



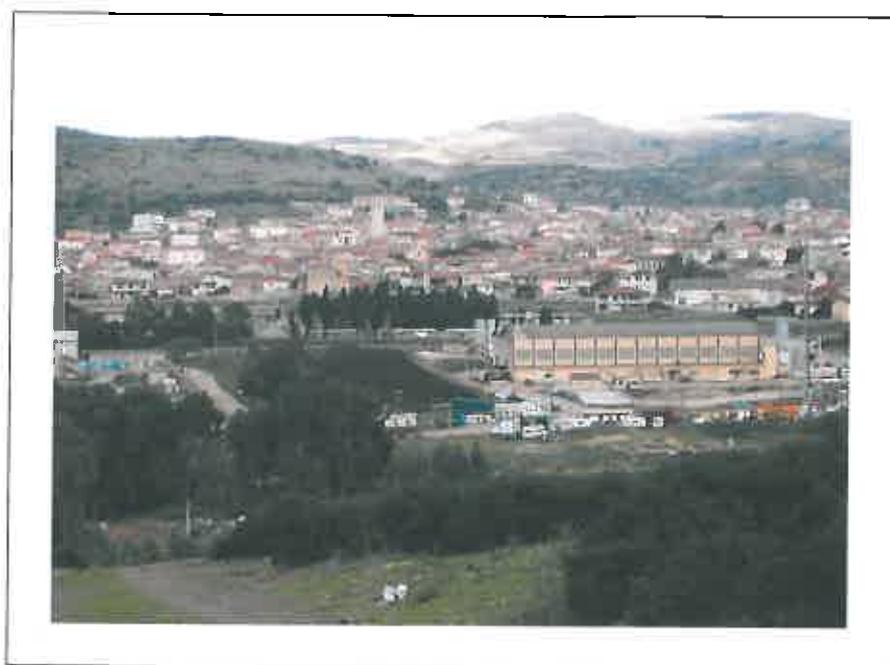
Dipartimento di  
Scienze della Terra

Università degli Studi di Firenze



**Gruppo Informale per la Geotermia e l'Ambiente**  
associazione "no profit" riconosciuta

## PERMESSO DI RICERCA GEOTERMICO "SARDARA"

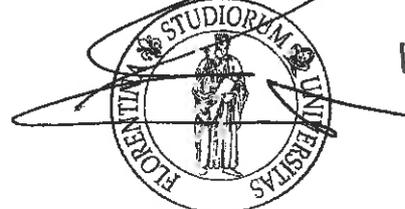
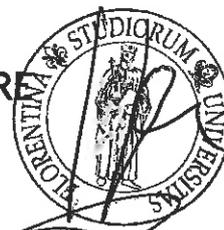


Giuliano Gabbani, Giampaolo Mariannelli, Enrico Pandeli,  
Alessandro Ronconi, Sauro Valentini



**RELAZIONE TECNICA E PROGRAMMA PRELIMINARE**

Firenze, 10/09/2013





Progetto Geotermico "SARDARA"  
Relazione Tecnica e Programma Preliminare

Redattori:

**Giuliano Gabbani<sup>(1)(2)</sup>, Enrico Pandeli<sup>(1)(2)</sup>, Sauro Valentini<sup>(1)</sup>, Alessandro Ronconi<sup>(1)</sup>,  
Giampaolo Mariannelli<sup>(1)</sup>**

(1) Gruppo Informale per la Geotermia e l'Ambiente, associazione no profit  
via Marconi, 30 - 50100 Firenze

(2) Dipartimento di scienze della Terra dell'Università di Firenze  
via La Pira, 4 50100 Firenze

**Direzione: prof. Enrico Pandeli - *Docente di Geologia, di Geologia Regionale e di Geotermia (DST, Università di Firenze)***

**Coordinamento: prof. Giuliano Gabbani - *Docente di Esplorazione Geologica del Sottosuolo, di Idrogeologia e di Idrogeologia Applicata (DST, Università di Firenze)***

Progetto Geotermico "SARDARA"  
Relazione Tecnica e Programma Preliminare

**Sommario**

Sommario.....3

## 1 Introduzione

Il progetto geotermico denominato "SARDARA" si pone come obiettivo la ricerca e la valutazione delle risorse geotermiche presumibilmente presenti in un'area sostanzialmente rettangolare compresa tra San Gavino Monreale e i rilievi collinari a Nord di Collinas.

Successivamente, in caso di esito positivo delle ricerche, il progetto proseguirà con la fase di utilizzo di tali risorse a fini di produzione di energia elettrica e/o termica mediante soluzioni tecnologiche ed impiantistiche adeguate alle caratteristiche della risorsa ed alle richieste delle utenze.

A tal proposito questo progetto servirà a valutare tecniche di utilizzazione della risorsa geotermica con centrali a ciclo binario già disponibili in commercio (ciclo Rankine e ciclo Kalina) ed a sperimentare tecnologie innovative nel campo degli scambiatori di calore e dei fluidi di lavoro per ottimizzare il rendimento di questo tipo di centrali.

A termini di legge viene effettuata una richiesta di "Permesso di Ricerca" a scopo geotermico.

L'area in oggetto, sulla quale a termini di legge viene effettuata una richiesta di "Permesso di Ricerca" a scopo geotermico ricadente nel quadrante NE del Foglio I.G.M. 245-225 denominato "Capo Pecora-Guspini".

Dal punto di vista amministrativo l'area ricade nei comuni di Collinas, Gonnostramatzza, Lunamatrona, San Gavino Monreale, Sanluri, Sardara, Vilanovaforru nelle Province di Oristano del Medio Campidano.

In questa area il flusso di calore è di 3 volte il normale e la temperatura nel serbatoio è presumibilmente superiore a 50°C. L'area non risulta attualmente coperta da concessioni geotermiche.

L'obiettivo della richiesta di "Permesso di Ricerca" è rappresentata dalla installazione di impianti a ciclo binario di potenza compresa tra 1 e 4 MW elettrici e/o termici, per produzione di energia elettrica e/o calore a bassissimo impatto ambientale.

