



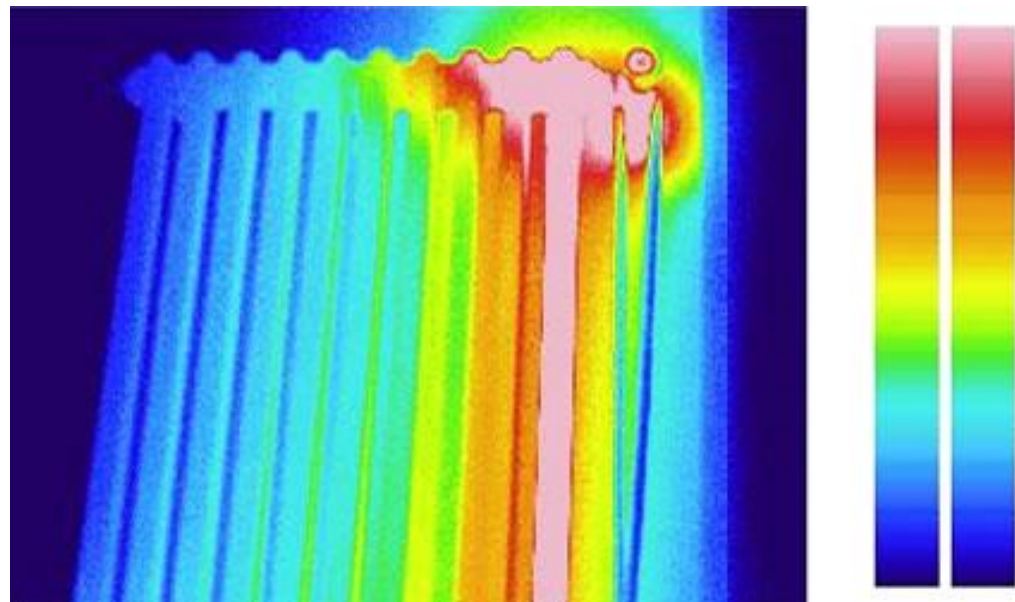
Impianti di riscaldamento comuni. Terminali, reti idroniche, componenti



I terminali degli impianti di riscaldamento

I corpi scaldanti più frequentemente utilizzati sono i seguenti:

- radiatori;
- piastre radianti;
- pannelli radianti;
- termoconvettori;
- ventilconvettori;
- arotermi.



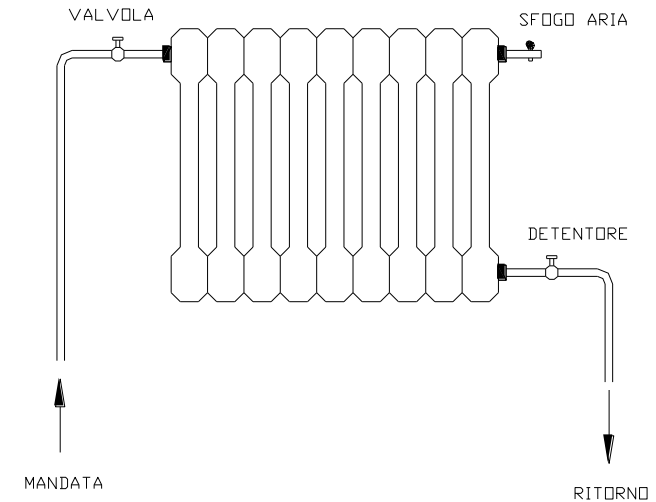
Descrizione di comuni corpi scaldanti: Radiatori

I radiatori sono costituiti da elementi verticali uguali, tipicamente in **ghisa**, **lamiera d'acciaio** o **alluminio**, che vengono assemblati tra loro, ed al cui interno scorre il fluido termovettore acqua.

Ciascun elemento può essere ad una o più colonne (**ranghi**), oppure può essere piano con o senza nervature.

I radiatori sono collegati alle tubazioni di mandata e di ritorno mediante opportune valvole di intercettazione.

Solitamente, i produttori forniscono le “rese termiche”, e quindi la potenza termica erogata in condizioni di riferimento ($T_{\text{media-acqua}}$, T_{ambiente}).
Altresì sono forniti anche coefficienti correttivi per funzionamenti in altre condizioni.



COLLEGAMENTO TRA IL RADIATORE E
LE TUBAZIONI DI MANDATA E RITORNO





Descrizione di comuni corpi scaldanti: Radiatori

Le prestazioni dei radiatori dipendono da molteplici fattori, tra i quali:

- il posizionamento;
- le temperature di mandata e di ritorno dell'acqua (intorno ai 80-75°C con salto termico pari a 10 °C);
- la scelta della vernice di finitura ed il tipo di pittura;
- la differenza tra la temperatura media dell'acqua e l'ambiente.

I radiatori in ghisa sono caratterizzati da una **durata pressoché illimitata** e da un'elevata inerzia termica.

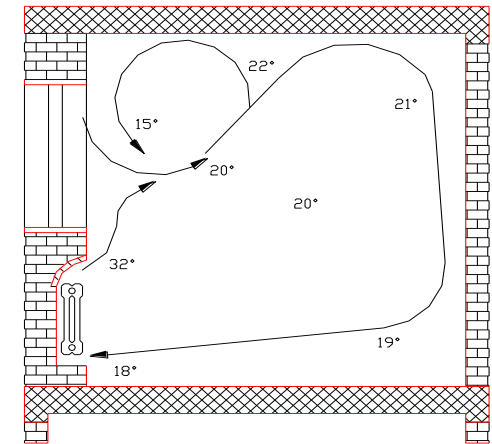
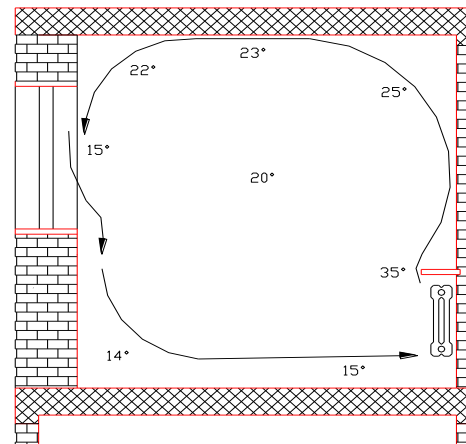
I radiatori in acciaio, disponibili anche in modelli più gradevoli dal punto di vista estetico, sono soggetti al pericolo della **corrosione** che ne limita la durata.

I radiatori in alluminio, benché il loro impiego sia relativamente recente, sembrano avere non solo una buona resistenza alla corrosione, ma anche elevate rese termiche, con **minore ingombro** e minore inerzia termica.

Descrizione di comuni corpi scaldanti: Radiatori

- Il corretto posizionamento dei radiatori in ambiente dipende da molteplici aspetti, tra i quali la **geometria del locale** (planimetria ed altezza) e anche le esigenze architettoniche e di arredo.
- **E' buona norma collocare i radiatori sotto le finestre** o lungo le pareti perimetrali per contrastare l'effetto delle correnti fredde e per ridurre al massimo la differenza di temperatura tra il soffitto ed il pavimento.

Nelle installazioni in edifici già esistenti, può risultare necessario, posizionare i radiatori lungo le pareti interne.



ANDAMENTO DELLE TEMPERATURE DELL'ARIA IN
AMBIENTE PER DIVERSE POSIZIONI DEL RADIATORE

Descrizione di comuni corpi scaldanti: Piastre Radianti

Le principali caratteristiche coincidono con quelle dei radiatori. A differenza di questi le piastre radianti non sono costituite da elementi modulari, **ma da un unico blocco**, in genere in acciaio o talvolta in ghisa. Rispetto ai radiatori sono inoltre caratterizzate da un minore ingombro e da un minor contenuto d'acqua a parità di superficie radiante.

Sono adatte per impieghi quali scuole, palestre, ospedali, ed in tutti gli ambienti che richiedono la **massima pulizia** con un limitato ingombro.

La resa termica è più contenuta, sempre rispetto ai radiatori, soprattutto per basse temperature dell'acqua; in compenso sono caratterizzate da costi limitati.





Descrizione di comuni corpi scaldanti: Pannelli Radianti

I pannelli radianti sono corpi scaldanti di **elevata superficie di scambio**, costituiti da ampie superfici del solaio, del pavimento o, più raramente, delle pareti laterali di un ambiente, che vengono opportunamente scaldate mediante serpentine di tubi di diametro da 1/2" ad 1" in cui viene fatto circolare il fluido termovettore (acqua).

Il riscaldamento mediante pannelli radianti avviene prevalentemente per **irraggiamento** ed in parte per convezione.

Mediante tale sistema si ha un **incremento della temperatura media radiante**. Pertanto, per garantire condizioni di benessere la temperatura dell'aria può essere ridotta di 1÷2 °C rispetto agli altri casi. L'impiego di pannelli radianti è particolarmente consigliato in ambienti di **grande altezza** (capannoni industriali, chiese, ecc.).





Descrizione di comuni corpi scaldanti: Pannelli Radianti

I materiali utilizzati per le serpentine sono l'acciaio, il rame e più frequentemente i materiali plastici (polipropilene, polietilene e polietilene reticolato); con questi ultimi possono essere realizzati dei tubi sintetici flessibili caratterizzati da elevata resistenza alla corrosione e all'invecchiamento.

