

TOSCOGEO

geothermal energy

Società del gruppo



GRAZIELLA
green power

magma ENERGY ITALIA

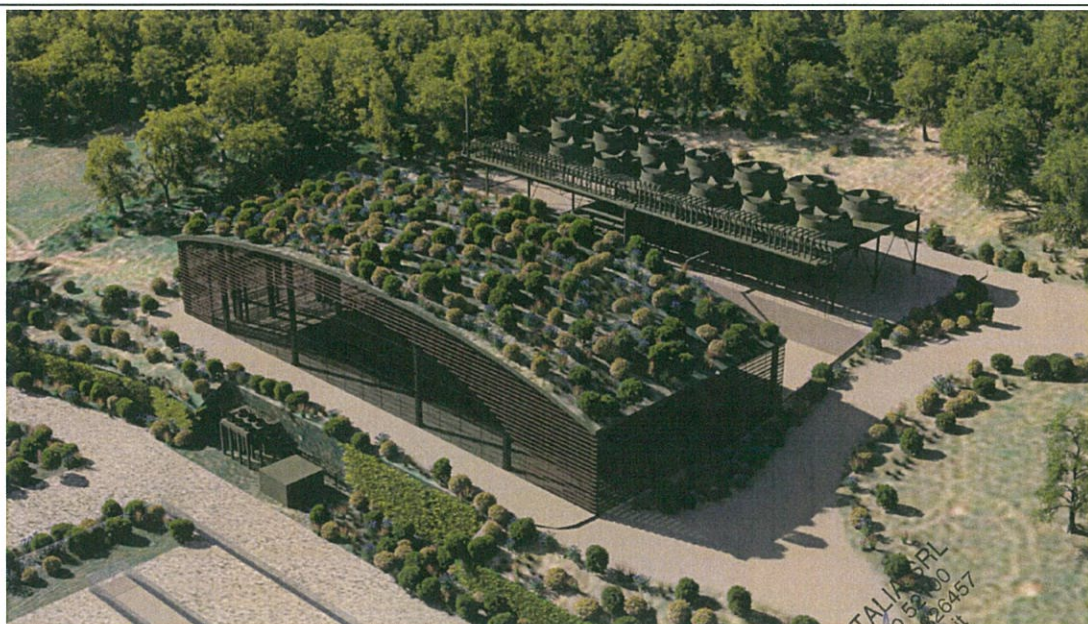
RETE GEOTERMICA TOSCANA

C/O TOSCOGEO S.R.L.

VIA ERNESTO ROSSI N° 9 - 52100, AREZZO

TEL. 0575 32641 - FAX. 0575 326464

Impianto Geotermico Pilota Castelnuovo PROGETTO DEFINITIVO



00	20/11/2015	Emissione	Magma Energy Italia S.r.l.	Magma Energy Italia S.r.l.	Rete Geotermica Toscana
REV.	DATA	OGGETTO	PREPARATO	CONTROLLATO	APPROVATO

PROGETTISTA:



GEOTHERMAL ENERGY CONSULTING S.p.A.
Via Castello, 121 - 56045 Lustignano
E-mail: info@gec3.it
Piva: 01997930506

NOTE:
TOSCO GEO SRL
VIA E. ROSSI N.9 - AREZZO 52100
TEL. 0575 32641 - FAX 0575 326464
C.F. e P.IVA 06142590485
Capitale sociale sottoscritto e versato € 12.000,00
Società soggetta a direzione e coordinamento di
Graziella Green Power spa - Via E. Rossi, 9 - Arezzo 52100
C.F. e P.IVA 02033840519

TITOLO:

RELAZIONE GENERALE

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

C	A	S	0	2	D	E	G	E	R	0	0	1
ARGOMENTO	PROGETTO	LIVELLO	AREA	TIPO	PROGRESSIVO							

Questo documento contiene informazioni di proprietà della RETE GEOTERMICA TOSCANA e può essere utilizzato esclusivamente dal destinatario in relazione alle finalità per le quali è stato ricevuto. È vietata qualunque forma di riproduzione o divulgazione senza l'esplicito consenso della RETE GEOTERMICA TOSCANA.

FOGLIO:

1 di 82

FORMATO:

A4 - A3

INDICE

1. INQUADRAMENTO GENERALE	5
1.1. Premessa.....	5
1.2. Ubicazione del permesso di ricerca.....	5
1.3. Scopo del progetto.....	8
1.4. Strategia di sviluppo del progetto.....	9
1.4.1. Il programma di lavoro	9
1.4.2. Le attività principali del progetto.....	10
1.4.3. Cronogramma.....	13
2. CARATTERISTICHE DEL SISTEMA GEOTERMICO.....	14
2.1. Inquadramento	14
2.2. Assetto geologico ed evoluzione tettonica.....	14
2.3. Successione tettono-stratigrafica	15
2.4. Lineamenti geofisici.....	16
2.5. Stima del Potenziale geotermico.....	18
2.6. Caratteristiche fisico-chimiche attese dei fluidi	19
2.7. Modello Geotermico Integrato.....	19
2.8. Modello termodinamico di serbatoio	20
3. PROSPEZIONI GEOFISICHE INTEGRATIVE E PROSPEZIONI DI POZZO	23
3.1. Geofisica di esplorazione.....	23
3.2. Rilevamento della Microsismicità.....	24
3.3. Prospezioni di pozzo.....	24
3.3.1. Sismica di pozzo	24
3.3.2. Logs geologici e geofisici	25
4. PERFORAZIONI	26
4.1. Criteri generali per la perforazione	26
4.2. Profili tecnici.....	27
4.3. Programma di perforazione	28
4.4. Perforazione direzionale.....	30
4.5. Simulazione del sistema di reiniezione dei gas incondensabili	33
4.6. Modalità di reiniezione.....	33
4.7. Controlli del pozzo durante la fase di esercizio	33
4.7.1. Programma dei controlli.....	34
4.7.2. Frequenza dei controlli	34
4.7.3. Modalità operative di manutenzione.....	34
5. IMPIANTO GEOTERMEOLETTRICO	35

5.1. Criteri generali di progettazione.....	35
5.2. Descrizione del progetto	37
5.3. Layout impianto	39
5.4. Sistema adduzione/re-iniezione	40
5.5. Sistemi ausiliari d’impianto.....	43
5.5.1. Sistemi di controllo	43
5.5.2. Protezione antincendio/ Sistemi di rilevamento.....	43
5.5.3. Sistema di illuminazione.....	44
5.6. Realizzazione impianto.....	44
5.6.1. Rumore.....	45
5.7. Avviamento dell’impianto.....	45
5.7.1. Avviamento “a freddo”.....	45
5.7.2. Avviamento “a tiepido”.....	46
5.8. Esercizio dell’impianto	47
5.9. Bilancio energetico	47
5.10. Manutenzione impianto.....	48
5.10.1. Circuito fluido geotermico.....	48
5.10.2. Circuito R245fa.....	49
5.10.3. Pompa circolazione P-201.....	50
5.10.4. Condensatore aria HE-301	50
5.10.5. Turbo Espansore T-201.....	50
5.10.6. Circuito incondensabili	50
5.11. Consumi idrici	51
5.12. Emissioni e rifiuti	52
5.13. Rumore	52
5.14. Ripristino delle aree a fine vita	54
6. COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA.....	55
6.1. Descrizione tecnica dell’intervento.....	55
7. OPERE CIVILI.....	56
7.1. Criteri Progettuali	56
7.2. Descrizione delle opere del progetto.....	57
7.3. Postazione di perforazione.....	59
7.3.1. Descrizione della postazione.....	59
7.3.2. Modalità di esecuzione	60
7.4. Centrale geotermoelettrica a ciclo binario.....	61
7.4.1. Descrizione opere civili e corpo di fabbrica.....	61
7.4.2. Modalità di esecuzione	62
7.5. Viabilità di accesso	62
7.6. Aree di stoccaggio.....	64
7.7. Vasca acqua di accumulo (12.000mc).....	64
7.8. Vasca acqua di perforazione (3.000mc).....	65
7.9. Bilanci scavi e riporti.....	65
7.10. Caratterizzazione materiali da scavo.....	65
8. MITIGAZIONE DEGLI IMPATTI AMBIENTALI.....	67

8.1. Intervento di mitigazione: centrale geotermoelettrica	67
8.2. Intervento di mitigazione: postazione di perforazione e viabilità	70
9. MONITORAGGI AMBIENTALI	71
9.1. Monitoraggio Microsismico	71
9.2. Monitoraggio delle deformazioni del suolo	71
10. QUADRO ECONOMICO GENERALE	73
11. PARTE XI – CRONOPROGRAMMA DELLE FASI ESECUTIVE.....	74
11.1. Macrofasi Esecutive	74
11.2. Cronoprogramma	79
12. DEFINIZIONI E GLOSSARIO	80
12.1. Definizioni normative	80
12.2. Glossario dei termini tecnici	80

1. INQUADRAMENTO GENERALE

1.1.Premessa

La RETE GEOTERMICA TOSCANA, in conformità al dettato normativo per gli impianti pilota (D.Lgs. 11 febbraio 2010, n° 22 - Riassetto della normativa in materia di ricerca e coltivazione delle risorse geotermiche, a norma dell’Art. 27, comma 28, della legge 23 luglio 2009, n 99, in data 29/04/2013 ha presentato, al Ministero dello Sviluppo Economico (MISE) l’istanza di permesso di ricerca di risorse geotermiche finalizzata alla sperimentazione di impianti pilota in terraferma denominato Castelnuovo.

Con lettera , Prot. 0017608 del 28/07/2015 il MISE ha comunicato che:

- *“... il progetto denominato Castelnuovo, relativo all’immisione di 5 MW nel sistema elettrico, risulta compatibile con il quadro attuale della potenza autorizzabile e disponibile in base alla normativa vigente.*
- *“...la prosecuzione dell’iter istruttorio finalizzato ad ottenere il rilascio del permesso di cui trattasi necessita, tra l’altro, del giudizio ambientale di competenza del MATTM...”*
- *“ Per quanto attiene al procedimento di VIA, si fa presente che la Legge 9 agosto 2013, n.98, di conversione con modificazioni, del decreto legge 21 giugno 2013, n.69 ha disposto, integrando l’art. 1 comma 2-bis del D.Lgs. 22/2010 e D.Lgs. 152/2006, che gli impianti geotermici pilota sono di competenza statale , sottoponendo, pertanto, tale tipologia di progetti alla procedura di VIA del MATTM. In particolare, ai sensi dell’art. 29 comma 1 del D.Lgs 152/2006, la valutazione di impatto ambientale costituisce, per progetti di opere ed interventi a cui si applicano le disposizioni del presente decreto, presupposto o parte integrante del procedimento di autorizzazione o approvazione”*

In base alle disposizioni della sopra citata lettera del MISE è stata redatta la presente Relazione Generale del Progetto Definitivo dell’ Impianto Geotermico Pilota “Castelnuovo” la quale, insieme allo Studio di Impatto Ambientale (SIA) ed alla Sintesi Non Tecnica (SNT), fa parte della documentazione sottoposta al Ministero dell’Ambiente e della tutela del Territorio e del Mare al fine della Valutazione di Impatto Ambientale (VIA) del sopracitato progetto. In accordo con la vigente normativa, la relazione generale “fornisce i chiarimenti atti a dimostrare la rispondenza del progetto alle finalità dell'intervento, il rispetto del prescritto livello qualitativo, dei conseguenti costi e dei benefici attesi”.

Questa Relazione Generale descrive le scelte progettuali adottate per l’ Impianto Geotermico Pilota “Castelnuovo” con particolare riguardo all’inserimento dell’intervento sul territorio, alle modalità di esecuzione dei pozzi di estrazione/reimmisione dei fluidi geotermici, ai processi e alle soluzioni impiantistiche per la produzione di energia elettrica, nonché alle opere accessorie, tra le quali la viabilità d’accesso all’impianto e il collegamento alla rete elettrica.

Il presente documento rappresenta la Relazione Generale del Progetto Definitivo dell’**Impianto Geotermico Pilota “Castelnuovo”**, sottoposto al Ministero dell’Ambiente e della tutela del Territorio e del Mare al fine della Valutazione di Impatto Ambientale (VIA), corredato dei relativi Studio di Impatto Ambientale (SIA) e Sintesi Non Tecnica (SNT).

1.2.Ubicazione del permesso di ricerca

Il permesso di ricerca “Castelnuovo” è ubicato in Toscana nelle Province di Pisa e Siena (Fig. 1) e interessa i territori dei Comuni di Castelnuovo di Val di Cecina (Pi) e Radicondoli (Si).

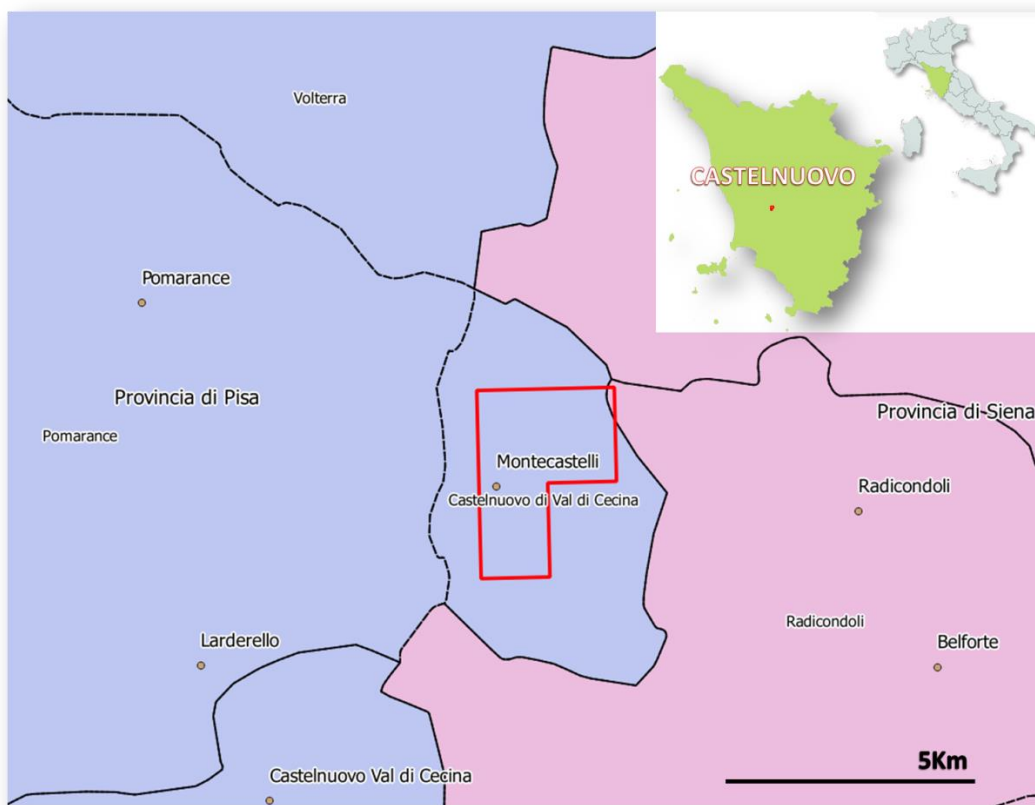


Fig. 1 – Posizione geografica del Permesso Pilota “Castelnuovo”

L’area del Permesso è stata selezionata sulla base dei numerosi dati pubblici relativi alla struttura geologica ottenuti da pregresse esplorazioni ed alle caratteristiche delle risorse geotermiche presenti in zone limitrofe al Permesso “Castelnuovo”.

Il quadro delle conoscenze disponibili è completato dai dati recentemente acquisiti nell’adiacente permesso di ricerca “Mensano” di cui è titolare Magma Energy Italia, che ha messo a disposizione di RETE GEOTERMICA TOSCANA i propri dati per lo sviluppo del presente progetto.

Il Permesso ha una superficie complessiva di 7.52 km², delimitata dai vertici di una poligonale tracciata lungo meridiani e paralleli con maglia pari o multipla di 1', in accordo con il D.P.R. 395/91. Le coordinate dei vertici della poligonale sono identificate come segue, nel sistema geografico Monte Mario–Roma 40, con segno negativo per longitudine a ovest di M.Mario (Tabella 1e Fig. 2):

Tabella 1 – Coordinate M.Mario dei vertici del Permesso pilota “Castelnuovo”

Vertice	Latitudine	Longitudine
a	43°17'00"	- 1°30'00"
b	43°17'00"	- 1°28'00"
c	43°16'00"	- 1°28'00"
d	43°16'00"	- 1°29'00"
e	43°15'00"	- 1°29'00"
f	43°15'00"	- 1°30'00"

La poligonale risponde ai requisiti del DPR 395/91: la distanza ‘bf’ tra i vertici estremi della poligonale, pari a 4.59 km, non è superiore a quattro volte la lunghezza media dell’area (intesa come altezza del rettangolo equivalente avente per base tale distanza), pari a $(4 \times 7.52/4.59 =) 6.55$ km.

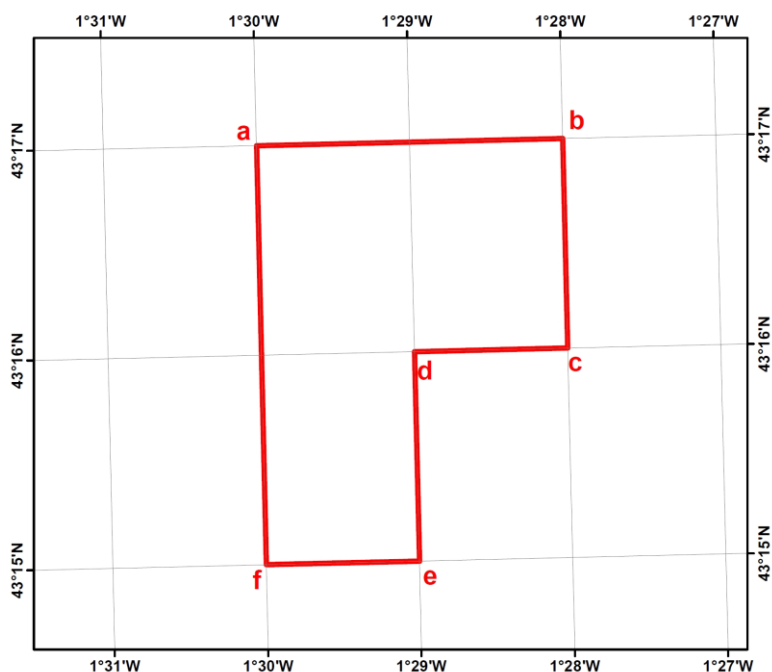


Fig. 2 – Identificazione dei vertici del Permesso pilota “Castelnuovo” sul reticolo geografico con passo 1’

Per identificare le intersezioni con le concessioni e i permessi di ricerca già rilasciati è necessario definire le coordinate del punto ausiliare x come da tabella seguente:

Tabella 2– Coordinate dei punti ausiliari per la definizione delle intersezioni con il Permesso “Castelnuovo”

Punto ausiliario	Latitudine	Longitudine
x	43°17'00"	- 1°29'00"

Il perimetro sopra definito interseca il perimetro dei seguenti permessi di risorse geotermiche:

- Permesso di Ricerca “Montegemoli” (Enel Green Power S.p.A.):
 intersezione nel segmento ‘fa’ (lat. 43°15'00”/43°17'00”, long. - 1°30'00”)
- Permesso di Ricerca “Mensano” (Magma Energy Italia S.r.l.):
 intersezione nel segmento ‘xb’ (lat. 43°17'00”, long. - 1°29'00”/- 1°28'00”)
 intersezione nel segmento ‘bc’ (lat. 43°17'00”/43°16'00”, long. - 1°28'00”)
 intersezione nel segmento ‘cd’ (lat. 43°16'00”, long. - 1°28'00”/- 1°29'00”)
 intersezione nel segmento ‘de’ (lat. 43°16'00”/43°15'00”, long. - 1°29'00”)
 intersezione nel segmento ‘ef’ (lat. 43°15'00”, long. - 1°29'00”/- 1°30'00”)

Il permesso ricade nel foglio IGM 1:100.000 n. 120 (Siena).

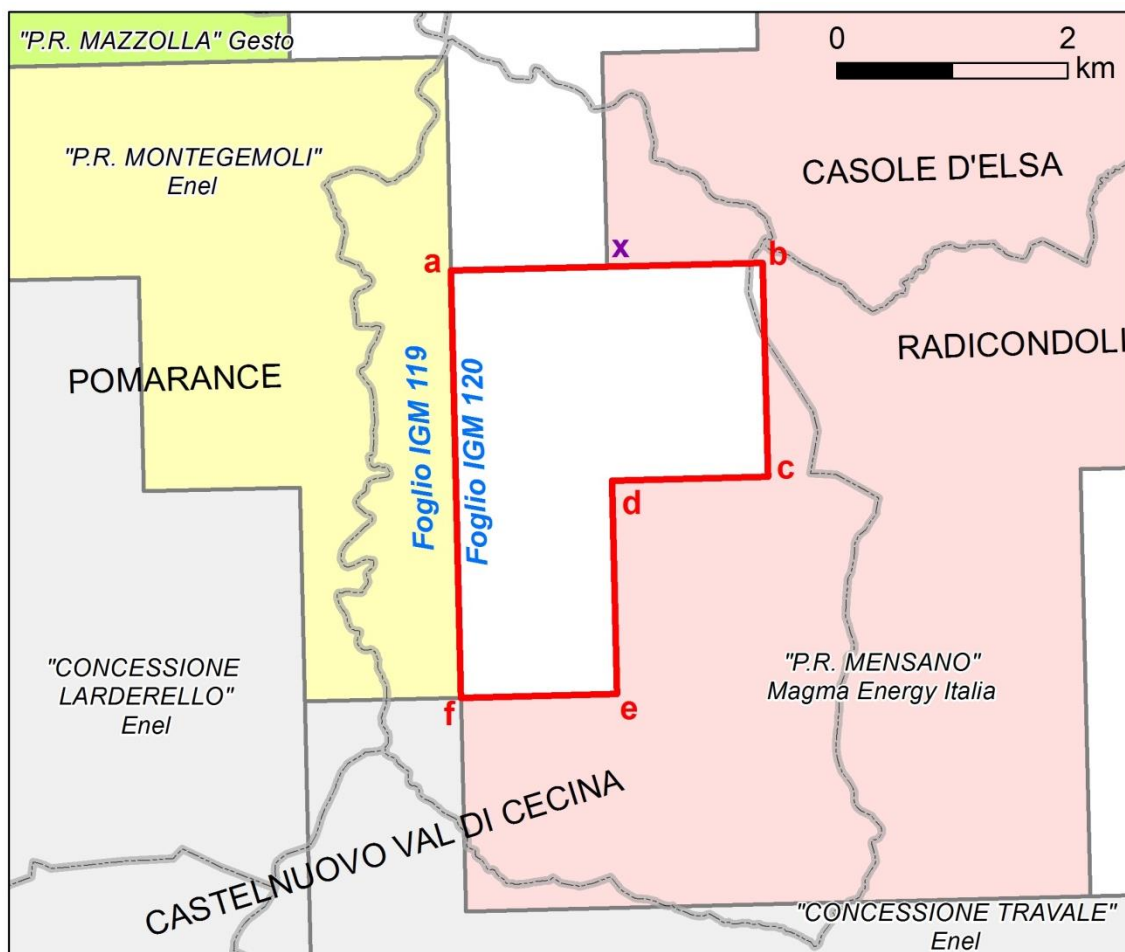


Fig. 3 - Identificazione del Permesso pilota “Castelnuovo” rispetto ai Comuni interessati (contorni irregolari), ai Fogli IGM (tratto blu) e alle Concessioni o Permessi di ricerca geotermici vigenti.

1.3.Scopo del progetto

Il progetto “Castelnuovo” è finalizzato alla produzione di energia elettrica mediante l’utilizzo di fluidi geotermici.

Il progetto prevede:

- 1) il reperimento di fluidi geotermici mediante la realizzazione di due pozzi di produzione, uno subverticale l’altro direzionale, perforati da un’unica piazzola, a profondità di circa 3500-4000 m;
- 2) la realizzazione di un impianto per la generazione di energia geotermoelettrica ad emissioni zero, impiegando una centrale a ciclo binario da 5 MWe netti;
- 3) la reiniezione di tutti i fluidi estratti, inclusi i gas incondensabili, all’interno delle stesse formazioni geologiche di provenienza, mediante un pozzo di reiniezione direzionale profondo circa 3000-3500 m, perforato dalla stessa postazione dei pozzi di produzione.

Nel sottosuolo del progetto “Castelnuovo” sono presenti fluidi geotermici con temperatura superiore a 150 °C all’interno di due tipi di rocce serbatoio:

- il primo in rocce evaporitiche mesozoiche a profondità comprese tra 1200-1600 m;
- il secondo in rocce metamorfiche all’interno delle quali sono presenti zone permabili, a profondità compresa tra 2500-4000 m, nelle quali la capacità di produrre fluidi è già

stata accertata in aree limitrofe. I fluidi geotermici sono costituiti prevalentemente da vapore con pressione di strato di superiori a 50 bar. e temperatura che raggiunge circa 300°C a 3500 m di profondità.

1.4.Strategia di sviluppo del progetto

La risorsa primaria per la generazione geotermoelettrica è stata identificata nei fluidi geotermici presenti all'interno delle rocce del basamento metamorfico, a profondità compresa tra 2500-4000m .

Tuttavia potrebbero essere utilizzate, se ritenute idonee, anche le risorse eventualmente reperibili nelle rocce evaporitiche mesozoiche a profondità comprese tra 1200-1600 m.

Il piano di sviluppo della risorsa geotermica tiene prioritariamente conto del dettato normativo per gli impianti pilota, per i quali è richiesta la "reiniezione del fluido geotermico nelle stesse formazioni di provenienza, e comunque con emissioni nulle".

I parametri di progetto sono sintetizzabili come segue:

- produzione di fluidi geotermici da serbatoi a vapore dominante;
- produzione da una sola postazione mediante 2 pozzi affiancati, dei quali uno subverticale ed uno direzionale
- reiniezione dei fluidi mediante un ulteriore pozzo direzionale, realizzato dalla medesima postazione destinata ai pozzi di produzione;
- sistema impiantistico di recupero integrale dei fluidi geotermici (vapore/condense e gas incondensabili), senza emissioni in atmosfera;
- posizionamento degli impianti di generazione elettrica in un sito immediatamente adiacente alla postazione di produzione, al fine di evitare la costruzione di vaporedotti.
- condotta di trasporto dei fluidi di reiniezione interrata e limitata a pochi metri, grazie alla realizzazione della centrale in adiacenza alla postazione dei pozzi di estrazione e reimmissione dei fluidi;
- reiniezione totale nelle stesse formazioni geologiche di provenienza;
- generatore a ciclo binario, privo di emissioni.

La strategia di sviluppo proposta consentirà di valorizzare le risorse geotermiche presenti nell'area del Permesso Pilota "Castelnuovo" ai fini di produzione di energia geotermoelettrica, minimizzando gli impatti ambientali grazie all'assenza di emissioni in esercizio, sia liquide che gassose.

1.4.1. Il programma di lavoro

Sulla base dei dati geologici di superficie, di dati geofisici in parte inediti e di dati di pozzo, è stato realizzato un modello geologico tridimensionale del permesso pilota "Castelnuovo", integrato con un modello termico del sottosuolo e sono state condotte, in collaborazione con Schlumberger-Geothermex, simulazioni numeriche per stabilire le più efficienti modalità di produzione e reiniezione dei fluidi.

I risultati delle simulazioni hanno confermato che:

- i fluidi geotermici presenti nel serbatoio geotermico del progetto "Castelnuovo" hanno caratteristiche idonee a sostenere la produzione di ~18 kg t/h di vapore saturo necessario ad alimentare una centrale a "ciclo binario" da 5MWe netti per almeno 25 anni, durata prevista del progetto Castelnuovo;
- le distanze minime che garantiscono di evitare effetti di interferenza tra i pozzi di produzione e quello di reiniezione sono di circa di 1000 m. Sulla base di questi risultati è

stato deciso di perforare dalla stessa postazione sia i due pozzi di produzione sia il pozzo di reiniezione, con i fondo pozzo opportunamente distanziati;

- la reiniezione totale dei gas incondensabili presenti nel fluido geotermico è realizzabile nello stesso pozzo di reiniezione tramite apposito tubing, coassiale al casing in cui viene immesso il fluido geotermico condensato.

Sono state individuate soluzioni impiantistiche specifiche ed innovative, sia per la centrale a ciclo binario che per l’infrastruttura impiantistica necessaria ad ottenere “emissioni zero”, che consentirà la reiniezione totale dei fluidi, inclusi i gas incondensabili, nelle stesse formazioni geologiche di produzione.

In Fig. 4 è riportato il layout del progetto.



Fig. 4 - Layout complessivo del progetto definitivo dell’Impianto Geotermico Pilota Castelnuovo.

1.4.2. Le attività principali del progetto

Il programma di lavoro prevede lo svolgimento delle attività sotto elencate.

a) Realizzazione delle opere civili e infrastrutture accessorie funzionali al progetto:

- viabilità d’accesso;
- postazione di perforazione dalla quale verranno perforati i 3 pozzi, con relative vasche per i fanghi di perforazione e stoccaggio acqua;
- invaso di circa 12000 m³, alimentato da acque meteoriche e mediante approvvigionamento idrico con autobotti.

b) Reperimento dei fluidi geotermici:

- Esecuzione di prospezioni geofisiche integrative (gravimetria, magnetismo, magnetotellurica, rilevamento della microsismicità);
- Perforazione dei 2 pozzi di produzione (Cas P1 e Cas P2) fino ad una profondità di circa m. 3.500/4.000 e di 1 pozzo di reiniezione (Cas I) fino ad una profondità di circa m. 3.000/3.500, con contestuale esecuzione di misure di temperatura e pressione, rilievi geofisici in pozzo, prove di iniettività e brevi prove di erogazione con idoneo impianto.

c) Costruzione dell’impianto pilota:

- Costruzione del sistema di trasporto del fluido geotermico dai pozzi di produzione alla centrale e del condensato e gas non condensabili dalla centrale al pozzo di reiniezione;

- Costruzione della centrale a ciclo binario ad emissioni aeriformi nulle, con potenza installata netta di 5 MWe;
- Realizzazione di un elettrodotto interrato per la connessione della centrale alla rete di distribuzione dell'energia elettrica.

In Fig. 5 è riportata l'ubicazione in pianta ed una vista tridimensionale dei pozzi.

