

PROCEDURA DI VIA PROGETTO DI RIASSETTO AREA GEOTERMICA PIANCASTAGNAIO

**GRUPPO DI LAVORO PER IL BILANCIO IDRICO DELL'ACQUIFERO DEL M.
AMIATA (AdB Tevere, AdB FIORA, Bacino Regionale Ombrone, Settore Prevenzione del
Rischio Idraulico e Idrogeologico, Settore Tutela e Gestione delle Risorse Idriche)**

**Contributo istruttorio sulle integrazioni Enel, relativamente alla tutela della falda strategica
del M. Amiata**

PREMESSA

A seguito delle integrazioni pervenute da parte di ENEL Green Power a dicembre 2009 e a novembre 2010 (integrazioni volontarie) il 16 dicembre 2010 si è riunito il Gruppo di lavoro sul bilancio idrico del M.te Amiata per analizzare la documentazione tecnica elaborata relativamente alla tutela della falda strategica del M.te Amiata.

Di seguito si forniscono le valutazioni circa la rispondenza della documentazione prodotta con le integrazioni richieste e trasmesse al Settore Valutazione Impatto Ambientale della Regione Toscana (Prot. n. AOO – GRT / 232604 / P.10.20 del 8 settembre 2009).

Riepilogo obiettivi del riassetto

Viene abbandonata l'estrazione di fluidi del 1° serbatoio, per passare alla sola estrazione del 2° serbatoio, prevedendo una lieve riduzione del vapore estratto complessivamente. Per i quantitativi di fluidi di reiniezione è invece previsto un lieve incremento, fino a circa il 75% dell'estratto. La reiniezione dei fluidi estratti dal 2° serbatoio geotermico sarà effettuata anche entro il 1° serbatoio geotermico, che pertanto resta parte del "sistema di coltivazione".

Documentazione integrativa richiesta

Per quanto concerne la tutela della falda vulcanica gli aspetti per i quali sono stati richiesti approfondimenti risultano i seguenti:

1. un inquadramento idrogeologico generale sull'area amiatina, corredato da una sezione idrogeologica passante per Piancastagnaio e la vetta del M. Amiata, contenente le indicazioni sui mutamenti della falda freatica e delle sue emergenze.
2. indicazioni sui tempi di ricarica del vapore (ciclo pioggia/vapore) e sulle aree di alimentazione del campo geotermico (eventualmente sostenute da prove con traccianti).
3. una sintesi delle connessioni fra i campi geotermici di Piancastagnaio e Bagnore.
4. una sintesi delle motivazioni che inducono a considerare il campo superficiale e quello profondo strettamente connessi tra loro.
5. una quantificazione indicativa dell'effetto della geotermia sulla risorsa idrica superficiale, in relazione anche alle fasi di sfruttamento ed ai quantitativi estratti nel tempo.
6. ipotesi degli effetti dell'abbandono del 1° serbatoio geotermico e del passaggio allo

sfruttamento del solo 2° serbatoio geotermico ed ipotesi sugli effetti della reiniezione nel 1° serbatoio.

7. un'analisi dei bradisismi meno sintetica di quella fornita, che sia inquadrata con i movimenti di versante e con le probabili strutture di assestamento del vulcano, in modo tale da essere significativa.
8. una proposta di rete e di un piano di monitoraggio ante e post operam per la verifica degli effetti quantitativi e qualitativi/chimici dello sfruttamento geotermico sulle risorse idriche superficiali e sotterranee del sistema amiatino.