La **resa termica** di tali unità terminali dipende da:

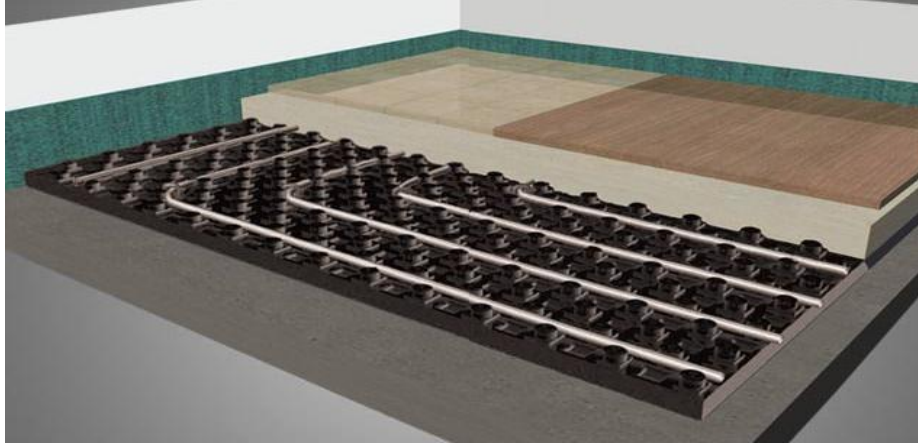
- temperatura di mandata/ritorno acqua. Tipicamente è pari a massimo 45°C, affinché le temperature superficiali della struttura non superino:
 - a) 25 ÷ 28 °C per pannelli a pavimento;**
 - b) 30 ÷ 35 °C per pannelli a soffitto;**
 - c) 26 ÷ 30 °C per pannelli a parete.**
- temperatura dell'aria;
- **diametro e natura dei tubi;**
- spessore e conduttività termica degli strati di ricoprimento dei tubi.



Descrizione di comuni corpi scaldanti: Pannelli Radianti

- L'esigenza di disporre di acqua a livelli termici medio bassi rende questi sistemi adatti ad essere accoppiati alle caldaie a condensazione od anche a fonti energetiche alternative, come pompe di calore ed impianti solari.
- Mediante il sistema di pannelli a pavimento, la distribuzione di temperatura all'interno dell'ambiente **risulta più uniforme** rispetto ad altri sistemi.
- L'impiego dei pannelli radianti è particolarmente indicato in presenza di clima esterno poco variabile e di edifici dotati di elevata inerzia termica.
- E' necessario che al di sotto (nel caso di pannelli a pavimento) o al di sopra (nel caso di pannelli a soffitto) dello strato destinato ad alloggiare i tubi, **venga disposto un opportuno strato di materiale coibente**, in modo da limitare le dispersioni termiche verso gli ambienti confinanti e ridurre l'inerzia termica del sistema.

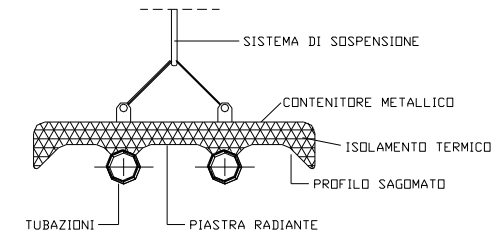
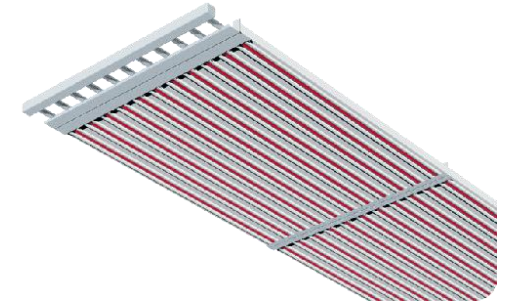
Descrizione di comuni corpi scaldanti: Pannelli Radianti



Sui pannelli radianti sarà fornito materiale di approfondimento

Descrizione di comuni corpi scaldanti: Strisce Radianti

- Un particolare tipo di sistema appartenente alla famiglia dei pannelli radianti è quello delle *strisce radianti*, simili ai pannelli, ma di estensione più limitata, in genere sospese a soffitto, in cui il fluido termovettore (solitamente vapore d'acqua o oli diatermici) è introdotto ad alte temperature (fino a 200 °C), in modo da consentire scambi termici più efficaci.
- Questo sistema, caratterizzato da inerzia termica molto bassa, è particolarmente indicato per locali di grandi dimensioni, quali officine, capannoni industriali ed anche palestre, piscine, saloni, ecc.



a) sezione trasversale del corpo scaldante





Descrizione di comuni corpi scaldanti: Termoconvettori

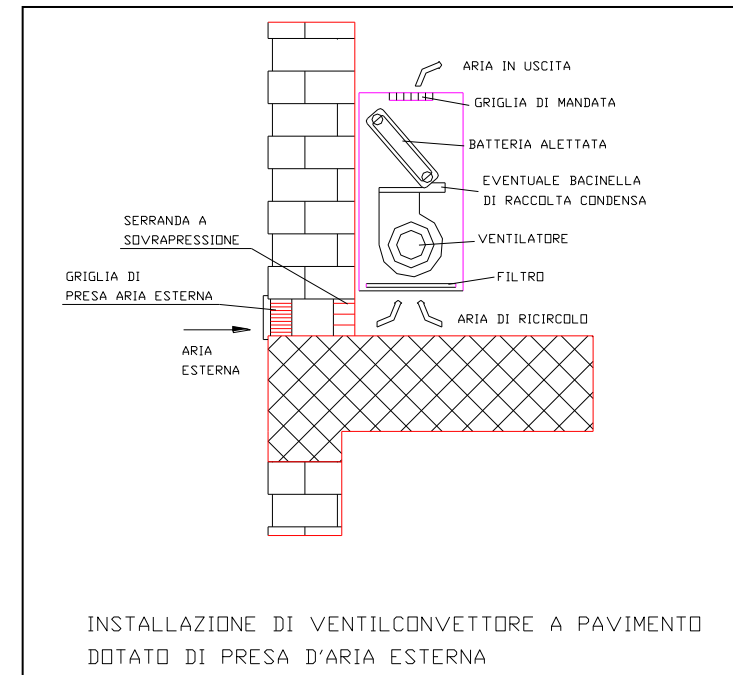
- I **termoconvettori**, in cui lo scambio avviene essenzialmente per **convezione**, sono realizzati mediante batterie di scambio termico costituite da **tubi alettati** in cui scorre il fluido termovettore, in genere collocate in mobiletti metallici o in opportune nicchie in parete dotate di un pannello di chiusura frontale.
- La batteria alettata è alimentata di solito con acqua calda alla temperatura di $60 \div 80$ °C, talvolta con acqua surriscaldata.
- I materiali impiegati sono generalmente ferro e rame per i tubi, rame e bronzo per le testate collettrici, acciaio ed alluminio per le alette.



*I termoconvettori sono caratterizzati da una **inerzia termica molto bassa** rispetto ai radiatori ed alle piastre radianti e si prestano ad applicazioni di tipo civile, in particolare scuole, uffici, ecc.*

Descrizione di comuni corpi scaldanti: Ventilconvettori

I ventilconvettori sono anche detti fan-coil, dall'inglese *fan* (ventilatore) e *coil* (batteria). Sono simili ai termoconvettori, in quanto sono costituiti da un mobiletto con due aperture per il passaggio dell'aria, contenente una **batteria alettata** ed un **filtro**, ma differiscono da essi per la **presenza di un ventilatore dotato di regolatore di velocità a comando manuale**.



Nella scelta degli apparecchi occorre porre particolare attenzione al **livello di rumorosità** prodotto dai ventilatori. Sono una buona soluzione i ventilatori tangenziali.



Descrizione di comuni corpi scaldanti: Ventilconvettori

I ventilconvettori **possono sia riscaldare che raffrescare l'aria**, (talvolta anche deumidificarla, per cui è necessaria una bacinella di raccolta dell'acqua condensata). La loro installazione è consigliata in ambienti in cui è necessario il controllo automatico ed individuale della temperatura, al variare del carico termico.

Negli impianti misti, ai ventilconvettori è associato un sistema di ventilazione meccanica per il ricambio dell'aria (impianto ad aria primaria). Come alternativa di minor pregio, esistono ventilconvettori dotati di presa di aria esterna.

In sostanza un ventilconvettore è costituito da:

- batteria dell'aria;
- filtro dell'aria;
- ventilatore;
- bacinella di raccolta condensa (funzionamento estivo);
- custodia dell'apparato.

Descrizione di comuni corpi scaldanti: Aerotermi

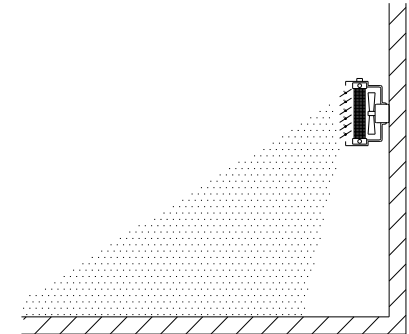
Aerotermo a parete

Gli aerotermi, detti anche termoareatori, sono costituiti da un involucro che racchiude una batteria alettata in cui scorre acqua calda o vapore a bassa pressione, sulla quale viene fatta circolare una portata d'aria prelevata dall'ambiente, mediante un ventilatore.

