

GEOTERMIA A BASSA ENTALPIA

SISTEMI A CIRCUITO CHIUSO

SONDE GEOTERMICHE VERTICALI

COLLAUDI SONDA

Una volta terminata la posa delle sonde, prima di procedere alla cementazione, si dovrà provvedere:

- 1) Al riempimento con acqua delle sonde stesse e messa in pressione (ca 5-6 bar) per il **test di tenuta** con sistemi ad acqua o aria. Durata minima della prova: 1-2 h. Variazione di pressione tollerata da 0.2 a 0.5 bar.
- 2) Dopo il test di tenuta si procede ad iniettare acqua dalla superficie nelle sonde e verificarne la fuoriuscita nello stesso quantitativo (**test di circolazione idrica**).
- 3) In caso di esito positivo, i quattro tubi costituenti la sonda verranno segnati rispettivamente con del nastro colorato al fine di identificare l'andata ed il ritorno.
- 4) La sonda che non dovesse superare il test con esito positivo dovrà essere colmata con miscele impermeabilizzanti e abbandonata.



GEOTERMIA A BASSA ENTALPIA

SISTEMI A CIRCUITO CHIUSO

SONDE GEOTERMICHE VERTICALI

LA CEMENTAZIONE

MATERIALI DI RIEMPIMENTO

È l'elemento costitutivo su cui si riscontra maggiore differenziazione sul mercato.

La **classificazione dei riempimenti** vede una distinzione in due macrocategorie:

- materiali sciolti (generalmente sabbie quarzifere)
- malte cementizie

Nel caso dei **materiali sciolti** la posa può avvenire a secco, per caduta, o tramite pompaggio in miscela acquosa, scongiurando la formazione di cavità durante la posa.

L'uso di riempimento con sabbia fornisce i migliori risultati in presenza di falda, consentendo il diretto contatto dell'acquifero con le tubazioni (trasmissione del calore anche a carattere convettivo a vantaggio dello scambio termico); è solitamente limitato ad installazioni in roccia sana o in sistemi monofalda. In tutte le altre situazioni è preferibile far ricorso a miscele cementizie.

Le principali **malte cementizie** usate sono composti premiscelati termicamente migliorati- e non- contenenti cemento Portland+ bentonite + acqua (con eventuali additivi).

L'impasto viene solitamente fatto in cantiere controllando la corretta proporzione tra acqua e polvere. Una miscela molto utilizzata prevede, per un metro cubo di malta:

450 Kg di cemento + 50 Kg di bentonite + 900 litri di acqua

Le attività di cementazione devono essere dettagliatamente descritte in apposito verbale.

GEOTERMIA A BASSA ENTALPIA

SISTEMI A CIRCUITO CHIUSO

SONDE GEOTERMICHE VERTICALI

MATERIALI DI RIEMPIMENTO

Le **principali caratteristiche delle malte cementizie** sono:

- conduttività termica (cemento-bentonite da 0.6 a 1.2 W/mk, premiscelati termicamente migliorati da 1.6 a 2.2 W/mk);
- densità (assume in genere valori di poco inferiori a 1.5 t/mc);
- reologia (viscosità valutata con cono di Marsh, elevata viscosità = buona cementazione);
- permeabilità (buona malta per basse permeabilità- nell'ordine di 10^{-10} cm/s);
- andamento della maturazione (variabile da mezza giornata a qualche giorno, maggiore per le tratte di cementazione sotto falda). Una buona malta per sonde non deve presentare fenomeni di variazione volumetrica durante la maturazione;
- calore di maturazione (si parla di incrementi termici nell'ordine dei 15-20°C, il tempo di ritorno a regime delle T dipende oltre che dalla malta anche dal terreno, di solito varia da 3 a 4 settimane);
- resistenza al gelo (in inverno il fluido convettore può trovarsi a temperature negative, determinando aumento di volume e fratturazione del getto).

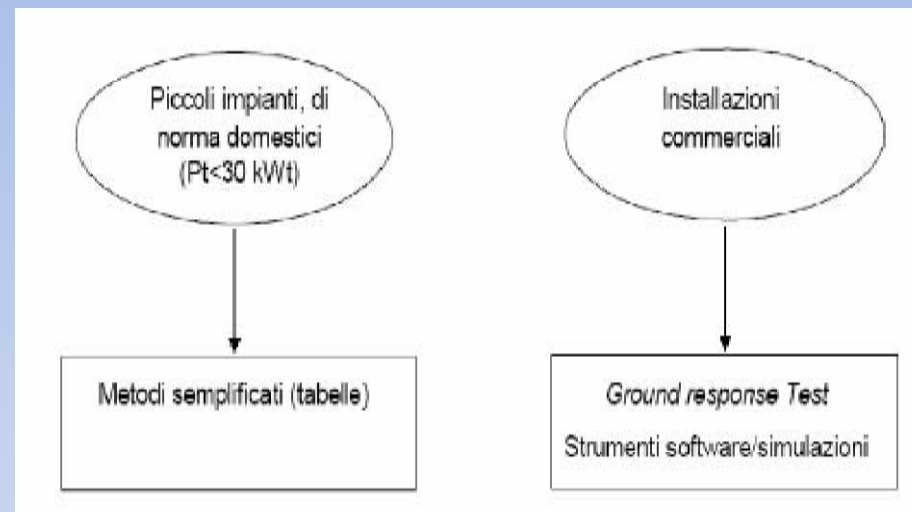
La **cementazione** avviene da fondo foro tramite tubo d'iniezione normalmente a perdere, economico ma al contempo in grado di resistere alle pressioni di iniezione (ca 20 bar). In taluni casi, durante la cementazione è necessario procedere all'adozione del packer.

GEOTERMIA A BASSA ENTALPIA

SISTEMI A CIRCUITO CHIUSO

SONDE GEOTERMICHE VERTICALI

COLLAUDO SONDE: IL GRT



“Thermal Response Test” o “**Ground Response Test**” (GRT): uno scambiatore pilota installato nel suolo (che sarà parte di un pozzo poi appartenente al loop dell’impianto che si realizzerà) sollecitato da un impulso termico a potenza costante. Attraverso il test vengono misurati i seguenti tre parametri:

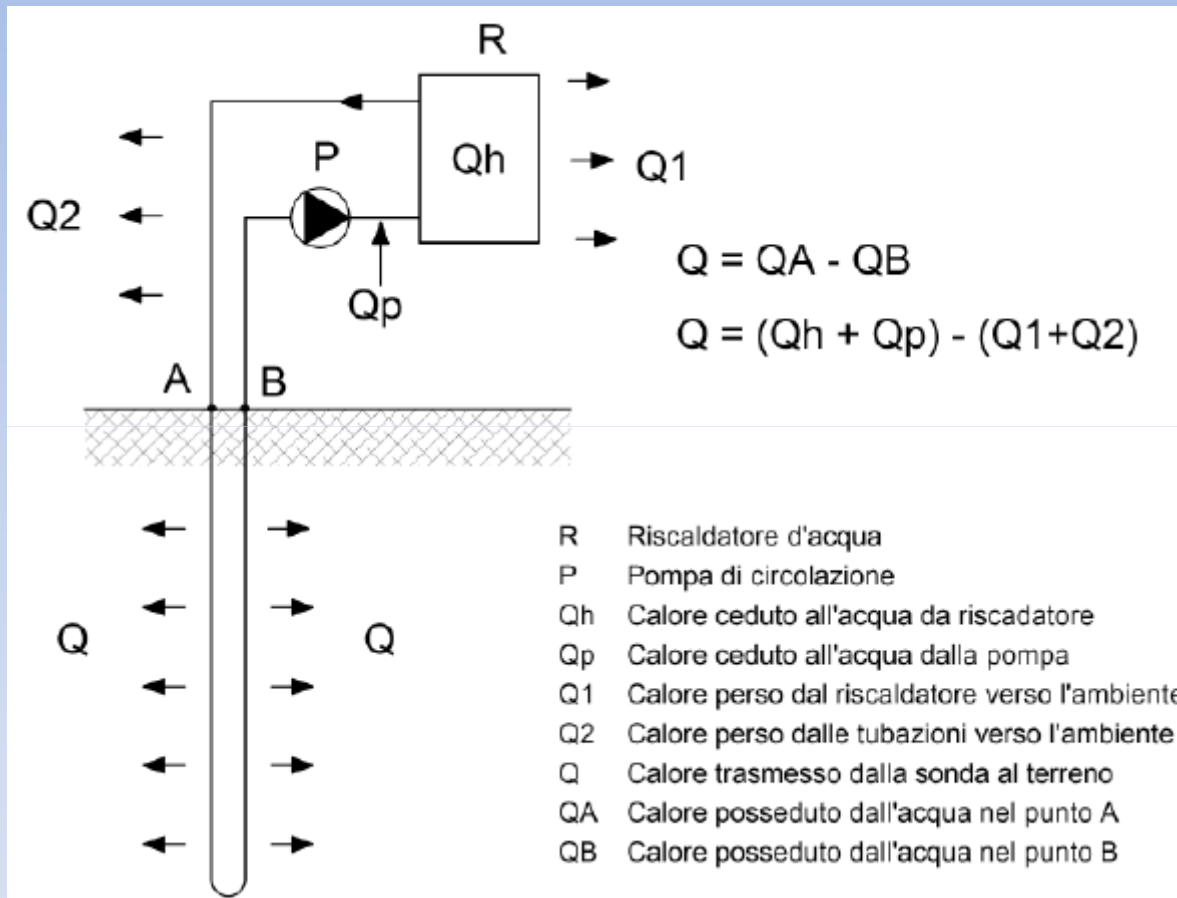
- ✓ T_0 : temperatura media del terreno indisturbato
- ✓ λ : conducibilità termica media del suolo
- ✓ R_b : resistenza termica media della sonda (resistenza equivalente di pozzo)

