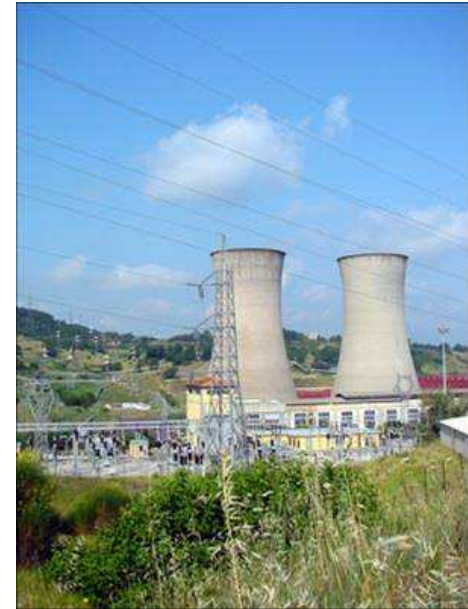


Geotermia

G.V. Fracastoro

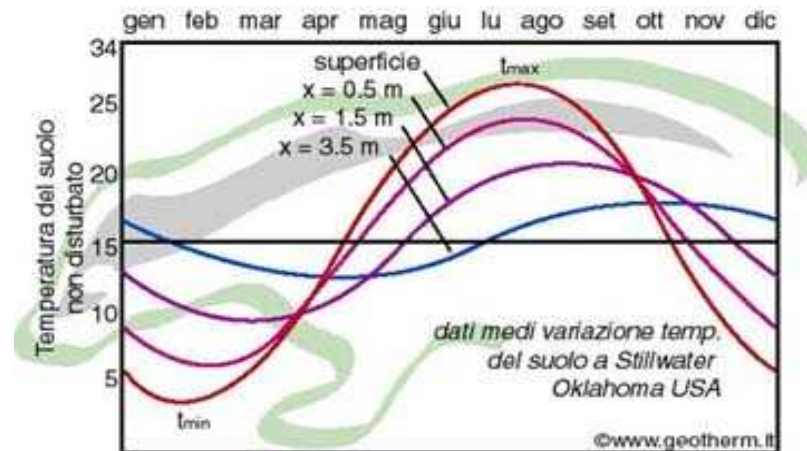
Tipi di geotermia

- Geotermia a bassa entalpia
 - Usi diretti
 - Usi indiretti (pompa di calore reversibile)
- Utilizzo *diretto* per la produzione di *energia elettrica* (temperature > 500 °C).
- Utilizzo *diretto* per la produzione di *calore* (temperature da 50°C a 100 °C)



Geotermia a bassa entalpia: le caratteristiche del terreno

- In funzione della profondità si osserva una costanza di temperatura del terreno rispetto a quella dell'aria
- Causa: grande capacità termica del terreno
- Conseguenza: il terreno diviene una sorgente termica più calda dell'aria esterna in inverno e più fresca in estate



Geotermia a bassa entalpia

tipologie

- **Utilizzi diretti:**
 - pre-riscaldamento invernale dell'aria di rinnovo o dell'acqua di riscaldamento
 - pre-raffreddamento estivo dell'aria di rinnovo o raffreddamento dell'acqua refrigerata
- **Utilizzi indiretti:**
 - Uso invernale: impiego delle *pompe di calore* per elevare l'energia disponibile a temperature usualmente inferiori a 15°C.
 - Uso estivo: le pdc reversibili possono essere utilizzate anche per il condizionamento estivo

Scambio termico diretto: aria

- L'aria di rinnovo viene prelevata dall'esterno e preriscaldata (in inverno) o preraffrescata (in estate) all'interno di condotti orizzontali interrati ad una profondità tra 1 e 2 m
- Aria immessa direttamente in ambiente (consueto nel caso del raffrescamento)
- Aria post-trattata in scambiatore di calore con l'aria espulsa (consueto nel riscaldamento)
- Aria inviata ad UTA



Scambio termico diretto: acqua (solo raffrescamento)

- L'acqua scorre in una tubazione (orizzontale o verticale) a contatto col terreno cedendo il calore sottratto dagli ambienti (free-cooling)
- A causa delle temperature non troppo basse raggiunte l'impianto di condizionamento deve avere grandi superfici di scambio termico (sistemi radianti)



