



IMPIANTO PILOTA GEOTERMICO

“CASA DEL CORTO” (SI)

Allegato 1 Inquadramento e Geologico e Geotermico

Preparato per:
Svolta Geotermica Srl

Dicembre 2015

Codice Progetto:
P15_CAE_010

Revisione: 0

STEAM
Sistemi Energetici Ambientali
Via Ponte a Piglieri, 8
I – 56122 Pisa
Telefono +39 050 9711664
Fax +39 050 3136505
Email : info@steam-group.net



STEAM

Svolta Geotermica Srl

**IMPIANTO PILOTA GEOTERMICO
“CASA DEL CORTO” (SI)**

**Allegato 1
Inquadramento Geologico e Geotermico**



Geol. Paolo Basile

Dott. Geol. Giorgio Buonasorte

Progetto	Rev	Preparato da	Rivisto da	Approvato da	Data
P15_CAE_010	0	PB	GB	ES, SD	10/12/2015

INDICE

DICHIARAZIONE DI LIMITAZIONE DELLA RESPONSABILITÀ

1	INTRODUZIONE E SCOPO DEL LAVORO	1
2	INQUADRAMENTO GEOTERMICO DELL'AREA DI PROGETTO DI CASA DEL CORTO	2
2.1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	2
2.2	SINTESI DEL MODELLO GEOTERMICO DI CASA DEL CORTO	8
2.2.1	Caratteristiche Produttive dei Pozzi	15
2.2.2	Caratteristiche Chimiche del Fluido e Capacità Incrostanti	15
	BIBLIOGRAFIA	17

Dichiarazione di limitazione della responsabilità

I servizi forniti da STEAM (interpretazioni, ricerche, analisi, dati, stime, e raccomandazioni) sono basati unicamente su deduzioni, relazioni empiriche e/o assunzioni di cui STEAM non può garantire l'accuratezza, la correttezza e la completezza.

STEAM non fornisce nessun genere di garanzia dei servizi offerti, né del rispetto di tutti i requisiti di norme o regolamenti vigenti.

Il servizio prestato costituisce una obbligazione di mezzi e non di risultato e la diligenza nell'esecuzione dell'incarico deve quindi valutarsi con riguardo alla natura dell'attività esercitata piuttosto che in base al risultato auspicato, per il buon fine del quale non è tenuto a rispondere.

STEAM declina ogni responsabilità rispetto alle azioni/decisioni che il cliente effettua sulla base dei servizi da essa offerti e non accetta nessun tipo di reclamo relativo a tali azioni/decisioni prese in piena autonomia dal cliente.

Il presente documento costituisce l'inquadramento geologico e geotermico relativo al Progetto di *Impianto Pilota Geotermoelettrico*, denominato "Casa del Corto".

L'istanza del progetto "Casa del Corto" è stata presentata in data 25/11/2011 da SVOLTA srl, con richiesta di rilascio del Permesso di Ricerca per risorse geotermiche finalizzato alla sperimentazione di impianti pilota convenzionalmente denominato "Casa del Corto", ricadente nel territorio del Comune di Piancastagnaio nella Provincia di Siena.

Il progetto pilota "Casa del Corto" ha già ottenuto parere favorevole dal CIRM/MiSE nella seduta del 27 novembre 2014, come da comunicazione MiSE dell'8 aprile 2015 n° 0007571.

Scopo della presente Relazione è la definizione del Modello geologico e geotermico e, quindi, delle caratteristiche tecniche del progetto.

La localizzazione del progetto è mostrata in *Figura 1a*; il Permesso di Ricerca presenta una superficie di 5,01 km².

L'impianto in oggetto utilizzerà fluidi geotermici per la produzione di energia elettrica per la potenza di 5 MW netti. I fluidi geotermici esausti, dopo lo scambio termico nell'impianto pilota verranno reiniettati nelle stesse formazioni geologiche di provenienza.

L'impianto in oggetto, configurato come "Impianto Pilota", è caratterizzato da soluzioni tecnologiche innovative e assenza di emissioni in atmosfera.

Il presente lavoro è stato predisposto utilizzando le informazioni pubbliche derivanti dal vicino Campo Geotermico di Piancastagnaio (circa 3 km a W-NW), la cui coltivazione è stata condotta da Enel Green Power a partire dalla fine degli anni '60 e le numerose pubblicazioni scientifiche esistenti.

2 INQUADRAMENTO GEOTERMICO DELL'AREA DI PROGETTO DI CASA DEL CORTO

2.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area del Permesso di Ricerca "Casa del Corto", per lo sviluppo di un Impianto Pilota, è situata nel bordo orientale della grande anomalia geotermica del Monte Amiata, a circa 3 - 4 km ad Est del campo geotermico di Piancastagnaio (Concessione di coltivazione geotermica di Enel Green Power).

L'assetto geologico - strutturale dell'area intorno al Vulcano del Monte Amiata è stato definito dalle ricerche per i campi geotermici di Bagnore (ad Ovest) e Piancastagnaio (ad Est), condotte dall'ENEL nel corso degli anni.

I dati pubblicati di queste ricerche sono stati integrati dalla comunità scientifica con approfondimenti tematici (geologici, idrogeochimici e geofisici) che hanno dato luogo a nuove interpretazioni geologico - strutturali, poi oggetto di ulteriori pubblicazioni.

La cartografia Geologica dell'area di studio, in scala 1:100.000, è riportata nella *Figura 1a* estratta della *Carta Geologica della Toscana a scala 1:250.000*; la stratigrafia dell'area rappresentata è costituita dall'alto verso il basso dalla seguente successione strutturale – stratigrafica (i numeri fanno riferimento ai codici utilizzati per la rappresentazione cartografica della carta Geologica della sola area rappresentata - *Figura 1a*; le sigle fanno riferimento allo schema tettonico - stratigrafico *Figura 2.1a; Batini et al., 2003 con modifiche; Barelli et al., 2010*):

- Depositi vulcanici quaternari (5) comprendenti:
 - Complesso Vulcanico del Monte Amiata (lave da trachiti-daciti a olivinlatitiche, datate da 0,29 a 0,18 Ma - *Ferrari & Tonarini 1985; Ferrari et al., 1996*);
 - Trachibasalti e andesiti olivinlatitiche del vulcano di Radicofani (1,3 - 0,9 Ma);
 - Complesso vulcanico dei Monti Volsini (lave e colate piroclastiche e tufi, tefritico - leucitici; 0,8 - 0,33 Ma);
- Complesso Quaternario e Neogenico (1-7; M-P-Q), costituito da depositi (trasgressivi sul substrato preneogenico - unconformity) terrigeni marini e continentali, che hanno colmato il Bacino sedimentario di Radicofani;
- Complesso Ligure (LU) costituito da unità prevalentemente argillitiche, dall'alto verso il basso, comprendono: Unità Ofiolitifera, 18 - Formazione delle Argille a Palombini Cretacico inf., contenente anche le Ofioliti giurassiche (20); Unità Subliguri esterne, 21 - Formazione Alberese, prevalentemente marnosa - Paleocene Eocene; Unità di Santa Fiora, 23 - Formazione

