



---

## ○ Microclima Termico

- **Francesco Tapparo**
- **Consulente in tecnologie di monitoraggio ambientale**

[francesco.tapparo@gmail.it](mailto:francesco.tapparo@gmail.it)

**Agenzia per il Triveneto LSI LASTEM SRL**



# Analisi dell'ambiente termico

**Quali sono le domande che ci poniamo nel dover affrontare misure Microclimatiche?**

- Quali finalità?
- Cosa richiede il DL81 (e precedenti!)?
- Quali grandezze fisiche acquisire?
- Come, Dove e Quando effettuare le misure?
- Quali criteri utilizzare?
- Distinzione tra ambienti moderati e severi
- Durata del campionamento?
- In quali periodi dell'anno effettuare le misure?



## Principi del D.L.vo 81 - 626/94 che si riferiscono al microclima.

### Art. 3 – Misure generali di **tutela**

1. Le misure generali per la protezione della **salute** e per la **sicurezza** dei lavoratori sono:

- b) eliminazione dei rischi in relazione alle conoscenze acquisite in base al progresso tecnico e ove ciò non è possibile, loro riduzione al minimo;
- f) rispetto dei **principi ergonomici** nella concezione dei posti di lavoro.



Assi del D.L.vo 81 - 626/94 che si riferiscono al microclima.

---

## Art. 9 – Compiti del servizio di prevenzione e protezione

1. Il servizio di prevenzione e protezione dai rischi professionali provvede:

.....all'individuazione delle misure per la sicurezza e la salubrità degli ambienti di lavoro, nel rispetto della normativa vigente.....



Art. 11 del D.L.vo 81 - 626/94 che si riferiscono al microclima.

L'art.11 del D.P.R. 19.03.1956 n. 303 è sostituito dal seguente: **Art. 11 (Temperatura dei locali)**

1. La temperatura nei locali di lavoro deve essere adeguata all'organismo umano durante il tempo di lavoro, tenuto conto dei metodi di lavoro applicati e degli sforzi fisici imposti ai lavoratori
2. Nel giudizio sulla temperatura adeguata per i lavoratori si deve tener conto della influenza che possono esercitare sopra di esso il grado di umidità ed il movimento dell'aria concomitanti.



Passi del D.L.vo 81 - 626/94 che si riferiscono al microclima.

3. La temperatura dei locali di riposo, dei locali di sorveglianza, dei servizi igienici, delle mense e dei locali di pronto soccorso deve essere conforme alla destinazione specifica di questi locali
  
- 4. Le finestre, i lucernari e le pareti vetrate devono essere tali da evitare un soleggiamento eccessivo dei luoghi di lavoro, tenendo conto del tipo di attività e della natura del luogo di lavoro.





## DL 81 – art 181

---

- L'art. 181 indica che
- *“il datore di lavoro valuta tutti i rischi derivanti da esposizione ad agenti fisici”*, mentre **l'art. 180** precisa che *“per agenti fisici si intendono il rumore, gli ultrasuoni, gli infrasuoni, le vibrazioni meccaniche, i campi elettromagnetici, le radiazioni ottiche di origine artificiale, il microclima e le atmosfere iperbariche che possono comportare rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori”*.
- Pertanto la valutazione va effettuata per tutti gli agenti di rischio elencati all'art. 180.





## Quindi come ci si regola?

---

- Essendo la normativa nazionale carente dal punto di vista tecnico (il DL 81 afferma unicamente che deve essere garantita agli operatori una situazione di benessere termico), ci si deve basare sulle indicazioni scientifiche e sulle normative tecniche; queste ultime propongono per la standardizzazione di tali risposte alcuni indici microclimatici di comfort e/o di stress che verranno di seguito descritti e che sono di fondamentale importanza per interpretare le condizioni microclimatiche ambientali integrate con il tipo di attività svolta dagli addetti.



## Elenco di alcune norme UNI-EN-ISO, riguardanti il Microclima Termico

### ○ UNI-EN-ISO 7730 1997

- Determinazione degli indici **PMV** e **PPD** e specifiche per le condizioni di benessere termico
- *Da ISO7730–1994, revis. della norma del 1984*
- ISO CD7730, ISO/TC159/SC5 N201 Ott.2001
- Ambienti termici moderati (discomfort locali)
- *Ergonomics of the phisical environment.*



## Norme UNI-EN-ISO, riguardanti il Microclima Termico

---

- UNI EN 27243 29/02/96

Valutazione dello stress termico per l'uomo negli ambienti di lavoro, basata sull'indice WBGT (temp. bulbo umido e globotermometro)

- UNI EN 12515 Sett. 99

- Determinazione analitica ed interpretazione dello stress termico mediante calcolo della sudorazione richiesta

SW<sub>req</sub>

- UNI EN ISO 7933: 2005

- Analytical determination and interpretation of heat stress using calculation of the predicted heat strain



## Norme UNI-EN-ISO, riguardanti il Microclima Termico

- UNI ENV ISO 11079 Giugno 2001  
Valutazione degli ambienti freddi
- Determinazione dell'isolamento richiesto dagli indumenti  
IREQ
  - UNI EN 27726 31/10/95
- Strumenti e metodi per la misura delle grandezze fisiche
  - UNI-EN-28996 1996
- met
- *Determinazione della produzione di energia termica metabolica*
- *Dalla ISO 8996 – 1990, confermata nel 1995.*

## Norme UNI-EN-ISO, riguardanti il Microclima Termico

---

**ISO 9920**

**01/03/95**

**clo**

- Estimation of the thermal insulation and evaporative resistance of a clothing ensemble

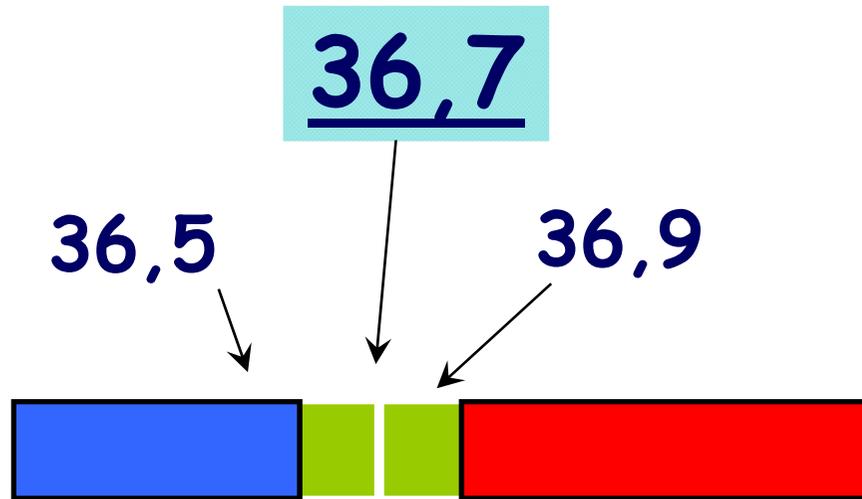
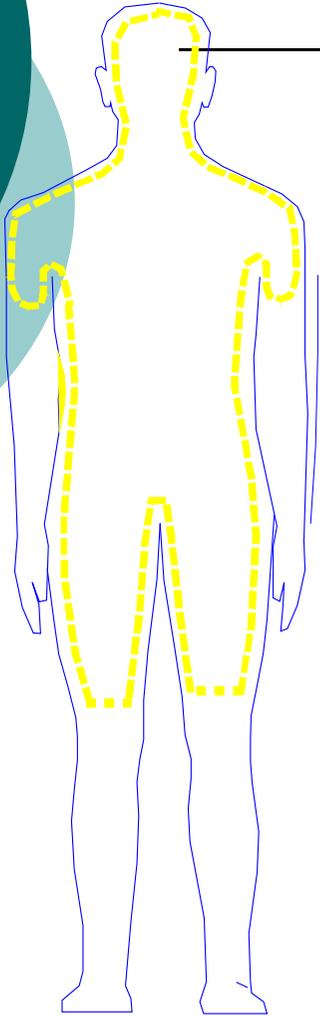
**ISO DIS 12894**

**23/06/97**

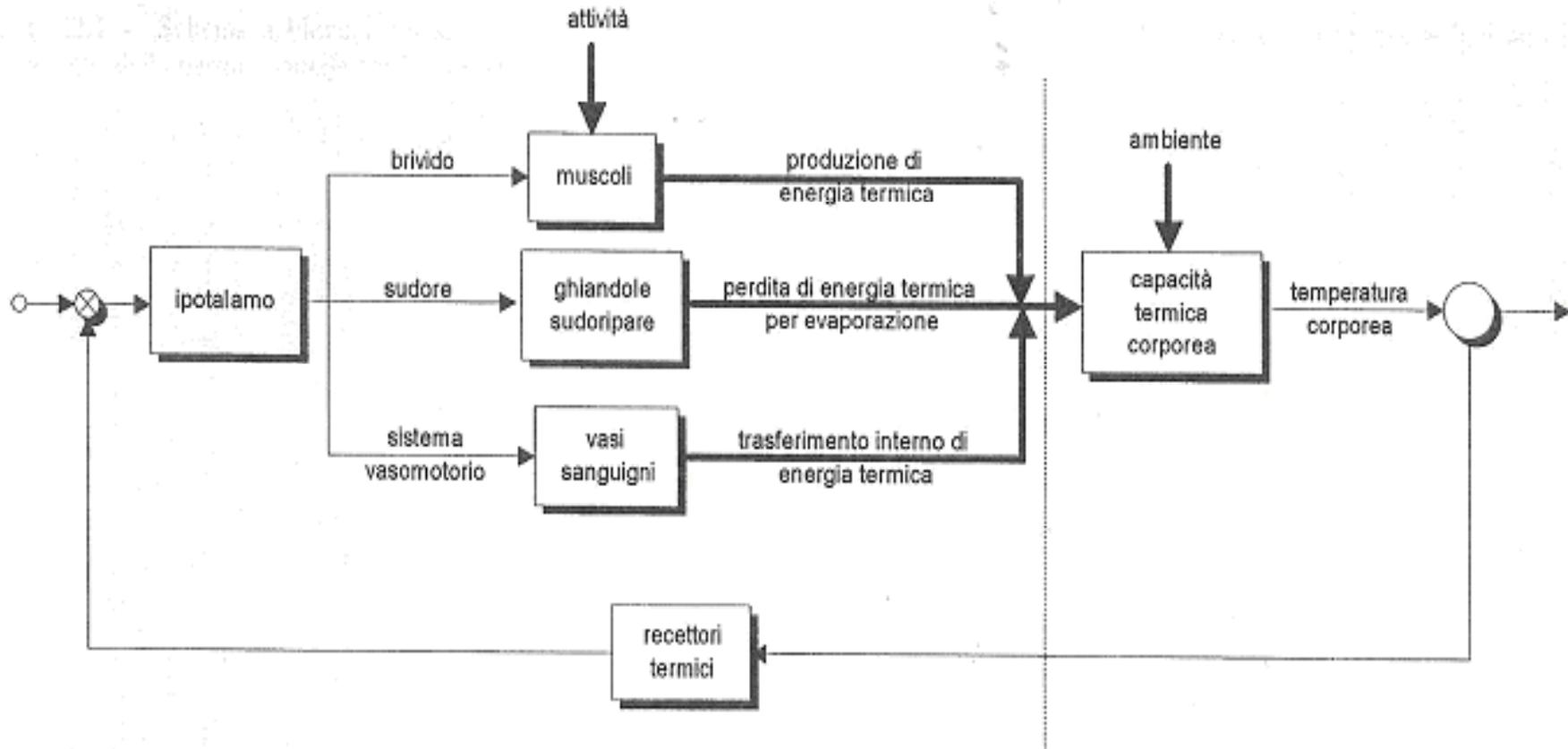
**Supervisione medica per esposizioni individuali in ambienti estremi caldi e freddi**



