

Rapporto finale, 13 giugno 2018

# **Rapporto «Illustrazione del modello di concessione d'appalto da 2 a 10 sonde geotermiche secondo un esempio di installazione a 7 sonde geotermiche»**



**svizzera energia**  
Il nostro impegno : il nostro futuro.

**Autori**

Dr. Andreas Ebert, Geo Explorers AG

Christian Häring, Geo Explorers AG

**Esperti**

Dr. Martin Bochud, GeoAzimut Sàrl

René Buchli, e-therm ag

Karl-Heinz Schädle, Schädle GmbH

Hansjakob Schächli, Progeo GmbH

**Questo studio è stato condotto per conto di SvizzeraEnergia.**

**Dei contenuti sono responsabili unicamente gli autori.**

**Indirizzo**

SvizzeraEnergia, Ufficio federale dell'energia UFE

Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen. Indirizzo postale : 3003 Berna

Infoline 0848 444 444. [www.svizzeraenergia.ch/consulenza](http://www.svizzeraenergia.ch/consulenza)

[energieschweiz@bfe.admin.ch](mailto:energieschweiz@bfe.admin.ch), [www.svizzeraenergia.ch](http://www.svizzeraenergia.ch)

## Contenuto

<b>1</b>	<b>Introduzione.....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Servizi forniti dall'impresa .....</b>	<b>7</b>
2.1	Dimensionamento della sonda geotermica.....	7
<b>3</b>	<b>Lavori preparatori e di accompagnamento .....</b>	<b>8</b>
3.1	Assicurazione e rischi .....	8
3.2	Servizi opzionali .....	10
<b>4</b>	<b>Installazione.....</b>	<b>11</b>
<b>5</b>	<b>Foratura e installazione della sonda geotermica.....</b>	<b>12</b>
5.1	Processo di perforazione .....	12
5.2	Inserimento della sonda.....	14
5.3	Iniezione del cemento di riempimento .....	15
5.4	Controllo della qualità.....	16
5.5	L'impianto della sonda .....	18
<b>6</b>	<b>Smaltimento dei residui di perforazione.....</b>	<b>19</b>
<b>7</b>	<b>Cavo di collegamento e collegamento al collettore .....</b>	<b>19</b>
<b>8</b>	<b>Inserimento di un fluido termovettore nel circuito della sonda.....</b>	<b>22</b>

# 1 Introduzione

Questo documento si propone di accompagnare passo dopo passo la gestione del progetto nell'installazione di un impianto di sonde geotermiche, evidenziando i punti importanti da rispettare dalla perforazione alla connessione elettrica. Può anche essere usato come presentazione dell'offerta e può essere adattato secondo necessità.

Ciascuna delle fasi di lavoro e installazione di una sonda geotermica sono riassunte nello schema seguente:

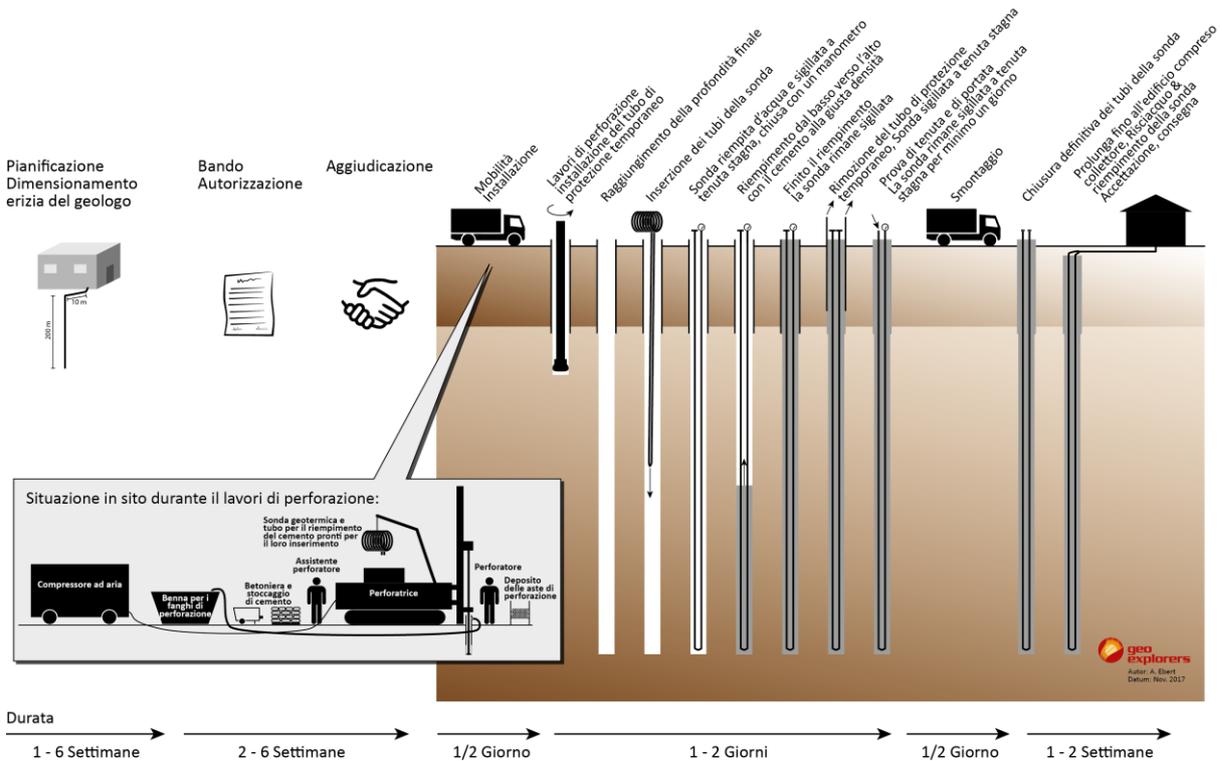


Figura 1 Fasi di lavoro per la perforazione di una sonda geotermica

Generalmente si devono considerare due casi per quanto riguarda il modello di concessione d'appalto. O si tratta di un pozzo trivellato al fine di installare una **sonda geotermica di nuova costruzione**, o di una **sostituzione dell'impianto di riscaldamento** in un edificio già esistente. In caso di sostituzione di un impianto di riscaldamento, la società di perforazione può apparire come impresa generale e offrire anche servizi di terzi (come il monitoraggio geologico, la gru con pneumatici, penetrazioni di pareti o lavori di scavo).

Nel caso di una nuova costruzione, i servizi aggiuntivi sopra menzionati grazie ad un adeguato coordinamento possono essere eseguiti dalle aziende già presenti sul sito.



Figura 2 Impianto di perforazione, compressore, benna di recupero dei fanghi, materiale di riempimento e sonda stessa

### Dichiarazione e standard validi

Spesso non esiste un contratto tra la commissione dei lavori edili e la società di perforazione. Questo è il motivo per cui il bando rappresenta un importante elemento contrattuale tra le due parti. L'offerente deve pertanto certificare tramite la propria firma di conoscere e rispettare le rispettive leggi (generalmente le leggi ambientali) e che è conforme alla SIA 118: "Condizioni generali per l'esecuzione di lavori di costruzione", SIA 431: "Evacuazione e trattamento delle acque da costruzione" e **SIA 384/6: "Sonde geotermiche"**. Quest'ultima descrive l'installazione di una sonda geotermica in dettaglio. L'offerente deve quindi confermare che eseguirà lui stesso il lavoro o garantirà le prestazioni di un subappaltatore.

L'offerente deve quindi dichiarare:

- se l'azienda ha la certificazione GSP.
- se l'azienda ha bisogno di una connessione alla rete elettrica. Alcune squadre di perforazione sono autonome e non richiedono energia aggiuntiva, ciò rappresenterebbe uno sgravio per il proprietario del progetto.
- dopo aver ricevuto l'autorizzazione, l'offerente deve informare la commissione di lavori edili degli eventuali costi supplementari dovuti ai requisiti cantonali. Ad esempio potrebbero essere: l'installazione di una guaina o di un rivestimento permanente per la protezione delle acque sotterranee, la perforazione a flusso diretto o la misurazione della deflessione di perforazione.

I documenti che devono essere restituiti a fine progetto sono noti fin dall'inizio dei lavori. Includono: il certificato di accettazione correttamente compilato, i controlli di qualità (test di pressione e flusso termico) e il protocollo di perforazione. A questi si aggiungono le schede tecniche dei materiali utilizzati, ovvero il cemento di riempimento e la sonda geotermica, in modo che il proprietario del progetto sia sufficientemente documentato.

Già durante la fase di offerta, l'offerente deve definire quali materiali verranno impiegati. Sia per la documentazione, sia perché i materiali devono essere adattati alla situazione (ad es. Profondità di perforazione, caratteristiche geologiche) e l'uso di materiali inappropriati può portare al danneggiamento della sonda. Ad esempio, una sonda PN16 può essere installata in pozzi con una profondità massima di circa 250 m. Per perforazioni più profonde, è consigliabile installare una sonda PN20 che, anche se più costosa, offre una migliore resistenza alla pressione.

## 2 Servizi forniti dall'impresa

### 2.1 Dimensionamento della sonda geotermica

Il dimensionamento della sonda geotermica secondo SIA 384/6 deve essere eseguito da un progettista. Il calcolo della profondità di perforazione viene solitamente eseguito da un progettista di impianti termici, da un ingegnere specializzato in impianti termici o in seguito a ciò da un geologo specializzato sul consumo di calore<sup>1</sup>, sulla pompa di calore<sup>2</sup>, sulle caratteristiche geologiche<sup>3</sup> e sul tipo di sonda<sup>4</sup>. Per un campo di 7 sonde, è necessario eseguire una simulazione su 50 anni di funzionamento secondo la norma SIA 384/6, poiché le sonde esercitano un'influenza termica tra di esse. Questa influenza termica può essere presa in considerazione solo mediante una simulazione dinamica.

Nel sito, è necessario rispettare la delimitazione dei confini di mappali predefiniti dal cantone ma anche le possibili influenze termiche delle sonde vicine. Si raccomanda di scegliere il sito di impianto di perforazione in modo tale che le sonde esistenti siano, a secondo della loro densità, sufficientemente distanti. In questo modo i disturbi a lungo termine saranno ridotti. La perforazione può, nella maggior parte dei cantoni, essere effettuata sotto le fondamenta degli edifici. In questo caso, è necessario verificare che la perforazione e i tubi non vengano danneggiati durante la costruzione. Alcuni cantoni stabiliscono la condizione di una connessione a tenuta di gas quando implementano una sonda geotermica attraverso la lastra. Alcuni cantoni richiedono come condizione che la realizzazione delle sonde geotermiche nella piastra di base venga sigillata a tenuta di gas.

Quando si specifica il tipo di pompa di calore nella richiesta di prestazione, la società di perforazione deve eseguire nuovamente un controllo di plausibilità per quanto riguarda il dimensionamento appropriato della sonda geotermica da eseguire.

