

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01**

**LINEA AV/AC TORINO – VENEZIA Tratta VERONA – PADOVA**

**Lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**INTERFERENZE IDRAULICHE ED OPERE IDRAULICHE**

**SIFONE COSTITUITO DA UN DOPPIO SCATOLARE 2X3 AL KM 7+181.02**

**GENERALE**

**Relazione tecnica generale e idraulica**

GENERAL CONTRACTOR		DIRETTORE LAVORI		SCALA
IL PROGETTISTA INTEGRATORE	Consorzio			-
 Ing. Giovanni MALAVENDA iscritto all'ordine degli ingegneri di Venezia n. 4289 Data: Luglio 2021	Iricav Due ing. Paolo Carmona  Data: Luglio 2021			

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.	FOGLIO
IN17	12	E	I2	RO	IN1900	001	A	- - - P - - -

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma	Data
	Luca RANDOLFI 	Luglio 2021

Progettazione:

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
A	EMISSIONE	Magni 	07/07/21	Alfieri 	07/07/21	Galvanin 	07/07/21	

CIG. 8377957CD1	CUP: J41E9100000009	File: IN1711E12ROIN1900001A.DOCX
		Cod. origine:



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 				
<p>Relazione tecnica generale e idraulica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento EI2 RO IN 19 0 0 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 2 di 28</p>

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 				
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 19 0 0 001	Rev. A	Foglio 3 di 28

## INDICE

1	PREMESSA.....	4
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	4
2.1	Ottemperanza alle prescrizioni cipe.....	4
2.2	Inquadramento normativo e criteri progettuali .....	4
2.3	Documenti di progetto esecutivo .....	5
3	DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO.....	7
4	DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO .....	9
5	VERIFICHE IDRAULICHE.....	15
5.1	Portata di progetto .....	15
5.2	Base geometrica .....	15
5.3	Scabrezze .....	15
5.4	Verifiche in moto uniforme .....	15
5.4.1	Stato di fatto.....	15
5.4.2	Stato di progetto.....	18
5.4.2.1	Perdite di carico opera a sifone: .....	18
5.4.2.2	Moto uniforme nei canali.....	20
5.4.2.3	Risultati verifiche.....	21
6	DEVIAZIONI PROVVISORIE .....	27
6.1	Verifiche idrauliche.....	27
7	CONCLUSIONI.....	28

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 				
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 19 0 0 001	Rev. A	Foglio 4 di 28

## 1 PREMESSA

La presente relazione descrive le opere previste per risolvere l'interferenza di uno scolo pubblico con la Linea AV-AC Torino – Venezia, Tratta VERONA – PADOVA, Lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza, alla pk 7+181.02, nel comune di San Martino Buon Albergo.

Di seguito si descrivono le scelte progettuali adottate in reazione alle prescrizioni CIPE, nonché alle istruttorie svolte dall'Alta Sorveglianza sul progetto stesso e le modalità di verifica idraulica delle stesse.

Il progetto per la realizzazione della linea ferroviaria, che nel tratto in questione risulta essere in corrispondenza della transizione tra le trincee TR05 e TR06, prevede il sotto-attraversamento della linea mediante sifone costituito da un doppio scatolare 2x3, corredato da strutture di imbocco e sbocco in cls.

Le verifiche e il dimensionamento idraulico delle opere sono state condotte considerando la portata 200-ennale, in accordo al manuale Tecnico di Progettazione Italferr.

Lo studio ha dimostrato la compatibilità idraulica dell'intervento.

Il progetto esecutivo oggetto della presente relazione risponde a quanto previsto nel precedente livello di progettazione definitiva; in questa ulteriore fase sono stati sviluppati gli elaborati conformemente al livello progettuale esecutivo per fornire i necessari elementi di dettaglio.

## 2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

### 2.1 Ottemperanza alle prescrizioni cipe

In accordo alle prescrizioni e raccomandazioni indicate nella delibera CIPE 84/2017 nel progetto esecutivo è stato eseguito un approfondimento sulle opere, come riportato nella relazione di confronto PD-PE e illustrato nei prossimi capitoli.

### 2.2 Inquadramento normativo e criteri progettuali

La normativa idraulica di riferimento per la Pianura Padana è costituita dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), adottato con delibera di Comitato Istituzionale n. 18 del 26 aprile 2001 ed approvato con DPCM del 24 maggio 2001, pubblicato sulla G.U. n 183 del 8/8/01 e successive varianti approvate.

Il PAI è sovraordinato a tutti gli altri strumenti di pianificazione territoriale ed urbanistica vigenti e costituisce la norma a cui attenersi per l'esecuzione di opere e infrastrutture che interferiscano con il reticolo idrografico.

Esso fornisce i valori delle portate di piena da assumere alla base delle verifiche idrauliche per alcune sezioni significative del reticolo idrografico padano; fornisce altresì le indicazioni per il calcolo delle

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 				
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 19 0 0 001	Rev. A	Foglio 5 di 28

portate di piena nelle sezioni non indagate sulla base delle curve di probabilità pluviometrica per assegnato periodo di ritorno elaborate per tutto il territorio di competenza.

Il PAI contiene inoltre i criteri a cui attenersi per il dimensionamento delle opere in funzione della tipologia e dei vincoli esistenti.

I criteri adottati nel dimensionamento idraulico delle opere tengono conto delle norme di attuazione del PAI e degli indirizzi e delle indicazioni emerse nel corso dei colloqui con il Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta, Consorzio di bonifica competente sul rio oggetto di progettazione.

Da un punto di vista generale le opere di attraversamento e le sistemazioni idrauliche sono limitate allo stretto necessario alla funzionalità dell'opera nel rispetto dell'attuale configurazione dei corsi d'acqua interferenti; si è verificato che gli interventi non comportassero in nessun caso restringimenti di alveo e non inducessero in generale effetti peggiorativi sul regime idraulico del corso d'acqua.

La verifica idraulica dei manufatti di progetto è stata condotta nel rispetto del deflusso della portata 200-ennale.

Essendo lo scolo in questione un corso d'acqua secondario (bacino inferiore a 10 km<sup>2</sup>), il criterio adottato è quello di un grado di riempimento inferiore a 0.8 per i tratti di canale a cielo libero e 0.7 per i manufatti di attraversamento non in pressione, in accordo con il Manuale di Progettazione Italferr. Per quanto riguarda l'opera di sottoattraversamento ferroviario, la verifica della stessa è consistita nella determinazione dei livelli indotti dalle perdite di carico generate dall'opera e nella verifica della compatibilità degli stessi nelle inalveazioni di valle e di monte (grado di riempimento inferiore all'80%).

In mancanza di specifiche indicazioni contenute nel P.A.I., ma in accordo con il Consorzio di Bonifica competente, per le opere a sifone è stata prevista una soluzione a doppia canna con sezione praticabile, di cui solo una in funzione, per garantirne l'accesso per manutenzione e contemporaneamente l'esercizio dell'altra canna durante le operazioni di manutenzione della stessa.

