



ANAS S.p.A.

Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori

PROLUNGAMENTO DELLA S.S. n°9 "TANGENZIALE NORD di REGGIO EMILIA" NEL TRATTO DA S. PROSPERO STRINATI A CORTE TEGGE

PROGETTO ESECUTIVO

 Ing. Gianfranco Sodero Ordine degli Ingg. di Torino e Provincia n° 5666 Y	ING. RENATO DEL PRETE Ing. Renato Del Prete Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 5073	DOTT. GEOL. DANILO GALLO Dott. Geol. Danilo Gallo Ordine dei Geologi della Regione Puglia n° 588	INTEGRAZIONE PRESTAZIONI Ing. Renato Del Prete	PROGETTISTA Ing. Gabriele Incecchi (E&G S.r.l.)
			PROGETTAZIONE STRADALE Prof.ing. Luigi Monterisi (Setac S.r.l.)	PROGETTAZIONE IDRAULICA Ing. Vittorio Ranieri (Uning)
 Ing. Valerio Bajetti Ordine degli Ingg. di Roma e provincia n° A-26211	SETAC Srl Servizi & Engineering Trasporti Ambiente Costruzioni Prof. Ing. Luigi Monterisi Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 1771	 Ing. Gabriele Incecchi Ordine degli Ingg. di Roma e provincia n° A-12102	PROGETTAZIONE OPERE D'ARTE MAGGIORI Ing. Gianfranco Sodero (Studio Corona S.r.l.)	PROGETTAZIONE OPERE D'ARTE MINORI Ing. Giampiero Martino (E&G S.r.l.)
			COMPUTI Ing. Valerio Bajetti (I.T. Ingegneria)	CANTIERISTICA Prof.ing. Luigi Monterisi (Setac S.r.l.)
 Prof. Ing. Matteo Ranieri Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 1137	ECOPLAN Arch. Nicoletta Frattini Ordine degli Arch. di Torino e provincia n° A-8433	ARKE' INGEGNERIA s.r.l. Ing. Gioacchino Angarano Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 5970	GEOLOGIA Dott. Danilo Gallo	GEOTECNICA Prof.ing. Luigi Monterisi (Setac S.r.l.)
			AMBIENTE Dott. Emilio Macchi (ECOPLAN S.r.l.)	SICUREZZA Prof. ing. Luigi Monterisi (Setac S.r.l.)

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO Dott. Ing. Anna NOSARI	INTEGRATORE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE Ing. Renato DEL PRETE	PROGETTISTA Ing. Gabriele INCECCHI	GEOLOGO Dott. Danilo GALLO	IL COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE Prof. ing. Luigi MONTERISI
---	---	---	-----------------------------------	--

<h1>FA 009</h1>	<h2>F - PROGETTO IDRAULICO</h2> <h3>FA - RELAZIONI</h3> <h4>Relazione idraulica Cavo Guazzatore</h4>
-----------------	--

CODICE PROGETTO PROGETTO LIV. PROG. ANNO COBO E 1701		NOME FILE T00ID00IDRRE09.dwg		REVISIONE B	SCALA:
CODICE ELAB. T00ID00IDRRE09		B			
C					
B	EMISSIONE A SEGUITO DI RAPPORTO INTERMEDIO DI VERIFICA	OTTOBRE 2018	ING. PEZZULLA	ING. INCECCHI	ING. BAJETTI
A	PRIMA EMISSIONE	GIUGNO 2018	ING. PEZZULLA	ING. INCECCHI	ING. BAJETTI
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

INDICE

1. PREMESSA	1
2. CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE, GEOMETRICHE, MORFOLOGICHE ED AMBIENTALI DELL'ALVEO	2
3. VERIFICHE IDRAULICHE	4
SCENARI SIMULATI	5
RISULTATI DELLE ANALISI NELLO STATO DI FATTO	7
RISULTATI DELLE ANALISI NELLO STATO DI PROGETTO	7
4. VERIFICA ALL'EROSIONE PER TRASCINAMENTO E ROTOLAMENTO	11
5. RIFACIMENTO BOTTE A SIFONE DELLA CONDOTTA CAVAZZOLI-RONCOCESI	13

1. PREMESSA

Nella presente relazione si riporta la descrizione dello studio idraulico effettuato sul Cavo Guazzatore, eseguito allo scopo di:

- verificare la capacità di smaltimento della canalizzazione;
- garantire il deflusso delle acque al fine di non aumentare il rischio per la popolazione;
- verificare il franco idraulico in corrispondenza dell'intersezione stradale sulla base della normativa vigente;
- verificare la tenuta dei rivestimenti adottati in corrispondenza dell'intervento stradale;

gli aggiornamenti introdotti nel progetto esecutivo e descritti nella presente relazione sono stati definiti sulla base di sopralluoghi presso le aree oggetto di intervento ed interlocuzione con gli enti preposti ed in particolare con l'Agenzia interregionale del Fiume Po (AIPO) preposta dall'Autorità di bacino distrettuale del fiume Po (ADBPO) e del Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale; pertanto si è convenuto di aggiornare in fase esecutiva il progetto definitivo in merito alle seguenti osservazioni del Consiglio Superiore Lavori Pubblici (CSLLPP) ed alle prescrizioni della commissione tecnica di verifica dell'impatto ambientale VIA/VAS riportate nel Decreto di Compatibilità ambientale VIA numero di registrazione 0000102 del 27/04/2016.

Osservazioni del Consiglio Superiore Lavori Pubblici:

- 1) *".....Per tale ragione il dimensionamento deve essere ripetuto, assumendo per la portata di progetto un adeguato tempo di ritorno indipendentemente dalla configurazione attuale del canale.....Considerazioni analoghe sulla portata utilizzata nel dimensionamento degli attraversamenti Fossetta Ballanleoche, Fossetta Valle Pieve Modolena, Fossetta Castellara, Fossetta Valle Roncocesi e Fossetta della Torretta, essendo l'ultimo caso esaminato di certo il più rilevante, trattandosi di un canale arginato, con capacità di portata di diversi m³/s.";*

Osservazioni del Decreto di Compatibilità ambientale VIA:

- 2) *"...l'infrastruttura non deve aumentare il rischio di esondazione, anche per rotte arginali, deve quindi essere garantito il deflusso delle acque al fine di non aumentare il rischio per la popolazione..."*.
- 3) *"...dovrà essere posta, in fase di progettazione esecutiva, particolare attenzione alle realizzazioni da effettuarsi in corrispondenza dei corsi d'acqua, al riguardo gli interventi dovranno recepire le indicazioni dell'Autorità idraulica competente, vale a dire dell'AIPO o della Regione*

Emilia Romagna per il tramite dei Consorzi di bonifica, ed in particolare delle aree tutelate, al fine di limitarne le interferenze".

-le osservazioni del Consorzio di Bonifica riportano:

3.1) *"Si chiede che i rivestimenti in massi di fossi, canali e torrenti consortili siano tutti eseguiti con pietrame calcareo di cava di colore grigio, di pezzatura pari 50kg-300kg con almeno una faccia piana da posizionarsi nella parte a vista."*

3.2) *"Si chiede che il rivestimento in massi previsto in progetto sia esteso a tutto il tratto tra la tangenziale e la ferrovia e raccordato con l'immissione della Fossetta Santo Monte."*

Nel seguito nel paragrafo 3 si riporta la relazione idraulica utile alla verifica del canale considerando, in accordo con le osservazioni (oss. n.1) del Consiglio Superiore Lavori Pubblici, per la portata di progetto un adeguato tempo di ritorno indipendentemente dalla configurazione attuale del canale; nello stesso paragrafo si riporta anche il confronto delle risultanze idrauliche nella configurazione pre e post intervento al fine di verificare che l'infrastruttura non aumenti il rischio di esondazione, in accordo con le osservazioni del decreto di compatibilità ambientale VIA (oss. n. 2); nel paragrafo 4 si riporta la verifica all'erosione per trascinamento e rotolamento, relativamente ad una sezione posta in corrispondenza del tratto da rivestire, considerando il rivestimento in massi con pezzatura pari a 50kg-300kg, esteso anche al tratto intercluso tra tangenziale e ferrovia e raccordato con l'immissione della Fossetta Santo Monte, in accordo con le osservazioni 3.1 e 3.2 del Consorzio di Bonifica Dell'Emilia Centrale; nel paragrafo 5, si affronta l'analisi della deviazione della Cavazzoli Roncocesi.

2. CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE, GEOMETRICHE, MORFOLOGICHE ED AMBIENTALI DELL'ALVEO

Il Cavo Guazzatore è un corso d'acqua gestito dal Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale, che interferisce con la viabilità in progetto alla sezione n. 105

Il canale si sviluppa con andamento Sud-Nord quindi a valle dell'interferenza con la strada in progetto piega verso Nord-Ovest e riceve in destra le acque della Fossetta Baratto, mentre in sinistra le acque della Fossetta Ballanleoche, prima di confluire nella Fossetta Valle Pieve Modolena che a sua volta dopo aver ricevuto le acque dalla Valle Roncocesi prima, confluisce nel Torrente Crostolo. Il corso d'acqua in esame è un canale promiscuo, principalmente di scolo; presenta una sezione in scavo di forma trapezoidale con fondo in terra e sponde inerbite; sono assenti alberature ed arbusti sui cigli spondali. L'alveo è caratterizzato dalla presenza di materiali fini sul fondo, ascrivibili al sistema dei limi e dei limi sabbiosi.

Come riportato nel progetto definitivo la sezione trapezia del canale nel tratto interessato dall'attraversamento stradale presenta una base maggiore di circa 8.80m, base minore di circa 2.80m ed altezza pari a circa 2.00m.



FIGURA 1 – CAVO GUAZZATORE ALLA SEZIONE D'INTERFERENZA CON LA STRADA IN PROGETTO

L'interferenza con la viabilità in progetto viene risolta mediante l'inserimento di uno scatolare in CA realizzato in opera (TM08) di dimensioni 5.00x3.00m e lunghezza pari a circa 52 m, le cui quote di fondo sono rispettivamente pari a 42.39 m s.l.m. all'imbocco e 42.14m s.l.m. allo sbocco. Lo scatolare avrà una sezione di deflusso leggermente parzializzata dalla presenza di un passaggio faunistico con un ingombro trasversale di 1.0mx0.60m per l'intera lunghezza del tombino.

A valle dell'interferenza con la viabilità, il corso d'acqua riceve le acque di scarico dell'impianto di depurazione ID_02, la cui portata massima di trattamento è pari a 14 l/s. A monte dell'interferenza con la viabilità, il corso d'acqua riceve le acque di scarico dell'impianto di depurazione S2, la cui portata massima di trattamento è pari a 0.30 l/s.

Come concordato con il Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale in fase di progettazione definitiva, la tombinatura è stata prolungata monte per garantire il passaggio di una pista di larghezza 5m, mentre gli imbocchi e gli sbocchi sono stati risolti con un manufatto di contenimento costituito da un muro in CA con le ali ben intestate nelle sponde e nel fondo. Analogamente sia a monte che a valle le sponde ed il fondo sono stati rivestiti con massi di cava non gelivi di pezzatura da 50 a 300 kg/cad disposti, a faccia piana, per circa 18 m allo sbocco (per la presenza di uno scarico), e fino all'attraversamento ferroviario a monte, considerando anche il raccordo con l'immissione della Fossetta Santo Monte, in accordo con le prescrizioni del Consorzio di Bonifica.

Tale tratto viene inoltre interessato dal rifacimento della botte a sifone della Condotta Cavazzoli Roncocesi, di cui si affronta l'analisi successivamente nel paragrafo 5.

TABELLA 1 - PRINCIPALI CARATTERISTICHE CAVO GUAZZATORE.

NOME	CAVO GUAZZATORE	
ENTE GESTORE	<i>Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale</i>	
LOCALITA'	<i>Cavazzoli</i>	
SEZIONE	<i>105</i>	
CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE	TIPO TRACCIATO	<i>Rettilineo</i>
	TIPO SEZIONE	<i>in scavo</i>
	TIPO ALVEO	<i>alveo artificiale in scavo a sezione trapezoidale</i>
	<i>EROSIONI</i>	<i>Erosioni localizzate dovute a tane di nutrie</i>
CARATTERISTICHE CORSO D'ACQUA	RANGO	<i>Secondario</i>
	USO	<i>Promiscuo</i>
	GRANULOMETRIA	<i>limo sabbioso</i>
	AMBIENTE FLUVIALE	<i>vegetazione spondale erbacea rada</i>
CARATTERISTICHE DEL PAESAGGIO	TERRITORIO CIRCOSTANTE	<i>campagna con presenza di infrastrutture viarie</i>
CARATTERISTICHE IDRAULICHE	CONDIZIONI AL CONTORNO	<i>corrente lenta: pendenza di moto uniforme a valle</i>
	SCABREZZA (m ^{1/3} /s)	<i>22-25</i>

