
Tecnica del controllo ambientale: Il benessere Termoisgrometrico (Parte I)

Marco Dell'isola



Indice

PARTE 1 – Il benessere termoigrometrico

- Generalità
- Il sistema di termoregolazione
 - il sistema di controllo
 - il sistema di rilevazione
 - il sistema di regolazione
- Il bilancio energetico
 - l'equazione di bilancio
 - l'attività metabolica
 - le trasformazioni energetiche
 - la potenza meccanica ed il rendimento
 - i flussi termici
 - il vestiario
- I parametri di benessere
 - l'equazione del benessere di Fanger
 - I diagrammi del benessere
 - Il modello di Gagge e condizioni transitorio
- La normativa e la legislazione nazionale

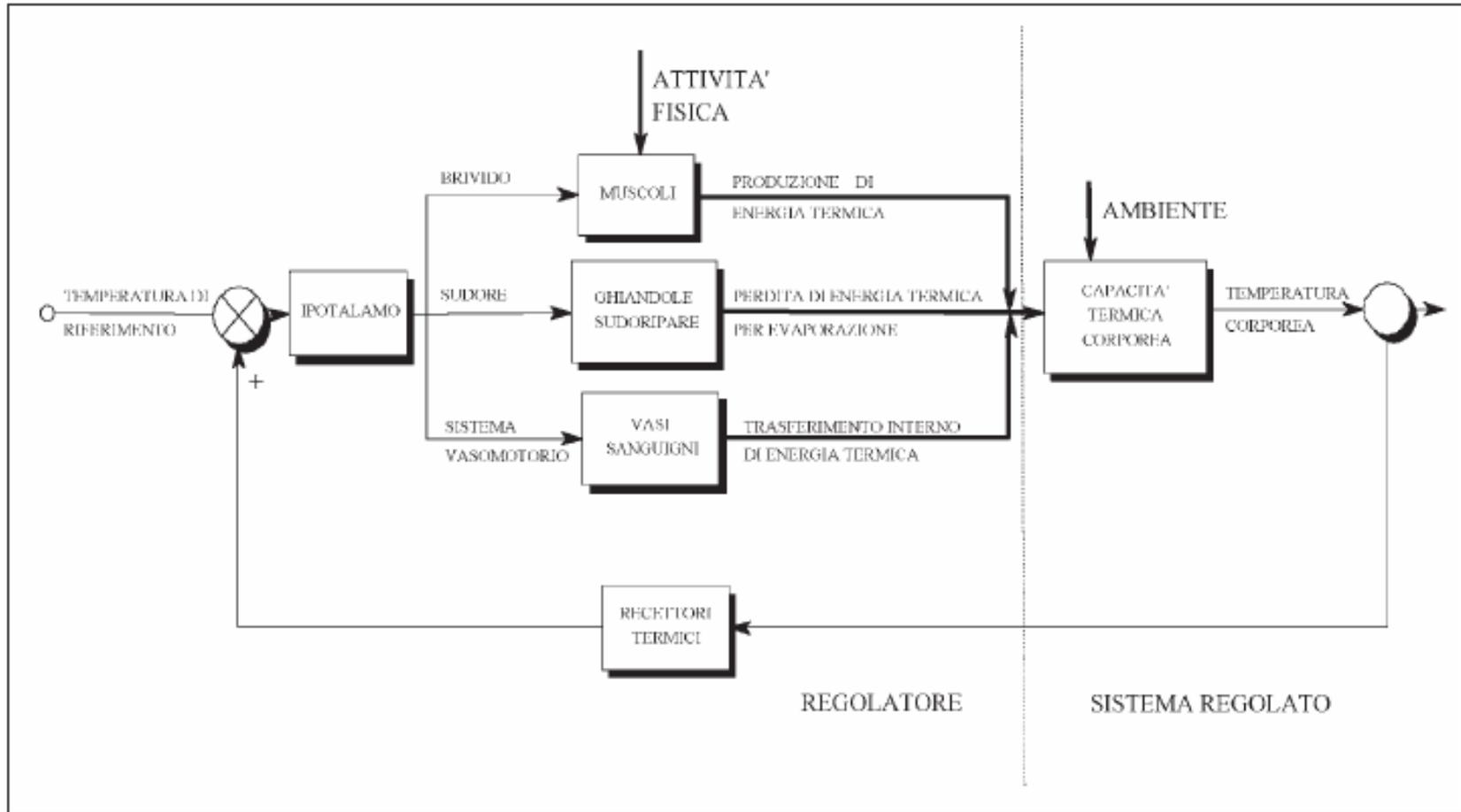


Benessere ambientale

- La condizione di "**benessere ambientale**" viene definita come la particolare condizione psicologica di soddisfazione da parte del soggetto nei confronti del:
 - microclima (benessere termoigrometrico);
 - qualità dell'aria (benessere resp.)
 - rumore (benessere acustico)
 - ...
- Sebbene la sensibilità individuale e collettiva ai problemi ambientali sia negli ultimi anni largamente aumentata, raramente il rischio ambientale a cui è esposto ciascun individuo viene **oggettivamente valutato**.
- Ciò è probabilmente dovuto a:
 - la intrinseca **complessità** delle metodiche di misura
 - l'elevato costo delle attrezzature,
 - l'oggettiva **carenza di tecnici e laboratori** ambientali disponibili in ambito territoriale.