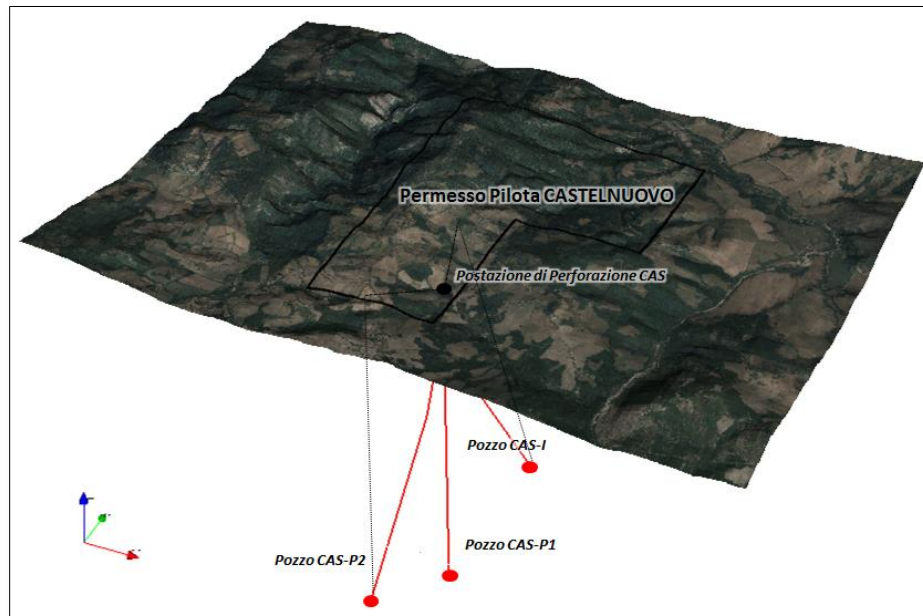


Fig. 5 - Sezione orizzontale dei profili di deviazione dei pozzi del Permessi sperimentale "Castelnuovo" e vista tridimensionale dei pozzi

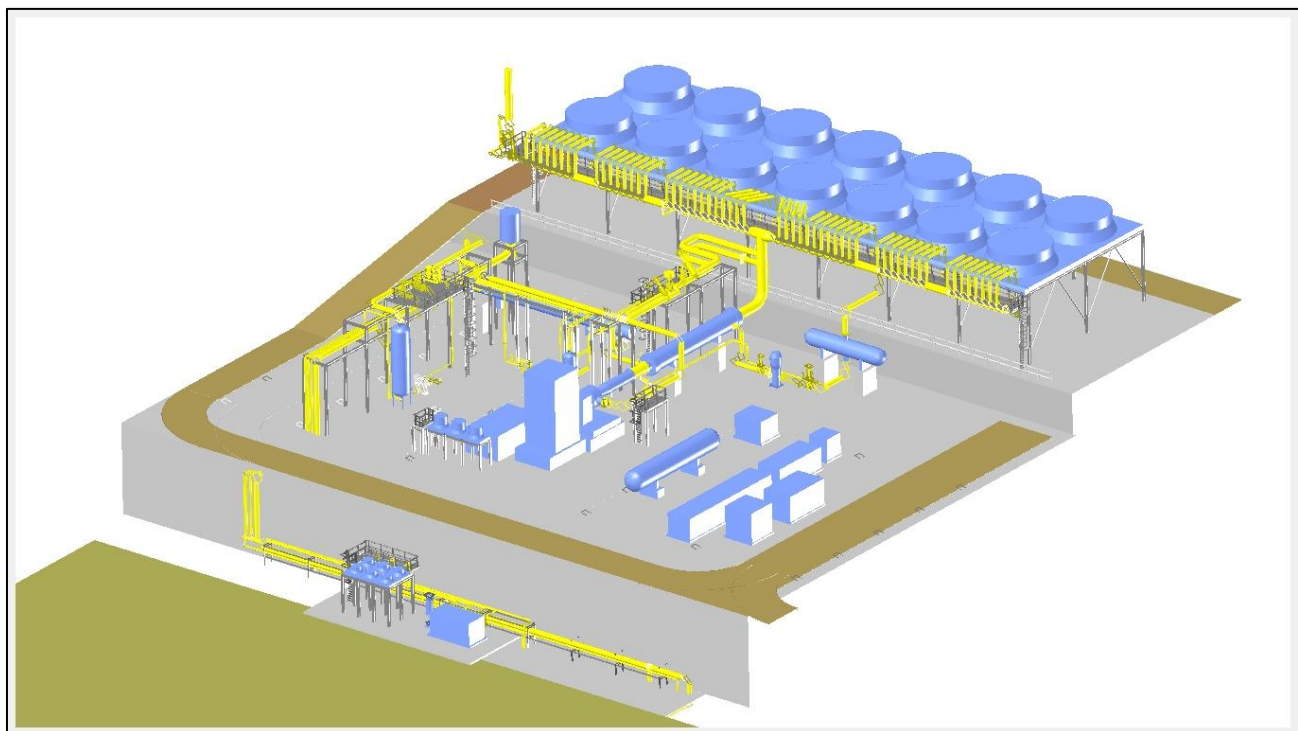


Fig. 6 - Vista 3D della centrale a ciclo binario

d) Esecuzione di interventi di mitigazione ambientale:

- Realizzazione di una copertura "a tetto verde" della centrale geotermoelettrica (Fig. 7);
- Sistemazione a verde dell'area della postazione di perforazione. (Fig. 8)



Fig. 7 - Rendering della centrale a ciclo binario

e) Esercizio Sperimentale dell'impianto:

- Questa attività prevede l'esercizio e la sperimentazione operativa dell'impianto, con generazione di energia elettrica da immettere commercialmente in rete;
- L'impianto opererà senza emissioni in atmosfera di fluidi geotermici e/o gas incondensabili che verranno reimmessi totalmente nelle medesime formazioni di provenienza attuando un idoneo piano di monitoraggio ambientale.

Per lo svolgimento delle attività previste nel programma di lavoro la Rete Geotermica Toscana si avvarrà di un team multidisciplinare di tecnici costituito da esperti geotermici del gruppo Magma Energy Italia S.r.l./Alterra Power Corp., dai tecnici di perforazione di Schlumberger/GeothermEx e di Magma/Alterra, da ingegneri di impianto e di processo del gruppo General Electric-Nuova Pignone e di ToscoGeo/Graziella Green Power.

Ricorrerà inoltre a società terze specializzate per l'esecuzione dei servizi di esplorazione geofisica, di perforazione, di costruzione di impianti nonché ad Enti di ricerca italiani.

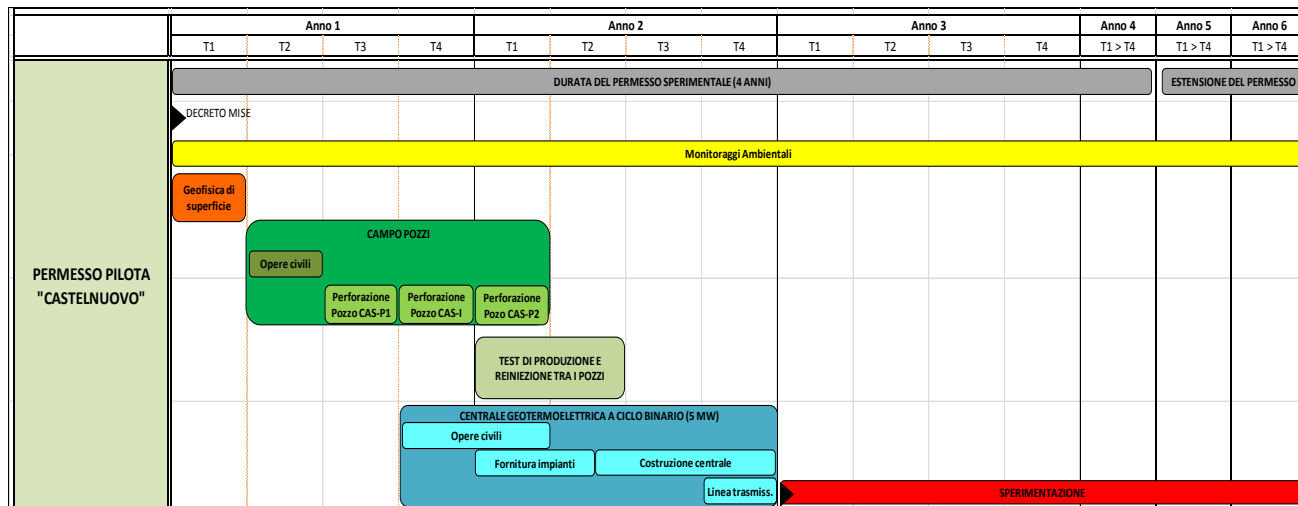


Fig. 8 – Rinverdimento della postazione di perforazione con la centrale in esercizio

1.4.3. Cronogramma

Le attività del programma di lavoro sono schematicamente rappresentate nel cronogramma seguente, accorpate per gruppi omogenei di attività (per maggiori dettagli si rinvia al documento CAS.02.DE.GE.R.003):

- Prospezioni Geofisiche;
- Monitoraggi ambientali;
- Attività di perforazione e test di produzione/reiniezione;
- Attività di costruzione della centrale e dell’impiantistica connessa;
- Esercizio e sperimentazione dell’impianto.



2. CARATTERISTICHE DEL SISTEMA GEOTERMICO

2.1. Inquadramento

L’area del Permesso di Ricerca “Castelnuovo” è adiacente all’area di Sesta, zona geotermica ben conosciuta e in esercizio da decenni. Il Permesso confina a Ovest con il Permesso di Ricerca Geotermica “Montegemoli” (Enel Green Power) ed è circondata sugli altri lati dal Permesso di Ricerca per risorse geotermiche “Mensano” (Magma Energy Italia)

Sia l’area che le zone circostanti sono già state interessate da esplorazione geotermica e da perforazioni, alcune delle quali alimentano la centrale geotermoelettrica di Sesta.

I dati geotermici sono ricavabili dalle attività di esplorazione o produzione i cui dati sono riportati in database pubblici e in pubblicazioni scientifiche.

Le informazioni di maggiore dettaglio si possono ricavare principalmente dai campi pozzi. Il pozzo Montecastelli 1 venne perforato nel 1967, epoca in cui le perforazioni raggiungevano profondità dell’ordine dei soli 1000-1500 m. Il pozzo Montecastelli venne interrotto non appena raggiunto tale obiettivo e non venne mai utilizzato in produzione. Non sono disponibili dati sulle portate, mentre le temperature misurate erano di 150°C a 1500 m, dato estremamente interessante dal punto di vista geotermico in quanto corrisponde ad un gradiente prossimo a 1°C/10 m. A meno di 2 km ad ovest dell’area in oggetto si trova il pozzo S.Dalmazio 3, perforato nel 1965, che ha raggiunto la profondità di 1372 m penetrando nel serbatoio anidritico per 120 m. Non sono disponibili informazioni di temperatura.

I pozzi di Sesta 6 sono invece entrati in produzione dal cosiddetto “serbatoio profondo”, posto all’interno delle unità metamorfiche del complesso cristallino. Essi prelevano vapore surriscaldato da un serbatoio posto ad una profondità compresa tra 2500 m e 4000 m dalla superficie, con temperatura dell’ordine di 300 °C e con pressione di serbatoio di circa 50-70 bar. Dai dati pubblicati da Arpat (2003¹), la portata del campo pozzi che alimenta la centrale di Sesta si attesta su valori di 91.5 t/h.

2.2. Assetto geologico ed evoluzione tettonica

Il Progetto “Castelnuovo” si colloca a Nord-Est dell’area geotermica di Larderello. La zona di studio comprende la parte orientale del Bacino pliocenico di Anqua-Pomarance, interessato da strutture estensionali e di trasferimento riconducibili alla tettonica distensiva.

L’area di interesse comprende, nella sua parte sud-occidentale, un tratto di una importante struttura normale, ad alto angolo, che delimita il margine orientale del Bacino di Pomarance. Tale discontinuità (Fig. 9), mette a contatto i depositi marini del Pliocene Medio con le Unità Liguri (Unità ofiolitifera inferiore) e costituisce una struttura antitetica rispetto a quella principale. L’orientazione di quest’ultima e della sua principale struttura antitetica è circa NO-SE. La zona di discontinuità della struttura antitetica è ben esposta in alcuni tratti immediatamente a sud di Montecastelli, laddove si riconoscono indicatori cinematici che confermano la sua natura di faglia normale. Anche la struttura principale mostra una principale componente di movimento normale. Nell’insieme, quindi, il bacino di Pomarance risulta essere un graben orientato in direzione NO-SE, con la struttura “maestra” collocata nel margine sud-occidentale.

¹ http://sira.arpat.toscana.it/sira/Efesto/cg_13.htm

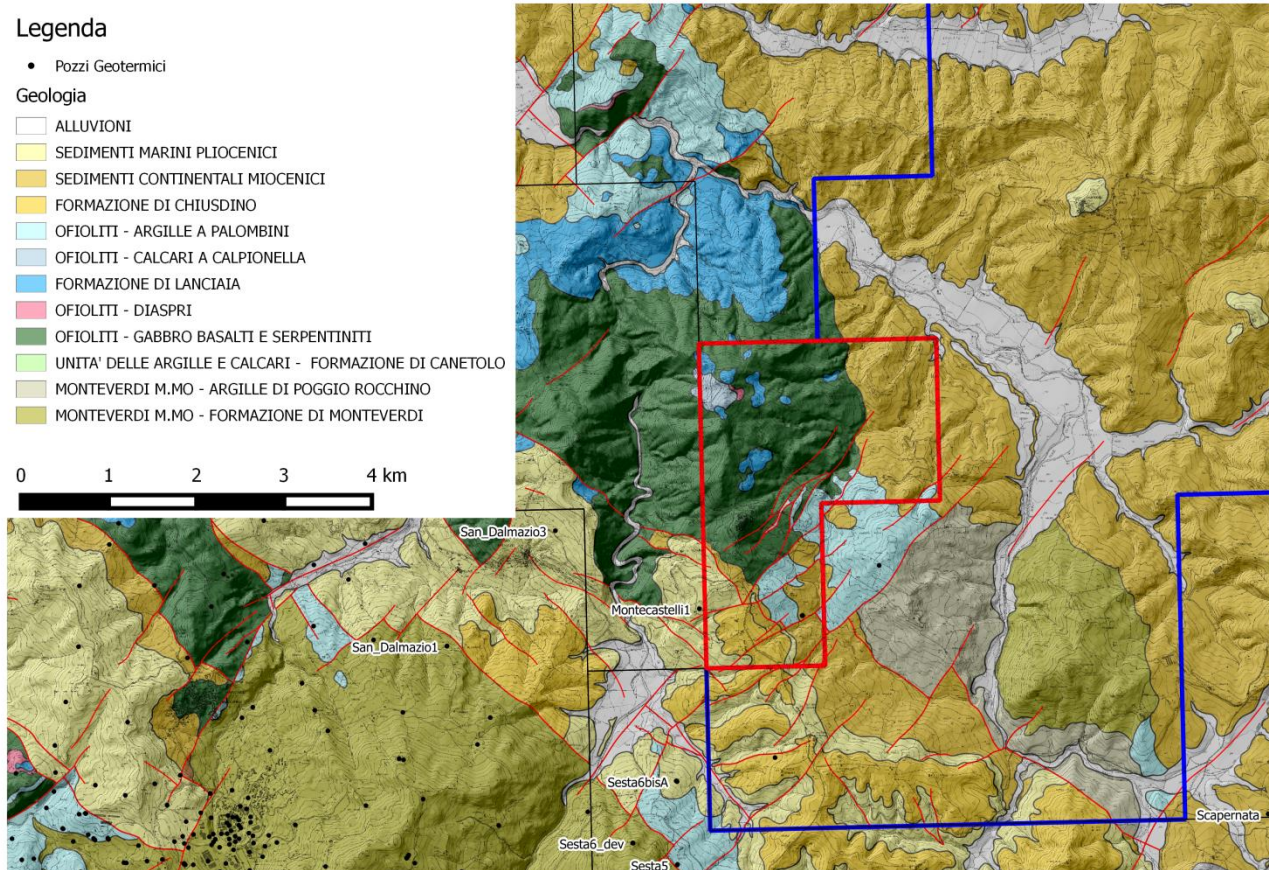


Fig. 9 – Carta Geologica dell'area interessata dal permesso "Castelnuovo" e zone limitrofe (mappa originale inedita di Magma Energy Italia). Sono riportate anche le ubicazioni di pozzi e sondaggi delle vicinanze.

2.3. Successione tettono-stratigrafica

Le formazioni geologiche presenti nel progetto debbono essere classificate all'interno delle loro rispettive unità tettoniche, che dall'alto verso il basso di una sequenza ideale possono essere suddivise in tre principali complessi:

- *Unità neoautoctone*, comprendenti i sedimenti post-orogenici di età Mio-Pliocenica e i sedimenti recenti;
- *Unità alloctone*, comprendenti le varie formazioni liguri, sub-liguri e toscane, con età variabili dal Trias al Paleocene, sovrascorse sul substrato e accavallatesi l'una all'altra durante l'orogenesi appenninica, ivi incluso il cosiddetto "complesso a scaglie";
- *Unità autoctone*, comprendenti le rocce metamorfiche Paleozoiche, considerate come il basamento originario della pila tettonica.

Le informazioni geologiche di seguito esposte sono sintetizzate nella carta geologica in Fig. 9, realizzata grazie alla collaborazione tra Magma Energy Italia ed il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Siena, che ha permesso di mettere in luce elementi strutturali mai riconosciuti in precedenza.

I dati di sondaggi profondi che hanno raggiunto il basamento metamorfico nella zona della Centrale Sesta (es. Sesta 6, 1.3 km a sud del permesso "Castelnuovo") indicano inoltre che la successione evaporitica di Burano è spesso coinvolta nel *Complesso a Scaglie Tettoniche*. Con questo termine viene inteso un cospicuo spessore formato dall'alternanza di corpi di forma lenticolare e dimensioni assai variabili, appartenenti alle Filladi del Carbonifero-Permiano, al

Gruppo del Verrucano (Trias inferiore e medio) ed alla Formazione delle Anidriti di Burano (Trias superiore); questo complesso lito-tettonico non affiora ed è riconosciuto solo nei sondaggi geotermici.

2.4. Lineamenti geofisici

La Toscana Meridionale è caratterizzata dalla presenza di un evidente riflettore sismico, denominato “orizzonte K”, che si colloca a profondità variabile da 3 km (zona di Larderello) a 8-10 km (zona dell’Amiata). Nell’interpretazione più attendibile, in grado di spiegare la natura delle riflessioni, le osservazioni sismologiche e i dati dell’unico pozzo che ha raggiunto la culminazione del K (pozzo S.Pompeo 2²), tale orizzonte è dato da un livello fratturato permeato di fluidi in condizioni probabilmente supercritiche, a temperature di circa 450°C.

Al di sopra di tale orizzonte, a profondità di circa 2500-3500 metri, è presente un altro orizzonte noto come “Orizzonte H”, più discontinuo, caratterizzato da alternanze di riflettori che, laddove sono stati attraversati da pozzi profondi, sono risultati essere produttivi nel 70% dei casi. Nella zona cui appartiene il progetto “Castelnuovo” sono state realizzate una serie di prospezioni di sismica a riflessione 2D e, negli ultimi 15 anni circa, anche 3D, al fine di localizzare le porzioni del serbatoio potenzialmente più produttive. A tal proposito, Casini et al. (2010³) hanno evidenziato zone caratterizzate da ampiezze elevate delle onde riflesse e gradiente del parametro sismico ‘amplitude-versus-offset’ (AVO) che sono state interpretate in termini di presenza di vapore accumulato in rocce fratturate. I risultati della prospezione sismica 3D e le informazioni dei pozzi profondi hanno permesso la ricostruzione dettagliata dell’orizzonte sismico H, corrispondente ad un livello fratturato spesso associato alla presenza di fluidi.

La Fig. 10 presenta alcuni risultati della prospezione sismica 3D per l’area di Sesta, che parzialmente ricopre quella del progetto “Castelnuovo”. L’orizzonte riflettente H è chiaramente osservabile nella sezione 2D, inoltre il piano orizzontale delle AVO corrispondente al livello H mostra delle anomalie che rivestono particolare interesse ai fini dell’esplorazione geotermica.

² Batini, F., G. Bertini, G. Giannelli, E. Pandeli, M. Puxeddu, and I. Villa (1985), *Deep structure, age and evolution of the Larderello-Travale geothermal field*, *Trans. Geotherm. Resourc. Council.*, 9, 253– 259.

³ Casini, M., Ciuffi, S., Fiordalisi, A., Mazzotti, A. & Stucchi, E. (2010). *Results of a 3D seismic survey at the Travale (Italy) test site*. *Geothermics*, 39, 4-12.

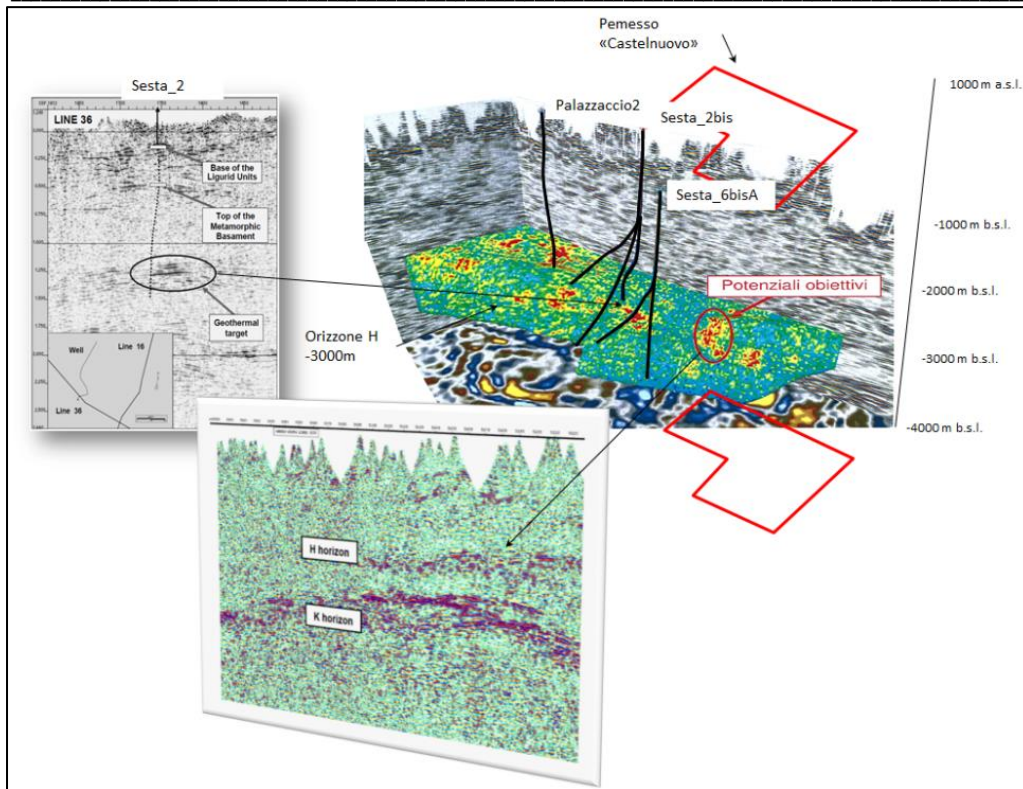


Fig. 10 – Ricostruzione dei risultati della prospezione sismica 3D per l’area di “Castelnuovo”

Alcune perforazioni in prossimità dell’area del permesso di ricerca di “Castelnuovo” hanno già raggiunto tali obiettivi ottenendo produzione di fluidi geotermici per generazione geotermoelettrica.

La ricostruzione dell’andamento del flusso di calore ricostruito per l’intera area di Larderello-Travale (Bellani et al., 2004⁴) mette in evidenza come l’area di Montecastelli, rappresentata dal riquadro rosso, sia caratterizzata da valori compresi, mediamente, tra 100 e 300 mW/m² (Fig. 11).

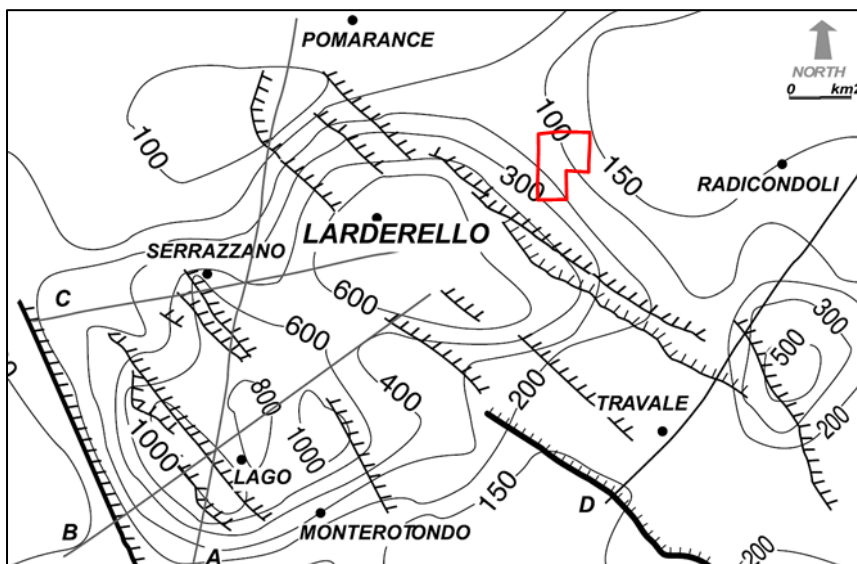


Fig. 11 – Schema tettonico con riportate le principali faglie dirette ad alto angolo e distribuzione del flusso di calore espresso in mW/m² (da Bellani et al., 2004).

⁴ Bellani, S., Brogi, A., Lazzarotto, A., Liotta, D., Ranalli, G., 2004. Heat flow, deep temperatures and extensional structures in the Larderello geothermal field (Italy): constraints on geothermal fluid flow. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 132, 15– 29.

Ulteriori osservazioni dirette di temperatura in pozzi che hanno raggiunto il basamento sono fornite da quello denominato Sesta_6bis (profondità totale 3921 m) i cui dati sono importanti, pur essendo ubicato al di fuori dell’area di interesse. Il trend delle temperature con la profondità è poi presentato attraverso il profilo termico del pozzo Sesta_6bis, il quale è caratterizzato da un gradiente costante di circa 1.2°C/10m fino alla profondità di 2400 m circa. Le temperature nella parte finale del pozzo sono state rilevate alla quota della testa del pozzo direttamente dalla temperatura dei fluidi estratti nel corso di alcuni test di produzione.

I numerosi dati disponibili in letteratura e i nuovi dati geologici di superficie acquisiti nell’attività esplorativa svolta da Magma Energy Italia nel permesso “Mensano” hanno consentito di ricavare un modello geologico 3D dell’area in oggetto.

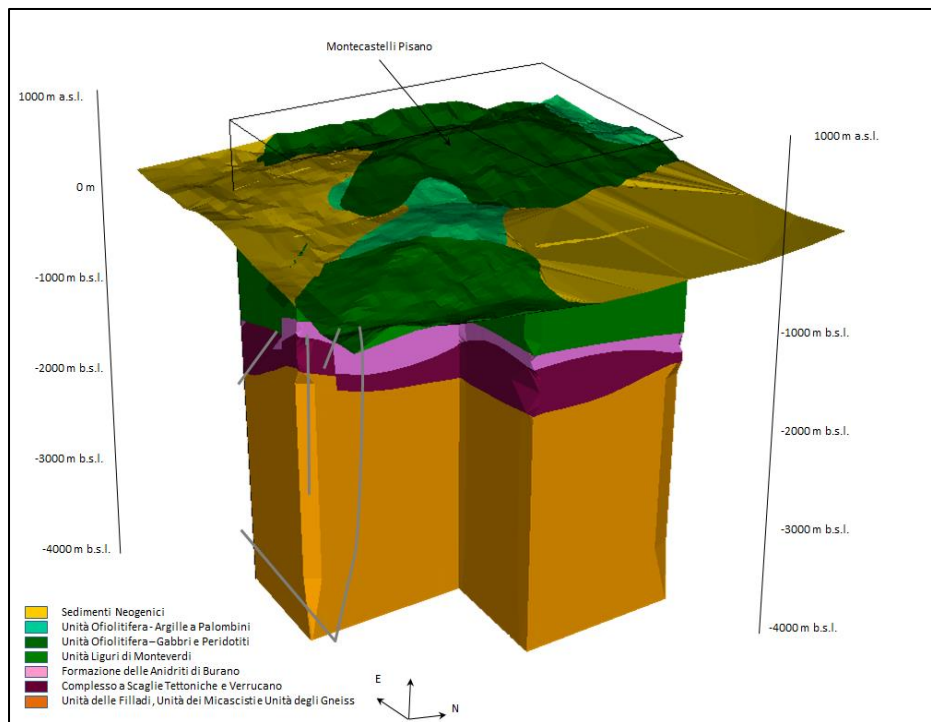


Fig. 12 – Modellizzazione geologica tridimensionale del permesso “Castelnuovo” – Dati Magma Energy Italia

2.5. Stima del Potenziale geotermico

Il potenziale geotermico del permesso “Castelnuovo” è stato calcolato sulla base del metodo del volume (ENEA, 1993⁵),

Le temperature sono state calcolate suddividendo il serbatoio in 4 strati, a loro volta suddivisi in sub-volumi sulla base della distribuzione delle temperature alle differenti profondità di riferimento, la cui sommatoria fornisce il potenziale geotermico. E’ stato scelto un *recovery factor* (fattore di recupero) pari a 0.15 (Muffler & Cataldi, 1978⁶).

Le portate necessarie ad installare la potenza di 5MW_e netti sono stimabili con metodi di letteratura, in funzione della temperatura del fluido geotermico e del salto entalpico necessario a vaporizzare e surriscaldare il fluido organico di lavoro. Ipotizzando un fluido geotermico in fase vapore a boccapozzo, la stima della portata necessaria è di circa 17 kg/s; ipotizzando invece un fluido in fase liquida, la portata necessaria è stimabile in un range tra circa 43 e 79

⁵ ENEA (1993) – *Inventario delle risorse geotermiche nazionali – Valutazione del potenziale geotermico*

⁶ Muffler, P. and Cataldi, R., 1978. *Methods for regional assessment of geothermal resources. Geothermics* 7, 53-89.

kg/s, sempre in funzione della temperatura del fluido geotermico e del salto entalpico necessario.

I valori di portata indicati in questo rapporto rappresentano valori di massima che sono stati revisionati e affinati durante la progettazione degli impianti (si rimanda quindi alla relativa documentazione tecnica).

2.6. Caratteristiche fisico-chimiche attese dei fluidi

I dati disponibili sul chimismo dei fluidi reperiti nel campo limitrofo di Sesta indicano la presenza di vapore con presenza di gas incondensabili, che rappresentano circa l’ 8% in peso del fluido geotermico. Si tratta essenzialmente di anidride carbonica con circa il 95%, con presenza di metano, azoto ed idrogeno, quest’ultimi in basse concentrazioni (meno dell’ 1%). L’idrogeno solforato è di norma presente in concentrazioni che possono arrivare all’1-2% della composizione del gas.

2.7. Modello Geotermico Integrato

L’analisi e l’interpretazione congiunta di tutti i dati pubblici e di quelli raccolti durante la prima fase dell’esplorazione condotta da Magma Energy Italia ha permesso di ricostruire un modello 3D integrato che tiene conto delle caratteristiche geologiche e termiche del serbatoio e delle formazioni di copertura e che permette di considerare con ragionevole interesse l’area meridionale del P.R. Castelnuovo come la più promettente allo stato attuale delle conoscenze.

