

## LE PROSPETTIVE DELLA GEOTERMIA

di Adele Manzella ed Agnese Bianchi

*La geotermia sta tornando recentemente alla ribalta tra le energie alterative grazie alle enormi potenzialità che offre in una visione di diffusione dell'utilizzo di energie a basso impatto ambientale. L'utilizzo delle pompe di calore per il condizionamento (riscaldamento e raffrescamento) sta decollando anche in Italia, ma è ancora risibile in confronto a quello che sta avvenendo in altre nazioni. Tecnologie già mature potrebbero raddoppiare la potenza geotermoelettrica installata in Italia entro il 2020, e nuove tecnologie EGS la potrebbero decuplicare. Nuove prospettive attendono la geotermia, se l'Italia sarà capace di superare l'immobilismo che l'ha caratterizzata negli ultimi anni in questo settore.*

### Introduzione

Nessuno oserebbe mettere in dubbio che sia urgente liberare le nostre economie dalla schiavitù degli idrocarburi, fatta eccezione probabilmente per i paesi che sul petrolio costruiscono le loro fortune. Questa urgenza vale tanto più per l'Italia che ricava dal petrolio importato il 43% del suo fabbisogno energetico. L'utilizzo crescente di gas e combustibili solidi, che attualmente coprono rispettivamente il 36% ed il 9% del fabbisogno energetico, non migliora particolarmente la situazione: i costi di materie prime importate rimangono comunque alti e l'utilizzo sempre maggiore di carbone ci fa progressivamente allontanare dagli obiettivi del Protocollo di Kyoto, un divario che ci costerà molto caro nel 2012. In questa situazione la necessità di sviluppare fonti energetiche autoctone a basso impatto ambientale è sempre più sentita ed urgente.

Attualmente in Italia la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili rappresenta una percentuale ridotta (circa il 7%) rispetto a quella ottenuta da materie prime fossili come petrolio, gas naturale e carbone. In questa produzione da fonti rinnovabili la percentuale di energia geotermoelettrica, attualmente circa il 10%, è in diminuzione: sebbene la potenza installata aumenti, il tasso di crescita di altre fonti è molto maggiore di quello relativo alla geotermia (in particolare biomasse e eolico).

A quella parte del fabbisogno energetico necessario al condizionamento (riscaldamento e raffrescamento) degli ambienti la geotermia risponde con l'uso diretto del calore del sottosuolo, sia sottoforma di teleriscaldamento che con le pompe di calore geotermiche. L'uso di queste tecnologie ha avuto una rapidissima espansione in altri Paesi, soprattutto quelli fir-

matari del Protocollo di Kyoto, in quanto queste forme di riscaldamento permettono una riduzione notevolissima delle emissioni di CO<sub>2</sub>. In questo settore, però, l'Italia dimostra un ritardo notevole, soprattutto se si considera che è uno dei Paesi più ricchi di risorse geotermiche.

L'immobilismo italiano è dovuto a tanti fattori, economici e politici in particolare, ma molto è dovuto anche alle scarse conoscenze di nuovi orizzonti che la geotermia si sta aprendo nello scenario internazionale. Partendo da una descrizione sintetica, e necessariamente semplificata, dell'utilizzo convenzionale dell'energia geotermica, descriviamo qui di seguito quali sono le prospettive di crescita alle quali si potrebbe arrivare in Italia nel giro di pochi anni, e i vantaggi sia economici che ambientali che l'uso di questa energia porterebbe al Paese.

### La risorsa geotermica

L'energia geotermica, nella sua accezione completa, è l'energia termica immagazzinata sotto la superficie terrestre. Nella gran parte dei casi però la geotermia utilizzata, cosiddetta convenzionale, è quella dei sistemi idrotermali dominati dal moto convettivo dell'acqua, la quale muovendosi a partire dalla superficie della crosta terrestre all'interno di uno spazio confinato raggiunge zone calde profonde caratterizzate da un'anomalia termica e determina risalendo un trasferimento del calore profondo in superficie o a profondità economicamente raggiungibili. La zona sede di circolazione di fluidi caldi viene definita serbatoio geotermico, che è solitamente ricoperto da rocce impermeabili che permettono di non disperdere il calore troppo velocemente (Figura 1).

