ASPETTI GEOLOGICI PROGETTUALI

CASE HISTORY

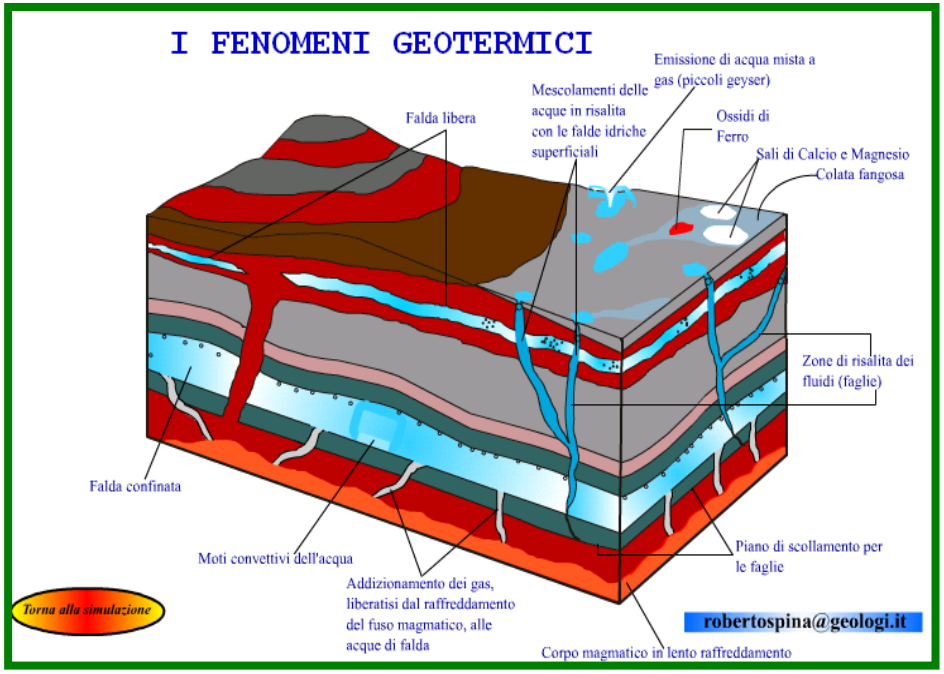
CUNEO *RESIDENZA 108* (12 ALLOGGI)
PRIMO CONDOMINIO IN CLASSE A GOLD CASA CLIMA IN PIEMONTE

ROCCABRUNA (CUNEO)
ABITAZIONE MONOFAMILIARE CON 10 ANNI DI MONITORAGGIO PROLUNGATO

dott. geol. Fabrizio Cambursano

Il calore nel sottosuolo

La produzione di calore all'interno della Terra è assicurato dal decadimento di **isotopi radioattivi** presenti soprattutto nel mantello(quelli più importanti sono il **torio 232**, l'**uranio 238**, e **235** e il **potassio 40**



Il calore nel sottosuolo si propaga per:

- Conduzione (senza trasporto di materia)
- Convezione (con trasporto di materia)
- Irraggiamento (praticamente trascurabile)

Energia geotermica

Flusso geotermico [q_{geo}]: parte di calore che si trasmette attraverso le rocce verso la superficie terrestre: vicino alla superficie il flusso geotermico è molto piccolo con valori intorno a 50 a 100 mW/m2

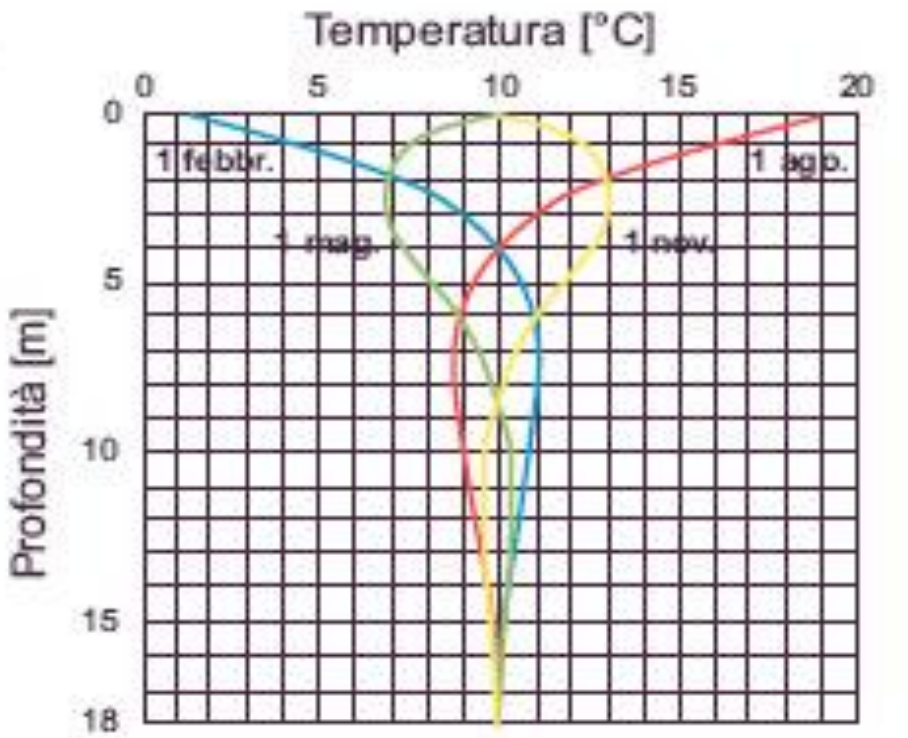
Conduttività termica λ [W/m,K] : per semplicità definibile come l'attitudine di una sostanza a trasmettere il calore, proprietà intrinseca delle rocce e dei depositi granulari

Gradiente Termico [K] = q_{geo} : λ

Energia geotermica

1. Oltre 100 m di profondità,la temperatura media del sottosuolo risulta aumentare (in assenza di anomalie) di circa 3°C ogni 100 m (gradiente di temperatura)
2. A 100 m di profondità registriamo temperature medie comprese tra 12 e 16°C (con piccole variazioni legate ad anomalie locali)

Nei primi 20 metri



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

Variabili di superficie

1. **Conducibilità termica dei litotipi**
2. **Circolazione idrica**

In questo ambito si inserisce la geotermia a bassa entalpia, impianti geotermici a pompa di calore

Conducibilità termica

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

Impianto geotermico

1. *Pompa di calore geotermica*
2. *Sistemi che trasferiscono il calore (sonde geotermiche)*
3. *Impianti di distribuzione (pavimento, parete, soffitto)*

Pompa di calore E.GEO

- XE 12-33kWKE 4-50kW WE 45-420kW

XE

KE

WE

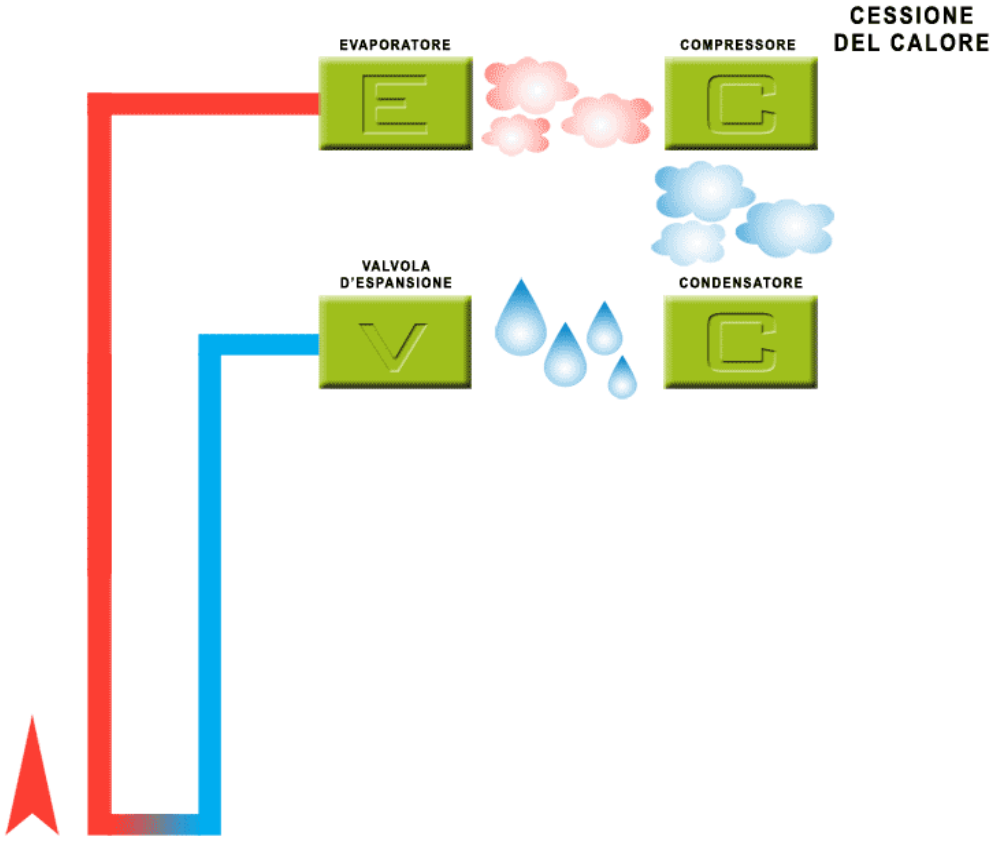
Fattore di resa

C.O.P. (Coefficient of performance)