Nel caso in cui esista già un rapporto geologico, la società di perforazione può fare una stima migliore della fattibilità tecnica della perforazione. Ad esempio, riguardo la lunghezza del rivestimento temporaneo richiesto con roccia instabile, la quantità di smaltimento del fango di perforazione, i parametri di avanzamento della perforazione e, all'occorrenza, un eventuale risparmio di tempo.

Una richiesta di autorizzazione alla perforazione con una planimetria del sito deve essere depositata presso il comune o il cantone per ottenere l'autorizzazione alla perforazione prima dell'inizio del lavoro.

---

<sup>1</sup> Domanda di calore dell'edificio in kWh / a, rimozione di calore dalla sonda geotermica

<sup>2</sup> Potenza della pompa di calore in kW, portata minima nell'evaporatore in kg/s

<sup>3</sup> Gradiente di temperatura e conducibilità termica di diverse formazioni geologiche

<sup>4</sup> Ad es., Doppia sonda a forma di U (la più utilizzata in Svizzera)

Mentre l'assicurazione in caso di perforazione in una falda artesianiana o interruzione della perforazione, può essere fatta tramite la società di perforazione, l'assicurazione per la responsabilità civile del committente e le opere di costruzione assicurative devono essere sottoscritte dal committente stesso.

Molti cantoni sostengono la sostituzione di riscaldamento a petrolio, gas o elettrico con pompe di calore a terra / acqua. Il committente deve occuparsi di questi incentivi da solo. Ulteriori informazioni sono disponibili sul seguente sito Web: [www.energiefranken.ch](http://www.energiefranken.ch)

L'ubicazione e la marcatura del punto di perforazione devono essere eseguite dal committente dopo aver studiato il catasto dei tubi. La squadra di perforazione non ha la planimetria con la collocazione dei tubi e può misurare solo approssimativamente il sito di perforazione con la planimetria di base a loro disposizione. In caso di ristrutturazione, spesso accade che i tubi esistenti vengano danneggiati. Deve essere rispettata una distanza minima di 2 m, dall'edificio alla perforazione, in modo da tener conto delle sporgenze del tetto, il che è fondamentale.

Per la perforazione e per l'apporto del cemento di riempimento è necessario un collegamento alla rete di acqua corrente. Di solito è sufficiente una connessione idrica esterna. Spesso è richiesto anche un collegamento elettrico a 400 V / 16 A per il miscelatore di iniezione, oltre a una connessione a 220 V per le capanne di costruzione.

Le autorizzazioni per la trivellazione, le indagini geologiche e l'allacciamento elettrico possono facoltativamente anche essere delegati alla società di perforazione (vedi punto 2.2).

## 3 Lavori preparatori e di accompagnamento

### 3.1 Assicurazione e rischi

Secondo gli standard del ZGB/OR e gli standard SIA, il committente è responsabile dei rischi del cantiere. Tuttavia esistono diverse possibilità di assicurazione contro i rischi geologici durante la perforazione geotermica. Diverse compagnie assicurative offrono varie soluzioni per le sonde geotermiche. Specifiche condizioni di assicurazione devono essere richieste direttamente alle compagnie di assicurazione. Normalmente, alcune assicurazioni, ad esempio quella in seguito a foraggio di una falda artesianiana, sono stipulate dalla società di trivellazione. Le seguenti descrizioni e la tabella 1 sono puramente informative e sono limitate alle tre soluzioni assicurative più comuni:

La **responsabilità del costruttore** è raccomandata in tutti i casi. Per le nuove costruzioni, in genere questa assicurazione è già completata, per le sostituzioni dell'impianto di riscaldamento, il costruttore dovrebbe almeno considerare la conclusione di tale assicurazione.

**Assicurazione riguardante il perforamento di una falda artesianiana** è un'assicurazione standard che copre i costi in caso di perforazione di una falda acquifera sotto pressione o se avviene una fuoriuscita di gas naturale. La sottoscrizione di un'assicurazione riguardante il perforamento di una falda artesianiana, è sempre raccomandabile ed effettuata nella maggior parte dei casi. L'intervento

in caso di acque sotterranee sotto pressione è sovente necessario; mentre la possibilità di perforare piccole sacche di gas naturale è minimo, poiché le aree a rischio sono note ed escluse, Il termine artesiano indica le acque sotterranee il cui livello di pressione è al di sopra del piano campagna e che quindi possono fuoriuscire liberamente da una perforazione eseguita. Questa situazione può avvenire lungo pendii o nelle valli dove l'acqua che fuoriesce può avere portate variabili. La società di perforazione utilizzerà misure d'intervento comuni per fermare il flusso d'acqua. Queste misure speciali comportano costi aggiuntivi che vengono poi presi in considerazione se il cliente ha sottoscritto un'assicurazione relativa al perforamento di una falda artesianiana. In cambio, la società di perforazione deve essere in grado di deviare immediatamente l'acqua e avvitare sulla tubatura un cappuccio impermeabile con un manometro e un rubinetto per chiudere il pozzo e interrompere il flusso idrico. La pressione idrostatica della fonte artesianiana e la sua portata devono essere definite in modo tale da progettare misure per garantire una protezione del pozzo a lungo termine. Quando c'è una fuoriuscita di acqua o gas, è necessario informare l'ente cantonale specializzato per la protezione dell'acqua.

Il completamento dell'**assicurazione in caso di fallimento della perforazione** è meno frequente, ma dovrebbe essere presa in considerazione almeno nei casi in cui le caratteristiche geologiche sono ostili ai lavori. Questo è valido soprattutto quando sono noti casi problematici nelle immediate vicinanze. Tuttavia, progetti di sonde geotermiche non fattibili sono molto rari.

