

# AREA DI RILEVANTE INTERESSE NAZIONALE DI BAGNOLI - COROGLIO (NA)

**D.P.C.M. 15.10.2015**

Interventi per la bonifica ambientale e rigenerazione urbana dell'area di Bagnoli - Coroglio

**Infrastrutture, reti idriche, trasportistiche ed energetiche dell'area del  
Sito di Interesse Nazionale di Bagnoli - Coroglio**



Presidenza del Consiglio dei Ministri  
IL COMMISSARIO STRAORDINARIO DEL GOVERNO  
PER LA BONIFICA AMBIENTALE E RIGENERAZIONE URBANA  
DELL'AREA DI RILEVANTE INTERESSE NAZIONALE  
BAGNOLI - COROGLIO



## STAZIONE APPALTANTE

**INVITALIA S.p.a.:** Soggetto Attuatore, in ottemperanza all'art. 33 del D.L. n. 133/2014, convertito con legge n. 164/2014, e del D.P.C.M. 15 ottobre 2015, ai fini della predisposizione ed esecuzione del Programma di Risanamento Ambientale e la Rigenerazione Urbana per il Sito di Rilevante Interesse Nazionale di Bagnoli-Coroglio

**RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO:** Ing. Daniele BENOTTI

### PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

**PROGETTAZIONE GEOTECNICA, STRUTTURALE e STRADALE**  
Ing. Letterio SONNESSA

**RELAZIONE GEOLOGICA**  
Dott. Geol. Vincenzo GUIDO

#### GRUPPO DI LAVORO INTERNO

Collaboratori:  
Geom. Gennaro DI MARTINO  
Geom. Alessandro FABBRI  
Ing. Davide GRESIA  
Ing. Nunzio LAURO  
Ing. Alessio MAFFEI  
Ing. Angelo TERRACCIANO  
Ing. Massimiliano ZAGNI

Supporto operativo:  
Ing. Irene CIANCI  
Arch. Alessio FINIZIO  
Ing. Carmen FIORE  
Ing. Federica Jasmeen GIURA  
Ing. Leonardo GUALCO

**PROGETTAZIONE IDRAULICA**  
Ing. Claudio DONNALOIA

**PROGETTAZIONE DELLA SICUREZZA**  
Ing. Michele PIZZA

**COMPUTI E STIME**  
Geom. Gennaro DI MARTINO

**SUPPORTO TECNICO-SCIENTIFICO**  
Prof. Ing. Alessandro PAOLETTI  
Ing. Domenico CERAUDO  
Ing. Cristina PASSONI

**PROGETTAZIONE ENERGETICA e TELECOMUNICAZIONI**  
Ing. Claudio DONNALOIA

### RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI

#### MANDATARIA



**VIA INGEGNERIA Srl**  
Via Flaminia, 999  
00189 Roma (RM)

**COORDINAMENTO DELLA PROGETTAZIONE**  
Ing. Matteo DI GIROLAMO

**PROGETTAZIONE OPERE STRUTTURALI**  
Ing. Giovanni PIAZZA

**COORDINAMENTO SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE**  
ai sensi D.Lgs. 81/08  
Ing. Massimo FONTANA

#### MANDANTI



**QUANTICA INGEGNERIA Srl**  
Piazza Bovio, 22  
80133 Napoli (NA)

**PROGETTAZIONE OPERE STRUTTURALI SPECIALI**  
Ing. Francesco NICCHIARELLI

**PROGETTAZIONE OPERE IMPIANTISTICHE ELETTRICHE**  
Ing. Paolo VIPARELLI

**RELAZIONE GEOLOGICA**  
Geol. Maurizio LANZINI

**RELAZIONE ARCHEOLOGICA**  
Arch. Luca DI BIANCO



**WEE WATER ENVIRONMENT ENERGY Srl**  
Piazza Bovio, 22  
80133 Napoli (NA)

**PROGETTAZIONE OPERE DI VIABILITA' ORDINARIA**  
Ing. Giuseppe RUBINO

**PROGETTAZIONE ARENA SANT'ANTONIO-HUB DI COROGLIO**  
Ing. Giuseppe VACCA

**RELAZIONE ACUSTICA**  
Ing. Tiziano BARUZZO

**GIOVANE PROFESSIONISTA**  
Ing. Veronica NASUTI  
Ing. Andrea ESPOSITO  
Ing. Raffaele VASSALLO  
Ing. Serena ONERO



**AMBIENTE SPA**  
Via Frassina, 21  
54033 Carrara (MS)

**PROGETTAZIONE OPERE IDRAULICHE A RETE**  
Ing. Giulio VIPARELLI

**PROGETTAZIONE OPERE A MARE E IMPIANTO TAF 3**  
Ing. Roberto CHIEFFI



**HYSOMAR SOCIETA' COOPERATIVA**  
Corso Umberto I, 154  
80138 Napoli (NA)



**ALPHATECH**  
Via S. Maria della Libera, 13  
80127 Napoli (NA)

**ING. GIUSEPPE RUBINO**  
Via Riviera di Chiaia, 53  
80122 Napoli (NA)

**DISEGNATORI**  
Geom. Salvatore DONATIELLO  
Geom. Paolo COSIMELLI  
P.I. Ugo NAPPI  
Ing. Daniele CERULLO

**COMPUTI E STIME**  
Per. Ind. Giuseppe CORATELLA  
Geom. Luigi MARTINELLI

**INVITALIA**

Agenzia nazionale per l'attrazione degli investimenti e lo sviluppo d'impresa SpA

Funzione Servizi di Ingegneria

Direzione Area Tecnica  
Opere civili:  
Arch. Giulia LEONI

## PROGETTO DEFINITIVO

Elaborato  <b>INFRASTRUTTURE IDRICHE GENERALE: ASA E HUB IDRICO</b>  Relazione sugli attraversamenti ferroviari Interferenza con la Ferrovia Cumana al km 6+846 Interferenza con la Ferrovia DD Roma - Napoli km 205+710		DATA	NOME	FIRMA
	REDATTO	GIU. 2023	A. E.	
	VERIFICATO	GIU. 2023	G. V.	
	APPROVATO			
	DATA	GIU. 2023	CODICE ELABORATO	
REVISIONE	DATA	AGGIORNAMENTI		SCALA -  CODICE FILE  <b>0-RT.05.05.11.01</b>
0	GIU. 2023	Emissione		

