

ALTO TREVIGIANO SERVIZI S.r.l.  
MONTEBELLUNA



**REALIZZAZIONE DI FOGNATURA NERA IN ATTRAVERSAMENTO  
DEL FIUME SILE E DELLA LINEA FERROVIARIA  
TREVISO-UDINE A RIDOSSO DI PONTE DELLA GOBBA  
IN COMUNE DI TREVISO**

**PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO**

Tavola n.

**R01.01**

**RELAZIONE DESCRITTIVA GENERALE**

ALTO TREVIGIANO SERVIZI S.R.L.



DIRETTORE - ing. Roberto Durigon  
via Schiavonesca Priula, 86 - 31044 Montebelluna (TV)  
Servizio Tecnico: UFFICIO NUOVE OPERE  
tel. 0423-2928  
fax 0423-292929  
info@altotrevigianoservizi.it

PROGETTAZIONE



ing. Andrea Mazzetti - Enki s.r.l.

viale G.B. Lulli, 62 - 50144 Firenze  
T. 055.3247209  
info@enki.it

Data:

Novembre 2021

Aggiornato:

00

Codice Piano d'Ambito:

Codice commessa:

## INDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>OPERA MICROTUNNELLING .....</b>	<b>7</b>
1.1	INQUADRAMENTO PLANIMETRICO E DISPONIBILITA' DELLE AREE .....	9
<b>3</b>	<b>DESCRIZIONE TECNOLOGIA MICROTUNNELING .....</b>	<b>13</b>
<b>4</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA .....</b>	<b>16</b>
4.1.	PROFILI CONDOTTE FOGNARIE DN800.....	18
<b>5</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE GEOSTRUTTURALE .....</b>	<b>23</b>
<b>6</b>	<b>JACKING FORCE.....</b>	<b>24</b>
6.1	JACKING FORCE DN800 – TRATTA 2b – 2a.....	26
6.2	JACKING FORCE DN800 – TRATTA 3 – 2b – SOTTOATTRAVERSAMENTO SILE 28	
6.3	TUBI PER POSA A SPINTA.....	30
6.4	SPECIFICHE TECNICHE TUBI PER POSA A SPINTA IN GRES .....	31
5.1	ABACO RIEPILOGATIVO CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	32
<b>7</b>	<b>INDICAZIONI SUGLI APPRESTAMENTI DELLA TBM .....</b>	<b>34</b>
<b>8</b>	<b>REALIZZAZIONE DI POZZI AUTOAFFONDANTI .....</b>	<b>34</b>
<b>9</b>	<b>CANTIERE MICROTUNNELLING .....</b>	<b>41</b>
<b>10</b>	<b>MONITORAGGIO .....</b>	<b>49</b>
<b>11</b>	<b>QUADRO ECONOMICO DEI LAVORI .....</b>	<b>50</b>
<b>12</b>	<b>PIANO SICUREZZA E COORDINAMENTO .....</b>	<b>50</b>
<b>13</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>51</b>

## INDICE DELLE FIGURE

<b>Figura 2-A : Tecnica di posa condotte con microtunnelling</b> .....	8
<b>Figura 2-B : Tecnica di posa condotte con microtunnelling Planimetria delle dorsali di fognatura realizzate con tecnica microtunnel (in blu) previste dal progetto generale</b> .....	9
<b>Figura 2-C : Estratto planimetrico giaciture condotte microtunnelling</b> .....	11
<b>Figura 2-D : Estratto planimetrico giaciture condotte microtunnelling</b> .....	12
<b>Figura 3-A : Schema cantiere microtunnelling</b> .....	13
<b>Figura 3-B : Schema cantiere microtunnelling – sezione</b> .....	14
<b>Figura 3-C : Schema cantiere microtunnelling</b> .....	15
<b>Figura 4-A : Estratto profili condotte fognarie – TRATTO 3a – 3</b> .....	18
<b>Figura 4-B : Estratto profili condotte fognarie – TRATTO 3 – 2b</b> .....	19
<b>Figura 4-C : Estratto profili condotte fognarie – TRATTO 2b – 2a</b> .....	19
<b>Figura 4-D : Estratto profili condotte fognarie – TRATTO 2a – 2</b> .....	20
<b>Figura 4-E : Estratto profili condotte fognarie – DETTAGLIO SOTTOATTRAVERSAMENTO SILE</b> .....	21
<b>Figura 4-F : Estratto profili condotte fognarie LEGENDA</b> .....	22
<b>Figura 6-A : Estratto da French Society for Trenchless Technology, ISTE Ltd 2006, Microtunneling and Horizontal Drilling Recommendations”</b> .....	24
<b>Figura 6-B : Distanza ottimale tra pozzi di spinta in spinte microtunnelling TMB SLURRY, estratto da "Chapman D. N., Ichioka Y., "Prediction of jacking forces for microtunnelling operations", in Trenchless Technology Research, v. 14, n. 1, pp. 31-41, 1999</b> .....	25
<b>Figura 6-C : Estratto paragrafo 6.2.5.3 pag. 129 - French Society for Trenchless Technology, ISTE Ltd 2006, Microtunneling and Horizontal Drilling Recommendations”</b> .....	27
<b>Figura 6-D : Estratto paragrafo 6.2.5.3 pag. 129 - French Society for Trenchless Technology, ISTE Ltd 2006, Microtunneling and Horizontal Drilling Recommendations”</b> .....	29
<b>Figura 8-A : Schema tecnico realizzazione pozzo autoaffondante</b> .....	36
<b>Figura 8-B : Schema tecnico realizzazione pozzo autoaffondante</b> .....	37

<b>Figura 8-C : Schema tecnico realizzazione pozzo autoaffondante</b> .....	38
<b>Figura 8-D : Schema tecnico realizzazione pozzo autoaffondante</b> .....	39
<b>Figura 8-E : Schema tecnico realizzazione pozzo autoaffondante</b> .....	40
<b>Figura 9-A : Schema tipo cantiere microtunnelling pozzo di spinta</b> .....	41
<b>Figura 9-B : Schema tipo cantiere microtunnelling pozzo di spinta</b> .....	42
<b>Figura 9-C : Cantiere microtunnelling DN800</b> .....	43
<b>Figura 9-D : Schema cantiere microtunnelling pozzo di spinta S3 – DN800</b> .....	44
<b>Figura 9-E : Schema cantiere microtunnelling pozzo di spinta S2a – DN800</b> ....	45
<b>Figura 9-F : Cantiere microtunnelling pozzo di spinta</b> .....	46
<b>Figura 9-G : Cantiere microtunnelling pozzo di spinta</b> .....	47
<b>Figura 9-H : Cantiere microtunnelling pozzo di spinta</b> .....	48
<b>Figura 11-A : Estratto Quadro Economico dei Lavori</b> .....	50

## INDICE DELLE TABELLE

Tabella 6-1 - Scheda tecnica tubi in gres per posa a spinta .....	31
Tabella 6-2 - Scheda tecnica tubi per posa a spinta GRES .....	31
Tabella 6-3 - Scheda tecnica tubi per posa a spinta GRES .....	31
Tabella 6-4 - ABACO RIEPILOGATIVO MICROTUNNELLING DN800 – TRATTA 2b – 2a .....	32
Tabella 6-5 - ABACO RIEPILOGATIVO MICROTUNNELLING DN800 – TRATTA 2b – 2a .....	32
Tabella 13-1 - ABACO RIEPILOGATIVO MICROTUNNELLING DN800 – TRATTA 2b – 2a .....	52
Tabella 13-2 - ABACO RIEPILOGATIVO MICROTUNNELLING DN800 – TRATTA 2b – 2a .....	52
Tabella 13-3 - Abaco riepilogativo lunghezze massima di spinta e condizionamenti teste DN800.....	54

---

## RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA GENERALE

### 1 INTRODUZIONE

Alto Trevigiano Servizi srl ha sviluppato un progetto generale di fognatura del territorio comunale di Treviso, con il quale ha individuato le aree carenti, nelle quali estendere la rete di “tipo A”<sup>1</sup>, individuando le direttrici principali di sviluppo e le condotte secondarie.

Il progetto è stato sviluppato secondo due linee guida:

- ipotesi 1 – posa tradizionale (con scavo): tutte le condotte, principali e secondarie, sia dentro che fuori dal centro storico, vengono posate con scavo a cielo aperto;
- ipotesi 2 – posa no-dig (microtunnelling): alcune dorsali principali vengono posate con tecnologia no-dig. Ciò avviene principalmente a favore del centro storico e del suo collegamento con l'impianto di depurazione di via Pavese. Per le aree non coperte la posa avviene con tecnica tradizionale.

Il centro storico di Treviso risulta quasi completamente sprovvisto di rete fognaria di “tipo A” ad eccezione di due brevi tratte, una in P.zza San Parisio, collegata ad una vasca Imhoff in gestione ATS srl e l'altra in Piazza Santa Maria dei Battuti, non in esercizio, ma predisposta durante i recenti lavori di rifacimento delle pavimentazioni.

Il centro è caratterizzato da una fitta rete idrografica, con i canali Siletto, Buranelli, Cagnan e Fossa delle Convertite che dividono il centro in cinque macroaree.

A sud il centro è lambito dal fiume Sile, che ha profondità ragguardevoli rispetto al piano stradale delle aree limitrofe (circa 5 metri, con punte di 7 metri nella zona della centrale idroelettrica di Ponte della Gobba).

Il progetto generale ha preso in considerazione l'ipotesi di posare parte dei collettori principali con tecnica no-dig (senza scavo), ovvero con microtunnel.

Il ricorso a questa tecnica ha lo scopo principale di realizzare delle dorsali profonde verso le quali far confluire le reti secondarie, slegando il profilo delle condotte dalla topografia del suolo e riducendo così il numero degli impianti di sollevamento e gli oneri manutentivi ad essi legati.

---

<sup>1</sup> rete fognaria per acque usate con recapito presso impianto di depurazione in gestione ATS srl, sia esso il depuratore centrale di via Pavese oppure un impianto satellite di piccola taglia

Con i tracciati individuati questo si traduce in una riduzione del numero di sollevamenti del centro storico da 10 a 4, questi ultimi tutti di potenzialità ridotta.

Da sottolineare che il diminuire degli impianti presenti all'interno delle mura cittadine costituisce un beneficio logistico importante data la difficoltà con cui si potrebbero operare le operazioni di manutenzione (manutenzione opere elettromeccaniche, spurgo pozzi, ecc.) nel contesto cittadino.

Questo progetto riguarda una prima tratta dei collettori microtunnel, quella di attraversamento del fiume Sile presso la centrale di Ponte della Gobba.

## **2 OPERA MICROTUNNELLING**

Il presente elaborato riporta le principali descrizioni tecniche, relativamente all'esecuzione di un'opera in microtunneling, rispetto al contesto geotecnico così come determinato sulla base di una serie di pregressi sondaggi geognostici, prove ed analisi eseguite.

In particolare, si tratta dei risultati presentati nella "Relazione Geologica, Geognostica e Geotecnica" in allegato agli elaborati progettuali.

Come sopra riportato, l'Alto Trevigiano Servizi ha predisposto il "Piano Generale di fognatura del Comune di Treviso".

Il progetto generale ha pianificato l'estensione della rete fognaria per acque nere nelle aree attualmente sprovviste.

Una delle ipotesi considerate è stata quella di realizzare delle dorsali di collegamento profonde, realizzate con tecnica microtunnelling, verso le quali far confluire le reti più superficiali.

Sulla base delle ipotesi individuate, è stato sviluppato il progetto in oggetto che prevede la realizzazione di una serie di condotte fognarie mediante la tecnica del microtunneling per posa condotta DN800.

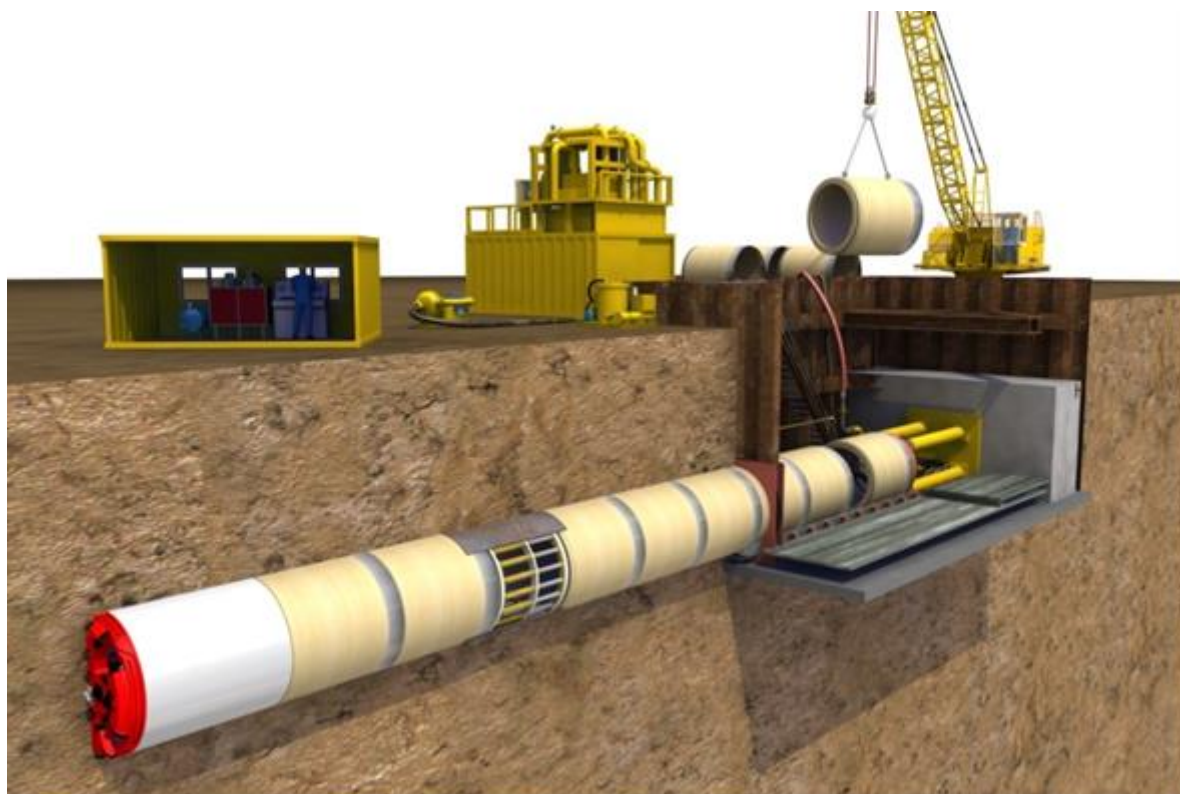


Figura 2-A : Tecnica di posa condotte con microtunnelling

La tecnica di posa del microtunnelling prevede:

- la perforazione a sezione piena in modo da evitare la decompressione del terreno e gli eventuali cedimenti in superficie,
- testa di perforazione a controllo laser dei parametri di allineamento planoaltimetrico;
- gruppo di spinta con anello di ripartizione del carico e martinetti di opportuna potenza;
- sistema di smarino funzionante con fluido adatto a controbilanciare la pressione di falda fino ad una profondità massima di 20/25 m;
- sistema di controllo e comando automatizzato con visualizzazione della pressione sulla testa e posizione della medesima in funzione della livelletta materializzata da un raggio laser prodotto nel pozzo di spinta.

Le tubazioni avranno come riferimento normativo la norma DIN 4035 e UNI 1045 con classe di resistenza a norma UNI 7163-72, guarnizione in neoprene a sezione cuneiforme, conforme alle norme UNI 4920 o DIN 4060.



## 1.1 INQUADRAMENTO PLANIMETRICO E DISPONIBILITA' DELLE AREE

Si riporta di seguito la planimetria delle dorsali di fognatura da realizzare con tecnica microtunnel secondo il progetto generale.

La proposta prevede la realizzazione di una dorsale profonda a partire da via Pasteur, attraversando la tangenziale di Treviso e risalendo lungo l'area limitrofa all'Ospedale Ca' Foncello sino all'attuale deposito degli autobus dell'azienda MOM (strada della Polveriera).