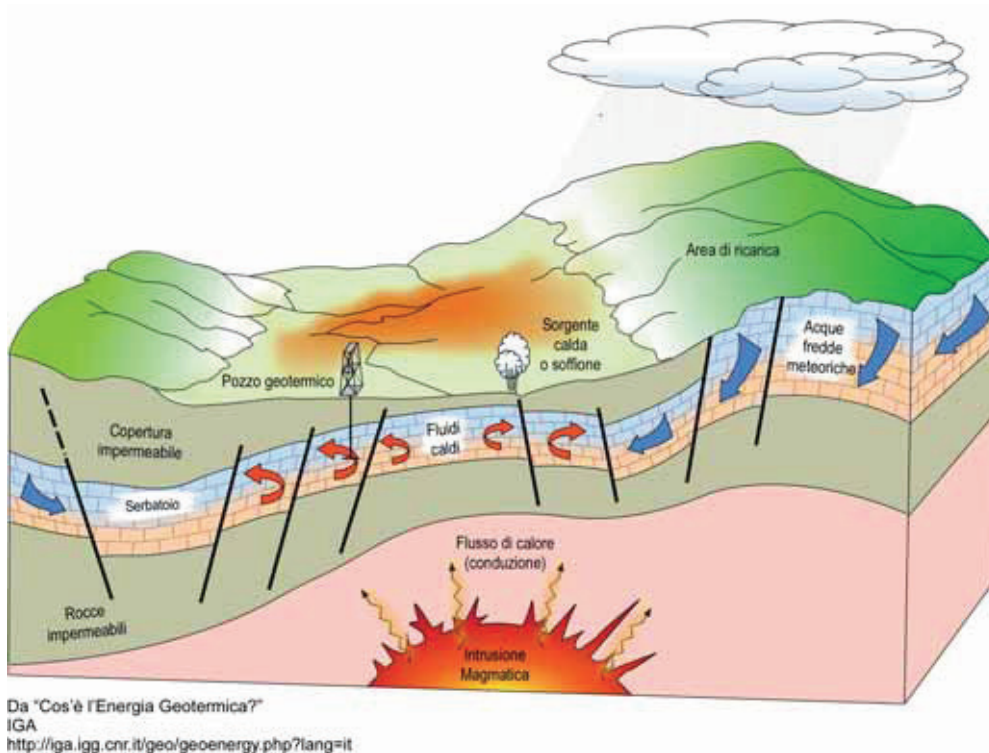


Figura 1: Schema semplificato di un sistema geotermico convenzionale

L'utilizzo convenzionale dell'energia geotermica è identificato dalla suddivisione in due categorie principali: risorse ad alta temperatura (con  $T > 150^{\circ}\text{C}$ ) - prevalentemente utilizzate per la produzione di energia elettrica - e risorse a bassa temperatura (con  $T < 150^{\circ}\text{C}$ ) impiegate per usi diretti ed a scopo di riscaldamento. Le

possibilità di utilizzo dell'energia geotermica a temperature inferiori a quelle comunemente utilizzate per la produzione geotermoelettrica sono notevoli e spaziano dalle comuni terme ai sempre più frequenti utilizzi diretti per scopi agroalimentari, florovivaistici ed industriali (Figura 2).

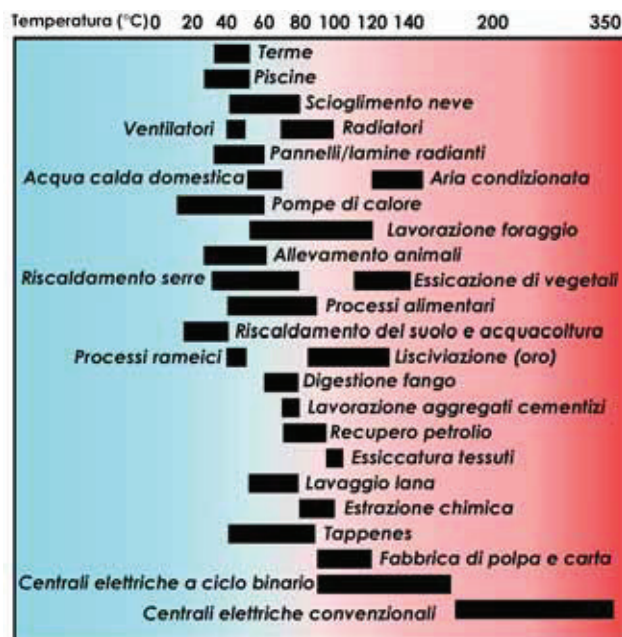


Figura 2: Campi di utilizzo dell'energia geotermica in funzione della temperatura

Di questi ultimi non ci occupiamo in questa breve rassegna, ma ci concentriamo sui due utilizzi principali mirati al miglioramento della qualità della vita e dell'uso sostenibile delle risorse: il condizionamento termico e la produzione di energia elettrica.

### Il condizionamento geotermico

La produzione di calore da fonte geotermica può essere ottenuta in due modi distinti. Il primo consiste nell'utilizzo diretto degli acquiferi del sottosuolo con temperature comprese fra 30 e 150°C. In questi sistemi l'acqua calda proveniente da uno o più pozzi è fatta passare attraverso degli scambiatori di calore collegati ad una rete di tubazioni che percorrono il centro abitato da riscaldare: ciò permette sia di fornire calore per il riscaldamento domestico sia di produrre acqua calda sanitaria mediante altri piccoli scambiatori di calore posti all'interno delle singole costruzioni. Sistemi di questo tipo sono utilizzati ad es. in zone geotermiche toscane e nel Veneto, ma un esempio eccellente è dato dalla città di Ferrara che utilizza una risorsa geotermica a 102 °C (il pozzo preleva l'acqua a 1000 metri di profondità) consentendo, insieme al termovalorizzatore cittadino, di riscaldare buona parte della città. Un utilizzo di questo tipo potrebbe essere esteso a diverse zone in Italia, riscaldando città soprattutto in Toscana, Lazio e Campania, le regioni più "calde".

Il secondo metodo di produzione di calore

consiste nelle pompe di calore geotermiche che utilizzano la geotermia nella sua piena accezione di calore immagazzinato nel sottosuolo. Queste pompe sfruttano lo scarto di temperatura tra l'aria ed il terreno (o talvolta l'acqua di laghi/fiumi) attraverso sonde poste sotto la superficie terrestre a profondità dell'ordine di decine o al massimo poche centinaia di metri. Le pompe di calore geotermiche fanno parte delle tecnologie rinnovabili che stanno acquisendo sempre più successo nel mercato Europeo. I vantaggi principali di questa tecnologia derivano dal fatto che possa essere utilizzata sia per il riscaldamento invernale degli edifici sia per il loro raffrescamento estivo ed è caratterizzata da una continuità stagionale e giornaliera: infatti non è influenzata dalle condizioni meteorologiche, dal naturale alternarsi del giorno e della notte e delle stagioni.

