

GEOAMIATA

GEOLOGIA GEOMORFOLOGIA IDROGEOLOGIA IDRAULICA
GEOFISICA GEOTECNICA

IMPIANTO PILOTA GEOTERMICO «MONTENERO» Modello Idrogeologico, Censimento Pozzi e Sorgenti

Committente

STEAM s.r.l

Località

Montenero

Comune

Casteldelpiano (GR)

Incarico n.

22/15

Data

AGOSTO 2015



Daniela Nenci

1. PREMESSA

Il presente lavoro è redatto al fine di fornire risposta alla richiesta, d'integrazione del Ministero della Tutela del Territorio e del Mare riguardo alla caratterizzazione Idrogeologica dell'area vasta che sarà interessata dall'impianto di produzione di energia geotermica del Progetto di Ricerca "Montenero" (in località Casalino, Comune di Casteldelpiano).

In particolare nel presente lavoro è stato predisposto:

- un **modello idrogeologico** dell'area;
- un'analisi sulle ipotizzate connessioni tra il serbatoio geotermico che si intende coltivare e l'acquifero freatico del Monte Amiata;
- un **censimento delle sorgenti** esistenti in un raggio di 5 km dall'impianto di produzione;
- un **censimento dei pozzi** presenti in un'area ritenuta significativa, come da richiesta 3.2.7 della Regione Toscana.

Si riportano nel testo:

- **FIG. 1: UBICAZIONE DEI POZZI CENSITI** (*da Banca Dati del Sottosuolo e della Risorsa Idrica della Regione Toscana*);
- due **TABELLE** con elenco e caratteristiche dei pozzi e delle sorgenti censite.

Si allega fuori testo una **TAVOLA con ubicazione delle sorgenti e delle formazioni acquifere** in un raggio di 5 km dall'impianto di produzione.

2. L'AREA GEOTERMICA DI "MONTENERO"

Dagli studi effettuati illustrati nel Progetto Definitivo, l'area interessata dal Permesso di Ricerca "Montenero" risulta essere in naturale prosecuzione, in direzione Nord-Ovest, del **campo geotermico di Bagnore** (vedi Allegato 1 al documento di Risposta alle Richieste di Integrazioni). Il tetto del primo serbatoio geotermico è previsto ad una profondità di circa 1.300 m dal piano campagna, tale serbatoio presenta una temperatura di circa 140 °C ed una pressione idrostatica con livello piezometrico a circa +230 m sul livello del mare, e dovrebbe avere uno spessore di circa

1.000 – 1.200 m. Al di sotto potrebbe essere presente un intervallo a bassa permeabilità, con un gradiente geotermico simile a quello superficiale, dello spessore di almeno 1.500 m, sufficiente per permettere un incremento della temperatura fino a circa 300 °C, al tetto del serbatoio profondo.

Il sottosuolo, nelle prime centinaia di metri, è scarsamente permeabile e non sono state individuate falde superficiali.

3. CENSIMENTO DEI PUNTI D'ACQUA

È stato effettuato un censimento delle sorgenti presenti in un **raggio di 5 km** dal punto previsto per la realizzazione dell'impianto di produzione, come previsto dalla richiesta (C1 del MATTM). Attraverso l'esame dei Piani Strutturali dei Comuni di Arcidosso, Casteldelpiano, Cinigiano e Seggiano sono state censite **19 sorgenti**, di cui **11 collegabili con l'acquifero delle vulcaniti amiatine** (vedi **Tavola fuori testo** e **tabella** inserita nella presente relazione) ed altre 8 collegabili ad affioramenti di estensione ridotta di Arenaria Pietraforte (7 sorgenti) e di conglomerati poligenici di deposizione lacustre post-messiniani (1 sorgente).