## Sommario

<b>1. INQUADRAMENTO .....</b>	<b>2</b>
<b>2. OPERE DI PROGETTO .....</b>	<b>4</b>
<b>3. INTERFERENZA CON LA FERROVIA CUMANA AL KM 6+846.....</b>	<b>10</b>
<b>4. INTERFERENZA CON LA FERROVIA DD ROMA - NAPOLI AL KM 205+710.....</b>	<b>11</b>
<b>5. MODALITA' REALIZZATIVE .....</b>	<b>12</b>

## Indice delle figure

Figura 1 – Planimetria generale condotte prementi con ubicazione delle interferenze .....	3
Figura 2 – Microtunnel: Pianta .....	4
Figura 3 – Microtunnel: Profilo longitudinale.....	5
Figura 4 – Microtunnel – Camera di spinta: Pianta .....	5
Figura 5 – Microtunnel – Camera di spinta: Sezione longitudinale .....	5
Figura 6 – Capacità della camera di spinta e del tratto di valle .....	6
Figura 7 – Microtunnel – Camera di arrivo: Pianta.....	8
Figura 8 – Microtunnel – Camera di arrivo: Sezione longitudinale .....	9
Figura 9 – Dettaglio attraversamento della Ferrovia Cumana.....	10
Figura 10 – Dettaglio attraversamento della Ferrovia Metropolitana Linea 2 .....	11

## 1. INQUADRAMENTO

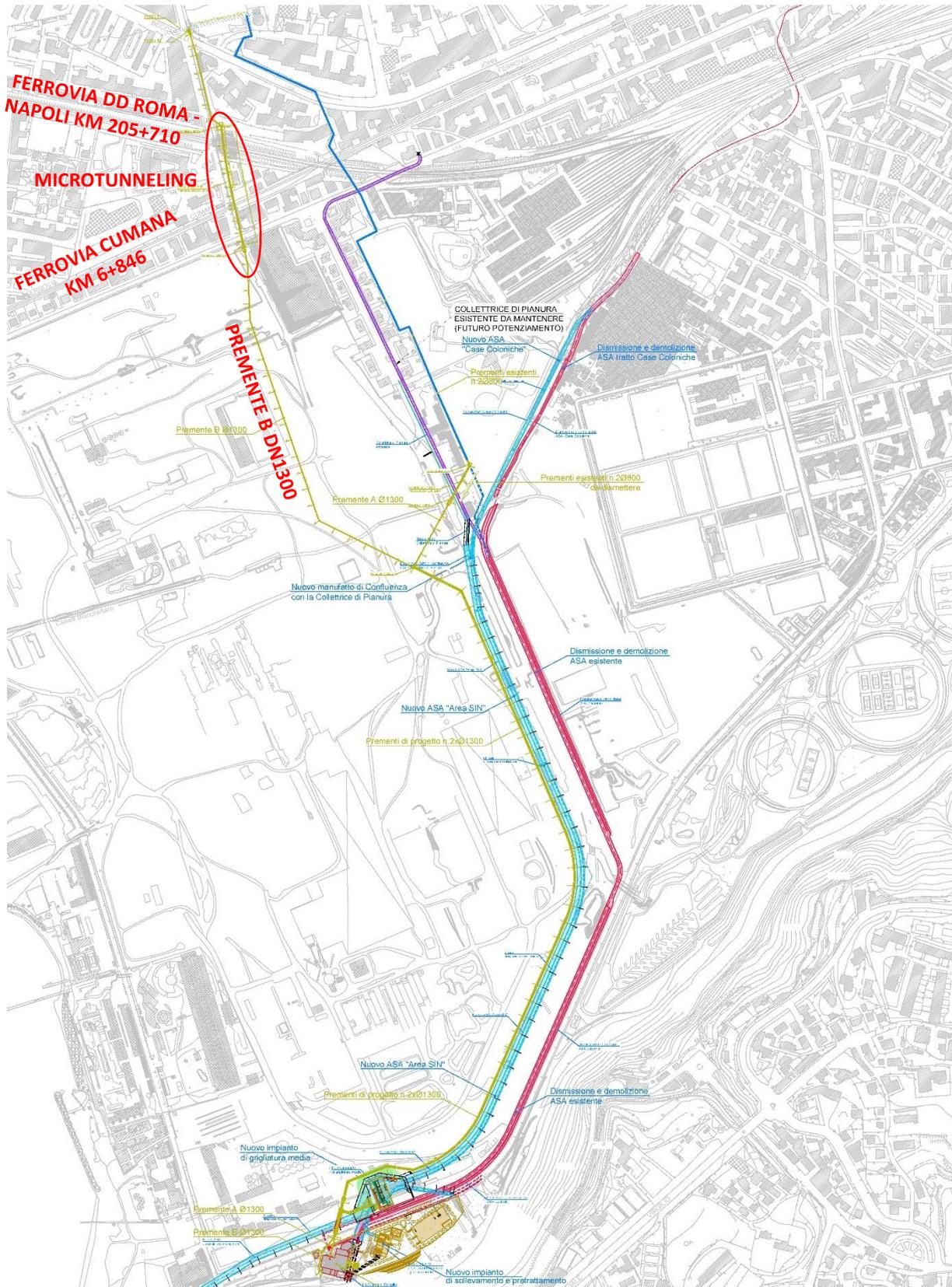
Oggetto della presente relazione riguarda la progettazione della risoluzione di n.2 interferenze delle opere di progetto lungo Via Nuova Agnano con le linee ferroviarie: la Linea Ferroviaria Cumana e la Linea Ferroviaria "DD Roma – Napoli".

