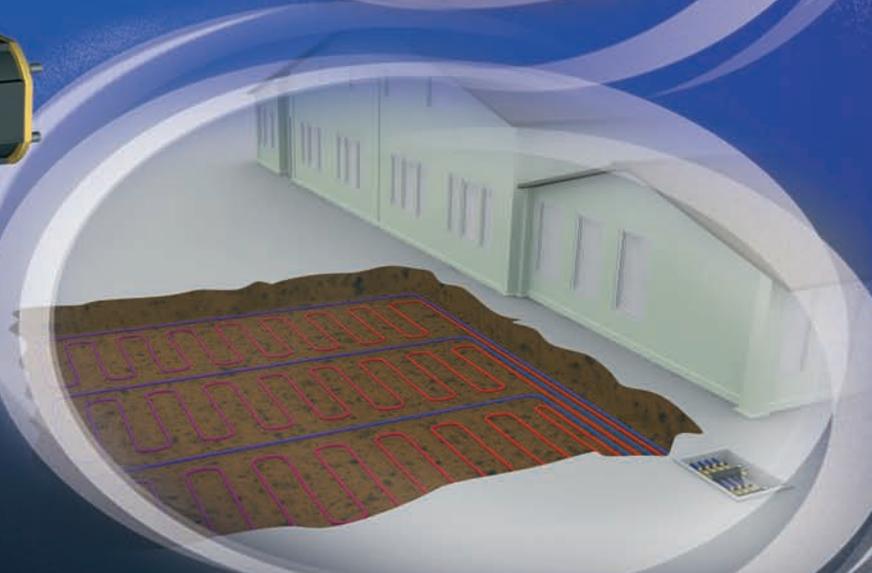
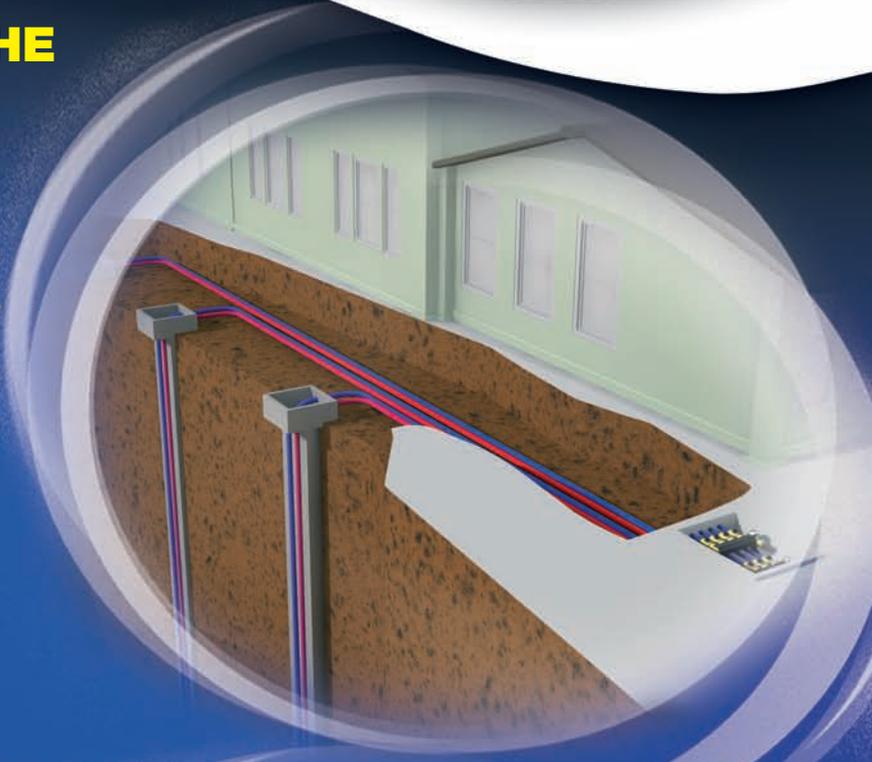


IMPIANTI A POMPE DI CALORE GEOTERMICHE



CALEFFI



Direttore responsabile:
Marco Caleffi

Responsabile di Redazione:
Fabrizio Guidetti

Hanno collaborato a questo numero:

- Sergio Casarino
- Alessandro Crimella
- Mario Doninelli
- Marco Doninelli
- Domenico Mazzetti
- Renzo Planca
- Alessia Soldarini
- Claudio Tadini
- Mario Tadini
- Mattia Tomasoni

Idraulica
Pubblicazione registrata presso
il Tribunale di Novara
al n. 26/91 in data 28/9/91

Editore:
Poligrafica Moderna S.r.l. Novara

Stampa:
Poligrafica Moderna S.r.l. Novara

Copyright Idraulica Caleffi. Tutti i diritti sono riservati. Nessuna parte della pubblicazione può essere riprodotta o diffusa senza il permesso scritto dell'Editore.

CALEFFI S.P.A.

S.R. 229, N. 25

28010 Fontaneto d'Agogna (NO)
TEL. 0322-8491 FAX 0322-863305
info@caleffi.it www.caleffi.it

Sommario

- 3 Impianti a pompe di calore geotermiche**
- 4 Calore contenuto nella terra**
 - Energia geotermica ad alta temperatura
 - Energia geotermica a media temperatura
 - Energia geotermica a bassa temperatura
 - Energia geotermica a temperatura molto bassa
- 6 Scambiatori a bassa profondità**
 - 8 Scambiatori a serpentini e a chiocciola
 - 10 Scambiatori ad anelli
 - 12 Scambiatori a spirale
 - 14 Scambiatori a canestri
- 16 Scambiatori a media profondità**
 - Sonde coassiali
 - Pali di fondazione
- 18 Scambiatori a alta profondità**
- 20 Circuiti di collegamento fra scambiatori di calore e PDC**
 - Progettazione
 - Fluido termovettore
 - Principali componenti
- 22 Raffrescamento estivo**
- 23 Norme e regolamenti**
 - Orientamenti e prescrizioni d'ordine generale
 - Profondità di posa degli scambiatori
 - Dimensionamento degli impianti in relazione alla potenza termica e/o frigorifera utile
- 36 Collettore di distribuzione per impianti a pompa di calore geotermica**
- 39 Dispositivi di intercettazione e bilanciamento per collettori di distribuzione geotermici**
- 40 Misuratore elettronico di portata per collegamento sensore ad effetto Vortex**
- 41 Bilanciamento dei circuiti con misuratore elettronico**
- 42 Collettore portastrumenti**

Impianti a pompe di calore geotermiche

Ingg. Marco e Mario Doninelli dello studio S.T.C.

In questo numero di Idraulica ci occuperemo ancora degli impianti a pompe di calore (PDC): impianti a cui abbiamo già riservato il numero monografico di Idraulica 33 (dicembre 2007).

In particolare ci occuperemo dei principali aspetti relativi alla progettazione e alla realizzazione **degli impianti a PDC che derivano energia termica dal sottosuolo senza prelevare acqua di falda.**

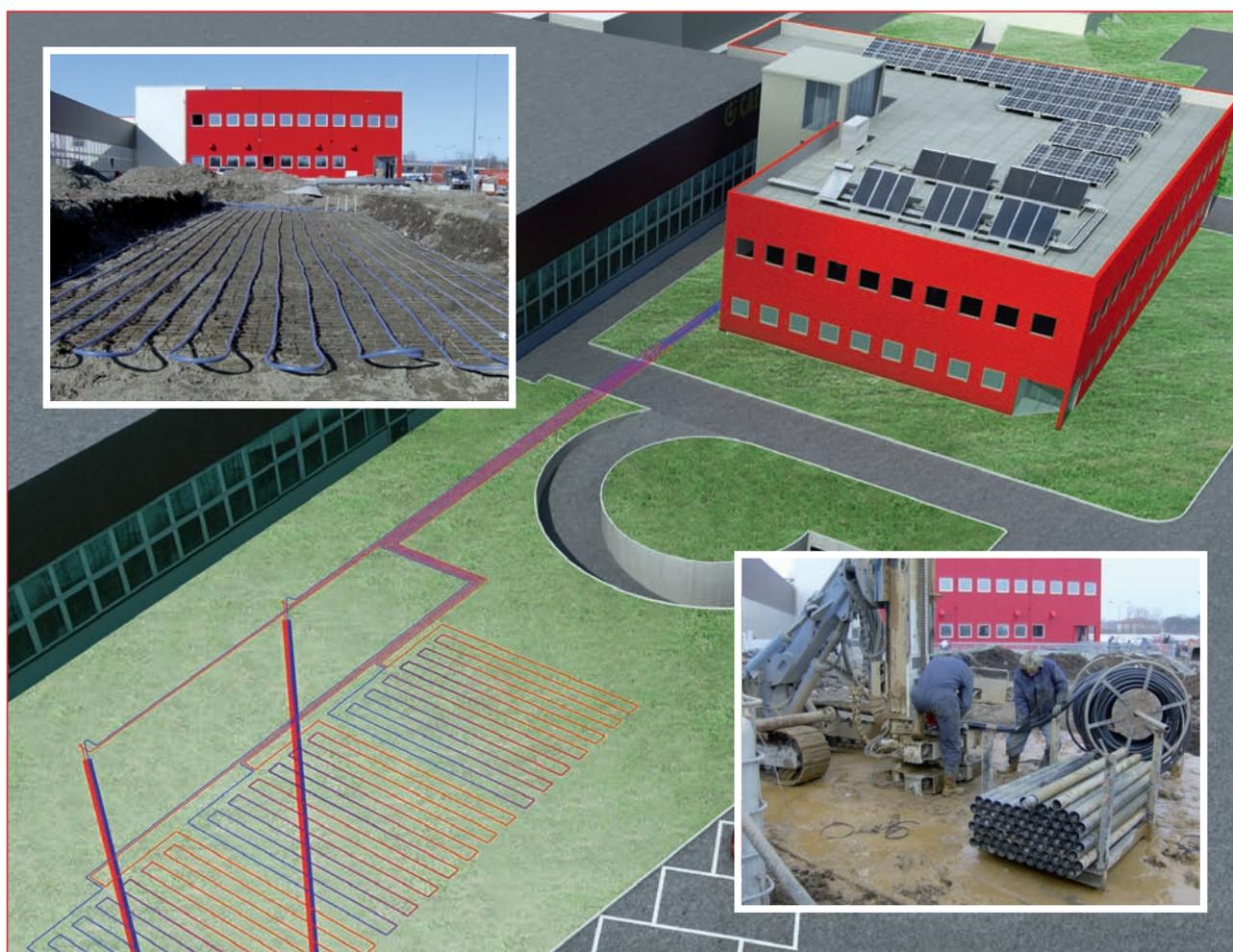
Il motivo per cui a distanza di pochi anni ritorniamo ad occuparci di questi impianti è dovuto alla grande evoluzione che nel frattempo hanno avuto i loro principali componenti.

Ad esempio, **per quanto riguarda le PDC**, sono ormai disponibili **modelli molto silenziosi** e quindi installabili in qualsiasi collocazione all'interno degli alloggi. Inoltre sono ormai disponibili **PDC a potenza termica modulante**. È così possibile minimizzare l'inerzia termica dei circuiti interni: cosa che in genere evita l'adozione di serbatoi inerziali.

Per quanto riguarda gli **scambiatori di calore col terreno** meritano attenzione **le nuove geometrie**, ad esempio quelle **a spirale o a canestro**: geometrie che, come vedremo, possono dare la possibilità di approntare soluzioni più compatte e meno invasive di quelle ottenibili con le geometrie tradizionali.

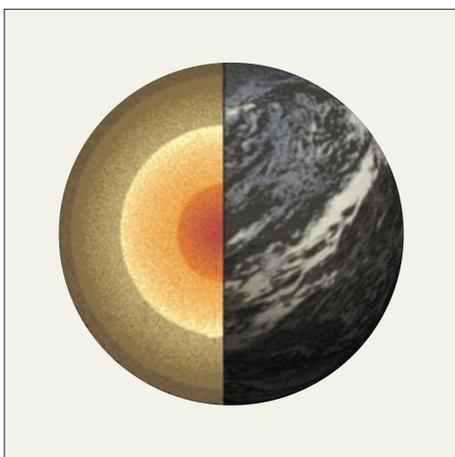
Va anche considerato che il mercato offre ormai **componenti appositamente realizzati per questi impianti**, in grado di rendere più semplici e sicuri gli interventi di realizzazione, taratura, gestione e manutenzione.

Suddivideremo il tema considerato in 4 parti: nella prima considereremo origini e disponibilità del calore contenuto nella terra, nella seconda esamineremo i possibili mezzi per poter utilizzare tale calore, nella terza cercheremo di cogliere gli aspetti di maggior rilievo della normativa in merito, nella quarta parte, infine, proporremo alcuni schemi realizzativi per impianti a PDC che derivano calore dal sottosuolo.

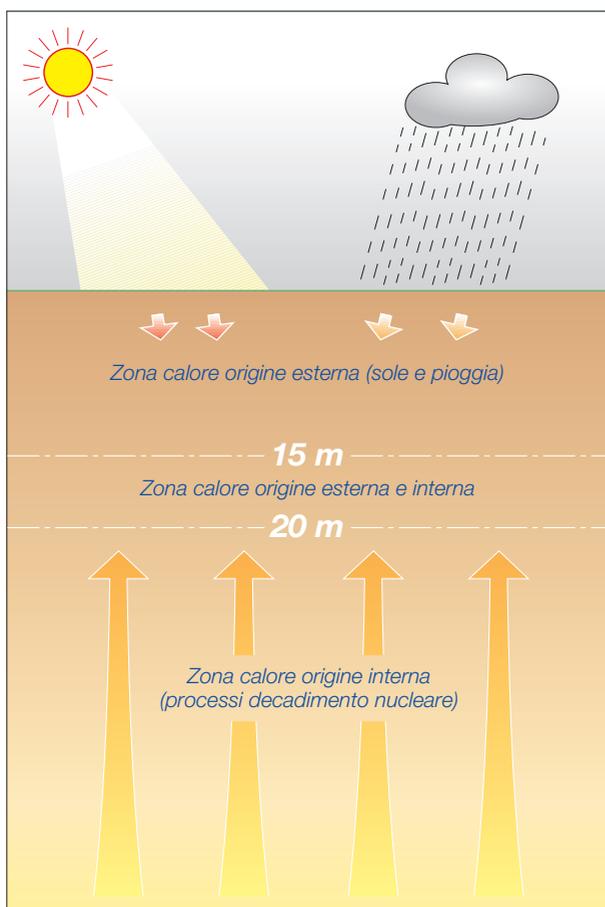


CALORE CONTENUTO NELLA TERRA

La terra contiene una notevole quantità di calore. Secondo le conoscenze attuali, circa il 99% della sua massa si trova a temperature che superano i 1.000°C, con valori compresi tra i 6.000 i 6.500°C nel nucleo centrale. Questo calore ha due origini: **una esterna, l'altra interna**.



L'origine esterna è dovuta soprattutto al sole e alla pioggia: in pratica le uniche fonti di calore significative fino a 15 metri di profondità.



L'origine interna è invece dovuta al calore prodotto dal decadimento nucleare di sostanze radioattive presenti nelle rocce del sottosuolo: in pratica il solo calore che mantiene calda la terra a profondità che superano i 20 m. Ed è questo il solo calore che, a rigor di termini, può essere definito **geotermico** (dal greco: calore prodotto dalla terra).

Tuttavia, anche a livello internazionale, **il termine geotermico** è ormai generalmente utilizzato per individuare **tutto il calore** (d'origine interna ed esterna) **immagazzinato nella terra**. Così come il **termine geotermia** è generalmente utilizzato per individuare la disciplina e le tecniche varie che consentono di sfruttare tale calore.

L'interesse attuale nei confronti di questo calore è dovuto al fatto che può essere un'importante fonte di energia alternativa, utilizzabile ad esempio per produrre energia elettrica, per realizzare processi tecnologici, per riscaldare ambienti e ottenere ACS (acqua calda sanitaria). È comunque una forma di energia che per poter essere utilizzata deve essere portata in superficie.

In alcune zone della terra, la natura stessa fornisce i mezzi per portare in superficie tale energia: è il caso **dei geysir e delle terme**. In altri casi, invece, vanno usati sistemi atti a derivare direttamente fluidi caldi dal sottosuolo o a scambiare calore col terreno.

L'energia geotermica, rispetto ad altre energie, ha il vantaggio di **non dipendere dalle condizioni atmosferiche** (ad es. dal sole, vento o maree) e **neppure dalle scorte di sostanze combustibili** (ad es. biomasse). **È quindi un tipo di energia stabile e affidabile.**

In base alle temperature di possibile uso, l'energia geotermica è generalmente così suddivisa:

Energia geotermica ad alta temperatura

Consente l'uso di acqua surriscaldata e vapori a **più di 180°C**. Serve a produrre energia elettrica. Il primo impianto di questo tipo è stato realizzato a Larderello (Pisa) nel 1906.

Energia geotermica a media temperatura

Consente l'uso di acqua surriscaldata e vapori a temperature comprese fra **100 e 180°C**. Serve, con il riscaldamento di un fluido secondario più volatile, a produrre energia elettrica.

Energia geotermica a bassa temperatura

Consente l'uso di fluidi a temperature comprese fra **30 e 100°C**. Serve per impieghi industriali e per alimentare stabilimenti termali.

Energia geotermica a temperatura molto bassa

Consente l'uso di fluidi a temperature **inferiori a 30°C**. Le sue principali applicazioni riguardano:

1. il riscaldamento degli edifici e la produzione di ACS.

In questo caso, l'energia termica a temperatura molto bassa è derivata dal terreno con appositi scambiatori di calore. È poi ceduta a macchine (le **PDC**) in grado di **innalzarne la temperatura** fino a valori che rendono possibile sia riscaldare gli edifici sia produrre ACS.

2. il raffrescamento degli edifici.

In questo caso, l'energia termica a temperatura molto bassa derivata dal terreno può servire sia ad **alimentare PDC che lavorano in fase di raffrescamento** sia a **servire direttamente** (ved. pag. 22) **gli impianti di climatizzazione**: funzionamento quest'ultimo in grado di limitare notevolmente i costi di esercizio.

Di seguito prenderemo in esame le principali caratteristiche di questi impianti suddividendoli, in base alle diverse tecniche di prelievo del calore, in **impianti con scambiatori a bassa, media e alta profondità**.

Pompe di calore (PDC)

Sono macchine in grado di **derivare calore da una sorgente a temperatura più bassa**.

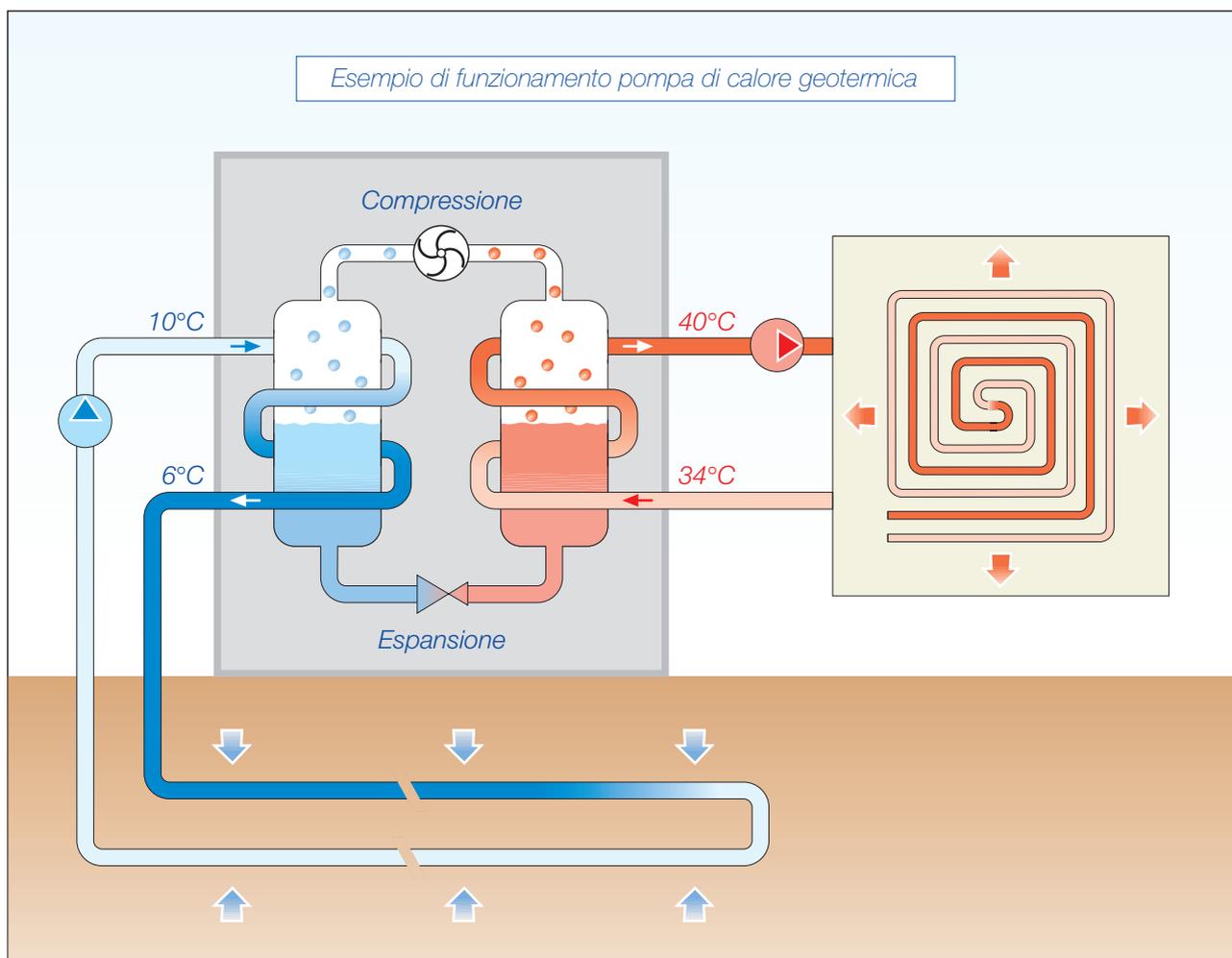
Sono essenzialmente composte da un circuito di tipo chiuso entro il quale viene continuamente compresso e fatto espandere un apposito fluido.

Ad ogni compressione e ad ogni espansione (cioè ad ogni ciclo di lavoro) il fluido ruba un pò di calore alla sorgente fredda e lo cede a quella calda.

Invertendo il ciclo di lavoro (Idraulica 33, pag. 12) queste macchine, possono essere utilizzate sia per riscaldare che per raffreddare.

