



in.form.a.

AZIENDA SPECIALE
Camera di Commercio Reggio Calabria

CICLO DI INCONTRI FORMATIVI SUL TEMA “ENERGY MANAGEMENT NELLE IMPRESE”

Efficienza energetica in ambito civile

-La ricerca dell'efficienza energetica: obiettivi e metodi-

Docente Ing. Pierluigi Fecondo

Esperto in Gestione dell'Energia



Certificato n. 2-2015-SC/163



SOMMARIO

IL COMFORT AMBIENTALE

- Il Benessere Ambientale e Termoigrometrico**
- L'Attività Metabolica**
- I Meccanismi di Termoregolazione**
- Il Bilancio di Energia sul Corpo Umano**
- Il Comfort Termoigrometrico Globale**
- Il Discomfort Locale**

IL SISTEMA IMPIANTO TERMICO E I SUOI COMPONENTI PRINCIPALI

- Sottosistema di generazione**
- Sottosistema di distribuzione**
- Sottosistema di emissione**
- Sottosistema di regolazione**

TIPOLOGIE DI IMPIANTI TERMICI ED ESEMPI DI SCHEMI

- Impianti idronici (radiatori, pannelli radianti, ventilconvettori)**
- Impianti a pompa di calore (impianto aria/aria, aria/acqua, geotermico, VRV)**
- Impianti aeraluici (con/senza recupero di calore)**



SOMMARIO

- **Principi del bilancio energetico, fenomeni che influenzano lo scambio termico fra sistemi;**
- **Il fabbisogno di calore (dispersioni attraverso componenti opache e trasparenti) e di energia primaria (rendimenti impiantistici);**
- **Il sistema edificio-impianto, le zone termiche, gli impianti termici per il riscaldamento e la produzione di acs – la centrale termica;**
- **Gli apporti gratuiti solari e interni, il recupero del calore, la ventilazione meccanica controllata.**
- **Gli indicatori di prestazione energetica degli edifici (fabbisogni di energia primaria per la climatizzazione invernale, la produzione di acqua calda sanitaria, la climatizzazione estiva).**
- **Metodi di valutazione delle prestazioni energetiche degli edifici ai sensi del DM 26/06/2009 e UNI TS 11300**



La finalità dell' inserimento degli Impianti Termotecnici negli edifici è quella di consentire il normale svolgimento della vita dell' "Uomo" all' interno degli ambienti abitati le **migliori condizioni di comfort possibili.**

DEFINIZIONE OGGETTIVA DI COMFORT AMBIENTALE



La definizione oggettiva è quella che definisce il comfort termoigrometrico come lo **stato di neutralità termica del corpo umano** in cui il suo accumulo termico è nullo e l'organismo mantiene quasi inattivi i meccanismi di termoregolazione.

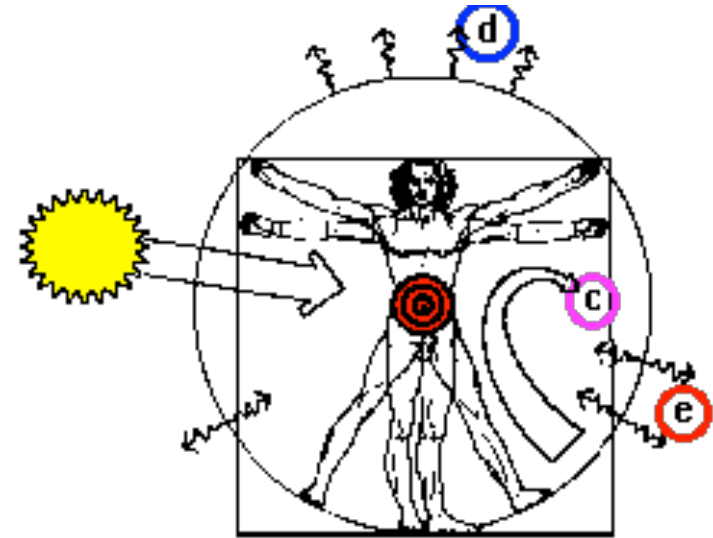
DEFINIZIONE SOGGETTIVA DI COMFORT AMBIENTALE



La definizione soggettiva è quella che definisce il comfort termoigrometrico come lo **stato psicofisico di soddisfazione** che un individuo prova per le condizioni (temperatura, umidità, velocità dell'aria, ecc.) in cui si trova.



climatizzazione invernale o estiva è l'insieme di funzioni atte ad assicurare il benessere degli occupanti mediante il controllo, all'interno degli ambienti, della temperatura e, ove presenti dispositivi idonei, della umidità, della portata di rinnovo e della purezza dell'aria;

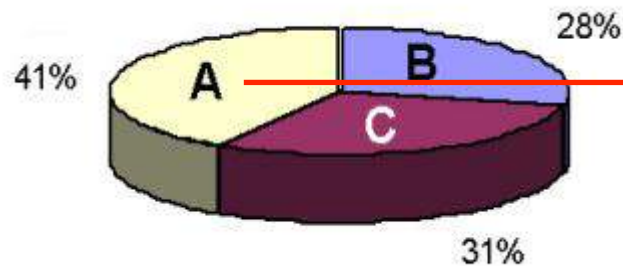




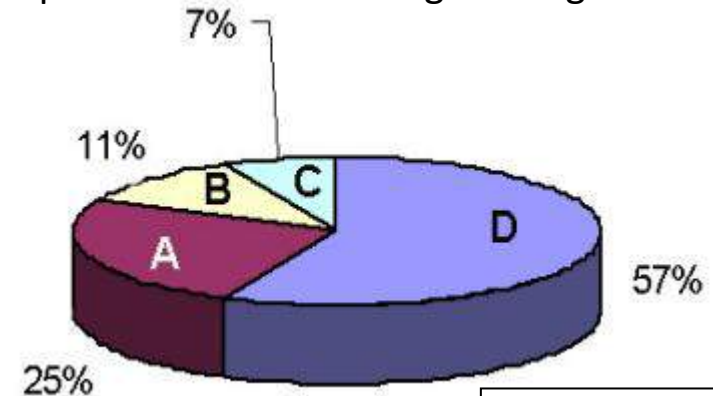
IL "PREZZO" DA PAGARE PER IL COMFORT AMBIENTALE

Il mantenimento del comfort ambientale e altri usi energetici implicano elevati fabbisogni energetici nel comparto edilizio

Quanto e dove risparmiare?



A - Settore edilizio
B - Industria
C - Trasporti



Fonte ENERDATA

A - Produzione acqua calda
B - Apparecchi elettrici
C - Cottura cibi
D - Riscaldamento



Potenziale risparmio su riscaldamento 80%



Potenziale di risparmio su usi elettrici 30%

Ceis-Tor Vergata. Marzo 2007



LA RIDUZIONE DEL CONSUMO DI ENERGIA E LIMITAZIONE DI EMISSIONI IN ATMOSFERA

AZIONI SUGLI ELEMENTI "PASSIVI" DELL'EDIFICIO

ridurre le dispersioni di calore in inverno e le rientrate di calore in estate attraverso l'involucro edilizio

limitare le fughe di aria calda attraverso i vetri e gli infissi delle finestre

AZIONI SUGLI ELEMENTI "ATTIVI" DELL'IMPIANTO

abbassare la temperatura di riscaldamento nei locali non utilizzati o sotto-utilizzati

sfruttare al meglio l'energia contenuta nel combustibile progettando, mantenendo e regolando bene l'impianto di riscaldamento e condizionamento



Dicembre 2002



DIRETTIVA 2002/91/CE Rendimento energetico edifici



8 Ottobre 2005



DLgs 192 – Recepimento Direttiva 02/91/CE



2 Febbraio 2007



In questi decreti:

- Definiti i **requisiti energetici e prestazionali** degli edifici
- Introdotta l'obbligatorietà all'utilizzo di fonti rinnovabili
- Introdotta la **Certificazione Energetica**

DLgs 311/06

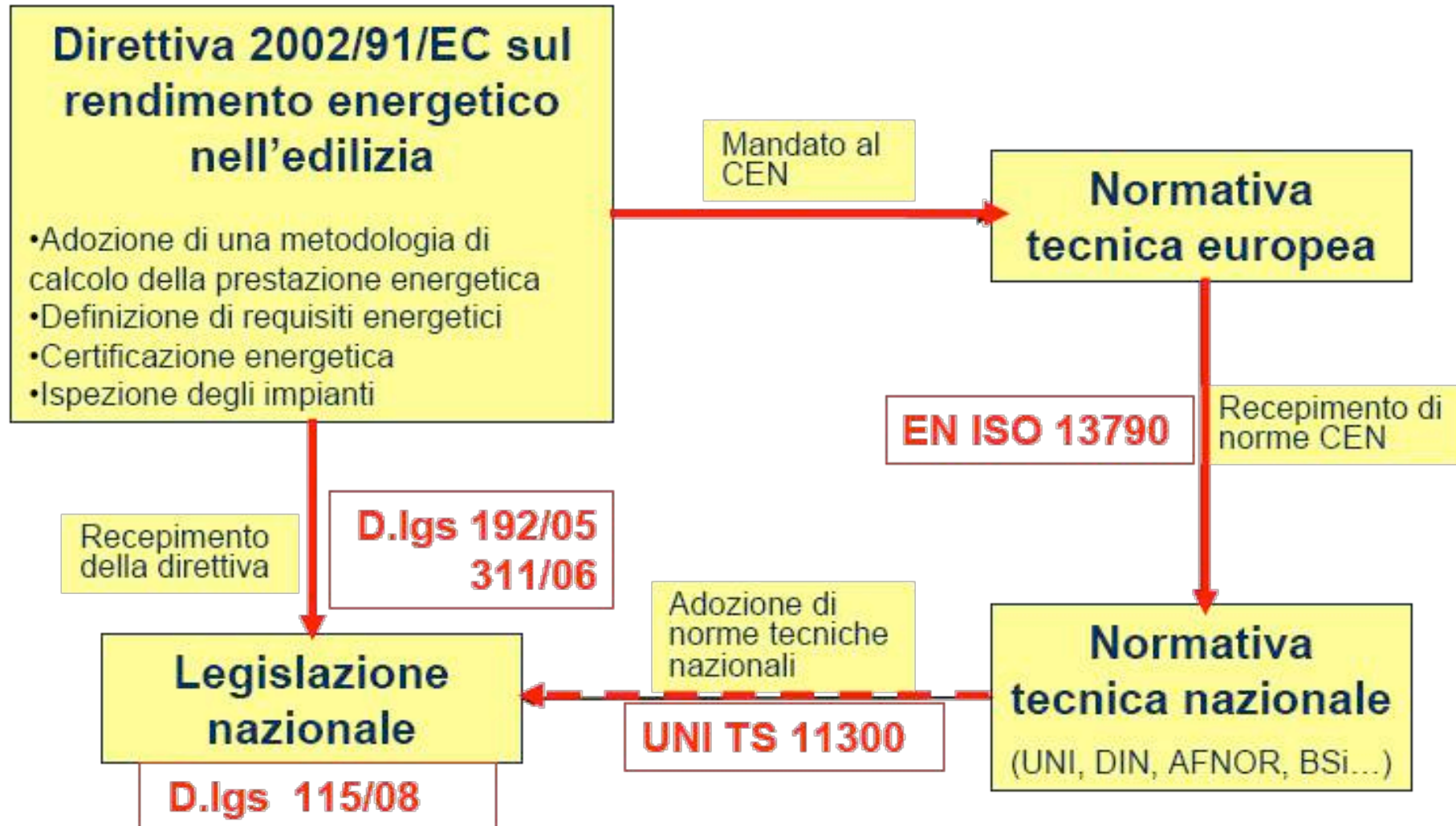
Disposizioni correttive ed integrative al DLgs 192

Decreti attuativi e Linee guida nazionali

(D. Lgs. 115/08, DPR 59/2009, DM 26/06/09, D.L. 63/2013)



LEGISLAZIONE E NORMATIVA TECNICA





EVOLUZIONE DEL QUADRO NORMATIVO ITALIANO SULL'EFFICIENZA ENERGETICA DEGLI EDIFICI

QUADRO TEMPORALE LEGISLATIVO		
Da:	A:	In vigore:
17 gen 1991	16 ago 2005	L10/91 e decreti attuativi
17 ago 2005	7 ott 2005	L10/91 e decreti attuativi + DM 178/05
8 ott 2005	1 feb 2007	DLgs 192/05
2 feb 2007	24 giu 2009	DLgs192/05 + DLgs311/06
25 giu 2009	28 mar 2011	DLgs192/05 + DLgs311/06 + DPR 59/09
29 mar 2011	5 giu 2013	DLgs192/05 + DLgs311/06 + DPR 59/09 + DLgs 28/11
6 giu 2013	3 ago 2015	DLgs192/05 + DLgs311/06 + DPR 59/09 + DLgs 28/11 + DL63/13
4 ago 2013	30 set 2015	DLgs192/05 + DLgs311/06 + DPR 59/09 + DLgs 28/11 + DL63/13 + L90/13
1 ott 2015	-	DLgs192/05 + DLgs311/06 + DLgs 28/11 + DL63/13 + L90/13 + DM26/6/15



RECEPIMENTO DELLA DIRETTIVA 2010/31/UE

L'introduzione della Direttiva 2010/31/UE ha segnato l'avvio di un nuovo iter legislativo intrapreso in Italia a partire dalla pubblicazione del DL 63/13 poi convertito dalla Legge 90/13. La Legge 90/13 è stata a sua volta completata con la pubblicazione dei decreti attuativi contenuti nel DM 26/6/15



Direttiva 2010/31/UE sulla
prestazione energetica
nell'edilizia (refusione)



Legge 90/13 di conversione
del DL 63/13 "Disposizioni
urgenti per il recepimento della
Direttiva 2010/31/UE del
Parlamento europeo"



DM 26/6/2015
Decreti attuativi

- Nuovi requisiti minimi
- Nuove Linee Guida Nazionali
- Nuovo modello di relazione L10



RECEPIMENTO DELLA DIRETTIVA 2010/31/UE

Sulla Gazzetta Ufficiale n. 162 del 15 luglio 2015 sono stati pubblicati i nuovi decreti di attuazione previsti dalla legge 90/2013.

I 3 decreti interministeriali del 26 giugno 2015, che entrano in vigore il **primo ottobre 2015 e che completano il quadro normativo in materia di efficienza energetica negli edifici, sono:**

- Decreto interministeriale 26 giugno 2015 - Schemi e modalità di riferimento per la compilazione della relazione tecnica di progetto ai fini dell'applicazione delle prescrizioni e dei requisiti minimi di prestazione energetica negli edifici
- Decreto interministeriale 26 giugno 2015 - Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici
- Decreto interministeriale 26 giugno 2015 - Adeguamento linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici



RECEPIMENTO DELLA DIRETTIVA 2010/31/UE

Decreto requisiti minimi

Il decreto requisiti minimi definisce le nuove modalità di calcolo della prestazione energetica e i nuovi requisiti minimi di efficienza per i nuovi edifici e quelli sottoposti a ristrutturazione.

Decreto linee guida APE 2015

Il decreto linee guida definisce le nuove regole per la redazione dell'APE (attestato di prestazione energetica). Il nuovo modello di APE sarà valido su tutto il territorio nazionale

Decreto relazione tecnica

Il decreto relazione tecnica definisce gli schemi di relazione tecnica di progetto, adeguandoli al nuovo quadro normativo, in funzione delle diverse tipologie di opere: nuove costruzioni, ristrutturazioni importanti, riqualificazioni energetiche. Con l'emanazione di questi provvedimenti si compie un passo importante verso l'incremento degli edifici ad energia quasi zero.



BENESSERE AMBIENTALE DELL'INDIVIDUO

IL BENESSERE È INDIVIDUALE E NON COLLETTIVO:

corrisponde per definizione al soddisfacimento psicofisico di un singolo individuo

IL BENESSERE È GLOBALE E NON SINGOLARE:

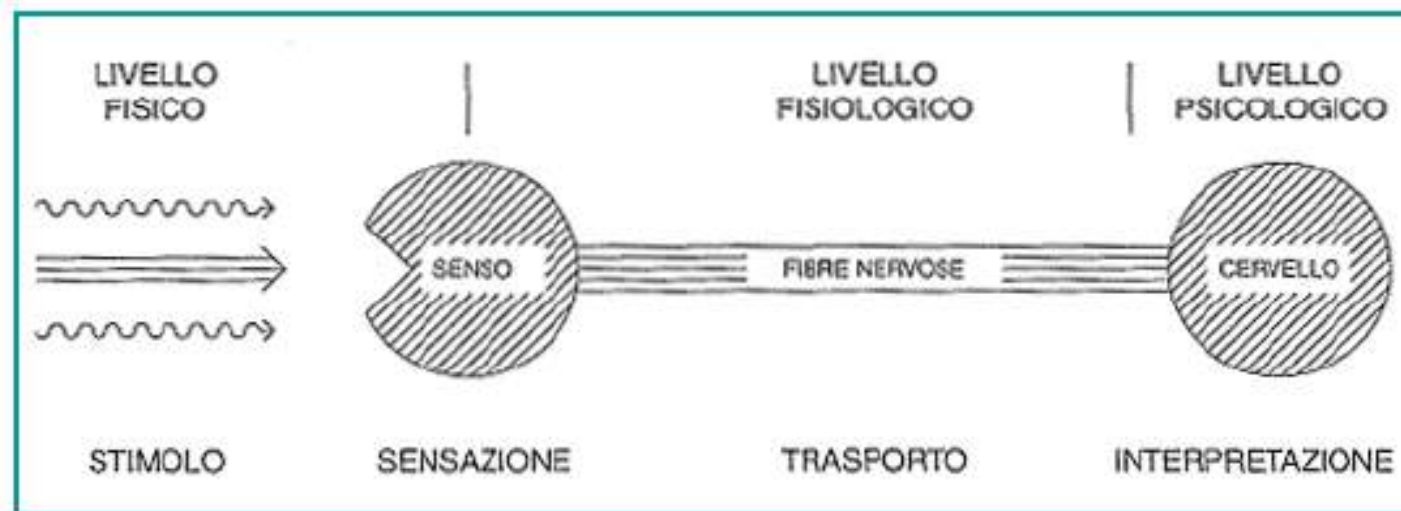
nella realtà vari fattori interferiscono fra loro e le percezioni sensoriali si sovrappongono provocando un effetto “sinergico” che dà origine alla sensazione di benessere
La qualità ambientale in un edificio fa riferimento a classi differenti, seppure fortemente interrelate, di comfort ambientale, e cioè:

- **benessere termoigrometrico**
- **benessere respiratorio olfattivo**
- **benessere visivo - illuminotecnico**
- **benessere acustico**



BENESSERE AMBIENTALE DELL'INDIVIDUO

Per valutare il comfort in un ambiente si dovranno considerare simultaneamente gli **stimoli** che arrivano all'occupante attraverso i diversi sensi, in particolare dalla vista, dall'udito e dal senso termico



L'essere umano "capta l'ambiente" mediante organi specializzati (recettori) ciascuno dei quali è sensibile a stimoli specifici (manifestazioni energetiche che raggiungono i diversi sensi). Le variazioni di questi stimoli fanno sì che si producano messaggi (brevi impulsi elettrici) che si trasmettono lungo le vie afferenti fino al sistema nervoso centrale dove vengono recepiti ed interpretati.



BENESSERE AMBIENTALE

BENESSERE TERMOIGROMETRICO

Stato di neutralità termica, in cui il soggetto non sente né caldo né freddo.

Benessere respiratorio – olfattivo (Qualità dell'Aria Interna – Indoor Air Quality)

Stato di soddisfazione di un individuo nei confronti dell'aria che respira, in cui non sono presenti inquinanti in concentrazioni ritenute nocive per la salute dell'uomo

Benessere visivo/illuminotecnico

Stato in cui l'individuo può svolgere nel modo migliore i diversi compiti (visual task) che è chiamato ad assolvere

Benessere acustico

Condizione psicofisica in corrispondenza della quale un individuo, in presenza di un campo di pressione sonora (rumore), dichiara di trovarsi in una situazione di benessere, tenuto conto anche della particolare attività che sta svolgendo



BENESSERE AMBIENTALE DELL'INDIVIDUO

La finalità dell' inserimento degli Impianti Termotecnici negli edifici è quella di consentire il normale svolgimento della vita dell' "Uomo" all' interno degli ambienti abitati le migliori condizioni di comfort possibili.

DEFINIZIONE OGGETTIVA DI COMFORT AMBIENTALE



La definizione oggettiva è quella che definisce il comfort termoigrometrico come lo **stato di neutralità termica del corpo umano** in cui il suo accumulo termico è nullo e l'organismo mantiene quasi inattivi i meccanismi di termoregolazione.

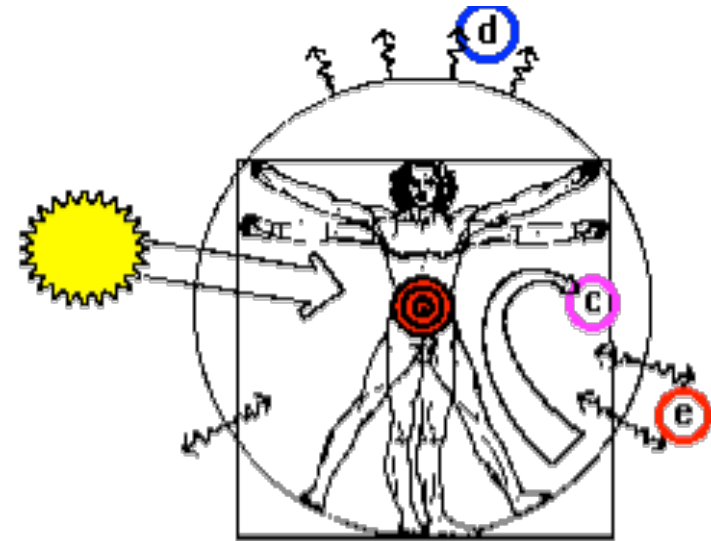
DEFINIZIONE SOGGETTIVA DI COMFORT AMBIENTALE



La definizione soggettiva è quella che definisce il comfort termoigrometrico come lo **stato psicofisico di soddisfazione** che un individuo prova per le condizioni (temperatura, umidità, velocità dell'aria, ecc.) in cui si trova.



climatizzazione invernale o estiva è l'insieme di funzioni atte ad assicurare il benessere degli occupanti mediante il controllo, all'interno degli ambienti, della temperatura e, ove presenti dispositivi idonei, della umidità, della portata di rinnovo e della purezza dell'aria;





BENESSERE TERMICO

Il benessere termico è definito come una condizione mentale (psicofisica) di soddisfazione nei confronti dell'ambiente termico.

