

Energia pulita e decarbonizzazione: la soluzione è la geotermia

Joseph Bonafin, Marco Baresi, Flavio De Mestrangelo *Turboden S.p.A.*

La geotermia è una delle maggiori opportunità non sfruttate che abbiamo per rendere l'ambiente un posto migliore per le prossime generazioni

Introduzione

La decarbonizzazione del calore costituisce una leva prioritaria e molto rilevante per la riduzione delle emissioni, in quanto questo genera circa il 50% dei consumi energetici in Europa ed è prodotto per la massima parte da combustibili fossili.

Per affrontare questa sfida, il ricorso a fonti pulite come la risorsa geotermica diviene imprescindibile. Nonostante la geotermia sia una risorsa rinnovabile, continuativa e inesauribile, ad oggi in Italia la produzione Geotermoelettrica contribuisce solo per il 5% al totale della produzione elettrica da FER, in un mix dove il valore totale della domanda nazionale è soddisfatta al 90% dalla produzione interna, e il rimanente 10% è coperto dalle importazioni, prevalentemente da nucleare.

Il sottosuolo nazionale in particolare è caratterizzato da una inesauribile produzione di calore naturale legato alla giovane evoluzione geodinamica, che rende possibile anche l'estrazione, dai fluidi geotermici, di minerali strategici ai fini tecnologici (quali il litio).

La geotermia è una delle più grandi opportu-

nità che abbiamo per rendere l'ambiente un posto migliore per le prossime generazioni. Gli impianti geotermici sono infatti tra quelli a più elevata disponibilità, con un fattore di capacità netto in genere superiore al 90%, dato dal fatto che questa energia, presente proprio sotto ai nostri piedi, è disponibile tutto l'anno, h24, indipendentemente dal clima e dalla presenza di sole o vento. Inoltre, la geotermia è una delle poche fonti rinnovabili che trovano applicazione per usi elettrici e termici.

Le ultime stime evidenziano come le risorse geotermiche del territorio italiano, potenzialmente estraibili entro i 5 km di profondità, oscillino tra i 500 milioni e i 10 miliardi di tonnellate equivalenti di petrolio, ovvero tra i 6000 e i 115.000 terawattora (fonte ENEL green power).

L'utilizzo di questa energia è stato fino ad oggi limitato alle regioni in cui le condizioni geologiche consentono di trasferire il calore dalle zone calde profonde alla superficie, tramite un fluido (acqua o vapore naturalmente presente in bacini sotterranei) che viene estratto da pozzi di tipo petrolifero. Recentemente sono state sviluppate tecniche innovative per sfruttare il calore del sottosuolo, anche in regioni dove è presente un flusso termico, ma non c'è presenza di acquiferi. Tali tecniche (ad esempio il "Closed Loop" di Eavor) rendono la geotermia virtualmente sfruttabile ovunque¹.

Nell'ambito degli usi termici della geotermia e soprattutto per la sua tradizione, riteniamo poi che l'Italia debba rivendicare la propria leader-

¹ Closed Loop" di Eavor - <https://www.eavor.com/technology/>

ship in Europa, accelerando la produzione e l'utilizzo di calore geotermico le cui risorse sarebbero sufficienti, nei prossimi 15-20 anni, a ridurre le importazioni di combustibili di circa un terzo del loro valore attuale.

Ma la geotermia può essere utilizzata anche per la desalinizzazione dell'acqua, un processo applicabile e necessario in molte aree costiere italiane, mentre per quanto riguarda invece gli utilizzi industriali, la geotermia può essere sfruttata per la produzione di energia elettrica, il riscaldamento di edifici e industrie e la produzione di acqua calda e fredda.

La produzione di energia elettrica è, ad oggi, il principale utilizzo della geotermia in Italia, con una potenza installata di oltre 900 MW con una localizzazione prevalentemente in Toscana.

Cenni sulla geotermia

Se tornassimo agli inizi del XX secolo, in Italia (proprio in Toscana) infatti assisteremmo all'inizio della moderna era geotermica.