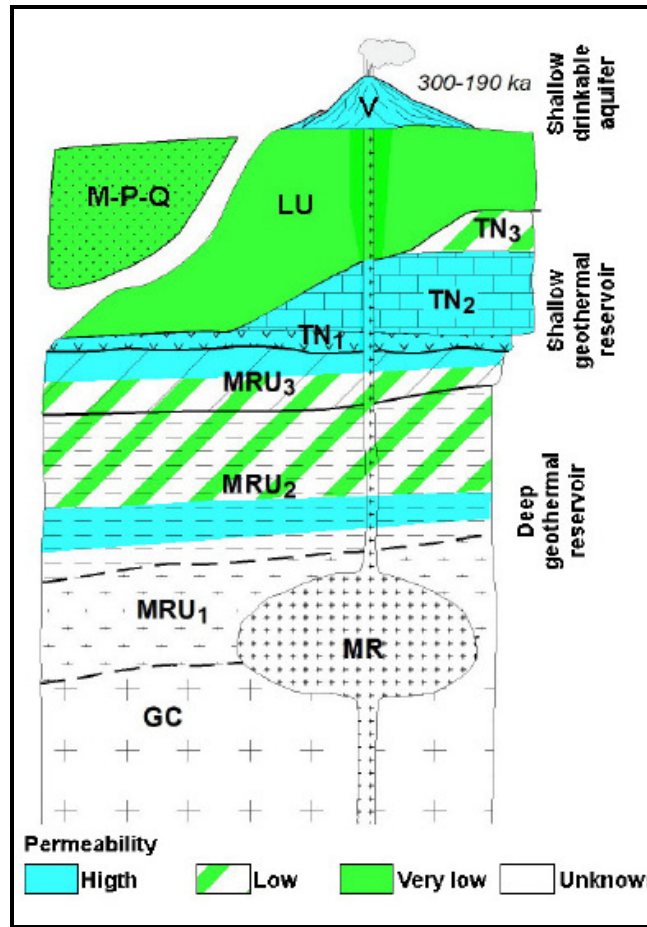


arenacea della Pietraforte - Cretaceo; 24 - Formazione di Santa Fiora - Cretaceo Paleocene;

- L'Unità Toscana (32, 33, 35), tettonicamente sottostante alle precedenti unità, è costituita negli affioramenti di M. Rotondo e Poggio Zoccolino, dall'alto verso il basso, dai litotipi calcareo argillitici del Cretaceo – Paleogene ed arenacei dell'Oligocene - Miocene inferiore (TN3), dalla successione pelagica calcareo silicea del Giurassico – Cretacico e dai calcari massicci di piattaforma del Lias inf. (TN2); i pozzi perforati nella zona di Piancastagnaio - Abbadia San Salvatore non hanno attraversato le formazioni appena citate, ma hanno incontrato direttamente le sottostanti dolomie e anidridi evaporitiche del Trias sup. (Formazione di Burano - Serie Toscana Ridotta Auct.; TN1);
- Il Complesso Metamorfico Toscano (Paleozoico - Trias medio) attraversato nella parte profonda dei pozzi di Piancastagnaio, è correlato alla Unità di Monticiano Roccastrada (MRU). Questa è articolata in Gruppo Mesozoico – Paleozoico del Verrucano (quarziti e filladi con calcari e dolomie - MRU3), Gruppo Paleozoico Filladico Quarzítico (MRU2) e Gruppo dei Micascisti MRU1) e Gneiss del Paleozoico (CG);
- Un corpo intrusivo anatectico (Rocce Magmatiche; MR) è stato ipotizzato in profondità sulla base di informazioni geofisiche all'interno delle rocce del Complesso Metamorfico (*Gianelli et al.*, 1988).

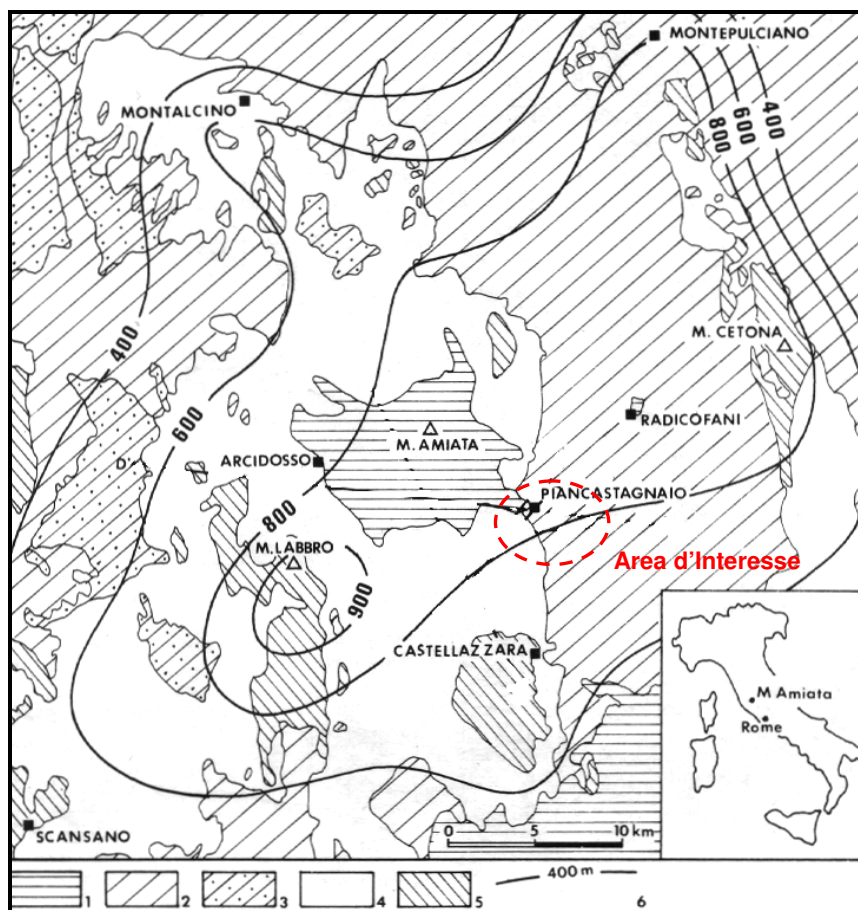


Figura 2.1a Schema dei rapporti delle Principali Unità Tettoniche - Stratigrafiche (con indicazioni delle caratteristiche di Permeabilità (da *Batini et al., 2003* con modifiche; *Barelli et al., 2010*)



Il Vulcano del Monte Amiata si trova al centro di un'area fortemente sollevata (*Figura 2.1b*), come testimoniato dalla presenza di sedimenti marini Mio-Pliocenici a quote comprese tra 600 e 1.000 m.

Figura 2.1b - Sollevamento pliocenico dell'area del Vulcano del Monte Amiata (Gianelli et al, 1988). 1) lave trachitiche, dacitiche ed olivinlitiche del Complesso del M. Amiata (0,18 - 0,29 Ma); 2) Sedimenti clastici, prevalentemente argillosi del Complesso Neogenico (M-P-Q); 3) Depositi arenacei Oligomioceni della F. Macigno (TN3); Formazioni cretaceo - Eoceniche del Complesso Ligure (LU); 5) Formazioni della Unità Toscana (TN3 e TN2); 6) Quote dei sedimenti del Complesso Neogenico (m s.l.m.)



Il sollevamento dell'area del Monte Amiata, che interessa ad Est anche parte del bacino sedimentario del Graben di Radicofani, è strettamente collegato alla grande intrusione magmatica anatettica (50 km x 35 km) all'interno delle formazioni del Basamento metamorfico. L'intrusione, attualmente in raffreddamento, è ipotizzata tra i 4 ed i 7 km di profondità (Batini et al., 1986; Gianelli et al., 1988; Marinelli et al., 1993; Acocella V., 2000).

La zona occidentale dell'area, rappresentata in Figura 1a, è caratterizzata da una dorsale morfologica che si estende da Nord a Sud a partire di rilievi di Poggio Zoccolino (subito ad Ovest di Bagni San Filippo) fino a quelli di Monte Rotondo, in prossimità di Castell'Azzara; questi rilievi sono costituiti da affioramenti delle formazioni della Unità Toscana.

Nell'area di Piancastagnaio - Abbadia San Salvatore la dorsale presenta una inflessione assiale, infatti, i calcari e le anidriti della Formazione di Burano sono presenti ad alcune centinaia di metri di profondità, sotto la copertura prevalentemente argillitica dei Flysch Liguri.