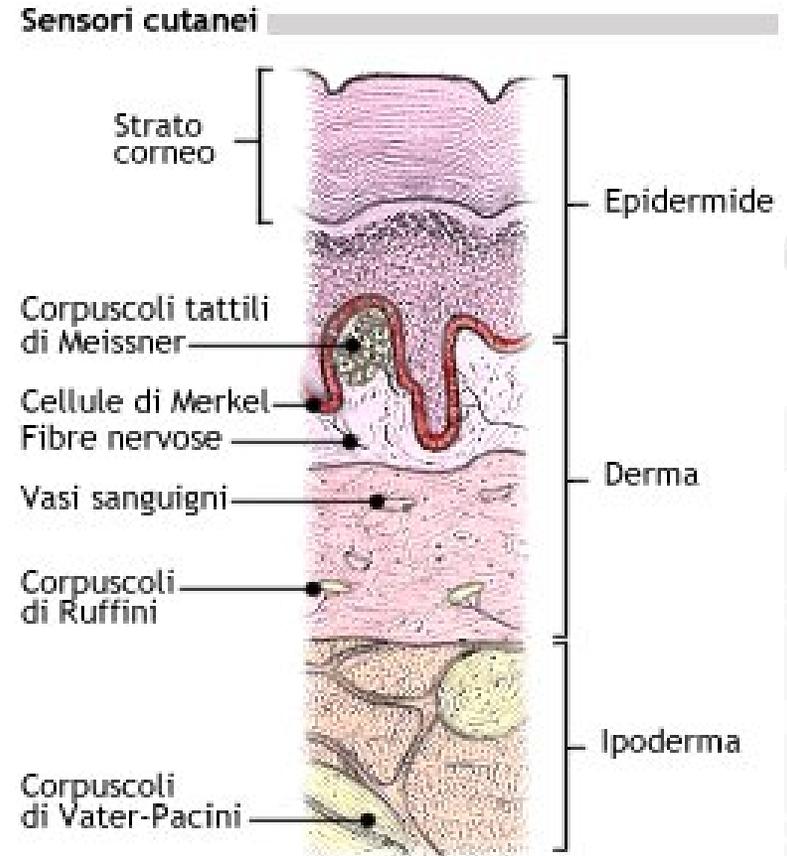
Benessere termoigrometrico	Controllo microclima
Benessere respiratorio-olfattivo	Controllo qualità dell'aria
Benessere acustico	Controllo rumore
Benessere visivo	Controllo illuminazione naturale e artificiale
...	

Sistema di controllo della termoregolazione



Il sistema di rilevazione: i termorecettori

- La pelle è sensibile a ogni forma di contatto. Le sensazioni tattili sono di diversa natura:
 - il caldo e il freddo,
 - la pressione e il contatto
 - il dolore
- Su ogni centimetro quadrato di pelle si trovano mediamente circa 130 recettori tattili. In particolare i termorecettori sono sensibili sia alla temperatura che alla variazione della temperatura:



Il sistema di regolazione

I recettori termici inviano quindi segnali all'ipotalamo, che li confronta con i valori di riferimento delle temperature ed eventualmente attiva i meccanismi di termoregolazione necessari a mantenere l'omeotermia del corpo.

I tipi di termoregolazione contro il caldo e freddo sono:

- *vasomotoria*;
- *comportamentale*.

Nel caso in cui i meccanismi di termoregolazione non sono sufficienti ad assicurare l'omeotermia si può avere:

- negli ambienti freddi ipotermia (fino alla morte per fibrillazione cardiaca);
 - negli ambienti caldi ipertermia (fino alla morte per danni irreversibili alle proteine dei tessuti nervosi).
-

Il sistema di regolazione

La termoregolazione vasomotoria riguarda i capillari periferici; questi sono dotati di valvole che, aprendosi o chiudendosi permettono o inibiscono l'afflusso di sangue.

In particolare negli ambienti freddi la chiusura delle valvole (vasocostrizione) determina una diminuzione dell'afflusso di sangue verso la periferia e conseguentemente una diminuzione della temperatura superficiale e quindi dello scambio termico.

Per contro negli ambienti caldi l'apertura delle valvole (vasodilatazione) determina un aumento dell'afflusso di sangue alla periferia e conseguentemente un aumento della temperatura della pelle e quindi dello scambio termico.

Un meccanismo parallelo, che normalmente attivato nel caso in cui la termoregolazione vasomotoria non sia sufficiente, consiste nella termoregolazione comportamentale.

In particolare il meccanismo contro il freddo si manifesta con il brivido, ovvero l'attivazione dei muscoli e conseguente aumento della generazione di energia termica interna.

Il meccanismo contro il caldo consiste invece nella sudorazione dove le ghiandole sudoripare secernono il sudore (una soluzione acquosa di cloruro di sodio) che arriva sulla superficie esterna della pelle attraverso i pori e si sparge sulla superficie della pelle, il sudore quindi in parte passa come vapore nell'aria (sottraendo il calore latente di evaporazione), in parte gocciola (sottraendo solo calore sensibile).

Bilancio di energia sul corpo umano

Il corpo umano può essere considerato come un sistema termodinamico sul quale è possibile fare un **bilancio** di energia:

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

M = potenza sviluppata per attività metabolica, (W);

W = potenza meccanica dissipata per attività lavorativa, (W);

E = potenza termica per evaporazione nella traspirazione, (W);

E_{res} = potenza termica per evaporazione nella respirazione, (W);

C_{res} = potenza termica scambiata per convezione nella respirazione, (W).

C = potenza termica scambiata per convezione, (W).

