

# “TACCU SA PRUNA”

Impianto di accumulo idroelettrico mediante pompaggio  
ad alta flessibilità

Comune di Esterzili (SU)

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE

STRATEGIES FOR WATER



Progettisti: Ing. Luigi Lorenzo Papetti

## Relazione di cantiere generale



REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
0	PRIMA EMISSIONE	15/06/2022	E. Marchesi	C. Pasqua	L. Papetti

Codice commessa: 1351

Codifica documento: 1351-A-FN-R-02-0

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>GENERALITÀ</b>	<b>3</b>
2.1	Criteri per l'individuazione delle aree di cantiere	3
2.2	Caratteristiche generali delle aree di cantiere	4
2.3	Orario di lavoro	5
2.4	Aree di cantiere	5
2.5	Viabilità	6
2.6	Trattamento acque	7
<b>3</b>	<b>CANTIERE DI MONTE</b>	<b>8</b>
3.1	Premessa	8
3.2	Campo base	8
3.2.1	Componenti principali del campo base	8
3.2.2	Parco macchine	9
3.2.3	Aree di servizio ed area tecnica	10
3.2.4	Area per il deposito di materiale sciolto	10
3.2.5	Produzione inerti per cls e conglomerati bituminosi	10
3.2.6	Impianto di betonaggio e aree di stoccaggio	11
3.2.7	Trattamento del materiale proveniente dagli scavi	11
3.2.8	Fabbrica virole	11
3.2.9	Macchine operatrici	11
3.3	Opere da realizzare	12
3.3.1	Bacino di monte	12
3.3.2	Movimenti di terra	13
3.3.3	Opera di presa di monte	14
3.3.4	Sbocco cunicolo di drenaggio	14
3.3.5	Canale di drenaggio dello sfioratore di superficie	15
<b>4</b>	<b>CANTIERE DI VALLE</b>	<b>16</b>
4.1	Premessa	16
4.2	Opere da realizzare	16
4.2.1	Imbocco della galleria d'accesso alla centrale	16
4.2.2	Gallerie d'accesso	17
4.2.3	Vie d'acqua	17
4.2.4	Opera di presa di valle	18
4.2.5	Pozzo paratoie	19
4.2.6	Centrale in caverna	20
4.2.7	Sottostazione elettrica in caverna	20
4.2.8	Pozzo piezometrico	21

## 1 PREMESSA

La presente relazione descrive nel dettaglio le fasi di cantierizzazione delle opere costituenti l'impianto in progetto così come riportato nella *Relazione tecnica particolareggiata* (elaborato 1351-A-FN-R-01-0).

L'organizzazione e delle tempistiche di esecuzione dei lavori, sarà definita in dettaglio in fase di progettazione esecutiva.

In fase di avvio dei lavori, dopo l'assegnazione del contratto di esecuzione, l'impresa dovrà fornire il proprio cronoprogramma e la definizione esatta dell'impianto cantiere, nonché la sua organizzazione.

Questo piano di impostazione dei lavori va approvato dalla Direzione Lavori (DL), che si occuperà di verificare che esso sia congruo con le disposizioni di capitolato e che sia in ogni caso ragionevole, definito adeguatamente e rispettoso dei requisiti ambientali, intesi nel senso più vasto, includendo gli impatti sulla natura e sull'ambiente antropico, temporanei e permanenti.

Il capitolato riporta esattamente come cronoprogramma e piano di cantierizzazione debbano essere redatti, con quale dettaglio e con quali supporti documentali, incluso il piano di qualità e di monitoraggio sia ambientale che di avanzamento lavori.

La presente valutazione è del tutto preliminare ed indicativa, finalizzata a configurare una ipotesi ragionevole di tempistica e modalità di realizzazione dell'opera per consentirne l'identificazione e le approvazioni preliminari.

## 2 GENERALITÀ

### 2.1 CRITERI PER L'INDIVIDUAZIONE DELLE AREE DI CANTIERE

Il piano di cantierizzazione per realizzare la complessa opera in progetto viene sviluppato al fine di garantire la migliore soluzione tecnica ed ambientale nelle condizioni, modalità e tempi previsti. Per ottimizzare l'esecuzione dei lavori e allo stesso tempo minimizzare gli impatti negativi sul territorio e sulla rete stradale esistente, il Programma dei Lavori ed il Sistema di Cantierizzazione si basano sull'ipotesi di affrontare le lavorazioni su diversi fronti operativi.

L'organizzazione ed il dimensionamento di ogni cantiere si basa sulla tipologia d'opera o di opere che ognuno di esso dovrà servire, sui caratteri geometrici delle stesse opere, sulle scelte progettuali e di costruzione.

Nell'individuare le aree da adibire ai cantieri, si è tenuto conto dei seguenti requisiti:

- dimensioni areali sufficientemente ampie;
- prossimità a vie di comunicazioni importanti o strade adeguate al transito dei mezzi pesanti;
- lontananza da zone residenziali e da recettori sensibili (scuole, ospedali, etc.);
- adiacenza alle opere da realizzare;
- vincoli e prescrizioni limitative dell'uso del territorio (da P.R.G., Piano Paesistico, vincoli archeologici, naturalistici, idrogeologici, etc.);

- morfologia (evitando, per quanto possibile, pendii o luoghi eccessivamente acclivi in cui si rendano necessari consistenti lavori di sbancamento o riporto);
- esclusione di aree di rilevante interesse ambientale;
- possibilità di deposito e riutilizzo dei materiali di scavo.

## 2.2 CARATTERISTICHE GENERALI DELLE AREE DI CANTIERE

Per realizzare le opere è necessario prevedere strutture operative adeguate la cui entità varia in relazione al tipo ed alle dimensioni delle opere da realizzare. Nel caso in esame, in particolare nei cantieri per lavori in sotterraneo, predominanti nell'opera in oggetto, l'allestimento di cantiere previsto si divide in:

- attrezzature a cielo aperto;
- attrezzature sotterranee.

Le attrezzature a cielo aperto consistono in strutture generiche ed installazioni tecniche esterne, quali:

- Uffici tecnici amministrativi per la conduzione e la direzione lavori.
- Mensa/refettori, spogliatoi e servizi igienici.
- Officina: essa deve essere adeguata al complesso parco mezzi necessario (jumbo, perforatori, dumper, macchine per la messa in opera di spritz beton, martelloni, etc.).
- Stazione di rifornimento per automezzi con motore diesel.
- Alimentazione (aria compressa, acqua, energia elettrica).
- Impianto di betonaggio.
- Depositi per materiali di consumo (i.e., gasolio, lubrificanti, ricambi, etc.), e da costruzione (i.e., cemento, inerti, centine, armature, barre, etc.).
- Cassoni per la raccolta dei rifiuti (i.e., legno, ferro, imballaggi misti, etc.).
- Gru per carico/scarico materiale.
- Impianto di lavaggio delle attrezzature.
- Impianti di separazione e depurazione delle acque di deflusso provenienti dalle gallerie, dagli impianti di betonaggio e di lavaggio mezzi.
- Ventilatori d'aerazione del cantiere di scavo.
- Impianto di alimentazione energia elettrica, aria compressa ed acqua di processo.
- Pompaggio (pompe sommerse e tubazioni fisse per l'allontanamento delle acque di percolazione delle gallerie).
- Etc.

