



ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI NUORO

Corso di aggiornamento sulla efficienza energetica degli edifici e sugli adempimenti normativi

**Nozioni di energetica- cenni di Trasmissione del calore, verifica della condensa -
Normativa Uni di riferimento – Panorama legislativo italiano.**

Nuoro – 20 – 27 – Febbraio 2009

“EFFICIENZA ENERGETICA DEGLI EDIFICI E ADEMPIMENTI NORMATIVI ”

Relatori : ing. Italo Stagno ing. Costantino Carlo Mastino

stagno@unica.it

costantino.mastino@fisicatecnica-unica.it

WWW.FISICATECNICA-UNICA.IT



Facoltà di **A**rchitettura di Cagliari
Dipartimento di Ingegneria del territorio Sezione trasporti e fisica tecnica
Corso di Fisica tecnica Facoltà di Architettura
Coordinatore prof. Ing. Carlo Bernardini

Premessa

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

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

I suddetti metodi di calcolo sono descritti nelle seguenti specifiche tecniche:

Introduzione norma Europea

La **UNI EN ISO 13790:2008** presenta una serie di metodi di calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento ed il raffrescamento ambiente di un edificio e dell'influenza delle perdite degli impianti di riscaldamento e raffrescamento, del recupero termico e dell'utilizzo delle fonti di energia rinnovabile.

Tale norma può essere utilizzata per le seguenti applicazioni:

- 1) valutare il rispetto di regolamenti espressi in termini di obiettivi energetici;
- 2) confrontare le prestazioni energetiche di varie alternative progettuali per un edificio in progetto;
- 3) indicare un livello convenzionale di prestazione energetica degli edifici esistenti;
- 4) stimare l'effetto di possibili misure di risparmio energetico su un edificio esistente, calcolando il fabbisogno di energia con e senza ciascuna misura;
- 5) prevedere le esigenze future di risorse energetiche su scala nazionale o internazionale, calcolando i fabbisogni di energia di tipici edifici rappresentativi del parco edilizio.

Le suddette applicazioni trovano riscontro in diversi tipi di valutazione energetica di calcolo, come di seguito classificati.

Tipo di valutazione	Dati di ingresso			Scopo della valutazione
	Uso	Clima	Edificio	
Di Progetto (Design rating)	Standard	Standard	Progetto	Permesso di costruire Certificazione o Qualificazione energetica del progetto
Standard (Asset rating)	Standard	Standard	Reale	Certificazione o Qualificazione energetica
Adattata all'utenza (Tailored rating)	In funzione dello scopo Reale			Ottimizzazione, Validazione, Diagnosi e programmazione di interventi di riqualificazione

I metodi forniti dalla **UNI EN ISO 13790:2008** comprendono il calcolo dei seguenti termini:

- 1) lo scambio termico per trasmissione e ventilazione dell'edificio quando esso è riscaldato o raffrescato ad una temperatura interna costante;
- 2) il contributo degli apporti termici interni e solari al bilancio termico dell'edificio;
- 3) i fabbisogni annuali di energia termica per riscaldamento e raffrescamento, al fine di mantenere le temperature prefissate di regolazione all'interno dell'edificio.

La determinazione dei fabbisogni di energia latente non rientra nello scopo della UNI EN ISO 13790:2008, ma viene presa in considerazione dalle norme che forniscono metodi per determinare l'efficienza dei sistemi di climatizzazione (UNI EN 15316, UNI EN 15241, UNI EN 15243).

L'edificio può avere diverse zone termiche a differenti temperature di regolazione e può avere un riscaldamento intermittente.

I possibili intervalli di calcolo sono diversi: l'anno, il mese, l'ora.

Per dati di ingresso e per particolareggiati procedimenti di calcolo non forniti dalla UNI EN ISO 13790:2008, *l'utente può fare riferimento ad altre norme internazionali o nazionali.* In particolare questo vale per il calcolo dell'efficienza o delle perdite di calore degli impianti di riscaldamento.

La UNI EN ISO 13790:2008 prevede la possibilità di eseguire il calcolo dei fabbisogni di energia termica per il riscaldamento e il raffrescamento dell'edificio *mediante metodi dettagliati di simulazione, che consentono di tenere adeguatamente conto dei fenomeni dinamici.* **L'utilizzo di tali metodi, opportunamente validati in conformità alla UNI EN 15265, è da ritenersi sempre possibile ed in alcuni casi preferibile, in alternativa al metodo mensile a cui le presenti linee guida si riferiscono, una volta che sono disponibili dati climatici orari della località considerata.**

UNI TS 11300

La presente specifica tecnica definisce le modalità per l'applicazione nazionale della [UNI EN ISO 13790:2008](#) con riferimento al metodo mensile per il calcolo dei fabbisogni di **energia termica per riscaldamento** ($Q_{H,nd}$) e **per raffrescamento** ($Q_{C,nd}$).

La presente specifica tecnica è rivolta a tutte le possibili applicazioni previste dalla [UNI EN ISO 13790:2008](#): calcolo di progetto (*design rating*), *valutazione energetica* di edifici attraverso il calcolo in condizioni standard (*asset rating*) o in particolari condizioni climatiche e d'esercizio (*tailored rating*).

Metodologie di calcolo della prestazione energetica degli edifici e degli impianti In Italia

Introdotte dal D.Lgs 115/2008

in vigore dal 4 luglio 2008 attuazione 2006/32/CE

- a) **UNI TS 11300** Prestazioni energetiche degli edifici
Parte 1: determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale;

- b) **UNI TS 11300** prestazioni energetiche degli edifici
Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria;

In fase di elaborazione.

- c) **UNI TS 11300** Prestazioni energetiche degli edifici
- Parte 3: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva;

- d) **UNI TS 11300** 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;

RIFERIMENTI NORMATIVI

L'anzidetta specifica tecnica rimanda, mediante riferimenti datati e non, a disposizioni contenute in altre pubblicazioni. Per i riferimenti non datati vale l'ultima edizione della pubblicazione alla quale si fa riferimento (compresi gli aggiornamenti).

UNI 10339 Impianti aeraulici al fini di benessere - Generalità, classificazione e requisiti - Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura.

UNI 10349 Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici

UNI 10351 Materiali da costruzione - Conduktività termica e permeabilità al vapore.

UNI 10355 Murature e solai - Valori della resistenza termica e metodo di calcolo.

UNI EN 410 Vetro per edilizia - Determinazione delle caratteristiche luminose e solari delle vetrate.

UNI EN 12792 Ventilazione degli edifici - Simboli, terminologia e simboli grafici.

UNI EN 12831 Impianti di riscaldamento negli edifici - Metodo di calcolo del carico termico di progetto.

UNI EN 13779 Ventilazione degli edifici non residenziali - Requisiti di prestazione per i sistemi di ventilazione e di climatizzazione

UNI EN 13947 Prestazione termica delle facciate continue - Calcolo della trasmittanza termica.

UNI EN 15242 Ventilazione degli edifici - Metodi di calcolo per la determinazione delle portate d'aria negli edifici, comprese le infiltrazioni

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

UNI EN ISO 6946 Componenti ed elementi per edilizia - Resistenza termica e trasmittanza termica - Metodo di calcolo

UNI EN ISO 10077-1 Prestazione termica di finestre, porte e chiusure oscuranti - Calcolo della trasmittanza termica - Generalità

UNI EN ISO 13370 Prestazione termica degli edifici - Trasferimento di calore attraverso il terreno - Metodi di calcolo

UNI EN ISO 13786 Prestazione termica dei componenti per edilizia - Caratteristiche termiche dinamiche - Metodi di calcolo

UNI EN ISO 13789:2008 Prestazione termica degli edifici - Coefficiente di perdita di calore per trasmissione - Metodo di calcolo

UNI EN ISO 13790:2008 Prestazione termica degli edifici - Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento e il raffrescamento

UNI EN ISO 14683 Ponti termici in edilizia - Coefficiente di trasmissione termica lineica - Metodi semplificati e valori di riferimento

CEN/TR 14788 Ventilation for buildings - Design and dimensioning of residential ventilation systems

TERMINI E DEFINIZIONI

Per fabbisogno netto di energia termica

si intende la quantità di calore che deve essere fornita o sottratta ad un ambiente climatizzato per mantenere le condizioni di temperatura desiderate durante un dato periodo di tempo;

Per fabbisogno di energia primaria

si intende l'energia fornita all'edificio da un impianto di riscaldamento (o raffrescamento) partendo dal fabbisogno netto dell'involucro e tenendo conto dei rendimenti dell'impianto scelto.

Ambiente climatizzato:

Vano o spazio chiuso che, ai fini del calcolo, è considerato riscaldato o raffrescato a determinate temperature di regolazione.

Area climatizzata:

Area del pavimento degli ambienti climatizzati, comprendente l'area di tutti i piani se più di uno, esclusi piani interrati o altri ambienti non abitabili. Ai fini del calcolo degli apporti termici interni, è intesa al netto delle pareti perimetrali e di tutti i divisori verticali.

Certificazione energetica:

Procedura che permette di produrre un'attestazione della prestazione energetica dell'edificio mediante uno o più descrittori di fabbisogno energetico calcolati secondo metodologie normalizzate.

Edificio:

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.

Stagione di raffrescamento:

Periodo dell'anno durante il quale vi è una richiesta significativa di energia per il raffrescamento ambiente.

Stagione di riscaldamento:

Periodo dell'anno durante il quale vi è una richiesta significativa di energia per il riscaldamento ambiente.

Al momento della pubblicazione della presente specifica tecnica è in vigore il Decreto Presidente Repubblica 412/1993 che stabilisce la durata della stagione di riscaldamento in funzione della zona climatica (art. 2).

Temperatura esterna:

Temperatura dell'aria esterna.

Temperatura interna:

Media aritmetica della temperatura dell'aria e della temperatura media radiante al centro della zona considerata.

Temperatura interna di regolazione (set-point):

Temperatura interna minima fissata dal sistema di regolazione dell'impianto di riscaldamento e temperatura interna massima fissata dal sistema di regolazione dell'impianto di raffrescamento ai fini dei calcoli di fabbisogno energetico.

Zona termica:

Parte dell'ambiente climatizzato mantenuto a temperatura uniforme attraverso lo stesso impianto di riscaldamento, raffrescamento o ventilazione.

SIMBOLI E UNITÀ DI MISURA

Simbolo	Grandezza	Unità di misura
<i>A</i>	Area	m ²
<i>b</i>	Fattore di correzione dello scambio termico	-
<i>C</i>	Capacità termica efficace di un ambiente climatizzato	J/K
<i>d</i>	Spessore	m
<i>F</i>	Fattore di riduzione del flusso solare	-
<i>g</i>	Trasmittanza di energia solare totale	-
<i>H</i>	Coefficiente globale di scambio termico	W/K
<i>I</i>	Irradianza solare	W/m ²
<i>l</i>	Lunghezza	m
<i>N</i>	Durata del periodo di riscaldamento	d
<i>n</i>	Ricambi d'aria	h ⁻¹
<i>Q</i>	Energia termica	MJ
<i>q</i>	Portata volumica	m ³ /s
<i>R</i>	Resistenza termica	m ² K/W
<i>t</i>	Tempo	Ms
<i>U</i>	Trasmittanza termica	W/(m ² × K)
<i>V</i>	Volume interno	m ³
<i>α</i>	Fattore di assorbimento	-
<i>γ</i>	Rapporto apporti/dispersioni	-
<i>ε</i>	Emissività relativa alla radiazione termica ad elevata lunghezza d'onda	-
<i>Φ</i>	Flusso termico, potenza termica	W
<i>η</i>	Efficienza, fattore di utilizzazione	-
<i>θ</i>	Temperatura	°C
<i>κ</i>	Capacità termica areica	kJ/(m ² × K)
<i>ρ</i>	Massa volumica	kg/m ³
<i>τ</i>	Costante di tempo	s
<i>ψ</i>	Trasmittanza termica lineare	W/(m × K)

Pedici

A	apparecchiature, edificio adiacente	i	ambiente interno
a	aria	int	interno
adj	corretto per la differenza di temperatura	ls	dispersione termica
c	elemento costruttivo	m	medio
C	raffrescamento	mn	media sul tempo
C,nd	fabbisogno per il raffrescamento	n	incidenza normale, netto
D	trasmissione termica diretta verso l'esterno	nd	fabbisogno
day	giornaliero	ob	ostacoli esterni
des	progetto	Oc	occupanti
F	telaio	ov	aggetto orizzontale
f	pavimento	p	proiettato
fin	aggetto verticale	r	radiazione infrarossa
e	ambiente esterno	s	superficiale
g	terreno	set	regolazione
gl	vetro	sh	ombreggiatura, schermatura
gn	apporti termici	shut	chiusura oscurante
H	riscaldamento	sol	solare
H,nd	fabbisogno per il riscaldamento	tr	trasmissione termica
h	orizzontale	U,u	non climatizzato
hor	orizzonte	ve	ventilazione
ht	scambio termico	w	finestra

DESCRIZIONE SINTETICA DELLA PROCEDURA DI CALCOLO

Bilancio energetico per il Riscaldamento e il Raffrescamento

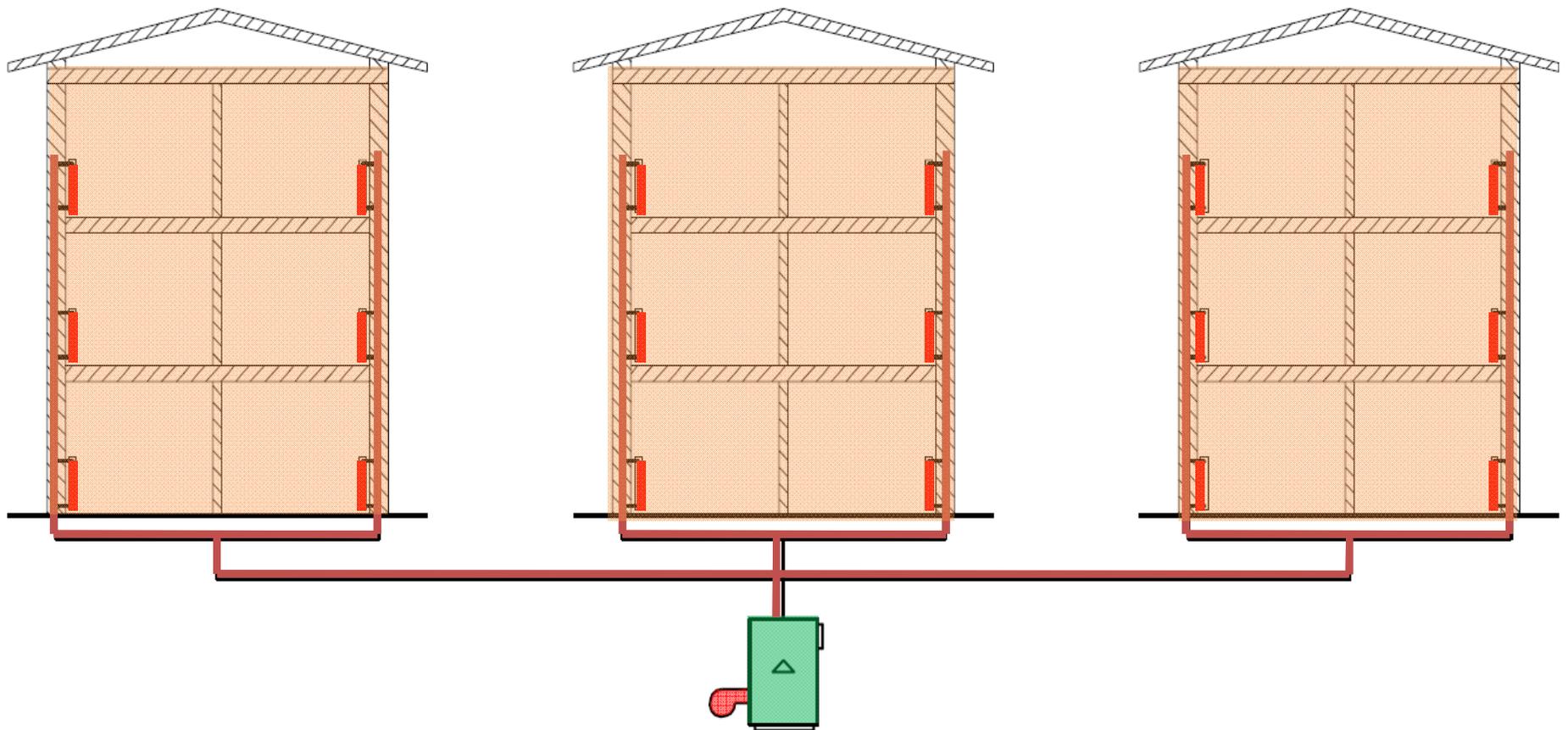
La procedura di calcolo comprende i seguenti passi:

- 1) definizione dei confini dell'insieme degli ambienti climatizzati e non climatizzati dell'edificio;
- 2) definizione dei confini delle diverse zone di calcolo, se richiesta;
- 3) definizione delle condizioni interne di calcolo e dei dati di ingresso relativi al clima esterno;
- 4) calcolo, per ogni mese e per ogni zona dell'edificio, dei fabbisogni di energia termica per il riscaldamento ($Q_{H,nd}$) e il raffrescamento ($Q_{C,nd}$);
- 5) aggregazione dei risultati relativi ai diversi mesi ed alle diverse zone servite dagli stessi impianti.

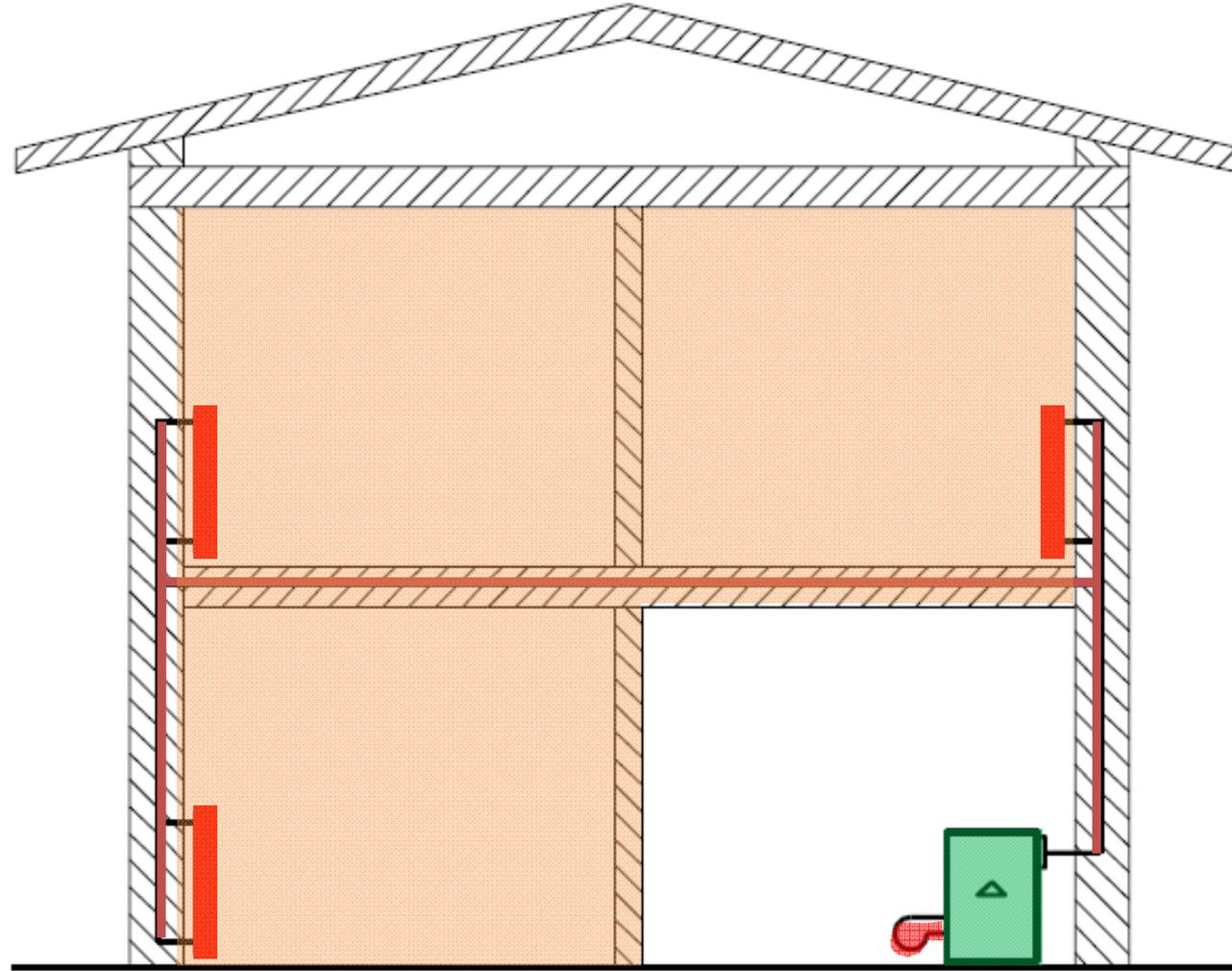
1. Definizione dei confini dell'insieme degli ambienti climatizzati e non climatizzati dell'edificio;
2. Definizione dei confini delle diverse zone di calcolo, se richiesta;

ZONIZZAZIONE E ACCOPPIAMENTO TERMICO TRA ZONE
Individuazione del sistema edificio-impianto

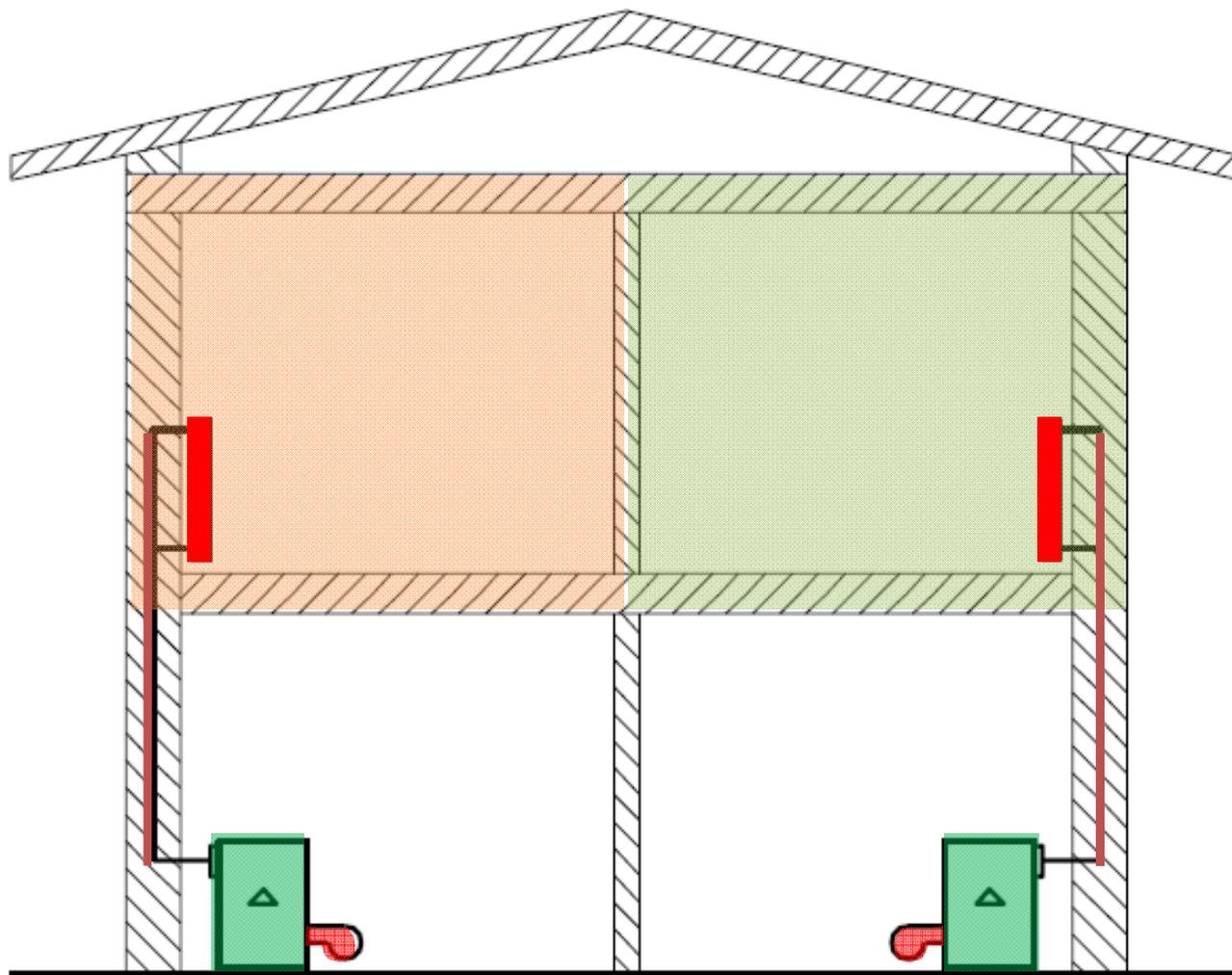
Sistema edificio-impianto costituito da più edifici serviti da un'unica centrale termica



Sistema edificio-impianto costituito da un unico edificio



Sistema edificio-impianto costituito da una porzione di edificio servita da un impianto termico autonomo



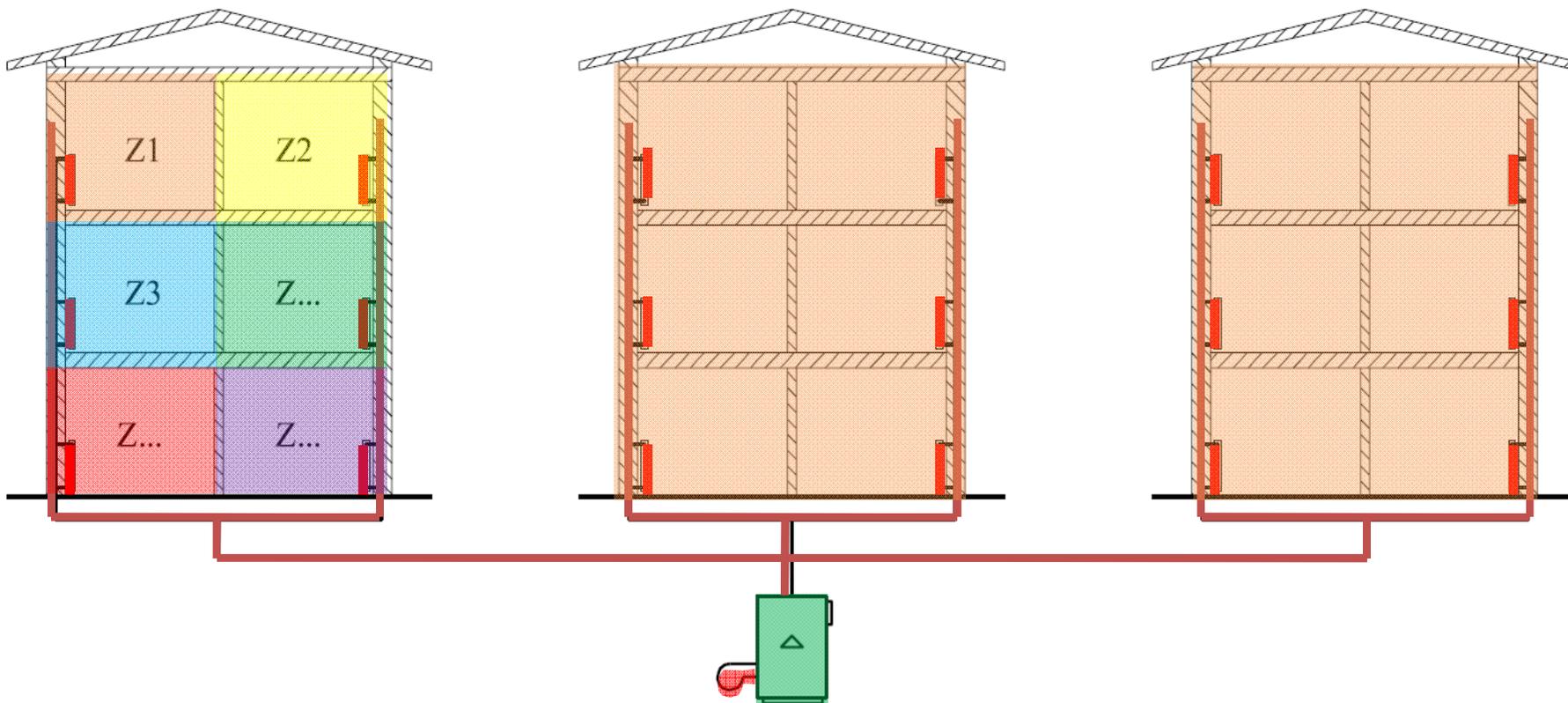
Ogni porzione di edificio, climatizzata ad una determinata temperatura con identiche modalità di regolazione, costituisce una zona termica.

Diverse unità immobiliari servite da un unico generatore, aventi proprie caratteristiche di dispersione ed esposizione, possono costituire altrettante zone termiche (vedere figura).

La zonizzazione non è richiesta se si verificano le seguenti condizioni:

- I. Le temperature interne di regolazione per il riscaldamento differiscono di non oltre 4 K;
- II. Gli ambienti non sono raffrescati o comunque le temperature interne di regolazione per il raffrescamento differiscono di non oltre 4 K;
- III. Gli ambienti sono serviti dallo stesso impianto di riscaldamento;
- IV. Se vi è un impianto di ventilazione meccanica, almeno l'80% dell'area climatizzata è servita dallo stesso impianto di ventilazione con tassi di ventilazione nei diversi ambienti che non differiscono di un fattore maggiore di 4.
- V. È possibile che la zonizzazione relativa al riscaldamento differisca da quella relativa al raffrescamento.

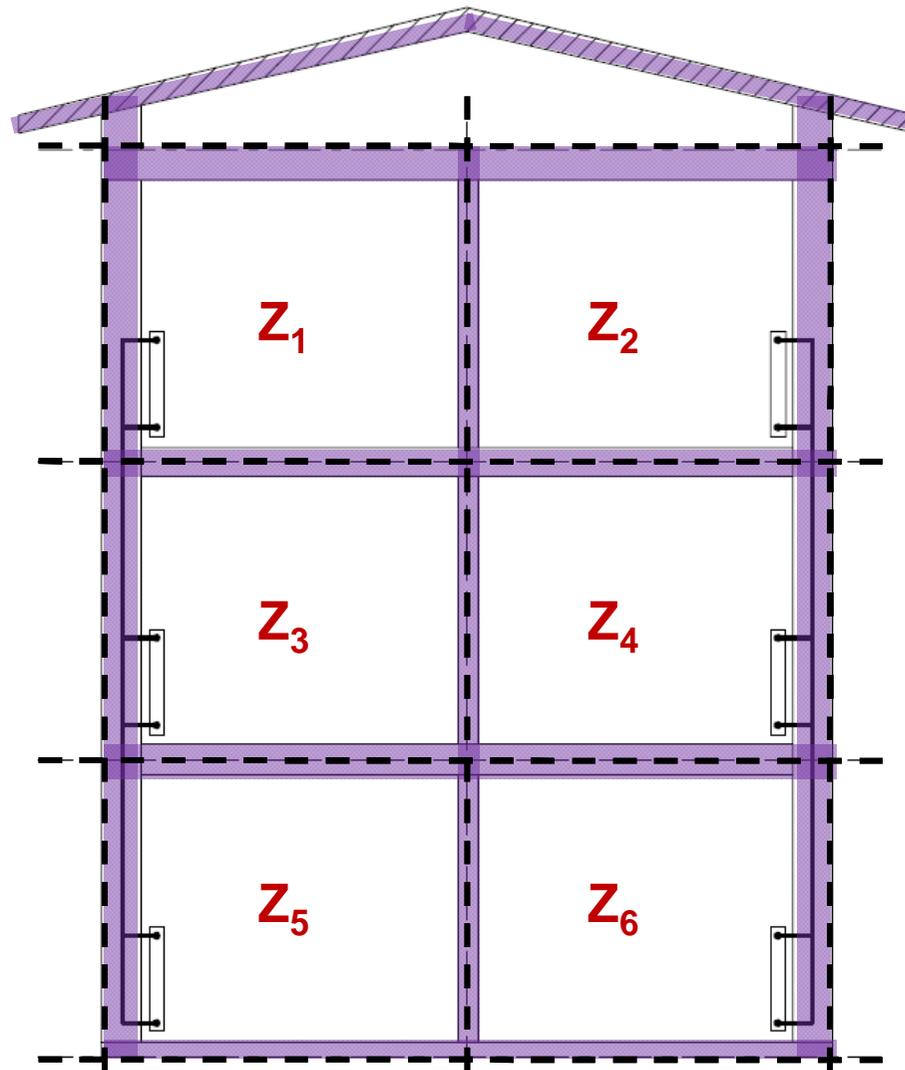
Zone termiche aventi proprie caratteristiche di dispersione ed esposizione



Confini delle zone termiche

Ai fini dell'applicazione della presente specifica tecnica, per definire i confini del volume lordo climatizzato si considerano le dimensioni esterne dell'involucro mentre, per definire i confini tra le zone termiche, si utilizzano le superfici di mezzeria degli elementi divisori (vedere figura).

