



1306  
UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI URBINO  
CARLO BO



Collegio Provinciale  
Geometri e Geometri Laureati  
Di Pesaro e Urbino

## Sistemi a CIRCUITO CHIUSO: le sonde geotermiche, aspetti tecnici e normativi

Fano, 27 Maggio 2011

Dr.Geol. Filippo Piscaglia



## **Dal 2007 ci occupiamo di Geotermia a bassa entalpia (uso diretto del calore)**

Come Università abbiamo **partecipato**, **presentato** e **realizzato** in collaborazione con altre Università marchigiane ed imprese private, progetti sul GEOSCAMBIO:

### **“Sistemi avanzati di produzione per geotermia”**

(Studio su materiali di riempimento per sonde a spirale)

### **“GEOTERMOTEC - Acquisizione di nuove conoscenze geologiche e termotecniche da applicare alle pompe di calore geotermiche”**

(Indagini geologiche di alcuni siti su territorio provinciale, miscele di riempimento, T.R.T., misurazioni termiche del sottosuolo)

### **Impianto sperimentale Campus Scientifico (ex-Sogesta)**

(Monitoraggio termico dell'impianto, T.R.T., misurazioni termometriche dei livelli superficiali del terreno per lo studio della propagazione dell'onda termica)

**...ed altri progetti in *progress*...**



## Quali sono i sistemi a circuito chiuso?

Quelli che NON scambiano direttamente fluidi con il terreno ma trasferiscono calore dal sottosuolo agli ambienti da climatizzare e viceversa

### **Sonde Geotermiche Verticali**

Profondità: 70 - 150 m

Diametro foro: circa 15 cm

Materiale sonde: HDPE/PE-Xa (32-40 mm)

Geometria: singola U - doppio U - coassiale

Riempimento foro: miscela cementizia (caratteristiche termiche migliorate)

Fluidi termovettore: Acqua - Acqua con glicol-etilenico/propilenico



## Quali sono i sistemi a circuito chiuso?

### **Collettori Geotermici Orizzontali**

Profondità: 2 - 3 m

Materiale sonde: HDPE/PE-Xa (32-40 mm)

Geometria: elicoidale - lineare

Riempimento scavo: terreno di risulta

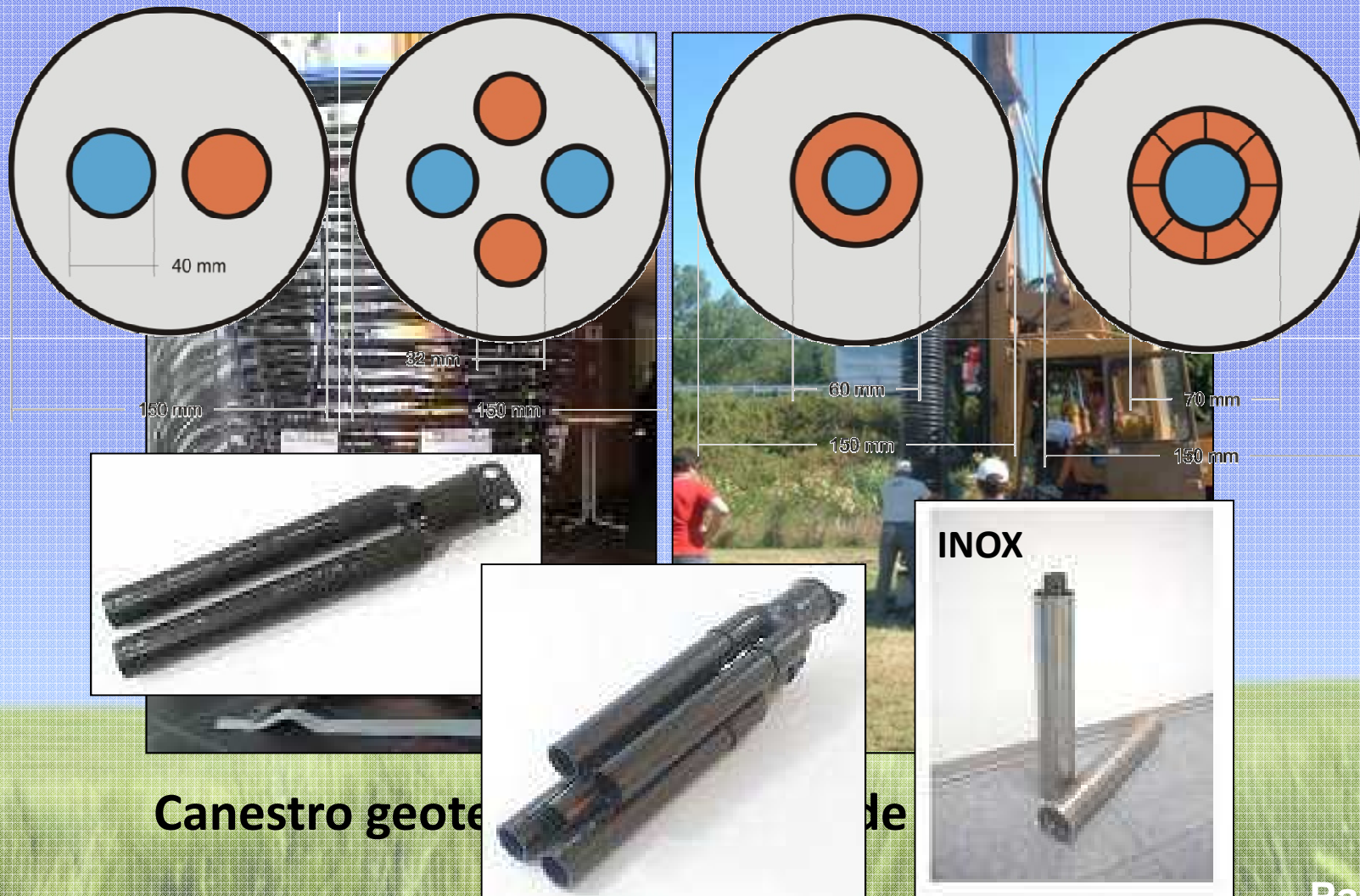
Fluidi termovettore: Acqua - Acqua con glicol-etilenico/propilenico