Bibliografia essenziale:

1. Burgassi et alii 1965 "Prospezioni delle anomalie geotermiche e sua applicazione alla regione amiatina".
2. R. Cataldi 1965 "Remarks on the Geothermal Research in the Regione of Monte Amiata (Tuscany - Italy)".
3. Calamai et alii 1970 "Geology, Geophysics and of the Monte Amiata Geothermal Fieldsthermics; studio organico sulla geotermia amiatina".
4. Convenzione tra Regione Toscana e Studio Edra (2006) "Rilievo geostrutturale dell'apparato vulcanico del Monte Amiata".
5. Convenzione tra Regione Toscana e Università di Siena (2008) "Studio geostrutturale, idrogeologico e geochimico ambientale dell'area amiatina".
6. Convenzione tra Regione Toscana e CNR di Pisa (2006) "Campagna geofisica triennale tramite elettromagnetismo relativa all'acquifero dell'edificio vulcanico del Monte Amiata".
7. Convenzione tra Regione Toscana e Università di Firenze (2010) - Progetto Mac-Geo "Rapporto sulla ricostruzione del modello concettuale geologico ed idrogeologico dei due campi geotermici".
8. Convenzione tra Regione Toscana e Università di Firenze - Progetto Mac-Geo (2010) "Note di chiarimento su alcuni aspetti del report geochimico-isotopico del progetto MAC-GEO".
9. Marroni (Università di Pisa) (2008) "Report relativo al progetto di ricerca integrata: Characterization of the geological and structural framework of the M.te Amiata".
10. Frondini et alii (2009) "Carbon dioxide degassing and thermal energy release in the Monte Amiata volcanic -geothermal area".
11. ENEL 1965 "Prospezioni geoelettriche nella Regione del Monte Amiata".
12. Convenzione tra Provincia di Grosseto e Università di Siena (2005) "Studio idrogeologico per la valutazione della vulnerabilità all'inquinamento dell'acquifero vulcanico del Monte Amiata".
13. Dini et alii (2010) "Geological Evaluation of the Base of the Mt. Amiata Volcanic Complex".
14. A.A.V.V. (1971) - "la Toscana meridionale" - sezione geologica mineraria di Abbadia San Salvatore".
15. Piccini et Alii (2005) "Concrezionamento olocenico e aspetti geomorfologici della grotta del Vento (Alpi Apuane - Lucca): analisi paleoclimatica e implicazioni morfogeniche".
16. Convenzione tra Comunità Montana Amiata e Studio Edra (2002) "La sismicità del Monte Amiata nei Comuni di Abbadia san Salvatore e Piancastagnaio dal maggio 2000 al giugno 2001".

17. colonne stratigrafiche sondaggi Amiata (fonte ufficio: Settore Autorità di Vigilanza sulle Attività Minerarie).

ANALISI DELLA DOCUMENTAZIONE PRESENTATA

Si evidenzia che il SIA contiene delle elaborazioni di dati di produzione, reiniezione, livelli piezometrici dei serbatoi geotermici, analisi isotopiche, dati microsismici e di subsidenza selezionati dal Proponente Enel in base ad un criterio di scelta fra tutti i dati disponibili non verificabile.

Nella documentazione che costituisce il SIA si afferma che il prelievo geotermico (per entrambi i serbatoi) proviene da una falda di carattere regionale (Serie Toscana sepolta) alimentata da più affioramenti distanti dall'Amiata (per altro molto al di fuori delle concessioni geotermiche ENEL) e sulla quale gli effetti del prelievo geotermico sono ritenuti non valutabili. Viene quindi escluso ogni collegamento o possibile alimentazione dal vulcano Amiata (adiacente i campi geotermici). Quanto affermato nel SIA è in netto contrasto con gli studi 1, 2 e 3 citati in bibliografia, che sulla base di un approccio multidisciplinare indicavano invece proprio nel vulcano la ricarica dei serbatoi geotermici. Il SIA nel suo complesso ritiene non più valide le conclusioni dei suddetti studi senza partire da un riesame globale dei dati, ma solo riconsiderando i seguenti aspetti:

- A) Viene proposto uno schema idrogeologico di completa separazione fra l'acquifero vulcanico e la Serie Toscana (1° serbatoio geotermico).