In particolare, lungo la via Nuova Agnano, il progetto prevede la posa della condotta premente "B" DN1300 in acciaio, destinata a collettare il refluo pretrattato dall'HUB di Coroglio all'interno dell'Emissario di Cuma, scaricandolo all'interno di un pozzo esistente, opportunamente riqualificato ed adattato, ubicato all'incrocio tra Via Beccadelli, Viale Kennedy e la stessa Via Nuova Agnano.

Entrambe le interferenze saranno superate mediante un unico tratto in microtunneling di sviluppo pari a ca. 205m, descritto nel dettaglio nel prosieguo della presente relazione.

Gli attraversamenti oggetto della presente relazione soddisfano tutte le prescrizioni contenute nel **D.M. 04 Aprile 2014** e nel **Manuale di progettazione delle Opere Civili della Rete Ferroviaria Italiana**.

Nella seguente figura 1 è riportato in verde il tracciato generale delle due condotte prementi in progetto ed è cerchiato in rosso il tratto in microtunneling destinato al superamento delle due interferenze.



## 2. OPERE DI PROGETTO

La condotta premente B di progetto è costituita da una tubazione in acciaio DN1300 destinata a convogliare una portata massima di refluo pretrattato di 1,8 m<sup>3</sup>/s dall'impianto di Coroglio all'Emissario di Cuma, con un tracciato di sviluppo complessivo pari a ca. 2540m.

Dopo un breve tratto in cui la condotta, uscita dall'impianto di pompaggio, sottopassa Via Cattolica, la gran parte del tracciato si sviluppa all'interno dell'area del SIN di Bagnoli Coroglio fino a portarsi, alla progressiva 2150m ca. in prossimità dell'esistente accesso ai garage della Porta del Parco, ai margini dell'area SIN.

Da tale punto in poi la condotta prosegue con un lungo tratto in **microtunneling**, di sviluppo pari a ca. 205m, che le consente di sottopassare tutti i sottoservizi presenti lungo Via Nuova Bagnoli e, soprattutto, le due linee ferroviarie: la Linea Ferroviaria Cumana e la Linea Ferroviaria "DD Roma – Napoli", che incrociano Via Nuova Agnano, la prima a raso e la seconda con un impalcato ferroviario. Nel tratto in microtunneling la condotta sarà realizzata con tubazioni DN 1200 in ghisa sferoidale provviste di giunto automatico antisfilamento a doppia camera con cordone di saldatura. Le tubazioni in ghisa sferoidale dovranno essere prodotte in stabilimento certificato a norma ISO 9001:2015 e conformi alla norma EN 545:2010. La ghisa sferoidale impiegata per la fabbricazione dei tubi dovrà avere le seguenti caratteristiche: carico unitario di rottura a trazione:  $\geq 420$  MPa; allungamento minimo a rottura:  $\geq 10\%$ ; durezza Brinell:  $\leq 230$  HB. Le tubazioni saranno rivestite esternamente mediante una lega di zinco – alluminio e con successiva vernice di finitura ed internamente con malta cementizia d'altoforno applicata per centrifugazione.

A valle della camera di arrivo del microtunneling, la condotta premente procede lungo Via Nuova Agnano, con tubazione in acciaio DN1300 posata in cavo terra, per un tratto di lunghezza ca. 175m con andamento ascendente, fino confluire, dopo aver attraversato Viale Kennedy, all'interno di una camera in progetto per l'immissione nell'Emissario di Cuma, dettagliatamente descritta nell'elaborato di progetto "2021INV-D-0-RT.05.00.01.01 – Relazione idrologico-idraulica e impiantistica".

Il microtunneling sarà realizzato mediante la spinta di condotte in C.A.V Di 2000 (De 2500), all'interno delle quali sarà posata la condotta premente **in ghisa DN1200** poggiata su opportuni collari distanziatori.

Nelle figure 2 e 3 che seguono si riportano planimetria e profilo longitudinale del tratto in microtunnel.

