

INAIL

ISTITUTO NAZIONALE PER L'ASSICURAZIONE
CONTRO GLI INFORTUNI SUL LAVORO

Indicatori di comfort termico e del rischio da esposizione ad ambienti caldi e freddi

ing. Simona Del Ferraro

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

Laboratorio di Ergonomia e Fisiologia

1 dicembre 2025

Corso di formazione

“COMPETENZE AVANZATE IN LOGISTICA: MICROCLIMA”

1° e 2 dicembre 2025

Lunedì 1° dicembre 2025

09,00-09,30 **Inquadramento normativo del rischio microclimatica**
Iole Pinto, Portale Agenti Fisici e Andrea Bogi, Azienda USL Toscana Sud-Est

09,30-10,30 **Fisiopatologia della termoregolazione in ambienti caldi e freddi, conseguenze sulla salute e cenni di sorveglianza sanitaria**
Vincenzo Molinaro, INAIL

10,30-11,30 **Indicatori di comfort termico e del rischio da esposizione ad ambienti caldi e freddi**
Simona Del Ferraro, INAIL

11,30-12,30 **Le indicazioni operative per la prevenzione del rischio “microclima”: valutazione e misure di prevenzione**
Iole Pinto e Andrea Bogi, Portale Agenti Fisici

12,30-13,00 **Nota di indirizzo su calore e radiazione solare del GTI**
Sandra Bernardelli, AUSL Bologna

Martedì 2 dicembre 2025

09,00-09,30 **La strumentazione e le misure delle grandezze fisiche ambientali**
Simona Del Ferraro, INAIL

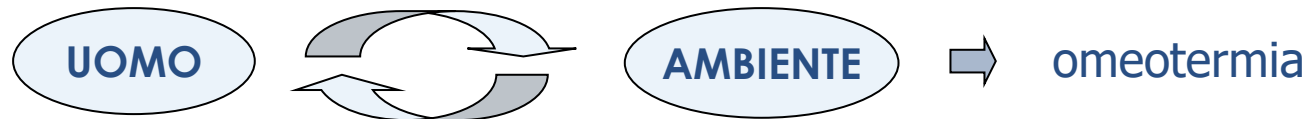
09,30-10,30 **Strumenti e procedure presenti sul Portale Agenti Fisici**
Francesco Picciolo, Università degli Studi di Siena

10,30-11,30 **Gli strumenti del Portale Workclimate e la loro applicazione a casi studio di valutazioni outdoor**
Michela Bonafede, INAIL

11,30-12,30 **Casi studio e valutazioni indoor**
Nicola Stacchini e Andrea Bogi, Azienda USL Toscana Sud-Est

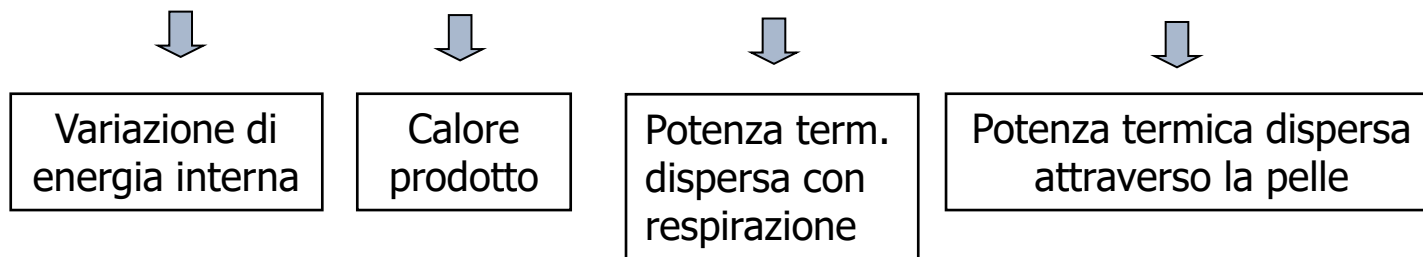
12,30-13,00 **Tavola rotonda**

L'equazione di bilancio termico per l'interazione uomo-ambiente termico



EQUAZIONE DI BILANCIO TERMICO

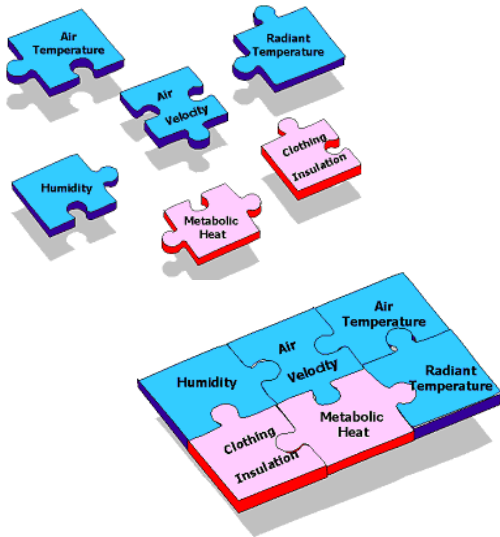
$$S = (M - W) - (C_{res} \pm E_{res} \pm C \pm R \pm E \pm K) \quad [W/m^2]$$



- $S > 0$ potenza termica in ingresso > di quella in uscita ➔ sensazione di caldo
- $S = 0$ potenza termica in ingresso = di quella in uscita ➔ neutralità termica
- $S < 0$ potenza termica in ingresso < di quella in uscita ➔ sensazione di freddo



I 6 parametri fondamentali dell'equazione di bilancio termico



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

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

4 PARAMETRI AMBIENTALI:

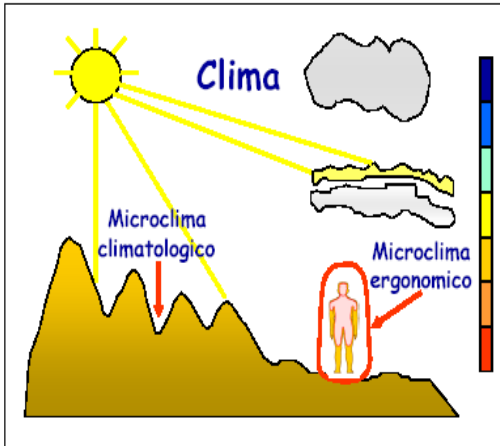
- t_a temperatura dell'aria [$^{\circ}\text{C}$]
- t_r temperatura media radiante [$^{\circ}\text{C}$]
- v_a velocità dell'aria [m/s]
- p_a Pressione parziale di vapor acqueo (umidità)

DEFINIZIONE DI MICROCLIMA

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

2 PARAMETRI SOGGETTIVI:

- M** Metabolismo energetico [W/m^2 o Met]
1 Met = 58,2 W/m^2
- I_{cl}** Isolamento termico dell'abbigliamento [clo]
1 clo = 0,155 $\text{m}^2 \text{K}/\text{W}$



GLI AMBIENTI TERMICI

AMBIENTI MODERATI

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



Obiettivo:
raggiungimento **COMFORT TERMICO**



AMBIENTI CALDI O FREDDI

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



Obiettivo:
SALVAGUARDIA della salute
e della sicurezza dei
lavoratori



LA NORMATIVA TECNICA DI SETTORE

Gli standard valti di per tutti gli ambienti

PER TUTTI GLI AMBIENTI

NORMA	TITOLO
ISO 7726: 2025	Ergonomia degli ambienti termici - Strumenti per la misurazione delle grandezze fisiche
UNI EN ISO 8996:2022	Ergonomia dell'ambiente termico - Determinazione del metabolismo energetico
UNI EN ISO 9920:2009	Ergonomia degli ambienti termici - Valutazione dell'isolamento termico e della resistenza evaporativa dell'abbigliamento
UNI EN ISO 9886:2004	Valutazione degli effetti termici (thermal strain) mediante misurazioni fisiologiche
UNI EN ISO 10551:2002	Ergonomia degli ambienti termici - Valutazione dell'influenza dell'ambiente termico mediante scale di giudizio soggettivo
UNI EN ISO 11399:2001	Ergonomia degli ambienti termici - Principi ed applicazioni delle relative norme internazionali
UNI EN ISO 12894: 2002	Ergonomia degli ambienti termici - Supervisione medica per persone esposte ad ambienti molto caldi o molto freddi
UNI EN ISO 13731:2004	Ergonomia degli ambienti termici - Vocabolario e simboli
UNI EN ISO 15265: 2005	Ergonomia dell'ambiente termico - Strategia di valutazione del rischio per la prevenzione dello stress o del disagio termico in condizioni di lavoro
UNI EN ISO 28803: 2012	Ergonomia degli ambienti fisici: Applicazione di norme internazionali alle persone con speciali necessità

LA NORMATIVA TECNICA DI SETTORE

Gli standard per la valutazione

NORMA	TITOLO
UNI EN ISO 7730:2025	Ergonomia degli ambienti termici - Determinazione analitica ed interpretazione del benessere termico mediante il calcolo degli indici PMV e PPD e dei criteri di benessere termico
UNI EN ISO 7243:2017	Ergonomia degli ambienti termici - Valutazione dello stress da calore utilizzando l'indice WBGT (temperatura globo del bulbo bagnato)
UNI EN ISO 7933:2023	Ergonomia dell'ambiente termico - Determinazione analitica ed interpretazione dello stress termico da calore mediante il calcolo della sollecitazione termica prevedibile
UNI EN ISO 11079:2008	Ergonomia degli ambienti termici - Determinazione e interpretazione dello stress termico da freddo con l'utilizzo dell'isolamento termico dell'abbigliamento richiesto (IREQ) e degli effetti del raffreddamento locale.
UNI EN ISO 15743: 2008	Ergonomia dell'ambiente termico - Posti di lavoro al freddo - Valutazione e gestione del rischio

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

AMBIENTI MODERATI

AMBIENTI AD OBIETTIVO COMFORT

Ambito

Ambienti ad obiettivo comfort

Tutti quegli ambienti nei quali NON si individua alcun vincolo in grado di pregiudicare il raggiungimento di condizioni di comfort vengono detti moderabili.



Negli ambienti moderabili l'obiettivo è il raggiungimento del comfort.

BENESSERE TERMICO è definito come *lo stato psicofisico nel quale il soggetto esprime soddisfazione verso l'ambiente termico che lo circonda*



AMBIENTI AD OBIETTIVO COMFORT

La valutazione del comfort

Gli studi sul comfort termico mirano a stabilire una relazione tra la sensazione termica umana e i 6 parametri.

