



**STUDIO DI GEOLOGIA E
ARCHITETTURA**

**Geol. Fabrizio Cambursano
arch. Valentina Raccanelli**

B.TA Gautero 30
12020 Roccabruna (CN)
tel. fax: 0171 918060
www.geologiweb.it

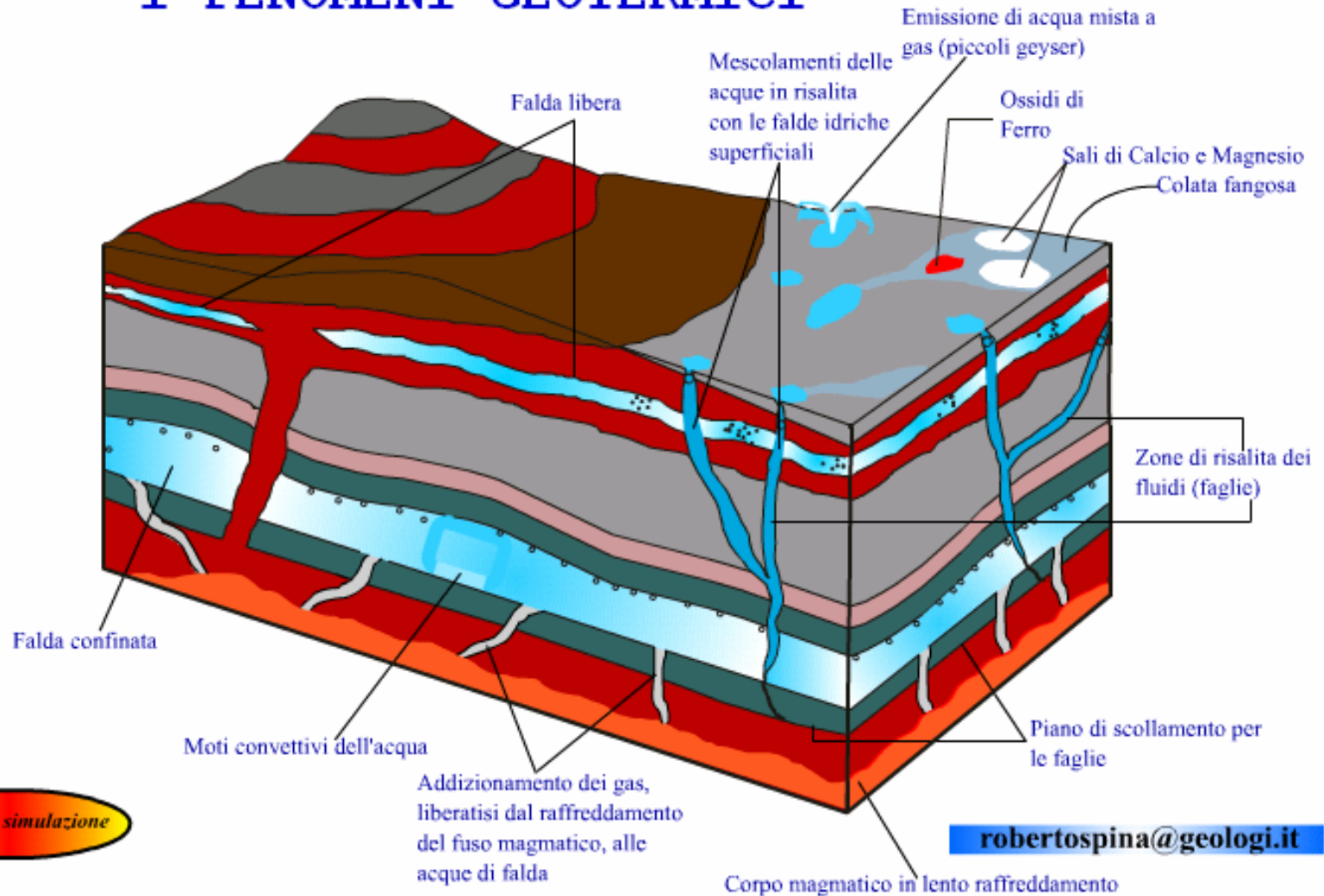
Impianti geotermici a pompa di calore

Introduzione - Principi base del sistema

***Dati di monitoraggio impianto di Roccabruna
(Cuneo)***

ORIGINE DEL CALORE TERRESTRE

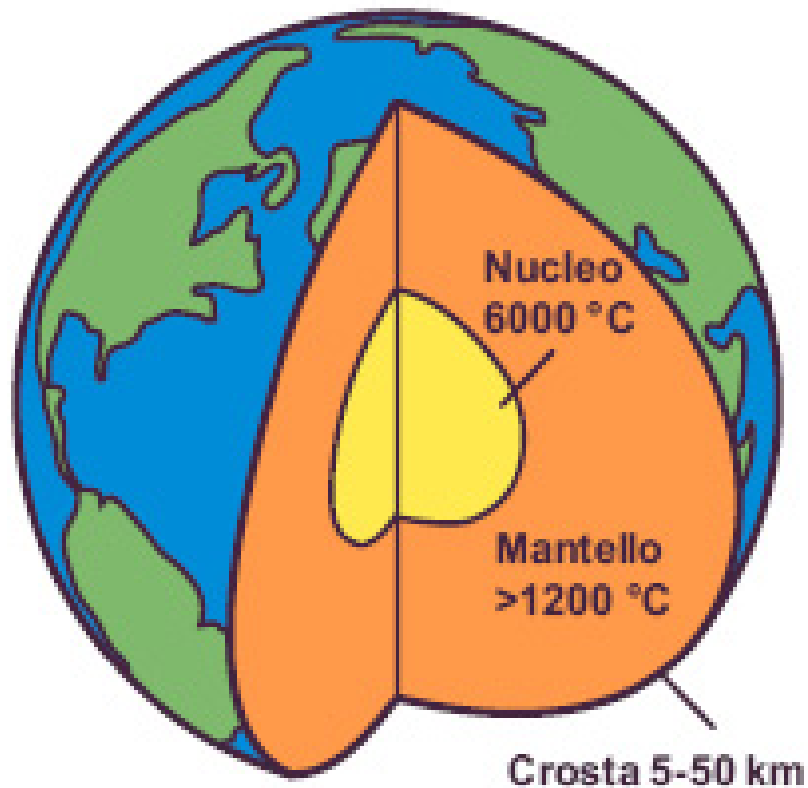