### 2.3 Documenti di progetto esecutivo

IN1712EI2EEIN1900001A	ELENCO ELABORATI
IN1712EI2ROIN1900001A	RELAZIONE TECNICA GENERALE E IDRAULICA
IN1712EI2ROIN1900002A	RELAZIONE DI CONFRONTO P.D./P.E.
IN1712EI2PZIN1906001A	PROFILO E SEZIONI IDRAULICHE - STATO DI PROGETTO
IN1712EI2PZIN1906002A	PLANIMETRIA DI PROGETTO, STATO DI FATTO E OPERE PROVVISORIALI
IN1712EI2PZIN1900001A	CARPENTERIA TAV. 1
IN1712EI2PZIN1900002A	CARPENTERIA TAV. 2
IN1712EI2PZIN1900003A	CARPENTERIA TAV. 3
IN1712EI2PAIN1901001A	PIANTA SCAVI PRIMA FASE E OPERE PROVVISORIALI
IN1712EI2PAIN1901002A	PIANTA SCAVI SECONDA FASE
IN1712EI2BZIN1909001A	PARTICOLARI COSTRUTTIVI TAV. 1
IN1712EI2BZIN1909002A	PARTICOLARI COSTRUTTIVI TAV. 2

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 				
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 19 0 0 001	Rev. A	Foglio 6 di 28

IN1712EI2BZIN1909003A	PARTICOLARI COSTRUTTIVI TAV. 3
IN1712EI2BZIN1900001A	ARMATURA TAV. 1
IN1712EI2BZIN1900002A	ARMATURA TAV. 2
IN1712EI2BZIN1900003A	ARMATURA TAV. 3
IN1712EI2BZIN1900004A	ARMATURA TAV. 4
IN1712EI2BZIN1900005A	ARMATURA TAV. 5
IN1712EI2BZIN1900006A	ARMATURA TAV. 6
IN1712EI2BZIN1900007A	ARMATURA TAV. 7
IN1712EI2BZIN1900008A	ARMATURA TAV. 8
IN1712EI2BZIN1900009A	ARMATURA TAV. 9
IN1712EI2CLIN1900001A	RELAZIONE DI CALCOLO SIFONE
IN1712EI2CLIN1901002A	RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 19 0 0 001	Rev. A	Foglio 7 di 28

### 3 DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO

Il territorio su cui si snoda il tracciato della linea ferroviaria AC Milano-Verona è interessato da una fitta rete idrografica costituita da fiumi, torrenti, canali di bonifica, canali di irrigazione, fossi di scolo, canalette prefabbricate in cls. (pensili o appoggiate sul terreno).

Nella zona oggetto di studio è presente uno scolo denominato Fossa Nuova, che interseca la linea ferroviaria di progetto in corrispondenza del suo tracciato privato nella proprietà della Soc. Agricola Nordera, sita in via Chievo. Il fosso presenta profilo incassato a sezione trapezoidale. In corrispondenza dell'interferenza con la linea presenta sezione ridotta 3.6x0.5x0.6m mentre più a monte presenza sezione di maggior dimensione, pari a 3x2.5x1.5m. Il Fossa Nuova veicola le acque irrigue e di scolo a Sud della proprietà privata Nordera, con recapito nell'affluente 1 della Fossa Pila.



Figura 1 – Immagine satellitare dell'area oggetto di studio con sovrapposizione del tracciato ferroviario di progetto e reticolo idrico (fonte: Fonte: Arpa Veneto/grafico idrografia)

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 19 0 0 001	Rev. A	Foglio 8 di 28



Figura 2 – Fossa Nuova a Nord della proprietà Nordera

L'area complessiva del bacino del Fossa Nuova sotteso alla sezione di interferenza con la linea è di circa 0.77 km<sup>2</sup>; il suo territorio appartiene amministrativamente al Comune di S. Martino Buon Albergo.

Il bacino presenta una forma squadrata, con quote comprese tra 40m s.l.m. e 52 m s.l.m.; il reticolo idrografico di superficie è caratterizzato dalla presenza di un'asta principale di lunghezza pari a circa 4092 m, e pendenza media pari al 0.16%. Il bacino risulta prevalentemente non urbanizzato. Per maggiori dettagli si veda la relazione idrologica.

L'intervento riguarda un tratto dell'asta principale per una lunghezza complessiva pari circa 150 m.



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 19 0 0 001	Rev. A	Foglio 9 di 28

## 4 DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

L'intervento in progetto prevede la realizzazione di un doppio sifone scatolare 2x3, con funzionamento alternato. L'opera, avente tracciato perpendicolare alla linea, è ubicata in corrispondenza della pk 7+181.02.

La struttura prevede un manufatto rettangolare di imbocco di larghezza complessiva pari a 10.6m e lunghezza pari a 10.80m con sponde alte 2.7 m, diviso in due da un setto, seguito da due pozzi verticali di ingresso dell'acqua alle canne vere e proprie, aventi dimensioni interne in pianta pari a 4.4x5.1m. Sono previste due rampe di uscita con pendenza 33%, di larghezza pari a 4.7 m ed estensione in pianta di 16.3 m, seguite da un tratto sub-orizzontale con altezza delle sponde pari a 2.70 m. Entrambe le uscite del canale di sbocco sono previste in sinistra idraulica, pertanto è previsto il sottoattraversamento della rampa di accesso mezzi in sinistra idraulica mediante scatolare 6x2.1m. L'opera a sifone prevede due canne scatoari 2x3m, con funzionamanto alternato. La presenza di panconature a monte e a valle del sottoattraversamento consentirà la regolazione dei flussi idrici.

L'accesso dall'esterno è garantito dalla presenza delle rampe di accesso mezzi localizzate a valle del sottoattraversamento e dalle scale a pioli localizzate in corrisponpondenza dei pozzi di discesa di monte. I pozzi presentano profondità pari a 5.4 m; mentre le canne vere e proprie presentano lunghezza pari a 15.64m e pendenza longitudinale pari a 0.2%, garantita dalla sagomatura mediante magrone. Superiormente, l'accesso nei pozzi è garantito attraverso l'apertura dei chiusini predisposti nel grigliato metallico di copertura.

A monte e a valle dell'opera a sifone, si prevede la realizzazione di brevi tratti di canalizzazione di raccordo ai manufatti esistenti. Nel dettaglio, a monte è previsto un canale trapezio 2x2.1m rivestito con materassi Reno per un'estensione di 10m, un canale trapezio in terra 2x2.1m di estensione pari a 43m. A valle sono previsti due canali trapezi 2x2m rivestito con materassi Reno per un'estensione di 16m e 26.7m che si raccordano in un unico canale trapezio in terra 2x2.1m avente estensione di 16.5m.

Le inalveazioni di progetto presentano sezione pensile con scarpate a 45° e sommità arginali di 50cm.

Poiché l'alveo esistente è caratterizzato da ridotte pendenze, la differenza tra la quota di imbocco e di sbocco del manufatto a sifone è nulla.

A monte dell'imbocco, il canale rettangolare di progetto presenta fondo ribassato di 20 cm rispetto al canale trapezio di monte per consentire la sagomatura delle pendenze e la sedimentazione di eventuale materiale solido trasportato prima dell'ingresso nel sifone. La presenza di una griglia a monte dell'imbocco evita l'ingresso di materiale galleggiante (fogliame, erbe, rifiuti, ecc) e solidi grossolani all'interno dell'opera di sotto-attraversamento. Per la descrizione dettagliata dell'opera si rimanda agli elaborati specifici di progetto.

Per garantire la continuità dello stradello di accesso per la manutenzione si prevede la realizzazione di uno scatolare 6x2.1m avente pendenza sagomata con magrone pari a 0.38%.