Nel 1904, il primo esperimento di Ginori Conti utilizzava un motore a pistoni accoppiato a una dinamo da 10 kW per generare elettricità. Il motore era alimentato da vapore pulito, vaporizzato attraverso lo scambio di calore con il vapore geotermico. Questo esperimento rappresenta il primo "ciclo indiretto" come i moderni impianti "binari".

Funzionò bene, tanto che nel 1939, in Toscana, fu installata una capacità totale di 130 MW (di cui l'80 % a ciclo indiretto), utilizzando acqua pulita come fluido di lavoro.

La Seconda Guerra Mondiale distrusse tutti gli impianti industriali della regione, per cui la prima fase del moderno utilizzo dell'energia geotermica per la produzione di energia si concluse tragicamente nel 1944.

Gli anni 50 e 60 sono stati invece un periodo di grande sviluppo per l'industria geotermica in Italia. In questo periodo, infatti, sono state costruite le prime centrali geotermiche di grandi dimensioni, in particolare nella zona di Larderello, in Toscana.

Nel 1954, la Società Italiana per la Geotermia (SIGE), una società controllata da Enel, ha inaugurato la centrale geotermica di Larderello 3, che aveva una potenza di 30 MW. Questa centrale è stata la prima centrale geotermica al mondo ad utilizzare il vapore secco, una tecnologia che ha permesso di migliorare l'efficienza e la produttività delle centrali geotermiche.

Negli anni successivi, sono state costruite altre centrali geotermiche a Larderello, fino a raggiungere una potenza installata di oltre 100 MW nel 1965.

In questo periodo, la geotermia ha iniziato a svolgere un ruolo importante nella produzione di energia elettrica in Italia, contribuendo a diversificare il mix energetico nazionale.

Ma come funziona un cosiddetto ciclo binario (o indiretto)?

Nelle centrali binarie non c'è un utilizzo diretto del fluido geotermico per la produzione di energia elettrica ma un fluido secondario viene vaporizzato attraverso lo scambio di calore con il fluido geotermico, per alimentare un turbogeneratore.

Il calore che non viene convertito in elettricità può essere consegnato a un'utenza termica o dissipato mediante un adeguato sistema di raffreddamento.

A differenza delle turbine a vapore geotermiche convenzionali, il fluido di lavoro binario (tipicamente un idrocarburo o un refrigerante) è impiegato all'interno di un circuito chiuso:

- Il vapore del fluido binario fa ruotare la turbina, che è accoppiata al generatore elettrico.
- Il vapore di scarico passa attraverso il rigeneratore e il condensatore, che viene raffreddato ad aria o acqua.
- Il fluido binario viene quindi pompato nuovamente, completando così il funzionamento del ciclo chiuso.

In questo modo la turbina binaria non è in contatto con il fluido geotermico, che rimane racchiuso negli scambiatori di calore, permettendo una reiniezione completa del fluido, con zero emissioni nell'ambiente.

Le centrali geotermiche hanno la vita media più lunga in termini di capacità di generazione di energia elettrica, che può arrivare fino a 50 anni e oltre. L'impianto operativo più antico risale al 1986, 37 anni fa.

Dei 141 stabilimenti operativi in Europa, 21 hanno più di 25 anni, mentre 53 hanno più di 15 anni.

La vita operativa media del nucleare è di 20-40 anni, dell'eolico di 20-25 anni, del solare fotovoltaico di 30-35 anni, del carbone di 46 anni e del gas di 25-30 anni.

Esistono prevalentemente tre tipi di impianti di produzione di energia geotermica:

- *Vapore secco*: questi impianti utilizzano il vapore naturale proveniente da fluidi idrotermici.

li sotterranei. Il vapore viene convogliato direttamente in una turbina che produce energia elettrica rinnovabile. Una volta raffreddato, il vapore viene reimpresso nel serbatoio idrotermale. Questi si trovano in alcune località, tra cui Larderello, in Italia.

