

Geotermia e geofisica

Matteo Cultrera

Senior Hydrogeologist (Netherlands)
matteo.cultrera@gmail.com

Il presente contributo prende in considerazione principalmente lo sfruttamento delle risorse ad alta e media entalpia, ma può essere facilmente adattato anche per applicazioni a bassa entalpia.

La realizzazione delle opere per lo sfruttamento dei sistemi geotermici ad alta entalpia - quali pozzi e centrali geotermiche - richiede investimenti economici estremamente elevati; infatti, tali opere rappresentano la voce di spesa più rilevante, come evidenziato dalla figura 1. La medesima figura evidenzia come il rischio di fallimento di un progetto per lo sfruttamento delle risorse geotermiche sia particolarmente elevato durante le fasi iniziali. Tale rischio è strettamente connesso all'affidabilità ed attendibilità del modello geologico e geotermico noto (Agrawal, 2012). La capacità di mitigare tale rischio durante le fasi iniziali consente di ridurre il rischio stesso nelle fasi successive, quando gli interessi economici crescono in misura esponenziale. La riduzione del rischio, inoltre, facilita l'accesso a finanziamenti ed investimenti da parte dei diversi portatori di interessi.

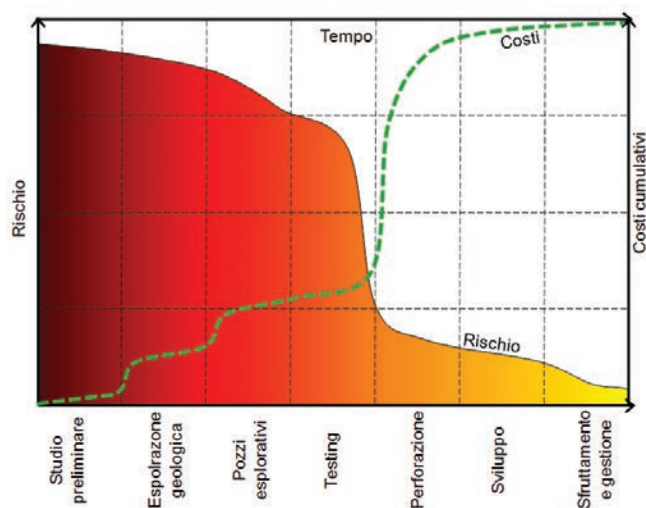


Fig.1: Confronto tra rischio e costi nel corso delle diverse fasi di sviluppo di un progetto per lo sfruttamento delle risorse geotermiche.

Risulta quindi fondamentale un approccio che permetta tale mitigazione del rischio durante le fasi di esplorazione geologica iniziali.

Da diversi decenni l'esplorazione geologica e la gestione delle georisorse vengono affrontate utilizzando un approccio olistico: ovvero, sia che lo scopo della ricerca sia quello di scoprire nuove risorse, che di gestire lo sfruttamento di quelle note, vengono utilizzate tecniche di indagine differenti tra loro, ma che tendono ad essere complementari.

Molte sono le materie che compongono le Scienze della Terra e che concorrono alla fase di esplorazione geologica a fini geotermici; tra queste si ricorda il rilevamento geologico, la geologia strutturale, l'idrogeologia, la geochemica e l'idrogeochemica, il remote sensing, la geomorfologia applicata e molte altre. Non da ultimo, va menzionata la geofisica. Quest'ultima, infatti, contribuisce in maniera significativa alla formulazione del modello geologico concettuale del sistema oggetto di studio.

L'impiego dei metodi geofisici, pertanto, fornisce la concreta possibilità di implementare considerevolmente il modello concettuale a costi, in genere, significativamente contenuti rispetto alle successive fasi di sviluppo delle opere ingegneristiche.

I metodi geofisici permettono di ottenere informazioni relative alle strutture fisiche e/o chimiche del sottosuolo. In particolare, la prospezione geofisica mira ad evidenziare i principali elementi di discontinuità nel sottosuolo che possono essere suscettibili alla temperatura del fluido contenuto nelle rocce. Inoltre, la prospezione geofisica evidenzia parametri che possono rivelare strutture che influenzano le proprietà del sistema geotermico (Wright et al., 1985). Per quanto concerne i sistemi geotermici ad alta e media entalpia, l'obiettivo può essere quello di (Georgsson, 2009):

- delineare una risorsa geotermica;
- delineare un campo di produzione;
- individuare falde acquifere;
- valutare le proprietà generali del sistema geotermico.

Pertanto, i principali parametri fisici in un sistema geotermico sono (parametri primari):

- temperatura;
- porosità;
- permeabilità;
- contenuto chimico dei fluidi (salinità).

La maggior parte di questi non possono essere misurati direttamente con metodi geofisici convenzionali. Tuttavia esistono dei parametri misurabili che sono connessi a quelli di cui sopra, sono i parametri secondari, tra i quali si ricorda:

- temperatura ($^{\circ}\text{C}/\text{K}$);
- resistività elettrica (Ωm);
- magnetismo (Vs/m^2 or T);
- densità (kg / m^3);
- velocità sismica (km / s);
- attività sismica;
- conduttività termica (W / mK);
- potenziale elettrico (V).