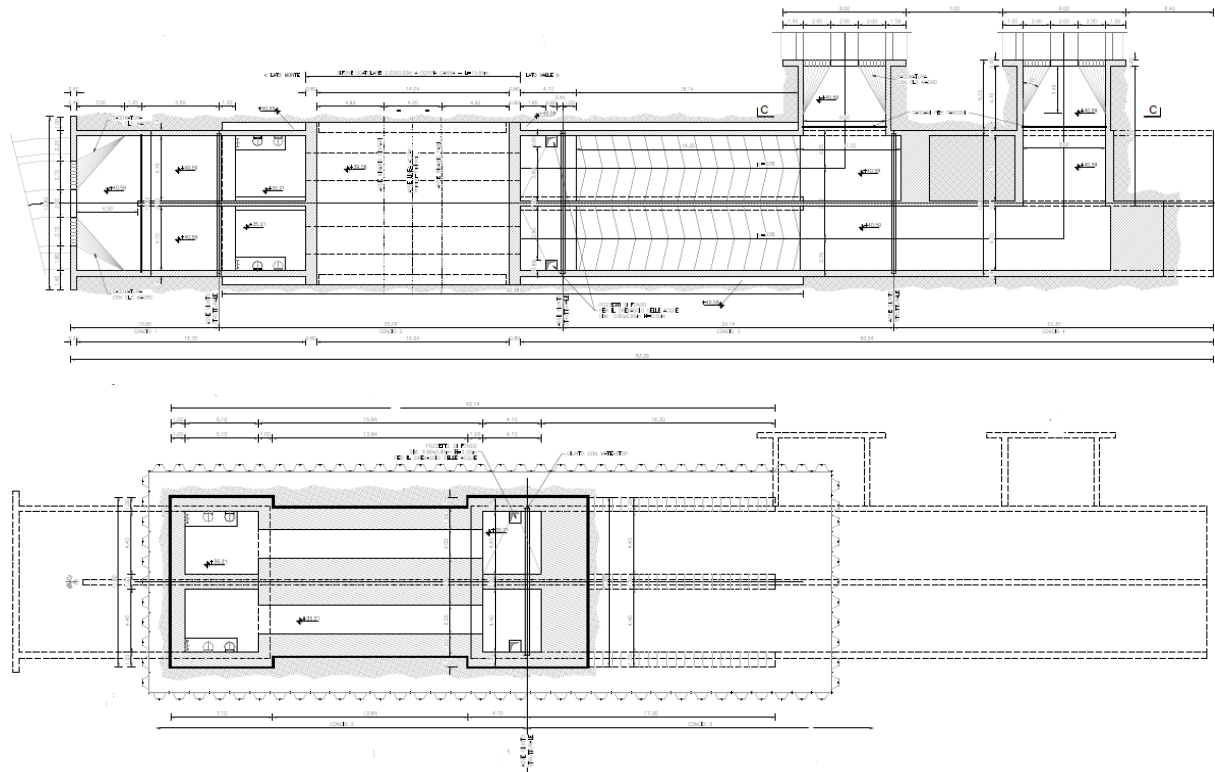


Figura 3 Planimetria del manufatto

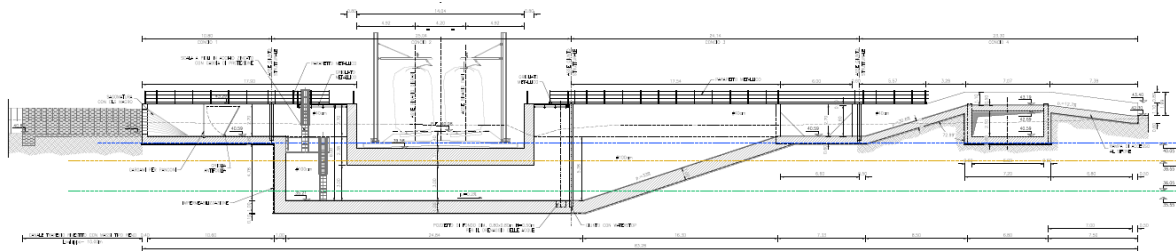


Figura 4 Sezione lungitudinale del manufatto

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 				
<p>Relazione tecnica generale e idraulica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento EI2 RO IN 19 0 0 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 11 di 28</p>

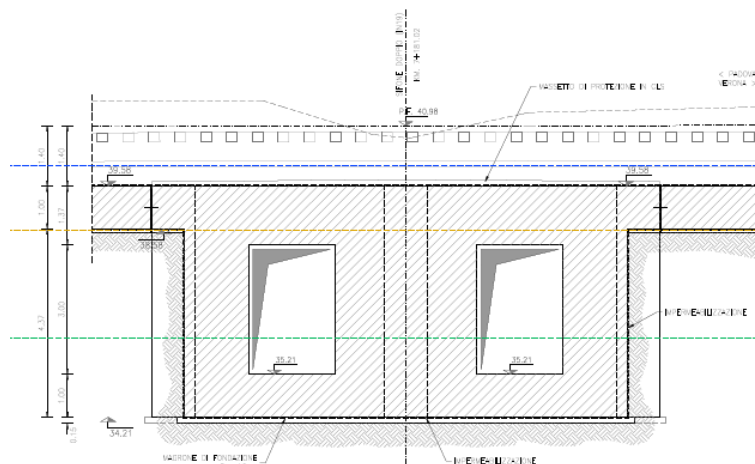


Figura 5 Dettaglio canne orizzontali (sezione)

Come previsto già nel Progetto Definitivo, il manufatto è impermeabilizzato con guaine di tipo bituminose. Il manufatto scatolare è separato dai canali di accesso e uscita mediante due giunti strutturali, resi impermeabili da elementi water-stop.

Dal punto di vista strutturale le sezioni in calcestruzzo armato sono state dimensionate in esercizio per rispettare lo stato limite d'apertura di fessura minore a 0.2mm in combinazione caratteristica. Sono state inoltre condotte le verifiche di resistenza allo stato limite ultime e in condizioni sismiche SLV. La classe d'esposizione ambientale è XC2; nonostante le condizioni ambientali non siano aggressive, si adatterà cautelativamente un copriferro nominale pari a 50mm.

Si prevede l'utilizzo di cementi di tipo CEM III, IV o V a basso calore di idratazione.

I livelli di falda utilizzati nella progettazione dell'opera sono stati definiti coerentemente con le misurazioni piezometriche effettuate tra aprile 2014 e febbraio 2018 e con quanto previsto nella Relazione Idrogeologica di tratta; dunque, i livelli della falda di progetto, per il dimensionamento delle opere in fase transitoria e definitiva valgono:

1. quota della falda di riferimento in fase di costruzione: pari alla falda media "misurata" incrementata di 0.5 m.
2. quota della falda a breve termine: pari alla falda media "misurata" incrementata di 3.0 m.
3. quota della falda a lungo termine: pari alla falda media "misurata" incrementata di 4.0 m.

In corrispondenza del manufatto in oggetto, la falda media misurata si attesta a quota 35.15m, ovvero circa 1 m sopra la quota di fondo scavo, mentre quella di lungo termine a quota 39.65m.

Il manufatto di sotto-attraversamento presenta spessori di 1.00 m per la soletta di fondazione ed i piedritti, mentre di 1.37 m per la soletta di copertura. Gli spessori del manufatto scatolare e dei canali di accesso e uscita sono stati dimensionati in modo da garantire la stabilità al galleggiamento dell'opera in condizioni di falda di lungo termine, oltre al soddisfacimento delle verifiche strutturali.

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 				
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 19 0 0 001	Rev. A	Foglio 12 di 28

Per la realizzazione del manufatto è previsto un pre-scavo di altezza variabile fino a un massimo di 3,00m e l'esecuzione di un'opera di sostegno costituita da palancole provvisorie di 12m atte a consentire il raggiungimento del fondo scavo in sicurezza (pari a circa 4.5 m rispetto al piano di lavoro).

Poiché la falda di riferimento in fase di costruzione è a circa 1.50 m sopra il fondo scavo, si prevede la realizzazione di un tampone in jet-grouting di spessore pari a 2.5 m. Il tampone di fondo ha la duplice funzione di ridurre almeno di due ordini di grandezza la permeabilità del terreno in sito in modo da consentire lo scavo sotto falda e di contrastare al piede le palancole durante le fasi di scavo. In linea con la progettazione della GA01 e della trincea di approccio TR05, interferente con l'opera in progetto, il tampone di fondo è stato dimensionato per la falda di riferimento in fase di breve termine, ovvero anche per le escursioni eccezionali dovute p.e. ad eventi meteorici intensi.

