

Committente:

ACQUI ENERGIA S.p.A. – Via Vivaro n.2; 12051 Alba (CN)

Lavoro a cura di

GEODIP - GEOLOGI ASSOCIATI. Via Primo Savani, 18 – 43126 Parma

Dott. Geol. Fabio Carlo Molinari

Iscritto all’Ordine dei Geologi della Regione Emilia-Romagna
In data 23/09/2008 – n°1249

Dott. Geol. Carlo Domenico Alghisi

Iscritto all' Ordine dei Geologi della Lombardia
In data 17/01/2003 - n°1266

INDICE

A. PREMESSA.....	5
B. I FLUIDI GEOTERMICI UTILIZZATI PER IL TELERISCALDAMENTO.....	5
B.1 SCOPO DEL PERMESSO DI RICERCA.....	8
B.2 POLITICA ENERGETICA	8
<i>B.2.1 Implementazione dello sfruttamento dell’energia geotermica.....</i>	<i>9</i>
C. IL PROGETTO DI RICERCA.....	10
C.1 L’ AREA OGGETTO DI RICERCA.....	13
D. INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	15
D.1 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO.....	17
D.2 BACINO TERMALE	20
E. PROGRAMMA LAVORI E QUADRO ECONOMICO.....	22
E.1 PREMESSA.....	22
E.2 FASE I : RECUPERO DATI ESISTENTI PER LA RICOSTRUZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO DELL’ AREA D’INDAGINE.....	23
<i>E.2.1 Banca Dati Geognostici.....</i>	<i>23</i>
<i>E.2.2 Campagna di rilevamento e di misure in pozzo.....</i>	<i>24</i>
<i>E.2.3 Elaborazione del modello geologico e idrogeologico preliminare.....</i>	<i>24</i>
E.3 FASE II: INDAGINI GEOGNOSTICHE E PROSPEZIONI GEOFISICHE.....	27
<i>E.3.1 Prospezione Geoelettrica.....</i>	<i>27</i>
E.3.1.1 Ubicazione profili geoelettrici.....	29
E.3.1.2 Operazioni di Campagna.....	33
E.3.1.3 Permitting e Picchettamento Topografico.....	33
E.3.1.4 Stendimento delle Linee di elettrodi e Lay Out di Acquisizione.....	33
E.3.1.5 Acquisizione.....	33
E.4 FASE III – ELABORAZIONE DATI GEOFISICI E UBICAZIONE DEL POZZO ESPLORATIVO.....	34
E.5 FASE IV – PERFORAZIONE POZZO ESPLORATIVO.....	34
E.6 SINTESI PROGRAMMA LAVORI E QUADRO ECONOMICO.....	35
E.7 RELAZIONE SULLO STUDIO DI VALUTAZIONE DI MASSIMA DELLE EVENTUALI MODIFICHE AMBIENTALI.....	37
Misure in foro.....	41
Prove di strato.....	41
Logs elettrici in pozzo.....	43

APPENDICE I – POZZO ESPLORATIVO

A. PREMESSA

La presente domanda è regolata ai sensi:

- il R.D. 29 luglio 1927 n. 1443 - “Norme di carattere legislativo per disciplinare la ricerca e la coltivazione delle miniere del Regno”;
- la legge 09 dicembre 1986 n. 896 - “Disciplina della ricerca e della coltivazione delle risorse geotermiche”;
- il D.P.R. 27 maggio 1991 n. 395 - “Approvazione del regolamento di attuazione della legge 09 dicembre 1986 n. 896 recante disciplina della ricerca e della coltivazione delle risorse geotermiche”;
- il D.P.R. 18 aprile 1994 n. 485 - “Regolamento recante la disciplina dei procedimenti di conferimento dei permessi di ricerca e concessioni di coltivazione delle risorse geotermiche di interesse nazionale”;
- il D.M. 30 gennaio 1928 - “Denuncia dello stato dei lavori e dei risultati ottenuti nelle miniere e ricerche minerarie”;
- l'art. 34 del D.Lgs. 31 marzo 1998 n. 112 con il quale “Le funzioni degli uffici centrali e periferici dello Stato relative ai permessi di ricerca ed alle concessioni di coltivazione di minerali solidi e delle risorse geotermiche sulla terraferma sono delegate alle regioni”;
- l'art. 35 del D.Lgs. 31 marzo 1998 n. 112 con il quale vengono conferiti alle Regioni gli adempimenti relativi alla valutazione di impatto ambientale (V.I.A.) dei progetti di ricerca e coltivazione di cui all'art. 34 del predetto D.Lgs;
- DLgs 11 febbraio 2010 n.22 - “Riassetto della normativa in materia di ricerca e coltivazione delle risorse geotermiche, a norma dell'articolo 27, comma 28, della legge 23 luglio 2009, n. 99”
- DLgs n° 152 3 Aprile 2006 “Norme in materia ambientale”.

B. I FLUIDI GEOTERMICI UTILIZZATI PER IL TELERISCALDAMENTO

L’approvvigionamento energetico è da sempre un elemento fondamentale per lo sviluppo economico e, negli ultimi anni, anche la sicurezza degli approvvigionamenti e la riduzione delle emissioni inquinanti sono diventati aspetti prioritari.

Per questi motivi la ricerca di fonti energetiche rinnovabili ed eco-compatibili sta assumendo sempre maggiore interesse.

La geotermia è una fonte di energia primaria, disponibile anche in Italia, la quale, se opportunamente sfruttata, è rinnovabile ed eco-compatibile.

In pianura padana non sono presenti sorgenti geotermiche ad alta entalpia, utilizzabili per la produzione di energia elettrica; tuttavia, si hanno sorgenti termali e pozzi con anomalie termiche positive presenti in settori di interesse geotermico (fig. 1).

Ad esempio, a Ferrara, già dalla fine degli anni '80, viene sfruttato un serbatoio geotermico, costituito da calcari mesozoici fratturati, ad una profondità compresa tra 1100 e 1900 m, in grado di erogare circa 120 l/s con una temperatura di 95°÷100°, mentre a Bagno di Romagna sono presenti sorgenti termali, con temperature di circa 42°-43° C, sfruttate per la balneologia fino dall'epoca dei romani e da qualche anno utilizzate anche per alimentare la centrale di teleriscaldamento. In figura 2 sono riportati alcuni esempi, presenti e passati, di utilizzo della risorsa geotermica a bassa entalpia ad uso teleriscaldamento.

Altre utilizzazioni geotermiche sono a Rodigo, in provincia di Mantova, dove da un pozzo esplorativo per idrocarburi, il **Rodigo 1**, è stata rinvenuta la presenza di acqua artesianiana con portate di circa 20 litri/secondo e pressioni di circa 6 bar a testa pozzo. Attualmente la risorsa è utilizzata per vari scopi, da quello termale all'utilizzo in serraicoltura.

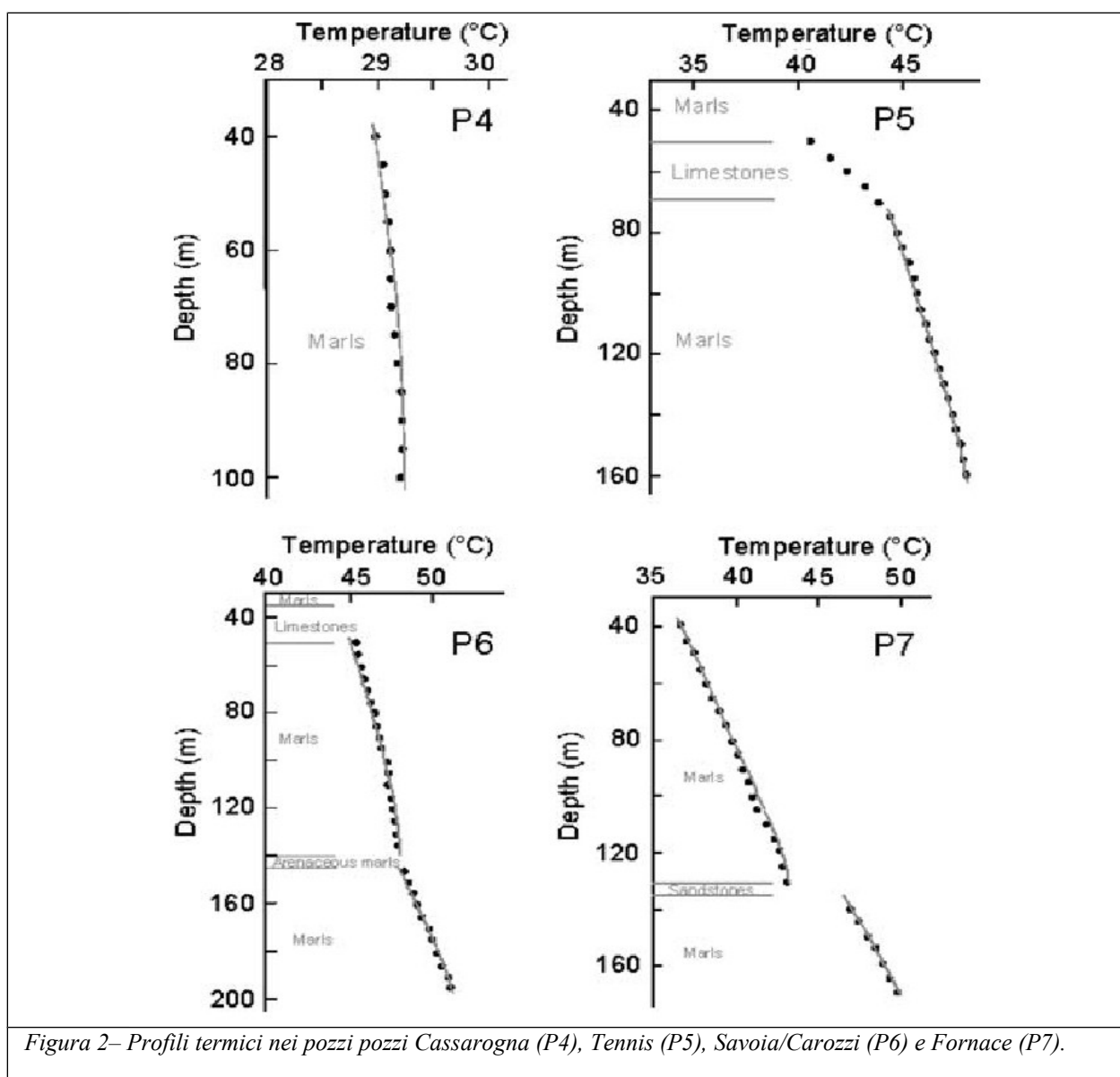
Un altro esempio significativo è il pozzo geotermico **Vicenza 1** in grado di erogare circa 6 MWt a testa pozzo e impiegato nell'uso del teleriscaldamento della città di Vicenza.

NAME AND LOCATION	RESERVOIR	DEPTH OF EXPLOITATION (m b.g.l.)	WATER TEMPERATURE °C	WATER SALINITY (g/l)	DISCHARGE RATE m ³ /h	DRAWDOWN (m)	REMARKS
RODIGO (MN)	Lower Jurassic limestone	4000	60°	1	> 100	< 100	Methane: 40 m ³ /h
CASAGLIA (FE)	Jurassic limestone and dolomite	1100-1900	95°	60	> 250	< 100	
METANOPOLI (MI)	Upper Miocene Colombacci fm	2000	62°	70	50	300	
FOCE TAGLIAMENTO AND GRADO (UD)	Pleistocene Asti sand Fm	100-420	35°-48°	0.3	5-50	Free flowing	Area of thermal springs
EUGANEI (PD)	Cretaceous and Jurassic limestone	< 500	65°-87°	1-5	10-150	1-15	
VICENZA (VI)	Triassic-Cretaceous limestone and dolomite	1500-2000	68°	1	120	< 100	

Figura 1 Esempio di utilizzi della risorsa geotermica a bassa entalpia per uso teleriscaldamento

Nel settore dell’istanza di permesso di ricerca vi è la presenza del bacino termale di Acqui Terme con fluidi geotermici con temperature di circa 70°C alla sorgente e utilizzati a scopo termale.

Le Terme di Acqui ad oggi si avvalgono sia della sorgente “La Bollente” che del “Lago delle Sorgenti”. Le acque termali non vengono attinte quindi da pozzi ma da bacini sorgivi. In passato vennero perforati dei pozzi esplorativi che non ebbero esito positivo in termini di fluido termale ma che comunque registrarono consistenti anomalie termiche come raffigurato in figura 2.



B.1 Scopo del Permesso di Ricerca

Lo scopo del permesso di ricerca è individuare, nel sottosuolo, potenziali serbatoi geotermici a profondità accessibili ed economicamente interessanti e poter quindi individuare delle potenziali aree per dei campi pozzi per lo sfruttamento della risorsa geotermica.

Una volta avviato l'iter dell'istanza di ricerca lo studio geologico avrà come scopo quello di caratterizzare la geometria e stimare in via preliminare la potenza termica dei potenziali serbatoi individuati. In conclusione saranno fornite indicazioni per la migliore ubicazione, da un punto di vista geologico, di sondaggi e/o pozzi esplorativi.

