



# Le possibilità di utilizzo della risorsa geotermica a bassa e media entalpia per la sostenibilità della produzione energetica

Le risorse geotermiche sono particolarmente abbondanti, ampiamente diffuse e accessibili e costituiscono un'altra fonte alternativa ai combustibili fossili, per ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub> in atmosfera e mitigare i cambiamenti climatici

■ Francesco Zarlenga

## INTRODUZIONE

Nell'immaginario collettivo la parola "geotermia" evoca inevitabilmente i sistemi geotermici tipo Lardarello (Desio, 1989; Funicello, 1986; Grant et al., 1982; Hochstein, 1990), tuttavia un sistema geotermico non sempre è utile per la produzione di energia elettrica. Per esserlo, infatti, deve presentare caratteristiche idrogeologiche e termiche che assicurino fluidi caldi utilizzabili industrialmente; solo in tal caso si parla di campo geotermico. Tuttavia se per la produzione di energia elettrica sono necessarie precise e molto rare condizioni geologiche e idrogeologiche, le moderne tecnologie sono oggi in grado di sfruttare anche il semplice calore geotermico che s'incontra dai 15-20 metri di profondità, una volta superata la zona di aereazione, che risente delle temperature al suolo. Allo stesso modo, la tecnologia consente di utilizzare in campo industriale e agricolo o, comunque, a scopi produttivi, i fluidi a bassa e media entalpia e pertanto di introdurre risparmio energetico. In questa breve sintesi saranno focalizzati solo alcuni esempi, sia perché rivestono un forte interesse industriale (pompe di calore), sia per-

ché sono prodotti tipicamente nazionali (telerscaldamento e usi termali della risorsa). Da un punto di vista generale, val la pena ricordare che le risorse geotermiche sono suddivise schematicamente in (Muffler & White, 1972; Hickel, 1972; Barbier & Santoprete, 1993):

- 1) Sistemi idrotermali a vapore dominante: presentano il maggior contenuto energetico, contenendo sia acqua sia vapore, con il secondo nettamente dominante, e sono quelli migliori per la produzione di energia elettrica.
- 2) Sistemi idrotermali ad acqua dominante: producono acqua nella fase liquida, o un misto di acqua e vapore, e sono i più diffusi nel mondo. Riguardo alle temperature delle acque, essi sono classificati in: sistemi ad alta temperatura ( $T > 150$  °C); sistemi a media temperatura ( $100$  °C  $< T < 150$  °C); sistemi a bassa temperatura ( $T < 100$  °C).
- 3) Sistemi a rocce calde secche: si trovano in aree che presentano alte temperature e bassa permeabilità e possono essere potenzialmente utilizzati per fini produttivi (Bowen, 1989); tuttavia sono ancora in corso studi su questa materia (Armstead, 1977; Bowen, 1989).
- 4) Sabbie geopressurizzate: rappresentano una risorsa geotermica poco usuale, essendo una forma particolare di acquifero sedimentario dove i fluidi, presenti nei pori, sono soggetti ad alte pressioni.

■ Francesco Zarlenga

ENEA, Unità Tecnica Fonti Rinnovabili

Infine, riguardo al loro contenuto energetico, i fluidi geotermici sono classificati in:

- fluidi ad alta entalpia: 630 Kcal/kg vapore secco;
- fluidi a media entalpia: 100 H 670 Kcal/kg (misto di acqua e vapore con un 30% di vapore);
- fluidi a bassa entalpia: 100 Kcal/kg (acque a  $T = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

### L'utilizzo non elettrico della risorsa a bassa e media entalpia

L'utilizzo di risorse geotermiche a bassa entalpia è da ritenersi vantaggioso, poiché tali risorse sono particolarmente abbondanti, ampiamente diffuse e facilmente accessibili. In molti casi, infatti, non è necessaria la perforazione di pozzi, poiché possono essere direttamente utilizzate sorgenti termali o, anche i reflui delle centrali geotermoelettriche. L'utilizzazione ottimale del calore geotermico avviene generalmente mediante sistemi a cascata, sfruttando il calore residuo in più impianti a decrescente richiesta termica. La risorsa geotermica a bassa e media entalpia può essere utilizzata nei seguenti settori, riguardo alle condizioni termiche, idriche e di sistema:

- per teleriscaldamento;
- per riscaldamento e/o raffrescamento domestico di piccole e medie utenze;
- per usi agricoli e zootecnici;
- per usi industriali;
- per uso termale.

Attualmente usi non elettrici dell'energia geotermica sono sviluppati in 58 paesi, mentre nel 1995 il loro numero era limitato a 28 e a 24 nel 1985. L'uso non elettrico più diffuso nel mondo, come potenza installata, è rappresentato dalle pompe di calore (34,80%), seguito dalla balneologia (26,20%), dal riscaldamento di ambienti (21,62%), dalle serre (8,22%), dall'acquacoltura (3,93%) e da impieghi industriali diversi (3,13%) (Lund e Freeston, 2001). In Europa, nel 2007, l'uso diretto di energia geotermica è stato di circa 160.000 TJ/anno, con una potenza termica installata pari a 14 GWth, ripartita tra le diverse applicazioni (tabella 1). In Europa è la Svezia che ha maggiormente sviluppato l'utilizzo delle pompe di calore con 3,8 GWth (con l'utilizzo di 36.000 TJ/a di energia geotermica), seguita

dall'Islanda con 1,8 GWth (24.500 TJ/a) e dalla Turchia con 1,4 GWth (24.000 TJ/a). L'Italia, al quarto posto su scala europea, ha un potenziale installato di 0,65 GWth, (8.000 TJ/a di calore geotermico impiegato per usi diretti). Il ricorso agli usi diretti della geotermia nel 2007 è all'incirca raddoppiato rispetto agli anni 1999-2000, caratterizzati da una potenza installata di appena 0,33 GWth ed un impiego energetico di 3.800 TJ/a. Non essendo disponibili dati aggiornati sulle singole applicazioni dirette del calore geotermico in Italia, i valori di riferimento attuali sono quelli relativi alla fine del 2006 (tabella 2).