I FENOMENI GEOTERMICI



Torna alla simulazione

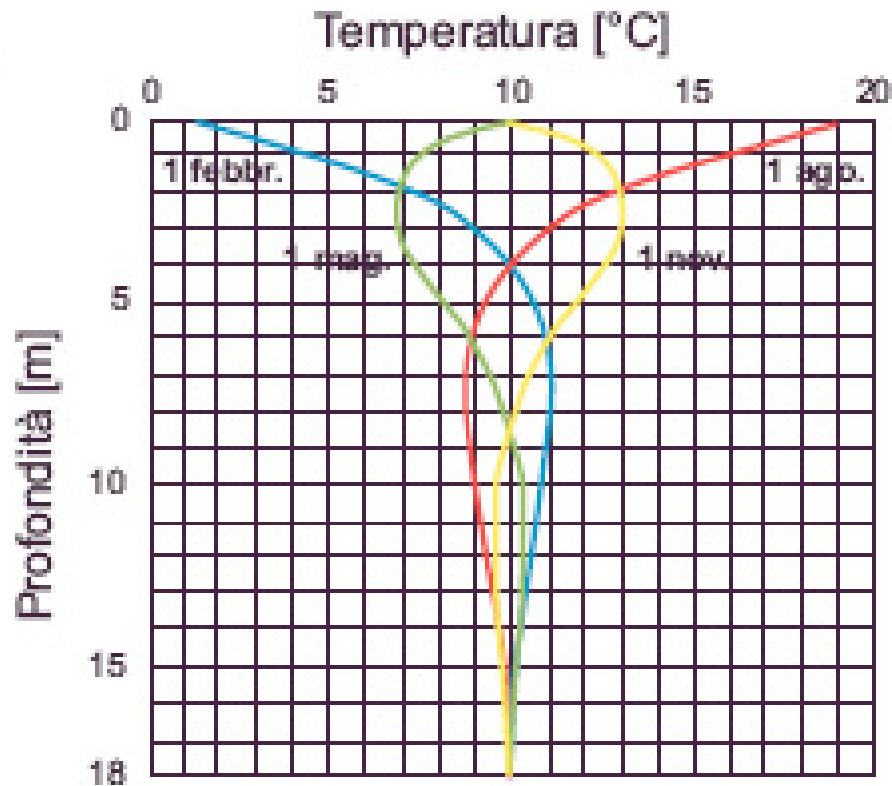
robertospina@geologi.it

TEMPERATURE PROFONDE



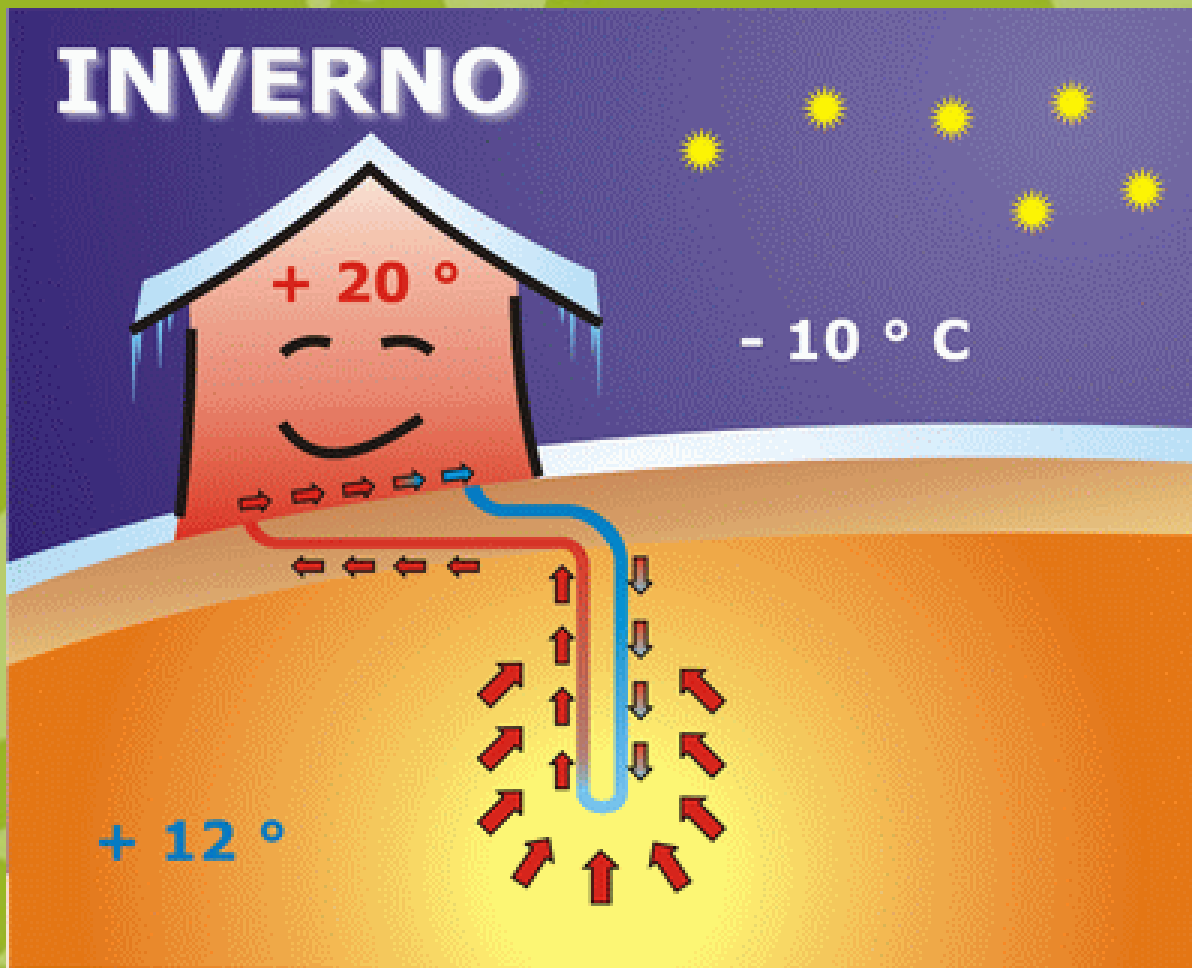
L'interno della Terra è fonte di un'enorme quantità di calore [1].

VARIAZIONE DI TEMPERATURA NEI PRIMI 20 M

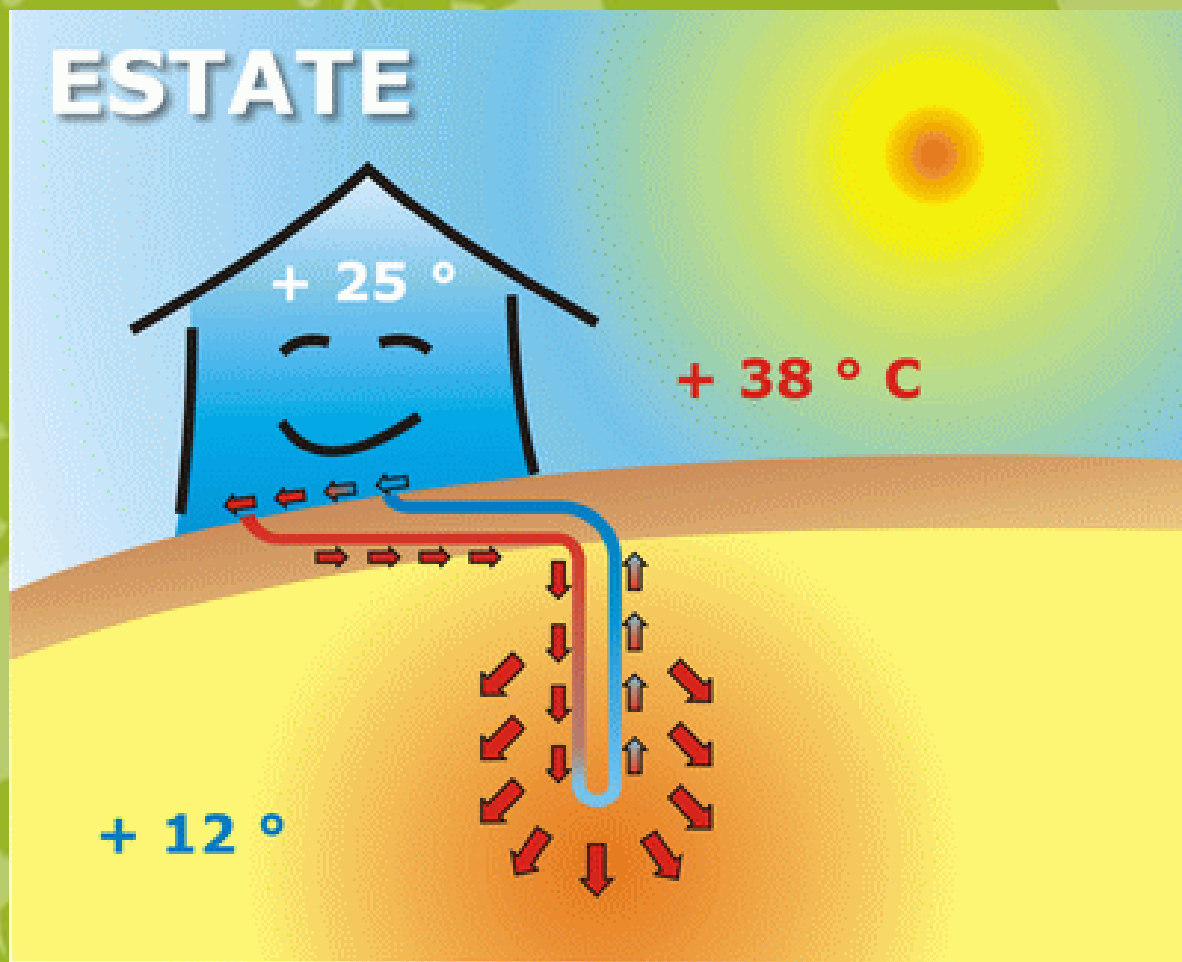


Il sole causa una variazione della temperatura in superficie fino a circa 20 m [2].

