

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 UNA CANNA SCATOLARE 3x2 E UNA CANNA  
CIRCOLARE Ø1500 ALLA PK 7+034,65  
GENERALE  
Relazione tecnica generale e idraulica**

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

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV. FOGLIO

I	N	1	7	1	2	E	I	2	R	O	I	N	1	A	0	0	0	0	1	A	-	-	-	P	-	-	-
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma	Data
	Luca RANDOLFI	Settembre 2021

Progettazione:

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	
A	EMISSIONE	Magni <i>cf</i>	23/09/21	Alfieri <i>LQ</i>	23/09/21	Galvanin <i>fg</i>	23/09/21	

CIG. 8377957CD1	CUP: J41E91000000009	File: IN1711EI2ROIN1A00001A.DOCX
		Cod. origine:



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio IricAV Due</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>				
<p>Relazione tecnica generale e idraulica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento EI2 RO IN 1A 0 0 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 2 di 29</p>

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 				
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 1A 0 0 001	Rev. A	Foglio 3 di 29

## 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 .....	8
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
	Fosso in terra esistente.....	15
5.4.2	Stato di progetto.....	17
	Perdite di carico opera a sifone .....	17
	Moto uniforme nei canali.....	18
	Risultati verifiche.....	21
6	DEVIAZIONI PROVVISORIE .....	24
6.1	Verifiche idrauliche.....	24
7	CONCLUSIONI.....	25
	ALLEGATO A – SCALE DELLE PORTATE .....	26

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 1A 0 0 001	Rev. A	Foglio 4 di 29

## 1 PREMESSA

La presente relazione descrive le opere previste per risolvere l'interferenza di un fosso irriguo con la Linea AV-AC Torino – Venezia, Tratta VERONA – PADOVA, Lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza, alla pk 7+034,65, all'interno del territorio comunale di San Martino Buon Albergo (Verona).

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 WBS TR04 - Trincea ferroviaria dal km 6+841,96 al km 7+036,68, prevede il sottoattraversamento della linea mediante sifone costituito da una canna scatolare 3x2 e una canna circolare Ø1500, 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 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.

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 				
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 1A 0 0 001	Rev. A	Foglio 5 di 29

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

IN1712EI2EEIN1A00001A	ELENCO ELABORATI
IN1712EI2ROIN1A00001A	RELAZIONE TECNICA GENERALE E IDRAULICA
IN1712EI2ROIN1A00002A	RELAZIONE DI CONFRONTO PD/PE
IN1712EI2P8IN1A06001A	PLANIMETRIA STATO DI FATTO E PROGETTO CON SEZIONI TIPO
IN1712EI2PZIN1A06001A	PROFILO E SEZIONI DI PROGETTO
IN1712EI2PZIN1A00001A	CARPENTERIA - TAV. 1
IN1712EI2PZIN1A00002A	CARPENTERIA - TAV. 2
IN1712EI2PZIN1A00003A	CARPENTERIA - TAV. 3
IN1712EI2PZIN1A00004A	CARPENTERIA - TAV. 4
IN1712EI2PZIN1A00005A	CARPENTERIA - TAV. 5
IN1712EI2PAIN1A01001A	PIANTA SCAVI PRIMA FASE E OPERE PROVVISORIALI
IN1712EI2PAIN1A01002A	PIANTA SCAVI SECONDA FASE
IN1712EI2BZIN1A00001A	ARMATURA CONCIO 1
IN1712EI2BZIN1A00002A	ARMATURA CONCIO 2 TAV. 1
IN1712EI2BZIN1A00003A	ARMATURA CONCIO 2 TAV. 2

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 					
Relazione tecnica generale e idraulica	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="845 235 965 291">           Progetto IN17         </td> <td data-bbox="965 235 1061 291">           Lotto 12         </td> <td data-bbox="1061 235 1348 291">           Codifica Documento EI2 RO IN 1A 0 0 001         </td> <td data-bbox="1348 235 1428 291">           Rev. A         </td> <td data-bbox="1428 235 1559 291">           Foglio 6 di 29         </td> </tr> </table>	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 1A 0 0 001	Rev. A	Foglio 6 di 29
Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 1A 0 0 001	Rev. A	Foglio 6 di 29		

IN1712EI2BZIN1A00004A	ARMATURA CONCIO 2 TAV. 3
IN1712EI2BZIN1A00005A	ARMATURA CONCIO 2 TAV. 4
IN1712EI2BZIN1A00006A	ARMATURA CONCIO 3 TAV. 1
IN1712EI2BZIN1A00007A	ARMATURA CONCIO 3 TAV. 2
IN1712EI2BZIN1A00008A	ARMATURA CONCIO 3 TAV. 3
IN1712EI2BZIN1A00009A	ARMATURA CONCIO 4
IN1712EI2BZIN1A09001A	PARTICOLARI COSTRUTTIVI - TAV. 1
IN1712EI2BZIN1A09002A	PARTICOLARI COSTRUTTIVI - TAV. 2
IN1712EI2CLIN1A00001A	RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARI AV/AC
IN1712EI2CLIN1A01001A	RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 				
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 1A 0 0 001	Rev. A	Foglio 7 di 29

### 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 un fosso privato ad uso agricolo/irriguo con verso di scorrimento verso SE derivazione del fosso di via Coetta (si veda WBS IN18) parallelo alla Fossa Roselletta e alla Fossa Nuova (IN19). Il fosso presenta un vaso trapezoidale regolare incassato con base pari a circa 1 m, inclinazione delle sponde di circa 45° e altezza di circa 1 m.

L'intervento riguarda un tratto dell'asta principale per una lunghezza complessiva pari circa 228 m.



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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 1A 0 0 001	Rev. A	Foglio 8 di 29

#### 4 DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

L'intervento in progetto prevede la realizzazione di un sifone costituito da una canna scatolare 3x2 m e una canna circolare Ø1500 con funzionamento alternato. L'opera, avente tracciato perpendicolare alla linea, è ubicata in corrispondenza della pk 7+034,65.