- **Vapore istantaneo:** l'acqua bollente dalle profondità della terra viene spostata verso la superficie. Questo ambiente più freddo crea vapore che viene utilizzato per alimentare una turbina che produce elettricità rinnovabile. L'intervallo di temperatura per gli impianti Flash Steam è compreso tra 177° e 260 °C.
- **Binario:** utilizzano temperature inferiori a 150 °C. Il fluido geotermico non entra in contatto con lo scambiatore di calore. Questa tecnologia viene utilizzata sempre più spesso sia per le centrali geotermiche che per gli impianti geotermici di elettricità e riscaldamento.

Esempi di tecnologie

L'Europa, e l'Italia in testa, sono state quindi pioniere nello sfruttamento delle risorse geotermiche per un secolo e mantengono tuttora un ruolo di primo piano grazie allo sviluppo del ciclo binario per le risorse a bassa temperatura, che consente la produzione di energia elettrica oltre che di riscaldamento e raffreddamento in diversi paesi.

La generazione di energia elettrica avviene tipicamente in un intervallo compreso tra 100 °C e 250 °C, mentre l'utilizzo diretto per il riscaldamento è tipicamente destinato a risorse geotermiche con temperature inferiori a 100 °C.

La tecnologia binaria consente di sfruttare l'intera gamma di temperature, soprattutto quando il serbatoio geotermico è dominato dal liquido.

Anche i flussi bifase ad alta entalpia (miscele di acqua e vapore) possono alimentare impianti binari per la produzione di energia.

In particolare, le pompe di calore geotermiche (*Large Heat Pumps* - LHP - che rappresentano il processo inverso di un ciclo binario) sono oggi in prima linea nella strategia di elettrificazione del calore. Attraverso la fornitura di LHP, Turboden intende svolgere un ruolo più ampio nella decarbonizzazione del settore del teleriscaldamento e di alcuni processi industriali ad alta intensità energetica [1].

Tra le principali tipologie di pompe di calore geotermiche (**figura 1**) troviamo:

- **Circuito chiuso (closed - loop):** prendono energia verticalmente o orizzontalmente dal sottosuolo. Possono anche essere installate sotto i corsi d'acqua e oltre, ad esempio nella Casa della storia europea nel Parco Leopold di Bruxelles.
- **Circuito aperto (open - loop):** prendono energia dalle acque geotermiche e sono spesso utilizzati per edifici di grandi dimensioni o reti di calore. Le pompe di calore possono essere applicate anche alle reti di calore e ai sistemi di teleriscaldamento e raffreddamento.

Soluzioni come le Pompe di Calore non offrono però solo un servizio di Riscaldamento e ACS (acqua calda sanitaria), ma anche Raffreddamento, un settore di cui si prevede una crescita importante nei prossimi anni, anche in relazione all'adattamento climatico. La geotermia è poi anche in grado di fornire soluzioni di cogenerazione per il settore edilizio e industriale, come abbiamo dimostrato con le nostre flotte di impianti in funzione in Germania.

Impianti per la produzione elettrica e di calore, convenzionali o innovativi a re-immissione totale dei fluidi, sono solo alcune



Figura 1
Tipologia di pompa di calore

delle principali applicazioni disponibili. Queste, unite alla possibilità di estrazioni di minerali strategici quali Boro, Litio, Rubidio, Cesio, Potassio e terre rare debbono porre, a nostro parere, l'intero settore in cima alle scelte strategiche nazionali.

Bisogna inoltre rimarcare che, anche laddove non esista un flusso di calore geotermico elevato, è comunque possibile realizzare sistemi di Riscaldamento e Raffrescamento Rinnovabile (*Renewable Heating & Cooling - RHC*), al servizio di singoli edifici, oppure distribuiti a livello urbano, utilizzando la Capacità Termica delle rocce mediante Sistemi di geoscambio e/o di accumulo. Tali sistemi, di cui alcuni importanti esempi sono stati già realizzati in Italia nei decenni passati, si stanno adesso diffondendo rapidamente soprattutto in ambito europeo.