Le prestazioni delle PDC sono generalmente individuate mediante due coefficienti forniti dai Produttori: (1) il coefficiente ϵ relativo al solo funzionamento del compressore e (2) il coefficiente COP relativo al funzionamento del compressore e dei mezzi ausiliari (Idraulica 33, pag. 8).

Ad esempio, se il valore di COP è uguale a 4, vuol dire che **con 1 kW di energia elettrica, spesa al compressore, è possibile spostare (dalla sorgente fredda a quella calda) 4 kW di calore.**



SCAMBIATORI A BASSA PROFONDITÀ

Sono scambiatori, realizzati con tubi in **materiale plastico**. La loro profondità di posa varia da **0,8 a 4,0 m**.

Rispetto agli scambiatori a alta profondità, **hanno un minor impatto ambientale e un minor costo di realizzazione**. Inoltre, dato che si sviluppano a profondità normalmente **raggiunte anche da altre strutture edilizie** (piani interrati, cantine, ecc.), in genere (ved. pag. 23), per la loro installazione non richiedono specifiche autorizzazioni da parte delle Autorità competenti.

Per contro, questi scambiatori **richiedono superfici di sviluppo molto estese**: esigenza che, in pratica, li rende idonei solo per la realizzazione di impianti medio-piccoli.

In base alle loro principali geometrie di sviluppo, possono essere così classificati:

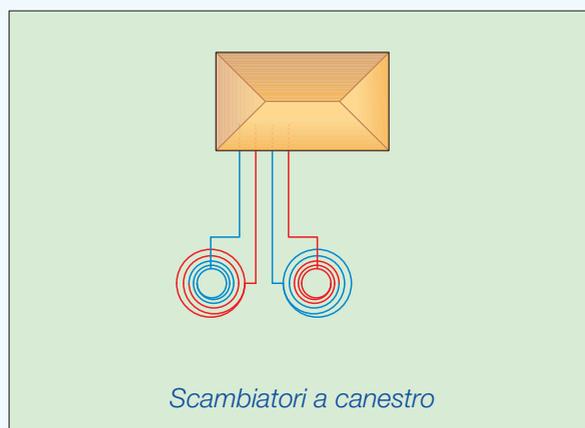
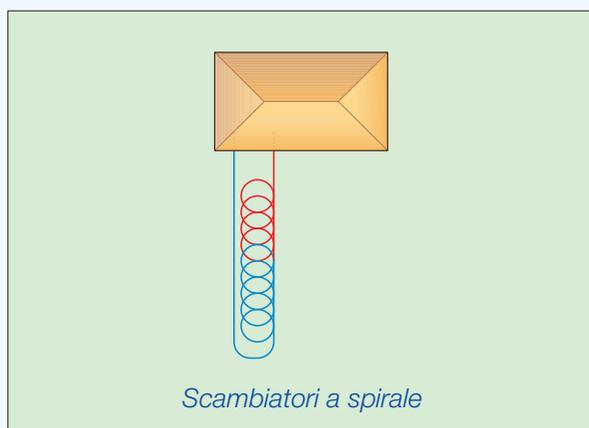
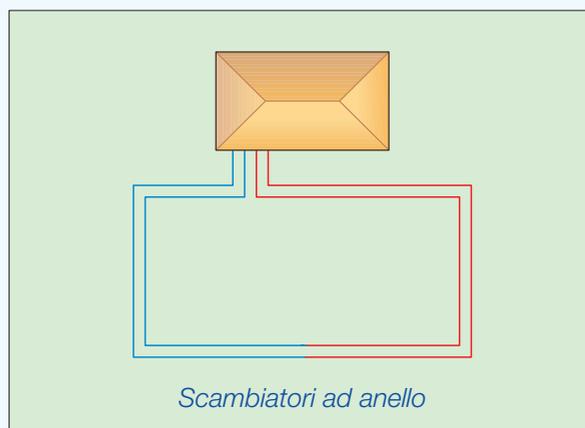
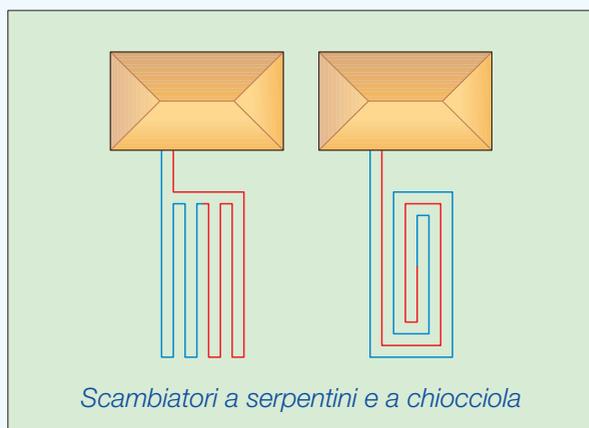
- scambiatori **a serpentini o a chiocciola**,
- scambiatori **ad anelli**,
- scambiatori **a spirale**,
- scambiatori **a canestri**.

La scelta del tipo di sviluppo più idoneo dipende da diversi fattori, tra i quali (1) **la natura del terreno**, (2) **le sue zone d'ombra**, (3) **il tipo di vegetazione da piantumare o da conservare**. Quest'ultimo punto dipende dal fatto che la superficie posta sopra gli scambiatori deve essere priva di piante e di qualsiasi altro tipo di vegetazione che può fare ombra.

Gli scavi per la posa dei tubi **possono essere a sbancamento o a trincea**. Ad eccezione dei casi in cui lo sbancamento del terreno viene fatto per altre esigenze di cantiere, **risulta più conveniente la posa in trincea** in quanto:

- **è più semplice da realizzare e meno costosa**,
- **consente una maggior profondità di posa**, il che comporta temperature più elevate del fluido di scambio e di conseguenza una miglior resa dell'impianto.

Come già accennato, il calore derivato da questi **scambiatori è soprattutto quello apportato dal sole e dalla pioggia**. Pertanto vanno posti in zone dove il sole e la pioggia possono arrivare senza impedimenti. A tal fine, **la superficie sotto cui si sviluppano non va coperta con costruzioni o impedimenti vari**, quali: garages, prefabbricati,



porticati, terrazze, pavimenti impermeabilizzati. L'area dove si sviluppano gli scambiatori deve inoltre essere scelta in modo da garantire **distanze di almeno 2 m dalle zone d'ombra** indotte da edifici, muri di cinta, alberi e siepi.

Per evitare interferenze e facilitare gli interventi di manutenzione, è inoltre consigliabile rispettare le seguenti distanze minime:

- 1,5 m dalle reti interrate degli impianti di tipo non idraulico: reti elettriche, del telefono e del gas;
- 2,0 m dalle reti interrate degli impianti di tipo idraulico: reti dell'acqua sanitaria, delle acque piovane e di scarico;
- 3,0 m da fondazioni, recinzioni, pozzi d'acqua, fosse settiche, pozzi di smaltimento e simili.

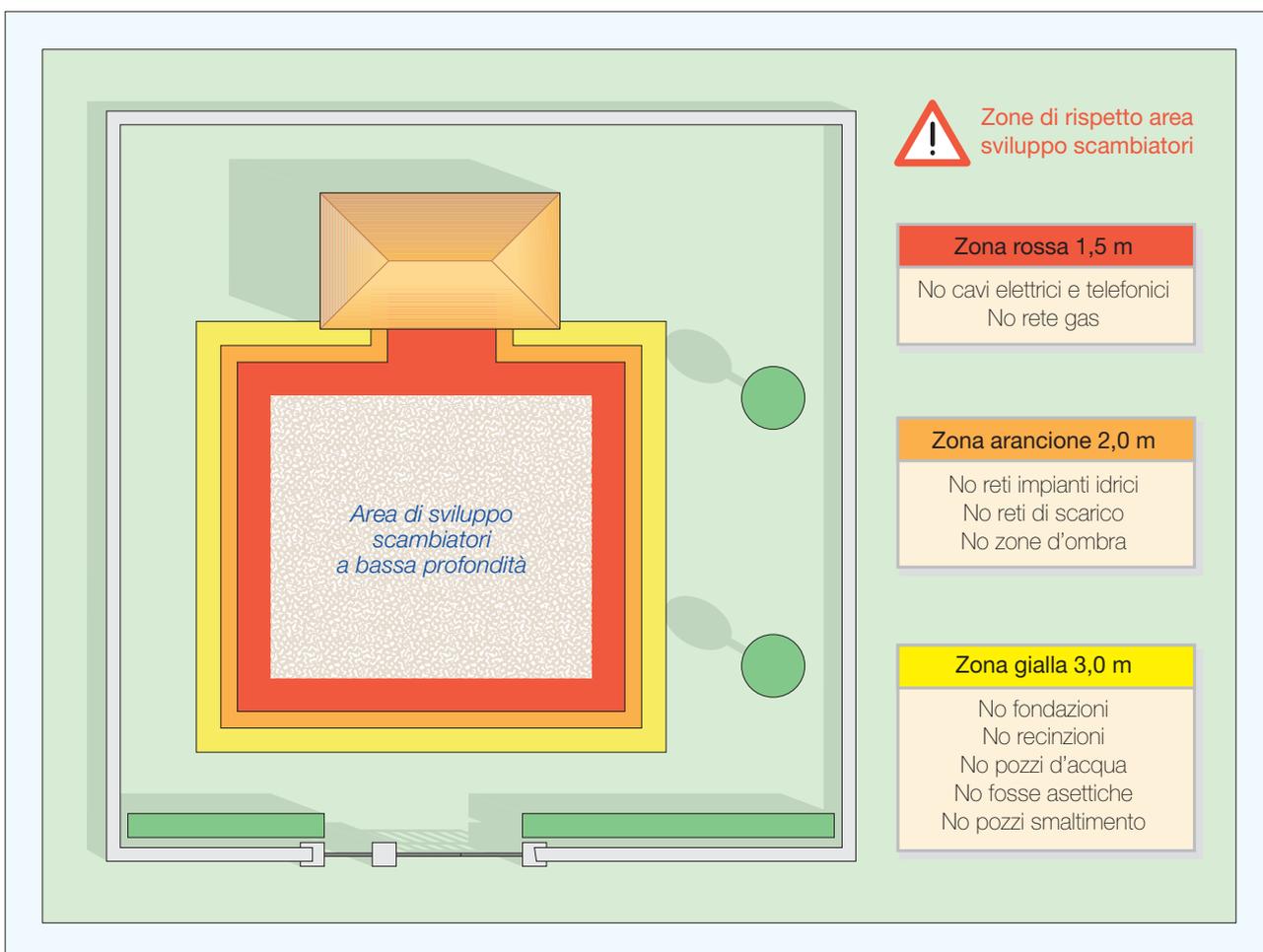
Con gli scambiatori di calore a bassa profondità **non si deve derivare troppo calore dal terreno** (ved. note relative al dimensionamento dei singoli scambiatori). Se ciò avviene ci si espone a due pericoli: (1) il **“collasso” dell'impianto**, (2) la **messa in crisi della vegetazione** che cresce sopra la zona di posa degli scambiatori (erba) o confina con essa (piante, siepi, ecc ...).

Il possibile “collasso” dell'impianto è causato dal fatto che, con temperature troppo basse del fluido di scambio, **le PDC lavorano con COP molto ridotti e quindi con potenze termiche non in grado di soddisfare le prestazioni richieste**.

Un altro aspetto da considerare è quello che riguarda il **contatto fra scambiatori di calore e terreno**.

Con i **terreni sabbiosi** non ci sono problemi. Al contrario, con i **terreni argillosi** è spesso necessario ricorrere ad una loro frantumazione prima di riempire gli scavi. I terreni argillosi tendono infatti a formare grosse zolle, anche in relazione al tipo di macchina con cui sono eseguiti gli scavi.

I terreni molto eterogenei (con ghiaia e pietrisco) **possono inoltre richiedere l'uso di una miscela di contatto** formata da sabbia, cemento e acqua. Con tale miscela si ricoprono dapprima, per circa 10 cm, gli scambiatori di calore. Poi, col materiale di riporto, si provvede al riempimento dello scavo.



SCAMBIATORI

A SERPENTINI E A CHIOCCIOLA

Sono in genere realizzati con tubi in polietilene aventi diametri interni compresi fra 16 e 26 mm. **La profondità di posa varia da 0,8 a 1,2 m.**

Il sistema a chiocciola (per la continua alternanza dei tubi di andata e ritorno) consente di **ottenere temperature del terreno più omogenee**, e questo, nei casi di raffreddamento "spinto", può evitare il formarsi di zone troppo fredde: zone che possono causare ritardi e macchie di disomogeneità nello sviluppo della vegetazione.

Il sistema a serpentini è comunque generalmente il più utilizzato per la sua semplicità di posa e di fissaggio al terreno.

Per non causare un raffreddamento eccessivo del terreno, è consigliabile realizzare serpentini e chiocciole **con interassi non inferiori a 40 cm.**

Il dimensionamento di questi collettori si effettua in base alla **resa termica del terreno** che dipende principalmente da 3 parametri: (1) **la natura del terreno**, (2) **la sua densità** e (3) **il livello di umidità.**

La resa termica di un terreno con grana fine è più elevata rispetto a quella di un terreno dello stesso tipo con grana grossa, perché nelle sue cavità vuote è contenuta una minore quantità d'aria.

Il parametro più importante è comunque **il livello di umidità**, in quanto la conducibilità dell'acqua è circa 20 volte superiore a quella dell'aria.

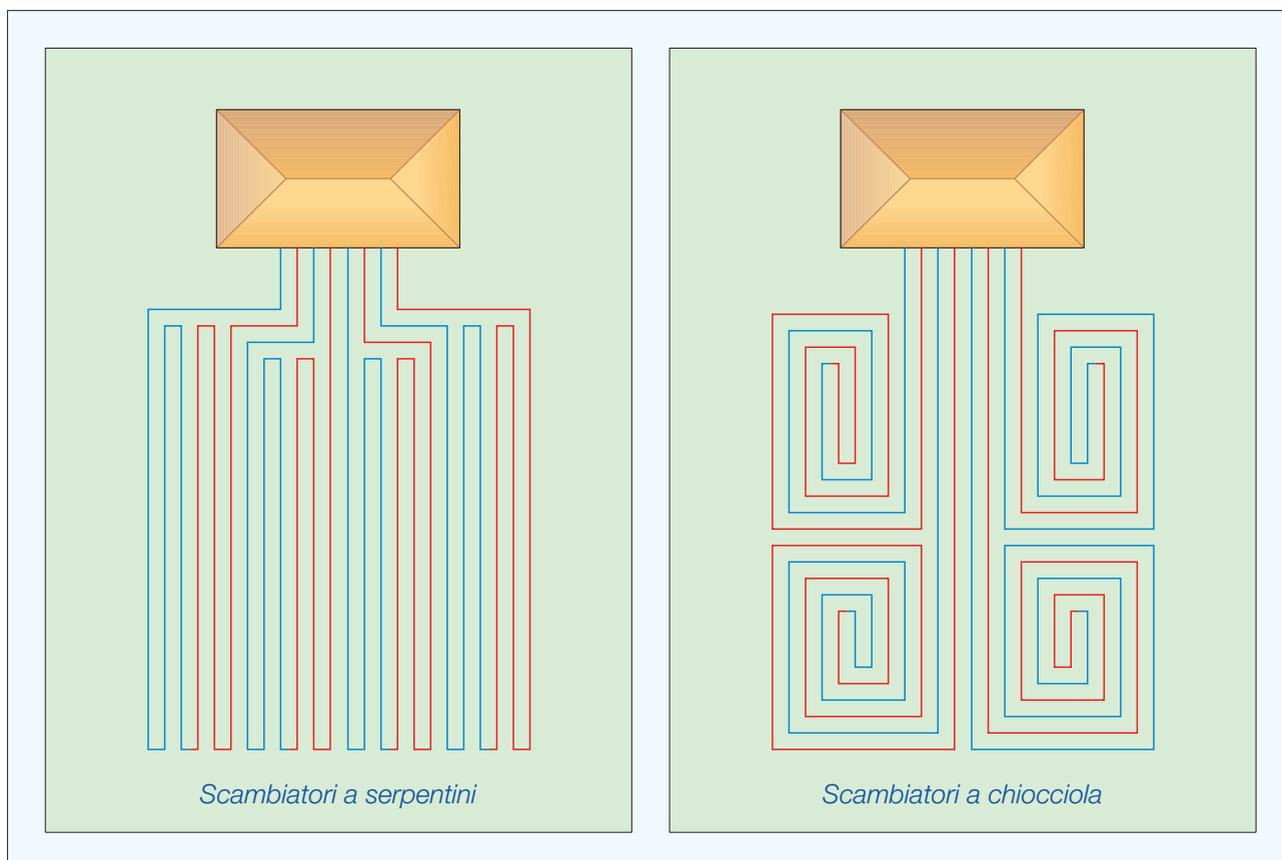
È tuttavia molto difficile valutare con precisione questo parametro in quanto dipende, tra l'altro, dalla piovosità del sito, dal tipo e dalla profondità della falda acquifera, dalla capacità di evaporazione del terreno: capacità a sua volta influenzata da altri fattori, quali la vegetazione sovrastante e circostante nonché la stabilità termica del terreno.

SCAMBIATORI A SERPENTINI E CHIOCCIOLA

*Rendimenti specifici approssimativi
superfici terreno*

<i>Tipo sottosuolo</i>	<i>(W/m²)</i>
<i>terreno sabbioso secco</i>	<i>10 – 15</i>
<i>terreno sabbioso umido</i>	<i>15 – 20</i>
<i>terreno argilloso secco</i>	<i>20 – 25</i>
<i>terreno argilloso umido</i>	<i>25 – 30</i>
<i>terreno saturo d'acqua</i>	<i>30 – 40</i>

- interasse tubi = 40 cm*
- ore operative annuali = 1800*
- COP = 4*
- superficie del terreno libera*
- superficie del terreno non impermeabilizzata*



La tabella riportata nella pagina a lato, **indica le rese termiche specifiche di questi scambiatori riferite ai principali tipi di sottosuolo.**

Le rese termiche sono date in W/m^2 di superficie e sono state determinate in base alle condizioni indicate nella tabella stessa. Tuttavia, in relazione ai gradi di variabilità e alle indeterminazioni in gioco, le stesse rese possono essere utili anche **per dimensionare impianti che non rispettano in modo rigoroso le condizioni indicate:** ad esempio impianti con COP diversi.

Di seguito è allegata anche una tabella **atta a consentire una rapida valutazione delle superfici richieste** per la realizzazione dei serpentine e delle chiocciolate.

Le superfici richieste sono espresse in funzione di 3 parametri: (1) la potenza termica dell'impianto, (2) la resa del terreno, (3) il COP di funzionamento della PDC.

In funzione della potenza termica dell'impianto sono inoltre indicate le potenze di scambio col terreno e le potenze elettriche assorbite dalla PDC.

A pag. 20 sono riportate informazioni e note per la progettazione di questi scambiatori e dei relativi circuiti di collegamento alle PDC.

Superficie del terreno richiesta per scambiatori a serpentine e a chiocciola

Esempio di calcolo:

Determinare la superficie richiesta per la messa in opera nel terreno di scambiatori a bassa profondità (del tipo a serpentine o a chiocciola) atti a servire un impianto con le seguenti caratteristiche:

$Q_{PDC} = 9.000 \text{ W}$ (potenza richiesta alla PDC)

$COP = 4,0$ (COP medio di funzionamento PDC)

$q_{ter} = 20 \text{ W/m}^2$ (rendimento specifico terreno)

In base alla definizione di COP, la potenza elettrica [W_{EL}] assorbita dalla PDC si può così calcolare:

$W_{EL} = Q_{PDC} / COP = 9.000 / 4,0 = 2.250 \text{ W}$

Essendo tale potenza ceduta dalla PDC al fluido vettore dell'impianto, la potenza da scambiare col terreno [Q_{ter}] risulta:

$Q_{ter} = Q_{PDC} - W_{EL} = 9.000 - 2.250 = 6.750 \text{ W}$

Per la messa in opera degli scambiatori è pertanto richiesta una superficie di occupazione del terreno così determinabile:

$S = Q_{ter} / q_{ter} = 6.750 / 20 = 337,5 \text{ m}^2$

Superficie richiesta per scambiatori a serpentine o a chiocciola

Potenza pompa di calore [W]	Superficie richiesta [m ²] (terreno sabbioso umido 20 W/m ²)		Superficie richiesta [m ²] (terreno argilloso umido 30 W/m ²)		Potenza scambiata con il terreno [W]		Potenza elettrica assorbita dalla PDC [W]	
	COP = 3,0	COP = 4,0	COP = 3,0	COP = 4,0	COP = 3,0	COP = 4,0	COP = 3,0	COP = 4,0
5000	167	188	111	125	3333	3750	1667	1250
5500	183	206	122	138	3667	4125	1833	1375
6000	200	225	133	150	4000	4500	2000	1500
6500	217	244	144	163	4333	4875	2167	1625
7000	233	263	156	175	4667	5250	2333	1750
7500	250	281	167	188	5000	5625	2500	1875
8000	267	300	178	200	5333	6000	2667	2000
8500	283	319	189	213	5667	6375	2833	2125
9000	300	338	200	225	6000	6750	3000	2250
9500	317	356	211	238	6333	7125	3167	2375
10000	333	375	222	250	6667	7500	3333	2500
11000	367	413	244	275	7333	8250	3667	2750
12000	400	450	267	300	8000	9000	4000	3000
13000	433	488	289	325	8667	9750	4333	3250
14000	467	525	311	350	9333	10500	4667	3500
15000	500	563	333	375	10000	11250	5000	3750
16000	533	600	356	400	10667	12000	5333	4000

SCAMBIATORI AD ANELLI

Sono realizzati con tubi in materiale plastico i cui diametri interni variano da 16 a 22 mm. **La loro profondità di posa è variabile da 0,8 a 2,0 m.**

Gli anelli, che possono svilupparsi su uno o più piani fra loro paralleli, **sono posti in scavi a trincea**: scavi, come già accennato, **meno costosi** rispetto a quelli realizzati con sbancamento.

Le trincee possono avere configurazioni assai diverse fra loro, in relazione al tipo di terreno disponibile, alla sua geometria e a possibili vincoli, da rispettare.

Gli anelli possono essere del tipo con sviluppo aperto o chiuso.