**TABELLA 1** Potenzialità geotermica installata in Europa per diverse applicazioni a bassa entalpia

| Applicazione                               | Potenza installata (%) |
|--|------------------------|
| Riscaldamento e refrigerazione di ambienti | 36,50                  |
| Balneologia e termalismo                   | 35,50                  |
| Serricoltura                               | 17,70                  |
| Acquacoltura                               | 6,20                   |
| Impieghi industriali                       | 0,80                   |
| Disidratazione di prodotti agricoli        | 0,10                   |
| Altri usi                                  | 3,20                   |

Fonte: ENEA

**TABELLA 2** Usi diretti dell'energia geotermica in Italia stimati al 31 dicembre 2006

| Utilizzo   | Energia termica (%) |
|--|---------------------|
| Balneologia e termalismo                               | 38,0                |
| Riscaldamento individuale di spazi e teleriscaldamento | 24,3                |
| Acquacoltura   | 21,0                |
| Serricoltura   | 16,0                |
| Processi industriali                                   | 0,7                 |

Fonte: ENEA

### Gli usi industriali e agricoli

Per quanto riguarda gli usi industriali, esistono molteplici applicazioni soprattutto nei processi a caldo, quali evaporazione, essiccamento, distillazione, sterilizzazione, lavaggio, decongelamento ed estrazione di sostanze chimiche. Esempi specifici sono: la pastorizza-



zione del latte, la disidratazione di prodotti agricoli, il recupero di sostanze chimiche e della CO<sub>2</sub>, l'essiccazione della diatomite e la produzione di borati e acido borico. L'utilizzo in campo agricolo e zootecnico è praticato in circa 30 paesi e quello maggiormente in uso è il riscaldamento delle serre. Sono inoltre diffuse, anche nel nostro Paese, le applicazioni in acquacoltura, in zootecnia, sui suoli agrari e negli usi civili per lo scioglimento del ghiaccio e lo sbrinamento delle strade. Un utilizzo singolare, ma di notevole rilievo, è quello del riscaldamento di singoli edifici, soprattutto alberghi, molto diffuso in aree caratterizzate da importanti anomalie termiche, come ad esempio nell'area dei Colli Euganei e nell'isola di Ischia.

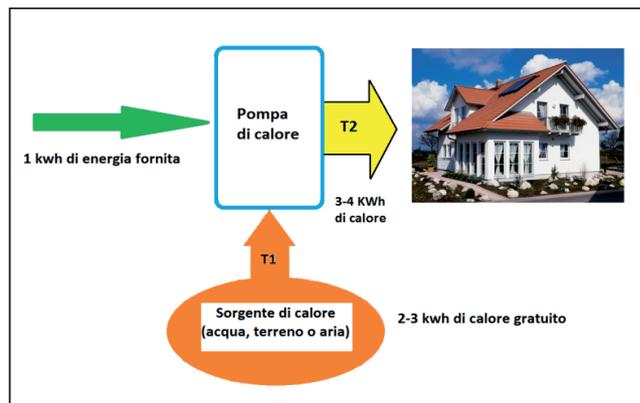
### Il teleriscaldamento

Da un punto di vista generale i sistemi di teleriscaldamento urbano sono composti da una rete di trasporto e da una centrale di produzione di calore, che può utilizzare anche tecnologie cogenerative e/o fonti rinnovabili, entrambi messi al servizio contemporaneamente di più edifici. Il calore, distribuito con i sistemi di teleriscaldamento urbano, deriva da impianti a produzione semplice (solo calore) e combinata (calore + energia elettrica). Alla prima tipologia d'impianti appartengono le caldaie per produzione di calore in forma di vapore, acqua calda e/o surriscaldata o olio diatermico. Gli impianti a produzione combinata, invece, sono gli impianti di cogenerazione che nella pratica attuale possono essere alimentati da un ciclo a vapore, a spillamento o a contropressione, con motori a combustione interna, con turbine a gas, a ciclo combinato. Nuove tecnologie sono in fase d'introduzione e comprendono anche l'utilizzo di celle a combustibile e microturbine. La rete di distribuzione è la parte più costosa dell'impianto di teleriscaldamento: si stima che il suo costo possa incidere sull'investimento complessivo per una quota compresa tra il 50% e l'80%. Il sistema di distribuzione può utilizzare diversi tipi di fluidi, anche se la tendenza in Italia è quella di utilizzare acqua calda (80-90 °C) o leggermente surriscaldata (110-120 °C). Sistemi di teleriscaldamento sono stati sviluppati a Ferrara (Schema 1), nell'area geotermica toscana (Castelnuovo V.C., Larderello, Monterotondo

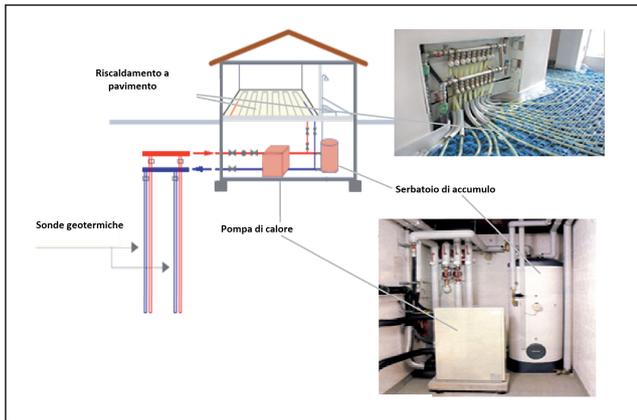
Marittimo, Pomarance) e a Bagno di Romagna. Il riscaldamento di singoli edifici, soprattutto alberghi, è diffuso nell'area dei Colli Euganei (Abano Terme, Battaglia Terme, Galzignano, Montegrotto) e nell'Isola d'Ischia. Nelle aree termali (Abano Terme, Ischia, Montecatini Terme, Saturnia) l'utilizzo predominante delle acque calde geotermiche è il riscaldamento di stabilimenti e piscine.

