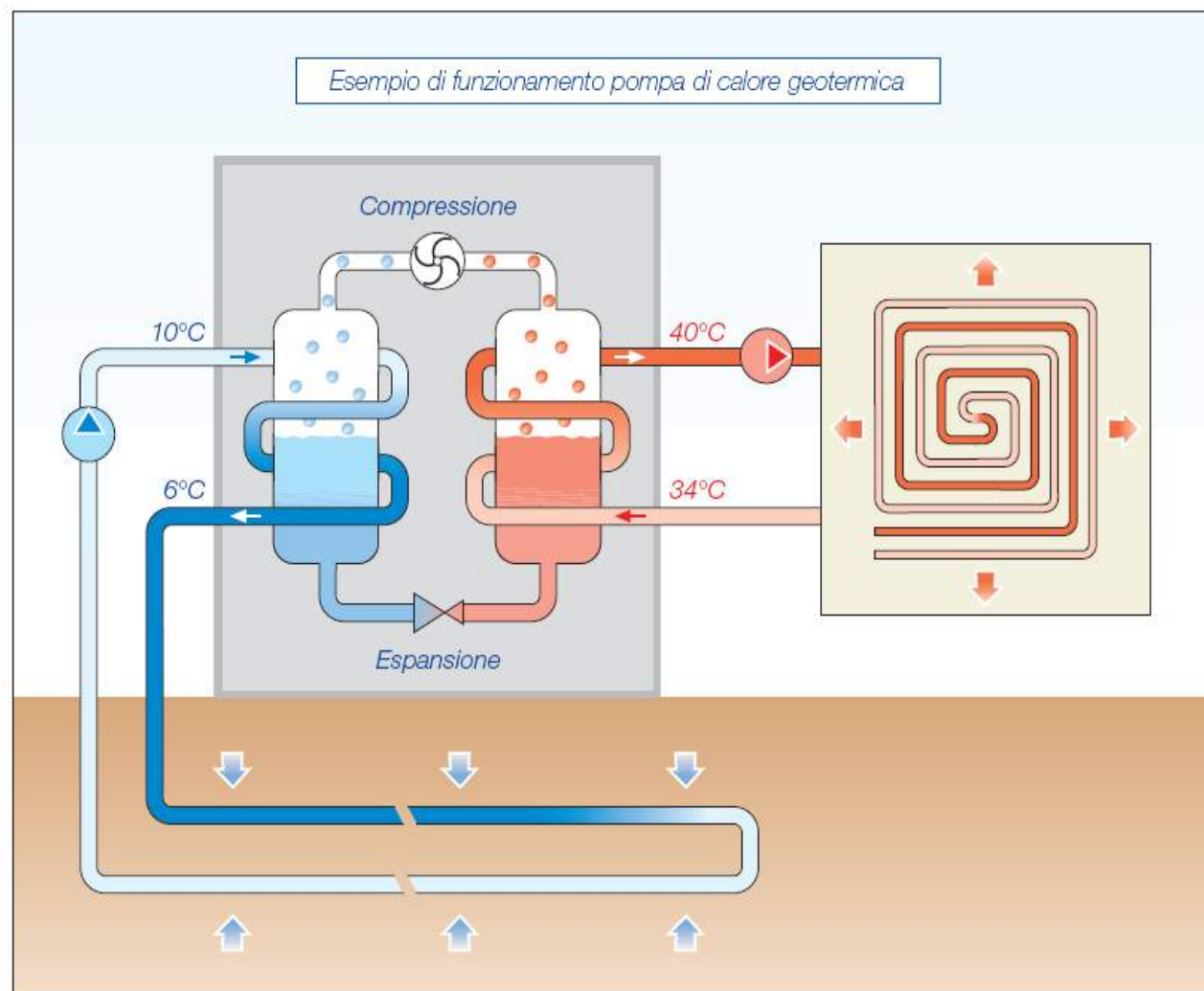
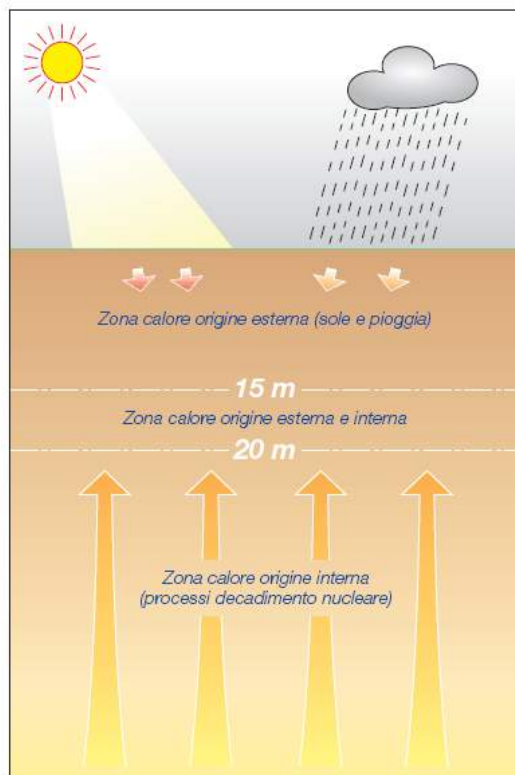


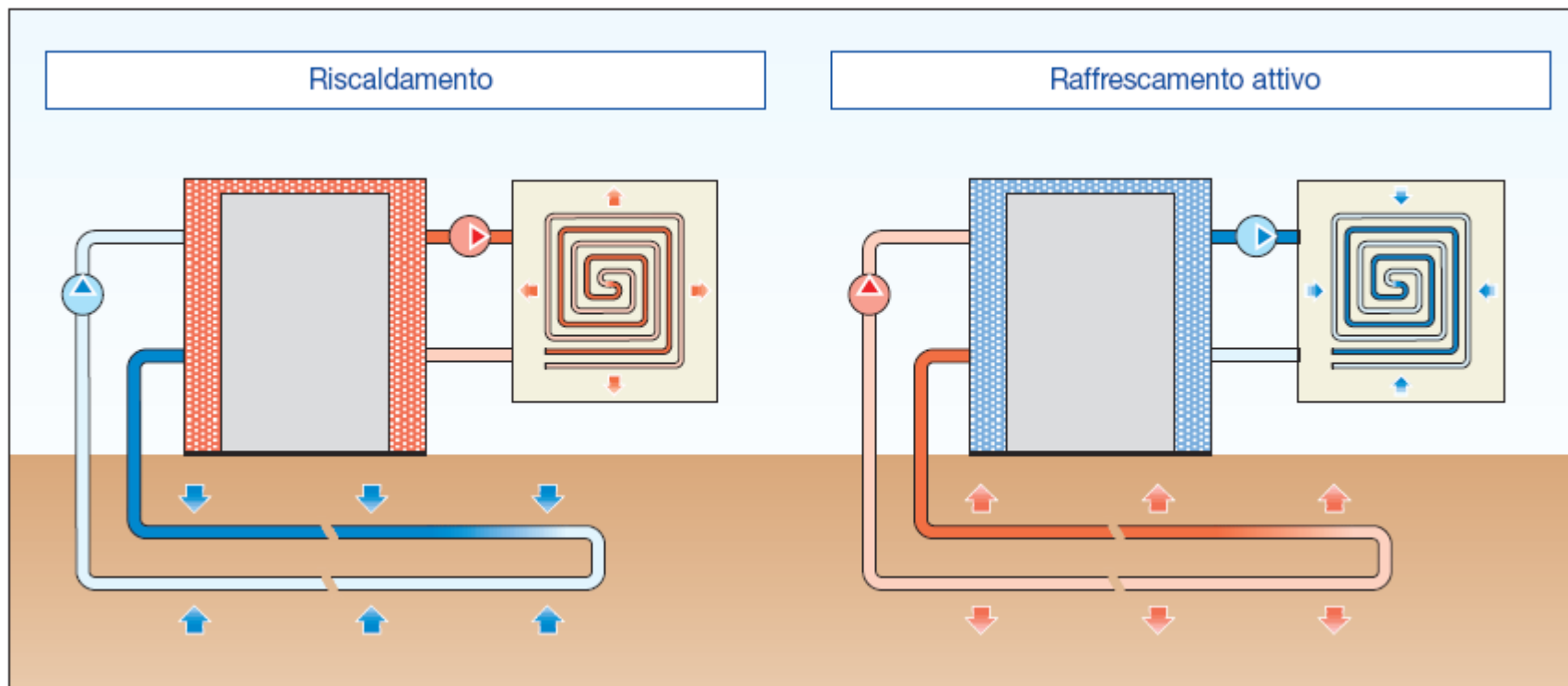


POMPE DI CALORE TERRA – ACQUA





POMPE DI CALORE TERRA – ACQUA



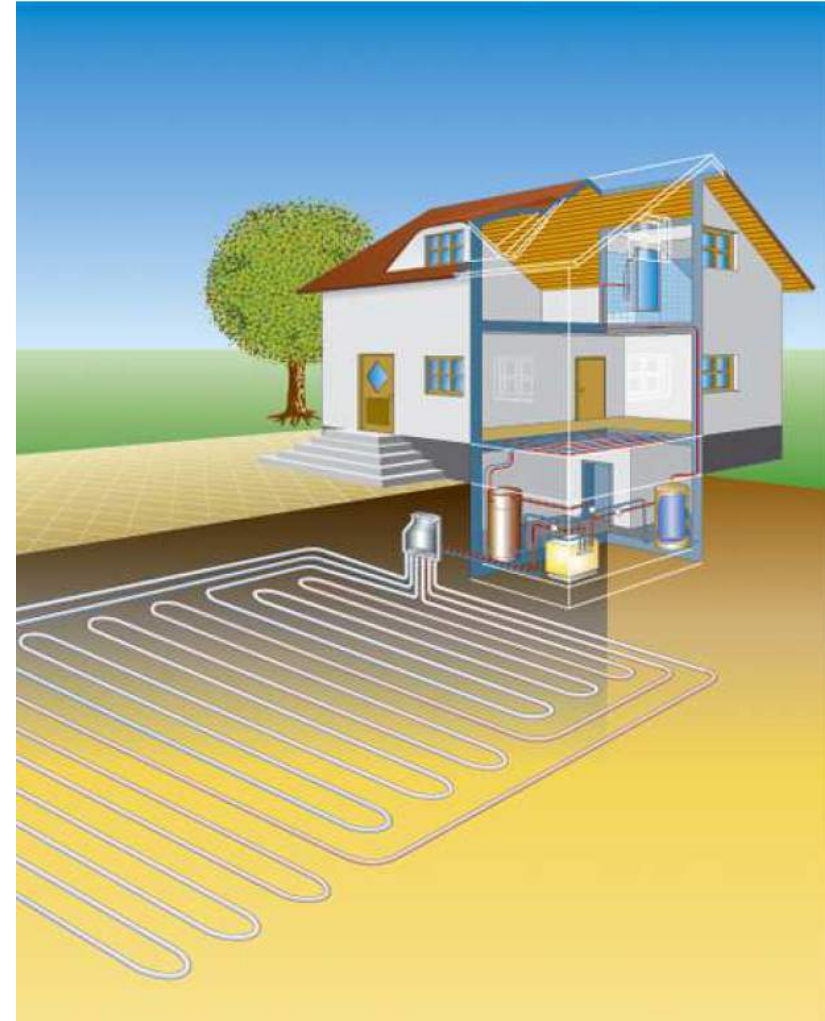


POMPE DI CALORE TERRA – ACQUA: COLLETTORI SUPERFICIALI

Per sfruttare il calore geotermico del suolo o delle rocce, si possono utilizzare dei collettori di scambio calore orizzontali o verticali, immersi nel terreno, nei circuiti dei quali come mezzo di trasporto del calore si fa circolare acqua addizionata di glicole etilenico per evitare eventuale rottura per gelo delle tubazioni dei circuiti idrici (esterni all'edificio).

