



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

Decreto Legislativo 81/2008 Protezione dei lavoratori dai rischi di esposizione a MICROCLIMA

Indicazioni operative

in collaborazione con:



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



Istituto Superiore di Sanità

*Revisione 01: approvata dal sotto gruppo di lavoro tematico Agenti Fisici il 08/06/2021
approvata dal Gruppo Tecnico Interregionale Prevenzione Igiene e Sicurezza sui Luoghi di
Lavoro il 21/07/21*

INDICE

SEZIONE A <i>EFFETTI SULLA SALUTE E SORVEGLIANZA SANITARIA</i>		
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 <i>METODICHE E STRUMENTAZIONE PER LA MISURA E LA STIMA DEI PARAMETRI MICROCLIMATICI</i>		
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

<u>SEZIONE C</u> <i>VALUTAZIONE DEL RISCHIO</i>		
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

<u>SEZIONE D</u> <i>GESTIONE DEL RISCHIO</i>		
D.1	Come comportarsi all'esito della valutazione?	73
D.2	Come deve essere strutturato e che cosa deve riportare la Relazione Tecnica di supporto al Documento di Valutazione del rischio microclima?	76
D.3	Esistono dispositivi di protezione individuali o dispositivi ausiliari indossabili?	77

D.4	Informazione e formazione: quando e con quali contenuti? In quali casi è necessario effettuare specifica informazione/formazione?	78
D.5	Come gestire il rischio microclima per lavoratori outdoor?	80
D.6	Come gestire il rischio per lavoratori in regime di auto restrizione idrica?	83
D.7	Quali criteri per gestire l'acclimatamento?	84
D.8	Quali indicazioni operative in relazione all' insorgenza di malattie da calore sul luogo di lavoro?	86

SEZIONE E
VIGILANZA

E.1	Nell'ambito del D.Lgs. 81/2008, in ottemperanza a quali riferimenti deve essere effettuata la valutazione del microclima?	91
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?	92
E.3	Esistono ambienti nei quali i valori limite di accettabilità delle quantità microclimatiche sono stabiliti da legislazione specifica?	93
E.4	Esistono dei limiti di riferimento per le situazioni in cui i lavoratori passano da ambienti freddi ad ambienti caldi o viceversa?	94
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)?	95

	Bibliografia	97
--	--------------	----

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?

Fisiologia della termoregolazione

L'organismo umano viene definito "omeotermo", è in grado, cioè, di mantenere costante la propria temperatura centrale in un range ristretto di $37\pm 1^{\circ}\text{C}$ nelle più diverse condizioni climatiche, attraverso continui scambi termici con l'ambiente circostante che avvengono per convezione, evaporazione, irraggiamento e, in misura minore, per conduzione tramite la superficie cutanea e per convezione ed evaporazione attraverso l'attività respiratoria. Nella maggior parte dei casi gli scambi termici tra l'ambiente e le persone che operano al suo interno sono condizionati da 4 parametri ambientali (temperatura, velocità e umidità relativa, temperatura media radiante) e 2 parametri legati al soggetto (metabolismo energetico e isolamento termico dell'abbigliamento).

Il mantenimento dell'equilibrio termico è assicurato da un complesso sistema di termoregolazione in cui l'ipotalamo, nella sua regione anteriore e nell'area preottica, svolge la funzione di un vero e proprio termostato. A queste aree giungono informazioni provenienti dai termocettori profondi centrali che rendono conto delle variazioni della temperatura centrale dell'organismo e dai termocettori periferici sensibili al caldo (corpuscoli di Ruffini) e al freddo (corpuscoli di Krause), diffusi su tutta la superficie corporea.

Il centro di termoregolazione ipotalamico integra tali informazioni e con un meccanismo di controllo nervoso a feed-back attiva gli effettori periferici modulando la risposta in relazione alla necessità di dissipare il calore o di incrementarne la produzione.

Patologie da caldo

Lavorare al caldo pone richieste conflittuali al sistema cardiovascolare, in relazione alla tipologia di attività svolta ed alle caratteristiche individuali del soggetto: da una parte la vasodilatazione periferica aumenta il flusso di sangue verso la superficie corporea nel tentativo di dissipare il calore che tende ad incrementare la temperatura centrale; dall'altra, l'attività fisica richiede a sua volta un incremento del flusso sanguigno verso i distretti muscolari interessati dallo sforzo. Poiché la gittata cardiaca non può comunque eccedere il flusso garantito dal ritorno venoso, la capacità cardiaca costituisce un fattore limitante per il lavoro intenso svolto in ambienti severi caldi e il sistema cardiovascolare può trovarsi in una condizione di sovraccarico tale da non poter soddisfare adeguatamente entrambe le esigenze.

Una patologia tipicamente correlata al lavoro in ambienti caldi è la sincope da calore, dovuta a 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 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.

Una condizione più grave di quella descritta è rappresentata dall'esaurimento della termoregolazione, che può manifestarsi tramite due **forme cliniche (iperpiressia e colpo di calore)** in cui l'elemento comune è costituito dall'innalzamento della temperatura centrale al di sopra dei 40,5°C e dall'arresto della sudorazione, dovuti al blocco dei meccanismi centrali della termoregolazione, mentre 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.

I crampi da calore costituiscono una condizione patologica caratterizzata da spasmi muscolari dolorosi della durata di 1-3 minuti a carico di gastrocnemio (polpaccio), addome, colonna vertebrale, causati dallo svolgimento di attività muscolari intense in ambiente caldo-umido. Sono preceduti in genere da astenia ingravescente, cute umida, calda e arrossata, ipotensione, e possono essere prevenuti da un'adeguata assunzione di acqua e dalla somministrazione di soluzioni isotoniche di cloruro di sodio.

L'inadeguato ripristino delle perdite d'acqua conseguenti alla sudorazione può portare nel giro di qualche ora al deficit idrico. I disturbi da disidratazione cominciano a manifestarsi quando le perdite raggiungono il 5% del volume d'acqua totale con sintomi e segni clinici rappresentati da: sete marcata, polso rapido, sudorazione ridotta o abolita, densità urinaria elevata, sodio plasmatico aumentato. 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, con i seguenti sintomi e segni: intensa sensazione di fatica, polso lento, sete discreta, frequenti vertigini, crampi e vomito, emoconcentrazione precoce e pronunciata, marcata diminuzione di sodio e cloro urinari, riduzione del sodio plasmatico.

Tra le manifestazioni da esposizione ad ambienti severi caldi rientrano patologie a carico della pelle e delle ghiandole sudoripare quali le ustioni, sia per contatto con un solido o un liquido caldi, sia per irradiazione; un disturbo più lieve è rappresentato dall'eritema da calore, che consiste in un'eruzione papulo-vescicolosa 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.

Patologie da freddo

Si distinguono patologie sistemiche e patologie localizzate. Tra le patologie sistemiche rientra l'orticaria da freddo, tipica di soggetti con abnorme reattività alle basse temperature, nei quali l'esposizione anche breve al freddo non eccessivo può essere seguita da vasodilatazione prolungata, con formazione di elementi eritemato-pomfoidi dolenti e pruriginosi. Tali elementi possono estendersi a tutto il corpo e può accompagnarsi una reazione sistemica con tachicardia, ipotensione, vampate al volto e anche sincope. Decisamente più grave è l'assideramento, sindrome connessa all'abbassamento della temperatura del nucleo corporeo causata dall'esposizione prolungata al freddo e caratterizzata da progressiva depressione delle funzioni vitali. Si distinguono generalmente tre fasi: resistenza, scompenso termico, coma.

Tra le patologie localizzate, viene descritta l'acrocianosi, dermatosi caratterizzata da aspetto cianotico-violaceo, ipotermia ed iperidrosi delle zone distali degli arti, cui si associano ipoestesi e parestesie delle zone interessate, prevalente nel sesso femminile. Alla base vi è una circolazione periferica torpida per spasmo arteriolare ed atonia venulo-capillare. Geloni ed eritema pernio sono invece manifestazioni localizzate alle estremità, causate dalla esposizione al freddo e che interessano soggetti predisposti (linfatismo, anemia, distonia neurovegetativa), prevalentemente di sesso femminile, alla cui base vi è un'alterata regolazione del tono e della permeabilità vascolare con edema localizzato. Nello specifico, il gelone acuto si manifesta con un gonfiore caldo, arrossato, ben delimitato, molto pruriginoso, nel contesto di cute iperidrosica, tesa, lucida, sul dorso delle dita delle mani e dei piedi, sui talloni, oppure ai padiglioni auricolari o al naso. L'eritema pernio interessa le zone distali delle gambe con formazione bilaterale e simmetrica di lesioni piccole, non dolenti, rotondeggianti, di color rosso opaco o violaceo, a volte con vescicole emorragiche centrali. Possono residuare esiti cicatriziali ed atrofia della cute e del tessuto sottocutaneo. Il congelamento interessa prevalentemente le estremità (mani, piedi, orecchie, naso) ed è caratterizzato da una successione di fasi: parestesie con ipoestesia locale (fase preiperemica); I grado (aumento di parestesie, insensibilità e dolore con cute rosso-cianotica, tumefatta, screpolata); II grado (iperidrosi spiccata con vescicole e flittene emorragiche; III grado (necrosi della cute che si estende progressivamente ai tessuti sottostanti fino alla gangrena, con febbre associata e stato tossico-stuporoso.

Effetti di tipo infortunistico

Lo stress termico può causare infortuni sul lavoro. Inoltre malori causati dallo stress termico possono ridurre la capacità di attenzione del lavoratore e quindi aumentare il rischio di infortuni, come tipicamente avviene nel caso degli addetti alla conduzione di macchinari o di veicoli.

Le tipologie e modalità di infortunio più frequenti a seguito di stress termico subito dal lavoratore sono: incidenti di trasporto, scivolamenti e cadute, contatto con oggetti o attrezzature, ferite, lacerazioni e amputazioni.

A.2 Cosa si intende con "ambiente termico moderato"?

Secondo la sezione 1 – *Scope* della norma UNI EN ISO 7730 [9], che riguarda la valutazione del benessere termico, un ambiente termico moderato è un ambiente nel quale si manifestano scostamenti "moderati" dalle condizioni ideali di comfort termico ("moderate deviations from thermal comfort occur").

In un ambiente termico moderato il soggetto riesce a mantenere l'equilibrio termico del corpo con ridotte sollecitazioni del sistema di termoregolazione.

A.3 Cosa si intende con "ambiente termico severo"?

Da un punto di vista normativo non esiste alcuna definizione formale di ambiente termico severo. La norma UNI EN ISO 7730 [9] fa semplicemente riferimento ad "extreme thermal environments", che rappresentano i campi di applicazione delle norme UNI EN ISO 7243 [10], UNI EN ISO 7933 [11] entrambe riguardanti la valutazione di situazioni di stress da calore e della norma UNI EN ISO 11079 [12] riguardante la valutazione di situazioni di stress da freddo.

Da un punto di vista fisiologico, un ambiente termico "severo" è un ambiente nel quale i meccanismi di termoregolazione del corpo umano, che provvedono al mantenimento costante della temperatura degli organi interni intorno ai 37°C sono fortemente sollecitati, ed in casi estremi possono anche non essere sufficienti ad evitare gravi compromissioni temporanee o permanenti delle funzioni dell'organismo.

Per scopi pratici conviene definire come "severo" un ambiente termico nel quale l'insorgenza nel soggetto esposto di uno strain termico (ipertermia o disidratazione in ambienti caldi, ipotermia negli ambienti freddi) avviene in tempi inferiori alle 8 ore della giornata lavorativa convenzionale.

Vale la pena notare che ambienti "severi" possono essere per analogia identificati anche con riferimento ad altri agenti di rischio fisico. Ad esempio un ambiente acusticamente severo è un ambiente nel quale il livello di esposizione supera il livello inferiore di azione, fissato dall'art. 189 del D.Lgs. 81/2008 [1] a 80 dBA, e nel quale pertanto l'esposizione lavorativa è correlabile ad una condizione di rischio per l'apparato uditivo.

A4. Quali sono i soggetti particolarmente sensibili al rischio microclima?

Nel contesto della valutazione del rischio microclima il datore di lavoro deve valutare in modo specifico il caso dei soggetti con particolari sensibilità, con riferimento a quanto prescritto all'art.183 del D.Lgs. 81/2008 "Lavoratori particolarmente sensibili": *Il datore di lavoro adatta le misure di cui all'articolo 182 [Disposizioni miranti ad eliminare o ridurre i rischi] alle esigenze dei lavoratori appartenenti a gruppi particolarmente sensibili al rischio, incluse le donne in stato di gravidanza ed i minori.*

La normativa di tutela del lavoro femminile (D.Lgs. 151/2001) [2] prevede, nelle aziende in cui sono impiegate donne in età fertile, che il datore di lavoro, con la collaborazione del Servizio di prevenzione e protezione e del medico competente, informi le lavoratrici e i rappresentanti dei lavoratori per la sicurezza, sui rischi per la gravidanza, puerperio e allattamento presenti nell'ambiente di lavoro e individui le mansioni non pregiudizievoli per la salute della donna e del nascituro, modificando se possibile condizioni e orario di lavoro.

I lavori che possono condurre ad una condizione di stress termico (da caldo o da freddo) fanno parte di quelli che nel D.Lgs. 151/2001 [2] e nel D.Lgs. 262/2000 [3] vengono indicati come "lavori faticosi, pericolosi e insalubri", elencati nei suddetti decreti rispettivamente nell'allegato I e nell'allegato A. In tali ambienti particolare attenzione va posta alla tutela dei soggetti sensibili, ovvero i lavoratori minori, gli anziani, le donne in stato di gravidanza.

In relazione alla tutela dei minori, nell'Allegato I alla Legge 977/1967 [4], introdotto dall'articolo 15, comma 1, del D.Lgs. 345/1999, che elenca le mansioni alle quali non possono essere adibiti gli adolescenti, viene fatto esplicito riferimento a:

- esercizio dei forni a temperatura superiore a 500°C come ad esempio quelli per la produzione di ghisa, ferroleghie, ferro o acciaio; operazioni di demolizione, ricostruzione e riparazione degli stessi; lavoro ai laminatoi;
- lavorazioni nelle fonderie;
- lavorazioni in gallerie, cave, miniere, torbiere e industria estrattiva in genere;
- lavori in pozzi, cisterne ed ambienti assimilabili;
- lavori nei magazzini frigoriferi;
- pulizia di camini e focolai negli impianti di combustione.

Per quanto riguarda la tutela delle lavoratrici in gravidanza, nell'elenco delle mansioni pregiudizievoli per la salute è incluso il lavoro "*ove siano presenti sollecitazioni termiche (lavoro in ambiente troppo caldo o troppo freddo)*". Il

periodo tutelato è l'intera gestazione e fino a sette mesi dopo il parto. La legge indica le seguenti situazioni specifiche:

- D.Lgs. 151/2001 art. 7 allegato A lettera A: lavoro in celle frigorifere. La norma pone espresso divieto in gravidanza e fino a sette mesi dopo il parto per lavori nei magazzini frigoriferi;
- L'articolo 11 del D.Lgs. 151/2001 prevede che il datore di lavoro valuti *"i rischi per la sicurezza e la salute delle lavoratrici (...) di cui all'allegato C (...) individuando le misure di prevenzione e protezione da adottare"*. In questo elenco sono annoverate le *sollecitazioni termiche*. In caso di presenza di rischio per la sicurezza e la tutela delle lavoratrici "il datore di lavoro adotta le misure necessarie affinché l'esposizione al rischio delle lavoratrici sia evitata, modificandone temporaneamente le condizioni o l'orario di lavoro" (art. 12 del D.Lgs.151/2001). Ove ciò non sia possibile la lavoratrice viene allontanata dal rischio secondo le modalità indicate nell'art. 7 del D. Lgs. 151/2001

Relativamente al rischio microclima sono inoltre da considerare soggetti sensibili le persone con disabilità fisica (tabella A.3.1), e lavoratori affetti da patologie, disturbi o condizioni patologiche anche temporanei, o sottoposti a terapie oppure portatori di condizioni di ipersuscettibilità individuale. Tra queste si segnalano:

- patologie cardiovascolari rilevanti (es. cardiopatia ischemica, cardiopatia ipertensiva non in perfetto controllo farmacologico, turbe del ritmo cardiaco);
- patologie respiratorie (es. BPCO, asma bronchiale, bronchiti ricorrenti);
- patologie metaboliche (es. diabete mellito insulino-dipendente, iper/ipotiroidismo non in perfetto controllo farmacologico, obesità grave);
- patologie renali (persone con insufficienza renale cronica e/o dializzate, calcolosi renale, alterazioni elettrolitiche);
- disturbi psichici, patologie neurologiche (es. epilessia, episodi sincopali);
- assunzione regolare di:
 - farmaci per ipertensione, per malattie cardiovascolari, per disturbi della coagulazione;
 - farmaci per disturbi della tiroide, per malattie respiratorie croniche;
 - farmaci per il trattamento dell'insonnia, tranquillanti, sedativi, antidepressivi;
 - farmaci anti infiammatori ed analgesici;
 - alcuni tipi di farmaci antistaminici;
- abitudine e/o abuso di alcool.

Tabella A.3.1 - Sintesi delle principali disabilità termiche e delle disabilità primarie associate (tratta dalla norma UNI EN ISO 28803 [28])

tipo di disabilità termica	effetto termico della disabilità	tipo di ambiente termico	patologia o disabilità fisica originaria
alterazioni della termoregolazione corporea	compromissione nella sudorazione (congestione da calore)	caldo	lesioni del midollo spinale, età, lebbra, etc.
	iperproduzione termica (cinetica)	caldo	paralisi cerebrale, etc.
	iperproduzione termica (endogena)	caldo	morbo di basedow-graves (ipertiroidismo), etc.
	ipoproduzione termica (endogena e/o cinetica)	freddo	disturbi nella deambulazione
	patologie vasomotorie periferiche inclusi effetti collaterali di farmaci (eccessiva dissipazione termica)	freddo / correnti d'aria	lesioni del midollo spinale, età etc. effetti di farmaci anti-ipertensivi, patologia coronarica, diabete mellito, sindrome di raynaud, patologie vascolari periferiche
alterazioni nella percezione termica	paralisi dei termorecettori	caldo e freddo	lesioni del midollo spinale, età, lebbra, etc.
	sensazione termica nervosa	freddo	lesioni da freddo, esiti da poliomielite, etc.
peggioramento di altre disabilità	peggioramento di paralisi, convulsioni e dolore	freddo / umidità elevata	paralisi cerebrale, lesioni del midollo spinale, reumatismi, etc.
	effetti sulla funzionalità renale	freddo	nefriti croniche, invecchiamento, ipertensione, etc.
	infarto	caldo/freddo/sbalzi di temperatura	infarto del miocardio, infarto cerebrale, etc.
	effetti sulla pressione sanguigna	caldo/freddo/sbalzi di temperatura	disturbi ipertensivi
	peggioramento della funzionalità respiratoria	freddo/bassa umidità	asma, paralisi cerebrale, bronchiti croniche, etc.
	peggioramento delle condizioni della pelle dovuto a sudorazione	caldo	epidermolisi bollosa ereditaria, etc.
aggravanti sulle disabilità	pollachiuria (disfunzioni urinarie)	freddo	lesioni del midollo spinale, etc.
	indumenti pesanti (in condizioni di disabilità fisiche)	freddo	vari tipi di paralisi motorie
	diarrea	freddo	esiti di poliomieliti, lesioni del midollo spinale, etc.
impossibilità ad usare un'abilità sostitutiva	diminuzione della sensazione tattile	freddo	difficoltà per i non vedenti a leggere il braille

A.5 In quali casi e con quali modalità va attivata la sorveglianza sanitaria in relazione al rischio microclima?

Per sorveglianza sanitaria (SS) si intende l'insieme degli atti medici di prevenzione finalizzati a verificare la compatibilità tra la salute dei lavoratori e la esposizione ad un agente di rischio e la conseguente idoneità specifica al

lavoro, il permanere nel tempo delle condizioni di salute del lavoratore, la valutazione dell'efficacia delle misure di prevenzione intraprese, il consolidamento della conformità delle misure di tutela e dei comportamenti. L'obbligo di attivare la sorveglianza sanitaria nei confronti dei lavoratori esposti agli agenti fisici per i quali non è previsto un Capo specifico all'interno del Titolo VIII del D.Lgs. 81/2008, quale è il rischio microclima, scaturisce dai risultati della valutazione del rischio microclima.

Il Medico Competente, che partecipa attivamente alla valutazione del rischio, ed è a conoscenza della tipologia di rischio microclima presente in azienda, dovrà tenere conto nella programmazione ed effettuazione dell'attività di sorveglianza sanitaria, della presenza del rischio derivante dal microclima, soprattutto per quei lavoratori che, a seguito di alcune patologie preesistenti o condizioni individuali, possano risultare particolarmente sensibili allo specifico fattore di rischio (caldo/freddo). Nel caso del microclima, quando il processo di valutazione del rischio evidenzia una esposizione abituale o prevedibile del lavoratore nell'ambito delle attività lavorative espletate, ovvero la possibile insorgenza di condizioni di microclima che potrebbero risultare critiche per alcune categorie di lavoratori, deve essere predisposta la sorveglianza sanitaria.

Essa sarà in primo luogo preventiva, per verificare al momento dell'ingresso al lavoro la presenza di fattori di suscettibilità individuale (vedi FAQ A.3) (costituzionali o acquisiti) e per la definizione di specifiche misure di tutela da mettere in atto per le differenti categorie di lavoratori che debbano operare nell'ambiente termico sfavorevole, in relazione alle specificità delle mansioni in esso espletate e delle condizioni individuali del lavoratore (es. patologie, necessità di assumere farmaci etc.). Sarà poi attivato a cura del medico competente un protocollo di sorveglianza sanitaria periodica, con cadenza da stabilirsi a seconda della valutazione del rischio individuale che lo stesso medico competente valuterà nel proprio protocollo sanitario sulla base degli esiti della valutazione del rischio. La sorveglianza sanitaria deve essere specifica per la prevenzione dei danni che l'ambiente termico potrebbe arrecare in relazione alle differenti tipologie di attività in esso espletate ed alle caratteristiche individuali di ciascun lavoratore.

E' in ogni caso prevista la possibilità per il lavoratore di richiedere la visita medica al Medico Competente (ove già presente in azienda), che verrà effettuata nel momento in cui il Medico Competente la ritenga correlata ai rischi lavorativi o alle condizioni di salute del lavoratore suscettibili di peggioramento a causa dell'attività lavorativa svolta, con riferimento all'art. 41 comma 2, lett. c) del D.Lgs. 81/2008.

Ciò presuppone che sia stata impartita un'efficace informazione/formazione aziendale sugli effetti dell'esposizione a condizioni microclimatiche sfavorevoli che ha reso consapevole il lavoratore delle condizioni di rischio e di

suscettibilità individuale (vedi FAQ D.4) Indicazioni utili relative alla sorveglianza sanitaria dei lavoratori esposti ad ambienti termici severi freddi o caldi possono essere ricavate dalle indicazioni operative contenute nella norma UNI EN ISO 12894 [32]. La norma prevede l'attivazione della sorveglianza sanitaria preventiva e periodica per i soli aspetti microclimatici per persone esposte ad ambienti estremi, caldi o freddi, definendo estremi gli ambienti con temperature inferiori a 0°C o con indice WBGT [10] superiore a 25°C, nei quali il corpo registra perdite o aumenti considerevoli di calore, ferma restando la necessità di valutazioni più dettagliate che tengano conto anche dell'attività fisica e del vestiario.

Ulteriori utili riferimenti per le attività lavorative in ambienti caldi e freddi sono, rispettivamente, una pubblicazione del National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) del 2016 [39] e la norma UNI EN ISO 15743 [13]. Quest'ultima presenta una strategia e strumenti pratici per la valutazione e gestione del rischio da freddo sul posto di lavoro e comprende, tra gli altri, un modello, un metodo ed un questionario destinati ad essere utilizzati dai medici del lavoro per identificare gli individui portatori di condizioni patologiche che aumentano la loro sensibilità al freddo e, con l'aiuto di tale identificazione, offrire una guida ottimale e istruzioni per la protezione individuale dal freddo.

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?

Le grandezze fisiche ambientali necessarie ai fini della stima degli indici PMV (vedi FAQ C.5), PHS (vedi FAQ C.7) e IREQ (vedi FAQ C.8) sono misurate generalmente mediante la seguente strumentazione di misura:

- lo psicrometro per le misure della temperatura dell'aria (t_a) e dell'umidità relativa (UR);
- l'anemometro per la misura della velocità dell'aria (v_a); benché siano teoricamente disponibili diverse tipologie di anemometro, in pratica si ricorre a sensori ad elemento caldo ed in particolare a fili caldi o classici (lungo un solo asse) o evoluti (lungo tre assi ortogonali);
- il globotermometro per la misura della temperatura di globo (t_g) che, combinata con la temperatura dell'aria e con la velocità dell'aria secondo un'opportuna espressione, restituisce il valore della temperatura media radiante (t_r).

Nel caso si esegua una valutazione dello stress da caldo mediante l'indice WBGT (vedi FAQ C.7) è necessario utilizzare anche la sonda per la misura della temperatura a bulbo umido a ventilazione naturale (t_{nw}).

Per la quantificazione del fattore di discomfort locale "asimmetria radiante" (vedi FAQ C.6) si utilizza una sonda specifica, detta radiometro netto, che misura la differenza di temperatura piana radiante fra due emisferi contrapposti.

Per la quantificazione del fattore di discomfort locale "temperatura del pavimento" è possibile utilizzare o una sonda a contatto, o un termometro laser.

Relativamente a queste sonde, e ad altri strumenti di misura utilizzati per scopi particolari, la norma UNI EN ISO 7726 [15] definisce:

- i principi di funzionamento;
- gli intervalli di misura;
- le caratteristiche metrologiche inclusi i requisiti di accuratezza strumentale per la misura delle grandezze fisiche fondamentali.

