

## SONDAGGIO STRATIGRAFICO MASSA 2

Riassunto

Abstract

1. Introduzione

2. Risultati

3. Conclusioni

Riferimenti bibliografici

### RIASSUNTO

Il sondaggio stratigrafico Massa 2 è stato effettuato nella parte meridionale del campo geotermico di Larderello. Il pozzo ha confermato i dati geologici e geofisici raccolti prima della perforazione. La successione di "Scaglie Tettoniche" incontrate dal pozzo è quella con il maggiore spessore in tutta l'area di Larderello (> 2500 m). La parte superiore di questa successione è costituita da anidriti triassiche, calcari e filladi paleozoiche ed è caratterizzata da abbondanti depositi idrotermali. La parte inferiore della successione attraversata è invece caratterizzata da termometamorfismo a biotite e corindone. Alla profondità di 2960 metri non vi sono nel pozzo fluidi utilizzabili; una temperatura di 350°C è stata trovata a 4150 metri di profondità.

### ABSTRACT

Massa 2 stratigraphic well has been drilled in the southern part of the Larderello geothermal field. The well confirmed the geological and geophysical data collected before drilling. The "Tectonic Wedges" sequence encountered is the thickest in the Larderello area (> 2500 m). The upper part of this sequence consists of triassic anhydrites, limestones and paleozoic phyllites. The upper part consists of abundant hydrothermal deposits while the lower part is characterized by Biotite-Corundum thermometamorphism. No commercial fluids in the well at 2960 m and the temperature of 350°C at 4150 m was found.

**PAROLE CHIAVE:** scaglie tettoniche, copertura, termometamorfismo, paragenesi idrotermale, signature sismica.

**KEY WORDS:** Tectonic slices, cover, thermometamorphism, hydrothermal paragenesis, seismic signature

### 1. INTRODUZIONE

Il sondaggio stratigrafico Massa 2, ubicato nel comune di Massa Marittima (GR), è stato eseguito con lo scopo di

ENEL S.p.A./ V.D.T./G - Via Andrea Pisano, 120 - 56122 Pisa

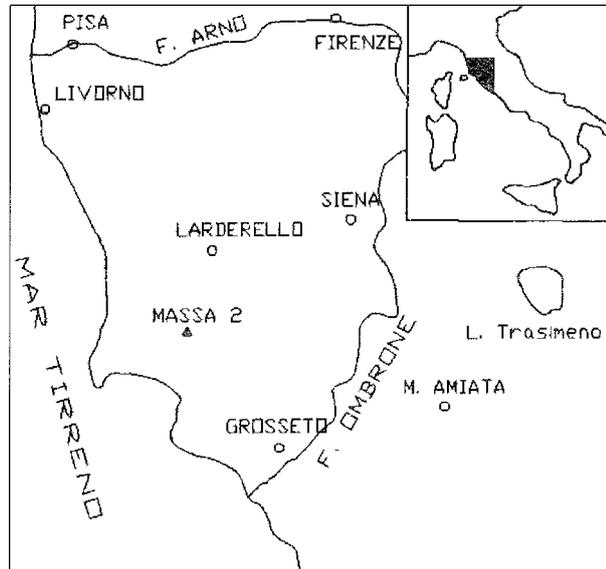


Fig. 1 - Ubicazione del sondaggio stratigrafico Massa 2.

controllare l'estensione verso Sud del sistema geotermico di Larderello.

L'area meridionale di Larderello, infatti, era stata oggetto negli anni precedenti, di studi geologici, geofisici e geochimici che avevano incoraggiato una ricerca geotermica a profondità superiore ai 3000 m dove erano state stimate temperature di 250-300 °C (Fig. 1).