POSSONO ESSERE COLLOCATI A PARETE O SOFFITTO

L'aria, dopo essere stata riscaldata, viene immessa nuovamente in ambiente.

Data la bassa inerzia del sistema e la possibilità di trattare notevoli portate d'aria con un piccolo ingombro, tali apparecchi sono particolarmente indicati per il riscaldamento di locali molto ampi, **tipicamente industriali**, che, a causa del funzionamento intermittente dell'impianto, necessitano di una rapida messa a regime.



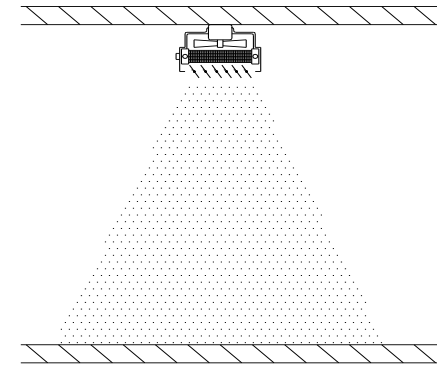
Descrizione di comuni corpi scaldanti: Aerotermi

L'altezza di montaggio ed il raggio d'azione sono in genere forniti dalle ditte costruttrici; tali parametri dipendono strettamente dalla temperatura, velocità e portata del flusso d'aria.

Uno dei principali difetti degli aerotermi è la **rumorosità**, dovuta all'impatto dei filetti fluidi d'aria forzati dal ventilatore.

E' importante effettuare con accuratezza la scelta della collocazione degli aerotermi in ambiente, al fine di orientare i getti in modo tale da ottenere una distribuzione uniforme della temperatura in ambiente e da non creare disagio agli occupanti investendoli con getti d'aria calda. **A tal fine, gli aerotermi sono corredati di diffusori o di alette deflettrici orientabili.**

Aeroterma a soffitto





Calcolo delle portate di acqua ai terminali

Per dimensionare la rete di distribuzione dell'acqua riscaldata, è necessario calcolare le portate veicolate dai vari tratti del circuito: a tal fine occorre calcolare preventivamente la portata da addurre a ciascun corpo scaldante. Con riferimento al caso in cui il fluido termovettore è acqua in fase liquida, si utilizza la relazione:

$$Q = m_w \cdot c \cdot (T_m - T_r)$$

da cui

$$m_w = \frac{Q}{c \cdot (T_m - T_r)}$$

dove:

- Q = potenza termica fornita (resa termica) dal corpo scaldante, kW;
- m_w = portata massica d'acqua da addurre al terminale, kg/s o kg/h;
- c = calore specifico dell'acqua = 4.18 kJ/kg;
- T_m = temperatura di mandata dell'acqua, K;
- T_r = temperatura di ritorno dell'acqua, K.



Materiali adoperati per le tubazioni

Le tubazioni utilizzate negli impianti di riscaldamento sono in acciaio ed in rame, anche se oggi si vanno sempre più diffondendo tubazioni in plastica.

I tubi di rame, rispetto a quelli in acciaio, sono più costosi ma più adatti per l'installazione sotto pavimento. Fino a 22 mm di diametro, i tubi di rame sono disponibili flessibili e già coibentati (le curve si fanno "a mano").

I tubi in acciaio sono impiegati per i circuiti principali di distribuzione: un classico esempio di applicazione di tale logica è quello di un impianto a radiatori con rete di distribuzione dotata di collettori complanari.

Di recente, si sono affermati - in particolare, per impianti di riscaldamento a bassa temperatura – i materiali plastici, quali, su tutti, il polietilene reticolato PE-X.

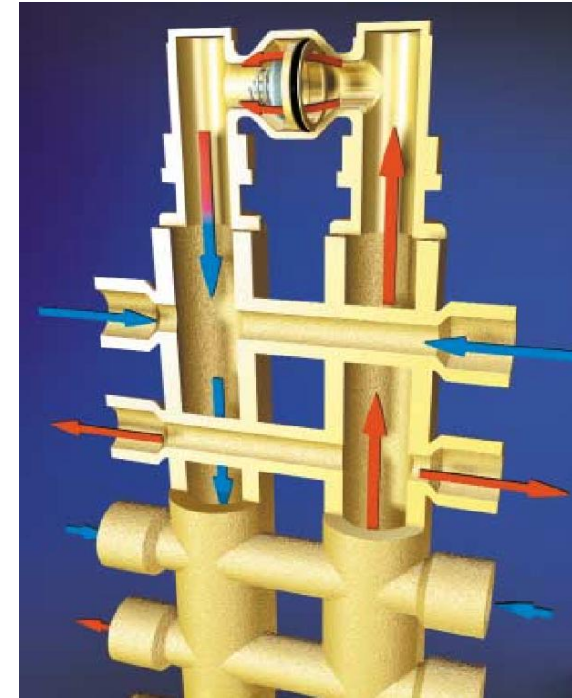


Immagine di collettore.
Fonte Caleffi.

http://www.caleffi.it/caleffi/it_IT/Site/Technical_library/Caleffi_handbooks/index.sdo

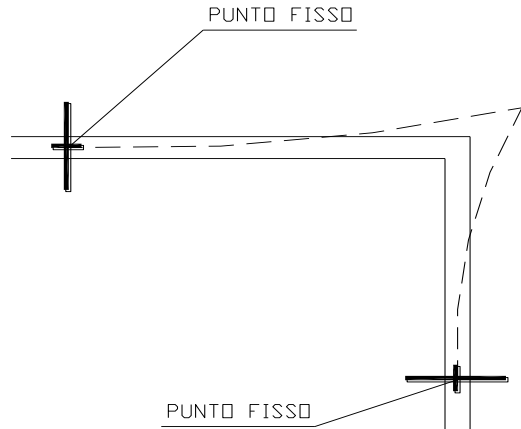


Compensazioni delle dilatazioni termiche

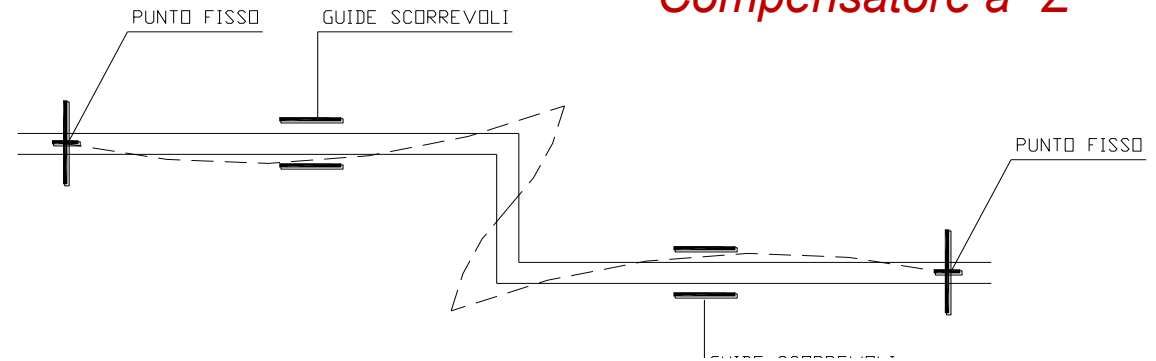
- Affinché le dilatazioni dei tubi, dovute agli aumenti di temperatura, non comportino danni meccanici ai tubi stessi ed alle apparecchiature connesse, sono necessari **compensatori di dilatazione lungo la rete.**
- Le tubazioni sotto traccia vanno rivestite con materiali che permettano lo scorrimento dei tubi rispetto alla muratura, mentre i tratti di attraversamento di solai o di muri spessi vanno inseriti in tubi di guaina più larghi delle tubazioni.
- Per i tubi installati in vista, bisogna prevedere delle **staffe di sostegno** che ne permettano la dilatazione; le colonne montanti vanno installate in cavedi ispezionabili.



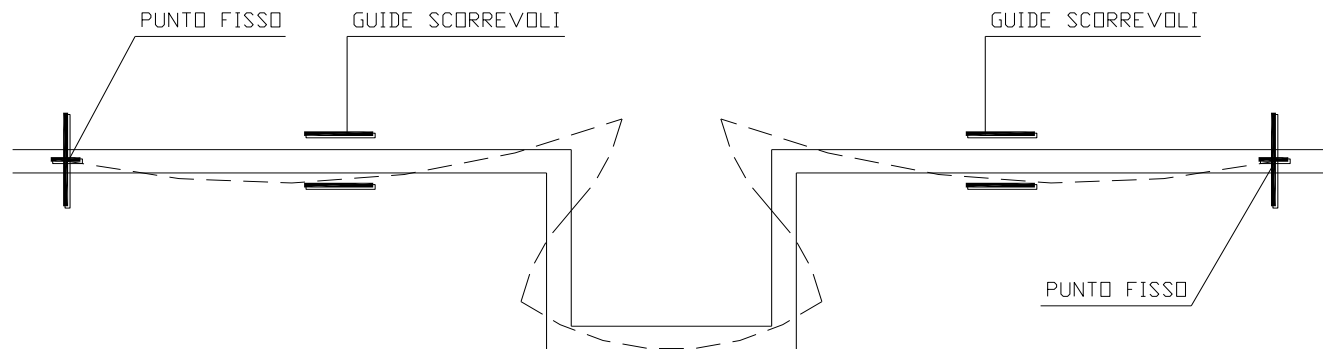
Compensazioni delle dilatazioni termiche



Compensatore a "L"



Compensatore a "Z"



Compensatore a "U"



Progettare la rete idronica

- I circuiti idraulici possono essere del *tipo a ricircolo*, nel senso che il fluido veicolato parte da un punto, attraversa una rete di tubazioni e ritorna al punto di partenza. Raramente sono con acqua *“a perdere”*.
- Inoltre, i circuiti idraulici possono essere di *tipo aperto* o di *tipo chiuso*: nei primi l'acqua viene in contatto con l'aria in almeno un punto del circuito, nei secondi ciò non avviene. Si osservi che la presenza di un vaso di espansione aperto *non individua* un circuito aperto giacché è limitata la superficie di contatto tra acqua e aria.
- **I circuiti idraulici a servizio degli impianti di riscaldamento sono quasi sempre del tipo chiuso a ricircolo.**
- Dato un certo circuito di tubazioni veicolanti acqua calda per un impianto di riscaldamento, la **perdita di carico** di tale circuito è somma delle perdite di carico distribuite e di quelle concentrate.