Regole di suddivisione dei volumi



Definizione delle condizioni interne di calcolo e dei dati di ingresso relativi al clima esterno;

TEMPERATURA INTERNA

Valutazione di progetto o standard

Climatizzazione invernale

Per tutte le categorie di edifici ad esclusione delle categorie E.6(1), E.6(2) e E.87), si assume una temperatura interna costante pari a 20 °C.

- Per gli edifici di categoria E.6(1) si assume una temperatura interna costante pari a 28 °C
- Per gli edifici di categoria E.6(2) e E.8 si assume una temperatura interna costante pari a 18 °C.

Per gli edifici confinanti, in condizioni standard di calcolo, si assume:

- temperatura pari a 20 °C per edifici confinanti riscaldati e appartamenti vicini normalmente abitati;
- temperatura conforme alla UNI EN 12831 per appartamenti confinanti in edifici che non sono normalmente abitati (per esempio case vacanze);
- temperatura conforme all'appendice A della UNI EN ISO 13789:2008, per edifici o ambienti confinanti non riscaldati (magazzini, autorimesse, cantinati, vano scale, ecc.)

Definizione delle condizioni interne di calcolo e dei dati di ingresso relativi al clima esterno;

TEMPERATURA INTERNA

Valutazione di progetto o standard

Climatizzazione Estiva

Per tutte le categorie di edifici ad esclusione delle categorie E.6.1 e E.6.2 si assume una temperatura interna costante pari a **26 °C**.

Per gli edifici di categoria E.6.1 si assume una temperatura interna costante pari a **28 °C**.

Per gli edifici di categoria E.6.2 si assume una temperatura interna costante pari a **24 °C**.

La temperatura interna degli edifici adiacenti è fissata convenzionalmente pari a **26 °C**.

CLIMA ESTERNO

**I dati climatici devono essere conformi a quanto riportato nella
UNI 10349**

I valori di irradianza solare totale media mensile sono ricavati dai valori di irraggiamento solare giornaliero medio mensile forniti dalla UNI 10349. Per orientamenti intermedi tra quelli ivi indicati si procede per interpolazione lineare.

I valori di temperatura esterna media giornaliera sono forniti dalla UNI 10349.

Valori medi mensili della temperatura media giornaliera dell'aria esterna

I valori medi mensili delle temperature medie giornaliere dell'aria esterna per i capoluoghi di provincia italiani sono tabellati.

Per le località non comprese è possibile calcolare una temperatura corretta che tenga conto della diversa localizzazione ed altitudine, rispetto al capoluogo, applicando il seguente criterio:

Criterio per la determinazione della temperatura delle località non tabellate

1. Si identifica la località di riferimento, ovvero il capoluogo di provincia più vicino in linea d'aria e sullo stesso versante geografico di quella considerata (non necessariamente il capoluogo della provincia di appartenenza);
2. Si apporta una correzione al valore della temperatura della località di riferimento per tenere conto della differenza di altitudine tra questa e la località considerata, secondo la seguente relazione:

$$\Theta_e = \Theta_{e,r} - (Z - Z_r) \cdot \delta$$

dove:

$\Theta_{e,r}$ è la temperatura nella località di riferimento;

Z è l'altitudine s.l.m. della località considerata;

Z_r è l'altitudine s.l.m. della località di riferimento;

δ è il gradiente verticale di temperatura, i cui valori sono indicati nel prospetto II, in funzione della zona geografica.

Valori del gradiente verticale di temperatura

Zona geografica	$\delta(^{\circ}\text{C}/\text{m})$
Italia settentrionale transpadana	1/178
Italia settentrionale cispadana	1/200
Italia centrale e meridionale	1/147
Sicilia	1/174
Sardegna	1/192

Esempio

Sardegna, Sassari esempio di applicazione del gradiente di temperatura verticale

$$\delta := \frac{1}{192} \cdot \frac{\text{K}}{\text{m}}$$

$$T_{e_SS} := 3\text{K}$$

$$Q_{slm_SS} := 225\text{m}$$

Calcolo della temperatura per Osilo (SS)

$$Q_{slm_osilo} := 615\text{m}$$

$$T_{e_Osilo} := T_{e_SS} + (Q_{slm_SS} - Q_{slm_osilo}) \cdot \delta = 1\text{K}$$

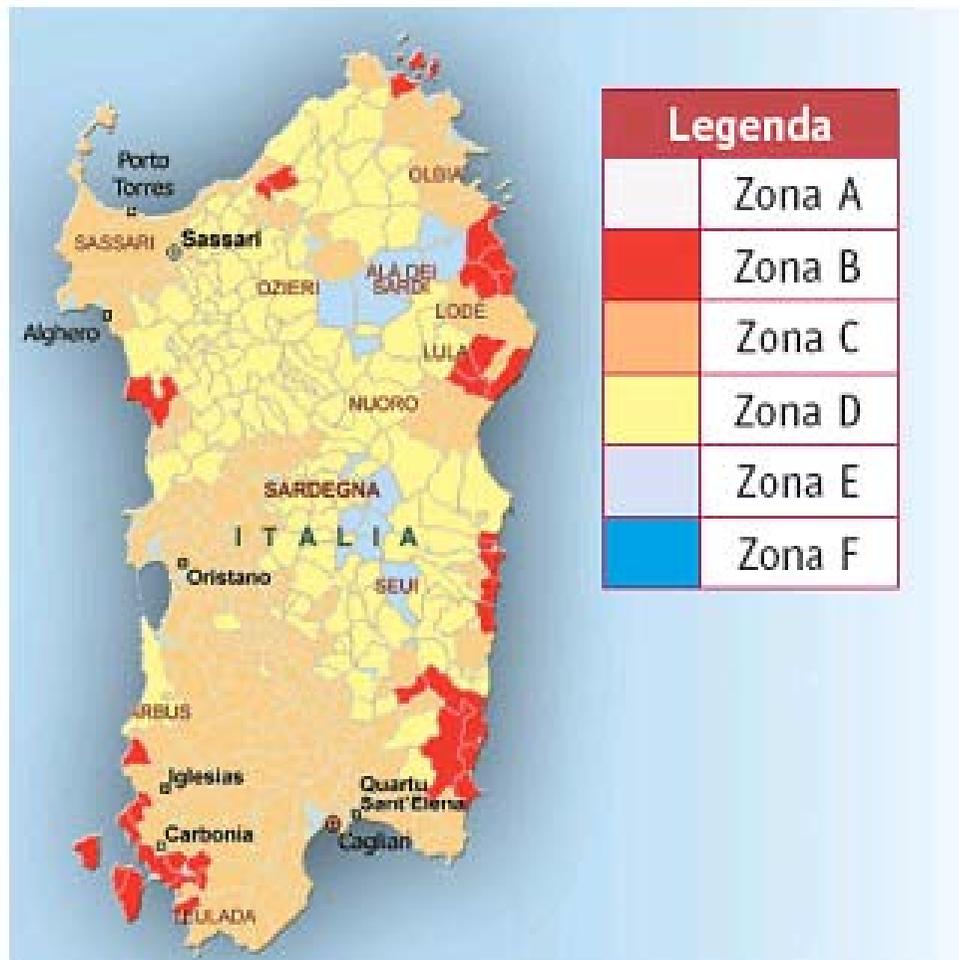
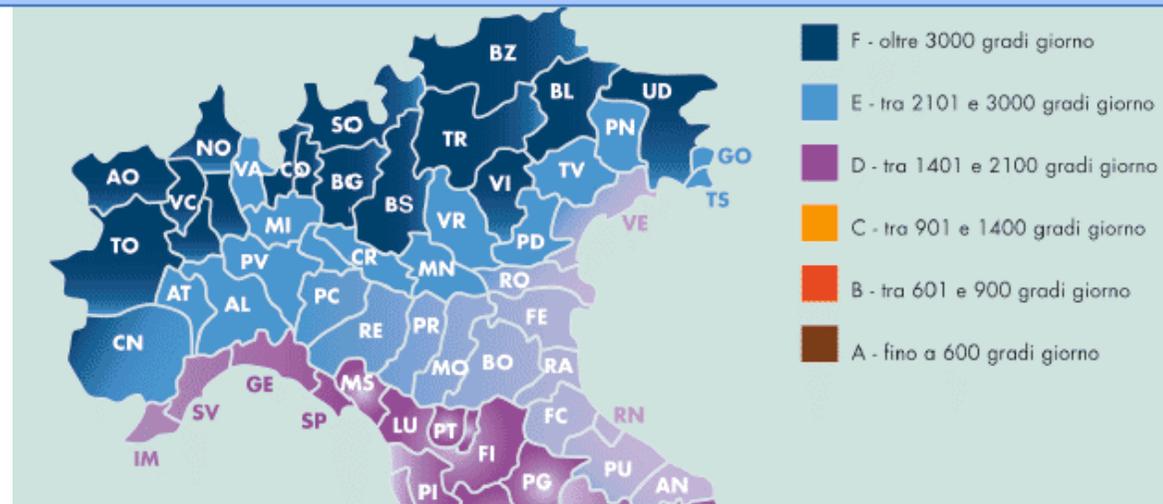
Calcolo della temperatura per Platamona (SS)

$$Q_{slm_platomona} := 2\text{m}$$

$$T_{e_Platomona} := T_{e_SS} + (Q_{slm_SS} - Q_{slm_platomona}) \cdot \delta = 4.2\text{K}$$

Classificazione del territorio nazionale in zone climatiche.

EFFICIENZA ENERGETICA DEGLI EDIFICI E - ADEMPIMENTI NORMATIVI
ORDINE DEGLI INGEGNERI DI NUORO 20 - 27 FEBBRAIO 2009



Durata della stagione di riscaldamento in funzione della zona climatica

zona	Gradi giorno	Periodo	Ore	Esempi
A	fino a 600	1 Dicembre - 15 Marzo	6	Lampedusa, Linosa, Porto Empedocle
B	da oltre 600 a 900	1 Dicembre - 31 Marzo	8	Agrigento, Catania, Crotone, Messina, Palermo, Reggio Calabria, Siracusa, Trapani
C	da oltre 900 a 1400	15 Novembre - 31 Marzo	10	Bari, Benevento, Brindisi, Cagliari, Caserta, Catanzaro, Cosenza, Imperia, Latina, Lecce, Napoli, Oristano, Ragusa, Salerno, Sassari, Taranto
D	da oltre 1400 a 2100	1 Novembre - 15 Aprile	12	Ancona, Ascoli Piceno, Avellino, Caltanissetta, Chieti, Firenze, Foggia, Forli', Genova, Grosseto, Isernia, La Spezia, Livorno, Lucca, Macerata, Massa, Carrara, Matera, Nuoro, Pesaro, Pesaro, Pescara, Pisa, Pistoia, Prato, Roma, Savona, Siena, Teramo, Terni, Verona, Vibo Valentia, Viterbo
E	da oltre 2100 a 3000	15 Ottobre - 15 Aprile	14	Alessandria, Aosta, Arezzo, Asti, Bergamo, Biella, Bologna, Bolzano, Brescia, Campobasso, Como, Cremona, Enna, Ferrara, Cesena, Frosinone, Gorizia, L'Aquila, Lecco, Lodi, Mantova, Milano, Modena, Novara, Padova, Parma, Pavia, Perugia, Piacenza, Pordenone, Potenza, Ravenna, Reggio Emilia, Rieti, Rimini, Rovigo, Sondrio, Torino, Trento, Treviso, Trieste, Udine, Varese, Venezia, Verbania, Vercelli, Vicenza
F	oltre 3000	Nessuna limitazione	24	Belluno, Cuneo

Calcolo, per ogni mese e per ogni zona dell'edificio, dei fabbisogni di energia termica per il riscaldamento ($Q_{H,nd}$)

**DESCRIZIONE SINTETICA DELLA PROCEDURA DI CALCOLO
"Invernale"**

$$Q_{H,nd} = (Q_{H,tr} + Q_{H,ve}) - \eta_{H,gn} \cdot (Q_{int} + Q_{sol})$$

Dove:

$Q_{H,nd}$ è il **fabbisogno ideale di energia termica dell'edificio per riscaldamento;**

$Q_{H,tr}$ è lo scambio termico per trasmissione nel caso di riscaldamento;

$Q_{H,ve}$ è lo scambio termico per ventilazione nel caso di riscaldamento;

$\eta_{H,gn}$ è il fattore di utilizzazione degli apporti termici;

Q_{int} sono gli apporti termici interni;

Q_{sol} sono gli apporti termici solari;

$$Q_{H,nd} = (Q_{H,tr} + Q_{H,ve}) - \eta_{H,gn} \cdot (Q_{int} + Q_{sol})$$

Lo scambio termico per trasmissione nel caso di riscaldamento $Q_{H,tr}$ si calcola

$$Q_{H,tr} = H_{tr,adj} \cdot (\theta_{int,set,H} - \theta_e) \cdot t$$

Dove:

$H_{tr,adj}$ è il coefficiente globale di scambio termico per trasmissione della zona considerata, corretto per tenere conto della differenza di temperatura interno-esterno [W/K];

$\theta_{int,set,H}$ è la temperatura interna di regolazione per il riscaldamento della zona considerata;

θ_e è la temperatura media mensile dell'ambiente esterno;

t è la durata del mese considerato espressa in secondi.

$$Q_{H,nd} = (Q_{H,tr} + Q_{H,ve}) - \eta_{H,gn} \cdot (Q_{int} + Q_{sol})$$

Il coefficiente globale di scambio termico $H_{tr,adj}$ si calcola

$$H_{tr,adj} = H_D + H_g + H_U + H_A$$

dove:

- H_D è il coefficiente di scambio termico diretto per trasmissione verso l'ambiente esterno;
- H_g è il coefficiente di scambio termico stazionario per trasmissione verso il terreno;
- H_U è il coefficiente di scambio termico per trasmissione attraverso gli ambienti non climatizzati;
- H_A è il coefficiente di scambio termico per trasmissione verso altre zone (interne o meno all'edificio) climatizzate a temperatura diversa;

$$Q_{H,nd} = (Q_{H,tr} + Q_{H,ve}) - \eta_{H,gn} \cdot (Q_{int} + Q_{sol})$$

Lo scambio termico per ventilazione nel caso di riscaldamento $Q_{H,ve}$ si calcola

$$Q_{H,ve} = H_{ve,adj} \cdot (\theta_{int,set,H} - \theta_e) \cdot t$$

Dove:

$H_{ve,adj}$ è il coefficiente globale di scambio termico per ventilazione della zona considerata, corretto per tenere conto della differenza di temperatura interno-esterno [W/K];

$\theta_{int,set,H}$ è la temperatura interna di regolazione per il riscaldamento della zona considerata;

θ_e è la temperatura media mensile dell'ambiente esterno;

t è la durata del mese considerato espressa in secondi.

$$Q_{H,nd} = (Q_{H,tr} + Q_{H,ve}) - \eta_{H,gn} \cdot (Q_{int} + Q_{sol})$$

Il coefficiente globale di scambio termico $H_{ve,adj}$ si calcola

$$H_{ve,adj} = \rho_a \cdot c_a \cdot \sum_k (b_{ve,k} \cdot q_{ve,k,mn})$$

Dove:

$\rho_a \cdot c_a$ è la capacità termica volumica dell'aria, pari a 1 200 J/(m³ · K);

$q_{ve,k,mn}$ è la portata mediata sul tempo del flusso d'aria *k*-esimo;

$b_{ve,k}$ è il fattore di correzione della temperatura per il flusso d'aria *k*-esimo ($b_{ve,k} \neq 1$ se la temperatura di mandata non è uguale alla temperatura dell'ambiente esterno, come nel caso di pre-riscaldamento, pre-raffrescamento o di recupero termico dell'aria di ventilazione).

$$Q_{H,nd} = (Q_{H,tr} + Q_{H,ve}) - \eta_{H,gn} \cdot (Q_{int} + Q_{sol})$$

Apporti termici interni Q_{int}

$$Q_{int} = \left[\sum_k \Phi_{int,mn,k} \right] \cdot t + \left[\sum_l (1 - b_{tr,l}) \Phi_{int,mn,u,l} \right] \cdot t$$

dove le due sommatorie si riferiscono rispettivamente ai flussi generati nella zona climatizzata e negli ambienti non climatizzati, ed inoltre:

$b_{tr,l}$ è il fattore di riduzione per l'ambiente non climatizzato avente la sorgente di calore interna l -esima oppure il flusso termico l -esimo di origine solare;

$\Phi_{int,mn,k}$ è il flusso termico prodotto dalla k -esima sorgente di calore interna, mediato sul tempo;

$\Phi_{int,mn,u,l}$ è il flusso termico prodotto dalla l -esima sorgente di calore interna nell'ambiente non climatizzato adiacente u , mediato sul tempo;

$$Q_{H,nd} = (Q_{H,tr} + Q_{H,ve}) - \eta_{H,gn} \cdot (Q_{int} + Q_{sol})$$

Apporti termici solari Q_{sol}

$$Q_{sol} = \left[\sum_k \Phi_{sol,mn,k} \right] \cdot t + \left[\sum_l (1 - b_{tr,l}) \Phi_{sol,mn,u,l} \right] \cdot t$$

dove le due sommatorie si riferiscono rispettivamente ai flussi entranti nella zona climatizzata e negli ambienti non climatizzati, ed inoltre:

$b_{tr,l}$ è il fattore di riduzione per l'ambiente non climatizzato avente la sorgente di calore interna l -esima oppure il flusso termico l -esimo di origine solare;

$\Phi_{sol,mn,k}$ è il flusso termico k -esimo di origine solare, mediato sul tempo;

$\Phi_{sol,mn,u,l}$ è il flusso termico l -esimo di origine solare nell'ambiente non climatizzato adiacente u , mediato sul tempo.

Calcolo, per ogni mese e per ogni zona dell'edificio, dei fabbisogni di energia termica per il riscaldamento ($Q_{H,nd}$)

DESCRIZIONE SINTETICA DELLA PROCEDURA DI CALCOLO "Estiva"

$$Q_{C,nd} = (Q_{int} + Q_{sol}) - \eta_{C,ls} \cdot (Q_{C,tr} + Q_{C,ve})$$

Dove:

$Q_{C,nd}$ è il **fabbisogno ideale di energia termica dell'edificio per raffrescamento;**

$Q_{C,tr}$ è lo scambio termico per trasmissione nel caso di raffrescamento;

$Q_{C,ve}$ è lo scambio termico per ventilazione nel caso di raffrescamento;

$\eta_{C,ls}$ è il fattore di utilizzazione delle dispersioni termiche;

Q_{int} sono gli apporti termici interni;

Q_{sol} sono gli apporti termici solari;

$$Q_{C,nd} = (Q_{int} + Q_{sol}) - \eta_{C,ls} \cdot (Q_{C,tr} + Q_{C,ve})$$

Apporti termici interni Q_{int}

$$Q_{int} = \left[\sum_k \Phi_{int,mn,k} \right] \cdot t + \left[\sum_l (1 - b_{tr,l}) \Phi_{int,mn,u,l} \right] \cdot t$$

dove le due sommatorie si riferiscono rispettivamente ai flussi generati nella zona climatizzata e negli ambienti non climatizzati, ed inoltre:

$b_{tr,l}$ è il fattore di riduzione per l'ambiente non climatizzato avente la sorgente di calore interna l -esima oppure il flusso termico l -esimo di origine solare;

$\Phi_{int,mn,k}$ è il flusso termico prodotto dalla k -esima sorgente di calore interna, mediato sul tempo;

$\Phi_{int,mn,u,l}$ è il flusso termico prodotto dalla l -esima sorgente di calore interna nell'ambiente non climatizzato adiacente u , mediato sul tempo;

$$Q_{C,nd} = (Q_{int} + Q_{sol}) - \eta_{C,ls} \cdot (Q_{C,tr} + Q_{C,ve})$$

Apporti termici solari Q_{sol}

$$Q_{sol} = \left[\sum_k \Phi_{sol,mn,k} \right] \cdot t + \left[\sum_l (1 - b_{tr,l}) \Phi_{sol,mn,u,l} \right] \cdot t$$

dove le due sommatorie si riferiscono rispettivamente ai flussi entranti nella zona climatizzata e negli ambienti non climatizzati, ed inoltre:

$b_{tr,l}$ è il fattore di riduzione per l'ambiente non climatizzato avente la sorgente di calore interna l -esima oppure il flusso termico l -esimo di origine solare;

$\Phi_{sol,mn,k}$ è il flusso termico k -esimo di origine solare, mediato sul tempo;

$\Phi_{sol,mn,u,l}$ è il flusso termico l -esimo di origine solare nell'ambiente non climatizzato adiacente u , mediato sul tempo.

$$Q_{C,nd} = (Q_{int} + Q_{sol}) - \eta_{C,ls} \cdot (Q_{C,tr} + Q_{C,ve})$$

Lo scambio termico per trasmissione nel caso di raffrescamento $Q_{C,tr}$ si calcola

$$Q_{C,tr} = H_{tr,adj} \cdot (\theta_{int,set,C} - \theta_e) \cdot t$$

Dove:

$H_{tr,adj}$ è il coefficiente globale di scambio termico per trasmissione della zona considerata, corretto per tenere conto della differenza di temperatura interno-esterno [W/K];

$\theta_{int,set,C}$ è la temperatura interna di regolazione per il raffrescamento della zona considerata;

θ_e è la temperatura media mensile dell'ambiente esterno;

t è la durata del mese considerato espressa in secondi.

$$Q_{C,nd} = (Q_{int} + Q_{sol}) - \eta_{C,ls} \cdot (Q_{C,tr} + Q_{C,ve})$$

Il coefficiente globale di scambio termico $H_{tr,adj}$ si calcola

$$H_{tr,adj} = H_D + H_g + H_U + H_A$$

dove:

- H_D è il coefficiente di scambio termico diretto per trasmissione verso l'ambiente esterno;
- H_g è il coefficiente di scambio termico stazionario per trasmissione verso il terreno;
- H_U è il coefficiente di scambio termico per trasmissione attraverso gli ambienti non climatizzati;
- H_A è il coefficiente di scambio termico per trasmissione verso altre zone (interne o meno all'edificio) climatizzate a temperatura diversa;

$$Q_{C,nd} = (Q_{int} + Q_{sol}) - \eta_{C,ls} \cdot (Q_{C,tr} + Q_{C,ve})$$

Lo scambio termico per ventilazione nel caso di raffrescamento $Q_{C,ve}$ si calcola

$$Q_{C,ve} = H_{ve,adj} \cdot (\theta_{int,set,C} - \theta_e) \cdot t$$

Dove:

$H_{ve,adj}$ è il coefficiente globale di scambio termico per ventilazione della zona considerata, corretto per tenere conto della differenza di temperatura interno-esterno [W/K];

$\theta_{int,set,C}$ è la temperatura interna di regolazione per il raffrescamento della zona considerata;

θ_e è la temperatura media mensile dell'ambiente esterno;

t è la durata del mese considerato espressa in secondi.

$$Q_{C,nd} = (Q_{int} + Q_{sol}) - \eta_{C,ls} \cdot (Q_{C,tr} + Q_{C,ve})$$

Il coefficiente globale di scambio termico $H_{ve,adj}$ si calcola

$$H_{ve,adj} = \rho_a \cdot c_a \cdot \sum_k (b_{ve,k} \cdot q_{ve,k,mn})$$

Dove:

$\rho_a \cdot c_a$ è la capacità termica volumica dell'aria, pari a 1 200 J/(m³ · K);

$q_{ve,k,mn}$ è la portata mediata sul tempo del flusso d'aria k -esimo;

$b_{ve,k}$ è il fattore di correzione della temperatura per il flusso d'aria k -esimo ($b_{ve,k} \neq 1$ se la temperatura di mandata non è uguale alla temperatura dell'ambiente esterno, come nel caso di pre-riscaldamento, pre-raffrescamento o di recupero termico dell'aria di ventilazione).

PARAMETRI DI TRASMISSIONE TERMICA

Il calcolo dei coefficienti di scambio termico per trasmissione delle zone climatizzate deve essere effettuato secondo le UNI EN ISO 13789:2008 e UNI EN ISO 13370.

Caratterizzazione termica dei componenti d'involucro

Componenti opachi

Per il calcolo della trasmittanza termica dei componenti opachi, occorre che:

- le proprietà termofisiche dei materiali siano ricavate dai dati di accompagnamento della marcatura CE (ove disponibile) oppure dalla UNI 10351 o dalla UNI EN 1745;
- le resistenze termiche di murature e solai siano ricavate dai dati di accompagnamento della marcatura CE (ove disponibile) oppure dalla UNI 10355 o dalla UNI EN 1745;
- i coefficienti superficiali di scambio termico e le resistenze termiche delle intercapedini d'aria siano conformi ai valori stabiliti dalla UNI EN ISO 6946.

In assenza di dati di progetto attendibili o comunque di informazioni più precise, i valori dei parametri termici dei componenti edilizi di edifici esistenti possono essere determinati in funzione della tipologia edilizia e del periodo di costruzione, secondo quanto indicato nelle appendici A e B.

Nel caso vengano utilizzati i dati delle appendici A e B, l'origine dei dati deve essere riportata nel rapporto finale di calcolo.

Ponti termici

Lo scambio termico per trasmissione attraverso i ponti termici può essere calcolato secondo la UNI EN ISO 14683.

Per gli edifici esistenti, in assenza di dati di progetto attendibili o comunque di informazioni più precise, per alcune tipologie edilizie, lo scambio termico attraverso i ponti termici può essere determinato forfaitariamente secondo quanto indicato nel prospetto 4. Nel caso si utilizzino i dati del prospetto 4 questi devono essere riportati nel rapporto finale di calcolo.

Maggiorazioni percentuali relative alla presenza dei ponti termici [%]

Descrizione della struttura	Maggiorazione ¹¹⁾
Parete con isolamento dall'esterno (a cappotto) senza aggetti/balconi e ponti termici corretti	5
Parete con isolamento dall'esterno (a cappotto) con aggetti/balconi	15
Parete omogenea in mattoni pieni o in pietra (senza isolante)	5
Parete a cassa vuota con mattoni forati (senza isolante)	10
Parete a cassa vuota con isolamento nell'intercapedine (ponte termico corretto)	10
Parete a cassa vuota con isolamento nell'intercapedine (ponte termico non corretto)	20
Pannello prefabbricato in calcestruzzo con pannello isolante all'interno	30

Scambio termico verso ambienti non climatizzati

Il coefficiente globale di scambio termico per trasmissione, H_U , tra il volume climatizzato e gli ambienti esterni attraverso gli ambienti non climatizzati si ottiene come:

$$H_U = H_{iu} \cdot b_{tr,x}$$

Fattore di correzione $b_{tr,x}$

Ambiente confinante	$b_{tr,x}$
Ambiente	
- con una parete esterna	0,4
- senza serramenti esterni e con almeno due pareti esterne	0,5
- con serramenti esterni e con almeno due pareti esterne (per esempio autorimesse)	0,6
- con tre pareti esterne (per esempio vani scala esterni)	0,8
Piano interrato o seminterrato	
- senza finestre o serramenti esterni	0,5
- con finestre o serramenti esterni	0,8
Sottotetto	
- tasso di ventilazione del sottotetto elevato (per esempio tetti ricoperti con tegole o altri materiali di copertura discontinua) senza rivestimento con feltro o assito	1,0
- altro tetto non isolato	0,9
- tetto isolato	0,7
Aree interne di circolazione (senza muri esterni e con tasso di ricambio d'aria minore di $0,5 \text{ h}^{-1}$)	0,0
Aree interne di circolazione liberamente ventilate (rapporto tra l'area delle aperture e volume dell'ambiente maggiore di $0,005 \text{ m}^2/\text{m}^3$)	1,0

Scambio termico verso il terreno

Lo scambio termico verso il terreno deve essere calcolato secondo la [UNI EN ISO 13370](#).

Per gli edifici esistenti, in assenza di dati di progetto attendibili o comunque di informazioni più precise, il coefficiente di accoppiamento termico in regime stazionario tra gli ambienti interno ed esterno è dato da:

$$H_g = A \cdot U_f \cdot b_{tr,g}$$

Fattore di correzione $b_{tr,g}$

Ambiente confinante	$b_{tr,g}$
Pavimento controterra	0,45
Parete controterra	0,45
Pavimento su vespaio aerato	0,80

VENTILAZIONE

Le caratteristiche delle diverse tipologie dei sistemi di ventilazione sono descritte nel **CEN/TR 14788**. Ulteriori definizioni riguardo alla ventilazione ed all'aerazione sono fornite nella **UNI EN 12792**.

Calcolo della Portata di ventilazione

Valutazione di progetto o standard

Nel caso di aerazione o ventilazione naturale:

- a) per gli edifici residenziali si assume un tasso di ricambio d'aria pari a 0,3 vol/h;
- b) per tutti gli altri edifici si assumono i tassi di ricambio d'aria riportati nella **UNI 10339**. I valori degli indici di affollamento sono assunti pari al 60% di quelli riportati nella suddetta norma ai fini della determinazione della portata di progetto.

Nel caso di ventilazione meccanica:

Per gli edifici dotati di sistemi di ventilazione meccanica a semplice flusso (aspirazione) il tasso di ricambio d'aria è fissato pari a:

$$q_{ve} = q_{ve,des} \cdot K$$

Dove:

$q_{ve,des}$ è la portata d'aria di progetto e k è un coefficiente di contemporaneità di utilizzo delle bocchette aspiranti. In assenza di dati di progetto attendibili o comunque di informazioni più precise, si può assumere $k = 1$ per sistemi a portata fissa, $k = 0,6$ per ventilazione igro-regolabile.

Per gli edifici dotati di sistemi di ventilazione meccanica a doppio flusso il tasso di ricambio d'aria è fissato pari a:

$$q_{ve} = q_{ve,des} \cdot (1 - \eta_{ve})$$

Dove:

$q_{ve,des}$ è la portata d'aria di progetto del sistema per ventilazione meccanica, η_{ve} è il fattore di efficienza dell'eventuale recuperatore di calore dell'aria (pari a 0 se assente).

Valutazione adattata all'utenza

Per calcoli aventi scopi differenti da quello di progetto o standard è possibile effettuare una determinazione accurata della portata di ventilazione, tenendo conto anche dei requisiti relativi alla qualità dell'aria interna.

Nel caso di aerazione e di ventilazione naturale non è possibile determinare con certezza le portate di rinnovo. Il tasso di ricambio d'aria di un edificio dipende dalle condizioni climatiche al contorno (velocità e direzione del vento e differenza di temperatura tra esterno ed interno), dalla permeabilità dell'involucro e dal comportamento dell'utenza. I valori reali di ricambio d'aria reali possono quindi essere notevolmente diversi da quelli indicati per la valutazione di progetto o standard.

Ai fini della determinazione della portata di ventilazione richiesta per soddisfare l'esigenza di qualità dell'aria interna si fa riferimento alle UNI EN 13779 e UNI EN 15251.

Ai fini di un calcolo dettagliato della portata di ventilazione si fa riferimento alla UNI EN 15242.

Volume netto dell'ambiente climatizzato

In assenza di informazioni sul volume netto dell'ambiente climatizzato, al fine di determinare lo scambio termico per ventilazione, **il volume interno** di ciascuna zona termica **può essere ottenuto** moltiplicando il volume lordo per un fattore funzione della tipologia edilizia, **secondo la seguente tabella**.

Categoria di edificio	Tipo di costruzione	
E.1, E.2, E.3, E.7	Pareti di spessore maggiore di 45 cm	Pareti di spessore fino a 45 cm
	0,6	0,7
E.4, E.5, E.6, E.8	Con partizioni interne	Senza partizioni interne
	0.8	0,9

APPORTI TERMICI INTERNI

Entità degli apporti interni

Valutazione di progetto o standard

Nei casi di valutazione di progetto o di valutazione standard gli apporti termici interni sono espressi, per gli edifici diversi dalle abitazioni, in funzione della destinazione d'uso secondo quanto riportato nella seguente tabella.

Categoria di edificio	Destinazione d'uso	Apporti medi globali
		W/m ²
E.1.3	Edifici adibiti ad albergo, pensione ed attività similari	6
E.2	Edifici adibiti a uffici e assimilabili	6
E.3	Edifici adibiti a ospedali, cliniche o case di cura e assimilabili	8
E.4.1	Cinema e teatri, sale di riunione per congressi	8
E.4.2	Mostre, musei e biblioteche, luoghi di culto	8
E.4.3	Bar, ristoranti, sale da ballo	10
E.5	Edifici adibiti ad attività commerciali e assimilabili	8
E.6.1	Piscine, saune e assimilabili	10
E.6.2	Palestre e assimilabili	5
E.6.3	Servizi di supporto alle attività sportive	4
E.7	Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili	4
E.8	Edifici adibiti ad attività industriali ed artigianali e assimilabili	6

Per gli edifici di categoria E.1.1 e E.1.2 (abitazioni)

a) Per superficie utile di pavimento, A_f minore o uguale a 170 m², il valore globale degli apporti interni, espresso in W, è ricavato come

$$b) \quad \Phi_{int} = 5,294 \cdot A_f - 0,01557 \cdot A_f^2$$

c) Per superficie utile di pavimento maggiore di 170 m² il valore di Φ_{int} è pari a 450 W.