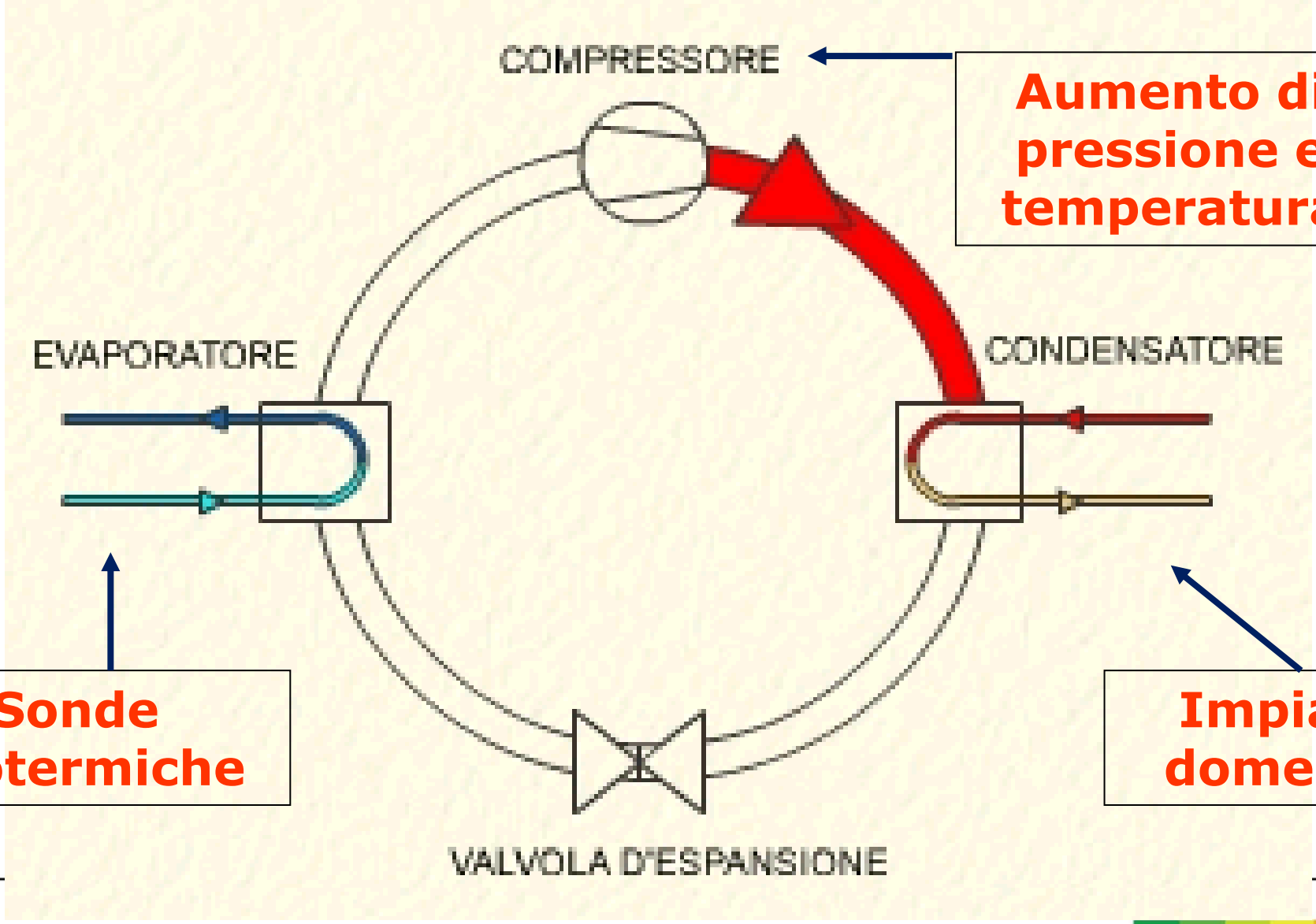
$$C.O.P. = \frac{\text{Energia resa}}{\text{energia consumata dalla p.c.}}$$

Principio di funzionamento

CICLO DI CARNOT



Trasferimento del calore



Aumento di pressione e temperatura

Sonde geotermiche

Impianto domestico

Trasferimento del calore

Le **sonde geotermiche** sono degli scambiatori di calore verticali con lunghezze tipiche da 50 a oltre 200 m.
Le **serpentine nel terreno** sono degli scambiatori di calore messi orizzontalmente a 1-2 m di profondità in terreni sciolti.
I **sistemi a pozzi d'estrazione e reimmissione** utilizzano le acque sotterranee o superficiali, che vengono raffreddate
I **pali energetici** sono degli scambiatori di calore integrati negli elementi di fondazione di costruzioni palificate e hanno una profondità tipica di alcuni m.
Le **acque di tunnel** (ad es. il tunnel stradale Mappo-Morettina a Locarno) hanno spesso una temperatura elevata e possono essere usate portate soddisfacenti

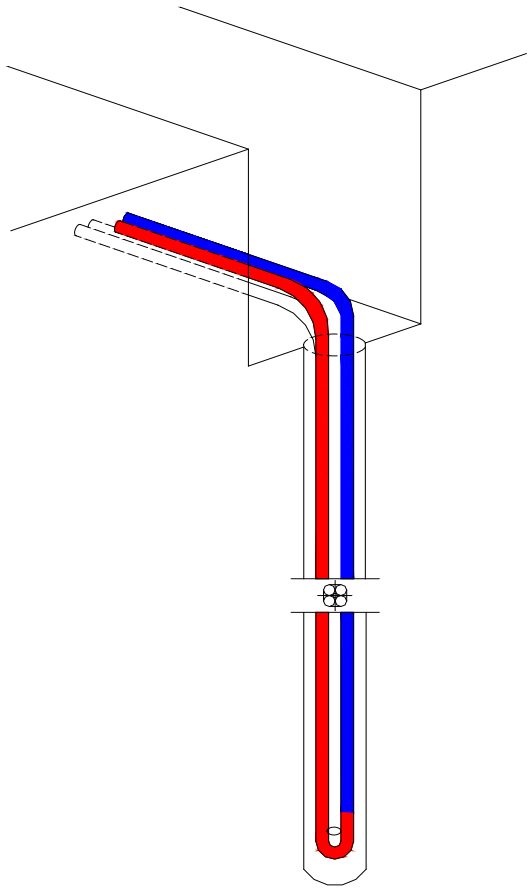
Sonde geotermiche - posa

Sonde geotermiche cementazione

Sonde geotermiche, connessioni superficiali

Sonde geotermiche

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



Distribuzione del calore

PANNELLI RADIANTI

RISCALDAMENTO: T° mandata H_2O = 20-30°C
RAFFRESCAMENTO: T° mandata H_2O = 15-20°C

FAN-COIL, VENTILCONVETTORI

RISCALDAMENTO: T° mandata H_2O = 45-50°C
RAFFRESCAMENTO: T° mandata H_2O = 6-8°C

RADIATORI

RISCALDAMENTO: T° mandata H_2O = 55-60°C

Progettazione

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).

Procedura progettuale

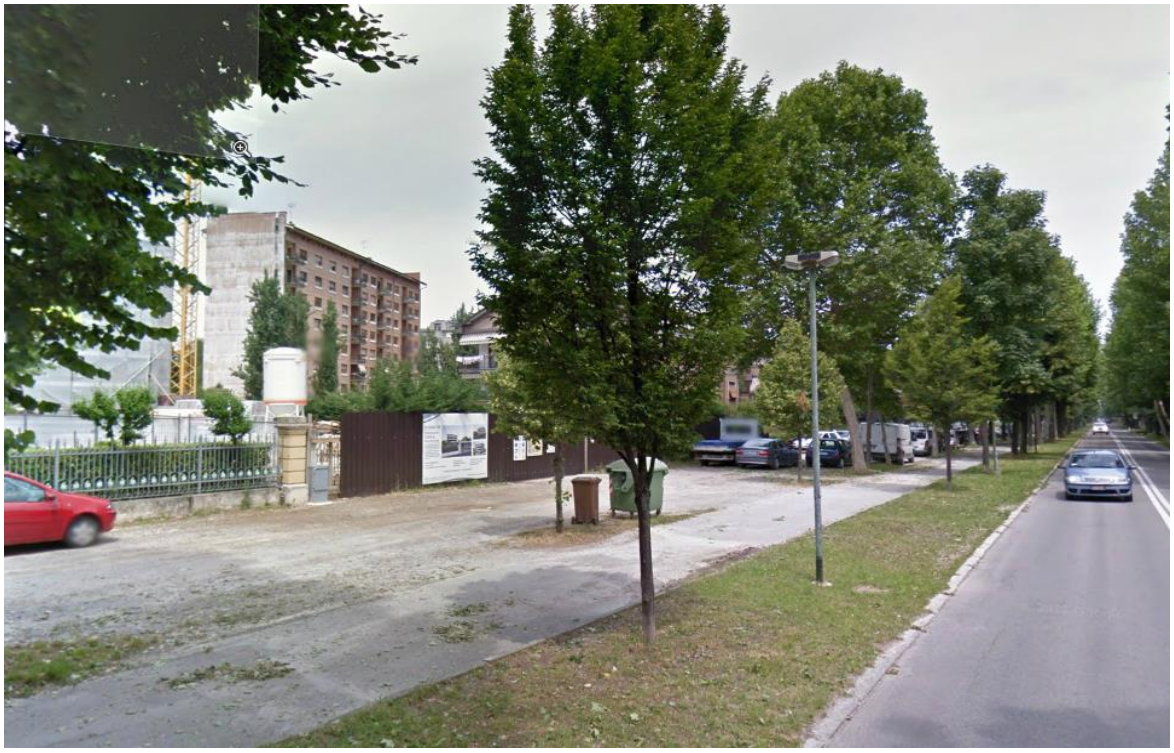
1) **Verifica della fattibilità tecnica**;
2) **Individuazione di vincoli autorizzativi;**
3) Caratterizzazione dell'utenza;
4) **Caratterizzazione geologica e termogeologica del sito**;
5) **Definizione delle condizioni di scambio sonda-terreno**;
6) Scelta dello schema di centrale termica e della pompa 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.