Le attrezzature suddette sono organizzate in:

- campi base;
- cantieri industriali.

I campi base contengono i baraccamenti per l'alloggiamento delle maestranze, le mense, gli uffici e tutti i servizi logistici necessari per il funzionamento del cantiere. Essi

sono normalmente ubicati in zone facilmente accessibili dalla rete viaria ordinaria e nelle vicinanze dei cantieri industriali che devono supportare.

I cantieri industriali contengono gli impianti ed i depositi di materiali necessari per assicurare lo svolgimento delle attività di costruzione delle opere. Essi sono ubicati in prossimità degli imbocchi per le tratte in galleria, ed in vicinanza delle opere d'arte di maggiore impegno da realizzare.

Le attrezzature sotterranee, relative alla realizzazione delle gallerie naturali ed artificiali, sono:

- le installazioni tecniche relative allo scavo in avanzamento, quali perforatrici a roto-percussione (*jumbo*), chiodatrici, *dumper*, escavatori; le installazioni tecniche relative all'alimentazione di energia elettrica, acqua, aria compressa ed aerazione del cantiere di scavo;
- i sistemi di trasporto per materiale di scavo, calcestruzzo, betoncino proiettato, materiale da costruzione, etc.;
- le installazioni tecniche per il rivestimento quali casseri, armature, macchine per la messa in opera di betoncino proiettato.

Secondo le fasi esecutive previste e secondo il cronoprogramma, per realizzare le opere in progetto, è previsto l'impianto di un solo campo base, nelle vicinanze del bacino di monte.

Tutti i cantieri sono previsti opportunamente recintati e protetti (barriere, metalliche, etc.), per evitare possibili accessi di persone e mezzi, estranei alle attività di cantiere.

Le aree di cantiere, al termine dei lavori in oggetto, dovranno essere ripristinate mediante lo smontaggio e la rimozione dei prefabbricati, la demolizione delle opere in cemento armato e dell'eventuale asfaltatura, la rimozione delle reti interrato e la stesa del terreno vegetale, ripristinando i luoghi.

### **2.3 ORARIO DI LAVORO**

A seconda del tipo di realizzazione le ore lavorative previste possono variare:

- lo scavo delle gallerie/caverne è previsto, sia per ragioni tecniche che di sicurezza, effettuato ininterrottamente;
- i lavori per i rimanenti cantieri (lavori di movimentazione terra, opere di ingegneria civile, montaggi elettromeccanici, etc.) saranno effettuati normalmente, in ritmi settimanali.

### **2.4 AREE DI CANTIERE**

Le aree di cantiere previste attualmente sono due:

- A. Cantiere di monte
- B. Cantiere di valle

Il sistema generale di gestione della cantieristica comporta la presenza di un solo campo base in corrispondenza del cantiere di monte.

## 2.5 VIABILITÀ

Al fine di raggiungere le diverse aree di cantiere necessarie per la costruzione dell'impianto, si prevede di realizzare una idonea viabilità che consenta sia il transito dei mezzi di cantiere che, una volta terminati i lavori, permetterà il raggiungimento delle diverse opere dell'impianto per gli interventi di ispezione e manutenzione.

Per contenere gli impatti sul territorio si è cercato di avvalersi, per quanto possibile, della viabilità esistente (prevedendone l'adeguamento), prevedendo la creazione di nuovi tratti di viabilità solo dove strettamente necessario.

In particolare, si prevede:

- la creazione di un nuovo tratto di viabilità che consente di collegare l'area prossima al bacino di monte con l'imbocco della galleria d'accesso alla centrale in progetto. La lunghezza di questo tratto di viabilità è pari a circa 8 km, con un tratto in galleria per una lunghezza complessiva di 700 m. La creazione di questa strada, che andrà a sostituire quella attualmente esistente, è necessaria in quanto le pendenze del tracciato esistente raggiungono valori tali (>15%) da non poter consentire il transito in sicurezza dei mezzi di cantiere e degli elementi più ingombranti dell'impianto (i.e., trasformatori e componenti dei gruppi ternari);
- l'adeguamento di un tratto di viabilità esistente, per una lunghezza di circa 2,5 km che collega la SP53 all'inizio del tratto di viabilità da creare di cui al punto sopra.

Sia per i tratti di viabilità da adeguare che per quelli da creare *ex novo*, si prevede di realizzare tratti stradali di tipo F (strada urbana). In Figura 1 è riportata a titolo esemplificativo la sezione tipo in mezza costa.

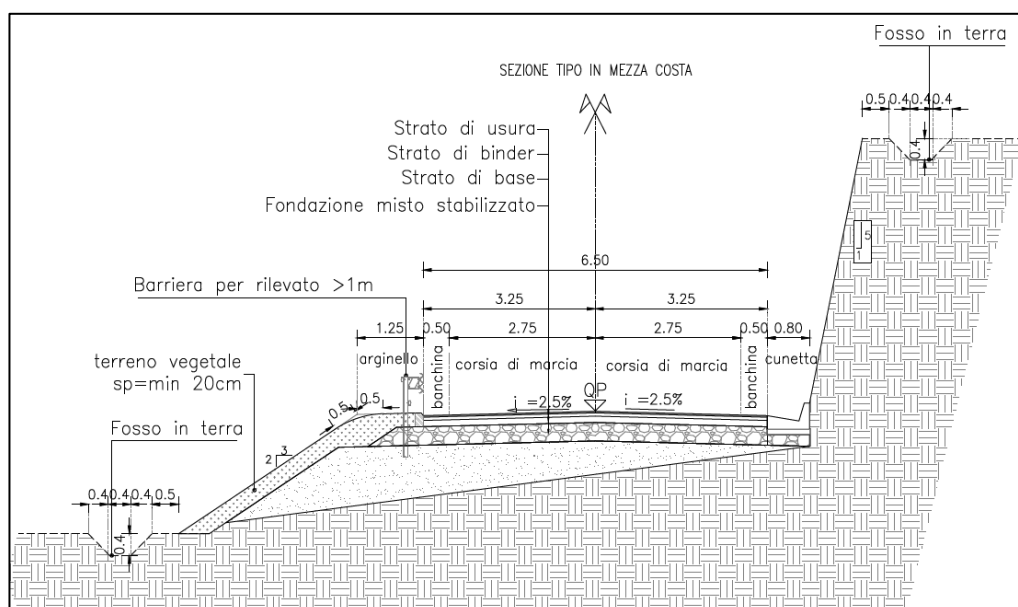


Figura 1 - Sezione tipo viabilità

In fase di progettazione esecutiva, a seguito di una campagna topografica mirata, sarà possibile aggiornare il tracciato della nuova viabilità e gli interventi di messa in sicurezza della stessa.