### Il riscaldamento e/o raffrescamento domestico di piccole e medie utenze e le pompe di calore

Il sottosuolo è un immenso serbatoio termico dal quale estrarre calore d'inverno, e al quale cedere calore d'estate. Tale scambio termico è possibile mediante le pompe di calore abbinata a sonde geotermiche verticali, che assicurano un elevato grado di rendimento durante tutto l'anno e che hanno con un fabbisogno di energia elettrica assai contenuto rispetto alle prestazioni. Gli impianti di climatizzazione a sonde geotermiche verticali sono integrabili con qualsiasi fonte energetica rinnovabile; è possibile alimentare le pompe di calore geotermiche con pannelli fotovoltaici o con microturbine idroelettriche; il surplus di calore prodotto dai pannelli solari termici durante la stagione estiva, può essere utilizzato per creare un accumulo termico nel sottosuolo da sfruttare durante la stagione invernale. Il termine pompe di calore geotermiche



**FIGURA 1** Schema esemplificato di funzionamento di una pompa di calore  
Fonte: ENEA



**FIGURA 2** Schema di funzionamento di una pompa di calore all'interno di un edificio

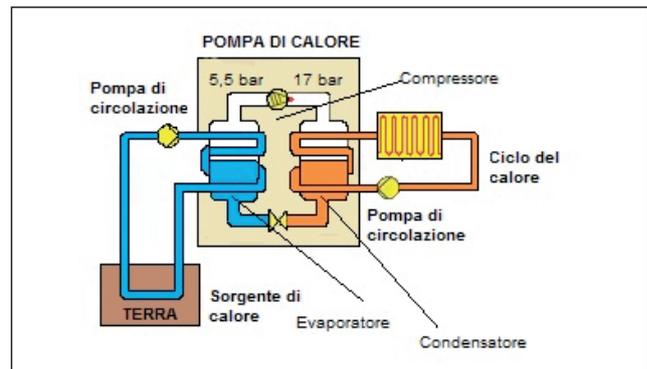
Fonte:

[http://www.google.it/search?q=heat+pump&hl=it&rlz=1R2GGLR\\_itIT356&biw=1259&bih=749&prmd=ivns&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=kBvmTZvkHc6WhQf0pPjHCg&sqi=2&ved=0CF0QsAQ](http://www.google.it/search?q=heat+pump&hl=it&rlz=1R2GGLR_itIT356&biw=1259&bih=749&prmd=ivns&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=kBvmTZvkHc6WhQf0pPjHCg&sqi=2&ved=0CF0QsAQ)

che (PCG) è utilizzato in maniera generale per indicare una varietà di sistemi che utilizzano come scambiatori di calore il terreno, l'acqua sotterranea o l'acqua superficiale, ma anche l'aria. I sistemi a pompa di calore sono costituiti da tre componenti: un sistema di scambio geotermico (terreno, acqua, aria); una pompa di calore; un sistema di riscaldamento/refrigerazione collocato all'interno di un edificio.

Lo scambio di calore con il terreno avviene tramite la sonda geotermica, installata con un sondaggio del diametro di pochi centimetri, perforato accanto all'edificio. Il numero delle sonde geotermiche e la profondità d'installazione (da 50 a 150 metri) variano in funzione dell'energia termica richiesta. Ogni sonda è formata da due moduli, ciascuno dei quali è costituito da una coppia di tubi in polietilene uniti a formare un circuito chiuso con un tubo di "andata" e uno di "ritorno". All'interno dei tubi, collegati in superficie ad un apposito collettore connesso alla pompa di calore, circola un fluido glicolato, costituito da una miscela di acqua e anticongelante non tossico. La pompa di calore è una macchina in grado di trasferire calore da un corpo a temperatura più bassa a un corpo a temperatura più alta, che rappresenta un processo inverso rispetto a quanto avviene spontaneamente in natura, dovuto al fatto che viene fornita energia elettrica alla

macchina che "pompa calore". Il principio di funzionamento che sta alla base della pompa di calore è un ciclo termodinamico, chiamato ciclo frigorifero, o ciclo motore inverso, ed è analogo a quello di un comune frigorifero e, nel caso in cui la pompa produca sia riscaldamento, sia raffreddamento, si dice "reversibile". La pompa di calore è un circuito chiuso, costituito da un compressore, un condensatore, una valvola di espansione ed un evaporatore, percorso dal fluido frigorifero (come R-134a, R-32, R-125, R-507, NH<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub> ecc.) e, se la pompa di calore è a ciclo invertibile, è ulteriormente equipaggiata con una valvola di inversione del ciclo (figura 3). Durante l'inverno il terreno ha una temperatura generalmente superiore a quella esterna e il fluido glicolato scendendo in profondità, attraverso le sonde geotermiche, sottrae energia termica al terreno; ritornato in superficie ad una temperatura maggiore, provoca l'evaporazione del refrigerante che circola nel sistema della pompa di calore, che si espande ed assorbe calore dalla sorgente esterna. All'uscita dall'evaporatore il fluido allo stato gassoso è aspirato all'interno del compressore che, azionato da un motore elettrico, fornisce l'energia meccanica necessaria per comprimere il fluido, determinandone così un aumento di temperatura. Il fluido viene così a trovarsi nelle condizioni ottimali per passare attraverso il condensatore (scambiatore). In questa fase si ha un nuovo cambiamento di stato del fluido, che passa allo stato liquido, cedendo calore all'aria o all'acqua che sono utilizzate come fluido vettore per il riscaldamento degli ambienti o per la produ-



**FIGURA 3** Modalità di funzionamento di una pompa di calore

Fonte: [www.geoprodesign.com/media/asset/heat-pump.jpg](http://www.geoprodesign.com/media/asset/heat-pump.jpg), ridisegnata

zione di acqua sanitaria. Il ciclo termina con la sua ultima fase, allorché il liquido passa attraverso una valvola di espansione, trasformandosi parzialmente in vapore e raffreddandosi, riportandosi così alle condizioni iniziali del ciclo.

La tecnica di prelevare calore con una sonda geotermica è affidabile e fa ormai parte dei modi convenzionali di riscaldamento, specialmente in tutto il Nord Europa e negli Stati Uniti. A titolo di esempio, una pompa di calore collegata a una sonda geotermica inserita a circa 100 m di profondità estrae dal suolo una potenza geotermica sufficiente per riscaldare un'abitazione unifamiliare standard. In Europa da una decina di anni

il mercato delle pompe di calore ha registrato una rapida crescita, e nel 2009 il numero di pompe di calore geotermiche censite in Europa è stato di 903.012, con una potenza termica complessiva di 10.661,9 MWt (tabella 3).

