

Relatori:

Dott. Ing. Maurizio Martella  
Dott. Geol. Valentina Carucci  
Arch. Michaela Falciglia  
Arch. Ioanna Skoufali  
Dott. Fabio De Matteis  
Dott.ssa Alessia Cutrera  
Dott.ssa Cinzia Tardiola

## 1. OBIETTIVO

La Geotermia è una delle risorse, forse la più interessante, per garantire uno sviluppo sostenibile, in quanto rappresenta una energia alternativa, pulita, gratuita, rinnovabile e disponibile ovunque. Attualmente gli impianti di riscaldamento e raffrescamento geotermici rappresentano l'opzione tecnologica che massimizza il rapporto investimenti/costi di gestione. L'utilizzo del sottosuolo quale serbatoio termico, con l'avvento delle pompe di calore (PdC), ha raggiunto le condizioni di convenienza economica. Per beneficiare della naturale energia contenuta nel sottosuolo, è quindi necessario avvalersi di PdC accoppiate a scambiatori termici, dette sonde geotermiche.

L'obiettivo del presente progetto è abbattere i costi di perforazione per l'installazione delle sonde geotermiche, sfruttando un corso d'acqua, il fiume Tevere, come bacino termico. È possibile in tal modo massimizzare la resa termica delle sonde, permettendo di creare teleriscaldamento/raffrescamento e produzione di acqua calda sanitaria (ACS) di piccoli e medi quartieri di Roma. Gli spazi necessari per una centrale termica a PdC sono contenuti e possono essere tranquillamente gestiti in ambito urbano, perché nel sistema non sono coinvolti combustibili e il fluido scambiatore lavora a basse pressioni. L'utilizzo di concentratori parabolici per la produzione dell'elettricità necessaria al funzionamento della PdC, permetterà al sistema di essere autonomo, ovvero avere teleriscaldamento/raffrescamento a ACS a costo zero. Tutto questo è possibile grazie a costi di investimento molto bassi con tempi di ritorno rapidi, come verrà illustrato nei prossimi capitoli. Con questo tipo di impianto eviteremo consumi di combustibili fossili e avremo la totale assenza di emissioni di CO<sub>2</sub> o di altre sostanze nocive (ossidi di azoto, ossidi di zolfo, polveri sottili, particolato, PM10, PM2.5, idrocarburi policiclici aromatici e diossine, in caso di perdita di efficienza del bruciatore).

## 2. ANALISI DI BISOGNI/MERCATO

Il futuro richiede sostenibilità. Ogni giorno scarichiamo nell'atmosfera 100 milioni di tonnellate di gas serra, con un consumo mondiale di 455,5 EJ/anno (1EJ=10<sup>18</sup>J), pari a 1.155.251 di autocisterne di gasolio. In circa 2,5 giorni la colonna di autocisterne raggiunge una lunghezza pari all'equatore.

La situazione mondiale è critica, perché una crescente domanda si dovrà confrontare in futuro con una continua riduzione dell'offerta di petrolio e gas. Ogni giorno consumiamo circa 12,5 milioni di tonnellate di carbone, 7,5 miliardi di m<sup>3</sup> di gas e 85 milioni di barili di petrolio. Per la produzione di quest'ultimo la natura ha impiegato circa 500.000 anni.

I consumi domestici in Europa rappresentano la maggiore fonte di inquinamento dell'aria. È indispensabile dunque il recupero energetico dell'edilizia esistente. Il miglioramento della prestazione energetica del patrimonio edilizio pubblico è fondamentale per ridurre le spese di gestione della PP.AA. e per una politica nazionale concreta, che crei le condizioni di un rilancio di settori produttivi, con una forte incidenza sull'economia nazionale.

Il continuo aumento dei consumi di energia a livello mondiale sta generando un notevole incremento delle emissioni di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera, dovuto alle ingenti quantità di combustibili fossili che vengono bruciati per rendere disponibile questa energia. L'effetto serra che ne deriva sta influenzando gli equilibri climatici del nostro pianeta, con un riscaldamento medio del globo terrestre da 1 a 3,5 gradi nei prossimi 100 anni. È chiaro quindi che, se si vogliono minimizzare gli effetti che si avranno sul clima, bisognerà ridurre i consumi

di energia e produrre energia pulita da fonti rinnovabili, al posto dei combustibili fossili. Il risparmio energetico è un interesse comune. Bisogna essere consapevoli che ridurre i consumi di energia significa non solo ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera e rendere meno dipendente l'Italia dai paesi produttori di fonti fossili, ma anche migliorare la qualità della nostra vita e risparmiare sulla bolletta.