GEOTERMIA A BASSA ENTALPIA

SISTEMI A CIRCUITO CHIUSO

SONDE GEOTERMICHE VERTICALI

IL GRT

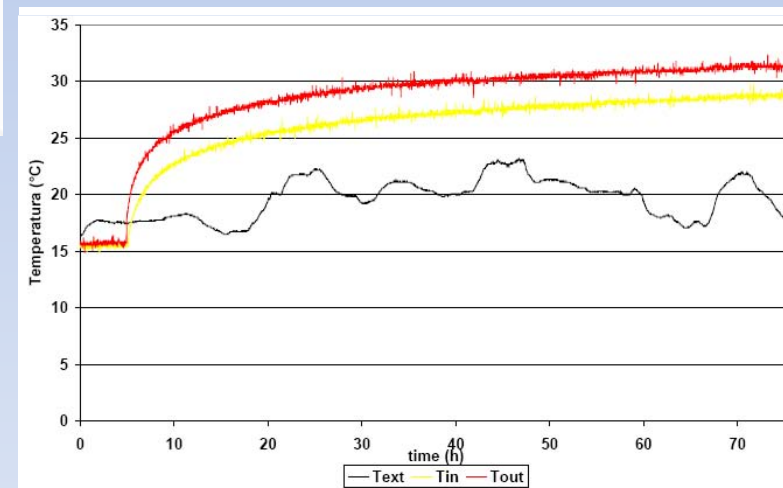
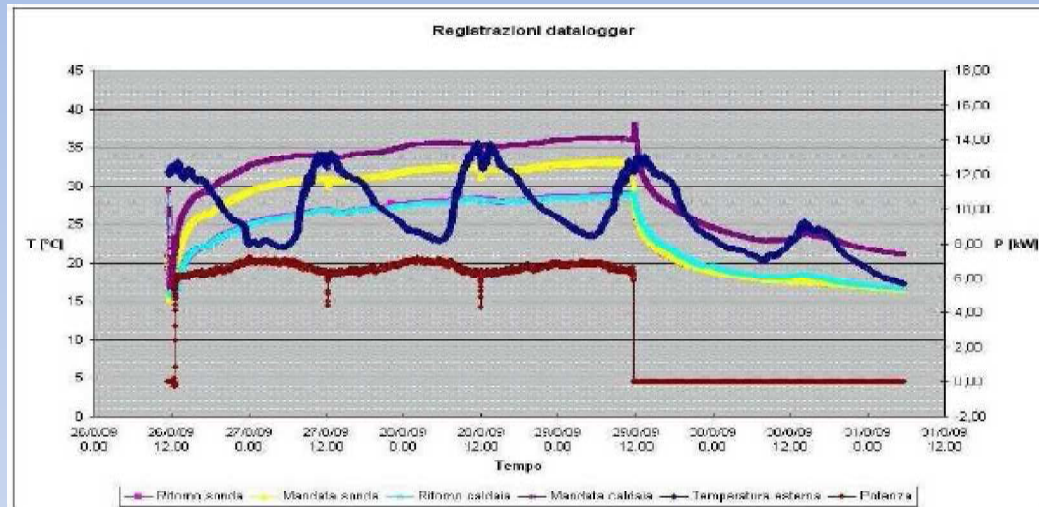


GEOTERMIA A BASSA ENTALPIA

SISTEMI A CIRCUITO CHIUSO

SONDE GEOTERMICHE VERTICALI

I DIAGRAMMI DEL GRT

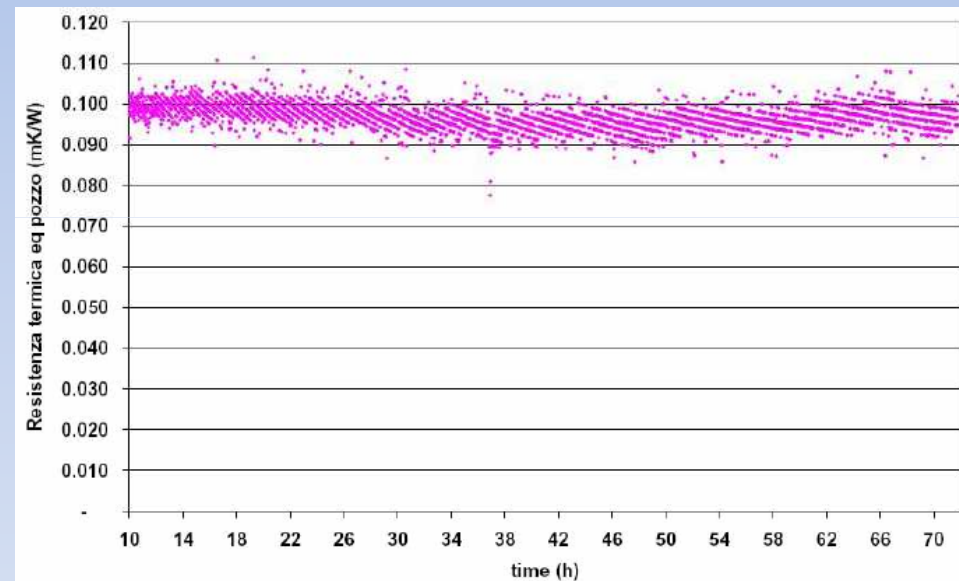
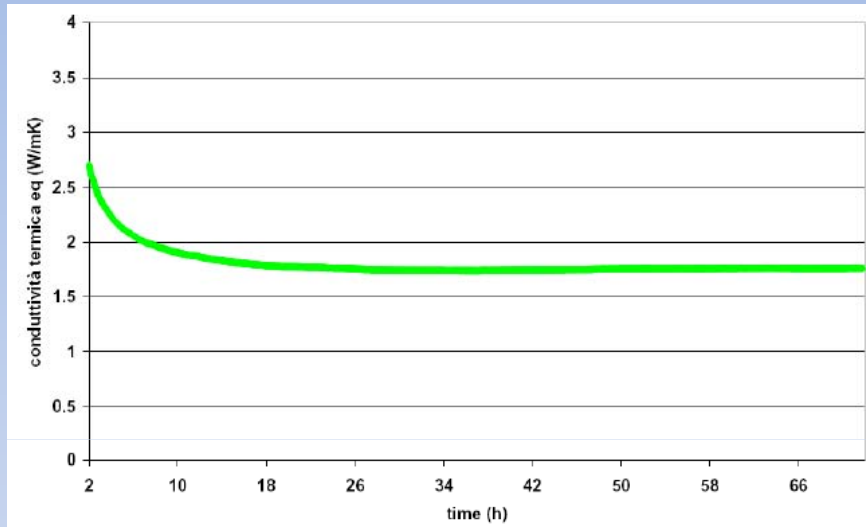