La **sonda geotermica** può anche essere assicurata per diversi decenni contro i rischi grazie a specifiche assicurazioni. Sono assicurati i danni causati da agenti esterni (ad es. tempeste, animali, variazione delle componenti geologiche) o interni (apparecchiature o guasti dell'impianto). I costi aggiuntivi di un possibile sistema di sostituzione sono presi in considerazione.

Tabella 1 Proposta di soluzioni assicurative per sonde geotermiche

Assicurazione	Cos'è assicurato?	Cosa non è assicurato?	Osservazioni
<b>Responsabilità del committente dei lavori edili</b>	Riguarda solo i danni alle proprietà vicine e ai loro edifici. Crepe, che richiedano un rinnovamento per ragioni statiche (istituzione preventiva di un registro delle crepe a spese del committente dei lavori edili).	Danni da incrinature dovuti a cambiamenti delle condizioni idrogeologiche, ad es. cedimenti.	Per le nuove costruzioni solitamente questa assicurazione è disponibile, nel caso di lavori di ristrutturazione dell'impianto di riscaldamento, non lo è automaticamente!
<b>Assicurazione relativa al perforamento di una falda artesianiana o in caso di fuoriuscita di acqua o gas naturale</b>	Il committente di lavori edili con terreno e propri edifici, costi di perforazione in caso di abbandono, costi di sigillatura del foro, tempo di arresto del trapano, spese per consultazione esperta	Proprietà confinante con gli edifici, perdite e abbandono di attrezzature nel pozzo	L'assicurazione standard per la perforazione di sonde geotermiche, che può essere completata tramite società di perforazione, è sempre raccomandata.

Assicurazione	Cos'è assicurato?	Cosa non è assicurato?	Osservazioni
<b>Assicurazione in caso di fallimento della perforazione</b>	<p>L'abbandono della perforazione è assicurato se viene effettuato in seguito a condizioni geologiche / idrogeologiche che, nonostante lo sfruttamento delle attuali possibilità tecniche di perforazione, rendono impossibile ottenere l'energia termica necessaria mediante una sonda geotermica.</p> <p>Il fallimento della perforazione è assicurato se si verifica a seguito di una decisione amministrativa o per decisione dei geologi competenti.</p> <p>Differenza di prezzo del sistema di perforazione alternativo</p> <p>Costi per abbandono della perforazione</p> <p>Spese per consultazione esperta</p>	<p>Sovraccosti a causa di aumento dei metri totali di perforazione</p> <p>Sovraccosti operativi per un sistema di riscaldamento alternativo</p> <p>Interruzione dovuta ad un metodo di perforazione inadatto nella posizione</p>	<p>L'assicurazione in caso di fallimento della perforazione avviene solo nel caso in cui il sistema di riscaldamento con sonde geotermiche non sia possibile. Se possono essere realizzate più sonde, ma meno profonde, l'assicurazione non si applica.</p>
<b>Assicurazione di sonde geotermiche</b>	<p>Il committente di lavori edili con terreno e propri edifici, costi di perforazione in caso di abbandono, costi di sigillatura del foro, tempo di arresto del trapano, spese per consultazione esperta</p>	<p>Nessuna garanzia se la pianificazione non viene eseguita secondo SIA 384/6 e se non sono stati effettuati prove di portata e pressione.</p>	<p>Deve essere completata prima dell'inizio della costruzione.</p>

### 3.2 Servizi opzionali

La società di perforazione può essere incaricata in via opzionale di richiedere un'autorizzazione di perforazione per la gestione del progetto. Deve essere fornito un piano della situazione con le coordinate del sito di perforazione. Quando si sceglie la posizione della perforazione si devono prendere in considerazione le distanze normative con i confini dei mappali vicini, le linee di costruzione, il catasto delle tubature e dei cavi elettrici e una distanza sufficiente dall'edificio di almeno 2 m.

In alcuni cantoni (ad es. AG, GR), la misurazione della deflessione della perforazione è obbligatoria perché fa parte dell'autorizzazione all'esercitazione. Spesso questa misura è attribuita e organizzata dalla società di perforazione.

Il rilevamento geologico e il monitoraggio geologico della perforazione e l'esecuzione di un profilo di perforazione sono sempre necessari se presenti disposizioni critiche della stratigrafia che potrebbero risultare non perforabili. Questi strati sono ad esempio quelli con risorse idriche utilizzabili o minerali con proprietà adsorbenti (ad es. Anidrite). In alcuni cantoni, la perforazione deve sempre essere oggetto di un'indagine geologica, in altri deve esserlo solo per situazioni geologiche specifiche.

Se sul sito di perforazione non fosse presente alcun allacciamento da 400 V / 16 A, la maggior parte delle società di perforazione possiede i propri generatori di energia che possono essere affittati a tariffe giornaliere.

## 4 Installazione

Prima del trasporto delle attrezzature di perforazione, il sito di perforazione viene ispezionato dal capocantiere della società di perforazioni per verificare le condizioni di accesso e gli spazi disponibili. Se si deve spianare la superficie o se sono necessarie rampe di accesso il costruttore di solito deve mettere a disposizione un ingegnere specializzato. Nel caso in cui sia necessaria una gru a ruote per spostare la perforatrice, spetta alla società di perforazione occuparsene. Siccome i prezzi possono variare da caso a caso, in modo significativo, è necessario definire chiaramente la situazione prima dell'assegnazione del lavoro.