Nel settore meridionale del permesso Castelnuovo sono attese condizioni simili a quelle dell’adiacente sistema geotermico di Sesta, caratterizzato dalla produzione di vapore surriscaldato con temperature anche superiori a 300°C e pressioni fino a 70 bar

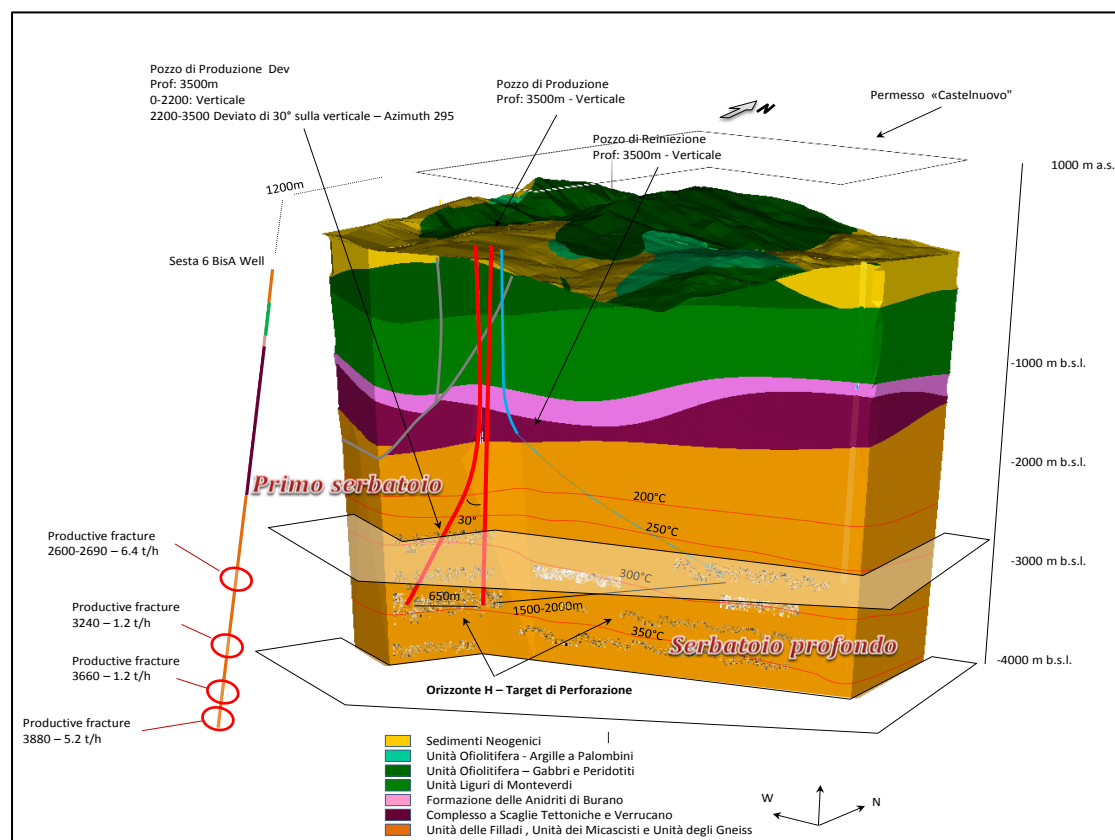


Fig. 13 -
 Modello
 geotermico
 3D integrato

2.8. Modello termodinamico di serbatoio

La modellizzazione è stata eseguita in collaborazione con GeothermEx (Schlumberger) impiegando i codici di calcolo Tetrad® e Tough2®.

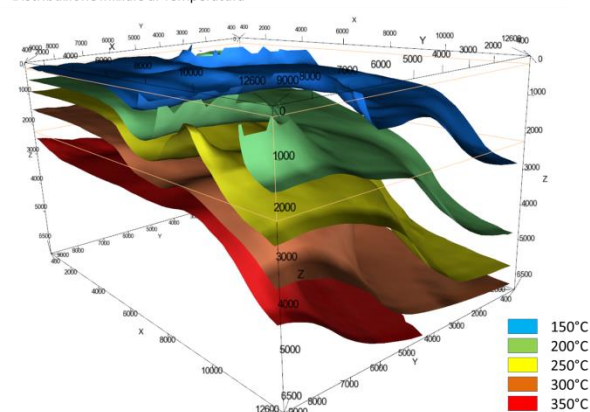
Per lo sviluppo del modello di serbatoio Geothermex ha fatto riferimento a informazioni minerarie, geofisiche e petrofisiche presenti nella letteratura scientifica, ai dati pubblicati sui pozzi esistenti nel campo confinante di Larderello e al modello geotermico integrato realizzato da Magma Energy Italia.

Il modello geotermico integrato è stato discretizzato in una griglia di celle alle quali sono stati attribuiti i parametri geologici, petrofisici, termodinamici e chimici.

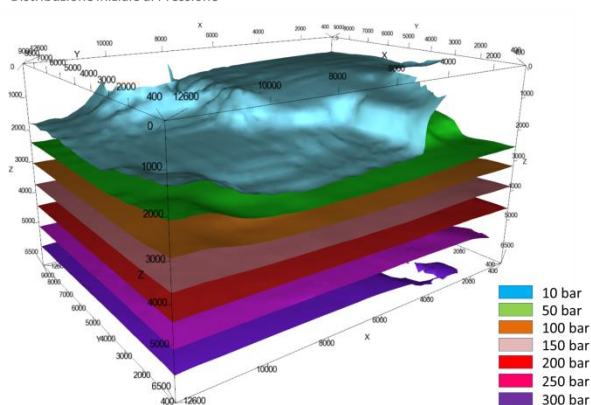
Le fasi principali della modellizzazione sono state (Fig. 14):

1. **Ricostruzione della distribuzione delle temperature** iniziali attraverso l’interpolazione di dati dei pozzi geotermici esistenti nelle zone circostanti l’area di studio.
2. **Ricostruzione della distribuzione delle pressioni** attraverso l’interpolazione di dati dei pozzi geotermici esistenti nelle zone circostanti l’area di studio.
3. **Ricostruzione della concentrazione in gas incondensabili** in serbatoio

Distribuzione Iniziale di Temperatura



Distribuzione Iniziale di Pressione



Distribuzione Iniziale della Saturazione in NCGs

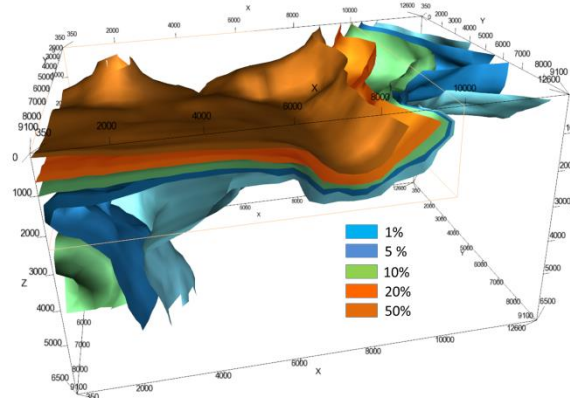


Fig. 14 – Modelli di serbatoio iniziale imperturbato

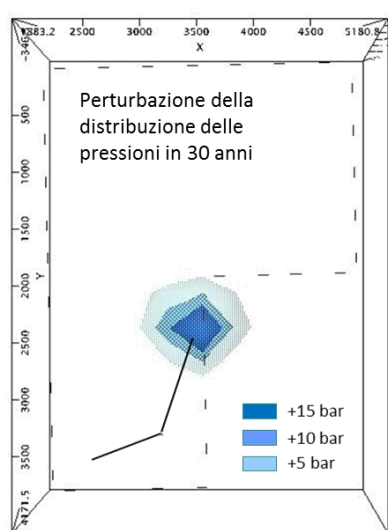
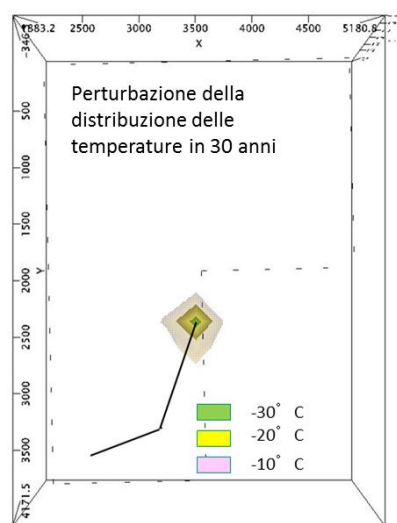
Il modello imperturbato è stato ottenuto mediante simulazioni eseguite su scala temporale di 200.000 anni, in modo da garantire che l’evoluzione della pressione e della temperatura in

serbatoio sia trascurabile rispetto ai cambiamenti indotti dalla simulazione della coltivazione (decine di anni).

Per la simulazione della coltivazione del campo si sono considerati due pozzi di estrazione e un pozzo per la reiniezione totale del fluido. Al fine di simulare i pozzi di estrazione è stata fissata una portata complessiva in uscita di circa 70 t/h ripartita tra i due pozzi, fissando 15 bar come limite inferiore di pressione di erogazione a boccapozzo.

Tutti i pozzi sono realizzati dalla stessa postazione di perforazione: il primo produttore (CAS-P1) è verticale, il secondo produttore CAS-P2 è deviato verso sud ovest, con uno scostamento dalla verticale a fondo pozzo di 800m. Il pozzo di reiniezione è deviato a nord-ovest e ha uno scostamento di 1000 m dalla verticale. Le simulazioni eseguite evidenziano i seguenti risultati (Fig. 15):

- L'esistenza di un serbatoio in grado di sostenere per almeno 30 anni la produzione richiesta dall'impianto geotermoelettrico in termini di pressione, temperatura, contenuto entalpico e portata del fluido;
- l'assenza di significative interazioni termodinamiche tra la zona produttiva e quella di reiniezione, in termini di propagazione sia del fronte termico che di pressione;
- l'assenza di interazioni tra la zona produttiva e quella di reiniezione, riguardo alla propagazione in serbatoio del fronte di propagazione dei gas incondensabili (modellati come CO₂ in quanto composti al 98% da anidride carbonica);
- una depressurizzazione massima, in 30 anni, inferiore a 6 bar presso i pozzi di produzione;
- una riduzione massima di temperatura del fluido in serbatoio, in 30 anni, non superiore a 8 °C.



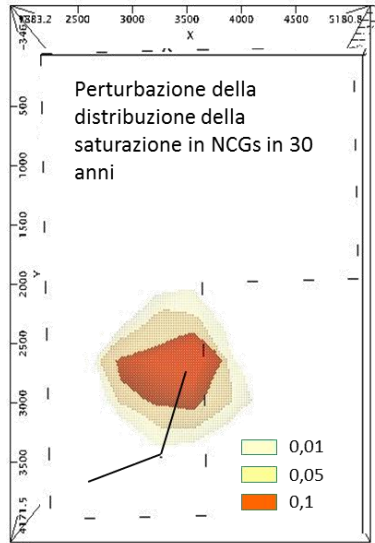


Fig. 15 – Risultati della modellistica di serbatoio dopo 30 anni di simulazione della coltivazione

3. PROSPEZIONI GEOFISICHE INTEGRATIVE E PROSPEZIONI DI POZZO

3.1. Geofisica di esplorazione

Sebbene sia già stato ricostruito ed identificato il sistema geotermico nell’area di interesse, saranno eseguite ulteriori acquisizioni geofisiche di superficie non invasive, al fine di poter effettuare studi di dettaglio che possano ulteriormente affinare il modello esistente, traendo vantaggio dalla possibilità di correlazione delle informazioni con i dati che saranno acquisiti nei pozzi (stratigrafie, termometrie, logs). Con questo presupposto è quindi prevista una campagna di esplorazione geofisica multidisciplinare – magnetotellurica, gravimetrica, magnetica e microsismica – che interesserà l’area del permesso sperimentale. I nuovi rilievi avranno il massimo dettaglio in prossimità delle aree adibite alla realizzazione del pozzo di produzione e del pozzo di reiniezione.

Saranno quindi eseguite le seguenti indagini (Fig. 16):

- Gravimetria, con densità di circa 4 stazioni/km², con infittimento nell’area del pozzo di produzione;
- Magnetometria, con configurazione pari alla gravimetria;
- Magnetotellurica, con 20 stazioni poste prevalentemente presso le perforazioni.

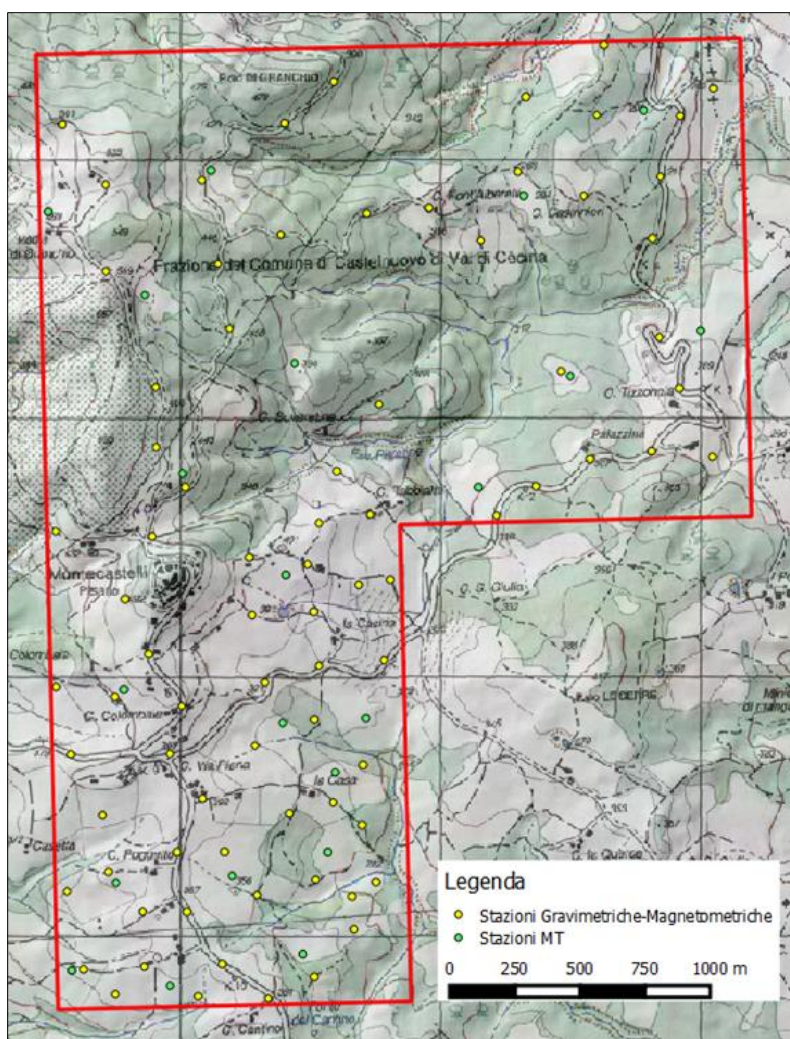


Fig. 16 – Posizione dei punti di acquisizione delle indagini geofisiche programmate.

3.2. Rilevamento della Microsismicità

Al fine di effettuare un monitoraggio della sismicità dell’area prima e durante le varie fasi del progetto (perforazione, prove di erogazione/reiniezione ed esercizio dell’impianto), verrà installata una rete di rilevamento, costituita da 4 stazioni sismiche che saranno collocate all’interno del permesso sperimentale “Castelnuovo” (Fig. 17). Tale rete sarà integrata anche con le stazioni sismiche dell’adiacente Permesso di Ricerca Mensano.

La rete di rilevamento consentirà di monitorare con ottima copertura strumentale la possibile incidenza delle attività di perforazione e di utilizzo della risorsa geotermica sulla microsismicità naturale dell’area di interesse.

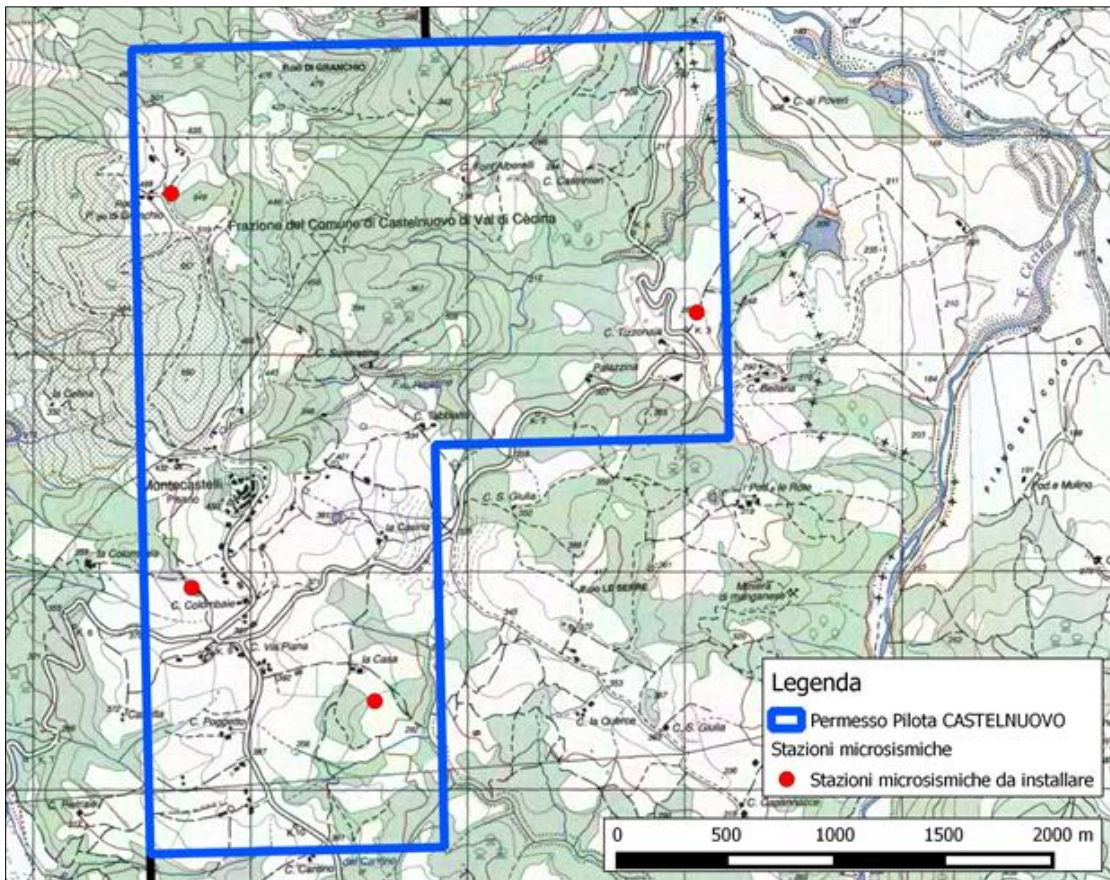


Fig. 17 – Localizzazione prevista delle stazioni microsismiche nell’area del Progetto Pilota.

3.3. Prospezioni di pozzo

Sebbene sia già stato ricostruito ed identificato il sistema geotermico nell’area di interesse, durante la fase di perforazione saranno eseguite ulteriori acquisizioni geofisiche di pozzo, non invasive, al fine di caratterizzare nel dettaglio le geometrie e le proprietà del serbatoio.

3.3.1. Sismica di pozzo

I metodi più comunemente impiegati sono:

- Seismic While Drilling (SWD), in cui la sorgente delle onde elastiche è lo scalpello stesso di perforazione e gli stendimenti geofonici vengono posizionati in superficie;
- Well Seismic Profiling (WSP), in cui le energizzazioni sono generate in superficie da veicoli tipo Vibroseis e i ricevitori sono calati in pozzo.

Ai fini delle indagini che verranno svolte da Magma Energy Italia, verrà data preferenza al metodo SWD in quanto assicura continuità di misure, rapidità e qualità di indagine adeguate. Gli stendimenti geofonici verranno disposti secondo una geometria a raggiera variabile centrata sul pozzo che potrà essere progressivamente modificata al fine di ottenere una ricostruzione 3D del sottosuolo tale, eventualmente, da consentire di guidare sugli obiettivi la direzione di perforazione del pozzo, mediante MM e MWD (Fig. 18).

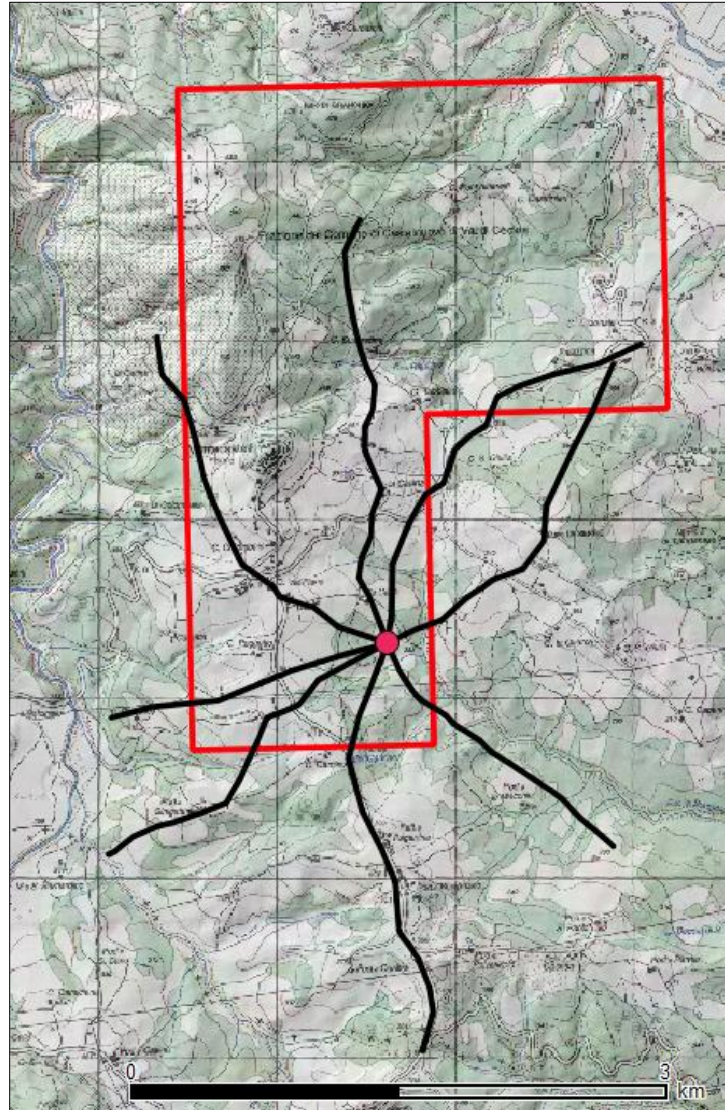


Fig. 18 – Configurazione degli stendimenti per l’acquisizione sismica di pozzo

3.3.2. Logs geologici e geofisici

È prevista l’esecuzione delle seguenti indagini di pozzo:

- Log di temperature e Pressione (T/P)
- Natural Gamma Ray Log (GR)
- Spontaneous Potential Log (SP)
- Resistivity Log
- Neutron Log
- Sonic Log
- Acoustic Televiewer

4. PERFORAZIONI

4.1. Criteri generali per la perforazione

Nelle perforazioni geotermiche, l'impianto deve avere un'ampia capacità di gestire situazioni particolari che sono comuni in ambienti vulcanici, come prese di batterie, bloccaggio nella discesa dei casing, perforazione senza circolazione di fluido, etc.

L'impianto di perforazione deve avere anche pompe fango dimensionate per le profondità e i diametri da forare.

I parametri sono stati identificati in base a:

- profondità totale 4.000 m
- velocità di avanzamento (tripping speed) di 120 ft/min (~ 36 m/min)
- pressione massima di 3.500 psi durante la perforazione della fase 17 ½ " con una portata di 900 galloni/min (~ 3400 lt/min)



Fig. 19 – Confronto impianti di perforazione idraulici e convenzionali (fonte: www.drillmec.com e www.bauerdeepdrilling.com)

4.2. Profili tecnici

Considerando la natura e la profondità dei pozzi da perforare, viene progettato il seguente profilo tecnico (Fig. 20) uguale per tutti i 3 pozzi:

- 30 " tubo guida (conductor pipe - C.P.) spinto a rifiuto fino a circa 35 - 40 m
- R.B. 23 " con Casing di 18 5/8" fino a 400 m
- R.B. 17 ½ " con Casing di 13 5/8" fino a 1.100 m
- R.B. 12 ¼ " con Liner di 9 5/8" fino a 2.200 m
- R.B. 8 ½ " in Open Hole (O.H. – foro aperto) a profondità verticale totale (TVD) 3.500 m

HOLE		WELL SCHEMATIC
SIZE	DEPTH (m)	CASING PROFILE
inches	Hole [Shoe] TVD	
30"	[40] - Driven	30" CP
23	400 [400]	18 5/8"
13 3/8"	1100 [1100] 1000 m TOL	13 3/8"
12 1/4"	2200 [2200]	9-5/8"
8 1/2"	3500 Open hole	

Fig. 20 – Profilo tecnico

Questo profilo è coerente con pozzi profondi realizzati nella zona, come riportato nella letteratura tecnica disponibile. Tale profilo tecnico sarà riesaminato e ottimizzato nella fase di progettazione esecutiva.

4.3. Programma di perforazione

Profondità target pozzi: ~ 3.500 m (TVD) misurata rispetto al livello del suolo.

Di seguito vengono riportate le procedure da eseguire per l'esecuzione di tutte le attività necessarie alla costruzione del pozzo verticale CAS-P1.

Procedure:

1. Preparazione della postazione di perforazione e delle strade di accesso.
2. Infissione a percussione, battitura, , dell tubo guida (Conductor Pipe – C.P.) 30 " fino a rifiuto (~ 35-40 m).
3. Mobilitizzazione, installazione e montaggio (rig up) delle attrezzature dell'impianto di perforazione sul sito.
4. Montaggio della testa pozzo 29 ½" .
5. Montaggio della batteria di perforazione (Bottom Hole Assembly - B.H.A.) 23" ed inizio della perforazione con peso sullo scalpello (WOB) e giri al minuto (RPM) ridotti fino a quando gli stabilizzatori non hanno oltrepassato la scarpa del C.P.
6. Inizio della perforazione con fango a bassa viscosità e, se necessario, aggiungendo gli additivi per mantenere il foro pulito.
7. Perforazione con R.B. (scalpello) 23" fino a 400 m (TVD); possono essere utilizzati Mud Motor (MM) per migliorare la velocità ed il controllo della direzione.
8. Ostruzione delle fratture in cui si dovessero verificare leggere perdite di circolazione con materiale LCM (lost circulation material - materiale intasante); se non sufficiente dovranno essere eseguiti dei tappi di cemento. Nel caso si dovesse riscontrare un aumento della temperatura in pozzo, far circolare fango fresco.
9. Circolazione di fango fino a ripulitura completa del foro, garantendo che vi sia un sufficiente rat hole (spazio tra il fondo pozzo e la scarpa del casing).
10. Discesa del Casing 18 5/8" con centralizzatori.
11. Cementazione del Casing 18 5/8" con miscela di cemento a densità di 1.9 kg/dmc preparati con cemento classe 'G' e il 40% di silice con un volume in eccesso pari al 100%, utilizzando il metodo stab-in. Aspettare tiraggio del cemento (WOC).
12. Nel caso in cui, durante l'operazione di cementazione, non dovesse avvenire il ritorno completo del cemento in superficie, il pozzo dovrà essere preparato con le apparecchiature necessarie per condurre la cementazione dall'alto verso il basso per riempire l'annulus (intercapedine tra la tubazione e la formazione perforata) con cemento.
13. Montaggio della testa pozzo 21 ¼ " con BOP (dispositivi di sicurezza – Blow Out Preventer) ed effettuazione della prova di pressione. Se si utilizza la tecnica dell'aerated drilling deve essere montata appostita attrezzatura nella sezione da 17 ½".
14. Montaggio della B.H.A. 17 1/2 " e fresatura del cemento, collare e scarpa del Casing 18 5/8".
15. Esecuzione dei Leak-off Test (LOT – Prove di fratturazione).

16. Perforazione con R.B. 17 1/2" fino a 1.100 m (TVD) , esecuzione dei log e carotaggi come specificato in seguito. La verticalità del pozzo deve essere mantenuta entro un massimo di 2 gradi di inclinazione. Possono essere utilizzati Mud Motor (MM) per migliorare la velocità e ed il controllo della direzione nella parte finale del pozzo.
17. Ostruzione delle fratture in cui si dovessero verificare leggere perdite di circolazione con materiale LCM e se non sufficiente dovranno essere eseguiti dei tappi di cemento. Nel caso si dovesse riscontrare un di aumento della temperatura in pozzo, far circolare fango fresco.
18. Circolazione di fango fino a ripulitura completa del foro, garantendo che vi sia un sufficiente rat hole.
19. Discesa del Casing 13 3/8" con centralizzatori.
20. Cementazione il Casing 13 3/8" con miscele di cemento a densità iniziale di 1.6kg/dmc e finale di 1.9 kg/dmc , preparati con cemento classe 'G' e il 40% di silice con un volume in eccesso pari al 100%, utilizzando il metodo stab-in. Aspettare tiraggio del cemento (WOB).
21. Se in perforazione fossero riscontrate delle perdite totali di circolazione, il Casing 13 3/8" può essere cementato in due stadi separati utilizzando 13 3/8" liner e tieback (reintegro a giorno) con cemento a densità di 1.6 kg/dmc con un volume in eccesso pari al 100%.
22. Montaggio della testa pozzo 13 3/8 "x 13 5/8". Installazione della Master Valve da 12 pollici con BOP ed esecuzione della prova di pressione; se si utilizza la tecnica dell'aerated drilling nella sezione da 12 1/4" deve essere montata apposita attrezzatura.
23. Montaggio della B.H.A. 12 1/4 " e fresatura del cemento, collare e scarpa del Casing 13 3/8".
24. Esecuzione del Leak-off Test (LOT).
25. Perforazione con R.B. 12 1/4" fino a 2.200 m (TVD), esecuzione dei log e carotaggi come specificato in seguito. A causa delle perdite totali previste, questa sezione sarà perforata con acqua (in caso non si utilizzi la tecnica aerated drilling).
26. Circolazione di fango fino a ripulitura completa del foro, garantendo che vi sia un sufficiente rat hole
27. Discesa del Liner 9 5/8" con centralizzatori.
28. Cementazione il Liner 9/8" (~ 100 m di testa hanger) a singolo stadio con miscele di cemento a densità iniziale di 1.6kg/dmc e finale di 1.9 kg/dmc preparati con cemento classe 'G' e il 40% di silice con un volume in eccesso pari al 100% e cementare la testa hanger. Aspettare tiraggio del cemento .
29. Montaggio della B.H.A. 8 1/2 " e fresatura del cemento, collare e scarpa del Liner 9 5/8"
30. Perforazione con R.B. 8 1/2" fino a 3.500 m (TVD) , esecuzione dei log e carotaggi come specificato in seguito. A causa delle perdite totali previsti, questa sezione sarà perforata con acqua (se non si utilizza la tecnica aerated drilling)
31. Completamento del pozzo e far circolare acqua.
32. Procedere con il programma di log e test.

33. A completamento del pozzo, dovrà essere chiusa la Master Valve, ed eseguito lo smontaggio (rig down) le attrezzature di perforazione dovranno essere smobilitate (rimosse).

4.4. Perforazione direzionale

Il primo pozzo (CAS-P1) sarà perforato verticalmente a differenza degli altri (CAS-P2 e CAS-I) che saranno deviati (direzionali) per:

- massimizzare la profondità;
- ridurre il numero di postazioni di perforazione.
- raggiungere obiettivi difficili da raggiungere con pozzi verticali a causa di limitazioni morfologiche e logistiche.

L'obiettivo primario nei programmi di perforazione dei pozzi direzionati sarà quello di progettare e praticare perforazioni deviate con curvatura dolce (J-type). Alcune considerazioni pratiche per la perforazione direzionale possono essere riassunte come segue:

- l'impostazione della deviazione sarà effettuata nella parte superficiale (più fredda) del pozzo, proprio sotto la scarpa del Casing 18 5/8 " con R.B. 17 1/2". Tuttavia, se necessario a raggiungere lo scostamento dalla verticale desiderato, l'impostazione della deviazione può essere effettuata anche con R.B. 23 " e R.B. 12 1/4".
- il Kick-Off (punto di inizio deviazione - KOP) sarà posizionato 30 m al di sotto della scarpa del Casing 18 5/8", per consentire la deviazione con un tools magnetico ed evitare l'utilizzo del gyro (un tipo di log per la misura dell'inclinazione).
- per ridurre al minimo la coppia e la resistenza, il build up rate o dog-leg (inclinazione imposta) non dovrà superare i 3°/30 m.
- tutti i pozzi saranno progettati per minimizzare il rischio di collisione che, durante le operazioni di perforazione, saranno continuamente monitorati.

Come piano di deviazione si ipotizza di iniziare la deviazione con R.B. 17 1/2" (con un MM 9 5/8"). Le fasi 12 1/4 " e 8 1/2" saranno perforate in rotary.

Le fasi 12 1/4 " e 8 1/2" saranno perforate con rotary hold assemblies.