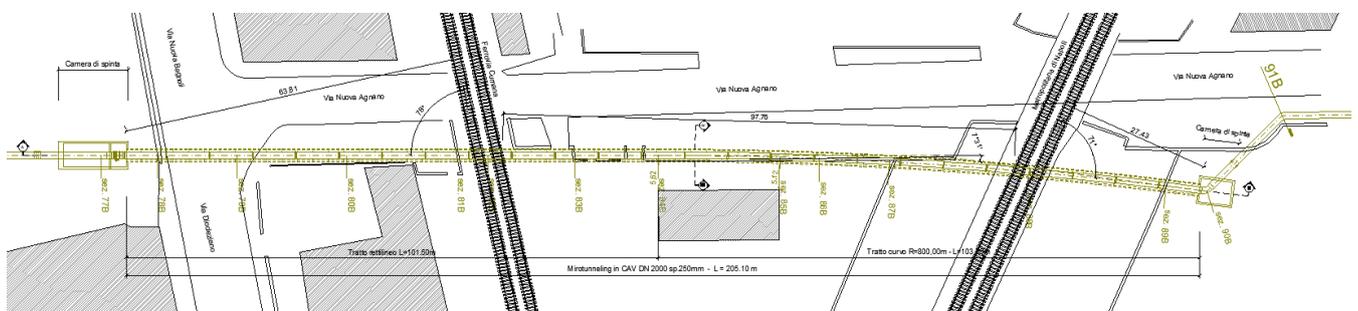


Figura 2 – Microtunnel: Pianta

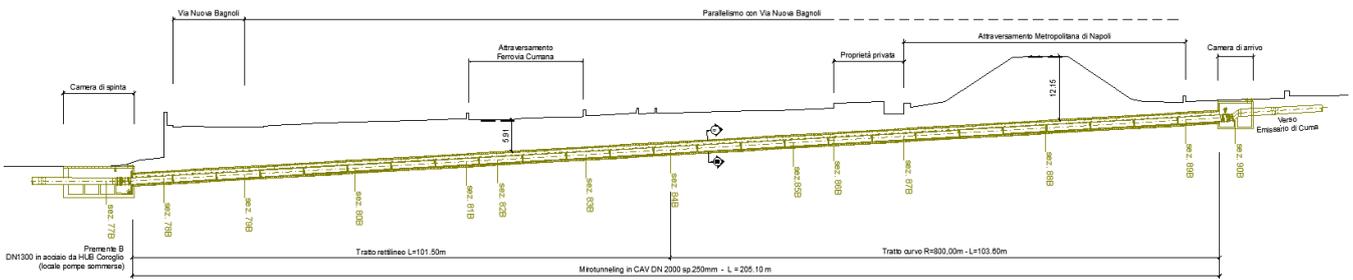


Figura 3 – Microtunnel: Profilo longitudinale

La camera di spinta sarà ubicata nel punto più basso del microtunnel, in prossimità della Porta del Parco, e sarà costituita da un manufatto in c.a. di dimensioni interne 4,5m x 12,0m x 5,0m di altezza.

La copertura della camera sarà realizzata con boele di dimensioni 0,75m x 5,30m. L'ingresso nel manufatto sarà garantito da n. 2 chiusini 90cm x 90 cm e da idonee scalette alla marinara.

All'interno della camera di spinta la condotta sarà posizionata su idonee selle d'appoggio e su di essa saranno installati: un misuratore di pressione, un giunto di smontaggio DN1200, una valvola di sezionamento a farfalla motorizzata DN1200 PN16 e n.2 scarichi DN150 (uno a monte ed uno a valle della valvola a farfalla).

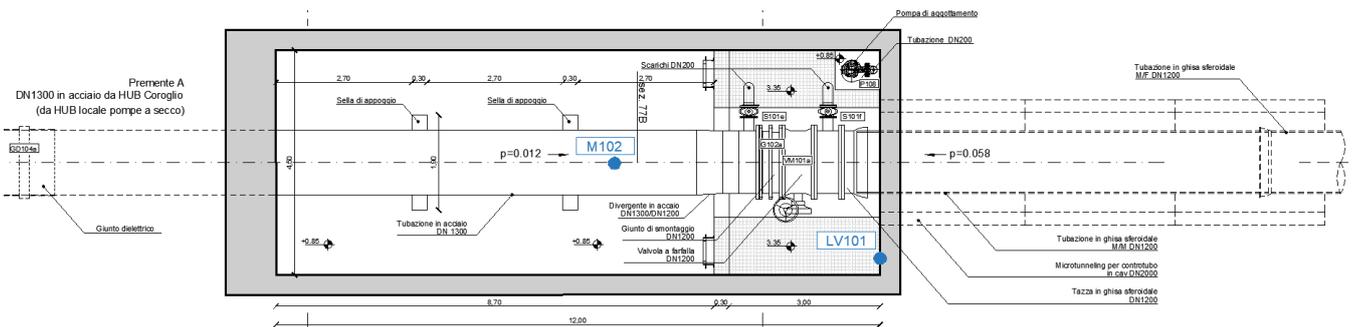


Figura 4 – Microtunnel – Camera di spinta: Pianta

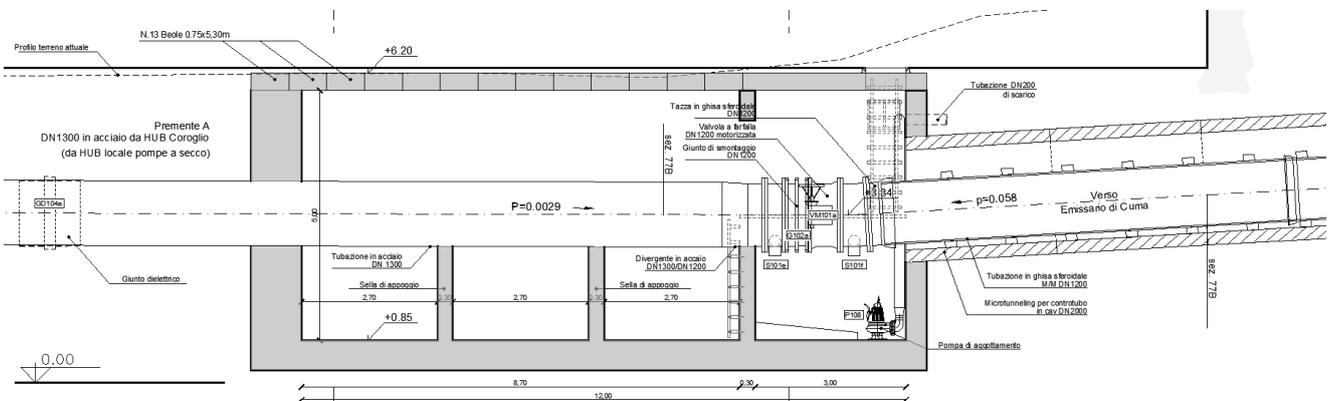


Figura 5 – Microtunnel – Camera di spinta: Sezione longitudinale

La camera è dotata di una pompa per l'aggottamento delle acque in occasione dello svuotamento dei tronchi di condotta a monte e a valle.

La pompa solleverà le acque aggotate recapitandole all'interno della fognatura esistente di Via Nuova Bagnoli mediante una condotta premente DN150, ed avrà le seguenti caratteristiche:

- portata: 25 l/s
- prevalenza manometrica: 13 m

L'intera camera, unitamente alla capacità del controtubo Di 2000, assolverà anche la funzione di volume di accumulo nell'eventualità di rottura accidentale e rovinosa della condotta in ghisa DN1200 nel tratto in microtunnel. In tal caso, infatti, la portata in uscita dalla sezione di rottura, transitando attraverso l'intercapedine tra tubazione e controtubo, giungerebbe alla camera di spinta.

