



**PERMESSO DI RICERCA PER  
IMPIANTO PILOTA GEOTERMICO  
"CASA DEL CORTO"**

**Progetto Definitivo e Programma Lavori**

*Preparato per:*  
**Svolta Geotermica Srl**

**SVOLTA GEOTERMICA SRL**  
Via dell'Industria, 8  
24126 BERGAMO  
C.F. e P.IVA 07326720724

Dicembre 2015

*Codice Progetto:*  
P15\_CAE\_010

Revisione: 0

**STEAM SRL**

Via Ponte a Piglieri, 8  
56121 Pisa

Partita IVA 01028420501

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

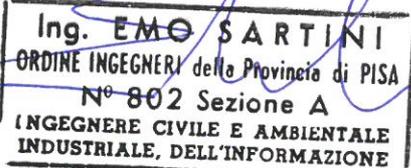


**STEAM**

Svolta Geotermica Srl

PERMESSO DI RICERCA PER  
IMPIANTO PILOTA GEOTERMICO  
“Casa del Corto”

Progetto Definitivo e Programma Lavori



Ing. EMO SARTINI  
ORDINE INGEGNERI della Provincia di PISA  
N° 802 Sezione A  
INGEGNERE CIVILE E AMBIENTALE  
INDUSTRIALE, DELL'INFORMAZIONE

Ing. Emo Sartini



PROVINCIA DI BERGAMO  
INGEGNERE INDUSTRIALE  
SIMONE DOTTI  
ALBO N° A 3827  
DEGLI INGEGNERI

Ing. Simone Dotti  
Coordinatore Generale  
del Progetto

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

## **INDICE**

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE E SCOPO DEL LAVORO</b>	<b>1</b>
1.1	<i>IL PERMESSO DI RICERCA E SCELTA DELL'AREA DI PRODUZIONE</i>	2
1.2	<i>CARATTERISTICHE TECNICO-PROGETTUALI</i>	2
<b>2</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOTERMICO DI RIFERIMENTO DEL PROGETTO CASA DEL CORTO</b>	<b>4</b>
2.1	<i>INQUADRAMENTO GEOLOGICO</i>	4
2.2	<i>MODELLO GEOTERMICO DELL'AREA DEL PERMESSO DI RICERCA</i>	9
2.3	<i>STIMA CARATTERISTICHE PRODUTTIVE DEL CAMPO GEOTERMICO</i>	15
2.4	<i>STIMA CARATTERISTICHE CHIMICHE DEL FLUIDO E TENDENZA ALL'INCROSTAZIONE</i>	15
2.4.1	<i>Considerazioni sulla Possibilità di Incrostazioni</i>	17
2.5	<i>CRITERI DI PRODUZIONE E OBIETTIVI DELL'IMPIANTO PILOTA</i>	19
2.5.1	<i>Scelta del Numero e dell'Ubicazione dei Pozzi</i>	19
2.5.2	<i>Previsione degli effetti della produzione/reniezione sul comportamento del sistema geotermico</i>	20
2.5.3	<i>Sismicità Indotta e Subsidenza</i>	26
2.5.4	<i>Pressione di Reiniezione e di Produzione</i>	27
<b>3</b>	<b>CONDIZIONI LOCALI E COLLOCAZIONE DELL'IMPIANTO</b>	<b>29</b>
3.1	<i>CARATTERIZZAZIONE DELLE CONDIZIONI LOCALI</i>	29
3.1.1	<i>Climatologia</i>	30
3.1.2	<i>Sismicità</i>	31
3.2	<i>UBICAZIONE DELL'IMPIANTO E DEI POZZI PRODUTTIVI</i>	32
3.2.1	<i>Criteria di Scelta ed Opzione Zero</i>	32
3.2.2	<i>Scelta Finale</i>	34
3.2.3	<i>Riferimenti Catastali</i>	35
<b>4</b>	<b>PROGETTO DELLA POSTAZIONE DI PERFORAZIONE</b>	<b>36</b>
4.1	<i>CRITERI DI PROGETTO</i>	36
4.1.1	<i>Aspetti Funzionali della Postazione di Sonda</i>	38
4.1.2	<i>Materie Prime</i>	44
4.2	<i>BILANCIO SCAVI RIPORTI</i>	44
4.3	<i>APPROVVIGIONAMENTO IDRICO</i>	45
<b>5</b>	<b>PROGETTO DEI POZZI</b>	<b>50</b>
5.1	<i>POZZI PRODUTTIVI E REINIETTIVI</i>	50
5.2	<i>CARATTERISTICHE TECNICO COSTRUTTIVE DEI POZZI</i>	53
5.3	<i>CARATTERISTICHE DELL'IMPIANTO DI PERFORAZIONE</i>	57
5.3.1	<i>Descrizione Delle Operazioni Di Perforazione</i>	58
5.4	<i>TECNOLOGIA DI PERFORAZIONE E PREVENZIONE RISCHI DURANTE LA PERFORAZIONE</i>	61
5.4.1	<i>Il Fango di Perforazione</i>	61
5.4.2	<i>Condizioni di Sicurezza durante la Perforazione</i>	62

5.4.3	<b>Usa di Risorse in Fase di Perforazione</b>	68
5.5	<b>RIFIUTI E RESIDUI</b>	70
5.5.1	<b>Detriti e Fango Esausto</b>	70
5.5.2	<b>Rifiuti da Attività di Cantiere</b>	71
5.5.3	<b>Effluenti Liquidi</b>	71
5.6	<b>EMISSIONI SONORE DA IMPIANTO DI PERFORAZIONE</b>	72
5.7	<b>MEZZI DI CANTIERE E TRAFFICO INDOTTO</b>	73
5.7.1	<b>Pulitura Mezzi di Cantiere</b>	74
5.8	<b>CARATTERIZZAZIONE PRODUTTIVA DEI POZZI</b>	75
5.9	<b>TEMPI DI REALIZZAZIONE DEI LAVORI</b>	78
5.10	<b>COMPLETAMENTO DEI POZZI E RIPRISTINO DELLA POSTAZIONE</b>	78
5.10.1	<b>Esito Positivo della Perforazione (Pozzi Produttivi)</b>	79
5.10.2	<b>Esito Negativo della Perforazione (Pozzi Sterili)</b>	79
6	<b>LA CENTRALE DI PRODUZIONE</b>	82
6.1	<b>CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE</b>	82
6.2	<b>DESCRIZIONE DEL PROGETTO</b>	83
6.2.1	<b>Descrizione Generale</b>	83
6.2.2	<b>Impianto ORC</b>	84
6.2.3	<b>Pompe di Sollevamento</b>	86
6.2.4	<b>Componente Ausiliario - Raffreddamento Liquido Circuito Di Condensazione per Sfruttamento Uso Agricolo Calore Di Condensazione</b>	87
6.2.5	<b>Tubazioni di trasporto del fluido geotermico</b>	89
6.2.6	<b>Collegamento Elettrico</b>	94
6.2.7	<b>Ausiliari di Impianto</b>	95
6.2.8	<b>Opere Civili</b>	97
6.2.9	<b>Monitoraggi</b>	98
6.3	<b>PRESTAZIONI DELL'IMPIANTO PILOTA</b>	100
6.3.1	<b>Bilancio Energetico</b>	100
6.3.2	<b>Approvvigionamento Idrico</b>	100
6.3.3	<b>Consumo di Materie Prime ed Altri Materiali</b>	101
6.3.4	<b>Usa di Territorio</b>	101
6.3.5	<b>Emissioni in Atmosfera</b>	101
6.3.6	<b>Effluenti Liquidi</b>	101
6.3.7	<b>Emissioni Sonore</b>	102
6.4	<b>FASE DI COSTRUZIONE</b>	104
6.4.1	<b>Fase 1: Preparazione delle Aree e Realizzazione Fondazioni e Strutture</b>	105
6.4.2	<b>Fase 2: Posa in opera Tubazioni</b>	105
6.4.3	<b>Fase 3: Montaggi Meccanici ed Elettro-Strumentali</b>	105
6.4.4	<b>Fase 4: Realizzazione Componente Ausiliario di raffreddamento del liquido del circuito di condensazione</b>	106
6.4.5	<b>Fase 5: Commissioning, Messa in Servizio e Test</b>	106
6.4.6	<b>Movimento Terra</b>	106
6.4.7	<b>Materiali</b>	107
6.4.8	<b>Mezzi di Cantiere</b>	108
7	<b>CRONOPROGRAMMA</b>	109

<b>8</b>	<b><i>INVESTIMENTI PREVISTI</i></b>	<b>111</b>
<b>9</b>	<b><i>REMISSIONE IN PRISTINO DELLE AREE AL TERMINE DEI LAVORI</i></b>	<b>112</b>
<b>9.1</b>	<b><i>SMONTAGGIO E BONIFICA DEGLI IMPIANTI E DEGLI EQUIPAGGIAMENTI</i></b>	<b>112</b>
<b>9.2</b>	<b><i>DEMOLIZIONE DELLE OPERE CIVILI</i></b>	<b>112</b>
<b>9.3</b>	<b><i>CHIUSURA MINERARIA DEI POZZI PRODUTTIVI E REINIETTIVI</i></b>	<b>113</b>
<b>9.4</b>	<b><i>STIMA DEI COSTI</i></b>	<b>113</b>
<b>10</b>	<b><i>ELENCO TAVOLE E ALLEGATI</i></b>	<b>115</b>
<b>11</b>	<b><i>BIBLIOGRAFIA</i></b>	<b>116</b>

## **INTRODUZIONE E SCOPO DEL LAVORO**

Il presente documento costituisce il Progetto Definitivo per l’Impianto Pilota geotermico denominato “CASA DEL CORTO”, che la Società Svolta Geotermica Srl intende realizzare nel territorio del Comune di Piancastagnaio (Provincia di Siena).

L’istanza è stata presentata in data 25/11/2011 da Svolta s.r.l., ed ha ottenuto parere favorevole dalla commissione CIRM del Ministero dello Sviluppo Economico nella seduta del 03/07/2012 come da comunicazione dello stesso Ente in data 03/08/2012, per una potenza teorica netta immessa in rete pari a 2,5 MWe.

Successivamente, in data 11/03/2011, la Società Svolta s.r.l. provvedeva a chiedere il conferimento di ulteriori 2,5 MWe, determinando in 5 MWe la potenza media annua netta immessa in rete dall’impianto pilota.

In data 03/09/2014 veniva comunicata al Ministero dello Sviluppo Economico il nuovo assetto Societario; la Società Svolta Geotermica, divenuta titolare dell’istanza di permesso di ricerca “CASA DEL CORTO”, tramite scrittura privata sottoscritta con Svolta s.r.l., veniva acquisita da Telmo Spa, holding del gruppo TELMO, tramite atto notarile. Il titolo del Permesso di Ricerca resta in capo a Svolta Geotermica, che ora costituisce una società del Gruppo TELMO.

Il progetto pilota “Casa del Corto”, da comunicazione MiSE dell’8 aprile 2015 n°0007571, ha già ottenuto, nella seduta del 27 novembre 2014, parere favorevole dal CIRM/MiSE che ha ritenuto il programma dei lavori presentato congruo per gli aspetti sia tecnici che economici.

Il presente Progetto Definitivo è perciò stato sviluppato conformemente e a completamento del Progetto di Ricerca e Programma Lavori approvato dal CIRM/MiSE.

L’impianto in oggetto, configurato come impianto “Pilota”, è caratterizzato da soluzioni tecnologiche innovative e assenza di emissioni in atmosfera.

In particolare, le principali novità tecnologiche del progetto sono:

- utilizzo di pompe sommerse per l’estrazione del fluido geotermico e per prevenire la formazione delle incrostazioni da carbonato di calcio, che potrebbe complicare il funzionamento dell’impianto;
- utilizzo di fluidi refrigeranti (non infiammabili) per il ciclo termodinamico della centrale geotermica ORC;

- assetto cogenerativo con sfruttamento per usi agricoli del calore di condensazione a bassa temperatura tramite l'impiego di un componente ausiliario;
- ottimizzazione del ciclo termodinamico della macchina ORC volto a massimizzare il rendimento elettrico dell'impianto geotermoelettrico così da contenere le dimensioni dell'impianto e massimizzare lo sfruttamento della risorsa tale da garantire una potenza elettrica immessa in rete media annua pari a 5 MWe.
- utilizzazione di pozzi devianti per la minimizzazione dell'uso del suolo.

Scopo della presente Relazione è la definizione delle caratteristiche tecniche del progetto già presentato in data 27/10/2014 ad approvato dal CIRM/MiSE in data 27/11/2014.

## 1.1 **IL PERMESSO DI RICERCA E SCELTA DELL'AREA DI PRODUZIONE**

In *Figura 1.1a* si riporta l'estensione (5,04 km<sup>2</sup>) e l'ubicazione dell'area del Permesso di Ricerca di Risorse Geotermiche finalizzato alla sperimentazione di Impianti Pilota denominato "Casa del Corto", che interessa i comuni di: Piancastagnaio per circa 4,98 km<sup>2</sup>, San Casciano dei Bagni per circa 0,07 km<sup>2</sup> ed Abbadia San Salvatore per meno di 0,01 km<sup>2</sup>, questi ultimi per meno di 1 km<sup>2</sup>. Nella stessa figura sono anche individuate le opere facenti parte dell'Impianto Pilota (postazioni di perforazione ed impianto ORC) da cui si evince che esso sarà localizzato interamente nel territorio comunale di Piancastagnaio (SI).

Al fine di ridurre l'impatto ambientale atteso dalle opere in progetto si è deciso di ubicare l'impianto in aree già ampiamente antropizzate. Nello specifico, l'area della centrale con la postazione di perforazione dei tre pozzi di produzione è stata ubicata nelle immediate vicinanze dell'area industriale di Casa del Corto. L'area dei pozzi di reiniezione è invece posta in un'area costituita da una conca naturale, che ne nasconde la presenza riducendone l'impatto visivo.

In *Figura 1.1a* sono riportate anche le opere in oggetto.

I criteri generali che hanno ispirato la ricerca dei siti, oltre ad evitare il più possibile le aree vincolate, sono dettagliati al paragrafo 3.2.1.

## 1.2 **CARATTERISTICHE TECNICO-PROGETTUALI**

Il Progetto prevede la perforazione di tre pozzi (di cui due devianti) da una singola postazione di produzione e di 3 pozzi (di cui due devianti) dalla postazione di reiniezione, per un totale di sei pozzi. La profondità verticale attesa di fondo pozzo è di 2.000 metri e la temperatura stimata tra i 170 e 200 °C. In questa trattazione si assumerà una temperatura media di serbatoio pari a 180 °C.

Con questa nuova configurazione sarà possibile prelevare una portata di circa 460 t/h e, grazie al migliore rendimento della macchina ORC (dovuto ad una temperatura maggiore del fluido geotermico ed un'ottimizzazione del ciclo termodinamico), ricavare una potenza elettrica netta media annua immessa in rete di 5 MWe. I fluidi esausti, dopo lo scambio termico all'impianto pilota, verranno reiniettati nelle stesse formazioni geologiche di provenienza.

Tale configurazione impiantistica consentirà un ottimale sfruttamento energetico del serbatoio geotermico sotteso nell'area del Permesso di Ricerca "CASA DEL CORTO".

In particolare la definizione dell'elettrodotto è conforme all'accettazione da parte del Proponente, della proposta di connessione alla rete di Enel Distribuzione (09/04/2015).

La seguente tabella riassume le caratteristiche tecnico-progettuali dell'impianto Pilota.

**Tabella 1.2a** *Caratteristiche Tecnico Progettuali dell'Impianto Pilota*

CARATTERISTICHE TECNICHE-PROGETTUALI	
Potenza Elettrica Lorda	7,86 MWe
Potenza Elettrica Netta	5,0 MWe
Rendimento elettrico Lordo centrale ORC	14,80%
Ausiliari di centrale e pompe sommerse	2,86 MWe
Portata di Produzione	460 t/h
Temperatura di Produzione	180°C
Temperatura di Reiniezione	80°C
Produzione con pompa immersa e pressione di esercizio alla pressione di bolla degli incondensabili	60 bar a 180°C
Pozzi Produttivi	N°3
Portata di ciascun Pozzo Produttivo	150 t/h
Pozzi Reiniettivi	N°3
Distanza Media tra le zone di serbatoio Produttive e Reiniettive	1,2 km
Quota dell'impianto Pilota	320 m dal p.c.
Quota della Postazione di Produzione	320 m dal p.c.
Quota della Postazione di Reiniezione	340 m dal p.c.
Profondità dei Pozzi verticali	2.000 m dal p.c.
Profondità verticale dei Pozzi deviati / Scostamento Orizzontale	2.000 m dal p.c./ 400-900 m
Tubazione di Reiniezione	1.500 m
Elettrodotto MT per la connessione alla rete elettrica esistente.	5,3 km

## 2 **INQUADRAMENTO GEOTERMICO DI RIFERIMENTO DEL PROGETTO CASA DEL CORTO**

### 2.1 **INQUADRAMENTO GEOLOGICO**

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

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

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

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

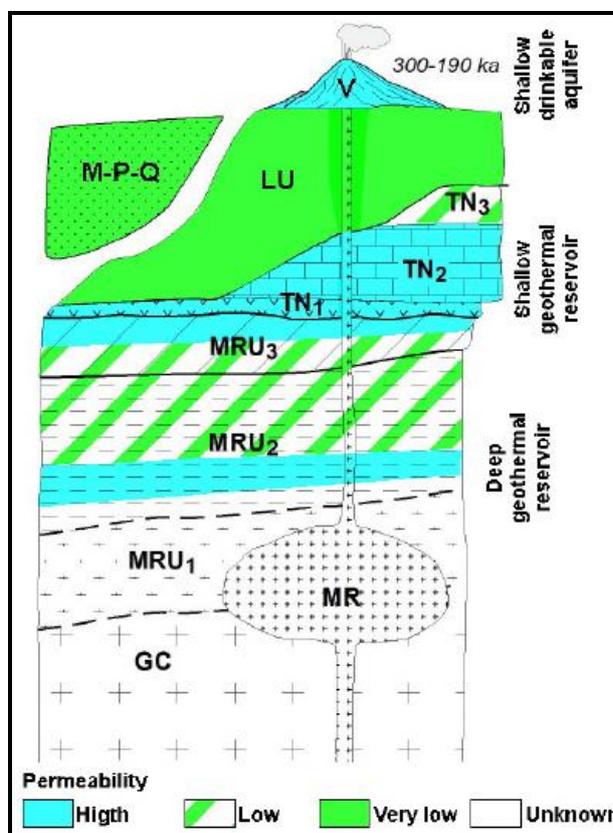
- Depositi vulcanici quaternari (5) comprendenti:
  - Complesso Vulcanico del Monte Amiata (lave da trachiti-daciti a olivinlatitiche, datate da 0,29 a 0,18 Ma - *Ferrari & Tonarini 1985; Ferrari et al., 1996*);
  - Trachibasalti e andesiti olivinlatitiche del vulcano di Radicofani (1,3 - 0,9 Ma);
 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



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

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

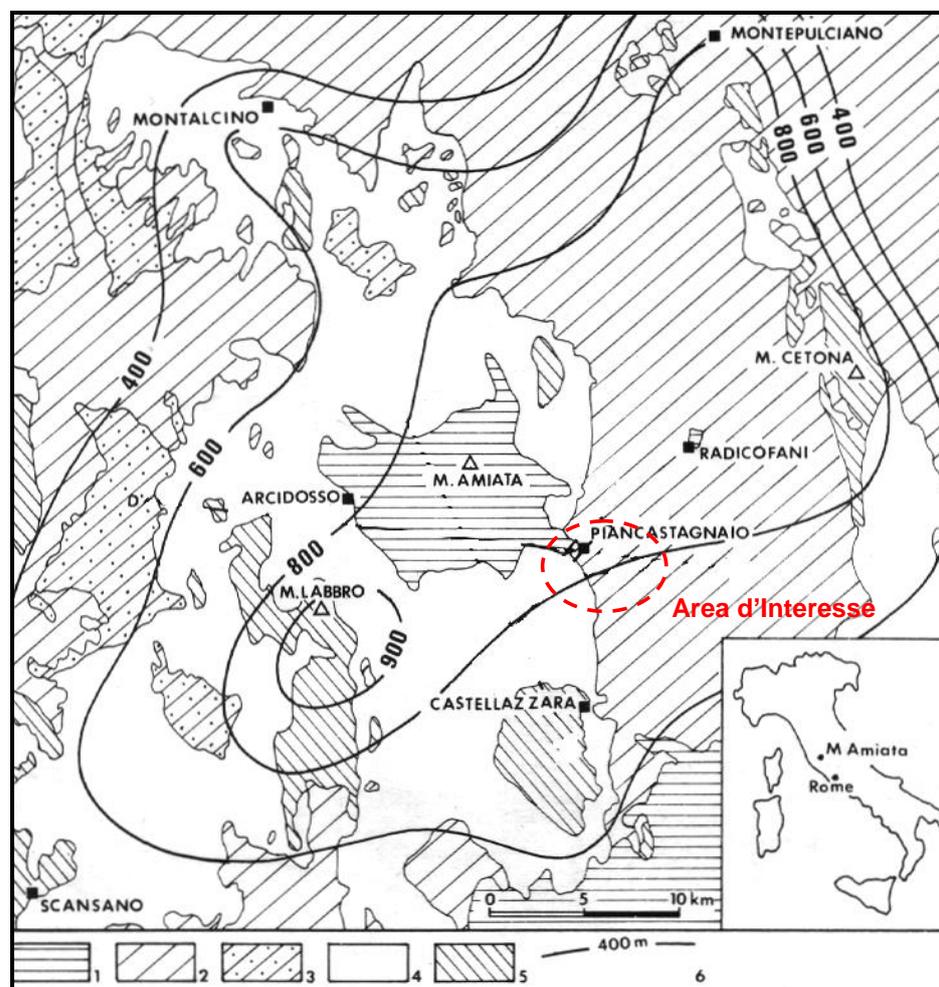
**Figura 2.1b Schema dei rapporti delle Principali Unità Tettoniche - Stratigrafiche (con indicazioni delle caratteristiche di Permeabilità (da Batini et al., 2003 con modifiche; Barelli et al., 2010)**



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

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

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



La zona occidentale dell'area, rappresentata in Figura 2.1a, è caratterizzata da una dorsale morfologica che si estende da Nord a Sud a partire di rilievi di Poggio Zoccolino (subito ad Ovest di Bagni San Filippo) fino a quelli di Monte

Rotondo, in prossimità di Castell'Azzara; questi rilievi sono costituiti da affioramenti delle formazioni della Unità Toscana.

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

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

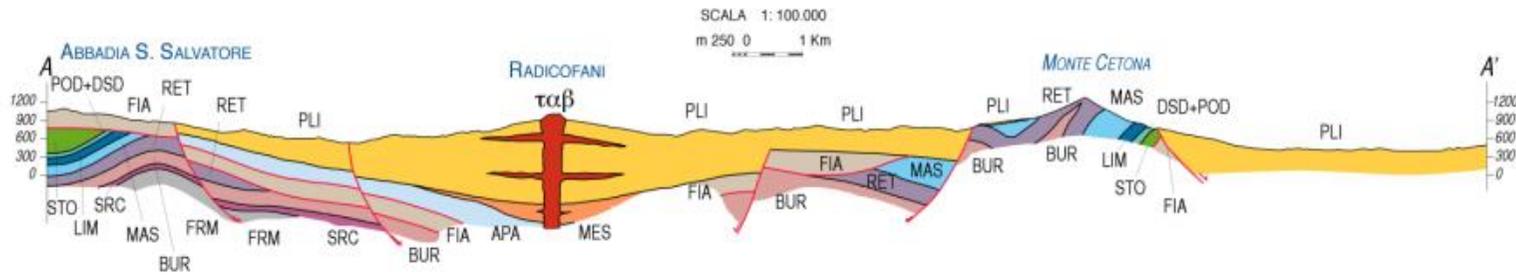
L'insieme del complesso edificio strutturale che ne è derivato è stato interessato, a partire dal Miocene medio superiore, da fenomeni estensionali con sistemi di faglie normali a basso angolo, che hanno disarticolato non solo le formazioni della Unità Toscana (nella quale sono presenti localmente vistose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

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

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

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

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



LEGENDA Sezione geologica a scala 1:100.000

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



## 2.2

**MODELLO GEOTERMICO DELL'AREA DEL PERMESSO DI RICERCA**

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

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

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

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

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

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

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

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



Figura 2.2a Sezione Geologica B – B'

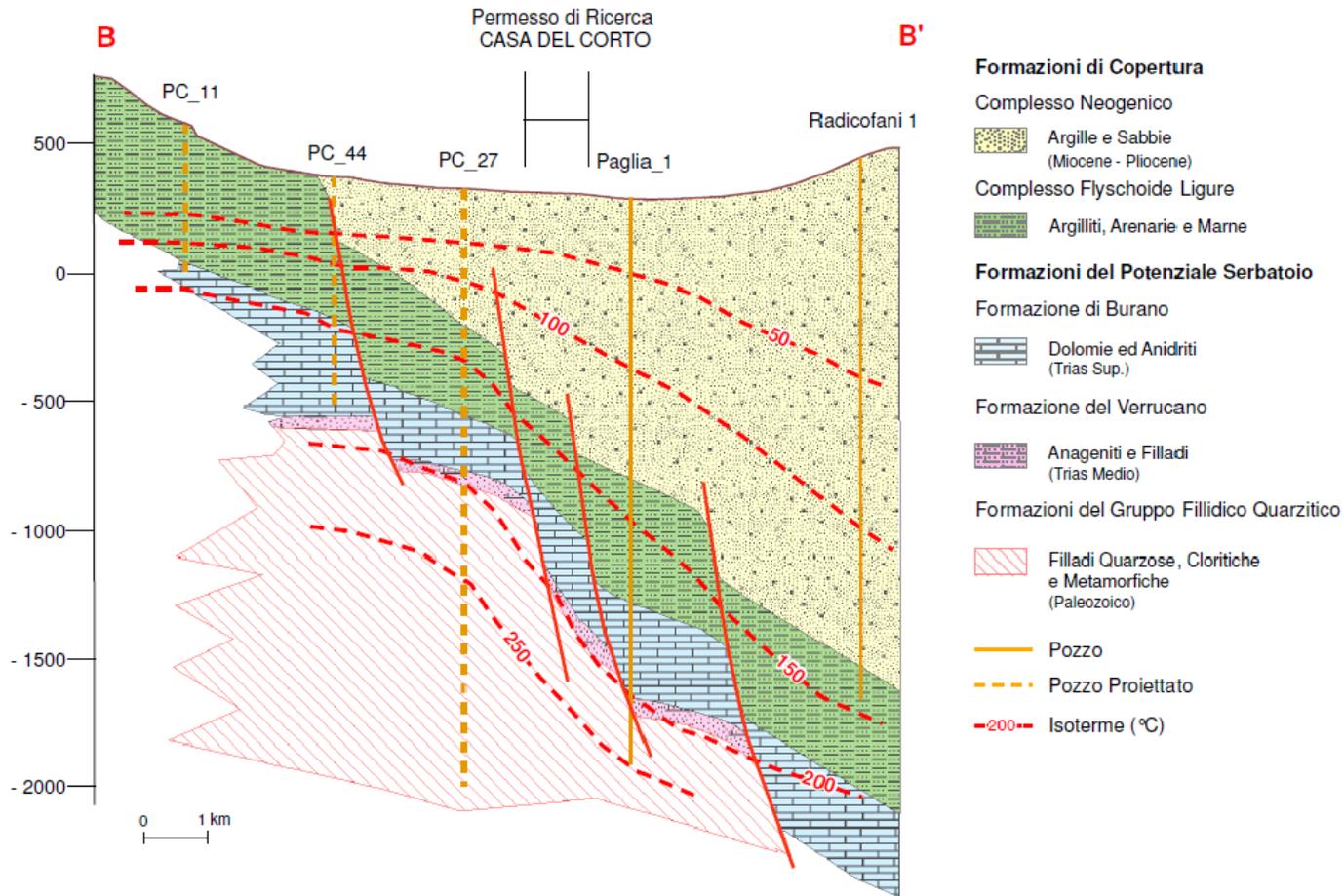
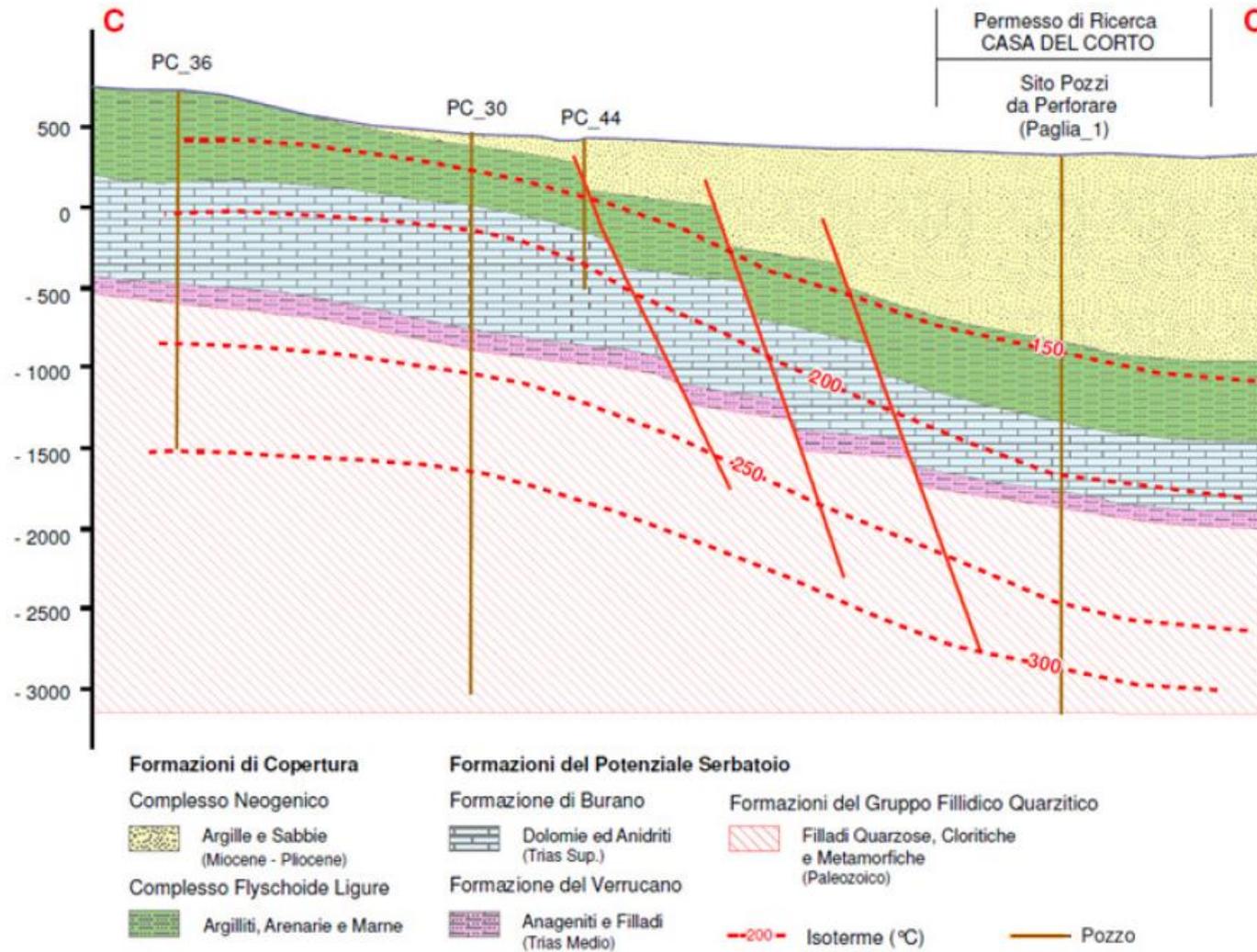


Figura 2.2b Sezione Geologica C – C'



L'unica linea sismica più vicina esistente è quella pubblicata (n. 13) in Bonini & Sani (2002) che, essendo più distante del vicino Pozzo Paglia 1, non fornisce migliori ed utili indicazioni estrapolabili verso l'area di interesse.

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

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

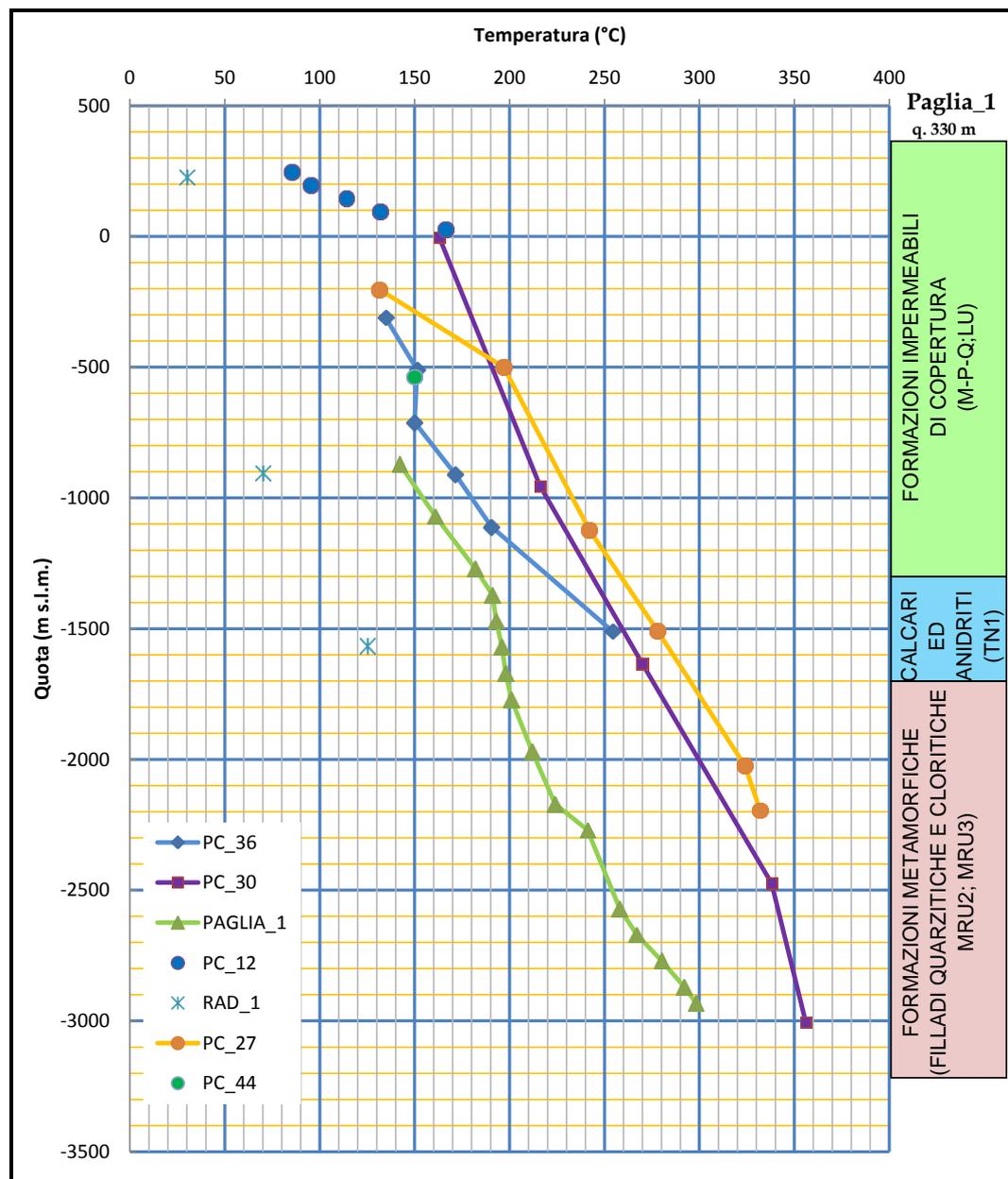
La Formazione di Burano nell'area costituisce un primo serbatoio geotermico, localmente permeabile e produttivo (175 - 200 °C, pozzi superficiali di Piancastagnaio). La sua temperatura rimane circa costante 175 - 180 °C anche ad Est del campo di Piancastagnaio (Baldi et al., 1993); da notare che, seguendo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

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

Nella zona di Piancastagnaio (ma anche in quella di Bagnore) è stato intercettato un secondo serbatoio più profondo (con profondità di poco maggiori di 2.000 m), all'interno delle formazioni metamorfiche, con temperature maggiori di 300 °C. Tale secondo serbatoio dovrebbe essere presente anche nell'area di interesse. I due serbatoi, quello più superficiale e quello profondo, seppur separati da un intervallo a permeabilità ridotta, risultano essere in equilibrio piezometrico (*Figura 2.2d - Barelli et al., 2010*).

