



# IMPIANTO GEOTERMICO PILOTA DENOMINATO "LATERA" PROGETTO DEFINITIVO

Progetto No. P22\_LTR\_045

Doc. No. P22045-X-RL-00-0

REV.	DATA	PREPARATO DA	CONTROLLATO DA	APPROVATO DA
0	14-Lug-2023	G. Manfredi L. Favaro	P. Basile S. Orlando	R. Brogi

Ing. ROBERTO BROGI  
ORDINE INGEGNERI della Provincia di PISA  
N° 3635 Sezione A  
INGEGNERE INDUSTRIALE

Preparato per: Latera Sviluppo S.r.l.



STEAM srl  
Via Ponte a Piglieri 8  
Pisa 56121  
ITALY  
VAT no. IT01028420501

1	INTRODUZIONE E SCOPO DEL LAVORO .....	1
1.1	CARATTERISTICHE TECNICO-PROGETTUALI .....	1
1.2	SINTESI DELLE ATTIVITÀ GEOTERMICHE PREGRESSE .....	9
2	INQUADRAMENTO GEOTERMICO DI RIFERIMENTO.....	13
2.1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE.....	13
2.2	MODELLO GEOTERMICO DELL'AREA DEL PERMESSO DI RICERCA .....	14
2.2.1	MAGMATISMO DI LATERA .....	14
2.2.2	SPESORE DELLE VULCANITI .....	18
2.2.3	INFORMAZIONI STRATIGRAFICHE PROFONDE .....	19
2.2.4	ASSETTO IDROGEOLOGICO E IDROGEOCHIMICA DI LATERA .....	20
2.2.5	PROSPEZIONI GEOFISICHE CONDOTTE NELL'AREA DI LATERA.....	21
2.2.6	INTERPRETAZIONE INTEGRATA DEI DATI E RICOSTRUZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO- GEOTERMICO DI RIFERIMENTO.....	22
2.2.7	SINTESI DELL'ASSETTO TETTONICO-STRATIGRAFICO E TERMICO .....	27
2.3	STIMA CARATTERISTICHE DEL FLUIDO E TENDENZA ALL'INCROSTAZIONE.....	27
2.3.1	CONSIDERAZIONI SULLA POSSIBILITÀ DI INCROSTAZIONI .....	28
2.4	CRITERI DI PRODUZIONE E OBIETTIVI DELL'IMPIANTO .....	30
2.4.1	SCELTA DEL NUMERO DEI POZZI .....	30
2.4.2	PREVISIONE DEGLI EFFETTI DELLA PRODUZIONE/REINIEZIONE SUL COMPORTAMENTO DEL SISTEMA GEOTERMICO	31
3	CONDIZIONI LOCALI E COLLOCAZIONE DELL'IMPIANTO.....	32
3.1	CARATTERISTICA DELLE CONDIZIONI LOCALI.....	32
3.1.1	CLIMATOLOGIA.....	32
3.1.2	SISMICITÀ.....	35
3.2	ANALISI DELLE ALTERNATIVE E UBICAZIONE DEL PROGETTO .....	36
3.2.1	CRITERI DI SCELTA ED OPZIONE ZERO .....	36
3.2.2	SCELTA FINALE .....	38
3.2.3	RIFERIMENTI CATASTALI .....	39
4	PROGETTO DELLE POSTAZIONI DI PERFORAZIONE.....	40
4.1	CRITERI DI PROGETTO .....	40
4.1.1	ASPETTI FUNZIONALI DELLA POSTAZIONE DI SONDA .....	43
4.1.2	MATERIE PRIME.....	49
4.2	BILANCIO SCAVI/RIPORTI .....	49
5	PROGETTAZIONE DEI POZZI.....	51
5.1	POZZI PRODUTTIVI E REINIETTIVI .....	51
5.2	CARATTERISTICHE TECNICO COSTRUTTIVE DEI POZZI.....	54
5.3	CARATTERISTICHE DELL'IMPIANTO DI PERFORAZIONE .....	58
5.3.1	DESCRIZIONE DELLE OPERAZIONI DI PERFORAZIONE .....	60
5.4	TECNOLOGIA DI PERFORAZIONE E PREVENZIONE RISCHI DURANTE LA PERFORAZIONE .....	62
5.4.1	IL FANGO DI PERFORAZIONE .....	62
5.4.2	CONDIZIONI DI SICUREZZA DURANTE LA PERFORAZIONE.....	63
5.5	PROBLEMATICHE DI IGIENE ED ASPETTI DI ORGANIZZAZIONE DEL LAVORO .....	68

5.6	CARATTERIZZAZIONE PRODUTTIVA DEI POZZI .....	69
5.7	USO DI RISORSE .....	71
5.7.1	ACQUA INDUSTRIALE .....	71
5.7.2	ENERGIA, GASOLIO E LUBRIFICANTI.....	74
5.7.3	ALTRE MATERIE PRIME.....	74
5.8	INTERFERENZA POTENZIALI CON L'AMBIENTE.....	74
5.8.1	RIFIUTI E RESIDUI .....	74
5.8.2	ATMOSFERA .....	76
5.8.3	ACQUA .....	77
5.8.4	SUOLO E SOTTOSUOLO.....	77
5.8.5	VEGETAZIONE FLORA E FAUNA.....	77
5.8.6	EMISSIONI SONORE FASE DI PERFORAZIONE .....	78
5.8.7	MEZZI DI CANTIERE E TRAFFICO INDOTTO .....	78
5.9	COMPLETAMENTO DEI POZZI E RIPRISTINO DELLA POSTAZIONE .....	81
5.9.1	ESITO POSITIVO DELLA PERFORAZIONE .....	81
5.9.2	ESITO NEGATIVO DELLA PERFORAZIONE (POZZI STERILI) O FINE .....	82
6	LA CENTRALE DI PRODUZIONE .....	85
6.1	CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE .....	85
6.2	DESCRIZIONE DEL PROGETTO .....	87
6.2.1	GENERALITÀ .....	87
6.2.2	IMPIANTI PER LA COLTIVAZIONE DEL FLUIDO GEOTERMICO .....	88
6.2.3	TUBAZIONI DI PRODUZIONE .....	91
6.2.4	IMPIANTO ORC.....	93
6.2.5	SISTEMA DI CESSIONE DEL CALORE ALLE SERRA GEOTERMICHE .....	99
6.2.6	POTENZIALE IMPIANTO PER L'ESTRAZIONE DEL LITIO E DEI MINERALI E/O ALTRI MINERALI DALLA BRINE GEOTERMICA.....	99
6.2.7	TUBAZIONI DI REINIEZIONE .....	99
6.2.8	COLLEGAMENTO ELETTRICO .....	103
6.2.9	MONITORAGGI.....	104
6.3	PRESTAZIONI DELL'IMPIANTO .....	105
6.3.1	BILANCIO ENERGETICO.....	105
6.4	FASE DI COSTRUZIONE .....	105
6.4.1	FASE 1: PREPARAZIONE DELLE AREE E REALIZZAZIONE FONDAZIONI E STRUTTURE .....	105
6.4.2	FASE 2: POSA IN OPERA TUBAZIONI .....	105
6.4.3	FASE 3: MONTAGGI MECCANICI ED ELETTRO-STRUMENTALI.....	106
6.4.4	FASE 4: COMMISSIONING, MESSA IN SERVIZIO E TEST .....	106
6.4.5	MOVIMENTO TERRA.....	107
6.4.6	MATERIALI .....	108
6.4.7	MEZZI DI CANTIERE .....	109
6.5	USO DI RISORSE E INTERFERENZE POTENZIALI CON L'AMBIENTE IN FASE DI ESERCIZIO .....	109
6.5.1	USO DI RISORSE .....	109
6.5.2	INTERFERENZE CON L'AMBIENTE IN FASE DI ESERCIZIO.....	110
7	CRONOPROGRAMMA.....	113

8	INVESTIMENTI PREVISTI .....	115
9	RIMESSIONE IN PRISTINO DELLE AREE .....	117
9.1	COMPLETAMENTO DEI POZZI E RIPRISTINO DELLA POSTAZIONE .....	117
9.2	DISMISSIONE DELL'IMPIANTO GEOTERMICO .....	117
9.2.1	SMONTAGGIO E BONIFICA DEGLI IMPIANTI E DEGLI EQUIPAGGIAMENTI.....	117
9.2.2	SMANTELLAMENTO DELLE TUBAZIONI DI RETE .....	118
9.2.3	DEMOLIZIONE DELLE OPERE CIVILI .....	118
9.3	STIMA DEI COSTI .....	119
10	ELENCO TAVOLE E ALLEGATI .....	120
11	BIBLIOGRAFIA .....	121

## INDICE FIGURE

Figura 1.1.a	Inquadramento del permesso di ricerca per la sperimentazione dell'impianto pilota "Latera" su base IGM.....	2
Figura 1.1.b	Inquadramento Opere principali su base CTR .....	3
Figura 1.1.c	Inquadramento Opere principali su base Ortofoto .....	4
Figura 1.1.d	Inquadramento Opere principali e di riserva su base CTR.....	5
Figura 1.1.e	Inquadramento Opere principali e di riserva su base Ortofoto.....	6
Figura 1.2.a	Schema di Processo dell'impianto geotermico Latera 3D (Sabatelli & Mannari 1995) .....	10
Figura 1.2.b	Schema di Produzione e reiniezione della centrale di Latera (Comune di Latera, 2001) .....	11
Figura 1.2.c	Schema di processo semplificato della centrale di Latera (Comune di Latera, 2001) .....	12
Figura 1.2.d	Diagramma di flusso della centrale di Latera (Sabatelli & Mannari 1995).....	12
Figura 2.1.a	Relazioni fra le unità tettonostratigrafiche e relativi domini paleogeografici dell'Appennino centrale (Tiberti et al. 2005).....	14
Figura 2.2.1.a	Schema geologico dell'area dei Monti Vulsini (da Vezzoli et al., 1987). 1: Depositi sedimentari quaternari 2: Rocce vulcaniche (LVC = Complesso Vulcanico di Latera, BOVC = Complesso Vulcanico di Bolsena – Orvieto, MVC = Complesso Vulcanico di Montefiascone, SVVC = Complesso Vulcanico Vulsini del sud, VVC = Complesso Vulcanico di Vico) 3: Sequenze Neoautoctone; 4: Sequenza Ligure e Sub-ligure; 5: Sequenza Toscana non metamorfica; 6: Sequenza Toscana metamorfica; 7: Faglie principali; 8: Fronte del thrust della sequenza Toscana; 9: Cinta calderica. ....	15
Figura 2.2.1.b	Schema geologico strutturale della caldera di Latera (da Metzeltin & Vezzoli, 1983): a) colate di lava; b) travertino; c) depositi lacustri sollevati e inclinati; d) depositi lacustri e alluvionali indisturbati; e) alti strutturali substrato sedimentario; f) orlo di caldera; g) fotolineamenti, faglie e fratture; h) crateri di esplosione; i) coni di scorie; l) sorgenti; m) sorgenti termominerali; n) emanazioni gassose; p) inclinazione delle superfici strutturali. 1) Orlo presunto della Caldera di Bolsena; 2) Orlo della Caldera di Latera; 3) Orlo presunto della Caldera della piana del Vepe; 4) Linea S. Luce; 5) Linea del Carcano. ....	16
Figura 2.2.1.c	Stralcio del F.136 "Tuscania" della Carta Geologica d'Italia (Scala 1:50.000) .....	17
Figura 2.2.2.a	Andamento della base delle vulcaniti. 1) Travertino 2) Vulcaniti 3) Sedimenti Quaternari 4) Sedimenti marini e lacustri del Miocene sup. a Pliocene 5) Ligureidi 6) Sequenza Toscana 7) Basamento Paleozoico – Triassico 8) Linee isobate in metri	

	rispetto al livello del mare 9) e 10) Pozzi e pozzetti geotermici 11) Vertici della tavoletta 1:25.000 (da Buonasorte et al., 1987b).....	19
Figura 2.2.3.a	Ubicazione dei pozzi geotermici perforati nella caldera di Latera fino al 1985 (da Sabatelli & Mannari, 1995).....	20
Figura 2.2.6.a	Ricostruzione del tetto del serbatoio geotermico basata sulle informazioni delle prospezioni geofisiche contenute in Bertrami et al 1984, analisi dei dati ENEL-MICA 1987 e interpretazione dei dati di sottosuolo. È indicata la traccia della sezione geologica di Figura 2.2.6.b.....	22
Figura 2.2.6.b	Sezioni geologica ricostruita con dati di pozzo e prospezioni geofisiche (Bertrami et al 1984, Enel,1983).....	23
Figura 2.2.6.c	Stratigrafie e log termici dei pozzi Latera 3 e Latera 3D (elaborazione dati Enel-Mica, 1987). ....	24
Figura 2.2.6.d	Stratigrafie e log termici dei pozzi Latera 14 e Latera 2 (elaborazione dati Enel-Mica, 1987). ....	25
Figura 2.2.6.e	Stratigrafie e log termici dei pozzi Latera 4 e Valentano 2 (elaborazione dati Enel-Mica, 1987).....	25
Figura 2.2.6.f	Pressioni misurate alle fratture produttive nei pozzi geotermici di Latera (ENEL-2017) .....	26
Figura 3.1.1.a	Giorni di Pioggia – Stazione Meteorologica “Latera-Centro Florovivaistico” (2011 – 2021), dati Arisial.....	34
Figura 3.1.1.b	Rosa dei venti stazione AL.008 Viterbo .....	34
Figura 3.1.2.a	Mappa di aggiornamento della classificazione sismica della Regione Lazio (Deliberazione GRT n.387/2009) .....	36
Figura 4.1.1.1.a	Inquadramento della viabilità di accesso al Polo Produttivo Agro-Energetico .....	44
Figura 4.1.1.1.b	Accesso esistente all'attuale area serre da modificare.....	45
Figura 4.1.1.1.c	Inquadramento della viabilità di accesso all’area di reiniezione (postazioni LT_2 e LT_4).....	46
Figura 4.1.1.1.d	Viabilità di accesso in corrispondenza della postazione LT_2.....	46
Figura 4.1.1.1.e	Area prevista per la realizzazione del nuovo accesso alla postazione LT_4.....	47
Figura 4.1.1.1.f	Sezione tipo per la strada in materiale arido.....	47
Figura 5.1.a	Layout Pozzi di Produzione.....	52
Figura 5.1.b	Layout Pozzi di Reiniezione.....	53
Figura 5.2.a	Profilo Tecnico del Pozzo Verticale Produttivo .....	55
Figura 5.2.b	Profilo Tecnico del Pozzo Verticale Reiniettivo.....	56
Figura 5.2.c	Profilo Tecnico del Pozzo Deviato Produttivo.....	57
Figura 5.2.d	Profilo Tecnico del Pozzo Deviato Reiniettivo .....	58
Figura 5.3.a	Esempio di un Impianto Drillmec HH200.....	59
Figura 5.3.1.a	Esempio di Testa Pozzo in Fase di Perforazione .....	61
Figura 5.4.2.a	Esempi di BOP “ram” e “Annular” .....	64
Figura 5.8.7.1.a	Tipologico dell’Impianto Lavaruote Mobile .....	80
Figura 6.2.2.1.a	Vignetta del separatore centrifugo di tipo "Webre".....	89
Figura 6.2.2.2.a	Schema della testa pozzo di produzione con il tubing per l'inibitore di incrostazione .....	90
Figura 6.2.2.2.a	Rappresentazione schematica delle tubazioni produttive.....	92
Figura 6.2.4.3.a	Rappresentazione schematica delle tubazioni di reiniezione .....	101
Figura 6.2.4.3.b	Tipico di una sezione delle tubazioni di reiniezione. ....	103
Figura 7.a	Cronoprogramma delle Attività.....	114

Tabella 1.1.a	Caratteristiche tecnico progettuali.....	8
Tabella 2.2.6.a	Risultati delle perforazioni geotermiche di Latera da Sabatelli & Mannari 1995 ....	24
Tabella 2.2.7.a	Descrizione dell’Assetto Tettonico Stratigrafico e Termico Atteso per l’area di Produzione .....	27
Tabella 2.2.7.b	Descrizione dell’Assetto Tettonico Stratigrafico e Termico Atteso per l’area di Reiniezione .....	27
Tabella 2.3.a	Composizione chimica del fluido intercettato dai pozzi geotermici di Latera ricavate da Gianelli & Scandiffio, 1989 (concentrazioni espresse in mg/l).....	28
Tabella 2.3.1.a	Concentrazioni di equilibrio di silice amorfa in soluzioni acquose (Gunnarson and Arnorsson 2000; Fourier and Rowe 1977). Al fine di prevenire la precipitazione di questo componente, le relazioni di solubilità evidenziano un limite minimo per la temperatura .....	30
Tabella 3.1.1.a	Rete micrometeorologico – localizzazione delle stazioni ARPA Lazio.....	32
Tabella 3.1.1.b	Temperature Medie [°C] – Elaborazione Mensile dei Dati Rilevati dalla Stazione Meteorologica “Latera – Centro Florovivaistico” (2011 – 2021) .....	33
Tabella 3.1.1.c	Precipitazioni Totali [m] – Elaborazione Mensile dei Dati Rilevati dalla Stazione Meteorologica “Latera – Centro Florovivaistico” (2011 – 2021) .....	33
Tabella 3.1.1.d	Velocità medie dei venti in m/s rete micro-meteorologica regionale (ARPA Lazio, maggio 2022).....	35
Tabella 4.1.2.a	Volume Inerti.....	49
Tabella 4.1.2.b	Volume Calcestruzzo .....	49
Tabella 4.2.a	Volume scavi e riporti delle postazioni di perforazione.....	50
Tabella 5.4.1.a	Composizione e Proprietà Medie del Fango.....	62
Tabella 5.8.1.a	Quantitativi Medi Rifiuti da Smaltire con Riferimento all’Attività di Perforazione di Ciascun Pozzo .....	75
Tabella 5.8.6.a	Potenza Sonora delle Principali Sorgenti dell’Impianto di Perforazione.....	78
Tabella 6.1.a	Caratteristiche tecnico progettuali.....	86
Tabella 6.2.2.2.a	Caratteristiche principali delle tubazioni nelle condizioni di progetto .....	92
Tabella 6.2.4.3.b	Caratteristiche principali delle tubazioni reiniettive nelle condizioni di progetto .	101
Tabella 6.3.1.a	Bilanci di energia per l’impianto ORC .....	105
Tabella 6.4.5.a	Volumetrie degli scavi e dei riporti per l’impianto ORC.....	107
Tabella 6.4.5.b	Volumetrie degli scavi e dei riporti per la posa delle tubazioni. ....	108
Tabella 6.4.5.c	Volumetrie degli scavi e dei riporti per la posa del Cavidotto MT .....	108
Tabella 6.4.5.d	Volumetrie degli scavi e dei riporti per la Cabina di Consegna.....	108
Tabella 6.4.6.a	Volumetrie di Inerti e Calcestruzzo .....	109
Tabella 6.5.2.3.a	Sorgenti di rumore presenti nell’area di pertinenza della Latera Sviluppo Srl durante la fase di cantiere per la realizzazione dell’impianto ORC .....	111
Tabella 6.5.2.3.b	Sorgenti di rumore che compongono l’impianto ORC.....	111
Tabella 8.a	Quadro economico del progetto .....	115
Tabella 9.3.a	Stima dei costi di dismissione .....	119

## 1 INTRODUZIONE E SCOPO DEL LAVORO

Il presente elaborato, ivi inclusi i relativi allegati, costituisce il Progetto dell'impianto geotermico a ciclo binario denominato "Latera" e di tutte le opere ad esso connesse e funzionali, redatto in conformità con l'art.5 comma 1 lettera g) del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i., e contenente i dettagli progettuali tali da consentire una compiuta valutazione degli impatti ambientali di tutte le opere previste.

Il Progetto è parte integrante della documentazione di cui all'art.23 del D.Lgs. 152/2006 che il proponente è tenuto a presentare in sede di istanza di Valutazione di Impatto Ambientale (VIA), a sua volta endoprocedimento dell'istruttoria di rilascio del permesso di ricerca (PR) per la sperimentazione dell'impianto pilota "Latera" a seguito della domanda presentata da Latera Sviluppo in ottemperanza all'art.1 comma 3bis del D.Lgs. 22/2010.

Il suddetto permesso di ricerca ha ricevuto il riconoscimento del carattere nazionale delle risorse geotermiche (ai sensi del D.Lgs. n.22/2010), mediante nota del Ministero dello Sviluppo Economico n.0029354 del 07/12/2020, pubblicata successivamente sul B.U.I.G..

L'impianto geotermoelettrico in oggetto permetterà la coltivazione delle risorse scoperte attraverso l'impiego di tecnologie avanzate tali da garantire i più elevati standard ambientali, con emissioni di processo nulle, mediante la totale reiniezione dei fluidi, ivi inclusi i gas naturalmente presenti, nelle formazioni geologiche di provenienza. In aggiunta, l'impianto rispetta le condizioni fissate dall'Art. 1, comma 3-bis e comma 3-bis.1, del D.Lgs. 22/2010.

### 1.1 CARATTERISTICHE TECNICO-PROGETTUALI

Il presente Progetto prevede la realizzazione di un circuito ("loop") tra un polo produttivo e uno reiniettivo ubicati nella zona occidentale del PR "Latera" (Figura 1.1.a).

In Figura 1.1.b e Figura 1.1.c si riportano le opere principali facenti parte dell'impianto in progetto (postazioni di perforazione, tubazioni di collegamento ed impianto ORC) da cui si evince che esse saranno localizzate nel comune di Latera e Valentano (VT). Il progetto, in particolare, prevede la perforazione di 2 pozzi di produzione (di cui un verticale e un deviato) da realizzare da un'unica postazione denominata LT\_1 e, di 2 pozzi di reiniezione da realizzare in un'unica postazione denominata LT\_2, per un totale di 4 pozzi.

Nel presente progetto, inoltre, saranno considerate una postazione di produzione (LT\_3) ed una postazione di reiniezione (LT\_4) "di riserva" e le relative opere connesse (Figura 1.1.d e Figura 1.1.e), il cui scopo è quello di garantire l'operatività del progetto anche nella improbabile situazione per la quale le postazioni ed i relativi pozzi previsti non risultino pienamente efficienti dal punto di vista tecnico-economico per la coltivazione delle risorse geotermiche.

Figura 1.1a Inquadramento del permesso di ricerca per la sperimentazione dell'impianto pilota "Latera" su base IGM 1:10.000

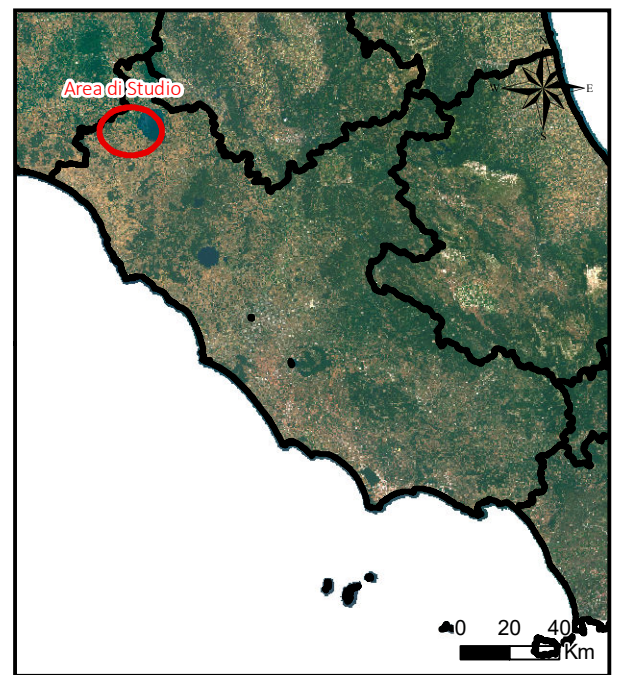
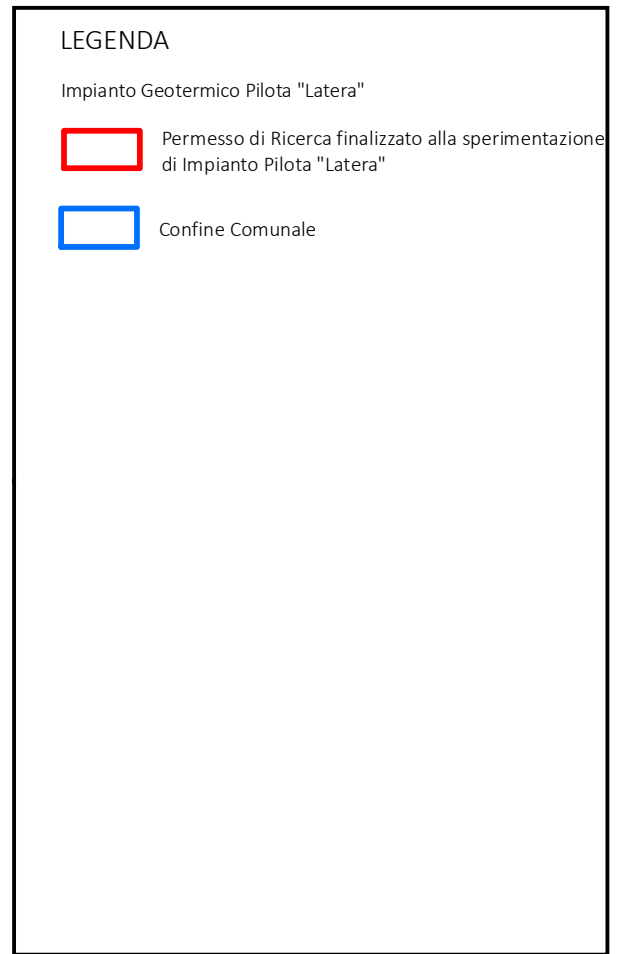
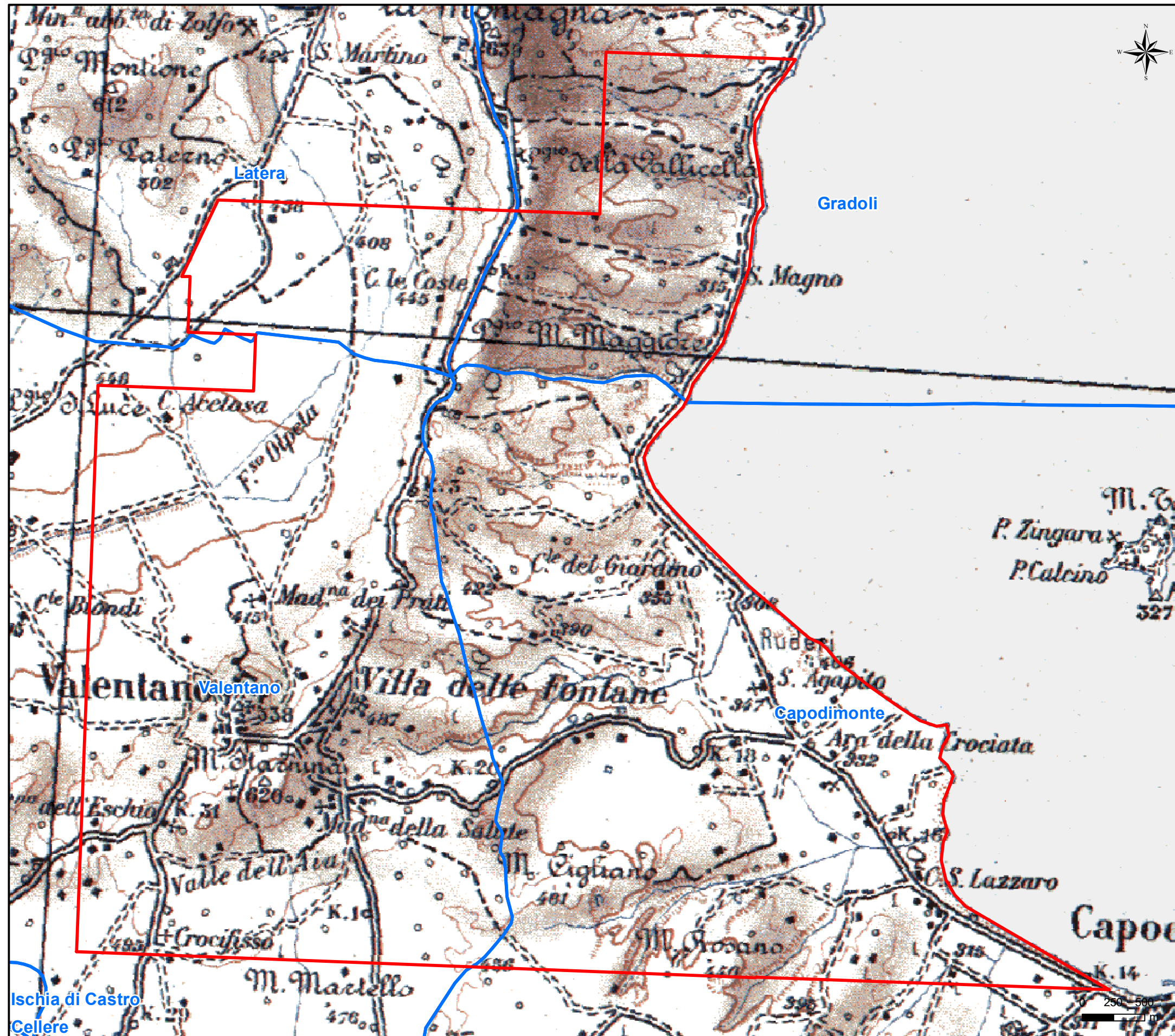




Figura 1.1b Inquadramento delle Opere Principali dell'Impianto Geotermico Pilota "Latera" su CTR (scala 1: 10.000)

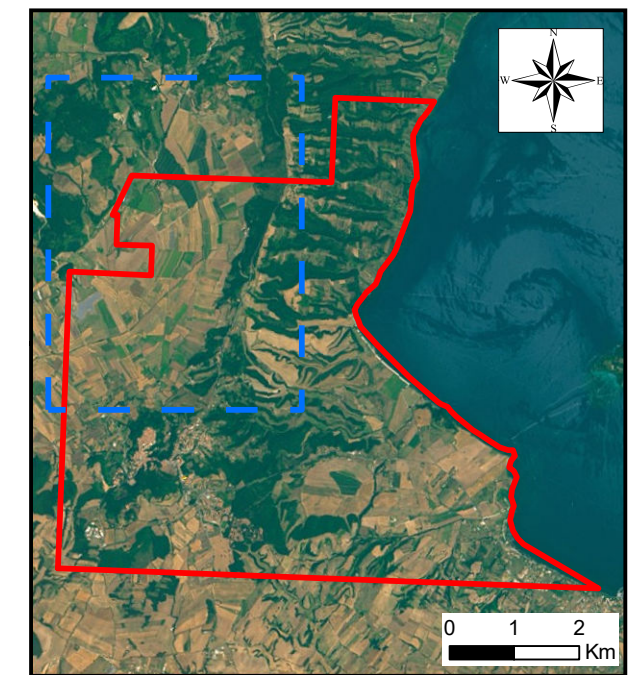
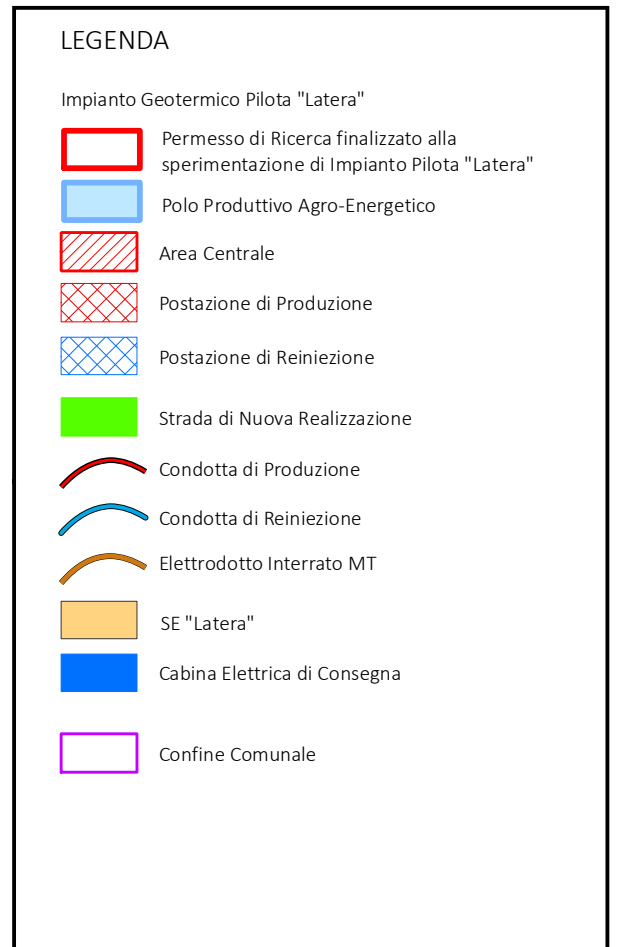
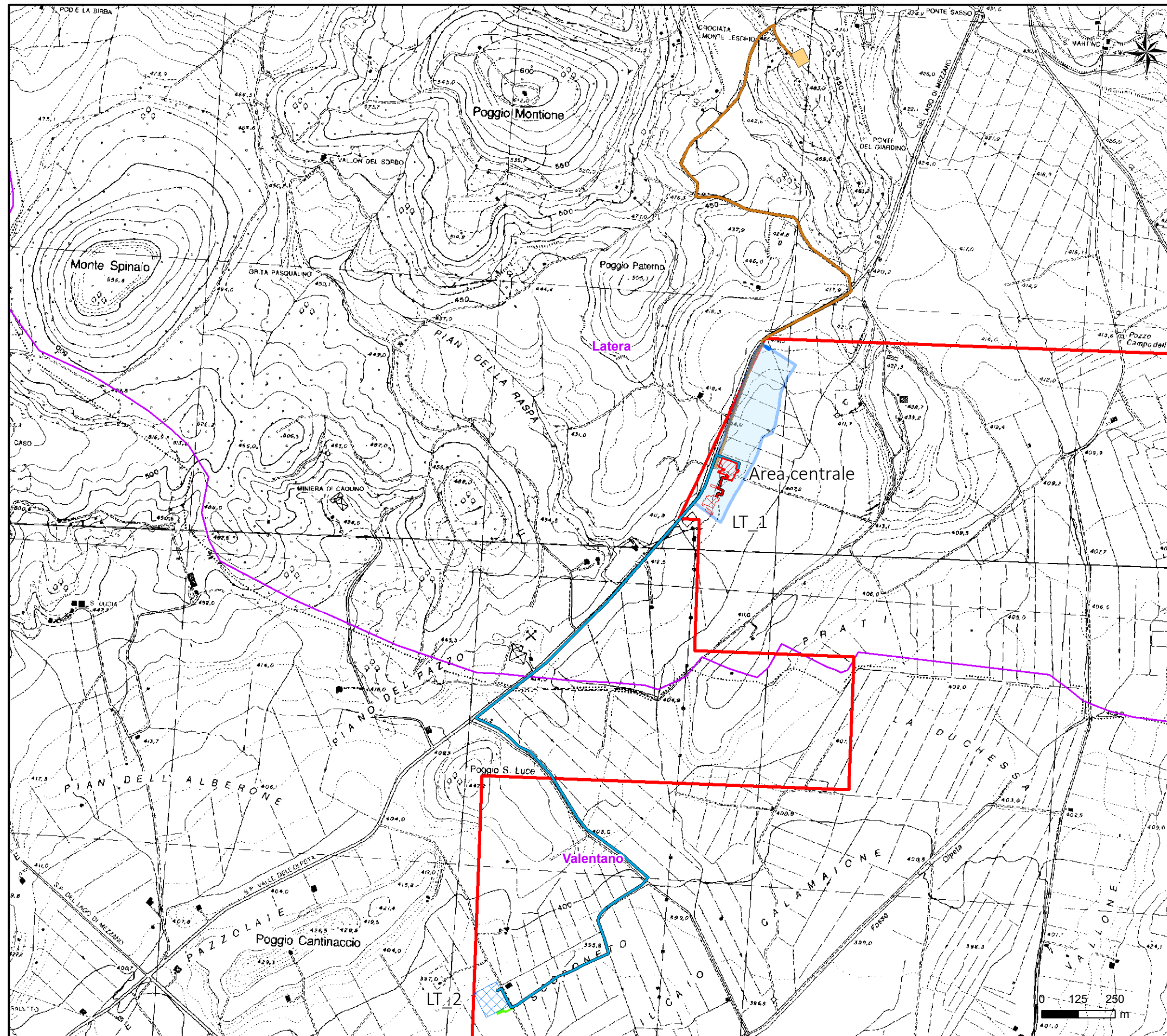


Figura 1.1c Inquadramento delle Opere Principali dell'Impianto Geotermico Pilota "Latera" su Ortofoto

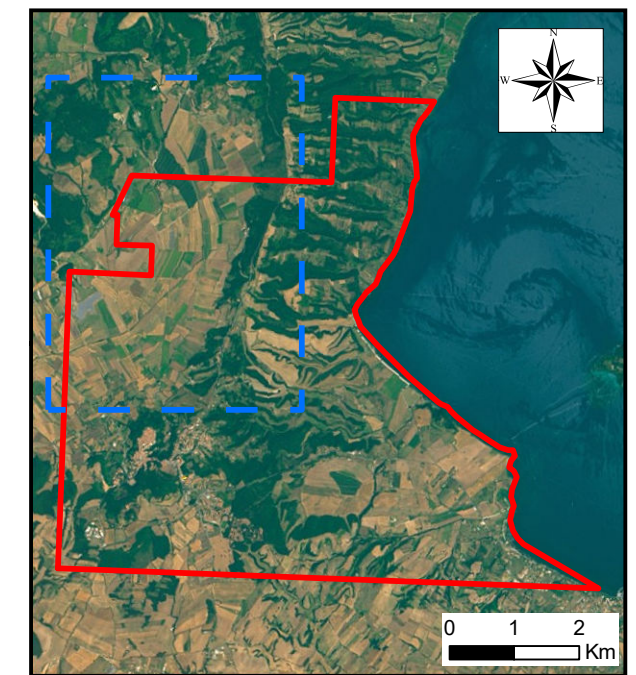
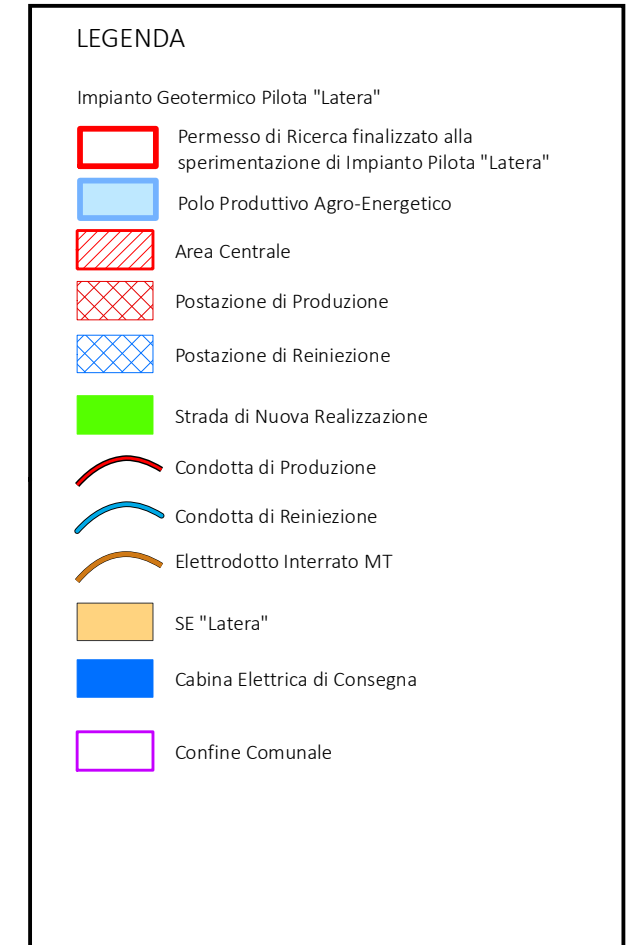


Figura 1.1d Inquadramento delle Opere Principali e delle Opere di Riserva dell'Impianto Geotermico Pilota "Latera" su CTR (scala 1: 10.000)