All'interno delle aree di cantiere saranno anche previste viabilità provvisorie, successivamente riportate allo stato *ante-operam* in fase di dismissione del cantiere.

## **2.6 TRATTAMENTO ACQUE**

In ogni fase di lavoro le acque provenienti dagli scavi delle gallerie verranno captate ed evacuate mediante tubazioni fino ad apposito impianto di trattamento ubicato nei cantieri all'aperto antistanti l'imbocco delle gallerie d'accesso, eventualmente con l'ausilio di stazioni intermedie di rilancio.

Per le acque reflue di lavorazione, ogni fronte di scavo o getto verrà attrezzato con apposito pozzetto di raccolta e tramite pompa di aggettamento verranno evacuate come sopra.

Sia nel primo caso che nel secondo, le acque opportunamente trattate, una volta verificata la conformità ai limiti di cui all'allegato 5 della parte III del D.Lgs 152/2006, saranno recapitate su corpo idrico superficiale, previa autorizzazione rilasciata dagli enti.



### 3 CANTIERE DI MONTE

#### 3.1 PREMESSA

L'area di cantiere è ubicata ad Ovest della SP53, nella porzione più meridionale del comune di Esterzili (SU), presso la località "Taccu Sa Pruna" (Figura 2). Vi si potrà accedere tramite la suddetta strada provinciale. L'estensione complessiva è pari a circa 1.671.000 m<sup>2</sup>.

Quest'area di cantiere conterrà al suo interno il campo base, un impianto di frantumazione e vagliatura, un impianto di betonaggio, la fabbrica virole e il bacino di monte.

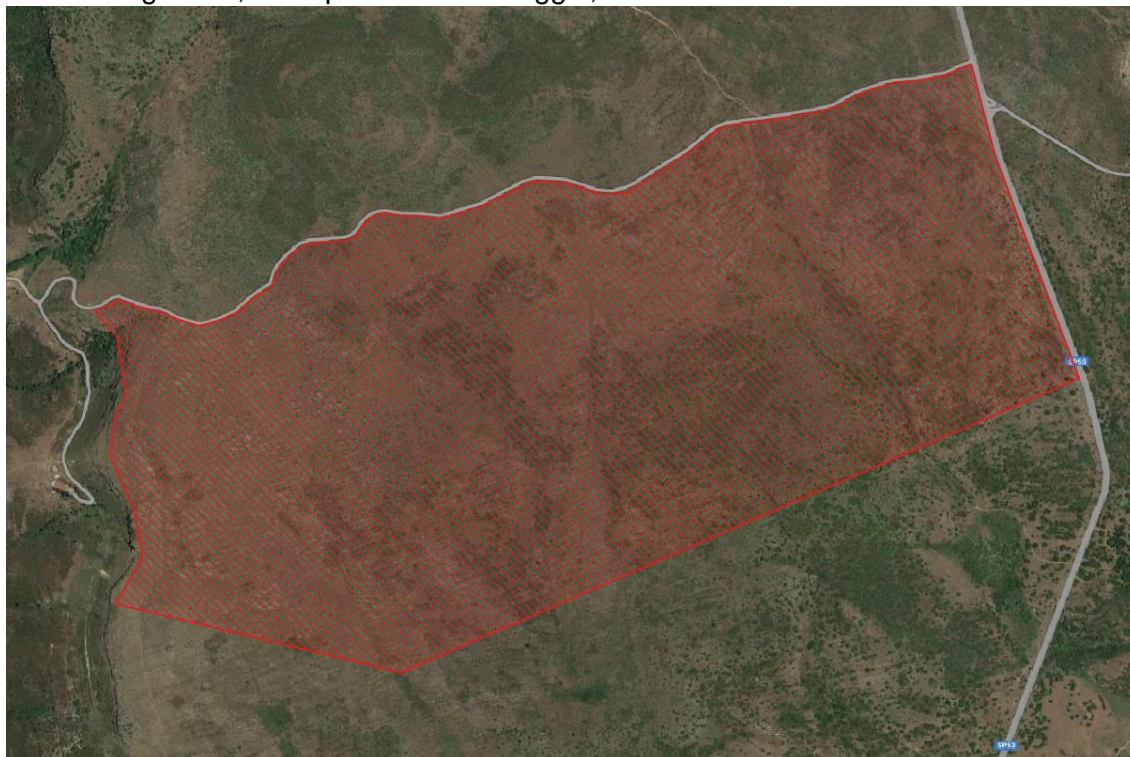


Figura 2 – Area di cantiere di monte

#### 3.2 CAMPO BASE

##### 3.2.1 COMPONENTI PRINCIPALI DEL CAMPO BASE

Le componenti previste sono:

- Recinzione
- Edificio guardiania e servizi di sicurezza
- Parcheggio e parco macchine di servizio
- Zona di servizio
  - Uffici della DL e della Committenza
  - Uffici dell'impresa
  - Servizi igienici, spogliatoi e docce degli uffici
  - Infermeria/Primo soccorso con servizio medico e/o infermieristico
  - Zona di ristoro
  - Mensa
- Area tecnica



- Deposito e ufficio topografia
- Laboratorio terre
- Laboratorio calcestruzzi
- Deposito carote e campioni
- Magazzini equipaggiamenti e materiali diversi
- Deposito casseforme
- Serbatoio acqua per usi civili
- Cassoni rifiuti
- Manutenzione macchine operatrici
  - Officina
  - Deposito pezzi di ricambio
  - Serbatoio carburante
  - Parcheggio mezzi d'opera
- Impianti
  - Impianto di trattamento dei materiali provenienti dagli scavi
  - Deposito materiali da scavi da trattare
  - Deposito materiali da scavi trattati da mettere in opera
  - Silo acqua lavaggi materiali da costruzione
  - Impianto di betonaggio
  - Impianto di frantumazione
  - Silo cemento
  - Deposito inerti
  - Silo acqua per impasti
  - Area di deposito e lavorazione dei ferri di armatura
  - Impianto di produzione dei conglomerati bituminosi
  - Deposito bitumi
  - Deposito inerti e additivi per conglomerato bituminoso
- Sistemi e servizi generali
  - Comunicazione
  - Illuminazione, impianti elettrici e di messa a terra
  - Generatore di emergenza
  - Serbatoio carburante del generatore
  - Potabilizzazione idrica
  - Trattamento liquami
  - Raccolta differenziata dei rifiuti
- Depositi ed aree di prestito
  - Deposito rifiuti
  - Deposito materiali provenienti dagli scavi da riutilizzare
  - Deposito del terreno vegetale da riutilizzare

### 3.2.2 PARCO MACCHINE

Le auto di servizio saranno dei fuori strada utili per raggiungere i vari punti del cantiere.