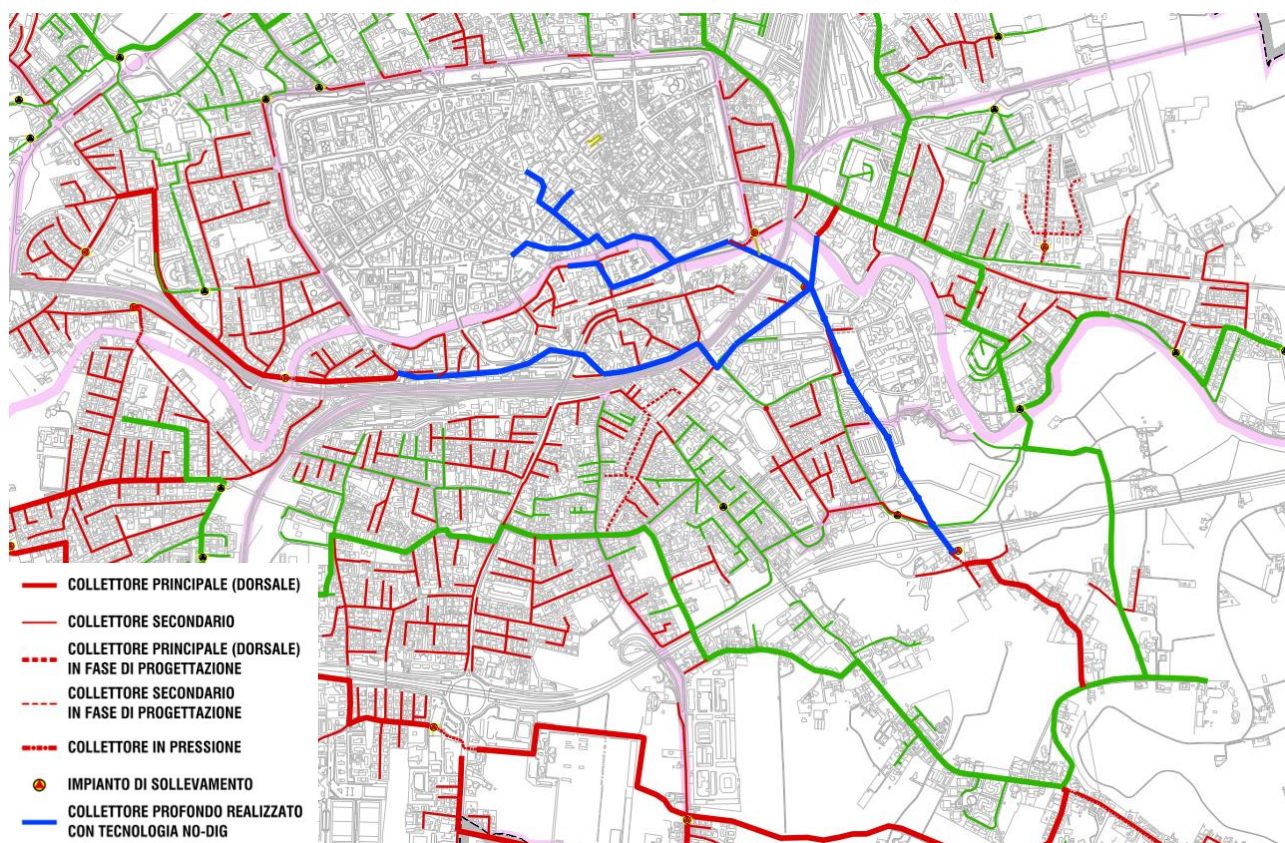


Figura 2-B : Tecnica di posa condotte con microtunnelling Planimetria delle dorsali di fognatura realizzate con tecnica micro-tunnel (in blu) previste dal progetto generale

Da questo piazzale si diramano tre collettori:

- il ramo centrale con il quale si procederà all'attraversamento del rilevato ferroviario e quindi del fiume Sile sino ai giardini di V.le Tasso. Da qui si procederà alla posa di altre condotte verso Ponte Garibaldi, sdoppiando la condotta in due ulteriori rami: il più meridionale attraversa il Sile e raggiunge Riviera Margherita per ricevere i reflui del bacino compreso tra fiume Sile e canale della Polveriera. Il ramo più a nord si dirige verso Riviera Garibaldi quindi, separatamente, verso Piazza Borsa e verso Piazza San Vito;



- il ramo ad ovest segue via Marchesan, attraversa il rilevato ferroviario, procede lungo via Pinelli, piazzale Duca d'Aosta e quindi parallelamente alla linea ferroviaria raggiunge l'incrocio fra viale Orleans e viale Trento Trieste, dove raccoglie le acque provenienti dal bacino 9 (zona Eden – Tribunale);
- il ramo ad est collega la nuova dorsale con V.le IV Novembre al fine di derivare una frazione di portata che attualmente insiste sul sollevamento di via Alzaia.
- si tratta di circa 5 km di condotte.

La filosofia del progetto generale privilegia la posa delle condotte su strada, quindi in aree pubbliche in disponibilità di ATS s.r.l.; la tratta microtunnel compresa fra via Pasteur e viale Tasso prevede, però, ampio ricorso ad aree private.

In particolare, l'attraversamento del Sile nei pressi della centrale idroelettrica di ponte della Gobba, con confluenza verso l'attuale deposito MOM, è stata una scelta "obbligata" dall'elevata densità urbanistica dell'area, nella quale risulta pressoché impossibile trovare delle direttrici di collegamento fra nord e sud del Sile, senza interferire con i fabbricati esistenti.

Per questo motivo, il progetto della tratta in esame (fra V.le Tasso e deposito MOM) viene accompagnata da un piano particellare di esproprio.

In particolare, le aree private interessate dalle lavorazioni sono:

- l'area compresa tra il fiume e la linea ferroviaria Treviso-Udine, di proprietà SIED S.p.A., accessibile da V.lo Venier. Nel corso delle successive fasi di progettazione si valuterà con maggior dettaglio la necessità di eventuali interventi di adeguamento della viabilità privata per l'accesso all'area da parte dei mezzi di cantiere;
- l'area del deposito bus di MOM S.p.A. posto a sud della linea ferroviaria Treviso-Udine, comodamente accessibile (anche per i mezzi di cantiere) da via Polveriera.

In termini descrittivi, si riporta di seguito un estratto planimetrico, che evidenzia la giacitura dei collettori in microtunnelling di progetto alla data, di cui si prevede il sottoattraversamento della linea ferroviaria Treviso – Udine e del fiume Sile.

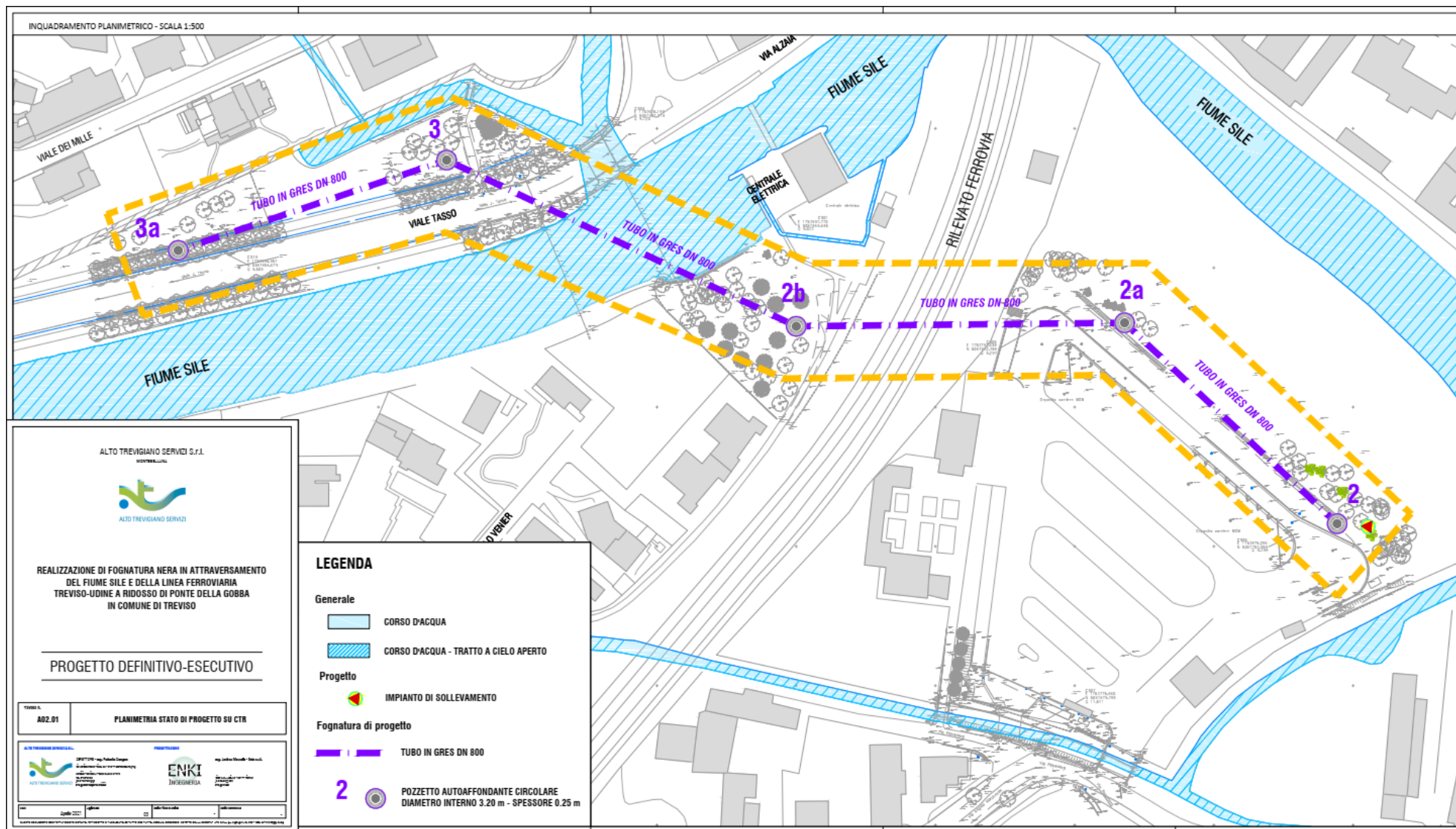


Figura 2-C : Estratto planimetrico giaciture condotte microtunnelling



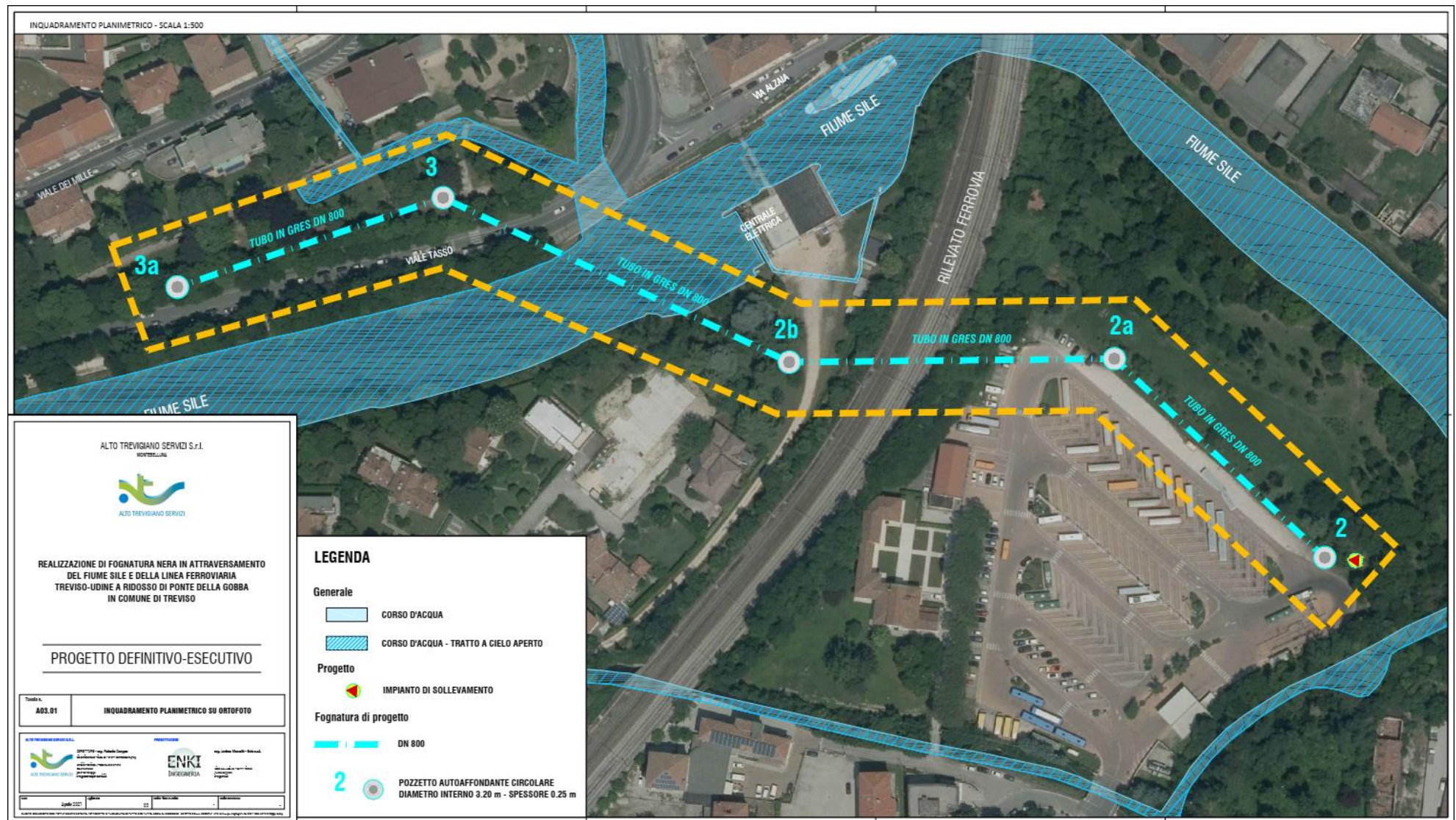


Figura 2-D : Estratto planimetrico giaciture condotte microtunnelling

### 3 DESCRIZIONE TECNOLOGIA MICROTUNNELING

La tecnica del microtunneling consiste nel far avanzare a spinta delle tubazioni rigide tra il pozzo di spinta ed il pozzo di arrivo all'interno di una micro-galleria, che è realizzata con scavo a piena sezione tramite fresa MTBM (Micro Tunnel Boring Machine).

Le figure **Figura 3-A** e **Figura 3-B** riportano uno schema del cantiere tipo in microtunneling, dove è possibile individuare le principali strumentazioni:

- MTBM o Microtunnelling boring machine;
- container di comando della MTBM;
- stazione di spinta principale e manufatto di spinta (normalmente parete del pozzo di spinta);
- vasca di sedimentazione ed impianto di separazione;
- impianto di flocculazione e filtro pressa;
- pompe per il sistema idraulico di scavo e di smarino

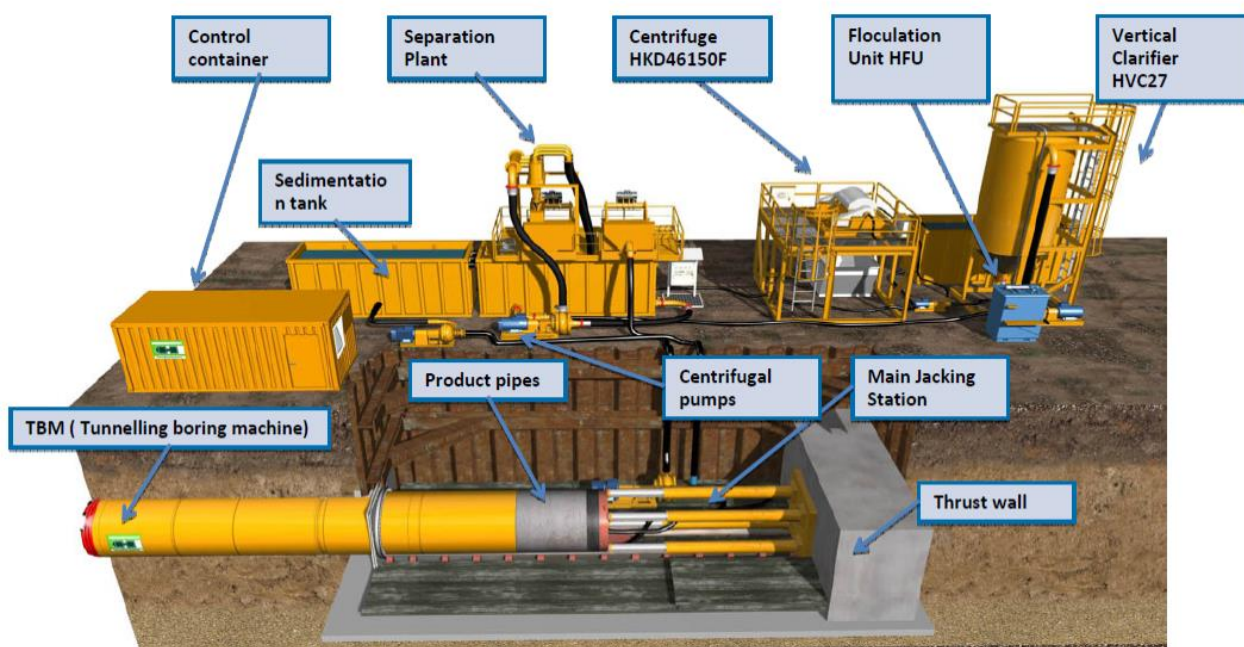


Figura 3-A : Schema cantiere microtunneling

I tubi sono calati all'interno del pozzo di spinta, dove sono alloggiati su di una slitta o "jacking" che ne consente la spinta ad opera del sistema principale di spinta, costituito da un anello metallico di pari diametro delle tubazioni e dai pistoni di spinta.