R = potenza termica scambiata per irraggiamento, (W);

K = potenza termica scambiata per conduzione, (W);

L'organismo tende a permanere in condizioni di **equilibrio omeotermo**

($S = 0$), ovvero che:

- potenza ceduta all'ambiente = potenza generata dai processi metabolici
- la temperatura interna si mantenga stabile su valori ottimali ($36,7 \pm 0,3$ C)

Gli ambienti termici vengono convenzionalmente distinti in:

- **moderati** (in cui l'obiettivo è il raggiungimento del benessere termoigrometrico)
- **severi caldi/ freddi** (in cui l'obiettivo è la sicurezza e la riduzione dello stress termico).



Per respirazione

- sensibile C_{res}

- latente E_{res}

Attraverso la pelle

- sensibile C, K, R

- latente E



Attività metabolica M

L'attività metabolica dell'organismo può essere ricondotta a:

- l'attività *metabolica basale*, necessaria al mantenimento dell'attività cellulare e delle principali funzioni vitali; esso varia con il ciclo circadianico e dipende da individuo a individuo in funzione del sesso, età, massa, altezza ...;
- l'attività *metabolica a riposo*, comprendente quella basale e quelle ulteriori funzioni in assenza di attività muscolare quale quella digestiva e posturale;
- l'attività *metabolica lavorativa*, legata al lavoro compiuto ed al rendimento muscolare nell'attività lavorativa

La valutazione del metabolismo energetico, di solito espresso mediante l'unità incoerente "met" ($1 \text{ met} = 58,2 \text{ W/m}^2$), può essere effettuata mediante due metodi:

- la misura diretta (che si basa principalmente sulla valutazione del consumo di ossigeno)
- la valutazione indiretta (tabelle in funzione dell'attività).

Valori metabolici tipici (ISO 8996)

Tipo di attività	Valore metabolico [W/m²]	Valore metabolico [met]
Nessuna attività (dormire)	34	0.6
Nessuna attività (posizione sdraiata)	46	0.8
Nessuna attività (posizione seduta, rilassata)	58	1.0
Attività leggera sedentaria (ufficio, casa, scuola,...)	70	1.2
Attività leggera in piedi (compere, lavoro leggero)	93	1.6
Attività media in piedi (lavoro domestico, a macchina)	116	2.0
Attività media in piedi (camminare a 3 km/h)	140	2.4
Attività pesante (fare ginnastica)	174	3.0
Attività pesante (ballare)	290	5.0

Area superficie corporea

- L'area della superficie A_b corporea può essere valutata sulla base della relazione di Du Bois

$$A_b = 0,202 \cdot m_b^{0,425} \cdot h_b^{0,725}$$

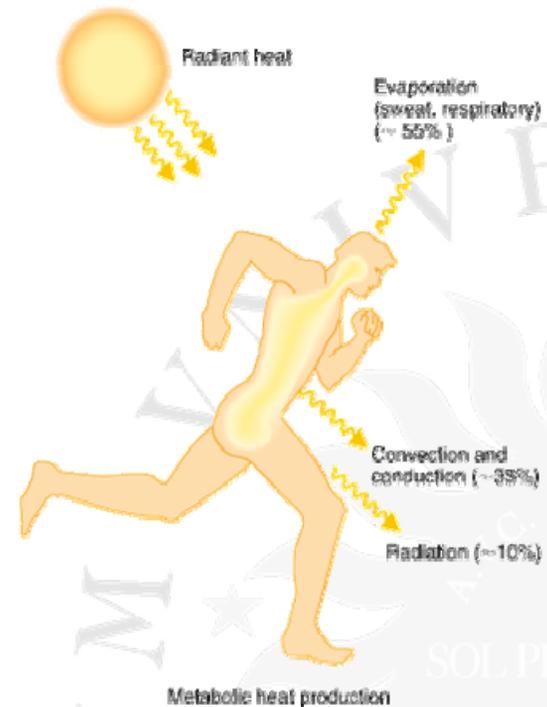
in funzione della massa corporea, m (kg) e l'altezza h (m) dell'individuo.

- L'uomo standard (di massa pari a 70 kg e altezza pari a 1,8 m) ha pertanto un area della superficie corporea pari a circa $1,8 \text{ m}^2$
-

Potenza meccanica W

L'energia potenziale chimica degli alimenti si trasforma in:

- energia **termica** (necessaria alla termoregolazione dell'organismo)
- energia **elettrica** (necessaria alla trasmissione degli impulsi nervosi)
- energia **meccanica** (convertita nell'attività muscolare); il rapporto tra la potenza meccanica W e l'attività metabolica M viene definito *rendimento meccanico* $\eta = W/M$; il valore del rendimento meccanico è normalmente molto basso (<0.20) e leggermente crescente con la potenza meccanica W .
- energia **chimica** (accumulata dall'organismo come riserva energetica)



Il flusso termico convettivo e radiativo C e R

- I flussi di energia termica per irraggiamento e convezione attraverso la pelle R e C dipendono dalla resistenza termica superficiale (vestiario, velocità dell'aria) e dalla differenza tra la temperatura della pelle e rispettivamente la temperatura media radiante e dell'aria.
- I meccanismi trasmissivi coinvolti sono quelli di conduzione (tra pelle e vestiario), convezione (tra vestiario e aria circostante) e irraggiamento (tra vestiario e pareti circostanti). In particolare

$$C = A_b \cdot f_{cl} \cdot h_c (t_{cl} - t_a)$$

$$R = A_b \cdot f_{cl} \cdot h_r (t_{cl} - t_{mr})$$

avendo indicato con

h_c il coefficiente di convezione termica, $W/(m^2K)$;