In Italia l'edilizia civile utilizza più del 30% dei consumi energetici totali, di cui:

- 68% Riscaldamento
- 16% Usi elettrici obbligati
- 11% Acqua calda sanitaria
- 5% Usi di cucina

Riducendo le dispersioni e utilizzando tecnologie a più alta efficienza, ogni famiglia può risparmiare sino al 30-40% delle spese per il riscaldamento, con notevoli vantaggi per il bilancio familiare e per l'ambiente.

Negli ultimi anni, il fotovoltaico ha conosciuto uno sviluppo notevole per la riduzione del consumo di elettricità. Ma il fotovoltaico da solo non basta, se vogliamo ridurre la dipendenza dai combustibili fossili. Il riscaldamento, infatti, rappresenta il 68% dei consumi energetici totali. Per soddisfare tale esigenza, negli ultimi anni si stanno sviluppando gli impianti geotermici.

La geotermia si divide in alta e bassa entalpia a seconda delle temperature e delle quantità di calore presenti nel sottosuolo. La geotermia ad alta entalpia si avvale di una tecnologia molto avanzata che va a sfruttare alcune situazioni geologiche particolarmente favorevoli, con presenza di temperature superiori ai 150° C.

La geotermia a bassa entalpia è invece una tecnologia ormai diffusa ed utilizzata in tutto il mondo per la climatizzazione degli edifici. A differenza di quella ad alta entalpia non ha bisogno di zone vocate, ma può essere realizzata ovunque nel mondo, sfruttando la temperatura costante presente nel terreno a pochi metri di profondità. Questa tecnologia ha raggiunto ormai un elevato livello di affidabilità perché è utilizzata da più di trenta anni in molte nazioni: Stati Uniti, Canada, Svezia, Olanda, Germania, Svizzera, Francia ecc. Anche nel Nord Italia la geotermia sta cominciando a diffondersi e viene adottata sempre più frequentemente dai privati. I costruttori la propongono per evidenziare una caratteristica dal valore aggiunto degli edifici che mettono in vendita. Sicuramente chi dispone di questa tecnologia ne apprezza l'elevato livello di efficienza ed il grande benessere che è in grado di garantire negli ambienti dove si vive.

L'impianto geotermico una volta realizzato è in grado di garantire anche il raffrescamento estivo e la produzione di ACS. Con un unico impianto, quindi, si riscalda in inverno e si raffresca in estate la propria casa, con produzione di ACS tutto l'anno. Questo è il motivo per cui in Italia tali impianti possono essere ancora più performanti, rispetto a quelli realizzati nei paesi più freddi, risparmiando sulla bolletta energetica, riducendo le emissioni di CO<sub>2</sub>.

L'impianto è costituito da una componente che serve a captare il calore dal terreno (Sonde Geotermiche), dalla PdC, dagli accumuli per l'acqua sanitaria e per il riscaldamento-raffrescamento. La pompa di calore geotermica rappresenta il cuore dell'impianto geotermico. È una macchina che permette di trasferire il calore da una fonte a più bassa temperatura ad una a più alta temperatura. Il rapporto tra energia prodotta ed energia consumata viene definito "coefficiente di performance" ovvero "COP" e nel caso delle pompe di

calore geotermiche oscilla tra 4,5 e 5,5 . Questo significa che per 1 kwh di energia elettrica consumata ne vengono prodotti 4,5 –5,5 kwh di calore.

Per quanto riguarda la parte di captazione del calore dal terreno possiamo dire che ci sono diverse modalità che possono essere adottate in base alle caratteristiche idrogeologiche del terreno, della presenza o meno di spazi ampi intorno all'edificio. L'impianto geotermico va quindi progettato considerando tutte le caratteristiche del terreno e le situazioni idrogeologiche presenti, in modo da renderlo perfettamente funzionante ed economicamente conveniente.

Spesso il numero di perforazioni-sonde da installare possono limitare l'utilizzo di tale tecnologia a causa degli elevati costi di investimento iniziali. Analogamente a quanto avviene per il terreno anche un bacino idrico superficiale può costituire un serbatoio termico dove posizionare gli scambiatori. Con questo sistema, molto economico, si potrebbe realizzare una captazione di calore molto efficiente. Lo sfruttamento delle acque di fiumi o di laghi ridurrebbe notevolmente i costi dell'impianto geotermico, eliminando quelli per la perforazione.