Per tale motivo, all'interno della camera verrà installato apposito interruttore di livello a vibrazione connesso ad un sistema di alert. Il sistema, qualora rilevi la presenza di acqua nella camera: attiverà l'immediato spegnimento del sollevamento che alimenta la premente; attiverà la pompa di aggotamento; azionerà la chiusura delle valvole a farfalla motorizzate presenti rispettivamente nelle camere di spinta e di arrivo, isolando la condotta DN 1200 nel tratto in microtunnel.

Considerata la potenziale gravità dell'evento accidentale appena descritto, è stata preliminarmente verificata, in caso di mancata attivazione della pompa di aggotamento, che la capacità della camera di spinta e del controtubo fino alla quota dell'intradosso della camera sia in grado di contenere l'intero volume idrico contenuto del tratto di condotta DN1200 tra le due valvole motorizzate, di lunghezza pari a ca 205 m. È stata cioè verificata la possibilità di contenere il volume idrico proveniente dalla condotta in ghisa, in caso di rottura nel punto più depresso, senza che ciò causi il completo riempimento della camera di spinta e la conseguente fuoriuscita del refluo sul piano campagna.

Il volume idrico contenuto nella condotta DN 1200 di sviluppo 205 m è pari a ca. 230 m<sup>3</sup>. Tale volume è di gran lunga inferiore rispetto alla capacità della camera (al netto della condotta DN1300 al suo interno) e del controtubo (lunghezza del tratto pari a ca. 45m e livello idrico pari all'estradosso della camera di spinta), che sviluppa un volume complessivo pari a ca. 390 m<sup>3</sup>.



Figura 6 – Capacità della camera di spinta e del tratto di valle

Tale volume è tale da contenere anche la portata scaricata dai tratti di condotta a monte e a valle della camera di spinta, di sviluppo complessivo pari a ca. 1000 m nel periodo transitorio di chiusura delle valvole motorizzate.

La verifica è stata effettuata ipotizzando:

- un transitorio di 5 minuti per la chiusura delle valvole motorizzate, estremamente cautelativo;
- una rottura in corrispondenza della tazza della tubazione in ghisa collocata all'estremità del microtunnel più prossima alla camera di spinta (condizione più svantaggiosa);
- una rottura della guarnizione della tazza per un arco di sviluppo pari a 50 cm che, con uno spessore dell'intercapedine del giunto a bicchiere di 6 mm, dà luogo ad una luce di efflusso di superficie pari a ca. 30 cm<sup>2</sup>;
- coefficiente di efflusso  $\mu$  pari a 0,6;
- carico iniziale sulla luce pari a 22,5 m di ca, pari al carico che si determina a regime sulla generatrice inferiore della condotta all'uscita dalla camera di spinta;
- carico variabile con lo svuotamento della condotta, valutato per step temporali di 60 secondi.

Sotto tali ipotesi, la portata in uscita dalla sezione di rottura della guarnizione è pari a circa 38 l/s che, nel tempo nel tempo di 5 min, determina un ulteriore volume da accumulare pari a ca. 11 m<sup>3</sup> che può essere agevolmente contenuto all'interno della suddetta capacità di accumulo: 230 + 11 = 241 m<sup>3</sup> < 390 m<sup>3</sup>.

In ultimo è stato simulato un caso critico estremamente gravoso "worst case" nel quale, per un malfunzionamento del sistema di automazione, non si chiudono le due valvole di sezionamento DN 1200 a monte e valle del microtunneling.

In queste condizioni si determina lo svuotamento dell'intero tratto della premente dal manufatto di immissione nell'emissario di Cuma dalla camera di spinta. Tale volume è pari a quello contenuto nella condotta DN 1200 in microtunneling (205 m) e nella condotta DN 1300 del tratto successivo (175 m):

- V DN 1200:  $1.2^2 * 3.1416/4 * 202 = 230 \text{ m}^3$
- V DN 1300:  $1.3^2 * 3.1416/4 * 175 = 230 \text{ m}^3$

per un totale di 460 m<sup>3</sup>.

Lo svuotamento avverrà con una portata in uscita dalla sezione di rottura progressivamente decrescente che, partendo da 38 l/s, si azzerà in circa 6 h. In questo intervallo di tempo la pompa di aggotamento è in grado di evacuare un volume di:

$$V_p = 25/1000 * 3600 * 6 = 540 \text{ m}^3$$

largamente esuberante rispetto al fabbisogno.

La **camera di arrivo** sarà costituita da un manufatto in c.a. di dimensioni 4,5m x 6,0m x 5,0m di altezza, ubicato all'interno del parcheggio dell'Istituto Superiore Statale Gentileschi.

All'interno della camera saranno installati: uno sfiato automatico a tre funzioni DN200, un giunto di smontaggio DN1200 e la valvola a farfalla motorizzata DN1200 PN16 precedentemente menzionata.

Lo sfiato a tre funzioni, oltre a consentire il rientro e l'uscita di grandi volumi d'aria in occasione di svuotamento e riempimento della condotta, nonché il degasaggio delle sacche d'aria durante l'esercizio, garantirà una drastica

riduzione della depressione durante il transitorio di moto vario conseguente ad una brusca interruzione del pompaggio di alimentazione.

A valle della camera di arrivo del microtunnel, la condotta premente prosegue lungo Via Nuova Agnano con tubazione in acciaio DN1300, per un tratto di lunghezza ca. 175 m con andamento ascendente, fino ad immettersi, dopo aver attraversato Viale Kennedy, all'interno di una camera in progetto per l'immissione nell'Emissario di Cuma, dettagliatamente descritta al paragrafo seguente. Lungo tale tronco, la premente cambia più volte la sua pendenza di progetto:

1. in un primo tratto, di lunghezza ca. 20 m, ha pendenza del 5,8%
2. successivamente, per uno sviluppo di ca. 110m, presenta pendenza del 3,2%
3. infine, sotto Viale Kennedy, per una lunghezza di ca. 35m, ha una pendenza dello 0,8%.