La struttura prevede un manufatto rettangolare di imbocco di larghezza 10.00 m e lunghezza pari a 9.41 m con sponde alte 2.34 m, seguito da due pozzi verticali di ingresso dell'acqua alle canne vere e proprie, aventi dimensioni in pianta pari a 4.80x4m e due rampe di uscita con pendenza 33%, di larghezza pari a 4.80 m ed estensione in pianta di 20.80 m, seguite da un tratto sub-orizzontale di estensione pari a 14.50 m ed altezza delle sponde pari a 2.34 m. Sono previste due canne scatoleari di cui una una scatolare 3x2 m e una circolare Ø1500. 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 corrispondenza dei pozzi di discesa di monte. I pozzi presentano profondità pari a 6.86 m; mentre le canne vere e proprie presentano lunghezza pari a 15.64 m 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 3x1 m rivestito con materassi Reno per un'estensione di 10m e un canale trapezio in terra 1x1 m di estensione pari a 35.40 m. A valle è previsto un canale trapezio 3x1 m rivestito con materassi Reno per un'estensione di 10 m, un canale trapezio in terra 3x1 m per un'estensione di 13.20 m e un canale trapezio in terra 1x1 m per un'estensione di circa 91 m .

Le inalveazioni 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 pari a 0 cm.

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.