L'insoddisfazione può essere causata da:

- **disagio per il caldo o per il freddo che prova il corpo nel suo complesso non desiderato raffreddamento (o riscaldamento) di una particolare parte del corpo (es. da corrente d'aria)**
- **differenza verticale di temperatura tra testa e caviglie troppo elevata**
- **pavimento troppo caldo o freddo**
- **asimmetria della temperatura radiante troppo elevata**
- **un'energia metabolica troppo elevata**
- **abbigliamento non adeguato**



BENESSERE TERMICOIGROMETRICO

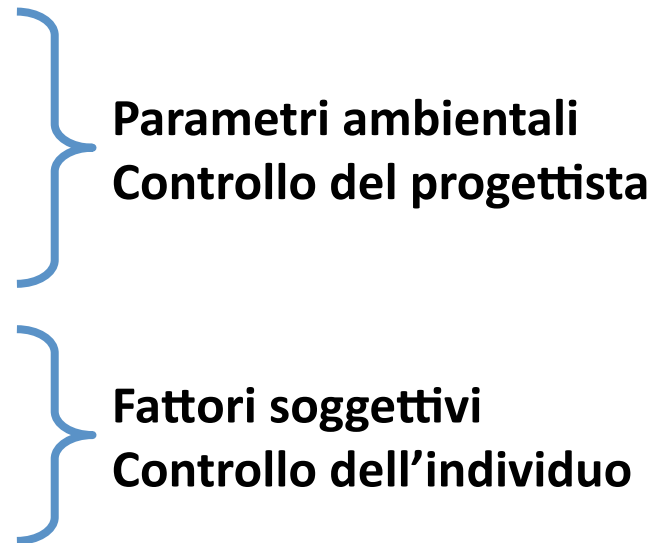
Condizioni di comfort, per cui i parametri ambientali, agendo sugli scambi sensibili e latenti del corpo umano, annullano le sensazioni di caldo o freddo percepite dall'occupante (neutralità termica).

Ciò deve avvenire senza interventi massicci del sistema di regolazione del corpo in quanto i relativi interventi estremi risultano fonte di disagio.

Le variabili principali che influenzano il benessere termico sono:

- la temperatura a bulbo secco dell'aria
- la temperatura media radiante
- l'umidità dell'aria
- la velocità media relativa dell'aria

- l'attività fisica svolta
- la resistenza termica del vestiario indossato





BENESSERE TERMICOIGROMETRICO

PARAMETRI TERMICI

- **Temperatura dell'aria che circonda il corpo**, influisce sulla cessione di calore per convezione e per respirazione;
- **Temperatura media radiante**, media ponderata delle temperature delle superfici che racchiudono il corpo, influisce sullo scambio per irraggiamento;
- **Umidità relativa dell'aria**, influisce sulle perdite per evaporazione da traspirazione e l'umidità ceduta attraverso la respirazione;
- **Velocità dell'aria rispetto al corpo**, influisce sulla dissipazione per convezione e nella velocità di evaporazione per traspirazione

Parametri ambientali
Controllo del progettista

FATTORI TERMICI

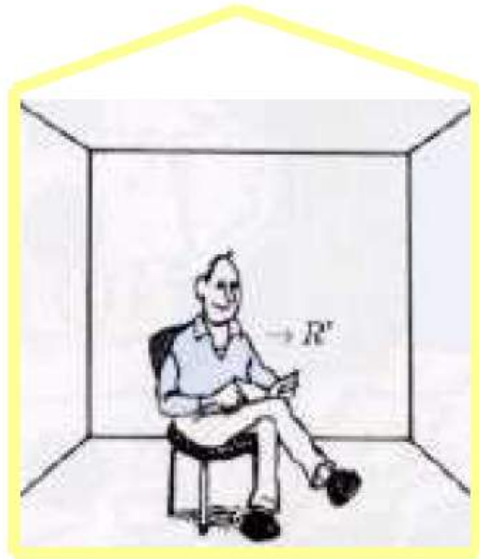
che influiscono sui sistemi di regolazione:

- **Grado di attività**, che influisce direttamente sul metabolismo;
- **Tipo di vestiario**, che influisce sul passaggio di calore e dell'umidità.

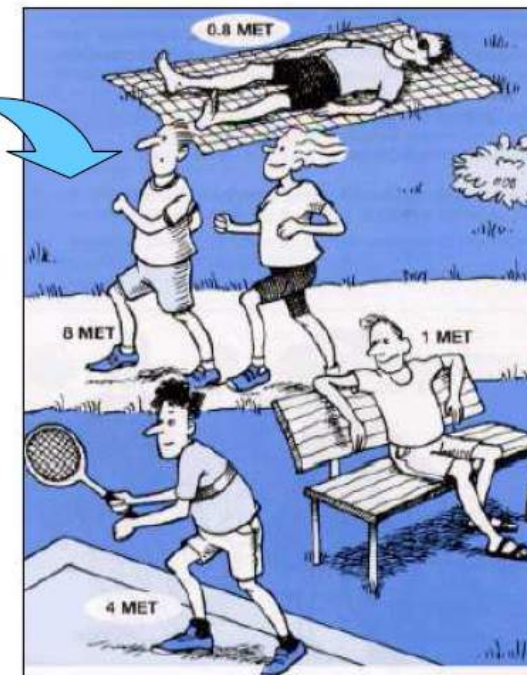
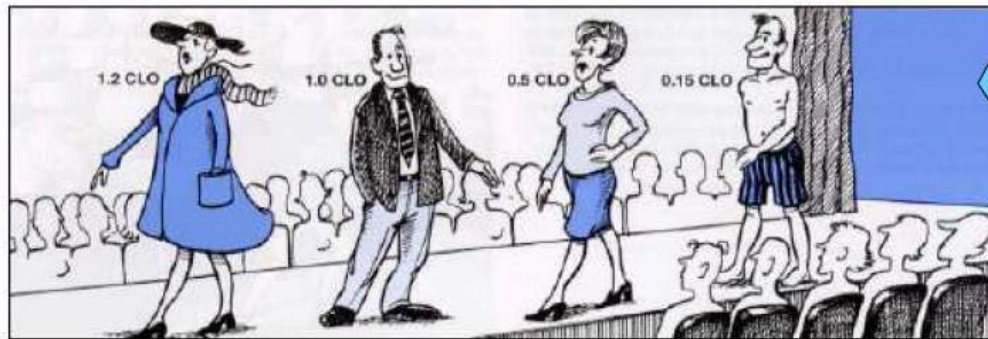
Fattori soggettivi
Controllo dell'individuo



PRINCIPALI PARAMETRI FISICI DEL BENESSERE TERMOIGROMETRICO



- t aria (°C)
 - t pareti (°C)
 - UR (%)
 - v aria (m/s)
 - Attività svolta (met)
 - Abbigliamento (clo)
- t operativa (°C)

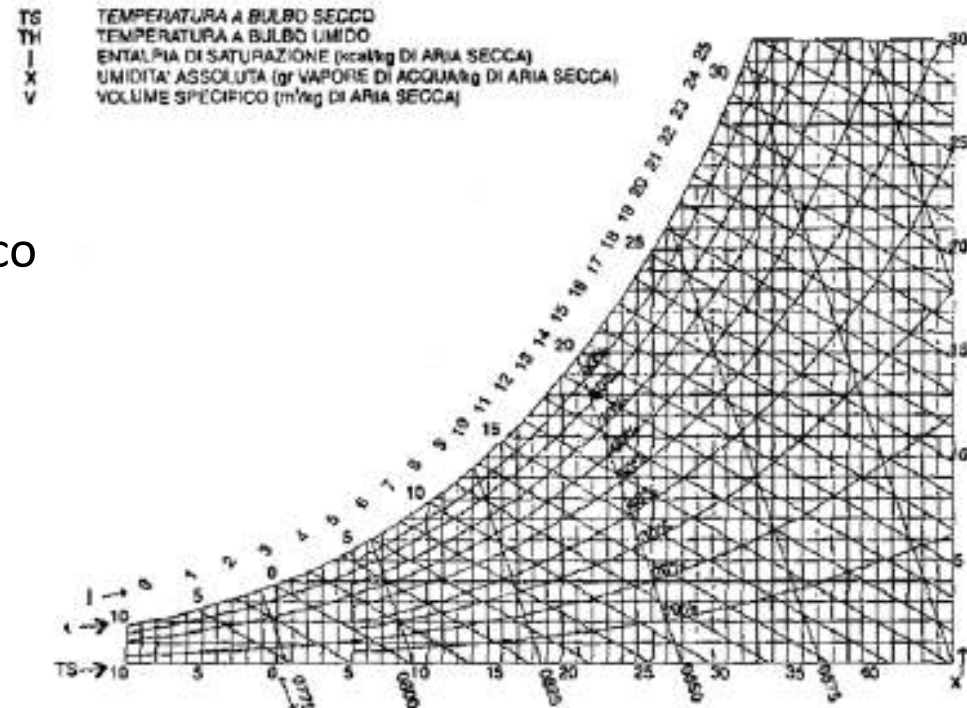




PRINCIPALI PARAMETRI FISICI DEL BENESSERE TERMOIGROMETRICO

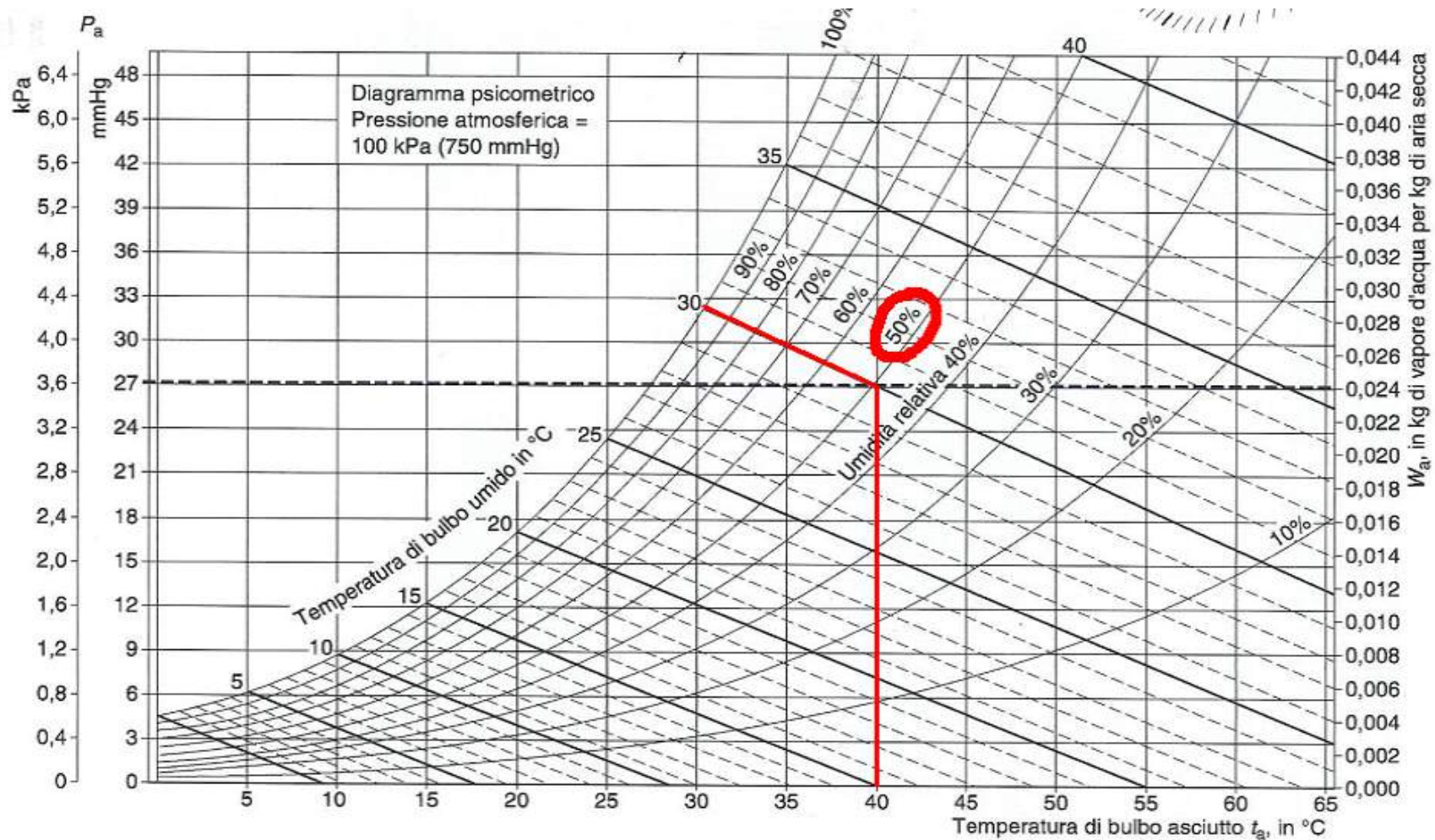
Nella valutazione dei fenomeni energetici dell'aria, si considera il suo stato energetico che dipende sia dalla temperatura che dal contenuto di acqua sotto forma di vapore nella miscela di gas; entrambi gli aspetti influiscono sulla sensazione di benessere (*comfort termoigrometrico*) all'interno di un ambiente e sono analizzati nel diagramma psicrometrico.

Ai fini del benessere termoigrometrico è necessario operare un **controllo continuo sui parametri che condizionano lo stato energetico dell'aria all'interno degli spazi occupati attraverso gli impianti di riscaldamento e climatizzazione**





TEMPERATURA DI BULBO SECCO





TEMPERATURA MEDIA RADIANTE

Gli scambi per irraggiamento sono la base per calcolare la temperatura media radiante (T_{mr}): la T_{mr} è la temperatura fittizia che se tutto l'involucro avesse *uniformemente darebbe luogo allo scambio* per irraggiamento che avviene nella realtà.

Lo scambio per irraggiamento che avviene in realtà si ricava conoscendo l'emissività della persona ϵ_p (circa 0,98), la sua temperatura superficiale T_{ce} e la sua area efficace radiante A_{eff} , parametri che immaginiamo di conoscere.

Noti i fattori di vista (F_{p-i}) fra la persona e le superfici dell'involucro alla temperatura T_i (K), lo scambio termico per irraggiamento è dato da:

$$q_{rad} = A_{eff} \epsilon_p \sigma \left[\sum_i F_{p-i} T_i^4 - T_{ce}^4 \right]$$

→

$$T_{mr}^4 = \sum_i F_{p-i} T_i^4$$



TEMPERATURA OPERANTE (O OPERATIVA)

È la temperatura uniforme di una cavità in cui il soggetto scambierebbe per convezione e irraggiamento la stessa energia che effettivamente scambia nell'ambiente reale non uniforme.

Numericamente è la **media pesata della temperatura dell'aria e di quella media radiante**, in cui le **conduttanze unitarie radiative (abiti-superfici)** e convettive (abiti-aria) costituiscono i coefficienti di peso

$$T_o = \frac{\alpha_c T_a + \alpha_r T_{mr}}{\alpha_c + \alpha_r}$$

Nel caso i due coefficienti che sono molto prossimi l'uno all'altro si possano considerare uguali, si ha:

$$T_o = \frac{T_a + T_{mr}}{2}$$



OMOTERMIA DEL CORPO UMANO

Per analizzare le condizioni di benessere un punto di partenza è dato dalla necessità di **OMOTERMIA** dell'organismo umano cioè dalla necessità di **mantenere costante la temperatura del nucleo del corpo a circa 37°C** entro il ristretto margine di mezzo grado. Per questo l'organismo è dotato di un sistema di termoregolazione che provvede a mantenere il valore previsto anche quando per le condizioni ambientali o per l'attività svolta vi sia tendenza ad allontanarsene.

Condizioni di benessere per il corpo umano: $T_{in} = 37 \pm 0.5 \text{ °C}$

Il corpo umano è sede di reazioni chimiche che trasformano in energia le sostanze nutritive assimilate. L'energia termica prodotta internamente al corpo umano da tali reazioni dà luogo al flusso metabolico. Questo viene espresso con un'unità di misura apposita, il **met**:

1 met = flusso metabolico specifico da attribuirsi ad un individuo sveglio a riposo



METABOLISMO

Metabolismo: produzione interna di calore ottenuta grazie alle reazioni di combustione delle sostanze chimiche contenute nei cibi

- parte dell'energia assunta è **immagazzinata nei grassi** e costituisce una riserva che potrà essere successivamente sfruttata rendendo l'organismo indipendente da una continua assunzione di cibi;
- per mantenere la temperatura interna costantemente pari al valore ottimale per il benessere termico **il calore sviluppato in eccesso deve essere ceduto all'ambiente circostante**

Il flusso metabolico unitario è quello attribuibile ad un individuo di taglia media (superficie corporea 1,8 m²) a riposo in posizione seduta :

$$1 \text{ met} = 58 \text{ W/m}^2 \longrightarrow "A_{\text{eff}}" = 1,80 \text{ m}^2 \text{ (circa)}$$



METABOLISMO

M è la potenza termica associata al metabolismo, funzione del grado di attività dell'individuo, espressa in W/m² o in met (1 met = 58 W/m²);
i relativi valori sono indicati in CEN TC156 N201 e riportati in Tabella:

Attività	Metabolismo [met]
Dormire	0,6
Stare seduti	1
Stare in piedi	1,2
Attiv. leggera (camminare)	1,6
Attiv. media (negozi, abitaz.)	2
Attiv. pesante (ginnastica)	3
Ballare	5

Attività	Energia metabolica	
	W/m ²	met
Disteso	46	0,8
Seduto, rilassato	58	1,0
Attività sedentaria (ufficio, casa, scuola, laboratorio)	70	1,2
Attività leggera in piedi (compere, laboratorio, industria leggera)	93	1,6
Attività media in piedi (commesso, lavori domestici, lavori a macchina)	116	2,0
Camminare a:		
2 km/h	110	1,9
3 km/h	140	2,4
4 km/h	165	2,8
5 km/h	200	3,4

Lo **smaltimento del flusso metabolico** avviene attraverso due meccanismi principali: quello **sensibile** (per differenza di temperatura) e quello **latente** (dovuto ad un processo di evaporazione).
Il vestiario può avere influenza su entrambi i processi dissipativi.



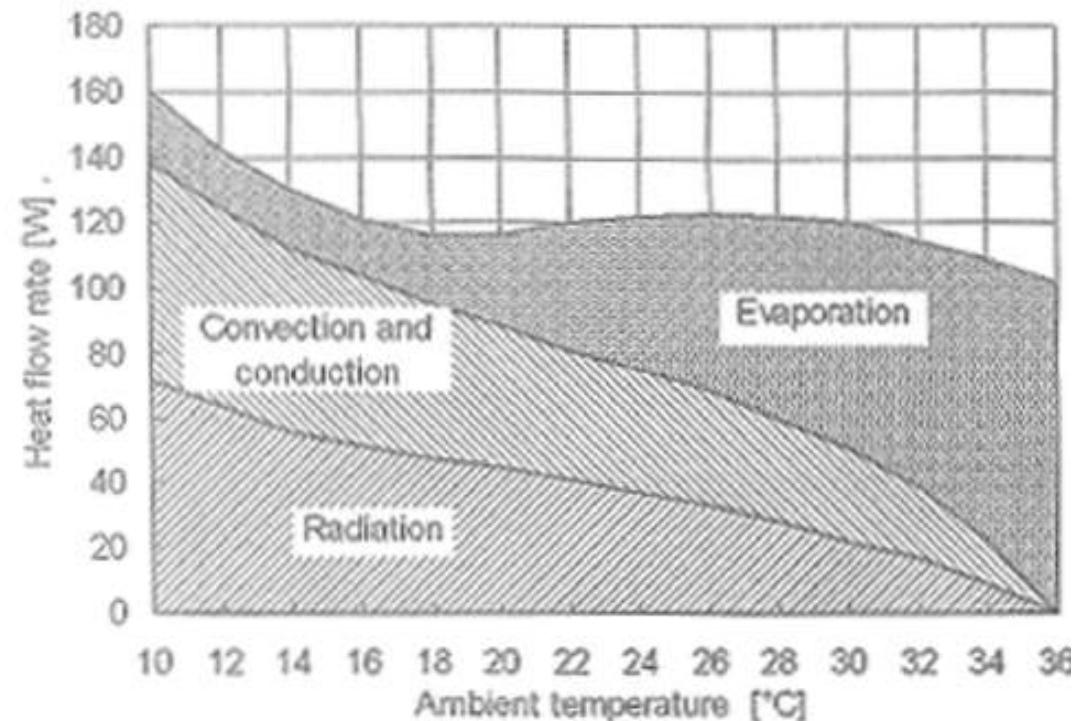
METABOLISMO

La superficie corporea può essere calcolata con la relazione di Du Bois

$$S_c = 0.202 m^{0.425} h^{0.725}$$

in cui:

- **S_c**: superficie corporea totale dell'individuo (m²)
- **m**: massa dell'individuo (kg)
- **h**: altezza dell'individuo (m)



Calore ceduto da una persona seduta all'ambiente, in relazione alla temperatura



METABOLISMO

A titolo di esempio, calcoliamo il fabbisogno energetico di due individui di uguale superficie corporea (1.8 m²) che svolgano attività diverse:

Individuo 1: IMPIEGATO

Attività lavorativa 1.2 MET per 8 ore

Riposo 1 MET per 8 ore

Sonno 0.7 MET per 8 ore

Individuo 2: OPERAIO

Attività lavorativa 5 MET per 8 ore

Riposo 1 MET per 8 ore

Sonno 0.7 MET per 8 ore

Fabbisogno Energetico:

$$\text{IMPIEGATO} \rightarrow (1.2 * 8 + 1 * 8 + 0.7 * 8) * 1.8 * 58 = 2422.1 \text{ W h} = 8719.5 \text{ kJ}$$

$$\text{OPERAIO} \rightarrow (5 * 8 + 1 * 8 + 0.7 * 8) * 1.8 * 58 = 5595.8 \text{ W h} = 20144.9 \text{ kJ}$$



MECCANISMI DI TERMOREGOLAZIONE

Esistono due tipi di termoregolazione

in ambienti freddi:

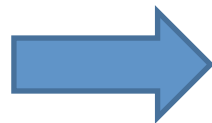
vasocostrizione con diminuzione dell'afflusso di sangue verso la periferia

in ambienti caldi

vasodilatazione con aumento dell'afflusso di sangue alla periferia

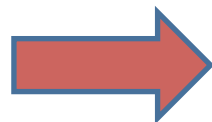
EFFETTI:

in ambienti freddi



brivido

in ambienti caldi

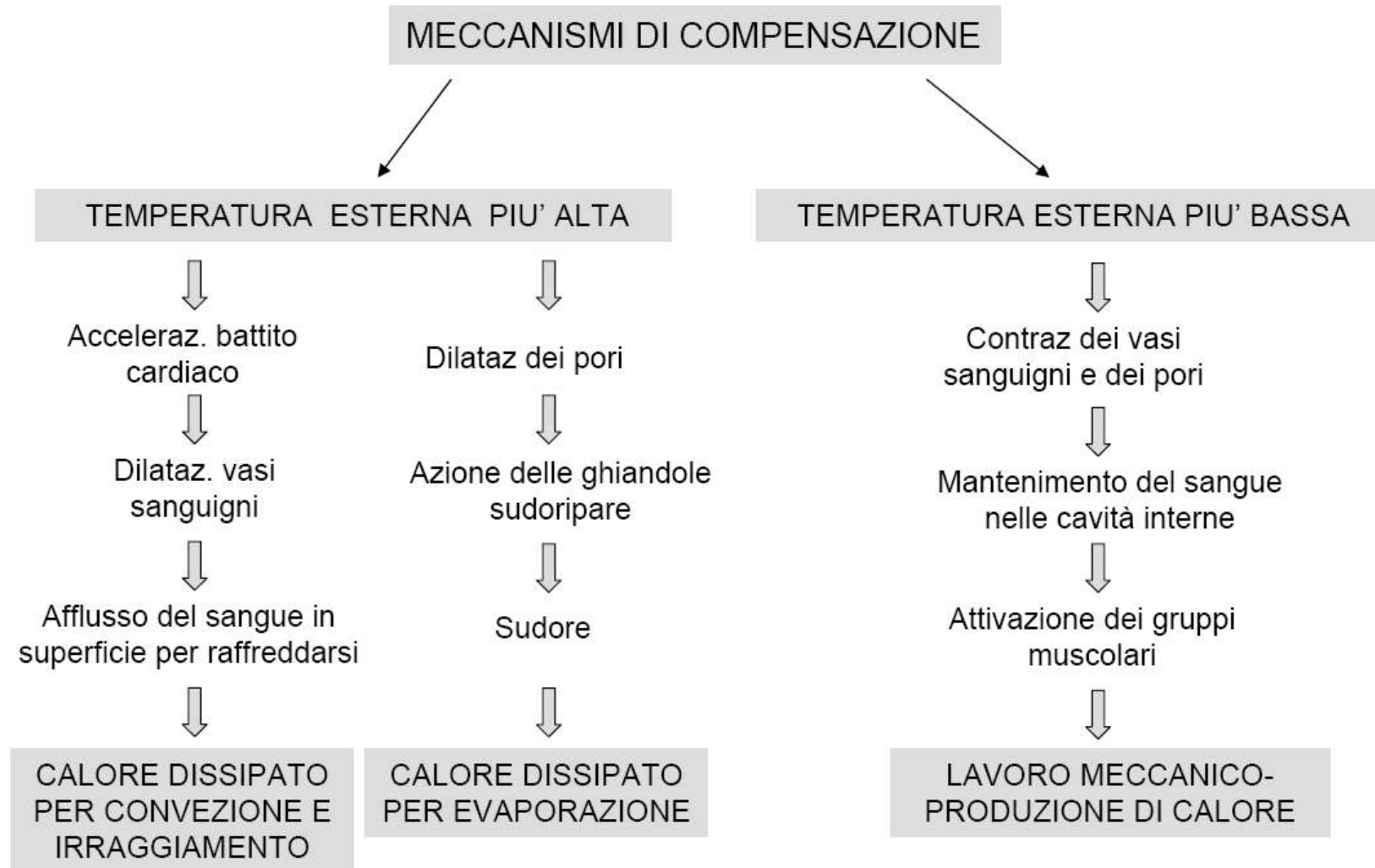


sudorazione





MECCANISMI DI TERMOREGOLAZIONE





MECCANISMI DI TERMOREGOLAZIONE



Per respirazione

- *sensibile* C_{res}

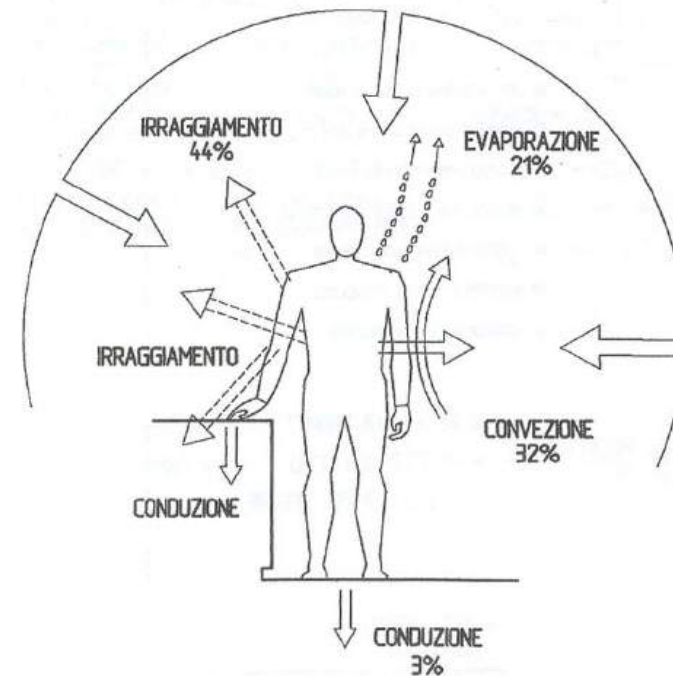
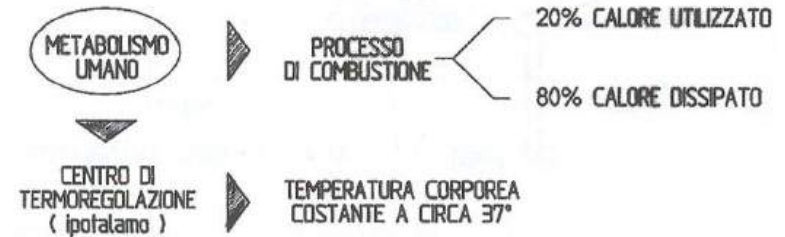
- *latente* E_{res}

Attraverso la pelle

- *sensibile* C, K, R

- *latente* E

LO SCAMBIO TERMICO FRA UOMO E AMBIENTE





IL BILANCIO DI ENERGIA SUL CORPO UMANO

i Il corpo umano produce energia termica in funzione dell'attività svolta. Una persona in attività sedentaria produce 58 W mentre sotto sforzo può produrre 1000 W e questa energia termica deve essere dissipata per mantenere sotto controllo la sua temperatura e per evitare quindi situazioni di stress termico (discomfort).

Il corpo umano può essere considerato come un sistema termodinamico sul quale è possibile fare un **bilancio di energia**: $S = M - W - E_{res} - C_{res} - E - C - R - K$

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

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

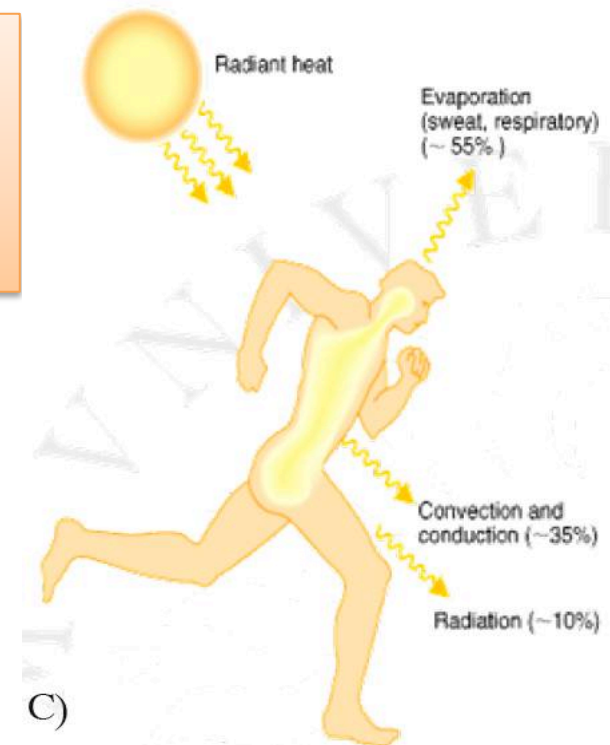
R = potenza termica scambiata per irraggiamento, (W);

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

L'organismo tende a permanere in condizioni di *equilibrio omeotermo* ($S = 0$):

– *potenza ceduta all'ambiente = potenza generata dai processi metabolici*

– *la temperatura interna si mantenga stabile su valori ottimali (36,7±0,3 C)*





IL BILANCIO DI ENERGIA SUL CORPO UMANO

Il meccanismo **latente** opera sia per evaporazione del sudore che per traspirazione attraverso i pori dell'epidermide che nel processo di respirazione.

Per quanto riguarda il meccanismo **sensibile** risulta fondamentale valutare l'influenza del vestiario, la cui capacità isolante viene normalmente espressa con un'apposita unità incoerente, il clo:

$$1 \text{ clo} = 0,155 \text{ m}^2\text{K/W}$$

1 clo = resistenza termica di un abito europeo di mezza stagione

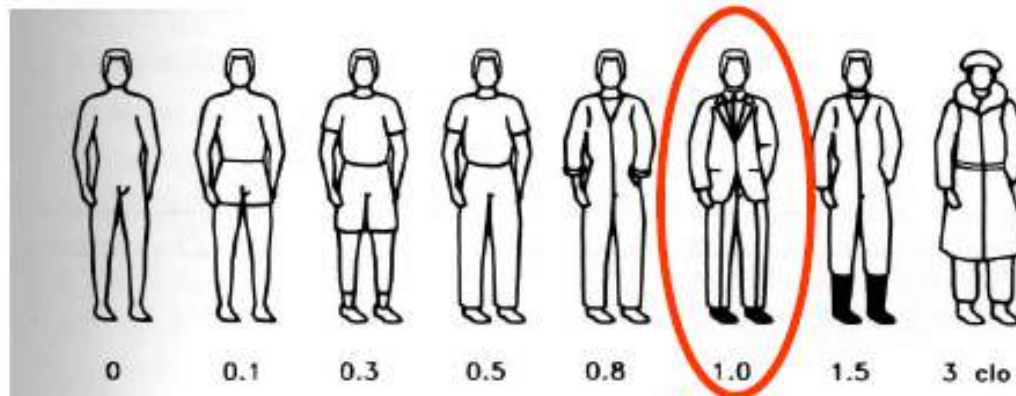


Fig. 3.4 Isolamento termico in funzione del vestiario.



IL BILANCIO DI ENERGIA SUL CORPO UMANO

Abbigliamento da lavoro	I_{cl}		Abbigliamento giornaliero	I_{cl}	
	clo	m ² . K/W		clo	m ² . K/W
Mutande, tuta, calzini, scarpe	0,70	0,110	Slip, maglietta, pantaloncini, calzini leggeri, sandali	0,30	0,050
Mutande, camicia, pantaloni, calzini, scarpe	0,75	0,115	Slip, sottoveste, calze, abito leggero con maniche, sandali	0,45	0,070
Mutande, camicia, tuta, calzini, scarpe	0,80	0,125	Mutande, camicia con maniche corte, pantaloni leggeri, calzini leggeri, scarpe	0,50	0,080
Mutande, camicia, pantaloni, giacca, calzini, scarpe	0,85	0,135	Slip, calze, camicia a maniche corte, gonna, sandali	0,55	0,085
Mutande, camicia, pantaloni, grembiule, calzini, scarpe	0,90	0,140	Mutande, camicia, pantaloni leggeri, calzini, scarpe	0,60	0,095
Biancheria intima a maniche e gambe corte, camicia, pantaloni, giacca, calzini, scarpe	1,00	0,155	Slip, sottoveste, calze, abito, scarpe	0,70	0,105
Biancheria intima a gambe e maniche corte, camicia, pantaloni, tuta, calzini, scarpe	1,10	0,170	Biancheria intima, camicia, pantaloni, calzini, scarpe	0,70	0,110
Biancheria intima a gambe e maniche lunghe, giacca termica, calzini, scarpe	1,20	0,185	Biancheria intima, completo da corsa (maglia e pantaloni), calzini lunghi, scarpe da corsa	0,75	0,115
Biancheria intima a maniche e gambe corte, camicia, pantaloni, giacca, giacca termica, calzini, scarpe	1,25	0,190	Slip, sottoveste, camicia, gonna, calzettoni spessi al ginocchio, scarpe	0,80	0,120
Biancheria intima a maniche e gambe corte, tuta, giacca termica e pantaloni, calzini, scarpe	1,40	0,220	Slip, camicia, gonna, maglione a girocollo, calzettoni spessi al ginocchio, scarpe	0,90	0,140



IL BILANCIO DI ENERGIA SUL CORPO UMANO

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

- quando $S > 0$ la temperatura del corpo tende ad aumentare
- quando $S < 0$ la temperatura del corpo tende a decrescere
- quando $S = 0$ siamo in presenza di equilibrio termico e quindi di potenziale benessere, condizione necessaria ma non sufficiente a causa dei meccanismi di autoregolazione della temperatura corporea

Temperatura	Umidità Relativa	Sensazioni provate
24 °C	40 %	benessere massimo
	85 %	benessere a riposo
	91 %	affaticamento, depressione
32 °C	25 %	nessun malessere
	50 %	impossibile il lavoro continuo
	65 %	impossibile il lavoro pesante
	81 %	aumento della temperatura corporea
	90 %	forte malessere
36 °C	10 %	nessun malessere
	20 %	impossibile il lavoro pesante
	65 %	necessità di riposo
	80 %	malessere



IL BILANCIO DI ENERGIA SUL CORPO UMANO

Gli scambi termici radiativo e convettivo

$$R = A_{eff} \cdot h_r (\theta_{cl} - \theta_{mr}) \text{ (W)}$$

Dove h_r è il coefficiente di scambio termico radiativo tra due corpi (uno interno all'altro)

$$C = A_{eff} \cdot h_c (\theta_{cl} - \theta_i) \text{ (W)}$$

Dove h_c il coefficiente di scambio termico convettivo

Le potenze termiche scambiate per convezione ed irraggiamento dipendono da:

- temperatura superficiale del vestiario
- temperatura dell'aria e temperatura media radiante
- velocità relativa fra soggetto ed aria (nulla per convezione naturale)
- abbigliamento del soggetto



IL BILANCIO DI ENERGIA SUL CORPO UMANO

Scambio termico evaporativo

La potenza termica dispersa per diffusione E_{sk} attraverso la pelle è indipendente dal sistema di termoregolazione e può essere calcolata in funzione di:

- del grado igrometrico dell'aria
- temperatura dell'aria
- attività metabolica

La potenza termica dispersa per respirazione R_{res} è funzione dell'attività metabolica e delle condizioni termoigrometriche dell'aria ambiente ed è costituita dalla somma di calore latente e calore sensibile



METABOLISMO

Tabella 3.1.1 - Energia metabolica per diverse attività. Da (UNI, 1996).

Classe	Valore da utilizzare nel calcolo dell'energia metabolica media		Esempi
	(W/m ²)	W	
0 riposo	65	115	Riposo
1 energia metabolica leggera	100	180	Seduto a proprio agio: lavoro manuale leggero (scrittura, battitura a macchina, disegno, taglio, contabilità); lavoro di mani e braccia (piccoli utensili, ispezione, montaggio o cernita di materiale leggero); lavoro con braccia e gambe (guida di un veicolo in condizioni normali, azionamento di un interruttore a piede o a pedale). In piedi: lavoro con trapano (piccoli pezzi); lavoro con fresatrice (piccoli pezzi); avvolgimento bobine; avvolgimento piccole armature; lavoro con macchine di bassa potenza, passeggiata (velocità fino a 3,5 km/h).
2 energia metabolica moderata	165	295	Lavoro sostenuto con mani e braccia (inchiodare, limare); lavoro con braccia e gambe (guida di camion in cantieri, trattori o macchine per costruzioni); lavoro con braccia e tronco (lavoro con martello pneumatico, montaggio di veicoli, intonacatura, manipolazione intermittente di materiale moderatamente pesante, sarchiatura, zappettatura, raccolta di frutta o verdura); spingere o trainare carri leggeri o carriole; camminare a velocità compresa tra 3,5 e 5,5 km/h, fucinare.
3 energia metabolica elevata	230	415	Lavoro intenso con braccia e tronco; portare materiale pesante; scavare con pala; lavorare con martello, segare, piallare o scalpellare legno duro; tosare l'erba a mano, scavare; camminare ad una velocità tra 5,5 e 7 km/h. Spingere o tirare carri e carriole con carichi pesanti, sbavare pezzi fusi, disporre blocchi di cemento.
4 energia metabolica molto elevata	290	520	Attività molto intensa a ritmo prossimo ai valori massimi; lavorare con la scure; scavare in modo intenso; salire scale o rampe; camminare velocemente a piccoli passi, correre, camminare ad una velocità superiore a 7 km/h.

ABBIGLIAMENTO

Vestito	Resistenza [clo]
Estivo (uomo)	0,5
Estivo (donna)	0,3
Invernale (uomo)	1
Invernale (donna)	0,7
Invernale pesante	1,5

$$1 \text{ clo} = 0,155 \text{ m}^2\text{K/W}$$



RIFERIMENTI NORMATIVI

Normativa di riferimento per ambienti termici moderati	
UNI EN ISO 7730:1997	Ambienti termici moderati. Determinazione degli indici PMV e PPD e specifica delle condizioni di benessere termico
ISO 9920: 1995	Estimation of the thermal insulation and evaporative resistance of a clothing ensemble
D.L.vo 626/1994	Miglioramento della sicurezza e salute negli ambienti di lavoro
Dir. EU 89/106 DPR 246/1993	Direttiva Europea sui materiali da costruzione e Regolamento di attuazione della Direttiva



PREVISIONE E MISURA DEL COMFORT – il metodo PMV

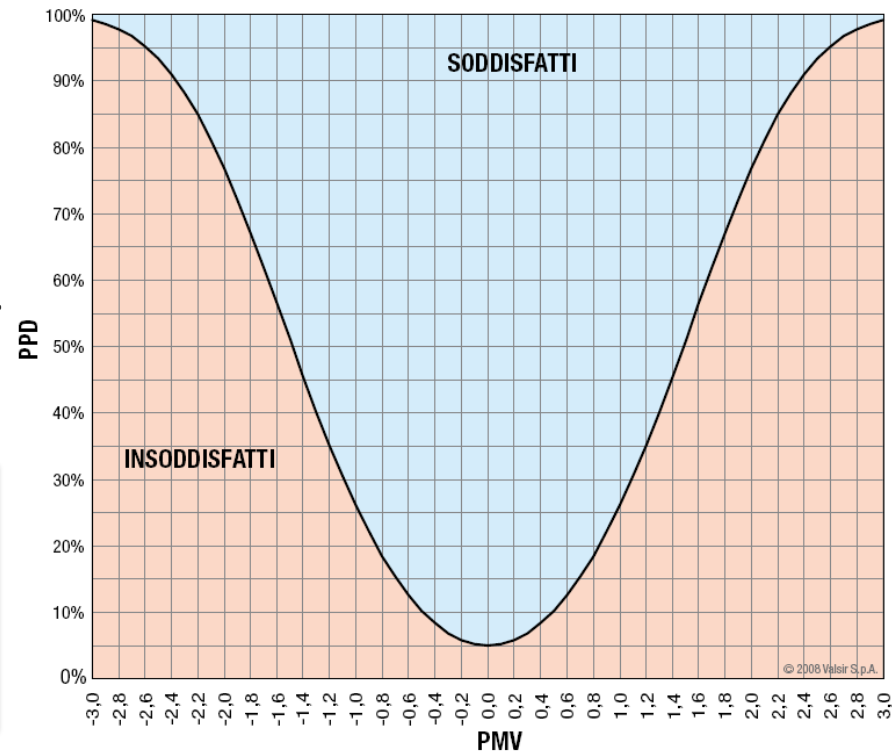


Il **PMV** predice il valore medio dei voti di sensazione termica espressi da un numero considerevole di persone. Il **PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied)** è invece un indicatore che predice il numero di persone che saranno insoddisfatte dal punto di vista termico per un determinato valore di PMV.

Secondo questa teoria si considerano condizioni climatiche confortevoli quelle corrispondenti ad una percentuale di persone soddisfatte > al 90% e quindi ad una percentuale di persone insoddisfatte < al 10%.



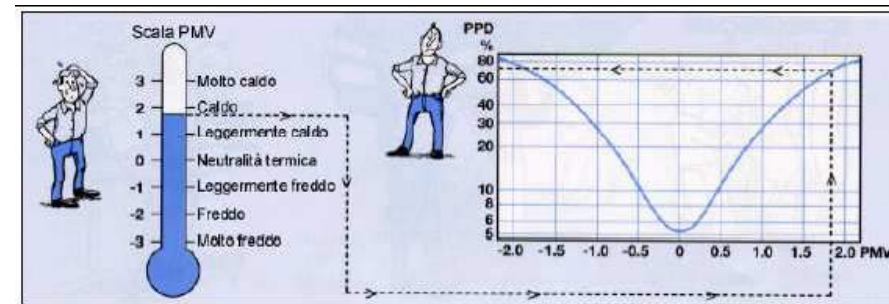
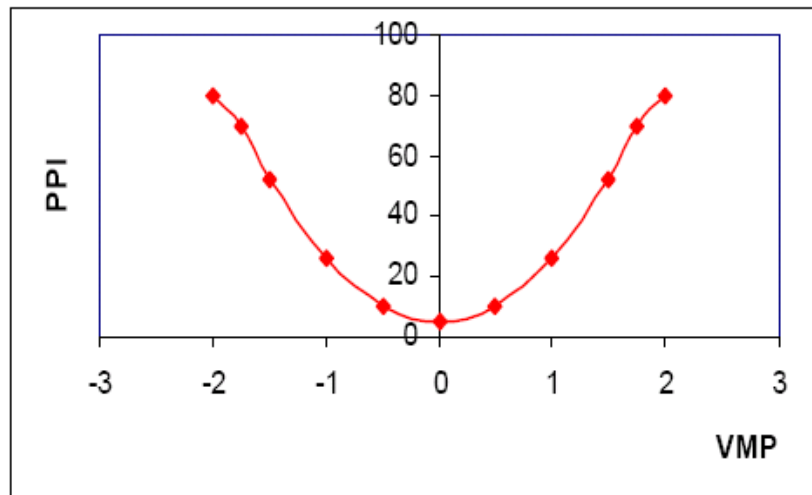
Le condizioni di benessere, per quanto ottimizzate non potranno mai essere valide per tutti gli occupanti ma dovranno tendere ad avere il minimo di insoddisfatti.