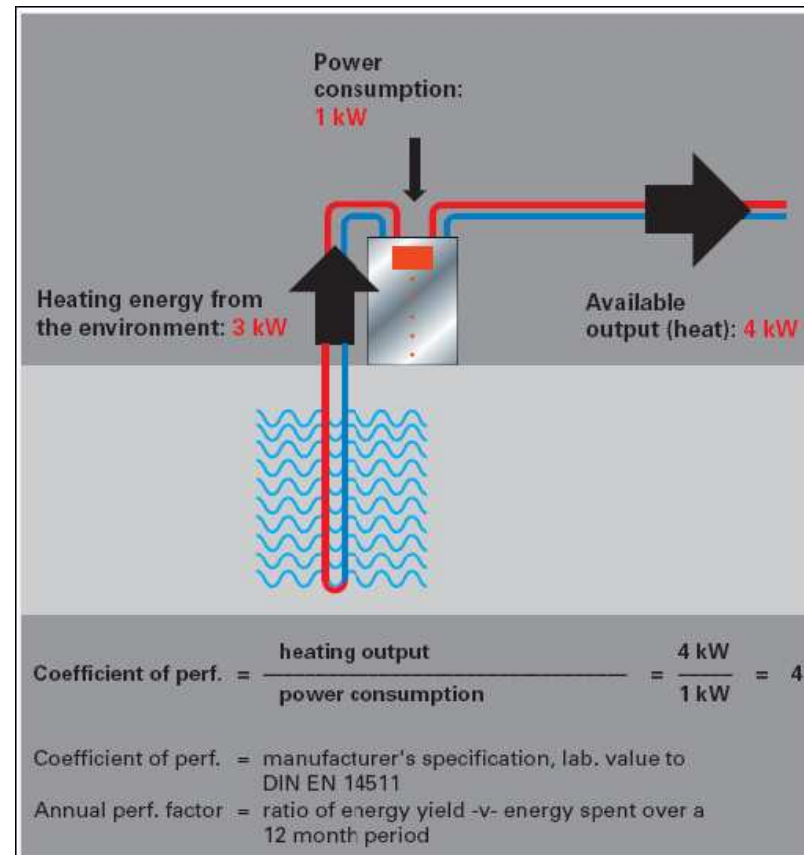
Scambio termico indiretto (attraverso pompa di calore)

- La pompa di calore utilizza come sorgente termica il terreno anziché l'aria esterna
 - Temperature maggiori in inverno (e minori in estate) con conseguenti migliori rendimenti della macchina
 - Possibilità di eseguire il free-cooling in estate
 - Elevato costo di realizzazione delle sonde di scambio (valutazione della convenienza economica dell'investimento)
- Tipologia di circuito per lo scambio termico:
 - Circuito aperto (scambio con acqua di pozzo o di falda)
 - Circuito chiuso (scambio diretto con il terreno)



Bilancio energetico PdC

- Con COP = 4 1 kW di elettricità produce 4 kW di calore
- Ma per produrre 1 kW elettrico ci vogliono 2.5 kW di energia primaria
- Rendimento complessivo:
 $4/2.5=160\%$



Funzionamento reversibile (inverno/estate)

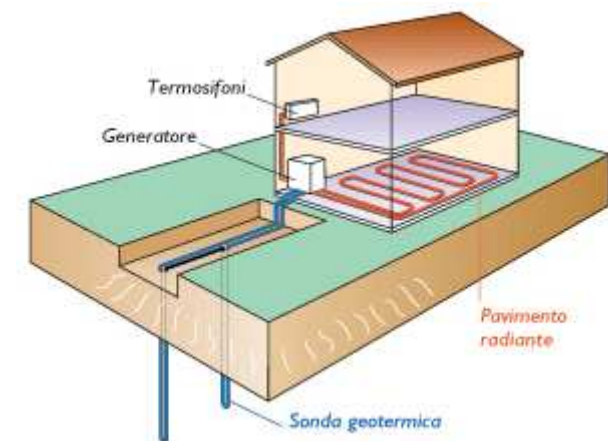
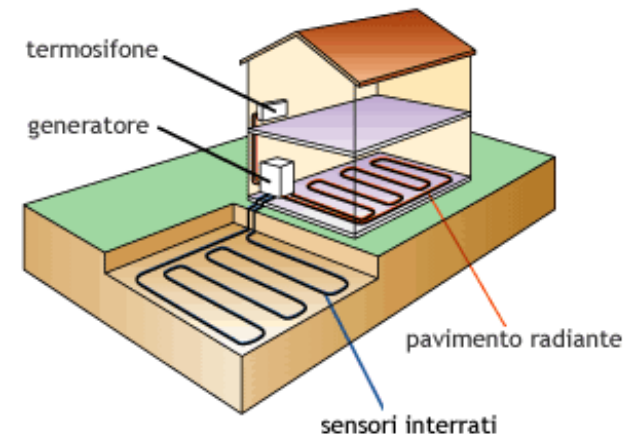
- Nel caso di pompe di calore reversibili il ciclo è esattamente l'opposto di quello visto, cioè viene prelevato calore dagli ambienti e disperso nel terreno.
- I sistemi di riscaldamento interni devono essere a bassa temperatura (pavimento, parete, soffitto radianti, radiatori, battiscopa, ventilconvettori o unità ad aria) e possibilmente adatti anche all'uso estivo