COME SFRUTTARE LE BASSE TEMPERATURE



COME SFRUTTARE LE BASSE TEMPERATURE

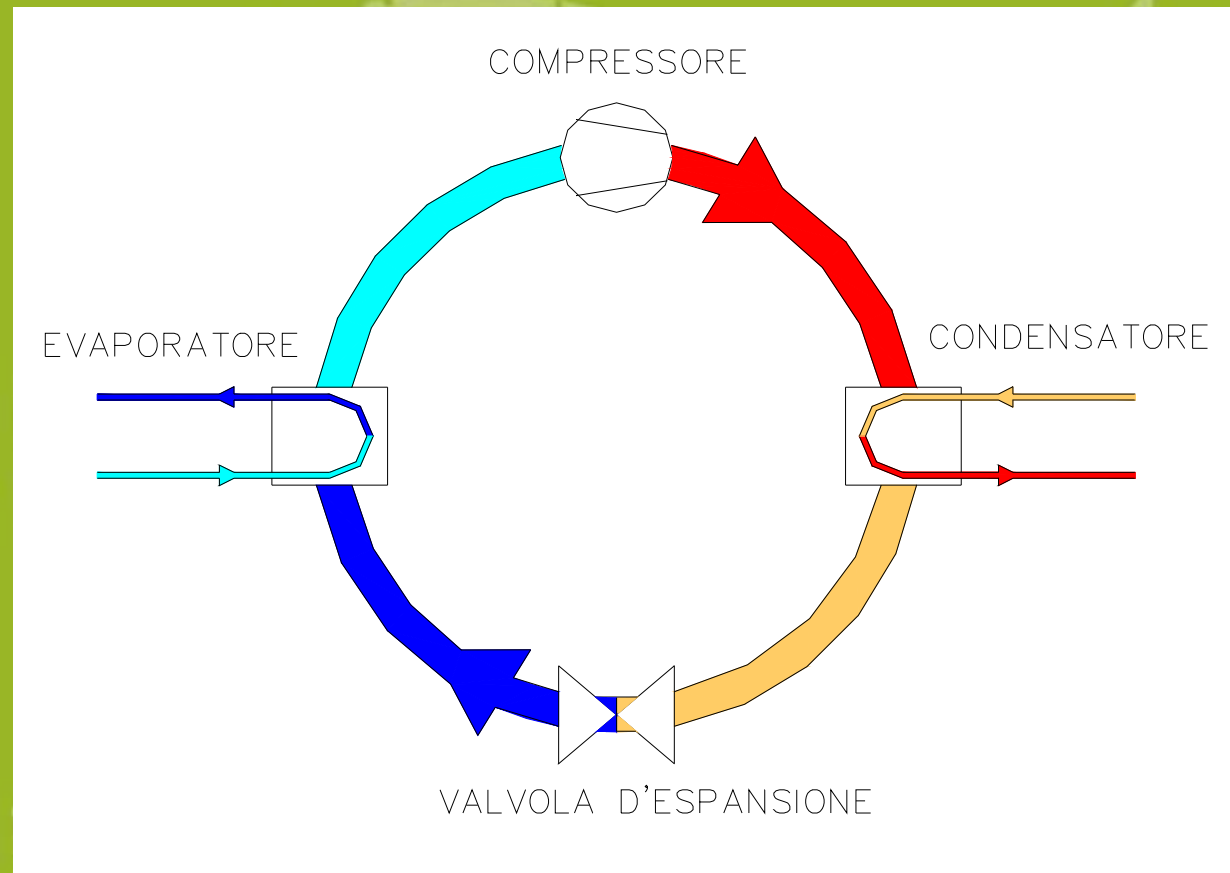


DI COSA SI COMPONE UN IMPIANTO GEOTERMICO A POMPA DI CALORE

- 1) Pompa di calore geotermica*
- 2) Sonde geotermiche*
- 3) Impianto di distribuzione del
calore prodotto a bassa
temperatura (pavimento, parete,
soffitto)*

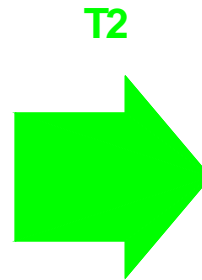
POMPA DI CALORE GEOTERMICA

è composta da pochi semplici elementi:

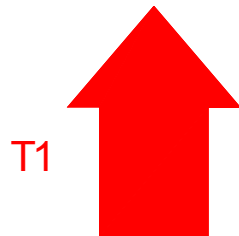




1 kWh di energia elettrica



4 kWh di calore



T1



3 kWh di calore "gratuito"

SONDE GEOTERMICHE VERTICALI

*Sono degli
scambiatori, di
norma in
polietilene,
infissi nel
terreno per
mezzo di
perforazioni
verticali di
lunghezza
compresa tra 50
e 300 m
(mediamente
100 – 150 m)*

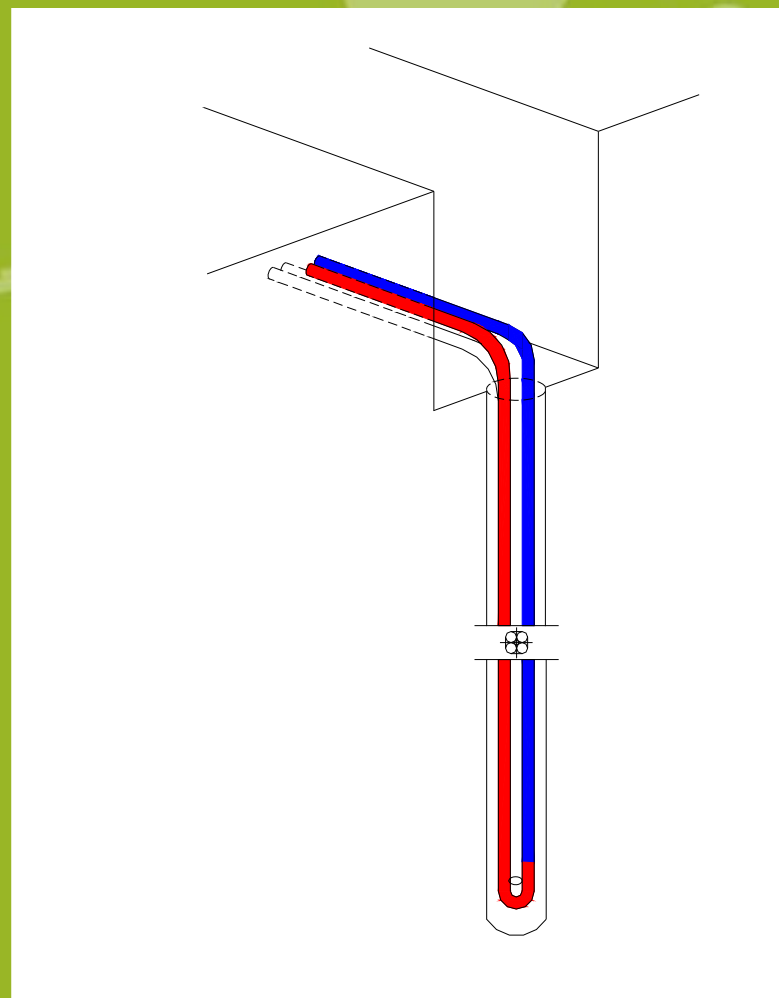


Tubi polietilene

Contrappeso



*All'interno delle
sonde circola un
**LIQUIDO
GLICOLATO**
che
**ASSORBE il
CALORE**
dal terreno e
lo cede alla
pompa di calore.*