La sensazione termica è quantificata attraverso una scala a 7 punti

voto	sensazione
+3	molto caldo
+2	caldo
+1	leggermente caldo
0	nè caldo né freddo
-1	leggermente freddo
-2	freddo
-3	molto freddo

Neutralità termica

Gli indici più utilizzati derivano da un approccio teorico, basato sull'applicazione del primo principio della termodinamica al corpo umano.

AMBIENTI AD OBIETTIVO COMFORT

L'indice PMV – indice per la valutazione del comfort globale

$$PMV = (0.303e^{-0.036M} + 0.028) + [(M - W) - 3.05 \times 10^{-3} x [5733 - 6.99(M - W) - p_a] - 0.42(M - W) - 58.15] + -1.7 \times 10^{-5} M (5867 - p_a) - 0.0014 M (34 - t_a) - 3.96 \times 10^{-8} f_{cl} [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4] - f_{cl} h_c (t_{cl} - t_a)$$

$$t_{cl} = 35,7 - 0,028 \cdot (M - W) - I_{cl} \cdot \left\{ 3,96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} \cdot \left[(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4 \right] + f_{cl} \cdot h_c \cdot (t_{cl} - t_a) \right\}$$

$$h_c = \begin{cases} 2,38 \cdot |t_{cl} - t_a|^{0,25} & \text{for } 2,38 \cdot |t_{cl} - t_a|^{0,25} > 12,1 \cdot \sqrt{v_{ar}} \\ 12,1 \cdot \sqrt{v_{ar}} & \text{for } 2,38 \cdot |t_{cl} - t_a|^{0,25} < 12,1 \cdot \sqrt{v_{ar}} \end{cases}$$

$$f_{cl} = \begin{cases} 1,00 + 1,290 I_{cl} & \text{for } I_{cl} \leq 0,078 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} \\ 1,05 + 0,645 I_{cl} & \text{for } I_{cl} > 0,078 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} \end{cases}$$

$$-3 < PMV < 3$$

AFFIDABILITA'

$$-2 < PMV < 2$$

CAMPI DI APPLICABILITA'

M	0.8-4 Met
I _{cl}	0-2 clo
t _a	10-30 °C
\bar{t}_r	10-40°C
v _a	0-1 m/s
p _a	0-2700 Pa

L'equazione viene risolta per iterazione

$$PMV = f (M, I_{cl}, t_a, \bar{t}_r, v_{ar}, p_a)$$

giudizio medio previsto che un ampio gruppo di persone esprimerebbe essendo esposte alle medesime condizioni microclimatiche in esame, espresso in una scala di sensazione termica a 7 punti.

voto	sensazione
+3	molto caldo
+2	caldo
+1	leggermente caldo
0	né caldo né freddo
-1	leggermente freddo
-2	freddo
-3	molto freddo

INTERNATIONAL STANDARD

ISO 7730

Third edition 2005-11-15

Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria

Ergonomie des ambiances thermiques — Détermination analytique et interprétation du confort thermique par le calcul des indices PMV et PPD et par des critères de confort thermique local



Reference number ISO 7730:2005(E)

© ISO 2005

AMBIENTI AD OBIETTIVO COMFORT

PMV e PPD

il PMV quantifica un voto medio, esiste una percentuale di persone che non sono soddisfatte rispetto alle condizioni in esame, ovvero che voterebbero *caldo, molto caldo, freddo, molto freddo*



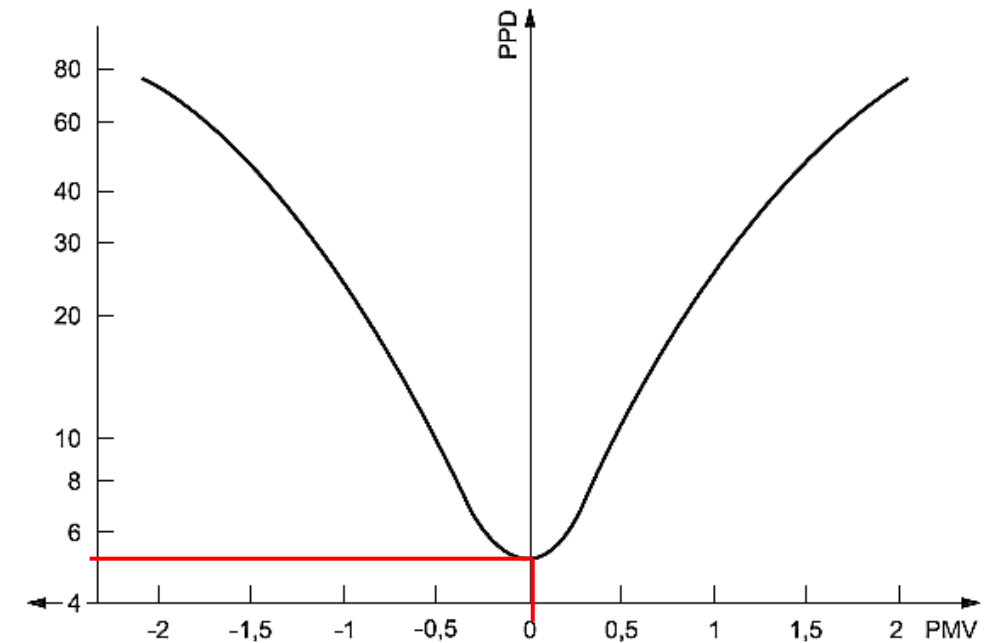
Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD)

$$PPD = 100 - 95 \cdot \exp(-0,033\ 53 \cdot PMV^4 - 0,217\ 9 \cdot PMV^2)$$

Table 2 — Distribution of individual thermal sensation votes for different values of mean vote

PMV	PPD	Persons predicted to vote ^a		
		%		
		0	-1, 0 or +1	-2, -1, 0, +1 or +2
+2	75	5	25	70
+1	25	30	75	95
+0,5	10	55	90	98
0	5	60	95	100
-0,5	10	55	90	98
-1	25	30	75	95
-2	75	5	25	70

^a Based on experiments involving 1 300 subjects.



Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria

Ergonomie des ambiances thermiques — Détermination analytique et interprétation du confort thermique par le calcul des indices PMV et PPD et par des critères de confort thermique local

AMBIENTI AD OBIETTIVO COMFORT

Discomfort locali

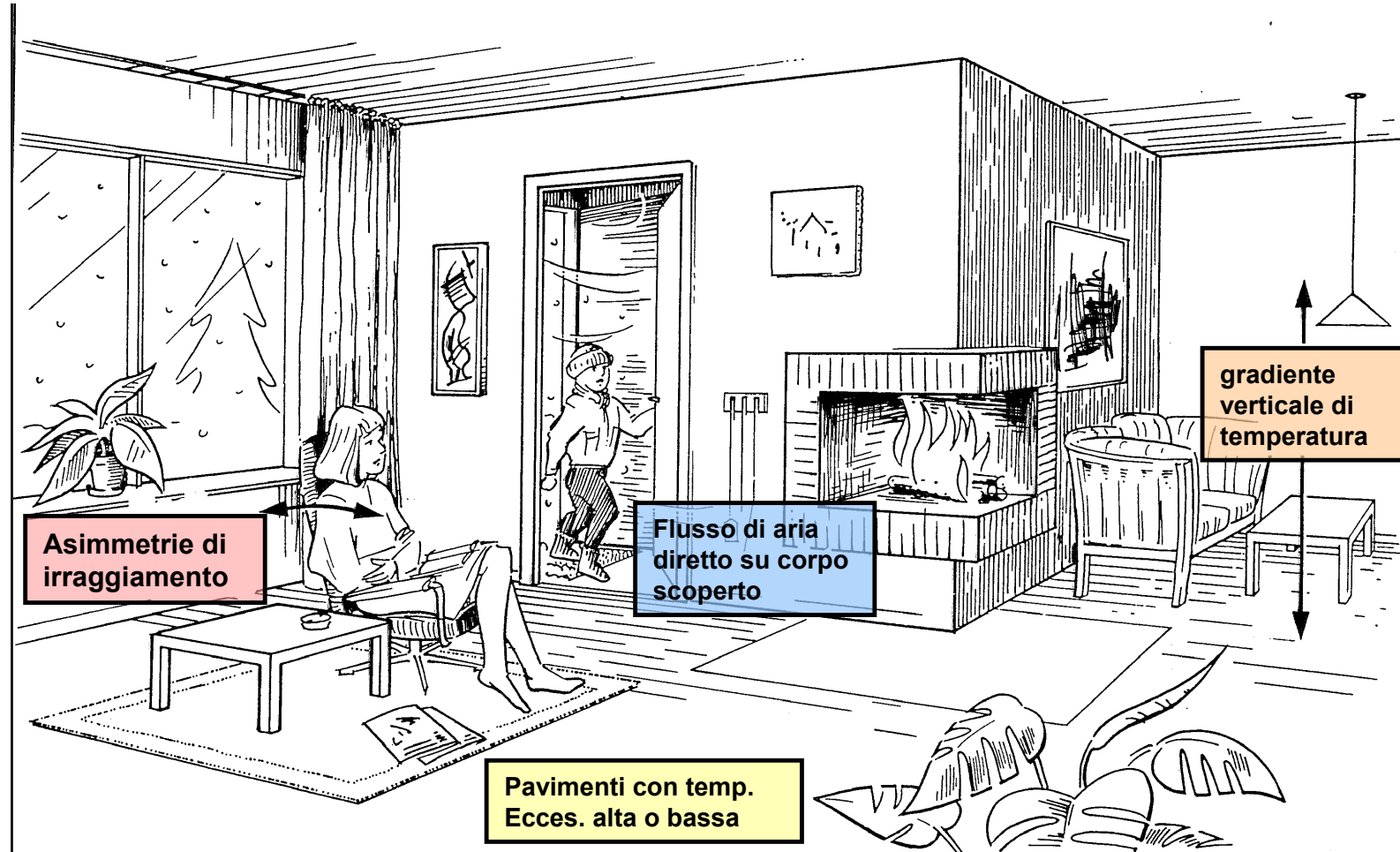
l'ambiente può non essere omogeneo dal punto di vista termico e alcune parti del corpo umano possono trovarsi in condizioni termiche particolari e determinare dei discomfort locali