Nei Paesi dell'Unione Europea gli obiettivi per il 2010 previsti nel Libro Bianco per quanto riguarda la produzione di calore sono già stati ampiamente superati, con previsioni di triplicare il valore assunto nel Libro Bianco. Questo viene spiegato in parte con l'arrivo dei nuovi stati membri, ma soprattutto con l'elevata crescita del mercato delle pompe di calore, in particolare in Germania, Repubblica Ceca, Francia. Confrontando i dati italiani con quelli di nazioni a minore potenziale geotermico si osserva come l'andamento sia opposto: le altre nazioni presentano ridotta o nulla produzione geotermoelettrica affiancata ad un elevato utilizzo delle pompe di calore geotermico (Figura 3).

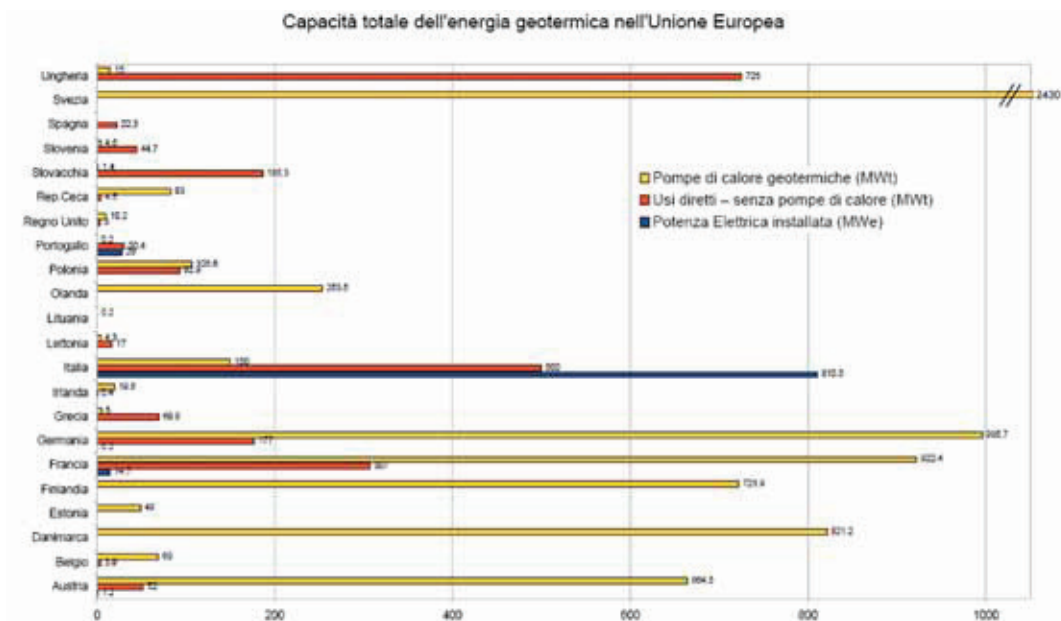


Figura 3: Potenza installata nel 2006 per elettricità, usi diretti e pompe di calore geotermico

Le pompe di calore geotermico si stanno affacciando adesso al mercato del piccolo consumatore italiano e la loro diffusione ed utilizzo, per quanto in rapida espansione, cresce con una intensità di gran lunga inferiore a quella di molti altri Paesi anche meno “energivori” dell’Italia.

### I sistemi geotermici per la produzione di energia elettrica

La produzione di elettricità da impianti geotermici convenzionali consiste nella conversione del calore proveniente da acquiferi ad alta temperatura (da 150°C a 350°C) attraverso l’utilizzo di turbogeneratori. L’Italia può vantare nella geotermia convenzionale non soltanto un primato storico, essendo stata la prima nazione a produrre energia elettrica da fluidi geotermici, ma anche un bagaglio di conoscenze e competenze riconosciuto in tutto il mondo. Nella classifica mondiale della produzione di energia geotermoelettrica l’Italia si colloca al quinto posto, essendo beneficiaria di una delle più importanti risorse al mondo, situata nella Toscana Meridionale. L’Italia si classifica dopo paesi come gli USA ed il Messico, molto più vasti del nostro, e le Filippine e l’Indonesia, isole vulcaniche in cui le risorse coprono tutto il paese. Pochi in Italia sono consapevoli di questa realtà, e nell’immaginario comune il paese europeo geotermico per eccellenza è l’Islanda: eppure l’Italia ha una potenza installata di 810,5 MWe (MW elettrici)

contro i 420,9 MWe dell’Islanda. Quello che veramente la differenza dall’Islanda è da una parte il contributo della geotermia al fabbisogno energetico della nazione (il 17% in Islanda contro il 2,3% dell’Italia) e dall’altra l’aumento della potenza installata, che in Italia negli ultimi tre anni è circa del 2,5% mentre in Islanda risulta maggiore del 100%.

