

LA CERTIFICAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI



**LEZIONE 5:
L'EFFICIENZA ENERGETICA NEGLI IMPIANTI DI
RISCALDAMENTO A GAS E A POMPA DI CALORE ELETTRICA**

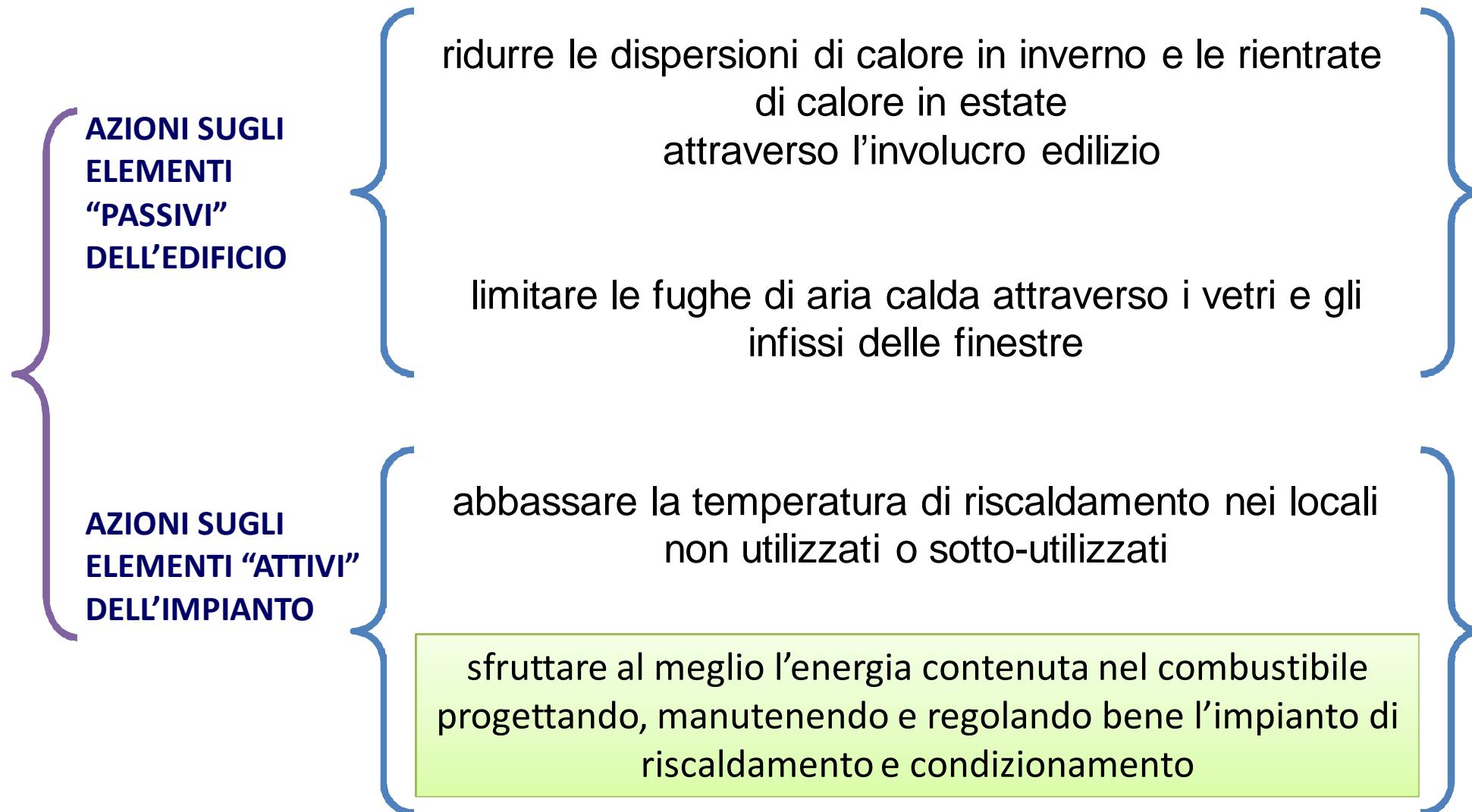
Ing. Pierluigi Fecondo, Ph. D.

San Salvo, 20/05/2011

SOMMARIO ARGOMENTI

- **IL SISTEMA EDIFICO – IMPIANTO: ASPETTI NORMATIVI E TECNICI**
- **IL BILANCIO ENERGETICO DELL’EDIFICIO: METODI DI CALCOLO**
- **ELEMENTI DI CALCOLO ENERGETICO DEGLI IMPIANTI TERMICI: NORME UNI TS 11300 PARTE 2**
- **TECNOLOGIE SISTEMI PER L’OTTIMIZZAZIONE ED IL RISPARMIO ENERGETICO**
 - Sistemi alimentati con gas metano
 - Sistemi alimentati con energia elettrica (pompe di calore e climatizzazione estiva)
- **TIPOLOGIE DI IMPIANTI E SCHEMI REALIZZATIVI**
- **ANALISI COSTI BENEFICI FRA DIVERSE SOLUZIONI IMPIANTISTICHE**

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





Dicembre 2002

DIRETTIVA 2002/91/CE Rendimento energetico edifici



8 Ottobre 2005

DLgs 192 – Recepimento Direttiva 02/91/CE



In questi decreti:

- Definiti i **requisiti energetici e prestazionali** degli edifici
- Introdotta l'obbligatorietà all'utilizzo di fonti rinnovabili (solare termico e fotovoltaico al 2011)
- Introdotta la **Certificazione Energetica**



2 Febbraio 2007

DLgs 311/06

Disposizioni correttive ed integrative al DLgs 192

Decreti attuativi e Linee guida nazionali

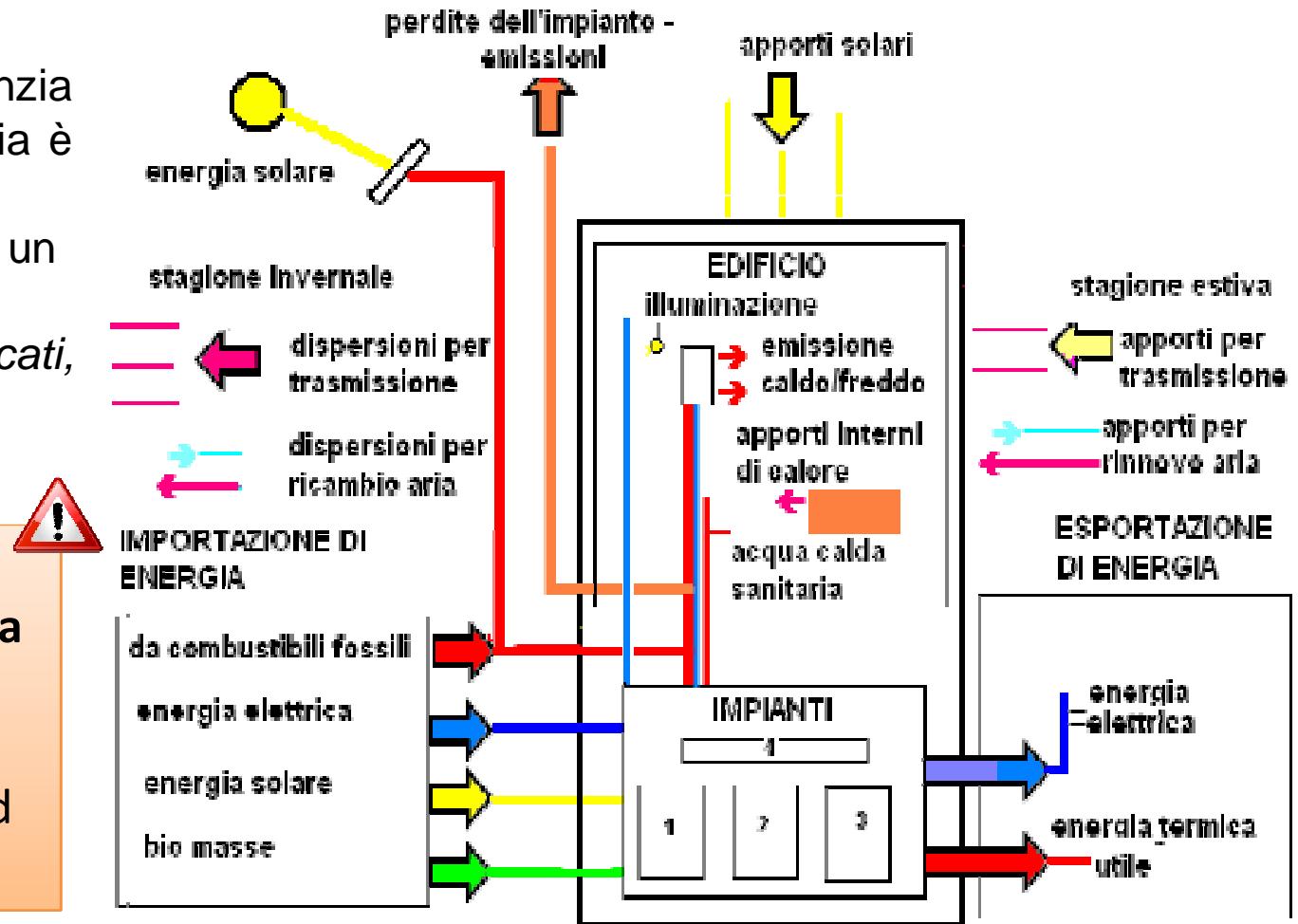
(D. Lgs. 115/08, DPR 59/2009, DM 26/06/09)

LA VERA NOVITA': IL BILANCIO ENERGETICO DEL SISTEMA EDIFICO - 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.



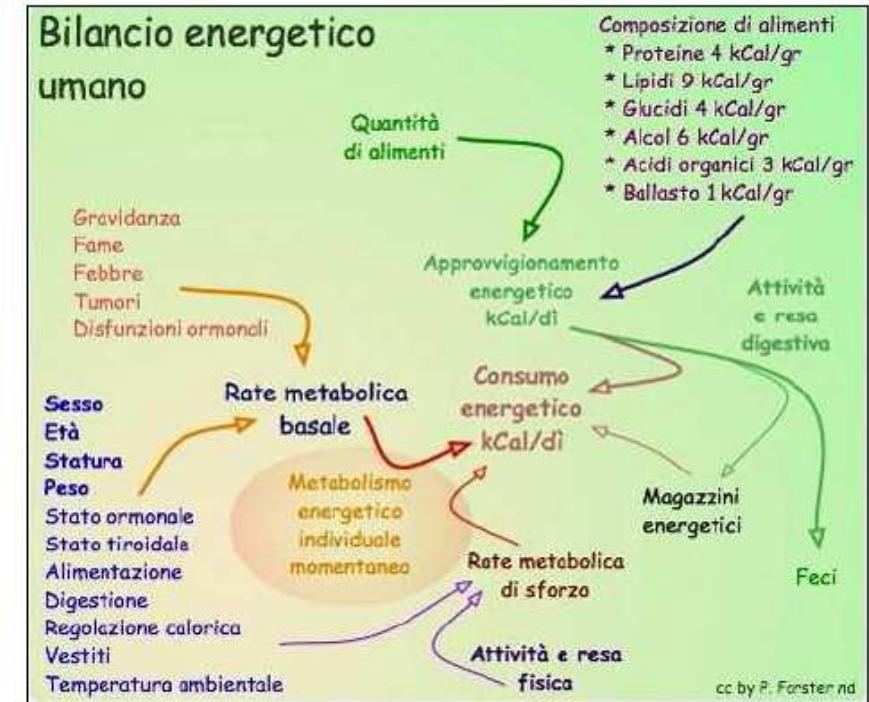
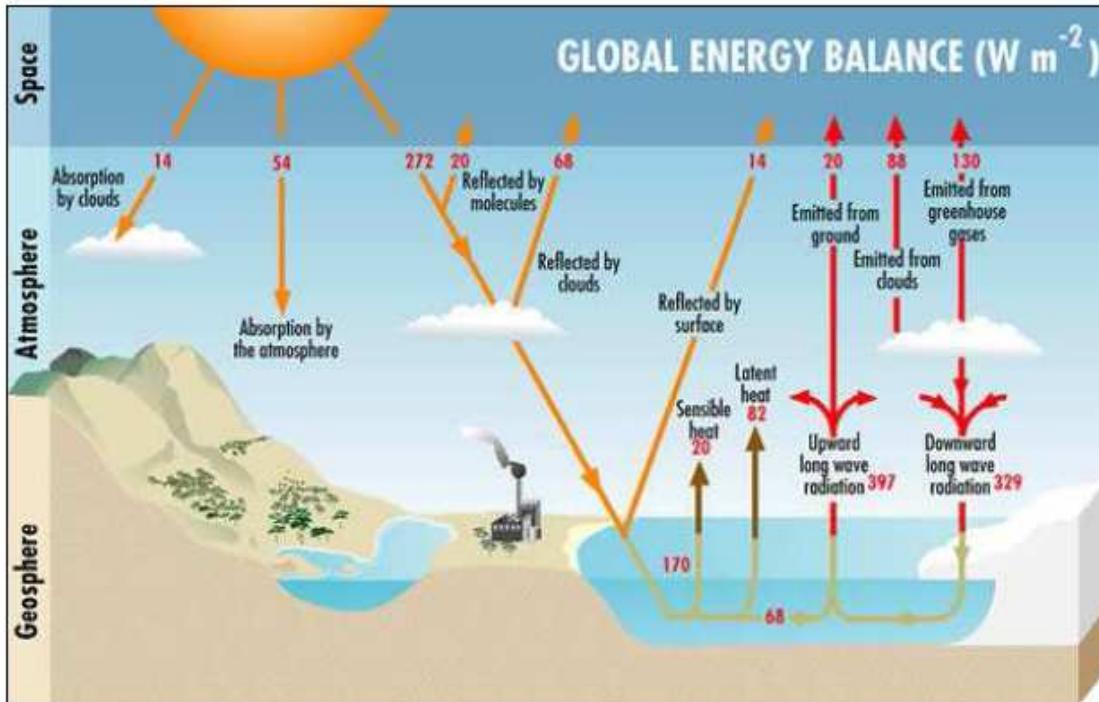
REQUISITI ENERGETICI PRESTAZIONALI INTRODOTTI SUL SISTEMA EDIFICO - IMPIANTO

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)