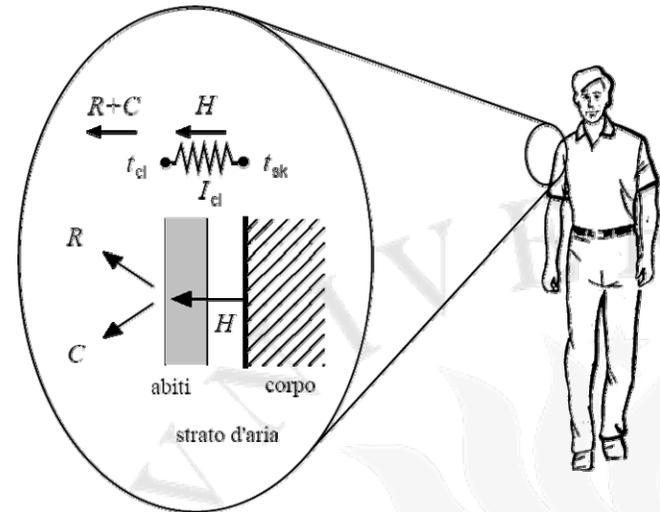
h_r il coefficiente radiativo, $W/(m^2K)$;

f_{cl} il fattore di ricoprimento corporeo (dato da $f_{cl} = A_{cl} / A_b$ con A_{cl} e A_b le superfici del vestiario e della pelle)

- Combinando le relazioni su descritte si può scrivere:

$$C + R = A_b \cdot f_{cl} \cdot (h_c + h_r) \cdot (t_{cl} - t_o)$$

avendo indicato con t_o la *temperatura operativa* definita come la media pesata secondo i coefficienti di scambio termico delle temperature dell'ambiente e della temperatura media radiante.



Inserire
Figura fattori di vista

Resistenza termica vestiario

- In condizioni stazionarie la potenza termica C+R scambiata per convezione e irraggiamento dalla superficie esterna è uguale a quella scambiata per conduzione tra pelle e abito, essendo:

$$f_{cl} \cdot (h_c + h_r) \cdot (t_{cl} - t_o) = \frac{(t_{sk} - t_{cl})}{0.155 \cdot I_{cl}}$$

- La resistenza termica unitaria dell'abbigliamento viene generalmente espressa mediante l'unità di misura incoerente "clo" (1 clo = 0,155 m²K/W)

Capo di abbigliamento	I _{cl} (clo)
Maglieria intima	
Slip	0.03
Maglia a maniche corte	0.09
Maglia a maniche lunghe	0.12
Camicie	
Leggera, a maniche corte	0.15
Leggera, a maniche lunghe	0.20
Di flanella, a maniche lunghe	0.30
Pantaloni	
Corti	0.06
Leggeri	0.20
Normali	0.25
Abiti - gonne	
Gonna leggera (estiva)	0.15
Gonna pesante (invernale)	0.25
Abito leggero, a maniche corte	0.20
Abito invernale, a maniche lunghe	0.40
Maglioni	
Gilet	0.12
Maglione leggero	0.20
Maglione pesante	0.35
Giacche	
Giacca leggera (estiva)	0.25
Giacca pesante (invernale)	0.35
Accessori	
Calzini	0.02
Calzini pesanti lunghi	0.10
Calze di nylon	0.03
Scarpe (suola sottile)	0.02
Scarpe (suola spessa)	0.04

Abbigliamento	I _{cl} (clo)	I _{cl} (m ² C/W)
Da lavoro		
Mutande, tuta da lavoro, calzini, scarpe	0.70	0.110
Mutande, camicia, pantaloni, calzini, scarpe	0.75	0.115
Mutande, camicia, tuta da lavoro, calzini, scarpe	0.80	0.125
Mutande, camicia, pantaloni, giacca, calzini, scarpe	0.85	0.135
Mutande, camicia, pantaloni, grembiule, calzini, scarpe	0.90	0.140
Biancheria intima a maniche e gambe corte, camicia, pantaloni, giacca, calzini, scarpe	1.00	0.155
Biancheria intima a maniche e gambe corte, camicia, pantaloni, tuta, calzini, scarpe	1.10	0.170
Biancheria intima a maniche e gambe corte, camicia, pantaloni, giacca, giacca con imbottitura pesante, tuta, calzini, scarpe	1.85	0.285
Biancheria intima a maniche e gambe lunghe, giacca termica e pantaloni, giacca termica per l'esterno e pantaloni, calzini, scarpe	2.20	0.340
Giornaliero		
Slip, maglietta, pantaloncini, calzini leggeri, sandali	0.30	0.050
Slip, camicia a maniche corte, gonna, calze, sandali	0.55	0.080
Mutande, camicia, pantaloni leggeri, calzini, scarpe	0.60	0.095
Slip, sottoveste, calze, abito, scarpe	0.70	0.105
Slip, camicia, gonna, maglione a girocollo, calzettoni spessi al ginocchio, scarpe	0.90	0.140
Slip, camicia, pantaloni, giacca, calzini, scarpe	1.00	0.155
Slip, blusa, gonna lunga, giacca, calze, scarpe	1.10	0.170
Biancheria intima a maniche e gambe lunghe, camicia, pantaloni, maglione con scollo a V, giacca, calzini, scarpe	1.30	0.200
Biancheria intima a maniche e gambe corte, camicia, pantaloni, gilet, giacca, cappotto, calzini, scarpe	1.50	0.230