L'intera condotta premente sarà provvista di un sistema di protezione catodica, sia attiva che passiva, descritto in dettaglio nell'elaborato di progetto: "0-RT.05.00.01.01 – Relazione idrologico-idraulica ed impiantistica". In particolare, a monte della camera di spinta ed a valle della camera di arrivo, sulla condotta premente saranno installati opportuni giunti dielettrici DN1300 per l'isolamento del tratto in microtunnel.

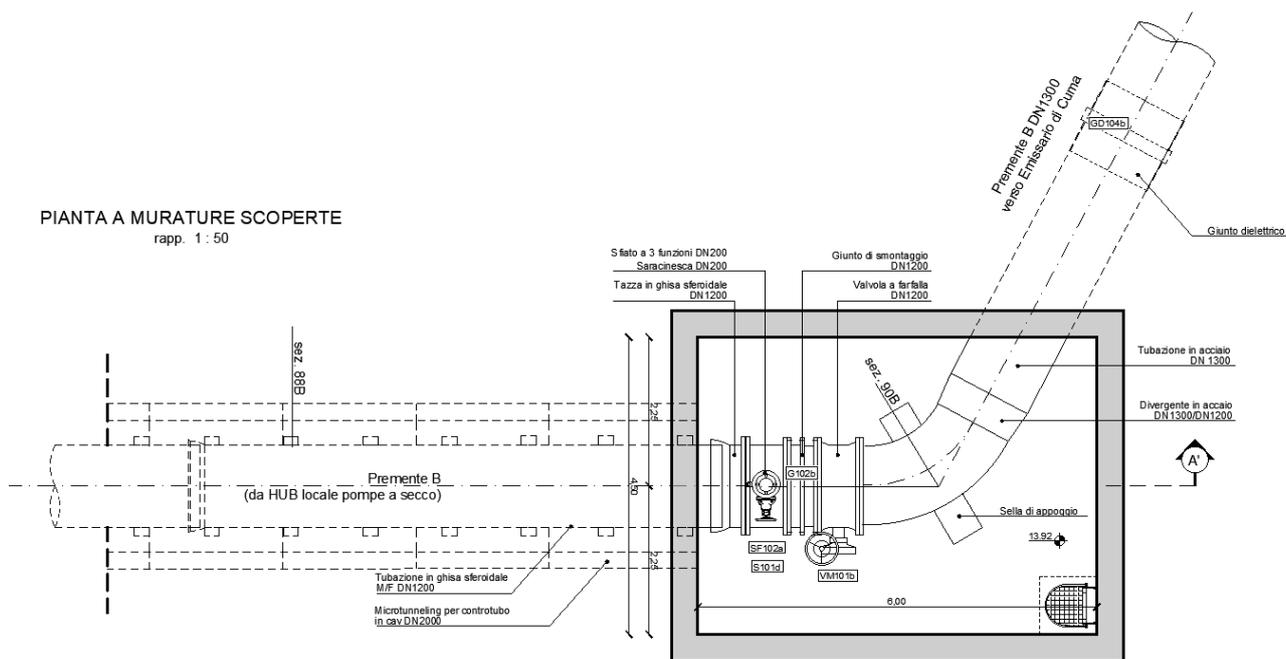


Figura 7 – Microtunnel – Camera di arrivo: Pianta

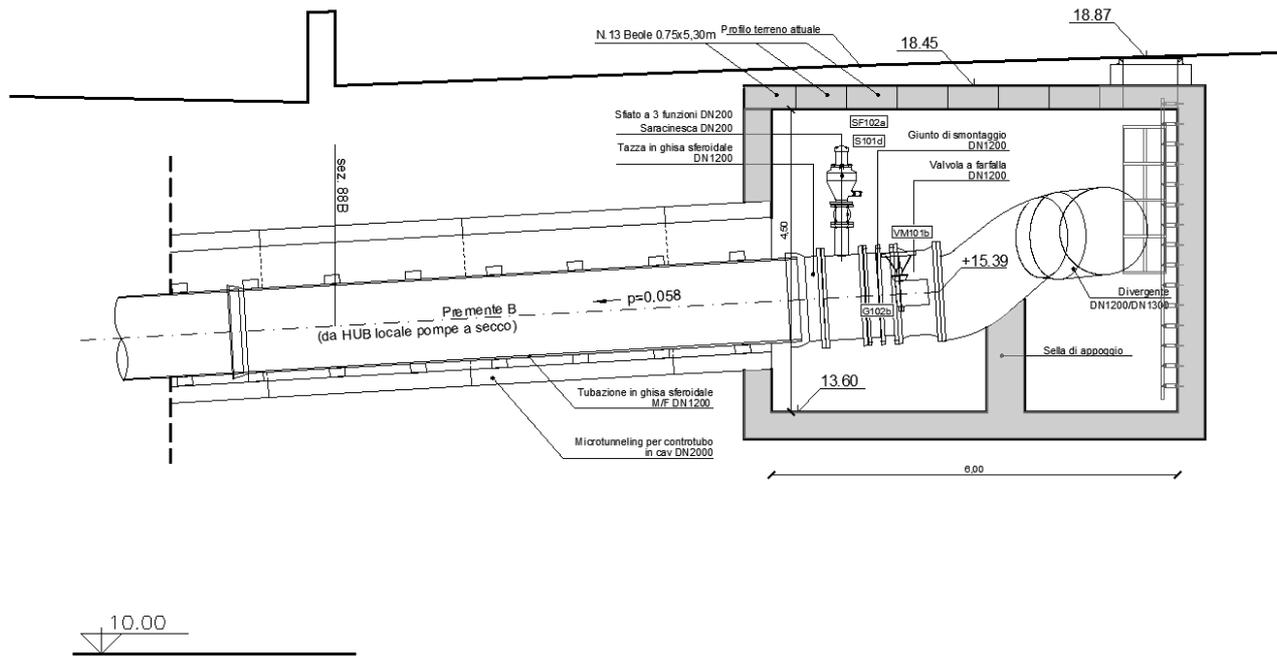


Figura 8 – Microtunnel – Camera di arrivo: Sezione longitudinale

### 3. INTERFERENZA CON LA FERROVIA CUMANA AL KM 6+846

L'interferenza con la Linea Ferroviaria Cumana avviene in corrispondenza della chilometrica 6+846, al picchetto 82B della premente di progetto. Si faccia riferimento alla tavola "0-PX.05.05.09.01" per la planimetria ed il profilo di dettaglio degli attraversamenti in oggetto.