Le soluzioni che richiedono minor scavi e quindi occupano minor superfici di terreno, sono quelle con **trincee a 2 o a 3 anelli posti su piani fra loro paralleli**. **Queste soluzioni però**, rispetto a quelle con un solo anello, **comportano rese lineari dei tubi [W/m] più basse.**

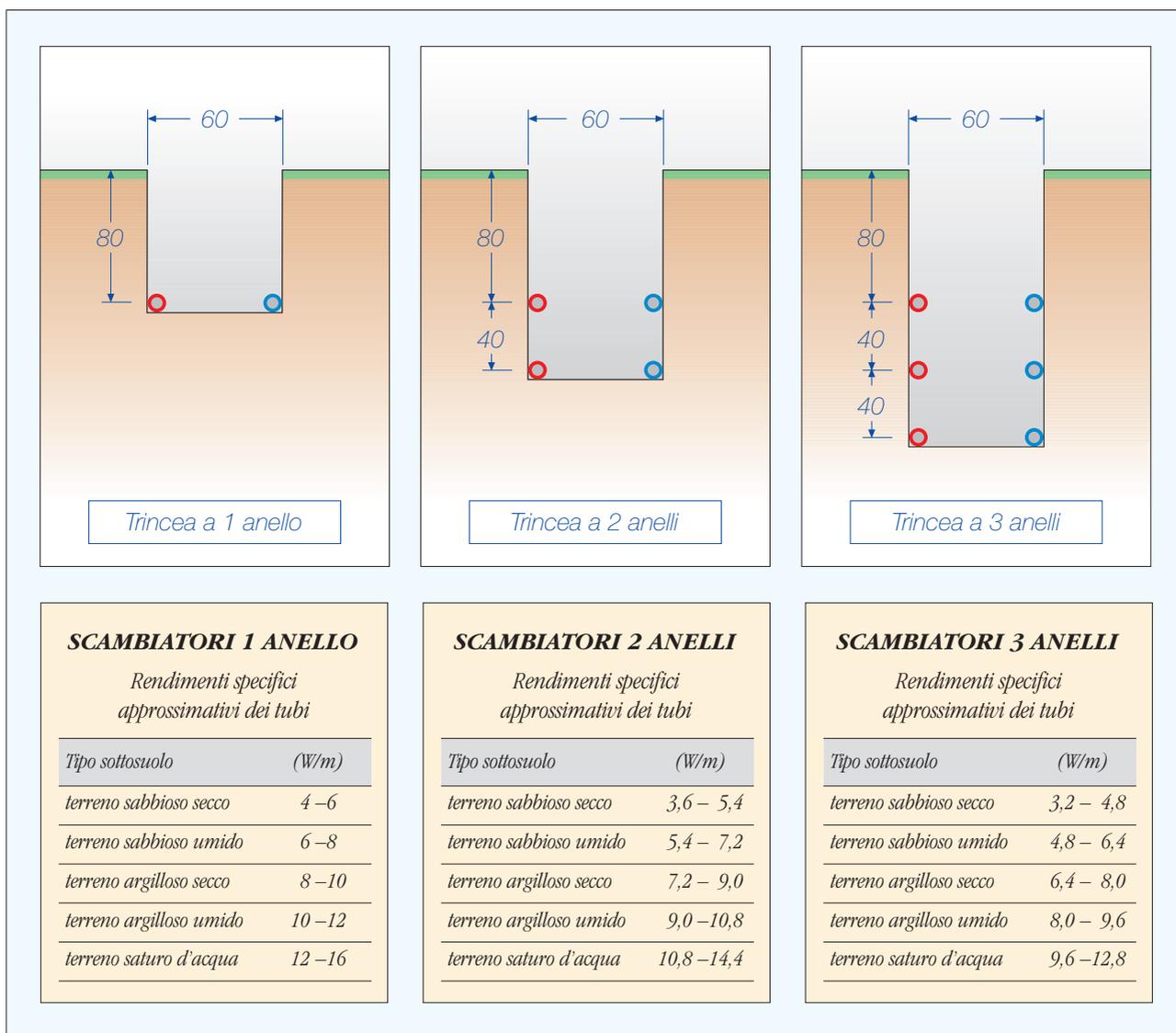
Le minor rese lineari sono dovute al fatto che la sovrapposizione degli anelli è causa di **interferenze termiche reciproche**.

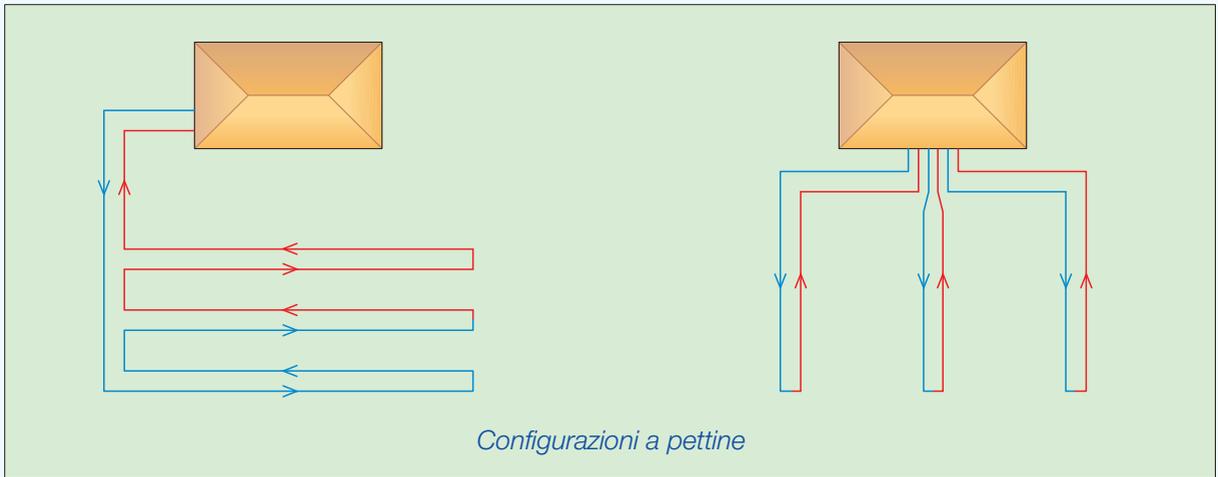
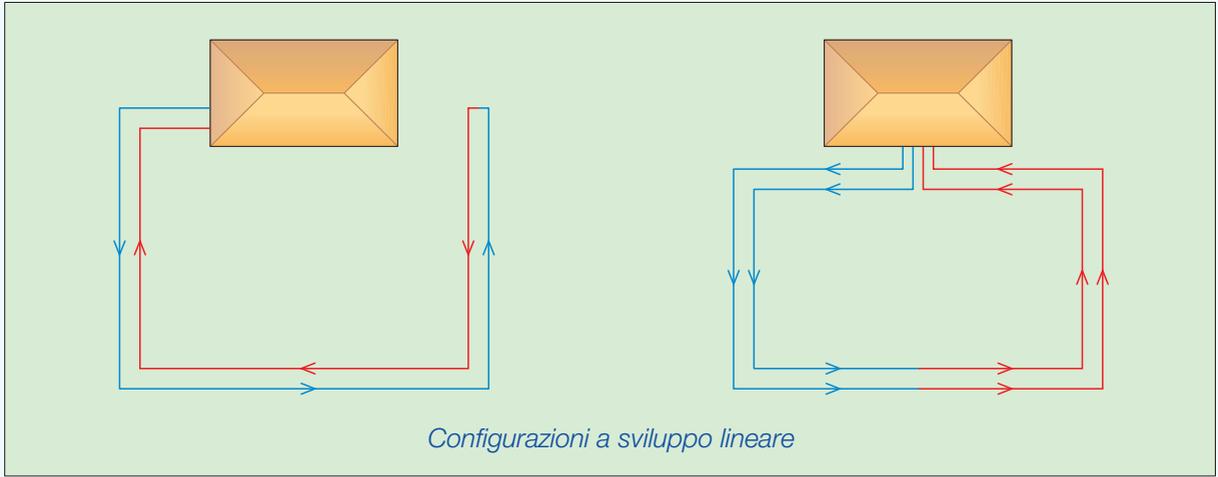
Tuttavia il costo relativo alla maggior lunghezza dei tubi è **ampiamente compensato dai risparmi ottenibili riducendo l'entità degli scavi**.

Le tabelle che seguono riportano (per le tipologie di trincee e di anelli indicati) **le rese termiche specifiche di questi scambiatori in relazione ai principali tipi di sottosuolo**. Sono tabelle per cui valgono le stesse condizioni di validità precisate per la tabella di pag. 8.

Per non causare un raffreddamento eccessivo del terreno, è consigliabile **distanziare fra loro le trincee di almeno 1,5 m**.

A pag. 20 sono riportate informazioni e note per la progettazione di questi scambiatori e dei relativi circuiti di collegamento alle PDC.





SCAMBIATORI A SPIRALE

Sono realizzati con tubi in materiale plastico i cui diametri interni variano da 16 a 22 mm. **La loro profondità di posa è variabile da 1,0 a 2,5 m.**

Le spirali sono formate con cerchi a diametro (D) costante fra loro sovrapposti.

La sovrapposizione dei cerchi (ottenibile con l'uso di appositi fermi e distanziatori) può essere a passo stretto ($p=D/4$), medio ($p=D/2$) o grande ($p=D$).

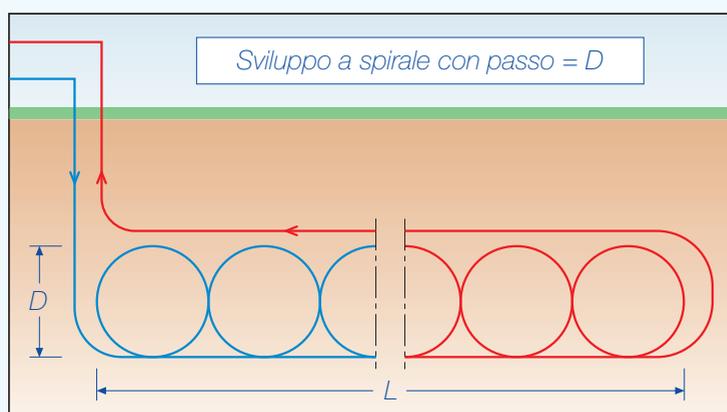
Sono scambiatori che possono essere posti in opera **in scavi sia a sbancamento che a trincea**. Negli **scavi a sbancamento** le spirali sono poste su piani orizzontali a profondità di 1,0–1,5 m. Negli **scavi a**

trincea possono invece essere poste su piani, sia orizzontali che verticali, a profondità di 1,0–2,5 m.

Le tabelle che seguono riportano (per le tipologie specificate) **le rese termiche per unità di superficie occupata dalle spirali, in relazione ai principali tipi di sottosuolo.**

Per non causare un raffreddamento eccessivo del terreno, è consigliabile distanziare fra loro le trincee di almeno 2,5 m.

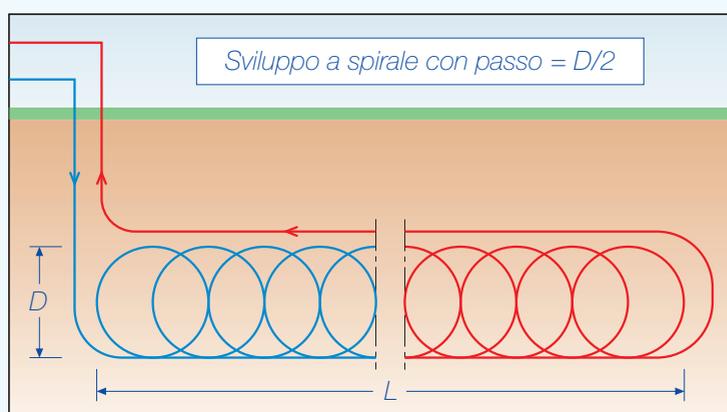
A pag. 20 sono riportate informazioni e note per la progettazione di questi scambiatori e dei relativi circuiti di collegamento alle PDC.



SPIRALE CON PASSO = D

Rendimenti specifici approssimativi superficie terreno

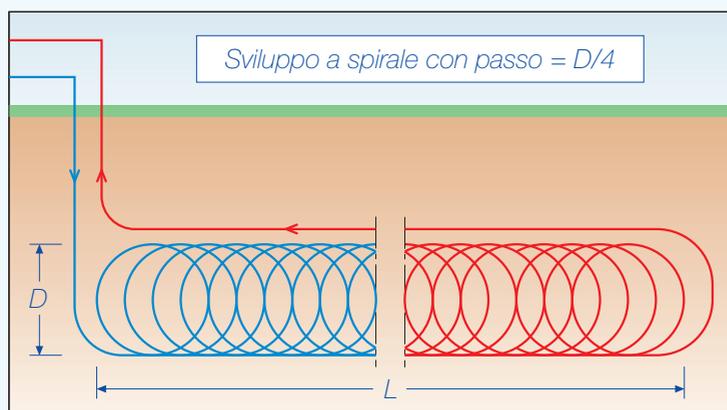
Tipo sottosuolo	(W/m ²)
terreno sabbioso secco	7–10
terreno sabbioso umido	10–13
terreno argilloso secco	13–16
terreno argilloso umido	16–20
terreno saturo d'acqua	20–26



SPIRALE CON PASSO = D/2

Rendimenti specifici approssimativi superficie terreno

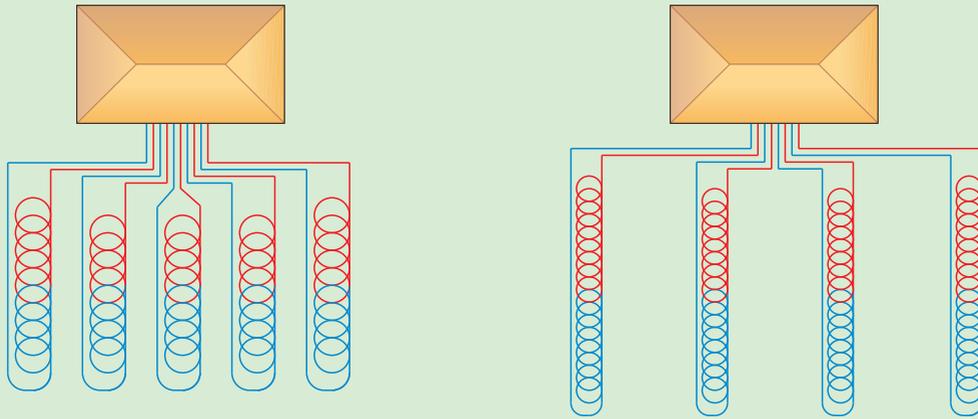
Tipo sottosuolo	(W/m ²)
terreno sabbioso secco	9–13
terreno sabbioso umido	13–17
terreno argilloso secco	17–21
terreno argilloso umido	21–26
terreno saturo d'acqua	26–34



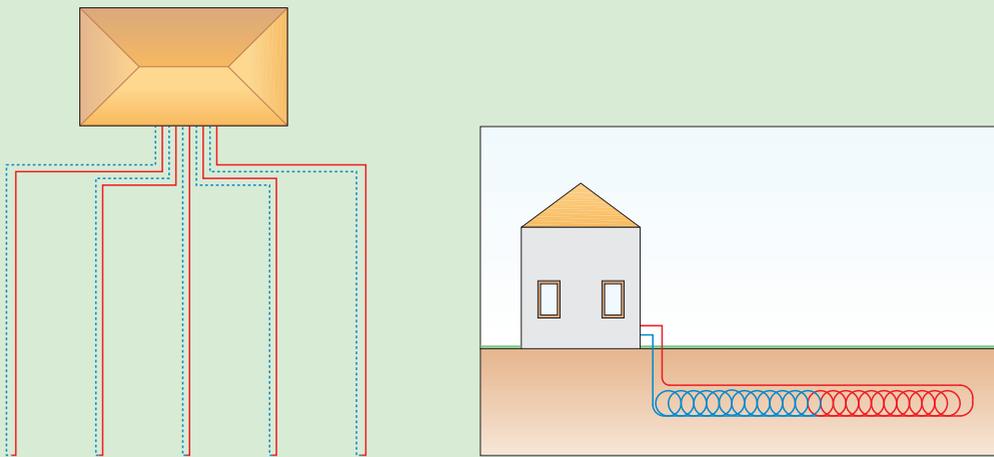
SPIRALE CON PASSO = D/4

Rendimenti specifici approssimativi superficie terreno

Tipo sottosuolo	(W/m ²)
terreno sabbioso secco	10–15
terreno sabbioso umido	15–20
terreno argilloso secco	20–25
terreno argilloso umido	25–30
terreno saturo d'acqua	30–40



Spirali disposte in orizzontale



Spirali disposte in verticale

SCAMBIATORI A CANESTRI

Sono realizzati con tubi in polietilene fissati ad armature in ferro o in plastica. **La loro sommità è generalmente posta ad una profondità di 1,5 m.**

Sono scambiatori utilizzati solo da pochi anni, soprattutto in Svizzera e in Germania. Si stanno tuttavia diffondendo anche in altri Paesi perché possono offrire notevoli **guadagni di superficie**, valutabili dal 30 al 50% rispetto agli scambiatori finora considerati.

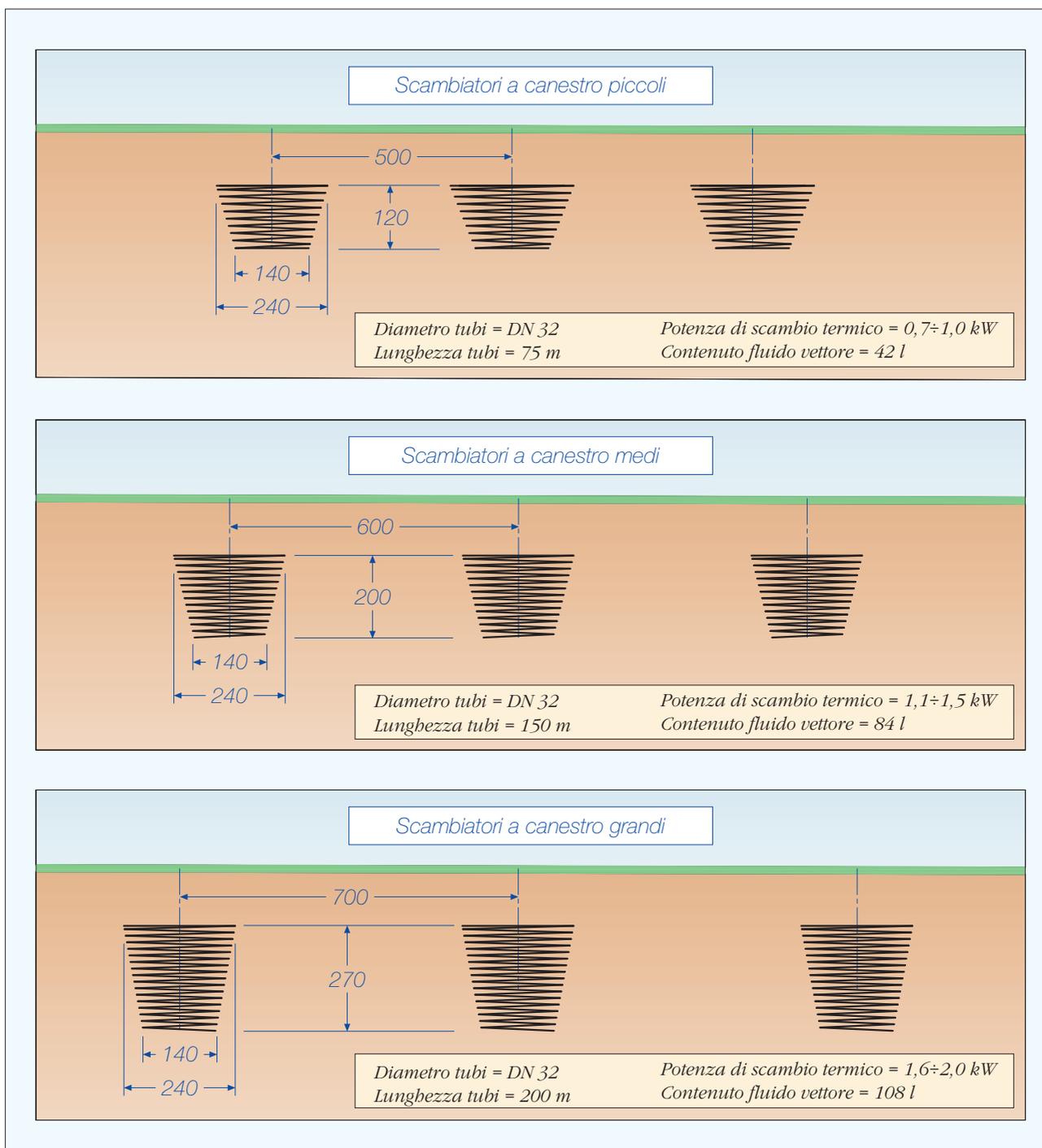
Per la loro compattezza, gli scambiatori a canestri sono usati sia per **realizzare impianti nuovi** sia

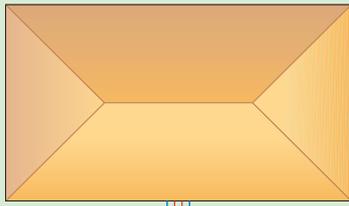
per integrare **impianti esistenti sottodimensionati o da ristrutturare**, nel caso in cui ciò comporti un maggior fabbisogno termico.

I canestri possono avere forma **cilindrica o conica** e possono essere preassemblati oppure realizzati direttamente in cantiere.

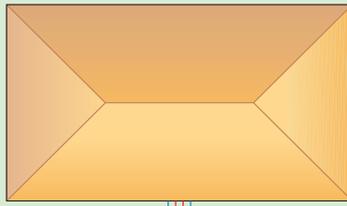
I canestri conici (ved. www.geothermie.ch) sono normalmente realizzati nei tre modelli di base sotto riportati. Le potenze di scambio termico indicate dipendono **dal tipo di terreno e dalla sua umidità**.

A pag. 20 sono riportate informazioni e note per la progettazione di questi scambiatori e dei relativi circuiti di collegamento alle PDC.

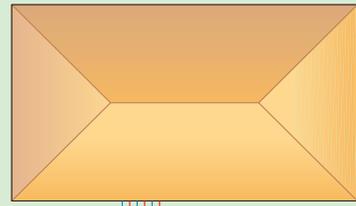




*Canestri piccoli
collegamento in serie*



*Canestri medi
collegamento in parallelo*



*Canestri grandi
collegamento monocabestro*

SCAMBIATORI A MEDIA PROFONDITÀ

Possono essere realizzati con tubi, metallici o in polietilene, installati in verticale **fino a profondità di 25-30 m**.