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

**Figura 2.2c Assetto Termico Profondo dei Pozzi Vicini all'Area d'Interesse. I dati di temperatura sono stati tratti dall'Inventario delle Risorse Geotermiche (Enel 1987) ed adeguati con informazioni di altre pubblicazioni (v. bibliografia). La colonna stratigrafica del pozzo Paglia 1 deriva dalla lettura delle schede dell'Inventario sopra menzionato.**



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

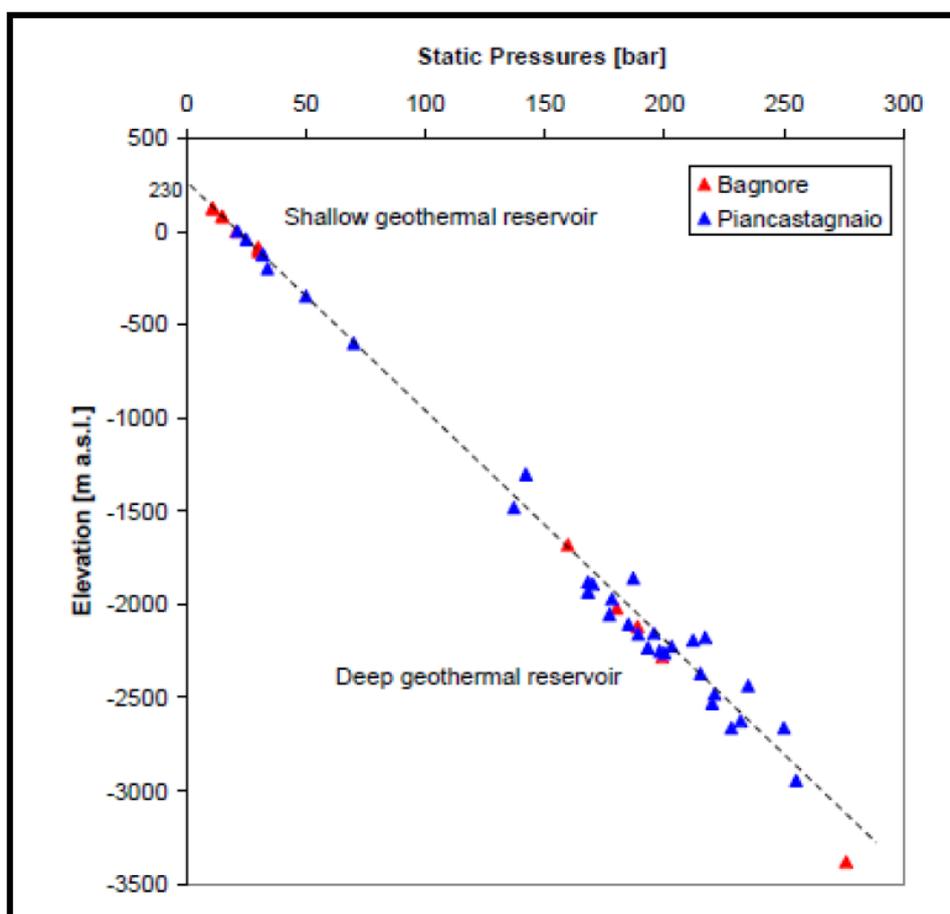
Per concludere, le rocce del primo serbatoio geotermico nell'area del Permesso di Ricerca "Casa del Corto", sulla base delle valutazioni effettuate in considerazione del pozzo Paglia 1, sono prevedibili ad una profondità di circa

1.600 m dal piano campagna (p.c.); tale serbatoio presenterebbe al tetto una temperatura di almeno 170 - 180 °C.

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

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

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



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

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

### 2.3

#### **STIMA CARATTERISTICHE PRODUTTIVE DEL CAMPO GEOTERMICO**

Sulla base di quanto sopra, in assenza di specifiche prospezioni superficiali di conferma all'interno del Permesso, il serbatoio geotermico può essere ipotizzato alla profondità di circa 1.500 m (1.400 - 1.600 m) dal piano campagna, considerando la possibile variabilità laterale dell'andamento geologico strutturale. L'insieme del serbatoio, come risulta dall'esame dei profili di temperatura del pozzo Paglia 1 che mostra una circolazione convettiva tra 1.600 e 2.000 m di profondità, potrà presentare una temperatura media di circa 180 °C e una pressione di serbatoio in equilibrio con la quota del livello piezometrico di 230 m s.l.m..

Poiché, la quota della postazione individuata per i pozzi di produzione è di 320 m s.l.m., il livello statico dei pozzi si attesterà intorno alla profondità di 90 m dal p.c..

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

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

### 2.4

#### **STIMA CARATTERISTICHE CHIMICHE DEL FLUIDO E TENDENZA ALL'INCROSTAZIONE**

Dalle considerazioni esposte al paragrafo precedente si può desumere che le caratteristiche chimiche del fluido saranno paragonabili alle caratteristiche del fluido riscontrato nel serbatoio di Piancastagnaio e, quindi, caratterizzate dalla presenza di ammoniaca ed elevate quantità di acido bórico (si veda Università di

Siena, 2008) e contenuti rilevanti di incondensabili (principalmente anidride carbonica).

In Cappetti et al., 1995 sono riportate le caratteristiche chimiche del pozzo Piancastagnaio 26, posto a circa 2,7 km a Nord-Ovest del Permesso di Ricerca, che produce fluido dal serbatoio profondo a 330 °C. Le analisi eseguite sul liquido separato a pressione atmosferica mostrano una chimica caratterizzata da contenuti di cloruro di sodio attorno a 5 gr/l, di acido borico oltre 10 gr/l, e dalla presenza di elevate quantità di silice (attorno a 700 mg/l) in condizioni di serbatoio.

Poco si conosce sull'eventuale arricchimento in carbonato di calcio e diminuzione nel contenuto di silice e acido borico che le minori temperature (rispetto al serbatoio profondo) che caratterizzano la porzione di serbatoio interessata dal presente progetto, indubbiamente favorirebbero. Si può pertanto ragionevolmente assumere una scarsa tendenza all'incrostazione da silice (ipotizzandone il contenuto pari a quello corrispondente alla solubilità del quarzo alla temperatura di 180 °C cioè circa 210 mg/l) ed una potenziale da carbonato di calcio che verrebbe favorito dalle basse temperature e dall'elevato contenuto di anidride carbonica.

L'eventuale tendenza alla precipitazione di carbonato di calcio potrebbe tuttavia essere combattuta con l'utilizzo di pompe immerse in grado di mantenere la pressione in tutto il circuito di sfruttamento superiore alla pressione di bolla del gas (si veda il paragrafo 2.4.1). Altra soluzione è l'iniezione di inibitori di incrostazione in pozzo, pratica ad oggi usata in molti campi geotermici, il cui approfondimento verrà eventualmente valutato nello sviluppo del progetto definitivo.

Anche la quantità di gas incondensabili presenti nel liquido del serbatoio dei pozzi di "Casa del Corto" potrebbe riferirsi o al primo serbatoio superficiale di Piancastagnaio (sfruttato fino agli anni 2000) o al serbatoio profondo.

E' molto probabile che, considerando la maggiore profondità del primo serbatoio nei pozzi del Permesso di Ricerca "Casa del Corto", l'interazione tra i due serbatoi e la minor temperatura (rispetto al serbatoio profondo) il contenuto di incondensabili risulti compreso tra i valori del sistema profondo e di quello superficiale.

Il contenuto di incondensabili nel liquido del serbatoio profondo può essere dedotto dalle misure di percentuale di gas nel vapore geotermico che alimenta le centrali di PC3, PC4 e PC5 riportandolo alle condizioni di serbatoio (liquido a circa 330 °C di temperatura). Le misure eseguite da ARPAT sulle Centrali indicano un contenuto medio di gas nel vapore di alimentazione alle centrali di circa l'8% in peso che, riportato alle condizioni di serbatoio, vale circa 1,8 % sul fluido totale.

Il contenuto di incondensabili presenti nel serbatoio superficiale può essere dedotto dai valori di pressione di anidride carbonica presenti all'inizio dello

sfruttamento del primo serbatoio di Piancastagnaio e che aveva circa 20 bar alla temperatura di 220 - 230 °C (*Barelli et al., 2010; Cappetti et al., 2010*).

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

Il contenuto di gas che ci si attende sarà pertanto compreso tra questi due valori (0,7 e 1,8%).

In sede progettuale si assume conservativamente il valore di 1,8%, che sarebbe da attribuire più ad un secondo e più profondo serbatoio che non al primo serbatoio; nell'area del permesso Casa del Corto, il primo serbatoio (oggetto del progetto) si colloca ad una profondità intermedia, se riferita a quelle dei serbatoi del campo geotermico di Piancastagnaio.

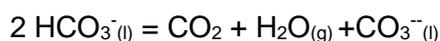
#### 2.4.1 **Considerazioni sulla Possibilità di Incrostazioni**

Come sopra riportato, in considerazione della temperatura e delle caratteristiche del serbatoio, si potrebbe verificare la possibilità di incrostazioni in pozzo e negli impianti di superficie per la precipitazione di carbonato di calcio.

Il fenomeno di scaling da carbonato di calcio si origina, infatti, dal fatto che la soluzione nel serbatoio è satura in ioni  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  e  $\text{CO}_3^{--}$  essendo in equilibrio con un gas (prevalentemente anidride carbonica).

La produzione di fluido con flash in pozzo provoca la diminuzione della pressione che passa da valori dell'ordine di 140 bar, presenti nel serbatoio, a valori di circa 8-9 bar dell'erogazione spontanea in superficie.

Tale abbassamento di pressione provoca lo spostamento sulla destra del seguente equilibrio:



Quindi, l'aumento di concentrazione degli ioni  $\text{CO}_3^{--}$ , che fa superare il prodotto di solubilità della calcite provocandone la deposizione.

Una discussione più dettagliata degli equilibri chimici è riportata in bibliografia (*Corsi, 1986 e 1987e Michels, 1981*).

Tali incrostazioni possono essere prevenute mantenendo la pressione, in tutto il circuito utilizzatore, a valori tali per cui gli incondensabili presenti nel fluido geotermico rimangano disciolti nel liquido (circa 60 bar), impedendo l'evoluzione dell'anidride carbonica dalla soluzione e mantenendo liquido il fluido uscente dai pozzi produttivi.

Un'altra possibile soluzione impiegata per controllare i fenomeni di incrostazione è l'iniezione di inibitori in pozzo (*Corsi, Culivicchi, Sabatelli, 1985*). Tale sistema

presuppone, tuttavia, la ricompressione e la reiniezione del gas incondensabile per mantenere la caratteristica di progetto di emissione nulla.

Per i diversi metodi di trattamento delle incrostazioni si rimanda a *R. Corsi 1986, 1987*.

Nel presente progetto si propone, salvo ulteriori verifiche da effettuare per la reiniezione dei gas incondensabili, l'utilizzazione di una pompa immersa, che mantenga in tutto il circuito di sfruttamento del calore una pressione sempre maggiore della pressione alla quale l'anidride carbonica, disciolta nella soluzione geotermica, si libera. In questo modo, sarà possibile impedire in ogni punto del circuito la deposizione di incrostazioni e la liberazione del gas fino alla reiniezione finale.

Un potenziale problema connesso allo sfruttamento dell'energia geotermica è, inoltre, dato dalla possibilità di formazione di incrostazioni derivanti dalla precipitazione di silice amorfa a seguito della diminuzione di temperatura connessa allo sfruttamento (*Corsi R. 1986, 1987*). I problemi di incrostazione da silice sono soprattutto presenti in campi ad alta temperatura i cui fluidi contengono quantità rilevanti di silice, generalmente saturi in quarzo alla temperatura di serbatoio.

Poiché la cinetica di deposizione della silice amorfa è lenta, in quasi tutti i campi geotermici ad alta temperatura è tollerabile una leggera sovra saturazione, in quanto, la lentezza della deposizione non permette la formazione di incrostazioni rilevanti.

Nel caso particolare del sistema geotermico di "Casa del Corto" la temperatura del serbatoio prevista (circa 180 °C) permette la dissoluzione di una quantità di silice piuttosto modesta: la concentrazione di silice di equilibrio a 180 °C, è di circa 210 ppm (*Revised Quartz Solubility Temperature Dependence Equation along the water-vapor saturation curve Mahendra P. Verma Geotermia, Proceedings WGC 2000 Kyushu Japan*).

Tale valore di 210 mg/l deve essere confrontato con la concentrazione di saturazione ricavata dalle pubblicazioni di *Gunnarson and Arnorsson, 2000* e *Fournier and Rowe, 1973*, riportata nella seguente *Tabella 2.4.1a*.

**Tabella 2.4.1a Concentrazioni di Equilibrio di Silice Amorfa in Soluzioni Acquose (*Gunnarson and Arnorsson 2001 and Fournier and Rowe 1973*)**

Temperatura °C	Solubilità secondo Gunnarson and Arnorsson 2000 mg/l	Solubilità secondo Fournier & Rowe 1977 mg/l
40	122,8	152,9
50	146,1	180,7
60	172,0	211,3
70	200,4	244,8
80	231,5	281,3
90	265,1	320,8

Temperatura °C	Solubilità secondo Gunnarson and Arnorsson 2000 mg/l	Solubilità secondo Fournier & Rowe 1977 mg/l
100	301,2	363,3
110	339,5	408,7
120	380,0	457,0
130	422,6	508,3
140	466,9	562,4
150	512,7	619,3
160	559,9	678,9
170	608,1	741,1
180	657,0	806,0
190	706,4	873,3

Come si può notare a 80 °C la concentrazione di saturazione è superiore a 220mg/l con entrambe le correlazioni. Se ne deduce che anche a temperature dell'ordine di 70 °C non si verificheranno incrostazioni da silice e che le temperature di reiniezione potranno essere di 70 – 80 °C.

## 2.5 CRITERI DI PRODUZIONE E OBIETTIVI DELL'IMPIANTO PILOTA

La risorsa geotermica disponibile, di elevata potenzialità, è in grado di sostenere emungimento e reiniezione adeguati alla produzione di circa 5 MW elettrici.

Per un'efficace coltivazione della risorsa è necessario superare il problema legato alla quantità di gas incondensabili presenti e alla deposizione del carbonato di calcio nelle apparecchiature a contatto con il fluido geotermico: è necessaria pertanto una tecnologia innovativa che eviti emissioni di gas incondensabili in atmosfera e superi le problematiche legate ai fenomeni di scaling.

Il presente progetto si propone di realizzare un impianto pilota che superi i problemi riportati e che testimoni l'affidabilità della soluzione scelta.

Oltre ai vincoli "geologici", si è proceduto all'ubicazione dei pozzi e dell'impianto sperimentale esaminando anche i vincoli ambientali come discusso nel successivo Capitolo 3.

### 2.5.1 Scelta del Numero e dell'Ubicazione dei Pozzi

Considerate le caratteristiche geotermiche sopra delineate, in particolare la temperatura e pressione dei fluidi di serbatoio e l'estensione del Permesso di Ricerca, ci si è posti l'obiettivo di verificare in prima approssimazione la possibilità di poter eseguire la sperimentazione su un impianto pilota da 5 MW medi annui immessi in rete.

Considerando le condizioni di pressione e temperatura del serbatoio, il contenuto di gas incondensabili e i profili tecnici dei pozzi di cui al paragrafo 4, si sono calcolate le curve caratteristiche dei pozzi per diversi valori di produttività utilizzando il simulatore descritto in *Barelli et al. 1981*. Si è potuto verificare che i pozzi naturalmente sono in grado di produrre tra 150 e 250 t/h con flash in pozzo (60 bar) a circa 900 m di profondità.

Al fine di mantenere il fluido geotermico liquido ad una pressione superiore rispetto alla pressione di bolla del gas incondensabile sarà necessario posizionare le pompe immerse alla profondità di circa 900 m con una prevalenza di circa 90 bar e quindi con una potenza specifica di circa 400kW/100T/h.

La portata di fluido geotermico necessaria per alimentare un gruppo ORC in grado di produrre 5 MW medi netti sarà quindi pari a circa 460 t/h.

Si prevede pertanto la necessità di utilizzare 3 pozzi produttivi e 3 reiniettivi.

Considerando i vincoli ambientali presenti nella zona (si veda il successivo Capitolo) si ritiene opportuno perforare i pozzi utilizzando il minor spazio possibile e evitando nei limiti del possibile interferenze con le abitazioni.

Si è perciò ipotizzato di utilizzare due sole postazioni su cui perforare tre pozzi produttivi e tre iniettivi (*Figura 1.1*) come descritto al successivo Capitolo 3.

## 2.5.2

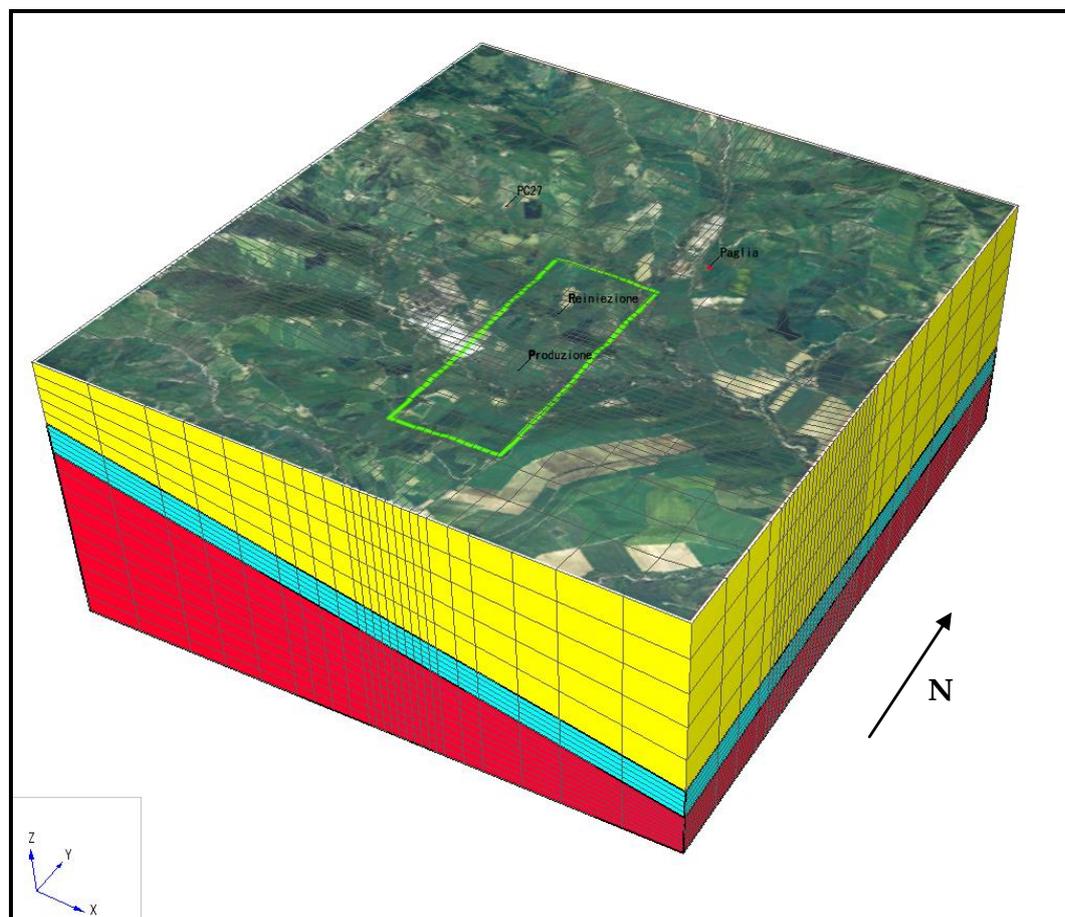
### ***Previsione degli effetti della produzione/reiniezione sul comportamento del sistema geotermico***

Per determinare le risposte del serbatoio geotermico, derivanti dall'attività di produzione e reiniezione del fluido, è stato utilizzato il codice di calcolo TOUGH 2 (*Pruess, 1991*) utilizzando come dati di input i dati geologici, idrogeologici e geotermici riportati nel presente capitolo.

Al fine di ricomprendere i pozzi già perforati e imporre condizioni al contorno non influenzate dalle eventuali produzioni si è modellato il volume di serbatoio geotermico sottostante un'area 72 km<sup>2</sup> (9 X 8 km), all'interno della quale è compresa l'area di 5 km<sup>2</sup> del Permesso Casa del Corto. Il volume è stato suddiviso in 18.500 celle infittendo la griglia in prossimità della zona interessata dalla coltivazione geotermica.

In altre parole è stato ricostruito il Modello Geologico Tridimensionale schematico (*Figura 2.5.2a*) dell'intero spessore del serbatoio (Formazione di Burano in celeste in figura), in accordo con quanto descritto nei precedenti paragrafi.

**Figura 2.5.2a** *Modello Geologico Tridimensionale di Riferimento con la Discretizzazione in 18.500 Celle (in verde il perimetro del Permesso di Ricerca "Casa del Corto").*



In particolare, i principali parametri considerati per la modellazione del serbatoio sono: la permeabilità pari a  $5 \text{ E-}14 \text{ m}^2$ , porosità 2%, conducibilità termica  $6 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ .

E' stata attribuita una temperatura di  $180 \text{ }^\circ\text{C}$  al layer immediatamente sovrastante il tetto del serbatoio ed una temperatura pari a  $300 \text{ }^\circ\text{C}$  alla base dell'intero volume modellato.

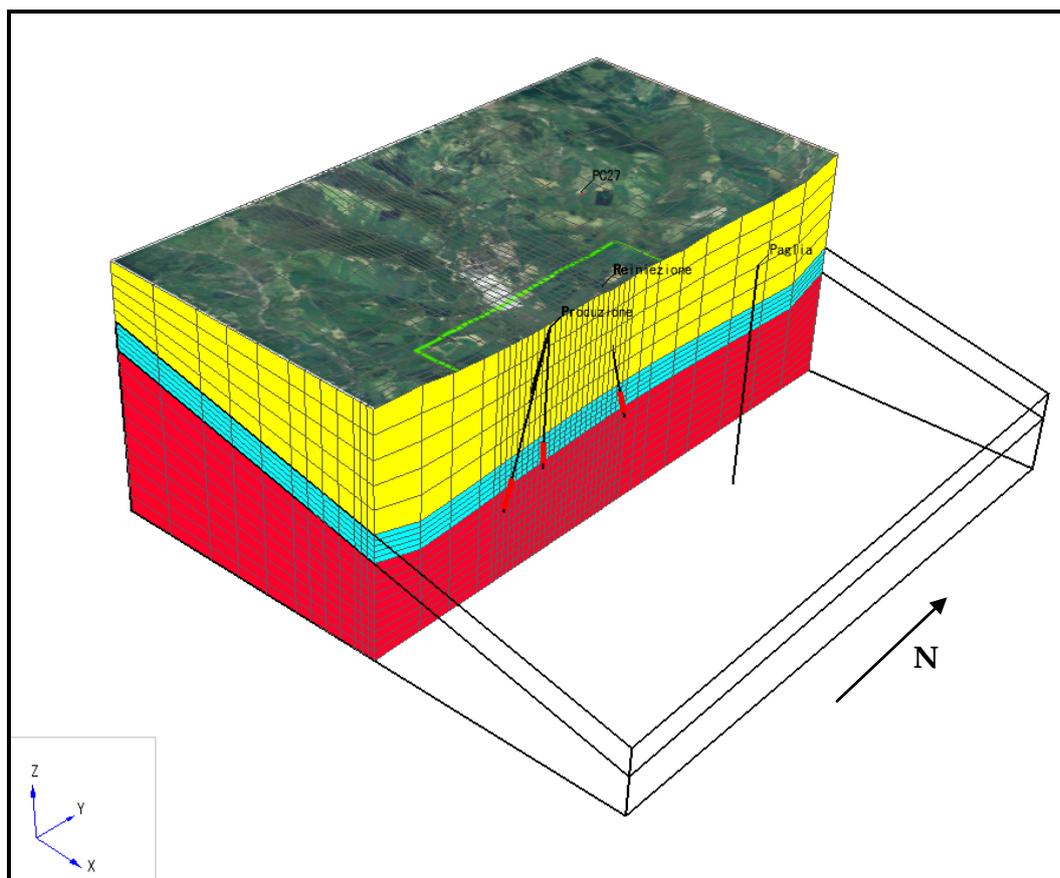
Per la definizione della pressione iniziale è stata definita una funzione che ricalcola il valore con la profondità a partire da un livello idrostatico pari a  $+ 230 \text{ m s.l.m.}$

I valori di temperatura e pressione restituiti dal modello, dopo un tempo di simulazione di 1.000.000 di anni, sono stati confrontati con quelli misurati nel vicino pozzo Paglia 1 e nel pozzo PC 27 (considerato questo come rappresentativo delle caratteristiche del limitrofo campo geotermico di Piancastagnaio).

Una volta ottenuto il modello numerico più rappresentativo delle condizioni naturali, questo è stato perturbato mediante l'aggiunta dei tre pozzi di produzione

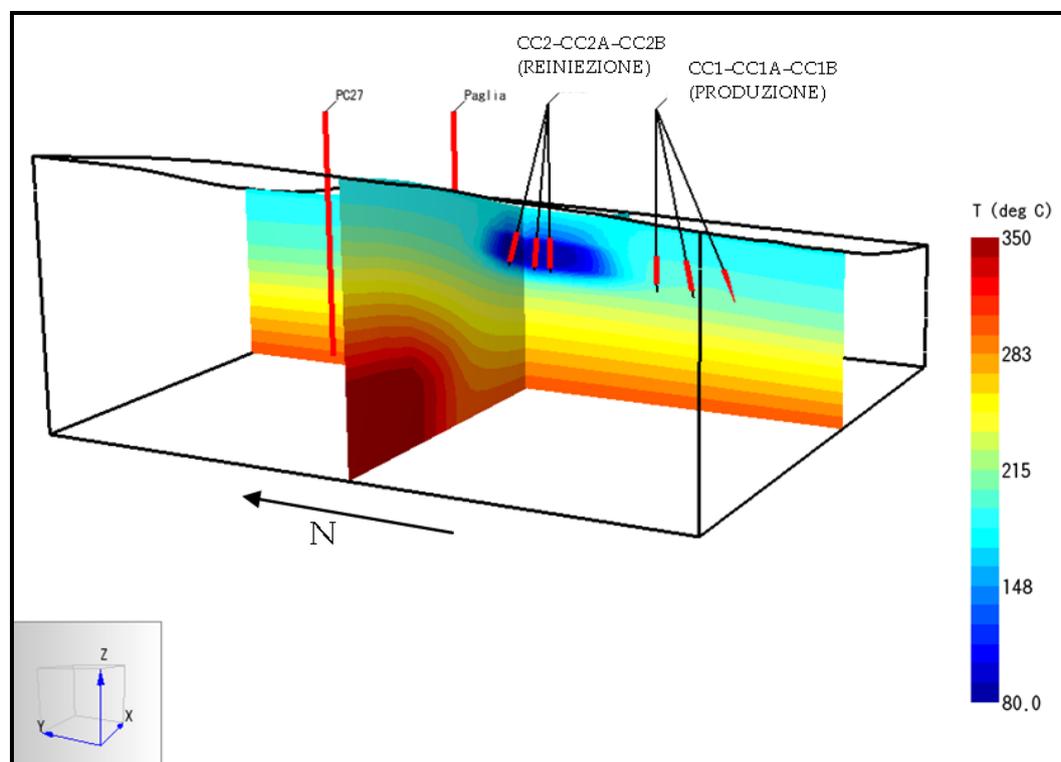
e dei tre pozzi di reiniezione di progetto (*Figura 2.5.2b*), considerando una portata di ogni pozzo di produzione pari a 150 t/h, una portata di reiniezione per ogni pozzo pari a 150 t/h ed una temperatura di reiniezione pari a 80 °C.

**Figura 2.5.2b Sezione Rappresentativa del Modello Geologico Tridimensionale di Riferimento Passante per le Postazioni di Produzione e di Reiniezione in Progetto (le parti in rosso delle traiettorie dei pozzi rappresentano l'attraversamento dello spessore del serbatoio geotermico).**



La modellazione numerica mostra che la temperatura del fluido geotermico nella parte produttiva del serbatoio rimane sostanzialmente la stessa per un periodo superiore a 50 anni, nonostante la reiniezione di fluido raffreddato nei pozzi del polo reiniettivo. A titolo illustrativo la Figura 2.5.2c mostra che dopo 100 anni la propagazione del disturbo termico, non ha ancora raggiunto la zona del serbatoio interessata dai pozzi di produzione.

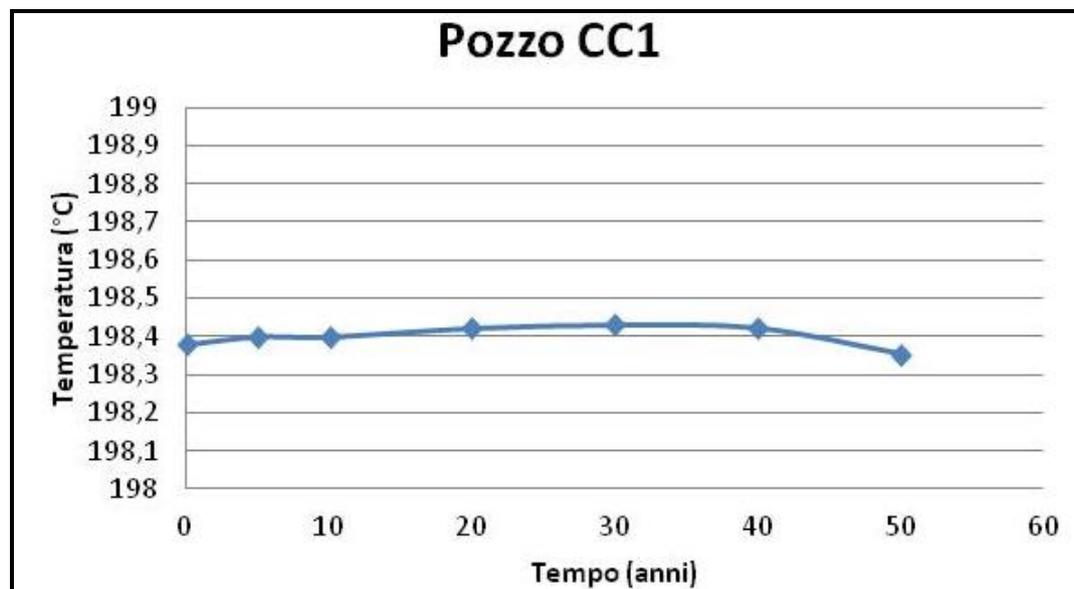
**Figura 2.5.2c** Distribuzione delle Temperature dopo 100 anni dall'inizio della coltivazione, con produzione e reiniezione, rappresentate su due sezioni passanti in prossimità dei pozzi di processo (in blu il disturbo termico indotto dalla reiniezione, 80 °C).



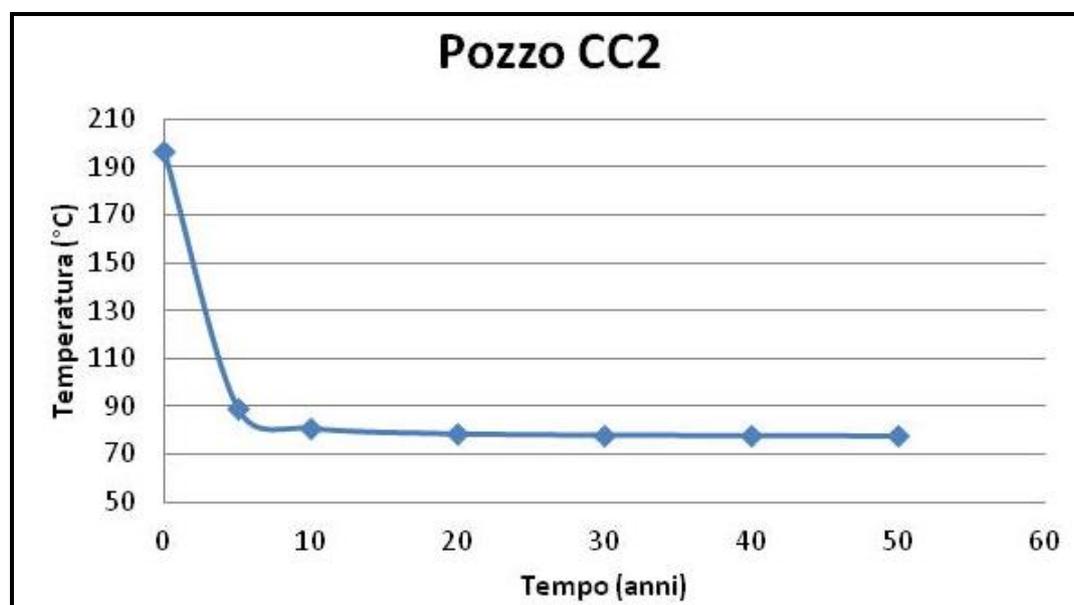
In particolare, i pozzi di produzione mostrano una temperatura di emungimento di circa 198 °C (restituita dal modello in accordo con le temperature misurate nel vicino pozzo Paglia 1), che rimane costante nel lungo periodo, con una diminuzione trascurabile minore di 1 °C in 50 anni. In Figura 2.5.2d è rappresentato l'andamento della temperatura nel pozzo verticale CC1.

La reiniezione crea una perturbazione termica nell'intorno dei pozzi reiniettivi, infatti, la porzione di serbatoio interessata perde circa 100 °C in 5 anni e si stabilizza sugli 80 °C in 10 anni (Figura 2.5.2e).