Nella tabella B.1.1 si riporta un esempio dei requisiti di accuratezza che questa norma richiede a seconda che gli strumenti vengano utilizzati per quantificare il comfort (classe C) o lo stress (classe S), per intervalli di temperatura più comuni. Per ogni grandezza fisica e per ogni tipologia di valutazione, sono riportati l'accuratezza richiesta e l'accuratezza desiderabile. Si fa presente che l'accuratezza "desiderabile" non sempre è raggiungibile da alcuni strumenti di comune impiego in igiene industriale.

Tabella B.1.1 – Requisiti minimi di accuratezza strumentale secondo la norma UNI EN ISO 7726 per la classe C (10°C – 30 °C) e la classe S (0°C -50°C)

Grandezza fisica	Accuratezza strumentale		
		Comfort (C)	Stress (S)
Temperatura dell'aria	Richiesta	$\pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$	$\pm 0,5^\circ\text{C}$
	Desiderabile	$\pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$	$\pm 0,25^\circ\text{C}$
Velocità dell'aria V_a	Richiesta	$+0,05 + 0,05 \cdot V_a$	$+0,1 + 0,05 \cdot V_a$
	Desiderabile	$+0,02 + 0,07 \cdot V_a$	$+0,05 + 0,05 \cdot V_a$
Temperatura di globo	Richiesta	$\pm 0,5^\circ\text{C} (*)$	$\pm 0,5^\circ\text{C} (*)$
	Desiderabile		-
Pressione parziale del vapore acqueo	Richiesta	$\pm 0,15 \text{ kPa}$	$\pm 0,15 \text{ kPa}$
Asimmetria della temperatura piana radiante Δt_{pr}	Richiesta	$\pm 1,0^\circ\text{C}$	-
	Desiderabile	$\pm 0,5^\circ\text{C}$	-

Note:

(*) da Norma UNI EN ISO 7243 riferiti a intervallo di Temperatura

B.2 Quali criteri vanno applicati per la taratura della strumentazione di misura?

Per poter garantire la necessaria riferibilità metrologica ed il mantenimento dei requisiti di accuratezza richiesti (vedi FAQ B.1), la strumentazione utilizzata deve essere fornita, all'atto dell'acquisto, di certificato di taratura rilasciato dal costruttore o da centro di taratura che garantisca la riferibilità ai campioni nazionali (LAT - Laboratori di Taratura accreditati da ACCREDIA) o internazionali (ad esempio accreditamento UKAS in Gran Bretagna, ÖKD in Austria etc.) accreditati in ambito ILAC. Il certificato di taratura deve essere sempre oggetto di valutazione da parte del personale esperto incaricato della misura, al fine di verificare se e in che misura gli strumenti di misura utilizzati siano adeguati ai livelli di accuratezza richiesti dalla valutazione di cui è responsabile.

La strumentazione deve essere periodicamente sottoposta a taratura presso laboratori di taratura accreditati, come precedentemente specificato, per garantire il permanere nel tempo dei requisiti metrologici certificati all'atto dell'acquisto e garantiti dal costruttore.

La periodicità di taratura della strumentazione dei parametri di misura dei rischi da agenti fisici non è definita da norme specifiche, salvo rare eccezioni (rischio rumore). Ai sensi delle norme UNI EN ISO 9001 [34] e UNI CEI EN ISO/IEC 17025 [33], essa deve essere definita in primo luogo dall'utilizzatore dello strumento che, in quanto persona esperta (art. 181 D.Lgs. 81/2008), si assume la responsabilità dell'utilizzo dello strumento ai fini della corretta valutazione del rischio e decide con quale frequenza tarare lo strumento. Per decidere tale periodicità il valutatore deve basarsi su alcuni elementi. Il

principale riguarda l'informazione fornita in merito dal costruttore dell'apparecchio. Le caratteristiche tecniche degli strumenti di misura, che includono i requisiti metrologici, vengono dichiarate dal costruttore dell'apparecchio sui cataloghi e/o manuali di istruzioni. Nel caso dei più diffusi strumenti utilizzati per la valutazione del microclima in igiene industriale, la periodicità richiesta dai produttori ai fini della taratura è tipicamente biennale. Ciò significa che, se lo strumento viene utilizzato nelle condizioni standard definite dal produttore, viene garantito per due anni il livello di accuratezza dichiarato nel certificato.

E' comunque facoltà dell'utilizzatore accorciare (o allungare) la periodicità di taratura, anche in relazione alle modalità di utilizzo, alle condizioni e criticità di impiego della strumentazione, agli esiti di confronti di misura con altri laboratori etc.

B.3 Come si effettua la stima dell'attività metabolica?

Per attività metabolica (denominata anche dispendio energetico, o metabolismo energetico) si intende la potenza sviluppata da una serie di processi di ossidazione che trasformano l'energia chimica contenuta negli alimenti in energia termica ed in energia meccanica indispensabili allo svolgimento delle funzioni vitali e delle attività umane.

Nello specifico, il metabolismo energetico (M) rappresenta la potenza termica generata dall'organismo di un soggetto nell'esecuzione di una determinata attività. Tale quantità può essere stimata utilizzando uno dei metodi descritti nella norma UNI EN ISO 8996 [18]. Si fa presente che tale norma è in fase di revisione e nel seguito si fa riferimento alla versione attualmente in vigore.

La norma specifica metodi diversi per la determinazione del metabolismo energetico nell'ambito dell'ergonomia degli ambienti di lavoro considerati dal punto di vista termico.

La norma fornisce quattro livelli di valutazione, la cui accuratezza cresce procedendo dal primo al quarto livello. Nel primo livello "screening", illustrato nell'appendice A della norma, la stima del metabolismo energetico viene effettuata mediante l'utilizzo di tabelle, e richiede semplicemente la conoscenza dell'occupazione/mansione (Metodo 1A) o dell'impegno associato alla lavorazione eseguita (Metodo 1B). Per il livello "screening" la norma non fornisce una stima quantitativa dell'incertezza che tuttavia si può presumere essere non inferiore al 30%. Nel secondo livello "observation", illustrato nell'allegato B, la stima del metabolismo è basata sull'utilizzo di tabelle che richiedono l'individuazione dei segmenti corporei coinvolti nell'esecuzione dell'attività lavorativa e dell'impegno associato all'attività lavorativa (Metodo 2A) oppure la conoscenza dell'attività svolta (Metodo 2B). L'incertezza del

secondo livello è del 20%. Gli altri due livelli forniscono incertezze inferiori e sono utilizzabili prettamente per finalità di ricerca o studio, essendo difficilmente utilizzabili ai fini operativi.

Al fine di agevolare le valutazioni con finalità preventive in situazioni di lavoro realistiche, si forniscono nella tabella B.3.1 i valori del metabolismo energetico associabili a comuni attività lavorative. Nelle colonne 1 e 2 compaiono la categoria e l'associato intervallo del metabolismo applicabile, tratti dagli standard citati alla colonna "Riferimento". Nella colonna 4 compare, qualora sia disponibile sulla base delle informazioni contenute nel riferimento indicato nella colonna 5, l'intervallo del metabolismo applicabile all'attività descritta nella colonna 3. Se una cella della della colonna 4 è vuota, all'attività corrispondente si applica l'intervallo generico previsto nella colonna 2 per la pertinente categoria. Una banca dati contenente ulteriori valori di metabolismo energetico è disponibile al "Compendium of Physical Activities" [67]

Tabella B.3.1 - Valori del metabolismo energetico associabili a comuni attività lavorative

Categoria	M-categoria W/m²	Attività	M-attività W/m²	Riferimento
0 Riposo	65 (da 55 a 70)	0.1 Riposo, seduto confortevolmente		
1 Dispendio metabolico basso	100 (da 70 a 130)	1.1 Attività prevalentemente sedentaria in ambienti di ufficio o scuole (scrittura, lavoro al computer, disegno, cucitura);	70 – 85	ISO 8996:2005 Table A.1
		1.2 Attività leggera in piedi (negozi, laboratori, industria leggera);	85 – 100	ISO 8996:2005 Table A.1
		1.3 Lavoro manuale con uso delle braccia (uso di piccoli utensili da banco, ispezioni, assemblaggio o sistemazione di materiali leggeri);	80 – 100	ISO 7933:2005 Table C.1
		1.4 Lavoro leggero con uso di braccia e gambe (guida di veicoli su strada, azionamento di un interruttore a pedale);	100 – 130	ISO 7933:2005 Table C.1
		1.5 Esecuzione di lavori mediante piccoli utensili (perforazione o molatura di piccole parti, utilizzo di bobine di avvolgimento o seghe);	90 – 110	ISO 8996:2021 Table B.4
		1.6 Camminata a velocità molto moderata (2 km·h ⁻¹) su superfici regolari in piano, senza carico o con carico inferiore a 30 kg.	100 – 120	ISO 8996:2005 Table B.3
2 Dispendio metabolico moderato	165 (da 130 a 200)	2.1 Lavoro con uso di braccia e gambe (chiodatura mediante martello, limatura, carico di materiali, lucidatura)	130 – 160	ISO 7933:2005 Table C.1
		2.2 Guida di veicoli con uso significativo di braccia e gambe (camion fuori-strada, trattori o veicoli da cantiere)	130 – 160	ISO 7933:2005 Table C.1

Categoria	M-categoria W/m²	Attività	M-attività W/m²	Riferimento
2 Dispendio metabolico moderato	165 (da 130 a 200)	2.3 Lavoro con uso significativo delle braccia e del tronco (uso di martelli pneumatici, montaggio di veicoli, intonacatura);	160 – 190	ISO 7933:2005 Table C.1
		2.4 Lavori agricoli di impegno leggero o intermedio (diserbo, raccolta di frutta o verdura);		
		2.5 Spinta o trazione di carrelli o carrie con carico leggero;	160 – 190	ISO 7933:2005 Table C.1
		2.6 Posa di mattoni;	160 – 180	ISO 8996:2021 Table B.4
		2.7 Movimentazione intermittente di materiali moderatamente pesanti;	160 – 190	ISO 7933:2005 Table C.1
		2.8 Camminata a velocità moderata (da 2,5 a 5 km·h ⁻¹) su superfici regolari in piano, senza carico o con carico inferiore a 20 kg;	165 – 200	ISO 8996:2005 Table A.1
		2.9 Camminata a velocità da 2,5 a 3 km·h ⁻¹ su superfici non in pendenza ma irregolari, o su terreno instabile, con carico inferiore a 20 kg;		
		2.10 Camminata a velocità inferiore a 2,5 km·h ⁻¹ su superfici regolari in pendenza (inferiore al 5%), con carico inferiore a 20 kg.	170 – 190	ISO 8996:2021 Table B.4
3 Dispendio metabolico alto	230 (da 200 a 260)	3.1 Lavoro con uso intenso delle braccia e del tronco nell'utilizzo di attrezzi o macchinari;	185 – 215	ISO 7933:2005 Table C.1
		3.2 Trasporto di materiali pesanti, utilizzo di pale o zappe;		
		3.3 Lavoro che richiede utilizzo di mazze, o di seghe, pialle o scalpelli su legno duro, falciatura a mano, scavo;	210 – 230	ISO 8996:2005 Table A.1
		3.4 Camminata a velocità sostenuta (da 5,5 a 7 km·h ⁻¹) su superfici regolari in piano, senza carico o con carico inferiore a 20 kg;	220 – 240	ISO 8996:2005 Table B.3
		3.5 Camminata a velocità da 3,5 a 5 km·h ⁻¹ su superfici non in pendenza ma irregolari, o su terreno instabile, con carico inferiore a 20 kg;		
		3.6 Camminata a velocità compresa fra 2,5 e 3,5 km·h ⁻¹ su superfici regolari in pendenza (inferiore al 5%), con carico inferiore a 20 kg;		
		3.7 Spinta o trazione di carrelli o carrie con carico pesante;	215 – 245	ISO 8996:2005 Table A.1
		3.8 Posizionamento di blocchi di cemento.		
4 Dispendio metabolico molto alto	290 (oltre 260)	4.1 Attività intense a ritmo veloce o prossimo al massimale;		
		4.2 Lavoro che richiede l'uso di asce o pale per spalare o scavare a ritmo intenso; salita ripetuta di scale a gradini o a pioli;		

Categoria	M-categoria W/m²	Attività	M-attività W/m²	Riferimento
4 Dispendio metabolico molto alto	290 (oltre 260)	4.3 Camminata a velocità molto sostenuta (oltre 7 km·h ⁻¹) su superfici regolari in piano, con o senza carico;		
		4.4 Camminata a velocità superiore a 5 km·h ⁻¹ su superfici non in pendenza ma irregolari, o su terreno instabile, con o senza carico;		
		4.5 Camminata a velocità superiore a 3 km·h ⁻¹ su superfici regolari in pendenza (superiore al 5%), con o senza carico;		
		4.6 Corsa (velocità superiore a 6 km·h ⁻¹).		

B.4 Come si effettua la stima delle quantità fisiche descrittive del vestiario?

Nessuna delle quantità fisiche descrittive del vestiario in un contesto di scambi energetici si presta ad essere misurata in un ambiente di lavoro. Come per l'attività metabolica, si ricorre anche in questo caso a stime derivate da informazioni di letteratura, anche se per capi particolari, che in realtà si configurano come DPI, deve essere presente una etichetta che riporta le informazioni fornite dal costruttore o da un ente di certificazione (vedi FAQ D.3).

La Tabella B.4.1 sintetizza i valori di isolamento termico forniti dalla norma UNI EN ISO 9920 [24] per una serie di abbigliamento di uso comune sia in ambienti lavorativi che in ambienti non lavorativi.

Tab. B.4.1 - Isolamento termico del vestiario (tratto dalla norma UNI EN ISO 9920)

#	Abbigliamento da LAVORO	I_{cl} (clo)
1	Mutande, tuta da lavoro, calzini, scarpe	0,70
2	Mutande, camicia, pantaloni, calzini, scarpe	0,75
3	Mutande, camicia, tuta da lavoro, calzini, scarpe	0,80
4	Mutande, camicia, pantaloni, giacca, calzini, scarpe	0,85
5	Mutande, camicia, pantaloni, grembiule, calzini, scarpe	0,90
6	Intimo con maniche e gambe corte, camicia, pantaloni, giacca, calzini, scarpe	1,0
7	Intimo con gambe e maniche corte, camicia, pantaloni, tuta da lavoro, calzini, scarpe	1,1
8	Intimo con gambe e maniche lunghe, giacca termica, pantaloni, calzini, scarpe	1,2
9	Intimo con maniche e gambe corte, camicia, pantaloni, giacca, giacca termica, calzini, scarpe	1,25

#	Abbigliamento da LAVORO	Icl (clo)
10	Intimo con maniche e gambe corte, tuta da lavoro, giacca termica e pantaloni, calzini, scarpe	1,4
11	Intimo con maniche e gambe corte, camicia, pantaloni, giacca, giacca termica e pantaloni, calzini, scarpe	1,55
12	Intimo con maniche e gambe corte, camicia, pantaloni, giacca, giacca pesante e tuta per esterno trapuntate, calzini, scarpe	1,85
13	Intimo con maniche e gambe corte, camicia, pantaloni, giacca, giacca pesante e tuta per esterno trapuntate, calzini, scarpe, berretto, guanti	2,0
14	Intimo con maniche e gambe lunghe, giacca e pantaloni termici, calzini, scarpe	2,2
15	Intimo con maniche e gambe lunghe, giacca termica e pantaloni, parka con trapuntatura pesante, tuta con trapuntatura pesante, calzini, scarpe, berretto, guanti	2,55

#	Abbigliamento NON LAVORATIVO	Icl (clo)
1	Mutandine, maglietta, pantaloncini, calzini leggeri, sandali	0,3
2	Mutandine, sottoveste, calze, vestito leggero con maniche, sandali	0,45
3	Mutande, camicia con maniche corte, pantaloni leggeri, calzini leggeri, scarpe	0,5
4	Mutandine, calze, camicia con pantaloncini maniche, gonna, sandali	0,55
5	Mutande, camicia, pantaloni leggeri, calzini, scarpe	0,6
6	Mutandine, sottoveste, calze, vestito, scarpe	0,7
7	Biancheria intima, camicia, pantaloni, calzini, scarpe	0,7
8	Intimo, tuta da ginnastica (maglione e pantaloni), calzini lunghi, corridori	0,75
9	Mutandine, sottoveste, camicia, gonna, calzini spessi al ginocchio, scarpe	0,8
10	Mutandine, camicia, gonna, maglione girocollo, calze spesse al ginocchio, scarpe	0,9
11	Mutande, canottiera con maniche corte, camicia, pantaloni, maglione con scollo a V, calzini, scarpe	0,95
12	Mutandine, camicia, pantaloni, giacca, calzini, scarpe	1,0
13	Mutandine, calze, camicia, gonna, gilet, giacca	1,0
14	Mutandine, calze, camicetta, gonna lunga, giacca, scarpe	1,1
15	Intimo, canottiera con maniche corte, camicia, pantaloni, giacca, calzini, scarpe	1,1
16	Intimo, canottiera con maniche corte, camicia, pantaloni, gilet, giacca, calzini, scarpe	1,15
17	Intimo con maniche e gambe lunghe, camicia, pantaloni, maglione con scollo a V, giacca, calzini, scarpe	1,3
18	Intimo con maniche e gambe corte, camicia, pantaloni, gilet, giacca, cappotto, calzini, scarpe	1,5

Qualora si desiderasse calcolare con precisione l'isolamento termico per una combinazione di indumenti non contenuta nella tabella B.4.1, è possibile procedere nel modo seguente:

- 1) si individua nella tabella B.4.1 una combinazione di indumenti sufficientemente prossima a quella in esame, che indichiamo come insieme di riferimento, il cui isolamento termico complessivo I_{clA} è noto;
- 2) si individuano i capi di abbigliamento presenti nell'insieme in esame ma assenti nell'insieme di riferimento;
- 3) si calcola, mediante le informazioni contenute nelle Tabelle B.2 – B.3 della norma UNI EN ISO 9920 [24], la differenza ΔI_{cl} fra l'isolamento termico del/degli indumento/i realmente presente/i nell'insieme in esame e l'isolamento termico dei corrispondenti indumenti contenuti nell'insieme di riferimento ma di fatto assenti;
- 4) si applica l'equazione $I_{cl} = I_{clA} + 0,835 \Delta I_{cl}$

In alternativa, e nel caso in cui i capi da sostituire fossero più di due, si può procedere, ma con precisione inferiore, componendo i singoli valori di isolamento termico I_{clu} , forniti nelle Tabelle B.2 e B.3 della norma UNI EN ISO 9920, mediante l'equazione

$$I_{cl} = 0,161 + 0,835 \sum I_{clu}$$

Approfondimenti si possono trovare in [24].

Qualora si esegua una valutazione in ambienti moderabili (vedi FAQ E.2) e in ambienti caldi questa informazione è sufficiente perché, riguardo a tutte le altre quantità necessarie al calcolo, il metodo PHS [11] contiene assunzioni che eliminano la necessità di intervento da parte dell'utente (ad esempio l'indice di permeabilità statica al vapore acqueo degli indumenti i_{mst} è sempre posto pari a 0,38).

Al contrario, il metodo IREQ [12] utilizzato per la valutazione del rischio in ambienti freddi richiede la conoscenza di un'ulteriore quantità ovvero la permeabilità all'aria degli indumenti che compongono lo strato più esterno del vestiario indossato. È importante sottolineare che mentre le specifiche tecniche degli indumenti riportano il dato relativo all'isolamento termico in modo quantitativo, ciò non avviene per la permeabilità all'aria che, in aderenza al dettato della norma di certificazione (UNI EN 342 [19]), viene fornita soltanto in forma qualitativa facendo riferimento ad una classe di prestazione (I, II, III). Quindi nella generalità dei casi l'informazione fornita dal fabbricante dell'indumento risulta di scarsa utilità per la valutazione degli ambienti freddi secondo la norma UNI EN ISO 11079 [12]. La Tabella B.3 della norma UNI EN ISO 9920 [24] contiene il dato quantitativo di permeabilità all'aria per una serie di materiali. Tuttavia la permeabilità all'aria di un indumento non è immediatamente deducibile da quella dei diversi materiali di cui è composto. Anche questa informazione risulta pertanto di scarsa utilità. Si raccomanda

quindi di rifarsi semplicemente alla indicazione contenuta nella norma UNI EN ISO 11079 [12] dove si fa presente che la maggior parte degli indumenti esterni utilizzati in ambiente outdoor sono realizzati in tessuto antivento ed in questi casi può essere usato un valore standard di 8 [l/m²/s].

B.5 Secondo quale metodologia deve essere effettuata la misura delle grandezze fisiche ambientali?

Preliminarmente alla misura delle grandezze ambientali è essenziale pianificare la misura relativamente ai seguenti aspetti:

- periodo dell'anno e orario in cui effettuare le misure (vedi FAQ B.6);
- numero e collocazione spaziale delle postazioni in cui eseguire le misure (vedi FAQ B.7);
- posizione delle sonde nella postazione (vedi FAQ B.8);
- numero di misure da eseguire in ciascuna postazione (vedi FAQ B.9);
- durata della misura (vedi FAQ B.10);
- durata del periodo da interporre fra due misure successive (vedi FAQ B.11).

Nel caso di valutazione del comfort (globale), la valutazione si fonda sui dati ricavati nelle singole postazioni, e di conseguenza non è necessario disporre di informazioni riguardo alla effettiva durata delle esposizioni nelle singole postazioni, e alla sequenza con cui tali esposizioni avvengono. Nel caso di discomfort locale è naturalmente indispensabile acquisire informazioni mirate all'identificazione spaziale e temporale della tipologia di discomfort in esame.

Al contrario, nel caso di esposizioni ad ambienti vincolati caldi o freddi è fondamentale effettuare sopralluoghi nella realtà lavorativa che si intende valutare, in modo da disporre di informazioni sul dettaglio temporale con il quale avviene l'esposizione.

B.6 Quali sono il periodo dell'anno e l'orario più opportuno per eseguire una misura delle grandezze fisiche ambientali?

Al fine di rispondere a quanto richiesto dall'art. 181 e 182 del D.Lgs. 81/2008 ai fini della valutazione di qualsiasi rischio fisico, la cui finalità è la riduzione e la prevenzione dello stesso, le misure devono essere eseguite in modo tale da essere rappresentative delle condizioni termiche maggiormente critiche ricorrenti nelle lavorazioni oggetto di valutazione. Qui il termine "condizione" si riferisce alla combinazione sia delle variabili termo-igrometriche ambientali che dei parametri soggettivi.

In pratica per misure di discomfort/stress da caldo di breve durata significa che nel momento in cui vengono eseguite le misure, la temperatura esterna deve essere almeno pari alla media delle temperature massime del mese più caldo. Tali medie sono riportate nella tabella 4 del rapporto tecnico UNI/TR 10349-2

[21]. Se la misura interessa una frazione rilevante della giornata, va verificato che la temperatura media durante la misura sia almeno pari alla media delle temperature massime del mese più caldo.

Per misure di discomfort/stress da freddo, la temperatura esterna nel momento della misura deve essere pari o inferiore alla media delle temperature medie del mese più freddo. Tali medie sono riportate nella tabella 5 del rapporto tecnico UNI/TR 10349-1.

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?

Negli ambienti moderabili in cui il numero di postazioni di lavoro è limitato (indicativamente fino a 4) si raccomanda di eseguire una misura per ciascuna postazione di lavoro.

Negli ambienti che contengono un numero superiore di postazioni di lavoro, il numero di postazioni di misura può essere inferiore (anche notevolmente) al numero di postazioni di lavoro. Il criterio base è che il numero di punti di misura sia il minimo sufficiente ad evidenziare le eventuali disomogeneità spaziali dell'ambiente termico e di conseguenza a fornire una caratterizzazione rappresentativa dell'ambiente lavorativo. In un ambiente termicamente moderabile, pertanto privo di sorgenti termiche significative al suo interno legate al ciclo produttivo, le eventuali disomogeneità sono attribuibili a fattori strutturali. Indicativamente l'elemento che maggiormente incide nel creare disomogeneità nell'ambiente termico è rappresentato dalla presenza, dalla dimensione e dalla orientazione di superfici vetrate (o comunque trasparenti), e/o dalla presenza di pareti/soffitti/pavimenti riscaldati in modo non uniforme.

Alcune indicazioni di massima sono:

- in presenza di superfici vetrate su più di una parete e di dimensioni complessive significative rispetto all'area in pianta del locale, l'ambiente tende ad essere termicamente omogeneo e 2 – 3 misure possono risultare sufficienti nel fornire una adeguata caratterizzazione di tutta l'area;
- in presenza di superfici vetrate su un'unica parete si crea una stratificazione termica lungo la direzione perpendicolare alla superficie vetrata stessa. In questo caso a seconda delle dimensioni dell'ambiente in esame possono essere necessarie fino a 5 – 6 misure.

Per ulteriori approfondimenti si rimanda al manuale INAIL [37].

B.8 Quale deve essere la posizione delle sonde in una postazione di misura?

Le altezze (indicative) alle quali posizionare le sonde in una postazione di misura sono specificate nella Tabella 5 della norma UNI EN ISO 7726 [15], e qui replicate nella sottostante tabella B.8.1.

Tabella B.8.1 – Altezze alle quali eseguire le misure delle quantità fisiche ambientali

Posizione dei sensori	Altezza raccomandata	
	Soggetto seduto	Soggetto in piedi
Livello testa	1,1 m	1,7 m
Livello addome	0,6 m	1,1 m
Livello caviglie	0,1 m	0,1 m

In condizioni di ambiente omogeneo, l'altezza a cui effettuare le misure è di 1,1 m per un soggetto che svolge la propria attività lavorativa in piedi e 0,6 m per un soggetto seduto, corrispondenti all'altezza dell'addome. A queste altezze vanno dunque posizionate le sonde indicate nella FAQ B.3.

