può essere utilizzata, in situazioni in cui l'esposizione al calore è di breve durata. La norma è indicata per valutare il livello di stress calorico presente in ambienti di tipo occupazionale, interni ed esterni o di altra tipologia, al quale possono essere esposti i lavoratori adulti di entrambi i sessi.</p>	

2) Valutazione più approfondita con il modello PHS

NORMA EUROPEA	Ergonomia dell'ambiente termico Determinazione analitica ed interpretazione dello stress termico da calore mediante il calcolo della sollecitazione termica prevedibile	UNI EN ISO 7933
		FEBBRAIO 2005
	Ergonomics of the thermal environment Analytical determination and interpretation of heat stress using calculation of the predicted heat strain	
	<p>La norma specifica un metodo per la valutazione analitica e l'interpretazione dello stress termico provato da un soggetto in un ambiente caldo. Essa descrive un metodo per prevenire la quantità di sudore e la temperatura interna del nucleo che il corpo umano avrà in risposta alle condizioni di lavoro. I principali obiettivi della norma sono i seguenti:</p> <ol style="list-style-type: none"> la valutazione dello stress termico in condizioni prossime a quelle che portano ad un aumento eccessivo della temperatura del nucleo o ad una eccessiva perdita di acqua per la persona media; la determinazione dei tempi di esposizione per i quali la sollecitazione fisiologica è accettabile (non sono prevedibili danni fisici). Nell'ambito di questo protocollo di previsione, questi tempi di esposizione sono detti "durata limite massima di esposizione". 	

Indice WBGT - calcolo dell'indice

Table F.1 — WBGT CAVs for different clothing ensembles, in °C-WBGT

Ensemble	Comment	CAV [°C-WBGT]
Work clothes	Work clothes made from a woven fabric is the reference ensemble	0
Cloth coveralls	Woven fabric that includes treated cotton	0
Non-woven SMS coveralls as a single layer	A non-proprietary process to make non-woven fabrics from polypropylene	0
Non-woven polyolefin Coveralls as a single layer	A proprietary fabric made from polyethylene	2
Vapour-barrier apron with long sleeves and long length over cloth coveralls	The wrap-around apron configuration was designed to protect the front and sides of the body against spills from chemical agents	4
Double layer of woven clothing	Generally taken to be coveralls over work clothes	3
Vapour-barrier coveralls as a single layer, without hood	The real effect depends on the level of humidity and in many cases the effect is less.	10
Vapour-barrier coveralls with hood as a single layer	The real effect depends on the level of humidity and in many cases the effect is less.	11
Vapour-barrier over cloth coveralls, without hood	—	12
Hood ^a	Wearing a hood of any fabric with any clothing ensemble	+1
The CAVs are added to the measured WBGT to obtain $WBGT_{eff}$		
NOTE For high vapour resistance clothing there is a dependence on relative humidity. The CAVs represent the likely high value.		
^a This value is added to the CAV of the ensemble without hood or respirator.		

$$WBGT_{eff} = WBGT + CAV$$

$$WBGT = 0.7xt_{nw} + 0.3xt_g$$

$$WBGT = 0.7xt_{nw} + 0.2xt_g + 0.1xt_a$$

CAV CLOTHING ADJUSTMENT VALUE

E' un'approssimazione dell'effetto dell'abbigliamento realmente indossato che differisce dall'»abbigliamento da lavoro ordinario» per il quale CAV=0

L'effetto dell'abbigliamento è complesso e di difficile valutazione, CAV è un semplice aggiustamento di prima approssimazione

In generale CAV aumenta all'aumentare della resistenza evaporativa

Se CAV non può essere valutato, non può essere applicata la ISO 7243.

Modello PHS (**P**redicted **H**eat **S**train)

○ PHS = PREDICTED HEAT STRAIN

Procedura più dettagliata e affidabile per la valutazione analitica dello stress in ambienti severi caldi

NORMA EUROPEA	Ergonomia dell'ambiente termico Determinazione analitica ed interpretazione dello stress termico da calore mediante il calcolo della sollecitazione termica prevedibile	UNI EN ISO 7933
	Ergonomics of the thermal environment Analytical determination and interpretation of heat stress using calculation of the predicted heat strain	FEBBRAIO 2005

○ OBIETTIVI DEL METODO

1. Valutazione dello stress termico in condizioni prossime a quelle che portano ad un aumento eccessivo della temperatura del nucleo o ad una eccessiva perdita d'acqua
2. La determinazione dei tempi di esposizione per i quali la sollecitazione fisiologica è accettabile (DURATA LIMITE MASSIMA DI ESPOSIZIONE)

MODELLO PHS – I limiti

◆ **LIMITI PER LA TEMPERATURA RETTALE**

$$t_{re,max} = 38^{\circ}C$$

Il valore massimo accettabile della temperatura rettale.

Assumere tale valore come limite rende molto improbabile il raggiungimento di temperature del nucleo che comportino situazioni di pericolo

◆ **LIMITI PER LA PERDITA TOTALE DI ACQUA**

Massima perdita di acqua compatibile con il mantenimento dei parametri fisiologici

Si intende proteggere il 50° o il 95° percentile della popolazione esposta.