L'assetto profondo della dorsale descritta deriva dall'attività tettonica compressiva sin-collisionale occorsa tra l'Oligocene superiore ed il Miocene medio, che ha determinato la sovrapposizione delle Unità Liguri s.l. al di sopra della Unità Toscana, che a sua volta è avanscorsa sulle sottostanti Unità metamorfiche. La sequenza paleozoica del sottostante "Basamento Metamorfico" dei campi geotermici di Bagnore e Piancastagnaio è caratterizzata da analoghe strutture compressive tipo "Duplex" (raddoppi tettonici - *Bertini et al., 1995; Pandeli et al., 1988*).

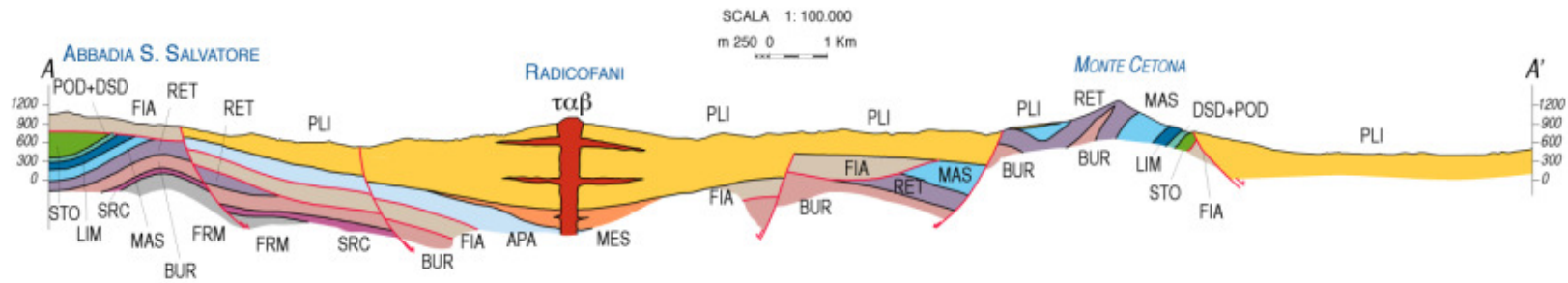
L'insieme del complesso edificio strutturale che ne è derivato è stato interessato, a partire dal Miocene medio superiore, da fenomeni estensionali con sistemi di faglie normali a basso angolo, che hanno disarticolato non solo le formazioni della Unità Toscana (nella quale sono presenti localmente vistose elisioni tettoniche – Serie Toscana Ridotta Auct.) ma anche quelle della più complessa sequenza tettonica delle Unità Liguri e Sub - Liguri . Inoltre, durante le successive fasi tettoniche distensive nel Miocene Sup.-Pliocene, si è sviluppato un importante sistema di faglie a direzione circa N - S, che hanno determinato la formazione del vasto bacino sedimentario (graben) di Radicofani, successivamente colmato con potenti successioni Mio - Plioceniche di materiale clastico con argille, sabbie e localmente conglomerati (*Brogi, 2008*).

In particolare, sulla spalla sinistra del graben, subito ad Est della dorsale Amiata Poggio Zoccolino - Piancastagnaio - Monte Rotondo, la prima fase tettonica miocenica estensionale ha determinato faglie a basso angolo, che poi sono state dissecate dalle successive faglie plioceniche ad alto angolo, che hanno determinato un rigetto complessivo di diverse centinaia di metri (*Brogi, Fabbrini 2009*).

Per concludere ed illustrare meglio l'assetto strutturale profondo della zona orientale del Monte Amiata si riporta una sezione geologica A - A' (*Figura 2.1c*) che da Abbadia San Salvatore taglia tutto il bacino sedimentario del Graben di Radicofani fino alla sua spalla orientale del Monte Cetona (CARG, FOGLIO 321-ABBADIA S. SALVATORE, Coordinatore scientifico: Prof. A. Costantini).



Figura 2.1c Sezione A – A' (CARG, Foglio 321-ABBADIA S. SALVATORE, Coordinatore scientifico: Prof. A. Costantini)



LEGENDA Sezione geologica a scala 1:100.000

	τβ Trachiandesiti basaltiche potassiche di Radicofani	Unità della Falda Toscana		BUR Formazione anidritica di Burano <i>Trias sup.</i>	
	PLI Depositi marini pliocenici		STO Scaglia toscana <i>Cretacico inf.?-Paleogene</i>	Unità toscane metamorfiche	
	MES Depositi miocenici		DSD+POD Diaspri, Marne a <i>Posidonomya</i> <i>Lias-Malm p.p.</i>		SRC Gruppo del Verrucano <i>Ladinico sup.-Carnico</i>
	APA Argille a palombini <i>Cretacico inf.</i>		LIM Calcare selcifero di Limano <i>Lias medio-sup.</i>		FRM Formazione del Farma <i>Paleozoico sup.</i>
	FIA Formazione di S. Fiora <i>Cretacico sup.-Paleocene</i>		MAS Calcare massiccio <i>Lias inf.</i>		
			RET Calcari e marne a <i>Rhaeticavicula contorta</i> <i>Retico</i>		

Come si vede, lo stile tettonico del bordo occidentale del bacino (area di Abbadia San Salvatore - Piancastagnaio) è caratterizzato dalla presenza di un rilevante sistema di faglie dirette sub verticali, con rigetti totali di diverse centinaia di metri. Tale stile tettonico strutturale è stato confermato dai pozzi geotermici perforati nel campo in coltivazione geotermica di Piancastagnaio.

2.2

SINTESI DEL MODELLO GEOTERMICO DI CASA DEL CORTO

L'intrusione granitica profonda, precedentemente menzionata, ha generato la grande anomalia termica positiva del Monte Amiata, che comprende le aree in coltivazione di Bagnore ad Ovest e di Piancastagnaio ad Est, che gradualmente declina verso il graben di Radicofani.

L'area sottesa dal Permesso di Ricerca "Casa del Corto" è caratterizzata dalla presenza di un assetto termico, idrogeologico e strutturale analogo a quello del campo geotermico in coltivazione Piancastagnaio.

Infatti, l'assetto tettonico, strutturale, stratigrafico, idrogeologico e termico del campo di Piancastagnaio prosegue senza soluzione di continuità ad Est verso l'area del permesso in oggetto.

In questa zona è presente lo stesso acquifero profondo, di importanza regionale, ospitato nelle rocce carbonatiche Mesozoiche sepolte della Falda Toscana (TN1 di *Figura 2.1a*). Tale acquifero è sepolto sotto una coltre di rocce a bassa permeabilità rappresentata dalle Unità Liguri (LU) del Complesso flyschioide, costituite da argilliti, siltiti, arenarie, marne, e calcari e dai depositi clastici prevalentemente argillosi del Miocene - Pliocene (M-P-Q), che hanno colmato il bacino di Radicofani.

Le Unità Liguri del Complesso flyschioide sono tettonicamente sradicate dal loro originario substrato e, completamente disarticolate, risultano inglobate in una matrice prevalentemente argillitica che ne determina una permeabilità molto bassa e, quindi, fungono da acquicludi. L'acquifero carbonatico del primo serbatoio, invece, come testimoniato nei pozzi geotermici del Monte Amiata, è costituito dalle formazioni prevalentemente calcaree mesozoiche e, in particolare nell'area di Piancastagnaio, dai calcari, dolomie ed anidriti triassici della Formazione di Burano (TN1).