I profili di deviazione dei pozzi CAS-P2 e CAS-I sono stati progettati con build-up rate di 1,5°/30 m, come mostrato di seguito (Tabella 3 e Fig. 22).

I profili delle perforazioni hanno la seguente sezione orizzontale (Fig. 21):

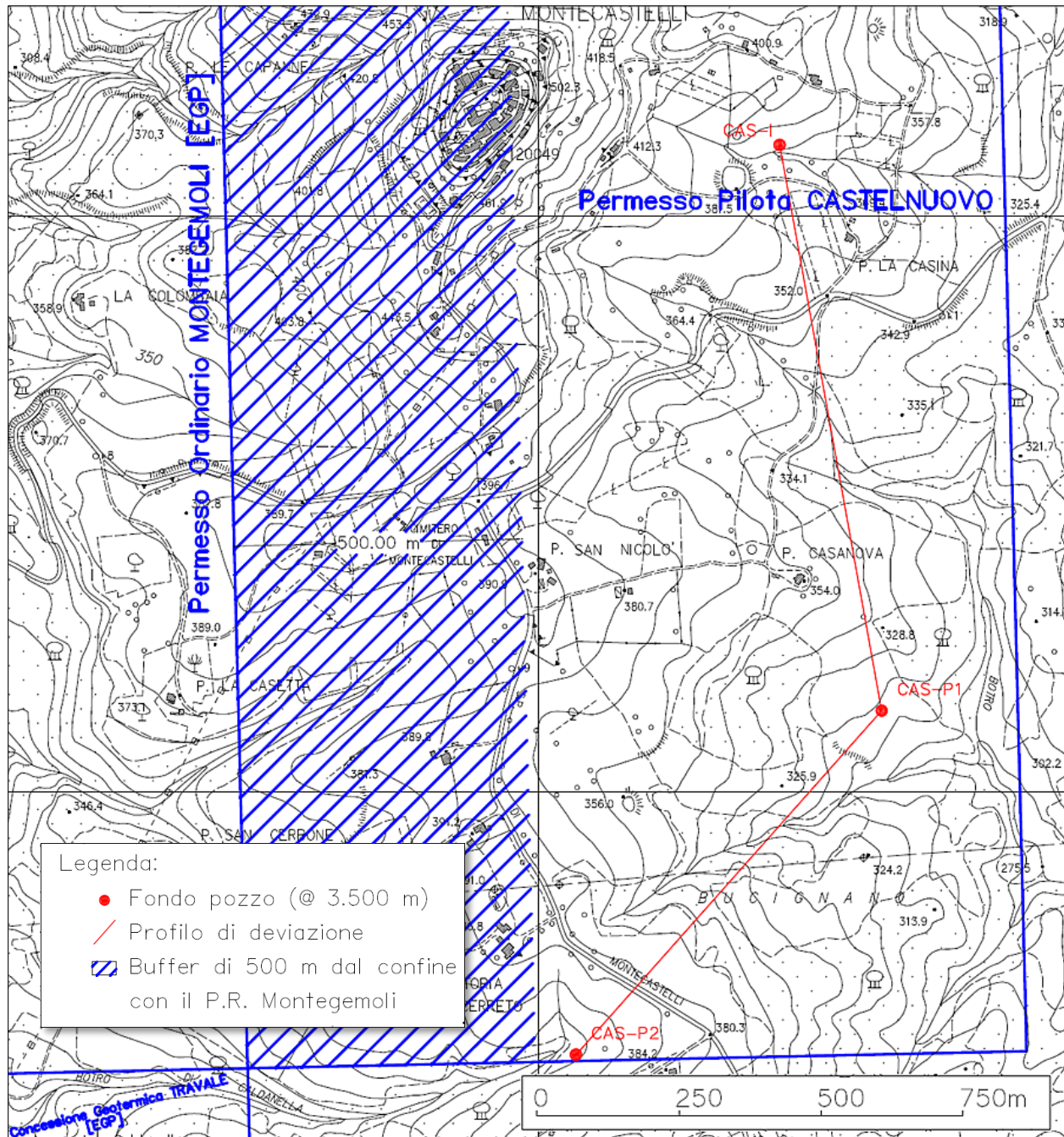


Fig. 21 – Sezione orizzontale dei pozzi del Progetto CASTELNUOVO (in retinato blu il buffer di 500 m dal confine con il P.R. Montegemoli di EGP)

Pozzo	CAS-P2	CAS-I
Direzione del pozzo (azimut)	220°	350°
Profondità KOP	430 m	430°
Build-up rate	1.5°/30 m	1.5°/30 m
Angolo fine build-up	16.0°	19.0°
Lunghezza tratto build-up (TVD)	320 m	380 m
Profondità verticale a fine pozzo (TVD)	3.500 m	3.500 m
Profondità misurata a fine pozzo (TMD)	3.615 m	3.670 m
Scostamento della verticale a 3.500m	800 m	1.000 m

Tabella 3 - Programma di deviazione

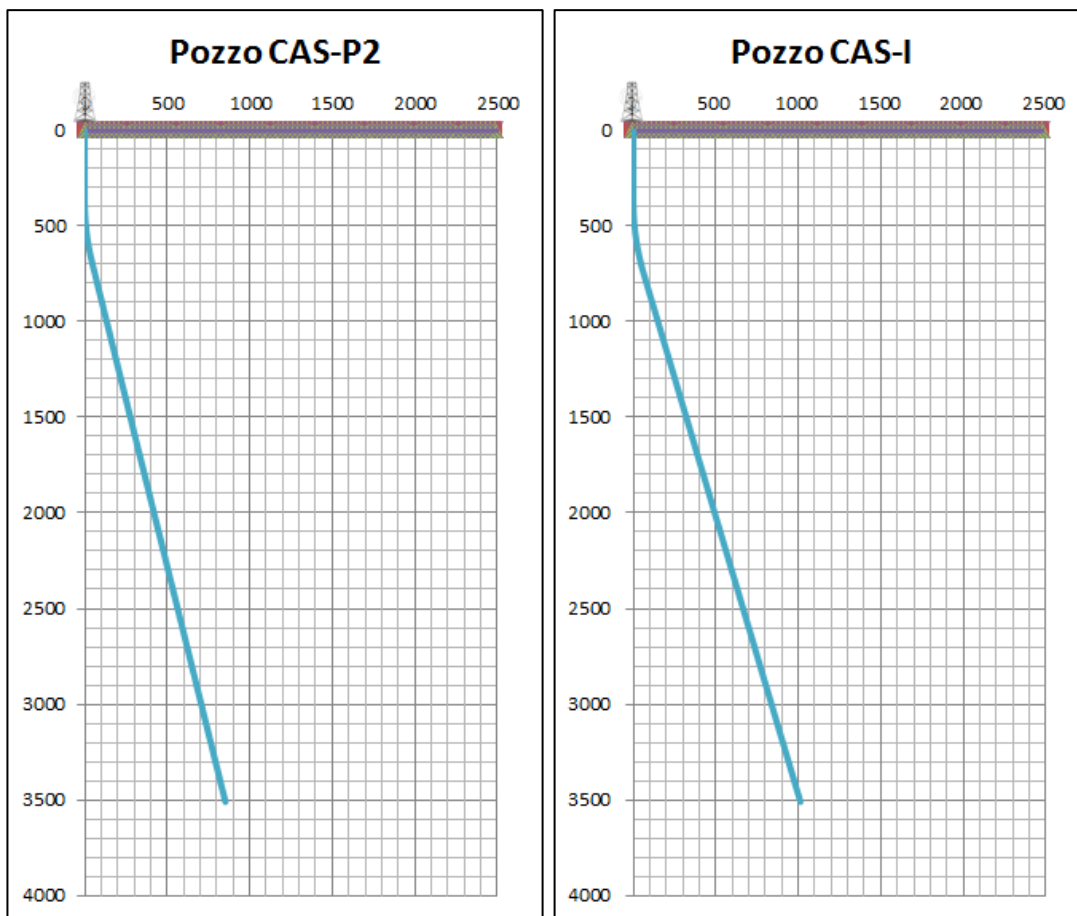


Fig. 22 -Sezioni verticali dei pozzi deviati (direzionati)

4.5. Simulazione del sistema di reiniezione dei gas incondensabili

Il Progetto Pilota Castelnuovo prevede la reiniezione di tutto il fluido estratto dal serbatoio, inclusi i gas incondensabili, per evitare la depressurizzazione del serbatoio e per eliminare le emissioni in atmosfera.

Nell'ottica di ridurre il numero dei pozzi, è stata analizzata la fattibilità di uno schema di reiniezione che preveda l'utilizzo di un unico pozzo di reiniezione, nel quale i due fluidi (condensato e gas incondensabili) vengono immessi attraverso due tubazioni concentriche calate in pozzo e fluiscono parallelamente e separati fino ad una certa profondità alla quale si miscelano e scendono in un'unica corrente.

Allo scopo è stata realizzata una simulazione numerica del pozzo in collaborazione con GeothermEx-Schlumberger, utilizzando il software di modellazione di flussi multifase OLGA, in grado di modellare l'iniezione di gas incondensabili (prevalentemente anidride carbonica, al 98%) nella corrente liquida. In particolare, è stata usata la versione di OLGA "Compositional Tracking", con la quale le proprietà dei fluidi sono calcolate usando la composizione chimica locale istantanea. L'analisi è stata condotta valutando l'impatto di alcune variabili sul sistema, tra cui la profondità di mixing per le due correnti fluide. Sono state valutate le pressioni necessarie per l'iniezione dei fluidi per profondità di mixing comprese tra 0 m e 1250 m MD (Measured Depth).

In generale si assiste a una maggiore spesa energetica per la compressione del gas abbassando il punto di mixing e, al contrario, un aumento della potenza richiesta per comprimere il condensato se il punto si alza verso la superficie. L'intervallo ritenuto più favorevole per unire le due correnti consente di reiniettare il vapore condensato a pressioni prossime a quella atmosferica e i gas a pressioni inferiori a 60 bar a boccapozzo.

Dai risultati del modello, la reiniezione attraverso un solo pozzo appare sempre fattibile, avendo l'accortezza di gestire le fasi transitorie in modo opportuno: ad esempio, durante le operazioni di messa in esercizio dell'impianto, è consigliabile avviare l'iniezione del condensato prima di quella dei gas, in modo da consentire all'acqua di raggiungere una velocità tale da trasportare i gas verso il basso consentendo il loro ingresso in serbatoio. In nessuno degli scenari simulati si è assistito ad un ritorno dei gas in superficie, né ad un accumulo sotto il punto di mixing.

4.6. Modalità di reiniezione

I fluidi estratti saranno condensati per mezzo di un apposito impianto; le condense saranno reimmesse nel pozzo reiniettore per caduta o con pressione comunque inferiore a 10 bar a testa pozzo, mentre i NCG saranno rilasciati in profondità nel flusso liquido discendente mediante un tubing con appositi centralizzatori appositamente collegati alla testa pozzo; il punto di rilascio, dove sarà posizionato un gas sparger, verrà stabilito in modo tale che la velocità di flusso e la pressione idrostatica consentano il rilascio del fluido all'interno delle stesse formazioni che costituiscono il serbatoio di estrazione.

4.7. Controlli del pozzo durante la fase di esercizio

Durante la vita di esercizio di ogni pozzo vengono effettuati una serie di controlli con frequenza prestabilita destinati alla verifica della sua affidabilità strutturale. Tali controlli sono riconducibili a ispezioni non distruttive della struttura del pozzo allo scopo di monitorare alcuni parametri che possono fornire indicazioni sulla sua affidabilità e vita residua.

4.7.1. Programma dei controlli

Il programma di controlli prevede le seguenti azioni:

- A. controllo visivo della testa pozzo e della porzione di casing affiorante in superficie nella cantina della postazione di perforazione, al fine di verificare lo stato di conservazione della struttura del pozzo ed eventuali perdite di fluido esterne al casing di produzione;
- B. controllo spessimetrico per punti del casing affiorante in superficie, tra il casing più esterno e la flangia di base;
- C. se la flangia di base del casing è di tipo saldato, è necessario anche un controllo dei difetti di saldatura con sistema a liquidi penetranti o di tipo magnetoscopico per la ricerca di eventuali cricche che potrebbero generare la rottura della connessione tra flangia e casing;
- D. verifica della funzionalità operativa e della tenuta delle valvole di testa pozzo;
- E. verifica della funzionalità degli strumenti installati alla testa pozzo come manometro e termometro, necessari alla caratterizzazione delle condizioni fisiche del fluido;
- F. controllo dello stato di conservazione della superficie interna del casing mediante rilievo con “Caliper Multifinger” (log per la misura del diametro interno del casing allo scopo di rilevare deformazioni, accumoli in parete, usura, corrosione delle tubazioni in acciaio) per l’intera lunghezza della tubazione. Tale log viene effettuato anche al termine dell’attività di perforazione.

4.7.2. Frequenza dei controlli

Tali controlli vengono organizzati con frequenze variabili a secondo della tipologia (Tabella 4):

Tipologia controllo	Frequenza
"A"	<i>mensile</i>
"B"	<i>biennale</i>
"C"	<i>biennale</i>
"D"	<i>semetrale</i>
"E"	<i>semetrale</i>
"F"	<i>quando ritenuto necessario ed indispensabile</i>

Tabella 4 - Tabella le frequenze per le diverse tipologie di controllo sul pozzo

In ogni caso l’esito dei risultati di ciascun controllo può modificare la frequenza dei controlli programmati (aumentarla o diminuirla) in funzione del trend negativo o positivo del parametro sotto controllo.

4.7.3. Modalità operative di manutenzione

Nel caso si verificassero anomalie impreviste durante il periodo di esercizio è necessario procedere a sequenze di operazioni di intervento.

- Se a seguito del controllo visivo si dovesse evidenziare una fuoriuscita di fluido nella cantina della postazione di perforazione al di fuori del casing, potrebbe essersi verificata un’anomalia sulla tubazione. In tal caso è opportuno procedere per gradi cercando di evitare se possibile la chiusura e affogamento del pozzo che verrebbe sottoposto a onerosi cicli termici.
- Se a seguito dei controlli ai punti “B” e “C” si riscontrasse un esito negativo ad esempio sulla tenuta della testa pozzo del casing 13 3/8”, è opportuno mettere in programma una soluzione di ancoraggio della testa pozzo su una tubazione alternativa.
- Se non fosse garantita la funzionalità delle valvole on-off, è opportuno procedere alla loro tempestiva manutenzione e/o sostituzione.

5. IMPIANTO GEOTERMOELETTRICO

5.1. Criteri generali di progettazione

Le soluzioni progettuali scelte per il progetto Castelnuovo, adottate per realizzare un impianto geotermoelettrico ad "emissioni zero", prevedono l'integrazione di una centrale a ciclo binario chiuso con una idonea infrastruttura impiantistica, tale da consentire la reiniezione totale dei fluidi e dei gas incondensabili nelle stesse formazioni geologiche di provenienza.

L'elemento centrale del progetto è costituito da un impianto binario a Ciclo Organico Rankine (ORC).

La caratteristica peculiare di questo ciclo è la flessibilità derivante dalla possibilità di scegliere il fluido "secondario" (fluido organico) più adatto alle caratteristiche della sorgente termica "primaria" (risorsa geotermica), al fine di massimizzare l'efficienza di recupero termico e dunque di contenere le dimensioni della superficie di scambio a pari effetto utile.

Sulla base delle caratteristiche chimico fisiche della risorsa geotermica, ricavate da dati pubblici relativi al sito specifico, è stato scelto il fluido organico che meglio si adatta alla curva di rilascio del calore del fluido geotermico.

Le caratteristiche chimico-fisiche della risorsa geotermica, all'ingresso dell'impianto a ciclo binario sono le seguenti :

- Composizione
- 92 % in peso vapor d'acqua
- 8 % in peso gas non-condensabili [NCG] di cui
 - o 97,5 % in peso, CO₂
 - o 2 % in peso, H₂S
 - o 0,5 % in peso, Altri
- Contenuto di Cl- nella risorsa, con concentrazione massima di 50 mg/l (su campione condensato)
- Temperatura: 180°C/
- Pressione 10 bar(a) – vapore saturo
- Portata: max. 18.0 kg/s

In aggiunta a quanto sopra, sono stati considerati i seguenti dati progettuali per il progetto:

- L'uso di leghe contenenti rame per i materiali a contatto con il fluido geotermico o i gas non condensabili sono stati esclusi
- Generazione di energia elettrica netta sulla rete ENEL: limitata a 40.0 GWh/anno, come imposto dalla normativa in materia (come inserito, con effetto dal 22/02/2014, dall'art. 1 comma 10 , lettera b) del D.L. 23/12/2013 n. 145 (G.U. n. 300 del 23/12/2013), così come modificato in concomitanza della sua conversione in Legge 21/02/2014, n. 9 (G.U. n. 43 del 21/02/2014)
- Perdita di potenza elettrica nella rete: 3% della potenza lorda prodotta dall'isola ORC
- Disponibilità media annuale minima dell'impianto: 92%
- Fluido disponibile per il raffreddamento: aria ambiente
- Condizioni di progetto dell'aria ambiente: temperatura/UR% : 20°C/ 60%
- Dati storici sulle condizioni ambientali in accordo alla seguente Tabella 1 e 2

La caratteristica di poter massimizzare l'efficienza netta del sistema di conversione dell'energia termica disponibile nel flusso geotermico è stata coniugata con l'esigenza, nel rispetto del principio di un impianto sicuro e non inquinante, di utilizzare sostanze atossiche e non infiammabili. Basandosi sui dati di progetto sopra esposti, e volendo rispettare la caratteristica

di compatibilità ambientale, è stato selezionato un ciclo Rankine subcritico con refrigerante R245fa (1,1,1,3,3 - pentafluoropropano), che rappresenta dunque il miglior fluido termovettore ecocompatibile adottabile.

Le caratteristiche di compatibilità ecologica si possono riassumere tramite i seguenti parametri:

- VOC (Emissioni prodotti organici volatili) = 0
- ODP (Potenziale di distruzione dell'ozono) = 0
- GWP (Potenziale di riscaldamento globale) = 930

Informazioni aggiuntive sul fluido di lavoro, inclusa la relativa scheda di sicurezza, sono disponibili sul documento denominato "Scheda Sicurezza Fluidi Impianto ORC", Allegato n. 1

La massimizzazione del rendimento complessivo del sistema è ottenuta anche tramite la selezione di un turboespansore ad elevata efficienza, ottimale per la portata volumetrica di fluido ORC prescelta, e di uno scambiatore di calore a valle della turbina, il recuperatore, in grado di sfruttare il calore ancora disponibile nel fluido allo scarico della turbina. Ciò permette di ridurre il calore da asportare al condensatore, e di conseguenza, di ridurre le dimensioni e gli ingombri.

La metodologia impiegata per il raffreddamento del fluido di lavoro ORC dopo l'espansione in turbina rappresenta un'importante cardine di scelta. L'obiettivo di non avere consumi idrici è stato il motivo principale della scelta di adottare un sistema di raffreddamento ad aria. Alternative tecnicamente realizzabili, come condensatori ad acqua, non avrebbero ottemperato all'esigenza principale di sostenibilità ambientale del progetto.

Un'altra scelta impiantistica fondamentale del progetto è stata la progettazione della centrale a ciclo binario in adiacenza alla postazione di produzione. Ciò consentirà di evitare la costruzione di vapordotti di alimentazione della centrale, in quanto la bocca-pozzo sarà messa in collegamento diretto con lo scambiatore della centrale con un breve tratto di vapordotto di connessione. Questa scelta rappresenta un aspetto qualificante del progetto dal punto di vista ambientale, in quanto si eviteranno condutture fuori terra, che tradizionalmente si sviluppano su tracciati che possono superare i 3 km, con vari effetti negativi sul paesaggio e sulla accessibilità del territorio.

Il pozzo di reiezione verrà realizzato sulla medesima postazione, evitando di nuovo le condotte necessarie a trasportare i fluidi su un sito diverso.

La realizzazione di queste infrastrutture necessarie all'estrazione e reiniezione di fluido geotermico è stata valutata attentamente in fase di progettazione puntando alla mitigazione e all'integrazione ambientale, così come tutto l'impianto nella sua globalità.

Per tale ragione, al fine di garantire la massima compatibilità estetica ed ambientale, esso verrà opportunamente integrato ricorrendo ad una adeguata soluzione architettonica di schermatura ed integrazione paesaggistica. L'aspetto finale sarà riconducibile a quello di una modesta struttura perfettamente integrata al contesto socio-ambientale nel quale l'impianto andrà ad inserirsi.

La scelta impiantistica adottata è l'integrazione di soluzioni tecnologiche che rappresentano il miglior compromesso, in termini di sostenibilità ambientale, tra le possibili alternative esistenti.

5.2. Descrizione del progetto

Nella parte introduttiva si è precisato che per l’impianto di potenza ORC si è selezionato un ciclo Subcritico. Il diagramma T-s seguente (Fig. 23) evidenzia le fasi del ciclo termodinamico ORC tipo Rankine evaporativo con surriscaldamento e rigenerazione.

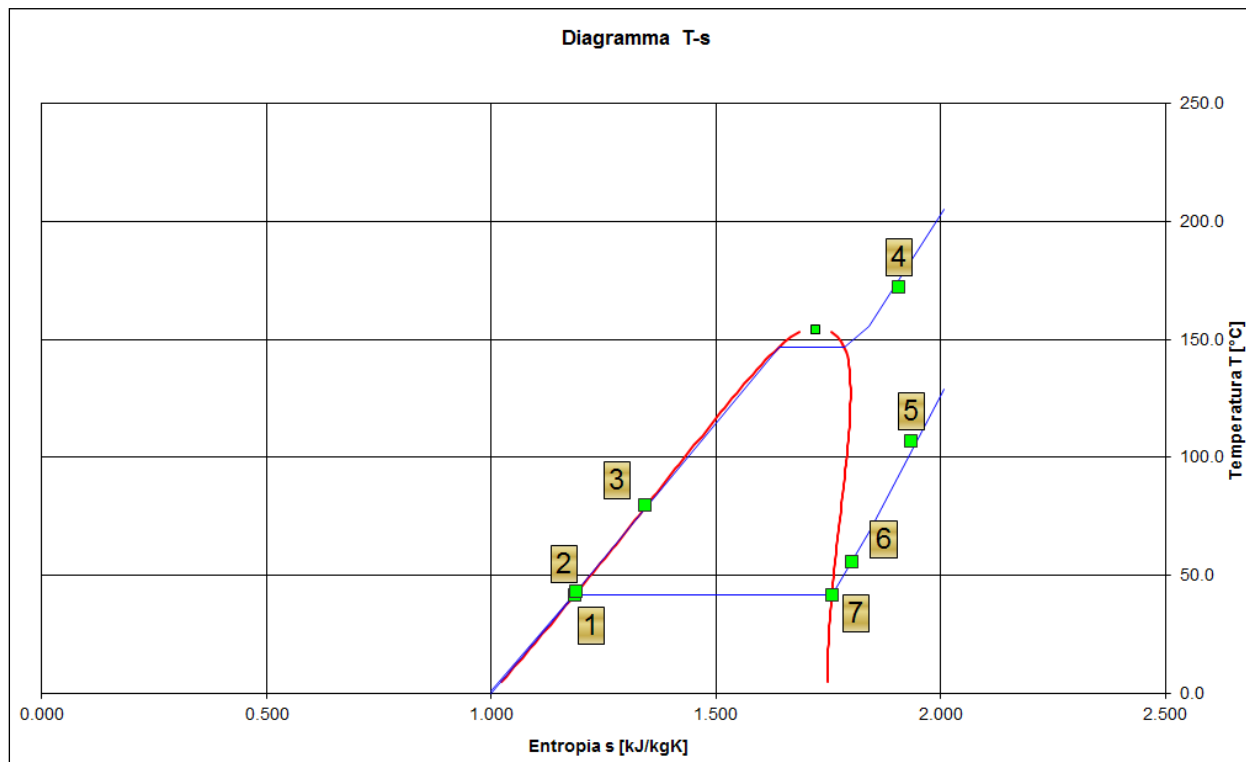


Fig. 23 – Ciclo termodinamico fluido ORC

Il fluido di lavoro, nella condizione di liquido saturo, viene pompato (fase 1 ÷ 2) e riscaldato sensibilmente fino alla temperatura di saturazione, quindi fatto vaporizzare fino a diventare vapore saturo secco; a questo punto viene surriscaldato (fase 2 ÷ 4) ed inviato al turbo-espansore per la generazione di potenza elettrica (fase 4 ÷ 5). Allo scarico del turbo-espansore, è prevista una fase di recupero di energia (rigenerazione) prima del rilascio della restante quota parte di energia termica alla sorgente fredda attraverso il condensatore aria (fase 5 ÷ 6 lato vapore fluido di lavoro, fase 2 ÷ 3 lato liquido fluido di lavoro). Il fluido di lavoro, dopo la condensazione, torna alle condizioni termodinamiche di partenza per iniziare un nuovo ciclo (fase 6 ÷ 7 ÷ 1).

La rigenerazione consente di aumentare il rendimento del ciclo sfruttando il calore sensibile del fluido di lavoro allo scarico del turbo-espansore per preriscaldare il fluido di lavoro allo stato liquido prima dell’ingresso nell’evaporatore.

A differenza dei tradizionali impianti a ciclo Rankine operanti con acqua come fluido termovettore, in questo ciclo il fluido di lavoro organico, a valle della fase di espansione, punto 5 del grafico, (Fig. 22), si presenta ancora nello stato di vapore surriscaldato e può cedere calore allo stesso fluido di lavoro alla mandata delle pompe di circolazione).

La temperatura dell’acqua condensata, in uscita dall’isola di potenza a 89°C nelle condizioni ambientali di progetto, renderebbe ancora possibile un ulteriore impiego della risorsa, ad esempio per teleriscaldamento.

Di seguito è proposto lo schema d’impianto descritto.

Per il dettaglio dello schema di processo si rimanda a Allegato 2 "P&ID" e Allegato 3 "Schema generale di processo".

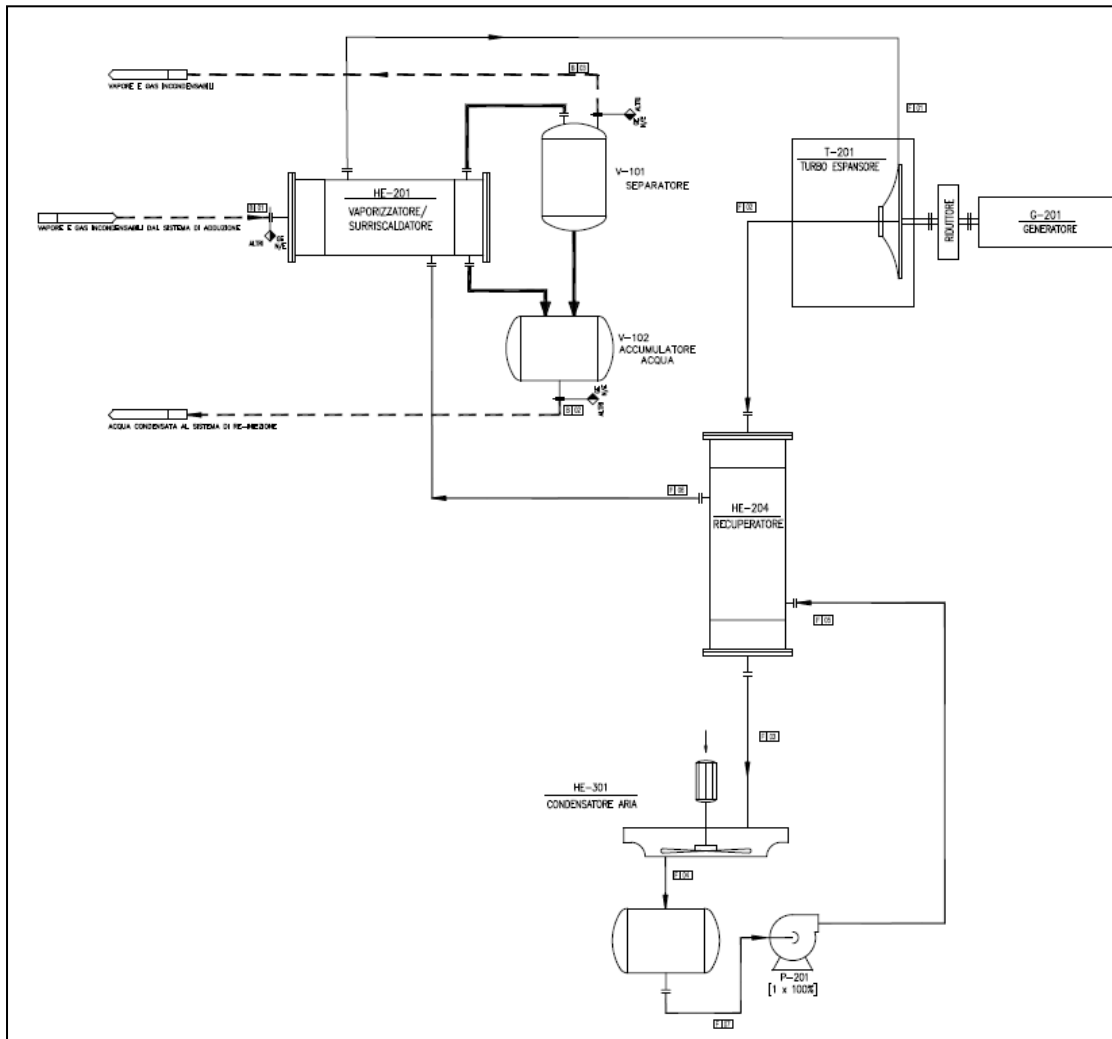


Fig. 24 - Schema generale d'impianto

Descriviamo di seguito, più nel dettaglio, la filosofia di funzionamento dell'unità di potenza ORC proposta.

Il calore dal fluido geotermico viene trasferito al fluido di lavoro in un unico scambiatore di calore "Shell & Tube" (Fig. 24) all'interno del quale la risorsa geotermica condensa lato tubi, mentre riscalda il fluido di lavoro ORC che passa progressivamente dalle condizioni di liquido saturo, a vapore saturo ed infine si surriscalda.

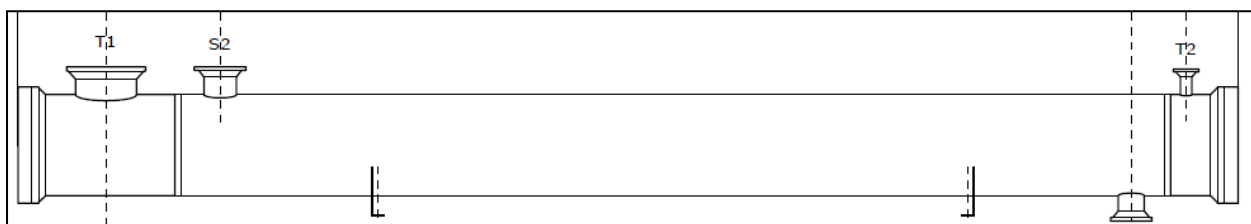


Fig. 25 - Scambiatore di calore "Shell & Tube"

Gli scambiatori di calore del tipo "Shell & Tube" saranno progettati con le seguenti caratteristiche:

- TEMA C, Tipo NEN, singolo passaggio lato tubi per facilitare lavaggio chimico e sistema di pulizia tubi per via meccanica (pigging);
- progettato in accordo alle EN 13445 o ASME VIII Div. 1 + PED;
- Fluido Geotermico nei tubi, Fluido di lavoro ORC nel mantello;
- Mantello in Acciaio al Carbonio;
- Tubi in Duplex 2205, per un'adeguata resistenza alla corrosione da stress meccanico in presenza di H₂S e Cloro

La risorsa geotermica condensata all'interno del HE-201, viene scaricata in un serbatoio di condensa V-101 da cui attingono le pompe di re-iniezione.