La reazione è data dal muro di spinta, dove sono ancorati i pistoni di spinta.



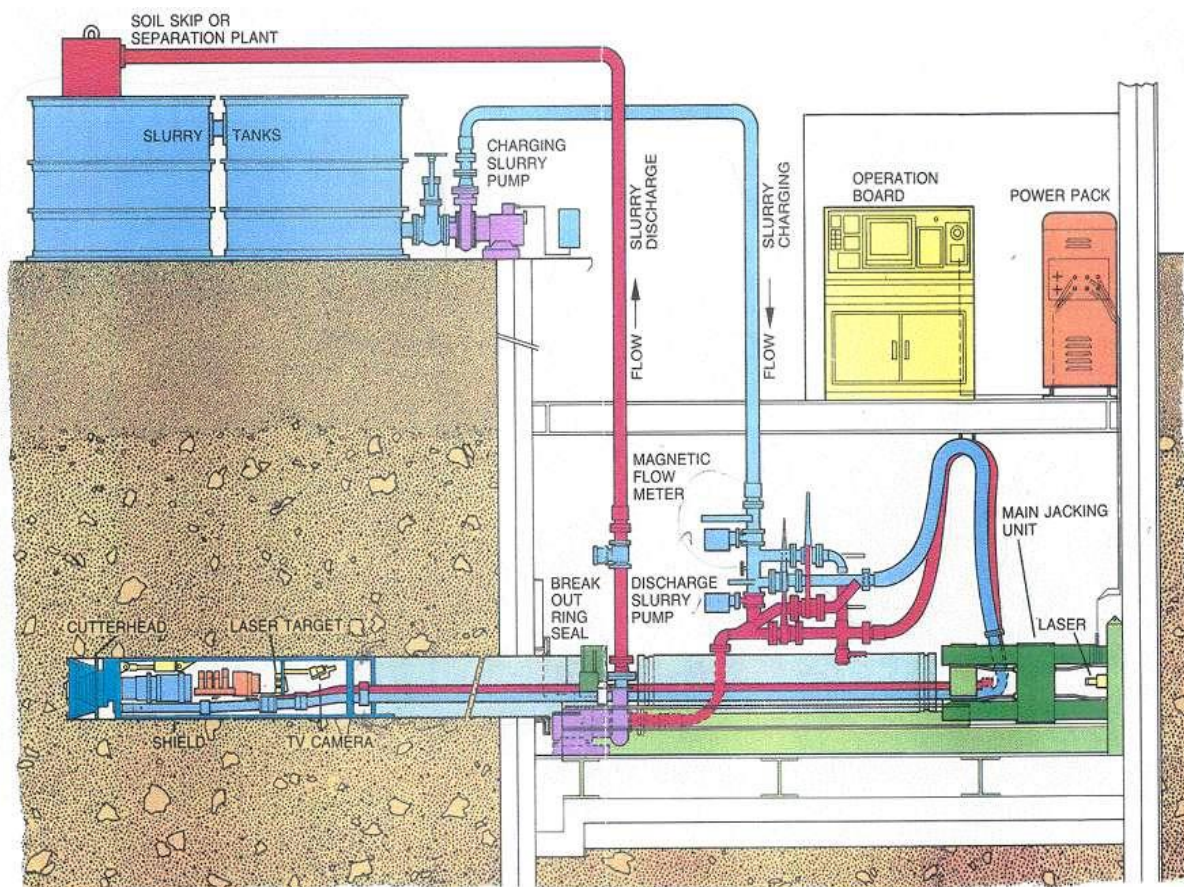


Figura 3-B : Schema cantiere microtunnelling – sezione

La MTBM normalmente utilizza uno scudo chiuso con sistema idraulico di scavo e di evacuazione dello smarino (“slurry shield”).

La tecnica del microtunneling prevede che la MTBM sia guidata dall'esterno tramite un sistema computerizzato, che ne controlla la traiettoria con sistema laser.

Le correzioni della traiettoria vengono realizzate agendo su dei martinetti idraulici, azionabili singolarmente, che agisce sulla testa fresante.

Il fluido bentonitico di perforazione viene iniettato nella camera di scavo, al fine di sostenere il fronte con una adeguata pressione in rapporto allo stato tensionale esistente.

Una volta nella camera di scavo, il fluido bentonitico si arricchisce del materiale di scavo, la cui granulometria è opportunamente ridotta dalla particolare geometria a cono della camera di scavo, al fine di consentirne il trasporto in sospensione.

La fuoriuscita di questo fluido dalla camera di scavo avviene attraverso un filtro costituito da aperture a sezione circolare di diametro prestabilito.



Il sistema idraulico di smarino invia il fluido all'interno di vasconi per la sedimentazione, il fluido qui stoccato viene aspirato con delle pompe che lo inviano al sistema di separazione, dove è separata la frazione granulare da quella fine, che viene inviata ad una filtro-pressa.

Il fluido alleggerito dalle particelle di terreno scavato viene nuovamente iniettato all'interno della camera di scavo dal sistema di mandata o alimentazione.

Al fine di ridurre le resistenze di attrito tra tubazioni e terreno viene iniettato con sistema automatico un fluido bentonitico a tergo dei conci, si veda **Figura 3-C**, tramite le predisposizioni presenti nei tubi.

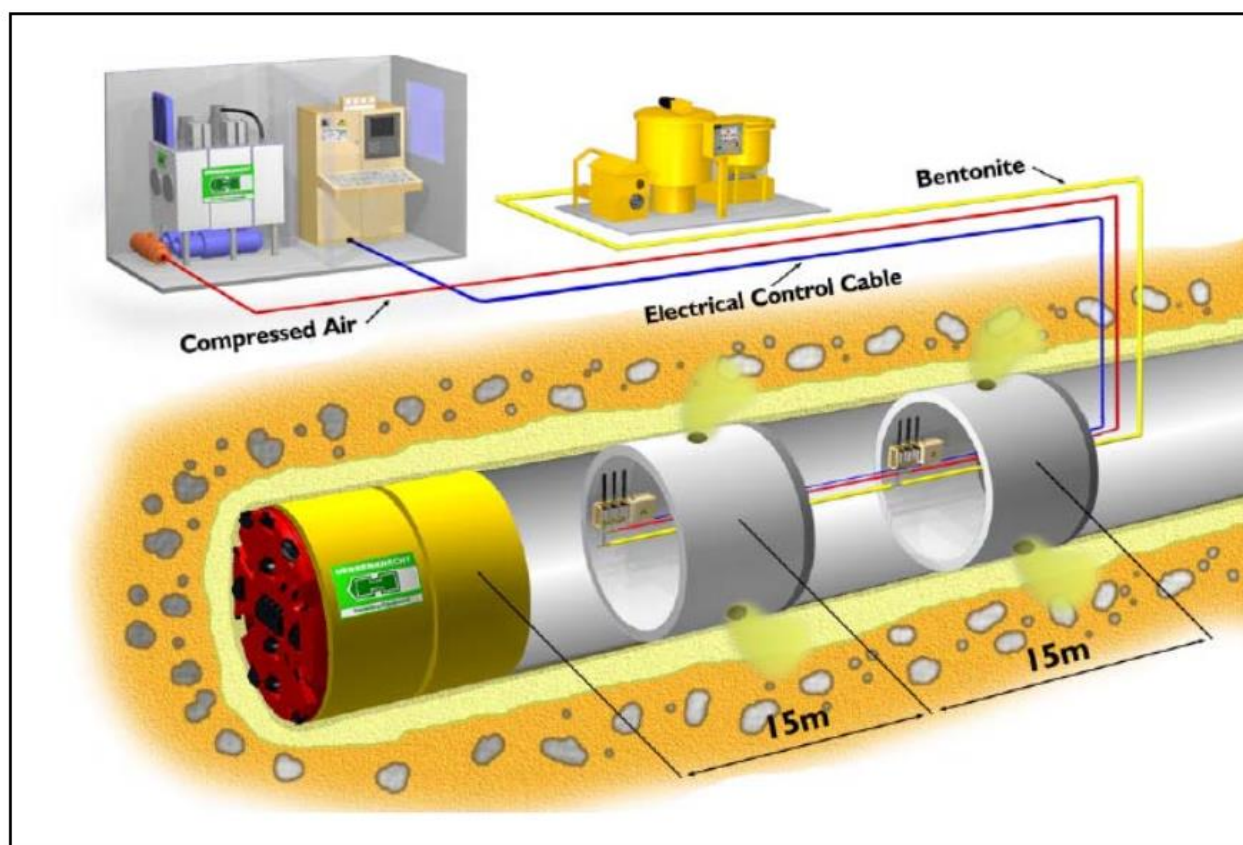


Figura 3-C : Schema cantiere microtunnelling

## 4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

La caratterizzazione geotecnica si basa sui risultati presentati nei seguenti elaborati:

- R03.01, Relazione Geologica, Geognostica e Geotecnica” della Georicerche s.r.l., redatta a supporto del Progetto “REALIZZAZIONE DI FOGNATURA NERA IN ATTRAVERSAMENTO DEL FIUME SILE E DELLA LINEA FERROVIARIA TREVISO-UDINE A RIDOSSO DI PONTE DELLA GOBBA IN COMUNE DI TREVISO” presentato per ATS nel 2019, oltre ad ulteriori dati geognostici ricavati da una serie di sondaggi, indagini ed analisi di laboratorio, disponibili presso gli archivi degli Enti Locali, nonché acquisite da ATS per la redazione del progetto generale di fognatura di Treviso.
- R03.02, Relazione Geologica, Geognostica e Geotecnica” della GEOLOGIA TECNICA s.a.s., redatta a supporto del Progetto sopra riportato, ed eseguita nel mese di agosto 2021, con lo scopo di verificare in dettaglio le condizioni geomeccaniche del sottosuolo in intradosso all'alveo del Sile

I dati geologici-tecnici permettono di evidenziare che l'orizzonte geotecnico di interesse è correlabile con materiali di natura alluvionale.

L'analisi dei dati sui sondaggi geognostici ha permesso l'identificazione dei litotipi caratterizzanti gli orizzonti di perforazione.

In generale, sulla base dei sondaggi, indagini ed analisi eseguite, risulta evidente che il sottosuolo sia costituito da un'alternanza di terreni di natura coesiva a consistenza bassa e molto bassa e terreni grossolani con buone caratteristiche meccaniche e di permeabilità, ma con distribuzione verticale ed orizzontale eterogenea, di cui:

- sono presenti livelli superficiali di riporto storico con spessore variabile da pochi centimetri fino a 3 metri;
- entro i primi 6-7 metri da p.c. in generale si osserva una fitta alternanza di terreni coesivi di natura limoso-argillosa e granulari di natura sabbioso-ghiaiosa;
- al di sotto di 6-7 metri da p.c. si rinviene la presenza di materiali granulari prettamente ghiaiosi in matrice sabbioso-limosa caratterizzati da buona consistenza.

I litotipi rinvenuti nei sondaggi, relativi agli orizzonti di perforazione sono quindi riferibili a:

- SABBIE CON GHIAIA ETERODIMENSIONALE con CIOTTOLI e RARI TROVANTI  $\varnothing > 10$  cm;
- in tutti la matrice incassante è LIMOSA SABBIOSA e/o LIMO-ARGILLOSA.

I litotipi sopra indicati sono caratteristici delle aeree alluvionali, e in termini di perforazione microtunnelling vengono definiti:

- **“HARD MIXED GROUND”**, ove rispetto alla matrice incassante coesiva, LIMOSA SABBIOSA e/o LIMO-ARGILLOSA, si ritrovano SABBIE CON GHIAIA ETERODIMENSIONALE con CIOTTOLI e RARI TROVANTI.

Si ritiene quindi che, sulla base dei dati disponibili, si possa definire il principale orizzonte di perforazione caratterizzante le tratte di perforazione come “HARD MIXED GROUND” o “MISTO PESANTE”.

## 4.1. PROFILI CONDOTTE FOGNARIE DN800

SEZIONE GEOTECNICA INTERPRETATIVA TRATTO 3a-3 - SCALA 1:200

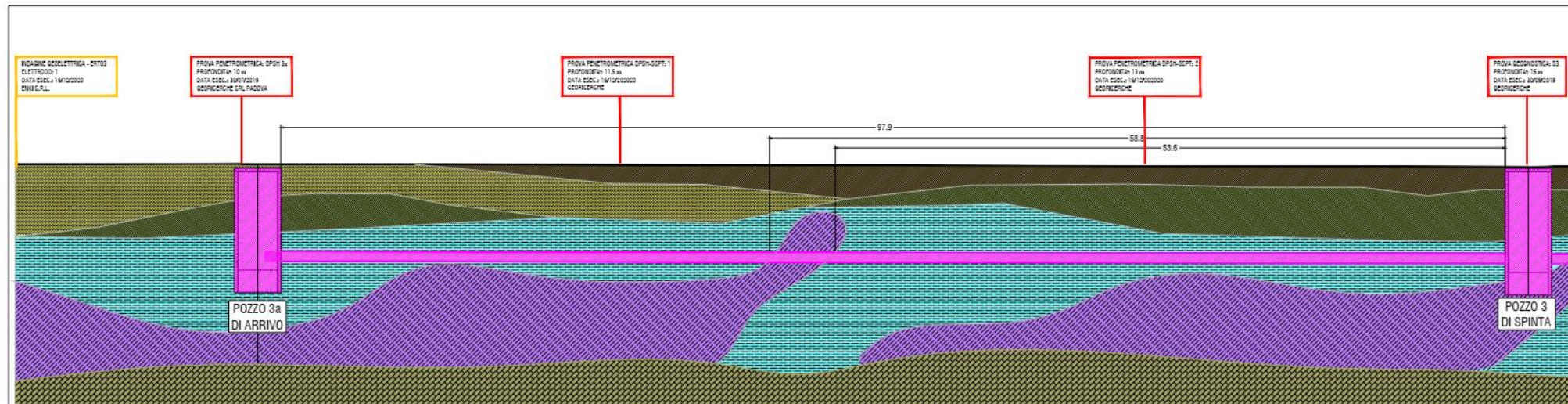


Figura 4-A : Estratto profili condotte fognarie – TRATTO 3a – 3



[illegible]

The diagram is a geological cross-section of a railway track area. At the top, a horizontal line represents the ground surface. Below this, the cross-section shows various geological layers. A central feature is a railway track bed, labeled 'RILEVATO FERROVIA'. To the left and right of the track are embankments. The cross-section is divided into several geological units, each with a specific pattern and color. Labels indicate the type of survey and the date of the survey. On the left, a label reads 'POZZO 2b DI ARRIVO'. On the right, a label reads 'POZZO 2a DI SPINTA'. The cross-section is also labeled with 'RILEVATO FERROVIA' and 'RILEVATO TERRITORIALE'.