INTERNATIONAL
STANDARD

ISO
7730

Third edition
2005-11-15

- 1 correnti d'aria
- 2 gradiente verticale della temperatura
- 3 pavimenti troppo caldi o freddi
- 4 asimmetria radiante



Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria

Ergonomie des ambiances thermiques — Détermination analytique et interprétation du confort thermique par le calcul des indices PMV et PPD et par des critères de confort thermique local

AMBIENTI AD OBIETTIVO COMFORT

Discomfort locali

1 correnti d'aria

$$DR = (34 - t_{a,l}) (\bar{v}_{a,l} - 0,05)^{0,62} (0,37 \cdot \bar{v}_{a,l} \cdot Tu + 3,14)$$

For $\bar{v}_{a,l} < 0,05$ m/s: use $\bar{v}_{a,l} = 0,05$ m/s

For $DR > 100$ %: use $DR = 100$ %

where

$t_{a,l}$ is the local air temperature, in degrees Celsius, 20 °C to 26 °C;

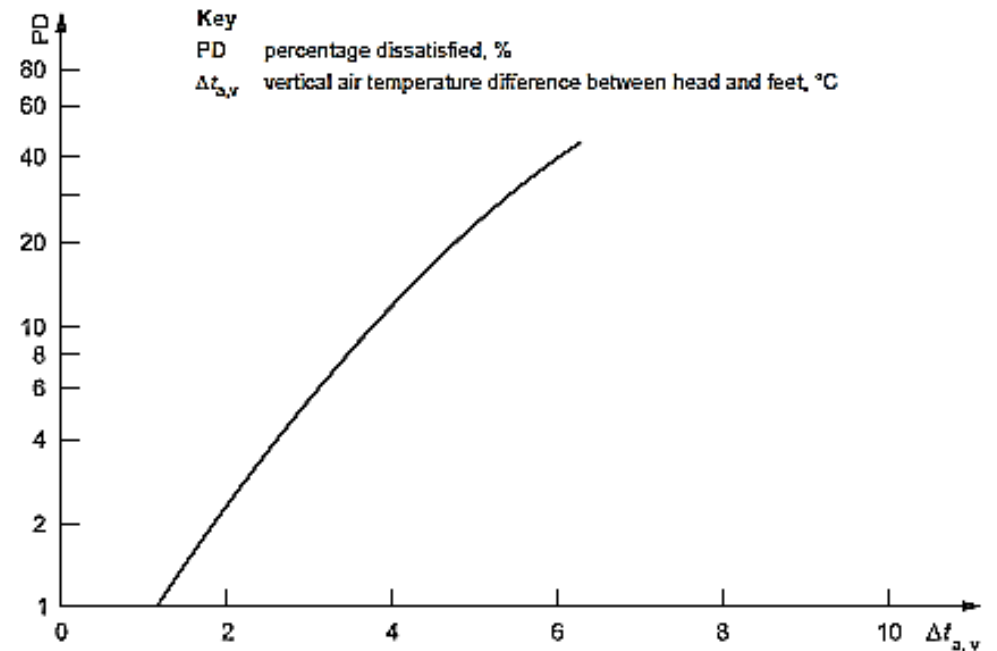
$\bar{v}_{a,l}$ is the local mean air velocity, in metres per second, < 0,5 m/s;

Tu is the local turbulence intensity, in percent,
10 % to 60 % (if unknown, 40 % may be used).

Il modello si applica per persone con attività leggera, principalmente sedute

2 gradiente verticale della temperatura (tra caviglie e nuca)

$$PD = \frac{100}{1 + \exp(5,76 - 0,856 \cdot \Delta t_{a,v})} \quad \text{Per } \Delta t_{a,v} < 8$$

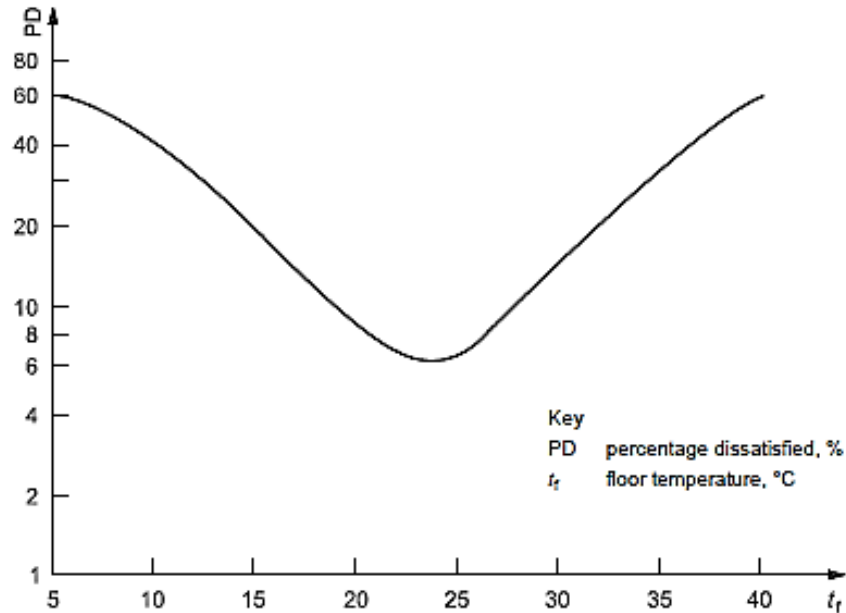


AMBIENTI AD OBIETTIVO COMFORT

Discomfort locali

3 pavimenti troppo caldi o freddi

$$PD = 100 - 94 \cdot \exp(-1,387 + 0,118 \cdot t_f - 0,0025 \cdot t_f^2)$$

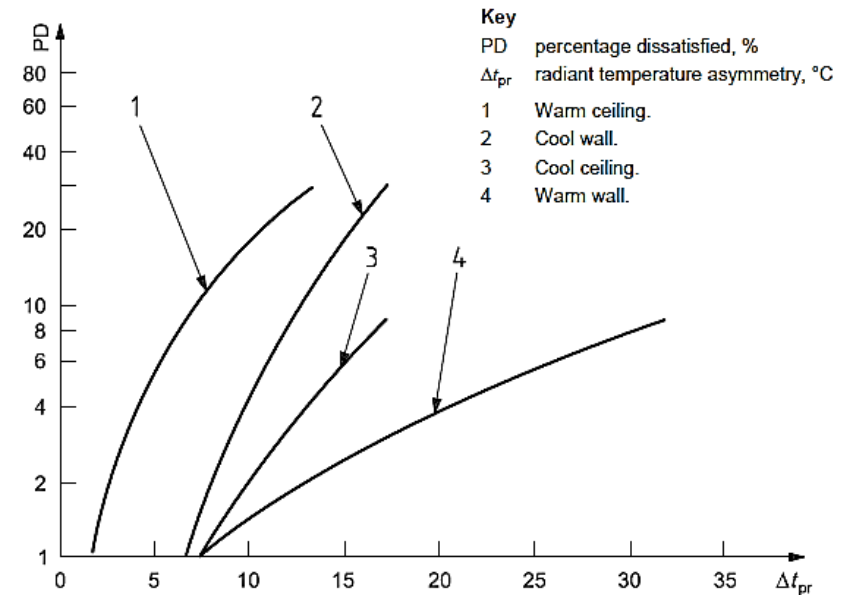


4 asimmetria radiante

$$P_{PD} = 100 / (1 + \exp(K_1 - K_2 \cdot \Delta t_{pr})) - K_3$$

Table 3 — Constants used in Formula (9) for different types of radiant asymmetry

Asymmetry	Δt_{pr_limit}	K_1	K_2	K_3
1: warm ceiling	< 23 K	2,94	0,166	5,5
2: cool wall	< 15 K	5,89	0,297	0
3: cool ceiling	< 15 K	5,19	0,173	0
4: warm wall	< 35 K	3,41	0,044	3,5



AMBIENTI AD OBIETTIVO COMFORT

Ambienti moderati – criteri di comfort

Table A.1 — Categories of thermal environment

Category	Thermal state of the body as a whole		Local discomfort			
	PPD %	PMV	DR %	vertical air temperature difference	PD % caused by warm or cool floor	radiant asymmetry
I	< 6	$-0,2 < PMV < +0,2$	< 10	< 3	< 10	< 5
II	< 10	$-0,5 < PMV < +0,5$	< 20	< 5	< 10	< 5
III	< 15	$-0,7 < PMV < +0,7$	< 30	< 10	< 15	< 10
IV	< 25	$-1,0 < PMV < +1,0$				

Le condizioni devono valere contemporaneamente

AMBIENTI CALDI

LA VALUTAZIONE DEGLI AMBIENTI CALDI

1) Prima valutazione con l'indice WBGT

E' un metodo di screening per valutare la presenza o meno di stress termico

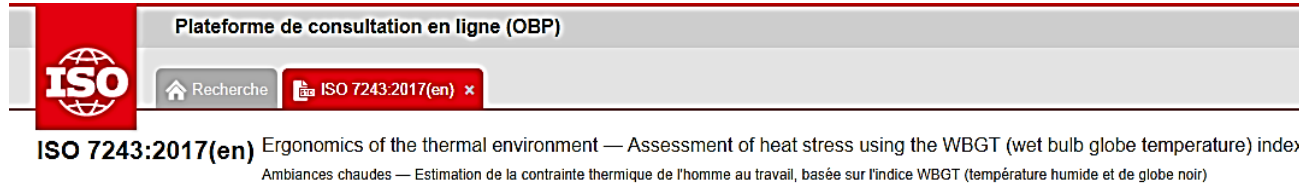
NORMA EUROPEA	Ergonomia degli ambienti termici - Valutazione dello stress da calore utilizzando l'indice WBGT (temperatura globo del bulbo bagnato)	UNI EN ISO 7243
		NOVEMBRE 2017
	Ergonomics of the thermal environment - Assessment of heat stress using the WBGT (wet bulb globe temperature) index	
	La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

2) Valutazione più approfondita con il modello PHS

NORMA EUROPEA	Ergonomia dell'ambiente termico Determinazione analitica ed interpretazione dello stress termico da calore mediante il calcolo della sollecitazione termica prevedibile	UNI EN ISO 7933
		FEBBRAIO 2005
	Ergonomics of the thermal environment Analytical determination and interpretation of heat stress using calculation of the predicted heat strain	
	La norma specifica un metodo per la valutazione analitica e l'interpretazione dello stress termico provato da un soggetto in un ambiente caldo. Essa descrive un metodo per prevenire la quantità di sudore e la temperatura interna del nucleo che il corpo umano avrà in risposta alle condizioni di lavoro. I principali obiettivi della norma sono i seguenti: a) la valutazione dello stress termico in condizioni prossime a quelle che portano ad un aumento eccessivo della temperatura del nucleo o ad una eccessiva perdita di acqua per la persona media; b) la determinazione dei tempi di esposizione per i quali la sollecitazione fisiologica è accettabile (non sono prevedibili danni fisici). Nell'ambito di questo protocollo di previsione, questi tempi di esposizione sono detti "durata limite massima di esposizione".	

LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO AMBIENTI CALDI

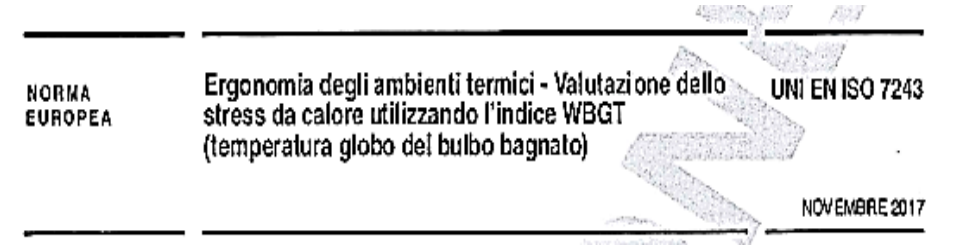
Indice WBGT (Wet Bulb Globe Temperature)



Plateforme de consultation en ligne (OBP)

ISO 7243:2017(en) Ergonomics of the thermal environment — Assessment of heat stress using the WBGT (wet bulb globe temperature) index

Ambiances chaudes — Estimation de la contrainte thermique de l'homme au travail, basée sur l'indice WBGT (température humide et de globe noir)



NORMA EUROPEA

Ergonomia degli ambienti termici - Valutazione dello stress da calore utilizzando l'indice WBGT (temperatura globo del bulbo bagnato)

UNI EN ISO 7243

NOVEMBRE 2017

WBGT=Wet Bulb Globe Temperature

- E' un metodo utilizzato per una valutazione di prima approssimazione dello stress termico a cui un soggetto è esposto e stabilire se è presente stress termico oppure no
- Si applica per la valutazioni di esposizioni di uomini e donne idonee al lavoro ad ambienti di lavoro indoor e outdoor così come per altri tipi d ambienti.

LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO PER GLI AMBIENTI TERMICI

la normativa tecnica di settore

Procedura

① Calcolo valore indice WBGT effettivo ($WBGT_{eff}$)

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

in assenza carico solare

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

in presenza di carico solare

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



HP:

camicia a maniche lunghe pantaloni in cotone

CAV Clothing adjustment value

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

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

The CAVs are added to the measured WBGT to obtain $WBGT_{eff}$

NOTE For high vapour resistance clothing there is a dependence on relative humidity. The CAVs represent the likely high value.

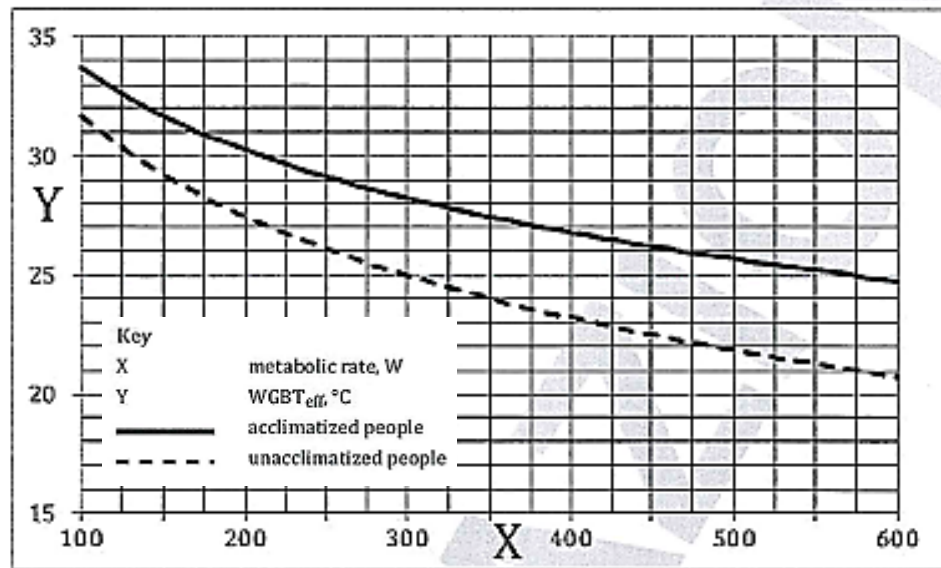
^a This value is added to the CAV of the ensemble without hood or respirator.

Indice WBGT (Wet Bulb Globe Temperature)

2 calcolo WBGT_{ref}

Soggetto acclimatato:

è una persona che è stata esposta all'ambiente caldo (o ad ambienti più estremi) per almeno una intera settimana di lavoro, immediatamente prima del periodo in cui avviene la valutazione



For acclimatized people (solid line)

$$WBGT_{ref} = 56,7 - 11,5 \log_{10} (M) \text{ °C}$$

For unacclimatized people (dashed line)

$$WBGT_{ref} = 59,9 - 14,1 \log_{10} (M) \text{ °C}$$

Table A.1 — WBGT_{eff} reference values for acclimatized and unacclimatized people for five classes of metabolic rate

Metabolic rate (class) (see Table E.1 for description)	Metabolic rate W	WBGT reference limit for persons acclimatized to heat °C	WBGT reference limit for persons unacclimatized to heat °C
Class 0 Resting metabolic rate	115	33	32
Class 1 Low metabolic rate	180	30	29
Class 2 Moderate metabolic rate	300	28	26
Class 3 High metabolic rate	415	26	23
Class 4 Very high metabolic rate	520	25	20

The values for WBGT_{eff} given here are provided for harmonization with existing national standards. As those standards are revisited in the future, the values from Figure A.1 or the related equations may be considered. The newer values will generally differ by $\pm 1 \text{ °C}$.

LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO PER GLI AMBIENTI TERMICI

la normativa tecnica di settore

$WBGT_{eff} < WBGT_{ref}$ ➡ Non sono richieste ulteriori azioni

$WBGT_{eff} > WBGT_{ref}$

Aumenta il rischio di patologie da caldo

Sono richieste ulteriori azioni:

- ➡ - Ridurre lo stress termico con metodi appropriati
(controllo ambiente, livello di attività, dei tempi di esposizione)
- ➡ - Effettuare una valutazione più dettagliata dello stress termico attraverso al ISO 7933

MODELLO PHS – UNI EN ISO 7933:2023

○ PHS = PREDICTED HEAT STRAIN

Procedura più elaborata e accurata per la valutazione analitica dello stress in ambienti caldi

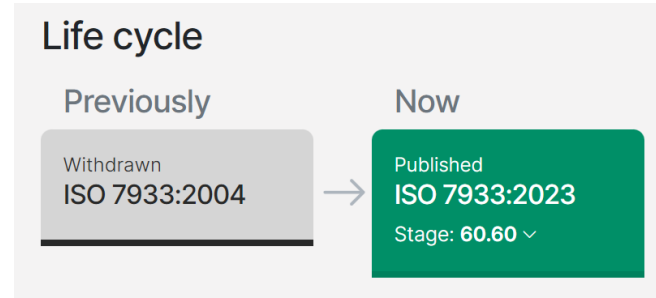
○ OBIETTIVI DEL METODO

1. descrive un metodo per predire la temperatura rettale e la perdita di acqua sperimentata da un soggetto medio nelle condizioni in esame. Restituisce gli andamenti temporali durante le 8 h di lavoro
2. La determinazione dei tempi massimi di esposizione (DURATA LIMITE MASSIMA DI ESPOSIZIONE) per i quali la sollecitazione fisiologica è accettabile per il 95% della popolazione esposta

E' una valutazione per una persona media in buona salute per il lavoro che deve svolgere. Non viene stimata la risposta individuale

5 Principles of the predicted heat strain (PHS) model

WARNING — The model has not been extensively validated for conditions with unsteady environmental parameters, metabolic rate and/or clothing and therefore must be used cautiously in cases where these parameters vary substantially with time. It does not enable users to determine validly the duration of time needed for an average person whose rectal temperature has risen to 38 °C or more to recover a rectal temperature of 36,8 °C.



ISO Standards About us News Taking part Store

ICS ← 13 ← 13.180

ISO 7933:2023

Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of heat stress using calculation of the predicted heat strain

[Preview](#)

Abstract

This document describes a model [the predicted heat strain (PHS) model] for the analytical determination and interpretation of the thermal stress (in terms of water loss and rectal temperature) experienced by an average person in a hot environment and determines the maximum allowable exposure times within which the physiological strain is acceptable for 95 % of the exposed population (the maximum tolerable rectal temperature and the maximum tolerable water loss are not exceeded by 95 % of the exposed people).

The various terms used in this prediction model and, in particular, in the heat balance, show the influence of the different physical parameters of the environment on the thermal stress experienced by the average person. In this way, this document makes it possible to determine which parameter or group of parameters can be changed, and to what extent, in order to reduce the risk of excessive physiological strain.

In its present form, this method of assessment is not applicable to cases where special protective clothing (e.g. fully reflective clothing, active cooling and ventilation, impermeable coveralls) is worn.

This document does not predict the physiological response of an individual person, but only considers average persons in good health and fit for the work they perform. It is therefore intended to be used by, among others, ergonomists and industrial hygienists, as the outcomes can require expert interpretations. Recommendations about how and when to use this model are given in ISO 8025.