CASE HISTORY

CUNEO *RESIDENZA 108* (12 ALLOGGI)
PRIMO CONDOMINIO IN CLASSE A GOLD CASA CLIMA IN PIEMONTE

ROCCABRUNA (CUNEO)
ABITAZIONE MONOFAMILIARE CON 10 ANNI DI MONITORAGGIO PROLUNGATO

Cuneo residenza 108



Inquadramento geografico

Cartellone pubblicitario prima dell'inizio lavori

Inquadramento geografico

Certificazione energetica

L' Agenzia **Casa Clima** nasce nel maggio 2006 ed è al 100% di proprietà della Provincia Autonoma di Bolzano; è un ente pubblico **che si occupa della certificazione energetica e ambientale di edifici e prodotti**. Ad oggi l'Agenzia ha certificato quasi 5000 edifici, distribuiti su tutto il territorio nazionale.

Dati di progetto

Zona climatica	*F*
Gradi giorno	*3012*
Temperatura di progetto	*-13 ° C*

Superficie netta riscaldata circa 2.000 m²

suddivisi in n. 12 appartamenti

Volume riscaldato circa 5.800 m³

Dati di progetto

Fabbisogni energetici per dimensionamento campo Sonde Geotermiche

Viale Angeli 108, Cuneo

	Riscaldamento ambienti							ACS							SOTTOSUOLO		Raffrescamento (da non considerare nel dimensionamento sonde)						
		Potenza			Energia				Potenza			Energia			Potenza	Energia		Potenza			Energia		
	COP risc	Fabbis. Utenza	Prelievo Elettrico	Prelievo da Sonde	Fabbis. Utenza	Energia Elettrica	Prelievo termico sonde	COP acs	Fabbis. Utenza	Prelievo Elettrico	Prelievo da Sonde	Fabbis. Energia	Energia Elettrica	Prelievo termico sonde	Picco Potenza	Prelievo termico sonde	EER	Fabbis. Utenza	Prelievo Elettrico	Immiss. in sonde	Fabbis. Utenza	Energia Elettrica	Immiss. in sonde
		kWt	kWe	kWt	kWht	kWhe	kWht		kWt	kWe	kWt	kWht	kWhe	kWht	kWt	kWht		kWf	kWhe	kWht	kWhf	kWe	kWht
Gennaio	4,5	33,8	7,5	26,3	3968	882	3086	3,1	30	9,7	20,3	2185	705	1480	46,6	4567							
Febbraio	4,5				2266	503	1762	3,1				2185	705	1480		3242							
Marzo	4,5				439	98	342	3,1				2185	705	1480		1822							
Aprile	4,5				25	6	20	3,1				2185	705	1480		1500							
Maggio								3,1				2185	705	1480		1480							
Giugno								3,1				2185	705	1480		1480	5				5280	1056	6336
Luglio								3,1				2185	705	1480		1480	5	44	8,8	52,8	5280	1056	6336
Agosto								3,1				2185	705	1480		1480	5				5280	1056	6336
Settembre								3,1				2185	705	1480		1480							
Ottobre	4,5				68	15	53	3,1				2185	705	1480		1533							
Novembre	4,5				1341	298	1043	3,1				2185	705	1480		2523							
Dicembre	4,5				3308	735	2573	3,1				2185	705	1480		4053							
					11415	2537	8879					26223	8459	17764		26643					15840	3168	19008

Dati di progetto

FABBISOGNI ENERGETICI DELL'EDIFICIO

Potenze di Progetto

Potenza di Progetto	Riscaldamento	Raffrescamento
[kW]	63	-44

Fabbisogni Energetici dell'Edificio

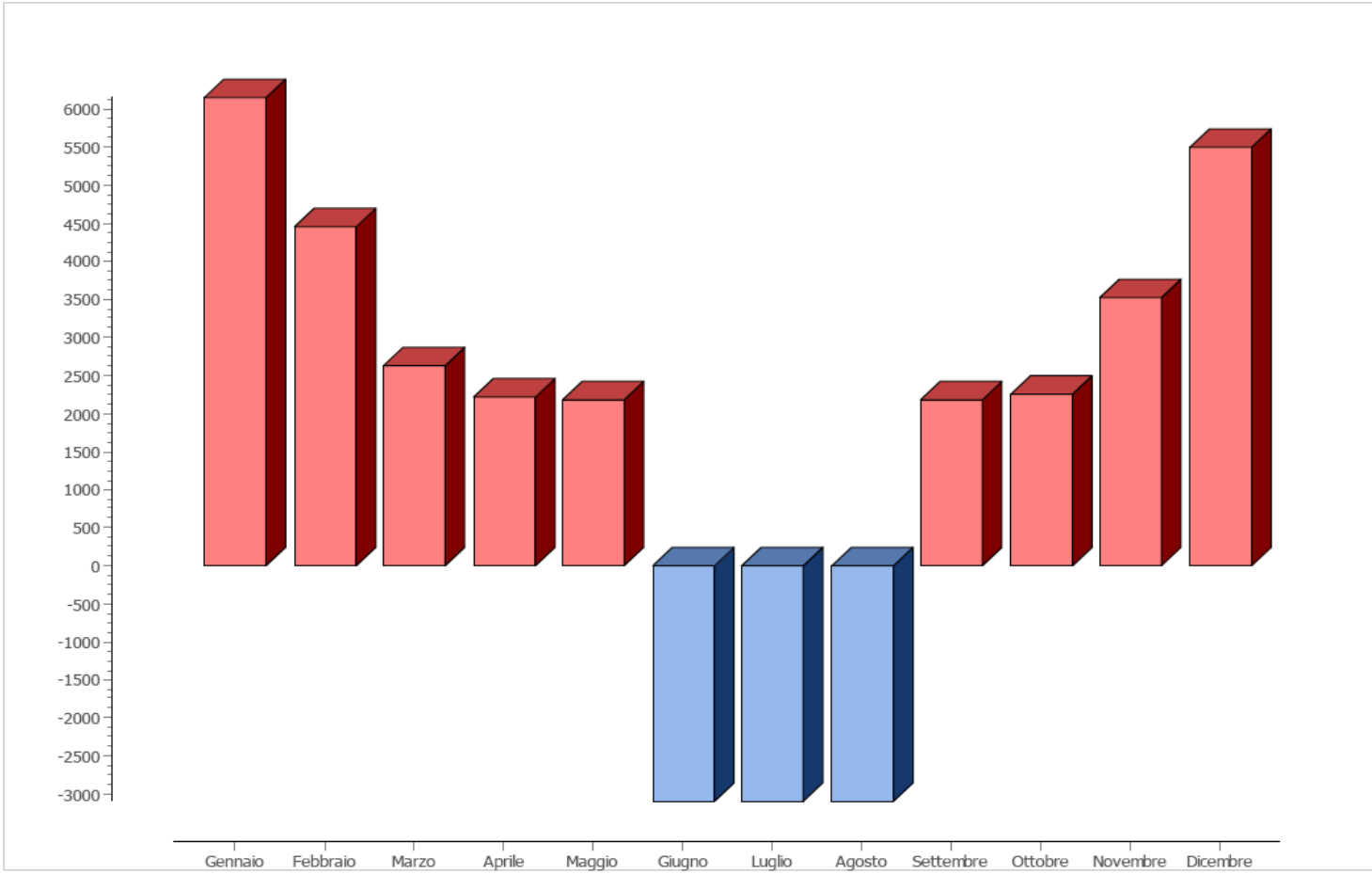
Mese	Fabbisogno [kWh]	Mese	Fabbisogno [kWh]
Gennaio	6153	Luglio	-3095
Febbraio	4451	Agosto	-3095
Marzo	2624	Settembre	2185
Aprile	2210	Ottobre	2253
Maggio	2185	Novembre	3526
Giugno	-3095	Dicembre	5493