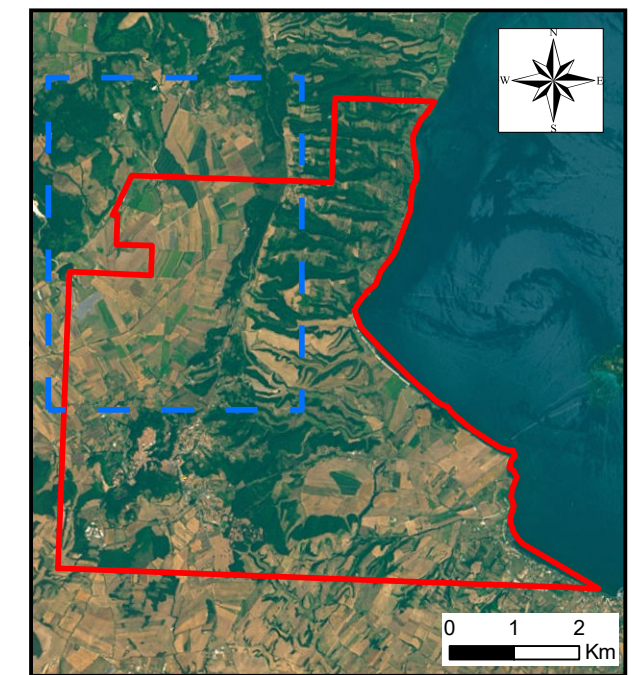
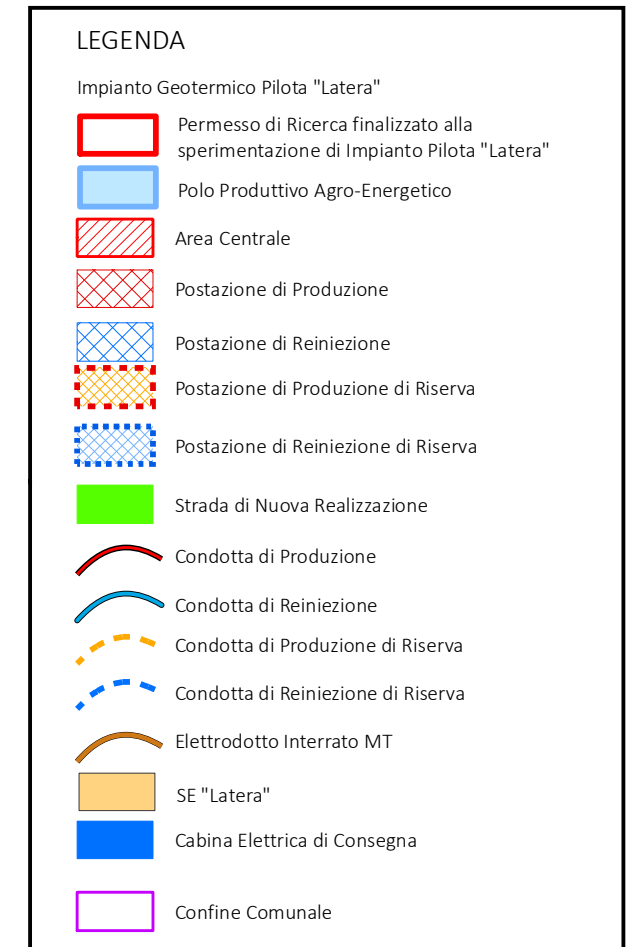
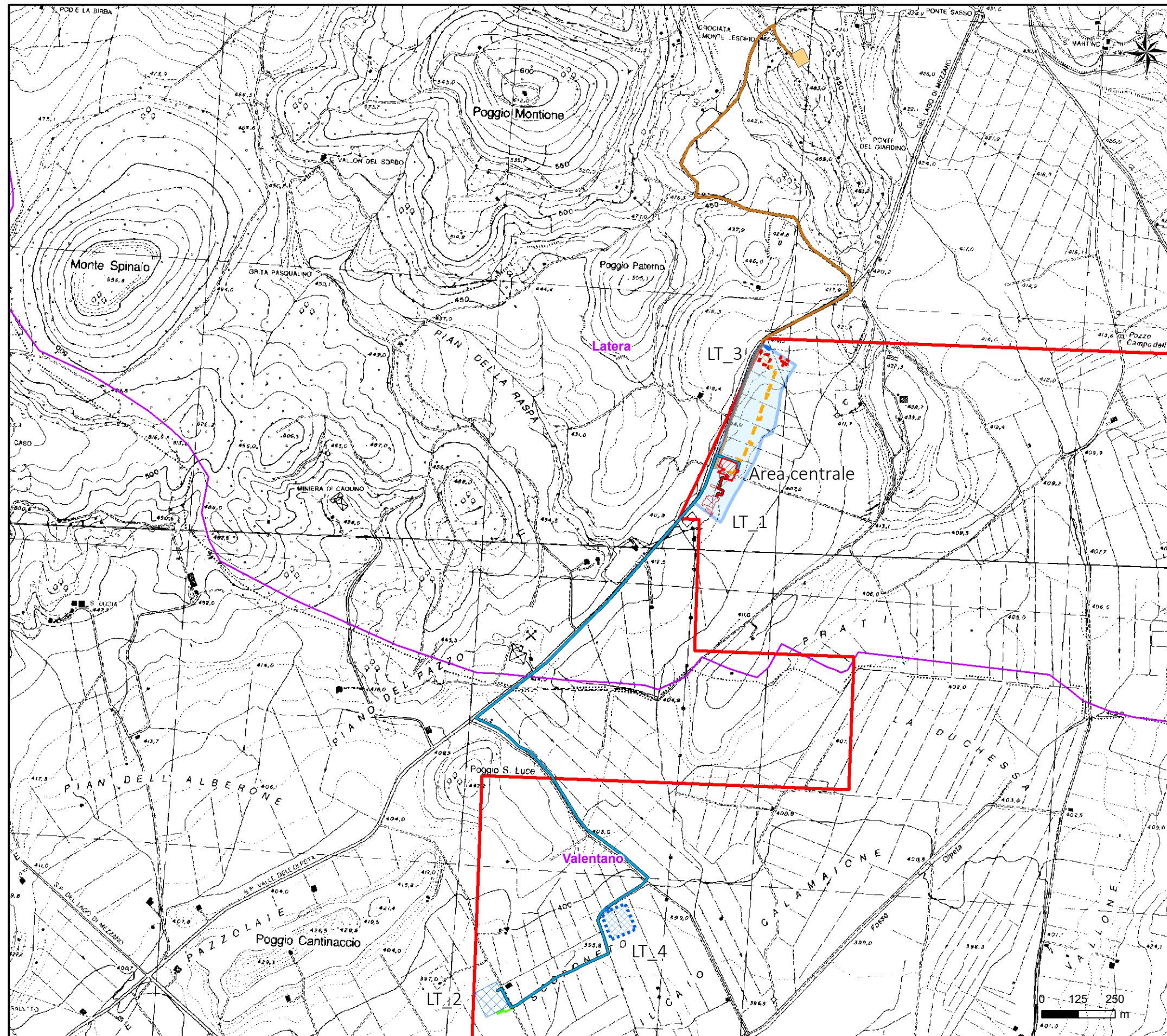
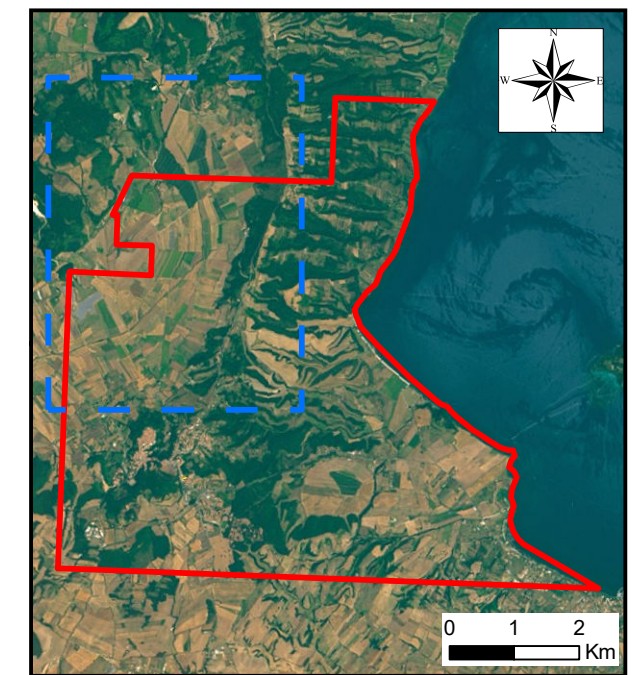
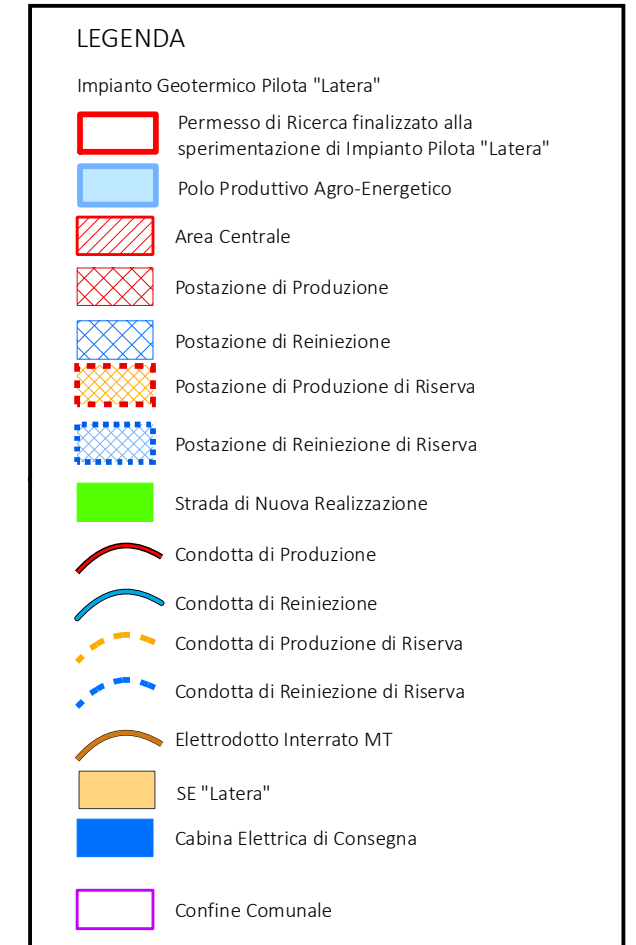
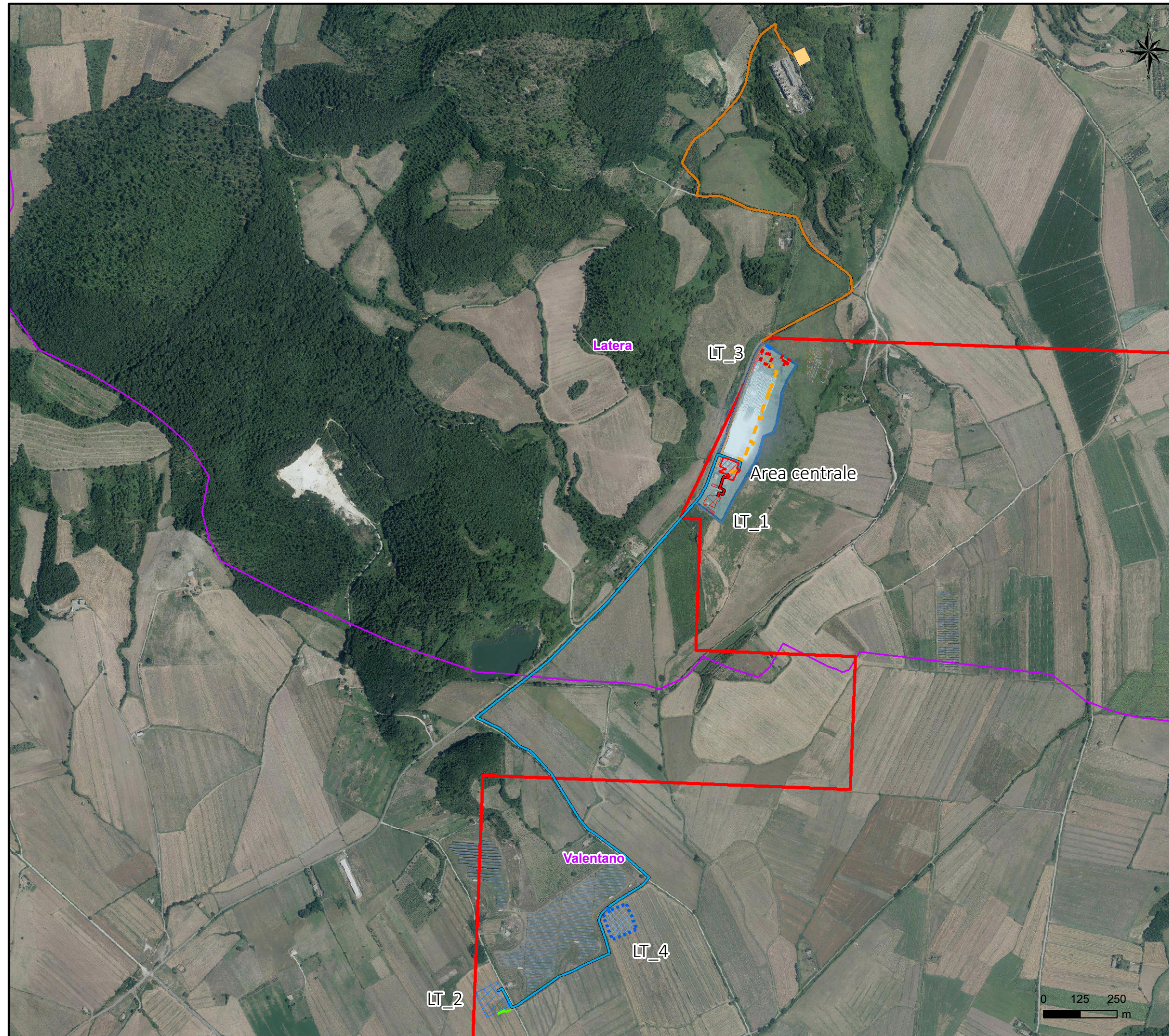


Figura 1.1e Inquadramento delle Opere Principali e delle Opere di Riserva dell'Impianto Geotermico Pilota "Latera" su Ortofoto



La postazione di produzione di riserva, denominata LT\_3, sarà progettata secondo i medesimi criteri impiegati per la postazione LT\_1 sopra menzionata. Lo stesso vale per la postazione di riserva LT\_4, la quale, progettata secondo le medesime specifiche dell'altra postazione di reiniezione LT\_2. In ognuna delle suddette postazioni di riserva si prevede la realizzazione di pozzo verticale.

Il fluido geotermico verrà portato a giorno attraverso i pozzi di produzione e convogliato alla centrale di conversione energetica a ciclo binario, laddove in un sistema chiuso costituito principalmente da scambiatori, cederà calore ad un opportuno fluido di lavoro per la successiva produzione di energia elettrica. Il fluido geotermico più freddo verrà completamente reiniettato, mediante i pozzi di reiniezione, nello stesso serbatoio profondo di provenienza.

In questo modo non si genera alcun deficit di massa nel serbatoio geotermico e si mantiene costante la pressione media nelle formazioni permeabili d'obiettivo.

Il tutto avviene senza alcuna emissione in atmosfera. Si tratta quindi di una coltivazione ad emissioni di processo "nulle" e senza "consumo" di fluido geotermico.

Il progetto di coltivazione presenta le seguenti principali caratteristiche:

- il fluido geotermico impiegato sarà costituito dall'acqua geotermica del serbatoio carbonatico, caratterizzata da:
  - una temperatura media di testa pozzo di circa 185 °C;
  - una percentuale attesa di gas incondensabili naturalmente disciolti pari a circa 3% in peso rispetto all'acqua estratta (liquido + vapore);
  - un'entalpia pari a circa 970 kJ/kg;
- l'impianto impiegato sarà un impianto binario con tecnologia ORC (Organic Rankine Cycle), capace di sviluppare una potenza netta di 5 MW elettrici con emissioni di processo nulle e reiniezione totale del fluido geotermico (incluso il gas) nel serbatoio di provenienza;
- l'impianto sarà connesso alla rete elettrica mediante un cavidotto MT che si collegherà con la cabina primaria esistente denominata "Latera" (Figura 1.1.d e Figura 1.1.e);
- per la generazione della suddetta potenza, sulla base dei principali parametri termodinamici di funzionamento del sistema di conversione energetica e delle caratteristiche della risorsa presente, è stata prevista una portata massima di fluido geotermico prelevata e reiniettata nel serbatoio pari a 250 t/h;
- la minima temperatura di reiniezione sarà di circa 85 °C, per evitare il fenomeno di precipitazione della silice;
- la distanza media, in linea d'aria, tra polo produttivo e poli reiniettivi è pari rispettivamente a circa 2 km come da Figura 1.1.d.

Il progetto consentirà una ottimale coltivazione a fini energetici del serbatoio geotermico garantendone la sostenibilità nel tempo.

La seguente Tabella 1.1.a riassume le caratteristiche tecnico-progettuali dell'impianto geotermoelettrico che si intende realizzare.

CARATTERISTICHE TECNICHE-PROGETTUALI IN CONDIZIONI DI DESIGN	
Potenza elettrica lorda	6-8 MW
Potenza elettrica netta di design	5 MW
Rendimento elettrico lordo centrale ORC	18-21 %
Portata di fluido estratto e reiniettato	200 - 300 t/h
Temperatura del fluido in ingresso all'ORC	160 - 180 °C
Temperatura di Reiniezione	85 ÷ 90 °C
Pressione di esercizio a testa pozzo	6 - 12 bar a
Pozzi Produttivi	2-3 <sup>1</sup>
Portata di ciascun Pozzo Produttivo	100 - 250 t/h
Pozzi Reiniettivi	2-3 <sup>1</sup>
Distanza Media tra le zone di serbatoio Produttive e Reiniettive	≈ 2.000 m <sup>1</sup>
Quota dell'impianto ORC	406 m s.l.m.
Quota della Postazione di Produzione LT_1	406 m s.l.m.
Quota della Postazione di Produzione LT_2	395 m s.l.m.
Quota della Postazione di Reiniezione LT_3	406 m s.l.m.
Quota della Postazione di Reiniezione LT_4	395 m s.l.m.
Profondità media dei pozzi verticali di produzione	2.000 m
Profondità media dei pozzi verticali di reiniezione	2.000 m
Lunghezza tubazione di produzione LT_1-ORC	c.a. 200 m
Lunghezza tubazione di reiniezione ORC-LT_2	c.a. 3.000 m
Elettrodotto MT per la connessione alla rete elettrica esistente.	2,3 km

**Tabella 1.1.a** *Caratteristiche tecnico progettuali*

Nella tabella sono indicati gli intervalli dei valori dei principali parametri tecnico-progettuali relativi all'intervento. I parametri di produzione effettivi saranno definiti a valle delle prove di produzione (vedi Paragrafo 5.6) e a seguito della selezione del miglior fornitore dell'impianto ORC.

In Figura 1.1.b e Figura 1.1.c, oltre alle opere principali dell'impianto geotermico, è riportata l'individuazione di un polo agro-energetico in cui è previsto l'intervento di riqualificazione delle serre esistenti, finalizzato al ritorno dell'esercizio dell'attività agricola e floro-vivaistica. In tale area l'impianto geotermico oltre alla produzione di energia elettrica sarà predisposto per cedere calore alle serre adiacenti, consentendo quindi la produzione di prodotti con ridotta impronta ambientale e un risparmio economico sull'esercizio delle serre.

L'impianto geotermico verrà predisposto inoltre, per la potenziale futura installazione di un impianto per il recupero ed estrazione del litio o altri minerali. Infatti, a seguito della realizzazione dei pozzi e della più approfondita caratterizzazione geochimica del fluido geotermico reperito, verrà valutata la possibilità di estrarre dalla brine minerali strategici per la transizione energetica.

<sup>1</sup> Valore relativo alla situazione per la quale verranno realizzate ed attivate le postazioni di riserva LT\_3 e LT\_4

## 1.2 SINTESI DELLE ATTIVITÀ GEOTERMICHE PREGRESSE

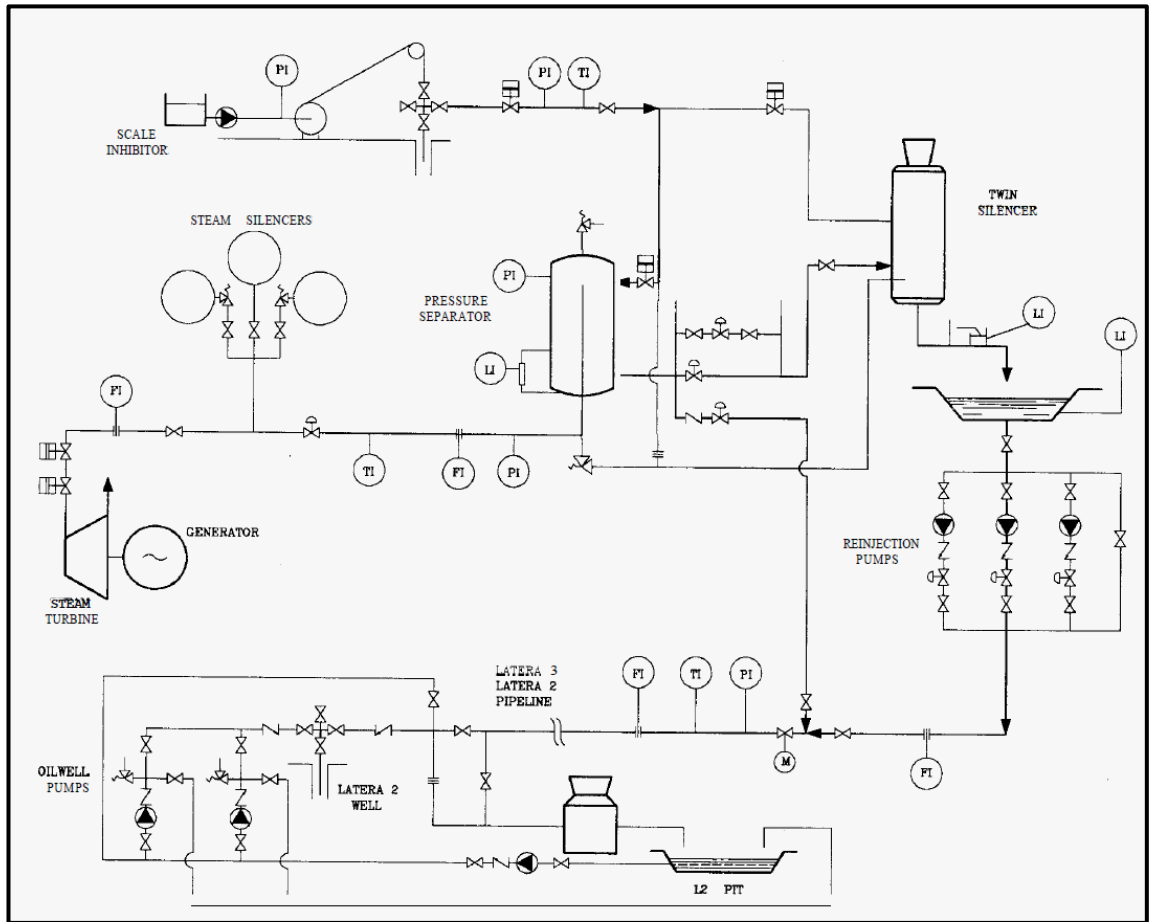
Le ricerche geotermiche nell'area di Latera sono iniziate negli anni 70' con prospezioni di carattere regionale. I successivi studi approfondimenti geologi hanno portato alla localizzazione di alcuni pozzi esplorativi all'interno della caldera di Latera, per confermare le ipotesi geologico-strutturali ottenute dagli studi.

L'esplorazione profonda e in particolare i pozzi Latera 2, Latera 3D e Latera 4, hanno consentito la scoperta di un serbatoio geotermico all'interno delle rocce carbonatiche della serie toscana. Tali pozzi, infatti, produceva un fluido composto da acqua, vapore e gas con un'entalpia media da 0,9-1 MJ/kg (Bertrami et al. 1983) idoneo per la produzione di energia elettrica.

Durante i test di produzione sono stati registrati fenomeni di incrostazione (scaling) all'interno dei pozzi, delle tubazioni e del separatore atmosferico. Lo scaling nelle parti dell'impianto di prove di produzione operanti a temperature di circa 100°C era principalmente carbonato di calcio, mentre solfato di calcio e solfato di silice sono stati osservati nelle vasche di raccolta (Barelli et al. 1983).

Con l'obiettivo di caratterizzare la risorsa (dal punto di vista fisico e chimico), testare l'affidabilità del sistema di inibizione dell'incrostazioni e valutare l'affidabilità e funzionalità della strumentazione, nel 1984 fu installato un impianto geotermico a contro-pressione da 4,5 MW in corrispondenza della postazione Latera 3D.

Lo schema di processo (Figura 1.2.a) prevedeva un sistema di inibitori per le incrostazioni e una pressione di separazione di 10-12 bar, mentre la reiniezione del fluido avveniva nel pozzo Latera 2 passando dalla vasca di raccolta presente nella postazione Latera 3 o tramite collegamento diretto (Barelli et al. 1983; Sabatelli & Mannari 1995).

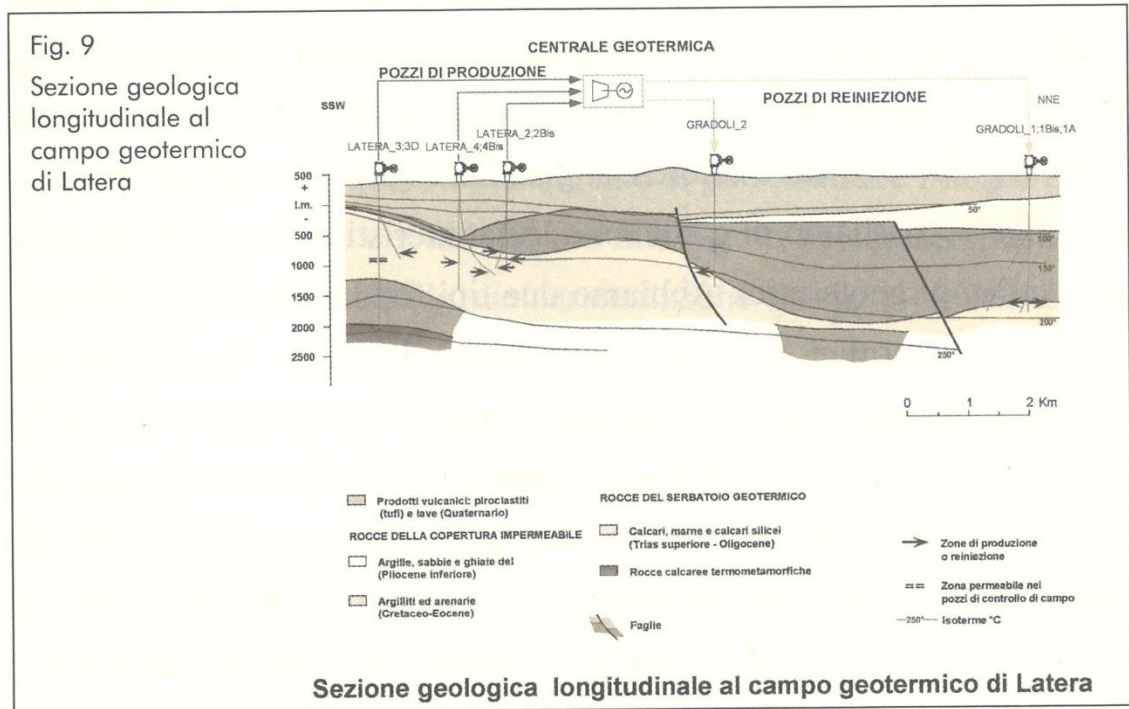


**Figura 1.2.a** *Schema di Processo dell'impianto geotermico Latera 3D (Sabatelli & Mannari 1995)*

Nel 1985 la reiniezione del fluido geotermico è stata deviata sul pozzo Latera 14 bis, appositamente realizzato per recuperare il pozzo Latera 2 come pozzo di produzione. In seguito, i test si sono prolungati fino al 1987 per consentire la caratterizzazione anche del pozzo Latera 2 (Sabatelli & Mannari 1995).

Gli esiti positivi delle attività di caratterizzazione hanno portato alla progettazione e allo sviluppo della prima centrale geotermica in Italia in un serbatoio geotermico ad acqua dominante, che vedeva come zona di produzione i pozzi Latera 3D, Latera 4, Latera 4 Bis, Latera 2 e Latera 2bis, mentre la reiniezione di reiniezione era localizzata a Nord della caldera di Latera nei pozzi di Gradoli 2, Gradoli 1, Gradoli 1a e Gradoli 1 Bis (Figura 1.2.b).





**Figura 1.2.b** *Schema di Produzione e reiniezione della centrale di Latera (Comune di Latera, 2001)*

Lo schema di processo della centrale prevedeva l'utilizzo del vapore geotermico, previa separazione gas incondensabili, in due turbine di potenza netta 26 MW. Un ulteriore recupero di energia pari a 2,5 MW era previsto dai gas separati tramite un turbo-espansore. Il vapore all'uscita del condensatore e i gas venivano inviati infine alle torri di raffreddamento. Il ciclo di produzione si completava con l'utilizzo del calore dell'acqua residua in due gruppi binari della potenza di ulteriori 2,5 MW ciascuno. Infine prima della reiniezione il fluido in uscita dalla centrale con temperature di 85-90°C veniva destinato al riscaldamento delle Serre del consorzio CO.GEOTERM, ubicato in località La Mina (attuale area di sviluppo del presente progetto). L'acqua dopo l'utilizzo termico veniva inviata ai pozzi di reiniezione, per essere reimpressa nel serbatoio geotermico e contribuire alla sua ricarica (Comune di Latera, 2001).

Lo schema semplificato di funzionamento della centrale e il diagramma di flusso semplificato sono riportati in Figura 1.2.c e Figura 1.2.d.

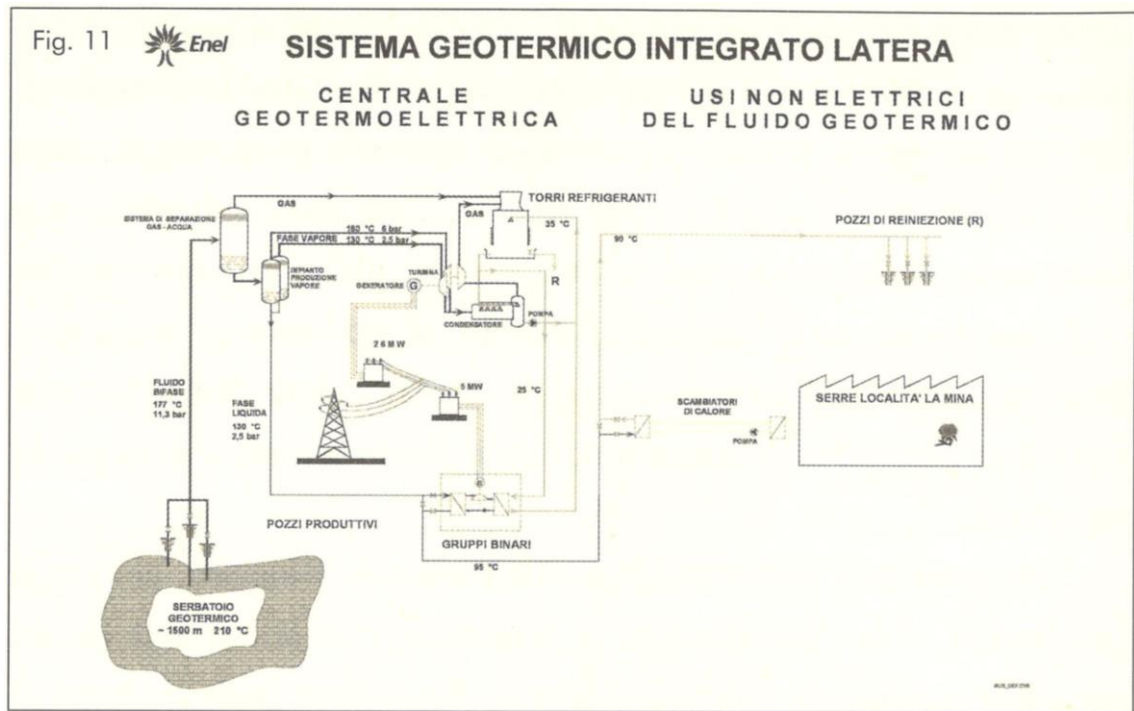


Figura 1.2.c Schema di processo semplificato della centrale di Latera (Comune di Latera, 2001)

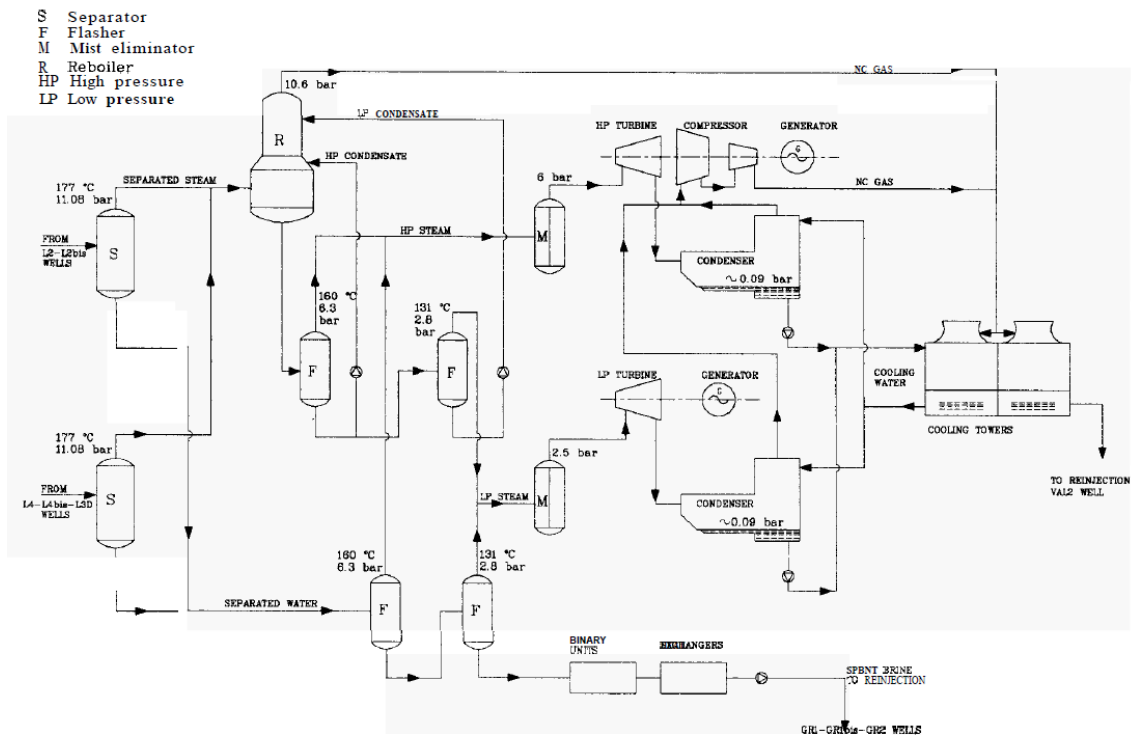


Figura 1.2.d Diagramma di flusso della centrale di Latera (Sabatelli & Mannari 1995)

La centrale geotermica Latera entro in esercizio nel Maggio 1999, ma in occasione di alcuni disservizi, furono riscontrate problematiche odorigene nei pressi dell'abitato di Latera dovute all'emissione di H<sub>2</sub>S (Comune di Latera, 2001). La centrale rimase in funzione fino al 2000 per poi essere fermata.

## 2 INQUADRAMENTO GEOTERMICO DI RIFERIMENTO

### 2.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE

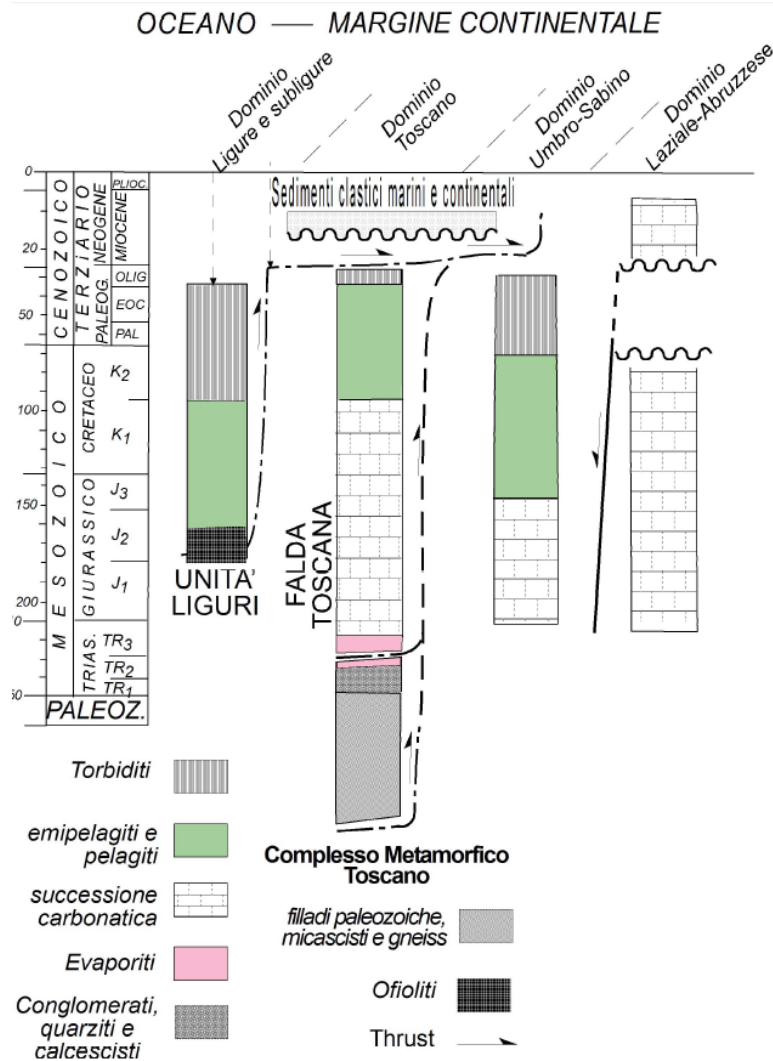
Il territorio laziale è strutturalmente collocato nella parte interna dell'Appennino centro-settentrionale la cui evoluzione geologica e strutturale è il risultato del processo di convergenza e collisione (Cretaceo sup.-Miocene inf.) fra la microplacca Adria ed il Margine Europeo, rappresentato dal Massiccio Sardo-Corso (*Molli, 2008*). La tettonica collisionale ha determinato la sovrapposizione delle varie Unità tettoniche coinvolte nello sviluppo dell'Appennino centrale (*Parotto & Praturlon, 2004; Tiberti et al., 2005*) e che sono ascrivibili a quattro principali domini paleogeografici (Figura 2.1.a):

- il Dominio Ligure e Sub Ligure (Unità Ofiolitifere giurassico-cretacee e dei Flysch Tolfetani e di S.Fiora cretaceo-eocenici);
- il Dominio Toscano (formazioni evaporitiche e carbonatiche triassico-cretaceo e pelagiti/torbiditi oligoceniche-mioceniche, il cui substrato è costituito dal Complesso Metamorfico Toscano di età triassico-paleozoica);
- il Dominio Umbro-Sabino (formazioni carbonatiche simili a quelle toscane);
- il Dominio Laziale-Abruzzese (successione evaporitico-carbonatico-dolomitica di età triassico-cretacea).

A partire dal Miocene medio-sup., l'evoluzione tettonica dell'area laziale è guidata dal contemporaneo sviluppo di strutture distensive, correlate all'apertura del Bacino Tirrenico (settore nord-occidentale del Lazio), e dalla segmentazione laterale delle Unità Liguri e Toscane attraverso lo sviluppo di faglie dirette a geometria articolata.

Le strutture della tettonica compressiva e quelle della tettonica distensiva miocenica sono state dislocate da faglie dirette di età Pliocenico-Pleistocenica, ad orientazione preferenziale NNO-SSE, che hanno dato origine a depressioni strutturali colmate dalla sedimentazione continentale e marina durante il Neogene e Quaternario.

A quest'ultima fase dell'evoluzione tettonica dell'area è correlato il magmatismo pleistocenico che caratterizza tutta l'area nord-occidentale del Lazio (*Peccerillo, 2003*) con una spessa copertura di prodotti vulcanici. L'area di sviluppo del PR "Latera" è localizzata nella parte occidentale del complesso vulcanico Quaternario dei Monti Vulsini, ad ovest del Lago di Bolsena. L'intera area dei monti Vulsini è quasi completamente coperta da depositi effusivi alcalino-potassici prodotti dall'intensa e prolungata attività vulcanica del Complesso vulcanico Vulsino.

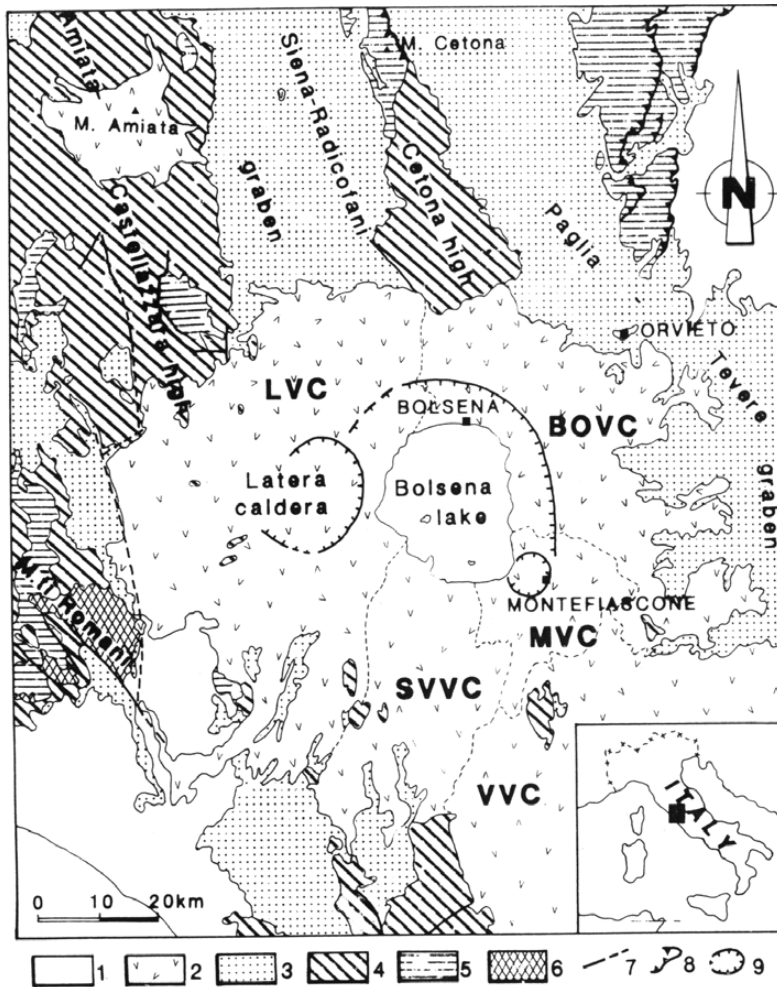


**Figura 2.1.a** Relazioni fra le unità tettonostratigrafiche e relativi domini paleogeografici dell'Appennino centrale (Tiberti et al. 2005)

## 2.2 MODELLO GEOTERMICO DELL'AREA DEL PERMESSO DI RICERCA

### 2.2.1 MAGMATISMO DI LATERA

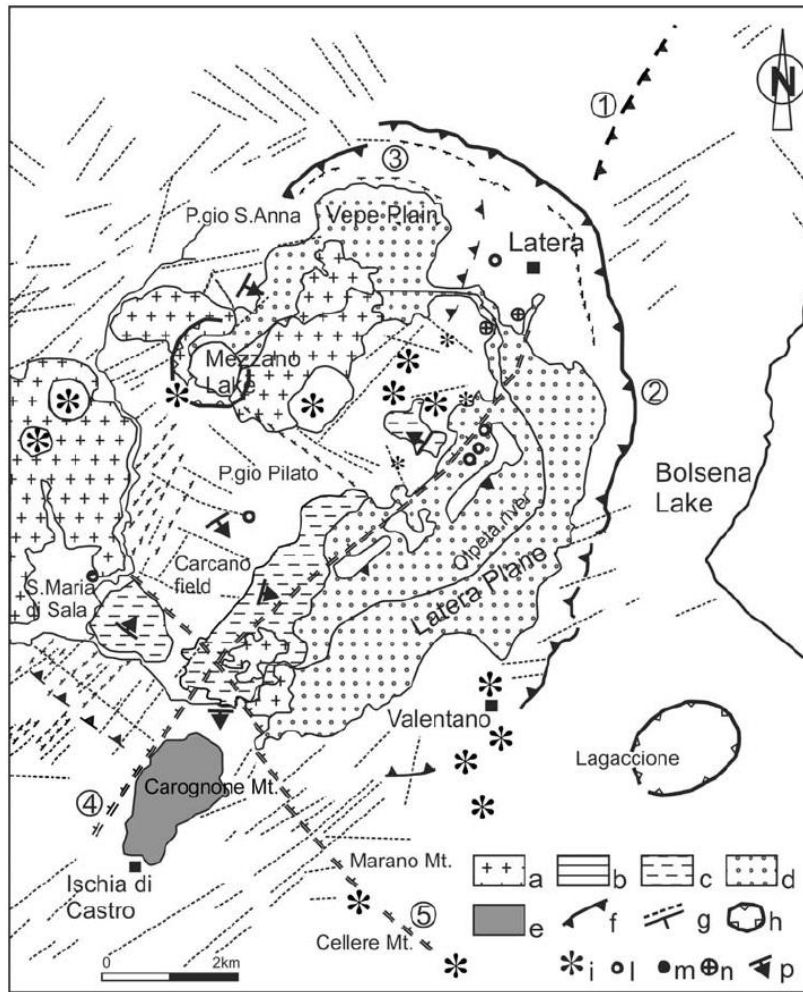
Latera, nel complesso vulcanico dei Vulsini, è la struttura vulcanica più settentrionale del Lazio appartenente alla Provincia Comagmatica Romana. Il vulcano di Latera si è formato sul fianco occidentale della Caldera di Bolsena, a partire da circa 421 ka (Figura 2.2.1.a) ed ha prodotto, per lo più tra 278 e 150 ka, varie eruzioni ignimbriche voluminose con minori lave e tefra che, a loro volta, hanno generato molteplici collassi che hanno portato alla formazione dell'attuale caldera, poligenetica e complessa, che ha una forma ellittica (8 x 10 km) con l'asse principale orientato NE-SW (Figura 2.2.1.b) (Metzeltin & Vezzoli, 1983).