Tipologie di fonte geotermica a bassa entalpia

- Impianti che utilizzano l'acqua di falda come fluido termovettore, con o senza reimmissione nella falda stessa dopo l'uso;
- Impianti accoppiati direttamente con il terreno attraverso un sistema di tubazioni a circuito chiuso al cui interno scorre il fluido termovettore;
- Impianti che sfruttano l'acqua dei laghi e dei bacini come sorgente termica attraverso un circuito che può essere sia aperto che chiuso.

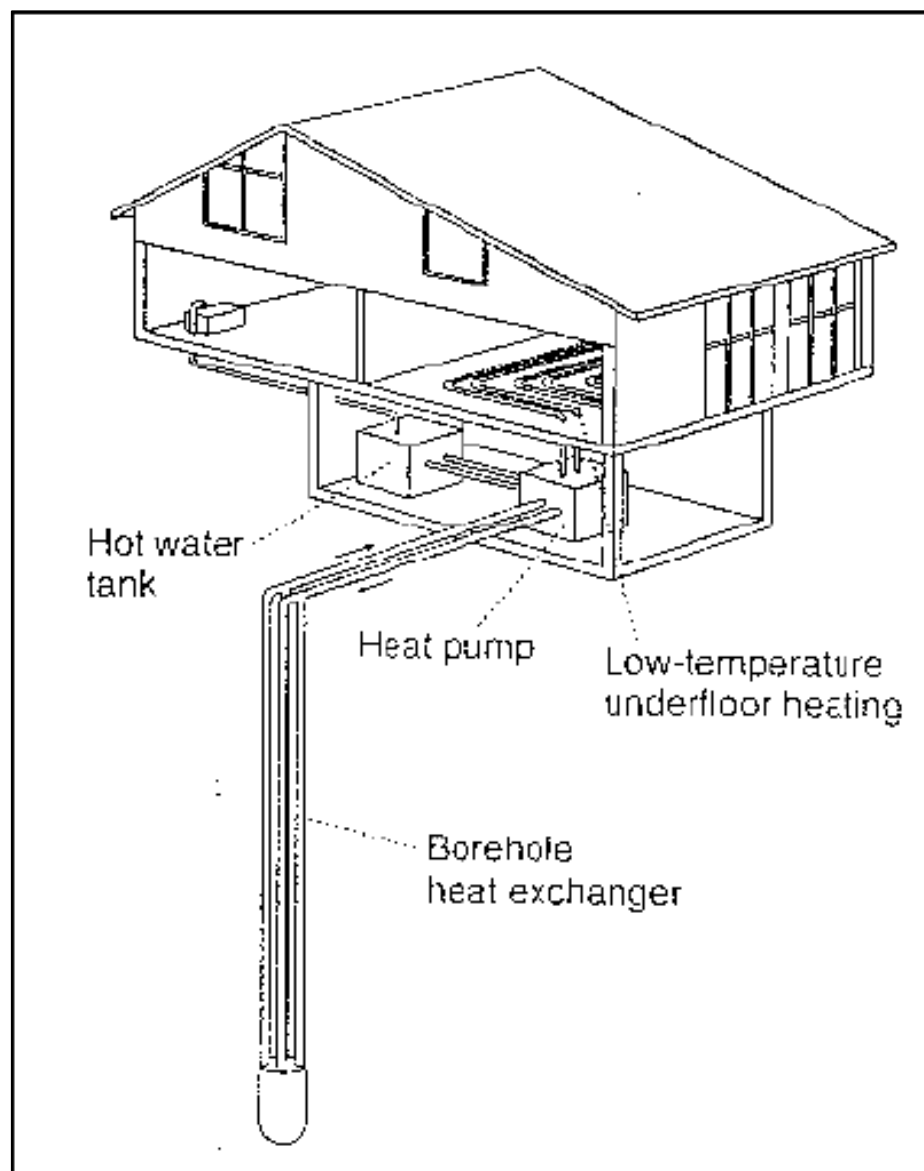
Tipologie di sonde di geoscambio

- Sonde orizzontali
 - Scambiatori interrati a circa 1-2 m di profondità
- Sonde verticali
 - ad acqua di falda (profondità intorno a 50 m)
 - geotermiche (profondità > 100 m)