Osservazioni: *l'assetto geologico-strutturale dell'area in esame è più compatibile con una separazione parziale ed incompleta per i seguenti motivi:*

1°: *l'orizzonte di "Liguridi" interposto non è continuo e comunque la sua permeabilità è definibile come medio-bassa, in ogni caso non è nulla;*

2°: *nella zona mineraria di Abbadia S.S. (studio 14 in bibliografia) le rocce dell'acquifero presente nelle vulcaniti sono in diretto contatto con le rocce della Falda che ospita l'acquifero geotermico;*

3°: *i camini vulcanici attraversano entrambi gli acquiferi e sono allineati lungo una faglia transtensiva attiva e di rilevanza crostale (Studi 9 e 13 in bibliografia);*

4°: *il piezometro regionale ha indicato che l'ammasso vulcanico è interessato da fratturazione estensiva e da faglie. Particolarmente significativa la struttura di faglia diretta intercettata alla profondità di 400 metri con direzione circa est-ovest e immersione verso nord.*

- B) La separazione fra i due acquiferi è confermata dal fatto che il livello piezometrico del 1° serbatoio resta costante.

Osservazioni: *viene fornito un grafico poco leggibile (con i dati di Bagnore e Piancastagnaio sovrapposti), nel quale i livelli piezometrici comunque mostrano oscillazioni, ma delle quali non è possibile valutare il significato dato che non vi sono correlazioni, né areali né con stratigrafie del sottosuolo. Nelle pubblicazioni 2 e 3, utilizzando tutti i dati a disposizione di Enel, viene ricostruita una situazione alquanto diversa. Il livello piezometrico dell'acquifero geotermico risale dai 230 m nella parte esterna del campo fino ai 600 m poco a monte di Piancastagnaio (pozzo Mamiat1), suggerendo che esiste un equilibrio idrodinamico tra l'acquifero geotermico e quello superficiale.*

- C) I dati isotopici (tritio) indicano che il vapore estratto da entrambi i serbatoi ha un'età superiore a 50 anni.

Osservazioni: ciò indica un sistema idrogeologico "ampio" che ha lunghi tempi di risposta per altro compatibili con circuiti di tipo convettivo che ad esempio potrebbero svilupparsi avendo come riferimento un modello concettuale che prevede la ricarica dal vulcano; peraltro nel SIA si ritiene che valori di trizio registrati, che indicherebbero la presenza di acque ben più giovani, potrebbero rappresentare acque di reiniezione o residui di perforazione, mentre non viene considerato che tali valori potrebbero essere indice di circolazioni idriche più veloci lungo fratture.

D) Risultati della modellazione numerica dei sistemi geotermici.

Osservazioni: il modello è un tentativo di schematizzare una realtà molto più complessa, con limiti nel descrivere la situazione reale. I dati che costituiscono la base del modello sono sinteticamente elencati e non è specificato come siano stati scelti. Non è chiaro inoltre come sia stata schematizzata la situazione strutturale nella modellazione geologica. Si fa notare comunque che il modello non prevede la ricarica del sistema geotermico profondo dalle aree riconosciute nelle integrazioni volontarie come aree di alimentazione, inoltre considera separati il 1° ed il 2° serbatoio geotermico, che invece Enel stessa considera in equilibrio idrodinamico al fine dell'autorizzazione alle reiniezione dei fluidi estratti dal 2° serbatoio nel 1°. Si cita che vengono considerate le faglie (cui sono correlate variazioni di fratturazione e quindi di permeabilità), ma a tal proposito si ricorda la netta carenza di informazioni strutturali nelle conoscenze geologiche del SIA. Non viene considerato il Monte Cetona fra le aree di ricarica e neppure il vulcano Amiata. Le mappe di calore rappresentate si riferiscono a profondità da 0 m s.l.m. al più profondo e sembrano indicare un flusso di calore che è massimo al centro del vulcano Amiata e diminuisce radialmente verso l'esterno; la tavola 8 dello studio 3 in bibliografia (di carattere più superficiale ed in condizioni presfruttamento) indica però una situazione opposta, con la base dell'acquifero vulcanico freddo e le strutture geotermiche di Bagnore e Piancastagnaio calde. In merito al confronto fatto in alcune celle del modello, fra valori di T e P misurati e teorici, non è facile valutare le discrepanze che pure risultano. Analoga considerazione si esprime in merito al confronto fatto fra isoterme misurate e valori misurati. È stata infine fatta una simulazione (escludendo la separazione impermeabile tra le vulcaniti e il 1° serbatoio ma mantenendo la separazione tra il 1° e il 2° serbatoio) di afflusso di acqua superficiale verso il serbatoio geotermico che porta ad escludere una connessione superiore a 10 l/s, ma non è chiaro quale sia la falda freatica simulata dal modello né quale sia la ricarica e la portata delle sorgenti dell'acquifero superficiale.