# LA TEMPERATURA DEL CORPO UMANO

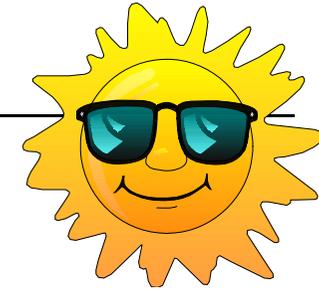
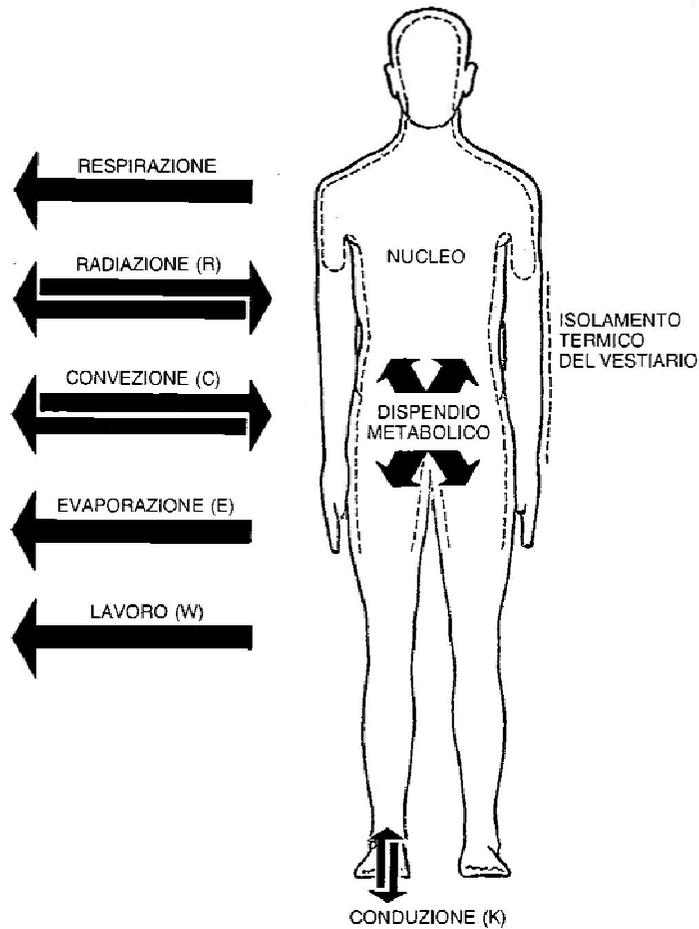


## SISTEMA DI TERMOREGOLAZIONE



- Schema a blocchi del sistema di termoregolazione dell'uomo
- Le linee spesse indicano il trasferimento dell'energia, quelle sottili il trasporto delle informazioni.

# Bilancio di energia termica del corpo umano



## Equazione di Bilancio Termico

$$M + W + C + R + K + C_{res} + E_{res} + E = S$$



Scambi di energia tra l'uomo e l'ambiente.





S =

---

- **Potenza termica** eventualmente accumulata nell'organismo (o perduta da questo), quando i flussi energetici che lo interessano non si compensino reciprocamente ed abbia quindi luogo un aumento (o una diminuzione) della sua temperatura



M Eq. bilancio termico  $M \pm W \pm C \pm R \pm K \pm C_{res} \pm E_{res} \pm E = \underline{S}$

● **M = Metabolismo Energetico** = quantità di energia potenziale chimica che all'interno del corpo umano complessivamente si trasforma in energia termica; chiamato anche

● **potenza metabolica, energia metabolica, tasso metabolico**

● **dispendio energetico oppure metabolismo = met**



● **1 met = 58,2 W/m<sup>2</sup> = 50,0 kcal/hm<sup>2</sup>.**

● **L'energia metabolica di riposo = 55 65 W/m<sup>2</sup>.**



**W** Eq. bilancio termico  $M \pm W \pm C \pm R \pm K \pm C_{res} \pm E_{res} \pm E = \underline{S}$

---

● **W** = Potenza Meccanica rappresenta l'energia che nell'unità di tempo l'uomo scambia con l'ambiente esterno sotto forma di lavoro.

● **Rendimento meccanico** =  $\eta = W/M$

● **POTENZA MECCANICA FUNZIONE DELL'ATTIVITA' SVOLTA.**



C Eq. bilancio termico M W C R K C<sub>res</sub> E<sub>res</sub> E = S

---

● C = potenza termica dispersa per convezione

$$● C = f_{cl} h_c a_b (t_{cl} - t_a)$$

● In definitiva, la potenza termica dispersa per convezione è funzione di:

- temperatura della superficie esterna del corpo vestito
  - temperatura dell'aria
  - velocità relativa soggetto-aria
- coefficiente di area dell'abbigliamento .



R Eq. bilancio termico M W C R K C<sub>res</sub> E<sub>res</sub> E = S

---

● **R** = potenza termica dispersa per irraggiamento

$$● R = A_r \varepsilon_p \sigma [(t_{cl}+273)^4 - (t_r+273)^4]$$

● **t<sub>r</sub>** che rappresenta la media delle temperature superficiali dei corpi che scambiano energia radiante con il corpo umano

● **La potenza termica scambiata per irraggiamento è**

● **funzione di:**

● **temperatura della superficie esterna del corpo vestito**

● **temperatura media radiante**

● **coefficiente di area dell'abbigliamento, che a sua volta dipende essenzialmente dall'isolamento termico dell'abbigliamento.**



# Temperatura media radiante!?



C+R Eq.bilancio termico  $M$   $W$   $C$   $R$   $K$   $C_{res}$   $E_{res}$   $E = \underline{S}$

● Il valore che più si avvicina alla sensazione termica del corpo umano è la

● **Temperatura Operativa o Operante**

$$● t_o = (h_r t_r + h_c t_a)/h$$

$$● t_a + t_r$$

$$● t_o \text{ -----}$$

$$● 2.$$



K Eq. bilancio termico M W C R K C<sub>res</sub> E<sub>res</sub> E = S

---

**K = Potenza termica dispersa per conduzione**

● **potenza termica scambiata:**

● **tra i piedi e il pavimento**

● **tra la sedia ed il soggetto seduto**

● **con gli oggetti tenuti in mano, etc.**



$C_{res}$ .Eq.bilancio termico M W C R K  $C_{res}$   $E_{res}$   $E = \underline{S}$

$C_{res}$  = Potenza termica dispersa nella respirazione come  
“calore sensibile”

$$C_{res} = m_{a,res} c_p (t_{ex} - t_a)$$

La potenza termica dispersa nella respirazione è in definitiva funzione delle seguenti variabili:

- metabolismo energetico, ovvero attività svolta dall'individuo
- grado igrotermico dell'aria
- temperatura dell'aria.



E Eq. bilancio termico M W C R K C<sub>res</sub> E<sub>res</sub> E = S

● **E = Potenza termica dispersa attraverso la pelle (calore latente)**

$$E = wA_b \frac{p_{sk,s} - p_a}{R_{e,T}}$$

● **In ogni caso, l'energia dispersa per evaporazione può essere espressa in funzione di:**

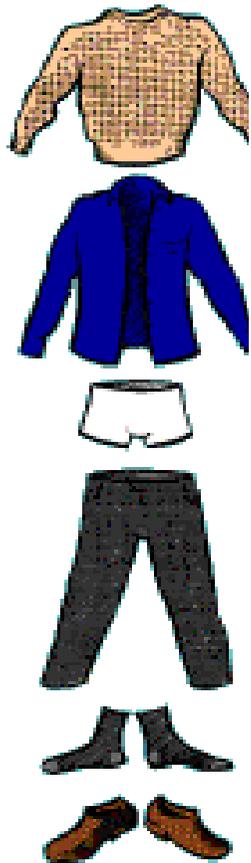
- temperatura della pelle
- temperatura dell'aria
- velocità dell'aria
- pressione parziale del vapor d'acqua nell'aria
- permeabilità al vapore dell'abbigliamento
- frazione equivalente di pelle bagnata.