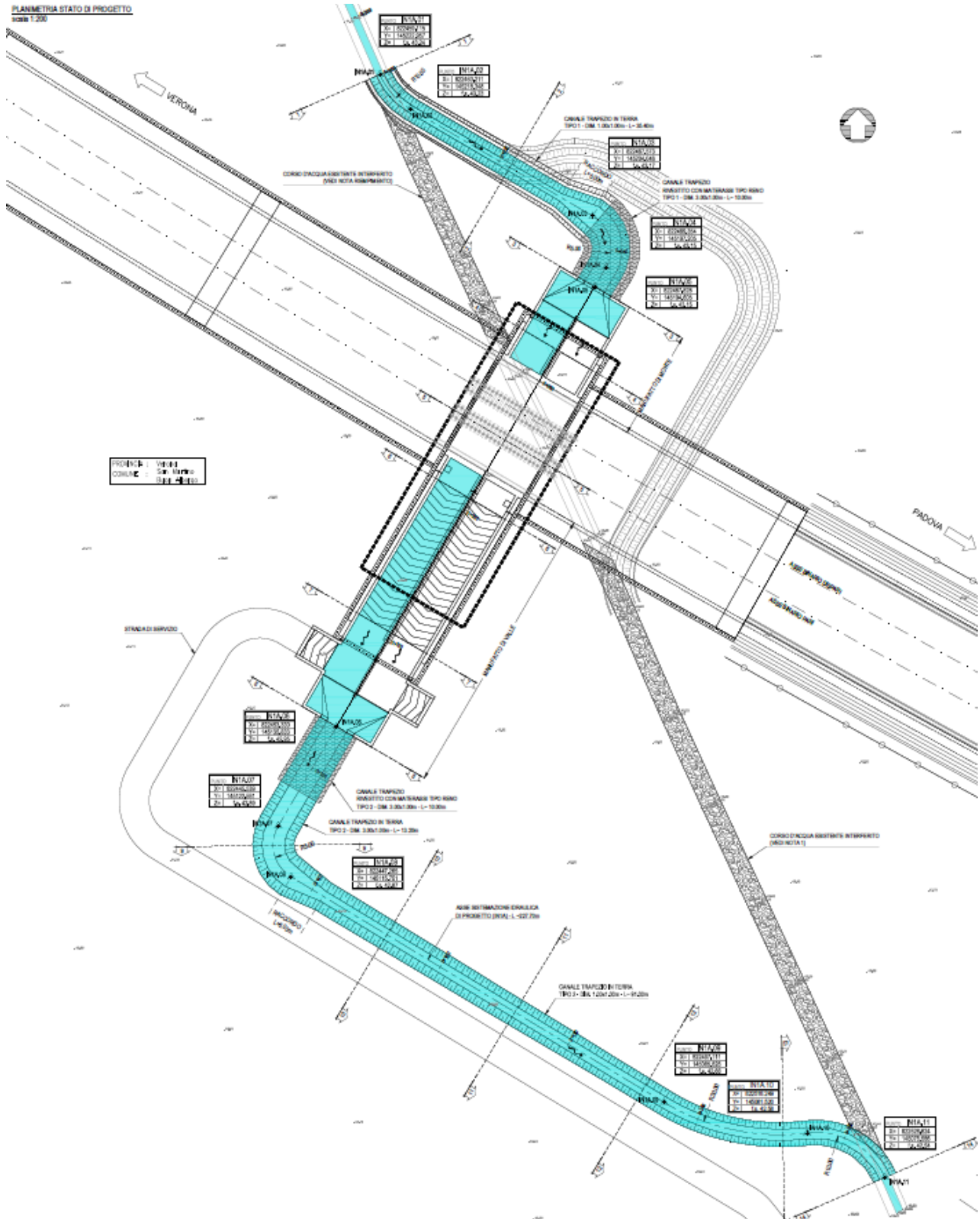


Figura 2 - Planimetria di progetto

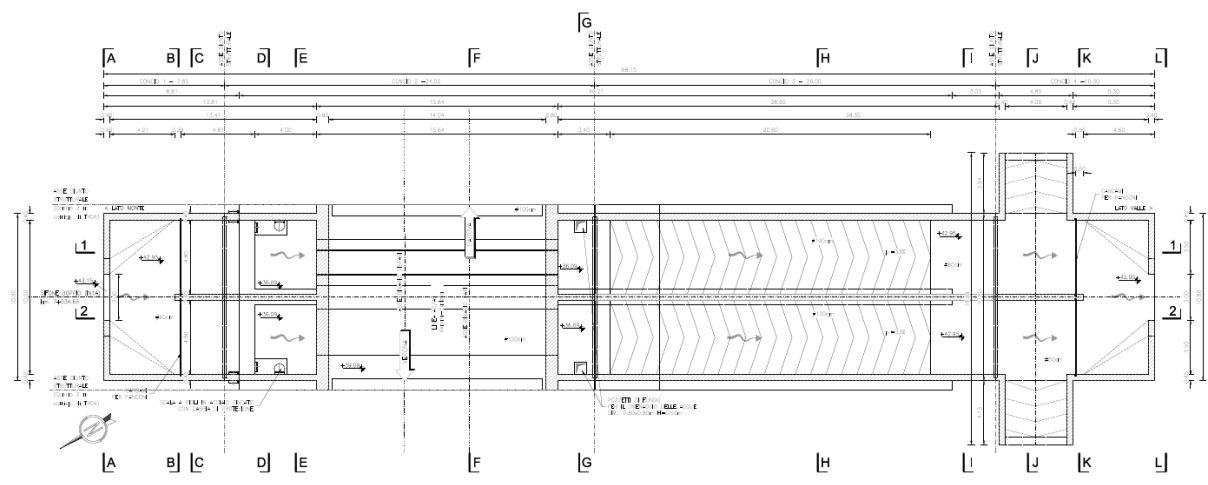


Figura 3 - Planimetria del manufatto

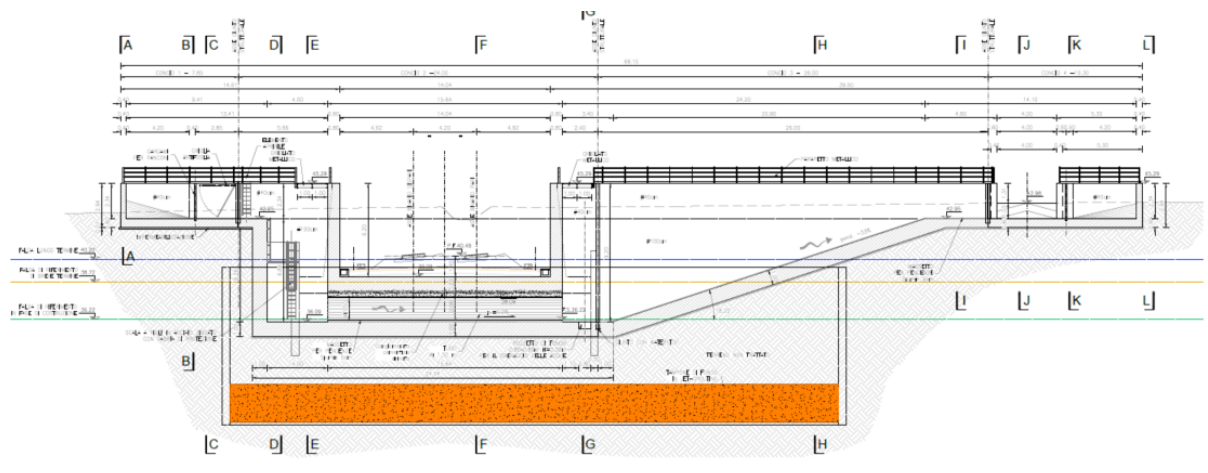


Figura 4 - Sezione longitudinale del manufatto

<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 1A 0 0 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 11 di 29</p>

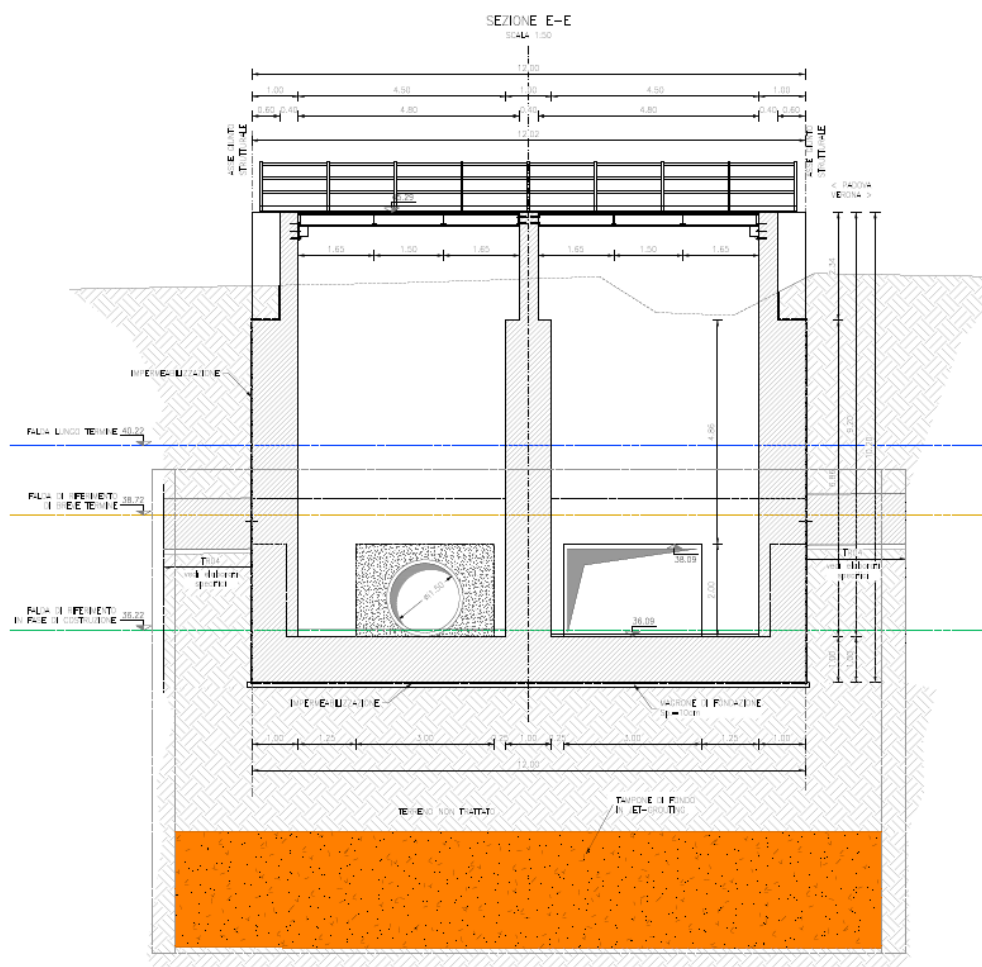


Figura 5 - Dettaglio canne orizzontali (sezione)

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 XC4; il copriferro nominale è 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.

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 				
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 1A 0 0 001	Rev. A	Foglio 12 di 29

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 35.72m, ovvero circa 75 cm sopra la quota di fondo scavo.

Il manufatto di sottoattraversamento presenta spessori di 1 m per la soletta di copertura e di fondazione; i piedritti presentano invece uno spessore di 1.50m per garantire l'allineamento della struttura interna con le rampe di accesso.

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.

Per la realizzazione del manufatto è previsto un pre-scavo di altezza variabile fino a un massimo di 5,00m e l'esecuzione di un'opera di sostegno costituita da palancole provvisorie di 10.50m atte a consentire il raggiungimento del fondo scavo in sicurezza (pari a circa 4.30 m rispetto al piano di lavoro). Inoltre, lo scavo confinato tra palancole garantisce la stabilità degli scavi anche in caso di eventi meteorologici eccezionali con repentine risalite della quota di falda fino a 3m ed agevola le operazioni di emungimento, di difficile controllo con scavo aperto.

Poiché la falda di riferimento in fase di costruzione è a circa 1.25 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 TR04, 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. 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 e il parziale rinterro al contorno del manufatto.