B.2 Politica energetica

Questo paragrafo vuole affrontare brevemente il discorso **energia** per definire in toto la cornice descrittiva del progetto.

Le linee fondamentali della politica energetica europea sono state tracciate nel “ Green Paper” (Libro Verde della Commissione Europea del 29 novembre 2000), il quale pone l'accento sull'attuale carenza energetica dell'Unione Europea e sulla rilevante dipendenza dall'estero (attualmente del 50% ma prevista, in assenza di interventi, del 70% tra 20-30 anni).

Il Green Paper considera che l'obiettivo principale della strategia energetica debba consistere nel garantire, per il benessere dei cittadini ed il buon funzionamento dell'economia, la disponibilità fisica e costante dei prodotti energetici sul mercato, ad un prezzo accessibile a tutti i consumatori, nel rispetto dell'ambiente e nella prospettiva dello sviluppo sostenibile. Esso stabilisce inoltre la necessità di riequilibrare la politica dell'offerta con precisi interventi a favore di una politica della domanda i cui margini di manovra sembrano più promettenti ed abbozza una strategia a lungo termine, articolata su cinque punti:

1. ridurre gli sprechi ;
2. **implementare lo sviluppo delle energie rinnovabili**: entro il 2020 ci si pone l'obiettivo di arrivare alla relativa quota nel bilancio energetico del 17%;
3. mantenere una certa autonomia con un'analisi del contributo a medio termine del nucleare, mantenendo però una piattaforma minima di produzione carboniera;

4. trovare soluzioni comuni a problemi comuni;
5. attivare una politica dei trasporti basata su elevate prestazioni, in grado di garantire qualità e sicurezza .

Questo “progetto di ricerca dei fluidi geotermici” va perciò incontro a questa politica, che dopo l'iter a livello nazionale è stata recepita anche a livello regionale con l'obiettivo di un maggiore utilizzo delle fonti rinnovabili prevedendo di ottenere i seguenti risultati:

1. - Riduzione dell'emissione di gas e dell'effetto serra (a parità di potenzialità energetica).
2. - Riduzione della spesa energetica rispetto al PIL regionale.
3. - Aumento della percentuale di fabbisogno energetico coperto da fonti rinnovabili.

Tutto ciò porta a due degli obiettivi principali che consistono nello **sviluppo delle risorse locali in termini di fonti energetiche rinnovabili (biomasse forestali ed agricole, energia solare termica, ecc.)** e il **decentramento e la sussidiarietà, con la fornitura di linee-guida per la pianificazione energetica alle amministrazioni locali le cui competenze in materia risultano ampliate.**

B.2.1 Implementazione dello sfruttamento dell'energia geotermica

Questo progetto si inserisce in un quadro che vede già l'energia geotermica ad alta entalpia (>150°C) come primo attore in Italia per quanto riguarda la produzione di energia elettrica.

GWh	2004	2005	2006	2007	% '07/'06
Idrica	42.337,8	36.066,7	36.994,4	32.815,2	-11,3
...0-1 (MW)	1.731,3	1.525,7	1.520,9	1.418,7	-6,9
...1-10 (MW)	7.127,8	6.090,5	6.354,1	5.684,4	-10,5
...>10 (MW)	33.478,7	28.450,5	29.119,4	25.715,1	-11,7
Eolica	1.846,5	2.343,4	2.970,7	4.034,4	35,8
Solare*	27,3	31,0	35,0	39,0	11,4
Geotermica	5.437,3	5.324,5	5.527,4	5.569,1	0,8
Biomasse e rifiuti	5.637,2	6.154,8	6.744,6	6.953,7	3,1
..Solidi	4.466,9	4.956,9	5.408,3	5.506,4	1,8
.....rifiuti-solidi-urbani	2.276,6	2.619,7	2.916,6	3.024,9	3,7
.....da colture ed altri rifiuti agro-industriali	2.190,4	2.337,2	2.491,7	2.481,5	6,6
..Biogas	1.170,2	1.198,0	1.336,3	1.447,3	8,3
.....da discariche	1.038,4	1.052,3	1.176,8	1.247,3	6,0
.....da fanghi	1,2	3,2	3,3	9,0	172,7
.....da deiezioni animali	18,5	25,7	44,7	53,3	19,2
.....Da colture ed altri rifiuti agro-industriali	112,1	116,8	111,5	137,7	23,5
Totale	55.286,1	49.920,4	52.272,1	49.411,3	-5,5

Tabella I - Produzione lorda degli impianti di energia elettrica da fonti rinnovabili in Italia dal 2004 al 2007 (da GSE – 2007)

Sostanzialmente in questi ultimi anni la produzione di energia elettrica dal geotermico è rimasta stabile mentre si prevede un incremento della produzione di energia termica dalla media e bassa entalpia.

Infatti, vista l'entalpia minore che andrebbe utilizzata, la vocazione dell'energia geotermica anche ad uso termico potrebbe contribuire in maniera importante sia in ottica di risparmio energetico che di riduzione delle emissioni di CO₂.

C. IL PROGETTO DI RICERCA

L'obiettivo di questa ricerca è quello di trovare potenziali serbatoi geotermici a bassa entalpia (<90°C) da sfruttare per il teleriscaldamento della città di Acqui.

La fonte geotermica garantirebbe un apporto energetico significativo in termini di fonti energetiche rinnovabili.

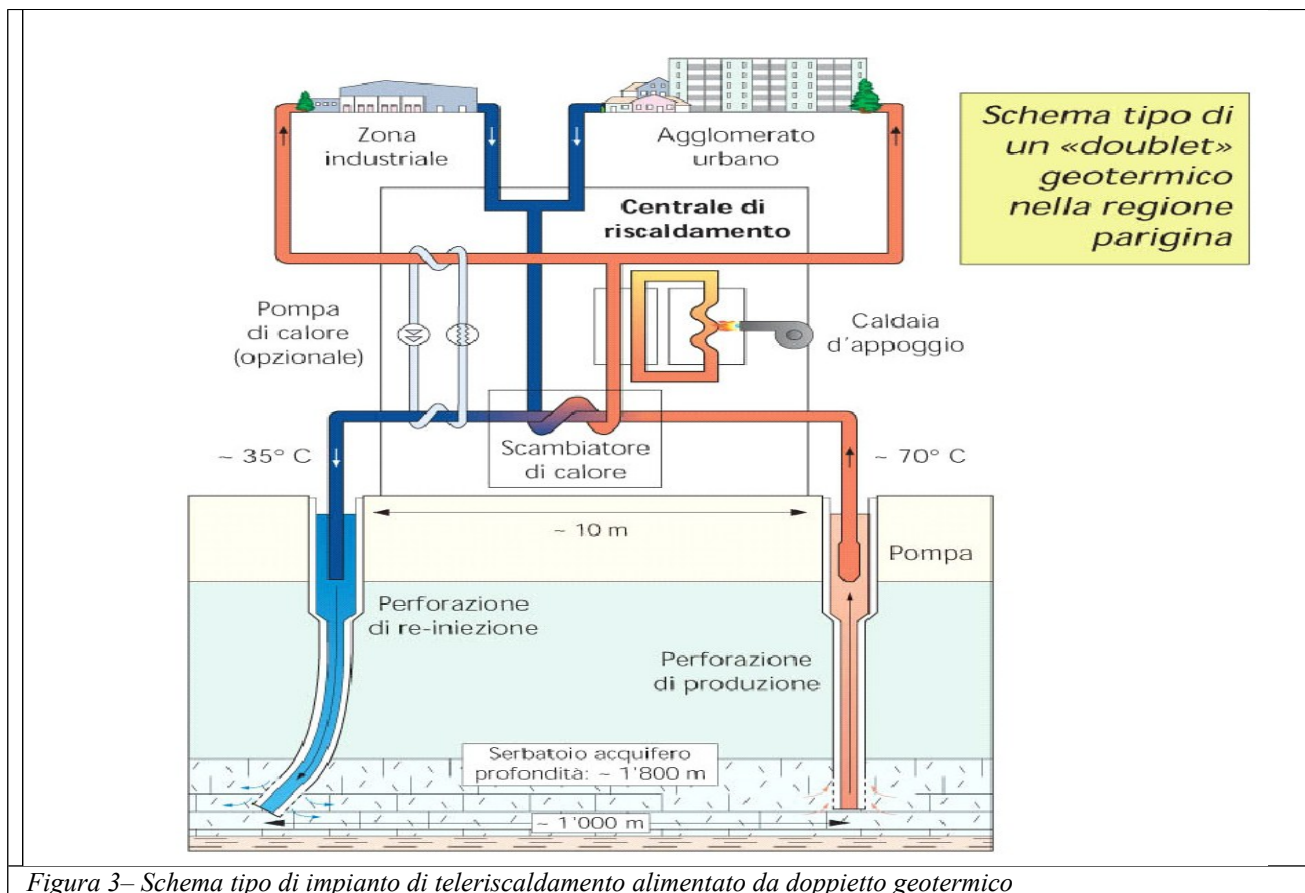
L'istanza di ricerca è rivolta allo sfruttamento dei sistemi acquiferi profondi presenti nel substrato roccioso, attraversando gli acquiferi dolci più superficiali senza significative interazioni con questi ultimi e senza attivare interconnessioni fra acquiferi superficiali e acquiferi profondi.

Questa metodologia di sfruttamento è razionale ed eco-sostenibile, in quanto estrae principalmente calore, evitando di innescare fenomeni di subsidenza e limitando anche l'inesorabile diminuzione di portata nel tempo. La ricaduta applicativa del progetto è volta al teleriscaldamento urbano della città di Acqui gestita da Acqui Energia s.p.a. .

Analoghi sistemi di sfruttamento sono in funzione da parecchi anni in diverse località italiane ed europee con notevoli vantaggi sia in termini di risparmio energetico che di compatibilità ambientale (non emissione di gas serra nell'atmosfera).

L'Art. 104 del D.L. 152/2006 autorizza la re-iniezione dei fluidi geotermici nello stesso acquifero di provenienza, dopo che hanno ceduto il loro calore in superficie. I fluidi geotermici di origine profonda sono infatti caldi e spesso salati o salmastri e potrebbero non rientrare nei limiti di legge per gli scarichi, tali da non poter essere dispersi in superficie dopo il loro utilizzo. Oltretutto la re-iniezione dei fluidi non intaccherebbe il bilancio di massa del serbatoio geotermico mantenendone intatto l'equilibrio idrogeologico.

La tipologia di impianto di sfruttamento, di cui si dovranno valutare gli aspetti progettuali alla fine della fase di permesso di ricerca, è noto come “doppietto geotermico” (**Fig. 3**) ed è basato su un sistema a due pozzi (estrazione e re-iniezione) e su uno scambiatore di calore in superficie che lavora a ciclo binario. In questo modo l'unica estrazione netta dal sottosuolo è quella del calore scambiato in superficie (*heat mining*) fra il fluido primario proveniente dal pozzo e il fluido secondario costituito dall'acqua dolce dell'acquedotto cittadino.