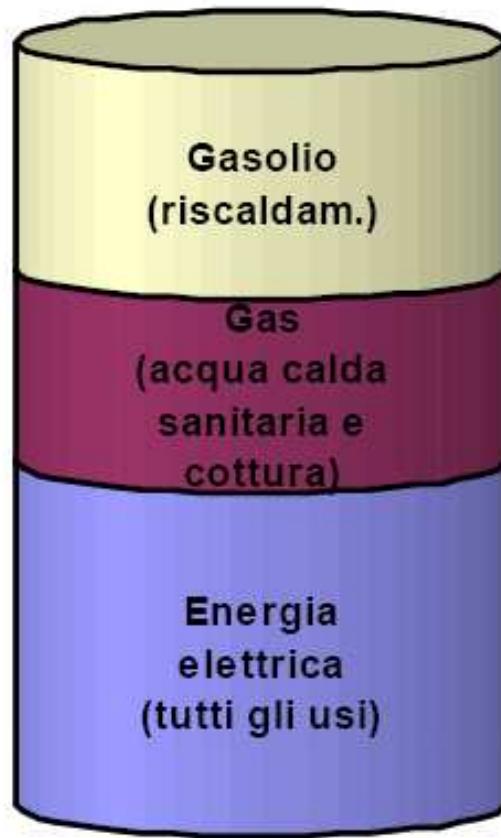
BILANCIO ENERGETICO: DEFINIZIONI



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

Valutazione energetica d'esercizio

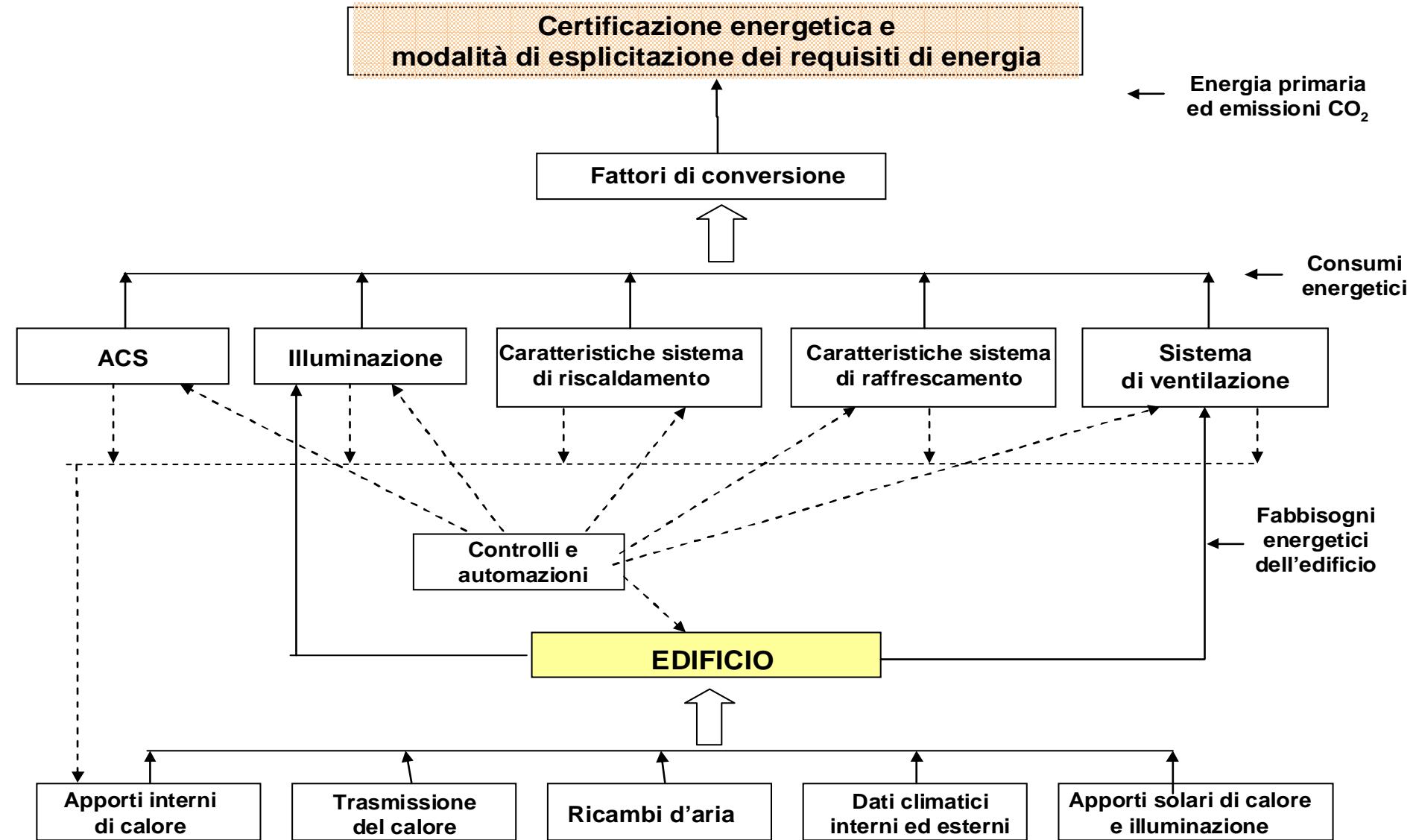


Valutazione energetica di calcolo

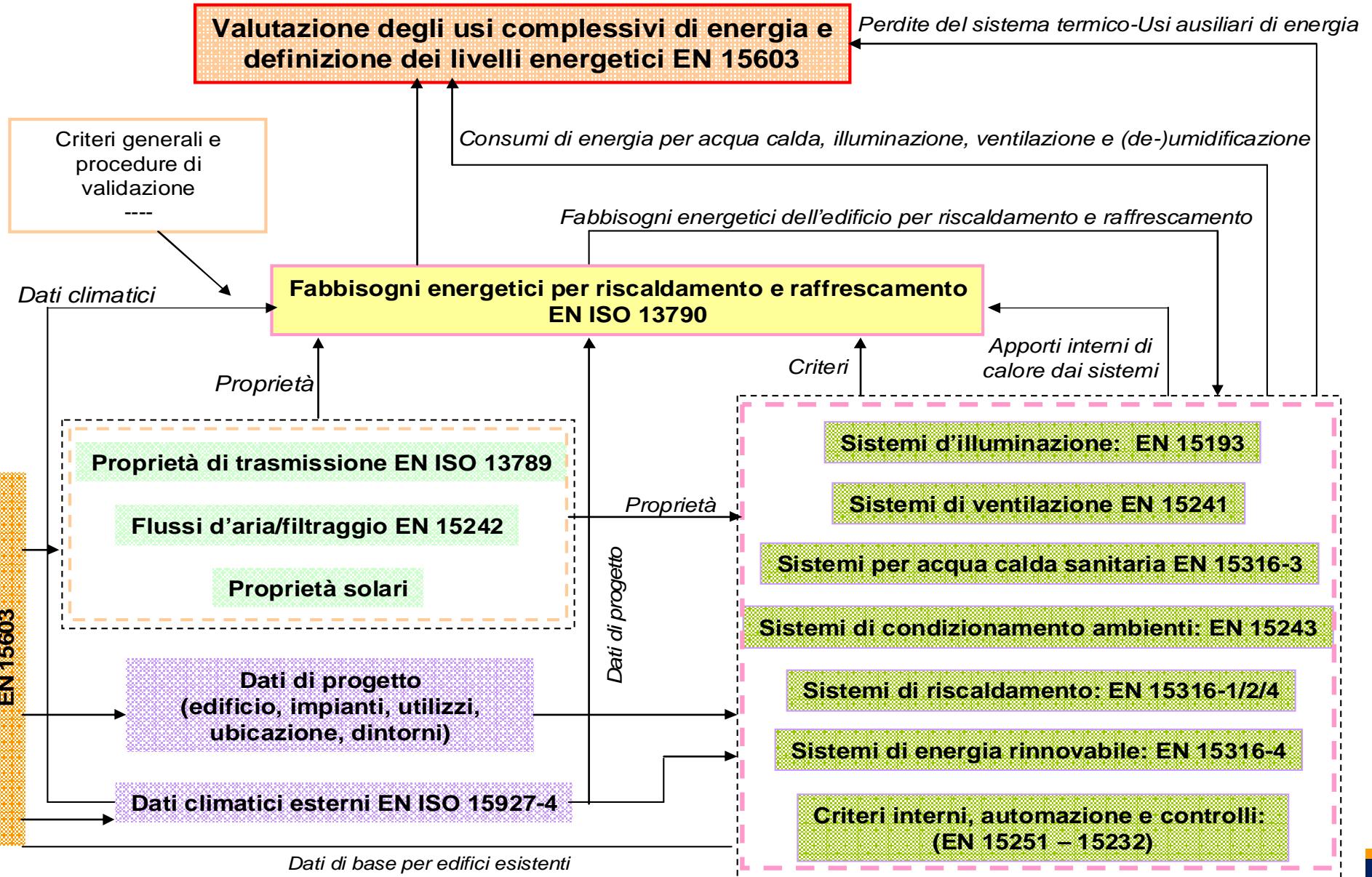


BILANCIO ENERGETICO: MODALITA' DI CALCOLO EUROPEO

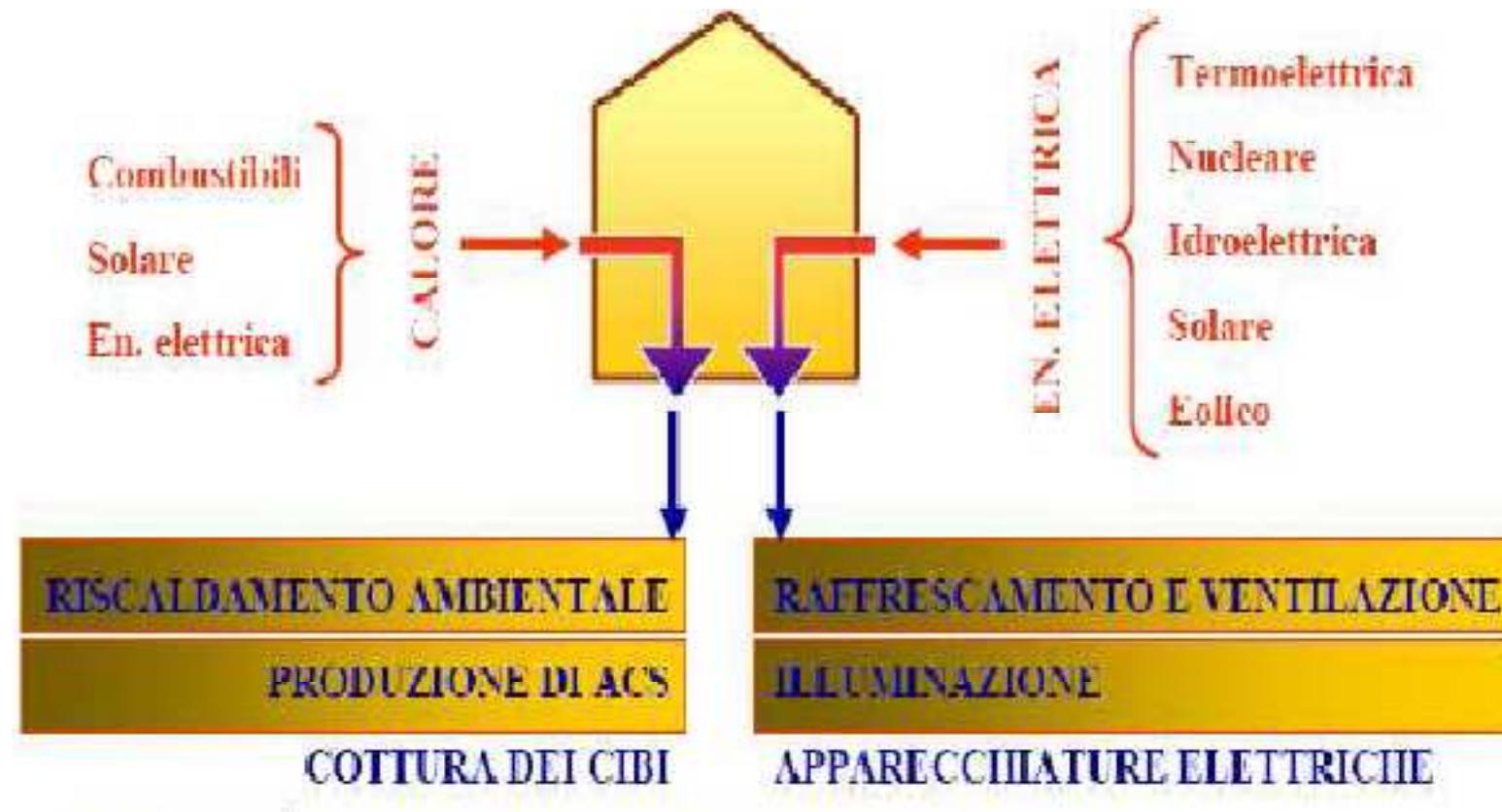
CEN UMBRELLA DOCUMENT



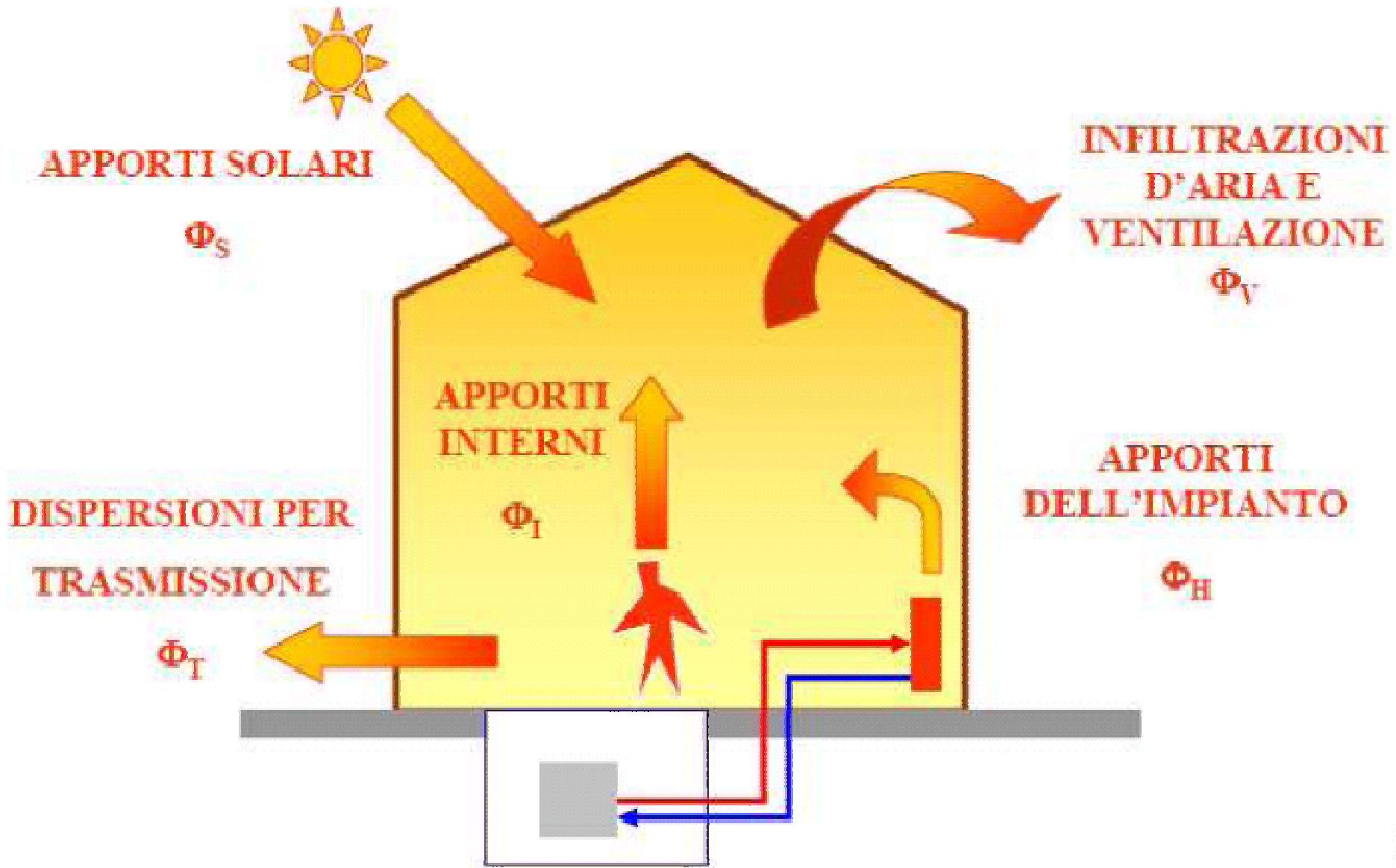
BILANCIO ENERGETICO: IL METODO E LE NORME EUROPEE



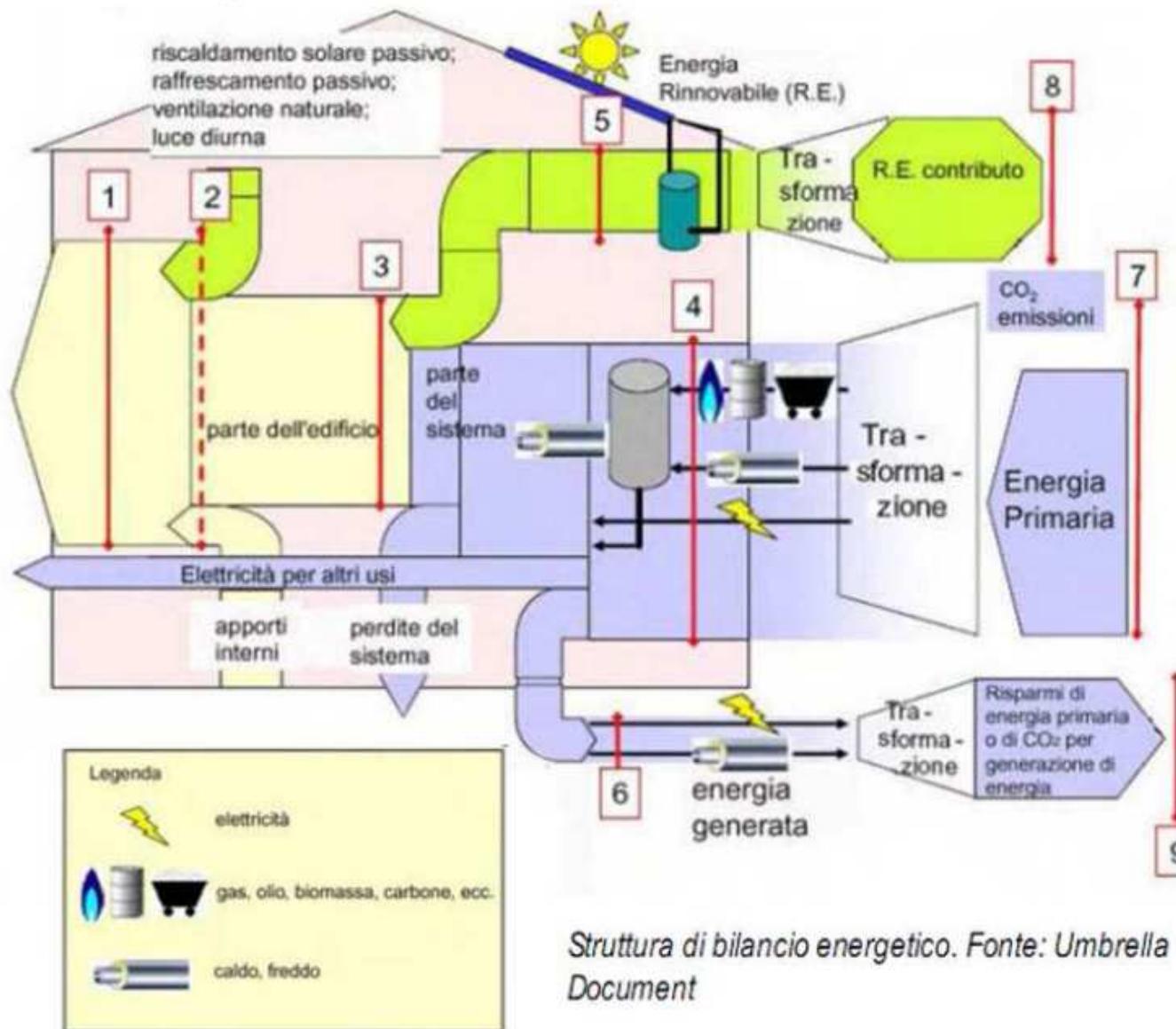
BILANCIO ENERGETICO: DEFINIZIONI



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

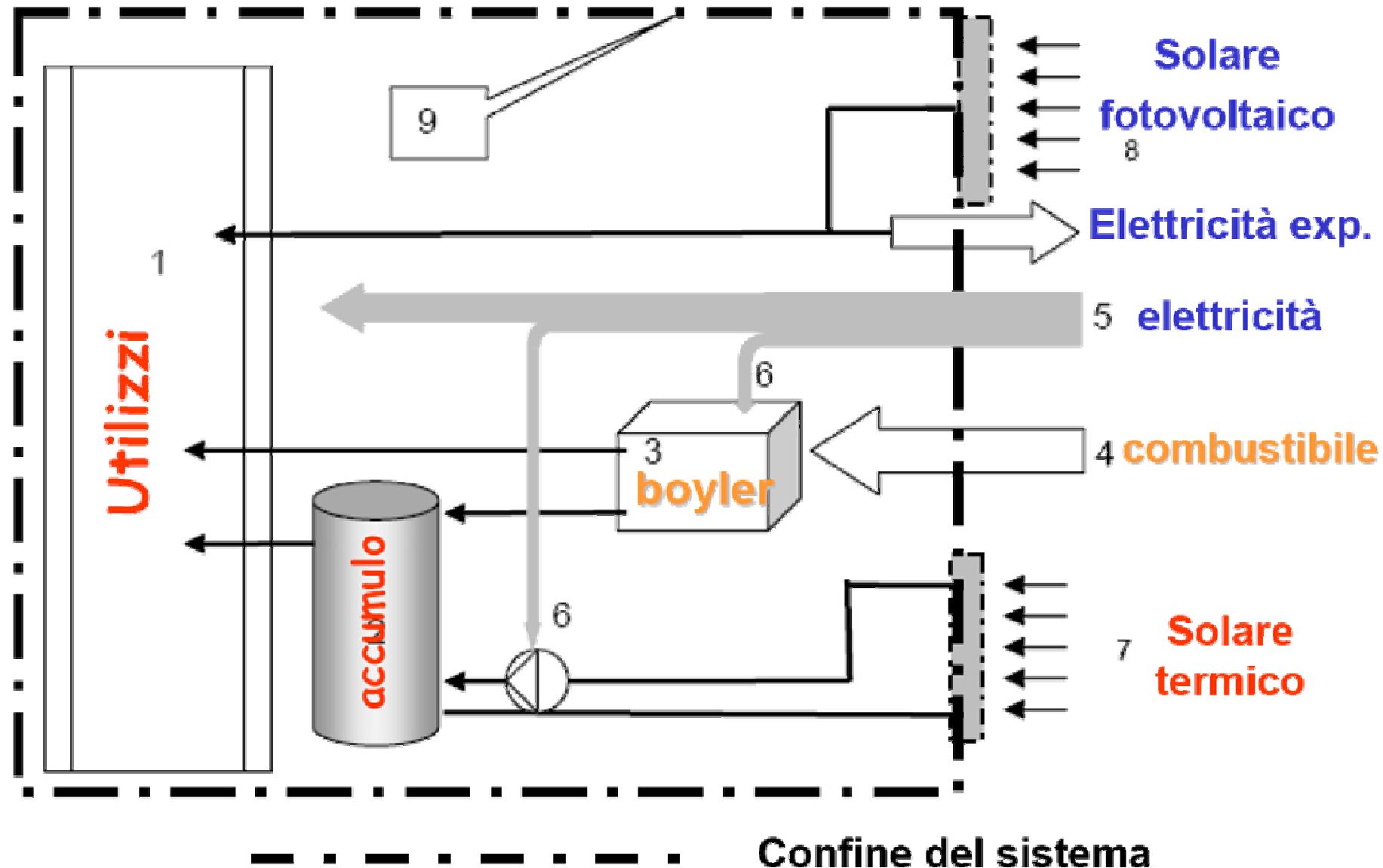
BILANCIO ENERGETICO DI UN EDIFICIO (punto di vista degli scambi edificio-impianto)

BILANCIO ENERGETICO: DEFINIZIONI

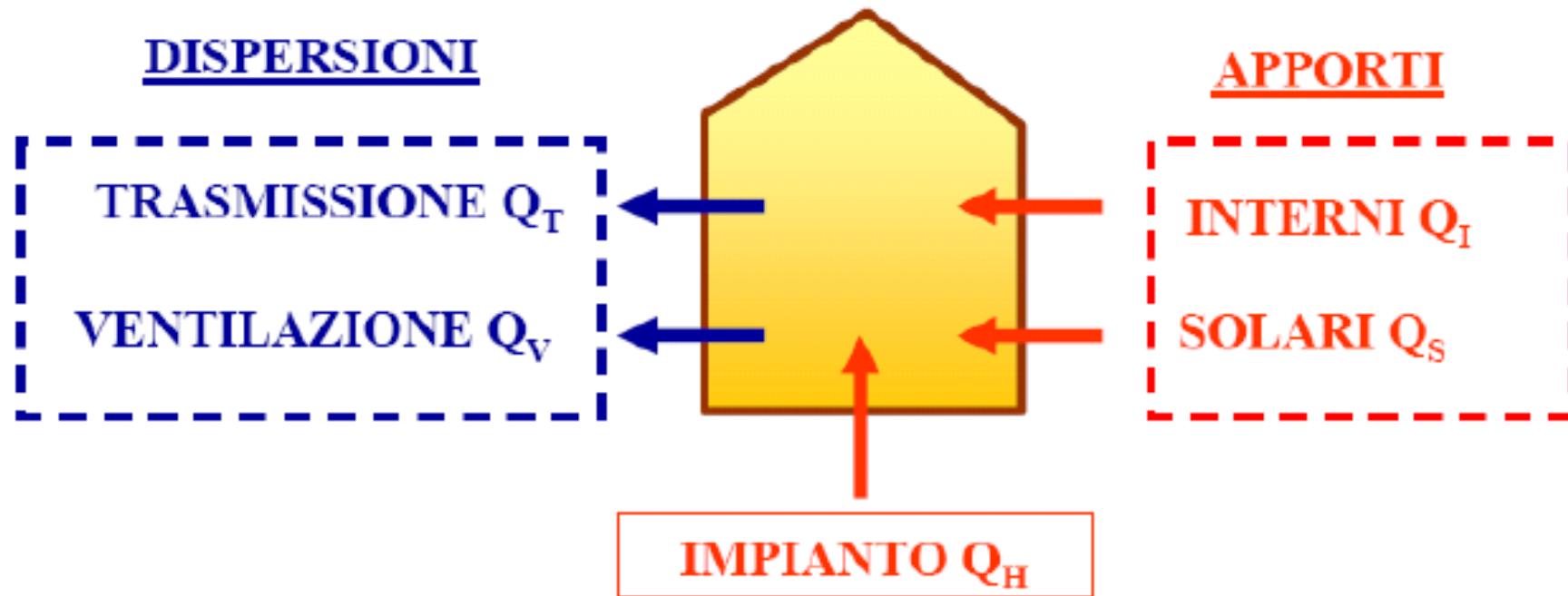


Bilancio energetico delle norme EPBD

ESEMPI DI FLUSSI ENERGETICI NEGLI EDIFICI



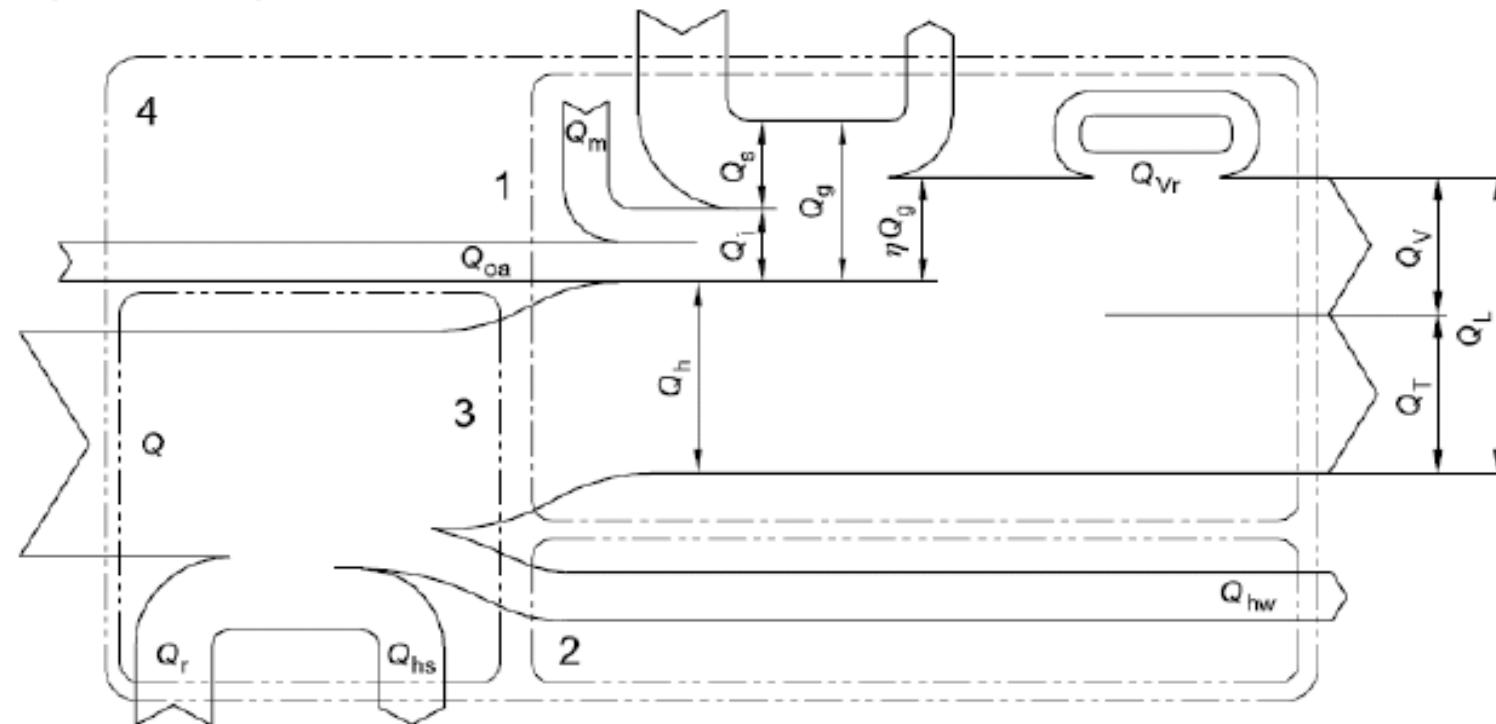
BILANCIO ENERGETICO DI UN EDIFICIO: FABBISOGNO DI CALORE



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

TERMINI DEL BILANCIO ENERGETICO

Q	Fabbisogno di energia per il riscaldamento	Q_{vr}	Recupero termico di ventilazione
Q_{ca}	Calore prodotto da altri apparecchi	Q_T	Dispersione termica per trasmissione
Q_r	Energia recuperata	Q_{hw}	Calore per la produzione di acqua calda sanitaria
Q_{hs}	Perdite dell'impianto di riscaldamento	Q_L	Dispersione termica totale
Q_m	Calore metabolico	1	Confine della zona riscaldata
Q_s	Apporti solari passivi	2	Confine dell'impianto di produzione d'acqua calda sanitaria
Q_i	Apporti interni	3	Confine dell'impianto di riscaldamento
Q_g	Apporti totali	4	Confine dell'edificio
ηQ_g	Apporti utili		
Q_h	Fabbisogno termico		
Q_v	Dispersione termica per ventilazione		



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 ECONOMICA DI UN INTERVENTO.

CALCOLO IN REGIME DI FUNZIONAMENTO INTERMITTENTE

DATI CLIMATICI REALI

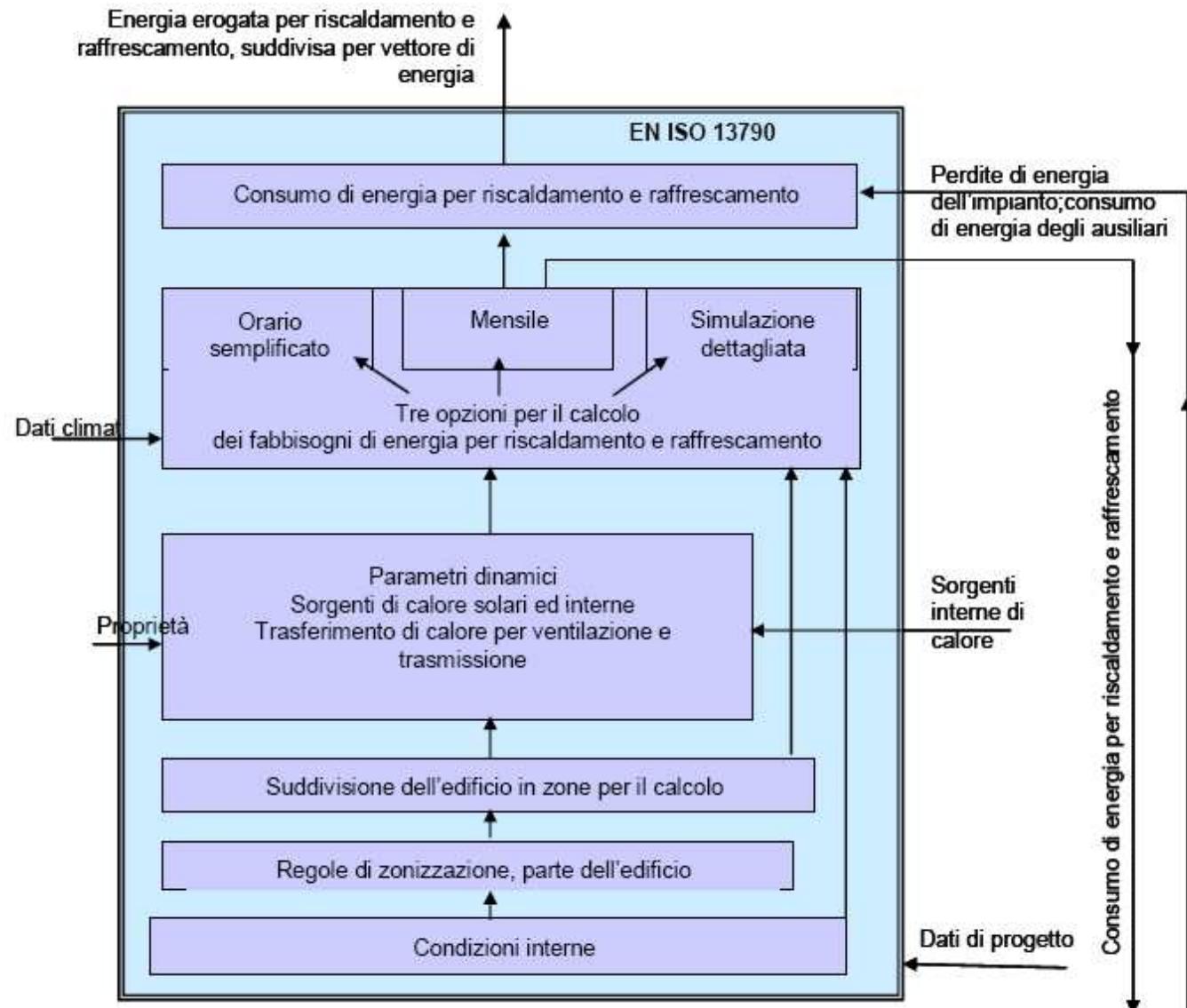
PERIODO DI RISCALDAMENTO (QUANDO INIZIA? E QUANDO FINISCE?)