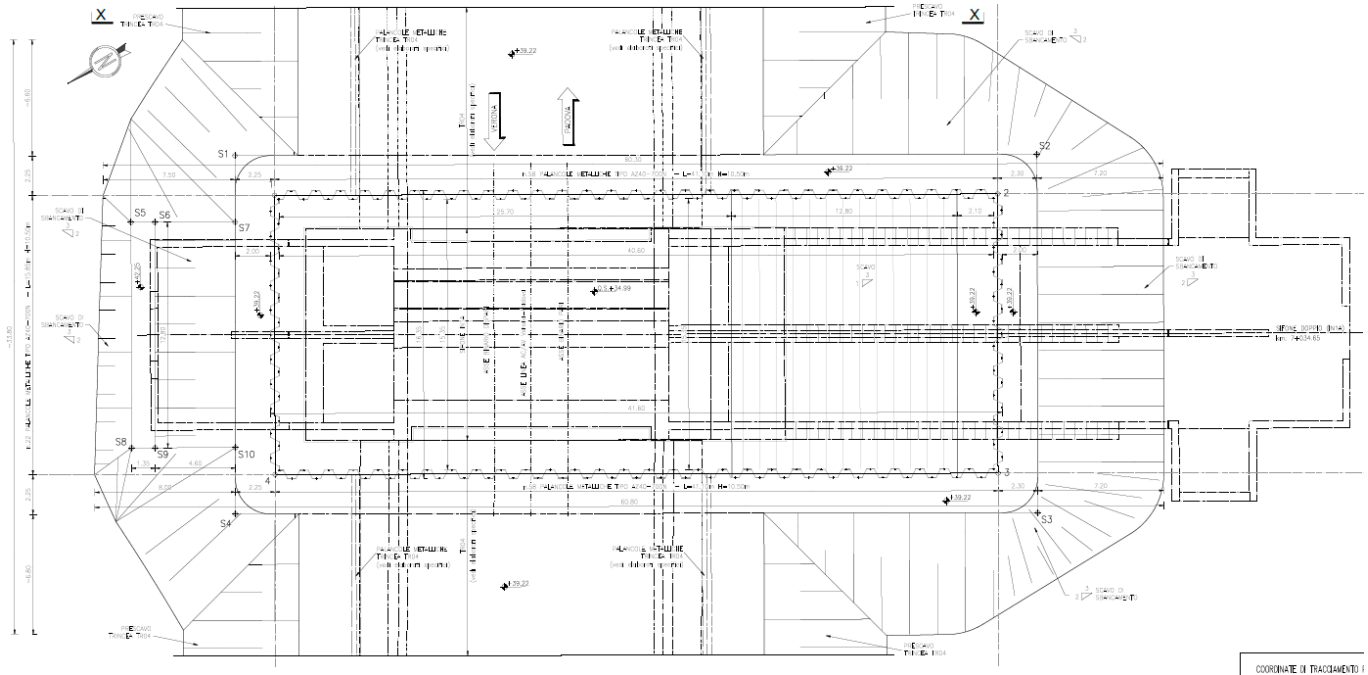


Figura 6 Planimetria opere provvisionali scavi in corrispondenza del sifone

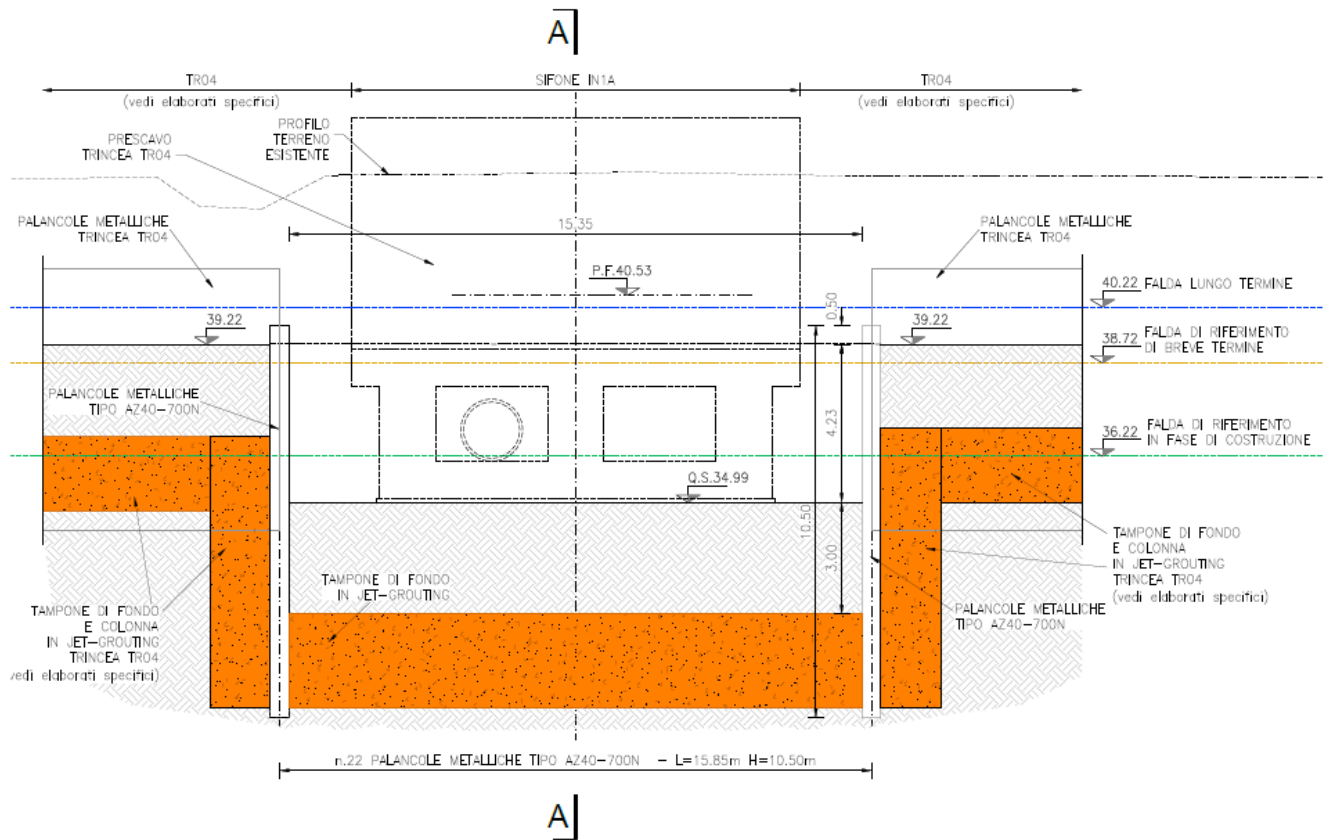


Figura 7 Sezione trasversale per costruzione sifone

Durante la realizzazione del sifone il fosso esistente verrà intercettato e deviato tramite una canalizzazione provvisoria in terra con sezione trapezia di dimensioni 1.0 m x 1.0 m di lunghezza pari a circa 90.80 m. Tale

Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 1A 0 0 001	Rev. A	Foglio 14 di 29
--	------------------	-------------	--	-----------	--------------------

deviazione provvisoria dovrà essere verificata ed eventualmente ridefinita durante la cantierizzazione tenendo in considerazione le fasi realizzative delle altre opere coinvolte.