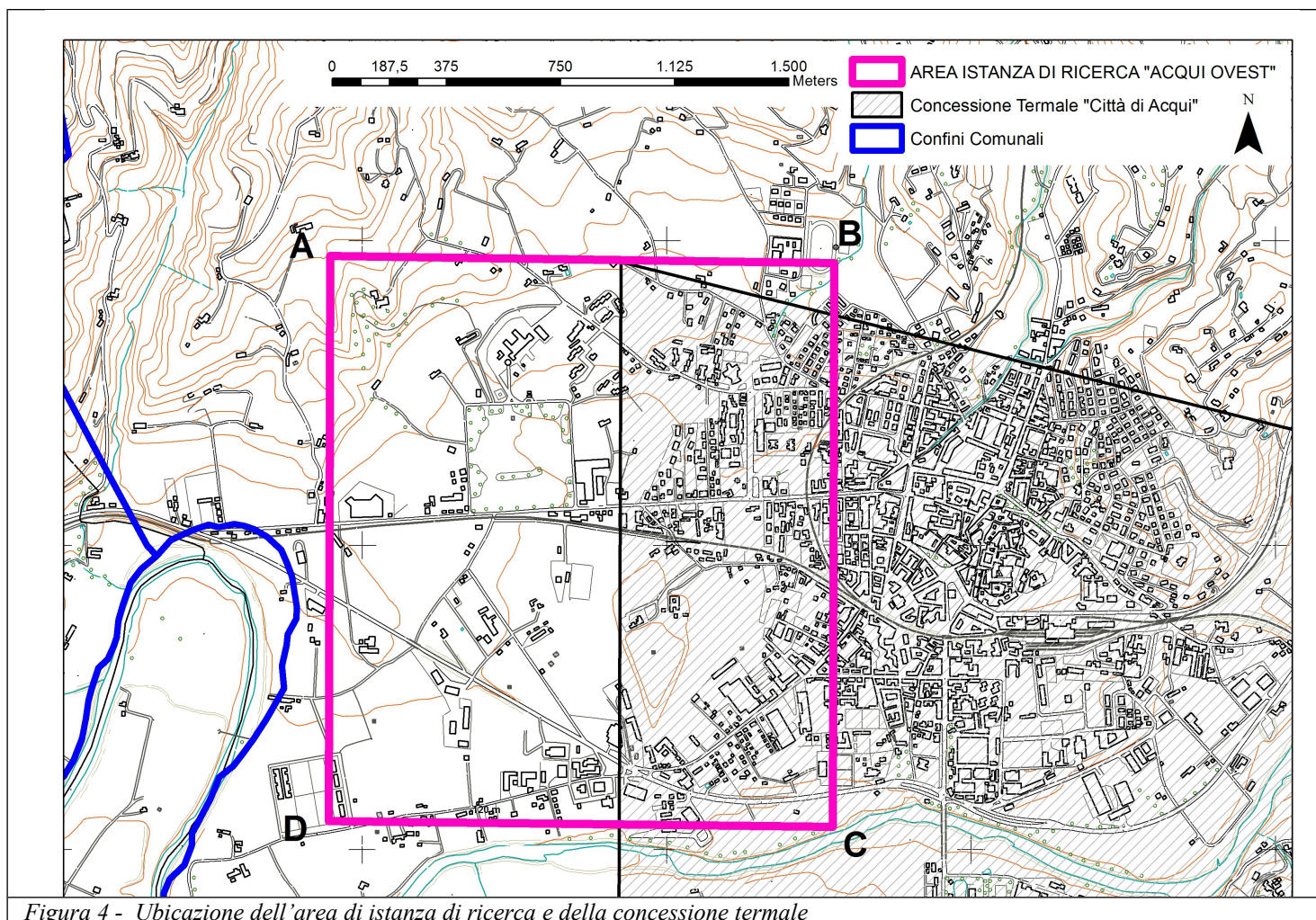


C.1 L’area oggetto di ricerca

L’area oggetto del permesso di ricerca, denominato “**Acqui Ovest**”, è riportata nella Tavola I e in figura 4; essa occupa un’area di circa 3 Km² e si estende nel comune di Acqui Terme in Provincia di Alessandria.

I vertici delle poligonalali che delimitano l’area sono di seguito riportati.

VERTICE	LAT Roma40	LONG Roma40
A	44° 41' 00"	- 4° 00' 32"
B	44° 41' 00"	- 3° 59' 17"
C	44° 40' 00"	- 3° 59' 17"
D	44° 40' 00"	- 4° 00' 32"



D. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il permesso di ricerca ricade all'interno del Bacino Terziario Piemontese (BTP). La successione sedimentaria del BTP ricopre in discordanza il substrato metamorfico del Gruppo di Voltri, composto da lembi di crosta oceanica, che funge da area di ricarica del bacino termale di Acqui Terme (Fig. 5).

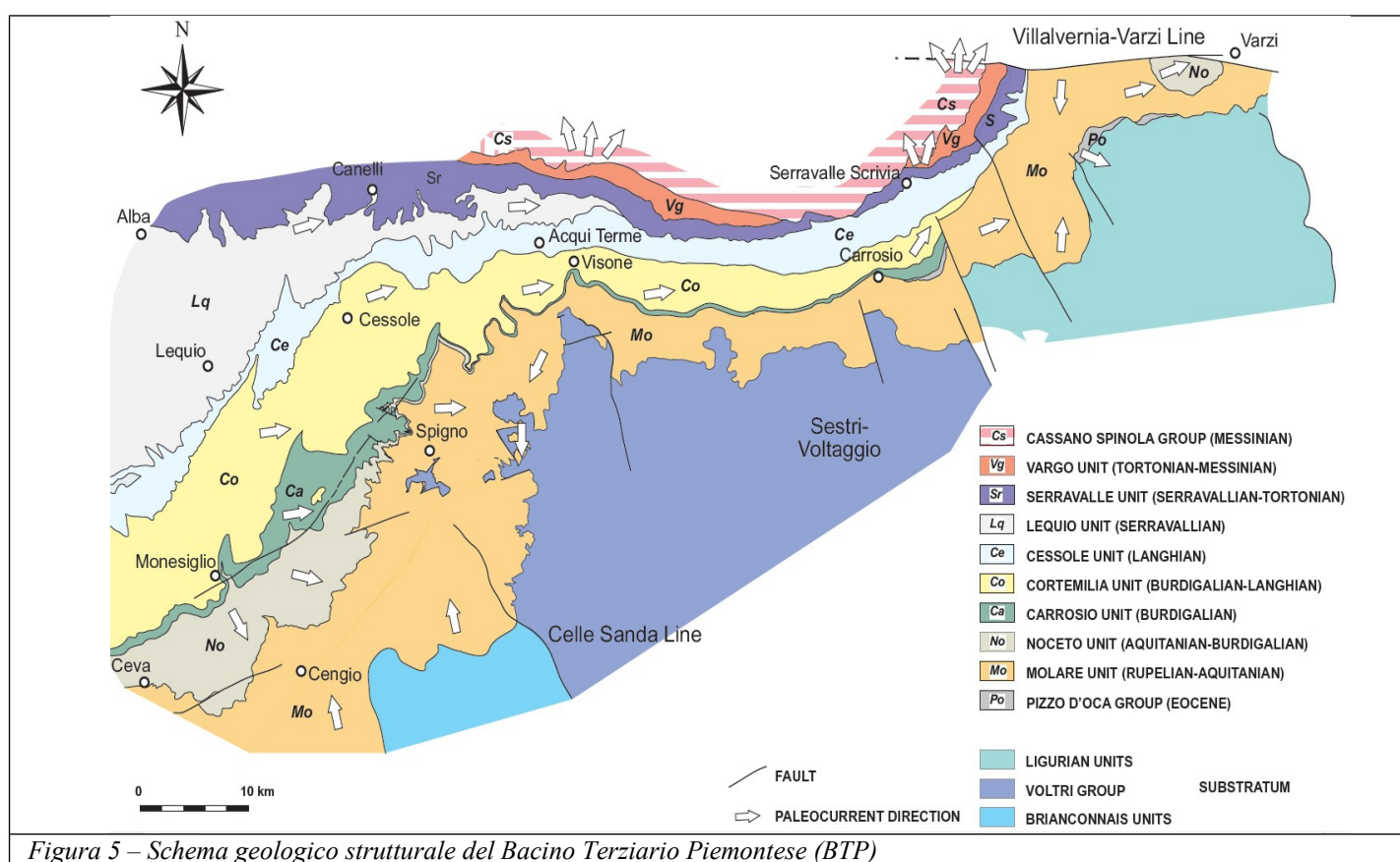
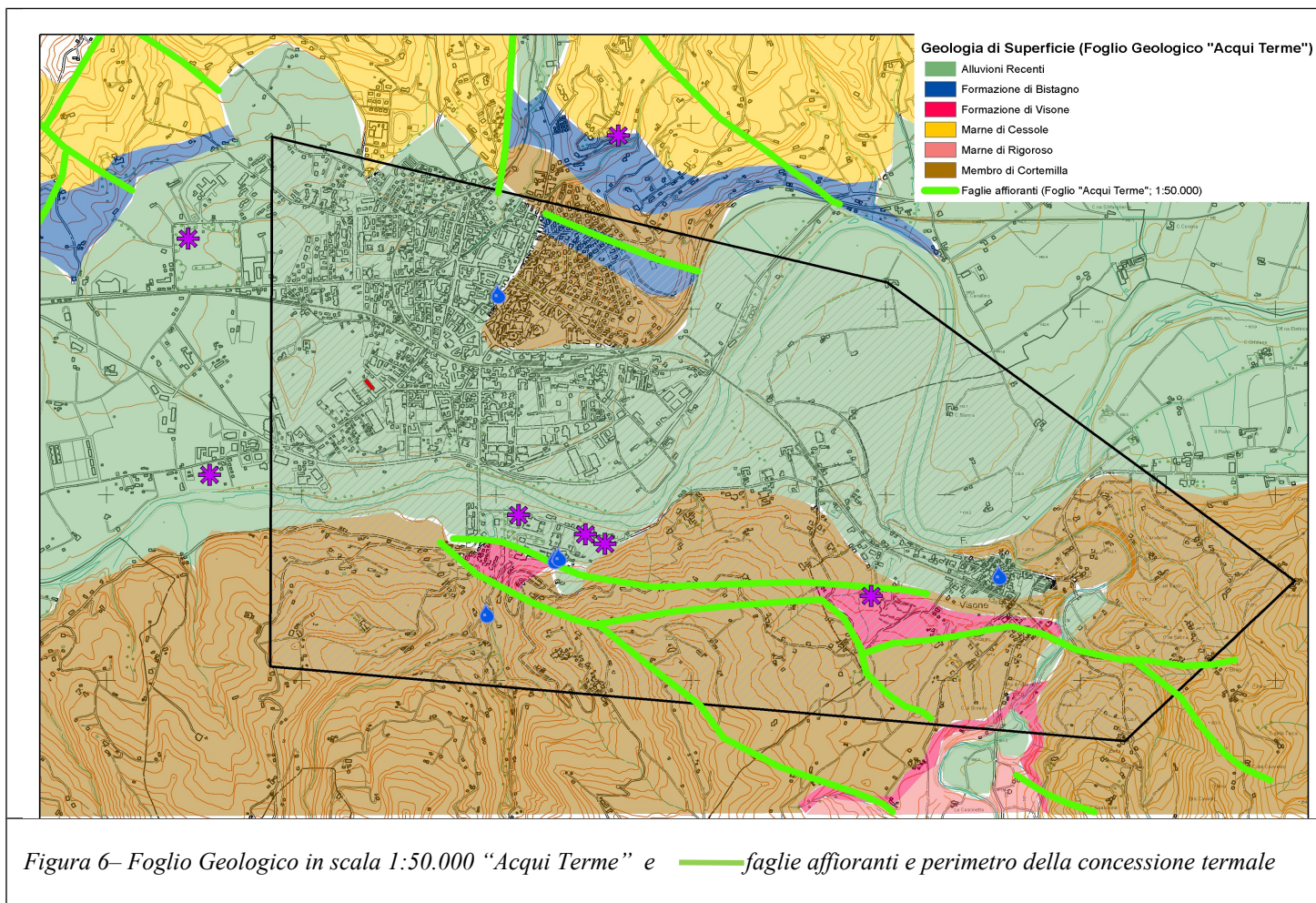


Figura 5 – Schema geologico strutturale del Bacino Terziario Piemontese (BTP)

Per l'inquadramento e lo studio della geologia di superficie è stata utilizzata la cartografia geologica in scala 1:50.000 del Foglio Geologico “Acqui Terme” (progetto C.A.R.G) che allo stato attuale rappresenta l'analisi geologica di maggior dettaglio nel settore di studio.

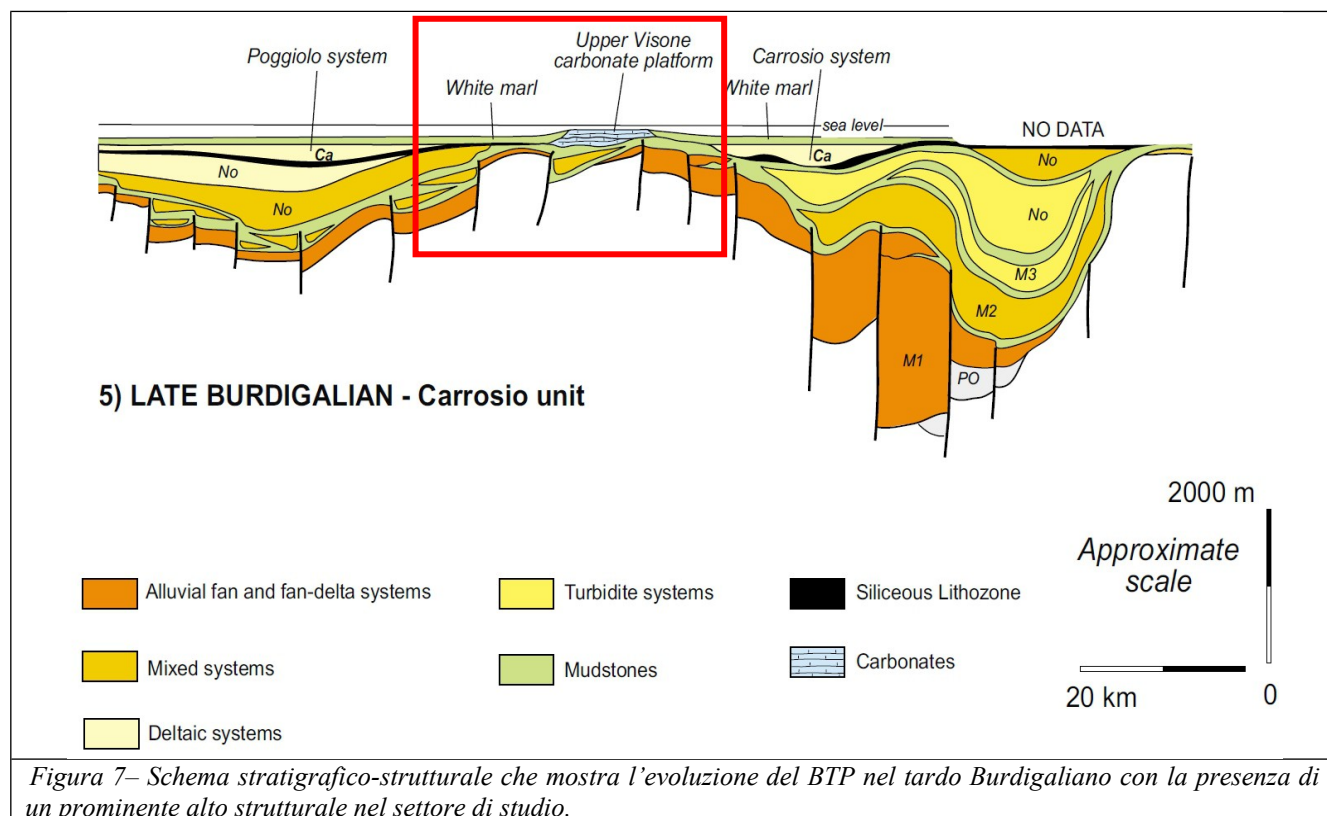


Come si nota in figura 6 nell'area di studio non affiora direttamente il substrato metamorfico (Gruppo di Voltri), che in bibliografia è considerato il principale serbatoio termale, ma esso è ricoperto da diverse formazioni sedimentarie che principalmente sono formate da depositi marnosi e raramente da depositi arenacei.