Viene comunque citato uno studio che indica comunicazioni idriche fra i 2 acquiferi per circa 250 l/s, anche se non viene ritenuto realistico.

Osservazioni specifiche sulle integrazioni volontarie (novembre 2010):

Isotopi

Per quanto riguarda le valutazioni sugli isotopi vengono considerati anche gli studi 7 e 8 in bibliografia. Tali studi e le integrazioni volontarie mostrano tre interpretazioni diverse tra loro sulle quote di ricarica delle sorgenti analizzate dallo studio 7 (sorgenti acquifero vulcanico e sorgenti termali). Lo studio 7, prendendo in considerazione gli isotopi deuterio e ossigeno 18, giunge alla conclusione che la quota di ricarica è compresa tra 200 e 1200 metri e quindi "coincide con le zone in cui affiorano le formazioni carbonatiche-evaporitiche". A parte l'evidente contraddizione di tale affermazione (la stessa sorgente del Fiora non sarebbe alimentata dall'acquifero vulcanico), risulterebbe quindi che le precipitazioni sopra le quote 1200 dell'Amiata (altezza: m. 1735) non emergerebbero dalle sorgenti fredde dell'edificio vulcanico. Di conseguenza è lecito ritenere che le

precipitazioni a quote superiori 1200 metri contribuiscono alla ricarica della falda geotermica. Nelle ulteriori considerazioni contenute nello studio 8 in bibliografia, viene presa in considerazione la "retta meteorica locale" (non riportata però nel grafico relativo) e vengono "alzate" le quote di ricarica fino a 1500 metri. Le precipitazioni ricadenti tra le quote 1500 e la vetta del vulcano contribuirebbero invece al solo ruscellamento superficiale. Tale affermazione risulta in realtà in contrasto con quanto è possibile osservare sull'Amiata dove il ruscellamento superficiale, soprattutto alle quote più alte, si osserva solo in eventi rarissimi. Le integrazioni volontarie considerano invece valida, per il calcolo delle quote di infiltrazione afferenti alle sorgenti analizzate dallo studio 7, la rete meteorica delle Apuane e relativa retta altimetrica. Utilizzando tale retta e comparandola con il delta ossigeno 18 alcune delle sorgenti fredde sarebbero caratterizzate da quote di ricarica compatibili con l'altimetria del vulcano. In realtà applicando la formula della retta altimetrica apuana con i valori del delta ossigeno 18 risulta che alcune sorgenti sarebbero caratterizzate da quote di ricarica oltre i 2000 metri.

Per quanto riguarda i fluidi geotermici tutti e tre gli studi mostrano che i dati relativi all'ossigeno 18 non possono essere utilizzati in quanto "shiftati" in aumento a causa dell'interazione ad alta temperatura tra fluidi e rocce serbatoio mentre può essere fatto riferimento al deuterio. Non vengono però svolte considerazioni sul contenuto degli isotopi del deuterio nei fluidi geotermici (gli unici eventualmente utilizzabili) e le possibili aree di ricarica.

Non risulta pertanto chiaro il passaggio logico che porta ad affermare che la ricarica del serbatoio geotermico è solo di tipo regionale.

Rete microsismica

I dati ricavati dalla rete microsismica difficilmente possono individuare faglie attive in tempi di registrazione limitati, però è evidente una microsismicità coincidente con il campo geotermico di Piancastagnaio, a confermare che l'estrazione di vapore produce fenomeni di fratturazione nel sottosuolo. Mancano però indicazioni sulle profondità degli ipocentri.

