

## INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO DELLA DIGA DROVE DI CEPPARELLO




PROGETTO DEFINITIVO

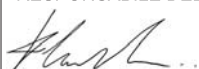
Codice elaborato:	Nome Elaborato:	Scala:
<b>ET18</b>	<b>RELAZIONE CANTIERIZZAZIONE</b>	-
		Data: 27/05/2019

Settore:	Sede Firenze Via de Sanctis, 49 Cod. Fiscale e P.I. 06111950488
	
Organizzazione dotata di Sistema di Gestione Integrato certificato in conformità alla normativa ISO9001 - ISO14001 - OHSAS18001 - SA8000	

<b>PROGETTAZIONE :</b>	<b>COLLABORATORI :</b>
<b>PROGETTISTA - PROJECT MANAGER :</b> <b>ING MARIO CHIARUGI</b> <b>ING. MATTEO BETTI</b>	<b>DOTT. GEOL. CARLO FERRI</b> <b>DOTT. GEOL. ALESSANDRO AGNELLI</b> <b>PER. AGR. DAVIDE MORETTI</b> <b>GEOM. ANDREA BERNARDINI</b>
<b>GEOLOGO:</b> <b>DOTT.GEOL. NICOLA CEMPINI</b>	
<b>ESPROPRI:</b> <b>GEOM. ANDREA PATRIARCHI</b>	

<b>CONSULENTI TECNICI :</b>	<b>COMMESSA I.T. :</b>
 <b>PROGETTISTA OPERE IDRAULICHE E STRUTTURALI :ING. DAVID SETTESOLDI</b>	<b>INGT-TPLPD-ACQAC159</b>

	<b>RESPONSABILE COMMITTENTE :</b> <b>GEOM. ALESSANDRO PIOLI</b>
---	--

<b>DIRETTORE TECNICO INGEGNERIE TOSCANI :</b>	<b>RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO :</b>
<b>ING. MARIO CHIARUGI</b>	 <b>ING. ROBERTO CECCHINI</b>

Rev.	Data	Descrizione / Motivo della revisione	Redatto	Controllato / Approvato
02	27 / 05 / 2019	Seconda Emissione	Settesoldi	Settesoldi
01	18 / 04 / 2019	Prima Emissione	Settesoldi	Settesoldi



## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>FASI DI LAVORO .....</b>	<b>1</b>
2.1	FASE 1 - Installazione cantiere monte e piste cantiere.....	1
2.1.1	1a Installazione cantiere 1.....	1
2.1.2	1b Realizzazione pista di accesso all'invaso 1.....	2
2.1.3	1c Realizzazione attraversamento provvisorio 1.....	2
2.2	FASE 2 Predisposizione area stoccaggio materiale invaso.....	2
2.2.1	2a Preparazione piano di stoccaggio area 3.....	2
2.2.2	2b Accantonamento materiali per riempimenti provvisori .....	2
2.2.3	2c Scavo dell'area 2 materiale idoneo al rinfianco e accumulo in area 3.....	2
2.2.4	2d Scavo dell'area 2 materiale e realizzazione coronella 1 .....	2
2.3	FASE 3 Lavorazioni propedeutiche alla rimozione del materiale dall'area 1 .....	2
2.3.1	3a Realizzazione pista 2 fino alla sfioratore di destra a quota 186 m s.l.m. ....	2
2.3.2	3b Realizzazione coronella 2.....	3
2.3.3	3c Realizzazione impianto di sollevamento 1 e condotta premente .....	3
2.3.4	3d Posa in opera stazione di pompaggio 2 e svuotamento lago .....	3
2.3.5	3e Realizzazione pista 4 .....	3
2.4	FASE 4 Rimozione materiale area 1 .....	3
2.4.1	4a Scavo materiale area 1 .....	3
2.4.2	4b Formazione rilevato in area 2 .....	3
2.5	FASE 5 Installazione cantiere valle a accessi.....	3
2.5.1	5a Installazione cantiere valle 2 .....	3
2.5.2	5b Realizzazione piste di accesso e ponte provvisorio a valle .....	4
2.5.3	5c Demolizione vasca sedimentazione e locali tecnici.....	4
2.6	FASE 6 Realizzazione vasca dissipazione scarico fondo .....	4
2.6.1	6a Realizzazione micropali destra e sinistra idraulica .....	4
2.6.2	6b Realizzazione tiranti.....	4
2.6.3	6c Rivestimento micropali e fondo vasca.....	5
2.6.4	6d Risagomatura canale a valle e realizzazione scogliere.....	5
2.7	FASE 7 Realizzazione pozzetto microtunneling.....	5
2.7.1	7a Realizzazione micropali su due lati .....	5
2.7.2	7b Realizzazione tiranti.....	5
2.7.3	7c Rivestimento micropali e fondo pozzetto.....	5
2.7.4	7d Realizzazione struttura reggispinta .....	5
2.8	FASE 8 Microtunneling.....	5
2.8.1	8a Installazione cantiere .....	5
2.8.2	8b Realizzazione microtunneling .....	5
2.8.3	8c Sigillatura giunti e inserimento condotta adduzione.....	7
2.8.4	8d Prolungamento pista 4 di accesso alla camera di recupero .....	7
2.8.5	8e Realizzazione camera di recupero.....	7

2.9	FASE 9 Scarico di fondo .....	7
2.9.1	9a Realizzazione cameretta scarico di fondo a valle .....	7
2.9.2	9b Carpenteria metallica scarico di fondo e collegamento provvisoriale .....	7
2.9.3	9c Realizzazione opera di imbocco .....	7
2.10	FASE 10 Rinfiacco paramento di monte fino alla quota 184.2 m s.l.m. ....	7
2.10.1	10a Acccecamento scarico di fondo attuale .....	7
2.10.2	10b Scavo materiale aree 4 e 5 e trasporto area 3 .....	7
2.10.3	10c Miscelazione materiale in area 3.....	8
2.10.4	10d Rinfiacco paramento di monte con materiale dell'area 3.....	8
2.10.5	10e Scogliera paramento di monte .....	8
2.10.6	10f Realizzazione pista 5 .....	8
2.11	FASE 11 Attivazione scarico di fondo/derivazione.....	8
2.11.1	11a Rimozione stazione di sollevamento 1 .....	8
2.11.2	11b Rimozione coronella 2 .....	8
2.11.3	11C Realizzazione opera di presa provvisoriale aD acqua fluente .....	8
2.11.4	11D Realizzazione condotta di adduzione provvisoriale.....	9
2.12	FASE 12 Pozzetto drenaggi.....	9
2.12.1	12a Demolizione setti trasversali e longitudinali vasca dissipazione attuale .....	9
2.12.2	12b Demolizione muro d'unghia e pozzetti scarico di fondo e drenaggi.....	9
2.12.3	12c Realizzazione drenaggio valle diga e raccordo al nuovo pozzetto .....	9
2.12.4	12d Realizzazione micropali nuovo pozzetto drenaggi .....	9
2.12.5	12e Realizzazione platea e strutture in elevazione .....	9
2.13	FASE 13 Realizzazione sfioro destro valle sezione DX_06.....	9
2.13.1	13a Demolizioni, scavi e rinterri fino alla quota di imposta dei micropali .....	9
2.13.2	13b Realizzazione micropali .....	10
2.13.3	13c Drenaggi .....	10
2.13.4	13d Opere in fondazione ed elevazione.....	10
2.13.5	13e Rinfiacco opere in elevazione .....	10
2.14	FASE 14 Realizzazione sfioro destro valle sezione SX_06/SX_07 .....	10
2.14.1	14a Demolizioni, scavi e rinterri fino alla quota di imposta dei micropali .....	10
2.14.2	14b Realizzazione micropali .....	10
2.14.3	14c Drenaggi .....	10
2.14.4	14d Opere in fondazione ed elevazione.....	10
2.14.5	14e Rinfiacco opere in elevazione .....	10
2.15	FASE 15 Rinfiacco corpo diga valle fino alla quota 179 m s.l.m. ....	11
2.15.1	15a Scavo materiale aree 4 e 5 e trasporto area 3 .....	11
2.15.2	15b Miscelazione materiale in area 3 .....	11
2.15.3	15c Trasporto materiale da sfioratore attuale DX .....	11
2.15.4	15d Stendimento e compattazione .....	11
2.15.5	15e Opere drenaggio acque meteoriche e verde .....	11
2.16	FASE 16 Vasca di dissipazione fino a quota 164 m s.l.m.....	11
2.16.1	16a Trasporto materiale da area 3 da sfioratore attuale DX.....	11

2.16.2	16b Rinterro vasca dissipazione attuale da quota 167 m s.l.m. valle a 171 m s.l.m. monte	11
2.16.3	16c Realizzazione rampa a valle in scogliera tra quota 161.8 m s.l.m. a valle e quota 167 m s.l.m.	12
2.16.4	16d Realizzazione di un canale centrale al rinterro.....	12
2.16.5	16e Realizzazione micropali vasca di dissipazione .....	12
2.16.6	16f Realizzazione tiranti di testa .....	12
2.16.7	16g Rimozione riporto .....	12
2.16.8	16h Realizzazione tiranti file inferiori.....	12
2.17	FASE 17 Strada accesso al coronamento in sinistra .....	12
2.17.1	17a Realizzazione pista testa micropali e rimozione sottoservizi.....	12
2.17.2	17b Realizzazione micropali .....	12
2.17.3	17c Realizzazione tiranti.....	12
2.17.4	17d Scavo strada .....	13
2.18	FASE 18 Realizzazione sfioro sinistra monte .....	13
2.18.1	18a Messa fuori servizio sfioratore di sinistra e rinterro quota sommità pali .....	13
2.18.2	18b Realizzazione pali grande diametro .....	13
2.18.3	18c Realizzazione cordoli.....	13
2.18.4	18d Realizzazione tiranti .....	13
2.18.5	18e Realizzazione micromicropali .....	13
2.18.6	18f Realizzazione tiranti .....	13
2.18.7	18g Rimozione rinterro, demolizioni e scavo.....	13
2.18.8	18h Drenaggi .....	13
2.18.9	18i Opere di fondazione e rivestimento pali.....	13
2.19	FASE 19 Realizzazione sfioro destra monte .....	14
2.19.1	19a Messa fuori servizio sfioratore di destro e rinterro quota sommità pali.....	14
2.19.2	19b Realizzazione micropali grande diametro .....	14
2.19.3	19c Realizzazione cordoli.....	14
2.19.4	19d Realizzazione tiranti .....	14
2.19.5	19e Realizzazione micromicropali .....	14
2.19.6	19f Realizzazione tiranti .....	14
2.19.7	19g Rimozione rinterro, demolizioni e scavo.....	14
2.19.8	19h Drenaggi .....	14
2.19.9	19i Opere di fondazione e rivestimento pali.....	14
2.20	FASE 20 Completamento vasca dissipazione .....	14
2.20.1	20a Demolizione platea vasca dissipazione attuale.....	14
2.20.2	20b Scavo vasca dissipazione .....	15
2.20.3	20c Trasporto materiale attraverso i canali fagatori .....	15
2.20.4	20d Tiranti file inferiori.....	15
2.20.5	20e Realizzazione platea e rivestimento pali .....	15
2.21	FASE 21 Realizzazione sfiori a becco d'anatra destra e sinistra .....	15
2.21.1	21a Realizzazione ancoraggi .....	15
2.21.2	21b Casseratura, armatura e getto.....	15

2.22	FASE 22 Completamento rinfianco paramento di valle .....	15
2.22.1	22a Realizzazione pista 6 di arroccamento al coronamento.....	15
2.22.2	22b Demolizione della soletta sommitale .....	15
2.22.3	22c Scavo materiale aree 4 e 5 e trasporto area 3.....	15
2.22.4	22d Miscelazione materiale in area 3 .....	16
2.22.5	22e Rinfianco da quota 179 m s.l.m. a quota 190 m s.l.m. ....	16
2.22.6	22f Opere drenaggio acque meteoriche e verde .....	16
2.23	FASE 23 Completamento rinfianco paramento di monte .....	16
2.23.1	23a Scavo materiale aree 4 e 5 e trasporto area 3 .....	16
2.23.2	23b Miscelazione materiale in area 3 .....	16
2.23.3	23c Rinfianco da quota 179 m s.l.m. a quota 190 m s.l.m. ....	16
2.23.4	23d Realizzazione scogliera.....	16
2.24	FASE 24 Opere completamento coronamento .....	16
2.24.1	24a Realizzazione piezometri .....	16
2.24.2	24b Soletta di coronamento e cavidotti .....	17
2.24.3	24c Passerelle accesso coronamento .....	17
2.24.4	24d Posa in opera parapetti.....	17
2.25	FASE 25 Opere completamento pozzetto drenaggi.....	17
2.25.1	25a Scala accesso pozzetto drenaggi.....	17
2.25.2	25b Passerella accesso pozzetto drenaggi .....	17
2.25.3	25c Carpenteria metallica pozzetto drenaggi .....	17
2.25.4	25e Parapetti .....	17
2.26	FASE 26 Opere completamento pozzetto scarico di fondo .....	17
2.26.1	26a Carpenteria metallica scarico di fondo.....	17
2.26.2	26b Valvole scarico di fondo.....	17
2.26.3	26c Impianto di sollevamento e piping.....	18
2.26.4	27d Ricostruzione vasca di sedimentazione .....	18
2.27	FASE 27 Opera di adduzione .....	18
2.27.1	27a Installazione opera di presa.....	18
2.27.2	27b Installazione condotta di adduzione all'impianto .....	18
2.27.3	27c Installazione premente dall'Elsa .....	18
2.28	Fase 28 Impianti elettrici.....	18
2.28.1	28a Impianti elettrici pozzetto scarico di fondo .....	18
2.28.2	28b Impianti elettrici pozzetto drenaggi .....	18
2.28.3	28c Impianto illuminazione strada .....	18
2.28.4	28d Impianto illuminazione coronamento .....	18
2.29	Fase 29 Smobilizzo cantiere monte .....	18
2.29.1	29a RIPRISTINO AMBIENTALE AREA 2.....	19
2.29.2	29B Rimozione piste .....	19
2.29.3	29C Rimozione cantiere .....	19
2.30	Fase 30 Smobilizzo cantiere valle.....	19
2.30.1	30a Rimozione cantiere .....	19

2.30.2	30b Rimozione piste .....	19
2.30.3	30c Rimozione attraversamento provvisoriale .....	19
<b>3</b>	<b>PIANO DI GESTIONE DELLE PIENE IN CORSO D'OPERA .....</b>	<b>20</b>
<b>4</b>	<b>MICROTUNNELING.....</b>	<b>23</b>
4.1	ATTREZZATURE E APPRESTAMENTI .....	23
4.2	MODALITA' OPERATIVE.....	24
<b>5</b>	<b>APPENDICE A – RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA MICROTUNNELING.....</b>	<b>28</b>

## ELENCO FIGURE

Figura 2-1 – Collocazione cantiere 1. ....	1
Figura 2-2 – Collocazione cantiere 2. ....	4
Figura 2-3 – Struttura reggispinta .....	6
Figura 2-4 – Tipologico del cantiere per il microtunneling.....	6
Figura 3-1 – Curva di durata del borro di Cepparello. ....	21
Figura 4-1 – Pozzo di spinta .....	25
Figura 4-2 – Pozzo di arrivo. ....	26
Figura 4-3 – Piastra di spinta. ....	27



## **ELENCO TABELLE**

Tabella 3-1– Parametri del borro di Cepparello da Piano Risorsa Idrica AdB. ....	20
Tabella 3-2– Curva di durata del borro di Cepparello. ....	21
Tabella 4-1– Attrezzature per il microtunneling. ....	24



## 1 PREMESSA

La presente relazione illustra le diverse fasi della cantierizzazione dell'opera.