Collettori orizzontali

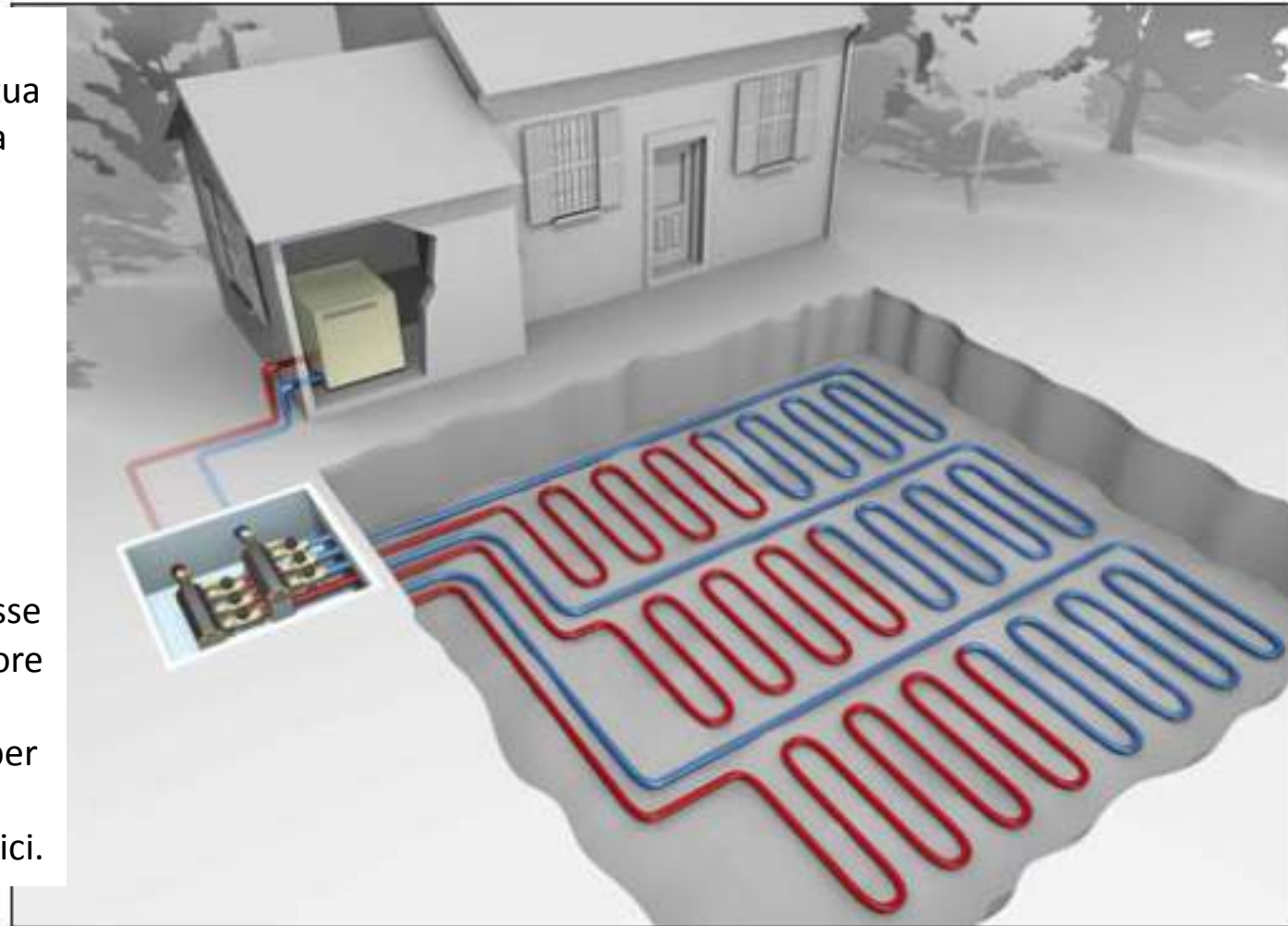
Sono impianti che utilizzano il calore che si trova accumulato negli strati più superficiali della terra: calore che, fino ad una profondità di 5 metri, si trova disponibile a temperature variabili da 8 a 13°C (ved. diagramma sotto riportato). Questo calore deriva soprattutto dal sole e dalle piogge. Infatti, fino ad una profondità di 5 metri, l'energia geotermica non dà alcun contributo significativo, in quanto apporta meno di 1 caloria ogni 10 metri quadrati di terreno.





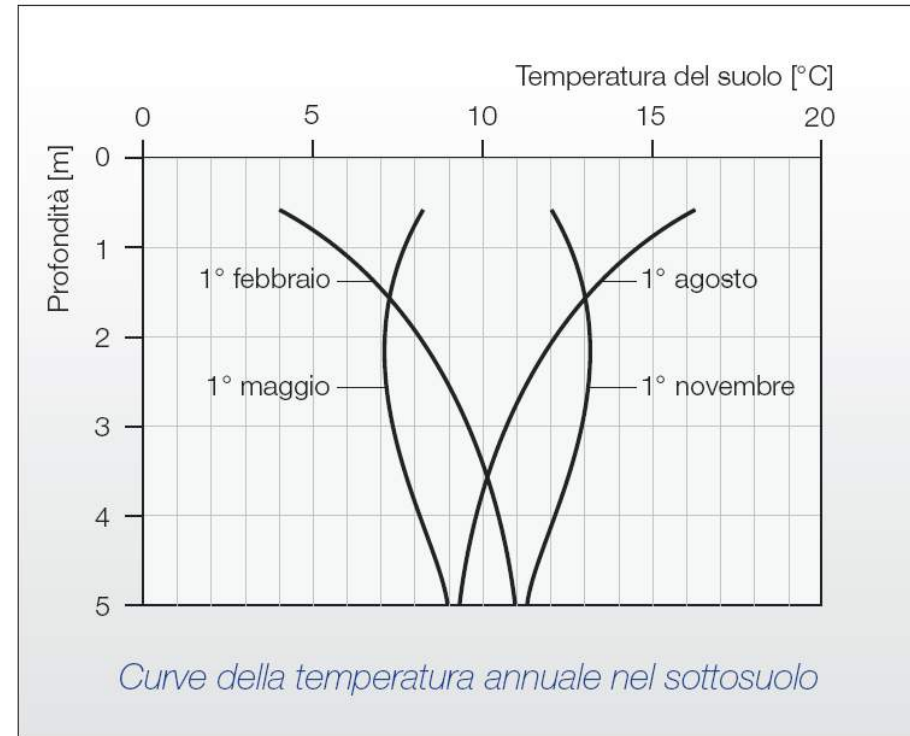
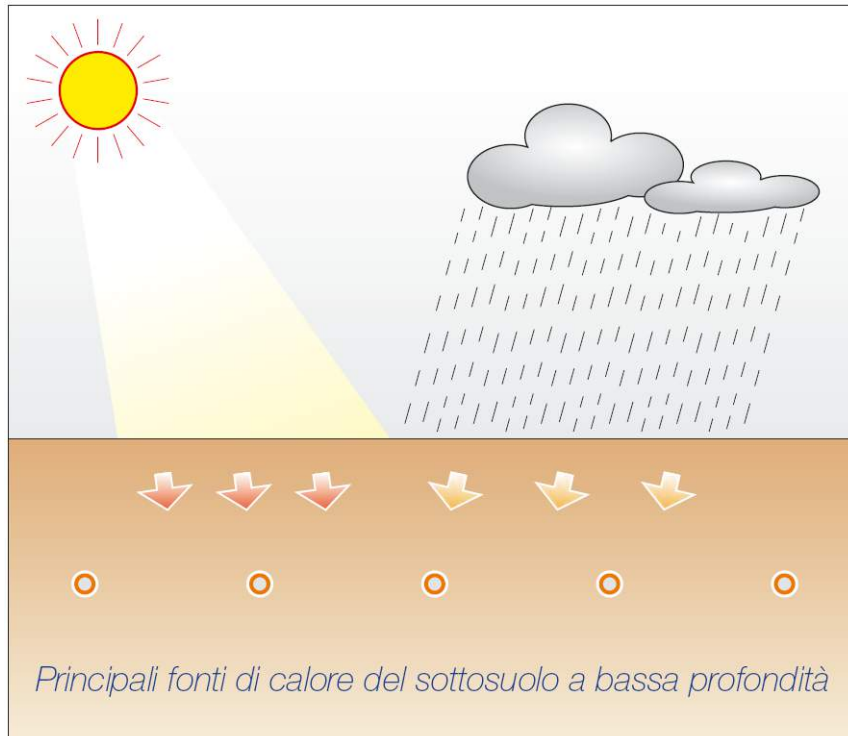
POMPE DI CALORE TERRA – ACQUA: COLLETTORI SUPERFICIALI

Il dimensionamento di questi collettori si effettua in base alla resa termica del terreno, la quale è influenzata dalla sua composizione, dalla compattezza e dalla quantità d'acqua che in esso si trova. Bisogna prestare attenzione al dimensionamento per evitare non solo malfunzionamenti e basse rese della pompa di calore ma anche per impedire conseguenze dannose per la vegetazione come il congelamento delle radici.





POMPE DI CALORE TERRA – ACQUA: COLLETTORI SUPERFICIALI





POMPE DI CALORE TERRA – ACQUA: COLLETTORI SUPERFICIALI

*Superficie del terreno richiesta per
scambiatori a serpentini 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
serpentini 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:

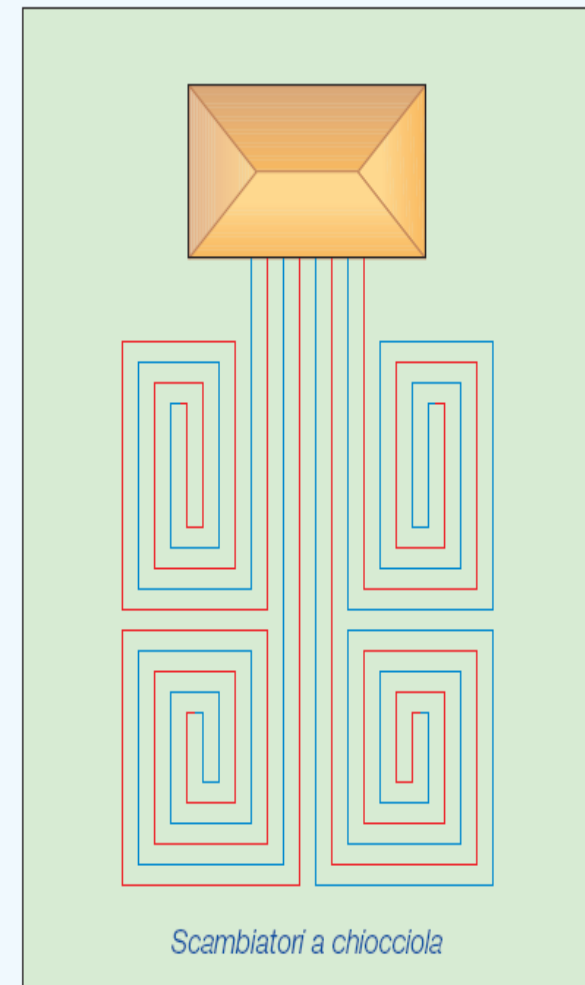
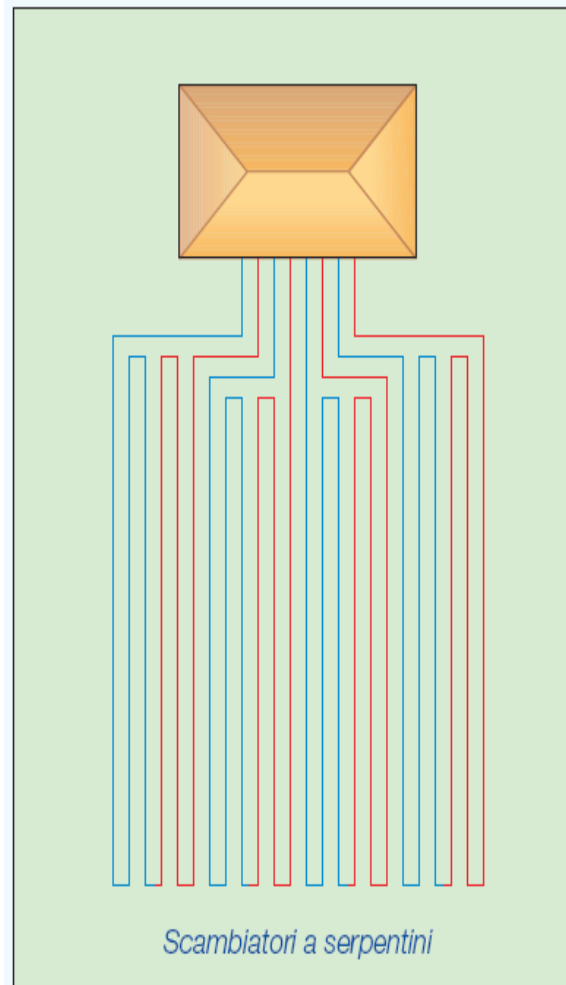
$W_{EL} = Q_{PDC} / COP = 9.000 / 4,0 = 2.250 \text{ W}$

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:

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





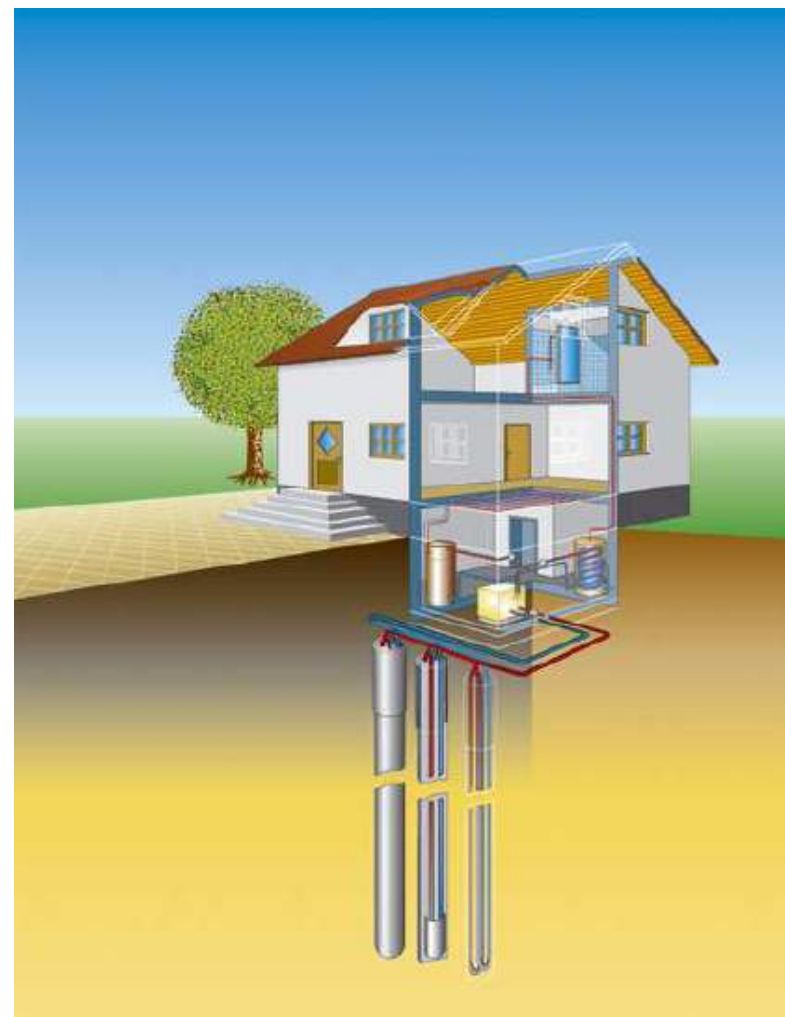
POMPE DI CALORE TERRA – ACQUA: SONDE GEOTERMICHE

Sono impianti che utilizzano il calore disponibile nel sottosuolo fino ad una profondità di 200 metri e anche oltre.