I canali d'accesso e d'uscita al sifone saranno realizzati in seconda fase, ovvero dopo la realizzazione dello scatolare a doppia canna e delle rampe di risalita, il rinterro al contorno del manufatto e la rimozione delle palancole. Per la realizzazione dei canali si prevede un allargamento del pre-scavo di prima fase in particolare sul lato sud e un approfondimento generale di circa 2,0 m al contorno.

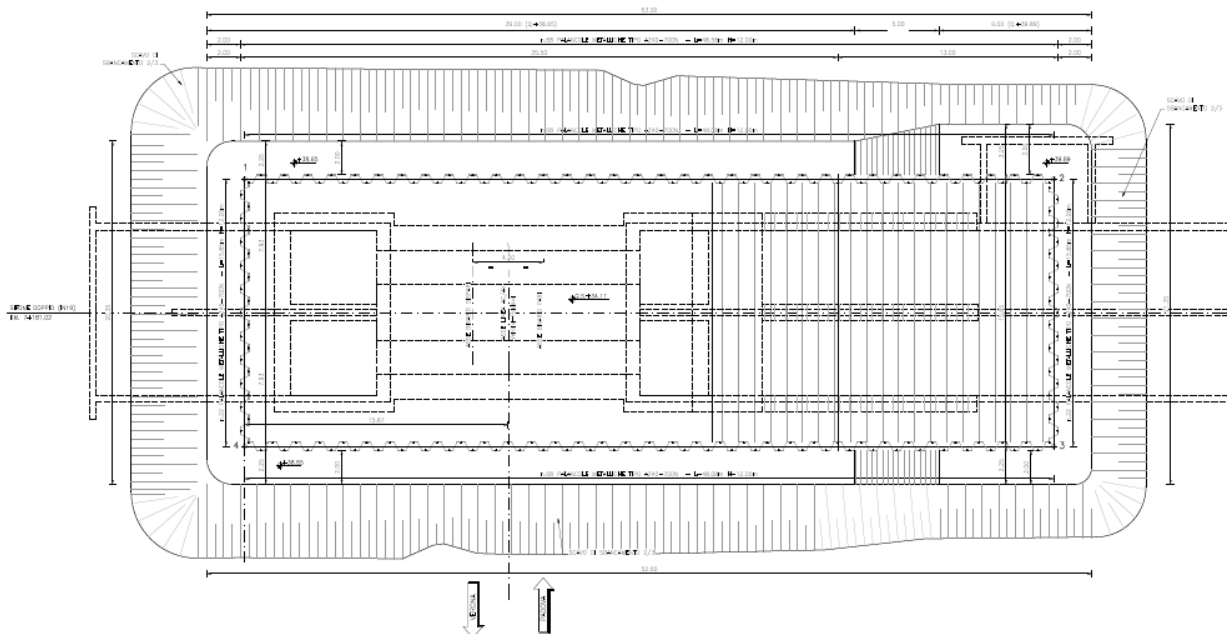


Figura 6 Planimetria opere provvisorie scavi in corrispondenza del sifone

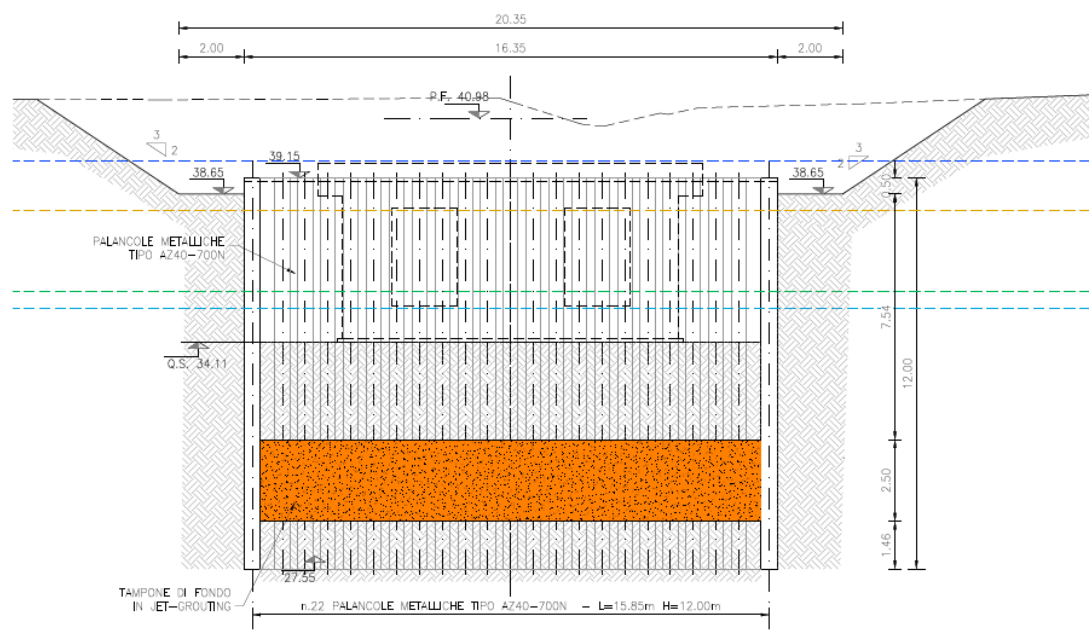


Figura 7 Sezione trasversale opere provvisionali per costruzione sifone

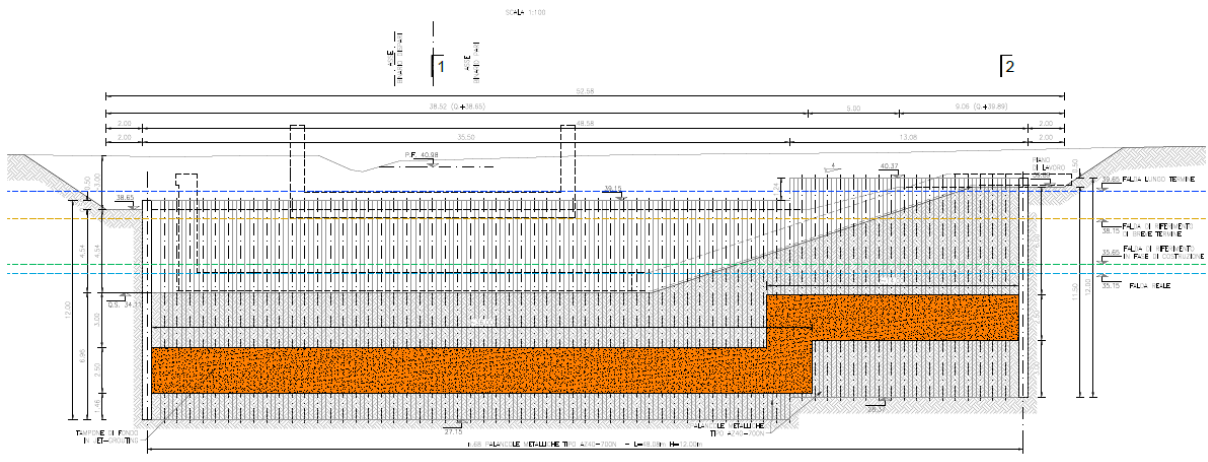


Figura 8 Sezione longitudinale opere provvisionali per costruzione sifone

Durante la realizzazione del sifone, il canale esistente verrà intercettato a valle del sottoattraversamento della linea ferroviaria storica mediante una canalizzazione provvisoria in terra con sezione trapezia 11.8x0.6m di lunghezza pari a circa 153.5m, che recapiterà nella canalizzazione esistente a valle del sifone.

