

Geotermia d'impatto

di **Riccardo Basosi***, **Mirko Bravi****

La geotermia italiana oscilla tra “free carbon” e “**carbon free**”, ma è tecnicamente possibile diminuire l'impatto sull'ambiente



Oggi nel Mondo sono installati 613 impianti geotermoelettrici per un totale di 12.640 MWe; le centrali in Europa raggiungono 2.133 MWe di cui in Italia 916 MWe, localizzati in Toscana e divisi in due zone: Larderello-Travale (795 MWe) e Monte Amiata (121 MWe). La geotermia contribuisce in modo significativo al fabbisogno elettrico ed energetico regionale, è una risorsa naturale e rinnovabile, è sito specifica, in quanto la sua localizzazione è determinata dai fenomeni geo mineralogici che ne hanno consentito la formazione, l'accumulo e la conservazione. Anche gli impatti connessi con le emissioni delle centrali geotermiche sono sito specifici. Le caratteristiche del fluido geotermico cambiano a seconda della profondità sia nello spazio che nel tempo. Ci sono inoltre differenze significative in relazione al tipo di tecnologia utilizzata per lo sfruttamento geotermico. Il Protocollo di Kyoto e l'IPCC hanno considerato fino a ora tutti i tipi di centrali geotermiche senza emissioni di CO₂ e di gas climalteranti, adottando il concetto - ormai dimostratosi errato - che le emissioni naturali di CO₂ delle zone geotermiche siano paragonabili a quelle causate dallo sfruttamento energetico delle stesse zone, trascurando la variabile temporale. Non hanno lo stesso effetto ambientale emissioni prodotte nell'arco di trent'anni di vita di una centrale o emissioni naturali di pari entità che si generino in 100.000 anni.

Impatto geotermico

L'energia prodotta da fonte geotermica, come quella prodotta dalle altre fonti energetiche, ha un impatto non trascurabile sull'ambiente. L'unica energia pulita è quella che non si usa, cioè quella risparmiata. In particolare, per le emissioni in atmosfera, la geotermia è caratterizzata da significative emissioni in aria di: anidride carbonica (CO₂), metano (CH₄), idrogeno solforato (H₂S), ammoniaca (NH₃), radon (Rn) e altri, metalli come mercurio (Hg), boro (B), arsenico (As) e antimonio (Sb). Le principali emissioni in atmosfera legate all'attività geotermoelettrica sono riportate in tabella 1, riferite a diverse scale territoriali. Se si vuole sfruttare la risorsa geotermica a fini energetici è evidente la necessità di una migliore regolamentazione delle emissioni dell'attività industriale. La Regione Toscana con la DGR 344/2010 (tiny.cc/344) ha predisposto una serie di misure atte al contenimento delle sostanze inquinanti al fine di rendere compatibile lo sfruttamento della risorsa geotermica con la salvaguardia ambientale ponendo limiti alle emissioni di NH₃, Hg e H₂S.

Il lavoro pubblicato a nostra firma sul Journal of Cleaner Production nel 2014 e scaricabile dal sito Arpat (tiny.cc/BraviBasosi) si concentra sull'analisi delle emissioni geotermiche nell'area del Monte Amiata perché, come si può evincere dalla tabella 2, tale area presenta criticità maggiori rispetto alle altre aree geotermiche toscane. Infatti, a fronte di una produzione di energia elettrica da fonte geotermica nel 2010 pari all'11,8% di quella totale regionale, le emissioni in atmosfera amiatine rappresentano una quota ben più rilevante per Hg e NH₃ (As 13,7%, CO₂ 27,7%, H₂S 16,8%, Hg 46,3%, NH₃ 43,3% delle emissioni toscane). Anche Arpat nella citata delibera 344 scrive che «i fattori di emissione più alti per la quasi totalità degli inquinanti si registrano nell'area geotermica dell'Amiata».

Nell'articolo richiamato vengono considerate con un'analisi LCA (Life Cycle Assessment) computerizzata le emissioni di gas incondensabili nel periodo 2002-2009, considerando la sola fase di produzione di quattro centrali geotermoelettriche dell'area amiatina (Piancastagnaio 3, 4 e 5 e Bagnore 3) utilizzando le misure a campione effettuate da Arpat allo scarico delle centrali nel corso degli stessi anni. È importante sottolineare che l'analisi non include il consumo di risorse associate alle perforazioni, alla costruzione e alle operazioni sul campo, l'utilizzo dei materiali necessari alla



costruzione e alla fase operativa delle centrali geotermiche, i fermi impianto e i blocchi dei filtri abbattitori di Hg e H₂S (AMIS), tutte esclusioni in realtà non trascurabili per la valutazione delle emissioni in atmosfera della produzione da fonte geotermica: basti pensare che, riferendosi a Bagnore 3, Arpat scrive che dal 2007 al 2011 in media ci sono state 725 ore anno con fermo dell'AMIS o blocco del gruppo: «Questo significa che in media per 8.035 ore si è avuta un'emissione pari a quella di marcia ordinaria (pari alla media dei controlli a 23,6 kg/h di H₂S) e per 725 ore si è avuta un'emissione pari a circa 130 kg/h di H₂S». Inoltre, le centrali geotermiche non dotate di filtri abbattitori non sono state considerate nell'analisi (centrale Piancastagnaio 2, a oggi dismessa). Sulla base di queste premesse, gli impatti sull'ambiente che vengono calcolati dall'analisi LCA degli autori rappresentano una sottostima di quelli reali nell'intervallo temporale 2002-2009.