Il trasporto (con montaggio e smontaggio) e l'installazione del dispositivo di perforazione comprendono generalmente la macchina di perforazione, un compressore, una benna di recupero dei fanghi, aste di perforazione e tubi, un miscelatore ad iniezione, una camionetta per i lavoratori e un camion. Lo spazio richiesto è di almeno 60 m<sup>2</sup>.

Eventuali lavori di copertura (ad es. Protezione della facciata dell'edificio) possono essere richiesti, saranno fatturati come supplementi. Lo spostamento della macchina di perforazione al rispettivo punto di foratura successivo viene anch'esso fatturato come supplemento e deve essere specificato nell'offerta (al di fuori del primo punto di foratura).



Figura 3 Installazione vicino ad un edificio con facciata coperta

## 5 Foratura e installazione della sonda geotermica



Figura 4 Piattaforma di perforazione con trapano, benna di raccolta dei fanghi, sonda, pompa di miscelazione, tubi della sonda e camion

### 5.1 Processo di perforazione

Dopo la preparazione del sito, la perforazione viene generalmente completata entro due giorni. Questa viene effettuata utilizzando un risciacquo costituito da una **miscela acqua-aria (foratura in-fore)**. L'aria compressa con l'aggiunta di una piccola quantità di acqua viene forzata verso il basso attraverso le aste di perforazione fino al fondo e risale di nuovo nello spazio anulare tra le aste di perforazione e la parete del foro. La roccia perforata viene così portata in superficie verso la benna di recupero dei fanghi. In alcuni casi, ad esempio quando la massa rocciosa è instabile o quando c'è molta acqua, la perforazione può essere effettuata non con l'ausilio di iniezione d'aria ma con il metodo di **perforazione a circolazione diretta e l'ausilio di un additivo di perforazione**. Una miscela di acqua e bentonite è usata come additivo, questa miscela può avere un effetto stabilizzante sulla roccia. Se questa miscela viene utilizzata durante la perforazione, deve essere calcolato un sovrapprezzo per metro lineare. Solo una parte delle perforatrici disponibili in Svizzera per la perforazione geotermica può passare dall'iniezione di aria compressa all'iniezione di liquido. Sebbene questo processo sia usato raramente, dovrebbe essere chiarito in anticipo.



Figura 5 Trapano con attrezzatura lungo la strada (discarica di fanghi, tubi, compressore, camionetta dei lavoratori, furgone)

Custodia protettiva: la parte superiore del pozzo con rocce sciolte (ad es. l'alluvione quaternaria) è sostenuta da un involucro di protezione temporaneo con un diametro compreso tra 152 e 159 mm. Lo spessore di queste formazioni può variare da 0 a oltre 200 m secondo il settore, ma generalmente non supera i 30 m. A seconda del momento torcente, della forza di trazione della perforatrice e della natura della roccia, la tubazione protettiva temporanea può essere installata fino a circa 120 m. Nel prezzo per metro lineare, solo l'installazione dell'involucro di protezione fino a 30 m viene preso in considerazione. Nel caso in cui sia necessario installare un involucro su una maggiore profondità, un **supplemento** tariffario deve tenere conto di ogni metro lineare aggiuntivo. Caratteristiche geologiche riguardanti lo spessore delle formazioni superficiali possono essere richieste dall'ufficio cantonale, dai geologi o dalla società di perforazione stessa. Una volta che le for-

mazioni superficiali (roccia sciolta) sono state attraversate, la perforazione continua nella roccia. La roccia è solitamente stabile e quindi non richiede tubazioni ausiliarie / protettive. In alcuni casi, l'involucro di protezione non può più essere smontato. La società di perforazione deve quindi sopportare le perdite risultanti, che in nessun caso possono essere addebitate alla direzione del progetto.

## 5.2 Inserimento della sonda

Non appena la perforazione è terminata, le aste e lo strumento di perforazione vengono smontati e la sonda viene immediatamente posizionata. Il più delle volte è una sonda duplex a forma di U installata utilizzando una bobina frenabile con mezzi di sollevamento. Questi sono due tubi in PE a forma di U indipendenti. Prima dell'installazione della sonda, essa è soggetta ad un rapido test della pressione per escludere qualsiasi danno correlato al trasporto o allo stoccaggio.

Insieme alla sonda viene inserito almeno un tubo di iniezione fino alla profondità finale del foro. Per fori profondi oltre 250 m, si consiglia di inserire un secondo tubo fino ad almeno 50 m. Considerando il lavoro rimanente e le possibili misure che possono essere eseguite, la sonda deve superare di circa 1 m il terreno. Dopo aver introdotto la sonda, essa viene riempita d'acqua, dotata di un manometro e sigillata a tenuta di pressione. La perforazione deve essere cementata immediatamente dopo l'installazione della sonda, cominciando dalla parte inferiore del foro (vedere il capitolo 4.3).

A intervalli regolari di circa un metro, si trova direttamente stampato sulle estremità della sonda che sporgono dal terreno: il tipo di sonda, il produttore e la lunghezza. In questo modo è possibile controllare che siano stati usati i materiali giusti e che la sonda sia sufficientemente lunga.



Figura 6 Tubi della sonda geotermica con tubo di riempimento sulla bobina. Al piede della sonda, è attaccato un peso.

### 5.3 Iniezione del cemento di riempimento

La corretta iniezione del cemento di riempimento è fondamentale per un'installazione funzionale e sostenibile della sonda geotermica. I punti più importanti da rispettare sono:

- Una miscela omogenea e una buona densità del cemento,
- Il riempimento deve essere introdotto senza vuoti tramite un tubo di iniezione dal basso verso l'alto,
- Le sonde devono essere sigillate a pressione durante e dopo il riempimento.