*Le sonde
possono
essere
verticali
oppure, in
particolari
condizioni,
orizzontali
(tecnica
sviluppata in
Francia)*



*In alternativa, in particolari contesti,
vengono realizzate mini sonde coassiali
in acciaio inox profonde 20 - 25 m*



LA LUNGHEZZA DELLE SONDE DIPENDE DALLA NATURA DEL TERRENO

Sottosuolo	Rendimento [W/m]
Sottosuolo cattivo (terreno asciutto)	20
Roccia o terreno umido	50
Roccia con alta conducibilità	70
Ghiaia, sabbia, asciutta	< 20
Ghiaia, sabbia, satura	55-65
Argilla, limo, umido	30-40
Roccia calcare	45-60
Arenaria	55-65
Granito	55-70
Gneiss	60-70

Valori approssimativi di rendimenti specifici per diversi tipi di sottosuolo per sonde geotermiche.

Sottosuolo	Conducibilità termica	Potenza d'estrazione	Lunghezza della sonda geotermica per kW di potenza di riscaldamento (m)	
	(W/m K)	(W/m)	COP = 3	COP = 3,5
Sottosuolo di cattiva qualità (rocce mobili secche)	meno di 1,5	20	33	36
Rocce indurite o rocce mobili sature d'acqua	1,5 a 3,0	50	13	14
Rocce indurite a conducibilità termica elevata	superiore a 3,0	70	9,5	10
Ghiaia, sabbia, secco	0,4	meno di 20	superiore a 33	superiore a 36
Ghiaia, sabbia, acquifero	1,8 a 2,4	55 a 65	10 a 12	11 a 13
Argilla, limo, umido	1,7	30 a 40	17 a 22	18 a 24
Calcere, massiccio	2,8	45 a 60	11 a 15	12 a 16
Arenaria	2,3	55 a 65	10 a 12	11 a 13
Granito	3,4	55 a 70	9,5 a 12	10 a 13
Basalto	1,7	35 a 55	12 a 19	13 a 20
Gneiss	2,9	60 a 70	9,5 a 11	10 a 16

VALORI MEDI DI CONDUCIBILITA' TERMICA IN ROCCE COMPATTE ED IN ARGILLE SECCHHE E UMIDE

Thermal conductivity [W/m,K]	
Gabbro	
recommended	1.9
minimum	1.72
maximum	2.53
Gneiss	
recommended	2.9
minimum	1.89
maximum	3.95
Granite	
recommended	3.4
minimum	2.10
maximum	4.07
Granodiorite	
recommended	3.3
minimum	2.03
maximum	3.34
Gravel, dry	
recommended	0.4
minimum	0.39
maximum	0.52

Clay, dry	
recommended	0.4
minimum	0.40
maximum	0.90
Clay, moist - wet	
recommended	1.6
minimum	0.90
maximum	2.22

***UN ESEMPIO CONCRETO:
L'IMPIANTO GEOTERMICO DI
ROCCABRUNA (CN)***

ESEMPIO DI ROCCABRUNA

- *Ubicazione: Piemonte sud occidentale*
 - *Quota: 720 m s.l.m.*





*Come si progetta
un impianto geotermico
a pompa di calore
per un fabbricato?*

*Occorre conoscere,
preventivamente*

*La potenza termica
necessaria per
riscaldare e produrre
acqua sanitaria*

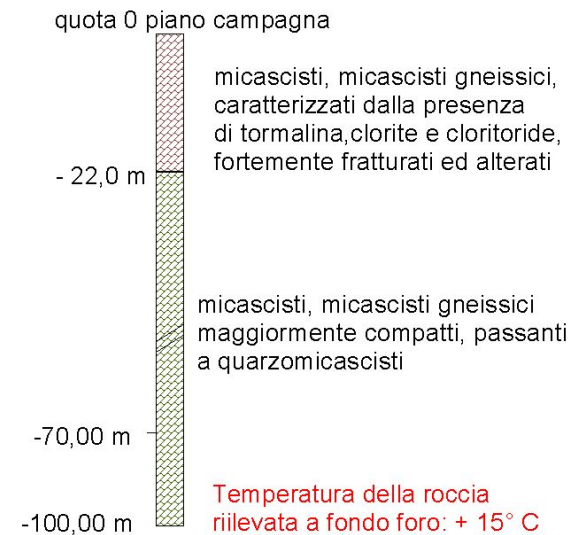
QUINDI :

Risalire alle caratteristiche geologiche, geotermiche e stratigrafiche del sito

La potenza termica ricavabile per ogni ml di sonda geotermica dipende dal tipo di terreno e di roccia a contatto

VALUTAZIONI GEOLOGICHE

assetto stratigrafico dell'area



Esempio di corretta valutazione dei parametri geotermici del terreno

Potenza richiesta = 23,5 KW

C.O.P. = 4,7

Caso 1: Roccia cristallina con acqua

Potenza di estrazione: 65 W/m

Lungh. Sonda per KW di potenza di riscaldamento: 12,2 m

Lungh. Totale sonde: 287 m

Caso 2: Roccia basaltica

Potenza di estrazione: 45 W/m

Lungh. Sonda per KW di potenza di riscaldamento: 17,6 m

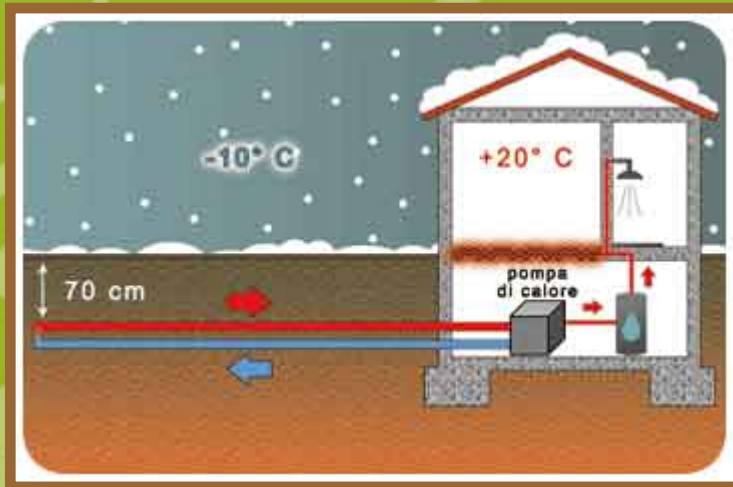
Lungh. Totale sonde: 413 m

Maggiore perforazione rispetto al caso 1: 126 ml

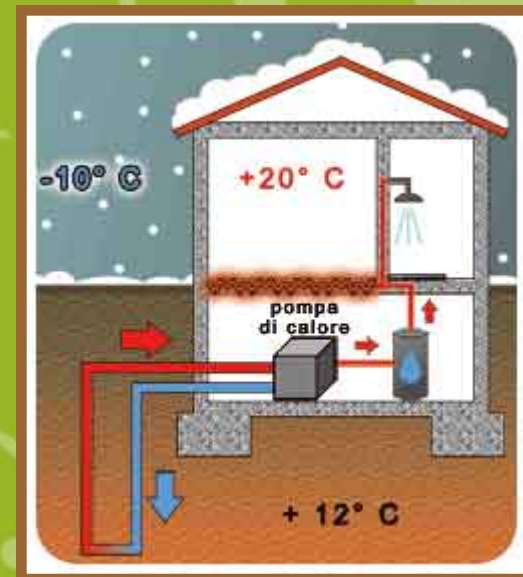
Maggiore spesa indicativa: 126 x euro 70,00/ml = €8,820,00