Valutazione adattata all'utenza

Per calcoli aventi scopi differenti da quello standard possono essere utilizzati dati diversi a seconda dello scopo del calcolo. Nei punti che seguono vengono forniti valori tipici degli apporti interni medi per diverse destinazioni d'uso, applicabili sia in condizioni invernali che estive, distinguendo tra:

- a) apporti globali;
- b) apporti dagli occupanti;
- c) apporti dalle apparecchiature.

Profili temporali degli apporti termici dagli occupanti e dalle apparecchiature (edifici residenziali)

Giorni	Ore	Soggiorno e cucina ($\Phi_{int,Oc} + \Phi_{int,A}$)/ A_f W/m ²	Altre aree climatizzate (per esempio stanza da letto) ($\Phi_{int,Oc} + \Phi_{int,A}$)/ A_f W/m ²
Lunedì - Venerdì	07.00 - 17.00	8,0	1,0
	17.00 - 23.00	20,0	1,0
	23.00 - 07.00	2,0	6,0
	Media	9,0	2,67
Sabato - Domenica	07.00 - 17.00	8,0	2,0
	17.00 - 23.00	20,0	4,0
	23.00 - 07.00	2,0	6,0
	Media	9,0	3,83
Media		9,0	3,0

Apporti termici delle apparecchiature; valori globali in funzione della categoria di edificio (edifici non residenziali)

Categoria di edificio	Apporto termico delle apparecchiature durante il periodo di funzionamento $\Phi_{int,A}/A_f$ W/m ²	Simultaneità f_A	Apporto termico medio delle apparecchiature $\Phi_{int,A}/A_f$ W/m ²
Uffici	15	0,20	3
Attività scolastiche	5	0,15	1
Cura della salute, attività clinica	8	0,50	4
Cura della salute, attività non clinica	15	0,20	3
Servizi di approvvigionamento	10	0,25	3
Esercizi commerciali	10	0,25	3
Luoghi di riunione	5	0,20	1
Alberghi e pensioni	4	0,50	2
Penitenziari	4	0,50	2
Attività sportive	4	0,25	1

$\Phi_{int,A}$ è il flusso termico delle apparecchiature, in W;
 A_f è la superficie utile di pavimento.

Area climatizzata

In assenza di informazioni sull'area netta di pavimento, al fine di determinare gli apporti termici interni, l'area climatizzata (netta) di ciascuna zona termica può essere ottenuta moltiplicando la corrispondente area lorda per un fattore f_n , ricavabile in funzione dello spessore medio delle pareti esterne, d_m :

$$f_n = 0,9761 - 0,3055 \cdot d_m$$

APPORTI TERMICI SOLARI

Lo scambio per radiazione infrarossa verso la volta celeste deve essere considerato come un incremento dello scambio termico per trasmissione dell'involucro edilizio e non come una riduzione degli apporti di energia solare.

Apporti solari all'interno di ambienti non climatizzati

In assenza di informazioni che ne dimostrino la trascurabilità, è necessario considerare l'effetto degli apporti termici solari all'interno di ambienti non climatizzati (per esempio serre).

Apporti solari sui componenti opachi

Nel calcolo del fabbisogno di calore occorre tenere conto anche degli apporti termici dovuti alla radiazione solare incidente sulle chiusure opache.

In assenza di dati di progetto attendibili o comunque di informazioni più precise, il fattore di assorbimento solare di un componente opaco può essere assunto pari a:

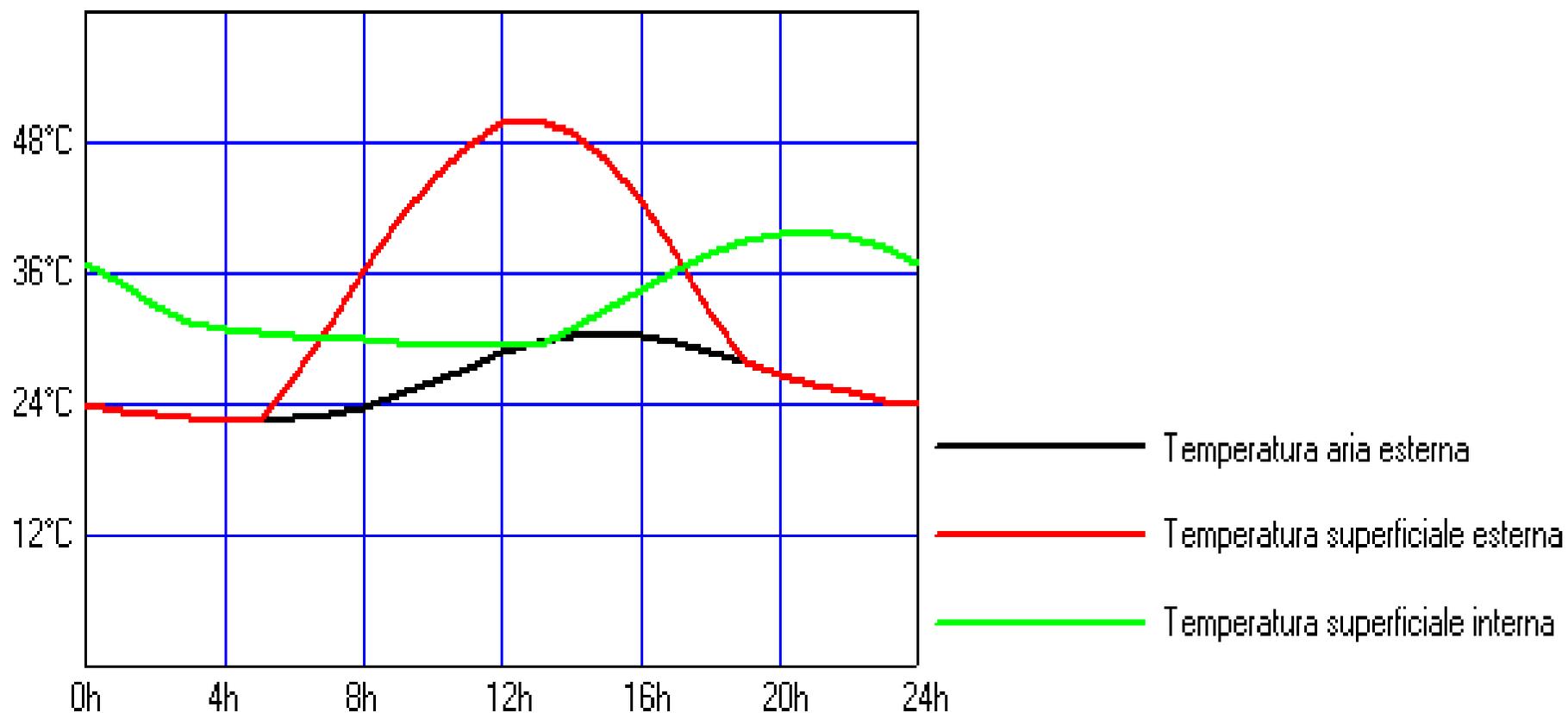
- 0,3 per colore chiaro della superficie esterna;
- 0,6 per colore medio;
- 0,9 per colore scuro.

Apporti solari sui componenti opachi

Esempio: Solaio con colore chiaro sulla superficie esterna

fattore di assorbimento solare = 0.3

Ubicazione Sassari

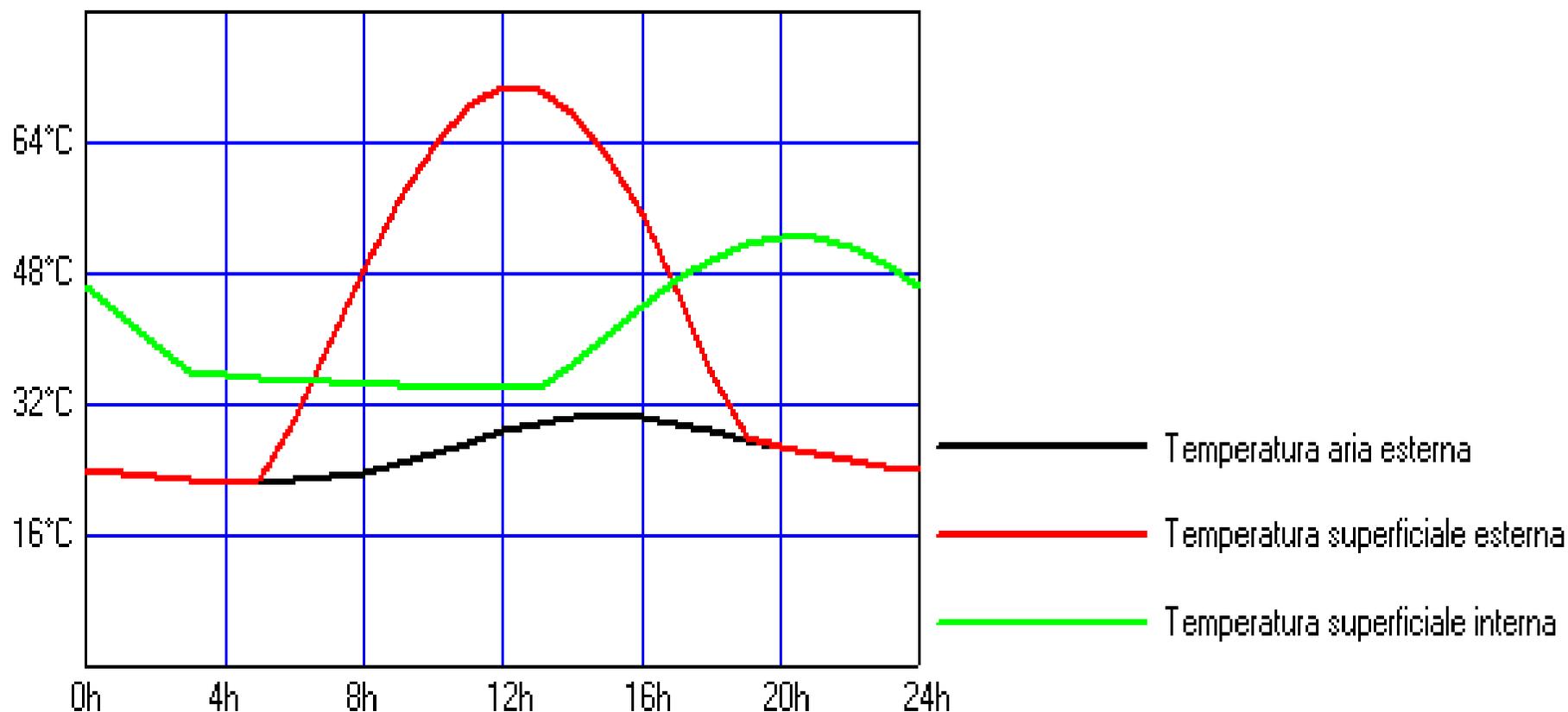


Apporti solari sui componenti opachi

Esempio: Solaio con colore medio sulla superficie esterna

fattore di assorbimento solare = 0.6

Ubicazione Sassari

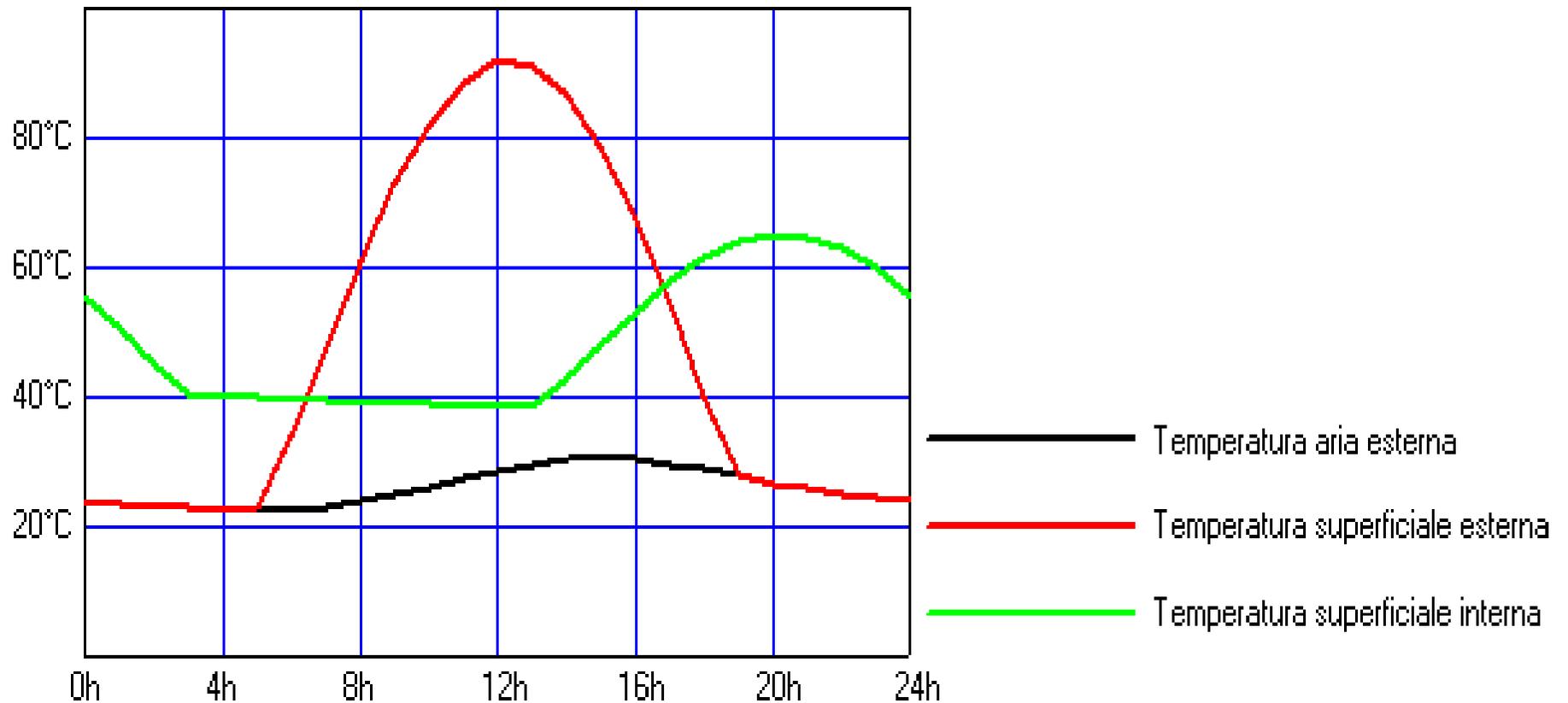


Apporti solari sui componenti opachi

Esempio: Solaio con colore scuro sulla superficie esterna

fattore di assorbimento solare = 0.9

Ubicazione Sassari



Apporti solari sui componenti trasparenti

Trasmittanza di energia solare totale

I valori della trasmittanza di energia solare totale degli elementi vetrati (g_{gl}) possono essere ricavati moltiplicando i valori di *trasmittanza di energia solare totale per incidenza normale* ($g_{gl,n}$) per un *fattore di esposizione* (F_w) assunto pari a 0,9.

I valori della trasmittanza di energia solare totale per incidenza normale degli elementi vetrati possono essere determinati attraverso la **UNI EN 410**. In assenza di dati documentati, si usa la tabella sotto riportata:

$$g_{gl} = g_{gl,n} \cdot F_w$$

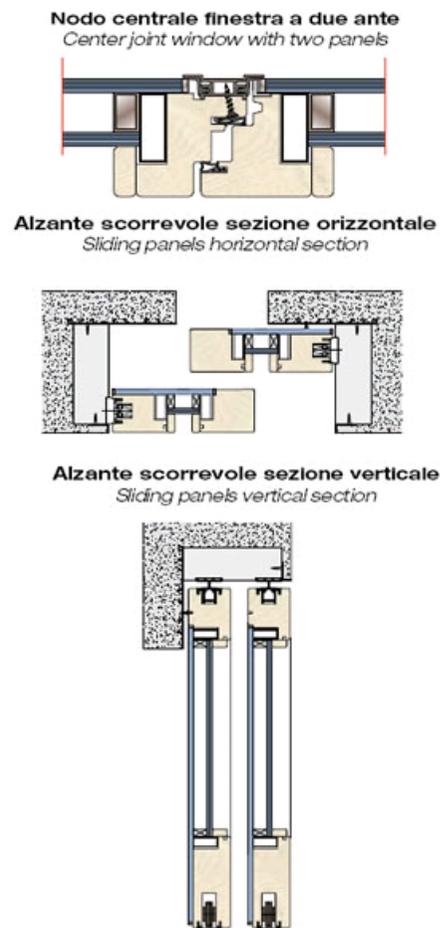
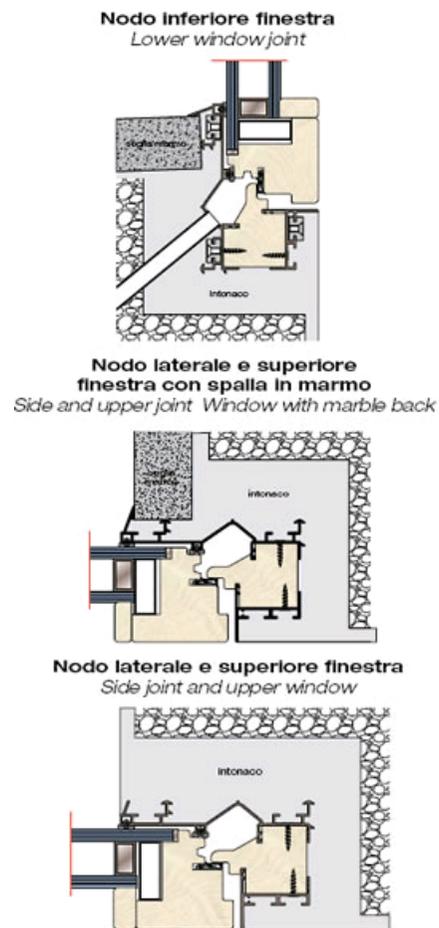
Trasmittanza di energia solare totale $g_{gl,n}$ di alcuni tipi di vetro

Tipo di vetro	$g_{gl,n}$
Vetro singolo	0,85
Doppio vetro normale	0,75
Doppio vetro con rivestimento basso-emissivo	0,67
Triplo vetro normale	0,70
Triplo vetro con doppio rivestimento basso-emissivo	0,50
Doppia finestra	0,75

Fattore telaio

Il fattore di correzione dovuto al telaio ($1 - F_F$) è pari al rapporto tra l'area trasparente e l'area totale dell'unità vetrata del serramento.

In assenza di dati di progetto attendibili o comunque di informazioni più precise, si può assumere un valore convenzionale del fattore telaio pari a 0,8.



Effetto di schermature mobili

In assenza di dati di progetto attendibili o comunque di informazioni più precise, l'effetto di schermature mobili può essere valutato attraverso i **fattori di riduzione riportati nella tabella qui sotto**, pari al rapporto tra i valori di trasmittanza di energia solare totale della finestra con e senza schermatura (g_{gl+sh}/g_{gl}).

$$\text{Fattore di riduzione} = \frac{g_{gl+sh}}{g_{gl}}$$

Fattori di riduzione per alcuni tipi di tenda

Tipo di tenda	Proprietà ottiche della tenda		Fattori di riduzione con	
	assorbimento	trasmissione	tenda interna	tenda esterna
Veneziane bianche	0,1	0,05	0,25	0,10
		0,1	0,30	0,15
		0,3	0,45	0,35
Tende bianche	0,1	0,5	0,65	0,55
		0,7	0,80	0,75
		0,9	0,95	0,95
Tessuti colorati	0,3	0,1	0,42	0,17
		0,3	0,57	0,37
		0,5	0,77	0,57
Tessuti rivestiti di alluminio	0,2	0,05	0,20	0,08

Gestione delle schermature mobili

Il fattore di riduzione degli apporti solari relativo all'utilizzo di schermature mobili, $F_{sh,gl}$, è ricavato dalla seguente espressione:

$$F_{sh,gl} = \frac{(1 - f_{sh,with}) \cdot g_{gl} + f_{sh,with} \cdot g_{gl+sh}}{g_{gl}}$$

dove:

g_{gl} è la trasmittanza di energia solare totale della finestra, quando la schermatura solare non è utilizzata;

g_{gl+sh} è la trasmittanza di energia solare totale della finestra, quando la schermatura solare è utilizzata;

$f_{sh,with}$ è la frazione di tempo in cui la schermatura solare è utilizzata, pesata sull'irraggiamento solare incidente; essa dipende dal profilo dell'irradianza solare incidente sulla finestra e quindi dal clima, dalla stagione e dall'esposizione.

Nella valutazione di progetto o nella valutazione standard i valori di $f_{sh,with}$ devono essere ricavati dalla tabella sotto riportata in funzione del mese e dell'orientamento. Per orientamenti non considerati nella tabella, si procede per interpolazione lineare.

Fattore di riduzione per le schermature mobili, $f_{sh,with}$

Mese	Nord	Est	Sud	Ovest
1	0,00	0,52	0,81	0,39
2	0,00	0,48	0,82	0,55
3	0,00	0,66	0,81	0,63
4	0,00	0,71	0,74	0,62
5	0,00	0,71	0,62	0,64
6	0,00	0,75	0,56	0,68
7	0,00	0,74	0,62	0,73
8	0,00	0,75	0,76	0,72
9	0,00	0,73	0,82	0,67
10	0,00	0,72	0,86	0,60
11	0,00	0,62	0,84	0,30
12	0,00	0,50	0,86	0,42

Ombreggiatura

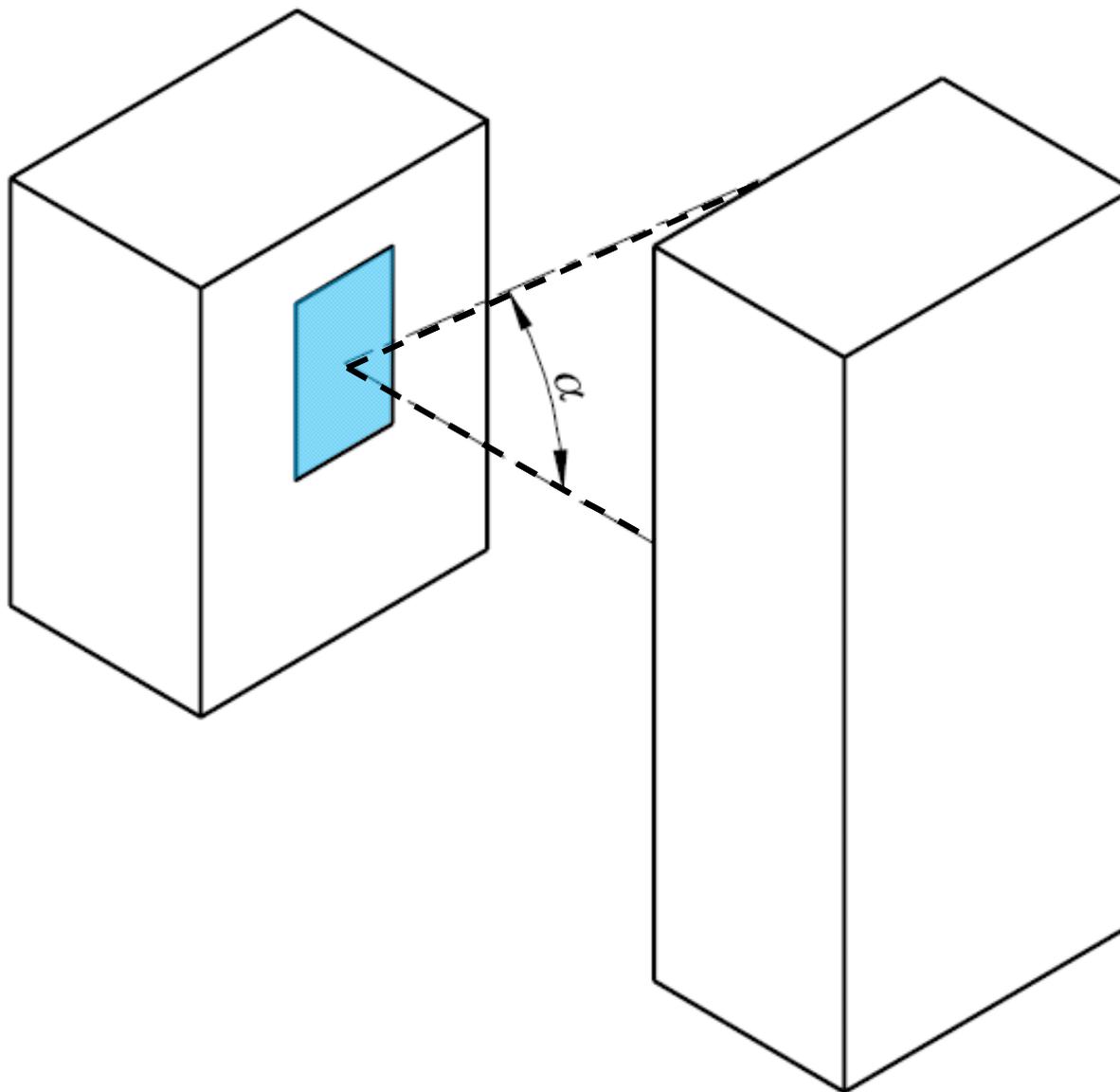
Il fattore di riduzione per ombreggiatura $F_{sh,ob}$ può essere calcolato come prodotto dei fattori di ombreggiatura relativi ad **ostruzioni esterne** (F_{hor}), **ad aggetti orizzontali** (F_{ov}) e **verticali** (F_{fin}).

$$F_{sh,ob} = F_{hor} \cdot F_{ov} \cdot F_{fin}$$

I valori dei fattori di ombreggiatura dipendono dalla **latitudine**, dall'**orientamento** dell'elemento ombreggiato, dal **clima**, dal **periodo considerato** e dalle caratteristiche geometriche degli elementi ombreggianti.

Tali caratteristiche sono descritte da un parametro angolare, come evidenziato nelle figure appresso riportate

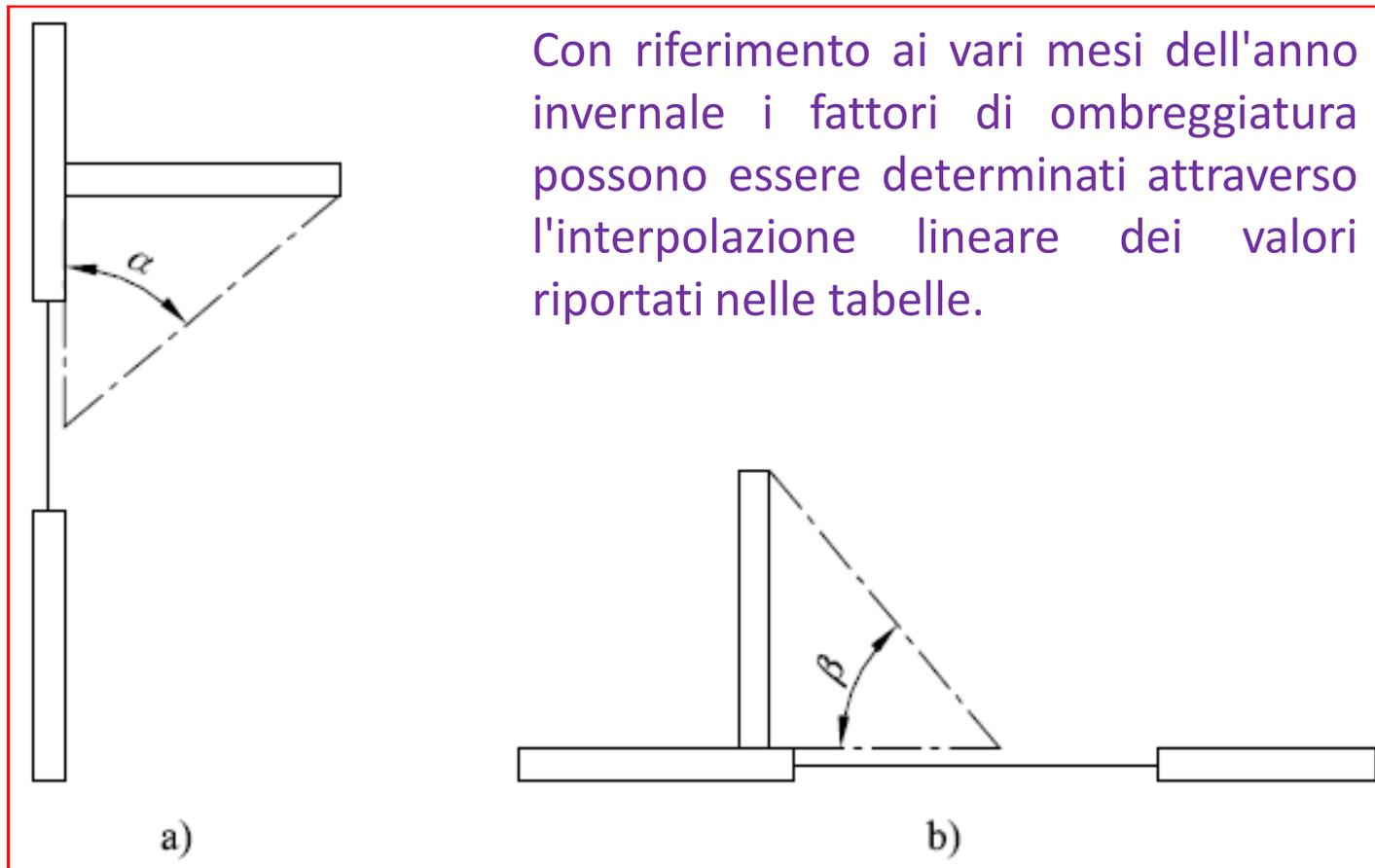
Angolo dell'orizzonte ombreggiato da un'ostruzione esterna



Aggetto orizzontale e verticale

Legenda

- a) Sezione verticale
- b) Sezione orizzontale



Con riferimento ai vari mesi dell'anno invernale i fattori di ombreggiatura possono essere determinati attraverso l'interpolazione lineare dei valori riportati nelle tabelle.

Sassari Latitudine: 40° 44 ~41°

Fattore di ombreggiatura F_{hor} relativo ad ostruzioni esterne. Mese di LUGLIO

Angolo su orizzonte	36° N latitudine			38° N latitudine			40° N latitudine			42° N latitudine			44° N latitudine			46° N latitudine		
	S	E/O	N															
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	0,89	0,85	0,79	0,90	0,85	0,78	0,90	0,85	0,79	0,90	0,86	0,81	0,91	0,86	0,82	0,91	0,87	0,83
20°	0,79	0,71	0,67	0,80	0,70	0,65	0,81	0,70	0,64	0,81	0,71	0,64	0,82	0,71	0,63	0,82	0,71	0,64
30°	0,69	0,56	0,56	0,71	0,55	0,54	0,72	0,55	0,53	0,73	0,55	0,53	0,74	0,55	0,52	0,73	0,55	0,52
40°	0,60	0,40	0,37	0,63	0,39	0,37	0,64	0,39	0,38	0,65	0,39	0,40	0,66	0,38	0,41	0,65	0,38	0,41

Fattore di ombreggiatura F_{ov} relativo ad aggetti orizzontali. Mese di LUGLIO

Angolo	36° N latitudine			38° N latitudine			40° N latitudine			42° N latitudine			44° N latitudine			46° N latitudine		
	S	E/O	N															
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30°	0,60	0,76	0,83	0,58	0,77	0,83	0,59	0,77	0,83	0,61	0,78	0,83	0,63	0,78	0,83	0,65	0,78	0,82
45°	0,55	0,65	0,77	0,53	0,66	0,78	0,52	0,66	0,77	0,53	0,67	0,77	0,52	0,68	0,77	0,53	0,68	0,76
60°	0,50	0,53	0,72	0,49	0,54	0,73	0,48	0,55	0,72	0,49	0,55	0,71	0,48	0,56	0,71	0,49	0,57	0,70

Fattore di ombreggiatura F_{fin} relativo ad aggetti verticali. Mese di LUGLIO

Angolo	36° N latitudine			38° N latitudine			40° N latitudine			42° N latitudine			44° N latitudine			46° N latitudine		
	S	E/O	N															
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30°	0,89	0,94	0,82	0,89	0,94	0,82	0,89	0,93	0,82	0,88	0,93	0,83	0,88	0,92	0,83	0,88	0,92	0,84
45°	0,86	0,92	0,76	0,86	0,91	0,76	0,86	0,91	0,76	0,85	0,90	0,77	0,85	0,89	0,77	0,85	0,88	0,78
60°	0,83	0,89	0,73	0,83	0,89	0,72	0,83	0,88	0,73	0,82	0,87	0,73	0,82	0,87	0,73	0,82	0,85	0,74

Ventilazione degli edifici

Metodi di calcolo per la determinazione delle portate d'aria negli edifici residenziali Norma **UNI EN 13465**

Requisiti di prestazione per i sistemi di ventilazione e di condizionamento degli edifici non residenziali **UNI EN 13779**

edifici non residenziali

UNI EN 13779

La norma si applica alla progettazione dei sistemi di ventilazione e condizionamento degli edifici non residenziali per garantire la salute degli occupanti. La norma definisce i principali parametri rilevanti per tali sistemi.