## Scambiatori verticali

### I TRADIZIONALI Altre soluzioni



## Aspetti Tecnico-Progettuali

Un corretto dimensionamento permette di garantire l'EFFICIENZA, la DURABILITÀ e la SOSTENIBILITÀ ECONOMICA

Indipendentemente dalla potenza termica dell'impianto PROGETTISTA TERMOTECNICO e GEOLOGO devono definire (ognuno per le proprie competenze) tutti i fattori che incidono sul funzionamento di un impianto di geoscambio

### Il ruolo del Geologo

**Ricostruzione del modello geologico e idrogeologico del sito**

- **Presenza di eventuali criticità geologiche**
- **Stratigrafia dei terreni da attraversare** (attraverso carte geolitologiche e dati biblio.)
- **Parametri termici del sottosuolo** (conducibilità, resistenza termica, porosità...)
- **Presenza di falde idriche sotterranee** (portata, direzione di flusso)
- **Presenza di altre installazioni geotermiche in aree limitrofe** (valutazione delle eventuali interferenze termiche)



## Aspetti Tecnico-Progettuali

Indagini geologiche e progettazione termotecnica saranno più approfondite in relazione alle dimensioni dell'impianto da realizzare (potenza installata, n° di sonde)

### PICCOLA TAGLIA (< 30 kWt)

PARAMETRI TERMICI del terreno  
STIMATI in base alla stratigrafia  
presunta derivante dalla  
ricostruzione del  
MODELLO GEOLOGICO

Dimensionamento mediante metodi  
e normative accettate  
internazionalmente  
(e.g. VDI 4640, 2001)

### GRANDE TAGLIA (> 30 kWt)

PARAMETRI TERMICI del terreno  
MISURATI per mezzo di un Test di  
Risposta Termica (T.R.T. o G.R.T.) ed  
implementati nel  
MODELLO GEOLOGICO

Dimensionamento effettuato con  
metodi analitico-numerici rigorosi e  
simulazioni dinamiche  
(e.g. ASHRAE; vedi Yang et al., 2010)

Entrambe le procedure ci devono permettere di definire il N° DI SONDE da realizzare e il loro SVILUPPO LINEARE

sempre sulla base dei  
“FAMOSI” **50 W/m**



# Tecniche di perforazione

I metodi di perforazione utilizzabili per l'installazione di sonde geotermiche verticali sono:

- a percussione
- a rotazione con distruzione di nucleo
- a rotazione con carotaggio continuo
- **a roto-percussione (aria-acqua)**





## In cantiere...

- **Direzione Lavori** (Geologo o Ing. Minerario)

**Evitare** qualsiasi interferenza negativa con il sottosuolo e con gli acquiferi, sia in

- **Presenza in cantiere per la realizzazione di un log stratigrafico reale**  
(per quanto possibile in funzione del metodo di perforazione)

**Misure di sicurezza per:** ➤ **Verifica delle ipotesi formulate nel Modello Geologico**

- **Evitare pericoli** (litologie, spessori, falde idriche) (macchina perforatrice (carburante, lubrificante...))