Sono state individuate 30 macrofasi.

Per una migliore comprensione la relazione è accompagnata dal crono programma ES.01 Cronoprogramma dalle tavole EG.22 Planimetrie Cantierizzazione.

## 2 FASI DI LAVORO

### 2.1 FASE 1 - Installazione cantiere monte e piste cantiere

#### 2.1.1 1A INSTALLAZIONE CANTIERE 1

Il cantiere 1 sarà installato in corrispondenza della via di Sornano ( vedi Figura 2-1 ). Il cantiere è situato all'inizio della strada di accesso all'invaso oggetto di un separato progetto e propedeutica al presene appalto.



Figura 2-1 – Collocazione cantiere 1.

### 2.1.2 1B REALIZZAZIONE PISTA DI ACCESSO ALL'INVASO 1

La pista 1 sarà realizzata in prosecuzione della strada di accesso all'invaso. La pista 1 attraverserà tutto il cantiere fino a ricongiungersi con l'area 2 e la pista 2.

### 2.1.3 1C REALIZZAZIONE ATTRAVERSAMENTO PROVVISORIO 1

Al termine della pista 1 sarà realizzato un attraversamento provvisorio sul bordo di Cepparello. L'attraversamento sarà realizzato con tubi in lamiera ondulata. La strada al di sopra dell'attraversamento nel punto più basso avrà la quota di 170.3 m s.l.m.

## 2.2 FASE 2 Predisposizione area stoccaggio materiale invaso

### 2.2.1 2A PREPARAZIONE PIANO DI STOCCAGGIO AREA 3

L'area 3 sarà utilizzata per lo stoccaggio delle terre scavate nell'area 2 e nelle aree 4 e 5 da utilizzarsi per il rinfianco della diga. La necessità di prevedere un'area di stoccaggio è dovuta a due fattori:

- buona parte del materiale da utilizzarsi per il rinfianco proviene dall'area 2 dove peraltro è previsto di stoccare i fanghi rimossi dall'area 1 a monte della diga;
- il materiale da utilizzarsi per il rinfianco necessita di vagliatura e miscelazione prima della messa in opera.

### 2.2.2 2B ACCANTONAMENTO MATERIALI PER RIEMPIMENTI PROVVISORIALI

Durante lo scavo nelle aree 2, 3, 4, e 5 si prevede di movimentare anche del materiale non idoneo al rinfianco della diga ma che sarà utilizzato per i riempimenti provvisori e non da realizzarsi a valle della diga e per la coronella e le piste interne all'invaso. Tale materiale sarà stoccato in cumuli temporanei prima del suo utilizzo.

Al termine dei lavori una parte di questo materiale sarà posizionato nell'area 2 a copertura dei fanghi rimossi dall'area 1.

### 2.2.3 2C SCAVO DELL'AREA 2 MATERIALE IDONEO AL RINFIANCO E ACCUMULO IN AREA 3

Come detto in precedenza il materiale per il rinfianco sarà scavato nell'area 2 e accumulato temporaneamente nell'area 3

### 2.2.4 2D SCAVO DELL'AREA 2 MATERIALE E REALIZZAZIONE CORONELLA 1

La coronella 1 sarà realizzata con il materiale scavato nell'area 2 non idoneo al rinfianco della diga. La coronella sarà realizzata man mano che procederanno le operazioni di scavo.

## 2.3 FASE 3 Lavorazioni propedeutiche alla rimozione del materiale dall'area 1

### 2.3.1 3A REALIZZAZIONE PISTA 2 FINO ALLA SFIORATORE DI DESTRA A QUOTA 186 M S.L.M.

La pista 2 è la naturale prosecuzione della pista 1 e conduce fino allo sfioratore di destra a quota 186.0 ms.l.m.

### 2.3.2 3B REALIZZAZIONE CORONELLA 2

La coronella 2 sarà realizzata con il materiale prelevato dall'area 2 e dall'area 4. La coronella con quota sommitale di 176.7 ms s.l.m. avrà un andamento leggermente arcuato e sarà accessibile dalla pista 1.

### 2.3.3 3C REALIZZAZIONE IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO 1 E CONDOTTA PREMENTE

A monte della coronella 2 sarà posto in opera un impianto di sollevamento provvisorio. Tale impianto sarà in funzione per il tempo necessario alla rimozione dei fanghi da monte della diga e la realizzazione di una prima parte del rinfianco a monte.

L'impianto di sollevamento sarà costituito da 3 motopompe da 40l/s ciascuna per una prevalenza massima di 40 m. Le prementi saranno collocate a lato della pista 2 e della pista 3 fino a raggiungere lo sfioratore di destra a quota 186.0 m s.l.m..

### 2.3.4 3D POSA IN OPERA STAZIONE DI POMPAGGIO 2 E SVUOTAMENTO LAGO

La stazione di pompaggio 2 è una stazione galleggiante del tipo di quella oggi utilizzata per addurre le acque del lago. La sua funzione è quella di svuotare il lago dalle acque residue dopo la realizzazione della coronella 2 e la posa in opera dell'impianto di sollevamento 1.

### 2.3.5 3E REALIZZAZIONE PISTA 4

La pista 4 è quella di accesso all'area 1 e sarà utilizzata per la rimozione del materiale accumulatosi a monte della diga.

## 2.4 FASE 4 Rimozione materiale area 1

### 2.4.1 4A SCAVO MATERIALE AREA 1

Lo scavo del materiale nell'area 1 sarà eseguito previo prosciugamento dell'area e parziale essiccamento dei fanghi. E' evidente che tale attività dovrà essere programmata nel periodo estivo visto il materiale da lavorare che si presenta estremamente plastico. Il materiale una volta caricato sui camion sarà trasportato nell'area 2.

### 2.4.2 4B FORMAZIONE RILEVATO IN AREA 2

Il rilevato nell'area 2 sarà realizzato a tergo della coronella 1. Il materiale sarà scaricato e steso senza procedere a costipazione. Come detto in precedenza a fine lavori sul materiale accumulato sarà steso uno strato di materiale di migliore qualità al fine di rendere praticabile l'area.

## 2.5 FASE 5 Installazione cantiere valle a accessi

### 2.5.1 5A INSTALLAZIONE CANTIERE VALLE 2

Il cantiere di valle sarà installato nell'area in sinistra dell'ingresso all'impianto. Il cantiere sarà dotato di un proprio accesso separato ( Figura 2-2 )



Figura 2-2 – Collocazione cantiere 2.

#### 2.5.2 5B REALIZZAZIONE PISTE DI ACCESSO E PONTE PROVVISORIO A VALLE

L'accesso all'impianto avviene attraverso un strada bianca che poco dopo la via di Monsanto attraversa il borro di Cepparello. Il ponte presente sul borro di Cepparello non è in grado di garantire un adeguato livello di sicurezza per il transito dei carichi previsti (con particolare riferimento ai macchinari del microtunneling). E' stato pertanto previsto di realizzare un attraversamento provvisorio con tubi in lamiera corrugata.

Dal cantiere 2 si accede all'area dell'impianto da un'apertura da realizzarsi a lato dell'ingresso principale. Da lì, la pista prosegue in sponda sinistra del borro di Cepparello fino alla vasca di dissipazione.

#### 2.5.3 5C DEMOLIZIONE VASCA SEDIMENTAZIONE E LOCALI TECNICI

E' prevista la demolizione di alcuni locali tecnici presenti sulla sponda del borro di Cepparello e della vasca di sedimentazione visibile alla destra nella Figura 2-2. La demolizione della vasca è necessaria per poter installare il cantiere del microtunneling.

A parziale compensazione del volume perso sarà installata una vasca in acciaio verniciato del volume di circa 15mc.

### 2.6 FASE 6 Realizzazione vasca dissipazione scarico fondo

#### 2.6.1 6A REALIZZAZIONE MICROPALI DESTRA E SINISTRA IDRAULICA

Si procederà in primo luogo a realizzare parte delle opere previste a valle della nuova vasca di dissipazione. Il particolare si procederà a realizzare la vasca di dissipazione ove recapita lo scarico di fondo. In primo luogo saranno realizzati i micropali previsti su entrambi i lati del canale.

#### 2.6.2 6B REALIZZAZIONE TIRANTI



Saranno quindi realizzati tiranti per completare la berlinese in destra e sinistra.

---

#### 2.6.3 6C RIVESTIMENTO MICROPALI E FONDO VASCA

Pali e tiranti saranno rivestiti con una parete in c.a.. Sarà inoltre realizzata la base della vasca e del canale di raccordo a valle.

---

#### 2.6.4 6D RISAGOMATURA CANALE A VALLE E REALIZZAZIONE SCOGLERE

Una volta realizzate le opere in calcestruzzo si procederà alla posa in opera delle scogliere di protezione al fine di completare la sistemazione del canale a valle della diga.

### 2.7 FASE 7 Realizzazione pozzetto microtunneling

---

#### 2.7.1 7A REALIZZAZIONE MICROPALI SU DUE LATI

La realizzazione del microtunneling necessita della realizzazione di una camera di spinta. La camera di spinta sarà realizzata in adiacenza alla vasca di dissipazione attuale. In un prima fase sarà pertanto sufficiente realizzare una paratia di micropali su due lati.

---

#### 2.7.2 7B REALIZZAZIONE TIRANTI

I micropali saranno opportunamente tirantati in modo da realizzare una struttura idonea a consentire lo scavo del pozzetto.

---

#### 2.7.3 7C RIVESTIMENTO MICROPALI E FONDO POZZETTO

In questa fase si procederà al solo rivestimento della base del pozzetto a una quota idonea a consentire l'installazione della macchina per la spinta.

---

#### 2.7.4 7D REALIZZAZIONE STRUTTURA REGGISPINTA

La struttura reggispinta sarà realizzata sul lato di valle del pozzetto. Data l'assenza di un sufficiente spessore di rocca a tergo del pozzetto è stato necessario prevedere la struttura riportata nella Figura 2-3.

### 2.8 FASE 8 Microtunneling

---

#### 2.8.1 8A INSTALLAZIONE CANTIERE

Il cantiere per la realizzazione del microtunneling prevede le componenti riportate nella Figura 2-4. Data la particolare collocazione del cantiere, una parte degli apprestamenti sono stati collocati nei pressi della cameretta di spinta e una parte lungo la sponda sinistra del borro di Cepparello.

---

#### 2.8.2 8B REALIZZAZIONE MICROTUNNELING

La realizzazione del microtunneling prevede un avanzamento di circa 7-8 m al giorno. L'avanzamento prevede l'utilizzo di bentonite con funzione di lubrificazione e per l'allontanamento dello smarino. I materiali di risulta della perforazione saranno conferiti a discarica dopo la loro disidratazione con filtropressa.

Le tubazioni saranno conferite in cantiere presso il cantiere 2 e successivamente trasferite nei pressi della camera di spinta.

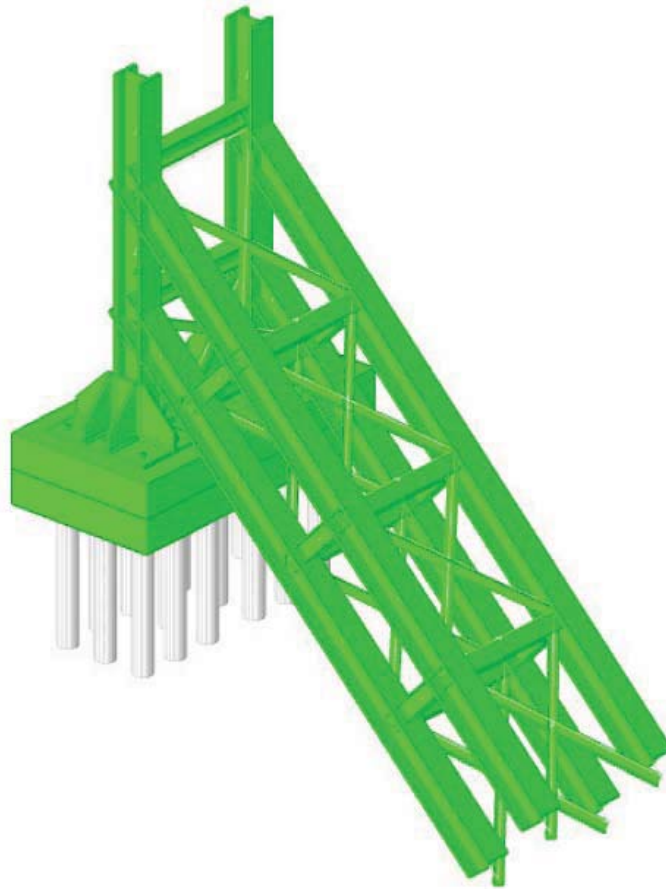


Figura 2-3 – Struttura reggispinta

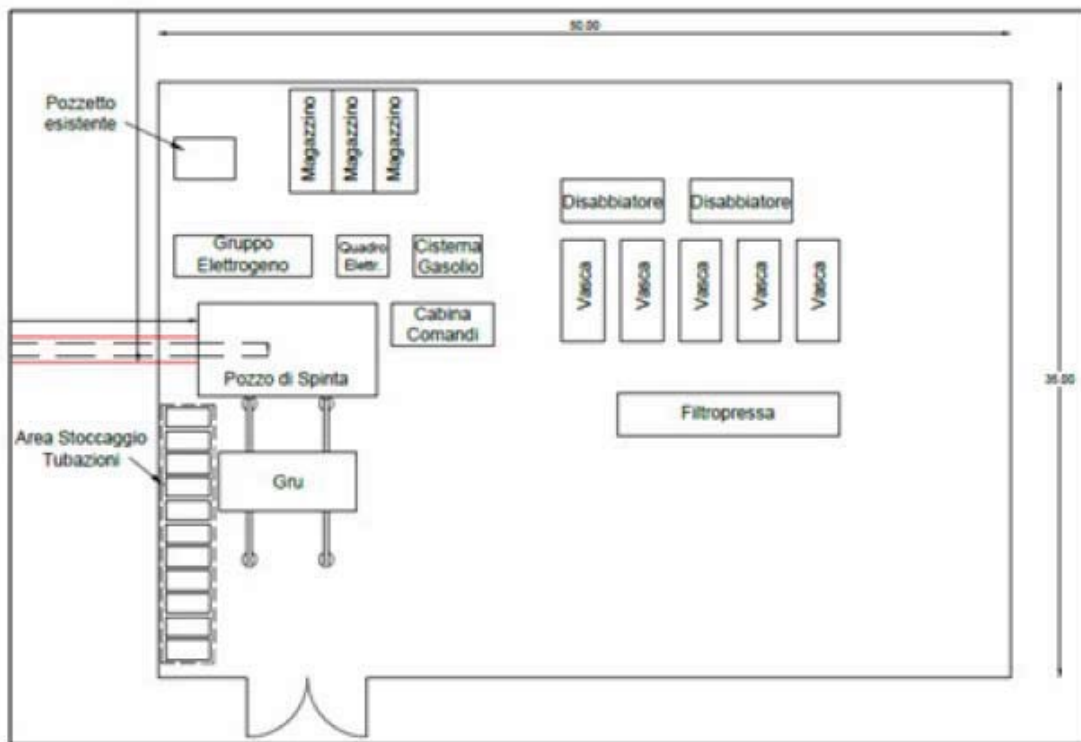


Figura 2-4 – Tipologico del cantiere per il microtunneling



### 2.8.3 8C SIGILLATURA GIUNTI E INSERIMENTO CONDOTTA ADDUZIONE

Una volta posta in opera la condotta in CLS di diametro 2.0m si procederà alla sigillatura dei giunti e alla posa in opera al suo interno della condotta di adduzione.