**Figura 2.2.1.a**

**Schema geologico dell'area dei Monti Vulsini (da Vezzoli et al., 1987). 1: Depositi sedimentari quaternari 2: Rocce vulcaniche (LVC = Complesso Vulcanico di Latera, BOVC = Complesso Vulcanico di Bolsena – Orvieto, MVC = Complesso Vulcanico di Montefiascone, SVVC = Complesso Vulcanico Vulsini del sud, VVC = Complesso Vulcanico di Vico) 3: Sequenze Neotectone; 4: Sequenza Ligure e Sub-ligure; 5: Sequenza Toscana non metamorfica; 6: Sequenza Toscana metamorfica; 7: Faglie principali; 8: Fronte del thrust della sequenza Toscana; 9: Cinta calderica.**

La caldera di Latera è in effetti una struttura poligenica formata da una serie successiva di collassi (Melzelin & Vezzoli, 1983). Nei settori settentrionali e orientali fino a Valentano è marcata da un bordo ben evidente, mentre nelle parti rimanenti il limite della caldera è segnato da una serie di orli di collasso. Al suo interno compare un'altra struttura depressa che corrisponde alla piana del Vepe e che contiene la struttura vulcanica del lago di Mezzano. Le strutture di Latera e di Vepe sono tagliate da una frattura con direzione E-W lunga circa 15 km, che si estende dal lago di Bolsena fino agli affioramenti di travertino presso Pitigliano (Buonasorte et al., 1987b).



**Figura 2.2.1.b**

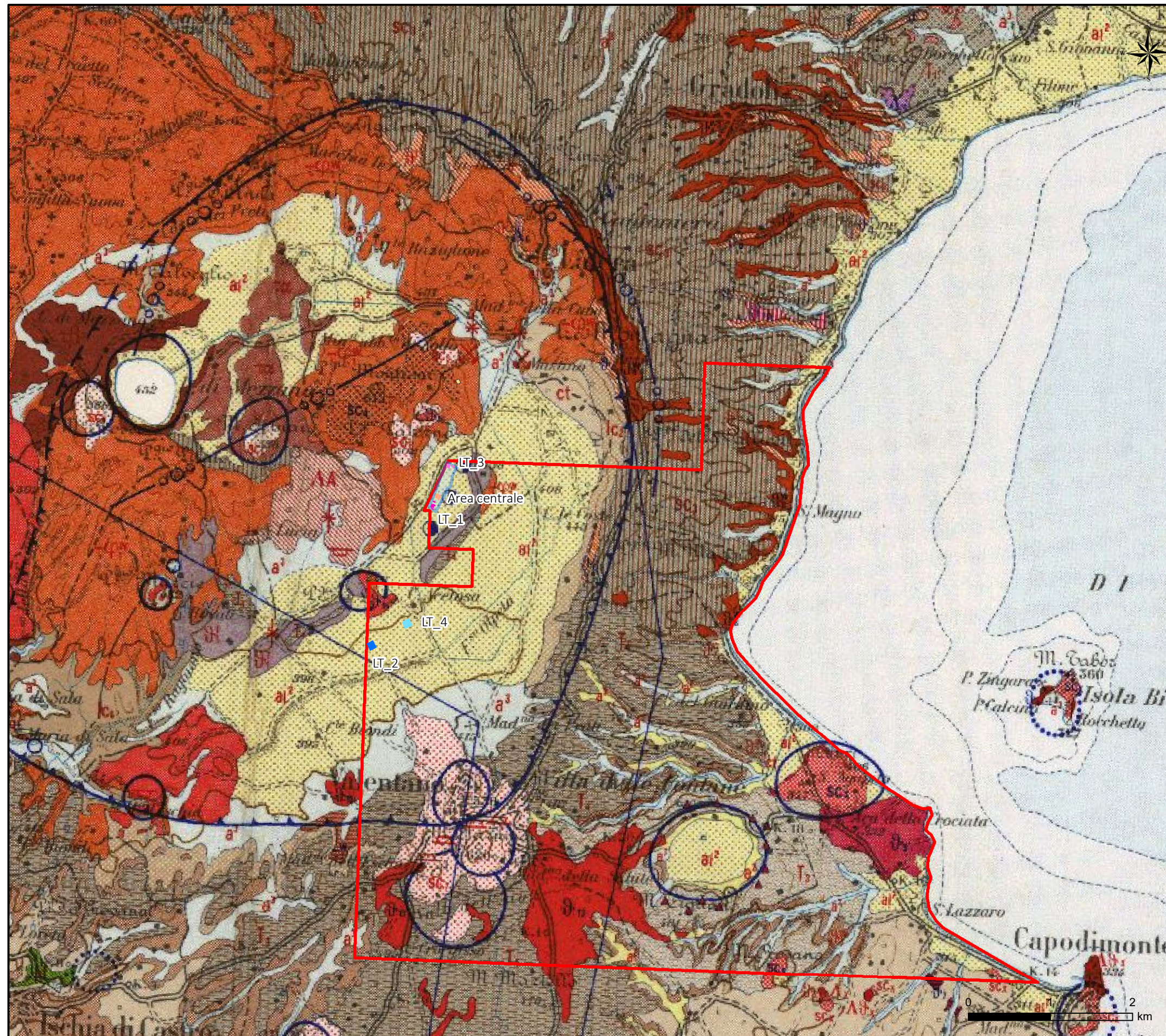
**Schema geologico strutturale della caldera di Latera (da Metzeltin & Vezzoli, 1983): a) colate di lava; b) travertino; c) depositi lacustri sollevati e inclinati; d) depositi lacustri e alluvionali indisturbati; e) alti strutturali substrato sedimentario; f) orlo di caldera; g) fotolineamenti, faglie e fratture; h) crateri di esplosione; i) coni di scorie; j) sorgenti; m) sorgenti termominerali; n) emanazioni gassose; p) inclinazione delle superfici strutturali. 1) Orlo presunto della Caldera di Bolsena; 2) Orlo della Caldera di Latera; 3) Orlo presunto della Caldera della piana del Vepe; 4) Linea S. Luce; 5) Linea del Carcano.**

In Figura 2.2.1.c si riporta lo stralcio della carta geologica d'Italia con la localizzazione delle opere in progetto da cui è possibile rilevare che l'area è interamente caratterizzata dall'affioramento di prodotti vulcanici e depositi quaternari recenti.

La storia eruttiva del complesso vulcanico di Latera comprende tre fasi principali di attività, tutte successive alla formazione della depressione del Lago di Bolsena:

- **Fase 1** da 0.4 Ma a 0.3 Ma (Nicoletti et al., 1979; Varekamp, 1980; Metzeltin & Vezzoli, 1983; Villa, 1989), caratterizzata da un'attività di tipo effusivo e da una quantità limitata di prodotti emessi (Landi, 1987).
- **Fase 2** da 0.278 Ma a 0.16 Ma (Nicoletti et al., 1979; Varekamp, 1980; Metzeltin & Vezzoli, 1983; Villa, 1989), suddivisa in tre stadi, pre-calderico, sin-calderico, post-calderico, con variazione nel chimismo; nell'insieme questa fase è dominata dall'attività esplosiva (Landi, 1987), con la messa in posto di ingenti volumi di flussi piroclastici.
- **Fase 3**, la più recente, da 0.16 Ma a 0.14 Ma (Nicoletti et al., 1971; Varekamp, 1980; Metzeltin & Vezzoli, 1983; Villa, 1989), rappresenta la fase prevalentemente effusiva finale, intracalderica e pericalderica (Landi, 1987).

Figura 2.2.1c Stralcio del F.136 "Tuscania" della Carta Geologica d'Italia (Scala 1:50.000)



### LEGENDA \*

Impianto Geotermico Pilota "Latera"

- Permesso di Ricerca finalizzato alla sperimentazione di Impianto Pilota "Latera"
- Polo Produttivo Agro-Energetico
- Area Centrale
- Postazione di Produzione
- Postazione di Reiniezione
- Postazione di Produzione di Riserva
- Postazione di Reiniezione di Riserva

### DEPOSITI QUATERNARI

- Alluvioni - Recenti ed Attuali (a<sup>1</sup>) (Olocene)
- Depositi Lacustri (al<sup>1</sup>)
- Travertini (tr<sup>1</sup>) (Pleistocene)

### COMPLESSI VULCANICI (Pleistocene)

#### Apparato Vulsini

- Epivolcaniti: limi e sabbie con prevalenti elementi vulcanici (ct)
- Tefriti (v<sub>1a</sub>)
- Scorie, bombe, lapilli e brandelli lavici di coni di scorie (sc<sub>5</sub>)
- Vulcanite complessa di Pitigliano (v<sub>1<sup>w</sup></sub>)
- Lapilli Neri (sc<sub>3</sub>)
- Centro eruttivo di Poggio Lucio (sc<sub>2</sub>)
- Tefrite leucitica grigio chiaro (v<sub>2</sub>)
- Pozzi geotermici esistenti
- + Cave Attive
- Sorgenti
- ⊙ Edificio vulcano parzialmente sepolto
- D Resti dei Principali Edifici Vulcanici
- └─┘ Cinta calderica

(\*) La legenda è stata modificata rispetto a quanto riportato nella legenda del F.136 "Tuscania"



Dal punto di vista vulcanologico, la fase eruttiva principale è la fase 2, stadi pre e sin-calderico, caratterizzata dall'emissione di ingenti quantità di colate piroclastiche, con magmi saturi evoluti (trachitici) (Landi, 1987) che costituiscono circa il 70% del vulcano.

Il volume di magma emesso è stato stimato intorno a 10 km<sup>3</sup> da Locardi (1983). Le analisi radiometriche effettuate sulle prime unità ignimbritiche eruttate datano l'inizio di queste manifestazioni vulcaniche a 278.000 anni (Metzeltin & Vezzoli, 1983). L'emissione delle colate piroclastiche è stata accompagnata da fratturazioni e collassi dovuti sia allo svuotamento della camera magmatica sia alla tettonica tensionale che ha provocato le eruzioni stesse. La zona collassata è per ragioni geologiche (presenza di una camera magmatica poco profonda che ha determinato per svuotamento il collasso calderico) una zona termicamente anomala di interesse geotermico. La camera magmatica rappresenta la sorgente di calore del sistema.

L'attività vulcanica più recente di Latera è avvenuta lungo fratture NE-SW in corrispondenza di un alto strutturale sepolto allungato nella stessa direzione, come indicato dai dati gravimetrici e dai sondaggi geotermici (Barberi et al., 1984). I prodotti vulcanici di Latera coprono l'intero campo di variazione composizionale da magmi basici ad evoluti, sia della serie sottosatura in silice alta in K (da tefriti o leucititi a fonoliti), sia della serie K satura in silice (da trachibasalti a trachiti) (Landi, 1987; Innocenti e Trigila, 1987; Turbeville, 1993). Queste variazioni indicano la lunga persistenza di una camera magmatica superficiale, il cui svuotamento per eruzioni esplosive (in particolare quella della fase 2), ha generato il collasso calderico.

Paragenesi di minerali indicative di processi retrogradi metamorfici – idrotermali sono state trovate in campioni di carote e indicano che il sistema è stato interessato da stadi idrotermali precoci caratterizzati da alte T con possibile coinvolgimento di fluidi magmatici (Cavarretta et al., 1985).

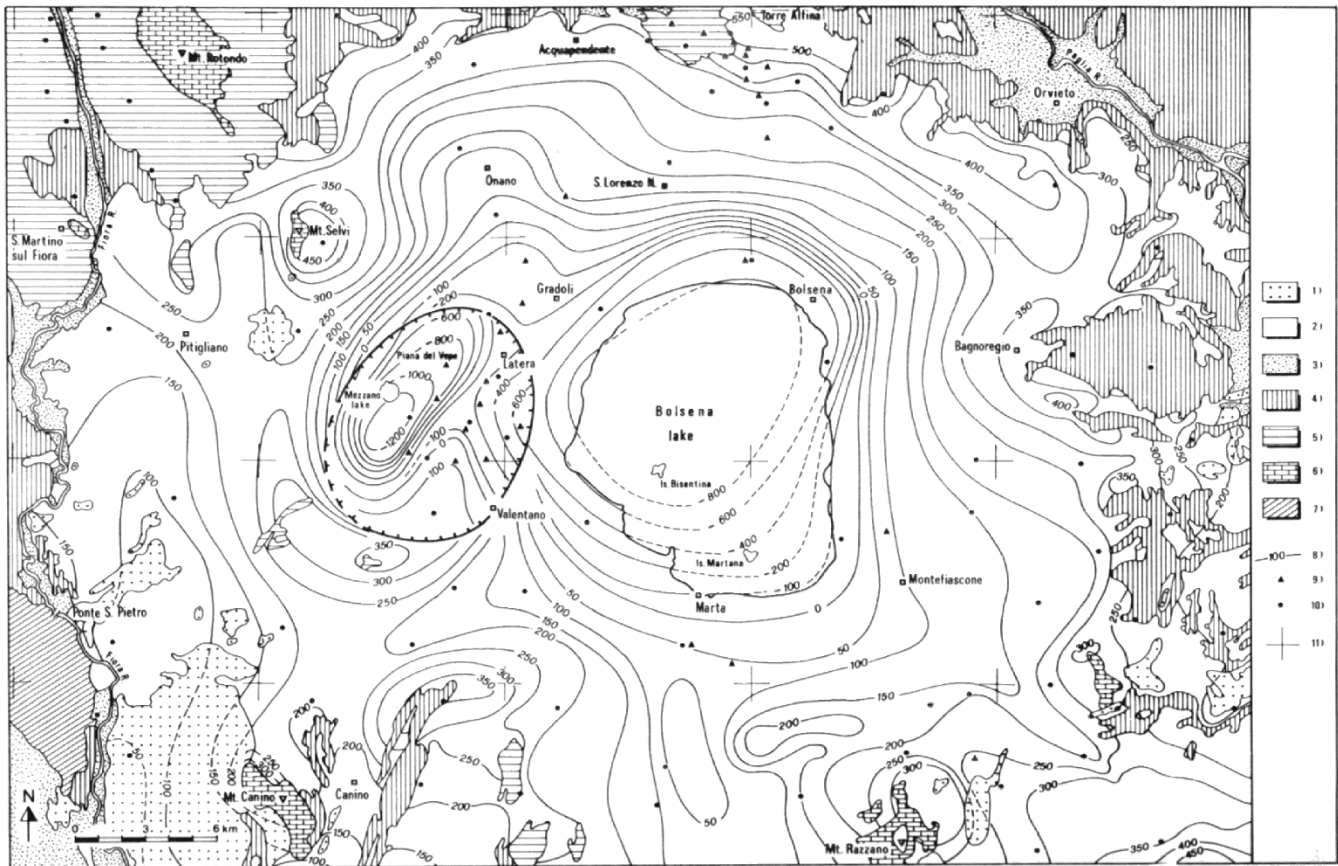
### 2.2.2 SPESSORE DELLE VULCANITI

I prodotti vulcanici di Latera ricoprono una sequenza sedimentaria costituita da un flysch alloctono (Unità Liguridi) messo in posto tettonicamente sopra una sequenza carbonatica (Serie Toscana).

Lo spessore delle vulcaniti nella zona delle caldere di Latera e Bolsena è stato ricostruito da Buonasorte et al. (1987b) sulla base di dati altimetrici degli affioramenti, delle stratigrafie dei pozzi profondi e dell'interpretazione congiunta di dati geoelettrici e magnetici. Da rilevare che il complesso vulcanico mostra una resistività molto variabile (100 a 3.000 Ω\*m) dovuto alla prevalenza di depositi piroclastici più conduttivi o di lava più resistive. È inoltre presente un livello con resistività bassa (100 – 150 Ω\*m) che probabilmente corrisponde a vulcaniti argillificate che possono localmente contribuire alla copertura del serbatoio geotermico nelle parti in cui il flysch è molto ridotto.

Dalla mappa della base delle vulcaniti (Figura 2.2.2.a) si vede bene la struttura della caldera di Latera orientata NE-SW con uno spessore di vulcaniti superiore a 1.500 m dal piano campagna nella parte più depressa.





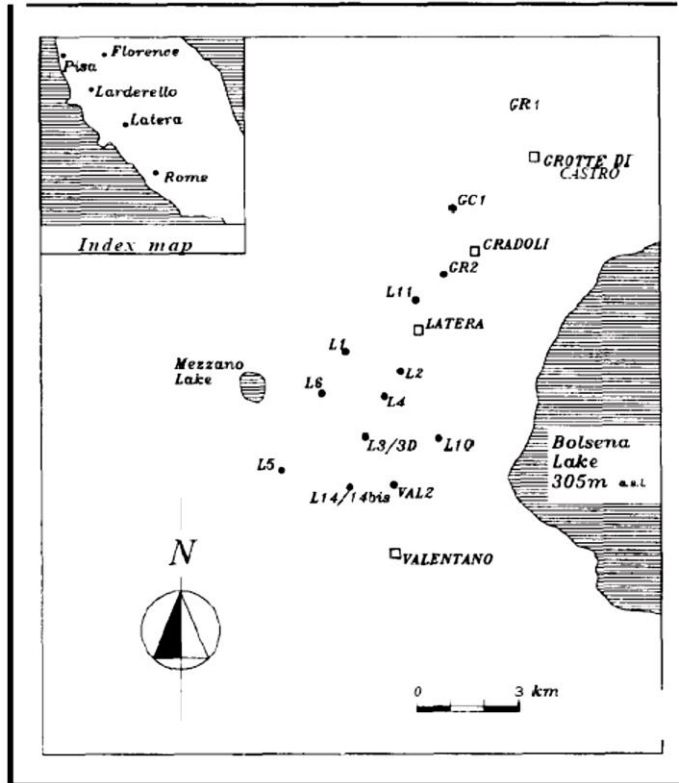
**Figura 2.2.2.a** *Andamento della base delle vulcaniti. 1) Travertino 2) Vulcaniti 3) Sedimenti Quaternari 4) Sedimenti marini e lacustri del Miocene sup. a Pliocene 5) Liguridi 6) Sequenza Toscana 7) Basamento Paleozoico – Triassico 8) Linee isobate in metri rispetto al livello del mare 9) e 10) Pozzi e pozzeri geotermici 11) Vertici della tavoletta 1:25.000 (da Buonasorte et al., 1987b).*

### 2.2.3 INFORMAZIONI STRATIGRAFICHE PROFONDE

L'area geotermica della caldera di Latera (concessione Valentano) è stata oggetto negli anni '70 – '80 da parte dell'ENEL e della joint venture ENEL – AGIP, di un intenso programma di prospezioni geologiche, idrogeochimiche e geofisiche culminato con la perforazione (tra il 1979 e il 1985) di 15 pozzi con profondità da 455 e 3.000m. L'ubicazione di questi pozzi è riportata nella Figura 2.2.3.a. Tali pozzi hanno consentito la ricostruzione geologica-strutturale delle unità stratigrafiche profonde e non affioranti nell'area di Latera. Di particolare interesse dal punto di vista geotermico sono le formazioni riferibili alla Serie Toscana che dall'alto verso il basso sono rappresentate da:

1. Formazione della Scaglia Toscana (successione argillitica e calcareo-marnosa, del Cretaceo-Paleocene);
2. Formazione della Maiolica (calcilutiti silicee con liste di selce del Cretaceo inferiore);
3. Formazione dei Diaspri (radiolariti ed argilliti silicee del Malm);
4. Formazione delle Marne a Posidonomia (marne e calcari marnosi del Dogger);
5. Formazione del Calcare selcifero (calcilutiti con liste e noduli di selce e livelli di argilliti silicee del Lias);
6. Formazione del Rosso ammonitico (calcari rosati ammoniti del Lias medio, non segnalati nei pozzi);

7. Formazione del Calcarea massiccio (Lias inferiore), caratterizzata da assenza di stratificazione, tessitura microcristallina e consistente fratturazione;
8. Formazione dei calcari e marne a Rhaeticavicula contorta (Norico-Retico).



**Figura 2.2.3.a** Ubicazione dei pozzi geotermici perforati nella caldera di Latera fino al 1985 (da Sabatelli & Mannari, 1995).

Sulla Serie Toscana, nell'area di interesse, poggiano con contatto tettonico le Formazioni Flyschoidi dell'Unità di Santa Fiora (Cretaceo-Eocene), costituito da calcareniti, calcari marnosi, argilliti ed arenarie micacee. Le Unità tettoniche più profonde, che non sono mai state riscontrate dai pozzi di Latera, sono attribuite alla successione paleozoica metamorfica affiorante sul Monte Bellino, a circa 25 km dalla zona di interesse (Dessau et al., 1972; Funicello et al., 1984), costituita da filladi quarzitiche scure e metarenarie quarzose.

## 2.2.4 ASSETTO IDROGEOLOGICO E IDROGEOCHIMICA DI LATERA

L'assetto geologico precedentemente descritto presenta differenti caratteristiche idrogeologiche. Queste possono essere schematicamente suddivise, in accordo con quanto definito da Bertrami et al. 1984, in:

- Acquifero superficiale, con permeabilità piuttosto alta principalmente costituita dai prodotti vulcanici. Tale acquifero generalmente ospita acque fredde superficiali di nessun interesse geotermico.
- Acquiclude, rappresentato dalle vulcaniti argillificate di base e soprattutto dalle rocce associate alle formazioni Liguri, che costituisce una copertura impermeabile.
- Acquifero profondo, con permeabilità principalmente secondaria e non omogenea, ospitato all'interno delle rocce carbonatiche della serie toscana, che agisce come serbatoio di fluidi geotermici.

All'interno della caldera, lungo il lineamento tettonico principale con andamento NE–SW, si trovano allineate le principali manifestazioni termali di Latera (Baldi et al., 1973; Metzeltin & Vezzoli, 1983; Gianelli et al., 1989; Buonasorte et al., 1995): le sorgenti termali di Temperatura medio-bassa, le emanazioni gassose delle Puzzolaie e i vistosi fenomeni di alterazione idrotermale della miniera abbandonata di zolfo.

In funzione della composizione chimica delle acque si evidenziano differenti caratteristiche delle acque (Gianelli & Scandiffio, 1989). La circolazione delle acque nell'acquifero più superficiale, ospitato all'interno delle rocce vulcaniche, è caratterizzata da bassa temperatura e bassa salinità (T.D.S. < 500 ppm) con un contenuto in SiO<sub>2</sub> relativamente alto. Il rapporto Na/K è molto basso probabilmente per reazioni dell'acqua con il vetro ricco in K delle vulcaniti. Il chimismo generale è di tipo Ca–HCO<sub>3</sub>. Oltre che in qualche sorgente fredda, questo acquifero è testimoniato anche nel pozzetto di gradiente 78, perforato nella parte centro- meridionale della caldera (Gianelli & Scandiffio, 1989), nonché dai pozzi censiti da ISPRA realizzati per scopi idrici.

Una seconda circolazione più profonda è riconoscibile nelle sorgenti termominerali con associati depositi di travertino emergenti fuori dalla caldera (ad esempio a Monte Canino, una quindicina di Km a SW). Tali acque sono di tipo Ca–HCO<sub>3</sub>–SO<sub>4</sub> con salinità da moderata ad alta (valore medio 2503 ± 571 mg/l).

L'acquifero geotermico profondo, incontrato dai pozzi di Latera, contiene acqua calda salata di tipo Na–Cl con grande quantità di carbonato e solfato. Le alte concentrazioni di Ca, Mg, HCO<sub>3</sub> e SO<sub>4</sub> riflettono la circolazione del fluido in rocce calcaree e dolomitiche dove il solfato è probabilmente originato dall'assimilazione di H<sub>2</sub>S di origine profonda e/o dalla dissoluzione di vene e depositi di anidrite idrotermale (dati isotopici dello zolfo escludono la presenza di depositi evaporitici; Cortecci et al., 1981). Tuttavia, gli alti contenuti in Li, Rb, Cs e B indicano che l'acqua ha interagito anche con rocce silicatiche, probabilmente nel substrato metamorfico o igneo sottostante i carbonati (Gianelli & Scandiffio, 1989).

## 2.2.5 PROSPEZIONI GEOFISICHE CONDOTTE NELL'AREA DI LATERA

Nell'area di Latera sono state impiegate diverse metodologie geofisiche, come la gravimetria, aero-magnetometria, geoelettrica, sondaggi MT e prospezioni termiche e sismiche (Bertrami et al. 1984). L'obiettivo principale di tali ricostruzioni era:

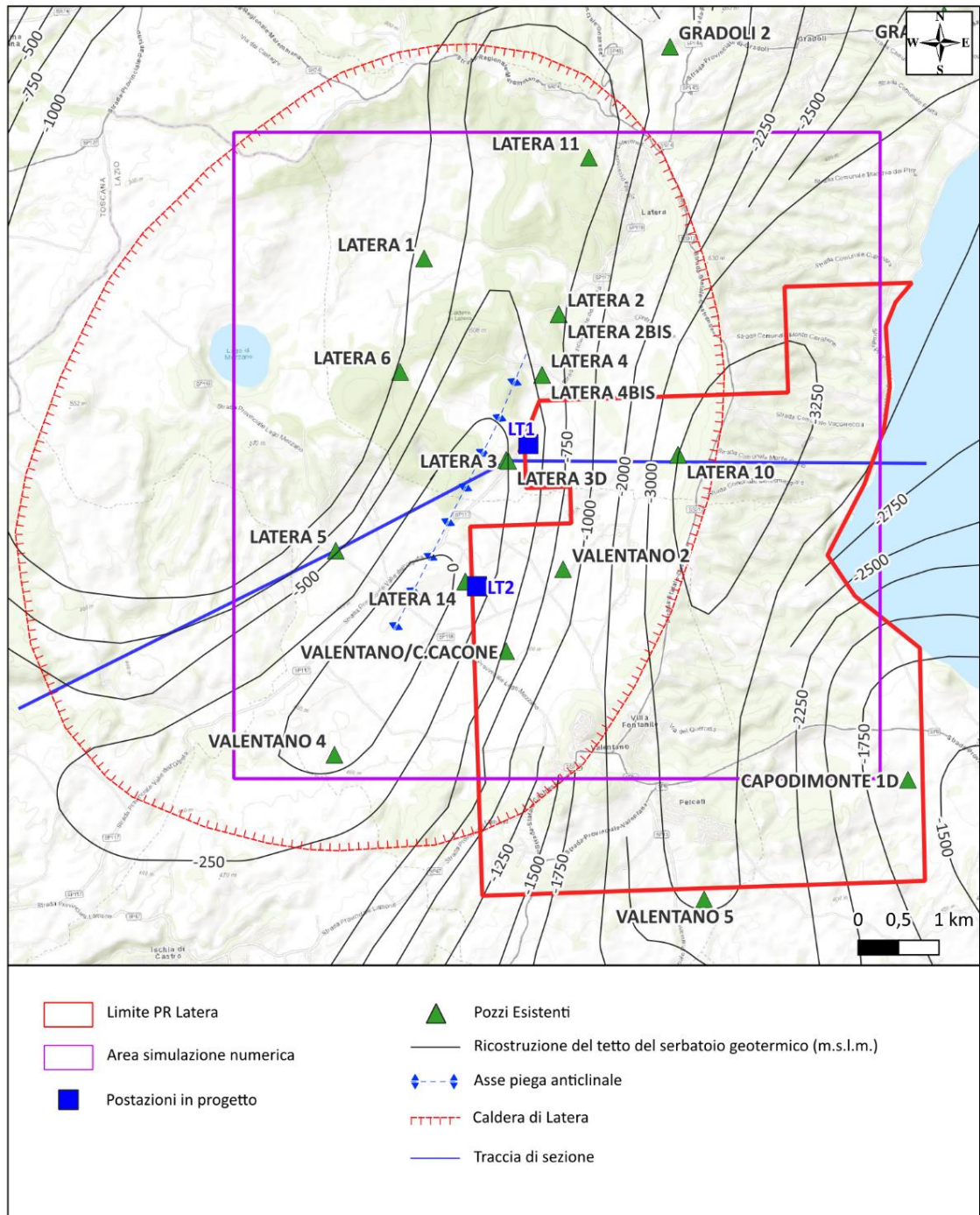
- Identificare strutture sepolte che potevano costituire il potenziale serbatoio geotermico;
- Determinare il gradiente geotermico e il flusso di calore;
- Identificare la profondità delle formazioni carbonatiche mesozoiche.

Tra le varie indagini effettuate quelle di maggior rilevanza sono state le prospezioni termiche, geoelettriche e i sondaggi MT. Ad ogni modo i risultati delle indagini contenute in Bertrami et al. 1984 sono stati analizzati e interpretati per la ricostruzione del modello geologico e geotermico di Latera meglio descritta nel successivo paragrafo.

**2.2.6**

**INTERPRETAZIONE INTEGRATA DEI DATI E RICOSTRUZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO-GEOTERMICO DI RIFERIMENTO**

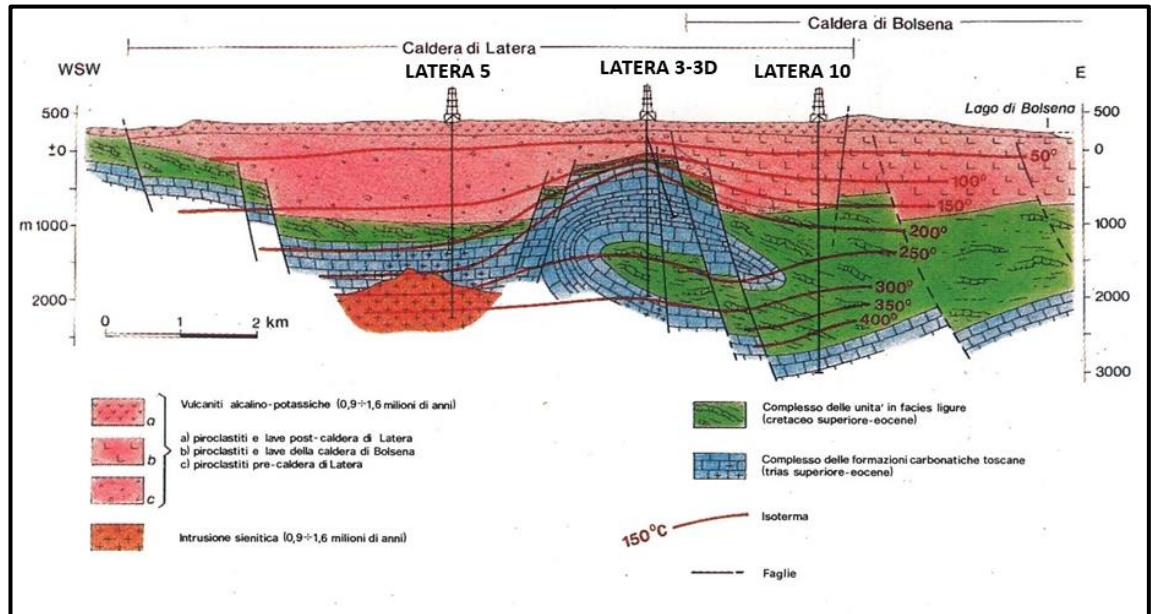
I dati di pozzo, correlati con quelli geofisici (*Bertrami et al., 1984*) indicano l'esistenza di un alto strutturale delle formazioni carbonatiche della Successione Toscana nella parte centro-orientale della caldera, con allungamento parallelo all'asse della caldera stessa (*Barberi et al., 1984*), come si può osservare nella Figura 2.2.6.a, dove vengono anche ubicati i primi pozzi.



**Figura 2.2.6.a**

**Ricostruzione del tetto del serbatoio geotermico basata sulle informazioni delle prospezioni geofisiche contenute in Bertrami et al 1984, analisi dei dati ENEL-MICA 1987 e interpretazione dei dati di sottosuolo. È indicata la traccia della sezione geologica di Figura 2.2.6.b**

In Figura 2.2.6.b la sezione geologica evidenzia la ricostruzione strutturale dell'area della caldera di Latera. Ad ovest dell'alto strutturale carbonatico sono ubicati i pozzi (Latera 1, Latera 5, e Latera 6), che incontrano il tetto del corpo sienitico (datato 0.9 Ma) ad una profondità compresa tra 2.000 m e 2.700 m, mentre ad Est dell'alto strutturale il pozzo Latera 10 ha riscontrato oltre 2.000 m di formazioni appartenenti alle Unità Liguri (Figura 2.2.6.b). Questi, pur avendo intercettato temperature idonea ad uno sfruttamento geotermoelettrico, sono risultati poco permeabili o non permeabili.



**Figura 2.2.6.b** Sezioni geologica ricostruita con dati di pozzo e prospezioni geofisiche (Bertrami et al 1984, Enel,1983).

L'assetto strutturale evidenziato dai dati geofisici e dalle perforazioni profonde indica che il principale elemento strutturale del campo geotermico di Latera è rappresentato da una grande struttura sepolta formata da un'anticlinale rovescia (Figura 2.2.6.b). Questa struttura ha un asse orientato NNE – SSW ed è costituita da Formazioni della Falda Toscana (dal Trias superiore all'Eocene) e coinvolge anche il flysch delle Liguridi (Unità di Santa Fiora) (Buonasorte et al., 1987).

Al di sotto dell'anticlinale rovescia i pozzi hanno incontrato una successione di rocce carbonatiche termometamorfosate/metasomatizzate appartenenti alle formazioni del Trias superiore delle sequenze "Toscane" (Buonasorte et al., 1987). Vicino al contatto termometamorfico le rocce sono fortemente fratturate ma le fessure e le piccole fratture sono totalmente riempite da minerali secondari idrotermali (anidrite, calcite, epidoto; Cavarretta et al., 1985). Questo fenomeno decresce fino a scomparire nella zona sovrastanti, delle rocce carbonatiche della Successione Toscana (Barberi et al., 1984), dove le fratture sono aperte e vi è circolazione attiva di fluidi geotermici.

Sulla base delle informazioni fornite da Sabatelli & Mannari, 1995, integrate con le informazioni del database dei pozzi UNMIG, si evince che nell'area di interesse, sono stati perforati n. 18 pozzi: Latera 1, L2, L2bis, L3, L3D, L4, L4bis, L5, L6, L10, L11, L14, L14 bis, Valentano 2, tutti situati a Est del Lago di Bolsena, e Grotte di Castro 1, Gradoli 1, 1bis e 2 a NE del lago di Bolsena (Tabella 2.2.6.a). Alcuni di questi hanno incontrato formazioni con ottime caratteristiche di permeabilità e produzione di fluido geotermico, come L2, L3D, L4, Gradoli 1, altri classificati come sterili, come

L1, L3, L5, L6, L10, Grotte di Castro 1, altri produttivi soltanto a gas (L11) o classificati permeabili ma destinati alla reiniezione come Gradoli 1 e 2, Valentano 2, L14 e L14bis, anche se questi ultimi due potrebbero anche essere considerati produttivi (Tabella 2.2.6.a).

Well	Depth [m]	Productivity [(t/h)/bar]	Injectivity [(m <sup>3</sup> /h)/bar]	Max. flow rate [t/h]	Max. inj. rate with P <sub>wh</sub> =0 [m <sup>3</sup> /h]	Reservoir Temp. [°C]	Fluid	Electric Power [MW] (1)
L1	2796	0	0	0	0	—	—	0
L2	1394	70-300		500		210	—	9
L3	2485	-0.5	-1	30	50	210	water	0
L3D	1369	~70	-200 (2)	600		230		14
L4	1808	3	2-7	200		210	—	3
L5	2651	0	0	0	0	—	—	0
L6	2018	0	0	0	0	—	—	0
L10	2507	-0.1	1	-15		360	steam	1
L11	1399	>100		400		200	CO <sub>2</sub>	0
L14	1790		-70 (2)		400	60-70	water	0
L14bis	455		>400	600	1000	170	CO <sub>2</sub>	0
VAL2	1455		-70 (2)		-500	130	water	0
GR1	2260	40	-30	400	-600	190	water	5
GC1	3000	0	0	0	0	—	—	0
GR2	1901		60 (2)	600	1000	190	water	8

Tabella 2.2.6.a Risultati delle perforazioni geotermiche di Latera da Sabatelli & Mannari 1995

La profondità dei pozzi varia fra 455 m (Latera 14bis) e 3.000 m (Grotte di Castro 1). Le temperature di serbatoio variano da 210 a 230 °C se si considerano i pozzi Latera3D, Latera 4 e Latera 2, mentre temperature più basse pari a 100 -150 °C se si considerano i pozzi Latera 14 e Valentano 2. Di seguito si riportano l'elaborazione di dati stratigrafici e termici dei pozzi presenti sull'alto strutturale prossimi all'area di progetto, censiti nell'inventario geotermico ENEL-Mica 1987.

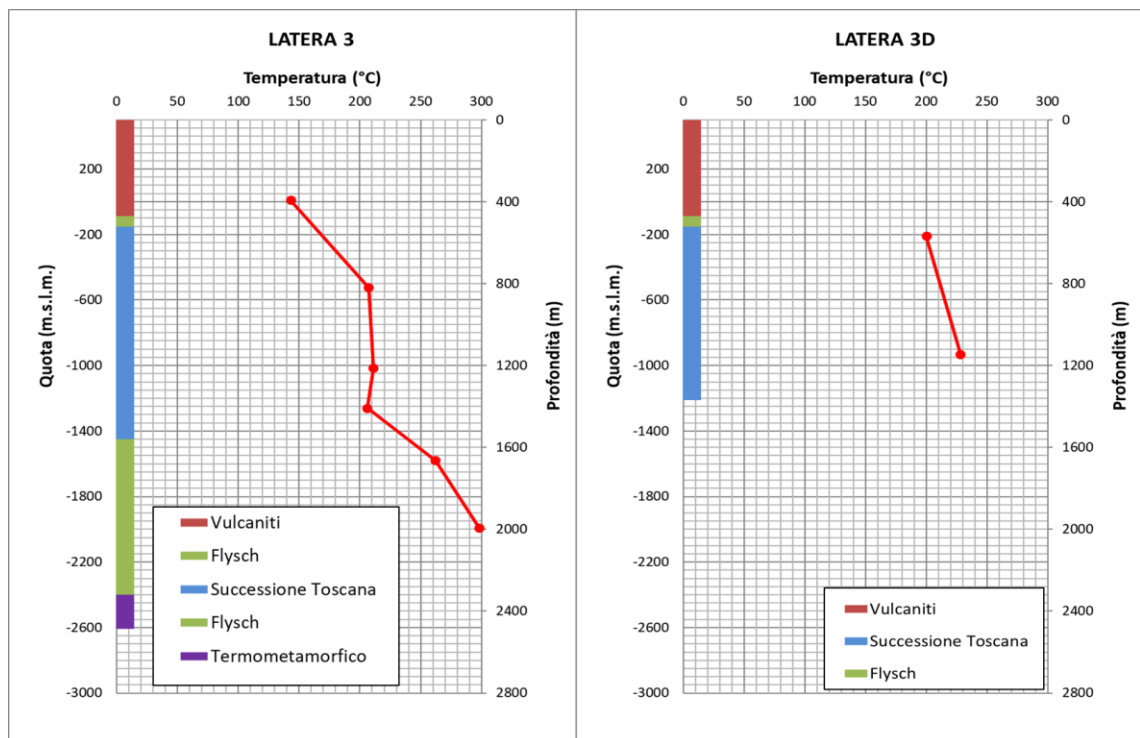
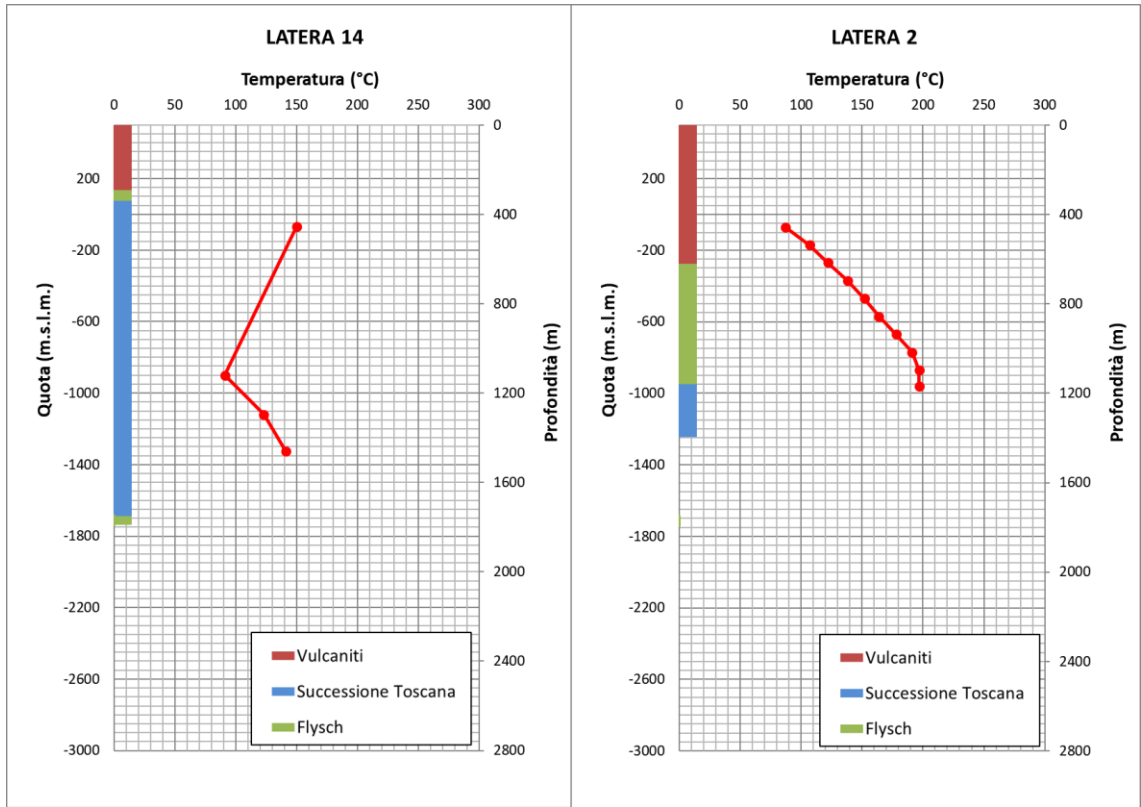
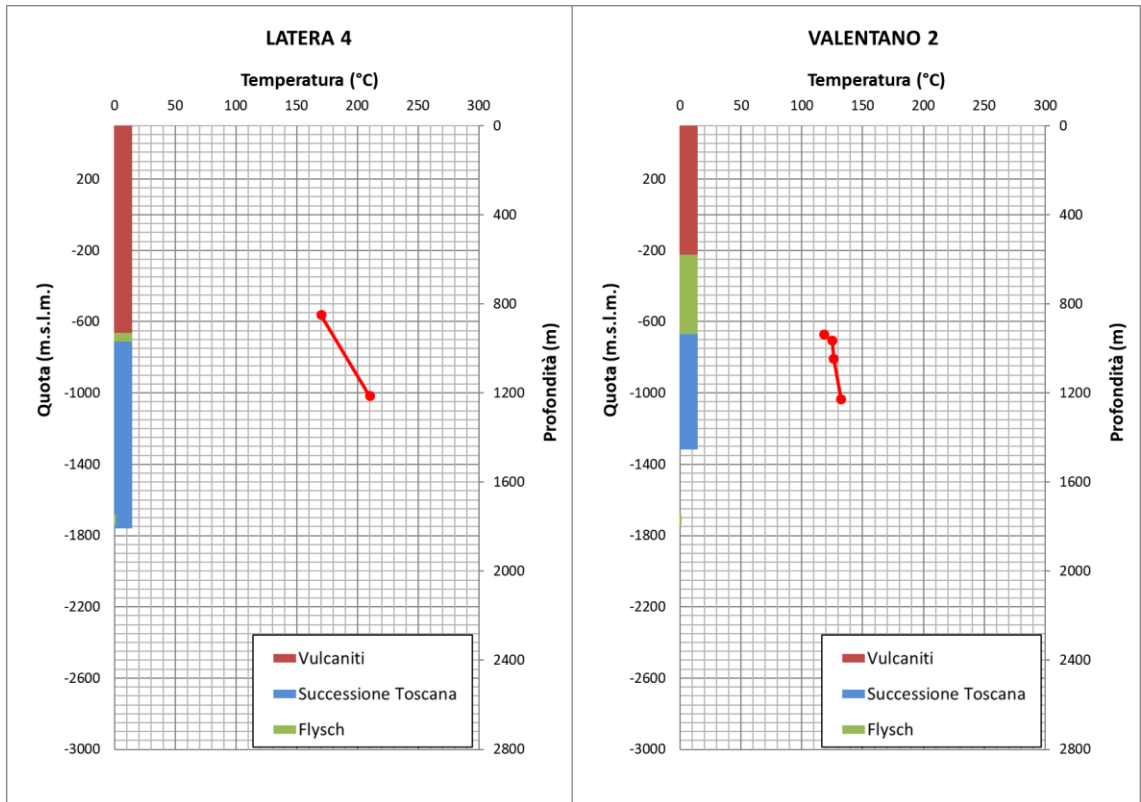


Figura 2.2.6.c Stratigrafie e log termici dei pozzi Latera 3 e Latera 3D (elaborazione dati Enel-Mica, 1987).