L'impianto che si intende realizzare consta di uno o più pozzi produttori e di un pozzo reiniettore. La tecnologia impiegata evita l'immissione in atmosfera ed in idrosfera di qualsiasi inquinante gassoso o liquido, mantenendo il fluido geotermico sempre isolato dall'esterno. Questo consente il duplice beneficio di ridurre le emissioni praticamente a zero e mantenere costante la ricarica del serbatoio dal punto di vista idraulico, condizione fondamentale per una corretta gestione della risorsa geotermica.

La tecnologia, da anni impiegata in varie parti del mondo, è assolutamente matura ed efficiente, oltre che di semplice funzionamento.

Segnatamente il fluido geotermico viene prelevato dall'acquifero attraverso una pompa di estrazione, inviato ad uno scambiatore di calore localizzato nell'impianto a ciclo binario, e quindi reimpresso nel sottosuolo senza alcuna altra variazione, salvo l'estrazione di parte del calore in esso contenuto. Il calore strappato al fluido geotermico viene utilizzato per scaldare un altro fluido, detto fluido di lavoro basso-bollente, che, in seguito al riscaldamento ricevuto, va ad espandersi all'interno di una o più turbine atte ad azionare altrettanti generatori elettrici.

Questa tecnologia favorisce il mantenimento in pressione del sistema acquifero - pozzi produttori - scambiatore di calore - pozzo reiniettore permettendo così di evitare qualsiasi evento di "flashing" e la conseguente liberazione di gas.

## Progetto Geotermico "SARDARA"

### Relazione Tecnica e Programma Preliminare

Per la condensazione del fluido di lavoro utilizzato in questa centrale a ciclo binario è previsto l'impiego di condensatori ad aria (fig. 1).

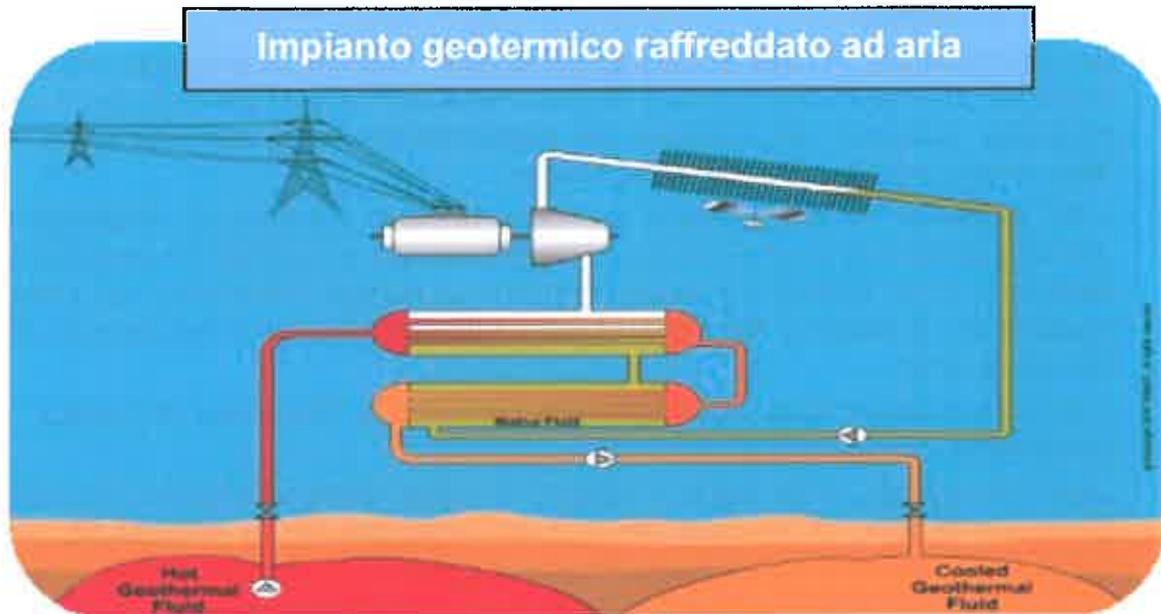


Figura 1: Schema di funzionamento di un impianto geotermico a ciclo binario

Questo progetto pur avendo una importante valenza industriale ed economica, presenta numerosi aspetti di sperimentazione innovativa. Si intende infatti utilizzare metodologie innovative a basso costo sia nella fase di esplorazione e valutazione indiretta della risorsa, che nelle fasi di produzione attraverso sperimentazione su scambiatori e nuovi fluidi di lavoro. Queste sperimentazioni saranno messe a disposizione degli uffici Regionali per favorire lo sviluppo della produzione di energia elettrica da fluidi a bassa-media temperatura.

Questa fase del progetto riguarderà l'acquisizione delle conoscenze per una corretta valutazione delle risorse geotermiche attraverso la realizzazione di una campagna di prospezioni geofisiche grazie alle quali verrà scelta (se daranno esito positivo) l'ubicazione di pozzetti termometrici e successivamente eventuali pozzi esplorativi per i quali verrà, in seguito, avviata la relativa procedura di autorizzazione.

Già da ora si specifica che tutte le indagini relative alla prospezione geofisica e alle eventuali fasi successive saranno effettuate mantenendo le opportune distanze sia dai principali centri abitati che dagli elementi di pregio e tutelati dal vincolo paesaggistico. Infine tutte le indagini saranno effettuate al di fuori delle aree di protezione speciale, dai siti di importanza comunitaria e dalle aree protette.

### 1.1 OBIETTIVO DELL'INIZIATIVA

Il progetto geotermico denominato "SARDARA" si pone come obiettivo ricerca e la valutazione delle risorse geotermiche presumibilmente presenti in un'area centro-occidentale della Sardegna di forma sostanzialmente rettangolare comprendente principalmente le località di Sardara, Collinas e l'area a Est di San Gavino Monreale.