Tale calore, fino a 15 metri, è fornito essenzialmente dal sole e dalle piogge.

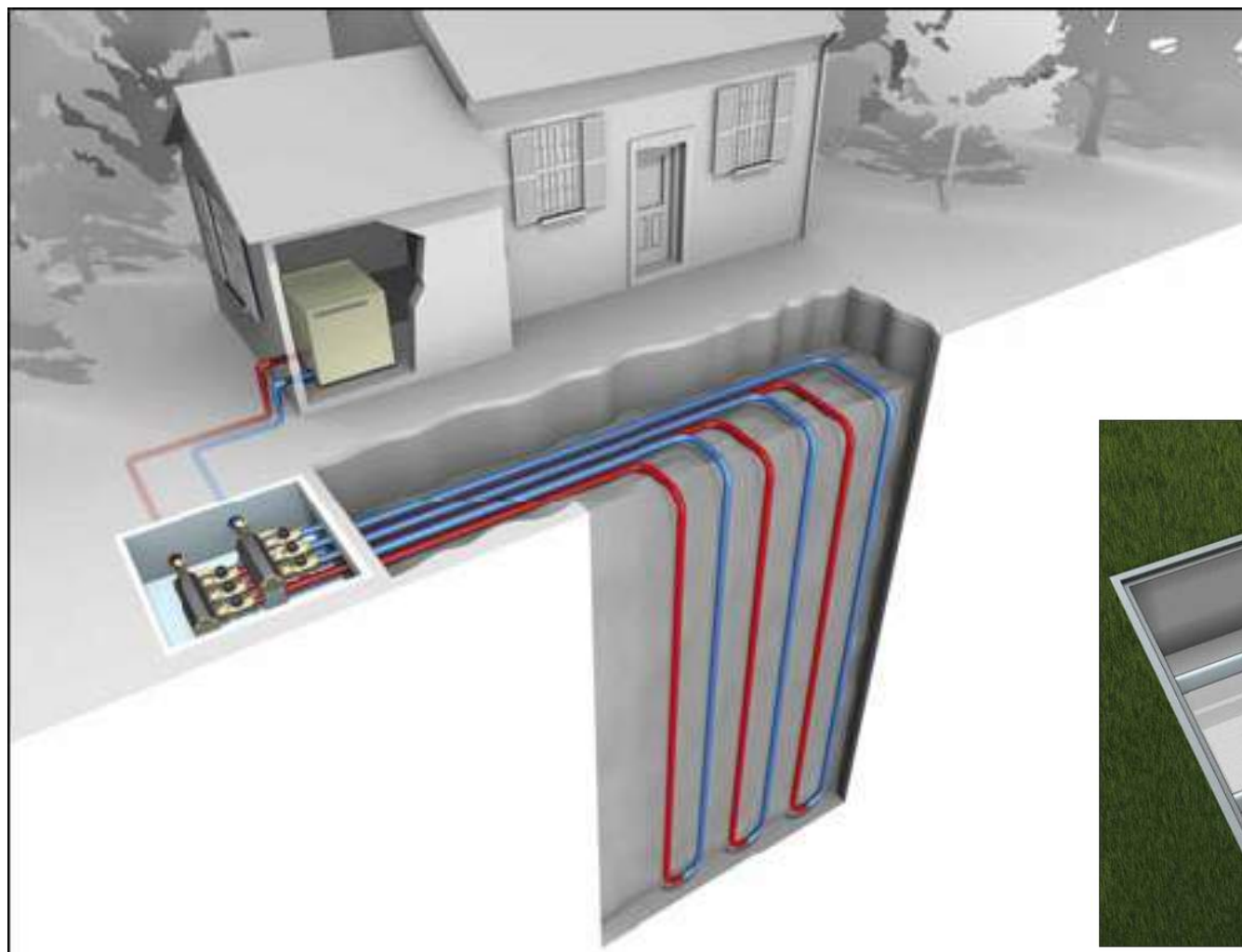
Poi, dai 15 ai 20 metri, questi apporti si riducono fino quasi ad annullarsi, ed inizia a dare un significativo contributo l'energia geotermica.

Infine, sotto i 20 metri, è in pratica solo quest'ultima forma di energia a rifornire di calore il sottosuolo, facendone aumentare la temperatura di circa 3°C ogni 100 metri di profondità.





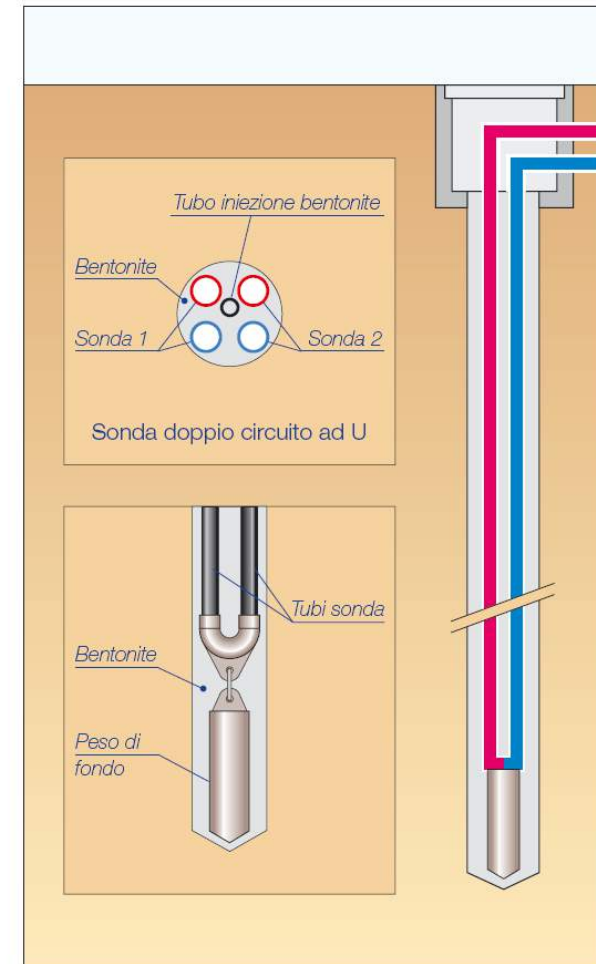
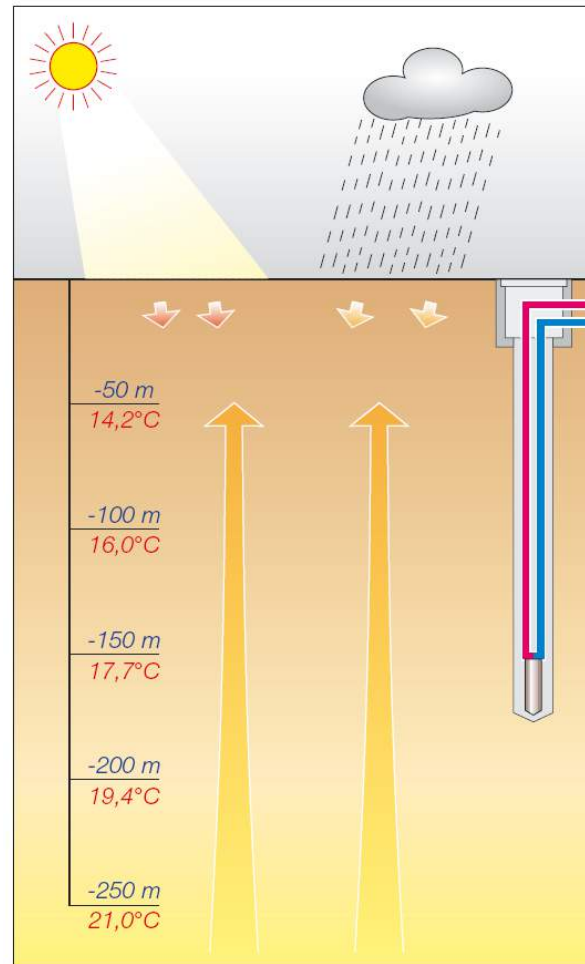
POMPE DI CALORE TERRA – ACQUA: SONDE GEOTERMICHE





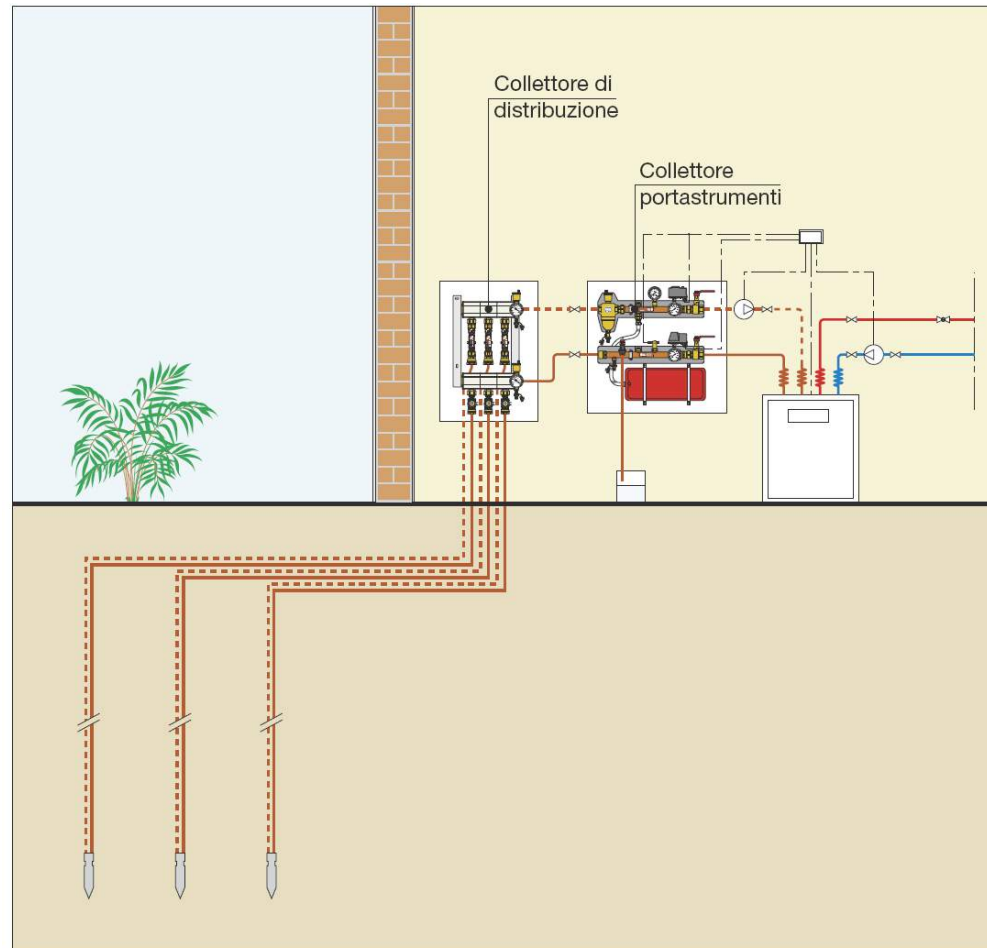
POMPE DI CALORE TERRA – ACQUA: SONDE GEOTERMICHE

Le sonde geotermiche sono realizzate con perforazioni il cui diametro varia da 100 a 150 mm.
Nei fori, vengono poi inseriti uno o due circuiti ad U, realizzati con tubi in PE ad alta resistenza (in genere con diametri DN 32 e DN 40) specifici per applicazioni geotermiche.
Per facilitare il loro inserimento nei fori, questi circuiti sono zavorrati con appositi pesi a perdere di 15-20 Kg.