Tabella Descrittiva delle Sorgenti Censite (da Piani Strutturali dei Comuni di Arcidosso, Casteldelpiano, Cinigiano e Seggiano)

N°	NOME	Comune	Quota (m s.l.m.)	Bacino	Coordinate Gauss- Boaga	Distanza Impianto (m)	PROVENIENZA	Q (l/sec)	Carattere
1	Podere Cardeta	Arcidosso	520	Zancona	1704376 4752456	2655	Pietraforte	0,50	P
2	Pieve Lamulas	Arcidosso	578	Ente	1706139 4750904	5005	Pietraforte	0,03	P
3	Begname	Arcidosso	544	Ente	1705636 4752181	3740	Pietraforte	0,20	S
4	F.te del Quattrino	Arcidosso	514	Ente	1705985 4751471	4463	Pietraforte	0,20	P
5	Casa Sorgente	Seggiano	340	Vivo	1707074 4754852	4321	M. Amiata	<0,5 0	S
6	Gallaccino	Casteldelpiano	565	Ente	1706446 4751683	4679	M. Amiata	<0,5 0	S
7	Gruppo Gualtiere	Casteldelpiano	490	Ente	1706162 4751916	4295	M. Amiata	2,00	P

Indagine geologica e idrogeologica riguardo il presunto legame tra falda acquifera amiatina e serbatoio geotermico nell'ambito del Progetto di Ricerca "Montenero"

8	G. po Rigaglianti	Casteldelpiano	495	Ente	1706110 4752047	4196	M. Amiata	5,00	P
9	Sambucaia	Casteldelpiano	547	Ente	1706958 4752382	4760	M. Amiata	2,00	P
10	Podernuovo	Casteldelpiano	521	Ente	1706882 4752437	4641	M. Amiata	1,00	P
11	Noceto	Casteldelpiano	480	Ente	1706969 4752674	4617	M. Amiata	0,30	P
12	F. dell'Arciprete	Casteldelpiano	514	Ente	1706706 4752300	4575	M. Amiata	5,00	P
13	F.te d. Monache	Casteldelpiano	500	Ente	1706618 4752386	4461	M. Amiata	1,00	P
14	Le Balze	Casteldelpiano	480	Ente	1706173 4752420	4041	M. Amiata	3,00	P
15	Santa Lucia	Casteldelpiano	240	Orcia	1701500 4757692	3369	Pietraforte	0,50	P
16	Fonte dei Piaggioni	Cinigiano	350	Ribusieri	1699755 4753916	3101	Conglomerati neogenici	<0,5 0	S
17	Campostefani 1	Cinigiano	515	Zancona	1703336 4751083	3506	Pietraforte	<0,5 0	S
18	Campostefani 2	Cinigiano	480	Zancona	1703701 4751244	3421	Pietraforte	<0,5 0	S
19	La Vena	Cinigiano	750	Ribusieri	1701906 4750009	4665	Pietraforte	0,80	P

È stato effettuato, inoltre, il censimento dei pozzi presenti in un raggio significativo (pari a circa 2 km) dalle aree di produzione e reiniezione; la loro ubicazione è riportata in **Figura 1**. I pozzi più prossimi alle aree di perforazione sono presenti a più di 700 m; sono stati comunque censiti i pozzi fino ad una distanza di circa 2 km dalle aree di perforazione (tale area è stata ritenuta significativa in ragione delle limitatissime profondità e scarse portate che caratterizzano i pozzi censiti). L'ubicazione dei pozzi come le loro caratteristiche descrittive riportate nella seguente tabella sono state ottenute dalla Banca Dati del Sottosuolo e della Risorsa Idrica della Regione Toscana.

Tabella Descrittiva dei Pozzi Censiti (da Banca Dati del Sottosuolo e della Risorsa Idrica della Regione Toscana)

ID	X (UTM_32)	Y (UTM_32)	Uso	Profondità (m dal p.c.)	Q (l/s)
13005254	703049	4755492	Domestico	8	0,1
13005255	702972	4755403	Inattivo	10	-