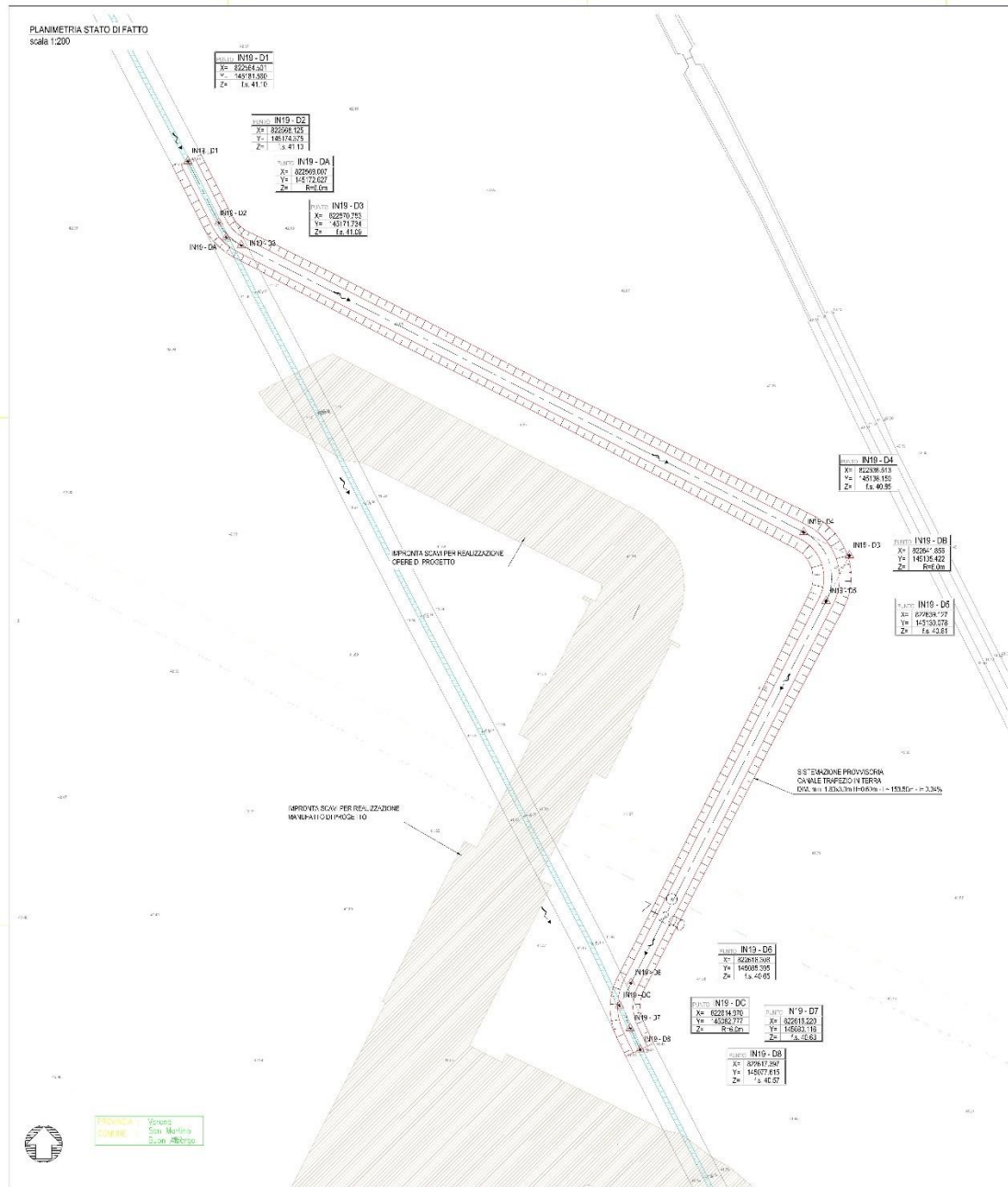


Figura 9 By-pass provvisorio

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 19 0 0 001	Rev. A	Foglio 15 di 28

## 5 VERIFICHE IDRAULICHE

### 5.1 Portata di progetto

In accordo con il manuale di progettazione Italferr, le verifiche idrauliche sono state condotte in relazione alla portata duecentennale, pari a 10.74 mc/s.

Le opere provvisionali sono, invece, state verificate con una portata pari a 1.56 mc/s, corrispondente ad un periodo di ritorno di 1 anno.

### 5.2 Base geometrica

Il rilievo celerimetrico di dettaglio dell'asta principale della Fossa Nuova è stato effettuato per un'estensione complessiva di circa 240 m.

Il suddetto rilievo ha permesso di venire a conoscenza dell'andamento plano-altimetrico del fosso oggetto di studio, nonché della geometria dell'alveo e delle dimensioni dei tratti intubati.

Il rilievo ha messo in evidenza:

- le dimensioni e la pendenza ridotta del canale esistente
- l'andamento irregolare del fondo causato dalla presenza di materiale sedimentato

### 5.3 Scabrezze

Non avendo operato uno studio specifico riguardante la granulometria e le condizioni morfologiche dell'alveo, per quanto riguarda la definizione del coefficiente di scabrezza da utilizzare per le verifiche, sono stati presi a riferimento gli standard Italferr.

Per il tratto di alveo esaminato è stato quindi considerato un coefficiente di Strickler, pari a 67  $m^{1/3s-1}$  per i canali in calcestruzzo, 40  $m^{1/3s-1}$  per gli alvei in terra.

### 5.4 Verifiche in moto uniforme

#### 5.4.1 Stato di fatto

La verifica di stato di fatto ha compreso il canale esistente.

Si riportano di seguito le caratteristiche delle opere e la relativa scala delle portate.

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 				
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 19 0 0 001	Rev. A	Foglio 16 di 28

Canale esistente – Fossa Nuova

Pendenza Canale	<b>i</b>	0.005	
Base Maggiore	<b>B</b>	3.00	m
Base Minore	<b>b</b>	2.50	m
Altezza Max	<b>H</b>	1.50	m
Coeff strickler	<b>Ks</b>	45	m <sup>-1/3</sup> s <sup>-1</sup>

Tabella 1 – Caratteristiche geometriche del Fossa Nuova

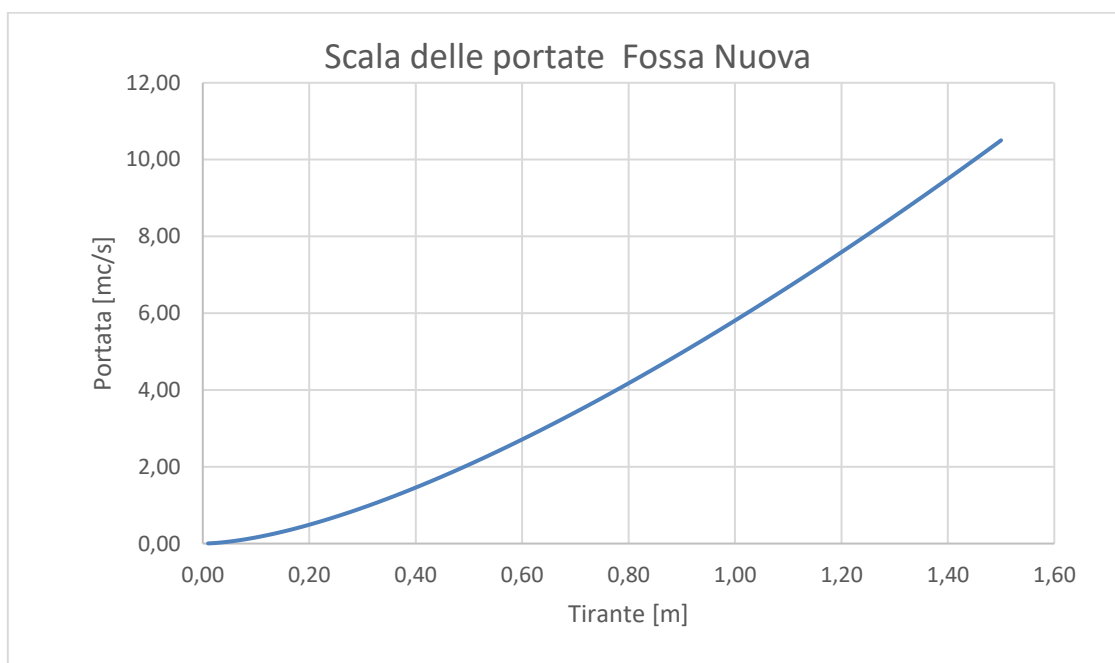


Figura 10 – Scala delle portate Fossa Nuova



<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 			
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 19 0 0 001	Rev. A	Foglio 17 di 28