### 2.8.4 8D PROLUNGAMENTO PISTA 4 DI ACCESSO ALLA CAMERA DI RECUPERO

La pista 4 utilizzata per accedere all'area 1 ove sono stati rimossi i sedimenti sarà prolungata fino al punto di realizzazione della camera di recupero.

### 2.8.5 8E REALIZZAZIONE CAMERA DI RECUPERO

La camera di recupero sarà realizzata in corrispondenza dell'opera di presa dello scarico di fondo. Data la quota di arrivo della condotta la stessa non si prevedono opere strutturali.

## 2.9 FASE 9 Scarico di fondo

### 2.9.1 9A REALIZZAZIONE CAMERETTA SCARICO DI FONDO A VALLE

Completata la realizzazione del microtunneling si procederà alla realizzazione della cameretta dello scarico di fondo completando le pareti sui 4 lati e la soletta di copertura.

### 2.9.2 9B CARPENTERIA METALLICA SCARICO DI FONDO E COLLEGAMENTO PROVVISORIO

Una volta realizzata la cameretta si provvederà alla posa in opera della carpenteria metallica e in particolare della condotta in acciaio posta a valle dello scarico di fondo in calcestruzzo. La condotta sarà prolungata in via provvisoria a valle, in modo da consentire la realizzazione di una rampa a valle della costruenda vasca di dissipazione. La stessa rampa sarà utilizzata anche per accedere ai canali fugatori.

### 2.9.3 9C REALIZZAZIONE OPERA DI IMBOCCO

Si provvederà alla realizzazione dell'opera di imbocco dello scarico di fondo. In corrispondenza della presa saranno poste in opera delle panconature per impedire in questa fase l'ingresso di materiale nella condotta.

## 2.10 FASE 10 Rinfianco paramento di monte fino alla quota 184.2 m s.l.m.

### 2.10.1 10A ACCECAMENTO SCARICO DI FONDO ATTUALE

La messa fuori servizio dello scarico di fondo è propedeutica alla realizzazione del rinfianco di monte. Lo scarico di fondo sarà ottenebrato con intasamento in CLS fluido. In primo luogo si procederà alla demolizione della cameretta di presa attuale e quindi si provvederà al riempimento del tubo in CLS. In testa al tubo sarà comunque saldata una flangia cieca.

### 2.10.2 10B SCAVO MATERIALE AREE 4 E 5 E TRASPORTO AREA 3

Il materiale per il rinfianco come già detto sarà reperito dall'area 2 e dalle aree 4 e 5. Lo scavo del materiale sarà seguito dalla vagliatura per ridurre la componente dello scheletro e dalla miscelazione. Tali operazioni avverranno nell'area 3.

---

#### 2.10.3 10C MISCELAZIONE MATERIALE IN AREA 3

La miscelazione del materiale sarà effettuata tramite stendi mento in strati di spessore 20-30 cm e successiva rullatura. In questa fase si provvederà inoltre a controllare il grado di umidità del terreno in vista dalle successiva posa in opera a rinfianco della diga.

---

#### 2.10.4 10D RINFIANCO PARAMENTO DI MONTE CON MATERIALE DELL'AREA 3

Il rinfianco della diga avverrà previa rimozione della scogliera attualmente presente e la realizzazione di gradoni di ammorsamento nel rilevato attuale. Il rinfianco procederà con lo stendimento del materiale in strati di circa 30 cm e la successiva rullatura e compattazione fino al 95% della densità derivante dalla prova Proctor standard.

Il rinfianco sarà esteso fino alla quota 184.2 m s.l.m. pari alla quota della platea esterna degli sfioratori.

---

#### 2.10.5 10E SCOGLIERA PARAMENTO DI MONTE

Sul paramento di monte sarà collocata una scogliera di spessore 1.0m. Al disotto della scogliera sarà posto un tessuto non tessuto e un filtro di allettamento.

---

#### 2.10.6 10F REALIZZAZIONE PISTA 5

Una volta completato il rinfianco del paramento di monte fino alla quota 124.2 m s.l.m. sulla sommità sarà realizzata una pista provvisoria per collegare le due soglie sfioranti. Tale soglia sarà utilizzata durante la fase di realizzazione degli sfioratori.

---

### 2.11 FASE 11 Attivazione scarico di fondo/derivazione

---

#### 2.11.1 11A RIMOZIONE STAZIONE DI SOLLEVAMENTO 1

Completato il rinfianco di monte si procederà alla attivazione dello scarico di fondo con funzione di canale derivatore. In tal modo sarà possibile eliminare l'impianto di sollevamento 1 in quanto le acque potranno defluire direttamente all'interno del nuovo scarico di fondo.

---

#### 2.11.2 11B RIMOZIONE CORONELLA 2

In modo analogo sarà possibile rimuovere la coronella 2 e lasciare defluire le acque verso lo scarico di fondo. Lo scarico di fondo è in grado di evacuare l'evento con tempo di ritorno di 5 anni con un livello nell'invaso di circa 179.0 m s.l.m.

---

#### 2.11.3 11C REALIZZAZIONE OPERA DI PRESA PROVVISORIALE AD ACQUA FLUENTE

Al fine di minimizzare l'impatto dovuto alla messa fuori servizio dell'opera di presa oggi presente nel lago è stato previsto di realizzare un'opera di presa ad acque fluente provvisoriale a monte del cantiere sul borro di Cepparello.

La presa prevede le seguenti opere:

- traversa in scogliera intasata funzionale a mantenere un livello idrometrico costante a monte;

- vasca di dissipazione in scogliera a valle della traversa finalizzata a controllare i processi erosivi;
- condotta drenante a monte della traversa con recapito in un pozzetto posto in sponda sinistra.

#### 2.11.4 11D REALIZZAZIONE CONDOTTA DI ADDUZIONE PROVVISORIALE

A partire dal pozzetto previsto nei pressi della traversa sarà posta in opera una condotta in PEAD PN 16 DN 300 che percorrendo la sponda sinistra del lago andrà a collegarsi alla condotta di derivazione alloggiata nello scarico di fondo.

Tale collegamento consentirà di drenare una portata di circa 60-70l/s alla quale sulla base della curva di durata del borro di Cepparello corrisponde un volume medio annuo di 1.5 Mmc.

La condotta sarà posta sulla sponda e ancorata con dei blocchi in calcestruzzo.

### 2.12 FASE 12 Pozzetto drenaggi

#### 2.12.1 12A DEMOLIZIONE SETTI TRASVERSALI E LONGITUDINALI VASCA DISSIPAZIONE ATTUALE

Una volta attivato lo scarico di fondo saranno avviate le lavorazioni a valle. Non si prevede di iniziare prima tali lavorazioni per ragioni di sicurezza legate alla possibile attivazione degli scarichi di superficie in occasione di eventi particolarmente severi.

Partendo da valle saranno demoliti i setti interni della attuale vasca di dissipazione e il muro di bordo lato diga.

#### 2.12.2 12B DEMOLIZIONE MURO D'UNGHIA E POZZETTI SCARICO DI FONDO E DRENAGGI

In tal modo sarà possibile avere accesso all'area posta immediatamente a valle del muro d'unghia. Il muro sarà demolito assieme ai pozzetti dell'attuale scarico di fondo già ottenute ai pozzetti delle perdite e della rete di drenaggio delle acque superficiali.

#### 2.12.3 12C REALIZZAZIONE DRENAGGIO VALLE DIGA E RACCORDO AL NUOVO POZZETTO

A valle della diga attuale ove sarà realizzato il rinfianco sarà realizzato il prolungamento del drenaggio presente al piede della diga attuale. Tale drenaggio sarà convogliato nel nuovo pozzetto.

#### 2.12.4 12D REALIZZAZIONE MICROPALI NUOVO POZZETTO DRENAGGI

Il nuovo pozzetto dei drenaggi sarà fondato su pali. I pali saranno realizzati dalla quota dell'attuale piano campagna.

#### 2.12.5 12E REALIZZAZIONE PLATEA E STRUTTURE IN ELEVAZIONE

Il pozzetto dei drenaggi si presenta come una pozzo che sarà realizzato completamente fuori terra e quindi rinfiancato successivamente prima di procedere la rinfianco della diga.

### 2.13 FASE 13 Realizzazione sfioro destro valle sezione DX\_06

#### 2.13.1 13A DEMOLIZIONI, SCAVI E RINTERRI FINO ALLA QUOTA DI IMPOSTA DEI MICROPALI

Nella parte terminale il canale fugatore destro si presenta a una quota più alta rispetto a quello attuale. La nuova struttura, fondata su pali, sarà completamente realizzata fuori terra.

Si osserva che a monte il nuovo canale si raccorderà con quello esistente in modo da mantenere una via di accesso tra monte e valle della diga.

---

#### 2.13.2 13B REALIZZAZIONE MICROPALI

I micropali saranno realizzati previa sistemazione del versante con dei gradoni utili alla collocazione delle macchine.

---

#### 2.13.3 13C DRENAGGI

Al disotto della platea del canale fugatore sono presenti dei drenaggio per l'abbattimento delle sottospinte. Tali drenaggi saranno realizzati prima di costruire la platea.

---

#### 2.13.4 13D OPERE IN FONDAZIONE ED ELEVAZIONE

Si procederà quindi alla realizzazione della platea di fondazione e dei muri in elevazione

---

#### 2.13.5 13E RINFIANCO OPERE IN ELEVAZIONE

Si procederà infine al rinfianco dell'opera. Lato diga sarà utilizzato il materiale selezionato per il rinfianco mentre lato versante si utilizzerà il materiale selezionato per i riempimenti.

---

### 2.14 FASE 14 Realizzazione sfioro destro valle sezione SX\_06/SX\_07

---

#### 2.14.1 14A DEMOLIZIONI, SCAVI E RINTERRI FINO ALLA QUOTA DI IMPOSTA DEI MICROPALI

Nella parte terminale il canale fugatore sinistro si presenta disallineato rispetto a quello attuale. La nuova struttura, fondata su pali, sarà completamente realizzata fuori terra.

Si osserva che a monte il nuovo canale si raccorderà con quello esistente in modo da mantenere una via di accesso allo sfioratore sinistro.

---

#### 2.14.2 14B REALIZZAZIONE MICROPALI

I micropali saranno realizzati previa sistemazione del versante con dei gradoni utili alla collocazione delle macchine.

---

#### 2.14.3 14C DRENAGGI

Al disotto della platea del canale fugatore sono presenti dei drenaggio per l'abbattimento delle sottospinte. Tali drenaggi saranno realizzati prima di costruire la platea.

---

#### 2.14.4 14D OPERE IN FONDAZIONE ED ELEVAZIONE

Si procederà quindi alla realizzazione della platea di fondazione e dei muri in elevazione

---

#### 2.14.5 14E RINFIANCO OPERE IN ELEVAZIONE

Si procederà infine al rinfianco dell'opera. Lato diga sarà utilizzato il materiale selezionato per il rinfianco mentre lato versante si utilizzerà il materiale selezionato per i riempimenti. Il vecchio canale fuggatore sarà abbandonato al disotto del riempimento.

## 2.15 FASE 15 Rinfienco corpo diga valle fino alla quota 179 m s.l.m.

### 2.15.1 15A SCAVO MATERIALE AREE 4 E 5 E TRASPORTO AREA 3

Il materiale scavato nelle aree 2, 4 e 5 sarà accumulato nell'area 3.

### 2.15.2 15B MISCELAZIONE MATERIALE IN AREA 3

La miscelazione del materiale sarà effettuata tramite stendi mento in strati di spessore 20-30 cm e successiva rullatura. In questa fase si provvederà inoltre a controllare il grado di umidità del terreno in vista della successiva posa in opera a rinfianco della diga.

### 2.15.3 15C TRASPORTO MATERIALE DA SFIORATORE ATTUALE DX

Il materiale sarà trasportato a valle attraverso la pista 2 e allo sfioratore di destra.

### 2.15.4 15D STENDIMENTO E COMPATTAZIONE

Il rinfianco della diga avverrà previa rimozione della scogliera attualmente presente e la realizzazione di gradoni di ammorsamento nel rilevato attuale. Il rinfianco procederà con lo stendimento del materiale in strati di circa 30 cm e la successiva rullatura e compattazione fino al 95% della densità derivante dalla prova Proctor standard.

Il rinfianco sarà esteso fino alla quota 179.0 m s.l.m. pari alla banca di valle.

### 2.15.5 15E OPERE DRENAGGIO ACQUE METEORICHE E VERDE

Il paramento di valle sarà rivestito con una coltre vegetale di spessore 30 cm. Sul paramento saranno collocati gli embrici di per la raccolta delle acque meteoriche e i pozzetti di confluenza.

## 2.16 FASE 16 Vasca di dissipazione fino a quota 164 m s.l.m.

### 2.16.1 16A TRASPORTO MATERIALE DA AREA 3 DA SFIORATORE ATTUALE DX

La realizzazione della vasca di dissipazione prevede la realizzazione di due berlinesi a partire dalla quota 167.0 m s.l.m. valle e 171.0 m s.l.m. a monte. Per realizzare i micropali si prevede di riempire completamente la vasca di dissipazione attuale.

### 2.16.2 16B RINTERRO VASCA DISSIPAZIONE ATTUALE DA QUOTA 167 M S.L.M. VALLE A 171 M S.L.M. MONTE

Il riempimento della vasca di dissipazione attuale avverrà attraverso lo sfioratore di destra. Il materiale sarà trasportato attraverso la pista 2 fino alla quota di sfioro e quindi scaricato a valle dove sarà sistemato all'interno della vasca di dissipazione.

#### 2.16.3 16C REALIZZAZIONE RAMPA A VALLE IN SCOGLIERA TRA QUOTA 161.8 M S.L.M. A VALLE E QUOTA 167 M S.L.M.

Per poter accedere a tale rilevato da valle e a protezione dello stesso sarà realizzata una rampa che consentirà l'accesso alle aree di realizzazione dei micropali direttamente dal cantiere 2.

#### 2.16.4 16D REALIZZAZIONE DI UN CANALE CENTRALE AL RINTERRO

In questa fase al fine di mantenere un collegamento idraulico tra le soglie e l'alveo di valle sarà realizzato un canale provvisorio in corrispondenza del rilevato da spostare a destra e sinistra a seconda del procedere delle lavorazioni.

#### 2.16.5 16E REALIZZAZIONE MICROPALI VASCA DI DISSIPAZIONE

I micropali saranno realizzati da due o più macchine contemporaneamente al fine di ridurre la durata della fase.

#### 2.16.6 16F REALIZZAZIONE TIRANTI DI TESTA

I micropali saranno tirantati fino alla quota di 164.0 m s.l.m., più o meno coincidente con la quota di fondo della vasca attuale.

#### 2.16.7 16G RIMOZIONE RIPORTO

Una volta realizzati i pali, il riporto sarà rimosso seguendo la realizzazione dei tiranti.

#### 2.16.8 16H REALIZZAZIONE TIRANTI FILE INFERIORI

I tiranti saranno realizzati procedendo alla rimozione del riporto fino all'ultima fila al disopra di 164.0 m s.l.m.