Seconda fase:

valutazione dei ml di sonde geotermiche necessarie a garantire l'apporto termico richiesto dall'impianto

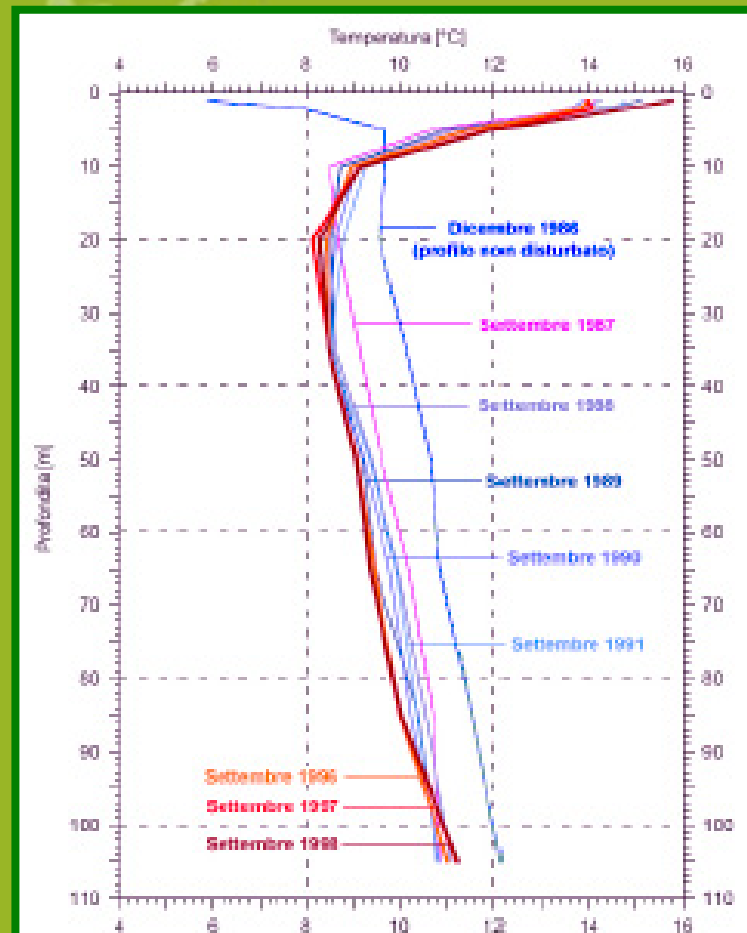


Sonde orizzontali



Sonde verticali

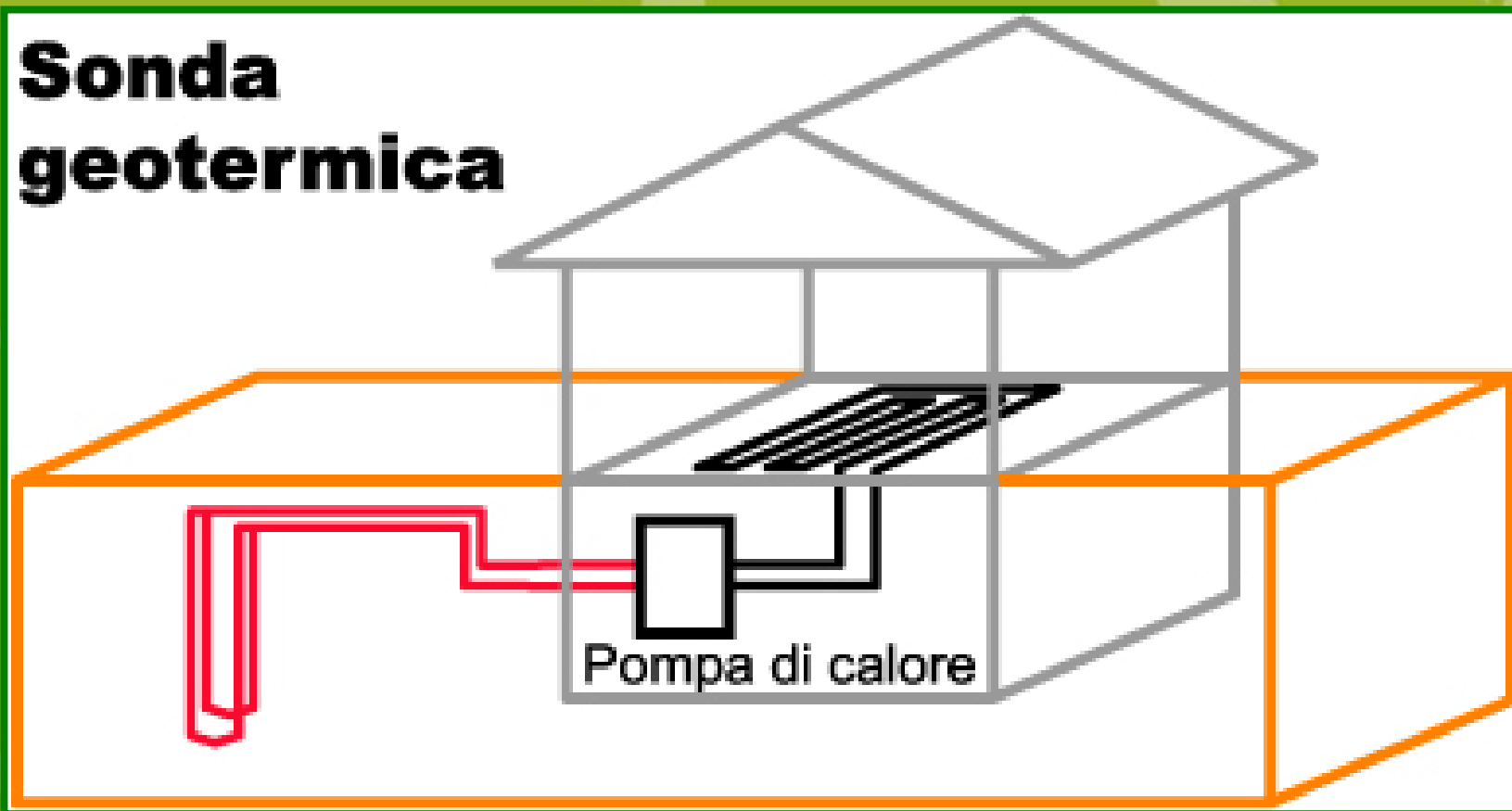
Esempio di impianto svizzero



In un periodo di 12 anni si è creato un abbassamento di 2°C ad una distanza di 1m dalla sonda geotermica.

Nel caso di Roccabruna, con 3 sonde di 100 m cadauna si ricavano gratuitamente dal terreno circa 15 KW/h

Sonda geotermica



Terza fase: esecuzione dei pozzi geotermici



Verifiche in corso d'opera

*Nel corso dell'esecuzione del
primo pozzo geotermico,
devono essere verificate le
ipotesi stratigrafiche iniziali,
ridefinendo all'occorrenza, i ml
di perforazione necessari
all'impianto per funzionare
correttamente*

*Nel caso di un
impianto verticale,
effettuate le
perforazioni, si
procede alla la
posa delle sonde
(munite di
contrappeso
all'estremità)*



Tubi polietilene

Contrappeso



Il foro viene sigillato con iniezione di una miscela di cemento e bentonite.