PREVISIONE E MISURA DEL COMFORT – il metodo PMV

Fanger ha collegato il PPD al PMV attraverso un'indagine sperimentale su un campione di 126 soggetti ricavando un grafico con il quale è possibile determinare la percentuale di persone insoddisfatte in corrispondenza di un qualsiasi valore del PMV.



Anche in corrispondenza di VMP = 0, PPI = 5%

Il criterio di Fanger può essere applicato per attività caratterizzate da $1 \text{ Met} < M < 4 \text{ Met}$, resistenza termica del vestiario compresa tra 0 e 2 clo, temperatura dell'aria e temperatura media radiante tra 10 e 30 °C, pressione parziale del vapore tra 0 e 2.7 kPa, velocità dell'aria compresa tra 0 ed 1 m/s.



VALUTAZIONE DEL COMFORT TERMOIGROMETRICO GLOBALE

Il benessere termoigrometrico è funzione di alcuni parametri:

- il metabolismo energetico M che dipende dall'attività svolta ed è misurato in W/m^2 (superficie corporea) o in met ($1 \text{ met} = 58,2 \text{ W}/m^2$),
- la resistenza termica dell'abbigliamento espressa in $lcl \text{ m}^2K/W$ o in clo ($1 \text{ clo} = 0,155 \text{ m}^2K/W$),
- la temperatura dell'aria T rilevata attorno alla persona, la temperatura media radiante T_{mr} dovuta all'ambiente nel quale la persona risiede, velocità relativa dell'aria v_a ,
- umidità relativa dell'aria UR .



Una metodologia per identificare le condizioni di benessere è quella di esprimerle mediante il **PMV (Predicted Mean Vote)** che è basato su un bilancio di energia termica sul corpo umano.

Sensazione	Molto caldo	Caldo	Leggermente caldo	Neutro	Leggermente freddo	Freddo	Molto freddo
PMV	+3	+2	+1	0	-1	-2	-3

$$VMP = \left(0.0303^{-0.036M} + 0.0275 \right) \cdot L$$

M = Metabolismo, W/m^2

L = Carico termico dell'attività svolta W/m^2



VALUTAZIONE DEL COMFORT TERMOIGROMETRICO GLOBALE

Parametri ambientali contenuti nella norma UNI 7730

Nella UNI EN ISO 7730 e nello Standard ASHRAE 55 sono anche riportati oltre alla temperatura operativa alcuni parametri particolarmente interessanti che possono essere considerati indici di disagio locale, quali: gradiente verticale di temperatura, asimmetria della temperatura piana radiante, temperatura del pavimento e velocità dell'aria.

CONDIZIONI INVERNALI DI BENESSERE: $T_o = 20-24^{\circ}\text{C}$; UR = 30-70%

CONDIZIONI ESTIVE DI BENESSERE: $T_o = 23-26^{\circ}\text{C}$; UR = 30-70%

GRANDEZZA	SIMBOLO	UNI EN ISO 7730/97 ($I_{cl}=1,0 \text{ clo}$)	ASHRAE 55/92 ($I_{cl}=0,9 \text{ clo}$)	PPD (%)
Gradiente verticale di temperatura	$\Delta t_{A,VERT}$	$t_{A=0,1m} - t_{A=1,1m} \leq 3^{\circ}\text{C}$	$t_{A=0,1m} - t_{A=1,7m} \leq 3^{\circ}\text{C}$	≤ 5
Asimmetria della temperatura piana radiante	Δt_{PR}	$\Delta t_{PR,0,6}(h) \leq 10^{\circ}\text{C}$	$\Delta t_{PR,0,6}(h) \leq 10^{\circ}\text{C}$	≤ 5
		$\Delta t_{PR,0,6}(v) \leq 5^{\circ}\text{C}$	$\Delta t_{PR,0,6}(v) \leq 5^{\circ}\text{C}$	≤ 5
Temperatura del pavimento	t_p	$19 < t_p < 26^{\circ}\text{C}^3$	$18 < t_p < 29^{\circ}\text{C}$	≤ 10
Velocità dell'aria	v_A	DR<15%	DR<15%	≤ 15



BENESSERE TERMOIGROMETRICO E PARAMETRI OTTIMALI

La Normativa ISO 7730 ha recepito il criterio di qualificazione degli ambienti mediante la determinazione dei parametri statistici VMP e PPI.

Umidità relativa: L'umidità relativa influisce sul benessere termoigrometrico in modo meno rilevante rispetto alla temperatura operativa.

Generalmente si assegna un valore ottimale pari al $50\% \pm 5\%$.

Al di sotto del 30 % si irritano le mucose, al di sopra del 70 % si favorisce lo sviluppo di muffe in ambiente.

Velocità dell'aria: La velocità dell'aria influisce in modo sensibile sugli scambi convettivi tra individuo e ambiente e può provocare sensazioni di fastidio locale soprattutto ad individui dediti ad attività sedentarie se assume valori elevati tali da dar luogo alla formazione di correnti

Temperatura operativa: (in prima approssimazione media aritmetica tra temperatura media radiante e temperatura dell'aria), definisce le condizioni ambientali che condizionano gli scambi radiativi e convettivi. E' il parametro di maggior influenza sul benessere.



BENESSERE TERMOIGROMETRICO E PARAMETRI OTTIMALI

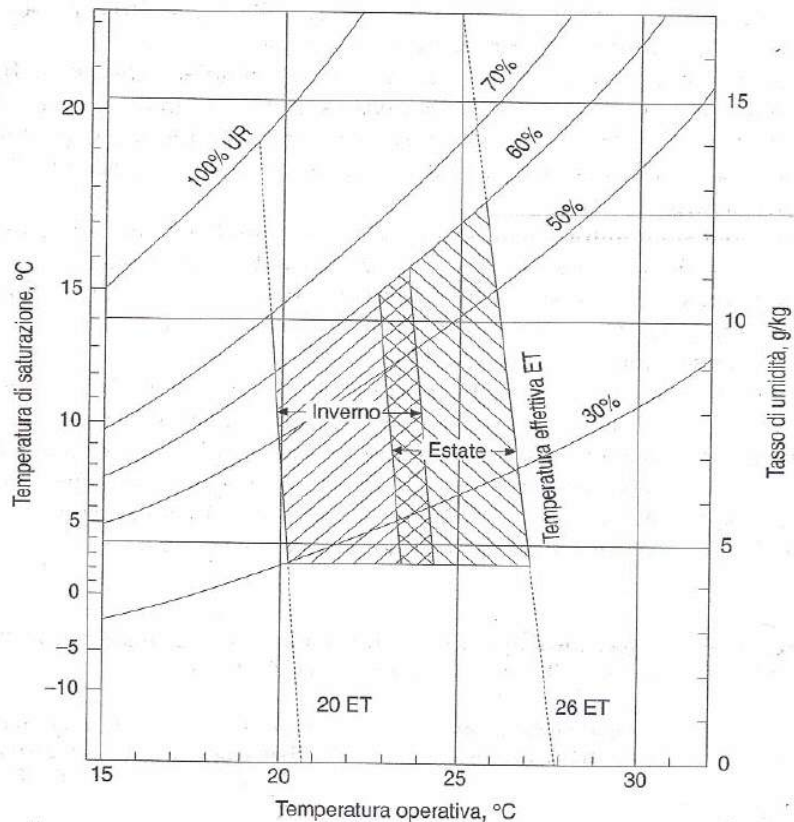
Diagramma psicrometrico ASHRAE per il benessere termoigrometrico

L'Università del Kansas ha svolto una intensa attività di ricerca per conto dell'ASHRAE su un campione di 1600 studenti, correlando statisticamente i parametri sensazione del benessere, temperatura, umidità, sesso e tempo di esposizione.

Sulla base dei risultati ottenuti è stata sviluppata la recente norma ANSI/ASHRAE 55-92 "Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy", allineata con la corrispondente ISO 7730, che fornisce i valori raccomandati dei diversi tipi di parametri responsabili del B. T. I. accettando come tali quelli sui quali converge il parere dell'80% degli individui intervistati.



BENESSERE TERMOIGROMETRICO E PARAMETRI OTTIMALI



In sintesi i **valori ottimali** sono i seguenti:

Stagione invernale: $T_o = 20 - 23.5$ °C a $F = 60\%$ e
 $T_o = 20.5 - 24.5$ °C per una $T_r = 2$ °C

Stagione estiva: $T_o = 22.5 - 26$ °C a $F = 60\%$ e
 $T_o = 23.5 - 27$ °C per una $T_r = 2$ °C

T_o : temperatura operativa (media aritmetica tra la temperatura dell'aria e quella media radiante)

T_r : temperatura di rugiada (temperatura di saturazione ad umidità specifica costante)



BENESSERE TERMOIGROMETRICO E PARAMETRI OTTIMALI

Secondo la Normativa *ISO 7730*, che recepisce il criterio di qualificazione di un ambiente mediante la percentuale di insoddisfatti, le condizioni di comfort sono quelle riportate dalla tabelle seguente, una volta fissate le condizioni di attività e di abbigliamento delle persone

Tabella 2.IV Inverno (1 clo, 1,2 met).

Variabile	Condizione
Temperatura operativa	20-24 °C (con UR = 50%)
Gradiente verticale temperatura aria	max 3 °C tra 0,1 e 1,1 m
Asimmetria temperatura radiante	max 10 °C orizzontali max 5 °C verticali
Velocità dell'aria	max 0,15 m/s
Temperatura pavimento	19-29 °C

Tabella 2.V Estate (0,5 clo, 1,2 met).

Variabile	Condizione
Temperatura operativa	23-26 °C (con UR = 50%)
Gradiente verticale temperatura aria	max 3 °C tra 0,1 e 1,1 m
Velocità dell'aria	max 0,25 m/s



BENESSERE TERMOIGROMETRICO E PARAMETRI OTTIMALI

Valori ottimali dei parametri ambientali -norma ISO 7730 (condizioni invernali-1 clo, 1.2 met)

Temperatura operativa	23-26°C (UR = 50 %)
Gradiente verticale di temperatura dell'aria	max3°C tra 0.1 e 1.1 m
Velocità dell'aria	max 0.25 m/s

Valori ottimali dei parametri ambientali -norma ISO 7730 (condizioni estive-0.5 clo, 1.2 met)

Temperatura operativa	20-24°C (UR = 50 %)
Gradiente verticale di temperatura dell'aria	max3°C tra 0.1 e 1.1 m
Asimmetria temperatura media radiante	max10 °C orizz. e 5°C vert.
Velocità dell'aria	max 0.15 m/s
Temperatura superficiale del pavimento	19-29 °C

La normativa italiana (UNI 10339: Impianti aeraulici ai fini di benessere. Generalità, classificazione e requisiti. Norme per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine, la fornitura.) ha recepito le stesse indicazioni per i valori ottimali dei parametri ambientali.termoigrometrico



BENESSERE TERMOIGROMETRICO E PARAMETRI OTTIMALI

■ Categorie di edifici. DPR 412/1993

- E1 (1) → EDIFICI RESIDENZIALI con occupazione continuativa
- E1 (2) → EDIFICI RESIDENZIALI con occupazione saltuaria
- E1 (3) → EDIFICI ADIBITI ad ALBERGO, PENSIONE ed attività similari

- E2 → EDIFICI per UFFICI e assimilabili
- E3 → OSPEDALI, CASE di CURA, e CLINICHE
- E4 → EDIFICI adibiti ad attività RICREATIVE, associative o di culto e assimilabili
- E5 → EDIFICI adibiti ad attività COMMERCIALI
- E6 → EDIFICI adibiti ad attività SPORTIVE
- E7 → EDIFICI adibiti ad attività SCOLASTICHE
- E8 → EDIFICI INDUSTRIALI E ARTIGIANALI riscaldati per il comfort degli occupanti



DISCOMFORT TERMICO LOCALE

- a) Asimmetrie di irraggiamento termico presenza di **ampie superfici particolarmente fredde o calde** (ad es. pareti vetrate o soffitti radianti, pavimenti non isolati su porticati) che possono causare scambi termici radiativi anomali tra alcune parti del corpo umano e le superfici suddette

- b) presenza di **correnti d'aria fredda** (spifferi) che su alcune zone del corpo, ad esempio la nuca, possono risultare particolarmente fastidiose

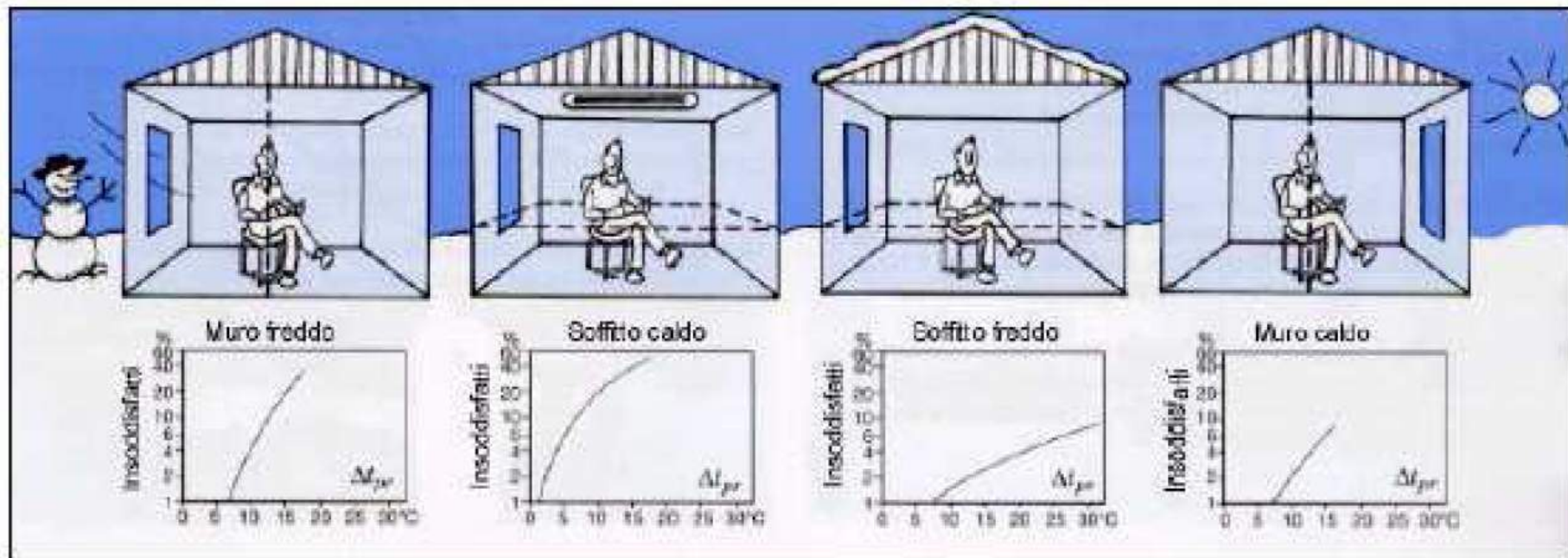
- c) **gradienti di temperatura all'interno dello stesso locale**

La Norma ISO7726 "Thermal Environments–Instruments and Methods for Measuring Physical Quantities" è stata sviluppata per dare indicazioni circa le metodiche corrette da adottare nella misura dei parametri ambientali.



DISCOMFORT TERMICO LOCALE: ASIMMETRIE DI IRRAGGIAMENTO TERMICO

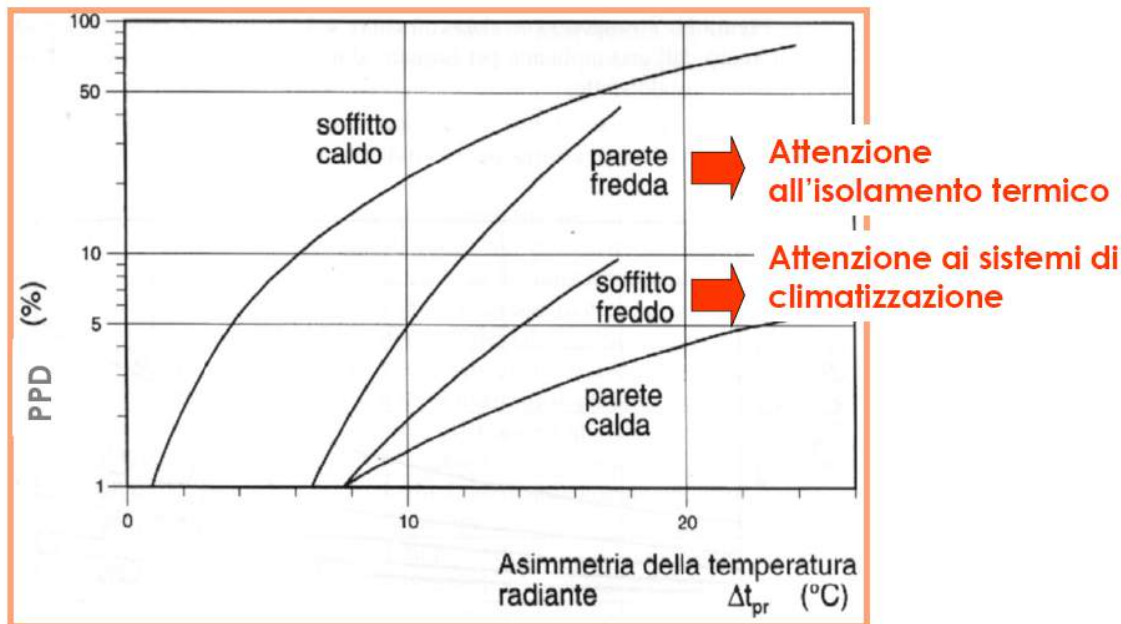
Tipica condizione di malessere termico che si verifica in presenza di fenomeni di scambio termico per irraggiamento da parte del corpo umano con le superfici dell'ambiente caratterizzate da una temperatura superficiale non sufficientemente uniforme, in cui una o più superfici di dimensioni significative hanno temperature drasticamente diverse dal valore medio delle restanti (Es. ampia superficie vetrata in regime invernale e/o estivo). Particolarmente fastidiose sono le temperature asimmetriche radianti in senso verticale.





DISCOMFORT TERMICO LOCALE

TEMP. PIANA RAD. E PPD PER DIVERSE - TIPOLOGIE DI SUPERFICI CALDE E FREDDE



Dalle norme è indicato un limite di 5°C di asimmetria della temperatura radiante sotto un soffitto riscaldato e di 10°C presso una parete fredda (in genere finestra).

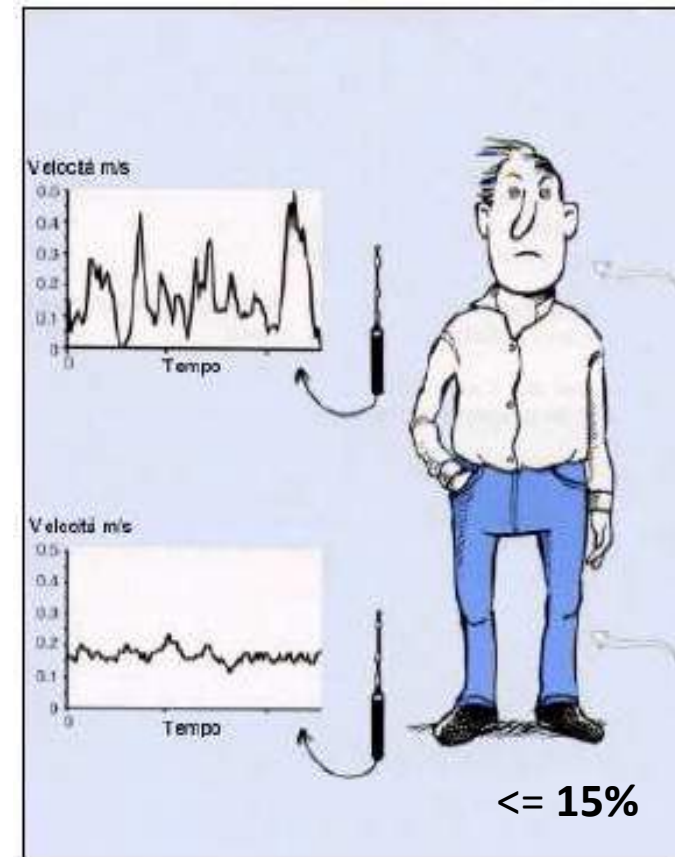
Entrambi questi limiti corrispondono a circa il 5% di persone insoddisfatte.



DISCOMFORT TERMICO LOCALE: CORRENTI D'ARIA

Condizione di malessere localizzata (raffreddamento) delle parti del corpo investite da una corrente d'aria a velocità eccessiva che può verificarsi particolarmente negli *ambienti con sistemi di condizionamento ad aria (ventilconvettori), o dotati di sistemi di ventilazione forzata.*

Studi eseguiti su alcuni soggetti esposti a variazioni localizzate di velocità dell'aria mantenendo costanti le condizioni di comfort globale hanno dimostrato che **condizioni di velocità dell'aria fluttuanti sono molto più fastidiose di flussi costanti.** Infatti, una **fluttuazione della velocità dell'aria fa variare in modo continuo la temperatura cutanea della zona interessata, che invia segnali di allarme a livello centrale.**





DISCOMFORT TERMICO LOCALE: TEMPERATURA SUPERFICIALE DEL PAVIMENTO

Se la temperatura superficiale del pavimento è troppo bassa o troppo elevata, gli arti inferiori degli occupanti possono provare una sensazione di fastidio. L'intervallo di temperatura che lascia solo il 10 % di insoddisfatti corrisponde a 19-29°C. Si può ancora ricordare che in ambienti ove le persone possono essere scalze (camere da letto, piscine, stanze da bagno, etc.) la sensazione di benessere può dipendere anche dalla natura del materiale. Nella seguente tabella, per diversi materiali, sono indicati, a titolo di esempio, gli intervalli di temperatura confortevoli per una persona a piedi nudi.