**Figura 2.5.2d Andamento nel Tempo della Temperatura in corrispondenza della cella centrale del serbatoio intercettato dal pozzo Produzione Verticale CC1.**



**Figura 2.5.2e Andamento nel Tempo della Temperatura in corrispondenza della cella centrale del serbatoio intercettato dal pozzo Reiniettivo Verticale CC2.**



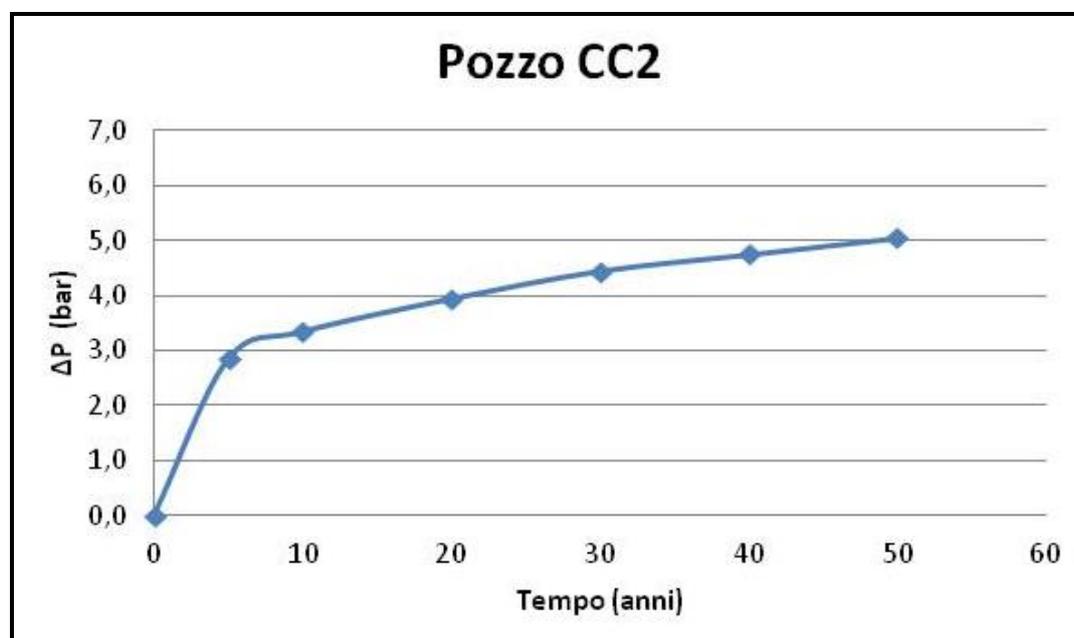
La totale movimentazione di fluido genera nelle porzioni di serbatoio interessate modeste variazioni di pressioni nel tempo.

Infatti, nella zona di reiniezione si riscontrano incrementi di pressione di circa 3 bar a 10 anni e 4.5 bar a 25 anni (Figura 2.5.2f).

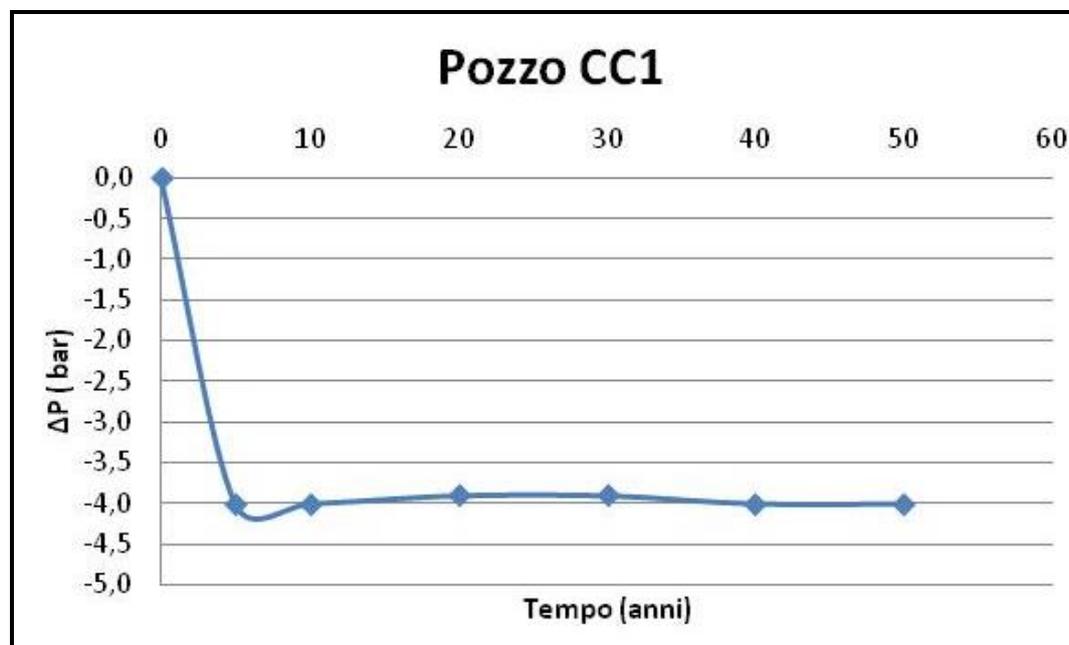
Nella zona di produzione si rileva una analoga diminuzione di pressione, pari a circa 4 bar in 5 anni; successivamente la pressione rimane stabilizzata nel tempo (Figura 2.5.2g).

La modellazione effettuata in buona approssimazione conferma la sostenibilità temporale della produzione e reiniezione del fluido per il tempo di progetto (25 - 30 anni), con circa 150 t/h di fluido per ogni pozzo ad una temperatura di emungimento che rimane costante a circa 190 °C, senza risentire del disturbo termico della stessa portata di reiniezione fredda a 80 °C. La coltivazione del serbatoio geotermico descritta comporta in produzione e reiniezione disturbi di pressione modesti di soli 4 -5 bar.

**Figura 2.5.2f** *Andamento nel Tempo della variazione di Pressione in corrispondenza delle celle del serbatoio intercettate dal pozzo Reiniettivo Verticale CC2*



**Figura 2.5.2g Andamento nel Tempo della variazione di Pressione in corrispondenza delle celle del serbatoio intercettate dal pozzo Produttivo Verticale CC1**



### 2.5.3

#### **Sismicità Indotta e Subsidenza**

##### Sismicità Indotta

Le attività geotermiche possono essere generalmente associate a variazioni del campo di sforzi locali che agisce nella crosta superficiale (generalmente nello strato di interesse dei pozzi di produzione e reiniezione, tra 1 e 4 km di profondità), con modesta influenza sull'attività microsismica nelle aree di sfruttamento. Gli eventi microsismici associati a queste attività sono generalmente di bassa magnitudo (inferiore a 2.0) e, tranne in casi particolari, difficilmente avvertiti dalla popolazione. L'effetto principale riguarda la variazione dello stress nelle rocce intorno al reservoir e la variazione di pressione di poro nelle rocce, in particolare a seguito dei processi di reiniezione dei fluidi utilizzati per la produzione di energia.

Le modellazioni numeriche del serbatoio geotermico di "Casa del Corto" (*Allegato 4*) mostrano che nella zona di reiniezione, dopo 22 anni di sfruttamento, l'incremento di pressione di 0,3 MPa è contenuto all'interno di un volume pari a  $2.67 \cdot 10^7 \text{ m}^3$ , mentre dopo 50 anni, la stessa sovra-pressione è contenuta all'interno di un volume pari a  $1.01 \cdot 10^8 \text{ m}^3$ .

La magnitudo massima stimata, per terremoti indotti dall'attività di reiniezione dell'impianto geotermico di "Casa del Corto", per valori di stress drop pari a 5 bar è pari a 2.4 dopo 22 anni.

La valutazione sulla magnitudo massima dei terremoti indotti dall'attività di reiniezione dei condensati in pozzo, è estremamente cautelativa in quanto la soglia di pressione assunta, tuttavia, potrebbe essere inferiore a quella effettiva, così come evidenziato in molti casi reali di reiniezione dei fluidi. In questo caso i volumi sismogenetici perturbati dal campo di pressione potrebbero essere inferiori e di conseguenza anche le magnitudo massime attese.

Inoltre, è da tener presente che si è assunto il caso peggiore, e meno probabile, in cui la superficie di una faglia attraversa la sezione massima del volume in cui si oltrepassa la soglia minima d'incremento di pressione.

Per maggiori dettagli e specifiche si rimanda all'*Allegato 5* al presente documento.

### Subsidenza

In superficie, l'effetto di rimozione dei fluidi si può tradurre nel fenomeno della "subsidenza" del suolo, ovvero nell'abbassamento della superficie topografica; mentre l'effetto della reiniezione di fluidi all'interno del serbatoio geotermico, al contrario, può provocare un innalzamento della superficie topografica.

A seguito della modellazione numerica effettuata, la subsidenza massima stimata per il caso esaminato è dell'ordine dei 2 cm, dopo 22 e 50 anni di tempo simulato, in corrispondenza dell'area posta al disopra del fondo pozzo dei pozzi produttivi. Il sollevamento, che può verificarsi in corrispondenza dell'area posta al disopra del fondo pozzo reiniettivo, risulta essere pari a circa 2 cm per lo stesso tempo simulato.

Per maggiori dettagli e specifiche si rimanda all'*Allegato 5* al presente documento.

## **2.5.4 Pressione di Reiniezione e di Produzione**

### *Aspetti tecnici preliminari*

Dal punto di vista tecnico, per sovrappressione di reiniezione si intende il maggior valore di pressione, rispetto alla condizione statica, che si determina in prossimità delle fratture assorbenti a seguito dell'immissione della portata di reiniezione. Analogamente per abbassamento di pressione in produzione si indica il minor valore di pressione, rispetto alla condizione statica, che si verifica a seguito della produzione della portata dai pozzi produttori.

In gergo tecnico la portata assorbita per unità di pressione in condizione stabilizzate sulla frattura è chiamata *iniettività del pozzo* (t/h/bar) e, analogamente, la portata prodotta per un abbassamento di un bar della pressione di serbatoio è detta *indice di produttività* (t/h/bar).

Le caratteristiche iniettive del pozzo permettono di determinare univocamente per ogni valore di portata, la maggior pressione necessaria a smaltire il flusso.

### *Valori di Pressione di Re-Iniezione e Produzione*

Il valore di produttività/iniettività dei pozzi, ricavata dalla modellazione numerica è dell'ordine di 35 ton/h/bar in condizioni stabilizzate. Questo comporta che, alla portata di progetto (circa 150 t/h per pozzo), la sovrappressione che si stabilirà alla frattura per consentire l'iniezione del fluido geotermico sarà di circa 4,5 bar.

In condizioni di esercizio, il livello dinamico in pozzo presenterà un innalzamento in reiniezione ed un abbassamento in produzione di circa 40-50 m come precedentemente mostrato dalla modellazione numerica.



### 3 **CONDIZIONI LOCALI E COLLOCAZIONE DELL'IMPIANTO**

#### 3.1 **CARATTERIZZAZIONE DELLE CONDIZIONI LOCALI**

Le opere in progetto interessano esclusivamente il territorio comunale di Piancastagnaio, il quale, situato nell'area Sud-orientale della Toscana, confina a nord con altri tre comuni della Provincia di Siena: Abbadia San Salvatore, Radicofani e San Casciano dei Bagni, ad est con il Comune di Proceno appartenente alla Provincia di Viterbo (Lazio), a sud con Castell'Azzara (Provincia di Grosseto) e ad ovest con Santa Fiora (Provincia di Siena).

Il comune di Piancastagnaio è nell'estremo Sud-Est della provincia di Siena e si trova nel punto di fusione tra la parte debolmente collinare della Valle del Fiume Paglia e il territorio montuoso e boschivo del Monte Amiata.

L'area di ricerca si colloca a Sud-Est rispetto il centro urbano di Piancastagnaio; è un rettangolo di 5,04 km<sup>2</sup> di area attraversato da una serie di fossati minori ed impluvi che corrono in direzione Est-Ovest portando le loro acque verso il Torrente Paglia incidendo e definendo piccole valli collinari. La Strada Provinciale 18 divide a metà l'area rettangolare e la collega al centro urbano di Piancastagnaio. Il territorio è destinato prevalentemente ad uso agricolo e in parte occupato dal bosco ripariale intorno il Torrente Senna e dalla vegetazione boschiva residua lungo gli affluenti del Torrente Paglia.

L'area di progetto dove sarà collocata la centrale e i pozzi di produzione è situata nei pressi dei ruderi del podere di Valle Caldina su una porzione di terreno compreso tra la Strada Provinciale 18 a Nord, il bosco ripariale del torrente Senna a Sud-Est e la stradina sterrata che conduceva al Podere di Valle Caldina ad Ovest.

I pozzi di reiniezione sono collocati a nord lungo la Strada Comunale delle Sugherelle tra i poderi di San Giuseppe e San Virgilio, sotto il Fosso di Rigosanto.

Oggi tutte queste aree, all'interno delle decisioni dello strumento comunale vigente sono classificate come:

- l'area dove ricade la centrale e i pozzi di produzione ha destinazione orto-floro-vivaistica, (questo per la presenza delle serre floro-vivaistiche dell'azienda Floramiata che è proprietaria dall'area di progetto);
- l'area dove sono dislocati i pozzi di riniezione è classificata come zona a prato, pascolo e seminativo.

## 3.1.1

**Climatologia**

La Toscana è una regione che presenta tipicamente un clima Mediterraneo, lungo le coste, che assume attributi progressivamente continentali verso le pianure e le vallate interne. Le maggiori cime Appenniniche della Toscana sono caratterizzate da un clima tipico di alta montagna. La complessa orografia determina comunque forti differenze microclimatiche all'interno della Toscana anche tra aree vicine soprattutto in relazione all'esposizione dei venti predominanti.

Le temperature sono influenzate dalla presenza mitigatrice del Mar Tirreno sulle coste e sulle zone sublitoranee. Le estati sono calde con valori che superano diffusamente i 30°C e che in corrispondenza delle ondate di calore spesso superano i 35°C, con le vallate e le pianure interne che tendono ad essere in assoluto le aree con i picchi termici maggiori della Regione. Sui rilievi il clima è mitigato dall'altitudine e vi si trovano nottate fresche e giornate non troppo calde, mentre sulle coste un ruolo importante lo giocano le brezze che moderano gli eccessi di caldo.

Nelle seguenti tabelle si riportano gli andamenti dei dati climatici medi, rilevati nel periodo 1993-2010, presso la stazione agrometeorologica di Piancastagnaio.

**Tabella 3.1.1a Temperatura Media – Elaborazione Mensile dei Dati Rilevati dalla Stazione Agrometeorologica “Piancastagnaio” (1993-2010)**

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
<b>Valore medio</b>	5,0	5,5	8,2	11,0	15,6	19,6	22,6	22,5	17,6	13,8	9,0	5,7	13,0
<b>Valore massimo</b>	12,8	11,6	15,7	17,8	22,9	26,2	28,6	29,4	25,0	21,0	17,3	13,6	29,4
<b>Valore minimo</b>	-3,6	-1,4	-3,2	1,9	8,7	10,4	14,0	14,0	10,8	2,4	-0,3	-5,0	-5,0

I dati termometrici relativi al periodo 1993-2010 mostrano che la temperatura media annua presso la stazione di Piancastagnaio raggiunge i 13 °C, con variazioni mensili da un minimo invernale di -5 °C nel mese di dicembre ad un massimo estivo di circa 29,4 °C nel mese di agosto.

**Tabella 3.1.1b Precipitazioni Totali – Elaborazione Mensile dei Dati Rilevati dalla Stazione Agrometeorologica “Piancastagnaio” (1993-2010)**

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
<b>Valore medio</b>	77,0	70,9	59,7	70,3	63,0	49,2	31,8	47,0	98,6	86,7	133,3	116,2	903,7
<b>Valore massimo giornaliero</b>	110,0	53,0	35,5	45,0	54,5	99,0	106,0	68,4	113,0	75,0	94,6	87,0	113,0

I dati pluviometrici mostrano un valore medio annuo di precipitazioni totali pari a 903,7 mm; il regime pluviometrico è caratterizzato da un minimo estivo, che cade di norma in luglio ed un massimo autunnale in novembre.

**3.1.2****Sismicità****3.1.2.1****Analisi sismica**

L'aggiornamento della classificazione sismica della Toscana, a sei anni di distanza dall'entrata in vigore della precedente classificazione, è stata approvata con Deliberazione di Giunta Regionale n° 878 del 8/10/2012 (pubblicata su BURT Parte Seconda n. 43 del 24.10.2012 Supplemento n. 136).

L'aggiornamento, redatto ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 3519/2006, si è reso necessario al fine di recepire le novità introdotte dall'entrata in vigore delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC2008) e di rendere la classificazione sismica (riferimento per la disciplina dei controlli sui progetti depositati presso gli Uffici tecnici regionali preposti), maggiormente aderente all'approccio "sito-dipendente" introdotto dalle vigenti Norme.

Inoltre, con Deliberazione di Giunta Regionale n. 421 del 26/05/2014, pubblicata sul BURT Parte Seconda n. 22 del 04.06.2014, è stato approvato un aggiornamento della classificazione sismica regionale, relativo all'aggiornamento dell'allegato 1 (elenco dei comuni) e dell'allegato 2 (mappa) della Deliberazione GRT n. 878 dell'8 ottobre 2012.

In *Figura 3.1.2.1a* si riporta uno stralcio della classificazione sismica della Regione Toscana.

**Figura 3.1.2.1a Carta della Classificazione Sismica della Regione Toscana**



La figura evidenzia che il Comune di Piancastagnaio, nel quale ricadono tutte le opere in oggetto, rientra all'interno della Zona 2, caratterizzata da pericolosità sismica media (corrispondente alle zone con accelerazione di picco orizzontale al suolo ( $a_g$ ) compresa tra  $0,15 \leq a_g < 0,25$ ).

Un quadro più completo sulla sismicità storica e recente dell'area di interesse è presente nell'*Allegato 5 – Caratterizzazione Sismica, Sismicità Indotta, Subsidenza e Relativi Sistemi di Monitoraggio*.

## 3.2 UBICAZIONE DELL'IMPIANTO E DEI POZZI PRODUTTIVI

### 3.2.1 Criteri di Scelta ed Opzione Zero

Come tutte le risorse minerarie, gli impianti di produzione di energia geotermica debbono essere ubicati nelle vicinanze del serbatoio geotermico sepolto (i pozzi devianti possono raggiungere scostamenti orizzontali di solo circa 1.000 m). Non è pertanto possibile in linea di principio individuare aree idonee alla produzione di energia geotermica che siano lontane dal serbatoio per ragioni sia di economicità che di efficacia del recupero energetico.

Come illustrato nel precedente capitolo, l'area del Permesso di Ricerca di "Casa del Corto" si trova sulla estensione laterale (verso Sud) dell'area coltivata con i pozzi della Concessione Mineraria di Piancastagnaio.

All'interno del Permesso di Ricerca richiesto sono state individuate, in particolare come ottimali per la realizzazione del progetto, quelle aree che sono risultate più adeguata dal punto di vista logistico-ambientale.

Infatti, per la scelta della collocazione dell'impianto e dei pozzi, è stata svolta un'attività mirata ad identificare, nell'ambito delle aree geologicamente più interessanti quelle che, anche da un punto di vista ambientale, presentassero i minori problemi.

I criteri generali che hanno ispirato la ricerca dei siti, oltre a evitare il più possibile aree vincolate, sono stati i seguenti:

- preferire luoghi in prossimità di strade esistenti, pur nel rispetto delle distanze minime imposte dalle norme di legge, con l'obiettivo di limitare la dimensione delle opere viarie;
  - evitare di interessare colture agricole di particolare pregio;
  - evitare zone che dovessero implicare l'abbattimento di piante di alto fusto o di pregio;
  - preferire morfologie piane e semplici, al fine di limitare gli sbancamenti del terreno;
  - evitare, nei limiti del possibile, attraversamenti di torrenti, costruzione di ponti o altre opere;
  - tenersi alla massima distanza possibile da edifici in particolare se abitati, o da opere comunque di apprezzabile pregio architettonico, storico o di utilità sociale;
  - tenersi alla massima distanza possibile da corsi d'acqua;
- limitare il più possibile l'impatto visivo sia della sonda, nella fase iniziale, che dell'impianto-pozzo, nella fase successiva, sia infine della Centrale.

Sono state escluse tutte le aree ricadenti all'interno di aree Naturali come Siti di Interesse Comunitario o Zone di Protezione Speciale (Aree SIC, ZPS), aree soggette a vincolo archeologico o aree classificate pericolose dal Piano di Assetto Idrogeologico.

Il presente progetto, inoltre, prevede un assetto cogenerativo con sfruttamento per usi agricoli del calore di condensazione a bassa temperatura tramite la realizzazione di un pergolato posto in prossimità dell'impianto ORC (si rimanda al capitolo 6).

Considerare l'Opzione Zero, ovvero la non realizzazione dell'opera, vorrebbe dire rinunciare ad un impianto di energia rinnovabile ad emissioni zero di interesse nazionale, così come definita dalla legislazione energetica nazionale e comunitaria.

Inoltre, si sottolinea che le possibilità che si presentano per la cessione di energia termica, possono costituire un ulteriore canale di integrazione del progetto, fornendo opportunità di utilizzazione in serre e eventualmente insediamenti turistici.

Si ricordano in proposito le Serre Parvus Flos che producono a Radicondoli 50 tonnellate/anno di basilico e si trovano a circa 1,5 km dalla centrale geotermica da cui prendono il vapore oppure il “Il Podere Paterno” di Monterotondo Marittimo che produce formaggio pecorino fresco e stagionato e ricotta, partendo da una propria produzione di latte e utilizza il vapore di scarto della centrale geotermica di San Martino per coprire tutti i propri fabbisogni termici.

Inoltre, proprio in prossimità dell’area individuata per la realizzazione dell’Impianto Geotermico Pilota, sono presenti le Serre di Floramiata che costituiscono il più grande complesso serricolo coperto europeo, alimentato completamente da calore naturale.

Infatti, le serre vengono riscaldate con vapore geotermico, mediante l’utilizzo di uno scambiatore che trasferisce calore a servizio delle utenze serricole.

Tali attività favoriscono lo sviluppo di imprese locali con importantissime ricadute occupazionali sul territorio.

### 3.2.2

#### **Scelta Finale**

Sulla base delle considerazioni di cui ai precedenti Paragrafi è stato definito il posizionamento delle postazioni e della centrale nei siti mostrati in *Figura 1.3a* i quali ricadono all’interno del Comune di Piancastagnaio, in Provincia di Siena.

L’impianto ORC è ubicato a circa 1 km a E-SE dell’abitato di Casa del Corto a Sud della Strada Provinciale del Monte Amiata.

I tre pozzi produttivi saranno disposti in un’unica postazione di produzione in cui verrà perforato un pozzo verticale e due devianti. La postazione è ubicata in adiacenza all’impianto ORC in progetto. Il sito è prossimo alla strada e pertanto facilmente accessibile.

I tre pozzi reiniettivi saranno perforati in un’unica postazione di reiniezione posta a circa 800 m a N-E dell’abitato di Casa del Corto, nella quale verrà perforato un pozzo verticale e due devianti.

La localizzazione della postazione di produzione denominata CC 1 e della postazione di reiniezione CC 2 è riportata nella precedente *Figura 1.1a*.

La postazione di produzione sarà dotata di una cantina a tre pozzi. Il sito è direttamente accessibile da una traversa della Strada Provinciale del Monte Amiata e si trova in area agricola pianeggiante pertanto in una situazione ambientalmente favorevole.

La postazione dei pozzi reiniettivi, denominata CC 2, è ubicata circa 800 m a N-E dell’abitato di Casa del Corto, ad una distanza, in linea d’aria, di circa 1,2 km dal polo produttivo.

Si prevede la realizzazione di una cantina a tre pozzi, con la perforazione di un pozzo verticale e di due pozzi deviati.

Anche tale zona si trova in area agricola, sufficientemente pianeggiante in modo da limitare i movimenti terra ed è accessibile dalla Strada Vicinale di Sugherelle. Tale soluzione consente oltretutto di minimizzare il numero e l'ingombro areale dell'insieme delle opere minerarie da realizzare.

La modellazione numerica precedentemente illustrata ha permesso di verificare che distanza tra le postazioni di produzione e reiniezione è sufficiente a garantire una mancanza di interferenza significativa in fase di esercizio della coltivazione.

### 3.2.3

#### ***Riferimenti Catastali***

La postazione di produzione e l'Impianto ORC interessano le seguenti particelle catastali:

Comune di Piancastagnaio (SI), Foglio 58, Particella 63.

Mentre la postazione di perforazione dei pozzi reiniettivi interessa:

Comune di Piancastagnaio (SI), Foglio 41, Particella 72.



**4****PROGETTO DELLA POSTAZIONE DI PERFORAZIONE**

Le postazioni dei pozzi produttivi e reiniettivi sono ubicate nel territorio del Comune di Piancastagnaio, Provincia di Siena, in aree rurali poste rispettivamente a circa 1 km e 0,8 km ad Est del centro abitato di Casa del Corto.

La distanza tra le due postazioni è di circa 1,2 km. La localizzazione delle postazioni è riportata nella *Figura 1.1a*.

**4.1****CRITERI DI PROGETTO**

La postazione di perforazione è concepita per la operatività ottimale del cantiere di perforazione. Essa è costituita da una superficie pianeggiante atta ad ospitare l'impianto, le vasche per la preparazione del fango, le pompe del fango, le altre attrezzature ausiliarie dell'impianto di perforazione nonché le strutture necessarie per la raccolta e stoccaggio temporaneo e la mobilizzazione dei fanghi reflui.

Nelle *Tavole 1 (da 1 a 6)* si riportano in forma schematica le planimetrie e le relative sezioni e nelle *Tavole 2 (da 1 a 6)* i particolari delle postazioni CC 1 e CC 2, in previsione di utilizzo dell'impianto indicato HH200 e delle sue componenti tecnologiche di servizio.

Le baracche, tipo container, adibite a servizi, officina ed uffici per le maestranze addette all'esercizio dell'impianto. Queste baracche sono collocate ad una certa distanza dall'area di lavoro, per favorire migliori condizioni di permanenza del personale.

Inoltre, il progetto della postazione risponde alla piena funzionalità del cantiere, primo fra tutti il flusso dei materiali necessari alla perforazione.

La disposizione dell'impianto e l'assetto del cantiere riportato nelle *Tavole 1* è studiato per rispondere ai vincoli previsti dalla vigente normativa sulla protezione e sicurezza del lavoro e per operare anche in situazioni di emergenza.

Nella *Tavola 1* è visibile l'intera area occupata dall'impianto di perforazione e la dislocazione delle principali componenti ed attrezzature che rispondono ai limiti previsti dal DPR 128 e dal D.Lgs. 624/96 per la distanza tra il pozzo ed i motori diesel ed il serbatoio del gasolio.

I principali componenti meccanici dell'impianto, il macchinario ed i serbatoi del gasolio su solette in calcestruzzo armato, al fine di evitare problemi di infiltrazione di inquinanti nel sottosuolo.



Al lato delle postazioni è presente una “vasca d’acqua industriale” interrata, di volume pari a 500 m<sup>3</sup>, necessaria per l’approvvigionamento idrico durante le fasi di perforazione.

Inoltre, è presente all’interno delle postazioni una “vasca reflui”, di volume pari a circa 355 m<sup>3</sup>, la quale sarà utilizzata per la raccolta dei reflui di risulta dalle fasi di perforazione, delle acque di prima pioggia e per l’esecuzione delle prove di produzione.

Per quanto riguarda l’accessibilità al sito, la modifica delle infrastrutture viarie esistenti sarà ridotta al minimo. In effetti, la dimensione dell’impianto, dei carichi per il suo trasferimento da postazione a postazione e per il trasporto dei materiali sono tali da consentire l’utilizzo delle opere esistenti con opportuni adeguamenti.

Non sono previsti trasporti eccezionali sia per i materiali che per le componenti dell’impianto; nei limiti del possibile si adotteranno percorsi che permettano il transito dei mezzi senza necessità di modificare, in maniera rilevante, le infrastrutture esistenti.

Le superfici occupate dalle postazioni CC 1 e CC 2 saranno relativamente limitate e rispettivamente dell’ordine di 7.800 m<sup>2</sup> e 8.500 m<sup>2</sup>, sulle quali non sono previste opere in elevazione.

Quelle in calcestruzzo sono limitate agli avampozzo (o cantine), alla soletta su cui poggia il macchinario e la vasca di stoccaggio acqua per la perforazione. I depositi del gasolio hanno un proprio contenitore.

Ciascuna delle cantine di perforazione, ospiterà un pozzo, e saranno di forma cubica, precisamente della profondità, larghezza e lunghezza di 3 m. È stata preferita tale soluzione al fine di garantire una migliore stabilità dell’impianto di perforazione.

Le pareti ed il fondo della cantina sono normalmente realizzate in calcestruzzo per garantirne la stabilità, tenendo conto dei mezzi che possono nell’intorno dell’avampozzo.

Inoltre, come illustrato nelle *Tavole 1*, sono previsti i cunicoli di uscita delle condotte di produzione al fine di poter intervenire liberamente in maniera mirata, nelle varie fasi di manutenzione.

La zona non cementata, sarà consolidata con ghiaia, in modo da renderla idonea a sopportare il transito dei mezzi per il trasporto e lo scarico dei tubi, dei containers ed il montaggio dello stesso impianto di perforazione che è collocato su un articolato.

Nella parte circostante l’avampozzo, destinata ad accogliere l’impianto e gli ausiliari, è riportata una soletta in calcestruzzo armato di spessore idoneo a sopportare il carico dell’impianto. Le solette occupano un’area di circa 1.475 m<sup>2</sup> per entrambe le postazioni.

Al fine di limitare al massimo sia il prelievo di risorse naturali che l'impatto dei mezzi per il trasporto e la costruzione dell'opera si prevede l'adozione dei seguenti criteri costruttivi:

- riutilizzo in loco il terreno rimosso per lo sbancamento, la costruzione dell'avampozzo e della vasca reflui, ridistribuendolo sulla superficie della postazione per operazioni di livellamento, evitando o limitando al massimo ogni trasferimento di terreno da o ad altro sito;
- compattazione del terreno sull'intera area della postazione mediante rullatura, per un tempo sufficiente ad ottenere la massima compressibilità dello stesso;
- ricoprimento della superficie con inerti di pezzatura grossolana, dimensione fino a 4-5 cm, per uno spessore di 40 cm; nei limiti del possibile si utilizzerà materiale frantumato da recupero (calcestruzzo, laterizi, ecc.);
- compattazione della superficie coperta da inerti;
- costruzione di una soletta di 15 cm di spessore in calcestruzzo armato con rete elettrosaldata di maglia 20 cm e tondi di diametro 10 mm, nella zona interessata dall'impianto di perforazione vero e proprio;
- definitiva copertura dell'area circostante la soletta con inerti di pezzatura più fine della precedente (inferiore a 15 mm); anche tale materiale sarà di preferenza prelevato da centro di trattamento inerti di recupero;
- costruzione di una canaletta posta al bordo della postazione che riceve l'acqua piovana e la drena alla vasca d'acqua industriale per il suo utilizzo.

La scelta di privilegiare l'impiego di inerti da recupero è certamente favorevole ad un minore impatto ambientale.

Una recinzione rigida sarà installata lungo tutto il perimetro dei piazzali interessati dai lavori, e sarà costituita da pannelli o da rete plastificata con appositi paletti di sostegno. L'unico accesso al cantiere sarà costituito da un cancello controllato dal personale di servizio.

In ottemperanza alle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) del 2008 viene definita una vita nominale dell'opera pari a  $V_N \geq 50$  anni.

#### **4.1.1 Aspetti Funzionali della Postazione di Sonda**

##### **4.1.1.1 Viabilità**

L'accesso alle postazioni sarà garantito quasi esclusivamente mediante la viabilità esistente e saranno previsti opportuni adeguamenti delle strade esistenti di diverse entità.

Per quanto riguarda l'accesso all'area individuata dalla postazione di produzione/impianto ORC, sarà necessario effettuare l'adeguamento della strada esistente, per circa 300 m, che dall'innesto con la strada Provinciale del Monte Amiata al Km 1+IX conduce al Podere di Valle Caldina.



Nella *Tavola 1* (2 di 6) è rappresentata la sezione tipo della strada di accesso.

I lavori migliorativi e manutentivi sono finalizzati sia ad ampliare di 1 m sia a regolarizzare e consolidare la piattaforma stradale, sulla base di una larghezza standard minima della carreggiata di 3,50 m che consente il transito dei componenti dell'impianto di perforazione nonché successivamente quello dei componenti della Centrale.

Queste attività prevedono un minimo (circa 100 m<sup>3</sup>) movimento di terra.

Sia il tratto iniziale, circa 20 m, in prossimità dell'innesto sulla provinciale, sia un breve tratto intermedio saranno pavimentati con asfalto a causa della pendenza longitudinale che essendo superiore al 10% rende difficoltosa la ripartenza degli automezzi pesanti all'innesto sulla SP.

I lavori manutentivi consisteranno anche nella pulizia dalla vegetazione erbacea e arbustiva sulla attuale carreggiata stradale, nella regimazione delle acque meteoriche garantendone la captazione, la canalizzazione e lo scolo verso valle.

Per quanto riguarda l'accesso alla postazione di reiniezione, i lavori consistono nella manutenzione ordinaria dell'esistente strada vicinale "Delle Sugherelle", circa 1.300 m, che dall'innesto con la strada Provinciale del Monte Amiata al Km 0+VIII conduce verso i poderi San Enrico e San Virgilio. Il tracciato rimane inalterato fino a dopo il podere San Virgilio dove, dopo circa 100 m, viene realizzato il nuovo tratto di strada per accedere al piazzale di perforazione.

Il nuovo tratto di strada, per consentire il transito dei componenti dell'impianto di perforazione, avrà uno sviluppo di circa 130 m ed una larghezza minima standard della carreggiata di 3.50 m e dello spessore di 30 cm +10 cm.

La piattaforma stradale avrà un'occupazione massima di circa 12 m.

Nella *Tavola 1* (6di6) è rappresentata la sezione tipo della strada di accesso alla postazione di reiniezione.

Nell'ambito delle opere necessarie alla realizzazione della nuova strada saranno realizzati anche i manufatti accessori per la regimazione delle acque meteoriche in modo da garantire la captazione, la canalizzazione e la regimazione verso valle.

Saranno, inoltre, realizzate opere di sostegno delle scarpate sia in rilevato che in scavo (gabbionate metalliche o terre armate).

Queste attività per la realizzazione del nuovo tratto di strada prevedono un più accentuato movimento di terra sia in scavo che in rilevato e il taglio di piccola vegetazione arborea e arbustiva.

Tutte le operazioni elencate verranno realizzate mediante l'uso di escavatori; tutto il materiale scavato per tali sistemazioni sarà riutilizzato in loco.

#### 4.1.1.2

### Illuminazione

L'illuminazione notturna durante la fase di preparazione dell'area di cantiere sarà fornita mediante un sistema di punti luce distribuiti sul perimetro delle aree al fine di rendere visibili e più sicure le aree da eventuali intrusioni dall'esterno. Tutte le luci installate risponderanno alle prescrizioni dettate in materia dalla normativa vigente.

Durante la fase di perforazione il sistema di illuminazione sarà costituito da 5 torri faro posizionate lungo il confine della piazzola e in corrispondenza delle zone di lavoro.

Il cantiere sarà presente per un periodo di tempo limitato e conseguentemente anche la relativa illuminazione.

Per quanto detto non si ritiene necessario la messa in opera di particolari schermi per le emissioni luminose indotte durante la fase di cantiere né, tantomeno, la predisposizione di misure di mitigazione.

Durante la fase di esercizio nelle postazioni dei pozzi è prevista l'installazione di apparecchi illuminanti testapalo, con tecnologia a LED, tipo AEC LED-IN o equivalente, di forma ovoidale, installati su pali conici a sezione circolare, di altezza fuori terra pari a 3 m, inclinazione armatura 0° (superficie emissiva parallela alla superficie stradale).

I pali saranno ricavati da trafilatura in acciaio Fe420B UNI EN 10219, zincati a caldo per immersione, in conformità alla Norma UNI EN 40/4 parte 4<sup>^</sup> - punto 4.1, spessore 3 mm, dotati di asola ingresso cavi e asola con morsettiera a filo, con morsetto di terra interno.