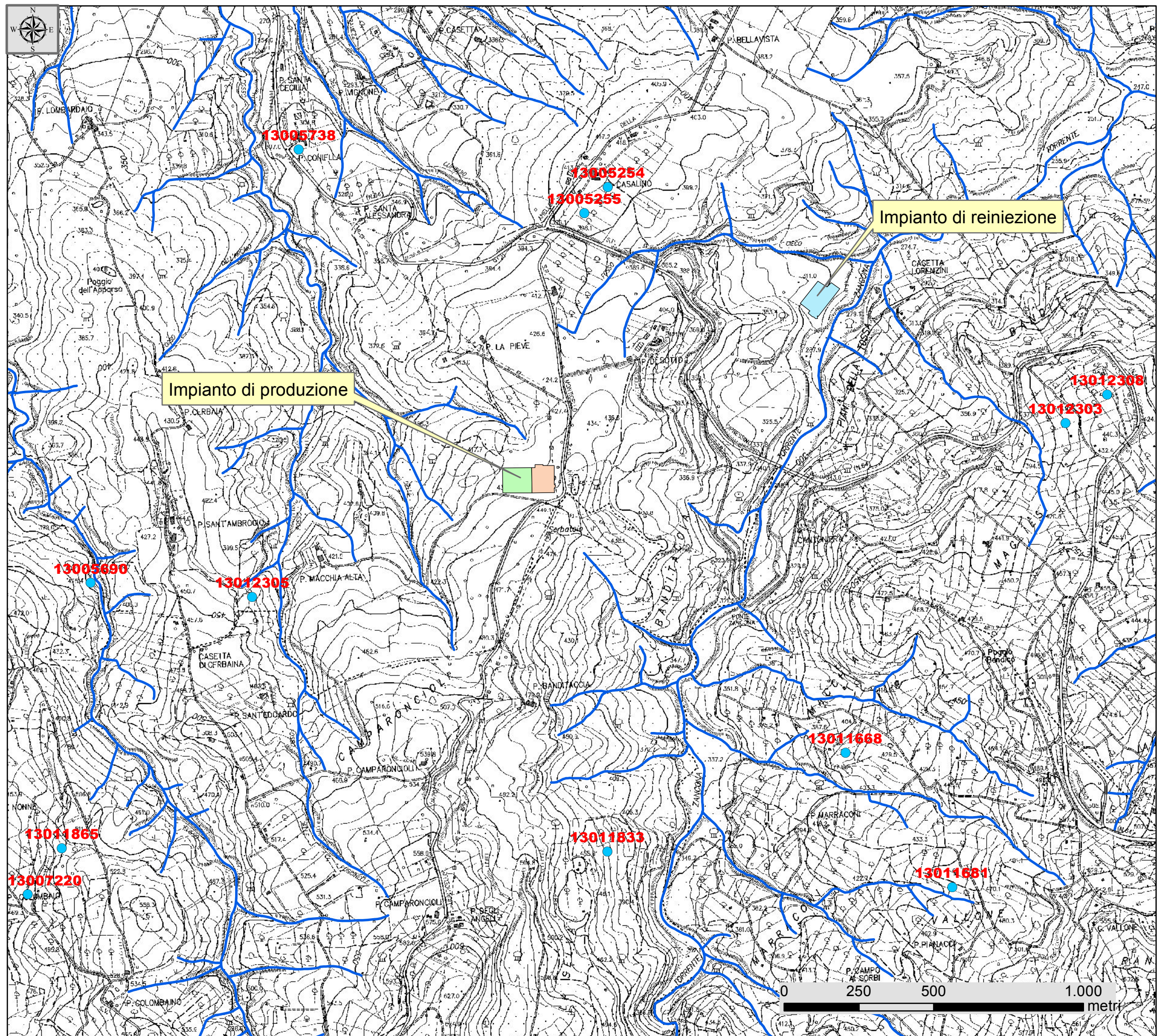
Fig. 1

CENSIMENTO DEI POZZI

Legenda

- Postazione di produzione MN1
- Postazione di reiniezione MN2
- Impianto ORC
- Pozzi censiti (da DataBase Regione Toscana)
- Reticolo idrografico