GEOTERMIA A BASSA ENTALPIA

SISTEMI A CIRCUITO CHIUSO

SONDE GEOTERMICHE VERTICALI

I DIAGRAMMI DEL GRT



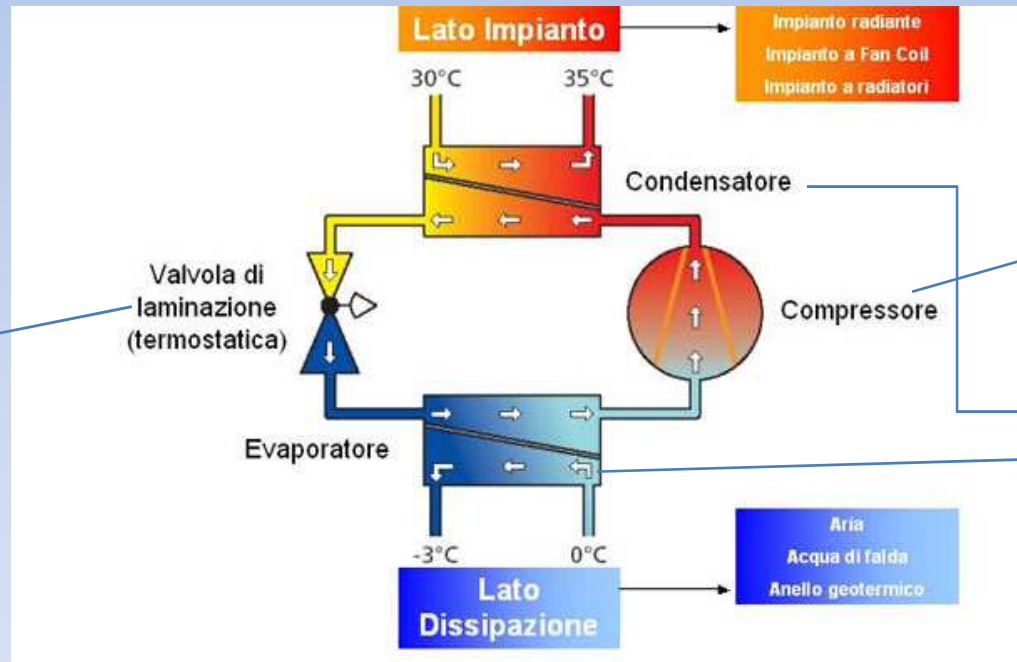
GEOTERMIA A BASSA ENTALPIA

SISTEMI A CIRCUITO CHIUSO

SONDE GEOTERMICHE VERTICALI

POMPA DI CALORE

La pompa di calore assorbe calore attraverso il fluido refrigerante in un evaporatore, ne alza la temperatura attraverso il compressore, cede calore all'ambiente circostante attraverso il condensatore; durante questo processo viene consumata energia elettrica (coefficiente di prestazione "C.O.P.").