Sonde geotermiche verticali

- si può avere un'estrazione termica di circa 50 W/m di termosonda,
- con 1 m di sonda si può riscaldare 1 m² di area di pavimento



Vantaggi/svantaggi diverse configurazioni

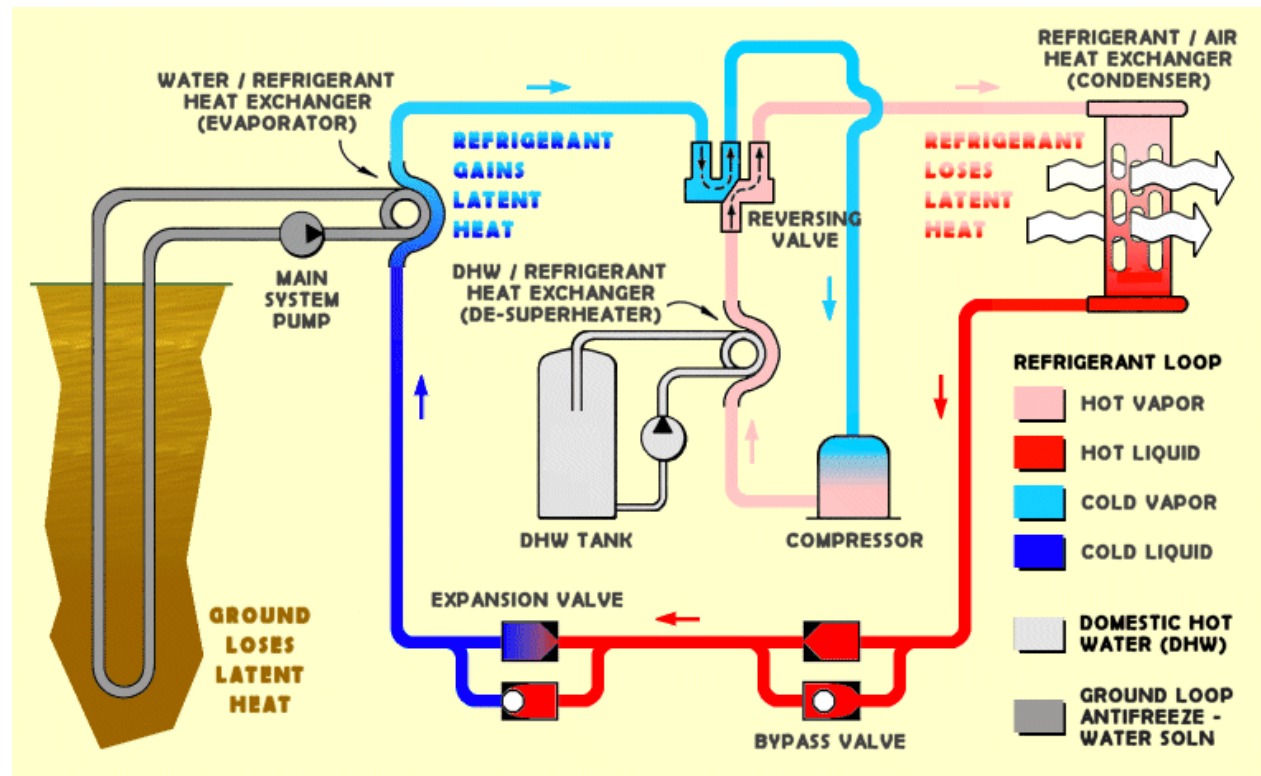
– Orizzontali:

- Minor costo di installazione
- Grandi superfici a disposizione (1 m² di terreno per 1 m² di area di pavimento da riscaldare)

– Verticali:

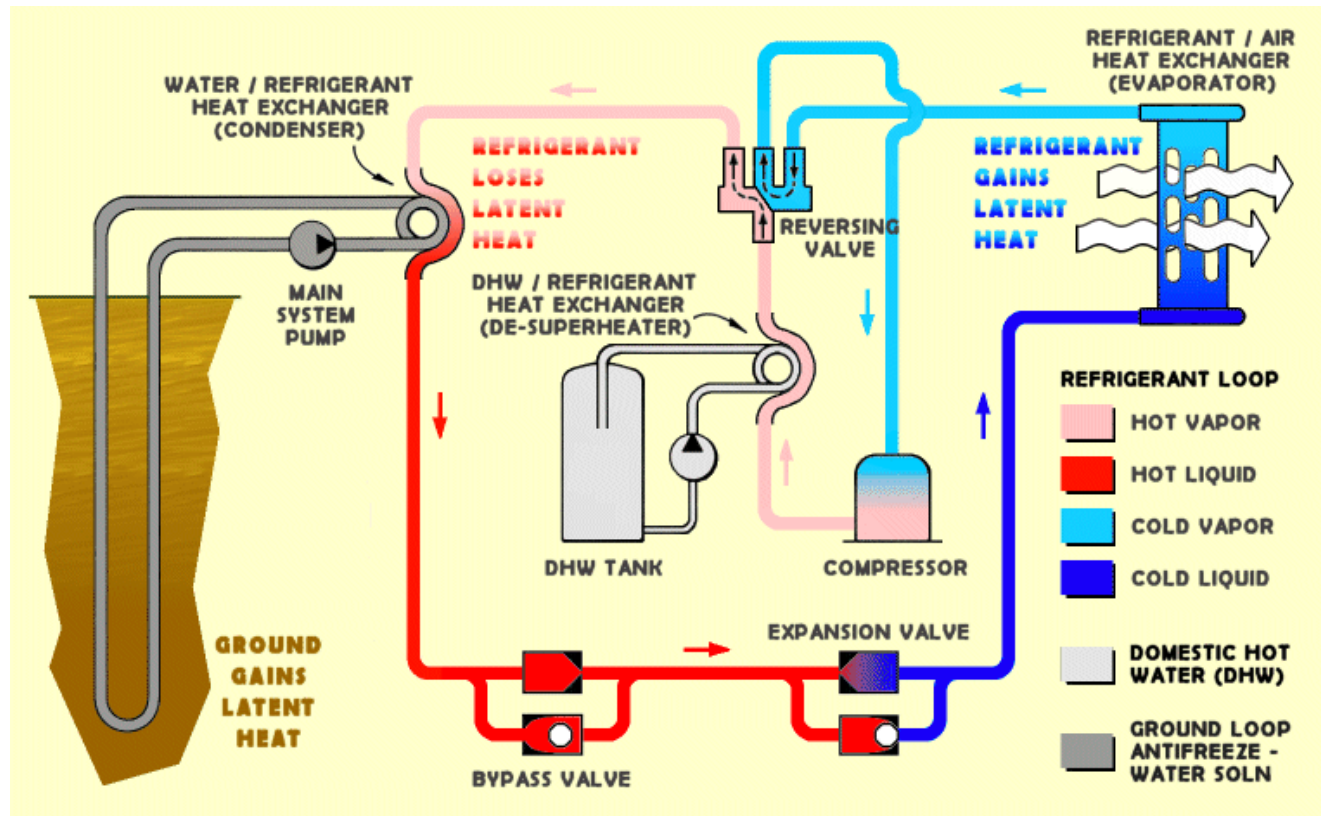
- Possono essere realizzate anche dopo la costruzione dell'edificio
- Problemi di messa in contatto falda superficiale e falda profonda durante lo scavo

Reversible operation: winter



- Reverse cycle heat pumps use an electrically operated reversing valve with four pipe connections to change the direction of refrigerant flow within the system so that the system is able to deliver both heating and cooling as desired.
- Heating systems have to be low temperature (radiant floors or ceilings, fan coils,...) and suitable also for summer operation