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

RINNOVO D'ARIA REALE

PRESENZA DI ALTRE FONTI ENERGETICHE (CAMINETTO, STUFE)

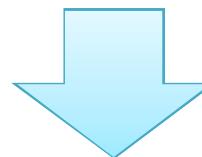
BILANCIO ENERGETICO: CALCOLO DEL FABBISOGNO NETTO DI ENERGIA



PERCHE' LE NORME UNI TS 11300

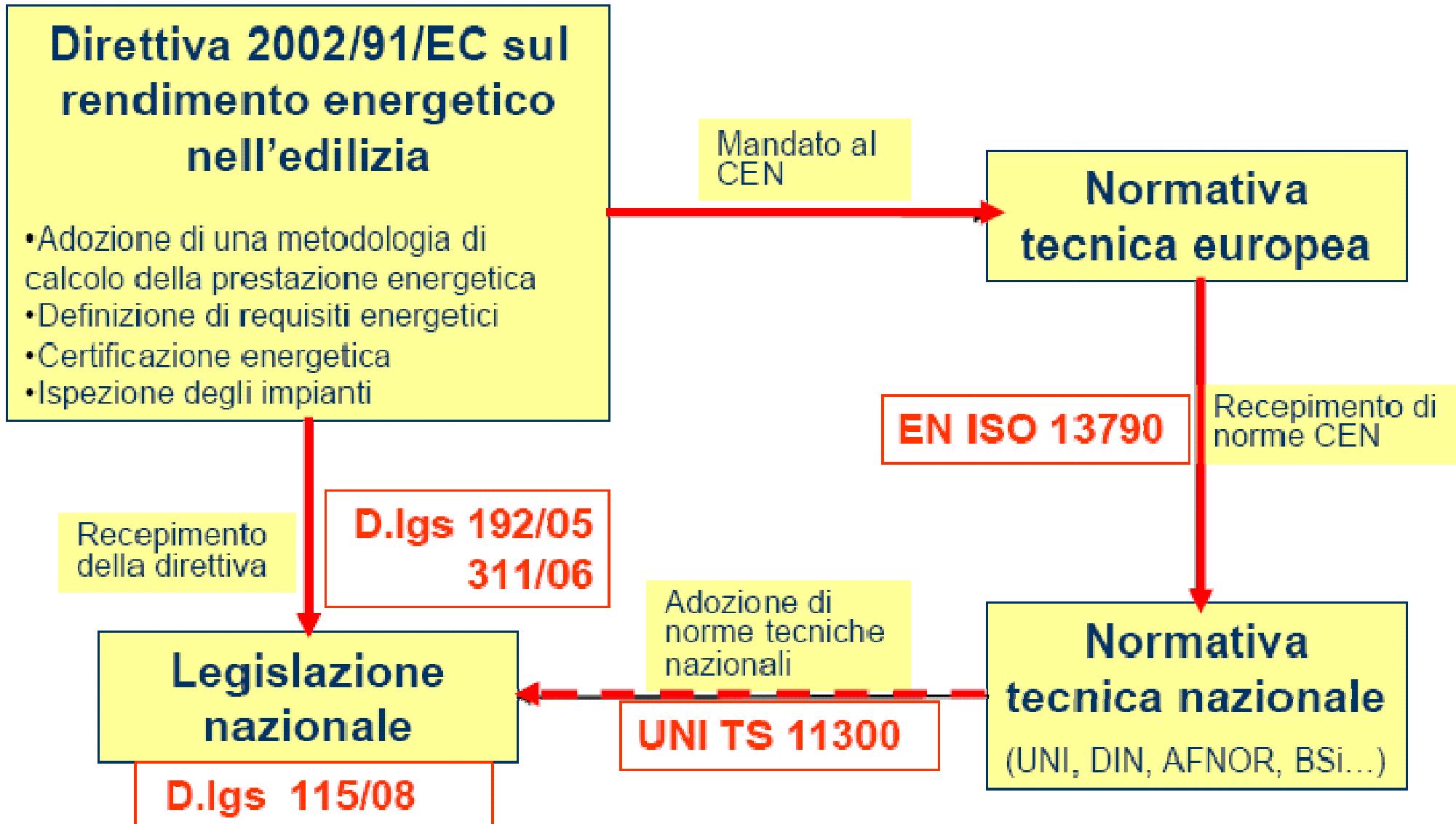
La determinazione delle prestazioni energetiche degli edifici richiede **metodi di calcolo** per:

- 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

LEGISLAZIONE E NORMATIVA TECNICA



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

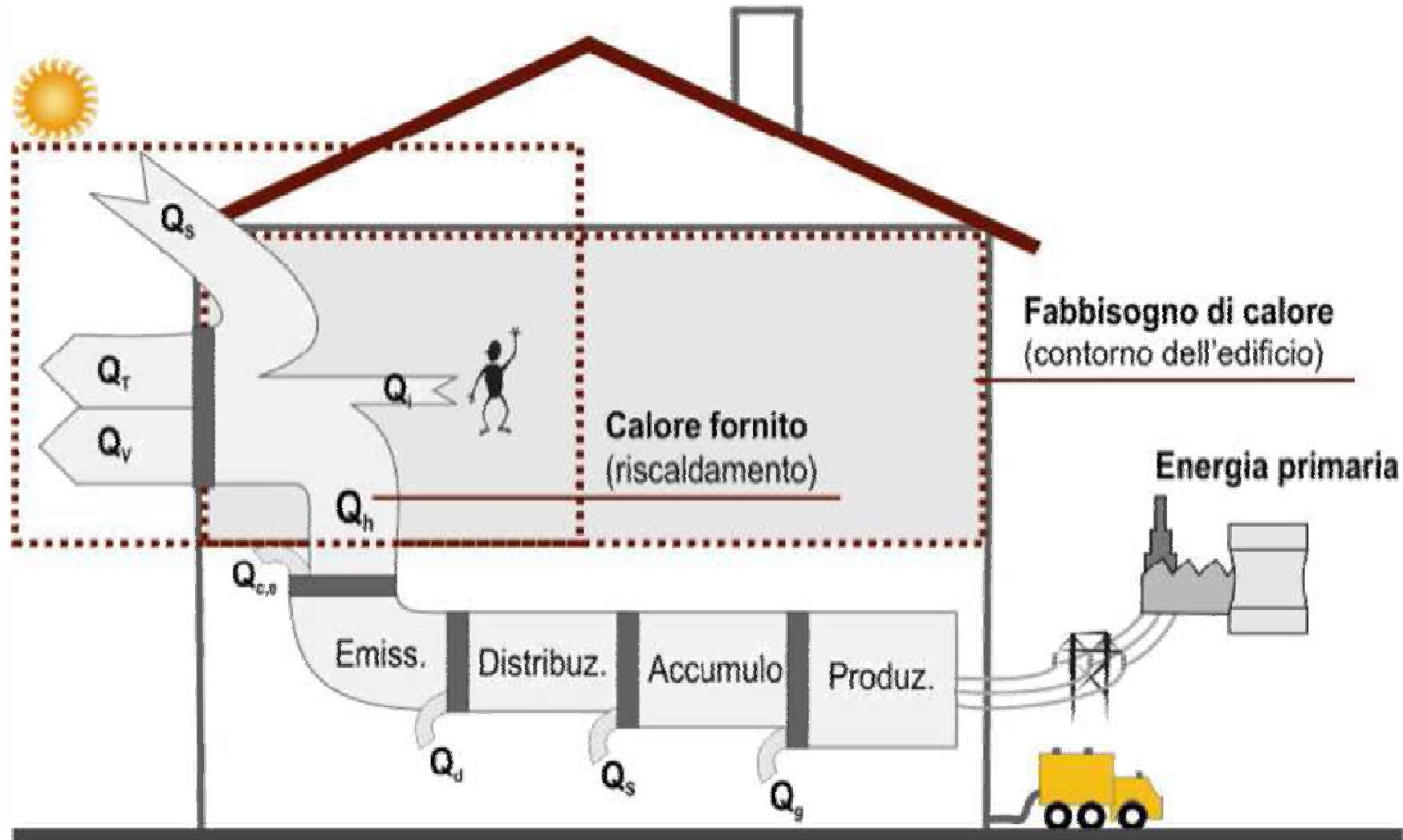
A COSA SERVONO LE UNI TS 11300

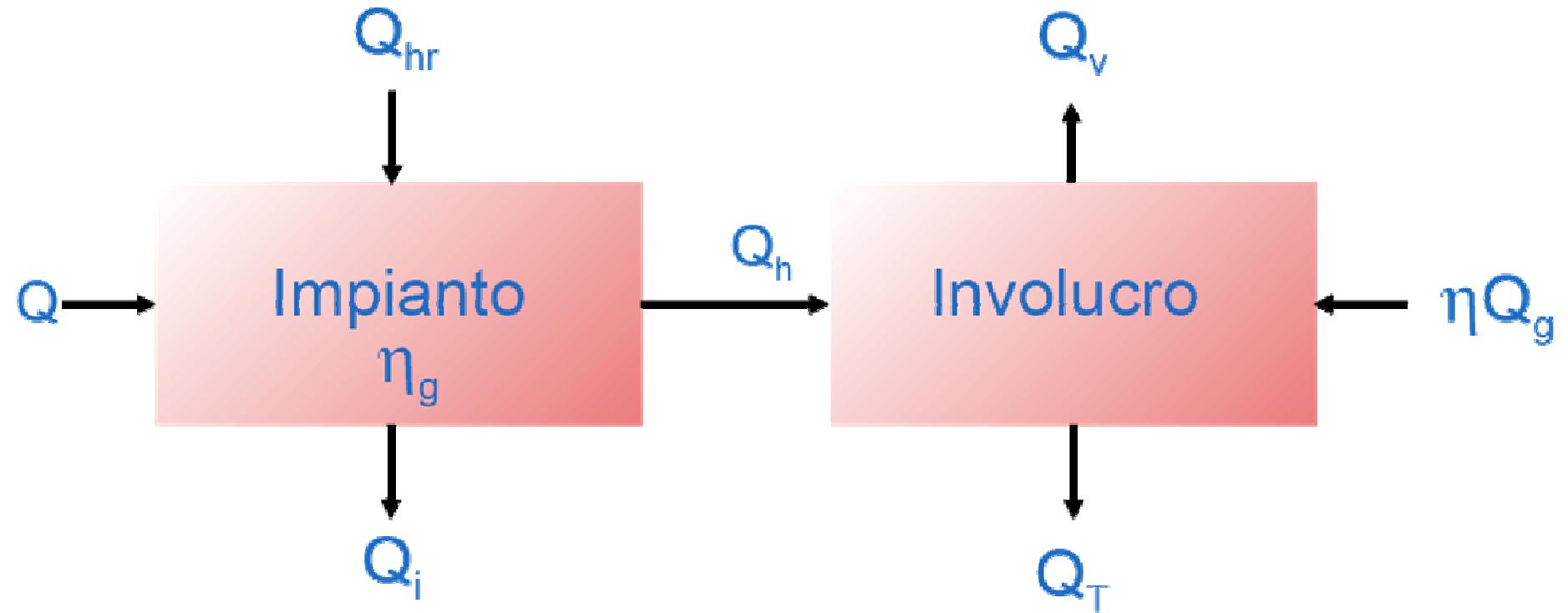
La Specifica Tecnica (TS) consente la riproducibilità e **confrontabilità** dei risultati per ottemperare alle condizioni richieste dal D.lgs 115/2008 e dal DPR 6 Marzo 2009.



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.

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

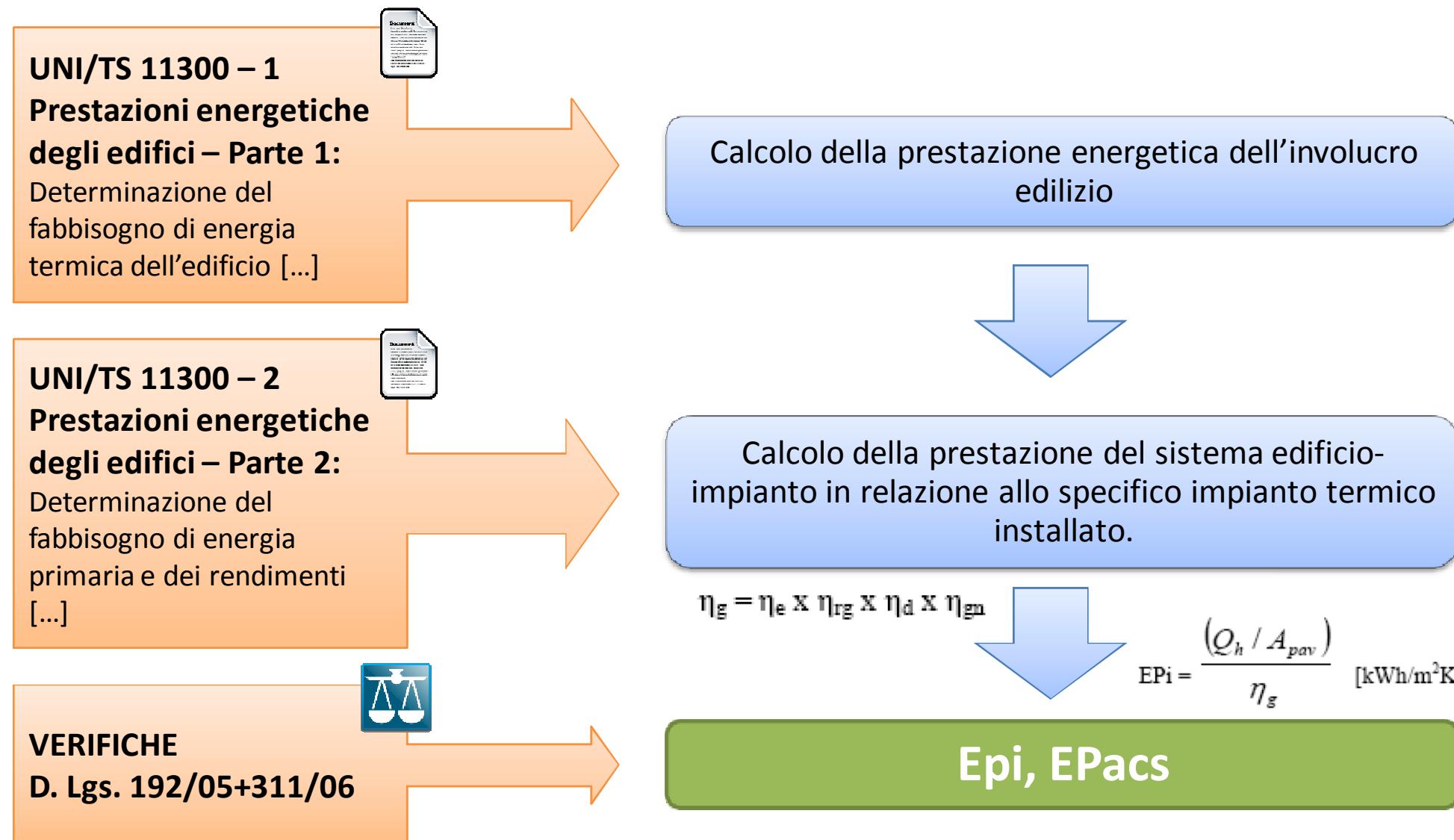


BILANCIO ENERGETICO DEL SISTEMA EDIFICIO – IMPIANTO SECONDO LE UNI TS 11300

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

$$Q = Q_h / \eta_g$$

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



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.

Attualmente utilizzati per la Certificazione energetica

$$\text{EPgl} = \text{EPI} + \text{EPacs} + \text{EPE} + \text{EPill}$$

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**

GLI OBBLIGHI DI LEGGE

Occorre verificare :

$EP = Qp/\text{Sup. utile} (\text{kWh}/\text{m}^2\text{anno})$

- il **RENDIMENTO DI IMPIANTO STAGIONALE η_g**
- l'**INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA EP**
(nuove costruzioni e assimilate)

Qp = fabbisogno d'energia primaria

- soddisfare il 50% di Q_w (**fabbisogno energia per ACS**)
con il solare termico
- installare 1 kWp di **solare fotovoltaico (rinviato al 2011)**

GLI OBBLIGHI DI LEGGE



Valori limite, applicabili dal 1 gennaio 2010, dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale espresso in kWh/m² anno (edifici residenziali)

Rapporto di forma dell'edificio S/V	Zona climatica									
	A	B		C		D		E		F
fino a 600 GG	a 601 GG	a 900 GG	a 901 GG	a 1400 GG	a 1401 GG	a 2100 GG	a 2101 GG	a 3000 GG	oltre 3000 GG	
$\leq 0,2$	8,5	8,5	12,8	12,8	21,3	21,3	34	34	46,8	46,8
$\geq 0,9$	36	36	48	48	68	68	88	88	116	116



Valori limite, applicabili dal 1 gennaio 2010, dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale espresso in kWh/m³ anno (altri edifici)

Rapporto di forma dell'edificio S/V	Zona climatica									
	A	B		C		D		E		F
fino a 600 GG	a 601 GG	a 900 GG	a 901 GG	a 1400 GG	a 1401 GG	a 2100 GG	a 2101 GG	a 3000 GG	oltre 3000 GG	
$\leq 0,2$	2,0	2,0	3,6	3,6	6	6	9,6	9,6	12,7	12,7
$\geq 0,9$	8,2	8,2	12,8	12,8	17,3	17,3	22,5	22,5	31	31

GRADI GIORNO E ZONA CLIMATICA

I gradi Giorno rappresentano la sommatoria delle differenze tra temperatura esterna media giornaliera e i 20°C di temperatura di progetto interna, estesa per tutto il periodo di riscaldamento.

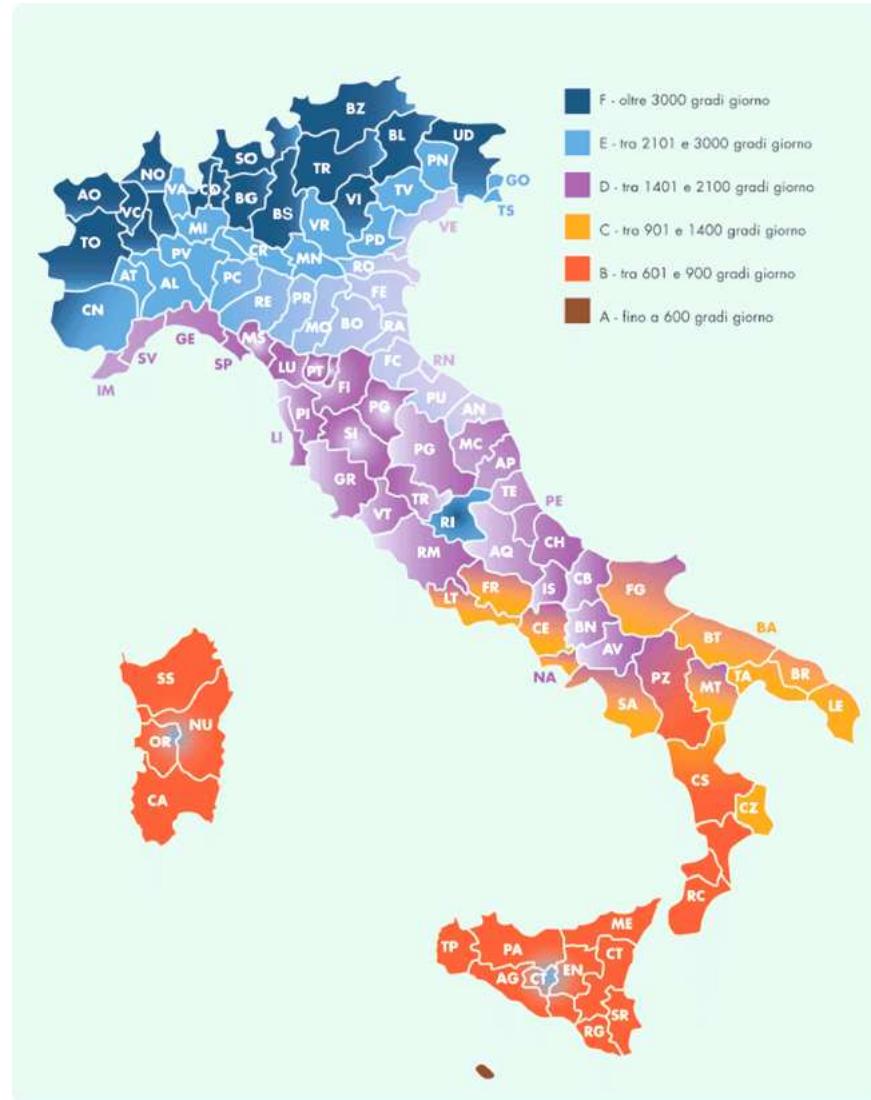
Es. 15 ottobre: $T_e = 10^{\circ}\text{C}$;

$$T_i^* = 20^{\circ}\text{C}$$

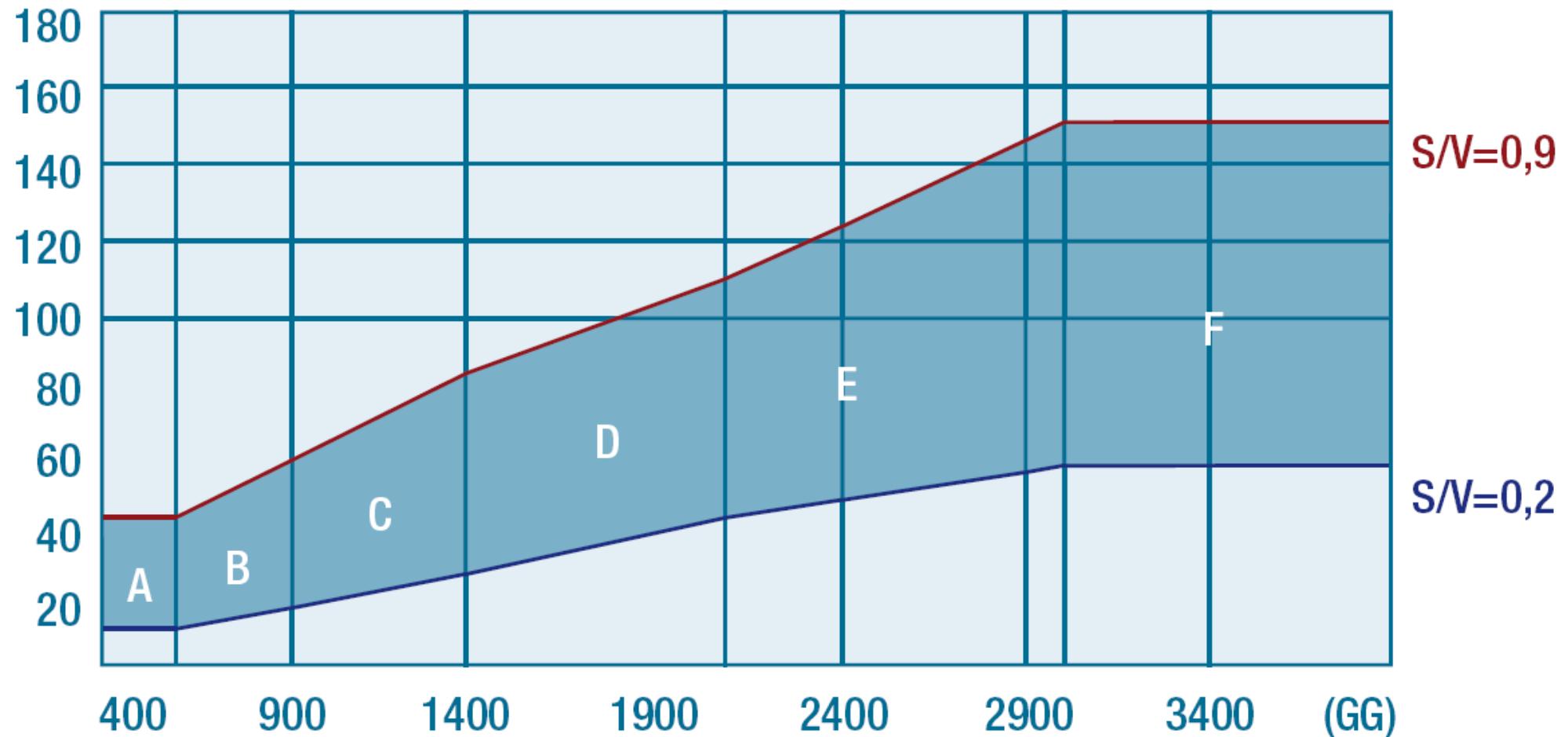
$$GG = 20 - 10 = 10$$

**ROMA 1415
GG**

Zone climatiche, dipendente dai gradi-giorno						
Zona	Non inferiore a GG	Non superiore a GG	Numero ore giorno	Periodo anno	Numero giorni	Numero comuni d'Italia
A		600	6	1/12-15/3	105	2
B	600	1700	8	1/12-31/3	121	157
C	900	1400	10	15/11-31/3	136	989
D	1400	2100	12	1/11-15/4	166	1611
E	2100	3000	14	15/10-15/4	183	4271
F	3000		Fino a 18	sempre	365	1071



Rappresentazione grafica **dell'indice di prestazione energetica** per la climatizzazione invernale espresso in kWh/m² anno (edifici residenziali)