Progettare la rete idronica

Il dimensionamento delle reti idroniche deve essere fatto **garantendo equilibrio**, e quindi che ogni terminale sia alimentato dalla giusta portata di acqua. Ciò richiede **valutazione attenta delle perdite di carico ed equilibratura**.

Per dimensionare le tubazioni, si deve tener conto che:

- **La velocità dell'acqua nelle tubazioni non deve superare all'incirca 1.5 m/s.**
- Per velocità maggiori diventa significativa la rumorosità del fluido in moto ed aumentano troppo le perdite di carico, sia del tipo concentrato che distribuite.
- **La velocità non deve scendere al di sotto di 0.5 m/s nelle tubazioni principali e di 0.3 m/s per le derivazioni ai terminali**, per evitare di avere tubazioni di diametro troppo grande, costose e meno performanti.

In prima approssimazione, per ogni tronco:

$$m_w = \frac{Q}{c \cdot (T_m - T_r)}$$

STEP 1

$$\dot{V} = \dot{m} / \rho$$

STEP 2

$$Area_{tubo} = \dot{V} / v_{ammessa}$$

STEP 3

$$\Phi_{tubo} = 2 \cdot \sqrt{\frac{Area_{tubo}}{\pi}}$$

STEP 4



Tipologie di rete idronica: generalità

Con riferimento ad impianti con circolazione forzata mediante pompa, una possibile classificazione degli schemi più utilizzati è la seguente:

a) reti in cui i corpi scaldanti sono **disposti in serie**:

a1) **distribuzione monotubo**

b) reti in cui i corpi scaldanti sono **disposti in parallelo (sistemi bitubo)**:

b1) **circuiti a ritorno diretto**

b1.1) distribuzione senza collettori complanari

b1.2) distribuzione a collettori complanari

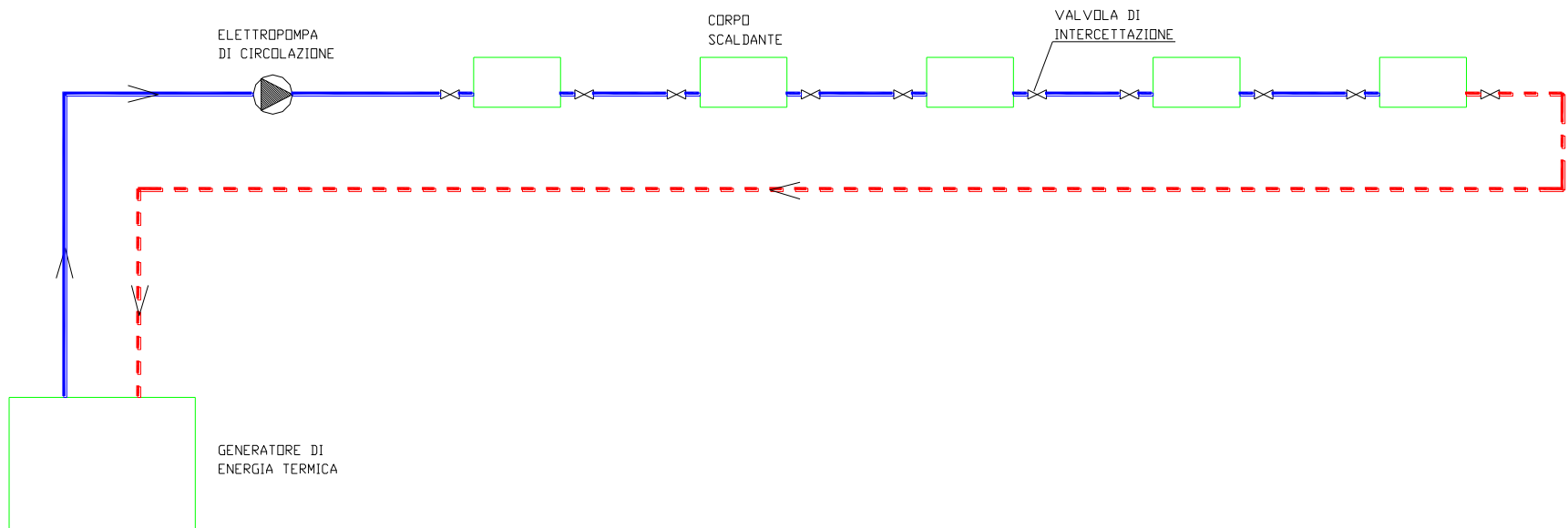
b2) **circuiti a ritorno inverso**

c) reti di distribuzione per impianti a pannelli radianti.



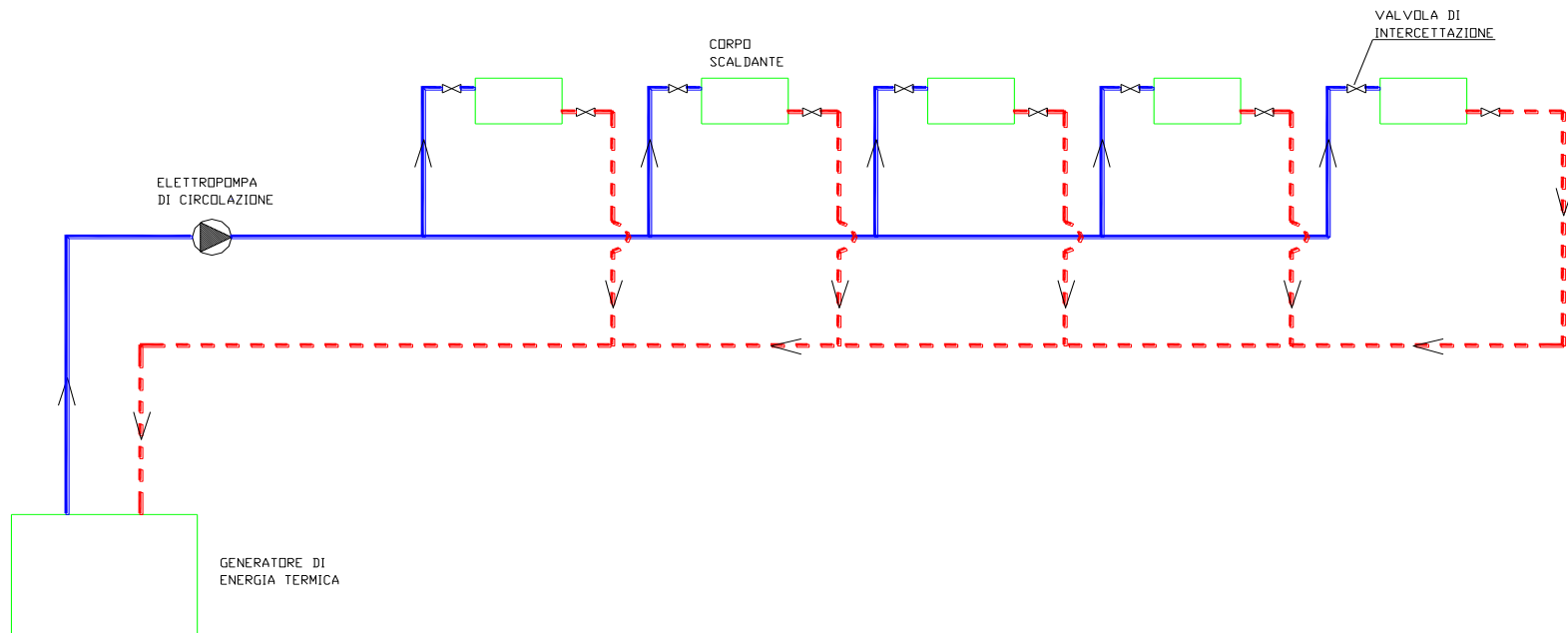
Tipologie di rete idronica: monotubo

Monotubo. Per questo tipo di distribuzione i corpi scaldanti sono disposti in serie, nel senso che il fluido termovettore li attraversa uno dopo l'altro. Pertanto la portata è la stessa per tutti i corpi scaldanti, mentre la temperatura dell'acqua in ingresso diminuisce durante il percorso.