## Energia Metabolica per diverse attività



Classe	Valore da utilizzare nel calcolo dell'energia metabolica media		Esempi
	W/m <sup>2</sup>	W	
0 riposo	65	115	Riposo
1 energia metabolica leggera	100	180	Seduto a proprio agio Lavoro manuale leggero Scrittura, battitura a macchina, contabilità, guida di un veicolo Passeggiata (3.5 Km/h)
2 energia metabolica moderata	165	295	Lavoro sostenuto con mani e braccia Guida di camion in cantieri Raccolta di frutta e verdura Intonacatura
3 energia metabolica elevata	230	415	Lavoro intenso con braccia e tronco Scavare con pala, lavorare con martello Segare, piallare.
4 energia metabolica molto elevata	290	520	Attività molto intensa a ritmo prossimo a valori massimi Salire scale o rampe Correre a velocità superiore 7 Km/h

## Resistenza termica e permeabilità al vapore dell'abbigliamento (ISO 9920)



0.28

0.25

0.04

0.25

0.05

0.04

0.91

$$\bullet \text{clo} = 0,155 \text{ m}^2 \text{ C/W}$$

$\bullet I_{cl}$  = Isolamento intrinseco

$\bullet i_{cl}$  = Indice di permeabilità dell'abbigliamento

$\bullet i_m$  = Indice di permeabilità al vapore

**Valutazione del singolo capo o dell'abbigliamento nel suo complesso.**

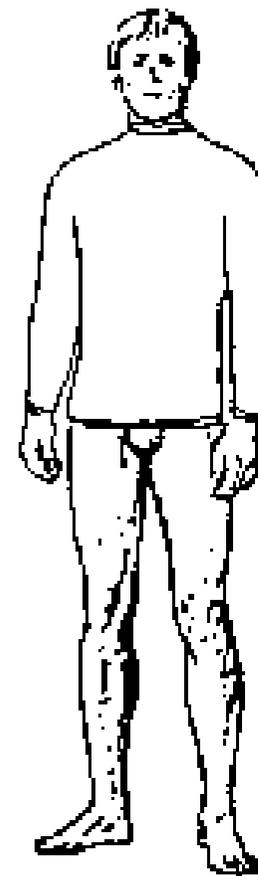
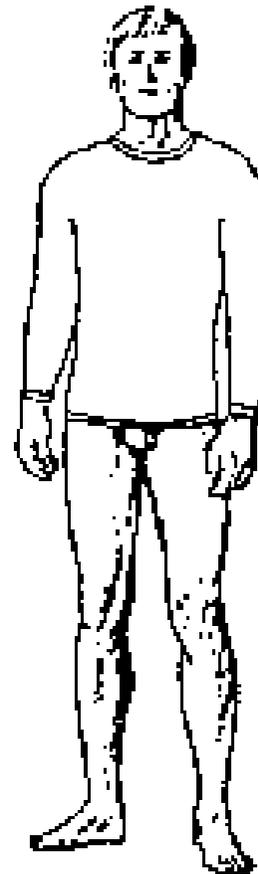
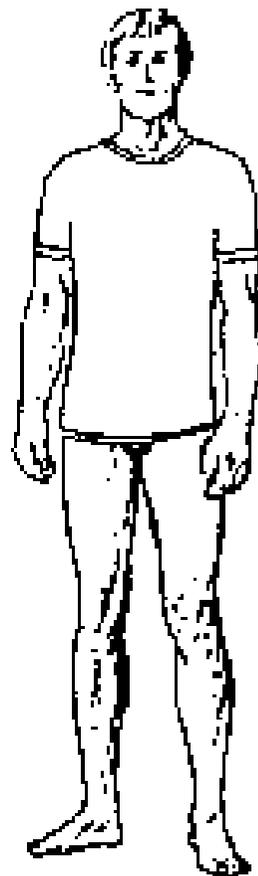
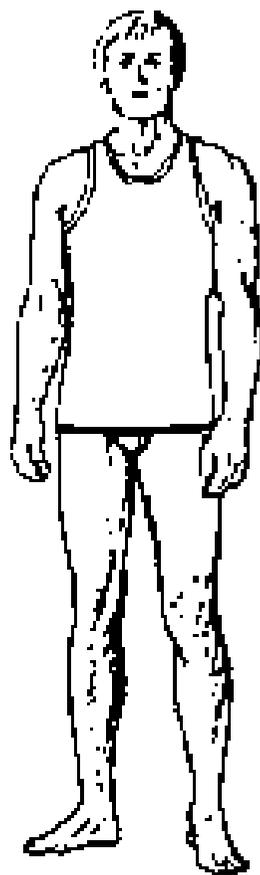
## Resistenza termica dei singoli capi dell'abbigliamento



Descrizione capo	I <sub>clu</sub> clo
<i>Biancheria intima</i>	
Slip	0,03
Mutande lunghe	0,10
Camiciola	0,04
Maglietta	0,09
Camicia, maniche lunghe	0,12
Slip e reggiseno	0,03
<i>Abiti-gonne</i>	
Gonna leggera (estiva)	0,15
Gonna pesante (invernale)	0,25
Abito leggero, maniche corte	0,20
Abito pesante, maniche lunghe	0,40
Completo termico	0,55
<i>Giacche</i>	
Leggera, estiva	0,25
Giacca classica	0,35
Camice	0,30
<i>Vari</i>	
Calzini	0,02
Calzini sottili, alla caviglia	0,05
Calzini sottili, lunghi	0,10
Calze di nylon	0,03
Scarpe (suola sottile)	0,02
Scarpe (suola spessa)	0,04
Stivali	0,10
Guanti	0,05

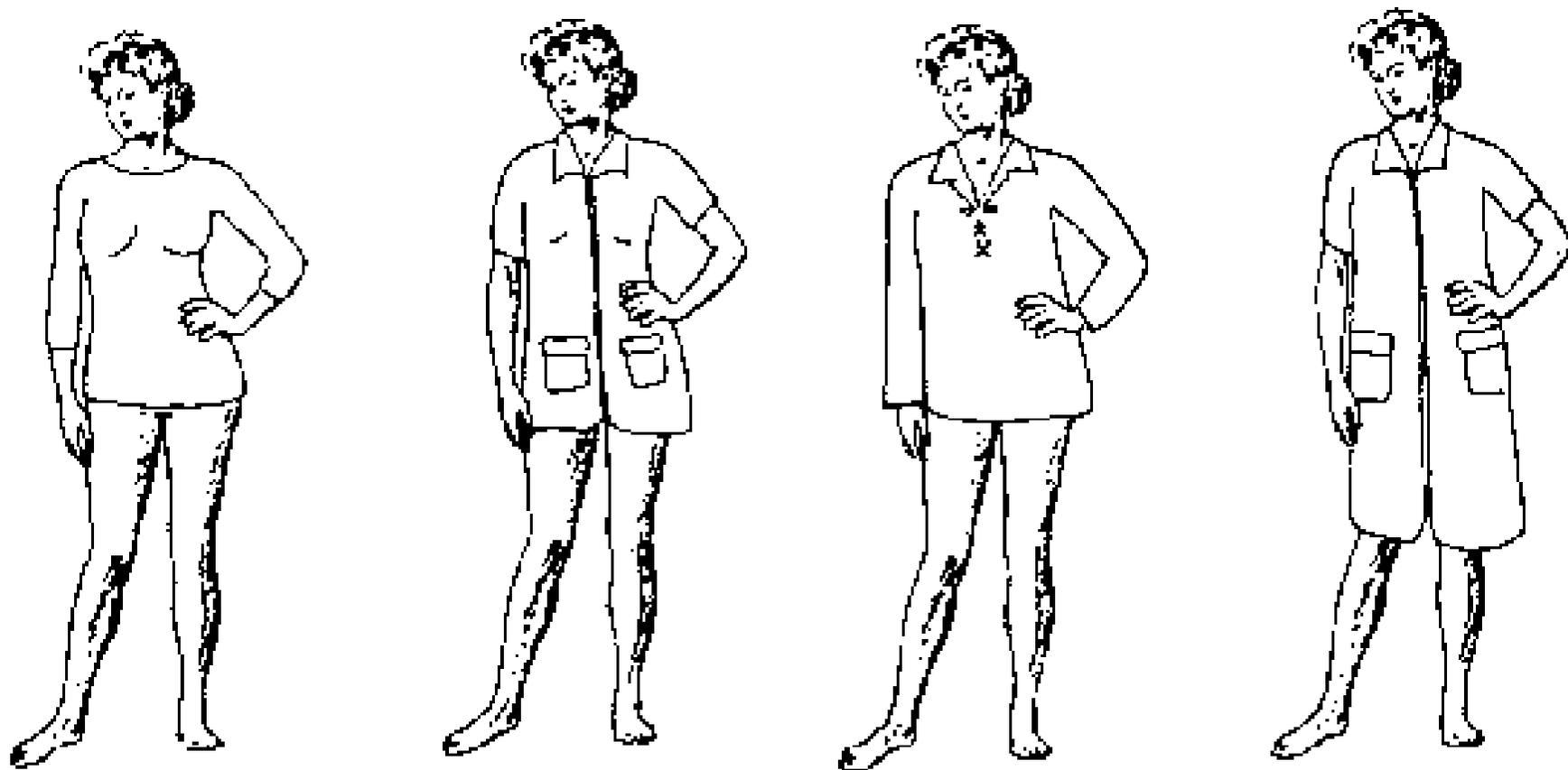
Descrizione capo	I <sub>clu</sub> clo
<i>Pantaloni</i>	
Corti	0,06
Leggeri	0,20
Normali	0,25
Di flanella	0,28
<i>Camicie-bluse</i>	
Maniche corte	0,15
Leggera, maniche lunghe	0,20
Normale, maniche lunghe	0,25
Di flanella, maniche lunghe	0,30
Blusa leggera, maniche lunghe	0,15
<i>Abbigliamento per esterno</i>	
Cappotto	0,60
Sotto-giacca	0,55
Parka	0,70
Tuta in "fiber pelt"	0,55
<i>Abiti pesanti, "fiber pelt"</i>	
Completo termico	0,90
Pantaloni	0,35
Giacca	0,40
Gilet	0,20
<i>Maglioni</i>	
Gilet	0,12
Maglione leggero	0,20
Maglione classico	0,28
Maglione pesante	0,35