### 2. RISULTATI

Il sondaggio Massa 2 ha raggiunto la profondità di 4340.7 m attraversando nei primi 55 m sedimenti del Miocene superiore (Conglomerato di Montebamboli in LAZZAROTTO *et al.*, 1969); da 55 a 655 m formazioni cretache di facies ligure (Argille e calcari Palombini e Flysch calcareo-marnoso); da 655 a 4030m una potente sequenza di scaglie tettoniche, costituita dalle formazioni di facies toscana del Trias medio-superiore (Anidriti di Burano, Formazione di Tocchi, Verrucano s.s.; PANDELI *et al.*, 1991) e da 4030 a fondo pozzo una sequenza di filladi cloritico-grafitose e metarenarie quarzose attribuite, in prima approssimazione, alla Formazione delle filladi e quarziti del T. Mersino (Carbonifero Sup.-Permiano Inf.; COSTANTINI *et al.*, 1992), affioranti nella vicina area di Boccheggiano. Quest'ultima formazione è caratterizzata da un graduale aumento con la profondità del

# Sondaggio Stratigrafico MASSA 2

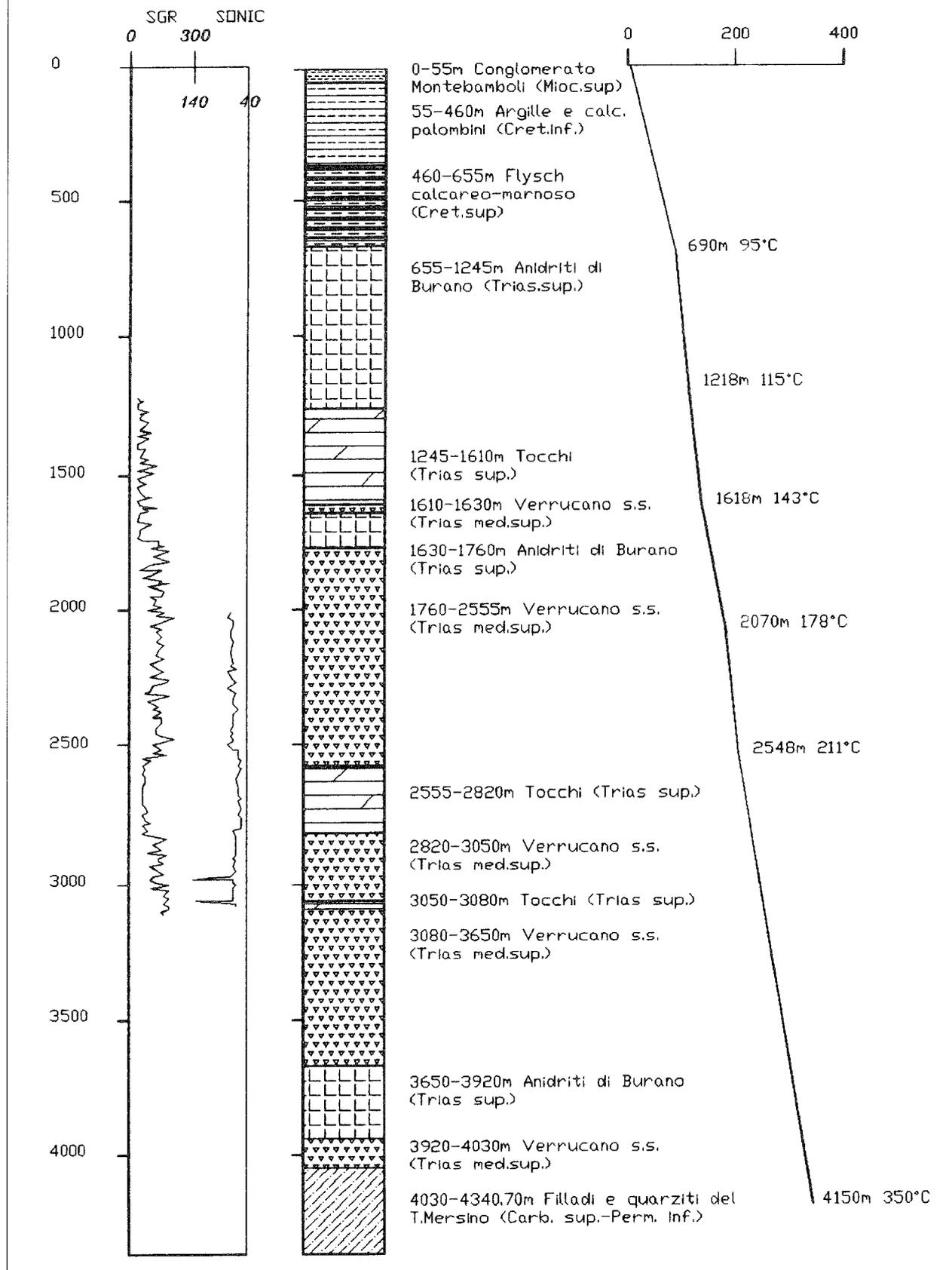


Fig. 2 - Profilo stratigrafico, termico e logs geofisici (SGR, SONIC).

termometamorfismo a Biotite e dalla presenza di Corindone postcinematico a 4300 m (Fig. 2).

Paragenesi idrotermali caratteristiche della circolazione di fluidi a media ed alta termalità (150-350 °C) sono state rinvenute in vene e fratture a varie profondità. Nei primi 1000 m del sondaggio sono state osservate mineralizzazioni a Pirite, Calcite, Quarzo e