

Traduzione dell'articolo in inglese presentato al World Geothermal Congress 2010  
Bali, Indonesia, 25-29 April 2010

## **POMPE DI CALORE GEOTERMICHE PER CONDOMINI: STUDIO DI UN CASO IN ITALIA E GESTIONE DEL PROGETTO**

Davide Maritan

**Glossario (parole chiave):** pompe di calore geotermiche (PDCG), Italia, case study, condomini, gestione del progetto.

### **RIASSUNTO**

Nei sistemi con pompe geotermiche, quando le dispersioni termiche degli edifici raggiungono valori elevati, il progetto si complica in modo non lineare e viene scomposto in due tranches: complessità di tipo tecnico e di tipo gestionale. Qui sono presentati due progetti multi familiari da 150 kW e 40 kW realizzati in Italia. Analizzeremo le difficoltà tecniche affrontate e i problemi gestionali che abbiamo dovuto risolvere.

### **1. INTRODUZIONE**

La letteratura mondiale in materia di PDCG è suddivisa in tre maggiori filoni: analisi di mercato, progettazione tecnica e strutturale, (pompe di calore e sistema di scambio al terreno), casi di studio a esito positivo. Poca documentazione viene fornita a proposito delle problematiche, dei colli di bottiglia e delle difficoltà di gestione. Qui tratteremo di due sistemi geotermici per condomini, iniziati nel 2006-2007 ed entrambi ad oggi funzionanti. Nel redigere questo testo abbiamo noi stessi la possibilità di valutare i progetti da un altro punto di vista.

L'Italia è tra gli ultimi paesi in Europa a dimostrare interesse per la geotermia a bassa entalpia, come alcuni altri paesi del sud del continente; i motivi possono essere molteplici: clima mite, grazie al mar Mediterraneo, soluzioni di riscaldamento diverse (buona rete di distribuzione di gas metano), una credenza generale per cui riscaldamento con energia elettrica è uguale a riscaldarsi con una resistenza elettrica, con conseguenti alti costi di gestione, poco interesse verso le energie rinnovabili (Maritan e Panizzolo 2008).

In Italia le PDCG rappresentano un mercato di nicchia, con statistiche di vendita e numero di installazioni molto difficili da rilevare. Infatti le aziende attive in questo mercato non gradiscono fornire informazioni, numeri e caratteristiche dei progetti che sono stati da loro realizzati; in alcuni casi addirittura tali numeri vengono falsati o esagerati. La congiuntura economica durante lo scorso anno e la poca chiarezza a livello politico sulla gestione delle energie rinnovabili sembrano aver compromesso la crescita del mercato, soprattutto per gli impianti verticali a causa degli alti costi di realizzazione.

Da circa 12 anni ci occupiamo sia di progettazione di sistemi geotermici che di fornitura degli stessi per villette singole, bifamiliari o a schiera (potenze da 7kW a 50 kW) e di sistemi geotermici per condomini (da 35 a 150kW). Abbiamo fatto studi di fattibilità e progettazione di sistemi di scambio al terreno per edifici commerciali di potenze fino a 400kW. La nostra esperienza ci ha insegnato che esiste una enorme differenza tra l'interagire direttamente con il cliente finale (utilizzatore del sistema) o interfacciarsi con altri attori del progetto, quali imprese edili, progettisti e installatori; questo aspetto non è strettamente correlato con le dispersioni termiche dell'edificio.

## 2 CASO 1 – CONDOMINIO 150kW

Il primo progetto prevede dispersioni termiche per 150kW, coperte da 9 pompe di calore; 40 appartamenti sono riscaldati interamente con PDCG, suddivisi in tre palazzine; ogni palazzina è provvista di 3 pompe di calore in solo riscaldamento (potenze dai 14 ai 17 kW ); il campo sonde prevede 47 perforazioni profonde 50 metri con sonde a doppia U HDPE100 32mm diam.; per sigillare le perforazioni è stata usata miscela bentonitica ad alta conducibilità termica; ogni 10 m di sonda sono stati installati dei distanziali per massimizzare lo scambio termico e mantenere la giusta distanza tra le sonde. Le prime pompe di calore sono state poste in funzione a metà del 2008.