### 2.17 FASE 17 Strada accesso al coronamento in sinistra

#### 2.17.1 17A REALIZZAZIONE PISTA TESTA MICROPALI E RIMOZIONE SOTTOSERVIZI

La strada di accesso al coronamento della diga in sinistra idraulica prevede la realizzazione di una pista alla quota della testa dei micropali.

Prima di realizzare la pista saranno rimossi i sottoservizi presenti sulla strada attuale.

#### 2.17.2 17B REALIZZAZIONE MICROPALI

Dalla pista si procederà alla realizzazione dei micropali.

#### 2.17.3 17C REALIZZAZIONE TIRANTI

Per la realizzazione dei tiranti sarà necessario spostare la pista verso valle in corrispondenza della strada di progetto.

---

#### 2.17.4 17D SCAVO STRADA

Una volta realizzati i micropali e i tiranti, si provvederà a rimuovere la pista e a scavare la strada fino alla quota di progetto.

### 2.18 FASE 18 Realizzazione sfioro sinistra monte

---

#### 2.18.1 18A MESSA FUORI SERVIZIO SFIORATORE DI SINISTRA E RINTERRO QUOTA SOMMITÀ PALI

La realizzazione dello sfioro di sinistra necessita del rinterro dello sfioratore attuale fino alla sommità dei pali e dei micropali.

---

#### 2.18.2 18B REALIZZAZIONE PALI GRANDE DIAMETRO

I pali di grande diametro saranno realizzati a partire dalla quota sommitale.

---

#### 2.18.3 18C REALIZZAZIONE CORDOLI

I cordoli saranno realizzati sempre dal rilevato.

---

#### 2.18.4 18D REALIZZAZIONE TIRANTI

Lo stesso dicasi per i tiranti da realizzarsi in testa ai pali di grande diametro.

---

#### 2.18.5 18E REALIZZAZIONE MICROMICROPALI

Il micropali saranno realizzati sempre dalla sommità del rilevato.

---

#### 2.18.6 18F REALIZZAZIONE TIRANTI

Anche i tiranti saranno realizzati dalla sommità del rilevato.

---

#### 2.18.7 18G RIMOZIONE RINTERRO, DEMOLIZIONI E SCAVO

Una volta completata la realizzazione di pali, micropali e tiranti, si procederà allo scavo del canale.

---

#### 2.18.8 18H DRENAGGI

I drenaggi saranno realizzati con la stesa di uno strato di pietrisco e la posa in opera di tubi drenanti micro fessurati.

---

#### 2.18.9 18I OPERE DI FONDAZIONE E RIVESTIMENTO PALI

La realizzazione delle platee di fondazione e del rivestimento dei pali costituiscono l'ultima fase di realizzazione dello sfioratore di sinistra fatta eccezione per la soglia a becco d'anatra..

## 2.19 FASE 19 Realizzazione sfioro destra monte

### 2.19.1 19A MESSA FUORI SERVIZIO SFIORATORE DI DESTRO E RINTERRO QUOTA SOMMITÀ PALI

La realizzazione dello sfioro di destra necessità del rinterro dello sfioratore attuale fino alla sommità dei pali e dei micropali. In questa fase il collegamento tra monte e valle della diga potrà avvenire attraverso la pista 5 e lo sfioro di sinistra.

### 2.19.2 19B REALIZZAZIONE MICROPALI GRANDE DIAMETRO

I pali di grande diametro saranno realizzati a partire dalla quota sommitale.

### 2.19.3 19C REALIZZAZIONE CORDOLI

I cordoli saranno realizzati sempre dal rilevato.

### 2.19.4 19D REALIZZAZIONE TIRANTI

Lo stesso dicasi per i tiranti da realizzarsi in testa ai pali di grande diametro.

### 2.19.5 19E REALIZZAZIONE MICROMICROPALI

Il micropali saranno realizzati sempre dalla sommità del rilevato.

### 2.19.6 19F REALIZZAZIONE TIRANTI

Anche i tiranti saranno realizzati dalla sommità del rilevato.

### 2.19.7 19G RIMOZIONE RINTERRO, DEMOLIZIONI E SCAVO

Una volta completata la realizzazione di pali, micropali e tiranti si procederà allo scavo del canale e al rinterro sul lato esterno.

### 2.19.8 19H DRENAGGI

I drenaggi saranno realizzati con la stesa di uno strato di pietrisco e la posa in opera di tubi drenanti micro fessurati.

### 2.19.9 19I OPERE DI FONDAZIONE E RIVESTIMENTO PALI

La realizzazione delle platee di fondazione e del rivestimento dei pali costituiscono l'ultima fase di realizzazione dello sfioratore di destra, fatta eccezione per la soglia a becco d'anatra..

## 2.20 FASE 20 Completamento vasca dissipazione

### 2.20.1 20A DEMOLIZIONE PLATEA VASCA DISSIPAZIONE ATTUALE



Completati i canali fugatori si procederà alla demolizione e allo scavo della vasca di dissipazione. In primo luogo sarà demolita la platea della vecchia vasca di dissipazione i cui materiali di risulta saranno conferiti a discarica.

---

#### 2.20.2 20B SCAVO VASCA DISSIPAZIONE

Lo scavo della vasca sarà realizzato quasi completamente in roccia con l'ausilio di martello demolitore.

---

#### 2.20.3 20C TRASPORTO MATERIALE ATTRAVERSO I CANALI FUGATORI

I materiali di risulta saranno utilizzati per i riempimenti. La parte eccedente sarà trasportata all'interno dell'invaso e impiegata nel rinterro dell'area 2.

---

#### 2.20.4 20D TIRANTI FILE INFERIORI

Via via che si procederà nello scavo saranno realizzate le altre file di tiranti.

---

#### 2.20.5 20E REALIZZAZIONE PLATEA E RIVESTIMENTO PALI

Completato lo scavo e la realizzazione dei tiranti si procederà al rivestimento del fondo della vasca e dei micropali.

---

### 2.21 FASE 21 Realizzazione sfiori a becco d'anatra destra e sinistra

---

#### 2.21.1 21A REALIZZAZIONE ANCORAGGI

I becchi d'anatra saranno realizzati come strutture portanti sulla platea degli sfioratori. Saranno pertanto realizzati degli ancoraggi chimici su cui sarà impostata l'armatura della struttura.

---

#### 2.21.2 21B CASSERATURA, ARMATURA E GETTO

Le soglie sfioranti per la loro conformazione particolare necessiteranno della realizzazione di una specifica casseratura e di una specifica procedura per il getto.

---

### 2.22 FASE 22 Completamento rinfianco paramento di valle

---

#### 2.22.1 22A REALIZZAZIONE PISTA 6 DI ARROCCAMENTO AL CORONAMENTO

Il completamento del rinfianco del paramento di valle è previsto attraverso la realizzazione di una pista di arroccamento (pista 6) dalla pista 5.

---

#### 2.22.2 22B DEMOLIZIONE DELLA SOLETTA SOMMITALE

Si procederà alla demolizione e al conferimento a discarica del coronamento.

---

#### 2.22.3 22C SCAVO MATERIALE AREE 4 E 5 E TRASPORTO AREA 3

Il materiale per il rinfianco sarà reperito anche in questo caso dagli scavi nelle aree 4 e 5.

---

#### 2.22.4 22D MISCELAZIONE MATERIALE IN AREA 3

La miscelazione nell'area 3 seguirà la stessa procedura già descritta.

---

#### 2.22.5 22E RINFIANCO DA QUOTA 179 M S.L.M. A QUOTA 190 M S.L.M.

Il rinfianco della diga avverrà previa rimozione della scogliera attualmente presente e la realizzazione di gradoni di ammorsamento nel rilevato attuale. Il rinfianco procederà con lo stendi mento del materiale in strati di circa 30 cm e la successiva rullatura e compattazione fino al 95% della densità derivante dalla prova Proctor standard.

Il rinfianco sarà esteso fino alla quota 190.0 m s.l.m..

---

#### 2.22.6 22F OPERE DRENAGGIO ACQUE METEORICHE E VERDE

Il paramento di valle sarà rivestito con una coltre vegetale di spessore 30 cm. Sul paramento saranno collocati gli embrici per la raccolta delle acque meteoriche e i pozzetti di confluenza.

---

### 2.23 FASE 23 Completamento rinfianco paramento di monte

---

#### 2.23.1 23A SCAVO MATERIALE AREE 4 E 5 E TRASPORTO AREA 3

Il materiale per il rinfianco come già detto sarà reperito dall'area 2 e dalle aree 4 e 5. Lo scavo del materiale sarà seguito dalla vagliatura per ridurre la componente dello scheletro e dalla miscelazione. Tali operazioni avverranno nell'area 3.

---

#### 2.23.2 23B MISCELAZIONE MATERIALE IN AREA 3

La miscelazione del materiale sarà effettuata tramite stendi mento in strati di spessore 20-30 cm e successiva rullatura. In questa fase si provvederà inoltre a controllare il grado di umidità del terreno in vista dalle successiva posa in opera a rinfianco della diga.

---

#### 2.23.3 23C RINFIANCO DA QUOTA 179 M S.L.M. A QUOTA 190 M S.L.M.

Il rinfianco della diga avverrà previa rimozione della scogliera attualmente presente e la realizzazione di gradoni di ammorsamento nel rilevato attuale. Il rinfianco procederà con lo stendi mento del materiale in strati di circa 30 cm e la successiva rullatura e compattazione fino al 95% della densità derivante dalla prova Proctor standard.

Il rinfianco sarà esteso fino alla quota 184.2 m s.l.m. pari alla quota della platea esterna degli sfioratori.

---

#### 2.23.4 23D REALIZZAZIONE SCOGLIERA

Sul paramento di monte sarà collocata una scogliera di spessore 1.0 m. Al disotto della scogliera sarà posto un tessuto non tessuto e un filtro di allettamento.

---

### 2.24 FASE 24 Opere completamento coronamento

---

#### 2.24.1 24A REALIZZAZIONE PIEZOMETRI

I vari piezometri presenti attualmente sulla diga saranno dismessi. Si prevede la realizzazione di due piezometri sul coronamento e un piezometro sulla banca di valle ciascuno dotato di due celle di Casagrande.

---

#### 2.24.2 24B SOLETTA DI CORONAMENTO E CAVIDOTTI

Si provvederà quindi alla realizzazione di una nuova soletta di coronamento e al passaggio dei cavidotti per gli apparecchi illuminanti.

---

#### 2.24.3 24C PASSERELLE ACCESSO CORONAMENTO

Sono previste tre passerelle due di accesso al coronamento e una di accesso al locale dei drenaggi.

---

#### 2.24.4 24D POSA IN OPERA PARAPETTI

Lungo i muri esterni dei canali fugatori e della vasca di dissipazione sarà collocato un parapetto di sicurezza. Lo stesso sarà collocato anche in testa alla scarpata in sponda sinistra.

---

### 2.25 FASE 25 Opere completamento pozzetto drenaggi

---

#### 2.25.1 25A SCALA ACCESSO POZZETTO DRENAGGI

Per l'accesso al pozzetto dei drenaggi è prevista una scala di raccordo tra la viabilità e la sponda della vasca.

---

#### 2.25.2 25B PASSERELLA ACCESSO POZZETTO DRENAGGI

La passerella di accesso al pozzetto dei drenaggi attraversa lo sfioratore di sinistra immediatamente a monte della vasca di dissipazione.

---

#### 2.25.3 25C CARPENTERIA METALLICA POZZETTO DRENAGGI

La discesa al pozzetto drenaggi avviene attraverso una scala in acciaio aderente alle pareti.

---

#### 2.25.4 25E PARAPETTI

Il pozzetto drenaggi è a cielo aperto e presenta sul suo bordo un parapetto.

---

### 2.26 FASE 26 Opere completamento pozzetto scarico di fondo

---

#### 2.26.1 26A CARPENTERIA METALLICA SCARICO DI FONDO

Il pozzetto dello scarico di fondo è dotato di una scala di accesso in acciaio.

---

#### 2.26.2 26B VALVOLE SCARICO DI FONDO

Le valvole dello scarico di fondo saranno calate nel pozzetto dalle aperture presenti nella soletta.

---

#### 2.26.3 26C IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO E PIPING

Sarà posto in opera l'impianto di sollevamento e il relativo piping.

---

#### 2.26.4 27D RICOSTRUZIONE VASCA DI SEDIMENTAZIONE

Si procederà alla ricostruzione della vasca di sedimentazione demolita all'inizio dei lavori per fare posto al cantiere del microtunneling.

---

### 2.27 FASE 27 Opera di adduzione

---

#### 2.27.1 27A INSTALLAZIONE OPERA DI PRESA

Si procederà ad installare la torre di presa in corrispondenza dell'opera di imbocco dello scarico di fondo.

---

#### 2.27.2 27B INSTALLAZIONE CONDOTTA DI ADDUZIONE ALL'IMPIANTO

Si procederà alla installazione della condotta di adduzione della cameretta dello scarico di fondo all'impianto e alla realizzazione del pozzetto di by-pass

---

#### 2.27.3 27C INSTALLAZIONE PREMENTE DALL'ELSA

Si procederà alla posa in opera della premente dall'Elsa sullo stradello di accesso al coronamento della diga.

---

### 2.28 FASE 28 IMPIANTI ELETTRICI

---

#### 2.28.1 28A IMPIANTI ELETTRICI POZZETTO SCARICO DI FONDO

Il pozzetto dello scarico di fondo sarà dotato di impianto di illuminazione e quadro di alimentazione dell'impianto di sollevamento e dei servomotori.

---

#### 2.28.2 28B IMPIANTI ELETTRICI POZZETTO DRENAGGI

Il pozzetto dei drenaggi di fondo sarà dotato di impianto di illuminazione.

---

#### 2.28.3 28C IMPIANTO ILLUMINAZIONE STRADA

Lungo la viabilità in sinistra idraulica è prevista la posta in opera di una serie di apparecchi illuminanti.

---

#### 2.28.4 28D IMPIANTO ILLUMINAZIONE CORONAMENTO

Sul coronamento è prevista l'installazione di una serie di fari di illuminazione del paramento di monte e del paramento di valle.

---

### 2.29 FASE 29 SMOBILIZZO CANTIERE MONTE

---

#### 2.29.1 29A RIPRISTINO AMBIENTALE AREA 2

Nell'area 2 saranno riportati, durante gli scavi a valle diga, i terreni di risulta. Al termine dei lavori tale area sarà oggetto di un ripristino ambientale consistente nella livellazione del terreno e la stesa di una coltre vegetale.

---

#### 2.29.2 29B RIMOZIONE PISTE

Le piste interne all'invaso saranno dismesse fatta eccezione per la pista 2 di accetto alla banca di monte.

---

#### 2.29.3 29C RIMOZIONE CANTIERE

Il cantiere di monte sarà smobilizzato lasciando in essere il solo cancello accesso alla strada.

---

### 2.30 FASE 30 SMOBILIZZO CANTIERE VALLE

---

#### 2.30.1 30A RIMOZIONE CANTIERE

Il cantiere di valle sarà completamente rimosso.

---

#### 2.30.2 30B RIMOZIONE PISTE

Sarà rimossa la pista di accesso in sponda sinistra del borro di Cepparello

---

#### 2.30.3 30C RIMOZIONE ATTRAVERSAMENTO PROVVISORIO

Sarà rimosso l'attraversamento provvisorio e ripristinato lo stato ante-operam.

