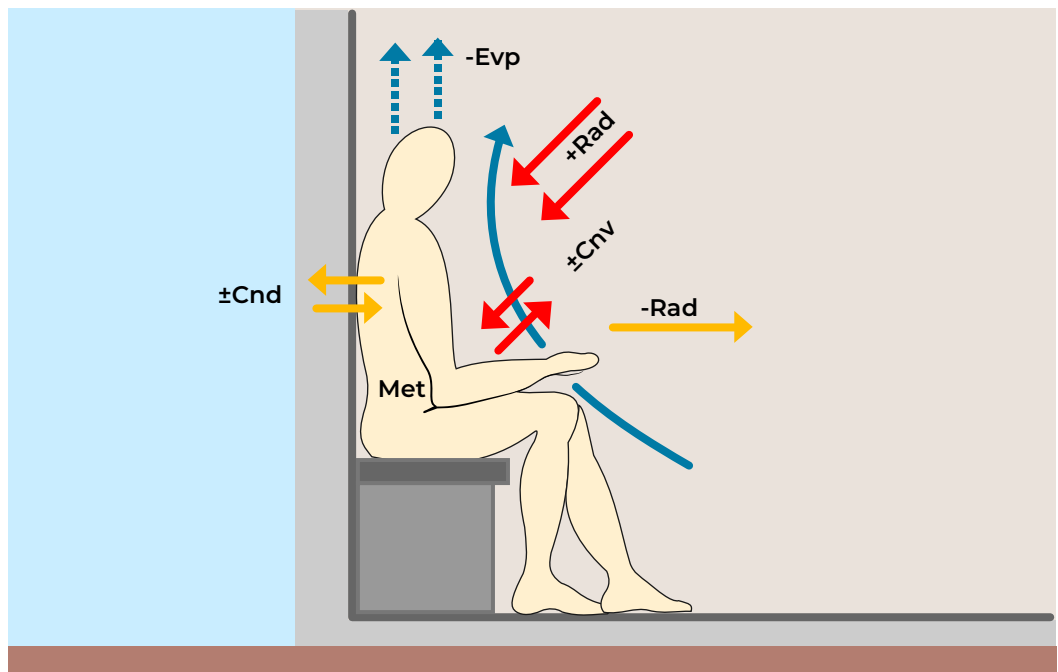


I RIFERIMENTI LEGISLATIVI PER LA PROGETTAZIONE E LA RIGENERAZIONE COMFORT

Il comfort tra percezione e misura

A cura della commissione Sostenibilità ambientale CNGeGL



INDICE

PARTE I

Premessa	2
Comfort ambientale e benessere termoigrometrico	2
La misurazione del comfort: parametri ambientali e personali	2
Gli studi e le teorie di Pol Ole Fanger	3
L'attività metabolica	3
L'indice di benessere termoigrometrico	3
L'evoluzione degli studi e il "comfort adattivo"	4
Riferimenti normativi	6
Riferimenti bibliografici	6

Premessa

L'essere umano trascorre il 95% del suo tempo in spazi confinati e solo il 5% in spazi aperti: una riflessione che si traduce in una vera e propria **assunzione di responsabilità da parte dei tecnici progettisti**, chiamati a garantire una elevata qualità indoor affinché le persone possano abitare e lavorare in una situazione di benessere. Un compito, sia chiaro, tutt'altro che facile: valga su tutto la duplice considerazione che la **percezione del benessere è in larga parte soggettiva**, e che l'**efficienza energetica del corpo umano non supera mai il 20%**. Normalmente, infatti, è prossima allo zero: le perdite per conduzione (generate, ad esempio, dal contatto dei piedi e delle mani, o dallo stare seduti) o per respirazione sono insignificanti, mentre quelle per irraggiamento e convezione sono dell'ordine del 70%.

Comfort ambientale e benessere termoigrometrico

Stare bene in un ambiente è una sensazione che proviamo quando **tutto quello che ci circonda è in armonia con noi stessi**; questa armonia è un insieme di **fattori qualitativi e quantitativi** che sappiamo bene essere complicati da valutare in quanto influenzati dalle diverse sensazioni individuali, ma passibili comunque di essere ricondotti ad alcune utili **definizioni**.

Si definisce **comfort ambientale** "quella particolare condizione di benessere determinata dalle percezioni sensoriali di un individuo inserito in un ambiente"; nella definizione dell'American Society of Heating Ventilation and Air-conditioning Engineers (ASHRAE), il **benessere termoigrometrico** (o **thermal comfort**) è "quel particolare stato della mente che esprime soddisfazione con l'ambiente circostante".

Ai fini della corretta valutazione in termini **quantitativi**, oltre che **qualitativi**, a questo approccio di natura prevalentemente psicologico e soggettivo è possibile affiancare una serie di considerazioni di carattere **tecnico**, basate sul **bilancio termico dell'individuo** e, conseguentemente, sulla **valutazione di tutti gli scambi termici** da e verso la persona.