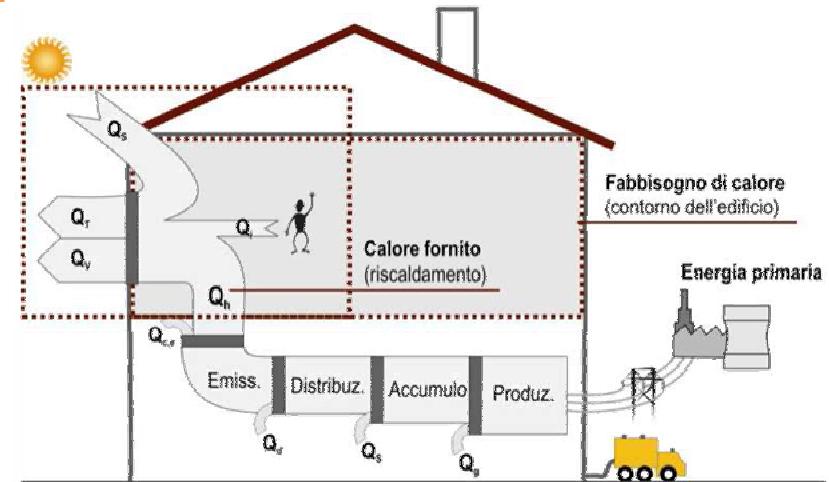


BILANCIO ENERGETICO DEL SISTEMA EDIFICIO - IMPIANTO

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

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 $f_p = 1$ eguale a Q_d)

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



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



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:

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

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



BILANCIO ENERGETICO DEL SISTEMA EDIFICO - IMPIANTO

Valori limite EPe per la climatizzazione estiva

a) per gli edifici residenziali di cui alla classe E1, esclusi collegi, conventi, case di pena e caserme, si applicano i seguenti valori limite:

- 1) 40 kWh/m² anno nelle zone climatiche A e B;**
- 2) 30 kWh/m² anno nelle zone climatiche C, D, E, e F.**

b) per tutti gli altri edifici si applicano i seguenti valori limite:

- 1) 14 kWh/m³ anno nelle zone climatiche A e B;**
- 2) 10 kWh/m³ anno nelle zone climatiche C, D, E, e F.**

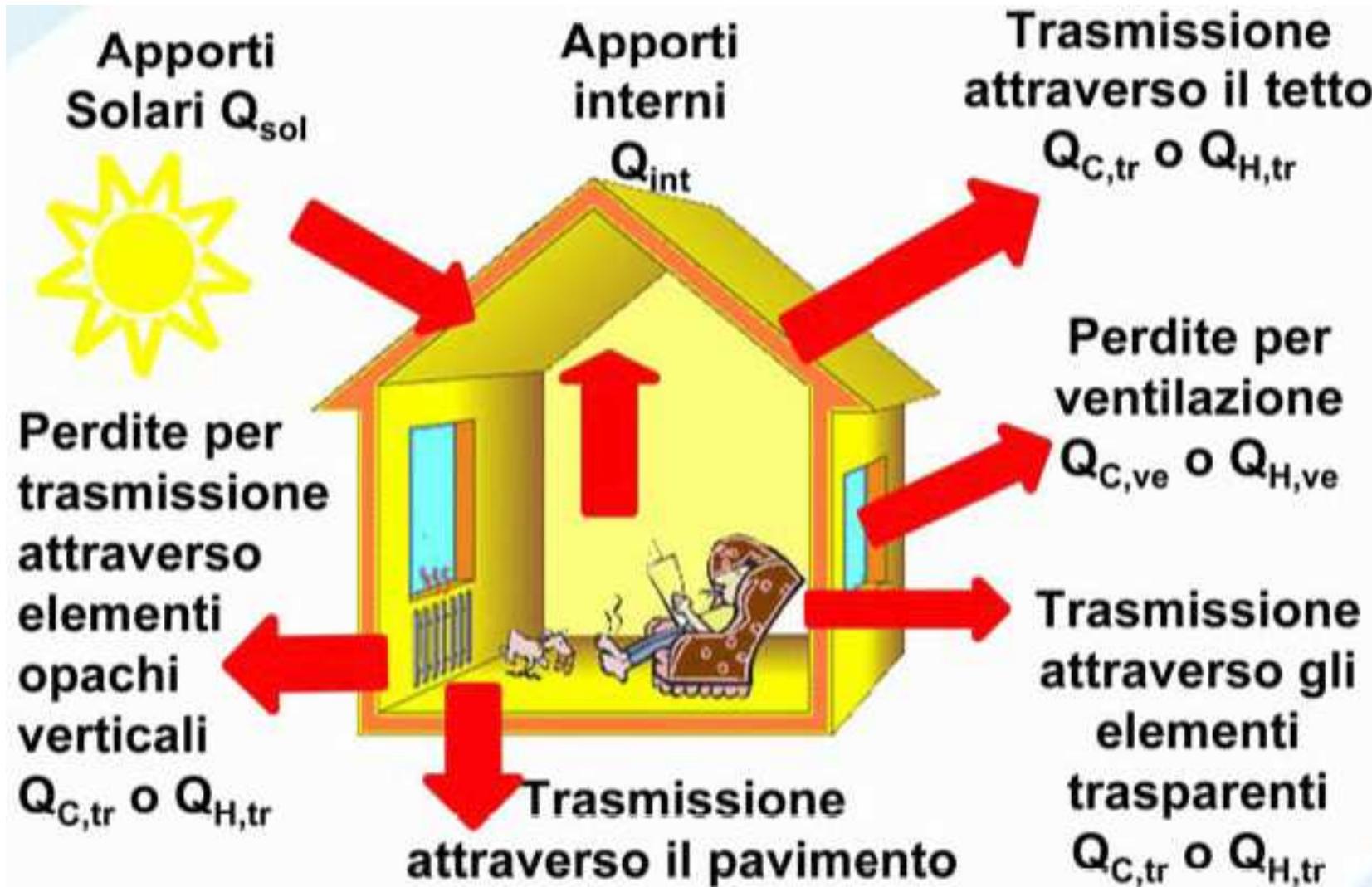
UNI TS 11300 Parte 1

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

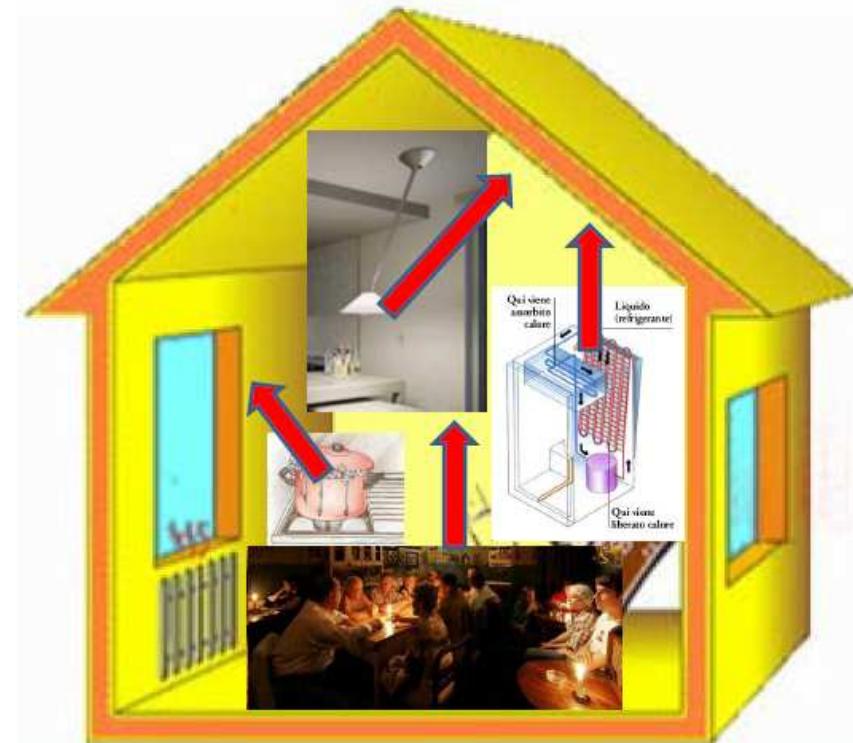
CALCOLO DEL FABBISOGNO DI ENERGIA NETTO SECONDO UNI TS 11300-1



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



Gli apporti positivi
Apporti gratuiti interni



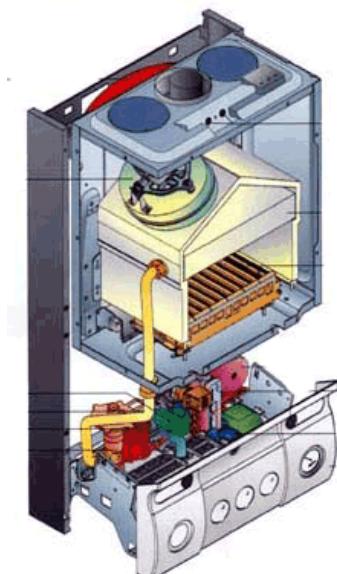
DEFINIZIONI DI EDIFICO E IMPIANTO SECONDO D.LGS 192/05 + 311/06



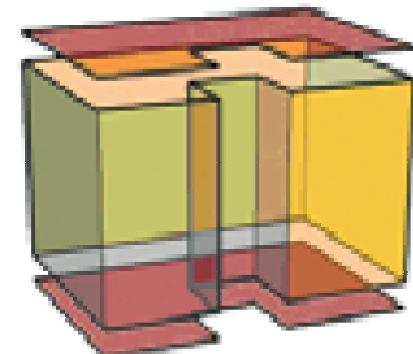
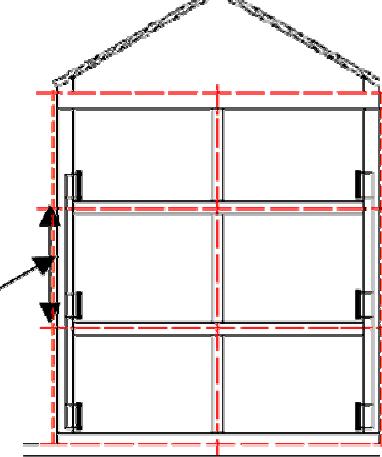
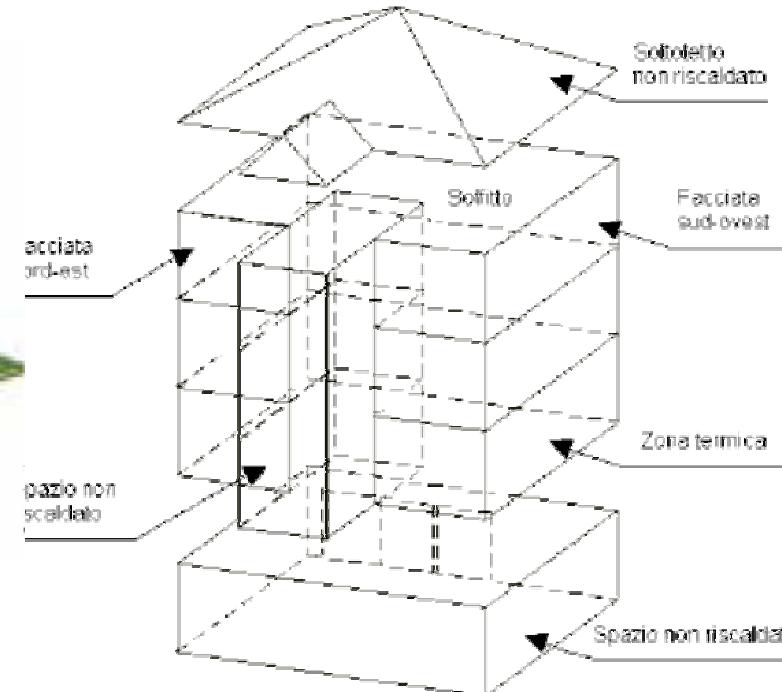
Edificio è un sistema costituito dalle strutture edilizie esterne che delimitano uno spazio di volume definito, dalle strutture interne che ripartiscono detto volume e da tutti gli impianti e dispositivi tecnologici che si trovano stabilmente al suo interno; la superficie esterna che delimita un edificio 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



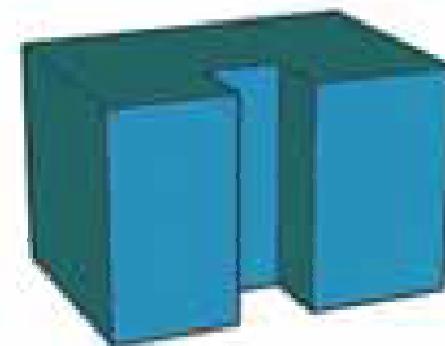
Impianto termico è un impianto tecnologico destinato alla climatizzazione estiva ed invernale degli ambienti con o senza produzione di acqua calda per usi igienici e sanitari o alla sola produzione centralizzata di acqua calda per gli stessi usi, comprendente eventuali sistemi di produzione, distribuzione 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;



EDIFICIO, SUPERFICI, VOLUMI



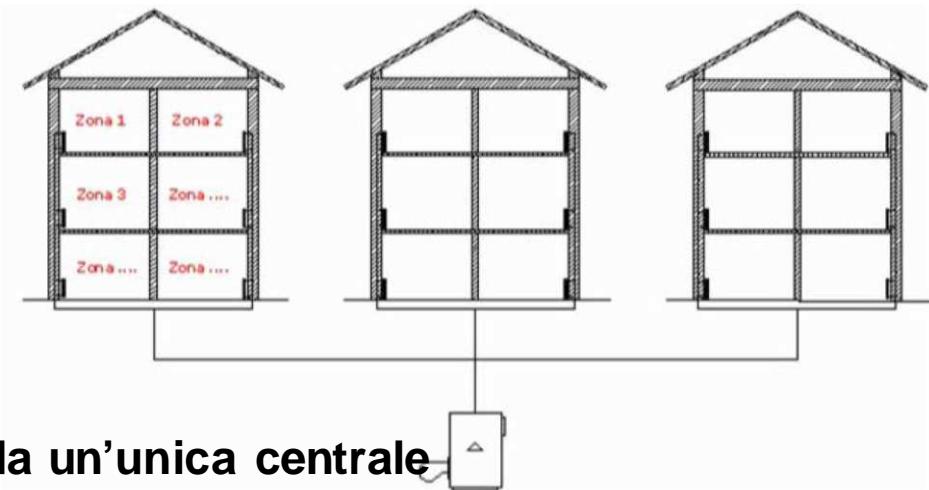
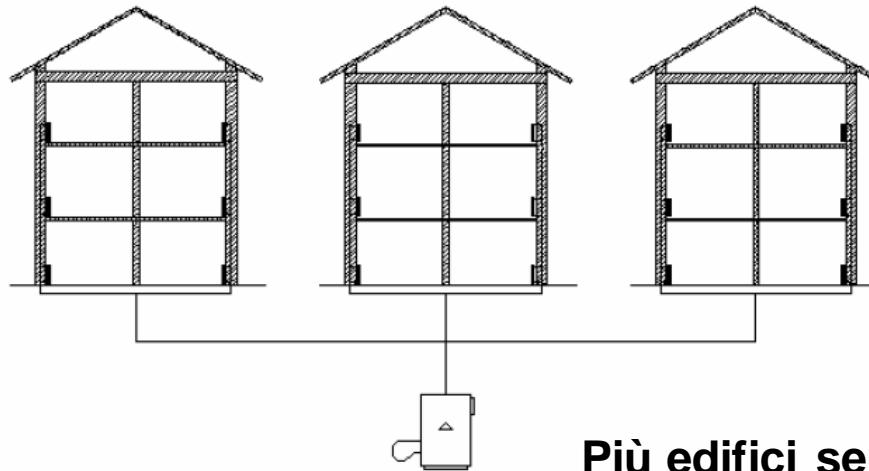
Superfici disperdenti (S)



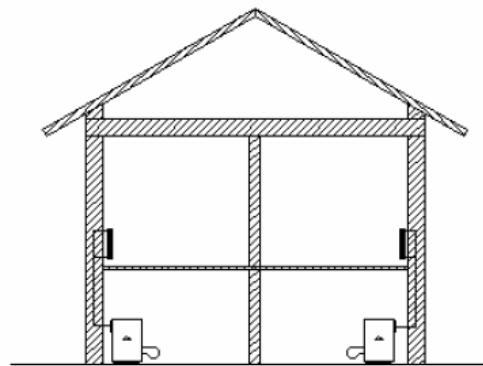
Volumi scaldati (V)

RELAZIONI TRA IMPIANTO, EDIFICO E ZONE TERMICHE SECONDO UNI TS11300-1

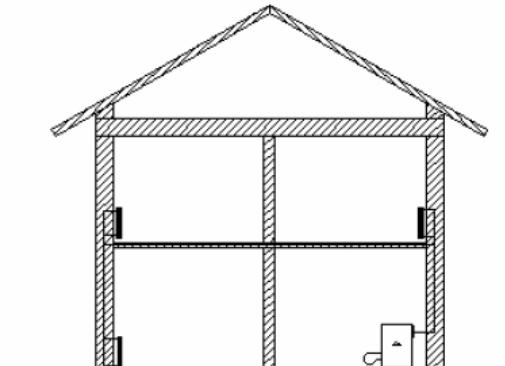
(determinazione dei fabbisogni termici invernali / estivi)



Più edifici serviti da un'unica centrale



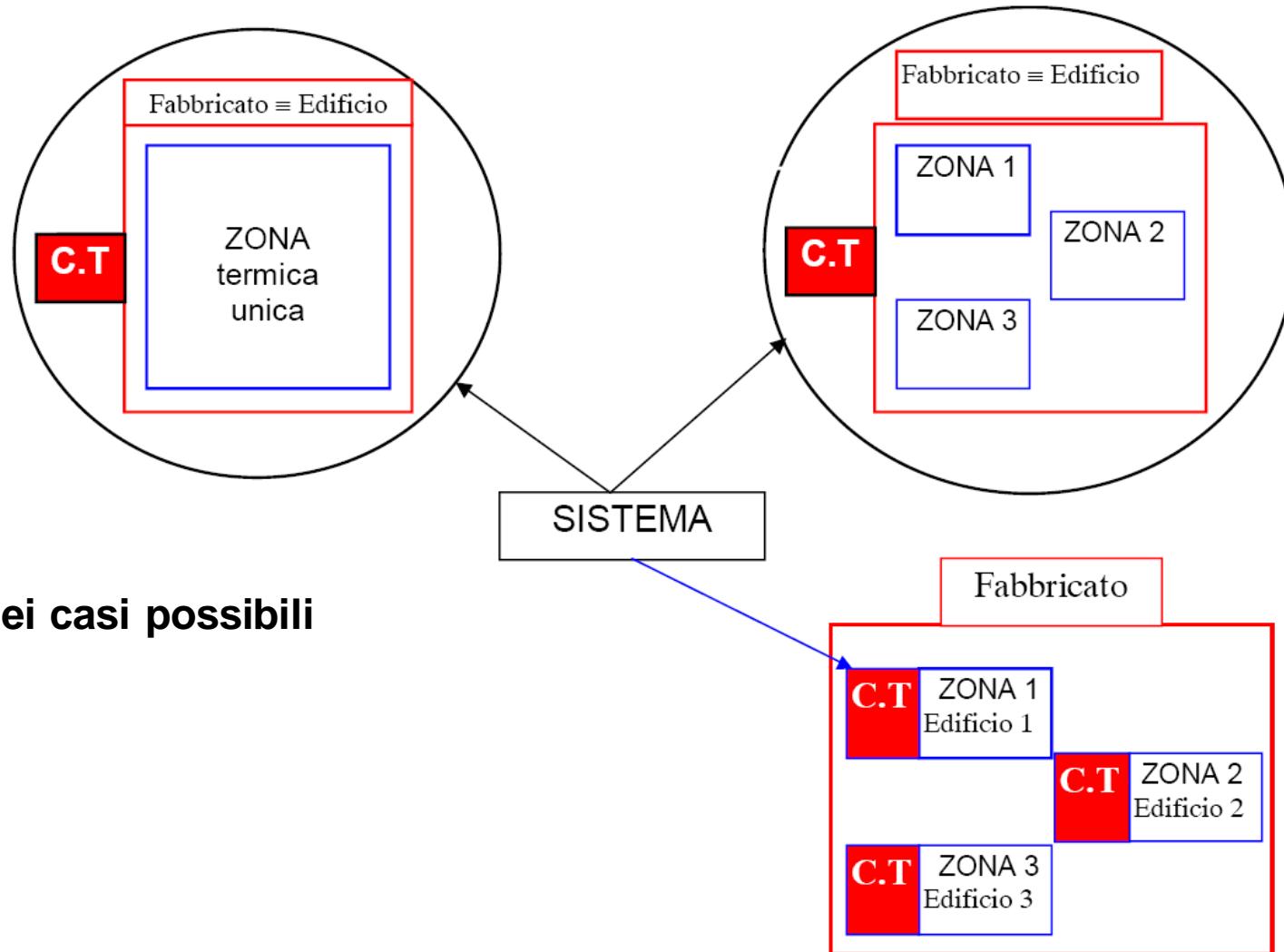
Porzione di edificio con
impianto termico autonomo



Edificio servito da
un'unica centrale

RELAZIONI TRA IMPIANTO, EDIFICO E ZONE TERMICHE SECONDO UNI TS11300-1

(determinazione dei fabbisogni termici invernali / estivi)



Sintesi dei casi possibili

UNI TS 11300 Parte 1 – Periodo di esercizio degli impianti termici

Art. 9 – (DPR 412/93)

(Limiti di esercizio degli impianti termici)

1. Gli impianti termici destinati alla climatizzazione invernale degli ambienti devono essere condotti in modo che, durante il loro funzionamento, non vengano superati i valori massimi di temperatura fissati dall'articolo 4 del presente decreto.
2. L'esercizio degli impianti termici è consentito con i seguenti limiti massimi relativi al periodo annuale di esercizio dell'impianto termico ed alla durata giornaliera di attivazione:

Zona A: ore 6 giornaliere dal 1° dicembre al 15 marzo;

Zona B: ore 8 giornaliere dal 1° dicembre al 31 marzo;

Zona C: ore 10 giornaliere dal 15 novembre al 31 marzo;

Zona D: ore 12 giornaliere dal 1° novembre al 15 aprile;

Zona E: ore 14 giornaliere dal 15 ottobre al 15 aprile;

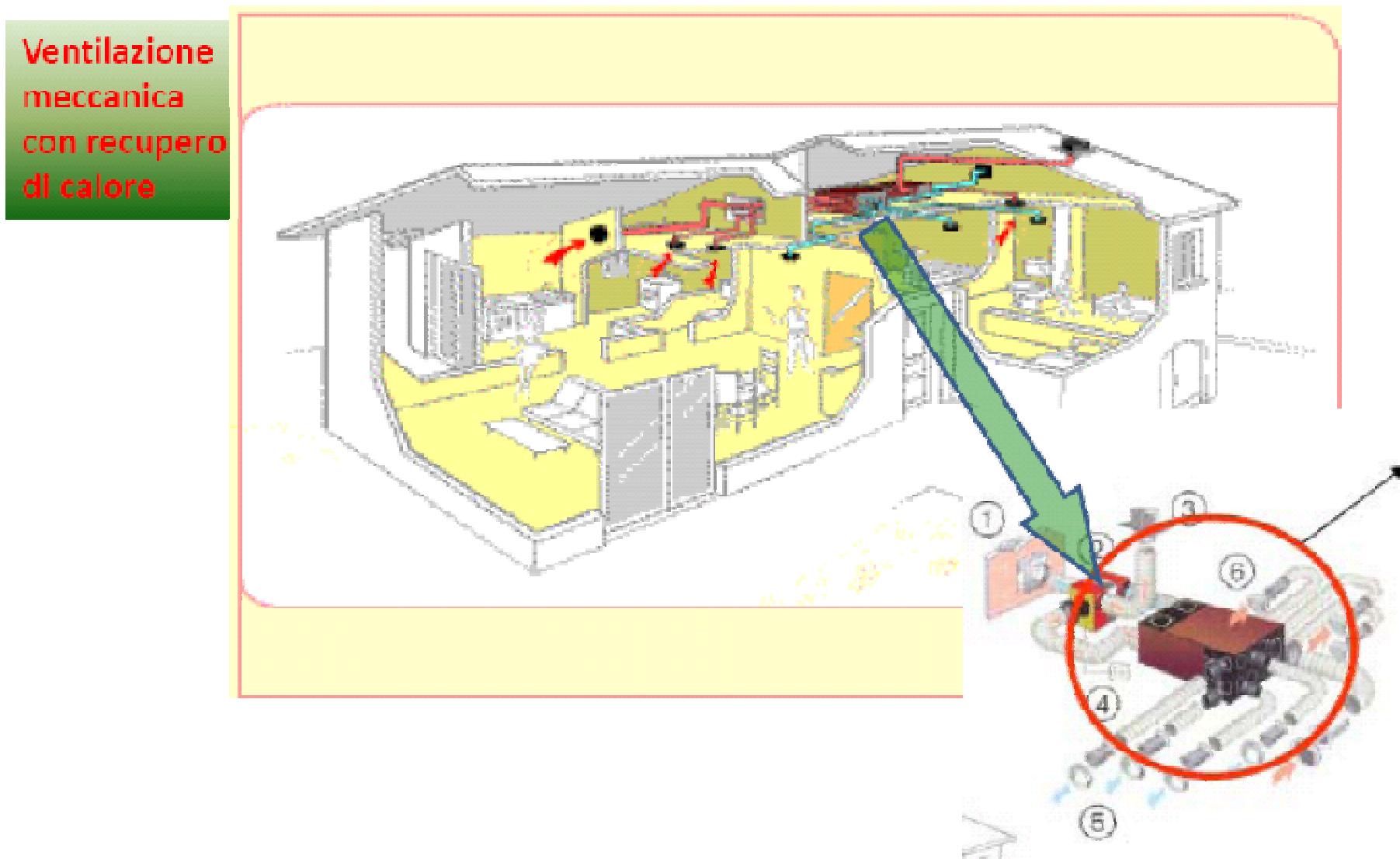
Zona F: nessuna limitazione

UNI TS 11300 Parte 1 – Periodo di esercizio degli impianti termici

Prospetto 3 — Durata della stagione di riscaldamento in funzione della zona climatica

Zona climatica	Inizio	Fine
A	1° dicembre	15 marzo
B	1° dicembre	31 marzo
C	15 novembre	31 marzo
D	1° novembre	15 aprile
E	15 ottobre	15 aprile
F	5 ottobre	22 aprile

UNI TS 11300 Parte 1 – Ventilazione Meccanica (Controllata)



RISPARMIO ENERGETICO NEI SISTEMI VMC: IL RECUPERO DI CALORE



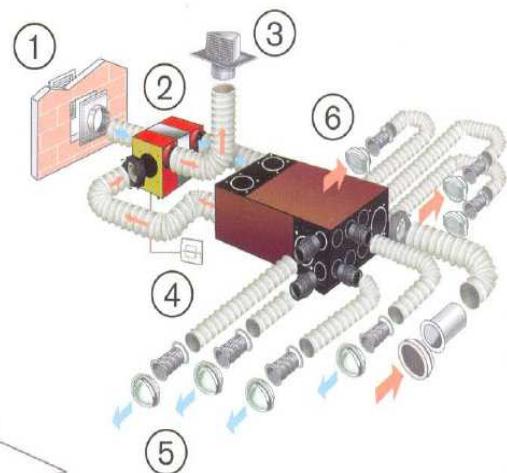
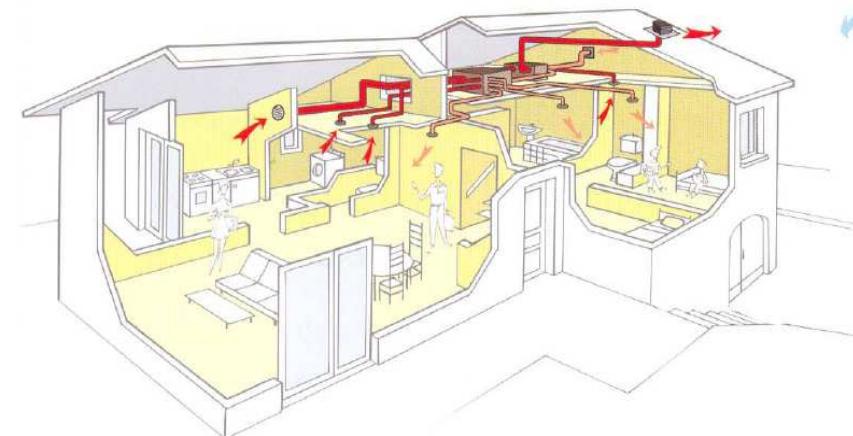
Principio del doppio flusso.