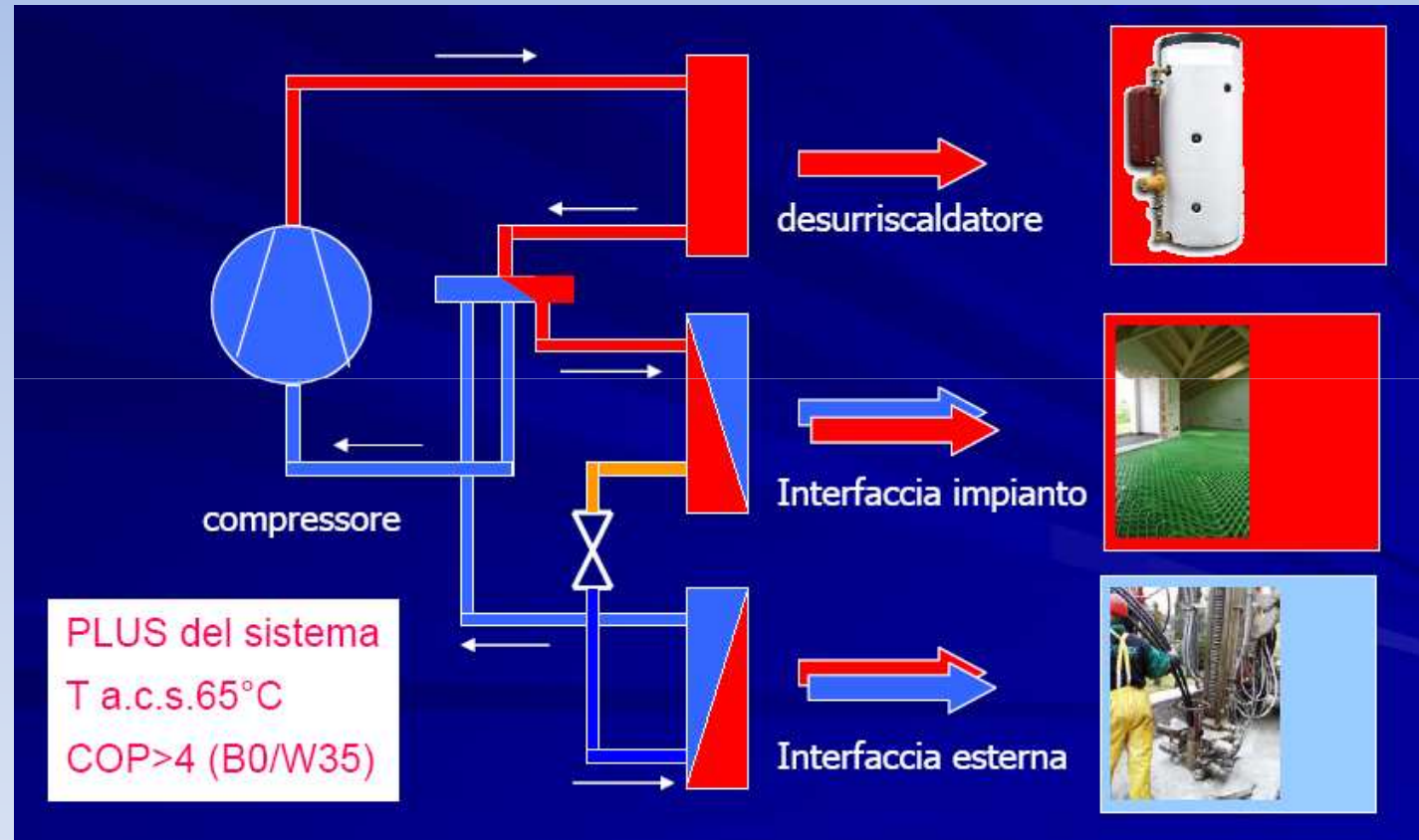
GEOTERMIA A BASSA ENTALPIA

SISTEMI A CIRCUITO CHIUSO

SONDE GEOTERMICHE VERTICALI

POMPA DI CALORE

SCHEMA IMPIANTO PER CLIMATIZZAZIONE AMBIENTE + ACQUA SANITARIA

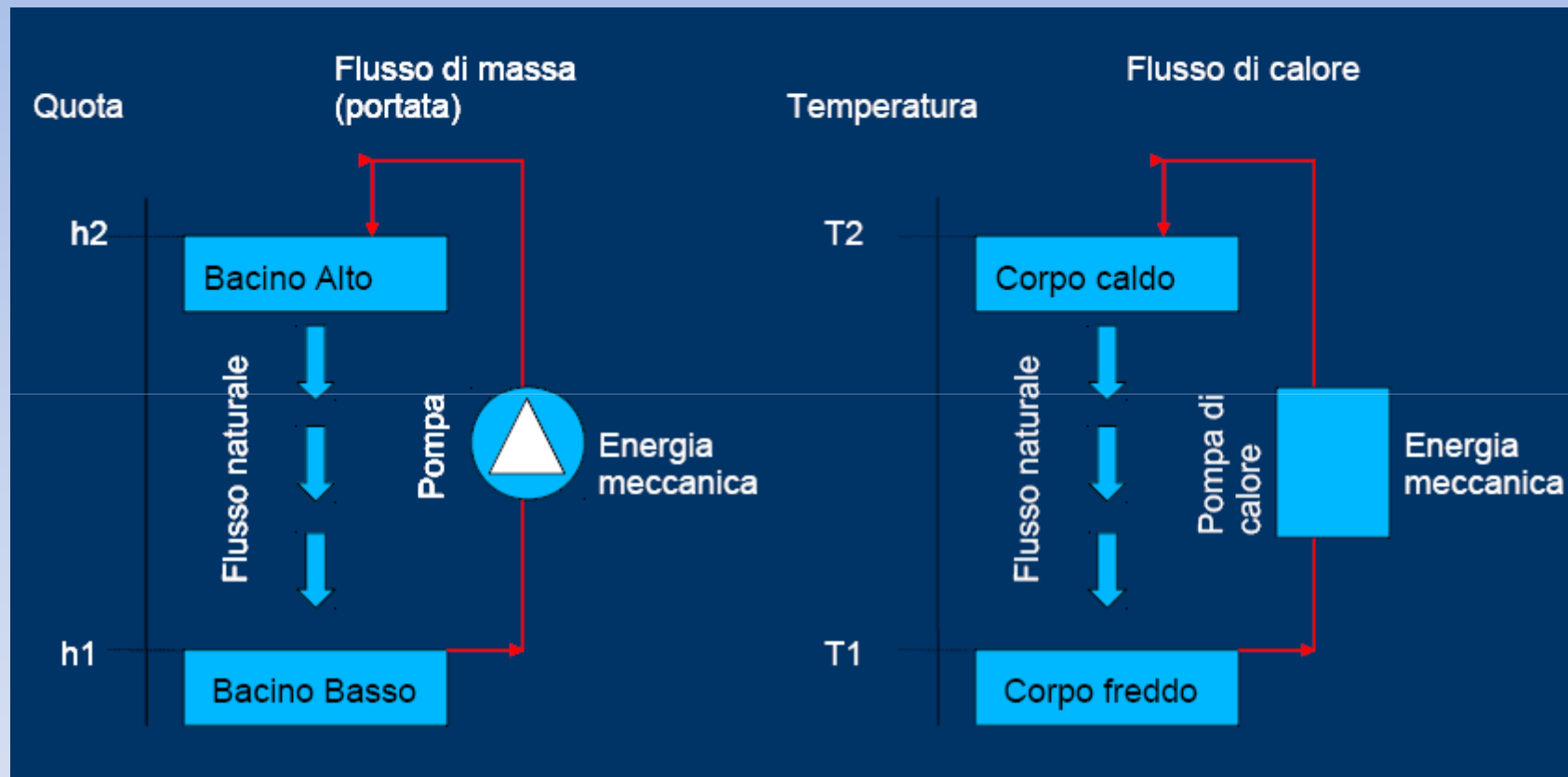


GEOTERMIA A BASSA ENTALPIA

SISTEMI A CIRCUITO CHIUSO

SONDE GEOTERMICHE VERTICALI

POMPA DI CALORE



GEOTERMIA A BASSA ENTALPIA

SISTEMI A CIRCUITO CHIUSO

SONDE GEOTERMICHE VERTICALI

POMPA DI CALORE

CLASSIFICAZIONI

Classificazione per effetto utile:

- Macchina frigorifera (o chiller, frigo, refrigeratore)
- Pompa di calore
- pompa di calore reversibile

Classificazione per refrigerante:

- R22 (in abbandono per impatto ozono)
- R134a
- R410A
- R407C (in abbandono per motivi di mercato)
- Ammoniaca, anidride carbonica come R744, propano come R290 (poco usati in geotermia)

Classificazione ASHRAE (tipologia di sorgente di scambio):

- SWHP (Surface Water Heat Pump): quelle che utilizzano acque superficiali. Sono di tipo diretto se avviene prelievo ed immissione nello stesso sistema idrico.
- GWHP (Ground Water Heat Pump): la sorgente è l'acqua di falda che viene prelevata e poi reimpressa all'interno della stessa o – più diffusamente in Italia- in corpo idrico superficiale.
- GCHP (Ground-Coupled Heat Pump) sfruttano il terreno attraverso le sonde geotermiche.

GEOTERMIA A BASSA ENTALPIA

SISTEMI A CIRCUITO CHIUSO

SONDE GEOTERMICHE VERTICALI

POMPA DI CALORE

CLASSIFICAZIONI

Classificazione GSP (Gruppo promoz. Svizzero per le PdC) basata su una sigla del tipo:

$$L_1N_1/L_2N_2$$

La prima parte (L_1N_1) si riferisce all'evaporatore, la seconda (L_2N_2) al condensatore.

Le lettere L_1 e L_2 rimandano al tipo di fluido utilizzato, rispettivamente, come sorgente per l'evaporatore e pozzo caldo per il condensatore, e possono essere:

- A per l'aria
- B per l'acqua glicolata (brine)
- W per l'acqua

Si indica rispettivamente con:

- N_1 la temperatura del fluido all'ingresso dell'evaporatore;
- N_2 la temperatura del fluido all'ingresso del condensatore.

Fonte utilizzata	Temperature di funzionamento	COP per il label di qualità
Aria	A2/W35	$\geq 3,0$
Acqua glicolata	B0/W35	$\geq 4,0$
Acqua	W10/W35	$\geq 4,5$

GEOTERMIA A BASSA ENTALPIA

SISTEMI A CIRCUITO CHIUSO

SONDE GEOTERMICHE VERTICALI

POMPA DI CALORE

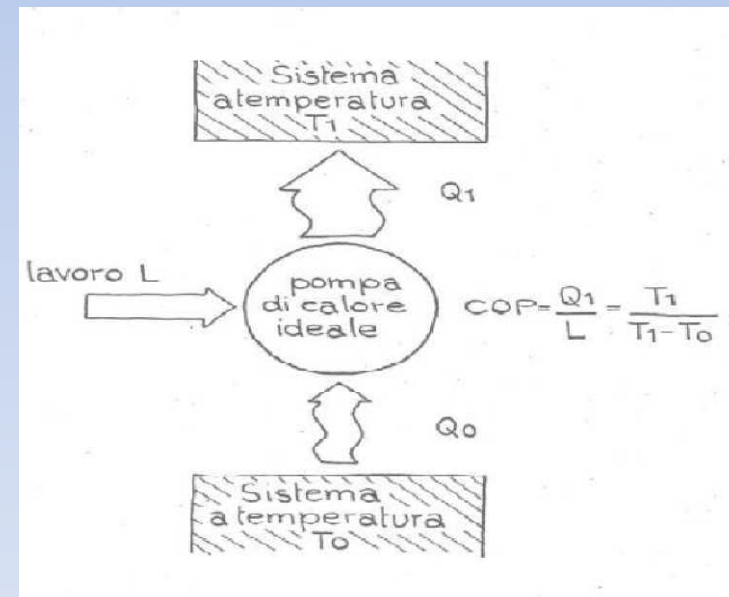
IL "COP"

L'efficienza di funzionamento della pompa di calore si identifica con l'acronimo COP (**coefficient of performance**) pari al rapporto tra energia fornita e energia consumata per produrre il lavoro.

L'efficienza è inversamente proporzionale alla differenza tra la temperatura della sorgente e la temperatura dell'utilizzatore o viceversa.

Il ciclo di *Carnot* suggerisce che di norma si ha:

Valore COP_{reale} < 50% del valore COP_{teorico}



GEOTERMIA A BASSA ENTALPIA

SISTEMI A CIRCUITO CHIUSO

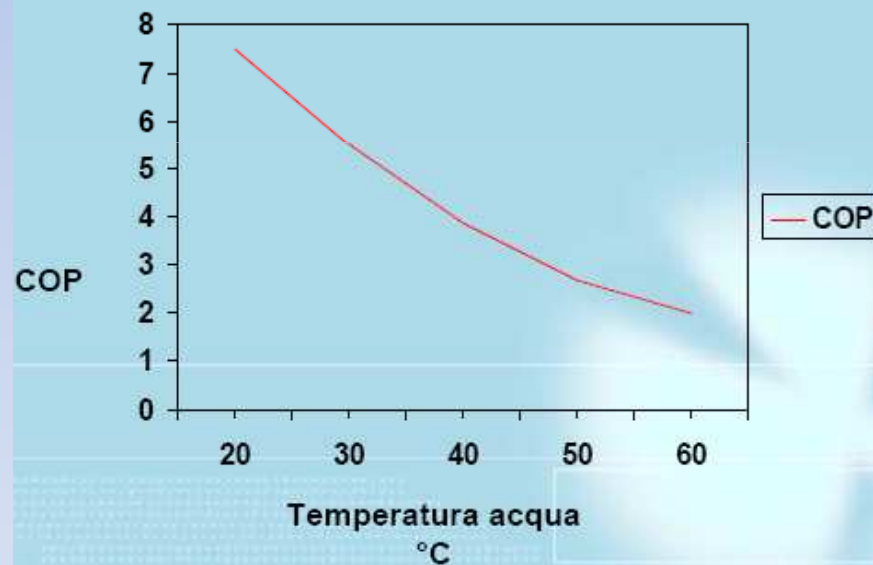
SONDE GEOTERMICHE VERTICALI

POMPA DI CALORE

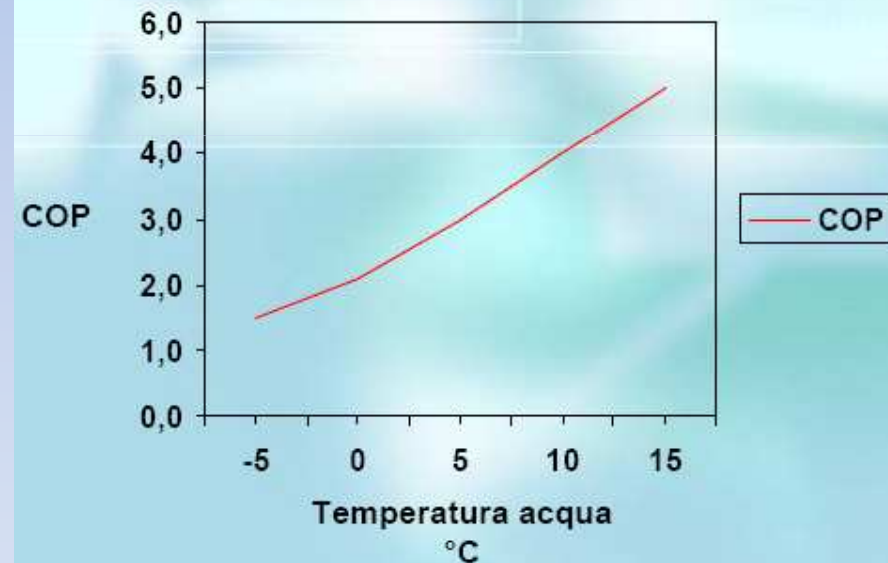
IL "COP"

CURVE DI RENDIMENTO DELLE PdC

Condensazione



Evaporazione



GEOTERMIA A BASSA ENTALPIA

SISTEMI A CIRCUITO CHIUSO

SONDE GEOTERMICHE VERTICALI

TERMINALI D'UTENZA

Nelle condizioni di scambio lato utenza giocano un ruolo determinanti i **terminali d'impianto**. Tali condizioni impongono un salto termico che deve sussistere tra il fluido termovettore e l'aria ambiente. Mentre questa è un dato di progetto imposto dalle condizioni di comfort, la T del fluido termovettore è determinata dall'efficienza dello scambio termico e, pertanto, dalla configurazione del terminale.

PANNELLI RADIANTI

RISCALDAMENTO: T° mandata H₂O = 20-30°C
RAFFRESCAMENTO: T° mandata H₂O = 15-20°C

FAN-COIL, VENTILCONVETTORI

RISCALDAMENTO: T° mandata H₂O = 45-50°C
RAFFRESCAMENTO: T° mandata H₂O = 6-8°C

RADIATORI

RISCALDAMENTO: T° mandata H₂O = 55-60°C



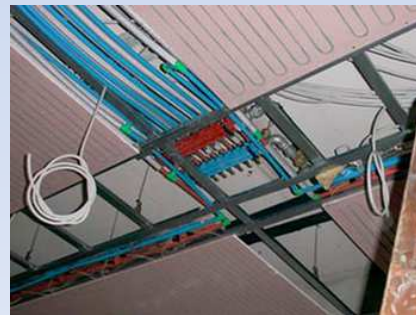
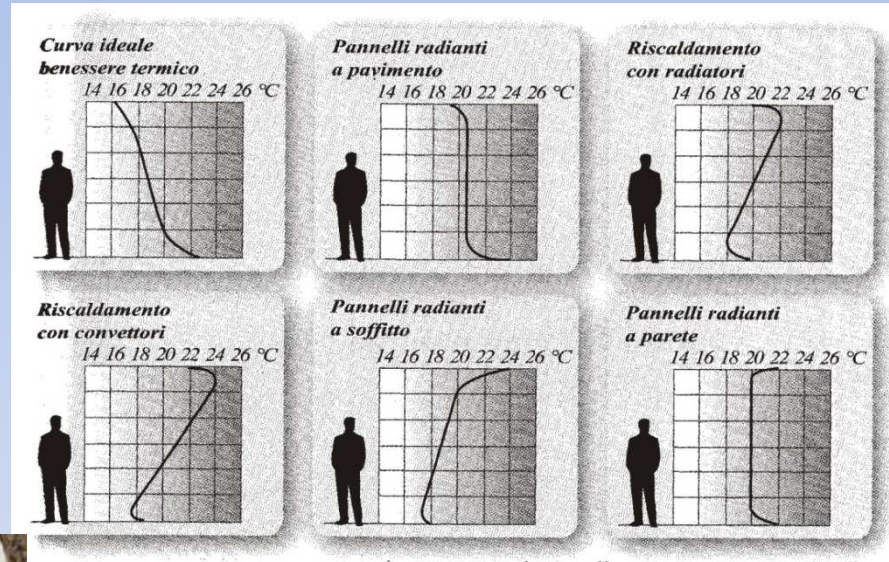
GEOTERMIA A BASSA ENTALPIA

SISTEMI A CIRCUITO CHIUSO

SONDE GEOTERMICHE VERTICALI

POMPA DI CALORE

I TERMINALI D'UTENZA



GEOTERMIA A BASSA ENTALPIA

LA PROGETTAZIONE DI IMPIANTI GEOTERMICI

La progettazione a regola d'arte richiede competenze multidisciplinari:

- **il progettista GEOLOGO** nella ricostruzione del modello geologico e idrogeologico del sito;
- **il progettista GEOTERMICO** (GEOLOGO o INGEGNERE) nella definizione-gestione-controllo delle fasi operative di perforazione, di posa e collaudo delle sonde (direzione lavori con giornali di cantiere, verbali di cementazione, certificati di collaudo), solitamente arriva sino alla pompa di calore;
- **il progettista TERMOTECNICO** (tecnico abilitato) che si occupa della distribuzione ai terminali d'impianto;
- **il progettista ELETTRICO** (tecnico abilitato) che si occupa dell'alimentazione delle macchine e dei sistemi di controllo (riceve dal progettista geotermico i carichi elettrici e le logiche di controllo per il funzionamento di pompa di calore, valvole servocomandate e circolatori).

ADEGUATA DIVISIONE DI RESPONSABILITÀ E COMPETENZE = LAVORO DI SUCCESSO

I problemi più frequenti sono dati dall'eccessivo utilizzo del terreno (serbatoio geotermico), con conseguente perdita prestazionale (nei casi migliori) o danneggiamento irreparabile delle sonde geotermiche (costi per la sostituzione realmente gravosi).

GEOTERMIA A BASSA ENTALPIA

LA PROGETTAZIONE DI IMPIANTI GEOTERMICI

PROCEDURA PROGETTUALE

- 1) Verifica della fattibilità tecnica;
- 2) Individuazione di vincoli autorizzativi;
- 3) Caratterizzazione dell'utenza;
- 4) Caratterizzazione geologica e termogeologica del sito;
- 5) Definizione delle condizioni di scambio sonda-terreno;
- 6) Scelta dello schema di centrale termica e della pompa di calore;
- 7) Dimensionamento delle sonde geotermiche (profondità, numero, posizione)
- 8) Dimensionamento della distribuzione orizzontale alle sonde;
- 9) Definizione delle componenti di centrale termica;
- 10) Dimensionamento di staffaggi e finiture.



GEOTERMIA A BASSA ENTALPIA

LA PROGETTAZIONE DI IMPIANTI GEOTERMICI

PROCEDURA PROGETTUALE

1) STUDIO DI FATTIBILITÀ

- a) Caratteristiche utenza (temperature fluidi, spazi in centrale termica, continuità d'uso, sviluppo nel tempo, bilancio d'utilizzo estate-inverno)
- b) Aspetti cantieristici (accessibilità, utilities di cantiere, pendenze del terreno, etc.)
- c) Aspetti geologici (movimenti franosi e carsismo: pericolosi; variabilità geologica vert., elevato indice vuoti, fratture e rocce abrasive: costi aggiuntivi)
- d) Aspetti idrogeologici (presenza di falda/e, acquiferi in pressione)
- e) Aspetti ambientali (presenza pozzi idropotabili in vicinanza, interessamento di acquiferi potabili o sistemi multifalda, presenza di carico microbiologico o sostanze pericolose disciolte)
- f) Aspetti autorizzativi (legislazione vigente sul territorio)

2) VINCOLI AUTORIZZATIVI

Normative regionali in rapido sviluppo, dove esistente l'attuazione può variare da provincia a provincia. Solitamente tre tipi di prescrizioni: divieto per aree di salvaguardia risorse idropotabili, imposizione di monitoraggio ambientale continuo, limitazioni nella profondità di posa.