ENKI s.r.l. Società di Ingegneria Civile e Ambientale – Via G.B. Lulli 62 – Firenze – [info@enki.it](mailto:info@enki.it) 19-52



SEZIONE GEOTECNICA INTERPRETATIVA TRATTO 2a-2 - SCALA 1:200

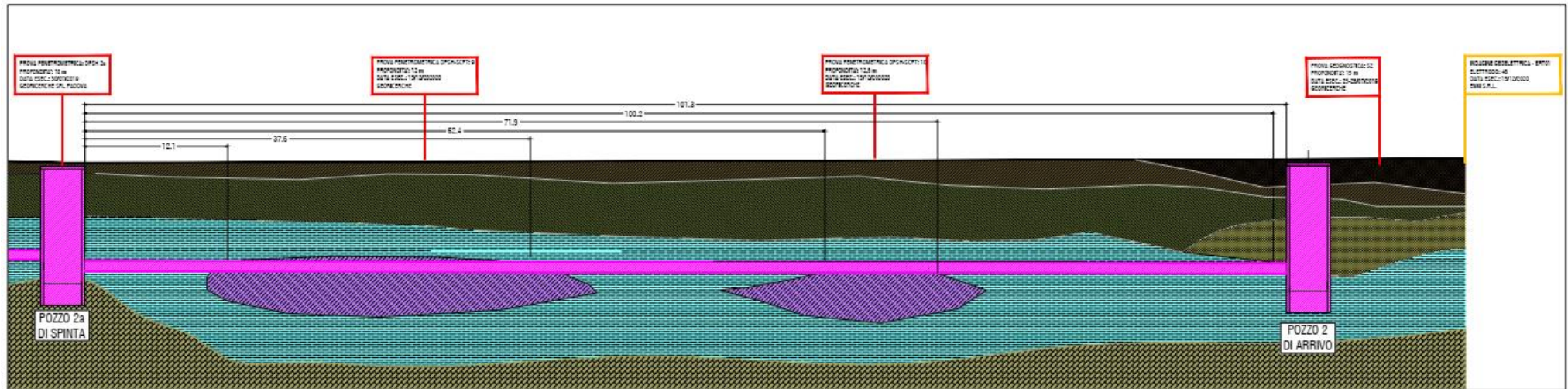


Figura 4-D : Estratto profili condotte fognarie – TRATTO 2a – 2

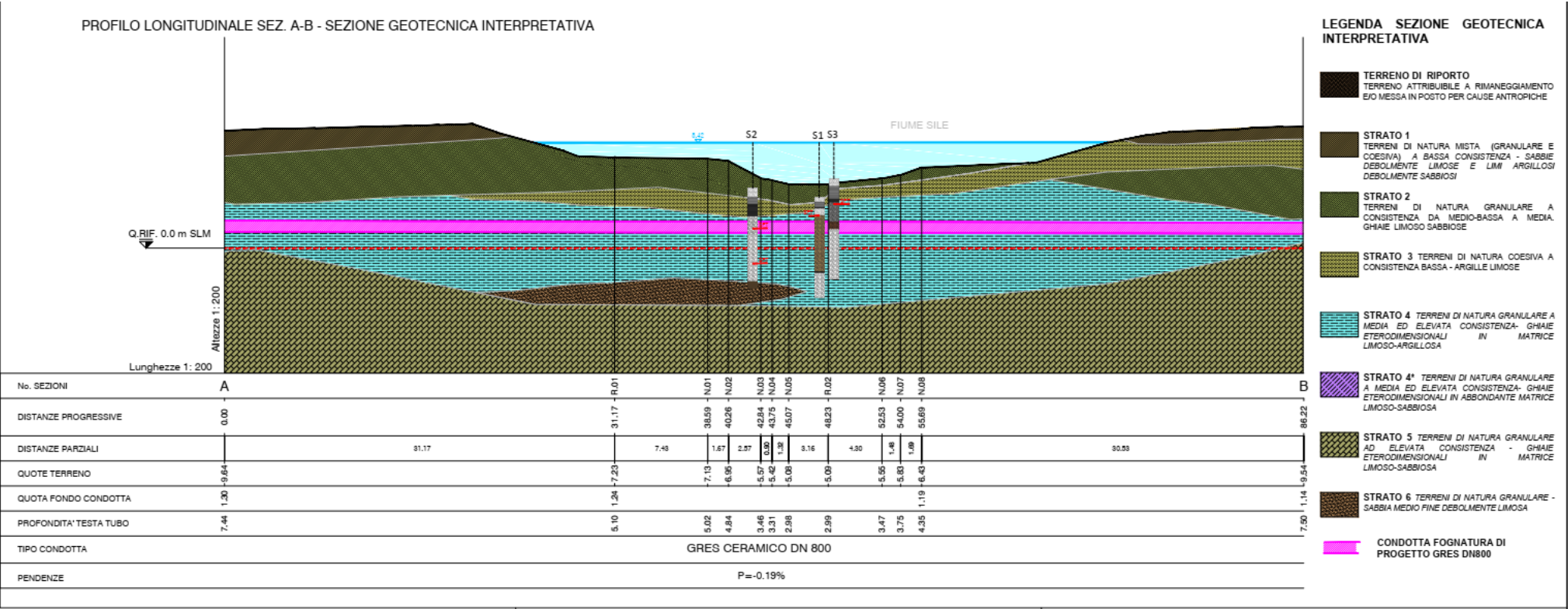
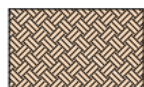


Figura 4-E : Estratto profili condotte fognarie – DETTAGLIO SOTTOATTRAVERSAMENTO SILE

## LEGENDA SEZIONE GEOTECNICA INTERPRETATIVA



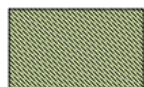
### TERRENO DI RIPORTO

TERRENO ATTRIBUIBILE A RIMANEGGIAMENTO/MESSA IN POSTO PER CAUSE ANTROPICHE



### STRATO 1

TERRENI DI NATURA MISTA (GRANULARE E COESIVA) A BASSA CONSISTENZA - SABBIE DEBOLMENTE LILOSE E LIMI ARGILLOSI DEBOLMENTE SABBIOSI



### STRATO 2

TERRENI DI NATURA GRANULARE A CONSISTENZA DA MEDIO-BASSA A MEDIA. GHIAIE E SABBIE IN ABBONDANTE MATRICE LIMOSO SABBIOSA E LIMOSO ARGILLOSA.



**STRATO 3** TERRENI DI NATURA COESIVA A CONSISTENZA BASSA - ARGILLE LILOSE E LIMI ARGILLOSI GRIGI



**STRATO 4** TERRENI DI NATURA GRANULARE A MEDIA ED ELEVATA CONSISTENZA- GHIAIE ETERODIMENSIONALI IN MATRICE LIMOSO-SABBIOSA



**STRATO 4\*** TERRENI DI NATURA GRANULARE A MEDIA ED ELEVATA CONSISTENZA- GHIAIE ETERODIMENSIONALI IN ABBONDANTE MATRICE LIMOSO-SABBIOSA



**STRATO 5** TERRENI DI NATURA GRANULARE AD ELEVATA CONSISTENZA - GHIAIE ETERODIMENSIONALI IN MATRICE LIMOSO-SABBIOSA



**STRATO 6** TERRENI DI NATURA GRANULARE - SABBIA MEDIO FINE DEBOLMENTE LIMOSA

### POZZETTO AUTOAFFONDANTE CIRCOLARE



- DIAMETRO INTERNO 3.20 m - SPESSORE 0.25 m
- SOLETTA DI COPERTURA SPESSORE 0.25 m
- SOLETTA DI FONDO IN C.A. PESANTEMENTE ARMATA - SPESSORE 0.60m
- TAPPO DI FONDO IN C.A. SPESSORE 1.10 m

### CONDOTTA FOGNATURA DI PROGETTO GRES DN800

Figura 4-F : Estratto profili condotte fognarie LEGENDA

## 5 CARATTERIZZAZIONE GEOSTRUTTURALE

L'analisi dei dati sui sondaggi geognostici ha permesso l'identificazione dei litotipi caratterizzanti gli orizzonti di perforazione.

In generale, sulla base dei sondaggi, indagini ed analisi eseguite, risulta evidente che il sottosuolo sia costituito da un'alternanza di terreni di natura coesiva a consistenza bassa e molto bassa e terreni grossolani con buone caratteristiche meccaniche e di permeabilità, ma con distribuzione verticale ed orizzontale eterogenea, di cui:

- sono presenti livelli superficiali di riporto storico con spessore variabile da pochi centimetri fino a 3 metri;
- entro i primi 6-7 metri da p.c. in generale si osserva una fitta alternanza di terreni coesivi di natura limoso-argillosa e granulari di natura sabbioso-ghiaiosa;
- al di sotto di 6-7 metri da p.c. si rinviene la presenza di materiali granulari prettamente ghiaiosi in matrice sabbioso-limosa caratterizzati da buona consistenza.

I litotipi rinvenuti nei sondaggi, relativi agli orizzonti di perforazione sono quindi riferibili a:

- SABBIE CON GHIAIA ETRODIMENSIONALE con CIOTTOLI e RARI TROVANTI;
- in tutti la matrice incassante è LIMOSA SABBIOSA e/o LIMO-ARGILLOSA.

I litotipi rinvenuti nei sondaggi, relativi agli orizzonti di perforazione sono quindi riferibili a:

- SABBIE CON GHIAIA ETRODIMENSIONALE con CIOTTOLI e RARI TROVANTI;
- in tutti la matrice incassante è LIMOSA SABBIOSA e/o LIMO-ARGILLOSA.

I litotipi sopra indicati sono caratteristici delle aree alluvionali, e in termini di perforazione microtunnelling vengono definiti:

- **“HARD MIXED GROUND”**, ove rispetto alla matrice incassante coesiva, LIMOSA SABBIOSA e/o LIMO-ARGILLOSA, si rinviene SABBIE CON GHIAIA ETRODIMENSIONALE con CIOTTOLI e RARI TROVANTI.



Si ritiene quindi che, sulla base dei dati disponibili, si possa definire il principale orizzonte di perforazione caratterizzante le tratte di perforazione come “HARD MIXED GROUND” o “MISTO PESANTE”.

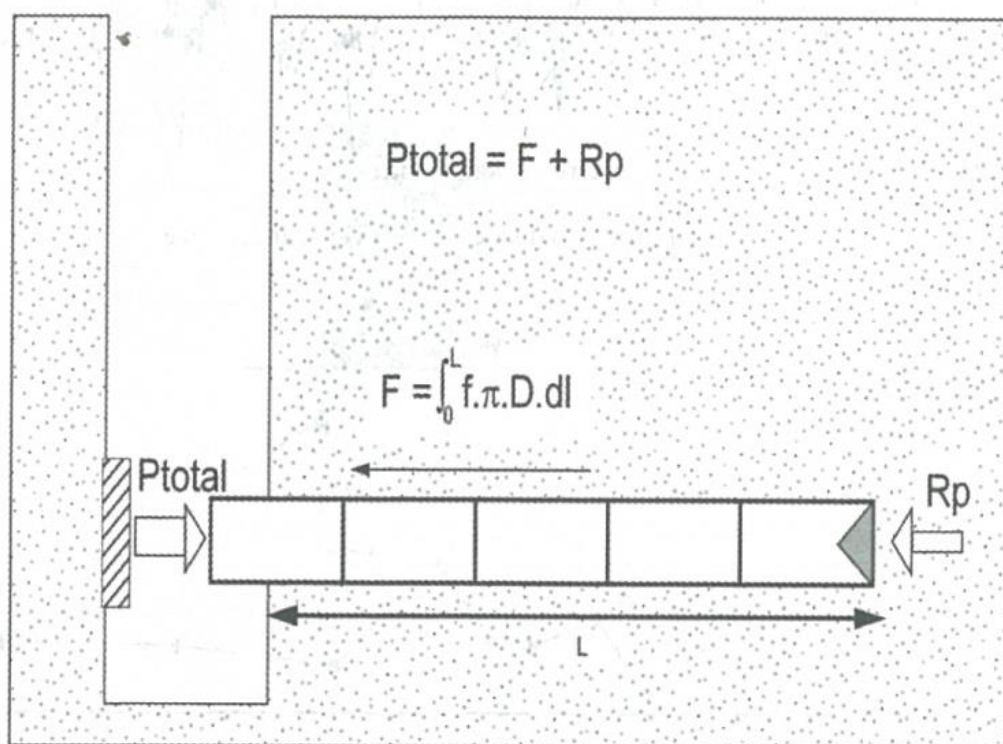
## 6 JACKING FORCE

Il valore della Jacking force, o forza di spinta, rappresenta una dei principali parametri che viene monitorato durante le operazioni di perforazione.

Il valore totale della Jacking force è dato da una componente assiale e attrittiva.

La componente assiale  $R_p$ , è legata ai parametri geotecnici del materiale perforato, e direttamente alla guida del Driver per ottenere i massimi ratei di perforazione.

La componente attrittiva  $F$ , è invece come abbiamo visto legata a scelte tecniche quali l'overcut, la lubrificazione, il ricorso a stazioni intermedie e le pause di perforazione.



**Figure 3.7. Schematic diagram of jacking stresses**

**Figura 6-A :** Estratto da French Society for Trenchless Technology, ISTE Ltd 2006, *Microtunneling and Horizontal Drilling Recommendations*

La stima della resistenza alla testa seppur oggetto di numerosi studi, è comunque ancora un procedimento non totalmente affidabile, nei termini di determinazione analitica



dei risultati ante perforazione, mentre per la determinazione della componente attritiva non sono disponibili ad oggi studi affidabili per la determinazione analitica.

La quantificazione della spinta totale è comunque fondamentale per la progettazione di un'applicazione *microtunnelling*, in quanto influisce direttamente su una serie di fattori, tra i quali i più importanti sono:

- l'ubicazione di eventuali pozzi intermedi di spinta necessari per realizzare l'intera opera;
- l'uso di *intermediate jacking stations*;
- la tipologia e la potenza della *pressotrivella* o del gruppo idraulico da utilizzare nel pozzo di partenza;
- il dimensionamento del muro di contropinta e del rivestimento dei pozzi di spinta;
- la progettazione della sezione dei tubi da installare;
- la natura e la quantità di lubrificante da iniettare lungo il treno di conci e al fronte.

Da uno studio della spinta totale registrata su circa 191 progetti di *microtunnelling* con scudo di tipo *slurry* in Giappone, Chapman D.N. e Ichioka Y. (1999) hanno calcolato la distanza ottimale (in condizioni di sicurezza) tra i vari pozzi di spinta, in funzione di tre diverse tipologie di terreno e del diametro nominale della condotta di cui in **Figura 6-B**:

Nominal diameter (mm)	Outer diameter of jacking pipe (m)	Outer diameter of jacking pipe (m)	Allowable jacking distance (m)		
			Clay	Sand	Sand/gravel
250	0.360	0.375	141	108	86
300	0.414	0.432	142	109	87
350	0.470	0.490	142	112	90
400	0.526	0.545	144	114	94
450	0.584	0.605	148	118	98
500	0.640	0.660	145	119	97
600	0.760	0.780	147	123	103
700	0.880	0.900	152	130	110
800	0.960	0.980	123	105	90
900	1.080	1.100	132	114	99
1000	1.200	1.220	139	121	106

Allowable axial stress in concrete pipe = 500 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 6-B : Distanza ottimale tra pozzi di spinta in spinte microtunnelling TMB SLURRY, estratto da "Chapman D. N., Ichioka Y., "Prediction of jacking forces for microtunnelling operations", in Trenchless Technology Research, v. 14, n. 1, pp. 31-41, 1999**

## 6.1 JACKING FORCE DN800 – TRATTA 2b – 2a

Si riporta l'analisi della spinta per la tratta più lunga, compresa tra i pozzi 2b – 2a, per cui la quantificazione della spinta totale è sviluppata in accordo alle raccomandazioni FSST [2006], con le seguenti assunzioni:

- dovrà essere garantita un'adeguata lubrificazione in termini qualitativi e quantitativi, per cui in ragione del contesto geotecnico di perforazione, materiale granulare, il fronte di scavo potenzialmente instabile, in ragione della contropressione di lubrificazione potrà essere considerato stabile;

- in presenza di scavo stabile in terreno granulare la  $F_{fr}$  risulta uguale a

$$F_{fr} = 1.5 \mu WL = 1.5 \times 0.1 \times 0.51 \times 120 \approx 9.18 \text{ [kN]}$$

dove

- $\mu = 0.1$ , coefficiente di attrito ipotizzando iniezioni continue di miscela bentonitica e volume iniettato maggiore del volume dello spazio anulare;
  - $W = 0.51 \text{ [kN/m]}$ , peso proprio della condotta per metro lineare considerando tubazione gres DN800;
  - $L = 120 \text{ [m]}$ , assumendo la lunghezza massima di spinta di progetto (ipotizzando a favore di sicurezza l'assenza di sottostazioni di spinta intermedie);
- Il valore di  $F_{fr}$  determinato, estremamente basso, evidenzia l'estrema importanza di una corretta lubrificazione;