In alcuni casi possono rappresentare una valida alternativa agli altri tipi di scambiatori, specie quando **le superfici utilizzabili per porre in opera gli scambiatori a bassa profondità non bastano a derivare dal terreno il calore richiesto**, oppure quando **ci sono difficoltà ad ottenere i permessi per installare sonde profonde**.

Questi scambiatori possono essere realizzati con **sonde di tipo coassiale** o con **tubi annegati nei pali di fondazione**.

fluido di ritorno dalle PDC, quello esterno scambia calore col terreno.

Per aumentare lo scambio termico e proteggere le falde acquifere, **le sonde coassiali sono poste in opera con “camicie” di cemento e bentonite**.

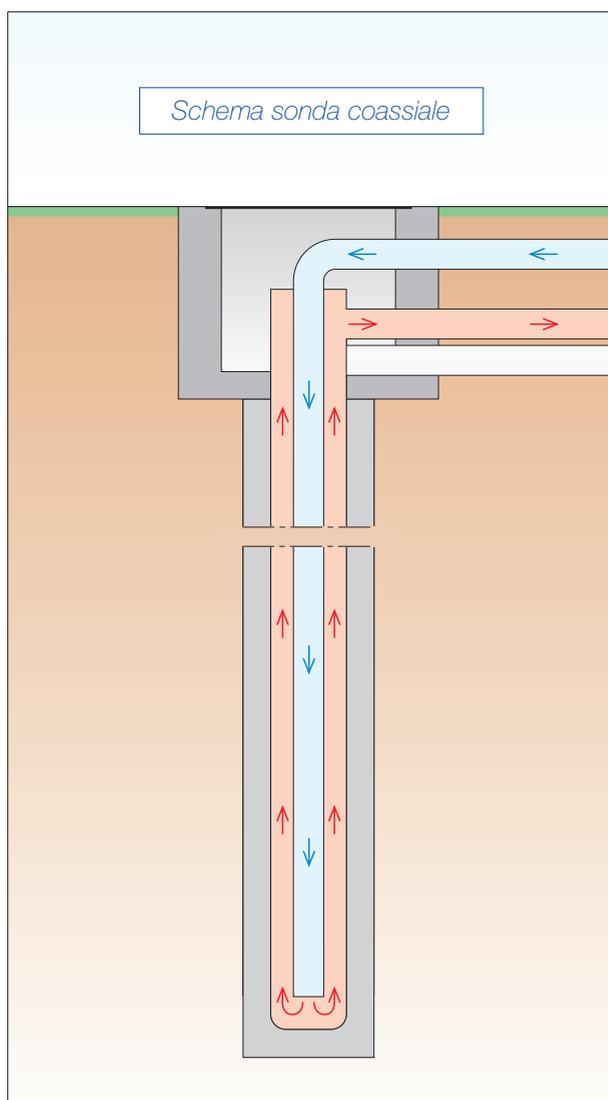
Nelle versioni più evolute, le sonde sono realizzate con **tubi esterni in acciaio inox e tubi interni in polietilene ad alta densità**.

I tubi esterni in acciaio inox servono ad evitare **corrosioni** dovute a correnti vaganti e a far sì che le sonde possano opporre **una buona resistenza meccanica** alle sollecitazioni esercitate dal terreno.

Le rese termiche di queste sonde possono essere considerate uguali a quelle delle sonde a alta profondità, riportate nella tabella di pag. 19.

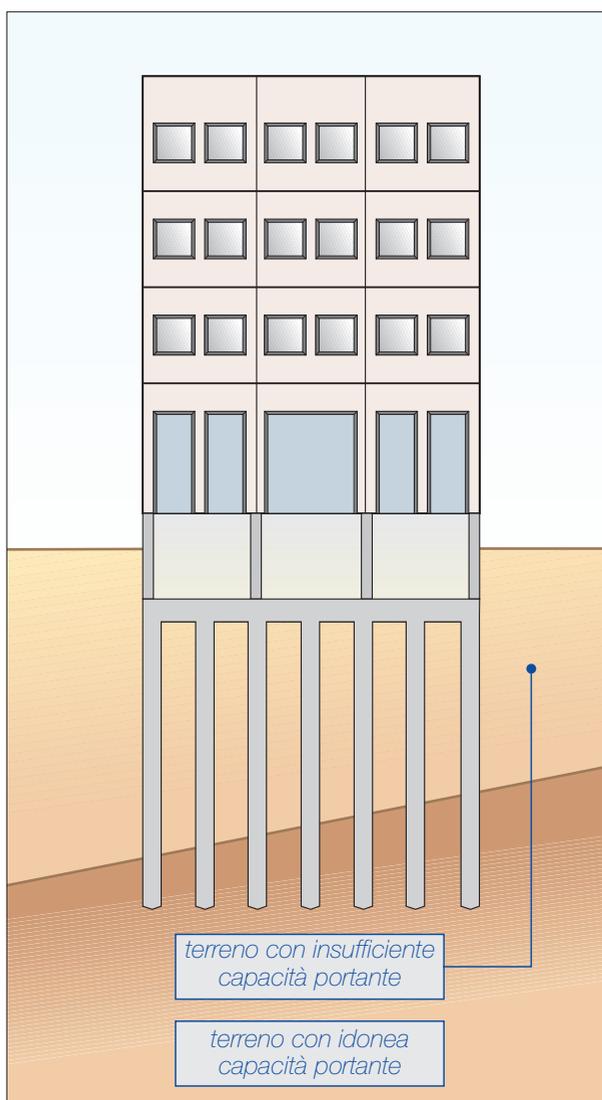
SONDE COASSIALI

Sono essenzialmente **realizzate con due tubi coassiali**. Il tubo interno serve a convogliare il



PALI DI FONDAZIONE

Sono pali utilizzati nei casi in cui non è possibile usare le normali fondazioni. Ad esempio quando

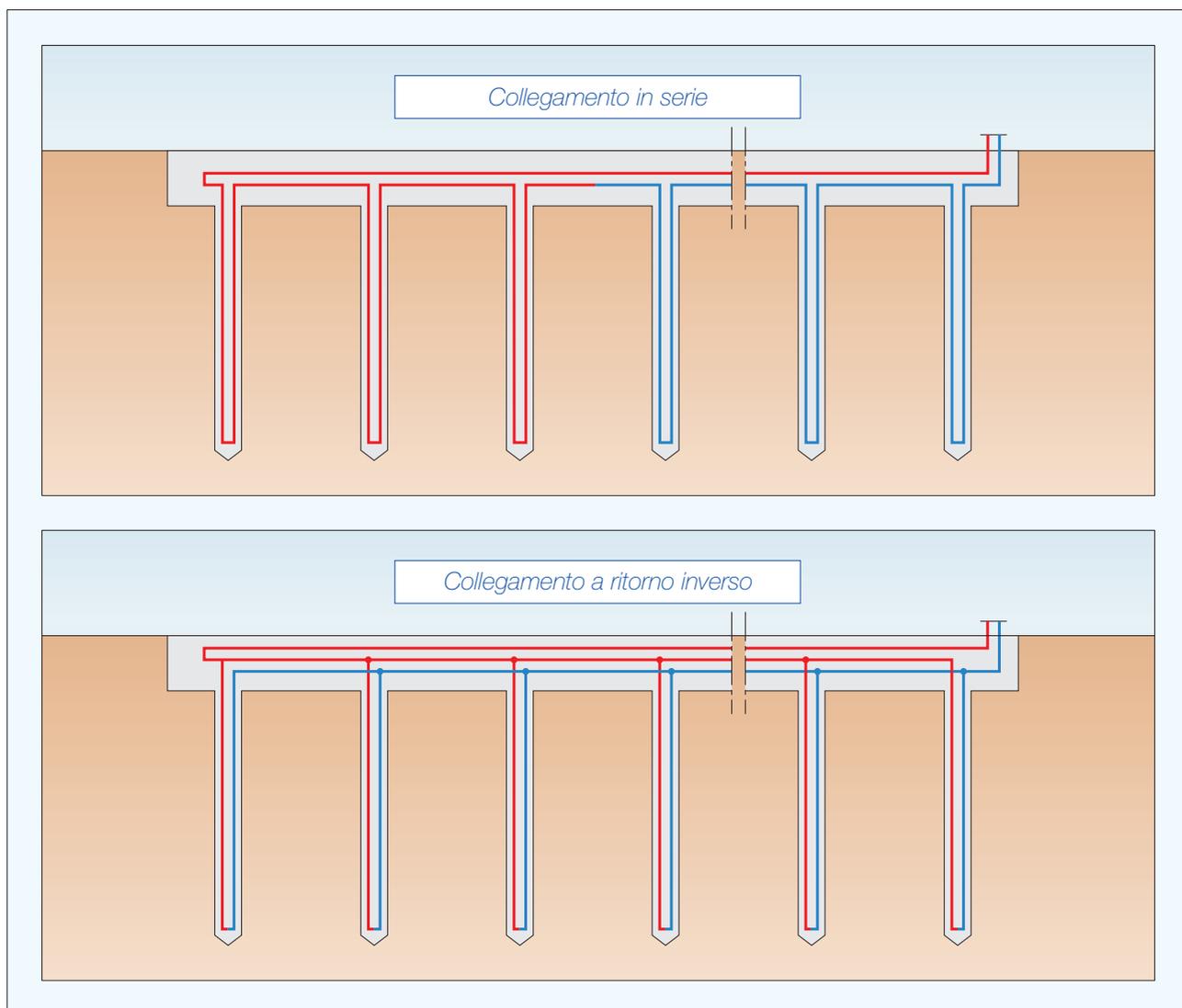
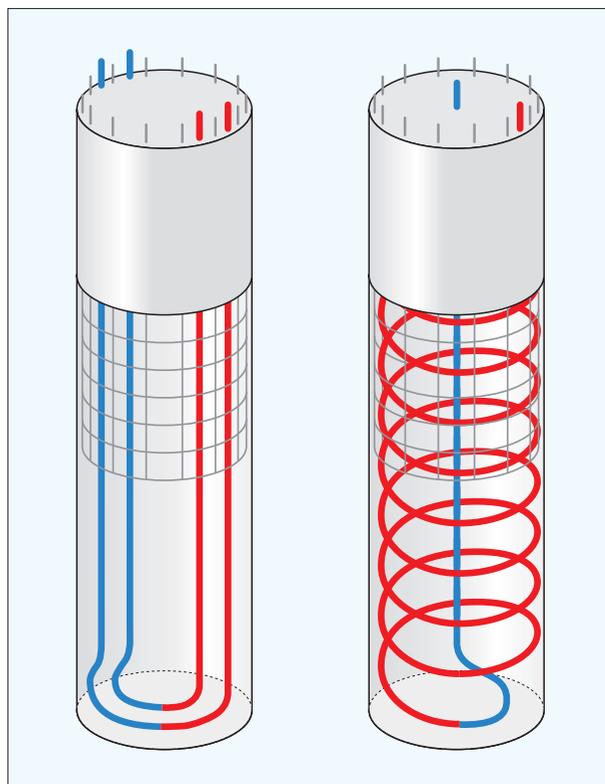


la superficie del terreno non è in grado di **sopportare il carico delle opere previste**, oppure quando **il terreno è esposto a fenomeni che ne modificano**, periodicamente o saltuariamente, **le caratteristiche fisiche**.

Per poter essere utilizzati come scambiatori di calore col terreno, **nei pali di fondazione sono inseriti tubi ad U o a spirale**: i tubi sono poi collegati alle PDC con circuiti in serie o di tipo compensato a ritorno inverso (ved. 1° Quaderno Caleffi).

È questa una tecnologia semplice e poco costosa. E può essere utilizzata anche per una sola parte dei pali, in relazione al fabbisogno termico dell'edificio.

Le rese termiche dei pali di fondazione con tubi a doppio U possono essere considerate uguali a quelle delle sonde a alta profondità, riportate nella tabella di pag. 19.



SCAMBIATORI A ALTA PROFONDITÀ

Questi scambiatori (chiamati **sonde geotermiche**) sono realizzati con **tubi installati in verticale fino ad una profondità di 100-120 m**, ma possono scendere anche **sotto i 200 m**.

Con la **profondità aumenta la resa termica delle sonde** in quanto, **sotto i 20 m** (per effetto del calore prodotto dalla terra) **la temperatura del sottosuolo cresce di circa 3°C ogni 100 m**.

Questi scambiatori sono posti in opera in fori con diametro che varia da 100 a 150 mm.

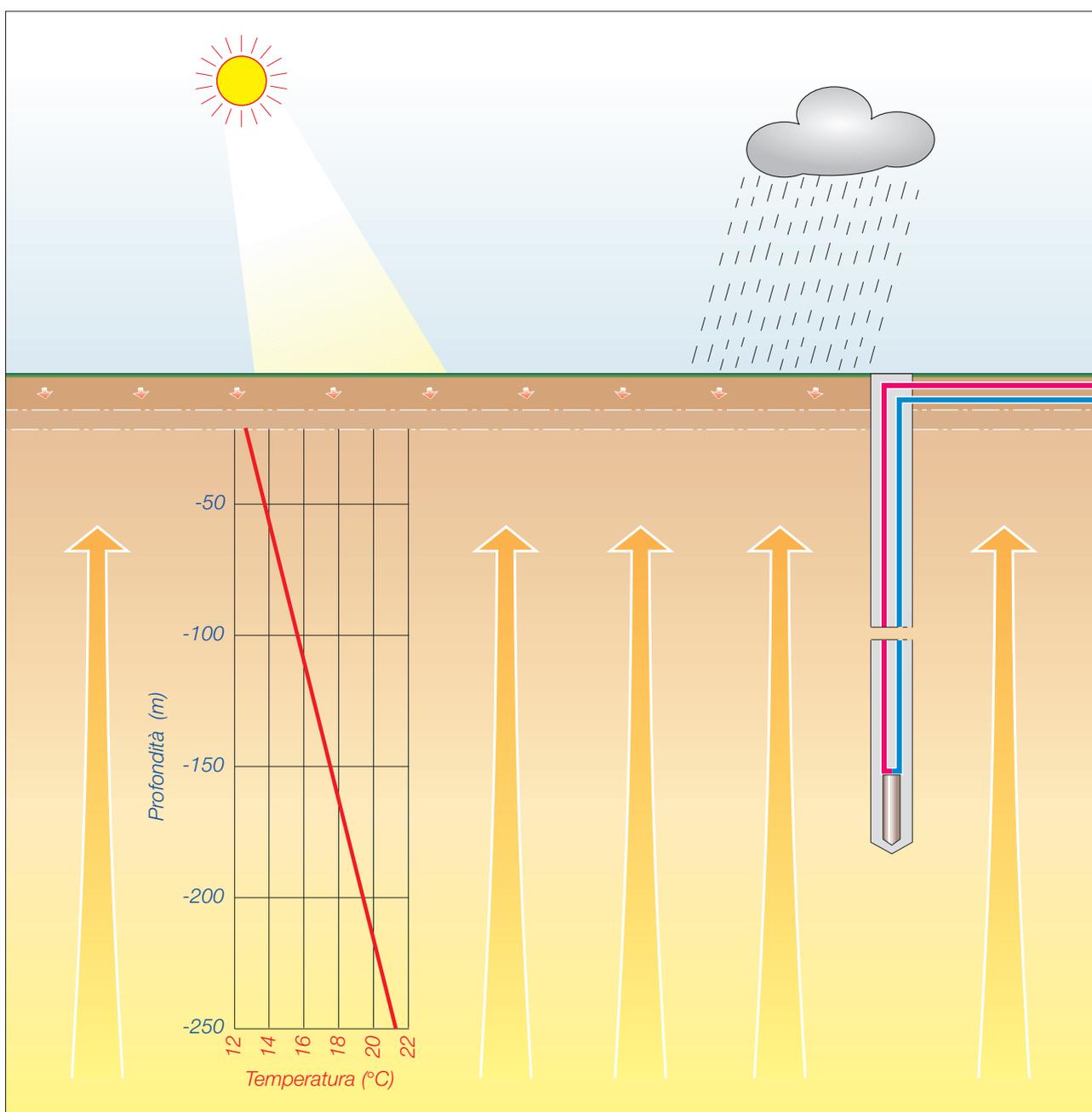
Nei fori, sono inseriti **uno o due circuiti ad U**, realizzati con tubi in **PE-Xa**, **specifici per queste applicazioni particolarmente impegnative**, dato

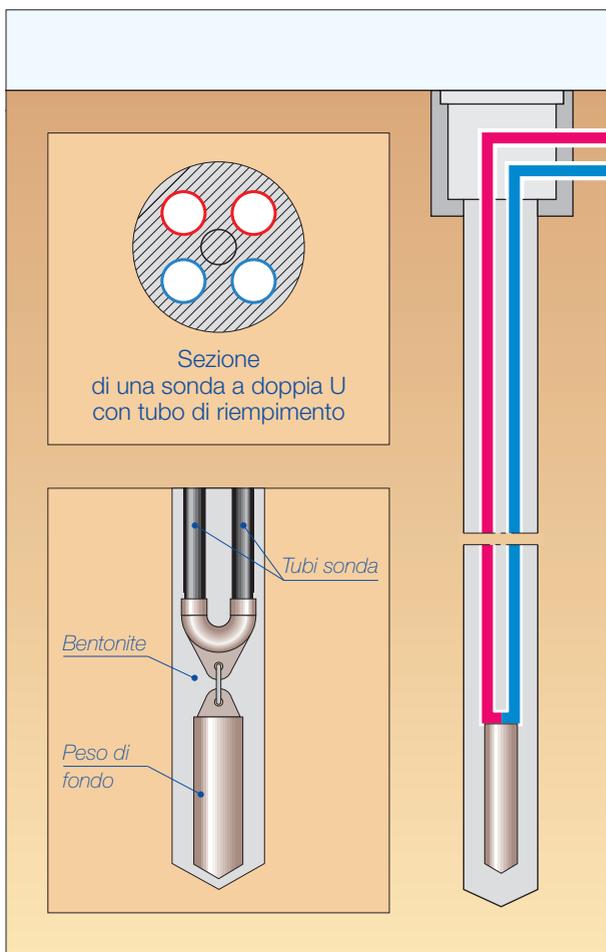
che le profondità in gioco comportano pressioni, sia interne che di schiacciamento, molto elevate.

Per rendere più facile l'inserimento dei tubi nei fori si usano zavorre, di circa 15-20 Kg, costituite da pesi a perdere. Inoltre, per mantenere le giuste distanze fra i tubi si ricorre all'uso, ogni 7-8 m, di appositi distanziatori.

Il vuoto tra le pareti dei fori e i tubi è riempito con una sospensione a base di cemento e sostanze inerti. La sospensione è iniettata dal basso verso l'alto con l'aiuto di un tubo supplementare inserito nel foro della sonda.

Per non arrecare danni alle fondazioni, le sonde geotermiche **devono essere poste in opera con distanze minime dall'edificio di almeno 4-5 m**. Inoltre, se sono previste più sonde, devono avere





fra loro distanze non inferiori a 8 m, per evitare interferenze termiche: cioè per evitare che le sonde si rubino calore l'un l'altra, diminuendo così la loro resa termica globale.

La tabella sotto riportata è ripresa dalle norme tedesche **VDI 4640** e indica le **rese delle sonde geotermiche a doppio U**, con riferimento ai tipi di sottosuolo più comuni.

Le rese termiche delle sonde sono date in [W/m] e sono state determinate in base alle condizioni indicate nella tabella stessa.

A pag. 20 sono riportate informazioni e note per la progettazione di questi scambiatori e dei relativi circuiti di collegamento alle PDC.

Nota:

*Va attentamente considerato che gli interventi sia di perforazione che di riempimento dei fori **possono gravemente contaminare il terreno e essere causa di altre interferenze** (specie con le falde acquifere) **molto dannose per lo stato del sottosuolo.***

*Pertanto gli interventi **devono essere eseguiti nel rigoroso rispetto della norme vigenti** (ved. pag. 23) e affidati solo ad imprese abilitate per legge allo svolgimento di tali lavori.*

Rese termiche specifiche per sonde geotermiche

Tipo sottosuolo	Conducibilità termica (W/mK)	Potenza estraibile (W/m)	
		1800 ore	2400 ore
Valori guida generali:			
Sottosuolo povero (sedimento secco)	<1,5	25	20
Rocce e terreni sciolti saturi d'acqua	1,5-3,0	60	50
Rocce ad alta conducibilità termica	> 3,0	84	70
Tipologia roccia/terreno:			
Ghiaia, sabbia, asciutta	0,4	< 25	< 20
Ghiaia, sabbia, saturi d'acqua	1,8-2,4	65-80	55-65
Argilla, terriccio, umido	1,7	35-50	30-40
Calcere (massiccio)	2,8	55-70	45-60
Arenaria	2,3	65-80	55-65
Magmatite silicea (ad esempio, granito)	3,4	65-85	55-70
Magmatite basica (ad esempio, basalto)	1,7	40-65	35-55
Gneiss	2,9	70-85	60-70

- estrazione del solo calore
- la lunghezza della singola sonda deve essere compresa tra 40 e 100 m
- la distanza più piccola tra due sonde geotermiche deve essere:
 - almeno 5 m per le lunghezze foro scambiatore di calore da 40 a 50 m
 - almeno 6 m per le lunghezze foro scambiatore di calore > 50 m a 100 m
- sonde geotermiche con tubi a doppio U con DN 20, 25 o DN 32 o sonde coassiali con un diametro minimo di 60 mm
- non applicabile per un'alta concentrazione di sonde su una zona limitata

CIRCUITI DI COLLEGAMENTO FRA SCAMBIATORI DI CALORE E PDC

I circuiti che collegano fra loro gli scambiatori di calore che derivano calore dal terreno e le PDC possono essere così progettati e realizzati:

PROGETTAZIONE

Si può procedere secondo le fasi e procedure di seguito specificate:

Fase 1

Si calcola il **calore derivabile dal terreno** (Q_{ter}) in base alla potenza termica richiesta dall'impianto e al COP di progetto della PDC.

Fase 2

Si effettua il **dimensionamento di massima degli scambiatori**:

- **scambiatori a serpentini e a chiocciola**
si calcola la loro superficie totale dividendo Q_{ter} per la resa termica specifica (W/m^2) fra terreno e tubi; si calcola poi la lunghezza totale dei tubi in base all'interasse scelto (in genere 0,4 m).
- **scambiatori ad anelli**
si calcola la lunghezza totale dei loro tubi dividendo Q_{ter} per la resa termica specifica lineare (W/m) fra terreno e tubi.
- **scambiatori a spirale**
si calcola la loro superficie totale dividendo Q_{ter} per la resa termica specifica (W/m^2) fra terreno e tubi; si calcola poi la lunghezza totale dei tubi in base al passo e al diametro delle spirali.
- **scambiatori a canestri**
si calcola il loro numero dividendo Q_{ter} per la resa termica nominale dei canestri; si calcola poi la lunghezza totale dei tubi in base alla lunghezza dei tubi di ogni canestro.
- **scambiatori a sonde geotermiche**
si calcola la lunghezza delle sonde dividendo Q_{ter} per la loro resa termica specifica lineare (W/m); si calcola poi la lunghezza totale dei tubi in base al tipo di sonde (a 2 o 4 tubi).