La misurazione del comfort: parametri ambientali e personali

Possiamo dire che **una persona è in condizioni di comfort quando l'energia ricevuta è uguale a quella ceduta**; la sua misurazione avviene in base a specifici **parametri ambientali e personali**.

Fra i **parametri ambientali** e i loro valori ottimali possiamo elencare:

- Temperatura invernale $T = 18-22$ °C
- Temperatura estiva $T = 24-28$ °C
- Temperatura media radiante $TMR = 20$ °C (media delle temperature, espresse in °C, delle pareti interne all'ambiente, compresi il soffitto e il pavimento)
- Umidità Relativa $UR = 40-60\%$
- Velocità dell'aria $V < 0,5$ m/s

I **parametri personali** saranno invece riconducibili a condizioni:

- **biologico/fisiologiche** quali: fattori ereditari, età, sesso, stato di salute;
- **sociologico/culturali** quali: classe sociale, educazione, ambiente familiare, mode, alimentazione;
- **psicologiche**.

Gli studi e le teorie di Pol Ole Fanger

Nel tentativo di mettere in ordine tutti questi parametri, negli anni Sessanta il danese **Povl Ole Fanger** (docente presso il Centro internazionale per l'ambiente interno e l'energia dell'Università tecnica della Danimarca), definì la seguente equazione:

$$\text{Met} - \text{Evp} \pm \text{Cnd} \pm \text{Cnv} \pm \text{Rad} = 0$$

dove:

Met = metabolismo basale e muscolare

Evp = evaporazione (sudorazione, traspirazione, respirazione, eccetera)

Cnd = conduzione (contatto con corpi a diversa temperatura)

Cnv = convezione (con aria più calda o più fredda della pelle)

Rad = radiazione (dal sole, dal cielo e da corpi a diversa temperatura)

Questo modello di studi si basa:

- sulle **variabili ambientali** della temperatura dell'aria, della velocità dell'aria, dell'umidità relativa e della temperatura media radiante;
- sulle **variabili fisiologiche** della temperatura della pelle e della potenza termica emessa per sudorazione;
- sulle **variabili individuali** dell'attività metabolica e della resistenza termica dell'abbigliamento.

L'attività metabolica

L'attività metabolica di un individuo è la **trasformazione dell'energia chimica prodotta dall'assunzione del cibo in energia termica**; la **potenza metabolica** è riferita all'unità di superficie corporea W/m^2 normalmente, l'attività metabolica di un individuo è espressa in **Met** (1 Met corrisponde a $58,2 \text{ W/m}^2$).

I **valori Met per diverse attività fisiche** sono indicati nella **norma UNI EN ISO 7730**; riportiamo di seguito alcuni esempi:

- attività sedentarie (ufficio, abitazione, scuola, laboratorio): 1,2 Met;
- attività medie in piedi (lavori domestici): 2,0 Met;
- lavoro manuale per la preparazione di un orto: 6,5 Met.

Il **fattore "vestiario"** è stato definito con una unità incoerente il Clo (1 Clo = $0,155 \text{ m}^2\text{K/W}$) ed è pari alla **resistenza termica di un abito europeo di mezza stagione**: a titolo esemplificativo, un abbigliamento tipicamente estivo formato da slip, maglietta, pantaloncini, calzini leggeri e sandali ci porta ad ottenere un Clo pari a 0,30.

Riprendendo quindi le fila del modello di Fanger, la temperatura di comfort per un operaio in un'officina vestito con la tuta da lavoro (Clo = 0,8), che svolge lavori di riparazione di un'auto (2,2 Met) in un ambiente con un RH (Umidità Relativa) al 50% è di $T_c = 18^\circ\text{C}$.

L'indice di benessere termoigrometrico

Le **relazioni tra il funzionamento del corpo umano e la sensazione di benessere termico** possono essere valutate attraverso due indici di benessere termoigrometrico: il **PMV** (Predicted Mean Vote) e il **PPD** (Predicted Percentage of Dissatisfied).

- Il **PMV** (conosciuto anche come Voto Medio Previsto) è una funzione matematica che dà come risultato un valore numerico su una scala con range da -3 (indice di sensazione di troppo freddo) a +3 (indice di sensazione di troppo caldo), dove lo zero rappresenta lo stato di benessere termico. Essendo un indice medio riferito ad un gruppo di individui, il raggiungimento del PMV pari a zero non significa che l'intero gruppo ha raggiunto le condizioni di benessere. Il calcolo dell'indice PMV è richiesto nel **protocollo di sostenibilità Prassi UNI PdR 13 - 2019**, unitamente al **criterio D.3.1** - che affronta il comfort termico estivo in ambienti climatizzati - e al **criterio D.3.3**, che analizza il comfort termico invernale.
- Il **PPD**, invece, esprime la percentuale di persone insoddisfatte in un determinato ambiente (posto che si accetti il 5% convenzionale di persone comunque insoddisfatte).