Energia Totale

Energia Totale	Riscaldamento	Raffrescamento
[kWh/anno]	31080	-9285

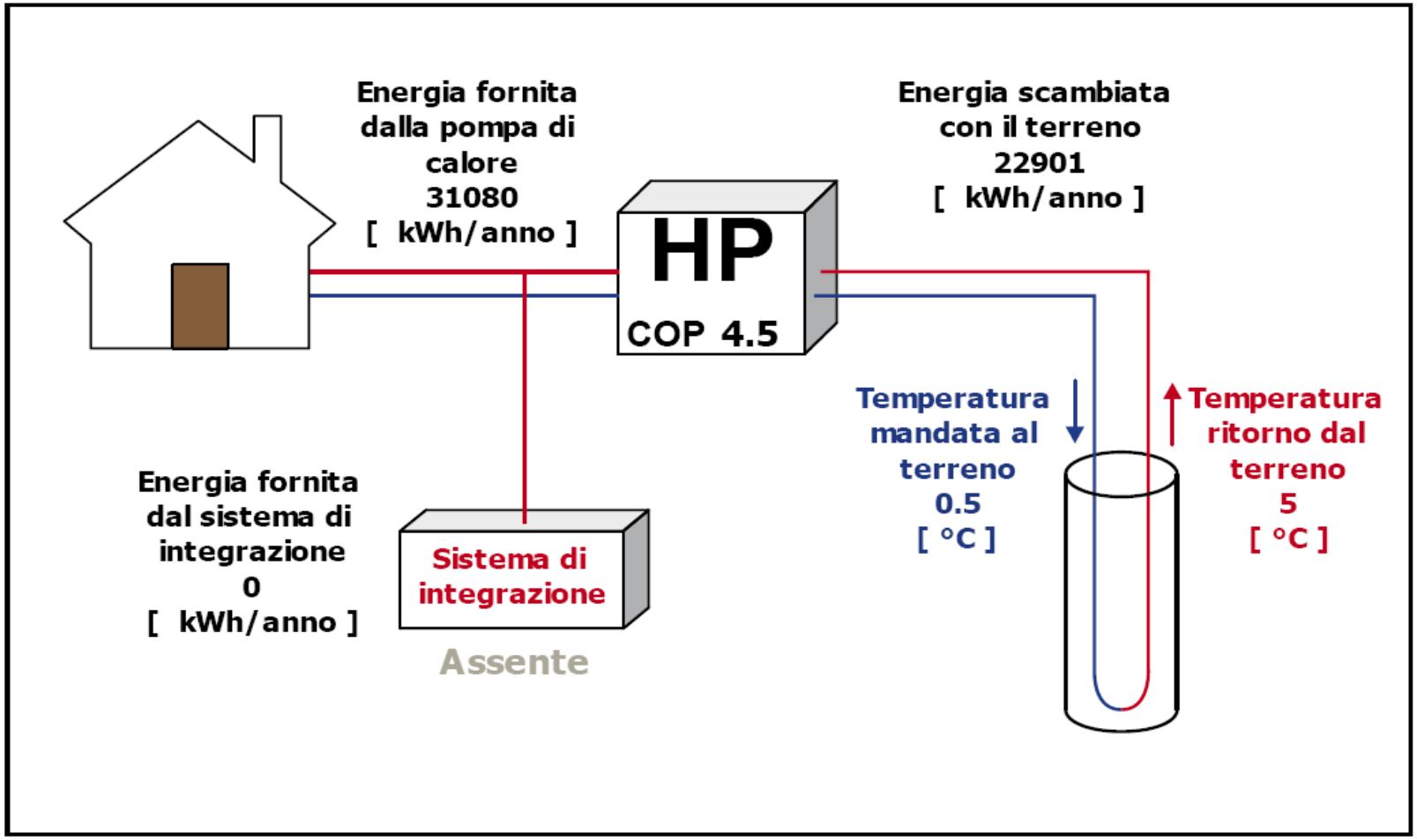
Dati di progetto

Grafico dei Fabbisogni Energetici



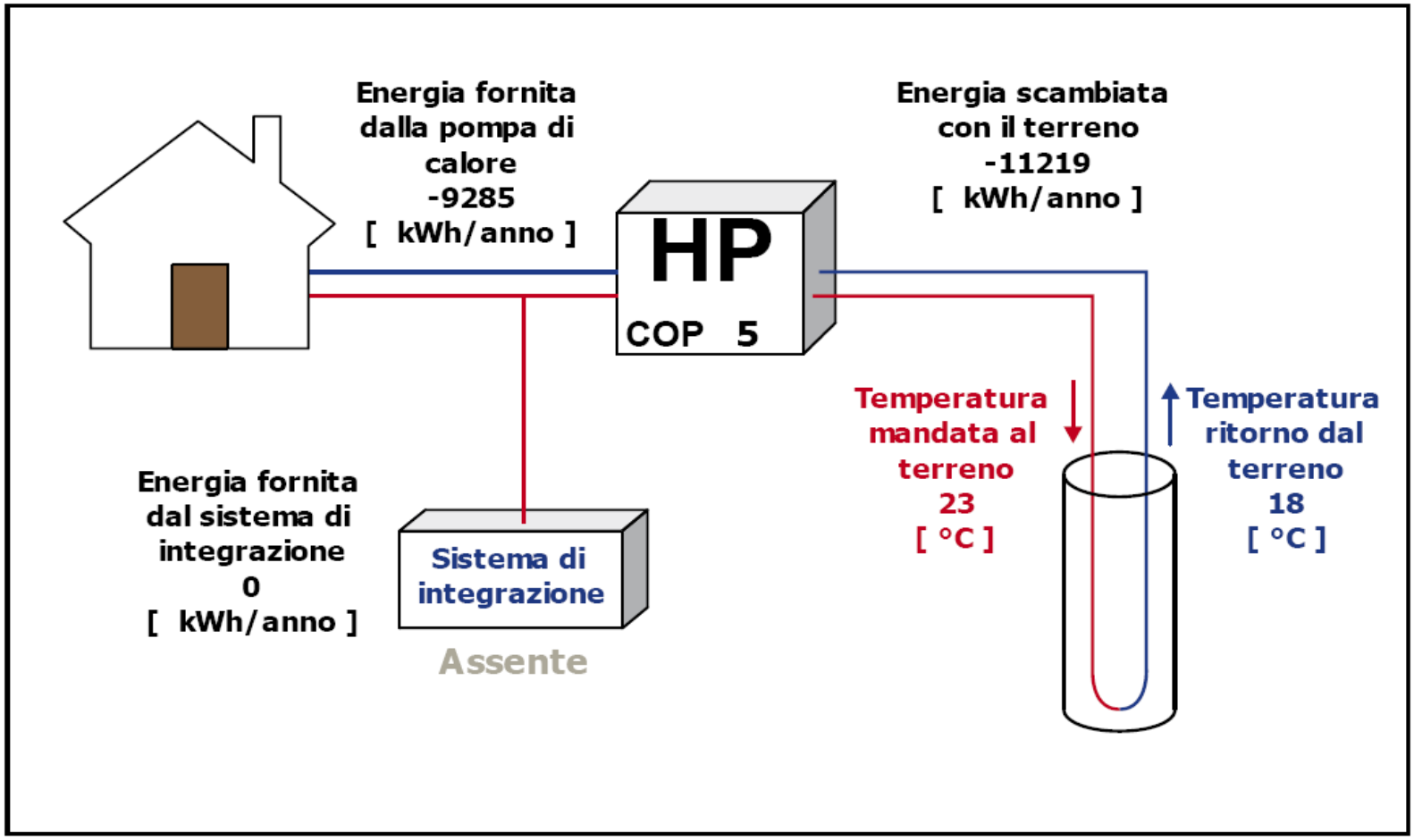
Dati di progetto

Stagione invernale - Riscaldamento



Dati di progetto

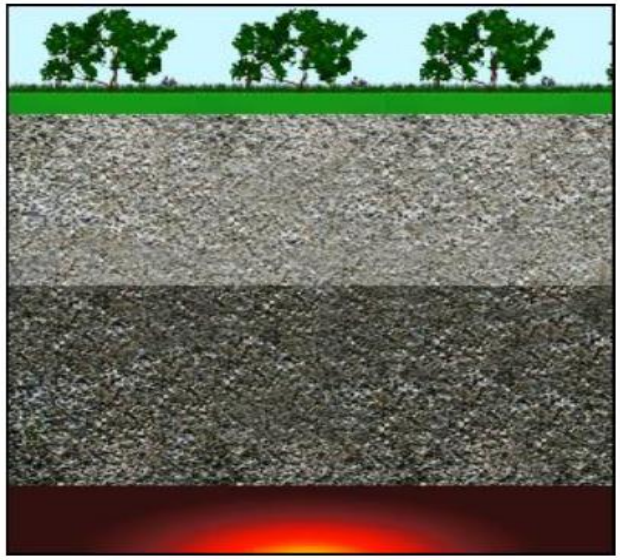
Stagione estiva - Raffrescamento



Dati di progetto

Descrizione del Terreno

Per la località sede dell'intervento, ovvero il Comune di CUNEO si considera la seguente stratigrafia del terreno: alluvioni ghiaioso sabbiose con ciottoli, talora cementate; presenza della falda libera superficiale a partire da circa –40 m dal piano interrato in progetto.