Si prevede:

- Servizio infermieristico
- Vetture fuoristrada
- Mezzi di lavoro

### 3.2.3 AREE DI SERVIZIO ED AREA TECNICA

Gli uffici della DL indicativamente comprenderanno le postazioni di lavoro per tecnici ed amministrativi di cantiere, archivio, sale riunioni, servizi igienici, etc.

Analoghi spazi saranno previsti per l'impresa, che si dovrà attrezzare per il controllo di produzione e per la preparazione degli *as-built*.

Il pronto soccorso/infermeria avrà indicativamente una superficie di 40 m<sup>2</sup> e sarà separato dalla zona uffici.

La zona ristoro consentirà l'incontro, il relax ed eventualmente servizi di mensa o spaccio.

Il laboratorio terre e calcestruzzi avrà una superficie complessiva di circa 250 m<sup>2</sup>, compresi il deposito campioni e carote, e sarà gestito dall'impresa con la sorveglianza di un geotecnico della DL che disporrà di un proprio ufficio nel complesso.

Il magazzino occupa un'area a sé ed è recintato, esso è dotato di uno spazio chiuso e di uno all'aperto, ma coperto. Il magazzino è gestito dall'impresa.

### 3.2.4 AREA PER IL DEPOSITO DI MATERIALE SCIOLTO

All'interno dell'area di cantiere è da prevedere un'area per il deposito dei materiali derivanti dagli scavi dell'area di cantiere di monte, dell'area di cantiere di valle e della creazione della viabilità che collega il bacino superiore al bacino inferiore; su quest'area sarà steso un geotessile (tessuto non tessuto); al termine dei lavori questo sarà rimosso e tutta l'area sarà completamente ripristinata.

### 3.2.5 PRODUZIONE INERTI PER CLS E CONGLOMERATI BITUMINOSI

A seguito di prove di laboratorio (e.g., Los Angeles, gelività, determinazione della silice amorfa, etc.), il materiale proveniente dagli scavi risulta essere di buona qualità, e tramite opportuni trattamenti, potrebbe essere reimpiegato come materiale inerte per il confezionamento del calcestruzzo: per questo scopo, presso il cantiere di monte si prevede l'installazione di impianti di frantumazione, vagliatura, etc.

Qualora ne sorgesse la necessità, ed a seconda delle scelte dell'impresa esecutrice, sarà possibile far trasportare direttamente presso il cantiere inerti prodotti e selezionati in cava nelle granulometrie e con i controlli di qualità previsti assicurati all'origine. Questo consentirebbe anche di ridurre l'esigenza di spazi di cantiere.

Nell'area di cantiere devono essere previsti depositi minimi di inerti per calcestruzzi e per i conglomerati bituminosi, in modo da non avere le lavorazioni di stesa condizionate dai trasporti esterni.

I sili per inerti da calcestruzzi e conglomerati bituminosi in sito sono anche necessari per preservare la qualità dell'inerte dalla pioggia e dalla polvere e per l'alimentazione automatica delle bilance.

### 3.2.6 IMPIANTO DI BETONAGGIO E AREE DI STOCCAGGIO

In quest'area è anche prevista la creazione di un impianto temporaneo di betonaggio di medie dimensioni per il confezionamento del calcestruzzo e del calcestruzzo proiettato (*spritz beton*). Questo impianto sarà realizzato secondo le più moderne tecniche, nel modo più compatto e protetto possibile, così da evitare al massimo la dispersione nell'ambiente circostante di rumori e polveri.

### 3.2.7 TRATTAMENTO DEL MATERIALE PREVENIENTE DAGLI SCAVI

A seguito di prove di laboratorio (e.g., Los Angeles, gelività, determinazione della silice amorfa, etc.), il materiale proveniente dagli scavi risulta essere di buona qualità, e tramite opportuni trattamenti, può essere reimpiegato nella costruzione dell'impianto sia come inerte per il confezionamento di calcestruzzo che come materiale di riporto (principalmente l'erezione del rilevato del bacino di monte).

Presso il cantiere di monte saranno previsti impianti di vagliatura grossolana, vagliatura ad umido ed aree di stesa per l'essiccazione e il controllo dell'umidità, nonché aree di deposito dei materiali trattati pronti per essere impiegati nell'erezione del rilevato.

Gli impianti e depositi occupano aree vaste, che tuttavia devono essere il più vicino possibile alle zone di collocazione e di deposito permanente, per contenere gli oneri e gli impatti del trasporto.

La definizione delle aree dipende da fattori geotecnici ed organizzativi che sono oggetto del progetto esecutivo prima e della pianificazione di dettaglio dell'impresa dopo.

### 3.2.8 FABBRICA VIROLE

Per la fabbricazione delle virole l'area verrà attrezzata con capannoni adibiti alle attività di calandratura, sabbiatura e verniciatura. All'interno del cantiere si prevedono aree per lo stoccaggio temporaneo delle virole e dei pezzi speciali in acciaio (ad esempio i raccordi e spicchi di biforcazioni).

Per la spianatura dell'area si prevede lo scotico del terreno superficiale e una pavimentazione con stabilizzato e successiva pavimentazione in cementato, dove necessario.

### 3.2.9 MACCHINE OPERATRICI

Il parco delle macchine operatrici è importante al fine di poter eseguire le attività in progetto. Esso comprende:

- Macchine per la realizzazione di strade provvisorie e permanenti e per la loro manutenzione (i.e., dozer apripista, dozer pesanti, pale gommate e dumper, grader e rulli compattatori, autobotti con dispositivi di innaffiamento).
- Macchine per gli scavi in terra e in sezione obbligatoria, principalmente retroescavatori e pale gommate per il carico dei mezzi di trasporto, dozer medi per rappare e movimentare il materiale, dumpers, retroescavatori leggeri per gli scavi di modeste dimensioni.
- Mezzi per palificare e per micropali e diaframmi per la realizzazione di portali e per il sostegno degli scavi, macchine per la perforazione e la messa in opera di tiranti e ancoraggi.