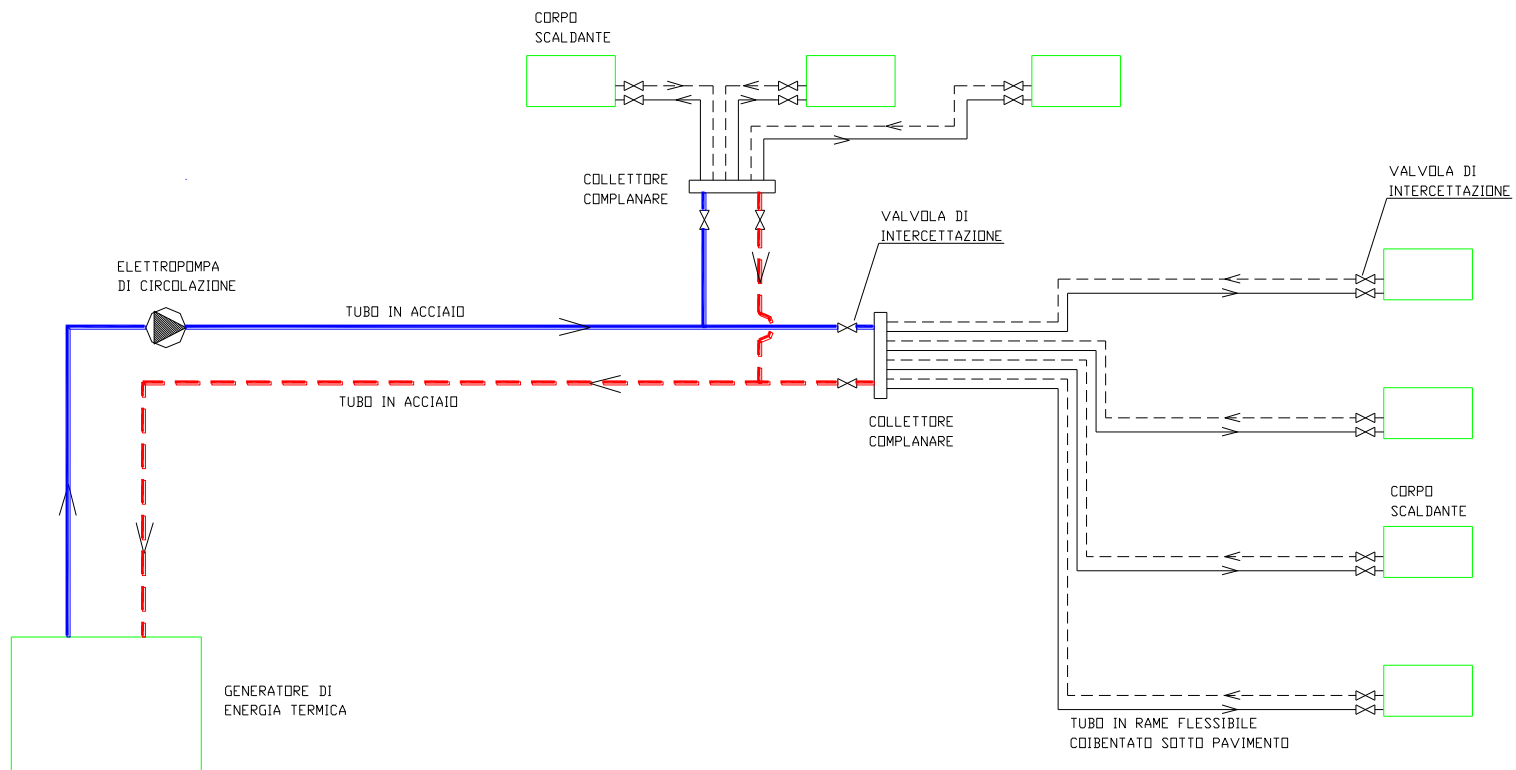
Tipologie di rete idronica: terminali disposti in parallelo (sistemi bitubo)

I **sistemi bitubo** sono caratterizzati dalla presenza di due tubazioni separate per la mandata e per il ritorno dell'acqua: pertanto la temperatura d'ingresso è all'incirca la stessa per tutti i corpi scaldanti e quasi coincidente con quella all'uscita dalla caldaia.





Tipologie di rete idronica: circuito a ritorno diretto con collettori complanari

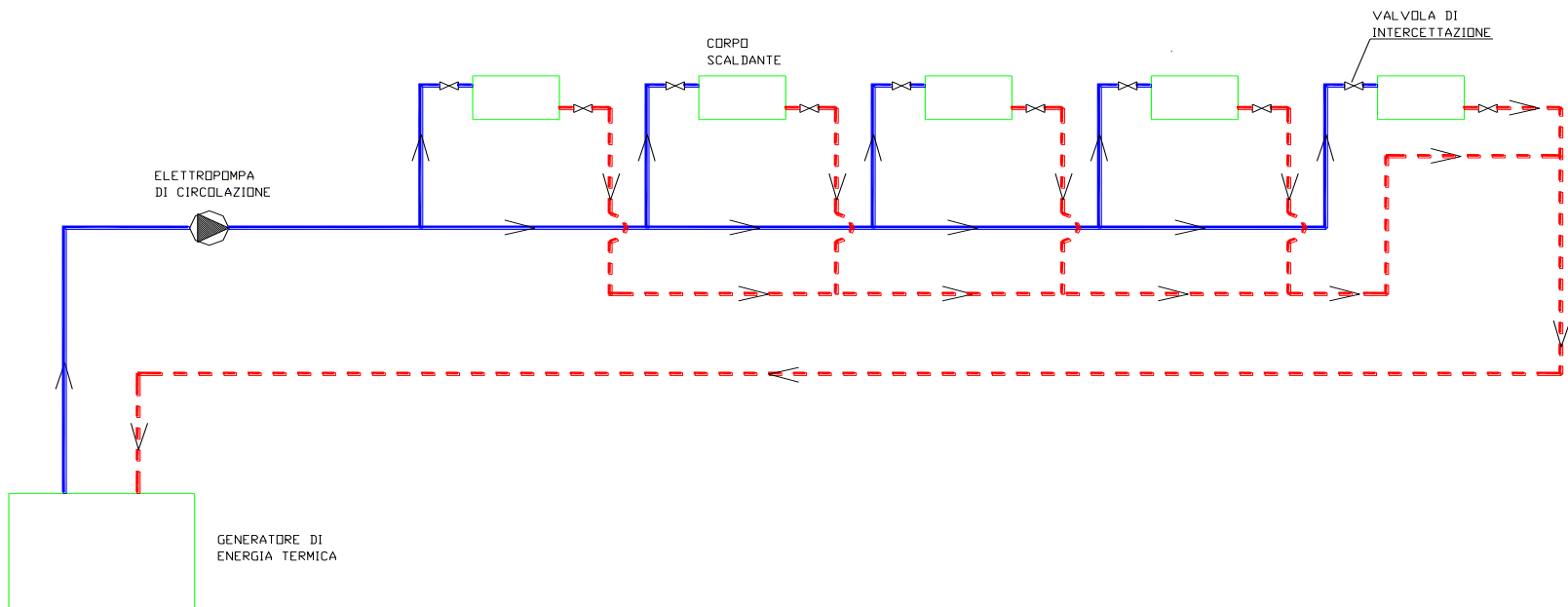


DISTRIBUZIONE DELL'ACQUA AI CORPI SCALDANTI MEDIANTE CIRCUITO
BITUBO A RITORNO DIRETTO E CON COLLETTORI COMPLANARI



Tipologie di rete idronica: circuito a ritorno inverso

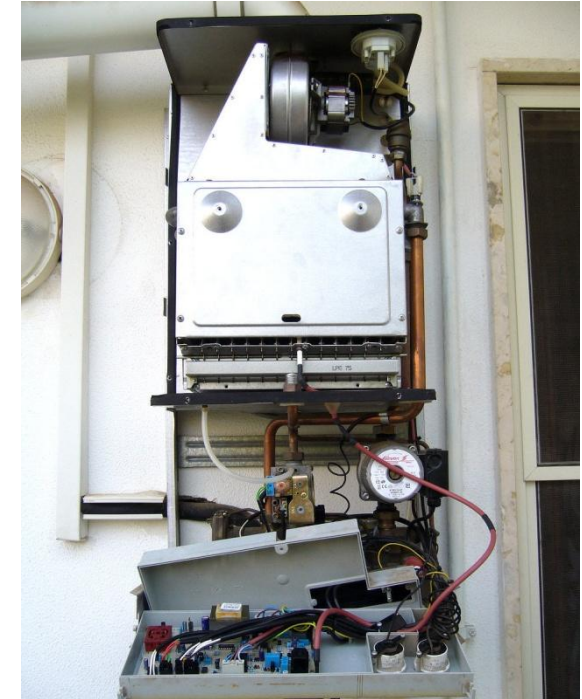
Tale circuito si distingue da quello a ritorno diretto per il fatto che la lunghezza dell'intero percorso di mandata e ritorno relativo ad un corpo scaldante è uguale a quella del percorso relativo a qualsiasi altro corpo scaldante. **Ciò garantisce un ottimo bilanciamento idraulico.**