- La resistenza all'avanzamento del fronte di perforazione  $F_p$  risulta uguale a

$$F_p = f_p \times \pi \times \frac{D^2}{4} = 1700 \times \pi \times 0.24 = 1.281,94 \text{ [kN]}$$

dove

- $f_p = 1.700 \text{ [kN/m}^2\text{]}$ , parametro relativo stress in testa ipotizzando un valore medio per terreno sabbioso-ghiaioso di cui **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**;
- $D = 0.975 \text{ [m]}$ , diametro esterno tubazione DN800;

- L'eventuale resistenza addizionale imputabile a fermo macchina, ipotizzando fermo macchina superiore ad 1 settimana di cui  $F_{int}$ , risulta uguale a

$$F_{int} = \pi \times D \times L \times f_{sup} = \pi \times 0.975 \times 120 \times 2,40 = 882 \text{ [kN]}$$

dove

- $D = 0.975 \text{ [m]}$ , diametro esterno tubazione DN800;
- $L = 120 \text{ [m]}$ , assumendo la lunghezza massima di spinta di progetto
- (ipotizzando a favore di sicurezza l'assenza di sottostazioni di spinta intermedie)
- $f_{sup} = 2.40 \text{ [kN/m}^2\text{]}$ , valore suggerito da FSST[2006] paragrafo 6.2.5.3 pag. 129, riferito ad un fermo macchina settimanale;

	Stoppage of a weekend	Stoppage of one night	Stoppage < 3 hours
$f_{sup} \text{ (kPa)}$	2.4 kPa	1 to 2 kPa (*)	0.6 to 0.8 kPa

Figura 6-C : Estratto paragrafo 6.2.5.3 pag. 129 - French Society for Trenchless Technology, ISTE Ltd 2006, *Microtunneling and Horizontal Drilling Recommendations*"

- il valore della spinta totale risulta pari a

$$F_s = F_{fr} + F_p + F_{int} = 9,18 + 1.281,94 + 882 \approx 2.173 \text{ [kN]}$$

## 6.2 JACKING FORCE DN800 – TRATTA 3 – 2b – SOTTOATTRAVERSA- MENTO SILE

Si riporta l'analisi della spinta per la tratta in sottoattraversamento del SILE, compresa tra i pozzi 3 – 2b, evidenziando che per la tratta in oggetto **E' PRESCRITTO UTILIZZO DI STAZIONE INTERMEDIA**, per cui la quantificazione della spinta totale è sviluppata in accordo alle raccomandazioni FSST [2006], con le seguenti assunzioni:

- dovrà essere garantita un'adeguata lubrificazione in termini qualitativi e quantitativi, per cui in ragione del contesto geotecnico di perforazione, materiale granulare, il fronte di scavo potenzialmente instabile, in ragione della contropressione di lubrificazione potrà essere considerato stabile;

- in presenza di scavo stabile in terreno granulare la  $F_{fr}$  risulta uguale a

$$F_{fr} = 1.5 \mu WL = 1.5 \times 0.1 \times 0.51 \times 140 \approx 10,71 \text{ [kN]}$$

dove

- $\mu = 0.1$ , coefficiente di attrito ipotizzando iniezioni continue di miscela bentonitica e volume iniettato maggiore del volume dello spazio anulare;
  - $W = 0.51 \text{ [kN/m]}$ , peso proprio della condotta per metro lineare considerando tubazione gres DN800;
  - $L = 140 \text{ [m]}$ , assumendo la lunghezza massima di spinta di progetto (ipotizzando a favore di sicurezza l'assenza di sottostazioni di spinta intermedie);
- Il valore di  $F_{fr}$  determinato, estremamente basso, evidenzia l'estrema importanza di una corretta lubrificazione;

- La resistenza all'avanzamento del fronte di perforazione  $F_p$  risulta uguale a

$$F_p = f_p \times \pi \times \frac{D^2}{4} = 1700 \times \pi \times 0.24 = 1.281,94 \text{ [kN]}$$

dove

- $f_p = 1.700 \text{ [kN/m}^2\text{]}$ , parametro relativo stress in testa ipotizzando un valore medio per terreno sabbioso-ghiaioso di cui **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**;

- $D = 0.975$  [m], diametro esterno tubazione DN800;
- L'eventuale resistenza addizionale imputabile a fermo macchina, ipotizzando fermo macchina superiore ad 1 settimana di cui  $F_{int}$ , risulta uguale a

$$F_{int} = \pi \times D \times L \times f_{sup} = \pi \times 0.975 \times 140 \times 2,40 = 1.029,19 \text{ [kN]}$$

dove

- $D = 0.975$  [m], diametro esterno tubazione DN800;
- $L = 140$  [m], assumendo la lunghezza massima di spinta di progetto
- (ipotizzando a favore di sicurezza l'assenza di sottostazioni di spinta intermedie)
- $f_{sup} = 2.40$  [kN/m<sup>2</sup>], valore suggerito da FSST[2006] paragrafo 6.2.5.3 pag. 129, riferito ad un fermo macchina settimanale;

	Stoppage of a weekend	Stoppage of one night	Stoppage < 3 hours
$f_{sup}$ (kPa)	2.4 kPa	1 to 2 kPa (*)	0.6 to 0.8 kPa

**Figura 6-D :** Estratto paragrafo 6.2.5.3 pag. 129 - French Society for Trenchless Technology, ISTE Ltd 2006, *Microtunneling and Horizontal Drilling Recommendations*

- il valore della spinta totale risulta pari a

$$F_s = F_{fr} + F_p + F_{int} = 10,71 + 1.269,25 + 1.029,19 \approx 2.309 \text{ [kN]}$$

- prescrivendo l'utilizzo di stazione intermedia, prevedibilmente inserita in corrispondenza di metà lunghezza tratta, il valore atteso della spinta totale risulta pari a

$$F_s = F_{fr} + F_p + F_{int} = 10,71 + 1.269,25 + (1.029,19/2) \approx 1.794 \text{ [kN]}$$



### **6.3 TUBI PER POSA A SPINTA**

L'individuazione del materiale idoneo costituente il tubo per la posa a spinta, rappresenta un elemento cruciale per la buona riuscita del progetto.

Relativamente al progetto in oggetto, la scelta del materiale ricade su condotte in gres ceramico, in quanto i tubi in gres, nel range delle perforazioni di progetto DN800 evidenziano le migliori caratteristiche meccaniche e la migliore compatibilità chimica.

Si evidenzia inoltre che in ragione degli orizzonti geotecnici attesi, e definibili come "MISTO PESANTE", appare opportuno ricorrere ad un materiale che presenti le più elevate caratteristiche meccaniche di resistenza a compressione, permettendo quindi ipotizzare delle spinte con maggiore lunghezza rispetto agli altri materiali.

È inoltre opportuno evidenziare che la bassa scabrezza superficiale del gres, unita ad una mirata lubrificazione laterale durante la perforazione, permette di ridurre notevolmente il contributo attritivo del terreno, permettendo quindi di limitare la forza di spinta necessaria e rappresentando un elemento fondamentale per la riuscita della spinta.

## 6.4 SPECIFICHE TECNICHE TUBI PER POSA A SPINTA IN GRES

Si riportano di seguito delle schede riepilogative delle specifiche tecniche dei tubi in gres.

Tabella 6-1 - Scheda tecnica tubi in gres per posa a spinta

Diametri nominali standard							
DN	$d_M$	Lunghezza	Peso	*Forza di spinta Spinta con sistema pilota / Spinta con microtunneling	Forza di schiacciamento	Resistenza alla compressione	Resistenza alla trazione/ flessione
mm	max. mm	m	kg/m	kN	kN/m	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>
150	213	1,00	36	150	64	100	18
200	276	1,00	60	300	80	100	18
250	360	1,00 + 2,00	105	600	130	100	18
300	406	1,00 + 2,00	125	750/700	120	100	18
400	556	1,00 + 2,00	240	1750/1700	160	100	18
500	661	2,00	290	2350/2050	140	100	18
600	766	2,00	350	2400/2150	120	100	18
800	970	2,00	460	3250/2900	128	100	18
1000	1275	2,00	855	-/4600	120	100	18
1200	1475	2,00	992	-/5150	114	100	18
Altri diametri nominali							
700	870	2,00	380	2950/2650	140	100	18
900	1096	2,00	508	-/3600	108	100	18

Tabella 6-2 - Scheda tecnica tubi per posa a spinta GRES

Tubi a spinta da DN 600 a DN 1400 con giunto tipo 2 con anello di precompressione													
DN mm	Dimensioni dei tubi			Estremità fresata e ±2	Bicchieri			Anello intercalare in legno			Lunghezza nominale li±1	Spinta massima ammmissibile F2 <sup>(1)</sup> kN	Peso Kg/m
	d1	d3+0/-1	dM		dk±1	Sk±0,2	bk±1	d2±1	dza±1	dzi±1			
600	599±9	723	766+0/-18	70	731	3	143	19	713	615	1.981	3.100	350
700	695±12	827	870+0/-24	70	837	4	143	19	816	715	1.981	3.300	434
800	792±12	921	970+0/-24	70	931	4	143	19	911	823	1.981	3.700	507
1.000	1.056±15	1.218	1.275+0/-30	70	1.230	5	143	19	1.208	1.077	1.981	5.700	855
1.200	1.249±18	1.408	1.475+0/-36	70	1.422	6	143	19	1.397	1.277	1.981	6.400	990
1.400	1.400±30	1.408	1.630+0/-60	70	1.555	6	143	19	1.530	1.422	1.981	a richiesta	1.240

<sup>(1)</sup> F2 forza di spinta massima con controllo e registrazione automatica, valori di sicurezza 2 e 1,6.

Tabella 6-3 - Scheda tecnica tubi per posa a spinta GRES

Si evidenzia che la spinta massima di progetto attesa è pari a 2.173 kN riferita alla tratta 2b – 2a, compatibile con la spinta massima ammissibile per tubi GRES DN800 compresa fra 2900/3700 kN in funzione della tipologia di anelli e giunti utilizzati.

## 5.1 ABACO RIEPILOGATIVO CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Si riporta di seguito un abaco riepilogativo dei principali parametri geotecnici caratterizzanti gli orizzonti di perforazione di cui:

**Tabella 6-4 - ABACO RIEPILOGATIVO MICROTUNNELLING DN800 – TRATTA 2b – 2a**

MICROTUNNELLING DN800 - TRATTA 2b - 2a				
DESCRIZIONE		PARAMETRO	VALORE	NOTE
COLTRE DI DEPOSITI ALLUVIONALI IN PREVALENZA GROSSOLANI CON COMPONENTE FINE E COESIVA COSTITUITA LIMOSA SABBIOSA E LIMO ARGILLOSA E COMPONENTE GROSSOLANA DA GHIAIE ETERODIMENSIONALI CON CIOTTOLI E RARI TROVANTI	MATRICE INCASSANTE FINE E COESIVA - LIMOSA SABBIOSA E LIMO ARGILLOSA	Permeabilità media k [m/s]	1,00 E-04	Semi-permeabile
	COMPONENTE GROSSOLANA - GHIAIE ETERODIMENSIONALI CON CIOTTOLI E RARI TROVANTI	UCS - Resistenza monoassiale [Mpa]	UCS 100/150	UCS > 100 MPa HARD MIXED GROUND
		CAI - Cerchar Abrasivity Index	1,5/2,0	Abrasivo
	"GRANULAR QUITE COMPACT" E/O "GRANULAR COMPACT"	FSST - SOIL CLASSES	4 - 6	GRANULARI GHIAIOSI
	SPINTA TOTALE ATTESA	$F_s = F_{fr} + F_p + F_{int}$	2173	Spinta totale relativa a perforazione pari a L=120 m

**Tabella 6-5 - ABACO RIEPILOGATIVO MICROTUNNELLING DN800 – TRATTA 2b – 2a**

MICROTUNNELLING DN800 - TRATTA 3 - 2b - SOTTOATTRAVERSAMENTO SILE				
DESCRIZIONE		PARAMETRO	VALORE	NOTE
COLTRE DI DEPOSITI ALLUVIONALI IN PREVALENZA GROSSOLANI CON COMPONENTE FINE E COESIVA COSTITUITA LIMOSA SABBIOSA E LIMO ARGILLOSA E COMPONENTE GROSSOLANA DA GHIAIE ETERODIMENSIONALI CON CIOTTOLI E RARI TROVANTI	MATRICE INCASSANTE FINE E COESIVA - LIMOSA SABBIOSA E LIMO ARGILLOSA	Permeabilità media k [m/s]	1,00 E-04	Semi-permeabile
	COMPONENTE GROSSOLANA - GHIAIE ETERODIMENSIONALI CON CIOTTOLI E RARI TROVANTI	UCS - Resistenza monoassiale [Mpa]	UCS 100/150	UCS > 100 MPa HARD MIXED GROUND
		CAI - Cerchar Abrasivity Index	1,5/2,0	Abrasivo
	"GRANULAR QUITE COMPACT" E/O "GRANULAR COMPACT"	FSST - SOIL CLASSES	4 - 6	GRANULARI GHIAIOSI
	SPINTA TOTALE ATTESA NO STAZIONE INTERMEDIA	$F_s = F_{fr} + F_p + F_{int}$	2309	Spinta totale relativa a perforazione pari a L=140 m
	SPINTA TOTALE ATTESA CON STAZIONE INTERMEDIA	$F_s = F_{fr} + F_p + F_{int}$	1794	Spinta totale relativa a perforazione pari a L=70 m



## **7 INDICAZIONI SUGLI APPRESTAMENTI DELLA TBM**

Si evidenzia che nella Relazione specialistica sono riportati in dettaglio una serie di indicazioni sugli apprestamenti tecnici operativi delle MTBM da impiegare per la perforazione delle tratte in oggetto.

In particolare, si tratta di indicazioni relative a:

- 1) TIPOLOGIA MTBM – DIAMETRI E LUNGHEZZE TRATTE PERFORAZIONE
- 2) OVERCUT;
- 3) LUBRIFICAZIONE
- 4) STAZIONI INTERMEDIE
- 5) USURA UTENSILI
- 6) JACKIN FORCE
- 7)

Tali apprestamenti risultano di fondamentale importanza per la buona riuscita della spinta in quanto garantiscono il raggiungimento/mantenimento di condizioni ottimali per l'esecuzione della perforazione.

## **8 REALIZZAZIONE DI POZZI AUTOAFFONDANTI**

Si prevede la realizzazione di un pozzetto autoaffondante, di forma rettangolare o circolare con dimensioni come da progetto, dal piano di campagna e fino alla profondità di progetto, realizzato mediante la discesa di elementi prefabbricati o realizzati in opera, autoaffondanti sovrapponibili, comprensivo della fornitura e posa in opera di soletta portante idonea ai carichi di 1° categoria, munita camini in cemento fino al piano di campagna, di chiusino a passo d'uomo e scala fissa di discesa.

Il pozzetto dovrà essere realizzato secondo la tecnica di posa in opera dei pozzetti autoaffondanti, e le operazioni di posa in opera consistono nell'inghiottire il pozzo nel terreno scavando dentro il pozzo stesso in modo che le pareti sostengano il terreno circostante durante l'affondamento.

Durante le fasi di scavo è necessario prestare attenzione al comportamento del terreno rimosso, in modo da evitare fenomeni di rifluimento o scavamento, che possono essere eventualmente controllati e sanati con opportune iniezioni di consolidamento.

I manufatti da porre in opera sono degli scatolari in calcestruzzo armato prefabbricato o realizzati in opera, che affondano per peso proprio, con scavo all'interno attraverso

una benna mordente, mediante la tecnologia dell'autosostentamento del terreno con fanghi bentonitici che contrastano in equilibrio l'eventuale spinta idrostatica.