- Macchine per il movimento terra, pale gommate da un metro cubo almeno, dumpers da 10-20 m<sup>3</sup>.
- Macchine per la stesa dei materiali da diga ed i riempimenti in genere, pale gommate, rulli lisci ed a piede di pecora per i materiali fini, rulli pesanti vibranti per materiali calcarei, rulli vibranti di piccole dimensioni per i filtri, retroescavatori con cucchiaio da 0,6 m<sup>3</sup> e sbraccio da 6 metri per le profilature.
- Compressori e vibratori per la stesa del calcestruzzo. Benne, pompe carrate da calcestruzzo.
- Macchine finitrici e rulli lisci per la stesa dei conglomerati bituminosi, mezzi di stesa dei conglomerati bituminosi nelle aree marginali e per la finitura.
- Gru e mezzi di sollevamento. Pompe di aggettamento, compressori, martelli demolitori, Tirfor. Macchine per la perforazione ed il carotaggio di terre, roccia e conglomerati.
- Equipaggiamenti per la produzione e la manipolazione di materiale metallico, macchine da officina per il taglio, tornitura e fresatura, macchine per la produzione e la trasformazione di casseri in legno e metallo, macchine per il taglio e la piegatura dei ferri d'armatura.

### 3.3 OPERE DA REALIZZARE

#### 3.3.1 BACINO DI MONTE

Il bacino sarà ubicato in località "Taccu Sa Pruna" nel comune di Esterzili (SU), ed è delimitato da un rilevato arginale da classificare come grande diga per via della sua altezza e del volume da essa invasato. Il bacino è impermeabilizzato internamente mediante un rivestimento in geocomposito. Esso è dotato di un piccolo sfioratore di emergenza, di un sistema di raccolta e controllo dei drenaggi e da una strada di accesso all'interno del bacino.

I volumi principali dei movimenti terra, che costituiscono la lavorazione dominante, sono indicativamente:

- Scavi complessivi: 741.000 m<sup>3</sup> (volume *in situ*, prima del rigonfiamento), di cui:
  - 100.000 m<sup>3</sup> di terreno vegetale
  - 626.000 m<sup>3</sup> di dolomie
  - 15.000 m<sup>3</sup> di rocce del basamento
- Riporti complessivi: 1.919.000 m<sup>3</sup> (volume *in situ*, considerando la compattazione), di cui:
  - Terreno vegetale per rinverdimento sponde (derivante dallo scotico iniziale e dallo scotico per la creazione del nuovo tratto di viabilità citato al § 2.5): 25.000 m<sup>3</sup>
  - Nucleo diga (materiali sciolti provenienti dagli scavi delle opere in sotterraneo dell'impianto; selezionati, pretrattati e mischiati con materiale dolomitico proveniente dallo scavo di fondazione della diga e di regolarizzazione del bacino di monte): 789.000 m<sup>3</sup>

- Riporto per la risagomatura del fondo del bacino (materiali provenienti dagli scavi delle opere in superficie ed in sotterraneo): 305.000 m<sup>3</sup>
- Riporto sul paramento esterno della diga (materiali provenienti dagli scavi delle opere in superficie ed in sotterraneo): 800.000 m<sup>3</sup>

### 3.3.2 MOVIMENTI DI TERRA

Inizialmente, si prevede di eseguire lo scotico dell'area interessata dalla realizzazione del bacino, procedendo da Sud verso Nord. Il terreno vegetale sarà opportunamente conservato in un'area di deposito contenuta all'interno del cantiere, per poi essere riutilizzata per ricoprire i paramenti esterni del rilevato.

Contemporaneamente, si può procedere con lo scavo delle fondazioni del rilevato, con le relative regolarizzazioni del fondo, da Sud verso Nord (occupandosi prima dei lati Ovest e Sud, poi dei lati Est e Nord). Si prevede di stoccare temporaneamente i volumi di dolomie e di rocce del basamento (non ascrivibili a terreno vegetale) presso un'area di deposito interna all'area di cantiere e prossima alle aree di scavo.

Una parte di questo volume sarà mischiato con materiale selezionato e pretrattato proveniente dagli scavi delle opere in sotterraneo (i.e. gallerie d'accesso, centrale in caverna, pozzo piezometrico, etc.); la parte restante di tale volume sarà invece riutilizzata come riporto per sagomare il fondo del bacino nelle aree in cui il terreno attuale si trova ad una quota inferiore a quella del nuovo fondo del bacino, e come riporto sul paramento esterno della diga.

Contemporaneamente allo scavo delle fondazioni dovrà essere realizzato il sistema drenante, che consiste in un cunicolo di ispezione e drenaggio in calcestruzzo armato collocato sul lato Sud e parzialmente sui lati Est ed Ovest del bacino, mentre sui lati rimanenti consiste in tubazioni avvolte in geotessuto. Il cunicolo dovrà essere progressivamente completato procedendo con gli scavi in direzione Nord. Sarà anche realizzato il cunicolo di scarico e il canale di scarico dei drenaggi per consentire l'evacuazione delle portate che inevitabilmente defluiranno con l'approfondimento degli scavi.

A seguito del completamento degli scavi di fondazione per ciascuna tratta, si procederà all'erezione della diga, eseguita tramite riporto e compattazione di strati di 30 cm di materiali sciolti provenienti dagli scavi delle opere in sotterraneo dell'impianto opportunamente selezionati, pretrattati e mischiati con materiale dolomitico proveniente dallo scavo di fondazione della diga e di regolarizzazione del bacino di monte. La stesa si può effettuare rapidamente anche con condizioni meteo avverse (comunque non estreme).

Contestualmente all'erezione della diga, e compatibilmente con la disponibilità dei volumi di scavo derivanti dal cantiere di valle e dalla creazione della viabilità citata al § 2.5, sul paramento esterno della diga saranno riportati e compattati strati 20 cm consistenti in materiali provenienti dagli scavi delle opere in superficie ed in sotterraneo. Questi materiali (aventi minori qualità geomeccaniche rispetto ai materiali che costituiscono il corpo della diga) dovranno essere separati dalla diga tramite uno strato di sottofondo drenante da 25 cm.

Procedendo, dovranno essere realizzati i calcestruzzi dello sfioratore e degli accessi al cunicolo di ispezione e drenaggio, avvalendosi dell'impianto di betonaggio presente nell'area di cantiere.

Sulle aree del fondo del bacino in cui gli scavi sono conclusi, sarà possibile eseguire la stesa del geocomposito (conforme al bollettino ICOLD 135) e di uno strato di pietrisco privo di fini di 25 cm.

Dopo aver terminato i movimenti terra, saranno ultimati i completamenti della stesa di geocomposito sulle sponde interne della diga, del conglomerato bituminoso sul coronamento, del terreno vegetale sul paramento esterno del rilevato e saranno realizzate le opere di finitura finali (tra cui le rampe di accesso ubicate sul lato Nord del bacino).

### 3.3.3 OPERA DI PRESA DI MONTE

Terminato lo scavo localizzato per l'opera di presa di monte presso l'area ad Ovest del bacino, si prevede lo scavo di un pozzo verticale avente diametro interno di 5,5 m e profondità di circa 490 m. Questo pozzo ha lo scopo di raccordare l'opera di presa (realizzata tramite un calice in calcestruzzo armato) alla galleria idraulica orizzontale citata al § 4.2.3.