MODELLO PHS – Gli intervalli di applicabilità

- procedura complessa ed articolata
- di tipo iterativo
- permette di seguire nel tempo la risposta fisiologica alla sollecitazione termica
- si basa sul principio:

condizioni ottimali = condizioni di neutralità termica

Stress termico tanto più intenso quanto maggiore è il guadagno di energia

○ **INTERVALLI DI APPLICABILITA' DEL MODELLO PHS E DATI DI INPUT**

Table A.1 — Ranges of validity of the PHS model

Parameters	Units	Minimum	Maximum
t_a	°C	15	50
p_a	kPa	0,5	4,5
$t_r - t_a$	°C	0	60
v_a	ms ⁻¹	0	3
M	W·m ⁻²	56	250
I_{cl}	clo	0,1	1,0

MODELLO PHS – I dati di input

◆ I DATI DI INPUT

Table A.1 — Ranges of validity of the PHS model

Parameters	Units	Minimum	Maximum
t_a	°C	15	50
p_a	kPa	0,5	4,5
$t_r - t_a$	°C	0	60
v_a	ms ⁻¹	0	3
M	W·m ⁻²	56	250
I_{cl}	clo	0,1	1,0

} Rilievi con centralina

⇒ UNI EN ISO 8996:2022

⇒ UNI EN ISO 9920:2009

+

✓ Peso soggetto

✓ Altezza soggetto

✓ Possibilità di bere?

si ⇒ *DRINK* = 1

no ⇒ *DRINK* = 0

✓ Postura:

Seduto

In piedi

accovacciato

✓ Acclimatato/non

acclimatato

MODELLO PHS – La determinazione dei valori limite

◆ **LIMITI PER LA TEMPERATURA RETTALE**

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

Il valore massimo accettabile della temperatura rettale.

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

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

Massima perdita di acqua compatibile con il mantenimento dei parametri fisiologici

Si intende proteggere il 95% della popolazione esposta.

	Accesso ai liquidi	
	Libero (DRINK=1)	Negato (DRINK=0)
Dmax95	5% della massa corporea	3% della massa corporea

AMBIENTI FREDDI

Ambienti freddi

Gli effetti dovuti al freddo

RAFFREDDAMENTO GLOBALE

Raffreddamento del corpo nel suo complesso → Indice **IREQ** (UNI EN ISO 11079)

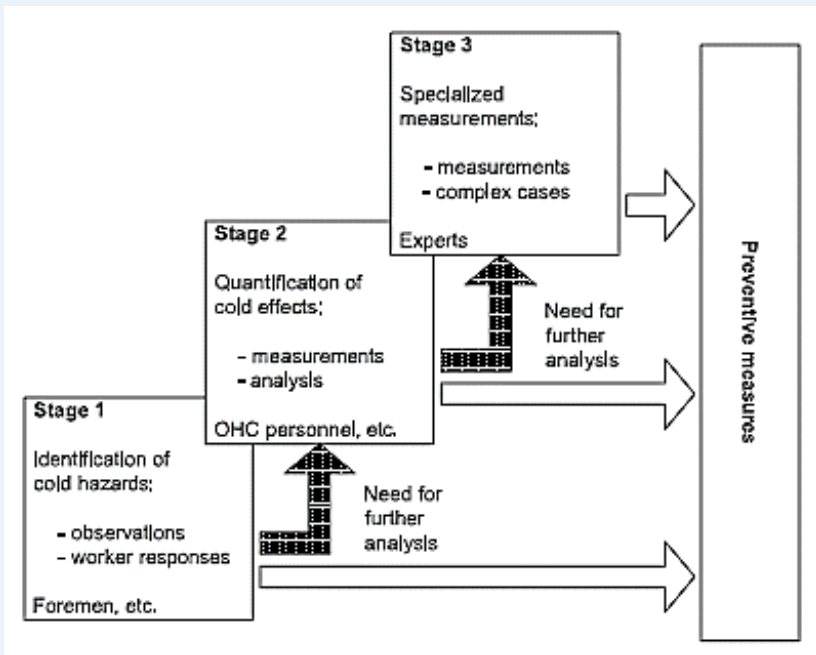
RAFFREDDAMENTO LOCALE

Il raffreddamento locale di una parte del corpo (soprattutto mani, piedi, testa) può provocare discomfort, deterioramento delle capacità manuali e fisiche, danni.

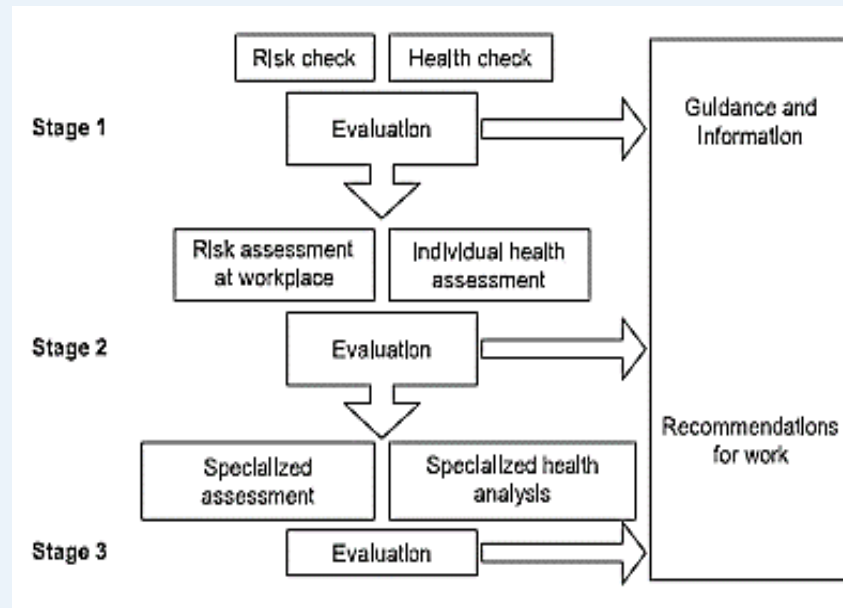
- **Convective cooling** La combinazione di temperatura bassa e presenza di vento accelera la perdita di calore
Rischio per le parti non protette (mani e viso) → Wind chill temperature
- **Conductive cooling** Raffreddamento da contatto con le superficie fredde :
raffreddamento dei tessuti o
lesioni locali da freddo → da valutare tenendo conto della ISO 13732 - 3
- **Extremity cooling** Raffreddamento delle estremità
Guanti da protezione → EN 511: Protective gloves against cold
- **Airway cooling** Raffreddamento dovuto all'inalazione di aria a bassa temperatura. Si raffreddano le membrane delle prime vie respiratorie e questo può essere dannoso per i tessuti.
Nel caso di mansioni più pesanti si inalano maggiori volumi di aria

NORMA EUROPEA	Ergonomia dell'ambiente termico Posti di lavoro al freddo Valutazione e gestione del rischio	UNI EN ISO 15743
		OTTOBRE 2008
Ergonomics of the thermal environment Cold workplaces Risk assessment and management		

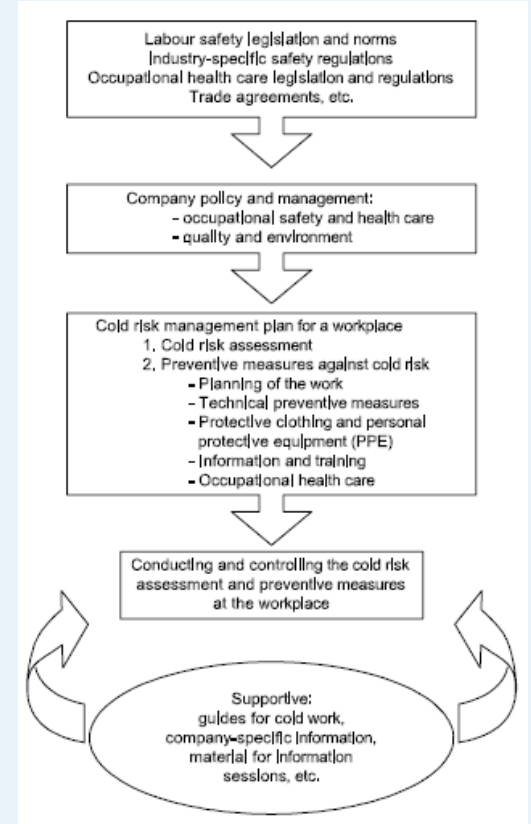
Risk assessment



Health assessment



Risk management



Fonte: ISO 15743:2008

Ambienti freddi - La UNI EN 15743:2008

NORMA EUROPEA	Ergonomia dell'ambiente termico Posti di lavoro al freddo Valutazione e gestione del rischio	UNI EN ISO 15743 OTTOBRE 2008
	Ergonomics of the thermal environment Cold workplaces Risk assessment and management	

COLD RISK ASSESSMENT

Stage 1 (observation)

Ha lo scopo di identificare i possibili pericoli legati alle lavorazioni in ambienti freddi basandosi sull'osservazione



Vengono raccolte informazioni qualitative per la compilazione di una checklist



Vengono implementati i metodi di gestione per arrivare ad eliminare o ridurre la fonte di danno