La geotermia convenzionale può dare un notevole contributo a paesi vulcanici poco popolati, come l’Islanda, o non particolarmente industrializzati, come le nazioni del Centro America, diverse isole dell’Asia e nazioni africane attraversate dal Rift. Tutti i paesi geotermici hanno in programma di aumentare la loro produzione nel prossimo futuro, seppur con ritmo di espansione molto variabile: elevato in Islanda, Indonesia e Centro America, basso in Italia. Comunque non si prevedono forti balzi nella produzione di energia elettrica dalla geotermia convenzionale, che attualmente rappresenta la quasi totalità della produzione geotermoelettrica, ed anche in Europa non si prevede di superare la soglia già prevista nel Libro Bianco. Il limite principale della geotermia convenzionale è che rimane geograficamente poco distribuita (Figura 4) in quanto fluidi molto caldi e superficiali si ritrovano solo in zone della Terra con peculiari condizioni geologiche e la produzione totale, seppure ragguardevole (quasi 10 GWe, lo 0,4% del fabbisogno energetico mondiale), rimane una soluzione energetica importante solo in pochi contesti geografici.

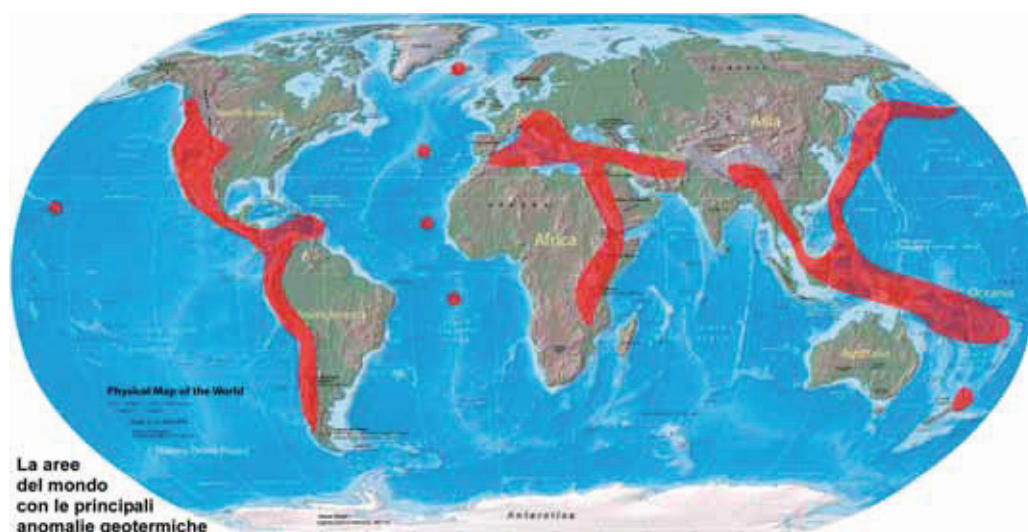


Figura 4: Le aree del mondo con le principali anomalie geotermiche in Unione Europea. Dati da da Fridleifsson et al, 2008 e Bertani, 2007.

I campi geotermici idrotermali vanno coltivati adeguatamente garantendo la sostenibilità della risorsa, un obiettivo critico se si estraggono fluidi dal sottosuolo che non vengono ripristinati. Già negli anni '80 proprio in Italia si dimostrò l'importanza e l'efficacia della reiniezione dei fluidi nel sottosuolo nel favorire il mantenimento della portata e la conservazione delle condizioni del sottosuolo, quindi anche del serbatoio. Di fatto l'obiettivo della geotermia non è quello di estrarre materiale dal sottosuolo, come nelle attività minerarie, ma esclusivamente di utilizzare il calore immagazzinato sotto la superficie terrestre. La geotermia convenzionale presenta inoltre un rischio molto elevato di perforare senza produrre adeguatamente dato che per produrre efficacemente occorre un abbondante flusso di fluido geotermico in superficie, quindi le perforazioni, che determinano il costo più alto degli impianti, devono arrivare ad intercettare grosse fratture o comunque zone molto permeabili non sempre facili da individuare prima della perforazione stessa.

Per cambiare lo scenario a macchia di leopardo della produzione geotermoelettrica nel mondo e renderla in grado di affrontare massicciamente il problema energetico e le emissioni di CO<sub>2</sub> occorre utilizzare altre metodologie fino ad ora poco economiche ma che tornano alla ribalta con le nuove necessità energetiche. Una tecnologia già matura, per quanto nuove ricerche potrebbero portare ad ottimizzarla ulteriormente, è quella dei cicli binari che permette di produrre elettricità utilizzando acquiferi con temperatura compresa fra 85°C e 150°C. In questo processo l'energia proveniente dai fluidi geotermici viene trasmessa, attraverso uno scambiatore di calore, ad un fluido (isobutano, isopentano, ammoniaca) avente la caratteristica di vaporizzare ad una temperatura inferiore rispetto all'acqua. L'utilizzo di questi sistemi permette di ampliare le aree di produzione geotermoelettrica, comprendendo innanzitutto le zone marginali dei campi geotermici già in coltivazione ed estendendosi a tutte le aree che presentano più blande anomalie termiche, di solito legate a particolari processi tettonici. Si stima che nel mondo impianti a ciclo binario potrebbero essere estesi a moltissime zone, anche in Paesi considerati moderatamente geotermici, portando la potenza installata dagli attuali 10 GWe a 70 GWe. Dopo alcuni tentativi pionieristici in epoche nelle quali tali sistemi risultavano poco economici e di con-

seguenza poi abbandonati, in Italia ancora non si vede alcun tentativo di applicazione di sistemi binari, di comprovata tecnologia. Da notare che l'Italia produce impianti a cicli binari, ma fino ad ora solo per il mercato estero.