E' infine necessario distinguere tra i metodi diretti e metodi indiretti. I metodi diretti forniscono informazioni sui parametri che sono influenzati dall'attività geotermica, mentre i metodi indiretti forniscono informazioni sui parametri geologici che possono rivelare strutture o corpi geologici importanti per la comprensione del sistema geotermico. I metodi diretti includono i cosiddetti "metodi termici" (resistività), metodi elettrici e i potenziali spontanei (SP), mentre i metodi indiretti comprendono misure magnetiche, misure di gravità, i metodi sismici attivi e - non da ultimo - il monitoraggio passivo della sismicità locale (Georgsson, 2009).

Non e' possibile, in questa sede, affrontare nel dettaglio tutti i diversi metodi di indagine geofisica disponibili, in quanto il loro impiego dipende da numerosi fattori quali, scopo dell'indagine, target, budget, metodologie disponibili. Vale comunque la pena di ricordare che per i sistemi geotermici ad alta entalpia, la prospezione magnetotellurica (MT) rappresenta uno dei metodi geofisici più impiegato. Le prospezioni MT misurano le variazioni del campo magnetico ed elettrico terrestre in superficie. Poiché la frequenza di questi segnali e' molto bassa, e' possibile ottenere informazioni da sistemi relativamente profondi nel sottosuolo (da decine di metri a fino centinaia di chilometri). Tali variazioni del campo elettromagnetico sono connesse alla diversa resistività (o conducibilità) elettrica dei materiali che formano il sottosuolo. I sistemi geotermici - derivanti dai processi di raffreddamento dei magmi - sono caratterizzati al loro tetto da un livello di argille di alterazione idrotermale di bassa temperatura (fillosilicati del gruppo della smectite, montomorillonite, illite). Ovviamente la "bassa temperatura" (indicativamente 140-320°C) e' relativa alle temperature di cristallizzazione dei magmi, dai quali questi sistemi derivano (800-1100 °C). Le prospezioni magnetotelluriche sono in grado di evidenziare il contrasto in termini di resistività tra questi livelli di minerali di alterazione e le rocce circostanti.

La figura 2 illustra un esempio generalizzato di un modello concettuale di un sistema geotermico derivante da fluidi idrotermali.

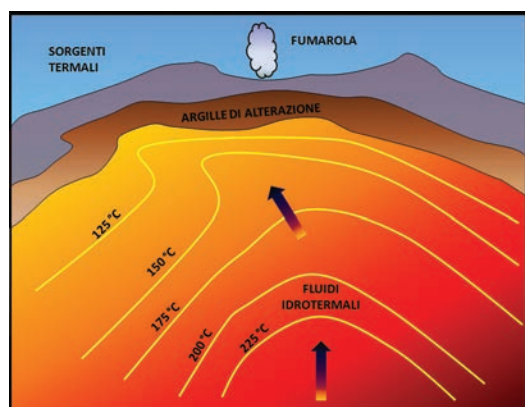


Fig.2: sistema idrotermale semplificato concettuale. Si noti la formazione di un livello di argille di alterazione al tetto, facilmente evidenziabile mediante prospezione magnetotellurica.

Laddove i sistemi idrotermali non siano presenti, la prospezione magnetotellurica consente comunque di ottenere informazioni relative alla diversa conducibilità delle rocce, la quale e' sostanzialmente connessa alla loro composizione mineralogica ed all'assetto tettonico dell'area investigata. In tal caso, comunque, l'interpretazione dei risultati di una prospezione magnetotellurica risulta più complessa e meno attendibile rispetto a quelle ottenute dalle prospezioni rivolte ai sistemi idrotermali classici.

Per quanto riguarda i sistemi a bassa entalpia, l'obiettivo principale delle indagini geofisiche e' lo sviluppo di un modello geologico concettuale di partenza, necessario alla messa in opera delle attività di geoscambio. Con tale obiettivo in mente, si dovranno pertanto selezionare le indagini geofisiche più adatte al raggiungimento di tale scopo.

BIBLIOGRAFIA

- Allen A. (2003). Shallow gravel aquifers and the urban 'heat island' effect: a source of low enthalpy geothermal energy - *Geothermics*
- Agrawal A. (2012). "Risk Mitigation Strategies for Renewable Energy Project Financing" - *Strategic Planning for Energy and the Environment*, Volume 32, Issue 2. DOI: 10.1080/10485236.2012.10554231
- Manzella A. Lectures on "Geochemical and Geophysical Methodologies in Geothermal Exploration". Italian National Research Council, International Institute for Geothermal Research Pisa, Italy.
- Georgsson L.S. (2009). "Geophysical methods used in geothermal exploration", Short Course IV on Exploration for Geothermal Resources" organized by UNU-GTP, KenGen and GDC, at Lake Naivasha, Kenya, November 1-22.
- Wright P. M., Ward S.H., Ross H. P. West R.C. (1985). "State-of-the-art geophysical exploration for geothermal resources". *Geophysics* Vol. 50, No. 12. DOI: 10.1190/1.1441889