GEOTERMIA A BASSA ENTALPIA

LA PROGETTAZIONE DI IMPIANTI GEOTERMICI

PROCEDURA PROGETTUALE

4) CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E TERMOGEOLOGICA

- metodologia di indagine semplificata per impianti con potenza termica < 30 kWt; dimensionamento basato su base tabellare a partire dalla stratigrafia e assetto idrogeologico ipotizzato;
- indagini preliminari (carotaggi e sonde di prova, realizzazione di test specifici) per impianti con potenza > 30 kWt.

Lo studio geologico e le relative prospezioni devono essere estesi alla parte di sottosuolo interessata, direttamente o indirettamente, dalla realizzazione dell'opera o che influenza il comportamento dell'opera stessa.

VOLUME SIGNIFICATIVO DI TERRENO

A seguito della ricostruzione del modello geologico ed idrogeologico vengono trasferite agli steps progettuali successivi le seguenti nozioni: temperatura, capacità e conduttività termica medie, informazioni sulla variabilità della stratigrafica e delle condizioni idrogeologiche, informativa circa il rischio di inquinamento della falda.

GEOTERMIA A BASSA ENTALPIA

LA PROGETTAZIONE DI IMPIANTI GEOTERMICI

PROCEDURA PROGETTUALE

5) CONDIZIONI DI SCAMBIO SONDE-TERRENO

Si possono dire note quando sono determinate le seguenti grandezze:

- a) *Campo di variabilità accettabile per la temperatura del fluido termovettore: un impianto geotermico si può ritenere vantaggioso quando la T del fluido è vantaggiosa rispetto alla T dell'aria ambientale. Alle nostre latitudini ciò si verifica quando la temperatura del fluido non scende sotto gli 0° C in inverno (4° se si usa solo acqua senza antigelo) e non sale sopra i 35° C in estate. Tale quadro termico garantisce oltre che vantaggi economici anche problemi tecnici, sia agli impianti che di natura geologica.*
- b) *Caratteristiche di conduzione del calore del sistema sonda, risolto con la definizione della resistenza termica apparente di pozzo: per utenze > 30 KW (GRT e software di modellazione matematica), non influente per impianti < 30KW (dati tabellari).*

GEOTERMIA A BASSA ENTALPIA

LA PROGETTAZIONE DI IMPIANTI GEOTERMICI

PROCEDURA PROGETTUALE

7) DIMENSIONAMENTO DELLE SONDE

Segue criteri diversi a seconda della potenza e del funzionamento dell'impianto:

CASO "A": IMPIANTI MEDIO-PICCOLI (potenza invernale all'utenza <30KW)

1. *Impianti per produzione di riscaldamento + ACS + condizionamento ridotto*
2. *Funzionamento annuo standard (circa 1800 h)*
3. *Geologia "standard": roccia o terreni alluvionali in generale umidi*
4. *Temperatura limite alle sonde geotermiche (0°C)*
5. *Temperatura del terreno indisturbata non inferiore a 10 °C*
6. *Sonda a doppia U o singola U cementata con prodotti termicamente migliorati*

La lunghezza L complessiva da perforare può essere stimata con la seguente relazione:

$$L = P_{i,t} / q_{(t)}$$

dove $P_{i,t}$ è la potenza termica (invernale) estratta dal suolo (< potenza resa all'utenza in funzione del COP) e $q_{(t)}$ è la resa termica lineare della sonda (mediamente 50 W/m).

GEOTERMIA A BASSA ENTALPIA

SISTEMI A CIRCUITO CHIUSO

SONDE GEOTERMICHE VERTICALI

LA PROGETTAZIONE

PROCEDURA PROGETTUALE

7) DIMENSIONAMENTO DELLE SONDE

(*) fonte geothermal-energy.ch

CALORE SPECIFICO DI ESTRAZIONE

SOTTOSUOLO	Conducibilità Termica (Wh/ml.K)	Tipo di sottosuolo	W/m	
			1800 h	2400 h
Valori generali indicativi				
Cattiva qualità Rocce mobili secche	< 1.5	Sottosuolo e sedimenti poveri secchi	25	20
Rocce indurite o rocce mobili sature di acqua	1.5 – 3.0	Sottosuolo roccioso e sedimenti saturi d'acqua	60	50
Rocce indurite a conducibilità termica elevata	> 3.0	Roccia consolidata con elevata conducibilità termica	84	70
Ghiaia sabbia secca	0.4	Ghiaia e sabbia secche	< 25	< 20
Ghiaia sabbia acquifero	1.8 - 2.4	Ghiaia e sabbia sature d'acqua	65-80	55-65
Argilla, limo umido	1.7	Ghiaia e sabbia con un notevole flusso di acqua di falda	80-100	80-100
Calccare massiccio	2.8	Argilla	35-50	30-40
Arenaria	2.3	Calccare	55-70	45-60
Granito, granodiorite	3.4	Arenaria	65-80	55-65
Basalto	1.7	Rocce magmatiche silicee	65-85	55-70
Gneiss	2.9	Rocce magmatiche basiche	40-65	35-55
		Gneiss	70-85	60-70

(FONTE VDI 4640)

GEOTERMIA A BASSA ENTALPIA

LA PROGETTAZIONE DI IMPIANTI GEOTERMICI

PROCEDURA PROGETTUALE

7) DIMENSIONAMENTO DELLE SONDE

CASO "B": IMPIANTI MEDIO-GRANDI (potenza invernale all'utenza >30KW)

Il dimensionamento avviene tramite test termici e/o software di calcolo basati su modellazioni teoriche. I dati principali di ingresso sono:

- 1. Caratterizzazione termica del terreno: conducibilità e capacità termica;*
- 2. Massa volumica del terreno e flusso geotermico naturale;*
- 3. Temperatura del terreno indisturbato;*
- 4. Geometria della sonda (diametro perforazione, disposizione e diametro tubi, resistenza termica sonda, conducibilità termica materiali di riempimento);*
- 5. Caratteristiche del fluido termovettore (portata e tipo)*
- 6. Geometria del campo sonde (numero, profondità, interasse, distribuzione);*
- 7. Fabbisogni energetici annui e loro distribuzione stagionale;*
- 8. COP estivo ed invernale della pompa di calore;*
- 9. Fabbisogni di picco (potenza max impianto) e durata rispettiva.*

OUTPUT = ANDAMENTO TEMPERATURE DEL FLUIDO TERMOVETTORE NEL TEMPO

GEOTERMIA A BASSA ENTALPIA

LA PROGETTAZIONE DI IMPIANTI GEOTERMICI

OCEDURA PROGETTUALE

7) DIMENSIONAMENTO DELLE SONDE

CASO "B": IMPIANTI MEDIO-GRANDI (potenza invernale all'utenza >30KW)

Utilizzando il modello teorico della sorgente cilindrica, secondo un approccio analitico proposto da ASHRAE, il dimensionamento può essere condotto adottando le seguenti formule:

$$L_c = \frac{\Phi_a R_{ga} + (\Phi_{lc} - W_c)(R_b + PLF_m R_{gm} + R_{gd} F_{sc})}{T_0 - \frac{T_{fi} + T_{fo}}{2} - T_p}$$
$$L_h = \frac{\Phi_a R_{ga} + (\Phi_{lh} - W_h)(R_b + PLF_m R_{gm} + R_{gd} F_{sc})}{T_0 - \frac{T_{fi} + T_{fo}}{2} - T_p}$$

dove:

Φ sono i flussi termici

R sono le resistenze termiche lineari equivalenti

W sono le potenze elettriche assorbite dalla Pdc

PLF è il fattore di carico parziale per il mese di picco e F è il fattore di perdita per cortocircuito

T sono le temperature (del terreno indisturbato, di ingresso e uscita dalla pompa, e di penalizzazione per interferenza tra sonde)

GEOTERMIA A BASSA ENTALPIA

BENEFICI ECONOMICI

CASO "A": ABITAZIONE MONOFAMILIARE

Supponiamo di applicare l'analisi dei costi ad un'abitazione di 200 mq, ubicata in zona climatica E con indice di prestazione energetica per la climatizzazione ambientale di 90 KWh/mq annui (soddisfacente i requisiti del D.L. 311/06 applicabili dal 01.01.2010). Si ipotizzano i seguenti rendimenti:

- Pompa di calore con COP = 4
- Gruppo refrigerante (chiller) = 2.5
- Caldaia a metano con rendimento = 0.85 (versioni di ultima generazione)
- Caldaia a gasolio con rendimento = 0.85 (versioni di ultima generazione)

L'analisi viene condotta basandosi sui seguenti costi dell'energia elettrica e dei combustibili fossili:

- Energia elettrica (tariffa D3 residente, potenza 10 KW, consumo annuale tot. 12 MWh): **0.23 €/kWh**
- Metano (valore medio AEEG per il 2007, incrementato dell'8%): 0.697 €/mc – **0.075 €/KWh**
- Gasolio (valore medio Eurostat per il 2007, incrementato dell'8%): 1,45 €/l – **0,13 €/kWh**

Di seguito si riportano i confronti di costo tra l'impianto geotermico e le alternative tradizionali rispettivamente per riscaldamento, condizionamento e produzione di acqua calda sanitaria:

GEOTERMIA A BASSA ENTALPIA

BENEFICI ECONOMICI

CASO "A": ABITAZIONE MONOFAMILIARE

Fabbisogno di energia termica in riscaldamento: 18000 kWh

Consumi impianto geotermico a pompa di calore € 1.035

Consumi impianto a metano € 1.595

Consumi caldaia a gasolio € 2.722

Fabbisogno di energia termica in raffrescamento: 7200 kWh

Consumi impianto geotermico a pompa di calore € 414

Consumi impianto di condizionamento aria-aria € 662

Fabbisogno di energia termica per produzione ACS: 4200 kWh

Consumi impianto geotermico a pompa di calore € 240

Consumi impianto a metano € 370

Consumi caldaia a gasolio € 631

COSTI DI GESTIONE IMPIANTO GEOTERMICO A POMPA DI CALORE € 1.689

COSTI DI GESTIONE IMPIANTO A METANO € 2.627

COSTI DI GESTIONE IMPIANTO A GASOLIO € 4.015

RISPARMIO GEOTERMICO SU METANO 36 %

RISPARMIO GEOTERMICO SU GASOLIO 58 %

GEOTERMIA A BASSA ENTALPIA

BENEFICI ECONOMICI

CASO "B": FABBRICATO INDUSTRIALE

Supponiamo di applicare l'analisi dei costi ad un capannone industriale di 1000 mq, ubicato in zona climatica E con indice di prestazione energetica per la climatizzazione ambientale di 15 KWh/mc annui. Si ipotizzano i medesimi rendimenti visti per il caso residenziale:

- Pompa di calore con COP = 4
- Gruppo refrigerante (chiller) = 2.5
- Caldaia a metano con rendimento = 0.85 (versioni di ultima generazione)
- Caldaia a gasolio con rendimento = 0.85 (versioni di ultima generazione)

L'analisi viene condotta basandosi sui seguenti costi dell'energia elettrica e dei combustibili fossili:

- Energia elettrica (tariffa fornitura in BT per altri usi, potenza 50 KW, consumo annuale tot. 100 MWh): **0.14 €/kWh**
- Metano (Eurostat 2007, incrementato dell'8%, consumo di 418 GJ/anno): **0.05 €/KWh**
- Gasolio (valore medio Eurostat per il 2007, incrementato dell'8%): **0,12 €/kWh**

Di seguito si riportano i confronti di costo tra l'impianto geotermico e le alternative tradizionali rispettivamente per riscaldamento, condizionamento e produzione di acqua calda sanitaria:

GEOTERMIA A BASSA ENTALPIA

BENEFICI ECONOMICI

CASO "B": FABBRICATO INDUSTRIALE

Fabbisogno di energia termica in riscaldamento: 90000 kWh

Consumi impianto geotermico a pompa di calore € 3.150

Consumi impianto a metano € 5.396

Consumi caldaia a gasolio € 13.608

Fabbisogno di energia termica in raffrescamento: 36000 kWh

Consumi impianto geotermico a pompa di calore € 1.260

Consumi impianto di condizionamento aria-aria € 2.016

Fabbisogno di energia termica per produzione ACS: 17600 kWh

Consumi impianto geotermico a pompa di calore € 618

Consumi impianto a metano € 1.058

Consumi caldaia a gasolio € 2.667

COSTI DI GESTIONE IMPIANTO GEOTERMICO A POMPA DI CALORE € 5.027

COSTI DI GESTIONE IMPIANTO A METANO € 8.469

COSTI DI GESTIONE IMPIANTO A GASOLIO € 18.291

RISPARMIO GEOTERMICO SU METANO 41 %

RISPARMIO GEOTERMICO SU GASOLIO 73 %

GEOTERMIA A BASSA ENTALPIA

BENEFICI AMBIENTALI

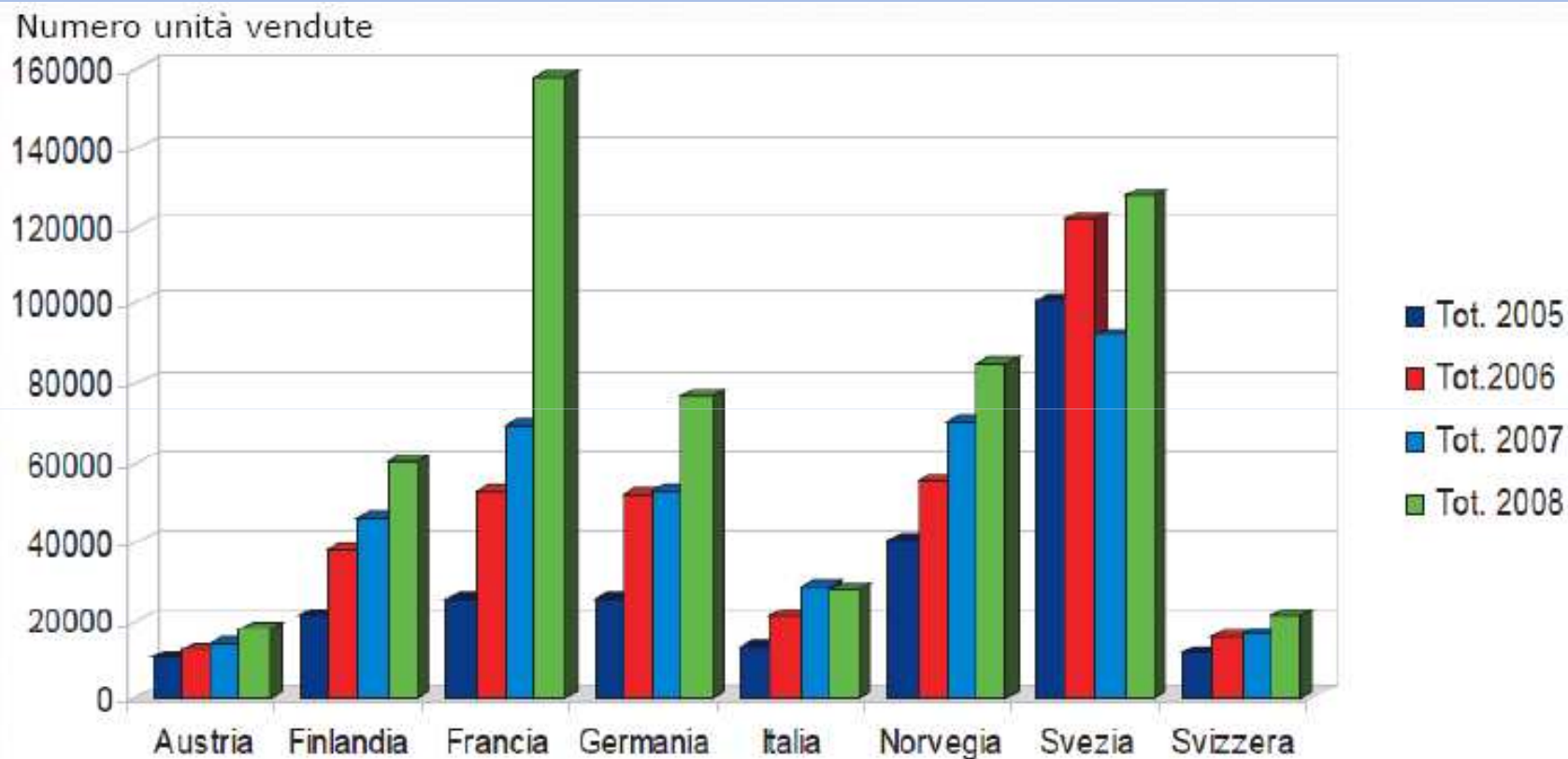


- Utilizzo di energia rinnovabile:
 - da un 75 %, nel caso di pompe di calore con COP medio stagionale pari a 4
 - ad un 100 %, nel caso di energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili (fotovoltaico, idroelettrico, geotermoelettrico, eolico)
- Riduzione delle emissioni di CO₂ e della dipendenza da fonti fossili da un 50 ad un 60 %
- Assenza di emissioni in loco dei prodotti della combustione (CO₂, CO, NO_x, SO_x)
- Totale sicurezza (fughe di gas, esplosioni, ecc.)