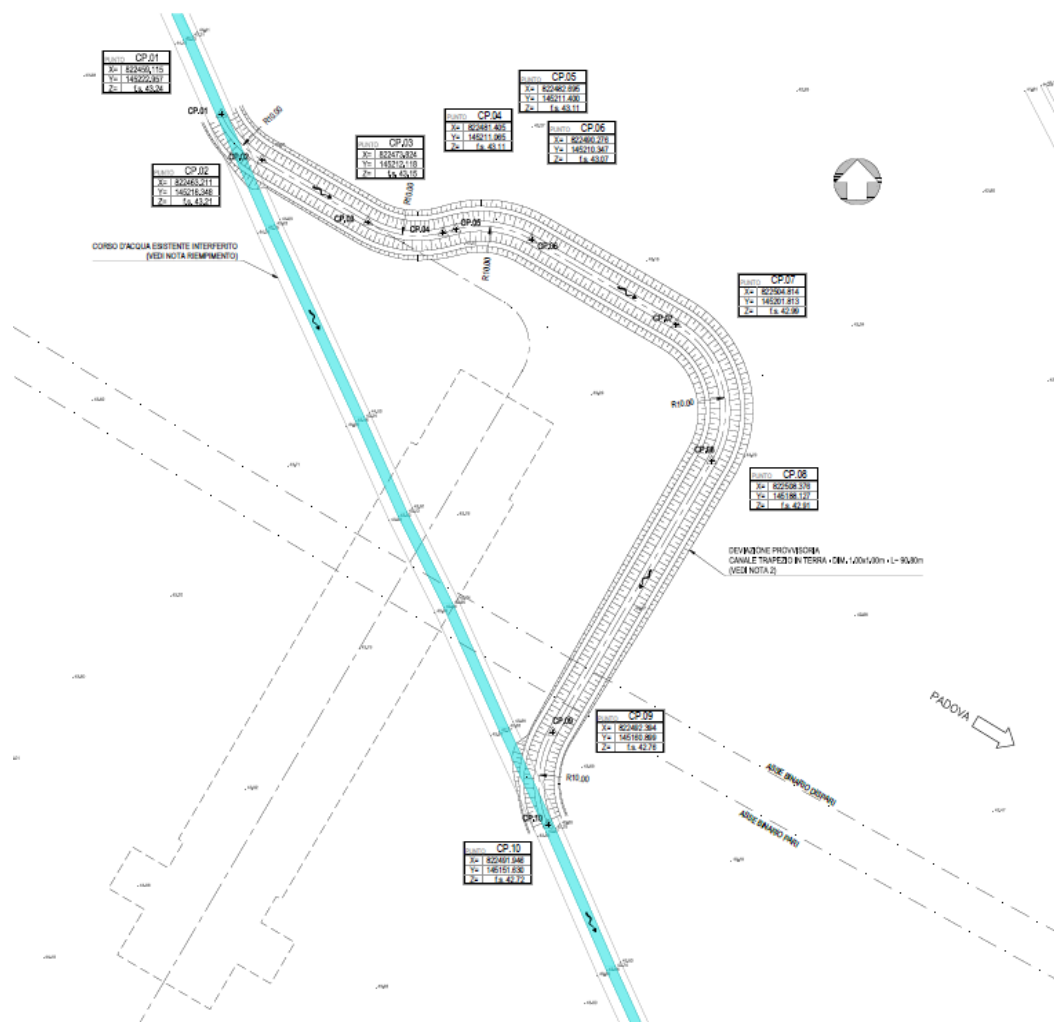


Figura 8 By-pass provvisorio

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 1A 0 0 001	Rev. A	Foglio 15 di 29

## 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 0.67 mc/s.

Le opere provvisionali sono, invece, state verificate con una portata pari a 0.14 mc/s, corrispondente ad un periodo di ritorno di 1 anno.

Per la stima di tale portata si faccia riferimento all'elaborato IN1710EI2RHID0000002 - Relazione idrologica e idraulica degli attraversamenti secondari.

### 5.2 Base geometrica

Il rilievo celerimetrico di dettaglio dell'asta principale del fosso di via Coetta è stato effettuato per un'estensione complessiva di circa 300 m.

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

### 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<sup>1/3</sup>s<sup>-1</sup> per i canali in calcestruzzo, 40 m<sup>1/3</sup>s<sup>-1</sup> per gli alvei in terra e 50 m<sup>1/3</sup>s<sup>-1</sup> per la sistemazione in materassi reno.

### 5.4 Verifiche in moto uniforme

#### 5.4.1 Stato di fatto

La verifica di stato di fatto riguarda il fosso trapezio in terra esistente. Sono state considerate le dimensioni medie individuate dal rilievo celerimetrico.

Si riportano di seguito le caratteristiche delle opere, le relative scale delle portate in forma di grafico e i valori di dimensionamento per gli elementi di progetto. I tabulati delle scale delle portate sono riportati in ALLEGATO A – SCALE DELLE PORTATE.

#### Fosso in terra esistente

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 				
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 1A 0 0 001	Rev. A	Foglio 16 di 29

Tabella 1 – Caratteristiche geometriche del fosso esistente

Pendenza Canale	<b>i</b>	0.004	
Base Maggiore	<b>B</b>	3.00	m
Base Minore	<b>b</b>	1.00	m
Altezza Max	<b>H</b>	1.00	m
Pendenza Sponde	<b>Tg α</b>	1.00	
Angolo sponde	<b>α</b>	45.00	gradi
Coeff strickler	<b>Ks</b>	40	$m^{-1/3}s^{-1}$



Figura 9 – Scala delle portate del fosso esistente

La portata massima convogliabile dal fosso esistente è pari a circa 3.4 m<sup>3</sup>/s. L'affossatura esistente risulta quindi compatibile con la portata 200-ennale di progetto.