## Resistenza termica dei singoli capi dell'abbigliamento

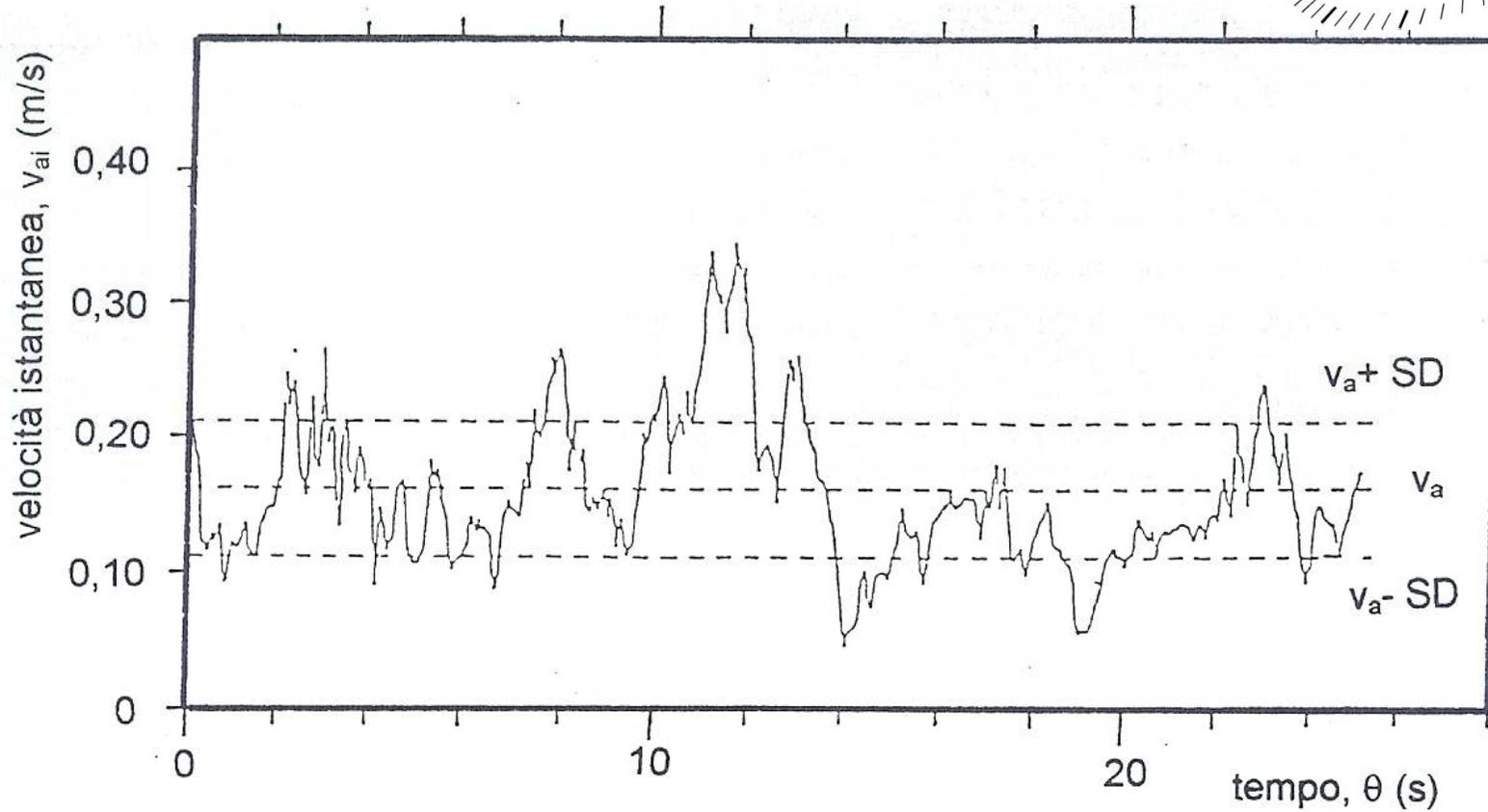


## Resistenza termica dei singoli capi dell'abbigliamento

---



## La velocità dell'aria (grafico $v_a + DS$ )



•  $v_a$  = velocità media dell'aria

• DS = deviazione standard della velocità.

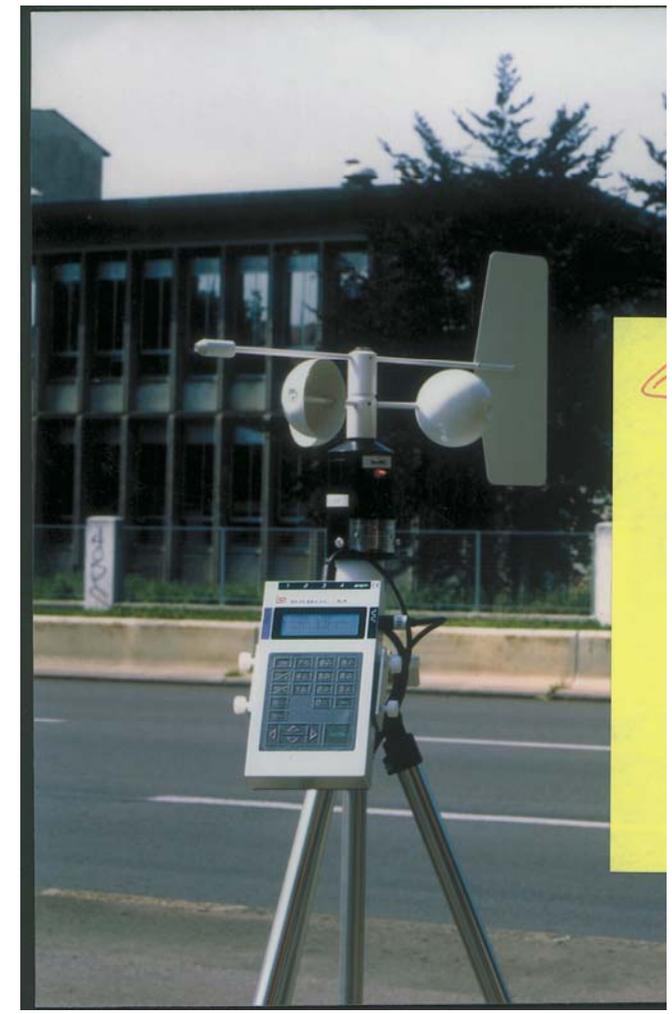
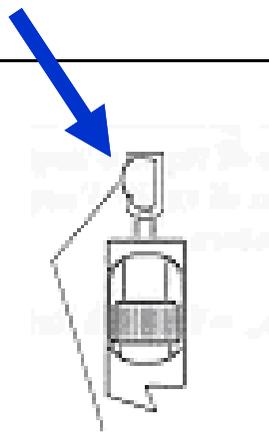
---

● Strumento di misura della velocità dell'aria.

- Anemometro a sfera calda
- Anemometro a filo caldo
- Anemometro a coppe (direzionali)



La velocità dell'aria  
(sonde a filo caldo e a coppe)



## Il grado igrometrico

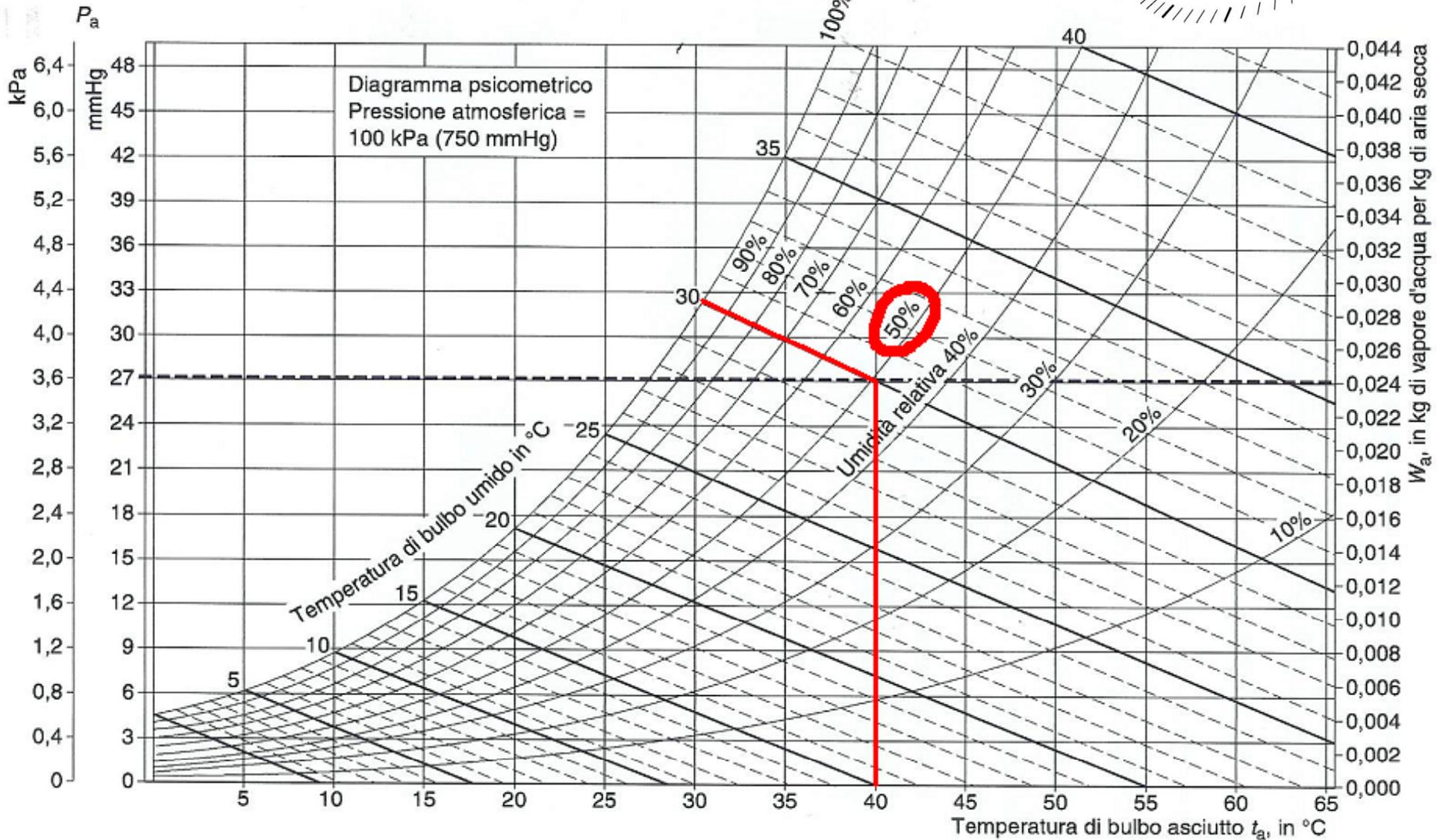
---

**Il grado igrometrico è definito come  
il rapporto tra  
pressione parziale di vapor d'acqua nell'aria,  $p_a$ ,  
pressione del vapore d'acqua saturo,  $p_{as}$ ,  
alla stessa temperatura e pressione totale.**