### Nuove frontiere: geotermia non convenzionale

Ora che, grazie ai sistemi binari, si può arrivare a produrre elettricità da fluidi di temperatura appena superiore a 85°C, temperatura che a seconda della zona può essere rinvenuta a profondità variabili da poche centinaia di metri - come nelle zone geotermiche per eccellenza - fino a qualche km di profondità (il gradiente terrestre medio è di 30°C ogni km), cosa ostacola ancora lo sviluppo delle geotermie? In principio essa può diventare economica un po' ovunque, purché sia garantita una sufficiente superficie di contatto tra rocce e fluido da permettere di scambiare calore tra la roccia ed il vettore, di solito acqua. Occorre garantire non solo che il vettore fluido si scaldi a sufficienza, ma anche che esso fluisca con sufficiente portata attraverso la turbina o lo scambiatore superficiale. Nasce quindi l'esigenza di creare un sistema geotermico costituito dagli stessi elementi di quello idrotermale classico, ma in cui si sopperisce artificialmente quando uno (o più) di questi è scarso. Inoltre si cerca di mantenere il circuito quanto più possibile chiuso: il vettore fluido viene immesso nel sottosuolo attraverso un pozzo di iniezione, si riscalda per contatto con la roccia e viene quindi recuperato in superficie attraverso un altro pozzo, per poi essere immesso nello scambiatore di calore o direttamente in turbina. In questo caso si parla di *Enhanced (o Engineered) Geothermal Systems o EGS*. Buona parte della ricerca in EGS è tesa a trovare il modo migliore di fratturare la roccia in profondità e creare un collegamento idraulico tra due pozzi (Figura 5).

La fratturazione viene effettuata o rompendo la roccia con immissione di acqua a grande pressione in fondo pozzo (stimolazione idraulica) o iniettando fluidi contenenti sostanze che disciolgono parzialmente la roccia (stimolazione chimica). L'esperienza ha dimostrato però che non è affatto banale controllare la fratturazione delle rocce nel sottosuolo e molta ricerca va ancora fatta in questo settore. Il più grosso esperimento EGS, quello di Soult ai confini tra Francia e Germania, entrerà in produzione nei prossimi mesi,

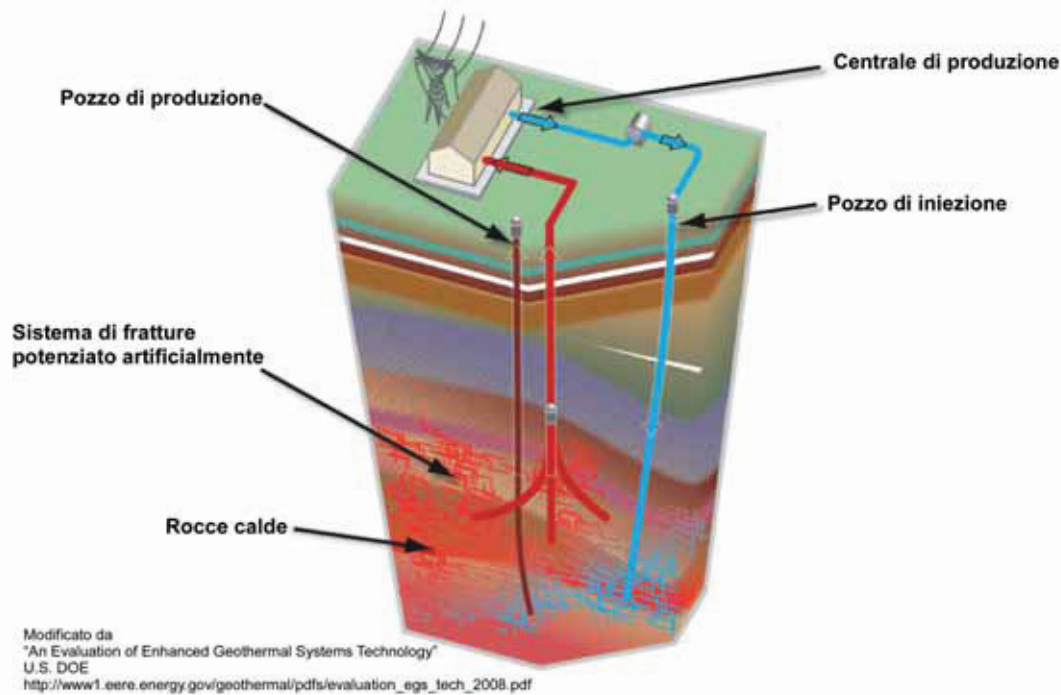


Figura 5: Schema semplificato di un sistema EGS.

ma il suo principale risultato sarà quello di avere insegnato ad una generazione di geotermici come ottimizzare l'uso delle risorse geotermiche. Progetti geotermici industriali già in produzione come Landau in Germania e Coso negli USA devono molto alle conoscenze acquisite grazie ad esperimenti scientifici EGS.

La ricerca tecnologica nel settore EGS ha come fine ultimo quello di ottimizzare l'utilizzo della risorsa geotermica nella sua più completa accezione riducendo i rischi di investimento. Questo sarà reso possibile se verranno presi in considerazione e migliorati vari aspetti: l'esplorazione, la valutazione e l'amministrazione della risorsa, la perforazione e la stimolazione, i cicli termodinamici più efficienti, avendo cura di valutare per ognuno degli argomenti trattati l'impatto ambientale. L'obiettivo finale è quello di sviluppare una tecnologia in grado di produrre elettricità e/o calore a partire da una risorsa in pratica naturalmente onnipresente (il calore interno della Terra) attraverso sistemi economicamente perseguibili e relativamente indipendenti dalle condizioni del sito di realizzazione.