Figura 1: Vista frontale delle tre palazzine

### 2.1 Descrizione tecnica

E' stato perseguito un orientamento tecnico volto alla completa affidabilità del sistema; abbiamo deciso di suddividere il sistema in un numero di sottosistemi invece che installare una sola pompa di calore di grande potenza: i vantaggi a nostro parere sono alta modularità e minor complessità, standardizzazione dei componenti, facile installazione, facile avvio del sistema, facile manutenzione, maggior affidabilità, riparazioni rapide in caso di rotture.

Ogni sistema può essere descritto come segue:

- 3 pompe di calore, ognuna con resa dai 14kW ai 17kW;
- Ogni pompa di calore è collegata a un sistema indipendente di 5 o 6 sonde . Ogni gruppo di sonde è collegato a un collettore in mandata e in ritorno con dei regolatori di portata; questi permettono di regolare a piacimento la portata del circuito;
- Nei locali tecnici (3 in totale) le pompe di calore sono collegate in parallelo a un buffer inerziale da 750 litri; dal buffer una pompa a portata variabile manda acqua dalle linee principali agli appartamenti. Ogni appartamento ha installato un contabilizzatore di calore per il riscaldamento e l'acqua calda sanitaria e alcuni termostati che aprono delle valvole a tre vie. La curva di riscaldamento viene impostata in locale tecnico sulle centraline delle pompe di calore. L'acqua calda sanitaria viene fornita da 3 accumuli da 500 litri con scambiatore interno a spirale in rame;



Figura 2: Uno dei tre locali tecnici; si possono vedere le pompe di calore e il buffer inerziale da 750l

## 2.2 Persone

In questo paragrafo riassumeremo le figure professionali e gli installatori coinvolti nel progetto. La realizzazione di queste tre palazzine è stata finanziata da un nostro cliente storico (avevamo fornito due sistemi geotermici per casa sua e di sua sorella). Ha creato una società con lo scopo di costruire e vendere abitazioni a basso impatto ambientale nella zona di Milano (nord ovest dell'Italia). Possiamo indicare le persone coinvolte nel progetto come segue:

- **Acquirente:** gestione finanziaria e attività commerciale.
- **Impresa costruttrice:** hanno effettuato i lavori di muratura e gli scavi; è stato stipulato un contratto tra l'acquirente e la ditta costruttrice che avrebbe consegnato i tre edifici terminati senza sistema di scambio al terreno e locali tecnici. Il loro atteggiamento nei confronti della geotermia era di totale scetticismo e la loro unica preoccupazione era di essere coperti da eventuali ulteriori costi.
- **Architetti:** per loro era la prima esperienza di impianto geotermico.
- **Sistema di scambio al terreno e pompe di calore geotermiche:** per questo progetto abbiamo suddiviso in due le attività: a) alla nostra engineering la progettazione del sistema di scambio al terreno e, in un secondo momento, progettazione del locale tecnico e direzione lavori; b) fornitura delle sonde geotermiche, del sigillante, dei collettori, dei regolatori di portata, del glicole ecologico, delle pompe di calore, degli accumuli per acqua calda sanitaria, e degli accumuli inerziali. Abbiamo dato completo supporto al nostro cliente nell'interazione con le autorità locali. Infine abbiamo curato l'avvio del sistema..
- **Progettista elettrico ed elettricista:** hanno progettato insieme e seguito l'installazione delle linee elettriche.

- **Progettista termotecnico:** Ha progettato il pavimento radiante e i collegamenti per l'acqua calda e fredda. Abbiamo avuto diverse problematiche in questo ambito. L'impresa edile è stata costretta a cambiare questa figura professionale in fase di progettazione: l'ingegnere ha chiuso la sua attività lavorativa, scegliendo il pensionamento a causa dell'età avanzata. Il nuovo termotecnico scelto dall'impresa edile aveva un atteggiamento assolutamente negativo nei confronti dei sistemi geotermici, tanto che abbiamo dovuto prenderci carico della progettazione e della direzione lavori della parte geotermica. Lui si è occupato della progettazione del pavimento radiante e delle altre linee all'interno degli edifici, ma non ha fornito nessun supporto a livello di progettazione, sparendo all'avvio dei lavori e chiedendo ancora soldi al committente per la sua collaborazione.