Elettropompe di circolazione e dispositivi accessori

- Per garantire la circolazione del fluido termovettore nel circuito di riscaldamento, è necessario adoperare **macchine a fluido operatrici**, che trasferiscono energia meccanica, ricevuta dall'esterno, ad un fluido: **se questo è in fase liquida, sono dette pompe, se è in fase aeriforme sono ventilatori o compressori.**
- **Le pompe possono essere classificate in volumetriche e dinamiche. Le dinamiche si suddividono a loro volta in assiali e radiali.**
- Nel caso delle pompe radiali, il moto del liquido ha andamento radiale-centrifugo, per cui si parla più frequentemente di pompe centrifughe.
- **Negli impianti di riscaldamento ad acqua calda vengono usualmente utilizzate elettropompe centrifughe.**





Elettropompe di circolazione e dispositivi accessori

Parametri caratteristici di una elettropompa sono:

- V = portata volumetrica, in “m³/s”.
- H = prevalenza totale, cioè l'incremento di energia che l'unità di massa del fluido subisce nell'attraversare la pompa. E' necessaria che sia adeguata, per far fronte alle perdite di carico del circuito. Si esprime in “metri”, intesa come dislivello massimo di sollevamento che la pompa può consentire al fluido.
- P = potenza richiesta dal motore elettrico. In W.
- η = rendimento della pompa, cioè il rapporto tra l'energia meccanica trasferita al fluido e l'energia meccanica ricevuta dall'esterno. E' pari a 0.4 ÷ 0.6 per pompe piccole, a 0.6 ÷ 0.75 per pompe medie, 0.75 ÷ 0.85 per pompe grandi).

La potenza elettrica assorbita si calcola come:

$$P = \frac{\rho \cdot g \cdot H \cdot V}{\eta}$$

dove:

- g = accelerazione di gravità = 9.8 m/s²
- ρ = densità dell'acqua, in kg/m³



Organi di regolazione automatica

Gli **organi di attuazione** sono principalmente elettropompe di circolazione, bruciatore della caldaia, valvole servocomandate a due, a tre e a quattro vie, serrande servocomandate, ventilatori.

Gli **organi di regolazione automatica** degli impianti di riscaldamento hanno il compito di adeguare la potenza termica fornita ai locali, in base alle variazioni dei carichi termici, in modo da garantire condizioni termiche quanto più vicine possibile a quelle di benessere.

Un sistema di regolazione è costituito essenzialmente da tre parti:

1. una o più **sonde** che rilevano i valori dei parametri da controllare.
2. una **centralina elettronica** che riceve i segnali provenienti dalle sonde, li elabora e manda opportuni segnali agli organi di attuazione.
3. gli **organi di attuazione** che, in base ai segnali provenienti dalla centralina elettronica, modificano il funzionamento di una o più apparecchiature dell'impianto.



Organi di regolazione automatica

I sistemi di regolazione degli impianti di riscaldamento si possono distinguere in:

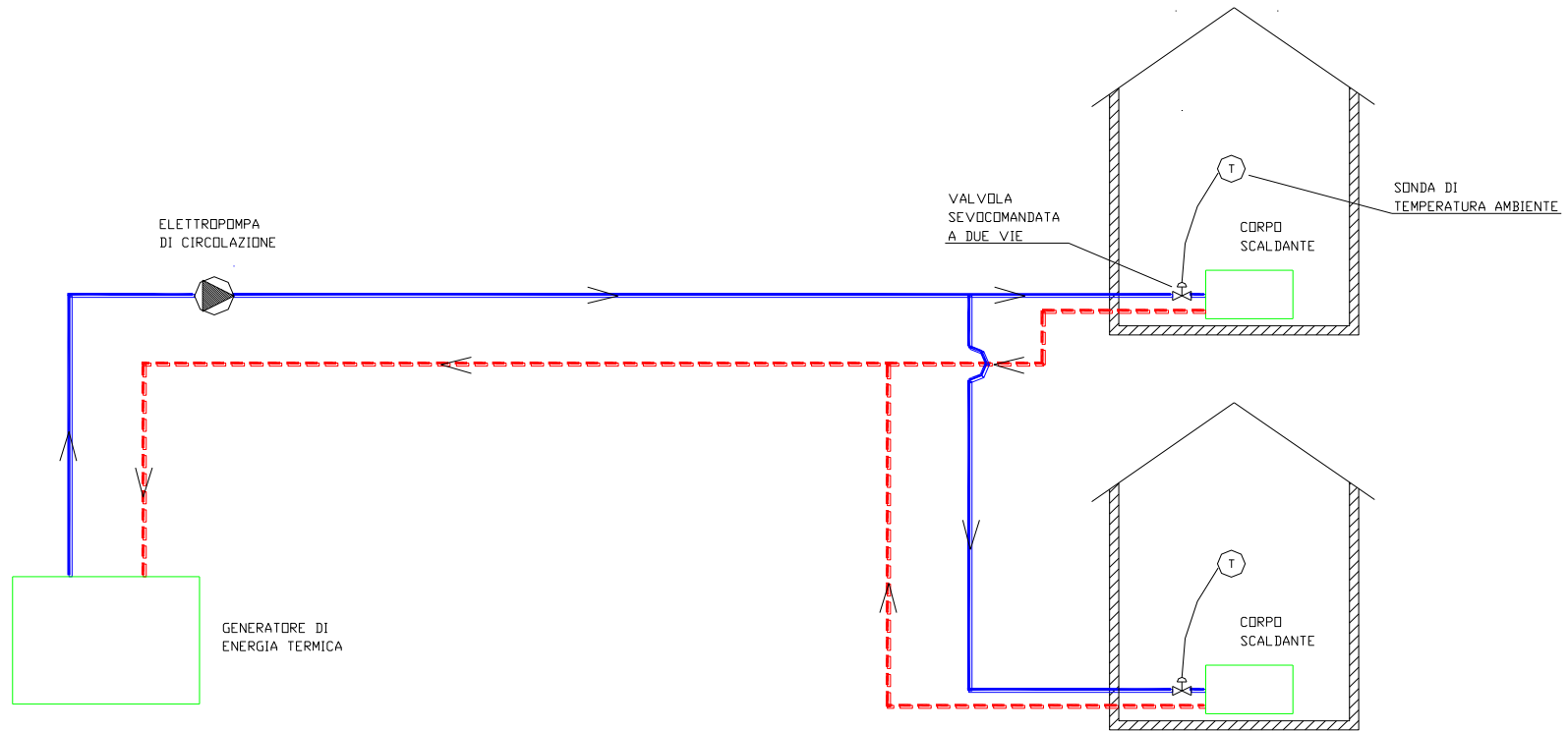
- I) **sistemi di regolazione locale per locale;**
- II) **sistemi di regolazione centralizzata;**
- III) **sistemi di regolazione di zona.**

REGOLAZIONE AMBIENTE PER AMBIENTE. E' ottimale, adeguando la potenza termica fornita in base alla variazione dei carichi termici. Nel caso di impianti di riscaldamento, tale situazione si può ottenere:

- a. mediante l'utilizzo di una valvola servocomandata a due vie o a tre vie in corrispondenza di ciascun corpo scaldante.
- b. per impianti con corpi scaldanti dotati di ventilatori (mobiletti ventilconvettori ed aerotermi) è possibile realizzare un sistema di regolazione locale meno dispendioso di quelli con valvola servocomandata, **basato sulla regolazione on-off del ventilatore.**

Organi di regolazione automatica

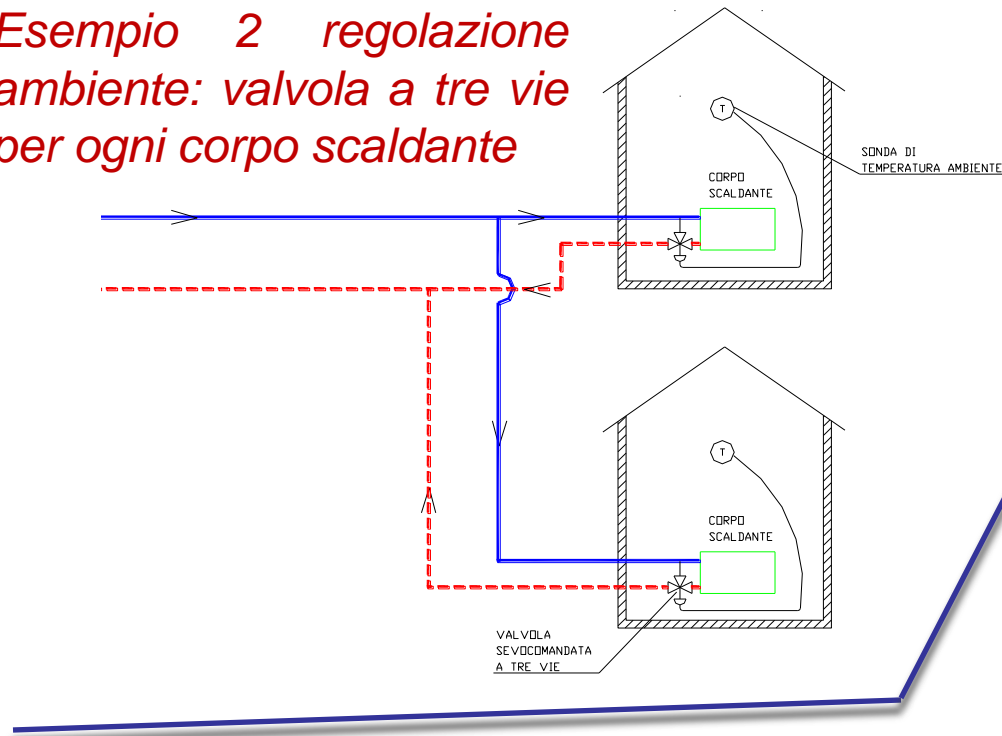
Esempio 1 regolazione ambiente: Regolazione con valvola a due vie termostatica