Figura 7 Pompa di miscelazione singola malta (a sinistra), Miscelatore colloidale (a destra)

L'iniezione completa del cemento di riempimento sigilla completamente il foro, che è fondamentale per la protezione delle acque sotterranee. Inoltre, la miscela di riempimento funge da conduttore termico tra la sonda e la roccia, ciò è importante per ottenere l'efficienza energetica desiderata. Il materiale di riempimento viene solitamente consegnato "pronto all'uso" come miscela di cemento e bentonite. Il produttore e il prodotto devono essere dichiarati dalla società di perforazione. Ci sono anche aziende di perforazione che producono il proprio mix di cemento e bentonite.

Ci sono diversi parametri che devono essere presi in considerazione quando s'inietta il cemento di riempimento: esso deve essere miscelato correttamente prima di essere inserito nel foro. Per fare questo, ci sono miscelatori colloidali, pompe miscelanti o vasche miscelanti. Secondo la prassi, il miscelatore colloidale sembra produrre miscele migliori e più omogenee. Il cemento e la bentonite sono mescolati con l'acqua per formare una sospensione omogenea. Questa sospensione deve mantenere caratteristiche costanti durante tutta la fase di iniezione. È importante rispettare le istruzioni del produttore relative alla densità del riempimento.

Nella prassi, le miscele di riempimento sono spesso troppo spesse, il che porta ad una densità più elevata che causa troppa pressione sulla sonda geotermica fino alla stabilizzazione del cemento. È quindi essenziale che la densità della miscela di cemento venga misurata e documentata prima che sia impostata.

Prima del processo di iniezione, la sonda geotermica deve essere **completamente riempita con acqua, chiusa a tenuta stagna e dotata di un manometro**. In nessun caso la sonda deve essere schiacciata durante l'iniezione del cemento di riempimento. Tale compressione causerebbe danni alla sonda e ne ridurrebbe notevolmente la durata.

La miscela di riempimento viene iniettata nel pozzo utilizzando un tubo che riempie il foro dal basso verso l'alto (metodo contrattuale). È importante che l'iniezione venga eseguita fino a quando non raggiunge la superficie. In questo modo, il riempimento è completo. Il processo di riempimento può essere interrotto solo quando la pressione sul manometro della sonda supera i 16 bar (21 bar per brevi periodi).

## 5.4 Controllo della qualità



Figura 8 Riempimento completo del foro. Il cemento viene alla luce

Dopo l'iniezione del cemento di riempimento è necessario eseguire il controllo di qualità delle sonde. Il test deve essere eseguito in conformità con SIA 384/6. Poiché la sonda geotermica è inserita in profondità nel terreno e quindi eventuali difetti non sono visibili, il controllo di qualità della sonda dopo il riempimento è di grande importanza per la gestione del progetto. Il controllo deve essere eseguito mentre lo stucco non è ancora stato prelevato ed è ancora liquido. Ciò significa che i test dovrebbero essere eseguiti, se possibile, direttamente dopo l'iniezione e subito dopo lo smontaggio del rivestimento temporaneo. In alcuni casi è necessario smontare la chiusura a pressione per rimuovere l'involucro provvisorio, essi devono essere riassemblati immediatamente dopo e le sonde devono essere nuovamente messe sotto pressione.



Figura 9 Le sonde rimangono a tenuta stagna dopo il riempimento. Il livello del cemento di riempimento si è abbassato nel foro che deve essere riempito di nuovo

Secondo lo standard SIA 384/6, la sonda deve essere risciacquata e devono essere eseguiti due controlli di qualità. Il protocollo di misurazione esatto è descritto nello standard SIA 384/6, e sarà qui presentato in modo semplificato:

- 1. Risciacquo:** la sonda geotermica viene lavata attraverso il collegamento dell'acqua di costruzione o l'idrante per eliminare eventuali particelle di sporco. La durata del lavaggio deve essere impostata in modo tale che sia sciacquato una volta completato ogni ciclo.
- 2. Prova di portata:** Un flusso definito viene convogliato con una pressione preimpostata nella sonda. Durante la prova, viene misurata la pressione all'ingresso della sonda e alla sua uscita. Nel caso in cui la sonda fosse schiacciata (ad es. nel caso in cui l'impasto di riempimento sia troppo denso), essa ha una resistenza al flusso aggiuntiva, visibile nel test. Il test dura dai 10 ai 15 minuti. Il test può essere eseguito anche dopo che il cemento di riempimento è stato immesso e prima che la sonda sia collegata alla pompa di calore.
- 3. Prova di tenuta:** Alla sonda viene applicata una pressione di prova, che dipende dalla densità della sospensione di riempimento e dalla profondità della perforazione. Una volta che la sonda è sotto pressione, si estende leggermente nella malta ancora liquida, questo generalmente comporta una leggera caduta di pressione. Se la sonda è stata seriamente danneggiata, la pressione diminuirà rapidamente. La misurazione completa della pressione dura circa 1 ora e 30 minuti. In alternativa, il test di pressione può essere eseguito anche dopo l'impostazione del cemento, nel qual caso la sonda è pressurizzata (ad es. 5 bar) per diversi giorni.