Al fine di minimizzare la dispersione del flusso luminoso, l'ottica sarà ad emissione fotometrica "cut-off", conforme alla normativa UNI EN 13201.

Gli apparecchi permetteranno anche l'ottimizzazione dei consumi energetici, in quanto saranno dotati di sistema di regolazione del flusso luminoso tramite onde convogliate.

L'apparecchio sarà corredato di "test report" tecnici e di compatibilità elettromagnetica (EMC).

In ciascuna postazione è prevista l'installazione di n.2 apparecchi illuminanti testapalo a 45 led (5 moduli da 9 led), flusso luminoso iniziale 7.600 lm, potenza complessiva 99W.

In condizioni di normale esercizio il sistema di illuminazione della postazione sarà spento. Esso sarà dotato di dispositivi di accensione manuale ed attivato dal personale addetto soltanto in caso di interventi straordinari che si potrebbero rendere necessari durante il periodo notturno.

#### 4.1.1.3 Accorgimenti di Protezione del Terreno

Il progetto delle postazioni tiene conto delle esigenze di funzionalità dell'impianto, della ripartizione dei carichi sul terreno e delle esigenze di protezione del terreno da agenti inquinanti, quali olio e gasolio, di cui si fa uso nell'esercizio dell'impianto di perforazione.

A tale scopo tutte le attrezzature dell'impianto considerate "a rischio" stillicidio sono dislocate sulla soletta in calcestruzzo descritta precedentemente che, per sua natura, è impermeabile e progettata in modo tale che i liquidi da essa raccolti finiscano, per gravità, verso la vasca di raccolta reflui (vedi *Tavole 2 1di6 e 3di6*).

Le acque meteoriche di "prima pioggia" (AMPP) sono quelle corrispondenti, per ogni evento meteorico distinto (ovvero che si verifica a distanza di almeno 48 ore dall'evento precedente), ad una precipitazione di 5 millimetri uniformemente distribuita sull'intera superficie scolante servita dalla rete di drenaggio.

Per la determinazione delle superfici scolanti si è fatto riferimento alle planimetrie riportate nella *Tavola 2* sopra citata.

In base alla suddetta definizione di acque di prima pioggia, nella seguente tabella è riportata la quantificazione del volume massimo di tali acque.

**Tabella 4.1.1.3a Volumi delle acque di prima pioggia (AMPP)**

Zona	Superficie (m <sup>2</sup> )	Volume max (m <sup>3</sup> )
Area di Perforazione con Soletta (Postazione CC 1)	1.475	7,37
Area di Perforazione con Soletta (Postazione CC 2)	1.475	7,37

Considerando che le vasche "raccolta reflui" presenti in ciascuna postazione hanno un volume di 355 m<sup>3</sup>, rimane ampio margine per la raccolta delle acque di prima pioggia che saranno smaltite insieme ai residui di perforazione da una ditta specializzata per l'invio ad idonei centri di trattamento.

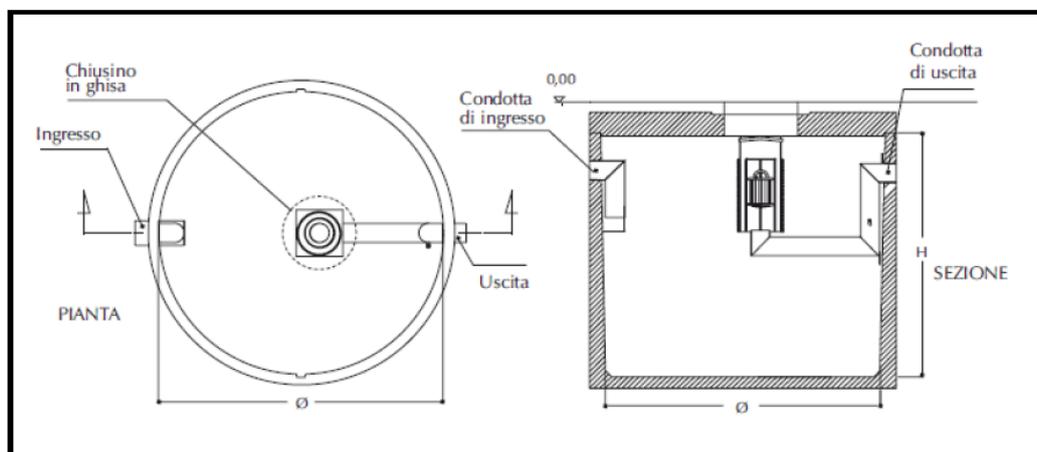
Le vasche "raccolta reflui" presenteranno un settore interno del volume di circa 10 m<sup>3</sup>, capace quindi di contenere le acque di prima pioggia. Quando tale volume viene raggiunto, grazie ad un dispositivo a galleggiante, le successive acque, definite di seconda pioggia, saranno convogliate, come visibile dalla *Tavola 2*, alla canaletta esterna della postazione che le invierà nell'apposita "Vasca Acqua Industriale".

La canaletta esterna di raccolta acque meteoriche favorisce il drenaggio delle aree inghiaiate e quindi pulite che verranno inviate alla vasca raccolta acque per il loro riutilizzo. Prima dell'avvio alla vasca, per ulteriore precauzione, queste

acque sono deviate verso il pozzetto disoleatore posto in prossimità della “Vasca Acqua Industriale” (Tavola 2).

Nella seguente figura è riportata la schematizzazione del pozzetto disoleatore.

**Figura 4.1.1.3a Schema del Pozzetto Disoleatore**



Il pozzetto sarà realizzato con una cisterna monolitica a base circolare, prefabbricato in cav di classe,  $R_{ck} > 40$  mPa, verificato per carichi ed azioni sismiche secondo il DM 14/101/2008, completo di solette di copertura prefabbricate in cav pedonabili o carrabili, predisposte per ispezioni tramite passo d'uomo o chiusino in ghisa di idonea classe.

Il pozzetto avrà in particolare un diametro di 2,5 metri e un'altezza di 2 m garantendo così un volume utile di più di 9 m<sup>3</sup>.

L'impianto sarà dimensionato secondo il D.Lgs. 152/2006 art.113 parte III, certificato a norma UNI EN 858 e dotato di marcatura CE.

Il disoleatore provvederà alla rimozione dalle acque delle sostanze fangose, ed oleose, eventualmente presenti, mediante l'impiego di una singola cisterna. Così equipaggiata, la cisterna opera due processi: “sedimentazione” e “separazione”. Il primo è preposto alla separazione ed accumulo dei solidi sedimentabili (fango, limo, sabbia, ecc.), mentre il secondo provvede alla separazione ed accumulo delle sospensioni oleose (oli, idrocarburi, ecc.).

Il disoleatore dispone di una valvola a galleggiante per la chiusura automatica in caso di eccesso di olio all'interno del separatore. Il disoleatore previsto è di classe 1 (separatore coalescente secondo la definizione della tabella 1 della UNI EN 858-1) e dispone di un filtro a coalescenza rigenerabile innestato alla condotta di uscita dal separatore.

Il disoleatore opera come segue. Le acque da trattare si immettono nel disoleatore dove i solidi sedimentabili si depositano sul fondo mentre l'acqua decantata e le sostanze leggere risalgono in superficie. L'acqua chiarificata sottostante attraversa il filtro a coalescenza e si immette nella condotta di

scarico. Durante l'attraversamento del filtro, le microparticelle oleose sfuggite al galleggiamento e trascinate dall'acqua coalescono, formando sospensioni più consistenti che si separano risalendo in superficie.

Il pozzetto disoleatore servirà le altre zone a rischio stillicidio: il deposito gasolio e l'area dei fusti lubrificanti.

Il deposito gasolio è costituito da elementi modulari, di solito tre, ciascuno indipendente e munito di un proprio "vassoio" di raccolta. In caso di rottura del serbatoio, il vassoio è perfettamente in grado di ricevere e contenere il massimo volume di gasolio in esso contenuto.

Le acque qui raccolte saranno convogliate anch'esse verso il pozzetto di disoleazione che si trova a fianco dell'area di stoccaggio del gasolio e può essere individuato nella planimetria costituente la precedentemente Tavola menzionata.

Analoga considerazione vale per i fusti di lubrificanti temporaneamente stoccati in cantiere. Anch'essi sono dislocati in un contenitore stagno, di adeguato volume, per contenere ogni possibile perdita di olio lubrificante ed altri prodotti di analoga pericolosità, eventualmente necessari all'esercizio dell'impianto. Anche le acque di pioggia, raccolte all'interno del contenitore stagno, saranno convogliate verso il pozzetto disoleatore.

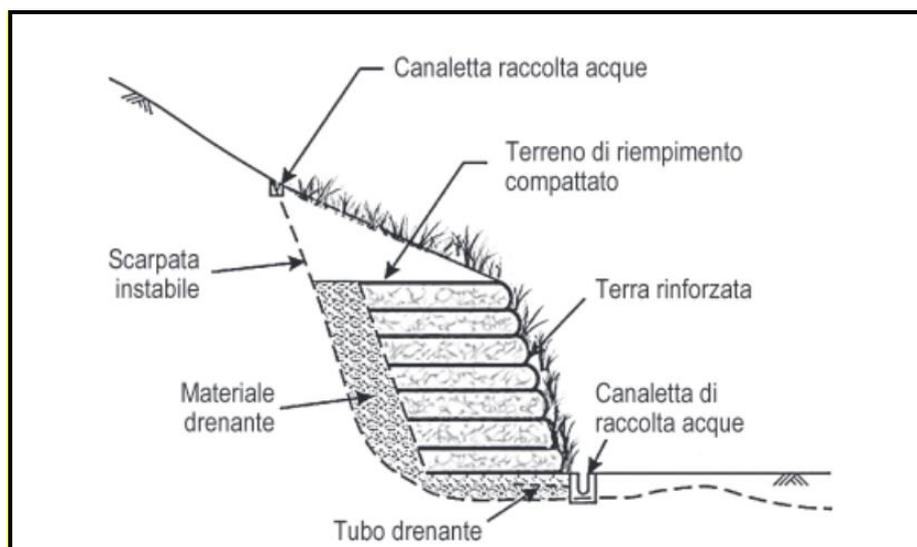
Una volta trattate nel disoleatore, le acque saranno stoccate nella "vasca acqua industriale" di capacità pari a 500 m<sup>3</sup> per essere successivamente impiegate nelle attività di perforazione, come descritto nel seguito. In caso di eccedenza di acque nella "vasca acqua industriale", queste saranno recapitate mediante tubazione di scarico al compluvio naturale più vicino.

#### 4.1.1.4 Opere di Messa in Sicurezza

Il terreno su cui sarà realizzata la postazione di reiniezione CC 2, presenta zone con forte acclività e quindi il progetto ha previsto una preventiva riprofilatura del versante al fine di creare un'area pianeggiante.

In considerazione, quindi, degli sbancamenti necessari per la peneplanazione si prevede la realizzazione di muri in terre armate nella parte meridionale, a monte della postazione (vedi sezioni in *Tavola 1, 6di6*), da realizzarsi con parte del terreno escavato (*Figura 4.1.1.4a*) e con materiali litoidi che possano garantire un miglioramento delle caratteristiche meccaniche dei terreni argillosi che caratterizzano il sito in esame.

**Figura 4.1.1.4a Stabilizzazione di Pendio Mediante Muro in Terre Armate (da Comedini M., 2013)**



La terra armata si compone di due elementi costruttivi essenziali:

- il terreno di riempimento (normalmente quello presente sul sito di costruzione), che conferisce all'opera la resistenza alla compressione e resistenza al taglio;
- i rinforzi o armature, che conferiscono resistenza a trazione, ovvero miglioramento della resistenza al taglio del terreno stesso;
- materiale e tubo drenante al fine di evitare l'insorgenza di pressioni interstiziali nel terreno.

Tale intervento prevede, sul paramento esterno, rivestimenti con vegetazione autoctona od inerbimenti artificiali mediante geostuoie ed idrosemina.

Per dettagli relativi alla stabilità del pendio interessato dalla postazione di reiniezione si rimanda alla Relazione Geologica allegata al progetto.

#### 4.1.2

#### **Materie Prime**

##### *Calcestruzzo necessario per le postazioni di sonda*

Per la realizzazione delle postazioni di sonda CC 1 e CC 2 il volume di calcestruzzo totale necessario per la realizzazione della soletta, delle vasche e dei cunicoli è stimabile in circa 1.130 m<sup>3</sup>.

#### 4.2

#### **BILANCIO SCAVI RIPORTI**

Nella tabella seguente si riportano, per ciascun pozzo, le volumetrie indicative degli scavi preceduti dal segno “-” (meno) e dei riporti col segno “+” (più).

**Tabella 4.2a Bilancio Scavi Riporti**

Rif	Operazione	Volume (m <sup>3</sup> )	Note
<b>Postazione CC 1</b>			
A	Sbancamenti per piazzale, strada di accesso e parcheggio	5.120	
B	Scavi a sezione obbligata (piazzale)	1.179	
C	Riporto con terreno proveniente da scavi	432	
D	Riporto inerti per ossatura piazzale+strada+parcheggio	2.307	
E	Terreno residuo	5.867	Verrà accantonato all'interno dell'area di cantiere, e utilizzato in parte (4.020 m <sup>3</sup> ) per il livellamento dell'area della Centrale ORC, circa 540 m <sup>3</sup> saranno inviate alla postazione di reiniezione e il rimanente verrà utilizzato per le opere di mitigazione
<b>Postazione CC 2</b>			
F	Sbancamenti per piazzale, strada di accesso e parcheggio	10.315	
G	Scavi a sezione obbligata (piazzale)	1.179	
H	Riporto con terreno proveniente da scavi	12.035	
I	Riporto inerti per ossatura piazzale+strada+parcheggio	1.890	
L	Terreno residuo	-541	Tale quantità di terreno necessario al completamento del piazzale di postazione sarà fornita dal terreno residuo della postazione CC 1
<b>Quantità Totali</b>			
<b>A+F</b>	<b>Totale Sbancamenti per piazzale+strada+parcheggio</b>	<b>15.435</b>	
<b>B+G</b>	<b>Totale Scavi a sezione obbligata</b>	<b>2.358</b>	
<b>C+H</b>	<b>Totale Riporti con terreno proveniente da scavi</b>	<b>12.467</b>	
<b>D+I</b>	<b>Totale Riporto inerti per ossatura piazzale, strada e parcheggio</b>	<b>4.197</b>	
<b>E+L</b>	<b>Totale Terreno residuo</b>	<b>5.326</b>	Di questi 4.020 m <sup>3</sup> saranno utilizzati per l'area di centrale, i restanti utilizzati per le opere di mitigazione

Il terreno residuo pari a circa 1.306 m<sup>3</sup> sarà utilizzato per la realizzazione di opere di mitigazione poste a Nord dell'area di produzione.

### 4.3

#### APPROVVIGIONAMENTO IDRICO

I fabbisogni idrici in fase di perforazione sono dettagliati al *Paragrafo 5.4.3* dove è riportata l'analisi dei consumi.

Tali fabbisogni industriali, per la fase di perforazione, saranno garantiti mediante il prelievo di acqua dal Torrente Senna, affluente di destra del Fiume Paglia, che scorre a Sud della postazione di produzione, da Ovest verso Est, nel periodo

autunnale invernale e primaverile. Per le caratteristiche idrologiche del T. Senna e per la valutazione del suo Deflusso Minimo Vitale (DMV) si rimanda all'Allegato 3a.

L'opera di presa temporanea, consisterà in una motopompa diesel localizzata sulla sponda sinistra del Torrente Senna (*Figura 4.3a, 4.3b, 4.3c*). Questa sarà posta a circa 1 m al disopra del p.c., posizionata su struttura in elevazione che garantisce la non interferenza con il livello dell'acqua anche in caso di piena con tempo di ritorno duecentennale ( $Tr=200$ ) come indicato e calcolato nell'*Allegato 3b*.

Le dimensioni della motopompa saranno pari a 1,20x1,60x0,90 m (HxLungxLarg) e avrà un peso pari a circa 400 kg.

La pompa avrà una prevalenza di 9 bar; la potenza assorbita della motopompa sarà di circa 25 kW e quella installata sarà pari a 30 kW.

Al disotto del motore e del serbatoio del carburante, è installato un bacino di contenimento in grado di ricevere e contenere il massimo volume di gasolio, pari a 15 l, in esso contenuto.

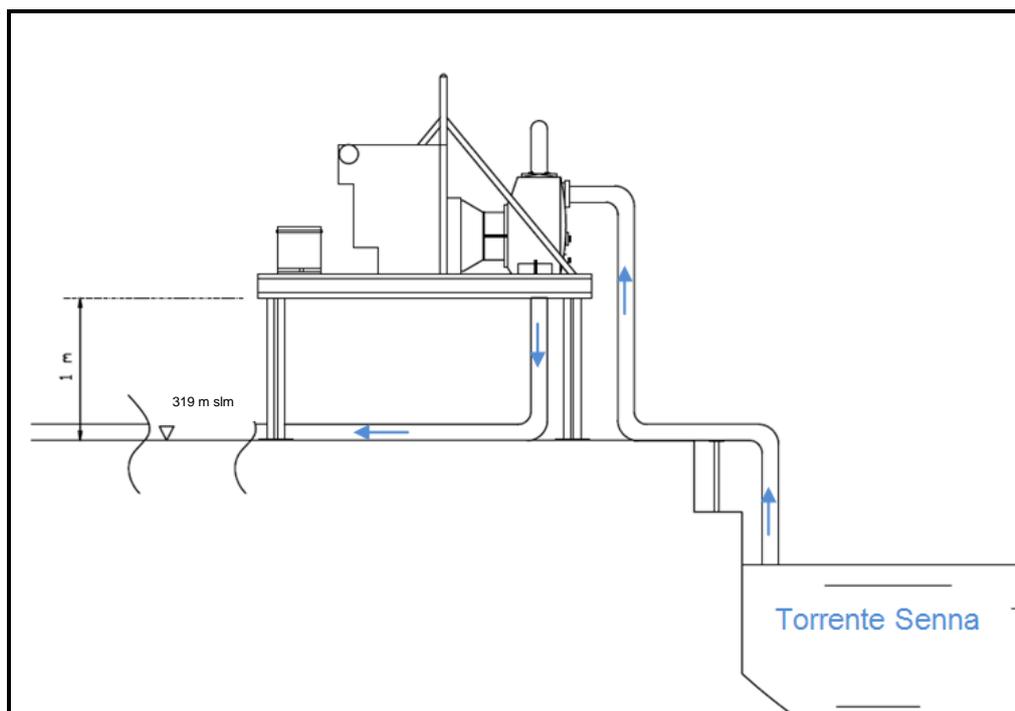
La pompa pescherà direttamente all'interno dell'alveo del Torrente Senna al fine di garantire nei mesi da ottobre a maggio la portata necessaria per le fasi di perforazione. Si ritiene necessario il prelievo medio di 10 m<sup>3</sup>/h (2,5 l/s) e si ipotizzano eventuali portate massime e di breve periodo pari a circa 70 m<sup>3</sup>/h (20 l/s).

L'acqua prelevata mediante la pompa, sarà trasportata per mezzo di un acquedotto provvisorio e rimovibile, realizzato mediante tubi in polietilene con DE 140 e PN 12.5, direttamente poggiati sul terreno senza interventi di movimento terra il cui tracciato è mostrato nella *Figura 4.3c*.

Per l'attraversamento della Strada Provinciale del Monte Amiata e la strada bianca in prossimità della postazione di reiniezione, la tubazione in polietilene sarà fatta passare attraverso una tubazione d'acciaio, con funzione di guaina protettiva, del diametro di circa 400 mm interrata in precedenza.

L'acquedotto di approvvigionamento per la perforazione, di collegamento dalla presa alle due postazioni, avrà uno sviluppo complessivo di circa 1.900 m.

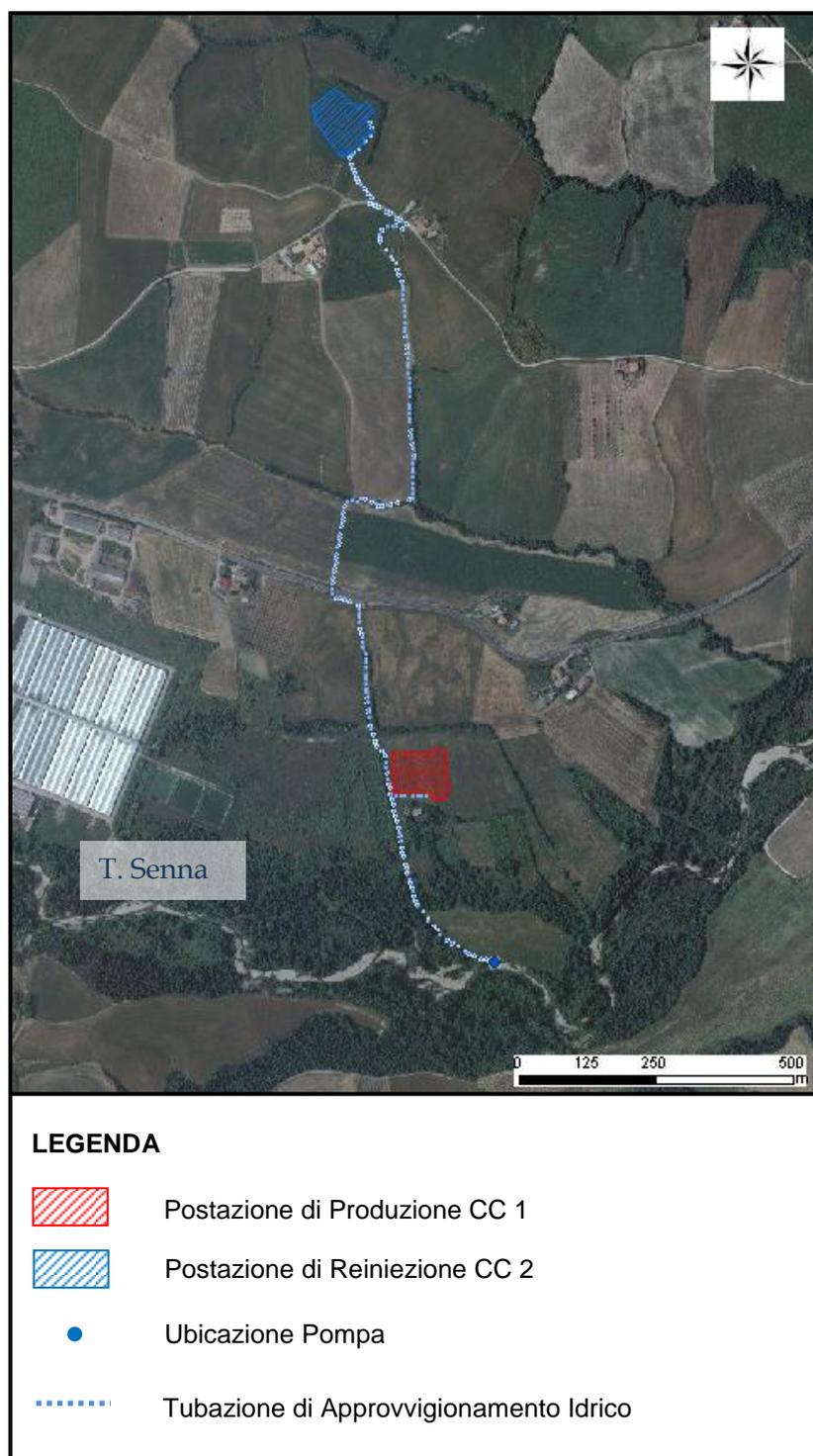
**Figura 4.3a** Vista Laterale della Stazione di Pompaggio



**Figura 4.3b** Foto del Torrente Senna, nella Direzione di Deflusso, all'Altezza del Punto di Prelievo (Ottobre 2015)



**Figura 4.3c**      **Posizionamento Pompa e Percorso Tubazione**



L'acquedotto temporaneo, pertanto, come visibile dalla *Figura 4.3c*, dalla pompa posizionata in prossimità dell'alveo del Torrente Senna, dopo un tratto di circa 460 m in direzione Nord arriva alla postazione di produzione. Qui la tubazione si biforcherà in presenza di apposita valvola che consentirà di gestire l'approvvigionamento idrico alternato o simultaneo alle due postazioni.

Si dirameranno, quindi, due differenti tubazioni: una che andando verso Est per pochi metri, arriverà alla vasca di acqua industriale della piazzola in progetto CC 1; l'altra tubazione, invece, continuando verso Nord per circa 250 m, attraversa la Strada Provinciale del Monte Amiata, per poi proseguire in direzione Nord per circa 1.000 m, dopo un ulteriore attraversamento stradale, alla postazione di reiniezione CC 2.

Gli attraversamenti delle strade esistenti saranno sotterranei.

Si sottolinea che la tubazione necessaria all'approvvigionamento idrico per la perforazione avrà, carattere temporaneo e resterà in esercizio durante la perforazione dei pozzi e successivamente rimossa.

Per quanto concerne gli approvvigionamenti idrici nel periodo estivo, si sta trovando un accordo con il gestore del servizio idrico locale il quale non fornisce il servizio durante il periodo invernale per problemi di congelamento delle tubazioni di approvvigionamento.

## 5 **PROGETTO DEI POZZI**

Sulla base delle considerazioni geologico strutturali illustrate al *Capitolo 2*, l'area del permesso insiste sulla spalla occidentale, ad andamento circa Nord - Sud del Graben di Radicofani.

La zona dei pozzi di produzione e quella dei pozzi di reiniezione presentano le stesse caratteristiche quali profondità e litologia delle rocce impermeabili di copertura e delle rocce del serbatoio geotermico. Le formazioni geologiche che saranno attraversate dai pozzi di produzione e reiniezione, sono perciò situate circa alla stessa profondità.

Data la distribuzione delle postazioni e delle traiettorie dei pozzi si può assumere che il profilo tecnico dei pozzi sarà del tutto simile sia per i pozzi produttivi che reiniettivi in quanto sono analoghe le previsioni stratigrafiche.

Tutti i pozzi saranno perforati fino ad una profondità di riferimento verticale di 2.000 m.

### 5.1 **POZZI PRODUTTIVI E REINIETTIVI**

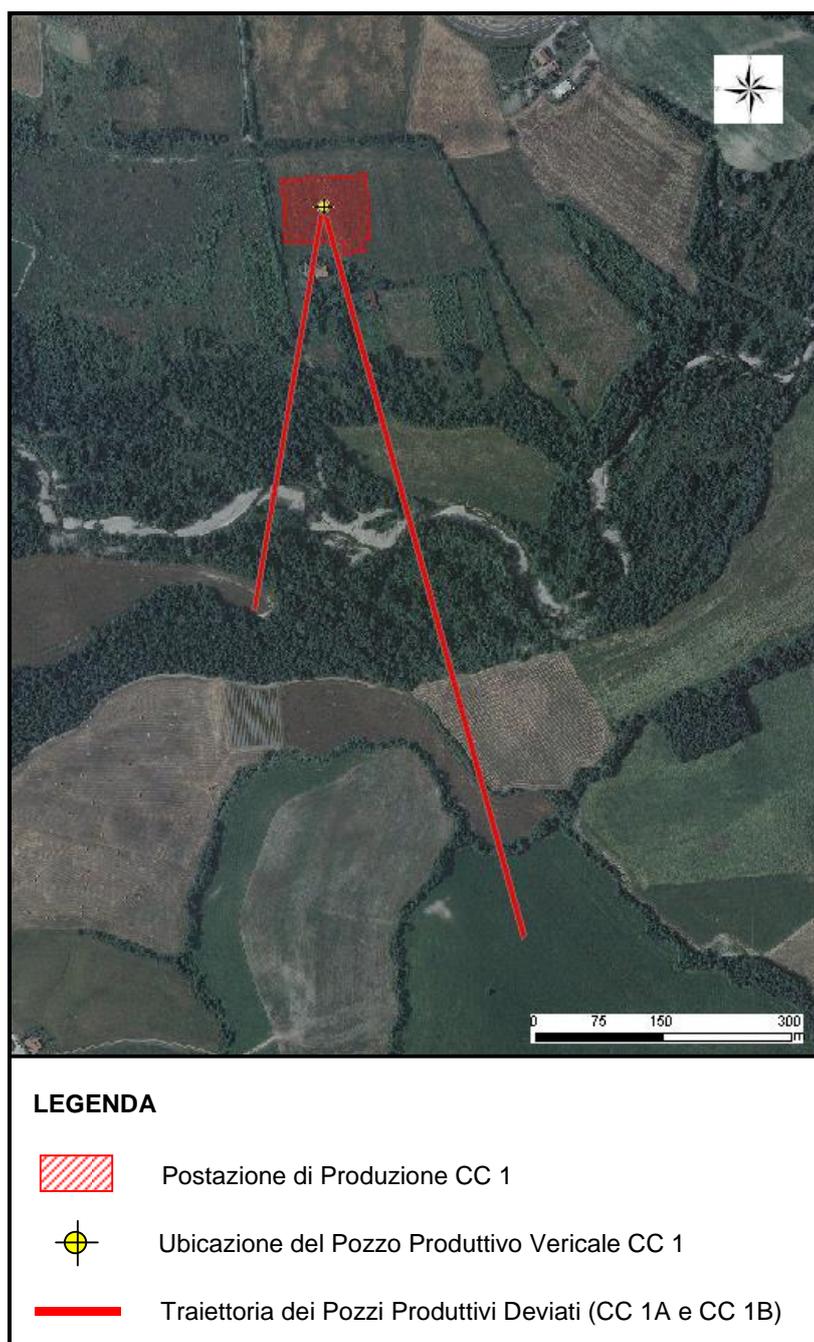
Per quanto riguarda il polo produttivo, dalla medesima postazione verranno realizzati un primo pozzo verticale, denominato CC 1 e due pozzi deviati denominati rispettivamente CC 1A e CC 1B, come riportato in *Figura 5.1a*. Le testa-pozzo saranno distanti circa 5 m.

Tale soluzione permette di ridurre al minimo l'ingombro delle opere in superficie, con indubbi vantaggi dal punto di vista ambientale, oltre che di semplificare, concentrare e razionalizzare la gestione dell'intero impianto di produzione.

Dalla postazione di produzione saranno pertanto perforati:

- un primo pozzo (verticale) CC 1 prof. 2.000 m;
- un secondo pozzo (deviato) CC 1A profondità verticale 2.000 m e scostamento orizzontale circa 500 m verso Sud - Sud Ovest;
- un terzo pozzo (deviato) CC 1B, profondità verticale 2.000 m e scostamento orizzontale circa 900 m, circa verso Sud-SudEst.

**Figura 5.1a**      *Layout pozzi di produzione*



Analogamente, per il polo reiniettivo è prevista la realizzazione di tre pozzi CC 2, CC 2A E CC 2B, dalla stessa postazione, come da Figura 5.1b: le teste pozzo, così come descritto per il polo di produzione, disteranno circa 5 m.

Anche in questo caso, tale configurazione permette di ridurre al minimo l'occupazione di superficie e di, concentrare e razionalizzare la gestione dell'intero impianto di reiniezione.

La successione di perforazione dei pozzi dalla postazione CC 2 si prevede sia la seguente:

- un primo pozzo (verticale) CC 2, prof. 2.000 m;
- un secondo pozzo (deviato) CC 2A, profondità verticale 2.000 m e scostamento orizzontale circa 500 m verso Nord-Ovest;
- un terzo pozzo (deviato) CC 2B, profondità verticale 2.000 m e scostamento orizzontale circa 400 m verso Nord-NordEst.

I pozzi reiniettivi rispondono da un punto di vista progettuale all'esigenza di reiniettare il fluido non solo nella stessa formazione di provenienza (vedasi D.Lgs. 22/2010) ma anche alla stessa profondità.

**Figura 5.1b** *Postazione pozzi reiniezione*



## 5.2

**CARATTERISTICHE TECNICO COSTRUTTIVE DEI POZZI**

Nella *Figura 5.2a* è riportato il profilo del pozzo verticale (re iniettivo o produttivo).

**1a Fase**

La perforazione del primo tratto di pozzo sarà realizzata con uno scalpello di diametro 23" fino a circa 50 m; nel foro, allargato fino a 30", sarà calato e cementato un casing da 24"1/2'.

Un secondo tratto di pozzo verrà perforato fino a circa 250 m dal piano campagna con uno scalpello da 23", all'interno del quale verrà calato un casing da 18"5/8", che sarà completamente cementato fino a bocca pozzo per garantire la massima capacità di isolamento e tenuta.

Le formazioni superficiali sono generalmente molto poco permeabili; il profilo di tubaggio e cementazione permetterà comunque la completa tutela di piccole falde eventualmente presenti.

**2a Fase**

La successiva fase di perforazione sarà effettuata con scalpello del diametro 17"1/2 fino alla profondità di circa 1.050 m. Questa porzione di pozzo sarà rivestita con una tubazione cementata fino a giorno del diametro di 13"3/8, con scarpa orientativamente sotto la base delle formazioni geologiche del Complesso Neogenico. Questa tubazione permette un più profondo e migliore ancoraggio nelle prime formazioni di copertura.

Su questa tubazione verrà installata una testa pozzo di perforazione, di capacità adeguata per controllare la pressione dei possibili fluidi contenuti nelle rocce potenzialmente permeabili al di sotto della base delle formazioni del complesso Flychioide.

**3a Fase**

Infatti, la successiva fase di perforazione, effettuata con scalpello da 12" 1/4 raggiungerà la profondità di circa 1.550 m, alla quale è prevista la presenza delle rocce del potenziale serbatoio geotermico e cioè la Formazione calcareo anidritica di Burano.

In questo tratto di pozzo sarà calato, fino a circa 1.550 m, e cementato fino a giorno un casing di diametro 9"5/8.

Detto casing da 9"5/8 permette di completare l'ancoraggio strutturale e l'isolamento dell'insieme delle formazioni di copertura con un solido attacco nella parte alta delle formazioni litoidi del serbatoio carbonatico.

**4a Fase**

La perforazione proseguirà nelle formazioni del potenziale serbatoio con uno scalpello da 8" 1/2 fino a 2.000 m di profondità; questa porzione basale di foro non verrà tubata e verrà lasciata in Open Hole, per permettere la produzione dai livelli permeabili intercettati nelle rocce del serbatoio carbonatico, generalmente stabili.

Il profilo tecnico nella configurazione finale, di diametro interno delle tubazioni 9" 5/8 e dell'open-hole da 8"1/2 è adeguato al flusso produttivo del fluido di progetto.

Il criterio di costruzione dei pozzi deviati è analogo, nel senso che la sequenza degli scalpelli di perforazione e delle tubazioni di rivestimento, cementate fino a giorno, persegue gli stessi criteri di perforazione e salvaguardia delle formazioni attraversate, del pozzo e controllo dei fluidi intercettati.

Tutti i pozzi deviati, produttivi e reiniettivi, avranno un profilo tecnico molto simile di cui un esempio è mostrato in *Figura 5.2b*. Le profondità verticali delle tubazioni di rivestimento (scarpa dei casing) è prevista alla stessa profondità dei pozzi verticali.

Le operazioni di deviazione (angolo max circa 30°) avranno inizio alla profondità indicativa presunta di 300 m (K.O.P.). La profondità finale del pozzo, misurata sull'asse verticale, sarà circa 2.000 m (in sigla TVD).