Gesso. Il Quarzo, presente negli orizzonti silicizzati alla base della copertura ligure, indicherebbe una circolazione idrotermale avvenuta in condizioni termiche molto superiori alle attuali; viceversa la presenza del Gesso nei primi livelli della formazione delle Anidriti di Burano, confermerebbe che attualmente è presente una circolazione d'acqua sub-superficiale (assorbimento di 10 m<sup>3</sup>/h a 655 m).

A profondità maggiori di 1500 m, nei livelli quarziticci e filladici del Verrucano, la paragenesi idrotermale più

diffusa è costituita da Clorite+Epidoto. Le più alte concentrazioni di questa mineralizzazione sono state osservate nell'intervallo 2800-3100 m, dove si sono verificati assorbimenti maggiori di 20 m<sup>3</sup>/h. Da 3900 a 4150 m oltre all'Epidoto sono state rinvenute paragenesi idrotermali ad Albite ± Tremolite Actinolite in evidente diminuzione con la profondità e con l'aumento della Biotite termometamorfica.

Durante la perforazione sono state eseguite n. 6 termometrie. Il profilo termico di Fig.2 conferma che i valori di gradiente nella copertura ligure sono gli stessi di quelli misurati nelle prospezioni termiche di superficie (1.15 °C/10 m), mentre all'interno della formazione delle Anidriti di Burano, tra 655 e 1245 m, il gradiente diminuisce oltre che per la diversa conducibilità termica, anche per la presenza della suddetta circolazione sub-superficiale.