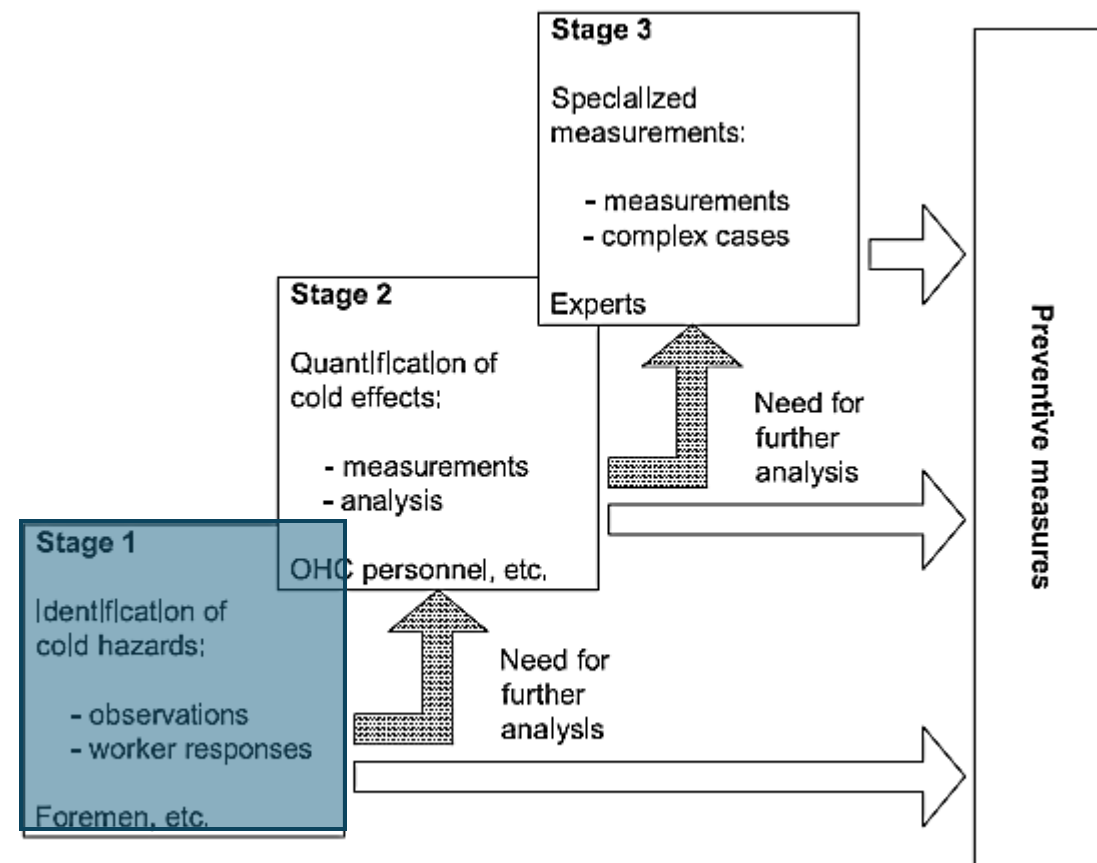


Figure 1 — Model for cold risk assessment in the workplace

Ambienti freddi - La UNI EN 15743:2008

COLD RISK ASSESSMENT Stage 1 (observation)

- Non richiede una formazione specifica
- Richiede conoscenza del contesto lavorativo e dell'attività lavorativa
- Una checklist per ogni attività lavorativa
 - 0 non c'è problema → Nessuna attività preventiva richiesta
 - 1 qualche problema relativo al freddo → Richieste azioni correttive a lungo termine
 - 2 problema che implica un rischio serio per la salute del lavoratore → Richieste azioni correttive immediatamente

A.2 Checklist for identification of cold-related problems

5. Cold protective clothing (excluding hands, feet and head)

Name of company: Date:
 Observed temperature: °C

0 Adequate
 1 Partly inadequate (e.g. only some winter garments in use)

Table A.1 — Summary of results and selected preventive measures

Scoring:	Problem	Score 0,1 or 2	Preventive measure	Implementation		Need for further analysis	Date of recheck
				No	Yes		
1. Cold 0 Air ten 1 Air ten 2 Air ten Rema 2. Wind 0 No air 1 Light c 2 Strong Rema 3. Cont: lying on 0 Not at 1 Worki 2 Worki surfac Rema 4. Exposure to water/liquids/wetness 0 No exposure 1 Short periods of exposure (e.g. when handling cold materials, raining, snowfall) 2 Long periods of exposure (e.g. continuously handling cold fluids or wet materials) Rema	1. Cold air						
	2. Wind/air movement						
	3. Touching cold surfaces						
	4. Water/liquids/moisture						
	5. Cold protective clothing						
	6. Protection against cold: hands, head, feet						
	7. Use of PPE						
	8. Other problems						
Responsible person: Date: Approval:							
Highly varying workload (light/heavy) Varying thermal environments (e.g. frequent moving between in and outdoors) Slipperiness Insufficient lighting Other factors (specify):							

Si inserisce il valore più alto riportato

Ambienti freddi - La UNI EN 15743:2008

NORMA EUROPEA	Ergonomia dell'ambiente termico Posti di lavoro al freddo Valutazione e gestione del rischio	UNI EN ISO 15743 OTTOBRE 2008
	Ergonomics of the thermal environment Cold workplaces Risk assessment and management	

COLD RISK ASSESSMENT **Stage 2 (analysis)**

Ha lo scopo di quantificare analizzare e stimare gli effetti dovuti al freddo emersi dallo stage 1



Si raccomanda che l'analisi venga effettuata da un professionista della prevenzione che sappia utilizzare le procedure indicate (ingegneri della sicurezza, igienisti industriali etc)

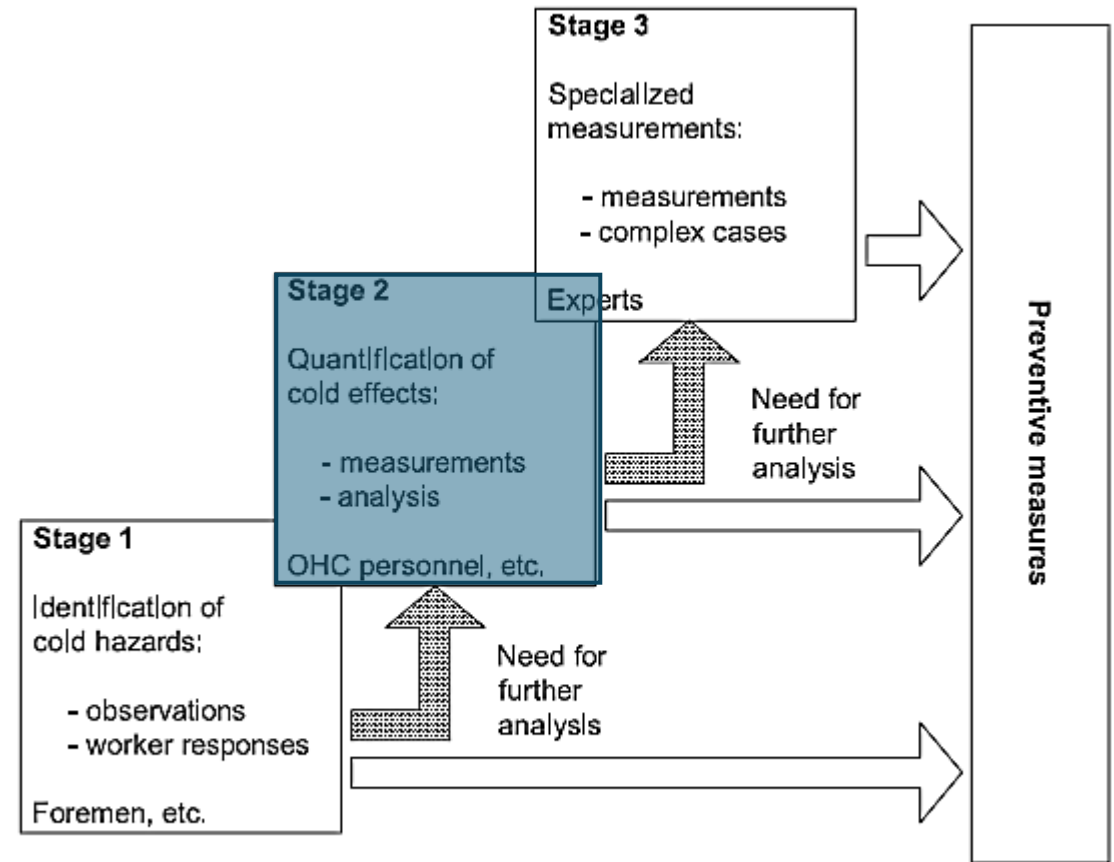


Figure 1 — Model for cold risk assessment in the workplace

Ambienti freddi

UNI EN ISO 15743 - Analisi dei problemi legati al freddo (All.B) - aria fredda

A.2 Checklist for identification of cold-related problems

Name of company: Date:
 Observed task: Temperature: °C
 Wind speed: m/s

Scoring:

- 0 No need for preventive actions
 1 Corrective actions are recommended in the long run
 2 Immediate need for corrective actions

1. Cold air

0 Air temperature does not cause any problem
 1 Air temperature causes some problems
 2 Air temperature clearly causes problems

Remarks:

2. Wind/air movements

- 0 No air movements
 1 Light cold air movements (e.g. sensation of draught, light wind)
 2 Strong cold air movements (e.g. strong wind blowing occasionally or repeatedly)
- Remarks:

3. Contact with cold surfaces while handling tools/materials or when sitting, kneeling or lying on cold surfaces

- 0 Not at all
 1 Working for short periods with thin gloves, sitting, kneeling or lying on cold surfaces
 2 Working with bare or insufficiently protected hands or for longer periods sitting, kneeling, standing or lying on cold surfaces
- Remarks:

4. Exposure to water/liquids/wetness

- 0 No exposure
 1 Short periods of exposure (e.g. when handling cold materials, raining, snowfall)
 2 Long periods of exposure (e.g. continuously handling cold fluids or wet materials)
- Remarks:

NORMA
EUROPEA

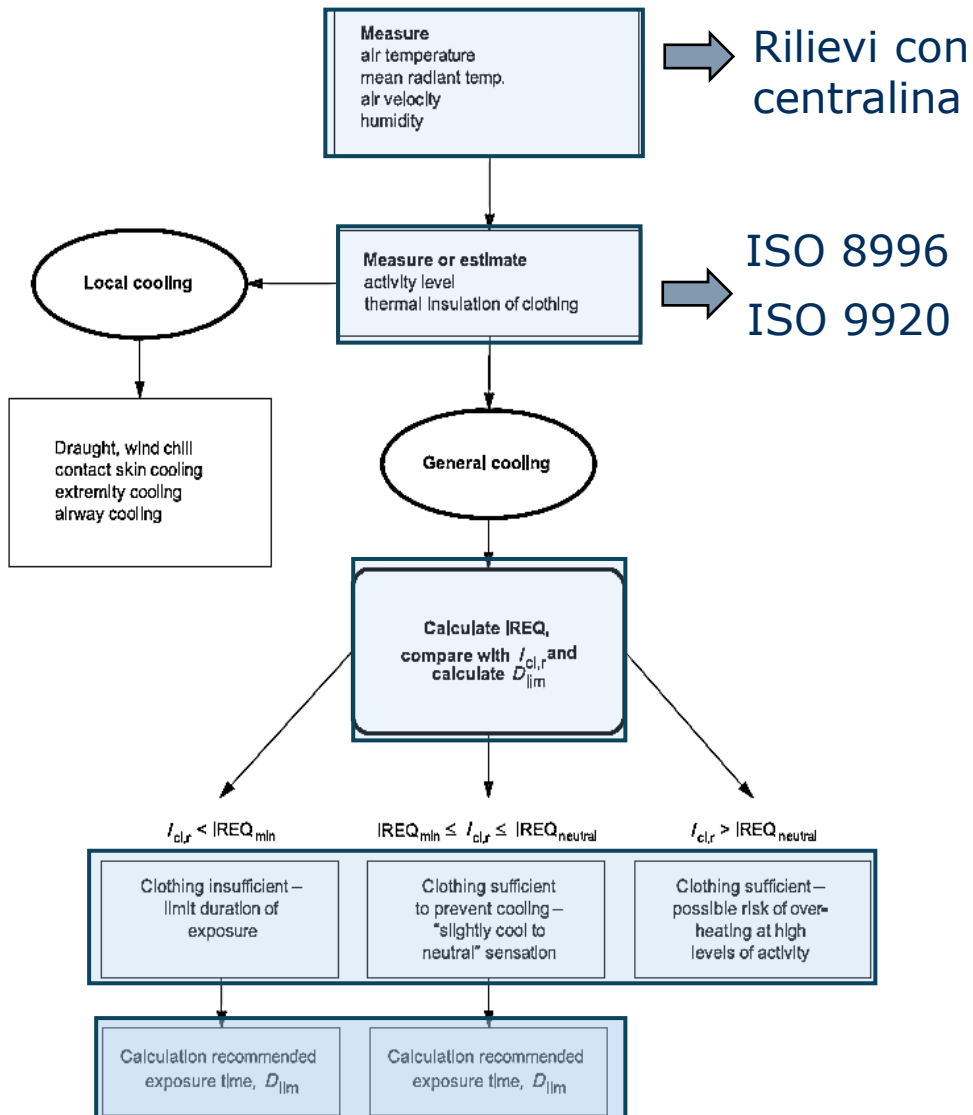
Ergonomia degli ambienti termici
 Determinazione e interpretazione dello stress termico da freddo con l'utilizzo dell'isolamento termico dell'abbigliamento richiesto (IREQ) e degli effetti del raffreddamento locale