- **Idraulico:** ha eseguito i collegamenti idraulici per ACS e il pavimento radiante in ogni appartamento, posato le linee principali nei tre locali tecnici. Si è rifiutato di installare le pompe di calore e di occuparsi delle linee di collegamento dalle perforazioni al locale tecnico, quindi abbiamo incaricato un altro idraulico per questa parte di lavori, persona che si è rivelata professionale e molto collaborativa.

- **Secondo idraulico specializzato:** abbiamo selezionato, con il committente, una piccola azienda, da noi conosciuta durante un precedente progetto. Hanno fornito e installato le linee orizzontali in polietilene, necessarie per collegare le perforazioni al locale tecnico. Si sono occupati dell'installazione dei collettori geotermici e delle macchine, accumuli e altri accessori all'interno dei locali tecnici. Sono stati di supporto al nostro ingegnere nella fase di avvio delle macchine.

- **Perforatori:** quest'azienda si è occupata del campo sonde del caso 1 e 2. Hanno seguito il nostro protocollo riguardante affidabilità e controllo, verificando e testando ogni sonda geotermica dopo la posa. Hanno iniettato il sigillante ad alta conducibilità termica con una pompa di iniezione portatile. L'azienda di perforazioni ha causato tre problematiche: a) scarsa attenzione nel rispettare la posizione delle perforazioni rispetto al progetto con il risultato di impegnarci ancor di più nei controlli; b) una delle perforazioni è crollata quindi una sonda è andata perduta; c) 47 perforazioni effettuate: alla stesura dei collegamenti orizzontali abbiamo riscontrato un grave problema. L'ultima sonda installata non era della lunghezza esatta (!), il secondo idraulico, al collegamento delle linee orizzontali si è accorto che la sonda si fermava a 24m ma nessuno dei perforatori ce ne aveva dato comunicazione: quello che abbiamo scoperto è che l'equipaggio di perforazione aveva deciso di fermarsi a quella profondità perché era venerdì pomeriggio; tutti abitano al sud, lontano dal luogo di lavoro ed erano stanchi e stressati dopo mesi di lavoro sempre nello stesso posto. Hanno cercato di cancellare i numeri stampigliati alle diverse profondità sulla sonda, in modo che non fosse scoperta la vera profondità. Naturalmente hanno eseguito una nuova perforazione, e noi abbiamo verificato che tutto il resto del campo sonde fosse stato posato correttamente!

- **Amministrazione locale e relazioni con enti pubblici:** siamo stati limitati nella profondità di perforazione, in fase di progettazione, a causa delle nuove procedure adottate: per questo progetto



abbiamo dovuto ridisegnare tutto quattro volte, per valutazioni soggettive, precauzionali e di tutela, provenienti dall'ufficio tecnico della provincia: la prima falda acquifera era inquinata e il tecnico della provincia pensava che il sistema di sonde non dovesse oltrepassare i -50m (livello della falda): quindi dal primo progetto di 21 perforazioni (!) si è passati a 47 perforazioni, con grosse problematiche di progettazione per gestire la posizione delle perforazioni nello spazio disponibile insieme alle linee orizzontali. (Maritan and Panizzolo, 2008). Il rischio era di avere una densità di sonde simile ai fori del formaggio "Emmenthal".

*Figura 3: uno dei tre campi sonde (palazzina F1): la 4ª perforazione da sx è quella con profondità errata, perforazione n.47*

### 3. CASO 2 – RESIDENCE 40KW SISTEMA CON POMPE DI CALORE GEOTERMICHE

Il secondo sistema riscalda e raffresca un edificio storico del IXX secolo che si trova nel nord ovest dell'Italia. Nove appartamenti riscaldati con pavimento radiante e 3 PDCG (due da 11kW e una da 14kW di resa termica) che forniscono i 40Kw necessari. Il campo sonde è costituito da 7 perforazioni profonde 100m con sonde a doppia U HDPE100 32mm diam.; sono stati utilizzati distanziali e sigillante ad alta conducibilità termica. Il raffrescamento passivo geotermico integrato da dei chiller permette di coprire il fabbisogno in raffrescamento estivo.