**Figura 2.2.6.d** Stratigrafie e log termici dei pozzi Latera 14 e Latera 2 (elaborazione dati Enel-Mica, 1987).



**Figura 2.2.6.e** Stratigrafie e log termici dei pozzi Latera 4 e Valentano 2 (elaborazione dati Enel-Mica, 1987).

Il serbatoio geotermico di Latera è ad acqua dominante, con una distribuzione delle pressioni nel serbatoio di tipo idrostatico, descritta dalla seguente relazione di *Barelli et al., 1983*:

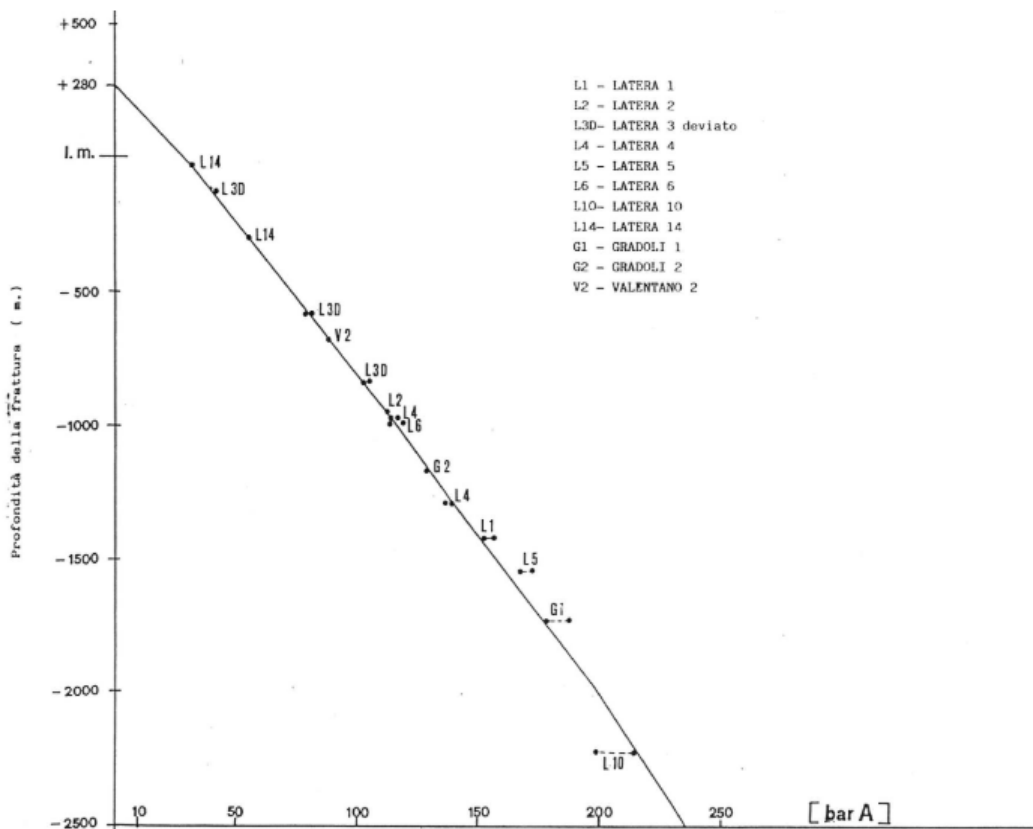
$$P = 26 + h * 0.09$$

dove:

P = Pressione espressa in bar

h = profondità sotto il livello del mare in metri

Per completezza, in Figura 2.2.6.f, si riporta la ricostruzione delle pressioni di serbatoio contenute in *ENEL-2017*.



**Figura 2.2.6.f** Pressioni misurate alle fratture produttive nei pozzi geotermici di Latera (ENEL-2017)

Relativamente alla capacità produttiva e reiniettiva dei pozzi, importanti appaiono i dati relativi al pozzo Latera 3D ed al pozzo Latera 14 in Tabella 2.2.6.a, in quanto prossimi rispettivamente alle postazioni di progetto LT\_1 e LT\_2. Il pozzo Latera 3D ha mostrato un indice di produttività di circa 70 (t/h)/bar, mentre il pozzo Latera 14, utilizzato per la reiniezione, ha mostrato un indice di iniettività pari a circa 70 (m<sup>3</sup>/h)/bar. Pertanto, i dati documentati evidenziano condizioni di serbatoio molto favorevoli alla coltivazione della risorsa geotermica sull'alto strutturale.



## 2.2.7 SINTESI DELL'ASSETTO TETTONICO-STRATIGRAFICO E TERMICO

Sulla base di quanto sopra esposto, nelle seguenti tabelle viene riportato in maniera schematica l'assetto tettonico - stratigrafico e termico atteso sia per l'area di produzione che per l'area di reiniezione di progetto. Questi sono stati basati sui dati dei pozzi L3D e L4 per quanto riguarda l'area di produzione, mentre per l'area di reiniezione è stato fatto riferimento ai dati dei pozzi L14, L14 Bis e Valentano 2.

I dati dei pozzi già perforati sono stati utilizzati per la calibrazione dei valori delle simulazioni termofluidodinamiche dello stato stazionario del sistema geotermico riportate nell'*Allegato 2*.

da – a (dal p.c.)	Stratigrafia	Spessore (m)	Temperatura alla base
0 – 650	Vulcaniti e Breccie Vulcaniche e tettoniche	650	100-140 °C
650 – 700	Flysch Liguri	50	140-150 °C
700 – 2.000	Unità Toscana in serie rovesciata	1.300	230-260 °C
2.000 – 2.350	Flysch Liguri	350	260-280 °C
Da 2.350	Skarn	-	> 300 °C

**Tabella 2.2.7.a** Descrizione dell'Assetto Tettonico Stratigrafico e Termico Atteso per l'area di Produzione

da – a (dal p.c.)	Stratigrafia	Spessore (m)	Temperatura alla base
0 – 380	Vulcaniti e Breccie Vulcaniche e tettoniche	380	50-70 °C
380 – 400	Flysch Ligure	20	70-80 °C
400 – 1.750	Unità Toscana in serie rovesciata	1.350	130-140 °C
Da 1.750	Flysch Liguri	-	> 140-150 °C

**Tabella 2.2.7.b** Descrizione dell'Assetto Tettonico Stratigrafico e Termico Atteso per l'area di Reiniezione

## 2.3 STIMA CARATTERISTICHE DEL FLUIDO E TENDENZA ALL'INCROSTAZIONE

La composizione chimica del fluido nel serbatoio geotermico oggetto della coltivazione del presente progetto è caratterizzata dall'analisi chimica dei fluidi campionati nei pozzi geotermici L3D, L2, L4, V2 SHG1, G2 L14, ricavate dal lavoro di *Gianelli & Scandiffio, 1989* (Tabella 2.3.a).

	L3D	L2	L4	V2	SHG1	G2	L14 well
T°C	238	209	200	120	186	187	187
pH	5.91	5.40	5.84	5.36	5.71	5.00	>6,3
Na	2740	2240	1760	1698	2360	2120	1896
K	500	320	285	342	153	286	391
Ca	2.75	17.3	15.3	25.4	23.6	12	27,6
Mg	0.22	1.20	1.1	14.8	3.5	2.6	2,6
SiO <sub>2</sub>	371	362	257	121	273	250	156
Cl	2890	2940	1840	1531	3315	3000	1721
CO <sub>2</sub>	32000	31500	14900	7700	7400	190	1237
SO <sub>4</sub>	1380	360	585	1150	157	250	1289
H <sub>2</sub> S	515	505	201	145	193	544	>0,11
B	579	262	194	281	126	239	358
NH <sub>3</sub>	23.2	25.5	54	16.9	42.6	17.6	42,3
Al <sup>3+</sup>	0.018	0.02	n.d.	0.09 <sub>t</sub>	0.13	0.5 <sub>t</sub>	0,17
Fe <sub>t</sub>	0.14	0.10	0.18	0.03	0.36	0.37	
Li	13.5	9.8	10	7.5	5.7	8.3	9,2
Rb	4.4	2.4	2.0	2.8	1.0	1.9	2,8
Cs	7.6	4.3	n.d.	4.2	1.75	7.7	2,9
Sr	0.45	1.4	0.04	1.10	5.1	2.9	
Ba	0.06	0.20	n.d.	0.04	0.13	0.13	0,02
As	106.19	110.0	83.0	13.5	57	111	16,5
Br	1.25	3.1	n.d.	1.20	1.65	1.9	
F	25.0	10.3	15.3	5.4	6.5	6.8	7,5

**Tabella 2.3.a** *Composizione chimica del fluido intercettato dai pozzi geotermici di Latera ricavate da Gianelli & Scandiffio, 1989 (concentrazioni espresse in mg/l)*

In linea generale, le informazioni sul chimismo fornite dai vari autori evidenziano un fluido geotermico a composizione cloruro-sodica con alte quantità di bicarbonato e solfato. I valori più alti di bicarbonato, ricavati sulla base dell'alcalinità totale, sono relativi al pozzo L3D e risultano pari a 1.352 mg/l. I valori di pH indicano un fluido debolmente acido con una variabilità da 5,4 (L2) a 6,3 (L14). La concentrazione di sali disciolti risulta pari a circa 10 g/l.

In accordo con *Sabatelli & Mannari, 1995*, la percentuale dei gas incondensabili nel campo geotermico di Latera è costituita in prevalenza da CO<sub>2</sub> con una percentuale compresa tra il 3-6% in peso nelle condizioni di serbatoio. Per il pozzo L3D *Barelli et al., 1983* evidenzia una percentuale gas incondensabili pari al 2,5 %, mentre *Sabatelli & Mannari, 1995* durante l'esercizio dell'impianto da 4,5 MW riporta una percentuale tra il 2,5 e 3 %.

### 2.3.1 CONSIDERAZIONI SULLA POSSIBILITÀ DI INCROSTAZIONI

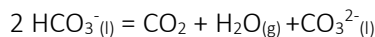
Dalle composizioni precedentemente riportate si desume che l'acqua appare complessivamente "benigna" e tale da non comportare particolari problemi di gestione relativamente a fenomeni di corrosione durante la coltivazione (cfr. *Capitolo 6*).

La produzione di fluido con flash in pozzo provoca la diminuzione della pressione che passa da valori dell'ordine di 100 bar, presenti nel serbatoio, a valori di circa 12 bar dell'erogazione in superficie.

In considerazione dalle analisi chimiche sopra riportate, la depressurizzazione del fluido durante la risalita in pozzo potrà comportare la precipitazione di carbonato di calcio e il conseguente scaling in pozzo. Il fenomeno di scaling da carbonato di calcio si origina, infatti, dal fatto che la soluzione nel serbatoio è saturata in ioni  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  e  $\text{CO}_3^{2-}$  essendo in equilibrio con l'anidride carbonica disciolta.

Si prevede che la pressione di bolla a 1.400 m dal p.c. sia pari a circa 80 bar e comunque variabile a seconda delle ipotesi sul modello fluidodinamico del serbatoio nel suo stato naturale (ipotesi contrapposte di serbatoio *well stirred* e *boiling for depth*). In ogni caso, durante la risalita del fluido lungo il pozzo in produzione, a causa della diminuzione di pressione, una parte della  $\text{CO}_2$  naturalmente disciolta nel liquido sarà progressivamente liberata in fase aeriforme.

Andando più nel dettaglio, l'abbassamento di pressione, e quindi la liberazione di  $\text{CO}_2$ , provoca lo spostamento sulla destra del seguente equilibrio (Barelli et al. 1983):



Quindi, l'aumento di concentrazione degli ioni  $\text{CO}_3^{2-}$ , che fa superare il prodotto di solubilità della calcite ne provoca la deposizione. Una discussione più dettagliata degli equilibri chimici è riportata in bibliografia (Corsi, 1986 e 1987; Michels, 1981).

Per evitare la deposizione di carbonati è prevista l'iniezione in pozzo di un opportuno inibitore di incrostazione (Corsi et al., 1985) in accordo con quanto già evidenziato durante i periodi di coltivazione del serbatoio geotermico di Latera.

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 in quanto generalmente saturi in quarzo alla temperatura di serbatoio.

Nel caso particolare del campo geotermico di Latera, le temperature del serbatoio (circa 200-238 °C) permettono la dissoluzione di quantità di silice relativamente modeste (257-371 mg/l). Tale valore deve essere confrontato con la concentrazione di saturazione ricavata dalle pubblicazioni di Gunnarson and Arnorsson, 2000 e Fournier and Rowe, 1973 (Tabella 2.3.1.a). Conseguentemente, sulla base di tali considerazioni la temperatura di reiniezione può essere tra 85-90°C al fine di evitare la precipitazione di silice amorfa. Si precisa comunque che, alle temperature attese, la cinetica di deposizione della silice è molto lenta, compresa fra 0,001 e 0,01 mm/anno (Klein C., 1995 - pag. 2454).

Temperatura °C	Solubilità secondo Gunnarson and Arnorsson 2.000 (mg/l)	Solubilità secondo Fournier & Rowe 1.977 (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
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

**Tabella 2.3.1.a** *Concentrazioni di equilibrio di silice amorfa in soluzioni acquose (Gunnarson and Arnorsson 2000; Fourier and Rowe 1977). Al fine di prevenire la precipitazione di questo componente, le relazioni di solubilità evidenziano un limite minimo per la temperatura*

## 2.4 CRITERI DI PRODUZIONE E OBIETTIVI DELL'IMPIANTO

Il potenziale serbatoio geotermico, oggetto della presente richiesta di coltivazione, è a liquido dominante, con temperature di circa 230-240 °C e una percentuale attesa di gas incondensabili naturalmente disciolti pari a circa il 3% in peso sull'acqua estratta (liquido + vapore).

Il serbatoio è caratterizzato da pressioni tali da rendere possibile la produzione spontanea dei pozzi che attingono all'acquifero saturo. La temperatura del fluido geotermico a bocca pozzo è di circa 180 °C.

Il presente progetto si propone di realizzare un impianto che garantisca la produzione elettrica di una potenza netta di design di 5 MW, emissioni di processo nulle e reiniezione integrale del fluido geotermico nelle formazioni di provenienza.

### 2.4.1 SCELTA DEL NUMERO DEI POZZI

Sulla base delle caratteristiche termodinamiche del fluido geotermico e della capacità di conversione dell'energia dei sistemi ORC, è stata calcolata la portata di fluido geotermico necessaria per alimentare l'impianto geotermico in esame. Tale portata risulta essere compresa tra 200 e 300 t/h.

Considerando le condizioni di pressione e temperatura del serbatoio e le sue caratteristiche di permeabilità, il contenuto di gas incondensabili e i profili tecnici dei pozzi, di cui al successivo

*Capitolo 5*, si è potuto verificare, attraverso un apposito simulatore del flusso bifase, che i singoli pozzi sono in grado di produrre mediamente oltre 200 t/h.

In particolare, tra i dati che conferiscono maggiore attendibilità alle simulazioni effettuate, vi sono a supporto i risultati della prova di produzione del pozzo L3D, il quale nel 1984 fu collegato ad un impianto da 4,5 MW in contropressione, e rimase in erogazione per oltre un anno. Tale pozzo ha evidenziato elevate produttività con i seguenti dati estratti da *ENEL –Mica 1987*:

- Portata fluido bifase: 350 t/h;
- Temperatura a testa pozzo: 200 °C;
- Pressione di testa pozzo: 20,5 bara;
- Pressione di serbatoio: 105 bara a 1.366 m.

Sulla base di tali considerazioni, è verosimile supporre che la portata di progetto possa essere gestita tramite la realizzazione di N.1 pozzo produttivo e N.1 reiniettivo. Ciò nonostante, al fine di ottimizzare la coltivazione della risorsa geotermica, è stato pianificato la perforazione di N.2 pozzi produttivi (di cui uno verticale e uno deviato) da realizzarsi nella postazione LT\_1 e N.2 pozzi reiniettivi (di cui uno verticale e uno deviato) da realizzarsi nella postazione LT\_2.

Come descritto precedentemente, è prevista inoltre la realizzazione di n. 1 pozzo produttivo di riserva e n.1 pozzo reiniettivo di riserva, che saranno eseguite rispettivamente dalle postazioni di "riserva" LT\_3 e LT\_4, il cui scopo è quello di garantire l'operatività del progetto anche nella improbabile situazione per la quale le postazioni ed i relativi pozzi previsti non risultino pienamente efficienti dal punto di vista tecnico-economico per la coltivazione delle risorse geotermiche.

## 2.4.2

### PREVISIONE DEGLI EFFETTI DELLA PRODUZIONE/REINIEZIONE SUL COMPORTAMENTO DEL SISTEMA GEOTERMICO

Per quanto riguarda l'evoluzione dei parametri del serbatoio geotermico derivante dall'attività di produzione e reiniezione del fluido si rimanda all'*Allegato 2*.

### 3 CONDIZIONI LOCALI E COLLOCAZIONE DELL'IMPIANTO

#### 3.1 CARATTERISTICA DELLE CONDIZIONI LOCALI

##### 3.1.1 CLIMATOLOGIA

L'area interessata dalle opere in oggetto rientra nella più ampia area dell'Alto Lazio, la quale presenta notevoli affinità con quello dei territori limitrofi della Toscana meridionale ed è nettamente differenziato rispetto al settore meridionale della regione. Il Lazio ha condizioni climatiche molto diverse man mano che ci si allontana dal mare e si va verso l'interno e ci si alza di quota e a seconda che i suoli siano di tipo vulcanico o calcareo.

La rete micrometeorologica di ARPA Lazio (Tabella 3.1.1.a) è costituita da 8 postazioni di misura (1 in provincia di Frosinone, 1 in provincia di Latina, 1 in provincia di Rieti, 5 in provincia di Roma, 1 in provincia di Viterbo).

La dotazione strumentale delle stazioni è costituita da: un anemometro ultrasonico, un pluviometro, un termoigrometro, un profilatore termico del terreno, un radiometro ed una piastra di flusso.

Provincia	Località	Nome	Acquisizione	Lat.	Long.	Alt. (m slm)
Frosinone	Aeroporto Militare Frosinone	AL006	Oraria	41.641475	13.299116	178
Latina	Latina	AL002	Oraria	41.484994	12.845665	25
Rieti	Istituto Jucci	AL005	Oraria	42.429425	12.819056	379
Roma	CNR - Tor Vergata	AL001	Oraria	41.841714	12.647589	104
	Castel di Guido	AL004	Oraria	41.889417	12.266364	61
	Via Boncompagni	AL007	Oraria	41.909317	12.496543	72
	Cavaliere	AL003	Oraria	41.929044	12.658332	57
Viterbo	Aeroporto Militare Viterbo	AL008	Oraria	42.439493	12.055473	297

**Tabella 3.1.1.a Rete micrometeorologico – localizzazione delle stazioni ARPA Lazio**

Oltre alla suddetta rete la regione conta di una rete agrometeorologica costituita da 95 stazioni elettroniche, dislocate su tutto il territorio regionale e gestite da Arsiat: 14 sono installate in provincia di Frosinone, 12 in provincia di Latina, 15 in provincia di Rieti, 28 in provincia di Roma e 26 in provincia di Viterbo.

Per la caratterizzazione meteorologica dell'area di studio è stata quindi utilizzata la stazione agrometeorologica di Latera, ubicata in località Centro Florovivaistico (coordinate UTM33N, X: 238.598 e Y: 4.721.672), situata a 414 m. s.l.m. e gestita da ARSIAL – Servizio Integrato Agrometeorologico della Regione Lazio, che rappresenta la stazione meteorologica più prossima all'area di intervento, la stazione è infatti localizzata in corrispondenza dell'area di centrale e postazione. Nelle seguenti tabelle si riportano le elaborazioni dei dati di temperatura e precipitazione medi giornalieri rilevati, nel periodo 2011-2021.

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
<b>Valore medio</b>	5,7	6,4	8,8	12,1	15,2	20,0	22,7	23,1	18,9	14,5	10,5	6,7	<b>13,7</b>
<b>Valore massimo medio</b>	11,2	12,6	15,6	19,6	22,8	29,3	32,5	33,1	27,6	22,0	16,6	12,9	<b>21,3</b>
<b>Valore minimo medio</b>	0,2	0,8	2,5	4,8	7,6	11,1	13,6	14,3	11,8	8,4	5,4	1,1	<b>6,8</b>

**Tabella 3.1.1.b** *Temperature Medie [°C] – Elaborazione Mensile dei Dati Rilevati dalla Stazione Meteorologica "Latera – Centro Florovivaistico" (2011 – 2021)*

I dati termometrici relativi al periodo 2011-2021 mostrano che la temperatura media annua presso la stazione di Latera è pari a 13,7 °C, con variazioni medie mensili da un minimo invernale di 0,2 °C nel mese di gennaio ad un massimo estivo di 33,1 °C nel mese di agosto.

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
<b>Valore medio</b>	90,53	97,60	99,87	63,45	76,64	52,56	60,18	29,18	94,55	106,09	174,15	103,11	<b>1.048,02</b>

**Tabella 3.1.1.c** *Precipitazioni Totali [m] – Elaborazione Mensile dei Dati Rilevati dalla Stazione Meteorologica "Latera – Centro Florovivaistico" (2011 – 2021)*

I dati pluviometrici relativi al periodo 2011-2021 mostrano un valore medio annuo di precipitazioni totali pari a 1.048,02 mm presso la stazione di Latera; il regime pluviometrico è caratterizzato da un minimo estivo, che si verifica nel mese di agosto, ed un massimo autunnale in ottobre – dicembre.

In Figura 3.1.1.a si riporta il grafico dei giorni di pioggia presso la stazione di Latera. Elaborato da ARSIAL per il periodo 2004-2019.

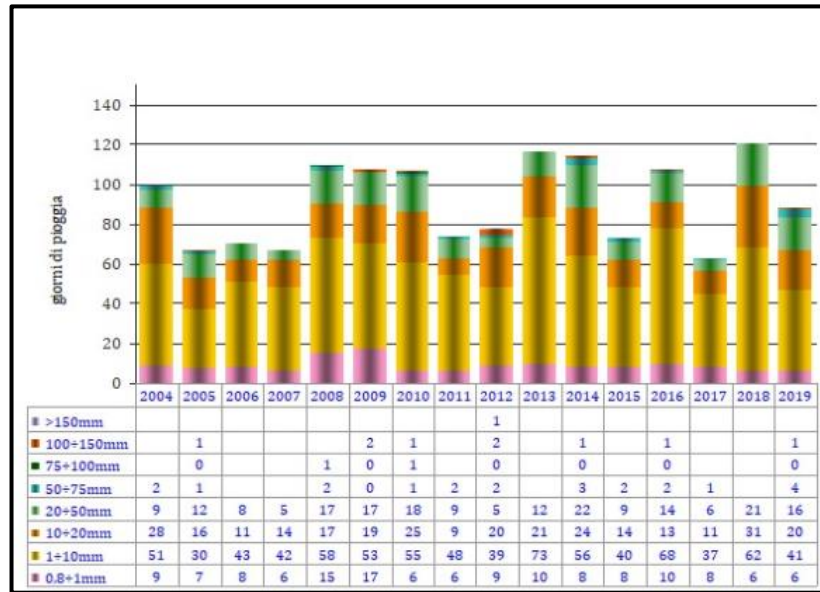


Figura 3.1.1.a Giorni di Pioggia – Stazione Meteorologica “Latera-Centro Florovivaistico” (2011 – 2021), dati Arsiad

Utilizzando infine i dati della rete di stazioni micro-meteorologiche dell’ARPA Lazio è possibile osservare la distribuzione delle intensità e delle direzioni dei venti nella stazione dell’aeroporto militare di Viterbo (codice stazione AL.008, Figura 3.1.1.b)

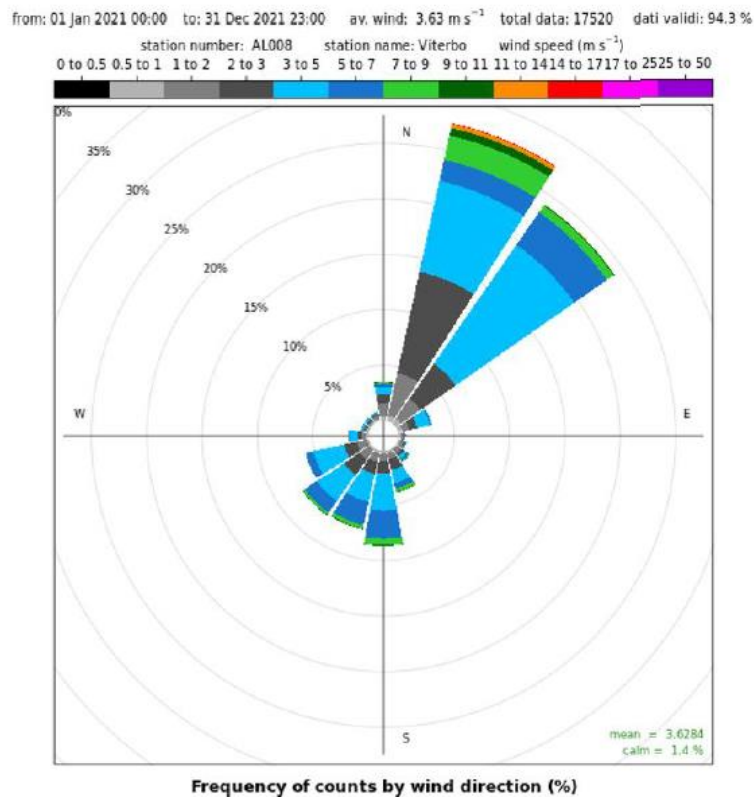


Figura 3.1.1.b Rosa dei venti stazione AL.008 Viterbo

La rosa dei venti della stazione di Viterbo evidenzia che i venti spirano prevalentemente dal quadrante di NE ed in minor misura da quello di SW.



In Tabella 3.1.1.d viene riportata la velocità media dei venti per l'anno 2021 e la media per gli anni 2012-2020 in m/s per la rete micro-meteorologica regionale. Dalla suddetta tabella è possibile osservare che, dal punto di vista della ventilazione l'anno 2021 è stato leggermente più ventoso del 2020 e in media agli ultimi 9 anni 2012-2020. La percentuale di calma di vento è risultata essere più bassa rispetto all'anno precedente (2020) ed in linea con la serie climatica disponibile (2012-2020).

Stazione RMR	vv medio 2021	vv medio 2020	vv medio 2012-20	calme 2021	calme 2020	calme 2012-20
Tor Vergata (RM)	2.32	2.19	2.31	5.5%	7.2%	6.1%
Latina	1.74	1.61	1.76	13.7%	16.2%	12.4%
Tenuta del Cavaliere (RM)	2.04	2.03	2.07	4.4%	5.2%	5.1%
Castel di Guido (RM)	2.74	2.67	2.77	1.5%	1.5%	1.4%
Rieti	1.61	1.54	1.64	18.9%	21.0%	18.5%
Frosinone	1.53	1.47	1.55	16.6%	18.7%	16.8%
Roma via Boncompagni (RM)	1.62	1.57	1.63	3.7%	4.9%	3.9%
Viterbo	3.63	3.53	3.51	1.4%	2.0%	2.0%
Media	2.15	2.08	2.16	8.2%	9.6%	8.3%

**Tabella 3.1.1.d** Velocità medie dei venti in m/s rete micro-meteorologica regionale (ARPA Lazio, maggio 2022)

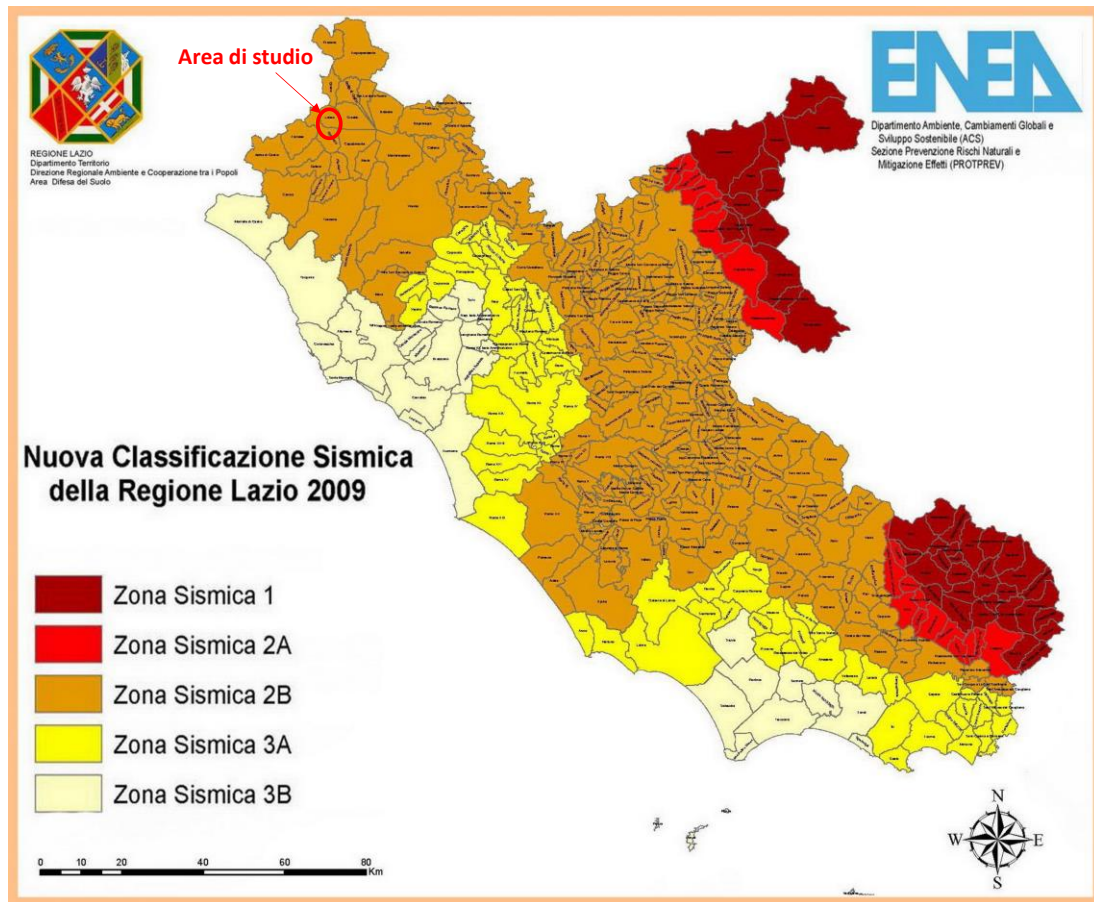
### 3.1.2 SISMICITÀ

Attraverso l'emanazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 3519/2006, sono stati definiti i criteri nazionali che ciascuna Regione deve seguire per l'aggiornamento della classificazione sismica del proprio territorio.

Per ottemperare a tale ordinanza la Regione Lazio ha avviato nel 2007 una convenzione con l'ENEA per l'elaborazione della Pericolosità Sismica regionale di base e per predisporre una nuova proposta di classificazione sismica.

Il programma di ricerca ha portato alla realizzazione della nuova Mappa della Zonizzazione Sismica della Regione Lazio (Figura 3.1.2.a) e alla predisposizione degli accelerogrammi di riferimento per gli studi di Microzonazione Sismica (DGR 545/10) per ciascuna UAS (Unità Amministrative Sismica) della Regione.

La nuova riclassificazione sismica, di cui si riporta una mappa in Figura 4.2.3.2a, è stata approvata con DGR n.387 del 22 Maggio 2009. Dall'immagine risulta evidente che l'area interessata dal progetto ricade all'interno della Sottozona sismica 2B, caratterizzata da un'accelerazione di picco (ag) su terreno rigido compresa tra valori  $0,15 \leq ag \leq 0,20$  con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni.



**Figura 3.1.2.a** *Mappa di aggiornamento della classificazione sismica della Regione Lazio (Deliberazione GRT n.387/2009)*

## 3.2 ANALISI DELLE ALTERNATIVE E UBICAZIONE DEL PROGETTO

### 3.2.1 CRITERI DI SCELTA ED OPZIONE ZERO

L'alternativa "zero", o del "do nothing", comporta la non realizzazione del progetto. Ciò sarebbe in contrasto con gli obiettivi della legislazione energetica nazionale e comunitaria che definisce gli impianti di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili (cui appartiene l'impianto in progetto) di "pubblica utilità ed indifferibili ed urgenti" in quanto consentono di evitare emissioni di anidride carbonica ed ossidi di azoto altrimenti prodotti da impianti per la produzione di energia alimentati da fonti convenzionali.

Si evidenzia che la produzione di energia elettrica da fonte geotermica è continua, contrariamente alle altre energie rinnovabili che dipendono dalle condizioni atmosferiche, e pertanto consente di sostituire i combustibili fossili anche di notte e in caso di assenza di vento. L'energia geotermica consente inoltre di evitare le emissioni di anidride carbonica legate alla produzione di elettricità da fonte termoelettrica. Considerando infatti un valore caratteristico della produzione termoelettrica lorda totale pari a circa 0,400 kg di CO<sub>2</sub> (fattore di emissione 2020 del mix termoelettrico italiano, fonte: Rapporto ISPRA 363/2022) emessa per ogni kWh prodotto e una produttività dell'impianto di circa 40.000 MWh/anno, si può stimare che il quantitativo di emissioni di CO<sub>2</sub> evitate in seguito all'installazione sia pari a circa 16.000 tonnellate per ogni anno di funzionamento.

In merito alla localizzazione del progetto, come tutte le risorse minerarie, gli impianti di produzione di energia geotermica, ivi incluse le infrastrutture ad esso funzionali quali i pozzi, debbono essere opportunamente ubicati nelle aree più promettenti dal punto di vista geotermico, in corrispondenza delle quali è stato rinvenuto il giacimento.

Non è pertanto fattibile, né tecnicamente ed economicamente giustificabile, procedere ad una progettazione che non preveda la localizzazione delle principali opere geotermiche in prossimità del suddetto giacimento.

In aggiunta, nello specifico caso dei pozzi, la possibilità di procedere con una perforazione direzionata risulta limitata dalla profondità dello stesso target minerario. Nel caso in esame, gli obiettivi relativamente poco profondi limitano quindi l'entità degli scostamenti orizzontali massimi a circa 500 – 700 m dalla verticale.

Come illustrato nel precedente capitolo, l'analisi dei dati disponibili nonché le elaborazioni condotte all'interno del perimetro del permesso di ricerca "Latera", ha consentito di identificare alcune zone maggiormente promettenti per la positiva realizzazione del progetto di coltivazione.

In linea generale, si ritiene che le scelte di dettaglio effettuate a livello di localizzazione delle diverse opere ed infrastrutture che costituiscono il Progetto, rappresentino l'esito di un accurato processo di identificazione delle soluzioni di miglior compromesso tra esigenze di fattibilità tecnico-mineraria e quelle ambientali di contenimento degli impatti e di valorizzazione socio-economica dell'iniziativa.

I criteri generali che hanno guidato la selezione dei siti sono di seguito riportati:

- pieno rispetto delle norme geotermiche e minerarie;
- minimo interessamento delle aree soggette a vincoli ambientali;
- preferenza di aree il più possibile pianeggianti ed in prossimità di strade esistenti, pur nel rispetto delle distanze minime imposte dalle norme di legge, con l'obiettivo di limitare la dimensione delle diverse opere;
- esclusione delle aree interessate da colture agricole di particolare pregio;
- evitare, nei limiti del possibile, attraversamenti di torrenti, costruzione di ponti o altre opere;
- massimizzare, nei limiti del possibile, la distanza 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:
  - della sonda, nella fase iniziale e temporanea di perforazione;
  - del "sistema pozzo", nella configurazione definitiva in fase di esercizio delle postazioni;
  - della Centrale di produzione di energia elettrica;
- prediligere le aree per le quali si ritenga possibile giungere ad un accordo bonario con i proprietari.

Sono state inoltre escluse tutte le aree ricadenti all'interno di aree Naturali protette come i siti della Rete Natura 2000 (Siti di Interesse Comunitario o Zone di Protezione Speciale (Aree SIC, ZPS) e aree soggette a vincolo archeologico.

A livello operativo, il proponente nello sviluppo del presente progetto ha predisposto l'adozione delle migliori soluzioni tecnico – ambientali che consentono la coltivazione della risorsa geotermica a media-alta entalpia, disponibile nell'area di Latera, senza emissioni di processo durante l'esercizio.

Un ulteriore aspetto fondamentale che il progetto ha come obiettivo, è la valorizzazione ambientale delle serre e dei fabbricati esistenti in località la Mina, dove appunto è stata prevista l'ubicazione dell'area di produzione e dell'impianto a ciclo binario. Tale area infatti si, trova momentaneamente in stato di degrado, con edifici e strutture vandalizzate, come visibile dalla documentazione fotografica di cui all'*Allegato 8*. La riqualificazione delle serre e degli edifici esistenti, mediante l'uso diretto del calore geotermico, può certamente rappresentare il punto di partenza della valorizzazione del contesto ambientale esistente nonché rappresentare un'iniziativa con positive ricadute occupazionali sul territorio sotto il profilo socio-economici.

In generale, sono altresì da ricordare le importanti ricadute che le attività di cantiere potranno comportare a livello di sviluppo dell'imprenditoria locale e dell'occupazione nell'area vasta.

Considerare l'Opzione Zero, ovvero la non realizzazione dell'opera, vorrebbe dire rinunciare ad un impianto di energia rinnovabile ad emissioni nulle in atmosfera di interesse strategico regionale e nazionale, così come definito dalla legislazione energetica nazionale e comunitaria, nonché limitare lo sviluppo di iniziative che, se opportunamente condivise e strutturate, sono in grado apportare significativi benefici ai territori coinvolti.

### 3.2.2 SCELTA FINALE

Sulla base delle considerazioni di cui ai precedenti paragrafi è stato definito il posizionamento ottimale delle postazioni e della centrale.

In Figura 1.1.d e Figura 1.1.e sono riportati su base topografica e su ortofoto la postazione di produzione, l'impianto ORC e le postazioni di reiniezione. In figura sono anche evidenziate le opere "di riserva" il cui scopo è quello di garantire la fattibilità del progetto come spiegato nel *Paragrafo 1.1*.

Le postazioni di produzione (LT\_1 e LT\_3) e l'impianto ORC sono localizzate all'interno dell'area delle serre esistenti attualmente in disuso, a circa 3,5 km a Sud-Ovest dell'abitato di Latera. La postazione LT\_1 e l'impianto ORC sono localizzati nella porzione meridionale dell'area. Interposti alla postazione e all'impianto vi sono due edifici esistenti che saranno anch'essi oggetto di riqualificazione con destinazione ad uso uffici e magazzini. La postazione di riserva LT\_3 è invece collocata nella porzione più settentrionale dell'area.

Le serre esistenti saranno oggetto di interventi di rifacimento finalizzato al ritorno dell'esercizio dell'attività agricola e floro-vivaistica. L'obiettivo finale è quello quindi di realizzare un "polo produttivo agro-energetico", in cui oltre alla produzione di energia elettrica rinnovabile, vi sarà la

cessione del calore geotermico a supporto dell'attività agricola, sposando pienamente gli obiettivi di una transizione energetica sostenibile.

Le postazioni di reiniezione LT\_2 e LT\_4 (di riserva), necessarie a garantire la coltivazione della risorsa geotermica, sono state localizzate a circa 2 km dal polo produttivo, in aree agricole attualmente a seminativo. Queste sono prossime ad un impianto fotovoltaico esistente e distano circa 2,3 km a Nord-Ovest dall'abitato di Valentano.

L'inquadramento topografico dell'area di produzione e reiniezione è illustrato nella Tavola: P22045-C-LY-00-0 - Inquadramento Topografico.

### 3.2.3

#### RIFERIMENTI CATASTALI

Come detto, le opere in progetto interessano il territorio comunale di Latera e Valentano, entrambi in provincia di Viterbo.

In *Allegato 3* sono riportati i riferimenti catastali e gli estratti cartografici in scala 1:2.000 delle particelle interessate dalle opere principali in progetto (impianto ORC, postazioni, strade di accesso, tubazioni di collegamento e dell'elettrodotto MT).

## 4 PROGETTO DELLE POSTAZIONI DI PERFORAZIONE

Come già detto, al fine di soddisfare la produzione di 5 MW in condizioni di design, in base a quanto riportato nel precedente *Capitolo 2*, si prevede la realizzazione di una sola postazione di produzione (LT\_1) con due pozzi e di una sola postazione di reiniezione (LT\_2) per la perforazione di due pozzi (vedi Figura 1.1.b).

La realizzazione delle altre due postazioni (vedi Figura 1.1.d), denominate LT\_3 e LT\_4, sarà effettuata solo se, a seguito della perforazione dei primi pozzi, si dovessero riscontrare condizioni di producibilità/iniettività differenti da quelle previste.

Tuttavia, la trattazione seguente prevedrà, per completezza e per la stima degli impatti, la realizzazione delle 4 postazioni, di cui 2 di produzione e 2 di reiniezione.

Le caratteristiche tecniche-costruttive delle postazioni sono illustrate nelle tavole:

- P22045-C-LY-01-0 - Postazione LT\_1
- P22045-C-LY-02-0 - Postazione LT\_2
- P22045-C-LY-03-0 - Postazione LT\_3
- P22045-C-LY-04-0 - Postazione LT\_4

### 4.1 CRITERI DI PROGETTO

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

Nelle tavole si riportano le planimetrie, con sezione e particolari, delle postazioni di produzione (LT\_1 e LT\_3) e di quelle di reiniezione (LT\_2 e LT\_4), in previsione dell'utilizzo di un impianto di perforazione, tipo Drillmec HH200, che raggiunga facilmente le profondità di 2.000 m, e delle sue componenti tecnologiche di servizio.

Nella postazione devono essere ospitate anche alcune baracche, tipo container, sono adibite a servizi, officina ed uffici per le maestranze addette all'esercizio dell'impianto di perforazione. Queste baracche risultano opportunamente collocate ad una certa distanza dall'area di lavoro, per favorire migliori condizioni di permanenza del personale e per consentire l'accesso e l'alloggio dei materiali necessari alla perforazione.

La disposizione dell'assetto del cantiere è studiata per rispondere ai vincoli previsti dalla vigente normativa sulla protezione e sicurezza del lavoro e per operare anche in situazioni di emergenza.