ID	X (UTM_32)	Y (UTM_32)	Uso	Profondità (m dal p.c.)	Portata (l/s)
13005254	703049	4755492	Domestico	8	0,1
13005255	702972	4755403	Inattivo	10	-
13005690	701329	4754168	Domestico	6	-
13005738	702015	4755616	Domestico	6	0,01
13007220	701117	4753133	Irriguo	-	-
13011668	703834	4753603	Domestico	-	-
13011681	704191	4753152	Inattivo	1,5	-
13011833	703050	4753271	Domestico	8	0,4
13011865	701229	4753295	Domestico	-	0,5
13012303	704580	4754702	Domestico	25	0,5
13012305	701858	4754127	Domestico	2,5	-
13012308	704716	4754799	Domestico	26	-



13005690	701329	4754168	Domestico	6	-
13005738	702015	4755616	Domestico	6	0,01
13007220	701117	4753133	Irriguo	-	-
13011668	703834	4753603	Domestico	-	-
13011681	704191	4753152	Inattivo	1,5	-
13011833	703050	4753271	Domestico	8	0,4
13011865	701229	4753295	Domestico	-	0,5
13012303	704580	4754702	Domestico	25	0,5
13012305	701858	4754127	Domestico	2,5	-
13012308	704716	4754799	Domestico	26	-

Dalla figura e maggiormente dalla tabella descrittiva è facile apprezzare l'assenza di corpi acquiferi rilevanti. Infatti, i pozzi censiti presentano profondità massime pari a 26 m (ID: 13012308) e portate sempre inferiori a 0,5 l/s. Inoltre, i pozzi più vicini alla postazione di reiniezione (ID: 13005254 e 13005255), posti a monte ed ad una distanza di circa 300 m ad W-NW da essa, sono stati perforati fino alla profondità di 8 e 10 m dal p.c. ed uno di essi risulta essere inattivo e il secondo presenta portate irrisorie pari a circa 0,1 l/s.

Nell'area censita, considerata rappresentativa, non sono presenti pozzi ad uso idropotabile.

4. "POTENZIALE LEGAME ESISTENTE TRA FALDA E CAMPO GEOTERMICO NELL'AMIATA E NEL CAMPO GEOTERMICO OGGETTO DEL PRESENTE PARERE"

Le 11 sorgenti censite collegabili con l'acquifero delle vulcaniti amiatine, sono concentrate sulla lingua vulcanica (Formazione di Quaranta) che scende dalla Vetta Amiatina in direzione NW, a valle del centro abitato di Casteldelpiano. Queste sono tutte sorgenti perenni con portate variabili fino ad un massimo di 5 l/sec (Sorgente Rigaglianti).

I collegamenti tra l'acquifero amiatino e il campo geotermico sono oggetto di complesse ed annose discussioni in ambito accademico, politico e sociale. Approfondite ricerche (Barazzuoli P.,

et al., 2014; La Felice S., 2014; Università di Siena, 2008) e recenti studi ENEL (Enel, 2009. Integrazioni Riassetto Piancastagnaio; Enel, 2011. Integrazioni volontarie di carattere geologico-idrogeologico e geotecnico – BAGNORE) che studia e coltiva il campo geotermico amiatino, affermano che il serbatoio geotermico di Bagnore e quello di Piancastagnaio, rappresentano un "alto strutturale" delle formazioni del Dominio Toscano; tali strutture sono confinate verso l'alto dalle Formazioni Liguri Flyschoidi. Sulla verticale di queste strutture, in aree limitate e interessate solo in modo marginale, sono presenti ridotti spessori delle vulcaniti.

La pressione dell'acquifero geotermico coltivato è rimasta costante da prima dell'inizio della coltivazione geotermica ad oggi (Barelli, 2010) e risulta essere nettamente distinta da quella dell'acquifero idropotabile (acquifero delle vulcaniti amiatine). Gli autori (Barazzuoli P., et al., 2014; La Felice S., 2014; Università di Siena, 2008; Enel 2009, 2011) da questi elementi concludono che:

1. **l'acquifero geotermico e quello idropotabile sono nettamente separati** come dimostrato da evidenze geologiche (strato impermeabile interposto; Barazzuoli P., et al., 2014) ed idrogeologiche (misure di livello; Enel, 2011. Riassetto dell'area geotermica di Piancastagnaio – Integrazioni Volontarie; Università di Siena, 2008);

2. **una connessione tra i due acquiferi**, sia essa attraverso camini, faglie, fratture o quant'altro, sarebbe connaturata al sistema ed **avrebbe dovuto, in tempi geologici, portare all'equilibrio chimico, termico e di pressione** (Università di Siena, 2008).