Materiale	Intervallo di temperatura
Pietra, marmo, cemento	27 ÷ 30°C
Linoleum, PVC	25 ÷ 29°C
Legno	23 ÷ 28°C
Tessuto (tappeti)	21 ÷ 28°C



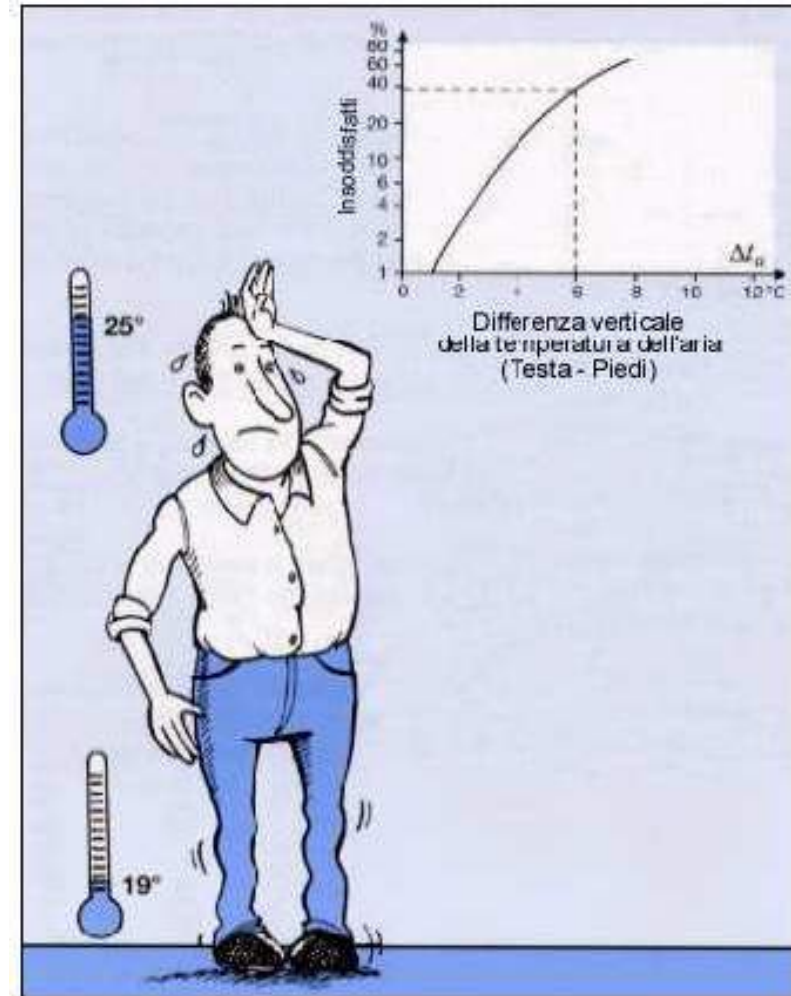


DISCOMFORT TERMICO LOCALE: GRADIENTE VERTICALE DI TEMPERATURA DELL' ARIA

Un eccessivo gradiente termico verticale della temperatura dell'aria può provocare una condizione di malessere localizzata.

La maggior parte degli impianti di riscaldamento provoca un efficace **innalzamento della temperatura dell'aria**, innescando fenomeni convettivi naturali con moto ascensionale dell'aria più calda e conseguente stratificazione dell'aria stessa.

Se si accetta un 5% di persone insoddisfatte, la differenza di temperatura tra capo e arti inferiori deve essere inferiore a 3°C.





DISCOMFORT TERMICO LOCALE (rif. UNI EN ISO 7730:1997)

elevata differenza verticale della temperatura dell'aria

limite accettabile $DT=3^{\circ}C$ tra T misurata ad $h=1,1$ e $h=0,1$ m dal pavimento
valore limite di insoddisfatti 5%

pavimento troppo caldo o troppo freddo

per stagione invernale $T_{superficiale} 19\div 26^{\circ}C$, con $29^{\circ}C$ per riscaldamento a pavimento - valore limite di insoddisfatti 10%

correnti d'aria:

indice DR (*Draft Risk, Rischio da Corrente d'aria*) massimo 15 (praticamente sempre per $V_a \leq 0,15$ m/s) - valore limite di insoddisfatti 15%

elevata asimmetria media radiante

stagione invernale: con finestre o superfici verticali fredde, in direzione orizzontale $< 10^{\circ}C$, per soffitto riscaldato, in direzione verticale $< 5^{\circ}C$
valore limite di insoddisfatti 5%



VERIFICA IN OPERA: MISURAZIONE DEI PARAMETRI AMBIENTALI

Cosa misurare

Prospetto 1 - Principali grandezze indipendenti che intervengono nell'analisi degli ambienti termici (ISO 7726:1998)								
Termini del bilancio termico	Grandezze							
	t_a	t_r	v_a	P_a	I_{ol}	R_{ol}	M	W
	Temperatura dell'aria	Temperatura media radiante	Velocità dell'aria	Umidità assoluta dell'aria (pressione parziale del vapor d'acqua)	Resistenza termica conduttiva dell'abbigliamento	Resistenza evaporativa dell'abbigliamento	Energia metabolica	Lavoro esterno utile
Generazione di energia termica interna, M-W							x	x
Potenza termica scambiata per irraggiamento, R		x			x			
Potenza termica scambiata per convezione, C*	x		x		x			
Potenza termica dispersa per evaporazione:								
-evaporazione dalla pelle, E			x	x		x		
-evaporazione nella respirazione, E _{res}				x			x	
Convezione da respirazione, C ¹⁾	x						x	



VERIFICA IN OPERA: MISURAZIONE DEI PARAMETRI AMBIENTALI

Come misurare: Campi di misura e prestazioni metrologiche degli strumenti (UNI EN ISO 7726)

Grandezza	Simbolo	Classe C (benessere)		Classe S (stress termico)	
		Campo di misura	Precisione	Campo di misura	Precisione
Temperatura dell'aria	t_a	10°C + 30°C	Richiesta: $\pm 0,5$ °C Desiderabile: $\pm 0,2$ °C Per $ t_r - t_a = 10$ °C	-40°C + +120°C	Richiesta: -40°C + 0°C: $\pm (0,5 + 0,01 t_a)$ °C >0°C + 50°C: $\pm 0,5$ °C >50°C + 120°C: $\pm [0,5 + 0,04(t_a - 50)]$ °C Desiderabile: Precisione richiesta/2 Per $ t_r - t_a = 20$ °C
Temperatura media radiante	t_r	10°C + 40°C	Richiesta: ± 2 °C Desiderabile: $\pm 0,2$ °C Quando non possono essere raggiunti indicare il valore effettivo della precisione	-40°C + +150°C	Richiesta: -40°C + 0°C: $\pm (5 + 0,02 t_r)$ °C >0°C + 50°C: ± 5 °C >50°C + 150°C: $\pm [5 + 0,08(t_r - 50)]$ °C Desiderabile: -40°C + 0°C: $\pm (0,5 + 0,01 t_r)$ °C >0°C + 50°C: $\pm 0,5$ °C >50°C + 150°C: $\pm [0,5 + 0,04(t_r - 50)]$ °C
Asimmetria della temperatura radiante	Δt_{pr}	0 K + 20 K	Richiesta: ± 1 K Desiderabile: $\pm 0,5$ K	0 K + 200 K	Richiesta: 0 K + 20 K: ± 2 K >20 K + 200 K: $\pm 0,1 \Delta t_{pr}$ Desiderabile: 0 K + 20 K: ± 1 K >20 K + 200 K: $\pm 0,5 \Delta t_{pr}$
Velocità dell'aria	v_a	0,05 m/s + 1 m/s	Richiesta: $\pm 0,05 + 0,05 v_a $ m/s Desiderabile: $\pm 0,02 + 0,07 v_a $ m/s Per direzione del flusso interna ad un angolo solido pari a 3π sr	0,2 m/s + 10 m/s	Richiesta: $\pm 0,1 + 0,05 v_a $ m/s Desiderabile: $\pm 0,05 + 0,05 v_a $ m/s Per direzione del flusso interna ad un angolo solido pari a 3π sr
Umidità assoluta espressa come pressione parziale del vapore d'acqua	p_a	0,5 kPa + 2,5 kPa	$\pm 0,15$ kPa Anche per temperature dell'aria e delle pareti uguali o maggiori di 30°C per una differenza $ t_r - t_a $ di almeno 10°C	0,5 kPa + 6,0 kPa	$\pm 0,15$ kPa Anche per temperature dell'aria e delle pareti uguali o maggiori di 30°C per una differenza $ t_r - t_a $ di almeno 10°C
Temperatura di bulbo umido a ventilazione naturale	t_{mv}	Uso non raccomandato		0,5 °C + 40 °C	$\pm 0,5$ °C
Temperatura di globo	t_g	Uso non raccomandato		20 °C + 120 °C	20 °C + 50 °C: $\pm 0,5$ °C >50 °C + 120 °C: ± 1 °C
Temperatura di globo umido	t_{ug}	Uso non raccomandato		0 °C + 80 °C	$\pm 0,5$ °C



VERIFICA IN OPERA: MISURAZIONE DEI PARAMETRI AMBIENTALI

Quando e Dove misurare:
Criteri Stabilità ed Uniformità

Prospetto 5 - Coefficienti d'altezza per le grandezze fisiche di un ambiente (ISO 7726:1998)						
Posizione dei sensori	Coefficienti di peso delle diverse misure per il calcolo dei valori medi				Altezze raccomandate (puramente indicative)	
	Ambiente omogeneo		Ambiente eterogeneo		Seduto	In piedi
	Classe C	Classe S	Classe C	Classe S		
Livello testa			1	1	1,1m	1,7m
Livello addome	1	1	1	2	0,6m	1,1m
Livello caviglia			1	1	0,1m	0,1m



BILANCIO ENERGETICO DEL SISTEMA EDIFICIO – IMPIANTO SECONDO LE UNI TS 11300

Generazione:

Conversione del vettore energetico

Accumulo:

Disaccoppiamento temporale di generazione ed utilizzo del calore

Distribuzione:

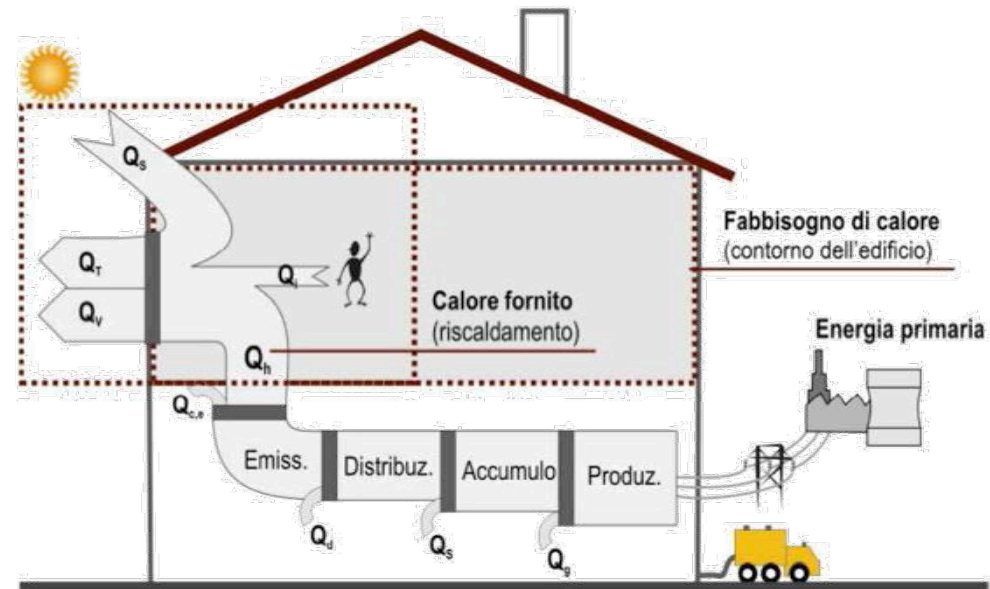
Trasporto del calore nell'edificio

Emissione:

Trasferimento del calore in ambiente

Regolazione:

Decidere quando, dove e quanto calore emettere in ambiente





CATEGORIE DI ENERGIA IN BASE ALL'ORDINE DI UTILIZZAZIONE

Per **energia primaria** s'intende il **potenziale energetico presentato dai vettori energetici** nella loro forma naturale, ad esempio il petrolio, il gas naturale, il carbone, l'uranio naturale, l'acqua e altre fonti energetiche rinnovabili.

L'**energia secondaria** è **energia ricavata da energia primaria attraverso un processo di trasformazione** e con una perdita di energia (ad esempio coke, mattonelle di carbone e catrame, elettricità, calore a distanza, idrogeno, olio combustibile o benzina).

L'**energia finale** è la **forma di energia utilizzata direttamente dai consumatori**, ad esempio l'olio combustibile o la benzina nel serbatoio, il gas naturale dalla condotta, l'elettricità dall'azienda elettrica, gli agglomerati di legno, il calore a distanza, ecc.

L'energia fornita al consumatore è energia finale trasformata in **energia utile**



TEP

La tonnellata equivalente di petrolio (TEP, in lingua inglese tonne of oil equivalent, TOE) è un'unità di misura di energia.

Il TOE rappresenta la quantità di energia rilasciata dalla **combustione di una tonnellata di petrolio grezzo e vale circa 42 GJ**. Il valore è fissato convenzionalmente, dato che diverse varietà di petrolio posseggono diversi poteri calorifici e le convenzioni attualmente in uso sono più di una.

È un'unità di misura usata per rendere più maneggevoli le cifre relative a grandi valori di energia. L'energia liberata dalla combustione di una tonnellata di petrolio è più intuitiva dell'equivalente valore di 42 miliardi di joule.

L'italiana [Autorità per l'energia elettrica e il gas](#), con la Delibera EEN 3/08 del 20-03-2008 (GU n. 100 del 29.4.08 - SO n.107), ha fissato il nuovo valore del fattore di conversione dei kWh in tonnellate equivalenti di petrolio connesso al meccanismo dei titoli di efficienza energetica in **$0,187 \times 10^{-3}$ tep/kWh**, cioè

$$\mathbf{1 \text{ MWh} = 0,187 \text{ TEP} \quad 1 \text{ TEP} = 5,348 \text{ MWh} = 19,251 \text{ GJ}}$$



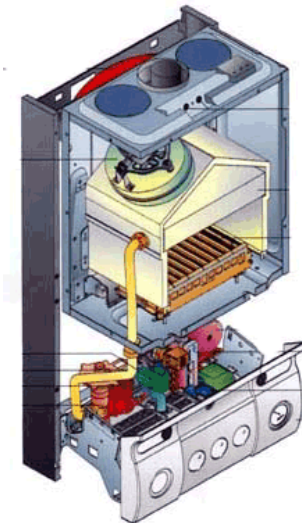
DEFINIZIONI DI EDIFICIO E IMPIANTO SECONDO D.LGS 192/05 + 311/06



Edificio è un sistema costituito dalle strutture edilizie esterne che delimitano uno spazio di volume definito, dalle strutture interne che ripartiscono detto volume e da tutti gli impianti e dispositivi tecnologici che si trovano stabilmente al suo interno; la superficie esterna che delimita un edificio può confinare con tutti o alcuni di questi elementi: l'ambiente esterno, il terreno, altri edifici; il termine può riferirsi a un intero edificio ovvero a parti di edificio progettate o ristrutturate per essere utilizzate come unità immobiliari a sé stanti



Impianto termico è un impianto tecnologico destinato alla climatizzazione estiva ed invernale degli ambienti con o senza produzione di acqua calda per usi igienici e sanitari o alla sola produzione centralizzata di acqua calda per gli stessi usi, comprendente eventuali sistemi di produzione, distribuzione e utilizzazione del calore nonché gli organi di regolazione e di controllo; sono compresi negli impianti termici gli impianti individuali di riscaldamento, mentre **non sono considerati impianti termici apparecchi quali: stufe, caminetti, radiatori individuali, apparecchi per il riscaldamento localizzato ad energia radiante, scaldacqua unifamiliari; tali apparecchi, se fissi, sono tuttavia assimilati agli impianti termici quando la somma delle potenze nominali del focolare degli apparecchi al servizio della singola unità immobiliare è maggiore o uguale a 15 kW;**





DEFINIZIONI DI EDIFICIO E IMPIANTO SECONDO D.LGS 192/05 + 311/06

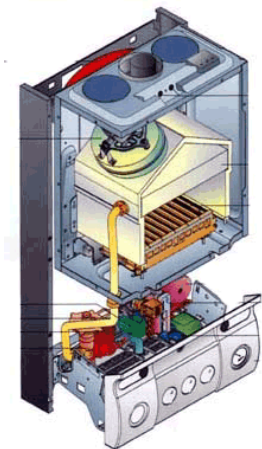
ATTENZIONE!



Il Decreto legge 4 Giugno 2013 n.63, convertito in legge dalla Legge n. 90/2013, ha modificato la definizione di impianto termico, inserendo anche tutti gli apparecchi **fissi come stufe, caminetti e apparecchi ad energia radiante, quando la loro potenzialità risulta maggiore o uguale a 5 kw.**

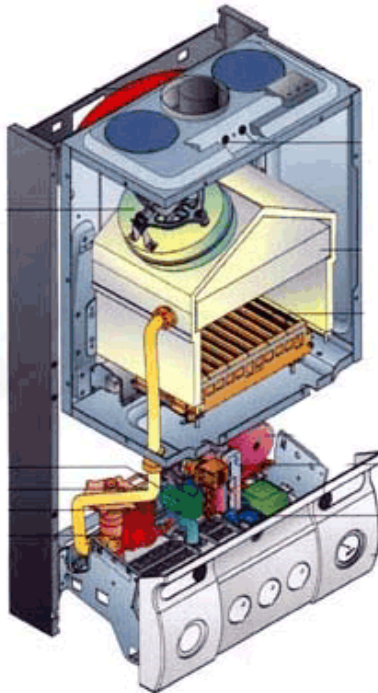
La precedente definizione prevedeva un limite di 15 kW.

Tale cambiamento comporta due aspetti importanti. Tutte le stufe e caminetti a biomassa, di potenza superiore a 5 Kw e con rendimenti minimi dichiarati dal produttore superiori alla soglia minima, potranno rientrare tra le agevolazioni fiscali del 65% e dovranno necessariamente ogni 2 anni effettuare il controllo di efficienza energetica, come già previsto per tutte le caldaie e pompe di calore.





DEFINIZIONI DI EDIFICIO E IMPIANTO SECONDO D.LGS 192/05 + 311/06



DECRETO 10 febbraio 2014
Modelli di libretto di impianto per la climatizzazione e di rapporto di efficienza energetica di cui al decreto del Presidente della Repubblica n. 74/2013.

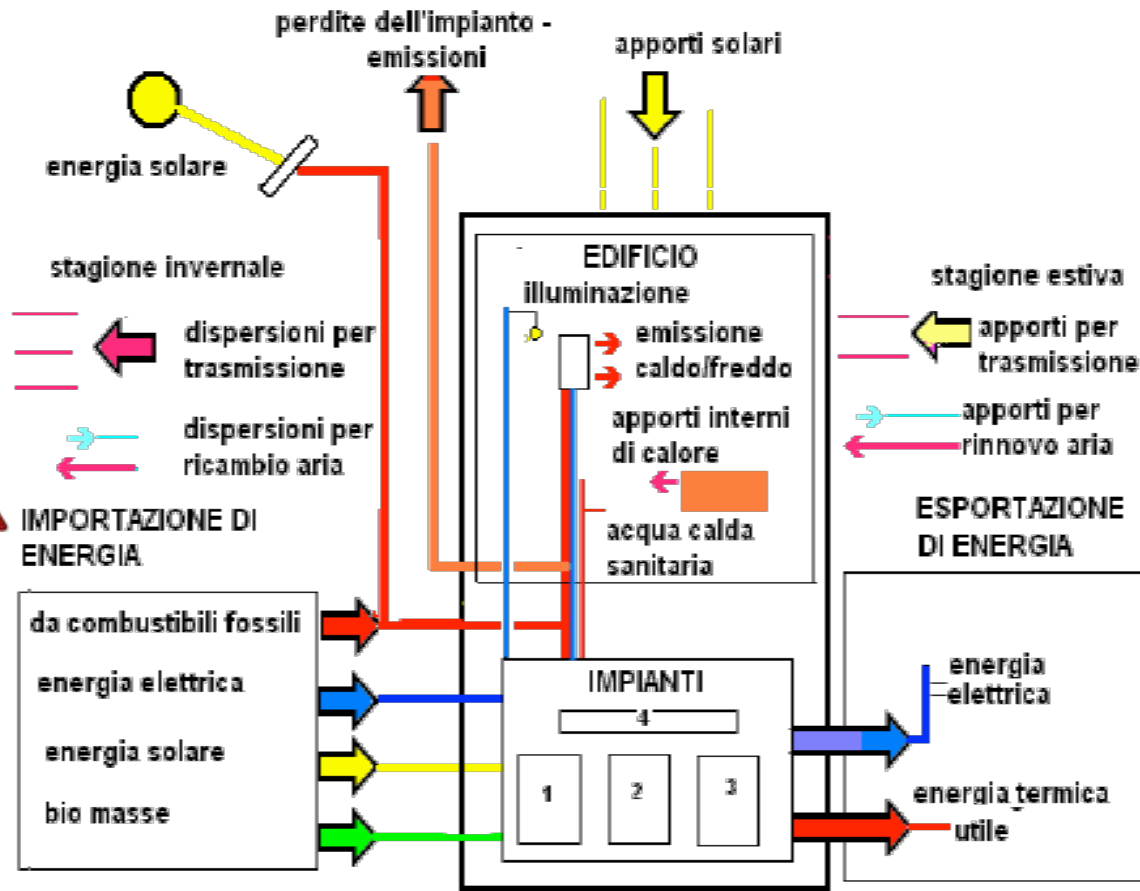


LA VERA NOVITA': IL BILANCIO ENERGETICO DEL SISTEMA EDIFICIO - IMPIANTO

Per **bilancio energetico** si intende l'analisi quantitativa dei flussi di energia all'interno di un sistema

Attraverso tale analisi si evidenzia **"quanta"** e che **"tipo"** di energia è stata consumata in un dato periodo di tempo (ad esempio un anno) e **"come"** essa è stata **"prodotta"**, **"reperita"** sui mercati, **"trasformata"** e **"consumata"**

L'edificio va quindi considerato come un **sistema complesso che interagisce con l'ambiente esterno** mediante flussi di materia ed energia.