Inoltre, la dislocazione delle principali componenti ed attrezzature che rispondono ai limiti previsti dal DPR n. 128 del 1959 e dal D.Lgs. 624/96 per la distanza tra il pozzo ed i motori diesel ed il serbatoio del gasolio.

Al fine di scongiurare ogni possibilità di sversamento e di infiltrazione di inquinanti nel sottosuolo, i principali componenti meccanici dell'impianto di perforazione, il macchinario ed i serbatoi del gasolio sono posizionati su solette impermeabili in calcestruzzo armato, le quali, attraverso un sistema di canalette, permetteranno di convogliare le acque potenzialmente contaminate per loro successivo smaltimento o trattamento. Per la descrizione dei sistemi di regimentazione e trattamento delle acque meteoriche si rimanda all'*Allegato 4*.

Per quanto riguarda l'accessibilità ai siti, meglio descritta al successivo paragrafo, si prevede di usufruire delle infrastrutture viarie esistenti. Infatti, la dimensione dell'impianto, dei carichi per il suo trasferimento da postazione a postazione e per il trasporto dei materiali, rispettano le limitazioni imposte dal codice della strada. A ogni modo, anche se non sono previsti trasporti eccezionali, nei limiti del possibile, si adotteranno percorsi che permettano il transito dei mezzi senza aggravare le condizioni di traffico esistente.

Le postazioni di produzione ricadono all'interno del polo agro-energetico che ha un'estensione complessiva di quasi 50.000 m<sup>2</sup> e solo la parte più meridionale e settentrionale sarà destinata alle postazioni per un'estensione di circa 11.000 m<sup>2</sup>. La superficie occupata, invece, dalle postazioni di reiniezione LT\_2 e LT\_4 è relativamente limitata e dell'ordine di circa 8.000 m<sup>2</sup>.

Nella parte perimetrale delle postazioni sono presenti due vasche interrato realizzate in calcestruzzo armato:

- una "vasca acqua industriale" di volume pari a circa 1.000 m<sup>3</sup>, necessaria per permettere lo stoccaggio idrico necessario durante le fasi di perforazione.
- una "vasca recupero prove di produzione" di volume pari a circa 300 m<sup>3</sup>, che sarà utilizzata durante le prove di produzione (per i dettagli si rimanda al *Paragrafo 5.6*).

All'interno delle aree di postazione è individuata un'area di stoccaggio del materiale scavato di cui si prevede il riutilizzo in loco durante le fasi di ripristino ambientale.

In ogni postazione è presente un'area per lo stoccaggio del gasolio e degli oli utilizzati durante il cantiere di perforazione, delimitata da un cordolo alto 50 cm. I serbatoi di gasolio sono a loro volta installati a +1 m rispetto alla quota della soletta, supportati da selle in cemento e posti all'interno di bacini di contenimento aventi capacità tale da poter contenere tutto il volume stoccato nei serbatoi stessi.

Nella porzione centrale delle postazioni è presente una cantina (o avampozzo), costituita da uno scavo a forma di parallelepipedo, della profondità di circa 1,2 m, larghezza di circa 2,4 m e lunghezza di 13,6 m. Il fondo e le pareti della cantina sono realizzati in calcestruzzo per garantirne la stabilità e l'impermeabilizzazione, tenendo conto dei mezzi che possono circolare in prossimità dell'avampozzo stesso.

Inoltre, in adiacenza alla cantina, sono previsti i cunicoli di uscita delle condotte dai pozzi al fine di poter intervenire liberamente in maniera mirata, nelle varie fasi di manutenzione.

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 e con un'estensione pari a 1.475 m<sup>2</sup>.

La superficie pavimentata impermeabile, relative alle aree in cui saranno dislocate le componenti dell'impianto di perforazione, corrisponde a circa un 1/5 della superficie occupata postazione di perforazione".

La zona non cementata della postazione 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.

Le canalette che bordano il perimetro della postazione e la soletta saranno carrabili e opportunamente grigliate.

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 del terreno rimosso per lo sbancamento e per la costruzione dell'avampozzo e delle vasche, ridistribuendolo sulla superficie della postazione per operazioni di livellamento, evitando o limitando al massimo ogni trasferimento di terreno da o ad altro sito;
- compressione del terreno sull'intera area della postazione mediante rullatura, per un tempo sufficiente ad ottenere la massima compattazione dello stesso;
- ricoprimento della superficie con inerti di pezzatura grossolana, dimensione fino a 4-5 cm, per uno spessore di 50 cm (20 cm sopra l'originario p.c.); nei limiti del possibile si utilizzerà materiale frantumato da recupero (calcestruzzo, laterizi, ecc.) compattazione della superficie coperta da inerti;
- compattazione della superficie coperta da inerti di pezzatura grossolana;
- 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, da realizzare 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 per ricevere l'acqua piovana e drenarla alla vasca d'acqua industriale per il suo utilizzo nelle fasi di perforazione.

La scelta di privilegiare l'impiego di inerti da recupero è certamente indirizzata al raggiungimento di 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 2018 viene definita una vita nominale dell'opera pari a  $V_N \geq 50$  anni.



#### **4.1.1 ASPETTI FUNZIONALI DELLA POSTAZIONE DI SONDA**

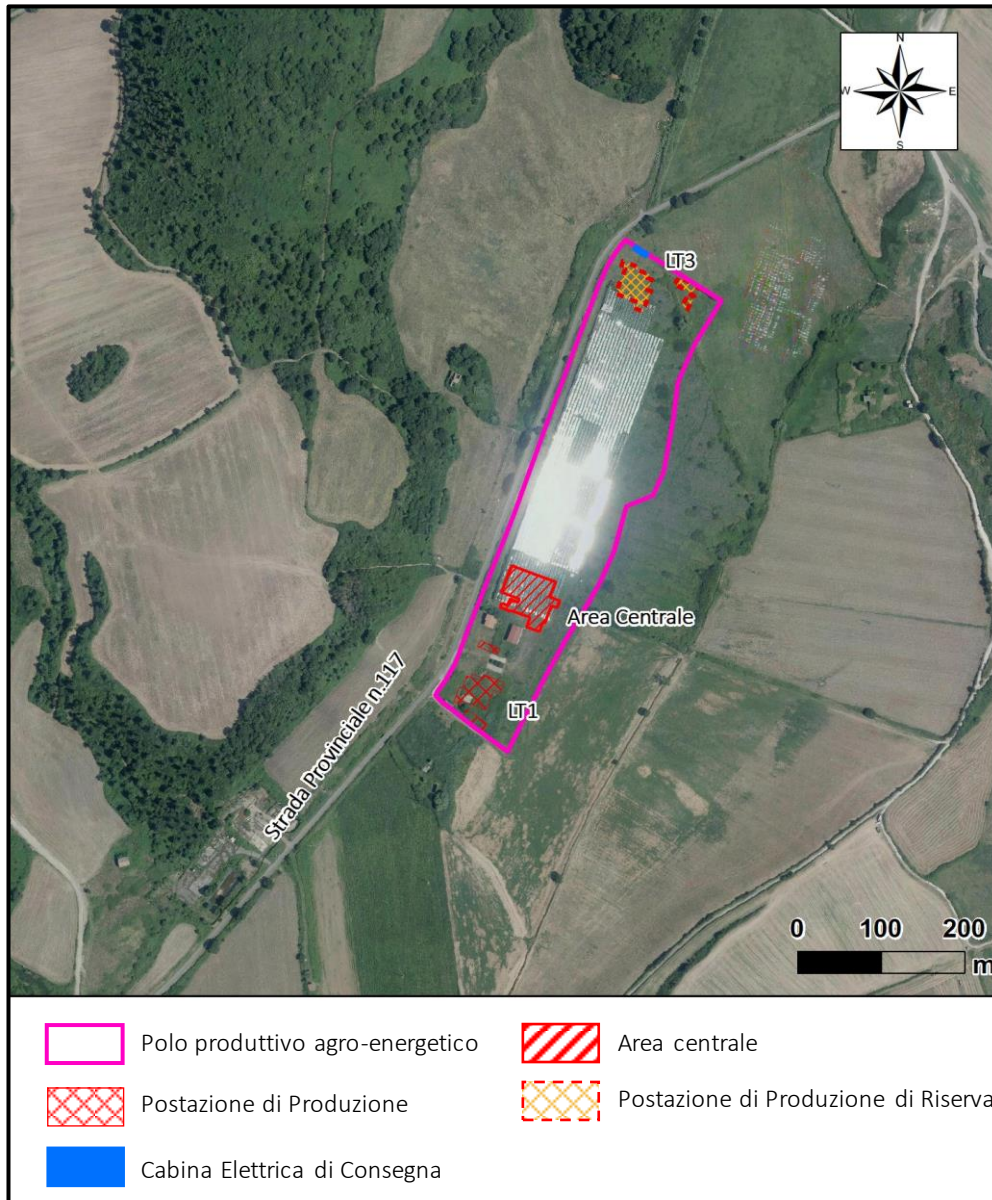
##### **4.1.1.1 Viabilità**

Per quanto riguarda l'accessibilità dei siti, questa avverrà esclusivamente mediante viabilità esistente. Come indicato precedentemente, i mezzi che accederanno alle aree di cantiere rispettano i limiti di massa e ingombro previsti dal codice della strada, ed anche se sono previsti trasporti eccezionali, nei limiti del possibile, si adotteranno percorsi che permettano il transito dei mezzi senza aggravare le condizioni di traffico esistente.

I trasporti avverranno attraverso gli assetti viari principali esistenti (A1 o E80) e mediante le viabilità statali e provinciali più favorevoli saranno raggiunte le aree di cantiere.

Il polo agro-energetico (dove saranno localizzate le postazioni di produzione, l'area centrale e le serre) confina con la Strada Provinciale 117 "Valle dell'Olpeta". Su tale strada è previsto:

- la modifica dell'accesso esistente, spostandolo circa 20 m in direzione nord, al fine di garantire gli idonei spazi tecnici per la realizzazione della postazione LT\_1;
- la realizzazione di un nuovo accesso interposto tra la l'impianto ORC e le serre, con la finalità di garantire un accesso indipendente all'attività delle serre.



**Figura 4.1.1.1.a** Inquadramento della viabilità di accesso al Polo Produttivo Agro-Energetico



**Figura 4.1.1.1.b** *Accesso esistente all'attuale area serre da modificare*

Anche l'accesso alle postazioni LT\_2 e LT\_4 avverrà mediante la Strada Provinciale 117 "Valle dell'Olpetà", dalla quale è possibile accedere alle strade vicinali comunali indicata in Figura 2.2.b. Percorsi rispettivamente 850 m e 800 m si giunge ai siti individuati per la realizzazione delle postazioni LT\_2 e LT\_4.



**Figura 4.1.1.1.c** *Inquadramento della viabilità di accesso all'area di reiniezione (postazioni LT\_2 e LT\_4)*

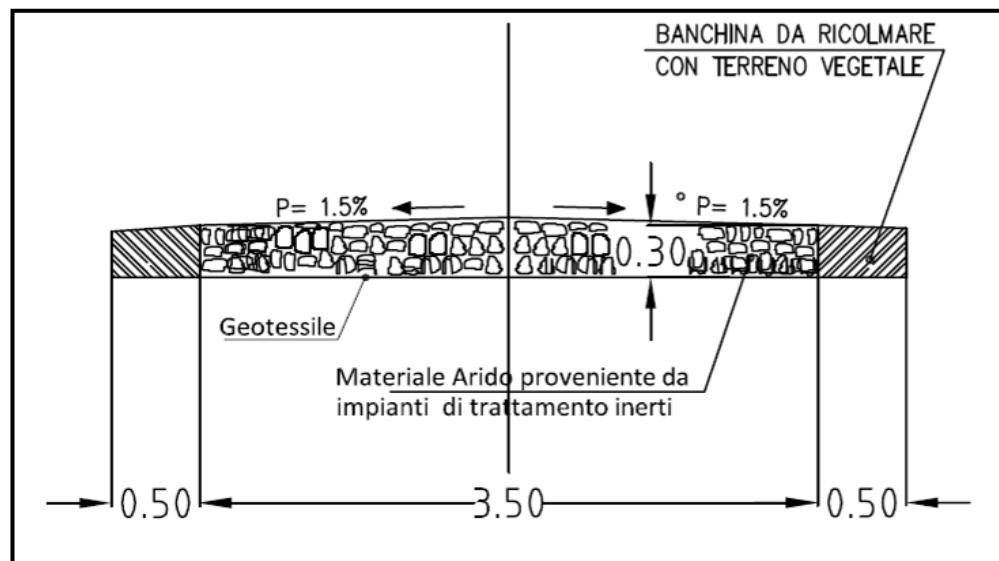


**Figura 4.1.1.1.d** *Viabilità di accesso in corrispondenza della postazione LT\_2*



**Figura 4.1.1.1.e** Area prevista per la realizzazione del nuovo accesso alla postazione LT\_4

In adiacenza alle postazioni di reiniezione sono state previste delle piccole aree parcheggio per le autovetture e un breve tratto di strada di accesso (circa 20-30 m) per il collegamento delle postazioni alla viabilità esistente. Tutte le strade di nuova costruzione per l'accesso alle postazioni saranno realizzate mediante la posa di materiale inerte e ghiaia secondo le modalità riportate in Figura 4.1.1.1.f, prediligendo l'utilizzo di materiale riciclato.



**Figura 4.1.1.1.f** Sezione tipo per la strada in materiale arido

#### 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, che avverrà anche durante le ore notturne, 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.

Durante la fase di esercizio della centrale geotermoelettrica, 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. Per la descrizione dei sistemi di regimazione e trattamento delle acque meteoriche si rimanda all'*Allegato 4* dove è riportato il "Piano di Prevenzione e Gestione delle acque Meteoriche Dilavanti".

#### 4.1.2 MATERIE PRIME

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. Il quantitativo di inerti necessari per la realizzazione delle postazioni, delle relative strade di accesso e delle aree parcheggio, è pari ad un totale di circa 14.000 m<sup>3</sup>, come meglio dettagliato nella seguente Tabella 4.1.2.a.

ID Postazione	Volume (m <sup>3</sup> )
LT_1	3.750
LT_2	2.500
LT_3	5.250
LT_4	2.500

**Tabella 4.1.2.a** Volume Inerti

Nella seguente Tabella 4.1.2.b sono riportati per ciascuna postazione i volumi di calcestruzzo necessari per la realizzazione della soletta, delle vasche e dei cunicoli.

ID Postazione	Volume (m <sup>3</sup> )
LT_1	930
LT_2	1.020
LT_3	930
LT_4	1.020

**Tabella 4.1.2.b** Volume Calcestruzzo

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 mediante autocisterne.

Tutti gli altri materiali edili saranno forniti in funzione dei contratti di fornitura stipulati con le imprese realizzatrici.

#### 4.2 BILANCIO SCAVI/RIPORTI

Nella tabella si riportano le volumetrie indicative degli scavi e dei riporti, relative alle postazioni di perforazione dell'impianto "Latera".

Rif	Operazione	Volume (m <sup>3</sup> )	Note
<b>Postazione LT_1</b>			
A	Sbancamenti per piazzale, strada di accesso e parcheggio	8.372,00	
B	Riporto con terreno proveniente da scavi	2.230,00	
C	Terreno residuo	6.142,00	

Rif	Operazione	Volume (m <sup>3</sup> )	Note
<i>Postazione LT_2</i>			
A	Sbancamenti per piazzale, strada di accesso e parcheggio	1.968,00	
B	Riporto con terreno proveniente da scavi	0,00	
C	Terreno residuo da sbancamenti e livellamento piazzale (A-B)	1.968,00	

Rif	Operazione	Volume (m <sup>3</sup> )	Note
<i>Postazione LT_3</i>			
A	Sbancamenti per piazzale, strada di accesso e parcheggio	5.457,00	
B	Riporto con terreno proveniente da scavi	1.680,00	
C	Terreno residuo da sbancamenti e livellamento piazzale (A-B)	3.777,00	

Rif	Operazione	Volume (m <sup>3</sup> )	Note
<i>Postazione LT_4</i>			
A	Sbancamenti per piazzale, strada di accesso e parcheggio	2.444,00	
B	Riporto con terreno proveniente da scavi	2.010,00	
C	Terreno residuo da sbancamenti e livellamento piazzale (A-B)	434,00	

**Tabella 4.2.a** *Volume scavi e riporti delle postazioni di perforazione*

Il terreno residuo risultante dagli scavi, ove presente, verrà stoccato all'interno dell'area di cantiere della postazione. Per ulteriori dettagli sulla gestione delle terre e rocce da scavo si rimanda all'Allegato 5 dello SIA – Piano preliminare di utilizzo terre e rocce da scavo.



## 5 PROGETTAZIONE DEI POZZI

Il polo di produzione dista circa 2.000 m dal polo di reiniezione. Sulla base delle ricostruzioni geologiche effettuate, la successione stratigrafica del sottosuolo risulta pressoché omogenea, come confermato anche dalle stratigrafie dei pozzi già perforati. Pertanto, le profondità e gli spessori attesi delle formazioni geologiche che saranno attraversate dai pozzi di produzione e reiniezione, sono essenzialmente simili. Data la distribuzione delle postazioni ed anche in considerazione delle traiettorie dei pozzi, il profilo tecnico costruttivo per i pozzi produttivi e per quelli reiniettivi risulta molto simile.

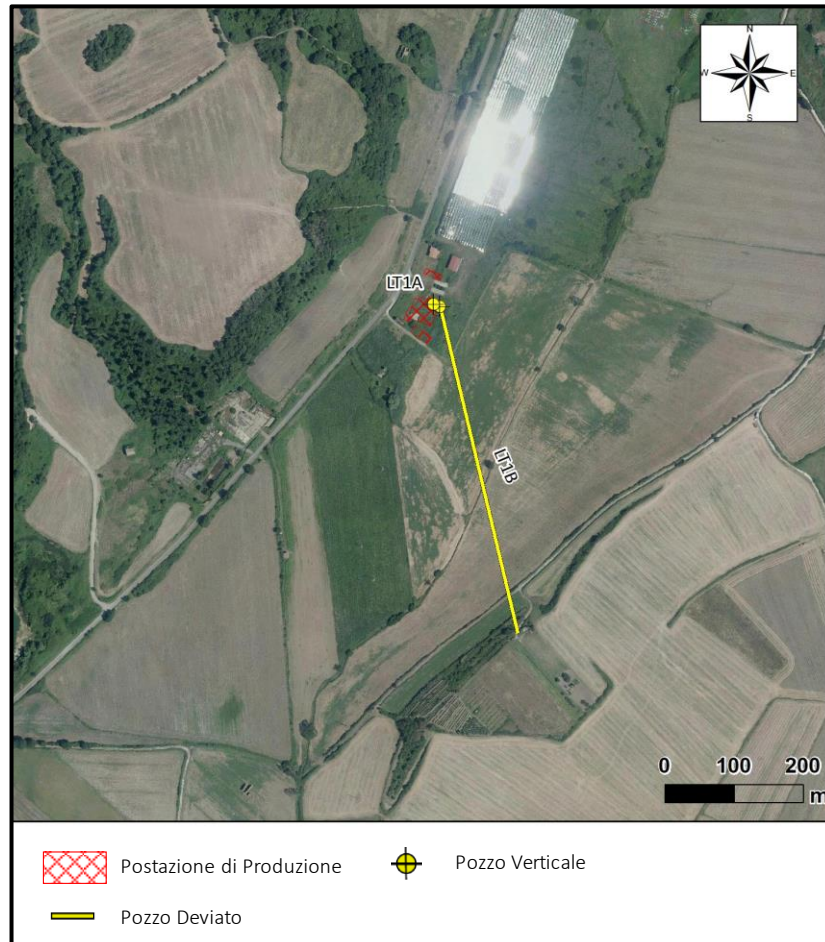
### 5.1 POZZI PRODUTTIVI E REINIETTIVI

Per quanto riguarda la postazione LT\_1, dalla medesima postazione verranno realizzati un primo pozzo verticale e un deviato, per un totale di 2 pozzi come visibile nella seguente Figura 5.1.a. Le testepozzo saranno reciprocamente distanti circa 5 m.

Qualora necessario, anche in corrispondenza della postazione di riserva LT\_3 potrà essere realizzato un ulteriore pozzo produttivo verticale. 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.

Nello specifico dalla postazione di produzione LT\_1 saranno perforati:

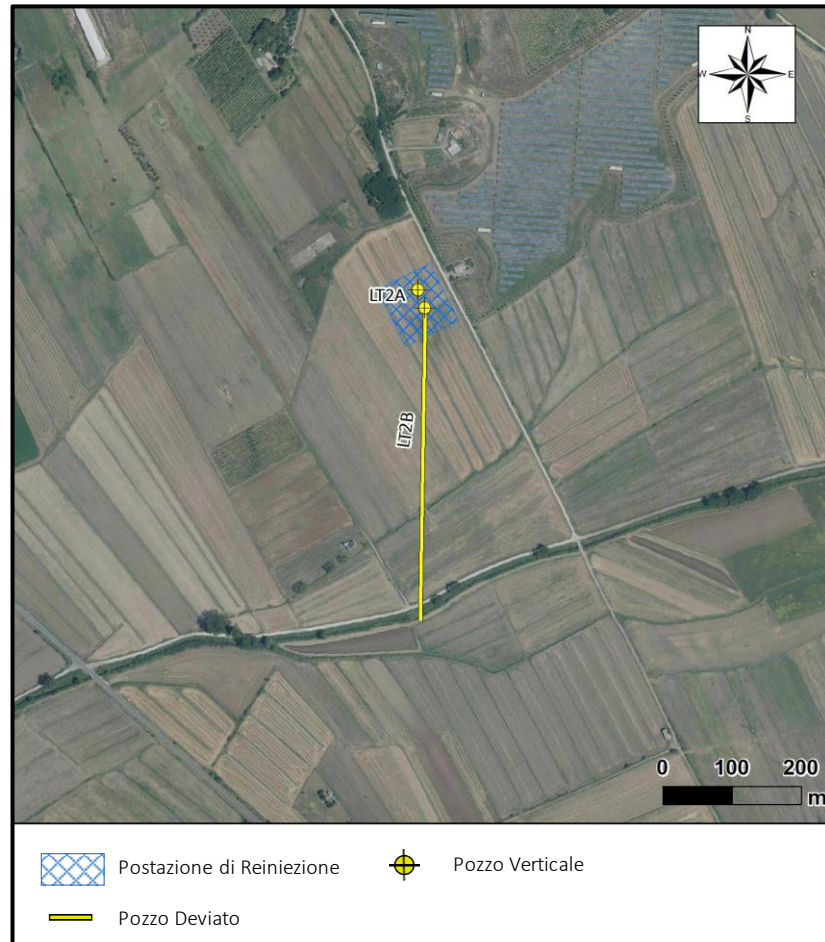
- un primo pozzo (verticale) LT1A, con profondità di circa 2.000 m (da piano campagna, nel seguito p.c.);
- un secondo pozzo (deviato) LT1B, con profondità verticale di circa 2.000 m e con scostamento orizzontale verso Sud - Sud-Est di circa 450 – 500 m.



**Figura 5.1.a**     **Layout Pozzi di Produzione**

Dalla postazione LT\_3 potrà essere perforato un primo pozzo verticale LT3A, della profondità di circa 2.000 m da p.c..

Per la postazione reiniettiva LT\_2 è prevista la realizzazione di due pozzi, di cui un verticale e un deviato. (Figura 5.1.b). Le testa pozzo realizzate nella postazione, così come descritto per il polo di produzione, disteranno tra loro circa 5 m.



**Figura 5.1.b** *Layout Pozzi di Reiniezione*

Nuovamente, qualora necessario, potrà essere attivata la postazione di riserva LT\_4 e, in corrispondenza di questa, si potrà perforare un ulteriore pozzo reiniettivo.

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.

Nello specifico dalla postazione LT\_2 saranno perforati:

- un primo pozzo (verticale) LT2A, con profondità di circa 2.000 m da p.c.;
- un secondo pozzo (deviato) LT2B, con profondità verticale di circa 2.000 m e con scostamento orizzontale verso Sud di circa 450 – 500 m.

Dalla postazione LT\_4 potrà essere perforato un primo pozzo verticale LT4A, della profondità di circa 2.000 m da p.c..

Come predetto, la realizzazione delle postazioni LT\_3 e LT\_4, e dei relativi pozzi resta subordinata agli esiti delle prove di produzione dei pozzi perforati nelle altre postazioni.

## 5.2 CARATTERISTICHE TECNICO COSTRUTTIVE DEI POZZI

I profili tecnici dei pozzi in progetto (produttivi e reiniettivi) sono stati ottimizzati sulla base delle specifiche caratteristiche del progetto di coltivazione in esame, tenendo conto dell'esperienza delle perforazioni profonde effettuate nell'area in oggetto. Al tempo stesso, i profili tecnici di progetto permettono un ottimo isolamento delle formazioni attraversate dal pozzo.

### **Pozzi Produttivi Verticali**

Il profilo tecnico dei pozzi produttivi verticali è schematizzato in *Figura 5.2a*. Il programma di perforazione può essere schematizzato e suddiviso nelle seguenti fasi:

#### **1° Fase**

Dopo l'infissione di un tubo guida, la perforazione del primo tratto di pozzo sarà realizzata con uno scalpello di diametro di 30" fino a circa 150 m e sarà calato e cementato un casing da 24"1/2.

#### **2° Fase**

La successiva fase di perforazione sarà effettuata con scalpello del diametro di 23" fino alla profondità di circa 450 m. Questa porzione di pozzo sarà rivestita con una tubazione cementata fino a giorno dal diametro di 18"5/8, con scarpa sempre all'interno delle vulcaniti e brecce vulcaniche.

#### **3° Fase**

Questa fase della perforazione sarà effettuata con scalpello del diametro di 17"1/2 fino alla profondità di circa 710 m. Questa porzione di pozzo sarà rivestita con una tubazione cementata fino a giorno dal diametro di 13"3/8 con scarpa in corrispondenza del contatto basale delle Liguridi. Con tale profilo, le prime tre tubazioni garantiranno:

- una protezione adeguata delle eventuali falde superficiali;
- la stabilità delle formazioni attraversate, che risultano protette dal rivestimento, nel caso di eventuali abbassamenti di livello dovuti a sottostanti perdite parziali nella zona di copertura.

#### **4° Fase**

Una volta isolate le formazioni sovrastanti, si prevede di completare la perforazione con uno scalpello da 12"1/4, attraversando totalmente la parte del potenziale serbatoio rappresentato dalle formazioni carbonatiche della serie toscana, fino alla profondità di circa 2.000 m, o fino al contatto basale della Serie Toscana con le Liguridi.

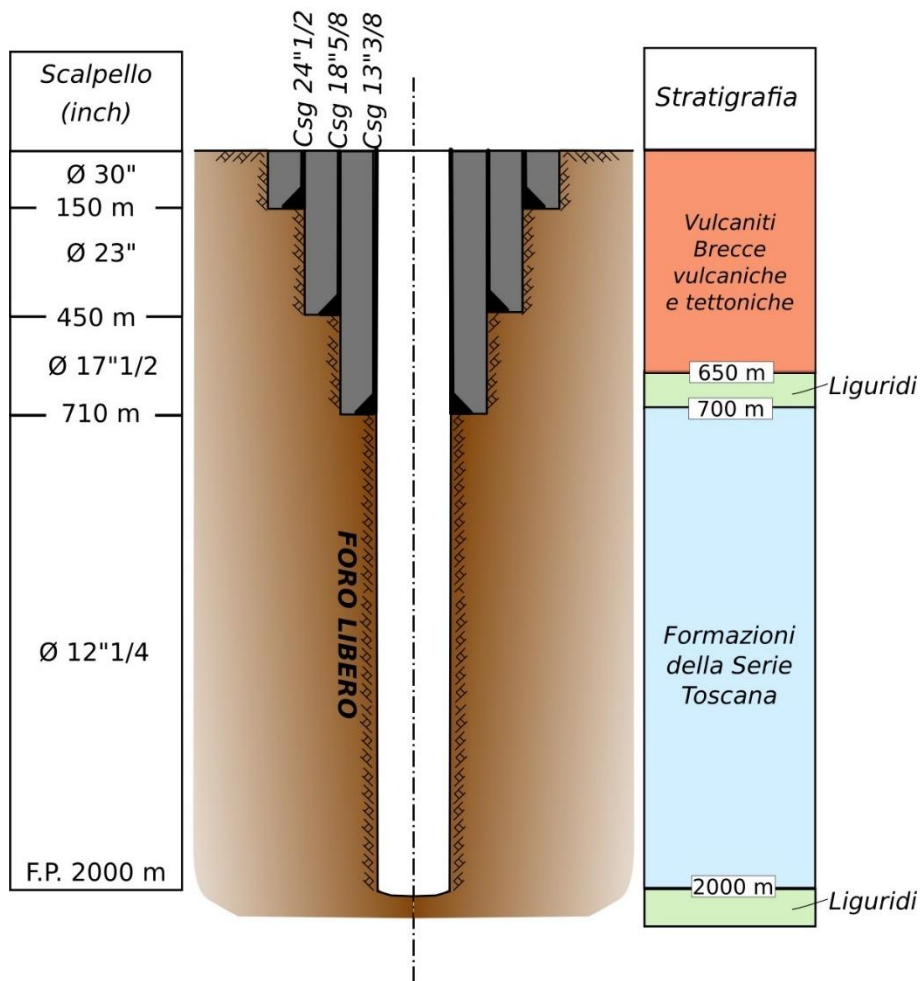


Figura 5.2.a Profilo Tecnico del Pozzo Verticale Produttivo

### Pozzi Reinietti Verticali

In Figura 5.2b è schematizzato il profilo tecnico del pozzo reiniettivo verticale. Il programma di perforazione può essere schematizzato e suddiviso nelle seguenti fasi:

#### 1a Fase

Dopo l'infissione di un tubo guida, la perforazione del primo tratto di pozzo sarà realizzata con uno scalpello di diametro di 30" fino a circa 150 m e, sarà calato e cementato un casing da 24"1/2.

#### 2a Fase

La successiva fase di perforazione sarà effettuata con scalpello del diametro di 23" fino alla profondità di circa 410 m. Questa porzione di pozzo sarà rivestita con una tubazione cementata fino a giorno dal diametro di 18"5/8, con scarpa al contatto basale con le Liguridi.

#### 3a Fase

Questa fase della perforazione sarà effettuata con scalpello del diametro di 17"1/2 fino alla profondità di circa 800 m. Questa porzione di pozzo sarà rivestita con una tubazione cementata

fino a giorno dal diametro di 13"3/8 con scarpa all'interno delle formazioni carbonatiche della Serie Toscana. Con tale profilo, le prime tre tubazioni garantiranno:

- una protezione adeguata delle eventuali falde superficiali;
- la stabilità delle formazioni attraversate, che risultano protette dal rivestimento, nel caso di eventuali abbassamenti di livello dovuti a sottostanti perdite parziali nella zona di copertura.

#### 4a Fase

La perforazione proseguirà nelle formazioni del potenziale serbatoio con uno scalpello da 12"1/4 fino a circa 2.000 m di profondità o fino al contatto basale della Serie Toscana con le Liguridi.

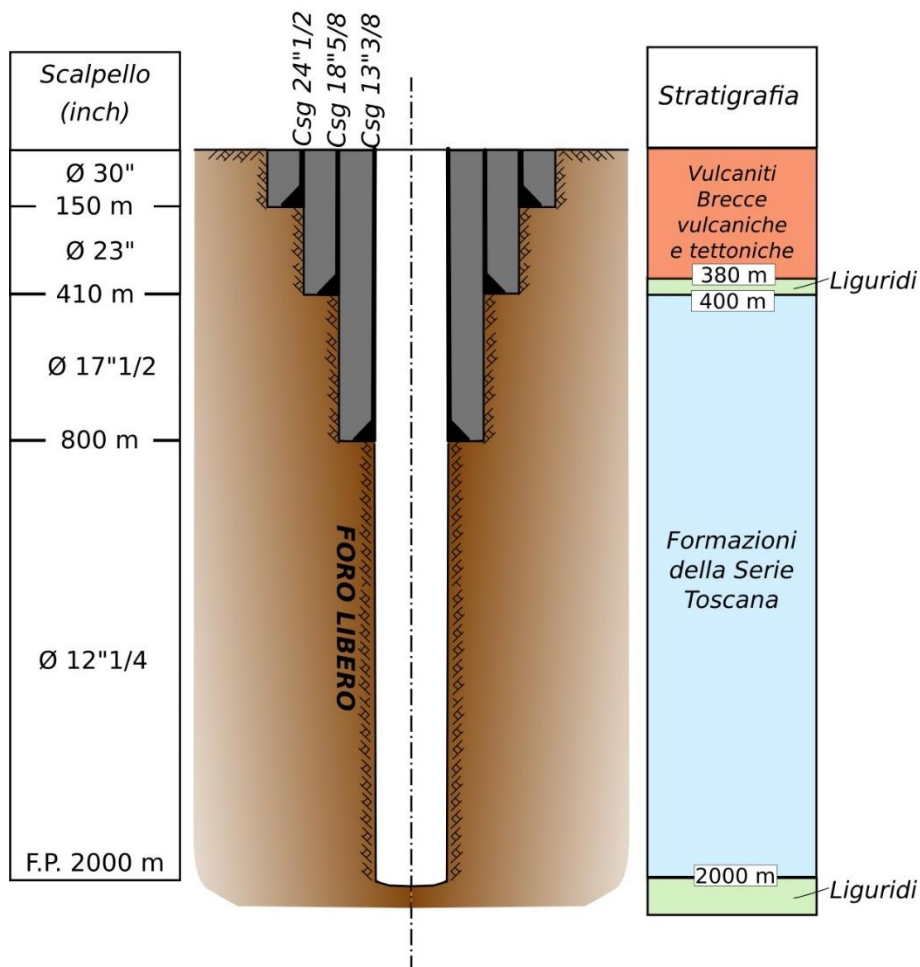


Figura 5.2.b Profilo Tecnico del Pozzo Verticale Reiniettivo

#### Pozzi Devianti

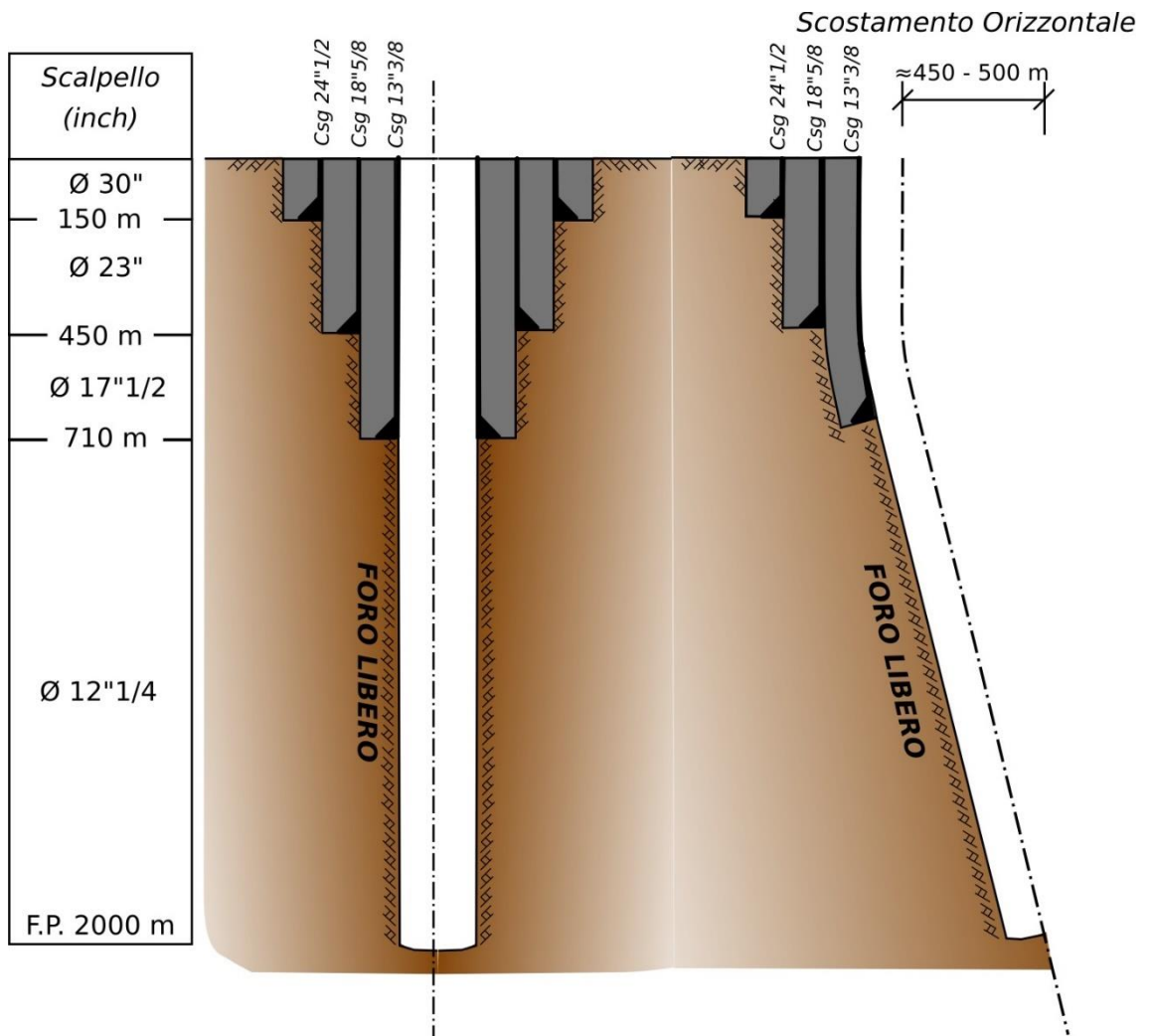
Il criterio di costruzione dei pozzi devianti è analogo a quello precedentemente illustrato. La sequenza degli scalpelli di perforazione e delle tubazioni di rivestimento prosegue gli stessi criteri di perforazione e salvaguardia delle formazioni attraversate, già descritte per i pozzi verticali.

Tutti i pozzi devianti (Figura 5.2.c e Figura 5.2.d), produttivi e reiniettivi, avranno un profilo tecnico molto simile a quelli verticali, a causa della relativa poca profondità e scostamento orizzontale.

La profondità verticale delle tubazioni di rivestimento (scarpa dei casing) è prevista alla stessa profondità dei pozzi verticali.

Le operazioni di deviazione (angolo max. 30°) avranno inizio alla profondità indicativa presunta di 500 m (Kick Off Point, K.O.P.). La profondità finale del pozzo, misurata sull'asse verticale sarà circa 2.000 m (in sigla True Vertical Depth, TVD). La profondità totale perforata (Total Measured Depth, TMD), invece, sarà indicativamente di circa 2.250 m. Lo scostamento orizzontale a fondo pozzo rispetto alla verticale sarà indicativamente di circa 450 – 500 m.

Il programma dei lavori sopra riportato potrà essere soggetto a cambiamenti, nei limiti della potenzialità dell'impianto selezionato, anche durante la fase di perforazione. Tali cambiamenti potranno anche essere conseguenti a condizioni geologiche diverse da quelle attese o a comportamenti delle stesse diversi da quelli previsti.



**Figura 5.2.c Profilo Tecnico del Pozzo Deviato Produttivo**

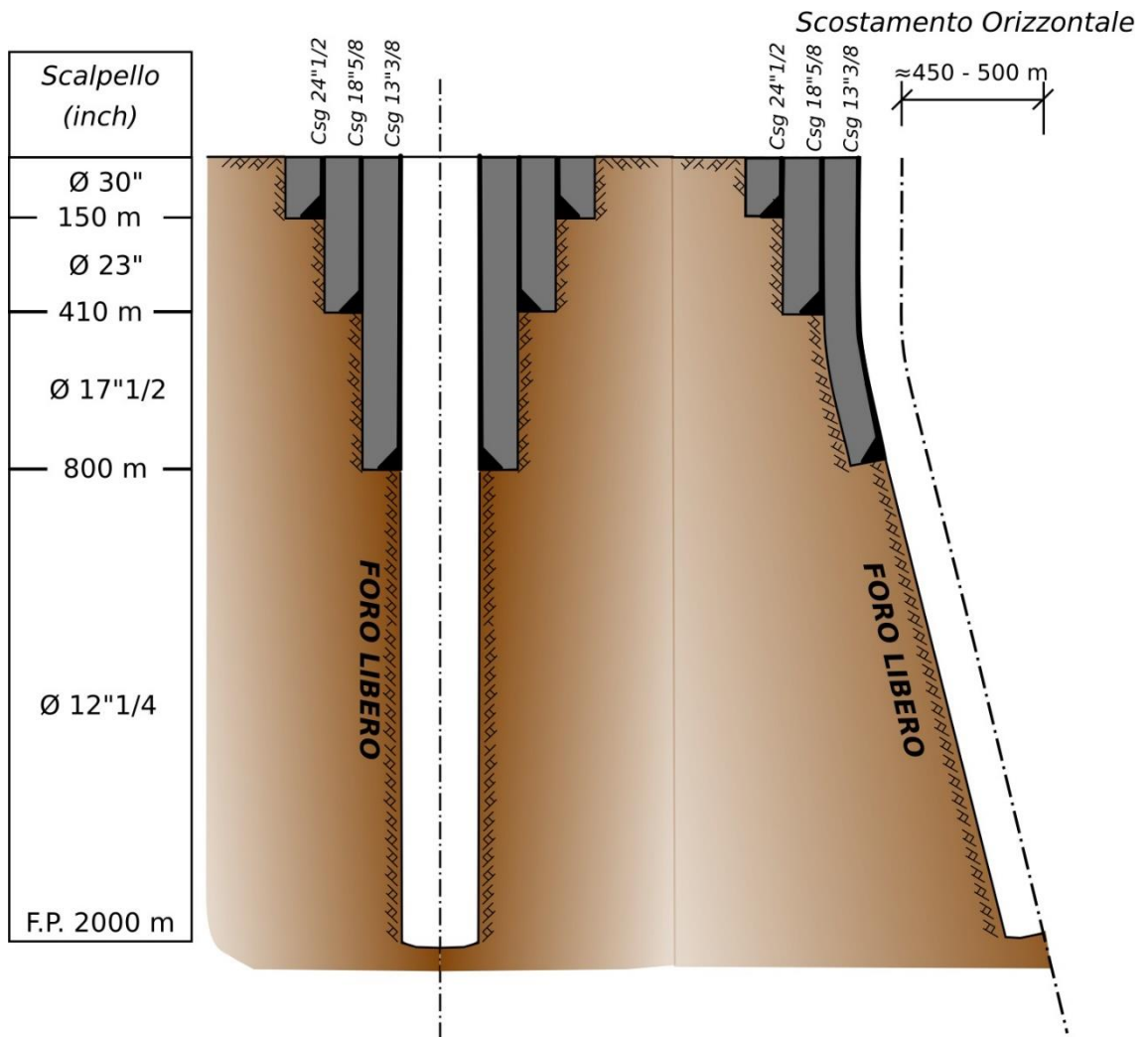


Figura 5.2.d Profilo Tecnico del Pozzo Deviato Reiniettivo

### 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 unico tipo di impianto (Drillmec HH200 o similari) con capacità idonea a raggiungere agevolmente profondità maggiori di 2.000 m.

Nella Figura 5.3a è riportata una foto di un impianto (HH200) la cui tipologia sarà utilizzata per la perforazione dei pozzi in progetto.