- **Rapida valutazione di varianti in corso d'opera** (mediante impermeabilizzazione del suolo sottostante la macchina)





## Macchinari ed accessori





## Le sonde geotermiche: caratteristiche dei materiali

Le sonde geotermiche, verticali e orizzontali sono realizzate in Polietilene ad alta densità (**HDPE 100**) o in polietilene reticolato (**PE-Xa**) nella classe di pressione 16 bar (**PN16**)

**Ottime caratteristiche meccaniche a lungo termine**

**Ridotta scabrezza interna (bassa resistenza idraulica)**

**Nessuna saldatura tra testa e piede**

**Temperature di esercizio adatte all'uso geotermico**  
(-20°/-40° a +40°/+95°)

**Conducibilità termica molto bassa**  
(0.4 W/mK)





## Altri elementi che completano la sonda...

All'interno delle sonde geotermiche circola il **FLUIDO TERMOMETTORE** che consente lo scambio termico:

- **ACQUA**
- Una soluzione di **ACQUA E GLICOL ETILENICO o PROPILENICO** nel caso esigenze progettuali richiedano un fluido antigelo

**NON** è ammesso l'uso di alcoli o di liquidi anticongelamento di natura diversa da quelli specificati

**Valvole e condotte di collegamento, se interrate, devono essere resistenti alla corrosione**

Zavorra di acciaio  
agganciata al piede di  
sonda per favorire  
l'inserimento in foro

Piede di sonda diverso a  
seconda delle modalità  
costruttive delle varie case  
produttrici



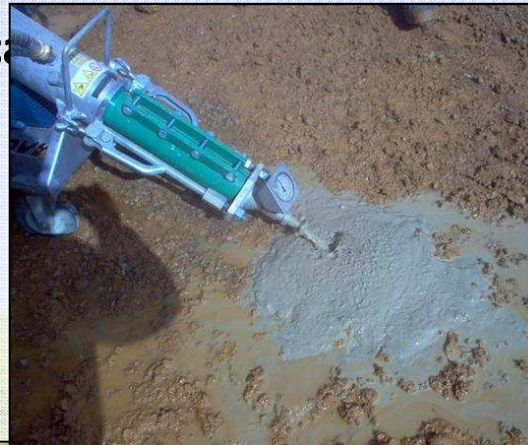
## Le miscele di riempimento

Ad oggi le miscele più utilizzate per il riempimento di pozzi geotermici sono i “CEMENTI TERMICI” un mix di vari componenti tra i quali:

- CEMENTO
- BENTONITE
- ADDITIVI ANTI RITIRO
- SABBIA SILICEA

### LA POSA IN OPERA DEVE ESSERE EFFETTUATA:

- dal basso (per ridurre le turbolenze)
- con tubazione a perdere inserita nella perforazione insieme allo scambiatore di calore geotermico
- mediante utilizzo pompa di caratteristiche tecniche adeguate
- non solubili in acqua





## Collaudo idraulico delle sonde: Test di tenuta e di Portata

Ultimata la messa in opera della sonda e prima delle operazioni di cementazione si procede con la fase di **COLLAUDO** idraulico delle condotte installate al fine di accertare il corretto funzionamento.

### TEST DI TENUTA

- 1.
- 2.



P

P

schiacciam

### **TEST DI TENUTA**

eseguita esclusivamente con **ARIA**  
ricolmata interamente con **ACQUA**  
ta: minimo 1 ora; diminuzione di





## Il Test di Risposta Termica (T.R.T. o G.R.T.)

Per impianti con potenza installata superiore a 30 kWt si rendono necessarie simulazioni dinamiche del funzionamento degli impianti sul lungo periodo che richiedono la **MISURA DIRETTA** delle proprietà termo-fisiche dei terreni attraversati con le installazioni geotermiche.

Il T.R.T. andando ad immettere una potenza termica costante nel circuito delle sonde, sollecita il terreno e ne registra la risposta termica





## **Il Test di Risposta Termica (T.R.T. o G.R.T.)**

- **Il T.R.T. si realizza su una sonda “pilota” che poi entrerà a far parte del campo sonde**
- **Può essere eseguito sia in riscaldamento che in raffrescamento**  
(immettendo o sottraendo calore al sottosuolo)
- **La potenza immessa/estratta nel/dal sottosuolo durante il test dovrebbe essere prossima a quella effettiva di esercizio dell’impianto**
- **In nessun caso la durata del test potrà essere inferiore a 50 ore**  
(consigliate 72 ore - le prime 12 da non includere nei calcoli)
- **Acquisizione dati ad intervalli non superiori al minuto**
- **Misurazione delle portate nel circuito mediante sensori**  
(precisione non inferiore a 2%)
- **Misura delle temperature con sensori termici**  
(accuratezza di almeno 0.02°C)



## **Il Test di Risposta Termica (T.R.T. o G.R.T.)**

L'elaborazione dei dati raccolti deve essere effettuata sulla base di quanto stabilito dalla letteratura scientifica internazionale ovvero basarsi sulla teoria della **sorgente di calore lineare** o su **metodi equivalenti** riconosciuti dalla comunità scientifica

L'output del T.R.T. deve contenere:

- 1. Resistenza termica dell'insieme cementazione-scambiatore di calore**
- 2. Conducibilità termica media del sottosuolo**
- 3. Temperatura media del terreno indisturbato**



**GRAZIE PER L'ATTENZIONE...**  
**...BUON CAFFÈ!!**