Nel caso di ambienti con indicazioni di stratificazioni verticali della temperatura, o comunque possibilmente disomogenei, bisognerà effettuare le misure anche a 0,1 m (altezza delle caviglie) e 1,7 m o 1,1 m (altezza della testa, per un soggetto che svolga la propria attività rispettivamente in piedi o seduto) ed eseguire la media dei tre valori ottenuti pesata dai coefficienti riportati nella tabella B.14.1 (vedi FAQ B.14).

Le posizioni indicate valgono sia per valutazioni del comfort (Classe C) che per valutazioni dello stress (Classe S).

B.9 Quale deve essere il numero di misure da eseguire in ciascuna postazione?

In genere è sufficiente eseguire una sola misura per ogni postazione, purché siano soddisfatti i criteri di rappresentatività richiesti per una corretta caratterizzazione dell'ambiente termico, in relazione alla tipologia di valutazione in svolgimento (vedi FAQ B.6 e B.7).

B.10 Quale deve essere la durata minima di una misura delle grandezze fisiche ambientali?

E' importante innanzitutto sottolineare il fatto che il tempo di misura si intende definito a partire dal momento nel quale tutte le sonde hanno raggiunto uno stato che consenta loro di fornire risultati realmente rappresentativi della

condizione esaminata. Di conseguenza la durata della misura non ha niente a che fare:

- a) né con il tempo necessario a far sì che tutte le sonde abbiano raggiunto un ragionevole equilibrio termodinamico con l'ambiente nel quale si esegue la misura;
- b) né con il tempo necessario a mettere le sonde nelle condizioni corrette di funzionamento.

Un esempio del caso a) si ha nel caso della misura della temperatura media radiante mediante un globotermometro, il quale raggiunge un equilibrio termico con l'ambiente in tempi non brevi (vedi FAQ B.11).

Un esempio del caso b) si ha nel caso in cui la misura di umidità relativa venga eseguita mediante un termometro a bulbo umido a ventilazione forzata. Nel periodo immediatamente successivo all'avvio del sistema di acquisizione (indicativamente un minuto), i valori di umidità risultano sovrastimati a causa del fatto che il bulbo bagnato dello psicrometro non ha ancora raggiunto il corretto ritmo di evaporazione. I risultati devono pertanto essere scartati ottenuti, e dunque la durata di tre minuti va fatta decorrere dal raggiungimento delle corrette condizioni di funzionamento della sonda.

Ciò premesso si ritiene che, una volta che tutte le sonde hanno raggiunto una condizione operativa adeguata alla misura, una durata di tre minuti sia generalmente sufficiente. Tale durata, come riportato nella Tabella 2 della norma UNI EN ISO 7726 [20], consente inoltre di ottenere una stima affidabile dell'intensità di turbolenza Tu utilizzata nella stima del discomfort locale da correnti d'aria (vedi FAQ C.2).

Misure di durata significativamente superiore hanno senso soltanto in ambienti caldi outdoor, nei quali può esistere una condizione di non stazionarietà (vedi FAQ B.13) della quale siamo in grado di tener conto nella valutazione dell'esposizione. Tali misure sono invece poco utili in ambienti moderati o in ambienti caldi indoor nei quali condizioni di non stazionarietà sono generalmente assenti o in ambienti freddi outdoor nei quali può effettivamente esistere una condizione di non stazionarietà, ma della quale l'attuale procedura di valutazione non riesce a tener conto.

B.11 Quale deve essere il tempo minimo da interporre fra due misure consecutive?

Nella programmazione e organizzazione di una campagna di misura è fondamentale introdurre una opportuna separazione temporale fra due misure consecutive in modo da rendere i risultati ottenuti nelle due misure mutuamente indipendenti. In pratica ciò implica che al termine di ogni misura è necessario attendere, prima di procedere ad una nuova misura, che tutte le

sonde abbiano raggiunto un ragionevole equilibrio termodinamico con l'ambiente nel quale tale misura verrà eseguita.

Questo tempo di interposizione è tipicamente determinato dalle caratteristiche del globotermometro che è il più lento fra tutti gli strumenti, e che vanno attentamente prese in esame da parte del misuratore, e dipende dalla differenza di temperatura (dell'aria e/o radiante) in due postazioni che vengono indagate consecutivamente.

Tipicamente i valori dei tempi di risposta indicati dal costruttore per un globotermometro standard (diametro 150 mm) sono dell'ordine di 15÷20 minuti, e fanno riferimento al tempo (T_{90} / T_{95}) necessario a coprire il 90% / 95% dell'intervallo che separa il valore iniziale dal valore finale che viene raggiunto allo stabilirsi dell'equilibrio termico (a regime). Considerati tali tempi di risposta, nella pratica si può riscontrare a titolo di esempio la condizione di seguito riportata:

- il transito fra due postazioni indoor con differenza di temperatura dell'aria inferiore a 5 gradi richiede un tempo minimo di interposizione di 5 minuti;
- il transito fra due postazioni indoor con differenza di temperatura dell'aria superiore a 5 gradi richiede un tempo minimo di interposizione di 8 minuti;
- il transito fra una postazione indoor ed una outdoor (soleggiata) richiede un tempo minimo di interposizione di 12 minuti.

Se il globotermometro possiede dimensioni inferiori, il tempo minimo di interposizione è a sua volta ridotto rispetto a quanto indicato in precedenza.

Ulteriori approfondimenti in merito possono essere reperiti dalla consultazione del manuale INAIL [37].

B.12 Secondo quali criteri l'ambiente termico può essere considerato stazionario in relazione al soggetto esposto?

L'ambiente termico si può definire stazionario in relazione al soggetto esposto quando i tempi scala di eventuali variazioni dei principali parametri ambientali (ed in particolare della temperatura) sono significativamente più lunghi rispetto ai tempi scala con i quali il soggetto stesso è in grado di adattarsi.

Un possibile criterio quantitativo per stabilire la stazionarietà di un ambiente termico è definito nelle sezioni 8.2 e 8.3 della norma UNI EN ISO 7730 [9], nel contesto della valutazione del comfort.

Nel caso di variazioni cicliche, esso richiede che la variazione picco - picco della temperatura dell'aria sia inferiore ad 1°C. Non è chiarissimo cosa si debba intendere per "variazione picco - picco", visto che il campionamento della temperatura avviene con modalità non specificate. Si assume che essa possa

essere interpretata come “la differenza fra il valore massimo e il valore minimo acquisiti”.

Nel caso di derive termiche, esso richiede che la variazione per unità di tempo della temperatura dell’aria (derivata dT/dt) sia inferiore a $2^{\circ}\text{C}/\text{h}$.

B.13 Come si procede in presenza di ambienti non stazionari?

Premesso che esposizioni ad ambienti non stazionari devono essere sempre valutate attentamente caso per caso, in relazione alla specificità ed alla tutela della salute del lavoratore, si applicano le seguenti considerazioni:

Ambienti moderabili

Nel contesto della valutazione del comfort, la valutazione prescinde generalmente dalla stazionarietà dell’ambiente in quanto i tempi su cui si genera una possibile sensazione di discomfort sono generalmente molto brevi.

Condizioni non stazionarie possono determinarsi nei (rari) casi in cui in un ambiente moderabile si manifestano variazioni termiche più rapide del limite di $2^{\circ}\text{C}/\text{h}$ precedentemente citato, su tempi scala molto brevi, tre/cinque minuti, confrontabili con il tempo di reazione del soggetto (e incidentalmente anche con il tempo di misura). In questi casi non è possibile effettuare una valutazione basandosi sul metodo PMV [9], e la non applicabilità del metodo PMV diventa di per sé una criticità, evidenziando l’esistenza di un discomfort che va affrontato.

Ambienti vincolati caldi – metodo PHS

Il modello PHS illustrato nella norma UNI EN ISO 7933 [9] richiede in input un valore costante per ciascuna delle pertinenti variabili fisiche ambientali e dei parametri soggettivi (vedi FAQ C.6). È comunque ipotizzabile che il metodo PHS sia applicabile nel caso più generale di condizioni non rigorosamente costanti ma comunque stazionarie ed il metodo è adattabile, ed è effettivamente stato adattato [37] per accettare in input quantità fisiche ambientali variabili nel tempo.

La norma UNI EN ISO 7933 non contiene alcun criterio di stazionarietà. Si ritiene possibile traslare agli ambienti caldi il criterio di stazionarietà proposto per gli ambienti moderabili dalla norma UNI EN ISO 7730 (derive termiche inferiori a $2^{\circ}\text{C}/\text{h}$). Benché questo limite sia frequentemente violato in un ambiente outdoor estivo, tuttavia esso è rispettato quando le condizioni termigrometriche diventano tali da non poter escludere uno stress significativo (temperatura dell’aria superiore a $30 - 32^{\circ}\text{C}$). Di conseguenza, benché l’applicabilità del metodo PHS a condizioni non stazionarie sia attualmente impossibile, ciò non sembra determinare una significativa lacuna nella valutazione dell’esposizione ad ambienti caldi.

Ambienti vincolati caldi – metodo WBGT

La norma UNI EN ISO 7243 [10] non contiene alcun vincolo all'applicazione ad ambienti stazionari. La stessa norma indica che il periodo di riferimento per la valutazione dell'ambiente termico è l'ora nella quale si realizzano le condizioni a maggior rischio. E' dunque possibile misurare integrando per un'ora (o per tutta l'esposizione, se inferiore), le variabili fisiche ambientali e calcolare il WBGT in ambienti anche non stazionari, mediante i valori così ottenuti.

Questa procedura è concettualmente identica a quella nella quale misure separate vengono eseguite per rappresentare diverse condizioni lavorative all'interno del periodo di riferimento di un'ora. In quest'ultimo caso un valore di WBGT viene calcolato a partire dalle medie temporalmente pesate delle variabili ambientali o direttamente come media pesata dei diversi WBGT calcolati a partire dalle singole misure (UNI EN ISO 7243 sezione 9.2).

Quindi, nel caso si utilizzi l'indice WBGT, la valutazione di esposizioni a condizioni termiche non stazionarie ha la stessa attendibilità della valutazione di esposizioni a condizioni lavorative multiple all'interno del periodo di riferimento.

Tuttavia va specificato che il metodo WBGT esegue un semplice screening riguardo alla possibile presenza di stress termico, ma dato che prescinde dalla durata effettiva dell'esposizione e dalla storia termica di quest'ultima (stazionaria o non stazionaria che sia), esso non è in grado di quantificare con precisione lo stress termico che essa determina. Inoltre l'uso di semplici medie pesate lascia non pochi dubbi sull'applicabilità sia a casi non stazionari, sia a casi in cui all'interno del periodo di riferimenti compaiano condizioni termiche fra loro molto diverse.

Ambienti vincolati freddi

Analogamente al metodo PHS [11], anche il metodo IREQ illustrato nella norma UNI EN ISO 11079 risulta a rigore definito soltanto a condizioni costanti nel tempo. Tuttavia, al contrario del metodo PHS, il metodo IREQ non è adattabile per inseguire la risposta fisiologica a quantità ambientali variabili nel tempo. Poiché lo stress termico è una funzione fortemente non lineare di tali variabili, non è possibile approssimare questa situazione mediante opportune medie.

Di conseguenza, ciò determina l'impossibilità di valutare l'esposizione ad eventuali ambienti freddi non stazionari.

B.14 Secondo quali criteri un ambiente termico può essere considerato omogeneo attorno al soggetto esposto?

Secondo quanto espresso al punto 5.2 della norma UNI EN ISO 7726 [20], un ambiente può essere considerato climaticamente omogeneo se, in ciascun istante, lo scarto fra il valore locale di ciascuna delle quattro quantità temperatura dell'aria, radiazione, velocità dell'aria e umidità, e il rispettivo valore medio spaziale, non eccede un dato valore massimo ammesso.

Quest'ultimo si ottiene moltiplicando l'accuratezza richiesta per la misura (UNI EN ISO 7726, Tabella 2) per un fattore correttivo X (UNI EN ISO 7726, Tabella 4). Ad esempio per la temperatura dell'aria l'accuratezza richiesta è di 0,5°C ed il fattore correttivo X vale 3 per valutazioni di comfort e 4 per valutazioni di stress, da cui si inferisce una fluttuazione spaziale massima ammessa di 1,5°C per valutazioni di comfort e 2°C per valutazioni di stress.

La verifica strumentale dell'omogeneità su tutti i parametri ambientali può risultare dispendiosa temporalmente (ed economicamente); un approccio di controllo rapido in fase preventiva potrebbe essere quello di effettuare la verifica solo mediante la stima della fluttuazione spaziale della temperatura dell'aria.

Nel caso in cui questa verifica preliminare di omogeneità dia esito positivo, si procede eseguendo una sola misura nella zona dell'addome, ovvero in prossimità del baricentro del soggetto (vedi tabella B.14.1).

Tabella B.14.1 – Pesì da assegnare alle misure delle quantità fisiche ambientali per il calcolo dei valori medi (tratta dalla Tabella 5 della norma UNI EN ISO 7726)

Posizione dei sensori	Peso da assegnare per il calcolo della media			
	Ambiente presunto omogeneo		Ambiente presunto disomogeneo	
	Classe C	Classe S	Classe C	Classe S
Livello testa			1	1
Livello addome	1	1	1	2
Livello caviglie			1	1

Nel caso contrario, in cui esistano indicazioni preliminari di disomogeneità, si procede eseguendo tre misure a tre diverse altezze (livello testa / addome / caviglie, vedi la tabella B.8.1), ed eseguendo poi opportune medie con i pesi indicati nella tabella B.14.1. In questo caso, in ambienti di Classe S il valore registrato all'altezza dell'addome pesa il doppio nella media perché è indicativo dell'esposizione degli organi maggiormente sensibili presenti nel nucleo del soggetto.

B.15 Come si stima l'incertezza di misura?

Ai fini della valutazione del rischio microclima, così come avviene per qualsiasi altro fattore di rischio, è necessario sempre stimare l'incertezza di misura, in quanto questa è fondamentale per determinare se e in che misura il risultato di una particolare valutazione sia conforme o non conforme ai limiti fissati dalla normativa pertinente.

La norma ISO UNI EN 17025 - che rappresenta la norma tecnica di riferimento per i laboratori di prova e di misura - richiede che nel confronto con i valori limite si tenga sempre in considerazione l'incertezza della misura, e che venga sempre esplicitato il criterio decisionale assunto dal laboratorio che effettua le misure ai fini dell'espressione di pareri di conformità / non conformità ai valori di riferimento/valori limite: se l'intervallo di variabilità del dato misurato comprende il valore limite, e non è possibile ridurre l'incertezza di misura, non è possibile garantire che sia rispettato il valore limite e di ciò dovrà essere tenuto opportunamente conto in sede di valutazione.

In merito ai metodi da utilizzarsi ai fini della stima dell'incertezza di misura occorre fare riferimento alla norma tecnica ENV 13005 'Guide to the expression of uncertainty in measurement'.

Le principali fonti di incertezza nella misura dei parametri ambientali sono:

- l'incertezza di taratura,
- la ripetibilità spaziale della misura (FAQ B.12),
- la ripetibilità temporale della misura (FAQ B.6).

Assumendo che le misure siano state condotte conformemente a quanto indicato alle FAQ B.6, B.12 e B.13, i fattori di ripetibilità spaziale e temporale possono essere ritenuti trascurabili (misure effettuate nel "caso peggiore" e riducendo al minimo le incertezze di disomogeneità spaziale).

Rimane quindi da prendere in esame l'incertezza di taratura della strumentazione.

Assumendo che questa sia stata regolarmente tarata secondo quanto indicato alla FAQ B.2, è possibile condurre le seguenti stime di massima:

INCERTEZZA NELLA STIMA DEL WBGT

Per quanto riguarda la misura dei parametri ambientali: Temperatura aria; Temperatura globo termometro; Temperatura bulbo umido le tolleranze richieste ai fini della misura sono specificate dalla norma ISO 7243 (FAQ B.2).

Applicando la teoria di propagazione degli errori - è possibile stimare che l'incertezza estesa strumentale sul calcolo del parametro WBGT, per una strumentazione regolarmente tarata e rispondente ai requisiti di accuratezza della classe "desiderabile" (tab B.1.1) sia dell'ordine di 0,2 °C, come riportato nell'esempio di tabella B.15.1 [50].

L'incertezza associata alla stima dei parametri soggettivi (metabolismo energetico e isolamento termico dell'abbigliamento), non incide in maniera sostanziale sulla valutazione complessiva dell'incertezza nella stima del WBGT.

Un esempio di calcolo dell'incertezza del WBGT è riportato in tabella B.15.1

Tabella B.15.1 - Esempio di calcolo di incertezza di misura WBGT a partire dalle incertezze strumentali delle sonde di misura di strumentazione desunte dal certificato di taratura delle sonde

PARAMETRO	Inc. estesa	Dist. prob.	divisore	Inc. standard	Coef. sens.	contributo incertezza
Temperatura aria	$U(T_a) = 0.21 \text{ }^\circ\text{C}$	Normale	2	0,105 °C	0,1	0,0105
temperatura globo	$U(T_g) = 0.53 \text{ }^\circ\text{C}$	Normale	2	0.265 °C	0,2	0,053
Temperatura bulbo umido	$U(T_{nw}) = 0.21 \text{ }^\circ\text{C}$	Normale	2	0.105 °C	0,7	0,0735
u_{Tcl} Incertezza standard totale di misura (k=1) $=\sqrt{(0.0105^2+0.053^2+0.0735^2)}$						0,09 °C
U_{Tcl} Incertezza estesa (k=2)= $\sqrt{(0.0105^2+0.053^2+0.0735^2)}$						0,18 °C

INCERTEZZA NELLA STIMA DEL PMV

La stima del PMV è fortemente influenzata dall'incertezza di misura della temperatura radiante [45].

Ad esempio nel caso di attività metabolica sedentaria (M=1,2 Met) ed in condizioni invernali o estive, è possibile stimare variazioni del PMV di circa 0,2 -0,3 per variazioni della temperatura radiante all'interno delle incertezze di misura previste dalla norma ISO 7726 per strumentazione con requisiti di base cui alla Tabella B.1.1 (+/- 2°C).

Tale incertezza è significativa soprattutto ai fini della classificazione degli ambienti in Classe A, ove è previsto un valore massimo del PMV pari a +/-0.2: tale classificazione richiede che la misura della temperatura radiante sia effettuata con un livello di precisione almeno pari a 0,2 °C.

Ciò è dovuto al fatto che lo scambio di calore per irraggiamento è legato alla quarta potenza della temperatura media radiante.

Viceversa gli altri parametri ambientali hanno scarsa influenza sul PMV, se mantenuti nell'intervallo di accettabilità richiesto dalla norma UNI EN ISO 7726.

Per quanto concerne l'incertezza relativa alla stima dei parametri soggettivi in ambienti moderati, l'incertezza nella stima del tasso metabolico M può essere assunta dell'ordine del 10%, in quanto per definizione in tali ambienti il tasso metabolico non è soggetto a variazioni significative.

La stima del PMV dovrà pertanto considerare almeno tale incertezza nella stima dell'intervallo di variabilità.

Come nel caso del WBGT la stima dell'incertezza del PMV può essere effettuata simulando mediante un calcolatore del PMV i valori assunti da tale parametro al variare del metabolismo ed isolamento del vestiario ragionevolmente riscontrabili nell'attività in esame.

Un esempio dell'intervallo di variabilità del PMV in funzione del dispendio metabolico M è di seguito riportato (Tab B.15.2).

Tab. B.15.2 - Esempio di intervalli di variabilità del PMV - Delta(PMV) al variare del dispendio metabolico M - Delta(M) per diversi valori di Icl

Delta(M)	Delta (PMV)	Icl
0,1 Met	0,07	<0,7
0,1 Met	0,1	>0,7

La Tabella B.15.3 riporta un esempio di stima di variabilità del PMV in funzione del Icl per diversi valori del dispendio metabolico M.

Tab. B.15.3 - Esempio di intervalli di variabilità del PMV - Delta(PMV) al variare dell'Icl Delta(Icl) per diversi valori di M (met)

Delta(M)	Delta (PMV)	Met
0,1 clo	0,22	<1,6
0,1 clo	0,18	>1,6

SEZIONE C

VALUTAZIONE DEL RISCHIO

C.1 In quali situazioni lavorative è sempre necessario procedere sempre ad una valutazione dettagliata del rischio microclima?

Qualsiasi attività lavorativa che si svolga in ambienti ove esista un vincolo a causa del quale non sia possibile il conseguimento di condizioni termiche moderate (vedi FAQ A.1) può comportare rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori, e pertanto dovrà essere oggetto di specifica valutazione del rischio. Il vincolo può interessare sia i parametri termo-igrometrici sia i parametri soggettivi, ovvero attività metabolica e vestiario. Esso può inoltre essere sia di natura ambientale (se la lavorazione avviene outdoor o in ambienti chiusi le cui condizioni termiche risentano delle condizioni meteorologiche esterne) sia legato all'attività che viene eseguita. Tali ambienti sono indicati con il termine "vincolati" (vedi FAQ E.2).

In questi casi è in primo luogo da prevenire l'insorgenza di un possibile stress termico per i lavoratori, il cui sistema di termoregolazione può essere sollecitato in maniera significativa nel tentativo di mantenere la temperatura centrale nei limiti fisiologici.

Sono esempi di attività lavorative in cui l'ambiente termico può comportare un rischio per la salute e la sicurezza del lavoratore:

- tutte le attività lavorative che implicano mansioni che si svolgono all'aperto, quali: cantieristica, lavorazioni agricole forestali, attività marittime e portuali, attività presso stabilimenti petrolchimici, cave, attività di movimentazione e logistica all'aperto, attività di emergenza, soccorso, pubblica sicurezza, rifornimenti di carburante; manutenzioni linee elettriche, idrauliche, piscine, operatori ecologici etc.;
- le lavorazioni condizionate dalle temperature a cui si deve svolgere il processo produttivo, ad esempio lavorazioni in celle frigorifere, in depositi di prodotti farmaceutici, in prossimità di forni di essiccazione, forni fusori; produzione ceramiche; caseifici; cucine; cave in galleria, gallerie, miniere etc.;
- le attività lavorative che necessitano per il loro svolgimento dell'adozione di particolari dispositivi di protezione individuale;
- le lavorazioni che richiedono elevato impegno fisico;
- le lavorazioni che si svolgono in ambienti le cui condizioni termiche sono influenzate dalle condizioni meteorologiche esterne.

In genere la segnalazione della presenza di uno o più "SI" nella tabella di riscontro (vedi FAQ C.2) comporta la necessità di effettuare una specifica valutazione del rischio microclima, finalizzata alla individuazione di misure di tutela, controllo e riduzione dello stesso, per le differenti categorie di lavoratori esposti al rischio.

C.2 Quali strategie sono utilizzabili per la valutazione del rischio microclima?

Al fine di individuare in via preliminare la presenza/assenza di criticità relative al microclima in una attività lavorativa può essere usata la lista di riscontro illustrata nella tabella C.2.1.

Premesso **che per qualsiasi lavorazione all'aperto va effettuata la valutazione del rischio microclima (vedi FAQ D.4)**, qualora la lista di riscontro presenti uno o più "SI" andrà condotta una valutazione specifica finalizzata alla riduzione ed al controllo delle criticità evidenziate, ed all'attuazione delle misure di tutela conseguenti.

Tabella C.2.1 - Lista di riscontro per la valutazione del rischio microclima

Fattore	Descrizione	SI
Temperatura aria	Ambienti chiusi: La temperatura dell'aria è mai superiore a 28°C o inferiore a 12°C?	
	La temperatura dell'aria è soggetta a escursioni nell'arco della giornata lavorativa?	
	La temperatura dell'aria è soggetta a forti cambiamenti in relazione alle condizioni metereologiche esterne?	
Temperatura radiante	Sono presenti sorgenti calde nell'ambiente?	
	Sono presenti vetrate, coperture etc. che inducono disagio termico nell'ambiente in relazione alle condizioni meteo esterne?	
Umidità	Ci sono macchinari /attrezzature che producono vapore?	
	L'umidità dell'ambiente di lavoro è influenzata dalle condizioni esterne?	
	Sono evidenti macchie di umidità/ muffa?	
Flussi d'aria	L'aria è percepita come troppo secca? (umidità relativa è mai inferiore al 30%)?	
	Nell'ambiente di lavoro sono riscontrabili flussi d'aria calda o fredda ?	
Dispendio metabolico	I lavoratori lamentano spifferi/ correnti d'aria fastidiose?	
	Il lavoro svolto richiede mai sforzo fisico in condizioni di caldo? (vedi FAQ B.2)	
DPI e indumenti di lavoro	I lavoratori svolgono lavoro sedentario in condizioni di freddo?	
	Il lavoro richiede l'impiego di DPI per proteggersi da agenti chimici, fisici biologici maschere, tute speciali, guanti, caschi etc.)	
	I lavoratori usano DPI impermeabili al vapore?	

Fattore	Descrizione	SI
DPI e indumenti di lavoro	E' necessario indossare indumenti di lavoro non modificabili in relazione alle condizioni meteo?	
	E' necessario indossare protezioni delle vie respiratorie?	

C.3 Quali sono le condizioni nelle quali la valutazione del rischio può concludersi con la "giustificazione"?

Si definisce situazione "giustificabile" (art.181 comma 3 D.Lgs. 81/2008) la condizione prevista dalla normativa generale sugli agenti fisici secondo cui il datore di lavoro può concludere il processo di valutazione del rischio anche in una fase preliminare qualora si riscontri l'assenza di rischio, o una sua palese trascurabilità, considerando anche i soggetti particolarmente sensibili al rischio.