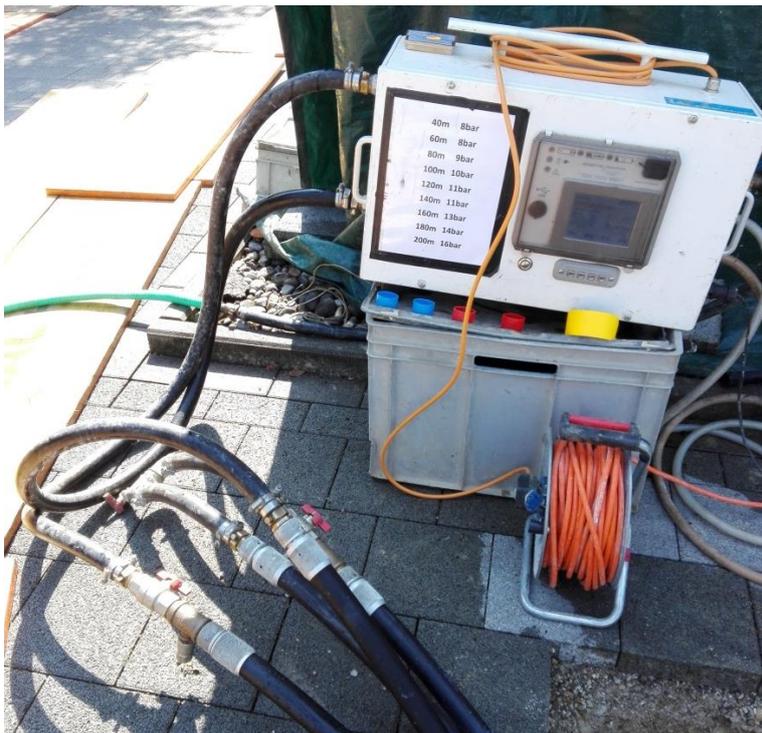


Figura 10 Dispositivo di controllo digitale della pressione per il controllo di qualità. Come si può vedere dall'elenco sullo strumento di test, è necessario selezionare una pressione di prova maggiore per una profondità di foratura maggiore.

Sul posto è difficile soddisfare le condizioni di prova con misurazioni analogiche. A seconda della posizione del pozzo, la pressione e il flusso dell'acqua possono variare, il che influisce in modo significativo sulla qualità e sull'idoneità delle misure. Questo è il motivo per cui gli strumenti di misura digitali sono sempre più utilizzati. Il vantaggio di questi strumenti è che la misurazione non può essere manipolata e viene sempre eseguita nelle stesse condizioni. Per la gestione del progetto, è anche più vantaggioso eseguire misurazioni digitali. Ciò garantisce che i processi e le condizioni di misurazione siano eseguiti secondo SIA 384/6. Infine, esiste un protocollo di test non modificabile, che deve essere presentato alla gestione del progetto. Se il valore aggiunto è molto significativo, nel presente modello l'utilizzo del materiale digitale per eseguire le misurazioni è necessario e non facoltativo.

## 5.5 L'impianto della sonda

Se la sonda non è stata realizzata come indicato nella planimetria, la nuova posizione della sonda deve essere misurata dal perforatore, dal geologo o dal responsabile del sito. In questo modo è possibile inserire le coordinate precise del punto nel catasto di perforazione cantonale. Questo processo è ora richiesto dalla maggior parte dei cantoni.

## 6 Smaltimento dei residui di perforazione

I materiali di perforazione sono per la maggior parte una miscela fangosa di acqua e detriti di roccia recuperati da un bidone da 7 a 40 m<sup>3</sup>. La società di perforazione è responsabile per il corretto smaltimento di questi materiali. Il più delle volte il secchio del fango viene svuotato da un camion cisterna e il materiale viene portato alle presse per fanghi. Questi materiali sono raramente accettati in discariche a cielo aperto perché possono causare rischi di destabilizzazione della discarica.

Lo smaltimento dei residui di perforazione è generalmente menzionato in m<sup>3</sup> nei modelli di offerta. Se l'acqua freatica non può essere scaricata nella fogna, può aumentare in modo massiccio la quantità di residui di perforazione. Se il contraente di perforazione richiede una somma forfettaria, sono inclusi i vari servizi appropriati per il lavoro. D'altra parte, se il lavoro viene svolto senza un prezzo fisso, il committente di lavori edili deve prendersi cura dei rischi e pagare i costi reali. In questo modello di concessione dell'appalto, calcoli basati su misure sono preferiti perché più equi per entrambe le parti.

L'azienda di perforazione deve indicare chiaramente nell'offerta le quantità di fanghi di perforazione che sono stati calcolati per la fatturazione. In caso contrario, le offerte non possono essere confrontate tra loro rispetto a questo parametro.

La quantità da smaltire aumenta in modo massiccio quando viene perforata la falda acquifera e l'acqua freatica fluisce nel pozzo, dove viene portata in superficie dal flusso d'aria. Molti cantoni consentono la regolazione della depurazione delle acque sotterranee nella fognatura. Ciò richiede l'accordo del responsabile dell'acquedotto del comune e il passaggio dell'acqua in un bacino di decantazione per separarla dal fango di perforazione. Le acque torbide non devono essere reindirizzate nelle fogne! Altrimenti come conseguenza potrebbero esserci denunce.

## 7 Cavo di collegamento e collegamento al collettore

L'estensione delle sonde geotermiche dal foro all'edificio viene effettuata dall'azienda di perforazione stessa o da subappaltatori. La differenza nel caso di una nuova costruzione o nel caso di una sostituzione dell'impianto di riscaldamento non è significativa:

Nel caso di una nuova costruzione, dal pozzo al locale tecnico viene installato un condotto sotto o direttamente all'interno delle fondamenta, in questo caso l'inserimento all'interno dell'edificio è molto più semplice. Una possibile alternativa a questo sistema può essere che le sonde siano installate perforando un muro direttamente nell'edificio esistente. I costi aggiuntivi per l'estensione della sonda sono inferiori perché gli strumenti necessari per trincee o carotaggi sono per la maggior parte già presenti sul sito. In questo contesto viene quindi richiesto il coordinamento appropriato del gestore del sito.