Questo documento fornisce una guida sulla ventilazione, aria condizionata e la camera dei sistemi di condizionamento, al fine di realizzare un ambiente confortevole e sano “ambiente indoor” in tutte le stagioni con accettabili costi d’installazione e costi di gestione. La norma si concentra su aspetti del sistema per applicazioni tipiche e si occupa dei seguenti:

- **Parametri di ambiente interno.**
- **Definizione dei dati di progettazione presupposti e le prestazioni.**
- **La comunicazione tra le varie parti coinvolte nel sistema di completamento.**

UNI TS 11300-2

La presente specifica tecnica fornisce dati e metodi per la determinazione:

- a) del fabbisogno di energia utile per acqua calda sanitaria;**
- b) dei rendimenti e dei fabbisogni di energia elettrica degli ausiliari dei sistemi di riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria;**
- c) dei fabbisogni di energia primaria per la climatizzazione invernale e per la produzione dell'acqua calda sanitaria.**

UNI TS 11300-2

La presente specifica tecnica fornisce dati e metodi per la determinazione:

- a) La presente specifica tecnica, unitamente alla **UNI EN 15316-2-3:2008**, *sostituisce* la **UNI 10347:1993**.
- b) La presente specifica tecnica, unitamente alla **UNI EN 15316-1:2008** e alla **UNI EN 15316-2-1:2008**, *sostituisce* la **UNI 10348:1993**.

UNI TS 11300-2

La specifica tecnica si applica a sistemi di nuova progettazione, ristrutturati o esistenti:

- a) per il solo riscaldamento;**
- b) misti o combinati per riscaldamento e produzione acqua calda sanitaria;**
- c) per sola produzione acqua calda per usi igienico-sanitari.**

RIFERIMENTI NORMATIVI

L'anzidetta specifica tecnica rimanda, mediante riferimenti datati e non, a disposizioni contenute in altre pubblicazioni. Per i riferimenti non datati vale l'ultima edizione della pubblicazione alla quale si fa riferimento (compresi gli aggiornamenti).

UNI EN 297 Caldaie per riscaldamento centralizzato alimentate a combustibili gassosi - Caldaie di tipo B equipaggiate con bruciatore atmosferico, con portata termica nominale minore o uguale a 70 kW.

UNI EN 483 Caldaie di riscaldamento centrale alimentate a combustibili gassosi - Caldaie di tipo C di portata termica nominale non maggiore di 70 kW.

UNI EN 303-1 Caldaie per riscaldamento - Parte 1: Caldaie con bruciatori ad aria soffiata - Terminologia, requisiti generali, prove e marcatura.

UNI EN 442-2 Radiatori e convettori - Parte 2: Metodi di prova e valutazione.

UNI EN 1264-3 Riscaldamento a pavimento - Impianti e componenti - Dimensionamento.

UNI EN 1264-4 Riscaldamento a pavimento - Impianti e componenti - Installazione.

UNI EN 13836 Caldaie a gas per riscaldamento centrale - Caldaie di tipo B di portata termica nominale maggiore di 300 kW, ma non maggiore di 1 000 kW.

UNI EN 14037 Strisce radianti a soffitto alimentate con acqua a temperatura minore di 120 °C.

UNI EN 15316-2-1 Impianti di riscaldamento degli edifici - Metodo per il calcolo dei requisiti energetici e dei rendimenti dell'impianto - Parte 2-1: Sistemi di emissione del calore negli ambienti.

UNI EN 15316-2-3 Impianti di riscaldamento negli edifici - Metodo per il calcolo dei requisiti energetici e dei rendimenti dell'impianto - Parte 2-3: Sistemi di distribuzione del calore negli ambienti.

UNI EN ISO 13790 Prestazione termica degli edifici - Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento e il raffrescamento

CEI EN 60379 Metodi per misurare le prestazioni di scaldacqua elettrici ad accumulo per uso domestico.

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

Fabbisogno ideale per riscaldamento

Il fabbisogno ideale di energia termica utile dell'involucro

edilizio, Q_h o Q_{hvs} nel caso di funzionamento non continuo, *è il dato fondamentale di ingresso per il calcolo dei fabbisogni di energia primaria.*

Tale fabbisogno è riferito alla condizione di temperatura dell'aria uniforme in tutto lo spazio riscaldato.

Esso è riferito, inoltre, a funzionamento continuo, cioè al mantenimento di una temperatura interna dell'edificio costante nel tempo. Il fabbisogno ideale di energia termica utile dell'edificio si calcola con i metodi forniti dalla **UNI EN ISO 13790** e della **UNI/TS 11300-1**.

Fabbisogno ideale netto per riscaldamento

Dal fabbisogno Q_h si devono dedurre eventuali perdite recuperate $Q_{W,Irh}$ dal sistema di acqua calda sanitaria.

Si ha quindi il fabbisogno ideale netto Q'_h :

$$Q'_h = Q_h - Q_{W,Irh} \text{ [Wh]}$$

dove:

$Q_{W,Irh}$ sono le perdite recuperate dal sistema di produzione acqua calda; il termine è determinato con l'equazione:

$$Q_{Irh,W,s} = Q_{I,W,s} \times (1 - b_{g,w}) \text{ [Wh]}$$

dove:

$b_{g,w}$ è pari a 0 se in ambiente riscaldato;

$b_{g,w}$ è pari a 1 se fuori dall'ambiente riscaldato.

Fabbisogno effettivo per riscaldamento

Il calcolo, come sin qui descritto, non tiene conto delle perdite determinate dalle caratteristiche dei sottosistemi di emissione e di regolazione, previsti o installati nell'edificio, quali la distribuzione di temperatura non uniforme nello spazio riscaldato, le imperfezioni della regolazione per ritardi od anticipi nella erogazione del calore, il mancato utilizzo di apporti gratuiti.

Per calcolare il fabbisogno effettivo dell'edificio, ossia la quantità di energia termica utile che deve essere immessa negli ambienti riscaldati, si deve tenere conto:

Dei fattori negativi

1. maggiori perdite verso l'esterno dovute ad una distribuzione non uniforme di temperatura dell'aria all'interno degli ambienti riscaldati (stratificazione);
2. maggiori perdite verso l'esterno dovute alla presenza di corpi scaldanti annegati nelle strutture;
3. maggiori perdite dovute ad una imperfetta regolazione dell'emissione del calore;
4. eventuale mancato sfruttamento di apporti gratuiti conteggiati nel calcolo di Q_h , che si traducono in maggiori temperature ambiente anziché riduzioni dell'emissione di calore;
5. sbilanciamento dell'impianto;

Dei fattori positivi

1. trasformazione in calore dell'energia elettrica impiegata nelle unità terminali.

In definitiva l'energia termica utile effettiva Q_{hr} ($=Q_{d,out}$) che deve essere fornita dal sottosistema distribuzione è:

$$Q_{hr} = Q'_h + Q_{l,e} + Q_{l,rg} - Q_{aux,e,lrh} \quad [Wh]$$

dove:

Q'_h è il fabbisogno ideale netto;

$Q_{l,e}$ sono le perdite totali di emissione;

$Q_{l,rg}$ sono le perdite totali di regolazione;

$Q_{aux,e,lrh}$ è l'energia termica recuperata dall'energia elettrica del sottosistema di emissione.

Quando l'impianto prevede zone con terminali diversi e rispettivi sistemi di regolazione ambiente, il fabbisogno energetico utile effettivo dell'edificio vale:

$$Q_{hr} = \sum_I^n (Q'_{h,j} + Q_{l,e,j} + Q_{l,rg,j} - Q_{aux,e,lrh,j}) \quad [Wh]$$

Fabbisogni di energia per acqua calda sanitaria

L'energia termica $Q_{h,W}$ richiesta per riscaldare una quantità di acqua alla temperatura desiderata è:

$$Q_{h,W} = \sum_i \rho \times c \times V_W \times (\theta_{er} - \theta_O) \times G \quad [\text{Wh}]$$

dove:

ρ è la massa volumica dell'acqua [kg/m^3];

c è il calore specifico dell'acqua pari a $1,162$ [$\text{Wh}/\text{kg } ^\circ\text{C}$];

V_W è il volume dell'acqua richiesta durante il periodo di calcolo [m^3/G];

θ_{er} è la temperatura di erogazione [$^\circ\text{C}$];

θ_O è la temperatura di ingresso dell'acqua fredda sanitaria [$^\circ\text{C}$];

G è il numero dei giorni del periodo di calcolo [G].

Volumi di acqua richiesti

I volumi di acqua calda sanitaria sono riferiti convenzionalmente ad una temperatura di erogazione di 40 °C e ad una temperatura di ingresso di 15 °C. Il salto termico di riferimento ai fini del calcolo del fabbisogno di energia termica utile è, quindi, di 25 K.

I valori di fabbisogno giornaliero sono riferiti a dati medi giornalieri.

Il volume è dato da:

$$V_w = a \times N_u \text{ [l/G]}$$

dove:

a è il fabbisogno giornaliero specifico [l/G];

N_u è il parametro che dipende dalla destinazione d'uso dell'edificio
seguenti tabelle per destinazioni diverse.

Valori di a per le abitazioni (l/Gm^2)

Fabbisogni	Calcolo in base al valore di S_u per unità immobiliare [m^2]			Valore medio riferito a $S_u = 80 m^2$
	≤ 50	51- 200	>200	
a	1,8	$4,514 \times S_u^{-0,2356}$	1,3	1,6
Fabbisogno equivalente di energia termica utile [$Wh/G m^2$]	52,3	$131,22 \times S_u^{-0,2356}$	37,7	46,7
Fabbisogno equivalente di energia termica utile [kWh/m^2 anno]	19,09	$47,9 \times S_u^{-0,2356}$	13,8	17,05

Valori per destinazioni diverse dalle abitazioni (Fabbisogni mensili in litri a 40 °C con $\Delta T = 25$ K)

Tipo di attività	a	N_u
Hotel senza lavanderia 1 stella 2 stelle 3 stelle 4 stelle	40 l/G letto 50 l/G letto 60 l/G letto 70 l/G letto	Numero di letti e numero giorni mese
Hotel con lavanderia 1 stella 2 stelle 3 stelle 4 stelle	50 l/G letto 60 l/G letto 70 l/G letto 80 l/G letto	Numero di letti e numero giorni mese
Altre attività ricettive diverse dalle precedenti	28 l/G letto	Numero di letti e numero giorni mese
Attività ospedaliera day hospital	10 l/G letto	Numero di letti
Attività ospedaliera con pernottamento e lavanderia	90 l/G letto	Numero di letti
Scuole Scuole materne e asili nido	- 15 l/G	Numero di bambini
Attività sportive/palestre	100 l/G	Per doccia installata
Uffici	0,2	l/m ² G
Negozi	-	
Ristoranti	10 l/G	Numero di ospiti per numero di pasti
Catering e self service	4 l/G	Numero di ospiti per numero di pasti

Il rendimento medio stagionale può riguardare:

1. il solo impianto di riscaldamento;
2. il solo impianto di acqua calda sanitaria;
3. l'impianto di riscaldamento e acqua calda sanitaria.

Rendimento medio stagionale dell'impianto di riscaldamento

Il rendimento medio stagionale $\eta_{g,H}$ dell'impianto di riscaldamento è dato da:

$$\eta_{g,H} = Q_h / Q_{p,H}$$

dove:

$Q_{p,H}$ è il fabbisogno di energia primaria per riscaldamento calcolato secondo la (6);

Q_h è il fabbisogno di energia termica utile per riscaldamento.

Rendimento medio stagionale dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria

Il rendimento globale medio stagionale dell'impianto di acqua calda sanitaria $\eta_{g,W}$ è dato da:

$$\eta_{g,W} = Q_{h,W} / Q_{p,W} \quad (9)$$

dove:

$Q_{p,W}$ è il fabbisogno di energia primaria per acqua calda sanitaria calcolato secondo la (6);

$Q_{h,W}$ è il fabbisogno di energia termica utile per acqua calda sanitaria.

Rendimento globale medio stagionale

Il rendimento globale medio stagionale globale (riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria) $\eta_{g,H,W}$ è dato da:

$$\eta_{g,H,W} = (Q_h + Q_{h,W})/Q_{p,H,W} \quad (10)$$

dove:

$Q_{p,H,W}$ è il fabbisogno complessivo di energia primaria per riscaldamento ed acqua calda sanitaria calcolato secondo la (6);

Q_h è il fabbisogno di energia termica utile per riscaldamento;

$Q_{h,W}$ è il fabbisogno di energia termica utile per acqua calda sanitaria.

Metodo di calcolo semplificato

Il metodo prevede il calcolo del fabbisogno di energia primaria Q_h su base stagionale per la climatizzazione invernale e del fabbisogno Q_w per l'acqua calda sanitaria su base annua. La somma dei due fabbisogni determina il fabbisogno annuo per riscaldamento e acqua calda sanitaria dell'edificio. Per quanto attiene il calcolo delle perdite d'impianto, ai fini del calcolo del fabbisogno di energia primaria, il metodo è in accordo con quanto specificato nella presente specifica tecnica, ma con le seguenti precisazioni:

- (1) come per il fabbisogno Q_h anche per l'impianto il periodo di calcolo è la stagione legale di riscaldamento nella zona climatica considerata per quanto attiene la climatizzazione invernale e l'anno per quanto attiene la produzione di acqua calda sanitaria;
- (2) si trascurano i recuperi $Q_{w,lrh}$ e si ha quindi $Q'_h = Q_h$ (equazione 1);
- (3) si determinano le perdite di emissione e di regolazione con i dati dei prospetti della presente specifica tecnica e il fabbisogno di energia in uscita dal sottosistema di distribuzione $Q_{d,out} = Q_h + \text{perdite di emissione} + \text{perdite di regolazione}$;
- (4) si determinano le perdite di distribuzione con i valori del prospetto 21 in relazione alla tipologia della rete applicando i fattori di correzione per la temperatura media della rete del prospetto 22 e si trascurano i recuperi di energia termica dagli ausiliari elettrici della distribuzione (pompe di circolazione);
- (5) si determina il fabbisogno in uscita dal generatore $Q_{gn,out} = Q_{d,out} + \text{perdite di distribuzione}$. In assenza di accumulo si ha $Q_{gn,out} = Q_{d,IN}$;
- (6) si calcola la potenza media stagionale $\Phi_{gn,avg}$ come $\Phi_{gn,avg} = Q_{gn,out}/t_{gn}$ assumendo $t_{gn} = 24 \times \text{numero di giorni legali di riscaldamento}$;
- (7) si calcola la potenza nominale richiesta al generatore di calore in base al fabbisogno calcolato $\Phi_{gn} = \Phi_{gn,avg}/FC_{clima}$ dove $FC_{clima}^{13)}$ è il fattore climatico di carico medio stagionale della località considerata definito come rapporto la differenza di temperatura media stagionale tra interno ed esterno e la differenza di temperatura tra interno ed esterno di progetto;

- (8) Si calcola il fattore di carico medio del generatore con l'equazione (B.2) $FC_{gn,u} = \Phi_{gn,avg} / \Phi_{Pn}$ dove Φ_{Pn} è la potenza termica utile nominale del generatore installato;
- (9) si determina il fattore di dimensionamento del generatore $F1 = \Phi_{Pn} / \Phi_{gn}$;
- (10) si determinano le perdite di generazione in base al prospetto 23, al fattore F1 e agli altri fattori relativi all'installazione del generatore;
- (11) si calcola il fabbisogno stagionale di energia del generatore di calore sommando a $Q_{gn,out}$ determinato in (5) le perdite di generazione determinate al (10);
- (12) si calcola la potenza elettrica degli ausiliari del generatore di calore $W_{gn,aux}$ con l'equazione (B.18) assumendo i valori del prospetto B.4;
- (13) la potenza elettrica di eventuale pompa primaria $W_{gn,PO,pr}$ si assume pari a 100 W (prospetto B.18);
- (14) si calcola la potenza complessiva degli ausiliari elettrici $W_{aux,t} = W_{gn,aux} + W_{gn,PO,pr}$;
- (15) si calcola il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari con $Q_{aux,t} = FC_{u,gn} \times W_{aux,t} \times t_{gn}$;
- (16) si determina il fabbisogno di energia primaria degli ausiliari con $Q_{aux,p} = f_{p,el} \times Q_{aux,t}$;
- (17) si determina il fabbisogno globale annuo per riscaldamento sommando al fabbisogno calcolato al passo 10 il fabbisogno di energia primaria calcolato al passo 16.

I RENDIMENTI

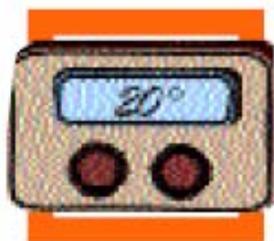
η_g



IL RENDIMENTO DI PRODUZIONE MEDIO STAGIONALE



IL RENDIMENTO DI EMISSIONE MEDIO STAGIONALE



IL RENDIMENTO DI REGOLAZIONE MEDIO STAGIONALE



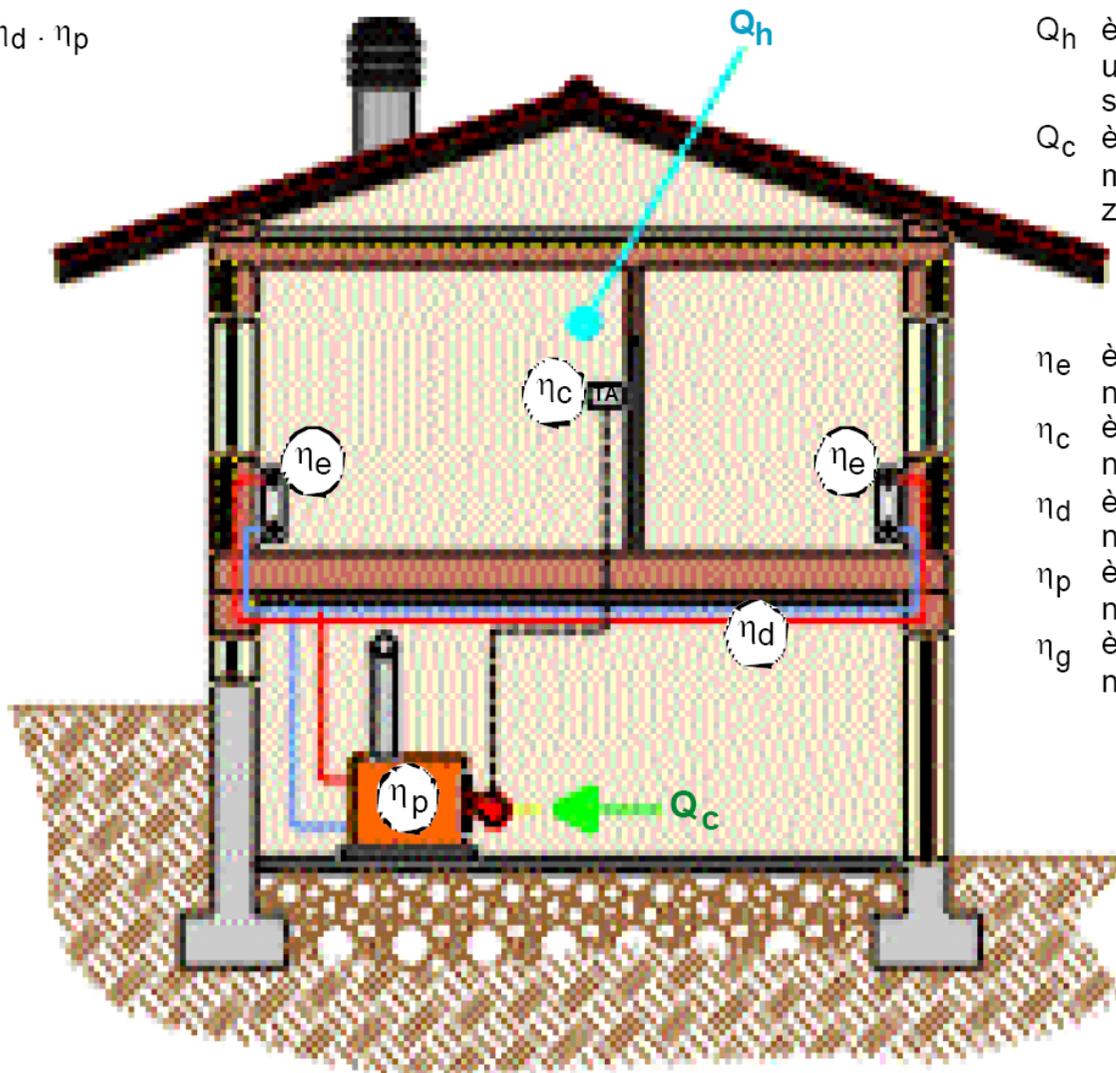
IL RENDIMENTO DI DISTRIBUZIONE MEDIO STAGIONALE

I RENDIMENTI



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

$$Q_c = \frac{Q_h}{\eta_g}$$



Q_h è il fabbisogno energetico utile ideale richiesto da ciascuna zona, in J;

Q_c è il fabbisogno di energia primaria richiesto da ciascuna zona, in J;

η_e è il rendimento medio stagionale di emissione;

η_c è il rendimento medio stagionale di regolazione;

η_d è il rendimento medio stagionale di distribuzione;

η_p è il rendimento medio stagionale di produzione;

η_g è il rendimento medio stagionale globale.



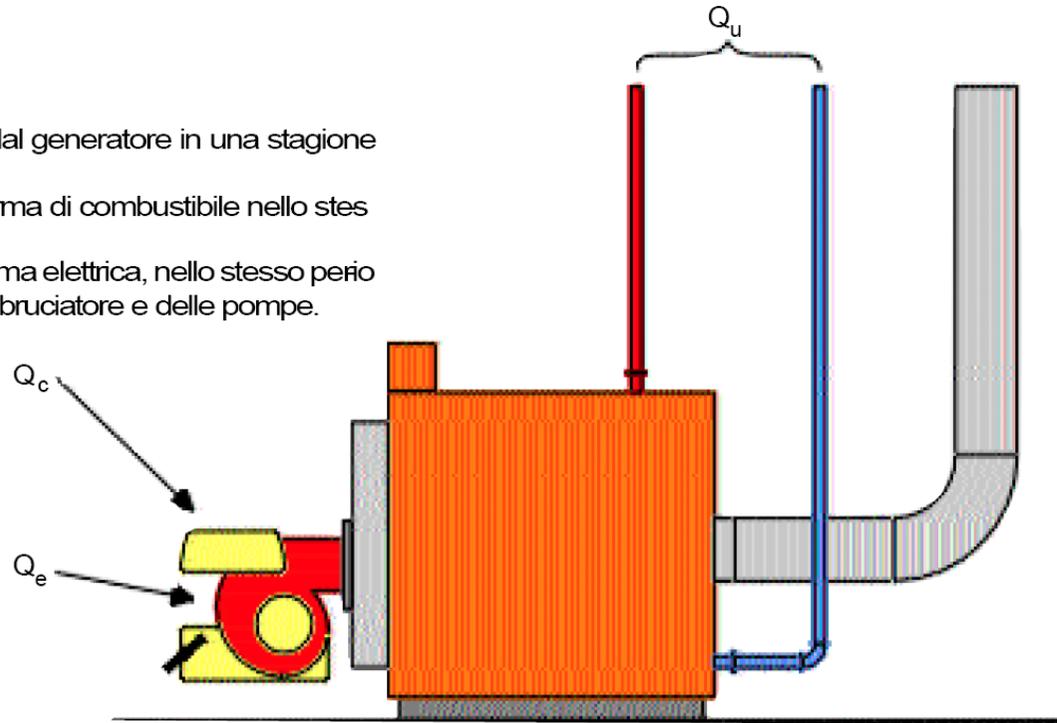
IL RENDIMENTO DI PRODUZIONE MEDIO STAGIONALE

Il rendimento di produzione medio stagionale è il rapporto fra il calore utile prodotto dal generatore nella stagione di riscaldamento e l'energia fornita nello stesso periodo sotto forma di combustibile ed energia elettrica.

$$\eta_p = \frac{Q_u}{Q_c + Q_e}$$

dove:

- Q_u è l'energia utile prodotta dal generatore in una stagione di riscaldamento;
- Q_c è l'energia fornita sotto forma di combustibile nello stesso periodo;
- Q_e è l'energia fornita sotto forma elettrica, nello stesso periodo, per l'azionamento del bruciatore e delle pompe.

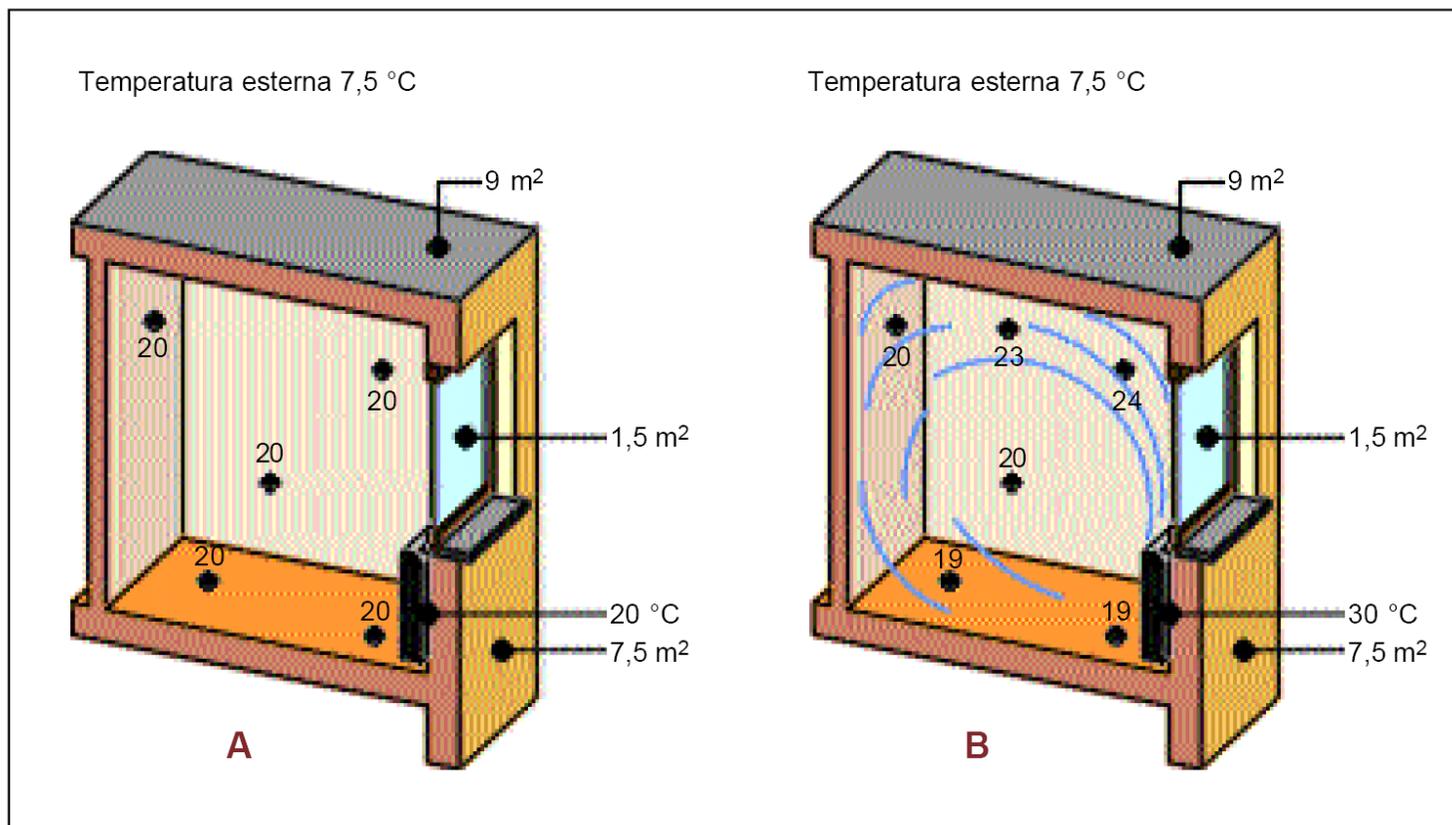


Si noti che il miglioramento del rendimento medio stagionale di produzione non dipende solo da fattori costruttivi dei generatori, ma è influenzato anche dalle scelte progettuali, dal tipo di regolazione e dal modello di conduzione.



IL RENDIMENTO DI EMISSIONE MEDIO STAGIONALE

Il rendimento di emissione medio stagionale è definito come il **rapporto fra il calore richiesto per il riscaldamento degli ambienti con un sistema di emissione teorico di riferimento in grado di fornire una temperatura ambiente perfettamente uniforme ed uguale nei vari locali ed il sistema di emissione reale, nelle stesse condizioni di temperatura ambiente e di temperatura esterna.**



Distribuzione delle temperature con un sistema di emissione reale (B), confrontata con quella del sistema di emissione teorico di riferimento (A).

A - SISTEMA DI EMISSIONE TEORICO DI RIFERIMENTO

S (m ²)	U (W/m ² K)	Δt (°C)	τ (s)	Q _h (kJ)
16,5	0,6	12,5	3.600	446
1,5	2,3	12,5	3.600	155
			Totale	601

(*) parete dietro il corpo scaldante

B - SISTEMA DI EMISSIONE REALE

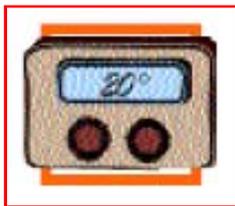
S (m ²)	U (W/m ² K)	Δt (°C)	τ (s)	Q _{hr} (kJ)
15,5	0,6	13,5	3.600	452
1,5	2,3	13,5	3.600	168
1,0 (*)	0,6	22,5	3.600	49
			Totale	669

Il rendimento di emissione risulta, nel caso esemplificato:

$$\eta_e = \frac{Q_h}{Q_{hr}} = \frac{601}{669} = 0,9$$

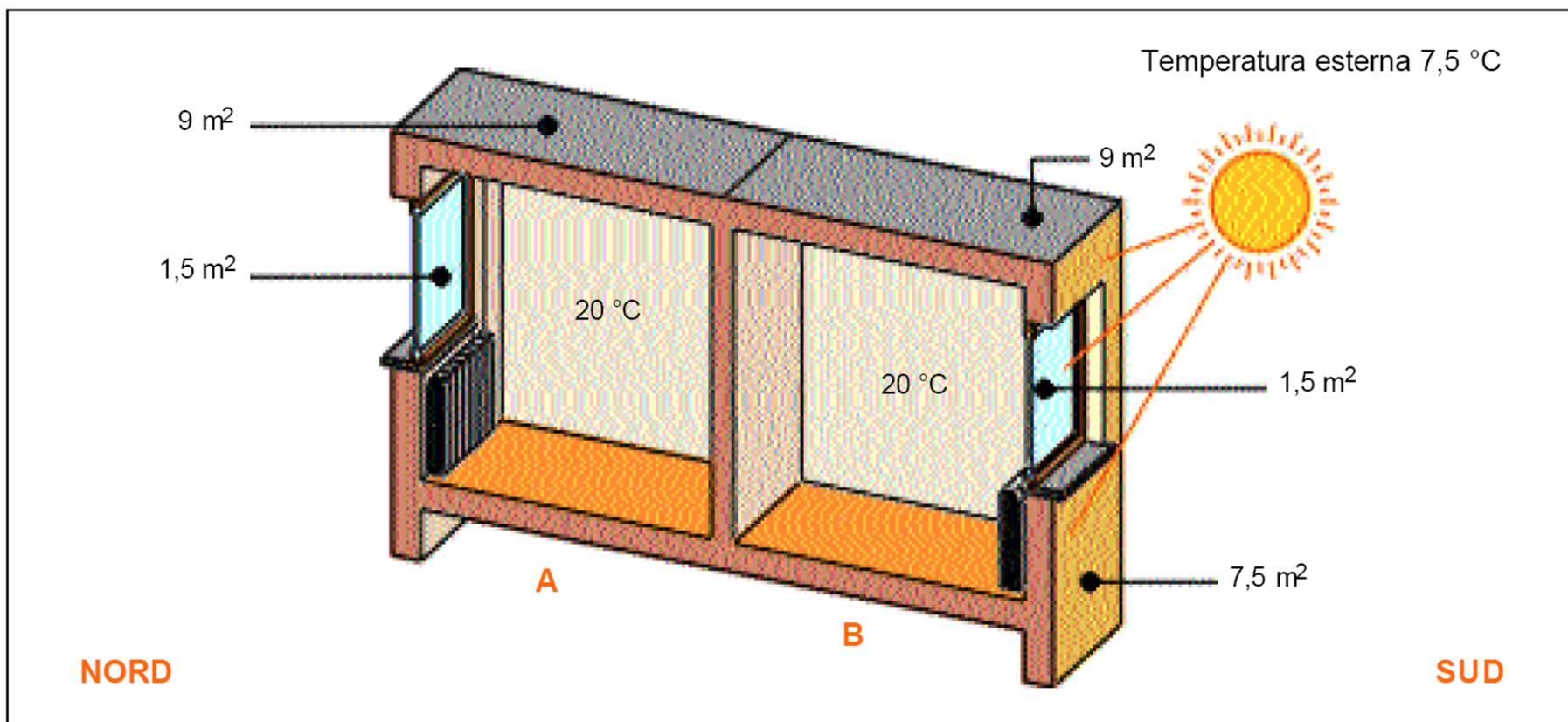
dove:

- Q_h rappresenta la quantità di energia occorrente per riscaldare l'ambiente con il sistema di emissione teorico di riferimento;
- Q_{hr} rappresenta invece il fabbisogno di calore occorrente con il sistema reale di emissione, a parità di condizioni esterne e di benessere interno.