Per descrivere l'assetto strutturale e termico profondo dell'area di interesse sono state effettuate due ulteriori sezioni geologiche; la prima B - B' (*Figura 2.2a*) descrive la distribuzione stratigrafica e termica più regionale, circa fino al centro del bacino (Pozzo Radicofani 1, perforato per ricerche petrolifere nel 1970), la seconda C - C' (*Figura 2.2b*) descrive meglio l'assetto profondo dell'area del Permesso di Ricerca "Casa del Corto", nella zona dove si prevede di perforare i pozzi di progetto.



Figura 2.2a Sezione Geologica B – B'

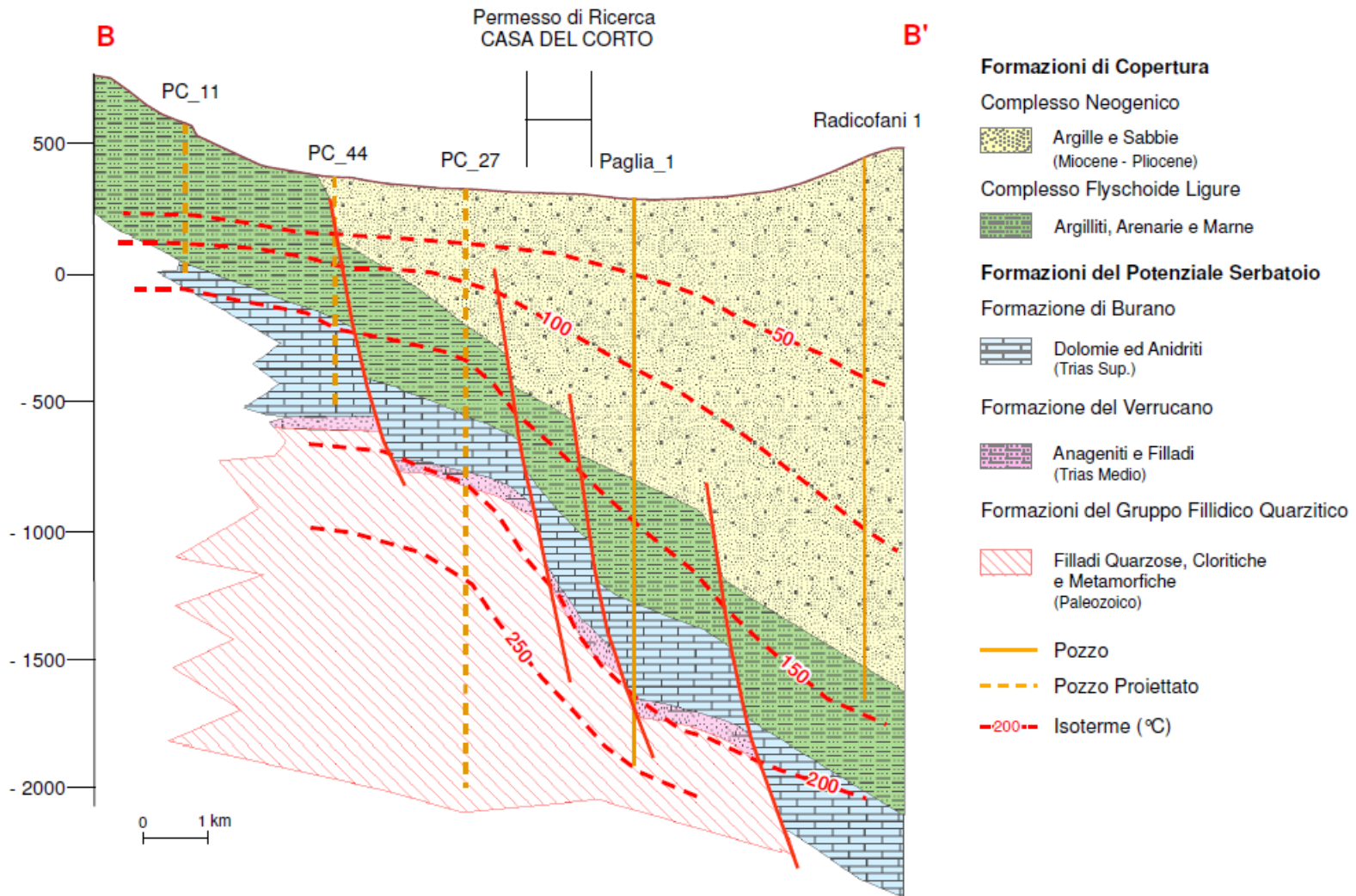
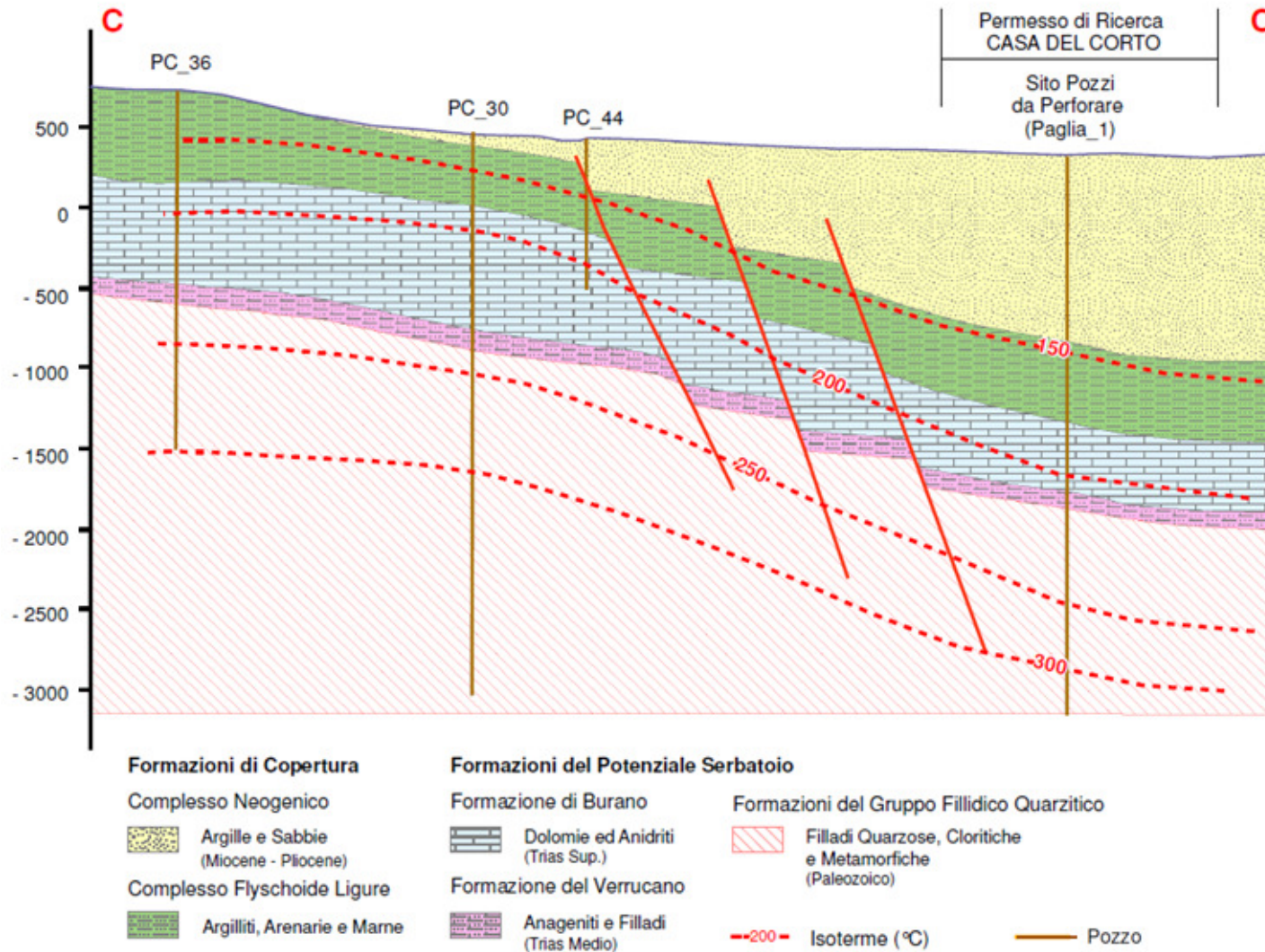


Figura 2.2b Sezione Geologica C – C'



PROGETTO

P15_CAE_010

TITOLO

SVOLTA GEOTERMICA SRL:
 IMPIANTO PILOTA GEOTERMICO "CASA DEL CORTO" (SI):
 PROGETTO DEFINITIVO E PROGRAMMA LAVORI
 ALLEGATO 1: INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOTERMICO

REV.