3. VERIFICHE IDRAULICHE

Per la modellazione idraulica è stata adottata la portata presente nella relazione idrologica, caratterizzata da tempo di ritorno pari a 200 anni (pari a 20.54 m³/s) poiché trattasi di corso d'acqua interessato dalla delimitazione delle fasce fluviali face fluviali del PAI, in accordo con quanto riportato nella "Direttiva contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce A e B" del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) dell'Autorità di Bacino del fiume PO; tale portata è stata incrementata di 0.3 l/s a monte dell'attraversamento e di 14 l/s a valle dell'interferenza stradale al fine di considerare gli scarichi provenienti da sistemi di trattamento o laminazione delle acque meteoriche; la portata così utilizzata nella modellazione è risultata pari a 20.556 m³/s.

Avendo constatato che il tratto oggetto di analisi è caratterizzato da moderata lunghezza ed estensione, e specialmente considerando il fatto che le opere idrauliche in progetto non determinano riduzione del volume d'alveo disponibile per la laminazione delle piene, sono state effettuate simulazioni idrauliche in moto permanente (stazionario).

I valori di scabrezza assunti tengono conto della combinazione di diversi fattori che intervengono nella caratterizzazione delle perdite distribuite durante un evento di piena:

1. caratteristiche granulometriche del materiale d'alveo,
2. caratteristiche morfologiche e geometriche del tratto d'alveo e brusche variazioni di geometria della sezione;
3. caratterizzazione della copertura vegetale presente nelle zone spondali.

Sulla base dei sopralluoghi effettuati, dei riferimenti bibliografici che si riconducono ai principali studi in materia si sono quindi assunti valori opportuni della scabrezza in funzione non solo della copertura vegetale ma anche del tipo e granulometria del materiale presente in alveo.

SCENARI SIMULATI

Ai fini modellistici, le condizioni di riferimento per la verifica degli attraversamenti in progetto sono le seguenti:

- stato di fatto, che considera la morfologia attuale del corso d'acqua, senza l'introduzione di alcuna opera in progetto;
- stato di progetto che prevede il rizezionamento del corso d'acqua e l'introduzione del manufatti di attraversamento della viabilità in progetto;

Per l'implementazione degli scenari sopra esposti, i parametri idraulici di calcolo sono:

- rappresentazione geometrica del corso d'acqua: ricavata dal rilievo topografico eseguito per la progettazione definitiva, integrato da apposito rilievo effettuato per la progettazione esecutiva;
- portate di riferimento corrispondente al valore per prefissato tempo di ritorno pari a 200 anni;
- condizione di valle: altezza di moto uniforme ricavata adottando una pendenza media del corso d'acqua;
- scabrezza secondo G.-Strickler pari a 20-25 $m^{1/3}/sec$, differenziata tra sponde e alveo, mentre, nei tratti dove è presente lo scatolare e quindi il rivestimento in massi, il coefficiente di scabrezza è pari a 40-50 $m^{1/3}/sec$.

Il modello geometrico utilizzato è stato costruito sulla base dei rilievi topografici riportati nel progetto definitivo, integrati dai rilievi eseguiti durante i sopralluoghi. Il modello è costituito da 8 sezioni trasversali d'alveo (Figura 4), oltre a quelle relative alle geometrie dei manufatti, che rappresentano in modo esaustivo l'alveo attivo.

Il tratto simulato parte dalla sezione GUA09 a monte dell'attraversamento ferroviario e termina nella sezione GUA01; esso si estende per una lunghezza di 154 m, di cui 65 m a monte dell'attraversamento e la restante parte a valle dello stesso; si precisa che a monte dell'attraversamento della tangenziale (nel tratto GUA07-GUA09) è stato inserito l'alveo nelle condizioni attuali includendo anche l'attraversamento ferroviario (di dimensioni 3*1.7m) rilevato in campo, analogamente anche nella sezione terminale del modello (GUA01) è stata inserita la sezione attuale del corso d'acqua ottenuta da rilievo in campo, in modo da riprodurre le reali condizioni al contorno di valle.