La frazione di risorsa geotermica non condensata unita ai gas incondensabili passa attraverso il separatore allocato nella parte superiore del serbatoio V-101 dove avviene la separazione secondaria delle condense; il flusso risultante di vapore d'acqua e gas incondensabili è reso disponibile per la re-iniezione; le condense separate vengono poi inviate all'accumulatore V-102.

Il fluido di lavoro ORC surriscaldato, uscendo dallo scambiatore "HE-201", è inviato ad un espansore a flusso radiale collegato ad un generatore sincrono, mediante un riduttore, per generare potenza.

Il fluido di lavoro ORC surriscaldato, uscente dall'espansore, passa attraverso un Recuperatore (scambiatore di calore "Shell & Tube", HE-204, Fig.2.1) all'interno del quale il fluido di lavoro ORC in fase vapore cede calore al fluido di lavoro in fase liquida, aumentandone la temperatura prima che questo entri nel condensatore risorsa geotermica/ vaporizzatore ORC.

Il vapore in uscita dal recuperatore è inviato al condensatore raffreddato ad aria. E' previsto per l'emergenza e l'avvio / arresto, un by-pass completo che collega l'uscita dello scambiatore con il condensatore aria.

Una volta condensato, il fluido di lavoro ORC, in uscita dal condensatore aria, viene raccolto in un accumulatore di condensa e quindi estratto da una singola pompa centrifuga verticale multistadio (potrebbe essere prevista un'opzione con due pompe al 50%, per aumentare la disponibilità dell'impianto) per completare e ricominciare il ciclo.

Al fine di controllare la portata del fluido di lavoro ORC agli scambiatori di calore ed assecondare qualsiasi variazione del calore in ingresso dal fluido geotermico, consentendo un corretto funzionamento in qualsiasi condizione ambientale, la pompa viene azionata a velocità variabile mediante variatore di frequenza a BT.

5.3. Layout impianto

Il layout d'impianto con le viste in pianta e in sezione è rappresentato nell'Allegato 4 "Layout impianto".

L'occupazione di suolo sarà di circa 77 x 71 metri, per un ingombro totale di 5500 mq.

I principali componenti che lo costituiscono sono:

- Circuito ORC, costituito da:
 - Condensatore ad aria, costituito da 14 ventilatori;
 - Pompa
 - Vaporizzatore
 - Turboespansore e Generatore
 - Skid Olio e Refrigerante Olio di lubrificazione

- Recuperatore
- Serbatoio stoccaggio fluido ORC
- Accumulatore fluido ORC
- Circuito fluido geotermico, costituito da:
 - Scrubber
 - N. 4 Separatori
 - Pompa di reiniezione condense
 - N. 2 Pompe di drenaggio
 - N. 2 Compressori di reiniezione gas incondensabili
 - N. 3 Raffreddatori

Nell'impianto saranno inoltre presenti:

- skid di drenaggio e riempimento
- skid produzione aria
- cabinato di controllo
- trasformatore MT/MT
- cabinato elettrico e cabina utente Enel
- pipe rack.

5.4. Sistema adduzione/re-iniezione

Per Sistema di adduzione/re-iniezione si intende quella parte d'impianto atta all'estrazione del fluido geotermico dai pozzi di produzione e al recupero/re-iniezione nel sottosuolo del fluido condensato e dei gas incondensabili.

I criteri per la progettazione del sistema di condotte sono di seguito elencati:

- Minimizzare l'impatto ambientale, sfruttando la pendenza naturale del terreno e minimizzando la lunghezza delle tubazioni.
- Ridurre al minimo l'area complessiva modificata per il passaggio delle condotte.
- Ottimizzare il dimensionamento delle linee secondo il principio dell'ottimo tecnico/economico e riducendo, al minimo, la caduta di pressione.
- Utilizzare acciaio al carbonio con resistenza alla corrosione appropriata per le condotte di raccolta/estrazione della risorsa geotermica.
- Utilizzare tubazioni resistenti alla corrosione (acciaio inossidabile duplex 2205 o superiore) per le linee in cui passa la risorsa geotermica condensata e per le linee utilizzate per il passaggio dei gas incondensabili.
- Prevedere la dilatazione termica delle tubazioni, adottando opportuni accorgimenti tecnici.
- Garanzia, per il personale preposto alla manutenzione, di accesso all'impianto in sicurezza

Le tubazioni di collegamento tra pozzi ed impianto ORC verranno realizzate in acciaio al carbonio e acciaio resistente alla corrosione (acciaio inossidabile austenitico o superiore) in funzione della tipologia di fluido.

Le linee di adduzione, opportunamente isolate per la conservazione del calore, partiranno a circa 100 metri a sud-ovest dell'isola di potenza dai pozzi di produzione. Queste saranno ubicate a circa 3.5 metri sotto terra rispetto alla quota di riferimento della piazzola di perforazione. In questa area le condotte si muoveranno all'interno di cunicoli carrabili lunghi circa 30 metri. In prossimità dell'area pozzi le condotte usciranno fuori terra e verranno

collettate in un’unica linea che si muoverà su un “pipe rack” posto a circa 1 metro sopra il terreno. Le condotte raggiungeranno l’isola di potenza, posta su un piano rialzato di 9 metri rispetto alla piazzola dei pozzi, attraverso un cunicolo interrato, per poi risalire e raggiungere il pipe rack dedicato. Per quanto concerne la fase di re-iniezione, la linea di gas incondensabili e la linea di re-iniezione del vapore condensato si muoveranno a sud-ovest della centrale per 100 metri, seguendo il medesimo percorso seguito dalle linee di adduzione, fino al pozzo di re-iniezione.

Di seguito è proposto uno schema logico per identificare la progettazione delle diverse porzioni delle condotte (Figura 25).

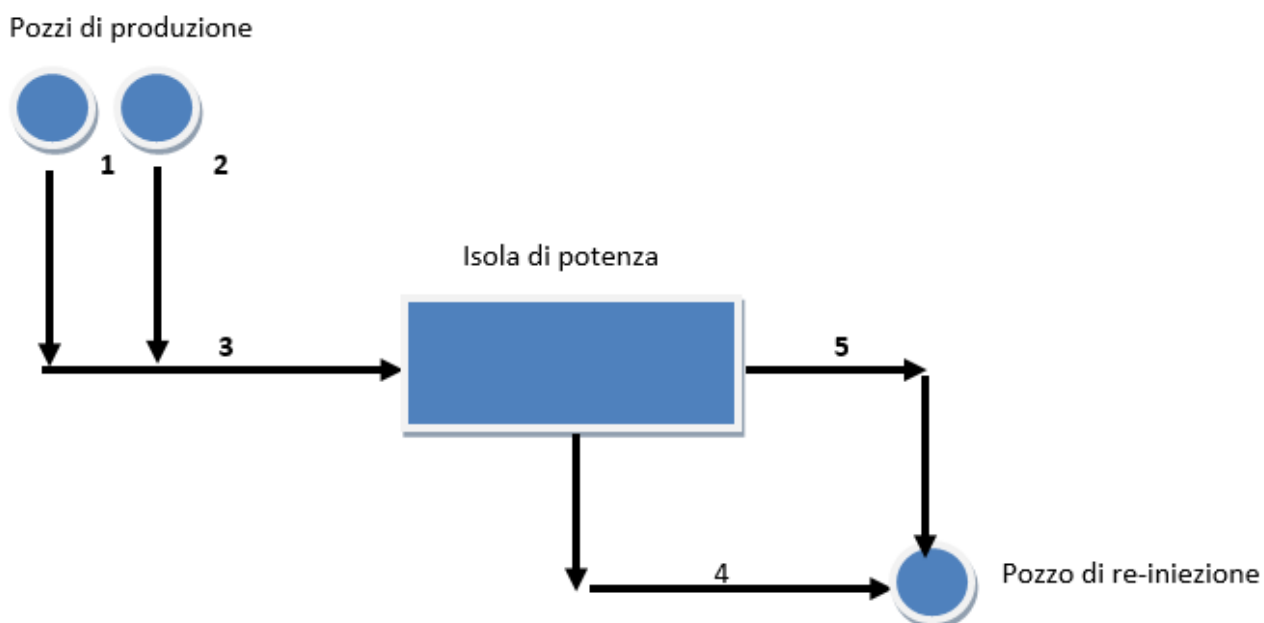


Fig. 26 – Schema esplicativo delle tubazioni di interconnessione

Il dettaglio del layout di impianto comprensivo dell’area pozzi è visibile nell’Allegato 5 “Layout impianto e area pozzi”.

Di seguito sono elencate in forma tabellare le principali caratteristiche delle linee citate nella precedente descrizione ed evidenziate nello schema in Tabella 5.

Tabella 5 – Caratteristiche delle tubazioni di interconnessione

ID	Servizio	Lunghezza	Diametro nominale	Portata	Press. operat.	Temp. operat.	Isolamento
		m	mm	Kg/s	Bar	°C	Si / No
1	Vapore Geotermico	60	300	9.0	10.3	180	Si
2	Vapore Geotermico	55	300	9.0	10.3	180	Si
3	Vapore Geotermico	45	400	18.0	10.1	180	Si
4	Vapore condensato	115	100	16.6	10.3	89	Si
5	Gas incondensabili	115	50	1.4	60.3	50.0	No

Lo spessore delle linee sarà dipendente dalla pressione operativa di ciascuna linea più una tolleranza dovuta alla corrosione. Il margine di corrosione sarà diverso per ciascuna delle linee, e sarà sufficiente per garantire la durata per tutta la vita utile dell’impianto.

Si considera che il fluido geotermico abbia caratteristiche debolmente corrosive ed erosive per l’acciaio al carbonio e, basandoci quindi sui dati sperimentali di molti pozzi geotermici che presentano una composizione della risorsa geotermica simile o paragonabile alla riserva geotermica di Castelnuovo Val di Cecina, si è definita in 0,2 mm/anno la corrosione massima sulle condotte.

Si è quindi considerato che un sovrasspessore di corrosione di 6 mm sulle condotte possa evitare danni da corrosione alle condotte per un periodo di almeno 25 anni di funzionamento impianto.

Tale scelta di basare il sovrasspessore di corrosione su almeno 25 anni di vita dell’impianto, oltre che essere una buona attitudine ingegneristica, copre sia la vita industriale prevista dell’impianto che gli eventuali periodi di manutenzione straordinaria, se necessari, per fenomeni di eccessiva corrosione ed erosione.

La condotta di reiniezione per i gas non condensabili e per il condensato, fluidi generalmente più corrosivi del fluido caldo nella condotta di adduzione, richiederanno l’utilizzo di materiale più resistente come l’Inox 316L o superiori. Anche in questo caso si considererà un sovrasspessore di corrosione da 1,5 mm, in funzione degli almeno 25 anni di utilizzo.

Tutte le condotte saranno progettate per avere basse velocità di fluido per evitare o ridurre i rischi di corrosione ed erosione indotte dalla velocità del fluido stesso.

La condotta di adduzione della risorsa geotermica all’impianto di generazione elettrica sarà completamente isolata esternamente in modo da evitare dissipazione di calore e da prevenire fenomeni di corrosione dalle intemperie.

Le linee di adduzione e re-iniezione, dove fuori terreno, saranno dotate di elementi di supporto in acciaio e saranno dotate di fondazioni in calcestruzzo. Gli elementi di supporto saranno altresì dotati di opportune canaline per il passaggio della linea elettrica.

Le condotte saranno progettate prevedendo loop di espansione orizzontale e offset al fine di assorbire le sollecitazioni termiche.

Saranno inoltre dotate di valvole per sfiato e drenaggio; gli sfiati saranno collocati nei punti alti della linea mentre i dreni nei punti più bassi.

I fluidi drenati saranno collettati tramite opportune linee e raccolti in pozzetti per essere inviati al pozzo di re-iniezione.

Dato che le tubazioni saranno fuori terra o realizzate in cunicolo appositi, non vi sarà nessuna corrosione dovuta al terreno per cui non saranno necessari giunti dielettrici.

Al fine di monitorare la velocità di corrosione delle condotte, saranno installati inserti removibili su tutte e tre le linee principali. Tali inserti saranno fatti dello stesso materiale della tubazione. Se la velocità di corrosione fosse maggiore del previsto, dovrà essere avviata un'opportuna procedura per testare lo spessore della condotta, tramite sistemi di controllo non distruttivi, quali gli ultrasuoni. Lo scopo di tale test sarà di capire in anticipo se e quando la condotta dovrà essere sostituita o se sarà sufficiente l'uso di un inibitore di corrosione.

L'altra strategia per rilevare perdite sarà di avere un sistema di monitoraggio di gas vicino alle linee di condensa del vapore e degli incondensabili. Dal momento che saranno ridotte al minimo o eliminate le connessioni sulle condutture di collegamento tra i pozzi e l'isola di potenza, i sistemi di monitoraggio di gas saranno situati in prossimità dei pozzi e dell'isola di potenza. Il sistema controllerà la presenza di perdite di H₂S e manderà un allarme al sistema di controllo.

5.5. Sistemi ausiliari d'impianto

5.5.1. Sistemi di controllo

Il sistema di automazione è costituito da strumenti di campo e tre controllori logici programmabili (PLC). Ci saranno un PLC per il sistema turbo-espansore, uno per il sistema di compressore e uno principale per il bilancio d'impianto. Il PLC controlla e gestisce l'isola di potenza a ciclo Rankine, il sistema di produzione, il sistema di re-iniezione e la corrente che viene inviata alla rete.

Il PLC controlla e monitora a distanza l'impianto completo attraverso uno schermo dotato di immagini grafiche delle apparecchiature d'impianto compreso il monitoraggio gas e il sistema antincendio. Inoltre sarà previsto un sistema di controllo per generare una allerta nel caso in cui si verificano problemi.

Le immagini grafiche conterranno riproduzioni delle apparecchiature e delle condotte principali. Inoltre saranno indicate le condizioni di processo più lo stato di funzionamento delle apparecchiature.

5.5.2. Protezione antincendio/ Sistemi di rilevamento

Il fluido di lavoro scelto per l'impianto di generazione di potenza a ciclo Rankine Organico non è infiammabile.

Gli unici fluidi infiammabili presenti in impianto saranno gli oli lubrificanti utilizzati per il turbo-espansore generatore, il compressore alternativo degli incondensabili e la pompa di circolazione fluido organico e l'olio minerale per il trasformatore MT/MT (6 kV-15 kV).

Un sistema di rilevamento per fumi e raggi UV è stato pensato per allertare gli operatori in sala controllo e localmente con sirene e luci lampeggianti. Degli estintori saranno installati all'interno del capannone in punti strategici ed all'esterno in corrispondenza della pompa di circolazione del fluido ORC. Sistemi antincendio automatici saranno previsti per il sistema di lubrificazione forzata del turbo-espansore generatore e per il trasformatore ad olio MT/MT.

5.5.3. Sistema di illuminazione

La centrale sarà ubicata in una zona agricola provvista di poca illuminazione. L'impianto avrà bisogno di luce per la manutenzione tuttavia non sarà necessario avere una illuminazione dell'intera area, non saranno necessarie, pertanto, luci di inondazione che illuminino una vasta area.

Per ridurre l'impatto ambientale, l'impianto di illuminazione relativo alle aree esterne sarà progettato per garantire i seguenti livelli di illuminazione:

Aree di passaggio e manutenzione → 100 lux (illuminazione normale)

Aree di passaggio e manutenzione → 10 lux (illuminazione di emergenza)

L'illuminazione esterna sarà puntata verso il basso per ridurre i riflessi in aree al di fuori dei confini di impianto. Anche luci soffuse, come lampade a fluorescenza potranno essere utilizzate per ridurre i riflessi. Non saranno utilizzate lampade a vapore di mercurio e altri sistemi di illuminazione simili.

L'illuminazione interna sarà limitata e appropriata rispetto agli eventuali lavori di manutenzione che saranno svolti. Sarà montato un sistema di illuminazione interna, sul soffitto della copertura.

5.6. Realizzazione impianto

Le principali fasi della costruzione dell'impianto pilota, con relative durate, sono le seguenti:

- **Fase 1:** Installazione condensatore ad aria: durata circa 2 mesi;
- **Fase 2:** installazione e montaggio delle parti meccaniche ed elettro-strumentali: durata circa 5 mesi;

Le principali attività di montaggio in sequenza sono:

- Condensatore ad aria: struttura supporto, fascio tubiero gruppo ventilatori assiali (cadauno provvisto di riduttore di velocità e motore elettrico), scale e passerelle, tubazioni e supporti
 - Refrigerante olio di lubrificazione complesso turbo-espansore: struttura di supporto, fascio tubiero, gruppo ventilatori assiali (cadauno provvisto di riduttore di velocità e motore elettrico), scale e passerelle, tubazioni e supporti
 - Turbo-espansore, riduttore, generatore elettrico di media tensione
 - Scambiatori di calore : vaporizzatore + surriscaldatore, recuperatore
 - Pompa di circolazione fluido ORC (1x100%) con motore elettrico di bassa tensione
 - Pompe di re-iniezione condensato (2x100%) con motore elettrico di bassa tensione
 - Apparecchi in pressione : separatore vapore geotermico, accumulatore condense fluido geotermico con separatore incondensabili, accumulatore condense fluido ORC, serbatoio accumulo fluido ORC,
 - Skids/Packages :Centralina Olio Lubrificazione per turbo espansore e generatore
 - Skid Produzione Aria Strumenti e Azoto per tenute turbo-espansore
 - Skid Riempimento/Drenaggio/Separazione incondensabili da fluido ORC
 - Compressore alternativo per re-iniezione degli incondensabili presenti nel fluido geotermico (inclusi separatori, drenaggio condense e raffreddatori ad aria)
 - Cabinato di Controllo
 - Cabinato Elettrico
- **Fase 3:** posa in opera tubazioni: durata circa 3 mesi

- **Fase 4:** commissioning, messa in servizio e collaudo prestazionale: durata circa 1 mese e mezzo.

Le attività previste per questa fase sono di seguito elencate:

- commissioning e avviamento dell’impianto ORC
- commissioning e avviamento impianti meccanici
- commissioning e avviamento impianti elettrici e montanti di macchina
- commissioning e avviamento impianti strumentali e di controllo
- prove di avviamento e test funzionali
- collaudo prestazionale.

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:

- gru;
- camion con pianale di trasporto;
- generatori diesel;
- attrezzature specifiche in dotazione alle imprese esecutrici quali carrelli elevatori, saldatrici, flessibili, seghe circolari, avvitatori, ecc..

5.6.1. Rumore

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 5.

Tabella 6 – Sorgenti sonore in fase di cantiere

Numero	Descrizione	Tipo	Potenza Sorgente dB(A)
3	Gru	Puntiforme	97-102
4	Saldatrici	Puntiforme	85-90
5	Mola ad aria	Puntiforme	102-104
2	Gruppo elettrogeno	Puntiforme	97
5	Avvitatore	Puntiforme	108

La caratterizzazione acustica delle sorgenti relative ai mezzi e macchinari per le costruzioni 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. Lo scenario peggiore identificabile in cantiere si può avere considerando la contemporaneità dell’uso di ciascuno dei macchinari elencati in tabella.

5.7. Avviamento dell’impianto

5.7.1. Avviamento “a freddo”

Lo start up dell’impianto, o avviamento a freddo, si ha quando i pozzi di produzione sono chiusi e non vi è fluido geotermico nelle condutture e negli equipment. All’inizio dell’avviamento a freddo, l’impianto è caricato con R245fa ed è pronto per essere operativo. Le principali attività, della durata complessiva dalle 7 alle 10 ore, durante l’avviamento a freddo sono:

1. Attivazione dei Pozzi di produzione: si assume che i pozzi di produzione siano chiusi e siano stati già completati eventuali test di produzione sul lungo periodo. Nel momento in cui ciascun pozzo è attivato, la portata di fluido geotermico prodotta è deviata verso i separatori/silenziatori atmosferici (S-101 A&B). Non appena il pozzo si riscalda, la portata aumenta da 0 kg/s a 9.0 kg/s. Tale operazione necessita di un periodo di tempo di circa 4 ore.
2. Avviamento della circolazione del R245fa: quando il primo pozzo è stato avviato parte la circolazione del fluido termovettore R245fa. Il riscaldamento iniziale richiede che solo un pozzo di produzione sia in servizio. Questo è fatto in modo che l'isola ORC si riscaldi gradualmente coll'innalzarsi della temperatura del fluido geotermico. Non appena il fluido R245fa è riscaldato, parte del vapore geotermico condensa nel vaporizzatore. Nel medesimo momento il pozzo di re-iniezione viene aperto e sono avviate le pompe di re-iniezione.
3. Inertizzazione con azoto, riempimento e pressurizzazione delle condotte e degli equipment soggetti al passaggio del fluido geotermico: Il Sistema geotermico per poter essere pronto all'avviamento deve essere stato preliminarmente inertizzato con azoto al fine di eliminare residui di ossigeno. Per questa operazione sono richiesti circa 100 Nm3 di azoto. Il Sistema di compressione dei Gas incondensabili può essere usato per realizzare l'operazione, scaricando l'aria in atmosfera attraverso la valvola di sfiato collegata all'atmosfera sulla linea di mandata del compressore al pozzo di reiniezione. Rimosso l'ossigeno, il flusso di gas incondensabili può essere deviato verso il pozzo di re-iniezione.
4. Riscaldamento controllato dell'impianto con un gradiente di temperatura a ~ 30 [°C/hr]: Una volta che il primo pozzo è operativo, il fluido geotermico può essere introdotto nelle condotte e negli equipment. Per un periodo di circa 5 ore, la pressione del sistema viene gradualmente aumentata sino ad arrivare al valore di pressione nominale (10 bara). Durante questo periodo, è richiesto il funzionamento di un solo pozzo di produzione.
5. Sincronizzazione del blocco Turbina-Generatore con la rete in modo che possano iniziare le normali operazioni: Il gruppo turbo-generatore è avviato, portato rapidamente alla velocità operativa, e sincronizzato con la rete elettrica (full speed no load). Una volta sincronizzato, il carico è gradualmente aumentato fino a raggiungere il pieno carico e l'impianto a pieno regime. Il pieno carico viene raggiunto quando entrambi i pozzi di produzione sono messi in servizio. Il secondo pozzo di produzione verrà avviato durante la pressurizzazione del sistema descritta al punto d, seguendo la stessa procedura del primo pozzo. In questo modo entrambi i pozzi saranno disponibili per la generazione di corrente quando il gruppo turbo-generatore sarà sincronizzato.

5.7.2. Avviamento "a tiepido"

Si ha un avviamento "a tiepido" dopo un fuori servizio di impianto temporaneo. La causa più comune di fuori servizio temporaneo d'impianto è un blocco causato dalla rete elettrica di trasmissione (load rejection) che può durare da pochi secondi a svariate ore. Un'altra causa può essere un blocco dell'impianto dovuto al controllo o a malfunzionamento di equipment, la cui risoluzione richiede una fermata per manutenzione. Un blocco causato dalla rete elettrica di trasmissione normalmente provoca il blocco della turbina, con interruzione della generazione elettrica. Ciò comporta anche il blocco del compressore dei Gas Incondensabili e delle pompe di re-iniezione richiedendo che il vapore geotermico sia sfiatato mediante il silenziatore d'impianto.

Dal momento che i pozzi di produzione non sono chiusi durante un’interruzione temporanea, l’impianto può essere rapidamente riavviato non appena vengano ristabilite le condizioni normali. Questo normalmente avviene entro 2 ore. Se si rende necessaria un’interruzione più lunga, è possibile operare sui pozzi riducendo il flusso Geotermico.

5.8. Esercizio dell’impianto

Una volta realizzato l’impianto ed eseguito il suo avviamento, l’impianto lavorerà a regime, salvo fermi per manutenzione ordinaria e straordinaria.

5.9. Bilancio energetico

Il funzionamento dell’impianto sarà mutevole con le condizioni ambientali nel quale l’impianto si troverà ad operare. Considerando lo storico delle condizioni ambientali del Comune di Castelnuovo, Tabella 2, sono stati valutati 3 scenari:

- Il caso di design: Temperatura bulbo umido=15°C, Umidità relativa=60%
- Il caso estivo alla massima temperatura riscontrata in sito: Temperatura bulbo umido=31°C, Umidità relativa=31,8%
- Il caso invernale alla minima temperatura riscontrata in sito: Temperatura bulbo umido=-4°C, Umidità relativa=65,6%

Il dimensionamento di impianto è stato effettuato considerando di avere una produzione massima annua di energia, da immettere in rete, pari a 40 Gwh. In Figura 26 è possibile vedere la produzione di energia nell’arco di un anno, il cui valore medio rispetta il limite massimo sopra riportato.

I dati di impianto nella condizione di design, che rappresenta la condizione più rappresentativa, è riportato in Tabella 6.

Il dettaglio del bilancio energetico dell’impianto nelle 3 condizioni sopra citate è rappresentato nell’elaborato CAS.02.DE.IM.D.063 - “Schema generale di processo”.

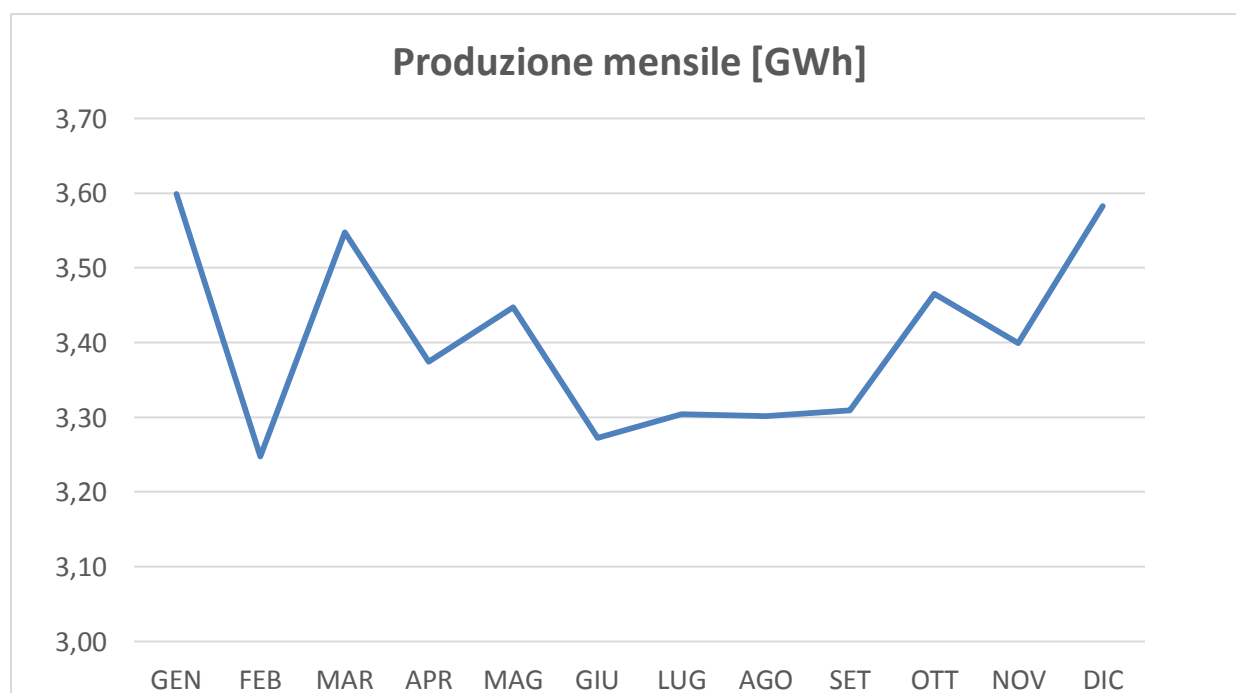


Fig. 27 – Produzione mensile di energia elettrica

Tabella 7 – Dati di progetto in condizione di design

CASO DI PROGETTO	TOTALE / ANNO
Potenza lorda generata [kWe]	6452
Potenza pompa circolazione ORC [kWe]	562
Potenza compressore NCG [kWe]	268
Potenza condensatore ad aria [kWe]	375
Consumi ausiliari vari	60
Perdite trasformatore	7
Potenza netta [kWe]	5180

5.10. Manutenzione impianto

Il corretto funzionamento d'impianto è garantito attraverso un'adeguata attività di manutenzione.

I circuiti principali interessati da attività di manutenzione ordinaria e straordinaria sono:

- il circuito fluido geotermico (vapore e condensato);
- il circuito fluido di lavoro nell'isola di potenza ORC (refrigerante R245fa);
- il circuito degli incondensabili (miscela di CO₂ e H₂S).

5.10.1. Circuito fluido geotermico

Sul circuito fluido geotermico i componenti che richiedono una attività di manutenzione periodica sono

- Valvole di regolazione con attuatore pneumatico
- Valvole di isolamento ed intercetto motorizzate
- Dischi di rottura
- Pompe di drenaggio condense P103A/B dal separatore del vapore V-103
- Pompe di re-iniezione condensato P102A/P102B
- Pompe di drenaggio condensato P-401 A/B dal separatore del vapore V-401
- Filtri su aspirazione pompa

Le pompe di drenaggio e le pompe di re-iniezione sono ridondate (2X100%) con valvole di isolamento sull'aspirazione e mandata. Le valvole di regolazione sono provviste di by-pass manuale e valvole di isolamento. I circuiti così sezionati possono essere drenati, inviando le condense al pozzo di re-iniezione. Pertanto è possibile eseguire attività di manutenzione straordinaria su questi componenti anche con l'impianto in marcia.

In generale è buona norma controllare con cadenza settimanale quanto segue:

- Assenza di perdite da connessioni flangiate;
- Assenza di perdite da giunti di espansione metallici;
- Corretto mantenimento della coppia di serraggio delle connessioni bullonate
- Assenza di perdite da guarnizioni e premistoppa di valvole
- Corsa senza impuntamenti dello stelo delle valvole attuate
- Assenza di perdite di grasso da cuscinetti di pompe e di olio di lubrificazione da tenute metalliche
- Assenza di vibrazioni anomale sulle pompe in funzionamento

- Stato di pulizia dei filtri in aspirazione pompe

Le attività di manutenzione periodica sono generalmente eseguite ad impianto fermo e freddo, previo drenaggio al pozzo di re-iniezione delle condense e lavaggio inertizzante con azoto per le linee di vapore geotermico.

L'azoto richiesto viene generato attraverso lo skid aria strumenti, completo di generatore ad azoto con setaccio molecolare. L'azoto prodotto viene stoccato in un serbatoio a pressione a circa 6 bar. Allo stesso serbatoio, quale riserva di emergenza, è collegato un pacco bombole di azoto a 200 bar munito di autoregolatrice sulla mandata.

L'olio di lubrificazione viene raccolto ed inviato al Consorzio Smaltimento Olii Esausti.

5.10.2. Circuito R245fa

Sul circuito fluido di lavoro nell'isola di potenza ORC i componenti che richiedono una attività di manutenzione periodica sono i seguenti:

- Valvole di regolazione con attuatore pneumatico
- Valvole di isolamento ed intercetto motorizzate
- Valvole di sicurezza e dischi di rottura
- Pompa di circolazione P-201
- Filtri su aspirazione pompa
- Turbo-espansore con ausiliari
- Condensatore aria con ausiliari

In generale è buona norma controllare con cadenza settimanale quanto segue:

- Assenza di perdite da connessioni flangiate
- Assenza di perdite da giunti di espansione metallici
- Corretto mantenimento della coppia di serraggio delle connessioni bullonate
- Assenza di perdite da guarnizioni e premistoppa di valvole
- Corsa senza impuntamenti dello stelo delle valvole attuate
- Assenza di perdite di grasso da cuscinetti della pompa e di olio di lubrificazione da tenute
- Assenza di vibrazioni anomale sulla pompa
- Stato di pulizia dei filtri in aspirazione pompe
- Assenza di perdite di olio dal circuito di lubrificazione forzata del turbo-espansore
- Assenza di vibrazioni anomale sui ventilatori del condensatore aria
- Assenza di perdite di grasso dai cuscinetti dei ventilatori
- Stato della trasmissione a cinghia con pulegge tra motore elettrico e ventilatore.
- Sporramento anomalo dei tubi alettati e depositi sulle pale dei ventilatori

Le attività di manutenzione periodica sono eseguite ad impianto fermo e freddo, previo svuotamento dei circuiti dal fluido di lavoro mediante lo skid di evacuazione e riempimento SK-105.