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 1A 0 0 001	Rev. A	Foglio 17 di 29

#### 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.

#### 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:

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

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

Dove:

$K_d$  Coefficiente di ostruzione → 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.

$K_t$  Coefficiente di forma delle barre → 0,51 per barre rettangolari allungate, 0,35 per barre circolari  
0,32 per barre rettangolari con punte arrotondate

$P$  → Relazione tra area barre e area totale

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 1A 0 0 001	Rev. A	Foglio 18 di 29

$\theta \rightarrow$  Angolo formato dal piano della griglia con piano orizzontale [gradi]

$L \rightarrow$  Lunghezza delle barre nella direzione del flusso [m]

$b \rightarrow$  Distanza tra le barre [m]

$v \rightarrow$  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:

$Lc$  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 del sifone- 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

### **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:

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 				
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 1A 0 0 001	Rev. A	Foglio 19 di 29

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

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,  $i_f$  la pendenza dell'alveo.

Si riportano di seguito le caratteristiche delle canalizzazioni in progetto le relative scale delle portate in forma di grafico ed tiranti previsti in moto uniforme. I tabulati delle scale delle portate sono riportati in ALLEGATO A – SCALE DELLE PORTATE.

- Canale trapezio di monte e valle rivestito con materassi tipo reno

Tabella 2 – Caratteristiche geometriche del canale trapezio di monte e valle

Pendenza Canale	<b>i</b>	0.002	
Base Maggiore	<b>B</b>	5.00	m
Base Minore	<b>b</b>	3.00	m
Altezza Max	<b>H</b>	1.00	m
Pendenza Sponde	<b>Tg a</b>	1.00	
Angolo sponde	<b>a</b>	45.00	gradi
Coeff strickler	<b>Ks</b>	50	m-1/3s-1

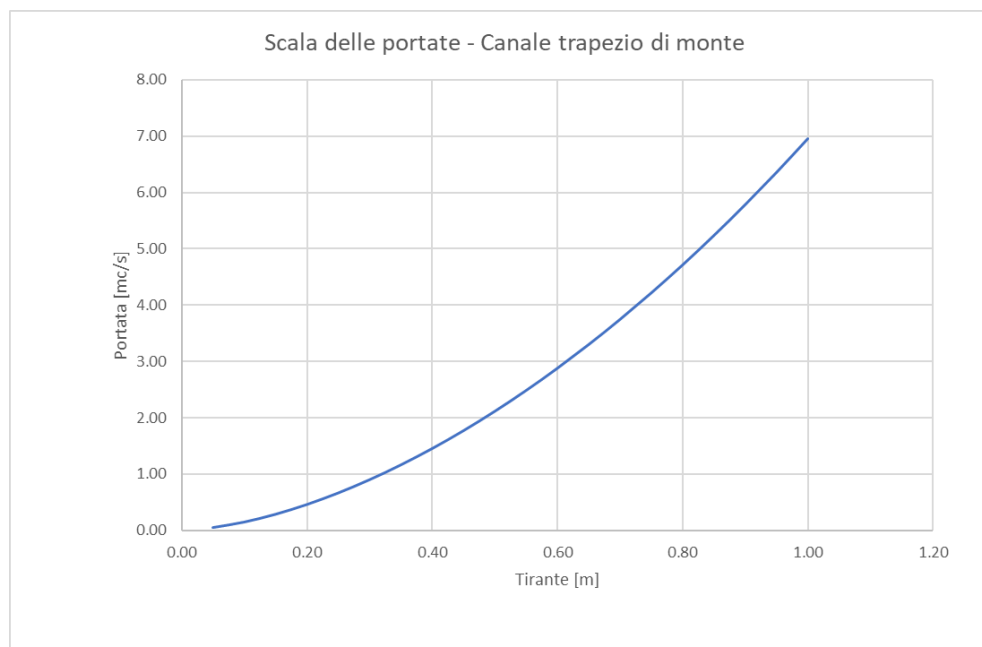


Figura 10 – Scala delle portate del canale trapezio di monte e valle

Tabella 3 – Tirante previsto in moto uniforme nel canale trapezio di monte e valle

Altezza pelo libero (m)	Portata (m <sup>3</sup> /s)	Velocità (m/s)	H/Hmax
0.25	0.67	0.82	0.25

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 				
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 1A 0 0 001	Rev. A	Foglio 20 di 29

- Canale rettangolare di monte e di valle

Tabella 4 – Caratteristiche geometriche del canale rettangolare di monte e valle

Pendenza Canale	<b>i</b>	0.002	
Base Maggiore	<b>B</b>	10.00	m
Base Minore	<b>b</b>	10.00	m
Altezza Max	<b>H</b>	2.34	m
Pendenza Sponde	<b>Tg α</b>	0.00	
Angolo sponde	<b>α</b>	0.00	gradi
Coeff strickler	<b>Ks</b>	67	$m^{-1/3}s^{-1}$