Il rinnovo dell'aria viene assicurato meccanicamente dall'immissione di aria nuova nelle camere da letto e sala da pranzo mentre l'estrazione dell'aria è prevista nei bagni e in cucina, tutto ciò collegato da canalizzazioni e terminali.

Lo scambiatore di calore permette un recupero del 90% delle calorie prodotte dall'aria espulsa per riscaldare l'aria nuova.

Sistema di VMC a doppio flusso con recupero di energia

La VMC a doppio flusso con recupero di calore, permette un'aerazione costante controllando i volumi d'aria di rinnovo con il sistema autoregolabile. Consigliato nelle case a basso consumo energetico e per le zone climatiche fredde.



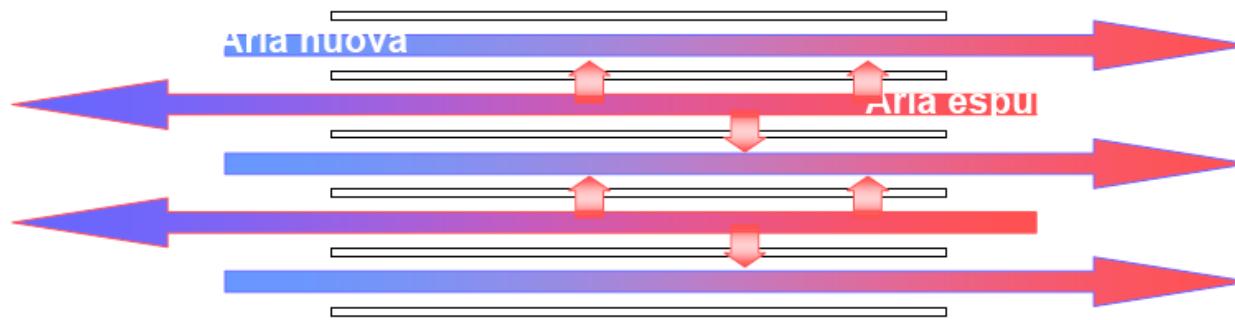
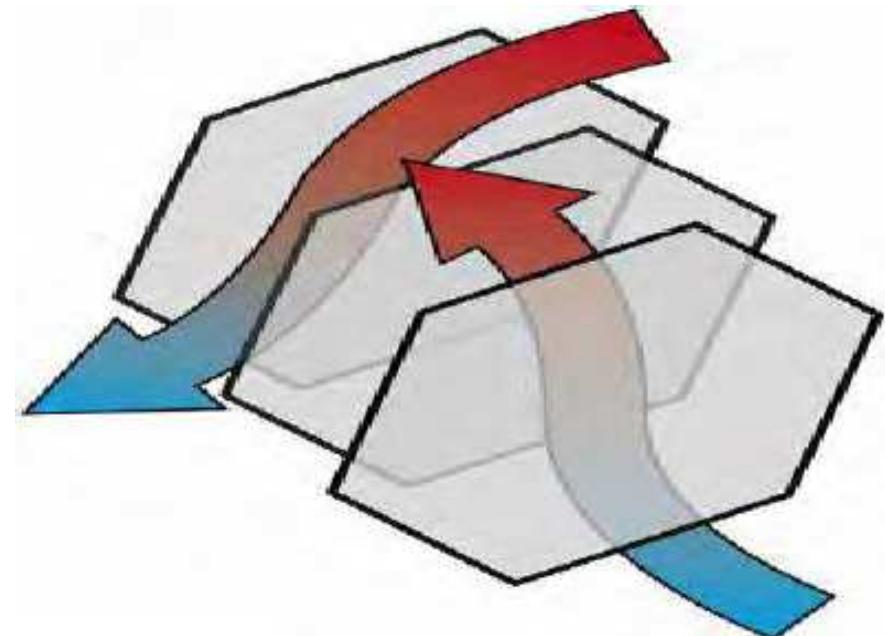
- 1 - Presa d'aria esterna + filtro
- 2 - Motoventilatore di Estrazione - Immissione
- 3 - Espulsione a tetto
- 4 - Scambiatore di calore
- 5 - Terminali d'immissione aria nuova
- 6 - Terminali di estrazione

PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO DEL RECUPERATORE DI CALORE

Le placche che separano i due flussi, dell'aria nuova e di quella espulsa non si mescolano mai.

Lo scambio di calore è possibile per trasmissione di calore attraverso la superficie delle placche del recuperatore.

Il recuperatore di calore statico è costituito da un pacco impilato, due piastre in alluminio o in plastica

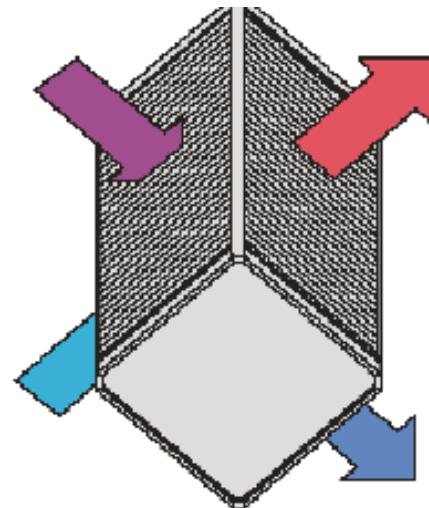


PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO DEL RECUPERATORE DI CALORE

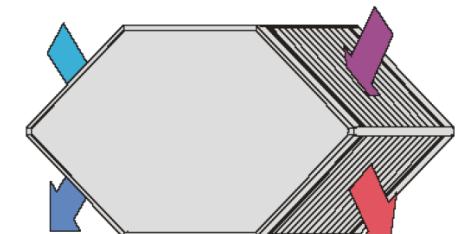
Tipologie di scambiatori

Esistono diversi tipi di recuperatori :

- scambiatori a flussi incrociati, efficacia max ~ 50 - 60%
- scambiatori in contro corrente, od a flussi opposti, efficacia > %



Scambiatore a flusso incrociato

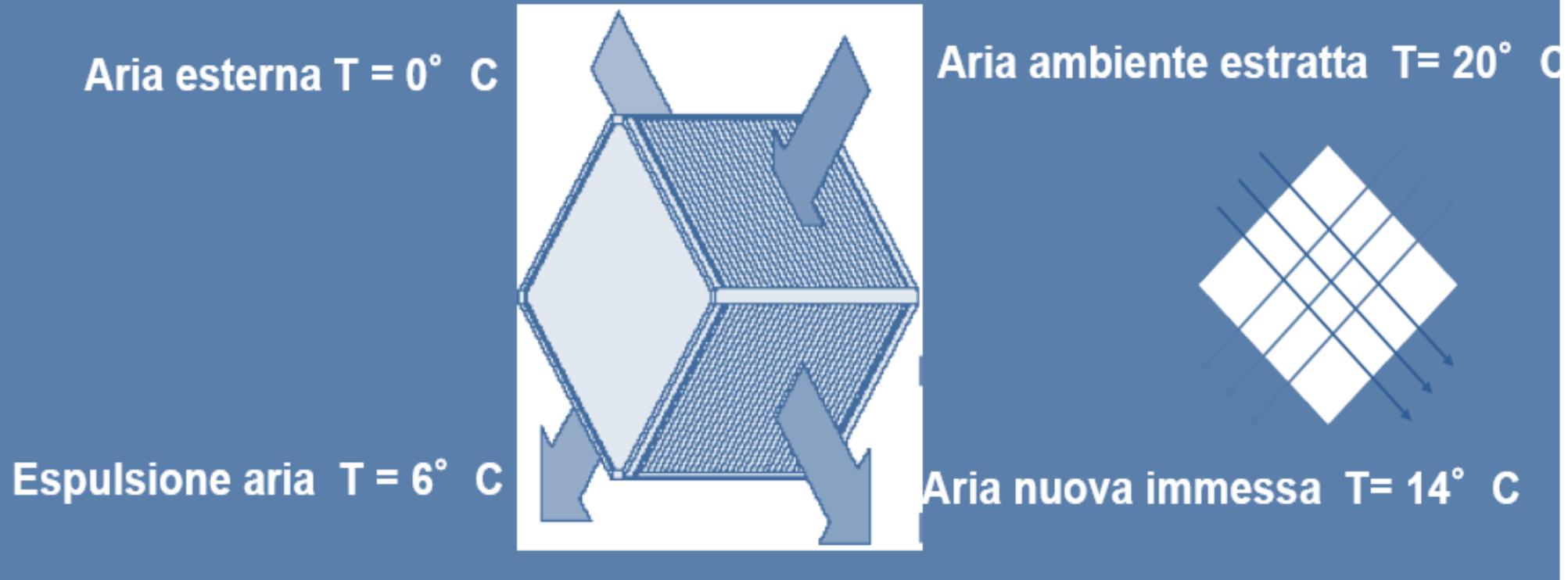


Scambiatore in contro corrente

PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO DEL RECUPERATORE DI CALORE

Funzionamento dello scambiatore

scambiatore a flussi incrociati ~ 70%



PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO DEL RECUPERATORE DI CALORE

Funzionamento dello scambiatore

Scambiatore in contro corrente > 90%

Aria esterna T = 0° C



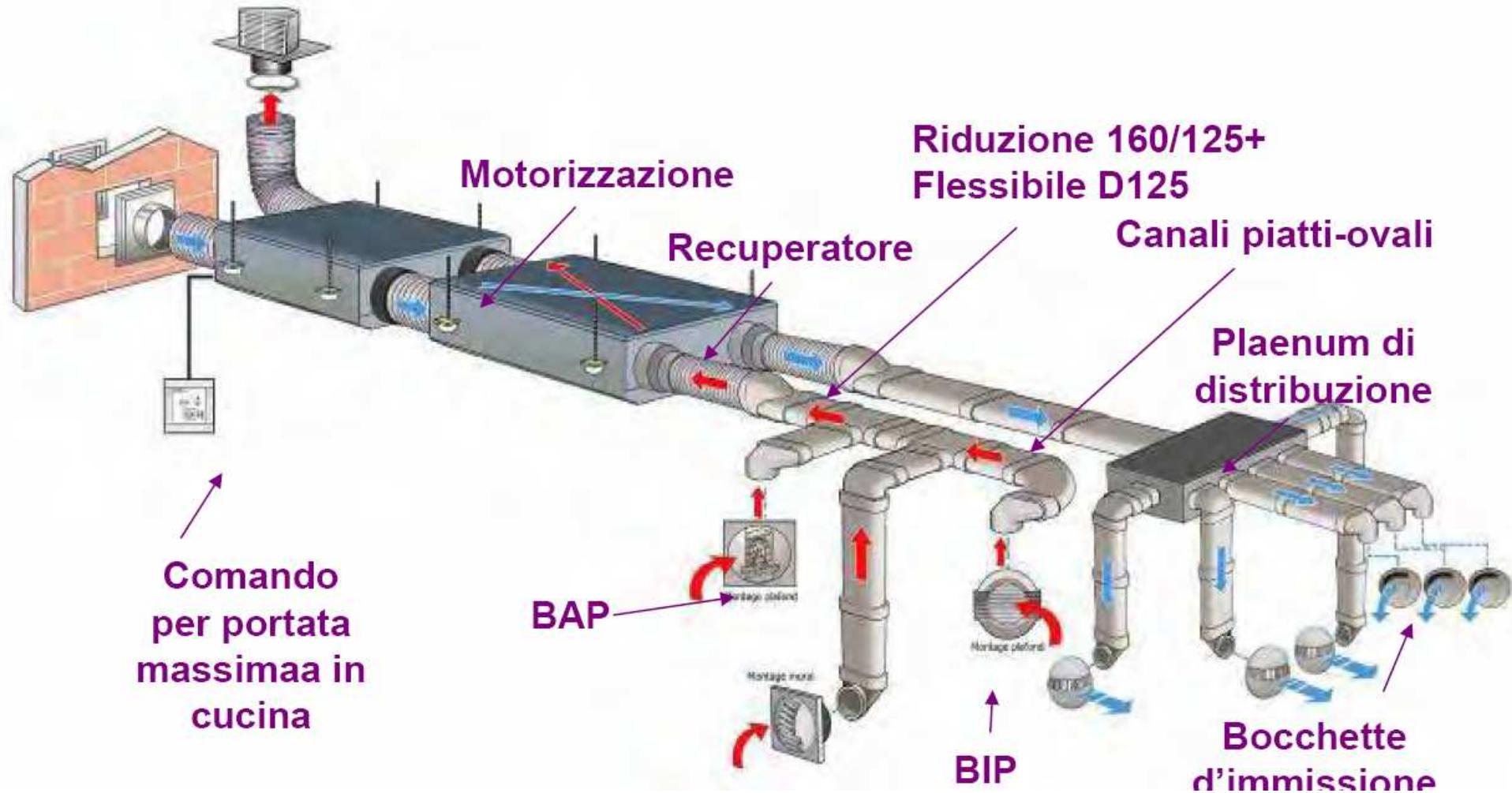
Aria ambiente estratta T = 20° C



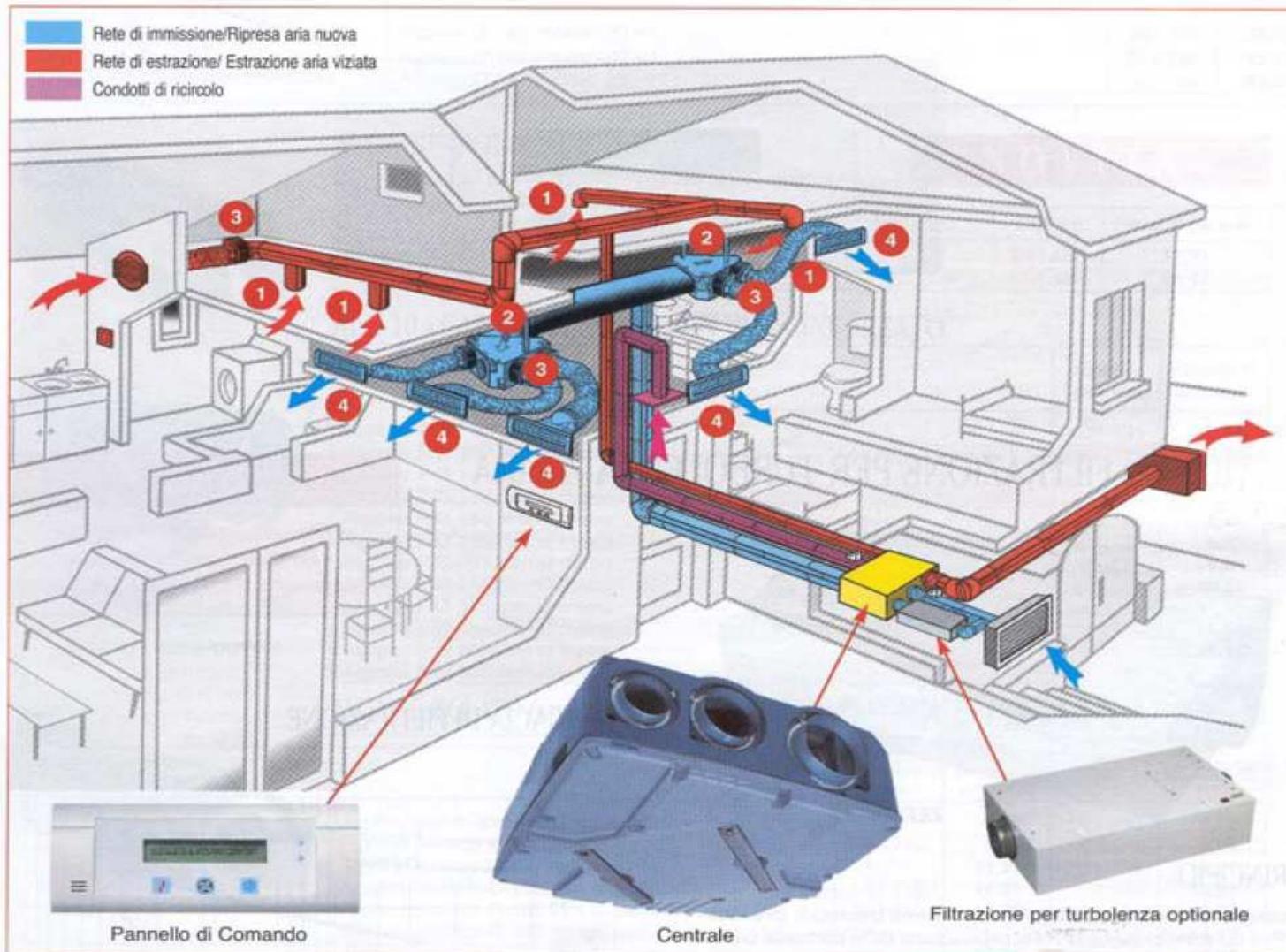
**Aria espulsa T =
2° C**

**Aria nuova immessa T =
18° C**

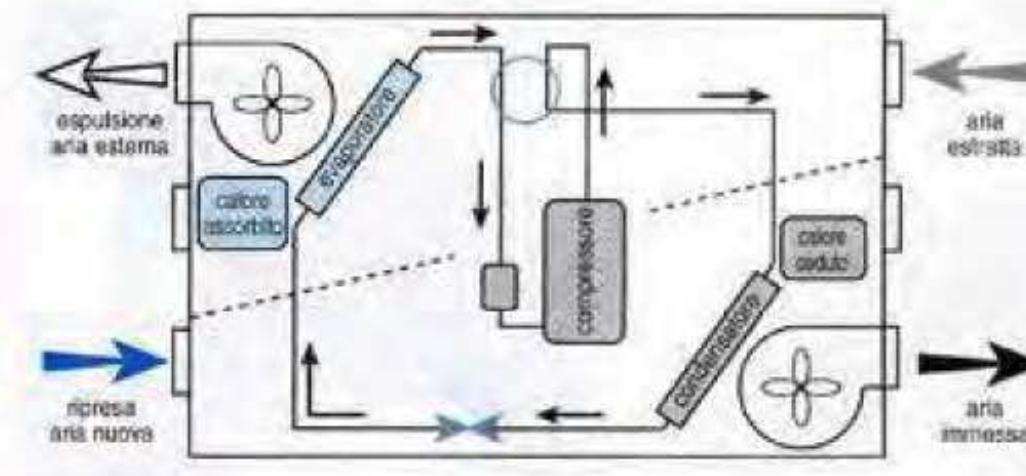
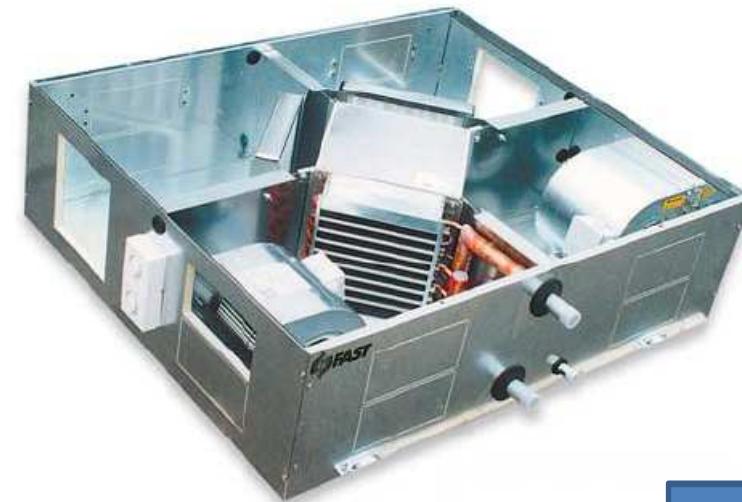
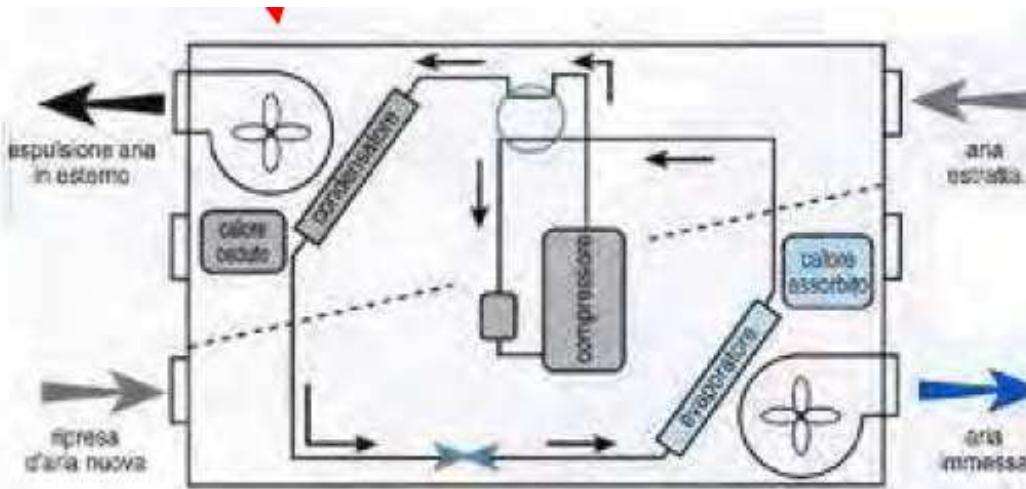
PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO DEL RECUPERATORE DI CALORE



RECUPERATORE DI CALORE TERMODINAMICO



RECUPERATORE DI CALORE TERMODINAMICO



BILANCIO ENERGETICO: RIEPILOGO DEL PROCEDIMENTO DI CALCOLO

- **Definire i confini dell'ambiente riscaldato** e, se appropriato, delle differenti **zone ed ambienti non riscaldati**
- Nel caso di riscaldamento intermittente o ventilazione intermittente, definire, all'interno del periodo di calcolo, i **periodi aventi modalità differenti di riscaldamento e ventilazione**
- Per una zona termica singola o per un calcolo multi-zona, calcolare il **coefficiente di dispersione termica dell'ambiente riscaldato**
- Per il calcolo stagionale, definire o calcolare la durata e i dati climatici della stagione di riscaldamento

Per ciascun periodo di calcolo (mese o stagione di riscaldamento):

calcolare la temperatura interna corretta per ciascun periodo

calcolare la dispersione termica, QL

calcolare gli apporti termici interni, Qi

calcolare gli apporti solari, Qs

calcolare il fattore di utilizzazione degli apporti termici, η

calcolare il fabbisogno termico, Qh , *per tutti i periodi di calcolo*

calcolare il fabbisogno termico annuale, Qh

calcolare il fabbisogno di energia per il riscaldamento, tenendo in considerazione le perdite dell'impianto di riscaldamento

UNI TS 11300 Parte 2

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



La UNI TS 11300 - parte 2 consente di determinare:

- Fabbisogno di energia utile per la preparazione dell’acqua calda sanitaria
- Rendimento dei sottosistemi dell’impianto
- Rendimento globale medio stagionale
- Fabbisogno annuo di energia primaria per la climatizzazione invernale e per la preparazione ACS (obbligatorio per dimensionare gli impianti solari termici).

