



3.0 QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE

3.1 Analisi delle alternative

3.1.1 Alternativa zero

L'alternativa zero comporta la non realizzazione del Progetto.

Questa scelta risulterebbe non coerente con gli obiettivi della legislazione energetica nazionale e comunitaria in materia di impianti di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili (cui appartiene l'impianto in progetto) che sono definiti di "pubblica utilità, nonché urgenti ed indifferibili" in quanto consentono di evitare emissioni di CO₂ ed NO_x altrimenti prodotti dagli impianti per la produzione di energia elettrica alimentati da fonti convenzionali.

Inoltre, l'alternativa zero determinerebbe l'impossibilità di verificare il potenziale di coltivazione della risorsa geotermica nel permesso di ricerca di fluidi geotermici finalizzato alla sperimentazione dell'impianto geotermico pilota Castelnuovo.

3.1.2 Criteri localizzativi e scelta finale

All'interno del permesso di ricerca "Castelnuovo", l'ubicazione del Progetto è stata effettuata seguendo criteri localizzativi che minimizzassero l'impatto ambientale. Nella Tabella seguente sono riportati i criteri adottati e le conseguenti scelte progettuali.

Tabella 1: Criteri localizzativi del Progetto

Criteri localizzativi	Scelta progettuale
Esclusione di aree ricadenti o prossime ad aree naturali protette, a SIC, ZPS etc..	Il Progetto non ricade all'interno di aree naturali protette, SIC o ZPS. A circa 800 m dal Progetto è presente il SIR "Valle del Pavone e Rocca Sillana"
Esclusione di aree soggette a vincolo archeologico	Il Progetto non ricade all'interno di aree soggette a vincolo archeologico. Il bene vincolato più vicino è rappresentato dalla Tomba etrusca Buca delle Fate, distante circa 550 m dal Progetto
Esclusione di aree soggette a vincolo paesaggistico	Il Progetto ricade parzialmente all'interno di aree soggette a vincolo paesaggistico
Esclusione di aree a pericolosità geomorfologica elevata	Il Progetto non ricade all'interno di aree soggette a pericolosità geomorfologica alta
Esclusione di aree con colture agricole di particolare pregio	Il Progetto non ricade all'interno di aree con presenza di colture agricole di pregio
Esclusione di aree con presenza di piante ad alto fusto o di pregio	Il Progetto non ricade all'interno di aree con presenza di piante ad alto fusto o di pregio
Esclusione di aree distanti <200 m da centri abitati e/o case sparse	Il Progetto dista circa 1 km dal centro di Montecastelli Pisano e circa 400 m dalla più vicina abitazione
Evitare, nei limiti del possibile, attraversamenti di corsi d'acqua	Il Progetto non implica attraversamenti di corsi d'acqua principali
Privilegiare aree distanti da beni di pregio architettonico, storico o di utilità sociale	Il Progetto dista circa 150 m dal podere Casanova, individuato dal PTCP come bene di valore culturale di livello provinciale
Privilegiare aree facilmente raggiungibili dalla viabilità esistente	Il Progetto dista circa 600 m dalla SP 27
Privilegiare aree poco visibili dai centri abitati	Il Progetto non risulta visibile dal centro abitato di Montecastelli Pisano, fatta eccezione per la vasca di accumulo di acqua
Privilegiare minor occupazione di suolo	Posizionamento degli impianti di generazione



Criteri localizzativi	Scelta progettuale
	elettrica in stretta adiacenza alla postazione di produzione e di reiniezione, al fine di evitare la costruzione di vapordotti

3.1.3 Criteri tecnologici e scelta finale

Il Progetto, mediante l'applicazione di soluzioni tecnologiche innovative, prevede la realizzazione di un impianto "a ciclo chiuso" (senza emissioni aeriformi in atmosfera), con totale reimmissione dei fluidi e dei gas incondensabili nelle stesse formazioni geologiche di provenienza.

Le principali caratteristiche innovative del Progetto sono:

- La realizzazione di tutti i pozzi da una sola postazione.

Verrà realizzato un primo pozzo sub-verticale e i pozzi successivi utilizzando tecniche di perforazione direzionale che comportano vantaggi in termini di riduzione dei costi (opere civili, infrastrutture per l'approvvigionamento idrico, mob/demob dell'impianto di perforazione, attrezzature di superficie, vapordotti, etc.), di riduzione dell'occupazione di suolo, con conseguente minore impatto ambientale del progetto, e di riduzione dei tempi non essendovi necessità di spostare l'impianto su altre postazioni.

- La reiniezione totale dei fluidi estratti (fluido condensato in centrale e gas non condensabili NCG) all'interno delle stesse formazioni di estrazione per evitare la depressurizzazione del serbatoio e per eliminare le emissioni in atmosfera.

La reiniezione in serbatoio dei fluidi estratti avverrà reimmettendo le condense per caduta o con pressione di poche unità di bar a testa pozzo, mentre i NCG saranno rilasciati in profondità nel flusso liquido discendente mediante un tubing con appositi centralizzatori appositamente collegato alla testa pozzo. Il punto di rilascio, dove sarà posizionato un gas sparger (diffusore), 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.

Nell'ottica di ridurre il numero dei pozzi, è stata analizzata la fattibilità di uno schema di reiniezione che prevede 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-Shlumberger, utilizzando il software 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. Dai risultati del modello, la reiniezione attraverso un solo pozzo risulta fattibile. In nessuno degli scenari simulati si è assistito ad un ritorno dei gas in superficie, né ad un accumulo sotto il punto di mixing.

- Impiego di una centrale a ciclo binario che utilizza come fluido di lavoro un fluido non infiammabile e non esplosivo.

Gli studi condotti sul sito specifico hanno permesso di ricostruire le caratteristiche chimico fisiche della risorsa geotermica e su queste informazioni di partenza è stato prescelto il fluido organico in grado di adattarsi al meglio alla curva di rilascio del calore del fluido geotermico, ottimizzando l'effetto utile.

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 organico prescelta, e di un recuperatore, posizionato a valle della turbina, in grado di sfruttare il calore ancora



disponibile nel fluido allo scarico della stessa. Ciò permette di ridurre il calore da dover asportare tramite il condensatore, e di conseguenza, di ridurre le dimensioni e gli ingombri dello stesso.

La caratteristica di poter massimizzare l'efficienza netta del sistema è stata coniugata con l'esigenza, nel rispetto del principio di un impianto sicuro e non inquinante, di utilizzare sostanze atossiche e non infiammabili. La risposta a queste esigenze è il refrigerante R245fa (pentafluoropropano).

- Assenza di consumo idrico.

La condensazione del fluido di lavoro verrà eseguita tramite un sistema di raffreddamento ad aria con il vantaggio ambientale di lavorare con consumo idrico nullo.

- Applicazione di soluzioni architettoniche innovative "site-specific", costruito specificamente per il contesto, per l'inserimento ambientale e paesaggistico 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 per la reimmissione dei fluidi geotermici nelle formazioni geologiche di provenienza verrà realizzato sulla medesima postazione dei pozzi di estrazione, evitando sia la realizzazione di una seconda postazione di perforazione sia la realizzazione della condotta per il trasporto dei fluidi (condensato e gas non condensabili) a grandi distanze.

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

3.2 Descrizione del Progetto

Il Progetto prevede la realizzazione delle seguenti opere (Figura 23):

- viabilità di accesso;
- area di stoccaggio mezzi e materiali (temporanea);
- postazione di perforazione;
- vasche di accumulo acqua;
- area per la costruzione della centrale;
- pozzi geotermici (due di produzione e uno di reiniezione);
- centrale geotermoelettrica.

Inoltre saranno realizzate tutte le opere civili a servizio del Progetto, quali impianti tecnologici ed opere di sostegno.

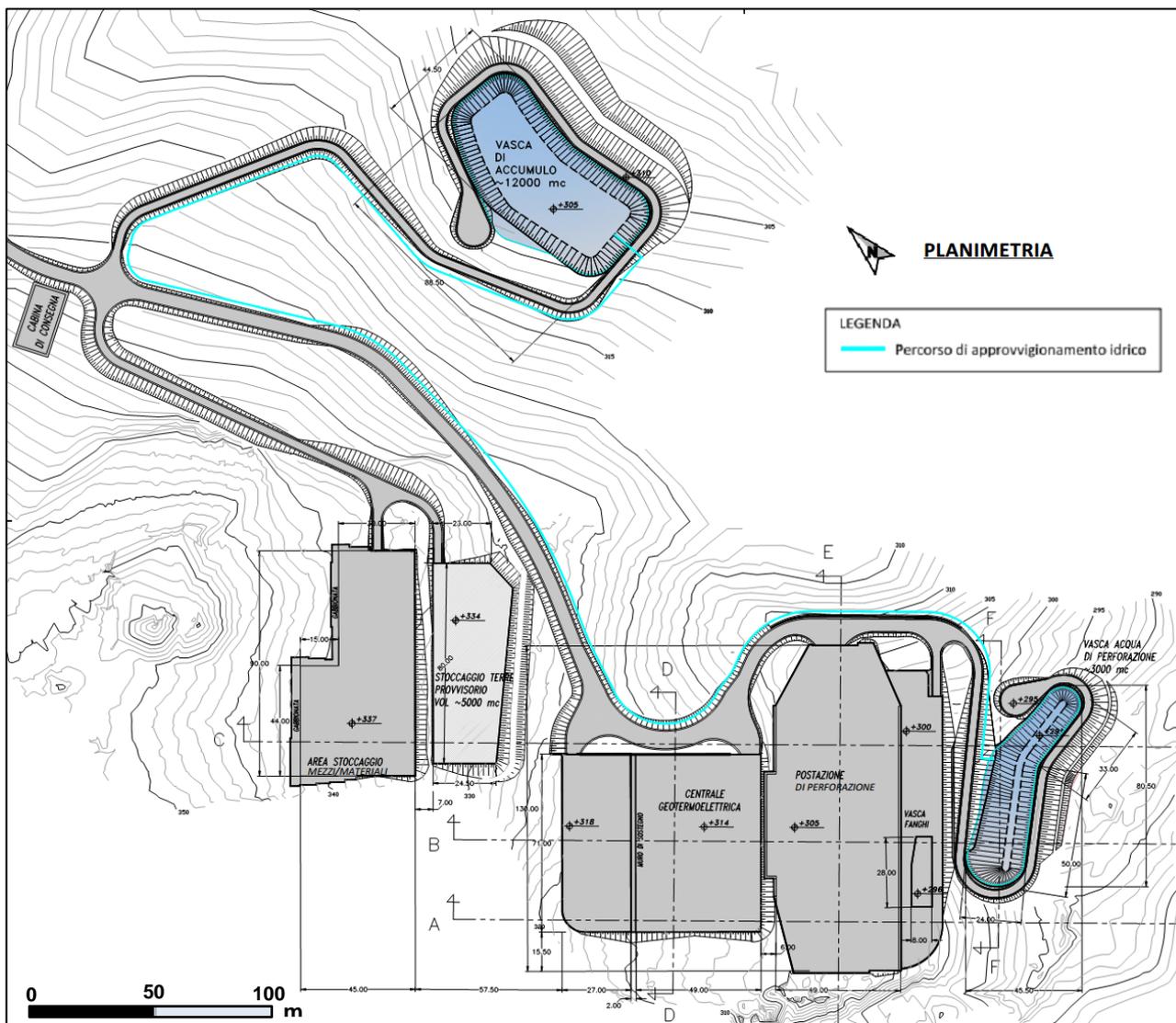


Figura 23: Layout di Progetto

3.2.1 Perforazioni

Il Progetto prevede la realizzazione di tre pozzi geotermici, di cui due di estrazione ed uno di reiniezione, tutti ubicati all'interno di una piazzola di perforazione, come meglio descritto nell'Elaborato "Progetto di Perforazione".

La postazione di perforazione (cfr. § 3.2.3.1) richiede la predisposizione di una superficie pianeggiante avente dimensioni 130 m x 50 m ed atta ad ospitare sia l'impianto di perforazione che le altre attrezzature ausiliarie (impianto trattamento fango, baracche, gruppi elettrogeni, serbatoi di gasolio etc.). In Figura 24 si riporta la disposizione del cantiere di perforazione prevista dal Progetto.

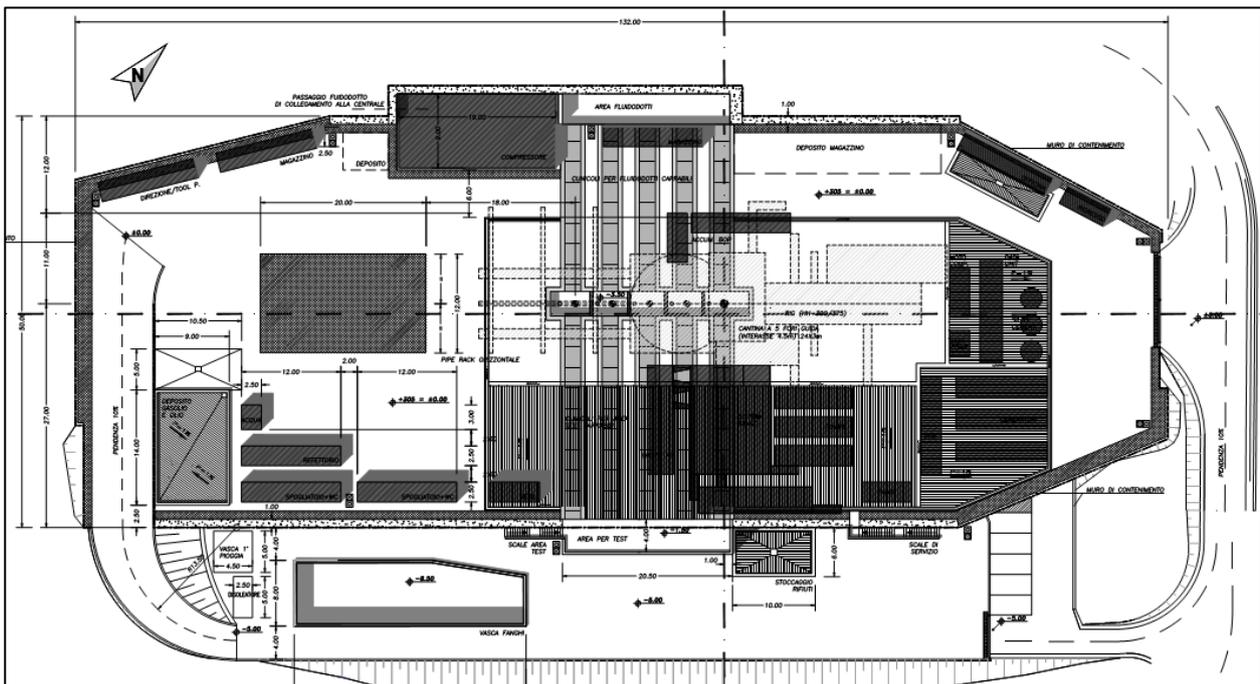


Figura 24: Layout della postazione di perforazione in fase di cantiere

La cantina di perforazione dei pozzi sarà costituita da uno scavo rettangolare avente larghezza 3 m, lunghezza 24 m e profondo 3,5 m. Il fondo della cantina e le pareti saranno realizzate in cemento armato per garantirne la stabilità, tenendo conto dei mezzi e macchinari operanti nell'intorno della medesima.