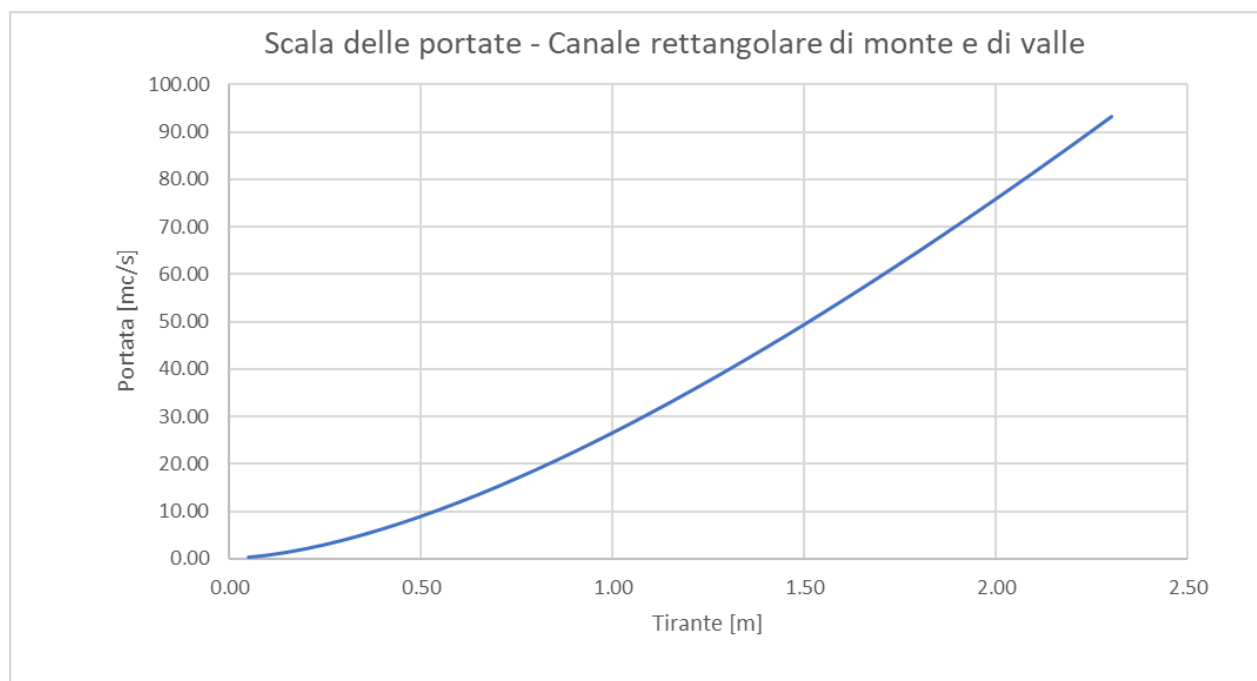


Figura 11 – Scala delle portate del canale rettangolare di monte e valle

Tabella 5 – Tirante previsto in moto uniforme nel canale rettangolare di monte e valle

Altezza pelo libero (m)	Portata (m <sup>3</sup> /s)	Velocità (m/s)	H/Hmax
0.10	0.67	0.65	0.04

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 				
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 1A 0 0 001	Rev. A	Foglio 21 di 29

### Risultati verifiche

Coeff. di perdita carico griglia			
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	0,66		m/s
<b>k</b>	<b>0,310</b>		<b>m</b>

Perdite di carico canna 3x2			
<b>Perdite concentrate griglia</b>	dHgr	0.0010	m
coeff. Perdita griglia	k	0.310	
<b>Perdita ingresso pozzo</b>	dHi	0.003	m
coeff. Perdita imbocco	ki	1	
velocità canale di monte	Vm	0.25	m/s
<b>Perdite variazione di sezione - pozzo/canna sifone</b>	dHr	0.0004	
coeff. Perdita variazione sezione	k1	0.5	
velocità nella canna	V	0.12	m/s
area canna sifone	A	5.70	
<b>Perdite continue canna sifone 3x2</b>	dHcs	0.00005	
lunghezza canna	Lc	15.65	
base	b	3.00	m
altezza	H	1.90	m
area canna sifone	A	5.70	m <sup>2</sup>
velocità nella canna	V	0.12	m/s
coeff. Restenza Gauckler-Strickler	KS	67	
raggio idraulico	R	1.00	m
<b>Perdite variazione di sezione - canna sifone/rampa</b>	dHa	0.001	m
area canna sifone	A	5.70	m <sup>2</sup>
velocità nella canna	V	0.12	m/s
coeff. Perdita sbocco	ks	1.00	
<b>Perdite di carico complessive canna 3x2</b>	ΔH	0.01	m
<b>Perdite di carico canna 1500</b>			

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 				
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 1A 0 0 001	Rev. A	Foglio 22 di 29

<b>Perdite concentrate griglia</b>	dHgr	0.0009	m
coeff. Perdita griglia	k	0.310	
<b>Perdita ingresso pozzo</b>	dHi	0.003	m
coeff. Perdita imbocco	ki	1	
velocità canale di monte	Vm	0.24	m/s
<b>Perdite variazione di sezione - pozzo/canna sifone</b>	dHr	0.005	
coeff. Perdita variazione sezione	k1	0.5	
velocità nella canna	V	0.44	m/s
area canna sifone	A	1.54	
<b>Perdite continue canna sifone</b>	dHcs	0.003	
lunghezza canna	Lc	15.65	
Diametro	D	1.40	m
crf	r	4.40	m
area canna sifone	A	1.54	m <sup>2</sup>
velocità nella canna	V	0.44	m/s
coeff. Restenza Gauckler-Strickler	KS	67	
raggio idraulico	R	0.35	m
<b>Perdite variazione di sezione - canna sifone/rampa</b>	dHa	0.01	m
area canna sifone	A	1.54	m <sup>2</sup>
velocità nella canna	V	0.44	m/s
coeff. Perdita sbocco	ks	1.00	
<b>Perdite di carico complessive canna 1500</b>	ΔH	0.02	m

Ne risulta una perdita di carico massima nel sifone pari a 2 cm, che sommata al livello di valle, pari a 43.20 m slm genera un livello idrico di monte pari a 43.22, corrispondente ad un tirante di 0.27 m. Tale livello genera un riempimento del canale rettangolare di monte pari al 12% ed al canale trapezio di monte pari al 27%. Nella canna circolare  $\phi 1500$  del sifone si instaura una velocità della corrente pari a 0.44 m/s mentre nella canna scatolare la velocità risulta pari a 0.12 m/s. Tali valori di velocità sono stati ritenuti accettabili in quanto le dimensioni minime delle canne del sifone sono dettate dalla possibilità di ispezione e manutenzione dell'opera,.

Tirante di valle sifone	0.25	m
Quota di fondo di valle	42.95	m slm
Livello idrico di valle	43.20	m slm

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 				
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 1A 0 0 001	Rev. A	Foglio 23 di 29

Livello idrico canale di monte	43.22	m slm
Quota di fondo canale rett. di monte	42.95	m slm
Tirante canale rett. di monte	0.27	m
Quota di fondo canale trp. di monte	42.95	m slm
Tirante canale trp. di monte	0.27	m

Velocità canale trp. di valle	0.82	m/s
Velocità canale trp. di monte	0.75	m/s
Velocità canale rett di monte	0.24	m/s
Velocità moto nella canna	0.44	m/s

I tiranti che si instaurano a molte 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 in materiali previsti.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 1A 0 0 001	Rev. A	Foglio 24 di 29

## 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 1.00x1.00 di lunghezza pari a circa 90.8 m e pendenza pari allo 0.6%.

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. Tale deviazione provvisoria dovrà comunque essere verificata ed eventualmente ridefinita durante la cantierizzazione tenendo in considerazione le fasi realizzative delle altre opere coinvolte.

### 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 0.14 mc/s.

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

Si riportano di seguito le caratteristiche della canalizzazione in progetto, la relativa scala delle portate in forma di grafico e il tirante previsto in moto uniforme. Il tabulato della scala delle portate è riportato in ALLEGATO A – SCALE DELLE PORTATE.