- In tabella vengono a titolo di esempio riportati i valori di alcuni tipici capi di vestiario. Si noti che un abbigliamento tipico estivo ha una resistenza termica di 0,5÷0,6 clo, mentre un abbigliamento tipico invernale ha una resistenza di 0,9÷1,0 clo.
- La valutazione della resistenza termica dell'abbigliamento può essere effettuata mediante (ISO 9920):
 - la misura diretta (alquanto complessa in quanto richiede attrezzature specifiche);
 - la valutazione indiretta da tabelle, (alcune tabelle riportano la resistenza termica di singoli capi d'abbigliamento, I_{clu}, altre, quella di combinazioni di capi, I_{cl}= ΣI_{cl,u})

Il flusso termico E

- Lo scambio termico latente attraverso la superficie della pelle è innescato sia dall'evaporazione del sottile film liquido che si viene a creare sulla superficie della pelle per effetto della *sudorazione*, sia per la *traspirazione* del vapor d'acqua attraverso i pori della pelle.
- La potenza evaporativa totale E può essere determinata dalla seguente relazione:

$$E = w \cdot \frac{(p_{sk,s} - p_a)}{R_{e,t}}$$

avendo indicato con:

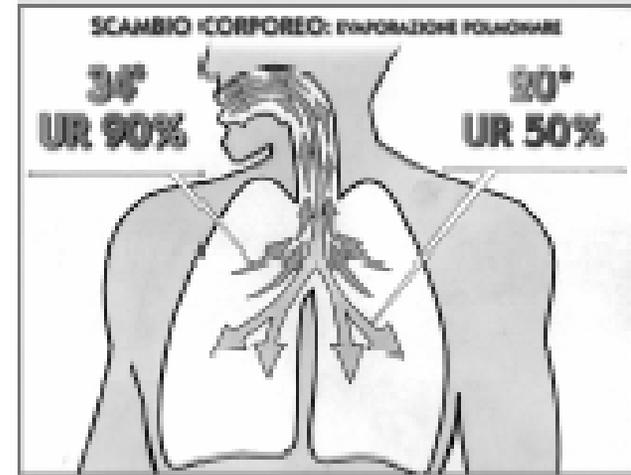
- w è la frazione di pelle bagnata;
 - $p_{sk,s}$ è la pressione di saturazione del vapor d'acqua alla temperatura della pelle (Pa);
 - p_a è la pressione parziale del vapor d'acqua nell'aria (Pa);
 - $R_{e,T}$ è la resistenza totale degli abiti allo scambio termico evaporativo ($m^2 \cdot Pa \cdot W^{-1}$)
- Il contributo allo scambio termico latente complessivo dovuto alla traspirazione attraverso la pelle è minimo, anche se attivo indipendentemente dalla sudorazione. Tuttavia se la frazione di pelle bagnata è molto bassa o nulla, il contributo della diffusione di vapore può essere valutato indipendentemente.

Il flusso termico C_{res} e E_{res}

- Nella respirazione la differenza di entalpia tra la portata di aria espirata ed inspirata comporta una perdita di calore sensibile e latente pari a:

$$C_{res} = \dot{m}_{res} \cdot c_{p,a} (t_{es} - t_a)$$

$$E_{res} = \dot{m}_{res} \cdot \Delta h_w (x_{es} - x_a)$$



Parametri benessere termoisometrico

Dall'equazione di bilancio è possibile dimostrare che, esplicitando tutti i termini del bilancio, l'equazione di benessere è una funzione di:

$$S=f(M, I_{cl}, t_a, t_{mr}, v_a, U.R.,)$$

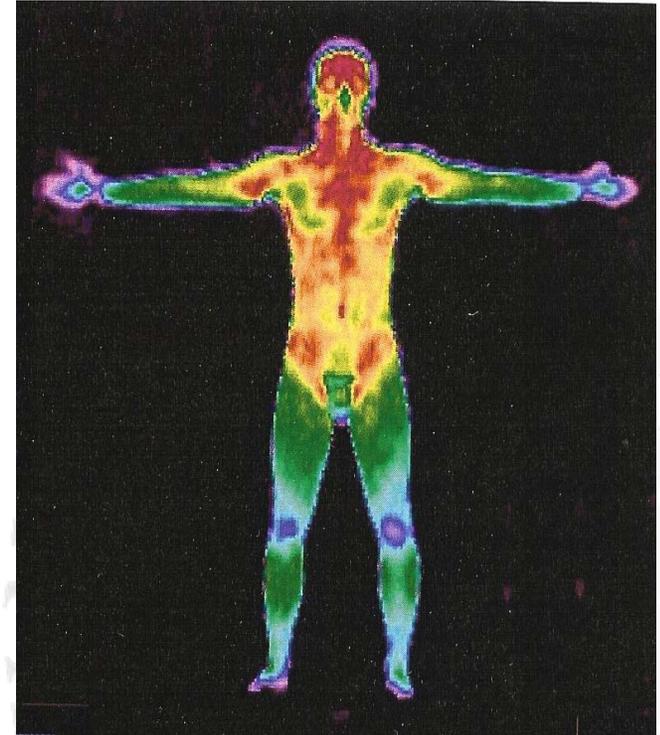
I parametri che, influenzando gli scambi termici tra individuo e ambiente, determinano le condizioni di benessere, sono quindi:

- **4 parametri ambientali**

- la **temperatura dell'aria ambiente**, che influenza gli scambi termici convettivi;
- la **temperatura media radiante**, che influenza gli scambi termici radiativi;
- la **velocità relativa dell'aria**, che influenza gli scambi termici convettivi;
- l'**umidità relativa dell'aria**, che influenza lo scambio evaporativo dal corpo.