Una volta perforato il primo pozzo, la profondità del serbatoio e le sue caratteristiche saranno meglio note quindi le perforazioni successive saranno realizzate utilizzando tecniche di perforazione direzionale che consente, appunto, la perforazione di altri pozzi da una singola postazione, comportando i seguenti vantaggi:

- riduzione dei costi (opere civili, infrastrutture per l'approvvigionamento idrico, mob e demob dell'impianto di perforazione, attrezzature di superficie, vapordotti, etc.);
- riduzione dell'occupazione di suolo, con conseguente minore impatto ambientale del Progetto;
- riduzione dei tempi di mob-demob (mobilitazione-smobilitazione) (ci sarà solo uno spostamento di alcuni metri dell'impianto sulla stessa postazione).

3.2.1.1 Impianto idraulico di perforazione

Nelle perforazioni geotermiche, l'impianto deve avere un'ampia capacità di gestire situazioni particolari quali 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 diametri da perforare.

I parametri minimi sono stati identificati in base a:

- profondità totale fino 4.000 m;
- velocità di avanzamento (tripping speed) di 120 ft/min (ft/min = piedi al minuto);
- pressione massima di 3.500 psi (psi = libbre per pollice quadrato) durante la perforazione della fase 17 ½ " con una portata di 900 galloni/min (~ 3400 lt/min).



L'attività di perforazione verrà eseguita impiegando impianti specifici per le attività di ricerca geotermica (ad esempio i modelli Drillmec della serie HH, che hanno ingombri ridotti sia per la superficie occupata che in altezza (Figura 25 e Figura 26).



Figura 25: Confronto impianti di perforazione idraulici e convenzionali (fonte: www.drillmec.com e www.bauerdeepdrilling.com)

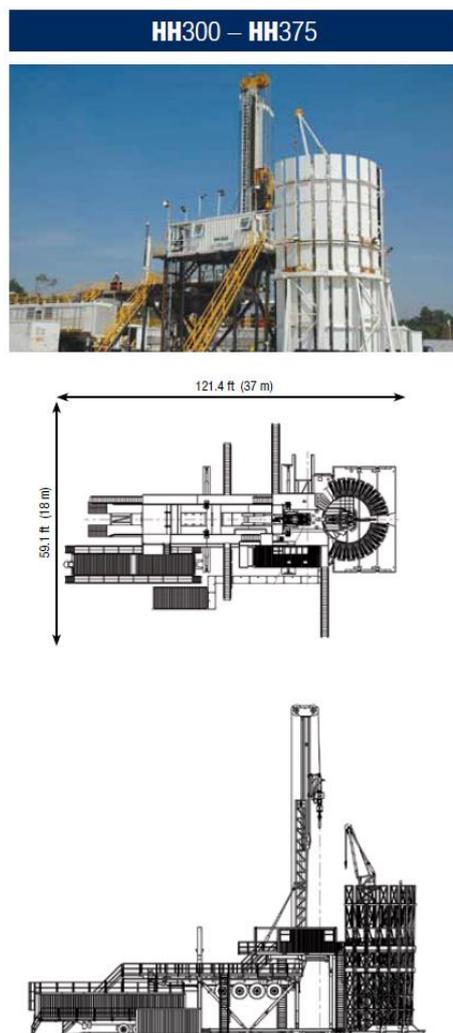


Figura 26: Dimensioni impianti Drillmec 300-375 (fonte: www.Drillmec.com)



I principali componenti di un impianto di perforazione di tipo idraulico sono:

- torre telescopica sulla quale scorre il *top drive* (motore che impone rotazione e peso alla batteria di perforazione);
- *top drive*, che raggruppa in un unico sistema l'equipaggiamento per la movimentazione automatizzata delle aste, il motore che permette la rotazione della batteria e la testina di iniezione;
- argano, che aziona il cavo principale;
- taglia fissa e mobile, che movimentano la batteria di perforazione;
- sottostruttura in cui alloggiato la testa pozzo e il dispositivo di *Blow Out Preventer* (dispositivo di sicurezza anti-eruzione) (BOP);
- pompe e sistema fango per la circolazione in pozzo;
- gruppi elettrogeni e/o motori diesel.

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

L'utilizzo del *top drive*, rispetto alla tavola rotary impiegata negli impianti tradizionali, offre i seguenti vantaggi operativi:

- possibilità di "perforare in lunghezza", ovvero di aggiungere le aste a lunghezze e non singolarmente;
- riduzione del tempo per la connessione delle aste, con minor rischio di incidenti per il personale di sonda;
- possibilità di eseguire la connessione delle aste potendo contemporaneamente far circolare il fango e ruotare la batteria, operazione impossibile con la tavola rotary e utile per prevenire le prese di batteria.

Poichè durante la perforazione il maggior rischio è rappresentato da possibili migrazioni in superficie di liquidi o gas in pressione, in testa al pozzo è prevista l'installazione di un dispositivo di sicurezza denominato BOP (*Blow Out Preventer*) costituito da una valvola a comando idraulico che permette l'immediata chiusura del pozzo in caso di eventuale eruzione di gas o liquidi in pressione, anche in presenza al suo interno delle aste di perforazione che, in caso di emergenza, sono tranciate dalle ganasce del BOP. Sarà utilizzato un BOP con pressione di confinamento pari a circa 22 MPa.

La perforazione verrà eseguita mediante la tecnologia della circolazione diretta con fango bentonitico, trattato con soda caustica per mantenerne il pH, che garantirà la risalita del detrito solido palabile di perforazione (*cutting*) ed il raffreddamento dello scalpello. La colonna di fango consentirà inoltre di eseguire la perforazione in sicurezza grazie alla pressione esercitata dal fluido a fondo pozzo. In caso di perdita di circolazione si procederà alla perforazione con colonna d'acqua.

La bentonite è un materiale di origine minerale ottenuto dalla montmorillonite (un tipo di argilla), macinata per ottenere il grado di finezza più appropriato e trattata termicamente per facilitare una rapida idratazione in fase di preparazione del fango. Occorre ricordare che la bentonite trova impiego anche nell'industria vinicola, alimentare e nella cosmesi ed è un materiale atossico ed assolutamente compatibile con l'ambiente.

Considerando la natura e la profondità dei pozzi da perforare è stato progettato il seguente profilo tecnico (tutte le profondità citate sono misurate rispetto al livello del suolo - Figura 27):

- Fase 30 " tubo guida (*conductor pipe* – C.P.) spinto a rifiuto fino a circa 35 - 40 m;
- Fase R.B. 23 " con Casing di 18 5/8" fino a 400 m;



- Fase R.B. 17 1/2 " con Casing di 13 5/8" fino a 1.100 m;
- Fase R.B. 12 1/4 "con Liner (tubazione in acciaio) di 9 5/8" fino a 2.200 m;
- Fase R.B. 8 1/2 " in Open Hole (OH – 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"	
17 1/2"	1100 [1100]	13 3/8"	
12 1/4"	2200 [2200]	9-5/8"	
8 1/2"	3500 Open hole		

Figura 27: Profilo tecnico dei pozzi

Tale profilo tecnico sarà riesaminato e ottimizzato nella fase di progettazione esecutiva.

I fluidi di perforazione impiegati durante la perforazione avranno delle caratteristiche fisiche e chimiche specifiche, in relazione al terreno in sito. Il monitoraggio dei parametri del fango è necessario affinché sia sempre garantita la circolazione del fluido di perforazione e l'asporto in superficie del detrito solido palabile (*cutting*): con l'aumento della profondità e della temperatura la viscosità del fango sarà controllata con l'aggiunta di disperdenti semplici. Il servizio di controllo dei fanghi sarà affiancato dalla caratterizzazione petrografica dei detriti finalizzata alla ricostruzione stratigrafica.



Il fango sarà utilizzato fino a quando si verificherà la prima importante perdita di circolazione, in seguito la perforazione procederà senza ritorno di circolazione con semplice acqua e pompaggio di cuscini di fango ad alta viscosità per la pulitura del foro in ogni connessione, o una combinazione di acqua e aria.

La separazione del detrito di perforazione dal fango bentonitico avverrà attraverso un apposito impianto di trattamento del fango costituito da vasche, vibrovagli (con maglie di diverse misurazioni) e degasatore (cfr. § 3.2.1.2.). Significativi volumi di fango potranno essere riutilizzati dalla fase 23" alla fase 17 ½".

3.2.1.2 Impianto trattamento fango di perforazione

Si riporta come riferimento il sistema fango degli impianti di perforazione Drillmec HH-300/HH-375 così composto:

- vasca di aspirazione di 48,5 m³, attrezzata con 7 agitatori;
- unità di miscelazione, costituita da una vasca di 63,3 m³, 6 agitatori, 2 pompe centrifughe e 2 tramogge;
- unità di trattamento, costituita da una vasca di 38,2 m³ (suddivisa nei comparti settore separatori a sabbia *sand trap section* da 6,7 m³, ingresso ed uscita dal degasatore – degasser da 16,5 m³ e da 15 m³), 4 agitatori, 3 vibrovagli ed 1 degasatore;
- vasca acqua da 54,5 m³, completata da 2 pompe centrifughe;
- vasca detriti solidi (palabili) da 250 m³, posizionata sotto i vibrovagli;
- vasca fanghi interrata in cemento armato da circa 745 m³, posizionata a quota inferiore rispetto all'impianto, nella quale confluiscono anche le acque di prima pioggia della postazione di perforazione.

I vibrovagli sono apparecchiature che hanno il compito di setacciare il fango bentonitico di risalita, separando i *cutting* ed i fanghi più densi dal resto del fango di perforazione che, così filtrato, finisce in apposita vasca. Il fango esce dalla bocca pozzo attraverso il *conductor pipe* ed è inviato ai vibrovagli, preposti alla separazione della maggior parte del *cutting*. Il vibrovaglio è una macchina dotata di una o più reti sovrapposte, con maglie di varia apertura, leggermente inclinate e poste in vibrazione da alberi rotanti squilibrati con masse eccentriche. La forma, l'ampiezza e la frequenza delle vibrazioni dipendono dalle caratteristiche del fango da trattare e devono essere facilmente modificabili per ottimizzare il tempo minimo di permanenza sulla rete. La dimensione dei *cutting* eliminabili ai vibrovagli dipende dalle aperture delle reti utilizzate, anche se in pratica non scende mai sotto i 100 µm. Il *cutting* più fango addensato, definito come residuo palabile, viene trasferito per caduta ad una vasca di raccolta mobile posizionata sotto i vibrovagli.

Il degasatore è una apparecchiatura per l'eliminazione dei gas presenti. Durante la perforazione il gas contenuto nei pori delle rocce può entrare in pozzo e formare una soluzione o un'emulsione con il fango. L'ingresso di piccoli quantitativi di gas è inevitabile quando si perforano rocce sature di gas, ma si possono avere ingressi consistenti quando la pressione del fango a fondo pozzo diventa minore di quella del gas contenuto nei pori della roccia. Piccoli quantitativi di gas presente in fanghi a bassa viscosità si liberano sul vibrovaglio, per semplice aerazione. Se ciò non è sufficiente, l'intera portata di fango è inviata ad attrezzatura specifica, denominata degasatore e costituita da un recipiente chiuso che funziona secondo due diversi principi, per depressione con pompa a vuoto, oppure per agitazione e turbolenza meccanica. Il gas separato è in seguito bruciato nell'apposita fiaccola, collegata alcollettore di soffocamento (*choke manifold*) nei pressi dell'impianto ed installata a distanza di sicurezza all'interno dell'area vasche limitrofa al bordo piazzale.

Il residuo palabile ed i reflui, a seguito della loro caratterizzazione, vengono trattati come rifiuto con i codici CER appropriati e trasportati periodicamente da ditte specializzate con autobotti e camion con cassone telonato impermeabile presso idonei impianti di smaltimento.



Figura 28: Esempi di codici CER

3.2.1.3 Sistema di rilevazione dei gas endogeni

Durante la fase di perforazione saranno monitorate in continuo potenziali emissioni di CO₂, idrocarburi e H₂S, tramite appositi sensori posti in corrispondenza del sistema fango, nello specifico sistema vagliatura del detrito. Tali dati, registrati, saranno visionati in cantiere ed in sede centrale e qualsiasi emissione di gas dal pozzo, che avvenga sia nelle normali fasi di perforazione che in caso di eventuale blow-out, viene registrata e permette, in caso di superamento di prestabilite soglie di preallarme ed allarme, l'attivazione di appositi sensori acustici e luminosi posizionati in più punti dell'impianto e la conseguente messa in atto, da parte del personale, di specifiche procedure di sicurezza.

La cantina di perforazione è profonda 3,5 m dal p.c. in modo da poter consentire un agevole spostamento in linea dell'impianto, nonché un impatto visivo nullo in fase di smobilitazione dell'impianto, in quanto le valvole e le condotte rimangono posizionate sotto il piano campagna.