UNI EN ISO
11079

GIUGNO 2008

Ergonomics of the thermal environment
 Determination and interpretation of cold stress when using required clothing insulation (IREQ) and local cooling effects

Ambienti freddi UNI EN ISO 11079 – Indice IREQ



Intervalli di applicabilità

$$t_a \leq 10 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$0,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \leq v_a \leq 18 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1};$$

$$I_{cl} > 0,078 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1} (0,5 \text{ clo}).$$

IREQ: Insulation REQuired

Isolamento termico **risultante** richiesto nelle condizioni termiche in esame ed ha lo scopo di valutare se l'abbigliamento selezionato fornisce un isolamento sufficiente

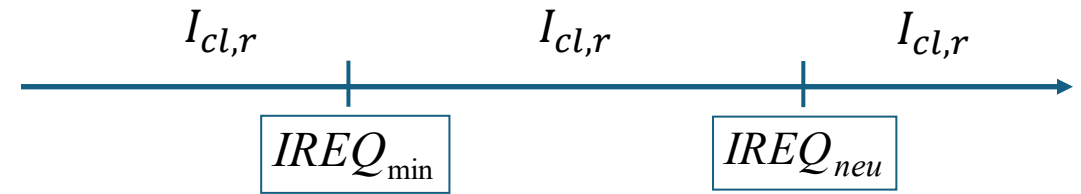
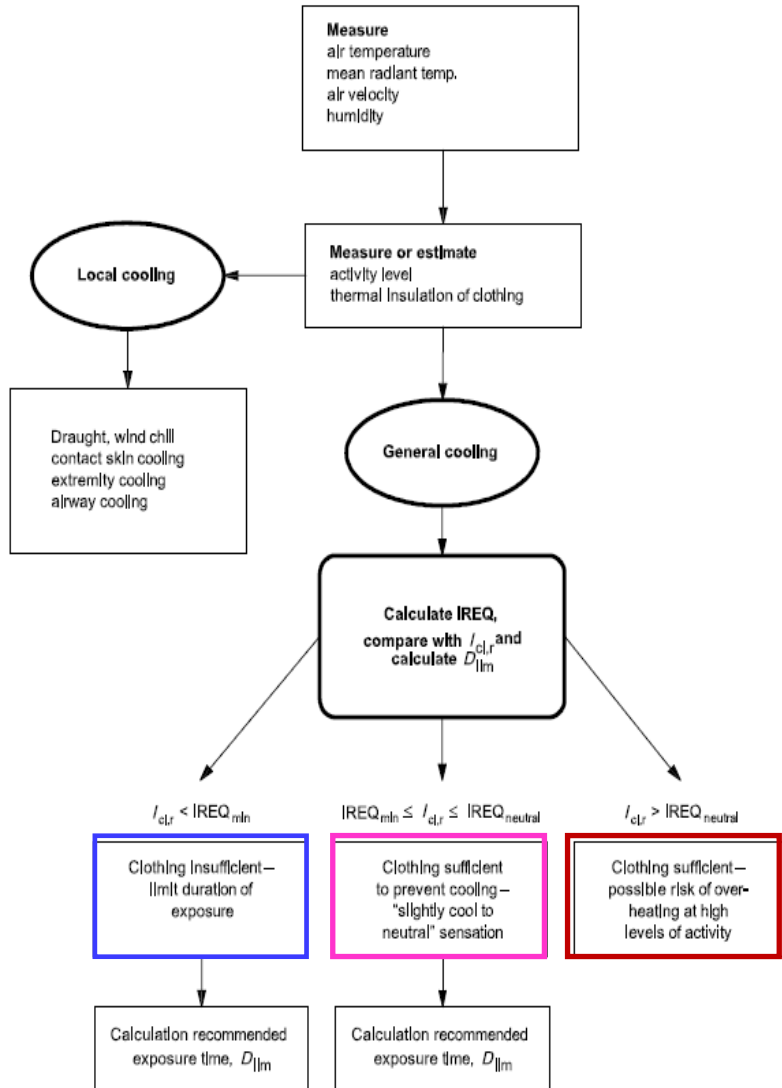
- L'IREQ viene calcolato in due condizioni fisiologiche particolari

↓
 $IREQ_{min}$

↓
 $IREQ_{neutral}$

- Confronto tra $I_{cl,r}$ e $IREQ_{min}$ $IREQ_{neu}$
 - $I_{cl,r} < IREQ_{min}$
 - $IREQ_{min} < I_{cl,r} < IREQ_{neutral}$
 - $I_{cl,r} > IREQ_{neutral}$
- Calcolo del tempo massimo di esposizione (laddove è necessario)

Ambienti freddi UNI EN ISO 11079 – Indice IREQ



$$I_{cl,r} < IREQ_{min}$$

Abbigliamento non fornisce adeguato isolamento per prevenire il raffreddamento

$$IREQ_{min} < I_{cl,r} < IREQ_{neutral}$$

Abbigliamento sufficiente per prevenire il raffreddamento
valutazione degli eventuale effetti del raffreddamento locale

$$I_{cl,r} > IREQ_{neutral}$$

Abbigliamento eccessivo – rischio di surriscaldamento, eccessivo sudore.
Ridurre isolamento

Ambienti freddi

UNI EN ISO 15743 - Analisi dei problemi legati al freddo (All.B) – movimenti di aria

A.2 Checklist for identification of cold-related problems

Name of company: Date:
Observed task: Temperature: °C
..... Wind speed: m/s

Scoring:

- 0 No need for preventive actions 1 Corrective actions are recommended in the long run 2 Immediate need for corrective actions

1. Cold air

- 0 Air temperature does not cause any problem
 1 Air temperature causes some problems
 2 Air temperature clearly causes problems
Remarks:

2. Wind/air movements

- 0 No air movements
 1 Light cold air movements (e.g. sensation of draught, light wind)
 2 Strong cold air movements (e.g. strong wind blowing occasionally or repeatedly)
Remarks:

3. Contact with cold surfaces while handling tools/materials or when sitting, kneeling or lying on cold surfaces

- 0 Not at all
 1 Working for short periods with thin gloves, sitting, kneeling or lying on cold surfaces
 2 Working with bare or insufficiently protected hands or for longer periods sitting, kneeling, standing or lying on cold surfaces
Remarks:

4. Exposure to water/liquids/wetness

- 0 No exposure
 1 Short periods of exposure (e.g. when handling cold materials, raining, snowfall)
 2 Long periods of exposure (e.g. continuously handling cold fluids or wet materials)
Remarks:

WIND CHILL TEMPERATURE (temperatura di raffreddamento da vento)

Annex D (informative)

Determination of wind cooling

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

v_{10} Rappresenta la velocità del vento misurata alla quota di 10 m dal suolo. Si ottiene dalle stazioni meteo

Se si misura la velocità dell'aria al livello del suolo è necessario $\times 1,5$

LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO AMBIENTI FREDDI

UNI EN ISO 11079:2008 - Raffreddamento locale - Wind Chill index

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

Table D.1 — Cooling power of wind on exposed flesh expressed as a comparative wind chill temperature (t_{WC}) at a defined wind speed of $4,2 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$

v_{10}		t_a °C										
km·h ⁻¹	m·s ⁻¹	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50
5	1,4	-2	-7	-13	-19	-24	-30	-36	-41	-47	-53	-58
10	2,8	-3	-9	-15	-21	-27	-33	-39	-45	-51	-57	-63
15	4,2	-4	-11	-17	-23	-29	-35	-41	-48	-54	-60	-66
20	5,6	-5	-12	-18	-24	-31	-37	-43	-49	-56	-62	-68
25	6,9	-6	-12	-19	-25	-32	-38	-45	-51	-57	-64	-70
30	8,3	-7	-13	-20	-26	-33	-39	-46	-52	-59	-65	-72
35	9,7	-7	-14	-20	-27	-33	-40	-47	-53	-60	-66	-73
40	11,1	-7	-14	-21	-27	-34	-41	-48	-54	-61	-68	-74
45	12,5	-8	-15	-21	-28	-35	-42	-48	-55	-62	-69	-75
50	13,9	-8	-15	-22	-29	-35	-42	-49	-56	-63	-70	-76
55	15,3	-9	-15	-22	-29	-36	-43	-50	-57	-63	-70	-77
60	16,7	-9	-16	-23	-30	-37	-43	-50	-57	-64	-71	-78
65	18,1	-9	-16	-23	-30	-37	-44	-51	-58	-65	-72	-79
70	19,4	-9	-16	-23	-30	-37	-44	-51	-59	-66	-73	-80
75	20,8	-10	-17	-24	-31	-38	-45	-52	-59	-66	-73	-80
80	22,2	-10	-17	-24	-31	-38	-45	-52	-60	-67	-74	-81

The shaded areas refer to the different classes of risk according to Table D.2.