*A questo punto
si collegano le
sonde
geotermiche al
collettore e
quindi alla
**POMPA di
CALORE.***



POMPA DI CALORE GEOTERMICA



*IL CALORE VIENE DISTRIBUITO CON
SISTEMI A BASSA TEMPERATURA
A PAVIMENTO, A PARETE E A SOFFITTO*

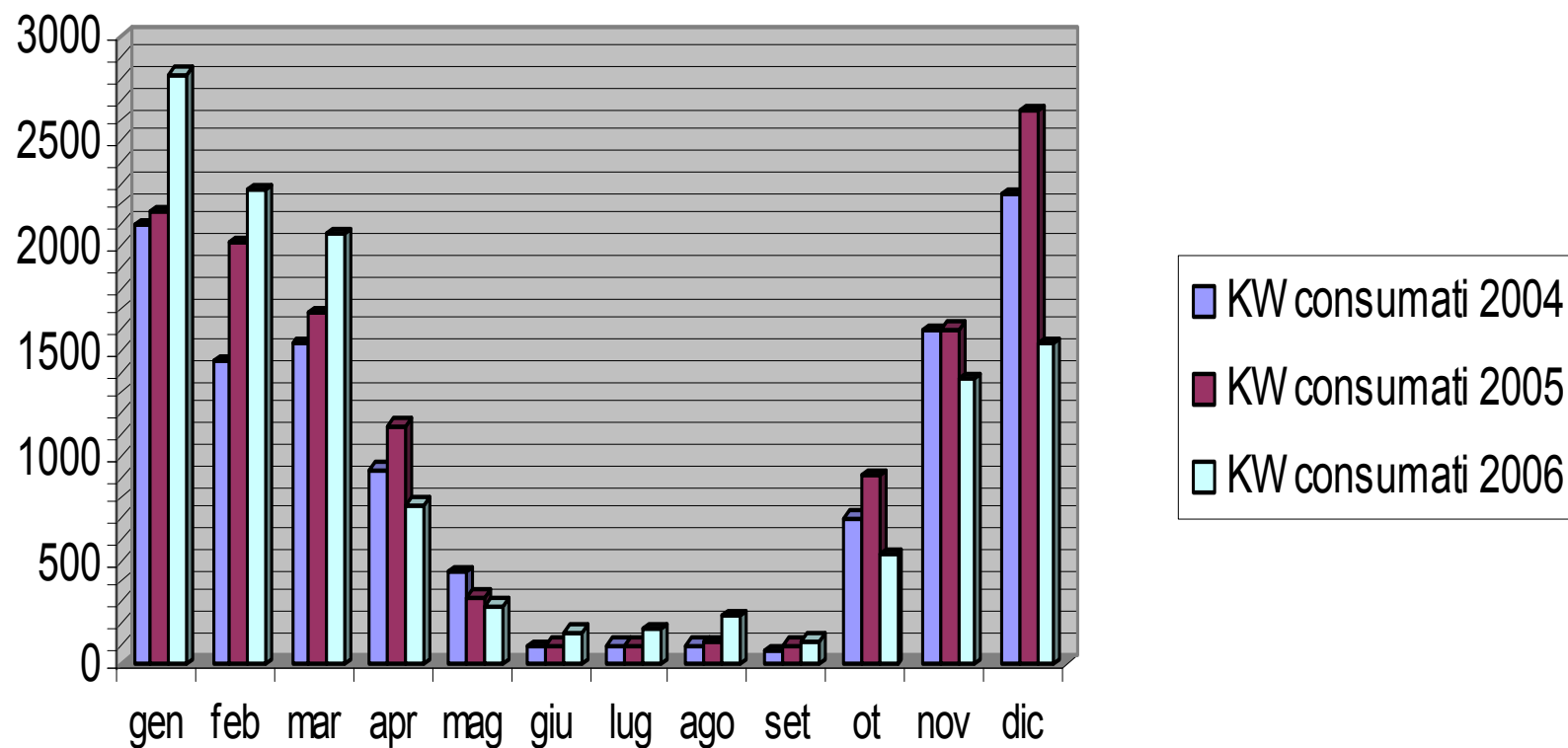


Dati dell'impianto di Roccabruna

- *n. Fori realizzati: 3*
- *Profondità totale: 300 ml (100 cad.)*
- *Potenza termica disponibile: 23,5 Kw*
- *Potenza termica installata: 16 Kw*
- ***Superficie riscaldata: 170 mq + 10 mq di soppalco + 70 mq uffici = tot. 250 mq***
- *Temperature interne fabbricato: 20 °C costanti*
- *Temperature acqua sanitaria: + 45 °C*
- *Attivazione impianto: 16/12/2003*

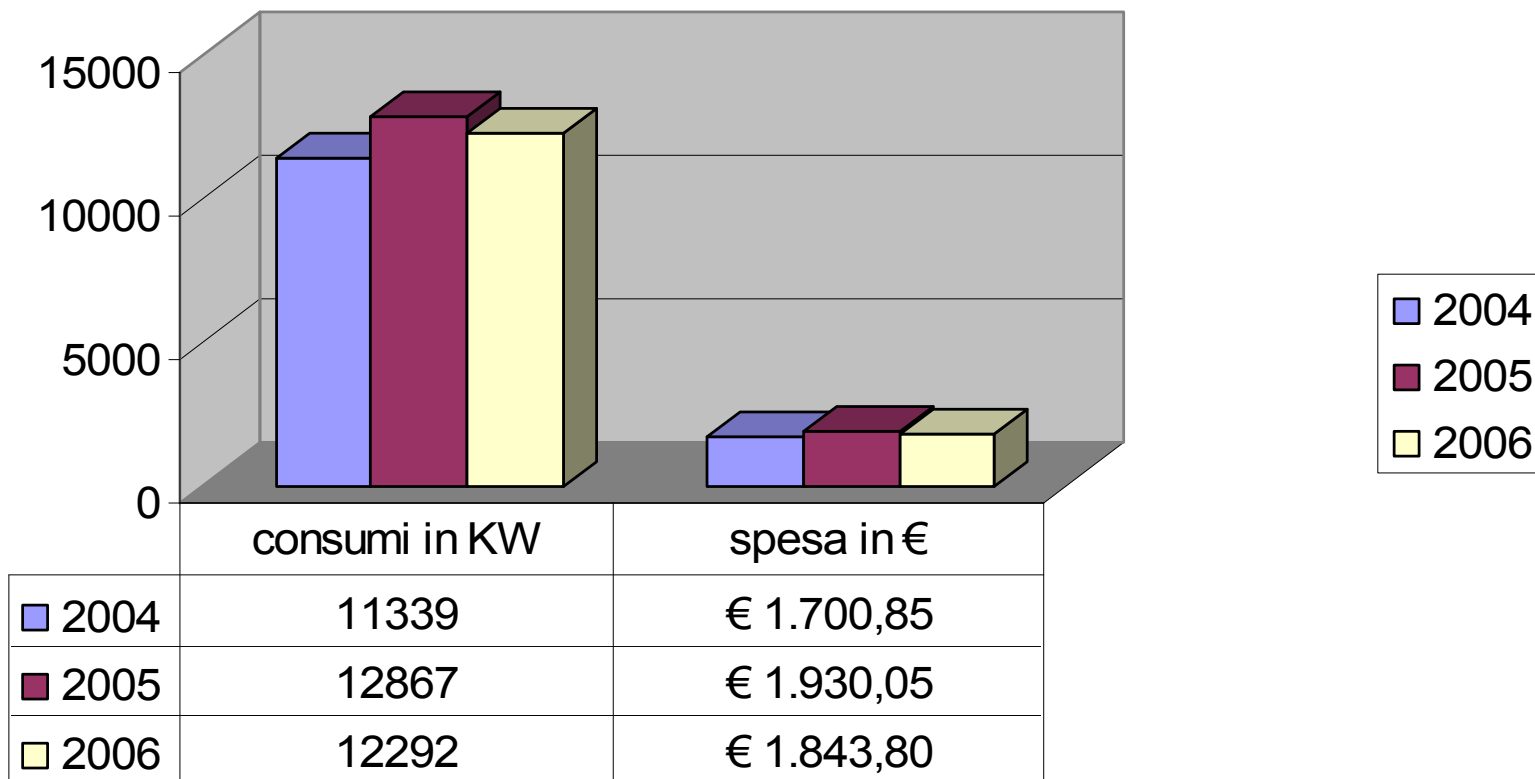
Dati di monitoraggio dal 01/01/2004 al 31/01/2007