Questo skid è dotato di una pompa centrifuga, un compressore ed una pompa ad anello liquido che vengono attivati in fasi successive. E' interposto tra il collettore generale raccolta drenaggi e l'accumulatore del fluido di lavoro V301 -lato aspirazione-, ed il serbatoio di stoccaggio V302 - lato mandata. Dopo aver selezionato opportunamente il circuito fluido di lavoro utilizzando le valvole in linea ed aver aperto le valvole di drenaggio al collettore raccolta drenaggi, il fluido di lavoro allo stato liquido viene recuperato nelle diverse sezioni del circuito pompandolo al serbatoio di stoccaggio. Si riduce così progressivamente la pressione nelle varie parti del circuito. Viene poi recuperata la frazione allo stato di vapore attraverso il compressore e la

pompa ad anello liquido. La parte residua del fluido di lavoro viene rilasciata in atmosfera attraverso gli sfiati sulle tubazioni, dopo lavaggio inertizzante con azoto in pressione.

La sezione di circuito più estesa è quella che comprende il recuperatore HE-204 allo scarico del turbo-espansore, la tubazione di interconnessione con il condensatore aria HE-301, il collettore di ingresso ai banchi di scambio ed il collettore di uscita del condensatore aria HE-301, l'accumulatore del fluido V-301, per un volume complessivo di circa 155 m³.

5.10.3. Pompa circolazione P-201

Le attività di manutenzione periodica che coinvolgono la pompa di circolazione P-201 sono la sostituzione dei cuscinetti, delle tenute meccaniche e degli anelli di usura, secondo le indicazioni del costruttore (circa ogni due anni). Previo smontaggio del motore, il gruppo pompa deve essere sollevato dall'interno dell'alloggiamento nelle fondazioni tramite gru di capacità adeguata, di circa 5 tonnellate.

5.10.4. Condensatore aria HE-301

Le attività di manutenzione periodica legate al condensatore aria sono prevalentemente legate al gruppo meccanico motore elettrico, trasmissione a cinghia e ventilatore. Occorre verificare la tensione della cinghia e l'allineamento delle pulegge ogni 6 mesi, e prevedere la sostituzione delle cinghie ogni due anni. Per il ventilatore si prevede la sostituzione dei cuscinetti con un'ispezione dell'albero e delle pale ogni due anni.

I tubi alettati del fascio tubiero, in presenza di depositi esterni che penalizzano lo scambio termico, devono essere ripuliti con lancia acqua a pressione.

5.10.5. Turbo Espansore T-201

Le attività di manutenzione periodica che coinvolgono il turbo-espansore e relativi ausiliari sono finalizzate alla ispezione e sostituzione delle parti usurabili al fine di mantenere la massima disponibilità ed affidabilità del componente.

Ogni 6 mesi si raccomanda una ispezione visiva del sistema di lubrificazione, del sistema di tenuta ad azoto, del corretto funzionamento dell'attuatore di comando delle IGV; un controllo generale delle condizioni operative del turbo-espansore. Se l'impianto è fermo si provvede a controllare il corretto funzionamento della valvola di blocco e ad una ispezione dell'attuatore di comando degli ugelli.

Con cadenza annuale, vengono sostituiti i filtri sul sistema di lubrificazione forzata e di tenuta ad azoto e si provvede ad ingrassare i cuscinetti. Se l'impianto è fermo si provvede a controllare il corretto allineamento del gruppo espansore-generatore ed il corretto funzionamento della strumentazione e delle logiche di protezione.

Ogni due anni deve essere effettuato:

- smontaggio dell'espansore per la sostituzione delle parti soggette ad usura. Un carro ponte o una gru di capacità di circa 10 tonnellate sono necessarie per eseguire l'attività.
- ispezione del rotore e le tenute, sostituendo le guarnizioni.
- calibrazione dell'attuatore di comando degli ugelli.

Ogni quattro anni viene eseguita la manutenzione del sistema di lubrificazione, con ispezione dell'accumulatore, delle pompe e dei raffreddatori aria. L'olio di lubrificazione viene drenato, raccolto ed inviato al Consorzio Smaltimento Olii Esausti.

5.10.6. Circuito incondensabili

Sul circuito incondensabili i componenti che richiedono una attività di manutenzione periodica sono:

- Valvole di regolazione con attuatore pneumatico

- Valvole di isolamento ed intercetto motorizzate
- Valvole di sicurezza
- Compressore alternativo a due stadi C-401 e C-402
- Raffreddatore aria a tre stadi HE-401A/B/C

Le valvole di regolazione sono provviste di by-pass manuale e valvole di isolamento. Pertanto è possibile eseguire attività di manutenzione straordinaria su questi componenti anche con impianto in marcia, previo lavaggio inertizzante con azoto delle sezioni di circuito isolate.

In generale è buona norma controllare con cadenza settimanale quanto segue:

- Assenza di perdite da connessioni flangiate;
- Corretto mantenimento della coppia di serraggio delle connessioni bullonate
- Assenza di perdite da guarnizioni e premistoppa di valvole
- Corsa senza impuntamenti dello stelo delle valvole attuate
- Assenza di perdite di olio di lubrificazione da compressore alternativo
- Assenza di vibrazioni e/o rumori anomali da compressore nel normale funzionamento
- Assenza di vibrazioni anomale sui ventilatori del raffreddatore ad aria
- Assenza di perdite di grasso dai cuscinetti dei ventilatori
- Stato della trasmissione a cinghia con pulegge tra motore elettrico e ventilatore.
- Sporco anomalo dei tubi alettati e depositi sulle pale dei ventilatori

Vista la pericolosità della miscela CO₂ e H₂S, le connessioni flangiate sono ridotte al minimo indispensabile per esigenze di manutenzione ed una rete di rilevatori di gas H₂S e CO₂ viene opportunamente posizionata nei punti strategici: all'interno del capannone nell'isola di potenza in prossimità del separatore V-101; all'esterno del capannone nell'isola di potenza in corrispondenza delle testate dello scambiatore HE-201; nell'isola pozzi intorno al complesso compressore alternativo a due stadi C401 e C402 e relativi raffreddatori aria HE-401A/B/C e separatori V-401A/B/C. In presenza di fughe, allarmi sonori e visivi allertano del pericolo.

Le attività di manutenzione periodica sono eseguite ad impianto fermo e freddo, previo lavaggio inertizzante con azoto delle linee e sfiato in atmosfera della miscela N₂, CO₂ e H₂S. L'olio di lubrificazione viene raccolto ed inviato al Consorzio Smaltimento Olii Esausti.

La sequenza di fermata è essenzialmente l'operazione inversa dell'avviamento. In primis il carico del turbo generatore è ridotto fino a zero e quindi la turbina viene fermata. Questo è fatto al fine di evitare che transitori elettrici possano danneggiare/bloccare i carichi ausiliari. Quindi viene chiuso lentamente, al fine di evitare shock termici a tubazioni e valvole, un pozzo di produzione. Col raffreddarsi dell'unità, è richiesta anche la chiusura graduale del secondo pozzo. Quando la temperatura del sistema raggiunge un valore inferiore ai 50 °C, sarà chiusa completamente la produzione del rimanente pozzo. A questo punto è possibile ridurre la pressione del sistema, mediante il compressore dei gas incondensabili, fino alla pressione atmosferica per poi raggiungere il completo spegnimento. Il liquido geotermico rimanente sarà dunque drenato e inviato al pozzo di re-iniezione ed aperti gli sfiati delle condotte geotermiche e negli equipment. Le condotte e i componenti saranno quindi inertizzati mediante l'ausilio di azoto.

5.11. Consumi idrici

Si stima che per il funzionamento dell'impianto non saranno necessari significativi prelievi di acqua industriale e potabile. La necessità di impiego di acqua industriale e potabile sarà infatti da ricondursi alle seguenti attività:

- acqua industriale per il saltuario lavaggio di apparecchiature di impianto;
- acqua potabile per servizi igienici.

Non si prevede pertanto un consumo superiore ad alcune decine di litri/giorno.

5.12. Emissioni e rifiuti

Nelle condizioni normali di funzionamento l'impianto di generazione elettrica basato su ciclo Rankine organico non ha emissione in atmosfera. Infatti si ipotizzano solo modesti trafileamenti di fluido di lavoro attraverso guarnizioni premistoppa delle valvole, flange e tenute dei macchinari rotanti.

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

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

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

L'impianto ORC non produrrà effluenti liquidi di processo.

5.13. Rumore

Le principali sorgenti di emissione sonora, e i relativi valori, dell'impianto ORC sono elencati di seguito:

- Skid turbogeneratore

In Tabella 7 sono indicati gli spettri di pressione sonora a 1 metro dal footprint del treno e a 1,5m da terra in campo libero su piano riflettente: gli spettri sono in dB, i valori globali sono in dBA:

Tabella 8 – Spettri di pressione sonora a 1 metro dal turbogeneratore e 1,5 metri da terra

Hz	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K	dBA	
dB	100	102	87	85	81	79	77	76	90	Average
dB	104	104	90	87	83	79	78	76	92	Max

Nella Figura 27 è rappresentata la distribuzione del livello di pressione sonora

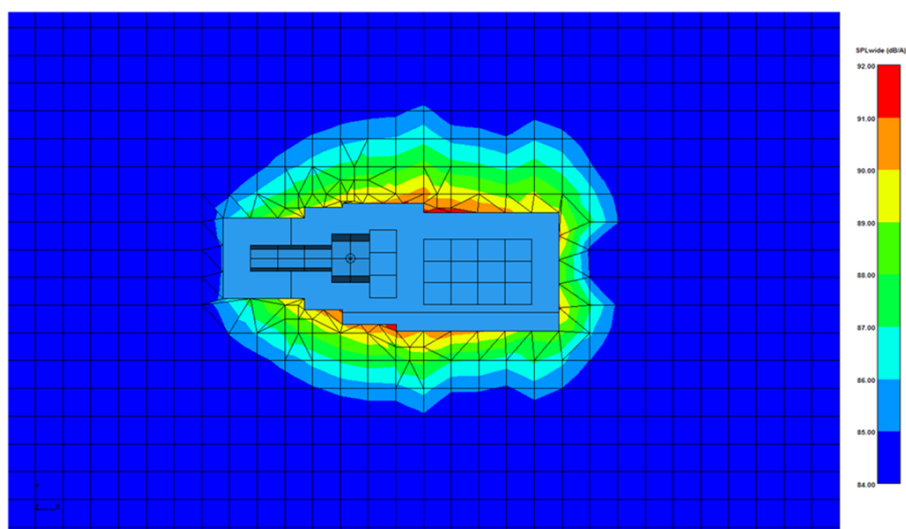


Fig. 28 – Distribuzione del livello di pressione sonora

Il suddetto componente verrà inserito all'interno di una struttura coperta, che oltre ad avere fini di mitigazione ed integrazione ambientale, avrà come scopo quello di contenere le emissioni acustiche dei componenti qui inseriti al fine di rispettare i limiti acustici imposti a livello normativo

- Skid compressore gas non condensabili

La pressione sonora ad 1 metro dal perimetro del condensatore e a 1,5 metri di altezza da terra è, senza mitigazioni, pari a 90 dB(A).

Il limite obiettivo, pari a 70 dB(A) ad un metro, sarà raggiungibile tramite l'installazione di un cabinato insonorizzante, con pannellature rimovibili in caso manutenzione.

- Condensatore ad aria

La pressione sonora ad 1 metro dal perimetro del condensatore e a 1,5 metri di altezza da terra è pari a 70 dB(A)

La banda di ottava di ciascun gruppo meccanico (ventilatore, riduttore, motore) è la seguente:

Tabella 9 - Banda di ottava di ciascun gruppo meccanico

31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Hz
97	99	99	95	92	89	81	77	73	dB(A)

La mitigazione acustica di questo componente non sarà attuabile tramite opere di tipo strutturale per questioni tecniche di corretto funzionamento. Eventuali opere di mitigazione acustica di tipo passivo, sfruttando anche la morfologia e la copertura del territorio, potranno essere studiate in una fase di progettazione esecutiva.

L'impossibilità di attuare insonorizzazioni dirette su questo equipment è stato il vincolo imposto per analizzare il livello di mitigazione da attuare sugli altri componenti al fine di raggiungere valori di emissione compatibili con i limiti normativi

- Pompa di circolazione fluido ORC

La pressione sonora ad un metro dal componente, misurata a 1,5 metri di altezza da terra è pari a 85 dB(A).

Anche per questo item l'obiettivo acustico di 70 dB(A) ad un metro sarà trapiuguardato mediante l'installazione di un cabinato fonoassorbente, smontabile, per la manutenzione della pompa stessa.

Altri componenti non trascurabili, durante il normale funzionamento continuo della centrale, saranno i seguenti:

- Pompe del sistema di reiniezione condensato P101 A/B
- Pompe di drenaggio P103 A/B dal separatore vapore V-103
- Pompe di drenaggio P401 A/B dal separatore incondensabili V-401
- Skid aria strumenti+generazione azoto
- Skid evacuazione degli incondensabili dal condensatore aria
- Raffreddatore aria per gli incondensabili al pozzo di re-iniezione (pre-cooler, inter-cooler, after-cooler) HE 401 A/B/C

Durante l'avviamento o nei transitori di fermata, altre fonti di rumore, non trascurabili, saranno date dai seguenti equipments:

- La valvola di by-pass PCV 223 ;
- La valvola di sicurezza PSV 921

- La valvola di sicurezza PSV 931
- La valvola di regolazione di portata FCV 109
- Il silenziatore allo scarico della FCV 109 e dei dischi di rottura PSE 110A/B

Si rimanda allo studio acustico, Appendice A - "Documentazione Previsionale di Impatto Acustico", per il dettaglio delle emissioni sonore e dell'analisi del rumore *site specific*.

5.14. Ripristino delle aree a fine vita

Alla fine della sua vita tecnica si procederà alla dimissione dell'impianto ORC, tramite smontaggio e bonifica degli impianti, degli equipaggiamenti e delle tubazioni.

Questa fase comprenderà tutte le attività necessarie per mettere a piè d'opera le componenti d'impianto e assicurarne la bonifica dagli agenti in grado di determinare qualsiasi rischio.

L'operazione, condotta da ditte specializzate, consisterà nella ripulitura delle parti di impianto venute a contatto con agenti inquinanti e nello smaltimento a norma di legge dei rifiuti raccolti. Gli impianti e gli equipaggiamenti bonificati saranno quindi lasciati aperti nel sito per l'ispezione da parte delle autorità pubbliche competenti.

Gli oli lubrificanti utilizzati negli impianti della Centrale saranno recuperati e inviati al Consorzio Smaltimento Olii Esausti.

Altri materiali di consumo verranno restituiti ai rispettivi fornitori.

Il fluido organico utilizzato come fluido di lavoro sarà riutilizzato o altrimenti avviato al recupero.

Il programma temporale, riportato in settimane, è rappresentato in Tabella 9.

Tabella 10 – Cronoprogramma settimanale di dimissione impianto

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
Refrigeranti aria			X	X	X	X				
piping / collettori / supporti / valvole	X	X	X	X						
Macchine					X	X				
Scambiatori di calore							X	X	X	
Apparecchi in pressione							X	X	X	
Skids/Packages								X	X	X

6. COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA

6.1. Descrizione tecnica dell'intervento

La connessione con la rete ENEL avverrà tramite realizzazione di una nuova cabina di consegna collegata in antenna da cabina primaria AT/MT "LARDERELLO 2".

Il collegamento tra la cabina di trasformazione MT/MT di utente e la rete ENEL avrà le seguenti caratteristiche:

- Tensione nominale:	15 kV
- Frequenza nominale:	50 Hz
- Potenza nominale:	6600 kW
- Corrente massima di esercizio di collegamento:	320 A
- Potenza in immissione richiesta:	5300 kW

Per tale connessione si dovrà provvedere a realizzare le opere di seguito descritte:

- Linea interrata da realizzare con:
 - scavo a sezione obbligata per una lunghezza di circa 11000 m su strada asfaltata con riempimenti in inerte naturale e ripristini realizzati in conformità a Norma CEI 11-17 e specifiche ENEL.
 - posa di tubo corrugato in PVC, \emptyset min = 160mm con resistenza allo schiacciamento min 450N (serie pesante) ad una profondità minima di 1.0 m, misurata dal piano della strada (pianfo di rotolamento)
 - posa di terna di cavi intrecciati ad elica con conduttori in alluminio isolati in gomma polietilene reticolato XLPE, con schermo metallico in alluminio sotto guaina di PVC di sez. 3x(1x185 mm²) di tipo ARE4H5EX-12/20kV matr. 332292
- posa in opera di n° 3 monoblocchi in c.a.p. di cui:
 - un monoblocco di dimensioni 2,48 x 5,70 m (Locale di consegna Enel) in cui saranno installati n°2 scomparti MT nel locale consegna ENEL di cui:
 - N°1 Scomparto "U" (UTENTE): tipo DY404M/16 o similare
 - N°1 Scomparto "IM" (LINEA): tipo DY406/1 o similare
 - un monoblocco di dimensioni 2,48 x 3,26 m (Locale arrivo linea MT + Locale misure) conforme alla specifica ENEL DG2092 Ed. Luglio 2011 in cui sarà ubicato un QMT (quadro elettrico media tensione) avente dimensioni 1,68 x 0,85 m nel locale di arrivo linea MT e quindi di pertinenza del produttore
 - un monoblocco di dimensioni 2,46 x 7,50 m (Locale Utente) in cui saranno installati un trasformatore MT/BT da 1600 kVA (utilizzato per i servizi ausiliari), un QMT (quadro elettrico media tensione) avente dimensioni 1,68 x 0,85 m e due QBT (quadro elettrico bassa tensione) aventi dimensione 1,60 x 0,64 m e 2,20 x 0,64 m di pertinenza del produttore
- installazione rispettivamente a monte e a valle dell'impianto di connessione:
 - scomparto interruttore MT di cabina primaria ed apparecchiature connesse
 - trasformatore MT/MT da 7500 kVA

7. OPERE CIVILI

7.1.Criteri Progettuali

Gli interventi previsti ricadono tutti nel Comune di Castelnuovo Val di Cecina (PI), come mostrato nell’immagine che segue (Fig. 29).

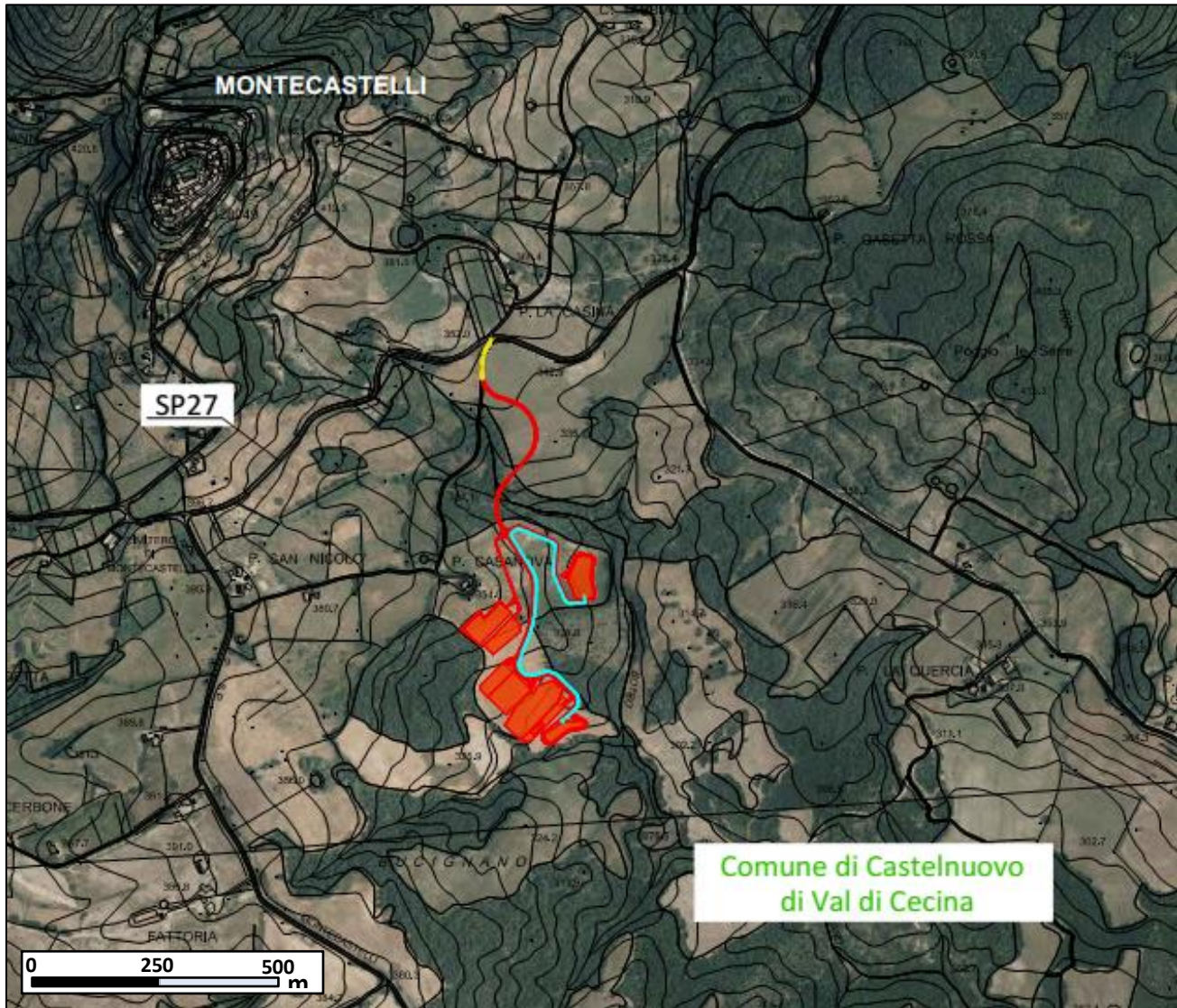


Fig. 29 – Inquadramento territoriale su ortofoto

La scelta di tali aree è stata condizionata da un lato da valutazioni di natura geologico/geotermica e, dall’altro, da scelte di carattere ambientale mirate a preservare i caratteri territoriali dei luoghi interessati garantendo un impatto minimo nel rispetto del regime vincolistico esistente e delle esigenze tecniche del caso. In particolare i criteri generali seguiti per la progettazione sono i seguenti:

- evitare di interessare colture agricole di particolare pregio;
- conservazione della vegetazione esistente;
- mantenere la massima distanza possibile da corsi d’acqua esistenti e minimizzare attraversamenti di torrenti;

- le opere di scavo e rinterro necessarie per il livellamento delle aree saranno orientate ad ottenere un buon raccordo con le aree naturali limitrofe;
- progettazione mirata a garantire il non inquinamento delle falde e dei terreni attraverso idonei sistemi di regimazione e di impermeabilizzazione delle aree.

7.2. Descrizione delle opere del progetto

Il progetto prevede la realizzazione delle seguenti opere civili:

- viabilità di accesso;
- area destinata allo stoccaggio dei materiali da cantiere e a servizio degli impianti in fase di esercizio;
- vasca di accumulo acqua di capacità pari a circa 12000 mc;
- postazione di perforazione;
- vasca acqua di perforazione di capacità pari a 3000 mc;
- centrale geotermoelettrica a ciclo binario;
- cabina di consegna elettrica.

Saranno altresì realizzate tutte le opere a servizio dell'area, quali impianti tecnologici ed opere di sostegno.

In linea con quanto esposto nel paragrafo precedente, per una razionalizzazione della gestione dell'impianto è prevista un'unica postazione di perforazione all'interno della quale saranno realizzati n.2 pozzi di produzione (CAS-P1 e CAS-P2) e n.1 di reiniezione (CAS-I). La postazione è stata progettata prevedendo la possibilità di realizzare altri 2 pozzi per un totale di 5 fori guida.

In Fig. 30 si riporta il layout definitivo di progetto (Pianta), mentre in Fig. 31 si riporta la sezione b-b nella quale sono presenti tutti gli elementi costituenti il progetto ad esclusione della vasca acqua di accumulo da 12.000mc e delle aree di stoccaggio provvisorio.

Per maggiori dettagli si rimanda all'elaborato CAS.02.DE.CI.D.028 - Layout Definitivo Di Progetto (Pianta) e CAS.02.DE.CI.D.029 - Layout Definitivo Di Progetto (Sezioni).

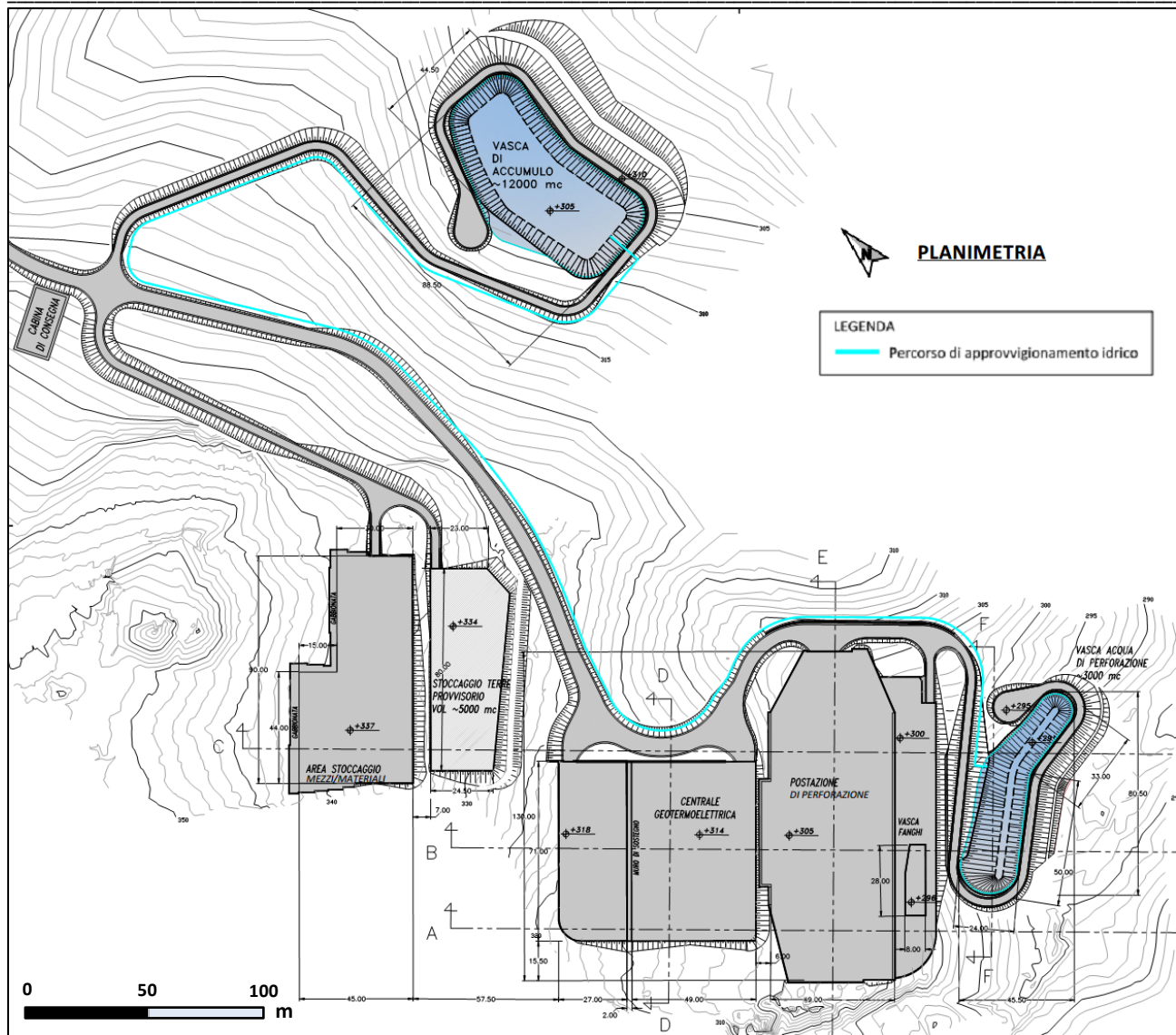


Fig. 30 - Layout definitivo di progetto (Pianta)

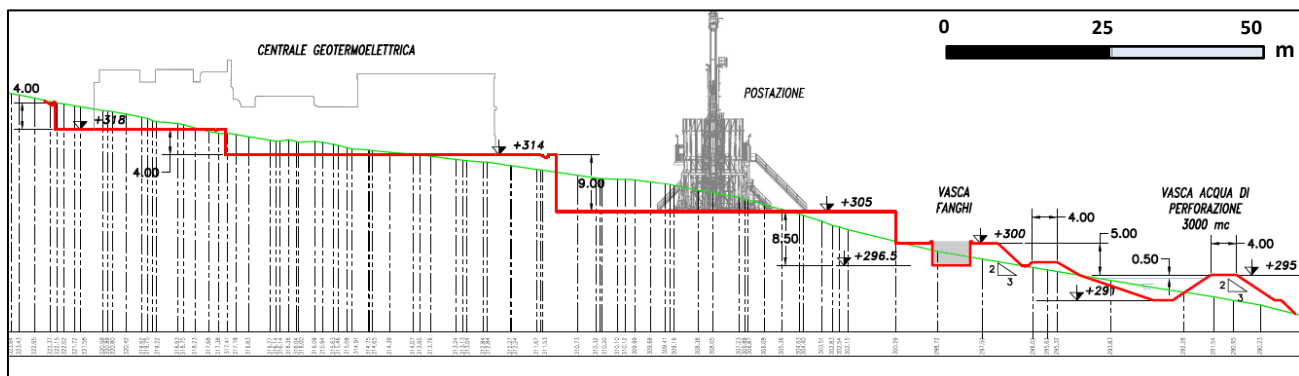


Fig. 31 - Layout definitivo di progetto (Sezione b-b)

7.3. Postazione di perforazione

7.3.1. Descrizione della postazione

La postazione di perforazione presenterà una lunghezza di 130 metri ed occuperà un'area di circa 8500 mq sviluppata su due livelli.

Alla quota di 305 m s.m. verranno realizzati il piazzale principale di manovra, in cui avrà sede l'impianto di perforazione, i vari locali a servizio della postazione (refettorio, spogliatoi, magazzini) e le componenti impiantistiche (generatori, pompe, compressore, etc).

Alla quota di 300 m s.m. avranno sede la vasca fanghi e un'area per lo stoccaggio materiali o rifiuti.

Saranno inoltre realizzati cunicoli, con sezione di 2x1.5m, per il sottopasso dei fluidodotti dell'impianto nelle zone di transito degli automezzi e un'area per l'esecuzione dei test di produzione (ad una quota inferiore di 1.5m rispetto a quella dell'area principale di manovra).

La postazione prevede la realizzazione di solette armate impermeabilizzate per l'alloggiamento di componenti impiantistici che potrebbero sversare sul terreno, un'area dedicata allo stoccaggio del gasolio, una soletta in cui avrà sede l'impianto di perforazione che sarà parte in piano parte in pendenza per evitare lo sversamento sulle aree non impermeabili limitrofe. In tale soletta sarà ricavata la cantina della boccapozzo con il tubo guida del sondaggio geotermico, la quale sarà predisposta per cinque fori guida posti ad un'interasse di 4.5 metri.