POMPE DI CALORE TERRA – ACQUA: SONDE GEOTERMICHE



Il collettore di distribuzione ed il collettore portastrumenti devono essere realizzati in modo da consentire:

1. che il fluido vettore circoli nelle sonde in modo bilanciato e con basse perdite di carico;
2. che un'adeguata strumentazione (di controllo, sicurezza ed espansione) assicuri il corretto funzionamento della pompa di calore.



POMPE DI CALORE TERRA – ACQUA: SONDE GEOTERMICHE

capacità di estrazione specifica A ML DI SONDA (*) (*) fonte geothermal-energy.ch		
SOTTOSUOLO	Conducibilità Termica (Wh/ml.K)	Potenza di estraz. (Wh/ml)
Cattiva qualità Rocce mobili secche	< 1.5	20
Rocce indurite o rocce mobili sature di acqua	1.5 – 3.0	50
Rocce indurite a conducibilità termica elevata	> 3.0	70
Ghiaia sabbia secca	0.4	< 20
Ghiaia sabbia acquifero	1.8 - 2.4	55 - 65
Argilla, limo umido	1.7	30 - 40
Calcarea massiccio	2.8	45 - 60
Arenaria	2.3	55 - 65
Granito, granodiorite	3.4	55 - 70
Basalto	1.7	35 - 55
Gneiss	2.9	60 - 70

<i>Potenza termica specifica derivabile dal sottosuolo con sonde geotermiche</i>	
<i>Tipo sottosuolo</i>	<i>Sonda W/m</i>
<i>Sedimenti secchi</i>	<i>20</i>
<i>Roccia o terreno umido</i>	<i>50</i>
<i>Roccia ad alta conducibilità</i>	<i>70</i>
<i>Ghiaia, sabbia (asciutta)</i>	<i>< 20</i>
<i>Ghiaia, sabbia (satura d'acqua)</i>	<i>55-65</i>
<i>Argilla, limo umido</i>	<i>30-40</i>
<i>Roccia calcarea</i>	<i>45-60</i>
<i>Arenaria</i>	<i>55-65</i>
<i>Granito</i>	<i>55-70</i>
<i>Basalto</i>	<i>35-55</i>



POMPE DI CALORE TERRA – ACQUA: SONDE GEOTERMICHE





POMPE DI CALORE TERRA – ACQUA: SCHEMA DI IMPIANTO CON SONDE GEOTERMICHE

*Impianto a pompa di calore acqua-acqua con sonde geotermiche
(schema funzionale)*

L'impianto è costituito essenzialmente da:

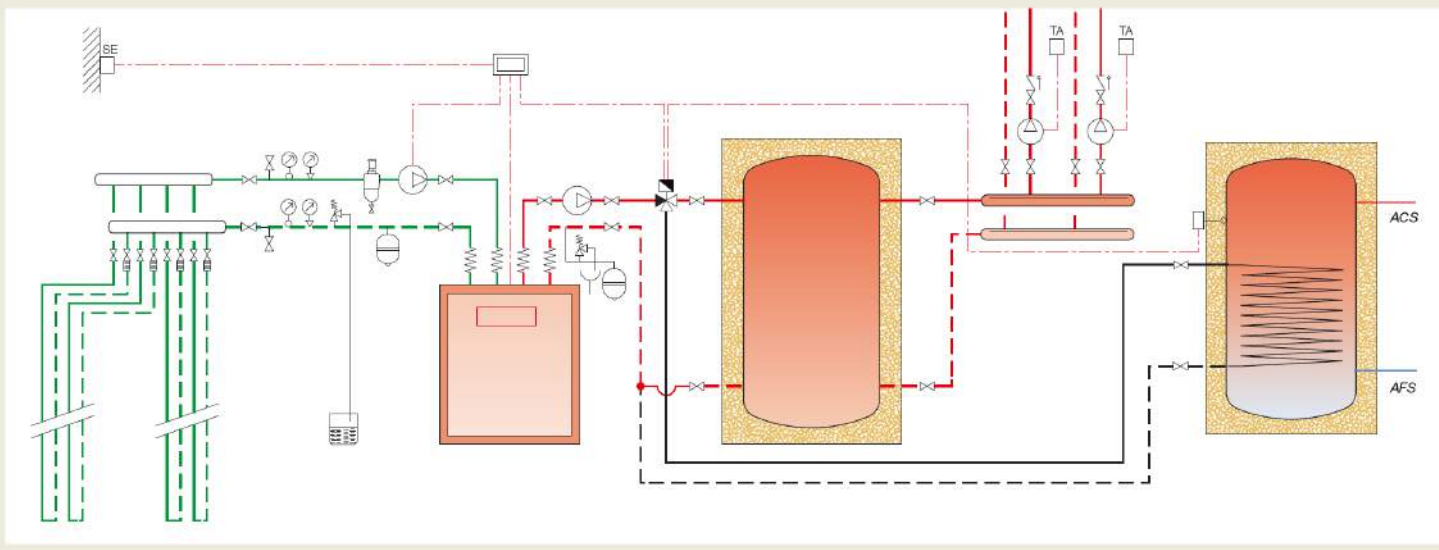
- una pompa di calore acqua-acqua,
- un bollitore tampone,
- un bollitore per produrre acqua calda sanitaria,
- due circuiti per servire i terminali.

La temperatura dell'impianto di riscaldamento è regolata da una **centralina climatica** che agisce direttamente sulle apparecchiature di regolazione della pompa di calore.

I terminali sono serviti da due circuiti le cui pompe sono asservite a termostati ambiente.

L'acqua calda sanitaria è prodotta con precedenza sul riscaldamento. Quando il relativo termostato segnala una temperatura inferiore a quella richiesta, la pompa di calore porta la temperatura del fluido al valore massimo possibile e la valvola deviatrice manda in apertura la via che collega la pompa al bollitore.

	Valvola deviatrice		Valvola di intercettazione
	Sonda esterna		Valvola di ritegno
	Termostato ambiente		Valvola di sicurezza
	Termostato ad immersione		Rubinetto carico/scarico
	Termometro		Vaso di espansione
	Manometro		Defangatore/Disaeratore
	Giunzione antivibrante		





ALCUNE CONSIDERAZIONI SULLE POMPE TERRA - ACQUA

Sistema “in profondità” con perforazione



VANTAGGI: Buona resa specifica, non influenzata dalle condizioni atmosferiche.
Spazi di posa ridotti



VANTAGGI: Costo elevato. Necessità di attrezzatura
specifico e manodopera specializzata per la posa

Sistema “in superficie”



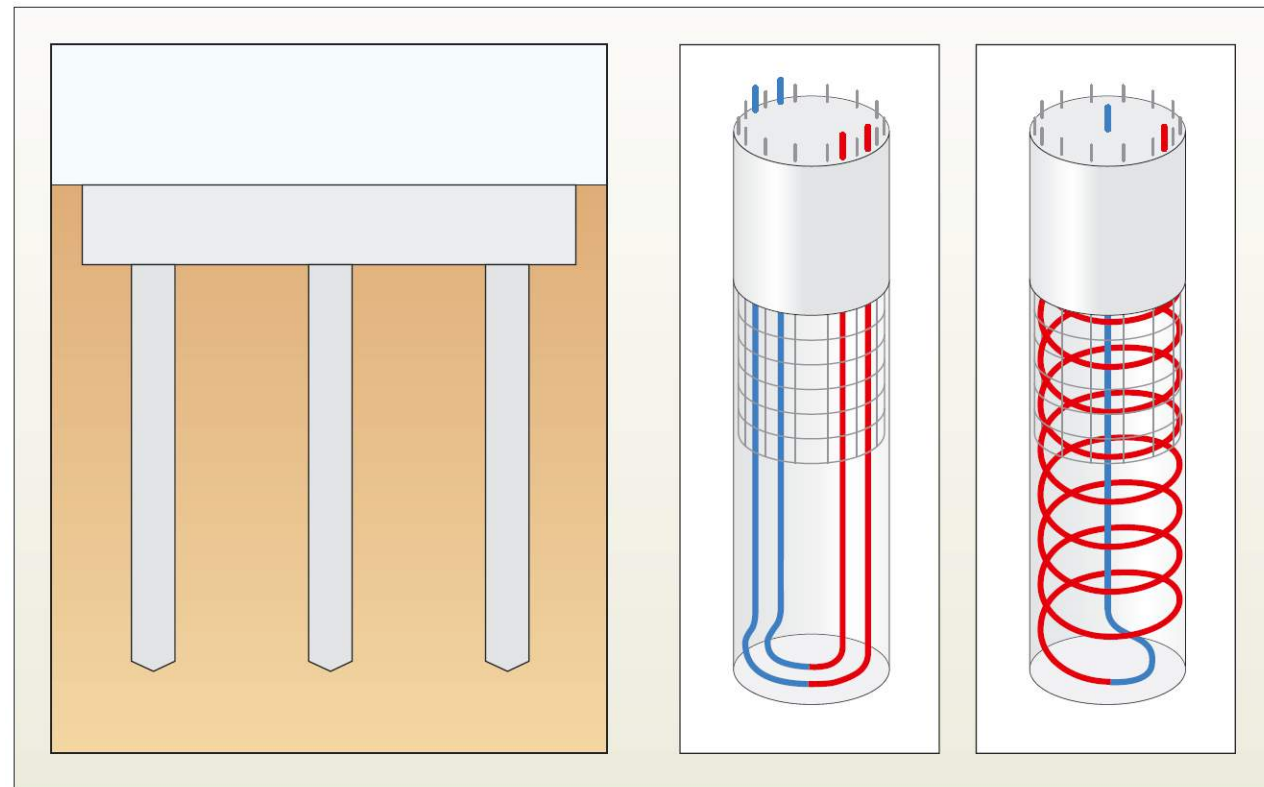
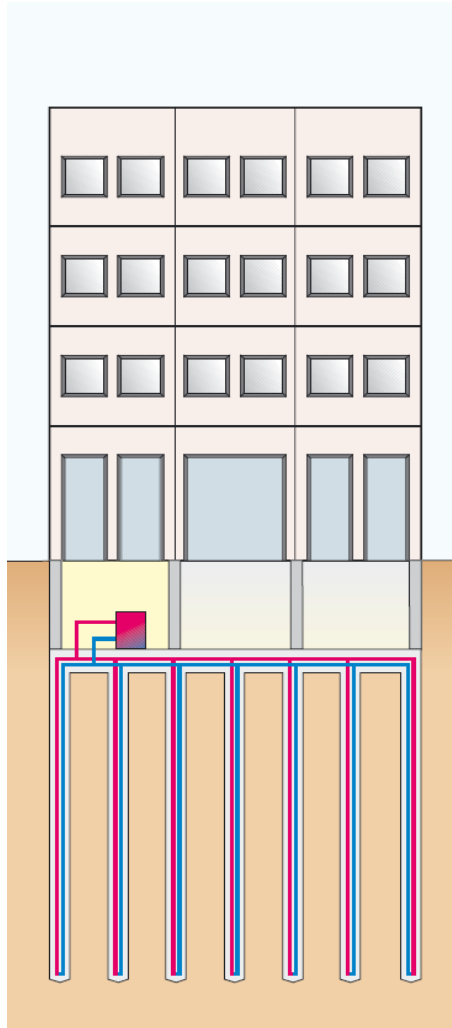
VANTAGGI: semplicità ed economia di posa