	Accesso ai liquidi	
	Libero (DRINK=1)	Negato (DRINK=0)
Dmax50	7% della massa corporea	3% della massa corporea
Damx95	5% della massa corporea	3% della massa corporea

Microclima

Negli ambienti severi, così come negli ambienti moderati in condizioni esterne agli intervalli di applicabilità dell'indice PMV/PPD, sarà necessario tenere conto dei rischi legati all'esposizione di soggetti particolarmente sensibili, caratterizzati da una alterata capacità di termoregolazione fisiologica:

- donne in gravidanza;
- soggetti affetti da patologie preesistenti che possono alterare la percezione termica, quali ad esempio patologie dell'apparato cardiocircolatorio o del sistema endocrino;
- trattamenti farmacologici che influiscono sul sistema di termoregolazione.

Interazione uomo-ambiente termico

Patologia

PATOLOGIE DELLA TERMOREGOLAZIONE

Alcuni ambiti lavorativi sono vincolati a condizioni di esercizio tali da configurarli come ambienti termicamente severi.

In tal caso l'obiettivo da raggiungere non è il comfort termico, ma il mantenimento dell'equilibrio termico.

Un'attivazione intensa e prolungata dei meccanismi deputati alla termoregolazione dà luogo ad una condizione di stress termico, che può portare ad un cedimento di tale sistema di controllo, con conseguente insorgenza di manifestazioni patologiche da calore anche gravi, conseguenti ad un progressivo ed inesorabile innalzamento della temperatura centrale, che possono essere schematizzate nelle manifestazioni fisiopatologiche di seguito riportate.

ESPOSIZIONE AD AMBIENTI SEVERI CALDI

CRAMPI DA CALORE

Spasmi muscolari dolorosi causati dallo svolgimento di attività muscolari intense in ambiente caldo-umido e in soggetti abitualmente giovani, non acclimatati e non allenati.

Patogenesi: sudorazione eccessiva, con perdita di acqua e di cloruro di sodio.

Prevenzione: adeguata somministrazione di acqua e cloruro di sodio.

Sintomatologia:

- Astenia ingravescente
- Cute calda, umida e arrossata
- Ipotensione
- Spasmi dolorosi della durata di 1-3 minuti a carico di polpaccio, addome, colonna vertebrale

Terapia:

- Trasporto del soggetto in un luogo fresco
- Riposo e somministrazione di soluzioni isotoniche di cloruro di sodio

ESPOSIZIONE AD AMBIENTI SEVERI CALDI

SQUILIBRI IDROMINERALI

Il **deficit idrico** è dovuto all'inadeguato ripristino delle perdite d'acqua conseguenti alla sudorazione e può instaurarsi nel giro di qualche ora, dal momento che i disturbi da disidratazione cominciano a manifestarsi quando le perdite raggiungono il 5% del volume d'acqua totale.

Il **deficit sodico** è dovuto ad inadeguato ripristino del sodio perso con il sudore e si instaura generalmente dopo almeno 3-5 giorni di esposizione.

La sintomatologia ha una certa variabilità in rapporto alla prevalenza dell'uno o dell'altro deficit:

- Sete marcata, polso rapido, sudorazione ridotta o abolita, densità urinaria elevata, Na plasmatico aumentato nel caso di **deficit idrico prevalente**
- Intensa sensazione di fatica, polso lento, sete discreta, frequenti vertigini, crampi e vomito, emoconcentrazione precoce e pronunciata, marcata diminuzione di Na e Cl urinari, riduzione di Na plasmatico nel caso di **deficit sodico predominante**

Interazione uomo-ambiente termico

Patologia

ESPOSIZIONE AD AMBIENTI SEVERI CALDI

SINCOPE DOVUTA A CALORE

Consegue ad un'eccessiva vasodilatazione, che dà luogo a stasi venosa periferica, ipotensione e insufficiente flusso sanguigno cerebrale, manifestandosi con una perdita di coscienza preceduta da pallore, stordimento e vertigini. Nei soggetti che svolgono attività lavorativa in ambienti termici severi caldi, in particolare se non acclimatati, si accompagna spesso ad una ipertermia che può raggiungere i 39 °C, ma non comporta né abolizione della sudorazione né agitazione motoria.

Interazione uomo-ambiente termico

Patologia

ESPOSIZIONE AD AMBIENTI SEVERI CALDI

ESAURIMENTO DELLA TERMOREGOLAZIONE

L'innalzamento della temperatura centrale al di sopra dei 40.5 °C e l'arresto della sudorazione, dovuti al blocco dei meccanismi centrali della termoregolazione, costituiscono l'elemento comune delle due forme cliniche in cui si può manifestare, che sono l'iperpiressia dovuta al calore e il colpo di calore. Esse si distinguono essenzialmente per la diversa intensità dei sintomi nervosi: agitazione o delirio nel caso di *iperpiressia*, con cute secca e ardente, prostrazione, grave ipotonia muscolare, polipnea, tachicardia, incoordinazione motoria; convulsioni epilettiformi o coma nel *colpo di calore*, che costituisce un aggravamento della forma precedente e può essere letale se non trattato rapidamente.

Interazione uomo-ambiente termico

Patologia

ESPOSIZIONE AD AMBIENTI SEVERI CALDI

ALTERAZIONI DELLA PELLE E DELLE GHIANDOLE SUDORIPARE

Si possono avere **ustioni** quando la temperatura della pelle raggiunge localmente i 60°C, sia per contatto con un solido o un liquido caldi, sia per irradiazione; un disturbo più lieve è rappresentato dall'**eritema dovuto al calore** che consiste in un'eruzione papulo-vescicolare con eritema e prurito, conseguente ad eccessiva e prolungata presenza di sudore sulla pelle. Tale manifestazione può essere seguita da **anidrosi** cioè arresto della secrezione di sudore, dovuta all'ostruzione dei canali escretori delle ghiandole sudoripare da parte di tappi di cheratina.