- **2 parametri individuali**

- il **dispendio metabolico M** (correlato all'attività svolta)
- la **resistenza termica conduttiva ed evaporativa** del vestiario



Equazione del benessere di FANGER

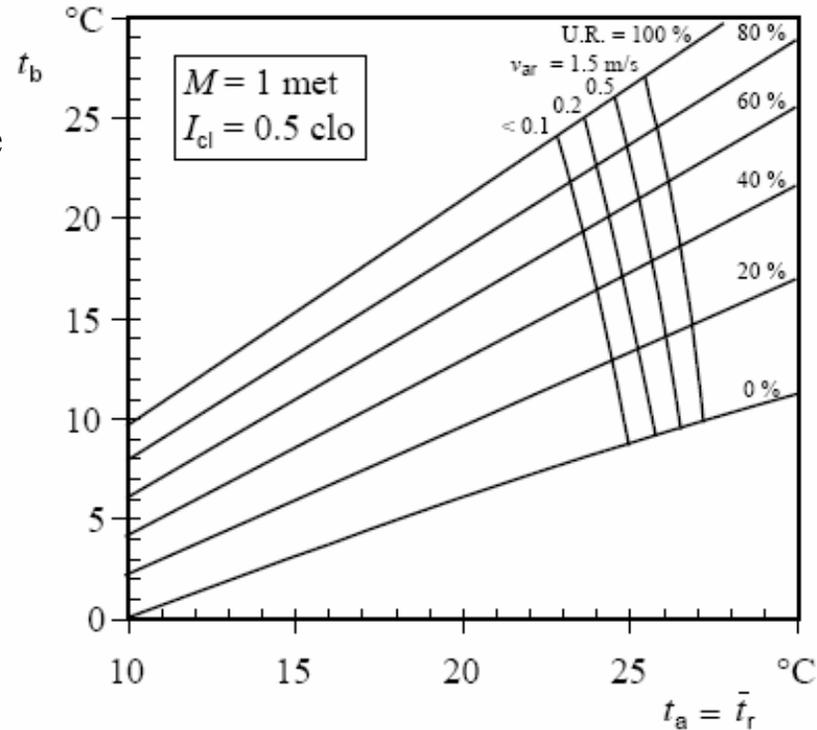
- Una prima condizione perché si abbia benessere è che nell'equazione di bilancio si mantenga costante l'energia interna del corpo $S=0$
- La verifica dell'equazione di bilancio è però soltanto una condizione necessaria ma non sufficiente per raggiungere il benessere, poiché l'individuo può avvertire una sensazione di caldo o di freddo pur trovandosi in equilibrio termico.
- Studi sperimentali condotti da Fanger su un campione di 1600 individui hanno messo in luce, in condizioni di benessere, la dipendenza della temperatura della pelle e della sudorazione dall'attività metabolica.
- Da questi studi è emerso che, a differenza di quello che si credeva precedentemente, l'uomo, all'aumentare dell'attività, accetta una certa sudorazione, mentre preferisce non sudare solamente quando svolge attività sedentarie; al tempo stesso per le attività più intense è preferita una temperatura della pelle più bassa rispetto a quella che si ha per le attività sedentarie.

equazione di FANGER

Diagrammi del benessere di FANGER:

Correlazione UR , v_a , T_a

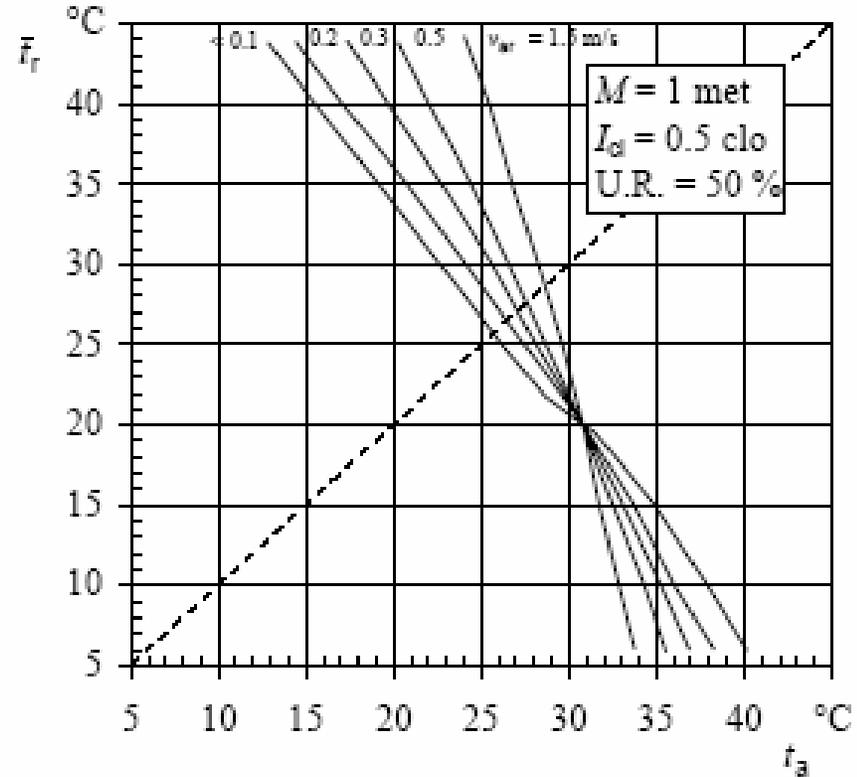
- L'equazione del benessere di Fanger può essere risolta (anche in forma grafica) rispetto ad una qualunque delle sei variabili e consente di valutare le condizioni di benessere termico in un ambiente.
- Il diagramma in figura (per un assegnato livello di attività e di resistenza termica dell'abbigliamento) valuta le condizioni di benessere al variare di:
 - l'umidità relativa,
 - la velocità dell'aria
 - la temperatura dell'ari (supposta pari alla temperatura media radiante)
- Dal diagramma si nota che, in condizioni di benessere l'influenza dell'umidità dell'aria sia molto bassa. È consigliabile comunque mantenere l'umidità relativa tra il 25 e il 75%.