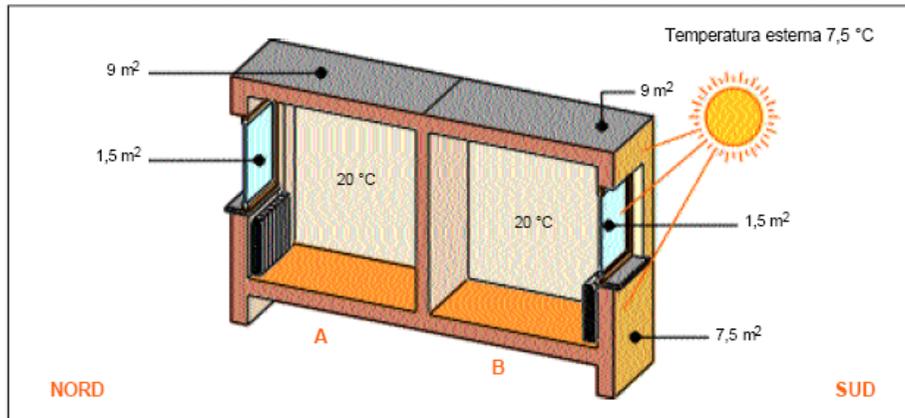
IL RENDIMENTO DI REGOLAZIONE MEDIO STAGIONALE

Il rendimento di regolazione medio stagionale è il rapporto fra il calore richiesto per il riscaldamento degli ambienti con una regolazione teorica perfetta ed il calore richiesto per il riscaldamento degli stessi ambienti con un sistema di regolazione reale.



Esempio

Calcolo dell'energia dispersa, in un'ora, verso l'esterno, da un locale di abitazione, nel periodo medio stagionale.



Sistema di regolazione reale (nel caso: con regolazione centrale).

Il rendimento di regolazione risulta, nel caso esemplificato:

$$h_c = \frac{Q_h}{Q_{hr}} = \frac{601 + 540}{601 + 721} = 0,86$$

dove:

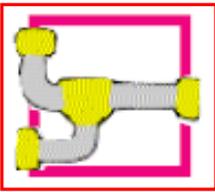
- Q_h rappresenta la quantità di energia occorrente per riscaldare gli ambienti con il sistema di regolazione teorico perfetto;
- Q_{hr} rappresenta invece il fabbisogno di calore occorrente con il sistema di regolazione reale, a parità di condizioni esterne e di benessere interno.

A - LOCALE A NORD

S (m ²)	U (W/m ² K)	Δt (°C)	τ (s)	Q _h (kJ)
16,5	0,6	12,5	3.600	446
1,5	2,3	12,5	3.600	155
			Q _h	601

B - LOCALE A SUD

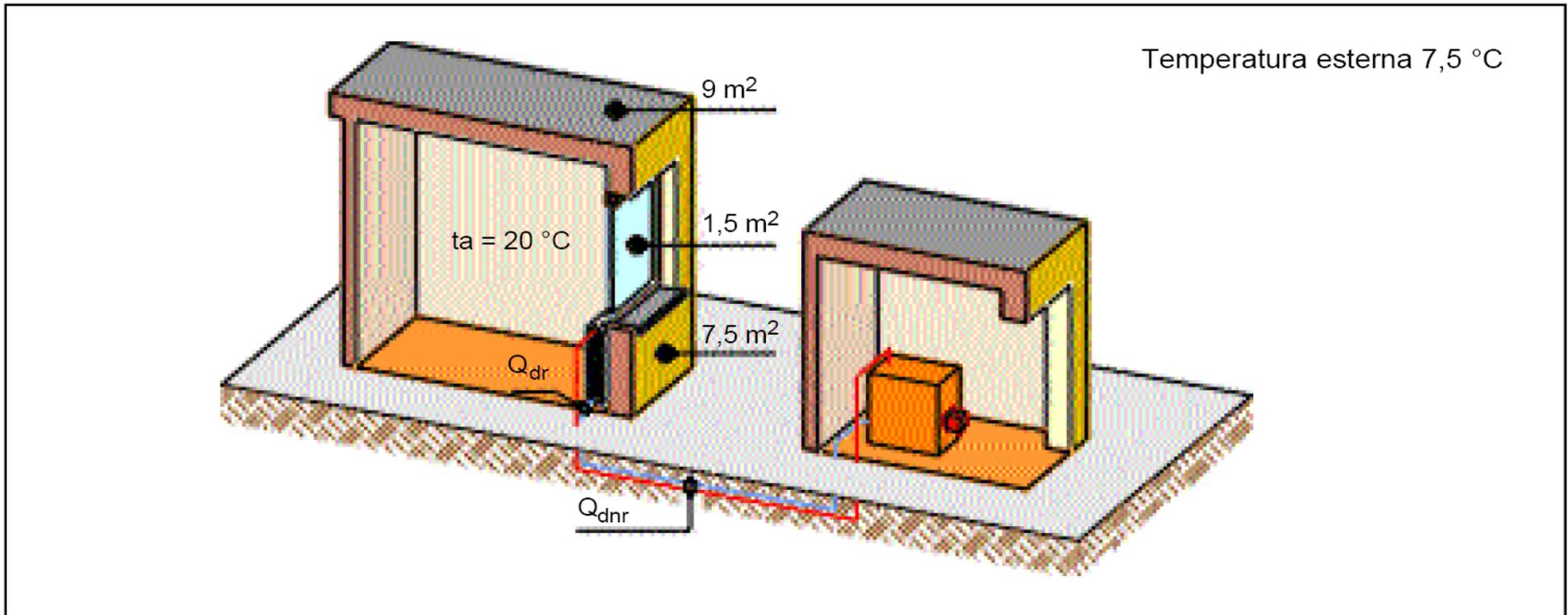
S (m ²)	U (W/m ² K)	Δt (°C)	τ (s)	Q _h (kJ)
16,5	0,6	12,5	3.600	446
1,5	2,3	12,5	3.600	155
			Q _s	61
			Q _h	540



IL RENDIMENTO DI DISTRIBUZIONE MEDIO STAGIONALE

Il rendimento di distribuzione η_d è il rapporto fra la somma del calore utile emesso dai corpi scaldanti e del calore disperso dalla rete di distribuzione all'interno dell'involucro riscaldato dell'edificio ed il calore in uscita dall'impianto di produzione ed immesso nella rete di distribuzione.

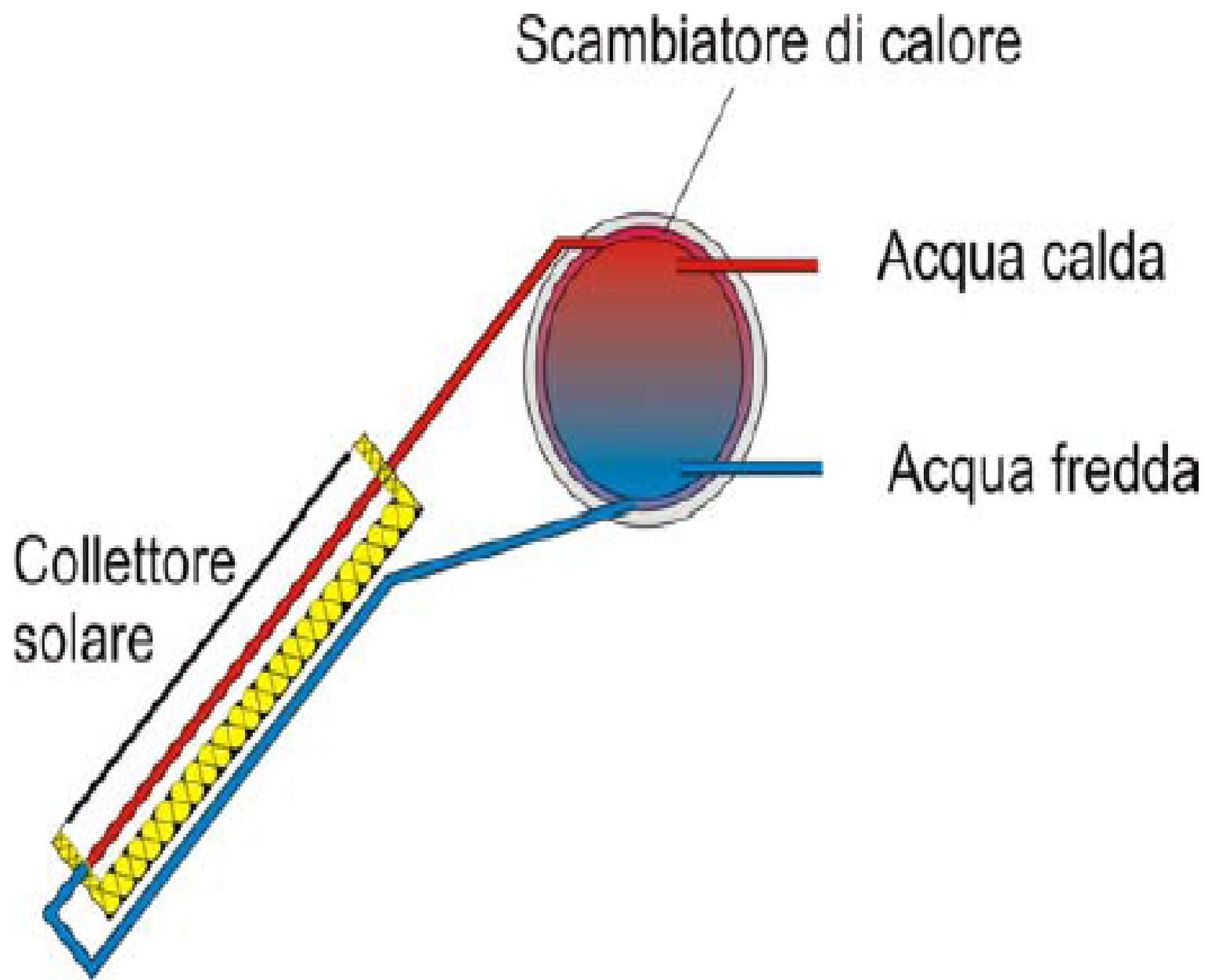
Il rendimento di distribuzione medio stagionale caratterizza l'influenza della rete di distribuzione sulla perdita passiva di energia termica (quella non ceduta agli ambienti da riscaldare).



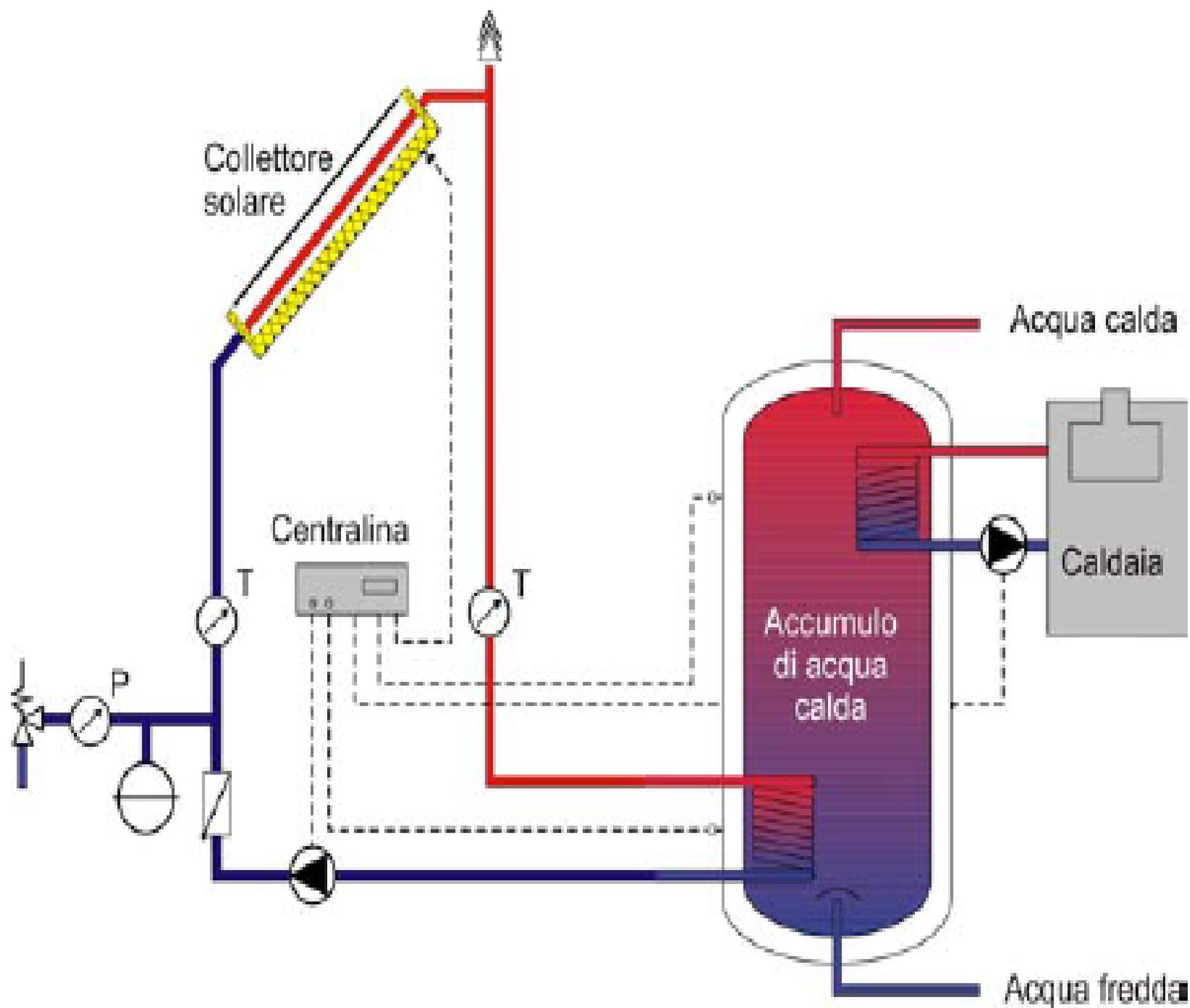
Applicazioni di impianti solari termici

- Riscaldamento dell'acqua sanitaria e degli ambienti per case unifamiliari, condomini e palazzi plurifamiliari
- Riscaldamento dell'acqua sanitaria e degli ambienti per grandi consumatori (alberghi, ospedali, industria)
- Teleriscaldamento di interi quartieri
- Riscaldamento di piscine all'aperto
- Riscaldamento ad aria di ambienti
- Applicazioni nell'agricoltura
- Condizionamento solare

Impianto a circolazione naturale



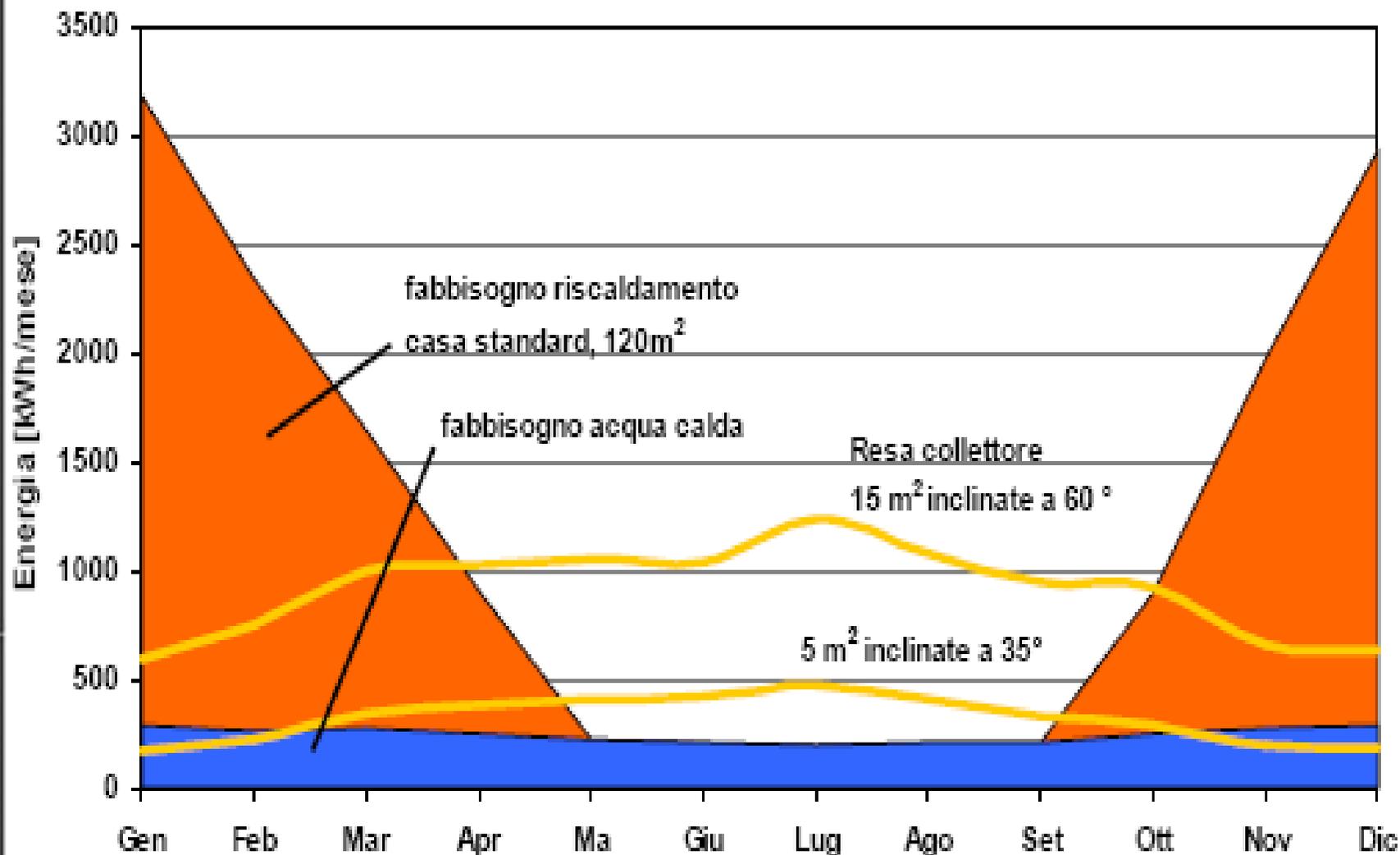
Impianto solare a circolazione forzata



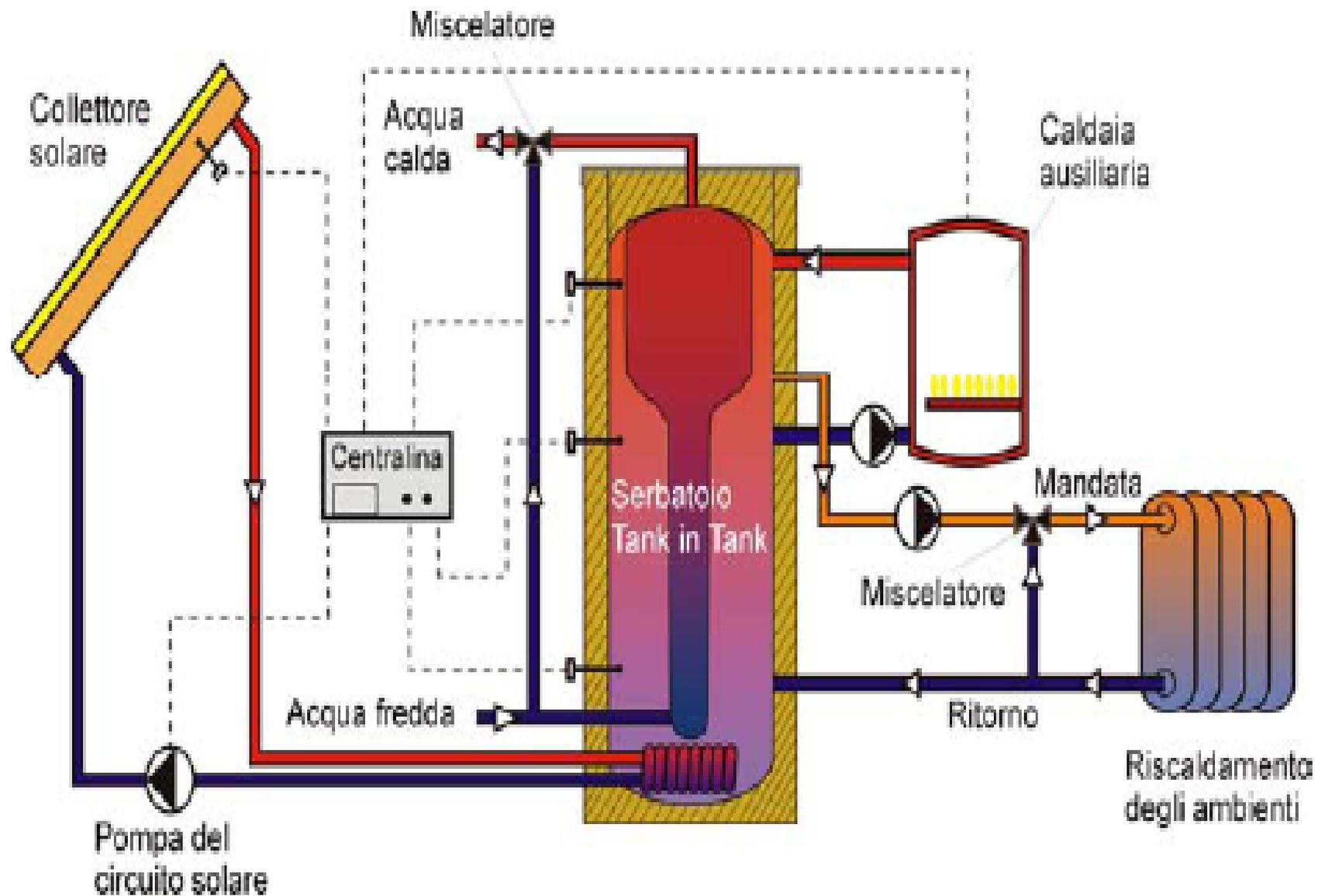
I componenti di un impianto solare a circolazione forzata



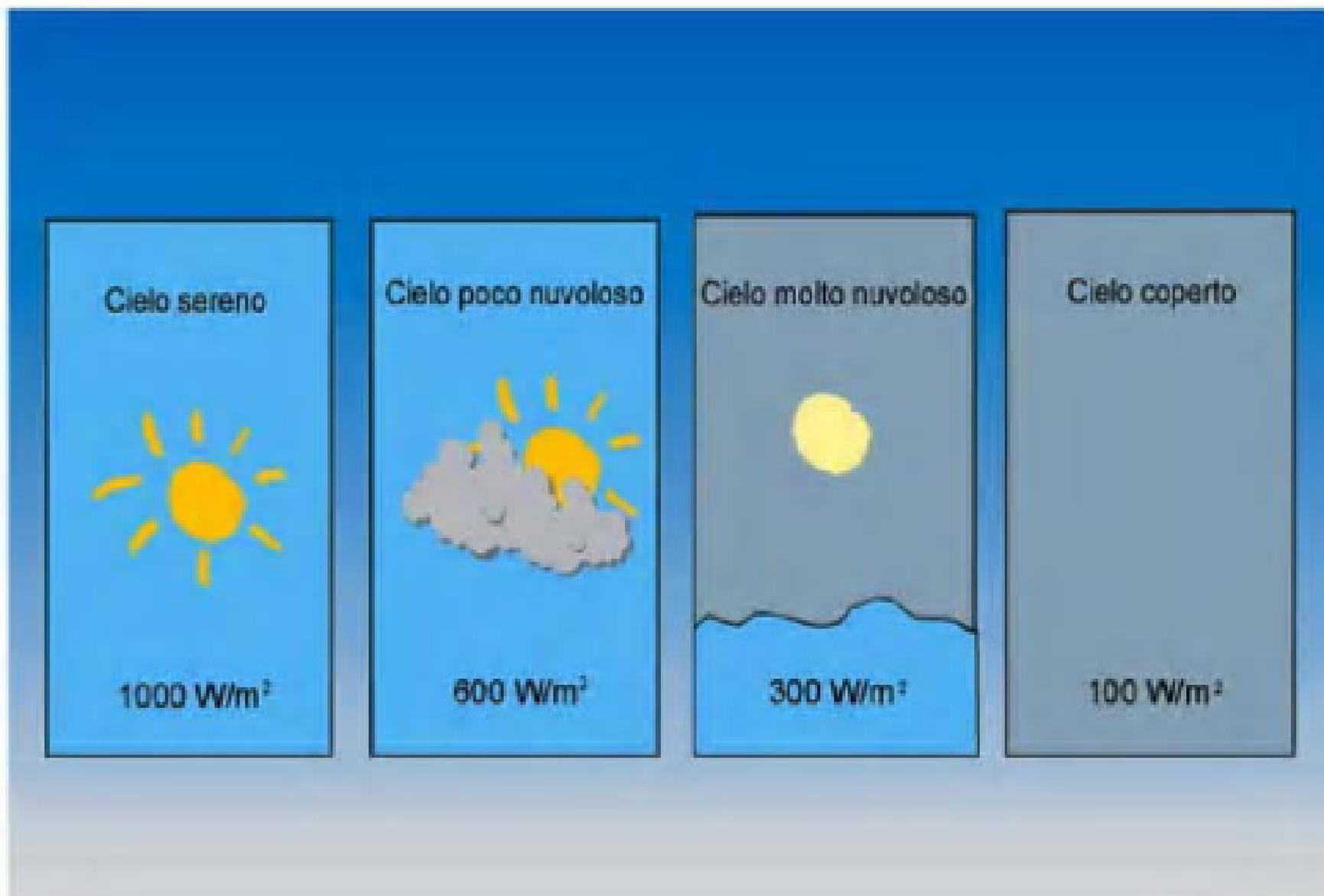
Fabbisogno di energia per il riscaldamento di ACS e degli ambienti e radiazione solare su una superficie inclinata



Impianto solare combinato per il riscaldamento dell'acqua calda e degli ambienti



Irradianza solare con condizioni meteorologiche diverse



Andamento annuale della radiazione globale su superfici inclinate

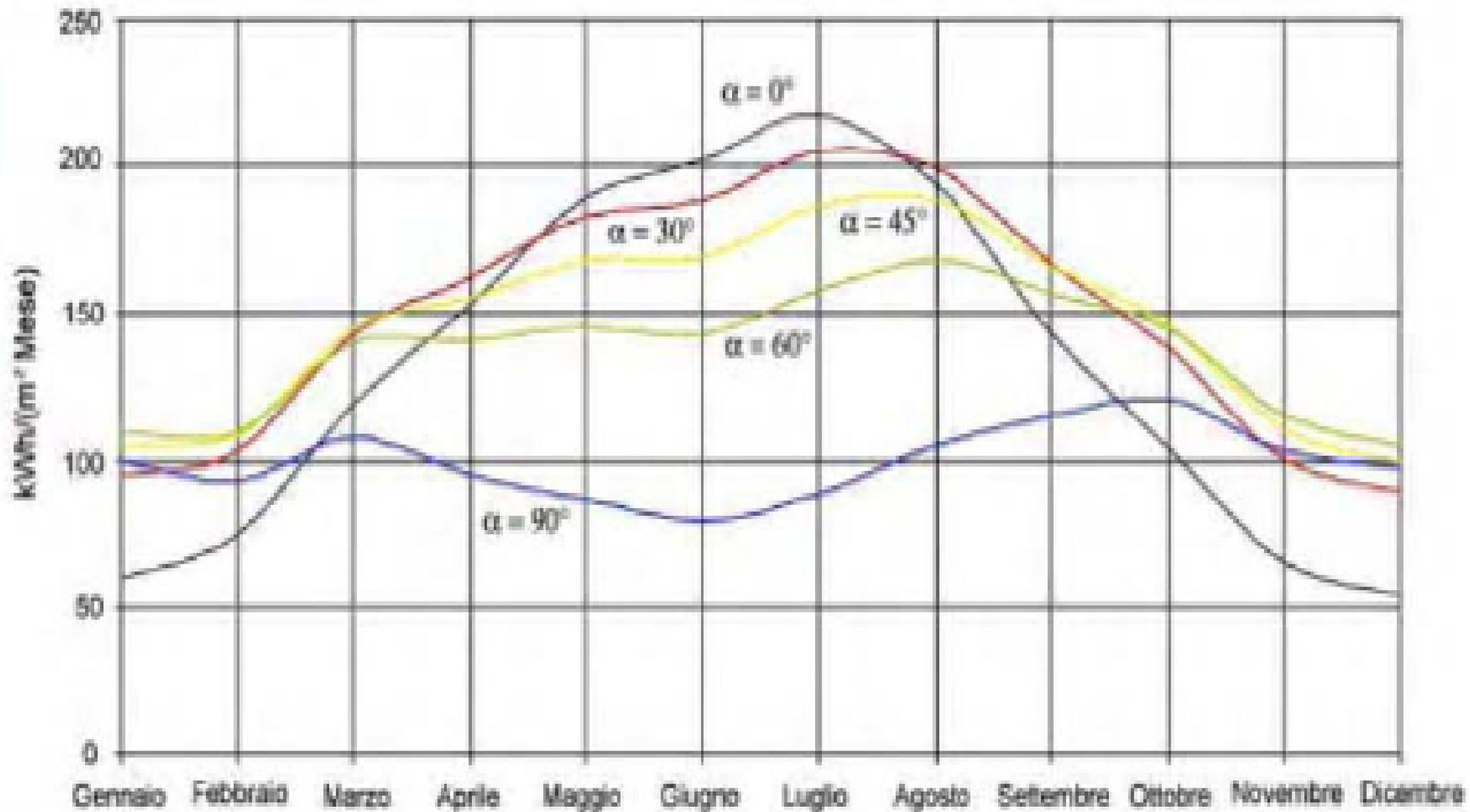
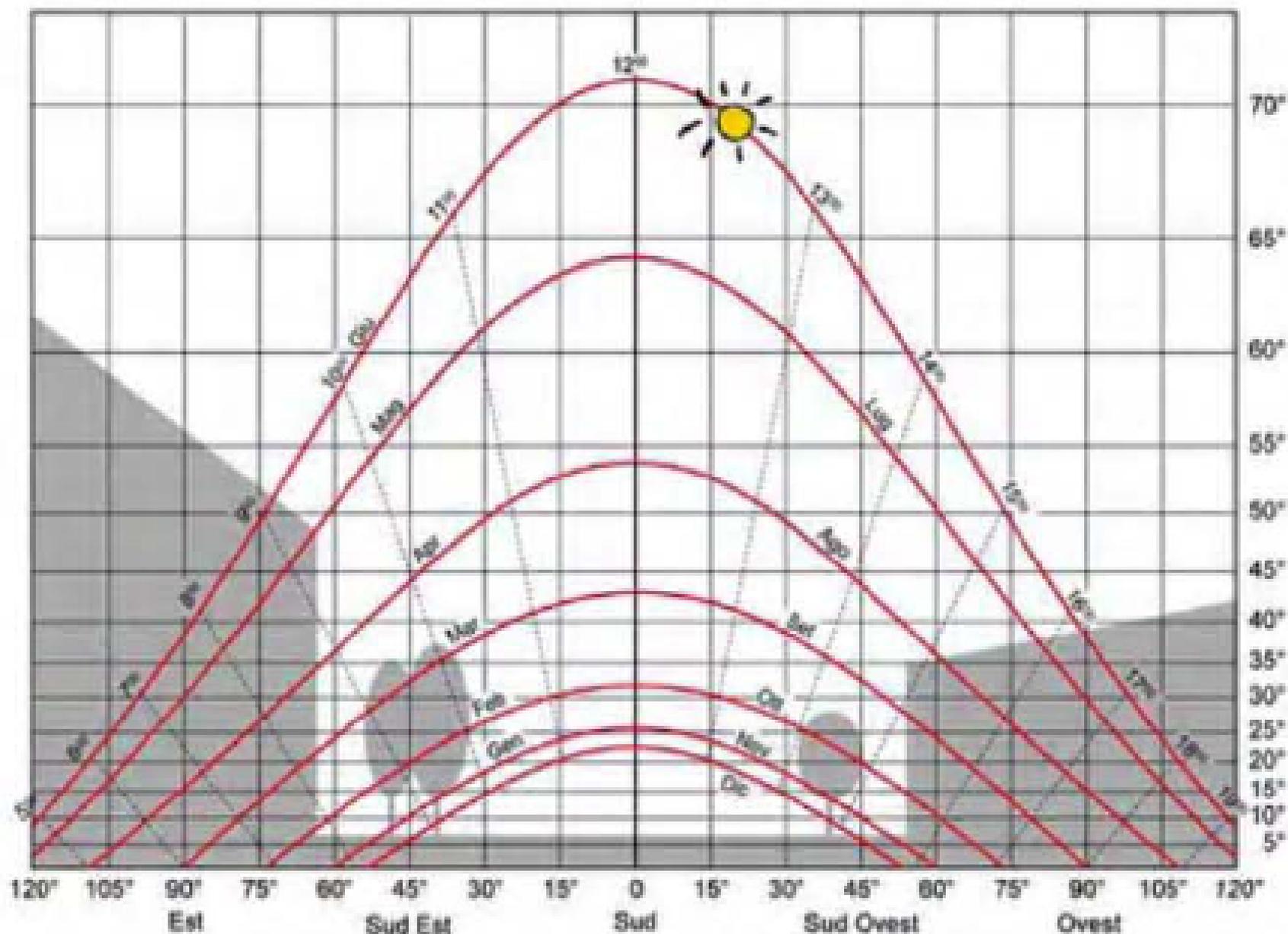
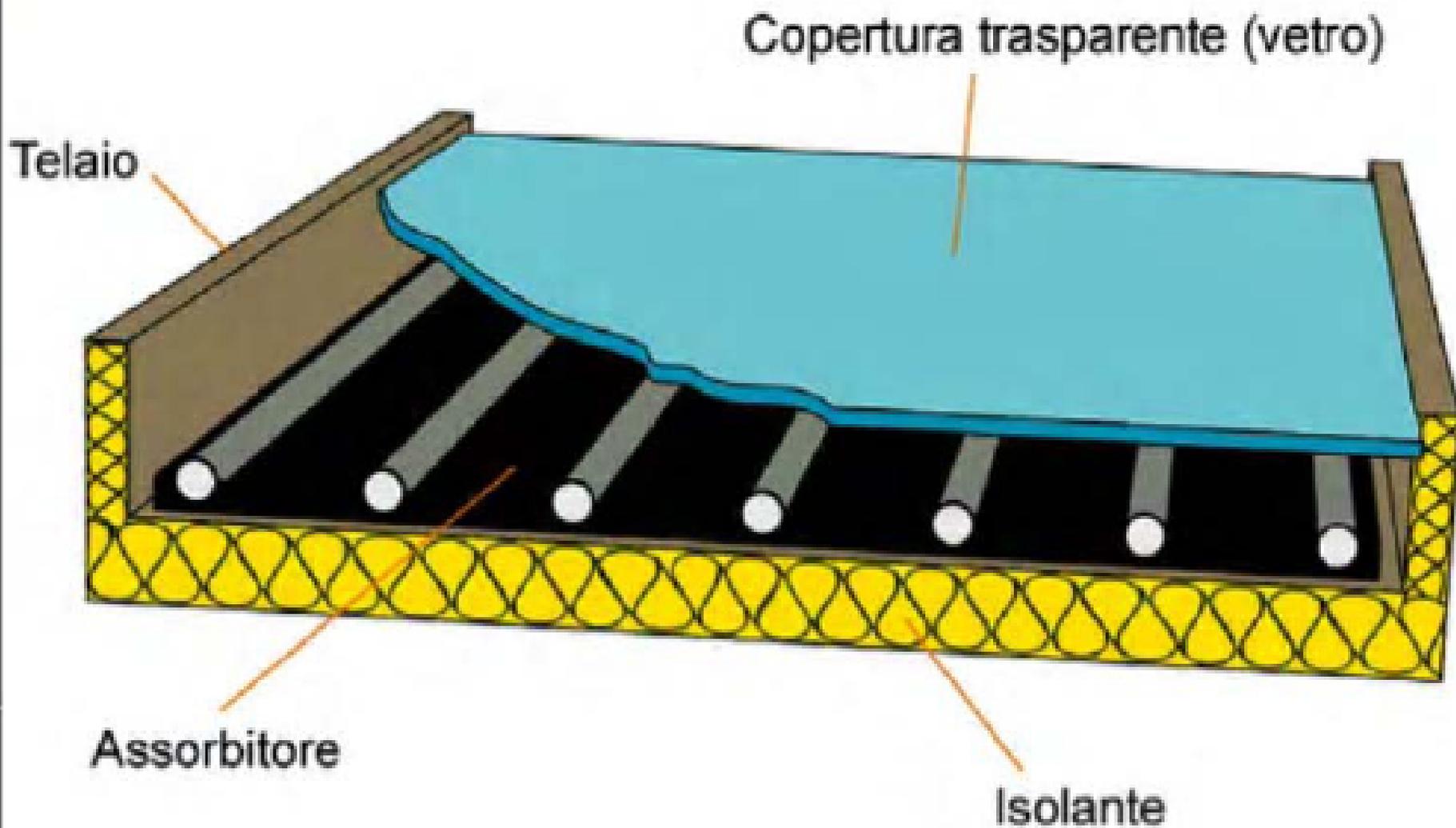