Emissioni importanti

Le emissioni climalteranti che contribuiscono alla categoria di impatto potenziale di riscaldamento globale (GWP) sono tutt'altro che trascurabili. In media il valore calcolato è 693 kgCO_{2,eq}/MWh, con valori che oscillano nell'arco dei vari campionamenti tra 380 e 1.045 kg/MWh. Utilizzando la banca dati ecoinvent V2, l'impatto GWP per l'energia elettrica prodotta con centrale a carbone e metano corrisponde rispettivamente a 1.068 e 640

TABELLA 1

Emissioni in aria per varietà di scale territoriali - confronto tra geotermia e tutti i settori industriali

Tipo di emissione in aria	Unità di misura	Emissioni totali Europa UE27 (2012) - tutti i settori industriali *	Emissione totali Italia (2012) - tutti i settori industriali *	Emissioni geotermia Toscana (2007) **	Emissioni geotermia area Amiata (2007) **	Emissioni geotermia Toscana (2010) **	Emissioni geotermia area Amiata (2010) **
Arsenico	kg/a	30.900	858	482	84	331	45
CO2	ton/a	1.891.338.000	155.387.000	1.917.824	447.580	1.827.101	506.362
Idrogeno solforato	ton/a	n.d.	n.d.	16.181	2.492	10.383	1.742
Mercurio	kg/a	27.800	1.370	1.494	760	872	404
Ammoniaca	ton/a	193.516	21.062	6.415	3.132	10.019	4.334

FONTE

* Il registro europeo delle emissioni e dei trasferimenti contiene dati comunicati ogni anno da più di 30.000 impianti industriali che coprono 65 attività economiche in tutta Europa

** Regione Toscana IRSE Inventario Regionale delle Sorgenti di Emissione aggiornamento anno 2007 e 2010

web site

* <http://prtr.ec.europa.eu/PollutantReleases.aspx>

** <http://servizi2.regione.toscana.it/aria/>

kgCO_{2-eq}/MWh. Dal punto di vista del potenziale di acidificazione (ACP), l'impatto derivante dall'energia prodotta dalle centrali geotermoelettriche del Monte Amiata è in media 2,2 volte maggiore dell'impatto di una centrale a carbone di pari potenza elettrica. Il valore medio dell'ACP di Bagnore 3 (il campo geotermico di Bagnore emette 21,9 kgSO_{2-eq}/MWh) è 4,3 volte più alto di una centrale a carbone e circa 35,6 volte più alto di una centrale a gas. Gli alti valori dell'ACP del campo geotermico di Bagnore rispetto a quelli di Piancastagnaio sono connessi alla grande quantità di NH₃ presente nelle emissioni di BG3. Per quanto riguarda il potenziale di tossicità per l'uomo (HTP), il metodo di valutazione non registra valori preoccupanti: in media l'energia prodotta dalle centrali geotermiche del monte Amiata risulta meno impattante di una centrale a combustibile fossile. L'analisi tuttavia richiede un aggiornamento, in quanto il metodo di calcolo non tiene conto del contributo non trascurabile dell'attività geotermoelettrica amiatina alla formazione di materiale particolato fine PM 10 e PM 2,5 di origine secondaria connesso con l'emissione in aria di NH₃ e dell'H₂S. È quindi necessario un aggiornamento dell'analisi tenendo conto di questi importanti aspetti.

A tale proposito, se consideriamo che nell'anno 2010 sono state emesse in Toscana dalle centrali geotermiche circa 10mila tonnellate di H₂S e di NH₃ (in Amiata 1.741 tonnellate di H₂S e 4.334 tonnellate di NH₃) e teniamo conto dei risultati del Report CAFE (Clean Air for Europe) e di quanto riportato da Bittman e altri nel lavoro del 2014 (tiny.cc/Bittman), si ha evidenza di come le emissioni di NH₃ contribuiscano in modo significativo alla formazione di particolato secondario in atmosfera per circa il 20% in massa. Paulot e Jacob, chimici dell'Harvard University (tiny.cc/PaulotJacob), descrivono le modalità di interazione dell'NH₃ in atmosfera per formare particelle nocive e calcolano che l'impatto sulla salute umana (secondo l'EPA) negli Stati Uniti è pari a 100 \$ al kg di NH₃ emesso in atmosfera. Il problema dell'ammoniaca è stato discusso nel 2014 anche da Eric Stokstad sulla rivista *Science* giungendo alle stesse conclusioni (tiny.cc/Stokstad). A livello europeo, il CAFE (tiny.cc/CAFE) aveva quantificato nel 2005 i danni generati dall'NH₃ specifici per l'Italia in media pari a 20,5 euro/kg di NH₃.