### 3 PIANO DI GESTIONE DELLE PIENE IN CORSO D'OPERA

Il presente paragrafo costituisce il “Piano di Gestione delle Piene” per la gestione del cantiere in caso di fenomeni meteorici avversi.

Lo smaltimento delle acque afferenti all'invaso durante le lavorazioni è previsto in due modalità.

In una **prima fase**, della durata di circa 6 mesi, sarà installata una stazione di sollevamento a monte della coronella provvisoria prevista a protezione dell'area di rimozione dei sedimenti.

In una **seconda fase**, per tutta la restante durata dei lavori, le acque saranno convogliate all'interno del nuovo scarico di fondo.

La realizzazione del nuovo scarico di fondo migliora notevolmente la gestione del cantiere in caso di eventi meteorici avversi.

L'impianto di sollevamento sarà in grado di smaltire le portate fino alla durata di circa 100 giorni corrispondenti a circa 120 l/s. Tale assunzione risulta giustificata considerando che i lavori di rimozione dei sedimenti previsti nella prima fase si svolgeranno a cavallo del periodo estivo e quindi in un periodo di scarsi deflussi.

Il calcolo della portata media giornaliera con 100 giorni di durata è stato effettuato sulla scorta delle analisi condotte dalla Autorità di Bacino del Fiume Arno per il Piano della Risorsa Idrica da cui è stata dedotta la curva di durata delle portate medie giornaliere.

I dati di base per il bacino del borro di Cepparello sono riportati nella Tabella 3-1. Nella Figura 3-1 si riporta la curva di durata del borro di Cepparello.

TOPONIMO	BORRO CEPPARELLO
CATCH_VAL	N002005133
IDTRATTO	48514
Q7,10 [mc/s]	0.0073
Bfi [mc/s]	44.93
Q355 [mc/s]	0.008548
Q10 [mc/s]	0.48481
Q7,2 [mc/s]	0.01122
ID_CRITICO	50379
codice_arn	50379
sottobacin	ELSA
Shape_len	1059.670578

Tabella 3-1– Parametri del borro di Cepparello da Piano Risorsa Idrica AdB.

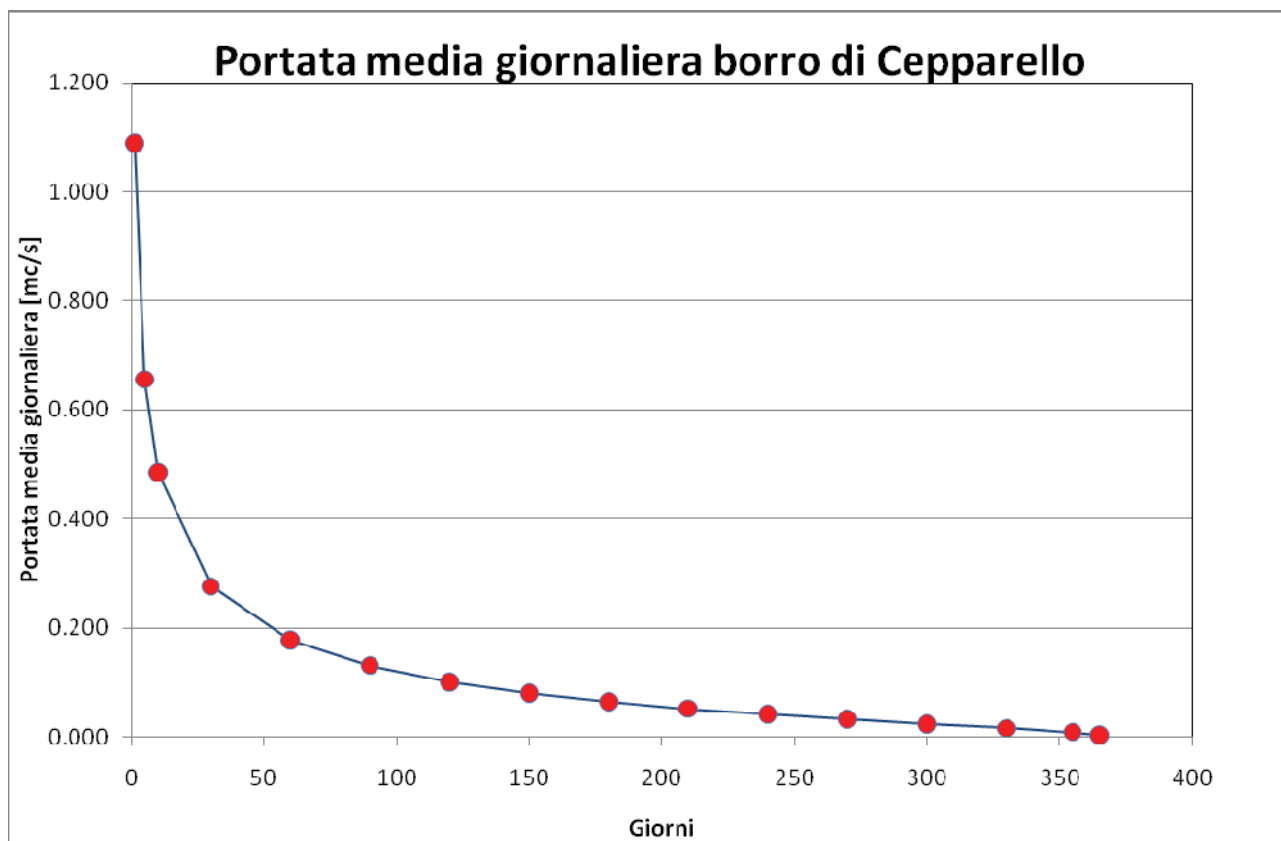


Figura 3-1 – Curva di durata del borro di Cepparello.

Durata	Portata
1	1.089
5	0.656
10	0.485
30	0.276
60	0.178
90	0.131
120	0.101
150	0.080
180	0.064
210	0.052
240	0.041
270	0.032
300	0.024
330	0.016
355	0.009
365	0.003

Tabella 3-2– Curva di durata del borro di Cepparello.

Lo scarico di fondo sarà utilizzato nella seconda fase. Lo scarico è in grado di smaltire la portata con tempo di ritorno di poco inferiore 5 anni, corrispondenza a circa 45.0 mc/s, con un livello nell'invaso di 179.00 m s.l.m. che corrisponde alla quota della pista di accesso al coronamento.

Il tempo di ritorno di 5 anni risulta compatibile con la presenza a monte dell'invaso del cantiere, in quanto nessuna installazione fissa è previsto sia installata al disotto della quota degli sfioratori. In particolare il cantiere di monte sarà collocato in corrispondenza della viabilità di accesso in condizioni di assoluta sicurezza.

Saranno in ogni caso previste nel PSC le procedure da adottarsi in caso di evento meteorico avverso. In particolare si dovranno consultare giornalmente le previsioni meteo in modo da interrompere le lavorazioni in caso di previsioni avverse provvedendo alla messa in sicurezza dei macchinari.



## 4 MICROTUNNELING

La realizzazione del microtunneling dello scarico di fondo prevede una serie di apprestamenti specifici che possono essere qui riassunti:

- ponte provvisorio sul borro di Cepparello al fine di consentire il transito in sicurezza dei macchinari;
- cameretta di spinta con specifica struttura reggispinga dimensionata fino a 1.100 t;
- cameretta per il recupero della macchina perforatrice;
- macchine ausiliarie per la perforazione e la gestione dei fanghi.

### 4.1 ATTREZZATURE E APPRESTAMENTI

La camera di spinta tipo è rappresentata nella Figura 4-1 e nella Figura 4-2 . In particolare nella schema tipo sono specificate:

- le dimensioni interne dei pozzi;
- il foro di imbocco del microtunnel;
- la distanza dal fondo del foro alla platea (40 cm).

Nella Figura 4-3 si riporta il tipologico della piastra reggispinga che verrà fissata al muro, il quale è stato dimensionato per una spinta massima pari a 1.100 ton (data la particolare posizione del pozzetto si è optato per non dimensionare la struttura reggispinga per il carico massimo applicabile pari a 1.400 t essendo la spinta massima esplicabile da un pistone pari a 350 ton, di ciò si dovrà tenere conto durante la fase realizzativa).

Si prevede la necessità di predisporre due stazioni di spinta intermedie, una a 30 metri dalla testa fresante ed una a circa 130 metri. Durante l'esecuzione dei lavori sarà valutata la possibilità di non installare la prima stazione intermedia in funzione dell'attrito che si sviluppa tra tubazione e terreno.

Le principali attrezzature sono riportate nella Tabella 3-1.

Sarà necessario un convoglio eccezionale per il trasporto del 1° elemento del Microtunnel tipo MTS 2000 (OD 2500) assieme alla sua Testa Fresante. Il carico netto si aggira attorno alle 400 tonnellate, con un pianale e motrice il carico lordo sarà pari all'incirca a 600 ton.

<b>ELEMENTO</b>	<b>PESO (kg)</b>
Testa fresante Microtunneler tipo MTS 2000 (OD 2500)	≈ 8000
Microtunneler tipo MTS 2000 (OD 2500) – I° elemento (esclusa la testa fresante)	32185
Microtunneler tipo MTS 2000 (OD 2500) – II° elemento	13425
Power Pack Container	11000
Separation tipo Plant MAB Typ 400	19000

Tabella 4-1– Attrezzature per il microtunneling.

## 4.2 MODALITA' OPERATIVE

Per l'organizzazione del cantiere e le modalità operative si rimanda alla relazione riportata in APPENDICE A messa a disposizione da una ditta specializzata.

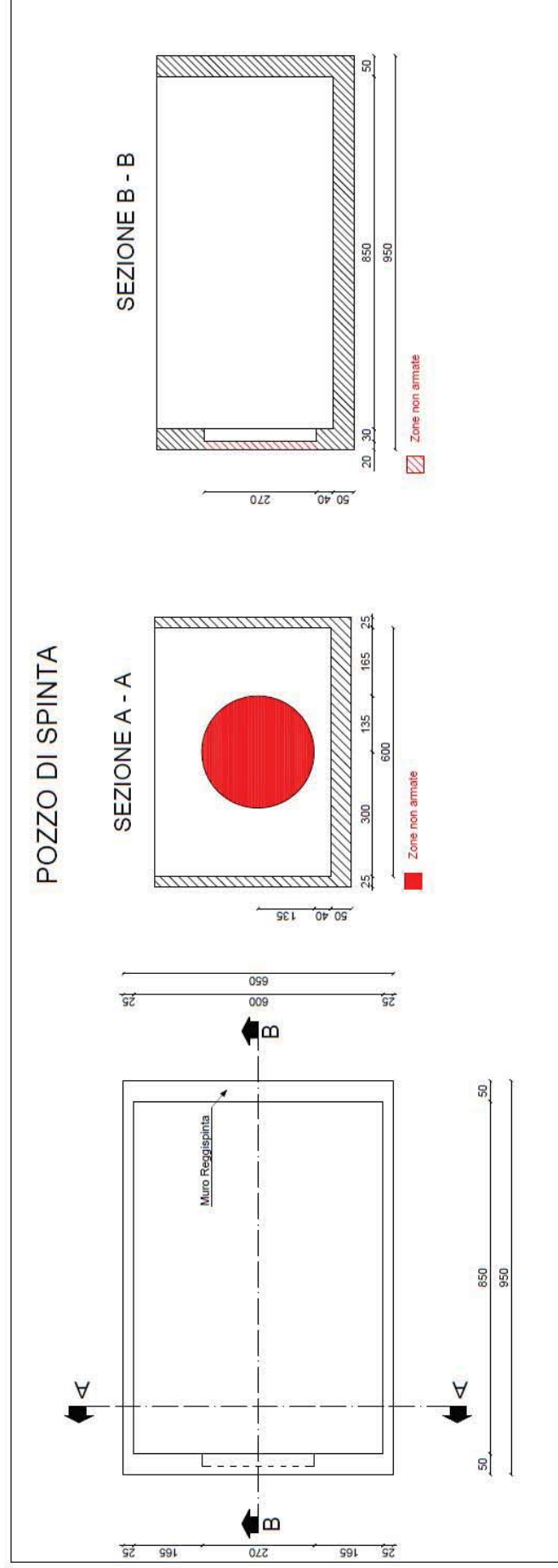


Figura 4-1 – Pozzo di spinta.

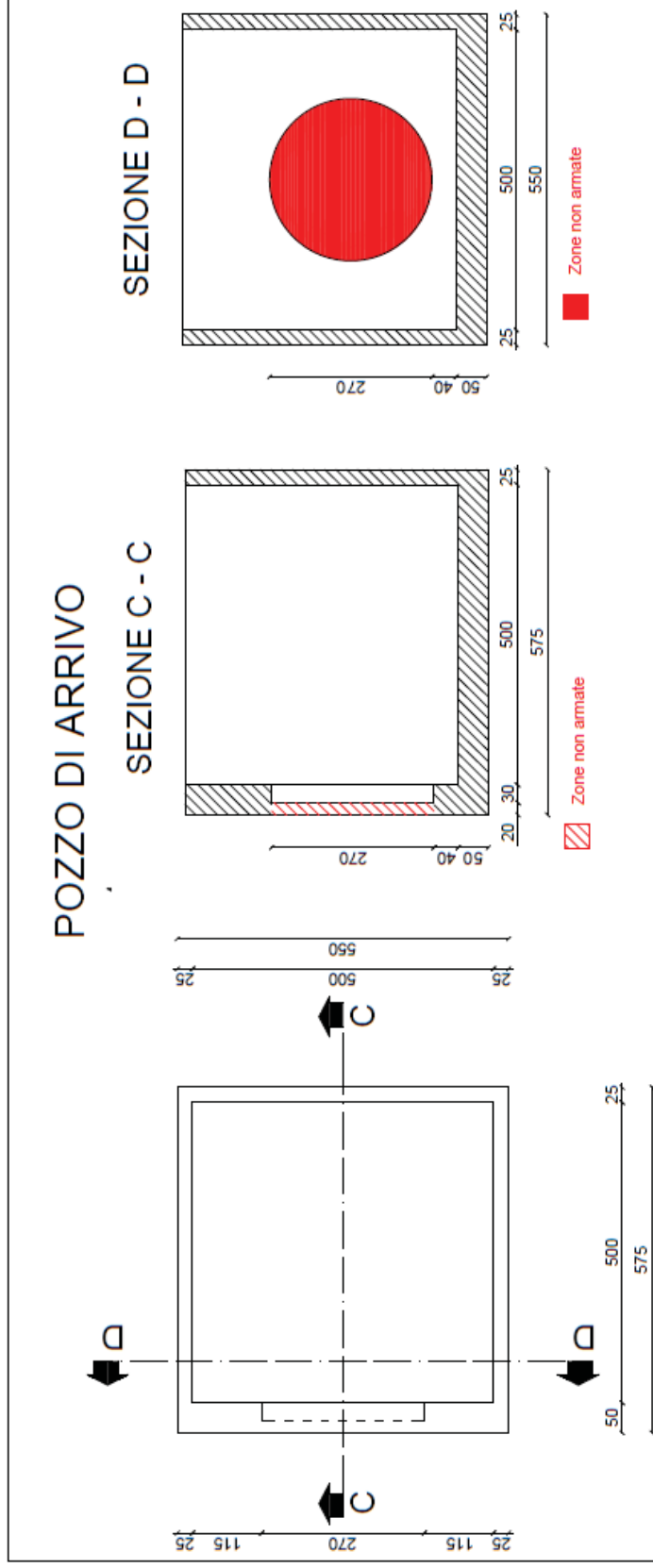


Figura 4-2 – Pozzo di arrivo.