Diagrammi del benessere di FANGER:

Correlazione v_a , T_a , T_{mr}

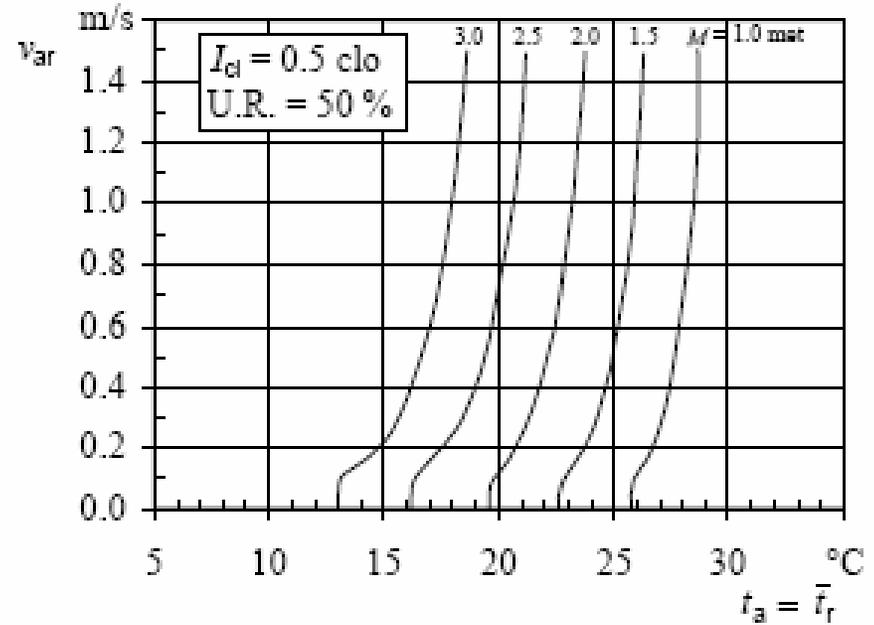
- Il diagramma in figura (per un assegnato livello di attività, di resistenza termica dell'abbigliamento e di umidità relativa) valuta le condizioni di benessere al variare di:
 - la velocità dell'aria
 - la temperatura dell'aria
 - la temperatura media radiante
- Per mantenere condizioni di benessere dal diagramma si nota che per valori molto bassi della temperatura media radiante è necessario elevare notevolmente la temperatura dell'aria; ne consegue l'opportunità di mantenere le temperature superficiali delle pareti prossime alla temperatura dell'aria.



Diagrammi del benessere di FANGER:

Correlazione v_a , T_a

- Il diagramma in figura (per un assegnato livello di attività, di resistenza termica dell'abbigliamento e dell'umidità relativa) valuta le condizioni di benessere al variare di:
 - la velocità dell'aria
 - la temperatura dell'aria (supposta pari alla temperatura media radiante)
- Dal diagramma è possibile notare che la temperatura dell'ambiente non è influenzata dalla velocità dell'aria per ridotte velocità (minori di circa 0,1 m/s) dove lo scambio termico avviene in convezione naturale.



Bilancio energetico in condizioni transitorie

- Nelle condizioni di comfort si è supposto $S=0$ ovvero l'equilibrio termodinamico fra il corpo e l'ambiente esterno. Al fine di studiare le condizioni transitorie Gagge propose di considerare il corpo umano come composto da corpi cilindrici sovrapposti e composti:
 - il cilindro interno (che rappresenta la massa corporea vera e propria ovvero scheletro, muscoli, organi interni);
 - il cilindro esterno (che rappresenta lo strato superficiale del corpo ovvero la pelle).
- Il **modello di Gagge** presuppone le seguenti ipotesi operative:
 - temperatura di ciascun cilindro costante (pari a t_{cr} e t_{sk} rispettivamente);
 - conduzione attraverso lo strato esterno trascurabile;
 - metabolismo, produzione di lavoro esterno e perdite per respirazione dovute al cilindro interno;
 - scambiano termico attraverso i due cilindri per contatto diretto (conduzione) e flusso sanguigno (regolato dal sistema di termoregolazione).