**Figura 5.3.a** *Esempio di un Impianto Drillmec HH200*

Nella tavola: P22045-C-LY-05-0 - Postazioni in Fase di Perforazione, sono rappresentate le planimetrie delle postazioni di produzione e reiniezione, in fase di perforazione, sono riportate anche le attrezzature dell'impianto di perforazione.

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

- 2 pompe fango: entrambe da 1000 Hp;
- 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 superiore. 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 indicativamente stimata in 60 giorni in media per la perforazione di un pozzo.

### 5.3.1 DESCRIZIONE DELLE OPERAZIONI DI PERFORAZIONE

La perforazione è realizzata mediante sistema "rotary" a distruzione di nucleo mediante uno scalpello collegato ad un insieme di elementi tubolari "aste" (batteria di perforazione) di adeguate dimensioni e caratteristiche meccaniche. A tale sistema viene trasmessa una rotazione dall'impianto, attraverso una tavola rotary o con attrezzatura equivalente chiamata "top drive".

La pulizia del pozzo viene assicurata attraverso il pompaggio di un fluido di circolazione costituito da "fango" (o acqua in particolari circostanze) iniettato all'interno della batteria di perforazione e che risale lungo l'intercapedine dallo scalpello al piano campagna. Tale fluido ha la funzione, inoltre, di mantenere una colonna idrostatica sufficiente per il contenimento delle formazioni in parete e di raffreddare e lubrificare i componenti all'interno del pozzo (scalpello, aste, etc.).

Nel primo tratto di pozzo (circa 150 m dal p.c.) il fango di perforazione sarà costituito da sola acqua e bentonite (cfr. successivo *Paragrafo 5.4.1*) per evitare contaminazioni chimiche delle potenziali ed eventuali falde acquifere superficiali presenti. Solo dopo l'isolamento delle formazioni superficiali, il fango sarà additivato con prodotti chimici per garantire le stabilità di reologia e di filtrazione per le sue corrette funzioni (cfr. successivo *Paragrafo 5.4.1*).

Allo scopo di isolare le formazioni perforate, nel foro viene collocata una tubazione di rivestimento (casing) come schematicamente rappresentato nei profili dei pozzi (*Figure 5.2a e 5.2b*).

L'intercapedine tra i casing e le formazioni, per ogni sezione di pozzo, verrà riempita, mediante un'operazione specifica chiamata "cementazione", con malta cementizia (di adeguate caratteristiche meccaniche: resistenza a compressione, permeabilità, etc.) che garantirà un sigillamento idraulico delle formazioni stesse che impedirà la migrazione di fluidi tra i vari livelli di profondità.

Per ogni tubazione cementata a piano campagna sarà possibile installare una testa pozzo costituita da attrezzature di sicurezza (Blow Out Preventer, "BOP") che permetteranno un totale controllo del pozzo durante le operazioni di perforazione e di produzione.

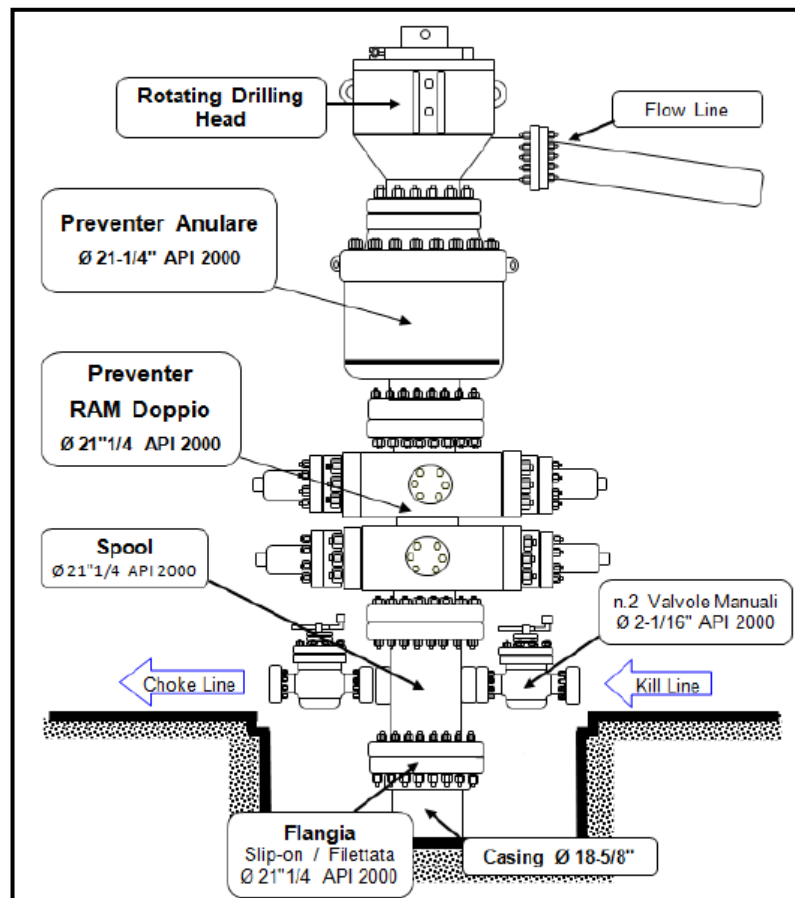
Il BOP è un'attrezzatura comandata idraulicamente ed azionata a distanza in caso di necessità dal piano sonda o dal piano campagna. Tale attrezzatura prevede la chiusura totale del pozzo sia in presenza di aste (di qualsiasi diametro e geometria) sia in assenza delle stesse.

Superiormente ai BOP viene installata la linea di scarico del fango (flow line) collegata all'impianto vasche di superficie attraverso il vibrovaglio. Nelle fasi finali di perforazione, dove il fango in uscita è ad alta temperatura, viene installata sopra i BOP un'ulteriore attrezzatura (testa rotante) allo scopo di evitare un eventuale flusso di fluido sul piano di lavoro (piano sonda). Inferiormente ai BOP sono installate due linee laterali dotate di valvola: una collegata ad uno scarico controllato (choke manifold) e l'altra alla linea alta pressione delle pompe fango (kill line).

Nell'ultima fase di perforazione inoltre viene inserita la master valve tra lo spool e il BOP, in modo tale che a fine perforazione il pozzo possa essere chiuso in sicurezza in attesa del montaggio della testa pozzo di produzione.

Un esempio di testa pozzo di perforazione è riportato in Figura 5.3.1.a.

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



**Figura 5.3.1.a** Esempio di Testa Pozzo in Fase di Perforazione

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

### 5.4.1 IL FANGO DI PERFORAZIONE

Il fluido di perforazione normalmente utilizzato per la perforazione dei pozzi geotermici è un fango bentonitico, costituito principalmente da una sospensione di bentonite in acqua e stabilizzato, quando necessario, con alcuni additivi chimici di tipo polimerico.

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.

Composizione Percentuale		
Componente	Valore	U.d.M.
Acqua	50 – 90	% peso
Barite	0 – 15	% peso
Bentonite	4 - 7	% peso
Argilla naturale delle formazioni	0 - 20	% peso
Sabbia	0,1 - 2	% peso
Proprietà Chimico Fisiche		
Densità	1,1 - 1,5	kg/l
pH	8,5 – 9,5	-

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

Nella prima fase di perforazione è prevista solamente una sospensione stabilizzata di bentonite in acqua con aggiunta di piccole percentuali di carbonato di sodio.

Una volta isolate le formazioni costituenti la prima fase di perforazione (150 m dal p.c.), dopo aver posizionato e cementato completamente il primo casing e durante la seconda fase, quando le temperature delle formazioni lo richiedono ( $T > 70$  °C), si inizierà a additivare il fango con specifici prodotti chimici costituiti da carbossimetilcellulosa (sostanza ecocompatibile, impiegata ad esempio quale additivo alimentare e nella produzione di farmaci e di mangimi), polimeri e resine sintetiche, NaOH e  $\text{NaHCO}_3$ .

La carbossimetilcellulosa LV (Low Viscosity) ha prevalente funzione di riduttore di filtrato.

La carbossimetilcellulosa EHV (Extreme High Viscosity) ha inoltre la funzione di migliorare la reologia del fango per il trasporto dei detriti a giorno.

Le resine sintetiche hanno lo scopo di contenere il filtrato nell'attraversamento delle formazioni sensibili all'acqua (argille, flysch) e/o permeabili, ad alta temperatura (oltre i 120°C).

La soda caustica (NaOH) ha lo scopo di mantenere il pH e l'alcalinità entro i valori di massima stabilità del fango.

Il bicarbonato di sodio ( $\text{NaHCO}_3$ ) ha lo scopo di far precipitare lo ione calcio come carbonato ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) specialmente nelle fasi di attraversamento del cemento.

Tali additivi in concentrazione non superiore a  $5 \text{ kg/m}^3$  svolgeranno un'azione stabilizzante del fango per viscosità, reologia, filtrazione.

La bentonite, che è il costituente principale del sistema ( $70\text{-}80 \text{ kg/m}^3$ ), è un materiale naturale estratto da cave contenente principalmente montmorillonite, uno speciale tipo di argilla. Tale materiale estratto nell'area mediterranea è di tipo calcico, ma viene industrialmente trasformato, attraverso un procedimento di intrusione, in sodico. La bentonite è un materiale usato anche nell'industria alimentare e farmaceutica, atossico e compatibile con l'ambiente.

Tutti gli additivi sono confezionati in sacchi o big bag sui quali viene riportata la dicitura di non pericolosi per l'uomo e l'ambiente.

L'acqua per la preparazione del fango sarà prelevata dai corpi idrici superficiali presenti nelle aree interessate dalle perforazioni. La disponibilità di acqua per la preparazione dei fluidi di perforazione o per la sua utilizzazione diretta come fluido di perforazione del serbatoio costituirà un elemento molto importante, anche ai fini della sicurezza.

#### 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.

In base alle informazioni dei precedenti pozzi perforati nell'area, si esclude la presenza di fluidi di strato o sacche di gas durante la perforazione delle formazioni di copertura. Pertanto, si prevede di mantenere la densità del fango non oltre  $1.200 \text{ gr/L}$ , senza uso di materiale di appesantimento (barite).

Nella fase di perforazione del serbatoio è previsto di incontrare acqua contenente basse concentrazioni di gas con pressioni inferiori alla colonna idrostatica corrispondente a tale profondità, per cui è previsto il loro attraversamento in parziale e totale perdita di circolazione.

L'installazione di due BOP, peraltro prevista dalle norme di legge, permette comunque la gestione in totale sicurezza del pozzo grazie alla possibilità di prevenire possibili blow-out. La disponibilità di acqua costituisce un ulteriore elemento importante per fronteggiare in piena sicurezza simili situazioni, seppur altamente improbabili per il progetto in esame.

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



**Figura 5.4.2.a** *Esempi di BOP "ram" e "Annular"*

La testa pozzo impiegata durante la fase di perforazione è costituita da un raccordo parallelo con due uscite laterali ancorato sulla flangia di base.

Le due uscite laterali, munite di valvole, sono collegate rispettivamente alle pompe fango (kill line) e alla linea di regolazione controllata (choke line). Superiormente al raccordo parallelo è posizionata una valvola maestra (master valve), un BOP ram doppio, un BOP anulare ed una testa rotante: ciò permette di pompare fluido in pozzo per controllare la pressione in caso di necessità, o contenere nella maniera opportuna possibili 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 Rilevazione dei Gas Endogeni***

L'impianto di perforazione sarà dotato di un sistema di rilevazione del gas in continuo, 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 opportuno 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**

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

Normalmente si adottano i valori limite di concentrazione (*Threshold Limit Value, TLV*) indicati dalle norme API, che a loro volta attingono dai dati pubblicati da *American Conference of Governmental Industrial Hygienists*.

Tali valori di soglia (TLV) sono quelli a cui una persona può restare esposta per 8h consecutive senza conseguenze.

La logica su cui si basa il sistema di sicurezza, sia nei riguardi dell'eruzione spontanea (blow out) che del rischio incendio, è la rilevazione tempestiva di quei sintomi, da trattare come stati di allarme, 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**

La direttiva del D.Lgs. n.624/96 prevede che il personale operativo di sonda sia in possesso della certificazione rilasciata da scuole qualificate dall'International Well Control Forum (IWCF) per il "controllo eruzione" dei pozzi.

Tale direttiva prevede inoltre che il personale partecipi ogni 2 anni a corsi di aggiornamento su tali procedure di controllo pozzo e venga sottoposto ad esame finale con rilascio di certificazione.

Il D.Lgs. n.624/96 prevede, inoltre, che il controllo del funzionamento dei BOP e degli altri componenti dell'impianto, sia effettuato secondo un dettagliato piano di controllo.

Durante la perforazione vengono periodicamente provati, infatti, nella loro funzionalità, sia i BOP che le attrezzature connesse alla sicurezza. Anche il sistema di monitoraggio e di allarme dei gas viene controllato attraverso la taratura periodica degli strumenti e vengono effettuate simulazioni di emergenza.

### **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 di CH<sub>n</sub> prestabiliti in funzione di questo obiettivo.

#### 5.4.2.1

##### **Tecniche di tubaggio per la protezione delle falde idriche**

Nell'area nella quale saranno realizzati i pozzi, la falda è presente a circa 70 - 100 metri di profondità dal p.c., all'interno dell'acquifero delle vulcaniti (per dettagli si rimanda All.1 - Relazione Geologica).

In generale, durante la perforazione, il rischio di contaminazione delle falde può avvenire attraverso l'immissione nell'acquifero di fango oppure di fluido endogeno.

Pur ribadendo che il profilo di tubaggio adottato per i pozzi geotermici (si vedano le figure al *Paragrafo 5.2*) permette un completo isolamento della/e falda attraversata, nel seguito viene analizzato in maniera compiuta il potenziale rischio di contaminazione delle falde, descrivendo gli accorgimenti progettuali e operativi adottati per evitarlo.

##### ***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.

Per l'isolamento e la protezione delle falde acquifere è previsto il tubaggio con cementazione completa dell'intercapedine foro-casing.

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.

Si fa notare che il profilo di tubaggio del pozzo prevede un primo casing di diametro 24" fino a 150 m da p.c., e un secondo, concentrico, casing da 18" 5/8 fino alla profondità di 410 m nei pozzi di reiniezione e alla profondità di 450 m nei pozzi di produzione, il cui scopo è di evitare qualsiasi collegamento, durante la successiva perforazione, con eventuali falde profonde che si dovessero incontrare.

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

La seconda forma di possibile contaminazione potrebbe consistere nell'immissione di fluido endogeno nelle formazioni sede di acquifero superficiale.

Tale condizione si potrebbe manifestare in condizioni dinamiche solo durante la risalita di fluido geotermico durante le fasi di prove o produzione del pozzo.



La protezione delle falde da possibili contaminazioni di fluido endogeno proveniente dal serbatoio geotermico è assicurata dalle seguenti scelte tecniche:

- in generale, l'impiego di 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 ne verifichi le migliori condizioni di serraggio, 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;
- l'esito della qualità della cementazione verrà assicurato da:
- un adeguato progetto di centralizzazione che assicuri la migliore coassialità tra tubo e foro (stand off);
- l'utilizzo di una malta con adeguati valori di densità, gel, filtrato, thickening time, free water, resistenza meccanica;
- l'esecuzione della cementazione che preveda un adeguato cuscinio separatore tra fango e malta, una miscelazione omogenea della malta (recirculating mixer), una corretta velocità di pompaggio e spiazzamento della stessa secondo i valori di thickening time della malta, un ridotto valore del tempo di indurimento della malta (transit time) che eviti effetti di canalizzazioni di fluidi nell'intercapedine;
- per la valutazione dello stato della cementazione del casing viene effettuato un rilievo sonico (CBL-VDL, o SBT) che fornisce indicazioni sulla buona qualità o sulla necessità di effettuare un ulteriore intervento per assicurare il completo isolamento degli strati;
- un rilievo di "multi finger caliper" per una valutazione dello stato di conservazione (usure, sottospessori, corrosione, etc.) del casing di produzione.

Questo sistema di tubazioni con la cementazione dei casing costituisce una barriera estremamente sicura per l'isolamento delle formazioni con alto grado di protezione delle falde. Il controllo della cementazione e i periodici successivi controlli della tubazione di produzione che fuoriesce dal piano campagna, costituiscono un'ulteriore garanzia di protezione delle falde.

### **Cementazione**

L'operazione di cementazione consiste nel riempimento dell'intercapedine foro-casing con malta di cemento che, una volta indurita, presenta un sistema impermeabile con caratteristiche meccaniche atte a garantire un legame sicuro tra roccia e tubazione.

La cementazione avviene mediante il pompaggio di malta che dall'interno dei tubi (sistema Parkins) o attraverso le aste (sistema con stinger) fuoriesce attraverso la cosiddetta scarpa (dotata di valvola di fondo) nell'intercapedine e risale fino a piano campagna.

Il cemento utilizzato prodotto in Italia è costituito da una miscela a secco (comacinazione di silice e clinker) di cemento API Classe "G" additivato con silice in rapporto 100/40 comunemente usato per cementazioni ad alta temperatura. Le malte indurite presentano il mantenimento delle caratteristiche di resistenza alla compressione e alla permeabilità nel tempo con temperature di test fino a 315°C.

Le malte di cemento utilizzate e miscelate fino a densità di 1,9 kg/l sono modificate (accelerate o ritardate) a secondo della profondità e della temperatura di posa.

Per temperature di circolazione superiori a 50-60 °C le malte richiedono l'impiego di additivi chimici specifici di brevetto delle company service multinazionali che operano in ambito mondiale nel campo della perforazione oil-gas e geotermia:

- defoamer, normalmente a base siliconica;
- retarder, per ottenere i tempi di pompabilità congruenti con quelli dell'operazione;
- fluidificanti (viscosity reducer), per regolare la reologia e i gel allo scopo di ridurre le perdite di carico durante il pompaggio e lo spiazzamento della malta;
- riduttore di filtrato (free water reducer), per impedire la disidratazione incontrollata della malta.

Le Compagnie di Servizio sono attrezzate con loro laboratori specialistici che consentono l'esecuzione di test di progettazione e di controllo delle malte.

Un adeguato progetto di cementazione e di esecuzione della stessa è forse l'operazione di completamento del pozzo più delicata e importante, tale da garantire la qualità del manufatto ed il mantenimento della produzione del pozzo nel tempo.

## 5.5 PROBLEMATICHE DI IGIENE ED ASPETTI DI ORGANIZZAZIONE DEL LAVORO

### ***Alloggi del personale***

Gli alloggi per il personale operativo sono costituiti da containers attrezzati ad uso ufficio.

Il personale si alterna secondo i turni contrattualmente previsti ed il cambio delle squadre avviene direttamente sul cantiere. Pertanto, gli alloggi non sono destinati a essere utilizzati né come refettorio vero e proprio, né come dormitori.

Gli impianti per il condizionamento ambientale interno ai containers uso ufficio saranno periodicamente controllati secondo le norme e mantenuti al fine di prevenire rischi connessi con il cosiddetto "Morbo del Legionario".

### ***Rifiuti e fattori connessi***

I rifiuti solidi urbani, in particolare eventuali scarti alimentari, ancorché di modestissima entità, saranno collocati in appositi contenitori stagni e giornalmente trasferiti in quelli appositamente previsti dal Comune o dall'azienda preposta al servizio di raccolta e smaltimento degli stessi.

Non è previsto immagazzinamento in cantiere di alimenti o prodotti ad essi connessi.

Inoltre, gli uffici di cantiere sono disegnati e costruiti per avere idonea protezione contro l'ingresso di piccoli animali e, stante la breve durata dei lavori, non si prevede, di solito, l'esecuzione di opere di preventivo contenimento della stessa. Tuttavia, se la durata delle attività dovesse prolungarsi oltre il previsto, o se necessario, si provvederà a richiedere servizio specifico attraverso compagnie specializzate.

Analoghe precauzioni saranno adottate nel caso di sbancamenti di terreno superficiale durante la fase di costruzione della postazione di sonda.

### ***Acque Stagnanti***

Non si prevede di disporre di vasche con acqua stagnante, se non per il periodo ristretto delle operazioni di perforazione. Al fine di prevenire focolai di artropodi si provvederà ad effettuare trattamenti chimici preventivi.

### ***Servizi Igienici di Cantiere***

Si prevede un servizio completo da parte di una compagnia esterna per la fornitura dei servizi stessi e per la loro completa gestione.

### ***Linee Elettriche e Telefoniche***

Le norme di polizia mineraria in vigore impongono di mantenere una distanza minima dalle linee elettriche e telefoniche, ai fini della sicurezza, pari all'altezza massima della torre di perforazione. Inoltre, nel caso di distanza (misurata in pianta) tra le linee e il pozzo inferiore a 50 m, la norma imponeva una specifica autorizzazione del Prefetto, la cui competenza è stata demandata all'Autorità di Vigilanza (Art. 60-64 DPR 128/59 e Art. 34 D. Lgs. 112 del 31/03/1998).

Nel caso in esame viene rispettato il limite di distanza di 50 m da qualunque linea elettrica o telefonica o altra opera di uso pubblico.

Tale distanza è largamente cautelativa anche dal punto di vista del rispetto del DPCM del 8 Luglio 2003.

## **5.6 CARATTERIZZAZIONE PRODUTTIVA DEI POZZI**

Al fine di confermare le caratteristiche chimico-fisiche del fluido e le caratteristiche idrodinamiche del serbatoio, saranno effettuate 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.

Nel presente progetto si prevedono:

- test per la determinazione della temperatura durante l'avanzamento della perforazione;
- una volta raggiunto il serbatoio, prove di iniettività per la stima della producibilità/iniettività della formazione;
- prova di produzione a breve termine, per la "ripulitura del pozzo" e la caratterizzazione preliminare, eseguite con la presenza della sonda di perforazione;
- prove di produzione e reiniezione, tra i pozzi della medesima postazione, per una caratterizzazione dettagliata.
- rilievi periodici di temperatura e pressione in pozzo in condizioni statiche (assenza di produzione/reiniezione).

#### ***Determinazione della temperatura***

La temperatura viene misurata durante l'avanzamento del pozzo stesso. 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.

#### ***Prove di iniettività***

Queste prove consistono nell'iniezione di diversi gradini di portate di acqua nelle formazioni produttive (con portate massime di 200 - 250 m<sup>3</sup>/h), monitorando in continuo i transitori di pressione mediante apposito strumento calato in pozzo.

Si stima un consumo di acqua pari a circa 400 m<sup>3</sup>.

Qualora le prove di iniezione indicassero permeabilità insoddisfacenti e uno skin factor positivo, sarà effettuata un'operazione di acidificazione del pozzo.

Tale pratica, che consiste nel pompaggio di una soluzione acida in pozzo, permette il miglioramento delle caratteristiche produttive locali attraverso la dissoluzione dei minerali presenti nelle rocce del serbatoio geotermico e costituisce una prassi consolidata nel settore minerario.

#### ***Prove di produzione a breve termine***

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 "ripulire il pozzo" dai detriti e determinare alcune caratteristiche produttive.

Durante le prove il fluido geotermico risalirà in superficie dove verrà separato in un separatore atmosferico che funzionerà anche da silenziatore. Il separatore ha lo scopo di separare la fase liquida, in uscita dal pozzo, dal vapore e di ridurre le emissioni sonore.

La fase aeriforme (costituita da vapore, incondensabili ed aria) viene espulsa dall'alto, mentre la fase liquida viene raccolta e scaricata nella vasca recupero prove di produzione.

Il test si interromperà una volta che il pozzo sarà completamente ripulito e una volta determinate le caratteristiche produttive principalmente pressione, temperatura e portata del fluido in erogazione. È ragionevole supporre che tale fase di prove potrà avere una durata di alcuni giorni (max. 3-4 giorni).

Nel corso dei test di erogazione è inoltre previsto il monitoraggio, con strumento portatile, della concentrazione di H<sub>2</sub>S a diverse distanze dall'impianto e presso i potenziali recettori. Per ulteriori informazioni relative al piano di monitoraggio si rimanda all'*Allegato 7* dello SIA.

### **Prova di Produzione e Reiniezione**

La prova ha la finalità di valutare con maggiore dettaglio le caratteristiche produttive del serbatoio geotermico e di testare la reiniezione del fluido geotermico, ricreando ciò che avverrà ad impianto in condizioni di esercizio.

Durante la prova i pozzi di produzione della postazione LT\_1 saranno messi in collegamento con i pozzi di reiniezione della postazione LT\_2, mediante la tubazione di reiniezione interrata prevista per l'esercizio della centrale.

La prova avrà una durata di circa 14 giorni e sarà funzionale per:

- una migliore caratterizzazione del serbatoio geotermico in termini di produttività e di iniettività.
- Caratterizzazione chimico-fisica del fluido geotermico e dei gas incondensabili
- Definizione dei parametri di design dell'impianto
- Definizione della realizzazione delle opere di riserva (Postazione LT\_3 e LT\_4)

Siccome durante tale prova la fase aeriforme del fluido geotermico sarà comunque espulsa in atmosfera, è stato previsto di eseguire anche per questa fase il monitoraggio della concentrazione di H<sub>2</sub>S, con le modalità riportate nell'*Allegato 7* dello SIA.

## **5.7 USO DI RISORSE**

### **5.7.1 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 della formazione delle vulcaniti verrà impiegata acqua prelevata dalla falda acquifera. In tale fase, il consumo di acqua è variabile in base alla permeabilità dei tratti attraversati e può essere stimato tra 10 e 50 m<sup>3</sup>/h.

Il consumo di acqua si mantiene limitato durante l'attraversamento delle formazioni argillificate delle vulcaniti e, soprattutto, durante la perforazione delle rocce argillitiche delle Unità Liguri. Durante tale fase l'approvvigionamento d'acqua sarà variabile tra pochi litri/ora fino al massimo di circa 10 m<sup>3</sup>/h 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.

In prossimità della piazzola di perforazione, è stata prevista una vasca di capacità pari a 1.000 m<sup>3</sup> al fine di garantire almeno una parziale autonomia durante la perforazione; in questo modo sarà possibile gestire in postazione uno stoccaggio preventivo di acqua, sia nelle varie vasche di servizio (fuori terra) dell'impianto di perforazione che nelle vasche interrato presenti.

#### 5.7.1.1 **Approvvigionamento idrico**

I fabbisogni idrici industriali, per la fase di perforazione dei pozzi in progetto, saranno garantiti dalla captazione dell'acqua di falda, mediante l'utilizzo di un pozzo esistente presente nell'area della postazione LT\_1 e mediante la realizzazione di tre nuovi pozzi di emungimento in corrispondenza delle altre postazioni.

In prima istanza, è stata valutata anche la possibilità di prelevare l'acqua dal reticolo idrografico superficiale, tuttavia l'assenza di dati idrologici e il carattere torrentizio dei corsi d'acqua limitrofi alla postazione rendono impercorribile questa soluzione di approvvigionamento idrico durante la fase di perforazione.

Al fine di limitare ulteriormente i prelievi dai corsi d'acqua, nelle postazioni è prevista la raccolta delle acque meteoriche di dilavamento non contaminate all'interno della vasca d'acqua industriale. Data la limitata area della copertura impermeabile e data la occasionalità delle precipitazioni, la raccolta delle acque piovane può tuttavia risultare solo una integrazione al prelievo idrico dalla falda.

La consultazione dell'Archivio nazionale delle indagini di sottosuolo (Legge 464/1984) ha consentito di individuare l'ubicazione dei pozzi per acqua censiti dall'ISPRA con profondità

maggiore di 30 m. Dai dati stratigrafici associati a tali pozzi si può desumere che tutte le opere di captazione si instaurano all'interno dei Acquifero delle Piroclastiti e che il livello piezometrico riscontrato nei pozzi limitrofi all'area di progetto varia da 290 a 415 m s.l.m.

I pozzi di approvvigionamento idrico avranno caratteristiche costruttive al pari dei pozzi per uso irriguo e l'estrazione dell'acqua dal pozzo sarà realizzata con una semplice pompa sommersa, che tramite un breve tratto di tubazioni invierà l'acqua alla vasca raccolta acque industriale.

Di seguito vengono descritte le fasi di lavoro e le metodologie di perforazione necessarie per la messa in opera e il completamento di un pozzo destinato all'approvvigionamento idrico della postazione (per maggiori dettagli si rimanda all'Allegato 1):

- 1) Il pozzo, come detto precedentemente, sarà ubicato all'interno della postazione di perforazioni, in prossimità della vasca acque industriali.
- 2) La perforazione avverrà mediante sonda meccanica a rotopercolazione con utilizzo di martello a fondo foro e circolazione ad aria. Tale tipologia è usualmente utilizzata per la perforazione di pozzi ad acqua anche per uso idropotabile.
- 3) Verrà realizzato un avampozzo di diametro iniziale di 450 mm per una decina di metri, all'interno del quale sarà calata una tubazione di rivestimento. Successivamente l'intercapedine sarà cementata mediante iniezione di malta in modo da isolare completamente il primo tratto. La perforazione procederà con un diametro di 350 mm fino alla profondità di progetto di 130 m da p.c..
- 4) Il foro verrà totalmente rivestito con tubazioni di 270 mm di diametro; in particolare la parte finale della tubazione del pozzo sarà fenestrata all'altezza dei livelli idrici produttivi.
- 5) All'interno dell'intercapedine tra tubazione fenestrata e la parete del foro sarà realizzato un drenaggio, con ghiaio siliceo lavato di fiume, con granulometria 5-10 mm di diametro.
- 6) Al di sopra del dreno verrà posizionato un livello di sabbia seguito da un successivo livello di pellets di argilla disidratata, per uno spessore totale di alcuni metri. La restante parte d'intercapedine sarà cementata fino a testa pozzo, mediante l'iniezione di malta.
- 7) Dopo il completamento del pozzo, verrà effettuata l'operazione di "Spurgo" mediante metodologia "Air-lift", allo scopo di ripulire al meglio il pozzo ed ottimizzare l'efficienza di produzione.
- 8) Successivamente verranno eseguite le prove di portata, necessarie a valutare al meglio il rapporto pozzo-falda e a stabilire la potenza della pompa da installare.

La perforazione dei pozzi per l'approvvigionamento idrico avverrà subito prima o per lo più contemporaneamente all'allestimento della postazione. Per la realizzazione verranno adottate tutte le misure atte a prevenire potenziali infiltrazioni di materiale inquinante nel sottosuolo. Infatti, in corrispondenza dell'area sulla quale verranno eseguite tutte le operazioni potenzialmente soggette a sversamenti accidentali durante la perforazione, sarà posizionata una apposita membrana impermeabilizzante in gomma sintetica.

Al di sopra, di questa verrà steso un ulteriore telo in T.N.T. che, oltre a rappresentare una barriera aggiuntiva, garantirà una maggiore protezione della membrana impermeabile. Una opportuna tubazione drenante micro fessurata in polietilene ad alta densità (PEAD), posta sopra le barriere sopra descritte, permetterà la raccolta delle acque meteoriche di dilavamento trattenute dalla membrana impermeabile convogliandole, tramite successiva tubazione chiusa, al pozzetto

disoleatore. Successivamente, l'intera area verrà consolidata con materiale arido quale pietrame e ghiaia, di idonea granulometria, tale da garantire un'adeguata stabilità dell'impianto di perforazione e, grazie alla buona permeabilità, un efficace drenaggio dell'acqua. La massicciata sarà composta da un primo strato con materiale di pezzatura più grossolana (pietrisco) e da un secondo strato, quello superficiale, di taglio inferiore (ghiaia).

## 5.7.2 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, analogo a quello previsto, durante la perforazione è di circa 3.000 kg/giorno, con una media di circa 1.500 kg/giorno. Il fabbisogno complessivo a pozzo è stimabile in 90.000 kg/pozzo. Il consumo di lubrificanti del macchinario dell'impianto di perforazione è stimabile in 1.500 kg/pozzo.

## 5.7.3 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: 50 t per pozzo;
- cemento per le malte: 200 t per pozzo;
- acqua per la perforazione, circa 25.000 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 320 tonnellate di acciaio per pozzo.

## 5.8 INTERFERENZA POTENZIALI CON L'AMBIENTE

### 5.8.1 RIFIUTI E RESIDUI

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 un massimo di circa 600 t. 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.

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 provvederà quindi a prelevare i prodotti e a 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. I residui saranno, inoltre, classificati con il relativo codice CER in accordo al D.lgs. 152/06.

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

Durante la perforazione, nel cantiere è prevista la presenza 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 5.8.1.a.

Tipologia Rifiuto	Quantità in kg	Rif. Codice CER
Materiali filtranti, stracci e indumenti contaminati da olio	350	150202*
Materiale per imballaggi	1.000	150106
Gomma e gomma-metallo	3.500	191204
Legname	900	170204*
Oli esausti utilizzati nei motori	350	130208*

**Tabella 5.8.1.a** **Quantitativi Medi Rifiuti da Smaltire con Riferimento all'Attività di Perforazione di Ciascun Pozzo**

## 5.8.2

### ATMOSFERA

#### ***Emissioni in Atmosfera***

Durante la fase di perforazione dei pozzi le emissioni di gas nell'atmosfera possono avere la seguente origine:

- gas di scarico dai motori diesel azionanti i gruppi elettrogeni o altre utenze possibili;
- prove di produzione;
- traffico indotto dalle attività.

#### ***Emissioni da Motori Diesel***

Durante le attività di perforazione di ciascun pozzo saranno utilizzati i seguenti motori diesel:

- n.2 motori azionanti n.2 gruppi elettrogeni;
- n.2 motori azionanti n.2 motopompe del fango
- n.1 motore azionante n.1 gruppo elettrogeno di servizio

Per la stima delle emissioni si deve tener conto che tutti i motori sono gestiti secondo le norme vigenti e hanno emissioni inferiori ai limiti imposti dalla normativa (punto 3 della Parte III dell'Allegato I alla Parte Quinta del D.Lgs. 152/06) sui motori per installazioni fisse a combustione interna.

#### ***Prove di Produzione***

Al termine della perforazione verranno effettuate le prove di produzione in dettaglio al *Paragrafo 5.6.*

Durante le prove di produzione, verranno necessariamente rilasciati in atmosfera il gas e il vapore provenienti dal pozzo. La brevità delle prove di produzione, la composizione chimica del fluido (quasi esclusivamente vapore d'acqua ed anidride carbonica) e la sua temperatura fanno ritenere del tutto trascurabili gli impatti generati dalle prove di produzione.

Per la stima dell'impatto indotto dalle ricadute atmosferiche di H<sub>2</sub>S emesso durante le prove di produzione si rimando al *Paragrafo 4.3.1.3* dello SIA, dove questo argomento è stato trattato con maggiore approfondimento.

Inoltre, come indicato nell'*Allegato 7* dello SIA, durante le prove di produzione sarà eseguito un monitoraggio della qualità dell'aria finalizzato a verificare la concentrazione di H<sub>2</sub>S in corrispondenza dei ricettori potenzialmente interessati. Per ulteriori dettagli in merito al piano di monitoraggio si rimanda all'*Allegato 7* dello SIA.

#### ***Emissioni da traffico Indotto***

Il traffico indotto tanto nella fase di costruzione della postazione che nella fase di perforazione è stimabile in non più di 10 mezzi giornalieri e non è pertanto in grado di alterare la qualità dell'aria.

L'impatto si ritiene pertanto non significativo.

### 5.8.3 ACQUA

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

- le acque piovane;
- gli scarichi dei servizi sanitari;
- acque di lavaggio dei mezzi di cantiere;
- i reflui liquidi provenienti dalle attività di perforazione.

Nel periodo di perforazione, le acque di pioggia che scorrono sul terreno impermeabilizzato, che ospita l'impianto di perforazione, sono raccolte, mediante una rete di canalette che, collegate al sistema di raccolta e gestione delle acque meteoriche dilavanti consentirà la tutela dei corpi idrici superficiali secondo quanto disposto dal D.lgs n.152/2006 e s.m.i e dalla normativa regionale vigente.

Per i dettagli relativi al piano di gestione delle acque meteoriche di rimanda all'*Allegato 4*.

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, sarà stimabile nella situazione specifica in 30 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, sarà installato apposito sistema di lavaggio ruote.

I reflui liquidi provenienti dalle attività di perforazione saranno stoccati in apposite vasche e inviati a centri di raccolta specializzati.

### 5.8.4 SUOLO E SOTTOSUOLO

L'occupazione di suolo da parte dell'impianto di perforazione e delle relative apparecchiature sarà del tutto temporanea.

Dopo le prove di produzione, l'area interessata dalla postazione verrà mantenuta con una recinzione. Anche la testa pozzo sarà ulteriormente recintata per una ulteriore protezione.

In caso di insuccesso, l'area sarà ripristinata e riportata alle condizioni originarie con la chiusura mineraria dei pozzi.

Non si prevedono interferenze con le falde acquifere in quanto verranno predisposte tutte le misure descritte al *Paragrafo 5.4.2.1 "Tecniche di Tubaggio per la Protezione delle Falde Idriche"*.

### 5.8.5 VEGETAZIONE FLORA E FAUNA

Per quanto riguarda le postazioni di perforazione in progetto e l'area di centrale, queste interessano aree attualmente in disuso (area di produzione) e aree agricole (postazioni di reiniezione). Per cui non sono previsti impatti sulla vegetazione.

## 5.8.6 EMISSIONI SONORE FASE DI PERFORAZIONE

Le principali sorgenti di emissione sonora connesse all'impianto di perforazione sono le seguenti:

- due gruppi elettrogeni alimentati con motore diesel;
- due motopompe del fango;
- due vibrovagli alimentati con motore elettrico;
- due compressori;
- l'argano alimentato da motore diesel o idraulico utilizzato per la movimentazione delle aste e posto sul piano sonda;
- Top Drive.

Nella seguente *Tabella 5.8.6a* 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.

Sorgente	Macchinario	Numerosità	L <sub>w,A</sub> [dB(A)]
S1	Vibrovaglio	2	93,0
S2	Sonda di perforazione	1	98,0
S3	Generatore elettrico	2	93,0
S4	Pompa triplex	2	92,0
S5	Compressori	2	90,0
S6	Top Drive	1	92,0

**Tabella 5.8.6.a** *Potenza Sonora delle Principali Sorgenti dell'Impianto di Perforazione*

Le valutazioni sull'impatto acustico sono presenti all'interno dell'*Allegato 1* allo SIA.

### **Prove di Produzione**

Nel corso delle prove di produzione la sorgente sonora principale sarà rappresentata dal separatore atmosferico

Il vapore geotermico in uscita dal separatore atmosferico sarà caratterizzato da una potenza sonora di 98 dB(a).

## 5.8.7 MEZZI DI CANTIERE E TRAFFICO INDOTTO

Vista l'entità delle opere necessarie alla realizzazione delle postazioni di perforazione e dei pozzi, la quantità dei mezzi per l'alimentazione del cantiere risulta essere modesta e non modifica apprezzabilmente il carico esistente dovuto al normale traffico delle auto e dei mezzi agricoli.

Pertanto, il disturbo del traffico dei mezzi adibiti alle attività di perforazione è al limite dell'apprezzabilità.

La realizzazione delle piazzole e dei relativi 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, della durata di 45 giorni a postazione. In questa fase si stima siano necessari, a postazione:

- circa 250 carichi con autocarro da 30 ton per il trasporto del materiale inerte per il consolidamento della postazione e degli accessi;
- 115 autobotti da 8 m<sup>3</sup> per la fornitura di calcestruzzo, volume stimato pari a circa 920 m<sup>3</sup>;
- 5 carichi leggeri per altro materiale da costruzione;
- 2 trasporti con autocarro da 30 ton per escavatore ed una motopala.

Per la fase di montaggio dell'impianto di perforazione si stimano 40 trasporti con autocarro da 30 a 44 ton.

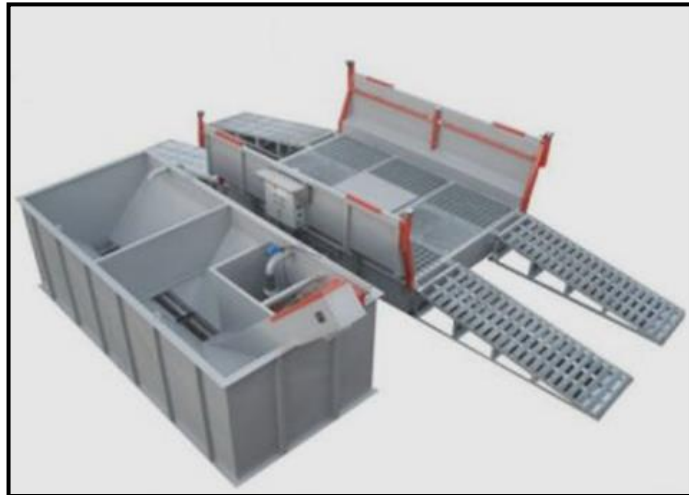
Durante la perforazione si stima siano necessari per postazione:

- 15 trasporti con autocarro da 30 ton per il materiale da perforazione (bentonite, tubi, cemento, materiali minori) ripartiti nei primi 30 giorni di attività;
- 10 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.

#### 5.8.7.1

##### **Pulitura mezzi di cantiere**

Il cantiere sarà dotato di un impianto di lavar ruote mobile (Figura 5.8.7.1.a), 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 agli pneumatici dei mezzi.



**Figura 5.8.7.1.a** Tipologico dell'Impianto Lavaruote 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 2.000 l per l'acqua di riciclo.

L'acqua raccolta al di sotto della piazzola 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 disperdere materiale 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 della piazzola inghiaiate, le ruote dei mezzi non hanno la possibilità di sporcarsi.

## 5.9 COMPLETAMENTO DEI POZZI E RIPRISTINO DELLA POSTAZIONE

Le postazioni di perforazioni possono essere considerate come un'opera temporanea strettamente legata all'attività di perforazione, a conclusione della quale la superficie potrà essere oggetto di ripristino territoriale.

Nello specifico, gli sviluppi futuri dell'area della postazione di perforazione dipenderanno strettamente dall'esito della perforazione e della produttività dei pozzi, in particolare saranno adottate le seguenti alternative:

- **Pozzi Produttivi** – questi saranno utilizzati per la generazione di energia geotermoelettrica e la cessione del calore geotermico. Per cui al termine della realizzazione dei pozzi, tutte le attrezzature di cantiere verranno smantellate, mentre i pozzi geotermici e la postazione rimarranno in essere.
- **Pozzi Sterili** – nell'eventualità che gli esiti della perforazione siano negativi sarà effettuata la chiusura mineraria dei pozzi e si procederà alla demolizione della postazione e al ripristino delle condizioni ante-operam dell'area.

Di seguito saranno descritte nel dettaglio le tipologie di ripristino ambientale che saranno adottate nei casi di pozzi produttivi e pozzi sterili.

### 5.9.1 ESITO POSITIVO DELLA PERFORAZIONE

In caso di successo, i pozzi saranno utilizzati per l'estrazione e la reiniezione del fluido geotermico ed in loco saranno mantenute le postazioni, pur in forma ridotta e con una visibilità minimale (Tavola: P22045-C-LY-06-0 - Postazioni in Fase di Esercizio). Quest'ultime mostrano rispettivamente i layout delle postazioni in fase di esercizio.

Le opere destinate a rimanere in loco saranno:

- Cantina e teste pozzo: come già detto la cantina sono necessarie per la realizzazione dei pozzi e per ospitare le relative teste pozzo. Le teste pozzo saranno caratterizzate da un ingombro irrilevante, sia in termini volumetrici che per elevazione e visibilità. Si tratta, infatti, di tubazioni e valvole che, alloggiata in un avampozzo (cantina), fuoriescono dal piano campagna di circa 0,5 - 1,5 metri, quindi di ingombro assimilabile ai comuni pozzi artesiani per l'attingimento di acqua. Attorno alle cantine sarà installata una recinzione costituita da una rete di altezza 1,80 m posta intorno alla cantina, per protezione dei pozzi; sarà munita di cancello per impedire l'accesso alla struttura da tutti i lati.
- Soletta area impianto di perforazione: attorno alle cantine è presente una soletta in c.a. dimensionata per sopportare il carico dell'impianto. Tale area non verrà dismessa poiché potrebbe essere necessaria per la fase di perforazione di un futuro pozzo o per gli eventuali interventi di manutenzione dei pozzi che verranno realizzati.
- Cunicoli per tubazioni di produzione/reiniezione: in adiacenza alle cantine saranno presenti dei cunicoli completamente interrati, funzionali per l'uscita delle condotte di produzione.

