

Innovazione nel settore geotermico: potenzialità e prospettive per la transizione

IL PNIEC FISSA OBIETTIVI AMBIZIOSI GIÀ PER IL 2030, CON LA RIDUZIONE DI UN TERZO DEI CONSUMI FINALI, L'AMPIO RICORSO ALL'ELETTRIFICAZIONE E LO SVILUPPO DELLE FER NEL SETTORE ELETTRICO E TERMICO. IN QUESTO CONTESTO LA GEOTERMIA HA POTENZIALITÀ ENORMI, LEGATE ALLA PREDISPOSIZIONE GEOLOGICA DEL TERRITORIO ITALIANO. IL RUOLO DELLA RICERCA DI SISTEMA IN CAMPO GEOTERMICO NEI PROGRAMMI DI RSE



di Nunzia Bernardo, Dipartimento Sviluppo Sostenibile e Fonti Energetiche RSE



Il processo di transizione energetica passa attraverso l'efficientamento di ogni processo e l'integrazione e la gestione ottimale delle fonti energetiche rinnovabili (FER) nel sistema elettro-energetico. Le FER rappresentano il driver principale per il raggiungimento degli obiettivi di progressiva decarbonizzazione fissati al 2030 e

al 2050 dall'Unione Europea. Alla COP21 di Parigi, nel 2015, l'obiettivo dato era di ridurre almeno del 55 per cento le emissioni di gas climalteranti entro il 2030 rispetto ai livelli del 1990; nella COP26 di Glasgow e, successivamente, nella recente COP28 di Dubai si è ribadita la volontà di contenere l'aumento della temperatura ter-

restre entro 1,5 °C rispetto ai valori dell'era pre-industriale, attraverso ambiziosi programmi di riduzione dell'utilizzo di fonti fossili, fino a giungere alla neutralità climatica, possibilmente entro il 2050.

In ambito italiano, il Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima fissa obiettivi molto ambiziosi già per il 2030, con una

riduzione di un terzo dei consumi energetici finali, l'ampio ricorso all'elettrificazione dei processi e lo sviluppo e integrazione di fonti energetiche rinnovabili sia nel settore elettrico sia in quello termico. Il raggiungimento di questi traguardi comporta la radicale trasformazione del mix energetico nazionale: la drastica riduzione del ricorso a prodotti petroliferi (da 53 Mtep del 2022 a 29 Mtep nello scenario PNIEC) e del gas naturale (da 56 a 24 Mtep), l'aumento delle rinnovabili termiche (a superare 11 Mtep) e l'elettrificazione dei consumi (da 3,7 Mtep a 27 Mtep), possibile attraverso l'ampio ricorso a fonti di energia rinnovabile.

In questo contesto, la geotermia può assumere un ruolo chiave per il nostro Paese essendo una fonte inesauribile e rinnovabile con potenzialità enormi legate alla forte predisposizione geologica e termica del territorio italiano. Essa è valorizzabile sia in termini di generazione elettrica sia per gli usi diretti del calore della Terra. Non essendo soggetta alle problematiche di intermittenza tipiche dell'eolico e del fotovoltaico, garantisce alta continuità e programmabilità della produzione. Alla programmabilità si aggiungono benefici di tipo ambientale (scarsissima influenza sul cambiamento climatico, dovuta alla riduzione dell'emissione di CO₂, e minore utilizzo di suolo per le installazioni) e socioeconomico (in termini occupazionali, di risparmio energetico e di equo accesso all'energia).

La ricerca in campo geotermico ha sempre ricoperto un ruolo importante nei programmi di Ricerca di Sistema di RSE e gli studi hanno riguardato l'intero settore, dall'alta e media entalpia fino alla bassa-bassissima entalpia, con un approfondimento anche relativo alle potenzialità della risorsa per il recupero di materie prime critiche



Veduta notturna del sito di perforazione e della piattaforma di produzione di Eavor GmbH, proprietario e gestore dell'impianto. A Geretsried, Eavor sta implementando la prima centrale geotermica commerciale dove un fluido di lavoro circola in un circuito chiuso, assorbe il calore dalla roccia circostante e lo trasporta in superficie per la produzione di energia

particolarmente utili per la transizione energetica e digitale.