Diagramma delle traiettorie del sole e ostruzione degli edifici e della vegetazione



Struttura di un collettore



Tipi di collettore



Collettore scoperto per piscine



Collettore con doppia copertura



Collettore piano sottovuoto



Collettore piano standard

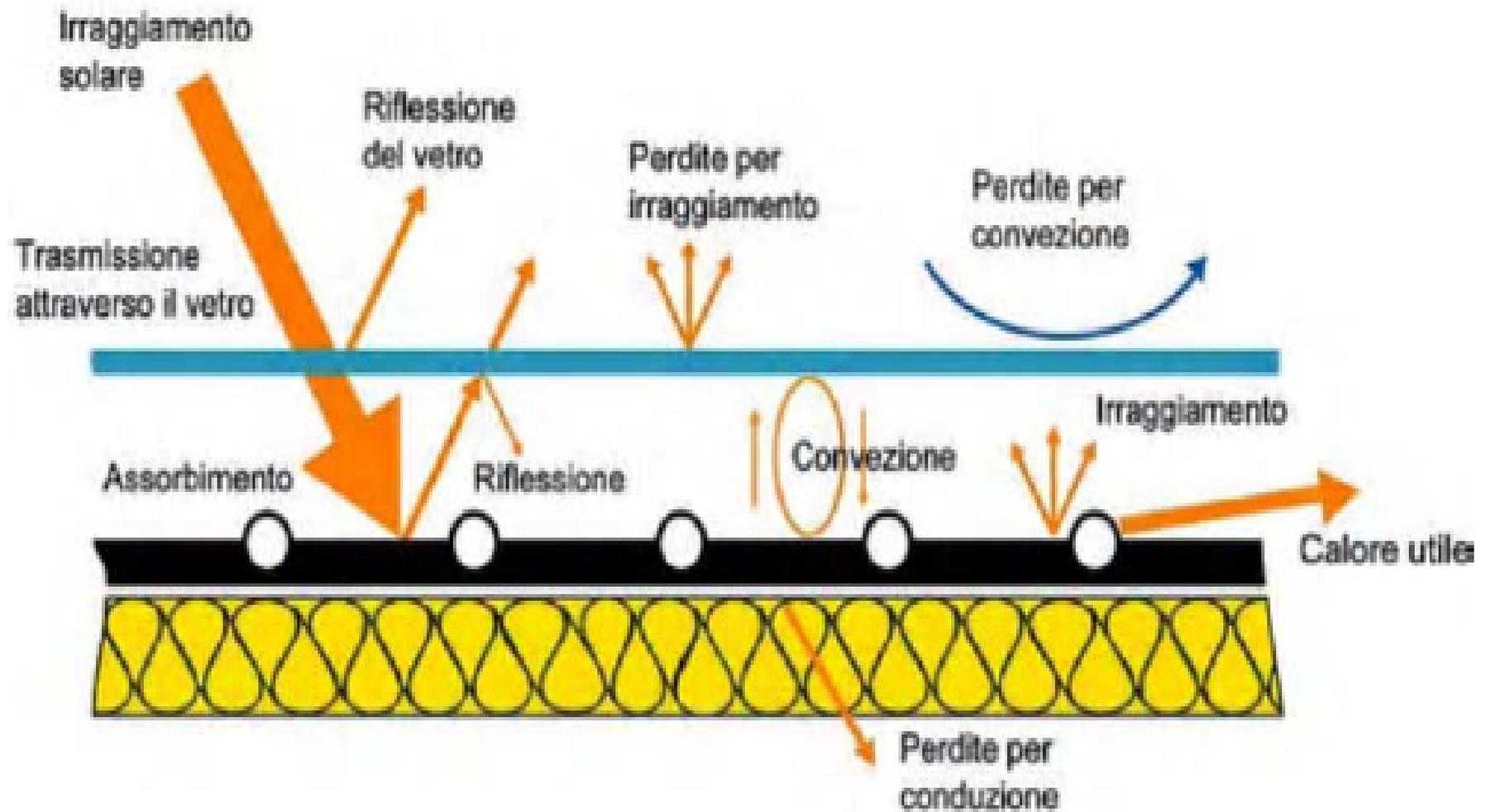


Collettore con isolante trasparente



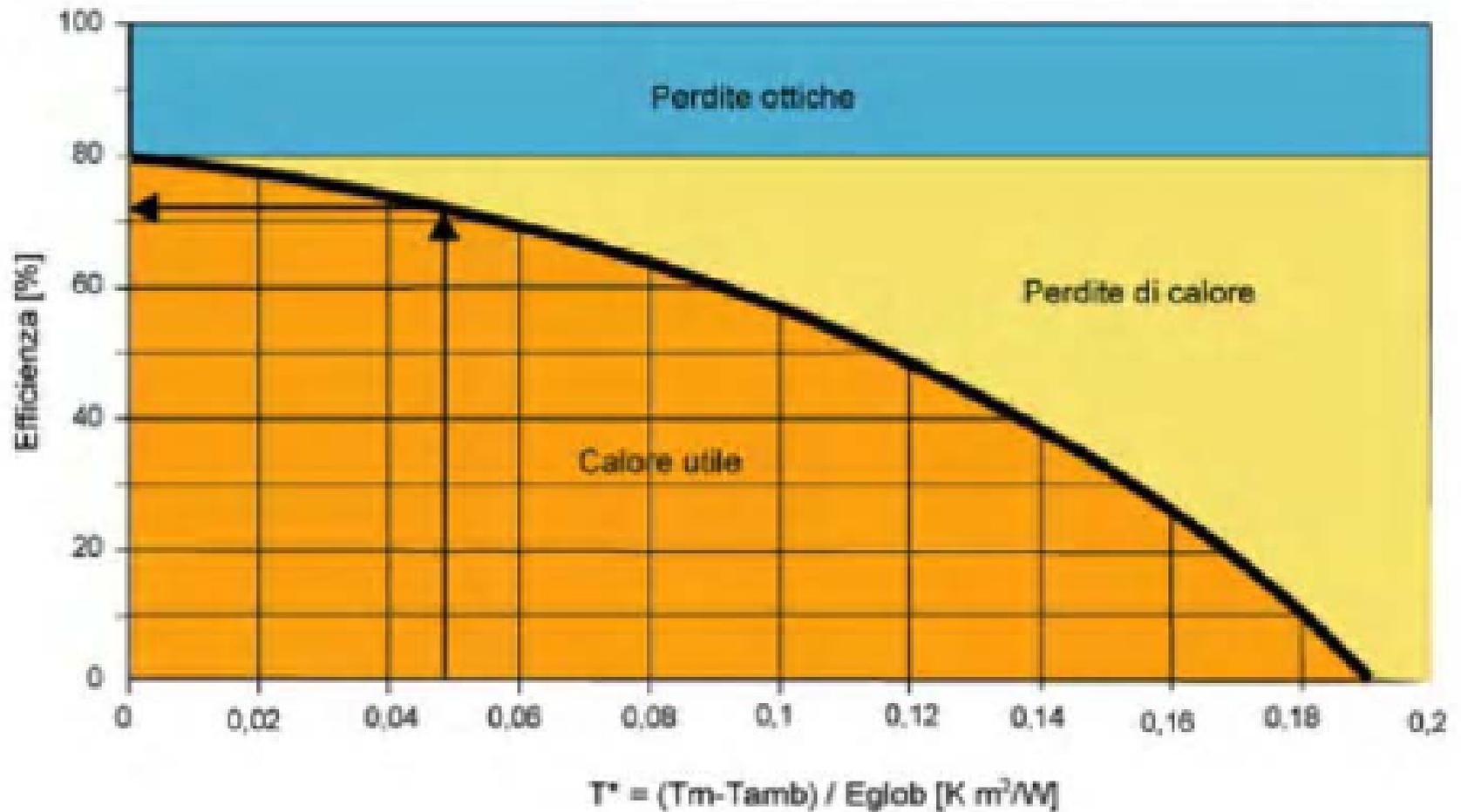
Collettore a tubi sottovuoto

Fenomeni di trasporto del calore

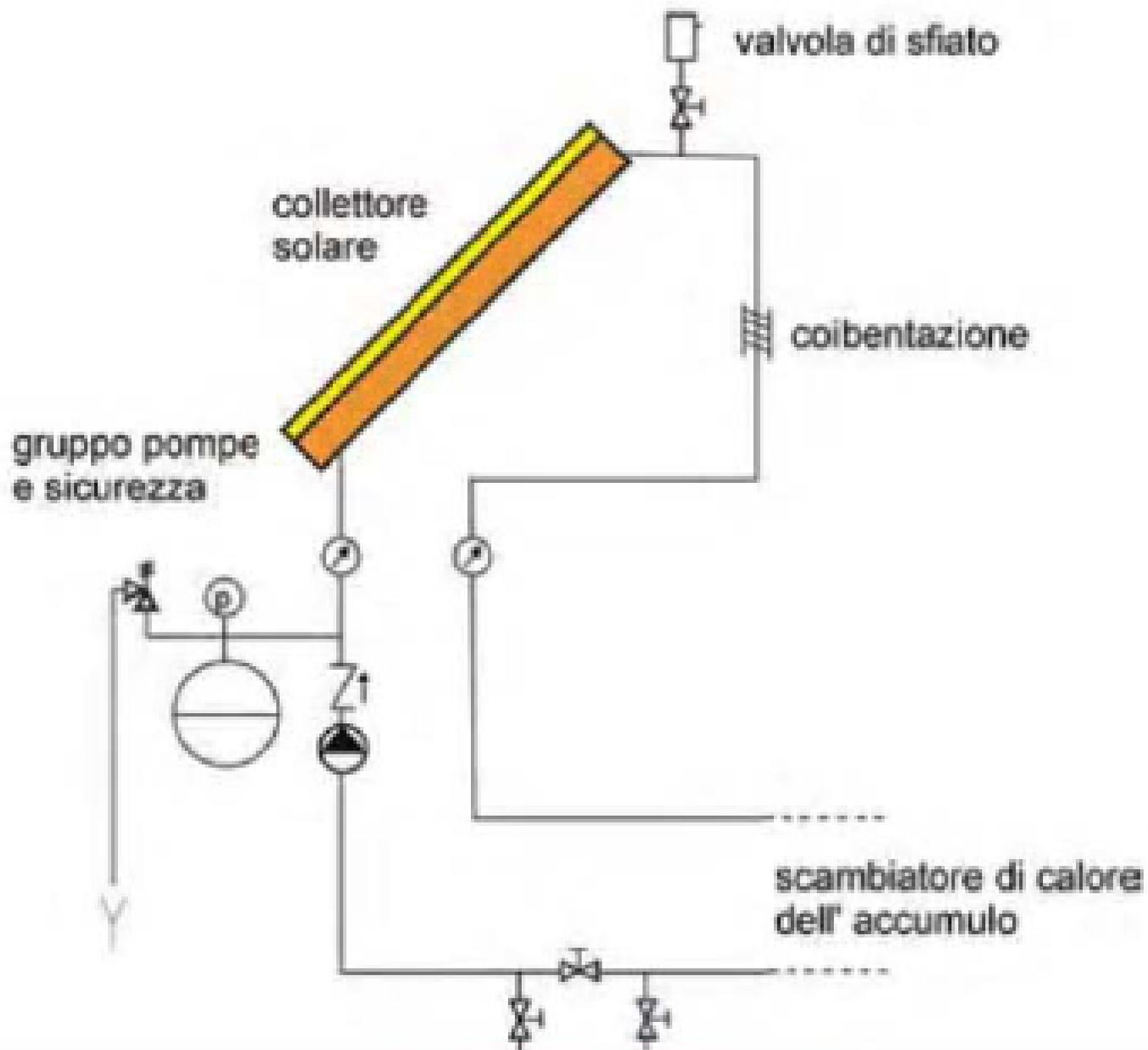


Curva di efficienza di un collettore solare

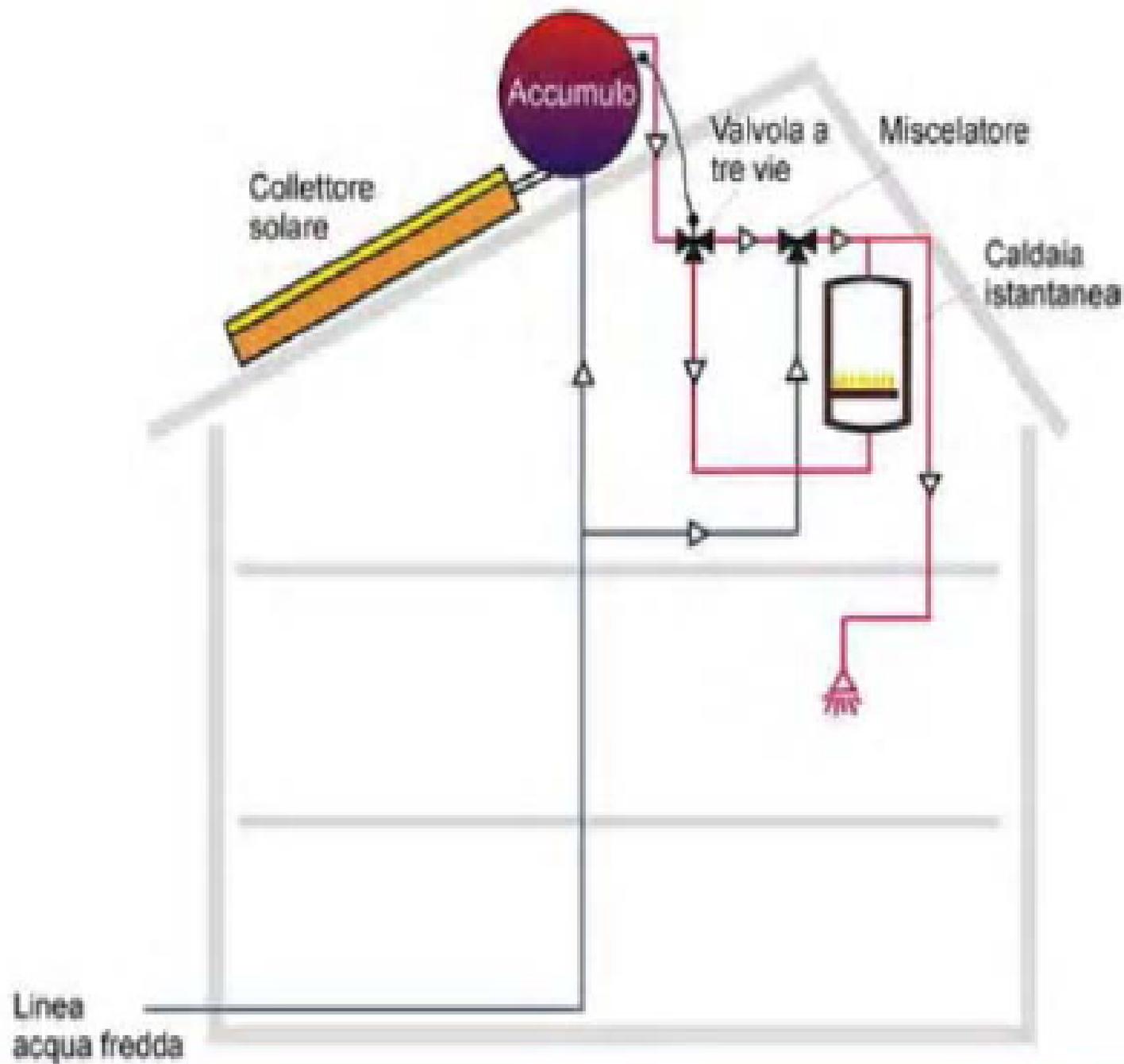
$$\eta = \eta_0 - k_1 \frac{\Delta T}{E_{glob,i}} - k_2 \frac{\Delta T^2}{E_{glob,i}}$$



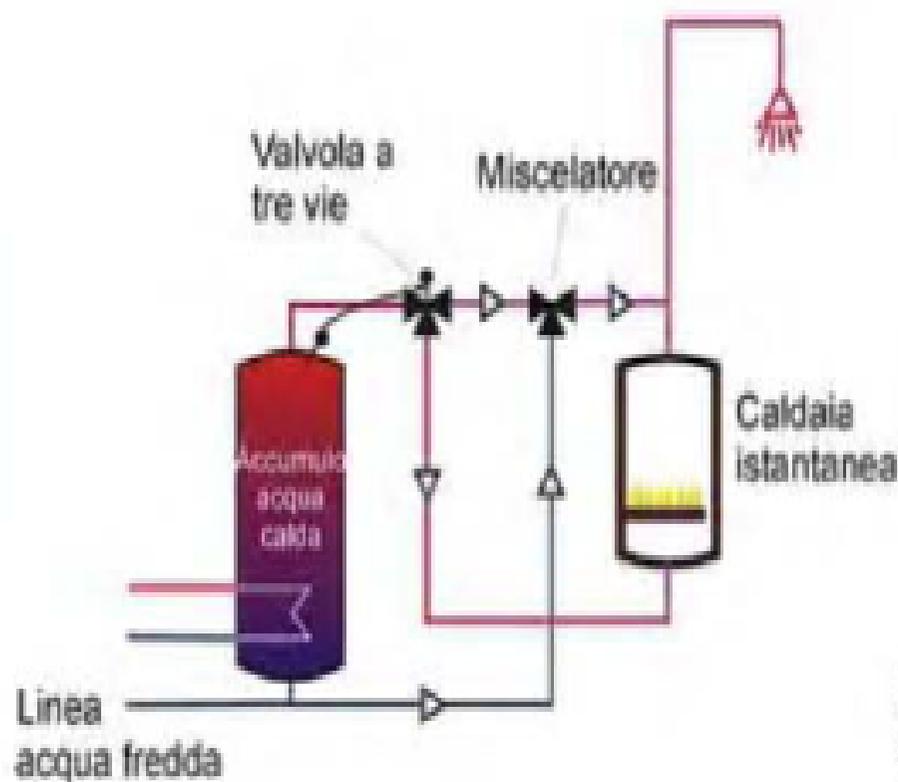
Il circuito solare



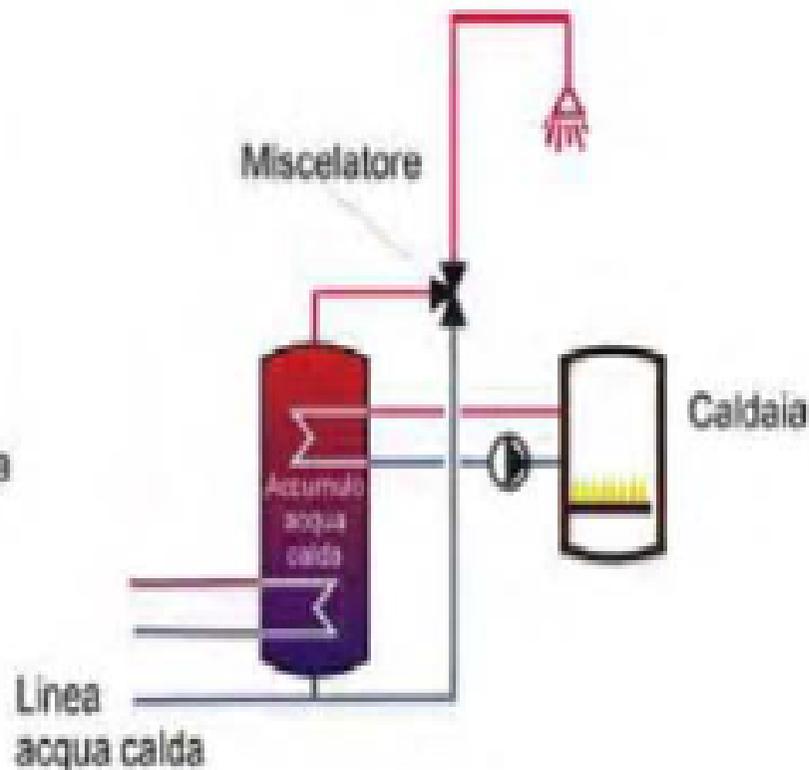
Integrazione di un impianto compatto con caldaia istantanea



Integrazione della caldaia per un impianto solare per il riscaldamento di ACS

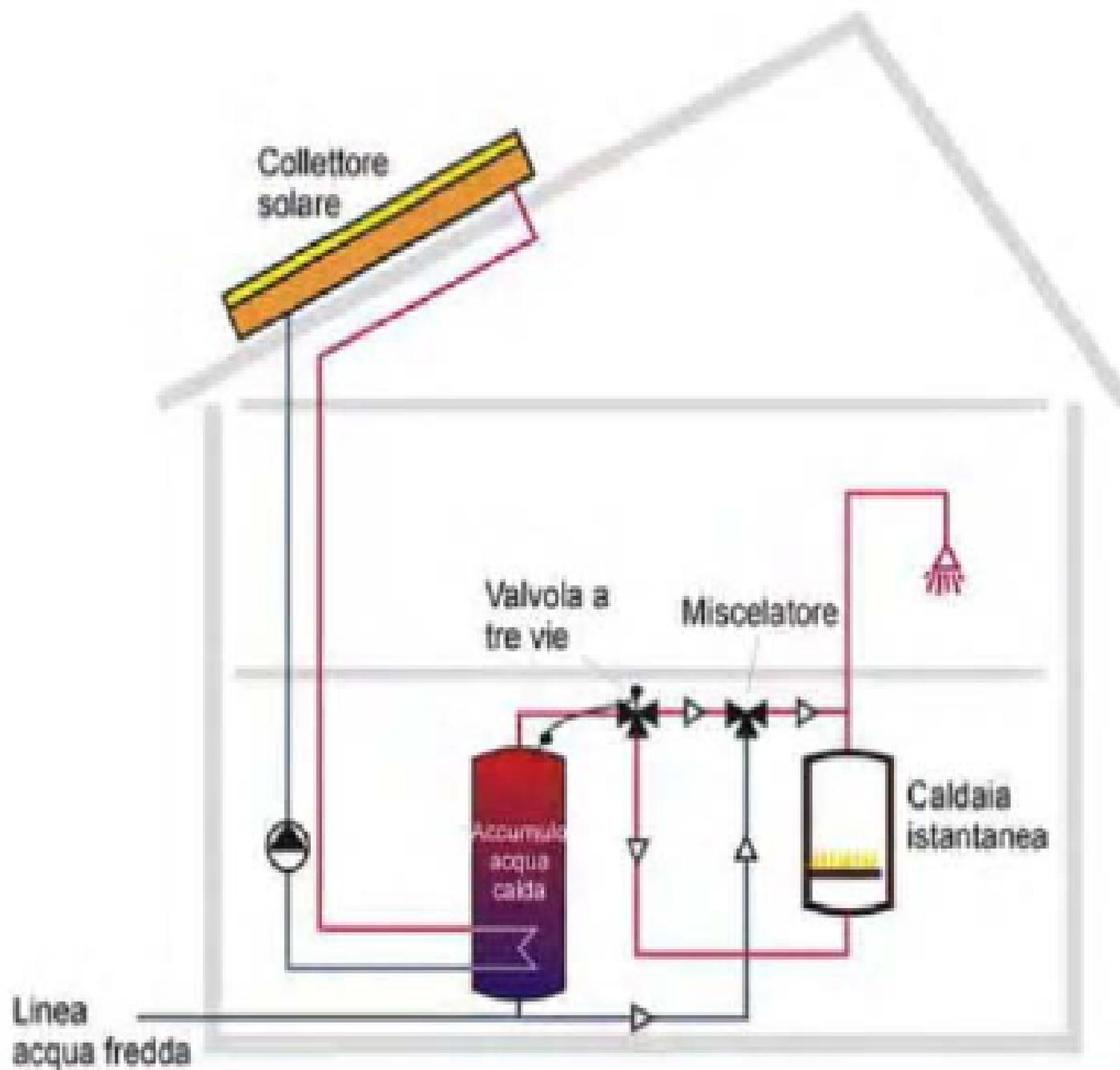


Integrazione con caldaia istantanea

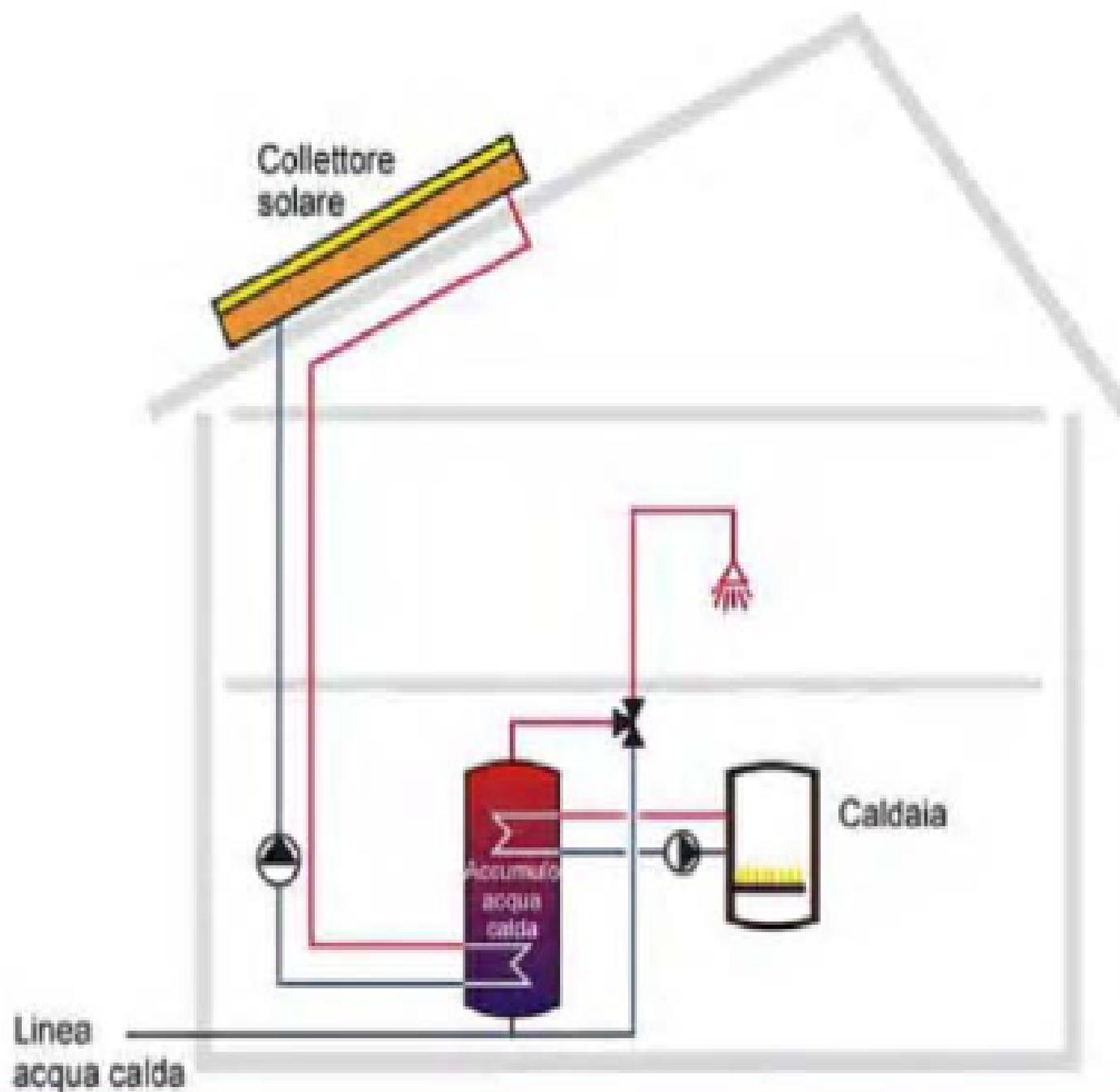


Integrazione con scambiatore di calore integrato

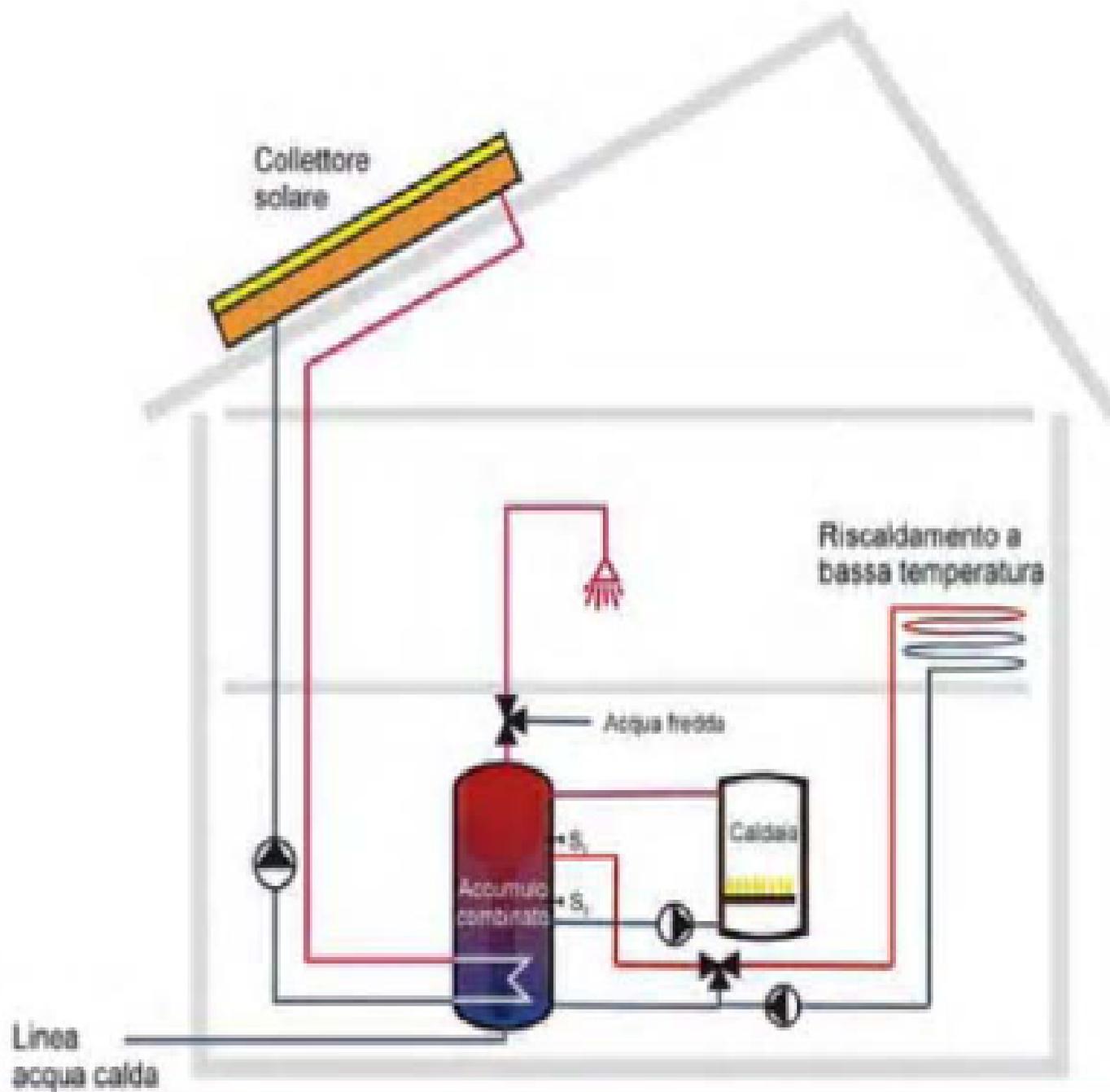
Integrazione di un impianto ad accumulo separato con caldaia istantanea



Integrazione di un impianto ad accumulo separato con scambiatore di calore



Integrazione di un impianto per ACS e riscaldamento con caldaia



Fasi della progettazione di un impianto solare termico

- Rilievo e considerazioni pratiche
- Identificazione del fabbisogno di acqua calda e riscaldamento degli ambienti
- Scelta del tipo di impianto adatto
- Dimensionamento della superficie dei collettori e del serbatoio

----- sufficiente per un preventivo di massima -----

- Scambiatori di calore e connessioni
- Circuito solare (tubi, pompa, vaso, valvole...)