Si prevede di realizzare l'opera con metodo tradizionale (centine, *spritz beton* e chiodature), scavando dunque il pozzo a fondo cieco. Il diametro di scavo sarà variabile, tra i 6,1 ed i 6,6 m; si prevede un rivestimento iniziale del pozzo con spessore variabile tra i 5 ed i 30 cm.

Il materiale di risulta degli scavi sarà evacuato tramite carroponete, depositato in tramogge e caricato su autocarri che lo condurrà ad un'apposita area di deposito all'interno del cantiere di monte.

Il pozzo così ottenuto ospiterà una condotta metallica avente diametro interno di 5,5 m e spessore variabile. Ogni virola (di cui si ipotizza una lunghezza di 12 m) sarà realizzata nella fabbrica virole prevista nel cantiere di monte, trasportata verso il pozzo, sollevata tramite un apposito castello, saldata alla virola precedente ed infine calata nel pozzo per 12 m. Il processo viene poi ripetuto con le virole successive. Le saldature saranno pertanto eseguite all'aperto, così come le verifiche sulle stesse.

Data la lunghezza della condotta (circa 500 m), è stata prevista la suddivisione di questo processo in due fasi: i) dopo aver calato la prima metà della condotta metallica (circa 250 m), si procede al completo riempimento (inghisaggio) dell'anello che si creerà tra la condotta metallica ed il pozzo scavato nella roccia. Il getto verrà eseguito con speciale pompa stazionaria con tubi di getto; ii) Dopo aver realizzato la seconda metà della condotta, questa sarà calata e saldata alla metà sottostante internamente al pozzo. Seguirà anche in questo caso l'inghisaggio della stessa.

Al termine delle suddette fasi, sarà eseguito il getto del calice in calcestruzzo armato.

### 3.3.4 SBOCCO CUNICOLO DI DRENAGGIO

Dal lato Sud del bacino di monte, si prevede di realizzare un cunicolo d'accesso per poter raggiungere i cunicoli di ispezione e drenaggio del bacino di monte. Al termine di



tale accesso, è posto un pozzetto di raccolta da cui parte una tubazione interrata, volta ad evacuare per gravità i drenaggi del bacino di monte.

Tale tubazione termina in un tratto a cielo aperto, in modo tale da consentire un deflusso in direzione del canale di scolo attualmente esistente.

### 3.3.5 CANALE DI DRENAGGIO DELLO SFIORATORE DI SUPERFICIE

Dal lato Nord del bacino di monte, presso cui si trova lo sfioratore di superficie, è prevista la realizzazione di un canale volto a convogliare gli eventi meteorici straordinari associati alla piena con tempo di ritorno di 3.000 anni (in caso estremo), verso l'impluvio posto ad Ovest del bacino di monte.

Dalla vasca di calma posta sul lato Nord del bacino di monte, si prevede lo scavo di una trincea lunga circa 500 m in cui sarà posata e rinterrata una tubazione in PEAD avente un diametro di 50 cm, fino all'incisione esistente del terreno. Per questo tratto, dovrà essere previsto uno scavo fino alla quota d'imposta del canale (pochi metri di profondità), e dopo la posa della tubazione, si procederà al riporto dello stesso materiale sciolto derivante dagli scavi, facendo in modo che in sommità rimanga terreno vegetale. Il materiale in esubero sarà utilizzato nel riporto sul paramento di valle della diga (citato al § 3.3.1).

## 4 CANTIERE DI VALLE

### 4.1 PREMESSA

L'area di cantiere è ubicata in prossimità del lago di Nuraghe Arrubiu, nella porzione più meridionale del comune di Esterzili (SU) (Figura 3), e vi si potrà accedere tramite la creazione del nuovo tratto di viabilità previsto al § 2.5. L'estensione complessiva è pari a circa 41.000 m<sup>2</sup>.



Figura 3 – Area di cantiere di valle

Il materiale di scavo derivante dalle opere sotterranee sarà trasportato depositato temporaneamente nell'area di cantiere di monte (§ 3) e diviso per tipologia di materiale, a seconda delle sue caratteristiche geomeccaniche. Il trasporto, che si svolgerà sempre all'interno dell'area di progetto, sarà effettuato tramite autocarri.

### 4.2 OPERE DA REALIZZARE

#### 4.2.1 IMBOCCO DELLA GALLERIA D'ACCESSO ALLA CENTRALE

Presso l'imbocco della galleria d'accesso alla centrale, l'area sarà pavimentata ed attrezzata con:

- Ventilatori silenziati (con emissioni entro i parametri di legge) sulla finestra di imbocco.
- Cabina elettrica di trasformazione da utenza in loco in MT o BT.
- Gruppo di elettrocompressori silenziati per fornitura d'aria compressa ai fronti di scavo e getto.

- Impianto di trattamento acque reflue provenienti dagli scavi con recapito in corpo idrico recettore nelle vicinanze (previa autorizzazione rilasciata dagli enti).
- Tramogge per deposito provvisorio materiale di scavo.
- Servizi igienici per il personale di cantiere.
- etc.

#### 4.2.2 GALLERIE D'ACCESSO

Per lo scavo ed il consolidamento di queste gallerie, data la prevista serie geologica, si prevede di avanzare in tradizionale garantendo quindi un controllo della geometria e degli eventuali extra-scavi e con fronte irrorato da ugelli per abbattimento polveri o con escavatore idraulico attrezzato con martellone idraulico/benna dentata.

In primo luogo, sarà scavata la galleria d'accesso alla centrale in caverna: da essa dipartono altre 5 gallerie. In ordine, procedendo dall'imbocco verso la centrale in caverna, saranno eseguiti le diramazioni per:

- Galleria d'accesso al pozzo paratoie
- Galleria d'accesso al pozzo piezometrico
- Galleria di connessione alla galleria idraulica
- Galleria d'accesso alla sottostazione elettrica in caverna
- Galleria d'accesso in calotta per sottostazione elettrica e centrale

I fronti di scavo di queste gallerie possono procedere contemporaneamente.

Lo smarino derivante dagli scavi di queste gallerie sarà evacuato tramite la galleria d'accesso alla centrale, e sarà successivamente trasportato in un'apposita area di deposito temporanea all'interno del cantiere di monte.