Alla luce di tale definizione, per poter definire *giustificabile* un'esposizione lavorativa ad un ambiente termico è necessario verificare, oltre alla palese assenza di criticità associate all'ambiente termico nel corso della valutazione preliminare (vedi Tab. C.2.1) anche:

- a) che le condizioni di assenza di rischio (vedi FAQ C.2) riscontrate all'atto della valutazione preliminare permangano presumibilmente tali nel corso del tempo, fino all'espletamento della nuova valutazione del rischio, che di norma per il microclima avviene ogni quattro anni, se non intervengono mutamenti significativi nell'attività;
- b) che non sia necessario ai fini del mantenimento delle condizioni di "basso rischio" riscontrate predisporre e mettere in atto specifiche misure di controllo e gestione del rischio (es. procedure di manutenzione, acquisto/sostituzione attrezzature, tutela soggetti sensibili etc.).

Qualora non si verificano tali presupposti la valutazione preliminare del rischio microclima non potrà concludersi con la "giustificazione" del rischio, ma dovrà individuare uno specifico programma di misure di controllo dello stesso (vedi FAQ D.2), da formalizzare nel rapporto di valutazione del rischio (es. procedure di acquisto, manutenzione, sostituzione, collaudo dei sistemi di condizionamento; misure di tutela da attivare in caso di rottura impianti; misure di tutela in caso di ondate di calore etc.).

C.4 È sempre necessario effettuare misurazioni specifiche ai fini della valutazione del rischio microclima?

In molteplici attività lavorative, a seguito di una accurata fase di ricognizione preliminare (vedi FAQ C.2), è possibile individuare azioni da pianificare e mettere in atto per prevenire e tenere sotto controllo il rischio, applicando linee

guida di comparto disponibili e protocolli semplificati illustrati nelle successive sezioni del presente documento. Nel caso risulti effettivamente possibile adottare le appropriate misure di prevenzione senza effettuare misurazioni, è del tutto inutile ricorrere a misurazioni analitiche.

Ad esempio nel caso di lavorazioni outdoor è in genere possibile effettuare la valutazione del rischio utilizzando gli strumenti di calcolo disponibili sul Portale Agenti Fisici (foglio calcolo Heat Index/ PHS) e le previsioni on line WBGT disponibili alla sezione Workclimate del Portale Agenti Fisici senza dovere ricorrere a misure specifiche, come illustrato alla FAQ C.12.

Quanto al possibile utilizzo di banche dati in alternativa all'esecuzione di misure, in analogia a quanto avviene ad esempio nella valutazione dell'esposizione professionale a vibrazioni, esso non è generalmente possibile nel contesto di una valutazione di comfort. L'uso di dati "tipici ambientali" provenienti dalla letteratura o da precedenti indagini non ha infatti (ovviamente) alcun senso in quanto l'indagine si rende necessaria proprio ai fini dell'individuazione di eventuali scostamenti dalle condizioni tipiche, presumibilmente confortevoli.

Viceversa negli ambienti nei quali viene richiesta una valutazione dello stress, come precedentemente richiamato nel caso di lavorazioni outdoor, è sicuramente possibile eseguire calcoli *previsionali*, sia dell'indice WBGT [10] sia con il metodo PHS [11], basati sulle serie storiche dei dati meteorologici reperibili in letteratura o sulle previsioni meteorologiche disponibili in siti web. Analogamente è sicuramente possibile eseguire una valutazione mediante stime previsionali in relazione al rischio termico in ambienti indoor termicamente controllati (es. una cella frigo).

Sul Portale Agenti Fisici alla sezione Microclima sono disponibili calcolatori on line che consentono di effettuare tali simulazioni.

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?

L'indice comunemente utilizzato per la valutazione del comfort termico è il PMV (Predicted Mean Vote), descritto nella norma UNI EN ISO 7730 [9]. L'indice PMV rappresenta la media dei voti relativi alla sensazione termica che un ampio gruppo di soggetti esprimerebbe se fosse esposto alle condizioni da valutare. I voti di cui PMV rappresenta il valore medio vengono espressi in una scala a 7 punti (-3 molto freddo; -2 freddo; -1 leggermente freddo; 0 né caldo né freddo, ovvero condizione di neutralità termica; +1 leggermente caldo; +2 caldo; +3 molto caldo). Secondo quanto indicato dalla norma stessa, l'indice PMV è un affidabile indicatore di comfort/discomfort quando esso assume valori

compresi tra -2 e +2 e quando i sei parametri fondamentali (quelli di cui l'indice stesso è funzione, vedi FAQ C.5) sono compresi nei seguenti intervalli:

$$\begin{aligned}46 \text{ W/m}^2 < M < 232 \text{ W/m}^2 & \quad (0.8 < M < 4 \text{ met}) \\0 \text{ m}^2 \text{ K/W} < I_{cl} < 0,31 \text{ m}^2 \text{ K/W} & \quad (0 < I_{cl} < 2 \text{ clo}) \\10^\circ\text{C} < t_a < 30^\circ\text{C} \\10^\circ\text{C} < \bar{t}_r < 40^\circ\text{C} \\0 \text{ m/s} < v_a < 1 \text{ m/s} \\0 \text{ Pa} < p_a < 2700 \text{ Pa}\end{aligned}$$

Il PMV quantifica un giudizio medio. Qualunque sia il valore di PMV esiste comunque una percentuale di persone che si dichiarano "insoddisfatte" delle condizioni termiche in esame, definite come coloro che esprimerebbero un voto pari o superiore a 2 in valore assoluto. Tale percentuale viene indicata con l'acronimo PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) e viene calcolata in funzione dell'indice PMV. In corrispondenza della condizione di neutralità termica (PMV = 0), l'indice PPD assume il proprio valore minimo pari al 5%, il che implica che, anche nella condizione di neutralità termica, esiste comunque una percentuale di persone non soddisfatte delle condizioni termiche dell'ambiente.

Il PMV è un indice di comfort globale, e per una più approfondita valutazione del discomfort è stato integrato da quattro indici di discomfort locale (vedi FAQ C.2).

Classificazione degli ambienti termici

Nella norma UNI EN ISO 7730 tre diversi limiti di accettabilità, sia relativi all'indice PMV sia relativi agli indici di discomfort locale, vengono definiti per tre diverse categorie (A, B, C). Gli intervalli di accettabilità dell'indice PMV sono i seguenti: categoria A: $\pm 0,2$; categoria B: $\pm 0,5$; categoria C: $\pm 0,7$.

La norma UNI EN ISO 7730 non fornisce alcuna indicazione su eventuali criteri oggettivi per l'assegnazione della situazione in esame ad una di tali categorie.

Il Decreto 11 ottobre 2017 [5](CAM) richiede il conseguimento della classe B secondo la norma ISO 7730.

Un criterio per individuare l'intervallo di accettabilità da utilizzare ai fini della valutazione del comfort, è stato sviluppato dalle norme EN 16798-1 e EN 16798-2 (Tabella C.5.1). Tali norme classificano gli ambienti ai fini del comfort in quattro categorie: i limiti di accettabilità delle categorie classificate come I II e III coincidono con i limiti che la UNI EN ISO 7730 propone per le categorie A B e C. La categoria IV della EN 16798-1 e EN 16798-2 si configura come

una categoria aggiuntiva: ad essa è associato un PMV compreso tra -1 e +1. La classificazione è riportata alla Tabella C.3.1

Tabella c.3.1 Definizione delle categorie ai sensi delle norme EN 16798-1 e EN 16798-2

categoria I: $PMV \pm 0,2$ Livello che dovrebbe essere adottato in presenza di soggetti termicamente vulnerabili (bambini, anziani, persone con disabilità)
categoria II: $PMV \pm 0,5$ Livello di riferimento di progetto
categoria III: $PMV \pm 0,7$ Livello ai limiti di accettabilità ai fini del comfort: introduce perdita di prestazioni nell'espletamento delle attività.
categoria IV: $PMV \pm 1,0$ Livello da riscontrarsi solo in spazi con permanenza limitata

Alcuni autori [47] hanno definito un metodo che consente di effettuare una oggettiva classificazione termica degli ambienti moderati, allo scopo di identificare la corretta categoria e quindi il corretto intervallo di accettabilità ai fini della valutazione del comfort. Esso si fonda sulla quantificazione ed elaborazione di tre elementi correlabili alla percezione dell'ambiente termico: la sensibilità termica del soggetto, l'accuratezza del compito svolto, la praticabilità delle soluzioni tecniche di controllo del microclima [46].

Applicabilità del metodo PMV

All'interno degli intervalli nei quali il metodo PMV è stata validato (vedi sopra), esso risulta generalmente applicabile, secondo quanto descritto nella norma UNI EN ISO 7730 [9]. L'unica eccezione è rappresentata da situazioni lavorative caratterizzate da abbigliamento con isolamento termico fortemente disomogeneo. A questo proposito va verificata la presenza di indumenti che, a causa della loro particolare posizione (es. in stretta aderenza ai luoghi nei quali avvengono inspirazione ed espirazione) siano in grado di alterare significativamente lo scambio termico con conseguente perdita di validità del metodo PMV che produce una significativa sottostima del discomfort caldo. Quanto a situazioni esterne a tali intervalli, un caso interessante è quello di situazioni lavorative caratterizzate da dispendio metabolico superiore a 4 met. Studi sperimentali [65] hanno dimostrato che anche a 6 met, con temperatura 26°C e umidità relativa 50%, dato un flusso d'aria opportunamente intenso, è possibile ottenere una ragionevole condizione di comfort, quantificata mediante elevate (> 80%) percentuali di soddisfatti. Lo stesso studio ha altresì dimostrato che le condizioni di massimo comfort identificate dai soggetti corrispondono a PMV molto vicino a zero. In sintesi la valutazione con il metodo PMV è percorribile, in ambienti moderati, per valori di dispendio metabolico presumibilmente fino a 6 met e velocità fino a 3 m/s.

C.6 Cosa s'intende con "comfort/discomfort locale" e come si valuta?

Il discomfort locale è legato all'esistenza di effetti termici che possono indurre discomfort su specifiche parti del corpo.

La norma UNI EN ISO 7730 [9] individua quattro fattori di discomfort locale:

1. Correnti d'aria
2. Differenza verticale di temperatura tra testa e caviglie
3. Pavimenti caldi o freddi
4. Asimmetria radiante, dovuta a soffitti caldi o freddi, o pareti calde o fredde.

1 Correnti d'aria

Discomfort determinato dal raffreddamento localizzato del corpo dovuto ad un flusso d'aria diretto. È una delle cause di disagio locale più frequenti riscontrabili negli ambienti indoor anche in condizioni di neutralità termica globale. Il discomfort da corrente d'aria è quantificato dall'indice DR (Draught Rate)

$$DR = (34 - t_a) \cdot (v_a - 0,05)^{0,62} \cdot (0,37 v_a \cdot Tu + 3,14)$$

dove

t_a è la temperatura locale dell'aria, ovvero la temperatura del flusso d'aria in prossimità della zona in cui viene lamentato il discomfort;

v_a è la velocità media locale del flusso d'aria in prossimità della zona in cui viene lamentato il discomfort;

Tu è l'intensità della turbolenza, definita in termini percentuali come il rapporto tra la deviazione standard e la velocità media locale del flusso d'aria.

Gli intervalli di accettabilità sono i seguenti: categoria A → DR < 10%, categoria B → DR < 20%, categoria C → DR < 30%.

Il modello mediante il quale è stata derivata l'espressione di DR riportata sopra risulta validato soltanto all'interno di opportuni intervalli, ovvero

$$20^\circ\text{C} < t_a < 26^\circ\text{C};$$

$$v_a < 0,5 \text{ m/s};$$

$$10\% < Tu < 60\%.$$

Per valutare il discomfort dovuto alle correnti d'aria al di fuori di questi intervalli può essere utile estrapolare, almeno in forma qualitativa, gli andamenti mostrati dall'equazione per DR, secondo i quali il discomfort: a) aumenta al diminuire della temperatura dell'aria; b) aumenta all'aumentare della velocità dell'aria; c) aumenta all'aumentare dell'intensità della turbolenza.

Il discomfort dovuto alle correnti d'aria dipende inoltre da alcune quantità di cui l'attuale modello non tiene conto:

- 1) dalla zona del corpo che viene investita dal flusso. Nella versione attuale il modello si applica in presenza di correnti d'aria al collo. A livello di braccia e piedi, il modello potrebbe sovrastimare il discomfort.
- 2) dalla sensazione termica globale. Nella versione attuale il modello si applica a soggetti con una sensazione termica globale prossima alla neutralità. Per soggetti con un discomfort globale non trascurabile il modello potrebbe sovrastimare il discomfort.
- 3) dall'attività metabolica del soggetto esposto. Nella versione attuale il modello si applica a persone che svolgono attività leggera, soprattutto sedentaria. Il discomfort diminuisce progressivamente all'aumentare del metabolismo.

2 Differenza verticale di temperatura

Discomfort determinato dalla stratificazione termica verticale. Il discomfort è quantificato dalla differenza verticale di temperatura dell'aria $\Delta T_{a,v}$ fra il livello della testa e il livello delle caviglie.

I limiti di accettabilità mostrati nella sottostante tabella si riferiscono al caso in cui la temperatura a livello delle caviglie è inferiore a quella presente a livello della testa. Il caso opposto in cui la temperatura a livello delle caviglie è superiore a quella presente a livello della testa determina un discomfort inferiore.

Categoria	Differenza verticale di temperatura dell'aria ^{a)} °C
A	< 2
B	< 3
C	< 4
^{a)} 1,1 m e 0,1 m dal pavimento	

La norma UNI EN ISO 7730 [9] fa esplicito riferimento ad altezze sul pavimento rispettivamente pari a 1,1 m e 0,1 m dalle quali si deduce che ci si riferisce ad un soggetto seduto. Non sembrano esistere tuttavia impedimenti all'applicazione di questo schema valutativo, con gli stessi valori limite di accettabilità, anche a soggetti in piedi la cui attività non implichi spostamenti significativi.

3 Temperatura del pavimento

Discomfort determinato dal contatto piedi-pavimento nel caso in cui la temperatura del pavimento t_p sia troppo alta o troppo bassa. In questo caso la sensazione termica può essere influenzata dal tipo di calzature e dai materiali di cui sono composte e dal fatto che un individuo sia seduto o in piedi.

Categoria	Intervallo di temperatura del pavimento °C
A	da 19 a 29
B	da 19 a 29
C	da 17 a 31

4 Asimmetria piana radiante

Discomfort determinato dalla presenza di significativi squilibri nei flussi radianti incidenti nella postazione in cui è presente l'operatore, provenienti da direzioni contrapposte, a loro volta associati alla presenza di vaste superfici radianti (calde o fredde) a differente temperatura, quali vetrate, forni, pannelli radianti, ecc. Il parametro che si utilizza per quantificare questo tipo di disagio è rappresentato dalla differenza $\Delta t_{p,r}$ delle temperature piane radianti rilevate sulle facce opposte di una superficie, perpendicolare alla direzione dell'asimmetria considerata, idealmente passante per il baricentro del corpo.

Le superfici radianti sono generalmente rappresentate o dalle superfici che limitano l'ambiente (pareti, soffitto, pavimento) o da elementi ad esso paralleli. Vengono di conseguenza identificate quattro tipologie di asimmetria radiante denominate soffitto caldo, soffitto freddo, parete calda e parete fredda, che vanno più genericamente interpretate rispettivamente come asimmetrie verticali dall'alto verso il basso e viceversa, e come asimmetrie orizzontali caratterizzate dalla presenza di un elemento radiante verticale più/meno caldo del resto dell'ambiente.

Come si deduce dagli intervalli di accettabilità per le diverse categorie, riportati nella tabella seguente, a parità di $\Delta t_{p,r}$ il discomfort decresce passando da soffitto caldo a parete fredda, soffitto freddo (dove peraltro il limite è raramente superato), parete calda (dove peraltro il limite non è sostanzialmente mai superato).

Categoria	Asimmetria della temperatura radiante °C			
	Soffitto caldo	Parete fredda	Soffitto freddo	Parete calda
A	<5	<10	<14	<23
B	<5	<10	<14	<23
C	<7	<13	<18	<35

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?

La valutazione dello stress termico da ambiente caldo può essere effettuata mediante uno dei due schemi illustrati nella vigente normativa tecnica:

- 1) WBGT (Wet Bulb Globe Temperature), descritto nella norma UNI EN ISO 7243 [10].

Il WBGT è un indice empirico che in sostanza serve soltanto a stabilire se in una determinata situazione è possibile escludere la presenza di un rischio termico da caldo.

L'indice WBGT è dato da una media di due o tre temperature, pesate con opportuni coefficienti. Esso può poi essere corretto con un opportuno fattore CAV (Clothing Adjustment Value) nel caso in cui il vestiario in esame differisca da quello di riferimento (camicetta di cotone a maniche lunghe e pantaloni in cotone, $I_{cl} = 0,6$ clo).

Il valore dell'indice WBGT così ottenuto viene confrontato con un valore di riferimento che dipende unicamente dall'attività eseguita, ovvero dal metabolismo energetico, e dall'acclimatamento del soggetto. Se il valore dell'indice WBGT supera il valore di riferimento, secondo quanto indicato nella sezione 4 della norma occorre ridurre lo stress termico mediante metodi appropriati oppure effettuare una valutazione più approfondita mediante il modello PHS [11].

Il valore dell'indice WBGT così ottenuto viene confrontato con un valore di riferimento ($WBGT_{ref}$) il cui valore dipende unicamente dall'attività eseguita, ovvero dal metabolismo energetico, e dall'acclimatamento del soggetto. $WBGT_{ref}$ può essere calcolato utilizzando una delle due relazioni di seguito riportate

- Per soggetto acclimatato:
 $WBGT_{ref} = 56,7 - 11,5 \times \log_{10}(M)$
- Per soggetto non acclimatato:
 $WBGT_{ref} = 59,9 - 14,1 \times \log_{10}(M)$

dove M è espresso in W.

L'andamento delle due espressioni di $WBGT_{ref}$ in funzione del metabolismo energetico è riportato nella Figura C.7.1 di seguito riportata

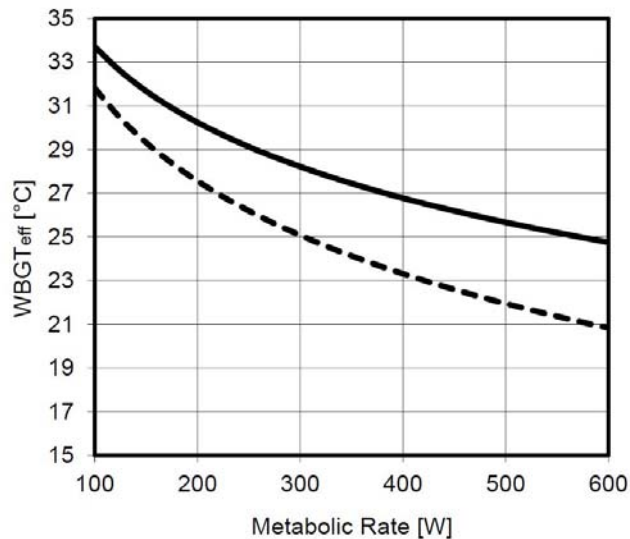


Figura C.7.1. Andamento di $WBGT_{ref}$ in funzione del metabolismo energetico, sia per un soggetto acclimatato (curva a tratto pieno) che per un soggetto non acclimatato (curva tratteggiata)

Se il valore dell'indice $WBGT$ supera il valore di riferimento, secondo quanto indicato nella sezione 4 della norma occorre ridurre lo stress termico mediante metodi appropriati oppure effettuare una valutazione più approfondita mediante il modello PHS [11].

- 2) PHS (Predicted Heat Strain) descritto nella norma UNI EN ISO 7933 [11]. Il modello PHS permette di effettuare una valutazione più approfondita dello stress da caldo tenendo in conto fattori più complessi come la dipendenza dal tempo delle variabili fisiologiche, l'effetto del movimento sull'isolamento termico dell'abbigliamento, l'effetto del metabolismo energetico sulla temperatura del nucleo.

Il modello è applicabile quando i sei parametri fondamentali sono contenuti nei seguenti intervalli di valori:

$$15^{\circ}\text{C} < t_a < 40^{\circ}\text{C}$$

$$0 \text{ KPa} < p_a < 4,5 \text{ KPa}$$

$$0^{\circ}\text{C} < t_r - t_a < 60^{\circ}\text{C}$$

$$0 \text{ m/s} < v_a < 3 \text{ m/s}$$

$$100 \text{ W} < m < 450 \text{ W}$$

$$0,1 \text{ clo} < I_{cl} < 1 \text{ clo}$$

Il modello PHS si basa su un codice iterativo che simula la risposta dell'organismo in presenza di determinate quantità fisiche ambientali e quantità soggettive (metabolismo e resistenza termica del vestiario). Esso

restituisce gli andamenti nel tempo della temperatura rettale t_{re} e della perdita totale di acqua D .

Confrontando tali andamenti con i corrispondenti valori limite:

- $t_{re,max} = 38^{\circ}\text{C}$;
- $D_{max,95} = 5\%$ del peso corporeo del soggetto o 3% del peso corporeo in assenza di apporto di acqua,

si ottengono due stime indipendenti del tempo di esposizione massimo ammesso. Per ovvie considerazioni di cautela, ai fini della valutazione del rischio va utilizzata la più piccola delle due stime.

Esistono inoltre situazioni nelle quali nessuna delle due norme tecniche UNI EN ISO 7243 [10] o UNI EN ISO 7933 [11] risulta adeguata per eseguire una valutazione dello stress termico da ambiente caldo.

Il primo caso è quello nel quale il soggetto esposto indossa abbigliamento protettivo. La norma UNI EN ISO 7243 consente, in linea di principio, di tener conto del particolare isolamento termico determinato dall'uso di abbigliamento protettivo aggiungendo al valore dell'indice WBGT un "CAV" (Clothing Adjustment Value). Tuttavia la limitata disponibilità di valori di CAV disponibili, la formulazione assai generica delle definizioni degli abbigliamenti a cui associare un CAV, unite alla natura approssimativa dell'indice WBGT, non rendono questa opzione particolarmente attraente. In alternativa è possibile fare uso dei fattori proposti dalla norma tecnica inglese BS 7963 mediante i quali correggere il risultato ottenuto con il metodo PHS. Ciò implica tuttavia un percorso piuttosto complesso ed un risultato finale la cui affidabilità non è al momento quantificabile.

Il secondo caso è quello delle esposizioni in ambienti termicamente violenti. Con questo termine si identificano ambienti nei quali i valori limite citati in precedenza per la temperatura e per la perdita di liquidi ($t_{re,max} = 38^{\circ}\text{C}$, $D_{max,95} = 5\%/3\%$ del peso corporeo del soggetto) vengono raggiunti in tempi molto brevi (indicativamente inferiori a 30 minuti). Considerato il rischio potenzialmente associato ad un'esposizione ad ambienti così estremi, qualsiasi valutazione basata su una modellistica relativa a soggetti "medi" come il PHS, per quanto sofisticata, risulta inadeguata. Si raccomanda pertanto che esposizioni in questi ambienti avvengano esclusivamente sotto diretta ed individuale supervisione medica, come peraltro esplicitamente indicato nella norma UNI EN ISO 7933 (punto 6.3).

In questi casi al fine di prevenire il rischio da stress termico, qualora non sia possibile evitare l'esposizione del lavoratore, sarà necessario ricorrere a misure di prevenzione e di monitoraggio da valutarsi caso per caso, in stretta collaborazione con il Medico Competente .[39,57,63]

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?

La valutazione dello stress termico da ambiente freddo prevede che vengano valutati sia il raffreddamento globale, ovvero del corpo nella sua interezza, sia i raffreddamenti locali di singole parti del corpo (soprattutto mani, piedi e testa).

Il raffreddamento globale viene valutato utilizzando l'indice IREQ (Insulation REQuired) descritto nella norma UNI EN ISO 11079 [12]. L'indice IREQ è definito come l'isolamento termico richiesto nelle condizioni termiche in esame per mantenere il corpo in uno stato con livelli accettabili di temperatura del corpo e della pelle.

L'indice IREQ può essere applicato quando sono soddisfatte le seguenti condizioni:

$$t_a < 10 \text{ °C}$$

$$0,4 \text{ m/s} \leq v_a \leq 18 \text{ m/s}$$

$$I_{cl} > 0,078 \text{ m}^2\text{K/W (0,5 clo)}$$

La valutazione si esegue confrontando l'isolamento termico "risultante" ($I_{cl,r}$) dell'abbigliamento di cui dispone il lavoratore con due valori di riferimento $IREQ_{min}$ e $IREQ_{neu}$.

L'isolamento termico "risultante" ($I_{cl,r}$) si ottiene correggendo (in pratica riducendo) il valore di isolamento termico statico (I_{cl}) per tener conto della penetrazione dell'aria ambiente attraverso il vestiario. Il fattore di correzione dipende dalla velocità con cui si sposta il lavoratore (deducibile dal metabolismo energetico), dalla velocità dell'aria nell'ambiente (misurabile) e dalla permeabilità all'aria del vestiario (riguardo alla quale si veda la FAQ B.2). Non è richiesto il calcolo esplicito dell'isolamento termico risultante ($I_{cl,r}$) in quanto esso viene eseguito implicitamente dal software (fornito a supporto della centralina di misura oppure on-line) che esegue la procedura di valutazione indicata dalla norma UNI EN ISO 11079. E' sufficiente che al software vengano forniti i valori dei sei parametri fondamentali e della permeabilità all'aria dell'abbigliamento indossato (vedi FAQ B.4).