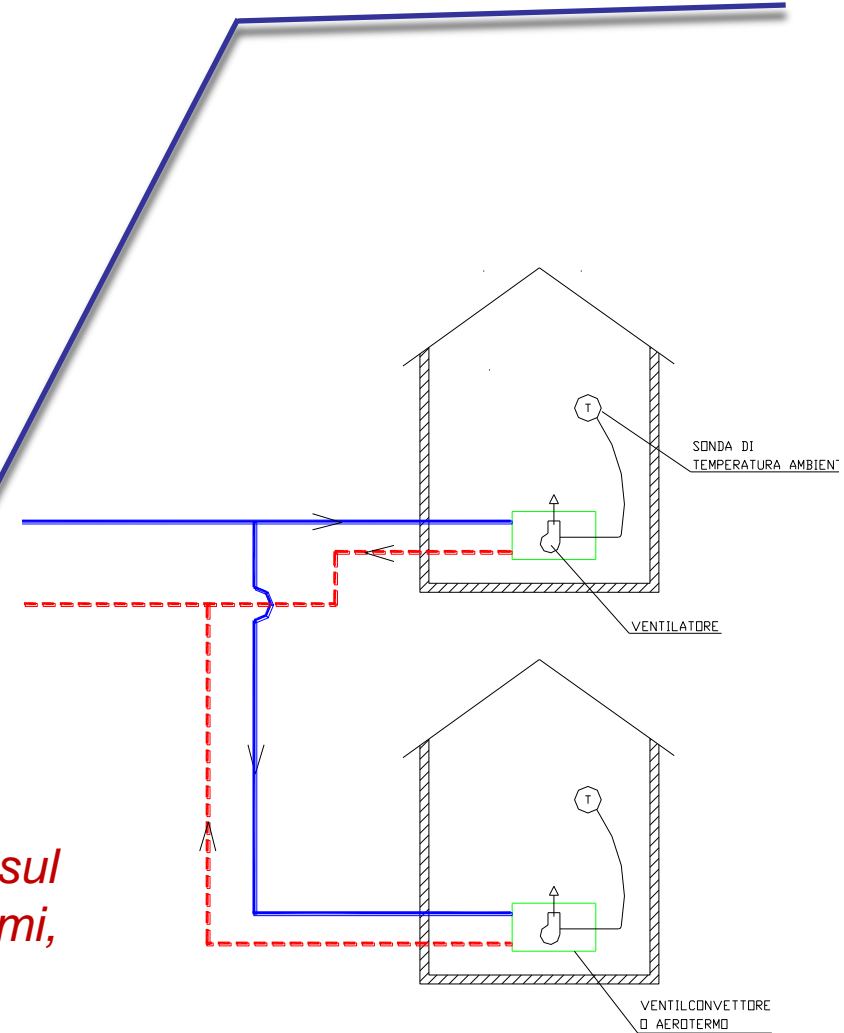


Organi di regolazione automatica

Esempio 2 regolazione ambiente: valvola a tre vie per ogni corpo scaldante



Esempio 3 regolazione ambiente: azione sul funzionamento del ventilatore (per aerotermi, ventilconvettori, etc.)





Organi di regolazione automatica

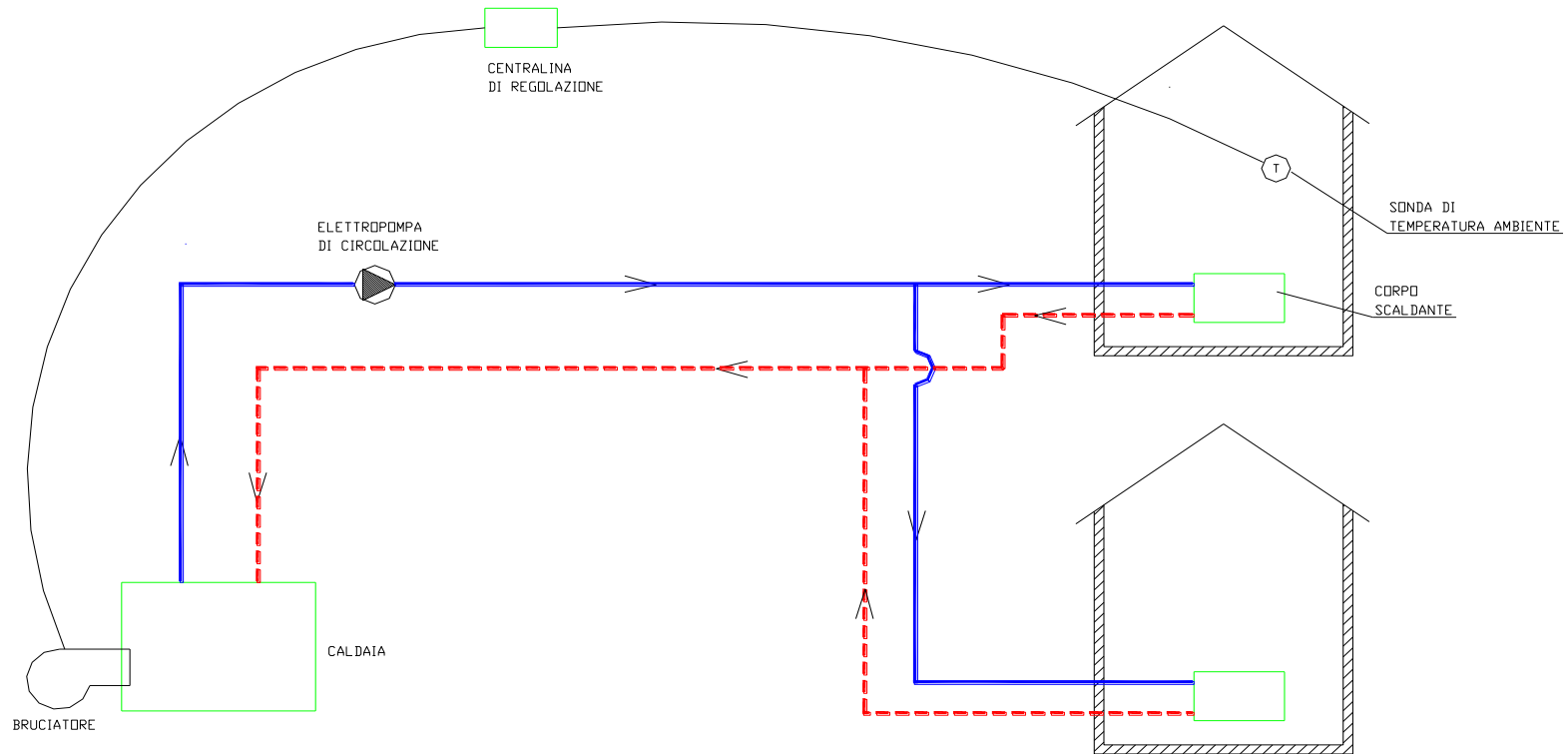
A causa dell'onerosità dei sistemi di regolazione locale per locale, in alcuni casi si preferisce installare sistemi di **regolazione centralizzata**, che necessitano di un numero molto minore di valvole servo-comandate e consentono, quindi, di ridurre i costi di impianto.

Di seguito, saranno mostrati alcuni esempi di regolazione centralizzata, che si utilizzano in sostituzione o in integrazione ai sistemi di regolazione locale sopra descritti.

La regolazione può avvenire sulla base dei segnali di temperatura rilevati in un ambiente rappresentativo, oppure in funzione delle condizioni climatiche rilevate da sonde.