Negli ultimi cinque anni, anche in Italia il mercato delle pompe di calore ha subito un indicativo incremento: nel 2009, infatti, la stima del numero di PCG installate è stata di 12.000 unità, per una potenza termica di 231 MWt. A livello europeo non esiste ancora una normativa unificata di riferimento per l'installazione di PCG, e solo nei paesi in cui il mercato delle PCG è consolidato da diversi anni (p.e. Germania, Svizzera,

|                        | 2008           |                 |                        | 2009           |                 |                        |
|------------------------|----------------|-----------------|------------------------|----------------|-----------------|------------------------|
|                        | Numero         | Capacità (MWth) | Produzione (ktep/ktoe) | Numero         | Capacità (MWth) | Produzione (ktep/ktoe) |
| <b>Svezia</b>          | 320.687        | 2.909           | 722,2                  | 348.231        | 3.134,1         | 778,1                  |
| <b>Germania</b>        | 150.263        | 1.652,9         | 183,6                  | 179.634        | 2.250,5         | 249,9                  |
| <b>Francia</b>         | 124.181        | 1.366,0         | 125,9                  | 139.688        | 1.536,6         | 141,6                  |
| <b>Finlandia</b>       | 46.412         | 857,9           | 199,9                  | 52.551         | 971,4           | 226,4                  |
| <b>Austria</b>         | 48.428         | 542,4           | 60                     | 55.246         | 618,8           | 68,4                   |
| <b>Olanda</b>          | 19.366         | 516             | 34,8                   | 24.657         | 633             | 43,1                   |
| <b>Polonia</b>         | 10.000         | 133             | 16,3                   | 11.000         | 203,1           | 24,9                   |
| <b>Irlanda</b>         | 10.123         | 167             | 19,9                   | 10.909         | 173,9           | 20,7                   |
| <b>Italia</b>          | 7.500          | 150             | 14,9                   | 12.000         | 231             | 23                     |
| <b>Repubblica Ceca</b> | 9.168          | 147             | 23,3                   | 11.127         | 174             | 28,7                   |
| <b>Regno Unito</b>     | 10.350         | 134,6           | 13,3                   | 14.330         | 186,3           | 18,5                   |
| <b>Danimarca</b>       | 11.250         | 123,8           | 31,4                   | 20.000         | 160             | 40,6                   |
| <b>Belgio</b>          | 9.500          | 114             | 10,5                   | 11.836         | 142             | 13,1                   |
| <b>Estonia</b>         | 4.874          | 63              | 8,5                    | 5.556          | 71,8            | 9,7                    |
| <b>Ungheria</b>        | 350            | 15              | 4,6                    | 4.000          | 40              | 12,4                   |
| <b>Slovenia</b>        | 1.127          | 15,3            | 1,1                    | 1.837          | 22,6            | 4,5                    |
| <b>Lituania</b>        | 200            | 4,3             | 0,9                    | -              | 34,5            | 7,3                    |
| <b>Romania</b>         | 40             | 2               | 0,3                    | -              | 5,5             | 0,7                    |
| <b>Grecia</b>          | 194            | 1,9             | 0,3                    | 350            | 50              | 6,4                    |
| <b>Slovacchia</b>      | 8              | 1,4             | 0,3                    | 16             | 1,6             | 0,3                    |
| <b>Bulgaria</b>        | 19             | 0,3             | 0,1                    | -              | 20,6            | 6,8                    |
| <b>Latvia</b>          | 10             | 0,2             | 0                      | 20             | 0,3             | 0,1                    |
| <b>Portogallo</b>      | 1              | 0,2             | 0                      | 24             | 0,3             | 0                      |
| <b>Totale UE</b>       | <b>784.051</b> | <b>8.917,1</b>  | <b>1.472,2</b>         | <b>903.012</b> | <b>10.661,9</b> | <b>1.725,2</b>         |

**TABELLA 3** Numero e capacità installata delle pompe di calore nei paesi UE nel 2008 e nel 2009

Fonte: 10th EurObserv'ER Report, 2010

Svezia e Austria), l'installazione di questi sistemi è assoggettata a vincoli autorizzativi specifici. Inoltre, in questi paesi le autorità nazionali o regionali per la gestione e protezione delle risorse idriche superficiali e sotterranee hanno pubblicato linee guida e standard di riferimento. In Italia manca una normativa a livello nazionale, così come mancano standard e linee guida di riferimento per i progettisti e i costruttori. Un altro aspetto di particolare importanza per promuovere la diffusione di questi dispositivi è quello della riduzione dei costi iniziali d'installazione, che possono essere suddivisi in costi di terreno e d'impianto. I primi sono quelli correlati all'esplorazione di superficie, alla perforazione, agli studi correlati, mentre i secondi sono quelli relativi alla progettazione, ai materiali impiegati, ai collegamenti idraulici e all'installazione vera e propria. Il costo d'investimento per un sistema di PCG è normalmente più caro del 20-40% di un sistema convenzionale di climatizzazione; tuttavia, a fronte di costi d'installazione maggiori, i costi di gestione sono nettamente più bassi, rispetto a quelli tradizionali. Nel caso in cui un impianto a PCG sia utilizzato sia per il

riscaldamento, sia per il raffrescamento, il tempo di ritorno dell'investimento può variare da 3 a 5 anni; questo tempo si allunga fino a 10 anni se il sistema viene utilizzato unicamente in una delle due modalità. In Europa, il costo d'investimento specifico per un sistema a sonde verticali, tramite un pozzo di meno di 100 m di profondità, è stimato sui 3.000-6.000 euro per un abitato di 100 m<sup>2</sup>. Altri effetti economici correlati all'uso di questi sistemi sono i bassi costi di manutenzione e un'elevata durabilità: oltre 50 anni per le sonde verticali e di diversi anni a seconda del contesto per i pozzi ad acqua di falda. La vita media delle pompe di calore geotermiche è di circa 40.000 ore di funzionamento, corrispondente a circa 20 anni. Gli attuali costi italiani sono illustrati nella tabella 4, da cui si evince la differenza di costo tra pompa di calore, la caldaia a condensazione e la caldaia standard dell'ultima generazione. L'utilizzo di una pompa di calore costa quindi il 22% in meno della caldaia a condensazione e il 29 % in meno di una caldaia ad alto rendimento. In un'abitazione grande, o in una media isolata, il costo annuale stimato del riscaldamento potrebbe corri-