Le operazioni all'interno di essa saranno eseguite da personale tecnicamente qualificato, dotato di apposito dispositivo di rilevamento di concentrazioni di CO₂, H₂S, ed altri gas al fine di garantire la salubrità e la sicurezza dell'ambiente di lavoro e di autorespiratori.

3.2.1.4 Descrizione delle prove in foro previste

L'obiettivo principale delle prove previste e sottoelencate è quello di raccogliere i dati necessari per migliorare le conoscenze geologiche del sottosuolo e per definire, con il maggior dettaglio possibile, le caratteristiche del serbatoio nel suo complesso e per la gestione ottimale della risorsa geotermica durante la successiva fase di esercizio. Il programma minimo per la raccolta dati, compresa la registrazione dei parametri di perforazione e il collaudo dei pozzi comprende:

- Raccolta di detriti di perforazione, controllo del fango di perforazione e integrazione dei dati geologici e di perforazione durante le operazioni (*'mud logging'*);
- Acquisizione dei profili di temperatura/pressione all'inizio ed al completamento di ogni fase;
- Prove di iniettività, eseguite con acqua durante la perforazione per valutare le caratteristiche dei livelli permeabili intercettati dal pozzo;
- Prove brevi di erogazione, eseguite alla fine della perforazione e finalizzate alla valutazione preliminare delle caratteristiche del sistema geotermico.

3.2.1.4.1 Prove brevi di erogazione

Al completamento di ogni pozzo sarà condotta una prova di erogazione, necessaria a spurgare il pozzo e utile a valutare la capacità di produzione iniziale e le caratteristiche del serbatoio geotermico in prossimità del pozzo. L'erogazione è subordinata alla capacità del pozzo di erogare autonomamente (eventualmente dopo induzione).

Al fine di condurre le prove saranno utilizzate apparecchiature standard (vedi "Progetto di perforazione", James testing facility).



L'impianto di superficie sarà dotato delle valvole di regolazione e di intercettazione necessarie per la modulazione delle condizioni di produzione del pozzo.

Parte delle valvole potranno essere a movimentazione meccanizzata (elettromeccanica, pneumatica od oleodinamica) per la gestione remota della apertura/chiusura. Tali attrezzature garantiranno un elevato grado di sicurezza durante la gestione delle prove.

Tali apparecchiature sono atte a ricevere il flusso di vapore e sono costituite da un impianto test di superficie collegato al 4 vie della testa pozzo, attraverso tubazioni equipaggiate con strumentazione (per misure di Pressione (P), Temperatura (T) e Portata (Q) e con valvole di intercettazione ("shut-off") e di regolazione ("throttle").

Nel caso di un flusso di vapore saturo l'impianto test di superficie sarà costituito da un separatore atmosferico collegato alla testa pozzo e ad una vasca di stramazzo, ed un silenziatore per la attenuazione del rumore. La fase liquida del flusso di fluido geotermico, con l'eventuale trascinato solido, sarà convogliata alla vasca fanghi e successivamente smaltita.

Se all'interno del fluido geotermico fossero presenti sostanze acide (cloruri), potrebbe essere utilizzato un opportuno impianto di lavaggio del vapore.

3.2.1.4.2 Test di produzione o prove di lunga durata

Dopo il completamento di ogni pozzo sarà condotta una prova di produzione per valutare la capacità di produzione iniziale del pozzo e per valutare ulteriormente le caratteristiche del serbatoio geotermico. L'esecuzione di questo test è subordinata alla capacità del pozzo a produrre senza assistenza.

La durata e la procedura esatta per la prova dipenderà dal sito e dalle prestazioni del pozzo. Tuttavia, può essere previsto che la prova possa durare tra 2 settimane e un mese e seguire approssimativamente la seguente procedura:

- prima di iniziare la prova viene misurato un profilo di temperatura/pressione con il pozzo in una condizione statica;
- se necessario, la produzione del pozzo sarà indotta da uno dei diversi metodi possibili: ad aria compressa (air lift) o con azoto liquido con tubazione di piccolo diametro (*tubing*);
- il pozzo sarà messo in produzione continua per il periodo previsto, inizialmente per ripulire dal materiale solido e successivamente per cercare di mantenere una condizione quasi stabile di produzione;
- dopo che il pozzo ha raggiunto la condizione di stabilità, la portata sarà variata (tramite una valvola di controllo) in modo graduale (a step di 2 giorni o più), per valutare la portata alle diverse pressioni a testa pozzo;
- saranno misurati profili di temperatura/pressione durante il periodo di produzione;
- saranno raccolti due o più campioni di fluido per l'analisi chimica. Ogni campione di vapore e gas (separati dalla parte fluida), sarà trattato per diversi tipi di analisi utilizzando procedure standard;
- i campioni alla pressione atmosferica saranno raccolti frequentemente (ogni giorno o più spesso), per monitorare i progressi della stabilizzazione;
- prima della fine del periodo di prova, avrà inizio il monitoraggio della pressione di fondo pozzo utilizzando uno strumento di registrazione appeso a una profondità specifica nel pozzo aperto. Tale monitoraggio della pressione continuerà anche dopo la chiusura del pozzo;
- i dati raccolti dal test (incluse le analisi chimiche) saranno valutati per determinare le caratteristiche di produzione del pozzo, le proprietà del serbatoio geotermico e la composizione del fluido (compreso il suo contenuto di gas).



3.2.1.5 Esercizio e manutenzione dei pozzi

In caso di pozzi produttivi le postazioni saranno mantenute per consentire l'utilizzo dei pozzi per la produzione di energia. In tal caso tuttavia la postazione sarà ridotta, ripristinata in parte e mitigata per ridurre la visibilità..

Le opere destinate a rimanere in loco saranno le seguenti:

- le teste pozzo;
- la cantina;
- l'area cementata della postazione;
- le vasche interrato e quelle in rilevato;
- la recinzione perimetrale dell'area.

Il sistema di produzione/re-iniezione, atto all'estrazione del fluido geotermico dai pozzi di produzione ed alla re-iniezione nel sottosuolo del fluido condensato e dei gas incondensabili, sarà costituito da linee di adduzione e di re-iniezione realizzate in acciaio al carbonio e acciaio resistente alla corrosione. La parte che connette le teste-pozzo con il limite laterale della postazione (lato centrale) sarà realizzata entro appositi cunicoli in c.a.; all'uscita dei cunicoli vi sarà una parte di linee fuori terra poste a circa 1 m di altezza su elementi di supporto in acciaio, dotati di fondazioni in calcestruzzo (Figura 29).

Le linee di adduzione, opportunamente isolate per la conservazione del calore, partono a circa 100 m a sud-ovest dell'isola di potenza dai pozzi di produzione. Questi sono ubicati circa 1,5 m sotto terra rispetto alla quota di riferimento della postazione di perforazione. In quest'area le condotte si muovono all'interno di cunicoli di produzione carrabili lunghi circa 30 m. In prossimità dell'area pozzi le condotte escono fuori terra e vengono collettate in un'unica linea che si muove su un dispositivo di supporto per i tubi (*pipe rack*) posto a circa 1 m sopra il terreno; le condotte raggiungono l'isola di potenza posta su un piano rialzato di +9.00 m rispetto alla postazione dei pozzi, attraversando un cunicolo interrato per 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 muovono a sud-ovest della centrale per 100 m, seguendo il medesimo percorso seguito dalle linee di adduzione, fino al pozzo di re-iniezione. Entrambe le linee sono isolate per la protezione personale.

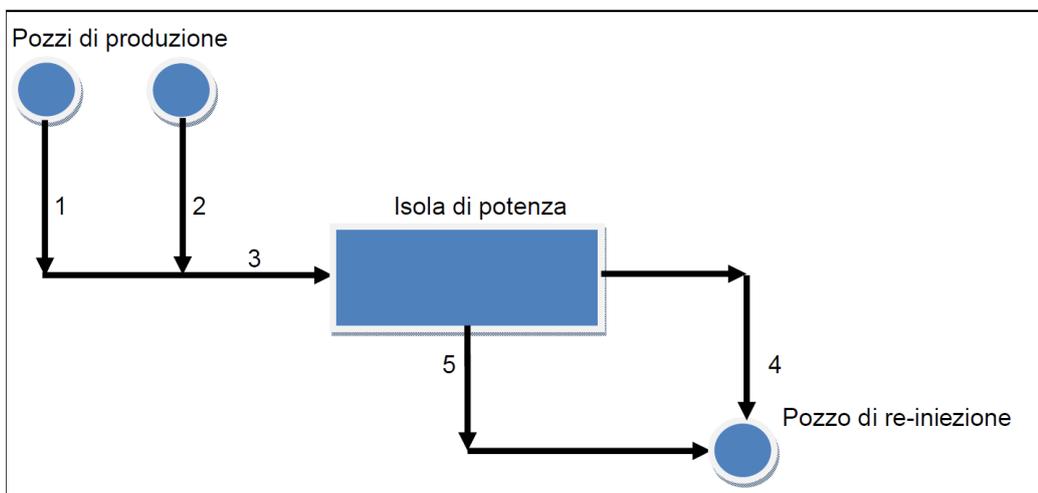


Figura 29: Sistema di produzione/re-iniezione



Nella tabella seguente si riportano le principali caratteristiche.

Tabella 2: Caratteristiche del sistema di produzione/re-iniezione

ID	Servizio	Lunghezza	Diametro nominale	Portata	Pressione operativa	Temperatura operativa	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	10,3	180	Si
4	Vapore condensato	115	100	16,6	11,7	89,0	Si
5	Gas incondensabili	115	50	1,4	60,3	50,0	No

Le condotte saranno progettate prevedendo loop di espansione orizzontale e scostamenti dall'asse (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.

Al fine di rilevare eventuali perdite dal sistema e considerando che le connessioni sulle condotte di produzione e di re-iniezione saranno ridotte al minimo, sarà predisposto un sistema di monitoraggio di gas (H₂S) in prossimità dei pozzi e dell'impianto a ciclo chiuso, in grado di inviare un eventuale allarme al sistema di controllo.

Nel caso di manutenzioni e fuori servizio di parti impiantistiche della centrale elettrica geotermica con conseguente necessità di interrompere il flusso di vapore per il periodo di tempo necessario all'attività di manutenzione, saranno necessari impianti di superficie da posizionare sulla postazione di perforazione capaci di deviare il flusso stesso in atmosfera.

Tali apparecchiature sono atte a ricevere il flusso di vapore deviato dall'impianto geotermoelettrico e sono costituite da silenziatore e/o separatore atmosferico collegati al 4 vie della testa pozzo attraverso tubazioni equipaggiate con strumentazione per misure di pressione, temperatura e portata e con valvole di intercettazione e di regolazione.

Nel caso di un flusso di vapore saturo l'impianto di superficie sarà costituito da un separatore atmosferico collegato alla testa pozzo e ad una vasca di stramazzo, ed un silenziatore per la attenuazione del rumore. La fase liquida del flusso di fluido geotermico che viene separata nella vasca di stramazzo e nel silenziatore sarà convogliata alla vasca reflui e successivamente smaltita.

Al termine dei lavori di manutenzione si potrà procedere nuovamente all'avvio del pozzo.

3.2.1.6 Chiusura dei pozzi

Qualora al termine della perforazione e delle prove di produttività il pozzo perforato risulti inutilizzabile per il suo obiettivo, si procederà con la sua chiusura mineraria.

L'abbandono deve essere fatto in modo tale da prevenire future interferenzetra le diverse parti del serbatoio con potenzialità di pressione differenti. Devono essere fatti tutti gli sforzi possibili al fine di garantire un abbandono in sicurezza. Il programma di chiusura mineraria del pozzo sarà conforme alle norme e ai regolamenti locali.

Tuttavia un approccio generale per occlusione e abbandono di pozzi può essere riassunta come segue:



- il serbatoio geotermico deve essere isolato con una barriera (ad esempio un tappo di cemento di almeno 30 m, o un tappo meccanico);
- posizionamento di 30 m di tappo di cemento in tutti gli intervalli delle scarpe dei *casing*;
- un tappo meccanico viene fissato a scarpa più profonda;
- i tappi di cemento devono essere testati per peso 10 t;
- i tappi devono essere testati anche a pressione, superiore al test di fratturazione (*leak-off*) all'ultima scarpa;
- posizionamento di 30 m di tappo di cemento nella parte superiore del pozzo;
- la testa del *casing* sarà tagliata a 1/1,5 m sotto il livello del suolo;
- posizionamento di piastra metallica saldata in testa con cartellino identificativo.

La cantina sarà riempita di ghiaia e ricoperta di terra. Un cartello di posizione può essere installato sopra il livello del suolo.

Qualora al termine della perforazione e delle prove di produttività il pozzo perforato risulti inutilizzabile per il suo obiettivo si procederà alla chiusura mineraria e allo smantellamento (decommissioning) come descritto ai successivi paragrafi.

Successivamente all'intervento di chiusura mineraria di tutti i pozzi che sono stati perforati, si procederà, in caso di abbandono delle postazioni di perforazione, al ripristino delle condizioni morfologiche e ambientali di superficie che esistevano prima della perforazione.

Nel complesso è possibile individuare tre principali gruppi di operazioni: rimozione delle strutture permanenti, ripristino morfologico e idrogeologico e ripristino vegetazionale.

3.2.1.6.1 Rimozione delle strutture permanenti

In seguito alla chiusura dei pozzi si provvederà alla rimozione delle strutture permanenti della postazione di estrazione. L'esecuzione di questa operazione prevede i seguenti interventi:

- rimozione delle strutture logistiche mobili;
- smontaggio dell'impianto di produzione e sua rimozione;
- demolizione delle opere in calcestruzzo;
- rimozione delle tubazioni interrate e delle recinzioni.

3.2.1.6.2 Ripristino morfologico e idrogeologico

L'area del pozzo sarà riportata alle medesime condizioni idrauliche precedenti alle attività estrattive, mediante realizzazione di opere di regimazione e drenaggio delle acque superficiali.