UNI TS 11300 - Parte 2

 Il calcolo del fabbisogno di energia primaria è basato sul calcolo delle perdite di energia nelle varie sezioni che compongono l'impianto (sottosistemi).

Parte di queste perdite sono recuperabili (la norma specifica quali e come).

La parte 2 della norma fornisce due livelli di calcolo:

-**un livello semplificato** basato su valori precalcolati contenuti in tabelle nelle quali sono precise le condizioni al contorno che fissano i limiti di applicazione delle tabelle

- **metodi di calcolo dettagliato** per determinare le perdite d'impianto nei casi più complessi o comunque quando non possano essere utilizzati i valori delle tabelle

UNI TS 11300 - Parte 2



- La specifica tecnica può essere utilizzata per i seguenti scopi:
- 1) valutare il rispetto di regolamenti espressi in termini di obiettivi energetici (ad es. Ep e η_g);
 - 2) confrontare le prestazioni energetiche di varie alternative impiantistiche;
 - 3) indicare un livello convenzionale di prestazione energetica in termini di consumo di energia primaria degli edifici esistenti;
 - 4) valutare il risparmio di interventi sugli impianti;
 - 5) valutare il risparmio di energia utilizzando energie rinnovabili o altri metodi di generazione;
 - 6) prevedere le esigenze future di risorse energetiche su scala nazionale calcolando i fabbisogni di energia primaria di tipici edifici rappresentativi del parco edilizio (Stock building).

UNI TS 11300 - Parte 2

A) Valutazione di calcolo: prevede il calcolo del fabbisogno energetico e si differenzia in:

A1) Valutazione di progetto: il calcolo viene effettuato sulla base dei **dati di progetto**; per le modalità di occupazione e di utilizzo dell'edificio e dell'impianto si **assumono valori convenzionali di riferimento**. Questa valutazione è eseguita in **regime di funzionamento continuo**.

A2) Valutazione standard: il calcolo viene effettuato sulla base dei **dati relativi all'edificio e all'impianto reale, come costruito**; per le modalità di occupazione e di utilizzo dell'edificio e dell'impianto si **assumono valori convenzionali di riferimento**. Questa valutazione è eseguita in **regime di funzionamento continuo**.

A3) Valutazione in condizioni effettive di utilizzo: il calcolo viene effettuato sulla base dei **dati relativi all'edificio e all'impianto reale, come costruito**; per le modalità di occupazione e di utilizzo dell'edificio e dell'impianto si **assumono valori effettivi di funzionamento** (per esempio, in caso di diagnosi energetiche). Questa valutazione è eseguita nelle **condizioni effettive di intermittenza dell'impianto**

UNI TS 11300 - Parte 2

B) Valutazione basata sul rilievo dei consumi con modalità standard.

Ai fini di diagnosi energetica si può procedere con la valutazione A3) integrata con il suddetto rilievo dei consumi.

Affinché i dati di consumo rilevati possano essere correttamente utilizzati come valori di confronto occorre:

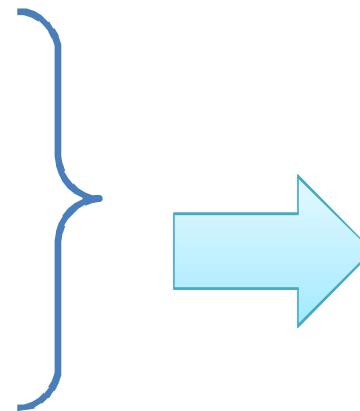
- la definizione di criteri unificati per attribuire i consumi al periodo di tempo prefissato e modalità, anch'esse unificate, per convertire i consumi in portate volumetriche o di massa e quindi in equivalenti energetici.

BILANCIO DEI SOTTOSISTEMI SECONDO UNI TS 11300-2

Ai fini del calcolo dei rendimenti o delle perdite, gli impianti si considerano suddivisi nei seguenti sottosistemi e la determinazione del rendimento medio stagionale di un impianto di riscaldamento e del fabbisogno di energia primaria deve essere effettuata in base ai rendimenti (o alle perdite) dei sottosistemi che lo compongono:

Impianti di riscaldamento

- sottosistema di **distribuzione**
- sottosistema di **generazione**
- sottosistema di **emissione**
- sottosistema di **regolazione**
dell'emissione di calore in ambiente



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

(Rendimento globale
medio stagionale
dell'impianto termico)

Impianti di acqua calda sanitaria

- sottosistema di **erogazione**
- sottosistema di **distribuzione**
- eventuale sottosistema di **accumulo**
- sottosistema di **generazione**



$$\eta_g = (75 + 3 \log P_n) \%$$

BILANCIO DEI SOTTOSISTEMI SECONDO UNI TS 11300-2

1) SISTEMA DI GENERAZIONE (PRODUZIONE) → η_{gn}

2) SISTEMA DI DISTRIBUZIONE → η_d

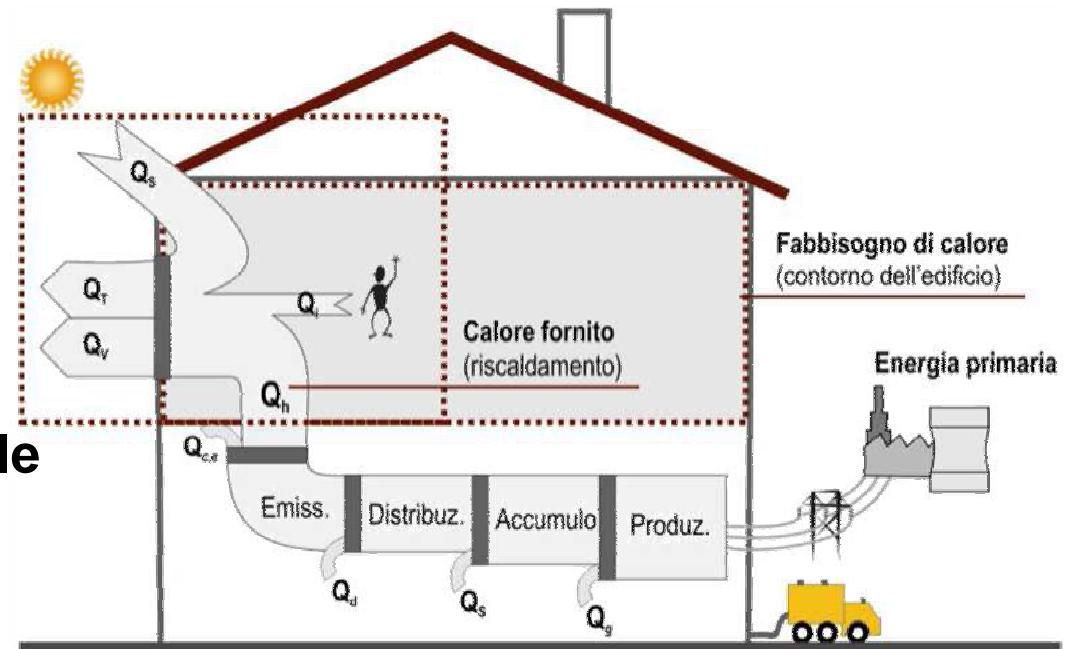
3) SISTEMA DI EMISSIONE → η_e

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 = 1kWhe;

BILANCIO DEI SOTTOSISTEMI SECONDO UNI TS 11300-2

Rendimento globale medio stagionale

$$\eta_g = Q_H / Q_{EPH}$$

$$\eta_g = \eta_p \cdot \eta_d \cdot \eta_e \cdot \eta_c$$

Rendimento di produzione

$$\eta_p = Q_p / Q_{EPH}$$

Rendimento di distribuzione

$$\eta_d = Q_d / Q_p$$

Rendimento di emissione

$$\eta_e = Q_e / Q_d$$

Rendimento di regolazione

$$\eta_c = Q_H / Q_c$$

Perdite di produzione

$$Q_{EPH} - Q_p$$

Perdite di distribuzione

$$Q_p - Q_d$$

Perdite di emissione

$$Q_d - Q_e$$

Perdite di regolazione

$$Q_e - Q_H$$

Q_{EPH} (energia primaria)

SISTEMA DI PRODUZIONE

SISTEMA DI DISTRIBUZIONE

SISTEMA DI EMISSIONE

SISTEMA DI REGOLAZIONE

Q_H (fabbisogno di calore)

BILANCIO DEI SOTTOSISTEMI SECONDO UNI TS 11300-2

EDIFICIO INVERNALE (RISCALDAMENTO)

- con radiatori;
- con termoconvettori o ventilconvettori;
- ad aria calda (con distribuzione dell'aria mediante canali e bocchette di mandata);
- a pavimento (pavimento radiante).
- La distribuzione dell'acqua calda può essere effettuata in diversi modi, ad esempio:
 - a collettori complanari;
 - con distribuzione monotubo (in disuso).

EDIFICIO ESTIVO (CONDIZIONAMENTO)

- ad aria;
- ad acqua;
- misti con aria primaria.



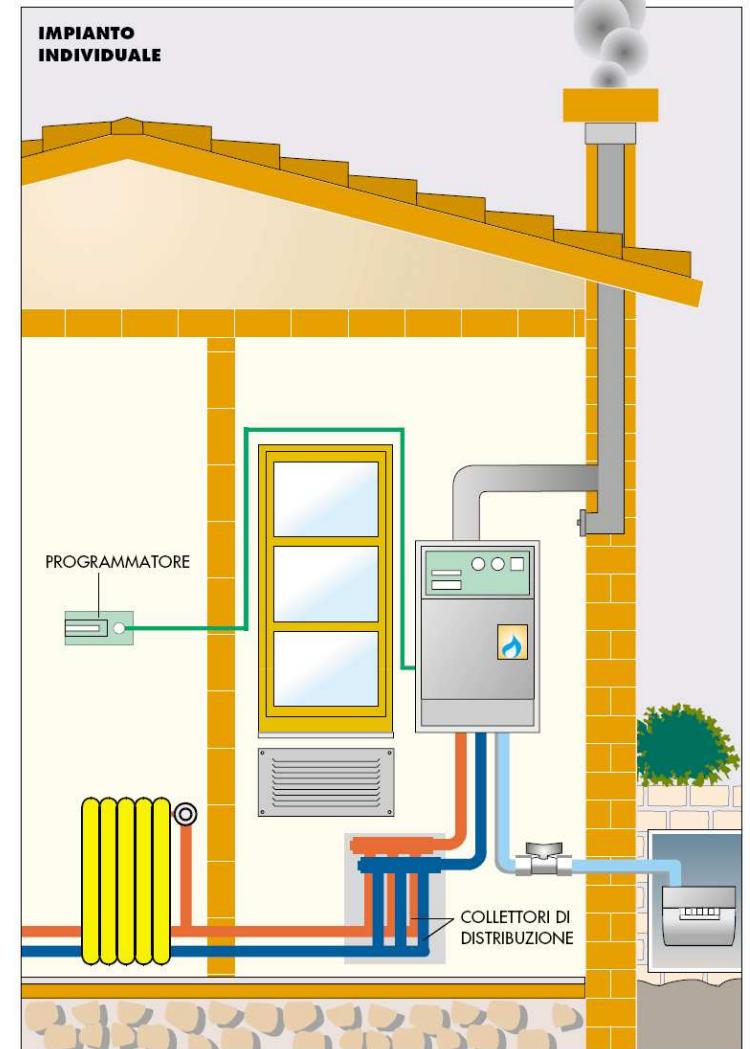
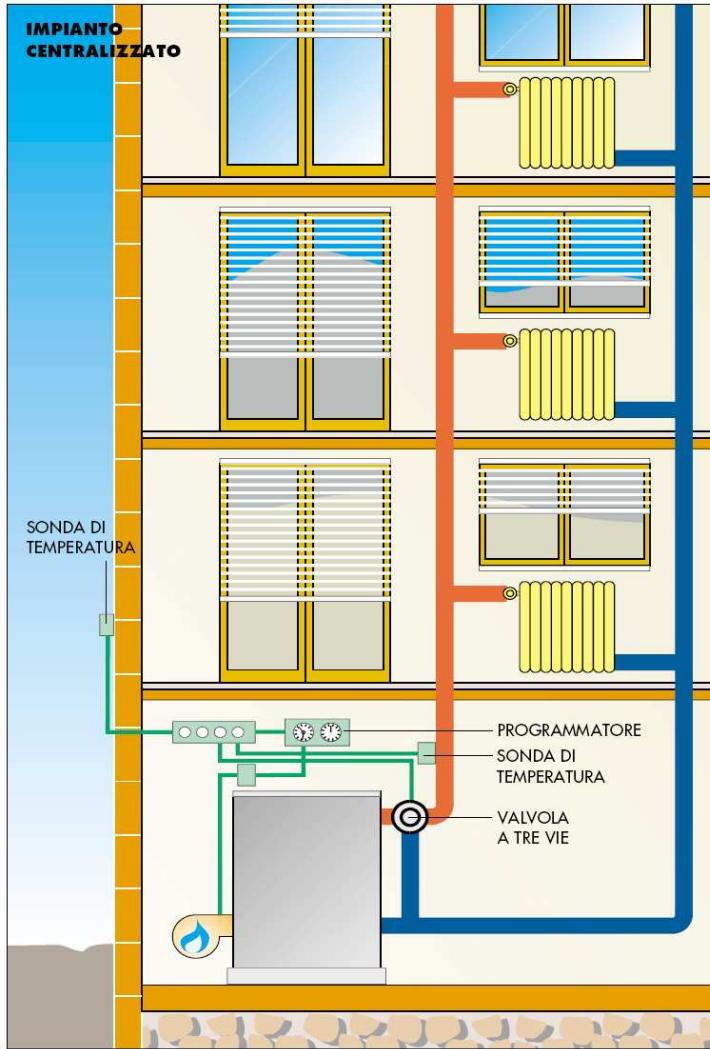
Per edifici termostatizzati la temperatura interna viene artificialmente mantenuta al valore desiderato, ad esempio 20 °C in inverno e 26 °C in estate, secondo quanto già visto per le condizioni di comfort termico. Le condizioni esterne, però, non sono mai costanti poiché sia la temperatura esterna (e l'umidità relativa nel caso di climatizzazione completa) che l'intensità di radiazione solare variano continuamente durante la giornata. Pertanto immaginare che i carichi termici (disperdimenti o rientrate termiche, a seconda della stagione) siano costanti è una approssimazione di calcolo che non tiene conto degli effetti termici transitori.

OTTIMIZZAZIONE ENERGETICA DI UN IMPIANTO DI RISCALDAMENTO

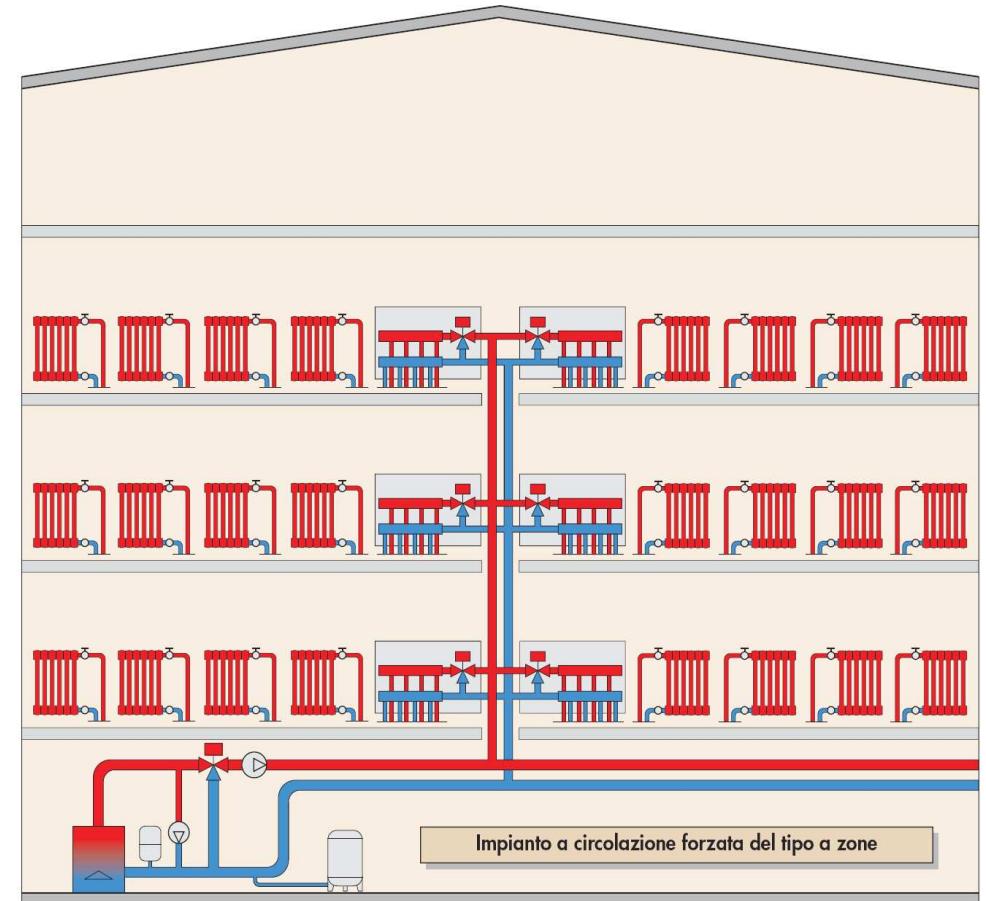
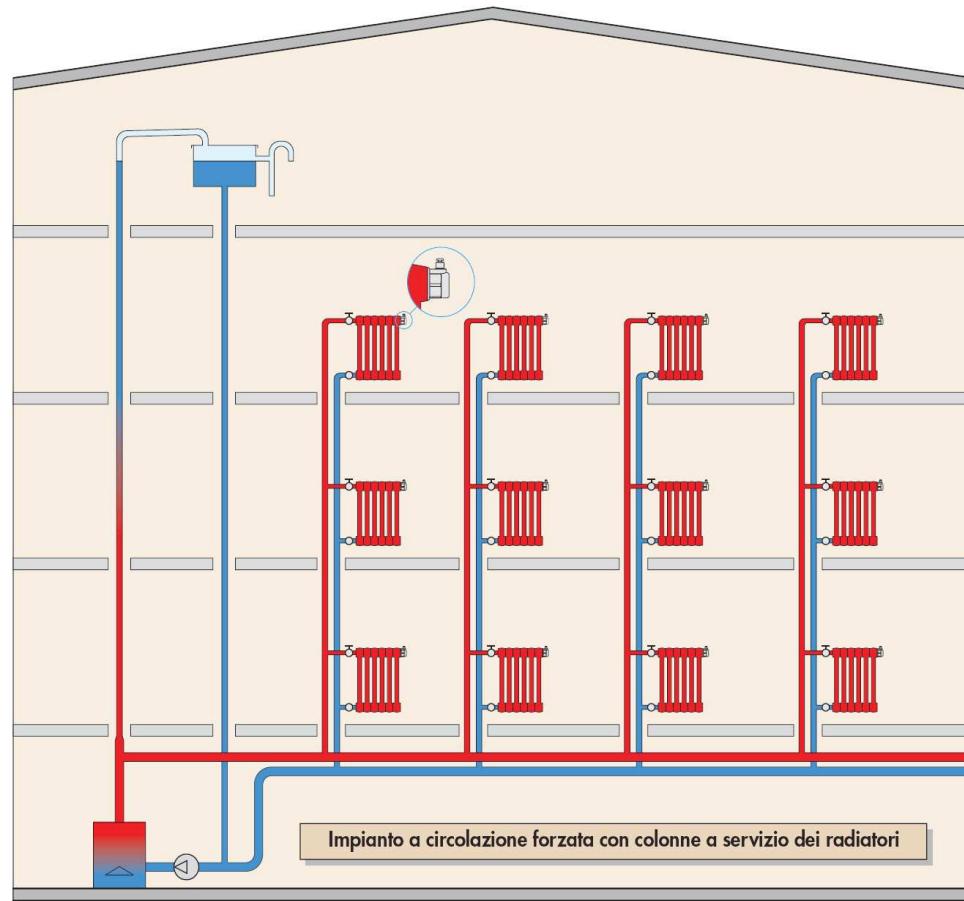
Per l'ottimizzazione energetica di un impianto di riscaldamento occorre considerare attentamente i vari fattori che concorrono a rendere **minime le perdite energetiche e a sfruttare al meglio il potenziale delle fonti energetiche utilizzate** (energia primaria o secondaria) , dei sistemi di produzione del calore, dei sistemi di resa del calore agli ambienti, delle regolazioni impiantistiche.

- 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}**

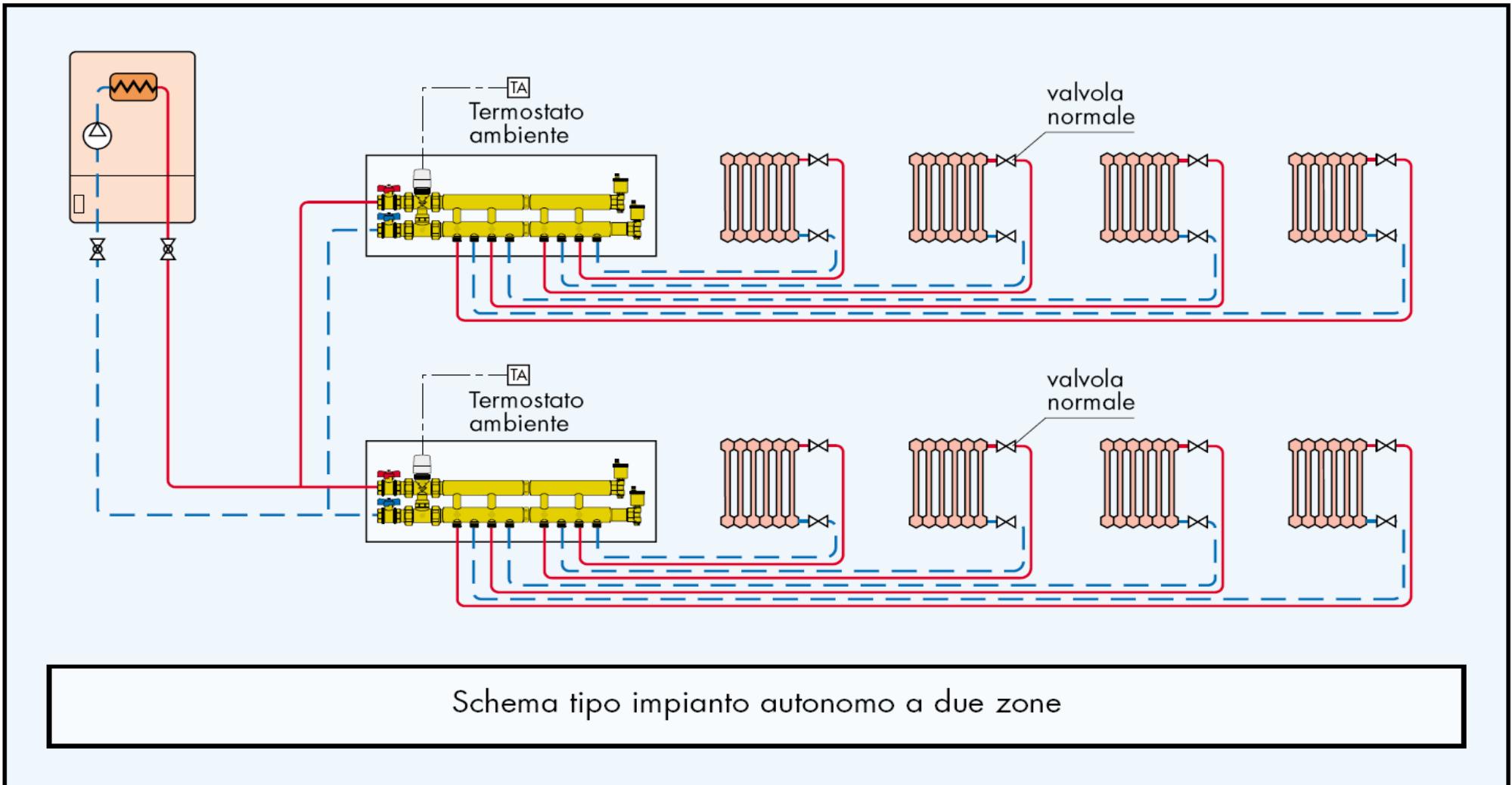
SCELTA DEL TIPO DI DISTRIBUZIONE: IMPIANTO AUTONOMO vs CENTRALIZZATO



SCHEMI DI DISTRIBUZIONE IMPIANTI CENTRALIZZATI



SCHEMI DI DISTRIBUZIONE IMPIANTI AUTONOMI



VALUTAZIONE DEI RENDIMENTI DI DISTRIBUZIONE SECONDO LA NORMA UNI TS 11300-2

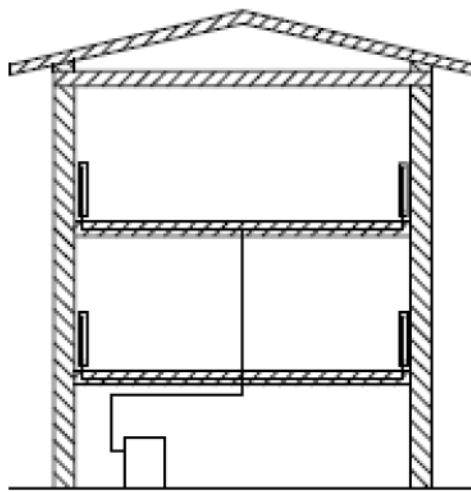
La determinazione delle **perdite di distribuzione** può essere effettuata:

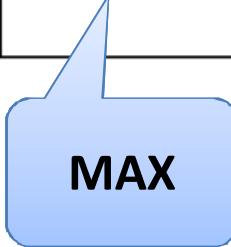
1. Mediante il ricorso a **dati pre-calcolati** ricavati da tabelle in base alle
2. Principali **caratteristiche del sottosistema** (Prospetto 21);
3. Mediante il metodo descritto **nell'appendice A**;
4. Mediante **metodi analitici** descritti nella norme pertinenti.