|  | Potenza resa                               | Potenza assorbita   | Costo kW/h   | Costo 1 ora funzione:                            | Costo totale  |
|--|--|---|--|--|---|
| 1. SISTEMA ELETTRICO: (a tariffa non agevolata, oltre i 3 kW Climatizzatore Classe Energetica "A" con efficienza ("COP") = 3,5 riferite a temperatura interna = 20°, temperatura esterna = 6°-7°, alla velocità massima (con velocità minima il rendimento diminuisce). Calcoli equiparati per una quantità di calore richiesta pari a 8.342 calorie (9.700 W) | 9,7 MW=<br>8.342 Kcal/h                    | 2,69 kW/h   | 0,15 €/h<br>(escluse quote fisse, IVA ecc. Tariffa a 6kW)            | 3,3 x 0,15 =<br>0,404 €/h<br>(8.342 Kcal/h rese) | Costo di 1.000 Kcal/h: 0,048 €/h +IVA 10%= € 0,053  |
| 2. SISTEMA METANO: (a tariffa mediata. Caldaie ultima generazione)   | 9.700 (7,5-25 Kcal/h)<br>(rendimento 88 %) | Metano: 9,15 Kcal = 1mc (€/mc=0,5)<br>Elettrica: 0,3 kW (€/Kwh 0,15)                      | Metano = 1,1 x 0,5 = 0,55 €/h<br>Elettricità= 0,3 x 0,15 = 0,045 €/h | Totale = 0,045 + 0,55 = 0,595 €/h                | Costo di 1.000 Kcal/h = 0,0613 €/h+IVA 20%= € 0,074 |
| 3. SISTEMA METANO: (a tariffa mediata. Caldaia a condensazione)  | 9.700 (7,5-25 Kcal/h)<br>(rendimento 102%) | Metano: 9,5 Kcal = 1mc (€/mc=0,5)<br>Potenza assorbita:<br>Elettrica: 0,3 kW (€/kWh 0,15) | Elettricità= 0,3 x 0,15 = 0,045 €/h<br>Metano = 1,0 x 0,5 = 0,51 €/h | 0,045 + 0,5 = 0,555 €/h                          | Costo di 1.000 Kcal/h = 0,057 €/h +IVA 20% = 0,068  |

**TABELLA 4** Confronto tecnico-economico tra impianti di climatizzazione e impianti a metano in Italia  
Fonte: [http://www.risanamentoenergetico.com/pompa\\_di\\_calore.htm](http://www.risanamentoenergetico.com/pompa_di_calore.htm)

spondere a 795 euro (pompa di calore), a 1.020 euro (caldaia condensazione), a 1.110 euro (caldaia standard). In realtà il rendimento delle caldaie, anche a causa della manutenzione non ottimale o dell'usura, spesso non è ai livelli teorici qui considerati. Se poi si considera il costo di altri combustibili, più elevato rispetto al metano, la convenienza è ancora maggiore.

### Un esempio storico italiano: l'utilizzo della risorsa a scopo termale

L'Italia possiede un'industria balneologica particolarmente fiorente che si colloca al quarto posto nel mondo dopo Giappone, Cina e Germania, e vanta anche un'antichissima tradizione.

In Italia si contano 2.300 gruppi di sorgenti e pozzi idrotermali distribuiti in 326 Comuni, con 390 aziende termali, il cui giro d'affari raggiunge 2 miliardi di euro all'anno, con 65.000 addetti, di cui 50.000 nell'indotto (tabella 5).

La capacità termica complessiva disponibile per una  $T > 15\text{ °C}$  è di 376 MWt (di cui 251 nel distretto euganeo, 100 ad Ischia, e 25 altrove), pari al 4% della capacità termica totale di tutte le stazioni termali del mondo. Pertanto, l'energia complessiva sostituita è dell'ordine di 150.000 tep/anno.

Per poter utilizzare i fluidi a scopo termale è importante l'accertamento di alcune caratteristiche che rendono un'acqua termale realmente utilizzabile a fini industriali, ovvero la costanza nel tempo della portata e le caratteristiche chimico-fisiche e biologiche. Le possibilità d'impiego in questo settore sono molteplici, spesso due o più contemporaneamente, a seconda delle indicazioni terapeutiche: balneofangoterapia, idropinoterapia, tecniche inalatorie, irrigazioni, ma anche altri impieghi. Fra questi l'imbottigliamento e la commercializzazione, ma grande interesse economico riveste attualmente l'utilizzo di estratti ad attività farmacologica, derivati dalla microflora vivente in simbiosi con i fanghi o le acque stesse da utilizzare nelle tecniche di fisiocinesiterapia.

| Regione              | Comune   | T acque °C   |
|----------------------|--|--|
| Comprensorio euganeo | Abano, Battaglia, Baone, Galzignano, Montegrotto, e Teolo  | 58-87 °C<br>(media 75 °C)  |
| Piemonte:            | Acqui Terme<br>Vinadio<br>Valdiero   | 84 °C<br>55 °C<br>63 °C  |
| Lombardia:           | Bormio<br>Sirmione<br>Bagni del Masino San Pellegrino  | 41 °C<br>69 °C<br>38 °C<br>26 °C                                     |
| Liguria:             | Pigna  | 28 °C  |
| Trentino-Alto Adige: | Comano Terme   | 28 °C  |
| Emilia-Romagna:      | Bagno di Romagna<br>Porretta Terme   | 42 °C<br>39 °C   |
| Marche:              | Acquasanta   | 39 °C  |
| Toscana:             | Bagni di Lucca<br>Casciana Terme<br>Chianciano<br>Montecatini Terme +<br>Monsummano<br>Rapolano Terme<br>San Casciano dei Bagni, San<br>Giuliano Terme<br>Saturnia | 54 °C<br>43 °C<br>39 °C<br>36 °C<br>40 °C<br>42 °C<br>42 °C<br>37 °C |
| Lazio:               | Stigliano<br>Sujo + Castelforte<br>Viterbo + Vico Tivoli   | 56 °C<br>65 °C<br>61 °C  |
| Campania:            | Agnano-Pozzuoli<br>Contursi  | 100 °C<br>50 °C  |
| Basilicata:          | Latronico  | 22 °C  |
| Puglia:              | Santa Cesarea Terme  | 29-36 °C   |
| Calabria:            | Galatro + Rosarno Lamezia<br>Terme<br>Antonimina<br>Terme Luigiane   | 39 °C<br>40 °C<br>34 °C<br>47 °C                                     |
| Sicilia:             | Sciaccia<br>Termini Imerese<br>Calatafimi<br>Ali Terme<br>Castellammare del Golfo<br>Milazzo   | 56 °C<br>48 °C<br>50 °C<br>34 °C<br>45 °C<br>34 °C                   |
| Sardegna:            | Sardara<br>Benetutti   | 68 °C<br>41 °C   |

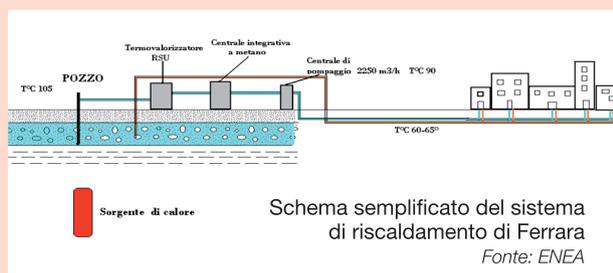
**TABELLA 5** I principali distretti termali italiani  
Fonte: Ministero dell'Industria, 1990