Un avanzamento tecnologico in questo settore offrirebbe molti benefici: la geotermia EGS è non soltanto perfettamente sostenibile (il calore, se il sistema viene pianificato bene e viene mantenuto in equilibrio così da non rischiare di raf-

freddarlo troppo rapidamente, si può considerare illimitato quantomeno in tempi geologici), pulita (tutto quello che viene estratto viene reiniettato) e può arrivare a produrre una quantità di energia elettrica veramente notevole. È stato stimato che con l'utilizzo di sistemi EGS la geotermia potrebbe arrivare a produrre 140 GWe, una potenza paragonabile a quella prevista per l'eolico.

Una ulteriore frontiera riguarda i nuovi sistemi di ricerca e di analisi down-hole per fluidi supercritici allo scopo di migliorare l'efficienza e l'economicità della geotermia nei sistemi idrotermali più caldi, che ospitano nelle zone più profonde fluidi in condizioni supercritiche, ovvero temperature superiori a 450°C. Laddove questi fluidi si ritrovano a profondità raggiungibili con la perforazione (3.5-5 km) è stato stimato che un pozzo che producesse 0.67 m<sup>3</sup>/sec (~2400 m<sup>3</sup>/h) di vapore con temperature superiori a 450°C genererebbe 40-50 MWe. Questa potenza è di un ordine di grandezza più elevata di quanto ottenibile con pozzi geotermici convenzionali. Esperimenti di questo tipo stanno venendo condotti in Islanda (si veda <http://www.iddp.is>), ma risorse paragonabili possono essere individuate anche in Italia, in alcune zone dei campi geotermici toscani ed in aree vulcaniche attive.

## La geotermia e le emissioni di gas serra

A seconda delle condizioni geologiche dei diversi siti, i fluidi geotermici ad alta temperatura contengono quantità variabili di gas e sali che per la gran parte rimangono nelle acque condensate poi reiniettate nel serbatoio geotermico. Alcuni gas, tipicamente CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>S, sono tenuti sotto controllo e se non superano concentrazioni elevate vengono rilasciati in atmosfera. Negli USA e in Italia l' H<sub>2</sub>S viene rimossa alle centrali con opportuni dispositivi. Le stime di emissioni di CO<sub>2</sub> da centrali geotermoelettriche mostrano valori variabili nei diversi siti ma comunque molto inferiori a quanto prodotto da centrali a combustibili fossili liquidi e solidi. In taluni casi molto rari (ad esempio in Italia nella zona dell'Amiata) l'emissione può superare, e comunque di poco, quello delle centrali a turbogas, ma va considerato che le zone idrotermali per loro natura geologica possono essere sede di emissioni di CO<sub>2</sub> naturale. In tal caso bisogna definire qual è lo stato naturale, di fondo, dell'area in esame e se ci sono diminuzioni di emissione dopo l'inizio della coltivazione geotermica occorre sottrarre questo valore a quello stimato venire dagli impianti geotermici: purtroppo que-

ste stime sono difficili da fare in zone geotermiche di più lungo sfruttamento, come in Italia. Le quantità di gas nelle risorse idrotermali a medio-bassa temperatura sono sempre molto inferiori a quelle ad alta temperatura, e vengono comunque sempre reiniettate nel sottosuolo per evitare effetti di corrosione sugli impianti. L'utilizzo di cicli binari e tecnologie EGS porterebbe ad un azzeramento delle emissioni, in virtù del fatto che essi lavorano con ciclo chiuso e tutto quello che viene estratto viene reiniettato opportunamente, evitando ogni interferenza con l'ambiente circostante.

L'uso delle pompe di calore non comporta emissioni, se non quelle indirette relative alla CO<sub>2</sub> prodotta per alimentare con energia elettrica la pompa, azzerabili con l'utilizzo di altre rinnovabili quali pannelli fotovoltaici.

Per i sistemi di teleriscaldamento le emissioni sono comprese nell'intervallo 0-1 g CO<sub>2</sub>/kWh a seconda del contenuto carbonatico dell'acqua, e comunque spesso le acque vengono reiniettate completamente. La Figura 6 mostra quanto l'uso della geotermia per il teleriscaldamento abbia ridotto le emissioni di CO<sub>2</sub> in Islanda, un record ma anche un esempio che l'Italia potrebbe seguire in molte zone.