Fase 3

Si dimensionano gli scambiatori e i circuiti di collegamento alle PDC in base a 2 parametri guida: **il salto termico e le perdite di carico**.

In genere, **come salto termico, è bene assumere valori compresi fra 3 e 5°C**.

Per le perdite di carico (al netto delle perdite di carico interne delle PDC) è **consigliabile invece**

assumere i seguenti valori:

- **1.500–2.000 mm c.a. in impianti medio-piccoli,**
- **3.500–4.000 mm c.a. in impianti grandi.**

Nel determinare le perdite di carico dei circuiti vanno considerate sia le temperature di lavoro del fluido vettore sia la maggior resistenza al flusso opposta dall'uso di sostanze antigelo (ved. 1° Quaderno Caleffi).

FLUIDO TERMOVETTORE

È costituito da una miscela di acqua e da un agente antigelo, il cui compito è quello di garantire **un punto di congelamento della miscela inferiore di 7–8°C rispetto alla temperatura minima di lavoro della pompa**. Solitamente, per ragioni di sicurezza, si garantisce il **non congelamento della miscela fino a -20°C**.

L'antigelo ideale dovrebbe essere: non tossico, non infiammabile, a basso impatto ambientale, non corrosivo, stabile, con buone caratteristiche di scambio termico ed economico.

L'antigelo più utilizzato in Europa è il glicole propilenico. Le **VDI 4640** consigliano come fluidi antigelo il **glicole propilenico** ($C_3H_8O_2$) e il **glicole etilenico** ($C_2H_6O_2$).

Negli Stati Uniti e in Canada sono anche le soluzioni saline (molto corrosive) e il metanolo (tossico e infiammabile in elevate concentrazioni).

PRINCIPALI COMPONENTI

Questi i principali componenti con cui sono realizzati i circuiti in esame:

Tubi

Sono generalmente utilizzati **tubi in plastica**, quali ad esempio il polietilene (PE), il **polipropilene (PP)** e il **polibutilene (PB)**.

Per gli sviluppi a bassa profondità (scambiatori e circuiti di collegamento) è bene prevedere **la posa di nastri di segnalazione** atti a limitare il pericolo di **rottore occasionali** e quindi di possibili dispersioni nel sottosuolo dell'antigelo contenuto nei tubi.

Pompe di circolazione

Devono essere in grado di garantire le prestazioni previste anche a basse temperature. Per sicurezza è bene scegliere pompe che lavorano fino a **-25°C**.

Vasi di espansione

Servono a limitare le sovrappressioni dovute alle variazioni volumetriche del fluido, uguali a circa **0,8–1,0 %** rispetto al volume del circuito.

Valvole di sicurezza

La loro funzione è quella di proteggere l'impianto da possibili sovrappressioni, soprattutto in fase di riempimento o di rinnovo del fluido.

Manometri

Servono a verificare la pressione dell'impianto in fase di caricamento e di funzionamento.

Termometri

Servono a controllare la temperatura del fluido in entrata e in uscita dalle PDC.

Valvole di sfogo aria

Servono a rimuovere l'aria dall'impianto e quindi servono ad evitare (1) pericoli di rumorosità e di usura delle pompe di circolazione, (2) una ridotta capacità di scambio delle PDC.

Defangatori

Sono utili soprattutto per evitare l'accumulo di impurità nell'evaporatore e quindi una minor resa termica delle PDC.

Pressostati di minima

Servono a proteggere i circuiti frigoriferi delle PDC nel caso di perdite ai circuiti geotermici. In tal caso, per limitare l'inquinamento del terreno, possono anche attivare allarmi ottici o acustici.

Pressostati di sicurezza

Servono ad interrompere il funzionamento delle PDC nel caso di sovrappressioni dovute a possibili surriscaldamenti.

Flussostati

Servono a proteggere i circuiti interni delle PDC nel caso di insufficiente circolazione nei circuiti geotermici, dovuta ad esempio a ostruzioni o al blocco delle pompe di circolazione.

Giunti antivibranti

Servono a contrastare la trasmissione di vibrazioni dalle PDC ai circuiti degli impianti.

Collettori di distribuzione

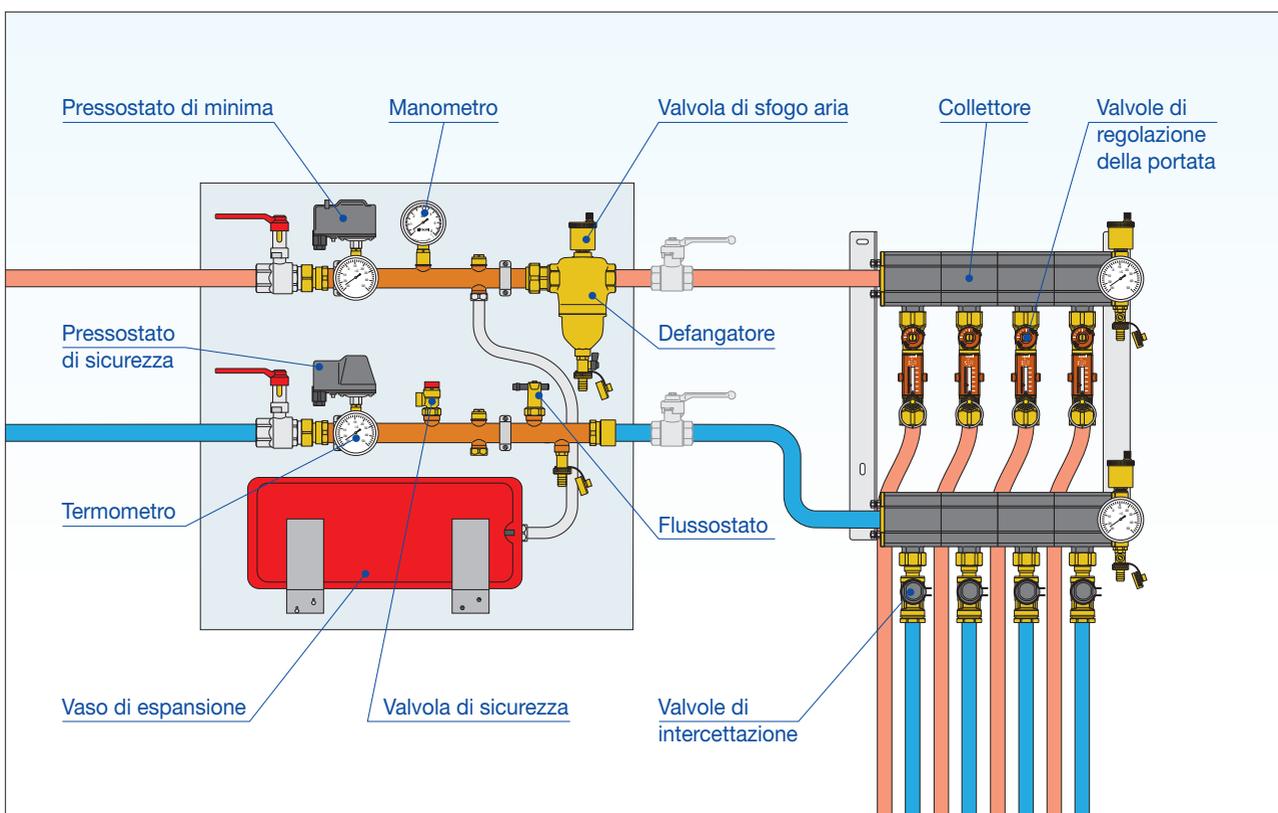
Devono avere basse perdite di carico ed essere protetti contro la formazione di condensa con celle d'aria o un'adeguata coibentazione.

Valvole di intercettazione

Servono ad escludere singolarmente i vari circuiti geotermici: operazione necessaria soprattutto nel caso di possibili perdite.

Valvole di regolazione della portata

Servono a regolare le portate dei circuiti e dei sottocircuiti geotermici in base ai valori richiesti per poter assicurare il corretto funzionamento delle PDC.



RAFFRESCAMENTO ESTIVO

Come già accennato, gli impianti geotermici **possono essere utilizzati non solo per riscaldare, ma anche per raffrescare**: prestazione questa generalmente da abbinarsi alla deumidificazione degli ambienti.

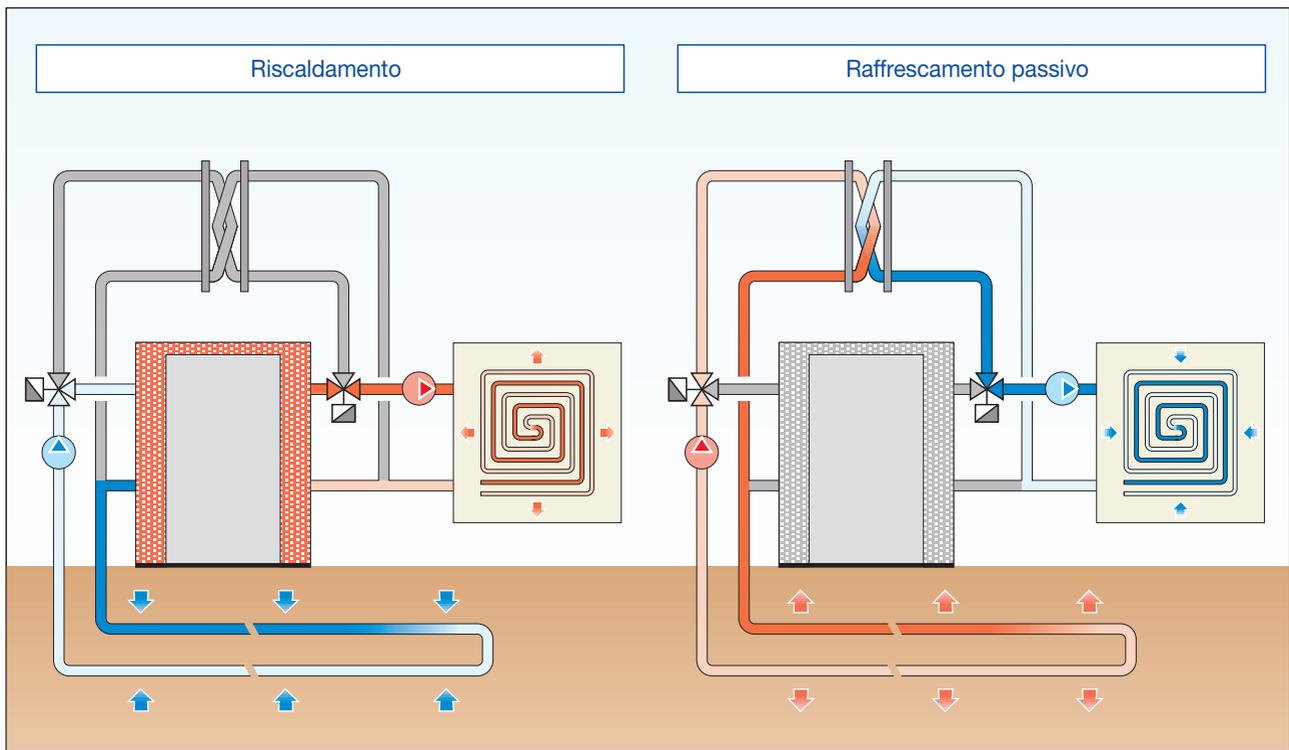
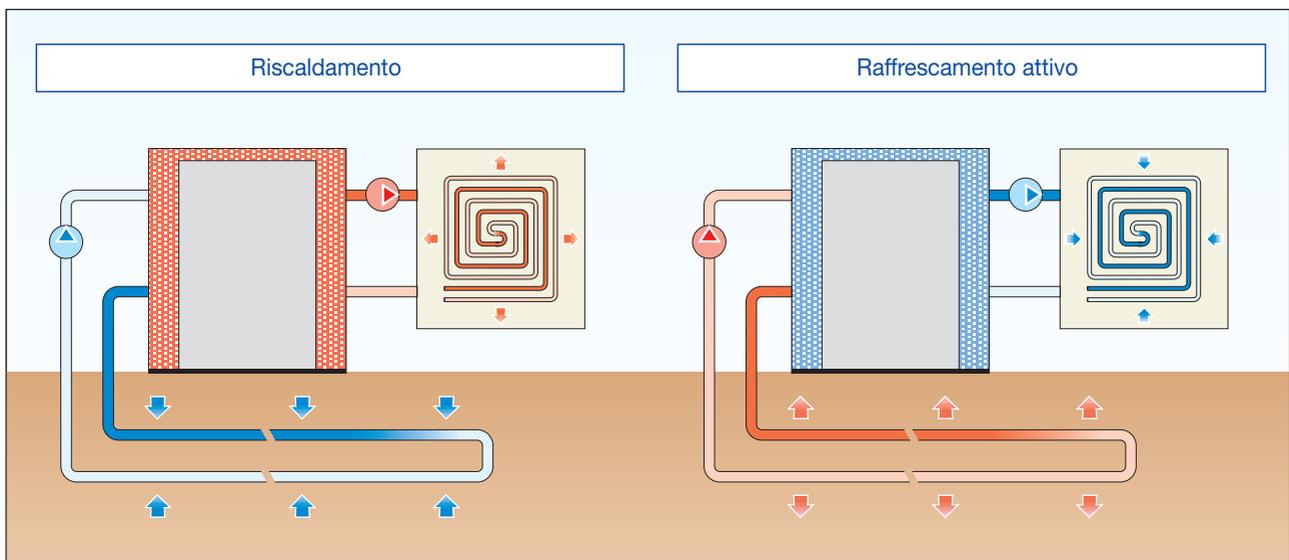
Il raffrescamento può essere di tipo sia **attivo che passivo**.

Il raffrescamento attivo utilizza le PDC (in ciclo estivo) **per portare il fluido che serve i terminali** (pannelli, ventilconvettori o batterie d'aria) **alla temperatura voluta**.

Il raffrescamento passivo, invece, non utilizza le PDC. Per abbassare la temperatura del fluido che serve i terminali è direttamente **utilizzato** (con uno scambiatore interposto) **il fluido geotermico**.

In questa fase la funzione delle PDC è solo quella di produrre acqua calda sanitaria.

È senz'altro quest'ultimo il tipo di raffrescamento più ecologico ed economico.



NORME E REGOLAMENTI

In Italia, il compito di redigere norme e regolamenti **in campo geotermico è affidato alle Regioni**, in quanto rientra nell'ambito legislativo che riguarda la difesa del suolo e la tutela delle acque. Finora però non sono molte le Regioni che hanno assolto tale compito.

Inoltre, anche dove le norme e i regolamenti sono state emanati, **sussiste**, tra Regione e Regione, **il problema della mancanza di linee di condotta comuni e di inutili diversificazioni**.

Tutto ciò comporta serie difficoltà ai Progettisti, agli Installatori e alle Imprese del settore e limita la diffusione di questa nuova tecnologia, a cui è senz'altro d'ostacolo anche la poca chiarezza in merito agli incentivi ad essa riservati.

Probabilmente **sarebbe molto utile poter disporre di una normativa a livello nazionale tecnicamente valida e chiara**, senza troppe indeterminazioni né complicazioni gratuite.

Appare fondato il timore che **le Regioni siano istituzioni troppo piccole per poter affrontare in modo coerente ed organico la complessità dei vari problemi inerenti l'uso razionale dell'energia**.

Qui cercheremo comunque di cogliere quelli che possono essere considerati, in campo geotermico, i principali orientamenti normativi e le relative prescrizioni.

ORIENTAMENTI E PRESCRIZIONI D'ORDINE GENERALE

In genere, le normative regionali già presentate o in via di presentazione, **tendono a suddividere gli impianti geotermici** (senza prelievi di acqua dal sottosuolo) **in funzione di due parametri**: (1) la profondità di posa degli scambiatori, (2) la potenza termica e/o frigorifera utile.

Profondità di posa degli scambiatori

È vietata la posa di scambiatori interrati nelle zone di tutela assoluta del territorio.

Nelle zone senza vincoli di tutela del territorio, si considerano generalmente i seguenti casi:

- ✓ **profondità senza obbligo di autorizzazioni**
per profondità di posa inferiori ai limiti definiti dai vari regolamenti regionali, non è richiesta alcuna autorizzazione.
- ✓ **profondità con obbligo di autorizzazioni**
per profondità superiori ai limiti di cui sopra, è richiesta una specifica autorizzazione da parte delle Autorità competenti.

In entrambi i casi può essere necessario registrare l'impianto al Registro Regionale Sonde Geotermiche.

Dimensionamento degli impianti in relazione alla potenza termica e/o frigorifera utile

In relazione a tali potenze termiche, si considerano generalmente i seguenti casi:

- ✓ **impianti medio-piccoli** (potenze termiche non superiori a circa 50 kW)
Il dimensionamento può essere eseguito in base alle rese termiche del sottosuolo, a partire dalle stratigrafie presunte del terreno, ricavabili dalle carte geologiche o da indagini di siti adiacenti.
- ✓ **impianti grandi** (potenze termiche superiori a circa 50 kW)
Il dimensionamento deve essere eseguito in base alle rese termiche del terreno misurate in loco con un'apposita "prova di risposta termica" (*Ground Response Test*).

La prova del *Ground Response Test* (GRT) deve essere condotta con una sonda "pilota" che in seguito può essere integrata nel sistema di scambio termico col sottosuolo. La realizzazione della prova e l'elaborazione dei dati devono essere realizzate in conformità a quanto stabilito dai vari regolamenti.

IL COSTO DELL'ENERGIA ELETTRICA

In Italia (dove il costo dell'energia elettrica supera di gran lunga la media Europea) esistono due mercati:

quello di maggior tutela (ex mercato vincolato) con prezzo regolato dall'Autorità per Energia Elettrica e il Gas (AEEG), e

quello libero dove le aziende venditrici di energia sono libere di stabilire i prezzi.

Nel mercato a maggior tutela le tariffe elettriche si differenziano per tipo di utenza e destinazione d'uso. Nel caso specifico delle pompe di calore l'utente finale può optare per due soluzioni:

Opzione singolo contatore:

con tariffa unica indipendente dalle apparecchiature e dalle macchine elettriche installate;

Opzione doppio contatore:

con conteggio separato dei consumi della pompa di calore dagli altri usi.

Nel secondo caso la tariffa applicata alla pompa di calore è inferiore a quella degli altri usi. Tuttavia va considerato che il doppio contatore comporta un maggior costo di attivazione e un impegnativo annuale più elevato, il che lo rende conveniente solo oltre un certo livello dei consumi.

Per informazioni più dettagliate è utile consultare il "Vademecum Tariffe Elettriche per Utenze domestiche con Pompa di Calore" edito da COAER.

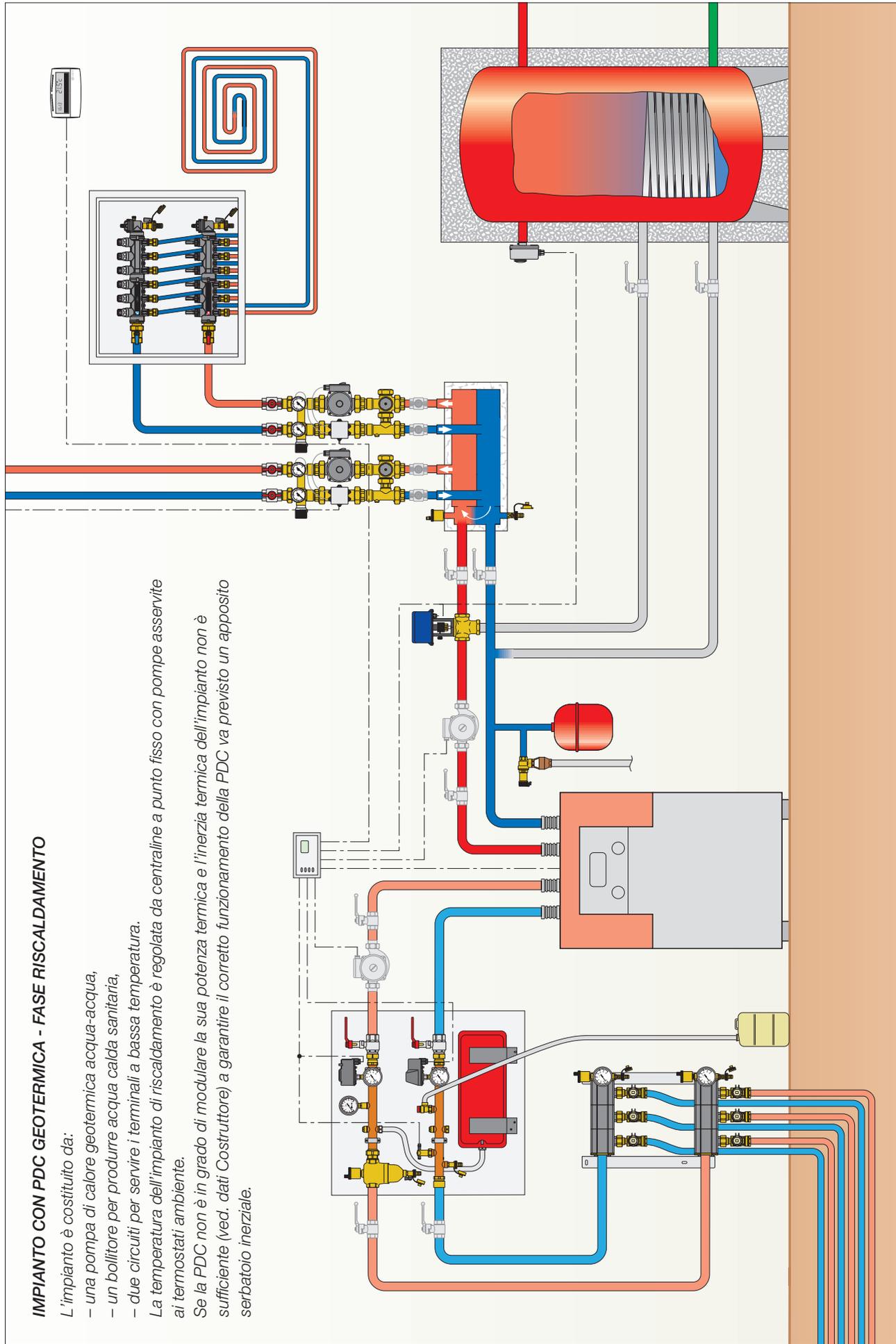
IMPIANTO CON PDC GEOTERMICA - FASE RISCALDAMENTO

L'impianto è costituito da:

- una pompa di calore geotermica acqua-acqua,
- un bollitore per produrre acqua calda sanitaria,
- due circuiti per servire i terminali a bassa temperatura.