Un bacino idrico, come un corso d'acqua, presenta delle rese termiche molto più alte rispetto al terreno. Lì dove sarà possibile utilizzarlo, permetterà di aumentare notevolmente l'efficienza dell'impianto abbattendo i costi di investimento e garantendo l'installazione di impianti con elevate potenze, consentendo il teleriscaldamento-raffrescamento e produzione di ACS.

I sistemi a circuito chiuso installati nei fiumi-laghi, rispetto all'utilizzo dei sistemi aperti che scambiano direttamente le acque del bacino, presentano inoltre indiscutibili vantaggi:

- Eliminano il problema del filtraggio
- Sono in grado di eliminare il rischio di formazione di ghiaccio
- Hanno una più alta probabilità di superare problemi autorizzativi
- Riducono la potenza elettrica impegnata nel pompaggio

### 3. DEFINIZIONE OFFERTA

L'idea del nostro team è quella di sfruttare una risorsa come il Tevere, alla stregua di un serbatoio termico in cui posizionare sonde per la circolazione di fluido, in alimentazione alla PdC. Il Tevere è un fiume che presenta caratteristiche termiche idonee all'utilizzo come serbatoio termico, durante tutto l'anno. I costi ridotti di installazione e le potenze termiche installabili potrebbero portare al riscaldamento/raffrescamento e produzione di ACS di quartieri di Roma, che si affacciano sul Tevere.

Un dato assolutamente indispensabile, per la progettazione di un impianto geotermico efficiente, è il fabbisogno termico degli edifici, cioè stabilire la quantità di calore che è necessario fornire agli edifici nelle condizioni più critiche. Su questo dato si calcola la potenza della PdC da utilizzare e la quantità di calore che si deve scambiare con il fiume, per garantire la migliore efficienza dell'impianto geotermico. La quantità di metri lineari di sonde geotermiche da posizionare sul letto del fiume è proporzionale alla quantità di calore che deve essere fornita agli edifici per soddisfare le esigenze termiche (calcolo termico) e varia in funzione della resa termica della sonda stessa.

Al fine di dimostrare la bontà dell'idea proposta è stato preso come riferimento il liceo ginnasio Virgilio di Roma, posizionato lungo il fiume Tevere. Non avendo dati a disposizione sul fabbisogno termico specifico, è stato considerato un valore di fabbisogno definito dall'Enea per edifici simili. È stato quindi determinato un valore della potenza di picco necessaria per il riscaldamento, pari a 1607 kW (Tabella 1), che equivalgono a circa 220 alloggi con superficie netta di 80 m<sup>2</sup>, e con un fabbisogno energetico per il riscaldamento di 90 kWh/m<sup>2</sup>anno. Da questo confronto si evidenzia subito come la tecnologia proposta è applicabile anche per il teleriscaldamento/raffrescamento. È stata eseguita anche una simulazione considerando una riqualificazione energetica dell'edificio. Ne deriva in questo caso una potenza necessaria, pari a 214 kW.

Edificio	Parametro	Edificio preintervento di riqualificazione	Edificio post intervento di riqualificazione	UM	NOTE
Comune		Roma			
Gradi giorno	G	1898	1898	°Cg	zone climatica D
Temperatura esterna di progetto	te	-2	-2	°C	
Durata stagione riscaldamento	D	165	165	g	01-nov-13 15-apr-14
Temperatura interna di progetto	ti	20	20	°C	
Differenza di temperatura progettuale	Δt	22	22		
Differenza Temperatura fra quella progettuale e quella media	Δtm IGG/DI	11,50	11,50	°C	
Temperatura media esterna durante la stagione invernale	tm=ti-Δtm	8,50	8,50	°C	
<b>Fabbisogno involucro Riscaldamento</b>	<b>E</b>	<b>33</b>	<b>4,4</b>	<b>kWh/anno</b>	
volume netto		50400	50400	m <sup>3</sup>	
Energia da consumare ogni giorno	Ed (E/D)	0,20	0,03	kWh/m <sup>3</sup> del	
Per tutto l'edificio si ha una necessità di potenza media	Qm	840,00	112,00	kW	
Potenza di picco richiesta dall'edificio	Qp	1607	214	kW	

Tabella 1: Potenza termica liceo ginnasio Virgilio

Al fine di definire la reale resa termica delle sonde geotermiche posizionate sul letto del fiume Tevere si prevede di eseguire una prova, installando una PdC da 75 kW in grado di riscaldare 10 alloggi con superficie netta di 80 m<sup>2</sup> e con un fabbisogno energetico per il riscaldamento di 90 kWh/mq anno. La prova è finalizzata a verificare la potenza estraibile dalla fiume [kW/m] per lunghezza della sonda. Si stima una estrazione di 0,05 kW/m. Considerando la potenza di 75 kW della PdC, si prevede di estrarre dal Tevere circa 56 kW (Tabella 2) con un consumo della PdC pari a 17 kWe.