A tale scopo viene richiesto all'Ufficio competente (Regione Sardegna, Servizio delle Attività Estrattive Via XXIX Novembre 1847, 41 - 09123 Cagliari) un "Permesso di Ricerca" per un area compresa nel Foglio I.G.M. n. "224-225".

L'utilizzo previsto, in caso di completamento positivo del programma, prevede la produzione di energia elettrica e di energia termica mediante le soluzioni tecnologiche ed impiantistiche che risulteranno adeguate alle caratteristiche della risorsa ma, assolutamente, all'avanguardia sia dal punto di vista economico che da quello della sostenibilità ambientale.

### 1.2 AREA DEL PERMESSO DI RICERCA

L'area del permesso di ricerca, di circa 79,5 km<sup>2</sup>, è stata tracciata secondo le disposizioni dell'art.9 del D.P.R. 27/05/1991 n. 395, ed è individuata dai quattro vertici riportati nella sottostante *tabella 1*. Le coordinate geografiche dei vertici sono riferite a Monte Mario (Roma); inoltre la distanza tra i vertici estremi del permesso è inferiore a quattro volte la lunghezza media dell'area, intesa come altezza del rettangolo equivalente avente per base tale distanza.

Vertice	Latitudine N	Longitudine W
A	39° 40' 00"	3° 39' 00"
B	39° 40' 00"	3° 35' 00"
C	39° 32' 00"	3° 35' 00"
D	39° 32' 00"	3° 39' 00"

*Tabella 1: Coordinate dei vertici dell'area in esame*

## 2 Pianificazione dei lavori

Il progetto di ricerca geotermica denominato "Sardara" richiede la messa in atto di un programma strutturato in maniera tale da comprendere:

- > una prima fase di studi preliminari e adempimenti normativi-burocratici;
- > una successiva fase di indagini e prospezioni geochimiche e geofisiche per l'accertamento delle caratteristiche qualitative e quantitative della risorsa e la perforazione del pozzo di esplorazione con le successive prove e test sui fluidi geotermici reperiti.

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 dei competenti Uffici.

In figura 2 viene esposta la pianificazione dei lavori nella ipotesi di sua attuazione più completa e in figura 3, viene presentato un cronoprogramma delle attività previste.

## **2.1 Attività propedeutica**

### **2.1.1 Raccolta dati, revisioni, programmi e azioni successive**

Le attività relative a questa fase riguardano principalmente la raccolta di dati relativi all'area oggetto della richiesta.

Verrà acquisita tutta la documentazione esistente riguardante l'assetto geologico dell'area ed il contesto regionale in cui essa si pone, la presenza di eventuali sondaggi con la relativa documentazione. Sarà inoltre effettuata l'analisi, la rielaborazione e la reinterpretazione di tutti i dati in possesso derivanti da prospezioni ed indagini eseguite in passato.

Verrà quindi verificato l'assetto logistico/amministrativo nell'area e mediante sopralluoghi saranno scelti i possibili siti per la perforazione dei sondaggi esplorativi.

Sarà valutata la possibilità di accedere a misure incentivanti, di tipo finanziario o altro, da parte comunitaria, nazionale, regionale od altro. Al termine di questa fase verrà effettuata un'analisi tecnica ed economica sulla fattibilità della iniziativa ed, in caso di valutazione positiva, redazione del programma preliminare delle successive fasi della iniziativa e relativo budget preliminare con valutazioni economiche.

### **2.1.2 Organizzazione imprenditoriale e sintesi dei risultati**

Una volta valutati tutti gli elementi raccolti nella fase precedente ed effettuata una sintesi delle conoscenze, verrà deciso se proseguire l'iniziativa, e prevista l'organizzazione della struttura gestionale del progetto.

### **2.1.3 Richiesta di permesso di ricerca**

Il progetto prevede la richiesta di permesso di ricerca delle risorse come previsto dal D.L. del 11 febbraio 2010, n 22 "Riassetto della normativa in materia di ricerca e coltivazione delle risorse geotermiche, a norma dell'Art. 27, comma 28, della legge 23 luglio 2009, n 99, e dal D.P.R. 395 del 27 maggio 1991, art. 7 cap. 1"; pertanto in questa fase verranno esplicitati tutti gli obblighi normativi e burocratici per la richiesta di Ricerca.