Come si nota in figura 6 una di queste formazioni, il Membro di Cortemilla, affiora in gran parte del settore di studio e principalmente nel settore meridionale e in parte nell'abitato di Acqui Terme e ricopre la formazione di Visone che affiora in lembi nel settore meridionale.

La formazione di Visone è composta da carbonati di mare poco profondo e areniti ibride.

La formazione di Visone si è deposita nel Burdigaliano sopra un alto strutturale che in pratica delimita il bacino termale di Acqui Terme (figura 7).



D.1 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Per l'inquadramento idrogeologico è risultato fondamentale studiare e descrivere il sottosuolo secondo i criteri dell'idrostratigrafia.

L'idrostratigrafia studia l'architettura dei bacini idrogeologici attraverso la definizione e la mappatura di unità idrostratigrafiche (Maxey, 1964; Seaber, 1988), vale a dire corpi geologici più o meno complessi, cartografabili, in ciascuno dei quali ha sede un sistema idrologico ragionevolmente distinto.

L'unità idrostratigrafica di riferimento è l'acquifero, i.e. un corpo geologico, cartografabile (in affioramento e/o nel sottosuolo), costituito da sedimenti le cui caratteristiche petrofisiche d'insieme consentono di immagazzinare e trasferire volumi di acqua economicamente sfruttabili.

Un acquifero può essere limitato, per gran parte della sua estensione, da corpi geologici a permeabilità bassa o nulla, genericamente denominati, nel gergo dei petrolieri, barriere di

permeabilità, che corrispondono agli acquitardi (livelli geologici scarsamente permeabili) e agli acquicludi (livelli geologici impermeabili) della letteratura idrogeologica.

Recentemente la Regione Piemonte ha pubblicato lo studio "Geologia e Idrostratigrafia Profonda della Pianura Padana Occidentale" (2009).

In figura 8 è raffigurato lo schema idrostratigrafico.

Scala cronostratigrafica		UNITA' AFFIORANTI CGI 1:100.000	UNITA' SEPOLTE	SINTEMI	GRUPPI ACQUIFERI
OLOCENE	0.01 Ma				
	superiore	DEPOSITI FLUVIALI E E FLUVIO-GLACIALI		Q2	A
PLEISTOCENE	medio				
	inferiore 1.8 Ma	"VILLAFRANCHIANO SUPERIORE"		Q1	B
P L I O C E N E	superiore 2.6 Ma				
	medio	"VILLAFRANCHIANO INFERIORE" ASTIANO		P3	C
	3.6 Ma	"VILLAFR "			
	inferiore	"ASTIANO" "PIAC."		P2	D
MIOCENE	5.3 Ma	"PIACENZIANO"		P1	E
	Messiniano superiore	CASSANO SPINOLA		M2	F
		COMPLESSO CAOTICO DELLA VALLE VERSA		M1	G

Figura 8– Schema idrostratigrafico-

Nel settore del permesso affiorano depositi grossolani ghiaiosi di riempimento di canale fluviale appartenenti il gruppo Acquifero A e depositi appartenenti al substrato roccioso dell'Oligocene del Miocene sostanzialmente impermeabili.

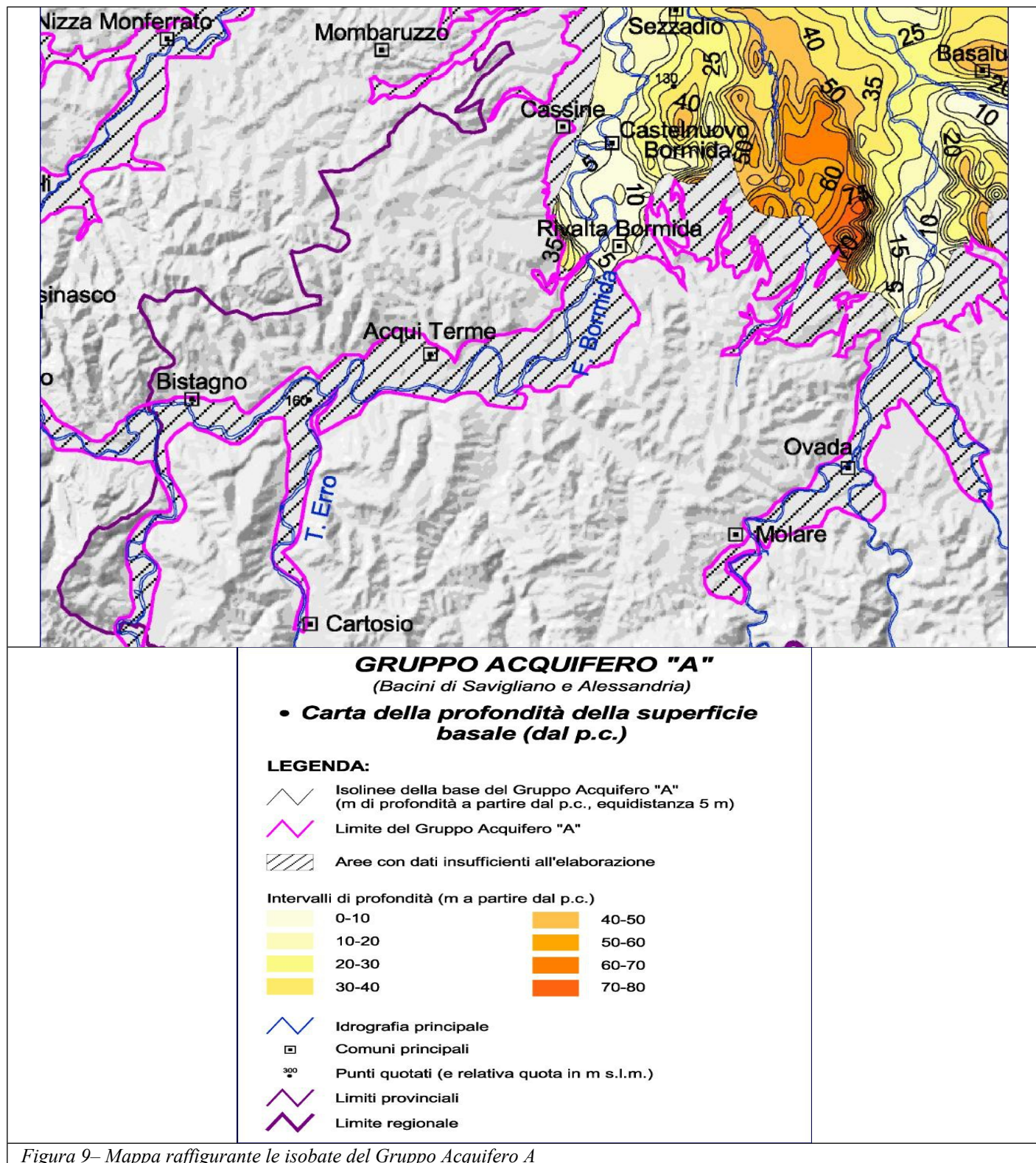


Figura 9– Mappa raffigurante le isobate del Gruppo Acquifero A

Come si nota dalla figura 9 nel settore del permesso di ricerca si hanno dati insufficienti per individuare la profondità basale del Gruppo Acquifero A; dai dati stratigrafici dei pozzi presenti nel settore di studio la base del Gruppo Acquifero A si pone a circa 10-15 metri da piano campagna e poggia in discordanza stratigrafica sul substrato roccioso sopra descritto.

D.2 BACINO TERMALE

Parte del settore di ricerca ricade all'interno della concessione termale denominata “Città di Acqui” dove sono presenti sorgenti termali (fig.10) facenti parte del bacino termale della città di Acqui.

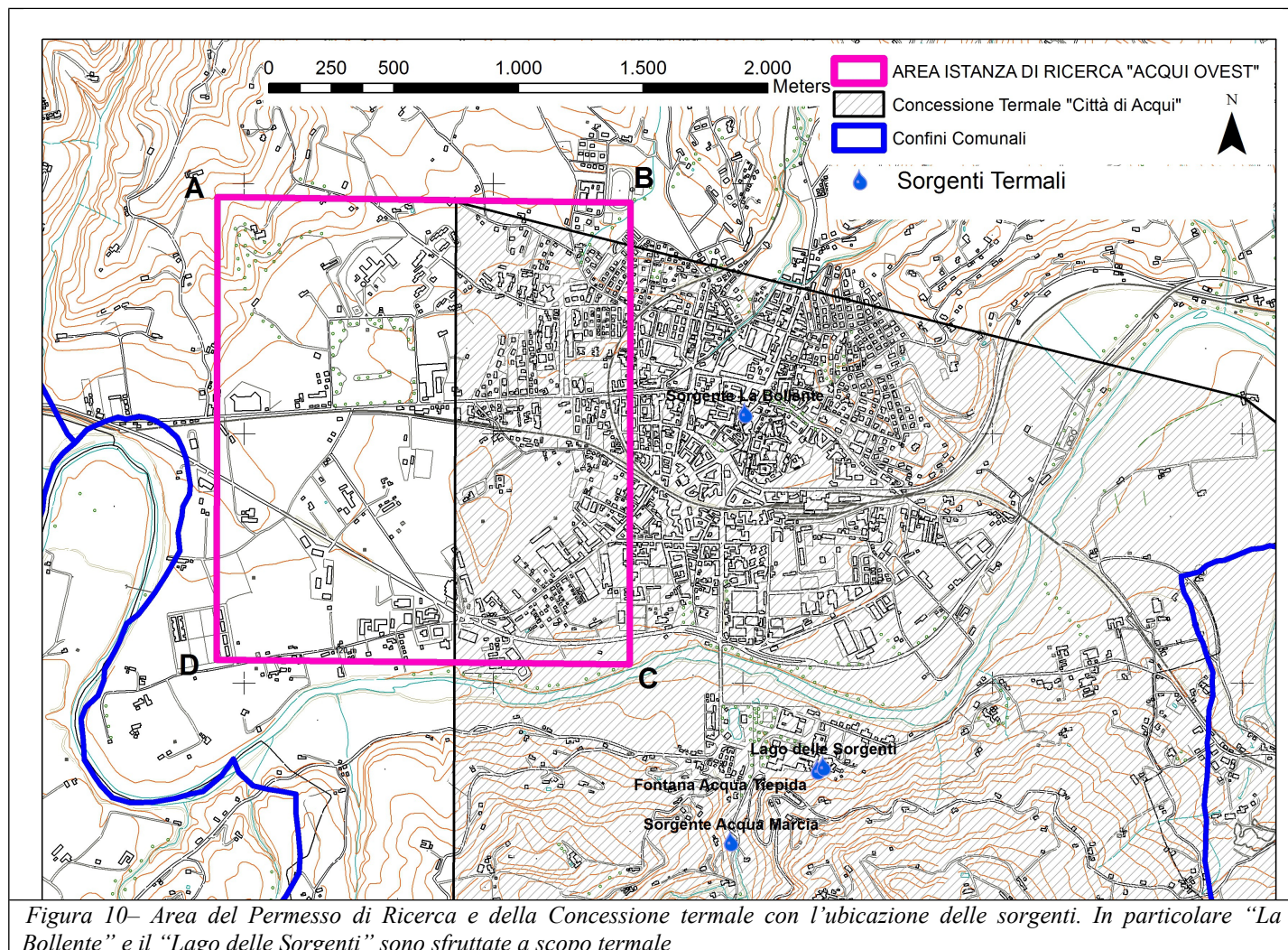
Ad oggi le Terme di Acqui sfruttano parte di queste sorgenti, ed in particolare “**La Bollente**” e il “**Lago delle Sorgenti**”, a scopo termale e curativo.