Il comfort, tuttavia, è influenzato anche da altri fattori, indicati come **disagi locali**: le correnti d'aria, l'asimmetria radiativa (soffitto caldo, pareti fredde), il gradiente termico verticale (differenza di temperatura tra la testa e la caviglia) o l'intervallo di temperatura del pavimento; la **norma UNI EN ISO 7730** propone una classificazione degli ambienti termici in tre categorie - A, B e C - individuando specifici valori dei parametri PPD, PMV e dei disagi locali, da soddisfare contemporaneamente.

L'evoluzione degli studi e il “comfort adattivo”

Il metodo di Fanger è lo standard attualmente predominante, ma non è l'unico: il comfort ambientale è stato affrontato – tra gli altri - anche da un pioniere della bioclimatica quale l'ungherese **Victor Olgyay** e dall'israeliano **Baruch Givoni**.

Alla base dei rispettivi studi: la relazione tra la temperatura e l'umidità relativa per Olgyay (**cf. diagramma 1**) e quella tra il tipo di attività svolta e il relativo abbigliamento adottato per Givoni, individuando il perimetro della zona di benessere termico come il luogo dei fattori climatici ambientali entro il quale la sensazione termica è giudicata confortevole da oltre l'80% delle persone (**cf. diagramma 2**).

Diagramma 1

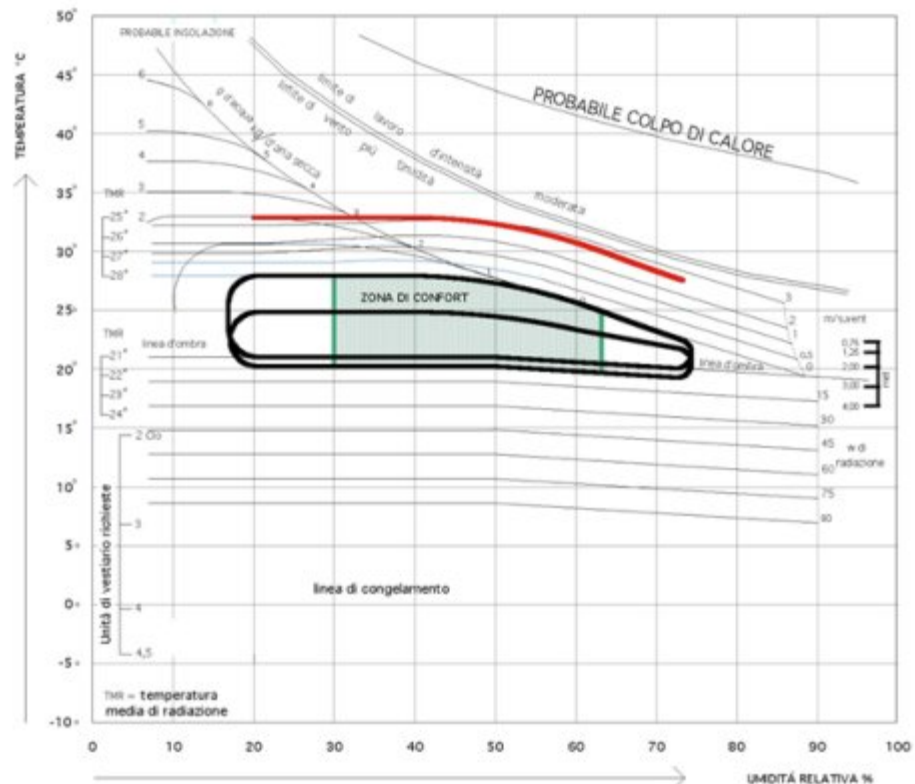
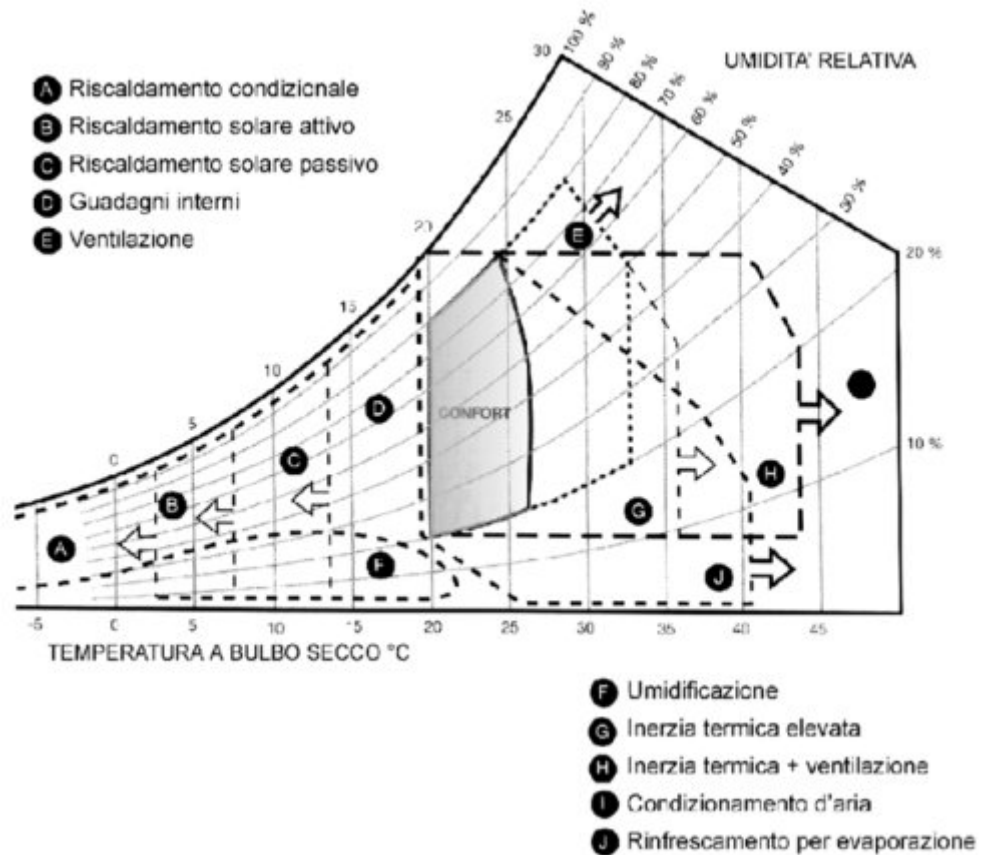