Nel caso di valutazioni energetiche di progetto deve essere effettuato il calcolo delle perdite di distribuzione con i metodi (2) o (3).

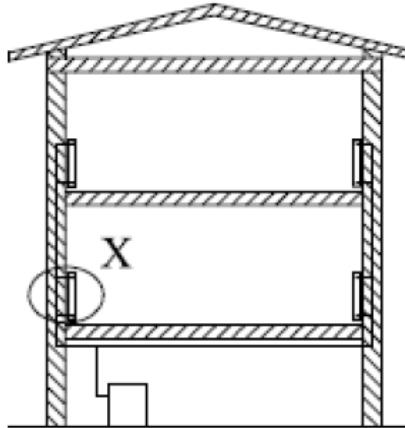
Qualora si utilizzino i dati di rendimento del prospetto della UNI TS 11300-2 non si prevedono recuperi termici delle pompe di distribuzione.

VALUTAZIONE DEI RENDIMENTI DI DISTRIBUZIONE SECONDO LA NORMA UNI TS 11300-2

IMPIANTI CENTRALIZZATI A DISTRIBUZIONE ORIZZONTALE					
	Altezza edificio	Isolamento distribuzione			
		Legge 10/91 Periodo di realizzazione 1993-1977 Dopo il 1993	Discreto Periodo di realizzazione 1976-1961	Medio Periodo di realizzazione 1976-1961	Insufficiente Periodo di realizzazione Prima del 1961
		Fino a 3 piani	0,980	0,969	0,958
	Oltre 3 piani	0,990	0,980	0,969	0,958

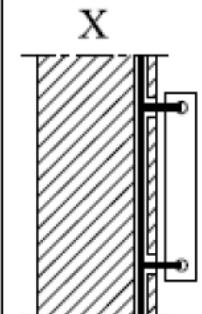
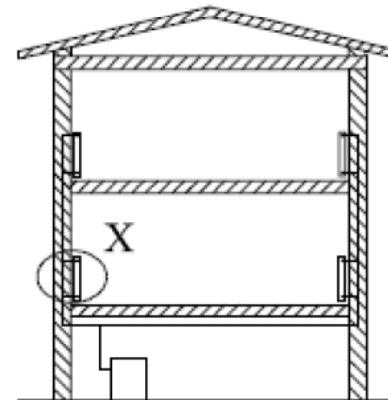
 MAX

VALUTAZIONE DEI RENDIMENTI DI DISTRIBUZIONE SECONDO LA NORMA UNI TS 11300-2

IMPIANTI CENTRALIZZATI CON MONTANTI DI DISTRIBUZIONE		
Tipo di distribuzione	Altezza edificio	Isolamento distribuzione nel cantinato secondo legge 10/91 Periodo di realizzazione Dopo il 1993
Montanti in traccia nei paramenti interni. Isolamento secondo legge 10/91 Periodo di costruzione: dopo il 1993 	1 piano 2 piani 3 piani 4 piani 5 piani e più Particolare X	0,936 0,947 0,958 0,969 0,98 MAX

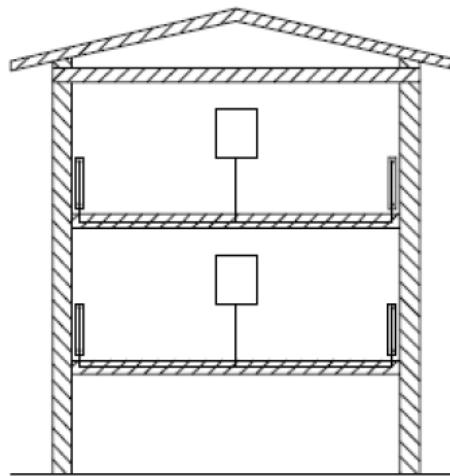
VALUTAZIONE DEI RENDIMENTI DI DISTRIBUZIONE SECONDO LA NORMA UNI TS 11300-2

IMPIANTI CENTRALIZZATI CON MONTANTI DI DISTRIBUZIONE					
Tipo di distribuzione	Altezza edificio	Isolamento distribuzione nel cantinato			
		Legge 10/91 Periodo di realizzazione Dopo il 1993	Discreto Periodo di realizzazione 1993-1977	Medio Periodo di realizzazione 1976-1961	Insufficiente Periodo di realizzazione Prima del 1961
Montanti in traccia nei paramenti interni o nell'intercapedine - Isolamento leggero Periodo di costruzione: 1993-1977					
	1 piano	0,908	0,880	0,868	0,856
	2 piani	0,925	0,913	0,901	0,889
	3 piani	0,939	0,927	0,917	0,904
	4 piani	0,949	0,938	0,927	0,915
	5 piani e più	0,955	0,943	0,934	0,922
	Particolare X				



MAX

VALUTAZIONE DEI RENDIMENTI DI DISTRIBUZIONE SECONDO LA NORMA UNI TS 11300-2

IMPIANTI AUTONOMI				
Isolamento distribuzione				
Legge 10/91 Periodo di realizzazione dopo il 1993	Discreto Periodo di realizzazione 1993-1977	Medio Periodo di realizzazione 1976-1961	Insufficiente Periodo di realizzazione Prima del 1961	
	0,990	0,980	0,969	0,958

MAX

I valori dei prospetti si riferiscono a distribuzione con temperatura variabile, con temperature di andata e ritorno di progetto di 80/60 °C.

Per temperature di progetto differenti si applicano i coefficienti di correzione dei rendimenti del prospetto seguente.

Prospetto 22 – Fattori di correzione

Temperature di andata e ritorno di progetto	Coefficiente di correzione	Tipologia dell'impianto
70 / 55	$1 - (1 - \eta) * 0.85$	Impianto a radiatori a temperatura variabile
55 / 45	$1 - (1 - \eta) * 0.60$	Impianto a ventilconvettori
30 / 35	$1 - (1 - \eta) * 0.25$	Impianto a pannelli

VALUTAZIONE DEI RENDIMENTI DI DISTRIBUZIONE SECONDO LA NORMA UNI TS 11300-2



Vantaggi per gli impianti autonomi

- Controllo in ogni locale della temperatura in riscaldamento e in raffrescamento;
- Permettono di risolvere problemi differenti fra ambienti diversi;
- Offre la massima personalizzazione per ciascun ambiente;
- Consente la massima autonomia dell'utilizzatore.



Svantaggi degli impianti autonomi

- Possibilità limitate di opzioni per dimensioni e regolazioni;
- Limitate possibilità per alti e bassi valori dell'umidità relativa;
- Problemi di rumorosità immessa negli ambienti;
- Impatto negativo dell'estetica per le facciate degli edifici;
- Pongono vincoli nell'arredo e nella sistemazione interna degli ambienti (ad esempio occupando le finestre o le porte vetrate);
- Maggiori costi di funzionamento;
- Maggiori costi di manutenzione;
- Manutenzione delle apparecchiature in locali occupati.

ISOLAMENTO TERMICO DELLE RETI DI DISTRIBUZIONE DEL CALORE NEGLI IMPIANTI TERMICI

Ai fini di assicurare il massimo rendimento dall'impianto di distribuzione è necessario rispettare le prescrizioni relative **all'isolamento termico delle reti**.

Le tubazioni delle reti di distribuzione dei fluidi caldi in fase liquida o vapore degli impianti termici devono essere coibentate con materiale isolante il cui spessore minimo è fissato dalla seguente tabella in funzione del diametro della tubazione espresso in mm e della conduttività termica utile del materiale isolante espressa in W/m °C alla temperatura di 40 °C.

Secondo il DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA 26 agosto 1993, n. 412 - 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, l'*isolamento termico* risponderà alla norma tecnica **UNI10376**



Conduttività termica
utile dell'isolante

(W/m °C)	<20	da 20 a 39	da 40 a 59	da 60 a 79	da 80 a 99	>100
0,030	13	19	26	33	37	40
0,032	14	21	29	36	40	44
0,034	15	23	31	39	44	48
0,036	17	25	34	43	47	52
0,038	18	28	37	46	51	56
0,040	20	30	40	50	55	60
0,042	22	32	43	54	59	64
0,044	24	35	46	58	63	69
0,046	26	38	50	62	68	74
0,048	28	41	54	66	72	79
0,050	30	44	58	71	77	84

ISOLAMENTO TERMICO DELLE RETI DI DISTRIBUZIONE DEL CALORE NEGLI IMPIANTI TERMICI



Raccordi non isolati
=
dispersioni termiche del
sottosistema di
distribuzione



Curve e innesti ben isolati
=
maggiore rendimento di
distribuzione



ISOLAMENTO TERMICO DELLE RETI DI DISTRIBUZIONE DEL CALORE NEGLI IMPIANTI TERMICI

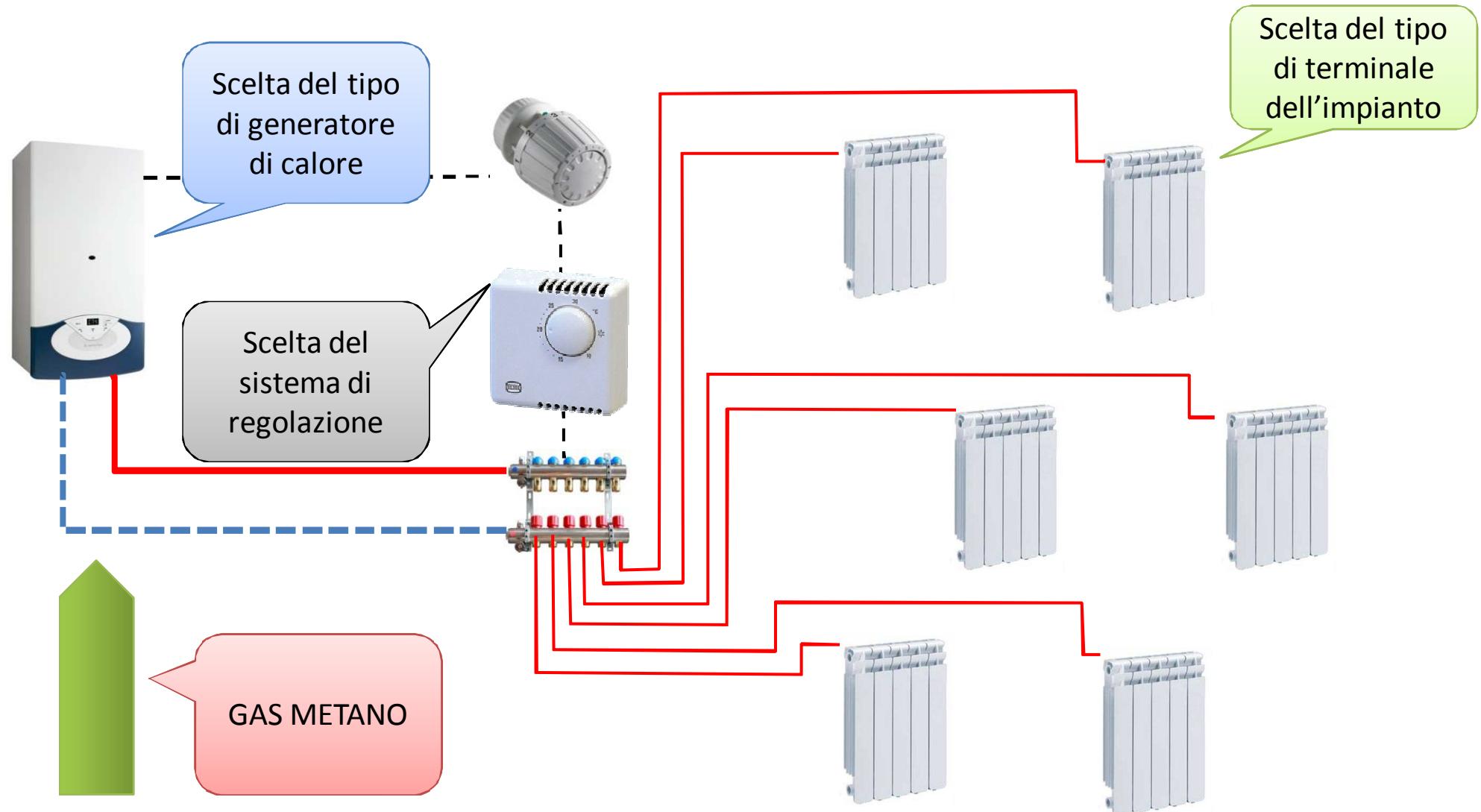
I montanti verticali delle tubazioni devono essere posti al di qua dell'isolamento termico

dell'involucro edilizio, verso l'interno del fabbricato, e i relativi spessori minimi dell'isolamento, che risultano dalla tabella precedente, vanno moltiplicati per 0,5. Per tubazioni correnti entro strutture non affacciate né all'esterno né su locali non riscaldati gli spessori, di cui la tabella , vanno moltiplicati per 0,3.



Montanti di
distribuzione
sul lato "caldo"
dell'involucro
edilizio

IPOTESI DI IMPIANTO DA OTTIMIZZARE: AUTONOMO A SERVIZIO DI IMMOBILE RESIDENZIALE



SCELTA DEL GENERATORE DI CALORE > RENDIMENTO DI PRODUZIONE

In generale l'energia termica totale che deve essere fornita dal sistema di generazione è :

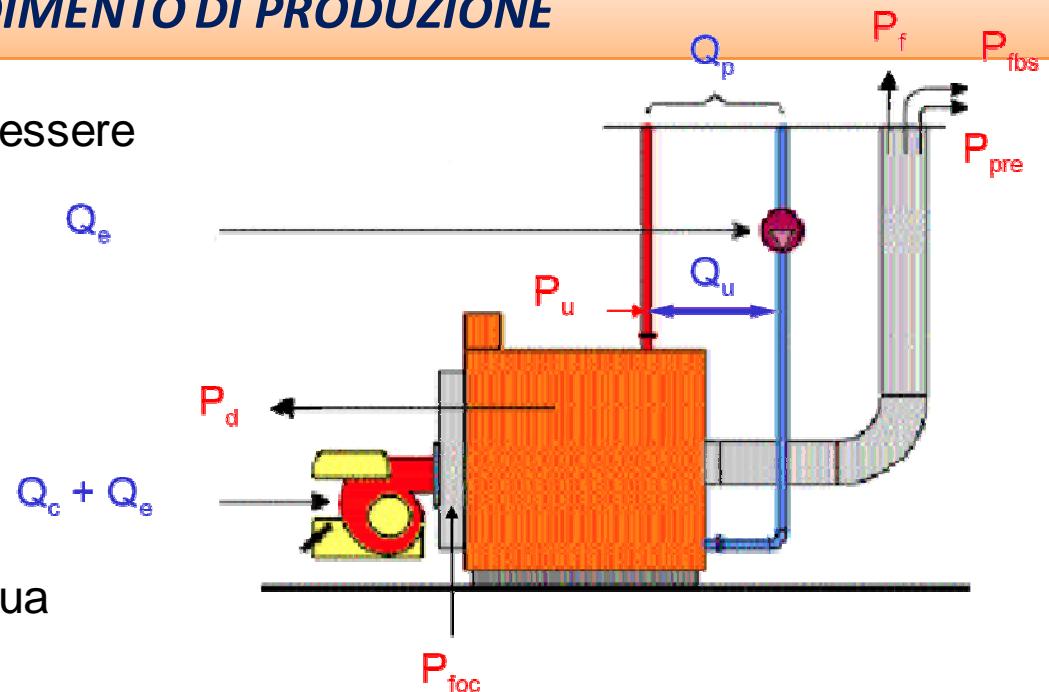
$$Q_p = Q_{p,h} + Q_{p,w}$$

dove:

$Q_{p,h}$ è il fabbisogno per riscaldamento;
 $Q_{p,w}$ è il fabbisogno per la produzione di acqua calda sanitaria.

Le perdite di generazione dipendono:

- dalle caratteristiche del generatore di calore;
- dal suo dimensionamento rispetto al fabbisogno dell'edificio;
- dalle modalità di installazione;
- dalla temperatura dell'acqua (media e/o di ritorno al generatore) nelle
- condizioni di esercizio (medie mensili).



$$\eta_p = Q_p / (Q_c + Q_e)$$

(rendimento di produzione - rapporto tra energie)

$$Q_s = Q_c +$$

Q_e energia del combustibile
 Q_e energia elettrica

SCELTA DEL GENERATORE DI CALORE > VALUTAZIONE DELLE PERDITE DI GENERAZIONE

Mediante **prospetti** contenenti valori precalcolati per le tipologie più comuni di generatori di calore in base al dimensionamento e alle condizioni d'installazione;

Mediante **metodi di calcolo**:

- calcolo basato sui rendimenti dichiarati ai sensi della direttiva 92/42/CE, con opportune correzioni in ragione alle condizioni di funzionamento;
- calcolo analitico.

Marcatura secondo il DPR 660/96



- Generatori di calore atmosferici tipo B classificati **
- Generatori di calore a camera stagna tipo C per impianti autonomi classificati ***;
- Generatori di calore a gas o gasolio, bruciatore ad aria soffiata o premiscelati, modulanti, classificati **;
- Generatori di calore a gas a **condensazione** ****

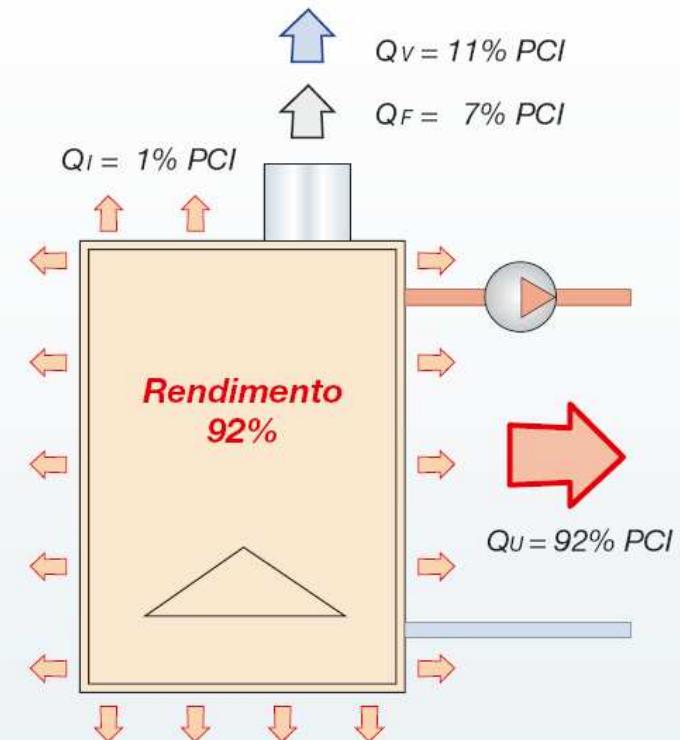
SCELTA DEL GENERATORE DI CALORE > VALUTAZIONE DELLE PERDITE DI GENERAZIONE**Marcatura secondo il DPR 660/96**

Marcatura	Rendimento alla potenza nominale (Pn) Tmedia = 70 °C	Rendimento a carico parziale (30% Pn) Tmedia ≥ 50 °C
*	$\geq 84 + 2\text{Log}(Pn)$	$\geq 80 + 3\text{Log}(Pn)$
**	$\geq 87 + 2\text{Log}(Pn)$	$\geq 83 + 3\text{Log}(Pn)$
***	$\geq 90 + 2\text{Log}(Pn)$	$\geq 86 + 3\text{Log}(Pn)$
**** ()	$\geq 93 + 2\text{Log}(Pn)$	$\geq 89 + 3\text{Log}(Pn)$

GENERATORE DI CALORE A GAS "TRADIZIONALE"

Il calore prodotto dalla combustione viene trasferito direttamente all'impianto di riscaldamento mediante l'impiego di uno scambiatore di calore "convenzionale"

I fumi che si producono durante la combustione vengono generalmente espulsi attraverso la canna fumaria ad una temperatura di circa 120°C
le reazioni chimiche che si verificano nella combustione degli idrocarburi producono acqua e questa, per effetto dell'alta temperatura, si trasforma in vapore, surriscaldato oltre i 100°C.
Anche questo vapore viene disperso nell'aria.



Qu Calore utile
 Q_F Calore disperso dai fumi
 Q_v Calore disperso dal vapore acqueo
 Q_I Calore disperso dall'involucro

Esempio calore utile e calore disperso con caldaie tradizionali

GENERATORE DI CALORE A GAS A CONDENSAZIONE

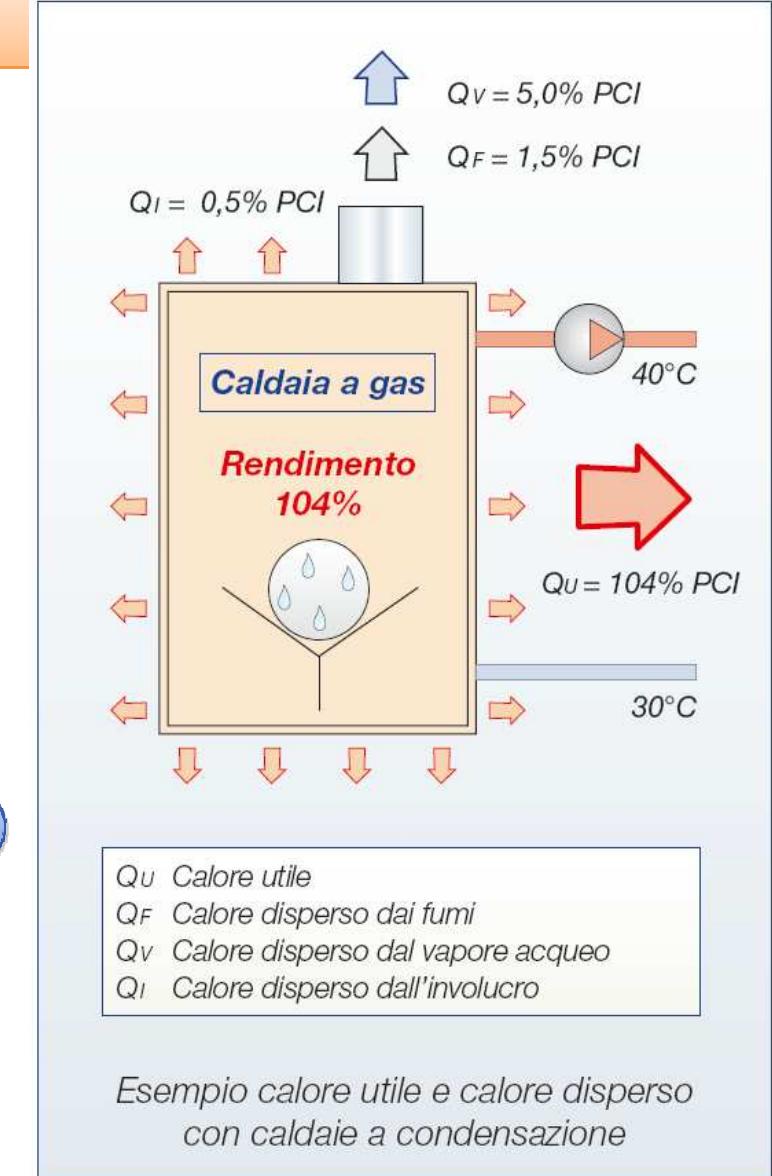
La tecnica della condensazione impiega invece tutto il calore prodotto dalla combustione.

i fumi di scarico vengono fatti scorrere in appositi **scambiatori di calore**, che li raffreddano al di sotto della temperatura di condensazione (57° per il gas metano) questo passaggio determina la condensa del vapore acqueo presente, liberando energia termica – il calore latente – che viene ceduta all'impianto di riscaldamento la tecnica della condensazione consente di ridurre i consumi di combustibile e abbatte le emissioni di NOx e di CO fino al 70% circa.