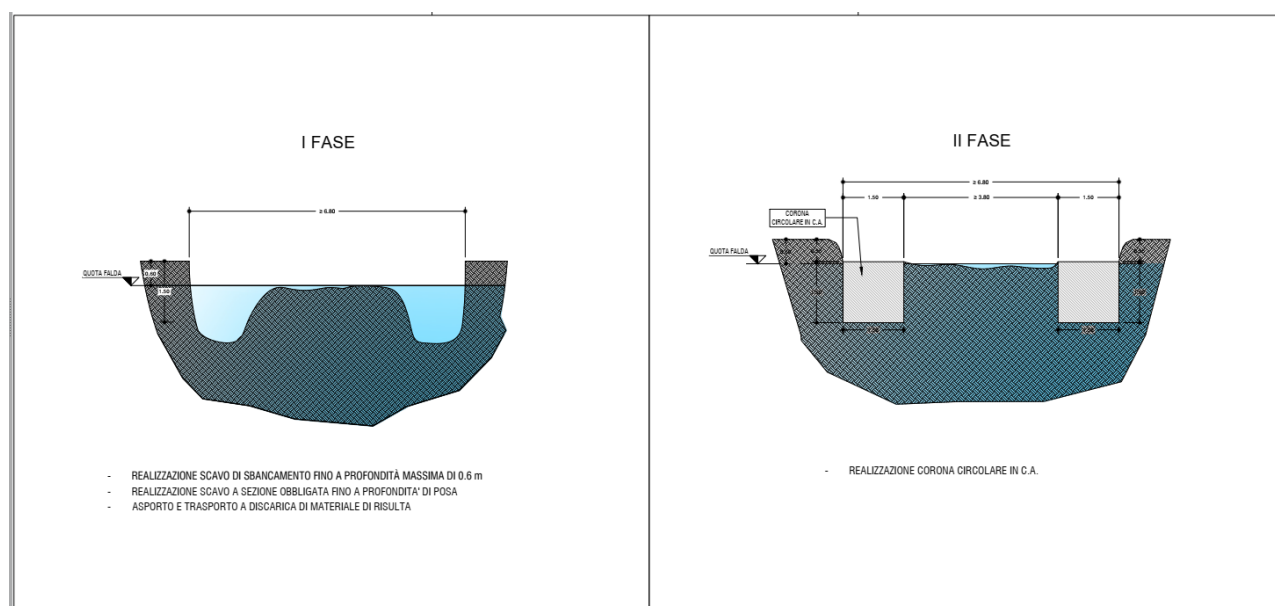
Lo spessore delle pareti e della soletta carrabile non dovrà essere minore a 20 cm.

Nella realizzazione del manufatto devono considerarsi incluse le seguenti lavorazioni:

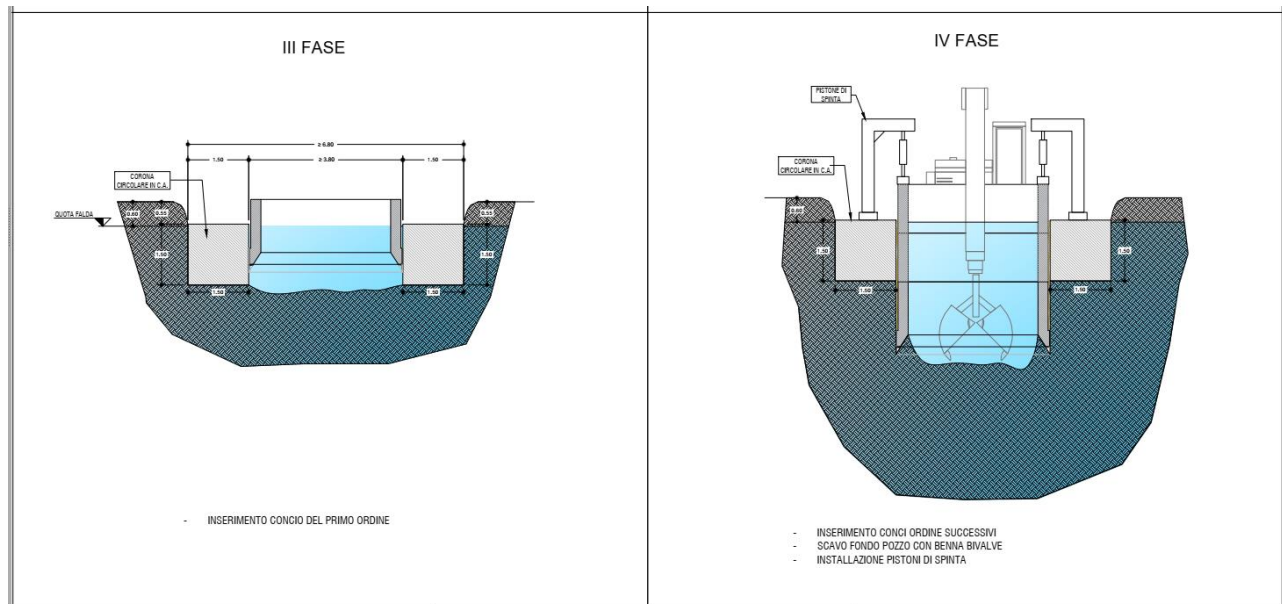
- demolizione delle pavimentazioni stradali di qualsiasi tipo;
- esecuzione di scavo di sbancamento della profondità di 1,40 m dal piano campagna e delle dimensioni adatte all'ingombro esterno dei conci da posare;
- realizzazione delle corone circolari di zavorra, in calcestruzzo gettate in opera o prefabbricate;
- posa in opera dei jacking idraulici di spinta/contrasto dei conci autoaffondanti;
  - scavo sia meccanico che a mano, da eseguire all'interno degli elementi prefabbricati anche in presenza d'acqua;
- formazione del getto di fondo in calcestruzzo additivato C25/30, previa pulizia delle pareti mediante idonea attrezzatura (idropulitrici od altro) al fine di garantire una buona aderenza;
- formazione della platea in c.a. dello spessore indicato nei disegni esecutivi ed esecuzione di giunto idroespansivo all'interno della scanalatura predisposta nelle pareti interne del pozzetto;
- fornitura e posa in opera dell'armatura in ferro o di rete elettrosaldata compreso gli eventuali ferri di ripresa;
- giunzioni tra elemento ed elemento come da elaborati di dettaglio atte a garantire una perfetta tenuta idraulica a lungo termine;
- eventuali aggettamenti delle acque mediante l'uso di pompe idrovore;
- predisposizione nelle pareti del pozzo di opportune finestre non armate ed alleggerite per permettere la perforazione delle pareti stesse in fase di spinta e di ogni altro dispositivo atto a garantire la tenuta idraulica tra pozzo e tubazioni;
- predisposizione di opportuni dispositivi di ancoraggio e di vincolo strutturale tra vari elementi del pozzo e di tutti i ganci di sollevamento degli elementi;

- Sono da considerarsi escluse dalla fornitura le seguenti lavorazioni:

- Permessi per l'occupazione e rottura del suolo ed altri eventuali permessi, che saranno a carico della committenza.
- Eventuali spostamenti di altri servizi coincidenti con la pianta del pozzo