Inoltre saranno ripristinate le condizioni morfologiche e pedologiche dell'area mediante risagomatura/riprofilatura e riporto o ricostruzione dello strato vegetale, se possibile utilizzando anche il terreno asportato in fase di approntamento della postazione di perforazione.

3.2.1.6.3 Ripristino vegetazionale

Gli interventi di ripristino vegetazionale consisteranno nella realizzazione delle opere necessarie a ristabilire le originarie destinazioni d'uso dell'area interessata dalle attività di perforazione, in particolare:

- nelle aree agricole sarà perseguito l'obiettivo di riportare i terreni alla medesima capacità d'uso e fertilità agronomica antecedenti l'esecuzione dei lavori;



- nelle aree interessate dalla presenza di vegetazione naturale e seminaturale, i ripristini avranno lo scopo di dare inizio ai processi dinamici che consentiranno di raggiungere, secondo la via più rapida possibile e in linea con gli stadi evolutivi naturali, la struttura e la composizione delle fitocenosi originarie, ripristinando lo stato di naturalità dell'area.

3.2.2 Impianti

3.2.2.1 Centrale elettrica geotermica

La centrale genera energia elettrica sfruttando il calore ad alta entalpia delle risorse geotermiche mediante il ciclo binario *Organic Rankine Cycle* (ORC), con refrigerante R245fa (1,1,1,3,3 – pentafluoropropano) come fluido di lavoro.

In sintesi, il ciclo prevede che il fluido di lavoro venga pompato e riscaldato sensibilmente fino alla temperatura di saturazione, quindi fatto vaporizzare fino a diventare vapore saturo secco; a questo punto viene surriscaldato ed inviato al turbo-espansore per la generazione di potenza elettrica. Allo scarico del turbo-espansore, prima del rilascio della restante quota di energia termica alla sorgente fredda attraverso il condensatore ad aria, è prevista una fase di recupero di energia (rigenerazione). La rigenerazione consente di aumentare il rendimento del ciclo sfruttando il calore del fluido di lavoro allo scarico del turbo-espansore per preriscaldare il fluido di lavoro allo stato liquido, prima del suo ingresso nell'evaporatore. Dopo la condensazione, il fluido di lavoro torna alle condizioni termodinamiche di partenza per iniziare un nuovo ciclo.

L'impianto è stato progettato tenendo conto delle seguenti caratteristiche:

- portata del fluido geotermico in ingresso all'impianto ORC (a valle dello scrubber): massima 17,96 kg/s (pari a 12.404 m³/h);
- composizione del fluido geotermico:
 - 92% in peso di vapor d'acqua;
 - 8% in peso di gas non-condensabili di cui:
 - 97,5% in peso di CO₂;
 - 2% in peso H₂S;
 - 0,5 % in peso altri (quali ad esempio H₂, CH₄, N₂, NH₃, H₃BO₃);
 - contenuto di cloruri (Cl⁻) massimo pari a 50 mg/l (su campione condensato);
 - temperatura/pressione del fluido geotermico in ingresso all'impianto ORC (a valle dello scrubber): 178,5°C/10 bar – vapore saturo

Di seguito si riporta la descrizione in dettaglio del funzionamento dell'impianto.

Il fluido geotermico proveniente dai due pozzi di produzione, avente temperatura pari a 180°C, pressione di 10,3 bar e portata pari a 18 kg/s (pari a 12.596 m³/h), prima di essere inviato all'impianto ORC entra in uno scrubber avente la funzione di ridurre la concentrazione dei sali totali disciolti nel fluido geotermico (da 25 ppm a 2,7 ppm) (Figura 30). Per mantenere invariata la portata di fluido geotermico in ingresso allo scambiatore del circuito ORC, la portata di 0,3 kg/s, eliminata tramite lo scrubber (flusso B13) viene integrata con uno spillamento di fluido geotermico di pari portata, prelevato dalla linea di re-immissione.

Il fluido geotermico in uscita dallo scrubber (178,5 °C, 10,0 bar, 18 kg/s, 12.404 m³/h) viene inviato all'impianto ORC, mentre il liquido di drenaggio in uscita dallo scrubber viene inviato al serbatoio di condensa a valle del separatore, destinato alla re-iniezione.

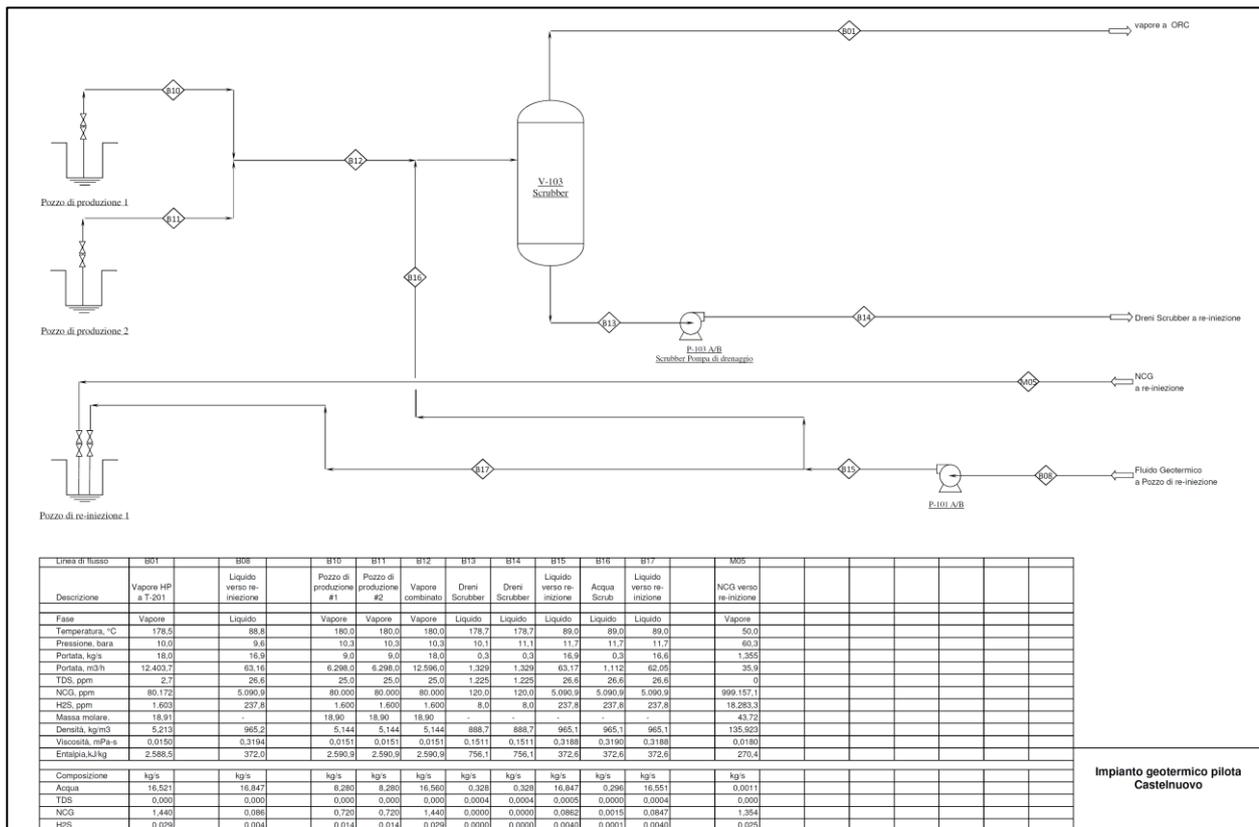


Figura 30: Flussi di produzione/re-iniezione e scrubber

All'interno dell'impianto ORC (Figura 31), il calore viene trasferito dal fluido geotermico al fluido di lavoro in un unico scambiatore di calore (vaporizzatore/surriscaldatore) all'interno del quale la risorsa geotermica condensa lato tubi mentre riscalda il fluido di lavoro che passa progressivamente dalle condizioni di liquido saturo a vapore saturo ed infine si surriscalda. Le risorse geotermica condensata viene scaricata in un serbatoio di condensa (accumulatore acqua), da cui attingono le pompe di reiniezione.

La frazione di risorsa geotermica non condensata, unita ai gas incondensabili, passa attraverso il separatore dove avviene la separazione secondaria delle condense: il flusso risultante di gas incondensabili è reso disponibile per la reiniezione mentre le condense separate vengono inviate al serbatoio di condensa.

Il fluido di lavoro surriscaldato, in uscita dallo scambiatore di calore, è inviato ad un espansore a flusso radiale collegato, mediante un riduttore, ad un generatore sincrono per generare potenza.

Il fluido di lavoro surriscaldato uscente dall'espansore passa attraverso un recuperatore (scambiatore di calore) all'interno del quale il fluido di lavoro in fase vapore cede calore al fluido di lavoro in fase liquida, preriscaldandolo prima che entri nello scambiatore di calore vaporizzatore/surriscaldatore.

Il fluido di lavoro in fase vapore in uscita dal recuperatore è inviato al condensatore raffreddato ad aria e, una volta condensato, il fluido di lavoro è raccolto in un accumulatore e da qui estratto con pompa per ricominciare il ciclo. Al fine di controllare la portata del fluido di lavoro 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.

Per l'emergenza e per l'avvio/arresto dell'impianto, è previsto un by-pass completo che collega l'uscita dello scambiatore vaporizzatore/surriscaldatore con il condensatore ad aria.

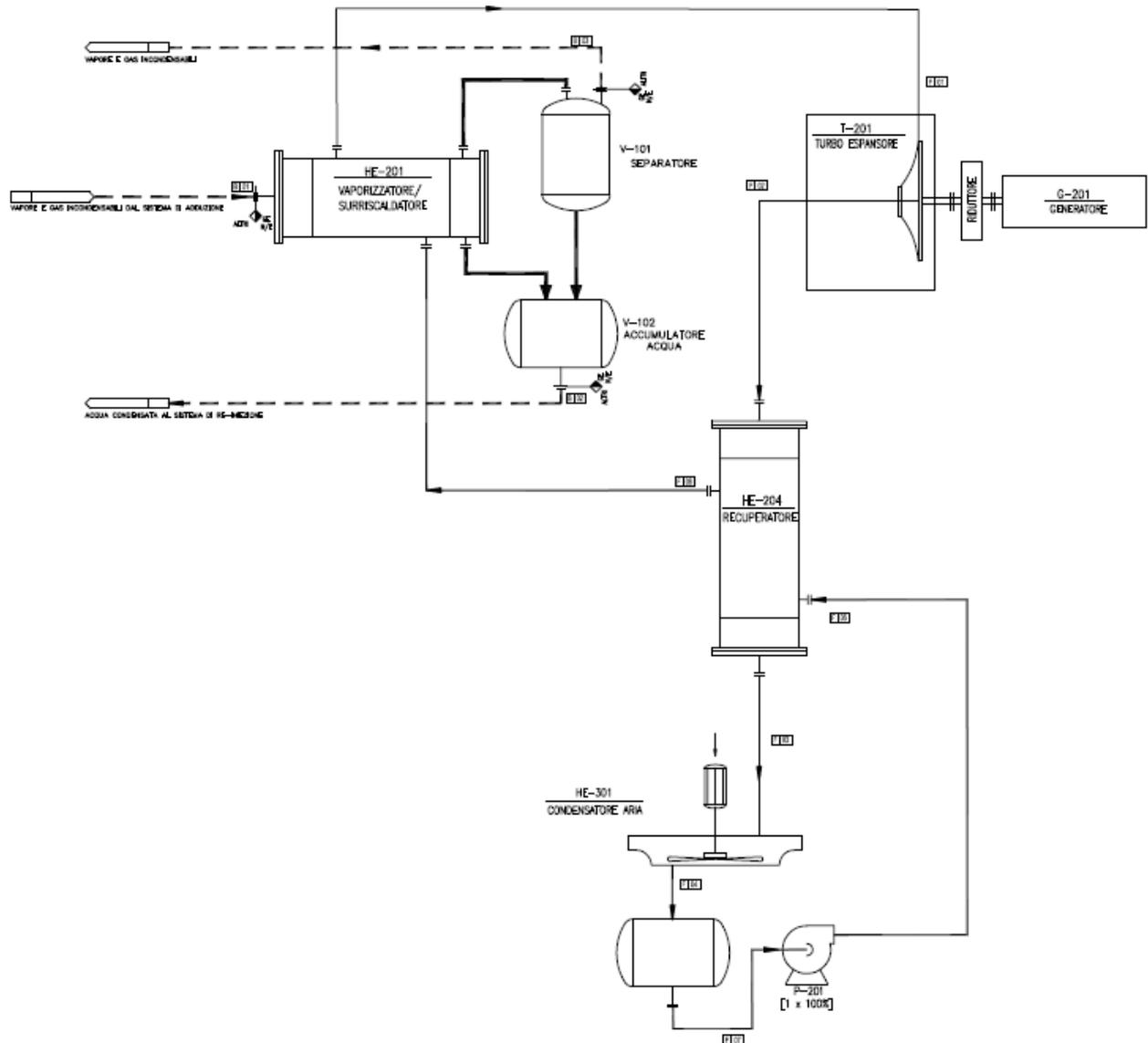


Figura 31: Schema di flusso dell'impianto ORC

Di seguito si riporta il layout dell'impianto ORC.