SCOPO		TITOLO - Ergonomia degli ambienti termici	NORMA
Presentazione generale delle norme		Principi e applicazione delle relative norme internazionali.	UNI EN ISO 11399: 2001
Stand. quantità, simboli e unità		Ergonomia degli ambienti termici - Vocabolario e simboli	UNI EN ISO 13731: 2004
Valutazione dello stress termico in amb. caldi	Metodo analitico	Determinazione analitica ed interpretazione dello stress termico da calore mediante il calcolo della sollecitazione termica prevedibile.	UNI EN ISO 7933: 2005
	Metodo Diagnostico	Ambienti caldi. Valutazione dello stress termico per l'uomo negli ambienti di lavoro, basata sull'indice WBGT.	UNI EN 27243: 1996 (ISO 7243)
Valutazione benessere in ambienti moderati		Ambienti termici moderati. Determinazione degli indici PMV e PPD e specifiche per le condizioni di benessere termico.	UNI EN ISO 7730: 1997 (IN REV)
Valutazione dello stress termico in ambienti freddi		Valutazione degli ambienti freddi – Determinazione dell'isolamento richiesto dagli indumenti (IREQ).	UNI ENV ISO 11079 2001 (IN REV)
Analisi dei metodi di misura	Tasso Metabolico	Determinazione del metabolismo energetico	UNI EN ISO 8996: 2005
	Specifiche strum.	Strumenti per la misurazione delle grandezze fisiche	UNI EN ISO 7726: 2002
	Resistenza abbigl.	Valutazione isolamento termico e resistenza evaporativa dell'abbig.	UNI EN ISO 9920: 2004
Valutazione dello stress termico utilizzando misure fisiologiche		Valutazione degli effetti termici (thermal strain) mediante misurazioni fisiologiche.	UNI EN ISO 9886: 2004
Valutazione soggettiva influenza del benessere termoigrometrico		Valutazione dell'influenza degli ambienti termici mediante scale di giudizio soggettivo	UNI EN ISO 10551: 2002
Selez. sistema di supervis. medica		Supervisione medica persone esposte ad ambienti molt caldi o freddi	UNI EN ISO 12894: 2002
Strategia di valutazione del rischio termico		Strategia di valutazione del rischio per la prevenzione dello stress o del disagio termico in condizioni di lavoro	UNI EN ISO 15265 2005

Legislazione Nazionale

- **DPR 303/56** (art. 7, art. 9 art. 11) “*Norme generali per l'igiene del lavoro*”
 - **Legge 864/70** (art. 10) “*Ratifica ed esecuzione delle Convenzioni nn. 91, 99, 103, 112, 115, 119, 120, 122, 123, 124 e 127 dell'Organizzazione internazionale del lavoro*”
 - **Direttiva CEE 89/654** (All. I, punto 7.1) “*Prescrizioni minime di sicurezza e di salute per i luoghi di lavoro*”
 - **Direttiva CEE 92/104** (Allegato, punto 16.6.1) “*Prescrizioni minime intese al miglioramento della tutela della sicurezza e della salute dei lavoratori delle industrie estrattive a cielo aperto o sotterranee*”
 - **D.Lgs 277/91** “*Attuazione delle direttive CEE in materia di protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da esposizioni ad agenti chimici, fisici e biologici durante il lavoro*”
 - **D.P.R. 412/93**: “*Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4, della legge 9 gennaio 1991, n. 10.*”
 - **D.Lgs 626/94** “*Attuazione delle direttive riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori durante il lavoro.*”
 - **Legge quadro**
-

Legislazione Nazionale

Codice civile (art. 2087)	Obbligo per il datore di lavoro di "adottare le misure che, secondo la particolarità del lavoro, l'esperienza e la tecnica sono necessarie a tutelare l' integrità fisica e la personalità morale dei lavoratori"
Legge 864/70 (art. 10)	Nei locali utilizzati dai lavoratori deve essere mantenuta la temperatura più confortevole e più stabile possibile in relazione alle circostanze
Direttiva CEE 89/654 (Allegato I, punto 7.1)	La temperatura dei locali di lavoro dev'essere adeguata all'organismo umano durante il tempo di lavoro, tenuto conto dei metodi di lavoro applicati e degli sforzi fisici imposti ai lavoratori
DL 277/91	<p>Per T>26°C: U.R. Max 60%; Garantire circolazione aria fresca; Limitare esposizione in ambienti caldi</p> <p>Per T< 18°C: Dotare i lavoratori di DPI; Assegnare periodi di riposo in locali con temperature miti</p> <p>Per 18°C < T < 26°C; UR% ~50%; Isolare/scherm. sup.calde/fredde; Contr.correnti aria fredda/calda su pers</p>
Direttiva CEE 92/104 (Allegato, punto 16.6.1)	Nei luoghi di lavoro chiusi occorre provvedere affinché, in relazione ai metodi di lavoro in uso ed all'entità delle sollecitazioni fisiche a carico dei lavoratori, questi ultimi dispongano di sufficiente aria fresca
DPR 303/56 (modificato dall'art. 33 DL 626/94) (art. 7)	<p>Se non diversamente richiesto da necessità di lavoraz., è vietato adibire a lavori continu. i locali chiusi senza:</p> <ul style="list-style-type: none"> • buona difesa contro gli agenti atmosferici • isolamento termico sufficiente (tenuto anche conto del tipo di impresa) • aperture sufficienti per un rapido ricambio d'aria • ben asciutti e ben difesi contro l'umidità
(art. 9)	Nei luoghi di lavoro chiusi i lavoratori devono disporre di aria salubre in quantità sufficiente e l'eventuale impianto di aerazione deve essere sempre mantenuto efficiente e si devono evitare correnti d'aria fastidiose (in analogia con quanto previsto dall'art. 6 direttiva 89/654/CEE)
(art.11)	<p>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</p> <p>Nel giudizio sulla temperatura adeguata per i lavoratori si deve tener conto dell'influenza che possono esercitare sopra di esso il grado di umidità ed il movimento dell'aria concomitanti</p> <p>La temperatura dei locali di riposo, dei locali per il personale di sorveglianza, dei servizi igienici, delle mense e dei locali di pronto soccorso deve essere conforme alla destinazione specifica di questi locali</p>