Va sottolineato come il fluido termale risalga in pressione attraverso fratture presenti nel substrato roccioso conservando in parte le caratteristiche chimiche e di temperatura del serbatoio geotermico profondo.

Il programma lavori descritto in seguito ha come scopo anche quello di caratterizzare al meglio la geologia di sottosuolo nel settore di studio anche al fine di non interferire sia a livello quantitativo che qualitativo, nel caso ci sia la possibilità di uno sfruttamento di serbatoi geotermici profondi, con le sorgenti termali ad oggi sfruttate dallo stabilimento di Acqui Terme.

Infatti il bacino termale profondo ha una configurazione geologica e strutturale complessa e ad oggi non si conosce appieno il modello di circolazione profondo e la caratterizzazione dei serbatoi geotermici presenti nel sottosuolo.

Uno degli obiettivi di questo permesso di ricerca è anche quello di implementare le conoscenze geologiche del bacino termale stesso.



E. PROGRAMMA LAVORI E QUADRO ECONOMICO

E.1 Premessa

In riferimento all'art. 8 del D.P.R. 395/1991 "Programma di lavoro" di seguito verrà specificato nel dettaglio le attività di ricerca previste dal proponente.

Vanno comunque sottolineati due aspetti:

- 1) Il programma dei lavori non ha un carattere rigido e può subire modifiche in corso d'opera, poiché le fasi del lavoro sono correlate ed interdipendenti; ne consegue quindi che i risultati di una fase potranno condizionare il programma delle successive. Nel caso emergano, in corso d'opera, esigenze di apportare variazioni agli aspetti tecnici dei lavori, queste saranno comunque e tempestivamente comunicate alla attenzione di Codesti Uffici ed a quella di eventuali altri che ci saranno da Voi comunicati al fine di ottenerne la preliminare approvazione.
- 2) Tutte le attività di ricerca previste dal presente programma dei lavori saranno eseguite esternamente alle aree protette (Parchi, Siti di Interesse Comunitario).

Il progetto di ricerca è organizzato in quattro fasi differenti con diversi tempi di realizzazione di seguito descritte.

E.2 Fase I : recupero dati esistenti per la ricostruzione del modello geologico dell'area d'indagine.

Nel permesso di ricerca si avrà una prima fase di raccolta e ricerca dati che verranno utilizzati per le ricostruzioni stratigrafiche e strutturali nel sottosuolo e che possono essere sintetizzati nelle seguenti categorie:

E.2.1 Banca Dati Geognostici

- **Pozzi ENEL/ENI:** verranno utilizzati tutti i pozzi presenti presso l'archivio dell'Ufficio Nazionale Minerario degli Idrocarburi e Geotermia (UNMIG).

Questi pozzi esplorativi fatti da ENEL ed ENI negli anni 70'-80' e 90' contengono importanti informazioni riguardo le formazioni geologiche, le temperature e eventuali caratterizzazioni idrogeologiche quali prove di portata ecc.

- **Pozzi per acqua:** si cercherà di reperire le stratigrafie di pozzi per acqua che potrebbero fornire indicazioni sulla litologia e sulla granulometria dei corpi sedimentari attraversati; solitamente sono disponibili anche informazioni sulla profondità e sullo spessore dell'intervallo filtrato. In alcuni casi si hanno anche alcuni parametri idrogeologici quali la Conducibilità Elettrica (CE) in $\mu\text{S}/\text{cm}$ e la Trasmissività (T) in m^2/s . Questi dati sono necessari per uno studio più di dettaglio dei primi 15-20 m da piano campagna e di eventuali interazioni tra il complesso acquifero superficiale e il complesso termale profondo.

- **Implementazione dati:** verrà effettuata una ricerca di studi e lavori bibliografici dati presso alcuni enti preposti: l'Istituto di Geoscienze e Georisorse (centro di studio per la geotermia, Pisa) del CNR e presso l'Ufficio Nazionale Minerario Idrocarburi e Geotermia (UNMIG).

- **Consultazione profili sismici ENI:** visto che nel settore di ricerca sono stati effettuati in passato dei profili sismici, verrà effettuata una ricerca bibliografica di questi profili sismici e se sarà opportuno verranno effettuate delle sedute presso la sede ENI, al settore Esplorazione e Produzione, per analizzare i profili sismici effettuati in passato per la caratterizzazione del

sottosuolo a scopo ricerca idrocarburi e/o geotermica e che potrebbero servire per una migliore caratterizzazione del sottosuolo profondo.

E.2.2 Campagna di rilevamento e di misure in pozzo

L'implementazione della banca dati oltre alla raccolta pregressa di informazioni, necessiterà di uno studio in situ (litologia, delimitazione affioramenti, misura di giaciture, eventuali faglie, ecc.) per la definizione dettagliata di un modello geologico che presenti un riscontro il più affine possibile con la situazione reale. A tale rilevamento geologico se ne affiancherà uno idrogeologico: dove sarà possibile verranno effettuate misure puntuali di temperatura all'interno dei pozzi per acqua ritenuti idonei per avere informazioni indirette sull'andamento profondo di temperatura.

E.2.3 Elaborazione del modello geologico e idrogeologico preliminare

I dati raccolti nelle fasi precedenti saranno sintetizzati nella stesura di un modello geologico e idrogeologico di sottosuolo.

Per l'interpretazione completa del modello di sottosuolo dell'area di permesso di ricerca verrà utilizzato anche lo studio geologico effettuato negli anni 2010 e 2011 e denominato “**Studio Geologico e Idrogeologico nel territorio del Comune di Acqui Terme**” commissionato da *Acqui Energia s.p.a.*. Nell'ambito di questo studio sono state interpretate e redatte delle sezioni geologiche fino alla profondità di circa 700-800 metri con il fine di individuare l'architettura stratigrafica e strutturale del substrato roccioso.

I dati utilizzati per l'interpretazione delle sezioni geologiche sono stati dei rilievi sismici a riflessione, le stratigrafie dei pozzi e la geologia di superficie.

Un esempio di queste sezioni è riportato in figura 11.

L'interpretazione e la ricostruzione del modello geologico e idrogeologico saranno descritti e sintetizzati in una relazione in cui saranno chiaramente descritti la fonte e il tipo dei dati, le tecniche di elaborazione e le fasi di studio. Nella relazione sarà chiaramente distinta la presentazione dei dati dall'interpretazione.

A tal fine la relazione sarà corredata da:

- banca dati georeferenziata tramite GIS;
- cartografia con ubicazione di tutti i dati raccolti
- sezioni geologiche alla scala 1:25.000, basate su stratigrafie di pozzi e linee sismiche, per la caratterizzazione tridimensionale della geometria (dimensione, limiti, rapporti stratigrafici e tettonici) dei serbatoi acquiferi; le sezioni forniranno l'interpretazione almeno fino alla profondità di 2000-2500 m;
- se il numero e la qualità dei dati lo consentiranno, sarà possibile l'elaborazione di ulteriori mappe tematiche quali ad esempio quelli della Temperatura (T) dei potenziali serbatoi acquiferi; in ogni caso verranno elaborati modelli di flusso della temperatura monodimensionali basati sui dati relativi ai pozzi ENI-AGIP, a dati bibliografici ed eventualmente da dati misurati direttamente in pozzo.
- carte delle isobate del tetto e se possibile delle isopache (spessori) dei potenziali serbatoi acquiferi profondi.

La relazione fornirà una stima sia della profondità della base e del tetto di ogni singolo serbatoio sfruttabile che sulla loro potenza termica; inoltre conterrà precise indicazioni sulla zona dove si ritiene più opportuno approfondire le indagini geognostiche e geofisiche descritte nella fase successiva. In pratica renderà possibile la progettazione delle indagini geognostiche integrative.

Il costo complessivo della FASE I prevede un investimento di circa 5.000 €.

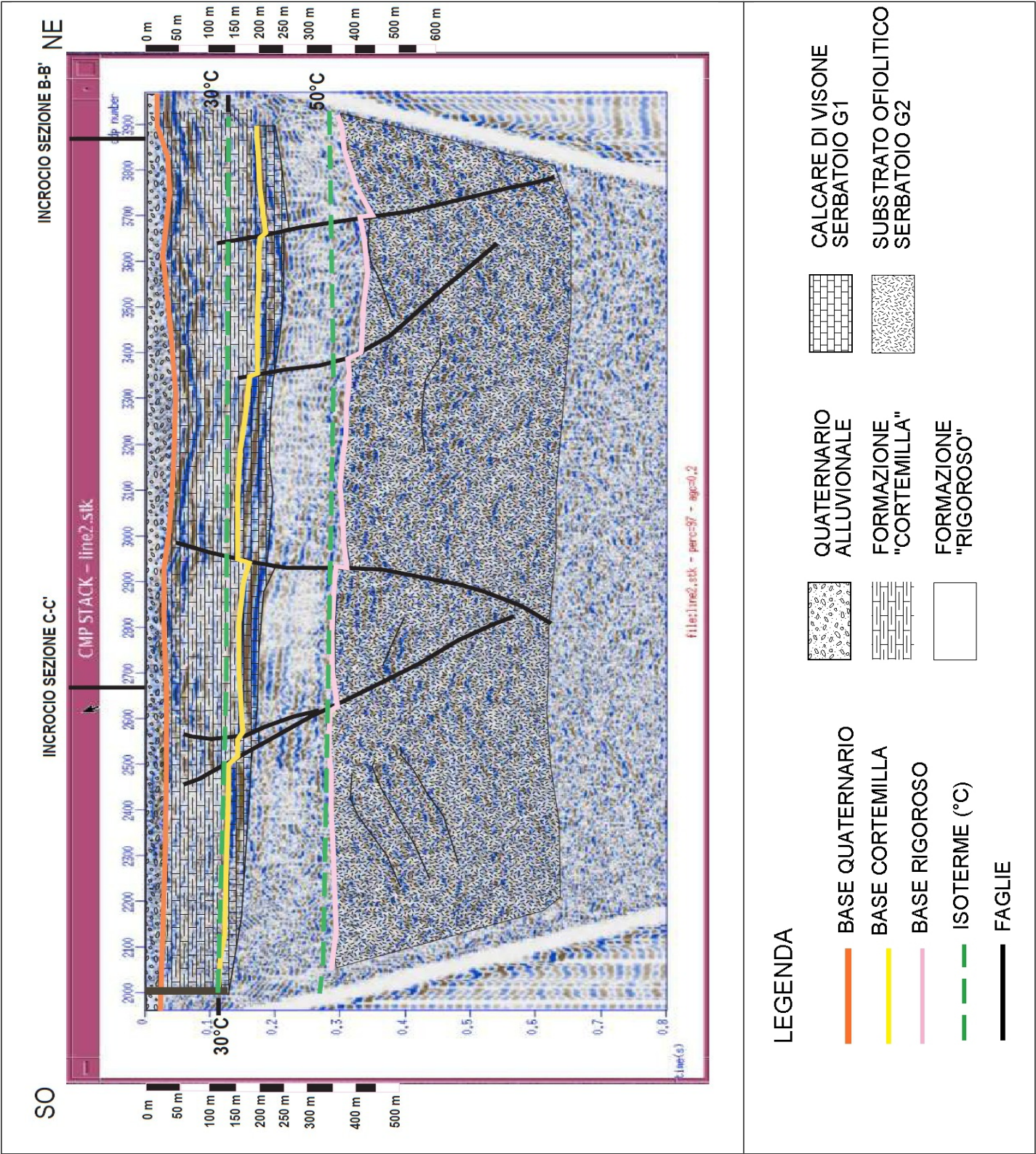


Figura 11 – Interpretazione geologica del Profilo Sismico A-A'

E.3 FASE II: Indagini geognostiche e prospezioni geofisiche

Le prospezioni geofisiche previste hanno lo scopo di migliorare le conoscenze indirette del substrato; esse sono finalizzate prevalentemente alla caratterizzazione della presenza del substrato roccioso ed i rapporti stratigrafici e strutturali presenti nel sottosuolo fino ad una profondità di circa 150-200 m. Tali operazioni serviranno per individuare al meglio l'ubicazione del futuro pozzo esplorativo e per verificare in via preliminare la presenza di fluidi all'interno del substrato roccioso.

Le operazioni previste di rilevamento geofisico consisteranno in **prospezioni geoelettriche**.

E.3.1 Prospezione Geoelettrica

In particolare in questo studio viene proposta come metodologia di indagine di approfondimento la Tomografia Elettrica.

Le tomografie elettriche misurano la resistività elettrica del sedimento e del fluido interstiziale in sezioni bidimensionali del sottosuolo. Questa tipologia di indagine quindi potrebbe distinguere settori, presenti nei primi 100-200 metri di sottosuolo, con la presenza di acque salate o salmastre e quindi con la presenza di fluidi geotermici risalenti dal substrato profondo dovute alla presenza di faglie subaffioranti.