*Figura 4: parco del residence; le sonde geotermiche verticali sono installate sotto i garages.*

#### 3.1 Descrizione tecnica

Per questo secondo caso abbiamo seguito il medesimo approccio modulare del primo; la maggior differenziazione sta nel locale tecnico, dove le PDCG sono completamente indipendenti l'una dall'altra.

Ogni sistema può essere descritto come segue:

- 3 PDCG, due di 11kW, una da 14kW;
- Ogni pompa di calore è collegata a un sistema di scambio al terreno indipendente di 2 o 3 perforazioni. Ogni gruppo di perforazioni è collegato a collettori con regolatori di portata;
- All'interno del locale tecnico le pompe di calore sono collegate a degli accumuli inerziali; da ogni accumulo tre pompe inviano l'acqua attraverso tre linee principali verso gli appartamenti. In questo modo un determinato gruppo di appartamenti viene riscaldato da una determinata PDCG. Come nel Caso 1 ogni appartamento è dotato di contabilizzatore di calore e di consumo di acqua calda e fredda. L'acqua calda sanitaria è fornita da tre accumuli dai 300 ai 500 litri;
- Durante l'estate il raffrescamento è veicolato da fancoil e canalizzazioni d'aria; uno scambiatore a piastre scambia fresco con il sistema di distribuzione, dove scorre acqua mescolata a glicole propilenico. Questo raffrescamento naturale e passivo non implica il funzionamento del compressore delle pompe di calore. La temperatura del suolo varia dai 13°C ai 14°C.

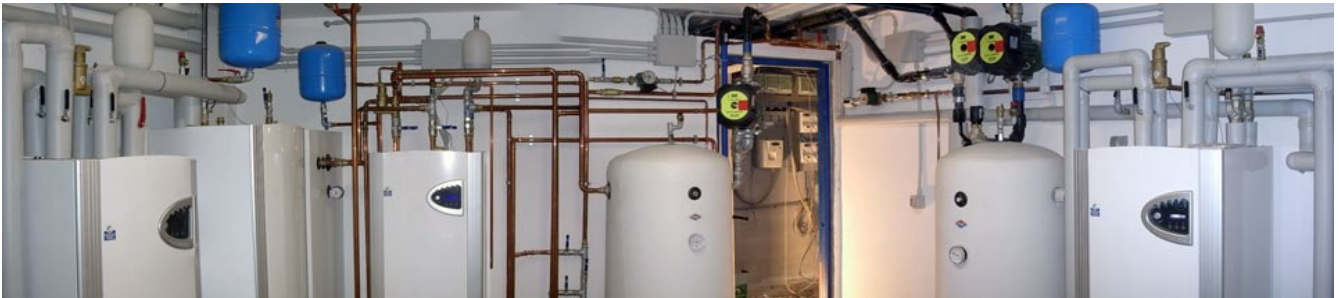


Figura 5: panoramica delle apparecchiature del locale tecnico.

### 3.2 Persone

Il numero dei professionisti coinvolti è minore rispetto a quello del Caso 1.

- **Acquirente e impresa edile:** supporto finanziario e attività commerciale. L'impresa edile era una controllata dell'acquirente, diverse aziende ma le stesse persone. Hanno realizzato i lavori di muratura e gli scavi. Fin dall'inizio hanno scelto un sistema con PDCG; i costi di installazione erano l'unico punto di preoccupazione. Il direttore generale era anche il proprietario degli appartamenti e ha dimostrato un carattere determinato, con la capacità di dare mano libera agli specialisti del sistema. Abbiamo avuto delle difficoltà legate alla metodologia di stoccaggio delle sonde: i manovali avevano sballato le sonde, togliendole dai pallet e spargendole in giro per il cantiere: questa incuria ci ha costretti a sostituire due sonde geotermiche danneggiate.