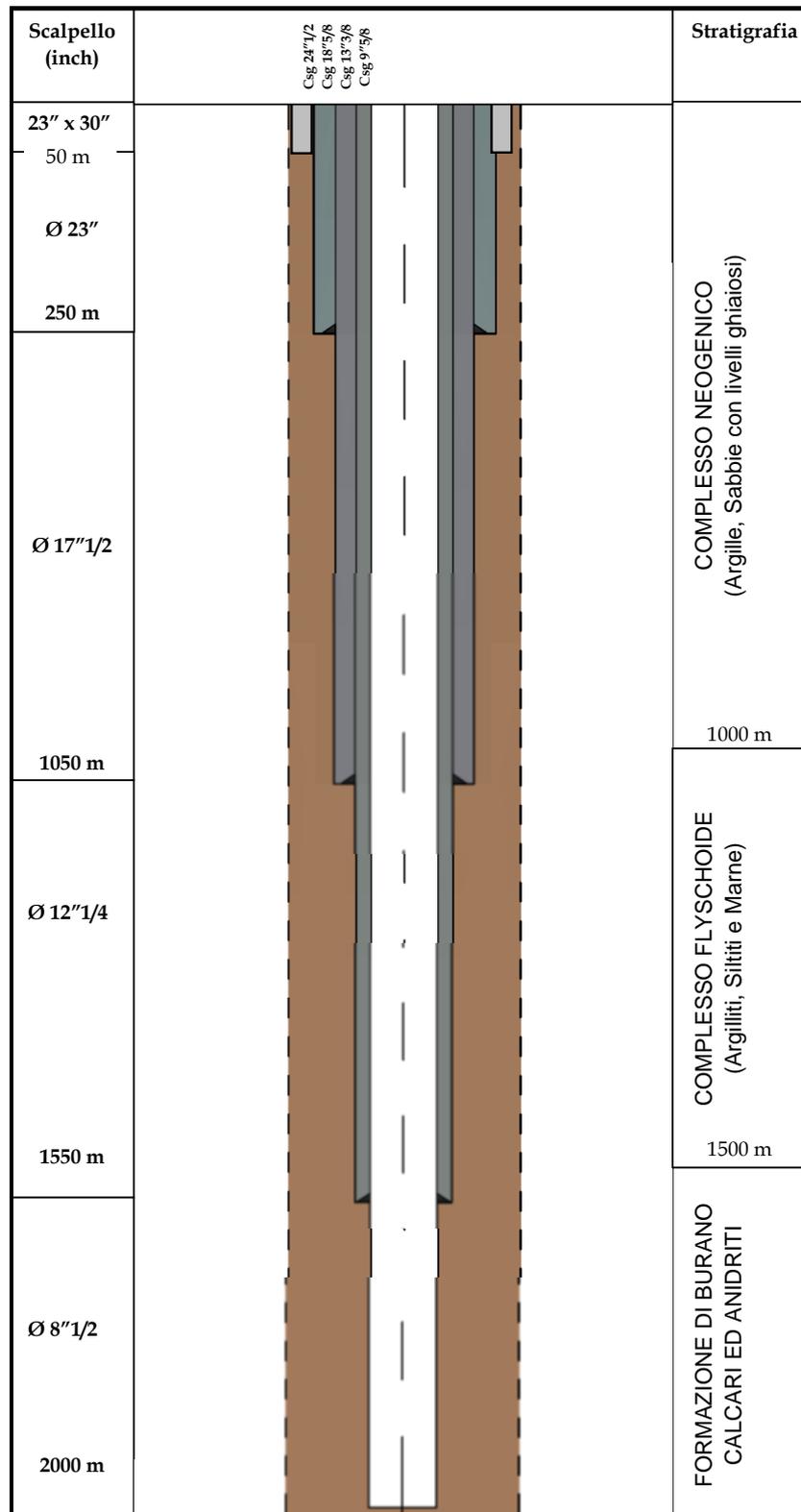
La loro "lunghezza", ovvero la profondità totale perforata, sarà indicativamente di circa 2.300 m (TMD) per scostamenti di circa 1000 m.

Lo scostamento orizzontale a fondo pozzo (TVD=2.000 m) rispetto alla verticale potrà variare da circa 400 m (Pozzo CC 2B) a circa 900 m (Pozzo CC 1B).

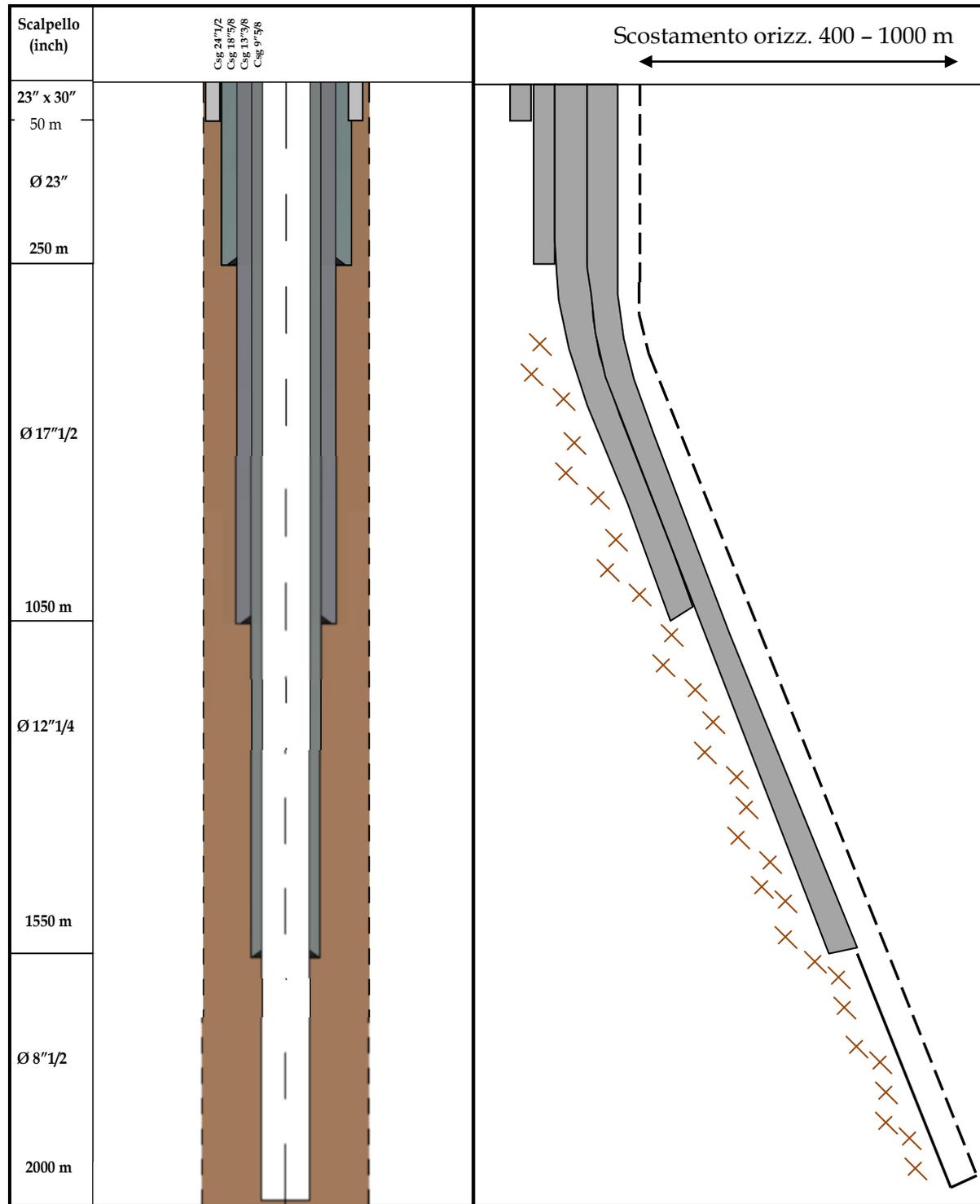
Il programma dei lavori sopra riportato potrà essere soggetto a cambiamenti, nei limiti della potenzialità dell'impianto selezionato, anche durante la realizzazione della perforazione.

Tali cambiamenti potranno anche essere conseguenti a formazioni geologiche diverse da quelle attese o comportamenti delle stesse diversi da quelli attesi.

**Figura 5.2a Profilo Tecnico del Pozzo Verticale**



**Figura 5.2b** Profilo Tecnico Tipo del Pozzo Deviato (K.O.P. = 300 m dal p.c.)



## 5.3

**CARATTERISTICHE DELL'IMPIANTO DI PERFORAZIONE**

L'impianto si compone di alcune parti principali: il mast, con il macchinario di sonda, il sistema di trattamento e preparazione fango, il sistema di preparazione e pompaggio del cemento e quello per la generazione di energia.

Per la perforazione dei pozzi in progetto si prevede l'impiego di un impianto, idoneo a raggiungere agevolmente profondità maggiori dei 2.000 m, da adibire alla perforazione dei pozzi per entrambe le postazioni.

Nella *Figura 5.3a* è riportata una foto dell'impianto (HH 200) che potrà essere utilizzato per la perforazione dei pozzi esplorativi. Dalla figura si possono, inoltre, apprezzare i pannelli fonoassorbenti presenti a semicerchio intorno all'impianto.

**Figura 5.3a** *Esempio di Impianto di Perforazione HH-200 (da Brochure Perazzoli Group)*



In *Tavola 2 5di6* e *6di6* viene riportato in pianta il layout della distribuzione delle attrezzature dell'impianto di perforazione, in entrambe le postazioni di perforazione.

Le caratteristiche di base dell'impianto di perforazione HH200 sono le seguenti:

- 2 pompe fango: entrambe da 1000Hp;
- argano: capacità di almeno 200 tonnellate;
- altezza utile sotto tavola Rotary (piano di manovra): 7 m, per permettere il montaggio delle attrezzature di sicurezza di testa pozzo;

- impiego di un BOP annular e di uno doppio tipo “ram”;
- impiego di un diverter nelle fasi a maggior rischio di emissione gas dal pozzo;
- rating API di funzionalità dei BOP: API 2000 o superiore sia per i BOP che per la relativa centralina idraulica di azionamento;
- centralina idraulica di azionamento BOP munita di due sistemi indipendenti di energizzazione, ciascuno di riserva automatica dell'altro;
- volume delle vasche per la preparazione e gestione del fango: da 90 a 180 m<sup>3</sup>;
- sistema di separazione solidi munito di vaglio multiplo e a doppia rete oltre a un desander o un desilter per la rimozione dei detriti fini;
- disegno dei componenti d'impianto rispondenti alle norme antideflagranza ATEX con riferimento alle distanze dal pozzo definite dalle norme API;
- attrezzature di sicurezza per la batteria di perforazione, come kelly safety valve e float valve.

L'argano e le pompe sono azionati idraulicamente, ottenendo una capacità di regolazione decisamente elevata. Inoltre, l'impianto HH200 prevede un sistema intrinseco di insonorizzazione che lo rende idoneo ad operare anche in situazioni potenzialmente critiche.

Naturalmente, in funzione della disponibilità di impianti da parte dei contrattisti sul mercato dei servizi di perforazione, alcune caratteristiche tecniche potranno subire variazioni (altezza del mast, numero di vasche per il fango, caratteristiche delle pompe, ecc.).

Tuttavia lo schema generale rimane quello descritto sopra, con carattere modulare; l'impianto considerato non ha vincolo di trasporti eccezionali per il trasferimento su strade pubbliche.

È opportuno ribadire che, la permanenza dell'impianto di perforazione è strettamente limitata alle operazioni di sondaggio, la cui durata può essere prudentemente stimata in 80 giorni per la perforazione dei pozzi della profondità “misurata” di 2.300 m; di cui circa 60 dedicati alle attività di perforazione propriamente dette.

### 5.3.1

#### ***Descrizione Delle Operazioni Di Perforazione***

La perforazione è realizzata mediante uno scalpello supportato da una batteria di elementi tubolari (aste) di adeguate caratteristiche meccaniche. Il sistema delle aste è messo in rotazione dall'impianto, attraverso la cosiddetta tavola rotary o il “top drive”.

I detriti di roccia prodotti dallo scalpello vengono sollevati fino a giorno, per mezzo di circolazione di fango o acqua fino a che lo scalpello non intercetta una zona fratturata. In tal caso sia il fluido di perforazione sia i detriti possono essere assorbiti dalla formazione stessa dando luogo al cosiddetto fenomeno della perdita di circolazione.

Per il fango sono possibili varie formulazioni, anche queste in funzione delle caratteristiche geologiche. Nella fase iniziale della perforazione verrà utilizzato il fango nella sua composizione più semplice, ovvero preparato con acqua e bentonite. Man mano che la perforazione procede si pone la necessità di isolare le formazioni attraversate, per dare stabilità alle pareti del foro costruito fino a quel momento. A tale scopo, nel foro viene collocata una tubazione (casing) come schematicamente rappresentato nel profilo tecnico riportato al precedente paragrafo.

Un efficace collegamento tra formazione geologica e tubazione è realizzato mediante riempimento dell'intercapedine con malta di cemento, di caratteristiche meccaniche atte a garantire un legame sicuro tra formazioni e tubo. In gergo tale operazione prende il nome di "cementazione completa del casing".

L'attributo "completa" sta ad indicare che l'intercapedine dell'intera colonna di casing è riempito di malta cementizia cosa che non sempre viene realizzata in particolare nei completamenti dei pozzi a idrocarburi.

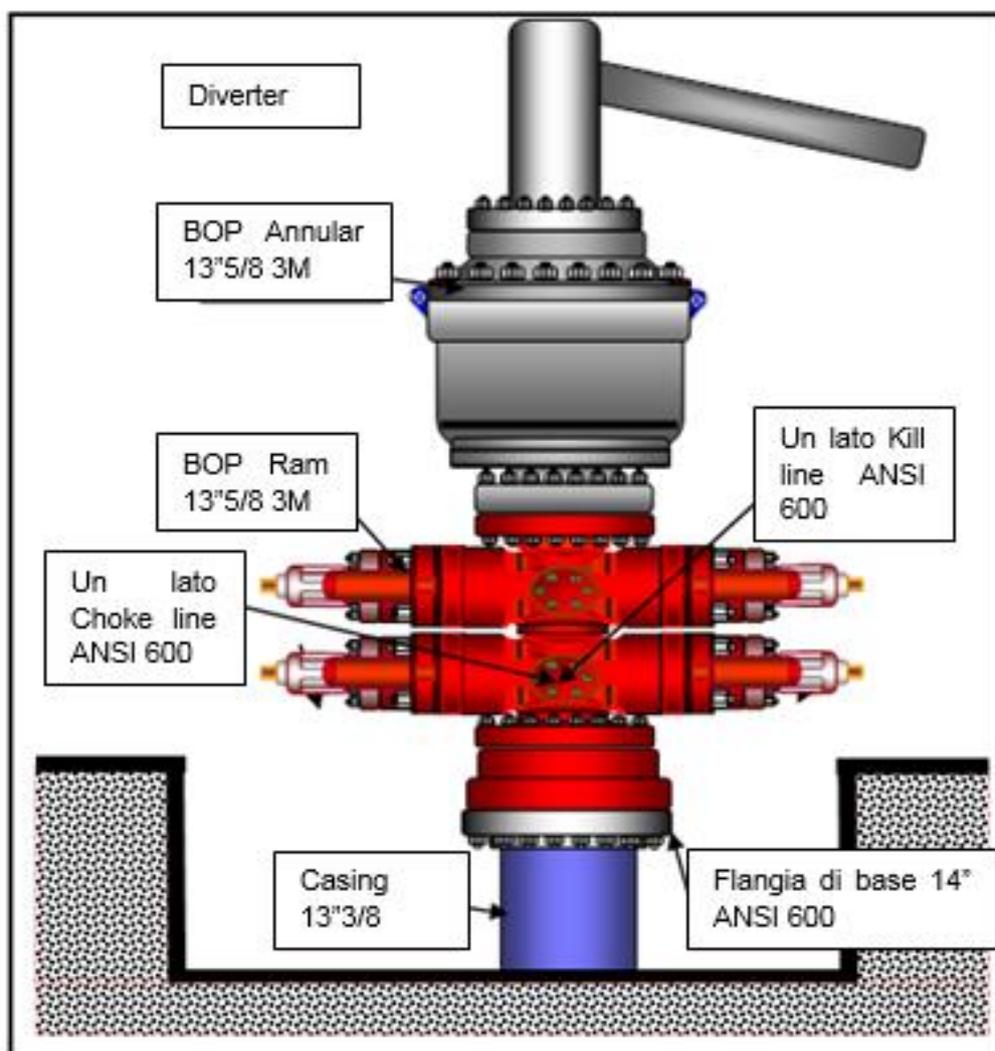
La tubazione in acciaio, così cementata, realizza un isolamento veramente efficace delle formazioni interessate ed il collegamento diretto tra il foro scoperto sottostante con le valvole di bocca pozzo in superficie.

Il tubaggio del pozzo, con diametri decrescenti, avviene in più stadi, isolando le formazioni che progressivamente vengono perforate. Con tale sistema strutturale si realizza il collegamento diretto tra il sottostante foro libero nelle formazioni produttive e le installazioni di superficie.

Sulla sommità in superficie delle tubazioni cementate viene installato un sistema di valvole, denominato "testa pozzo".

Un esempio di questa è mostrato in *Figura 5.3.1a*. La testa pozzo costituisce l'elemento principale per garantire la sicurezza durante la perforazione.

**Figura 5.3.1a** Esempio di Testa Pozzo da Perforazione



La testa pozzo prevede l'installazione di un doppio dispositivo chiamato *Blow Out Preventer* (in gergo BOP, indicato in *Figura. 5.3.1a*), una o più valvole laterali, collocate al di sotto del BOP, e di altri componenti tubolari che collegano il pozzo all'impianto di pompaggio, preparazione e trattamento del fango.

Il BOP è essenzialmente una valvola a comando idraulico, azionabile a distanza, che permette di chiudere il pozzo anche in presenza, al suo interno, delle aste di perforazione.

Il BOP è quindi un dispositivo di sicurezza, che viene utilizzato per contenere in pozzo la possibile risalita del fluido geotermico o del gas di strato in pressione. Il BOP permette di chiudere rapidamente il pozzo, in qualsiasi condizione di lavoro, ed impedirne l'eruzione anche in presenza delle aste di perforazione.

In altre parole il BOP è in grado di controllare a bocca pozzo, in ogni caso, la risalita e la fuoriuscita incontrollata dei fluidi migrati dalla formazione rocciosa perforata che li contiene verso il pozzo e quindi la superficie. In questo modo viene controllato il potenziale rischio di eruzioni.

## 5.4 **TECNOLOGIA DI PERFORAZIONE E PREVENZIONE RISCHI DURANTE LA PERFORAZIONE**

### 5.4.1 **Il Fango di Perforazione**

Il fluido di perforazione utilizzato più diffusamente nella perforazione dei pozzi è il cosiddetto fango, che è costituito da una miscela di acqua, bentonite e, quando necessario, altri componenti secondari. La composizione della miscela varierà in base alle fasi della perforazione secondo i range indicati nella seguente tabella, dove sono riportate anche le principali proprietà fisico-chimiche del fango:

**Tabella 5.4.1a Composizione e Proprietà Medie del Fango**

Composizione Percentuale		
Componente	Valore	U.d.M.
Acqua	50-80	% peso
Barite	0-15	% peso
Bentonite	15-38	% peso
Sabbia	0,1-3	% peso
Proprietà Chimico Fisiche		
Densità	1,15-1,50	kg/l
COD	0-300	ppm
pH	6-9	-

Non è previsto impiego di additivi nella prima fase di perforazione. L'impiego di questi diventa necessario quando la temperatura della formazione supera 60-70°C, provocando effetti negativi sulla stabilità reologica del fango stesso. Pertanto dalla profondità di 200 m, ovvero dopo aver posizionato e cementato completamente il primo e il secondo casing in acciaio, non si esclude l'impiego di additivi, pur in bassissime percentuali. I soli additivi chimici che potrebbero essere utilizzati saranno il CMC ed il Bicarbonato di Sodio (NaHCO<sub>3</sub>), di seguito descritti.

Come visibile dai dati riportati nella precedente tabella i costituenti principali del fango sono acqua e bentonite e qualora necessario la barite

Il costituente base del fango è la bentonite, materiale di origine minerale ottenuto trattando termicamente la montmorillonite (un tipo di argilla), macinata per ottenere il grado di finezza delle particelle più appropriato e trattato termicamente per facilitare una rapida idratazione in fase di preparazione del fango.

È opportuno ricordare che la bentonite, da un punto di vista ambientale è un prodotto assolutamente innocuo. Infatti, essa trova varie altre forme di impiego al di fuori della perforazione. Significativi, da questo punto di vista, sono gli impieghi nella bentonite nell'industria vinicola, alimentare in generale e nella cosmesi. È quindi un prodotto atossico e compatibile con l'ambiente.

La barite, (solfato di bario) che presenta un peso specifico molto elevato (circa 4,5) può essere necessaria per appesantire il fango. La barite è praticamente insolubile in acqua e atossica, tanto da essere usata come mezzo di contrasto, somministrata oralmente o per via rettale per aumentare il contrasto degli esami medici radiografici del sistema digestivo.

Nel caso in esame, inoltre, non è previsto l'impiego di additivi nella prima fase di perforazione.

L'impiego di questi diventa necessario quando la temperatura delle rocce attraversate supera 60-70 °C, provocando effetti negativi sulla stabilità reologica del fango stesso.

I soli additivi chimici che potrebbero essere utilizzati saranno il CMC (Carbossi-Metil-Cellulosa) ed il Bicarbonato di Sodio ( $\text{NaHCO}_3$ ).

CMC sta per Carbossi-Metil-Cellulosa e si usa come additivo del fango bentonitico per migliorare la sua capacità di trasportare i detriti dal fondo pozzo alla superficie, per contribuire alla riduzione della percentuale di acqua libera e per migliorare le caratteristiche meccaniche e impermeabilizzanti del pannello che si forma sulle pareti interne del foro.

La CMC è ottenuta dalla cellulosa, il principale polisaccaride e costituente delle strutture vegetali in genere. Ha sigla E466, è diffusa come additivo alimentare "viscosizzante" ed è usata largamente anche nella preparazione dei dolci.

L'uso del Bicarbonato di Sodio può essere necessario in fase di perforazione del cemento residuo rimasto in pozzo dopo aver cementato la prima tubazione a 140 m; il bicarbonato di sodio ha la funzione di stabilizzare il pH del fango.

Anch'esso è un prodotto atossico, usato in larga misura negli alimenti, ingeribile anche allo stato tal quale in soluzione acquosa.

#### **5.4.2** *Condizioni di Sicurezza durante la Perforazione*

Come descritto ai precedenti paragrafi ci si attende di trovare il fluido geotermico ad una pressione inferiore alla idrostatica corrispondente alla quota del serbatoio.

Le condizioni geologiche di tutta l'area interessata dalle perforazioni è abbondantemente conosciuta grazie alle precedenti esperienze di perforazione, quindi si può escludere che, nella formazione di copertura, sia presente gas o altro fluido in sovrappressione rispetto al fango, e quindi critico dal punto di vista del controllo del pozzo in perforazione.

Tuttavia, l'installazione di due Blow Out Preventer (BOP), peraltro prevista dalle norme di legge in vigore, permette la gestione in sicurezza del pozzo grazie alla possibilità di prevenire possibili blow-out.

La disponibilità di acqua per la preparazione dei fluidi di perforazione o per la sua utilizzazione diretta come fluido di perforazione del serbatoio, costituirà elemento di sicurezza per condurre la perforazione in modo sicuro.

In *Figura 5.4.2a* sono mostrati i tipi di attrezzature di sicurezza che saranno installate durante la perforazione (singoli BOP, sia tipo “annular” che di tipo “ram”).

**Figura 5.4.2a Esempi di BOP “ e “Annular” (da RIG MANUFACTURING LLC)**



La testa pozzo, della fase di perforazione delle rocce del serbatoio, si completa con almeno una valvola laterale, installata sotto al BOP ed alla eventuale valvola maestra, a sua volta collegata ad una tubazione che permette di pompare fluido in pozzo per controllare la pressione in caso di necessità o gestire nella maniera voluta eventuali emissioni di fluido dal pozzo stesso.

Un'altra scelta a favore della sicurezza riguarda il sistema di rilevazione del gas e la professionalità del personale addetto, descritti di seguito.

### *Sistema di Rivelazione dei Gas Endogeni*

L'impianto di perforazione sarà dotato di un sistema di rilevazione del gas, con relativo allarme a seconda della concentrazione rilevata. Si tratta di un'apparecchiatura tipica nella perforazione profonda dei campi a idrocarburi e geotermici.

Il sistema di rilevazione gas è basato sulla dislocazione di un certo numero di sensori che rilevano la concentrazione dei gas più comunemente incontrati nelle formazioni geologiche, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S e CH<sub>4</sub> (ed in genere CH<sub>n</sub>). Tra questi gas quelli più temuti nelle perforazioni profonde sono H<sub>2</sub>S e CH<sub>4</sub>. Di solito il metano è accompagnato da altri idrocarburi (da ciò l'adozione della simbologia gergale CH<sub>n</sub>) che, dal punto di vista della rilevazione, danno luogo allo stesso segnale oltre che essere equipollenti dal punto di vista del rischio incendio.

Il sistema è progettato affinché, qualora si raggiunga un determinato valore di soglia della concentrazione di uno dei gas suddetti, entri in funzione un dispositivo di allarme ottico ed acustico, con indicatori anch'essi ubicati in punti strategici della postazione, in modo che il personale di sonda sia tempestivamente avvertito della presenza di gas e possa attivarsi per le operazioni del caso.

### *Valori Critici e di Allarme per la Concentrazione dei Gas*

In termini di concentrazione dei gas rilevata nell'atmosfera in prossimità delle zone ritenute più critiche il livello di allarme prefissato è ben lontano dall'essere pericoloso per le persone.

Normalmente si adottano i valori limite di concentrazione indicati dalle norme API e adottate diffusamente a livello internazionale dalle compagnie petrolifere cioè 10 ppm (parti per milione, in volume) per l'idrogeno solforato e 5.000 ppm per l'anidride carbonica, ovvero i gas che con maggior frequenza si incontrano in perforazione.

Inoltre il sistema di allarme è tarato per attivarsi con una concentrazione di metano (o CH<sub>n</sub>) pari al solo 15% del Limite Inferiore di Esplosività in aria, il cosiddetto L.I.E., che è generalmente ritenuto pari al 5%.

La logica su cui si basa il sistema di sicurezza, sia nei riguardi dell'eruzione spontanea (blowout) che del rischio incendio, è di rilevare tempestivamente, e trattare come stati di allarme, quei sintomi che possono essere cautelativamente considerati *premonitori* di una situazione potenzialmente evolutiva verso livelli di una certa criticità.

Infine saranno presenti almeno due indicatori di direzione del vento (maniche a vento) che permetteranno al personale operante di conoscere, in ogni momento, in quale direzione recarsi in caso di emergenza nell'eventualità di una fuoriuscita

incontrollata di gas, o in caso di raggiungimento di situazioni critiche per concentrazione di gas superiore ai valori minimi di soglia prestabiliti.

#### *Professionalità Richiesta al Personale di Sonda*

In ottemperanza al dettato del D.Lgs. n.624/96 il personale addetto all'esercizio diretto dell'impianto di perforazione è sottoposto, ogni 2 anni, a corsi di aggiornamento sulle tecniche operative di controllo delle eruzioni.

La partecipazione a tali corsi e il superamento dell'esame finale sono certificati da un attestato di adeguata preparazione professionale, sia teorica che pratica, in tema di "controllo eruzione" dei pozzi.

Tali corsi sono tenuti o presso scuole qualificate dall'International Well Control Forum (IWCF) oppure svolti all'interno delle aziende da personale qualificato, o riconosciuto tale dallo stesso IWCF, e si concludono con una procedura di esame atta a verificare e documentare il livello di apprendimento e preparazione dei singoli partecipanti.

Come da buona pratica ormai consolidata nel campo delle perforazioni, la qualità del funzionamento dei BOP, delle apparecchiature di comando connesse, del sistema di monitoraggio e allarme gas, vengono periodicamente provati nella loro funzionalità durante tutta l'attività di perforazione, simulando con esercitazioni specifiche l'effettuazione di interventi in emergenza.

Il controllo del funzionamento dei BOP, così come di tutti i componenti più importanti dell'impianto, avvengono sulla scorta di un piano di controllo preventivamente definito a norma del D.Lgs. n.624/96, art. 31.

Infatti, qualora si verificassero le condizioni per un'eruzione spontanea del pozzo, le misure di sicurezza presenti, tanto di natura impiantistica che organizzativa, offrirebbero una garanzia a livello degli standard internazionalmente riconosciuti e utilizzati per la perforazione di pozzi profondi.

#### *Protezione Antincendio*

Le norme in vigore che regolano l'attività di perforazione e prove di produzione dei pozzi (essenzialmente il già citato D.Lgs. n.624/96) prevedono specifiche disposizioni di corredo dell'impianto ai fini di protezione contro gli incendi, dalla dislocazione e numero degli estintori alla scelta delle caratteristiche tecniche dei componenti dell'impianto stesso. Analogamente, sono previste specifiche condizioni di capacità del personale di sonda con apposite figure "formate" per la gestione di situazioni critiche dal punto di vista incendio.

La dislocazione di componenti d'impianto dal pozzo (motori diesel e serbatoi gasolio) è soggetta a precise indicazioni di legge (DPR 128/59 e D.Lgs. n.624/96) che stabiliscono i limiti minimi della distanza di tali componenti dal pozzo, proprio con la funzione di protezione contro il rischio incendio. In tale contesto di

sicurezza si inserisce anche la scelta di utilizzare i sensori di allarme gas endogeno con valori massimi di rilevazione CHn prestabiliti in funzione di questo obiettivo.

#### *Tecniche di Tubaggio per la Protezione delle Falde Idriche*

Come testimoniato dalla relazione geologica, *Allegato 2*, nell'area individuata dal sito di produzione è presente un livello acquifero superficiale risiedente all'interno dei depositi alluvionali superficiali del Torrente Senna.

Mentre, dov'è prevista la perforazione dei pozzi di reiniezione, non si segnala la presenza di alcun acquifero sotterraneo, come testimoniato anche dall'assenza di alcun tipo di pozzo d'emungimento d'acqua nella piana.

In generale, durante la perforazione, il rischio di contaminazione delle falde può avvenire attraverso l'immissione nell'acquifero di consistenti quantità di fango oppure di fluido endogeno; nel seguito viene analizzato in maniera compiuta tale rischio, descrivendo gli accorgimenti progettuali e operativi adottati per evitarlo.

Il profilo di tubaggio adottato per i pozzi geotermici (si veda la figura al *paragrafo 5.2*) permette un completo isolamento di eventuali falde sospese e di quelle profonde.

#### Protezione delle falde acquifere da immissione di fango

Come già esposto, la perforazione del tratto superficiale del pozzo viene condotta con le stesse tecniche di perforazione dei pozzi per la ricerca di acqua, pertanto il rischio di inquinamento di potenziali falde in pratica non sussiste.

Una volta isolata la formazione permeabile sede di acquifero superficiale mediante i primi due casing completamente cementati, il problema del rischio di contaminazione della falda è risolto alla radice.

Inoltre, si fa notare che il profilo di tubaggio del pozzo prevede l'infissione a percussione di un tubo guida fino alla profondità di circa 50 m e comunque fino a rifiuto. Il tubo guida permette, quindi, di proteggere le formazioni superficiali. Durante tale fase di perforazione verrà, inoltre, impiegata acqua pura per tutelare il terreno superficiale.

#### Protezione delle falde acquifere da immissione di fluido endogeno

La seconda forma di possibile contaminazione, cioè l'immissione di fluido endogeno nelle formazioni sede di acquifero, potrebbe manifestarsi solo se il fluido proveniente dalle formazioni interessate e presente in pozzo durante la produzione potesse entrare in contatto con le falde acquifere.

Tale rischio è eliminato intervenendo a livello di progetto del profilo di tubaggio del pozzo e prevedendo:



- un sistema multiplo di tubazioni concentriche;
- l'impiego di tubi assolutamente integri dal punto di vista della presenza di difetti meccanici o metallurgici: ciò è ottenuto realizzando un piano dei controlli di rispondenza generale del prodotto alle specifiche di progetto al più alto livello impiegato per tale tipologia di prodotto industriale;
- un montaggio delle tubazioni realizzato assemblando i singoli tubi sotto il controllo di una direzione lavori che verifichi le migliori condizioni di serraggio dei singoli tubi, registri i parametri fondamentali di avvitatura (coppia, numero di giri, tempo di avvitatura) e certifichi il rispetto delle condizioni di montaggio;
- individuando la profondità ottimale della scarpa delle stesse tubazioni per evitare difficoltà in fase di cementazione;
- progettando cementazioni delle tubazioni attraverso le condizioni di centratura delle tubazioni, regolarità dell'intercapedine, condizioni di flusso, controllo del tempo di presa della malta in modo da creare condizioni finali di cementazione eccellenti.

Inoltre occorre considerare anche il fatto che la pressione che sollecita le tubazioni durante la fase di esercizio dei pozzi è molto inferiore alle condizioni di pericolo di rottura delle tubazioni stesse.

È evidente che una volta costituito un sistema multiplo di tubazioni così curate nella fase di montaggio dal punto di vista meccanico, cementate in maniera completa ed ottimale dal punto di vista della qualità, della omogeneità e resistenza meccanica della malta, tale sistema finisce per costituire una barriera primaria assolutamente ridondante nei riguardi della sicurezza dell'isolamento delle formazioni esterne alle tubazioni, che si traduce in un elevatissimo grado di protezione delle falde in esse contenute.

L'introduzione di due casing completamente cementati per isolare l'intero sistema di falde idriche superficiali, realizza una protezione del sistema degli acquiferi di altissima sicurezza. Tanto più che le parti di testa pozzo potenzialmente più critiche saranno sottoposte a periodici controlli spessimetrici, in particolare per la parte di casing di produzione che fuoriesce da terra. Quindi, un'eventuale perdita di spessore per corrosione sarebbe tempestivamente messa in evidenza, come per le tubazioni di trasporto, permettendo la programmazione degli interventi manutentivi ritenuti necessari.

### Cementazione

Un efficace collegamento tra le rocce delle formazioni geologiche presenti e la tubazione di pozzo è realizzato mediante il riempimento dell'intercapedine con malta di cemento (chiamata in gergo "cementazione del casing"), di caratteristiche meccaniche atte a garantire un legame sicuro tra roccia e tubo.

La tubazione in acciaio così cementata permette il completo isolamento delle formazioni attraversate nel corso della perforazione.

Ogni casing, dopo la posa in profondità, è ancorato alle pareti con una cementazione che avviene con il pompaggio di cemento alle spalle del casing a partire dalla scarpa dello stesso, fino alla sua venuta a giorno. Infatti, il profilo tecnico descritto prevede la cementazione di tutte le tubazioni dal piano campagna fino alla profondità di 1.550 m.

Le malte di cemento utilizzate saranno miscele di cemento con acqua, a densità intorno a  $1,90 \text{ g/cm}^3$ , e qualche accelerante (es.  $\text{CaCl}_2$ ) per ridurre i tempi di pompabilità che altrimenti potrebbero essere eccessivamente lunghi.

In presenza di formazioni altamente porose e permeabili o poco consolidate o addirittura fratturate, verrà valutata la possibilità di ricorrere a malte a bassa densità (tra  $1,20$  e  $1,60 \text{ g/cm}^3$ , a seconda delle circostanze), che si ottengono aggiungendo alla malta base materiali di alleggerimento come diatomite, bentonite, microsferi di vetro, ecc..