Viene fornita una fotocopia di un registro di cantiere del sondaggio BG10, relativo ad un solo giorno, con la quale l'Enel afferma che la quota falda era già allora alla stessa quota del piezometro regionale (780) e che la stessa era stata indicata a quota 950 nello studio 3 in bibliografia per estrapolazioni errate (ma che comunque tale quota, ora dichiarata errata, veniva proposta in sezioni idrogeologiche in altri elaborati nel SIA); ciò per indicare che la geotermia non aveva influito sul livello della falda vulcanica. In tal caso si deve notare che perforazioni eseguite fine anni 50 - anni 60 del secolo scorso (n. 17 in bibliografia) a monte di Bagnore indicano quote della falda nelle vulcaniti a 794 e 799 superiori a quelle dichiarate nelle integrazioni volontarie (780). Considerando validi questi dati se ne deduce un'infiltrazione profonda già presente allora come ipotizzato nello studio 11 in bibliografia (tavola 4). La fotocopia del registro del cantiere relativo a Bagnore 10 suggerisce inoltre che ENEL sembra disporre di un notevole archivio di dati che può e deve essere reso consultabile.

Considerazioni sugli effetti/relazioni della geotermia sulla falda vulcanica

Secondo gli elaborati SIA e relative integrazioni il livello piezometrico dei campi geotermici profondo e superficiale si sarebbe sempre attestato, anche in situazione pre-sfruttamento, alla quota di 230 s.l.m.. Ciò dimostrerebbe la netta separazione tra la falda geotermica e quella vulcanica, posta quest'ultima a quote più elevate. Tale affermazione risulta in contrasto con quanto riportato negli studi 1, 2 e 3 in bibliografia. In particolare lo studio 2 evidenzia livelli piezometrici superiori (con quote progressivamente maggiori verso il centro del vulcano) mostrando inoltre come i sondaggi perforati all'interno dell'edificio vulcanico risultano non produttivi. Lo studio 1 classifica

le perforazioni Bagnore 10 e Monte Amiata 1 rispettivamente "calda sterile" e "fredda". Tali dati, così come attestato negli studi suddetti, risultano compatibili con una ricarica da parte dell'edificio vulcanico e conseguente circolazione convettiva, discendente fredda sotto il vulcano e ascendente calda nelle porzioni laterali con formazione dei campi geotermici. Tale modello concettuale, come precedentemente accennato, risulta inoltre compatibile con tempi di circuitazione superiori ai 50 anni.

Due diverse indagini geofisiche (studi 6 e 12 in bibliografia) hanno individuato, soprattutto a monte di S. Fiora, consistenti ed anomale depressioni nella falda vulcanica, che indicano richiami verso il basso. Anche se i quantitativi dichiarati da Enel come prelievo (circa 170 l/s) confrontati con le uscite totali dal vulcano (circa 1700 l/s) non sembrerebbero giustificare tali depressioni si deve ricordare che nei primi 2 anni di sfruttamento geotermico e di "svuotamento" dei gas incondensabili (soprattutto CO₂) in entrambi i campi sono state abbattute bruscamente di circa 20 bar le pressioni con un innalzamento (dell'interfaccia liquido/gas) dichiarato da Enel di circa 200 m. Ciò deve aver prodotto consistenti shocks negli ammassi rocciosi con incremento della fratturazione (effetti dello sgonfiamento del cuscino di vapore indicati da INGV) ed altri effetti ancora da valutare.

È noto che generalmente una consistente estrazione di fluidi dal sottosuolo produce fenomeni di subsidenza, il cui monitoraggio è infatti in atto nella zona di Piancastagnaio. La subsidenza, depurata dai movimenti di frana (ed eventualmente da altri movimenti vulcano-tettonici), deriva dalla diminuzione di pressione interstiziale nei terreni a bassa permeabilità per microfratturazione e forse anche da cedimenti nei sistemi carsificabili. A questi ultimi potrebbero essere pure correlati parte dei microterremoti.