- **Architetti:** erano favorevoli a PDCG ad alta efficienza e ci siamo trovati in sintonia con loro durante tutto il progetto. Il capo degli architetti era anche il proprietario di uno degli appartamenti: era quindi direttamente coinvolto come proprietario e utilizzatore finale.

- **Sistema di scambio al terreno e PDCG:** come per il Caso 1 abbiamo fornito noi il materiale. Abbiamo effettuato la progettazione del campo sonde e abbiamo dato delle indicazioni su come razionalizzare il locale tecnico ma non abbiamo effettuato la progettazione: il termotecnico ha raccolto le nostre osservazioni e suggerimenti, ha interagito con noi, ma infine ha ricoperto lui stesso il ruolo del direttore tecnico. Come nel caso 1 abbiamo effettuato la supervisione tecnica dell'installazione del sistema geotermico.

- **Elettricista:** come nel Caso 1, ha eseguito i collegamenti elettrici. Non sono sorte problematiche.

- **Ingegnere termotecnico:** ha progettato il sistema di pavimento radiante, il locale tecnico e i collegamenti per l'acqua calda e fredda. Era disponibile e ottimista; ha ascoltato il nostro suggerimento con apertura mentale. Ha redatto tutti gli schemi tecnici, il nostro ingegnere è stato coinvolto come suo consulente.

- **Idraulico:** ha montato il sistema idraulico, compreso il locale tecnico, i collettori e le linee orizzontali, completando il sistema di scambio al terreno. Abbiamo con lui instaurato una ottima collaborazione che prosegue tuttora.

- **Perforatore:** la stessa azienda del Caso 1. Hanno lavorato con sufficiente affidabilità. Hanno seguito le nostre richieste in fatto di qualità, con test su ogni sonda dopo l'installazione. Il lavoro in questo caso era di dimensione inferiore rispetto a quello del Caso 1.

## 4. CONCLUSIONI

Si possono trarre degli insegnamenti dalle difficoltà incontrate in questi due progetti, in particolar modo dal primo.

- I progettisti devono essere molto cauti nelle relazioni con gli uffici tecnici delle amministrazioni locali. Potrebbero non avere la necessaria esperienza in fatto di sistemi geotermici a bassa entalpia. Potrebbero cambiare parere (e porre nuovi vincoli) prima e durante la progettazione e l'installazione del sistema.
- Più responsabili ci sono più si spreca tempo. Abbiamo riscontrato che i caratteri e le relazioni interpersonali sono cruciali per il successo del progetto. Questo emerge soprattutto nel caso in cui qualcuno sia contrario all'adozione della tecnologia.
- In progetti di grandi dimensioni è indispensabile la figura di un responsabile tecnico con forte esperienza negli impianti geotermici e con la possibilità di prendere decisione autonome; senza questa figura di riferimento, due o tre tecnici che devono discutere come i loro sistemi interagiscono potrebbero far sorgere problematiche e rallentare i lavori.
- Nelle applicazioni di tipo verticale è consigliato una attenta supervisione del lavoro dei perforatori, a maggior ragione per progetti di grandi dimensioni. L'azienda di perforazione può avere la miglior reputazione del mercato ma è pur sempre formata da uomini e donne. Se la responsabilità finale del buon funzionamento del sistema non è del perforatore sarà necessario che egli provi chiaramente che ogni sonda è stata installata alla corretta profondità. La nostra azienda ha deciso che la parte terminale delle sonde debba rimanere scoperta, con i numeri relativi alla profondità esposti per il nostro controllo, o in caso di taglio dell'estremità il perforatore ci deve fornire foto o altre evidenze della corretta installazione. Per noi questo è ora uno standard qualitativo fondamentale.

## REFERENZE

Maritan, D. and Panizzolo, R.: Ground Source Heat Pump Applications in Italy, *Proceedings*, 33rd Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, Stanford University, Stanford, CA (2008).