Man mano che aumenta la profondità, e con essa la temperatura ( $T > 70 \text{ }^\circ\text{C}$ ), le malte potranno richiedere l'impiego di additivi con funzioni specifiche, come:

- riduttori di filtrato (per evitare la disidratazione prematura della malta);
- fluidificanti (per ottimizzare la reologia e ridurre le perdite di carico durante il pompamento e lo spiazamento della malta);
- ritardanti (per allungare i tempi di pompabilità in funzione della durata prevista della cementazione);
- materiali di appesantimento come barite, ematite od ossido di manganese (per ottenere una malta a densità adeguata a equilibrare la pressione di strato).

L'importanza di un'adeguata e corretta cementazione è fondamentale per la sicurezza del manufatto, infatti, se fatta male, provocherebbe il danneggiamento del pozzo limitandone l'uso.

Per questo motivo, al fine di controllare la corretta cementazione dei casing verranno effettuati log di controllo in foro.

### **5.4.3** *Uso di Risorse in Fase di Perforazione*

#### **5.4.3.1** **Acqua Industriale**

L'attività di perforazione richiede la disponibilità di acqua per la fase di preparazione, dei fanghi e delle malte, in quantità correlabile al volume dei singoli pozzi, alla durata dei lavori di perforazione ed alle caratteristiche geologiche delle formazioni attraversate.

In particolare, durante la perforazione dei primi metri di terreno, verrà impiegata acqua pura per tutelare il terreno superficiale. In tale fase, il consumo di acqua è ritenuto essere del tutto trascurabile.

Il consumo di acqua si mantiene limitato durante l'attraversamento delle sottostanti formazioni prevalentemente argillo - sabbiose ed argillitiche. Durante tali fasi e soprattutto durante la perforazione delle rocce argillitiche delle Unità Liguri flyschoidi e delle formazioni litoidi non fratturate, l'approvvigionamento d'acqua sarà variabile tra pochi litri/ora fino al massimo di circa 10 m<sup>3</sup>/h (2,7 l/s) in funzione del grado di permeabilità dei litotipi attraversati.

Infatti, durante la perforazione, anche in presenza di limitate perdite di circolazione, si instaurerà un circuito chiuso con il riutilizzo del fango bentonitico utilizzato.

La perforazione della formazione rocciosa del serbatoio, dove permeabile, comporta un maggior consumo idrico in conseguenza della minor pressione del fluido di strato rispetto alla idrostatica equivalente per profondità, che implica il fenomeno della perforazione cosiddetta in "perdita di circolazione".

In considerazione della possibile variabilità dei tratti di pozzo che potrebbero essere perforati in perdita di circolazione, e la necessità di non interrompere i lavori in caso di poca disponibilità idrica, il prelievo di acqua potrà al massimo raggiungere una portata di punta pari a circa 70 m<sup>3</sup>/h (19,5 l/s) per un periodo previsto di circa 10 giorni, non consecutivi.

Durante la perforazione dei livelli fratturati potenzialmente produttivi, in ogni caso potrà essere gestito in postazione uno stoccaggio preventivo di acqua, sia nelle vasche di servizio (corral) dell'impianto di perforazione che nella vasca presente all'interno della postazione.

Per l'approvvigionamento dei quantitativi idrici, qui descritti, si prevede il prelievo di acqua dal Torrente Senna con l'eccezione del periodo estivo. Si rimanda all'Allegato 3 per maggiori dettagli sull'idrologia del T. Senna.

Per quanto concerne gli eventuali approvvigionamenti idrici nel periodo estivo sono stati presi contatti con il gestore del servizio idrico locale il quale non fornisce il servizio durante il periodo invernale per problemi di congelamento delle tubazioni di approvvigionamento.

#### 5.4.3.2 Energia, Gasolio e Lubrificanti

L'energia necessaria all'esercizio dell'impianto e di tutti i servizi di cantiere viene prodotta in loco mediante i gruppi di generazione dell'impianto stesso. I carburanti per l'alimentazione dei motori e dei gruppi elettrogeni vengono approvvigionati tramite autocisterne che attingono presso fornitori autorizzati.

Il consumo massimo di gasolio di un cantiere durante la perforazione è di circa 1.000 kg/giorno, per un fabbisogno complessivo a pozzo stimabile in 30.000 kg/pozzo ovvero una media di 500 kg/giorno.

### 5.4.3.3 Altre Materie Prime

Nel seguito vengono indicate le quantità di materiali necessari per l'alimentazione del cantiere in fase di perforazione.

I consumi dei prodotti per la preparazione del fango e delle malte possono essere influenzati dalle condizioni geologiche incontrate.

Per il calcolo delle quantità dei materiali necessari per l'alimentazione del cantiere (in prevalenza inerti, cemento, bentonite, acciaio, gasolio) si fa riferimento alla perforazione di circa 2.000 m.

Sulla base del profilo dei pozzi, della stratigrafia conosciuta e dell'esperienza, si possono stimare i seguenti consumi medi per ogni singolo pozzo, sia produttivo che reiniettivo:

- bentonite: 80 t per pozzo;
- cemento per le malte: 230 t per pozzo;
- acqua per la perforazione, circa 20.000 m<sup>3</sup> a pozzo;
- acciaio: il consumo di acciaio è relativo principalmente ai tubi (casing), mentre altri utilizzi danno un contributo assai poco significativo. Il fabbisogno di casing ammonta a circa 170 tonnellate mentre altri consumi sono per scalpelli, testa pozzo e lamiere per lavori di carpenteria vari. Si stima pertanto un totale di 120 tonnellate di acciaio per pozzo.

## 5.5 RIFIUTI E RESIDUI

### 5.5.1 Detriti e Fango Esausto

Il detrito prodotto dalla frantumazione della roccia, dovuto all'azione dello scalpello, ha una dimensione variabile da qualche millimetro fino a valori dell'ordine di qualche micron.

La quantità attesa di residui di detriti e fango prodotta per singolo pozzo è stimabile in 600 m<sup>3</sup>.

Di questi, circa il 70% risulterà proveniente dalla separazione dalla fase liquida attraverso le attrezzature di vagliatura, mentre il rimanente fa parte dell'aliquota non separabile dal fango, pertanto lo si ritrova sotto forma di materiale decantato in apposite vasche.

Tale quantità è relativa prevalentemente alla parte del pozzo con ritorno di circolazione. Infatti, nelle fasi di perdita di circolazione si esclude la produzione di detriti, dal momento che sarà prevalente la perdita di circolazione.

La quantità di fango che contribuisce a tale voce è limitata a soli 80 m<sup>3</sup> a pozzo.

Per la miscela di fango, acqua e detriti di varia pezzatura prodotti dalla perforazione si prevede un ciclo di smaltimento attraverso apposito Centro di trattamento autorizzato in accordo alle leggi in vigore. Si prevede di affidare allo

stesso Centro anche il prelievo dei prodotti dal cantiere con modalità stabilite di volta in volta per quanto attiene la frequenza di prelievo, ovviamente dominata dalla produzione nel tempo del detrito stesso.

Il Centro prescelto provvede quindi a prelevare i prodotti e trasferirli al luogo di trattamento con mezzi specializzati e autorizzati in accordo alle leggi in vigore. La caratterizzazione chimica iniziale del materiale prodotto, anche se costituito in prevalenza da detriti, bentonite e cemento, viene fatta in un laboratorio specializzato, anch'esso necessariamente tra quelli autorizzati, ma che potrà essere distinto dal laboratorio di cui il Centro è eventualmente dotato. Inoltre i residui saranno inoltre classificati in accordo al codice CER (D.lgs. 152/06).

### 5.5.2 **Rifiuti da Attività di Cantiere**

Durante la perforazione è prevista la presente nel cantiere di un sistema per la raccolta differenziata dei rifiuti prodotti, che vengono successivamente smaltiti secondo le disposizioni vigenti in materia. Particolare attenzione viene posta alla raccolta delle tipologie di materiale riciclabile (olio esausto, rottami ferrosi, etc.).

In accordo alla normativa vigente, anche i rifiuti prodotti nella perforazione dei pozzi sono classificabili nelle seguenti tipologie:

- speciali non pericolosi;
- speciali pericolosi.

Le quantità di rifiuti da smaltire, con riferimento all'attività di perforazione di un pozzo, sono stimabili come riportato nella seguente *Tabella 5.5.2a*.

**Tabella 5.5.2a Quantitativi Medi Rifiuti da Smaltire con Riferimento all'Attività di Perforazione di Ciascun Pozzo**

Tipologia Rifiuto	Quantità in kg
Materiali filtranti, stracci e indumenti contaminati da olio	250
Materiale per imballaggi	600
Gomma e gomma-metallo	2.000
Legname	500
Oli esausti utilizzati nei motori	250

### 5.5.3 **Effluenti Liquidi**

Durante le attività di perforazione sono previsti tre tipi di effluenti liquidi:

- le acque di prima pioggia;
- gli scarichi dei servizi sanitari;
- i reflui liquidi provenienti dalle attività di perforazione;
- acque di risulta dal lavaggio mezzi.

Nel periodo di perforazione le acque di pioggia che scorrono sul terreno impermeabilizzato sono raccolte, mediante una rete di canalette come riportato in dettaglio al *Paragrafo 4.1.1.3* (come rappresentato nella *Tavola 1*) e le acque di prima pioggia, appositamente raccolte, inviate a smaltimento e non saranno rilasciate nei corpi idrici superficiali.

Data la breve durata delle attività di sonda il cantiere non è dotato di strutture importanti ai fini igienici. Le acque nere provenienti dai servizi fondamentali saranno smaltite da compagnie specializzate, che provvederanno alla pulizia dei servizi ed al prelievo dei liquami. La quantità massima di acque nere prodotte, prevalentemente di provenienza dai servizi igienici, sono stimabili nella situazione specifica in 40 m<sup>3</sup> a pozzo che saranno interamente smaltiti con autobotte.

Per quanto concerne la procedura e la gestione delle acque derivanti dal lavaggio dei mezzi di cantiere, si rimanda al *paragrafo 5.7.1*.

Pertanto non si prevedono scarichi idrici nei corsi d'acqua.

## **5.6 EMISSIONI SONORE DA IMPIANTO DI PERFORAZIONE**

Le principali sorgenti sonore dell'impianto di perforazione sono rappresentate da:

- n.2 gruppi elettrogeni alimentati con motore diesel;
- n.2 vibrovagli alimentati con motore elettrico;
- n.2 pompe triplex;
- n.1 piano sonda;
- n.2 compressori.

Nella seguente *Tabella 5.6a* sono riportati i valori di potenza sonora delle sorgenti sopra descritte ottenute dalle specifiche tecniche di acquisto delle diverse apparecchiature, in base alle indicazioni dei progettisti ed in funzione delle misurazioni eseguite presso altri impianti simili.

Si è in particolare considerato che:

- ogni gruppo elettrogeno sia stato insonorizzato inserendolo all'interno di un cabinato fonoassorbente, dotato di silenziatori sia per l'aria di raffreddamento in ingresso e in uscita che di marmitta per i gas di scarico;
- ogni vibrovaglio sia stato insonorizzato inserendolo all'interno di un cabinato fonoassorbente;
- ogni pompa triplex sia stata insonorizzata inserendola all'interno di un cabinato fonoassorbente;
- ogni compressore sia stato insonorizzato inserendolo all'interno di un cabinato fonoassorbente.

**Tabella 5.6a Potenza Sonora delle Principali Sorgenti dell'Impianto di Perforazione**

Rif.	Descrizione Sorgente	Num Sorgente	Tipo Sorgenti	Potenza Sorgente dB(A)	Ore esercizio
S1	Gruppo elettrogeno	2	Puntiforme	96	24 h/g
S2	Vibrovaglio	2	Puntiforme	95	24 h/g
S3	Piano Sonda	1	Puntiforme	103	24 h/g
S4	Pompa Triplex	2	Puntiforme	92	24 h/g
S5	Compressore	2	Puntiforme	85	24 h/g

La caratteristica acustica delle sorgenti relative alla perforazione dei pozzi deriva dalle indicazioni del fornitore dell'impianto di perforazione HH-200MM.

Qualora necessario, si potrà procedere a interporre schermi fono-isolanti sul piano sonda.

## 5.7

### **MEZZI DI CANTIERE E TRAFFICO INDOTTO**

La realizzazione delle piazzole e dei pozzi in progetto richiederà l'utilizzo di macchine di trasporto ed operatrici, che verranno impiegate nel periodo dei lavori di costruzione in maniera diversificata secondo le effettive necessità. In particolare verranno utilizzate le seguenti macchine:

- autocarri;
- autobetoniere;
- escavatori;
- pale meccaniche;
- attrezzature specifiche in dotazione alle imprese esecutrici quali carrelli elevatori, piega ferri, saldatrici, flessibili, seghe circolari, martelli demolitori, ecc..

Per la stima del carico da mezzi di trasporto sulla viabilità esistente occorre distinguere le varie fasi di lavoro.

La prima fase è costituita dalla costruzione delle postazioni e dall'adeguamento della viabilità, della durata totale di circa 120 giorni.

In questa fase si stima siano necessari:

- 141 autobotti da 8 m<sup>3</sup> per la fornitura di calcestruzzo, volume stimato pari a circa 1.130 m<sup>3</sup>;
- 2 trasporti con autocarro da 30 ton per escavatore ed una motopala.

Per la fase di montaggio dell'impianto di perforazione si stimano 27 trasporti con autocarro da 30 ton e 11 trasporti speciali.

Durante la perforazione si stima siano necessari:

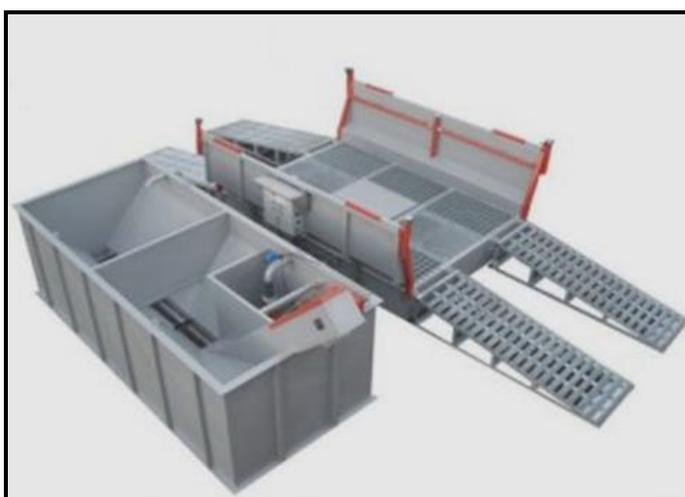
- 15 trasporti con autocarro da 30 ton per il materiale da perforazione (bentonite, tubi, cemento, materiali minori) ripartiti nei primi 30 giorni di attività;
- 15 trasporti per il ritiro del materiale di scarto, da parte di ditte specializzate, derivante dall'attività di perforazione;
- 5 trasporti con autocarro da 4,8 ton per operazioni di log in pozzo, gasolio e altre attività minori ogni 5 giorni per tutto il periodo delle attività;
- Impiego di 5 mezzi leggeri per il trasporto del personale operativo e di controllo delle attività 2 volte al giorno, dal cantiere alla sede di pernottamento sita nel raggio di 5 km.

### 5.7.1

#### ***Pulitura Mezzi di Cantiere***

Il cantiere sarà dotato di un impianto di lavaruate mobile (*Figura 5.7.1a*), al fine di prevenire eventuali problemi legati alla dispersione in strada di materiale, che durante le operazioni di carico e transito nell'area di cantiere, potrebbero aderire ai pneumatici dei mezzi.

***Figura 5.7.1a Tipologico dell'Impianto Lavaruate Mobile***



Il sistema funzionerà con acqua in riciclo e sarà costituito dalle seguenti sezioni principali:

- Gruppo pompa;
- Apparecchiature di lavaggio;
- Comando per avviamento ed arresto automatico;
- Lancia di lavaggio per interventi manuali;
- Guida ruote;
- Fossa di alloggiamento della pompa collegata ad un serbatoio della capacità di 2000 l per l'acqua di riciclo.

L'acqua raccolta al di sotto delle piazzole di lavaggio sarà convogliata in una vasca all'interno della quale è ubicata una pompa sommersa che alimenta un

serbatoio di raccolta da cui l'acqua viene riciclata alle apparecchiature di lavaggio.

Una volta finita la fase di lavaggio i reflui derivanti dall'impianto lava-ruote costituiscono rifiuto e come tali saranno smaltiti.

Il lavar ruote sarà posizionato fuori terra con rampe di accesso ed ubicato sul piazzale dell'area cantiere.

Nelle fasi successive, di costruzione delle ossature e dei getti di calcestruzzo, i mezzi transiteranno su piste di materiale inerte proveniente da impianti di riciclaggio o cava di prestito e quindi con minima possibilità di portare "sporco" sulla viabilità ordinaria. Nel caso ciò avvenisse, il personale presente in cantiere, provvederà manualmente con pale e scope a ripulire la viabilità stessa.

Nella fase della perforazione, essendo tutte le aree di transito e manovra dei mezzi all'interno delle piazzole inghiaiate, le ruote dei mezzi non hanno la possibilità di sporcarsi.

## 5.8

### **CARATTERIZZAZIONE PRODUTTIVA DEI POZZI**

Al fine di confermare le caratteristiche chimico-fisiche del fluido e le caratteristiche idrodinamiche del serbatoio, si ritiene opportuno effettuare specifiche prove.

Le grandezze di maggiore interesse, ai fini della caratterizzazione produttiva del pozzo, sono la temperatura e la pressione, in condizioni indisturbate, del fluido contenuto nel serbatoio e la permeabilità della formazione geologica del serbatoio.

Si prevedono, quindi, prove di produzione a breve termine (BT) per la "ripulitura del pozzo" e la caratterizzazione preliminare che verranno eseguite con la presenza della sonda di perforazione della durata di massimo qualche ora. Inoltre, dopo la perforazione del primo pozzo di reiniezione (CC 2) sarà prevista una prova di reiniezione prolungata (circa 15 giorni).

Le prove di produzione sono generalmente volte ad identificare l'esistenza di un possibile orizzonte produttivo in termini di:

- natura del fluido (liquido, vapore);
- temperatura;
- composizione chimica;
- pressione di serbatoio;
- dimensioni e capacità produttive (estensioni laterali e verticali, trasmissività, porosità etc.).

Le prove saranno pertanto le seguenti:



- test per la determinazione di pressione e temperatura;
- breve erogazione controllata;
- test di produzione/iniezione.

#### *Determinazione di pressione e temperatura*

La temperatura e la pressione vengono misurate durante l'avanzamento del pozzo stesso e sono parte integrante delle procedure di perforazione. Poiché la perforazione dà sempre luogo ad una modifica temporanea dello stato termico della formazione attraversata (raffreddamento), la sua temperatura viene ricostruita, secondo tecniche teorico-pratiche, sulla base del recupero nel tempo della temperatura di fondo pozzo, che tende verso una stabilizzazione.

#### *Erogazione breve controllata*

Al termine della perforazione e una volta verificata la presenza di un serbatoio permeabile si intende eseguire una breve prova di erogazione, avente lo scopo di “pulire il pozzo” dai detriti e dall’acqua iniettata durante la perforazione e determinare alcune caratteristiche produttive.

L’erogazione avverrà tramite una tubazione che sarà montata nel cunicolo appositamente predisposto (vedi *Tavole 1 e 2*), opportunamente ancorata per assorbire le dilatazioni termiche e le spinte fluidodinamiche in un separatore “silenziatore”.

Le misure che saranno eseguite durante la prova sono riassunte nel seguito:

- misure di temperatura e pressione a testa pozzo;
- misura della Lip Pressure per la valutazione della portata (metodo di James);
- temperatura e livello del liquido nella vasca;
- attrezzatura per calare in pozzo la strumentazione per la misura di pressione e temperatura alla frattura in erogazione.

Il silenziatore/separatore ha lo scopo di separare la parte liquida in uscita dal pozzo e ridurre le emissioni sonore.

Il silenziatore separatore sarà del tipo a ciclone: la fase gassosa (vapore e incondensabili e aria) sono espulsi dall’alto, mentre la fase liquida cade nella vasca reflui dopo aver attraversato una cassa con stramazzo. Il silenziatore utilizzato per le prove di produzione avrà un’altezza di 10 m.

L’acqua contenuta nel fluido geotermico, incluso l’acqua di perforazione sarà separata nel ciclone silenziatore e scaricata nella vasca adiacente al piazzale e successivamente re-iniettata nel pozzo stesso.

Il test si interromperà quando la vasca per le prove di produzione sarà integralmente riempita. Considerando che la “vasca reflui” ha un volume 355 m<sup>3</sup>, è ragionevole ritenere che le prove avranno una durata di non più 2 - 3 ore.

Nel corso dei test di erogazione è previsto il monitoraggio con strumento portatile della concentrazione di H<sub>2</sub>S a diverse distanze dall'impianto.

#### *Prove di produzione/iniezione*

Dopo la perforazione di un secondo pozzo deviato dalla stessa postazione (es. CC 1 e CC 1A) la prova di produzione/iniezione potrà essere eseguita reiniettando il fluido geotermico, riversato nella vasca reflui, direttamente nel secondo pozzo, mediante una pompa. Tale ulteriore prova, consentirà una migliore caratterizzazione del serbatoio geotermico in termini di produttività e di iniettività, ricreando all'incirca ciò che avverrà ad impianto in esercizio.

L'acqua geotermica, separata nel separatore/silenziatore e avviata nella vasca reflui, sarà, mediante una pompa immersa, reiniettata nel secondo pozzo. Si procederà cioè alla produzione di fluido geotermico da un pozzo di produzione e la reiniezione dello stesso nel pozzo perforato nella stessa piazzola. La durata del test sarà decisa in funzione delle caratteristiche dei pozzi ed avrà una durata orientativa di circa 3-4 giorni.

#### *Prove di reiniezione prolungata*

Tale prova di reiniezione prolungata sarà effettuata, senza emissioni in atmosfera, mediante l'emungimento di fluido geotermico da un pozzo di produzione e la reiniezione dello stesso ad un pozzo di reiniezione, ed avrà una durata di circa 15 giorni.

Dopo la caratterizzazione dei primi due pozzi di produzione (CC 1 e CC 1A) è prevista la perforazione del primo pozzo di reiniezione denominato CC 2.

Contemporaneamente alla perforazione del pozzo reiniettivo sarà prevista la realizzazione della tubazione di collegamento tra la postazione di produzione e quella di reiniezione e la contemporanea installazione della pompa sommersa (vedi paragrafo 6.2.3) in un pozzo di produzione.

Per il funzionamento della pompa sommersa, sarà richiesto l'allacciamento temporaneo di cantiere alla rete elettrica a media tensione o sarà utilizzato un gruppo elettrogeno.

Si fa presente che tale gruppo elettrogeno non avrà emissioni sonore maggiori rispetto a quelle previste durante la fase di perforazione.

Al completamento della realizzazione delle opere sopra descritte, si procederà con la simulazione della produzione e reiniezione del fluido geotermico dalle due postazioni di progetto.

## 5.9 **TEMPI DI REALIZZAZIONE DEI LAVORI**

I tempi indicativi per la realizzazione delle singole fasi relative ai pozzi descritte nei paragrafi precedenti sono:

- definizione del programma e del profilo di sondaggio/reperimento dei materiali, autorizzazioni minerarie: 90gg;
- preparazione delle postazioni di sonda e adeguamenti viabilità: 130gg; la selezione ditte e negoziazione contratto può essere considerata in parallelo alla precedente;
- montaggio impianto: 30gg di attesa disponibilità impianto e 15gg di montaggio effettivo;
- 60gg perforazione di un singolo pozzo;
- analisi dei dati e decisioni operative in linea con l'attività e imprevisti: 10gg;
- ripristino territoriale parziale od eventualmente totale dell'area della postazione di sonda, nel caso che il pozzo risultasse sterile: a tale attività si attribuisce una durata complessiva di 90gg, tuttavia essa è da considerare al di fuori del percorso critico ed incidente in misura minima sulla durata delle operazioni complessive.

La durata complessiva delle operazioni di preparazione e perforazione (6 pozzi) è indicativamente 20 mesi come indicato nel cronogramma di cui al *Capitolo 7*.

## 5.10 **COMPLETAMENTO DEI POZZI E RIPRISTINO DELLA POSTAZIONE**

La postazione di sonda è, a tutti gli effetti, un'opera temporanea strettamente legata all'attività di perforazione, a conclusione della quale la superficie diviene oggetto di ripristino territoriale totale o parziale, a seconda dell'esito del sondaggio.

Al termine delle attività di perforazione previste dal presente Programma Lavori, si provvederà al ripristino ambientale.

Il piano di recupero dell'area di postazione dipende strettamente dall'esito della perforazione e della produttività dei pozzi.

Di seguito verranno descritte le tipologie di ripristino ambientale che saranno adottate in caso di pozzi produttivi o pozzi sterili.

### 5.10.1 *Esito Positivo della Perforazione (Pozzi Produttivi)*

In caso di successo, i pozzi saranno utilizzati per la produzione di energia ed in loco sarà mantenuta la postazione, pur in forma ridotta e con una visibilità minima (*Tavola 3*).

In tal caso, le opere destinate a rimanere in loco saranno:

- la testa pozzo (*Figura 5.3.1a*), caratterizzata da un ingombro irrilevante, sia in termini volumetrici che per elevazione e visibilità. Si tratta, infatti, di tubazioni coibentate e valvole (manuali ed elettriche per l'avvio e l'arresto dell'impianto) che, alloggiata in una buca armata (cantina), fuoriescono dal piano campagna di circa 1,5 metri, quindi di ingombro assimilabile ai comuni pozzi artesiani per l'emungimento di acqua;
- una recinzione costituita da una rete di altezza 2 m, con dimensioni in pianta 3m x 16m posta intorno alle cantine, per protezione dei pozzi; sarà coperta anche nella parte superiore e munita di cancello per impedire l'accesso alla struttura da tutti i lati;
- l'area cementata della postazione necessaria per la fase di perforazione;
- le solette e le strutture per il rifornimento gasolio e per il suo stoccaggio;
- la vasca interrata dell'acqua industriale;
- una protezione di rete metallica di adeguata altezza e robustezza, per impedire l'accesso di personale estraneo alle strutture di postazione; posta tutta intorno all'area di postazione.

Anche la restante superficie della postazione rimane destinata all'esercizio del pozzo, per permettere misure e controlli all'interno dello stesso e le operazioni di manutenzione del pozzo che si rendessero necessarie anche con impiego di impianto di perforazione

Infine, le superfici aride circostanti la postazione saranno riprofilate e rese fertili con la posa in opera di uno strato di terreno vegetale; successivamente il tutto verrà rinverdito e cespugliato con essenze locali.

Nello specifico i pozzi produttivi costituiranno l'alimentazione all'impianto a ciclo organico descritto nel successivo *Capitolo 6*.

Il layout della postazione dei pozzi produttivi e del pozzo reiniettivo in fase di esercizio è riportato nella *Tavola 3*.

### 5.10.2 *Esito Negativo della Perforazione (Pozzi Sterili)*

In caso di esito negativo della perforazione, qualora il pozzo risulti inutilizzabile per uno degli obiettivi per cui era stato perforato, si procederà alla chiusura mineraria dei pozzi e alla demolizione delle opere civili.

### *Chiusura Mineraria dei Pozzi*

Come detto, in caso di pozzi sterili verrà effettuata la chiusura mineraria dei pozzi. Scopo di tale operazione è quello di ripristinare l'isolamento delle formazioni attraversate dal sondaggio e permettere la rimozione anche delle strutture di superficie (valvole di testa pozzo, opere in calcestruzzo), senza pregiudicare l'efficacia dell'isolamento dei fluidi endogeni rispetto alla superficie.

Anche ogni componente metallico della testa pozzo (flange, valvole, strumenti) è oggetto di recupero per successive utilizzazioni, mentre l'area circostante, precedentemente inghiata, è oggetto di ripristino con l'eliminazione di ogni altra infrastruttura. Lo strato di ghiaia superficiale è raccolto e destinato ad altri usi.

La realizzazione della chiusura mineraria avviene mediante riempimento del foro con materiale clastico e appositi tappi di cemento a varie profondità lungo le tubazioni esistenti, in modo da ripristinare il completo isolamento delle rocce perforate.

È buona norma, ai fini della sicurezza, disporre uno dei tappi di cemento nell'intorno delle "scarpe" dei casing e liner. In alcuni casi potrebbe anche essere necessario impiegare speciali attrezzature (packer), atte a garantire, con maggiore efficacia rispetto al solo cemento, l'isolamento dei fluidi contenuti negli strati sottostanti.

In generale, ed a seconda delle condizioni effettive del pozzo, può essere necessario anche l'impiego dell'impianto di perforazione per realizzare l'intervento di chiusura mineraria. Nel caso dei pozzi in esame, non si prevede l'utilizzazione di particolari attrezzature stante la semplicità e la non pericolosità del campo anche in accordo ad una lunga esperienza di realizzazione di chiusure minerarie.

L'operazione di chiusura del pozzo è completata in superficie con la demolizione delle parti in calcestruzzo e della parte terminale superiore del pozzo fino a circa 2 m di profondità.

Al termine della chiusura mineraria si procederà al ripristino delle condizioni originali, asportando le opere in cemento e lasciando l'area nelle stesse condizioni di origine. Anche la tubazione per l'alimentazione di acqua al cantiere verrà completamente rimossa. Lo stesso dicasi per le eventuali relative opere accessorie che siano state costruite.

Inoltre, si procederà alla demolizione delle opere civili presenti nelle postazioni di sonda.

### *Demolizione delle Opere Civili*

In base alla normativa vigente, al momento attuale, una volta ottenuta dalle autorità competenti la dichiarazione di avvenuta bonifica di impianti ed

equipaggiamenti e parere sanitario favorevole, sarà possibile presentare all'autorità comunale specifico Piano di Demolizione.

Ottenuta l'approvazione, si procederà allo smontaggio delle strutture metalliche e alla demolizione delle opere civili in calcestruzzo.

Le operazioni, condotte da ditte specializzate, consisteranno nello smontaggio delle strutture metalliche, nella loro riduzione a membrature di dimensioni idonee al trasporto e nella demolizione meccanica delle opere in calcestruzzo armato (opere in elevazione e fondazioni) con l'utilizzo di apposite macchine operatrici. Le fondazioni saranno demolite e tutti i residui di demolizione saranno suddivisi per tipologia e destinati al riutilizzo secondo necessità e possibilità.

Le parti metalliche, compresi gli impianti e gli equipaggiamenti bonificati, saranno riutilizzate come rottami ferrosi e ceduti a fonderie. Le parti in calcestruzzo saranno invece cedute a ditte specializzate che procederanno alla loro macinazione per separare il ferro di armatura dal calcestruzzo sminuzzato.

Il ferro di armatura sarà quindi recuperato come le parti metalliche, mentre il macinato di calcestruzzo potrà essere utilizzato come materiale inerte da costruzione, per esempio per sottofondi stradali, o, se non richiesto, avviato in discarica di tipo 2A.

Concluse le operazioni di demolizione e di allontanamento dei residui, l'area sarà completamente ripulita e predisposta per gli eventuali utilizzi previsti.

Il riporto di altro terreno vegetale non è di solito necessario, salvo in quantità minime, grazie alla tecnica di progetto della postazione che permette il completo impiego del materiale originariamente presente.

Talvolta può risultare conveniente, per il proprietario del terreno, mantenere l'opera, al fine di utilizzarla nell'ambito della propria attività, generalmente di tipo agricolo.

Anche le amministrazioni locali, per analoghi interessi d'utilizzazione, possono richiederne il mantenimento. In tali casi il mantenimento in essere, normalmente accordato dal Committente, è strettamente legato all'ottenimento delle autorizzazioni urbanistiche concesse dall'Ente locale.

## 6 LA CENTRALE DI PRODUZIONE

### 6.1 CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE

La centrale di produzione è stata progettata nelle ipotesi che il serbatoio geotermico sia in grado di mantenere la produzione di elevate quantità di fluido geotermico senza apprezzabile degrado nelle caratteristiche termiche e di produzione del fluido, come confermato dalla simulazione numerica di cui all'*Allegato 4 – Modellazione Numerica del Serbatoio Geotermico*.

La stima delle caratteristiche di produzione a testa pozzo, è stata effettuata con la simulazione del deflusso da pozzi descritta in *Barelli et al 1982*.

Per l'impianto pilota, e dovendo assicurare la totale assenza di emissioni di fluido o gas in atmosfera, si è scelto di mantenere la pressione del fluido al di sopra della pressione di bolla dell'anidride carbonica disciolta tramite l'impiego di pompe immerse per il prelievo del fluido e di un impianto binario con ciclo Rankine a fluido organico per la produzione di energia elettrica.

L'aspetto pilota dell'impianto, volto alla sperimentazione della risorsa geotermica rinvenuta nel serbatoio, presenta una potenza massima di 5 MWe, intesa come la potenza media annua immessa in rete.

L'impianto pilota viene quindi progettato con le seguenti caratteristiche:

- Potenza massima erogabile in rete: 5MWe;
- Temperatura del fluido geotermico in ingresso all'impianto: 180 °C;
- Impiego di pompe immerse per evitare la formazione di incrostazioni da carbonato di calcio;
- Assenza di emissioni in atmosfera;
- Utilizzo di condensatore ad aria per evitare la necessità di prelievi idrici;
- Temperatura di riferimento per il calcolo dei bilanci energetici pari alla temperatura media annua di 20 °C;
- Impiego di materiali sia per le tubazioni che per i componenti della centrale ORC a contatto con il fluido geotermico resistenti alla corrosione;
- Utilizzo di un rigeneratore e di un surriscaldatore nell'impianto ORC, volto a massimizzare il rendimento elettrico dell'impianto e migliorare lo sfruttamento della risorsa geotermica;

Poiché la solubilità del carbonato di calcio, che costituisce l'elemento di maggiore preoccupazione ai fini della determinazione della capacità incrostante del fluido geotermico, cresce con il diminuire della temperatura e che la concentrazione di silice è tale da non provocare incrostazioni fino a temperature attorno ai 50-70°C,

è stato deciso recuperare il calore dal fluido fino a raffreddarlo ad una temperatura di 80 °C (rispetto ai 50 °C della prima soluzione).

Questo al fine di garantire un adeguato margine operativo di esercizio considerando il fatto che, data l'elevata temperatura del fluido geotermico prelevato dal serbatoio, non si nota alcuna apprezzabile riduzione del rendimento complessivo del sistema optando per questa temperatura. Sarà, al massimo, necessario ricavare una portata leggermente superiore di fluido geotermico (comunque inferiore a quella teorica attesa), ma che ben giustifica l'incremento di operatività derivante da una minor propensione alla formazione di incrostanti del fluido geotermico una volta raffreddato allo scambiatore ORC.

Il progetto viene descritto nella soluzione più "impattante"; cioè l'impianto descritto è dimensionato con la maggiore occupazione di suolo e con le maggiori dimensioni ipotizzabili.

## 6.2 **DESCRIZIONE DEL PROGETTO**

### 6.2.1 **Descrizione Generale**

L'impianto pilota geotermico sarà costituito dai seguenti componenti principali:

- n.3 pozzi di produzione di fluido geotermico;
- una tubazione di convogliamento del fluido geotermico dai pozzi produttivi all'impianto ORC;
- l'impianto ORC (di seguito descritto), consentirà la produzione di energia elettrica attraverso il recupero di calore dal fluido geotermico;
- Sistema di raffreddamento in assetto cogenerativo con uso parziale del calore;
- una tubazione di convogliamento del fluido geotermico raffreddato ai pozzi di reiniezione;
- n.3 pozzi di reiniezione del fluido geotermico;
- la possibilità di "stacco" per il prelievo dell'acqua calda, sia a monte che a valle dell'impianto ORC per alimentazione di eventuali utenze termiche;
- la Linea elettrica di media tensione (15kV) per il collegamento alla Rete Elettrica Nazionale.