Ma le pompe di calore geotermiche possono essere applicate in molti altri settori, come ad esempio diversi tipi di edifici, sia privati che commerciali. Quanto più grande è l'edificio, tanto più appropriata diventa la geotermia.

In Svezia, ad esempio, diverse agenzie di vendita al dettaglio hanno scoperto che le case con pompe di calore geotermiche hanno incrementato il proprio valore.

A Bruxelles la rigorosa applicazione delle norme edilizie e la domanda di spazi per uf-

fici moderni, confortevoli e "verdi" incoraggiano quasi tutte le nuove importanti ristrutturazioni a includere il riscaldamento e il raffreddamento geotermico. Rue Belliard 40 e gli edifici del Parlamento europeo, casa della storia europea e Wilfred Martens, la sede centrale NATO, nonché piscine, università, biblioteche, scuole, ospedali, ecc. sono solo un esempio delle principali applicazioni.

Capacity factor

Per capacity factor si intende un indicatore che misura la percentuale di tempo in cui una fonte di energia è in grado di produrre energia elettrica. Un capacity factor alto indica che la fonte di energia è in grado di produrre energia per un periodo di tempo prolungato, al contrario tale risorsa è da intendersi come intermittente o a bassa capacità generativa.

L'energia geotermica possiede il capacity factor tra i più elevati tra le fonti energetiche rinnovabili, (figura 2), in grado di raggiungere circa il 90%. Questo è dovuto al fatto che le centrali geotermiche possono produrre energia elettrica in modo continuo, indipendentemente dalle condizioni meteorologiche, garantendo quindi un baseload prossimo alle 8640 ore annue.

Se comparato infatti a quello di altre fonti di energia rinnovabile, come l'energia so-

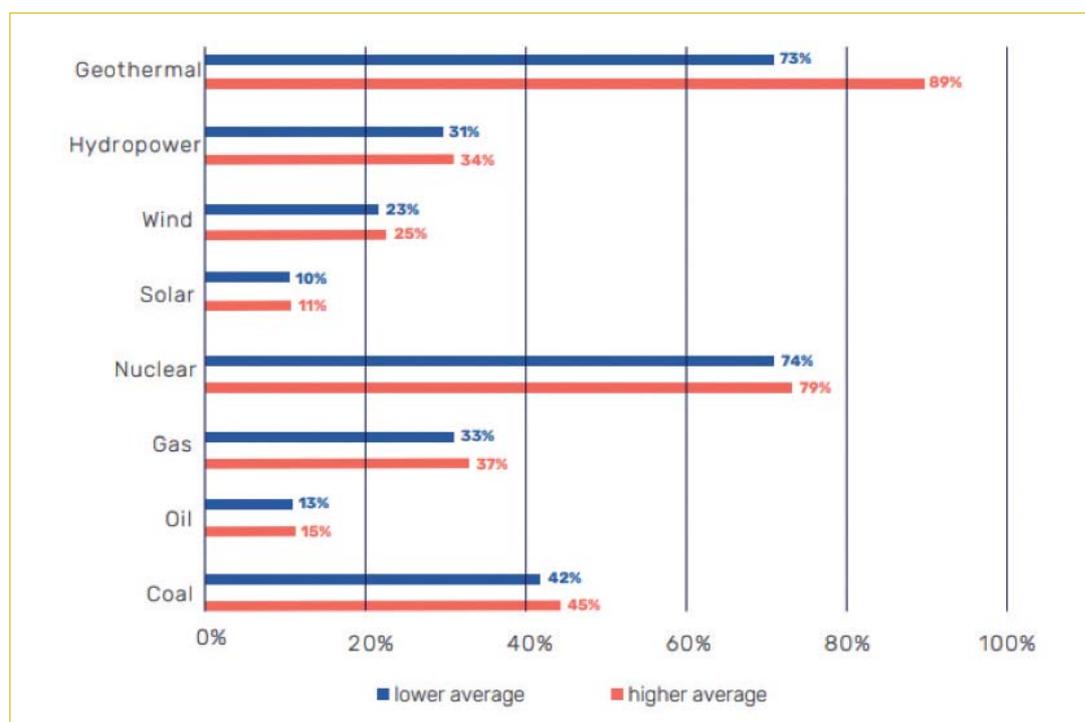


Figura 2
Capacity factor geotermia - Fonte: EGEC Market Report 2022

lare e l'energia eolica, rispettivamente dell'11% e del 25%, appare chiaro come il capacity factor medio dell'energia geotermica non solo sia superiore ad entrambi, ma anche estremamente affidabile in chiave di approvvigionamento.