REQUISITI ENERGETICI PRESTAZIONALI INTRODOTTI SUL SISTEMA EDIFICIO - IMPIANTO

L'apparato normativo sul rispetto dell'efficienza energetica negli edifici, pone dei limiti e delle prescrizioni ai requisiti energetici che occorre soddisfare, sia nell'ambito dell'involucro edilizio che dell'impianto

AZIONI SUGLI ELEMENTI "PASSIVI" DELL'EDIFICIO

- **Limiti di trasmittanza** sui componenti dell'involucro (vedi tabelle su opachi e trasparenti)
- **Sistemi schermanti** per ridurre l'apporto di calore estivo
- **Controllo dell'inerzia termica** sull'involucro

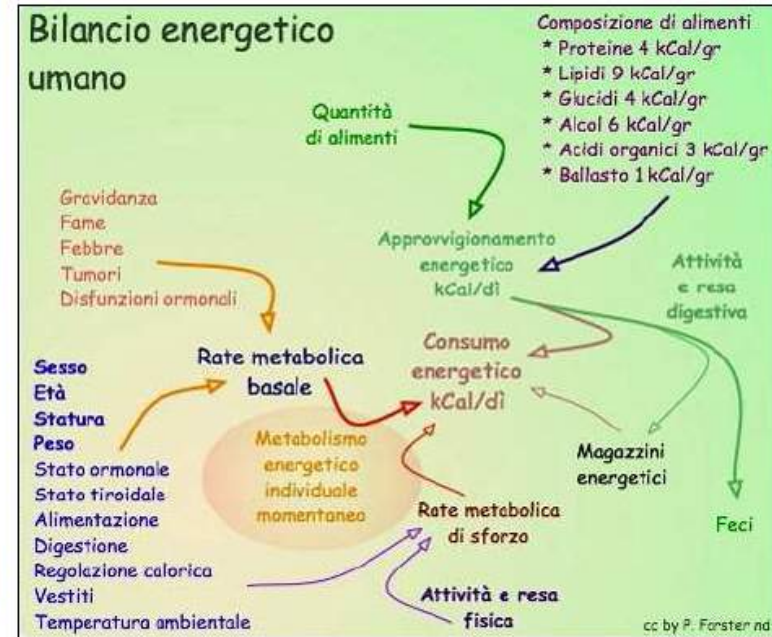
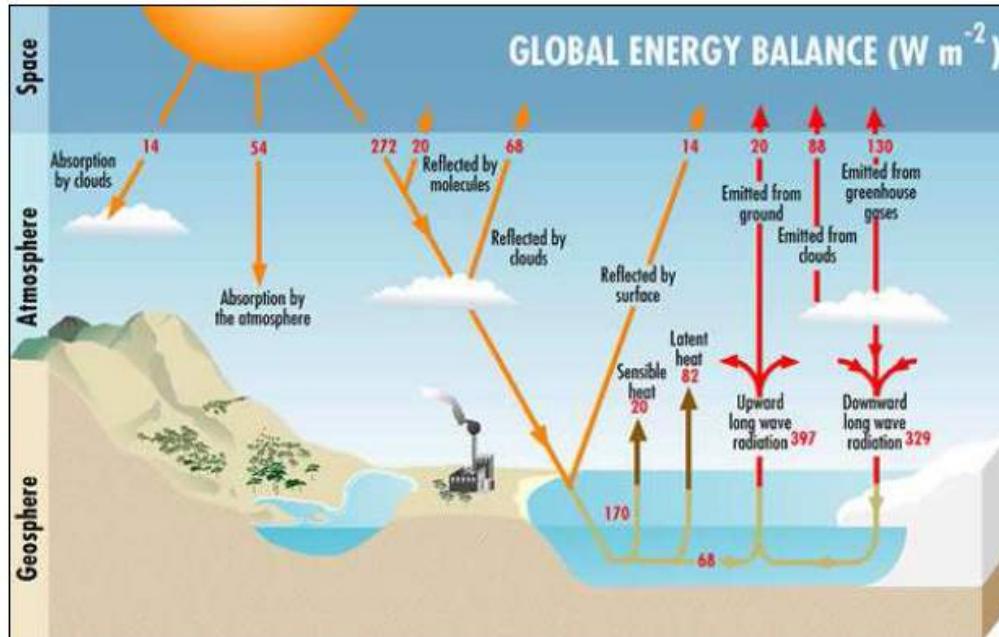
AZIONI SUGLI ELEMENTI "ATTIVI" DELL'IMPIANTO

- **Limiti sul rendimento stagionale medio dell'impianto**
- **Limiti sul fabbisogno annuo di energia primaria** (solo in caso di applicazione integrale)
- **Utilizzo di sistemi di regolazione** dell'impianto termico e contabilizzazione del calore
- **Utilizzo di fonti rinnovabili:** 50% di energia per ACS da solare termico e installazione di moduli fotovoltaici per la produzione di energia elettrica (dal 01/01/2011)





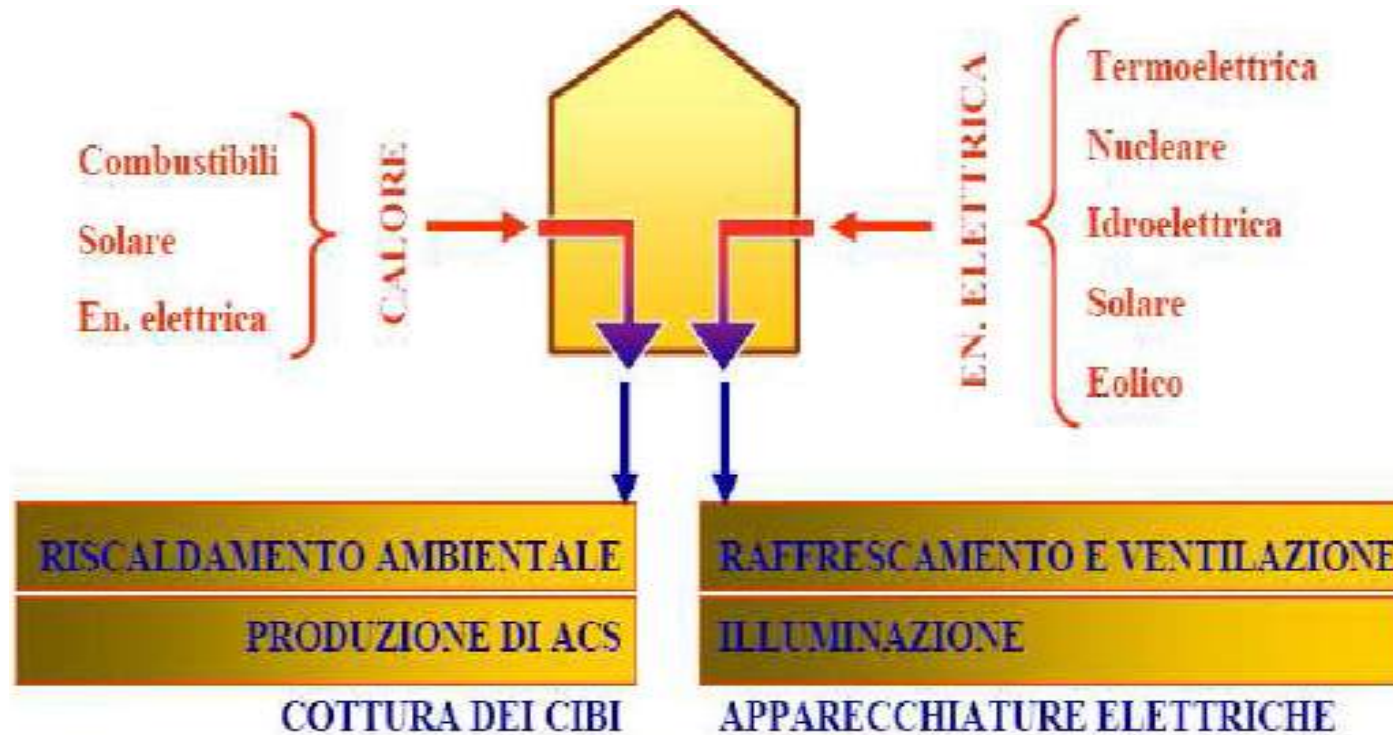
BILANCIO ENERGETICO: DEFINIZIONI



Il B.E. esplica una funzione conoscitiva evidenziando **“quanta” e che “tipo” di energia è stata consumata in un dato periodo di tempo (ad esempio un anno) e “come” essa è stata “prodotta”, “reperita” sui mercati, “trasformata” e “consumata”**



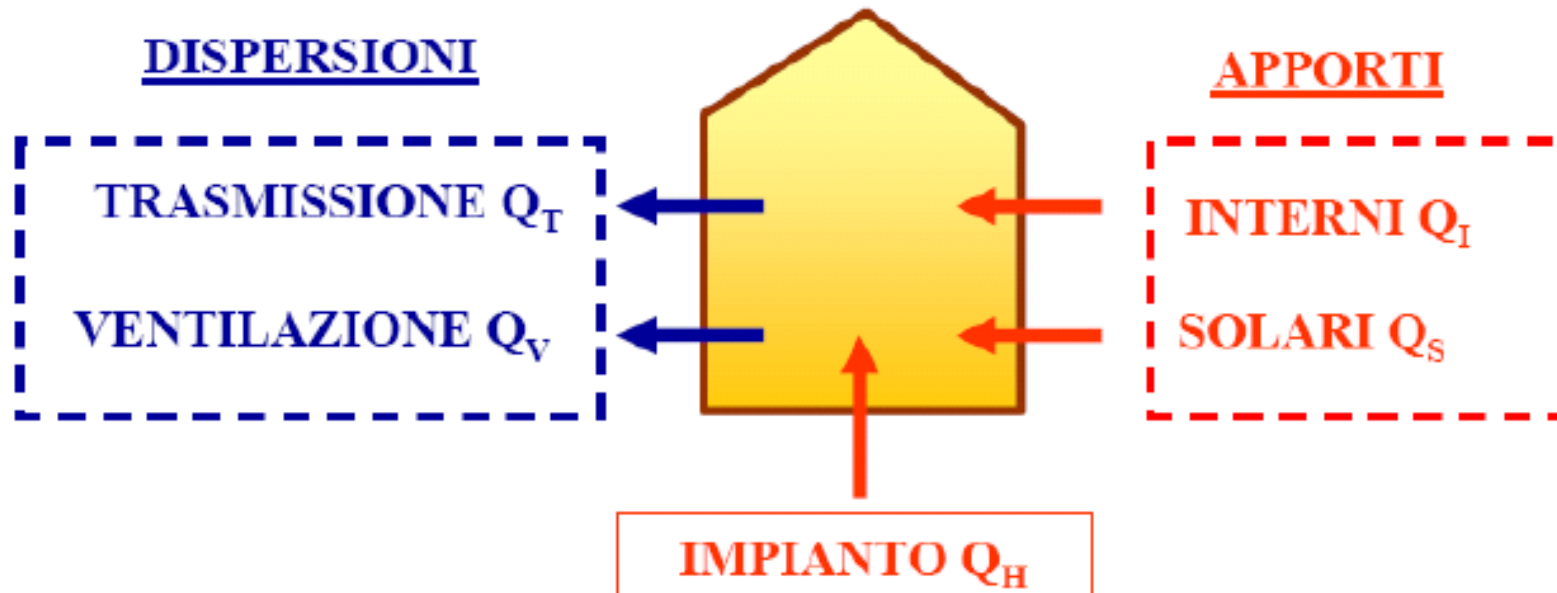
BILANCIO ENERGETICO: DEFINIZIONI



Negli edifici vi è una domanda di servizi, non di energia. La scelta della fonte energetica per soddisfare una certa esigenza è funzione del costo dell'energia, della disponibilità e dell'innovazione tecnologica, e da qualche anno anche dell'impatto sull'ambiente



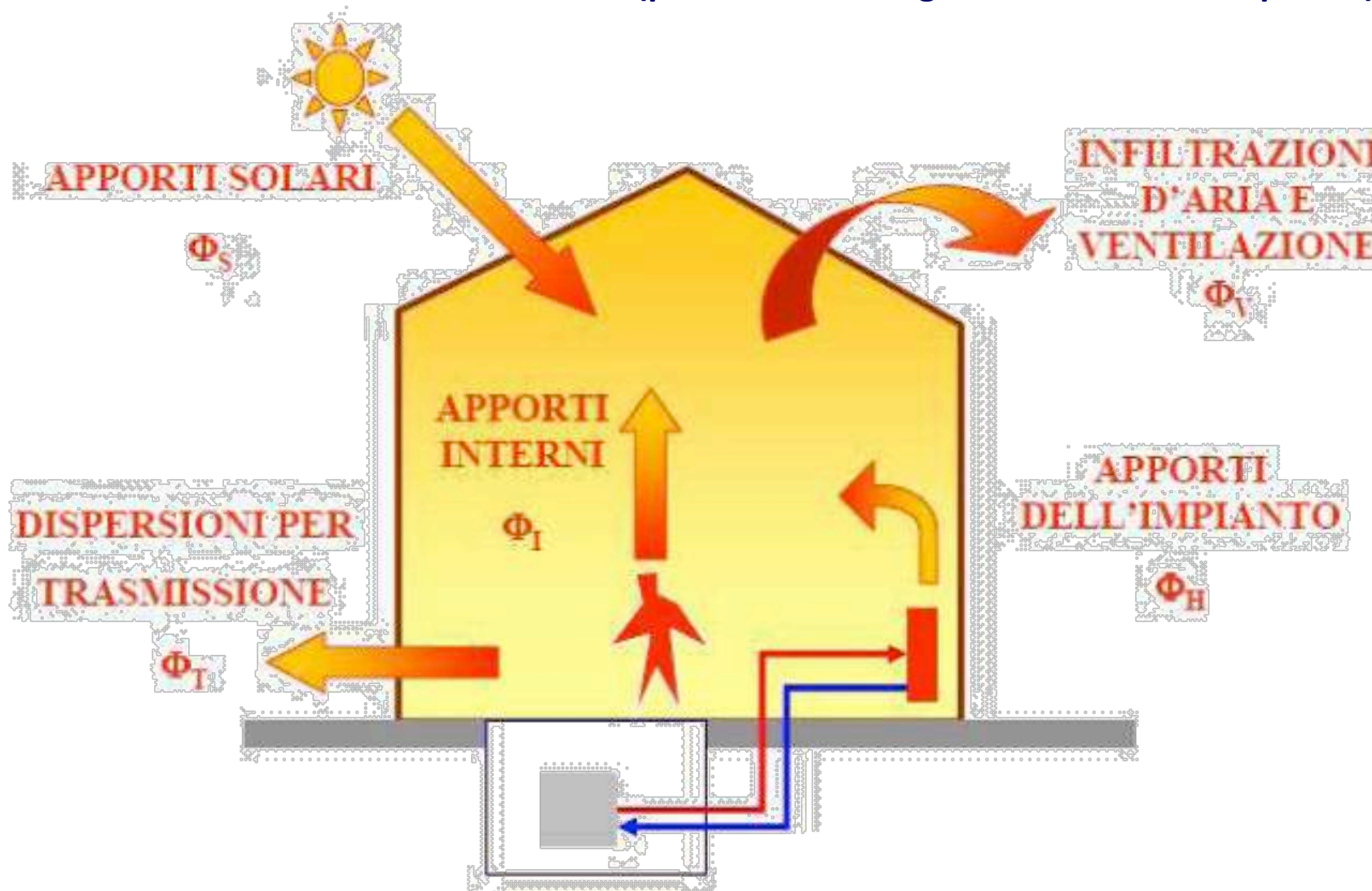
BILANCIO ENERGETICO DI UN EDIFICIO: FABBISOGNO DI CALORE



$$Q_V + Q_T - \eta_U (Q_I + Q_S) = Q_H$$



BILANCIO ENERGETICO DI UN EDIFICIO (punto di vista degli scambi edificio-impianto)





BILANCIO ENERGETICO: *CONSUMI* NORMALIZZATI

CONSUMI NORMALIZZATI: I RISULTATI CHE SI OTTENGONO SONO UTILI PER FARE CONFRONTI TRA DUE IMMOBILI INDIPENDENTEMENTE DALLE MODALITA' REALI DI GESTIONE E UTILIZZO. E' IL MODO CORRETTO PER FARE LA CERTIFICAZIONE.

ECCO ALCUNE DELLE CONVENZIONI IMPIEGATE PER IL CALCOLO:

CALCOLO IN REGIME DI FUNZIONAMENTO CONTINUO (20 °C SEMPRE, ad esempio)

DATI CLIMATICI CONVENZIONALI

PERIODO DI RISCALDAMENTO (ORE E GIORNI) FISSATO PER LEGGE

TEMPERATURA INTERNA CONVENZIONALE

RINNOVO D'ARIA CONVENZIONALE



BILANCIO ENERGETICO: CONSUMI EFFETTIVI

CONSUMI EFFETTIVI: ECCO LE VARIABILI DA CONSIDERARE PER AVVICINARE I RISULTATI DEI CALCOLI A QUANTO RISULTA DALLE BOLLETTE. APPLICARE QUESTO METODO E' ESSENZIALE PER VALUTARE CORRETTAMENTE LA CONVENIENZA ECONOMICADI UN INTERVENTO.

CALCOLO IN REGIME DI FUNZIONAMENTO INTERMITTENTE

DATI CLIMATICI REALI

PERIODO DI RISCALDAMENTO (QUANDO INIZIA? E QUANDO FINISCE?)

TEMPERATURA INTERNA (20 °C?, 22, 23 ...)

RINNOVO D'ARIA REALE

PRESENZA DI ALTRE FONTI ENERGETICHE (CAMINETTO, STUFE)