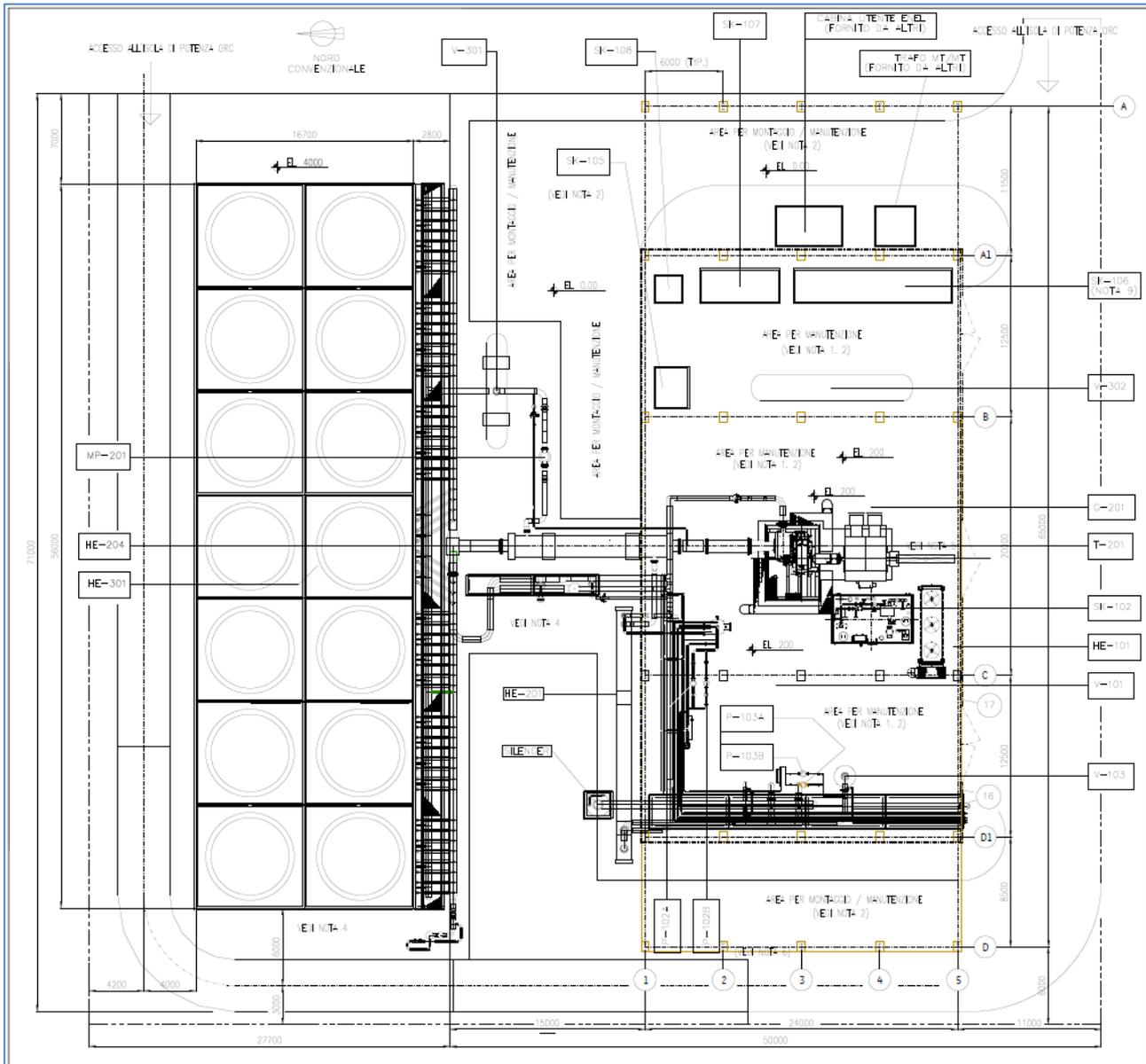


Figura 32: Layout della centrale a ciclo binario

3.2.3 Opere civili

3.2.3.1 Postazione di perforazione

La postazione di perforazione occuperà un'area di circa 8.500 m², sviluppata su due livelli. La finitura sarà realizzata mediante sottofondo con inghiaiatura superficiale, in modo da garantire un'opportuna resistenza ai carichi statici e dinamici dovuti al passaggio dei mezzi di cantiere e ad eventuali depositi e sarà recintata in modo da evitare l'accesso di personale non autorizzato.

Il piazzale principale di manovra, in cui avrà sede l'impianto di perforazione, i vari locali a servizio della postazione (refettorio, spogliatoi, magazzini), le componenti impiantistiche (generatori, pompe, compressore, etc.) si troveranno ad una quota superiore di 5 m rispetto al piazzale in cui avranno sede la vasca fanghi, l'area per l'esecuzione dei test di produzione e un'area per lo stoccaggio dei rifiuti.

Per la realizzazione della postazione sono previste le seguenti macro attività:



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

3.2.3.2 Centrale geotermoelettrica

La centrale geotermoelettrica, posizionata in prossimità della postazione di perforazione, occuperà una superficie pari a 5.500 m².

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 sia al raggiungimento della quota d'imposta di progetto e alla definizione dell'area su cui verranno realizzate le opere, sia alla realizzazione di fosse e trincee a servizio della centrale e degli impianti. Successivamente saranno realizzate le opere civili del piazzale e la struttura della centrale, il montaggio degli impianti di centrale e dei raffreddatori (*air cooler*) nell'area ad essi dedicata.

L'edificio della centrale sarà un unico corpo di fabbrica di forma rettangolare, di superficie pari a 1.560 m², che conterrà il gruppo di produzione, i locali di servizio e di controllo e i vari impianti.

Tale area sarà interamente coperta attraverso una copertura curvilinea che avrà delle aperture sul lato adiacente la zona dei cooler in modo da favorire il ricircolo dell'aria.

3.2.3.3 Viabilità di accesso

Al fine di collegare le aree interessate dagli interventi con la viabilità principale, costituita dalla S.P. n.27, sarà realizzata una viabilità di servizio che per un primo tratto prevedrà la sistemazione della strada vicinale esistente (per i primi 75 m) mentre nel secondo tratto sarà realizzata *ex novo*. Le strade sono previste tutte in fondo sterrato (eccetto i tratti con pendenza prossima al 12% e quelli relativi all'area della centrale che saranno oggetto di intervento con conglomerato bituminoso o con cemento ecologico). La larghezza minima della carreggiata sarà di 6 m per l'asse principale (lungo circa 875 m) e le vie di accesso alla centrale e di 4 m per gli accessi alle vasche ed alle aree di stoccaggio.

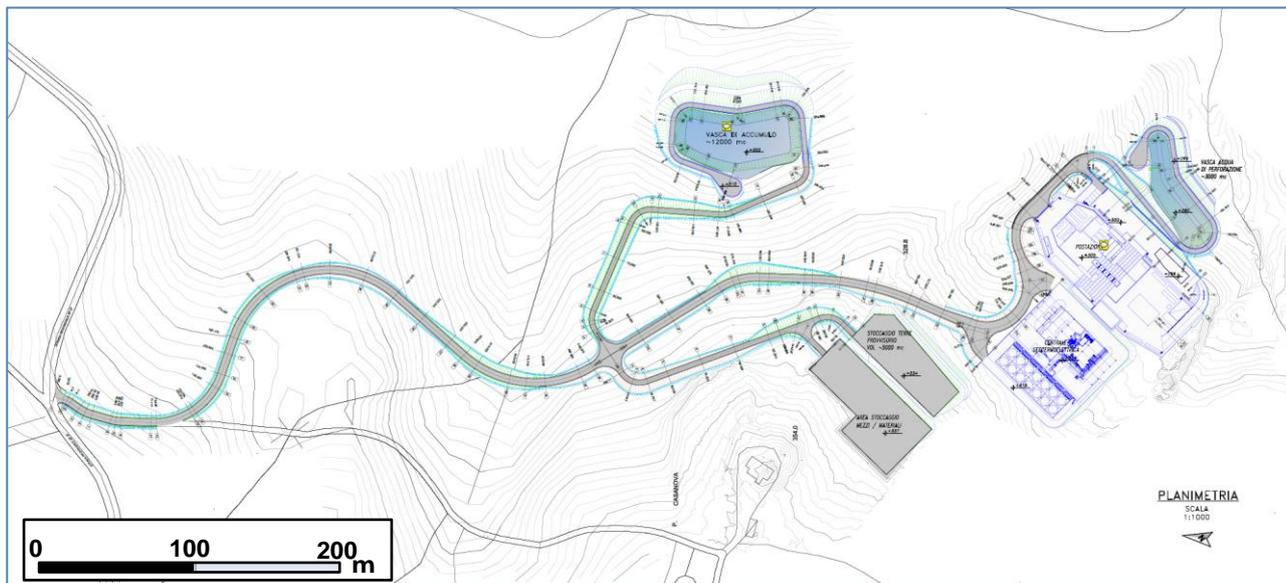


Figura 33: Planimetria viabilità di accesso

3.2.3.4 Vasche di accumulo acqua

Il Progetto prevede la realizzazione di una vasca di accumulo di acqua necessaria alla perforazione di circa 12.000 m³ posizionata a circa 175 m a nord della postazione di perforazione. La vasca sarà realizzata in parte mediante scavo del terreno ed in parte mediante la realizzazione di rilevati consolidati mediante interventi di chiodatura (*soil nailing*), al fine di riutilizzare una buona parte dei volumi di scavo.

Il quantitativo di acqua necessario sarà trasportato attraverso autobotti. Una seconda vasca di accumulo di circa 3.000 m³, posta a sud della postazione di perforazione, sarà realizzata per stoccare l'acqua di condensa proveniente dalle prove di produzione ad alta temperatura (90-100°C): anche questa vasca sarà realizzata in parte in scavo ed in parte in rilevato consolidato con interventi di *soil nailing*.

3.2.3.5 Area di stoccaggio

L'area destinata allo stoccaggio dei materiali da cantiere e a servizio degli impianti in fase di esercizio, collocata a nord della centrale elettrica geotermica, 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 ad eventuali depositi e sarà recintata in modo da evitare l'accesso di personale non autorizzato.

3.2.3.6 Collegamento alla rete Enel

L'impianto sarà collegato alla rete di Enel Distribuzione a 15 kV mediante la realizzazione di un nuovo elettrodotto di media tensione uscente dalla cabina primaria esistente a Larderello e connesso alla nuova cabina elettrica di consegna di MT (in progetto)¹¹.

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

¹¹ La notifica della ricezione di richiesta di preventivo per la connessione elettrica alla Rete Enel è stata ricevuta da Magma Energy Italia S.r.l. per conto di Rete Geotermica Toscana in data 26.11.2015



- Potenza in immissione richiesta: 5300 kW

Tale soluzione, il cui tracciato è in corso di definizione con Enel Distribuzione, prevedrà la realizzazione dell'elettrodotto in cavo sotterraneo per circa 11.000 m, e sarà realizzata mediante:

- scavo a sezione obbligata 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, Ø min = 160 mm con resistenza allo schiacciamento min 450N (serie pesante) ad una profondità minima di 1.0 m, misurata dal piano della strada (piano 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. $3 \times (1 \times 185 \text{ mm}^2)$ di tipo ARE4H5EX-12/20kV matr. 332292.

Per la realizzazione della cabina di trasformazione MT/MT di utente saranno poi posati in opera n. 2 monoblocchi in cemento armato precompresso (c.a.p.) di cui:

- un monoblocco di dimensioni 2,48 x 6,70 m (locale di consegna Enel + locale arrivo linea MT) 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;
- comprensivo del locale misure e conforme alla specifica ENEL DG2092 Ed. Luglio 2011 e 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 5,00 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 un QBT (quadro elettrico bassa tensione) avente dimensione 1,50 x 0,85 m di pertinenza del produttore.

Saranno inoltre installati rispettivamente a monte e a valle dell'impianto di connessione di cui sopra:

- scomparto interruttore MT di cabina primaria ed apparecchiature connesse;
- trasformatore MT/MT da 7500 kVA.

3.2.3.7 Impianto di illuminazione

All'interno della postazione di perforazione sono previsti punti luce per l'illuminazione notturna su pali di altezza minima di 5 m, con sostegno in pozzini in cls. La zona da illuminare maggiormente è l'area del piazzale di perforazione. L'illuminazione non sarà inferiore a 50 lux e, indicativamente, sarà realizzata con lampade a ioduri metallici di potenza superiore a 500 W ciascuna.

Sul piano sonda, invece, avremo:

- illuminazione della torre telescopica con 1 luce di ostruzione alimentata ad energia solare;
- illuminazione della cabina del perforatore (cabina driller);
- illuminazione dei rimorchi e della sottostruttura.

Con riferimento all'area della centrale elettrica geotermica, l'illuminazione esterna sarà puntata verso il basso per ridurre i riflessi in aree al di fuori dei confini di impianto. Non saranno utilizzate lampade a vapore di mercurio e altri sistemi di illuminazione similari ma saranno utilizzate luci soffuse, come lampade a fluorescenza, al fine di ridurre i riflessi.



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 comune al turbo-espansore e compressore, puntata verso il basso.

3.3 Gestione delle acque meteoriche

L'area di installazione del sistema di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche è costituita da tre piattaforme air cooler (raffreddatori ad aria), centrale e postazione di perforazione) posizionate su tre livelli a quote diverse; per evitare di dover costruire 3 differenti vasche di prima pioggia, ciascuna a servizio dei singoli piazzali, si è optato per un sistema di fognatura in soluzione unica nel quale i dislivelli sono superati mediante pozzetti con salto in corrispondenza dei salti di quota tra piazzali. A difesa delle piattaforme si prevede un fosso di guardia in terra rivestita con calcestruzzo che affianca le opere di sostegno e raccoglie le acque meteoriche provenienti dal terreno circostante e dalle canalette di monte che costeggiano la viabilità di accesso.

Il sistema di raccolta e drenaggio delle acque meteoriche provenienti dai tre piazzali sarà costituito da caditoie e tubazioni in PVC con diametro internovariabile tra 250 e 500 mm in funzione della posizione nel sistema fognario. Saranno installate caditoie con dimensioni di 50x50 cm relativamente alle piattaforme della centrale e della postazione di perforazione, con aree di influenza minori di 200 mq.

Alla fine del sistema di drenaggio le acque saranno convogliate in un manufatto che permetterà di trattare il piovuto prima di inviarlo al ricettore. Tale manufatto sarà composto da un sistema combinato dissabbiatore/disoleatore con eventuale integrazione di filtri a coalescenza per un trattamento più spinto se necessario; l'acqua così trattata verrà inviata alla vasca di accumulo per perforazione e reimpiegata durante le fasi di perforazione.