Il nostro lavoro non aveva obiettivi legati agli aspetti epidemiologici che esulano dalla nostra competenza, ma nel 2010 è stato pubblicato a cura dell'ARS Toscana uno studio (tiny.cc/ARS) che ha evidenziato criticità statisticamente significative e su cui sono in corso approfondimenti. Per rendere le centrali geotermiche "carbon free" ed evitare gli impatti dovuti alle emissioni delle centrali Flash, il 100% dei fluidi geotermici prelevati deve essere reiniettato nello stesso bacino di prelievo, adottando tecnologie a ciclo chiuso basate in genere sul Ciclo Rankine Organico (ORC). A differenza dei sistemi con turbina a vapore,

TABELLA 2

Percentuali di emissioni da produzione geotermoelettrica - confronto nello spazio e nel tempo

Tipo di emissione in aria	% Emissioni geotermia Amiata/Toscana (2007) *	% Emissioni geotermia Amiata/Toscana (2010) *	% media Emissioni geotermia Toscana/UE27	% media Emissioni geotermia Toscana/Italia	% media Emissioni geotermia area Amiata/UE27	% media Emissioni geotermia area Amiata/Italia
Arsenico	17,4%	13,7%	1,3%	47,3%	0,2%	7,5%
CO2	23,3%	27,7%	0,1%	1,2%	0,0%	0,3%
Idrogeno solforato	15,4%	16,8%	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Mercurio	50,9%	46,3%	4,3%	86,3%	2,1%	42,5%
Ammoniaca	48,8%	43,3%	4,2%	39,0%	1,9%	17,7%

Nota*

Fonte IRSE: l'Amiata contribuisce al 10,8% della produzione di energia elettrica da fonte geotermica della Regione Toscana nel 2007 (Amiata 566 GWh - Toscana 5.241 GWh) e 11,8% per l'anno 2010 (Amiata 587,6 GWh - 4.998,7 GWh)

i sistemi a ciclo chiuso utilizzano un fluido di lavoro con un basso punto di ebollizione in un sistema a circuito per produrre elettricità. Questa tecnologia è stata ampiamente utilizzata in progetti geotermici a media entalpia o persino per migliorare il rendimento degli impianti Flash. Secondo quanto scritto nel lavoro di Shoshan (tiny.cc/WGC2015), nel corso degli anni le soluzioni ORC sono state migliorate e modificate per meglio adattarsi alle varie condizioni della fonte di calore, compresi i fluidi con alta temperatura, ad alta entalpia, e con presenza di un'alta concentrazione di gas non condensabili (NCG), come nell'impianto da 100 MW inaugurato nel 2014 a Ngatamariki (New Zealand). Questa tecnologia presenta costi di installazione superiori e rendimenti elettrici inferiori rispetto alle tecnologie Flash amiatine, ma allo stesso tempo, essendo a ciclo chiuso, minimizza le pressioni sull'ambiente (tiny.cc/Borzoni).

Questione di limiti

Riteniamo quindi anomalo che il nuovo impianto realizzato a Bagnore da 40 MW, inaugurato a fine 2014, non rispetti i limiti previsti dalla stessa Regione nella DGR 344, dato che la tecnologia utilizzata (flash + abbattitore) non è quanto di più tecnologicamente avanzato disponibile oggi dal punto di vista ambientale, ma probabilmente solo la scelta più conveniente dal punto di vista economico-finanziario. È evidente che esiste una competizione tra i tempi geologici naturali (che porterebbero comunque in tempi lunghi i gas contenuti nei fluidi geotermici in contatto con l'atmosfera) e i tempi rapidi dello sviluppo del geotermico ai fini di produzione elettrica. Questo conflitto è la causa delle pressioni sull'ambiente e questo può essere minimizzato solo con lo sviluppo di tecnologie più adeguate, come i sistemi a ciclo binario con reiniezione totale dei fluidi, senza rinunciare all'utilizzo di una risorsa naturale rinnovabile.

Anche nel nuovo Work Program 2016-2017 del Programma HORIZON 2020 della UE questi elementi sono stati apprezzati dalla Commissione Europea e sta per uscire una Call (LCE21d-Low Carbon Energy) che si pone l'obiettivo di finanziare ricerche orientate a rimuovere le preoccupazioni ambientali e sociali della produzione geotermoelettrica, sviluppando soluzioni tecnologiche basate sulla reiniezione dei gas incondensabili. Questo è l'unico modo per superare il "collo di bottiglia" che ha fin'ora rallentato, se non impedito, lo sviluppo di una fonte rinnovabile preziosa per la collettività e l'economia nazionale. Sarebbe anche auspicabile pensare a soluzioni per riconvertire le centrali esistenti con nuovi sistemi più puliti, che garantiscano una maggior sostenibilità della risorsa. In ogni caso, il profitto finanziario non può essere il principale criterio nel processo decisionale per lo sviluppo di centrali geotermiche nell'area dell'Amiata e nel resto del Paese.

* Università di Siena ** Ricercatore freelance