La camera di spinta, posta a monte (in senso idraulico) dell'attraversamento dista – sul piano orizzontale – ca. 63 m dalla più vicina rotaia: è rispettata dunque la distanza orizzontale minima di 10,00 m prevista dal D.M. 04 Aprile 2014.

L'intera camera assolverà anche la funzione di volume di accumulo nell'eventualità di rottura accidentale e rovinosa della condotta in ghisa DN1200 nel tratto in microtunnel, come illustrato al precedente Capitolo.

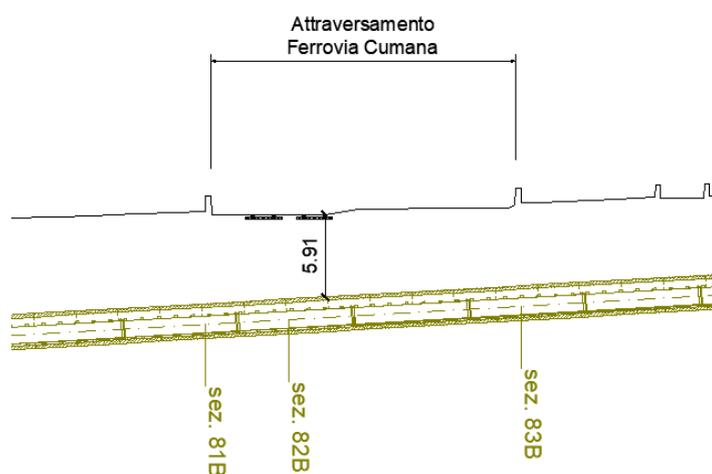


Figura 9 – Dettaglio attraversamento della Ferrovia Cumana

Si evidenzia che l'attraversamento è stato progettato in maniera tale da rispettare le prescrizioni del D.M. 04 Aprile 2014 in merito alle distanze verticali tra le generatrici superiori dei controtubi ed il piano del ferro. Infatti, la quota di coronamento del controtubo di maggiore diametro (generatrice superiore a quota maggiore) si viene a trovare ad una distanza dal piano del ferro pari a 5,91 m.

In particolare, il DN 1200 in ghisa sarà posato all'interno di una tubazione in C.A.V. avente Di pari a 2000 e De pari a 2500. La quota della generatrice superiore del citato controtubo sarà pari a 9,03 mslm mentre la quota del piano del ferro sovrastante risulta pari a 14,94 mslm.

Estendendo il concetto di "scatolare" ai controtubi di progetto, l'opera in parola è stata verificata rispetto alle prescrizioni del Manuale di progettazione delle Opere Civili della Rete Ferroviaria Italiana, Parte II – Sezione 3 Corpo Stradale, Paragrafo 3.8.1.2.1.8: Zone di transizione opere in terra - scatolare.

Per ricoprimenti (intesi come distanza fra piano ferro – estradosso soletta superiore) superiori a 2,50 m, a norma del Manuale, l'angolo di incidenza fra asse rilevato ed asse sottopasso deve essere maggiore o uguale di 45°. Nel caso di progetto, l'angolo risulta essere di 78° soddisfacendo, dunque, gli ulteriori limiti imposti.

#### 4. INTERFERENZA CON LA FERROVIA DD ROMA - NAPOLI AL KM 205+710

L'interferenza con la Linea Ferroviaria "DD Roma – Napoli" avviene in corrispondenza della chilometrica 205+710, ai picchetti 87B-89B della premente di progetto.

Si faccia riferimento alla tavola "0-PX.05.05.09.01" per la planimetria ed il profilo di dettaglio degli attraversamenti in oggetto.

La camera di spinta camera assolverà anche la funzione di volume di accumulo nell'eventualità di rottura accidentale e rovinosa della condotta in ghisa DN1200 nel tratto in microtunnel, come illustrato al precedente Cap 2.

La camera di arrivo, posta a valle (in senso idraulico) dell'attraversamento dista – sul piano orizzontale – ca. 27 m dalla più vicina rotaia: è rispettata dunque la distanza orizzontale minima di 10,00 m prevista dal D.M. 04 Aprile 2014.