- Area impianto di produzione/reiniezione: in tale area saranno installata l'equipment necessaria alla raccolta e alla gestione del fluido, per lo più rappresentata da tubazioni e valvole che indirizzeranno il fluido dalla postazione all'impianto ORC e viceversa.
- Vasca acque industriali e vasca recupero prove di produzione: le due vasche interrato risultano funzionali all'attività di perforazione di successivi pozzi nonché necessarie per le prove di produzione;
- Area stoccaggio deposito gasolio/oli lubrificanti e area stoccaggio materiali vari: le solette e le strutture per il rifornimento gasolio e l'area di stoccaggio rimarranno in loco, mentre saranno rimosse tutte le attrezzature posizionate in queste aree;
- Recinzione perimetrale: 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 dei pozzi, 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. Sarà effettuata la piantumazione di specie arboree e arbustive autoctone al fine di ottenere un migliore inserimento paesistico. Particolare attenzione sarà posta alla piantumazione di specie arboree/arbustive autoctone e non invasive.

## 5.9.2 ESITO NEGATIVO DELLA PERFORAZIONE (POZZI STERILI) O FINE

In caso di esito negativo della perforazione, qualora i pozzi risultino inutilizzabili per uno degli obiettivi per cui era stato perforato o alla fine della vita tecnica delle opere in oggetto, si procederà alla chiusura mineraria dei pozzi e alla demolizione delle opere civili.

### **Ripristino Ambientale - Chiusura Mineraria dei Pozzi**

Scopo della chiusura mineraria è 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.

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 in particolare 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 in zona 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. Il tempo previsto per l'esecuzione della chiusura mineraria di un singolo pozzo è stimabile in circa 10 giorni.

### ***Demolizione delle Opere Civili***

Al termine della chiusura mineraria si procederà al ripristino delle condizioni originali, procedendo alla demolizione delle opere in calcestruzzo e allo smantellamento dell'impiantistica di produzione e reiniezione lasciando l'area nelle stesse condizioni di origine.

Pertanto, le aree pavimentate, la soletta in c.a., le opere di fondazione, le cantine dei pozzi, le vasche di acque industriali saranno smantellate e frantumate per diventare materiale inerte.

Le tubazioni, le valvole e le strumentazioni saranno smontate e rimosse dal sito. Il materiale isolante di tutta l'impiantistica di produzione e reiniezione verrà rimosso e trasportato in discarica.

L'area inghiaata e il materiale inerte circostante alla soletta sarà raccolto e riciclato ad altri usi o eventualmente destinato a smaltimento.

Anche la tubazione temporanea per l'alimentazione di acqua al cantiere verrà completamente rimossa. Lo stesso dicasi per le eventuali relative opere accessorie che siano state costruite.

Le strade di nuova realizzazione per l'accesso alle postazioni saranno rimosse e l'area sarà riportata allo stato ante-operam. Tale attività prevede la rimozione del materiale inerte utilizzato per stabilizzare la carreggiata stradale, che verrà raccolto e riutilizzato per realizzare drenaggi e riempimenti. Seguirà la demolizione delle opere di regimentazione idraulica e il rimodellamento morfologico del terreno.

Il materiale derivante dalla demolizione dell'area di postazione, se possibile, verrà recuperato o riciclato; qualora non fosse possibile si procederà con lo smaltimento.

Al termine della demolizione delle opere civili, al fine di garantire la permeabilità del suolo, l'area della postazione sarà soggetta a rippatura, nonché a una riprofilatura del terreno conferendo ad esso una morfologia irregolare simile a quella naturale ponendo attenzione a una ottimale regimentazione delle acque superficiali.

Ove necessario verrà riportato e steso uno spessore di terreno vegetale e l'area sarà riportata allo stato ante-operam e/o predisposta per eventuali utilizzi previsti. Si potrà quindi procedere con la seminazione di specie arbustive autoctone non invasive e di essenze erbacee finalizzate a limitare l'erosione superficiale da parte delle acque di ruscellamento superficiale.

I tempi previsti per l'esecuzione delle attività inerenti al ripristino di una singola area di postazione è stimabile in circa 3 mesi.

## 6 LA CENTRALE DI PRODUZIONE

### 6.1 CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE

La progettazione della centrale di produzione elettrica è stata condotta assumendo 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 flusso, come preliminarmente illustrato nei precedenti capitoli e come descritto nell'apposito *Allegato 2* al presente documento.

La soluzione di coltivazione adottata, per garantire l'assenza di emissioni di fluido in atmosfera, prevede l'installazione di una centrale a ciclo binario (di seguito chiamata impianto ORC, acronimo di Organic Rankine Cycle) in cui si effettua la separazione, dal fluido geotermico, dei gas incondensabili che si sono sviluppati durante la risalita e la depressurizzazione del fluido in pozzo, la loro ricompressione e la successiva miscelazione con la corrente liquida raffreddata in uscita dall'ORC, al fine di poter effettuare la reiniezione totale del fluido geotermico nelle stesse formazioni geologiche di provenienza.

L'impianto è stato quindi progettato sulla base delle seguenti specifiche:

- potenza netta di design pari a 5 MWe;
- energia elettrica immessa in rete nell'arco dell'anno: circa 40.000 MWh elettrici;
- assenza di emissioni in atmosfera, in condizioni di normale esercizio della centrale;
- reiniezione totale del fluido geotermico, ivi inclusi i gas incondensabili;
- iniezione di inibitori in pozzo al di sotto del livello di flashing per la prevenzione delle incrostazioni da Carbonato di Calcio (per i dettagli si veda il Paragrafo 6.2.2.2);
- predisposizione dell'impianto alla cessione di calore alle serre limitrofe;
- predisposizione alla potenziale e futura installazione di un impianto per il recupero ed estrazione del litio o altri minerali;
- utilizzo di condensatore ad aria a vantaggio della minimizzazione del consumo delle risorse idriche;
- impiego di materiali per le tubazioni a contatto col fluido geotermico in acciaio al carbonio con adeguato sovrappessore di corrosione, quando necessario;
- non utilizzo di leghe contenenti rame per i materiali dell'impianto ORC a contatto con il fluido geotermico;
- impiego di fluidi di lavoro, all'interno dello ORC, di nuova generazione ad elevata compatibilità ambientale, a bassissimo effetto serra e non infiammabili;
- temperatura di reiniezione non inferiore a 85 °C, per evitare la precipitazione della silice.

Per facilità di lettura nella seguente Tabella 6.1. si riportano i valori dei parametri di processo scelti in fase di progettazione già descritti al Paragrafo 1.1.

CARATTERISTICHE TECNICHE-PROGETTUALI IN CONDIZIONI DI DESIGN	
Potenza elettrica lorda	6-8 MW
Potenza elettrica netta di design	5 MW
Rendimento elettrico lordo centrale ORC	18-21 %
Portata di fluido estratto e reiniettato	200 - 300 t/h
Temperatura del fluido in ingresso all'ORC	160 - 180 °C
Temperatura di Reiniezione	85 ÷ 90 °C
Pressione di esercizio a testa pozzo	6 - 12 bar a
Pozzi Produttivi	2-3 <sup>2</sup>
Portata di ciascun Pozzo Produttivo	100 - 250 t/h
Pozzi Reiniettivi	2-3 <sup>1</sup>
Distanza Media tra le zone di serbatoio Produttive e Reiniettive	≈ 2.000 m <sup>1</sup>
Quota dell'impianto ORC	406 m s.l.m.
Quota della Postazione di Produzione LT_1	406 m s.l.m.
Quota della Postazione di Produzione LT_2	395 m s.l.m.
Quota della Postazione di Reiniezione LT_3	406 m s.l.m.
Quota della Postazione di Reiniezione LT_4	395 m s.l.m.
Profondità media dei pozzi verticali di produzione	2.000 m
Profondità media dei pozzi verticali di reiniezione	2.000 m
Lunghezza tubazione di produzione LT_1-ORC	c.a. 200 m
Lunghezza tubazione di reiniezione ORC-LT_2	c.a. 3.000 m
Elettrodotto MT per la connessione alla rete elettrica esistente.	2,3 km

**Tabella 6.1.a** *Caratteristiche tecnico progettuali*

La portata media del fluido geotermico, tale da garantire una produzione di energia elettrica di circa 40.000 MWhe annui, sarà quindi compresa tra le 200 e le 300 t/h, in funzione delle condizioni del fluido geotermico e dell'efficienza dell'impianto di conversione. Per i dimensionamenti dell'impianto è stata assunta una portata pari a 250 t/h.

La progettazione ha infatti inteso descrivere sempre la soluzione più "impattante". In altre parole, l'impianto è stato dimensionato con la maggior occupazione di suolo e con le maggiori dimensioni ipotizzabili. Eventuali piccole modifiche che si dovessero rendere necessarie nella progettazione esecutiva saranno pertanto migliorative ai fini dell'impatto ambientale.

<sup>2</sup> Valore relativo alla situazione per la quale verranno realizzate ed attivate le postazioni di riserva LT\_3 e LT\_4

## 6.2 DESCRIZIONE DEL PROGETTO

### 6.2.1 GENERALITÀ

L'impianto geotermico denominato "Latera" sarà costituito dai seguenti componenti principali:

- n. 2 postazioni di produzione (di cui una di riserva);
- un sistema di dosaggio (uno per ciascuna postazione produttiva) e iniezione inibitore di incrostazione in pozzo nella piazzola di produzione;
- una apparecchiatura per la separazione della fase liquida da quella aeriforme, localizzata in corrispondenza della postazione di produzione LT\_1;
- separatore-silenziatore atmosferico, che riceverà tutti gli sfiori di emergenza e quindi generalmente in stand-by, localizzato in ciascuna postazione di produzione;
- un sistema di tubazioni di convogliamento che consentirà di condurre il fluido geotermico, separato tra fase liquida e fase vapore, dai pozzi produttivi fino all'impianto ORC;
- l'impianto ORC, che consentirà la produzione di energia elettrica attraverso il recupero di calore dal fluido geotermico;
- una sezione di ricompressione del gas (compressione multistadio) per la CO<sub>2</sub>, naturalmente disciolta nel serbatoio, che si è liberata durante la risalita del fluido geotermico, da reiniettare con la corrente liquida in uscita dall'impianto ORC;
- un sistema di pompaggio della corrente liquida in uscita dall'impianto ORC per la sua reiniezione;
- un sistema di tubazioni di convogliamento del fluido geotermico raffreddato (in uscita dall'impianto ORC) ai pozzi di reiniezione. Lungo tale tracciato saranno stesi anche il cavo di segnale e il cavo di potenza;
- n. 2 postazioni di reiniezione (di cui una di riserva);
- la linea elettrica interrata di media tensione per il collegamento tra la centrale ORC e la cabina primaria esistente "Latera";
- la linea elettrica a bassa e media tensione per l'alimentazione delle utenze presenti in prossimità di tutti i pozzi, quali gli impianti di iniezione dell'inibitore, l'impianto di illuminazione, la strumentazione di testa pozzo, la trasmissione dei dati, ecc.

La localizzazione delle opere principali in progetto (postazioni di perforazione e impianto ORC) è riportata in Figura 1.1.b e Figura 1.1.c, rispettivamente su CTR (1:10.000) e su ortofoto. In Figura 1.1.d e Figura 1.1.e è riportata la localizzazione delle opere di progetto comprensive delle attività di riserva.

Lo schema generale dell'impianto è riportato nella Tavola: P22045-P-DF-00-0 - Diagramma di Flusso (PFD) e Schema Inibitori.

Nelle Tavola: P22045-C-LY-07-0 - Impianto ORC è riportata la planimetria dell'impianto ORC e relativi dettagli.

#### **Sistema di Controllo**

Il sistema di automazione, basato su logica a PLC, consentirà di controllare e gestire tutto l'impianto ORC, la rete di produzione di fluido geotermico 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.

Sulle tubazioni di reiniezione sarà installato un sistema di controllo delle eventuali perdite, descritto successivamente (Paragrafo 6.2.7), che ne permetterà la rilevazione ed il conseguente invio di un segnale di allarme al centro di controllo per il successivo intervento di ripristino.

## 6.2.2 IMPIANTI PER LA COLTIVAZIONE DEL FLUIDO GEOTERMICO

Come già ampiamente descritto nei Capitoli precedenti, il serbatoio geotermico, che sarà oggetto della coltivazione, è a liquido dominante con temperature dell'ordine di 200 °C.

Il serbatoio è caratterizzato da pressioni tali da rendere possibile la produzione spontanea dei pozzi.

Il fluido geotermico, durante la risalita, diminuisce di pressione e subisce quindi un flash in pozzo che determina una progressiva diminuzione di temperatura rispetto a fondo pozzo, la formazione di una certa quantità di vapore e la liberazione di una parte della CO<sub>2</sub> naturalmente disciolta.

Dal punto di vista impiantistico appare subito evidente, come mostrato nel PFD (Tavola: P22045-P-DF-00-0 - Diagramma di Flusso (PFD) e Schema Inibitori) la necessità di prevedere:

- separatore gas-liquido;
- scambiatori di calore dell'ORC;
- sistema di iniezione in continuo di inibitori a testa pozzo per impedire le incrostazioni da Carbonati (principalmente di Calcio);
- sistema di ricompressione della CO<sub>2</sub> liberata dal fluido geotermico.

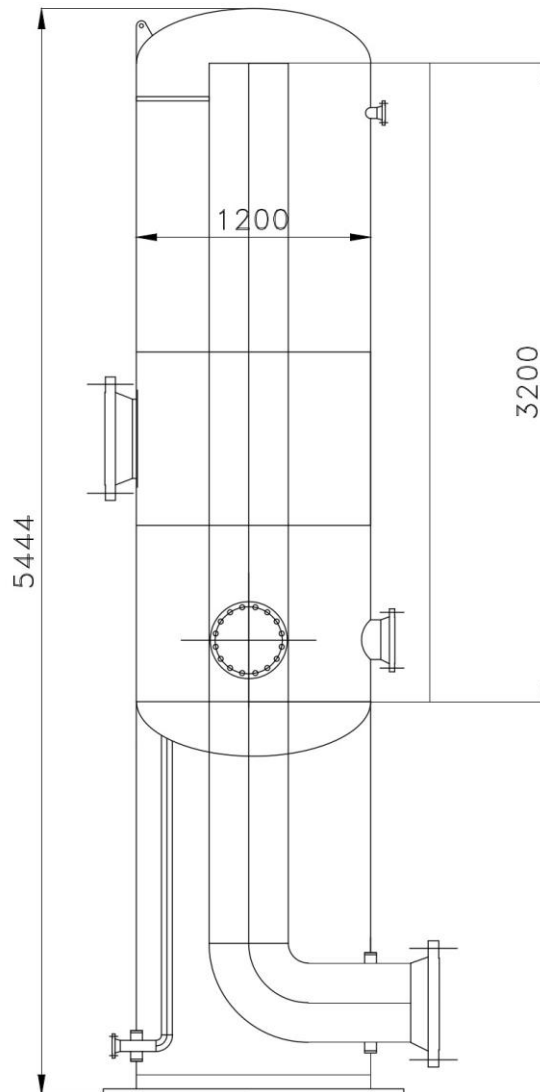
### 6.2.2.1 Separatore

Come già descritto, il fluido geotermico che arriva a testa pozzo è un fluido bifase; questo viene successivamente separato per mezzo di un separatore gas-liquido, dopodiché il vapore, comprensivo degli incondensabili, e il liquido sono trasportati separatamente, dal separatore all'impianto ORC, per mezzo di tubazioni fuori terra.

Nella piazzola di produzione verrà quindi installato un separatore centrifugo di tipo "Webre", che consente un'efficiente separazione delle due fasi.

Tale apparecchiatura (si veda la Figura 6.2.2.1.a) è costituita da un recipiente cilindrico in cui il fluido bifase entra tangenzialmente e, sfruttando la differenza di densità tra liquido e vapore, riesce a separarli per effetto della forza centrifuga. La fase liquida, più densa, si raccoglie sul fondo dello stesso e viene estratta da una tubazione posta tangenzialmente e inviata ad una "cassa d'acqua", dimensionata per permettere un tempo di permanenza sufficiente ad un efficace controllo di livello.

Il vapore, al contrario meno denso, fluendo dall'alto verso il basso, viene convogliato in una tubazione realizzata al centro del separatore.



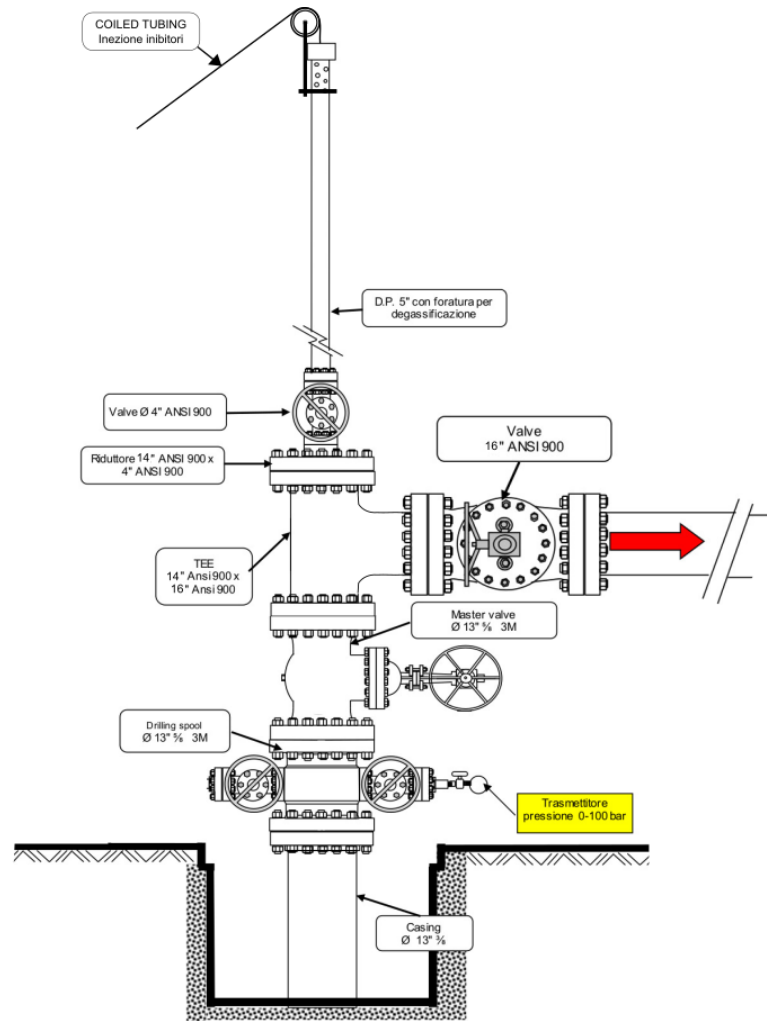
**Figura 6.2.2.1.a** *Vignetta del separatore centrifugo di tipo "Webre"*

Nel caso di altissimo livello di liquido nella cassa d'acqua (e di conseguenza nel separatore) è previsto lo sfioro dell'intera portata di liquido verso un separatore -silenziatore atmosferico.

Tale separatore ("twin silencer") è costituito da due cilindri, trattanti ciascuno metà della portata totale, in cui il liquido entra tangenzialmente e viene raccolto e convogliato nella vasca adibita alle prove di produzione.

## 6.2.2.2 Sistema di dosaggio inibitore di incrostazione

Come visibile nella seguente Figura 6.2.2.2.a, il completamento dei pozzi produttivi prevede l'impiego di un inibitore di incrostazione di Carbonato di Calcio che sarà iniettato attraverso uno stuffing box montato sopra la valvola da 4".



**Figura 6.2.2.2.a** Schema della testa pozzo di produzione con il tubing per l'inibitore di incrostazione

I prodotti inibenti sono di natura diversa e agiscono secondo meccanismi che impediscono l'accrescimento dei cristalli di Carbonato di Calcio.

I più utilizzati in campo geotermico sono miscele di fosfonati (o polifosfonati) e poliacrilati che, miscelati in concentrazione di pochi ppm sul fluido geotermico totale, impediscono la formazione di Carbonato sulle strutture (si stima che una concentrazione di 5 - 10 ppm dovrebbe essere adeguata a prevenire la formazione di incrostazioni in tutto il circuito di sfruttamento).

Questa operazione avviene calando in pozzo un tubo in materiale resistente alla corrosione del diametro di circa 6 mm attraverso il quale viene pompato l'inibitore.

Nella postazione di produzione sarà installato inoltre un impianto per il dosaggio e l'iniezione in pozzo dell'inibitore di incrostazione da Carbonato di Calcio. Ciascun pozzo sarà dotato di un piccolo impianto di dosaggio e iniezione dedicato.

Tale impianto è costituito da:

- recipiente per lo stoccaggio dell'inibitore;



- serbatoio per lo stoccaggio dell'acqua di diluizione;
- miscelatore per il dosaggio della miscela inibitore-acqua in pozzo;
- argani e pulegge per l'iniezione dell'inibitore in pozzo tramite uno stuffing box e un tubo capillare flessibile.

Di seguito viene descritto il funzionamento del sistema di inibizione.

L'inibitore viene tenuto in agitazione facendo ricircolare, con una pompa centrifuga, una determinata portata di prodotto e dosato nel miscelatore agendo sullo sfioro del suddetto ricircolo.

L'acqua viene inviata, con un'apposita pompa elettrica (di potenza pari a 2-3 kW), al miscelatore dove acqua e inibitore vengono miscelati con un apposito agitatore. Dal miscelatore, la soluzione viene inviata alle teste pozzo con pompe dosatrici e viene iniettata in pozzo tramite una tubazione metallica flessibile da 6 mm (in Incoloy 800 o altro materiale adeguato) avvolta in un tamburo del diametro di circa 1 m e che termina con una particolare testa di iniezione.

In prossimità di ciascun pozzo viene installato un argano che consente di calare nel tubing, tramite pulegge e un sistema di tenuta (stuffing box), il tubo capillare fino alla profondità necessaria prevista.

Il sistema descritto sarà dotato di tutte le valvole, filtri e strumenti tali da consentirne la gestione ed il controllo. Saranno installate anche pompe in stand-by, in modo da garantire il funzionamento in continuo anche in caso di guasto di una pompa di esercizio.

Lo schema di flusso dell'impianto descritto è riportato nel PFD (Doc n° P22045-P-DF-00)

La corretta gestione del sistema prevede che, periodicamente, si eseguano analisi sul fluido prodotto dalle quali si possa verificare l'efficacia dell'inibitore per evitare la formazione di incrostazioni ed eventualmente modificare il dosaggio dell'inibitore stesso. Il monitoraggio sarà particolarmente curato nella fase iniziale di messa a punto dell'impianto.

Sul piazzale è inoltre prevista l'installazione di un quadro elettrico per l'alimentazione del motore della pompa dosatrice, dei comandi elettroidraulici delle valvole di testa pozzo e dei trasmettitori di portata, temperatura e pressione del fluido geotermico e della soluzione dell'inibitore.

### 6.2.3 TUBAZIONI DI PRODUZIONE

In Figura 1.1.d e Figura 1.1.e è visibile il tracciato delle tubazioni di invio del fluido geotermico dai pozzi di produzione alla centrale ORC.

Data l'adiacenza della postazione di produzione LT\_1 all'area di Centrale si prevede di installare fuori terra le tubazioni della fase liquida e della fase aeriforme che dal separatore Webre conducono il fluido agli scambiatori dell'impianto ORC.

Nel caso in cui si dovesse ricorrere all'utilizzo della piazzola di produzione di riserva LT\_3, con il rispettivo pozzo (localizzato a circa 400 m a Nord dell'area centrale), data la temperatura di

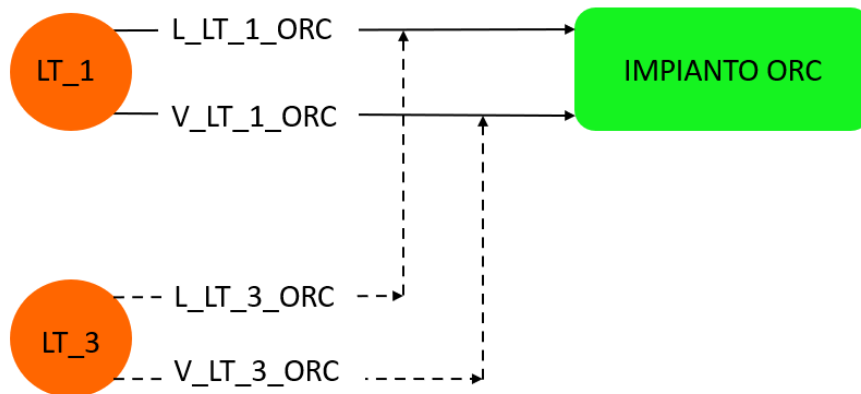
esercizio, si utilizzeranno tubazioni fuori terra installate su appositi supporti. La tubazione attraverserà longitudinalmente la serra fino ad arrivare agli scambiatori dell'impianto ORC.

I tracciati delle tubazioni in oggetto sono stati definiti applicando 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;
- minimizzazione delle aree occupate dalle infrastrutture;
- rispetto delle distanze minime da mantenere dalle infrastrutture presenti sul territorio quali gasdotti, acquedotti, viabilità, fognature, linee elettriche;
- garanzia della sicurezza del personale durante le fasi di esercizio e manutenzione delle tubazioni.

Il percorso dei fluidodotti indicato potrà subire limitate variazioni a seguito degli esiti della successiva progettazione esecutiva.

I tratti riportati in Figura 6.2.2.2.a rappresentano schematicamente le tubazioni per il trasferimento della fase aeriforme (vapore e incondensabili) e di quella liquida dai pozzi di produzione all'impianto ORC (rispettivamente V\_LT\_1\_ORC e L\_LT\_1\_ORC, V\_LT\_3\_ORC e L\_LT\_3\_ORC).



**Figura 6.2.2.2.a** *Rappresentazione schematica delle tubazioni produttive*

Con riferimento alla precedente figura, la lunghezza, i diametri e le caratteristiche del fluido nelle tubazioni nelle condizioni di progetto, sono riportate nella seguente Tabella 6.2.2.2.a.

ID	Fluido	L	DN	Portata	P in	P fin	T media
		m	mm	t/h	bar	bar	°C
<b>L-LT_1-ORC</b>	Liquido	130	200	214.81	13	12.7	179.5
<b>V-LT_1-ORC</b>	Vapore + CO2	130	300	35.19	10.85	10.7	178.6
<b>L-LT_3-ORC</b>	Liquido	500	200	214.81	13	11	179.4
<b>V-LT_3-ORC</b>	Vapore + CO2	500	300	35.19	10.85	10.54	178.3

**Tabella 6.2.2.2.a** *Caratteristiche principali delle tubazioni nelle condizioni di progetto*

Ciascun tratto è stato dimensionato per l'intera portata di progetto, per gestire l'impianto nel modo più flessibile possibile, ovvero in modo da avere la possibilità di alimentare l'impianto ORC producendo da una sola delle due postazioni. LT\_1 è la postazione da cui si prevede di effettuare la produzione mentre LT\_3 è quella che verrà utilizzata in caso di insufficiente portata in arrivo da LT\_1.

Le tubazioni di collegamento tra LT\_1 e la centrale, ed eventualmente, tra LT\_3 e la centrale, saranno anch'esse in acciaio a carbonio e correranno fuori terra e poggiate su supporti ancorati al terreno.

Sarà prevista una tubazione (una per ogni postazione di produzione) per lo svuotamento della vasca di piazzola che invierà il fluido geotermico in aspirazione alle pompe di reiniezione, a valle dell'ORC. L'utilizzo di questa tubazione è previsto solo nelle fasi di avvio dell'impianto e di emergenza (es. blocco turbina).

### 6.2.3.1 Gestione delle tubazioni

Le tubazioni saranno provviste dei necessari sistemi per la compensazione delle dilatazioni termiche. In particolare, il progetto prevederà di sfruttare le curve del tracciato stesso per ottenere la massima elasticità delle tubazioni e limitare il numero di curve di compensazione dedicate.

Tutte le tubazioni saranno dotate di un opportuno sovrassessore di corrosione in modo da garantire una vita utile della struttura di 30 anni, ovvero per un tempo assolutamente idoneo per permettere all'operatore di attuare gli eventuali interventi manutentivi, compresa la sostituzione di parti delle tubazioni e tutto ciò necessario per risolvere anche situazioni inattese.

Il criterio di progetto adottato è dunque indirizzato alla "gestione degli imprevisti" e quindi è, a maggior ragione, da ritenersi cautelativo.

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

Nel corso delle operazioni di manutenzione, infatti, le tubazioni saranno svuotate con pompe mobili, le quali caricheranno autobotti che a loro volta scaricheranno il fluido nelle vasche di raccolta presenti nelle piazzole e dalle quali il liquido sarà successivamente reiniettato.

### 6.2.4 IMPIANTO ORC

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

Gli impianti ORC rappresentano una tecnologia molto efficiente per la conversione di calore in energia elettrica soprattutto in presenza di sorgenti termiche a bassa temperatura (tra i 100 °C ed i 200 °C), come nel caso in esame.

Il ciclo ORC ha i medesimi principi di funzionamento di un comune impianto a vapore (Steam Rankine Cycle). Allo stesso tempo, vi sono differenze considerevoli principalmente in termini di fluido di lavoro (proprietà termo-fisiche), di sorgente di calore e di architettura di ciclo.

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

- il fluido geotermico caldo dal quale viene recuperato calore e che nel presente progetto viene successivamente integralmente reiniettato;
- il fluido organico che compie un ciclo chiuso di tipo Rankine e che quindi:
  - si riscalda ed evapora negli scambiatori grazie al calore che viene recuperato dal fluido geotermico;
  - si espande in una turbina per la produzione di energia meccanica, trasformata poi in energia elettrica dal generatore;
  - viene condensato, quindi pompato e inviato agli scambiatori per la nuova produzione di vapore verso la turbina.

La planimetria dell'impianto ORC è riportata nella tavola: P22045-C-LY-07-0 - Impianto ORC, nella quale è possibile riconoscere le principali apparecchiature che costituiscono il ciclo ORC:

- il turbo-generatore;
- 1 preriscaldatore per la fase liquida;
- 1 preriscaldatore per la fase vapore;
- 1 evaporatore in cui sia la fase liquida che la fase vapore cedono calore al fluido organico;
- 1 surriscaldatore in cui sia la fase liquida che la fase vapore cedono calore al fluido organico;
- 1 recuperatore di calore del fluido organico;
- lo skid per la lubrificazione del turbo-generatore;
- pompe di "alimento" (per il ricircolo del fluido organico);
- il condensatore ad aria;
- il sistema di riempimento del circuito del fluido organico comprensivo di serbatoio di stoccaggio;
- i quadri elettrici e di controllo;
- il compressore multistadio per la reiniezione dei gas;
- lo skid delle pompe di reiniezione del fluido geotermico;
- lo skid di raffreddamento ad acqua in circuito chiuso dedicato al generatore e al compressore di reiniezione dei gas incondensabili;
- lo skid dell'aria compressa.

Nell'impianto sono inoltre presenti:

- lo skid antincendio e la vasca di raccolta acqua per il sistema antincendio;
- la vasca di prima pioggia;

Il turbo-generatore, il sistema di lubrificazione e il compressore per la reiniezione dei gas incondensabili sono installati all'interno di un cabinato insonorizzato; analogamente, se

necessario, ciascuna pompa alimento e le pompe di reiniezione sarà dotata di una struttura dedicata per l'insonorizzazione.

Il diagramma di flusso dell'Impianto ORC è riportato, invece, nel PFD (Tavola: P22045-P-DF-00-0 - Diagramma di Flusso (PFD) e Schema Inibitori).

Come si vede dal suddetto diagramma, le due tubazioni di fluido geotermico vengono inizialmente alimentate separatamente agli scambiatori di calore dell'impianto ORC. La fase liquida viene inviata (in serie) ad un surriscaldatore e ad un evaporatore. Quest'ultimo viene alimentato anche tramite la fase vapore. All'uscita dall'evaporatore la brine e la fase vapore, dalla quale viene separato il condensato, vengono separatamente inviate a due preriscaldatori. La brine cederà il proprio calore sensibile al fluido organico di lavoro raffreddandosi ulteriormente.

Le condense in uscita dagli scambiatori della fase geotermica aeriforme saranno riunite all'acqua raffreddata mentre i gas incondensabili saranno estratti e convogliati alla sezione di compressione.

Il fluido organico, viceversa, dopo essersi riscaldato nei preriscaldatori, completa il suo passaggio in fase vapore all'interno degli evaporatori per poi raggiungere il surriscaldatore.

Il vapore del fluido organico in uscita dagli evaporatori viene quindi fatto espandere all'interno della turbina producendo energia meccanica, che viene convertita in energia elettrica dal generatore.

Il fluido espanso in uscita dalla turbina viene fatto passare attraverso il recuperatore e successivamente fatto condensare in un condensatore aria-fluido organico, che rappresenta il componente con la massima elevazione della centrale, ed ha un'altezza totale di circa 14 m. Una volta condensato, il fluido viene nuovamente pompato al sistema di preriscaldamento-evaporazione-surriscaldamento chiudendo il ciclo termodinamico.

La scelta del fluido organico è legata alle "performance termodinamiche" dell'impianto e al suo costo. I diversi fornitori di questa tipologia di impianti, per le temperature in gioco, suggeriscono o idrocarburi leggeri (butano e isobutano, pentano, isopentano) o refrigeranti sintetici HFO (idrofluoroolefine) comunemente usati nei cicli frigoriferi di nuova generazione.

Per il presente progetto si è ipotizzato l'utilizzo di r1233zd(e). La scheda di sicurezza di questo fluido è riportata in *Allegato 5*.

L'impiego di fluidi diversi, che potrebbe essere conseguente ad una procedura di gara per l'assegnazione della fornitura, non modifica in modo sostanziale la caratterizzazione del progetto, sia dal punto di vista prestazionale che di compatibilità ambientale.

Il fluido organico normalmente contenuto nell'impianto ORC (hold up tubazioni, condensatore, apparecchiature) sarà inviato, in caso di manutenzione e arresto impianto, ad un sistema di stoccaggio.

Un ulteriore sfioro della sola fase aeriforme verrà installato in adiacenza ai camini dei ventilatori del condensatore ad aria, in modo da diluire la fase gassosa con l'aria utilizzata per condensare il

fluido organico. Tale sfioro verrà utilizzato soltanto durante le fasi di avviamento e di emergenza del sistema, per cui sarà normalmente in stand-by.

#### **6.2.4.1 Sistema di estrazione e reiniezione gas incondensabili**

I gas incondensabili, in uscita dagli scambiatori del ciclo ORC, devono essere inviati ai pozzi di reiniezione per la reimmissione nel serbatoio geotermico.

Si veda al riguardo il diagramma di flusso riportato nel PFD (Tavola: P22045-P-DF-00-0 - Diagramma di Flusso (PFD) e Schema Inibitori).

La pressione di mandata del compressore degli incondensabili sarà circa 33 bar, pressione sufficiente per raggiungere la piazzola di reiniezione LT\_2 e la piazzola di riserva LT\_4 e garantire la successiva miscelazione dei gas incondensabili con il fluido geotermico raffreddato per la reiniezione nel serbatoio.

Il compressore previsto sarà multistadio e interrefrigerato.

#### **6.2.4.2 Ausiliari di impianto**

##### ***Impianto antincendio***

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

Nello specifico, è prevista la realizzazione di una rete antincendio e l'installazione di idranti con relativa cassetta in corredo, in accordo alla Normativa vigente.

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

L'acqua per il sistema antincendio sarà stoccata in un serbatoio del volume di circa 90 m<sup>3</sup>, posizionata in prossimità dagli ACC. (Tavola: P22045-C-LY-07-0 - Impianto ORC).

##### ***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).

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

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).

### 6.2.4.3

#### **Opere Civili**

Le componenti dell'impianto ORC interessano parzialmente la porzione meridionale delle serre esistenti, per una superficie pari a circa 4.500 m<sup>2</sup>. Tale porzione sarà oggetto di smantellamento e di recupero del materiale al fine di essere successivamente adoprato per la riqualificazione della restante parte delle serre.

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 Surriscaldatore, Evaporatorie Preriscaldatori e Recuperatore
- fondazioni Condensatore ad Aria;
- fondazioni Compressori e Pompe;
- 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.

#### ***Intervalli 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 del sito da utilizzare e la recinzione dell'area per l'apertura del nuovo cantiere.

#### ***Fondazioni***

Si prevede di realizzare l'impianto ORC su fondazioni superficiali del tipo a platea associate con fondazioni profonde. 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 14/01/2018. "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).

#### ***Riqualificazione edifici esistenti***

Nell'ambito del progetto è prevista la valorizzazione e riqualificazione ambientale della serra e dei fabbricati esistenti in località la Mina.

Nello specifico nell'area di sviluppo della centrale geotermica e dei pozzi di produzione sono presenti due fabbricati in evidente stato di abbandono, rispettivamente destinati ad uso

abitativo/guardiana e magazzino, e la serra che fu realizzata per il primo impianto geotermico a Latera.

Tali edifici, attualmente in fase di degrado e improduttivi, saranno oggetto di interventi di ripristino e riqualificazione, come di seguito meglio specificato:

- Edificio Abitativo (Guardiana): ripulitura e ripristino dell'accessibilità con riconversione della destinazione d'uso a sala di controllo e struttura di ricevimento (es. visitor center) della centrale geotermica.
- Edificio Magazzino: ripulitura e ripristino dell'accessibilità. La destinazione d'uso rimarrà invariata e verrà utilizzato prettamente a supporto dell'attività geotermica e agricola della serra.
- Serra geotermica: La serra attualmente colonizzata dalle specie infestanti sarà oggetto di ripulitura e trinciatura, al fine di consentire il ripristino di circa 2 ettari di terreno che saranno destinati dell'attività produttiva agricola. Gli uffici esistenti saranno ripuliti e ripristinati, nonché le porzioni di serra danneggiate dalla crescita della vegetazione saranno riparate per garantirne l'ottimale ripristino.

### ***Sistema 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. Lungo la porzione perimetrale dell'area saranno messe a dimora specie arboree e arbustive.

### ***Recinzioni e viabilità di accesso***

Come indicato al paragrafo 4.1.1.1, l'accesso avverrà esclusivamente mediante viabilità esistente. Il polo agro-energetico, dove saranno localizzate le postazioni di produzione, l'area centrale e le serre, confina, infatti, con la Strada Provinciale 117 "Valle dell'Olpeta". Su tale strada è previsto:

- la modifica dell'accesso esistente, spostandolo circa 20 m in direzione nord, al fine di garantire gli idonei spazi tecnici per la realizzazione della postazione LT\_1
- la realizzazione di un nuovo accesso interposto tra la l'impianto ORC e le serre, con la finalità di garantire un accesso indipendente all'attività delle serre.

I tratti carrabili di nuova realizzazione saranno inghiaati e realizzati mediante la posa di materiale inerte e ghiaia, analogamente alle strade di accesso alle postazioni (si veda Figura 4.1.1.1.f).

La recinzione, scelta sulla base di modelli standard, avrà la funzione, oltre che di barriera, di individuazione del perimetro esatto dell'impianto. Essa sarà realizzata con rete tipo "orsogrill" ed avrà un'altezza fuori terra di circa 2 m.

I cancelli di accesso saranno di tipo scorrevole e automatizzato in modo da permettere l'ingresso di mezzi pesanti. I cancelli saranno movimentabile anche manualmente tramite apposita chiave, in caso di emergenza. I cancelli saranno muniti 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 dei



cancelli, sotto le colonne e i muri di rinforzo laterali, saranno costituite da un basamento in calcestruzzo di 90 cm di profondità avente una pianta di dimensioni 350x100 cm.

#### **6.2.5 SISTEMA DI CESSIONE DEL CALORE ALLE SERRA GEOTERMICHE**

Come accennato precedentemente, l'impianto sarà predisposto per cedere calore alle serre adiacenti. A tal fine, sul collettore del fluido geotermico, a valle degli scambiatori dell'impianto ORC, saranno predisposti degli stacchi per il prelievo del fluido, che presenta temperature idonee per l'uso diretto del calore geotermico. Il fluido geotermico, mediante uno scambiatore, cederà calore ad un circuito secondario chiuso che andrà a distribuire il calore su tutta la superficie della serra attraverso l'utilizzo di pompe di ricircolo.

Tale sistema consentirà il riscaldamento della serra, senza l'utilizzo di combustibili fossili; pertanto, oltre a garantire la produzione di prodotti con ridotta impronta ambientale, l'utilizzo del calore geotermico rappresenta un risparmio economico su uno dei costi di gestione che ha maggior incidenza tipicamente nel settore florovivaistico.

#### **6.2.6 POTENZIALE IMPIANTO PER L'ESTRAZIONE DEL LITIO E DEI MINERALI E/O ALTRI MINERALI DALLA BRINE GEOTERMICA**

Come visibile dal diagramma di flusso dell'Impianto ORC (Tavola: P22045-P-DF-00), sono stati previsti sul collettore del fluido geotermico, a valle degli scambiatori dell'impianto ORC, degli stacchi per il prelievo del fluido per l'implementazione di un futuro impianto di estrazione del litio e/o altri minerali dalla brine geotermica.

La progettazione di tale impianto avverrà successivamente alla caratterizzazione chimico-fisica del fluido geotermico e mediante procedura autorizzativa separate. Ad ogni modo, tale iniziativa rappresenta un ulteriore potenziale progetto per lo sviluppo degli aspetti socio-economici del territorio.

#### **6.2.7 TUBAZIONI DI REINIEZIONE**

Il fluido geotermico, una volta raffreddatosi, in seguito allo scambio termico con il fluido organico dell'impianto ORC e con i sistemi di cessione/scambio illustrati precedentemente, viene totalmente reiniettato nel serbatoio geotermico, attraverso i pozzi reiniettivi.

I gas incondensabili contenuti nel fluido geotermico, che si liberano durante la produzione, dopo essere stati compressi, sono anch'essi reiniettati nel serbatoio, previo miscelamento con il liquido raffreddato in prossimità della testa pozzo di reiniezione.

L'acqua geotermica viene pompata verso la piazzola di reiniezione, in modo da raggiungere lo stesso livello di pressione dei gas al punto di miscelazione previsto in corrispondenza delle teste pozzo di reiniezione.

Pertanto, su ogni postazione di reiniezione, arriveranno separatamente due tubazioni, una per il liquido e una per il gas; in postazione, ciascuna tubazione si suddividerà in funzione del numero

di pozzi presenti in postazione e, in prossimità della testa pozzo, si avrà la connessione del tubo del liquido con quello del gas.

Nella Figura 1.1.d e Figura 1.1.e è indicato il tracciato delle tubazioni di trasporto del fluido geotermico, il quale è stato definito sulla base degli stessi principi seguiti per il tracciato delle condotte di produzione.

Le tubazioni saranno interrate per tutto il percorso interessato e saranno di acciaio al carbonio e preisolate. La pista necessaria per la posa interrata potrà presentare, lungo il suo sviluppo, larghezze variabili, con valori massimi pari a 12 metri. I dettagli progettuali inerenti alla larghezza della pista lungo l'intero tracciato potranno essere forniti solo a valle della selezione dell'esecutore dell'opera, nell'ambito del progetto esecutivo.