- [1] ARMSTEAD H.C.H. (1977) - *Geothermal Energy development*. Progr. in Energy and Combustion Science, 2, 181-238.
- [2] AUMENTO F. e ANTONELLI G. (1985) - *Generation of electrical energy from low temperature geothermal sources in rural areas*. 1st FAO/CNRE Technical Consultation on Geothermal Energy and Industrial Thermal Effluents, Rome, 1985, 7 pp.
- [3] AUTORI VARI (1977) - Atti del Convegno Geotermia e Regioni. Chianciano 14-16 aprile 1977.
- [4] BARBIER E. e FANELLI M. (1977) - *Non-electrical uses of geothermal energy*. Prog. Energy Combustion Sci., 3, 1977, 73-103.
- [5] BARBIER E. e SANTOPRETE G. (1993) - *L'Energia Geotermica. Una fonte di calore dall'interno della terra*. 171 pag. Giappicelli Ed., Torino.
- [6] BEALL S.E. e SAMUELS G. (1971) - *The use of warm water for heating and cooling plant and animal enclosures*, Oak Ridge National Laboratory, ORNL-TM-3381, 1971, 56 pp.
- [7] BENDERITTER Y. e CORMY G. (1990) - *Possible approach to geothermal research and relative costs*, in: Dickson M.H. and Fanelli M., eds., *Small Geothermal Resources: A Guide to Development and Utilization*, UNITAR, New York, 1990, pp. 59-69.
- [8] BOWEN R. (1989) - *Geothermal Resources*. 485 pag. Elsevier, London and New York.
- [9] BROWN K.L. (1995) - *Impact on the physical environment*, in: Brown, K.L., ed., *Environmental Aspects of Geothermal Development*, WGC'95 Pre-Congress Courses, Pisa, 1995, pp.39-55.
- [10] BULLARD E.C. (1965) - *Historical introduction to terrestrial heat flow*, in: Lee, W.H.K., ed. *Terrestrial Heat Flow*, Amer. Geophys. Un., Geophys. Mon. Ser., 8, 1965, pp.1-6.
- [11] BULLARD F.M. (1979) - *I Vulcani della Terra* (Italian translation from "Volcanoes from the Earth"), 636 pag., Newton Compton Ed., Roma.
- [12] CARELLA R. (2000) - *Usa energetica del calore termale in Italia*; Proceed. "Thermalism in the New Millennium", Roma.
- [13] CARELLA R. (2001) - *Health and Tourism with Geothermal Resources in Italy*; Proceed. I.S.S./International Geothermal Days, Bad Urach, Germany.
- [14] CARELLA R. e SOMMARUGA C. (2000) - *Spa and industrial uses of geothermal energy in Italy*; Proc. World Geoth. Congress (WGC 2000), Vol. 5, pp. 3391-3393; Kyushu-Tohoku, Japan.
- [15] CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE (1982) - *Manifestazioni idrotermali italiane*, CNR RF-13 App., Roma.
- [16] COMBS J. e MUFFLER L.P.J. (1973) - *Exploration for geothermal resources*, in: Kruger, P. and Otte, C., eds., *Geothermal Energy*, Stanford University Press, Stanford, 1973, pp.95-128.
- [17] DESIO A. (1989) - *Geologia applicata all'ingegneria*. 1193 pag., Ulrico Hoepli Ed.
- [18] 10th EurObserv'ER Report (2010) - *The State of Renewable Energies in Europe*, 203 pag, Paris.
- [19] ENTING, D.J., EASWARAN E. e McLARTY L. (1994) - *Small geothermal electric systems for remote powering*, U.S. DoE, Geothermal Division, Washington, D.C., 1994, 12 pp.
- [20] FOUILLAC C. e MICHARD G. (1981) - *Sodium-Lithium ratio in water applied to the geothermometry of geothermal waters*. Geothermics, 10, 55-70.
- [21] FOURNIER R.O. (1981) - *Application of water geochemistry to geothermal exploration and reservoir engineering*. In: "Geoth.Systems-Principles and case histories" (Ryback and Masplad Ed.), 109-143, Wiley Ed. N.Y.
- [22] FOURNIER R.O. e ROWE J.J. (1966) - *Estimation of underground temperatures from the silica content of water from hot springs and wet-steam wells*. Am.Journ.Sci., 264, 685-697.
- [23] FRIDLEIFSSON I.B. (2001) - *Geothermal energy for the benefit of the people*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 5, 2001.,299-312.
- [24] HICKEL W.J. et al. (1972) - *Geothermal energy: A National proposal for geothermal resource research*. Fairbanks, Univ. of Alaska.
- [25] ENEA (2009) - *Dossier - Usi termici delle fonti rinnovabili*. Workshop, Usi termici delle fonti rinnovabili, 11 novembre 2009, Roma, 75 pp., ENEA Ed.
- [26] ENEA (2009) - *Rapporto energia e ambiente. Analisi e scenari 2009*. 137, pag., ENEA ed.
- [27] ENEA (2010) - *Ricerca e innovazione per un futuro low-carbon. Le fonti rinnovabili*. 241 pag., ENEA Ed.
- [28] Federterme (2001) - *Primo rapporto sul sistema termale in Italia*, Ed. Mercury.
- [29] FUNICIELLO R. (1986) - *La geotermia in Italia: situazione e prospettive dell'area toscano-laziale*. Energia e Innovazione, 1-2, 57-61.
- [30] <http://www.gruppoebp.it/wp/?cat=7&paged=4>
- [31] [http://www.risanamentoenergetico.com/pompa\\_di\\_calore.htm](http://www.risanamentoenergetico.com/pompa_di_calore.htm)
- [32] GARNISH J.D., ed. (1987) - *Proceedings of the First EEC/US Workshop on Geothermal Hot-Dry Rock Technology*, Geothermics 16, 1987, 323-461.
- [33] GISOTTI G. e ZARLENGA F. (2003) - *Geologia Ambientale. Principi e metodi*. 748 pag., Flaccovio Ed.
- [34] GRANT M., DONALDSON I.G. e BIXLEY P.F. (1982) - *Geothermal reservoir engineering*. 370 pag., Academic Press, New York.
- [35] GUDMUNDSSON J.S. (1988) - *The elements of direct uses*, Geothermics, 17, 1988, 119-136.
- [36] HOCHSTEIN M.P. (1990) - *Classification and assessment of Geothermal resources*. In: "Small geothermal resources. A guide to the development and utilization. Dickson & Fanelli, UNITAR/UNDP, Roma 1990, 31-59.
- [37] LINDAL B. (1975) - *Industrial and other applications of geothermal energy*. In Armstead Ed.: "Geothermal Energy". UNESCO, 61.
- [38] LUBIMOVA E.A. (1968) - *Thermal history of the Earth*, in: The Earth's Crust and Upper Mantle, Amer. Geophys.Un., Geophys. Mon. Ser., 13, 1968, pp.63-77.
- [39] LUMB J.T. (1981) - *Prospecting for geothermal resources*, in: Rybach, L. and Muffler, L.J.P., eds., *Geothermal Systems, Principles and Case Histories*, J. Wiley & Sons, New York, 1981, pp. 77-108.
- [40] LUND J. W. (1996) - *Lectures on Direct Utilization of Geothermal Energy*, U.N. University, Reykjavik, 1996, 124 pp.
- [41] LUND J.W. & FREESTON D. (2001) - *World-wide direct uses of geothermal energy 2000*, Geothermics 30, 2001, 29-68.
- [42] LUNIS B. e BRECKENRIDGE, R. (1991) - *Environmental considerations*, in: Lienau, P.J. and Lunis, B.C., eds., *Geothermal Direct Use, Engineering and Design Guidebook*, Geo-Heat Center, Klamath Falls, Oregon, 1991, pp.437-445.
- [43] MC KENZIE W.F. e TRUESDELL A.H. (1977) - *Geothermal reservoir temperatures estimated from the oxygen isotope composition of dissolved sulfate and water from hot springs and shallow drillholes*. Geothermics, 5, 51-61.
- [44] MINISTERO ITALIANO INDUSTRIA (1990) - *Inventario delle risorse geotermiche nazionali*; a cura di: ENEL/UNG, ENI/AGIP, CNR/IRIG, ed ENEA/PAS.
- [45] MOREY G.M., FOURNIER R.O. e ROWE J.J. (1962) - *The solubility of quartz in water in the temperature interval from 25 °C to 300 °C*. Geoch.Cosmoch. Acta, 26.
- [46] MUFFLER P. e CATALDI R. (1978) - *Methods for regional assessment of geothermal resources*. Geothermics, 7, 1978, 53-89.
- [47] MUFFLER L.J.P. e WHITE D.E. (1972) - *Geothermal Energy. Science Teacher*, 39, 413-452.
- [48] NICHOLSON K. (1993) - *Geothermal Fluids*, Springer Verlag, Berlin, 1993, XVIII-264 pp.
- [49] ORMAT (1989) - *Production of Electrical Energy from Low Enthalpy Geothermal Resources by Binary Power Plants*. UNITAR/UNDP Centre on Small Energy Resources, Rome, 1989, 104 pp.
- [50] POLLACK H.N., HURTER S.J. e JOHNSON J.R. (1993) - *Heat flow from the Earth's interior: Analysis of the global data set*, Rev. Geophys. 31, 1993, 267-280.
- [51] RAFFERTY K. (1997) - *An information survival kit for the prospective residential geothermal heat pump owner*, Bull. Geo-Heat Center , 18, 2, 1997, 1-11.
- [52] SOMMARUGA C. e VERDIANI G. (1995) - *Geotermia*. NIS Edit., Roma.
- [53] STACEY F.D. e LOPER D.E. (1988) - *Thermal history of the Earth: A corollary concerning non-linear mantle rheology*, Phys. Earth. Planet. Inter. 53, 1988, 167-174.
- [54] STEFANSSON V. (2000) - *The renewability of geothermal energy*. Proc. World Geothermal Energy, Japan, 2000.
- [55] WERES O. (1984) - *Environmental protection and the chemistry of geothermal fluids*, Lawrence Berkeley Lab., Calif. ,LBL 14403, 1984, 44 pp.
- [56] WHITE D.E. (1973) - *Characteristics of geothermal resources*, in: Kruger, P. and Otte, C., eds., *Geothermal Energy*, Stanford University Press, Stanford, 1973, pp. 69-94.
- [57] WILLARD S., BYRD W.N., CRITTENEN M., GIACOSIE R.V., PROVINCE S. e SACARTO D. (1979) - *Legal, institutional and environmental aspects*, in: ANDERSON, D.N. and LUND, J.W., eds., *Direct Utilization of Geothermal Energy. A Technical Handbook*, Geothermal Resources Council Spec.Rep., 7, 1979, pp.7.1-7.21.
- [58] WRIGHT P.M. (1998) - *The sustainability of production from geothermal resources*, Bull. Geo-Heat Center, 19, 2, 1998, 9-12.
- [59] [www.analistgroup.it/certificazione](http://www.analistgroup.it/certificazione).