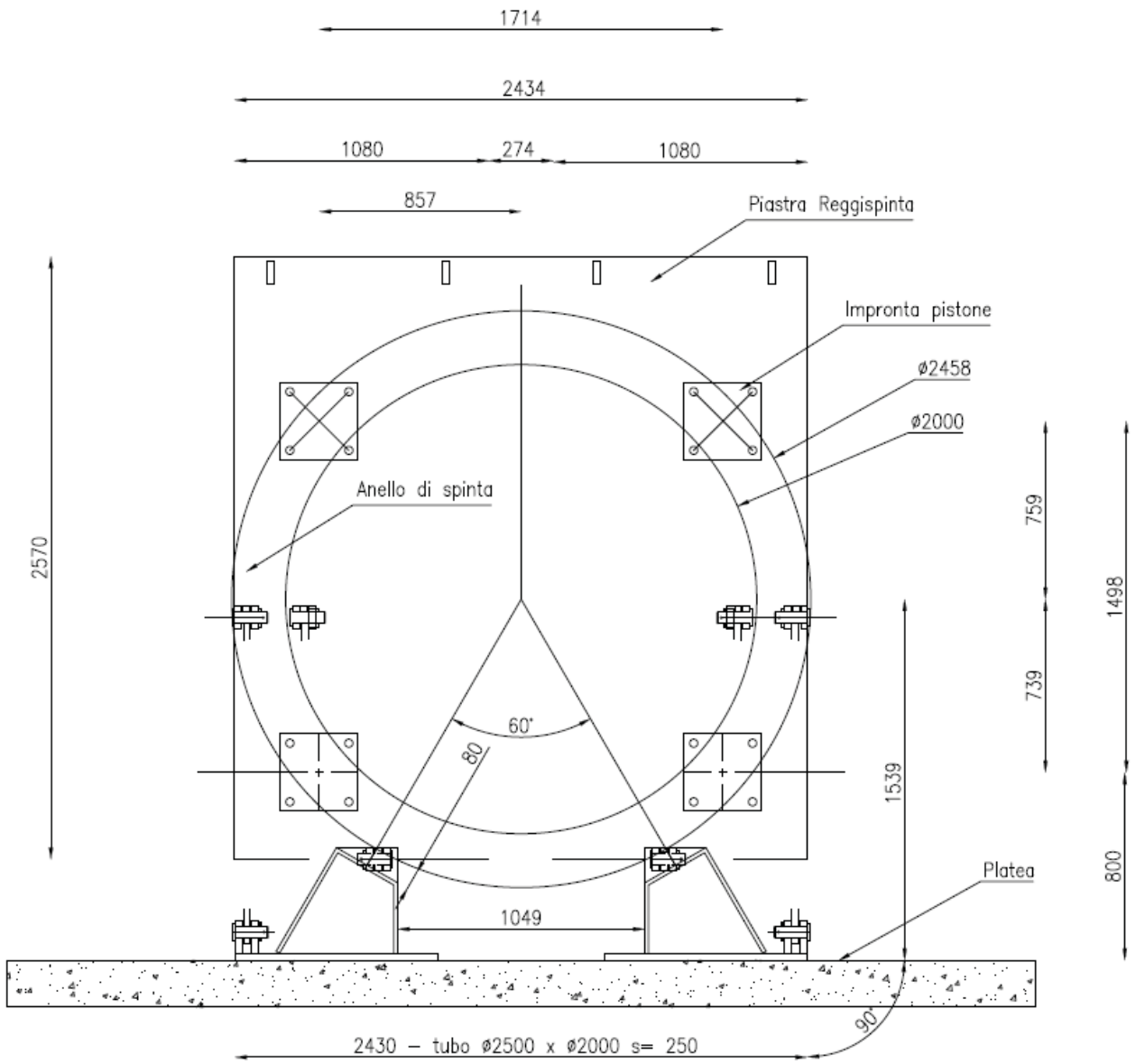


Figura 4-3 – Piastra di spinta.

***COMUNE DI BARBERINO VAL D'ELSA E POGGIBONSI***

*Provincia di FIRENZE e SIENA*

**INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO DELLA  
*DIGA DROVE DI CEPPARELLO***

**RELAZIONE TECNICO-ILLUSTRATIVA  
MICROTUNNEL**

**IMPRESA ING. LA FALCE SRL**





## *INDICE*

1.	INTRODUZIONE .....	1
2.	ATTREZZATURE UTILIZZATE IN CANTIERE .....	4
2.1	IL MICROTUNNELER .....	5
2.2	IL GRUPPO DI SPINTA .....	6
2.3	IL CIRCUITO DI SMARINO IDRAULICO .....	7
2.4	SISTEMA DI GUIDA E CONTROLLO DELLA DIREZIONE .....	9
3.	PREDISPOSIZIONE AREE DI CANTIERE .....	10
4.	ESECUZIONE DELL'ATTRAVERSAMENTO .....	12
5.	SMONTAGGIO DEL CANTIERE.....	14





## 1. INTRODUZIONE

Il presente lavoro rientra all'interno degli interventi migliorativi da realizzare per la diga Drove di Cepparello, localizzata nel Comune di Poggibonsi in provincia di Siena. Ai sensi del D.M. 24/03/1982 tale opera è classificata come 'diga in terra omogenea' e come 'grande diga' essendo l'altezza dello sbarramento superiore ai 15 metri.

La diga sbarrata il corso del Borro di Cepparello e quello del Borro di Granaio, che confluisce nel Cepparello poco a monte dello sbarramento.

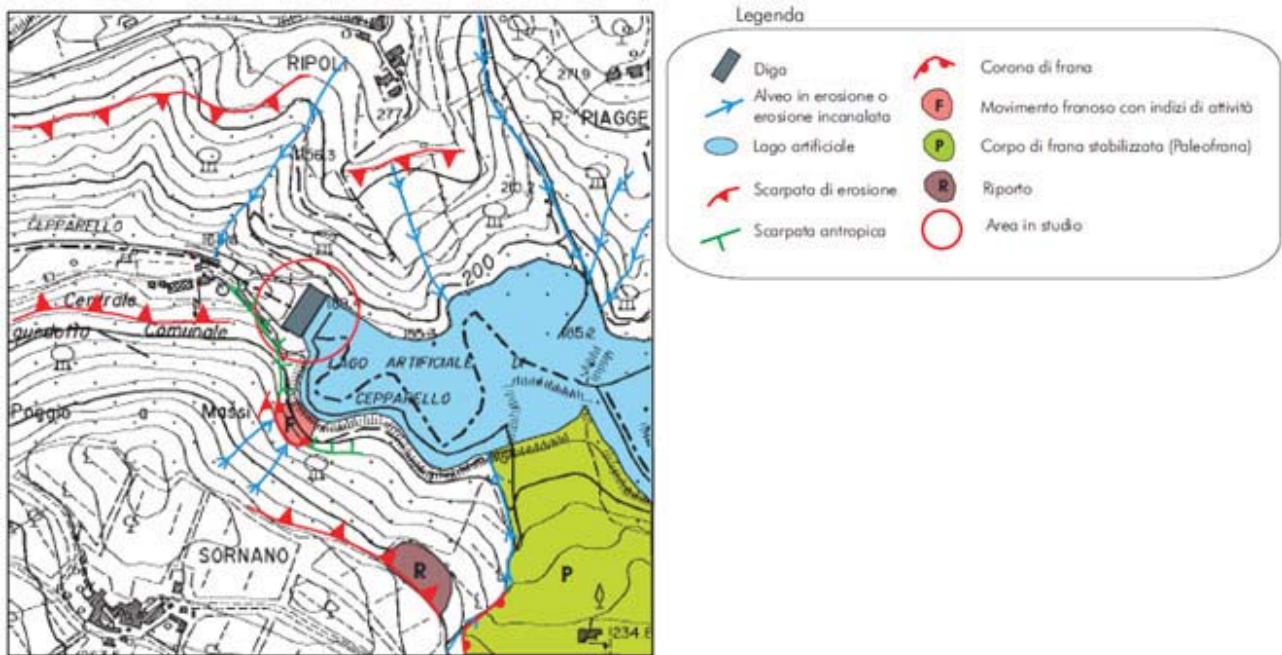


Figura 1.1 – Inquadramento geomorfologico (in alto) ed ortofoto (in basso) risalente al 2013 della Diga Drove di Cepparello.

Gli interventi di progetto pensati per la diga oggetto di studio consistono in interventi di ristrutturazione mediante lavori e opere di trasformazione atti ad aumentare la sicurezza attuale dell'opera, tra i quali la realizzazione di un nuovo scarico di fondo che consiste nel rifacimento dell'opera di presa di monte, dell'opera di alloggiamento delle valvole e di una nuova tubazione di scarico di diametro interno pari a 2000 mm mediante tecnologia *microtunneling*.

Tale tubazione presenta uno sviluppo rettilineo con lunghezza di circa 200 metri ed una pendenza che si aggira attorno al 12%. Il materiale da attraversare è in prevalenza flysch con alternanze di arenarie e argilliti, così come si evince dai sondaggi geognostici effettuati nei terreni limitrofi la diga. In funzione della geometria del tracciato e della tipologia di terreno attraversato si ritiene che il *microtunneling* rappresenti la tecnica che fornisce i maggiori vantaggi (precisione e celerità di messa in opera) per la messa in opera della tubazione di scarico.



1.2 – Sondaggio S2 relativo alla tipologia di terreno della Diga Cepparello.

Tale tecnica *trenchless* presuppone la realizzazione di una condotta tramite *microtunnel* costituito da uno scudo fresante chiuso telecomandato, con evacuazione idraulica del materiale scavato ed avanzamento a spinta della condotta posta immediatamente dietro lo scudo. Tale avanzamento avviene contemporaneamente la fase di scavo eseguito dalla testa fresante dello scudo, il quale è perennemente in contatto con il fronte scavo consentendo così di eliminare rischi di eventuali cedimenti del terreno in superficie.

L'esecuzione del micro tunnel richiede preliminarmente l'esecuzione di due pozzi, uno di spinta e l'altro di arrivo. Tali opere sono manufatti scatolari in calcestruzzo opportunamente armato. All'interno del pozzo di spinta viene calato un telaio metallico con in coda una piastra reggispinta su cui sono fissati quattro pistoni telescopici. Il compito di tale piastra è quello di distribuire sul muro reggispinta retrostante gli sforzi esplicati dai pistoni durante la fase di avanzamento della tubazione. Il pozzo di arrivo, di dimensioni inferiori rispetto a quello di partenza, ha lo scopo di consentire il recupero degli elementi della fresa, una volta ultimata la perforazione.

Nel seguito sono trattate nel dettaglio le attrezzature richieste dalla tecnica del *microtunneling*, le caratteristiche che le aree di lavoro devono presentare per semplificare la logistica di cantiere e le diverse fasi necessarie per la perforazione e la messa in opera della tubazione.



## 2. ATTREZZATURE UTILIZZATE IN CANTIERE

Le lavorazioni per la realizzazione dell'attraversamento di progetto richiedono l'utilizzo delle seguenti attrezzature:

- Il *microtunneler*, costituito da una testa fresante e due elementi cilindrici che ha il compito di disgregare il materiale che intercetta lungo il profilo di progetto ed evacuarlo mediante l'impianto di smarino;
- Il Gruppo di Spinta, costituito da quattro pistoni telescopici che rappresentano gli attuatori lineari dell'impianto oleodinamico con comando centralizzato. Nel caso di attraversamenti con uno sviluppo longitudinale importante tale gruppo potrebbe non essere sufficiente a fornire la forza necessaria per l'avanzamento della tubazione: per far fronte a ciò è necessario procedere con l'installazione di una stazione di spinta intermedia costituita da una serie di pistoni idraulici, di dimensioni inferiori rispetto quelli del pozzo di partenza, che saranno poi recuperati a lavorazioni ultimate.
- Impianto di smarino del materiale di scavo, costituito da vasconi di acqua e/o fango bentonitico, iniettore e miscelatore di acqua e bentonite, pompe centrifughe, separatore e filtropressa;
- Una guida costituita da un sistema laser posizionato all'interno del pozzo di spinta;
- Gruppo elettrogeno necessario per la produzione di energia elettrica distribuita poi, attraverso un quadro elettrico generale, al *microtunneler*, al gruppo di spinta, al miscelatore ed iniettore, alle pompe centrifughe, al separatore ed alla filtropressa;
- Un autogrù di opportuna capacità per la posa ed il recupero del *Microtunneler* e per la movimentazione delle tubazioni da mettere in opera;

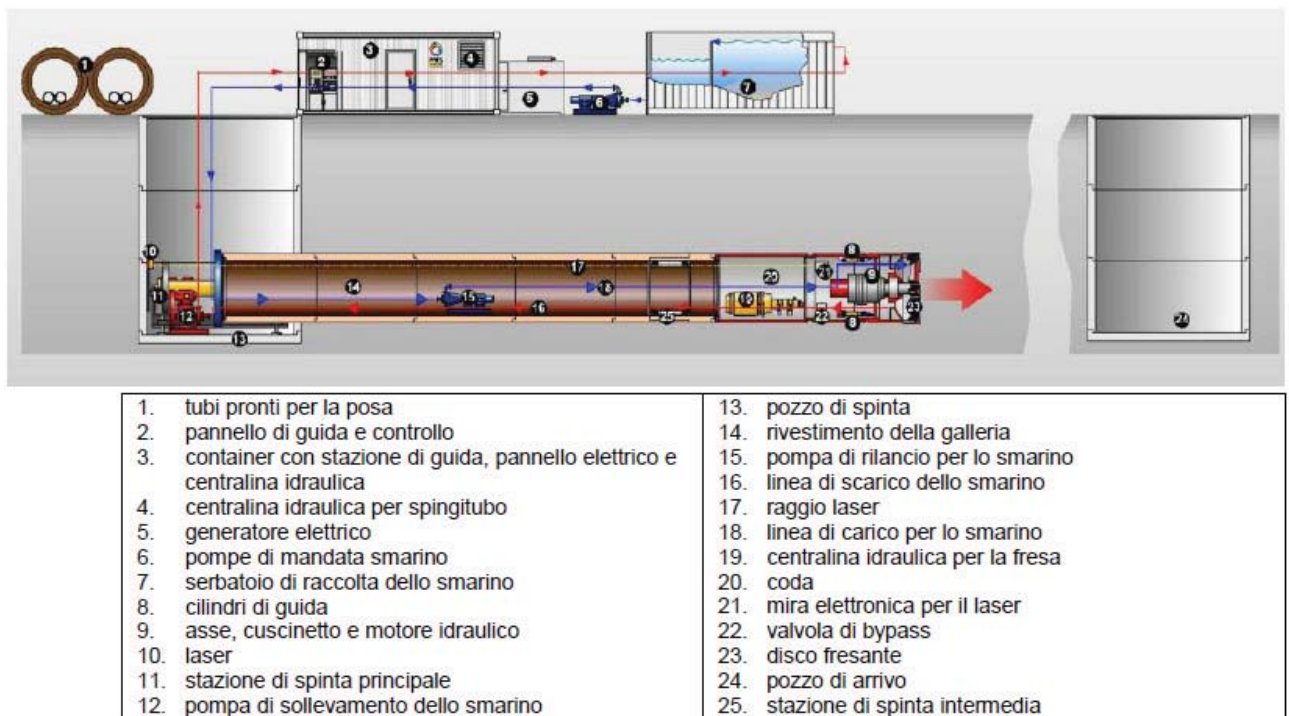


Figura 2.1 – Schema esemplificative delle attrezzature richieste dalla tecnica del Microtunneling (tratto da MTS Perforator)

- Container di dimensioni 6x2,5x2,7 metri con divisorio interno che separa la cabina, da cui è possibile comandare il *microtunneler* secondo il profilo di progetto, dalla sede della centralina oleodinamica che permette la distribuzione dell'olio minerale a tutto il gruppo di spinta.
- Un escavatore con cui caricare il materiale di smarino su opportune motrici ribaltabili;

- Due container di dimensioni 6 x 2.5 x 2.7 metri, all'interno dei quali sono stoccati i cavi di alimentazione della fresa, i cavi dati e le tubazioni idrauliche necessarie per il montaggio dell'impianto di microtunneling;
- Un container officina in cui sono presenti tutti gli attrezzi richiesti dalle lavorazioni ed eventuali elementi di ricambio sostitutivi.