**•  $e = p_a/p_{as} = \text{Umidità Relativa dell'aria (RH)}$ .**



# Il grado igrometrico (diagramma psicrometrico)



## Il grado igrometrico (principi di misura)

---

• Termometro a bulbo umido a convezione forzata(  $t_w$  )

• +

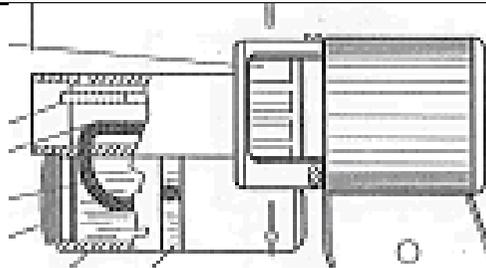
• Termometro a bulbo asciutto (  $t_a$  ) = **psicrometro**

• Igrometro ad adsorbimento (**fascio di capelli**)

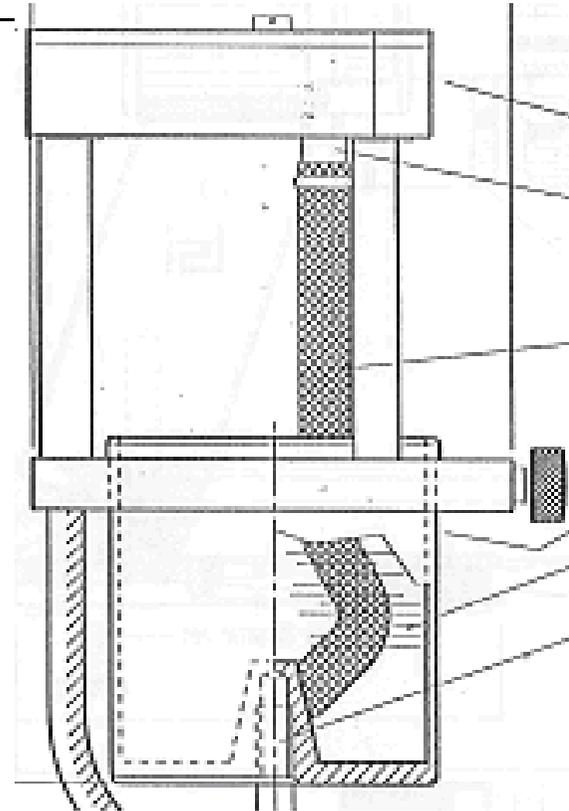
• Igrometro a variazione della conducibilità elettrica (**capacitivo**).



# Il grado igrometrico (sonda psicrometrica e capacitiva)



## Il grado igrometrico (sonda di bulbo umido a convezione naturale)



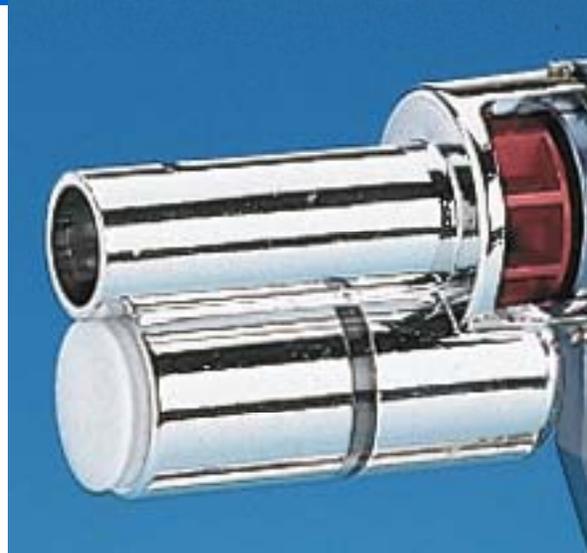
	classe S
Campo di misura	5÷40 °C
Precisione	± 0,5 °C
Tempo di risposta	Valore da specificare come caratteristica dello strumento di misura.

## La temperatura dell'aria

- termometro al mercurio
- sensore con il giunto di una termocoppia
- termometro a resistenza elettrica



## IL SENSORE DEVE ESSERE SCHERMATO



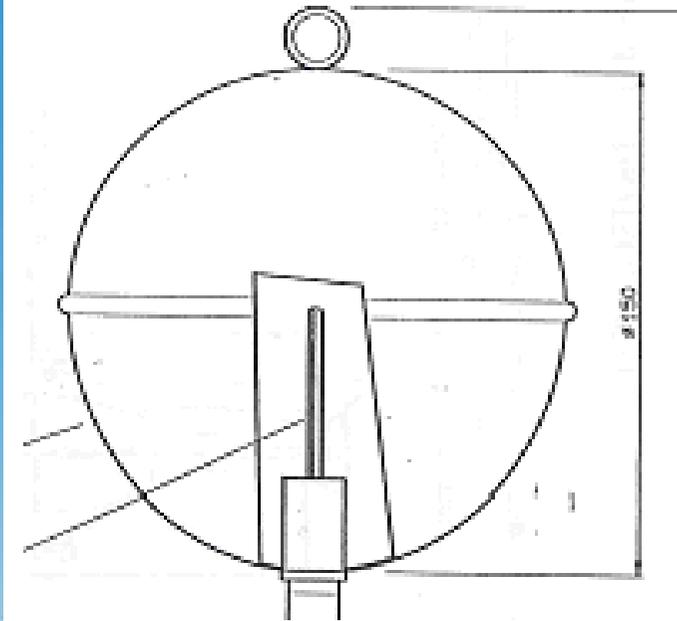
## La temperatura media radiante

La temperatura media radiante ( $t_r$ ), è la temperatura di un ambiente fittizio termicamente uniforme che scambierebbe con l'uomo la stessa potenza termica radiante scambiata nell'ambiente reale

- Globotermometro, sfera con **diametro 0,15 m** ( la forma sferica è utilizzata perché è tra quelle che meglio approssimano la forma del corpo umano)
- Per  **$d. < 0,15 m$**  la precisione diminuisce, perché lo scambio termico convettivo prevale su quello radiativo, quindi la temperatura del sensore tende a quella dell'aria.

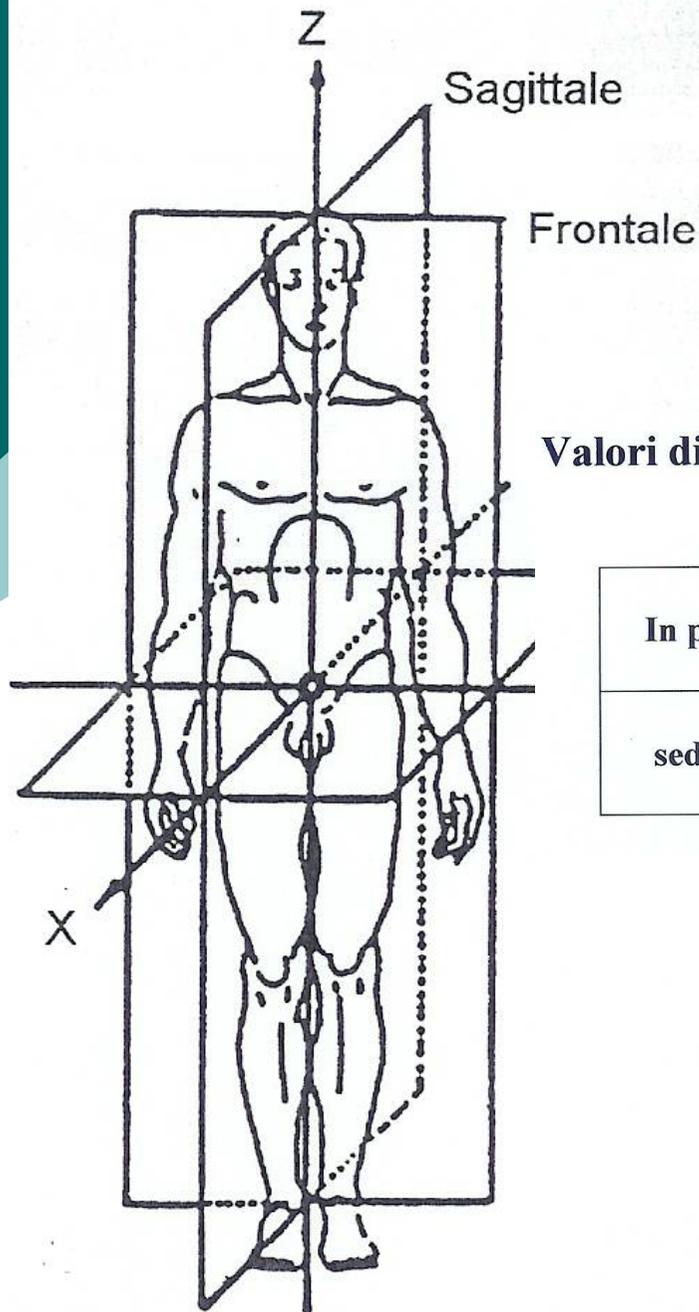


## La temperatura media radiante (sonda)



$$t_r = [(t_g + 273)^4 + 2,5 \times 10^8 \times v_a^{0,6} \times (t_g - t_a)]^{1/4} - 273$$

## Sonda Globo simulazione Uomo!?



Valori di  $f_{p,i}$  Da (ISO, 1985)