Progetto Geotermico "SARDARA"  
Relazione Tecnica e Programma Preliminare

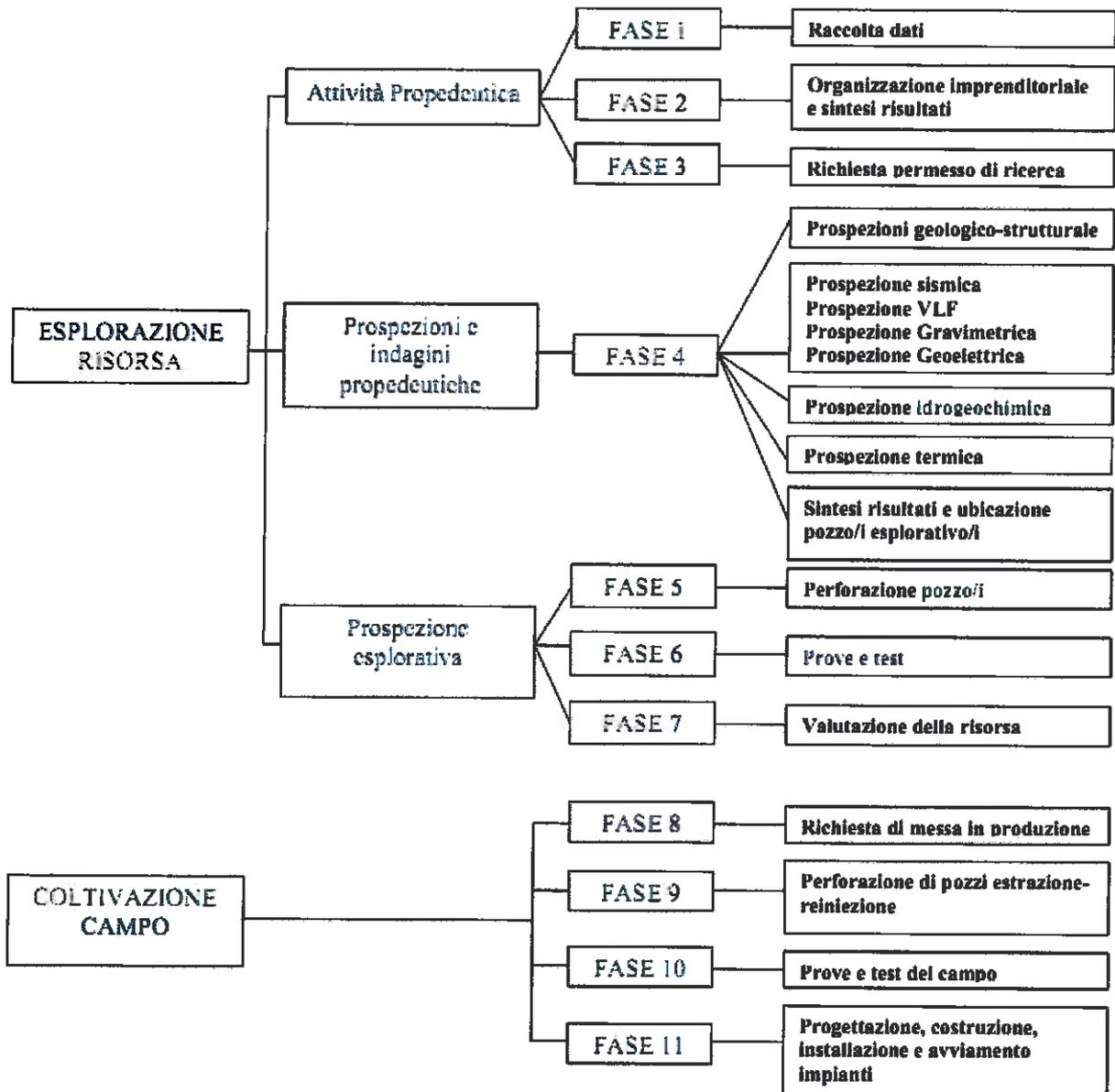


Fig. 2 - Schema della programmazione dei lavori

### 2.1.4 Prospezioni propedeutiche all'ubicazione dei pozzi esplorativi

Durante questa fase verranno eseguite tutte le indagini di superficie e le prospezioni necessarie alla ricostruzione del modello concettuale del campo geotermico in modo da ubicare correttamente i pozzi esplorativi e produttivi.

Saranno inoltre effettuate tutte le indagini volte a stabilire le condizioni geologico-ambientali prima dell'inizio della coltivazione geotermica e della perforazione dei pozzi. L'esecuzione o la non esecuzione di queste attività sarà valutata in corso d'opera in funzione di ragionati rapporti costi/rischi/benefici.

#### 2.1.4.1 Rilievo geologico-strutturale

Si prevede una prima fase di rilevamento geologico sul terreno atto a verificare la cartografia geologica già esistente e se necessario migliorarla; durante questa fase è previsto anche uno studio particolareggiato sullo stato di fratturazione al fine di individuare i sistemi strutturali principali fondamentali del potenziale serbatoio geotermico.

#### **2.1.4.2 Rilievo sismico**

Si prevede di effettuare un rilievo sismico a riflessione atto a confermare l'assetto strutturale, stratigrafico e geotermico profondo dell'area di interesse. Si prevede la realizzazione di numerosi profili in modo da definirne quantitativamente con maggior precisione i parametri geometrici.

Verrà impiegato anche la tecnologia "IPDS®" (Infrasonic Passive Differential Spectroscopy) sia in maniera indipendente che complementare alle classiche tecnologie di prospezione. Questo metodo è basato sull'analisi spettrale del rumore sismico di fondo, nell'intervallo di frequenza compreso tra 0.1 e 30 Hz.

#### **2.1.4.3 Rilievo gravimetrico**

Le prospezioni gravimetriche sono basate sulla misura dell'accelerazione di gravità terrestre per rilevare la presenza di anomalie nella distribuzione di questa che risultino attribuibili esclusivamente a fattori geologici nel sottosuolo. Le nuove stazioni saranno ubicate tenendo conto del reticolo del precedente rilievo, con addensamenti in corrispondenza delle anomalie e delle discontinuità di maggior interesse tendendo ad arrivare ad una distribuzione il più possibile uniforme ed ad una densità attorno ad 3-4 staz./km<sup>2</sup>. Saranno anche eseguite ripetizioni di stazioni del precedente rilievo e stazioni per tener conto dell'effetto bordo. In particolare il rilievo gravimetrico sarà utilizzato come integrazione e calibrazione dei dati forniti dalla metodologia VLF che restituisce profili di densità del sottosuolo.

#### **2.1.4.4 Rilievo geoelettrico**

Il rilievo geo-elettrico che si prevede di attuare consiste nell'immissione di corrente nel terreno tramite due "elettrodi di corrente" per la misura delle resistività e nella misura della differenza di potenziale tra due "elettrodi di potenziale". Per la realizzazione di questi rilievi possono essere utilizzate apparecchiature a corrente alternata a bassa frequenza che non necessitano dell'impiego di elettrodi non polarizzabili, come per la corrente continua, né di misurare o annullare i potenziali spontanei. In questo caso possono tuttavia aversi letture erronee per fenomeni di induzione o di dispersione di corrente in terreni saturi. La disposizione, o stendimento, degli elettrodi può essere varia ma le configurazioni più usate sono quelle a "quadripolo" di Wenner e di Schlumberger. Si possono eseguire sondaggi elettrici "verticali" (SEV), per ricostruire la successione verticale dei terreni, e sondaggi elettrici "orizzontali" (SEO o profili di resistività), per ricostruire sezioni del sottosuolo.