Quanto ai due valori di isolamento termico richiesto:

- il valore $IREQ_{min}$ rappresenta l'isolamento termico minimo in grado di mantenere il corpo in equilibrio termico a livelli subnormali di temperatura corporea;
- il valore $IREQ_{neu}$ rappresenta l'isolamento termico necessario per garantire la neutralità termica ovvero l'equilibrio termico mantenuto per livelli normali di temperatura media del corpo,

risultando sempre $IREQ_{min} < IREQ_{neu}$.

Confrontando l'isolamento termico risultante dell'abbigliamento $I_{cl,r}$ con i due valori di riferimento $IREQ_{min}$ e $IREQ_{neu}$ possono verificarsi 3 casi:

- $I_{cl,r} < IREQ_{min}$:
l'abbigliamento in esame risulta insufficiente, ovvero non fornisce un adeguato isolamento termico per prevenire il raffreddamento globale. E' necessario quindi aumentare l'isolamento termico oppure ridurre la durata dell'esposizione al di sotto delle 8 ore della giornata nominale.
- $IREQ_{min} < I_{cl,r} < IREQ_{neu}$:
l'abbigliamento risulta sufficiente per prevenire il raffreddamento globale. Non è necessaria alcuna altra azione relativamente agli aspetti legati al raffreddamento globale ad eccezione di una valutazione degli eventuali effetti del raffreddamento locale;
- $I_{cl,r} > IREQ_{neu}$:
l'abbigliamento risulta eccessivo e c'è il rischio di surriscaldare il corpo facendolo sudare. Tale condizione è da evitare e pertanto è necessario ridurre l'isolamento.

La stessa norma UNI EN ISO 11079 fornisce anche il criterio con il quale valutare il raffreddamento locale. In questo caso si valuta il "convective cooling", ovvero il raffreddamento che si verifica quando la bassa temperatura si combina con la presenza di vento che, accelerando la perdita di calore dal corpo, raffredda la pelle abbassandone la temperatura.

Questo tipo di raffreddamento viene quantificato mediante una quantità detta Wind Chill Temperature (t_{wc} , temperatura di raffreddamento da vento), calcolata mediante la relazione:

$$t_{wc} = 13,12 + 0,6215 \cdot t_a - 11,37 \cdot v_{10}^{0,16} + 0,3965 \cdot t_a \cdot v_{10}^{0,16}$$

dove

t_a è la temperatura dell'aria;

v_{10} è la velocità locale del vento ad una quota di 10 m dal suolo, ricavabile dalle stazioni meteo oppure misurando la velocità dell'aria al suolo e amplificandola di 1,5 volte.

Una volta nota t_{wc} si determina la classe di rischio e l'effetto provocato sulla pelle utilizzando la Tabella D.2 della norma UNI EN ISO 11079.

Table D.2 — Wind chill temperature (t_{WC}) and freezing time of exposed skin

Classification of risk	t_{WC} °C	Effect
1	-10 to -24	Uncomfortably cold
2	-25 to -34	Very cold, risk of skin freezing
3	-35 to -59	Bitterly cold, exposed skin may freeze in 10 min
4	-60 and colder	Extremely cold, exposed skin may freeze within 2 min

Un altro tipo di raffreddamento locale è legato al contatto con superfici fredde (conductive cooling) che può causare effetti acuti quali dolore, intorpidimento e congelamento.

Tale problematica viene trattata nella norma UNI EN ISO 13732-3 [17] dove attraverso una serie di grafici si possono stabilire i valori limite di temperatura per le superfici fredde solide in funzione della tipologia di contatto, del materiale con cui è realizzata la superficie, del tipo di effetto procurato.

C.9 Quali sono le grandezze fisiche ambientali ed i parametri personali/soggettivi che devono essere stimati nell'ambito di una valutazione microclimatica?

Per la valutazione del comfort secondo il metodo PMV [9] viene richiesta la conoscenza delle quattro grandezze ambientali temperatura dell'aria (t_a , espressa in °C), temperatura media radiante (t_r , espressa in °C), velocità dell'aria (v_a , espressa in m/s) e umidità relativa (UR o RH, espressa in %), e dei parametri individuali attività metabolica (M , espressa in W/m^2), lavoro meccanico eseguito (W , espresso in W/m^2) e isolamento termico del vestiario indossato (I_{cl} , espresso in m^2K/W). Tutte le altre quantità necessarie alla soluzione dell'equazione dell'equilibrio energetico, e quindi al calcolo dell'indice PMV, vengono determinate a partire da queste sette quantità (ad esempio la velocità di spostamento del soggetto nell'esecuzione della sua attività è dedotta dall'attività metabolica), oppure sono assunte note. In ambienti moderabili il lavoro meccanico è sempre trascurabile.

Il metodo PMV fornisce un giudizio mediato sulla popolazione e quindi non è applicabile alla previsione del comfort di uno specifico individuo. Di conseguenza esso non richiede che siano specificate le quantità antropometriche dell'individuo.

Per la valutazione del rischio in ambienti caldi mediante l'indice WBGT [10] va distinto il caso indoor dal caso outdoor. In caso di esposizione in ambiente indoor è necessario misurare la temperatura di bulbo umido a ventilazione naturale (t_{nw} , espressa in °C) e la temperatura di globotermometro (t_g , espressa in °C). Nel caso di esposizione in ambiente outdoor si deve aggiungere la misura della temperatura dell'aria (t_a , espressa in °C). L'indice viene poi calcolato come somma "pesata" (secondo opportuni coefficienti) delle due (tre) temperature. Si rimanda alla norma di riferimento [10] per gli opportuni approfondimenti.

Per la valutazione del rischio in ambienti caldi mediante il metodo PHS [11] viene richiesta la conoscenza delle stesse quantità ambientali e degli stessi parametri soggettivi già elencati per la valutazione del comfort. A meno di casi molto particolari, anche in ambienti industriali caldi il lavoro meccanico è sufficientemente piccolo da poter essere trascurato (UNI EN ISO 7933, punto 5.1.3); in ogni caso per questo tipo di ambienti tale assunzione è sufficientemente cautelativa.

Il metodo PHS non è in grado di eseguire una previsione dello strain termico individuale in senso stretto, ovvero tenendo conto delle peculiari caratteristiche di uno specifico individuo. Tuttavia esso è in grado di tener conto sia delle caratteristiche antropometriche (altezza, peso) sia di altri elementi che intervengono nel definire l'esposizione del soggetto, quali la postura nella quale

esso svolge l'attività, l'accesso ai liquidi e l'acclimatamento. Tutte queste quantità vanno di conseguenza specificate.

Anche per la valutazione del rischio in ambienti freddi mediante il metodo IREQ [12] viene richiesta la conoscenza delle stesse quantità ambientali e degli stessi parametri soggettivi già elencati per la valutazione del comfort.

In ambienti freddi industriali, a meno di casi molto particolari, il lavoro meccanico può essere trascurato (UNI EN ISO 11079, punto 5.3.3). E' da considerarsi al riguardo che in taluni casi tale approssimazione può portare ad una sottostima del rischio, pertanto si raccomanda di utilizzare criteri molto cautelativi nella scelta del dispendio metabolico M (FAQ B.3).

Al contrario del metodo PHS, e analogamente al metodo PMV, il metodo IREQ non è in grado di tener conto delle caratteristiche antropometriche (altezza, peso) né degli altri elementi individuali citati sopra a proposito del metodo PHS (la postura nella quale il soggetto svolge l'attività, l'accesso ai liquidi e l'acclimatamento). Di conseguenza queste quantità non vanno specificate.

Il metodo IREQ richiede invece la conoscenza della permeabilità all'aria del vestiario indossato, ed in particolare degli indumenti che compongono lo strato più esterno (UNI EN ISO 11079 [12] sezione A.8). Riguardo alla quantificazione della permeabilità all'aria si veda la FAQ B.4.

Nelle tabelle seguenti sono riportati i parametri d'ingresso richiesti da ciascun metodo di valutazione, con i relativi intervalli di applicabilità.

INDICE PMV

grandezza	simbolo	unità di misura	intervallo di applicabilità
temperatura dell'aria	t_a	°C	+10 ÷ +30
temperatura media radiante	t_r	°C	+10 ÷ +40
pressione parziale di vapore	p_a	Pa	0 ÷ 2700
velocità dell'aria	v_a	m/s	0 ÷ 1
attività metabolica	M	met	0,8 ÷ 4
resistenza termica del vestiario	I_{cl}	Clo	0 ÷ 2

INDICE WBGT

grandezza	simbolo	unità di misura	intervallo di applicabilità
temperatura di globotermometro	t_g	°C	---
temperatura di bulbo umido a ventilazione naturale	t_{nw}	°C	---
temperatura dell'aria (solo outdoor)	t_a	°C	---

METODO PHS

grandezza	simbolo	unità di misura	intervallo di applicabilità
temperatura dell'aria	t_a	°C	+15 ÷ +50
temperatura media radiante	t_r	°C	$t_r - t_a$: 0 ÷ +60
pressione parziale di vapore	p_a	Pa	0 ÷ 4500
velocità dell'aria	v_a	m/s	0 ÷ 3
attività metabolica	M	met	0,95 ÷ 4,3
resistenza termica del vestiario	I_{cl}	Clo	0,1 ÷ 1

INDICE IREQ

grandezza	simbolo	unità di misura	intervallo di applicabilità
temperatura dell'aria	t_a	°C	< +10
temperatura media radiante	t_r	°C	---
pressione parziale di vapore	p_a	Pa	---
velocità dell'aria	v_a	m/s	0,4 ÷ 18
attività metabolica	M	met	---
resistenza termica del vestiario	I_{cl}	Clo	> 0,5
permeabilità all'aria	ap	l / (m ² s)	---

C.10 È possibile effettuare la media su più giorni/settimane/mesi ai fini della valutazione dei parametri di comfort/rischio associati all'ambiente termico?

Per quanto riguarda gli ambienti moderabili, e dunque la valutazione del comfort, esistono dei criteri di valutazione a lungo termine proposti nell'appendice H della norma UNI EN ISO 7730 [9]. L'appendice è "Informativa" e possiede quindi una valenza piuttosto bassa. Al di là di questo aspetto formale, esiste un robusto argomento sostanziale contro l'adozione di schemi di valutazione a lungo termine, in relazione alla tutela del comfort dei lavoratori, legato al fatto che il comfort è un concetto che si applica a segmenti temporali brevi, in quanto è appunto su tempi brevi (minuti) che il discomfort si manifesta e potrebbe comportare effetti avversi sulla salute/sicurezza. Gli schemi di valutazione del comfort integrato su tempi lunghi (mesi) appaiono al contrario più orientati alla gestione dell'edificio e quindi alla ottimizzazione delle risorse economiche e ambientali.

Per quanto riguarda gli ambienti vincolati, valutazioni basate su esposizioni lunghe non hanno ugualmente senso dato che possibili ipertermie o ipotermie si manifestano in tempi largamente inferiori alla durata di una singola giornata lavorativa.

In entrambi i casi l'esposizione è da valutare in condizioni rappresentative di situazioni critiche riscontrabili nell'ambiente in esame, in relazione alle differenti attività lavorative ivi svolte, ai fini dell'adozione delle appropriate misure di tutela per i lavoratori esposti.

C.11 Quali sono i co-fattori di rischio da valutare in relazione all'esposizione a microclima?

Come già discusso nella FAQ A.3, esistono numerosi fattori di suscettibilità individuale che vanno considerati nella valutazione del microclima. Nella tabella A.3.1 sono inoltre indicate una serie di patologie che possono incrementare la suscettibilità individuale all'ambiente termico in relazione al caldo/freddo, o ancora l'assunzione di sostanze o farmaci che possono concorrere ad incrementare il rischio espositivo.

Non risultano al contrario elementi certi relativi a possibili fattori sinergici associati ad altre esposizioni professionali, che possano amplificare il rischio associato alla esposizione ad ambienti termici stressanti.

C.12 Come si valuta il rischio microclima in lavorazioni outdoor?

Un ambiente outdoor è una fattispecie particolare di ambiente termico vincolato, per il quale va sempre effettuata una valutazione del rischio microclima.

In ambienti outdoor, come in generale negli ambienti vincolati, è per definizione impossibile operare significative modifiche nei parametri fisici ambientali che caratterizzano l'esposizione. A fronte dell'esito della valutazione del rischio, andranno dunque predisposte opportune procedure di lavoro che permettano di ridurre al minimo i rischi connessi all'esposizione ad ambienti termici caldi/freddi (vedi FAQ D.5).

a) Microclima outdoor Caldo

In genere per lavorazioni all'aperto o in ambienti chiusi non climatizzati le cui condizioni termiche siano influenzate dalle condizioni termoisolometriche esterne, è sempre necessario effettuare un'attenta valutazione del rischio microclima, finalizzata all'attuazione di appropriate misure di tutela all'insorgere di condizioni di criticità legate al caldo (FAQ D.5). Nel caso di impiego di DPI impermeabili, tute in tyvek etc. andrà effettuata sempre una valutazione specifica, in relazione alla attività svolta.

In una fase di valutazione preliminare, al fine di individuare le condizioni di insorgenza di criticità, e predisporre un adeguato piano d'azione, a partire dalla tutela dei soggetti sensibili, è possibile utilizzare l' "indice di calore" ("Heat Index) che richiede la conoscenza di temperatura ed umidità dell'aria, valutabili rendendo disponibile un termoisometro sul luogo di lavoro, ovvero - in sede di valutazione previsionale - utilizzando i dati storici per il sito in esame. Esso rappresenta un indice semplificato, che combina la temperatura dell'aria e l'umidità relativa restituendo il valore di una temperatura apparente ovvero una stima del caldo percepito. Sulla base dell'indicatore vengono individuate 3 fasce di rischio (giallo/arancione/rosso) e le corrispondenti misure di tutela da prevedere.

Il foglio di calcolo che ne consente la valutazione è scaricabile dal Portale Agenti Fisici https://www.portaleagentifisici.it/fo_microclima_metodiche.php?lg=IT.

E' possibile procedere a valutazioni previsionali più approfondite, e stabilire le condizioni di temperatura ed umidità relativa che - se riscontrate sul posto di lavoro - determinano valori dell'indice PHS [11] critici, che richiedono l'attuazione di misure di prevenzione dello stress termico, in relazione alle differenti attività svolte, utilizzando il calcolatore on line PHS disponibile sul Portale Agenti Fisici alla sezione Microclima.

Anche in questo caso l'uso di un semplice termoisometro sul posto di lavoro consentirà di individuare l'insorgenza di condizioni termiche critiche e la necessità di attivare il piano di prevenzione del rischio predisposto (FAQ D.5)

Sul sito del Portale Agenti Fisici nella sezione microclima è altresì disponibile il link al sito della piattaforma previsionale sperimentale di allerta caldo Worklimate che fornisce previsioni a 3 giorni dell'indice WBGT in relazione a diversi scenari espositivi outdoor (ombra/sole/attività fisica intensa/attività fisica moderata), su tutto il territorio nazionale. Dal momento in cui dalla previsione meteo emergano condizioni di possibile stress da caldo (aree "arancioni" e "rosse"), dovranno essere programmate ed attuate idonee misure di tutela per i lavoratori. Ciò potrà essere realizzato utilizzando il protocollo semplificato presentato nella FAQ D.5.

Si ricorda in merito che il parametro WBGT che è usato ai fini della valutazione del rischio è utilizzabile per prevenire il rischio termico solo per soggetti che non siano in condizioni di vulnerabilità termica. Per i soggetti vulnerabili, anche in presenza di rischio basso (aree in giallo) andranno previste ed attuate misure di tutela ad hoc. Stesso criterio è da applicarsi nel caso di lavorazioni che richiedano l'impiego di DPI impermeabili od indumenti da lavoro pesanti.

b) Microclima outdoor Freddo

La valutazione dello stress da freddo va effettuata utilizzando l'indice IREQ [5], che potrà essere valutato utilizzando il calcolatore disponibile sul Portale Agenti Fisici alla sezione microclima.

Anche in questo caso la disponibilità di un termoigrometro sul luogo di lavoro consentirà la verifica dell'insorgenza di condizioni di criticità rilevate in fase preliminare e la conseguente attuazione del piano di prevenzione del rischio da microclima freddo.

C.13 Esistono criteri specifici per la valutazione del microclima nei mezzi di trasporto?

Il fattore di rischio microclima nei mezzi di trasporto andrà sempre attentamente valutato, non essendo in genere individuabili per tale tipologia di attività condizioni che ne consentano la "giustificazione" (vedi FAQ C.1).

E' da tenere presente il disagio termico percepito a bordo di un mezzo di trasporto può ridurre la capacità di attenzione del conducente e conseguentemente aumentare il rischio di incidenti. Inoltre condizioni microclima avverse a bordo possono causare malori con conseguenti infortuni o incidenti a bordo del mezzo.

Si ritiene che anche in questi ambiti si possano e debbano applicare modelli di valutazione relativi al comfort termico riportati nelle faq precedenti, adattando alla particolare tipologia di ambiente in questione i criteri di misura e valutazione, sia per aspetti globali che locali, indicati nella UNI EN ISO 7730 [9] (vedi FAQ B.7).

AUTOBUS, AUTOCARRI, AUTOVETTURE

La norma UNI EN ISO 14505-2 [30] fornisce linee guida per la valutazione delle condizioni termiche all'interno di un veicolo quando le deviazioni dalla neutralità termica sono relativamente piccole. La valutazione dell'ambiente termico viene effettuata mediante la stima della temperatura equivalente (riferita al soggetto), definita nella norma come la temperatura di un ambiente omogeneo, dove la velocità dell'aria sia nulla e la temperatura media radiante sia uguale alla temperatura dell'aria, in cui un individuo sia soggetto agli stessi scambi termici per convezione e irraggiamento dell'ambiente reale in questione. La norma definisce differenti metodi di stima della temperatura equivalente che prevedono l'utilizzo di un manichino riscaldato o di un sistema di sensori disposti in diversi segmenti/punti che individuano la posizione di un soggetto seduto. Si rimanda alla norma [30] per ulteriori approfondimenti.

La norma UNI EN ISO 14505-3 [31] fornisce un metodo di prova per la valutazione del benessere termico nei veicoli. Essa non è limitata ad un particolare tipo di veicolo, il suo campo di applicazione è generale (autovetture, autocarri, bus, ecc.) e può essere utilizzata per lo sviluppo e valutazione dei veicoli. La norma fornisce un metodo per determinare la misura della prestazione di un veicolo nelle condizioni di interesse, in termini della probabilità di garantire condizioni di benessere termico alle persone. Il metodo si basa sull'interpretazione delle risposte fornite da un campione di almeno 8 persone ad una serie di questionari. Le risposte sono fornite in relazione ad una serie di scale di prestazione di tipo soggettivo, finalizzate a quantificare la percezione, accettabilità e preferenza che il soggetto è tenuto ad esprimere in merito alle condizioni ambientali del veicolo in questione. Si rimanda alla norma [31] per ulteriori approfondimenti.

TRENI

Il REGOLAMENTO (UE) N. 1302/2014 DELLA COMMISSIONE del 18 novembre 2014 relativo a una specifica tecnica di interoperabilità per il sottosistema «Materiale rotabile — Locomotive e materiale rotabile per il trasporto di passeggeri» del sistema ferroviario dell'Unione europea (STI) richiede che ci sia "disponibilità per il macchinista di un microclima consono al lavoro" .

Al punto 4.2.9.1.7 prescrive in particolare quanto segue:

All'altezza della testa e delle spalle del macchinista seduto nella posizione di guida (definita al punto 4.2.9.1.3) non devono transitare flussi d'aria causati dal sistema di ventilazione con una velocità dell'aria superiore al valore limite riconosciuto per assicurare un ambiente di lavoro adeguato.

La valutazione dell'adeguatezza delle condizioni microclimatiche a bordo dei treni, e la valutazione della conformità al regolamento UE sia in fase di

collaudo che di manutenzione va condotta applicando i criteri indicati dagli standard UNI EN 14813-1: Applicazioni ferroviarie - Condizionamento aria per cabine di guida - Parte 1: Parametri di comfort [35]

Le modalità di verifica di tali prestazioni, da effettuarsi soprattutto in fase di collaudo o di verifica periodica in fase di manutenzione, sono dettagliate nella norma UNI EN 14813-2 [36]

La norma UNI EN 14813-1 [35] specifica i requisiti minimi da soddisfare a bordo della cabina macchinista, in relazione alla classificazione della cabina (tab. 1) ed alle fasce climatiche del territorio (tab. 2).

Ai sensi del regolamento UE STI l'Italia si colloca nella fascia II nel periodo invernale e nella fascia I nel periodo estivo. Pertanto le prestazioni minime dell'impianto di climatizzazione andranno garantite per temperature esterne da -20°C a 40 °C.

PRESTAZIONI MINIME

Le prestazioni minime prescritte dalla norma sono le seguenti:

Condizioni limite invernali: Temperatura interna non deve essere inferiore a 18°C per qualsiasi categoria di cabina in assenza di irraggiamento solare diretto, alla massima velocità di esercizio con immissione di aria esterna al minimo.

Condizioni limite estive: La temperatura interna non potrà superare 27°C per le cabine di categoria A e 30°C per le cabine in categoria B. I valori di umidità relativa devono soddisfare quanto specificato in fig. 1.

CRITERI DI COMFORT

Il sistema di climatizzazione a bordo della cabina di guida dovrebbe avere la possibilità di regolare la temperatura tra 10 °C e 26 °C.

La temperatura interna dovrebbe corrispondere alla temperatura impostata all'interno dei limiti di prestazione precedentemente riportati.

Lo scostamento tra il valore impostato ed il valore effettivo in cabina non dovrebbe superare ± 1 K per cat. A e ± 2 K per cat. B.

Il gradiente verticale di temperatura (testa - piedi) del macchinista in posizione seduta non dovrebbe superare i 3 K per category A e 6 K per cat. B

L'umidità relativa dovrebbe essere conforme ai valori riportati nel grafico di figura 2.

La differenza della temperatura del pavimento, del soffitto, delle porte (esclusi finestrini) rispetto alla temperatura dell'aria non può discostarsi di più di 7 K cat. A per tutte le situazioni di esercizio e 12 K cat. B in condizioni stazionarie.

Per i finestrini e pareti frontali e per le porte esterne la differenza di temperatura deve essere contenuta entro i 12 K per cat. A in tutte le condizioni di esercizio e 15 K cat. B in condizioni stazionarie.

Tutte le superfici o i macchinari posti in contatto diretto e permanente con il macchinista devono essere in materiale a bassa conduttività termica per evitare sensazione di freddo e se necessario essere dotati di sistema di riscaldamento locale.

La temperatura di superfici calde a diretto contatto con il macchinista utilizzate per il riscaldamento localizzato (es. sedili riscaldati o pedane riscaldate) non deve superare i + 35 °C.

La temperatura di qualsiasi pannello radiante accessibile che non sia in permanente contatto con il macchinista non deve superare i + 60 °C.

Tabella 1 – Classificazione della cabine di guida

Table 1 — Driving cab classification

	Category A	Category B
Cab interior volume	$\geq 9 \text{ m}^3$	$< 9 \text{ m}^3$
Typical duration of continuous driver presence in the cab	$> 60 \text{ min}$	$\leq 60 \text{ min}$

NOTE Driving cab for main line and suburban/regional trains are in general category A and other vehicles are category B. Where driving areas are not physically separated from the passenger areas they are considered as category B.

Tabella 2 – Fasce climatiche: ai sensi del regolamento UE STI l'Italia si colloca nella fascia II nel periodo invernale e nella fascia I nel periodo estivo

Table D.1 — Definition of climatic zones — Winter

Zone (winter)	Minimum exterior temperatures °C
I	- 10
II	- 20
III	- 40

Table D.2 — Definition of climatic zones — Summer

Zone (summer)	Maximum exterior temperatures °C	Relative humidity %	Equivalent solar load (E_s) W/m ²
I	+ 40	40	800
II	+ 35	50	700
III	+ 28	45	600

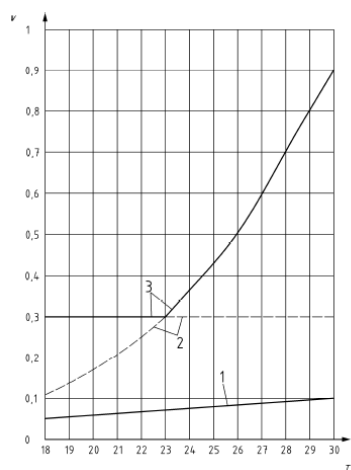


Figura 1 – Intervalli accettabilità velocità dell'aria in funzione della temperatura per le categorie A-B (misure in posizione operatore secondo protocollo specificato dalla norma norma UNI EN 14813-2

- 1: Velocità minima ammissibile aria per Cat. A e B
- 2: Velocità max. aria Cat. A
- 3: Velocità max aria Cat. B

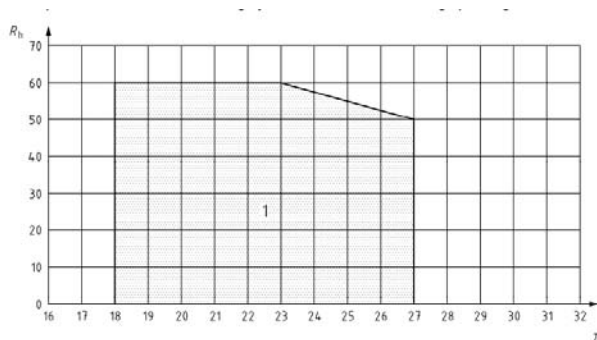


Figura 2- Criterio accettabilità umidità relativa in funzione della temperatura (Classe A). L'area sotto la curva indicata con il numero 1 rappresenta l'area di accettabilità dei valori di umidità relativa in funzione della temperatura in cabina. misure in posizione operatore secondo protocollo specificato dalla norma norma UNI EN 14813-2

C.14 Come si effettua la valutazione del rischio per soggetti con suscettibilità individuale al rischio microclima?