0

Pagina

10

Il pozzo geotermico Paglia 1 (profondo 3.866 m), perforato a circa 800 m a NE del permesso "Casa del Corto", fornisce utili indicazioni di previsione stratigrafica e termica.

Infatti, sulla base delle considerazioni geologico strutturali precedentemente illustrate, i dati del pozzo possono essere estrapolati lateralmente all'interno del permesso, in quanto questo insiste nello stesso assetto strutturale, di spalla occidentale ad andamento circa N -S del Graben di Radicofani.

La sezione C - C' perciò ben descrive la situazione dell'area dei pozzi da perforare, in quanto permette di estendere le informazioni profonde dei pozzi di Piancastagnaio per una correlazione con quelle del pozzo Paglia 1.

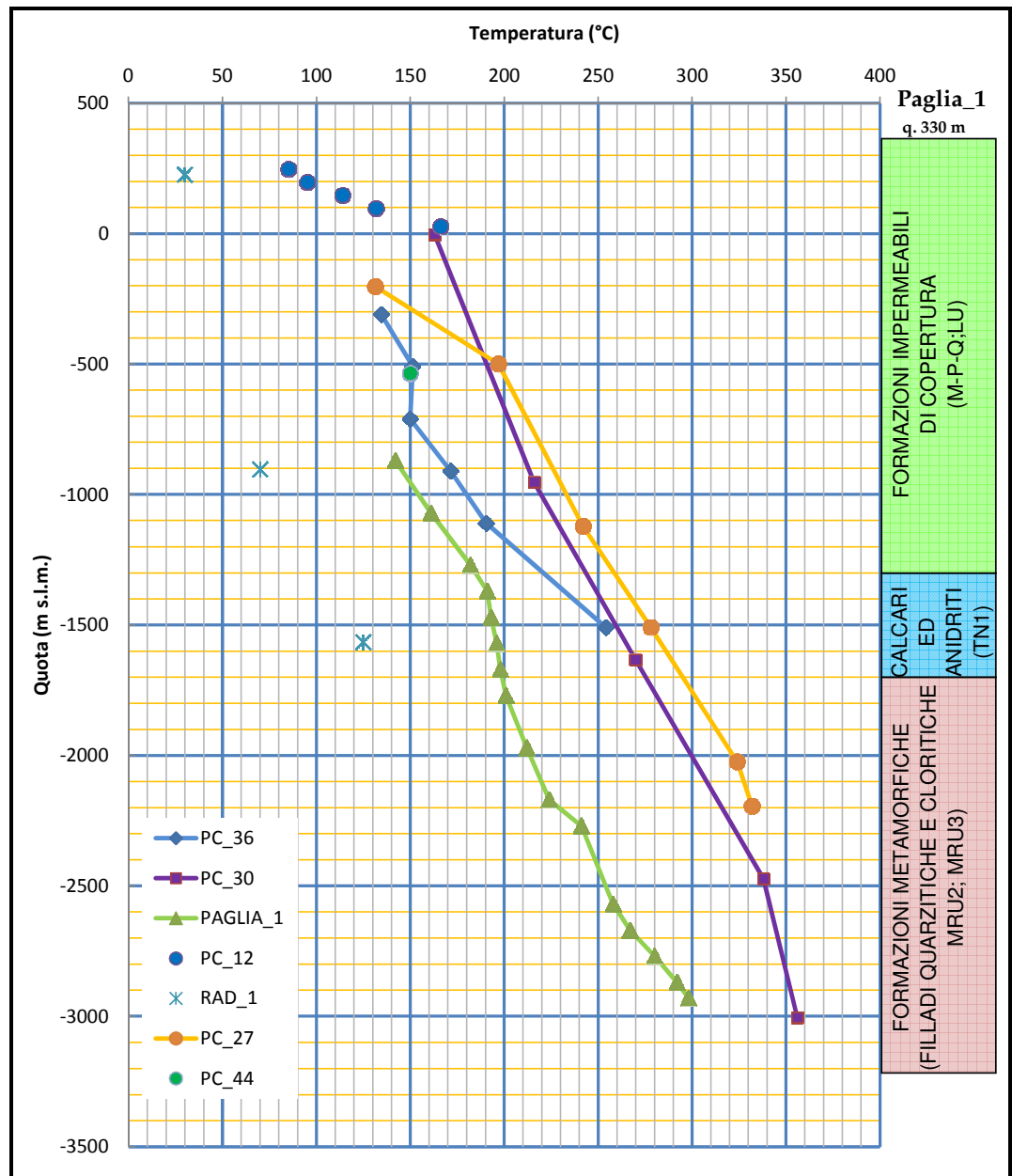
La zona perforata del campo di Piancastagnaio è caratterizzata dalla continua presenza dei calcari e delle anidriti della Formazione di Burano; un sistema di faglie dirette ribassa verso Est tale formazione per più di 1.000 m, come risulta dalla stratigrafia del pozzo Paglia 1 (rispettando gli spessori del Complesso Neogenico e delle Unità Liguri, le faglie distensive ad alto angolo semplificano per comodità di rappresentazione il ribassamento verso Est, in quanto questo è anche dovuto ad un accomodamento sulle precedenti faglie a basso angolo che hanno determinato il bacino di Radicofani; *Broggi, Fabbrini, 2009*).

La Formazione di Burano nell'area costituisce un primo serbatoio geotermico, localmente permeabile e produttivo (175 - 200 °C, pozzi superficiali di Piancastagnaio). La sua temperatura rimane circa costante 175 - 180 °C anche ad Est del campo di Piancastagnaio (*Baldi et al., 1993*); da notare che, seguendo la geometria del tetto del serbatoio nella zona di Casa del Corto (Paglia 1) anche le isoterme sono ribassate più di 1.000 m (*Figura 2.2b*).

L'assetto termico profondo è meglio illustrato nella *Figura 2.2c*, dove sono state riportate le temperature misurate nei pozzi vicini tratte dalla banca Dati dell'Inventario delle Risorse Geotermiche della Toscana (1987).



Figura 2.2c Assetto Termico Profondo



Il profilo termico dell'area del Permesso di Ricerca “Casa del Corto” può essere assimilabile a quello del pozzo Paglia 1, dove sono stati rilevati circa 180 °C al tetto del primo serbatoio.

Nella zona di Piancastagnaio (ma anche in quella di Bagnore) è stato intercettato un secondo serbatoio più profondo (con profondità di poco maggiori di 2.000 m), all'interno delle formazioni metamorfiche, con temperature maggiori di 300 °C.

Tale secondo serbatoio dovrebbe essere presente anche nell'area di interesse. I due serbatoi, quello più superficiale e quello profondo, seppur separati da un intervallo a permeabilità ridotta, sono in equilibrio piezometrico.