I dati dimostrano che questo equilibrio non esisteva prima della coltivazione geotermica e che questa non ha determinato variazioni alla situazione preesistente.

In questo contesto, il modello ed il conseguente esperimento proposto in più occasioni dal Dr. A. Borgia (Consulente Regione Toscana) che tende a mostrare i possibili meccanismi di interazione tra gli acquiferi, risulta del tutto estraneo alla realtà amiatina. Infatti, ENEL nel report del 2009, predisposto per rispondere alle integrazioni relative alla centrale geotermica di Bagnore 4, dal titolo *Acquiferi del Monte Amiata e Coltivazione Geotermica*, afferma che:

- la presunta depressurizzazione del sistema geotermico non è validata dai dati misurati in pozzo che mostrano invece un **valore costante nel tempo**;
- **i pozzi di coltivazione** non interagiscono in alcun modo con l'acquifero idropotabile.

Si cita, inoltre, il recente lavoro di Barazzuoli et al. (2015) dal titolo esplicativo: *COMMENT on: Borgia A, Mazzoldi A., Brunori C.A., Allocca C., Delcroix C., Micheli C., Vercellino A., Grieco G., 2014. Volcanic spreading forcing and feedback in geothermal reservoir development, Amiata Volcano, Italia. J. Volc. Geoth. Res. 284,16-31.*

Il lavoro di Barazzuoli et al. (2015) è redatto da venti autori, praticamente tutta la comunità scientifica che si occupa dell'area Amiatina, cioè i rappresentanti degli enti Universitari e del CNR della Toscana, che concludono: "Le deduzioni di Borgia et al. (2014) sembrano essere in netta contraddizione con lo stato attuale delle conoscenze con conseguenze fuorvianti sulla vulnerabilità degli acquiferi e l'impatto ambientale della coltivazione geotermica".

Infine si sottolinea che l'organo regionale di giustizia amministrativa (TAR REGIONE TOSCANA), con la sentenza del 2014 n 107, richiamata anche nell'ordinanza del 17 aprile 2015 n 269, dopo aver riportato la sequenza dei lavori, contributi, relazioni che hanno interessato l'argomento, giudica infondato "l'asserito collegamento idraulico ipotizzato dai ricorrenti tra il bacino acquifero del Monte Amiata e la falda geotermica..." .

Se tali argomentazioni di carattere tecnico scientifico sono valide per la coltivazione dei campi geotermici amiatini, a poche centinaia di metri dall'edificio vulcanico, ci sembra, a maggior ragione, che tali interferenze debbano essere ragionevolmente escluse per una coltivazione che verrà operata a distanza di oltre 4 km dai più vicini affioramenti di rocce vulcaniche.

5. LE ALTRE SORGENTI ESTERNE ALL'ACQUIFERO VULCANICO AMIATINO

Le altre 8 sorgenti censite nel raggio di 5 km dall'impianto di produzione sono collegabili ad acquiferi di limitata estensione ed importanza derivanti da affioramenti arealmente discontinui di arenarie cretatiche (Formazione della Pietraforte), poggianti sul complesso delle formazioni argillitiche liguri in facies di flysch, e conglomerati lacustri argillo-limosi messiniani (per la

distribuzione areale degli affioramenti cfr. TAVOLA fuori testo); le sorgenti legate agli affioramenti di Pietraforte si localizzano a Montenero (**Santa Lucia**), nei dintorni di Monticello Amiata (**La Vena**) e lungo le valli dei fiumi Ente e Zancona (**Campostefani, Cardeta, Begname, Pieve ad Lamulas, Quattrino**). L'ultima sorgente censita è la sorgente di **Fonte dei Piaggioni**, nel territorio comunale di Cinigiano, che è legata ad un piccolo affioramento di conglomerati poligenici che poggiano su terreni prevalentemente marnosi.