La norma UNI EN ISO 28803 [28] fornisce una guida sull'applicazione delle esistenti norme internazionali per le persone con speciali necessità. La norma riassume le disabilità che possono avere un impatto durante l'esposizione ad ambienti termici.

La norma puntualizza che le persone con requisiti speciali generalmente non rientrano nell'ambito di applicazione dei valori di riferimento definiti dalla maggior parte degli standard internazionali. Questi infatti sono in genere

applicabili solo per le persone con caratteristiche specifiche che vengono spesso definite "normali" o "tipiche".

Relativamente agli indici di valutazione la norma fa le seguenti considerazioni:

Indici PMV e PPD (FAQ C.5)

Il modello potrebbe richiedere delle modifiche per adeguare la previsione della sensazione termica per le persone con disabilità e per le persone anziane con alterazioni della termoregolazione. Per i soggetti a ridotta mobilità si dovrà tener conto del loro stato nella scelta del valore del metabolismo energetico.

Per le persone con disabilità motoria è importante che la temperatura dell'aria sia vicina a quella neutrale ed è necessario tener conto della presenza della sedia a rotelle nel calcolo dell'isolamento termico. Per le persone anziane, a causa di problemi nella vasocostrizione e a fronte di sensazioni termiche ridotte, sarebbe meglio evitare sensazioni termiche sul versante del freddo e quindi selezionare un intervallo di temperature che corrisponda a $0 < PMV < +0,5$ (UNI EN ISO 28803 [28]).

Indice WBGT, PHS (FAQ C.7)

Entrambi gli indici sono stati sviluppati per la prevenzione degli effetti termici su soggetti sani in assenza di condizioni individuali di suscettibilità termiche (Tab. A.1). Per i soggetti che presentino condizioni individuali di suscettibilità termica, andrà sempre effettuata una valutazione specifica, individuando, caso per caso, le appropriate misure di tutela da mettere in atto, di concerto con il Medico competente e, se, del caso, con il medico curante (vedi FAQ D.7).

Indice IREQ (FAQ C.8)

L'indice IREQ è stato sviluppato per la prevenzione degli effetti termici su soggetti sani in assenza di condizioni individuali di suscettibilità termiche (Tab. A.1) e non è in genere utilizzabile nel caso di soggetti particolarmente sensibili.

Non esistono indicazioni quantitative per tenere conto dell'esposizione dei soggetti sensibili. In questi casi deve essere effettuata una valutazione individuale ("ad personam") per ogni soggetto esposto e validata sul campo.

Per i soggetti che presentino condizioni individuali di suscettibilità termica, andrà sempre effettuata una valutazione specifica, individuando, caso per caso, le appropriate misure di tutela da mettere in atto, di concerto con il Medico competente e, se, del caso, con il medico curante (vedi FAQ D.7).

Al fine di rendere consapevoli i lavoratori della necessità del tempestivo riconoscimento delle condizioni di suscettibilità individuale, è raccomandato che nell'ambito della valutazione del rischio venga predisposta una lista di

controllo, che metta in grado ciascun lavoratore di segnalare al Medico Competente, nel rispetto delle normative sulla privacy, la presenza o l'insorgenza di fattori di rischio individuali prima di svolgere il lavoro in condizioni di stress termico, per poter pianificare, le opportune misure di tutela. Un esempio di lista di controllo è proposta nella tabella C.14.1.

Tabella C.14.1 - LISTA DI AUTOVALUTAZIONE PER PREVENIRE L'ESPOSIZIONE DI LAVORATORI IN CONDIZIONI DI SUSCETTIBILITA' INDIVIDUALE

ATTENZIONE: SE TI RICONOSCI IN UNA DI QUESTE SITUAZIONI DI SUSCETTIBILITA' CONTATTA IMMEDIATAMENTE IL MEDICO COMPETENTE O IN SUA ASSENZA IL PREPOSTO PRIMA DI LAVORARE AL CALDO O AL FREDDO

Stai assumendo o devi cominciare ad assumere farmaci quali:

- farmaci per ipertensione, per malattie cardiovascolari, per disturbi della coagulazione;
- farmaci per disturbi della tiroide, per malattie respiratorie croniche;
- tranquillanti, sedativi, antidepressivi, farmaci per il trattamento dell'insonnia;
- farmaci anti infiammatori ed analgesici;
- antistaminici

Hai la febbre?

Sei in stato di gravidanza?

Hai diarrea, vomito?

Segui particolari diete o sei in regime di restrizione idrica (esempio Ramadan)?

Hai meno di 20 anni o più di 55 anni?

Rientri al lavoro dopo un periodo di malattia o ferie o inizi ora il lavoro?

Hai avuto in passato un colpo di calore?

Fai uso di alcol o sostanze stupefacenti?

Sei obeso?

SEI AFFETTO DA UNA DI QUESTE PATOLOGIE?

- patologie cardiovascolari rilevanti (es. cardiopatia ischemica, cardiopatia ipertensiva, turbe del ritmo cardiaco);
- patologie respiratorie (es. BPCO, asma bronchiale, bronchiti ricorrenti);
- patologie metaboliche (es. diabete mellito insulino-dipendente;
- iper/ipotiroidismo obesità grave);
- patologie renali (insufficienza renale cronica e/o dialisi, calcolosi renale, alterazioni elettrolitiche);
- disturbi psichici, patologie neurologiche (es. epilessia, episodi sincopali)

SEZIONE D

GESTIONE DEL RISCHIO

D.1 Come comportarsi all'esito della valutazione?

A seguito degli esiti della valutazione del rischio è necessario:

- a) definire procedure di riduzione e controllo del rischio in relazione alle tipologie di attività lavorative svolte e all'ottimale organizzazione del lavoro, individuando date e tempi di realizzazione degli stessi (vedi tabella D.1.1)
- b) definire le specifiche misure di prevenzione e protezione da mettere in atto, qualora insorgano situazioni di non conformità e criticità, per le diverse categorie di lavoratori;
- c) definire le necessità di sorveglianza sanitaria in relazione alle criticità termiche emerse nell'ambito della valutazione del rischio, con particolare riguardo alla tutela dei soggetti particolarmente sensibili;
- d) determinare l'efficacia delle azioni di riduzione e controllo del rischio messe in atto, cui al punto a), confrontando i parametri valutativi ottenuti con gli appropriati valori di riferimento considerando la tipologia all'ambiente lavorativo (moderabile / vincolato);
- e) decidere se sia necessario un ulteriore approfondimento valutativo;
- f) definire il programma di sorveglianza sanitaria, in relazione agli esiti della rivalutazione (dovrebbe essere necessario solo nel caso di ambienti vincolati) (punto b).

La tabella D.1.1 riporta una rappresentazione schematica delle possibili misure tecniche da mettere in atto.

Tabella D.1.1 – Esempi di misure tecniche di prevenzione

Temperatura dell'aria
Posizionare le sorgenti calde o fredde in aree esterne ai luoghi di lavoro abitualmente occupati dai lavoratori.
Eliminare le sorgenti di aria calda/fredda. Isolare le superfici calde. Isolare gli sfiati di aria calda o fredda. Prevedere indumenti di lavoro per il caldo /freddo.
Umidità
Eliminare scarichi di vapore o acqua nell'ambiente. Isolare le superfici raffreddate con acqua o qualsiasi superficie che produca vapori. Se sono usati indumenti impermeabili accertarsi che siano traspiranti.
Radiazione Termica
Ridurre le superfici radianti. Usare schermi riflettenti. Isolare o schermare opportunamente le superfici radianti. Posizionare le aree di lavoro lontano da superfici radianti. Usare indumenti speciali di protezione per calore radiante (se necessario).

Flussi di aria
Ridurre o eliminare flussi/ correnti d'aria che investano in maniera diretta i lavoratori. Usare schermi per proteggere localmente da correnti d'aria. Posizionare le aree di lavoro il più possibile lontano da correnti/flussi d'aria.
Ambienti moderabili
Per tutti gli ambienti non vincolati predisporre una procedura di verifica dell'efficienza dell'impianto di climatizzazione e del sistema di controllo delle condizioni microclimatiche interne. Qualora non sia presente un idoneo impianto di climatizzazione, prevedere la possibilità di adeguata climatizzazione; predisporre nell'immediato un efficiente sistema di controllo delle condizioni microclimatiche interne (es termoigrometri), per prevenire e fronteggiare l'insorgenza di condizioni di lavoro critiche mediante l'adozione di idonee procedure organizzative. Predisporre un piano di azione in caso di insorgenza di condizioni microclimatiche critiche.

Esempi di azioni preventive di carattere organizzativo e procedurale da mettere in atto per prevenire il rischio microclima in ambienti caldi e freddi sono riportati schematicamente nella tabella D.1.2.

Tabella D.1.2 – Esempi di misure organizzative e procedurali di prevenzione per ambienti vincolati

AMBIENTI CALDI
<ul style="list-style-type: none"> • rendere disponibile sui luoghi di lavoro un termometro ed igrometro; • programmare i lavori più faticosi, ove possibile, in orari con temperature favorevoli; • programmare pause - definendone durata e periodicità - in aree di lavoro in condizioni di comfort termico; • prevedere un programma di acclimatamento per i lavoratori alle condizioni termiche di esercizio; • programmare, laddove possibile, una rotazione nel turno fra i lavoratori esposti; • garantire disponibilità di acqua per l'idratazione con specifici protocolli di assunzione dei liquidi; • fornire ai lavoratori - ove possibile - indumenti da lavoro leggeri di tessuto traspirante; • formare ed informare i lavoratori sulle problematiche legate all'esposizione al caldo, sulle procedure di lavoro da adottare, sulle metodiche di acclimatamento e a seguito dell'insorgenza di condizioni di suscettibilità individuale; • fornire ai lavoratori pasti adeguati ricchi in frutta e verdura, evitando cibi ricchi in grassi e sale che rallentano la digestione e predispongono a stress da caldo.
AMBIENTI FREDDI
<ul style="list-style-type: none"> • programmare pause - definendone durata e periodicità - in aree di lavoro in condizioni di comfort termico; • asciugarsi regolarmente il sudore in caso di sforzo fisico; • fornire ai lavoratori DPI antifreddo per il corpo e per il capo conformi alla norma UNI EN 342:2018 e per le mani conformi alla norma UNI EN 511:2006 (vedi FAQ D.3); • indossare berretti antifreddo (se necessario al di sotto del casco antinfortunistico); • evitare che l'abbigliamento per il freddo risulti aderente e verificarne la buona traspirazione per consentire la dispersione del sudore eventualmente accumulato; • formare ed informare i lavoratori sulle problematiche legate all'esposizione al caldo, sulle procedure di lavoro da adottare, sulle metodiche di acclimatamento e a seguito dell'insorgenza di condizioni di suscettibilità individuale; • fornire ai lavoratori pasti adeguati, bevande calde e vietare l'uso di bevande alcoliche che non aiutano a combattere il freddo.

PROGRAMMA DI MISURE TECNICHE

Come specificato nella FAQ D.2, nell'ambito del documento di valutazione del rischio andranno sempre indicate le misure tecniche e/o organizzative che si adotteranno per eliminare o ridurre il rischio e garantire nel tempo il miglioramento della condizione espositiva, indicazione delle modalità, tempistiche e figure aziendali preposte all'attuazione del programma.

AMBIENTI VINCOLATI

Gli articoli 28 e 29 del Titolo I, e per gli agenti fisici il Capo I del Titolo VIII all'articolo 181 comma 3, prescrivono che nella valutazione dei rischi vada precisato quali misure di prevenzione e protezione devono essere adottate. In quest'ambito si ribadisce esplicitamente come anche il programma delle misure di prevenzione e riduzione del rischio trova riferimento nella redazione di una relazione che costituisce parte integrante del documento di valutazione dei rischi.

In sintesi, se al termine della valutazione del rischio microclima si sono riscontrate non conformità con i limiti riportati nelle norme tecniche relative a possibili stress termici, che ricordiamo essere la norma UNI EN ISO 11079 [12] per gli ambienti freddi, le norme UNI EN ISO 7243 [11] e UNI EN ISO 7933 [10] per gli ambienti caldi, il documento di valutazione dei rischi dovrà contenere un "programma di intervento" nel quale risultino esplicitate le azioni di natura tecnica e/o organizzativa da intraprendere in quanto ritenute efficaci ai fini della riduzione del rischio e per la tutela dei lavoratori. In questo documento vanno incluse la modalità e le tempistiche realizzative degli interventi programmati, l'individuazione della figura responsabile del processo di attuazione e infine i risultati attesi, su base previsionale, in termine di contenimento dell'esposizione a completamento del programma.

AMBIENTI MODERABILI (FAQ E.2)

Anche nel caso degli ambienti moderabili, che ricade invece sotto la giurisdizione dell'Allegato IV del D. Lgs. 81/2008 [1], l'esito della valutazione può comportare la richiesta di redigere un programma di misure tecniche o organizzative, soprattutto nei casi in cui la dimostrata inadeguatezza delle condizioni termo-igrometriche ambientali alla situazione lavorativa in esame e/o alle condizioni individuali del lavoratore sia in grado di comportare effetti sulla salute e sicurezza dei lavoratori.

È fondamentale che la valutazione del microclima preveda un programma di procedure ad hoc da mettere in atto per la prevenzione degli effetti sulla salute e sulla sicurezza legati all'insorgenza di condizioni microclimatiche critiche anche in ambienti "moderabili" ove le condizioni climatiche sfavorevoli possono

comportare effetti rilevanti (incidenti, infortuni, stress etc.) dovuti al disagio e alla disattenzione (es. trasporti, terziario, logistica, commercio etc). Il piano degli interventi e delle azioni da mettere in atto per garantire il conseguimento delle condizioni di comfort nei differenti possibili scenari sarà a beneficio sia del datore di lavoro, che può pianificare in modo sistematico e ragionato gli interventi da eseguire, sia dell'organo di controllo e degli RLS che possono verificare rapidamente se, e in che misura, si è dato seguito, nei tempi e nei modi indicati, agli impegni presi.

D.2 Come deve essere strutturato e che cosa deve riportare il Documento di Valutazione dell'esposizione professionale al microclima?

Alla luce del D.Lgs. 81/2008 [1] (ex art. 28) e in particolare per gli agenti fisici in riferimento al Titolo VIII, il documento di valutazione dell'esposizione al microclima (DVRm) va inteso come una sezione del Documento di Valutazione di tutti i Rischi per la salute e sicurezza (DVR).

Premesso che le modalità di presentazione dei risultati della valutazione da parte del *personale qualificato* sono libere, si forniscono le seguenti indicazioni sui contenuti minimi richiesti. Il DVRm dovrà riportare:

- data/e di effettuazione delle eventuali misurazioni e della valutazione;
- dati identificativi delle persone che hanno partecipato a vario titolo alla stesura del documento (personale qualificato, RSPP, Medico Competente, ecc.);
- descrizione del ciclo di lavoro, mansioni, compiti lavorativi correlati al processo di valutazione;
- classificazione degli ambienti termici oggetto della valutazione (vedi FAQ C.1);
- informazioni relative agli impianti di climatizzazione esistenti nei locali di lavoro e, se disponibili, parametri ambientali garantiti da progetto;
- informazioni relative alle misurazioni (se eseguite) quali ad esempio:
 - identificazione delle postazioni di misura (con l'ausilio ad esempio di: layout aziendale, foto, descrizione, ecc.);
 - identificazione e caratteristiche della strumentazione utilizzata;
 - condizioni meteorologiche esterne durante l'effettuazione dei campionamenti;
 - ora, durata, intervallo di acquisizione delle grandezze ambientali;
 - esito dei campionamenti per ogni postazione;
- caratterizzazione dei parametri personali in relazione a mansioni / compiti / ambiente termico considerato;
- stima degli indici termici descrittivi correlati alla mansione/lavoratore;

- classificazione dell'esposizione e definizione delle fasce di rischio, quadro di sintesi degli esposti, eventuale individuazione delle aree a rischio;
- modalità di consultazione dei lavoratori o loro rappresentanti;
- misure di tutela da adottare per i lavoratori particolarmente sensibili e all'insorgere di condizioni di suscettibilità termica;
- individuazione delle misure preventive e protettive da adottarsi a seguito degli esiti della valutazione per le diverse categorie di lavoratori e per le diverse attività lavorative svolte con indicazione delle figure aziendali preposte all'attuazione ed alla sorveglianza delle stesse;
- individuazione - ove necessario - delle misure di tutela e procedure di lavoro da adottarsi in condizioni microclimatiche critiche, in presenza di allerte meteo riscontrabili nell'ambiente di lavoro a seguito di eventi saltuari e non ordinari che potrebbero incidere in modo critico sulle condizioni microclimatiche (guasti, manutenzioni, condizioni meteo eccezionali, ecc.)
- programma delle misure tecniche e/o organizzative che si adotteranno per eliminare o ridurre e tenere sotto controllo il rischio e garantire nel tempo il miglioramento della condizione espositiva; indicazione delle modalità, tempistiche e figure aziendali preposte all'attuazione del programma (vedi FAQ D.1).
- individuazione delle procedure di acquisto, manutenzione, sostituzione e collaudo dei sistemi di climatizzazione e di tutti gli apparati che possano avere influenza sulle condizioni microclimatiche dell'ambiente di lavoro.

D.3 Esistono dispositivi di protezione individuali o dispositivi ausiliari indossabili?

Esistono diversi capi d'abbigliamento per i quali è prevista una certificazione, ovvero una dichiarazione del costruttore ai sensi di una normativa europea armonizzata, relativa alle prestazioni dell'indumento.

Per quanto riguarda la protezione contro il freddo: isolamento termico I_{cl} , permeabilità all'aria p , resistenza alla penetrazione dell'acqua. I capi d'abbigliamento certificati come DPI sono pochi e orientati a protezione da condizioni di grande freddo. Le norme tecniche di riferimento sono:

- UNI EN 342:2018 Indumenti di protezione – Completi e capi di abbigliamento per la protezione contro il freddo [19];
- UNI EN 511 Guanti di protezione contro il freddo [22];
- UNI EN 14058 Indumenti di protezione – Capi di abbigliamento per la protezione contro gli ambienti freddi [23].

Per quanto riguarda la protezione contro il caldo esistono DPI che agiscono in difesa dal calore e dal fuoco ovvero protettivi contro brevi contatti con la

fiamma, contro i flussi di calore convettivi e radiativi. Le norme tecniche di riferimento sono:

- UNI EN 166 Protezione personale degli occhi – Specifiche [24];
- UNI EN 407 Guanti di protezione contro rischi termici (calore e/o fuoco) [25];
- UNI EN ISO 11612 Indumenti di protezione – Indumenti per la protezione contro il calore e la fiamma - Requisiti prestazionali minimi [26].

Esistono inoltre indumenti refrigeranti e sistemi di raffrescamento ausiliari indossabili che possono essere utili per prevenire l'insorgenza dello stress termico. I più comuni sistemi ausiliari refrigeranti consistono in:

- applicazione di materiale freddo (tipicamente ghiaccio o gel refrigerati) tra indumento da lavoro e corpo del lavoratore;
- indumenti refrigerati ad aria;
- indumenti refrigerati ad acqua;
- indumenti refrigerati a cambio di fase

Come avviene per i DPI l'adozione di tali sistemi dovrà essere attentamente vagliata in relazione ai requisiti ergonomici e sottoposta a giudizio di accettabilità da parte del lavoratore. E' sempre da considerare che molti sistemi di raffreddamento indossabili sono talvolta ingombranti o poco pratici nell'impiego lavorativo.

D.4 Informazione e formazione: quando e con quali contenuti?

Nel D.Lgs. 81/2008 [1] l'attivazione della informazione e formazione dei lavoratori esposti a condizioni microclimatiche sfavorevoli non è legata, a differenza di quanto accade per il rumore, al raggiungimento o superamento di determinati valori di esposizione, indicati nel D.Lgs. 81/2008 stesso, ma, in analogia con gli altri agenti fisici, alla sola presenza del rischio stesso.

In ambienti moderati può essere necessario, a fini prevenzionistici, fornire l'informazione necessaria per il corretto utilizzo di climatizzatori e condizionatori, in particolare sulla corretta impostazione dei parametri termigrometrici per evitare che possano diventare causa di discomfort. È inoltre richiesta la formazione sulle corrette procedure di acquisto, manutenzione e sostituzione dei sistemi di climatizzazione, per le diverse figure aziendali con competenza in materia.

La formazione dovrà essere incentrata sulle specifiche misure di prevenzione e protezione previste, ivi incluse le misure di tutela da attuarsi per i soggetti particolarmente sensibili. Qualsiasi lavoratore che rientri in uno dei gruppi «a rischio» riconosciuti sarà così consapevole della necessità di comunicarlo ai

dirigenti, per attivare, se necessario, un processo di valutazione "specifica" del rischio e di sorveglianza sanitaria (vedi FAQ A.3). Tale informazione è indispensabile anche per rendere consapevoli tutti i lavoratori che, qualora nel corso degli anni intervenga un possibile cambiamento nella situazione individuale che li faccia rientrare nella categoria di *"soggetto particolarmente sensibile"* per un determinato rischio, devono darne tempestiva comunicazione al datore di lavoro che provvederà all'effettuazione di una valutazione specifica di concerto con il Medico Competente.

L'informazione e formazione specifica sul rischio microclimatico deve essere senz'altro sempre attivata, in tutti gli ambienti di lavoro sottoposti a condizioni microclimatiche severe.

Pertanto il lavoratore deve ricevere un'adeguata informazione e formazione sui rischi che corre durante l'esposizione ad ambienti caldi o freddi (sia indoor che outdoor) e questo ovviamente deve avvenire prima della sua esposizione. In riferimento ai contenuti della informazione/formazione sul rischio microclimatico devono essere innanzitutto fornite le informazioni obbligatoriamente previste dall'art. 184 del D.Lgs. 81/2008, e, dunque:

- i risultati della valutazione del rischio;
- le misure adottate dal datore di lavoro ai fini di ridurre il rischio;
- le modalità per individuare e segnalare gli effetti negativi dell'esposizione per la salute;
- le circostanze nelle quali i lavoratori hanno diritto a una sorveglianza sanitaria e gli obiettivi della stessa;
- le procedure di lavoro sicure per ridurre al minimo i rischi derivanti dall'esposizione;
- l'uso corretto di adeguati dispositivi di protezione individuale e le relative indicazioni e controindicazioni sanitarie all'uso.

Nella informazione/formazione dovrà essere anche dato conto:

- dei possibili sintomi e problemi di salute causati dal calore o dal freddo intenso e le relative procedure da seguire nel caso tali sintomi si presentassero;
- dei segni e sintomi premonitori delle patologie causate dalla permanenza in ambienti termici severi;
- delle condizioni di suscettibilità individuale;
- opportunità di consultare il medico competente o il proprio medico di fiducia su eventuali modifiche/sospensioni dei trattamenti farmacologici in corso;
- quali procedure seguire nel caso un lavoratore presentasse sintomi compatibili con le patologie da caldo/freddo, incluse le procedure di emergenza;
- come utilizzare i dati meteo (se pertinente);

- come rispondere agli avvisi meteo (se pertinente).

Formazione specifica degli addetti al Primo Soccorso aziendale su:

- possibili problemi di salute causati dal calore/freddo;
- segni e sintomi premonitori;
- nozioni di primo soccorso;
- procedure di emergenza da mettere in atto in caso di insorgenza di sintomi da patologie da caldo (chiamare il 118....);
- condizioni di suscettibilità individuale.

FORMAZIONE ED ADDESTRAMENTO SPECIFICI

Per tutti i lavoratori ed i preposti che devono effettuare delle lavorazioni in condizioni microclimatiche severe dovrebbe essere previsto un corso specifico di addestramento allo stress termico.

I contenuti del corso dovrebbero riguardare la prevenzione ed il primo soccorso in caso di presenza di patologie dovute al caldo/freddo. La parte di prevenzione ha come scopo quello di far riconoscere i segnali ed i sintomi delle patologie dovute al caldo/freddo in modo da mettere in atto il primo soccorso e le opportune procedure correttive/di emergenza in tempi brevi.

In aggiunta agli argomenti illustrati, il preposto dovrebbe essere formato sui seguenti aspetti:

- le procedure da adottare per sviluppare adeguatamente e correttamente l'acclimatamento del lavoratore;
- quali procedure seguire nel caso un lavoratore presentasse sintomi compatibili con le patologie da caldo/freddo, incluse le procedure di emergenza;
- come monitorare i rapporti/bollettini meteo (particolarmente per i lavoratori outdoor o lavoratori in ambienti non climatizzati);
- come rispondere agli avvisi meteo in relazione alle procedure aziendali messe in atto;
- modalità di assunzione di liquidi e modalità di effettuazione delle pause in condizioni abituali e in condizioni di emergenza meteo.

D.5 Come gestire il rischio per i lavoratori outdoor?

I seguenti criteri sono utilizzabili anche nel caso di lavori in ambienti chiusi non climatizzati, ove le condizioni termoigrometriche interne siano influenzate dalle condizioni climatiche esterne.