Zonazione geotermica del territorio italiano

Qual è il potenziale geotermico del territorio italiano? Dove si trovano le risorse più interessanti nei diversi campi di temperatura? È questo il quesito che guida l'attività di zonazione della risorsa svolta da RSE con l'obiettivo di individuare aree del territorio italiano più promettenti per i diversi campi di energia: alta, media e bassa entalpia. La

zonazione geotermica del territorio italiano è stata realizzata a supporto del Governo centrale, su richiesta dell'allora Ministero dello Sviluppo Economico (MISE, oggi Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica – MASE), a seguito di esigenze espresse dalle Commissioni riunite VIII e X del 15 aprile 2015.

Per le applicazioni ad alta e media entalpia, adatte sia alla produzione di energia elettrica sia di calore, RSE ha realizzato la zonazione partendo dai dati e informazioni contenute nell'inventario

delle risorse geotermiche dell'U-NIMIG, georeferenziando le mappe di temperatura (°C) a profondità di 1.000, 2.000 e 3.000 metri, quelle di flusso di calore (mW/m²) e quelle che indicano la profondità del tetto delle formazioni carbonatiche (m). Questi strumenti sono utili ai decisori nazionali e locali per tracciare nelle politiche energetiche il ruolo della geotermia e individuarne il potenziale territoriale. Un estratto della mappa di zonazione, relativa alla profondità di 3.000 metri è riportato nella **Figura 1**.

La ricerca ha permesso altresì di stimare la producibilità geotermoelettrica per 382 Comuni italiani. I risultati ottenuti hanno mostrato che per queste aree la producibilità termica è dell'ordine di 115 TWh/anno.

Di particolare interesse, infine, la valutazione del potenziale geotermico italiano a bassa entalpia, adatto all'uso diretto del calore per il riscaldamento e il raffrescamento

Qual è il potenziale geotermico italiano? Dove si trovano le aree più interessanti nei diversi campi di temperatura? È questo il quesito che guida l'attività di zonazione delle risorse svolta da RSE, con l'obiettivo di individuare le più promettenti

degli edifici e per la produzione di acqua calda sanitaria, anche attraverso la messa a punto di modalità speditive di individuazione di aree a forte potenziale. Anche in questo caso, RSE mira alla definizione della zonazione geotermica a bassa entalpia del territorio italiano. Essa può rappresentare un riferimento nazionale utile per operatori del settore, comunità scientifica, *stakeholder* industriali e soprattutto amministrazioni ed enti nazionali e locali, che hanno a disposizione uno strumento di aiuto alle decisioni per indirizzare gli investimenti relativi all'efficientamento del patrimonio edilizio esistente, alla decarbonizzazione delle città metropolitane e alla creazione di Comunità dell'E-

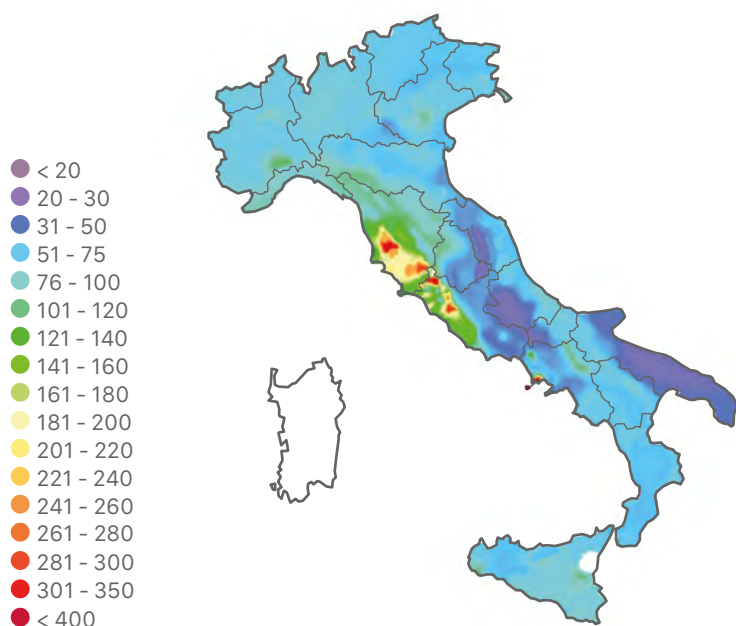
nergia Rinnovabile (CER), anche termiche, focalizzando le zone idonee per tali applicazioni, valorizzando i territori in funzione delle potenzialità geologiche e termiche delle diverse zone italiane.