I collegamenti tra le canalette a cielo aperto presenti intorno alle aree di lavorazione ed il sistema di raccolta verranno effettuati tramite pozzetti di raccolta, assegnando una pendenza alle canalette stesse in modo da garantire un deflusso regolare verso i collettori della rete. La necessità di inviare alcune delle acque raccolte dalla postazione di perforazione verso la vasca fanghi senza passare dai manufatti di trattamento ha indotto a studiare il percorso che costituisse il minor grado di interferenza con gli impianti previsti; dalla cantina di perforazione, le acque potenzialmente cariche di fanghi saranno raccolte con una canaletta a cielo aperto che corre lungouno dei lati per poi essere convogliate verso una condotta interrata disposta tra il primo ed il secondo cunicolo in direzione della piattaforma della vasca fanghi. Un'ulteriore condotta interrata in partenza dall'area lavaggio mezzi intercetterà la suddetta condotta con un pozzetto di raccolta/incrocio per poi arrivare direttamente in vasca fanghi.

Per quanto riguarda il fosso di guardia a protezione delle piattaforme, avrà sezione trapezoidale, sarà costituito in terra naturale rivestito con calcestruzzo in lastre e partirà immediatamente al di sopra dell'opera di sostegno a monte dell'air cooler, dove il terreno ha una pendenza naturale favorevole al deflusso delle acque; a valle di questo primo tratto inizierà il tratto che costeggia le tre piazzole, dove il terreno aumenta la propria pendenza naturale fino a circa il 15%.

In relazione alle caratteristiche della zona di formazione del fosso di guardia, sarà previsto un andamento a scalini per garantire una giusta pendenza di progetto al capofosso. Il fosso è stato progettato per una portata massima pari a 14 m³/s.



Figura 34: Sistema di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche - Centrale (scala 1:800)

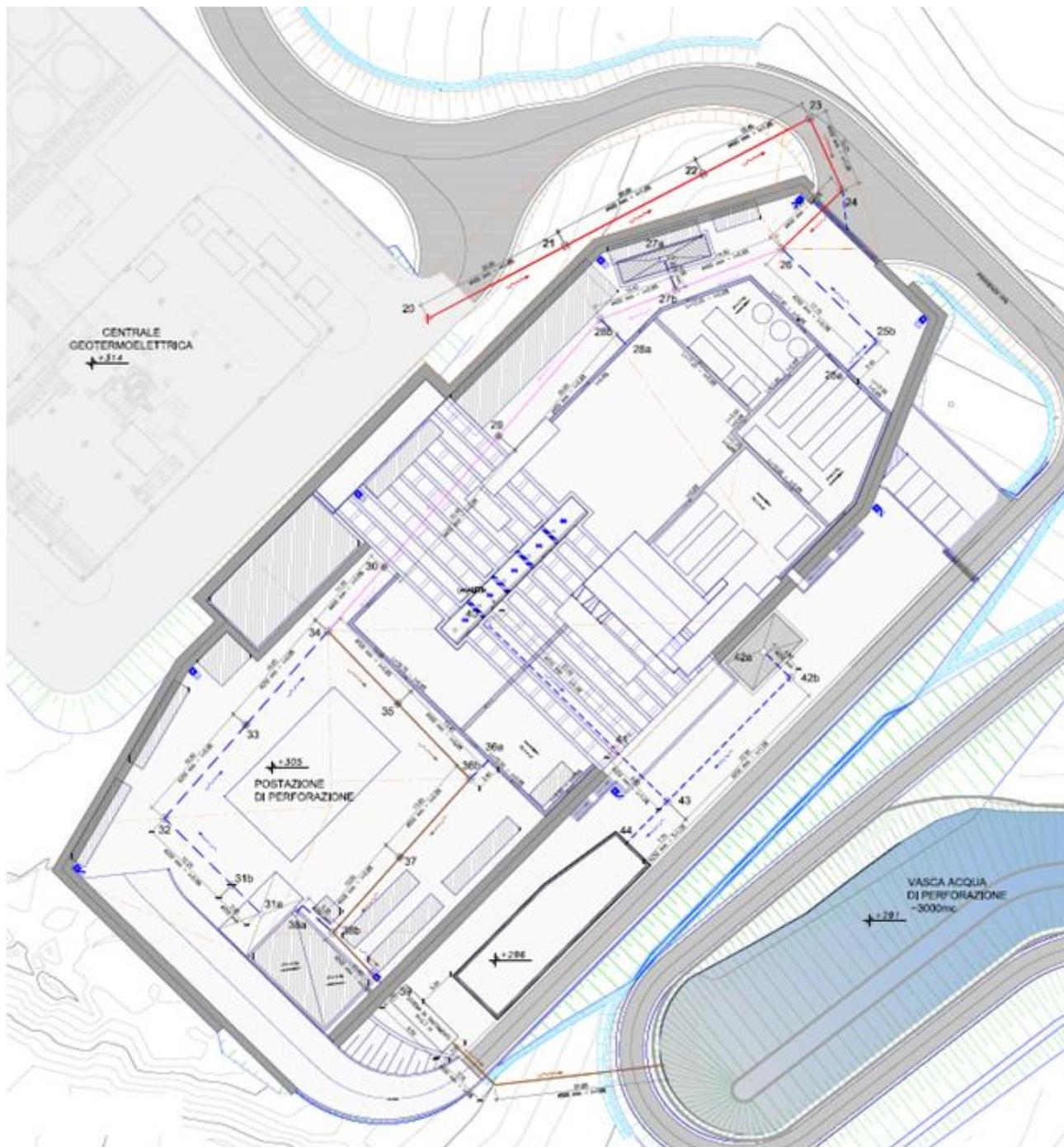


Figura 35: Sistema di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche – Postazione di perforazione (scala 1:800)



Figura 36: Sistema di regimazione delle acque meteoriche esterne – Centrale (scala 1:800)

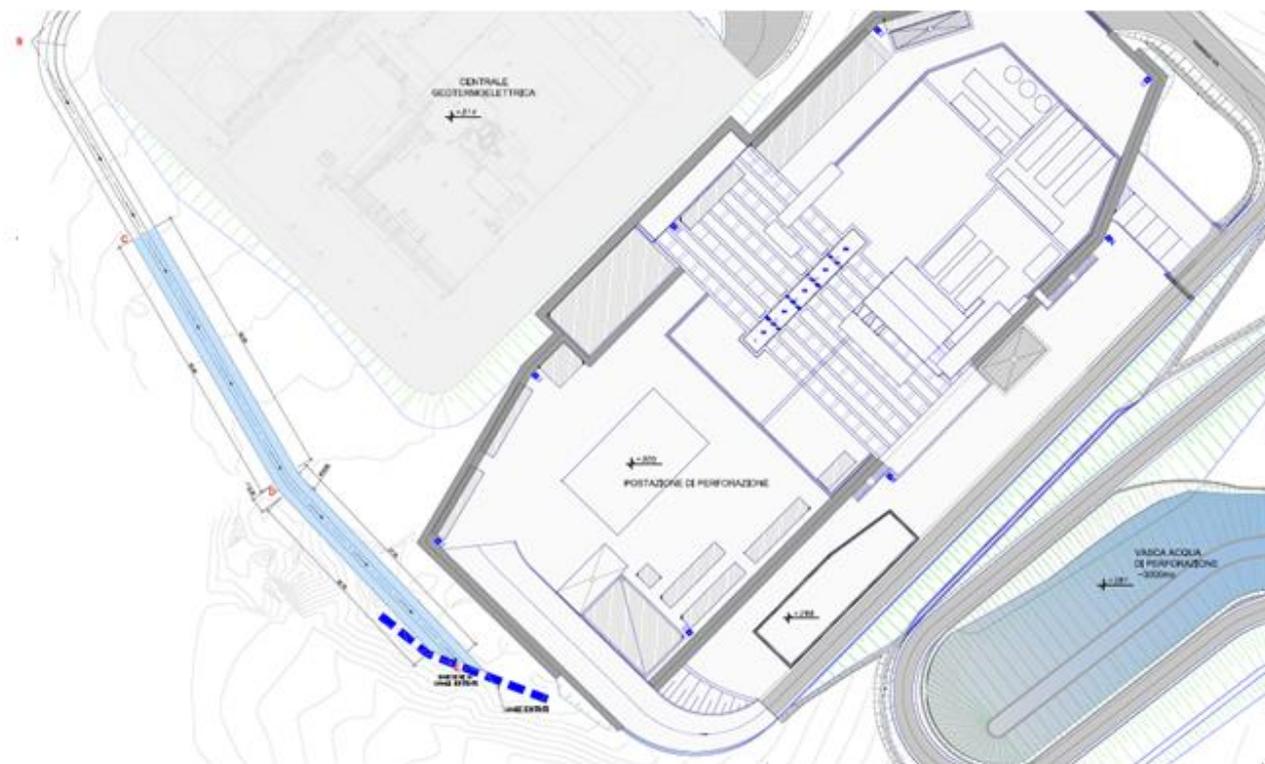


Figura 37: Sistema di regimazione delle acque meteoriche esterne - Postazione di perforazione (scala 1:800)



3.4 Utilizzo di risorse

3.4.1 Fase di costruzione

3.4.1.1 Suolo

Durante questa fase sarà realizzata un'area temporanea di circa 2.200 m² adibita allo stoccaggio provvisorio delle terre di scavo.

3.4.1.2 Acqua

Per la perforazione dei pozzi sarà necessario un volume di acqua di circa 30.000 m³ per pozzo.

Una ulteriore quota di circa 192 m³ d'acqua sarà necessaria per la malta cementizia del singolo pozzo.

In fase di montaggio della centrale geotermoelettrica, sono da considerare i quantitativi d'acqua per le prove idrauliche dei circuiti ed i flussaggi delle tubazioni. Si stima un quantitativo in circa 250 m³ per le prove idrauliche e di circa 370 m³ per i flussaggi. L'acqua utilizzata andrà raccolta e smaltita con autobotti.

3.4.1.3 Energia e gasolio

Gasolio ed oli saranno conservati all'interno di cisterne posizionate su di un'area impermeabilizzata e delimitata da un cordolo in modo da contenere le acque meteoriche e/o sversamenti accidentali, con canaletta di scolo in pozzetto disoleatore di raccolta, nelle immediate vicinanze dell'ingresso al cantiere, per facilitarne anche lo scarico da parte delle autobotti.

Tale area sarà posizionata a non meno di 30 m dal centro pozzo e non meno di 20 m dagli scappamenti dei motori e dai gruppi elettrogeni come da D.P.R. 128/59.

Per tutte le attività di cantiere si può stimare un consumo totale di gasolio di circa 1.294.900 litri.

3.4.1.4 Materiale inerte e terreno

Per la realizzazione della strada di accesso e dell'area di stoccaggio dei materiali da cantiere e a servizio degli impianti in fase di esercizio sarà impiegato materiale sterile di cava, ghiaia e pietrisco.

Inoltre il materiale di scavo sarà sottoposto alle analisi di classificazione previste dalla normativa vigente e, se idoneo, verrà riutilizzato in sito per riempimenti e modellazioni, altrimenti sarà smaltito ai sensi della normativa vigente. In attesa dei risultati delle analisi e del riutilizzo nelle varie aree di cantiere, le terre saranno stoccate in un area dedicata e ubicata a sud dell'area di stoccaggio dei materiali da cantiere.

Nelle tabelle sottostanti sono riportate le volumetrie indicative dei movimenti terra previsti per la realizzazione delle singole opere ed il bilancio complessivo, indicando con il segno (+) i riporti e con il segno (-) gli scavi. Si sottolinea che il computo del movimento delle terre relativo alle strade che costeggiano le vasche di accumulo di acqua è annoverato alla voce relativa alla viabilità.

La realizzazione delle opere produrrà un esubero di terreno di scotico pari a 4.000 m³ che saranno stoccati nell'area adibita al fine di riutilizzarli in situ nelle opere di mitigazione delle varie componenti del progetto e nel rinverdimento delle scarpate.



Tabella 3: Bilancio scavi/riporti per l'area di stoccaggio

AREA STOCCAGGIO MEZZI		
DESCRIZIONE	QUANTITÀ [m ³]	
SCAVI A SEZIONE OBBLIGATA / SEZ.RISTRETTA	(-)	0
SCOTICO	(-)	700
SBANCAMENTO	(-)	4900
RIPORTO	(+)	1400
RIDISTRIBUZIONE TERRE	(+)	100
TOTALE SCAVI/SBANCAMENTI	(-)	5600
TOTALE RIPORTI/RINTERRI	(+)	1500
TOTALE TERRENO RESIDUO	(-)	4100

Tabella 4: Bilancio scavi/riporti per l'area air cooler

AREA AIR COOLER		
DESCRIZIONE	QUANTITÀ [m ³]	
SCAVI A SEZIONE OBBLIGATA / SEZ.RISTRETTA	(-)	0
SCOTICO	(-)	400
SBANCAMENTO	(-)	2200
RIPORTO	(+)	900
RIDISTRIBUZIONE TERRE	(+)	100
TOTALE SCAVI/SBANCAMENTI	(-)	2600
TOTALE RIPORTI/RINTERRI	(+)	1000
TOTALE TERRENO RESIDUO	(-)	1600

Tabella 5: Bilancio scavi/riporti per l'area centrale elettrica geotermoelettrica

AREA CENTRALE		
DESCRIZIONE	QUANTITÀ [m ³]	
SCAVI A SEZIONE OBBLIGATA / SEZ.RISTRETTA	(-)	0
SCOTICO	(-)	700
SBANCAMENTO	(-)	2800
RIPORTO	(+)	2400
RIDISTRIBUZIONE TERRE	(+)	0
TOTALE SCAVI/SBANCAMENTI	(-)	3500
TOTALE RIPORTI/RINTERRI	(+)	2400
TOTALE TERRENO RESIDUO	(-)	1100



Tabella 6: Bilancio scavi/riporti per la postazione di perforazione

AREA POSTAZIONE – POSTAZIONE		
DESCRIZIONE	QUANTITÀ [m ³]	
SCAVI A SEZIONE OBBLIGATA / SEZ.RISTRETTA	(-)	0
SCOTICO	(-)	1300
SBANCAMENTO	(-)	12400
RIPORTO	(+)	3800
RIDISTRIBUZIONE TERRE	(+)	0
TOTALE SCAVI/SBANCAMENTI	(-)	13700
TOTALE RIPORTI/RINTERRI	(+)	3800
TOTALE TERRENO RESIDUO	(-)	9900