La temperatura dell'impianto di riscaldamento è regolata da centraline a punto fisso con pompe asservite ai termostati ambiente.

Se la PDC non è in grado di modulare la sua potenza termica e l'inerzia termica dell'impianto non è sufficiente (ved. dati Costruttore) a garantire il corretto funzionamento della PDC va previsto un apposito serbatoio inerziale.

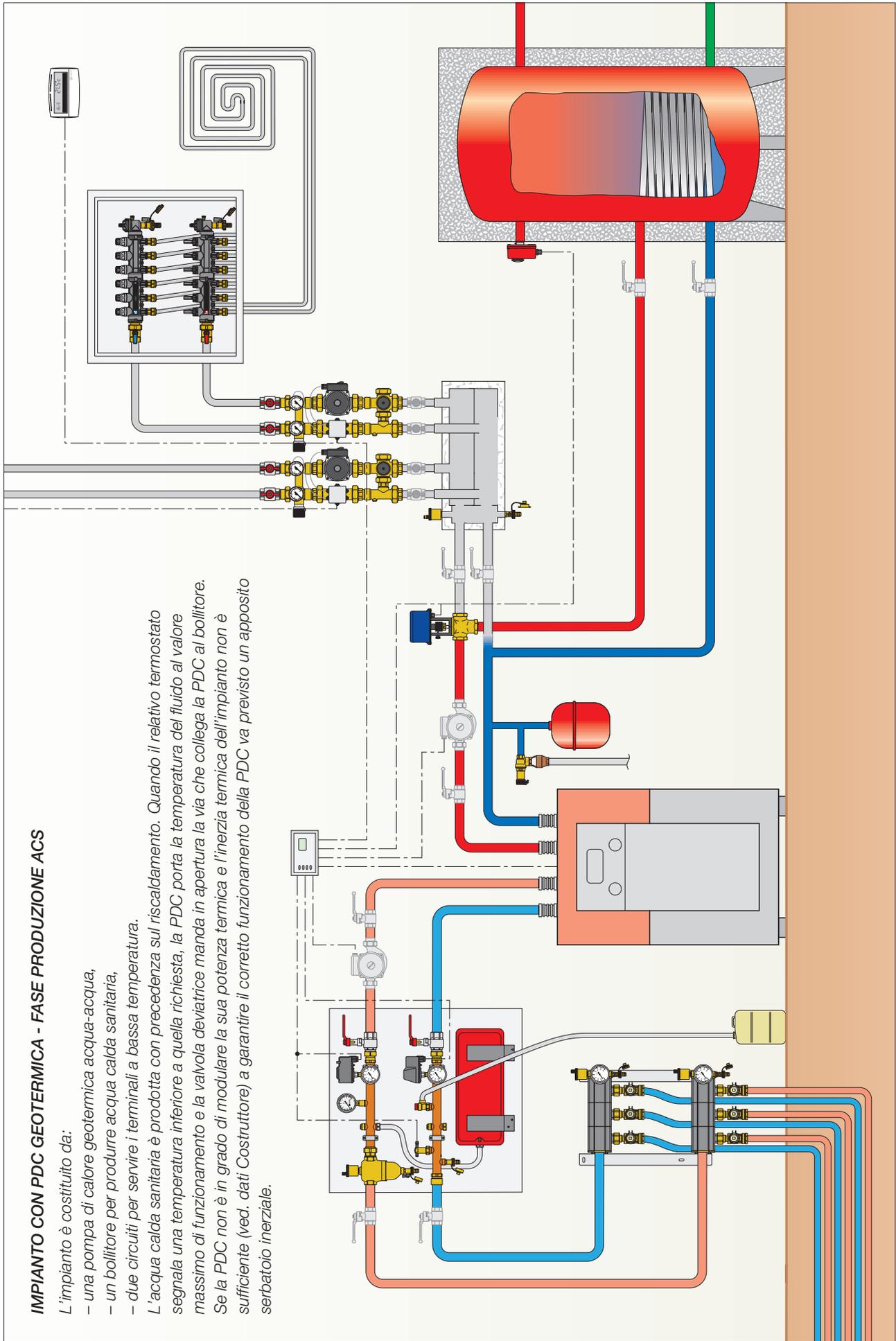


IMPIANTO CON PDC GEOTERMICA - FASE PRODUZIONE ACS

L'impianto è costituito da:

- una pompa di calore geotermica acqua-acqua,
- un bollitore per produrre acqua calda sanitaria,
- due circuiti per servire i terminali a bassa temperatura.

L'acqua calda sanitaria è prodotta con precedenza sul riscaldamento. Quando il relativo termostato segnala una temperatura inferiore a quella richiesta, la PDC porta la temperatura del fluido al valore massimo di funzionamento e la valvola deviatrice manda in apertura la via che collega la PDC al bollitore. Se la PDC non è in grado di modulare la sua potenza termica e l'inerzia termica dell'impianto non è sufficiente (ved. dati Costruttore) a garantire il corretto funzionamento della PDC va previsto un apposito serbatoio inerziale.



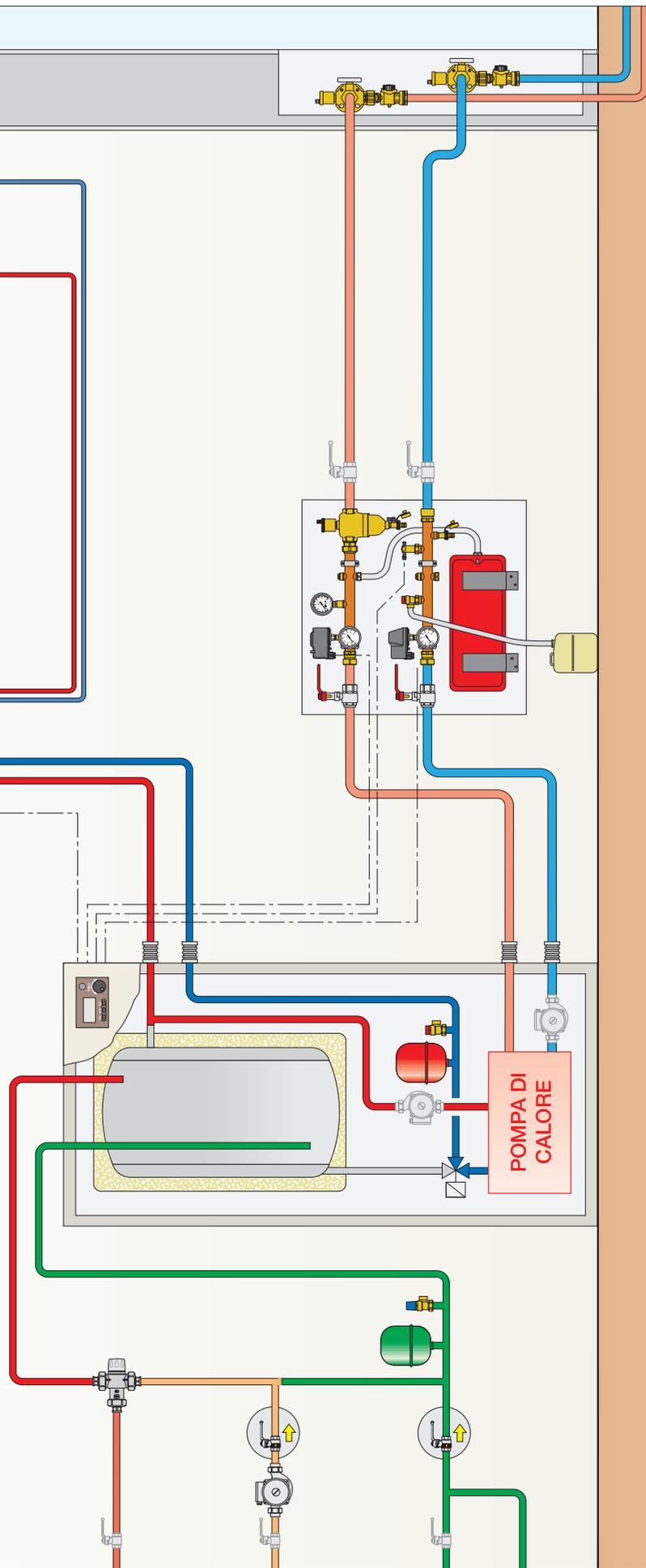
IMPIANTO CON PDC GEOTERMICA COMBINATA - FASE RISCALDAMENTO

L'impianto è costituito da una PDC monoblocco nel cui involucro sono posti:

- un circolatore per gli scambiatori di calore esterni,
- una circolatore per i terminali e il bollitore,
- una valvola deviatrice a tre vie.

La circolazione del fluido che serve l'impianto di riscaldamento è comandata da un termostato ambiente che comanda anche il circolatore del gruppo di regolazione a punto fisso per i pannelli radianti.

Il dimensionamento del circuito geotermico e dell'impianto di riscaldamento deve essere eseguito in base alle caratteristiche dei relativi circolatori in dotazione alla PDC. Se la PDC non è in grado di modulare la sua potenza termica e l'inerzia termica dell'impianto non è sufficiente (vedi dati Costruttore) a garantire il corretto funzionamento della PDC va previsto un apposito serbatoio inerziale.



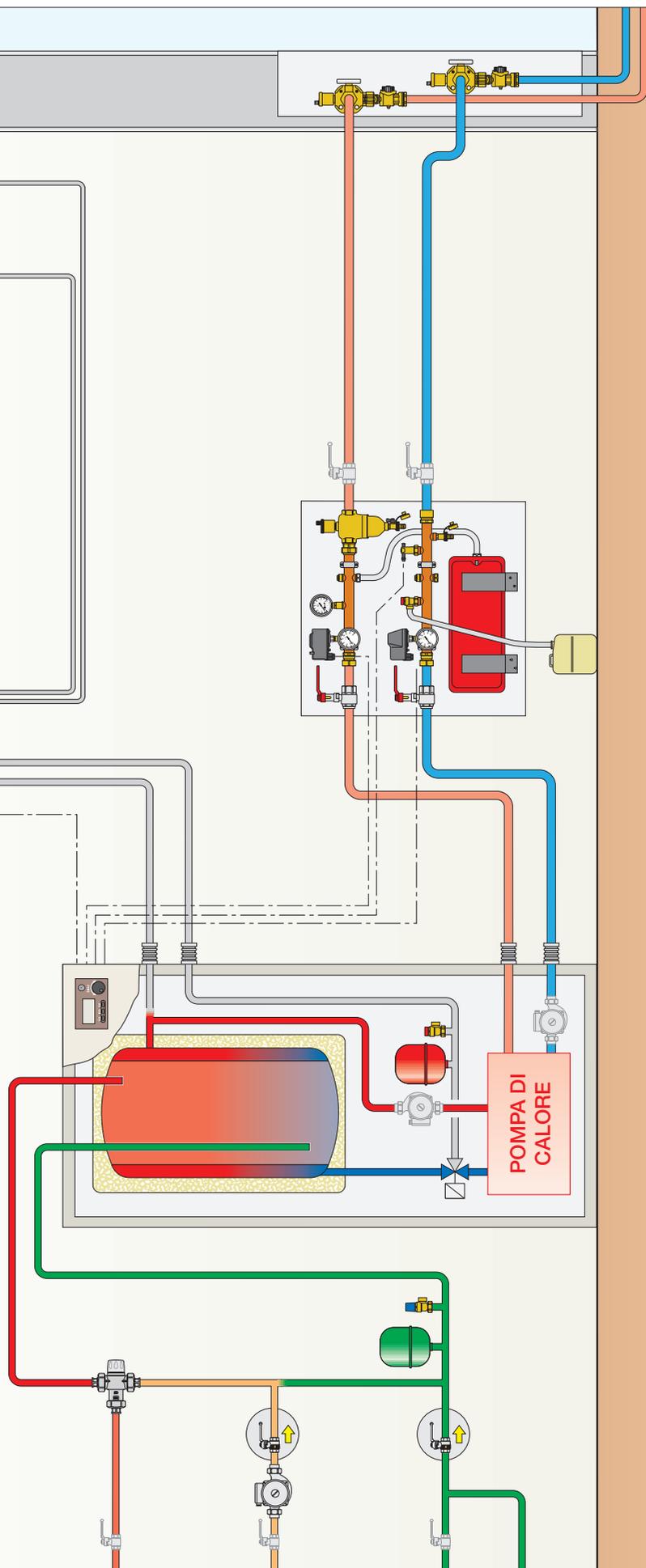
IMPIANTO CON PDC GEOTERMICA COMBINATA - FASE PRODUZIONE ACS

L'impianto è costituito da una PDC monoblocco nel cui involucro sono posti:

- un bollitore a camicia,
- una circolatore per gli scambiatori di calore esterni,
- una circolatore per i terminali e il bollitore,
- una valvola deviatrice a tre vie.

La circolazione del fluido che serve per la produzione di ACS è attivata da una sonda interna.

Se la PDC non è in grado di modulare la sua potenza termica e l'inerzia termica dell'impianto non è sufficiente (ved. dati Costruttore) a garantire il corretto funzionamento della PDC va previsto un apposito serbatoio inerziale.



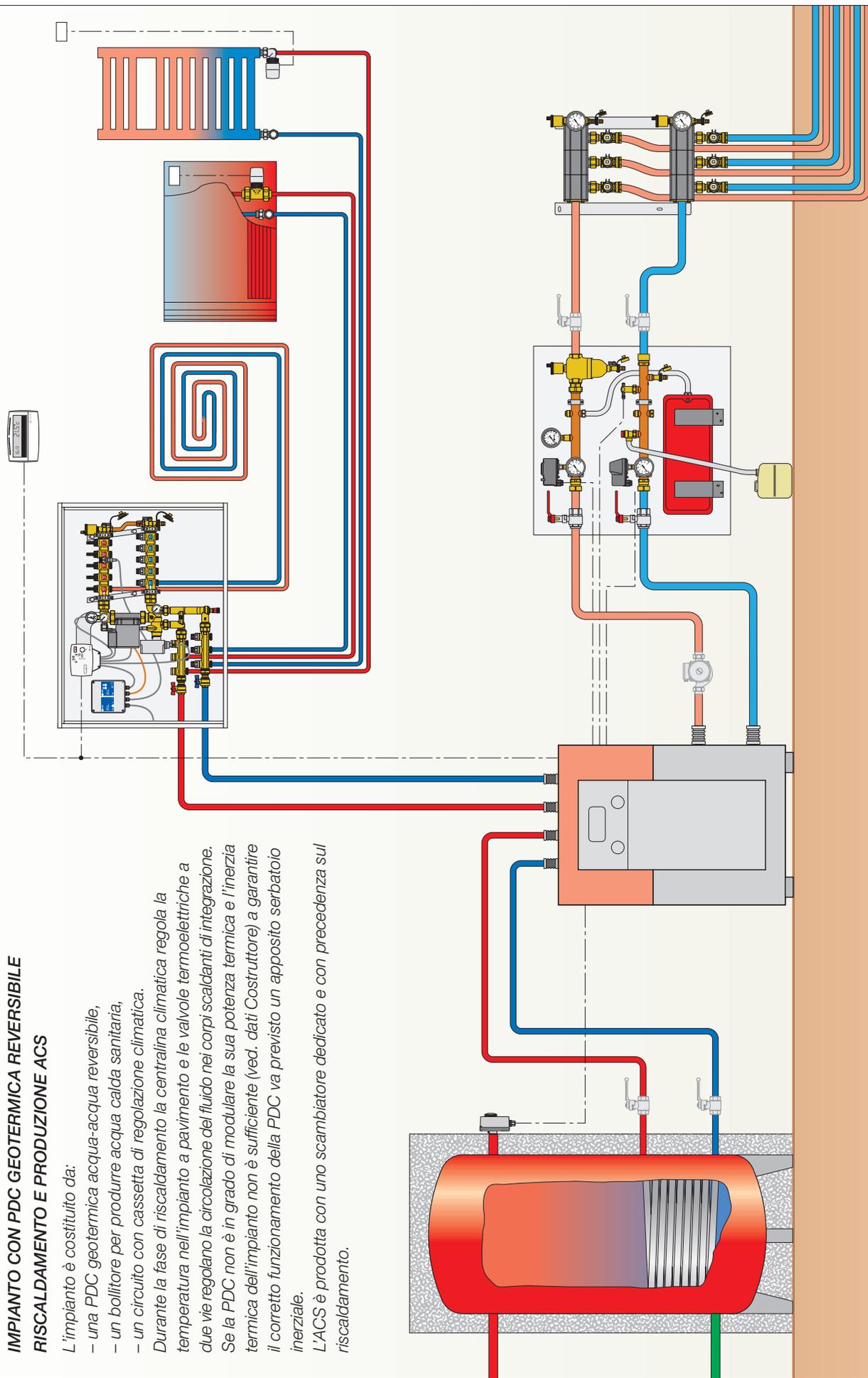
IMPIANTO CON PDC GEOTERMICA REVERSIBILE RISCALDAMENTO E PRODUZIONE ACS

L'impianto è costituito da:

- una PDC geotermica acqua-acqua reversibile,
- un bollitore per produrre acqua calda sanitaria,
- un circuito con cassetta di regolazione climatica.

Durante la fase di riscaldamento la centralina climatica regola la temperatura nell'impianto a pavimento e le valvole termoelettriche a due vie regolano la circolazione del fluido nei corpi scaldanti di integrazione. Se la PDC non è in grado di modulare la sua potenza termica e l'inerzia termica dell'impianto non è sufficiente (ved. dati Costruttore) a garantire il corretto funzionamento della PDC va previsto un apposito serbatoio inerziale.

L'ACS è prodotta con uno scambiatore dedicato e con precedenza sul riscaldamento.



**IMPIANTO CON PDC GEOTERMICA REVERSIBILE
RAFFRESCAMENTO E PRODUZIONE ACS**

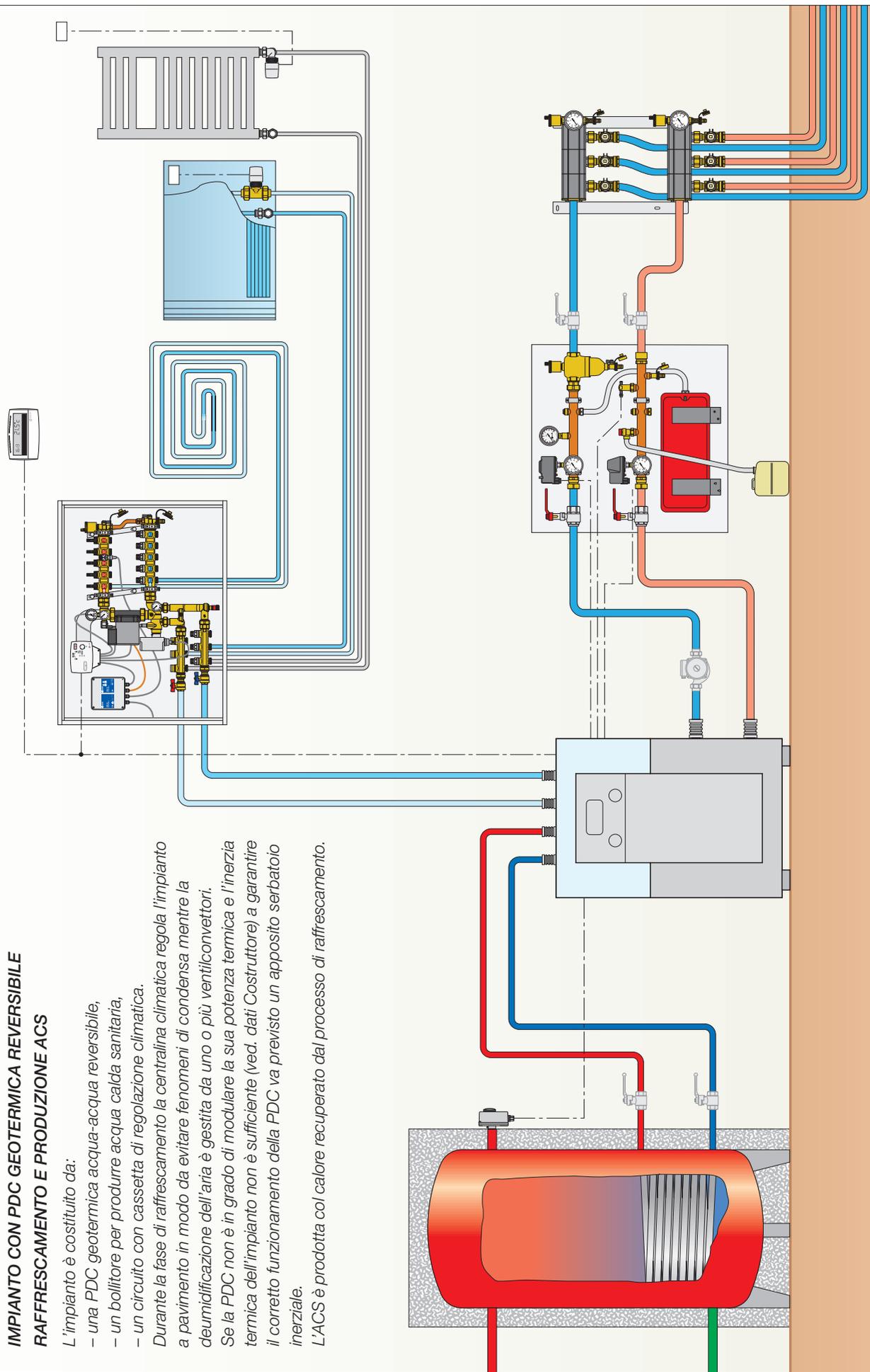
L'impianto è costituito da:

- una PDC geotermica acqua-acqua reversibile,
- un bollitore per produrre acqua calda sanitaria,
- un circuito con cassetta di regolazione climatica.

Durante la fase di raffreddamento la centralina climatica regola l'impianto a pavimento in modo da evitare fenomeni di condensa mentre la deumidificazione dell'aria è gestita da uno o più ventilconvettori.