Impianto di Roccabruna (CN)



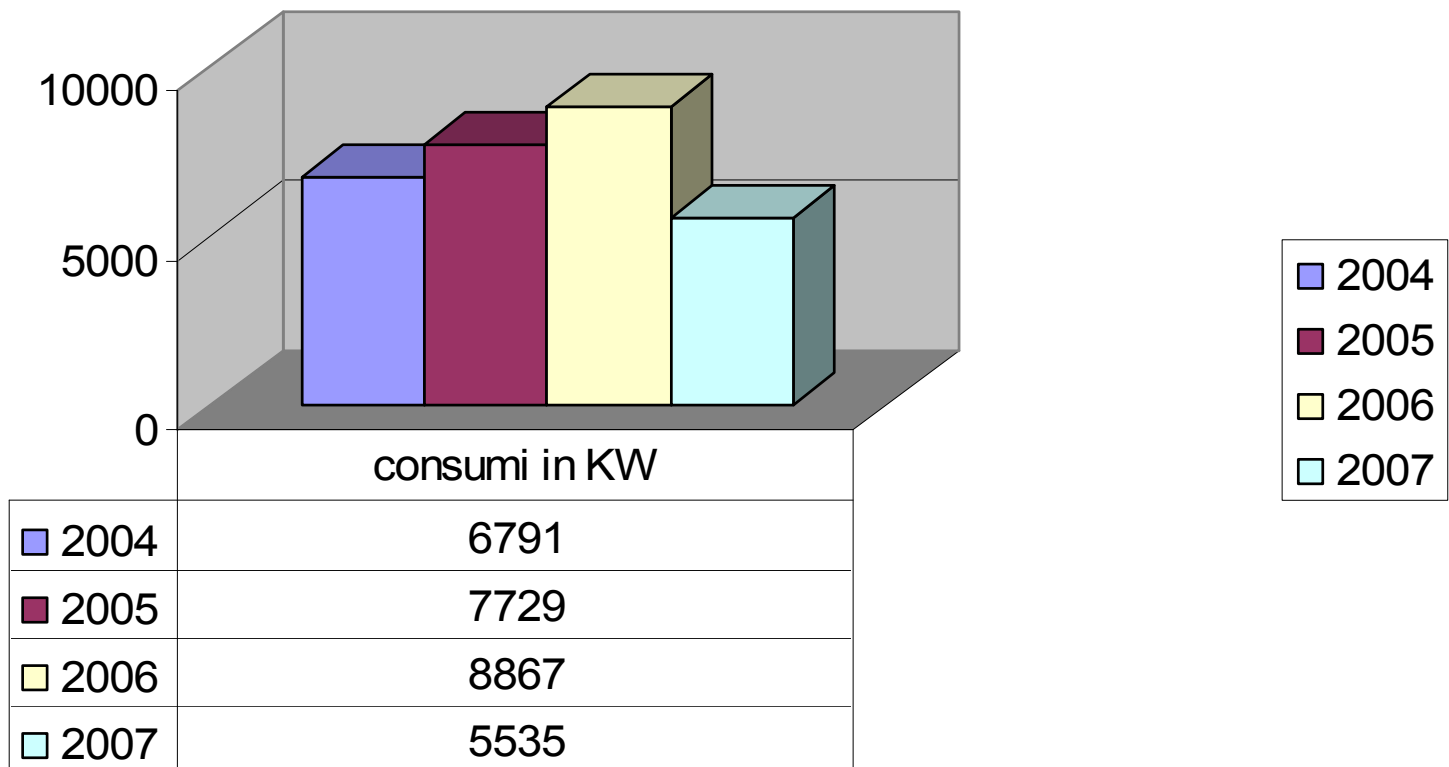
Raffronto consumi – spesa triennio 2004 - 2006

Impianto di Roccabruna



Raffronto consumi 2004 – 2007 (primi 9 mesi)

Impianto di Roccabruna



Confronto geotermia - altri sistemi

GEOTERMIA		G P L	
ENERGIA PRODOTTA / kWh	53.293	(1 lt. GPL ≈ 6,9 kWh)	€ 5.792,75
prezzo corrente / kWh	0,15		
C.O.P. (efficienza)	4,7	Consumo corrente caldaia	€ 24,00
ENERGIA CONSUMATA / kWh	11.339	Revisione annuale	€ 25,82
Revisione annuale	€ -	Spazzacamino	€ 23,24
Costo di gestione in EURO	€ 1.700,85	Costo di gestione in EURO	€ 5.865,81
LEGENDA			
ENERGIA PRODOTTA kWh	53.293	Raffronti costi gestionali della geotermia rispetto alle altre fonti	
prezzo corrente / kWh	0,15	Rispetto al gpl	-71,0
prezzo GPL / lt (*)	€ 0,75	Rispetto al gasolio	-69,1
prezzo gasolio / lt (*)	€ 1,00	Rispetto al metano	-59,7
prezzo metano / mc	€ 0,70	MONITORAGGIO IMPIANTO DI ROCCABRUNA (CN)	
(*) prezzo con agevolazione locale		ANNO 2004	
manut. caldaia € / anno	€ 25,82		
spazzacamino € / anno	€ 23,24		
GASOLIO		METANO	
(1 lt. GASOLIO ≈ 9,8 kWh)	€ 5.438,09	(1 mc metano ≈ 9 kWh)	€ 4.145,03
consumo corrente caldaia	€ 24,00	Consumo corrente caldaia	€ 24,00
Revisione annuale	€ 25,82	Revisione annuale	€ 25,82
spazzacamino	€ 23,24	Spazzacamino	€ 23,24
Costo di gestione in EURO	€ 5.511,15	Costo di gestione in EURO	€ 4.218,09

COSTI E AMMORTAMENTO

Costo dell'impianto: €28.000,00 circa

**Maggior costo rispetto a impianto tradizionale:
€20.000,00 circa**

Risparmi rispetto a: gpl : €4.160,00 circa/anno

gasolio: €3.800,00 circa/anno

metano: €2.500,00 circa/anno

Tempi di ammortamento:

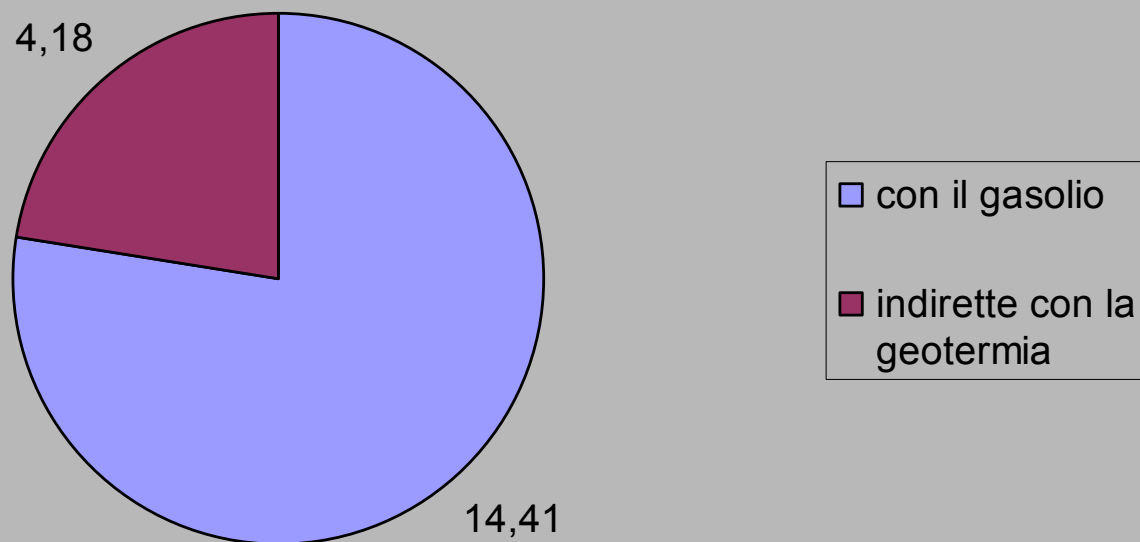
Rispetto a gpl = 4,8 anni

Rispetto al gasolio: 5,3 anni

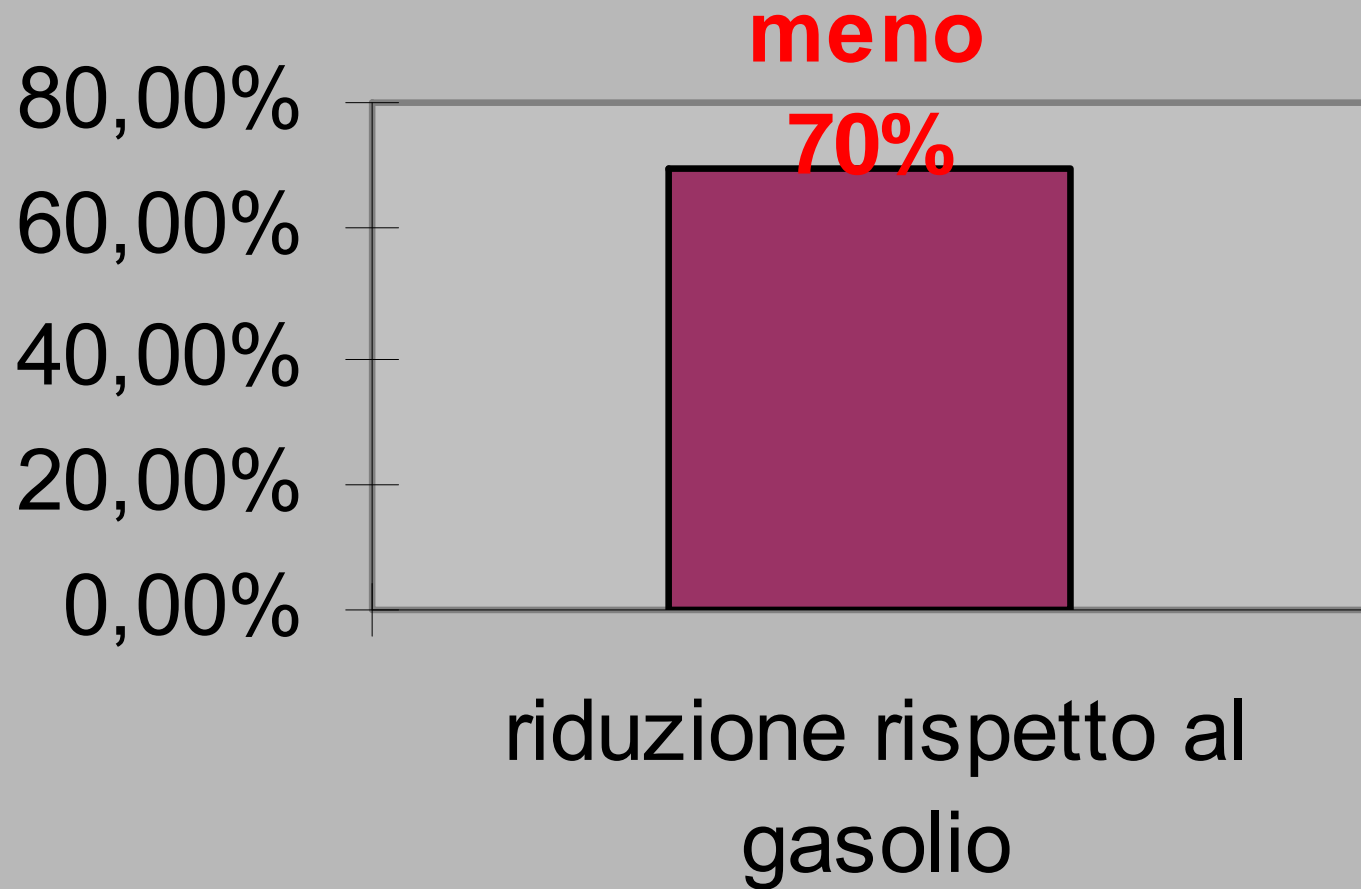
Rispetto al metano: 8 anni

BENEFICI PER L'AMBIENTE

**EMISSIONI DI MASSA EQUIVALENTE DI CO2 IN
ATMOSFERA PER PRODURRE 53.300 KW/h ANNO DI
ENERGIA
espresse in Ton/anno**



RIDUZIONE IN %



NORMATIVA DI RIFERIMENTO

IN ITALIA NON ESISTE UNA NORMATIVA SPECIFICA DI RIFERIMENTO. ALCUNE REGIONI AUTONOME HANNO VARATO NORMATIVE LOCALI CHE RECEPISCONO IN PARTE QUELLA SVIZZERA, AD OGGI TRA LE POCHE DA SEGUIRE COME RIFERIMENTO

NORMATIVA SVIZZERA

Le seguenti normative federali e cantonali si interessano dei temi legati alla geotermia:

- *Legge federale sulla protezione dell'ambiente (LPAmb, 814.01)*
- *Legge federale sulla protezione delle acque (LPAc, 814.20) e Ordinanza sulla protezione delle acque (OPAc, 814.201)*
- *Ordinanza contro l'inquinamento delle acque con liquidi nocivi (Oliq, 814.202)*
- *BUWAL 1994: Wegleitung für die Wärmenutzung mit geschlossenen Erdwärmesonden.*
- *BUWAL 2003: Instructions pratiques pour la protection des eaux souterrains.*
- *Legge cantonale d'applicazione della legge federale del 1972, 1975. Revisione in corso.*
- *Legge cantonale sulle acque sotterranee, 1978.*

CARTA DELLA FATTIBILITA' TERRITORIALE

Impianto	Zone di protezione	üB	A _u	Area	S ₃	S ₂	S ₁
Pozzi di prelievo e di reimmissione		■	■	■	■	■	■
Sonde geotermiche, pali energetici		■	■	■	■	■	■
Sondaggi geotermici		■	■	■	■	■	■
Serpentine nel terreno		■	■	■	■	■	■



Impianto può essere realizzato.



Impianto non può essere realizzato.



Valutazione caso per caso.

- Nelle zone **üB** non c'è una falda o non c'è un interesse per un utilizzo delle acque sotterranee per motivi qualitativi o quantitativi. Si tratta del territorio al di fuori del fondovalle e lontano dalle captazioni esistenti. In queste zone è possibile l'installazione di impianti geotermici.
- La zona di protezione delle acque sotterranee **A_u** indica la presenza di una falda in qualità d'acqua potabile. In questa zona le possibilità sono limitate.
- Le zone **S₁**, **S₂** e **S₃** sono le zone di protezione delle captazioni ad uso potabile esistenti. Per le zone **Area** è concretamente prevista la captazione per uso potabile. In queste zone non è possibile l'installazione di impianti geotermici.

Divisione per l'Energia Elettrica e le Energie Rinnovabili del Canada

non esiste sistema di riscaldamento e condizionamento in grado di ridurre le emissioni di gas serra ed il conseguente impatto sul riscaldamento globale così efficace come le pompe di calore geotermiche.

Approfondimenti sul sito

www.geologiweb.it

**STUDIO DI GEOLOGIA E
ARCHITETTURA**

**Geol. Fabrizio Cambursano
arch. Valentina Raccanelli**

B.TA Gautero 30
12020 Roccabruna (CN)
tel. fax: 0171 918060
www.geologiweb.it