Queste 9 sorgenti hanno portate molto basse (max 0,80 l/sec), in quanto le loro aree di ricarica risultano sempre limitate e con scarsa estensione verticale. In ogni caso nessuna di esse è ricollegabile in alcun modo né ai terreni presenti superficialmente nell'area dell'impianto, né ai terreni ospitanti il campo geotermico.

6. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE E MONITORAGGIO

Nel presente lavoro si è cercato di approfondire il modello idrogeologico dell'area di coltivazione geotermica del Progetto di Ricerca "Montenero". Sono state censite le sorgenti presenti in un raggio di 5 km dall'impianto di produzione in progetto, definendo la posizione e il bacino idrogeologico di riferimento di 19 sorgenti; 11 di queste sono ricollegabili all'acquifero contenuto nelle vulcaniti del Monte Amiata, altre 7 sono ricollegabili a vari affioramenti dell'arenaria di Pietraforte, solo una sorgente è collegata ad un piccolo affioramento di conglomerati messiniani.

Sono stati censiti anche i pozzi presenti in un intorno ritenuto significativo dell'area in esame, definendo la loro ubicazione e le loro caratteristiche in termini di utilizzo, profondità e portata.

Alla luce delle considerazioni esposte si esclude un collegamento tra la falda acquifera amiatina e il serbatoio geotermico profondo; nel contempo si esclude un qualsiasi collegamento idrogeologico tra le altre formazioni superficiali con comportamento di acquiclude (acquiferi di limitata estensione) presenti nel raggio di 5 km con il serbatoio geotermico oggetto della coltivazione futura nell'ambito del Permesso di Ricerca Montenero.

Il monitoraggio delle sorgenti di cui al censimento effettuato potrà confermare quanto esposto; in ottemperanza alla richiesta C1 del MATTM si propone pertanto un monitoraggio sulle seguenti sorgenti, tra le più significative per quanto riguarda le portate e la distanza dall'impianto:

- Rigaglianti (n.8 della tabella);
- Sambucaia (n. 9 della tabella);
- Santa Lucia (n. 15 della tabella);
- La Vena (n. 19 della tabella).

L'eventuale monitoraggio avrà una durata di **quattro anni** a partire dal primo campionamento, che sarà effettuato prima dell'avvio dell'impianto di produzione. Il campionamento verrà eseguito per ciascuna delle 4 sorgenti sopra riportate al termine delle stagioni secca e piovosa, quindi **2 volte all'anno**.

I parametri chimici che verranno analizzati per ciascun punto d'acqua si limiteranno ai "traccianti" del fluido geotermico di seguito riportati:

NH₄, B, As, Sb, Hg, SiO₂, pH, temperatura all'emergenza, conducibilità termica, isotopi stabili dell'acqua (¹⁸O, ²H).

I parametri proposti vengono normalmente considerati *markers* geochimici utili per classificare le acque analizzate ed identificare processi di interazione acqua/roccia. In questo caso specifico essi possono anche essere usati per segnalare eventuali fenomeni di interazione tra le falde superficiali ed il fluido geotermico, considerate le loro differenti caratteristiche fisico - chimiche. Inoltre per ciascun punto d'acqua, all'atto del prelievo, verrà determinata la temperatura esterna dell'aria.

I parametri chimico-fisici proposti e le modalità di campionamento ed analisi saranno concordati con l'ente di controllo.

I parametri misurati in campagna verranno riportati su una scheda di campionamento monografica e **comunicati annualmente agli Enti preposti al controllo**. All'indomani del campionamento di avvio del monitoraggio, con gli stessi Enti **dovranno essere concordate le soglie di attenzione e di allarme** connesse alla variabilità di ciascun parametro monitorato.

ARCIDOSSO, luglio 2015



The image shows a handwritten signature in black ink over a circular stamp. The stamp is the official seal of the Italian Geological Society (Associazione Nazionale Geologi), featuring the text "ASSOCIAZIONE NAZIONALE GEOLOCI" around the perimeter and "ROMA" at the bottom. The signature is written in a cursive style.