#### **2.1.4.5 Rilievo termografico di superficie**

Questo rilievo viene effettuato tramite il mezzo aereo ultraleggero, dotato di termocamera, in dotazione al DST dell'università di Firenze e pilotato da un istruttore di volo all'uopo brevettato.

Le immagini termografiche, elaborate anche con la tecnica dei "falsi colori" mettono in evidenza anche minime variazioni di temperatura del suolo, dando una indicazione indiretta della presenza di corpi caldi.

I dati numerici, una volta computati elettronicamente, permettono invece l'elaborazione di carte tematiche che descrivono l'andamento e la distribuzione delle anomalie di superficie eventualmente riscontrate.

#### **2.1.4.6 Rilievo magnetico**

Il metodo magnetico si basa sulla misura delle variazioni locali del campo magnetico terrestre o del suo gradiente. Le variazioni, o anomalie magnetiche, vengono rilevate da magnetometri e riflettono la differenza tra la suscettività magnetica delle strutture geologiche e la suscettività media del terreno incassante. La prospezione magnetica è una tecnica passiva di prospezione che può rilevare variazioni minime nell'intensità o nella direzione rispetto al campo magnetico terrestre, evidenziando anche anomalie 50.000 volte più deboli del campo magnetico locale.

Le misure vengono effettuate posizionando due sensori posti ad una distanza prestabilita tra loro e mantenuti in asse verticale rispetto al terreno. La portabilità degli strumenti, sommata alla velocità di prospezione, fa sì che in una giornata di lavoro si possa investigare, con sufficiente accuratezza, un'area di diversi ha.

#### **2.1.4.7 Rilievo VLF**

E' prevista l'esecuzione di una indagine con la tecnica VLF (very low frequency). Questo metodo di indagine consente quindi di individuare zone fratturate e permeabili potenzialmente adatte ad ospitare un serbatoio geotermico con estrema precisione. Mediante questo metodo si pensa di poter indagare gran parte del serbatoio geotermico, individuandone la profondità, l'estensione e quindi la volumetria e l'assetto geologico-strutturale.

#### **2.1.4.8 Rilievo geochimico**

Si prevede di effettuare analisi geochimiche su acque di sorgenti termali e non presenti nella zona in esame e nelle zone limitrofe all'area richiesta. I dati ricavati permetteranno di avere indicazioni riguardo al chimismo dei fluidi possibilmente presenti nel serbatoio geotermico e delle temperature ivi presenti. Si prevede inoltre di effettuare studi sulla emissione di gas dal suolo (CO<sup>2</sup>, Radon), indicatori precisi di permeabilità, vie di risalita preferenziale di fluidi geotermici e utili a delimitare serbatoi geotermici attivi.

#### **2.1.4.9 Prospezioni termiche**

Nell'area in esame sono presenti sette sondaggi geotermici (Inventario delle risorse geotermiche nazionali, 1988) i cui dati hanno permesso una buona caratterizzazione termometrica. In caso di necessità si prevede di realizzare un rilievo termometrico atto a ricavare i valori di gradiente e conducibilità termica nell'area di studio. In questo caso si prevede quindi di perforare un pozzetto termometrico di profondità massima prossima ai -100m, all'interno del quale saranno effettuate misure di temperatura a differenti livelli, per la misura del gradiente geotermico e quindi la stima della temperatura del serbatoio.

### **2.2 Quadro ambientale pre-fase di perforazione e coltivazione geotermica**

Sono previste analisi chimico-ambientali antecedenti la fase di perforazione e successiva (eventuale) coltivazione del campo geotermico individuato. Le analisi verranno effettuate sulle tre matrici ambientali aria, suolo ed acqua nell'area di interesse con il fine di identificare un "bianco" non perturbato dell'area per quanto riguarda alcuni elementi e composti potenzialmente inquinanti. In particolare, i

suoli verranno analizzati secondo una campionatura regolare (6-8 campioni previsti) per il loro contenuto in elementi maggiori ed in tracce, con particolare attenzione rivolta alle concentrazioni di metalli pesanti ed altri elementi potenzialmente inquinanti (Pb, Zn, Cu, Fe, As, Hg, Cd, Sb). Le acque superficiali saranno analizzate (3-4 campioni previsti) per il loro contenuto in elementi maggiori ed in tracce e, analogamente a quanto riportato per i suoli, verrà rivolta una particolare attenzione ai contenuti in metalli pesanti ed altri elementi potenzialmente inquinanti (Pb, Zn, Cu, Fe, As, Hg, Cd, Sb). L'aria sarà monitorata (previsti 2 periodi di campionamento) per rilevare la presenza di elementi o composti chimici potenzialmente inquinanti che possono essere associati all'utilizzo della geotermia per produzione di energia elettrica. In particolare saranno analizzate le concentrazioni di Hg e di CO<sup>2</sup> e H<sub>2</sub>S nell'aria.

### **2.3 Sintesi dei risultati ed ubicazione dei pozzi esplorativi**

Una volta effettuate tutte le indagini precedentemente descritte, i dati raccolti verranno elaborati al fine di realizzare un modello del campo geotermico il più dettagliato possibile. In funzione del modello del campo verrà deciso il numero e l'ubicazione dei pozzi esplorativi.

### **2.4 Perforazione dei pozzi esplorativi**

La fase 5 del programma consiste nella perforazione di un pozzo esplorativo denominato "SARDARA-1" la cui posizione verrà decisa nella fase successiva della ricerca. L'eventuale perforazione di pozzi esplorativi profondi sarà comunque oggetto di una successiva istanza. Come già esposto al termine dell'introduzione, nel corso di svolgimento delle prime tre fasi del Programma e dopo l'individuazione dei siti ottimali di perforazione sulla base dei rilievi geologico-geofisici, la posizione degli stessi siti sarà verificata alla luce della logistica, delle normative ambientali, dei vincoli territoriali e della situazione proprietaria dei terreni.