Organi di regolazione automatica

Esempio 1 regolazione centralizzata: sonda di Temperatura ambiente rappresentativo invia segnali di regolazione al bruciatore

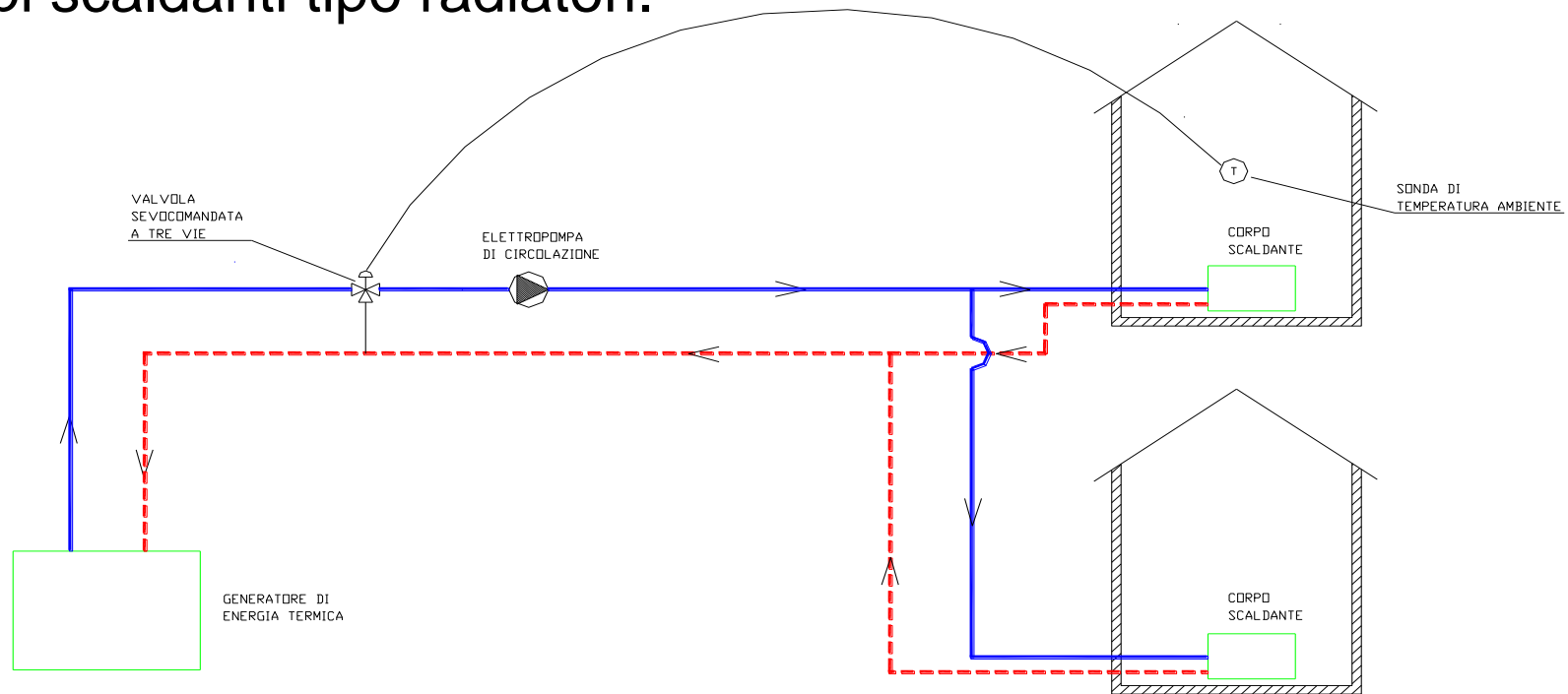




Organi di regolazione automatica

Esempio 2 regolazione centralizzata: sonda di Temperatura ambiente rappresentativo invia segnali di regolazione alla valvola a tre vie

Sistema di regolazione centralizzata con valvola a tre vie e “circuitto in miscelazione” per il controllo della temperatura ambiente con corpi scaldanti tipo radiatori.





Organi di regolazione automatica

Un'ulteriore possibilità consiste nella **regolazione di zona**. Si deve innanzitutto osservare che la suddivisione dell'edificio da riscaldare in “zone termiche” (dette anche semplicemente “zone”), può rispondere a due diverse esigenze, relative a due differenti concetti di “zona”:

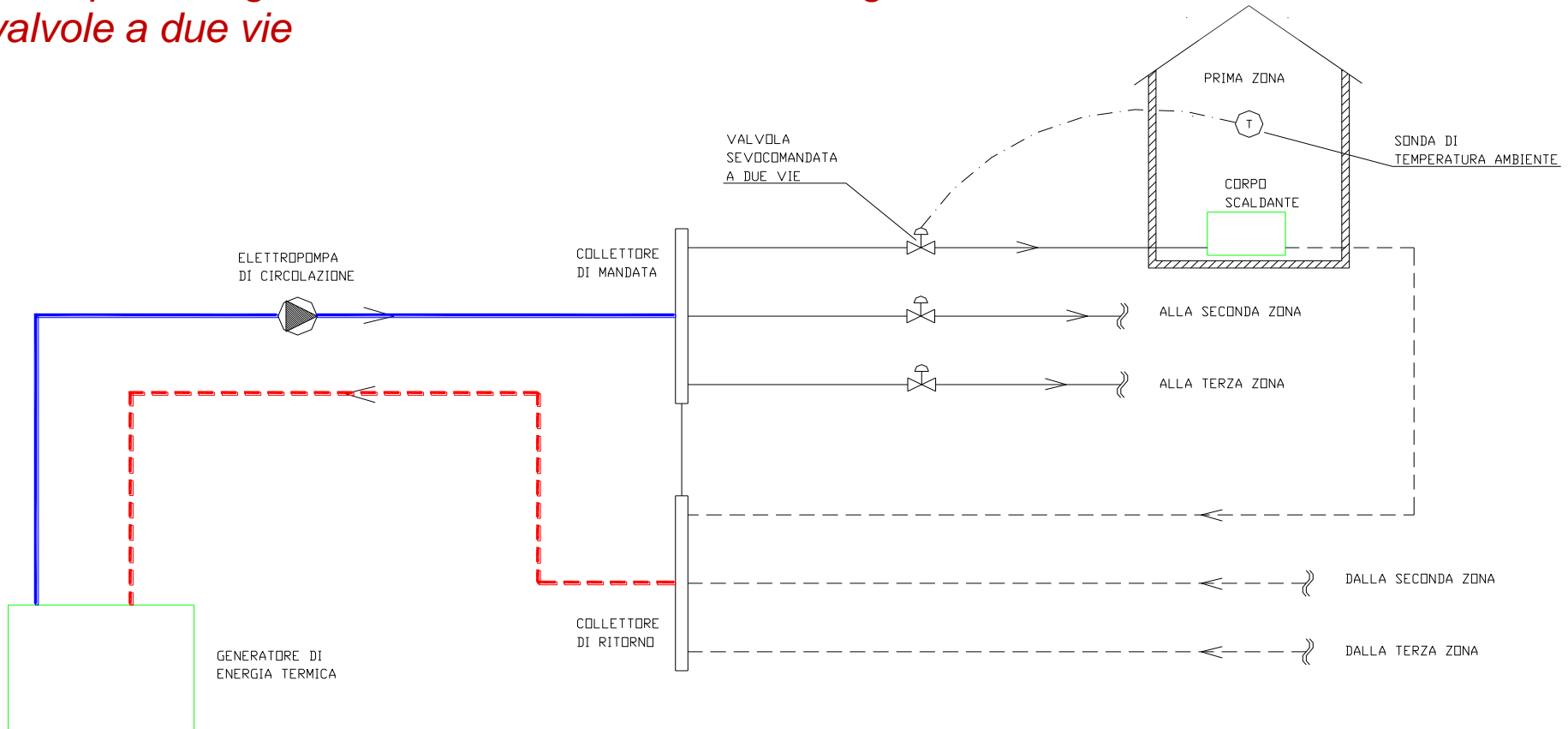
- per “**zona**” si può intendere un insieme di più locali da mantenere tutti alla stessa temperatura e da riscaldare negli stessi intervalli di tempo;
- per “**zona**” si può anche intendere un insieme di più locali caratterizzati da andamenti temporali simili del carico termico.

Rimane comunque il limite intrinseco della regolazione centralizzata, cioè l'impossibilità di garantire stabilmente in tutti gli ambienti la temperatura interna di progetto (20 °C). Ciò si può ottenere solo con un sistema di regolazione locale per locale, ovviamente più costoso.



Organi di regolazione automatica

Esempio 1 regolazione di zona: sistema di regolazione con un solo circolatore e valvole a due vie



Vasi di Espansione, aperto e chiuso

- L'acqua contenuta in un impianto di riscaldamento, inizialmente prelevata dall'acquedotto ad una temperatura di circa $10\div 15$ °C, viene successivamente riscaldata dalla caldaia ad una temperatura di circa $80\div 90$ °C, subendo un aumento di volume specifico e quindi di volume totale.
- Tale aumento di volume, se non fosse compensato, provocherebbe un aumento della pressione, con rischi di deformazioni, di perdite e di rottura nelle tubazioni e nelle apparecchiature del circuito idrico.
- Risulta quindi indispensabile che la suddetta espansione del fluido termovettore avvenga non nelle tubazioni dell'impianto ma in un volume appositamente predisposto, detto vaso di espansione.
- I vasi di espansione possono essere di tipo **aperto** o **chiuso**, a seconda che l'acqua del vaso sia o meno a contatto con l'atmosfera.



Vaso di espansione
APERTO



Vaso di espansione
CHIUSO



Dispositivi di Sicurezza e Controllo

Gli impianti di riscaldamento e/o climatizzazione sono dotati di dispositivi di **sicurezza**, **protezione** e **controllo**. Si tratta di organi che garantiscono il regolare funzionamento dell'impianto di riscaldamento.

- **dispositivi di sicurezza**, azionati dallo stesso fluido controllato, senza necessità di altra forma di energia: servono a garantire che pressione e temperatura non superino i valori limite di progetto (**valvole di sicurezza**, **etc.**).
- **dispositivi di protezione** che intervengono al raggiungimento di un determinato valore del parametro controllato (temperatura e pressione), agendo sul bruciatore della caldaia prima che entrino in funzione i dispositivi di sicurezza; possono essere anche utilizzati come dispositivi di regolazione (termostato e pressostato di blocco, **etc.**).
- **dispositivi di controllo**, atti a consentire la lettura della temperatura e della pressione del fluido (**termometri**, **indicatori di pressione**, **etc.**).