Se la PDC non è in grado di modulare la sua potenza termica e l'inerzia termica dell'impianto non è sufficiente (ved. dati Costruttore) a garantire il corretto funzionamento della PDC va previsto un apposito serbatoio inerziale.

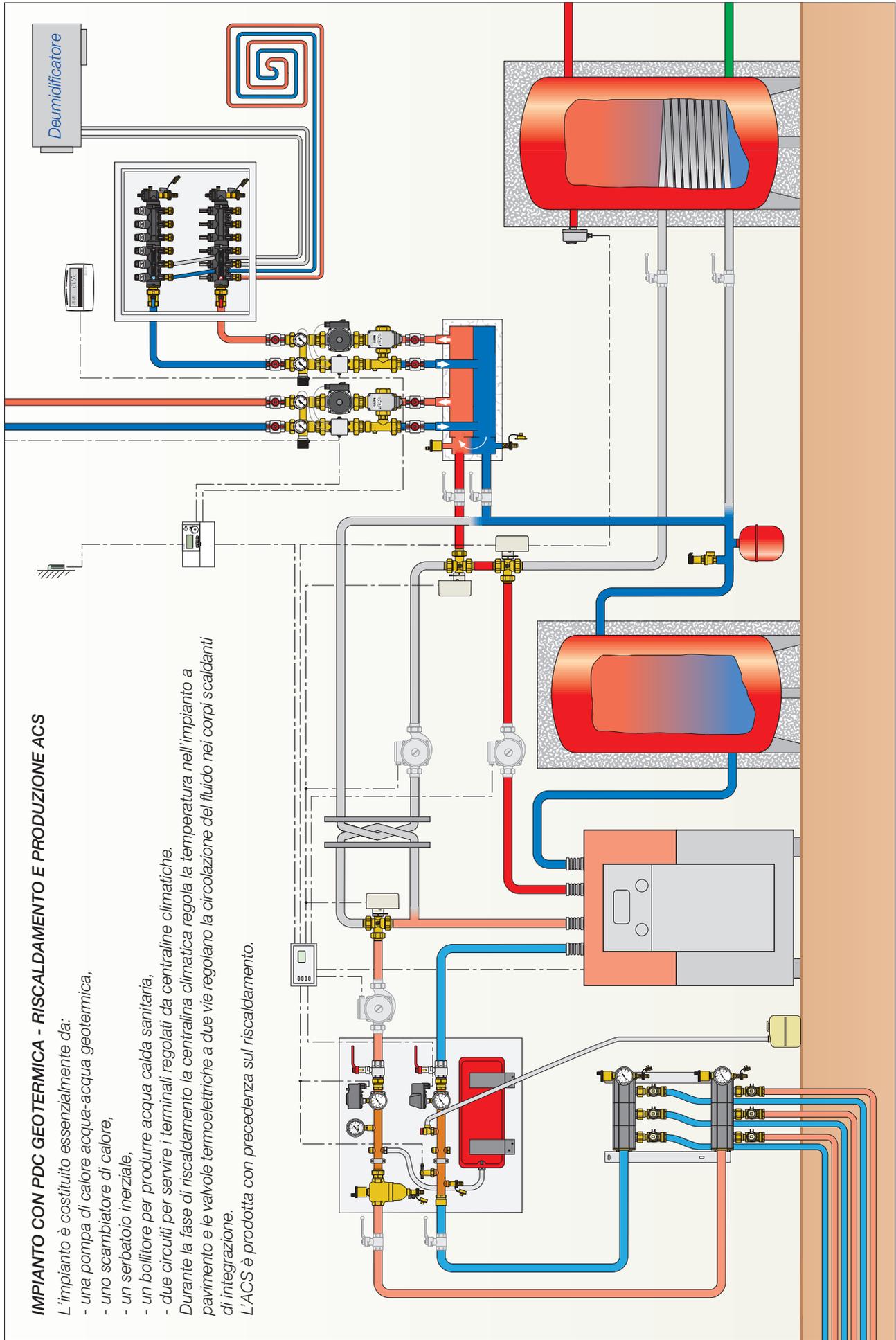
L'ACS è prodotta col calore recuperato dal processo di raffreddamento.



IMPIANTO CON PDC GEOTERMICA - RISCALDAMENTO E PRODUZIONE ACS

L'impianto è costituito essenzialmente da:

- una pompa di calore acqua-acqua geotermica,
 - uno scambiatore di calore,
 - un serbatoio inerziale,
 - un bollitore per produrre acqua calda sanitaria,
 - due circuiti per servire i terminali regolati da centraline climatiche.
- Durante la fase di riscaldamento la centralina climatica regola la temperatura nell'impianto a pavimento e le valvole termoelettriche a due vie regolano la circolazione del fluido nei corpi scaldanti di integrazione.
- L'ACS è prodotta con precedenza sul riscaldamento.



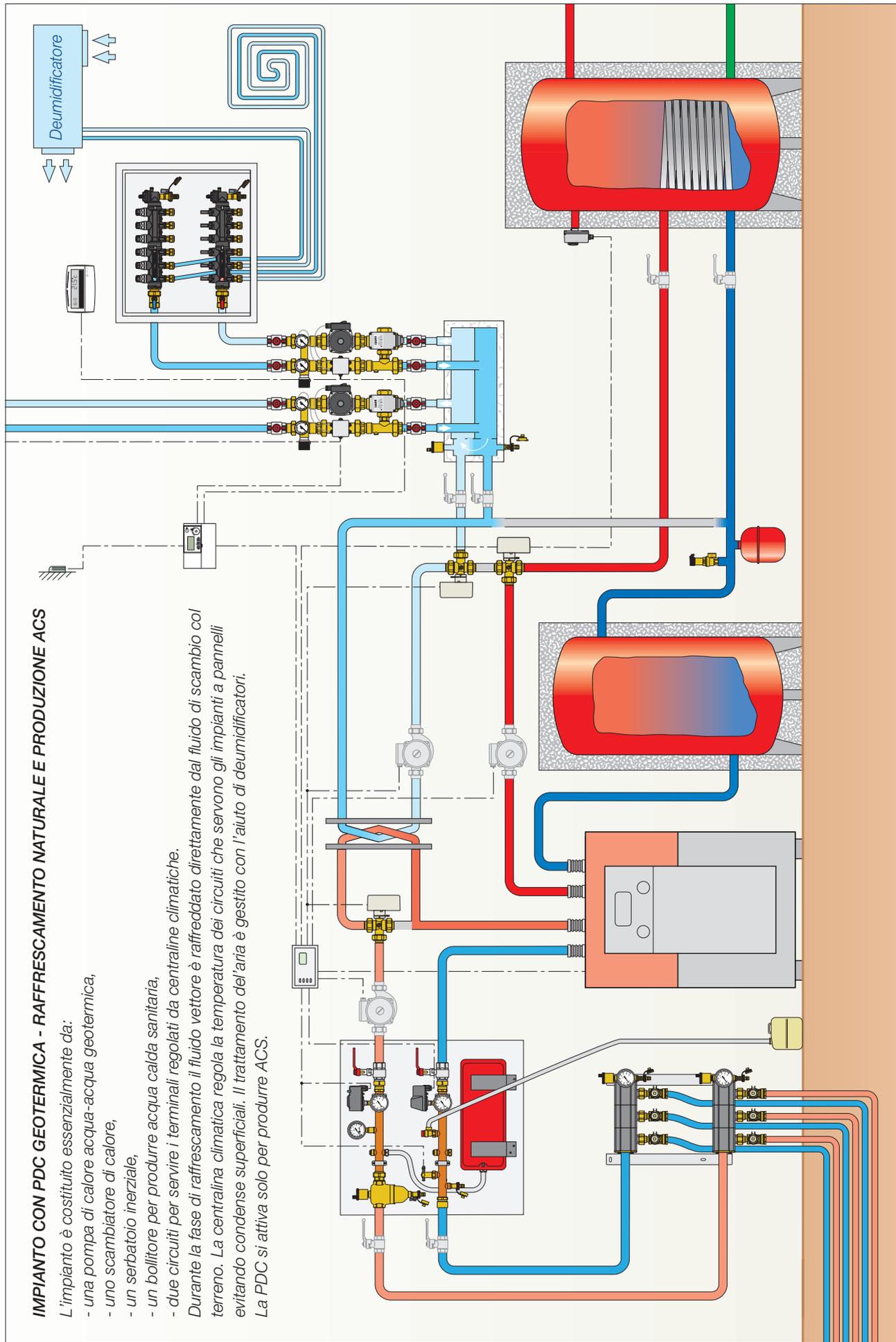
IMPIANTO CON PDC GEOTERMICA - RAFFRESCAMENTO NATURALE E PRODUZIONE ACS

L'impianto è costituito essenzialmente da:

- una pompa di calore acqua-acqua geotermica,
- uno scambiatore di calore,
- un serbatoio inerziale,
- un bollitore per produrre acqua calda sanitaria,
- due circuiti per servire i terminali regolati da centraline climatiche.

Durante la fase di raffreddamento il fluido vettore è raffreddato direttamente dal fluido di scambio col terreno. La centralina climatica regola la temperatura dei circuiti che servono gli impianti a pannelli evitando condense superficiali. Il trattamento dell'aria è gestito con l'aiuto di deumidificatori.

La PDC si attiva solo per produrre ACS.



IMPIANTO CON PDC GEOTERMICA REVERSIBILE - RISCALDAMENTO

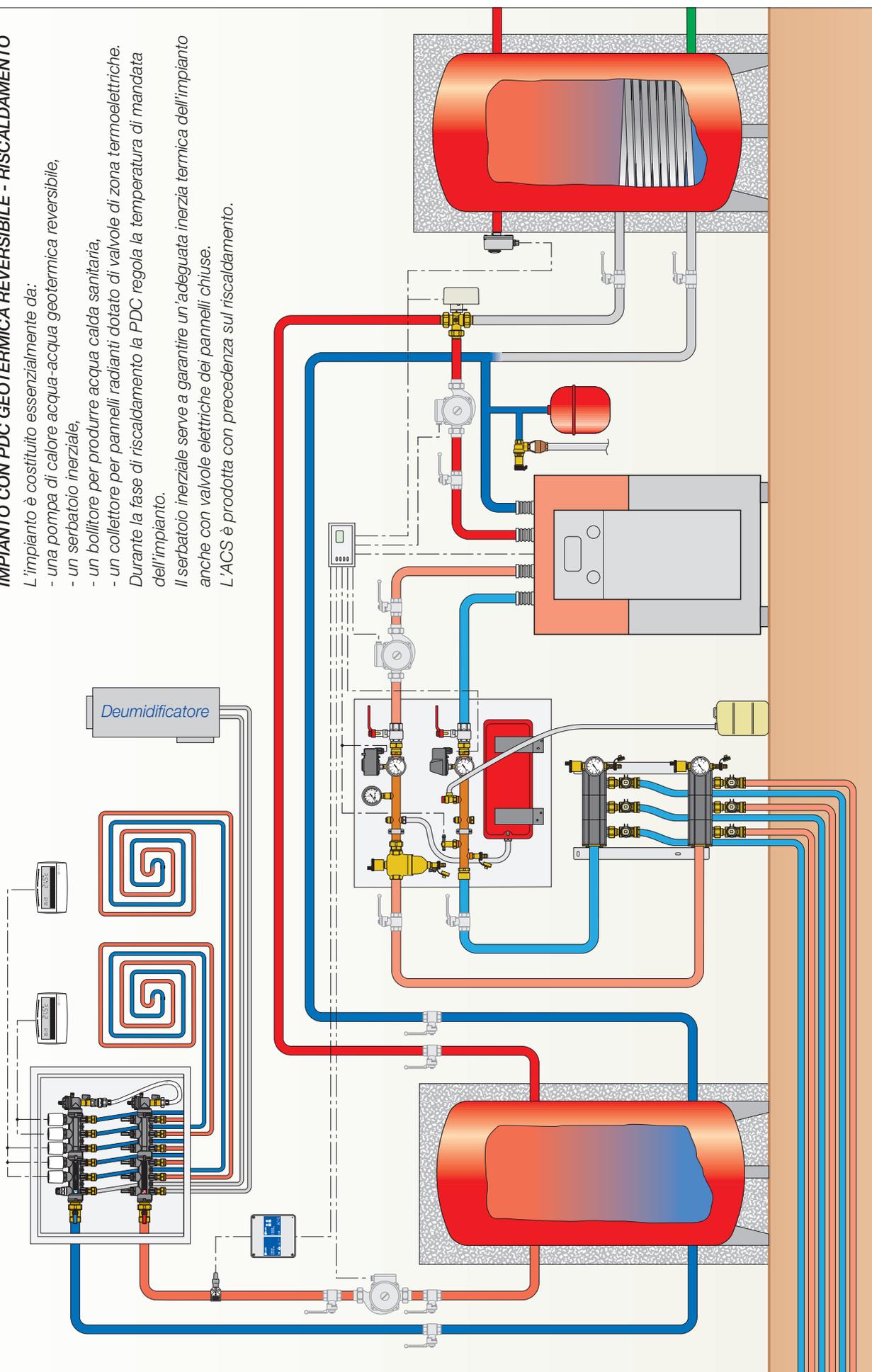
L'impianto è costituito essenzialmente da:

- una pompa di calore acqua-acqua geotermica reversibile,
- un serbatoio inerziale,
- un bollitore per produrre acqua calda sanitaria,

- un collettore per pannelli radianti dotato di valvole di zona termoelettriche. Durante la fase di riscaldamento la PDC regola la temperatura di mandata dell'impianto.

Il serbatoio inerziale serve a garantire un'adeguata inerzia termica dell'impianto anche con valvole elettriche dei pannelli chiuse.

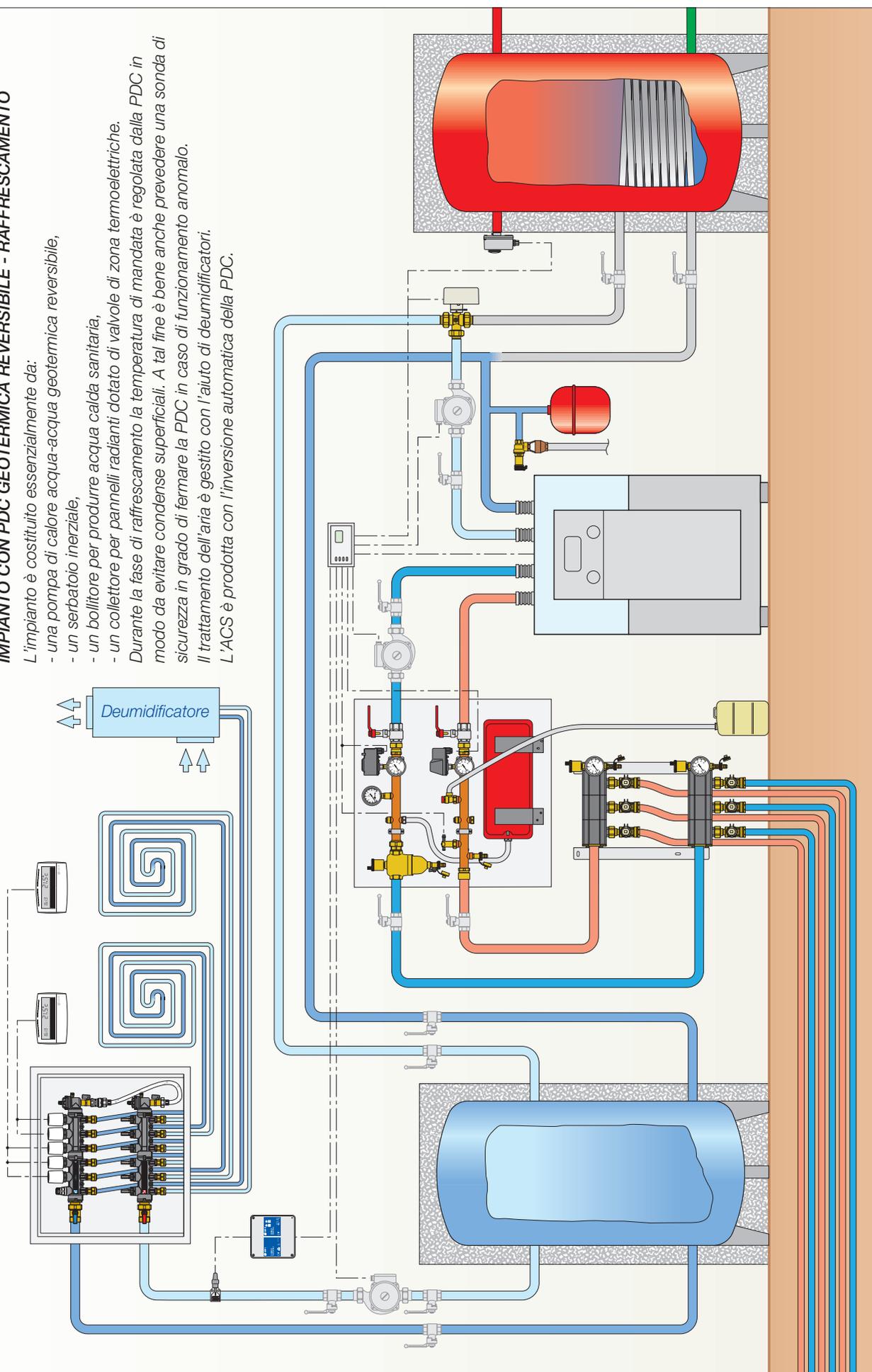
L'ACS è prodotta con precedenza sul riscaldamento.



IMPIANTO CON PDC GEOTERMICA REVERSIBILE - RAFFRESCAMENTO

L'impianto è costituito essenzialmente da:

- una pompa di calore acqua-acqua geotermica reversibile,
 - un serbatoio inerziale,
 - un bollitore per produrre acqua calda sanitaria,
 - un collettore per pannelli radianti dotato di valvole di zona termoelettriche.
- Durante la fase di raffreddamento la temperatura di mandata è regolata dalla PDC in modo da evitare condense superficiali. A tal fine è bene anche prevedere una sonda di sicurezza in grado di fermare la PDC in caso di funzionamento anomalo. Il trattamento dell'aria è gestito con l'aiuto di deumidificatori. L'ACS è prodotta con l'inversione automatica della PDC.

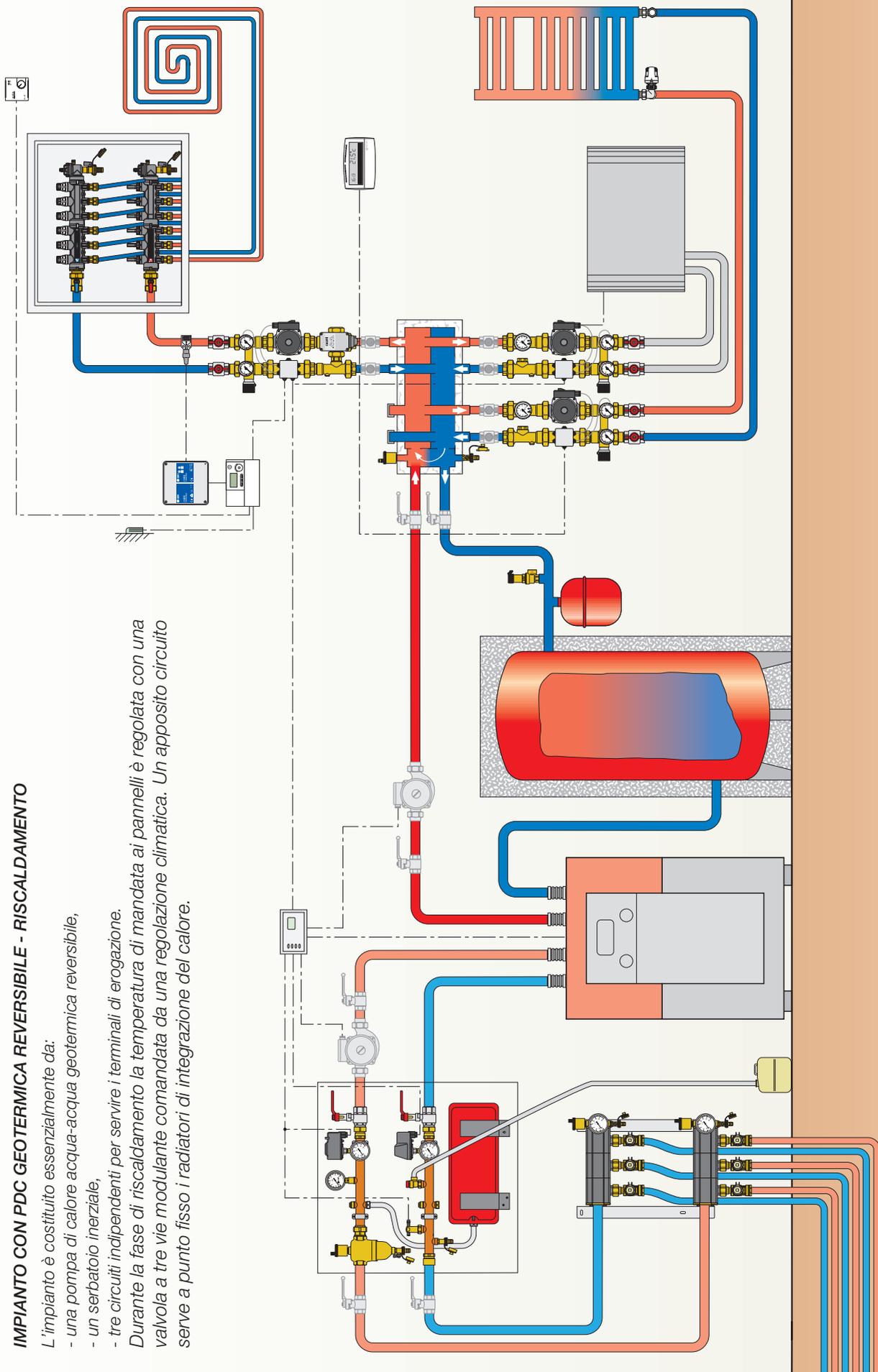


IMPIANTO CON PDC GEOTERMICA REVERSIBILE - RISCALDAMENTO

L'impianto è costituito essenzialmente da:

- una pompa di calore acqua-acqua geotermica reversibile,
- un serbatoio inerziale,
- tre circuiti indipendenti per servire i terminali di erogazione.

Durante la fase di riscaldamento la temperatura di mandata ai pannelli è regolata con una valvola a tre vie modulante comandata da una regolazione climatica. Un apposito circuito serve a punto fisso i radiatori di integrazione del calore.