Non si può escludere che al termine delle indagini aggiuntive della Fase 4 emerga la necessità di apportare modeste variazioni alla posizione del pozzo. In tal caso tale esigenza sarebbe comunicata preliminarmente e tempestivamente agli Uffici competenti.

Le perforazioni esplorative hanno lo scopo di raggiungere fisicamente il giacimento geotermico ed accertare la presenza di fluidi sfruttabili e di effettuare una prima valutazione delle caratteristiche del "serbatoio geotermico" e di alcune caratteristiche della risorsa (chimismo, temperatura, pressione, ecc).

Le dimensioni della postazione di perforazione saranno contenute entro i limiti minimi per garantire la funzionalità e l'agevole operatività sia dei mezzi d'opera sia del personale, comprendendo anche le motivazioni di sicurezza. È esclusa l'installazione di stazioni fisse di alcun genere. L'esecuzione della perforazione esplorativa richiederà l'impiego di una sonda e delle relative attrezzature di corredo e di supporto con potenza e caratteristiche tecniche adeguate alla profondità da raggiungere, che è stata programmata attorno ai 700 m, alla natura delle litologie da perforare, alle condizioni di perforazione ed ai diametri previsti a fondo pozzo (variabili in funzione dei criteri con cui verrà impostato il programma di perforazione).

Al termine della organizzazione del cantiere inizierà la perforazione esplorativa vera e propria. Il pozzo "SARDARA-1" verrà eseguito con sistema a rotazione e

circolazione diretta. La circolazione avverrà in genere con l'impiego di fango di tipo bentonitico con l'aggiunta, quando necessario, di opportuni stabilizzanti e additivi, senza escludere in situazioni particolari (zone a forte perdita di circolazione, orizzonti produttivi nei livelli obiettivo, formazioni particolarmente reattive ai liquidi, ecc) l'impiego di altri mezzi quali aria, schiuma, acqua chiara.

Particolare cura sarà dedicata al controllo geologico in tempo reale ed alle operazioni di campionamento e studio per poter effettuare, anche in tempo differito, un accurato log stratigrafico.

Oltre al prelievo delle carote che verrà stabilito dal geologo responsabile verrà comunque effettuato il prelievo ad intervalli regolari di 5 m dei cuttings al vibrovaglio che saranno preparati (lavati, setacciati, asciugati, contrassegnati e conservati) per le ulteriori operazioni di analisi minero-petrografiche-paleontologiche presso laboratori.

L'assistenza geologica di cantiere provvederà alla compilazione in tempo reale del profilo stratigrafico, alla conduzione ed interpretazione dei log e dei test, al prelievo ed alla preparazione delle carote, allo studio petrografico ed al riorientamento del programma di perforazione in funzione dei risultati parziali via via ottenuti.

Per tutta la durata delle operazioni sul cantiere sarà presente un laboratorio di campagna minero-petrografico-paleontologico. Durante le prove di strato su intervalli produttivi sarà effettuata l'installazione dei Preventer ed eventuali silenziatori in dotazione al cantiere.

Al termine della perforazione ed in caso di esito positivo della medesima, che significa l'accertamento della risorsa o comunque della esistenza delle condizioni base (temperatura, permeabilità, salinità, litologia, ecc.) per la presenza della stessa, si procederà ai lavori di completamento della postazione. I lavori di sistemazione finale, in attesa delle prove di produzione, termineranno con le altre operazioni sul sito occupato dal cantiere. E' evidente che se il pozzo risulterà improduttivo verrà mantenuto con la sistemazione provvisoria come punto di osservazione ed al termine della ricerca sarà chiuso minerariamente secondo i regolamenti di Polizia Mineraria.

## **2.5. Prove e test**

Una volta realizzati i pozzi saranno effettuate le prove di produzione di lunga durata, le prove di interferenza e gli altri test necessari per determinare le caratteristiche generali della risorsa e per individuare le migliori possibilità ed opzioni di utilizzo.

## **2.6 Valutazione della risorsa**

I dati raccolti mediante il sondaggio esplorativo e i test effettuati (prove di pompaggio) consentiranno di valutare la potenzialità, la temperatura e le caratteristiche chimico-fisiche dei fluidi presenti nel serbatoio geotermico. Sulla base di questi dati saranno effettuate simulazioni numeriche che permetteranno di giungere allo sfruttamento sostenibile della risorsa geotermica. A questo fine saranno utilizzati codici di calcolo commerciale utili per acquiferi geotermici ad acqua dominante. Alla fine di questa fase saranno definite con esattezza le caratteristiche quantitative e qualitative delle risorse geotermiche esistenti, le modalità ottimali di utilizzazione consentendo quindi la decisione finale sulla fattibilità tecnica ed economica del progetto.

### **3 Messa in produzione del campo**

Una volta valutata la risorsa disponibile, in caso di esito positivo, verrà effettuata la richiesta di messa in produzione per l'ottenimento, da parte degli Organi Competenti, della Concessione di Coltivazione in modo da poter procedere con lo sfruttamento del pozzo a fini geotermici.

#### **3.1 Perforazione dei pozzi di estrazione-reiniezione**

In questa fase verrà perforato il primo pozzo di produzione o nelle migliori condizioni auspicabili verrà convertito il pozzo esplorativo in pozzo di produzione. Si prevede inoltre di perforare un pozzo di reiniezione da associare a quello di produzione per la reimmissione totale in serbatoio dei fluidi.

#### **3.2 Prove e test sul campo**

Una volta eseguiti i pozzi di produzione e reiniezione verranno eseguite prove prolungate sulla produzione del campo, test sulla eventuale interferenza tra i pozzi, valutata la produttività totale, il regime ottimale di produzione e tutti i parametri utili a definire le forme di utilizzazione e le relative tecnologie. Queste prove, ed in particolare la reiniezione dei fluidi, saranno controllate attraverso un opportuno sistema di monitoraggio microsismico.