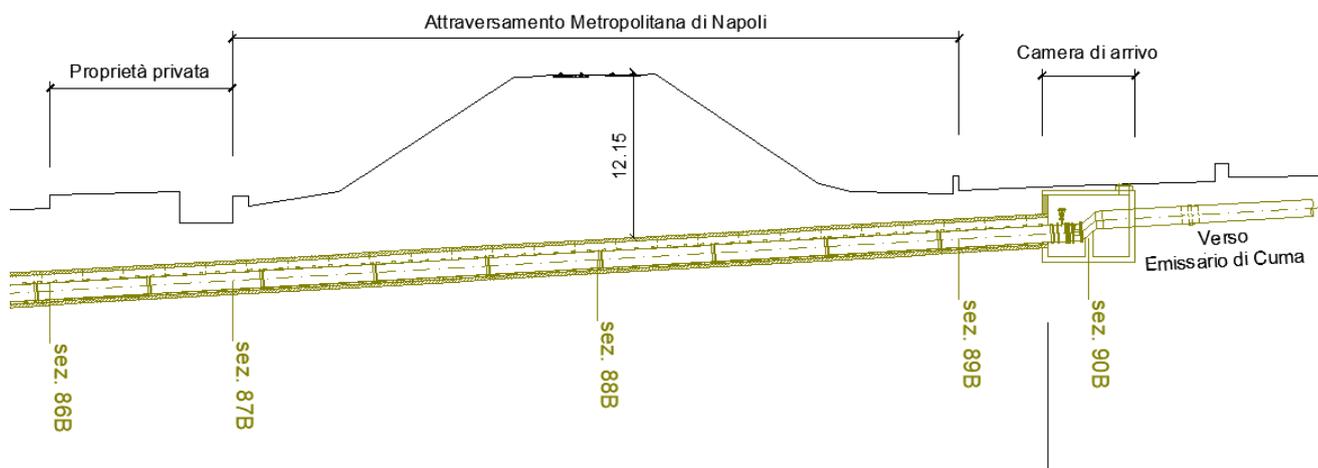


Figura 10 – Dettaglio attraversamento della Ferrovia Metropolitana Linea 2

Si evidenzia che l'attraversamento è stato progettato in maniera tale da rispettare le prescrizioni del D.M. 04 Aprile 2014 in merito alle distanze verticali tra le generatrici superiori dei controtubi ed il piano del ferro. Infatti, la quota di coronamento del controtubo di maggiore diametro (generatrice superiore a quota maggiore) si viene a trovare ad una distanza dal piano del ferro pari a 12,15 m.

In particolare, il DN 1200 in ghisa sarà posato all'interno di una tubazione in C.A.V. avente Di pari a 2000 e De pari a 2500. La quota della generatrice superiore del citato controtubo sarà pari a 15,00 mslm mentre la quota del piano del ferro sovrastante risulta pari a 27,15 mslm.

Estendendo il concetto di "scatolare" ai controtubi di progetto, l'opera in parola è stata verificata rispetto alle prescrizioni del Manuale di progettazione delle Opere Civili della Rete Ferroviaria Italiana, Parte II – Sezione 3 Corpo Stradale, Paragrafo 3.8.1.2.1.8: Zone di transizione opere in terra - scatolare.

Per ricoprimenti (intesi come distanza fra piano ferro – estradosso soletta superiore) superiori a 2,50 m, a norma del Manuale, l'angolo di incidenza fra asse rilevato ed asse sottopasso deve essere maggiore o uguale di 45°. Nel caso di progetto, l'angolo risulta essere di 71° soddisfacendo, dunque, gli ulteriori limiti imposti.

## 5. MODALITA' REALIZZATIVE

La tecnologia che si prevede di adoperare per la posa della condotta nel tratto che presenta le due suddette interferenze consiste nella **posa con il sistema Microtunneling** di tubazioni rigide idonee alla spinta tra due punti (come definito dalla prassi di riferimento UNI/PdR 26:2017), denominati rispettivamente "pozzo di spinta" e "pozzo d'arrivo", all'interno di una microgalleria, realizzata mediante uno scudo fresante che disgrega il materiale durante l'avanzamento; i detriti di risulta sono portati in superficie da un circuito chiuso a circolazione d'acqua o acqua e bentonite, o da altro sistema idoneo in base alle condizioni idrogeologiche al contorno.

La perforazione avverrà a sezione piena con sostentamento meccanico e/o idraulico del fronte di scavo: in tal modo si evita la decompressione del terreno e gli eventuali cedimenti in superficie. Lo scudo fresante è a guida remota, e presenta caratteristiche di elevata precisione di tracciato, per l'impiego di un sistema di guida con il laser, su mira fotosensibile, tenuto sotto continuo controllo da un sistema computerizzato posto su un quadro comandi installato in genere su idoneo container di comando ubicato in prossimità del pozzo di spinta. Le correzioni nel corso della perforazione avvengono mediante martinetti idraulici, azionabili singolarmente, che consentono variazioni di inclinazione della testa fresante rispetto al fronte di scavo. Il sistema di perforazione consente la posa delle tubazioni anche sottofalda grazie ad un anello d'intestazione posizionato nel pozzo di spinta, che sigilla la tubazione già penetrata nel terreno garantendo la tenuta idraulica. La testata di perforazione dovrà avere idonee caratteristiche di resistenza in funzione del materiale da fresare durante la perforazione.

Le condotte rigide che verranno spinte per la realizzazione delle due microgallerie saranno costituite da tubazioni circolari in calcestruzzo armato vibrato e compresso per microtunneling, realizzate con calcestruzzo classe di resistenza C40/50, prodotto con l'impiego di materie prime marcate CE secondo le normative vigenti e nel rispetto delle classi di esposizione specificate nel progetto. È prevista l'adozione di tubazioni con armatura costituita da doppia gabbia a spirale continua in acciaio trafilato ad aderenza migliorata del tipo B450A e da barre longitudinali lisce con forchette di testata per l'ancoraggio delle armature interne ed esterne.

Le tubazioni in C.A.V. di cui si prevede l'impiego avranno diametro nominale DN 2000 e spessore 250mm (De = 2500) e ciascuna canna avrà lunghezza L = 3,00m.

Il sistema di giunzione previsto è del tipo maschio e femmina, completo di giunto a tenuta, costituito da un manicotto in acciaio del tipo S275JR smussato, verniciato e incorporato nel calcestruzzo in fase di getto e da una guarnizione in gomma elastomerica SBR-40 a sezione cuneiforme montata sul giunto maschio atta a garantire la tenuta idraulica per pressioni idrostatiche esterne di massimo 1 bar per tubazioni DN1000 e massimo 3 bar per tubazioni DN2500. Tutte le tubazioni saranno munite di chiodi di sollevamento di adeguata portata integrati nel calcestruzzo che, utilizzati con l'ausilio di appositi maniglioni, permettono di effettuare la movimentazione e la posa in totale sicurezza. Inoltre, su tutte le tubazioni impiegate sarà premontato un legno a schegge orientate di tipo OSB 3 per la ripartizione della spinta e in funzione al tipo di lavorazione si possono inserire delle valvole di lubrificazione, in numero di 3 per tubazione disposte a 120° sulla circonferenza, inserite solitamente su un tubo ogni tre posati in successione. Le dimensioni e le tipologie costruttive previste per le camere di spinta e di arrivo dei due microtunnel sono descritte al precedente Cap. 2.

La spinta massima prevista esercitata dalla macchina per l'infissione delle tubazioni è pari a 12.000 kN.