In Tabella 2 sono riportati i costi dell'impianto previsto per la prova pilota, che è così costituito:

- Una PdC da 75 kW;
- Sonde in HDPE PN 16 DN 32 mm;
- Un concentratore parabolico a inseguimento solare da 20 kW.

È da sottolineare che, con un investimento di 100.000 euro siamo potenzialmente in grado di riscaldare e raffrescare a costi nulli circa 10 alloggi, con tempi di ritorno dell'investimento iniziale che variano dai 10 ai 15 anni.

La nostra prova prevederà l'installazione delle sonde geotermiche: 3 bobine stese sul letto del Tevere. Le bobine saranno riempite con acqua, e ciascuna sarà collegata a un circolatore. I circolatori invieranno l'acqua all'evaporatore della PdC, a sua volta alimentata da un concentratore parabolico, necessario inoltre al funzionamento dei circolatori. Durante la prova saranno monitorati:

- Consumi elettrici della PdC
- COP della PdC
- Portate di circolazione
- Temperatura dell'acqua in ingresso della PdC
- Temperatura dell'acqua in uscita dalla PdC

La durata della prova sarà di circa 60 ore. In Figura 1 è riportato uno schema semplificato dell'impianto pilota da realizzare.

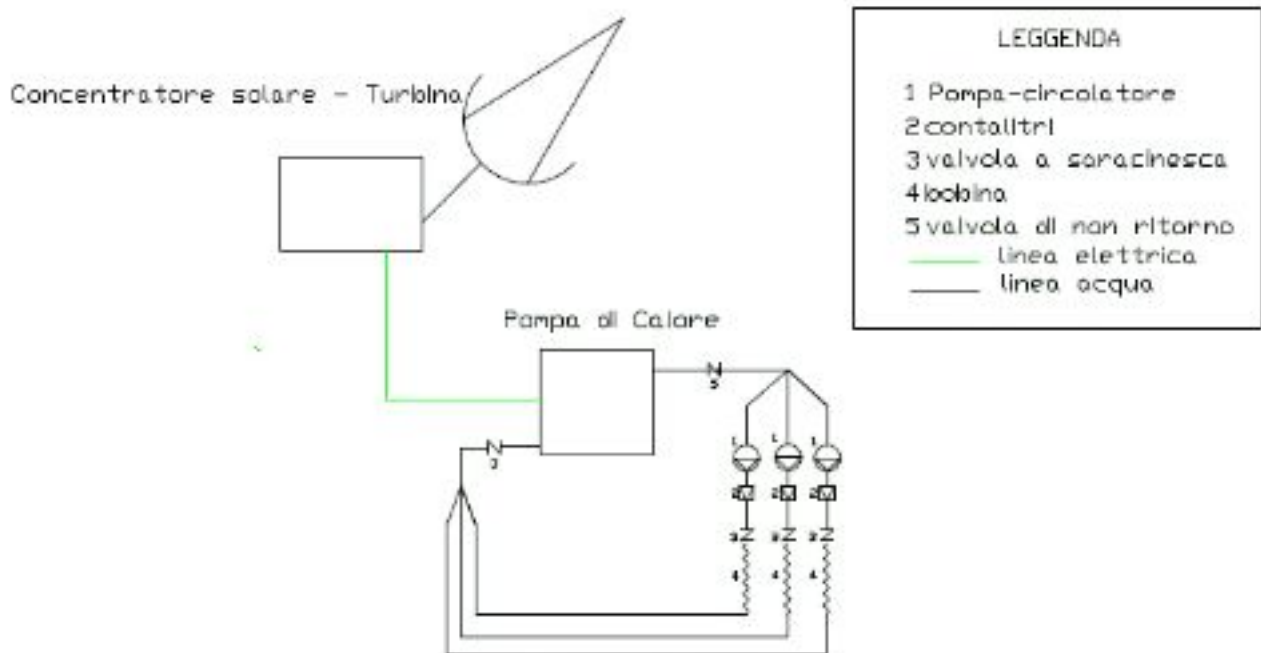


Figura 1: Schema semplificato impianto

Dato	Parametro	UM	NOTE
Pompa di Calore	75	kW	Termici stimato
COP PdC	4,5		
Potenza estratta dalle sonde	56	kW	
Potenza assorbita dalla pompa	17	Kwe	
Portata all'evaporatore	14,1	mc/h	
Lunghezza totale sonde HDPE PN 16 DN 32	1120	m	
Bobine a spire stese	3		
Lunghezza bobina	374	m	
Numero di circolatori	3		una per bobina
Portata circolatore	4,7	mc/h	
Potenza assorbita dal circolatore	0,87	kW	
Costo PdC	16000	€	
Costo Sonde HDPE PN16 DN 32	1758	€	1,57 €/m
3 circolatori	4000	€	
Concentratore parabolico	58000	€	20 kW
Costi installazione, fornitura materiali	20000	€	
<b>Totale costi</b>	<b>99758</b>	<b>€</b>	

Tabella 2: Offerta economica della prova da eseguire

L'impianto utilizzato per la prova non rappresenta un investimento a fondo perduto. Sarà la base del prototipo da cui partire per sviluppi volumetrici maggiori, come nel caso del liceo ginnasio Virgilio e sarà un ottimo mezzo di comunicazione ed educazione al risparmio energetico, rivolto a tutta la cittadinanza.

La sensibilizzazione di PP.AA., di società edili e dei cittadini sulla tecnologia proposta è di fondamentale importanza. L'esecuzione della prova permetterà di avere dei risultati soddisfacenti e, attraverso campagne pubblicitarie della prova eseguita, potremmo far capire che è possibile risparmiare rispettando l'ambiente, generando lavoro e rimettendo in moto un'economia ferma da tempo.