Diagramma 2



Anche grazie a questi (ed altri contributi) si è osservato che **molto spesso gli individui sono più tolleranti dei livelli indicati da Fanger**, ragion per cui si sta introducendo, a livello europeo, **il nuovo standard "Comfort adattivo"**, che permette di ottenere comunque un elevato livello di comfort, ma a costi molto inferiori. Questo metodo, che deriva dalla norma ASHRAE, somma ai criteri di analisi sin qui descritti anche la valutazione degli aspetti comportamentali, fisiologici e psicologici.

Del resto, appare sempre più evidente come **la valutazione del comfort non dovrebbe essere limitata al solo aspetto termico**, ma dovrebbe analizzare anche altri aspetti, e in particolare quelli contemplati dalla **"Sick Building Syndrome"** (ossia l'insieme dei sintomi non riconducibili a cause specifiche, ma alla permanenza in ambiente costruito malsano), alla **"Building Related Illness"** (le patologie riconducibili a specifiche cause e contaminanti presenti in ambiente costruito malsano), e al **"Multiple Chemical Sensitivities"**, la sindrome multi sistemica di intolleranza ambientale - parziale o totale - a sostanze chimiche (Rapporto OMS 1984).

A ciò si aggiunga, infine, la valutazione della **qualità dell'illuminazione**, la cura contro l'**inquinamento acustico**, la **percezione dei volumi e degli spazi** fino ad arrivare alla **percezione del colore nello spazio**, unitamente alla **prossemica** e all'**antropologia dello spazio**, utili anche come spunti di riflessione.

Riferimenti normativi

Criteri Ambientali Minimi (CAM) Decreto 11 ottobre 2017 2.3.5.6 Comfort acustico e 2.3.5.7 Comfort termo-igrometrico.

Protocollo ITACA UNI PdR 13.1:2019 e UNI PdR 13.2:2019 Sistema di analisi multicriteriale per la valutazione della sostenibilità ambientale degli edifici.

UNI EN ISO 7730 (febbraio 2006, corretta 2 marzo 2017) Ergonomia degli ambienti termici - Determinazione analitica e interpretazione del benessere termico mediante il calcolo degli indici PMV e PPD e dei criteri di benessere termico locale.

UNI EN 15251 (febbraio 2008) Criteri per la progettazione dell'ambiente interno e per la valutazione della prestazione energetica degli edifici, in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica.

ASHRAE 55 (ASHRAE, 2004) "Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy"
"That condition of mind which expresses satisfaction with the thermal environment and is assessed by subjective evaluation." Attuale revisione ASHRAE 55 2020.

Riferimenti bibliografici

Uwe Wienke, "Aria, calore, luce. Il comfort ambientale negli edifici", Editore DEI.

Alessandro Rogora e Valentina Dessi (a cura di), "Il comfort ambientale negli spazi aperti", EdicomEdizioni.