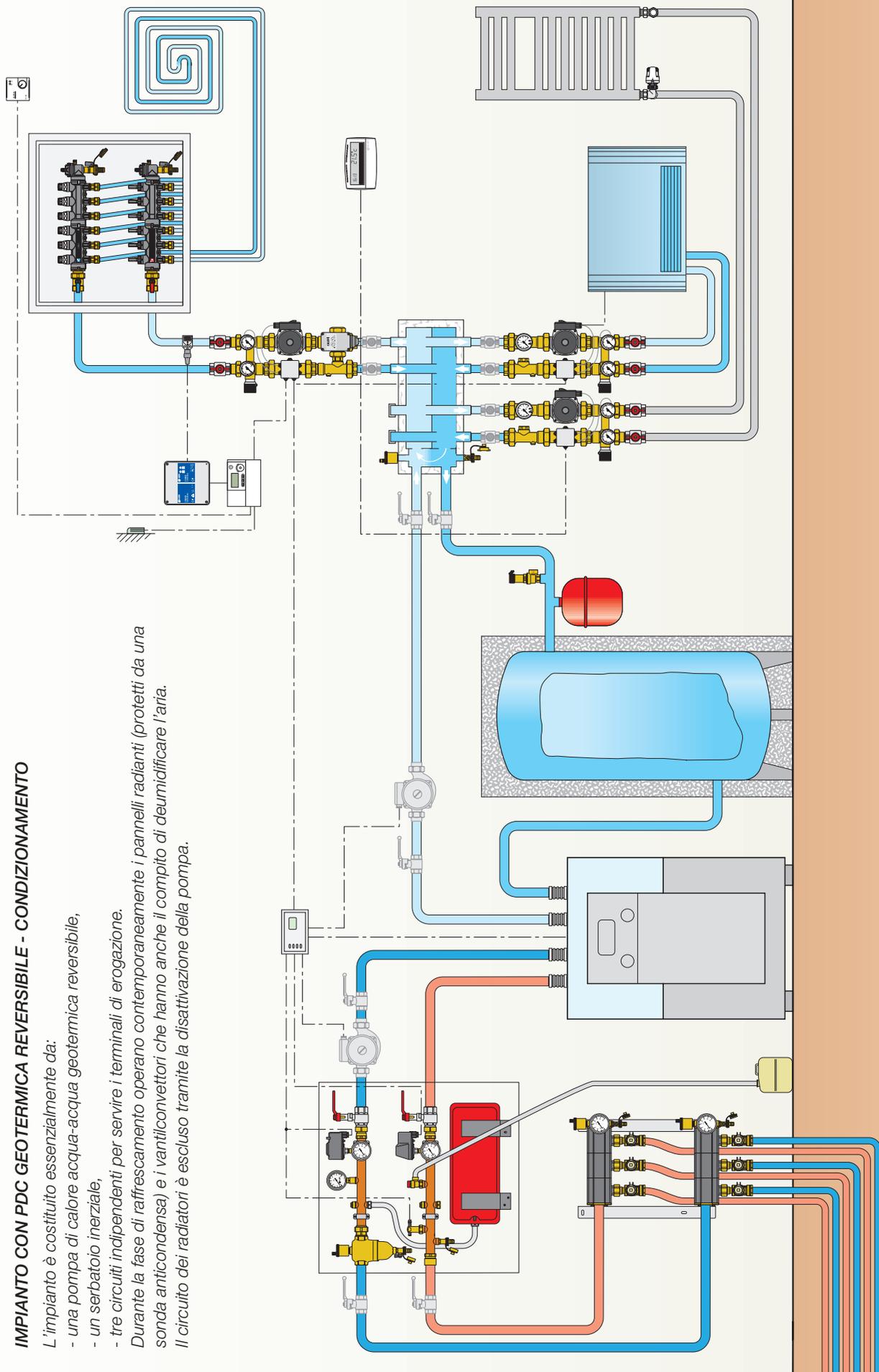
IMPIANTO CON PDC GEOTERMICA REVERSIBILE - CONDIZIONAMENTO

L'impianto è costituito essenzialmente da:

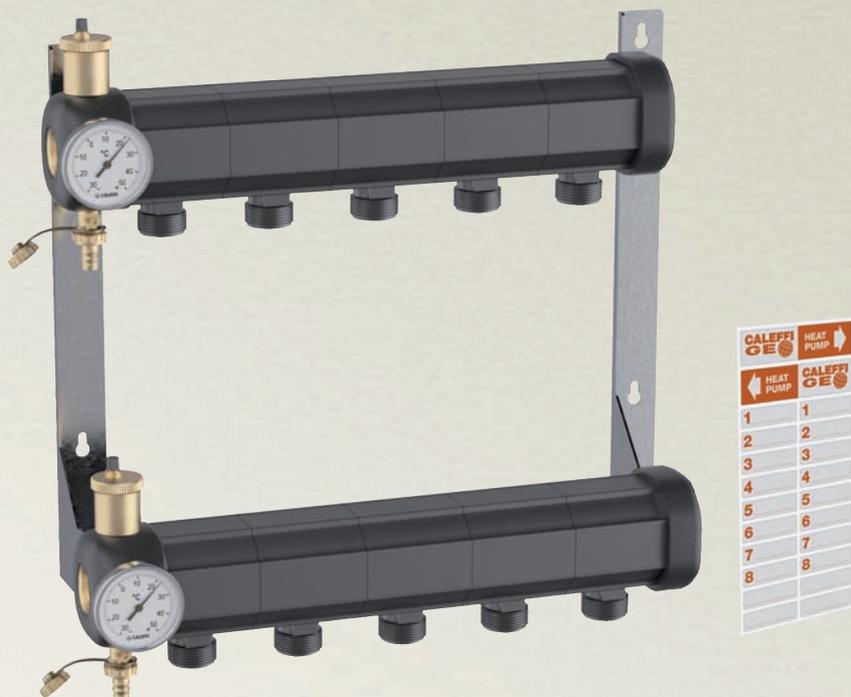
- una pompa di calore acqua-acqua geotermica reversibile,
- un serbatoio inerziale,
- tre circuiti indipendenti per servire i terminali di erogazione.

Durante la fase di raffreddamento operano contemporaneamente i pannelli radianti (protetti da una sonda anticongelata) e i ventilconvettori che hanno anche il compito di deumidificare l'aria.

Il circuito dei radiatori è escluso tramite la disattivazione della pompa.



Collettore di distribuzione per impianti a pompa di calore geotermica

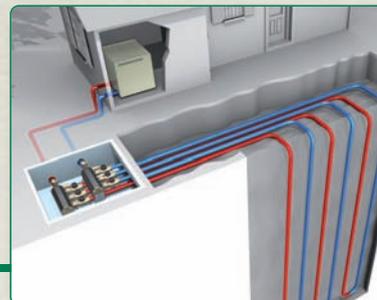
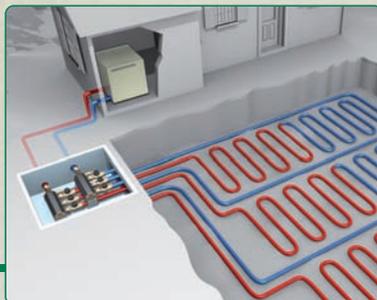


1107B5	1107C5	1107D5	1107E5	1107F5	1107G5	1107H5
<i>Numero circuiti:</i>						
2	3	4	5	6	7	8
<i>Materiale:</i>						
tecnopolimero PA66G30						
<i>Pressione massima d'esercizio (Pressione massima di prova impianto):</i>						
6 (10) bar						
<i>Campo temperatura d'esercizio:</i>						
-10÷60°C						
<i>Campo temperatura ambiente:</i>						
-20÷60°C						
<i>Fluidi d'impiego:</i>						
acqua, soluzioni glicolate (max 50%), soluzioni saline						
<i>Diametro nominale collettore:</i>						
DN 50						
<i>Attacco di testa:</i>						
1 1/4"						
<i>Attacco derivazione:</i>						
specifico per valvole serie 111 - 112 - 113						
<i>Interasse derivazioni:</i>						
100 mm						

Collettore di distribuzione per impianti a pompa di calore geotermica

specifico per geotermico

progettato per le portate tipiche
di questi impianti



modularità

il collettore di distribuzione, interamente componibile, è stato progettato per essere facilmente montato a banco e successivamente agganciato alle staffe a muro; è inoltre disponibile sia nella versione premontata che in moduli assemblabili



anticondensa

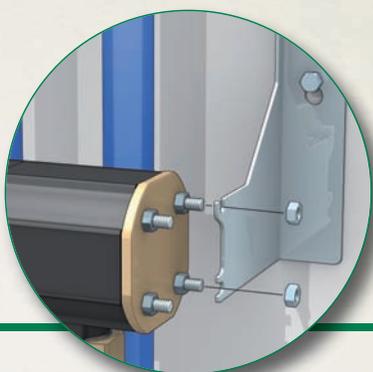
i moduli sono stati progettati con particolari camere d'aria
al fine di limitare i fenomeni di condensa



Collettore di distribuzione per impianti a pompa di calore geotermica

attacchi reversibili

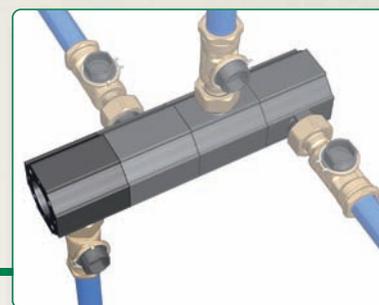
il collettore è reversibile per adattarsi alla posizione delle sonde rispetto alla pompa di calore



staffaggio

la staffa può essere fissata a muro senza collettore in modo tale da rendere agevole il collegamento delle sonde

flessibilità d'installazione
il collettore può essere posizionato sia verticale (a parete), sia orizzontale (in pozzetto) permettendo qualsiasi orientamento delle sonde



perfetta tenuta

due tappi di testa in ottone e 4 tiranti permettono di compattare i moduli con interposta una guarnizione che isola il canale di passaggio dell'acqua e le singole camere d'aria

Dispositivi di intercettazione e bilanciamento per collettori di distribuzione geotermici



111...	113...	112...
Materiale:		
ottone		
Pressione massima d'esercizio:		
6 bar		10 bar
Pressione massima di prova impianto:		
10 bar		
Campo temperatura di esercizio:		
-10÷60°C		-10÷110°C
Campo temperatura ambiente:		
-20÷60°C		
Campo di regolazione:		
0,3÷1,4 m³/h (con sensore Vortex)		0,3÷1,2 m³/h
Fluidi d'impiego:		
acqua, soluzioni glicolate (max 50%), soluzioni saline		
Posizione d'installazione:		
orizzontale e verticale	verticale	orizzontale e verticale
Coibentazione anticondensa:		
Sì		
Attacchi:		
Ø 25, Ø 32 e Ø 40 mm	Ø 25 e Ø 32 mm	Ø 25, Ø 32 e Ø 40 mm

- ✓ semplicità di bilanciamento
- ✓ bassissime perdite di carico
- ✓ domanda di brevetto
No. MI2010A000476
- ✓ dimensioni compatte

- ✓ semplicità di bilanciamento
- ✓ semplicità di lettura

- ✓ semplicità di bilanciamento
- ✓ dotato di indicatore del valore di taratura

Misuratore elettronico di portata per collegamento sensore ad effetto Vortex



130010

Alimentazione:

Batteria ricaricabile NiMH 9 V

Scala lettura portata:

l/h - l/min - GPM

Portata:

300÷1400 l/h

Precisione lettura portata con sensore Vortex:

±10%

Classe di protezione:

IP 44

misuratore elettronico di portata per collegamento sensore ad effetto Vortex completo di:

- valigetta di contenimento
- alimentatore
- leva di comando
- sensore di misura ad effetto Vortex
- cavo di collegamento
- anello di tenuta sensore

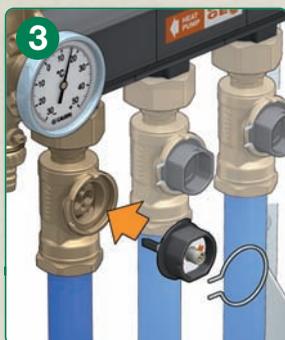
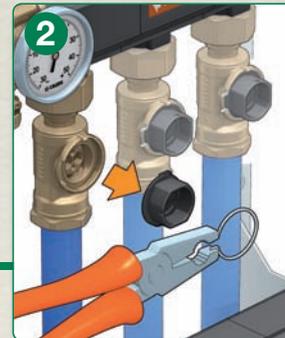
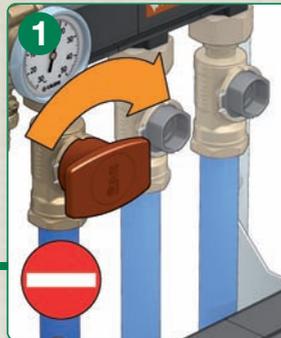
sensore integrato misurazione
portata ad effetto Vortex

leva di comando per valvole
di intercettazione



Bilanciamento dei circuiti con misuratore elettronico

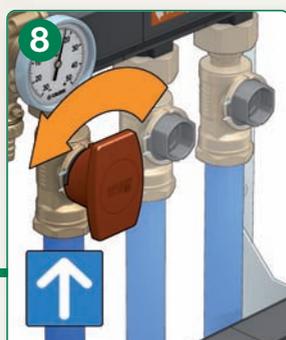
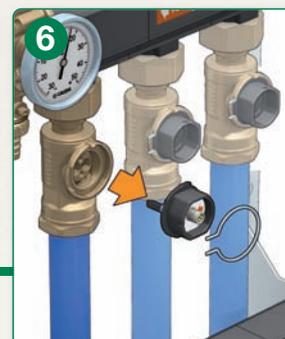
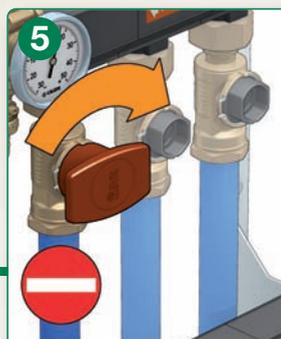
1. chiudere la valvola con l'apposita manopola
2. rimuovere l'anello di tenuta ed estrarre il tappo



3. inserire il sensore di misura e riaprire la valvola

4. collegare il misuratore elettronico e regolare la portata manovrando la valvola di intercettazione posta sul medesimo circuito del collettore di ritorno

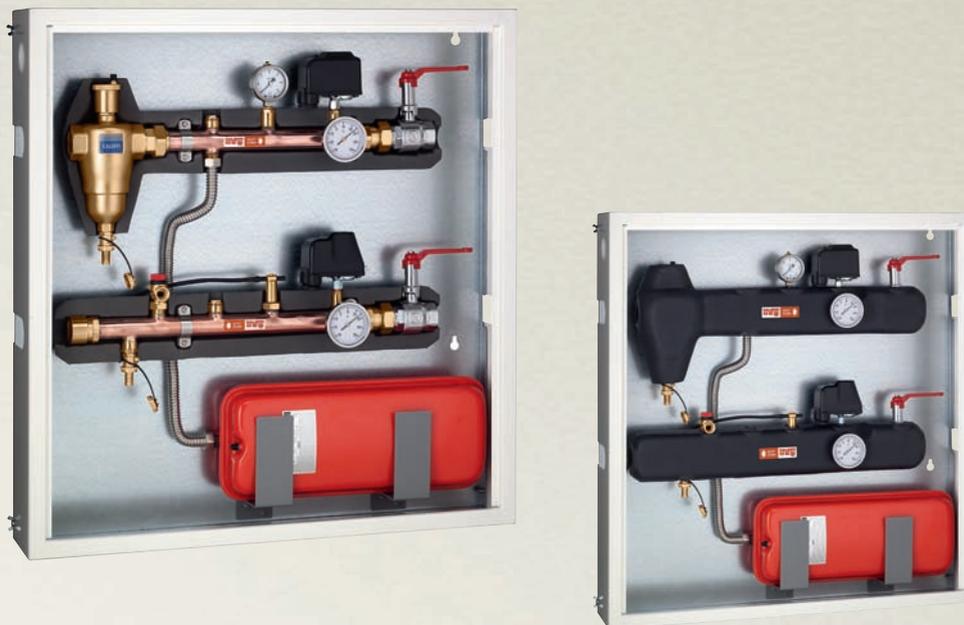
5. scollegare il misuratore elettronico e chiudere la valvola
6. rimuovere l'anello di tenuta ed estrarre il sensore.



7. reinserire il tappo

8. riaprire la valvola mediante l'apposita manopola

Collettore portastrumenti



115700

Pressione massima d'esercizio:

3,5 bar

Campo di temperatura d'esercizio:

-20÷90°C (scala termometri -30 ÷ 50°C)

Campo di temperatura ambiente:

-10÷55°C

Fluidi d'impiego:

acqua, soluzioni glicolate (max 50%), soluzioni saline

Attacchi:

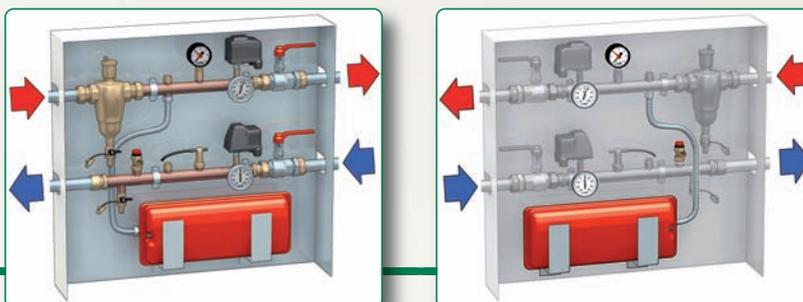
1 1/4" femmina

Dimensioni cassetta (h x b x p):

900 x 850 x 165

attacchi reversibili

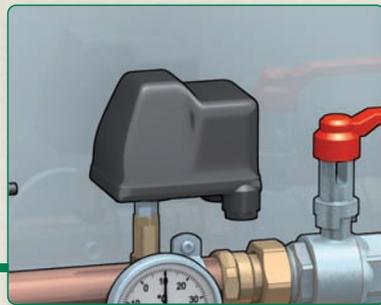
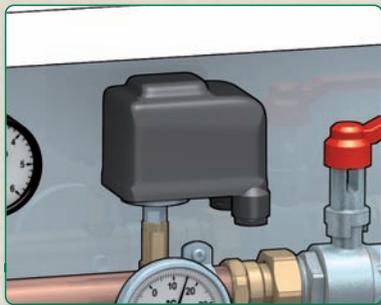
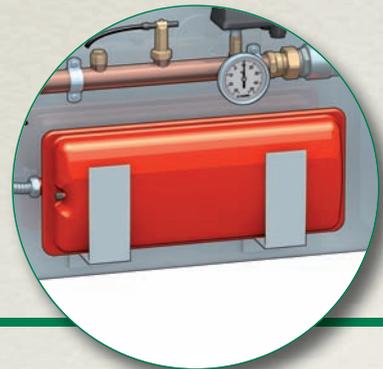
il collettore è reversibile per adattarsi alla posizione della pompa di calore ruotando semplicemente il manometro, i termometri, la valvola di sicurezza ed il vaso d'espansione



Collettore portastrumenti

vaso d'espansione (capacità 7,5 l)

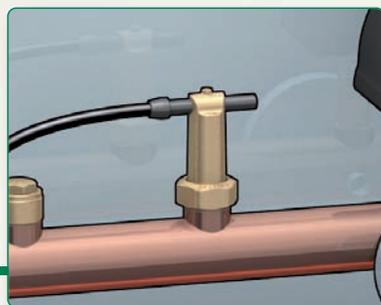
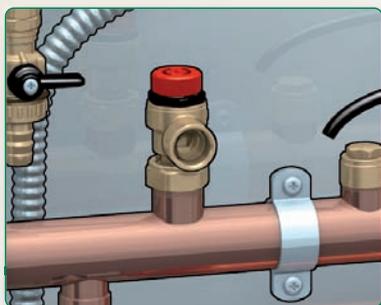
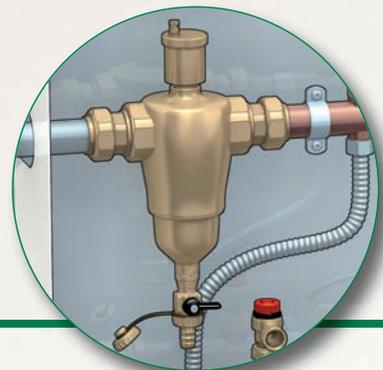
apposite staffe permettono di modificarne l'orientamento in maniera semplice consentendo appunto la reversibilità dell'intero gruppo



pressostato di minima
omologato I.S.P.E.S.L.

pressostato di sicurezza (opz)
campo di regolazione:
1÷5 oppure 3÷12 bar

defangatore integrato completo di valvola sfogo aria
il collettore è dotato di defangatore e valvola sfogo aria per garantire una corretta deaerazione e pulizia dell'impianto con bassissime perdite di carico, salvaguardandone così la durata

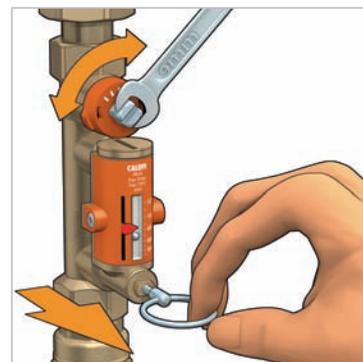
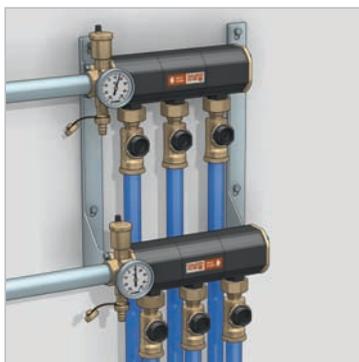


valvola di sicurezza
con scarico orientabile

flussostato (opz)
con portate specifiche:
0,6 - 0,7 - 0,8 m³/h



L'ENERGIA SOTTO I NOSTRI PIEDI



Componenti per impianti a pompa di calore geotermica Collettore di distribuzione e dispositivi di intercettazione e bilanciamento

www.caleffi.it

- Progettato appositamente per le temperature e le portate tipiche degli impianti geotermici
- Componibile e reversibile per adattarsi alla posizione delle sonde rispetto alla pompa di calore
- Valvola di bilanciamento e flussometro a galleggiante per regolare e visualizzare costantemente la portata
- Sistema di bilanciamento innovativo con misuratore elettronico di portata abbinato a sensore effetto Vortex
- Strumenti ed accessori per la protezione ed il corretto funzionamento della pompa di calore

**CALEFFI
GE** 

CALEFFI SOLUTIONS MADE IN ITALY

CALEFFI
Hydronic Solutions