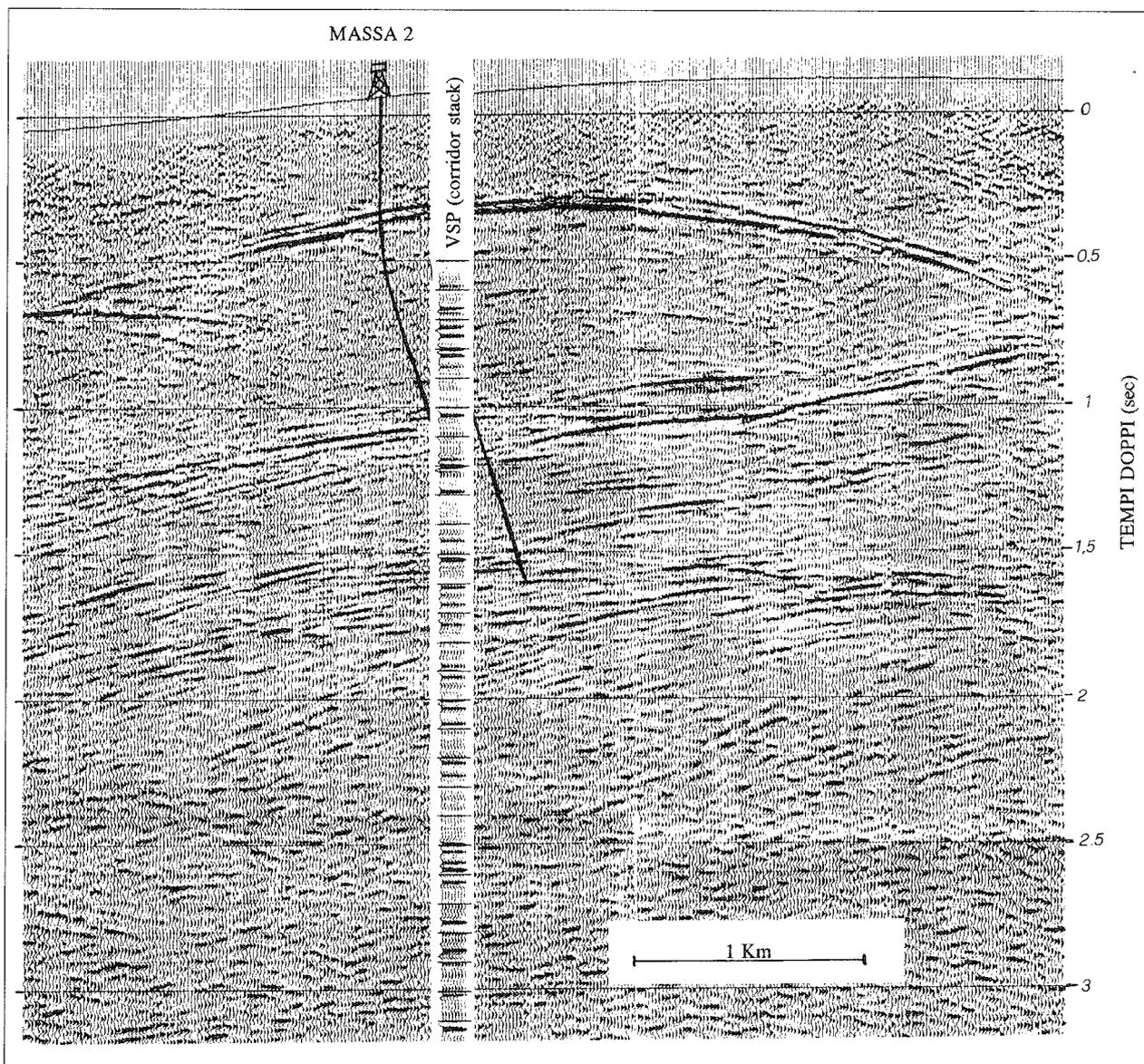


Fig. 3 - Linea sismica a riflessione LAR 27 (parte interessata dal sondaggio) con inserimento del VSP (corridor stack) eseguito nel pozzo Massa 2.

A profondità superiori a 1245 m il gradiente termico rimane pressochè costante intorno a valori di 0.75 °C/10 m, nonostante la presenza di zone permeabili evidenziate da manifestazioni di metano a 1660 m (portata massima di 50 N m<sup>3</sup>/h e pressione statica di 50 bar) e da fratture a 2968 e 3041 m (pressione statica di 101 bar ed iniettività di 2.5 (m<sup>3</sup>/h/bar).

I rilievi geofisici eseguiti sono rappresentati dal log Gamma Ray Spettroscopico (NGT) nell'intervallo 1190-3050 m, dal log Sonico (SLS) nell'intervallo 2085-3050 m e da un profilo sismico verticale (VSP) eseguito fino alla profondità massima di 2900 m. Sono inoltre disponibili i dati di una linea sismica a riflessione che passa circa 300 m a Sud del pozzo con direzione Est-Ovest (LAR 27).

I logs NGT totale (Uranio+Torio+Potassio) e Sonico sono riportati assieme ai dati litostratigrafici in Fig. 2, mentre l'elaborato Corridor Stack del VSP è inserito, sul profilo LAR 27, in corrispondenza della zona di acquisizione (Fig. 3).