Ambienti freddi

UNI EN ISO 15743 - Analisi dei problemi legati al freddo (All.B) contatto con superfici fredde (UNI EN ISO 13732-3:2009)

Licenza d'uso concessa a ISPESL BIBLIOTECA per l'abbonamento anno 2009.
Licenza d'uso interno su postazione singola. Riproduzione vietata. E' proibito qualsiasi utilizzo in rete (LAN, internet, etc...)

3. Contact with cold surfaces while handling tools/materials or when sitting, kneeling or lying on cold surfaces

0	Not at all
1	Working for short periods with thin gloves, sitting, kneeling or lying on cold surfaces
2	Working with bare or insufficiently protected hands or for longer periods sitting, kneeling, standing or lying on cold surfaces

Remarks:

INTERNATIONAL
STANDARD

ISO
13732-3

First edition
2005-12-01

Ergonomics of the thermal
environment — Methods for the
assessment of human responses to
contact with surfaces —

Part 3:
Cold surfaces

*Ergonomie des ambiances thermiques — Méthodes d'évaluation de la
réponse humaine au contact avec des surfaces —*

Partie 3: Surfaces froides

Fattori considerati:

Proprietà delle superfici

Temperatura delle superfici

Durata del contatto

Tipo del contatto (dita oppure intero palmo della mano)

Effetto sulla pelle durante il contatto

congelamento

intorpidimento

dolore

INAIL

UNI EN ISO 13732-3:2009



Reference number
ISO 13732-3:2005(E)

© ISO 2005

Ambienti freddi

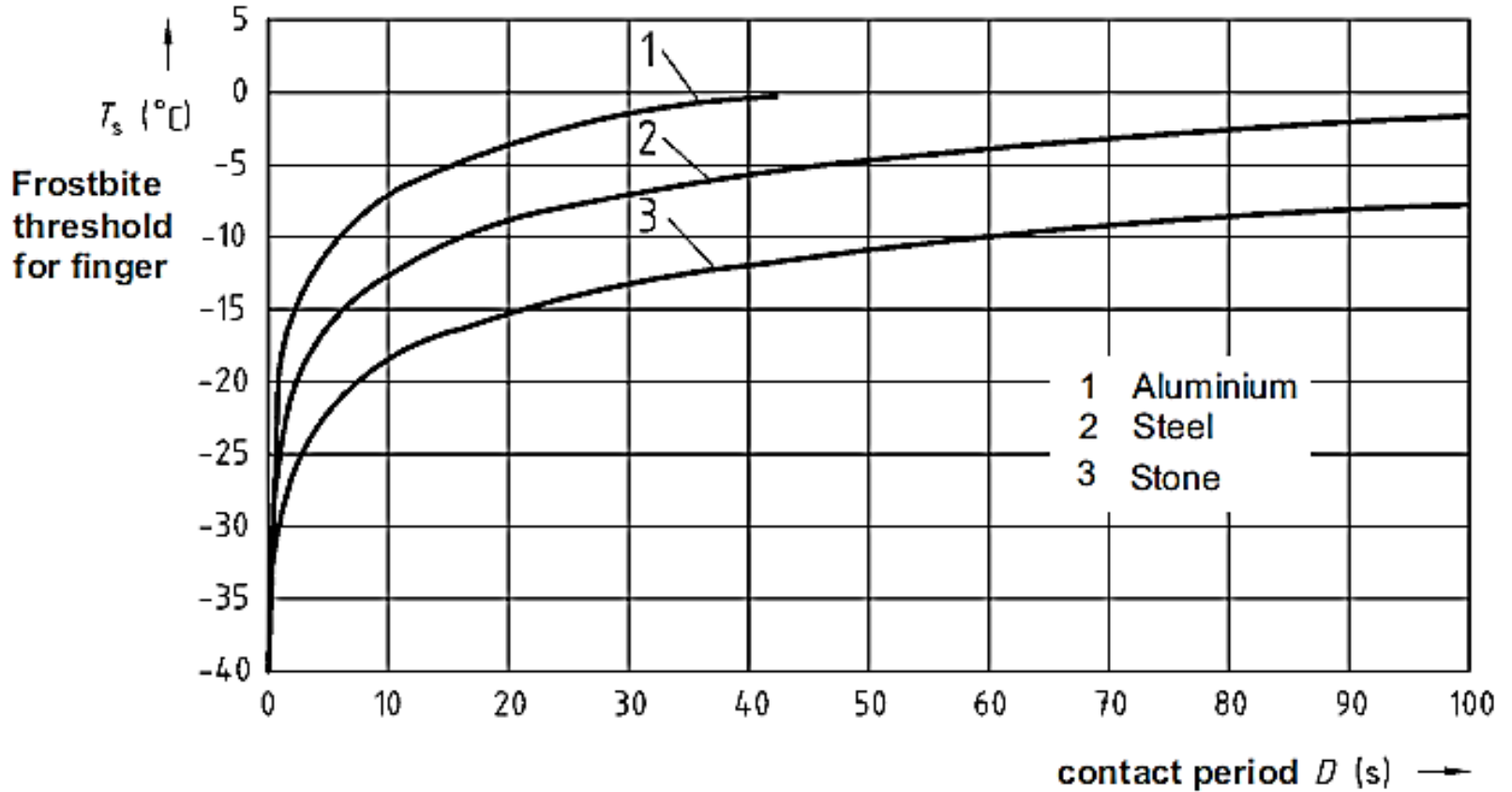
UNI EN ISO 15743 - Analisi dei problemi legati al freddo (All.B) contatto con superfici fredde (UNI EN ISO 13732-3:2009)

3. Contact with cold surfaces while handling tools/materials or when sitting, kneeling or lying on cold surfaces

0	Not at all
1	Working for short periods with thin gloves, sitting, kneeling or lying on cold surfaces
2	Working with bare or insufficiently protected hands or for longer periods sitting, kneeling, standing or lying on cold surfaces

Remarks:

Valori soglia



Ambienti freddi

UNI EN ISO 15743 - Analisi dei problemi legati al freddo (All.B) contatto con superfici fredde (UNI EN ISO 13732-3:2009)

3. Contact with cold surfaces while handling tools/materials or when sitting, kneeling or lying on cold surfaces

- 0 Not at all
- 1 Working for short periods with thin gloves, sitting, kneeling or lying on cold surfaces
- 2 Working with bare or insufficiently protected hands or for longer periods sitting, kneeling, standing or lying on cold surfaces

Remarks:

Figure 5 shows the three criteria thresholds for contact with metals (aluminium and steel).

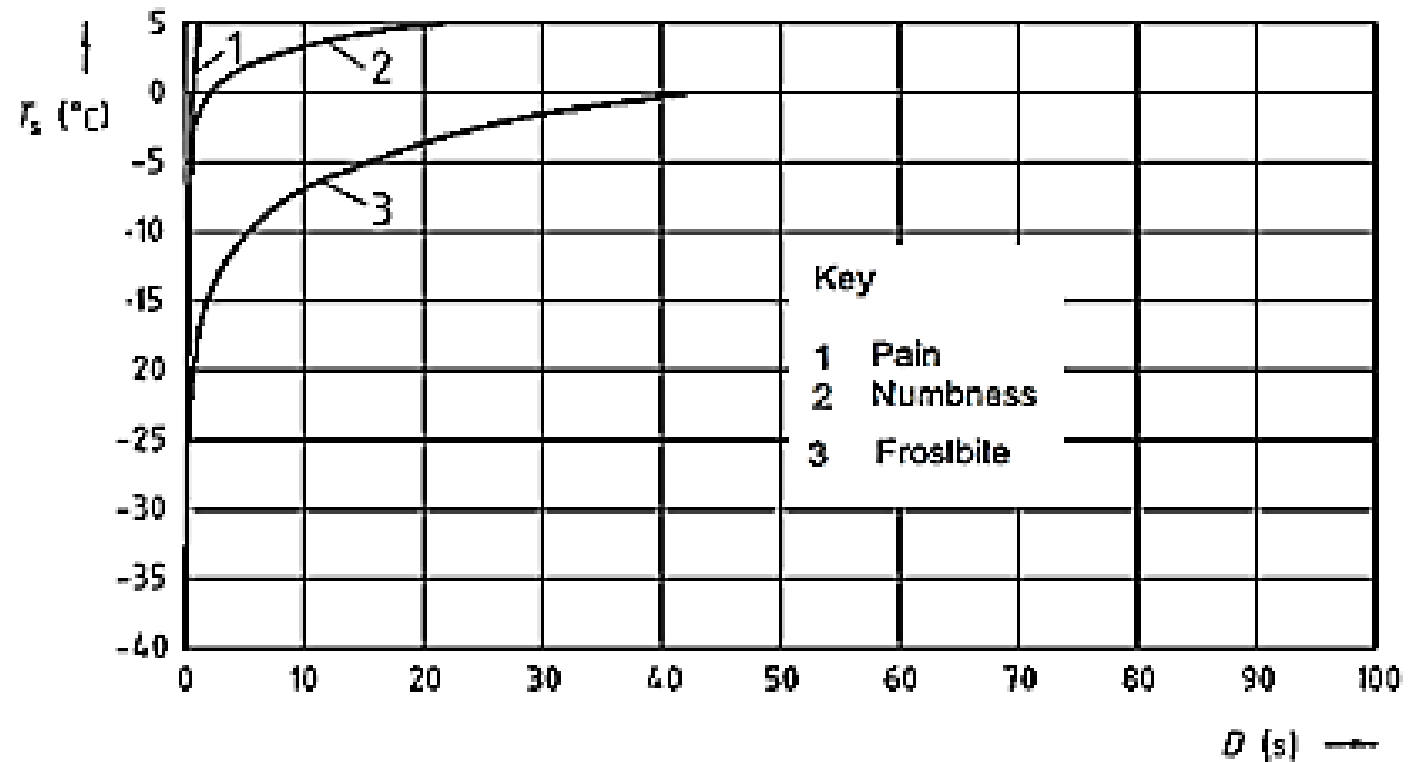


Figure 5 — Threshold curves for contact with an aluminium surface (finger touching)