Altre applicazioni (Litio geotermico)

Come menzionato in precedenza, la geotermia è strettamente connessa alla possibilità di estrazioni di minerali strategici quali Boro, Litio, Rubidio, Cesio. Il litio è un metallo alcalino leggero, che è diventato particolarmente conosciuto come elemento essenziale per la produzione di batterie agli ioni di litio, utilizzate in una vasta gamma di prodotti, tra cui veicoli elettrici, smartphone e computer.

Il litio in natura è presente in concentrazioni molto limitate, ed è quindi necessario utilizzare complessi processi di estrazione per produrlo in quantità apprezzabili. I metodi tradizionali sono basati su processi di evaporazione, che possono avere un impatto ambientale significativo, mentre l'utilizzo della geotermia, anche in questo caso, può essere sfruttato per recuperare il litio in modo più sostenibile. I fluidi geotermici, infatti, che sono acqua e vapore riscaldati dal calore interno della Terra, possono contenere concentrazioni significative di litio.

Il processo di recupero del litio dalla geotermia è relativamente semplice: Il fluido geotermico viene pompato in superficie, dove il litio viene separato dal fluido e concentrato. Il litio concentrato può quindi essere utilizzato per produrre i prodotti finali che necessitano tale minerale.

Vulcan Energy GmbH è pioniere in questo processo di estrazione e attualmente sta dando vita al più grande impianto di estrazione del litio sfruttando la geotermia. Ciò produrrà anche riscaldamento geotermico ed elettricità, mentre parte dell'energia prodotta verrà utilizzata per alimentare il processo di estrazione rendendolo a zero emissioni di carbonio [7]!

Le attuali esplorazioni sono in corso in Germania, Francia, Italia e Regno Unito.

Il recupero del litio dalla geotermia presenta una serie di vantaggi, tra cui:

- Sostenibilità: il processo di recupero del litio dalla geotermia non richiede l'utilizzo di sostanze chimiche o processi di evaporazione, che possono avere un impatto ambientale significativo.
- Risparmio energetico: il calore utilizzato per il

processo di recupero del litio è fornito dal fluido geotermico, che è una fonte di energia rinnovabile.

- Efficienza: il processo di recupero del litio dalla geotermia è relativamente efficiente, con un recupero di litio che può raggiungere il 90%.

Attività di advocacy nazionale ed europea (il ruolo dei gruppi transnazionali)

Il Green Deal Europeo, approvato nel 2020, ha lanciato un deciso indirizzo alle politiche di riduzione del gas serra al 2030. Al documento di policy sono seguiti il pacchetto "Fit for 55" per una implementazione del Green Deal stesso, la Recovery e Resilience Facility come misura di contrasto alla pandemia da COVID-19 e infine il Re-Power EU, lanciato nel 2022, come misura di reazione all'invasione Russa dei territori Ucraini.

Tra le principali misure del RepowerEU che interessano la geotermia si segnalano:

- ❑ obiettivo di triplicare la capacità geotermica entro il 2030. È la prima volta che un obiettivo di crescita viene applicato al settore geotermico, segnale forte per il mercato;
- ❑ incrementare i targets RES fino 45% (dal 40% precedente), includendo target vincolanti nei consumi finali di calore e raffrescamento da rinnovabili;
- ❑ obbligo per enti locali con più di 35.000 abitanti di predisporre piani di transizione del calore basati su fonti rinnovabili locali;
- ❑ regole autorizzative semplificate, efficienti e trasparenti;
- ❑ le "renewable go-to areas" devono essere definite dagli Stati membri, con un unico punto di contatto e un processo di autorizzazione semplificato;
- ❑ "Emergency fast-track permitting" nel limite di 3 mesi per pompe di calore geotermiche e sistemi open-loop fino a 50 MWth;
- ❑ piani nazionali di mitigazione del rischio finanziario per progetti di calore da RES.