I logs hanno permesso di determinare con maggiore precisione, rispetto ai dati di cantiere, la profondità sia dei principali passaggi litologici che dei due livelli fratturati a 2968 e 3041 m. Questi ultimi sono evidenziati nel log Sonico da due zone dello spessore di circa 1 m in cui la velocità sonica bruscamente si riduce a meno della metà (da 15 a 6.5x10<sup>3</sup> feet/sec).

I risultati del VSP hanno permesso di ricostruire con buona precisione la funzione di velocità sismica fino alla profondità di 3000 m e di poter così effettuare la conversione tempi/profondità e viceversa, sulla base di dati sperimentali specifici.

L'accordo tra i dati del VSP e quelli della sismica di superficie, come mostrato dalla Fig 3, è ottimo. Tra 1.0 e 1.2 sec si osservano una serie di segnali sismici che corrispondono all'intervallo di profondità 2540-3100 m caratterizzato da ripetute intercalazioni di anidrite, calcari, filladi e quarziti. Il segnale soprastante, presente nella sismica di superficie a 0.35 sec., non è stato rilevato dal VSP a causa del dispositivo di acquisizione adottato. Tale segnale è molto n e corrisponde al passaggio Flysch-Anidriti a 655 m. di profondità.

A 1.5 sec è presente un altro segnale sismico di intensità piuttosto elevata. Questo corrisponde al passaggio fra la sequenza a scaglie tettoniche e l'inizio di una sequenza litologicamente più omogenea costituita dalle filladi e quarziti del T. Mersino (4030 m). A partire da questa quota i segnali sismici presentano, rispetto a quelli sovrastanti, una certa disarmonia angolare ed una particolare "signature

sismica" tali da poter supporre un marcato cambiamento geologico-strutturale.

### 3. CONCLUSIONI

Allo stato attuale delle conoscenze le conclusioni che possono essere tratte sono le seguenti:

— Il margine Sud di Larderello è caratterizzato dall'ispessimento del complesso a scaglie tettoniche e dal generale approfondimento delle formazioni metamorfiche paleozoiche.

— La presenza di frequenti e spesse intercalazioni di letti anidritici sembra non favorire la permeabilità per fratturazione. Il pozzo infatti ha trovato le fratture principali solo all'interno della formazione del Verrucano dove sono stati misurati valori di pressione intermedi tra quelli idrostatici e quelli misurati nel serbatoio geotermico di Larderello. Inoltre, l'andamento piuttosto regolare del gradiente termico lungo tutto il profilo del pozzo (valore medio di circa 0.75°C/10m) dimostra la mancanza di fenomeni convettivi tipici dei serbatoi geotermici.

— La presenza di serbatoi geotermici sembrerebbe alquanto improbabile a profondità superiori a quella investigata (4340.7 m). La diminuzione delle mineralizzazioni idrotermali, l'aumento con la profondità del grado termometamorfico nelle filladi paleozoiche e la temperatura probabilmente maggiore di 350°C, potrebbero infatti indicare la transizione ad un ambiente semiduttile e quindi meno favorevole allo sviluppo di zone permeabili.

### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

LAZZAROTTO A., MAZZANTI R. & SALVATORINI G.F. (1969) - *Conglomerato di Montebamboli. Studi illustrati della carta geologica d'Italia. Formazioni geologiche*. Fasc. II.

PANDELI E., BERTINI G. & CASTELLUCCI P. (1991) - *The tectonic wedges complex of the Larderello area (Southern Tuscany, Italy)*. Boll. Soc. Geol. It., **110** (3-4).

COSTANTINI A., ELTER F.M., PANDELI E., PASCUCCI V., SANDRELLI F. & TOGNONI M. (1992) - *Geologia dell'area di Boccheggiano e Serrabottini (Colline Metallifere, Toscana Meridionale)*. Riasunti Congresso Soc. Geol. It., Firenze, 1992.