Le tubazioni di reiniezione, a valle del compressore e della pompa di reiniezione, si divideranno in due rami per raggiungere le due piazzole di reiniezione LT\_2 e la piazzola di riserva LT\_4. Ogni ramo sarà costituito da 2 tubazioni distinte per il trasporto della fase liquida e della fase aeriforme, che verranno successivamente miscelate nella piazzola di reiniezione prima della reiniezione.

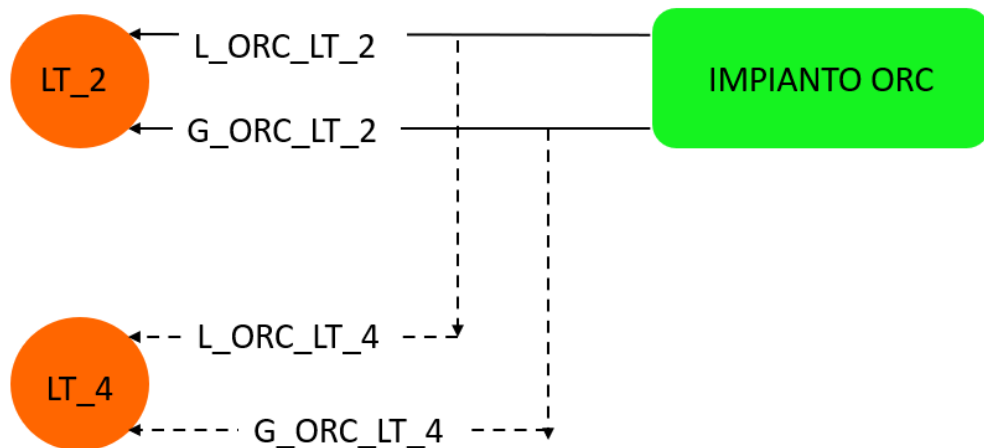
Le tubazioni di reiniezione, partendo dall'impianto ORC, seguiranno la strada provinciale 117 per un primo tratto di circa 1.000 m per poi correre lungo la strada sterrata per circa 800 m, infine interesserà una pista trattorabile, per poi giungere in piazzola LT\_2.

Qualora sarà prevista la realizzazione della piazzola LT\_4 di riserva, sarà successivamente previsto un breve stacco di connessione alla piazzola.

Lungo il percorso delle tubazioni verranno realizzati degli attraversamenti relativi ai sottoservizi presenti lungo la viabilità quali gasdotto, elettrodotto e fibre ottiche; pertanto, la posa delle tubazioni sarà realizzata nel rispetto delle distanze minime di sicurezza da tali sottoservizi.

Il percorso dei fluidodotti indicato potrà subire limitate variazioni a seguito degli esiti della successiva progettazione esecutiva.

In Figura 6.2.4.3.a sono rappresentati schematicamente le tubazioni per il trasferimento della fase gas e di quella liquida dall'impianto ORC alle due piazzole di reiniezione LT\_2 e LT\_4 (G/L-ORC-LT\_2).



**Figura 6.2.4.3.a** *Rappresentazione schematica delle tubazioni di reiniezione*

Con riferimento alla precedente figura, la lunghezza, i diametri e le caratteristiche del fluido nelle tubazioni, nelle condizioni di progetto, sono riportate nella seguente Tabella 6.2.4.3.b.

ID	Fluido	L	DN	Portata	T media
		m	mm	t/h	°C
L_ORC_LT2	Liquido	3000	250	242.5	110
G_ORC_LT2	CO <sub>2</sub>	3000	100	7.5	95
L-ORC-LT4	Liquido	50	250	242.5	110
G-ORC-LT4	CO <sub>2</sub>	50	100	7.5	95

**Tabella 6.2.4.3.b** *Caratteristiche principali delle tubazioni reiniettive nelle condizioni di progetto*

Sarà prevista una tubazione (una per ogni postazione di reiniezione) per lo svuotamento della vasca di piazzola che si collegherà direttamente alla tubazione di reiniezione della brine.

Le caratteristiche, la gestione e il monitoraggio delle condotte di reiniezione sono del tutto analoghe a quelle previste e descritte in precedenza (vedi Paragrafo 6.2.3.1) per le tubazioni di produzione.

Le tubazioni interrato saranno provviste dei necessari sistemi per la compensazione delle dilatazioni termiche. In particolare, il progetto prevederà di sfruttare le curve del tracciato stesso per ottenere la massima elasticità delle tubazioni e limitare il numero di curve di compensazione dedicate.

Il progetto prevede la protezione nei riguardi di tutte le forme di indebolimento strutturale delle tubazioni rispetto al loro assetto progettuale e di montaggio.

È previsto il completo isolamento termico per impedire sia la dispersione di calore che il contatto diretto dell'acciaio con il terreno e quindi evitare eventuali correnti di corrosione.

Anche se sono da escludere rapidi fenomeni di corrosione, dato l'accorgimento di cui sopra, le tubazioni per la fase aeriforme avranno un sovrappessore di corrosione di 6 mm in modo da

garantire una vita utile della struttura di 30 anni (0,2 mm/anno), ossia per un tempo assolutamente idoneo per permettere all'operatore di porre in essere gli eventuali interventi manutentivi, compresa la sostituzione di parti delle tubazioni e altro che si rendesse necessario per risolvere anche situazioni inattese.

Il terreno scavato sarà depositato a meno di un metro dal ciglio dello scavo per la posa in opera della condotta.

Il terreno proveniente dagli scavi sarà successivamente utilizzato per il rinterro. Per il terreno residuo si procederà alla caratterizzazione e alla predisposizione di piano di utilizzo in accordo a DPR 120/2017. Il rinterro degli scavi per la posa delle tubazioni è costituito da un primo strato di sabbia (fino a 100 mm al di sopra della generatrice superiore del rivestimento esterno del tubo) e da un secondo strato costituito dal terreno di riporto suddetto.

Nello stesso scavo delle tubazioni che trasportano il fluido geotermico saranno stese due tubazioni in materiale plastico per il passaggio di cavi di segnale e di potenza per l'alimentazione e il controllo, dall'area di centrale, dei componenti (valvole, strumentazione, pompe dosatrici...) presenti nelle postazioni produttive.

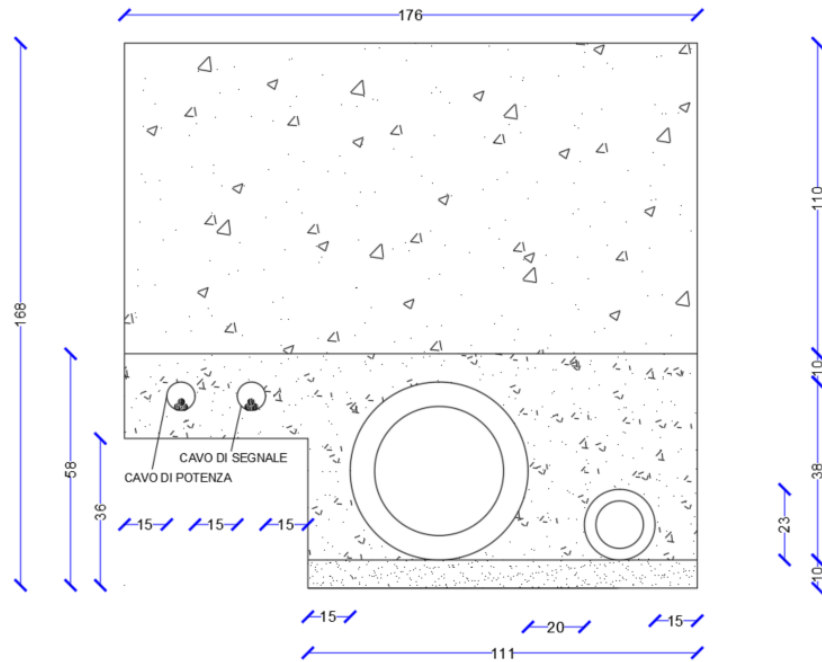
Le operazioni di scavo, per la realizzazione delle tubazioni verranno condotte in modo tale da mantenere inalterate le condizioni pedologiche delle aree interessate, ripristinando di fatto la situazione stratigrafica ante-operam.

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 rinterro, che dovranno essere seguite per la posa delle tubazioni:

- asportazione dello strato superficiale di 30 cm, costituente il terreno vegetale (scotico) 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.

Nella Figura 6.2.4.3.b si riporta il tipico di una sezione delle tubazioni di reiniezione interrate, di collegamento tra la centrale e la piazzola LT\_2. Nella figura sono rappresentati anche i cavidotti dove verranno fatti passare i cavi di potenza e di segnale per l'alimentazione dei componenti presenti in piazzola. Nel caso fosse necessario impiegare la piazzola LT\_4 saranno seguite le stesse procedure.



**Figura 6.2.4.3.b** *Tipico di una sezione delle tubazioni di reiniezione.*

Nel caso degli attraversamenti stradali non asfaltati la posa sarà del tutto analoga con la differenza che il primo strato di materiale sarà costituito da materiale arido da cava, che quindi sarà accantonato separatamente e sarà riutilizzato per il riempimento dello strato superficiale di terreno (fino al piano campagna) nella fase di riempimento della trincea.

In caso di attraversamento di strade asfaltate, la sequenza dei lavori prevede quanto segue:

- Demolizione del manto stradale;
- Scavo della trincea fino alla profondità prevista 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 e dei cavidotti (per il passaggio dei cavi di potenza e di segnale);
- 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 dell'opportuna consistenza in modo da conferire le caratteristiche meccaniche necessarie a sopportare il carico stradale;
- Ripristino del manto stradale.

## 6.2.8 COLLEGAMENTO ELETTRICO

La Centrale sarà collegata alla Rete di Trasmissione Nazionale, tramite realizzazione di una nuova cabina di consegna collegata alla cabina primaria AT/MT "Latera". Dalla centrale ORC sarà realizzato un elettrodotto MT interrato della lunghezza di circa 0,5 km, che giungerà fino alla

nuova cabina di consegna che sarà realizzata al confine settentrionale del polo agro-energetico (Figura 1.1.d e Figura 1.1.e.). Dalla cabina di consegna fino alla cabina primaria, in analogia con quanto precedente riportato, è prevista la posa di un cavidotto MT di lunghezza pari a circa 1,8 km che seguirà interamente il percorso della viabilità stradale esistente (Figura 1.1.d e Figura 1.1.e.). In accordo con quanto previsto dalle STMG accettato, all'interno della cabina primaria sarà installato un nuovo trasformatore da 25 MVA. Per maggiori dettagli si rimanda all'apposito Allegato 7.

## **6.2.9 MONITORAGGI**

### **6.2.9.1 Controllo della Corrosione**

Il fluido geotermico si presenta sia come flusso bifase (dai pozzi di produzione al separatore), sia come liquido che come fase vapore, in condizioni diverse.

Al fine di evitare danneggiamenti delle tubazioni, sarà previsto un opportuno sovrassessore di corrosione, calcolato per un periodo di funzionamento di 30 anni in modo da garantire sicurezza di esercizio.

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

Tuttavia, 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 anno.

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.

### **6.2.9.2 Controllo perdite di fluido dalle tubazioni**

Le tubazioni interrato 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 di controllo sarà basato sul monitoraggio della conducibilità o di altri parametri dell'isolante che variano in caso di perdita del fluido trasportato.

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 e misurazioni in campo.

## 6.3 PRESTAZIONI DELL'IMPIANTO

### 6.3.1 BILANCIO ENERGETICO

Il bilancio energetico di riferimento, valutato su una possibile configurazione di progetto che sarà definita a valle della scelta del fornitore dell'impianto, è riportato in Tabella 6.3.1.a 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.

Parametri	UdM	Valore
Potenza termica da fluido geotermico <sup>(1)</sup>	MWth	34.58
Potenza elettrica lorda al generatore impianto ORC	MWe	6.770
<i>Rendimento elettrico lordo</i>	%	19.6%
Potenza elettrica ausiliari impianto ORC e compressore	MWe	1.77
Potenza elettrica netta di design	MWe	5
<i>Rendimento elettrico netto</i>	%	14.46%

**Tabella 6.3.1.a Bilanci di energia per l'impianto ORC**

Il bilancio termico è stato calcolato sulla base dei risultati ottenuti preliminarmente da un fornitore dell'impianto ORC.

## 6.4 FASE DI COSTRUZIONE

### 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;
- demolizione delle serre in corrispondenza dell'impianto ORC con recupero del materiale
- scavi e sbancamenti;
- realizzazione delle fondazioni impianto;
- realizzazione fondazioni cabinati e apparecchiature della Centrale;
- realizzazione fondazioni e posa della cabina di consegna;
- realizzazioni reti interrato raccolta acque meteoriche;
- riempimenti e compattazioni.

### 6.4.2 FASE 2: POSA IN OPERA TUBAZIONI

Le tubazioni di produzione, di collegamento tra i pozzi di produzione e l'impianto ORC, saranno realizzate fuori terra, prevedendo le seguenti attività:

- esecuzione della pista di lavoro;
- realizzazione fondazioni supporti;
- installazione dei supporti;
- sfilamento dei tubi lungo la pista;

- installazione dei tubi su supporti e saldatura dei tubi;
- controlli non distruttivi sulle saldature;
- rivestimento della tubazione con isolante;
- ripristino e pulizia dell'area di cantiere

Le tubazioni di reiniezione, di collegamento tra impianto ORC e i pozzi di reiniezione, verranno realizzate in tubi in acciaio preisolati 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;
- 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, turbina e generatore energia elettrica;
- montaggi meccanici ed elettro-strumentali dei compressori;
- montaggi meccanici ed elettro-strumentali dei separatori;
- realizzazione cavo interrato in MT per il collegamento elettrico;
- montaggio dell'elettrodotto MT e della cabina di consegna.

#### **6.4.4 FASE 4: 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.



## 6.4.5 MOVIMENTO TERRA

Il terreno scavato per la realizzazione dell'impianto ORC, delle tubazioni e dell'elettrodotto MT interrato, verrà riutilizzato in loco per i rinterri e le sistemazioni interne all'area di cantiere. La parte eccedente sarà inviata ad idonei centri di raccolta per il recupero/smaltimento.

Prima di qualsiasi attività di movimento terra sarà effettuato il piano di caratterizzazione delle terre e rocce da scavo proposto nell'Allegato 5 allo SIA, che sarà eseguito nella fase di progettazione esecutiva o comunque prima dell'inizio dei lavori (D.P.R. 120/2017). 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 dalla Direzione Lavori.

### **Impianto ORC**

Nella esecuzione degli scavi 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 indicate nella seguente tabella

Rif	Operazione	Volume (m <sup>3</sup> )	Note
<b>Impianto ORC</b>			
A	Sbancamenti per piazzale e fondazioni	1.500,0	
B	Riporto con terreno proveniente da scavi	0,0	
C	Terreno residuo da sbancamenti e livellamento piazzale (A-B)	1.500,0	

**Tabella 6.4.5.a Volumetrie degli scavi e dei riporti per l'impianto ORC**

### **Tubazioni interrate**

Nella esecuzione degli scavi in genere si procederà in modo da impedire scoscendimenti e franamenti. Gli scavi, ad eccezione dei punti in cui saranno attraversate le strade asfaltate, prevedranno che il terreno sia in parte utilizzato per il rinterro mentre quello rimanente sarà conferito a impianti di raccolta autorizzati.

Le operazioni di scavo 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.

Le tubazioni, una volta posate, saranno coperte con sabbia esente da pietre fino a 100 mm al di sopra della generatrice superiore del rivestimento esterno del tubo. Le volumetrie degli scavi e dei riporti per la posa delle tubazioni sono riportati nella seguente tabella.

Tratto	Operazione	Volume (m <sup>3</sup> )	Note
<b>ORC_LT_2/4</b>			
	Materiale Scavato	8.086,7	
	Sabbia di riempimento	2.336,8	
	Reinterro e risistemazioni aree di cantiere	5.241,5	Effettuato con materiale risultante dagli scavi
	Terreno residuo	2.845,2	Da inviare a centri di recupero/smaltimento

**Tabella 6.4.5.b** *Volumetrie degli scavi e dei riporti per la posa delle tubazioni.*

### **Opere di connessione elettrica**

Di seguito si riportano i quantitativi di sbancamento/riporto necessari alla realizzazione delle opere di connessione elettrica.

Rif	Operazione	Volume (m <sup>3</sup> )	Note
<b>Cavidotto MT</b>			
A	Materiale Scavato	1.380,0	
B	Sabbia di riempimento	460,0	
C	Reinterro e risistemazioni aree di cantiere	920,0	
D	Terreno residuo (A-C)	460,0	

**Tabella 6.4.5.c** *Volumetrie degli scavi e dei riporti per la posa del Cavidotto MT*

Rif	Operazione	Volume (m <sup>3</sup> )	Note
<b>Cabina di consegna</b>			
A	Sbancamenti area	20,0	
B	Riporto con terreno proveniente da scavi	20,0	
C	Terreno residuo da sbancamenti e livellamento piazzale (A-B)	0,0	

**Tabella 6.4.5.d** *Volumetrie degli scavi e dei riporti per la Cabina di Consegna*

## **6.4.6 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 o tramite autobotte.

Tutti gli altri materiali edili saranno forniti in funzione dei contratti di fornitura stipulati con le imprese realizzatrici.

Nella seguente vengono dettagliati i quantitativi di inerti e calcestruzzo necessari per la realizzazione dell'impianto ORC e delle relative strade di accesso e aree parcheggio.

Impianto ORC	Volume (m <sup>3</sup> )
Materiale inerte	4.000,0
Calcestruzzo	763,9

**Tabella 6.4.6.a Volumetrie di Inerti e Calcestruzzo**

## 6.4.7 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.

## 6.5 USO DI RISORSE E INTERFERENZE POTENZIALI CON L'AMBIENTE IN FASE DI ESERCIZIO

### 6.5.1 USO DI RISORSE

#### 6.5.1.1 Approvvigionamento idrico

Per il funzionamento dell'impianto 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 inferiore a 1 m<sup>3</sup>/giorno. L'approvvigionamento dell'acqua necessaria per tali scopi, viste le contenute quantità richieste dall'impianto, avverrà mediante allacciamento alla rete acquedottistica. Inoltre, nell'area di centrale in adiacenza alla vasca di prima pioggia è presente una vasca di accumulo delle acque meteoriche del volume di 25 m<sup>3</sup>, che potrà essere utilizzato per l'irrigazione delle aree a verde. Per maggiori dettagli si rimanda all'Allegato 4.

#### 6.5.1.2 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 verrà completamente reiniettato nel serbatoio geotermico da cui è stato 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. La quantità di fluido organico necessaria per reintegrare il circuito è pari a circa 2,5 kg/giorno ovvero circa 900 kg/anno. È inoltre previsto l'utilizzo di una concentrazione di circa 5 ppm di inibitore di incrostazione per un consumo totale annuo di circa 30 t/anno.

### 6.5.1.3 **Uso di territorio**

L'uso del suolo per l'impianto in oggetto è costituito dall'area della Centrale ORC pari a circa 5.000 m<sup>2</sup>. L'occupazione di suolo per unità di energia elettrica prodotta dall'impianto risulta molto contenuta ed inferiore ad 1 - 2 m<sup>2</sup> /MWh considerando, oltre che la centrale, anche le postazioni di produzione e di reiniezione. Tali valori risultano un ordine di grandezza inferiore rispetto a quelli degli altri impianti di produzione di energia elettrica da fonti energetiche rinnovabili (ad esempio 10 ÷ 20 m<sup>2</sup> /MWh nel caso del fotovoltaico).

## 6.5.2 **INTERFERENZE CON L'AMBIENTE IN FASE DI ESERCIZIO**

### 6.5.2.1 **Emissioni in atmosfera**

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

### 6.5.2.2 **Effluenti liquidi**

L'impianto non produce effluenti liquidi di processo. Sotto le aree occupate dalle apparecchiature dell'impianto ORC che contengono fluidi potenzialmente contaminanti (olio di lubrificazione in particolare) sarà predisposta una rete di raccolta di acqua meteoriche che saranno raccolte e inviate ad un sistema di trattamento. Tale sistema 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. Le acque di prima pioggia vengo reggimentate in una vasca (detta "Vasca Acque di Prima Pioggia") dove 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. 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 nell'area di centrale e reiniettato.

### 6.5.2.3 **Emissioni sonore**

#### ***Fase di cantiere***

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 6.5.2.3.a:

Sorgente	Macchinario	Numerosità	L <sub>w,A</sub> [dB(A)]
S1	Escavatore Cingolato	1	104,0
S2	Pala Gommata	1	103,8
S3	Autogru	1	107,5
S4	Gruppo elettrogeno	1	101,3
S5	Betoniera	2	95,2
S6	Autocarro	3	103,3
S7	Battipali	1	108,6
S8	Impianto lavar ruote	1	65,1

**Tabella 6.5.2.3.a Sorgenti di rumore presenti nell'area di pertinenza della Latera Sviluppo Srl durante la fase di cantiere per la realizzazione dell'impianto ORC**

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**

Nella Tabella 6.5.2.3.b è indicata la potenza sonora indicativa delle principali sorgenti presenti nella Centrale ORC.

Sorgente	Macchinario	Numerosità	L <sub>w,A</sub> [dB(A)]	Modello sorgente	Altezza [m]
S1	Condensatore ad aria	1	105,1	Areale	14,0
S2	Pompa fluido organico	2	90,0	Puntiforme	1,0
S3	Turbo-generatore	1	100,8	Puntiforme	2,0
S4	Tubazione scarico turbine	1	89,5	Lineare	1,5
S5	Compressore (in cabinato)	2	96,0	Puntiforme	1,0
S6	Preriscaldatore	3	89,0	Puntiforme	1,0
S7	Evaporatore	2	89,0	Puntiforme	1,0
S8	Recuperatore	1	89,0	Puntiforme	1,0
S9	Raffreddamento circuito olii	1	96,0	Puntiforme	1,0
S10	Separatore CO2	1	89,0	Puntiforme	1,0
S11	Pompe di Brine	1	90,0	Puntiforme	1,0

**Tabella 6.5.2.3.b Sorgenti di rumore che compongono l'impianto ORC**

#### **6.5.2.4 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.

## 7 CRONOPROGRAMMA

Nella *Figura 7a* è riportato il previsto cronogramma che prevede la realizzazione dell'intero progetto in 34 mesi a partire dalla data di ottenimento di tutte le autorizzazioni.

Il programma previsto prevede le seguenti ipotesi:

- utilizzazione di una sola sonda di perforazione;
- necessità di 2 pozzi di produzione e 2 di reiniezione;
- tempi di realizzazione delle singole attività descritti nei successivi paragrafi;
- conferma della progettazione esecutiva dell'impianto al termine delle prove di produzione di lunga durata.

### ***Postazioni, strada di accesso e perforazione pozzi***

I tempi indicativi per le singole fasi, relative alla realizzazione delle postazioni e dei pozzi, descritte nei paragrafi precedenti sono:

- preparazione di una postazione di sonda e relativa strada di accesso: 45 gg;
- trasporto e montaggio impianto: 15-30gg;
- perforazione di un singolo pozzo (profondità verticale 2.000 m): 60 gg;
- analisi dei dati e decisioni operative in linea con l'attività e imprevisti: 10gg;
- prove di produzione:
  - prove di produzione di breve durata: 3/4 gg non consecutivi;
  - prove di produzione e reiniezione: 14 gg.

### ***Impianto ORC***

I tempi indicativi per la realizzazione dell'impianto:

- progettazione esecutiva e approvvigionamento materiali: 15 mesi;
- allestimento area Centrale: 90 giorni;
- completamento opere civili, montaggio impianto, allacciamento alla rete: 240 giorni;
- Commissioning: 90 giorni.

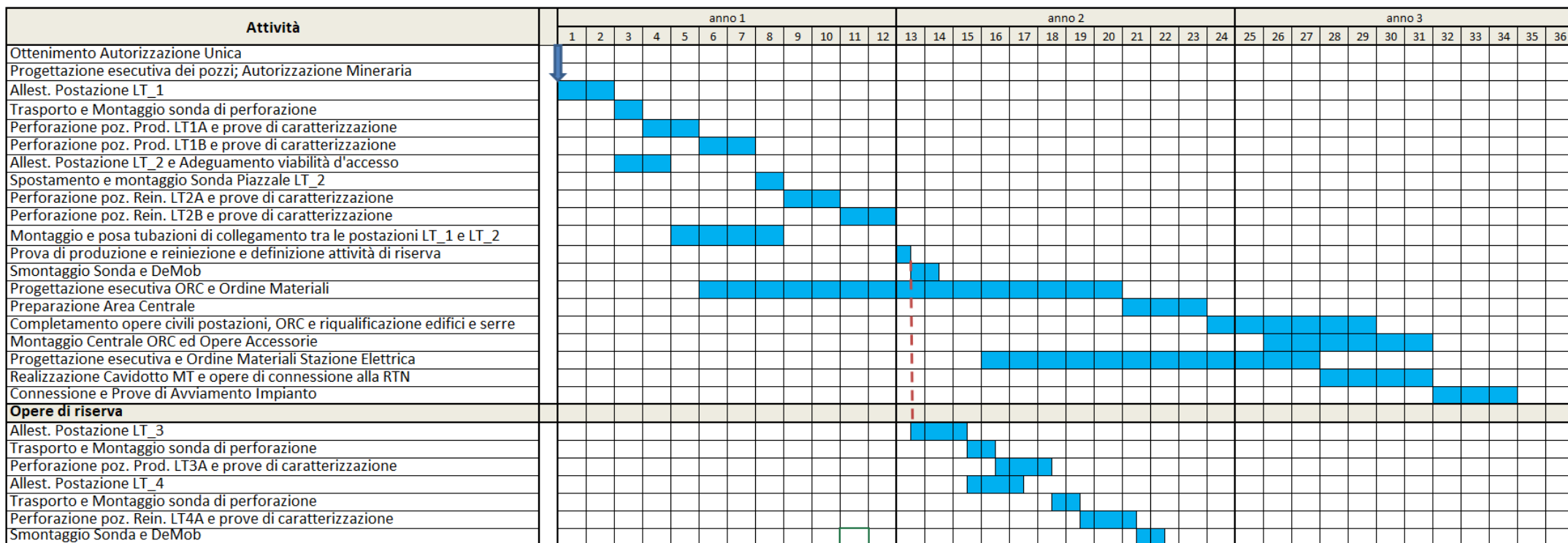


Figura 7.a Cronoprogramma delle Attività



## 8 INVESTIMENTI PREVISTI

Nella seguente Tabella 8.a sono riportati i costi complessivi del progetto. I costi sono stati stimati nell'ipotesi più probabile che sia necessario l'allestimento di 2 postazioni (1 di produzione e 1 di reiniezione) e la perforazione di 4 pozzi (2 di produzione e 2 di reiniezione).

Valore complessivo dell'opera privata			
DESCRIZIONE	IMPORTI IN €	IVA %	TOTALE € (IVA compresa)
<b>A) COSTO DEI LAVORI</b>			
A.1) Interventi previsti	30.360.395	10%	33.396.435
A.2) Oneri di sicurezza	1.143.765	22%	1.395.393
A.3) Opere di mitigazione	820.000	22%	1.000.400
A.4) Spese previste da Studio di Impatto Ambientale, Studio Preliminare Ambientale e Progetto di Monitoraggio Ambientale	300.000	22%	366.000
A.5) Opere connesse	400.000	22%	488.000
<b>TOTALE A</b>	<b>33.024.160</b>		<b>36.646.228</b>
<b>B) SPESE GENERALI</b>			
B.1) Spese tecniche relative alla progettazione, ivi inclusa la redazione dello studio di impatto ambientale o dello studio preliminare ambientale e del progetto di monitoraggio ambientale, alle necessarie attività preliminari, al coordinamento della sicurezza in fase di progettazione, alle conferenze di servizi, alla direzione lavori e al coordinamento della sicurezza in fase di esecuzione, all'assistenza giornaliera e contabilità,	137.000	22%	167.140
B.2) Spese consulenza e supporto tecnico	45.900	22%	55.998
B.3) Collaudo tecnico e amministrativo, collaudo statico ed altri eventuali collaudi specialistici	25.500	22%	31.110
B.4) Spese per Rilievi, accertamenti, prove di laboratorio, indagini <i>(includere le spese per le attività di monitoraggio ambientale)</i>	120.000	22%	146.400
B.5) Oneri di legge su spese tecniche B.1), B.2), B.4) e collaudi B.3)	4.168	-	4.500
B.6) Imprevisti	16.393	22%	20.000
B.7) Spese varie	4.098	22%	5.000
<b>TOTALE B</b>	<b>353.060</b>	<b>-</b>	<b>430.148</b>
C) eventuali altre imposte e contributi dovuti per legge (...specificare) oppure indicazione della disposizione relativa l'eventuale esonero.	-	-	-
<b>"Valore complessivo dell'opera" TOTALE (A + B + C)</b>	<b>33.377.220</b>		<b>37.076.376</b>

Tabella 8.a

Quadro economico del progetto

Per un maggiore dettaglio si rimanda all'*Allegato 6 – Computo Metrico Estimativo*.

## 9 RIMESSIONE IN PRISTINO DELLE AREE

### 9.1 COMPLETAMENTO DEI POZZI E RIPRISTINO DELLA POSTAZIONE

Come indicato nel *Paragrafo 5.9*, gli sviluppi futuri dell'area della postazione di perforazione dipenderanno strettamente dall'esito della perforazione e della produttività dei pozzi.

In caso di esito positivo della perforazione (*Paragrafo 5.9.1*) i pozzi saranno utilizzati per la generazione di energia geotermoelettrica e la cessione del calore geotermico. Per cui al termine della realizzazione dei pozzi, tutte le attrezzature di cantiere verranno smantellate, mentre i pozzi geotermici e la postazione rimarranno in essere.

In caso di esito negativo della perforazione (*Paragrafo 5.9.2*) sarà effettuata la chiusura mineraria dei pozzi e si procederà alla demolizione della postazione e al ripristino delle condizioni anteperam dell'area.

### 9.2 DISMISSIONE DELL'IMPIANTO GEOTERMICO

Alla fine della sua vita tecnica, stimabile in oltre 30 anni, si procederà alla dimissione dell'impianto e delle opere connesse, per la quale si prevedono le seguenti fasi:

- 1) smontaggio e bonifica degli impianti e degli equipaggiamenti;
- 2) smantellamento delle tubazioni di rete;
- 3) demolizione delle opere civili;
- 4) chiusura mineraria dei pozzi produttivi e reiniettivi (vedi *Paragrafo 5.9.2*).

#### 9.2.1 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.

I costi inerenti la bonifica, lo smontaggio e lo smaltimento delle componenti della Centrale saranno compensati dalla vendita e recupero di materiale pregiato, come il rame e l'acciaio.

### **9.2.2 SMANTELLAMENTO DELLE TUBAZIONI DI RETE**

La vita tecnica di esercizio delle tubazioni di collegamento tra le postazioni e l'impianto geotermoelettrico, dipende essenzialmente dalla vita utile dell'impianto, nonché dalla normale usura del materiale.

Per quanto sopra esposto nel caso in cui le tubazioni o parti delle tubazioni non fossero più necessarie, si dovrà procedere con una bonifica delle stesse al fine di rimuovere i residui di fluidi presenti all'interno. Successivamente si dovrà procedere con lo scavo finalizzato a portare a giorno la condotta interrata, con lo smontaggio delle tubazioni, con la rimozione delle cablature per la trasmissione dei segnali all'impianto, con la demolizione dei ponti di attraversamenti e con il successivo ricolmamento dello scavo.

La tubazione ed eventuali supporti metallici saranno recuperati o riciclati, mentre il materiale isolante delle tubazioni e altri materiali non riciclabili dovranno essere inviati a smaltimento.

Infine, la fascia interessata dalla tubazione, nonché la pista per la manutenzione del tubo dovranno essere riportate allo stato ante-operam, ossia rimesse a verde, mediante inerbimento e seminagione di specie arboree autoctone non invasive.

I tempi previsti per l'esecuzione delle attività inerenti allo smantellamento delle tubazioni di rete è stimabile in circa 5 mesi.

### **9.2.3 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, sarà eseguita una rippatura per ripristinare l'originale permeabilità del suolo, ove necessario sarà riportato uno spessore di terreno vegetale e verrà riprofilata la natura irregolare del terreno. L'area sarà quindi riportata allo stato ante-operam e/o predisposta per gli eventuali utilizzi previsti.

### 9.3 STIMA DEI COSTI

I costi di dismissione, previsti per le diverse fasi sopra descritte, sono riportati nella seguente *Tabella 9.3a*.

Voci di Costo	Costo Unitario	Euro
Scavo, Bonifica, Smontaggio copertura delle tubazioni con recupero dell'acciaio e smaltimento coibente		450.000
Smontaggio e bonifica dell'area di Centrale, demolizione opere civili smaltimento rifiuti, recupero acciaio, rame		300.000
Chiusura mineraria dei 4 pozzi	150.000 €/pozzo	600.000
Demolizione opere civili di piazzola, smaltimento inerti, rimessa in pristino dell'area pozzi	200.000 €/postaz.	400.000
<b>TOTALE</b>		<b>1.750.000</b>

**Tabella 9.3.a** *Stima dei costi di dismissione*

## 10 ELENCO TAVOLE E ALLEGATI

### **TAVOLE**

P22045-C-LY-00-0 - Inquadramento Topografico  
P22045-C-LY-01-0 - Postazione LT\_1  
P22045-C-LY-02-0 - Postazione LT\_2  
P22045-C-LY-03-0 - Postazione LT\_3  
P22045-C-LY-04-0 - Postazione LT\_4  
P22045-C-LY-05-0 - Postazioni in Fase di Perforazione  
P22045-C-LY-06-0 - Postazioni in Fase di Esercizio  
P22045-C-LY-07-0 - Impianto ORC  
P22045-P-DF-00-0 - Diagramma di Flusso (PFD) e Schema Inibitori

### **ALLEGATI**

Allegato 1 – Relazione Geologica  
Allegato 2 – Modellazione Numerica del Serbatoio Geotermico  
Allegato 3 – Riferimenti Catastali  
Allegato 4 – Relazione Tecnica Illustrativa del Piano di Gestione e Prevenzione delle Acque Meteoriche Dilavanti  
Allegato 5 – Scheda di Sicurezza Fluido Organico  
Allegato 6 – Computo Metrico Estimativo  
Allegato 7 – Progetto Elettrico  
Allegato 8 – Documentazione Fotografica

## 11 BIBLIOGRAFIA

- Allegrini G., Sabatelli F. Cozzini M. (1989) – Thermodynamical analysis of the optimum exploitation of a water-dominated geothermal field with high gas content. Seminar on New Developments in Geothermal Energy – Ankara (Turkey) 22-25 May 1989
- Baldacci A., Dupont R. e Piemonte C., (1999) - Electricity generation from NCG (noncondensable gases) expansion in Latera geothermal plant, Latium, Italy - Bulletin d'Hydrogéologie No 17 (1999) Centre d'Hydrogéologie, Université de Neuchâtel – Editions Peter Lang
- Baldacci A., (2001). La centrale di Latera: compatibilità ambientale. In: La geotermia a Latera: ambiente e sviluppo. Latera, 16 ottobre 1999, 73-81.
- Barberi F., Buonasorte G., Cioni R., Fiordelisi A., Foresi L., Iaccarino S., Laurenzi M.A., Sbrana A., Vernia L., Villa I.M. (1994) – Plio-Pleistocene geological evolution of the geothermal area of Tuscany and Latium. Mem. Descr. Carta Geol. It., 49, 77-134.
- Barberi F., Innocenti F., Landi P., Rossi U., Saitta M., Santacroce R., Villa I.M., (1984). The evolution of Latera caldera in the light of subsurface data. Bull. Volcanol., 47, 125-141.
- Barelli. A., Corsi R., D'Offizi S., Lovari F., Manetti G., Rossi U. (1983) – Results of drilling exploration in the Latera geothermal area: utilization project of a water dominated reservoir. European Geothermal Update 29 November – 1 December 1983 - Munich
- Bertrami R., Cameli G.N., Lovari F., Rossi U. (1984) – Discovery of Latera Geothermal field: problems of exploration and research. Seminar on utilization of geothermal energy for electric power production and space heating.
- Biella G., De Franco R., Lozej A., Amato A., (1987). Is there a shallow body of lower crust under the Vulsinian volcanic complex. Per. Mineral., 56, 303-318.
- Buonasorte G., Fiordelisi A. Rossi U. (1987a) – Tectonic structures and geometric setting of the Vulsini Volcanic Complex. Per. Mineral., 56, pp123-136.
- Buonasorte G., Cataldi R., Ceccarelli A., Costantini A., D'Offizi S., Lazzarotto A., Ridolfi A., Baldi P., Barelli A., Bertini G., Bertrami R., Calamai A., Cameli G., Corsi R., D'Acquino C., Fiordelisi A., Ghezzi A., Lovari F. (1987b) – Ricerca ed esplorazione nell'area geotermica di Torre Alfina (Lazio-Umbria). Boll. Soc. Geol. It., 107, 265-337.
- Buonasorte G., Fiordelisi A., Pandeli E., Rossi U., Sollevanti F., (1987c). Stratigraphic correlations and structural setting of the pre-neoautochthonous sedimentary sequences of Northern Latium. Per. Mineral. 56, 111-122.
- Buonasorte G., Cameli G.M., Fiordelisi A., Parotto M., Perticone I., (1995). Results of geothermal exploration in Central Italy (Latium – Campania), World geothermal congress, Florence, Italy.

- Cavarretta G., Gianelli G., Scandiffio G., Tecce F., (1985). Evolution of Latera geothermal system II: Metamorphic, hydrothermal mineral assemblages and fluid chemistry. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 26, 337-364.
- Comune di Latera (2001) – Giornata di Studio “La Geotermia a Latera: Ambiente e Sviluppo”. Latera 16 Ottobre 1999 Grancia di S. Pietro. Tipografie Ceccarelli Grotte di Castro (VT).
- Conticelli S., Francalanci L., Manetti P., Peccerillo A., (1987). Evolution of Latera Volcano, Vulsinian district (Central Italy): stratigraphical and petrological data, *Per. Mineral.*, 56, 175-199.
- Corsi R., Culivicchi G., Sabatelli F., (1985). Laboratory and field testing of calcium carbonate scale inhibitors. *Symposium on Geothermal Energy, Haway*. 1985.
- Corsi R., (1986). Scaling and Corrosion in geothermal equipment: problems and preventive measurements. *Geothermics*, 15/5.
- Corsi R., (1987). Engineering aspects of CaCO<sub>3</sub> and SiO<sub>2</sub> scaling. NATO course on “Geothermal Reservoir Engineering”, Antalya, Turkey, July 1987.
- Cortecchi G., Bertrami R., Ceccarelli A., (1981). Circulation patterns and geothermometry of some Italian spring systems by sulphate isotopes. In *Proceedings of the 3rd Water-Rock Interaction Symposium, Edmonton, Canada*, pp. 115-116.
- Dessau G., Duchi G., Stea B. (1972) - Geologia e depositi minerali nella zona dei Monti Romani - Moneti (comuni di Manciano e Capalbio - Grosseto e Ischia di Castro--- Viterbo). *Mem. Soc. Geol. It.*, 11, 217 - 260.
- D'Amore F., Panichi C., (1980). Evaluation of deep temperatures of hydrothermal systems by a new gas geothermometer. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 44. 549-556.
- ENEL – MICA (1987) – Inventario delle Risorse Geotermiche Nazionali – Regione Lazio. Rapporto per Ministro Industria Commercio e Artigianato.
- ENEL (1983) – Project for the utilization of a high-temperature water-dominated geothermal reservoir: Latera back-pressure power plant. *European Community Demonstration Projects for Energy saving and Alternative Energy Sources*. ENEL Unità Nazionale Geotermica - Commission of the European Communities.
- ENEL, (1995). L'energia in Toscana e nel Lazio settentrionale. Pubblicazione ENEL.
- ENEL (2017) - Progetto Realizzazione Centrale Geotermoelettrica “Nuova Latera” - Relazione Tecnica Di Progetto – Procedimento di Valutazione di Impatto Ambientale – Regione Lazio
- 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;
- Funciello R., Salvini F., Wise D.U. (1984) - Deformational history of basement exposures along the Fiora River, Central Italy. *Boll. Soc. Geol. It.*, 103, 491 - 501.
- Gianelli G., Scandiffio G., (1989). The Latera geothermal system (Italy): chemical composition of the geothermal fluid and hypotheses on its origin. *Geothermics*, Vol. 18 447-463.
- 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.
- Innocenti F., Trigila R., (1987). Vulsinian Volcanoes. *Period. Mineral.*, 56, 238 pp.



- Klein C. W, (1995) – Management of fluid injection in geothermal wells to avoid silica scaling at low levels of silica oversaturation – Proceedings of the World Geothermal Congress, 1995 pp.2451-2456
- Landi P., (1987). Un esempio di zonatura compositiva in camere magmatiche superficiali. L'eruzione piroclastica alcalino potassico di Pitigliano (Vulcano di Latera). Rendic. Soc. Geol. It. Min. Petr.
- Locardi E., (1983). Esperimento di carta vulcanico-strutturale del centro di Latera (Vulcani Vulsini). ENEA RT/AMB 7.
- Metzeltin S., Vezzoli L., (1983). Contributi alla geologia del vulcano di Latera (Monti Vulsini, Toscana meridionale – Lazio settentrionale). Mem. Soc. Geol. It. 25, 247-271.
- 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
- Molli G., (2008) - Northern Apennines - Corsica orogenic system: an updated overview. In: Siegesmund, S., Fügenschuh, B., Froitzheim, N. (Eds.), Tectonic aspects of the Alpine–Dinaride–Carpathian system. Geol. Soc., London, Spec. Publ. 298, pp. 413–442.
- Nicoletti M., Petrucciani C., Piro M., Trigila R., (1979). Nuove datazioni Vulsine per uno schema di evoluzione della attività vulcanica: il quadrante nord occidentale. Per. Min. 48, 153-165.
- Parotto M., Praturlon A. (2004) - The southern Apennine arc. Special Volume of the Italian Geological Society for the IGC 32 Florence - 200, 34 - 58.
- Peccerillo A., (2003) - Plio - Quaternary magmatism in Italy, Episodes, 26, 222 - 226.
- Sabatelli F. & Mannari M. (1995) – Latera Development Update. World Geothermal Congress, Florence, Italy, May 18- 31, 1995. Proceedings, vol. 3, pp. 1785-1789.
- Tiberti M.M., Orlando L., Di Bucci D., Bernabini M., Parotto M. (2005) - Regional gravity anomaly map and crustal model of the Central - Southern Apennines (Italy). Journal of Geodynamics, 40, 73 - 91.
- Turbeville B.N., (1993). Petrology and petrogenesis of the Latera Caldera, Central Italy. J. Petrol., 34(1), 77-123.
- Varekamp J.C., (1980). The geology of Vulsinian Area , Lazio, Italy. Bull. Vulcanol., 83, 487-503.
- Vezzoli L., Conticelli S., Innocenti F., Landi P., Manetti P., Palladino D.M., Trigila R., (1987). Stratigraphy of the Latera Volcanic Complex: proposal for a new nomenclature. Per. Mineral. 56, 89-110.
- Villa I.M., Giuliani O., De Grandis G., Cioni R., (1981). Datazioni <sup>40</sup>Ar/ <sup>39</sup>Ar sulla base delle vulcaniti della Provincia Romana. Rend. SIMP., 42, 357.