## 2.1 IL MICROTUNNELER

Il *microtunnel* è uno scudo telecomandato munito di una fresa rotante che disgrega il materiale durante l'avanzamento. La testa fresante consente l'ingresso del materiale frantumato anche di grande dimensione dentro la camera di miscelazione, la quale si restringe a cono ed ha le pareti dotate di dentature convergenti. A seguito dell'avanzamento della macchina il materiale scavato viene sospinto sul fondo del cono e le parti solide tendono ad incastrarsi tra i denti che le sminuzzano a dimensioni tali da poter essere allontanate per mezzo di un circuito chiuso a circolazione d'acqua o di miscela acqua/bentonite. La tecnologia consente una notevole versatilità, consentendo di affrontare l'intera gamma di terreni, da quelli sciolti a quelli lapidei, sia in falda che fuori falda.



Figura 2.2 – A sinistra Microtunnel MTS Perforator, a destra testa mista adatta ad affrontare roccia e terreni argillosi.

Il *microtunnel* in Nostro possesso è stato realizzato dalla *MTS Perforator*, presenta un diametro esterno pari a 2530 mm ed è costituito da due elementi cilindrici collegabili tra loro, di lunghezza totale pari a circa 7 metri. Dispone di un motore idraulico con coppia pari a 485000 N·m e di tre martinetti direzionali ciascuno dei quali è in grado di esplicare una forza pari a 1500 kN azionati grazie ad una centralina idraulica composta di un motore elettrico da 160 kW con pompa di distribuzione a pistoni assiali in grado di assicurare una pressione di esercizio pari a 300 bar, serbatoio, radiatore dell'olio e valvole elettromagnetiche.

I due scudi metallici costituenti la macchina possiedono un sistema di giunzione che consente un montaggio del *microtunnel* con una notevole celerità.

Per quanto concerne la testa fresante da montare sullo scudo di perforazione, la scelta è funzione della tipologia di materiale che il *microtunnel* incontra seguendo il tracciato di progetto. L'area del presente *microtunneling* è caratterizzata principalmente da flysch con alternanze di arenarie e argilliti. La scelta potrebbe quindi ricadere su una tipologia di testa mista, in grado di avanzare con buona celerità sia all'interno della roccia che nelle argilliti.

## 2.2 IL GRUPPO DI SPINTA

All'interno del pozzo di partenza è necessario montare il cosiddetto gruppo di spinta costituito da quattro pistoni telescopici fissati posteriormente ad una piastra metallica ed anteriormente all'anello di spinta. Sulla platea di fondo viene fissato un telaio metallico che funge da slitta ai concetti di tubazione che verranno man mano spinti all'interno del foro di imbocco. Sui pistoni vengono montate opportune tubazioni idrauliche che consentono di collegarli alla centralina idraulica, dotata di serbatoio, motore elettrico e pompe volumetriche che consentono la distribuzione dell'olio idraulico in tutto l'impianto oleodinamico. L'avanzamento della corsa dei pistoni e la pressione del circuito vengono gestite da remoto direttamente dall'interno della cabina comando.

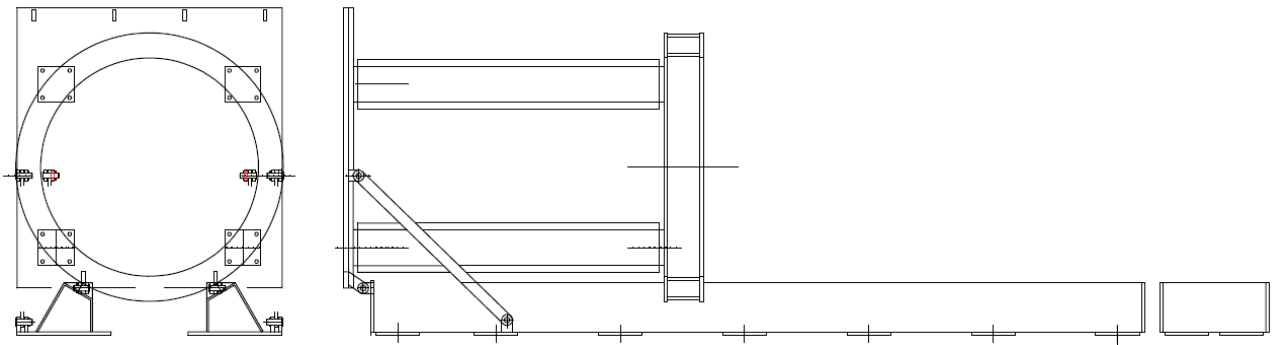


Figura 2.3. Vista frontale e laterale della "slitta" entro la quale viene alloggiato il tubo e sulla quale "scorre" l'anello di spinta azionato dai pistoni oleodinamici.

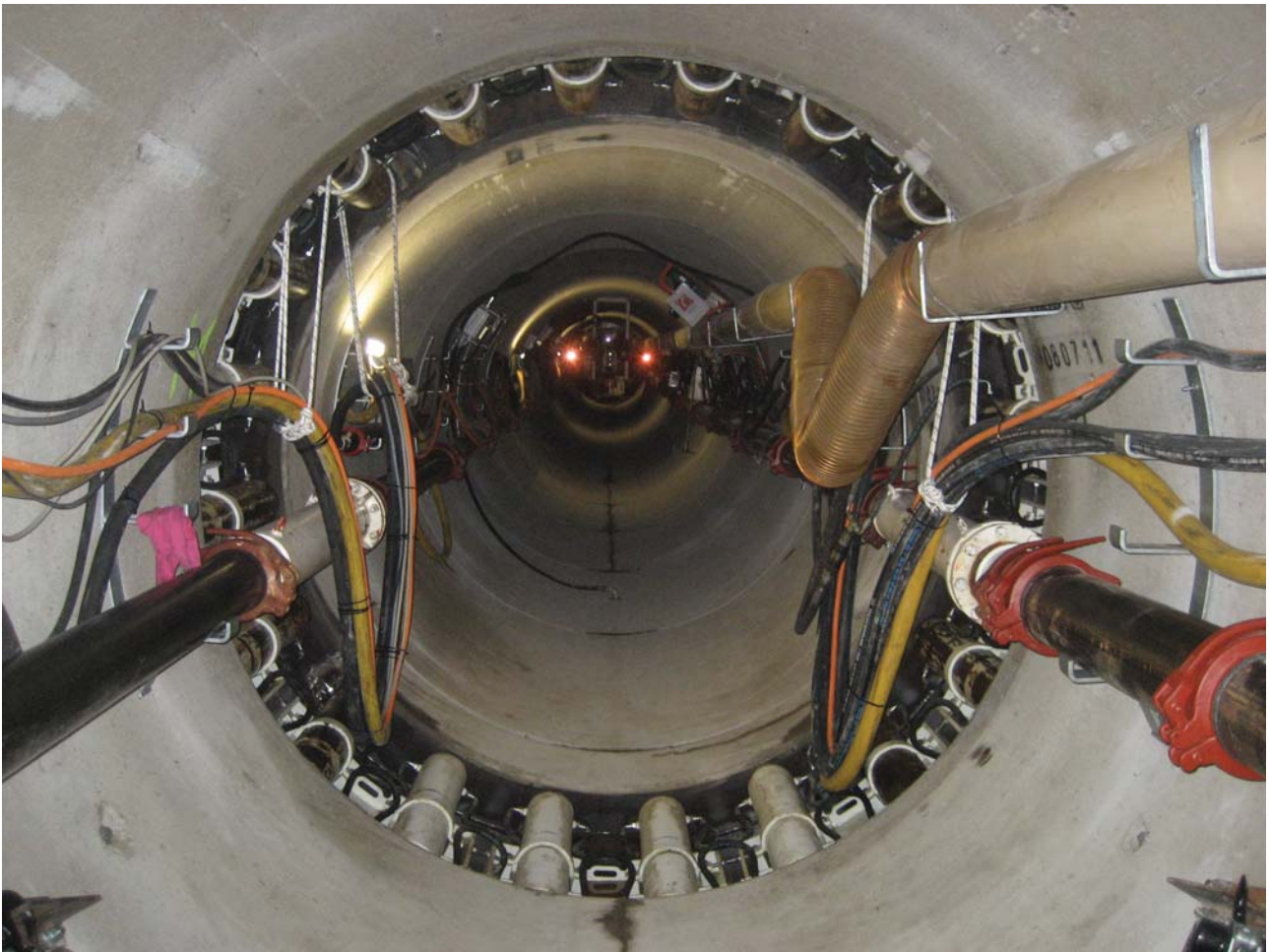


Figura 2.4 – Unità di spinta dotata di piastra metallica fissata al muro di contrasto e quattro pistoni oleodinamici che spingono un anello di spinta con funzione di redistribuire gli sforzi sulla tubazione (foto tratta da [http://www.lafalce.it/wp-content/uploads/IMG\\_4812-1030x687.jpg](http://www.lafalce.it/wp-content/uploads/IMG_4812-1030x687.jpg))

Dato che la lunghezza della perforazione è pari a 200 metri si ritiene opportuno provvedere all'installazione di due stazioni di spinta intermedie: la prima a circa 30 metri dalla testa fresante e la seconda dopo 120 metri. Le stazioni di spinta intermedie consistono in un dispositivo telescopico dello stesso diametro dei tubi da porre in opera. All'interno di questo elemento speciale trovano posto una serie di martinetti idraulici di piccole dimensioni, che costituiscono una stazione di spinta secondaria, che permette al dispositivo di allungarsi e ritirarsi. Tali stazioni di spinta sono comandate direttamente da remoto dalla cabina comando. In



definitiva la spinta avviene in due fasi: la prima prevede che la stazione intermedia spinga i tubi tra essa stessa e il fronte scavo mentre con la seconda si spingono i conci interposti tra la stazione di spinta e quella intermedia.



*Figura 2.5 – Stazione di spinta intermedia.*

### **2.3 IL CIRCUITO DI SMARINO IDRAULICO**

Il materiale scavato dallo scudo fresante viene avviato verso la camera di smarino che è collegata al circuito di ricircolo dello slurry pompato verso l'impianto di separazione, dove la frazione solida viene separata dall'acqua che poi è immessa nuovamente nel circuito.

All'interno dell'impianto sono installate pompe centrifughe a portata variabile di mandata e di recupero in prossimità dello scudo e, nel caso sia richiesto, lungo la linea ed all'interno del pozzo di spinta. Le pompe sono dotate di inverter che consentono di poter variare pressione e portata in ogni punto in funzione della velocità di perforazione, della progressiva planimetrica e delle caratteristiche del terreno.

Il separatore è un attrezzatura che consente di separare i fanghi provenienti dalla perforazione grazie a vibrovagli e cicloni (*Figura 2.6*).

Quando il fango raggiunge densità di circa 1,3 tonnellate al metro cubo, esso viene sostituito con una nuova miscela e convogliato all'interno di vasconi di accumulo e trattato con l'impianto di filtropressa, ovvero una macchina industriale utilizzata per disidratare i fanghi mediante processi di separazione solido liquido.



Dalla cabina comando è possibile gestire da remoto la pressione con cui il fango bentonitico viene “iniettato” direttamente sul fronte scavo. Controllando pertanto sia la spinta della macchina che pressione e densità della bentonite è possibile tenere sotto controllo il comportamento rigonfiante, ovvero l’aumento di volume, che si potrebbe manifestare nel caso in cui si attraversino terreni argillosi.



Figura 2.6 – Separatore Schauenburg MAB TYPE 400 C in possesso dell’impresa Ing. La Falce Srl

### **2.3.1 FANGHI BENTONITICI E POLIMERI UTILIZZABILI**

L’utilizzo di una miscela d’acqua e bentonite ha un duplice scopo nel presente lavoro. Da una parte infatti, un suo utilizzo all’interno del circuito di smarino del materiale assicura l’evacuazione del terreno scavato, dall’altra l’iniezione sulle aree periferiche delle tubazioni fa diminuire l’attrito tra terreno e tubazione.

Per quanto riguarda il primo scopo, potrebbe essere utilizzata una bentonite *MI Swaco Max Gel* la quale assicura un buon trasporto delle particelle fini alle unità di separazione prima e filtropressa poi.

Per quanto concerne il secondo utilizzo, è bene tener conto che la tipologia di argilla presente all’interno dei fluidi di perforazione ha una rilevante attività chimica. L’aggiunta a questa di un polimero di tipo PHPA (Policrilammide Parzialmente Idrolizzata) porterebbe ad avere un duplice risultato:

- Consentirebbe la lubrificazione dell’intercapedine tubo/foro;
- Permetterebbe di “incapsulare” esternamente le parti argillose impedendone l’assorbimento dell’acqua e quindi il successivo rigonfiamento.

Ciò permetterebbe di evitare il pericoloso fenomeno dello “swelling” che porterebbe ad un aumento notevole dei coefficienti di attrito sulla superficie dei conci tubolari in fase di spinta con tutte le conseguenze del caso.