I serbatoi geotermici menzionati sono tali se le rocce che li caratterizzano sono sufficientemente fratturate e quindi permeabili. Il pozzo Paglia 1, invece, purtroppo non ha attraversato localmente alcun orizzonte fratturato nelle rocce metamorfiche profonde ed è stato definito sterile; nelle schede dell'Inventario delle Risorse Geotermiche (Enel 1987), infatti, non sono riportate informazioni relative ad intervalli produttivi nell'attraversamento delle rocce calcareo anidritiche triassiche del primo potenziale serbatoio geotermico (TN1).

Il profilo termico del pozzo Paglia 1, illustrato nella *Figura 2.2c*, mostra nell'intervallo di profondità di tali rocce un minore aumento della temperatura (gradiente geotermico) possibilmente determinato da una omogenizzazione per circolazione convettiva.

Per concludere, le rocce del primo serbatoio geotermico nell'area del Permesso di Ricerca "Casa del Corto", sulla base delle valutazioni effettuate in considerazione del pozzo Paglia 1, sono prevedibili ad una profondità di circa 1.600 m dal piano campagna (p.c.); tale serbatoio presenterebbe una temperatura di almeno 170 °C.

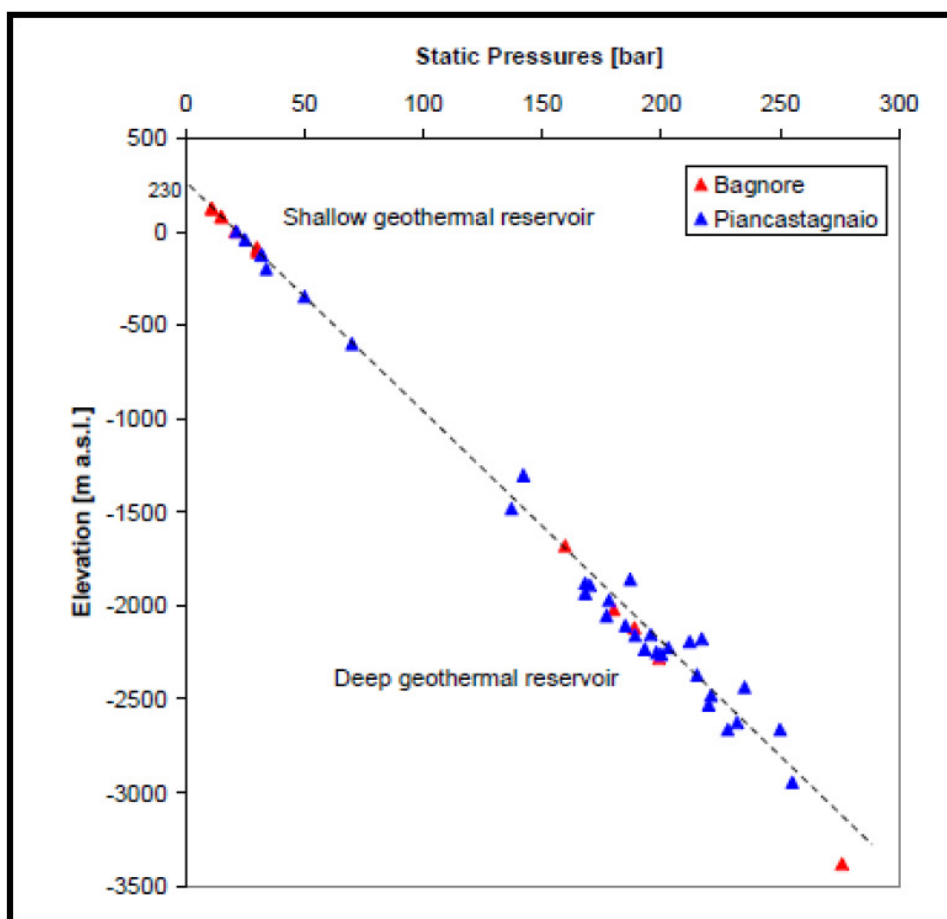
Per quanto riguarda le pressioni di serbatoio il grafico di *Figura 2.2d* mostra una correlazione generale di tutti i pozzi geotermici del Monte Amiata (Bagnore e Piancastagnaio) che presentano tutti una pressione idrostatica con livello piezometrico a circa +230 m sul livello del mare; tale pressione appare rimanere costante nel corso degli anni, in presenza della coltivazione geotermica nei campi di Bagnore e Piancastagnaio (*Barelli et al., 2010*).

In analogia con il campo geotermico di Piancastagnaio, il primo serbatoio geotermico, testimoniato dalla presenza dei calcari ed anidriti, dovrebbe avere uno spessore di circa 400 m, al di sotto del quale potrebbe essere presente un intervallo a bassa permeabilità. Tale intervallo, con un gradiente geotermico simile a quello superficiale e dello spessore di almeno 1.500 m, potrebbe permettere un incremento della temperatura (> 300 °C) nel serbatoio profondo (*Tabella 2.2a*).

Tabella 2.2a Descrizione dell'Assetto Tettonico Stratigrafico e Termico dell'Area del Permesso di Ricerca "Casa del Corto" (con riferimento al Pozzo Paglia 1)

da – a (dal p.c.)	Stratigrafia	Spessore (m)	T (°C)
0 – 1.100	Argille Complesso Neogenico	1100	
1.100 – 1.600	Flysch Liguri	500	130 °C al tetto
1.600 – 2.000	Unità Toscana	400	170 – 200 °C (tetto - base)
da 2.000	Basamento Metamorfico		300°C a circa 3.500 m (possibile 2° serbatoio)

Figura 2.2d Distribuzione della Pressione Statica con la Profondità nei Pozzi dei Campi Geotermici di Bagnore e PianCastagnaio (*Barelli et al., 2010*)



2.2.1 *Caratteristiche Produttive dei Pozzi*

Sulla base di quanto sopra, in assenza di specifiche prospezioni superficiali di conferma all'interno del Permesso, il serbatoio geotermico può essere ipotizzato alla profondità di circa 1500 m (1.400 - 1.600 m) dal piano campagna, considerando la possibile variabilità laterale dell'andamento geologico strutturale. L'unica linea sismica più vicina esistente è quella pubblicata (n. 13) in Bonini, Sani (2002) che, essendo più distante del vicino Pozzo Paglia 1, non fornisce migliori ed utili indicazioni estrapolabili verso l'area di interesse.

L'insieme del serbatoio potrà presentare una temperatura media di circa 180 °C e una pressione di serbatoio in equilibrio con la quota del livello piezometrico di 230 m s.l.m..

Poiché, la quota della postazione individuata per i pozzi di produzione è di circa 350 m s.l.m., il livello statico dei pozzi si attesterà intorno a 130 m dal p.c..

Indipendentemente dalla effettiva profondità del serbatoio (1.400 – 1.600 m), la sua temperatura dovrebbe rimanere più o meno costante nell'ordine dei 180 °C, come evidenziato in *Figura 2.2b*.

In presenza di fratture produttive nelle rocce del serbatoio, in condizioni di flash controllato in superficie, è possibile prevedere una portata fino a circa 150- 200t/h per pozzo in dipendenza del profilo tecnico e delle caratteristiche produttive del singolo pozzo.

2.2.2 *Caratteristiche Chimiche del Fluido e Capacità Incrostanti*

Dalle considerazioni esposte al paragrafo precedente si può desumere che le caratteristiche chimiche del fluido saranno paragonabili alle caratteristiche del fluido riscontrato nei serbatoi di Bagnore e Piancastagnaio e quindi caratterizzate dalla presenza di ammoniaca e acido borico (si veda *Università di Siena, 2008*) e contenuti rilevanti di incondensabili (principalmente anidride carbonica).