Tipo di terreno	Conducibilità Termica [W/(m K)]	Capacità Termica [MJ/(m³K)]	Spessore [m]
Ghiaia secca	0.5	1.5	40
Ghiaia bagnata	1.8	2.4	Infinito

Campo sonde

Esecuzione del campo sonde geotermiche sotto il piano fondazioni del nuovo edificio, a margine del tunnel di collegamento Est Ovest passante sotto la città di Cuneo

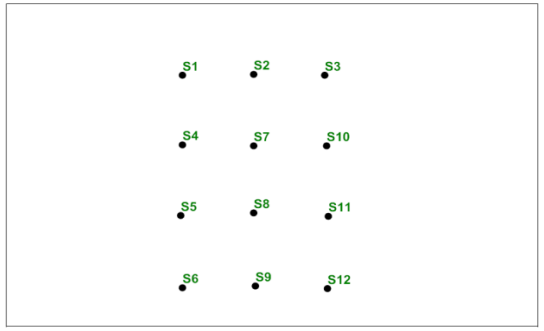
Campo sonde

Specifiche delle Sonde

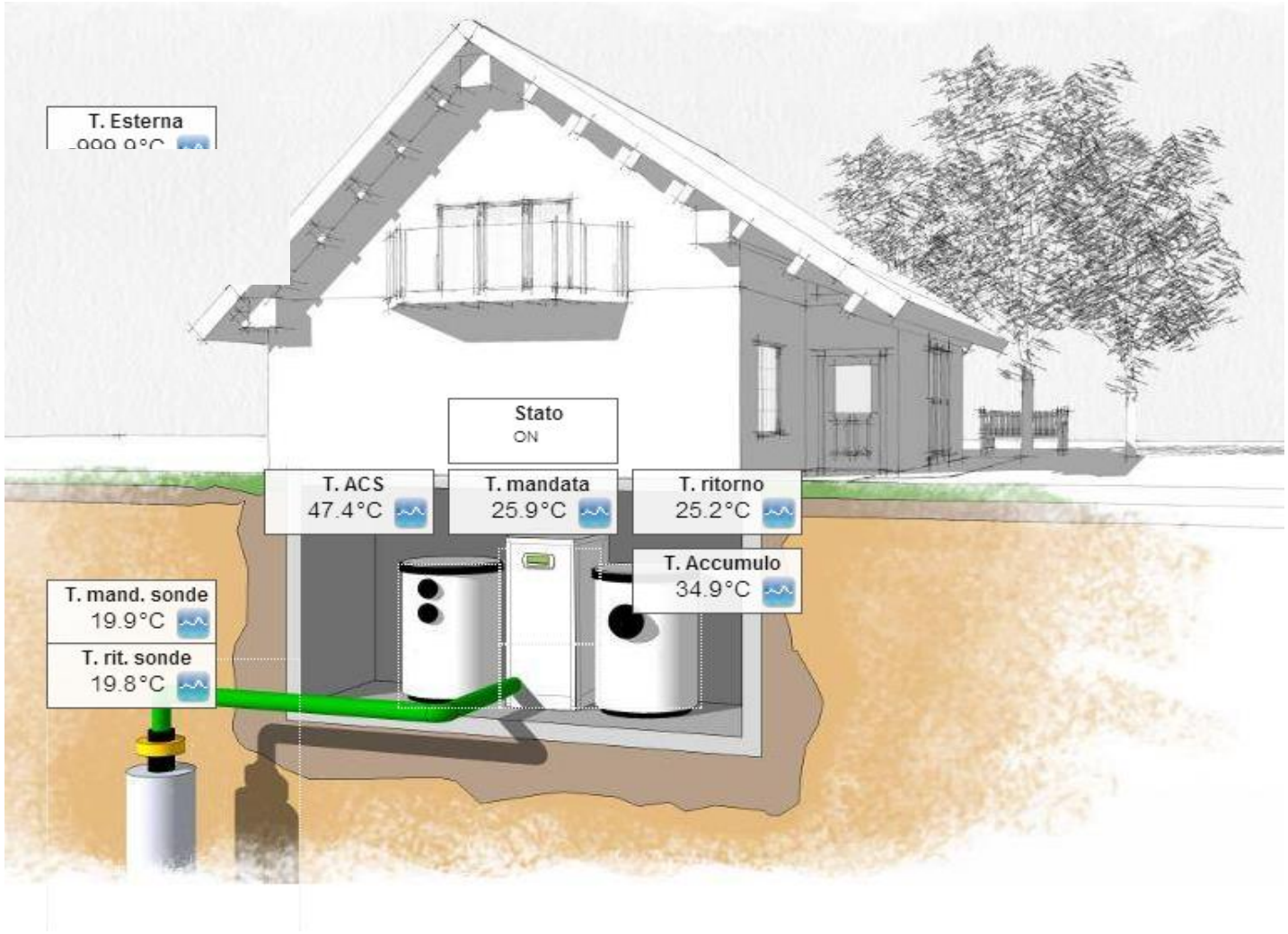
Tipo di scambiatore di calore: Sonda 2U	
	Riscaldamento
Numero sonde	12
Profondità di ciascuna sonda [m]	111
Collegamento fra le sonde	Parallelo
Energia annuale scambiata con il terreno [kWh]	22901
Potenza di progetto [kW]	63

Per soddisfare il fabbisogno energetico dell'edificio, occorrono 12 sonde aventi le caratteristiche sopra riportate profonde 111 m caduna. La perforazione dovrà avvenire con rivestimento del foro, adottando tutti gli accorgimenti necessari per evitare la messa in comunicazione tra la falda libera e la falda in pressione, qualora intercettata, ipotizzabile per questo comprato a partire da circa -110 / -130 m di profondità.