I metodi di prospezione geofisica permettono la ricostruzione stratigrafica del sottosuolo utilizzando alcuni parametri fisici che caratterizzano gli strati del terreno. Nella prospezione geoelettrica si determina il parametro fisico resistività elettrica (r), caratteristico delle formazioni che costituiscono il sottosuolo.

La resistività è un parametro indipendente dalle caratteristiche geometriche della formazione litologica cui si riferisce ed è definito come la resistenza elettrica per unità di volume.

Ogni corpo roccioso presenta un ampio campo di variabilità dei propri valori di resistività; essi dipendono dal grado di omogeneità, dal livello di alterazione e, per rocce litoidi, dal grado di fratturazione. Nel caso di terreni sciolti, quali i depositi alluvionali recenti, la resistività dipende dalla granulometria, dai fluidi in essi contenuti e dal quantitativo in sali disciolti. A questa regola fanno eccezione le argille che, anche se compatte, hanno sempre valori di resistività estremamente bassi; questo è dovuto principalmente alle

caratteristiche del reticolo cristallino dei minerali che le compongono ed al loro grado di saturazione.

Le sezioni geoelettriche multipolari vengono realizzate misurando i valori della derivata del campo elettrico in corrispondenza di un allineamento di elettrodi di misura equispaziati. Il campo elettrico viene generato da un polo di corrente posto all'interno della linea di misura, il quale viene spostato all'interno della linea.

Le sezioni geoelettriche forniscono quindi una sezione verticale del terreno mediante una molteplicità di valori di resistività apparente riportabili su una maglia regolare. La resistività apparente è definita come rapporto fra differenza di potenziale al dipolo di misura e corrente immessa al polo di corrente, rapporto che viene moltiplicato per un opportuno fattore geometrico dipendente dalla posizione reciproca degli elettrodi. Ipotizzando di eseguire le misure su un semispazio a resistività omogenea, il fattore geometrico K è quel valore che servirebbe a fare in modo che il rapporto $dV/I \cdot K$ fosse esattamente uguale al valore di resistività del semispazio. Variando dV/I per i diversi dipoli, K è un valore che dipende solo dalla posizione degli elettrodi.

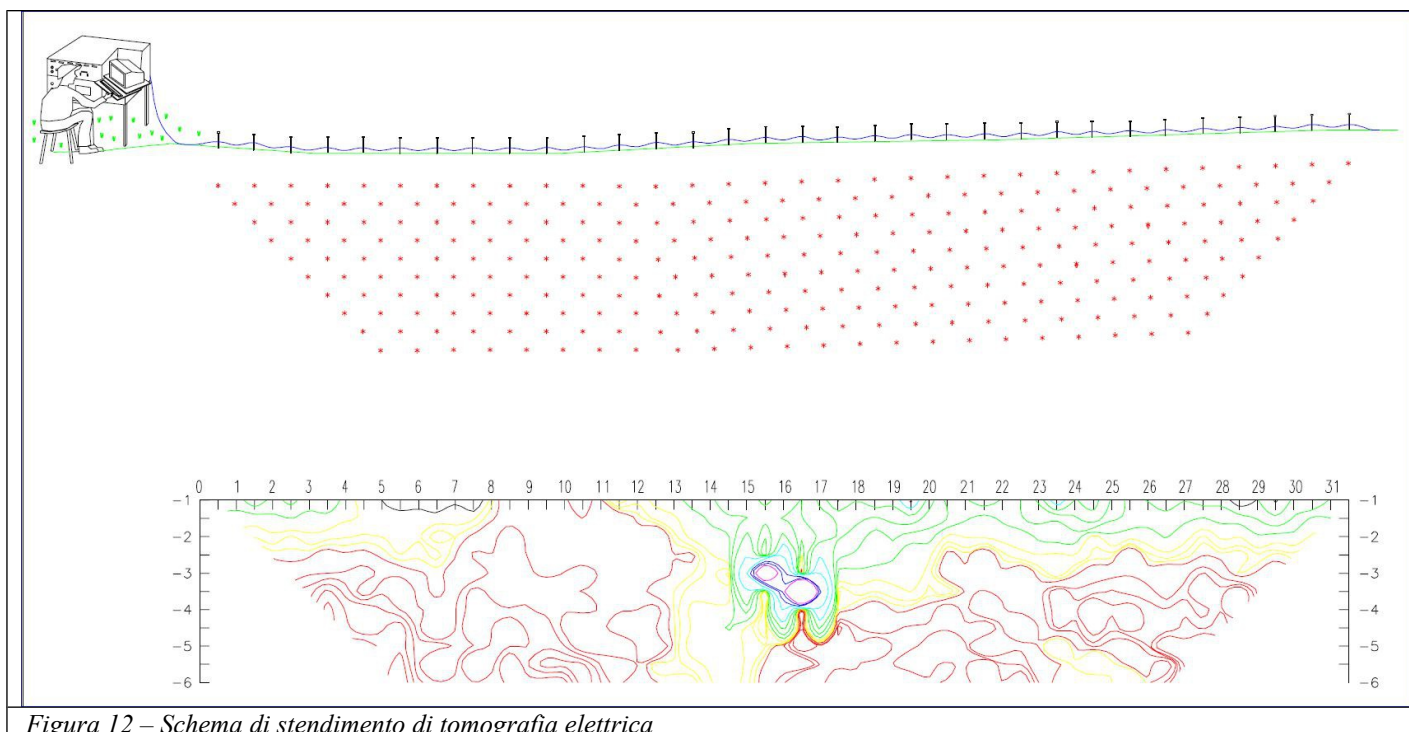


Figura 12 – Schema di stendimento di tomografia elettrica

L'acquisizione dei dati, molto complessa, viene gestita completamente da una apposita strumentazione in grado di acquisire 48 canali simultaneamente (AL48) e di comandare automaticamente l'inversione della corrente (fig.12).

La sezione ottenuta consente il miglior dettaglio geoelettrico possibile nella definizione di una sezione del sottosuolo ed è validamente utilizzabile per ubicare cavità, cunicoli, anomalie laterali e presenza di inquinanti nonché ogni genere di anomalia elettrica del terreno sia verticale che orizzontale.

Ciascuno degli asterischi riportati in figura 11 corrisponde ad una diversa coppia di misure di resistività del sottosuolo, ottenuta da una diversa coppia di dipoli di misura e da diverse posizioni del polo di corrente.

I dati di resistività apparente vengono quindi elaborati con un apposito programma in grado di ricostruire il valori reali di resistività per inversione numerica 2D. (Res2Dinv).

E.3.1.1 Ubicazione profili geoelettrici

Nel caso specifico per queste indagini verrà utilizzato il dispositivo elettrodico polo- dipolo appena descritto. In particolare, per ogni posizione del picchetto di corrente (al massimo 48) verranno acquisiti un determinato numero di valori di resistività apparente su dipoli MN di misura.

L'apparato di misura sarà un georesistivimetro multielettrodo , con energizzatore interno i grado di trasmettere nel terreno corrente fino ad un Ampere. L'elaborazione 2D sarà eseguita con software dedicati.

Le caratteristiche essenziali di una sezione geoelettrica tomografica prevista nell'area di ricerca e ubicate come in figura 13, sono riportate in tabella 2:

Stendimento elettrodico (metri)	Elettrodi	Passo dipoli (m)
470	48	10
<i>Tabella 2</i>		

Come esempio dello stendimento base che verrà utilizzato si valuti l'immissione di corrente nell'elettrodo 1 a progressiva 0. In questo caso i dipoli di misura previsti saranno i seguenti:

N. misura	Picchetto M	Picchetto N	Pos.M	Pos.N	Prof.Apparente
1	2	3	10	20	7.5
2	3	4	20	30	12.5
3	4	5	30	40	17.5
4	5	6	40	50	22.5
5	6	8	50	70	30
6	8	10	70	90	40
7	10	12	90	110	50
8	12	16	110	150	65
9	16	20	150	190	85
10	20	24	190	230	105
11	24	32	230	310	135
12	32	40	310	390	175
13	40	48	390	470	215

Questo schema di acquisizione viene applicato sia per i dipoli a progressive maggiori del polo di corrente sia per i dipoli a progressive minori per un totale massimo di 20 misure per polo di corrente.

Ciò consentirà di indagare i terreni fino a circa 150-200 metri di profondità con un dettaglio decrescente con la profondità.

Ad oggi lo schema di stendimento illustrato si riferisce alla lunghezza massima prevista.

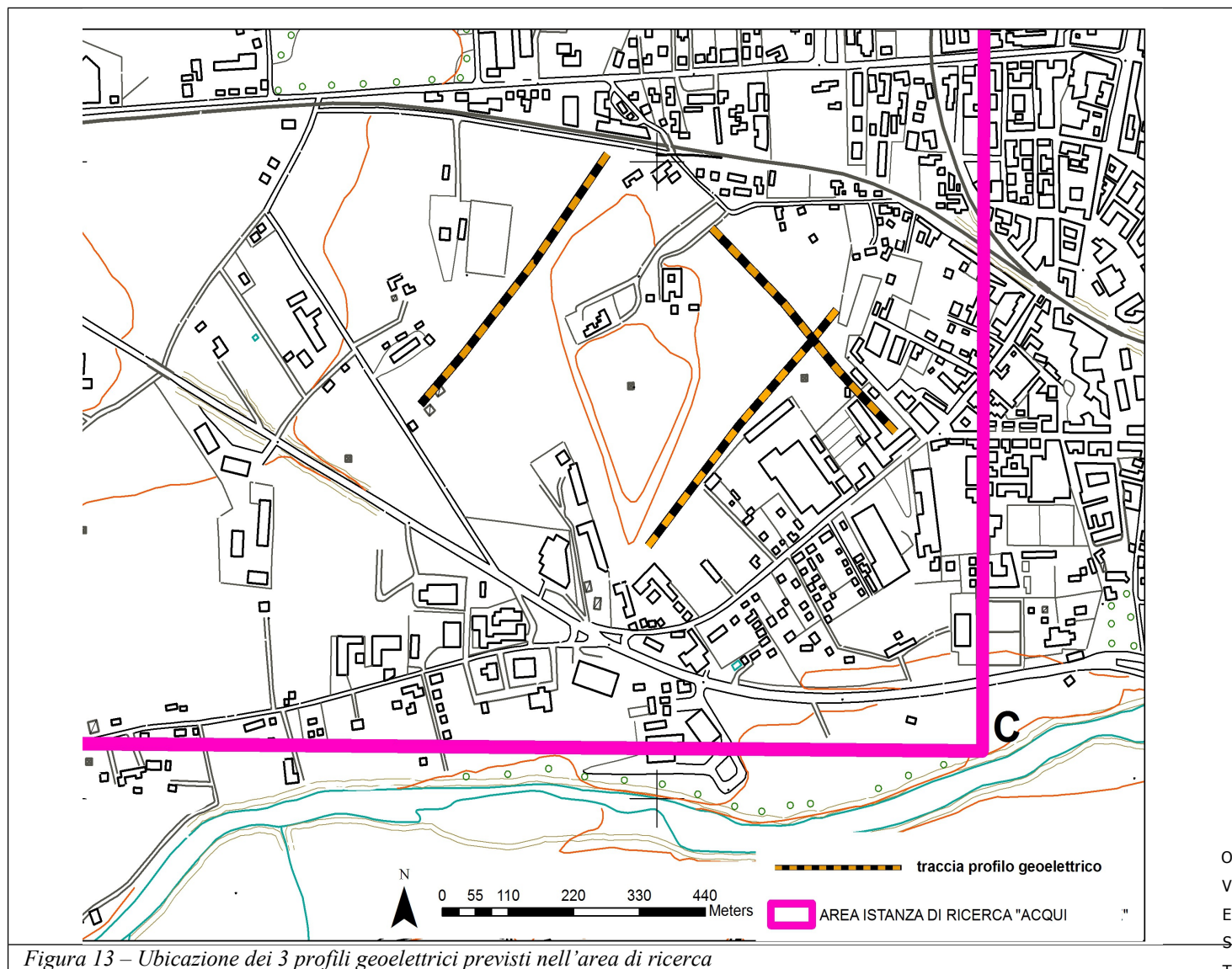


Figura 13 – Ubicazione dei 3 profili geoelettrici previsti nell'area di ricerca

Un esempio di elaborazione di una tomografia elettrica è illustrato graficamente nella figura seguente.