<b>Altezza</b>	<b>Portata</b>	<b>Velocità</b>	<b>H/Hmax</b>
<b>pelo libero</b>			
<i>m</i>	<i>m<sup>3</sup>/s</i>	<i>m/s</i>	
0.05	0.0515	0.41	0.03
0.10	0.1603	0.64	0.07
0.15	0.3090	0.82	0.10
0.20	0.4902	0.97	0.13
0.25	0.6987	1.10	0.17
0.30	0.9312	1.22	0.20
0.35	1.1849	1.32	0.23
0.40	1.4578	1.42	0.27
0.45	1.7481	1.51	0.30
0.50	2.0544	1.59	0.33
0.55	2.3756	1.67	0.37
0.60	2.7107	1.74	0.40
0.65	3.0587	1.80	0.43
0.70	3.4190	1.87	0.47
0.75	3.7909	1.93	0.50
0.80	4.1739	1.98	0.53
0.85	4.5675	2.03	0.57
0.90	4.9712	2.08	0.60
0.95	5.3847	2.13	0.63
1.00	5.8076	2.18	0.67
1.05	6.2397	2.22	0.70
1.10	6.6805	2.26	0.73
1.15	7.1300	2.30	0.77
1.20	7.5879	2.34	0.80
1.25	8.0540	2.38	0.83
1.300	8.5281	2.41	0.87
1.350	9.0100	2.45	0.90
1.400	9.4997	2.48	0.93
1.450	9.9969	2.51	0.97
1.500	10.5016	2.55	1.00

Tabella 2 – Scala delle portate Fossa Nuova

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 19 0 0 001	Rev. A	Foglio 18 di 28

La massima portata transitabile all'interno dell'inalveazione esistente risulta essere pari a 10.5 mc/s, leggermente inferiore alla portata di progetto duecentennale.

Tuttavia, nell'ottica di un adeguamento dell'inalveazione di monte, le opere in progetto sono state dimensionate con la portata duecentennale.

#### 5.4.2 Stato di progetto

Le verifiche idrauliche consistono essenzialmente in:

- calcolo dei livelli idrici che si instaurano nelle canalizzazioni a monte e a valle dell'opera a sifone in condizione di moto uniforme;
- calcolo delle perdite di carico totali lungo il sifone al fine di determinare il livello idrico che si instaura a monte dell'opera a sifone;
- verifica della compatibilità dei tiranti effettivi che si instaurano a monte e a valle del sottoattraversamento con la geometria delle inalveazioni stesse.
- calcolo delle velocità di scorrimento per verificarne la compatibilità con i materiali di realizzazione;

Essendo l'alveo esistente a debole pendenza, il moto risulta essere comandato da valle, pertanto dal tirante idrico che si instaura nella canalizzazione Sud.

Il procedimento di verifica risulta essere iterativo e consiste nel calcolare le perdite di carico che avvengono nel sifone che andranno sommate al tirante idrico di valle (moto uniforme) per definire il tirante di monte. Dato che le perdite di carico sono funzione del tirante di monte, come primo valore di tentativo del tirante di monte, viene impostato quello ottenuto in moto uniforme; i valori verranno aggiornati iterativamente fino al raggiungimento della convergenza.

##### 5.4.2.1 Perdite di carico opera a sifone:

Perdita concentrata per il passaggio attraverso la griglia

Valutata attraverso la formula di Berezinsky:

$$dHg = k \cdot \frac{Vm^2}{2g}$$

Dove il coefficiente k viene calcolato come:

$$k = K_d K_t i^{1.6} f(L/b) \sin\theta$$

$$f(L/b) = 8 + 2.3 L/b + 2.4 b/L$$

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 				
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 19 0 0 001	Rev. A	Foglio 19 di 28

<b>Kd coefficiente di ostruzione</b>	Coefficiente che tiene conto del grado di ostruzione. Il valore da 1.1 a 1.2 può essere utilizzato per griglie dotate di moderne attrezzature di pulizia e 1,5 per apparecchiature obsolete. Il valore da 2 a 4 per le griglie con pulizia manuale.
<b>Kt coefficienti di forma delle barre</b>	0,51 per barre rettangolari allungate
	0,35 per barre circolari
	0,32 per barre rettangolari con punte arrotondate
<b>p</b>	Relazione tra area barre e area totale
<b>θ</b>	Angolo formato dal piano della griglia con piano orizzontale [gradi]
<b>L</b>	Lunghezza delle barre nella direzione del flusso [m]
<b>b</b>	Distanza tra le barre [m]
<b>v</b>	velocità media attraverso la griglia (considerare la superficie totale lorda della griglia)

Perdita concentrata di ingresso canale-pozzetto scatolare:

definita come perdita di sbocco del canale rettangolare di monte in un serbatoio praticamente a moto nullo

$$dHi = 1 \cdot \frac{Vm^2}{2g}$$

Dove Vm rappresenta la velocità di moto uniforme nel canale di monte.

Perdita concentrata per variazione di sezione pozzetto scatolare-canna sifone:

$$dHr = 0.5 \cdot \frac{V^2}{2g}$$

Dove V rappresenta la velocità idrica nella canna del sifone

Perdite continue nella canna del sifone

$$dHr = \frac{(2 \cdot g \cdot Lc)}{Ks^2 \cdot R_H^{4/3}} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

Dove:

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 				
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 19 0 0 001	Rev. A	Foglio 20 di 28

Lc rappresenta la lunghezza della canna

Ks è il coefficiente di resistenza secondo Gauckler-Strickler

R è il raggio idraulico

V è la velocità nella canna

Perdita concentrata per variazione di sezione canna circolare - rampa di uscita

Definita come perdita di sbocco della tubazione in un serbatoio

$$dHa = 1 \cdot \frac{V^2}{2g}$$

Dove V è la velocità nella canna del sifone

**5.4.2.2 Moto uniforme nei canali**

Il calcolo dei livelli idrici nei canali di monte e di valle è stato condotto in moto uniforme mediante la formulazione di Chezy:

$$Q = \chi \cdot A \cdot \sqrt{R \cdot i_f}$$

Dove Q [m3/s] è la portata,  $\chi$ [m<sup>1/2</sup> s<sup>-1</sup>] il coefficiente di attrito, A [m<sup>2</sup>] l'area della sezione liquida, R [m] il raggio idraulico, if la pendenza dell'alveo.

Per quanto riguarda il coefficiente di scabrezza, è stato utilizzato un valore di 45 m<sup>1/2</sup> s<sup>-1</sup> per le canalizzazioni in terra e 67 m<sup>1/2</sup> s<sup>-1</sup> per quelle in cls, in accordo con il manuale di progettazione Italferr

Si riportano di seguito le caratteristiche delle canalizzazioni in progetto ed tiranti previsti in moto uniforme

<b>canale di progetto - trapezio lato monte</b>			
base	b	2	m
altezza	H	2.1	m
pendenza	i	0.003	
tirante moto uniforme	h	1.45	m
velocità moto uniforme	V	2.6	m/s
<b>canale di progetto- rettangolare lato monte</b>			
base	b	4.7	m
altezza	H	2.7	m
pendenza	i	0.002	
Tirante moto uniforme	h	0.98	m
velocità moto uniforme	V	2.34	m/s
<b>canale di progetto – trapezio valle</b>			
base	b	2	m

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 				
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 19 0 0 001	Rev. A	Foglio 21 di 28

altezza	H	2	m
pendenza	i	0.0038	
Tirante moto uniforme	h	1.36	m
velocità moto uniforme	V	2.23	m/s

### 5.4.2.3 Risultati verifiche

Si riportano di seguito i risultati ottenuti.