VANTAGGI: necessità di spazi estesi per l'installazione



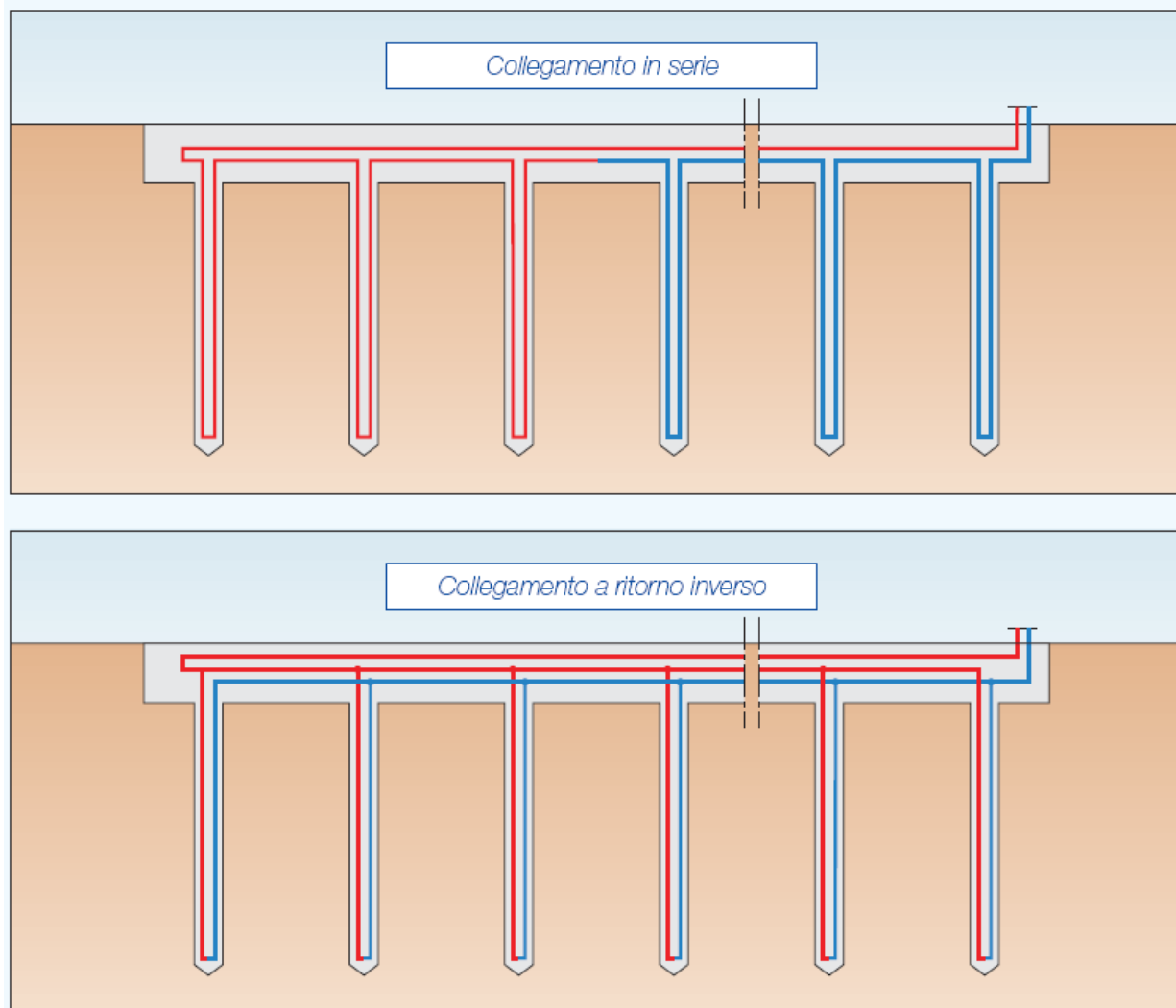
UN'APPLICAZIONE "SMART" : PALI GEOTERMICI DI FONDAZIONE



Vantaggi: possibilità di ridurre i costi iniziali di impianto, in particolare quelli legati allo scavo in profondità



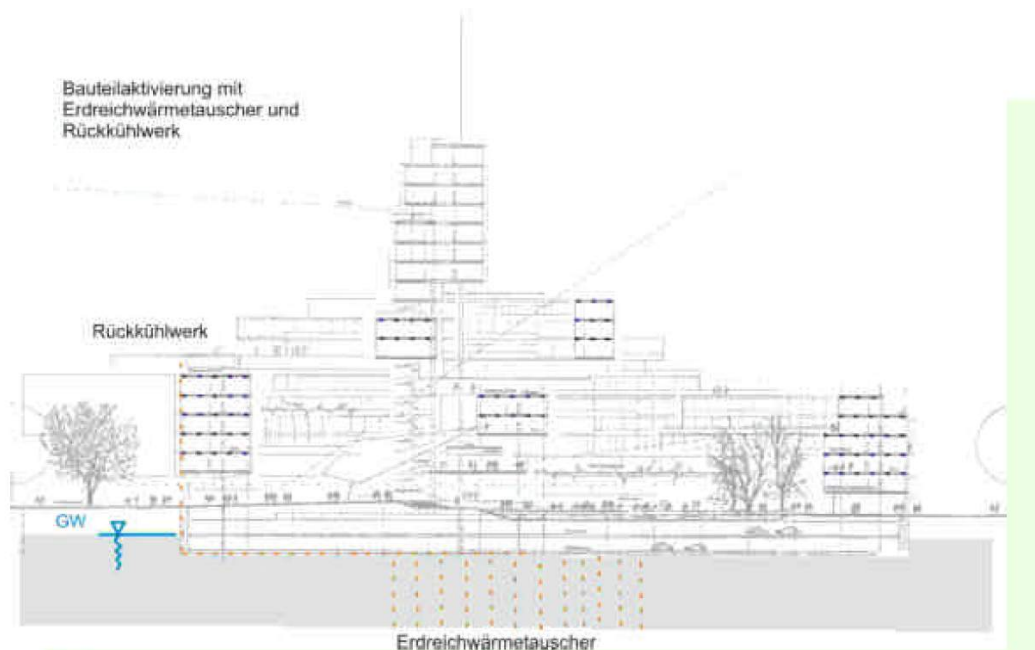
UN'APPLICAZIONE "SMART" : PALI GEOTERMICI DI FONDAZIONE





UN'APPLICAZIONE "SMART" : PALI GEOTERMICI DI FONDAZIONE

Norddeutsche Landesbank, Hannover, (D) (2002)



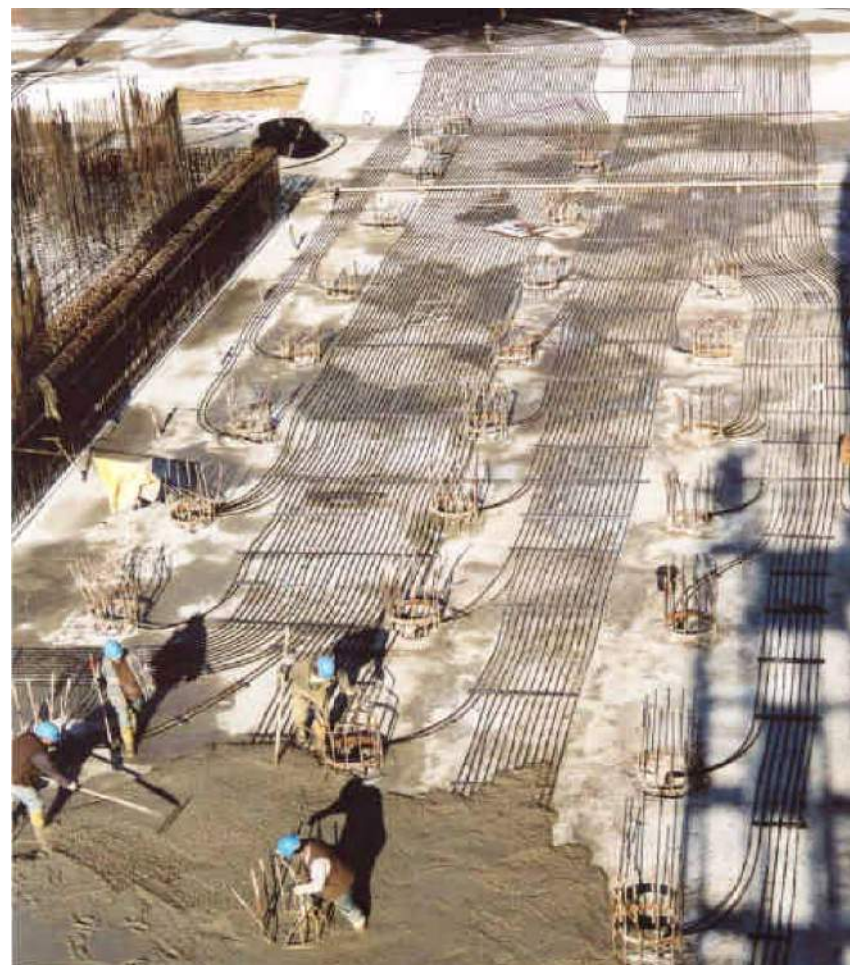
Prinzip der regenerativen Bauteilkühlung (1)





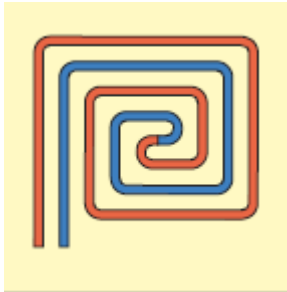
UN'APPLICAZIONE "SMART" : PALI GEOTERMICI DI FONDAZIONE

Norddeutsche Landesbank, Hannover, (D) (2002)



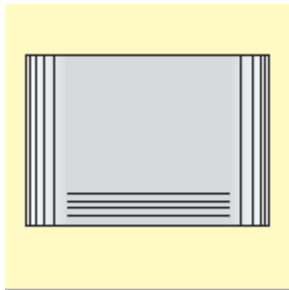


IMPIANTI DI IMPIEGO COMUNE IN ABBINAMENTO A POMPE DI CALORE



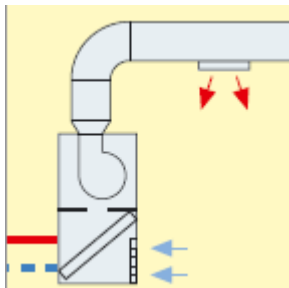
Impianti a pannelli radianti

Sono impianti che consentono un buon utilizzo delle pompe di calore in quanto **funzionano a basse temperature.**



Impianti a ventilconvettori

Questi impianti sono normalmente utilizzati per climatizzare uffici, negozi, alberghi, case di cura. I ventilconvettori usati con pompe di calore devono essere comunque **in grado di poter funzionare a basse temperature (40-45°C).** Inoltre, se installati in camere, vanno adottati modelli con ventilatori a bassa rumorosità.



Impianti ad aria

Sono impianti che possono essere **realizzati con pompe di calore aria-aria o aria-acqua.** Nel primo caso la pompa di calore **alimenta direttamente i canali di distribuzione interna dell'aria.** Nel secondo caso, invece, la pompa di calore fornisce l'acqua calda che **serve ad alimentare una centrale di trattamento aria.**



UNI TS 11300 PARTE 4: POMPE DI CALORE

ENERGIA RINNOVABILE...A CONDIZIONE CHE...

Si ritiene vantaggioso lo sfruttamento delle fonti rinnovabili aerotermiche, geotermiche e idrotermiche quando il consumo di combustibili fossili è mantenuto a bassi livelli, pertanto diventa necessario verificare i consumi di energia primaria delle diverse tipologie di pompe di calore, siano esse azionate da combustibile gassoso oppure da energia elettrica

$$SPF_{Min} > \frac{1,15}{\eta}$$

Il termine SPF nella presente formula, come anche nelle successive, identifica il coefficiente di prestazione medio stagionale della pompa di calore, di fatto un GUE o un COP medio stagionale. Il termine η identifica invece il rendimento di trasformazione da energia primaria a energia elettrica.



ENERGIA RINNOVABILE...A CONDIZIONE CHE...

La quantità di energia aerotermica, geotermica o idrotermica catturata dalle pompe di calore da considerarsi energia da fonti rinnovabili ai fini del presente decreto legislativo, ERES, è calcolata in base alla formula seguente

$$ERES = Q_{USABLE} \cdot \left(1 - \frac{1}{SPF}\right) \quad ERES = Q_{HW,gen,out} \cdot \left(1 - \frac{1}{COP_m}\right) \cong Q_{HW,gen,out} \cdot \frac{2}{3}$$

dove

Q_{usable} = il calore totale stimato prodotto da pompe di calore che rispondono ai criteri che saranno definiti sulla base degli orientamenti stabiliti dalla Commissione ai sensi dell'allegato VII della direttiva 2009/28/CE, applicato nel seguente modo: **solo le pompe di calore per le quali $SPF > 1,15 * 1/\eta$ sarà preso in considerazione;**

SPF = il fattore di rendimento stagionale medio stimato per tali pompe di calore;

η è il rapporto tra la produzione totale lorda di elettricità e il consumo di energia primaria per la produzione di energia e sarà calcolato come media a livello UE sulla base dei dati Eurostat.



UNI TS 11300 PARTE 4: POMPE DI CALORE

ENERGIA RINNOVABILE...A CONDIZIONE CHE...

Il valore 1,15 è un coefficiente stabilito dalla Direttiva Europea. Il rendimento η è definito annualmente da Eurostat e attualmente vale 0,40.