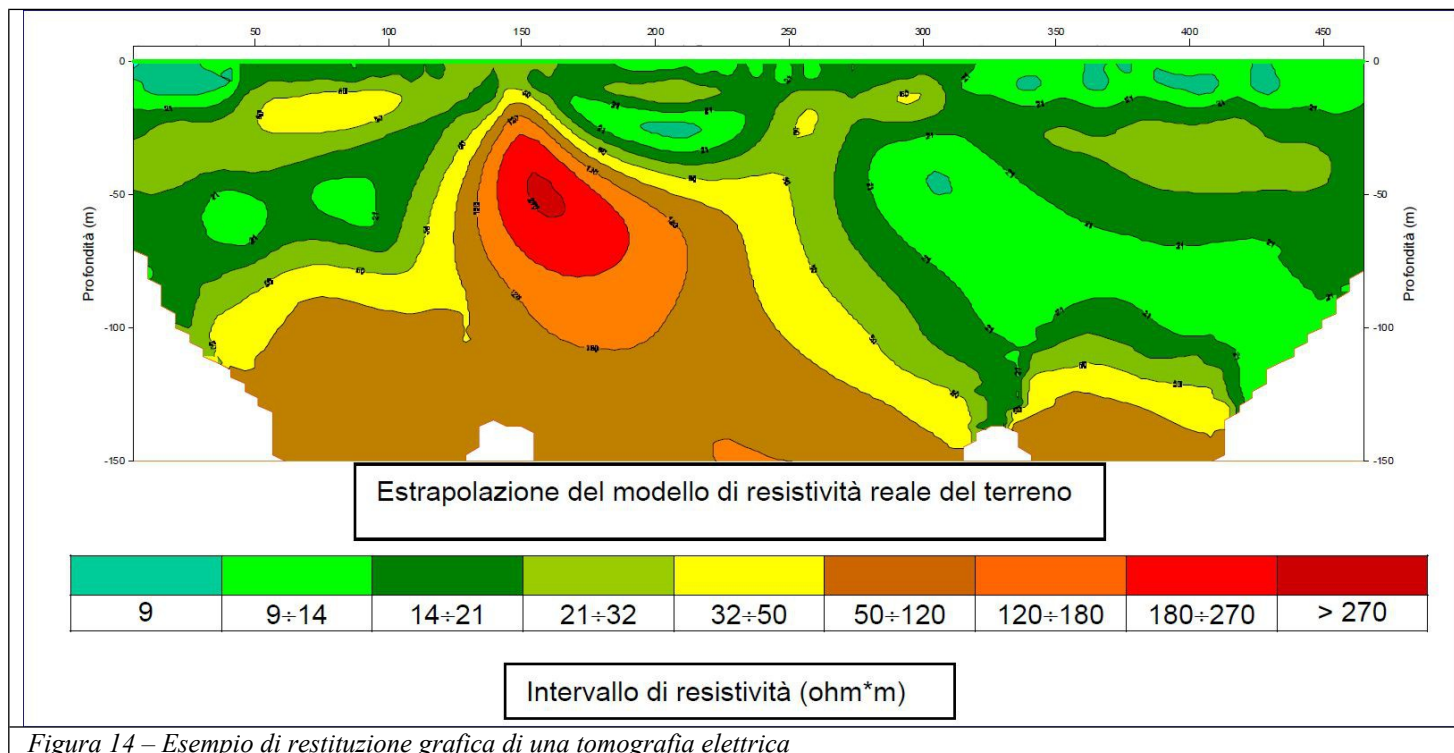


Figura 14 – Esempio di restituzione grafica di una tomografia elettrica

E.3.1.2 Operazioni di Campagna

Sono prevedibili 3-4 giorni per garantire il completamento delle singole fasi dei lavori di campagna del rilievo in oggetto che sarà così articolato:

- 1) permitting**
- 2) stendimento degli elettrodi nel terreno**
- 3) acquisizione.**

Tali fasi di attività sono separate nel tempo.

E.3.1.3 Permitting e Picchettamento Topografico

Durante l'attività di permitting, sono avvisate le Autorità competenti sul territorio e contattati i proprietari dei terreni interessati dal rilievo.

L'impatto sul territorio di questa fase è minimo, se non nullo, in quanto eseguito da personale appiedato. Tutta la strumentazione sarà portata con impiego di pochi automezzi leggeri (fuoristrada) che circolano solo lungo la viabilità esistente.

E.3.1.4 Stendimento delle Linee di elettrodi e Lay Out di Acquisizione

La fase successiva è costituita dall'inserimento nel terreno degli elettrodi collegati tra loro tramite un cavo idoneo allo scopo e uno switch manuale che consente di selezionare la combinazione elettrodica desiderata. I dati verranno comunicati al sistema elettronico di registrazione e in particolare a un microprocessore programmabile con dati memorizzati direttamente dentro un resistivimetro.

Per tali attività saranno utilizzate squadre appiedate, con impatto sul territorio assolutamente nullo o trascurabile.

E.3.1.5 Acquisizione

Segue quindi la fase di acquisizione vera e propria.

Dal laboratorio mobile di registrazione il tecnico che attiva le registrazioni, dopo aver effettuato tutti i test di funzionalità della strumentazione, ordina lo start dei resistivimetri

digitali, con correnti energizzanti dell'ordine massimo di 100 mA, sviluppate da batterie di pile a secco e in forma di onda quadra.

Considerando che, come tutte le attività di campagna, anche la fase di acquisizione sarà svolta in orario esclusivamente diurno (7:00 – 19:00) e che non si prevede la circolazione di mezzi pesanti, l'impatto dell'intero lavoro è da considerare trascurabile. Ciò è tanto più vero se si considera che la rumorosità delle energizzazioni è praticamente nulla.

Il costo complessivo della FASE II prevede un investimento di circa 6.000 €.

E.4 Fase III – Elaborazione dati geofisici e ubicazione del pozzo esplorativo

Nella fase III verranno elaborati e interpretati i dati relativi all'esplorazione geofisica di sottosuolo con la stesura di tutta la documentazione necessaria.

L'interpretazione effettuata nella fase III permetterà, assieme all'analisi logistica di terreno, di individuare le ubicazioni del pozzo/i esplorativi, la perforazione dei quali ha come obiettivo la caratterizzazione della risorsa geotermica.

In questa fase quindi verranno redatti tutti gli elaborati necessari, quali il progetto del pozzo/i e il relativo programma di perforazione, al fine di espletare al meglio le pratiche relative all'autorizzazione alla perforazione del pozzo/i esplorativi.

Il costo complessivo della FASE III prevede un investimento di circa 15.000 €.

E.5 Fase IV – Perforazione pozzo esplorativo

L'ultima fase del permesso di ricerca vale a dire quella relativa alla perforazione dei pozzi, denominata Fase IV, ad oggi non può essere descritta e quantificata nel dettaglio in questo programma lavori in quanto il pozzo/i non sono ancora stati ubicati e gli obiettivi di fondo pozzo non ancora individuati nel dettaglio.

E.6 Sintesi Programma Lavori e Quadro Economico

Il progetto così organizzato prevede tempi per concludere la fase di ricerca e caratterizzazione della risorsa geotermica di circa 7-8 mesi e un investimento complessivo massimo di circa 400.000 - 500.000 €.

La conclusione delle prime due fasi di ricerca permetterà, nella fase III, la scelta dell'ubicazione del pozzo/i esplorativi e la preparazione della documentazione necessaria all'autorizzazione alla perforazione e al completamento dei pozzi, come previsto all'interno della Fase IV.

Fase	Contenuto	Tempo di realizzazione
Fase I	Ricerca bibliografica/Raccolta dati, analisi delle lacune, campagna di rilevamento/misure in pozzo, elaborazione preliminare del modello geologico/idrogeologico e progettazione indagini geofisiche	2 mesi
Fase II	Campagna di prospezioni geofisiche	15 giorni
Fase III	Elaborazione dei dati raccolti e rilevati e ubicazione del pozzo esplorativo/obiettivo di fondo pozzo. Preparazione della documentazione per l'autorizzazione alla perforazione del pozzo/i esplorativi. Stesura del programma di perforazione	2 mesi
Fase IV	Perforazione e completamento del pozzo/i esplorativi e prove di caratterizzazione della risorsa geotermica	3 mesi
Tabella IIIa – Tempi relativi alle diverse fasi di ricerca		

Fase	Contenuto	Investimento
Fase I	Ricerca bibliografica/Raccolta dati, analisi delle lacune, campagna di rilevamento/misure in pozzo, elaborazione preliminare del modello geologico/idrogeologico e progettazione indagini geofisiche	5.000 €
Fase II	Campagna di prospezioni geofisiche	6.000 €
Fase III	Elaborazione dei dati raccolti e rilevati e ubicazione del pozzo esplorativo/obiettivo di fondo pozzo. Preparazione della documentazione di per l'autorizzazione alla perforazione del pozzo/i esplorativi. Stesura del programma di perforazione	15.000 €
Fase IV	Perforazione e completamento del pozzo/i esplorativi e prove di caratterizzazione della risorsa geotermica.	200.000 – 400.000 €
Tabella IIIb - Costi relativi alle diverse fasi di ricerca		

E.7 Relazione sullo studio di valutazione di massima delle eventuali modifiche ambientali.

Si sottolinea che le lavorazioni preventivate nel progetto di ricerca producono impatti limitati o nulli e comunque mitigabili con oneri e procedure di semplice applicazione.

La conoscenza del territorio e un'attenta valutazione delle interazioni fra le attività proposte e i diversi settori ambientali e territoriali permette, in sede di progettazione degli interventi, un primo contenimento e una significativa riduzione degli impatti ambientali stessi.

Nella relazione ambientale (**R2**) verrà preso in considerazione, in via preliminare, il diverso grado di impatto delle varie attività relative alla Fase II del permesso di ricerca denominato "**Acqui Ovest**", sui principali ambienti e ricettori.

Parma

24/03/2012

Dott.Geol. Fabio Carlo Molinari

Dott.Geol. Carlo Domenico Alghisi

APPENDICE I - Pozzo esplorativo

L'istanza di ricerca denominata “Acqui Ovest” è rivolta allo sfruttamento dei sistemi acquiferi profondi presenti nel substrato roccioso, attraversando gli acquiferi dolci più superficiali senza significative interazioni con questi ultimi e senza attivare interconnessioni fra acquiferi superficiali e acquiferi profondi.

Per questo motivo l'intervento finale del presente progetto di ricerca prevede la perforazione di un pozzo esplorativo.

La terebrazione del pozzo esplorativo è necessaria per la quantificazione della risorsa fruibile che, in caso positivo, permetterà alla società di servizi Acqui Energia s.p.a. di pianificare lo sfruttamento della risorsa.

La realizzazione del pozzo esplorativo prevede la captazione d'acque geotermiche a bassa entalpia <90°C.

La profondità verticale prevista, allo stato attuale delle conoscenze che logicamente dovranno essere approfondite nelle diverse fasi di ricerca, varia da circa 400 m fino a circa 800 metri da piano campagna.

Si riportano di seguito indicazioni di massima circa la modalità di esecuzione di pozzi esplorativi analoghi a quello in oggetto.

Normalmente l'esecuzione avviene tramite perforazione a rotazione con circolazione diretta del fango, mediante impianto fisso a torre (fig. 15). Attraverso l'esecuzione di perforazioni successive eseguite con cementazione mediante l'impiego di fango bentonitico e progressiva riduzione del diametro in profondità (profilo telescopico), si realizza il pozzo esplorativo.

L'elemento critico del progetto è la presenza d'acque superficiali che potrebbero miscelarsi con le acque profonde, abbassando così la temperatura dei fluidi prelevati dal pozzo. Per questo la cementazione dell'intercapedine, formata dal foro di perforazione e la superficie esterna delle tubazioni, è atta a impedire la circolazione di fluidi nell'intercapedine, unica via attraverso la quale potrebbe miscelarsi l'acqua superficiale e quella profonda. Inoltre l'isolamento idraulico delle diverse falde acquifere è atto a inibire eventuali inquinamenti.

Cantiere di perforazione e opere finali a testa pozzo

L'area di cantierizzazione generalmente, per impianti di perforazione che possano raggiungere le profondità richieste, si estende di circa 1200 m² (**Fig. 15**). L'impatto permanente a cantiere ultimato sarà di lieve rilevanza, in quanto costituito da:

- manufatto in cls armato o c.a.v., costituito da vasca in c.a. con getto in opera o prefabbricata, a contenimento dell'impianto di tenuta a testa pozzo, provvista di copertura in cls e chiusino superiore (passo d'uomo); sporgenza massima da livello del piano campagna di 50 cm.