		Sopra/sotto	Sx / Dx	avanti/dietro	complessivo
In piedi	persona	0,08	0,23	0,35	0,66
	elissoide	0,08	0,28	0,28	0,64
	sfera	0,25	0,25	0,25	0,75
seduto	persona	0,18	0,22	0,30	0,70
	elissoide	0,18	0,22	0,28	0,68
	sfera	0,25	0,25	0,25	0,75

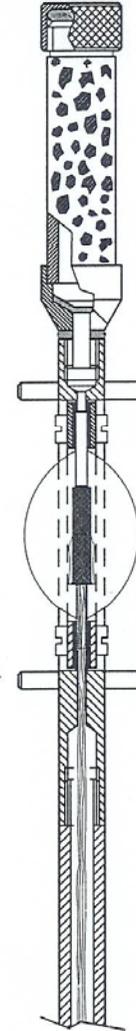
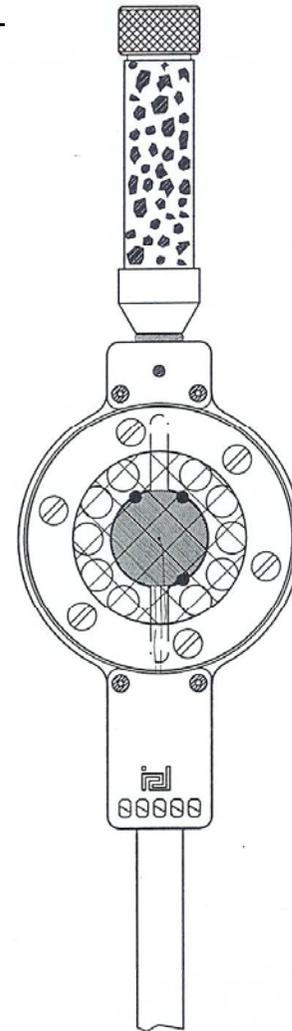


## La temperatura piana radiante

- ~~Temperatura piana radiante ( $t_{pr}$ ) è indispensabile per il calcolo dell'asimmetria media radiante ( $\Delta t_{pr}$ )~~
- ~~l'asimmetria della temperatura media radiante è la differenza tra le due temperature piane radianti relative ai due versi di una stessa direzione~~
- $\Delta t_{pr} = t_{pr1} - t_{pr2}$
- Radiometro ( costituito da una termopila cioè più termocoppie in serie ).



# La temperatura piana radiante (sonda)



## CENTRALINA MICROCLIMATICA



- Ha l'obbligo di certificazioni periodiche?
- Ha l'obbligo di controlli periodici?
- Ogni quanto tempo è suggeribile farla controllare?.

## QUESTIONS

---

**Q & A**

## ANSWERS

**fine principi base dell'ambiente termico**



## AMBIENTI TERMICAMENTE MODERATI



- Quali sono gli ambienti termicamente moderati?
- Come si può definire un ambiente moderato?.

## AMBIENTE MODERATO

---

● Il comfort termico è definito come "quello stato psico-fisico in cui il soggetto esprime soddisfazione nei riguardi del microclima"

**OPPURE**

● come "la condizione in cui il soggetto non ha né sensazione di caldo né sensazione di freddo", condizione chiamata anche neutralità termica

● **obbiettivo da perseguire per l'ambiente moderato !?**

● **TUTELA DEL BENESSERE.**



## AMBIENTE MODERATO (accumulo nullo)

---

- **Comfort termico globale (corpo intero)**
- **Comfort termico locale (alcune zone del corpo)**
- Perché ci sia comfort termico globale, una condizione necessaria è che l'energia interna del corpo umano non aumenti né diminuisca, ovvero che nell'equazione di bilancio termico il termine **accumulo sia nullo**
- **(abbigliamento, attività,  $t_a$ ,  $v_a$ , RH,  $t_r$ ,  $t_{sk}$ ,  $E_{sw}$ ) = 0.**



(abbigliamento, attività,  $t_a$ ,  $v_a$ , RH,  $t_r$ ,  $t_{sk}$ ,  $E_{sw}$ ) = 0  
8 variabili



- **2 relative al soggetto**
- **4 ambientali**
- **2 fisiologiche**

● In verità le due variabili fisiologiche non sono variabili indipendenti, ma

● dipendono con legge complessa dalle altre, per cui le variabili indipendenti da cui dipende effettivamente il benessere termico sono 6.

## INDICI DI DISCOMFORT GLOBALE

---

- Indici di sensazione:

- **PMV** (Predicted Mean Vote, Voto Medio Previsto)  
UNI-EN-ISO 7730 1997

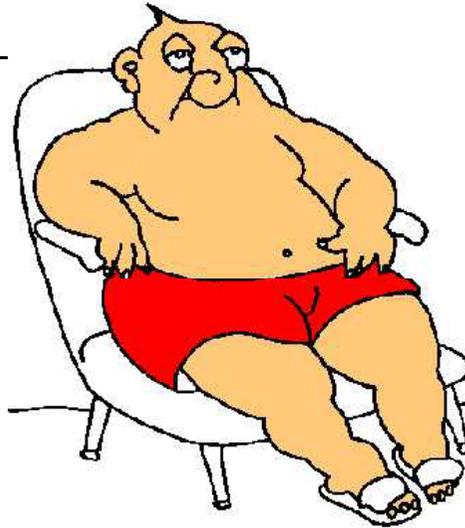
•

- Indici di temperatura:

- **ET\*** (New Effective Temperature, Nuova Temperatura Efficace) ASHRAE 55 1992.



## Scala sensazione termica dell'indice PMV



●+3

●+2

●+1

0

●-3

●-2

●-1

## L'indice PMV

---

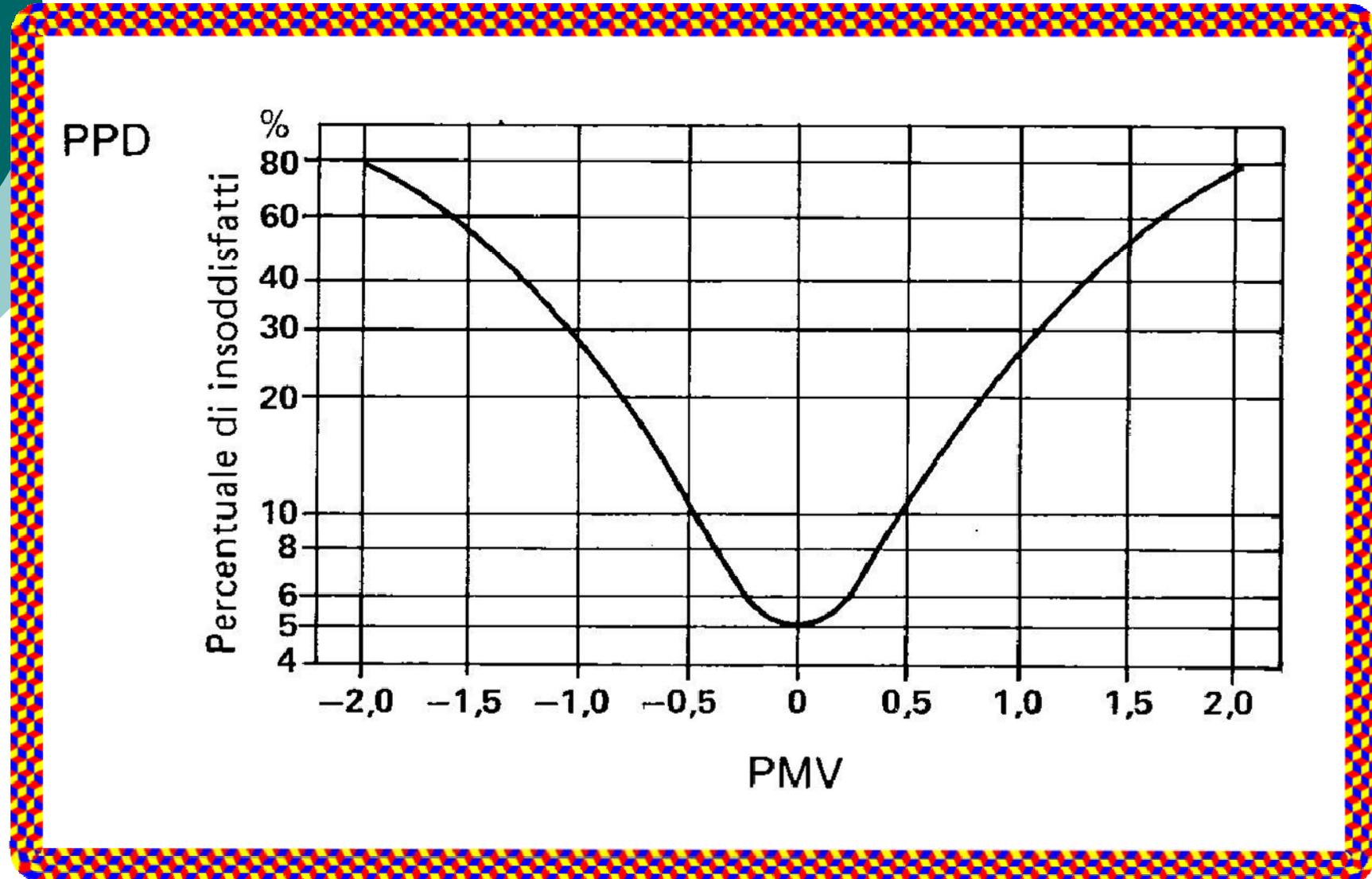
- **Sperimentalmente, si è visto che i voti dei singoli individui presentano una certa dispersione intorno al valore medio.**

**Fanger ha quindi definito un'altro indice, il PPD (Predicted Percentage Dissatisfied) che rappresenta la percentuale prevista di insoddisfatti, dove per insoddisfatti si intendono coloro che voterebbero**