## SCHEMA 1

## Un progetto italiano: il sistema energetico integrato e il Servizio di Teleriscaldamento a Ferrara

Il "Progetto Geotermia di Ferrara" nasce alla fine degli anni Ottanta con la realizzazione di un "Sistema Energetico Integrato" in grado di utilizzare una fonte geotermica di calore e fonti di recupero termico (il calore prodotto da un impianto di termoidruzione dei rifiuti urbani) unitamente ad un sistema tradizionale di produzione termica che impiega gas metano per coprire, quando necessario, particolari "punte" di carichi termici. Il sistema è composto da una sorgente geotermica rinnovabile; una sorgente rinnovabile costituita dal termovalorizzatore dei rifiuti solidi urbani; una sorgente tradizionale costituita da una centrale integrativa a metano; una centrale di pompaggio in cui confluiscono i tre vettori di energia sorgente e da cui si rilancia l'acqua verso la rete cittadina (fino a 2.250 m<sup>3</sup>/h); quattro serbatoi da accumulo da 1.000 m<sup>3</sup> presso la



centrale (due per l'acqua calda e due per l'acqua fredda) che non si limitano ad una semplice funzione di compenso energetico, ma sono stati concepiti come vero e proprio volume di espansione; una centrale termica ubicata presso l'Arcispedale S. Anna, realizzata per far fronte alle richieste termiche di punta e alle esigenze di bilanciamento idraulico della rete di distribuzione; ed infine la rete di distribuzione del teleriscaldamento, sviluppata prevalentemente "ad albero", che è estesa per gran parte nell'ambito urbano della città e comprende sottostazioni con relativi scambiatori posti negli edifici. La fonte geotermica, producendo una portata d'acqua pari a circa 400 m<sup>3</sup>/h, contribuisce in modo significativo, con una potenza di circa 14 MWt, alla potenza totale che può essere erogata attraverso la rete del Teleriscaldamento.