Caldo

La azioni preventive da mettere in atto per prevenire il rischio microclima in ambienti caldi outdoor consistono nel:

- Individuare un responsabile, presente sul luogo dove si svolge l'attività, che potrà coincidere con il preposto o con l'addetto al pronto soccorso, per la sorveglianza delle condizioni meteorologiche, formato sull'appropriato uso dell'indice di calore e sugli indicatori di rischio di stress termico, preposto all'attuazione delle misure di tutela specifiche in caso di insorgenza delle condizioni di stress termico;
- Rendere disponibile sui luoghi di lavoro un termometro ed igrometro;
- Garantire disponibilità di acqua fresca sul posto di lavoro. A tal fine è necessario predisporre quanto segue:
 - ✓ Identificare un'area dove sia accessibile il rifornimento di acqua potabile per ciascun lavoratore;
 - ✓ Rendere sempre disponibili almeno 1 litro d'acqua/ora per ogni lavoratore e che siano disponibili bicchieri, borracce, taniche di acqua individuali per ciascun lavoratore;
 - ✓ Verificare periodicamente (almeno ogni ora) il rifornimento d'acqua ed il consumo d'acqua;
 - ✓ L'acqua fornita dovrà essere fresca, a temperatura inferiore alla temperatura ambiente, (temperatura intorno a 14-16 °C), potabile e disponibile gratuitamente per tutti i lavoratori. Essa dovrà essere resa disponibile in contenitori individuali (borracce, bottiglie, bicchieri etc.) in dotazione a ciascun lavoratore;
 - ✓ I contenitori dell'acqua dovranno essere situati in posizioni facilmente raggiungibili e vicine alle postazioni di lavoro. Qualora ciò non sia facilmente realizzabile, dovranno essere forniti ai lavoratori contenitori individuali, bottiglie o borracce, da conservare in luogo fresco in prossimità del posto di lavoro. Attenzione: disporre l'approvvigionamento d'acqua in un unico posto in prossimità ad esempio di spogliatoi o servizi non è in genere sufficiente a garantire accesso all'acqua ai lavoratori, se l'area ove si svolgono le lavorazioni è molto estesa;
 - ✓ Ad inizio turno dovrà essere ribadita a ciascun lavoratore la necessità di bere ad intervalli regolari;
 - ✓ Raccomandare di bere prima di iniziare il lavoro, per non cominciare il lavoro in condizioni di disidratazione;
 - ✓ Raccomandare di bere un bicchiere d'acqua ogni 20 minuti circa. Preferibile bere poco e frequentemente, anche se non si avverte lo stimolo della sete. Orientativamente bere $\frac{3}{4}$ litro - 1 litro per ora;

- ✓ Evitare di bere più di 1.5 litri di acqua in un'ora. L'eccesso di liquidi provoca carenza di sali minerali e può causare effetti sulla salute;
- ✓ L'assunzione di bevande energetiche utilizzate in ambito sportivo per compensare i sali minerali persi con il sudore può avere effetti negativi in termini di eccesso di calorie ingerite, o provocare scompensi. In genere un'alimentazione equilibrata è in grado di reintegrare la perdita di sali dovuta alla sudorazione;
- ✓ L'assunzione di integratori salini o altre sostanze diverse dall'acqua potrà avvenire solo sotto supervisione medica;
- ✓ Si raccomanda di utilizzare segnali acustici, messaggi audio, qualsiasi tipo di comunicazione efficace per ricordare ai lavoratori di effettuare pause al fresco e bere;
- programmare i lavori più faticosi in orari con temperature favorevoli (ad esempio la mattina presto o nel tardo pomeriggio - sera);
- prevedere, laddove possibile, lavorazioni all'ombra o al chiuso in ambiente fresco nelle ore più calde altrimenti sospendere i lavori nelle ore critiche;
- programmare pause in luoghi freschi e comunque in aree ombreggiate; le aree ombreggiate dovranno essere situate il più possibile in prossimità delle aree di lavoro. Esse dovranno essere di dimensioni e numero tali da garantire il riposo all'ombra di tutti i lavoratori in ciascuna area. Qualora le aree ombreggiate non siano sufficienti per tutti lavoratori, dovranno essere predisposte idonee turnazioni.
- I pasti dovranno essere consumati sempre in aree ombreggiate;
- fornire ai lavoratori pasti adeguati ricchi in frutta e verdura, evitando cibi ricchi in grassi e sale che rallentano la digestione e predispongono a stress da caldo;
- prevedere un programma di acclimatamento per i lavoratori alle condizioni termiche di esercizio;
- programmare, laddove possibile, una rotazione nel turno fra i lavoratori esposti;
- fornire ai lavoratori:
 - ✓ cappelli a tesa larga e circolare per la protezione di capo, orecchie, naso e collo;
 - ✓ abiti leggeri di tessuto traspirante;
 - ✓ scarpe di sicurezza /protezione di modello estivo;
 - ✓ indumenti da lavoro refrigeranti, da valutare di concerto con i lavoratori e MC, in situazioni specifiche in cui le misure di tutela attuate non siano sufficienti a prevenire lo stress termico.
- formare ed informare i lavoratori sulle problematiche legate all'esposizione al caldo; liste di autocontrollo fattori individuali; come rispondere alle allerte;
- formare in modo specifico i lavoratori sottoposti ad autorestrizione idrica (vedi FAQ D.6).

Freddo

Le azioni preventive da mettere in atto per prevenire il rischio microclima in ambienti freddi outdoor consistono nel:

- definire turni di lavoro solo nel periodo diurno (dalle 8 alle 17);
- predisporre periodi di pausa in ambienti confortevoli;
- predisporre ove possibile ripari dal vento e dalla pioggia;
- asciugarsi regolarmente il sudore in caso di sforzo fisico;
- fornire ai lavoratori DPI antifreddo per il corpo e per il capo conformi alla norma UNI EN 342:2018 e per le mani conformi alla norma UNI EN 511:2006 (vedi FAQ D.3);
- fornire ai lavoratori DPI per la protezione dalla pioggia conformi alla norma UNI EN 343:2019;
- indossare berretti antifreddo (se necessario al di sotto del casco antinfortunistico);
- evitare che l'abbigliamento per il freddo risulti aderente e verificarne la buona traspirazione per consentire la dispersione del sudore eventualmente accumulato;
- fornire ai lavoratori opportuna formazione ed informazione sulle problematiche legate all'esposizione al freddo;
- fornire ai lavoratori pasti adeguati, bevande calde e vietare l'uso di bevande alcoliche che non aiutano a combattere il freddo.

D.6 Come gestire il rischio per lavoratori in regime di auto restrizione idrica per motivi religiosi o altri motivi?

Tutti i datori di lavoro pubblici e privati hanno l'obbligo, individuato dal legislatore nell'art. 1 del D.Lgs. 81/2008 e s.m.i., di garantire "l'uniformità della tutela delle lavoratrici e dei lavoratori sul territorio nazionale attraverso il rispetto dei livelli essenziali delle prestazioni concernenti i diritti civili e sociali, anche con riguardo alle differenze di genere, di età e alla condizione delle lavoratrici e dei lavoratori immigrati". E' pertanto indispensabile che nella prevenzione dello stress termico si attuino protocolli specifici di tutela per lavoratori esposti a rischio microclima che pratichino il Ramadan.

In particolare, l'obbligo è ulteriormente sottolineato all'art. 28 "valutazione dei rischi", che recita: "La valutazione di cui all'articolo 17, comma 1, lettera a), anche nella scelta delle attrezzature di lavoro e delle sostanze o dei preparati chimici impiegati, nonché nella sistemazione dei luoghi di lavoro, deve riguardare tutti i rischi per la sicurezza e la salute dei lavoratori, ivi compresi quelli riguardanti gruppi di lavoratori esposti a rischi particolari, tra cui anche quelli collegati allo stress lavoro-correlato, secondo i contenuti dell'Accordo Europeo dell'8 ottobre 2004, e quelli riguardanti le lavoratrici in stato di

gravidanza, sulla base di quanto previsto dal Decreto Legislativo 26 marzo 2001, n. 151, nonché quelli connessi alle differenze di genere, all'età, alla provenienza da altri Paesi e quelli connessi alla specifica tipologia contrattuale attraverso cui viene resa la prestazione di lavoro”.

Il principale accorgimento per prevenire la disidratazione del lavoratore che pratica il Ramadan e che si trovi a dover operare in ambiente caldo è far sì che il lavoratore beva almeno 2 litri d'acqua dopo il tramonto e 2 litri d'acqua prima dell'alba: l'idratazione è cumulativa e quindi questo accorgimento è fondamentale. Sarà compito e cura del MC o del RSPP formare in tal senso il lavoratore e spiegare la necessità di tale accorgimento.

Andranno inoltre attuate le stesse misure di tutela previste per gli altri lavoratori, predisponendo eventualmente pause più frequenti al fresco per consentire la refrigerazione.

Importante è inoltre il regime alimentare da seguire dopo il tramonto e prima dell'alba, assumere/non assumere determinati cibi e bevande dopo il tramonto e prima dell'alba, quando si interrompe il digiuno, adottando uno stile alimentare appropriato, come di seguito indicato:

- evitare di saltare il pasto del Suhoor (mattina prima dell'inizio del digiuno);
- preferire cibi con elevato contenuto di fibre e poveri di grassi insaturi;
- se possibile consumare i pasti dopo il digiuno in 2-3 pasti ridotti per evitare gli effetti dell'iperglicemia;
- assumere carboidrati complessi all'inizio del giorno e carboidrati semplici la sera dopo il tramonto.

Anche su tali importanti aspetti dovrà essere formato il lavoratore, in stretto coordinamento con il MC.

D.7 Quali criteri per gestire l'acclimatemento?

In caso di primo ingresso al lavoro in ambiente caldo o in caso di rientro da ferie o interruzioni dell'attività lavorativa al caldo di più di una settimana, è indispensabile prevedere un percorso di acclimatemento nelle lavorazioni al caldo.

A tal fine è necessario che sia disponibile una procedura aziendale relativa all'acclimatemento, e che su questa siano stati formati i lavoratori.

I punti essenziali per pianificare un programma efficace di acclimatemento sono i seguenti:

- I risultati ottimali si raggiungono prevedendo un piano di lavoro che preveda un incremento graduale delle durate delle lavorazioni in ambiente caldo in un periodo di 7-14 giorni , pianificando pause che prevedano il

raffreddamento e l'idratazione del lavoratore. (vedi tabella D.7.1)

- Tenere presente che forzare la durata espositiva fino al raggiungimento dell'esaurimento da calore porta a compromettere e non migliorare la tolleranza al calore
- Tipicamente l'acclimatamento prevede almeno due ore/giorno di esposizione al caldo , che possono essere spezzate in due periodi di 1 ora ciascuno.
- L'acclimatamento deve essere specifico per il tipo di lavoro svolto al caldo. Essere semplicemente in ambiente caldo non è sufficiente ai fini dell'acclimatamento. Svolgere un lavoro leggero al caldo rende acclimatati SOLO all'esecuzione di lavoro leggero al caldo: lavori più lunghi ed impegnativi dal punto di vista dello sforzo fisico richiedono un acclimatamento più lungo .
- Controllare sempre l'idratazione: La disidratazione riduce i benefici dell'acclimatamento
- Il consumo di pasti regolari favorisce l'acclimatamento. Con il cibo si reintegrano gli elettroliti persi con il il sudore, specialmente durante i primi giorni di acclimatamenti, quando si perdono sali con il sudore .
- Una buona forma fisica ed un corretto regime alimentare favoriscono l'acclimatamento.

In tabella D7.1 si riporta un esempio di protocollo per l'acclimatamento su un periodo di 1 settimana.

Tabella D.7.1 esempio di protocollo di acclimatamento per lavori al caldo [40]

a) Esempio di scheda per l'acclimatamento di lavoratori nuovi allo specifico lavoro al caldo	
N.B. In alcuni casi può essere richiesta una settimana aggiuntiva per raggiungere l'acclimatamento. Si raccomanda di prevedere una seconda settimana di acclimatamento seguendo il protocollo b)	
I giorno	20% dell'abituale durata del lavoro al caldo
II giorno	40% dell'abituale durata del lavoro al caldo
III giorno	60% dell'abituale durata del lavoro al caldo
IV giorno	80% dell'abituale durata del lavoro al caldo
V giorno	100% dell'abituale durata del lavoro al caldo
b) Esempio di scheda per l'acclimatamento di lavoratori con esperienza nella specifica lavorazione al caldo (es. rientro da ferie, permessi etc.)	
I giorno	50% dell'abituale durata del lavoro al caldo
II giorno	60% dell'abituale durata del lavoro al caldo
III giorno	80% dell'abituale durata del lavoro al caldo
IV giorno	100% dell'abituale durata del lavoro al caldo
V giorno	100% dell'abituale durata del lavoro al caldo

L'acclimatamento si mantiene alcuni giorni dopo l'interruzione dell'esposizione al caldo, ma non è più garantito dopo circa 1 settimana dall'esposizione al caldo.

Dopo circa un mese dall'esposizione la tolleranza al caldo per la maggior parte delle persone è quella di base in assenza di esposizione al caldo.

Se il lavoro al caldo viene interrotto lavorando per 1-2 giorni in ambienti freschi con aria condizionata l'acclimatamento non ne risulta compromesso.

D.8 Quali indicazioni operative in relazione all' insorgenza di malattie da calore sul luogo di lavoro?

La malattia da calore può insorgere rapidamente: è indispensabile che ciascun lavoratore ne sappia riconoscerne i sintomi.

I lavoratori che presentino l'insorgenza di malattie da calore devono cessare immediatamente di svolgere le attività che stavano svolgendo, rinfrescarsi bagnandosi con acqua fresca e bere acqua potabile.

Essere in stato confusionale può essere un segno di colpo di calore e richiede un'immediata assistenza medica.

Nel trattamento di una grave malattia da calore, il raffreddamento è l'azione prioritaria da intraprendersi immediatamente, ed è indispensabile prevedere che venga sempre messa in atto all'insorgenza dei sintomi.

I segni e sintomi riportati in tabella D.8.1 possono manifestarsi in qualsiasi ordine. Ad esempio, non necessariamente l'esaurimento da calore è preceduto dai crampi di calore.

E' da tenere sempre presente che:

- Sentirsi male mentre si lavora al caldo è un serio segnale di allerta. Qualsiasi lavoratore che riferisca di sentirsi male durante il lavoro in condizioni di caldo potrebbe essere in esaurimento da calore, situazione clinica che può rapidamente progredire in un colpo di calore se non trattata prontamente.
- Il primo intervento di soccorso in caso di sospetto esaurimento da calore o colpo di calore comporta il RAFFREDDAMENTO del corpo il più rapidamente possibile, oltre al dare da bere acqua potabile.
- Le persone con una grave malattia da calore non sempre sono in grado di riconoscere i rischi che stanno correndo. Se un lavoratore mostra segni di esaurimento da calore o colpo di calore, non deve essere mai lasciato solo fino a quando non arrivano i soccorsi.

TABELLA D.8.1 CRITERI OPERATIVI DI GESTIONE MALATTIE DA CALORE

Colpo di calore
<ul style="list-style-type: none">✓ Stato confusionale, alterazione mentale, linguaggio confuso, perdita di coscienza✓ Pelle calda e secca o sudorazione profusa✓ Convulsioni✓ Temperatura corporea molto elevata✓ È una condizione letale se viene ritardato il trattamento
Azioni da intraprendere: <ul style="list-style-type: none">• Questa è un'emergenza! Chiama immediatamente il 118 o il numero unico 112!• Sposta il lavoratore in un'area fresca e rimuovigli gli indumenti esterni• Raffredda il lavoratore con acqua fredda, impacchi freddi, immergendolo in una vasca di acqua fredda o con l'uso di ventilatori• Fai circolare l'aria intorno al lavoratore per accelerare il raffreddamento• Posiziona panni freddi e bagnati o ghiaccio su testa, collo, ascelle e inguine• Resta con il lavoratore fino all'arrivo dell'ambulanza.
Esaurimento da calore
<ul style="list-style-type: none">✓ Mal di testa✓ Nausea✓ Vertigini, debolezza✓ Irritabilità✓ Sete, forte sudorazione✓ Elevata temperatura corporea✓ Diminuzione della produzione di urina
Azioni da intraprendere: <ul style="list-style-type: none">• Richiedi assistenza medica immediata (chiama il 118)• Allontana il lavoratore dalla zona esposta al caldo e dagli da bere• Resta con il lavoratore fino all'arrivo dei soccorsi• Rimuovigli gli indumenti non necessari, compresi scarpe e calzini• Raffredda il lavoratore con acqua, impacchi freddi o con l'uso di ventilatori• Incoraggialo a bere acqua fresca a piccoli ma frequenti sorsi
Sincope da calore (svenimento)
<ul style="list-style-type: none">✓ Svenimento, vertigini o stordimento dopo essersi fermati o alzandosi all'improvviso da una posizione seduta / sdraiata
Azioni da intraprendere: <ul style="list-style-type: none">• Fare sedere o sdraiare il lavoratore in un luogo fresco quando inizia a sentirsi debole o stordito• Dare da bere lentamente dell'acqua o un succo
Crampi: Crampi muscolari, dolore o spasmi all'addome, braccia o gambe
Azioni da intraprendere: <ul style="list-style-type: none">• Bere liquidi ogni 15-20 minuti e mangiare uno spuntino o bere una bevanda sportiva• Evitare l'assunzione di pastiglie di sale• È necessario richiedere l'intervento di un medico se il lavoratore ha una malattia cardiaca cronica, segue una dieta a basso contenuto di sodio o se i crampi non si attenuano entro 1 ora

SEZIONE E

VIGILANZA

E.1 Nell'ambito del D.Lgs. 81/2008, in ottemperanza a quali riferimenti deve essere effettuata la valutazione del microclima?

La valutazione del rischio derivante dall'esposizione al microclima deve essere effettuata ai sensi dell'art. 181 del D.Lgs. 81/2008 [1], secondo cui il datore di lavoro, come chiaramente indicato nel comma 1 dell'art. 28, valuta tutti i rischi derivanti dall'esposizione ad agenti fisici. Non essendo previsto nel Titolo VIII un Capo specifico per il microclima, normativamente occorre considerare quanto richiesto dall'intero Capo I, ossia la finalità della valutazione del rischio, che deve essere tale da identificare e adottare le opportune misure di prevenzione e protezione, con particolare riferimento alle norme di buona tecnica e alle buone prassi (art. 182 comma 1), l'attenzione ai lavoratori particolarmente sensibili (art. 183), gli obblighi di informazione e formazione (art. 184), la sorveglianza sanitaria e la tenuta della cartella sanitaria di rischio (artt. 185 e 186).

Pertanto qualora il rischio microclima non sia giustificabile, esiste da parte del datore di lavoro, ai sensi dell'art. 17 del D. Lgs. 81/2008 l'obbligo, sanzionabile e non delegabile, della valutazione del rischio microclima e della elaborazione del documento di cui all'art. 28, in cui dovranno essere identificate le opportune misure preventive e protettive da adottarsi per minimizzare il rischio.

Il datore di lavoro deve altresì provvedere affinché i luoghi di lavoro corrispondano ai requisiti di salute e sicurezza, richiamati dall'art. 63 del Titolo II, sanzionato e, in relazione al microclima, ai punti 1.9.2 e 1.9.3 dell'Allegato IV. A tali punti si richiede che la temperatura dei locali di lavoro sia adeguata all'organismo umano, tenuto conto dei metodi di lavoro e degli sforzi fisici imposti ai lavoratori e senza trascurare il grado di umidità e il movimento dell'aria e la possibilità di irraggiamento eccessivo. In aggiunta si specifica che gli impianti di ventilazione o condizionamento non diano luogo a correnti d'aria fastidiose per i lavoratori, e che è necessario garantire il buon funzionamento degli impianti di aerazione sottoponendoli a controllo, manutenzione, pulizia e sanificazione.

La non applicabilità degli indici di comfort costituisce già una condizione di criticità.

Il Titolo VII prescrive i requisiti per i "posti di lavoro al videoterminale" (non solo uffici, ma anche sportelli, reception, etc.). In questo caso il legislatore impone al datore di lavoro di analizzare le condizioni ergonomiche e di igiene ambientale delle postazioni di lavoro (art. 174) e di rispettare requisiti minimi in dette postazioni, fissati all'allegato XXXIV. Per il microclima, al punto 2), lettera e) prescrive che le condizioni microclimatiche non siano causa di discomfort per i lavoratori.

E.2 In quali casi è appropriato che la valutazione sia eseguita in riferimento al Titolo VIII, ed in quali in riferimento al Titolo II (e all'Allegato IV) del D.Lgs. 81/2008?

Ambienti moderabili

La valutazione va eseguita in riferimento alle indicazioni contenute nel Titolo II art. 63 e nell'Allegato IV del D. Lgs 81/2008 [1] quando la realizzazione di condizioni di comfort nell'ambiente in esame risulta realisticamente perseguibile (ambienti "moderabili").

In queste condizioni il microclima è un agente di discomfort e l'obiettivo del processo di valutazione è il raggiungimento di uno stato di benessere termico che contribuisce ad un più generale stato di benessere psicofisico per i lavoratori esposti.

Nel caso in cui risulti realisticamente impossibile dotare l'intero luogo di lavoro di impianti tecnologici per la realizzazione della condizione di comfort dovrà essere considerata la possibilità di realizzare tali condizioni in sezioni localizzate dell'intero luogo di lavoro, privilegiando le postazioni di lavoro fisse.

Va ricordato che, sebbene i fattori termo-igrometrici siano unanimemente riconosciuti come fra i più rilevanti, al benessere psico-fisico contribuiscono molti altri fattori sia di tipo fisico (rumore, illuminazione) sia di tipo psicosociale, quali impegno dell'attività lavorativa, responsabilità e accuratezza richiesta dal compito, sensibilità personale, ecc. Scostamenti significativi dalle condizioni ottimali di questi fattori possono essere percepiti con manifestazioni di disagio. E' noto inoltre come negli ambienti indoor possano presentarsi patologie che presentano sintomi aspecifici acuti e ripetitivi, non correlabili ad un preciso agente contaminante, ma di cui il microclima potrebbe essere una concausa (Sick Building Syndrome - Sindrome da Edificio Malato).

E' comunque necessario che anche negli ambienti di lavoro dove si realizzano di norma condizioni di comfort venga prestata attenzione nel caso in cui ci si discosti, anche solo temporaneamente, dalle condizioni di comfort, come nel caso di ondate di calore o di freddo e guasti o malfunzionamenti degli impianti. Fermo restando che il datore di lavoro dovrà provvedere a ripristinare, nel più breve tempo possibile, le condizioni di comfort, nel caso di presenza di lavoratori in condizioni di elevata suscettibilità al rischio termico sarà necessario coinvolgere il medico competente/curante per l'adozione di misure temporanee in attesa del ripristino del buon funzionamento degli impianti e delle condizioni di comfort.

E' in genere opportuno che la valutazione del microclima preveda procedure ad hoc da mettere in atto per la prevenzione di effetti sulla salute e sulla sicurezza legati all'insorgenza di condizioni microclimatiche critiche anche in ambienti moderabili ove tipicamente possono lavorare soggetti in condizioni individuali

di suscettibilità al rischio termico. (es. trasporti, terziario, logistica, commercio etc) (vedi FAQ C.2 e C.3).

Ambienti vincolati

La valutazione va eseguita in riferimento alle indicazioni contenute al capo I del Titolo VIII del D.Lgs 81/2008 quando la realizzazione di condizioni di comfort risulta realisticamente non perseguibile (ambienti vincolati).

Non essendo previsto nel Titolo VIII un Capo specifico per il microclima, normativamente occorre considerare quanto richiesto dall'intero Capo I, ossia la finalità della valutazione del rischio, che deve essere tale da identificare e adottare le opportune misure di prevenzione e protezione, con particolare riferimento alle norme di buona tecnica e alle buone prassi (art. 182 comma 1), l'attenzione ai lavoratori particolarmente sensibili (art. 183), gli obblighi di informazione e formazione (art. 184), la sorveglianza sanitaria e la tenuta della cartella sanitaria di rischio (artt. 185 e 186).

E.3 Esistono ambienti nei quali i valori limite di accettabilità delle quantità microclimatiche sono stabiliti da legislazione specifica?

Per limiti di accettabilità delle quantità microclimatiche si intendono restrizioni tali da incidere sull'applicazione dei metodi e criteri di valutazione dell'esposizione. In tal senso si possono escludere dalla trattazione gli ambienti "severi" in quanto la valutazione è subordinata a vincoli sui parametri microclimatici determinati dal ciclo produttivo.

Per gli ambienti moderabili esistono diversi riferimenti normativi che entrano nel merito dei criteri di accettabilità delle quantità microclimatiche sostanzialmente con due finalità: garantire un adeguato livello di qualità dell'ambiente oppure per questioni di efficienza e risparmio energetico.

Il DPR 16 aprile 2013, n. 74 [6] fornisce, per quanto riguarda l'ambiente termico le seguenti indicazioni:

Durante il funzionamento dell'impianto di climatizzazione invernale, la media ponderata delle temperature dell'aria, misurate nei singoli ambienti riscaldati di ciascuna unità immobiliare, non deve superare:

- a) 18°C + 2°C di tolleranza per gli edifici adibiti ad attività industriali, artigianali e assimilabili;
- b) 20°C + 2°C di tolleranza per tutti gli altri edifici.

Durante il funzionamento dell'impianto di climatizzazione estiva, la media ponderata delle temperature dell'aria, misurate nei singoli ambienti raffrescati di ciascuna unità immobiliare, non deve essere minore di 26°C - 2°C di tolleranza per tutti gli edifici.

Sono esclusi edifici con specifica destinazione d'uso (edifici adibiti a ospedali, cliniche o case di cura e assimilabili, piscine, saune e assimilabili - si rimanda al DPR 16 aprile 2013, n. 74 per eventuali approfondimenti).

Per gli ambienti scolastici e per le strutture sanitarie bisognerà anche tener conto di due specifiche norme di legge:

- Legge 11 gennaio 1996, n. 23 "Norme per l'edilizia scolastica" [7];
- Decreto del Presidente della Repubblica 14 gennaio 1997 n. 37 [8].

Le Linee Guida del 2006 "*Microclima, aerazione e illuminazione nei luoghi di lavoro*" [38], forniscono indicazioni su temperatura, umidità e velocità dell'aria in funzione della categoria di edificio tra: "locali di pubblico spettacolo, attività ricreative e associative", "locali adibiti ad attività commerciali e assimilabili", "edifici scolastici", "edifici adibiti ad attività sanitarie, ospedaliere e veterinarie", "ambienti industriali, locali ausiliari e uffici".