In caso di sostituzione di un vecchio sistema di riscaldamento, spesso la perforazione viene effettuata nella zona d'ingresso dell'edificio. Per questo bisogna rimuovere tutti gli strati di costruzione (asfalto, lastricatori, erba, ecc.). Una fossa deve essere scavata e deve essere fatto un passaggio

attraverso una parete. Questi servizi non sono inclusi nel modello dell'offerta, tuttavia alcune delle società di perforazione possono offrirli su richiesta del cliente.

Ciascuno dei 2 tubi di ingresso e dei 2 tubi di uscita della sonda geotermica sono collegati con due manicotti in un tubo di ingresso e un tubo di ritorno. Queste due linee di alimentazione devono trovarsi a circa 80 cm al di sotto del terreno, in modo che non gelino e abbiano un diametro maggiore rispetto ai tubi della sonda geotermica. Le linee di ingresso e di ritorno della sonda vengono collegate alla pompa di calore.

I tubi di entrata e di uscita delle sonde sono collegate a un collettore all'interno o all'esterno dell'edificio. I tubi devono essere installati tra il collettore e le sonde con una pendenza sufficiente da consentire il degassamento completo del sistema. Generalmente i tubi di entrata e di uscita delle sonde non sono posizionati l'uno accanto all'altro o l'uno sull'altro, in modo da impedire il trasferimento di calore e aumentare l'efficienza dell'installazione.

Le sonde geotermiche possono essere introdotte individualmente nell'edificio e combinate poi in un collettore interno. L'installazione di un collettore interno richiede più spazio per il montaggio nella caldaia, le 14 tubazioni di entrata e di uscita delle 7 sonde geotermiche devono essere introdotte nell'edificio e quindi la loro lunghezza è generalmente maggiore rispetto all'installazione di un collettore esterno.

### Variante collettore interno



Figura 11 Collettore interno (© Jansen AG)

### Variante tombino collettore esterno



Figura 12 Tombino collettore per  
3 sonde all'esterno

Un'alternativa al collettore interno può essere l'installazione di un collettore esterno, questo è interato di fronte all'edificio ed è accessibile tramite un pozzetto di ispezione. Da questo collettore escono solo le tubature principali di entrata e uscita (ad esempio di diametro di 90 mm) dirette alla pompa di calore nell'edificio con un collettore esterno devono di conseguenza essere introdotti nell'edificio solo due tubi. Il collettore è posizionato idealmente nel campo sonda in posizione tale che la lunghezza del cavo per tutte le sonde sia circa la stessa.

Per entrambe le varianti (esterna e interna), è importante assicurarsi che ogni tubo possa essere chiuso separatamente, che sia possibile la regolazione idraulica e che i tubi nel collettore siano etichettati con il numero della sonda a cui sono collegati.

Quando si attraversa il muro, devono essere installati polsini impermeabili per sigillare i tubi a tenuta di gas. Nel caso ciò fosse necessario, deve essere stabilito sul posto.

Per il riempimento del circuito delle sonde, al collettore devono essere collegati dei connettori di riempimento e scarico.

L'interfaccia di arrivo dei tubi è installata nell'edificio (collettore interno o tubo principale del collettore esterno introdotto nell'edificio). L'installazione dei tubi all'interno dell'edificio dall'interfaccia di arrivo collegati alla pompa di calore, verrà eseguito da un tecnico dell'impianto di riscaldamento.



Figura 13 I due tubi di entrata e uscita delle sonde geotermiche sono collegati mediante tubi a Y e collegati al collettore mediante tubi PE50.

## 8 Inserimento di un fluido termovettore nel circuito della sonda

Il fluido termovettore utilizzato per trasportare il calore dal sottosuolo alla pompa è nella maggior parte dei casi una miscela di acqua e glicole etilenico. Nella maggior parte dei casi consiste in una miscela di acqua al 75% e glicole etilenico al 25%. Questa miscela è antigelo per garantire che la sonda non congeli anche in seguito ad una grande rimozione di calore in inverno, quando la sua temperatura di restituzione va dalla pompa di calore al sottosuolo scendendo al di sotto di 0 ° C.

Il fluido utilizzato per il trasporto può anche essere acqua al 100%. Tuttavia, questo deve essere preso in considerazione nella pianificazione poiché la sonda deve essere progettata diversamente. I vantaggi dell'utilizzo dell'acqua come fluido termovettore sono: un migliore coefficiente di prestazione (COP), una migliore capacità termica della soluzione e un risparmio dei costi relativi agli agenti antigelo. Inoltre, l'acqua è un mezzo di trasporto di calore ecologico. Per garantire che il funzionamento del dispositivo oltre il livello di gelo, sono necessari alcuni metri di sonda in più.

Prima che la sonda sia riempita con il fluido termovettore, deve essere risciacquata con acqua. Il tempo minimo di spurgo è impostato in modo tale che l'acqua possa circolare completamente nel circuito della sonda. Questa procedura è importante perché consente l'evacuazione di eventuali particelle di sporco presenti all'interno del sistema. Dopo il riempimento con il liquido di termovettore, l'impianto deve essere degassata.

Dopo il riempimento e il degasaggio della sonda, una prova di tenuta deve essere eseguita secondo SIA 384/6, per verificare l'impermeabilità lungo le linee di alimentazione.