Parallelamente la manifattura europea nei settori strategici assume un ruolo cruciale, in chiave di sicurezza degli approvvigionamenti in tutta la supply chain, così come opportunità per la creazione di catene del valore e per lo sviluppo di know-how e tecnologia per l'export. La geotermia è stata recentemente classificata come una delle 8 tecnologie strategiche "Net Zero" sulle quali focalizzare i prossimi

sviluppi europei (Net Zero Industry Act).

Le misure indicate dall'Europa contengono riferimenti puntuali per lo sviluppo della risorsa geotermica, alcune da implementare a livello europeo, altre a carattere nazionale.

Alcuni paesi europei (figura 3) hanno già provveduto a tracciare il piano d'azione per la geotermia quali Francia, Polonia, Irlanda, Germania, Paesi Bassi con obiettivi ambiziosi.

I prossimi passi attesi, necessari per il completo sviluppo del settore, prevedono:

- aggiornamento dei piani nazionali energia e clima (PNIEC) attesi entro giugno 2024, necessari per tracciare le traiettorie da cui declinare i necessari decreti attuativi;
- definizione di un piano di azione geotermico europeo e nelle singole nazioni;
- identificazione dei criteri e definizione delle aree idonee;
- supporto agli investimenti per sviluppo di capacità e integrazione della geotermia con le strategie sui materiali strategici (*Critical Raw Materials*) quali il Litio, componente strategico per l'elettrificazione, presente in alcune risorse geotermiche;
- schema europeo di mitigazione del rischio geotermico;
- sviluppo di "Heat Purchase Agreement" analogamente ai più noti PPA del settore elettrico.

Figura 3
Geotermia
in Europa



Conclusioni

Diversi Paesi in Europa, come Germania e Francia, si stanno già muovendo verso lo sviluppo strutturale e duraturo del settore geotermico, soprattutto per quanto riguarda i sistemi di teleriscaldamento. In Italia la spinta è stata avviata da gruppi di imprese come Rete Geotermica, che ha avviato una profonda attività di advocacy per portare in cima all'agenda pubblica il tema della geotermia e dei suoi concreti sviluppi per i prossimi anni.

L'Italia, tramite associazioni come Rete Geotermica e UGI (Unione geotermica italiana), e coadiuvata in Europa da EGEC (*European Geothermal Energy Council*), ha recentemente evidenziato come sia necessaria una maggiore visione, pubblica e privata, che possa accompagnare lo sviluppo di questo settore chiave.

La collaborazione con le associazioni professionali è infatti una delle strade per raggiungere obiettivi di lungo periodo, in un'ottica di esternalità virtuosa e diffusa, dalla quale possano beneficiare innanzitutto i cittadini.

Per tutte le ragioni sopra descritte, la geotermia non è solo una risorsa affidabile, efficiente e ad elevata disponibilità, ma anche una risorsa continuativa, indipendentemente da fattori climatici e a basso utilizzo di suolo. Un bene prezioso che non possiamo più permetterci di ignorare.

bibliografia

- [1] Turboden, Large heat pumps - <https://www.turboden.com/solutions/2602/large-heat-pump>
- [2] <https://www.enelgreenpower.com/it/learning-hub/energie-rinnovabili/energia-geotermica/italia>
- [3] <https://www.egec.org/media-publications/egec-geothermal-market-report-2022/>
- [4] <https://www.unionegeotermica.it/la-geotermia-in-italia/>
- [5] https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/repowereu-affordable-secure-and-sustainable-energy-europe_it
- [6] <https://www.mase.gov.it/pagina/la-geotermia-nella-transizione-energetica-globale-qual-e-futuro>
- [7] Vulcan Energy GmBH rif. - <https://v-er.eu/>