Siamo fiduciosi della tecnologia e dall'impiego che potrà avere in quelle città che si sviluppano vicino a laghi, corsi d'acqua e località turistiche sul mare, dove, attraverso perforazioni in orizzontale (Figura 2) si potranno installare le sonde senza scavi, entrando direttamente nel corpo idrico.



Figura 2: Perforazione in orizzontale

#### 4. VALUTAZIONE DELLE PRIORITÀ E DELLE COMPETENZE NECESSARIE

La tecnologia proposta PdC/sonde geotermiche/concentratore solare è da implementare come un unico sistema, in quanto in questo modo è possibile ammortizzare i costi iniziali di investimento in tempi più rapidi. L'installazione di un concentratore parabolico non influisce molto sui tempi di ammortamento dell'impianto, con il vantaggio di avere già da subito costi nulli in bolletta.

Dai risultati del test pilota sarà possibile dimostrare, attraverso campagne pubblicitarie, che riscaldare, raffrescare e produrre ACS non è un'utopia, ma è realtà. Far conoscere ad Enti pubblici e privati la reale crisi energetica del nostro pianeta è di fondamentale importanza per poter sviluppare la nostra idea, che è semplice, applicabile con costi di gestione molto bassi e tempi di recupero dell'investimento dell'ordine dei 10 anni. Pensiamo a quanta CO<sub>2</sub> potremmo evitare installando il nostro impianto per teleriscaldamento/raffrescamento e produzione di ACS e come le future installazioni di questi impianti porterebbero portare lavoro, lasciando più soldi nelle tasche degli italiani.

La progettazione dell'impianto proposto, sia per edifici di nuova costruzione sia per quelli in fase di ristrutturazione, deve essere eseguita coinvolgendo diverse figure professionali qualificate: idrogeologi, ingegneri termotecnici e architetti. L'idrogeologo avrà il compito di definire l'applicabilità della tecnologia considerando il bacino idrico come serbatoio termico. Dovrà valutare gli eventuali impatti che le sonde geotermiche potrebbero portare sul fondo del fiume in termini di trasporto solido, flora e fauna. L'ingegnere termotecnico avrà il compito di definire il fabbisogno termico degli edifici, dimensionare il sistema PdC, sonde geotermiche, concentratore solare e centrale termica. L'architetto avrà il compito di valutare l'inserimento dell'impianto nel contesto urbano, minimizzandone gli impatti.