#### **3.3 Avviamento degli impianti**

Come accennato nell'introduzione si prevede l'installazione di una centrale geotermica a ciclo binario (ciclo Rankine o Kalina) che consente la produzione di energia elettrica ad impatto ambientale nullo. In questa fase sarà eseguita la progettazione esecutiva e sarà portata a termine la costruzione degli impianti per la produzione elettrica ed eventualmente per la distribuzione termica, sarà infine effettuato l'avviamento ed i test fino al funzionamento a regime.

#### **3.4 Tempistica di realizzazione del progetto**

Il Cronoprogramma di figura 3 evidenzia il carattere operativo della richiesta di permesso che è stata concepita per raggiungere un risultato industriale in tempi relativamente brevi, tenendo conto della complessità del progetto, dei vincoli amministrativi e delle leggi da rispettare. È da rimarcare che si prevede, in caso di esito favorevole della ricerca, di giungere all'installazione e messa in produzione entro 14-16 mesi dall'inizio dei lavori. Ovviamente la fase di messa in produzione dipenderà dai tempi necessari per lo svolgimento degli atti amministrativi previsti per la concessione di coltivazione. In Tabella 3 è mostrato il Piano Economico del progetto "Sardara".

**Progetto Geotermico "SARDARA"**  
**Relazione Tecnica e Programma Preliminare**

Fase	Attività	Tempo di attuazione (mesi)														
		Esplorazione risorsa						Coltivazione campo								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1-3	Raccolta dati	■														
4	Prospezioni propedeutiche		■	■												
5	Perforazione esplorativa				■	■										
6-7	Prove e test, Valutazione risorsa					■	■									
8	Richiesta Concessione						■	■								
9-11	Perforazione pozzo/i produzione/reiniezione; Progettazione, avviamento impianti									■	■	■	■	■		

Fig. 3 - Cronoprogramma delle attività previste.

**Progetto Geotermico "SARDARA"**  
**Relazione Tecnica e Programma Preliminare**

### 3.5 Business plan

<b>Attività di ricerca mineraria</b>	
attività per la richiesta del permesso di ricerca	30000
Ricerca geologica, geologico-strutturale	70000
Ricerca idrogeologica e geochimica	80000
Prospezioni geofisiche	260000
Prospezioni ambientali	130000
Direzione dei lavori e coordinamento	60000
<b>totale</b>	<b>630000</b>
<b>Attività di perforazione e produzione</b>	
progettazione pozzo esplorativo/produttivo	30000
perforazione pozzo esplorativo/produttivo (1000m)	1000000
assistenza geologica e log stratigrafico	40000
log fisici (temperatura, cementazione, ecc.)	20000
prove e test	20000
campionamento ed analisi dei fluidi	10000
opere civili per allestimento pozzo	150000
pompe di emungimento	50000
varie ed eventuali	30000
<b>totale</b>	<b>1330000</b>
<b>Concessione di sfruttamento</b>	
richiesta di concessione di sfruttamento	10000
perforazione pozzo di reiniezione	500000
perforazione di ulteriore pozzo di produzione	1000000
test sul campo geotermico e modellistica di reiniezione	20000
<b>totale</b>	<b>1530000</b>
<b>installazione centrale geotermica</b>	
Centrale geotermica a ciclo binario	3500000
manufatto di contenimento della centrale	320000
tubazioni di adduzione e reimmissione	180000
pompa sommersa	35000
cabina elettrica	70000
elettrodotto interrato (500 m)	90000
impianto fotovoltaico	120000
consulenza ingegneristica e direzione lavori	70000
contratti allacciamento alla rete	30000
contributi statali e locali	30000
<b>totale</b>	<b>4445000</b>
<b>Totale generale</b>	<b>7955000</b>

Tabella 3: Piano economico del progetto "Sardara"

## 5 Bibliografia essenziale

- BALIA R., CIMINALE M., LODDO M., PECORINI G., RUINA G. & TRUDU R. (1984) - Gravity survey and interpretation of Bouguer anomalies in the Campidano geothermal area (Sardinia, Italy). *Geothermics*, 13: 333-347.
- BALIA R., CIDU R., PALA A., RANIERI G., SERRA S. (1985). Studio idrogeologico e geochimico delle sorgenti termali di S. Maria Is Acquas presso Sardara (Sardegna). Atti del V Congresso Internazionale sulle Acque Sotterranee, Taormina.
- BALIA R., FAIS S. (1988) - Studio geofisico nell'area termale di Santa Maria de is Acquas-Sardara. Atti del 7° Convegno Nazionale GNGTS.
- BALIA R., CIMINALE M., LODDO M., PECORINI G., RUINA G., TRUDU R. (1984). Gravity survey and interpretation of bouguer anomalies in the campidano geothermal area (Sardinia, Italy). *Geothermics*. Volume 13, Issue 4, 1984, Pages 333-347.
- BALIA R., CIMINALE M., LODDO M., PATELLA D., PECORINI G. & TRAMACERE A. (1991) A new geophysical contribution to the study of the Campidano geothermal area (Sardinia, Italy). *Geothermics*, 20: 147-163.
- BARCA S., CARMIGNANI L., OGGIANO G., PERTUSATI P.C. & SALVADORI I. (1996) - Carta Geologica della Sardegna, 1/200.000. Servizio Geologico Nazionale. Regione Autonoma della Sardegna.
- BECCALUVA L., BROTZU P., MACCIOTTA G., MORBIDELLI L., SERRI G. & TRAVERSA G. (1987) - Cenozoic tectono-magmatic evolution and inferred mantle sources in the Sardo-Tyrrhenian area. In: Boriani A., Bonafede M., Piccardo G.B. & Vai G.B. (Eds.) "The lithosphere in Italy-Advances in earth science research". Accademia Nazionale dei Lincei, Roma: 29-248.
- BECCALUVA L., CIVETTA L., MACCIOTTA G. & RICCI C.A. (1985) - Geochronology in Sardinia: results and problems. *Rend. Soc. It. Min. Petr.*, 40: 57-72.
- BERTORINO G., CABOI R., CAREDDA A.M., CIDU R., FANFANI L., SITZIA R., ZANZARI A.R., ZUDDAS P. (1981). Le manifestazioni termali del Sulcis (Sardegna sud-occidentale). *Periodico di mineralogia*, Anno 50, 233-255.
- BORTOLOTTI V., BABBINI A., CORTI S., FAZZUOLI M., PANDELI E., PRINCIPI G. (2001) - The geology of the central-eastern Elba. *Ofioliti* 26 (2a), 97-150.
- CABOI R., NOTO P. (1982). Dati isotopici sulle acque termali e fredde dell'area campidanese. *Ricerche Geotermiche in Sardegna*, CNR-PFE-RF10, Pisa, 124-132.
- CARMIGNANI L., DECANDIA F.A., DISPERATI L., FANTOZZI P.L., LAZZAROTTO A., LIOTTA D., OGGIANO G. (1995) - Relationship between the Tertiary structural evolution of the Sardinia-Corsica-Provencal Domain and the Northern Apennines. *Terra Nova*, 7: 128-137.
- CARMIGNANI L., OGGIANO G., BARCA S., CONTI P., SALVATORI I., ELTRUDIS A., FUNEDDA A., PASCI S. (2001) - Geologia della Sardegna. Note illustrative della Carta Geologica della Sardegna a scala 1:200.000, Mem. Descr. Carta Geologica d'Italia, Servizio Geologico d'Italia, LX, 2001, 283 pp.
- CASSINIS G., AVANZINI M., CORTESOGNO L., DALLAGIOVANNA G., DI STEFANO P., GAGGERO L., GULLO M., MASSARI F., NERI C., RONCHI A., SENO S., VANOSSI M. and VENTURINI C. (1998) - Synthetic Upper Paleozoic correlation charts of selected Italian areas. *Atti Tic. Sc. Terra*, 40, 65-120.
- CHERCHI A. & MONTARDERT L. (1984) - Il sistema di rifting oligo-miocenico del Mediterraneo occidentale e sue conseguenze paleogeografiche sul Terziario sardo. *Mem. Soc. Geol. It.*, 24: 387-400.