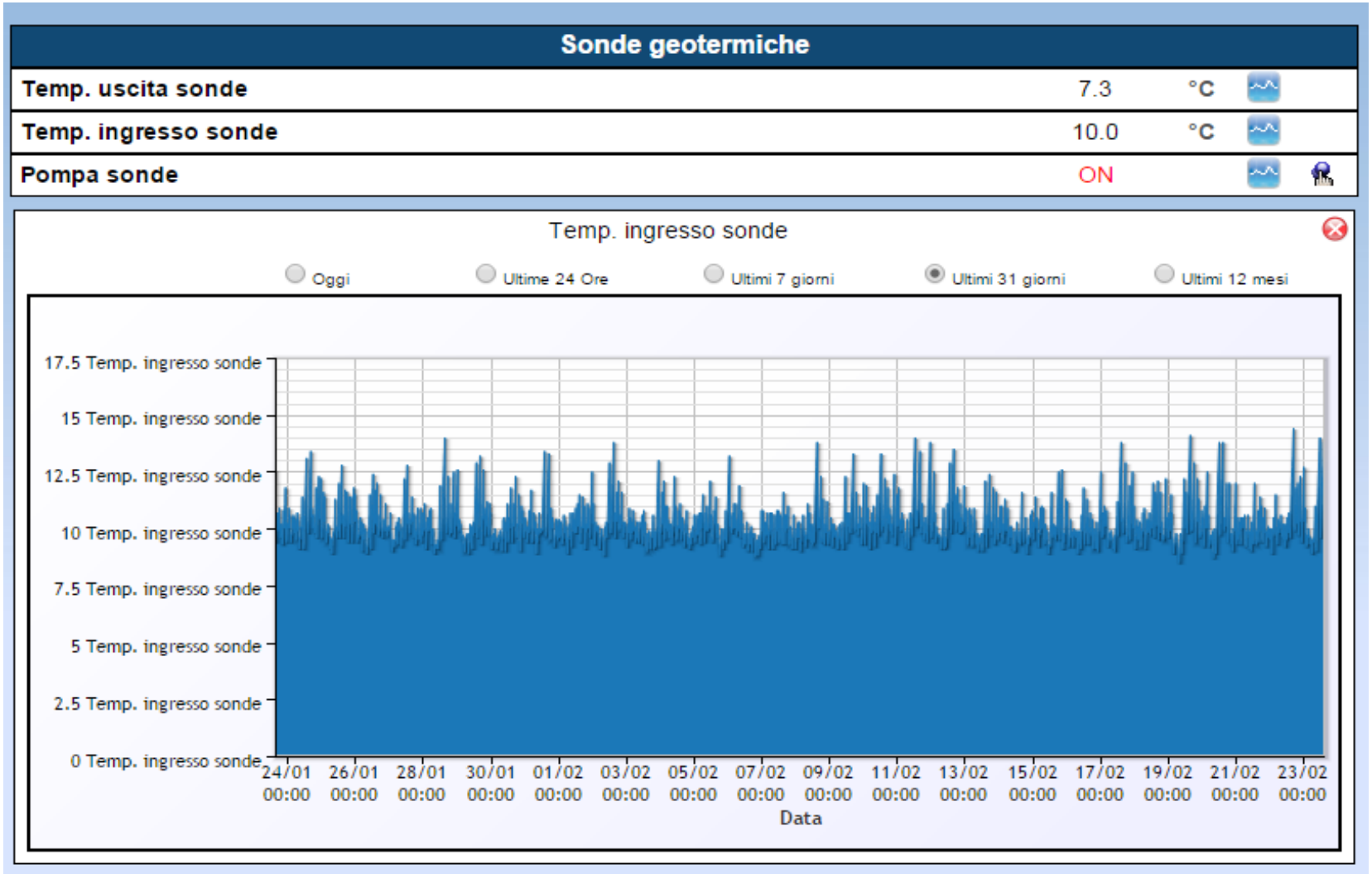
Posizione delle Sonde



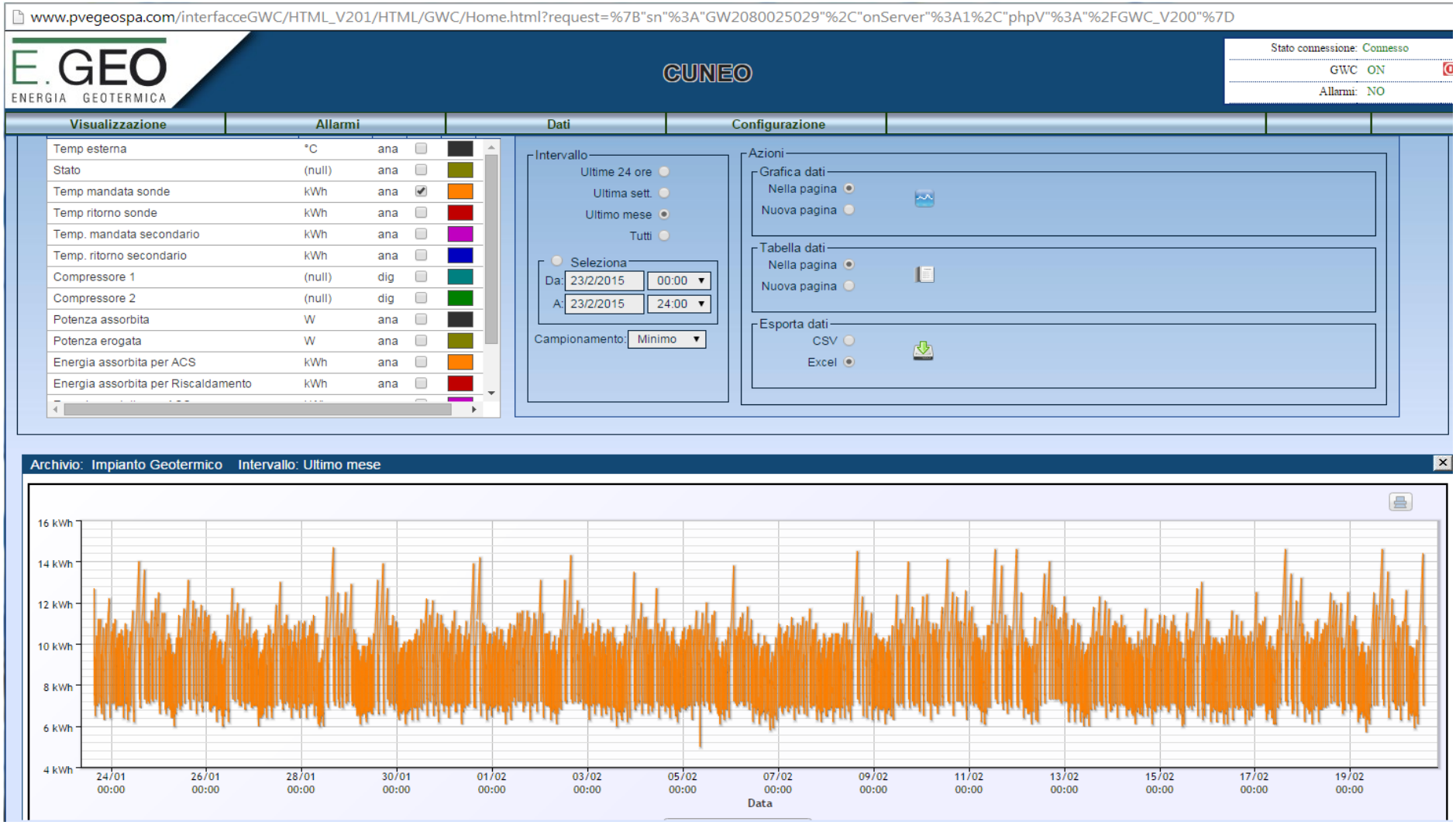
Telecontrollo



Telecontrollo



Telecontrollo



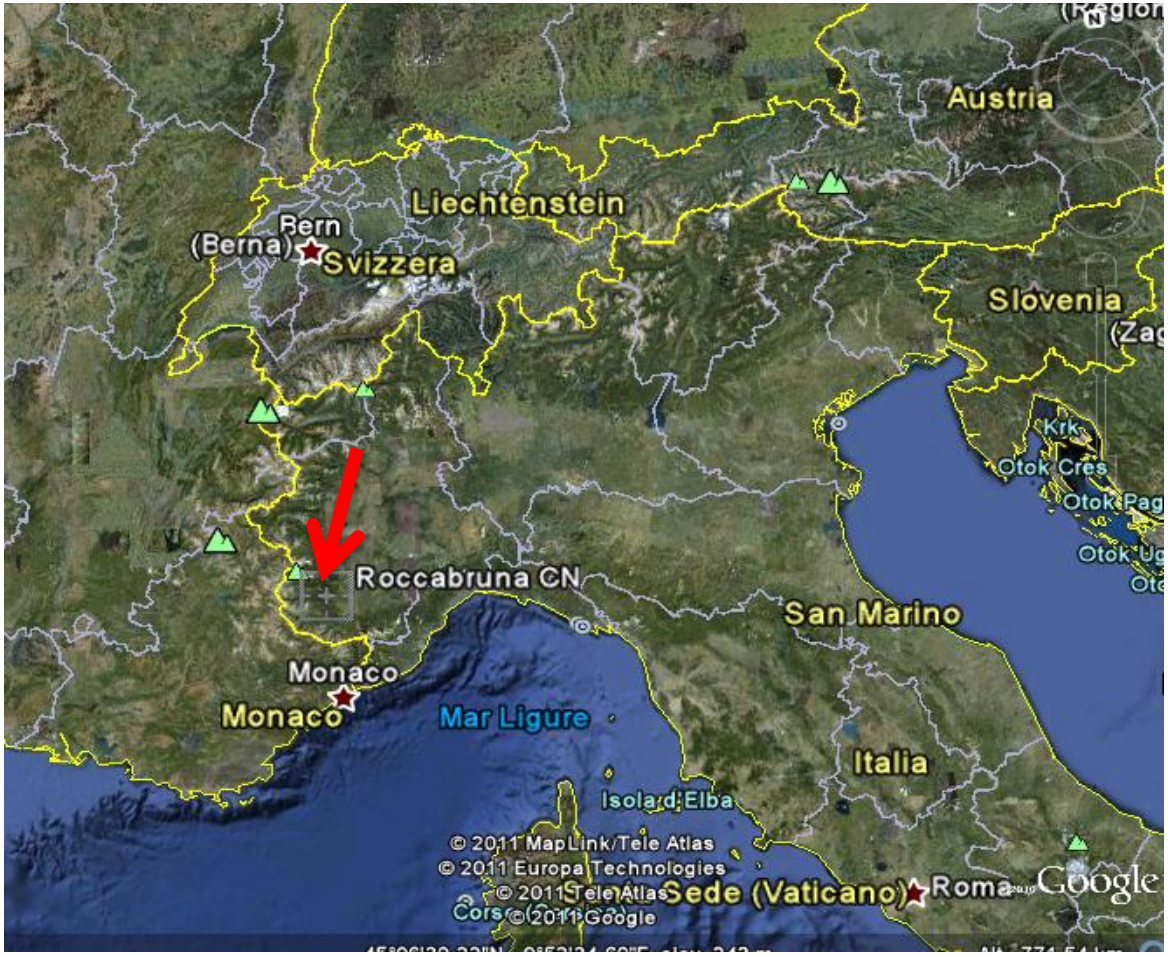
Il fabbricato oggi

La sala tecnica

La sala tecnica

Inquadramento geografico

Inquadramento geografico



Dati di progetto

Zona climatica *F*

Gradi giorno *3183*

Temperatura di progetto *-13 ° C*

Superficie esterna che delimita il volume *841 m2*

Superficie netta riscaldata *320 m2*

Volume riscaldato *976 m3*

Fabbisogno di potenza 24 kW

Impianto realizzato

Potenza installata PdC 16 kW

Sonde geotermiche realizzate 3

Lunghezza singola sonda 100 m

Lunghezza complessiva campo sonde geotermiche 300 m

Anno di realizzazione impianto 2003

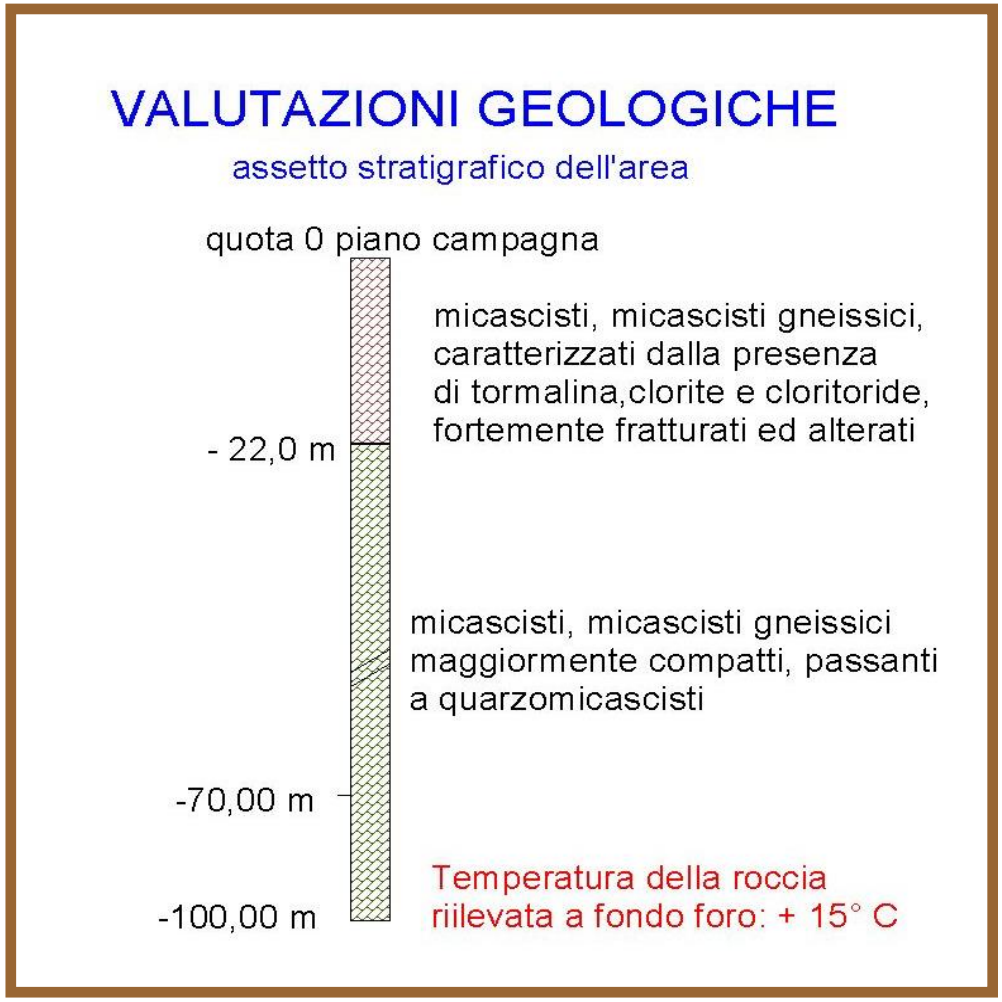
Attivazione 16/12/2003

Ipotesi di progetto

Si è deciso di installare una PdC di potenza per circa 1/3 inferiore rispetto a quella di progetto per verificarne il funzionamento in condizioni di deficit di potenza, mantenendo la dimensione prevista del campo sonde in presenza di serbatoio geotermico ottimale (micascisti e gneiss minuti con falda)

Dati di progetto

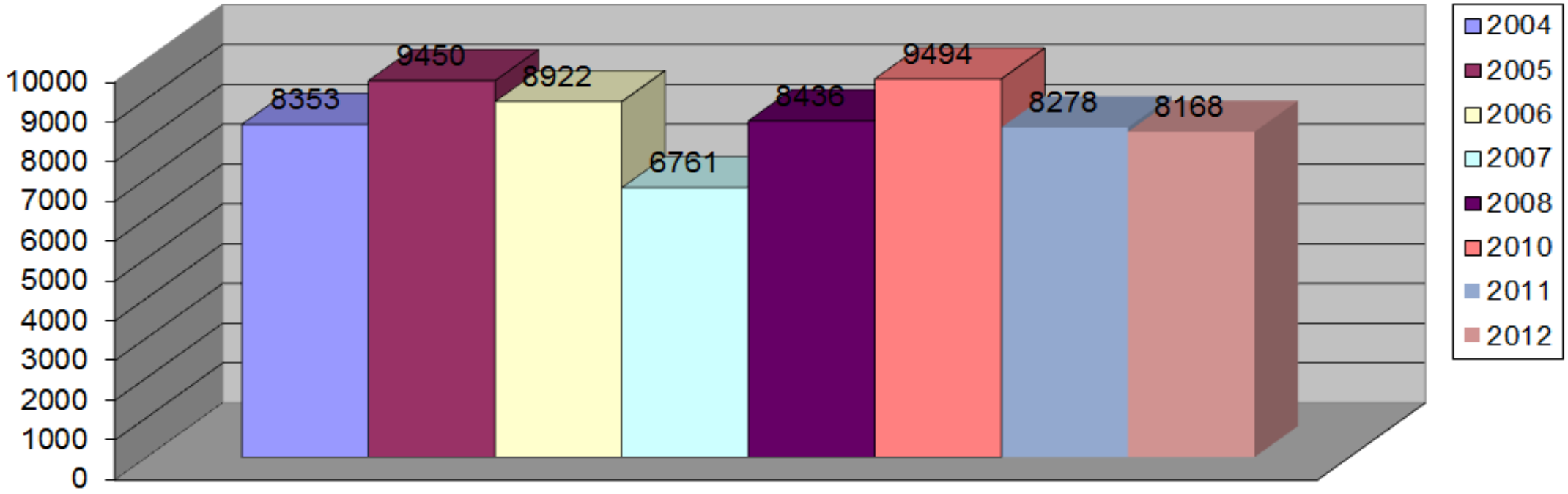
- Terreni con valori medi lineari elevati di conducibilità termico
- Rendimento stimato sulla colonna stratigrafica pari a 58 W/m
- Falda a -70 m



Dati di monitoraggio 2004 - 2012