#### Scale delle portate dei canali in moto uniforme

##### Canale trapezio di monte

Altezza	Portata	Velocità	H/Hmax
pelo libero			
<i>m</i>	<i>m<sup>3</sup>/s</i>	<i>m/s</i>	
0.05	0.0333	0.32	0.02
0.10	0.1055	0.50	0.05
0.15	0.2071	0.64	0.07
0.20	0.3348	0.76	0.10
0.25	0.4864	0.86	0.12
0.30	0.6609	0.96	0.14
0.35	0.8575	1.04	0.17
0.40	1.0758	1.12	0.19
0.45	1.3156	1.19	0.21
0.50	1.5767	1.26	0.24
0.55	1.8592	1.33	0.26
0.60	2.1631	1.39	0.29
0.65	2.4885	1.44	0.31
0.70	2.8355	1.50	0.33
0.75	3.2043	1.55	0.36
0.80	3.5952	1.61	0.38
0.85	4.0084	1.65	0.40
0.90	4.4441	1.70	0.43
0.95	4.9025	1.75	0.45
1.00	5.3840	1.79	0.48
1.05	5.8888	1.84	0.50
1.10	6.4172	1.88	0.52
1.15	6.9695	1.92	0.55
1.20	7.5459	1.97	0.57
1.25	8.1468	2.01	0.60
1.300	8.7725	2.04	0.62
1.350	9.4233	2.08	0.64
1.400	10.0994	2.12	0.67
1.450	10.8012	2.16	0.69
1.500	11.5290	2.20	0.71

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 				
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 19 0 0 001	Rev. A	Foglio 22 di 28

1.550	12.2831	2.23	0.74
1.600	13.0638	2.27	0.76
1.650	13.8713	2.30	0.79
1.700	14.7061	2.34	0.81
1.750	15.5684	2.37	0.83
1.800	16.4584	2.41	0.86
1.850	17.3766	2.44	0.88
1.900	18.3232	2.47	0.90
1.950	19.2985	2.51	0.93
2.000	20.3028	2.54	0.95
2.050	21.3365	2.57	0.98
2.100	22.3997	2.60	1.00

### Canale rettangolare di monte

<b>Altezza pelo libero</b>	<b>Portata</b>	<b>Velocità</b>	<b>H/Hmax</b>
<i>m</i>	<i>m<sup>3</sup>/s</i>	<i>m/s</i>	
0.05	0,1	0,40	0.02
0.10	0,3	0,63	0.04
0.15	0,6	0,81	0.06
0.20	0,9	0,97	0.07
0.25	1,3	1,11	0.09
0.30	1,7	1,24	0.11
0.35	2,2	1,36	0.13
0.40	2,8	1,46	0.15
0.45	3,3	1,57	0.17
0.50	3,9	1,66	0.19
0.55	4,5	1,75	0.20
0.60	5,2	1,83	0.22
0.65	5,8	1,91	0.24
0.70	6,5	1,99	0.26
0.75	7,2	2,06	0.28
0.80	8,0	2,12	0.30
0.85	8,7	2,19	0.31
0.90	9,5	2,25	0.33
0.95	10,3	2,31	0.35
1.00	11,1	2,37	0.37
1.05	11,9	2,42	0.39
1.10	12,8	2,47	0.41
1.15	13,6	2,52	0.43
1.20	14,5	2,57	0.44
1.25	15,4	2,62	0.46
1.300	16,3	2,66	0.48
1.350	17,2	2,70	0.50
1.400	18,1	2,75	0.52
1.450	19,0	2,79	0.54
1.500	19,9	2,83	0.56

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 				
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 19 0 0 001	Rev. A	Foglio 23 di 28

1.550	20,9	2,86	0.57
1.600	21,8	2,90	0.59
1.650	22,8	2,93	0.61
1.700	23,7	2,97	0.63
1.750	24,7	3,00	0.65
1.800	25,7	3,03	0.67
1.850	26,7	3,07	0.69
1.900	27,7	3,10	0.70
1.950	28,7	3,13	0.72
2.000	29,7	3,15	0.74
2.050	30,7	3,18	0.76
2.100	31,7	3,21	0.78
2.150	32,7	3,24	0.80
2.200	33,7	3,26	0.81
2.250	34,8	3,29	0.83
2.300	35,8	3,31	0.85
2.350	36,9	3,34	0.87
2.400	37,9	3,36	0.89
2.450	39,0	3,38	0.91
2.500	40,0	3,40	0.93
2.550	41,1	3,43	0.94
2.600	42,1	3,45	0.96
2.650	43,2	3,47	0.98
2.700	44,3	3,49	1.00

#### Canale trapezio di valle

Altezza pelo libero	Portata	Velocità	H/Hmax
<i>m</i>	<i>m<sup>3</sup>/s</i>	<i>m/s</i>	
0.05	0,0	0,37	0.03
0.10	0,1	0,57	0.05
0.15	0,2	0,72	0.08
0.20	0,4	0,86	0.10
0.25	0,5	0,97	0.13
0.30	0,7	1,08	0.15
0.35	1,0	1,17	0.18
0.40	1,2	1,26	0.20
0.45	1,5	1,34	0.23
0.50	1,8	1,42	0.25
0.55	2,1	1,49	0.28
0.60	2,4	1,56	0.30
0.65	2,8	1,63	0.33
0.70	3,2	1,69	0.35
0.75	3,6	1,75	0.38
0.80	4,0	1,81	0.40
0.85	4,5	1,86	0.43

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 			
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 19 0 0 001	Rev. A	Foglio 24 di 28

0.90	5,0	1,92	0.45
0.95	5,5	1,97	0.48
1.00	6,1	2,02	0.50
1.05	6,6	2,07	0.53
1.10	7,2	2,12	0.55
1.15	7,8	2,17	0.58
1.20	8,5	2,21	0.60
1.25	9,2	2,26	0.63
1.300	9,9	2,30	0.65
1.350	10,6	2,35	0.68
1.400	11,4	2,39	0.70
1.450	12,2	2,43	0.73
1.500	13,0	2,47	0.75
1.550	13,8	2,51	0.78
1.600	14,7	2,55	0.80
1.650	15,6	2,59	0.83
1.700	16,6	2,63	0.85
1.750	17,5	2,67	0.88
1.800	18,5	2,71	0.90
1.850	19,6	2,75	0.93
1.900	20,6	2,78	0.95
1.950	21,7	2,82	0.98
2.000	22,9	2,86	1.00

Perdite di carico sifone

<b>Coeff. di perdita carico griglia</b>		
Kd	2,00	
Kf	0,51	
p	0,1	
f(L/b)	13,95	
L	0,05	m
b	0,1	m
q	60	deg
q	1,05	rad
V	1.14	m/s
k	0,310	m

<b>Perdite concentrate griglia</b>	dHgr	0,0069	m
coeff. Perdita griglia	k	0,310	
<b>Perdita ingresso pozzo</b>	dHi	0,05	m
coeff. Perdita imbocco	ki	1	
velocità canale di monte	Vm	1	m/s



<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 				
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 19 0 0 001	Rev. A	Foglio 25 di 28

<b>Perdite variazione di sezione - pozzo/canna sifone</b>	dHr	0.08	
coeff. Perdita variazione sezione	k1	0.5	
velocità nella canna	V	1.82	m/s
area canna sifone	A	5.90	
<b>Perdite continue canna sifone</b>	dHcs	0.07	
lunghezza canna	Lc	19.50	
base	b	2.00	m
altezza	H	2.95	m
area canna sifone	A	5.90	m <sup>2</sup>
velocità nella canna	V	1.82	m/s
coeff. Restenza Gauckler-Strickler	KS	67	
raggio idraulico	R	0.32	m
<b>Perdite variazione di sezione - canna sifone/rampa</b>	dHa	0.17	m
area canna sifone	A	5.90	m <sup>2</sup>
velocità nella canna	V	1.82	m/s
coeff. Perdita sbocco	ks	1.00	
<b>Perdite di carico complessive</b>	DH	0,39	m

Ne risulta una perdita di carico nel sifone pari a 39 cm, che sommata al livello idrico di valle in moto uniforme, pari a 41.95 m slm genera un livello idrico di monte pari a 42.34. Tale livello genera un riempimento del canale rettangolare di monte pari a 62% (tirante effettivo 1.68 m) ed al canale trapezio di monte pari al 74% (tirante effettivo 1.55m). Nella canna del sifone si instaura una velocità della corrente pari a 1.82 m/s.