GEOTERMIA A BASSA ENTALPIA

PROSPETTIVE

MERCATO EUROPEO POMPE DI CALORE



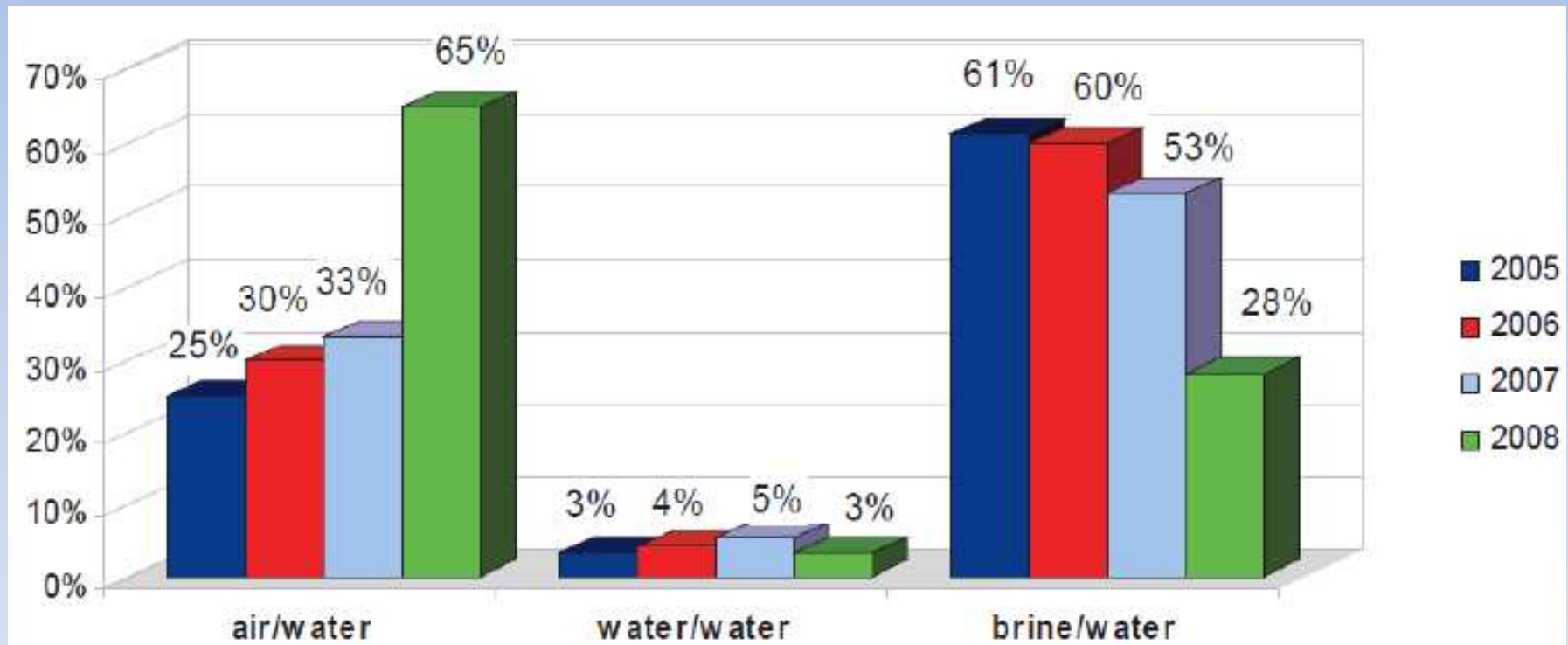
Fonte: EHPA, Outlook 2009. COAER, Libro bianco sulle pompe di calore

GEOTERMIA A BASSA ENTALPIA

PROSPETTIVE

MERCATO EUROPEO POMPE DI CALORE

RIPARTIZIONE PER TIPOLOGIA



Fonte: EHPA, Outlook 2009. COAER, Libro bianco sulle pompe di calore

GEOTERMIA A BASSA ENTALPIA

PROSPETTIVE

QUADRO NORMATIVO ENERGETICO EUROPEO

La Commissione Europea ha introdotto sin dal 2007 un piano d'azione per l'efficienza energetica che si estrinseca nella formula

20% / 20% / 20%, entro il 2020

- ⇒ 20% di riduzione dei consumi che si dovrà ottenere utilizzando tecnologie ad alta efficienza energetica, già esistenti ma ulteriormente migliorabili
- ⇒ 20% di riduzione delle emissioni (misurate in CO₂ equivalenti) che è strettamente collegata alla riduzione della quantità di energia primaria utilizzata
- ⇒ 20% di utilizzo di fonti alternative rinnovabili.

Le Direttive emesse per la realizzazione di questi obiettivi sono:

- **Direttiva EPBD** sull'efficienza energetica degli edifici (2002/91/EC)
- **Direttiva EuP** relativa alla progettazione ecocompatibile dei prodotti che consumano energia (2005/32/EC)
- **Direttiva RES** per la promozione dell'utilizzo di energie rinnovabili (2009/28/EC)

GEOTERMIA A BASSA ENTALPIA

PROSPETTIVE

LO SCENARIO ITALIANO

FONTE: LIBRO BIANCO DELLE POMPE DI CALORE- EDIZIONE 2010

Dati ISTAT riferiscono che in Italia ci sono circa 26 milioni di unità abitative residenziali, dei quali ca 19 milioni sono dotati di impianti di climatizzazione (prevalentemente riscaldamento) e utilizzati in modo continuo come prima abitazione. Riferendoci al 2005 come anno medio (in termini climatici) dell'ultimo decennio, si ha:

	Appartamenti	Domanda di servizio		Consumi energia primaria	
		Domanda unitaria (Tep)	Totale domanda (Tep)	Consumo unitario (Tep)	Consumo totale (Tep)
Numero appartamenti uso continuo	19 mil.				
Riscaldati con caldaie	18,145 mil.	0,79	14.334.550	1,18	21.490.000
Riscaldati con Pompe di Calore (integrativo)	1,5 mil.	0,03	50.431	0,04	55.500
Totale riscaldamento			14.384.981		21.545.500
Totale raffrescamento	5,5 mil.	0,12	678.363	0,10	575.391
Totale complessivo riscaldamento + raffrescamento			15.063.344		22.120.891

Ipotizzando che il 30 % della domanda sia soddisfatta da Pdc è plausibile prevedere una riduzione di ca 4.6 Mtep (-23 % dei consumi residenziali complessivi).

GEOTERMIA A BASSA ENTALPIA

PROSPETTIVE

LO SCENARIO ITALIANO

FONTE: LIBRO BIANCO DELLE POMPE DI CALORE- EDIZIONE 2010

Scenario 2008 complessivo domestico e terziario			
Consumi di energia primaria (Tep)			
	Domestico	Terziario	TOTALE
Riscaldamento caldaie	20.160.000	8.013.192	28.173.192
Riscaldamento PdC	67.001	1.305.173	1.372.174
Totale riscaldamento	20.227.001	9.318.365	29.545.366
Condizionamento PdC	2.209.301	2.562.959	4.772.261
TOTALE	22.436.303	11.881.324	34.317.627

Scenario 2020 complessivo domestico e terziario			
Consumi di energia primaria (Tep)			
	Domestico	Terziario	TOTALE
Riscaldamento caldaie	16.897.313	2.050.045	18.947.358
Riscaldamento PdC	1.182.035	4.982.819	6.164.854
Totale riscaldamento	18.079.347	7.032.864	25.112.212
Condizionamento PdC	1.243.550	1.794.074	3.037.624
TOTALE	19.322.897	8.826.939	28.149.836

-6.2 Mtep = -18% consumi energia primaria = -14.2 Milioni tonnellate CO₂

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

“Fa più rumore un albero che cade di una foresta che cresce” (Lao Tsu)



Dr. Geol. ROBERTO SPALVIERI
robertospalvieri@geologilazio.it