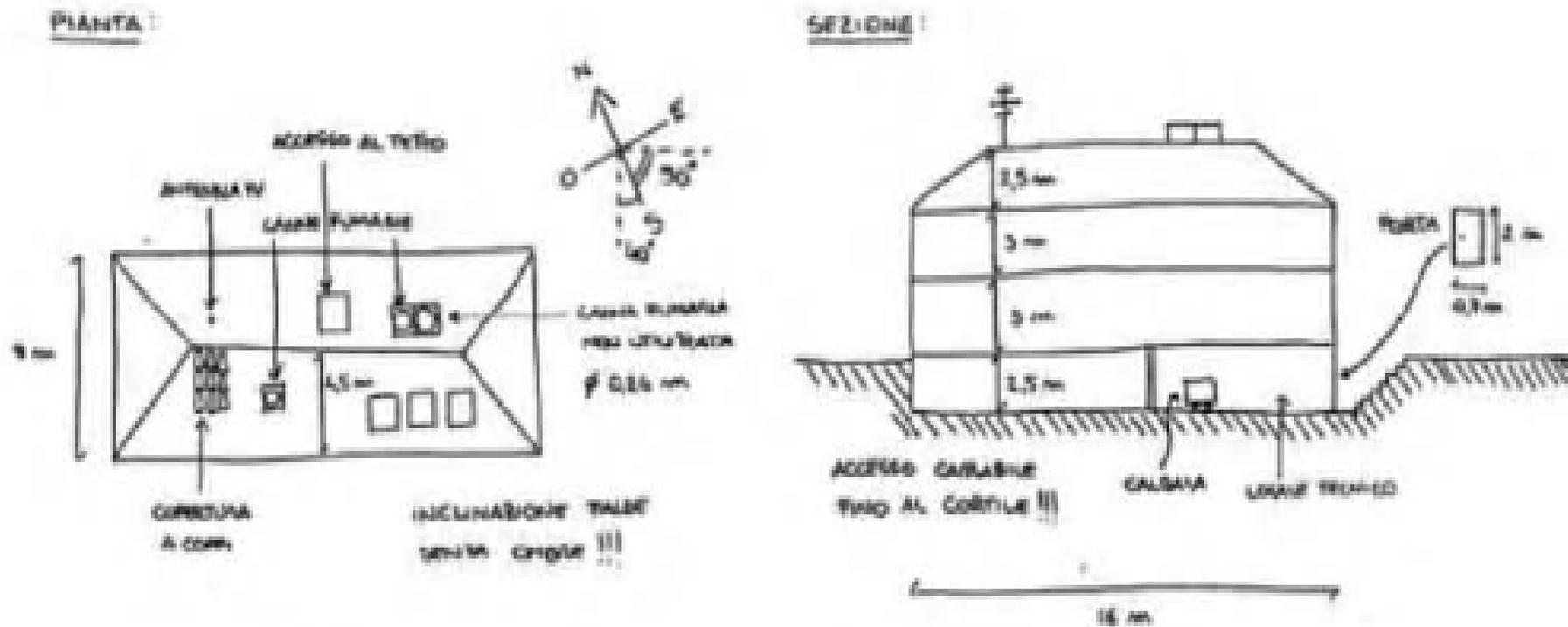
Rilievo

Disegno a mano con dimensioni essenziali

Verifiche da fare:

- **Per nuove costruzioni: progettazione dell'edificio compatibile alla realizzazione e al funzionamento dell'impianto**
- **Tetto: stato, ombreggiamento, possibilità di accesso, superficie sufficiente, orientamento adeguato**
- **Passaggio del serbatoio (porte, scale, ecc.)**
- **Impianto ausiliario**
- **Vincoli della soprintendenza**
- **Permessi necessari**

Rilievo in loco



Verifica di fattibilità negli interventi su preesistenze (rilievo in loco)

Stima del fabbisogno di acqua calda sanitaria (consumo a 45 °C)



Famiglia di 4 componenti,
1 lavatrice al giorno:
 $(4 \times 40) + 30 = 190$ l/giorno

Basso consumo: 20 - 30 l



Medio consumo: 30 - 50 l



Alto consumo: 50 - 70 l



Lavatrice: 20 - 40 l/giorno
(1 lavaggio)



Lavastoviglie: 20 l/giorno
(1 lavaggio)



Dimensionamento della superficie dei collettori per la produzione di acqua calda

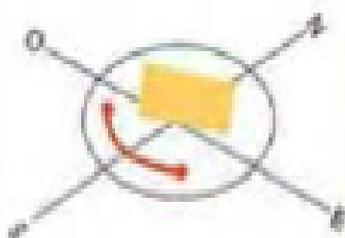


Orientamento ottimale (sud, inclinazione 30°)

zone in Italia	valori di riferimento per il dimensionamento dei collettori piani
Nord	1.2 m ² /(50 litri/giorno)
Centro	1 m ² /(50 litri/giorno)
Sud	0.8 m ² /(50 litri/giorno)

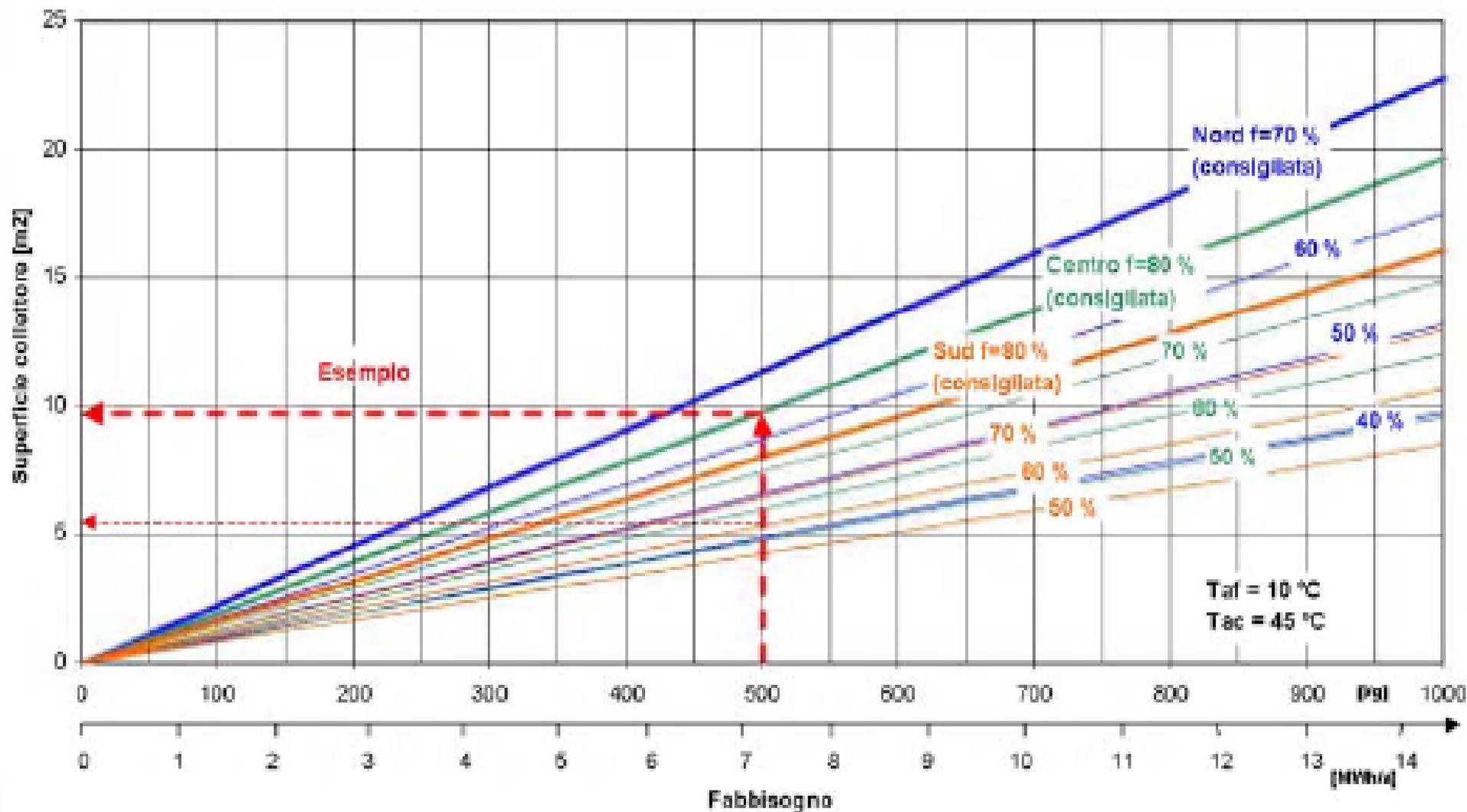
Per collettori a tubi sottovuoto ridurre del 30 %

Incrementi della superficie dei collettori per condizioni non ottimali

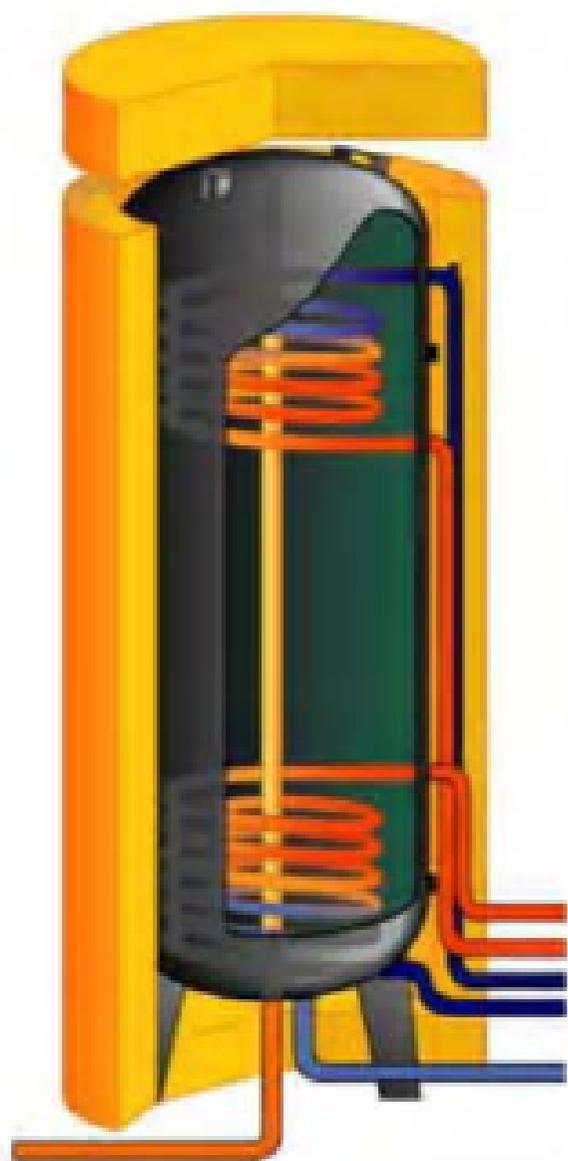


orientamento rispetto al Sud	angolo di inclinazione rispetto al piano orizzontale						
	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
Sud	12%	3%	0%	1%	8%	20%	45%
Sud/Est Sud/Ovest	12%	6%	3%	5%	11%	23%	43%
Est Ovest	12%	14%	15%	20%	28%	41%	61%

Dimensionamento della superficie dei collettori per la produzione di acqua calda



Dimensionamento del serbatoio



Volume a disposizione:
20 l/persona

Volume serbatoio: 50-70 litri per m² di superficie
di collettore piano
65-90 litri per m² di superficie
di collettore a tubi sottovuoto

Impostazione del circuito solare

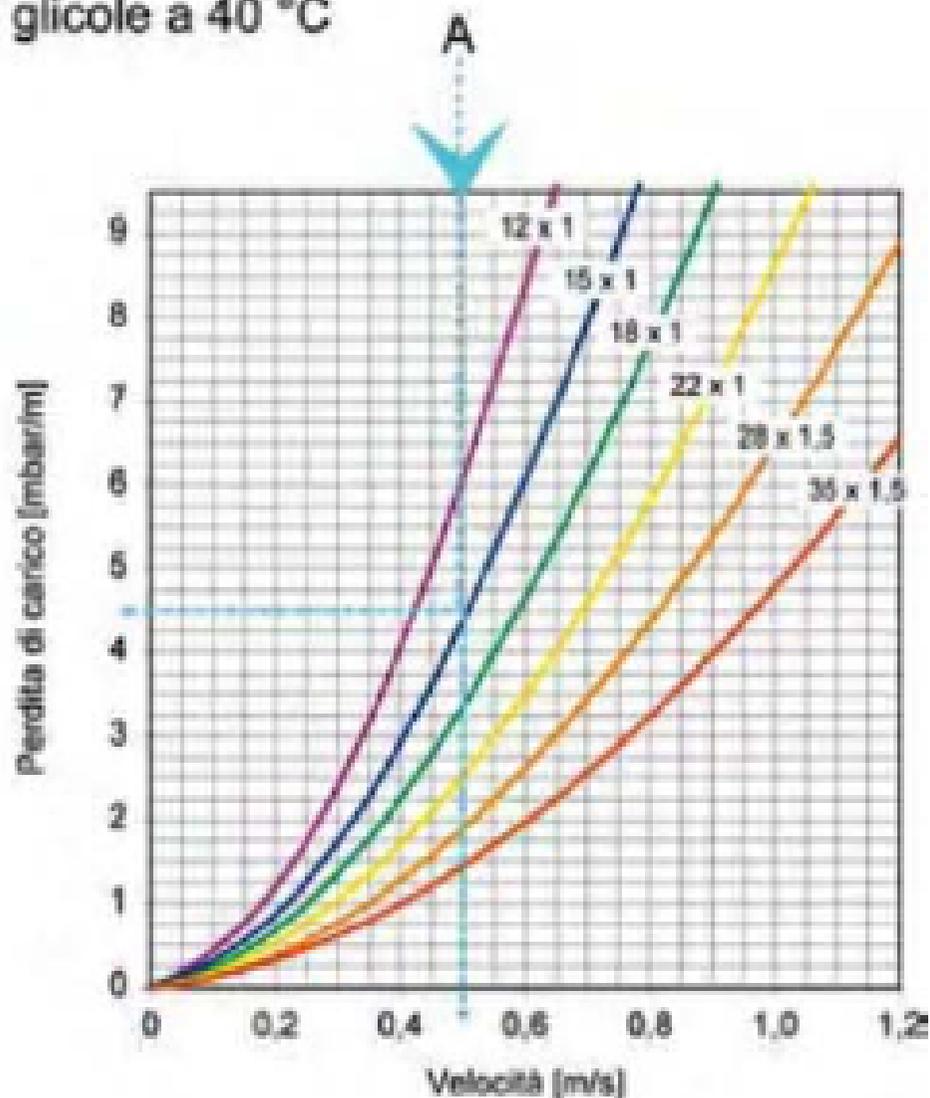
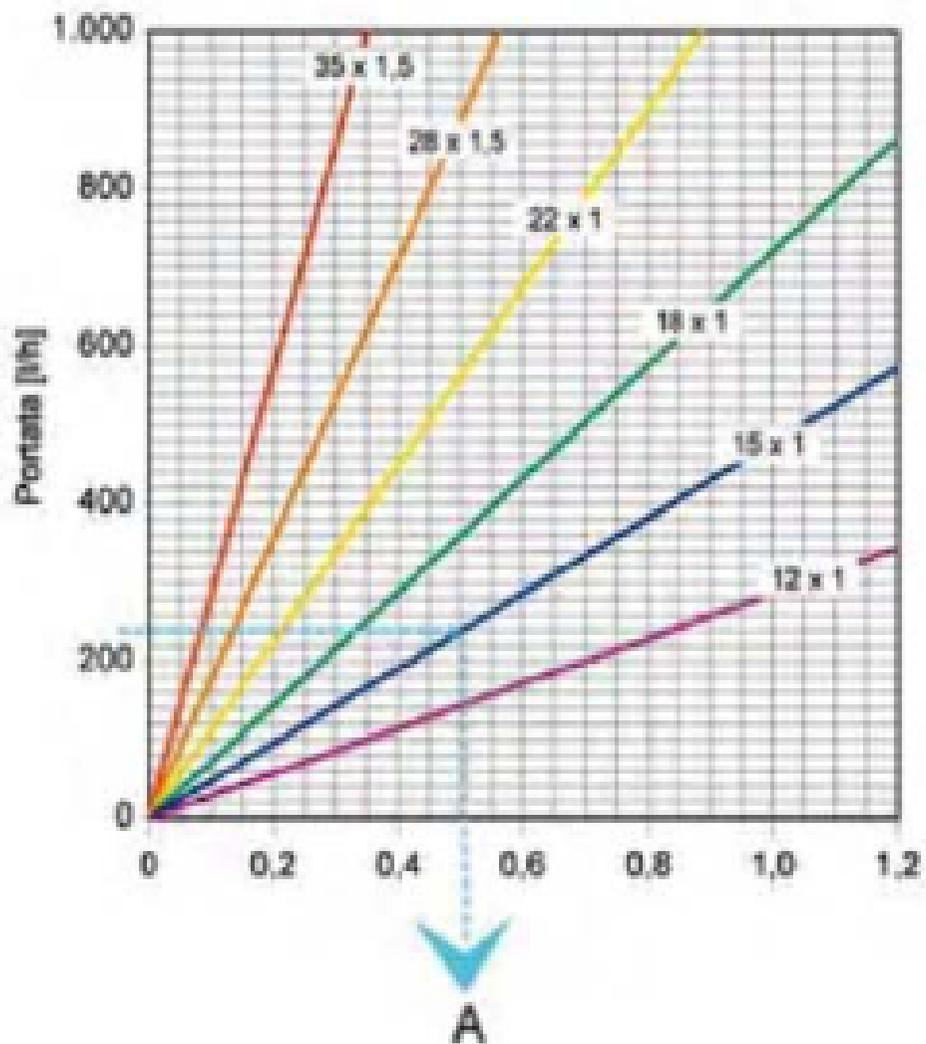
- Miscela di acqua e glicole propilenico:
dosaggio adeguato per resistere alla $T_{\text{progetto}} - 10 \text{ } ^\circ\text{C}$
- Portata: 30 - 40 l/(m² h), crea un ΔT di circa 10 °C
- Tubazioni

Flusso [l/h]	Diametro esterno per spessore [mm]
< 240	15 x 1
240 - 410	18 x 1
410 - 570	22 x 1
570 - 880	28 x 1,5
880 - 1450	35 x 1,5

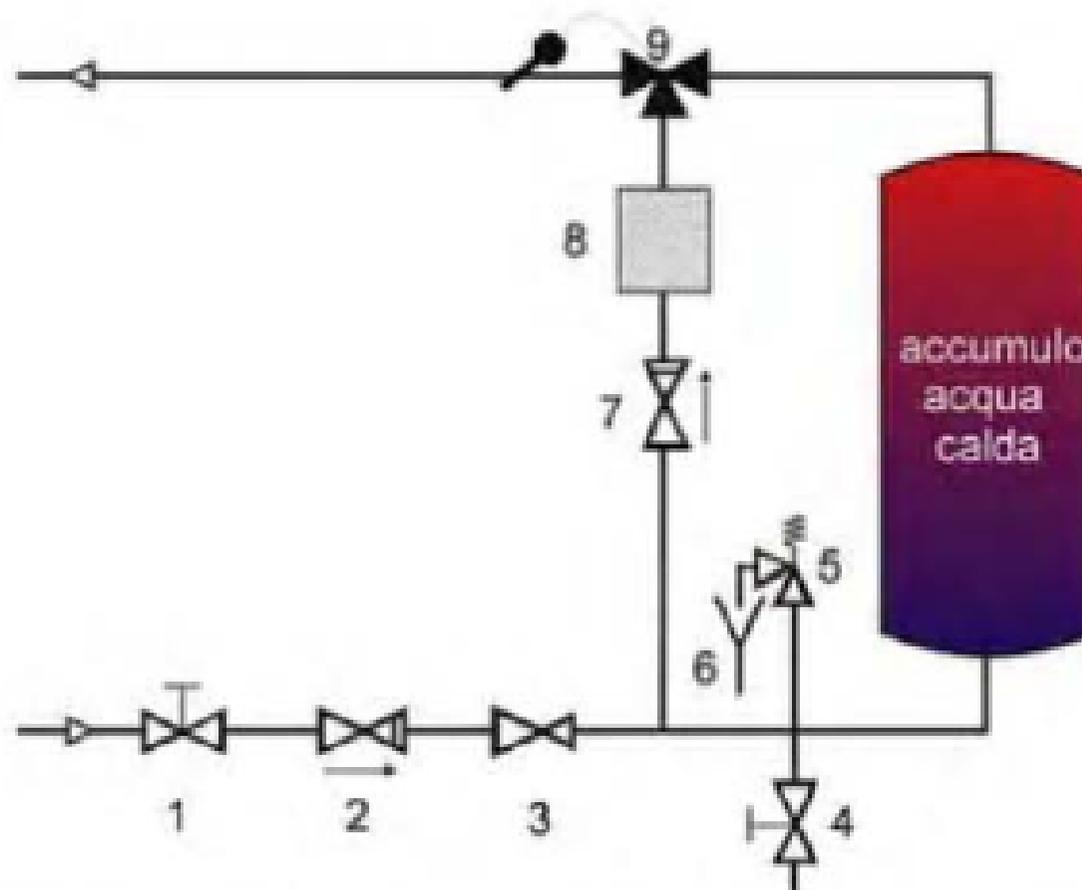
- Pompa: fino a 12 m² di collettori pompa piccola di riscaldamento a 3 velocità (es. Grundfos UPS 25-40)

Perdita di carico

Perdita di carico al metro di tubo per 40 % di glicole a 40 °C

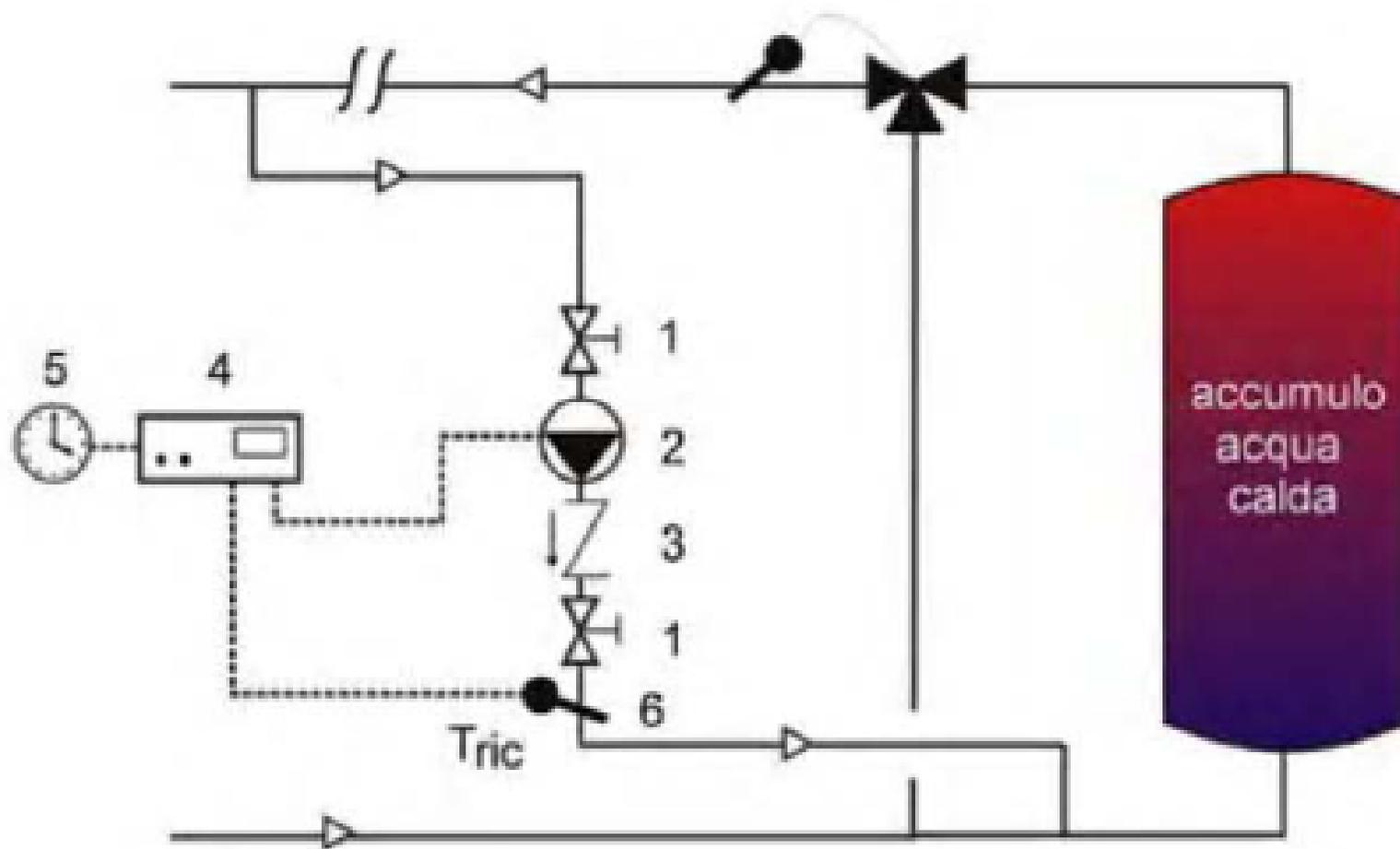


Collegamento del serbatoio alla rete idrica e all'utenza



- | | |
|---|----------------------------------|
| 1 Valvola d'intercettazione | 5 Valvola di sicurezza |
| 2 Valvola di non ritorno | 6 Scarico aperto |
| 3 Valvola regolatrice di pressione
(se necessario) | 7 Valvola di non ritorno |
| 4 Rubinetto di scarico | 8 Filtro per le impurità |
| | 9 Miscelatore di acqua sanitaria |

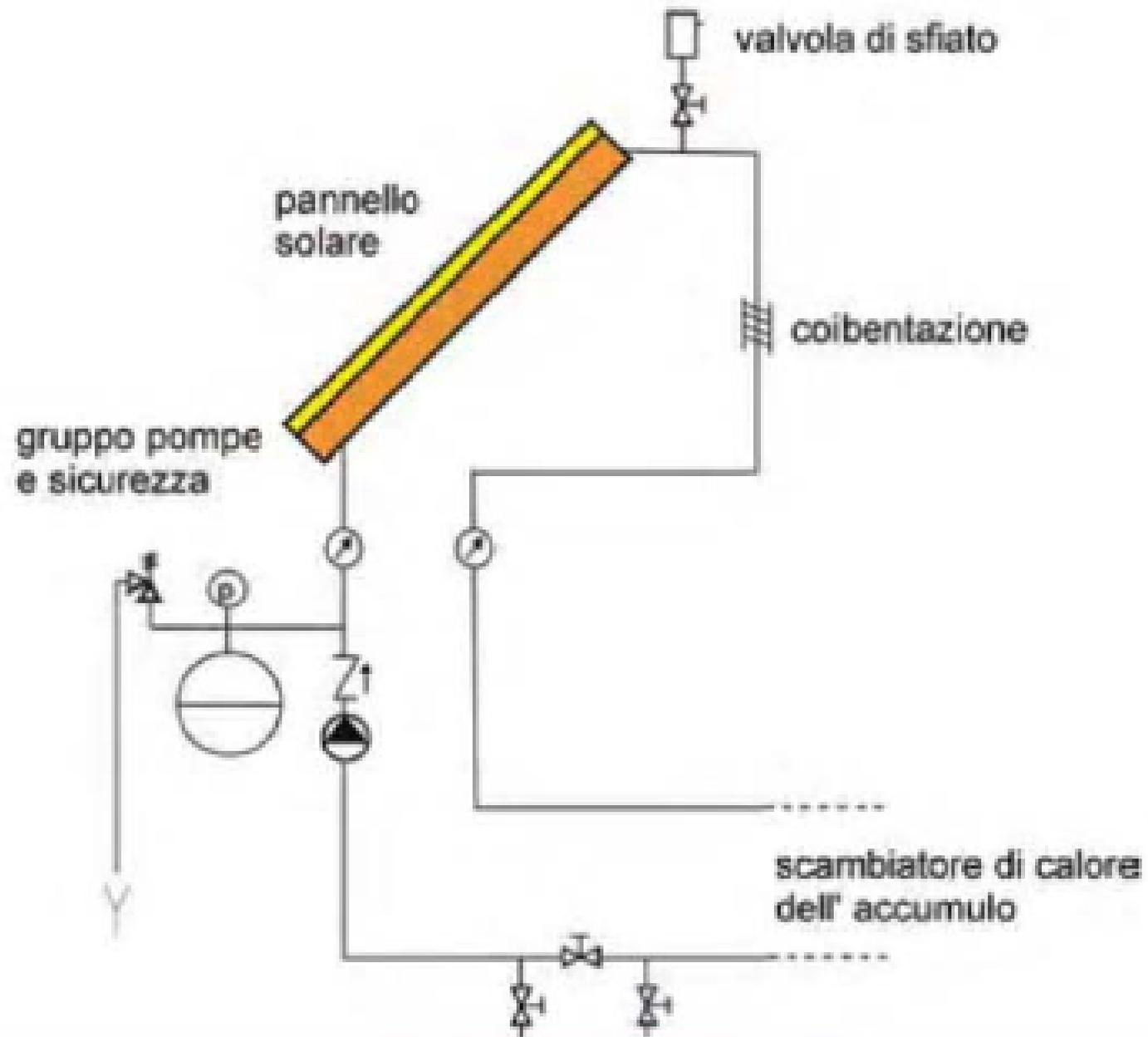
Ricircolo



1 Valvola d'intercettazione
2 Pompa
3 Valvola di non ritorno

4 Regolatore termostatico
5 Timer
6 Sensore termico

Installazione del circuito solare



Località

Tipo di utenza

numero utenze

consumo pro-capite (litri)

consumo giornaliero di acqua calda (litri/giorno)