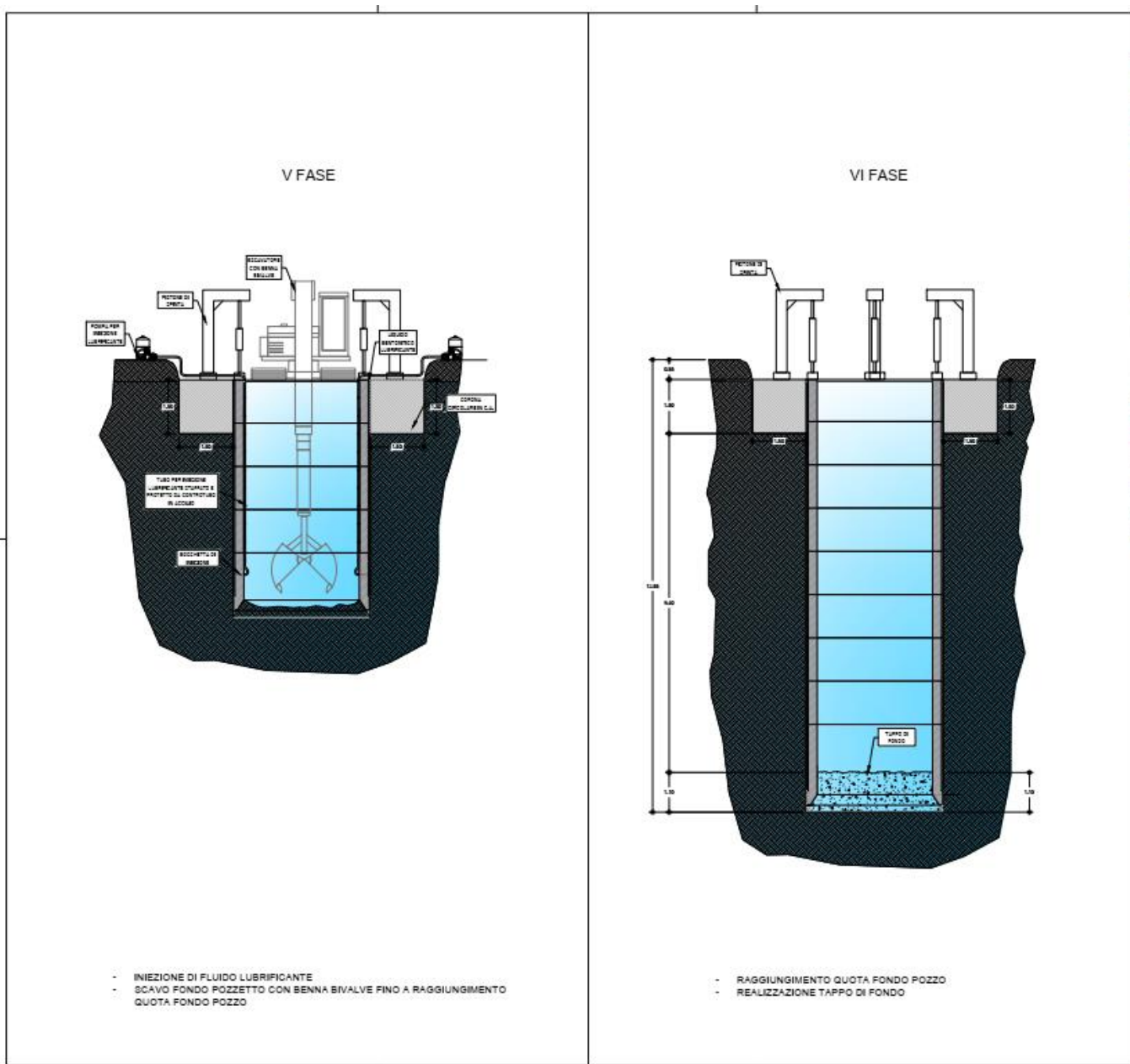


**Figura 8-A : Schema tecnico realizzazione pozzo autoaffondante**

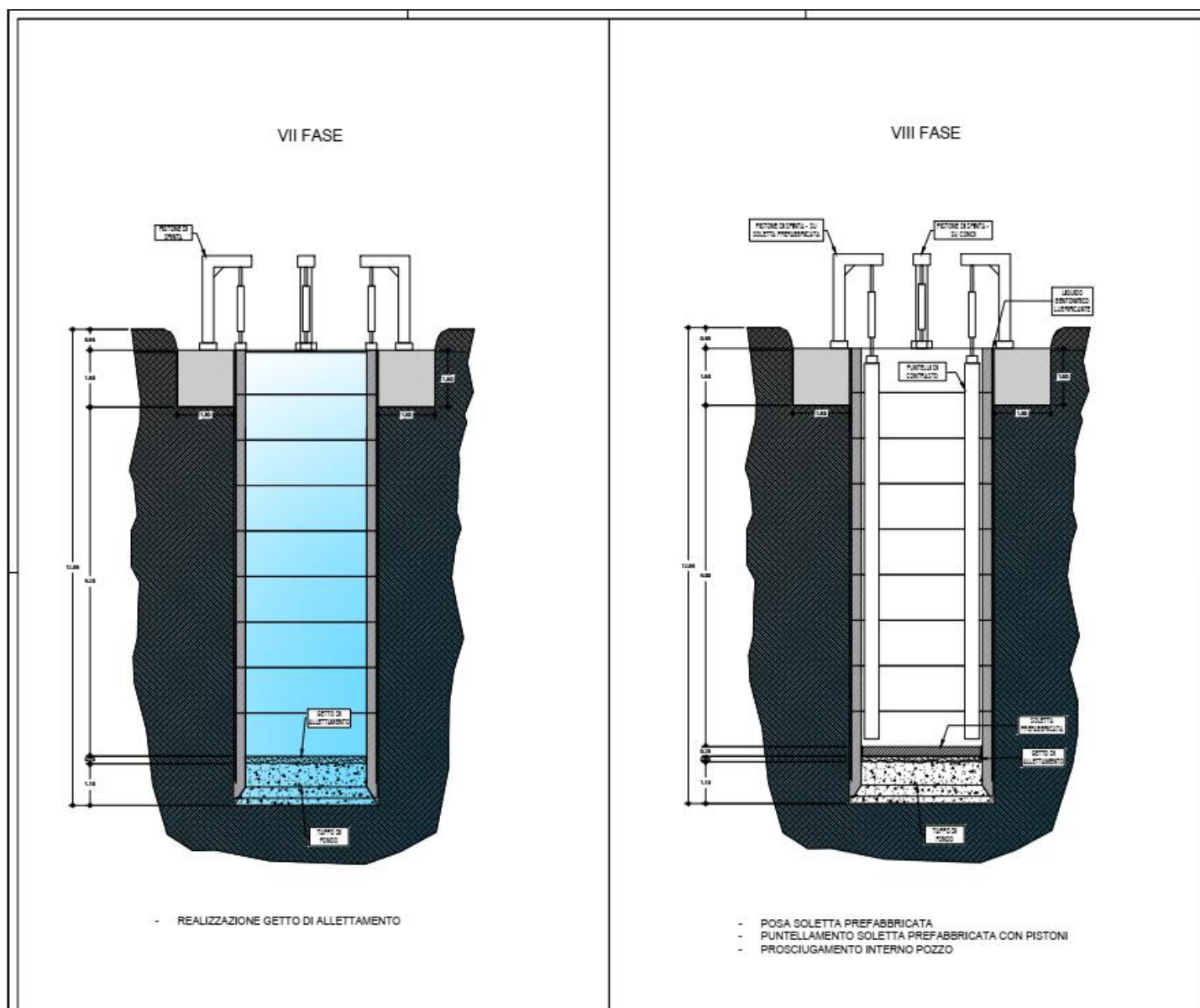


**Figura 8-B : Schema tecnico realizzazione pozzo autoaffondante**

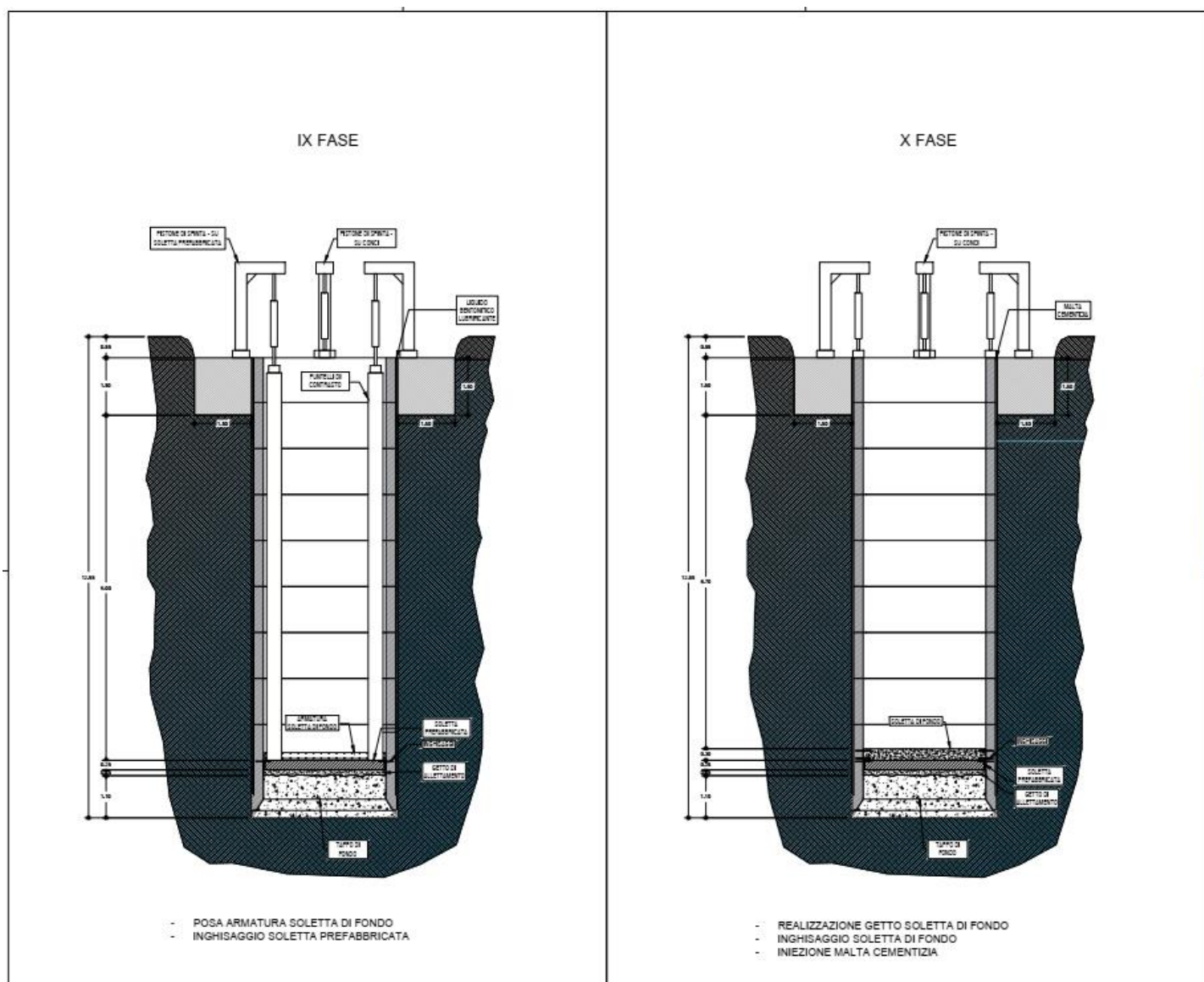




**Figura 8-C : Schema tecnico realizzazione pozzo autoaffondante**



**Figura 8-D : Schema tecnico realizzazione pozzo autoaffondante**



**Figura 8-E : Schema tecnico realizzazione pozzo autoaffondante**

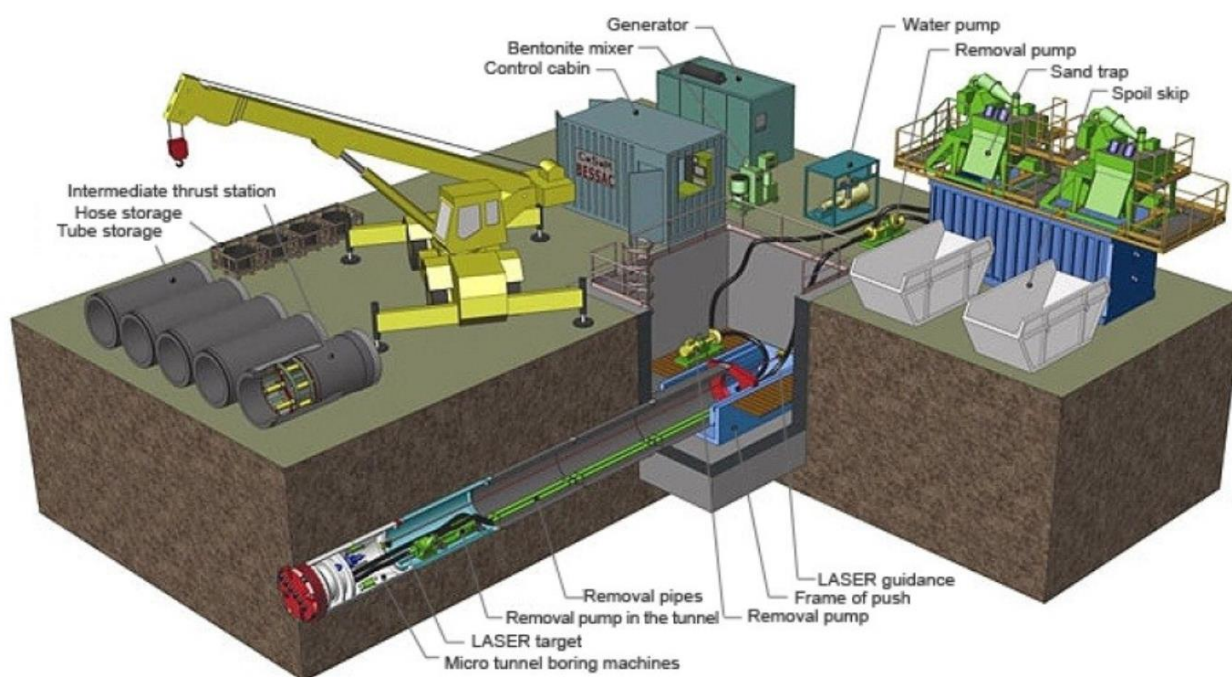
## 9 CANTIERE MICROTUNNELLING

L'esecuzione delle operazioni di perforazione richiede, per ogni tratta, l'allestimento di 2 distinte aree di cantiere:

- 1) Area di cantiere principale, relativa al pozzo di spinta;
- 2) Area di cantiere secondaria, relativa al pozzo di arrivo.

Presso l'area di cantiere principale, devono essere posti in opera una serie di dispositivi mirati al corretto funzionamento della testa fresante e al processo dello smarino, di cui:

- Cabina di controllo, che permette la guida ed il monitoraggio della testa fresante;
- Generatore, per fornire energia elettrica ai vari apparati;
- Power pack, pompe idrauliche per il sistema idraulica di scavo e smarino;
- Vasche di miscelazione/flocculazione, accumulo, separazione, decantazione e contenimento reflui esausti.



**Figura 9-A : Schema tipo cantiere microtunnelling pozzo di spinta**

Si riportano di seguito degli schemi tipo di allestimento di cantiere sia per il cantiere per perforazione DN800, evidenziando che ove necessario è possibile procedere ad una

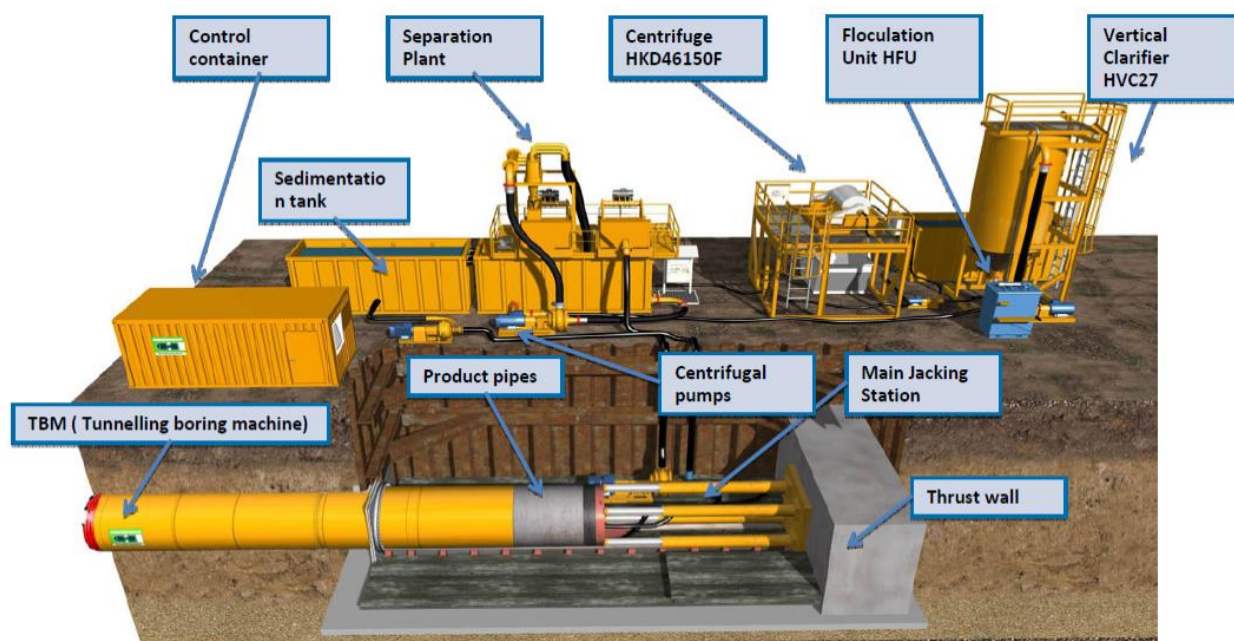


specifica progettazione del layout di cantiere, per adattarlo a contingenti condizioni logistiche.

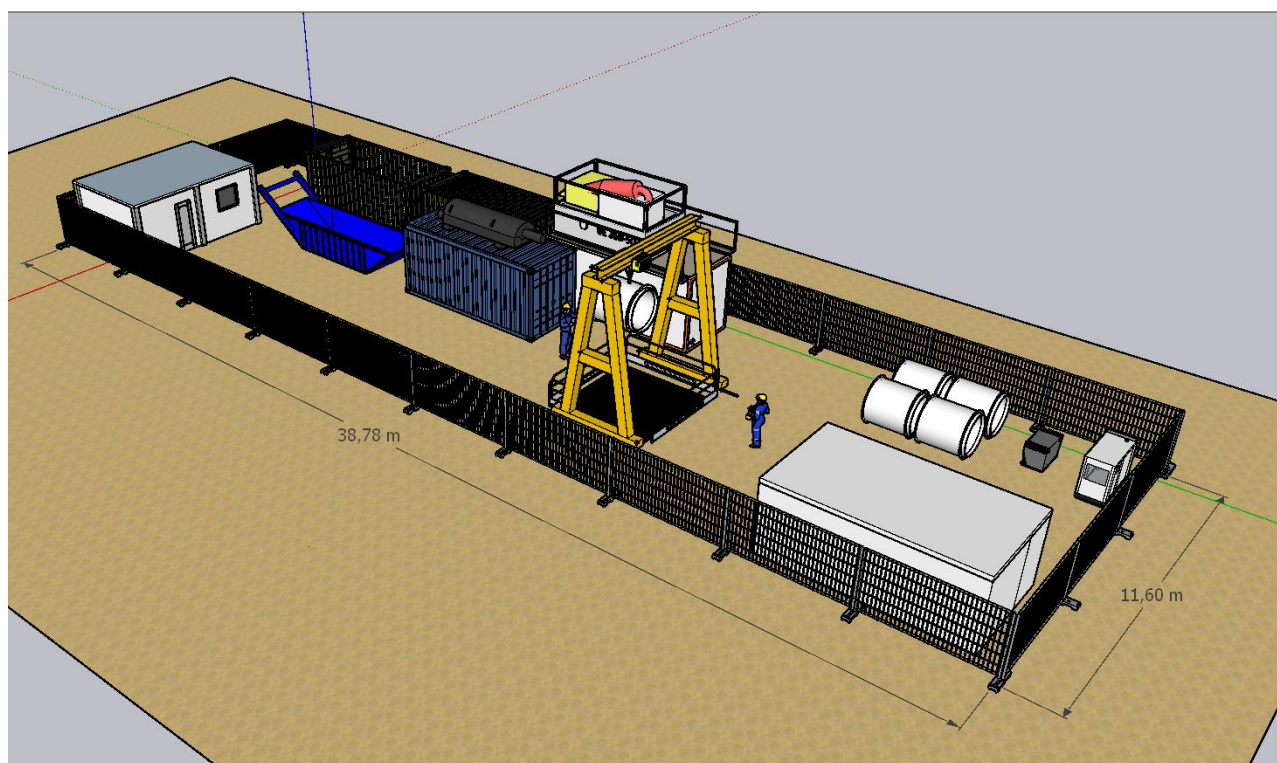
Gli ingombri di cantiere, come riportato in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, sono quantificabili a:

- perforazione DN800, sviluppo lineare con dimensioni minime di circa 36m x 8.50m, per un'occupazione areale di circa 310 m<sup>2</sup>;

Le dimensioni dell'area secondaria sono invece ridotte, e relative alle dimensioni minime necessarie alla scavo e posa del pozzetto autoaffondante, e alle successive operazioni di recupero della testa fresante.