**$\pm 2$  oppure  $\pm 3$ .**



## L'indice PMV – PPD (grafico)



## L'indice PMV – PPD (campo di validità)



**M** = da 46 a 232 W/m<sup>2</sup> ( da 0,8 a 4 met )

**I<sub>cl</sub>** = da 0 a 0,310 m<sup>2</sup> C/W ( da 0 a 2 clo )

**t<sub>a</sub>** = da 10 a 30 C

**t<sub>r</sub>** = da 10 a 40 C

**V<sub>ar</sub>** = da 0 a 1 m/s

**P<sub>a</sub>** = da 0 a 2700 Pa (da 30 a 70% UR ).

## Discomfort locale

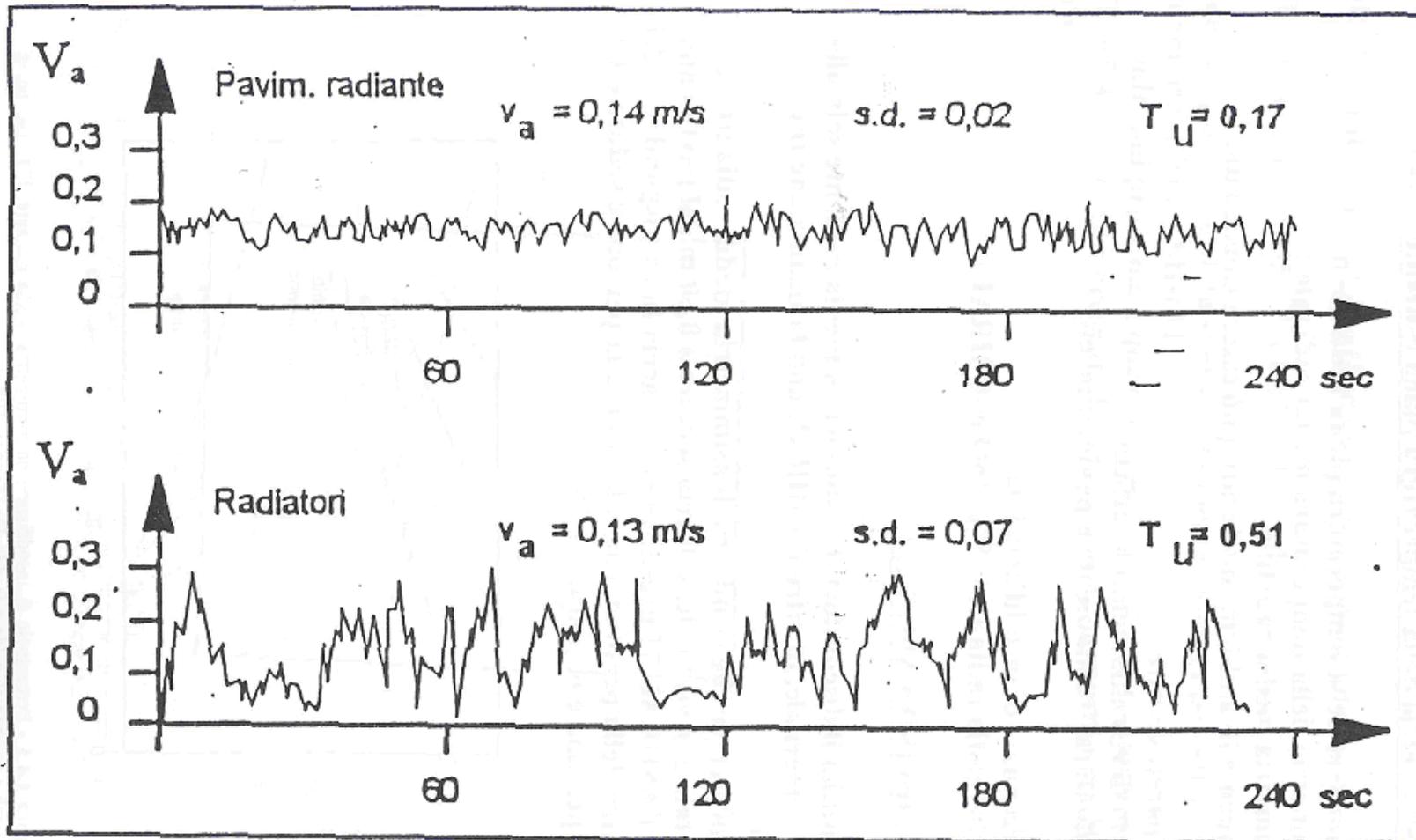
---

Perché l'ambiente sia termicamente accettato, deve essere nullo anche il **discofort locale**

- Correnti d'aria
- Elevata asimmetria media radiante
- Elevata differenza verticale della  $t_a$
- **Pavimento troppo caldo o troppo freddo.**



# Discomfort locale (grafico DS $v_a$ )



## DR Draught Rating (ISO/CD 7730)



### ● Rischio da correnti d'aria

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

● Questa equazione è stata sperimentalmente validata per attività sedentarie

● per condizioni prossime a quelle di comfort globale,

●  $v_a < 0,5$  m/s,

●  $T_u$  compresa tra 10% e 60%

●  $t_a$  compresa tra 20 e 26 C

● Valore massimo di insoddisfatti ammesso  $DR = 15\%$ .

## DR Draught Rating (sonda)



● acquisisce 1 valore  
ogni 2 sec.



● acquisisce 10  
valori ogni sec.

## Elevata asimmetria della temperatura piana radiante



$\Delta t_{pr}$

## asimmetria della temperatura piana radiante

- è più frequente in ambienti moderati,
- può essere causata da ampie pareti vetrate
  - impianto di riscaldamento a soffitto
  - impianto di raffreddamento a pavimento, etc
- **Valore massimo di insoddisfatti ammesso = 10%**  
(ISO/CD 7730).

## Discomfort locale (gradiente termico verticale)

Elevata differenza verticale della temperatura dell'aria  
differenza di temp. tra la testa e le caviglie (max 3°C)

In realtà per la ISO le temperature vanno misurate a 0,1 m e 1,1 m, dal pavimento, (considerando il soggetto seduto)

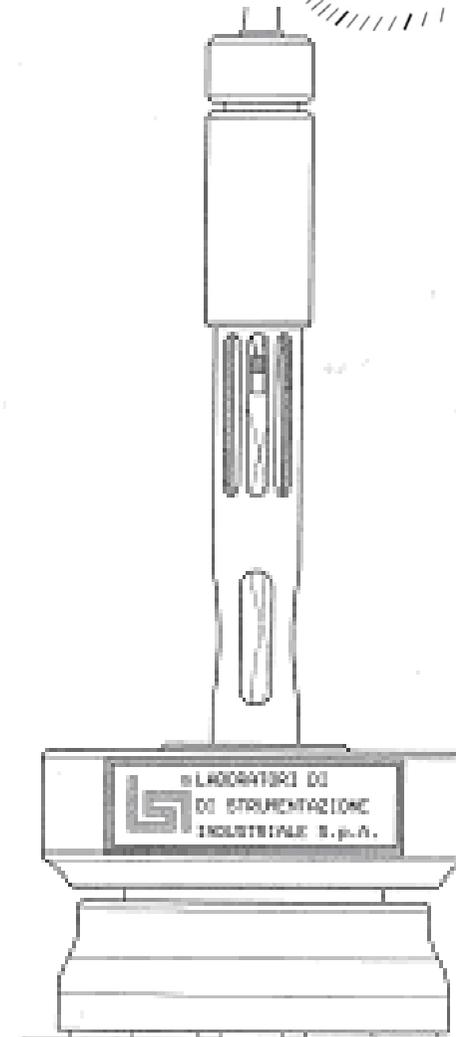
La ISO e l'ASHRAE hanno assunto come valore limite per l'accettabilità di insoddisfatti, il 5%.

La nuova proposta (ISO/CD 7730) accetta come valore massimo di insoddisfatti il 10%.



Gradiente termico verticale

Sonda per:



Pavimento troppo caldo o troppo freddo

## Pavimento troppo caldo o troppo freddo

---

**la ISO 7730 un intervallo tra 19 e 26 gradi con possibilità di arrivare a 29°C nel caso di sistema di riscaldamento a pavimento**

**Valore massimo di insoddisfatti ammesso = 15%.**



In definitiva

---

● Quali sono le condizioni per ritenere un ambiente  
ACCETTABILE?

● Un ambiente è definito accettabile quando sono contemporaneamente verificate le condizioni di comfort globale e locale

● **Comfort termico globale** (corpo intero)

● **Comfort termico locale** (alcune zone del corpo).



## Modulistica e Metodologia della Misurazione

---

**Per la Metodologia della misurazione la norma indica:**

**La verifica di stazionarietà ed omogeneità**

**Secondo la norma, l'ambiente risulta stazionario se, per ogni grandezza, ciascuno dei valori registrati è compreso nell'intervallo di fluttuazione ammissibile.**

**Questa procedura interpreta la norma nel senso che l'ambiente,**

**se non stazionario, viene considerato non confortevole,**

**di misurare in corrispondenza della postazione di lavoro.....**



**ma non indica**

---



**il tempo d'osservazione**

**il tempo di campionamento o rata  
d'acquisizione**

**il tempo d'intervallo tra due misure**

**il periodo stagionale.**



## QUESTIONS

---

**Q & A**

## ANSWERS

**fine ambiente moderato**



## AMBIENTI TERMICAMENTE SEVERI

Per ambienti severi si intendono quelli nei quali, non essendo perseguibile il comfort termoigrometrico, bisogna occuparsi della salvaguardia della salute

Si distinguono in:



**CALDI**



**FREDDI**

## AMBIENTI TERMICAMENTE SEVERI



Come definire se l'ambiente è moderato o severo?



Quale obiettivo dobbiamo perseguire

**nell'ambiente moderato?**

Quale obiettivo dobbiamo perseguire

**nell'ambiente severo?**

Microclima Freddo



**INDICI E PROBLEMATICHE RELATIVE**

**AL MICROCLIMA**

**AMBIENTI SEVERI FREDDI**



## AMBIENTI (SEVERI) FREDDI

Quali le attività da svolgere in ambienti freddi?