L'area destinata allo stoccaggio del gasolio e dei lubrificanti sarà dotata di cordolo perimetrale in modo da contenere eventuali sversamenti e rispondente alle specifiche della vigente normativa antincendio.

Nell'area inferiore a quota 300 m.s.m. ha sede la vasca fanghi di capacità pari a 750 mc in cui saranno raccolti direttamente i fanghi esausti da perforazione. Tale vasca sarà opportunamente impermeabilizzata internamente con membrana sintetica in poliolefine armata con tessuto di vetro e protetta verso il terreno con feltro poliestere in tessuto non tessuto da 300 g/mq per prevenirne lo sfondamento ad opera di elementi spigolosi. Attorno alla vasca fanghi è previsto uno spazio di manovra per consentire l'accesso e un adeguato spazio di lavoro ai mezzi impiegati per la rimozione dei fanghi.

Accanto alla vasca fanghi verrà posizionato un manufatto che permetterà il trattamento delle acque meteoriche raccolte dai piazzali (area postazione di perforazione ed area centrale geotermoelettrica). Tale manufatto sarà composto da un sistema combinato dissabbiatore/disolettatore, con eventuale integrazione di filtri a coalescenza per un trattamento ulteriore ove necessario; l'acqua così trattata verrà inviata alla vasca acqua di perforazione e reimpiegata durante le fasi di perforazione.

Il sistema di trattamento dovrà essere in grado di contenere il volume piovuto con un tempo di residenza tale da garantire un'efficace rimozione dei componenti inquinanti; i manufatti di trattamento potranno essere installati anche con il corpo interrato ed essere dotati di coperture carrabili, in modo da riuscire a sfruttare il volume necessario al trattamento senza problematiche di ingombro fuori terra.

In via di predimensionamento si può richiedere un cubaggio di trattamento pari a circa 65 mc, cioè pari al volume di prima pioggia definito come il volume corrispondente ad una precipitazione di 5 mm distribuita sulla somma di tutte le superfici scolanti.

Il manufatto disoleatore con filtro a coalescenza sarà dimensionato secondo la UNI EN 848.

Per quanto riguarda i reflui civili provenienti dai servizi igienici a servizio della postazione saranno raccolti in una vasca monoblocco che sarà svuotata con cadenza settimanale

attraverso l’utilizzo di pompa mobile ed i liquami saranno caricati su autobotte e avviati all’impianto di depurazione più vicino per il successivo smaltimento.

In Fig. 32 si riporta la planimetria generale della postazione di perforazione ma, per maggiori dettagli, si rimanda all’elaborato CAS.02.DE.CI.D.039 - Planimetria Generale Postazione.

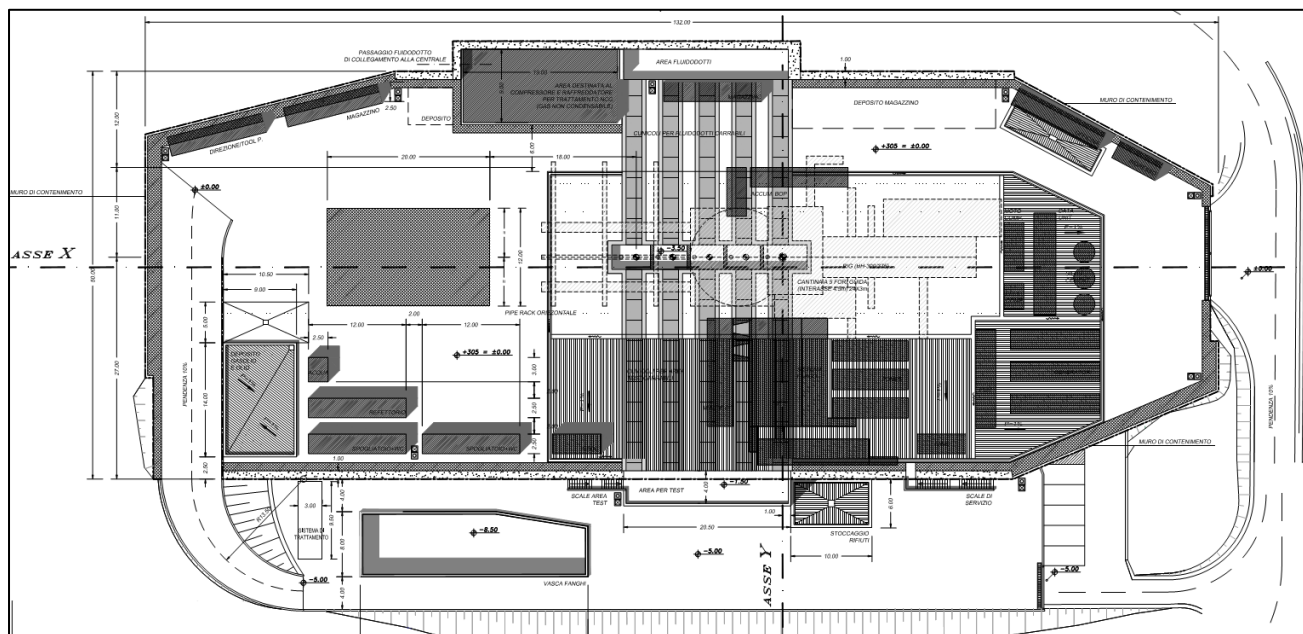


Fig. 32- Planimetria generale della postazione di perforazione

L’acqua necessaria all’esecuzione delle perforazioni sarà accumulata nella vasca di accumulo di circa 12000 mc posta a Nord della postazione, ad una distanza di circa 175 m in linea d’aria dalla postazione. Il quantitativo di acqua necessaria sarà trasportato attraverso una condotta provvisoria che seguirà il tracciato stradale.

L’acqua di condensa proveniente dalle prove di produzione, avente una temperatura di circa 90-100°C, sarà inviata direttamente alla vasca acqua di perforazione posta a Sud della postazione ed avente una capacità di circa 3000 mc. La vasca sarà impermeabilizzata con poliolefine flessibile.

7.3.2. Modalità di esecuzione

Per l’esecuzione della postazione di perforazione sono previste le seguenti principali attività:

- adeguamento del terreno (rimozione scotico ed esecuzione scavo di sbancamento) e preparazione della superficie di imposta;
- esecuzione opere di sostegno a servizio della postazione;
- esecuzione scavi per realizzazione vasche, condotte interrato, cantine etc;
- esecuzione opere civili in c.a.;
- installazione impiantistica;
- realizzazione opere accessorie alla postazione.

Per maggiori dettagli circa le attività legate alla realizzazione delle opere si rimanda alla CAS.02.DE.CI.R.014 – Macrofasie Esecutive.

7.4. Centrale geotermoelettrica a ciclo binario

7.4.1. Descrizione opere civili e corpo di fabbrica

L'area occupata dalla centrale è pari a 5500 mq ed è stata posizionata in prossimità delle postazioni di perforazione in modo da minimizzare le opere di tipo impiantistico necessarie al trasporto dei fluidi geotermici ed in modo da evitare una deframmentazione spaziale dell'impianto contenendo l'intervento all'interno di un perimetro ben definito.

La centrale si sviluppa su due livelli;

- il primo, che ospita il generatore e tutte le principali componenti impiantistiche, si trova alla quota di 314 m s.m.
- il secondo, che ospita i condensatori ad aria, si trova alla quota di 318 m s.m.

Per quanto riguarda l'accesso all'area centrale, avverrà sia dal livello posto a quota 314 m s.m. sia da quello che ospita i condensatori ad aria, posto 4 metri più in alto. Inoltre verrà realizzato un tratto di viabilità perimetrale alla centrale che permetta di accedere ad ogni parte di essa per la relativa manutenzione.

Infine, è prevista la realizzazione di un corpo di fabbrica all'interno del quale avranno sede tutti gli impianti a servizio della centrale.

L'edificio della centrale sarà un unico corpo di fabbrica di forma rettangolare, di superficie pari a 1560mq, che conterrà il gruppo di produzione, i locali di servizio e di controllo, i vari impianti ed il carro ponte necessario per la manutenzione. Tale area sarà interamente chiusa da un tetto verde di forma curvilinea.

La struttura portante è in acciaio ed è organizzata su 5 portali monopiano a 5 campate, la cui luce massima è di 20m. Le travi del portale, incastrate in corrispondenza dei pilastri, sono in IPE600 e in IPE450, e formano una spezzata che approssima un arco di circonferenza. I pilastri sono realizzati in HEA500A e in HEA300 e la loro altezza varia da circa 10m a 13m. La copertura è realizzata in lamiera grecata sorretta da arcarecci in IPE 220 ogni 2m in pianta. I portali distano 6m l'uno dall'altro e nel piano a loro perpendicolare, così come in falda, sono previsti controventi. Le fondazioni sono realizzate mediante plinti quadrati collegati tra loro da travi di collegamento in c.a.

Di seguito si riporta una rappresentazione della struttura della copertura (Fig. 33). Per maggiori dettagli si rimanda all'elaborato CAS.02.DE.CI.R.026 – Relazione sulle Strutture - Opere di Mitigazione.

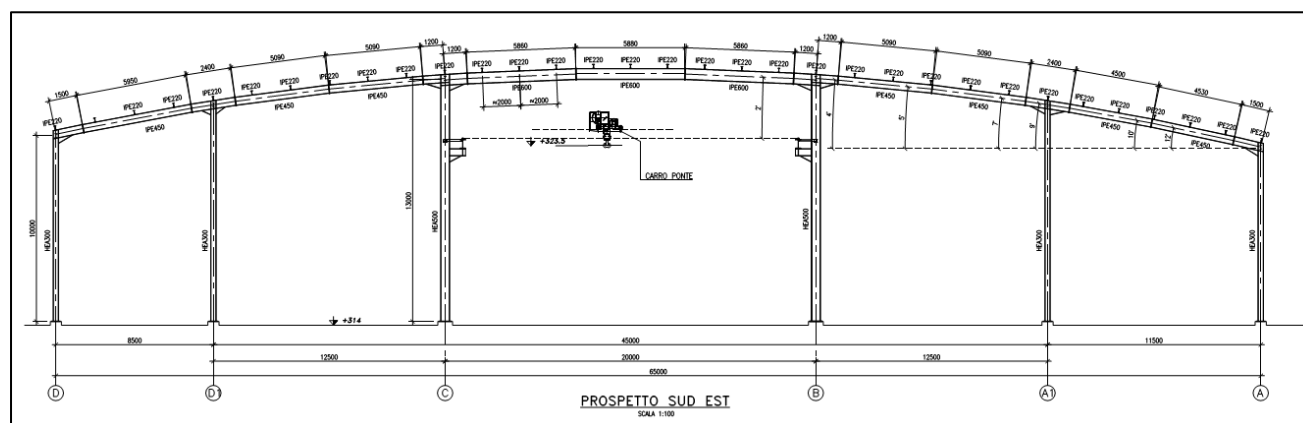


Fig. 33 – Prospetto Sud-Est della struttura metallica

7.4.2. Modalità di esecuzione

Per l'esecuzione della centrale sono previste le seguenti principali attività:

- adeguamento del terreno (rimozione scotico ed esecuzione scavo di sbancamento) e preparazione della superficie di imposta;
- esecuzione opere di sostegno;
- esecuzione scavi per realizzazione fondazioni, vasche, condotte interrato, etc;
- esecuzione opere civili in c.a;
- installazione impiantistica;
- esecuzione opere civili in acciaio (carpenterie metalliche, pipe rack, strutture di sostegno);
- realizzazione opere accessorie alla centrale.

La realizzazione della centrale sarà preceduta dall'esecuzione di operazioni necessarie per la sistemazione delle aree e dei terreni; in particolare saranno effettuate le operazioni di scavo e sbancamento necessarie al raggiungimento della quota d'imposta di progetto e alla definizione dell'area su cui verranno realizzate le opere e le operazioni di scavo necessarie alla realizzazione di fosse e trincee a servizio della centrale e degli impianti. Saranno dunque realizzate le opere civili del piazzale e la struttura della centrale, il montaggio degli impianti di centrale e dei condensatori ad aria nell'area ad essi dedicata. Per maggiori dettagli circa le attività legate alla realizzazione delle opere si rimanda alla CAS.02.DE.CI.R.014 – Macrofasi Esecutive.

7.5. Viabilità di accesso

Al fine di collegare le aree interessate dagli interventi con la viabilità principale costituita dalla S.P. 27 sarà realizzata una viabilità di servizio che per un primo tratto prevedrà la sistemazione della strada poderale esistente mentre nel secondo tratto sarà realizzata ex novo. Le strade sono previste tutte in fondo sterrato, ad eccezione della viabilità interna alla centrale che sarà realizzata in cemento ecologico: solo i tratti con pendenza prossima al 12% potranno essere oggetto di intervento con conglomerato bituminoso o con calcestruzzo ecologico in fase esecutiva. L'area occupata dalla viabilità è pari a circa 14000mq.

I criteri adottati sono i seguenti:

- raggio di curvatura interno minimo: 12 m;
- raggio di curvatura esterno minimo: 20 m;
- pendenza in rettilineo massima: 12%;
- pendenza accesso area vasche massima: 9%;
- larghezza minima carreggiata: 6m per l'asse principale e le rampe di accesso alla centrale; 4 per gli accessi alle vasche e all'area di stoccaggio;
- spazio di manovra attorno alla vasca fanghi di almeno 4 m, almeno su 3 lati se la larghezza della vasca permette all'escavatore di raggiungere tutti i punti di essa.

In Fig. 34 si riporta una sezione tipo in mezzacosta della nuova strada di accesso. In particolare si possono vedere la pendenza trasversale della strada, la pendenza del rilevato e quella del terreno in trincea e la regimazione delle acque.

Infine, si segnala che la strada dovrà necessariamente attraversare un tratto di bosco per una superficie complessiva di 1500mq. Nella Fig. 35 è indicata in grigio l'area disboscata e in verde l'ipotesi localizzativa dove si prevede il rimboschimento di pari estensione con individui della stessa specie.

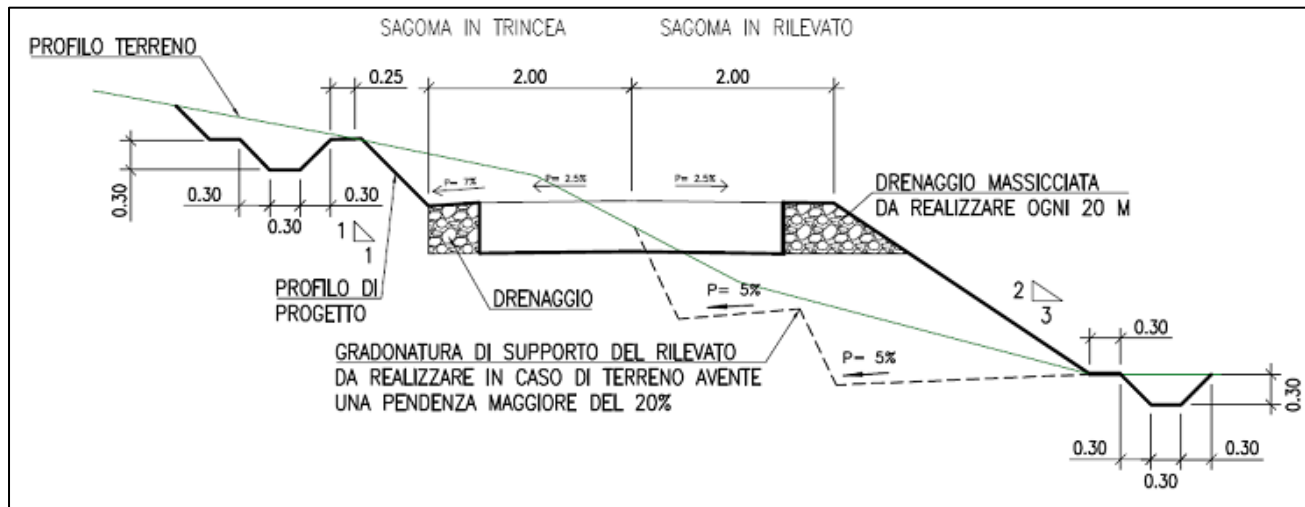


Fig. 34 - Sezione tipo in mezzacosta della nuova viabilità

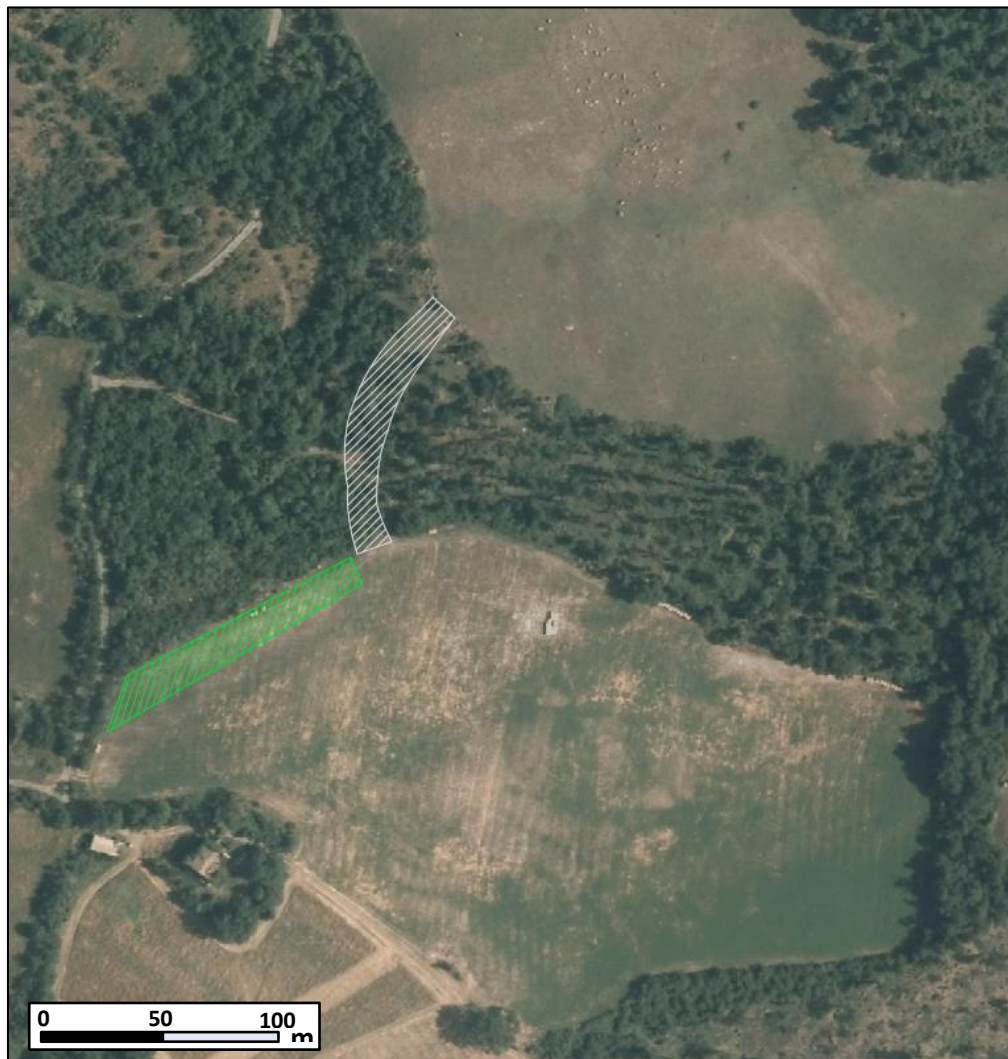


Fig. 35 - Viabilità: zona disboscata (in grigio) e zona rimboscata (in verde)

7.6. Aree di stoccaggio

L'area di stoccaggio mezzi e materiali, che occupa una superficie di circa 3500mq, sarà collocata sul lato Nord del sito. Sarà realizzata con sottofondo e inghiaatura superficiale in modo da garantire un'opportuna resistenza ai carichi statici e dinamici dovuti al passaggio dei mezzi di cantiere e agli eventuali depositi e sarà recintata in modo da evitare l'accesso di personale non autorizzato.

L'area di stoccaggio terre provvisorio, che occupa una superficie di circa 2200mq, viene utilizzata per accumulare provvisoriamente le terre provenienti da scavo (circa 5000mc) in attesa del loro riutilizzo nell'area del cantiere e verrà ripristinata a fine costruzione.

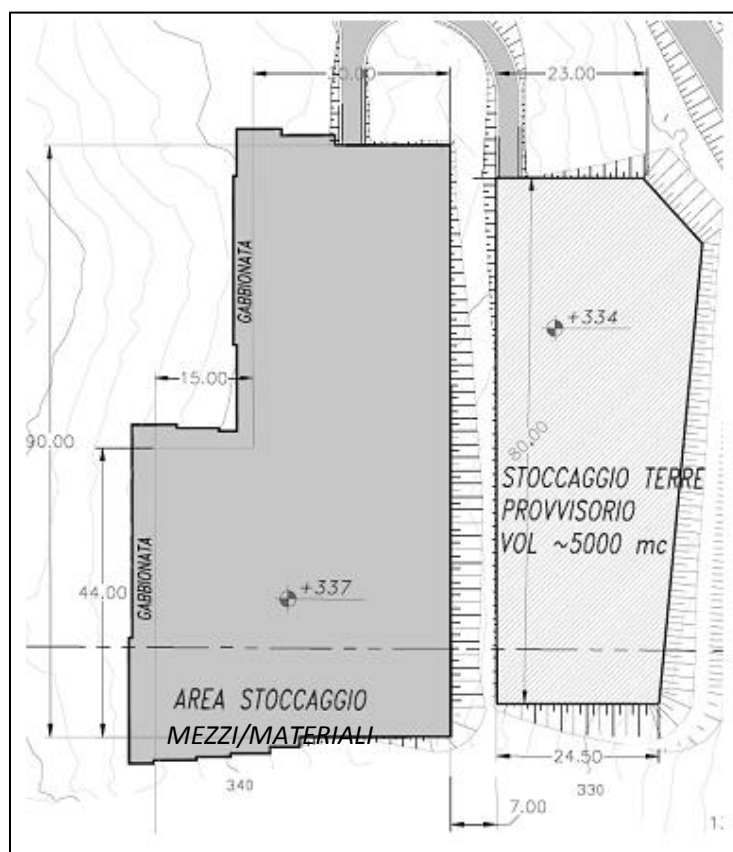


Fig. 36 – Area di stoccaggio mezzi/materiali e terre da scavo

All'interno dell'apposita area di stoccaggio provvisorio il terreno dovrà essere depositato in cumuli separati, distinti tra "terreno vegetale" e "terreno derivante dagli scavi", con altezza massima derivante dall'angolo di riposo del materiale, tenendo conto degli spazi necessari per operare in sicurezza nelle attività di deposito e prelievo del materiale. Il deposito del materiale escavato avverrà identificando, ai sensi dell'articolo 10, comma 2, del DM161/2012, tramite apposita segnaletica posizionata in modo visibile, le informazioni relative al sito di produzione, le quantità del materiale depositato, nonché i dati amministrativi del Piano di Utilizzo.

7.7. Vasca acqua di accumulo (12.000mc)

La vasca acqua di accumulo, che al netto della viabilità occupa una superficie di circa 2500mq, sarà realizzata in parte mediante scavo del terreno, in parte mediante la creazione di rilevati consolidati mediante interventi di soil nailing (vedi CAS.02.DE.CI.D.031), al fine di reimpiegare

una buona parte dei volumi di scavo. Attorno alla vasca correrà una strada carrabile che in fase di costruzione faciliterà il lavoro dei mezzi.

7.8. Vasca acqua di perforazione (3.000mc)

Analogamente alla vasca acqua di accumulo da 12000mc, la vasca acqua di perforazione, che al netto della viabilità occupa una superficie di circa 1000mq, sarà realizzata in parte mediante scavo del terreno, in parte mediante la creazione di rilevati consolidati mediante interventi di soil nailing (vedi CAS.02.DE.CI.D.031), al fine di reimpiegare una buona parte dei volumi di scavo. Attorno alla vasca correrà una strada carrabile che in fase di costruzione faciliterà il lavoro dei mezzi. Come detto, la vasca sarà impermeabilizzata con poliolefine flessibile.

Le due vasche saranno collegate con una condotta di collegamento in modo da poter ricaricare la vasca più piccola.

7.9. Bilanci scavi e riporti

L'intero progetto è stato affrontato nell’ottica di non produrre terre in esubero, come illustrato nella Relazione Descrittiva degli Interventi (CAS.02.DE.CI.R.013), ed il risultato finale è che i lavori relativi alle opere civili produrranno 4000 mc di terreno da scotico, che può comunque essere utilizzato in situ per il rinverdimento. A tal fine, lo scotico in eccesso potrà essere integrato con terreno di prima qualità per permettere l’attecchimento delle specie vegetali.

Qui di seguito si riporta una tabella riassuntiva del bilancio totale delle terre.

Tabella 11 – Bilancio totale scavi/riporti

BILANCIO TOTALE		
DESCRIZIONE	QUANTITÀ [m ³]	
SCAVI A SEZIONE OBBLIGATA / SEZ.RISTRETTA	(-)	100
SCOTICO	(-)	7000
SBANCAMENTO	(-)	42000
RIPORTO	(+)	42100
RIDISTRIBUZIONE TERRE	(+)	3000
TOTALE SCAVI/SBANCAMENTI	(-)	49100
TOTALE RIPORTI/RINTERRI	(+)	45100
TOTALE TERRENO RESIDUO	(-)	4000

7.10. Caratterizzazione materiali da scavo

Attualmente non è stata possibile l’effettuazione di rilievi invasivi, dunque non è stato possibile procedere, al momento in cui si scrive, a caratterizzazioni, anche di tipo preliminare, del suolo interessato.

La stima della tipologia dei materiali da scavo è stata effettuata sulla base di dati bibliografici e di sopralluoghi piuttosto che sulla base di una evidenza oggettiva derivante da campionamenti e misure effettuati in loco.

Tuttavia è lecito ipotizzare, stante il carattere di ruralità dell’area del sito, che le terre da scavo non rientrino nella categoria dei rifiuti speciali (superamento delle concentrazioni limite stabilite dall’allegato D alla parte IV del D.Lgs 152/2006), infatti le terre non provengono da escavazione delle strade né è immaginabile che siano mescolate o contaminate da altri materiali classificabili come rifiuti (ad esempio materiale di risulta da demolizioni di opere civili).

Gli scenari considerati in fase di progettazione (da confermare in fase di progettazione esecutiva e dopo l’effettuazione delle analisi in sito) sono due:

- riutilizzo nel sito di produzione;
- riutilizzo come sottoprodotto.

La caratterizzazione ambientale sarà svolta per accertare la sussistenza dei requisiti di qualità ambientale dei materiali da scavo e sarà parte integrante della progettazione esecutiva dell’opera.

Per maggiori dettagli si rimanda al Piano di Utilizzo delle Terre- CAS.02.DE.CI.R.020.

8. MITIGAZIONE DEGLI IMPATTI AMBIENTALI

L'intervento proposto, caratterizzato da pochi "segni" architettonici, ha lo scopo di rendere maggiormente integrate, nella loro globalità, le componenti impiantistiche nell'area di interesse progettuale.

8.1. Intervento di mitigazione: centrale geotermoelettrica

L'elemento prevalente riguarda la copertura di parte della centrale adiacente ai condensatori ad aria (air cooler). L'idea nasce dalla volontà progettuale di unire la necessità tecnica di una porzione di impianto coperta, con la creazione di una forma il cui andamento potesse raccordare e ricordare quello del terreno circostante.

La struttura metallica, già descritta nel paragrafo 7.4.1, è costituita da travi e pilastri di acciaio, con lunghezza pari a 65,00 m e profondità 24,00 m, suddivisa in cinque campate. La copertura prevede un profilo ad andamento curvo tale da riprendere e ricordare l'orografia del luogo, rimodellandola, senza però alterare l'andamento naturale del terreno.

L'intera struttura verrà tamponata con un sistema di "vetrate continue" parzialmente apribili nei tratti in cui si ritiene necessario il passaggio dei mezzi o degli addetti alla gestione e/o manutenzione delle parti impiantistiche.

La componente trasparente sarà realizzata mediante l'utilizzo di vetro con camera singola. I profili saranno in acciaio con cerniere del medesimo materiale nei punti in cui la struttura necessita di aperture per l'accesso pedonale e/o carrabile.

Esternamente verranno inseriti degli elementi frangisole fissi realizzati in legno composito ancorati ad un sistema di montanti verticali metallici forati, fissati a loro volta al profilo metallico della vetrata continua.

I frangisole, oltre ad una scelta estetico-architettonica tale da mitigare ulteriormente la visione delle componenti impiantistiche, hanno la funzione di migliorare le capacità fonoassorbenti dell'involucro.

L'intera superficie della copertura, 1560 mq, sarà realizzata con tipologia "tetto verde" di carattere intensivo leggero, in cui la vegetazione sarà caratterizzata da arbusti tappezzanti e graminacee ornamentali, essenze autoctone i cui colori si integrano alla perfezione con il paesaggio circostante.

Il "tetto verde" avrà una stratigrafia di circa 35 cm e sarà costituita da: fibra di legno (sp. 10 cm), strato impermeabile anti radice, elemento in PV di drenaggio, accumulo e aerazione ed un telo filtrante posto sotto ai 20 cm di terreno necessari per la piantumazione delle specie vegetative, vero e proprio elemento terminale a vista della copertura.

Il verde pensile non ha come unico vantaggio quello di rendere la struttura integrata con l'ambiente ed il paesaggio ma, grazie alla propria stratigrafia, fa sì che l'intera superficie possa garantire una maggior ritenzione delle acque piovane con un relativo deflusso graduale, e soprattutto un elevato isolamento acustico.

Nelle Figure seguenti si riportano alcuni fotoinserti della centrale.



Fig. 37 – Render: vista frontale della centrale con tetto verde e della postazione di perforazione



Fig. 38 – Render: vista posteriore della centrale con tetto verde

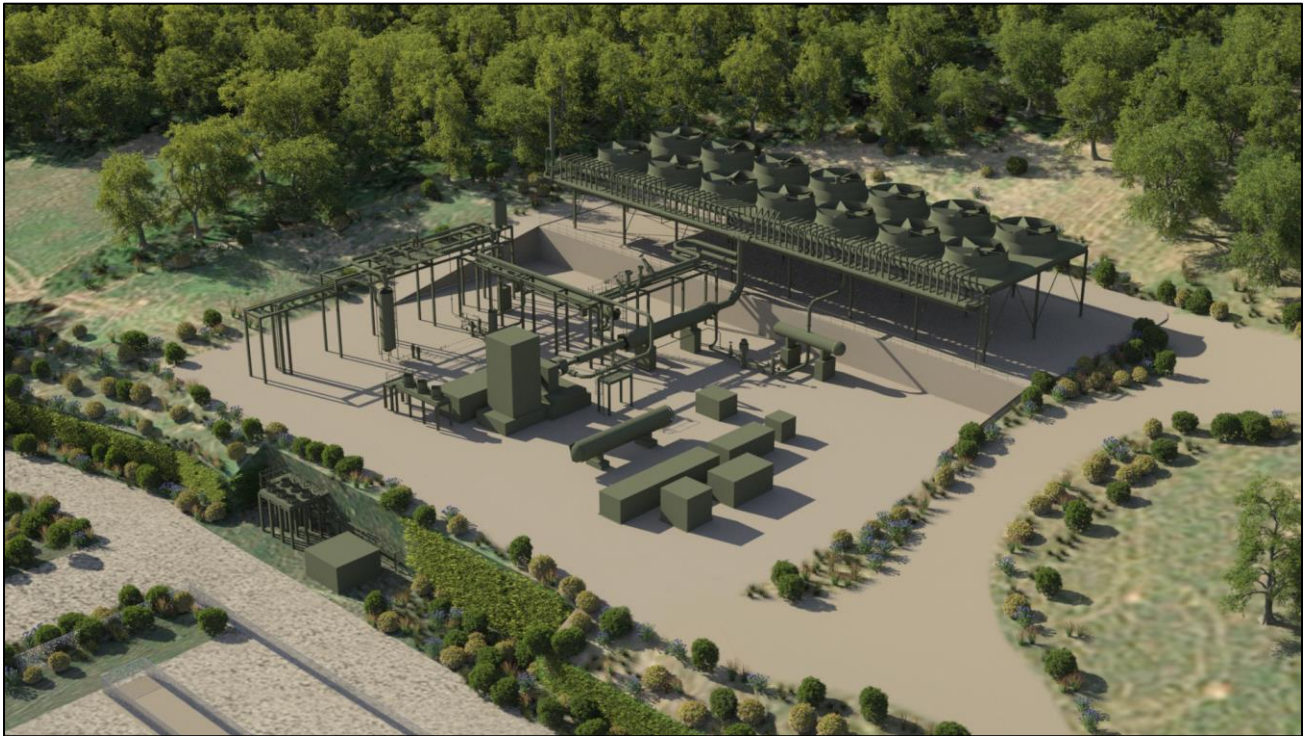


Fig. 39 – Render: vista a “volo d’uccello” della centrale



Fig. 40 – Render: vista a “volo d’uccello” della centrale con tetto verde

8.2. Intervento di mitigazione: postazione di perforazione e viabilità

L'intero intervento prevedrà anche la nuova piantumazione di specie vegetative autoctone, con particolare interesse alle aree poste in prossimità delle componenti impiantistiche ed alla copertura, per far sì che la visione risulti ancor più mitigata.