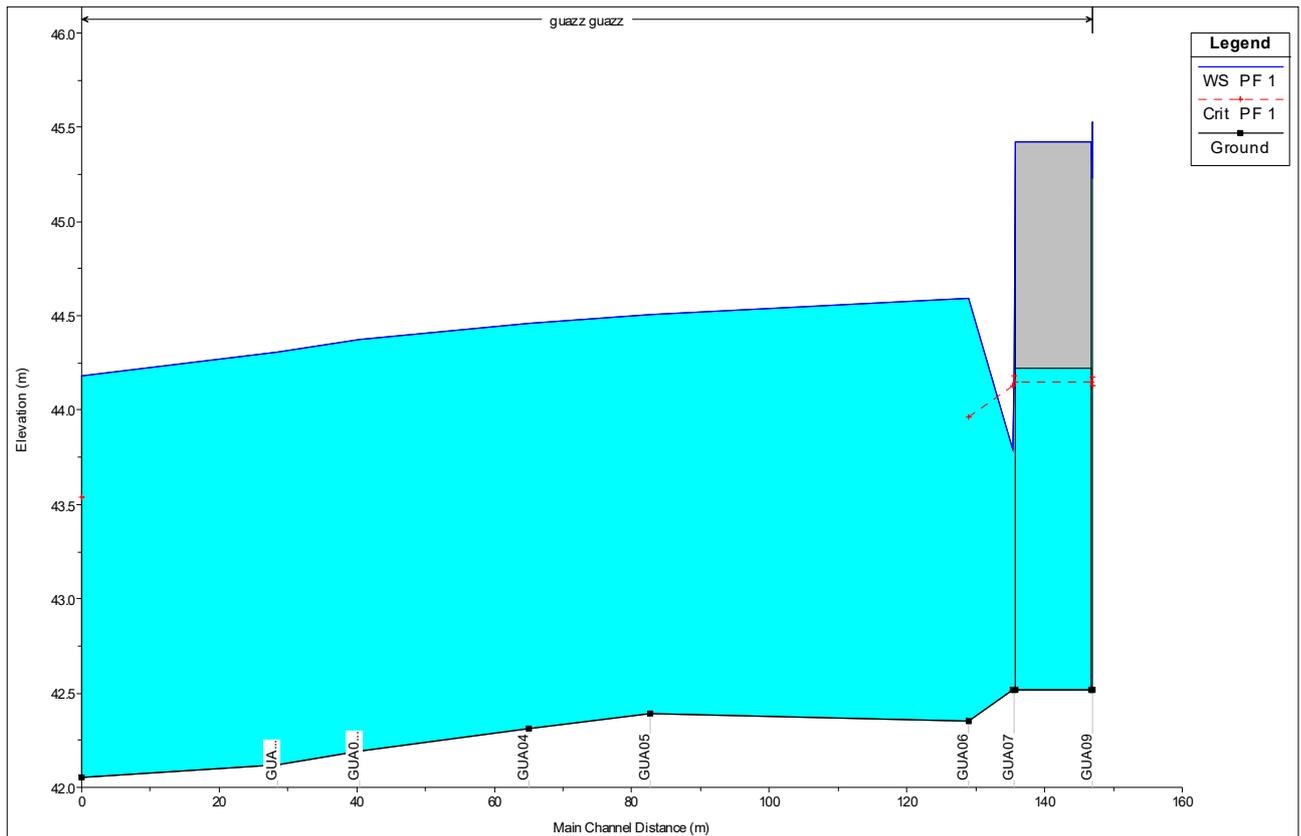


FIGURA 3 - ANDAMENTO LONGITUDINALE DEL THALWEG NEL TRATTO DI CANALE CONSIDERATO NELLO STATO DI FATTO

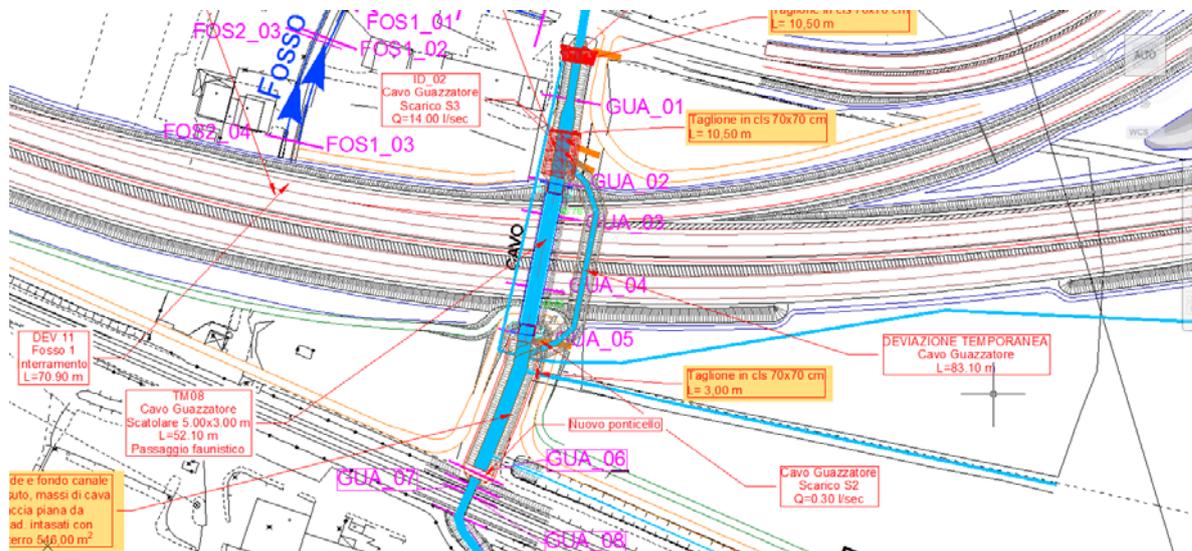


FIGURA 4 - TRATTO DEL CANALE SIMULATO CON INDICAZIONE DELLE SEZIONI TOPOGRAFICHE

La tabella ed i grafici seguenti illustrano i risultati ottenuti considerando la piena duecentennale sia nella condizione morfologica attuale, sia nelle configurazioni di progetto.

Le risultanze delle propagazioni nelle configurazioni simulate consistono nell'espore le principali grandezze