Ne risulta un valore minimo dell'SPF che, con gli attuali valori di η , risulta:

$$\text{SPF}_{\text{Min}} > 1,15 \quad \text{per pompe di calore a gas}$$

$$\text{SPF}_{\text{Min}} > 2,875 \quad \text{per pompe di calore elettriche}$$

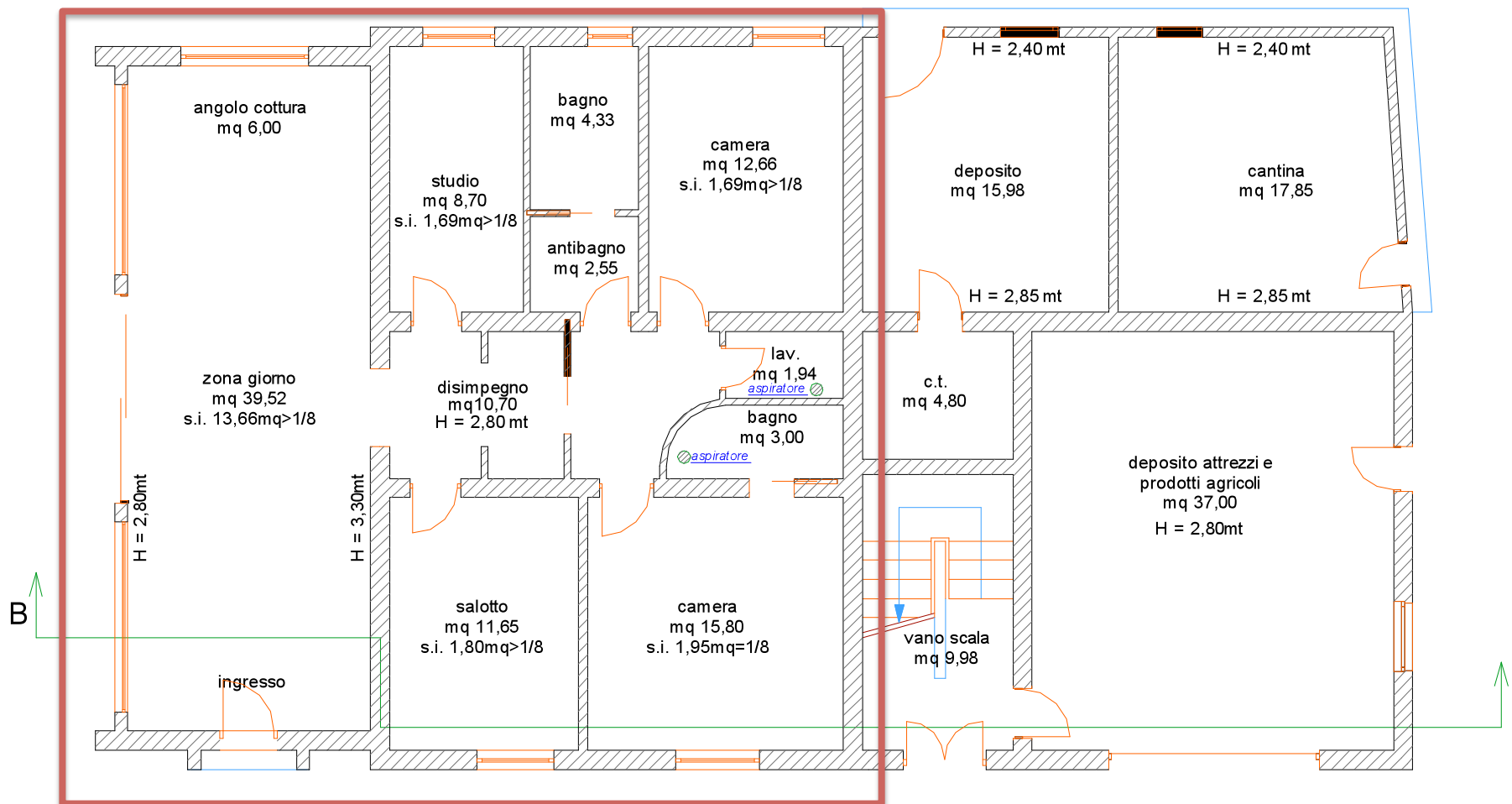
$$\text{SPF}_{\text{PdC}} = \frac{E_{\text{PdC}}}{E_{\text{ass}}}$$

il valore di SPF pari a 2,875 può essere agevole da raggiungere per unità geotermiche o idrotermiche, ma **risulta molto più arduo da ottenere** per unità aerotermiche, specie se applicate in regimi rigidi o con richiesta di alte temperature.



CASO DI STUDIO: UNITA' IMMOBILIARE CON DESTINAZIONE D'USO RESIDENZIALE

Caratteristiche tipologiche





CASO DI STUDIO: UNITA' IMMOBILIARE CON DESTINAZIONE D'USO RESIDENZIALE

Dati climatici di base della località di progetto

- Comune: Un Comune della Provincia di Chieti (CH)
- I gradi giorno del Comune dell'intervento sono 1 384 GG, determinati in base al D.P.R. 412 del 26/08/93 e successive modifiche ed integrazioni.
- La Zona climatica in cui ricade l'opera in oggetto è "C", pertanto il periodo di riscaldamento previsto per legge è di giorni 137 e precisamente dal 15/11 al 31/3.
- La **temperatura minima di progetto dell'aria esterna** secondo norma UNI 5364 e successivi aggiornamenti è di **0.00 °C**.

Dati tecnico costruttivi dell'edificio e delle relative strutture

Zona "Unità immobiliare di civile abitazione"

- Classificazione: E1 (1).
- Volume netto 310,38 m³.
- Superficie netta 110,85 m².
- Valore di progetto della Temperatura interna invernale 20.00 °C.
- Valore di progetto della Temperatura interna estiva 26.00 °C.



PRINCIPALI RISULTATI DEI CALCOLI RELATIVI AL FABBISOGNO DI ENERGA TERMICA PER RISCALDAMENTO

Dispersioni, Apporti solari, Apporti interni, Fabbisogni

	Un.Mis.	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Totale
HTR	W/K	193.28	193.28	193.28	193.28	193.28	0.00
HVE	W/K	58.70	58.70	58.70	58.70	58.70	0.00
QhTR	MJ	2 138.61	6 266.02	6 990.76	5 846.66	5 023.60	26 265.64
QhVE	MJ	592.36	1 792.30	2 012.40	1 675.65	1 414.97	7 487.68
QhHT	MJ	2 730.97	8 058.31	9 003.16	7 522.31	6 438.57	33 753.33
Qsol	MJ	812.92	1 283.49	1 451.29	1 858.40	2 804.96	8 211.06
Qint	MJ	622.08	1 205.28	1 205.28	1 088.64	1 205.28	5 326.56
Qh [MJ]	MJ	1 343.17	5 581.89	6 357.69	4 610.44	2 654.31	20 547.51
Qh	kWh	373.10	1 550.53	1 766.02	1 280.68	737.31	5 707.64

Valori energetici relativi al riscaldamento, in regime di funzionamento continuo per i giorni di attivazione dell'impianto ex D.P.R. 412/93: HTR = Coefficiente globale di scambio termico per TRASMISSIONE; HVE = Coefficiente globale di scambio termico per VENTILAZIONE; QhTR = Dispersione per Trasmissione; QhVE = Dispersione per Ventilazione; QhHT = Dispersione per Trasmissione + Ventilazione; Qsol = Apporti Solari; Qint = Apporti Interni; Qh [MJ] = Fabbisogno Utile di Energia Termica per il Riscaldamento; Qh = Fabbisogno Utile di Energia Termica per il Riscaldamento; QRh = Energia TOTALE (accumuli+distribuzione ACS) recuperata dal sistema di Riscaldamento; QIEh = Perdite di emissione; QIRh = Perdite di regolazione; QhRD = Energia termica da fornire al sottosistema di Distribuzione del Riscaldamento; Qwl = Fabbisogno Utile di Energia Termica per ACS (invernale).



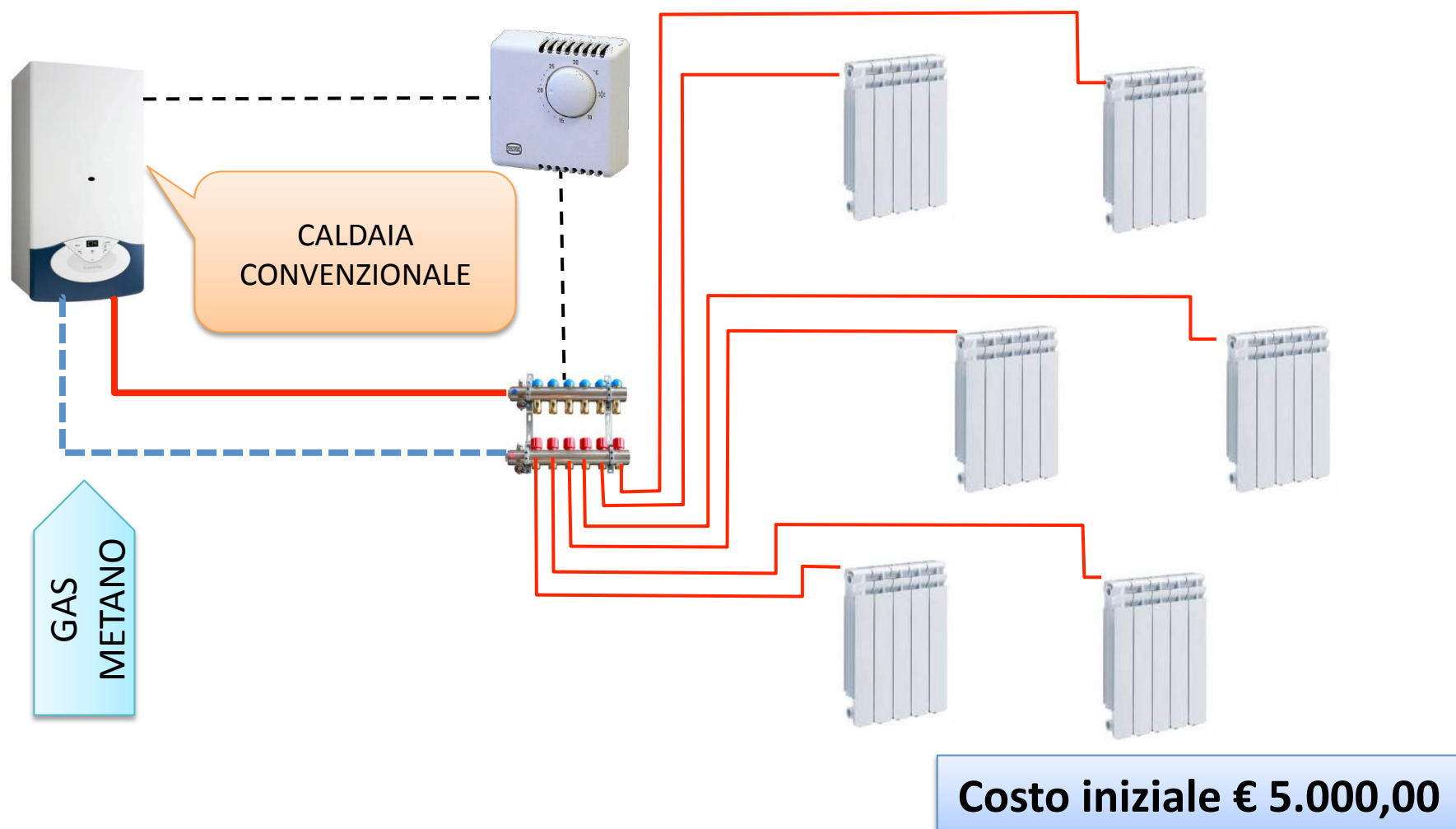
IPOSTESI DI SOLUZIONI IMPIANTISTICHE DA CONFRONTARE

Assumiamo per semplicità di calcolo che Q_h corrisponda all'energia consumata dall'utenza per il riscaldamento (in realtà sappiamo che non è così poiché la Q_h è calcolata **in regime di attivazione continuo** dell'impianto di riscaldamento)

1. Impianto alimentato a gas metano, generatore di calore senza condensazione, terminali di emissione radiatori in alluminio
2. Impianto alimentato a gas metano, generatore di calore con condensazione, terminali di emissione pannelli radianti
3. Impianto alimentato a pompa di calore di tipo aria – acqua, terminali di emissione pannelli radianti
4. Impianto alimentato a pompa di calore di tipo aria – aria a espansione diretta, distribuzione aeraulica e terminali di emissione a bocchette



IPOTESI A – Impianto idronico con generatore a gas metano, radiatori in alluminio





IPOTESI A – Impianto idronico con generatore a gas metano, radiatori in alluminio

Quanto gas metano (energia primaria) occorre per generare la potenza termica necessaria al soddisfacimento del fabbisogno utile per il riscaldamento invernale Q_h ?