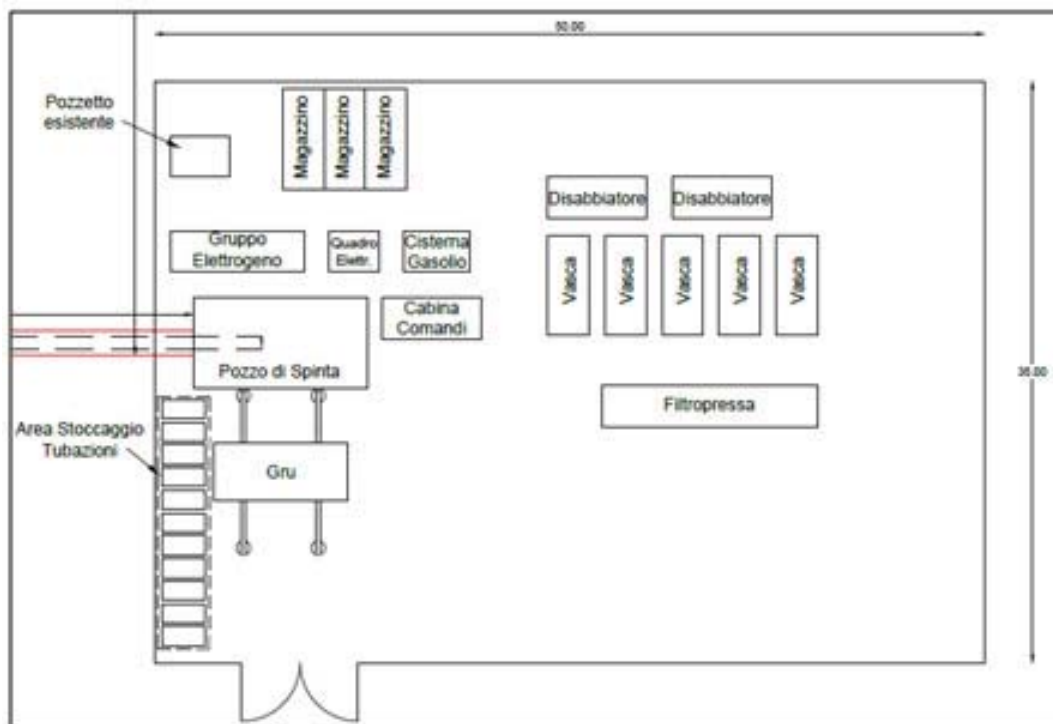
#### **2.4 SISTEMA DI GUIDA E CONTROLLO DELLA DIREZIONE**

Il controllo della direzione avviene grazie ad un sistema laser che dal pozzo di spinta mira un target fotosensibile posto all'interno della macchina. Il laser viene fissato alla parete su cui appoggia l'unità di spinta secondo l'allineamento fornito a seguito di riferimenti topografici posizionati tramite capisaldi posti sulle due pareti, ortogonali alla direzione di varo, nella camera di spinta. Il target, posizionato all'interno della macchina, viaggia in maniera solidale alla stessa. Durante l'esecuzione del *Microtunneling* dalla cabina di comando è possibile rilevare con continuità la posizione del raggio laser su target e quindi gli eventuali scostamenti dall'allineamento di progetto.

### 3. PREDISPOSIZIONE AREE DI CANTIERE

L'area di cantiere deve essere adeguatamente predisposta allo scopo di consentire l'accesso ai mezzi pesanti per lo scarico e il carico delle attrezzature necessarie allo svolgimento delle lavorazioni. In particolar modo deve essere prevista la realizzazione di un'area pianeggiante, che tipicamente si aggira attorno ai 50 x 30 metri, in cui installare:

- Container con divisore interno che funge sia da cabina spogliatoio che da ufficio di cantiere;
- Container officina;
- Container in cui sono stoccati i cavi di alimentazione della fresa/cavi idraulici/cavi dati;
- Gruppo elettrogeno con cisterna di stoccaggio del gasolio;
- Miscelatore/Iniettore di fango bentonitico;
- Vasconi d'acqua e di miscela di acqua/bentonite;
- Unità di separazione tra parte fluida/solida del materiale di smarino;
- Filtropressa;
- Container comando con divisore interno che separa l'unità centralizzata di comando dalla centralina oleodinamica che aziona i martinetti della stazione di spinta ed eventualmente i pistoni della stazione intermedia (non necessaria per il presente lavoro);
- Un'autogru idonea che consenta il posizionamento della macchina perforatrice all'interno del pozzo e la posa dei conci di tubazione da installare.



3.1 – Sopra: esempio di tipico layout di cantiere per Microtunnel. Sotto: le superfici evidenziate possono essere adibite per l'installazione del cantiere per il presente attraversamento.

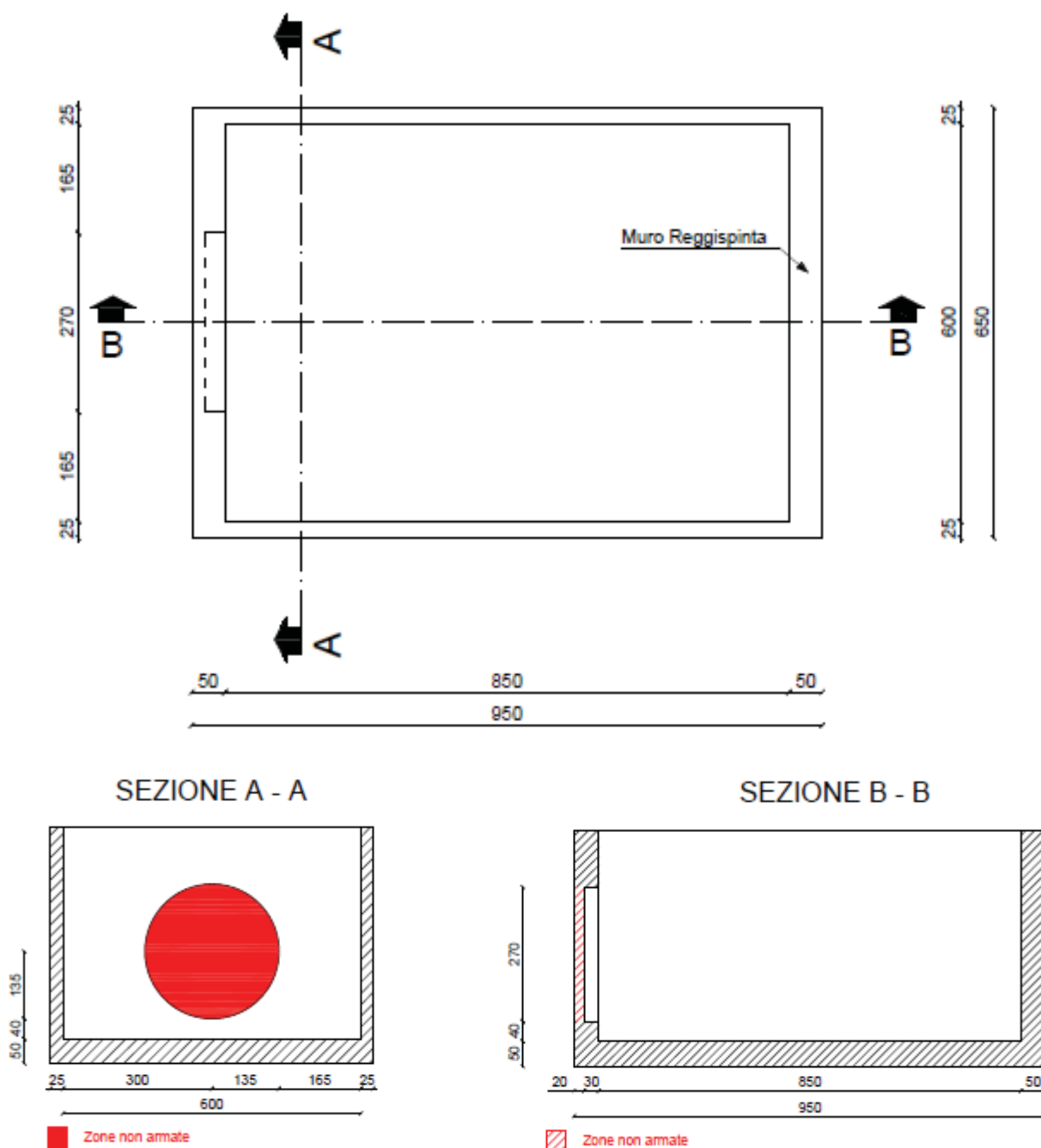
Esiste ad ogni modo una certa flessibilità nel posizionamento dei vari componenti, che nei casi di spazi ridotti possono essere dislocati in lunghezza (ambito urbano) ed inoltre per recuperare spazi preziosi è possibile sovrapporre alcuni elementi quali impianto di separazione e vasche di raccolta delle acque (ad esempio nelle zone montuose).

All'interno dell'area di cantiere deve essere predisposta inoltre un'area adibita allo stoccaggio dei conci delle tubazioni. Per facilitare le operazioni di trasporto di tali elementi è bene che siano preparati adeguati spazi

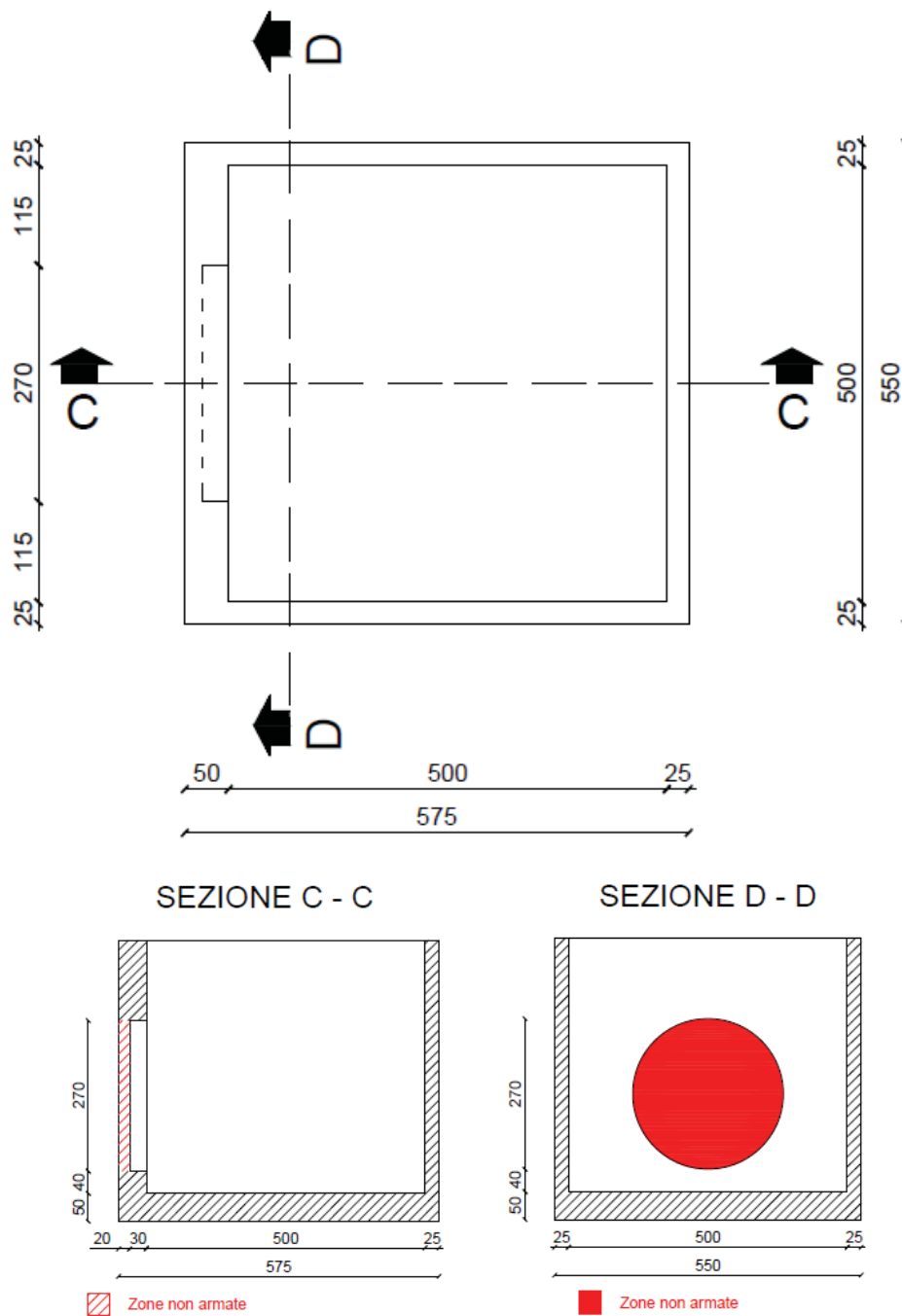
per consentire agli automezzi ed alle autogru di operare in sicurezza oltre che un piano sufficientemente rigido.

Per quanto concerne la realizzazione del pozzo di spinta, le dimensioni planimetriche interne previste sono pari a 8,5 per 6 metri di larghezza. All'interno di tale scatolare è previsto il posizionamento del telaio metallico su cui viene spinto il *microtunnel* in fase di perforazione. A ridosso del muro reggispinta deve essere fissata la piastra metallica che garantisce la redistribuzione degli sforzi trasmessi dai pistoni.

Il pozzo di recupero previsto ha lo scopo di consentire il recupero della testa fresante quindi ha dimensioni inferiori rispetto quello di spinta: in particolare è sufficiente che internamente risulti di 5 metri di lunghezza e 5 di larghezza.



3.2 – Vista planimetrica e sezioni di un tipico pozzo di spinta.



3.3 – Planimetria e sezioni di un tipico pozzo di arrivo per Microtunneling.

#### 4. ESECUZIONE DELL'ATTRAVERSAMENTO

La perforazione è una lavorazione che prevede l'avanzamento nel terreno dello scudo di perforazione con contemporaneo scavo del terreno, evacuato mediante il circuito di smarino idraulico descritto in precedenza.

Una volta completato il montaggio dell'intero cantiere, si cala all'interno del pozzo il *microtunnel* e si procede ad imboccare la macchina all'interno del foro provvedendo a sfilare eventuali palancole interferenti col tracciato di progetto, necessarie per eseguire lo scavo per la realizzazione del pozzo in cemento armato. Ricavato quindi lo spazio necessario, si cala per mezzo della gru il concio di tubazione sulla slitta fissata alla platea e si effettua la spinta per mezzo del gruppo idraulico di spinta predisposto in precedenza.



Man mano che la condotta avanza, vengono realizzati per ogni condotta posta in opera:

- i circuiti elettrici per l'alimentazione della fresa, della pompa/e e dell'impianto luminoso installato all'interno della galleria;
- il circuito di smarino del materiale;
- il circuito di lubrificazione, per l'eventuale pompaggio di miscela d'acqua e di bentonite in corrispondenza dell'estradosso esterno delle tubazioni per ridurre l'attrito che si sviluppa tra condotta e terreno.



*Figura 4.1 – Cavi elettrici ed idraulici di alimentazione fresa. Si noti l'installazione della pompa centrifuga necessaria per l'evacuazione del materiale di smarino.*



*Figura 4.2 – Cavi elettrici, tubazioni per l'impianto di smarino e idrauliche messe in opera all'interno della condotta in fase di avanzamento.*

Ultimati i diversi impianti e circuiti, si procede con l'avanzamento nel terreno della scudo di perforazione mediante la spinta trasmessa dai pistoni all'anello di spinta sull'ultimo elemento di condotta calato all'interno del pozzo.

Si ripetono quindi tali operazioni fino ad ultimare la tubazione di progetto.

Considerando il materiale in sito e le attrezzature che verranno utilizzate, il tempo medio di avanzamento è circa pari a 12 metri al giorno per turno di lavoro che giornalmente va indicativamente dalle 7.00 del mattino alle 17.00 del pomeriggio. La manodopera richiesta prevede almeno quattro operai assieme all'operatore del *microtunneler* e ad un tecnico di cantiere.

## **5. SMONTAGGIO DEL CANTIERE**

In questa fase, si procede allo smontaggio ed all'apposito stoccaggio:

- Delle tubazioni costituenti il circuito di smarino del materiale scavato;
- Dei cavi elettrici e dei tubi idraulici di alimentazione del *microtunneler*;
- Dei cavi elettrici e delle lampade installate per l'illuminazione del tunnel;

Si procede quindi al recupero della fresa utilizzando un'autogru in prossimità del pozzo di arrivo.



*Figura 5.1 – Microtunneler all'interno del pozzo di uscita (tratto dal sito Web La Falce – Posa in opera di condotta in c.a. DI 1600 mm DE 1940 mm – Cliente Co.ge.pa. S.r.l. – Sistema Adduttore Acquedotto Vesuviano).*

## 5 APPENDICE A – RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA MICROTUNNELING