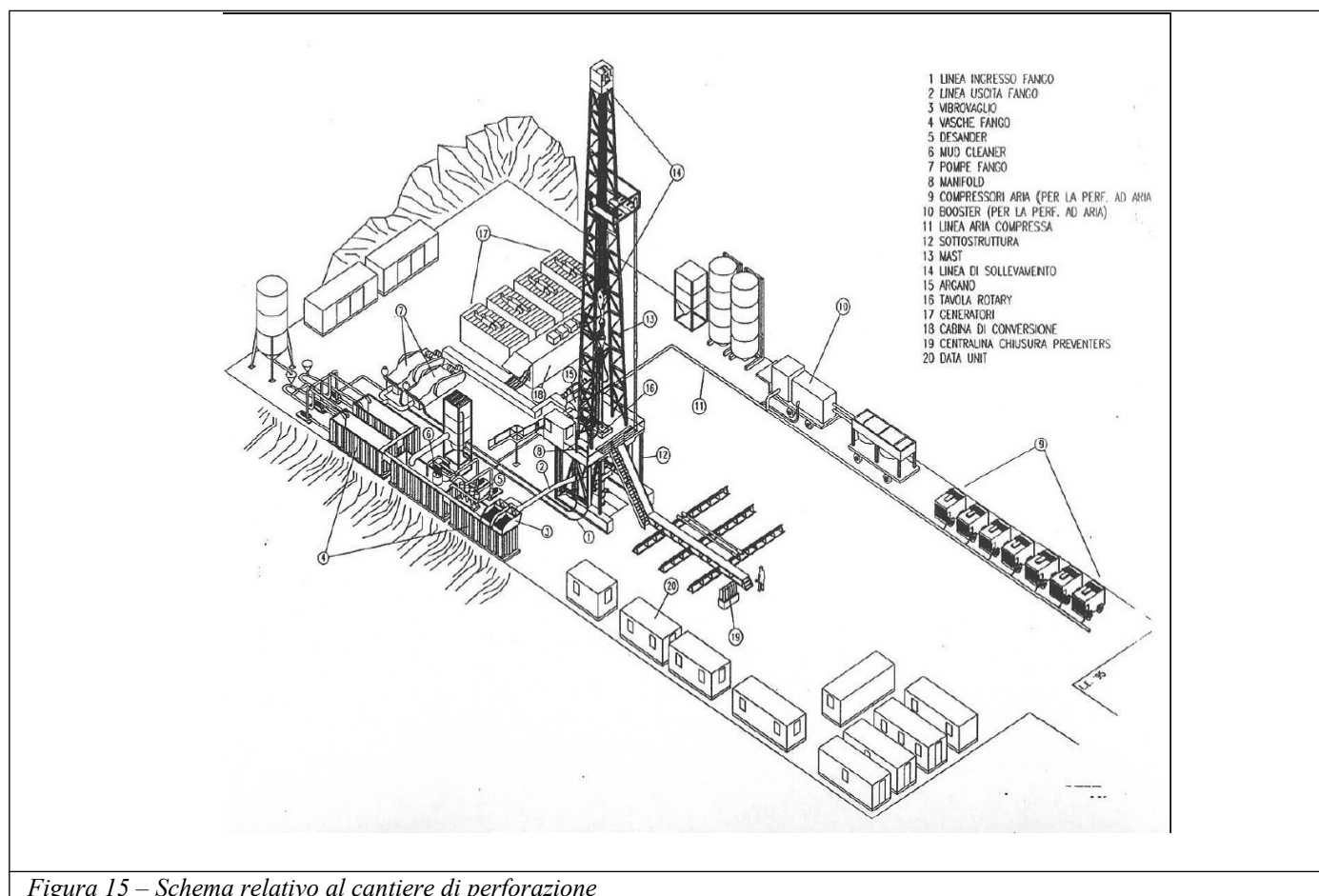


Figura 15 – Schema relativo al cantiere di perforazione

Alla conclusione della perforazione del pozzo esplorativo il cantiere verrà rimosso e l'area completamente bonificata e rimessa in pristino. L'unico impatto permanente riguarda la presenza della valvola di tenuta a testa-pozzo e della relativa cantina seminterrata che la dovrà contenere.

Il manufatto in cemento solitamente ha dimensioni di circa 3 x 2.5 x 2 metri e non sporge più di 50 centimetri dalla quota media del piano campagna. Sia la valvola che la cantina saranno solidali con il rivestimento del pozzo e con la relativa cementazione fino in superficie. La cementazione inoltre proteggerà gli acquiferi profondi dalla contaminazione dall'alto.

Le attrezzature e macchinari impiegati in cantiere saranno forniti dei sistemi e dispositivi di sicurezza intrinseci, comunemente impiegati per attività analoghe, in linea con le innovazioni tecniche disponibili sul mercato.

Misure in foro

Il campionamento dei fluidi e i logs geofisici in pozzo saranno eseguiti durante il fermo perforazione e/o dopo la fine della perforazione stessa entro il potenziale "reservoir" geotermico, a seconda delle necessità che si potranno presentare. Queste misure permetteranno di caratterizzare sia il serbatoio (natura, giaciture, faglie, porosità, circuiti idrogeologici) che le acque geotermiche (salinità, gas disciolti, composti corrosivi e/o nocivi, temperatura, ph).

Prove di strato

Le prove idrauliche dovranno stimare la permeabilità, pressione dei fluidi di strato e permettere la valutazione dell'emungimento massimo sostenibile che garantisca la rinnovabilità della fonte energetica. Se la permeabilità dovesse essere troppo bassa, potranno essere effettuati interventi di stimolazione in sito, sia con metodi idraulici, che chimici.

Le prove di strato in fase di perforazione consentono di ottenere dati importanti sui fluidi in esso contenuti.

Il sistema

Consiste nel posizionare in foro un completamento provvisorio, estraibile al termine delle operazioni, in grado d'isolare idraulicamente lo strato da sottoporre ai test (**Fig. 16**).

Il sistema per ottenere l'isolamento idraulico dello strato, varia a seconda della profondità e dei diametri di perforazione:

packer gonfiabili,

packer idraulici,

packer meccanici

diaframmi realizzati con argilla idro-rigonfiante.

Principali applicazioni:

prelievo campioni di fluidi, acqua, gas;

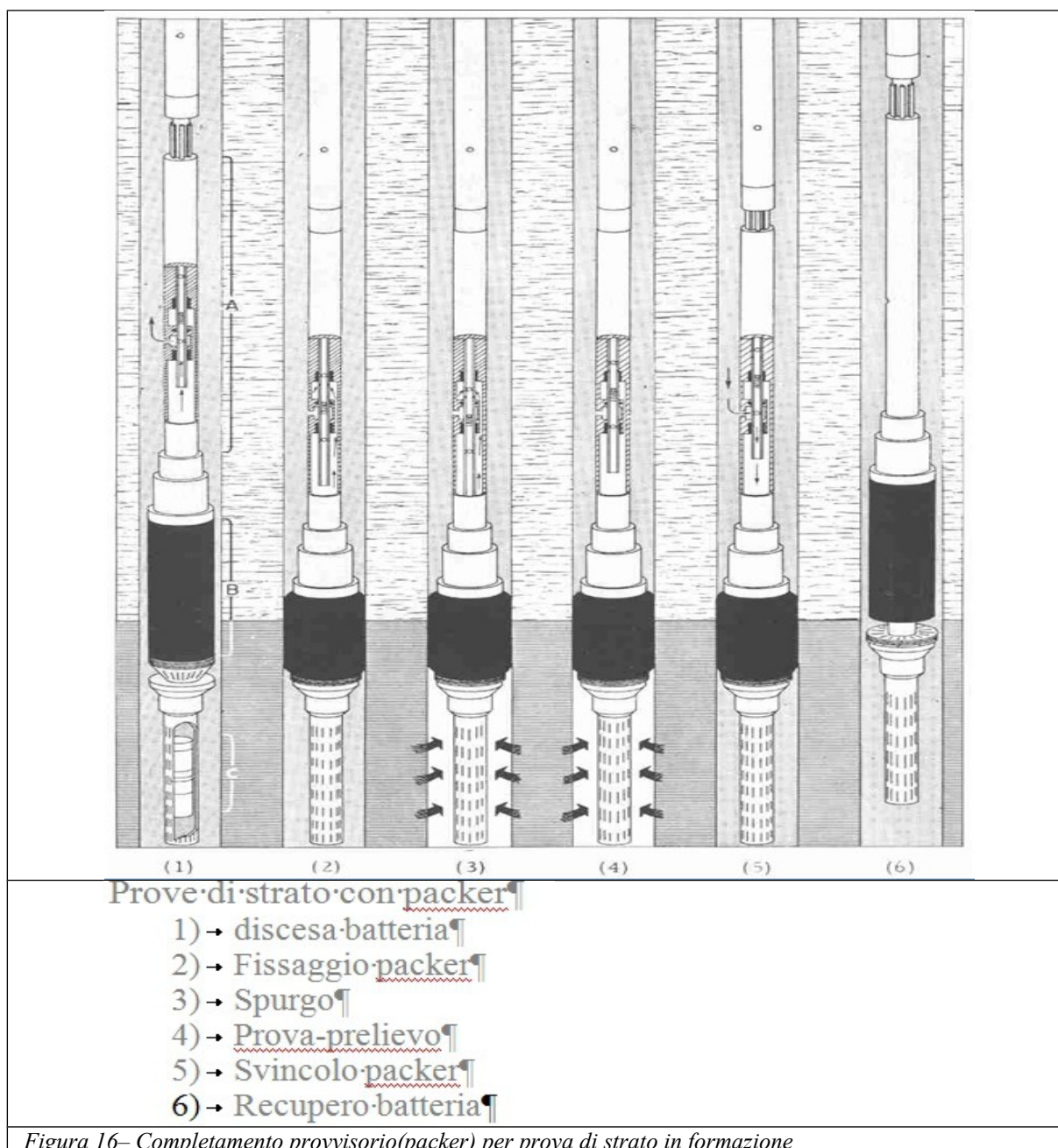
prove di portata ;

prove di permeabilità;

misura pressione, livelli piezometrici;

Vantaggi principali:

consente di ottenere dati importantissimi e necessari per la progettazione del completamento pozzo, quali la qualità dei fluidi, una stima della portata, pressione e livelli piezometrici della falda.



Logs elettrici in pozzo

Durante la perforazione entro il substrato roccioso, sarà necessario indagare la successione stratigrafica per valutarne le caratteristiche e proprietà fisiche, soprattutto in prossimità delle potenziali zone produttive (perdite di circolazione, fratture). A questo scopo si provvederà a realizzare i logs elettrici che si riterranno più opportuni (**Fig.17**).

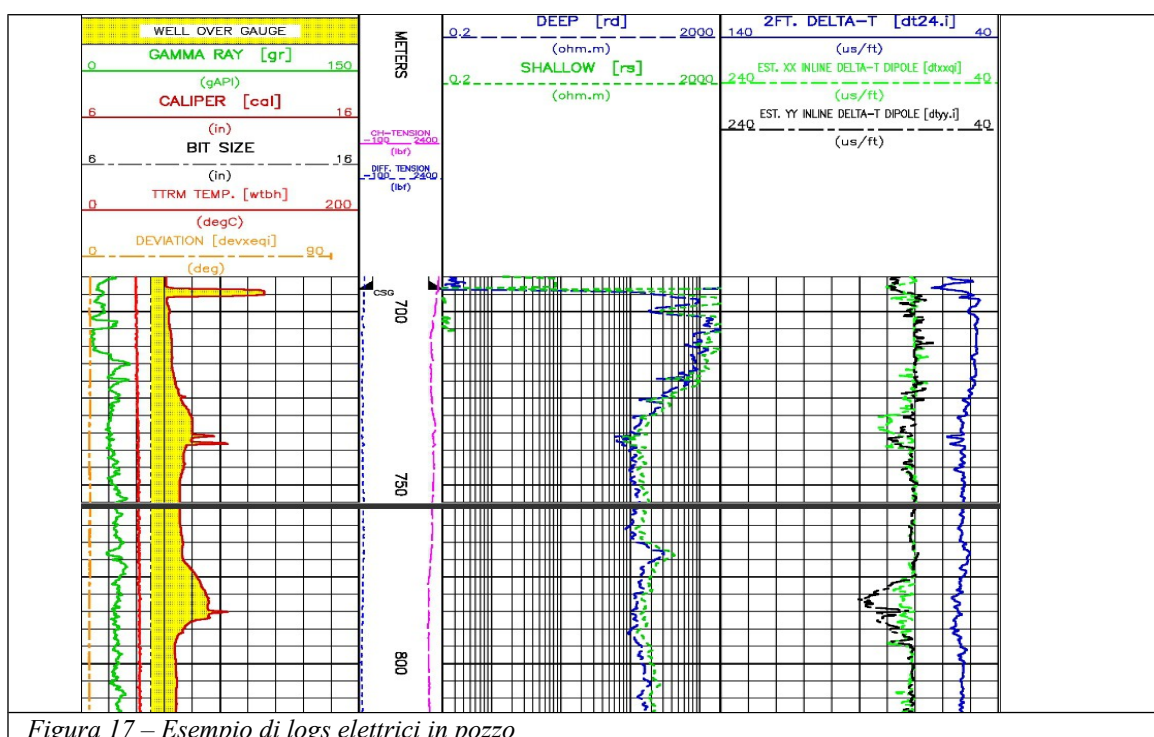


Figura 17 – Esempio di logs elettrici in pozzo

Prove Idrauliche in Pozzo

Dopo aver condizionato definitivamente il pozzo, e questo solo nel caso che le analisi precedenti abbiano avuto un esito favorevole, si propone di eseguire le prove idrauliche di pozzo: sia a gradini che a portata costante per la situazione di presa mentre solo a portata costante per la situazione di resa; questo per stabilire sia la portata di esercizio, in emungimento e assorbimento, i parametri idrodinamici nonché i livelli dinamici, in funzione delle portate e delle durate di emungimento e assorbimento.

Durante tali operazioni saranno campionate le acque emunte e analizzate chimicamente.

Se possibile durante le prove idrauliche in pozzo si potrà monitorare il regime idraulico delle sorgenti termali ai fini di definire una possibile interferenza idraulica con le stesse.