Poco si conosce sull'eventuale arricchimento in carbonato di calcio e diminuzione nel contenuto di silice, che le minori temperature (rispetto al serbatoio profondo) che caratterizzano la porzione di serbatoio interessata dal presente progetto, indubbiamente favorirebbero. Si può pertanto ragionevolmente assumere una scarsa tendenza all'incrostazione da silice ed una potenziale da carbonato di calcio.

L'eventuale tendenza alla precipitazione di carbonato di calcio potrebbe tuttavia essere combattuta con l'iniezione di inibitori di incrostazione in pozzo, pratica ad oggi usata in molti campi geotermici e sufficientemente sicura.

Anche la quantità di gas incondensabili presenti nel liquido del serbatoio dei pozzi di "Casa del Corto" potrebbe riferirsi o al campo superficiale di Piancastagnaio (sfruttato fino agli anni 2000) o al serbatoio profondo. E' molto probabile che, considerando l'interazione tra i due campi e la minor temperatura (rispetto al serbatoio profondo) prevista nei pozzi del permesso di ricerca, il contenuto di incondensabili si situi tra i valori del sistema profondo e di quello superficiale.

Il contenuto di incondensabili nel liquido del serbatoio profondo può essere dedotto dalle misure di percentuale di gas nel vapore geotermico che alimenta le centrali di PC3, PC4 e PC5 riportandolo alle condizioni di serbatoio (liquido a circa 300 -320 °C di temperatura). Le misure eseguite da ARPAT sulle Centrali indicano un contenuto medio di gas nel vapore di alimentazione alle centrali di circa l'8% in peso che, riportato alle condizioni di serbatoio, vale circa 1,9% sul fluido totale.

Il contenuto di incondensabili presenti nel serbatoio superficiale può essere dedotto dai valori di pressione di anidride carbonica presenti all'inizio dello sfruttamento del primo serbatoio di Piancastagnaio e che aveva circa 20 bar alla temperatura di 230 °C (*Barelli et al., 2010; Cappetti et al., 2010*).

Considerando i valori di costante di Henry, riportati in Corsi 1987, per una soluzione 1 molare in NaCl si può valutare la percentuale di gas in circa 0,7%.

Il contenuto di gas che ci si attende sarà pertanto compreso tra questi due valori (0,7 e 1,9%).

In sede progettuale si potrà conservativamente assumere il valore di 1,9%.

BIBLIOGRAFIA

Autori Vari, (1971). La Toscana Meridionale. Fondamenti Geologico Minerari per una Prospettiva di Valorizzazione delle Risorse Naturali - Rend. Soc. Ital. Min. e Petr., v. XXVII - Fascicolo Speciale;

Accaino F., Nicolich R., Tinivella U., (2006). Highlighting the Crustal Structures of Southern Tuscany: the Contribution of the CROP18 Project. Boll. Geof. Teor. Appl. 47, pp.425-446;

Acocella, V., 2000. Space Accomodation by Roof Lifting During Pluton Emplacement ad Amiata Monte (Italy). Terra Nova 12, pp. 149-155;

Baldi P., Buonasorte G., Cameli G.M., Ceccarelli A., Ridolfi A., Grassi S., Squarci P., Taffi L., (1988). Tuscany - Latium Geothermal Province in "Atlas of "Geothermal Resources" in the European Community, Austria and Switzerland - Publication n. EUR 11026 of the Commission of the European Communities;

Baldi P., Bellani S., Ceccarelli A., Fiordelisi A., Rocchi G., Squarci P., Taffi L. (1995). Geothermal Anomalies and Structural Features of Southern Tuscany (Italy). - Proceedings World Geothermal Congress, Firenze, 18-31 Maggio 1995;

Baldi P., Buonasorte G., Ceccarelli A., Ridolfi A., D'offizi S., D'amore F., Grassi S., Squarci P., Taffi L., Boni C., Bono P., Di Filippo M., Martelli M.C., Lombardi M.C. & Toro B., (1982). Contributo alla Conoscenza delle Potenzialita Geotermiche della Toscana e del Lazio - Consiglio Nazionale delle Ricerche, PFE RF15;

Baldi P., Bertini G., Ceccarelli A., 1993. Geothermal Field of Central Italy – Resource Geology Special Issue, N. 16, pp. 69-81;

Baldi P., Bellani S., Ceccarelli A., Fiordelisi A., Squarci P., Taffi L., (1994). Correlazioni tra le Anomalie Termiche ed altri Elementi Geofisici e Strutturali della Toscana Meridionale. Studi Geologici Camerti, 1994, Vol. speciale 1, pp. 139-149;

Baldi P., Bellani, S., Buonasorte, G., Fiordelisi, A., and Manzella, A., (1998). Geothermal Exploration in Tuscany (Italy) for High Temperature Resources - World Renewable Energy Congress V (Florence, Italy), Part IV, pp.2733-2736;

Barelli A., Ceccarelli A., Dini I., Fiordelisi A., Giorgi N., Lovari F., Romagnoli P., (2010). A Review of the Mt. Amiata Geothermal System (Italy). Proceedings World Geothermal Congress 2010. Bali, Indonesia, 25-29 Aprile 2010;



PROGETTO

TITOLO

REV.

Pagina

P15_CAE_010

SVOLTA GEOTERMICA SRL:

IMPIANTO PILOTA GEOTERMICO "CASA DEL CORTO" (SI):

PROGETTO DEFINITIVO E PROGRAMMA LAVORI

ALLEGATO 1: INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOTERMICO

0

17

Batini F., Bertini G., Gianelli G., Nicolich R., Pandeli E., Puxeddu M., (1986). Deep structure of the Geothermal Region of the Monte Amiata Volcano (Tuscany, Italy). Mem. Soc. Geol. It. 35, pp.755-759;

Batini F., Brogi A., Lazzarotto A., Liotta D., Pandeli E., (2003). Geological Features of Larderello-Travale and Mt Amiata Geothermal Areas (Southern Tuscany Italy) - Episodes 26, pp. 239-244;

Benelli M., Benelli M., Franci T., (2008). La Risorsa Geotermica per Usi Elettrici in Italia: Energia, Ambiente e Accessibilità Sociale. Amici della Terra, Firenze – Onlus, 2008;

Bernabini M., Bertini G., Cameli G.M., Dini I., Orlando L., (1995). Gravity Interpretation of the Mt Amiata Geothermal Area (Central Italy) - Proceedings of the World Geothermal Congress, Florence, Italy, pp. 859.862;

Bertini G., Cappetti G., Dini I., Lovari F., (1995). Deep Drilling Results and Updating of Geothermal Knowledge of the Monte Amiata Area Proceedings of the World Geothermal Congress 1995, Florence, Italy, pp. 1283-1286;

Bertini G., Buonasorte G., Cappetti G., Dini I., Ridolfi A., Stefani G., (2002). Tuscan Geothermal Fields. In "Atlas of "Geothermal Resources in Europe" - Publication N. Eur 17811 of The European Commission L . 2985. S. Hurter and R. Haenel Editors, Luxemburg;

Bertini G., Pandeli E., Principe C., Manzella A., (2008). Tettonica Gravitativa nell'Area del Monte Amiata: analisi e commenti. Rapporto intero IGG – CNR n. 10477;

Bonini M., Sani F., 2002. Extension and compression in the Northern Apennines (Italy) hinterland: Evidence from the late Miocene-Pliocene Siena – Radicofani Basin and Relations with Basement Structures. TECTONICS, Vol. 21, N. 3, 1010;

Brogi A., (2004b). Seismic Reflection and Borehole Logs as Tools for Tectonic and Stratigraphic Investigations: New Geological Data for the Tuscan Nappe exposed in the Northeastern Monte Amiata (Northern Apennines Italy) . Boll. Soc. Geol. It. 123, pp.189-199;