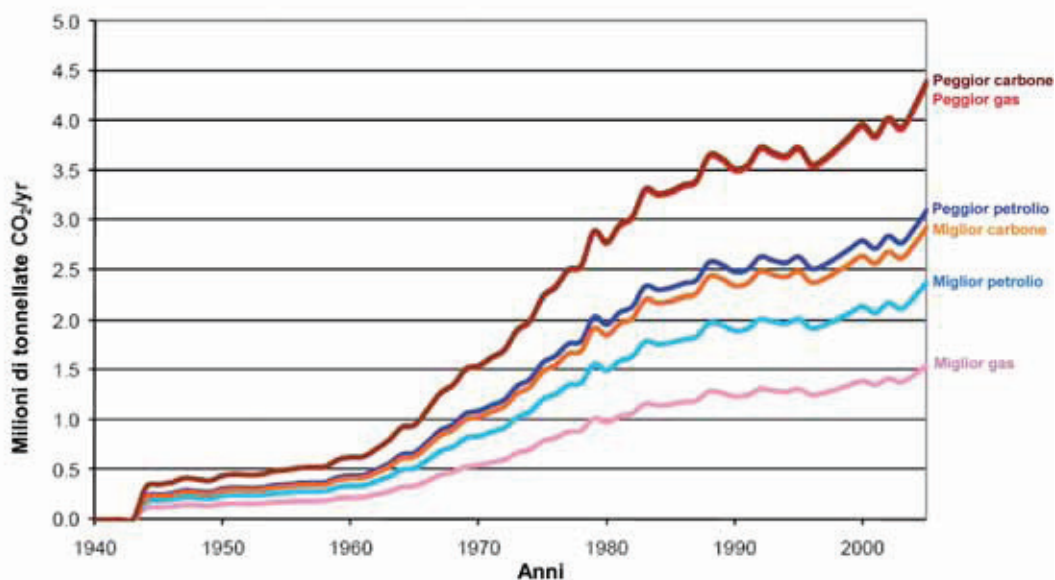


Figura 6: Riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> in Islanda utilizzando acque geotermiche in confronto alle altre fonti di energia 1940-2006. Modificata da Fridleifsson et al, 2008.

## Conclusioni

La situazione economica ed ambientale è cambiata negli ultimi anni, il prezzo dell'energia

ha raggiunto livelli elevati e ci sono evidenti minacce di riscaldamento globale dovute all'utilizzo di risorse fossili non rinnovabili. Per rispondere a questi problemi sono stati svilup-

pati diversi grandi progetti nell'ambito del settore geotermico (Germania, Francia ed Islanda) determinando un rinnovato interesse per la produzione di energia geotermica non convenzionale in tutto il mondo, soprattutto in Australia e Stati Uniti. Il progresso di tecnologie per produzione di energia elettrica a medie temperature (cicli binari) e in sistemi idrotermali a bassa permeabilità mediante stimolazione e reiniezione (Enhanced Geothermal Systems EGS) ha fatto aumentare enormemente le stime di potenza elettrica producibili con la geotermia. In una prospettiva di lungo periodo l'utilizzo energetico dei sistemi EGS e di impianti a ciclo binario potrebbe svilupparsi enormemente in Italia, anche in zone del territorio nazionale che ad oggi sono situate al di fuori delle aree geotermiche tradizionali. È stato stimato che in Italia l'utilizzo di cicli binari potrebbe portare nel 2020 la potenza geotermoelettrica complessiva installata dagli attuali 800 MWe a circa 1500 MWe, con un risparmio in combustibili fossili di 1,2 milioni di TEP. Non è stata ancora fatta una stima del potenziale geotermoelettrico in Italia applicando le tecnologie in sviluppo per i sistemi EGS, ma in nazioni come la Germania e USA si stimano valori decuplicati rispetto al potenziale installato.

Per abbassare i costi unitari di produzione di elettricità dagli EGS è auspicabile affiancare a questi sistemi il recupero dei cascami di calore con la connessione a reti di teleriscaldamento. L'utilizzo del calore geotermico per il condizionamento di ambienti, sia in forma di teleriscaldamento che con pompe di calore geotermiche, potrebbe contribuire efficacemente al fabbisogno annuo di calore, portando la potenza termica installata dagli attuali 650 MWt (MW termici) a 6000 MWt. Questo valore rappresenta il 5.3% del consumo annuo di calore attuale in Italia, superiore all'attuale 4.7% di tutte le fonti rinnovabili (in questo momento il contributo geotermico è dello 0.1%) con un risparmio di 1,8 milioni di TEP.

La geotermia è la forma di approvvigionamento energetico rinnovabile più affidabile per soddisfare le richieste energetiche di base load (o domanda di base, corrisponde al livello minimo della domanda di elettricità dell'intero sistema produttivo) in quanto gli impianti geotermici riescono a lavorare tutto il giorno e tutto l'anno, eccetto durante le fasi di riparazione o manutenzione ordinaria. Questo ne fa una risorsa eccel-

lente soprattutto in aree non provviste di collegamento diretto alla rete elettrica, laddove non ci si voglia dotare di sistemi di immagazzinamento di energia termica o elettrica.

Il progresso delle tecniche di utilizzo delle risorse geotermiche riguarda l'applicazione di metodologie non convenzionali per l'esplorazione, lo sviluppo e lo sfruttamento della risorsa geotermica, soprattutto per la produzione di energia elettrica. Esistono attualmente due revisioni eccellenti di quel che potrebbe essere il futuro della ricerca geotermica nel campo degli Enhanced Geothermal Systems: da una parte lo studio sponsorizzato dal Department of Energy degli Stati Uniti (DOE) al quale fa capo un comitato di esperti indipendenti diretti dal Massachusetts Institute of Technology (MIT) ([http://geothermal.inel.gov/publications/future\\_of\\_geothermal\\_energy.pdf](http://geothermal.inel.gov/publications/future_of_geothermal_energy.pdf)), dall'altro il Best Practice Handbook risultato da un Coordination Action finanziato dalla Unione Europea al quale hanno partecipato 31 partners europei (<http://engine.brgm.fr>). All'interno di questi studi si individuano quelli che sono i passi fondamentali su cui si devono concentrare le ricerche in geotermia:

- Localizzazione del sito (esplorazione ed individuazione della temperatura, permeabilità e stress);
- Creazione del Reservoir (perforazione dei pozzi e miglioramento delle caratteristiche idrauliche attraverso stimolazione azzerando l'impatto ambientale, in particolare la sismicità indotta);
- Fase di messa in opera (verifica del circuito di circolazione idrica e successiva installazione della strumentazione operativa ottimizzando ulteriormente i sistemi binari).