Temperatura di alimentazione (°C)

Temperatura di utilizzo (°C)

Marca dei collettori

Modello

F' (α) n

F' UL

F''

Superficie unitaria (m²)

Collettori installati

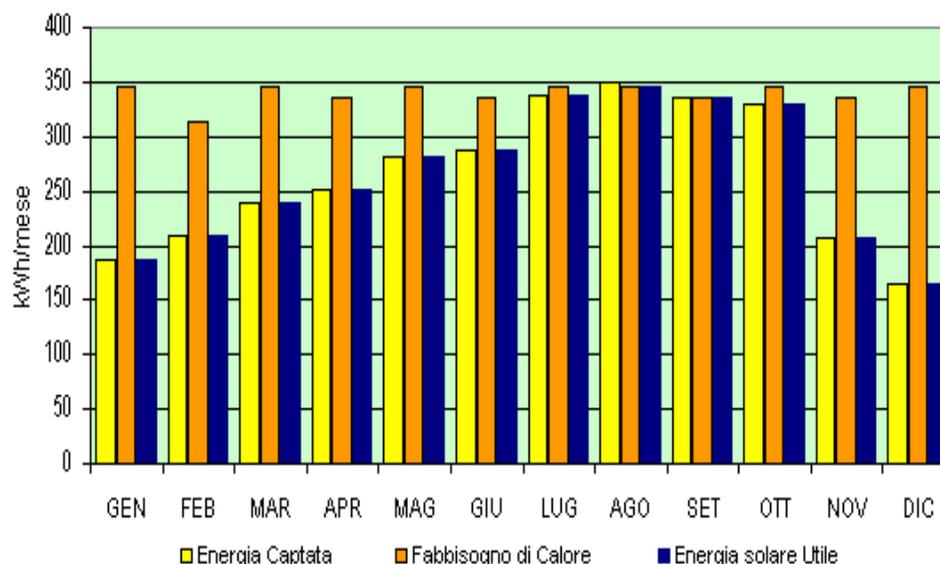
Superficie complessiva (m²)

Inclinazione collettori (°)

Orientamento

Temp. Media di captazione (°C)

Energia solare incidente (kWh/anno)	4.995
Energia solare prodotta dall'impianto (kWh/anno)	3.176
Energia producibile	3.181
Integrazione solare GEN-DIC. (%)	78%
Integrazione solare APR-OTT (%)	91%
Coefficiente di utilizzo (%)	100%
Efficienza media di captazione	64%



Superficie (m²)

N. Collettori

Integraz. solare

Angol

Sud=

Coef. di Utilizzo

45 °C

15 °C

150 Vol. Acc. (l)

INCLINAZIONE (°)

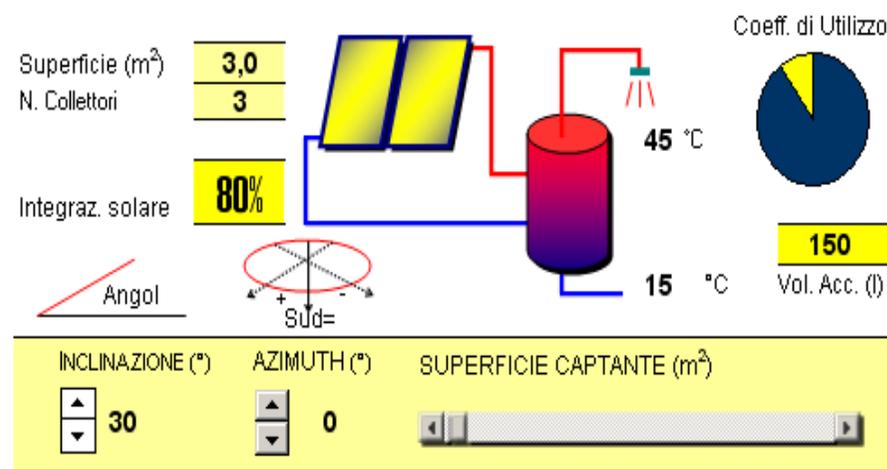
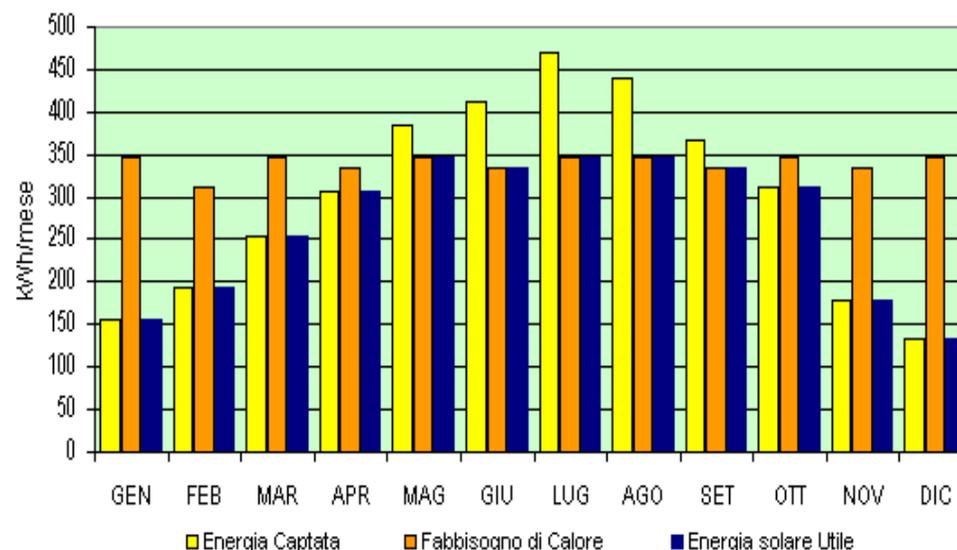
AZIMUTH (°)

SUPERFICIE CAPTANTE (m²)

Località	Sassari
Tipo di utenza	uso abitativo
numero utenze	4
consumo pro-capite (litri)	80
consumo giornaliero di acqua calda (litri/giorno)	320
Temperatura di alimentazione (°C)	15
Temperatura di utilizzo (°C)	45

Marca dei collettori	MEDIA VETRATO
Modello	0
F' (ω)n	0,79
F'UL	4,1
F''	0,009
Superficie unitaria (m ²)	1,00
Collettori installati	3
Superficie complessiva (m ²)	3
Inclinazione collettori (°)	30
Orientamento	0
Temp. Media di captazione (°C)	45

Energia solare incidente (kWh/anno)	5.580
Energia solare prodotta dall'impianto (kWh/anno)	3.240
Energia producibile	3.605
Integrazione solare GEN-DIC. (%)	80%
Integrazione solare APR-OTT (%)	97%
Coefficiente di utilizzo (%)	90%
Efficienza media di captazione	65%









IMPIANTI INTERNI DI CLIMATIZZAZIONE

SISTEMI RADIANTI DI CLIMATIZZAZIONE

L'utilizzazione di pompe di calore di tipo geotermico si abbina perfettamente con l'utilizzazione negli ambienti di sistemi di climatizzazione di tipo radiante, caratterizzati da temperature del fluido termovettore variabili tra i 35/40°C.

Gli impianti di tipo radiante sono caratterizzati da basse temperature di esercizio e da elevate superfici di scambio termico

Le pompe di calore utilizzate producono il fluido vettore a temperature compatibili con questi utilizzi.

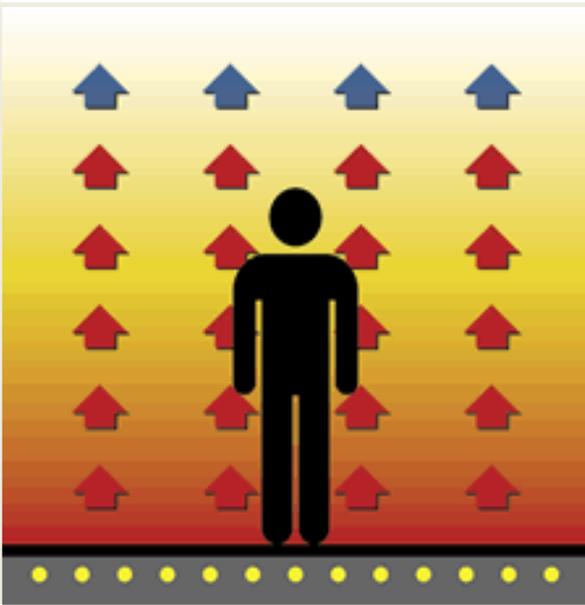
1.SISTEMI RADIANTI A PAVIMENTO

2.SISTEMI RADIANTI A PARETE

3.SISTEMI RADIANTI A SOFFITTO

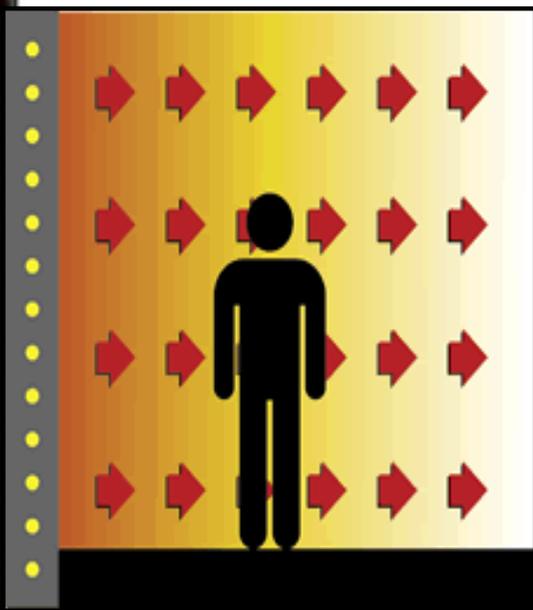
IMPIANTI INTERNI DI CLIMATIZZAZIONE

Sistemi radianti a pavimento



IMPIANTI INTERNI DI CLIMATIZZAZIONE

Sistemi radianti a parete



IMPIANTI INTERNI DI CLIMATIZZAZIONE

Sistemi radianti a soffitto



LA POMPA DI CALORE

Per la conservazione dell'energia:

$$|Q_a| = Q_b + L$$

Lavoro meccanico utile L

Efficienza della pompa (COP):

$$COP = \frac{|Q_a|}{L} \approx 5$$

Copyright ecoalfabeta 2006



Le pompe di calore sono macchine termiche che operano trasferendo calore da una sorgente fredda ad una calda. Lo schema di funzionamento è quello di un condizionatore che lavora a **rovescio**.

Le macchine presenti sul mercato hanno comunemente campi di azione tra gli 0 ed i 120 gradi e possono quindi essere impiegate per il riscaldamento ambiente, per la produzione di acqua calda sanitaria e per i processi industriali che necessitano di calore a bassa temperatura

LA POMPA DI CALORE

Tipologie dei cicli frigoriferi

Con il termine **gruppi refrigeratori d'acqua e a pompa di calore** si classificano tutte le macchine frigorifere che sono in grado di produrre acqua refrigerata per uso commerciale sino a +5° C e/o acqua calda sino alla temperatura di +45°C/48° C.

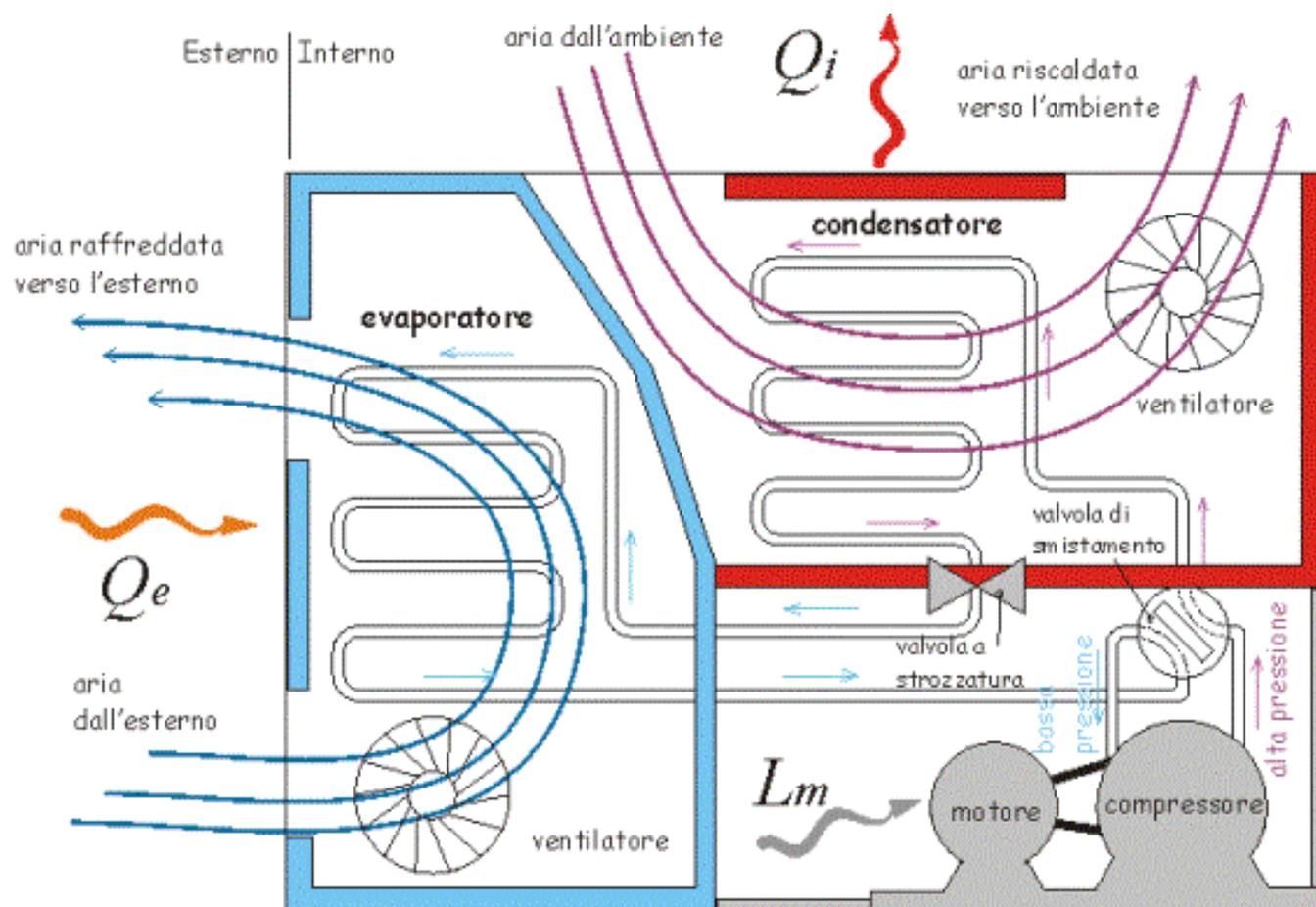
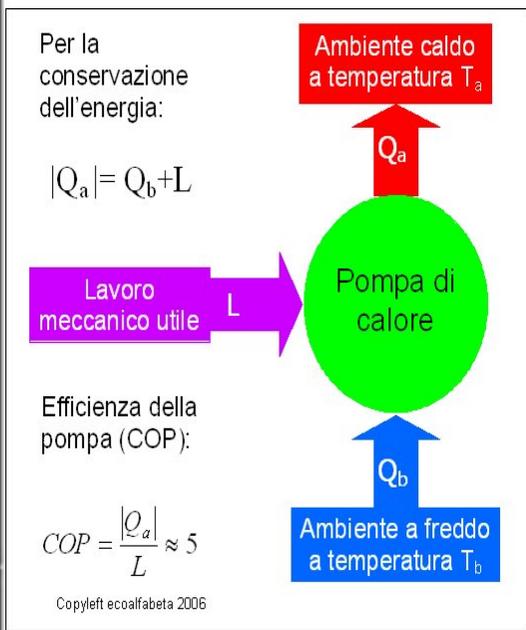
I circuiti frigoriferi più diffusi e utilizzati appartengono a due grandi classi:

1. circuiti a ciclo di compressione meccanica;
2. circuiti a compressione termica o ad assorbimento.

I due tipi di ciclo differiscono per il modo con cui viene loro fornita l'energia per l'innalzamento della pressione del fluido refrigerante: meccanica nel ciclo comunemente detto a **compressione**, termica nel ciclo indicato ad **assorbimento**.

LA POMPA DI CALORE

Schema circuito frigorifero



LA POMPA DI CALORE

Schema circuito frigorifero

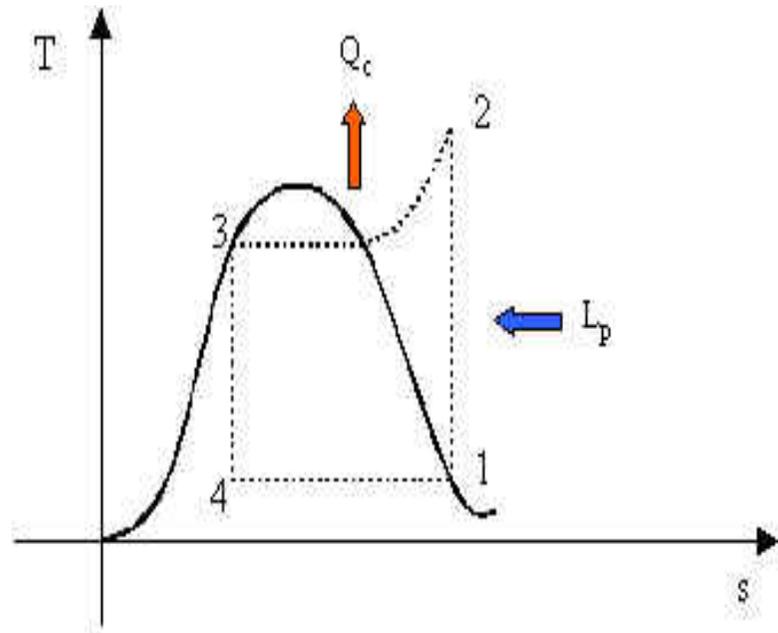
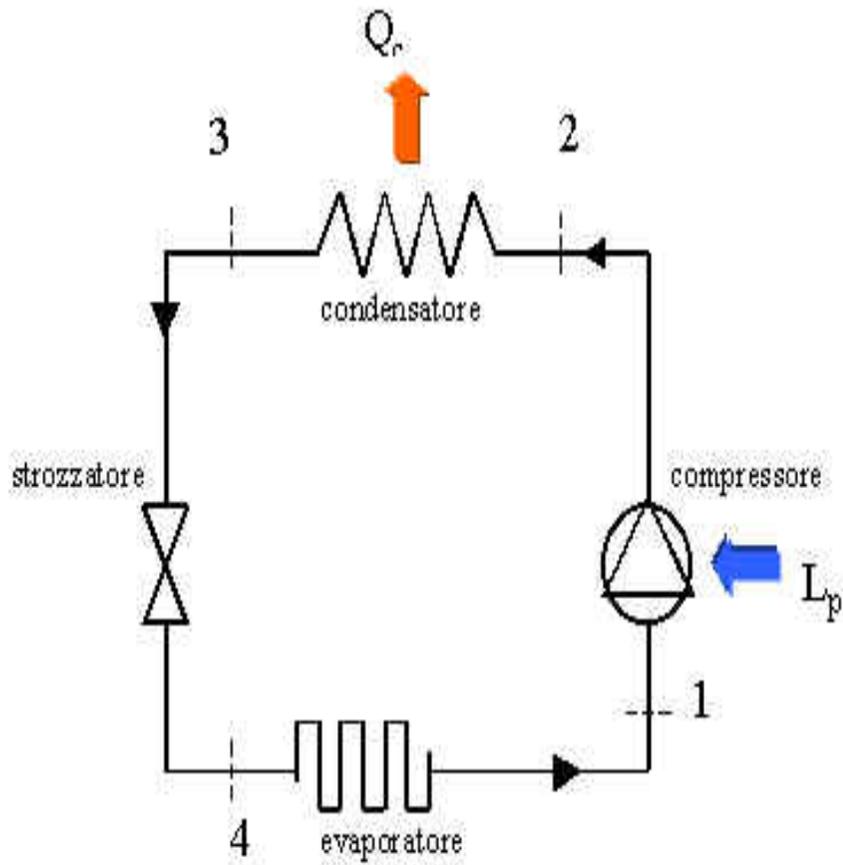
Nel ciclo a **compressione meccanica** si distinguono due rami:

- uno ad alta pressione (scarico del compressore, condensatore, prima della regolatrice)
- ed uno a bassa pressione (a valle della regolatrice, evaporatore, aspirazione del compressore).

I compressori che realizzano il ciclo frigorifero, sono quasi sempre direttamente accoppiati ad un motore elettrico. Essi si possono suddividere in due grandi categorie: semiermetici e ermetici. A loro volta entro ciascuna di queste categorie si possono avere compressori alternativi (a pistoni) oppure rotativi (a vite, scroll, ecc.). Attualmente la tecnologia si è concentrata sui compressori rotativi in quanto più silenziosi, affidabili e con buoni rendimenti.

LA POMPA DI CALORE

Schema circuito frigorifero



LA POMPA DI CALORE

Schema circuito frigorifero

Il ciclo ad assorbimento ha in comune con quello a compressione meccanica tre componenti: il condensatore, la regolatrice, l'evaporatore, ma ne differisce profondamente per il modo di trasferimento del fluido frigorifero e quindi del calore dall'evaporatore al condensatore e, in certi casi per il livello delle pressioni in gioco.

Nella macchina ad assorbimento sono presenti i **cicli di due fluidi**:

- quello del frigorifero
- e quello del liquido assorbitore:

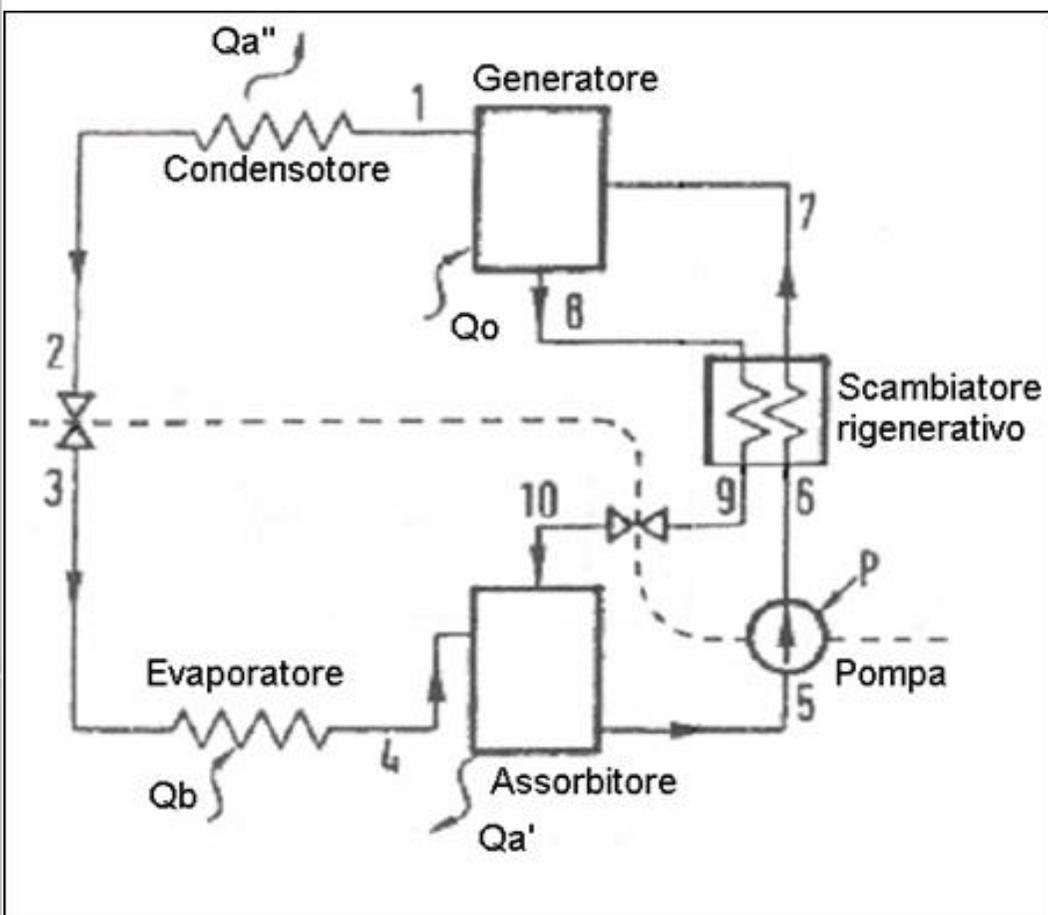
ad esempio i cicli ammoniaci (frigorifero) acqua (assorbitore), oppure quello acqua (frigorifero) e bromuro di litio (assorbitore). I due cicli si intersecano perchè il fluido frigorifero in certe parti del circuito si scioglie nel fluido assorbitore, in altre se ne distacca,

e in altre ancora agisce indipendentemente.

Anche nella macchina ad assorbimento si distinguono due rami: uno a maggior pressione (condensatore e concentratore) e uno a minor pressione (evaporatore e assorbitore).

LA POMPA DI CALORE

Schema circuito frigorifero ad assorbimento

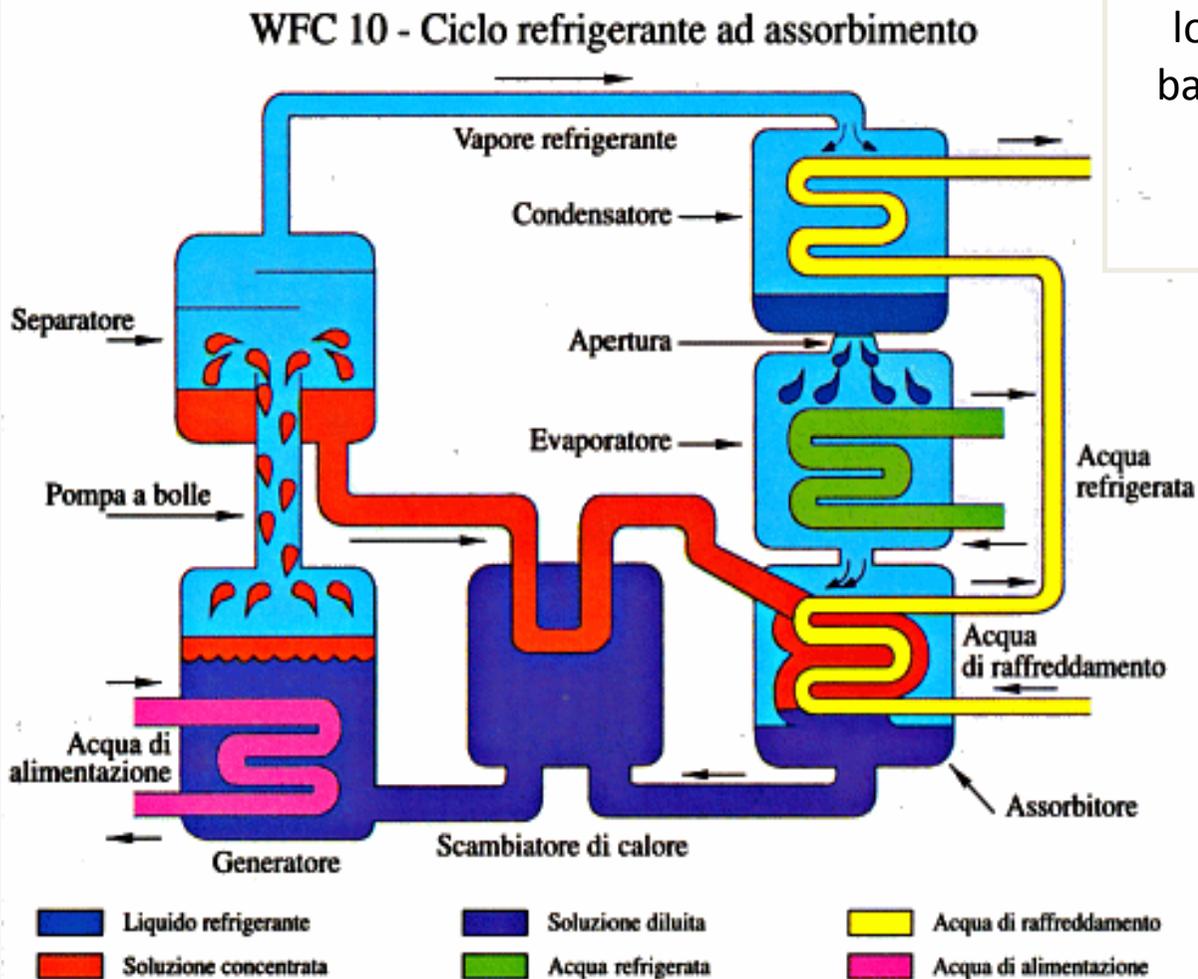


L'energia, che porta il calore da una bassa temperatura ad una più alta, è fornita come energia meccanica al compressore. Nel ciclo ad assorbimento, comprimendo il refrigerante, il vapore è prodotto dall'azione combinata dell'assorbitore, della pompa di soluzione e del generatore, invece che dal compressore meccanico. Il vapore generato nell'evaporatore è assorbito da una soluzione liquida nell'assorbitore. Tale soluzione, avendo raccolto il refrigerante, indebolendosi la propria funzione, è pompata verso il generatore dove il refrigerante è rilasciato sotto forma di vapore; in seguito questo ultimo verrà condensato nel condensatore. Il rigenerato, o forte soluzione assorbente, è poi ricondotto all'assorbitore per prelevare di nuovo il vapore refrigerante.

Il calore è fornito al generatore ad una temperatura relativamente alta ed è successivamente rilasciato dall'assorbitore ad un livello più basso, analogamente a quanto avviene in un motore di calore.

LA POMPA DI CALORE

Schema circuito frigorifero ad assorbimento



Le macchine ad assorbimento sfruttano lo stesso principio fisico per il quale a basse pressioni assolute l'acqua bolle a basse temperature

LA POMPA DI CALORE

Tipologie di pompe di calore

Il ciclo frigorifero che si sviluppa tramite un fluido (gas Freon R22, R124, R407 C, R134 A, ecc.) che cambia agevolmente di stato, quando lo si comprime, oppure quando lo si lascia espandere, riesce a trasferire calore da un corpo (evaporatore) ad un altro (condensatore) durante la produzione di freddo, oppure viceversa durante la produzione di caldo (pompa di calore).

La vasta disponibilità di apparecchiature si articola pertanto sulla combinazione di queste due possibilità operative applicate ai fluidi secondari disponibili. In particolare si usa classificare le pompe di calore secondo la natura della sorgente fredda e di quella calda, che possono essere aria oppure acqua.

LA POMPA DI CALORE

Tipologie di pompe di calore

1. **Acqua-acqua**; dove verrà riscaldata acqua trasferendo calore da altre acque.
2. **Acqua-aria**; dove verrà riscaldata aria attingendo calore da acqua.
3. **Aria-aria**; dove verrà riscaldata aria trasferendo calore da altra aria.
4. **Aria-acqua**; dove verrà riscaldata acqua attingendo calore da aria

In questa classificazione il primo termine sta ad indicare la sorgente fredda ed il secondo quella calda.

La tavola seguente illustra il fabbisogno di energia termica per settore di consumo in rapporto alle fonti primarie utilizzate

Fonti primarie e settori di consumo dell' energia termica nel 2002							
	industria	residenziale	agricoltura	servizi	perdite	totali%	totali ktep
Totali ktep	24.255,9	28.486,7	5.576,9	785,3	5.061,5	100%	64.166,3
carbone	2.215	85,8	49		87,1	3,8%	2.419,3
GPL.e.gas.p etr.	494,4	2.103,2	118,8	2,2	2.379	8%	5.097,6
oli.e.comb.. petr.	5.600	4.381	3.299	418,4	2.541	25,3%	16.239,4
metano	15.792,2	20.920,4	1.966,8	364,7	54,4	60,9%	39.098,5
biomasse	189	996,5	126			2%	1.311,5
totali %	37,8%	44,4%	8,7%	1,2%	7,9%	100%	64.166,3

Da un primo esame della tabella spiccano subito 2 dati:

- 1. il grande fabbisogno termico degli edifici che da solo rappresenta oltre il 44% del fabbisogno totale;**
- 2. il largo impiego del metano che soddisfa oltre il 60 % delle necessità di energia termica.**

I grafico sottostante indica il costo degli impianti civili per riscaldamento in edifici.
Dati aggiornati ad marzo 2008

Termometro dei costi di calore 2008

15 kW fabbisogno calorifico annuo di 15.000 kWh per 20 anni