Tabella 7: Bilancio scavi/riporti per area - vasca fanghi

AREA POSTAZIONE – VASCA FANGHI		
DESCRIZIONE	QUANTITÀ [m ³]	
SCAVI A SEZIONE OBBLIGATA / SEZ.RISTRETTA	(-)	0
SCOTICO	(-)	400
SBANCAMENTO	(-)	1200
RIPORTO	(+)	1500
RIDISTRIBUZIONE TERRE	(+)	0
TOTALE SCAVI/SBANCAMENTI	(-)	1600
TOTALE RIPORTI/RINTERRI	(+)	1500
TOTALE TERRENO RESIDUO	(-)	100

Tabella 8: Bilancio scavi/riporti per vasca acqua di perforazione 3.000 m³

VASCA ACQUA DI PERFORAZIONE 3000MC		
DESCRIZIONE	QUANTITÀ [m ³]	
SCAVI A SEZIONE OBBLIGATA / SEZ.RISTRETTA	(-)	0
SCOTICO	(-)	200
SBANCAMENTO	(-)	1000
RIPORTO	(+)	0
RIDISTRIBUZIONE TERRE	(+)	0
TOTALE SCAVI/SBANCAMENTI	(-)	1200
TOTALE RIPORTI/RINTERRI	(+)	0
TOTALE TERRENO RESIDUO	(-)	0



Tabella 9: Bilancio scavi/riporti per vasca di accumulo 12.000 m³

VASCA DI ACCUMULO 12000MC		
DESCRIZIONE	QUANTITÀ [m ³]	
SCAVI A SEZIONE OBBLIGATA / SEZ.RISTRETTA	(-)	0
SCOTICO	(-)	500
SBANCAMENTO	(-)	2000
RIPORTO	(+)	100
RIDISTRIBUZIONE TERRE	(+)	0
TOTALE SCAVI/SBANCAMENTI	(-)	1500
TOTALE RIPORTI/RINTERRI	(+)	100
TOTALE TERRENO RESIDUO	(-)	2400

Tabella 10: Bilancio scavi/riporti per viabilità di accesso

VIABILITA'		
DESCRIZIONE	QUANTITÀ [m ³]	
SCAVI A SEZIONE OBBLIGATA / SEZ.RISTRETTA	(-)	100
SCOTICO	(-)	2800
SBANCAMENTO	(-)	15500
RIPORTO	(+)	32000
RIDISTRIBUZIONE TERRE	(+)	2800
TOTALE SCAVI/SBANCAMENTI	(-)	18400
TOTALE RIPORTI/RINTERRI	(+)	34800
TOTALE TERRENO RESIDUO	(+)	16400

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



3.4.1.5 Altre materie

Per la realizzazione dei pozzi sarà impiegato un fluido di perforazione a base bentonitica, per le prime fasi, ed acqua per le fasi finali.

I volumi stimati di fango bentonitico impiegato per pozzo sono i seguenti:

- fase 23": 335 m³;
- fase 17" ½: 260 m³.

Nella tabella seguente si riporta una stima dei consumi dei prodotti necessari alla preparazione del fango bentonitico per la realizzazione del singolo pozzo, nelle due differenti fasi.

Tabella 12: Consumo di prodotti costituenti il fango bentonitico

Agente		Fase 23"		Fase 17"1/2		Totale per pozzo
		Kg/m ³	t	Kg/m ³	t	t
Bentonite	M-I.Gel	45	15,08	45	11,70	26,78
Barite	Barite	240	80,40	240	62,40	142,80
Soda Caustica	Soda Caustica	1,5	0,50	1,5	0,39	0,89
Viscosizzante	Poly-Plus RD	2	0,67	2	0,52	1,19
Stabilizzante	Resinex e/o Rheomate	17,5	5,86	17,5	4,55	10,41
Disperdente	Spersene CF	2,5	0,84	2,5	0,65	1,49

Nella tabella seguente si riporta il consumo, per il singolo pozzo, di acciaio previsto per il casing (ulteriori piccoli consumi non stimati sono per scalpelli, testa pozzo e lamiere per lavori di carpenteria vari) e di cemento.

Tabella 13: Consumo di acciaio e cemento per la realizzazione del pozzo

Casing	Acciaio	Cemento
	t	t
18" 5/8	52	73,32
13" 3/8	112	102,25
9" 5/8	79	55,11
Totale	243	230,7

3.4.2 Fase di esercizio

3.4.2.1 Suolo

Il Progetto comporta l'occupazione definitiva delle seguenti superfici:

- postazione di perforazione: 8.500 m²;
- postazione centrale elettrica geotermica: 5.500 m²;
- area stoccaggio a servizio degli impianti: 3.500 m²;
- vasca accumulo acqua 3.000 m³: 1.000 m²;
- vasca accumulo acqua 12.000 m³: 2.500 m²;



- viabilità di accesso: 14.000 m²;
- cabina elettrica di consegna: 30 m².

3.4.2.2 *Acqua*

Durante il funzionamento dell'impianto pilota la necessità di impiego di acqua è correlata alle seguenti attività:

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

Si prevede pertanto un consumo di pochi litri/giorno.

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

3.4.2.3 *Energia*

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva dell'energia elettrica lorda e netta prodotta dall'impianto ORC.

Tabella 14: Potenze elettrica lorda e netta generata dalla centrale geotermoelettrica

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
Disponibilità impianto	92%
GWh netti attesi	40

3.4.2.4 *Altre materie*

Per il funzionamento dell'impianto ORC sarà necessaria una periodica sostituzione dell'olio lubrificante (1 t/anno) impiegato per le parti in movimento ed un reintegro del circuito del fluido di lavoro, ovvero di refrigerante R245fa.

3.5 Rifiuti prodotti

3.5.1 Fase di costruzione

L'attività di perforazione produce rifiuti quali fango bentonitico e detriti di perforazione.



Il fango bentonitico, alla fine delle attività o nel momento in cui, durante la perforazione, non risultassero più idonee le sue caratteristiche chimico-fisiche, sarà stoccato all'interno dell'apposita vasca fanghi, ubicata a valle della piazzola di perforazione, in attesa, previa caratterizzazione, di essere smaltito presso idoneo impianto (CER 010507).

Il quantitativo stimato di fango da smaltire per pozzo è di 595 m³, pari a circa 714 t. Considerando tre pozzi, il quantitativo complessivo di fango da smaltire risulta essere pari a 1.785 m³, pari a circa 2.142 t.

Nella tabella sottostante si riporta la stima del quantitativo dei detriti di perforazione prodotti per singolo pozzo. La quantificazione è stata effettuata tenendo conto dei seguenti elementi:

- volume del foro maggiorato del 50 %;
- volume dei detriti stimato pari al 20 % del volume totale nella fase di perforazione delle formazioni Neogeniche, 40 % nelle unità Flyschoidi-argillitiche ed il 100% nelle unità Verrucane e Metamorfiche;
- peso specifico dei detriti di 2,2/2,4/2,7 t/m³ in funzione delle unità geologiche.

Tabella 15: Detriti di perforazione prodotti per singolo pozzo

Fase	Volume foro	Vol. foro +50%	Detrito	
	m ³	m ³	m ³	t
30"	13,7	20,5	4,1	9
23"	98,8	148,2	29,6	68
17" ½	108,5	162,7	65	156
12" ¼	83,6	130	130	338
8" ½	49,4	74,1	74,1	200
Totale	354	531	302,8	771

Differentemente, i rifiuti prodotti per la realizzazione delle opere civili sono limitati ai materiali d'imballaggio e agli sfridi di lavorazione dei materiali impiegati: nella tabella sottostante si riporta una stima dei quantitativi previsti.

Tabella 16: Rifiuti prodotti prodotti per la realizzazione delle opere civili

Rifiuto	Codice CER	Quantità t
Imballaggi per materiali misti	150106	1
Vetro, plastica e legno contenenti sostanze pericolose o da esse contaminati	170204*	2
Ferro e acciaio	170405	4
Rifiuti non specificati altrimenti (detriti)	010599	2

Per quanto riguarda i rifiuti in fase di costruzione della centrale, oltre al materiale utilizzato per gli imballi nei trasporti e strutture temporanee, le principali tipologie di rifiuti saranno costituiti dagli sfridi per le attività di montaggio (extra materiale per aggiustaggi, consumabili).



3.5.2 Fase di esercizio

Durante la fase di esercizio dell'impianto pilota, le principali tipologie di rifiuti prodotti saranno 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.

3.6 Cantierizzazione e cronoprogramma

La cantierizzazione prevista per la realizzazione del Progetto comprende 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 discarica 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 scarica 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.

La seguente Figura 38 riporta il cronoprogramma delle fasi di lavoro.

Inoltre, In fase di esercizio dell'impianto e per tutta la durata dell'esercizio , sono previste le seguenti attività:

- gestione impianti (centrale e campo pozzi) – N. 8 addetti per coprire turni di 8 ore, 7 giorni su 7;
- direzione tecnica dell'impianto – N. 1 tecnico;
- staff tecnico (ingegneri di serbatoio, ingegneri di processo, geologi) – N. 4;
- manutenzione, ordinaria e straordinaria – N. 2 addetti;



- servizi di guardiania – N. 1 addetto;
 - servizi amministrativi – N. 2 addetti;
- per un totale di 18 addetti in fase di esercizio.

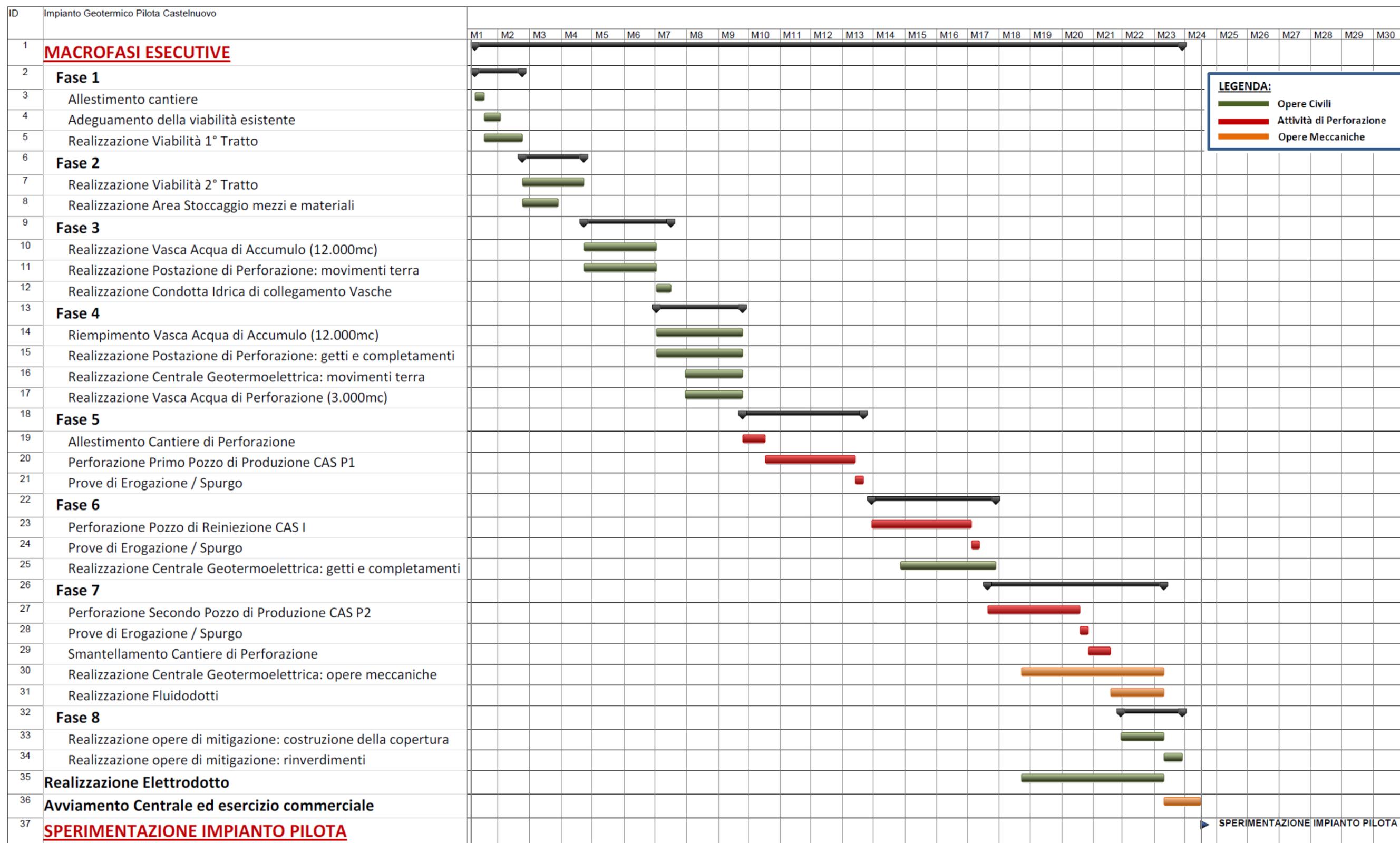


Figura 38: Cronoprogramma





3.7 Dismissione dell'impianto geotermico pilota

Alla fine della sua vita tecnica, stimabile in almeno e/o minimo 25 anni, si procederà alla dismissione della centrale geotermoelettrica e delle opere connesse, per la quale si prevedono le seguenti fasi:

- smontaggio e bonifica degli impianti e degli equipaggiamenti e delle tubazioni;
- demolizione delle opere civili;
- chiusura mineraria dei pozzi produttivi e reiniettivi.

La prima fase comprenderà tutte le attività necessarie per mettere a piè d'opera le componenti d'impianto e assicurare 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. Il fluido organico utilizzato come fluido di lavoro sarà riutilizzato o altrimenti avviato al recupero.