### AMBIENTI DELL'INDUSTRIA ALIMENTARE

<b>ORTOFRUTTICOLI</b>	<b>6 ÷ 12°C</b>
<b>PASTE FRESCHE</b>	<b>0 ÷ 10°C</b>
<b>SALUMI</b>	<b>-2 ÷ 12°C</b>
<b>CARNI E PESCI</b>	<b>-1 ÷ 8°C</b>
<b>LATTICINI</b>	<b>0 ÷ 10°C</b>
<b>SURGELATI</b>	<b>-18 ÷ 40 °C</b>
<b>CONGELATI</b>	<b>-18 ÷ 40°C</b>
<b>GELATI</b>	<b>-18 ÷ 40 °C.</b>



## Perché dover lavorare a basse temperature?



### **Catena del freddo**

**Prolungamento della conservazione**

**Mantenimento dei caratteri organolettici**

**Eliminazione del rischio d'alterazione**

**controllo:**

**dell'attività enzimatica**

**della crescita microbica.**



## Equazione di bilancio termico in ambienti FREDDI

---

$$M - W = - E_{\text{res}} + C_{\text{res}} + E + K + C + S$$

**Il primo membro dell'equazione è la generazione di energia termica,**

**bilanciata dal secondo membro,**

**che rappresenta,**

**la somma dell'accumulo di energia termica nel corpo e degli scambi di energia termica con l'ambiente, nella respirazione ed alla superficie della pelle.**



## Microclima Freddo

---

**Come si ottiene al freddo il mantenimento del bilancio termico?**

- **con la regolazione vasomotoria ed utilizzando alcuni artifici,**
- **la variazione della postura del corpo**

**(per modificare l'area della superficie corporea offerta allo scambio termico)**

**e la scelta di un abbigliamento opportuno.**



## **GLI AMBIENTI FREDDI: criteri di valutazione**

---

**Norma UNI ENV ISO 11079: 2001**

### **VALUTAZIONE DEGLI AMBIENTI FREDDI**

**Determinazione dell'isolamento richiesto dagli indumenti  
(IREQ)**

**TEMPERATURA OPERATIVA da  $-50^{\circ}\text{C}$  a  $10^{\circ}\text{C}$**

**VELOCITÀ DELL'ARIA da 0 a 10m/s.**



## Indice IREQ

**Regolare la quantità di energia termica dispersa dal corpo**

**Valutazione dell'isolamento termico dell'abbigliamento richiesto per mantenere in equilibrio il bilancio termico del corpo**

$$t_{sk} - t_{cl}$$

$$\text{IREQ} = \text{-----}$$

$$M - W - E_{res} - C_{res} - E$$

**L'equazione è risolta rispetto all'isolamento termico dell'abbigliamento richiesto IREQ.**



**Il metodo IREQ comprende le seguenti fasi:**

---

**- misurazione dei parametri microclimatici dell'ambiente**

**-determinazione del livello di attività (tasso metabolico)**

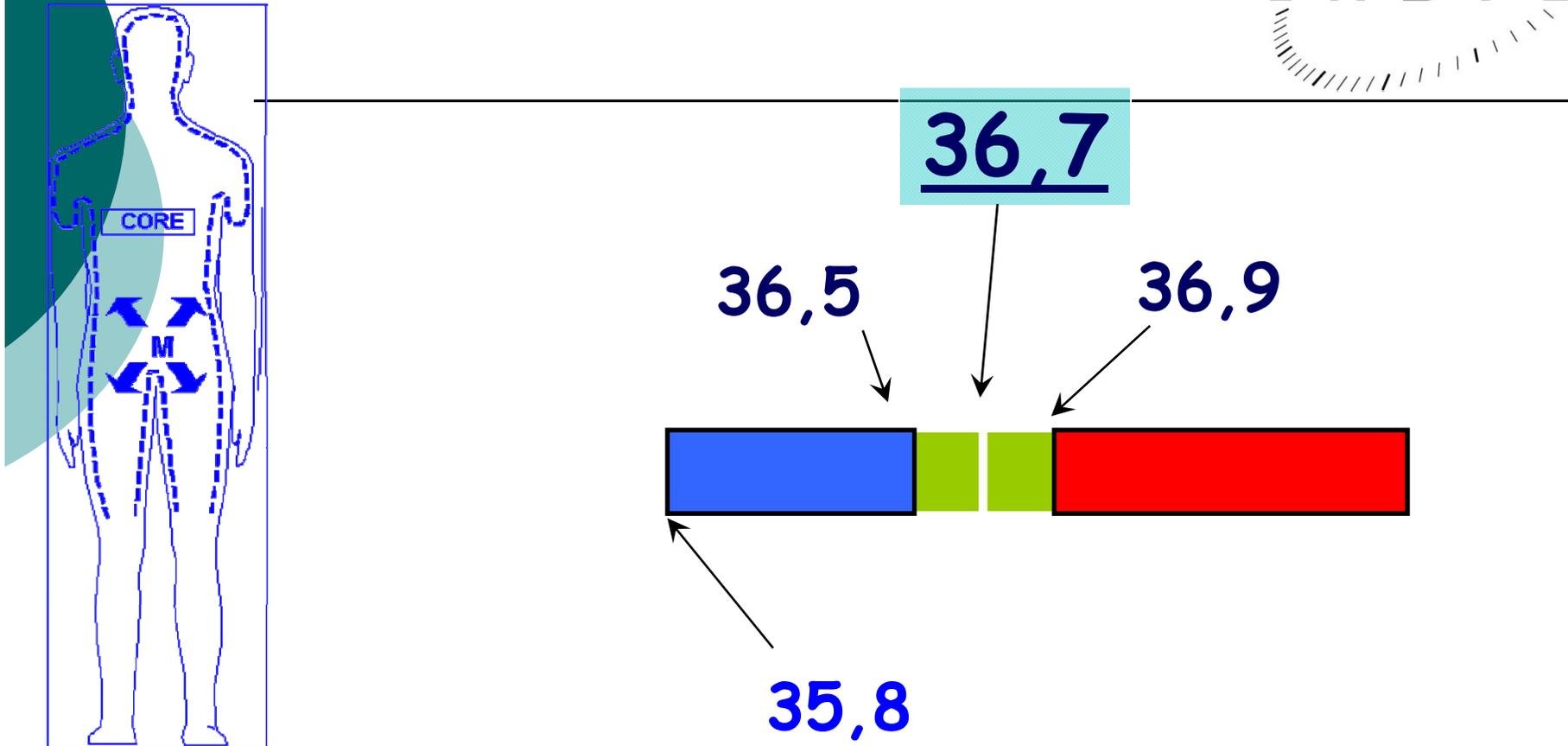
**calcolo dell'isolamento termico dell'abbigliamento richiesto  
(IREQ)**

**confronto con l'isolamento termico fornito dall'abbigliamento  
disponibile**

**valutazione delle condizioni di equilibrio termico e calcolo della  
durata massima di esposizione raccomandata (DLE).**



## IPOTERMIA DEL CORPO UMANO



Convenzionalmente, con il termine “ipotermia” si indica una temperatura del nucleo inferiore a 35°C

Nel campo di temperature comprese fra 35°C e 32°C il corpo reagisce con violenti brividi, mentre al di sotto di 32°C interviene uno stato di confusione mentale o la perdita di coscienza.

## CARATTERISTICHE DEL VESTIARIO:



**DI SPESSORE ADEGUATO**

**COMODO MA BEN ADATTATO**

**CHE SI POSSA VARIARE**

**(ALMENO 3 STRATI SOVRAPPOSTI)**

**PERMEABILE AL VAPOR D'ACQUA**

**VINCOLI ALL'ADOZIONE DEL VESTIARIO  
OTTIMALE:**

**ESIGENZE OPERATIVE**

**COMODITA' OPERATIVA.**



IREQ<sub>min</sub>/IREQ<sub>neutro</sub>



IREQ<sub>min</sub> **Isolamento minimo**

**CORRISPONDE A  
MODERATA  
SENSAZIONE DI FREDDO**

**Raffreddamento del  
corpo**

**Pericolo di Ipotermia**

IREQ<sub>neutro</sub>

**Isolamento ottimale**

**CORRISPONDE A  
NEUTRALITA' TERMICA**

**Sudorazione eccessiva**

**Degradazione  
dell'isolamento**

# VALUTAZIONE DELLA SITUAZIONE REALE



Da confrontare con l'effettivo abbigliamento indossato dagli operatori



# RAFFREDDAMENTO LOCALE

Particolare attenzione a:

---

- MANI
- PIEDI
- TESTA

Può produrre:

- discomfort
- decadimento prestazioni mentali e fisiche
- danno da freddo



## QUESTIONS

---

**Q & A**

## ANSWERS

**fine ambiente severo freddo**



# LA VALUTAZIONE DELL'AMBIENTE TERMICO



**Quali finalità:**

**Benessere**

**Salute**

**condizioni di lavoro**

**riduzione errore**

**migliori prestazioni produttive**

**Capacità lavorativa**



## LA VALUTAZIONE DELL'AMBIENTE TERMICO

---



**Quali criteri:**

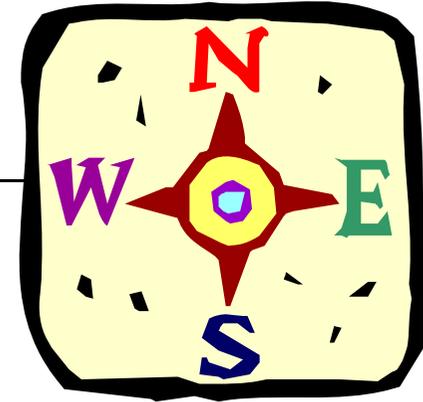
**Esperienza personale**

**Norme consensuali**

**ISO-UNI-EN.**



ACQUISIZIONE DATI  
guardare  
rilevare



**Riduzione delle misure**  
**(campioni rappresentativi)**

**Finalizzazione delle misure**  
**(reclamo particolare)**

**Organizzazione dei rilievi**  
**(posizione sonde, periodo del giorno).**



## LA RELAZIONE SULL'AMBIENTE TERMICO



**Elementi anagrafici**

**Finalità dell'analisi**

**Criteri di riferimento**

**Strumentazione di misura**

**Condizioni di misura**

**Presentazione dei risultati**

**Analisi dei risultati**

**Indicazioni di massima per  
l'intervento di bonifica.**

**QUESTIONS**

---

**Q & A**

**ANSWERS**