Tabella 6 – Caratteristiche geometriche del canale provvisoriale

Pendenza Canale	<b>i</b>	0.006	
Base Maggiore	<b>B</b>	3.00	m
Base Minore	<b>b</b>	1.00	m
Altezza Max	<b>H</b>	1.00	m
Pendenza Sponde	<b>Tg α</b>	1.00	
Angolo sponde	<b>α</b>	45.00	gradi
Coeff strickler	<b>Ks</b>	40	m <sup>-1/3</sup> s <sup>-1</sup>





Figura 12 – Scala delle portate del canale provvisoria

Tabella 7 – Tirante previsto in moto uniforme nel canale provvisoria

Altezza pelo libero (m)	Portata (m <sup>3</sup> /s)	Velocità (m/s)	H/Hmax
0.16	0.14	0.76	0.16

## 7 CONCLUSIONI

L'intervento di sistemazione del fosso interferito risulta "idraulicamente compatibile", il sotto-attraffamento 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.

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 				
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 1A 0 0 001	Rev. A	Foglio 26 di 29

## ALLEGATO A – SCALE DELLE PORTATE

Scala delle portate del canale trapezio esistente – SDF

Altezza pelo libero (m)	Portata (m <sup>3</sup> /s)	Velocità (m/s)	H/Hmax
0.05	0.02	0.34	0.05
0.10	0.06	0.51	0.10
0.15	0.11	0.64	0.15
0.20	0.18	0.75	0.20
0.25	0.26	0.85	0.25
0.30	0.36	0.93	0.30
0.35	0.48	1.01	0.35
0.40	0.60	1.08	0.40
0.45	0.75	1.14	0.45
0.50	0.90	1.21	0.50
0.55	1.08	1.26	0.55
0.60	1.27	1.32	0.60
0.65	1.47	1.37	0.65
0.70	1.70	1.43	0.70
0.75	1.94	1.48	0.75
0.80	2.19	1.52	0.80
0.85	2.47	1.57	0.85
0.90	2.77	1.62	0.90
0.95	3.08	1.66	0.95
1.00	3.41	1.71	1.00

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 				
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 1A 0 0 001	Rev. A	Foglio 27 di 29

Scala delle portate del canale trapezio di monte e di valle - SDP

Altezza pelo libero (m)	Portata (m <sup>3</sup> /s)	Velocità (m/s)	H/Hmax
0.05	0.05	0.30	0.05
0.10	0.14	0.46	0.10
0.15	0.28	0.60	0.15
0.20	0.46	0.71	0.20
0.25	0.66	0.81	0.25
0.30	0.90	0.90	0.30
0.35	1.16	0.99	0.35
0.40	1.45	1.07	0.40
0.45	1.77	1.14	0.45
0.50	2.11	1.21	0.50
0.55	2.48	1.27	0.55
0.60	2.88	1.33	0.60
0.65	3.30	1.39	0.65
0.70	3.75	1.45	0.70
0.75	4.22	1.50	0.75
0.80	4.71	1.55	0.80
0.85	5.24	1.60	0.85
0.90	5.79	1.65	0.90
0.95	6.36	1.69	0.95
1.00	6.96	1.74	1.00

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 			
Relazione tecnica generale e idraulica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO IN 1A 0 0 001	Rev. A	Foglio 28 di 29

Scala delle portate del canale rettangolare di monte e di valle – SDP

Altezza pelo libero (m)	Portata (m <sup>3</sup> /s)	Velocità (m/s)	H/Hmax
0.05	0.20	0.40	0.02
0.10	0.64	0.64	0.04
0.15	1.24	0.83	0.06
0.20	2.00	1.00	0.09
0.25	2.88	1.15	0.11
0.30	3.87	1.29	0.13
0.35	4.98	1.42	0.15
0.40	6.18	1.55	0.17
0.45	7.48	1.66	0.19
0.50	8.86	1.77	0.21
0.55	10.32	1.88	0.24
0.60	11.86	1.98	0.26
0.65	13.47	2.07	0.28
0.70	15.15	2.16	0.30
0.75	16.90	2.25	0.32
0.80	18.71	2.34	0.34
0.85	20.58	2.42	0.36
0.90	22.51	2.50	0.38
0.95	24.50	2.58	0.41
1.00	26.53	2.65	0.43
1.05	28.62	2.73	0.45
1.10	30.76	2.80	0.47
1.15	32.95	2.86	0.49
1.20	35.18	2.93	0.51
1.25	37.45	3.00	0.53
1.300	39.77	3.06	0.56
1.350	42.13	3.12	0.58
1.400	44.53	3.18	0.60
1.450	46.97	3.24	0.62
1.500	49.44	3.30	0.64
1.550	51.96	3.35	0.66
1.600	54.50	3.41	0.68
1.650	57.08	3.46	0.71
1.700	59.69	3.51	0.73
1.750	62.34	3.56	0.75
1.800	65.02	3.61	0.77
1.850	67.72	3.66	0.79
1.900	70.46	3.71	0.81
1.950	73.22	3.75	0.83
2.000	76.01	3.80	0.85
2.050	78.83	3.85	0.88
2.100	81.68	3.89	0.90
2.150	84.55	3.93	0.92

Altezza pelo libero (m)	Portata (m <sup>3</sup> /s)	Velocità (m/s)	H/Hmax
2.200	87.44	3.97	0.94
2.250	90.36	4.02	0.96
2.300	93.30	4.06	0.98

Scala delle portate del canale trapezio provvisionale in terra

Altezza pelo libero (m)	Portata (m <sup>3</sup> /s)	Velocità (m/s)	H/Hmax
0.05	0.02	0.39	0.05
0.10	0.06	0.59	0.10
0.15	0.13	0.74	0.15
0.20	0.21	0.87	0.20
0.25	0.30	0.98	0.25
0.30	0.42	1.07	0.30
0.35	0.55	1.16	0.35
0.40	0.70	1.24	0.40
0.45	0.86	1.32	0.45
0.50	1.04	1.39	0.50
0.55	1.24	1.46	0.55
0.60	1.46	1.52	0.60
0.65	1.70	1.58	0.65
0.70	1.95	1.64	0.70
0.75	2.23	1.70	0.75
0.80	2.53	1.75	0.80
0.85	2.84	1.81	0.85
0.90	3.18	1.86	0.90
0.95	3.54	1.91	0.95
1.00	3.93	1.96	1.00