Il Decreto 11 ottobre 2017 [5] (CAM) indica che al fine di assicurare le condizioni ottimali di benessere termoisometrico bisogna garantire condizioni conformi almeno alla categoria B secondo la norma UNI EN ISO 7730:2005 [9] in termini di PMV (Voto medio previsto) e di PPD (Percentuale prevista di insoddisfatti).

I riferimenti normativi e tecnici citati definiscono indicazioni e/o vincoli su uno o più parametri microclimatici. Tuttavia si osserva che, nel rispetto di tali indicazioni, il modello di Fanger oggetto della norma UNI EN ISO 7730 [9] resta lo strumento più completo e collaudato attualmente a disposizione nella valutazione dell'ambiente termico.

E.4 Esistono dei limiti di riferimento per le situazioni in cui i lavoratori passano da ambienti freddi ad ambienti caldi o viceversa?

I lavoratori possono essere esposti a sbalzi relativamente rapidi di temperatura sia in ambienti moderabili che in ambienti vincolati.

Nel primo caso ciò avviene nel caso di transiti fra ambiente esterno ed ambiente interno condizionato, ad esempio in attività di logistica o nel commercio. La combinazione di indicazioni:

- sul differenziale esterno interno massimo, tratte dai regolamenti delle (poche) regioni italiane che si sono espresse su questo tema,
- sulla temperatura minima estiva in locali condizionati, tratte da leggi di alcune nazioni europee e da regolamenti di alcune regioni italiane e ispirate a considerazioni di risparmio energetico,
- sulla temperatura massima estiva determinata imponendo valori moderati di PMV,

produce una zona raccomandata per la temperatura interna che consente di limitare lo sbalzo termico non oltre i 10°C. È auspicabile che, al di là della verifica di questi limiti che difficilmente in piena estate o in pieno inverno darà esito positivo, il medico competente accerti che i lavoratori esposti non abbiano patologie o condizioni di vulnerabilità termica, per i quali dovranno essere messe in atto specifiche misure di tutela.

Si richiama inoltre che l'esposizione a sbalzi improvvisi di temperatura può essere pregiudizievole per la salute per gestanti, nascituro e puerpere, e pertanto è da valutare attentamente, ai fini della predisposizione di idonee misure di tutela, ai sensi dell'allegato C lettera A 1.f del D.Lgs 151/2001, così come aggiornato dal D.Lgs. 39/2016.

Nel secondo caso ciò avviene quando il ciclo produttivo impone l'ingresso in ambienti molto caldi come fornaci e forni per la cottura di alimenti, o in ambienti molto freddi come le celle frigo. Le norme tecniche relative ad ambienti vincolati non sono applicabili a esposizione di durata breve (indicativamente inferiori a 30 minuti) a causa della difficoltà a simulare correttamente l'attivazione del sistema di termoregolazione umano che a seconda dei casi promuove una vasodilatazione (quando percepisce il caldo) o una vasocostrizione (quando percepisce il freddo) della circolazione sanguigna periferica. In tali i luoghi di lavoro possono essere create delle zone di transizione o dei percorsi di adattamento termico che consentano di diluire l'altrimenti rapido shock termico. Va inoltre raccomandata l'interruzione della ventilazione durante l'accesso alle celle frigorifere.

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)?

Nel caso di interferenza di lavorazioni tra più datori di lavoro, il datore di lavoro committente promuove la cooperazione e il coordinamento delle diverse attività lavorative al fine di mettere in atto misure adeguate per prevenire l'insorgenza di situazioni di rischio per tutti i lavoratori, fornendo dettagliate informazioni sui rischi specifici esistenti nell'ambiente in cui i lavoratori in appalto opereranno e sulle misure di prevenzione e di emergenza adottate e da adottare. L'interferenza tra le lavorazioni è da intendersi sia spaziale sia temporale, e riguarda anche le condizioni ambientali microclimatiche in cui i lavoratori in appalto sono chiamati a lavorare.

Come per tutti gli agenti di rischio occorre distinguere due casi:

1. Per i lavori connessi ai contratti d'appalto, d'opera o di somministrazione, ex art. 26 del D.lgs. 81/2008, il rischio di esposizione al microclima deve

essere gestito attraverso la redazione del Documento Unico di Valutazione dei Rischi Interferenziali (DUVRI).

2. Nel caso di interferenza di lavorazioni in un cantiere, Titolo IV del D.lgs. 81/2008, il rischio di esposizione microclima deve essere valutato nel Piano di Sicurezza e Coordinamento (PSC), redatto da parte del Coordinatore per la sicurezza, e nel Piano Operativo di Sicurezza (POS), redatto dal datore di lavoro della ditta in appalto.

In entrambi i casi il DL committente dovrà fornire al DL appaltante tutte le informazioni utili alla valutazione e prevenzione mettendo comunque a disposizione luoghi di lavoro che presentino caratteristiche di salute e sicurezza.

- Nel primo caso il committente dovrà fornire dettagliate indicazioni in merito all'eventuale rischio microclima degli ambienti di lavoro presso i quali si svolgerà l'appalto (presenza o meno di impianti per la climatizzazione, di particolari vincoli microclimatici legati alla attività produttiva, necessità lavorative che possono incidere sul dispendio metabolico, necessità di indossare DPI specifici, ...) e sulle misure di prevenzione e di emergenza adottate in relazione alla propria attività. I datori di lavoro, ivi compresi i subappaltatori, dovranno cooperare all'attuazione delle misure di prevenzione e protezione, mettendo in atto tutte le misure preventive di propria competenza. Di tale processo, valutativo e decisionale dovrà essere trovato formale riscontro nel DUVRI, elaborato dal datore di lavoro della ditta committente e sottoscritto da tutti i datori di lavoro che interverranno nell'appalto.
- Nelle attività ricadenti nel Titolo IV "Cantieri", definite all'Allegato X del D.lgs. 81/2008, il Coordinatore per la progettazione (CSP) all'atto dell'elaborazione del Piano di sicurezza e di coordinamento (PSC) dovrà prendere in considerazione anche il rischio microclima; in questo comparto riveste particolare importanza il rischio microclimatico nelle lavorazioni all'aperto, legato anche a ondate di calore estivo o ad inverni rigidi. Ad es. occorrerà verificare che vi possano essere a disposizione luoghi di ristoro adeguati per le pause contro il clima rigido invernale, o che in caso di ondate di calore estive si possano variare l'inizio delle lavorazioni e la durata delle pause. Il Coordinatore per l'Esecuzione (CSE) dovrà adottare le misure previste nel PSC allo sviluppo temporale del cantiere, anche in relazione all'agente microclima. I datori di lavoro delle ditte in appalto dovranno prevedere all'interno dei propri POS le misure specifiche di organizzazione delle lavorazioni in cantiere (idoneità dei DPI alla stagione in corso, possibilità di pause, o anticipo/posticipo delle lavorazioni, fornitura di bevande, accesso all'ombra etc., vedi FAQ D.5).

BIBLIOGRAFIA

NORMATIVA

1. D.Lgs 9 aprile 2008, n.81. Testo coordinato con D.Lgs 3 agosto 2009, n.106. Ed. gennaio 2020 scaricabile da <https://www.ispettorato.gov.it/it-it/strumenti-e-servizi/Pagine/Testo-unico-salute-e-sicurezza.aspx> (ultimo accesso: 24 aprile 2020);
2. D. Lgs. 26 marzo 2001, n. 151. Testo unico delle disposizioni legislative in materia di tutela e sostegno della maternità e della paternità, a norma dell'articolo 15 della legge 8 marzo 2000, n. 53. (GU Serie Generale n.96 del 26-04-2001 - Suppl. Ordinario n. 93);
3. D. Lgs. 18 agosto 2000, n. 262. Disposizioni integrative e correttive del decreto legislativo 4 agosto 1999, n. 345, in materia di protezione dei giovani sul lavoro, a norma dell'articolo 1, comma 4, della legge 24 aprile 1998, n. 128 pubblicato nella *Gazzetta Ufficiale* n. 224 del 25 settembre 2000;
4. LEGGE 17 ottobre 1967, n. 977 Tutela del lavoro dei fanciulli e degli adolescenti. (GU Serie Generale n.276 del 06-11-1967);
5. Decreto 11 ottobre 2017. Criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici. (pubblicato nella gazzetta ufficiale Serie Generale n.259 del 06-11-2017);
6. DPR 16 aprile 2013, n. 74, "Regolamento recante definizione dei criteri generali in materia di esercizio, conduzione, controllo, manutenzione e ispezione degli impianti termici per la climatizzazione invernale ed estiva degli edifici e per la preparazione dell'acqua calda per usi igienici sanitari, a norma dell'articolo 4, comma 1, lettere a) e c), del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192. (13G00114) (GU Serie Generale n.149 del 27-06-2013);
7. L. 11 gennaio 1996, n. 23. Norme per l'edilizia scolastica pubblicata nella *Gazzetta Ufficiale* n. 15-Serie generale- del 19 gennaio 1996;
8. D.P.R 14 gennaio 1997 n. 37. Approvazione dell'atto d'indirizzo e coordinamento alle regioni e alle province autonome di Trento e di Bolzano, in materia di requisiti strutturali, tecnologici ed organizzativi minimi per l'esercizio delle attività sanitarie da parte delle strutture pubbliche e private. (Pubblicato sul supplemento ordinario alla G.U. n. 42 del 20 febbraio 1997);

NORME TECNICHE

9. UNI EN ISO 7730. 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; UNI, Milano, Italia, 2006;
10. UNI EN ISO 7243. Ergonomia degli ambienti termici - Valutazione dello stress da calore utilizzando l'indice WBGT (temperatura globo del bulbo bagnato. UNI, Milano, Italia, 2017;
11. UNI EN ISO 7933. Ergonomia dell'ambiente termico - Determinazione analitica ed interpretazione dello stress termico da calore mediante il calcolo della sollecitazione termica prevedibile. UNI, Milano, Italia, 2005;
12. UNI EN ISO 11079. 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, Milano, Italia, 2008;
13. UNI EN ISO 15743. Ergonomia dell'ambiente termico - Posti di lavoro al freddo - Valutazione e gestione del rischio. UNI, Milano, Italia, 2008;
14. UNI EN ISO 9886:2004 Ergonomia - Valutazione degli effetti termici (thermal strain) mediante misurazioni fisiologiche;

15. UNI EN ISO 7726:2002 Ergonomia degli ambienti termici – Strumenti per la misurazione delle grandezze fisiche;
16. UNI EN ISO 15265:2005 Strategia di valutazione del rischio per la prevenzione dello stress o del disagio termico in condizioni di lavoro;
17. UNI EN ISO 13732-3. Ergonomia degli ambienti termici - Metodi per la valutazione della risposta dell'uomo al contatto con le superfici - Parte 3: Superfici fredde. UNI, Milano, Italia, 2009;
18. UNI EN ISO 8996. Ergonomia dell'ambiente termico - Determinazione del metabolismo energetico. UNI, Milano, Italia, 2005;
19. UNI EN 342. Indumenti di protezione - Completi e capi di abbigliamento per la protezione contro il freddo. UNI, Milano, Italia, 2018;
20. UNI EN ISO 7726. Ergonomia degli ambienti termici - Strumenti per la misurazione delle grandezze fisiche. UNI, Milano, Italia, 2002;
21. UNI/TR 10349-2. Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici - Parte 2: Dati di progetto. UNI, Milano, Italia, 2016;
22. UNI EN 511. Guanti di protezione contro il freddo. UNI, Milano, Italia, 2006;
23. UNI EN 14058. Indumenti di protezione – Capi di abbigliamento per la protezione contro gli ambienti freddi. UNI, Milano, Italia, 2018;
24. UNI EN ISO 9920. Ergonomia dell'ambiente termico - Valutazione dell'isolamento termico e della resistenza evaporativa dell'abbigliamento. UNI, Milano, Italia, 2009;
25. UNI EN 166. Protezione personale degli occhi – Specifiche. UNI, Milano, Italia, 2004;
26. UNI EN 407. Guanti di protezione contro rischi termici (calore e/o fuoco). UNI, Milano, Italia, 2004;
27. UNI EN ISO 11612. Indumenti di protezione - Indumenti per la protezione contro il calore e la fiamma - Requisiti prestazionali minimi. UNI, Milano, Italia, 2015;
28. UNI EN ISO 28803. Ergonomia degli ambienti fisici - Applicazione di norme internazionali alle persone con speciali necessità. UNI, Milano, Italia, 2012;
29. UNI EN 343. Indumenti di protezione - Protezione contro la pioggia. UNI, Milano, Italia, 2019;
30. UNI EN ISO 14505-2. Ergonomia degli ambienti termici – Valutazione dell'ambiente termico nei veicoli. Parte 2: Determinazione della temperatura equivalente. UNI, Milano, Italia, 2007;
31. UNI EN ISO 14505-3. Ergonomia degli ambienti termici – Valutazione dell'ambiente termico nei veicoli. Parte 3: Valutazione del benessere termico mediante l'utilizzo dei soggetti umani. UNI, Milano, Italia, 2007;
32. UNI EN ISO 12894. Ergonomia degli ambienti termici - Supervisione medica per persone esposte ad ambienti molto caldi o molto freddi. UNI, Milano, Italia, 200
33. UNI CEI EN ISO/IEC 17025 "Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e di taratura" UNI, Milano, Italia, 2018;
34. UNI EN ISO 9001 "Sistemi di gestione per la qualità – Requisiti" UNI, Milano, Italia, 2015;
35. UNI EN 14813-1: Applicazioni ferroviarie - Condizionamento aria per cabine di guida - Parte 1: Parametri di comfort;
36. UNI EN 14813-2: Applicazioni ferroviarie - Condizionamento aria per cabine di guida - Parte 2: Prove di tipo.

LINEE GUIDA NAZIONALI

37. INAIL (2018-07) La valutazione del microclima
38. Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro delle Regioni e delle Province autonome. Microclima, aerazione e illuminazione nei luoghi di lavoro. Linee Guida, 2006. https://www.portaleagentifisici.it/fo_microclima_documentazione.php?lg=IT

LINEE GUIDA INTERNAZIONALI

39. NIOSH [2016]. NIOSH criteria for a recommended standard: occupational exposure to heat and hot environments. By Jacklitsch B, Williams WJ, Musolin K, Coca A, Kim J-H, Turner N. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH) Publication 2016-106; scaricabile da <https://www.cdc.gov/niosh/docs/2016-106/default.html>
40. DHHS (NIOSH) Heat stress - Acclimatization No. 2017-124 <https://www.cdc.gov/niosh>
41. DHHS (NIOSH) Heat stress - Hydration Publication No. 2017-126 <https://www.cdc.gov/niosh>
42. DHHS (NIOSH) Heat stress - Risk Factors Publication No. 2017-125 <https://www.cdc.gov/niosh>
43. DHHS (NIOSH) Heat stress - First Aid fo Heat Illness Publication No. 2017-128 <https://www.cdc.gov/niosh>

ALTRE PUBBLICAZIONI

44. M. J. Buller et al. (2015) Real-time core body temperature estimation from heart rate for first responders wearing different levels of personal protective equipment, *Ergonomics*, 58:11, 1830-1841
45. D'Ambrosio Alfano F.; Palella B., Riccio G. The role of measurement accuracy on the thermal environment assesment by means PMV index *Building and Environment* 46 (2011) 1361-1369
46. Del Gaudio, M.; Freda, D.; Lenzuni, P.; Nataletti, P.; Sabatino, R. La valutazione del Microclima. L'esposizione al caldo e al freddo. Quando è un fattore di discomfort, quando è un fattore di rischio per la salute". INAIL – 2018.
47. Del Gaudio, M.; Freda, D.; Lenzuni P. Proposta di classificazione degli ambienti termici moderati. In atti del convegno Nazionale dBA 2010. Rischi fisici: valutazione, prevenzione e protezione nei loghi di lavoro, pp 315 – 326. Modena, 6 – 7 ottobre 2010
48. Del Ferraro, S.; Molinaro, V. studio dell'attività metabolica per una corretta valutazione del rischio da esposizione ad ambienti termici. *Med Lav*, 2010, 101,6:38-48;
49. Dell'Isola M, Palella B, Frattolillo A. Influence of Measurement Uncertainties on the Thermal Environment Assessment *Int J Thermophys* (2012) 33:1616–1632
50. C. Ekici Calibration of Heat Stress Monitor and its measurement uncertainty, *International Journal of Thermophysics* ·2017 38(6), 85
51. Heus R., Den Hartog E. A., Maximum allowable exposure to different heat radiation levels in three types of heat protective clothing, *Ind Health*. 2017 Nov; 55(6): 529–536.
52. Istituto Superiore di Sanità. Atti del Workshop "La qualità dell'aria indoor: attuale situazione nazionale e comunitaria. L'esperienza del Gruppo di Studio Nazionale" a cura di Anna Santarsiero, Loredana Musmeci e Sergio Fuselli per il Gruppo di Studio Nazionale sull'Inquinamento Indoor. Rapporti ISTISAN 15/4 – 2015 ;
53. Istituto Superiore di Sanità Parametri microclimatici e inquinamento indoor". Istituto Superiore di Sanità. Rapporti ISTISAN 15/25 – 2015;
54. Lenzuni P., Limiti di accettabilità termica in ambienti lavorativi aperti verso l'esterno, Atti del Convegno dBA 2010, Modena, 6 – 7 Ottobre 2010, pag. 327 – 336.
55. Lenzuni, P.; Capone, P.; Freda, D. "La qualità dell'aria in ambienti antropizzati – l'effetto dei parametri termo-igrometrici". *Ital. J. Occup. Environ. Hyg.*, 2012, 3(3): 144-154;
56. P.Lenzuni, D. Freda, P. Capone, M. del Gaudio. "Is driving in hot vehicle safe" *International Journal of Hypertermia*. 2014, 30 (4), 250-257. ISSN 0265-6736 (I.F. 2019 3,574)
57. A. Merlino, G. Gambino, G. Quadrio (2018) Valutazione dello stress termico per lavoratori sottoposti ad alti carichi, in regime di non applicabilità delle metodiche WBGT e PHS, atti del convegno nazionale dBA 2018 (Bologna, 17 ottobre 2018)
58. A. Merlino, G. Gambino, D. Meda, G. Quadrio (2019) Accertamenti di stress termico mediante monitoraggio della frequenza cardiaca degli esposti, atti del convegno nazionale dBA 2019 (Bologna, 17 ottobre 2019)
59. Molinaro, V.; Del Ferraro S. La noma UNI EN ISO 9920: principali aspetti per la valutazione dell'isolamento termico dell'abbigliamento. In atti del convegno Nazionale dBA

2010. Rischi fisici: valutazione, prevenzione e protezione nei luoghi di lavoro, pp 337 – 349. Modena, 6 – 7 ottobre 2010
60. R. Rameezdeen, A. Elmualim The Impact of Heat Waves on Occurrence and Severity of Construction Accidents Int. J. Environ. Res. Public Health 2017, 14, 70
61. Tura, P.; Lenzuni, P.; Cervino, P.F. Identificazione del numero minimo di misure necessarie alla valutazione del comfort termico in ambienti di grandi dimensioni. In atti del 35° Congresso Nazionale di Igiene Industriale ed Ambientale, pp 384: 393. Torino, 13 – 15 giugno 2018.
62. Tura P., Fontana M., Biamino G. Ambiente termico moderato. Indagine strumentale e valutazione dell'ambiente microclimatico in alcune cabine di guida di locomotori. Atti dBA 2010 6-7 Ottobre 2010
63. USARIEM Core Body Temperature Estimation From Heart Rate, US Army Research Institute of Environmental Medicine (USARIEM), 13 June 2014, http://www.usariem.army.mil/index.cfm/modeling/cbt_algorithm
64. WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION and WORLD HEALTH ORGANIZATION Heatwaves and Health: Guidance on Warning-System Development WMO-No. 1142, 2015
65. Zhai Y., Elsworth C., Arens E., Zhang H., Zhang Y., Zhao L., Using air movement for comfort during moderate exercise. Building and Environment, Sep 2015, 19

Sitografia

66. <https://www.portaleagentifisici.it>
67. <https://sites.google.com/site/compendiumofphysicalactivities/>

CREDITS

***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.

Appendice 1 - Osservazioni e Commenti

Osservazione pervenuta da :

Dr. Raffaello Maria Bellino Direttore medico Dipartimento di Prevenzione -
Referente Regione Puglia

OSSERVAZIONE SU FAQ D.4 MICROCLIMA

Gli autori, evidenziando l'importanza della formazione dei lavoratori, scrivono: "Qualsiasi lavoratore che rientri in uno dei gruppi «a rischio» riconosciuti sarà così consapevole della necessità di comunicarlo ai dirigenti, per attivare, se necessario, un processo di valutazione "specifico" del rischio e di sorveglianza sanitaria (vedi FAQ A.3). Tale informazione è indispensabile anche per rendere consapevoli tutti i lavoratori che, qualora nel corso degli anni intervenga un possibile cambiamento nella situazione individuale che li faccia rientrare nella categoria di "soggetto particolarmente sensibile" per un determinato rischio, devono darne tempestiva comunicazione al datore di lavoro che provvederà all'effettuazione di una valutazione specifica di concerto con il Medico Competente." Secondo l'art. 41 comma 1 lett. b del D.Lgs 81/08, la sorveglianza sanitaria è effettuata dal medico competente qualora il lavoratore ne faccia richiesta e la stessa sia ritenuta dal medico competente correlata ai rischi lavorativi. Non è assolutamente previsto da alcuna norma che il lavoratore debba comunicare ai dirigenti o al datore di lavoro dettagli circa il proprio stato di salute.

REPLICA del Coordinatore Gruppo Tematico Agenti Fisici

La presente formulazione è stata mutuata dalle FAQ relative ai CEM (FAQ D.3.2), approvate il 20 luglio 2019 e pubblicate on line sul Portale Agenti Fisici, ed è stata elaborata sulla base di quanto espresso in merito dalle Linee Guida Non Vincolanti dell'UE per l'applicazione della Direttiva CEM. Questa formulazione ricorre anche per tutti gli altri Agenti Fisici, laddove i Valori di Azione fissati per i lavoratori non tutelano i soggetti sensibili, come nel caso di Rumore, Vibrazioni, Radiazioni Ottiche, CEM, Microclima.

Molti infortuni o malattie professionali causate da agenti fisici riguardano proprio soggetti sensibili inconsapevolmente esposti a valori che, sia pure inferiori ai Valori di Azione fissati per i lavoratori, possono risultare estremamente pericolosi nel caso di esposizione di soggetti vulnerabili.

Un esempio per tutti il caso di esposizione a CEM a valori inferiori ai Valori di Azione ed effetti avversi (anche molto gravi) per portatori di dispositivi elettronici impiantati o ancora effetti avversi causati da esposizione a vibrazioni meccaniche inferiori ai valori di azione in soggetti sottoposti ad interventi chirurgici etc.

Nel caso di esposizioni inferiori ai valori di azione per tutti gli agenti fisici non è obbligatoria la sorveglianza sanitaria, questa andrebbe richiesta dal lavoratore ai sensi dell'art. 41 ma in genere ciò non può avvenire se il lavoratore non è consapevole dell'insorgenza di una condizione di suscettibilità individuale e/o in assenza di procedure specifiche di comunicazione aziendale ai fini dell'attuazione dell'art. 41

Anche nel caso del microclima i criteri valutativi relativi alla prevenzione dello stress da caldo/freddo non si applicano per soggetti che si trovino in condizioni di vulnerabilità termica: per gli stessi vanno effettuate valutazioni ad hoc da definirsi caso per caso di concerto con il medico competente . E' noto che molti malori e infortuni da caldo /freddo avvengono nel caso di lavoratori esposti a valori inferiori ai valori limite indicati dalle raccomandazioni internazionali ed in condizioni di vulnerabilità termica (es. a causa di assunzione farmaci o in condizioni di termoregolazione alterata.)

Considerato che secondo l'art. 41 comma 1 lett. b del D.Lgs 81/08, "*la sorveglianza sanitaria è effettuata dal medico competente qualora il lavoratore ne faccia richiesta e la stessa sia ritenuta dal medico competente correlata ai rischi lavorativi*", è indispensabile, affinché il lavoratore ne faccia richiesta, che lo stesso sia consapevole dell'insorgenza di una condizione di suscettibilità individuale a quel determinato rischio e ne dia comunicazione immediata al DL che attiverà conseguentemente la sorveglianza sanitaria prevista dall'art. 41 e potrà mettere in atto specifiche misure di tutela in relazione al caso specifico, come previsto dal D.lgvo 81/08.

E' vero che non è assolutamente previsto da alcuna norma che il lavoratore debba comunicare ai dirigenti o al datore di lavoro dettagli circa il proprio stato di salute, ma la norma stessa (art. 28 D.lgs 81/08) prevede che per i soggetti sensibili si attuino SPECIFICHE ED EFFICACI MISURE DI TUTELA.

In particolare, l'art. 28, comma 1, del d.lgs. n. 81/2008 prevede, per il datore di lavoro, l'obbligo di valutare tutti i rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori, ivi compresi quelli riguardanti gruppi di lavoratori esposti a rischi particolari ed adottare, conseguentemente, le misure di prevenzione e protezione che reputi idonee allo scopo.

Presupposti imprescindibili affinché per i soggetti sensibili /esposti a rischi particolari si attui un'efficace tutela in azienda sono :

- a) Che ciascun lavoratore sia reso consapevole di quali siano le condizioni di suscettibilità individuale per il rischio specifico a cui è esposto ;
- b) Che ciascun lavoratore sia posto nelle condizioni di accedere ad una immediata valutazione specifica - di concerto con il medico competente - per mettere in atto le opportune misure di prevenzione e protezione in relazione all'insorgenza del cambiamento nelle proprie condizioni fisiche che lo fanno rientrare tra i soggetti "con suscettibilità individuale" al rischio specifico.