Una prima applicazione della zonazione geotermica a bassa entalpia è stata effettuata a supporto dell'amministrazione comunale di Roma Capitale, nell'ambito della realizzazione del Piano di Azione per l'energia Sostenibile e il Clima – PAESC. Le analisi sono state svolte in collaborazione con il Gestore dei Servizi Energetici – GSE e sono state riportate nel documento *Ipotesi di sviluppo al 2030 della geotermia a bassa entalpia nell'area di Roma Capitale*. Altri esempi riguardano il supporto alla creazione di CER nel territorio della provincia di Sondrio.

Figura 1

Zonazione geotermica del territorio italiano. Mappa delle temperature nel sottosuolo a 3.000 metri di profondità

Fonte: RSE



Analisi delle tecnologie emergenti

Le attività di Ricerca di Sistema riguardano anche le tecnologie emergenti in campo geotermico quali quelle a circuito chiuso, al fine di determinarne il potenziale sfruttabile in Italia, la fattibilità geologica e la loro sostenibilità ambientale ed economica nel tempo.

Nei sistemi innovativi a circuito chiuso il fluido vettore di processo non entra mai in contatto fisico con le rocce calde incassanti (*reservoir* geotermico; in gergo petrolifero il *reservoir* è la roccia che contiene nel sottosuolo gli idrocarburi ed è in grado sia di trattenerli, quando è sovrastata da una roccia impermeabile, sia di cederli permettendo il loro flusso entro un pozzo perforato fino ad essa) ma estrae dalle rocce stesse solamente il calore per traspor-

Le attività di Ricerca di Sistema riguardano anche le tecnologie emergenti in campo geotermico, al fine di determinarne il potenziale sfruttabile in Italia, la fattibilità geologica e la loro sostenibilità ambientale ed economica nel tempo

tarlo in superficie e utilizzarlo per l'attivazione del processo di produzione di energia. Questi sistemi differiscono dai tradizionali sistemi geotermici e geotermici avanzati (*Enhanced Geothermal Systems – EGS*) in quanto si basano solo sul trasferimento di calore dalla roccia al fluido di processo che circola in una rete di tubi posti in profondità. Non vi è, quindi, la necessità di avere alcun *reservoir* né alcun fluido geotermico. Questa tecnologia consente una maggiore applicabilità territoriale in contesti geologici e litologici differenti, non strettamente legati alla necessità della tradizionale presenza di un serbatoio geotermico, suggerendo lo sfruttamento di questa risorsa in aree più vaste rispetto a quanto realizzabile con la geotermia convenzionale.

Le ricerche condotte da RSE si sono inizialmente focalizzate su aree italiane maggiormente note dal punto di vista geologico e ter-

mico del sottosuolo. I primi studi di zonazione per le nuove applicazioni tecnologiche hanno riguardato la Regione Campania, con la produzione di mappe di temperatura compatibili con il dominio di operabilità ed efficienza delle tecnologie analizzate e delle litologie *target* per il funzionamento ottimale delle diverse configurazioni impiantistiche. Una volta individuate le aree potenzialmente più favorevoli per lo sviluppo di questi sistemi geotermici, la ricerca si è estesa verso la modellazione statica e fluidodinamica finalizzata a studiare, in via preliminare, le prestazioni di sistemi e l'eventuale svilupparsi di interferenze termiche e perdite di efficienza per depauperamento della risorsa nel sottosuolo, andando quindi a verificare la fattibilità geologica e la sostenibilità dell'utilizzo della risorsa nel tempo.

Per rendere lo studio maggiormente aderente agli effettivi svi-

luppi industriali è stato stipulato un accordo di collaborazione con la società olandese Eavor che sta sviluppando e installando dei prototipi molto innovativi in alcuni siti in Canada, Germania e Stati Uniti, potendo accedere a informazioni che ne permettono la modellazione numerica di comportamento (*digital twin*). Si è dapprima simulata la configurazione più semplice, denominata Eavor-Lite™ (in **Figura 2** nella parte sinistra), che prevede pozzi perforati inizialmente in verticale e poi deviati (deviazione di 90°), con il tratto orizzontale che si sviluppa nelle arenite, rocce sedimentarie terrigene con granuli il cui diametro ha le dimensioni di una sabbia.