consuno pdc anni 2004 -2012		spento imp	acceso imp
anno	kw		
2004	8353	16/05/2004	12/10/2004
2005	9450	26/04/2005	05/10/2005
2006	8922	03/05/2006	13/10/2006
2007	6761	15/04/2007	29/09/2007
2008	8436	01/05/2008	04/10/2008
2009	8293	06/05/2009	15/10/2009
2010	9494	10/05/2010	10/10/2010
2011	8278	30/04/2011	18/10/2011
2012	8168	07/05/2012	05/10/2012

Dati di monitoraggio 2004 - 2012



Consumi elettrici PdC in kWh

Dati di monitoraggio 2004 - 2012

Ripartizione mensile consumi elettrici PdC in kWh

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
gen	1615	1660	2168	1320	1631	1731	1561	1742	1535
feb	1069	1489	1677	1209	1412	1438	1586	1359	1526
mar	1129	1238	1517	888	998	1092	1382	1345	822
apr	618	761	509	258	615	741	587	329	761
mag	342	251	219	92	163	202	181	257	252
giu	29	32	54	39	45	69	51	43	41
lug	37	40	65	54	27	33	38	37	23
ago	40	45	93	47	85	69	68	38	27
set	8	13	15	13	21	15	19	13	15
ot	541	687	398	653	627	502	492	519	312
nov	1183	1186	1014	1047	1165	1039	1613	1137	1165
dic	1743	2049	1193	1140	1649	1362	1917	1457	1687
Totale	**8353**	**9450**	**8922**	**6761**	**8436**	**8293**	**9494**	**8278**	**8168**

Dati di monitoraggio 2004 - 2012

Ripartizione per fasce orarie anni 2009 – 2012

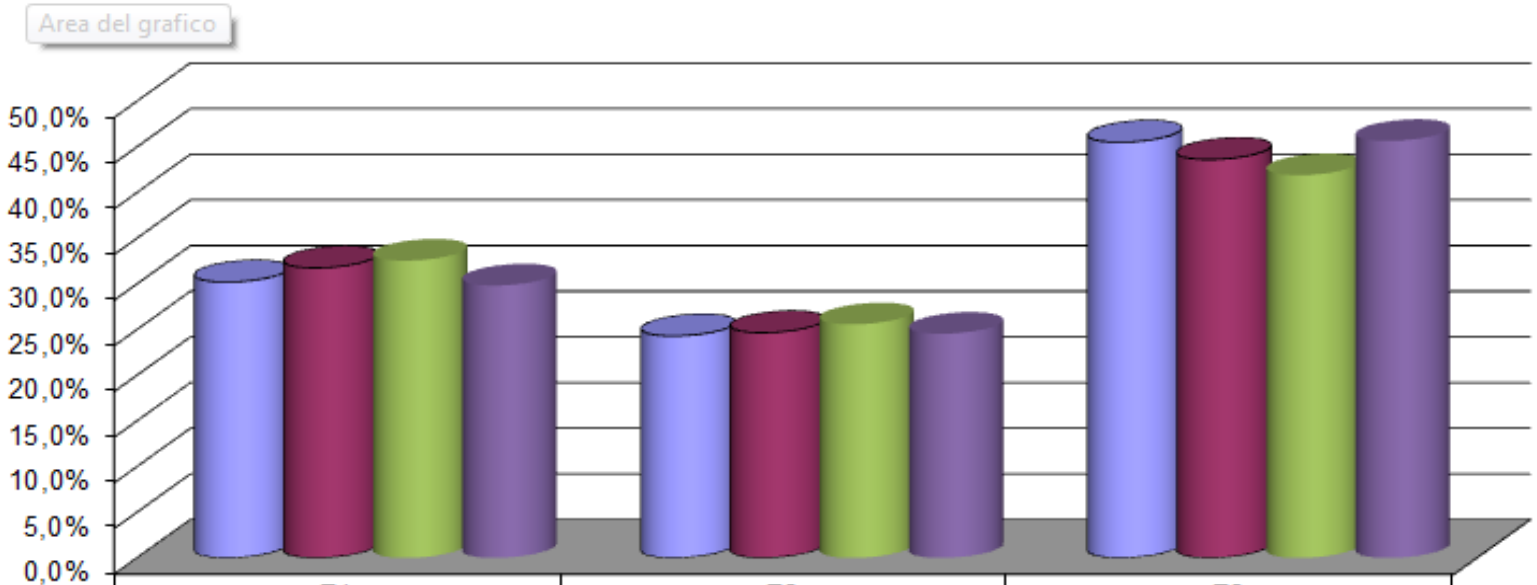
F1 (ore di punta): dalle 8 alle 19 dal lun al ven

F2 (ore intermedie): dalle 7 alle 8 e dalle 19 alle 23 dal lun al ven; dalle 7 alle 23 il sabato