#### 4.2.3 VIE D'ACQUA

Si illustrano di seguito le modalità di scavo previste per le vie d'acqua dell'impianto, da monte verso valle:

- Pozzo verticale che contiene la condotta forzata: scavato dal cantiere di monte, dall'alto verso il basso (si rimanda al § 3.3.3 per maggiori dettagli).
- Tratto orizzontale contenente le biforcazioni poste a monte della centrale: dalla centrale in caverna, saranno scavate 4 gallerie (secondo modalità simili a quelle descritte al § 4.2.2), in cui saranno trasportate e saldate virole metalliche provenienti dalla fabbrica virole presso il cantiere di monte; in corrispondenza del raccordo con il pozzo verticale, sarà realizzata un'apposita caverna per consentire il trasporto e la saldatura degli spicchi metallici che compongono il raccordo.
- Tratto orizzontale contenente le biforcazioni poste a valle della centrale: saranno scavate gallerie a partire dalla centrale in caverna (secondo modalità simili a quelle descritte al § 4.2.2).
- Tratto di galleria idraulica (rivestita in calcestruzzo armato) compreso tra il termine delle biforcazioni di valle e la galleria di connessione citata al § 4.2.2: sarà scavato partendo da quest'ultima galleria (che è stata prevista appositamente

per avere più fronti di scavo sulle vie d'acqua e ridurre conseguentemente i tempi degli scavi).

- Tratto di galleria idraulica (rivestita in calcestruzzo armato) compreso tra la galleria di connessione citata al § 4.2.2 ed il pozzo paratoie: sarà scavato dalla galleria di connessione.
- Tratto di galleria idraulica (rivestita in calcestruzzo armato) compreso tra il pozzo paratoie e l'opera di presa: sarà scavato a partire dalla base del pozzo paratoie. Attualmente si prevede di scavare questo tratto di galleria calando i mezzi adibiti a scavi e consolidamenti tramite il pozzo paratoie (prima che vengano installate le paratoie); alternativamente, potrà essere presa in considerazione la possibilità di scavare questo tratto di galleria facendo accedere i mezzi dalla galleria idraulica a monte del pozzo paratoie (e dunque tramite la galleria d'accesso alla centrale e la galleria di connessione alla galleria idraulica).

#### 4.2.4 OPERA DI PRESA DI VALLE

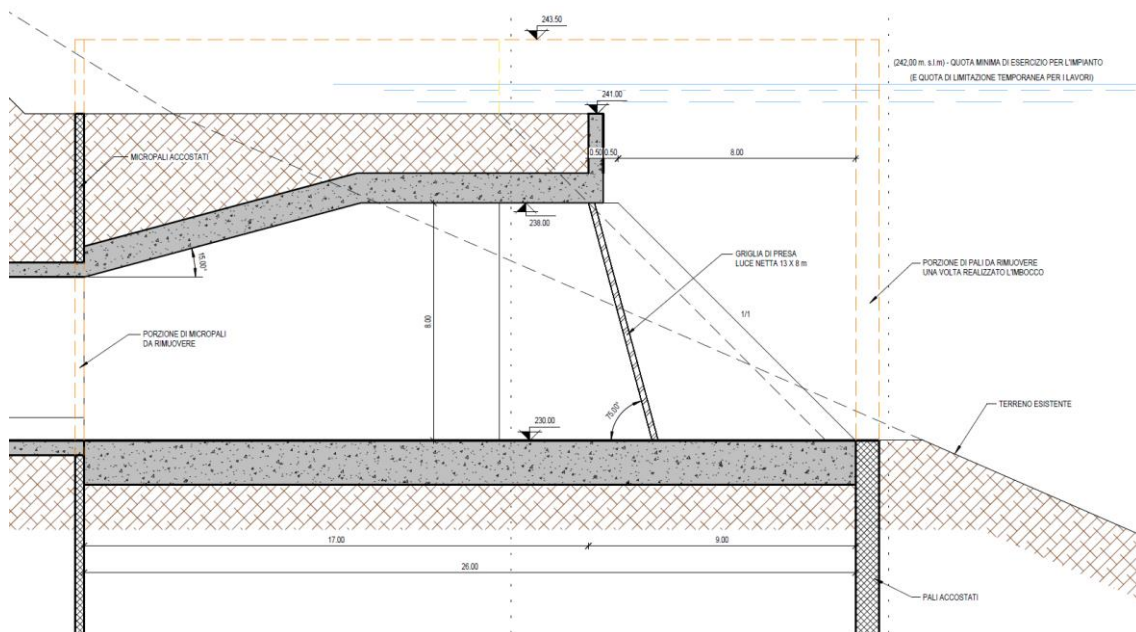
La realizzazione dell'opera di presa di valle costituisce uno degli elementi di maggior complessità dell'opera in progetto per via delle limitazioni imposte al livello minimo di abbattimento della quota di invaso che rimarranno superiori al livello previsto per l'opera di presa. Tale condizione comporta dunque la necessità di eseguire scavi in roccia in subacqueo.

Per poter realizzare in sicurezza tale opera si prevedono le seguenti fasi realizzative:

1. Limitazione della quota dell'invaso di Nuraghe Arrubiu fino a 242 m s.l.m.
2. Realizzazione di una paratia di pali accostati lungo tutto il perimetro dell'opera di presa (si veda la Figura 4). Tale struttura verrà realizzata da un apposito pontone ed avrà lo scopo principale di sostenere le spinte idrauliche agenti sull'opera durante le successive fasi realizzative. La paratia sarà costituita da micropali accostati lato terra e da pali accostati sul lato invaso. Il passaggio dai micropali ai pali sarà funzione della lunghezza del tratto di roccia da perforare in quanto la perforazione in roccia per pali risulta di difficile esecuzione.
3. Scavo in subacqueo della porzione di ammasso roccioso compreso entro il perimetro definito dalla paratia fino alla quota di fondo scavo
4. Realizzazione di un solettone di fondo in c.a. Tale opera verrà realizzata con un getto subacqueo. Nel caso in cui il peso della soletta non fosse sufficiente a contrastare le spinte di galleggiamento la stessa potrà essere ancorata mediante la realizzazione di appositi micropali di ancoraggio da realizzarsi prima del getto e poi inglobati nel getto stesso. Nel solettone saranno presenti i ferri di ripresa dei getti in elevazione.
5. Posando internamente allo scavo dei casseri ed impiegando le paratie precedentemente realizzate come controcassero, viene realizzato il getto in subacqueo delle pareti in c.a. dell'opera. Tali pareti avranno lo scopo di garantire la tenuta idraulica durante il successivo aggettamento dell'acqua contenuta all'interno dell'opera. Le pareti gettate in questa fase coincidono nel tratto di monte con quelle dell'opera di



- rilascio, mentre per il tratto di valle sono pareti provvisorie che saranno demolite a fine lavori.
- Viene realizzato il getto della soletta di copertura dell'opera di scarico/aspirazione e inizia la fase di svuotamento del bacino interno alle pareti, posizionando via via i puntoni metallici e le relative travi di contrasto sulle pareti provvisorie.
  - Una volta estratta l'acqua contenuta nel bacino interno alle pareti viene realizzato il collegamento con la galleria idraulica (la cui realizzazione si era arrestata ad una distanza di sicurezza) e vengono posizionate le griglie e le ultime opere accessorie dell'opera di presa
  - Vengono chiuse le paratoie del pozzo paratoie e viene demolita la parete frontale dell'opera di presa. Dopodiché, l'invaso può tornare in condizioni di normale esercizio.