**Figura 9-B : Schema tipo cantiere microtunnelling pozzo di spinta**



**Figura 9-C : Cantiere microtunnelling DN800**

INQUADRAMENTO PLANIMETRICO AREA DI CANTIERE POZZETTO DI SPINTA 3 - SCALA 1:200

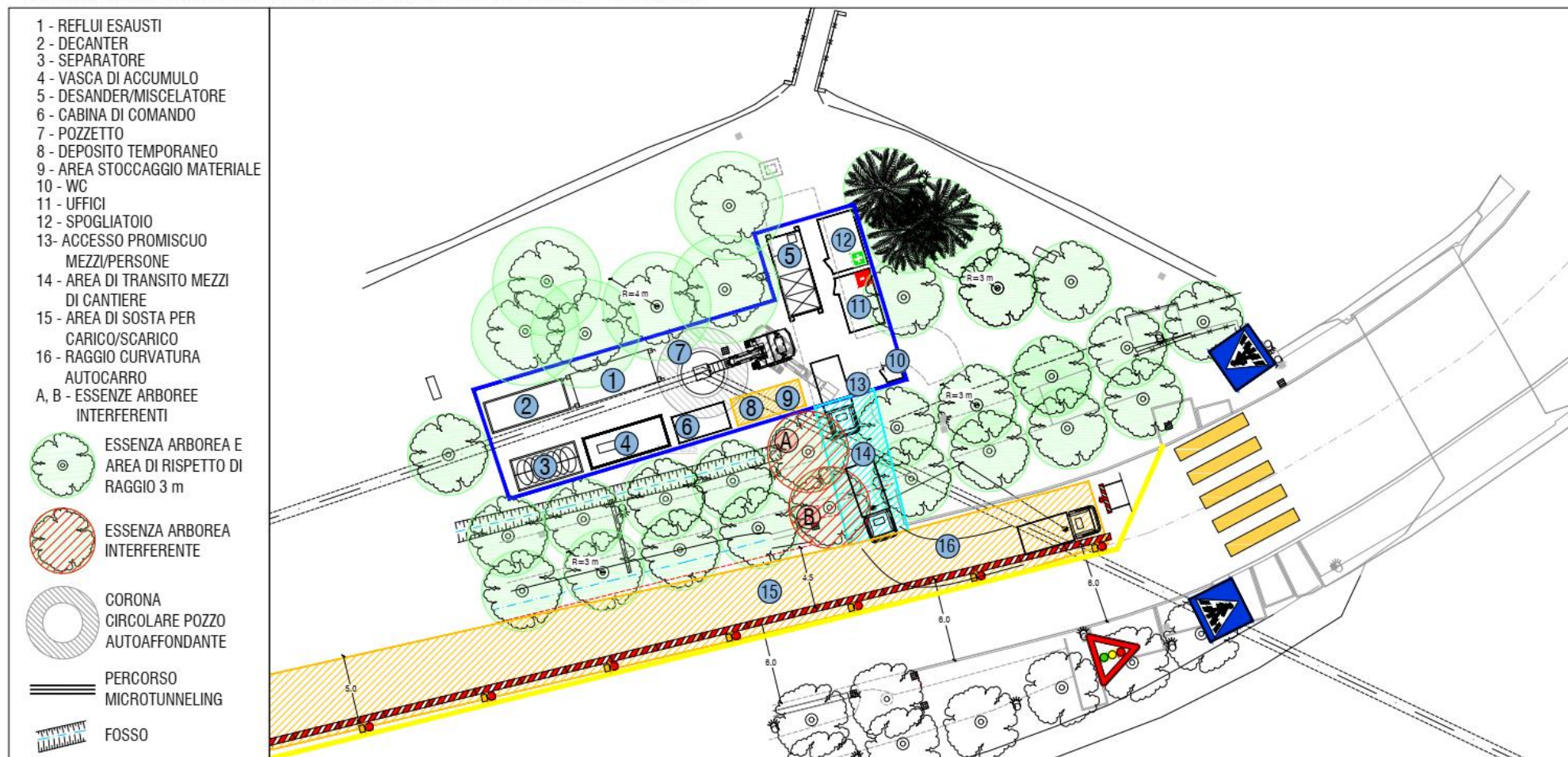


Figura 9-D : Schema cantiere microtunneling pozzo di spinta S3 – DN800



INQUADRAMENTO PLANIMETRICO AREA DI CANTIERE POZZETTO DI SPINTA 2a - SCALA 1:200

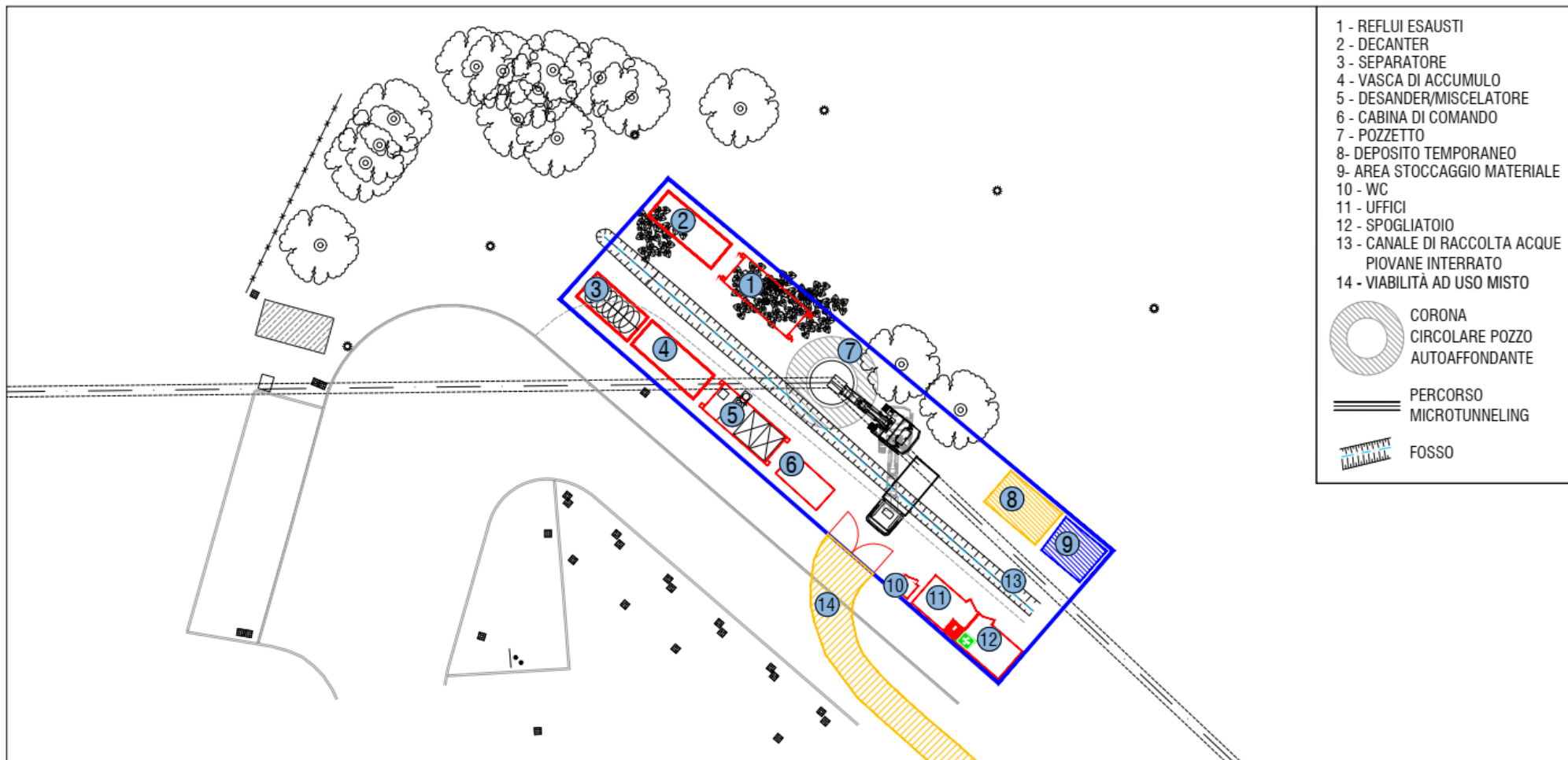


Figura 9-E : Schema cantiere microtunnelling pozzo di spinta S2a – DN800





**Figura 9-F : Cantiere microtunnelling pozzo di spinta**



**Figura 9-G : Cantiere microtunnelling pozzo di spinta**





**Figura 9-H : Cantiere microtunnelling pozzo di spinta**

## 10 MONITORAGGIO

Una componente fondamentale per la buona riuscita delle perforazioni è il monitoraggio in continuo dei parametri principali in grado di influenzare il buon andamento delle lavorazioni.

Il monitoraggio dovrà essere effettuato secondo le linee guida definite da diverse Norme e guide di cui:

- Normativa Europea EN 12889:2002 “Trenchless Construction and testing of drains and sewes”;
- DAUB recommendations for the selection of tunneling machines” così come redatte dal “German Tunnelling Committee (DAUB)”;
- Standard Design and Construction Guidelines for Microtunneling, ASCE, 2015.

Il monitoraggio dovrà permettere la verifica di una importante serie di parametri, riportati in dettaglio nella Relazione specialistica di cui:

- Parametri di scavo;
- Traiettoria;
- Fluido di perforazione;
- Iniezione a tergo delle tubazioni.



## 11 QUADRO ECONOMICO DEI LAVORI

In ragione dell'attuale livello progettuale, è stato redatto Computo Metrico Estimativo dei lavori, di cui si riporta di seguito un estratto relativo all'esecuzione dei lavori, oltre alla quantificazione di economie ed oneri per la sicurezza.

REALIZZAZIONE DI FOGNATURA NERA IN ATTRAVERSAMENTO DEL FIUME SILE E DELLA LINEA FERROVIARIA TREVISO-UDINE A RIDOSSO DI PONTE DELLA GOBBA IN COMUNE DI TREVISO	
PROGETTO DEFINITIVO ESECUTIVO	
A) LAVORI	
CONDOTTE MICROTUNNEL	€ 1,663,713.00
<i>lavori a corpo e a misura</i>	€ 1,534,139.00
<i>economie</i>	€ 40,000.00
<i>oneri per la sicurezza</i>	€ 89,574.00
Totale lavori e sicurezza	€ 1,663,713.00
<b>TOTALE LAVORI</b>	<b>€ 1,663,713.00</b>
B) SOMME A DISPOSIZIONE DELL' AMMINISTRAZIONE	
0) Fornitura di Tubi in gres ceramico per microtunnelling	€ 377,087.00
1) Rilievi, accertamenti, indagini	€ 74,200.00
<i>rilievi plano altimetrici</i>	€ 8,000.00
<i>indagini geologiche, geotecniche, campionamenti terre di scavo</i>	€ 50,000.00
<i>indagine archeologica preliminare</i>	€ 5,000.00
<i>assistenza archeologica continuativa</i>	€ 11,200.00
2) Oneri per spostamento sottoservizi	€ 40,000.00
3) Spese tecniche (progettazione, direzione lavori, coord. Sicurezza, collaudi)	€ 175,000.00
4) Acquisizione aree o immobili e pertinenti indennizzi	€ 100,000.00
<i>indennizzi</i>	€ 92,000.00
<i>spese frazionamenti e pratiche catastali</i>	€ 8,000.00
5) Spese per pubblicità e attività tecnico amministrative connesse alla progettazione	€ 15,000.00
6) Imprevisti	€ 75,000.00
Totale somme a disposizione	€ 856,287.00
<b>TOTALE SOMME A DISPOSIZIONE</b>	<b>€ 856,287.00</b>
TOTALE GENERALE	
	<b>€ 2,520,000.00</b>

Figura 11-A : Estratto Quadro Economico dei Lavori

## 12 PIANO SICUREZZA E COORDINAMENTO

Si evidenzia che è stato redatto specifico elaborato relativo alla valutazione dei principali rischi connessi all'esecuzione delle opere di progetto.

In particolare, sono stati valutati i rischi legati:

- Esecuzione delle attività di perforazione;
- Rischi connessi all'area di cantiere;
- Fattori esterni che comportano rischi per il cantiere;
- Rischi che le lavorazioni di cantiere comportano per l'area circostante;
- Organizzazione del cantiere;
- Lavorazioni interferenti;

- Rischi individuati nelle lavorazioni e relative misure preventive e protettive.

Si rimanda alla consultazione dello specifico elaborato per il dettaglio contenuto.

Si evidenzia che con riferimento al Rischio Bellico, si ipotizza prima dell'inizio lavori l'esecuzione di preliminare indagine GEORADAR E MAGNETOMETRICA in corrispondenza dell'areale dei pozzi autoaffondanti.

Ove in base ai risultati dell'indagini GEORADAR si evidenziasse la presenza di masse metalliche anomale, si procederà all'esecuzione di bonifica superficiale e profonda in corrispondenza dell'areale di realizzazione dei pozzi autoaffondanti.

Si evidenzia che in ragione della profondità di perforazione, si ritiene che le attività di microtunnelling avvengano in corrispondenza di orizzonti sterili dal punto di vista della presenza di ordigni bellici.

## 13 CONCLUSIONI

Si riportano di seguito le conclusioni dello scrivente con riferimento alle determinazioni e valutazioni fin qui svolte di cui:

1. L'analisi dei dati sui sondaggi geognostici ha permesso l'identificazione dei litotipi caratterizzanti gli orizzonti di perforazione, in generale si tratta di materiali costituenti la coltre di depositi alluvionali in prevalenza grossolani, per cui i litotipi rinvenuti nei sondaggi sono riferibili a:

I litotipi sopra indicati sono caratteristici delle aree alluvionali, e in termini di perforazione microtunnelling vengono definiti:

- **“MIXED GROUND”** ove rispetto alla matrice coesiva, SABBIA LIMOSA e ARGILLA LIMOSA, si rinvenivano GHIAIE;
- **“HARD MIXED GROUND”**, ove rispetto alla matrice coesiva, SABBIA LIMOSA e ARGILLA LIMOSA, si rinvenivano GHIAIE, CIOTTOLI e TROVANTI.

Si ritiene quindi che, sulla base dei dati disponibili, si possa definire il principale orizzonte di perforazione caratterizzante le tratte di perforazione come “HARD MIXED GROUND” o “MISTO PESANTE”.

**Tabella 13-1 - ABACO RIEPILOGATIVO MICROTUNNELLING DN800 – TRATTA 2b – 2a**

MICROTUNNELLING DN800 - TRATTA 2b - 2a				
DESCRIZIONE		PARAMETRO	VALORE	NOTE
COLTRE DI DEPOSITI ALLUVIONALI IN PREVALENZA GROSSOLANI CON COMPONENTE FINE E COESIVA COSTITUITA LIMOSA SABBIOSA E LIMO ARGILLOSA E COMPONENTE GROSSOLANA DA GHIAIE ETERODIMENSIONALI CON CIOTTOLI E RARI TROVANTI	MATRICE INCASSANTE FINE E COESIVA - LIMOSA SABBIOSA E LIMO ARGILLOSA	Permeabilità media k [m/s]	1,00 E-04	Semi-permeabile
	COMPONENTE GROSSOLANA - GHIAIE ETERODIMENSIONALI CON CIOTTOLI E RARI TROVANTI	UCS - Resistenza monoassiale [Mpa]	UCS 100/150	UCS > 100 MPa HARD MIXED GROUND
		CAI - Cerchar Abrasivity Index	1,5/2,0	Abrasivo
	"GRANULAR QUITE COMPACT" E/O "GRANULAR COMPACT"	FSST - SOIL CLASSES	4 - 6	GRANULARI GHIAIOSI
	SPINTA TOTALE ATTESA	Fs = Ffr + Fp + Fint	2173	Spinta totale relativa a perforazione pari a L=120 m

**Tabella 13-2 - ABACO RIEPILOGATIVO MICROTUNNELLING DN800 – TRATTA 2b – 2a**

MICROTUNNELLING DN800 - TRATTA 3 - 2b - SOTTOATTRAVERSAMENTO SILE				
DESCRIZIONE		PARAMETRO	VALORE	NOTE
COLTRE DI DEPOSITI ALLUVIONALI IN PREVALENZA GROSSOLANI CON COMPONENTE FINE E COESIVA COSTITUITA LIMOSA SABBIOSA E LIMO ARGILLOSA E COMPONENTE GROSSOLANA DA GHIAIE ETERODIMENSIONALI CON CIOTTOLI E RARI TROVANTI	MATRICE INCASSANTE FINE E COESIVA - LIMOSA SABBIOSA E LIMO ARGILLOSA	Permeabilità media k [m/s]	1,00 E-04	Semi-permeabile
	COMPONENTE GROSSOLANA - GHIAIE ETERODIMENSIONALI CON CIOTTOLI E RARI TROVANTI	UCS - Resistenza monoassiale [Mpa]	UCS 100/150	UCS > 100 MPa HARD MIXED GROUND
		CAI - Cerchar Abrasivity Index	1,5/2,0	Abrasivo
	"GRANULAR QUITE COMPACT" E/O "GRANULAR COMPACT"	FSST - SOIL CLASSES	4 - 6	GRANULARI GHIAIOSI
	SPINTA TOTALE ATTESA NO STAZIONE INTERMEDIA	Fs = Ffr + Fp + Fint	2309	Spinta totale relativa a perforazione pari a L=140 m
	SPINTA TOTALE ATTESA CON STAZIONE INTERMEDIA	Fs = Ffr + Fp + Fint	1794	Spinta totale relativa a perforazione pari a L=70 m

- La resistenza del materiale costituente la parte grossolana degli orizzonti di perforazione, GHIAIA e CIOTTOLI, è prevedibilmente ALTA, per cui è stata ipotizzata una resistenza a compressione  $UCS \sigma_c \approx 150 \text{ MPa} \approx 1.500 \text{ kg/cm}^2$ , per cui si ritiene che le teste di perforazione dovranno essere dotata di utensili in grado di frantumare i materiali grossolani in elementi di piccola dimensione in modo da poter essere

successivamente demoliti nel frantoio interno alla testa.

3. In ragione della capacità meccanica delle diverse teste di perforazione, le stesse dovranno essere tarate prestando attenzione alle aperture frontali delle singole teste per coniugare produttività e capacità di perforazione.
4. Relativamente a quanto riportato ai punti 1 e 2, ed oltre a quanto riportato relativamente ai valori del CAI, si ipotizza che le teste scelte, in particolare per il diametro DN600, dovranno presentare uno speciale condizionamento rispetto alle problematiche sopra evidenziate, predisponendo un apprestamento sito specifico delle teste di perforazione relativamente alla qualità, quantità e durabilità degli utensili di perforazione e alle capacità meccaniche generali delle teste in termini di spinta e coppia di perforazione.
5. Si ritiene inderogabile il ricorso a teste fresanti con apprestamenti tecnologici che permettano:
  - a. una corretta LUBRIFICAZIONE;
  - b. un corretto OVERCUT, compreso fra 20mm e 40 mm.
6. Relativamente alla fattibilità, si ritiene che l'esecuzione dell'opera in microtunnelling, sia pienamente di fattibilità, di cui:
  - c. per le tratte in cui è prevista la perforazione DN800, si ipotizza un livello di difficoltà medio/alto, ma si ritiene che la dotazione dei dispositivi/condizionamenti previsti delle teste garantisca una alta fattibilità.
7. Relativamente alle LUNGHEZZE MASSIMA DI SPINTA, si evidenzia che sono funzione del diametro della testa e delle condizioni geotecniche così come evidenziate, per cui si riporta abaco riepilogativo:



Tabella 13-3 - Abaco riepilogativo lunghezze massima di spinta e condizionamenti teste DN800

DIAMETRO PERFORAZIONE	LUNGHEZZA MASSIMA [m]	CONDIZIONAMENTI - DISPOSITIVI
<b>DN800</b>	100 – 120	OVERCUT LUBRIFICAZIONE UTENSILI TAGLIO DISGREGAZIONE <b>STAZIONI INTERMEDIE A DISCREZIONE D.L.</b>
<b>DN800</b>	120 – 200	OVERCUT LUBRIFICAZIONE UTENSILI TAGLIO DISGREGAZIONE <b>STAZIONI INTERMEDIE</b>

8. Si riportano delle indicazioni sugli apprestamenti tecnologici per la testa fresante che possono essere riassunti in forma non esaustiva nell'elenco di seguito
- d. utilizzo di testa fresante con elevate capacità di perforazione e di macinazione di materiale litoide di qualsivoglia dimensione;
  - e. repowering delle capacità di macinazione/frantumazione della testa fresante con apprestamento di dischi fresanti e bottoni disgregatori in numero superiore alla media in considerazione del contesto geotecnico e geologico evidenziato;
  - f. calibrazione delle aperture dello scudo contro terra della testa fresante per scongiurare il pericolo di blocchi del mulino di smarino in seguito al passaggio di ciottoli nel mulino;
  - g. utilizzo di miscele opportunamente dosate di bentoniti e polimeri, per la creazione e il mantenimento durante la perforazione di bulbo di lubrificazione intorno alla testa e al corpo della fresa;
  - h. monitoraggio continuo del maggior numero di parametri della perforazione, con particolare riguardo alla spinta totale, alla spinta contro testa nella zona centrale e nella zona periferica dello scudo, all'attrito laterale, alla pressione contro terra della testa e del fluido, alle portate e pressioni di smarino in andata e ritorno, all'assetto geometrico della testa ( rollio, rotazione, etc.. ).

ENKI s.r.l.

Ing. Andrea Mazzetti