Brogi A., (2004c). Miocene Low-Angle Normal Detachments and Upper Crust Megaboudinage in the Mt Amiata Geothermal Area (Northern Apennines Italy) - Geodinamica Acta 17, pp.375-387;

Brogi A., (2008). The Structure of the Mt. Amiata Volcano-Geothermal Area (Northern Apennines, Italy): Neogene-Quaternary Compression Versus Extension. Int. J. Sci.(Geol Rundsch) 2008, doi 10.1007/s00531- 007-0191;

Brogi A., Lazzarotto A., (2002). Deformazioni Sin-Collisionali nella Falda Toscana a Sud-Ovest del Monte Amiata (Toscana Meridionale): il sovrascorrimento di Monte Aquilaia. Boll. Soc. Geol. It. 121, pp.299-312;



Brogi A., Liotta D., (2008). Higly Extended Terrains, Lateral Segmentation of the Substratum, and Basin Development: the Middle - lat Miocene Radicondoli Basin - Tectonics, vol. 27, TC5002, doi 10.1029/2007TC002 188, 2008;

Brogi A., 2008. The Structure of the Monte Amiata Volcano-Geothermal Area: Neogene-Quaternary Compression Vs Extension. Earth Science 2008; 97; pp. 677-703;

Brogi A., Fabbrini L., 2009. Extensional and Strike-slip Tectonics Across the Monte Amiata-Monte Cetona Transect (Northern Appennines, Italy) and Seismotectonic Implication. TECTO – 124509; n. pag 15;

Calamai A., Cataldi R., Squarci P., Taffi L., (1970). Geology Geophysics and hydrogeology of the Monte Amiata Geothermal Field - Geothermics 1, pp.1.9;

Cappetti G., Romagnoli P., Sabatelli F., (2010). Geothermal Power Generation in Italy 2005-2009 Update Report. Proceeding World Geothermal Congress 2010. Bali, Indonesia 25-29 Aprile 2010;

Corsi R., Culivicchi G., Sabatelli F., (1985). Laboratory and field testing of calcium carbonate scale inhibitors. Symposium on Geothermal Energy, Haway. 1985.

Corsi R., (1986). Scaling and Corrosion in geothermal equipment: problems and preventive measurements. Geothermics, 15/5.

Corsi R., (1987). Engineering aspects of CaCO₃ and SiO₂ scaling. NATO course on "Geothermal Reservoir Engineering", Antalya, Turkey, July 1987.

Decandia F.A., Lazzarotto A., Liotta D., (1993). La Serie Ridotta nel Quadro dell'Evoluzione Geologica della Toscana Meridionale . Mem. Soc. Geol. It. 49, pp.181-190;

Decandia F.A., Lazzarotto A., Liotta D., (2001). Structural Features of Southern Tuscany Italy - Ofioliti 26, pp.287-300;

Dini I., Ceccarelli A., Brogi A., Giorgi N., Galleni P., Rossi L., 2010. Geological reconstruction of the Base of the Mt. Amiata Volcanic Complex - Proceedings World Geothermal Congress 2010. Bali, Indonesia, 25-29 Aprile 2010;

Enel, (1995). L'Energia Geotermica in Toscana e nel Lazio Settentrionale. Gaidbooks feeldtreaps World Geothermal Congress 1995, Firenze;

Enel, (2009). Acquiferi del Monte Amiata e Coltivazione Geotermica. Integrazioni Riassetto di Piancastagnaio;

Enel, Eni, CNR, Enea (1988). "Indagine d'insieme sul Territorio Nazionale" in Inventario delle Risorse Geotermiche Nazionali - Rapporto Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Legge 9/12/1986 n. 896;



ENEL, Eni, CNR, Enea 1987. Inventario delle Risorse Geotermiche Nazionali – Regione Toscana – Rapporto ed Allegati;

Ferrari L., Conticelli S., Burlamacchi L., Manetti P., 1996. Vulcanological Evolution of the Monte Amiata, South Tuscany: New Geological and Petrochemical Data. Vulcanologica 8, pp. 41-56;

Ferrari L., Tonarini S., 1985. Radiometric Geochronology in Tuscany; Result and Problems – Rend. S.I.M.P., 40, pp 111-123;

Finetti I.R., (2006). Basic Regional Crustal Setting and Superimposed Local Pluton-Intrusion Related Tectonics in the Larderello-Monte Amiata Geothermal Province, from integrated CROP Seismic Data - Boll Soc Geol It 125, pp.117-146

Fiordelisi A., Manzella A., Buonasorte G., Larsen J.C., Mackie R.L., (2000). Mt Methodology in the Detection of Deep Waterdominated Geothermal Systems - Proceedings World Geothermal Congress 2000, Kyushu-Tohoku, Japan, May 28-June 10, 2000

Fournier R.O., (1973). The solubility of amorphous silica in water at high temperature and high pressures. American Mineralogist, vol 62, pp. 1052-1056, 1973;

Gianelli G., Manzella A., Puxeddu M., (1997). Crustal Models of the Geothermal Areas of Southern Tuscany - Tectonophysics 281, pp.221-239;

Gianelli G., Puxeddu M., Batini F., Bertini G., Dini I., Pandeli E., Nicolich R., (1988). Geological Model of a Young Volcanoplutonic System: the Geothermal Region of Monte Amiata (Tuscany Italy) - Geothermics 17, pp.719-734;

Gunnarson S., Arnosson A., (1987). Amorphous silica solubility and Thermodynamic Properties of H₄SiO₄ in the range of 0-350°at Psat. Geochimica et Cosmochimica Acta Vol 64,13, July 1987.

Lazzarotto A., (1993). Elementi di Geologia. La Storia Naturale della Toscana Meridionale, Giusti F. Pizzi Editore Edizione fuori commercio, riservata Monte dei Paschi di Siena, 1993;

Liotta D., (1994). Structural Features of the Radicofani Basin along the Piancastagnaio (Mt Amiata) - S. Casciano dei Bagni (Mt Cetona) Cross Section . Mem. Soc. Geol. It. 48, pp.401-408;

Marinelli G., Barberi F., Cioni R., (1993). Sollevamenti neogenici ed intrusioni acide della Toscana e del Lazio settentrionale. Mem. Soc. Geol. It. 49, pp.279-288;

Michels D. E., (1981), CO₂ and Carbonate Chemistry Applied to Geothermal Engineering, Geothermal Reservoir Engineering Management Program, Earth and Science Division, Lawrence Berkley Laboratory, Report LBL-11509, pp 27



Nirta G., Pandeli E., Principi G., Bertini G., Cipriani N., (2005). The Ligurian Units of Southern Tuscany . Boll. Soc. Geol. It. Spec. 3, pp.29-54;

Orlando L., Bernabini M., Cameli G.M., Dini I., Bertini G., (1994). Interpretazione Preliminare del Minimo Gravimetrico del Monte Amiata. Stud. Geol. Camert. Spec. 1, pp.175-182;

Pandeli E., Puxeddu M., Giannelli G., Bertini G., Castellucci P., 1988. Paleozoic Sequences Crossed by Deep Drillings in Monte Amiata Geothermal Region (Italy). Bollettino della Soc. Geol. Ita. 107, pp. 593-606;

Pandeli E., Bertini G., Castellucci P., Morelli M., Monechi S., (2005). The Ligurian Subligurian and Tuscan Units of the Monte Amiata Geothermal Region (South-Eastern Tuscany): New Stratigraphic and Tectonic Data . Boll. Soc. Geol. It. Spec. 3, pp.55-71;

Tinivella U., Accaino F., Rossi G., Nicolich R., (2005). Petrophysical Analysis of CROP18 Crustal Seismic Data . Boll. Soc. Geol. It. Spec. 3, pp.205-211;

Università di Siena (2008), Studio geostrutturale, idrogeologico e geochimico ambientale dell'area amiatina.