La localizzazione delle opere in progetto è riportata su CTR e Foto Aerea nella *Figura 1.1a*. Lo schema generale dell'Impianto Pilota è riportato nella *Tavola 4*.

L'impianto ORC è così denominato perché consente la produzione di energia elettrica attraverso l'impiego di un ciclo termodinamico Rankine con fluido organico (da cui *ORC – Organic Rankine Cycle*).

Questo tipo di impianto, grazie a recenti miglioramenti nelle tecnologie e nei rendimenti che sono stati ottenuti dai produttori, offre interessanti opportunità di impiego per la valorizzazione energetica di fluidi geotermici a media e bassa entalpia.

Tali impianti sono anche detti impianti “a fluido intermedio” o a “ciclo binario” per il fatto che coinvolgono due tipologie di fluido:

- il fluido geotermico caldo dal quale viene recuperato calore e che viene successivamente reiniettato.
- il fluido organico che compie un ciclo chiuso di tipo Rankine e che, quindi:
  - evapora grazie al calore che viene recuperato dal fluido geotermico;
  - viene espanso in una turbina per la produzione di energia elettrica;
  - viene condensato per poter essere di nuovo impiegato per la produzione di vapore.

Come accennato precedentemente, l'impianto sarà predisposto per cedere calore ad eventuali utenze future: a tal fine sul collettore del fluido geotermico (a monte e a valle della sezione di scambio termico) saranno installati dispositivi di prelievo del fluido ai quali potranno essere attaccate le tubazioni di distribuzione.

### 6.2.2

#### *Impianto ORC*

Il lay-out dell'impianto ORC è riportato nella *Tavola 4 (1 di 2)*, nella quale, dentro il perimetro di impianto è possibile riconoscere le principali apparecchiature che costituiscono il ciclo ORC:

- N°2 evaporatori a fascio tubiero (fluido organico - acqua);
- N°2 preriscaldatori (fluido organico – acqua);
- N°1 recuperatore di calore (fluido organico-fluido organico);
- Turbo-espansore comprensivo di generatore elettrico;
- Condensatore raffreddato ad aria;
- Sistema di riempimento circuito del fluido organico comprensivo di serbatoio di stoccaggio.

Nell'impianto sono inoltre presenti:

- lo skid antincendio;
- un cabinato ospitante il sistema di controllo, il trasformatore e i quadri elettrici;
- La vasca di prima pioggia.

Il turbo espansore e il generatore elettrico saranno alloggiati all'interno di un cabinato insonorizzato, analogamente le pompe alimento saranno dotate di una struttura dedicata per l'insonorizzazione.

Nella *Tavola 4 (2 di 2)* si riporta anche una vista dell'impianto.

#### *Funzionamento del Ciclo ORC*

Il diagramma di flusso dell'Impianto ORC è riportato nella *Tavola 5*.

L'acqua calda, proveniente dai pozzi di produzione e mantenuta in pressione dalle pompe immerse, viene convogliata mediante un collettore all'adiacente impianto ORC, alle condizioni di 180 °C e 60 bar circa. Da qui, l'acqua calda viene inviata alla sezione di scambio termico del ciclo ORC ed in particolare passa, in serie, all'evaporatore e al preriscaldatore della sezione ad alta pressione, quindi alimenta, sempre in serie, l'evaporatore e il preriscaldatore della sezione a bassa pressione. Il ciclo ORC previsto, infatti, è caratterizzato da un doppio livello di pressione (e quindi di temperatura) in modo da ottimizzare l'efficienza del processo di recupero termico.

Il vapore del fluido organico refrigerante viene fatto espandere nel Turbo-Espansore, che in seguito alla diversa pressione del vapore in uscita dai due evaporatori è dotato di un doppio ingresso. Il turbo espansore consente la produzione energia meccanica, che viene convertita in energia elettrica mediante un generatore.

Il vapore espanso in turbina attraversa prima un recuperatore, nel quale viene raffreddato, cedendo calore al fluido organico condensato, prima che questo venga ri-alimentato alla sezione di recupero termico; quindi il vapore, viene fatto condensare in un condensatore aria-fluido organico, chiudendo il ciclo termodinamico. Una volta condensato, il fluido viene nuovamente alimentato al sistema di preriscaldamento-evaporazione iniziando un nuovo ciclo di processo.

Uno dei vantaggi intrinseci di un ciclo ORC è la possibilità di decidere quale fluido di lavoro utilizzare in funzione delle temperature e delle condizioni di esercizio, optando per la soluzione migliore dal punto di vista dell'impatto ambientale, delle performance termodinamiche, della sicurezza e della operatività della centrale.

Il fluido scelto, che non è infiammabile, ma bensì refrigerante, presenta le seguenti peculiarità:

- ottimizza il progetto dell'espansore influenzando sulla portata volumetrica;
- risulta, come già detto, non infiammabile;
- ha una buona stabilità termica;
- ha un alto peso molecolare (buona conducibilità termica);
- è disponibile economicamente sul mercato;
- ha un basso valore di *Global Warming Potential* (GWP) e valore nullo di *Ozone Depletion Potential* (ODP).

### *Sistema di Controllo*

Il sistema di automazione, basato su logica a PLC, consentirà di controllare e gestire tutto l'impianto sperimentale ORC, la rete di produzione di acqua calda dai pozzi e il sistema di reiniezione. Il sistema di controllo sarà installato all'interno di un edificio nel quale saranno presenti i quadri e la postazione operatore dalla quale sarà possibile supervisionare il funzionamento dell'impianto.

Sarà possibile comandare in remoto e gestire, mediante apposite pagine grafiche tutto l'impianto sperimentale.

Su tutte le tubazioni di ammissione del fluido geotermico all'impianto ORC e sulla tubazione di reiniezione, sarà installato un sistema di controllo perdite, descritto successivamente, che ne permetterà la rilevazione e l'invio di un segnale di allarme al centro di controllo per il successivo intervento di ripristino.

### 6.2.3 *Pompe di Sollevamento*

Come già illustrato il fluido geotermico viene sollevato per mezzo di una pompa immersa, alloggiata all'interno del pozzo, mantenendo la pressione della colonna di liquido in pozzo sufficientemente elevata da mantenere la CO<sub>2</sub> disciolta nella soluzione liquida ed evitare incrostazioni da carbonato di calcio.

Il tipo di pompa impiegata presenta caratteristiche altamente tecnologiche dal momento che devono lavorare alle profondità tra 900 e 1.000 m circa e a temperature relativamente alte (la temperatura del fluido nel serbatoio geotermico è di circa 180 °C).

Verranno installate pertanto 3 pompe ESP, una per ciascun pozzo produttivo.

Ciascuna pompa sarà in grado di produrre circa 150 t/h di acqua calda alla pressione di mandata di circa 155 bar, garantendo così una pressione di 60 bar in superficie, a monte dell'impianto ORC.

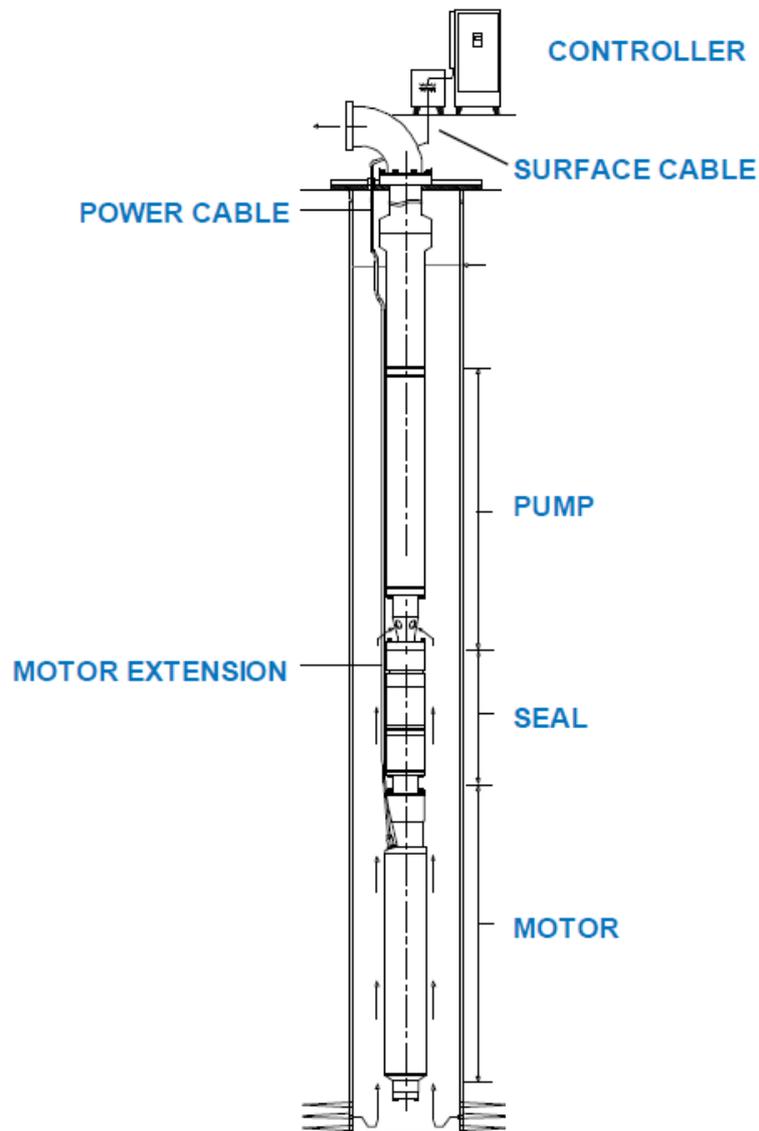
Nella *Figura 6.2.3a* è riportato lo schema di una pompa immersa della tipologia necessaria per il presente progetto.

La pompa è azionata da un motore elettrico immerso, visibile nella figura, in grado di lavorare alle temperature richieste. In sede di progettazione esecutiva potranno essere previsti alcuni packers per ottimizzare il posizionamento in pozzo del sistema pompa-tubing di perforazione.

Il motore elettrico sarà alimentato da un cavo che scende in pozzo ancorato al tubing, come illustrato nella seguente *Figura 6.2.3a*.

Ciascuna pompa assorbirà, nelle condizioni di progetto (cioè a circa 150 t/h e 75 bar di prevalenza) circa 600 kW.

**Figura 6.2.3a Schema della Pompa di Sollevamento**



#### 6.2.4

#### **Componente Ausiliario - Raffreddamento Liquido Circuito Di Condensazione per Sfruttamento Uso Agricolo Calore Di Condensazione**

L'impianto ORC (Organic Ranking Cycle) presenta gli stessi principi di funzionamento ed i medesimi componenti (evaporatore, condensatore, espansore e pompa) di un comune impianto a vapore (Steam Ranking Cycle). Uno dei componenti fondamentali è il condensatore, in cui avviene la condensazione del fluido di lavoro in uscita dalla turbina (che è ancora in fase gassosa), fino a farlo diventare fluido per poter essere nuovamente pompato ed inviato all'evaporatore.

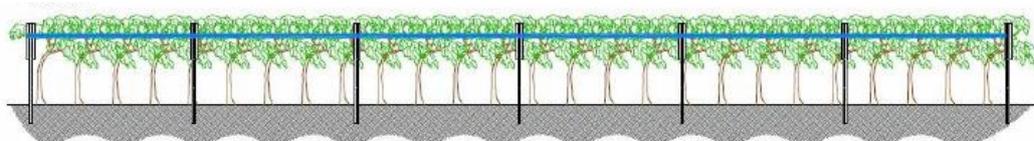
Al condensatore, pertanto, avviene uno scambio di calore tra il fluido di lavoro che si raffredda (ed appunto condensa) ed un altro fluido (nel nostro caso l'aria) che si riscalda. Il calore sottratto dall'aria viene quindi disperso in ambiente.

In un impianto ORC questo componente risulta essere visivamente il più impattante e per questo motivo si predisporranno interventi di mitigazione indispensabili a consentirne l'inserimento in contesti rurali. Presenta, inoltre, un consistente assorbimento di energia elettrica che riduce le prestazioni energetiche globali dell'impianto (parte dell'energia elettrica generata deve essere destinata ad alimentare le ventole).

D'altro canto, come ampiamente discusso, la necessità di disperdere il calore di condensazione è insito del ciclo termodinamico impiegato per generare energia elettrica.

Ciò che si intende sperimentare con il progetto "Casa del Corto" consiste nell'integrare il sistema di condensazione standard eseguito tramite Air Cooler con una soluzione integrativa che consenta uno sfruttamento a fini agricoli del calore di condensazione che altrimenti sarebbe disperso in ambiente (Figura 6.2.4a).

**Figura 6.2.4a Sezione Tipologica di un Sistema a Pergola**



Questa scelta presenta innumerevoli vantaggi:

- una migliore integrazione paesaggistica della centrale con l'ambiente rurale tramite l'impiego di un sistema misto a pergola (assimilabile ad un'opera di mitigazione) ed interrato (soil heating, nessun impatto paesaggistico perché totalmente interrato);
- riduzione dell'estensione nel tempo degli Air Cooler, qualora la sperimentazione evidenziasse la fattibilità tecnica ed economica nello smaltire il calore di condensazione tramite questa soluzione;
- impiego a fini agricoli del calore, in modo tale da consentire la coltivazione durante tutto l'anno di colture tipicamente estive (per es. ortaggi o viti).

Il funzionamento del componente è così riassumibile: viene interposto uno scambiatore di calore fluido refrigerante/acqua immediatamente a valle del rigeneratore dell'impianto ORC; l'acqua così riscaldata viene fatta transitare in una griglia di condotte in alluminio (con i collegamenti e raccordi in polipropilene), del diametro variabile tra i 0,1-0,2 m, che saranno in parte interrate ad una distanza di circa 1-2 m e ad una profondità tra i 0,60-0,85 m dal p.c., ed in parte fuori terra e poste lungo i sostegni del sistema a pergola (altezza massima di circa 2,6 m) o poggianti sul terreno stesso.

La temperatura dell'acqua in ingresso al sistema di condotte sarà attorno ai 50°C, mentre quella in uscita di circa 25 °C (o comunque prossima alla temperatura

ambiente). La portata di acqua inviata al sistema sarà determinata in maniera tale da mantenere la temperatura del terreno e dell'aria nell'immediate vicinanze della coltura sempre sui 20-30 °C (quindi sarà variabile nel corso dell'anno in base alle condizioni climatiche).

La temperatura e quindi la portata d'acqua potrebbe variare anche in funzione delle specie vegetali da coltivare (per esempio, alle temperature ipotizzate, è consigliabile la coltivazione delle carote o dei cavoli).

I fattori che maggiormente influenzano la distribuzione della temperatura nel terreno sono:

- la conduzione termica e la superficie totale di scambio della parete dei tubi;
- la temperatura e velocità dell'acqua in ingresso al sistema;
- la temperatura, umidità, densità e velocità dell'aria ambiente;
- le proprietà del terreno (saturazione d'acqua, porosità, composizione mineralogica, ecc.).

A fini sperimentali si intende realizzare una superficie massima di 2,500 m<sup>2</sup> (come evidenziato dalla *Tavola 4*), volta ad una prima valutazione delle performance di questo sistema ausiliario.

Si fa presente che si tratta di una soluzione tecnica che non prevede la copertura totale dell'area tramite una serra chiusa. Si stima che una portata d'acqua di circa 10 kg/s, nelle condizioni sopra riportate, possa consentire un incremento della temperatura del suolo tra i 4 ed i 10 °C.

Si ritiene plausibile smaltire mediamente nel corso dell'anno 1 MWt/h sui 2,500 m<sup>2</sup> del sistema ausiliario in progetto.

Verrà valutata, nel prosieguo della sperimentazione, la fattibilità tecnica ed ambientale di estendere l'area da destinare al sistema a pergola andando a ridurre il numero degli Air Cooler.

## **6.2.5** *Tubazioni di trasporto del fluido geotermico*

### **6.2.5.1** **Tracciato**

Il fluido geotermico è convogliato dai pozzi di produzione al vicino impianto ORC mediante una tubazione posata in cunicolo interrato.

Una volta fuori dall'area della postazione, la tubazione interrata corre in direzione Nord attraversando parallelamente alla strada vicinale soggetta a riadattamento, fino ad arrivare alla Strada Provinciale del Monte Amiata SP 323.

Qui è previsto un attraversamento sotterraneo della SP 323, mediante spingi tubo (al fine di non interrompere la viabilità), e poi la tubazione continua il suo percorso in sotterraneo, attraverso campi ad uso agricolo in direzione Nord fino ad incontrare Via delle Sugarelle. Mediante attraversamento di quest'ultima mediante spingitubo, la tubazione giunge, sempre in direzione Nord alla postazione di reiniezione.

Il suddetto tracciato delle tubazioni è indicato nella *Figura 1.1a*.

### 6.2.5.2 Caratteristiche delle Tubazioni

L'ubicazione dei pozzi produttivi e del polo reiniettivo è riportata in *Figura 1.1a*. Nella stessa tavola si riportano il tracciato della tubazione di trasporto dell'acqua calda geotermica dai pozzi all'impianto ORC e da questo alla postazione di reiniezione.

lo sviluppo dei tracciati delle tubazioni è stato definito con i seguenti criteri generali:

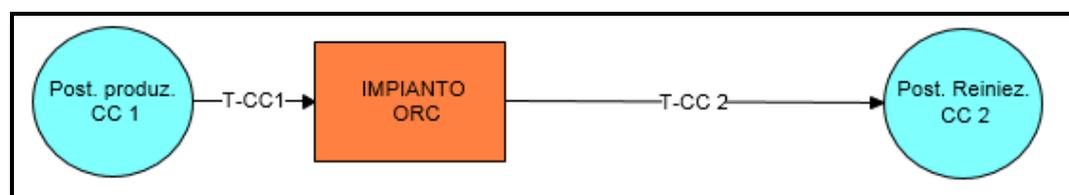
- possibilità di ripristinare le aree occupate, riportandole alle condizioni morfologiche e di uso del suolo preesistenti all'intervento, minimizzando l'impatto ambientale;
- riduzione al minimo delle aree occupate dalle infrastrutture;
- rispetto delle fasce di rispetto preesistenti relative a infrastrutture già presenti sul territorio quali linee e reti gas, reti acqua, fognature, linee elettriche;
- garanzia per il personale preposto all'esercizio e alla manutenzione della condotta e degli impianti dell'accesso all'infrastruttura in sicurezza.

L'impianto ORC è adiacente alla postazione di produzione. Le tubazioni in uscita da ciascun pozzo verranno collegate in un collettore che correrà, interrato, in direzione Ovest-Est fino a giungere in prossimità della sezione di scambio termico dell'impianto ORC dove uscirà fuori terra ed andrà a collegarsi alla flangia di ingresso dell'evaporatore.

Si specifica che la tubazione sarà posata, per tutto il tracciato descritto, interrata e coibentata.

Al fine di descrivere le caratteristiche di progetto dei diversi tratti delle tubazioni sopra tracciate, si consideri la rappresentazione schematica riportata in *Figura 6.2.5.2a*.

**Figura 6.2.5.2a Rappresentazione Schematica delle Tubazioni**



Con riferimento alla precedente figura, la lunghezza, i diametri e le caratteristiche del fluido nelle tubazioni, nelle condizioni di progetto, sono riportate nella *Tabella 6.2.5.2a*.

I diametri delle tubazioni sono stati scelti in modo da minimizzare le perdite di carico e mantenere una pressione all'ingresso dell'impianto ORC di 60 bar, superiore cioè alla pressione di bolla dei gas disciolti nel fluido geotermico.

**Tabella 6.2.5.2a Caratteristiche Principali delle Tubazioni nelle Condizioni di Progetto**

ID	Lunghezza	Diametro nominale	Portata	Pressione partenza	Pressione arrivo	Temperatura
	m	mm	t/h	bar		°C
T-CC 1	80	DN400	460	60	59,8	180
T-CC 2	1.400	DN400	460	59,5	57,1	80

Le tubazioni avranno un sovra spessore di corrosione di 6 mm (0,2 mm/anno per 30 anni di vita utile).

Le tubazioni, essendo coibentate, sono isolate da correnti di corrosione, inoltre verranno installati giunti dielettrici all'inizio e alla fine di ciascuna tubazione per evitare la trasmissione di eventuali correnti galvaniche da parte dei pozzi/impianto ORC.

Come si deduce dalla descrizione del tracciato dell'acquedotto, a parte gli attraversamenti stradali, la tubazione viene collocata in terreno agricolo. Pertanto la profondità di scavo sarà tale da evitare interferenze con gli attrezzi utilizzati per le lavorazioni agricole. In particolare si manterrà una distanza di 1,5 m tra la sommità del rivestimento esterno del tubo e il livello del piano campagna.

I tipici delle sezioni di scavo per la posa delle condotte sono riportati nel successivo paragrafo.

Gli scavi, a parte i punti in cui saranno attraversate le strade provinciali, saranno effettuati in area agricola. Il terreno scavato sarà in parte utilizzato per il rinterro e in parte conferito a impianti di raccolta autorizzati.

Il terreno proveniente dagli scavi eseguiti in corrispondenza della viabilità asfaltata (attraversamento della Strada Provinciale dell'Amiata) sarà interamente conferito a impianti di smaltimento/recupero. I rinterri verranno eseguiti mediante materiale arido di cava reperito da fornitori locali per dare allo scavo la consistenza necessaria a sopportare il carico stradale. Alla fine dei lavori il manto stradale sarà completamente ripristinato.

Nello stesso scavo delle tubazioni che trasportano il fluido geotermico saranno posate delle condotte in materiale plastico per il passaggio di cavi di potenza e di segnale.

### 6.2.5.3 Gestione delle Tubazioni

Le tubazioni saranno poste in opera pretensionate per la compensazione delle dilatazioni termiche. Le temperature di esercizio permettono, infatti, questa tecnica che consentirà di non realizzare le curve di compensazione e di limitare pertanto l'ingombro delle tubazioni evitando i pozzetti di espansione.

Nei punti più alti e più bassi del tracciato saranno installate delle valvole accessibili che saranno utilizzate sia per il riempimento della tubazione e il successivo pretensionamento che per lo svuotamento della tubazione nei periodi di fermata.

Nel corso delle operazioni di manutenzione, infatti, le tubazioni, dopo il raffreddamento e la conseguente solubilizzazione dei gas, saranno svuotate con pompe mobili che caricheranno autobotti che scaricheranno il fluido nelle vasche di raccolta poste sulle piazzole di perforazione e successivamente reiniettate.

Le operazioni di scavo, per la realizzazione delle Tubazioni verranno condotte in modo tale da mantenere inalterate le condizioni pedologiche delle aree interessate, ripristinando di fatto la situazione stratigrafica ante-operam.

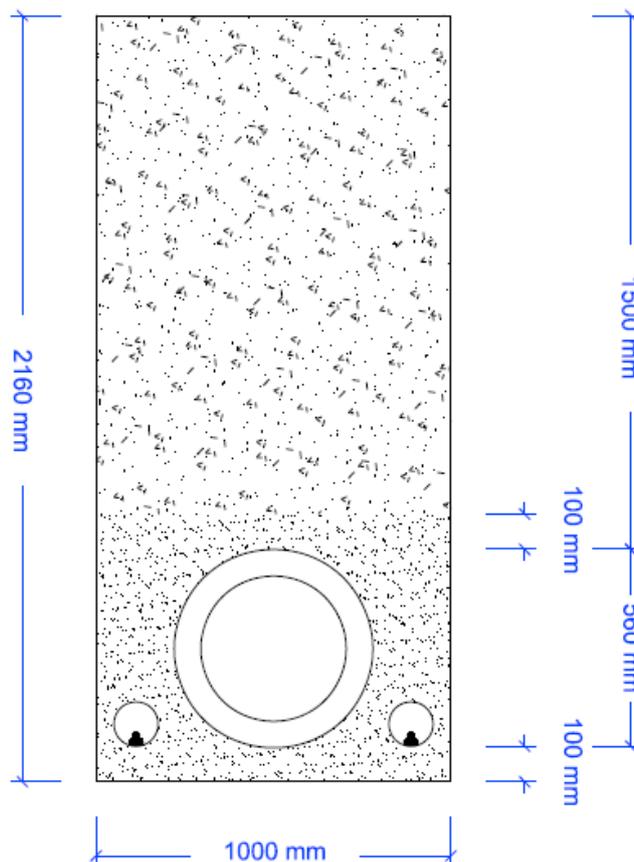
In particolare, si procederà ad accantonare in cumuli distinti i diversi materiali di risulta dello scavo, che saranno diversi anche in funzione delle aree che saranno attraversate.

Si riportano, di seguito, le sequenze di scavo e reinterro, che dovranno essere seguite per la posa delle tubazioni, nei due casi che si presentano per il progetto in esame.

#### *Scavo in aree agricole (Figura 6.2.5.3a)*

- Asportazione dello strato superficiale di 30 cm, costituente il terreno vegetale e formazione di un primo cumulo;
- Scavo della trincea fino alla profondità richiesta, in base al diametro della condotta ed accantonamento del materiale di risulta in un cumulo distinto dal precedente;
- Posa dello strato di 10 cm sabbia;
- Posa della tubazione;
- Ricopertura con sabbia delle condotte fino a 10 cm sopra l'estradosso della tubazione di trasporto del fluido geotermico;
- Riempimento con il terreno di risulta estratto alla profondità corrispondente o comunque della stessa tipologia (in accordo alla stratigrafia del terreno interessato);
- Ricopertura fino a piano campagna degli ultimi 30 cm della trincea impiegando i corrispondenti 30 cm derivati dallo scotico dello strato vegetale precedentemente accantonato.

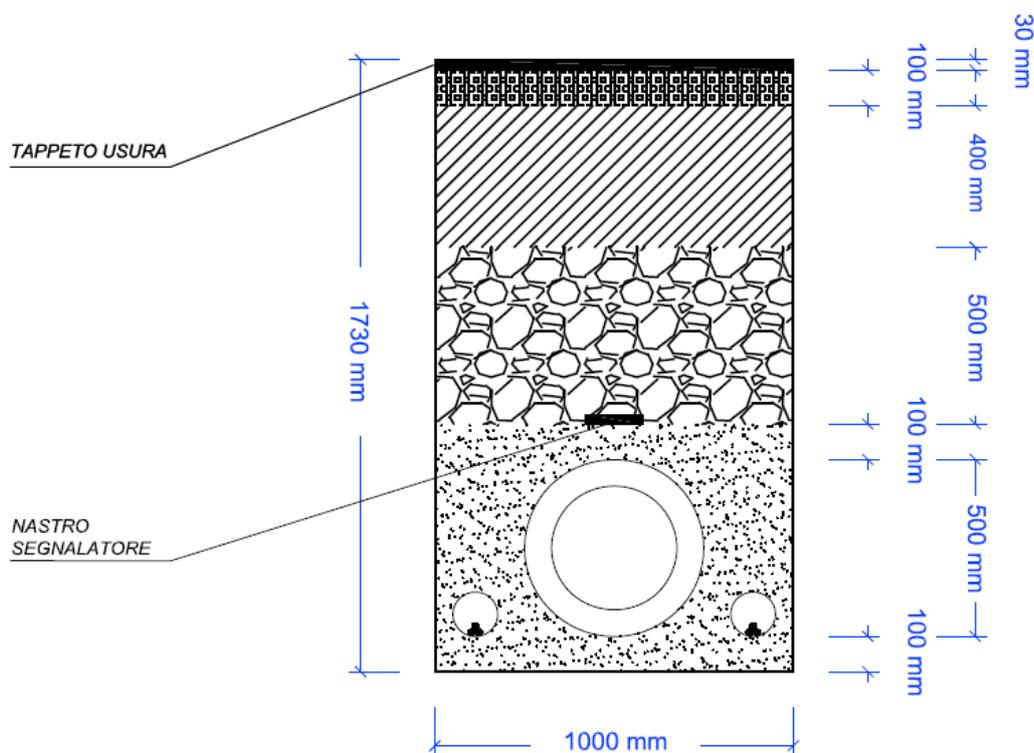
**Figura 6.2.5.3a Sezione Tipo di Scavo di Posa per la Tubazione di Produzione e di Reiniezione in Area Agricola**



**Scavo su strada asfaltata (Figura 6.2.5.3b)**

- Demolizione del manto stradale;
- Scavo della trincea fino alla profondità richiesta, in base al diametro della condotta e accantonamento del materiale di risulta (che verrà interamente conferito a centri specializzati di smaltimento/recupero);
- Posa dello strato di 10 cm sabbia;
- Posa della tubazione;
- Ricopertura con sabbia delle condotte fino a 10 cm sopra l'estradosso della tubazione del fluido geotermico;
- Riempimento del rimanente volume dello scavo (fino a piano campagna) con materiale arido da cava di opportuna consistenza in modo da conferire le caratteristiche meccaniche necessarie a sopportare il carico stradale;
- Ripristino del manto stradale.

**Figura 6.2.5.3b Sezione Tipo di Scavo di Posa per la Tubazione di Reiniezione per Attraversamento Strada Asfaltata**



Gli spessori di terreno riportati nel seguito si riferiscono ai riempimenti delle trincee in progetto e non tengono conto del sovrappessore di circa 5 cm risultante dalla ricollocazione del terreno eccedente nell'area di cantiere. Le volumetrie degli scavi e dei riporti per la posa delle tubazioni sono riportati al *Paragrafo 6.4.6*.

### 6.2.6 Collegamento Elettrico

I criteri e le modalità per la connessione della Centrale alla Rete di Enel Distribuzione sono conformi alla specifica tecnica del preventivo di connessione Enel.

La Centrale sarà collegata attraverso un elettrodotto aereo a 15 kV, della lunghezza di circa 5,3 km, alla cabina primaria ubicata in prossimità della Centrale Geotermica PC3.

Nella *Tavola 6* è riportato lo Schema Unifilare Elettrico dell'Impianto Pilota.

Come visibile da tale schema, le pompe immerse e gli ausiliari di Centrale potranno essere alimentati sia dalla rete elettrica che dall'impianto ORC. Pertanto all'avviamento dell'impianto il generatore principale sarà disconnesso e tutte le utenze (ausiliari di centrale e pompe immerse) verranno alimentate dalla rete, attraverso il trasformatore principale.

Una volta avviata la turbina del ciclo ORC tutte le utenze saranno invece alimentate dal generatore di Centrale (Principale) e l'energia eccedente sarà immessa in rete. Analogamente, in caso di stacco/malfunzionamento della Rete Nazionale, l'Impianto Pilota potrà funzionare in isola ovvero l'Impianto verrà esercito a regime ridotto in modo tale che il generatore di Centrale eroghi l'energia necessaria a coprire esattamente i consumi degli ausiliari (in attesa della risoluzione del guasto e quindi di poter di nuovo immettere l'energia in rete).

#### *Tracciato dell'Elettrodotto Aereo MT*

La descrizione e il progetto della connessione elettrica con l'indicazione delle caratteristiche del cavo e l'individuazione delle interferenze è riportata all'*Allegato 6*, "Progetto del Collegamento Elettrico".

### **6.2.6.1 Cabina Elettrica di Consegna**

La cabina elettrica svolge la funzione di edificio tecnico adibito a locali per la posa dei quadri e delle apparecchiature di consegna e misura.

Essa verrà realizzata con struttura prefabbricata con vasca di fondazione.

La cabina elettrica di consegna (*Tavola 4 1di2*), situata lungo il lato Nord dell'impianto, contiene:

- 1 vano ENEL (accessibile dall'esterno della recinzione);
- 1 vano misure (accessibile dall'esterno della recinzione);
- 1 vano utente (accessibile solo dall'interno della recinzione).

Essa sarà costituita da un edificio dalla superficie complessiva di circa 21 m<sup>2</sup> (8.6 x 2.5 m) per una cubatura complessiva di circa 48,5 m<sup>3</sup>. Come detto, l'accesso al locale ENEL ed al locale misure della cabina elettrica di consegna avviene dall'esterno del lotto, mentre l'accesso al solo vano utente avviene dall'interno dell'impianto ORC.

L'edificio suddetto sarà dotato di impianto elettrico realizzato a norma della Legge 37/08 e suo regolamento di attuazione.

### **6.2.7 Ausiliari di Impianto**

#### **6.2.7.1 Impianto Antincendio**

L'impianto è dotato di dispositivi antincendio automatici, approvati dai Vigili del Fuoco.

Nello specifico sarà prevista la realizzazione di sistema antincendio che prevede una rete antincendio e l'installazione di idranti UNI 70 con relativa cassetta in corredo, in accordo alla Normativa UNI10779.

In caso d'incendio, la portata all'idrante sarà garantita dal sistema di pompaggio e distribuzione acqua antincendio che verrà realizzato ed in mancanza di energia elettrica dall'intervento automatico di una pompa diesel.

L'acqua per il sistema antincendio sarà stoccata in serbatoio dedicato che verrà installato in impianto.

### 6.2.7.2 Sistema di Illuminazione

La zona di installazione della centrale ORC non è dotata di illuminazione, pertanto si dovrà prevedere il necessario sistema di illuminazione.

Sul perimetro dell'area dell'impianto ORC è prevista l'installazione di apparecchi illuminanti testapalo, con tecnologia a LED, tipo AEC LED-IN o equivalente, di forma ovoidale, installati su pali conici a sezione circolare, di altezza fuori terra pari a 8 m, inclinazione armatura 0° (superficie emissiva parallela alla superficie stradale).

I pali saranno ricavati da trafilatura in acciaio Fe420B UNI EN 10219, zincati a caldo per immersione, in conformità alla Norma UNI EN 40/4 parte 4<sup>^</sup> - punto 4.1, spessore 4 mm, dotati di asola ingresso cavi e asola con morsettieria a filo, con morsetto di terra interno.

Gli apparecchi illuminanti avranno:

- ottica asimmetrica stradale, priva di lenti in materiale plastico esposte;
- rilevamento fotometrico conforme alle norme UNI EN 13032-1 e IES LM 79-08;
- classificazione secondo la norma CEI EN 62471:2009-2 "sicurezza fotobiologica delle lampade e sistemi di lampade": categoria EXEMPT GROUP con certificazione di ente terzo;
- modulo ottico base composto da 9 riflettori, uno per ciascun led, atto ad ottimizzare il flusso luminoso;
- LED ad alta efficienza 130 lm/W - 350mA -  $T_{amb} = 25^{\circ}C$ , resa cromatica >65, temperatura di colore 3950K;
- grado di protezione vano cablaggio e ottiche: IP66, classe d'isolamento II;
- marcatura CE;
- Norme di riferimento: EN 60598-1, EN 60598-1-2-3, EN 62471, EN 55015, EN 61547 , EN 61000-3-2, EN 61000-3-3.

Al fine di minimizzare la dispersione del flusso luminoso, l'ottica sarà ad emissione fotometrica "cut-off", conforme alla normativa UNI EN 13201.

Gli apparecchi permetteranno anche l'ottimizzazione dei consumi energetici, in quanto saranno dotati di sistema di regolazione del flusso luminoso tramite onde convogliate.

L'apparecchio sarà corredato di "test report" tecnici e di compatibilità elettromagnetica (EMC).

Sull'impianto ORC è prevista l'installazione di n°.7 apparecchi illuminanti testapalo a 54 led (6 moduli da 9 led), flusso luminoso iniziale 8.950 lm, potenza complessiva 118W.

Nella *Figura 4 1di2* sono indicati i pali di illuminazione perimetrali.