Particolarmente innovative dal punto di vista realizzativo sono le modalità di realizzazione dei pozzi verticali che utilizzano tecniche di perforazione derivate dall'oil&gas basate sulla struttura a canocchiale (batteria di tubi di acciaio filettati, di diametro decrescente con la profondità, impilati nel foro man mano che avanza la perforazione) e, soprattutto, la realizzazione dei tratti orizzontali che vengono trattati con materiali a base di silicati alcalini capaci di rendere impermeabile il pozzo per evitare perdite idrauliche durante la circolazione del fluido di processo attraverso un processo di vetrificazione delle pareti del pozzo. La distanza orizzontale tra i pozzi è dimensionante per l'impianto, dato che garantisce il riscaldamento del fluido di processo in circolo nel *loop*. Per migliorare le prestazioni possono essere realizzate delle deviazioni parallele, in modo da moltiplicare i circuiti termici, prestando attenzione a limitare le interferenze termiche tra rami paralleli. Le simulazioni effettuate da RSE hanno riguardato la modellazione del sistema Eavor-Lite™, con un solo pozzo orizzontale, realmente in esercizio in Alberta (Canada).

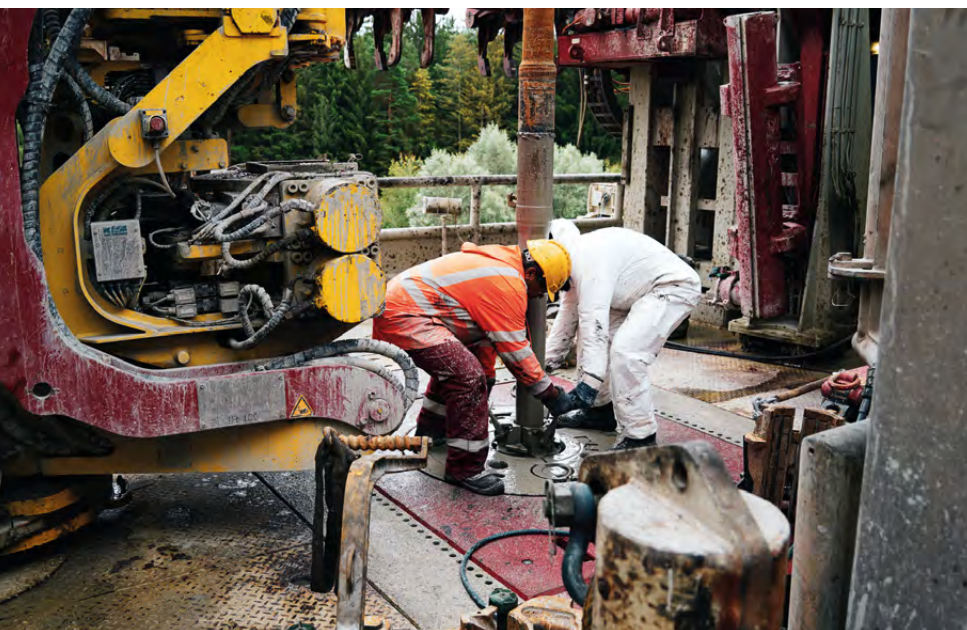
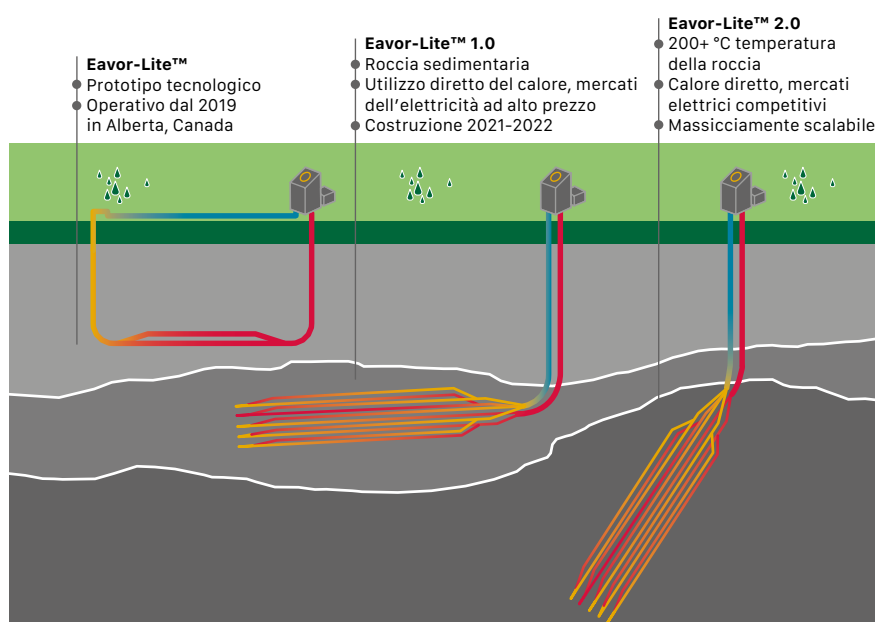