Si segnala inoltre che il monitoraggio in corso da parte di ARPAT relativo alla presenza dell'arsenico nelle sorgenti, sembra indicare un recente incremento di questo elemento. Lo studio 7 in bibliografia riporta una concentrazione di arsenico nella principale captazione acquedottistica dell'Amiata (Santa Fiora) di 10,70 microgrammi/litro. Ciò potrebbe essere interpretato anche come una risalita di fluidi profondi nella falda superficiale.

Era stato inoltre richiesto uno studio di tipo storico-catastale, per verificare indicazioni di impoverimento o scomparsa di acque correnti superficiali e di sorgenti nel centro della montagna, nonché crisi di acquedotti locali come riportato da testimonianze locali. Tale studio non è stato presentato.

CONCLUSIONI

Nelle motivazioni preliminari del riassetto di Piancastagnaio viene genericamente indicato un "naturale declino del campo geotermico superficiale". A questo proposito, dato che il campo geotermico è caratterizzato in sostanza da temperatura e livello piezometrico, si deve osservare che il grafico presentato sui livelli piezometrici (anche se poco leggibile) indicherebbe una tendenza positiva. Il declino del campo superficiale sembrerebbe allora imputabile alla decrescita delle temperature, sulle quali però la documentazione del SIA è carente di dati. In sostanza il raffreddamento del 1° serbatoio, oltre che agli effetti dell'estrazione di vapore intorno ai pozzi, può indicare anche richiamo dalla falda termale (Serie Toscana), che a sua volta appare connessa a quella vulcanica.

Per lo sfruttamento del campo geotermico profondo deve essere generata una depressione che è di un ordine di grandezza superiore a quella generata per lo sfruttamento del campo geotermico

superficiale, questo suggerisce che anche gli effetti possano essere di un ordine di grandezza superiore. Anche considerando che in linea di principio il passaggio alla coltivazione del solo serbatoio profondo dovrebbe attenuare, rallentare e diffondere gli effetti su aree di ricarica più lontane, il quadro delle conoscenze contenute nel SIA sul sottosuolo e sulle connessioni idrogeologiche fra la falda vulcanica ed i due serbatoi geotermici, risulta non esauriente.

Non è quindi possibile escludere che le nuove estrazioni di vapore dal 2° serbatoio geotermico possano indurre casi di impatti anche consistenti sulla falda vulcanica. Inoltre non sono indicati gli effetti della reiniezione delle condense nel 1° serbatoio, né le modalità di abbandono della coltivazione del 1° serbatoio, in relazione alle nuove estrazioni più profonde e in generale agli effetti attesi sul complesso delle falde idriche presenti.

In seguito alle considerazioni sopra esposte ed alle lacune evidenziate, si ritiene necessario che l'Enel renda disponibili i dati di produzione di ogni pozzo in attività e attivi un monitoraggio preventivo finalizzato alla:

- verifica dei livelli piezometrici e delle temperature nel 1° serbatoio in abbandono;
- controllo del livello piezometrico della falda vulcanica attraverso un numero sufficiente di piezometri (almeno quattro) e in corrispondenza delle depressioni indicate negli studi 6 e 11 in bibliografia;
- verifica dei livelli piezometrici e delle temperature nel 1° serbatoio ("non produttivo") sotto l'edificio vulcanico (esempio in corrispondenza dei sondaggi Bagnore 10 e Monte Amiata 1)
- controllo del chimismo delle acque nella depressione individuata dagli studi 6 e 11 in bibliografia (controllo di eventuali risalite di fluidi termali) al fine di scongiurare rischi di inquinamento delle sorgenti amiatine e del Fiora in particolare.

Si fa presente infine che un'eventuale sospensione della produzione potrebbe consentire di verificare la scomparsa o meno della depressione evidenziata dalle indagini geofisiche nell'acquifero freatico vulcanico.