- COCOZZA T., JACOBACCI A., NARDI R. & SALVADORI I. (1974) - Schema stratigrafico-strutturale del Massiccio Sardo Corso e minerogenesi della Sardegna. Mem. Soc. Geol. It., 13: 85-186.
- COSTAMAGNA L.G. & BARCA S. (2002) - The "germanic" Triassic of Sardinia (Italy): a stratigraphic, depositional and palaeogeographic review. Rivista Italiana di Paleontologia, 108 (1):67-100.
- D'AMORE F., FANCELLI R., CABOI R. (1987). Observations on the application of the chemical geothermometers to some hydrochemical systems in Sardinia. Geothermics, 16, 271-282.
- DETTORI B., ZANZARI A.R., ZUDDAS P. (1982). Le acque termali della Sardegna. Ricerche Geotermiche in Sardegna, CNR-PFE-RF10, Pisa, 56-86.
- ELTER F. M. and PANDELI E. (2005) - Structural-metamorphic correlations between three Variscan segments in Southern Europe: Maures Massif (France), Corsica (France)-Sardinia (Italy), and Northern Appennines (Italy), in: Carosi, R., Dias, R., Iacopini, D., and Rosenbaum, G. (Eds.), The southern Variscan belt, Journal of the Virtual Explorer, Electronic Edition, ISSN 1441-8142, Volume 19 (2005), Paper 1.
- FRANCESCHELLI M., MEMMI I. and RICCI C.A. (1982) - XVI. Zoneografia metamorfica della Sardegna settentrionale. In: Carmignani L., Cocozza T., Grezzo C., Pertusati P.C. and Ricci C.A. "Guida alla Geologia del Paleozoico Sardo", Guide Geologiche Regionali. Soc. Geol. It. (1982), 137-149.
- FRAU F. (1993). Selected trace elements in groundwaters from the main hydrothermal areas of Sardinia (Italy) as a tool in reconstructing water-rock interaction. Miner. Petrogr. Acta, 36, 281-296.
- LODDO M., MONGELLI F., PECORINI G., TRAMACERE A. (1982). Prime misure di flusso di calore in Sardegna, Ricerche Geotermiche in Sardegna con particolare riferimento al Graben del Campidano. PFE-RF 10, CNR-Roma, 181-209.
- MINISSALE A., MAGRO G., TASSI F., FRAU F., VASELLI O. (1999). The origin of natural gas emissions from Sardinia island, Italy. Gechemical Journal, 33, 1-12.
- PANICHI, C. & SQUARCI, P., (1982). Carta delle temperature sotterranee in Italia, CNR-PFE-RF 10, Roma.
- PECORINI G. & POMESANO CHERCHI A. (1969) - Ricerche geologiche e biostratigrafiche sul Campidano meridionale (Sardegna). Mem. Soc. Geol. It., 8: 421-451.
- PODDA F., SIMEONE R. (2001). Furtei gold deposit and thermal waters at Sardara Rendiconti Seminario Facoltà Scienze Università Cagliari Supplemento Vol. 71 Fasc. 2.
- PROTO M., PANICHI C., ZUDDAS P., PODDA F. (2001). Water-rock interaction processes in the main thermal springs of Sardinia (Italy). In: Proc. 10th Int. Symp. WRI, R. Cidu (ed), 577-560, Cagliari, Italy.
- REHAULT J.P., BOILLOT G. & MAUFFRET A. (1984) - The western Mediterranean basin geological evolution. Marine Geology, 55: 447-477.
- SPERANZA F., VILLA I.M., SAGNOTTI L., FLORINDO F., COSENTINO D., CIPOLLARI P. & MATTEI M. (2002) - Age of the Corsica-Sardinia rotation and Liguro-Provençal Basin spreading: new paleomagnetic and Ar/Ar evidence. Tectonophysics, 347: 231-251.