Figura 2 Rappresentazione dei sistemi Eavor-Loop™

Fonte: Eavor Erdwärme Geretsried GmbH



Una prima evoluzione del sistema Eavor-Loop™ è rappresentata dalla configurazione Eavor-Loop™ 1.0, (schematicamente riprodotta nella parte centrale della **Figura 2**): i pozzi che compongono questo sistema sono realizzati all'interno della stessa area operativa: le perforazioni procedono in maniera simultanea, nella stessa direzione e verso. Ad una certa profondità, le perforazioni vengono direzionate orizzontalmente fino a congiungersi alle profondità *target* dove risiedono le temperature e le litologie *target* ottimali, che in questo caso sono rappresentate da litologie sedimentarie calcaree. L'impianto in fase di realizzazione in Germania prevede di raggiungere profondità dell'ordine dei 4,5 km.

La naturale evoluzione del sistema (Eavor-Loop™ 2.0 o Eavor-Deep™ a destra in **Figura 2**) si sviluppa verso profondità più elevate (fino a 7 km) puntando ad operare in formazioni geologiche terrigene e carbonatiche ma anche metamorfiche. Negli Stati Uniti, al confine tra l'Arizona e il

New Mexico, si è conclusa la perforazione per la realizzazione di un impianto Eavor-Deep™ che ha raggiunto la profondità di circa 6 km e 250 °C di temperatura.

Potenziale minerario di fluidi geotermici (geothermal brine mining)

In questo settore RSE riguarda la geotermia per la produzione di energia considerandone anche le potenzialità come fonte di materie prime. I fluidi geotermici caldi, infatti, a contatto con le rocce in profondità lisciviano minerali e metalli in esse presenti, formando acque ipersaline, dette brine o salamoie geotermiche, caratterizzate da alte concentrazioni di metalli quali, ad esempio, sodio, magnesio e perfino di litio (sotto forma di cloruri, solfati o carbonati disciolti nell'acqua). L'utilizzo di questi metalli è oramai fondamentale per l'economia europea e italiana e strategici per la transizione energetica. Il processo di recupero di materie prime è un prodotto-sottoprodotto (*by-product*) della produzione di

energia elettrica e, per tale motivo, si inquadra in un'ottica di approvvigionamento sostenibile.

Lo scopo delle analisi svolte da RSE è di verificare sperimentalmente, analizzando fluidi campione, il potenziale minerario dei fluidi geotermici italiani, fornendo importanti indicazioni per contribuire alla diversificazione degli approvvigionamenti di materie prime e alla riduzione delle criticità legate alla dipendenza dalle importazioni. RSE ha già condotto analisi sul chimismo di fluidi geotermici italiani per ricondurre alle rocce serbatoio con diverse caratteristiche mineralogiche che hanno determinato arricchimenti in minerali e metalli, così da poter confrontare, ed eventualmente replicare, le valutazioni in diverse aree con caratteristiche geologiche e geodinamiche simili.

RSE intende ampliare la ricerca partendo dalle matrici fluide ed estendendola su *hard-rock* di diversa origine. Infine, in un'ottica di circolarità, sono di interesse per gli studi sul tema delle materie prime critiche anche gli scarti minerari di miniere e cave dismesse, oltre che le sorgenti presenti nel cosiddetto *urban mining*.

Le attività svolte da RSE sono finanziate dal Fondo di Ricerca di Sistema nell'ambito dell'Accordo di Programma tra RSE e il Ministero dello Sviluppo Economico – Direzione generale per il mercato elettrico, le rinnovabili e l'efficienza energetica, il nucleare – in ottemperanza del DM 16 aprile 2018.

Geotermia a bassa entalpia nel Comune di Roma