Summer operation

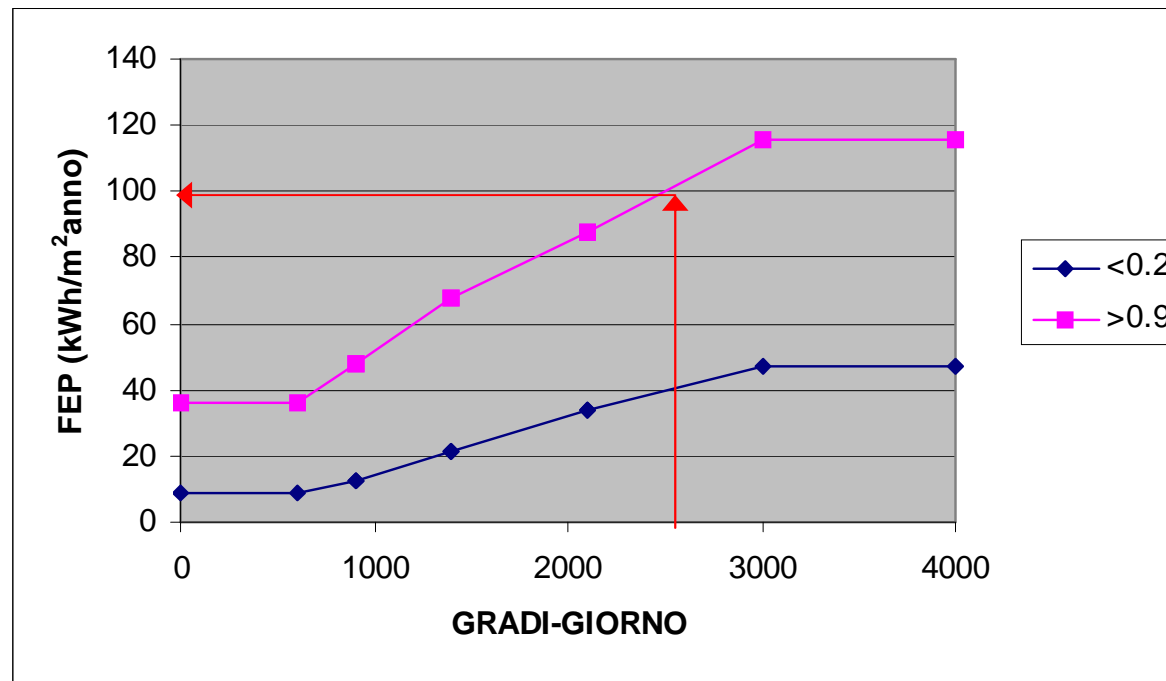


- In the summer a reversible heat pump becomes a refrigerating machine.
- The scheme is exactly inverted respect to winter operation: heat is withdrawn from the house and shed into the ground

Esempio: villetta a Torino

- Villetta a un piano
- $A_{\text{pav}} = 150 \text{ m}^2$
- $S/V = 0.9 \text{ m}^{-1}$
- Località: Torino (2600 GG)
- EP = 100 kWh/m² (DL 311/2006)
- Consumo elettricità: 1800 kWh/anno

Leggi sul risparmio energetico: DL 311/06



EP_i = consumo annuo di energia per riscaldamento
normalizzato rispetto alla superficie di pavimento nel 2010

Soluzione a norma di legge

- EP: 100 kWh/m²
- Consumo annuo max 15000 kWh
- Caldaia con rendimento $\eta = 80\%$
- Domanda calore: 80 kWh/m²
- Potenza utile = $15000 * 0.8 / 4300 * 2 = 6$ kW
- Costo Elettricità: $1800 * 0,20 = 360$ €
- Metano: $15000 / 10 = 1500$ m³, 0.80 €/m³, 1200 €
- Totale: 1560 €/anno

Soluzione integrata FV+Geo+Bio

- Riduzione domanda termica: da 80 a 40 kWh/m², 6000 kWh, potenza utile 3 kW
- Consumo elettrico inalterato: 1800 kWh
- PdC geotermica, COP = 4, consumo = 6000/4 = 1500 kWh
- Consumo totale elettricità: 3300 kWh
- Impianto FV da 3 kW, 1100 h_{eq}, 3300 kWh
- Acquisto metano: 0, acquisto elettricità: 0
- Contributo FV = 0.4*3300 = 1300 €/anno

Analisi dei delta-costi

- Maggior costo isolamento: 2.5%, ovvero 50 €/m², 7500 €
- Maggior costo impianto geotermico: 5000 €
- Maggior costo impianto FV: 3x4000= 12000€
- Totale maggior costo: 24'500€
- Ricavo annuo: 1300 €
- Maggior ricavo: 1300+1560 = 2860 €
- SPBT: 24500/2860 = 8,5 anni

Confronto soluzioni