BILANCIO ENERGETICO DI UN EDIFICIO: FABBISOGNO DI CALORE

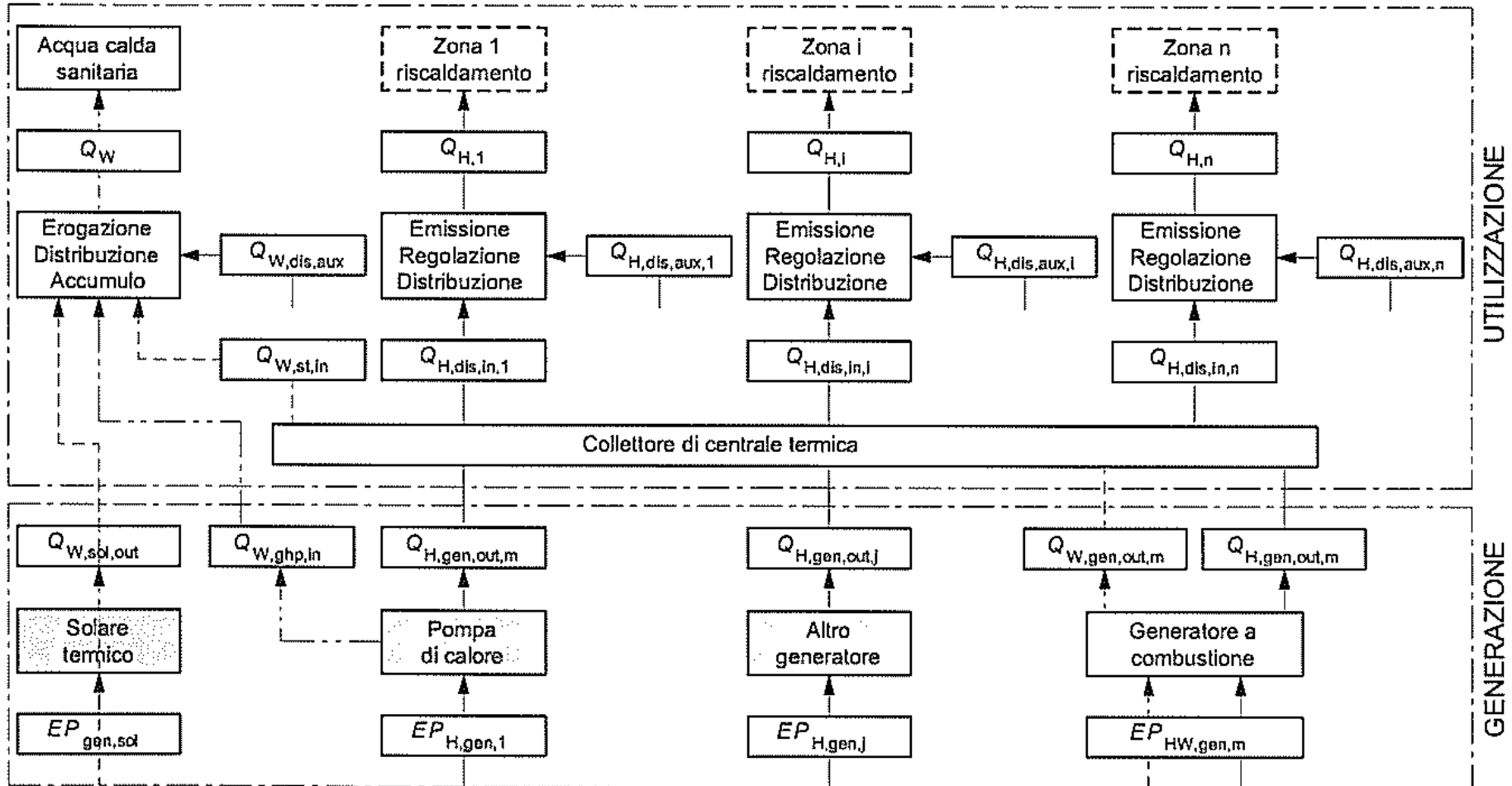




figura 2 **Suddivisione di un sistema di riscaldamento**

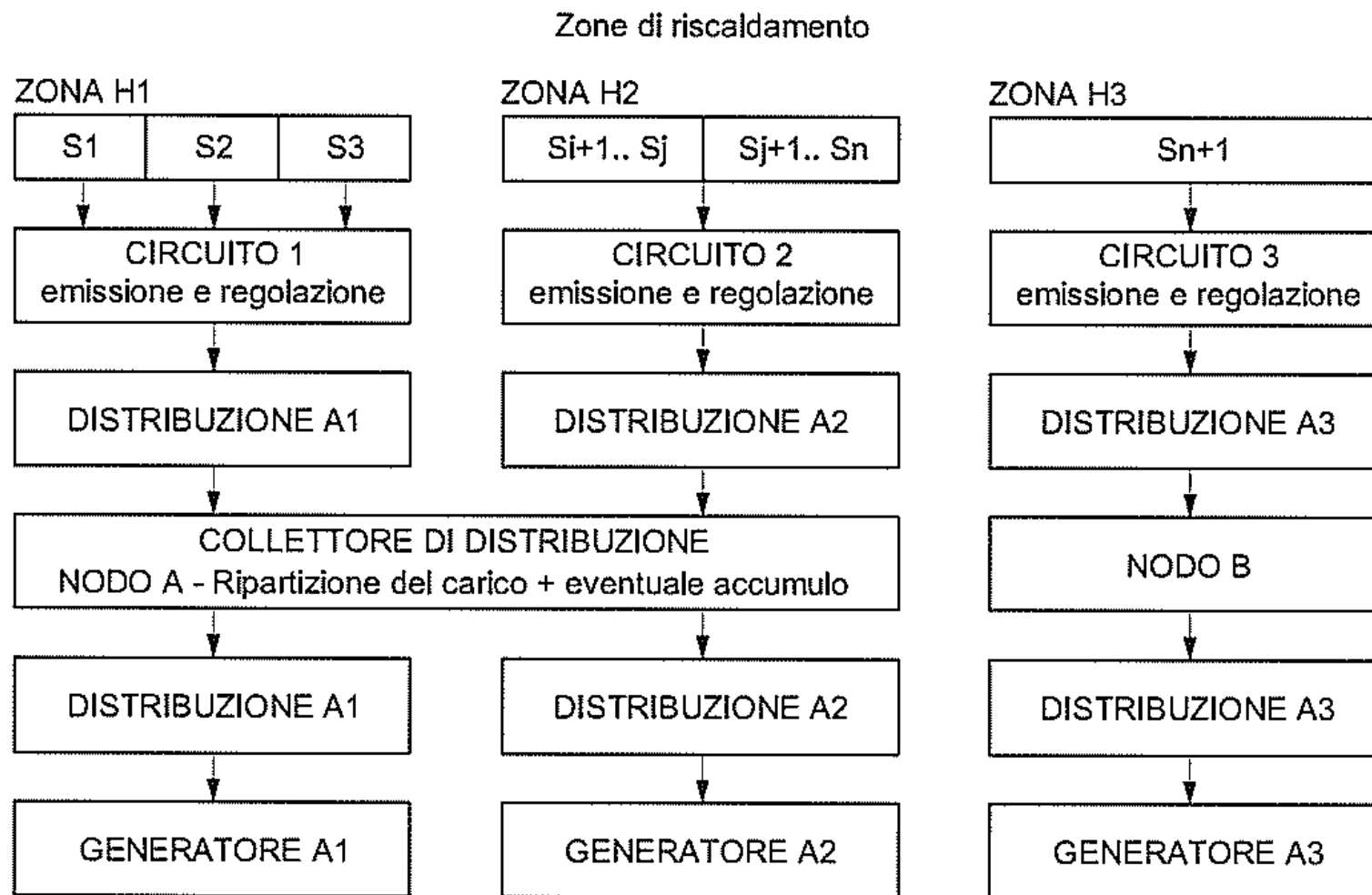
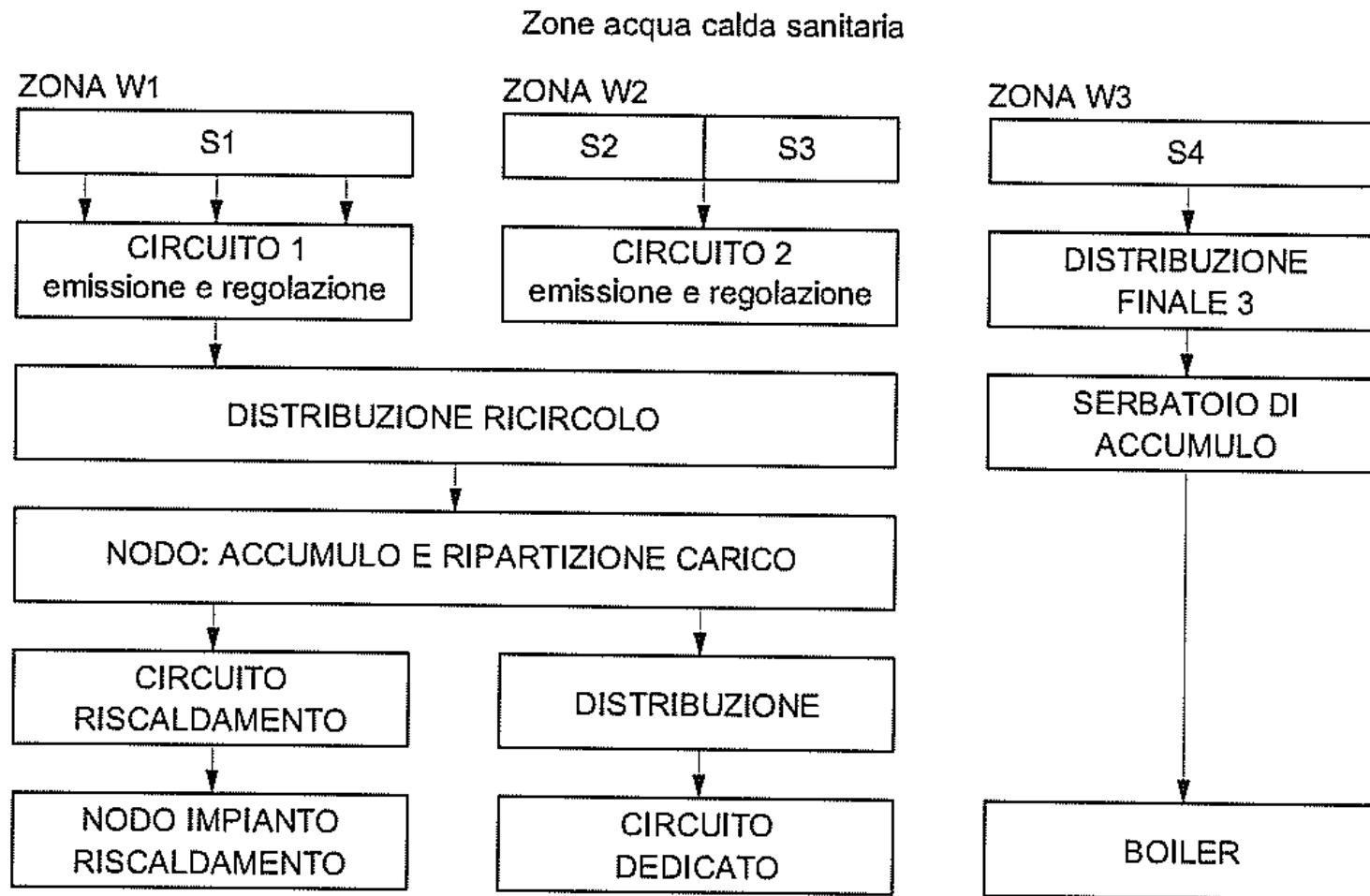




figura 3 **Suddivisione di sistema acqua calda sanitaria**





PERCHE' LE NORME UNI TS 11300

La determinazione delle prestazioni energetiche degli edifici richiede **metodi di calcolo** per:

- il **fabbisogno di energia** per il riscaldamento e il raffrescamento ambiente;
- il **fabbisogno di energia** per acqua calda sanitaria;
- il **rendimento** e il fabbisogno di energia primaria degli impianti di climatizzazione invernale;
- il **rendimento** e il fabbisogno di energia primaria per la produzione di acqua calda sanitaria;
- il **risparmio** di energia primaria ottenibile utilizzando energie rinnovabili ed altri metodi di generazione per il riscaldamento e la produzione di acqua calda sanitaria;
- il **rendimento** e il fabbisogno di energia primaria degli impianti di climatizzazione estiva.



METODI DI CALCOLO DISPONIBILI: UNI TS 11300



QUALI SONO LE NORME UNI TS 11300



UNI/TS 11300 - 1 Prestazioni energetiche degli edifici – Determinazione del fabbisogno di energia dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale

UNI/TS 11300 - 2 Prestazioni energetiche degli edifici – Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria.



UNI/TS 11300 - 3 Prestazioni energetiche degli edifici – Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva

UNI/TS 11300 - 4 Prestazioni energetiche degli edifici – Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per riscaldamento di ambienti e produzione di acqua calda sanitari

A COSA SERVONO LE UNI TS 11300

La Specifica Tecnica (TS) consente la riproducibilità e **confrontabilità** dei risultati per ottemperare alle condizioni richieste dal D.lgs 115/2008 e dal DPR 6 Marzo 2009.



La norma consente l'accesso alle deroghe in materia di volumi (serre), superfici, altezze e distanze ai sensi dell'art.11 del D.lgs 115/2008.



METODO DI CALCOLO DI PROGETTO (LN2015)

- a) Raccomandazione CTI 14/2013 “Prestazioni energetiche degli edifici - Determinazione dell'energia primaria e della prestazione energetica EP per la classificazione dell'edificio”, o normativa UNI equivalente e successive norme tecniche che ne conseguono;
- b) UNI/TS 11300 – 1 Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva e invernale;
- c) UNI/TS 11300 – 2 Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale, per la produzione di acqua calda sanitaria, la ventilazione e l'illuminazione;
- d) UNI/TS 11300 – 3 Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 3: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva;
- e) UNI/TS 11300 – 4 Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 4: Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per riscaldamento di ambienti e preparazione acqua calda sanitaria;
- f) UNI EN 15193 - Prestazione energetica degli edifici - Requisiti energetici per illuminazione.



VERIFICHE SECONDO IL DM 26/06/2015: L'EDIFICIO DI RIFERIMENTO

Gli indici da verificare con il metodo dell'edificio di riferimento sono: l'indice di prestazione termica utile per il riscaldamento $EP_{H,nd}$, l'indice di prestazione termica utile per il raffrescamento $EP_{C,nd}$, l'indice di prestazione energetica globale dell'edificio $EP_{gl,tot}$ calcolati con le UNI/TS 11300.



Calcolo di
 $EP_{H,nd}$
 $EP_{C,nd}$
 $EP_{gl,tot}$



Calcolo di
 $EP_{H,nd, limite}$
 $EP_{C,nd, limite}$
 $EP_{gl,tot, limite}$



VERIFICHE SECONDO IL DM 26/06/2015: CALCOLO DELLA PRESTAZIONE ENERGETICA

La prestazione energetica degli edifici è determinata sulla base della **quantità di energia necessaria annualmente per soddisfare le esigenze legate a un uso standard dell'edificio** e corrisponde al fabbisogno energetico annuale globale in energia primaria per il riscaldamento, il raffrescamento, per la ventilazione, per la produzione di acqua calda sanitaria e, nel settore non residenziale, per l'illuminazione, gli impianti ascensori e scale mobili.



VERIFICHE SECONDO IL DM 26/06/2015: CALCOLO DELLA PRESTAZIONE ENERGETICA

In particolare:

il fabbisogno energetico annuale globale è calcolato come la somma dei fabbisogni di energia primaria di ogni servizio energetico, con intervallo di calcolo mensile. Con le stesse modalità si determina l'energia da fonte rinnovabile prodotta all'interno del confine del sistema è possibile operare la compensazione tra i fabbisogni energetici e l'energia prodotta da fonte rinnovabile o da cogenerazione prodotta nell'ambito del confine del sistema (in situ) in base a condizioni stabilite

ai fini del rispetto dei requisiti minimi, si effettua il calcolo sia dell'energia primaria totale che dell'energia primaria non rinnovabile, ottenute applicando i pertinenti fattori di conversione in energia primaria totale $f_{P,tot}$ e in energia primaria non rinnovabile $f_{P,nren}$ riportati nella tabella 1 del decreto la classificazione degli edifici si effettua a partire dall'energia primaria non rinnovabile

il fattore di conversione in energia primaria totale è pari alla somma del fattore di conversione in energia primaria non rinnovabile e quello di conversione in

energia primaria rinnovabile: $f_{P,tot} = f_{P,nren} + f_{P,ren}$

i fattori di conversione sono riportati in un'apposita tabella in funzione del vettore energetico utilizzato



METODOLOGIE PER LA DETERMINAZIONE DELLA PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI

1. “Metodo calcolato di progetto”

prevede la valutazione della prestazione energetica **a partire dai dati di ingresso del progetto energetico dell'edificio come costruito e dei sistemi impiantistici a servizio dell'edificio come realizzati.**

2. “Metodo di calcolo da rilievo sull'edificio o standard”

prevede la valutazione della prestazione energetica a partire dai dati di ingresso ricavati **da indagini svolte direttamente sull'edificio esistente.** In questo caso le modalità di approccio possono essere:

- i. mediante procedure di rilievo, anche strumentali, sull'edificio e/o sui dispositivi impiantistici effettuate secondo le normative tecniche di riferimento, previste dagli organismi normativi nazionali, europei e internazionali, o, in mancanza di tali norme dalla letteratura tecnico-scientifica;
- ii. per analogia costruttiva con altri edifici e sistemi impiantistici coevi, integrata da banche dati o abachi nazionali, regionali o locali;
- iii. sulla base dei principali dati climatici, tipologici, geometrici ed impiantistici.



Energy Management nelle imprese

La ricerca dell'efficienza energetica: obiettivi e metodi

BILANCIO ENERGETICO: UTENZA CONVENZIONALE (UNI TS 11300:1)

Elemento	Dato	Criterio	Variabili	Riferimento normativo
Occupante	Apporti interni di calore	Valore tabulato	Destinazione d'uso	UNI/TS 11300-1 – par. 13.1.1
	Gestione delle chiusure oscuranti	Chiusura notturna (12 h)	-	UNI/TS 11300-1 – par. 11.1.2
	Gestione delle schermature mobili	Chiusura con valori di irradianza solare maggiori di 300 W/m ²	Latitudine Orientamento Mese	UNI/TS 11300-1 – par. 14.3.4
	Portata di ventilazione naturale	Valore tabulato	Destinazione d'uso	UNI/TS 11300-1 – par. 12.1.1
Impianto di ventilazione meccanica	Portata di ventilazione	$q_{ve,des} \cdot k$ k = fattore di contemporaneità	Portata di progetto	UNI/TS 11300-1 – par. 12.1.1
	Ventilazione notturna	Azionamento notturno (23:00 – 7:00)	Portata di progetto	UNI/TS 11300-1 – par. 12.2
Impianto termico	Periodo di riscaldamento	Valore tabulato	Zona climatica (gradi giorno)	UNI/TS 11300-1 – par. 10.1.1
	Profilo di funzionamento dell'impianto	Continuo	-	UNI/TS 11300-1 – par. 15.3.1
	Temperatura interna di regolazione	Valore tabulato	Destinazione d'uso	UNI/TS 11300-1 – par. 8.1



BILANCIO ENERGETICO: DATI PRECALCOLATI SUI COMPONENTI (UNI TS 11030:1)

Componente	Parametro	Variabili	Riferimento normativo
Componenti opachi dell'involucro	Trasmittanza termica	Tipologia costruttiva, spessore	UNI/TS 11300-1 – app. A
	Fattore di assorbimento solare	Colore	UNI/TS 11300-1 – par. 14.2
Componenti trasparenti dell'involucro	Trasmittanza di energia solare totale di vetri	Tipologia	UNI/TS 11300-1 – par. 14.3.1
	Fattore di riduzione della trasmittanza solare di schermature mobili	Tipologia	UNI/TS 11300-1 – par. 14.3.3
	Trasmittanza termica di vetri, telai e chiusure oscuranti	Tipologia	UNI/TS 11300-1 – app. C
	Fattore telaio ($1 - F_f$)	-	UNI/TS 11300-1 – par. 14.3.2
Ponti termici	Trasmittanza termica lineare	Tipologia di ponte termico, posizione dell'isolante	UNI EN ISO 14683

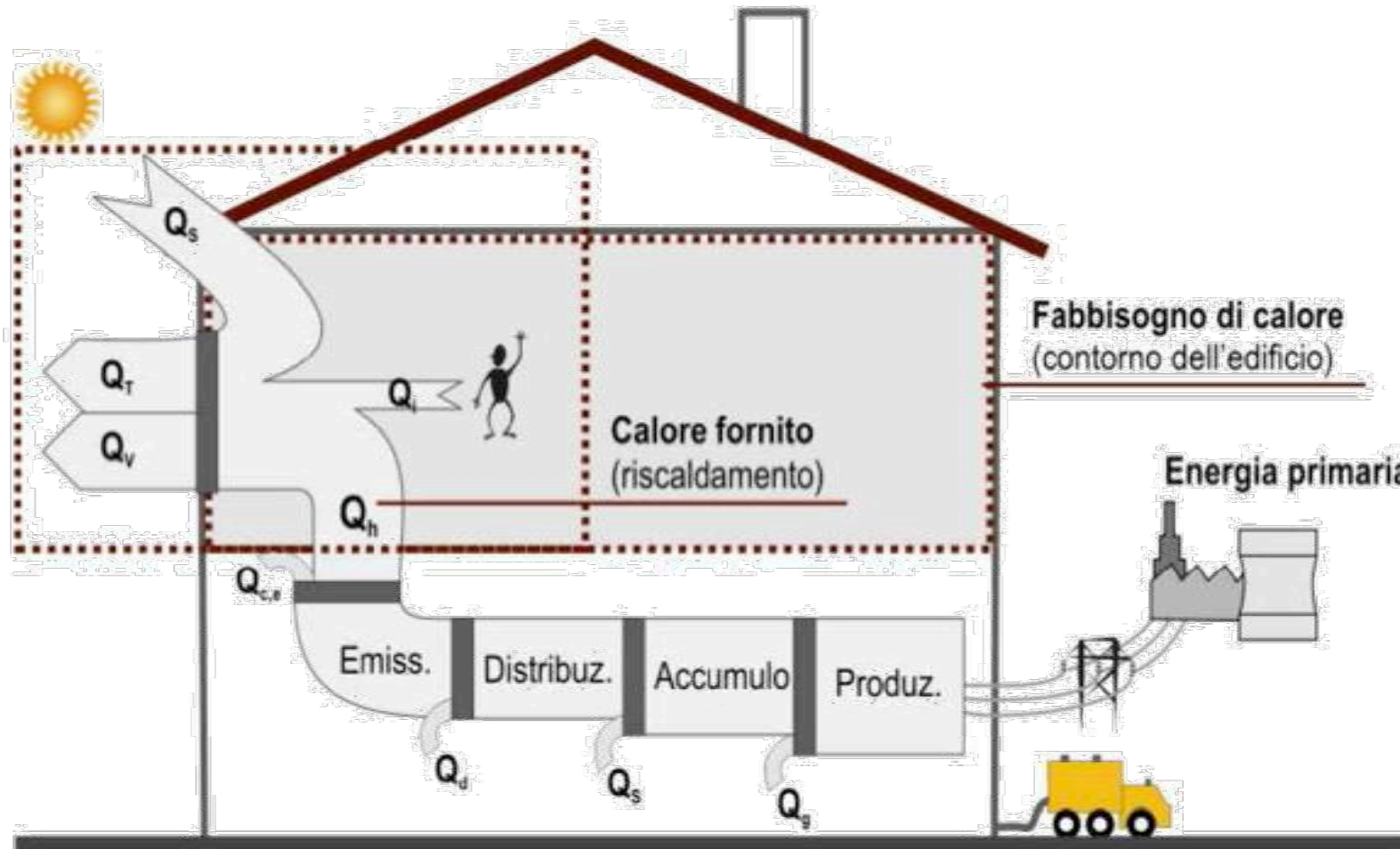


BILANCIO ENERGETICO: DATI PRECALCOLATI SUI SISTEMI (UNI TS 11030:1)

Sistema	Descrizione della semplificazione	Variabili	Riferimento normativo
Edificio	Determinazione semplificata del volume netto	Destinazione d'uso, spessore medio delle pareti esterne, presenza di partizioni	UNI/TS 11300-1 – par. 12.3
	Determinazione semplificata della superficie netta di pavimento	Spessore medio delle pareti esterne	UNI/TS 11300-1 – par. 13.3
Contesto esterno	Ombreggiatura di elementi esterni	Angolo medio sull'orizzonte, mese, orientamento	UNI/TS 11300-1 – app. D
Involucro edilizio	Determinazione forfaitaria dell'effetto dei ponti termici	Tipo di struttura edilizia	UNI/TS 11300-1 – par. 11.1.3
	Fattore di correzione precalcolato dello scambio termico tra ambiente climatizzato e non climatizzato	Tipo di ambiente confinante	UNI/TS 11300-1 – par. 11.2
	Fattore di correzione precalcolato dello scambio termico tra ambiente climatizzato e terreno	Tipo di elemento	UNI/TS 11300-1 – par. 11.3
Struttura edilizia	Valori precalcolati della capacità termica interna	Numero di piani, caratteristiche di intonaci, pareti esterne e pavimenti	UNI/TS 11300-1 – par. 15.2