Calcoliamo il rendimento dell'impianto termico con la nota relazione: $\eta_g = \eta_d \times \eta_{gn} \times \eta_e \times \eta_r$

Assumiamo i seguenti valori di rendimento per i vari sottosistemi:

Sottosistema di distribuzione:

Impianto autonomo, nuova costruzione con rete di distribuzione ben coibentata

$$\eta_d = 0,99$$

Sottosistema di generazione:

Caldaia tradizionale a gas metano , marcatura 3 stelle, installata all'interno:

$$T_{fumi} = 110^\circ$$

$$T_{mandata} = 70^\circ\text{C}$$

$$T_{ritorno} = 50^\circ\text{C}$$

$$\eta_{gn} = 0,93$$

Sottosistema di emissione:

Radiatori in alluminio su parete isolata

$$\eta_e = 0,95$$

Sottosistema di regolazione:

con termostato di zona a regolazione proporzionale $0,5^\circ\text{C}$

$$\eta_r = 0,99$$



IPOTESI A – Impianto idronico con generatore a gas metano, radiatori in alluminio



Calcolo del rendimento globale stagionale medio:

$$\eta_g = \eta_d \times \eta_{gn} \times \eta_e \times \eta_r = 0,99 \times 0,93 \times 0,95 \times 0,99 = \mathbf{0,86}$$



Fabbisogno energia primaria = $Q_h / \eta_g = 5.707,64 \text{ kWh} / 0,86 = \mathbf{6.637 \text{ kWh}}$



Fabbisogno di gas metano = $6.637 \text{ kWh} / 9,9 = \mathbf{670 \text{ m}^3 / \text{anno}}$

Assumiamo il
PCI del metano
pari a circa 9,9
kWht/mc

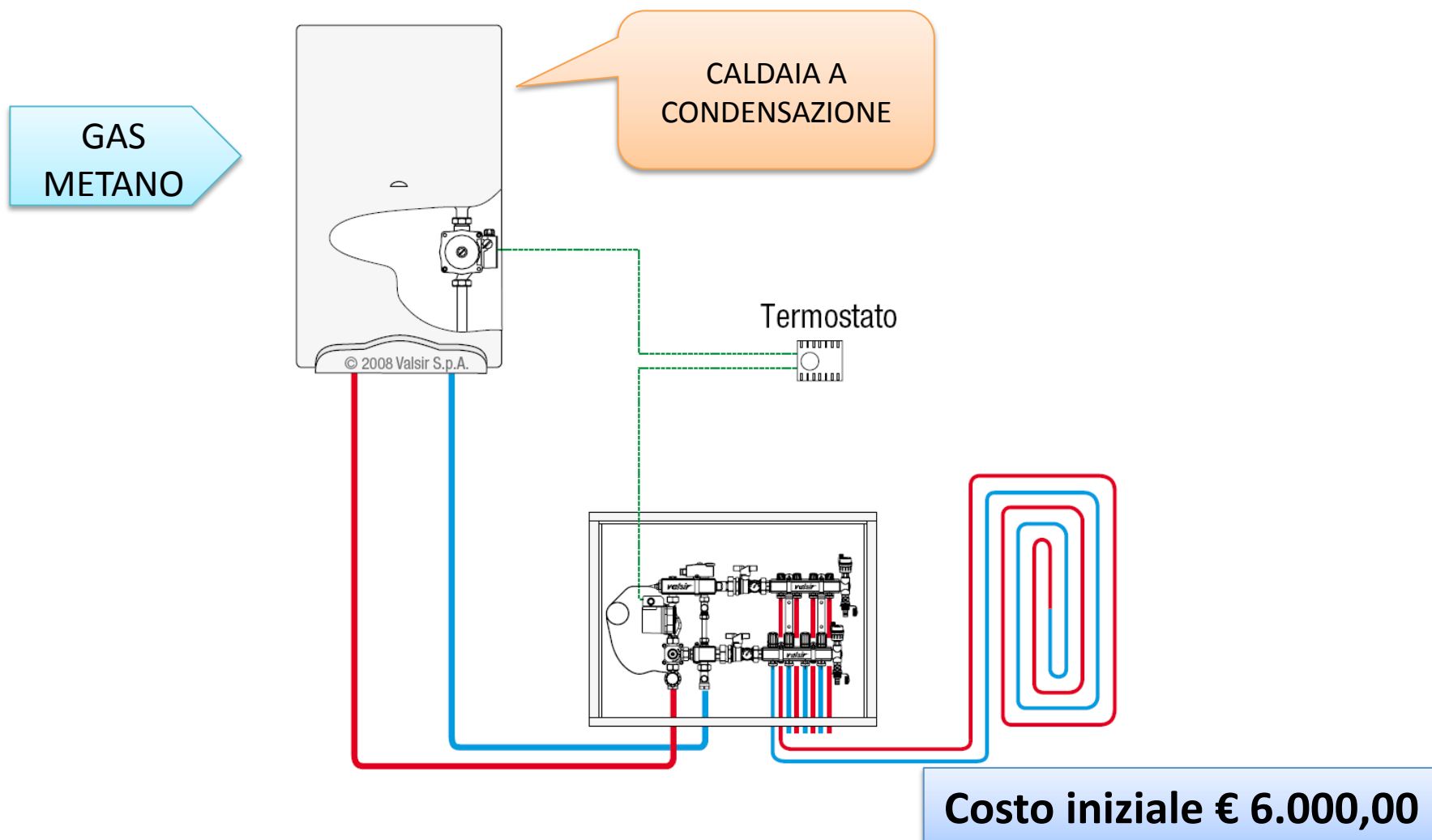


Ipotesi tariffa per uso domestico = 0,90 € / m³

Costo gas metano per riscaldamento = $670 \times 0,90 = 603 \text{ €} / \text{anno}$



IIPOTESI B – Impianto idronico con generatore a gas metano a condensazione, pannelli radianti





IPOTESI B – Impianto idronico con generatore a gas metano a condensazione, pannelli radianti

Assumiamo i seguenti valori di rendimento per i vari sottosistemi:

Sottosistema di distribuzione:

Impianto autonomo, nuova costruzione con rete di distribuzione ben coibentata

$$\eta_d = 0,99$$

Sottosistema di generazione:

Caldaia a gas metano a condensazione , marcatura 4 stelle, installata all'interno:

$$T_{fumi} = 55^\circ$$

$$T_{mandata} = 40^\circ\text{C}$$

$$T_{ritorno} = 30^\circ\text{C}$$

$$\eta_{gn} = 1,00$$

Sottosistema di emissione:

Pannelli radianti annegati in struttura isolata

$$\eta_e = 0,99$$

Sottosistema di regolazione:

con termostato di zona a regolazione proporzionale $0,5^\circ\text{C}$ e centralina climatica

$$\eta_{rg} = 0,995$$



IPOTESI B – Impianto idronico con generatore a gas metano a condensazione, pannelli radianti



Calcolo del rendimento globale stagionale medio:

$$\eta_g = \eta_d \times \eta_{gn} \times \eta_e \times \eta_r = 0,99 \times 1,00 \times 0,99 \times 0,995 = \mathbf{0,975}$$



Fabbisogno energia primaria = $Q_h / \eta_g = 5.707,64 \text{ kWh} / 0,975 = \mathbf{5.854 \text{ kWh}}$



Fabbisogno di gas metano = $5.854 \text{ kWh} / 9,9 = \mathbf{591 \text{ m}^3 / \text{anno}}$



Ipotesi tariffa gas metano per uso domestico = $\mathbf{0,90 \text{ €} / \text{m}^3}$

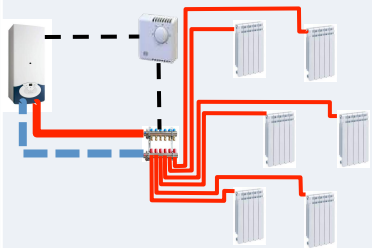
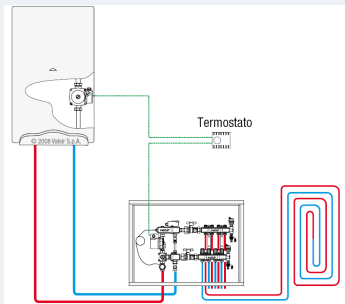
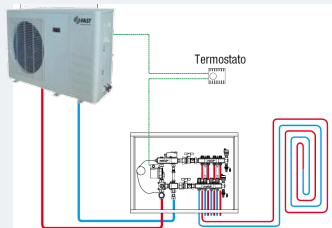

Costo gas metano per riscaldamento = $591 \times 0,90 = \mathbf{532 \text{ €} / \text{anno}}$



Energy Management nelle imprese

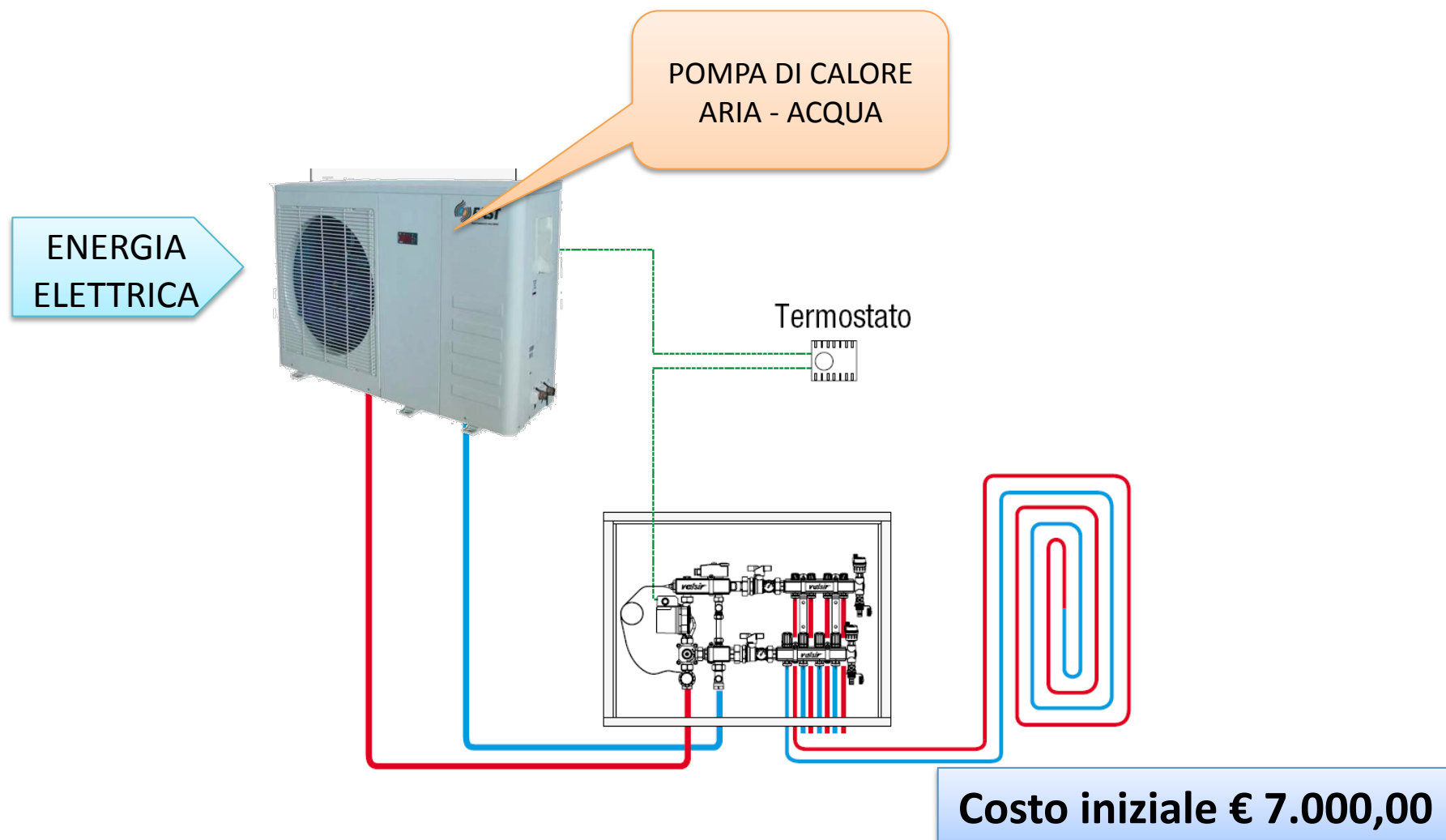
La ricerca dell'efficienza energetica: obiettivi e metodi

TABELLA RIEPILOGATIVA

Sistema	A	B	C	D
Descrizione	Impianto idronico con generatore a gas metano, radiatori in alluminio	Impianto idronico con caldaia a condensazione, pannelli radianti	Impianto idronico con generatore elettrico a pompa di calore, pannelli radianti	Impianto aeraulico con pompa di calore a espansione diretta, bocchette di ventilazione
Schema				
Fabbisogno energia primaria per riscaldamento	6.637 kWh	5.884 kWh		
Costo annuo di esercizio	603 € /anno	532 € / anno		



IPOSTESI C – Impianto idronico con generatore elettrico a pompa di calore, pannelli radianti





IIPOTESI C – Impianto idronico con generatore elettrico a pompa di calore, pannelli radianti



Le norme UNI TS 11300 per le pompe di calore fanno riferimento alla norma UNI TS 11300:4 che riprendono la metodologia UNI 10348, utilizzata in questo esempio.