Il livello idrico, pari a 41.95 m slm, imposto dal canale di valle in terra, si estende anche lungo la canalizzazione rettangolare in cls ed il manufatto scatolare di attraversamento della rampa di accesso tirante. Nel canale rettangolare di valle e lungo lo scatolare dsì instaura quindi un tirante pari a 1.29 m, corrispondente ad un grado di riempimento del 48% del canale e del 63% del tombino.

Di seguito una sintesi dei tiranti e dei livelli che si instaurano lungo le canalizzazioni

Tirante canale trp. valle sifone (moto uniforme)	1.36	m
Quota di fondo canale trp. valle sifone	40.59	m slm
Livello idrico canale trp. valle sifone	41.95	m slm
Livello idrico canale rett. valle sifone	41.95	m slm
Livello idrico scatolare attraversamento valle sifone	41.95	m slm
Livello idrico canale rett. di monte	42.34	m slm
Quota di fondo canale rett. di monte	40.66	m slm

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 				
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 19 0 0 001	Rev. A	Foglio 26 di 28

Tirante canale rett. di monte	1.68	m
Quota di fondo canale trp. di monte	40.79	m slm
Tirante canale trp. di monte	1.55	m

Velocità canale trp. di valle (moto uniforme)	2.35	m/s
Velocità effettiva canale trp. di monte	1.96	m/s
Velocità effettiva canale rett di monte	1.01	m/s
Velocità moto nella canna	1.82	m/s

Di seguito si riporta la scala delle portate del tombino scatolare 6x2m, previsto per la continuità dello stradello.

Si evince che la portata di progetto transita con un tirante di 0.66 m, corrispondente ad un grado di riempimento del 33%.

#### Scala delle portate tombino 4x2m - Stradello

Altezza pelo libero	Portata	Velocità	H/Hmax
<i>m</i>	<i>m<sup>3</sup>/s</i>	<i>m/s</i>	
0.05	0,2	0,55	0,03
0.10	0,5	0,87	0,05
0.15	1,0	1,13	0,08
0.20	1,6	1,35	0,10
0.25	2,3	1,55	0,13
0.30	3,1	1,74	0,15
0.35	4,0	1,91	0,18
0.40	5,0	2,06	0,20
0.45	6,0	2,21	0,23
0.50	7,0	2,35	0,25
0.55	8,2	2,48	0,28
0.60	9,4	2,60	0,30
0.65	10,6	2,72	0,33
0.70	11,9	2,83	0,35
0.75	13,2	2,94	0,38
0.80	14,6	3,04	0,40
0.85	16,0	3,14	0,43
0.90	17,5	3,23	0,45
0.95	18,9	3,32	0,48
1.00	20,5	3,41	0,50
1.05	22,0	3,49	0,53
1.10	23,6	3,57	0,55
1.15	25,2	3,65	0,58
1.20	26,8	3,73	0,60

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 				
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 19 0 0 001	Rev. A	Foglio 27 di 28	

1.25	28,5	3,80	0,63
1.300	30,2	3,87	0,65
1.350	31,9	3,94	0,68
1.400	33,6	4,00	0,70
1.450	35,4	4,07	0,73
1.500	37,2	4,13	0,75
1.550	39,0	4,19	0,78
1.600	40,8	4,25	0,80
1.650	42,6	4,31	0,83
1.700	44,5	4,36	0,85
1.750	46,4	4,42	0,88
1.800	48,2	4,47	0,90
1.850	50,2	4,52	0,93
1.900	52,1	4,57	0,95
1.950	54,0	4,62	0,98
2.000	56,0	4,66	1,00

I tiranti che si instaurano a monte e a valle dell'opera a sifone risultano essere compatibili con la geometria delle inalveazioni di progetto. Le velocità che si instaurano risultano essere compatibili con i materiali previsti.

## 6 DEVIAZIONI PROVVISORIE

Poiché l'intervento di realizzazione dell'opera a sifone verrà realizzato ad alveo asciutto, per garantire la continuità idraulica si prevede la realizzazione di opere provvisorie per la deviazione delle portate in arrivo, con restituzione delle stesse a valle del tratto di canale oggetto di intervento. Esse consistono nella realizzazione di un canale provvisorio in terra con sezione trapezia 1.8x0.6m di lunghezza pari a circa 153.5, che recapiterà nella canalizzazione esistente a valle del sifone.

Il tracciato della deviazione provvisoria è stato definito in funzione dell'ingombro degli scavi per la realizzazione dell'opera e delle aree a disposizione, nonché dell'accessibilità dell'area per le lavorazioni.

### 6.1 Verifiche idrauliche

Per il dimensionamento delle opere provvisorie è stata utilizzata una portata di progetto con tempo di ritorno pari a 1 anno, pari a 1.56 mc/s.

Il calcolo dei livelli idrici nelle canalizzazioni e nella tombinatura è stato condotto in moto uniforme mediante la formulazione di Chezy:

$$Q = \chi \cdot A \cdot \sqrt{R \cdot i_f}$$

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 19 0 0 001	Rev. A	Foglio 28 di 28

Dove  $Q$  [m<sup>3</sup>/s] è la portata,  $\chi$  [m<sup>1/2</sup> s<sup>-1</sup>] il coefficiente di attrito,  $A$  [m<sup>2</sup>] l'area della sezione liquida,  $R$  [m] il raggio idraulico,  $i$  la pendenza dell'alveo.

Per quanto riguarda il coefficiente di scabrezza, è stato utilizzato un valore di 45 m<sup>1/2</sup> s<sup>-1</sup> per le canalizzazioni in terra, in accordo con il manuale di progettazione Italferr.

È stato considerato un grado di riempimento massimo pari a 85%.

Si riportano di seguito le caratteristiche delle opere in progetto e tiranti previsti in moto uniforme

#### Canale trapezio in terra

Pendenza Canale	<b>i</b>	0,0037	
Base Maggiore	<b>B</b>	3	m
Base Minore	<b>b</b>	1,8	m
Altezza Max	<b>H</b>	0.6	m
Coeff strickler	<b>Ks</b>	45	m <sup>-1/3</sup> s <sup>-1</sup>
Tirante	<b>h</b>	0.51	m
Velocità	<b>V</b>	1.33	m/s
Riempimento	<b>h/H</b>	0.85	

## 7 CONCLUSIONI

L'intervento di sistemazione del Fossa Nuova risulta "idraulicamente compatibile", il sotto-atteveramento della linea mediante opera a sifone genera livelli idrici che risultano essere contenuti nelle inalveazioni di progetto.

La continuità idraulica durante la realizzazione delle opere è garantita mediante la realizzazione di una deviazione provvisoria.