## 5. DIMENSIONE ECONOMICA

Al fine di far comprendere meglio la fattibilità tecnica economica dell'impianto proposto, in Tabella 3 sono riportati i costi di investimento e i tempi di ammortamento per un impianto geotermico, con il Tevere come bacino termico, applicato al Liceo Ginnasio Virgilio di Roma, con e senza interventi di riqualificazione energetica dell'edificio.



Edificio	Edificio pre intervento di riqualificazione	Edificio post intervento di riqualificazione	UM	NOTE
Potenza di picco richiesta dall'edificio	1607	214		
Fabbisogno inodore riscaldamento	33	4,4	kWh/(anno m <sup>2</sup> )	
Volume netto	50400	50400	m <sup>3</sup>	
Fabbisogno	1663200	221760	kWh	
Consumo metano	124740	16632	€	
Consumo PdC	85008	11334	€	
Costo pdc	134172	33000	€	per edificio pre intervento utilizzata 4 PdC da 395 kW
Costo sonde	30250	6719	€	per edificio post intervento utilizzata PdC da 214 kW
Costo sonde+PdC	173422	39719	€	PE PN 16 DN 32
circuiti (tubazioni, valvole) impianti ausiliari, montaggi meccanici impianti elettrici sistemi di controllo, sistemi di contabilizzazione	210000	54000	€	Costi indicativi
costo di perforazione in orizzontale per posizionamento delle sonde tra edificio e corso cloacario	50000	5000		
Costo investimento	433422	98719	€	
risparmio annuo con PdC rispetto al metano	39732	5298	€	
recupero dell'investimento	10,9	18,6	anni	
concentratore parabolico	999600	134400	€	357 kW pre intervento, 48 kW post intervento
Costo investimento PdC+concentratore parabolico	1433022	233119	€	
risparmio annuo con PdC + Solare termodinamico	124740	16632	€	
recupero dell'investimento PdC + Concentratore	11	14	anni	

Tabella 3: Ricavi-costi di investimento

L'installazione di un impianto geotermico con PdC e sonde geotermiche, posizionate sul letto del fiume Tevere, consentirebbe un risparmio di 39.732 €/anno rispetto al metano, nel caso di edificio non riqualificato, e di 5.298 €/anno nel caso di edificio riqualificato, con un tempo di recupero dell'investimento rispettivamente pari a 10,9 anni e 18,6 anni.

L'installazione di un concentratore parabolico per l'alimentazione della PdC consentirebbe un risparmio di 124.740 €/anno rispetto al metano, nel caso di edificio non riqualificato, e di 16.632 €/anno nel caso di edificio riqualificato, con un tempo di recupero dell'investimento rispettivamente pari a 11 anni e 14 anni. Il concentratore parabolico permetterebbe di avere riscaldamento, raffrescamento e ACS a costo zero. Si evince che, anche in assenza di interventi di riqualificazione dell'edificio, considerando l'impiego di un concentratore parabolico per alimentare la PdC, si avrebbe un risparmio di circa 124.740 euro all'anno (Tabella 3). Pensando a edifici pubblici come una scuola, le casse pubbliche gioverebbero di un risparmio notevole sulle spese di gestione. Il risparmio che deriverebbe dalla bolletta, potrebbe essere investito in servizi al cittadino.

Facciamo l'ipotesi di non utilizzare il Tevere come serbatoio termico, ma il sottosuolo. Per estrarre dal terreno 1243 kW termici (364 kW sono forniti dalla PdC) dei 1607 kW richiesti dall'edificio non riqualificato, avremmo bisogno di circa 249 sonde verticali della profondità di 100 m. Considerando che ogni perforazione presenta un costo indicativo di 6.000 € il costo totale per l'installazione delle sonde sarebbe pari a 1.491.600 €. Si nota subito come, in questo caso, il costo di investimento è molto alto, rispetto alle sonde geotermiche posizionate sul letto del fiume Tevere, che prevedono un costo pari a 39.250 € (Tabella 3).

I costi fissi di manutenzione di un impianto geotermico sono pressoché nulli, rispetto alle costose manutenzioni necessarie alla caldaia (pulizia del camino, controllo del bruciatore), che devono essere eseguite annualmente per legge. Una PdC ha una vita utile di 40 anni e una sonda geotermica pari a 100 anni. Considerando che si tratta di un circuito chiuso, non ci sono costi di filtrazione ecc. Eventuali ulteriori costi di gestione potrebbero essere la pulizia e la manutenzione del concentratore parabolico e l'eventuale pulizia da sedimenti delle sonde geotermiche (da verificare e valutare in base a variazioni sensibili del COP della PdC).