Potere calorifico inferiore e superiore

Il potere calorifico inferiore (**Pci**) definisce la quantità di calore liberata durante una combustione completa, quando l'acqua che si viene a formare è sotto forma di vapore.

Il potere calorifico superiore (**Pcs**) definisce la quantità di calore liberata durante una combustione completa, incluso il calore latente di evaporazione contenuto nel vapore acqueo dei gas di combustione.



POTERE CALORIFICO DI ALCUNI COMBUSTIBILI

	Potere calorifico superiore P_{CS} kWh/m³	Potere calorifico inferiore P_{CI} kWh/m³	P_{CS}/P_{CI}	$P_{CS} - P_{CI}$ kWh/m³	Quantità acqua di condensa (teorica) kg/m³ ¹⁾
Gas di città	5,48	4,87	1,13	0,61	0,89
Gas metano LL	9,78	8,83	1,11	0,95	1,53
Gas metano E	11,46	10,35	1,11	1,11	1,63
Gas liquido	28,02	25,80	1,09	2,22	3,37
Gasolio EL²⁾	10,68	10,08	1,06	0,60	0,88

¹⁾ riferito alla quantità di combustibile

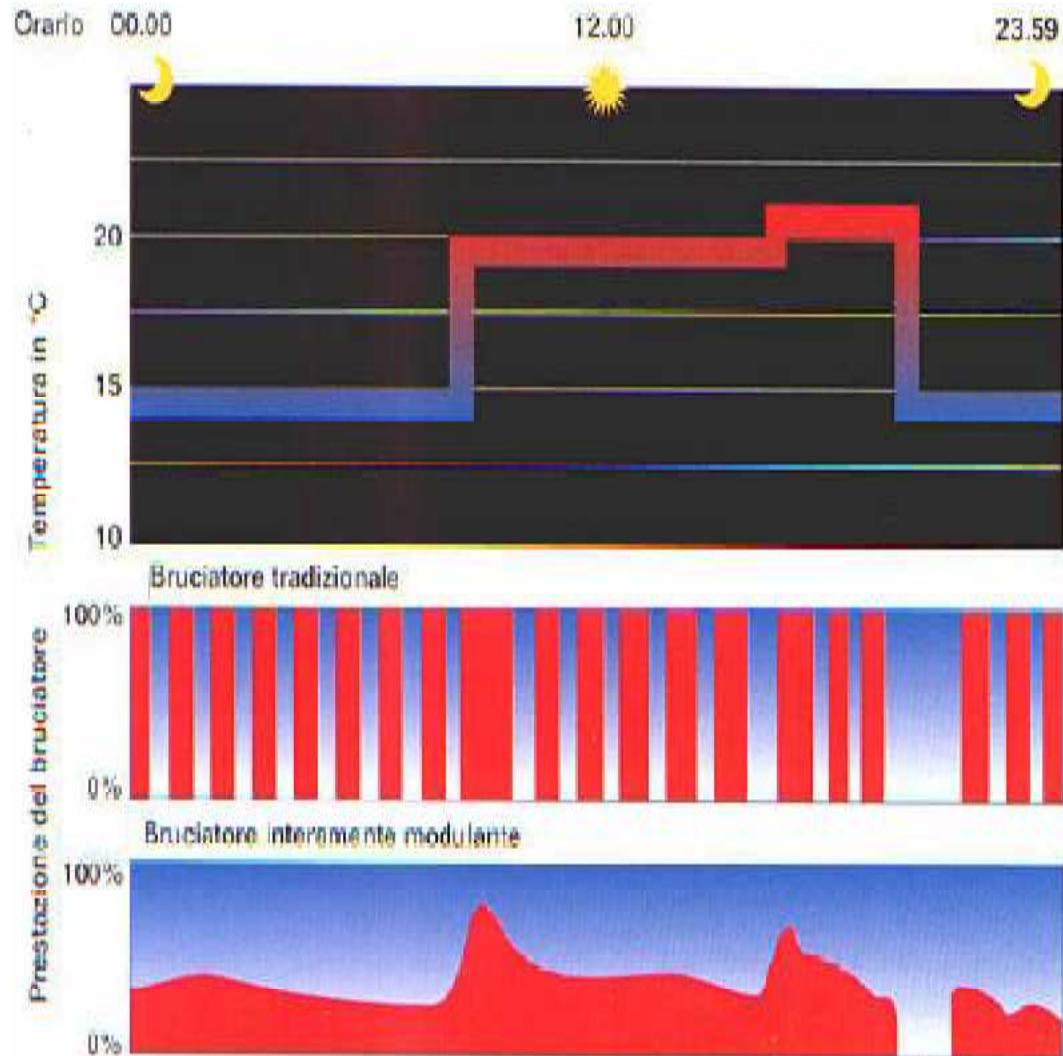
²⁾ con gasolio EL i dati si riferiscono all'unità di misura "litro"

MODULAZIONE DELLA CALDAIA A CONDENSAZIONE

Un'altra caratteristica della caldaia a condensazione è la **modulazione della potenza termica erogata**, che varia senza soluzione di continuità da un valore minimo ad un valore massimo (ad esempio da 5 a 25kW).

Ciò è reso possibile dalla presenza di una **camera di pre-miscelazione** dove l'aria e il combustibile vengono combinati in quantità ottimale prima di essere immessi nel bruciatore.

La modulazione permette di evitare le fasi di on/off, durante le quali il rendimento è molto basso, aumentando ulteriormente il **rendimento stagionale della caldaia**.



SCHEDA TECNICA DI UNA CALDAIA A CONDENSAZIONE

Caldaia a gas, tipo B e C, categoria II _{2NSP}	Caldaia a gas, solo riscaldamento			Caldaia a gas con pro- duzione d'acqua calda integrale	
Campo di potenzialità utile in riscaldamento (dati secondo norma EN 677)					
T _M /T _R = 50/30 °C	kW	4,8-19,0	6,5-26,0	8,8-35,0	6,5-26,0
T _M /T _R = 80/60 °C	kW	4,3-17,2	6,9-23,7	8,0-31,7	5,9-23,7
Campo di potenzialità utile in riscaldamento con produzione d'acqua calda sanitaria	kW	-	-	-	8,0-35,0
Potenzialità al focolare	kW	4,5-17,9	6,2-24,7	8,3-33,0	6,2-30,5
Marchio CE		CE 0085 PP 0432			
Tipo di protezione		IP X4D secondo EN 60529			
Pressione allacciamento gas					
Gas metano	mbar	20	20	20	20
Gas liquido	mbar	30	30	30	30
Pressione max. allacciamento gas ^{**}					
Gas metano	mbar	25,0	25,0	25,0	25,0
Gas liquido	mbar	37	37	37	37
Potenza elettrica assorbita (allo stato di fornitura)					
- con pompa circuito di riscaldamento a due velocità	W	90	105	138	105
Peso	kg	43	45	47	46
Contenuto scambiatore di calore	l	1,8	2,4	2,8	2,4
Portata volumetrica max.	l/h	1200	1400	1600	1400
(valore limite per l'impiego di un disaccoppiamento idraulico)					
Portata nominale acqua con T _M /T _R = 80/60 °C	l/h	739	1018	1361	1018
Vaso di espansione a membrana					
Capacità	l	10	10	10	10
Pressione di precarica	bar	0,8	0,8	0,8	0,8
Pressione max. d'esercizio	bar	3	3	3	3
Attacco valvola di sicurezza	Rp	%	%	%	%
Dimensioni d'ingombro					
Lunghezza	mm	360	360	360	360
Larghezza	mm	450	450	450	450
Altezza	mm	850	850	850	850
Altezza con curva tubo fumi	mm	1066	1066	1066	1066
Altezza con bollitore inferiore	mm	1925	1925	1925	1925
Rendimento stagionale con T _M /T _R = 40/30 °C	%	fino a 109 (H _i)/98 (H _s)			

Potenza effettiva resa in esercizio



Potenza sviluppata nella camera di combustione



Potenza elettrica degli organi ausiliari



Rendimento stagionale



RENDIMENTI SUPERIORI AL 100%: E' POSSIBILE?

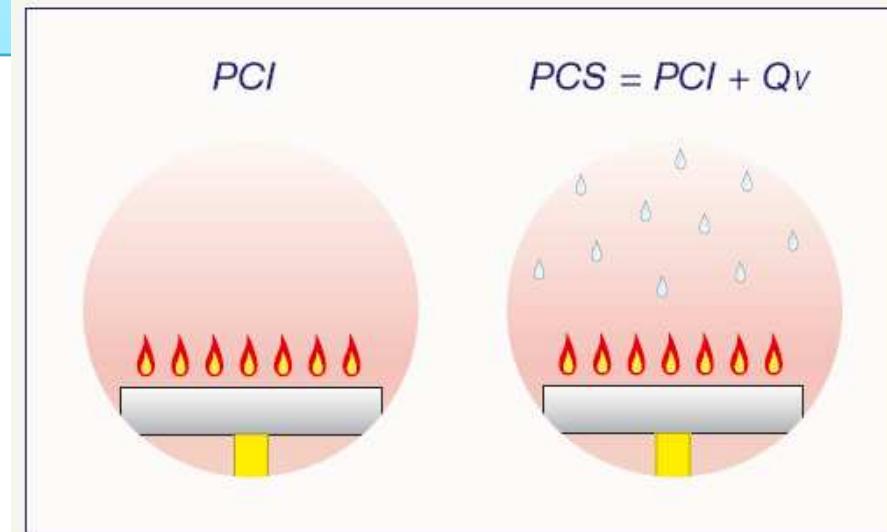


Sappiamo che non è possibile avere rendimenti superiori al 100%. Ad esempio, nel caso specifico della combustione, non è possibile produrre (e tanto meno utilizzare) più calore di quello contenuto nel combustibile. Nel caso specifico delle caldaie c'è tuttavia un'eccezione legata all'evoluzione della loro tecnica costruttiva. Va considerato infatti che il rendimento delle caldaie è stato definito in tempi in cui la tecnica della condensazione non esisteva ancora. Si decise quindi di confrontare il calore utile con PCI (Potere Combustibile Inferiore): vale a dire col calore totale che può essere ottenuto dal combustibile a meno del calore contenuto nel vapor acqueo. Questo modo di calcolare il rendimento delle caldaie è stato mantenuto anche ai nostri giorni, anche se con le caldaie a condensazione si recupera non solo il PCI ma anche una parte del calore contenuto nel vapor acqueo. Ed è per questa ragione che i rendimenti delle caldaie a condensazione possono superare il 100%, e dare la falsa impressione di produrre più energia di quanta ne contenga il combustibile.

Per una valutazione scientificamente corretta sarebbe necessario confrontare il calore utile col PCS (Potere Combustibile Superiore): cioè col calore totale che può essere ottenuto dal combustibile compreso il calore contenuto nel vapor acqueo.



Ad esempio, il rendimento di una caldaia a gas del **104% valutato rispetto al PCI** corrisponde al **94% valutato rispetto al PCS**.



RENDIMENTO DI GENERAZIONE SECONDO UNI TS 11300

		Generatori di calore a gas a condensazione **** (4 stelle)							
ΔT fumi - acqua ritorno a Pn	Valore base	F1			F2	F5	F7		
		1	1,25	1,5			40	50	60
< 12 °C	104	0	0	0	-1	-3	0	-4	-6
12 .. 24 °C	101	0	0	0	-1	-3	0	-2	-3
> 24 °C	99	0	0	0	-1	-2	0	-1	-2

valori di base riferito a: caldaia a quattro stelle, regolazione modulante su aria e gas, sovradimensionamento 1

riferito alla potenza nominale, installazione in centrale termica,

ΔT finale acqua ritorno/fumi per classi <12 – 12...24 – oltre 24 °C a potenza nominale.

Nel caso di installazione di caldaie a condensazione con accumulo in esterno, il fattore di correzione F2

è pari a -3

F1 rapporto fra la potenza del generatore installato e la potenza di progetto richiesta.

Per generatori modulanti, F1 si determina con riferimento alla potenza minima regolata.

F2 installazione all'esterno

F3 camino di altezza maggiore di 10 m

F4 temperatura media di caldaia maggiore di 65 °C i n condizioni di progetto.

F5 generatore monostadio

F6 camino di altezza maggiore di 10 m in assenza di chiusura dell'aria comburente all'arresto
(non applicabile ai premiscelati)

F7 temperatura di ritorno in caldaia nel mese più freddo

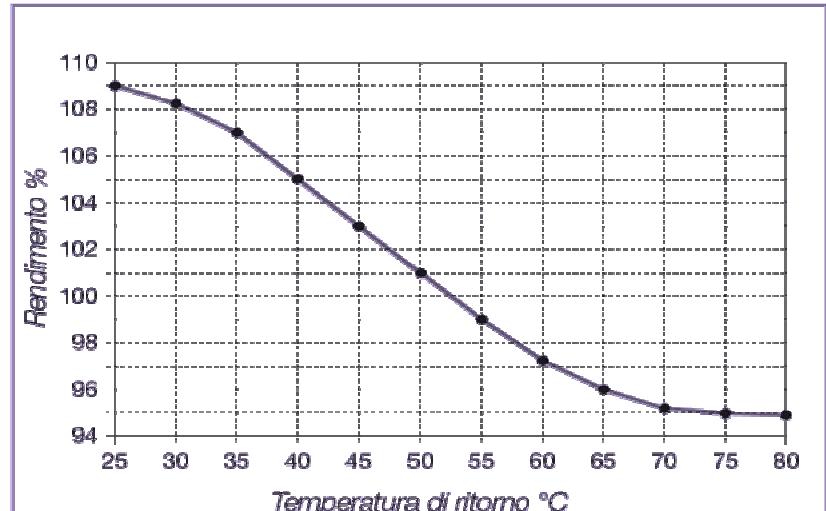
EFFICIENZA DELLA CONDENSAZIONE E TEMPERATURA DI ESERCIZIO

Va considerato che le caldaie a condensazione non sono caldaie che condensano, bensì caldaie che possono condensare. E possono condensare solo con temperature di ritorno inferiori a quelle di rugiada nei fumi. Temperature queste assai variabili e correlate a diversi fattori tra i quali
(1) il tipo di combustibile e
(2) la percentuale di anidride carbonica presente nei fumi.

Per il metano variano mediamente da 53 a 58°C.



Dati basati su **prove sperimentali e programmi di simulazione** (forniti dall'Association Royale Gaziers Belges) attestano che le caldaie a condensazione possono dare, rispetto alle caldaie tradizionali, un maggior rendimento annuo (e pertanto un minor consumo di combustibile) variabile **dal 6 al 10%**.
Non sono dunque da ritenersi attendibili risparmi del **20-30%** come spesso è possibile trovare indicato su depliant e articoli tecnici.



Esempio rendimento caldaie a condensazione



impianti a pannelli radianti

Temp. progetto = 40 - 45°C $\Delta T = 5 - 10^\circ\text{C}$;

– impianti a ventilconvettori a bassa temperatura

Temp. progetto = 50 - 55°C $\Delta T = 10 - 15^\circ\text{C}$;

– impianti a radiatori

Temp. progetto = 70 - 65°C $\Delta T = 10 - 20^\circ\text{C}$;

– produzione istantanea acqua sanitaria

Temp. primario = 65 - 70°C $\Delta T = 35 - 40^\circ\text{C}$;

ACCORGIMENTI COSTRUTTIVI PER LE CALDAIE A CONDENSAZIONE: EVACUAZIONE DEI FUMI

I fumi emessi da una caldaia a condensazione **sono saturi di vapore che può condensare sulle pareti dei condotti interni e dei camini. Pertanto** condotti interni e i camini devono:

- **essere a tenuta per quanto riguarda sia la permeabilità ai fumi sia la diffusione del vapore e dei condensati;**
- **essere resistenti alla corrosione, cioè essere realizzati con materiali testati e garantiti per resistere all'acidità delle condense;**
- **appartenere ad una classe di temperatura non inferiore a quella massima raggiungibile dai fumi;**
- **essere protetti contro il gelo, per evitare che il possibile congelamento della condensa ostacoli l'evacuazione dei fumi;**
- **possedere un sistema per lo scarico della condensa, a meno che il sifone della caldaia sia sufficiente a garantire anche tale servizio. Inoltre i condotti interni e i camini devono essere dimensionati in base alle indicazioni dei co**

Materiali resistenti all'acqua di condensa (secondo pubblicazione ATV M 251, maggio 1988)	
Materia prima	Prodotti
Ceramica	Tubo di ceramica secondo DIN 1230 Tubo di ceramica speciale
Cloruro di polivinile	Tubo di PVC duro con spessore normale (V) secondo DIN 19531 Tubo di PVC duro con spessore rafforzato (V) secondo DIN 19531 Tubo di PVC duro con posa in terra secondo DIN 19534 Tubo di PVC secondo DIN 19538
Politene	Tubo PE-HD per tubazioni di scarico domestiche secondo DIN 19535 Tubo PE-HD per tubazioni con posa in terra secondo DIN 19537
Polipropilene	Tubo secondo DIN 19560
Acrilnitrile	Tubo secondo DIN 19561
Ferro	Tubo in ghisa secondo DIN 19522 con smaltatura o rivestimento interno Tubo in acciaio secondo DIN 19530 con rivestimento interno Tubi in acciaio inox conformi al certificato di prova
Vetro	Tubi in vetro borosilicato conformi al certificato di prova

ACCORGIMENTI COSTRUTTIVI PER LE CALDAIE A CONDENSAZIONE: SCARICO DELLA CONDENSA

Le caldaie a condensazione devono essere dotate

di scarichi della condensa in grado di:

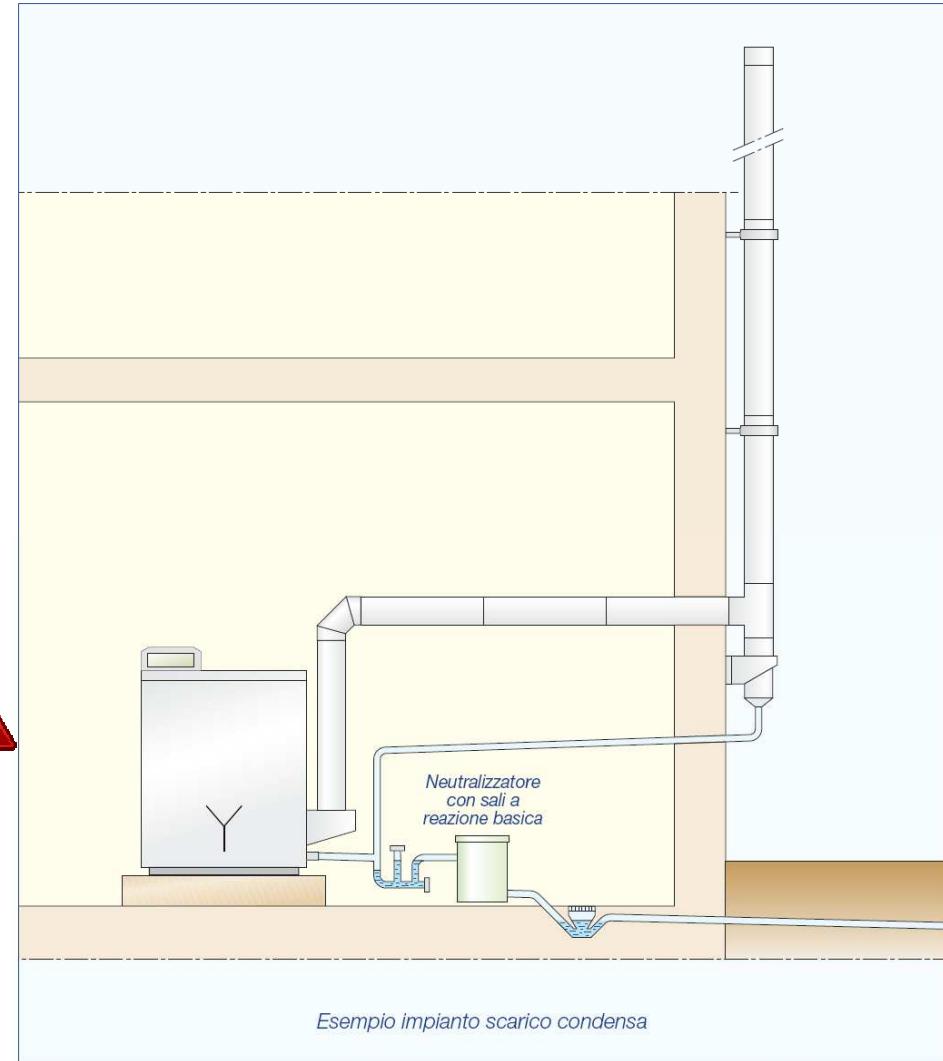
- impedire la fuoriuscita dei prodotti gassosi della combustione nell'ambiente o in fogna;
- consentire il corretto deflusso della condensa, adottando pendenze non inferiori al 3%;
- evitare il congelamento della condensa;
- consentire facili ispezioni e possibili interventi di manutenzione;

miscelare la condensa con i reflui domestici per ridurre l'acidità del fluido evacuato.



Non si deve inoltre scaricare la condensa nei pluviali in quanto la sua aggressività potrebbe degradare i materiali con cui sono realizzati.

Con caldaie di media ed elevata potenza può essere necessario (per il rispetto delle leggi e norme vigenti, nonché dei vari regolamenti locali) ridurre il grado di acidità della



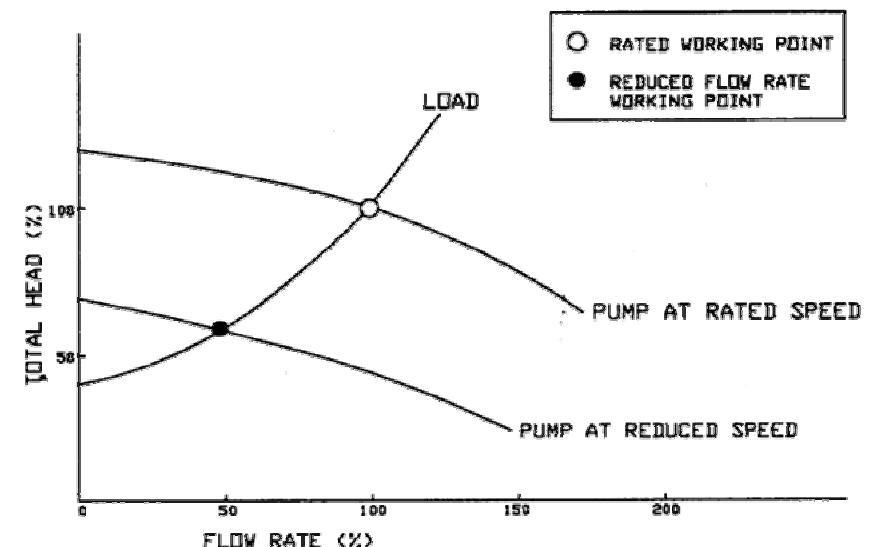
EFFICIENZA ENERGETICA DEGLI ORGANI AUSILIARI: I CIRCOLATORI A INVERTER (efficienza dei sistemi di emissione e di produzione)

L'applicazione dell'inverter sulle pompe consente di effettuare una **regolazione non dissipativa** attraverso la variazione della velocità della pompa in funzione del carico richiesto. Questa applicazione consente quindi un **notevole risparmio in termini di energia perché risponde alle reali esigenze energetiche del carico** senza introdurre perdite o consumi non realmente richiesti dal processo.

La regolazione non dissipativa, che può essere effettuata con l'utilizzo di un inverter, va a seguire le reali richieste di carico andando a modificare la **curva caratteristica della pompa**.

La variazione della frequenza di alimentazione della pompa, ottenuta tramite l'utilizzo di un inverter, ne **varia la velocità** e di conseguenza la caratteristica di funzionamento presenterà dei valori di prevalenza diversi.

Un **inverter** è un apparato elettronico in grado di convertire un tipo di corrente in un altro e/o modificarne le caratteristiche, eventualmente a tensione diversa, oppure una corrente alternata in un'altra di differente frequenza.



Graficamente la variazione di velocità consiste nello spostamento verticale della curva di funzionamento della pompa .In questo modo è possibile ottenere il nuovo punto di lavoro senza l'aggiunta di elementi dissipativi. Nei modelli impiegati il **risparmio energetico è dell'ordine del 25%**.

EFFICIENZA ENERGETICA DEGLI ORGANI AUSILIARI: I CIRCOLATORI A INVERTER



I circolatori equipaggiati con inverter elettronici consentono di risparmiare energia perché “inseguono” il carico idraulico variando la loro velocità e quindi l'assorbimento elettrico