La postazione di perforazione, una volta terminata la fase di cantiere, sarà oggetto di rinverdimenti là dove risulti possibile e compatibilmente alle operazioni di manutenzione ordinaria. Verranno inserite delle zone trattate a verde con essenze arbustive e le scarpate verranno completamente rinverdate per rendere i salti di quota maggiormente naturali.

La viabilità, in terreno stabilizzato, avrà i toni delle terre naturali come, del resto, la postazione di perforazione.

Inoltre i due bacini inoltre, uniti alla sistemazione globale dell'area, potrebbero rendere possibile l'utilizzo futuro dell'intera zona per percorsi tematici, o attività ludico-ricreative legate all'impianto stesso.

Qui sotto è rappresentato il risultato finale dell'intervento di mitigazione ambientale con la centrale geotermoelettrica in esercizio.



Fig. 41 – Render: vista aerea lato sud ovest dell'intera area di intervento.

9. MONITORAGGI AMBIENTALI

9.1. Monitoraggio Microsismico

I sistemi geotermici sono generalmente localizzati in aree tettonicamente attive e caratterizzati dalla presenza di moderata sismicità che si manifesta con microterremoti di medio-bassa magnitudo (< 2) per la preesistenza di sistemi di fratture. Durante le fasi di coltivazione di un campo geotermico, le operazioni di estrazione e reiniezione di fluidi geotermici possono, in alcuni casi, modificare lo stato tensionale delle strutture geologiche e provocare microterremoti.

Le aree geotermiche di Larderello-Travale e del Monte Amiata sono sistemi idrotermali e sono stati oggetto di monitoraggio microsismico sin dalla fine degli anni '70 (Batini et al. 1985, Batini et al. 1980). Tali aree sono collocate in una fascia caratterizzata da un'evoluzione tettonica e geodinamica complessa. Si tratta di un'area sottoposta a stress tensionali che si manifestano con il rilascio di energia lungo zone di debolezza strutturale con eventi sismici molto frequenti, relativamente superficiali (entro i 10 km di profondità, ma di moderata intensità con magnitudo usualmente inferiori a 2.6, che solo in un caso hanno raggiunto il valore di 3.8 nell'area di Larderello e di 4,1 nell'area del Monte Amiata.

La sismicità rilevata nelle aree geotermiche Toscane non sembra mostrare relazioni causa-effetto con le attività di perforazione in senso stretto, ma in qualche caso è correlabile alle operazioni di reiniezione dei fluidi.

Al fine di monitorare con maggior livello di dettaglio l'attività sismica naturale all'interno del permesso e nelle zone limitrofe, verrà installata una idonea rete di rilevamento costituita da sismometri distribuiti su tutta l'area del permesso Castelnuovo, opportunamente integrata con la rete di sismometri già installati nell'adiacente Permesso di Ricerca Mensano. La rete sismica sarà quindi in grado di rilevare possibili variazioni della sismicità eventualmente legate alle attività previste per la realizzazione del progetto industriale ed inoltre consentirà di acquisire i dati necessari a ricostruire un modello tridimensionale della velocità e, quindi, delle proprietà meccaniche che caratterizzano le strutture geologiche del sistema geotermico.

La rete è stata progettata al fine di ottenere i risultati ottimali in termini di localizzazione ipocentrale e rilevamento della Magnitudo, tenendo conto delle indicazioni contenute nelle "linee guida" in materia di osservazione degli effetti delle attività antropiche correlate all'estrazione/stoccaggio di idrocarburi e delle relative acque di strato, emanate dal Gruppo di Lavoro istituito dal MISE nel Novembre 2014. La rete di monitoraggio microsismico che sarà installata consentirà di rilevare eventi di Magnitudo anche inferiore a 1.

La scelta di ubicazione del sito di installazione rappresenta una delle fasi più delicate che si devono affrontare per avere una buona riuscita nelle successive operazioni di monitoraggio sismico. La rete di rilevamento della sismicità consisterà in quattro stazioni, sia per l'acquisizione del "bianco", sia per il monitoraggio delle attività di perforazione e produzione.

Tutti i dati verranno elaborati in real-time, fornendo per ogni evento classificato i parametri ipocentrali e magnitudo che verranno organizzati in cataloghi e che saranno periodicamente messi a disposizione del pubblico.

9.2. Monitoraggio delle deformazioni del suolo

In campi geotermici produttivi il fenomeno della subsidenza, ove presente, è collegato alla diminuzione di pressione nel serbatoio che causa il consolidamento delle rocce serbatoio

comprimibili, ossia quelle in cui la matrice rocciosa non è tale da sostenere la perdita di pressione di pori. Il fenomeno della subsidenza in superficie a seguito dell'emungimento di fluidi geotermici si è manifestato in diverse parti del mondo, in particolare in quei campi geotermici dove il serbatoio produttivo è costituito da rocce particolarmente porose (vulcaniti, carbonati vacuolari) situate a profondità ridotte (meno di 2000m), all'interno delle quali le operazioni di reiniezione sono iniziate solo dopo diversi anni dall'inizio della produzione (es. Wairakei in Nuova Zelanda o The Geysers negli Stati Uniti).

In Toscana particolare attenzione è stata dedicata al Monte Amiata dove fenomeni di subsidenza sono stati analizzati in particolare da uno studio condotto dall'Università di Siena nel 2008 impiegando la tecnologia dell'Interferometria differenziale utilizzando immagini satellitari ERS-SAR e ENVISAT-SAR⁷. I dati interferometrici sono stati integrati con i dati provenienti da livellazioni ottico-geometriche condotte da Enel nel periodo 1988-2006 nelle due reti "Bagnore" e "Piancastagnaio". Nella zona di Larderello-Travale fenomeni di subsidenza sono documentati in letteratura, soprattutto fino agli anni '70 quando la produzione di fluido geotermico era concentrata nel primo serbatoio (Calcere cavernoso) a profondità di poche centinaia di metri nella zona centrale dell'area geotermica e la reiniezione dei reflui nel serbatoio non era una pratica ancora impiegata.

Al fine di monitorare accuratamente eventuali fenomeni di subsidenza sono state previste una serie di misurazioni che includono livellazioni topografiche e analisi interferometriche con tecnica InSAR, combinate con misure GPS, che verranno effettuate prima e durante il periodo di produzione. Per l'area occupata dal permesso CASTELNUOVO si intende coprire con la tecnica InSAR un'area di circa 30km². L'acquisizione ed il processing del dato, con orbite sia ascendenti sia discendenti con campionamenti di circa 100 m, può essere suddivisa in due fasi principali costituite dal monitoraggio del bianco e dal monitoraggio in fase di produzione.

Le analisi InSAR verranno integrate con i dati forniti da una rete di livellazione topografica opportunamente progettata e collegata con i capisaldi della rete IGM esistente. La metodologia ritenuta più idonea per il progetto Castelnuovo è la livellazione geometrica di alta precisione (che prevede misure ogni 40 m con precisione di 1 mm/km), che rappresenta un tipo di misurazione affidabile e ampiamente utilizzata. Le misure di quota verranno effettuate mediante l'impianto di una serie di capisaldi e l'acquisizione delle misure avverrà tramite un livello ottico accoppiato a due stadi in *invar*. I percorsi lungo i quali effettuare le misure sono stati determinati tenendo in considerazione l'esigenza di coprire in modo più omogeneo possibile l'area del permesso di ricerca compatibilmente con le strade e i sentieri esistenti e nello stesso tempo di materializzare percorsi non troppo lunghi, ciascuno tale da poter essere chiuso entro una giornata di lavoro. Infine misure GPS verranno eseguite al fine di essere integrate con le misure INSAR per poter ottenere il massimo dettaglio delle eventuali deformazioni del suolo associate con le attività geotermiche del P.R Castelnuovo.

⁷ http://www.distrettoenergiainnovabili.it/der/s/geotermia-news/atti-bandi-delibere-e-documenti/studi-e-statistiche/amiata-universita-di-siena/Studio_UniSI_Amiata.pdf

10. QUADRO ECONOMICO GENERALE

Il costo complessivo dell’investimento è di circa 34 Ml di Euro.

Voci di Costo	Euro
Costo dei Lavori	
Contratto tipo EPC, incluso allestimento e smantellamento cantiere, fornitura materiali e attrezzature necessari alla realizzazione delle opere	€ 3,400,000.00
Contratto tipo EPC, incluso trasporto in andata e ritorno , installazione e disinstallazione delle attrezzature, fornitura materiali (scalpelli, tubazioni, fluidi di perforazione, teste pozzo, ecc.) e servizi di perforazione per i 3 pozzi (completamento del pozzo , misure e prove di pozzo, trattamento e smaltimento fluidi di perforazione), incluso oneri di sicurezza	€ 13,600,000.00
Contratto tipo EPC, incluso fornitura, installazione e avviamento dell'impianto ORC, del sistema di trasporto dei fluidi geotermici, dell'impianto elettrico, del sistema di controllo e gli impianti ausiliari, incluso oneri di sicurezza	€ 13,900,000.00
Oneri di sicurezza opere civili	€ 50,000.00
Opere di mitigazione - copertura verde e giardino pensile	€ 500,000.00
Spese Generali	
Spese Tecniche Redazione Progetto e SIA	€ 200,000.00
Spese direzione lavori	€ 297,500.00
Spese per Rilievi, Accertamenti, Indagini e Monitoraggi	€ 475,000.00
Eventuali spese per imprevisti	€ 943,500.00
Spese consulenza e supporto	€ 85,000.00
Collaudo tecnico e amministrativo, collaudo statico ed altri eventuali collaudi specialistici	€ 38,250.00
Spese per pubblicità e, ove previsto, per opere artistiche	€ 17,000.00
Spese varie – eventuale dismissione finale postazioni e centrale	€ 550,000.00
Spese per risoluzioni, bonarie e non, di contenziosi	€ 42,500.00
eventuali altre imposte e contributi dovuti per legge	€ 19,950.00
TOTALE	€ 34,118,700.00

Per maggiori dettagli relativamente al costo delle opere si rimanda all’Elaborato CAS.02.DE.GE.R.004 “Computo Metrico Estimativo”.

11. PARTE XI – CRONOPROGRAMMA DELLE FASI ESECUTIVE

11.1. Macrofasi Esecutive

La cantierizzazione prevista per la realizzazione del Progetto è suddivisa in 8 fasi principali. Nel seguito si riporta la descrizione di ciascuna fase.

■ Fase 1: primo tratto viabilità di accesso

Tale fase prevede la realizzazione del primo tratto della viabilità di accesso dalla strada provinciale n. 27, avrà una durata di circa 7 settimane, con un impiego di 10 maestranze.

I mezzi utilizzati saranno i seguenti:

- autocarro da 30 t (60 ore);
- escavatore (160 ore);
- ruspa (160 ore);
- compattatore (60 ore);
- livellatrice (60 ore).

In questa fase si prevedono approssimativamente i seguenti passaggi di automezzi:

- 160 carichi con autocarro per il trasporto di terreno all'interno del cantiere;
- 6 viaggi per il trasporto del materiale di costruzione;
- 6 mezzi leggeri/giorno per il trasporto del personale operativo.

■ Fase 2: prosecuzione viabilità di accesso e area stoccaggio mezzi e materiali

Tale fase prevede la prosecuzione delle attività connesse alla realizzazione della viabilità (tre tratti fino all'area stoccaggio, alla postazione e alla vasca di accumulo da 12.000 m³, compresa parte del rilevato attorno a quest'ultima) e la realizzazione delle opere civili a servizio dell'area di stoccaggio mezzi e materiali. La fase in oggetto avrà una durata di circa 8 settimane, con un impiego di 18 maestranze.

I mezzi utilizzati saranno i seguenti:

- autocarro da 30 t (280 ore);
- escavatore (280 ore);
- ruspa (280 ore);
- compattatore (120 ore);
- livellatrice (120 ore);
- pala meccanica (120 ore).

In questa fase si prevedono approssimativamente i seguenti passaggi di automezzi:

- 900 carichi con autocarro per il trasporto di terreno all'interno del cantiere;
- 6 viaggi per il trasporto del materiale di costruzione;
- 3 mezzi leggeri/giorno per il trasporto del personale operativo.

■ Fase 3: movimenti terre vasca di accumulo (12.000 m³) e postazione di perforazione

Tale fase prevede l'esecuzione dei movimenti di terra per il completamento della vasca di accumulo acqua da 12.000 m³ e per l'area destinata ad ospitare la piazzola di perforazione. La fase in oggetto avrà una durata di circa 10 settimane, con un impiego di 18 maestranze.

I mezzi utilizzati saranno i seguenti:

- autocarro da 30 t (300 ore);

- escavatore (300 ore);
- ruspa (300 ore);
- compattatore (60 ore);
- livellatrice (60 ore);
- pala meccanica (140 ore);
- autogru (60 ore);
- autobetoniera (80 ore);
- piega ferri, saldatrici, flessibili, seghe circolari, martelli demolitori ecc. (60 ore).

In questa fase si prevedono approssimativamente i seguenti passaggi di automezzi:

- 1.000 carichi con autocarro per il trasporto di terreno all'interno del cantiere;
- 6 viaggi per il trasporto del materiale di costruzione;
- 6 mezzi leggeri/giorno per il trasporto del personale operativo.

- **Fase 4:** movimenti terre viabilità per vasca di accumulo (3.000 m³) e centrale, opere civili postazione

Tale fase prevede la realizzazione della viabilità fino alla vasca di accumulo da 3.000 m³ e della vasca stessa, i movimenti terre relativi all'area della centrale, getti, completamenti e opere meccaniche inerenti la postazione di perforazione, nonché il riempimento della vasca di accumulo da 12.000 m³. La fase in oggetto avrà una durata di circa 10 settimane, con un impiego di 25 maestranze.

I mezzi utilizzati saranno i seguenti:

- autocarro da 30 t (180 ore);
- escavatore (100 ore);
- ruspa (100 ore);
- compattatore (30 ore);
- livellatrice (30 ore);
- pala meccanica (100 ore);
- autobetoniera (60 ore);
- autogru (60 ore);
- pompa (320 ore);
- piega ferri, saldatrici, flessibili, seghe circolari, martelli demolitori ecc. (60 ore).

In questa fase si prevedono approssimativamente i seguenti passaggi di automezzi:

- 600 carichi con autocarro per il trasporto di terreno all'interno del cantiere;
- circa 80 autobotti da 8 m³ per la fornitura di calcestruzzo, volume stimato pari a circa 640 m³;
- circa 5 carichi con autocarro da 30 t per casseformi e acciai per opere in c.a.;
- 40 viaggi per il trasporto del materiale di costruzione;
- 8 mezzi leggeri/giorno per il trasporto del personale operativo.

- **Fase 5:** perforazione primo pozzo di produzione **(CAS-P1)**

Montaggio impianto di perforazione ("mob")

Prevede il trasporto e il montaggio dell'impianto di perforazione con i relativi equipaggiamenti. Avrà una durata di circa 3 settimane, con un impiego di 20-30 persone per il montaggio.

I mezzi utilizzati saranno i seguenti:

- Trasporti pesanti (100-120 viaggi);

- autogru (250 ore).

Perforazione primo pozzo di produzione

In questa fase sono operative, per una durata di circa 13 settimane (12 di perforazione e 1 per allestimento ed esecuzione prove brevi di erogazione) squadre di 4-5 persone su 2 turni da 12 ore sul piano sonda e 5-10 persone a terra su 2 turni da 12 ore.

I mezzi utilizzati e la relativa stima di utilizzo sono i seguenti:

- Autocarri o autoarticolati (200 viaggi);
- Autocarri per servizi di cementazione, log di pozzo, etc (16 viaggi);
- autogru (120 ore);
- autoveicoli per trasporto personale (750 viaggi);
- RIG (2000 ore).

■ **Fase 6:** perforazione pozzo di re-iniezione (**CAS-I**) e opere civili centrale

Tale fase prevede l'avvio della perforazione del pozzo di re-iniezione contestualmente alla realizzazione delle opere civili della centrale e degli aircooler e avrà una durata di circa 20 settimane.

Perforazione pozzo di reiniezione (direzionale)

In perforazione sono operative, per una durata di circa 16 settimane (1 per spostamento impianto, 14 di perforazione e 1 per allestimento ed esecuzione prove brevi di erogazione) squadre di 4-5 persone su 2 turni da 12 ore sul piano sonda e 5-10 persone a terra su 2 turni da 12 ore.

I mezzi utilizzati e la relativa stima di utilizzo sono i seguenti:

- Autocarri o autoarticolati (200 viaggi);
- Autocarri per servizi di cementazione, log di pozzo, etc (16 viaggi);
- autogru (250 ore);
- autoveicoli per trasporto personale (850 viaggi);
- RIG (2350 ore).

Opere civili centrale

Prevede l'impiego di 12 persone per le opere civili, I mezzi utilizzati saranno i seguenti:

- autocarro (100 ore);
- autogru (60 ore);
- piattaforma sviluppabile (150 ore);
- piega ferri, saldatrici, flessibili, seghe circolari, martelli demolitori ecc. (200 ore);
- autobetoniera (60 ore);

In questa fase si prevedono approssimativamente i seguenti passaggi di automezzi:

- 30 viaggi per il trasporto del materiale di costruzione;
- 5 carichi con autocarro da 30 t per il trasporto a scarica del materiale di risulta;
- 5 mezzi leggeri per il trasporto del personale operativo.

■ **Fase 7:** perforazione secondo pozzo di produzione (CAS-P2), opere meccaniche centrale e air cooler, fluidodotti

Tale fase prevede l'avvio della perforazione del secondo pozzo di produzione contestualmente alla realizzazione delle opere meccaniche di centrale e air cooler e dei fluidodotti, avrà una durata di circa 26 settimane,

Perforazione secondo pozzo di produzione (direzionale)

In perforazione sono operative, per una durata di circa 16 settimane (1 per spostamento impianto, 14 di perforazione e 1 per allestimento ed esecuzione prove brevi di erogazione) squadre di 4-5 persone su 2 turni da 12 ore sul piano sonda e 5-10 persone a terra su 2 turni da 12 ore.

I mezzi utilizzati e la relativa stima di utilizzo sono i seguenti:

- Autocarri o autoarticolati (200 viaggi);
- Autocarri per servizi di cementazione, log di pozzo, etc (16 viaggi);
- autogru (250 ore);
- autoveicoli per trasporto personale (850 viaggi);
- RIG (2350 ore).

Smontaggio impianto di perforazione ("demob")

Prevede lo smontaggio e l'allontanamento dell'impianto di perforazione con i relativi equipaggiamenti. Avrà una durata di circa 3 settimane, con un impiego di 20-30 persone per il montaggio.

I mezzi utilizzati saranno i seguenti:

- Trasporti pesanti (100-120 viaggi);
- autogru (250 ore).

Opere meccaniche centrale e air cooler, fluidodotti

Si prevede un impiego di 25 persone per le opere meccaniche e i fluidodotti.

I mezzi utilizzati saranno i seguenti:

- autocarro da 30 t (120 ore)
- autogru (30 ore)
- piattaforma sviluppabile (30 ore)
- piega ferri, saldatrici, flessibili, seghe circolari, martelli demolitori ecc (30 ore)

In questa fase si prevedono approssimativamente i seguenti passaggi di automezzi:

- per le opere meccaniche e i fluidodotti:
 - 50 viaggi per il trasporto dei componenti degli impianti, di cui circa 15 con mezzi speciali;
 - 5 carichi con autocarro da 30 t per il trasporto a discarica del materiale di risulta;
 - 8 mezzi leggeri/giorno per il trasporto del personale operativo.

■ **Fase 8: opere di mitigazione**

Tale fase prevede la realizzazione delle opere di mitigazione, avrà una durata di circa 9 settimane, con un impiego di 10 maestranze.

I mezzi utilizzati saranno i seguenti:

- autocarro da 30 t (30 ore);
- autogru (20 ore);
- piattaforma sviluppabile (30 ore);

- piega ferri, saldatrici, flessibili, seghe circolari, martelli demolitori, ecc. (30 ore).

In questa fase si prevedono approssimativamente i seguenti passaggi di automezzi:

- 40 viaggi per il trasporto del materiale di costruzione;
- 10 viaggi per il trasporto dei componenti degli impianti;
- 5 carichi con autocarro da 30 t per il trasporto a scarica del materiale di risulta
- 3 mezzi leggeri/giorno per il trasporto del personale operativo.

12. DEFINIZIONI E GLOSSARIO

12.1. Definizioni normative

“Programma dei lavori”:

Documento previsto dall’art. 8 del D.P.R. 27-5-1991 n. 395 “Approvazione del regolamento di attuazione della legge 9 dicembre 1986, n. 896, recante disciplina della ricerca e della coltivazione delle risorse geotermiche.”, come richiamato dal D.Lgs. 11 febbraio 2010, n. 22 “Riassetto della normativa in materia di ricerca e coltivazione delle risorse geotermiche, a norma dell’Art. 27, comma 28, della legge 23 luglio 2009, n 99” e s.m.i.

(Si intende corrispondente al “Progetto Preliminare” previsto dal D.P.R. 207/2010).

“Progetto”:

il Progetto Definitivo dell’Impianto Geotermico Pilota “Castelnuovo”, costituito dai pertinenti elaborati previsti all’art. 24, comma 2, del D.P.R. 207/2010.

“Legge Mineraria”:

Legge 29 luglio 1927, n. 1443 “Norme di carattere legislativo per disciplinare la ricerca e la coltivazione delle miniere” (e s.m.i.)

“Regolamento”:

Il Regolamento di cui al D.P.R. 27/5/1991, n. 395, di attuazione della Legge 896 del 9 dicembre 1986 (ora sostituita dal D.Lgs. 22/2010)

“Decreto”:

Il Decreto Legislativo 11 febbraio 2010, n. 22 “Riassetto della normativa in materia di ricerca e coltivazione delle risorse geotermiche, a norma dell’articolo 27, comma 28, della legge 23 luglio 2009, n.99”, come modificato e integrato dall’articolo 9 del Decreto Legislativo 3 marzo 2011, n. 28.

“Impianto Pilota”:

Impianti sperimentali con reiniezione del fluido geotermico nelle stesse formazioni di provenienza, e comunque con emissioni nulle, con potenza nominale installata non superiore a 5 MWv per ciascuna centrale, di cui all’art. 1, comma 3bis, del D.Lgs. 22/2010.

12.2. Glossario dei termini tecnici

Acronimo	Significato
<i>Air lift</i>	<i>Avviamento del pozzo mediante aria compressa</i>
<i>bit</i>	<i>scalpello di perforazione</i>
<i>BH</i>	<i>bottom hole (vedi f.p., fondo pozzo)</i>
<i>BHA</i>	<i>bottom hole assembly, cioè la parte terminale, rinforzata, della batteria di perforazione (scalpello, aste pesanti, stabilizzatori, jar) dove ricade il punto neutro delle tensioni interne</i>
<i>BOP</i>	<i>blow out preventer (sistema di prevenzione a testa pozzo)</i>
<i>build up rate</i>	<i>tasso di incremento dell’inclinazione del perforo con la profondità, a partire dal k.o.p. (es. 1° ogni 30 m di perforo)</i>

<i>bumper</i>	<i>Stumento della baeetria di perforazione utile in caso di prese di batteria per poter effettuare tentativi di svincolo garzie ad un pistone al suo interno</i>
<i>casing</i>	<i>tubazione di rivestimento in acciaio</i>
<i>Choke manifold</i>	<i>Collettore di soffocamento (insieme di valvole ad alta pressione usato per abbassare la pressione alla testa pozzo)</i>
<i>collare</i>	<i>valvola di non ritorno usata durante la cementazione</i>
<i>CP</i>	<i>conductor pipe (tubazione iniziale di grande diametro infissa nel terreno, o "tubo guida")</i>
<i>Cuttings</i>	<i>Detrito di perforazione solido palabile</i>
<i>DC</i>	<i>drill collar (aste pesanti)</i>
<i>DD</i>	<i>Directional Drilling (perforazione direzionale o inclinata)</i>
<i>Decommissioning</i>	<i>Smantellamento</i>
<i>Degasser</i>	<i>Degasatore facente parte del sistema fango</i>
<i>DN</i>	<i>diametro nominale (espresso in pollici)</i>
<i>Dog house</i>	<i>Cabina del perforatore (driller) posta sul piano sonda</i>
<i>DP</i>	<i>drill pipe (aste di perforazione)</i>
<i>flow line</i>	<i>tubazione per il trasporto del fango di perforazione con i detriti dalla bocca pozzo al sistema fango</i>
<i>flow rate</i>	<i>portata (t/h o mc/h o l/s)</i>
<i>Fork</i>	<i>Ramo direzionale secondario di una perforazione</i>
<i>f.p.</i>	<i>fondo pozzo</i>
<i>gr. fratt.</i>	<i>gradiente di fratturazione</i>
<i>gr. pori</i>	<i>gradiente dei pori</i>
<i>JAR</i>	<i>Stumento della baeetria di perforazione utile in caso di prese di batteria per poter effettuare tentativi di svincolo garzie ad un pistone al suo interno</i>
<i>HP</i>	<i>High Pressure (Alta Pressione)</i>
<i>HT</i>	<i>High Temperature (Alta Temperatura)</i>
<i>HWDP</i>	<i>Half-Weight Drill Pipe (aste di perforazione semi-pesanti)</i>
<i>KOP</i>	<i>Kick-Off Point (quota in cui ha inivio l'imposizione della deviazione durante la perforazione)</i>
<i>LCM</i>	<i>Lost Circulation Materials (materiali utilizzati per rimediare alle perdite di circolazione)</i>
<i>LOT</i>	<i>Leak off test (Test di iniezione per la determinazione della pressione di fratturazione della formazione)</i>
<i>liner</i>	<i>tubazione di rivestimento in acciaio</i>
<i>Mast</i>	<i>torre di perforazione</i>
<i>MD o TMD</i>	<i>measured depth (profondità misurata lungo l'asse del perforo)</i>
<i>MM</i>	<i>mud motor (motore di fondo azionato dal flusso di fango)</i>
<i>Mob- demob</i>	<i>Mobilizzazione e smobilizzazione</i>
<i>mud</i>	<i>fango</i>
<i>Mud logging</i>	<i>Raccolta detriti di perforazione, controllo del fango e integrazione dati geologici e di perforazione</i>
<i>mud system</i>	<i>sistema fango (vasche, vibrovagli, idrocycloni, degasatori, etc.)</i>
<i>MWD</i>	<i>Measurement While Drilling (tool per la misura in continuo di alcuni parametri durante la perforazione)</i>
<i>NCG</i>	<i>gas non condensabili (come la CO₂ e H₂S)</i>
<i>Offset</i>	<i>Scostamento orizzontale dall'asse verticale</i>
<i>OH</i>	<i>open hole (a foro aperto cioè privo di tubazione di rivestimento)</i>
<i>Packer</i>	<i>Dispositivo di sigillamento del pozzo</i>
<i>pipe rack</i>	<i>Dispositivo porta-aste o porta-tubi - passerella portacavi</i>

<i>plugs</i>	<i>tappi (solitamente di plastica usati nelle fasi di cementazione per lo spiazzamento)</i>
<i>p.c.r.</i>	<i>power control room (container di controllo)</i>
<i>p.t.c.</i>	<i>perdita totale di circolazione (cioè senza ritorno del fluido di perforazione nel sistema fango)</i>
<i>p.c.</i>	<i>piano di campagna</i>
<i>Processing</i>	<i>Elaborazione dati</i>
<i>Radon Prone Areas</i>	<i>zone ad elevata probabilità di alte concentrazioni di radon</i>
<i>RB</i>	<i>rock bit (scalpello di perforazione)</i>
<i>Reservoir</i>	<i>Serbatoio geotermico</i>
<i>rig</i>	<i>impianto di perforazione</i>
<i>rig down</i>	<i>fase di smontaggio dell'impianto di perforazione</i>
<i>rig footprint</i>	<i>superficie occupata dall'impianto di perforazione</i>
<i>rig up</i>	<i>fase di montaggio dell'impianto di perforazione</i>
<i>ROP</i>	<i>Rate of Penetration (velocità di avanzamento del perforo)</i>
<i>shoe</i>	<i>scarpa (quota di fine fase di perforazione e di posa del casing)</i>
<i>s.l.m.</i>	<i>sopra il livello del mare</i>
<i>Soil nailing</i>	<i>Tecnica di consolidamento dei terreni instabili</i>
<i>stab</i>	<i>stabilizzatori</i>
<i>shut off valve</i>	<i>valvola di chiusura (on/off)</i>
<i>squeeze</i>	<i>Iniezione di cemento</i>
<i>SWD</i>	<i>Seismic while drilling (indagine sismica durante la perforazione)</i>
<i>testa del casing</i>	<i>parte superiore della tubazione</i>
<i>Time history</i>	<i>Cronologia</i>
<i>tool</i>	<i>Strumento (si intende tipicamente uno strumento idoneo ad essere calato in pozzo, con HT-HP)</i>
<i>Top Drive</i>	<i>Strumento per l'imposizione della rotazione e del peso alla batteria di perforazione</i>
<i>TLC</i>	<i>Total loss of circulation (vedi p.t.c., perdita totale di circolazione)</i>
<i>Tripping speed</i>	<i>Velocità di perforazione in avanzamento</i>
<i>T-P</i>	<i>Temperature-Pressure (Temperatura-Pressione)</i>
<i>throttle valve</i>	<i>valvola di regolazione per la laminazione</i>
<i>tubing (tbg)</i>	<i>tubazione di piccolo diametro</i>
<i>TVD</i>	<i>Total vertical depth (profondità totale verticale del perforo)</i>
<i>VD</i>	<i>Vertical Depth (profondità verticale del perforo)</i>
<i>XO</i>	<i>riduttori di diametro</i>
<i>WH</i>	<i>Well Head (testa-pozzo o bocca-pozzo)</i>
<i>whipstock</i>	<i>Cuneo calato in pozzo per l'attacco della perforazione di un ramo deviato</i>
<i>WSP</i>	<i>Well seismic profile (indagine sismica lungo il profilo del pozzo)</i>