Il futuro è comunque rappresentato da programmi dimostrativi che prevedano un'integrazione delle differenti aree di ricerca al fine di evidenziare che i serbatoi EGS contraddistinti dalle caratteristiche tipiche (buona distribuzione territoriale, superfici di scambio di calore sufficientemente ampie, velocità di flusso e temperature sufficientemente elevate, con ridotti flussi a bassa velocità e scarsa perdita d'acqua) costituiscono una risorsa di energia sostenibile disponibile ad un prezzo competitivo rispetto alle tecnologie delle altre risorse rinnovabili. Questo approccio dimostrativo dovrebbe inoltre definire una strategia in grado di aumentare le dimensioni degli impianti EGS



fino a produrre diverse centinaia di MWt o decine di MWe.

Nuove idee e nuove tecnologie sono necessarie per arrivare ad ottimizzare l'utilizzo della geotermia, ma le potenzialità sono enormi. Molto dipende dai finanziamenti, necessari a far evolvere la tecnologia per produzione di energia elettrica a medie temperature (cicli binari), in sistemi idrotermali a bassa permeabilità mediante stimolazione e reiniezione (EGS) o in zone anomale caratterizzate da fluidi in condizioni supercritiche, cambiando così enormemente le stime di potenza elettrica producibili con la geotermia. In Italia l'ultima valutazione del poten-

ziale geotermico di dettaglio risale a circa 15 anni fa e riguarda solo le risorse idrotermali classiche con temperature superiori a 150°C - ma inferiori alle condizioni supercritiche - e ampie riserve d'acqua. Una rivalutazione di dettaglio del potenziale geotermico dell'Italia alla luce del nuovo concetto di risorsa geotermica fornirebbe mappe di distribuzione su tutto il territorio nazionale utilizzando le moderne tecniche GIS, un lavoro già disponibile per tutte le altre nazioni industrializzate, USA in testa. Su questa base il nostro paese potrebbe programmare al meglio i nuovi piani di sviluppo e restituire alla geotermia il suo ruolo di risorsa rinnovabile strategica.

### ADELE MANZELLA

*Researcher at IGG. She graduated at the University of Padua with a thesis in Geophysics (Honours Degree in 1985). She obtained the diploma from the UNESCO post-graduate course at the International School of Geothermics, Pisa, with a thesis on the application of geophysical methods to geothermal exploration (1986). Various scholarships allowed her to follow graduate courses in geophysics at the University of California, Berkeley (1986-87) and do research at the Osservatorio Geofisico Sperimentale (Experimental Geophysics Observatory) in Trieste with research on pseudo-spectral modeling of seismic waves (1988-89). She worked in seismology, numerical modeling for seismic and electromagnetism. Since 1990 has been working mainly in geothermal activities as a geophysicist, conducting magnetotelluric field and theoretical investigation of geothermal systems in Italy and abroad. She has been responsible for magnetotelluric surveys in tectonically active regions of Italy, Tibet, Czech Republic, Iceland. Authored over 60 articles in technical journals and meeting proceedings and presented several papers at international symposia and congresses. On 2001 she was elected Chairman of the Information Committee, and member of the Board of Directors of the International Geothermal Association (IGA).*

#### **Contatti:**

National Research Council Institute of Geosciences and Earth Resources

Via Moruzzi, 1

Tel: +39 050 3152392 Fax: +39 050 3152323

56124 Pisa, Italy

Email manzella@igg.cnr.it

### AGNESE BIANCHI

*Agnese Bianchi si è laureata a dicembre 2006 in Scienze e Tecnologie per l'Ambiente ed il Territorio presso l'Università di Pisa. Successivamente ha seguito uno stage formativo presso il centro di Ricerca ENEL di Pisa dove si è occupata di uno studio di LCA relativo a diversi processi di produzione di idrogeno. Attualmente si occupa di geofisica applicata alla geotermia. I suoi interessi spaziano dalle Scienze della Terra, allo studio degli impatti ambientali legati alle energie rinnovabili.*

#### **Contatti:**

CEGL Centro di Eccellenza per la Geotermia di Larderello

Via Carducci 4,56044 Larderello (PI), Italy

Tel: +390503153417

**Bibliografia**

Le cifre fornite in questo articolo sono riprese dal Rapporto Energia e Ambiente 2006, Analisi e scenari, dell'ENEA ([http://titano.sede.enea.it/stampa/Files/cs2007/REA2006\\_AnalisiScenari.pdf](http://titano.sede.enea.it/stampa/Files/cs2007/REA2006_AnalisiScenari.pdf)), e dalle seguenti pubblicazioni, recuperabili nel sito della International Geothermal Association (IGA, <http://geothermal-energy.org>):

Bertani R.: World geothermal generation in 2007. Proceedings European Geothermal Congress 2007, Unterhaching, Germany, 30 May – 1 June 2007.

Buonasorte G., Cataldi R., Passaleva G.: Geothermal development in Italy: from present to future. Proceedings European Geothermal Congress 2007, Unterhaching, Germany, 30 May – 1 June 2007.

Fridleifsson I.B., Bertani R., Huenges E., Lund J.W., Ragnarsson A., Rybach L.: The possibile role and contribution of geothermal energy to the mitigation of climate change. In: O. Hohmeyer and T. Trittin (Eds.) IPCC Scoping Meeting on Renewable Energy Sources, Proceedings, Luebeck, Germany, 20-25 January 2008, 59-80.