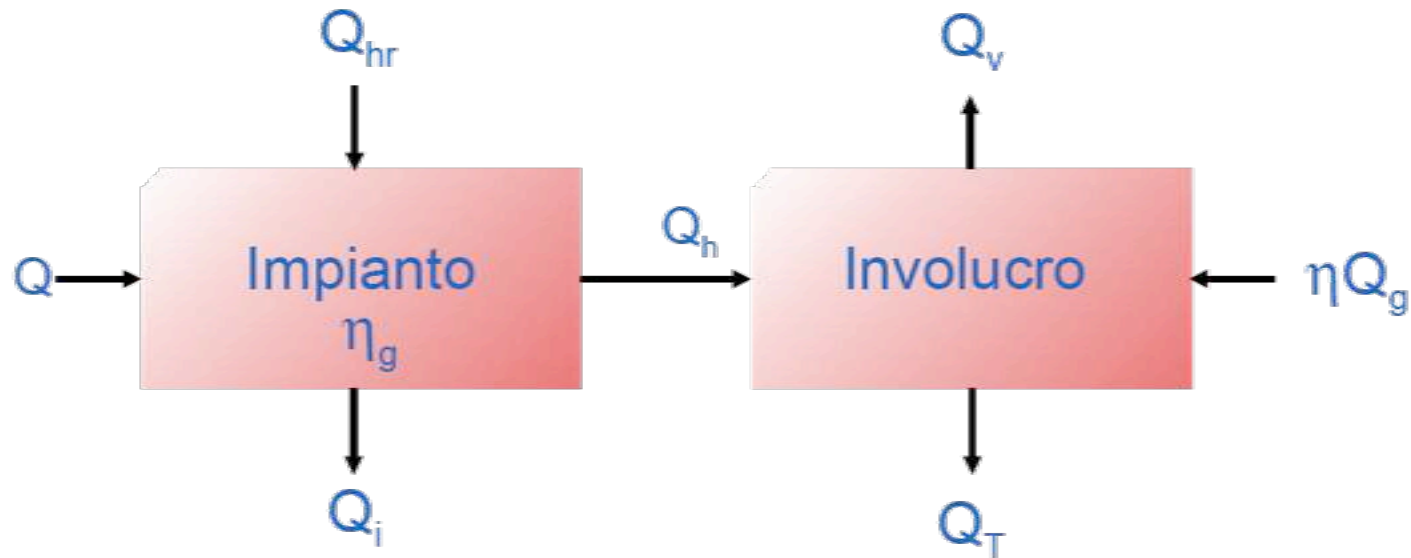


BILANCIO ENERGETICO DEL SISTEMA EDIFICIO – IMPIANTO SECONDO LE UNI TS 11300





BILANCIO ENERGETICO DEL SISTEMA EDIFICIO – IMPIANTO SECONDO LE UNI TS 11300

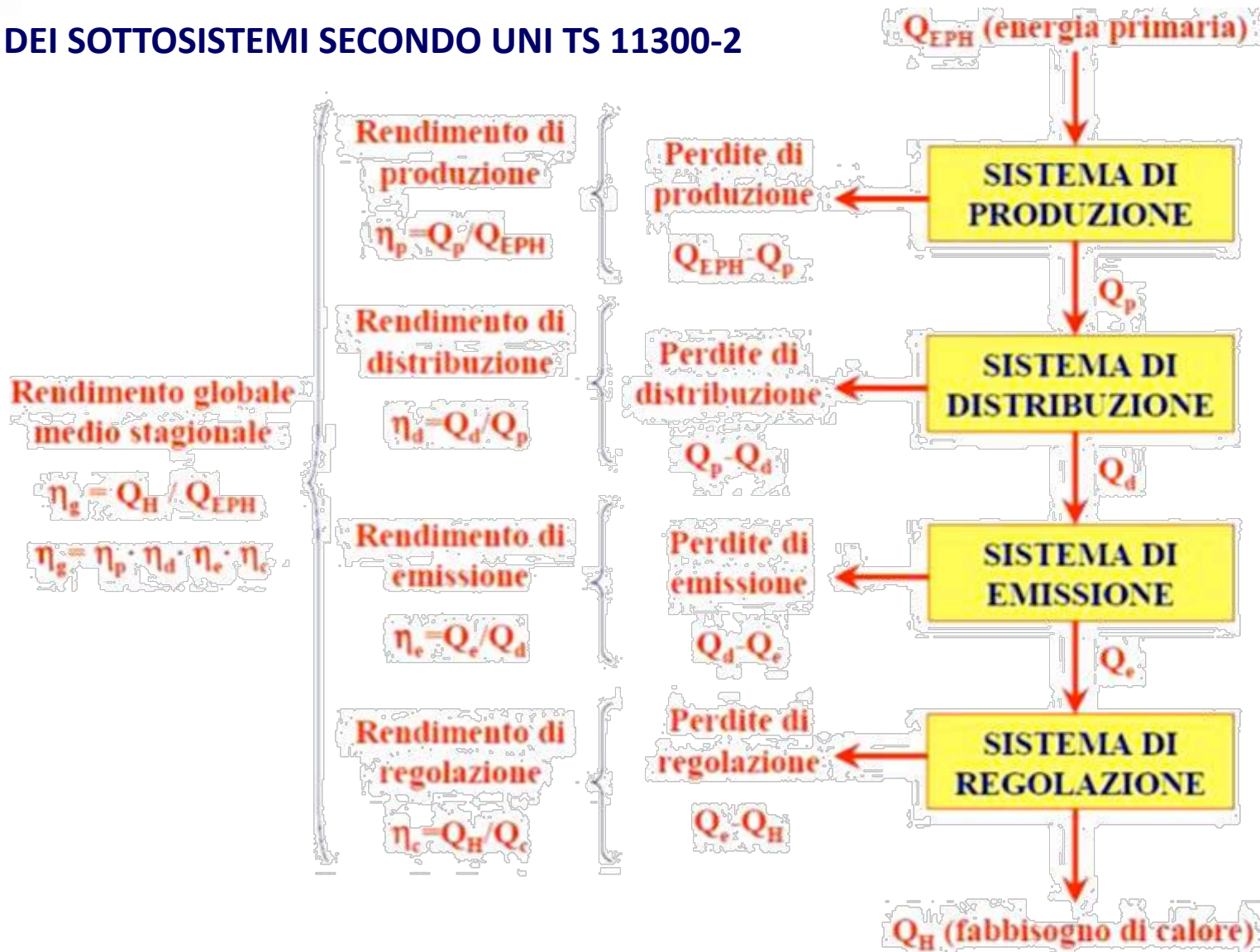


$$Q_h = Q_v + Q_T - \eta Q_g$$

$$Q = Q_h / \eta_g$$



BILANCIO DEI SOTTOSISTEMI SECONDO UNI TS 11300-2





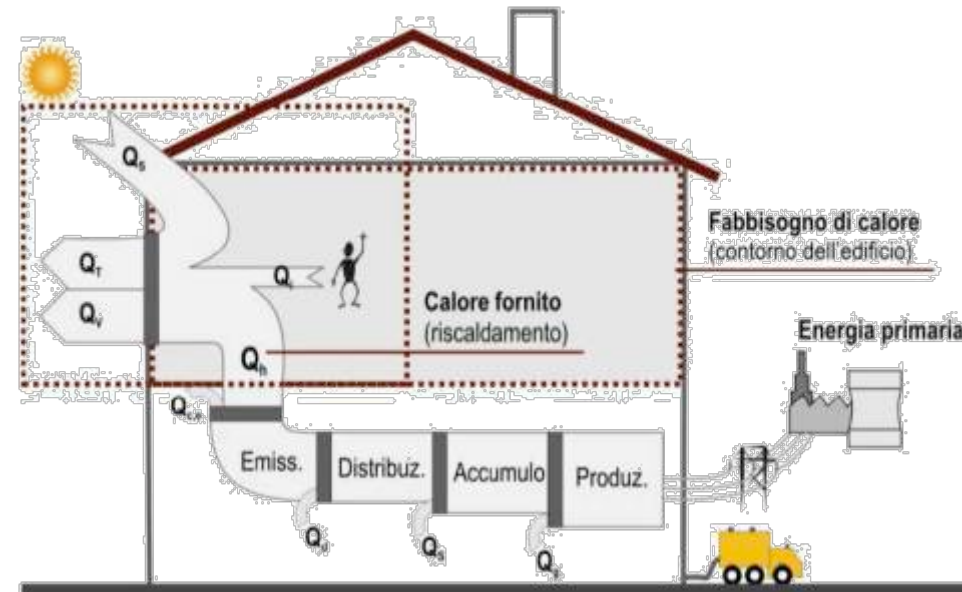
BILANCIO DEI SOTTOSISTEMI SECONDO UNI TS 11300-2

- 1) SISTEMA DI GENERAZIONE (PRODUZIONE) → η_{gn}
- 2) SISTEMA DI DISTRIBUZIONE → η_d
- 3) SISTEMA DI EMISSIONE → η_e
- 4) SISTEMA DI REGOLAZIONE → η_{rg}

Ognuno di questi sistemi avrà delle perdite e quindi dei rendimenti (da massimizzare)

Rendimento globale medio stagionale dell'impianto termico:

$$\eta_g = \eta_d \times \eta_g \times \eta_e \times \eta_r$$



rendimento globale medio stagionale dell'impianto termico è il rapporto tra il fabbisogno di energia termica utile per la climatizzazione invernale e l'energia primaria delle fonti energetiche, ivi compresa l'energia elettrica dei dispositivi ausiliari, calcolato con riferimento al periodo annuale di esercizio[...]. Ai fini della conversione dell'energia elettrica in energia primaria si considera l'equivalenza: 9 MJ = 1kWh;



COME “FUNZIONANO” LE UNI TS 11300 + D. Lgs 192/05

- I risultati del calcolo energetico di un edificio portano alla definizione di:
- Indice di prestazione energetica in **regime invernale Epi**
- Indice di prestazione energetica in **regime estivo Epe**
- Indice di prestazione energetica per **l'Acqua Calda Sanitaria (Acs)**
- Gli indici di prestazione energetica sono **valori normalizzati in quanto riferiti all'unità di superficie o di volume (per ciascun anno) del fabbisogno energetico dell'edificio**

La **prestazione energetica complessiva dell'edificio** è espressa attraverso l'indice di prestazione energetica globale EPgl.

$$EPgl = EPI + EPacs + EPe + Epill$$

dove:

EPI: è l'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale;

EPacs: l'indice di prestazione energetica per la produzione dell'acqua calda sanitaria;

Epe: l'indice di prestazione energetica per la climatizzazione estiva;

EPill: l'indice di prestazione energetica per l'illuminazione artificiale.

Edifici residenziali > tutti gli indici sono espressi in **kWh/m2 anno**

Altri edifici (residenze collettive, terziario, industria) > tutti gli indici sono espressi in **kWh/m3 anno**

Attualmente
utilizzati per la
Certificazione
energetica

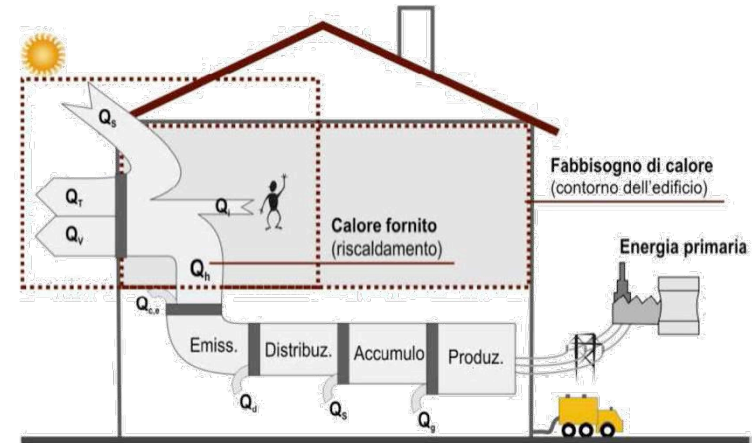


BILANCIO ENERGETICO DEL SISTEMA EDIFICIO - IMPIANTO

$$Q_h = Q_v + Q_T + Q_w - Q_s - Q_i$$

1. calcolo dell'energia netta utilizzata dall'edificio Q_h ;
2. calcolo dell'energia fornita $Q_d = Q_h / \text{rendimenti}$;
3. calcolo dell'energia primaria Q_p (per $fp = 1$ eguale a Q_d)

$$EPI = \frac{(Q_h / A_{pav})}{\eta_g} \quad [\text{kWh/m}^2\text{K}]$$



$$\eta_g = \eta_e \times \eta_{rg} \times \eta_d \times \eta_{gn}$$



fabbisogno annuo di energia primaria per la climatizzazione invernale è la quantità di energia primaria globalmente richiesta, nel corso di un anno, per mantenere negli ambienti riscaldati la temperatura di progetto, in regime di attivazione continuo;



La norma fa riferimento al fabbisogno di energia **PRIMARIA**

Occorre quindi applicare dei fattori di conversione:

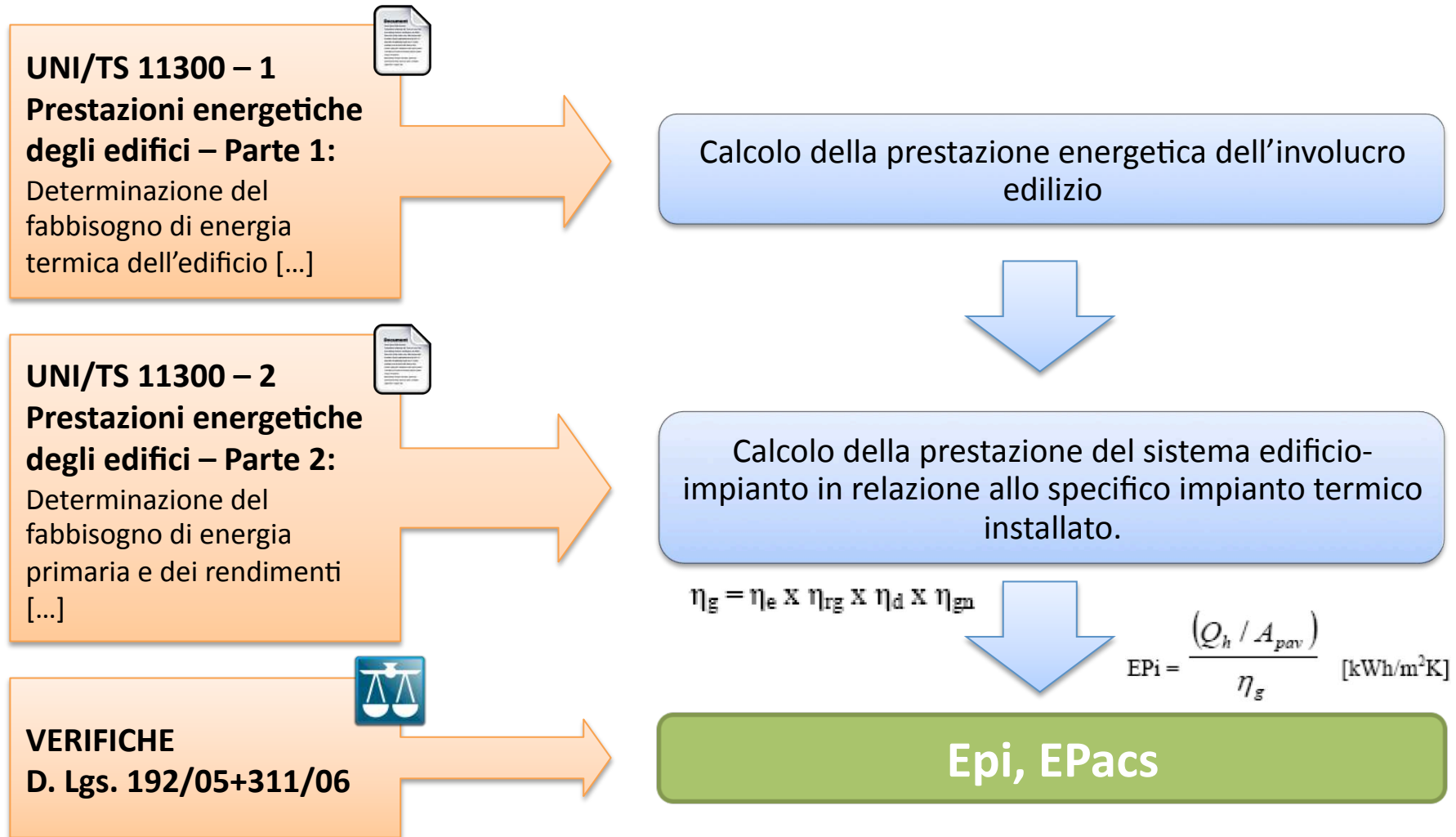
$fp = 1$ fattore di conversione in energia primaria per comb. fossili

fp,el = definito con apposito provvedimento dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas (dato 2008: $0,187 \times 10^{-3}$ tep/kWh)





COME "FUNZIONANO" LE UNI TS 11300 + D. Lgs 192/05





UNI TS 11300 Parte 1

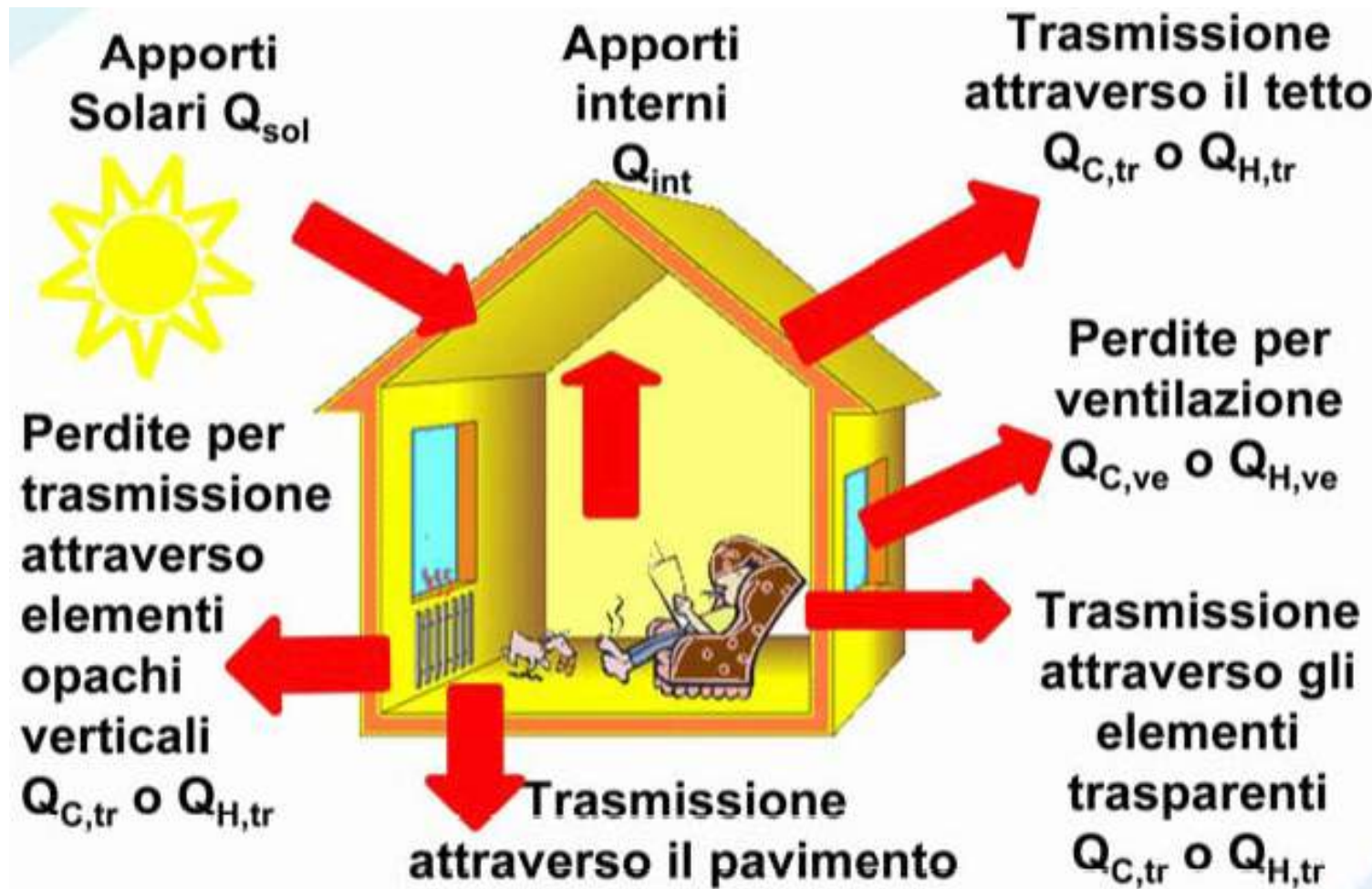
UNI/TS 11300 - 1 Prestazioni energetiche degli edifici – Determinazione del fabbisogno di energia dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale

Fornisce linee guida e dati nazionali d'ingresso per la norma UNI EN ISO 13790:2008 che specifica i metodi per calcolare:

- **lo scambio termico** per trasmissione e ventilazione dell'edificio quando riscaldato o raffrescato a temperatura interna costante
- **il contributo delle sorgenti di calore interne e solari** al bilancio termico dell'edificio
- **i fabbisogni annuali di energia per riscaldamento e raffrescamento** per mantenere le temperature di setpoint



CALCOLO DEL FABBISOGNO DI ENERGIA NETTO SECONDO UNI TS 11300-1





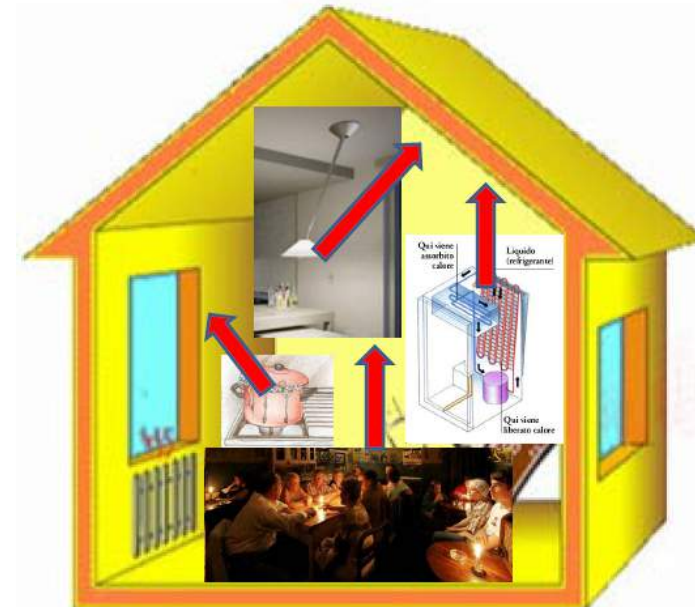
CALCOLO DEL FABBISOGNO DI ENERGIA NETTO SECONDO UNI TS 11300-1

Gli Apporti positivi di calore

Apporti Solari



Gli apporti positivi
Apporti gratuiti interni





UNI TS 11300 Parte 1 – Dati di ingresso per i calcoli

Dati relativi alle caratteristiche tipologiche dell'edificio

volume lordo e volume netto dell'ambiente climatizzato; superfici di tutti i componenti dell'involucro e della struttura edilizia; tipologie e dimensioni dei ponti termici; orientamenti di tutti i componenti dell'involucro edilizio; fattori di ombreggiatura di tutti i componenti trasparenti.

Dati relativi alle caratteristiche termiche e costruttive dell'edificio

trasmissione termica dei componenti dell'involucro edilizio; capacità termica areica dei componenti della struttura; trasmittanza di energia solare totale dei componenti trasparenti; fattori di riduzione dovuti al telaio dei componenti trasparenti; coefficienti di trasmissione lineare dei ponti termici.

Dati climatici

medie mensili di temperatura esterna e irraggiamento solare totale per ciascun orientamento

Dati relativi alle modalità di occupazione e di utilizzo dell'edificio

temperature di set-point, ricambi d'aria, durata dei periodi di raffrescamento e riscaldamento; regime di funzionamento dell'impianto di climatizzazione assunto continuo per le valutazioni di progetto e standard; modalità di gestione degli schermi; apporti di calore interni.



EDIFICIO, SUPERFICI, VOLUMI