Complessivamente la rete di teleriscaldamento possiede le seguenti caratteristiche:

- Portata complessiva: 400 m<sup>3</sup>/h
- Temperatura fluido geotermico: 100-105 °C
- Temperatura fluido Teleriscaldamento in mandata: 90-95 °C
- Temperatura fluido Teleriscaldamento in ritorno: 60-65 °C
- Disponibilità di utilizzazione continua;
- Energia termica fornita: 77.490 MWh/anno (dato anno 2003)
- Lunghezza della rete (doppio tubo): circa 50 km;
- Numero delle "sottostazioni di utenza": 381;
- Volumetria erogata: circa 4.000.000 m<sup>3</sup>;
- Numero degli alloggi equivalenti: oltre 14.500;
- Potenza termica nominale di punta: circa 74 MWt;
- Rendimento della distribuzione: 85-90%.

## Geotermia prioritaria per ENEA

L'importanza che avrà la fonte geotermica in Italia, tenuto conto delle disponibilità esistenti in ambito nazionale, e in considerazione delle nuove e più ampie prospettive di sviluppo delineate dall'IEA (*International Energy Agency*), non è stata sottovalutata da ENEA, che ha aderito il 4 aprile scorso alla Piattaforma Tecnologica Italiana Energia Geotermica, piattaforma che rientra nell'ambito delle strategie di ricerca europee in campo energetico. Elementi chiave di questa piattaforma, a cui aderiscono altri Enti di ricerca ed Università, sono, da una parte, l'individuazione dei potenziali siti geotermici nazionali

con le loro caratteristiche geologiche, geofisiche e geochimiche e, dall'altra parte, lo sviluppo di tecnologie adeguate a ridurre l'impatto territoriale ed ambientale derivante dallo sfruttamento industriale della risorsa geotermica. L'ENEA è stata anche inserita come *associate* nell'ambito del JPGE (*Joint Programme on Geothermal Energy*) di EERA (*European Energy Research Alliance*), dove oltre a partecipare alle attività più strettamente scientifiche nel campo energetico-ambientale, potrà fornire il proprio supporto alla definizione del quadro normativo e delle linee guida tecniche per utilizzare la risorsa geotermica in condizioni di sicurezza e di protezione dell'ambiente.

(Massimo Angelone, Giovanni Bongiovanni)

## La road map dell'IEA per la geotermia

La *road map* dell'IEA per la geotermia riguarda sia l'utilizzo della risorsa ad alta entalpia, sia gli acquiferi profondi a bassa e media entalpia e sia le rocce calde.

La *road map* prevede quanto segue:

- Dal 2025 la generazione elettrica da geotermia potrà raggiungere 1.400 TWh/anno e rappresentare il 3,5% della produzione elettrica globale, consentendo un risparmio di circa 800 Mt/anno di emissioni di CO<sub>2</sub>.
- Il calore geotermico può contribuire per circa 5,8 EJ, (1.600 TWh termici/anno), pari a circa il 3,9% di produzione energetica dal calore.
- Fino al 2030 ci sarà una rapida espansione di produzione di elettricità e di calore da geotermia ad alta entalpia, ma limitata alle aree ove essa è presente. Si svilupperà anche l'utilizzo della bassa e media entalpia, sia come utilizzo diretto del calore che per la produzione di energia.
- Dal 2050 più della metà della crescita stimata deriverà dallo sfruttamento delle rocce calde e dal recupero dai sistemi geotermici esauriti (EGS): per tale motivo sarà necessario sviluppare ricerca, applicazioni e dimostrazione perché le pratiche di EGS siano commercialmente disponibili già dal 2030.
- È necessario avviare politiche di sviluppo, relative sia agli aspetti economici, legislativi e di mercato che indirizzino la ricerca verso il rinvenimento, la valutazione e l'ingegnerizzazione delle fonti geotermiche, con particolare riferimento all'uso del calore geotermico mediante tecnologie avanzate.
- Le autorità locali e i *policy makers* hanno bisogno di un quadro di riferimento sulle disponibilità delle risorse geotermiche e sulle sue possibili utilizzazioni, in modo particolare sul calore geotermico per le diverse applicazioni alle differenti temperature.
- Le priorità di R&S più importanti per la fonte geotermica consistono nell'accelerare la valutazione della risorsa, nello svi-

luppo di tecnologie per gli usi più competitivi e di tecnologie EGS, senza trascurare gli aspetti di sicurezza e la protezione della salute e dell'ambiente.

- È necessario, altresì, sviluppare nuove tecnologie per la ricerca *offshore*, sulle sabbie geopressurizzate e sulle risorse super critiche (fino ai magmi). Infine, dove è ragionevolmente ed economicamente possibile, co-produrre acqua calda dai sondaggi per olio e gas.

Azioni strategiche per i prossimi 10 anni:

- Definire obiettivi di medio termine per le tecnologie mature o che lo diverranno in seguito; definire obiettivi di lungo termine per le tecnologie avanzate in modo da accrescere la confidenza degli investitori e accelerare l'espansione dell'uso del calore e dell'energia geotermica.
- Introdurre, nel settore geotermico, incentivi economici diversi sia per l'uso del calore, sia per la produzione di energia in modo tale che le tecnologie raggiungano la piena competitività.
- Sviluppare le conoscenze anche mediante: *database* disponibili al pubblico, protocolli e strumenti per la valutazione delle risorse e la gestione delle riserve, in modo da favorire la diffusione delle esperienze e accelerare lo sviluppo.
- Introdurre normative e procedure che aiutino lo sviluppo della geotermia.
- Sostenere la ricerca, sviluppo e dimostrazione di punta attraverso la attuazione di 50 progetti pilota di EGS nei prossimi 10 anni.
- Espandere e diffondere le conoscenze riguardo alle tecnologie di EGS per aumentare la produzione, la sostenibilità della risorsa e per la protezione della salute e dell'ambiente.
- Aumentare gli sforzi delle organizzazioni, sia multilaterali che bilaterali, di cooperazione con i paesi in via di sviluppo per accelerare l'uso delle risorse geotermiche disponibili, superando le barriere economiche e non economiche.

(Francesco Zarlenga)