Saranno utilizzati plinti prefabbricati gettati in opera. Le dimensioni dei plinti saranno le seguenti: Lxlp 1.170x810x900mm (dimensioni esterne) per pali Hft compresa tra 5000 mm e 9000 mm, peso 1.725 kg.

I plinti saranno provvisti di pozzetto ispezionabile con fori laterali per l'innesto dei cavidotti e di foro sulla base, oltre al foro passacavi; sul plinto è inoltre previsto il foro per l'inghisaggio del palo. I chiusini e i lapidini saranno in ghisa con scritta "Illuminazione", di Classe B125 / B250 / B400, in funzione della zona d'installazione.

### 6.2.8 *Opere Civili*

Di seguito vengono elencate tutte le voci che costituiscono le Opere Civili:

- Preparazione dell'area di cantiere;
- Movimenti terra in generale;
- Fondazioni Turbo-Espansore e Generatore elettrico;
- Fondazioni Evaporatore e Preriscaldatori;
- Fondazioni Condensatore ad Aria;
- Opere Civili per Cavidotti interrati;
- Rete interrata per la raccolta delle acque meteoriche;
- Sistemazione delle aree interne;
- Recinzione;
- Realizzazione degli scavi per la posa in opera delle tubazioni.

In *Allegato 2* è riportata la *Relazione Geologica*.

#### 6.2.8.1 **Interventi di Preparazione dell'Area**

La preparazione delle aree destinate ad accogliere le nuove installazioni prevede lo scotico del terreno vegetale, il livellamento e la compattazione dell'area da utilizzare e la recinzione dell'area per l'apertura del nuovo cantiere.

### 6.2.8.2 Fondazioni

Si prevede di realizzare l'impianto ORC su fondazioni dirette del tipo a platea. I basamenti saranno previsti in conglomerato cementizio armato gettato in opera, con nervature di irrigidimento.

Le caratteristiche delle strutture di fondazione saranno comunque conformi a quanto previsto dai relativi calcoli, redatti secondo quanto previsto nel Decreto Ministeriale del 14/01/2008. "Norme tecniche per le costruzioni" che recepisce e codifica univocamente quanto contenuto nelle precedenti disposizioni normative (dalla Legge n° 1086/71 del 05/11/1971 all'Ordinanza n°3 274 del 20/03/2003 e successiva n° 316 contenente modifiche ed integrazioni).

### 6.2.8.3 Recinzioni e Viabilità di Accesso

La recinzione, scelta sulla base di modelli standard, avrà la funzione, oltre che di barriera, di individuazione del perimetro esatto dell'impianto.

La rete avrà una lunghezza di circa 240 metri, al netto dei tratti interrotti dalla presenza del cancello.

Essa sarà realizzata con rete tipo "orsogrill", ed avrà un'altezza fuori terra di circa 2 m.

Come già anticipato, per accedere all'impianto è stato previsto sul lato Ovest un accesso tramite cancello di 6 m di tipo scorrevole e automatizzato, in modo da permettere agevolmente l'ingresso di mezzi pesanti. Il cancello sarà movimentabile anche manualmente tramite apposita chiave, in caso di emergenza. Il cancello sarà munito di ruote e realizzato con la posa di colonnine laterali in c.a, adiacenti alle quali verrà eretto un piccolo muro di rinforzo. Le fondazioni del cancello, sotto le colonne e i muri di rinforzo laterali, saranno costituite, per ognuno dei due lati, da un basamento in calcestruzzo di 90 cm di profondità avente una pianta di dimensioni 350x100 cm.

### 6.2.8.4 Sistemazione Aree Interne

La sistemazione delle aree interne, ad eccezione di quelle direttamente interessate dagli impianti o pavimentate, sarà realizzata in terra battuta ricoperta da ghiaia.

## 6.2.9 Monitoraggi

### 6.2.9.1 Controllo Microsismico

Alcuni ricercatori hanno indicato nella pratica della reiniezione la possibile causa di eventi microsismici. Relativamente a tale tematica si veda l'*Allegato 5*. Sebbene la pratica pluriennale nei campi geotermici di tutto il mondo in cui sono

installati circa 11.000 MW (si veda anche l'esperienza di Larderello e Ferrara) non abbia prodotto eventi rilevanti, a fini cautelativi e per verificare eventuali correlazioni tra attività microsismica e reiniezione il proponente ha promosso l'installazione di una rete per il controllo dell'attività sismica.

Tale strumentazione sarà in grado di definire le coordinate degli eventi, la profondità degli ipocentri e la loro magnitudo degli eventi microsismici e di individuare tempestivamente eventuali anomalie nella normale attività sismica dell'area.

### 6.2.9.2 Controllo della Corrosione

Il fluido geotermico in pressione presenta caratteristiche corrosive per l'acciaio al carbonio, in quanto, ha pH acido e discreta concentrazione di cloruri.

Da dati sperimentali su numerosi campi geotermici aventi fluidi di composizione simile si è potuto valutare in circa 0,2 mm/anno la corrosione massima sull'acciaio al carbonio costituente le tubazioni. Al fine di evitare danneggiamenti delle tubazioni, si è pertanto previsto un sovrasspessore di corrosione di 6 mm, calcolato per un periodo di funzionamento di 30 anni.

Inoltre la coibentazione e i giunti dielettrici rendono le tubazioni completamente isolate da correnti vaganti che potrebbero indurre fenomeni corrosivi dall'esterno.

Al fine di verificare l'andamento della corrosione e prevenire sul nascere eventuali perdite sono stati previsti controlli non distruttivi spessimetrici con tecnologia a ultrasuoni su tutta la circonferenza delle tubazioni tra i pozzi e la centrale e tra questa e i pozzi di reiniezione ogni 6 mesi.

La stessa metodologia di controllo è applicata anche per la verifica nel tempo del casing di produzione dei pozzi, ovvero del casing su cui è montata la testa pozzo verificandone lo stato nella parte terminale in prossimità della testa pozzo.

### 6.2.9.3 Controllo perdite di fluido dalle tubazioni

Le tubazioni saranno dotate di sistema di controllo perdite che ne permetterà la rilevazione e l'invio di un segnale di allarme al centro di controllo per il successivo intervento di ripristino.

Tale sistema monitorerà il grado di umidità dell'isolamento in modo da poter intervenire prima che si verifichi la fuoriuscita del fluido localizzando la zona interessata dalla presenza di acqua.

Il sistema di allarme previsto è costituito da due fili di rame, di cui uno nudo e l'altro stagnato, annegati nella schiuma di poliuretano ad una distanza costante dal tubo di servizio in acciaio, non superiori al 10% della distanza nominale tubo-filo.

Il sistema è completato da centraline di controllo ed allarme e da tutti gli accessori necessari, che individueranno sia eventuali punti di umidità nella schiuma isolante, sia rotture o corto circuiti nei conduttori di allarme.

La centralina fornirà direttamente la misura della distanza dal guasto senza bisogno di interventi di specialisti e di misurazioni in campo.

### 6.3 PRESTAZIONI DELL'IMPIANTO PILOTA

#### 6.3.1 Bilancio Energetico

Il bilancio energetico dell'impianto ORC è riportato in *Tabella 6.3.1a* dove sono stati considerati, con voci distinte, i consumi degli ausiliari dell'impianto ORC, e le altre utenze elettriche relative all'impianto di trattamento e reiniezione del fluido geotermico.

**Tabella 6.3.1a Bilanci di Energia per l'Impianto ORC**

Parametri	UdM	Valore
Potenza termica da fluido geotermico <sup>(1)</sup>	MWth	53
Potenza elettrica lorda al generatore impianto ORC	MWe	7,86
<i>Rendimento elettrico lordo</i>	%	14,8
Potenza elettrica ausiliari impianto ORC e pompe sommerse	MWe	2,86
Potenza elettrica netta	MWe	5
<i>Rendimento elettrico netto</i>	%	9,4

<sup>(1)</sup> Calcolata tra la temperatura in ingresso e la temperatura di 80 °C

#### 6.3.2 Approvvigionamento Idrico

Per il funzionamento dell'impianto pilota non sono necessari prelievi di acqua industriale e potabile degni di nota. La necessità di impiego di acqua industriale e potabile sarà infatti da ricondursi alle seguenti attività:

- Acqua industriale o potabile:
  - per il saltuario lavaggio di apparecchiature di impianto;
  - per l'accumulo di acqua nel serbatoio del sistema antincendio;
- Acqua potabile per servizi igienici.

Si prevede pertanto un consumo di pochi litri/giorno.

L'approvvigionamento dell'acqua necessaria per tali scopi, viste le contenute quantità richieste dall'impianto, avverrà mediante allacciamento all'acquedotto comunale o in alternativa verrà approvvigionata tramite autobotte.

### 6.3.3 *Consumo di Materie Prime ed Altri Materiali*

Come descritto nel precedente paragrafo, la principale materia prima necessaria per il funzionamento dell'impianto ORC è il fluido geotermico; a seguito del recupero di calore, esso viene completamente reiniettato nel serbatoio geotermico da cui è stata prelevato.

Per la conduzione dell'impianto ORC sarà necessaria una periodica sostituzione dell'olio lubrificante (circa 1 t/anno) utilizzato per il turbo-espansore e le altre parti in movimento dell'impianto. L'olio esausto sarà conferito ad una ditta specializzata che lo recupererà/smaltirà ai sensi della normativa vigente.

### 6.3.4 *Uso di Territorio*

L'uso del suolo per l'impianto pilota in oggetto è costituito dall'area occupata dalle due postazioni per i pozzi, dall'area della Centrale ORC e dalle aree interessate dai pali dell'elettrodotto aereo.

La Centrale e la postazione di produzione sono previste una a fianco all'altra pertanto sono dotate di un'unica recinzione che comprende entrambe.

Al termine della perforazione, le piazzole di ciascun pozzo rimarranno recintate, le vasche verranno mantenute e messe in sicurezza con una rete antintrusione.

Di seguito si riporta la superficie recintata delle aree suddette:

- Postazione di Produzione CC 1 e Centrale ORC: 14.380 m<sup>2</sup>;
- Postazione di Reiniezione CC 2: 8.500 m<sup>2</sup>.

Le strade di accesso comportano invece il seguente uso di suolo:

- Adeguamento strada di accesso alla postazione CC 1 – ORC: la strada esistente verrà allargata di circa 1 m, come scritto precedentemente provocando quindi un uso di suolo di circa 300 m<sup>2</sup>;
- Strada di nuova realizzazione di accesso alla postazione CC 2: 793 m<sup>2</sup>.

### 6.3.5 *Emissioni in Atmosfera*

L'impianto sperimentale non produrrà, in condizioni di normale esercizio, nessuna emissione convogliata in atmosfera.

### 6.3.6 *Effluenti Liquidi*

L'impianto non produce effluenti liquidi di processo.

Sotto le aree occupate dalle apparecchiature principali dell'impianto ORC sarà predisposta una rete di raccolta di acqua meteoriche che saranno raccolte e inviate ad un sistema di trattamento che separa le acque di prima pioggia (acque corrispondenti, per ogni evento meteorico, ad una precipitazione di 5 millimetri uniformemente distribuita sull'intera superficie scolante servita dalla rete di

drenaggio) da quelle di seconda pioggia e le accumula in una vasca interrata (dimensioni 3m x 2m x 1m), detta “vasca di prima pioggia”, capace di contenere tutta la quantità di acque meteoriche di dilavamento (circa 6 m<sup>3</sup>) risultante dai primi 5 mm di pioggia caduta sulla superficie scolante di pertinenza dell’impianto (circa 5 m<sup>2</sup>).

In questa vasca le acque subiscono un trattamento di decantazione per la separazione dei solidi sospesi. In abbinamento alla vasca di prima pioggia, verrà installato un disoleatore, munito di filtro a coalescenza, dimensionato secondo la norma UNI EN 858 parte 1 e 2.

Le acque di seconda pioggia e quelle di prima pioggia, in uscita dal disoleatore, verranno recapitate mediante la tubazione di scarico al compluvio naturale.

Nella *Tavola 4 1di2* è possibile osservare si riporta la planimetria dell’impianto ORC con la rete di raccolta acque meteoriche.

Nel caso si rendesse necessario svuotare le tubazioni di connessione pozzi-impianto ORC per manutenzione, il fluido geotermico, come descritto precedentemente, sarà aspirato mediante autobotti dai dreni installati nei punti che si trovano alle quote più basse, stoccato nella vasca di acqua presente nella piazzola dei pozzi e reiniettato.

### 6.3.7

#### ***Emissioni Sonore***

##### *Fase di cantiere*

Le sorgenti (con l’indicazione delle relative potenze sonore) che si possono riferire alla fase di cantiere per la costruzione dell’impianto ORC sono riportate nella seguente tabella:

***Tabella 6.3.7a Potenza Sonora delle Principali Sorgenti in Fase di Cantiere***

Tipologia Macchina	Potenza kW	Potenza Sonora limite dal 3 Gennaio 2006 [dB(A)]
Escavatore Cingolato	150	105
Pala Gommata	140	102
Gru a torre	50	98
Gruppo Elettrogeno	97	97
Betoniera	105	100
Autocarro	-	102

La caratterizzazione acustica delle sorgenti relativa ai mezzi e macchinari, che verranno utilizzati in cantiere per la realizzazione dell’impianto ORC, sono riconducibili ai limiti massimi imposti dalla normativa di riferimento “concernente l’emissione acustica ambientale delle macchine ed attrezzature destinate a funzionare all’aperto” Direttiva 2000/14/CE modificata con provvedimento europeo 2005/88/CE. I limiti massimi permettono di poter considerare lo scenario

peggiore identificabile in cantiere considerando anche la contemporaneità dell'uso di tutti i macchinari. Tale contemporaneità è da intendersi come scenario teorico peggiore, difficilmente riscontrabile nella realtà del futuro cantiere.

#### *Fase di esercizio*

Le principali sorgenti di emissione sonora dell'impianto ORC sono le seguenti:

- N° 1 condensatore ad aria;
- N° 2 pompe alimentazione fluido;
- Gruppo turbina Generatore.

Le velocità nelle tubazioni di trasferimento sono dell'ordine di 1,5 m/s e pertanto non in grado di produrre emissioni sonore percepibili.

Nella *Tabella 6.3.7b* è indicata la potenza sonora delle principali sorgenti presenti nella Centrale per la produzione di energia elettrica.

***Tabella 6.3.7b Principali Sorgenti Sonore dell'Impianto ORC per la Produzione di Energia Elettrica***

<b>Rif. Sorgente</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Potenza dBA</b>
S1	Condensatore (n.20 ventilatori)	95,9
S2	Pompa alimentazione fluido	75
S3	Gruppo Turbine-Generatore	88,2

Nel seguito si riportano i valori di calcolo per la valutazione previsionale delle potenze sonore delle suddette sorgenti:

S1 – il condensatore ad aria è costituito da n. 20 ventilatori, distribuiti su due file da 10. Il condensatore ha un'altezza di 12,5 m. In una porzione del condensatore, ubicata ad una quota da 8,5 a 12,5 m da terra sono ubicati i ventilatori ed il sistema di tubazioni del condensatore. Tale porzione, che rappresenta la fonte di emissione sonora, è stata simulata come sorgente areale ubicata ad una quota da terra pari a 8,5 metri con una superficie in pianta pari a quella delle dieci baie e con un'altezza pari a 4,0 metri. Il condensatore è stato schematizzato con n. 6 sorgenti areali (superfici laterali, base e tetto). Per valutarne la potenza sonora si è assunto che, in base alle specifiche tecniche di acquisto, venga contemporaneamente applicata una riduzione della velocità dei ventilatori e installata un'insonorizzazione adeguata allo scarico dell'aria, accorgimenti tali da consentire l'ottenimento di un livello di pressione sonora a 1 m di distanza dal condensatore e ad una quota da terra pari a 1,5 metri, in campo libero e con il terreno riflettente, pari a 62 dB(A), sia nel periodo di riferimento diurno che in quello notturno. Con questa assunzione il modello di simulazione Sound Plan fornisce, in funzione delle dimensioni del condensatore, una potenza complessiva pari a 95,9 dB(A).

- S2 – l'impianto ORC sarà dotato di n. 2 pompe di alimentazione del fluido. Ciascuna pompa di alimentazione del fluido è stata considerata una sorgente di tipo puntiforme. Per valutarne la potenza sonora si è assunto che, in base alle specifiche tecniche di acquisto, venga realizzata una struttura fonoassorbente attorno a ciascuna pompa tale da poter ottenere un livello di pressione sonora ad 1 m di distanza, in campo libero e con il terreno riflettente, pari a 67 dB(A), sia nel periodo di riferimento diurno che in quello notturno. Con il modello di calcolo Sound Plan 7.3 si è calcolato, in funzione delle dimensioni, la potenza sonora di ciascuna pompa, che risulta pari a 75 dB(A).
- S3 – il gruppo turbina generatore ubicato all'interno di un cabinato fonoassorbente è stato considerato una sorgente di tipo areale. In base alle specifiche tecniche di acquisto, la pressione sonora in campo libero e con il terreno riflettente ad un metro dal cabinato è stata valutata pari a 70,5 dB(A), sia nel periodo di riferimento diurno che in quello notturno.

Le rimanenti sorgenti sonore fanno parte delle attività già presenti in sito e vengono computate all'interno del rumore "residuo" dell'area inteso come situazione di esercizio.

#### 6.3.7.1 Rifiuti

Le tipologie di rifiuti a cui darà luogo l'impianto sono le seguenti:

- olii lubrificanti esausti;
- rifiuti derivanti dalla normale attività di pulizia.

Tali rifiuti saranno smaltiti a norma di legge dalle aziende che effettueranno la manutenzione.

### 6.4 FASE DI COSTRUZIONE

Le principali fasi per la costruzione della centrale, non considerando la parte di progettazione e costruzione in officina dell'impianto ORC, della durata di circa 16 mesi, sono le seguenti:

- FASE 1 - preparazione delle aree, realizzazione opere civili;
- FASE 2 - posa in opera delle tubazioni;
- FASE 3 - installazione e montaggio delle parti meccaniche ed elettro-strumentali;
- FASE 4 - realizzazione Componente ausiliario per il raffreddamento del liquido proveniente dal circuito di condensazione;
- FASE 5 - commissioning e messa in marcia della centrale.

Saranno presenti un numero di addetti variabile tra le 20 e le 60 presenze giornaliere, in funzione delle diverse fasi di lavoro.

Di seguito si intende fornire un dettaglio delle diverse fasi:

#### **6.4.1 Fase 1: Preparazione delle Aree e Realizzazione Fondazioni e Strutture**

Le attività previste sono di seguito elencate:

- Recinzione e preparazione dell'area di cantiere;
- Scavi e sbancamenti;
- Realizzazione delle fondazioni impianto;
- Realizzazione fondazioni cabinati e apparecchiature della Centrale;
- Realizzazione fondazioni cabina consegna energia elettrica;
- Realizzazioni reti interrato raccolta acque meteoriche;
- Riempimenti e compattazioni;
- Realizzazione di opere di contenimento, secondo principi di Ingegneria Naturalistica.

Considerando la modesta incidenza delle opere civili, i movimenti terra saranno ridotti al minimo e il terreno scavato sarà in parte impiegato per la risistemazione dell'area di sito mentre l'eccedenza sarà inviata a idonei centri di smaltimenti/recupero.

#### **6.4.2 Fase 2: Posa in opera Tubazioni**

Le tubazioni di collegamento tra pozzi ed impianto ORC verranno realizzate in acciaio, saranno preisolate e saranno interrate con l'applicazione delle modalità di posa standard, che prevedono la seguente sequenza di attività:

- esecuzione della pista di lavoro;
- sfilamento dei tubi lungo la pista;
- saldatura dei tubi;
- controlli non distruttivi sulle saldature;
- rivestimento dei giunti di saldatura;
- posa della condotta;
- pretensionamento;
- copertura dei tubi con sabbia esente da pietre fino a 100 mm al di sopra della generatrice superiore del rivestimento esterno del tubo;
- compattatura sabbia;
- rinterro;
- ripristino condizioni ambientali precedenti la realizzazione dell'opera.

#### **6.4.3 Fase 3: Montaggi Meccanici ed Elettro-Strumentali**

Le attività previste sono di seguito elencate:

- montaggi meccanici ed elettro-strumentali dell'impianto a ciclo binario e degli ausiliari: scambiatori di calore, condensatore ad aria, tubazioni e



pompe di ricircolo fluido organico, turbo-espansori e generatore energia elettrica;

- montaggi meccanici ed elettro-strumentali scambiatore predisposto per il componente innovativo di cogenerazione a bassa temperatura ed il teleriscaldamento;
- montaggio della sala quadri-controllo.

#### **6.4.4 Fase 4: Realizzazione Componente Ausiliario di raffreddamento del liquido del circuito di condensazione**

Le attività previste per questa fase sono di seguito elencate:

- Posa tubazioni interrate dal circuito dell'acqua dei condensatori fino all'area di sperimentazione;
- Preparazione del terreno;
- Realizzazione della struttura a pergola;
- Realizzazione e posa dei tubi come da progetto;
- Seminazione delle colture.

#### **6.4.5 Fase 5: Commissioning, Messa in Servizio e Test**

Le attività previste per questa fase sono di seguito elencate:

- Commissioning e avviamento impianto ORC;
- Commissioning e avviamento impianti meccanici;
- Commissioning e avviamento impianti elettrici e montanti di macchina;
- Commissioning e avviamento impianti strumentali e DCS;
- Prove di avviamento e test funzionali;
- Prove di performance.

#### **6.4.6 Movimento Terra**

Gli scavi saranno eseguiti secondo gli elaborati di progetto esecutivo e della relazione geologica e geotecnica esecutiva, nonché, secondo le particolari prescrizioni che saranno date all'atto esecutivo.

Nella esecuzione degli scavi in genere si procederà in modo da impedire scoscendimenti e franamenti. Gli scavi saranno opportunamente puntellati e dotati di robuste armature. Ove necessario saranno eseguite armature continue a "cassa chiusa".

Le volumetrie indicative degli scavi e dei riporti sono mostrate nella seguente *Tabella 6.4.6a*.

**Tabella 6.4.6a Bilancio Scavi Riporti ORC**

Scavi	Volume (m <sup>3</sup> )	Note
Materiale da Scavo di sbancamento	35	Vengono sbancate tutte le aree interessate dalle fondazioni/basamenti delle macchine e dei cabinati.
Rinterri necessari ed ossatura piazzale	4.055	Effettuato con terreno proveniente da scavi.
Terreno residuo	-4.025	Proveniente dagli sbancamenti necessari per la realizzazione della postazione CC 1

Le volumetrie indicate includono anche i lavori di scavo per la realizzazione del cunicolo interrato di connessione tra la postazione dei pozzi e il separatore installato all'interno dell'area ORC che servirà per la posa della condotta di produzione, di quella di reiniezione.

Sia per l'impianto ORC che per il cunicolo delle tubazioni, il terreno scavato verrà riutilizzato in loco, per i rinterri, le sistemazioni e le riprofilature interne all'area di cantiere.

Le volumetrie degli scavi e dei riporti per la posa delle tubazioni sono riportate nella seguente Tabella.

**Tabella 6.4.6b Bilancio Scavi Riporti Tubazione**

Tratto	Scavi	Volume (m <sup>3</sup> )	Note
<b>Postazione CC 1 - ORC</b>			
	Materiale scavato	172,8	
	Sabbia di riempimento	41,1	
	Rinterro e risistemazioni aree di cantiere	112	Effettuato con materiale risultante dagli scavi
	Terreno residuo	60,8	Da inviare a centri di raccolta/smaltimento
<b>ORC – Postazione CC 2</b>			
	Materiale scavato	2940	
	Sabbia di riempimento	705,25	
	Rinterro e risistemazioni aree di cantiere	2.310	Effettuato con materiale risultante dagli scavi
	Terreno residuo	630	Da inviare a centri di raccolta/smaltimento

**6.4.7****Materiali**

I materiali utilizzati in cantiere per la realizzazione delle opere saranno prelevati da cave e centrali di betonaggio ubicate nelle vicinanze, e soprattutto per le seconde, ad una distanza non superiore ai 30/40 minuti di viaggio.

Tale prescrizione risulta fondamentale al fine di non fornire un prodotto ammalorato dal lungo trasporto soprattutto durante i periodi estivi.

Il consumo di acqua sarà minimo, in quanto, il calcestruzzo sarà trasportato sul luogo di utilizzo già pronto per l'uso. L'acqua necessaria sarà esclusivamente

quella utilizzata per la bagnatura delle aree di cantiere. Tale acqua verrà approvvigionata dall'acquedotto.

Tutti gli altri materiali edili saranno forniti in funzione dei contratti di fornitura stipulati con le imprese realizzatrici.

#### 6.4.8

#### *Mezzi di Cantiere*

La realizzazione del nuovo impianto richiederà l'utilizzo di macchine di trasporto ed operatrici, che verranno impiegate nel periodo dei lavori di costruzione in maniera diversificata secondo le effettive necessità. In particolare, verranno utilizzate le seguenti macchine:

- autocarri;
- autobetoniere;
- escavatori;
- pale meccaniche;
- attrezzature specifiche in dotazione alle imprese esecutrici quali carrelli elevatori, piega ferri, saldatrici, flessibili, seghe circolari, martelli demolitori, ecc.

7

**CRONOPROGRAMMA**

Si prevede di realizzare l'intero progetto in 32 mesi a partire dalla data di ottenimento di tutte le autorizzazioni in accordo al cronoprogramma riportato in *Figura 7a*.



PROGETTO

P15\_CAE\_010

TITOLO

SVOLTA GEOTERMICA SRL:  
PERMESSO DI RICERCA PER IMPIANTO PILOTA  
GEOTERMICO "CASA DEL CORTO".  
PROGETTO DEFINITIVO E PROGRAMMA LAVORI

REV.

0

Pagina

109



8

**INVESTIMENTI PREVISTI**

Il costo complessivo del progetto comprensivi dell'IVA è così ripartito:

**Tabella 8a Costi dell'Investimento**

Voci di Costo	Euro
Allestimento Postazioni CC 1 e CC 2 e Approvvigionamento Idrico	1.000.000
Realizzazione dei Pozzi (trasporto e montaggio sonda di perforazione, esecuzione della perforazione, materiali ed attività connesse)	16.000.000
Allestimento e preparazione Area ORC	250.000
Realizzazione Componente ausiliario per lo sfruttamento agricolo del calore di condensazione	200.000
Contratto EPC per la Fornitura dell'Impianto ORC. Comprensivo di: Opere Civili, Impianto Elettrico, Impianti Ausiliari (antincendio, trattamento acque meteoriche)	11.000.000
Balance of Plant (Fornitura e posa tubazioni interrato preisolate, Pompe immerse)	2.200.000
Connessione Elettrica (Cavidotto Aereo MT)	500.000
<b>Spese Generali</b>	
Costi di sviluppo (SIA, Progettazione Definitiva, Consulenze, ecc.)	300.000
Direzioni Lavori e coordinamento della sicurezza	350.000
Controlli e Rilievi (aria, acqua, rumore, microsismica)	200.000
<b>TOTALE</b>	<b>32.000.000</b>

Per maggiori dettagli relativamente al costo delle opere si rimanda all'*Allegato 7 - Computo Metrico Estimativo*.

## **9 REMISSIONE IN PRISTINO DELLE AREE AL TERMINE DEI LAVORI**

Alla fine della sua vita tecnica, stimabile in oltre 25 anni, si procederà alla dimissione dell'impianto ORC e delle opere connesse, per la quale si prevedono le seguenti fasi:

1. smontaggio e bonifica degli impianti e degli equipaggiamenti;
2. demolizione delle opere civili e delle tubazioni;
3. chiusura mineraria dei pozzi produttivi e reiniettivi.

### **9.1 SMONTAGGIO E BONIFICA DEGLI IMPIANTI E DEGLI EQUIPAGGIAMENTI**

Questa prima fase comprenderà tutte le attività necessarie per mettere a piè d'opera le componenti d'impianto e assicurarne la bonifica dagli agenti in grado di determinare qualsiasi rischio.

L'operazione, condotta da ditte specializzate, consisterà nella ripulitura delle parti di impianto venute a contatto con agenti inquinanti e nello smaltimento a norma di legge dei rifiuti raccolti. Gli impianti e gli equipaggiamenti bonificati saranno quindi lasciati aperti nel sito per l'ispezione da parte delle autorità pubbliche competenti.

Gli oli lubrificanti utilizzati negli impianti della Centrale saranno recuperati e inviati al Consorzio Smaltimento Olii Esausti. Altri materiali di consumo verranno restituiti ai rispettivi fornitori.

Il fluido organico utilizzato come fluido di lavoro sarà riutilizzato o altrimenti avviato al recupero.

### **9.2 DEMOLIZIONE DELLE OPERE CIVILI**

In base alla normativa vigente al momento attuale, una volta ottenuta dalle autorità competenti la dichiarazione di avvenuta bonifica di impianti ed equipaggiamenti e parere sanitario favorevole, sarà possibile presentare all'autorità comunale specifico Piano di Demolizione.

Ottenutane l'approvazione, si procederà allo smontaggio delle strutture metalliche e alla demolizione delle opere civili in calcestruzzo.

Le operazioni, condotte da ditte specializzate, consisteranno nello smontaggio delle strutture metalliche, nella loro riduzione a membrature di dimensioni idonee



al trasporto e nella demolizione meccanica delle opere in calcestruzzo armato (opere in elevazione e fondazioni) con l'utilizzo di apposite macchine operatrici. Le fondazioni saranno demolite e tutti i residui di demolizione saranno suddivisi per tipologia e destinati al riutilizzo secondo necessità e possibilità.

Le parti metalliche, compresi gli impianti e gli equipaggiamenti bonificati, saranno riutilizzate come rottami ferrosi e ceduti a fonderie. Le parti in calcestruzzo saranno invece cedute a ditte specializzate che procederanno alla loro macinazione per separare il ferro di armatura dal calcestruzzo sminuzzato.

Il ferro di armatura sarà quindi recuperato come le parti metalliche, mentre il macinato di calcestruzzo potrà essere utilizzato come materiale inerte da costruzione, per esempio per sottofondi stradali o, se non richiesto, avviato in discarica di tipo 2A.

Concluse le operazioni di demolizione e di allontanamento dei residui, l'area sarà completamente ripulita e predisposta per gli eventuali utilizzi previsti.

### 9.3 **CHIUSURA MINERARIA DEI POZZI PRODUTTIVI E REINIETTIVI**

Scopo della chiusura mineraria è di ripristinare l'isolamento delle formazioni attraversate dal sondaggio, e permettere la rimozione delle strutture di superficie (valvole di testa pozzo) senza pregiudicare l'efficacia dell'isolamento dei fluidi endogeni rispetto alla superficie.

La realizzazione della chiusura mineraria avviene mediante riempimento del foro, almeno a tratti, con malta di cemento di opportuna composizione.

È buona norma ai fini della sicurezza disporre uno dei tappi di cemento nell'intorno delle "scarpe" dei casing e liner. In alcuni casi è necessario inserire anche speciali attrezzature (packer), atte a garantire con maggiore efficacia rispetto al solo cemento l'isolamento dei fluidi contenuti negli strati sottostanti.

Nel caso dei pozzi in esame, dovendo procedere ad operazioni di chiusura mineraria, non si prevede l'utilizzazione di particolari attrezzature stante la semplicità e la non pericolosità del campo anche in accordo ad una lunga esperienza di realizzazione di chiusure minerarie.

Al termine della chiusura mineraria si procederà al ripristino delle condizioni originali asportando le opere in cemento e lasciando l'area nelle stesse condizioni di origine.

### 9.4 **STIMA DEI COSTI**

I costi previsti per le diverse fasi sopra descritte sono riportati nella seguente *Tabella 9.4a*.

	PROGETTO	TITOLO	REV.	Pagina
	P15_CAE_010	SVOLTA GEOTERMICA SRL:		
		PERMESSO DI RICERCA PER IMPIANTO PILOTA		
		GEOTERMICO "CASA DEL CORTO".	0	113
		PROGETTO DEFINITIVO E PROGRAMMA LAVORI		

**Tabella 9.4a**                      **Stima Costi di Dismissione**

Voci di Costo	Euro
Scavo, Bonifica, Smontaggio copertura delle tubazioni con recupero dell'acciaio e smaltimento coibente.	10.000
Smontaggio e bonifica Impianto ORC, demolizione opere civili smaltimento rifiuti, recupero acciaio, rame e fluido organico.	190.000
Chiusura mineraria dei 6 pozzi	500.000
Demolizione opere civili di piazzola, smaltimento inerti, rimessa in pristino dell'area pozzi.	200.000
<b>TOTALE</b>	<b>900.000</b>

**TAVOLE**

- **Tavola 1 (n.6 tavole):** Planimetrie con posizionamento Postazioni di Sonda e Centrale ORC;
- **Tavola 2 (n.6 tavole):** Layout Postazioni CC 1 e CC 2 - Fase di Perforazione;
- **Tavola 3 (n.2 tavole):** Layout Postazioni CC 1 e CC 2 - Fase di Esercizio;
- **Tavola 4 (n.2 tavole):** Layout (Pianta e Vista Impianto ORC e Pergola);
- **Tavola 5 (n.2 tavole):** Diagrammi di Flusso (PFD);
- **Tavola 6:** Schema Elettrico Unifilare.

**ALLEGATI**

- **Allegato 1:** Inquadramento Geologico e Geotermico;
- **Allegato 2:** Relazione Geologica;
- **Allegato 3:** Relazione Idrologica;
- **Allegato 4:** Modellazione Numerica del Serbatoio Geotermico di "Casa del Corto";
- **Allegato 5:** Caratterizzazione Sismica, Sismicità indotta, Subsidenza e Relativi Sistemi di Monitoraggio;
- **Allegato 6:** Progetto dell'elettrodotto Aereo MT;
- **Allegato 7:** Computo Metrico Estimativo.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



*Barelli A., Corsi R., Del Pizzo G., Scali C., 1982. A Two-Flow Model for Geothermal Wells in the Presence of Non-Condensable Gas. Geothermics, Vol. 11 N. 3, pp. 175 – 191.*

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

*Cappetti G., D'Olimpio P., Sabatelli F., Tarquini, B. (1995).* Inhibition of Antimony Sulphide Scale by Chemical Additives: Laboratory and Field Test Results. World Geothermal Congress, Florence, Italy, May 18-31, 1995. 2503-2507.

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

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

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

*Corsi R., (1987).* Engineering aspects of CaCO<sub>3</sub> and SiO<sub>2</sub> scaling. NATO course on "Geothermal Reservoir Engineering", Antalya, Turkey, July 1987.

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

*Gunnarson S., Arnosson A., (1987).* Amorphous silica solubility and Thermodynamic Properties of H<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub> in the range of 0-350°at Psat. *Geochimica et Cosmochimica Acta* Vol 64,13, July 1987.



PROGETTO

P15\_CAE\_010

TITOLO

SVOLTA GEOTERMICA SRL:

PERMESSO DI RICERCA PER IMPIANTO PILOTA  
GEOTERMICO "CASA DEL CORTO".

PROGETTO DEFINITIVO E PROGRAMMA LAVORI

REV.

0

Pagina

119

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

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

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

*Michels D. E., (1981),* CO<sub>2</sub> and Carbonate Chemistry Applied to Geothermal Engineering, Geothermal Reservoir Engineering Management Program, Earth and Science Division, Lawrence Berkley Laboratory, Report LBL-11509, pp 27

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

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

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

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

*Pruess K., 1991.* TOUGH2 – A General Purpose Numerical Simulator for Multiphase Fluid and Heat Flow. Report LBL 20400, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA, USA;

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

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