Assumiamo i seguenti valori di rendimento per i vari sottosistemi:

Sottosistema di distribuzione:

Impianto autonomo, nuova costruzione con rete di distribuzione ben coibentata

$\eta_d = 0,99$

Sottosistema di generazione:

Pompa di calore aria - acqua

COP corretto rispetto alle condizioni nominali:

0°C aria esterna, 40° Tmandata → COP = 3,1

COP= 3,1

Sottosistema di emissione:

Pannelli radianti annegati in struttura isolata

$\eta_e = 0,99$

Sottosistema di regolazione:

con termostato di zona a regolazione proporzionale 0,5°C

$\eta_{rg} = 0,99$



IPOSTESI C – Impianto idronico con generatore elettrico a pompa di calore, pannelli radianti

Calcolo del rendimento globale stagionale medio (a meno del rendimento di generazione):



$$\eta_g = \eta_d \times \eta_e \times \eta_r = 0,99 \times 0,99 \times 0,99 = 0,97$$

Fabbisogno energia termica all'uscita lato idronico della pompa di calore
5.707,64 / 0,97 = 5.884 kWh termici

Scegliamo una taglia
"commerciale"
di Pompa di calore

LRN / HP
POTENZE TERMICHE ED ASSORBIMENTI ELETTRICI

Mod.	TAMB (°C)	PH(kW)					PA(kW)					COP				
		TWUC (°C)					TWUC (°C)					W/W				
		30	35	40	45	50	30	35	40	45	50	30	35	40	45	50
05	0	4,5	4,9	5,2	5,2	—						3,1	2,9	—		
	3	5,1	5,4	5,6	5,6	5,5						3,3	3,0	2,8		
	5	5,6	5,8	5,9	5,8	5,7						3,5	3,2	2,9		
	7	6,1	6,2	6,2	6,2	6,0						3,7	3,3	3,0		
	10	6,9	6,9	6,8	6,7	6,5						4,0	3,6	3,2		
	13	7,7	7,6	7,4	7,2	7,0						4,3	3,8	3,4		

COP alle condizioni ambientali e di esercizio = 3,1

Mod.	TAMB (°C)	PH(kW)					PA(kW)					COP				
		TWUC (°C)					TWUC (°C)					W/W				
		30	35	40	45	50	30	35	40	45	50	30	35	40	45	50
05	0	6,9	6,9	6,8	6,7	—	1,8	2,0	2,2	2,4	—	3,8	3,4	3,1	2,8	—
	3	7,5	7,5	7,5	7,3	7,1	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	4,1	3,8	3,4	3,1	2,8
	5	7,9	8,0	7,9	7,7	7,5	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	4,4	4,0	3,6	3,2	2,9
	7	8,4	8,4	8,3	8,1	7,9	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	4,6	4,2	3,8	3,4	3,0
	10	9,1	9,1	9,0	8,8	8,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	5,0	4,5	4,1	3,6	3,3
	13	9,9	9,9	9,7	9,5	9,2	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	5,4	4,9	4,4	3,9	3,5

Potenza alle condizioni ambientali e di esercizio = 6,8 kW



IPOSTESI C – Impianto idronico con generatore elettrico a pompa di calore, pannelli radianti



Calcoliamo il fabbisogno di energia elettrica a partire dal COP

Fabbisogno energia elettrica (secondaria) = $5.884 \text{ kWh termici} / 3,1 = \mathbf{1.900 \text{ kWh}}$ elettrici



Conversione in energia primaria $1.900 \text{ kWh} \times 0,187 \times 10^{-3} \text{ tep/kWh} = 0,355 \text{ tep}$
Conversione in energia primaria $0,355 \times 11.630 \text{ kWht/tep} = \mathbf{4.129 \text{ kWht}}$

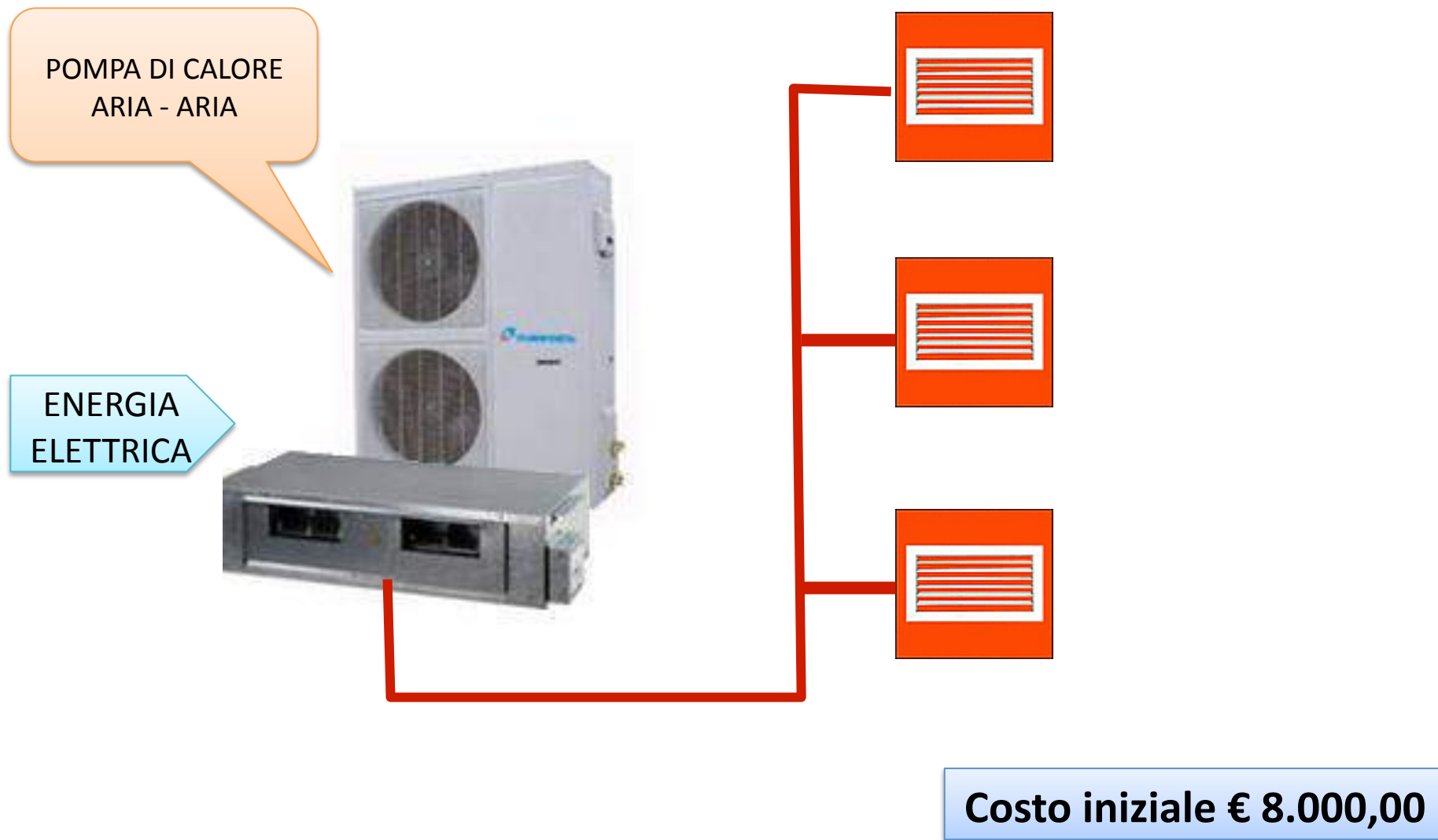


Ipotesi tariffa energia elettrica per uso domestico = $\mathbf{0,25 \text{ €} / \text{kWh}}$

Costo energia elettrica per riscaldamento = $1.900 \times 0,25 = \mathbf{475 \text{ €} / \text{anno}}$



I POTESI D – Impianto aeraulico con pompa di calore a espansione diretta, bocchette di ventilazione





IOTESI D – Impianto aeraulico con pompa di calore a espansione diretta, bocchette di ventilazione



Le norme UNI TS 11300 per le pompe di calore fanno riferimento alla norma UNI TS 11300:4 che riprendono la metodologia UNI 10348, utilizzata in questo esempio.

Assumiamo i seguenti valori di rendimento per i vari sottosistemi:

Sottosistema di distribuzione:

Impianto autonomo, nuova costruzione con rete di distribuzione ben coibentata

$$\eta_d = 0,99$$

Sottosistema di emissione:

Bocchette in sistemi ad aria calda

$$\eta_e = 0,94$$

Sottosistema di regolazione:

con termostato di zona a regolazione proporzionale – integrativo 0,5°C

$$\eta_{rg} = 0,995$$



IPOTESI D – Impianto aeraulico con pompa di calore a espansione diretta, bocchette di ventilazione



Calcolo del rendimento globale stagionale medio (a meno del rendimento di generazione):

$$\eta_g = \eta_d \times \eta_e \times \eta_r = 0,99 \times 0,94 \times 0,995 = \mathbf{0,93}$$

Fabbisogno energia termica alla mandata di aria calda
 $5707.64 / 0,93 = \mathbf{6.137 \text{ kWh termici}}$

In base a considerazioni impiantistiche di massima relative alla portata d'aria presunta del sistema aeraulico e alle temperature di lavoro esterna e interna della pompa di calore, si assume una potenza termica delle batterie di scambio pari **a 9 kW**.

Tale potenza è anche quella di riferimento per la scelta della pompa di calore

Scegliamo una taglia “commerciale” di Pompa di calore :9,80 kW (circa 36.000 BTU)

Consideriamo il COP in condizioni di esercizio pari a 3



IPOTESI D – Impianto aeraulico con pompa di calore a espansione diretta, bocchette di ventilazione



Calcoliamo il fabbisogno di energia elettrica a partire dal COP

Fabbisogno di energia elettrica (secondaria) = $6.137 \text{ kWh termici} / 3 = \mathbf{2.045 \text{ kWh elettrici}}$



Conversione in energia primaria $2.045 \text{ kWh} \times 0,187 \times 10^{-3} \text{ tep/kWh} \times 11.630 \text{ kWh/tep} = \mathbf{4.447 \text{ kWh}}$



Ipotesi tariffa energia elettrica per uso domestico = $\mathbf{0,25 \text{ € /kWh}}$

Costo energia elettrica per riscaldamento = $2.045 \times 0,25 = \mathbf{511 \text{ € / anno}}$



TABELLA RIEPILOGATIVA

Sistema	A	B	C	D
Descrizione	Impianto idronico con generatore a gas metano, radiatori in alluminio	Impianto idronico con caldaia a condensazione, pannelli radianti	Impianto idronico con generatore elettrico a pompa di calore, pannelli radianti	Impianto aeraulico con pompa di calore a espansione diretta, bocchette di ventilazione
Schema				
Fabbisogno energia primaria per riscaldamento	6.637 kWh	5.884 kWh	4.129 kWh	4.447 kWh
Costo annuo di esercizio	603 €/anno	532 € / anno	475 € /anno	511 € /anno

Miglioramento energetico "assoluto"

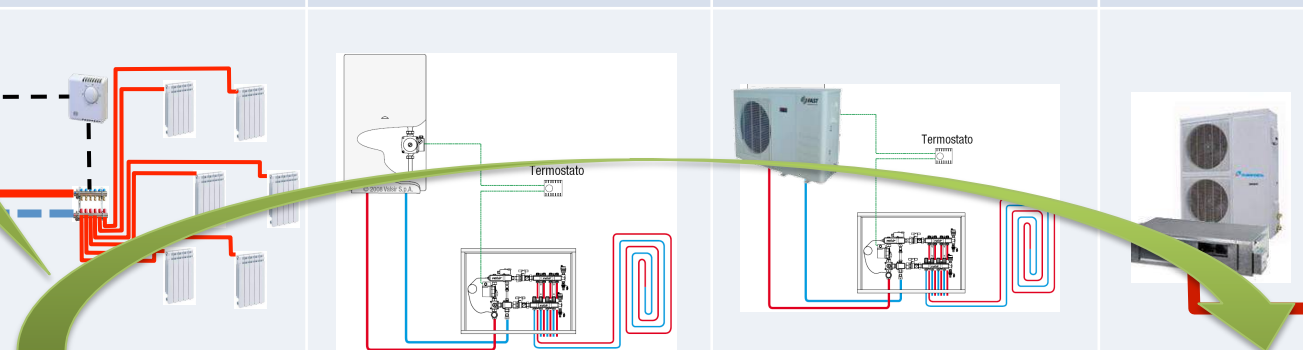




TABELLA RIEPILOGATIVA

Sistema	A	B	C	D
Descrizione	Impianto idronico con generatore a gas metano, radiatori in alluminio	Impianto idronico con caldaia a condensazione, pannelli radianti	Impianto idronico con generatore elettrico a pompa di calore, pannelli radianti	Impianto aeraulico con pompa di calore a espansione diretta, bocchette di ventilazione
Costo iniziale impianto	€ 5.000,00	€ 6.000,00	€ 7.000,00	€ 8.000,00
Extracosto rispetto a soluzione "A"	-	€ 1.000,00	€ 2.000,00	€ 3.000,00
Payback semplice dell'extracosto considerando solo il risparmio energetico stimato con il metodo semplificato (anni)	-	14	16	33

Miglioramento economico "relativo"

Che succede con eco bonus o detrazioni?