La demolizione delle opere civili consisterà nelle seguenti azioni:

- demolizione di tutte le opere, interrate e non, in calcestruzzo, dei massetti, marciapiedi e solette;
- smantellamento e demolizione dei quadri elettrici di controllo ed automazione;
- frantumazione delle fondazioni profonde e rimozione per strati delle terre armate;
- rimozione delle pavimentazioni impermeabili dei piazzali con conferimento a ditte esterne autorizzate, per recupero o smaltimento, dei materiali di risulta;
- rimozione delle ossature e delle massicciate di piazzali e strade e successivo recupero per riutilizzo o cessione a terzi, rusatura di tutte le aree dei piazzali e di quelle limitrofe per conferire loro una morfologia irregolare e prossima a quella naturale delle zone circostanti;

Per la descrizione della terza fase si rimanda a quanto riportato per la chiusura dei pozzi (cfr. § 3.2.1.6).

3.8 Costi-Benefici

La Legge 7 agosto 2012, n. 134 di conversione del Decreto Legge 22 giugno 2012, n. 83, ha disposto l'inserimento dell'energia geotermica tra le fonti energetiche strategiche e la Legge 9 agosto 2013, n. 98 di conversione in legge, con modificazioni, del Decreto Legge 21 giugno 2013, n. 69, recante disposizioni urgenti per il rilancio dell'economia, ha disposto che gli impianti geotermici pilota siano di competenza statale (integrando l'art. 1 comma 3bis del D.Lgs. 11 febbraio 2010, n. 22 e il D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152).

Per le ragioni di cui sopra l'energia geotermica, nel sistema giuridico italiano, è patrimonio indisponibile dello Stato come le altre risorse minerarie e quindi non appartiene al proprietario dei suoli¹².

L'energia geotermica ricopre da sempre un ruolo strategico per la Regione Toscana e, nel Piano Ambientale ed Energetico Regionale (PAER) approvato dal Consiglio Regionale con deliberazione n. 10 dell'11 febbraio 2015, pubblicata sul Burt n. 10 parte I del 6 marzo 2015, si ribadisce la necessità di "aumentare la percentuale di energia proveniente da fonti rinnovabile e il livello di innovazione tecnologica

¹² Ministero dello Sviluppo Economico, Dipartimento per l'Energia - Direzione generale per le risorse minerarie ed energetiche - Ufficio nazionale minerario per gli idrocarburi e le georisorse. Supplemento al bollettino ufficiale degli idrocarburi e delle georisorse anno LIV - n.2.



nella produzione energetica”. La Toscana dovrà pertanto incrementare la produzione di energia elettrica e termica da rinnovabili centrando gli obiettivi stabiliti per gli anni 2012, 2014, 2016, 2018, 2020¹³.

Il Comune di Castelnuovo Val di Cecina, come espresso dal Sindaco, riconosce che *“le risorse che derivano dal fondo geotermico [...] consentono alle amministrazioni delle aree geotermiche di poter attuare, oltre ad interventi diretti anche altre politiche per lo sviluppo economico del territorio e per migliorare la qualità della vita dei cittadini”* ad esempio *“[...] dare un sostegno al commercio, al settore edilizio per il recupero delle facciate del centro storico, così come tenere bassa la pressione fiscale o garantire una rete di servizi alla popolazione”*¹⁴.

Il progetto Castelnuovo è un’opportunità per lo sviluppo della geotermia, nel quadro di riferimento nazionale, regionale e comunale, anche in ragione delle tecnologie innovative proposte in linea con quanto previsto dal PAER.

La sua realizzazione determina effetti positivi a livello socio- economico ed ambientale. Nel dettaglio:

1) Benefici Occupazionali

Come evidenziato nel documento redatto a cura della Provincia di Pisa “Dossier Statistico VIII”, il Comune di Castelnuovo Val di Cecina ha una popolazione di 2284 abitanti (al 31/12/12) di cui 272 stranieri e mostra un trend di crescita negativo con un decremento del 14,7% rispetto ai dati del 1991. A ciò si aggiunge un quoziente di incremento migratorio (x1000) pari al 7,01 (al 2012).

Analizzando le statistiche demografiche relative ai censimenti realizzati a partire dal 1971 ogni 10 anni, si evidenzia come il Comune di Castelnuovo, nonostante la massiccia immigrazione, in 40 anni abbia perso il 31,4% dei propri abitanti (passando da 3336 ab. nel 1971 a 2290 ab. nel 2011), mentre nello stesso periodo la Provincia di Pisa e la Regione Toscana hanno registrato un incremento demografico rispettivamente del +9,4% e del +5,7%. Inoltre essendo il numero totale di abitanti pari a 2284, di cui in età lavorativa 1392 (da 20 a 69 anni), si evince che gli occupati erano 1192. Il tasso grezzo di disoccupazione al 2011 risulta essere stato pari al 10,33%. Dai dati disponibili risulta che i settori nei quali si collocano gli occupati nel Comune di Castelnuovo sono i seguenti:

- industria;
- servizi;
- agricoltura;
- turismo;
- altri (come meglio dettagliato alla tab. 67 del par. 4.12.1.2).

Considerando i dati occupazionali attuali si può quindi desumere che le attività necessarie per la realizzazione dell’intervento possono garantire una domanda occupazionale a livello nazionale e regionale, con ricadute occupazionali dirette anche sul territorio comunale. In particolare, tenendo presente che 1 FTE (*“Full Time Equivalent”*) corrisponde a 220 giornate lavorative annue, si prevede quanto segue:

a) Opere civili

La realizzazione delle opere civili sarà affidata prioritariamente a società che risiedono sul territorio comunale o comuni limitrofi con la creazione di circa 3900 giornate uomo di lavoro pari a circa 18 FTE con le seguenti previsioni occupazionali:

¹³ Regione Toscana – PAER - Disciplinare di piano 2015

¹⁴ Greenreport.it 29/08/2014 - <http://www.greenreport.it/news/economia-ecologica/alberto-ferrini-geotermia-castelnuovo-val-cecina/>



OFFERTA OCCUPAZIONALE		
	ADDETTI	GIORNI UOMO
VIABILITA' -	10 per 7 settimane	350
AREE DI ACCESSO e STOCCAGGIO MEZZI e MATERIALI	18 per 8 settimane	720
MOVIMENTI TERRE VASCA DI ACCUMULO E POSTAZIONE DI PERFORAZIONE	18 per 10 settimane	900
MOVIMENTI TERRE, VIABILITA', VASCA ACQUA E CENTRALE, OPERE CIVILI POSTAZIONE	25 per 10 settimane	1250
OPERE CIVILI CENTRALE	12 per 4 settimane	240
OPERE DI MITIGAZIONE	10 per 9 settimane	450
TOTALE GIORNI UOMO		3910

b) Fase di perforazione

La realizzazione delle attività di perforazione sarà appaltata a società specializzate del settore. I servizi tecnici e logistici e la manodopera, se disponibili, saranno prioritariamente reperiti tra soggetti residenti nel Comune o Comuni limitrofi. L'importo complessivo stimato per tali attività è di circa 3 milioni di euro in due anni con la prospettiva di creazione di circa 13000 giornate uomo equivalenti a circa 59 FTE con le seguenti previsioni occupazionali:

OFFERTA OCCUPAZIONALE		
	ADDETTI	GIORNI UOMO*
MONTAGGIO IMPIANTO DI PERFORAZIONE	25 tutti i giorni (su due turni), sabato e festivi inclusi per 3 settimane	787
PERFORAZIONE POZZO CAS-P1:	25 tutti i giorni (su due turni), sabato e festivi inclusi per 13 settimane	3412
PERFORAZIONE POZZO CAS-I:	25 tutti i giorni (su due turni), sabato e festivi inclusi per 16 settimane	4200
PERFORAZIONE POZZO CAS-P2:	25 tutti i giorni (su due turni), sabato e festivi inclusi per 16 settimane	4200
SMONTAGGIO IMPIANTO DI PERFORAZIONE	25 tutti i giorni (su due turni), sabato e festivi inclusi per 3 settimane	787
TOTALE GIORNI UOMO		13386

* NB: 1 turno di 12 ore equivale a 1.5 giorni-uomo



c) Realizzazione centrale geotermoelettrica

La realizzazione dell'impianto sarà appaltata a società specializzate del settore. I servizi tecnici e logistici e parte della manodopera, se disponibili, saranno prioritariamente reperiti tra soggetti residenti nel Comune o Comuni limitrofi con le seguenti previsioni occupazionali:

OFFERTA OCCUPAZIONALE		
	ADDETTI (preliminare)	GIORNI UOMO (preliminare)
INSTALLAZIONE CONDENSATORE AD ARIA	6	318
INSTALLAZIONE E MONTAGGIO DELLE PARTI MECCANICHE	7	368
INSTALLAZIONE E MONTAGGIO DELLE PARTI ELETTO-STRUMENTALI		
POSA IN OPERA DELLE TUBAZIONI	8	680
COMMISSIONING, MESSA IN SERVIZIO E COLLAUDO PRESTAZIONALE	6	204
TOTALE GIORNI UOMO		1570

Inoltre, per tutta la durata di esercizio dell'impianto, sono previste le seguenti attività:

- gestione impianti (centrale e campo pozzi) – N. 8 addetti per coprire turni di 8 ore, 7 giorni su 7;
- direzione tecnica dell'impianto – N. 1 tecnici;
- staff tecnico (ingegneri di serbatoio, ingegneri di processo, geologi) – N. 4;
- manutenzione, ordinaria e straordinaria – N. 2 addetti;
- servizi di guardiania – N. 1 addetto;
- servizi amministrativi – N. 2 addetti;

per un totale di 18 addetti in fase di esercizio.

Tali previsioni prospettano dunque un'incidenza positiva nel quadro occupazionale locale in quanto saranno privilegiate imprese e maestranze locali per l'esecuzione delle attività. La presenza di personale operativo comporterà anche un beneficio per l'indotto (servizi, ristorazione, alloggi etc).

2) Benefici economici

Come sottoscritto in data 28/01/2014 nel Protocollo tra la Rete Geotermica (della quale fanno parte le imprese che costituiscono la RETE GEOTERMICA TOSCANA) ed il Presidente della Regione Toscana, è concordato l'impegno a "garantire la messa a disposizione, in processi industriali, agricoli, commerciali e civili, dell'energia termica derivata dai processi di produzione di energia elettrica [...]".

Inoltre, ai sensi del D. Lgs. 11 febbraio 2010, n. 22 - Art. 16 - Canoni e contributi, comma 5-bis e comma 11 - "Limitatamente alla sperimentazione di impianti pilota a ridotto impatto ambientale, di cui all'articolo 1, comma 3-bis", al Comune sede dell'impianto è dovuta la compensazione ambientale nella misura del 4% dell'investimento, mentre non sono dovute le *royalties* ai Comuni sede dell'Impianto ed alla Regione come previsto per i permessi di ricerca ordinari .



Inoltre verrà messa a disposizione dell'Amministrazione comunale e/o di imprese locali l'energia termica (calore) per applicazioni non legate alla generazione di energia elettrica nel settore agro-alimentare, industriale, civile e turistico/alberghiero.

3) Benefici ambientali

La produzione di energia elettrica da fonte geotermica consente di evitare le emissioni di anidride carbonica legate alla produzione di elettricità da fonte termoelettrica. Considerando il fattore di emissione atmosferica di CO₂ e sviluppo delle fonti rinnovabili nel settore elettrico (Rapporti 212/2015 di ISPRA) di 0,554 kg di CO₂ per ogni kWh di energia elettrica da combustibile fossile, e considerando la produzione media annua di 40 GWh di energia elettrica netta (ottenuta considerando la potenza elettrica netta di circa 5 MW ed un funzionamento dell'impianto di 8.000 h/anno), il quantitativo di emissioni di CO₂ evitate grazie all'esercizio dell'impianto pilota geotermico di Castelnuovo Val di Cecina sarà di circa 22.160 t per ogni anno di funzionamento.

Si sottolinea inoltre che l'occupazione di suolo per unità di energia elettrica prodotta dagli impianti di energia geotermica è sicuramente tra le più basse tra gli impianti di produzione energia elettrica da fonti energetiche rinnovabili.

A titolo esemplificativo si riporta di seguito un confronto tra l'energia elettrica prodotta dal presente impianto e l'energia elettrica che si produrrebbe da un impianto fotovoltaico caratterizzato da una medesima occupazione di suolo e posizione geografica. Di seguito si riporta il confronto di occupazione diretta di suolo tra l'impianto geotermico di Castelnuovo ed un impianto fotovoltaico nella medesima area. Dai risultati riportati in tabella si riscontra come l'occupazione di suolo per unità di superficie per l'impianto geotermico di Castelnuovo risulti di circa 287,5 m²/GWh a fronte di un'occupazione di circa 17.000 m²/GWh di un impianto fotovoltaico nella stessa area.

	<i>Parametro</i>	<i>UdM</i>	<i>Geotermico</i>	<i>Fotovoltaico⁽¹⁾</i>
<i>A</i>	<i>Occupazione diretta di suolo</i>	<i>M²</i>	<i>11,500</i>	<i>33,600</i>
<i>B</i>	<i>Potenza elettrica netta</i>	<i>MW</i>	<i>5.18</i>	<i>1.7</i>
<i>C</i>	<i>Ore annuali equivalenti di funzionamento alla potenza nominale</i>	<i>H</i>	<i>7,725</i>	<i>1,200</i>
<i>D</i>	<i>Produzione annuale Energia elettrica</i>	<i>GWh</i>	<i>40</i>	<i>1.68</i>
<i>E</i>	<i>Occupazione suolo/Energia elettrica annuale (A/D)</i>	<i>M²/GWh</i>	<i>≈287.5</i>	<i>≈17,000</i>

Nota (1): Considerando conservativamente che per impianti fotovoltaici siano necessari 2 ha di territorio per ogni MW installato

In aggiunta, particolare attenzione è stata prestata all'inserimento ambientale e paesaggistico del progetto ricorrendo a soluzioni architettoniche innovative.