*Figura 4 - Sezione longitudinale dell'opera di presa, con indicazione delle paratie di micropali e pali accostati (in arancione)*

Il materiale di scavo, che verrà evacuato tramite il pontone, verrà scaricato nell'area di cantiere di valle e sarà trasportato verso il cantiere di monte tramite autocarri.

I getti verranno eseguiti da una betonpompa stazionante sul pontone. La betonpompa potrà salire sul pontone accedendo da una rampa realizzata all'interno del cantiere di valle.

#### 4.2.5 POZZO PARATOIE

Una volta terminata la galleria d'accesso al pozzo paratoie, sarà scavata una caverna avente dimensioni in pianta di 13 x 22 m ed una copertura a volta avente altezza massima di circa 16 m ed una copertura di circa 30 m. Il consolidamento della caverna avverrà tramite uno strato di spritz-beton e chiodature.

Successivamente si esegue lo scavo del pozzo paratoie, profondo circa 8 m ed avente un diametro di scavo di 9 m. Si prevede di eseguire lo scavo con metodo tradizionale, realizzando dunque il pozzo a fondo cieco partendo dalla caverna soprastante. Il

materiale di risulta degli scavi sarà evacuato tramite la galleria d'accesso che raggiunge la caverna alla sommità del pozzo. Si prevede di consolidare inizialmente lo scavo mediante *spritz beton* ed eventualmente bulloni, dopodiché si provvederà a realizzare un rivestimento definitivo in calcestruzzo.

Una volta terminato il consolidamento del pozzo ed il getto della galleria idraulica compreso tra il pozzo paratoie e l'opera di presa, si procederà ai getti di prima fase per le carpenterie delle paratoie e quindi al montaggio delle paratoie medesime.

#### 4.2.6 CENTRALE IN CAVERNA

Raggiunta la volta della centrale tramite un'apposita galleria (citata al § 4.2.2), si procederà allo scavo completo della volta (tramite scavo di n.2 cunicoli laterali e successivo scavo del nucleo centrale). Terminata la volta, si procederà allo scavo in ribasso del corpo della centrale, in fasi consecutive di scavo e consolidamenti mediante bulloni e *spritz beton*. I ribassi proseguiranno fino a giungere a quota della base della centrale. Il materiale di risulta degli scavi sarà evacuato inizialmente tramite la galleria che raggiunge la volta della caverna, e successivamente tramite la galleria d'accesso alla centrale in caverna (che raggiunge la quota del piano di lavoro, pari a 164 m s.l.m.).

Sul piano della sala macchine si imposteranno quindi le compartimentazioni per l'alloggiamento dei gruppi idroelettrici e dei componenti ausiliari.

Al completamento delle opere di sostegno della caverna verranno installate ed inghisate le macchine idrauliche, montate le componenti elettriche, e realizzati i locali tecnici e quanto necessario per consentire il corretto funzionamento dell'impianto.

#### 4.2.7 SOTTOSTAZIONE ELETTRICA IN CAVERNA

Circa 100 m a Nord-Ovest rispetto alla centrale in caverna, si prevede di realizzare un'altra caverna, adibita all'alloggiamento dei trasformatori, che elevano la tensione da 13,8 kV a 380 kV, e della sottostazione in gas SF6 (GIS). Tale caverna è alta circa 17 m (con soffitto a volta), ha una pianta indicativa di 90 x 22,5 m ed è accessibile tramite una galleria che si dirama dalla galleria principale d'accesso alla centrale.

In primo luogo, sarà raggiunta la volta della caverna tramite un'apposita galleria (citata al § 4.2.2), dopodiché si procederà allo scavo ed al consolidamento della caverna secondo le stesse modalità previste per la centrale in caverna (§ 4.2.6).

Il materiale di risulta degli scavi sarà evacuato inizialmente tramite la galleria che raggiunge la volta della caverna, e successivamente tramite la galleria d'accesso alla sottostazione elettrica (che raggiunge la quota del piano di lavoro, pari a 164 m s.l.m.).

Sul piano della sala macchine si imposteranno quindi le compartimentazioni per l'alloggiamento dei trasformatori e delle apparecchiature elettriche ausiliarie (quadri elettrici, locale comandi e servizi ausiliari, etc.).

Al completamento delle opere di sostegno centrale verranno installati tutti gli elementi previsti all'interno della sottostazione elettrica (trasformatori, GIS, quadri elettrici, locale comandi e servizi ausiliari, sbarre, etc.).



#### 4.2.8 POZZO PIEZOMETRICO

Terminata la galleria d'accesso alla sommità del pozzo piezometrico citata al § 4.2.2, si procede con lo scavo di una caverna avente una dimensioni in pianta pari a 17,6 x 26,3 m ed un'altezza di circa 13 m. Per lo scavo della camera si prevede l'utilizzo di un metodo *drill & blasting*.

Per la realizzazione del pozzo piezometrico è previsto uno scavo di un pozzo verticale suddiviso in due sezioni: un tratto profondo 77 m avente un diametro interno di 12 m, ed un tratto profondo circa 48 m avente un diametro interno di 2,4 m.

Si prevede di realizzare l'opera in due fasi distinte: in prima fase, è previsto l'utilizzo della tecnica del *raise boring* raggiungendo il diametro di perforazione previsto per il tratto inferiore del pozzo piezometrico. Successivamente, si procederà con l'alesaggio del foro nel tratto superiore fino a raggiungere il diametro finale di scavo previsto dal progetto.

Dopo aver posizionato l'attrezzatura di scavo RBM (*Raise Borer Machine*) presso la caverna posta alla sommità del pozzo piezometrico, il primo passaggio è la realizzazione di un foro pilota di piccolo diametro, fino al raggiungimento del livello inferiore; qui l'utensile di perforazione precedentemente utilizzato viene sostituito da una testa fresante avente le dimensioni del diametro di scavo da realizzare: con verso opposto alla prima fase di perforazione, la testa viene tirata verso l'attrezzatura RBM e si realizza il cunicolo vero e proprio.

Attraverso il pozzo piezometrico verranno calate ed inghisate con calcestruzzo le virole metalliche aventi diametro di 2,4 m relative alla strozzatura; a tal fine, è prevista la presenza di una monotrave.



Tel: +39 030 3702371 – Mail: [info@frosionext.com](mailto:info@frosionext.com) - Sito: [www.frosionext.com](http://www.frosionext.com)  
Via Corfù 71 - Brescia (BS), CAP 25124  
P.Iva e Codice fiscale: 03228960179