F3 (ore fuori punta): dalle 00 alle 7, 23 - 24 dal lun al sab, tutto il giorno dom e festivi

Dati di monitoraggio 2004 - 2012

Ripartizione consumi per fasce orarie



	F1	F2	F3
2009	30,2%	24,3%	45,5%
2010	31,7%	24,6%	43,6%
2011	32,5%	25,6%	41,9%
2012	29,8%	24,5%	45,6%

Confronto costi per diverse fonti Anno 2008

Consumi elettrici PdC in kWh

GEOTERMIA		
ENERGIA PRODOTTA / kWh		33.744
prezzo corrente / kWh		0,18
C.O.P. (efficienza)		4,0
ENERGIA CONSUMATA / kWh		8.436
Revisione annuale	€	-
Costo di gestione in EURO	**€**	**1.518,48**

G P L		
(1 lt. GPL ≈ 6,9 kWh)	€	3.814,54
Consumo corrente caldaia	€	24,00
Revisione annuale	€	50,00
Spazzacamino	€	50,00
Costo di gestione in EURO	**€**	**3.938,54**

LEGENDA		
ENERGIA PRODOTTA **kwh**		**33.744**
prezzo corrente / kWh	€	0,18
prezzo GPL / lt	€	0,78
prezzo gasolio / lt	€	1,00
prezzo metano / mc	€	0,80
(valori unitari medi stimati)		
manut. caldaia € / anno	€	50,00
spazzacamino € / anno	€	50,00

Raffronti costi gestionali della geotermia rispetto alle altre fonti

Rispetto al gpl % -61,4

Rispetto al gasolio % -57,4

Rispetto al metano % -51,4

MONITORAGGIO IMPIANTO DI ROCCABRUNA (CN)

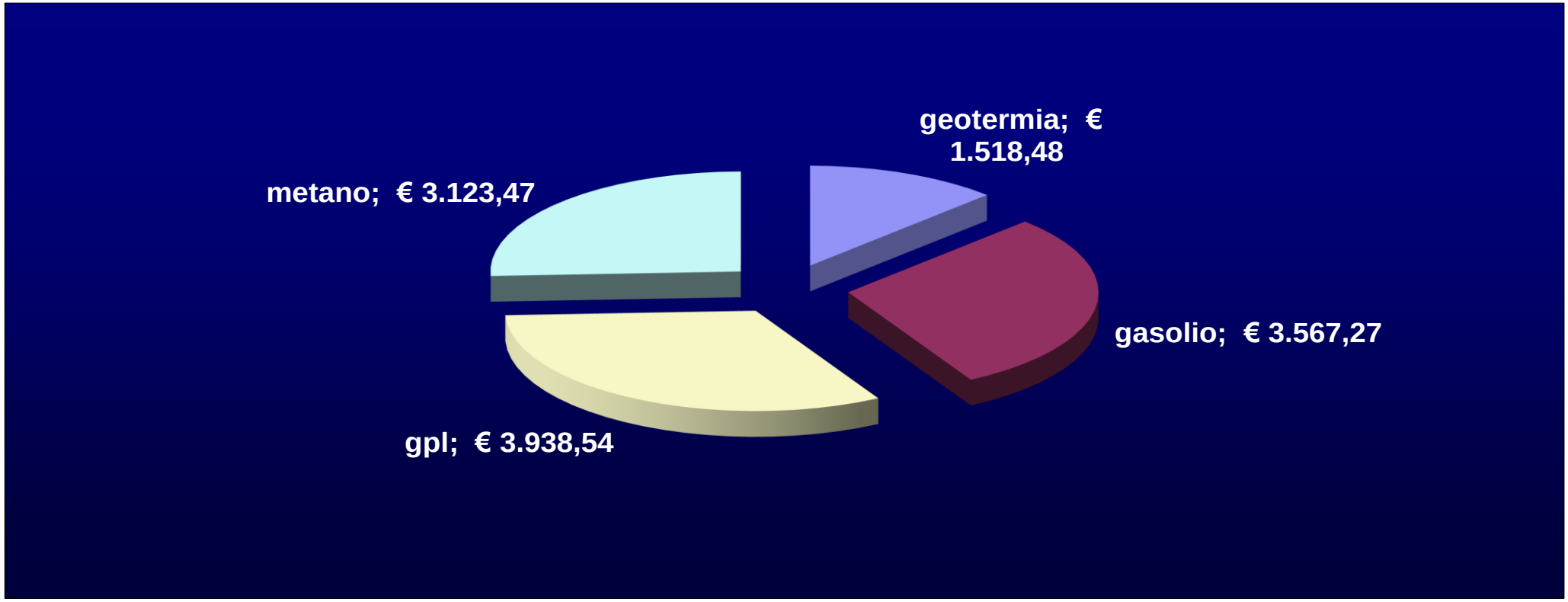
anno 2008

GASOLIO		
(1 lt. GASOLIO ≈ 9,8 kWh)	€	3.443,27
consumo corrente caldaia	€	24,00
Revisione annuale	€	50,00
spazzacamino	€	50,00
Costo di gestione in EURO	**€**	**3.567,27**

METANO		
(1 mc metano ≈ 9 kWh)	€	2.999,47
Consumo corrente caldaia	€	24,00
Revisione annuale	€	50,00
Spazzacamino	€	50,00
Costo di gestione in EURO	**€**	**3.123,47**

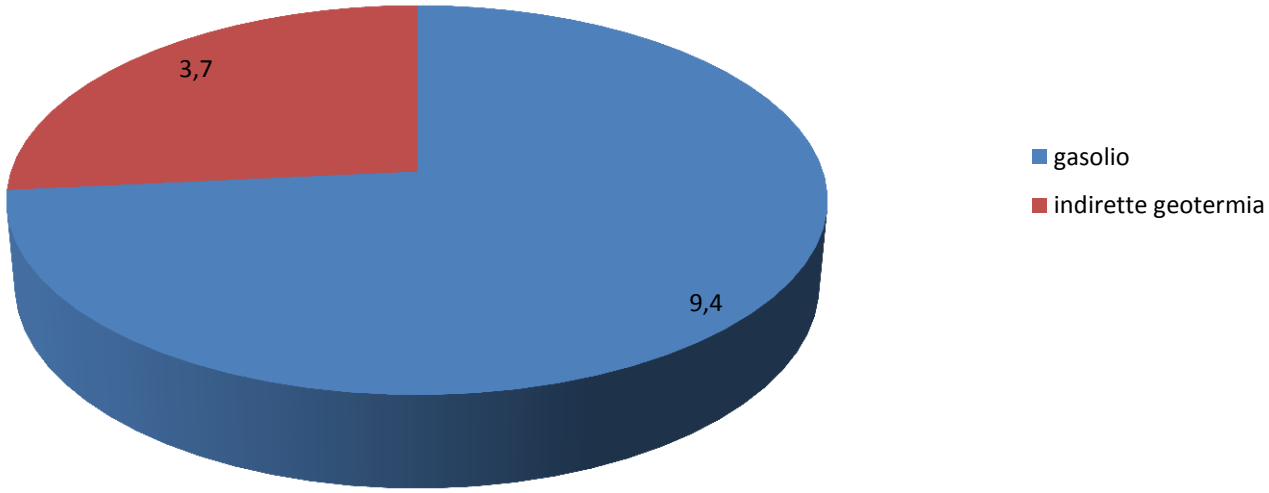
Raffronto consumi anno 2008

Costi di produzione 33.744 kWh/anno



Benefici per l'ambiente

EMISSIONI DI MASSA EQUIVALENTE DI CO2 IN ATMOSFERA PER PRODURRE 33.744 KW/h DI ENERGIA ESPRESSE IN TON. EQUIVALENTI



Con la geotermia si è ottenuta una riduzione delle immissioni di CO_2 in atmosfera, rispetto al gasolio, del 64% (circa 5,7 Ton/anno)

Alcune immagini

Zona campo sonde durante la lavorazione

Alcune immagini

Zona campo sonde oggi

Alcune immagini

Zona campo sonde oggi

Alcune immagini

Cantiere

Oggi

Valutazioni generali

Dopo circa 10 anni di monitoraggio si è osservato:

1. **La minore potenza della PdC installata (16 kW) rispetto al dato di progetto (24 kW) è risultata sufficiente a coprire mediamente il 90% del fabbisogno in termini sia di potenza sia di energia richieste dell'edificio.**
2. **Il restante 10% è stato coperto con un focolare a legna, attivato all'occorrenza per un periodo mai superiore a 20 ÷ 30 gg/anno, generalmente nei mesi di dicembre e gennaio.**
3. **Tale risultato è stato possibile grazie all'elevata resa termica del serbatoio geotermico esistente, preservando condizioni di equilibrio, con temperature di ritorno alle sonde mai inferiori a 0°C per tutto il periodo.**
4. **Per compensare la minore potenza a disposizione, la durata media di funzionamento della PdC è stata di circa 2.500 ore/anno , valore mediamente superiore del 25 ÷ 30% rispetto alle previsioni di progetto.**

Alternativa possibile sotto la fondazione

Condizioni al contorno necessarie:

- Terreno idoneo (almeno 15 – 20 w/m^2)
- Elevata profondità di scavo
- Elevato rapporto superficie di scambio, superficie da riscaldare (almeno 3 a 1)
- Edificio ben isolato (sempre)

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

www.geologiweb.it