idrauliche, soprattutto in termini di livelli idrometrici raggiunti durante gli eventi considerati in corrispondenza delle varie sezioni trasversali del corso d'acqua.

RISULTATI DELLE ANALISI NELLO STATO DI FATTO

In questa configurazione è stato simulato il tratto di corso d'acqua in oggetto in occasione del verificarsi della piena con tempo di ritorno pari a 200 anni.

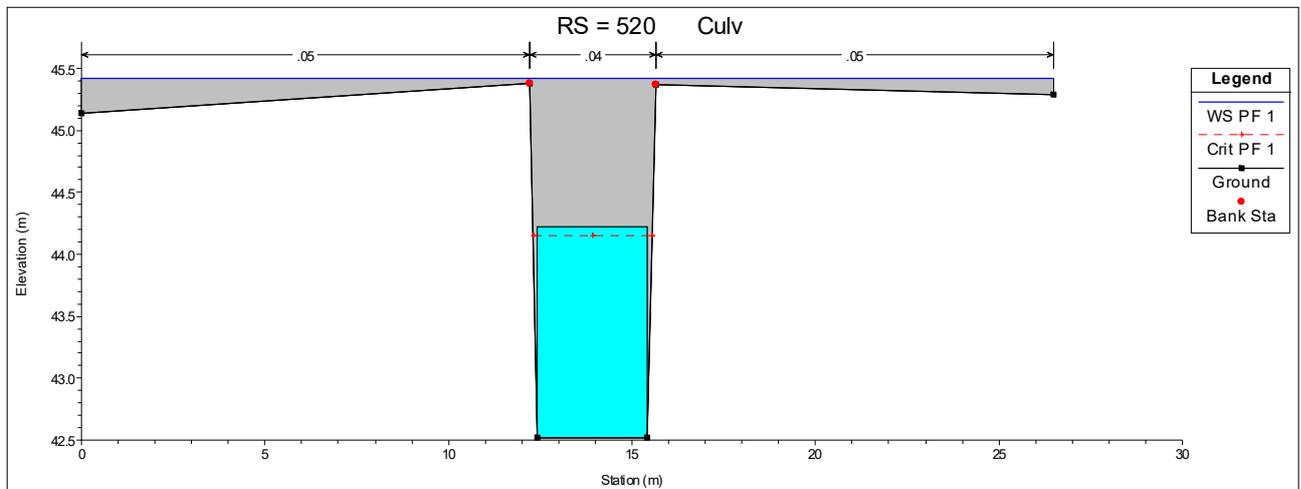


FIGURA 5a - LIVELLO IDROMETRICO RAGGIUNTO ALLA SEZIONE TRASVERSALE IN CORRISPONDENZA DELL'IMBOCCO DEL TOMBINIO ESISTENTE DELL'ATTRAVERSAMENTO FERROVIARIO.

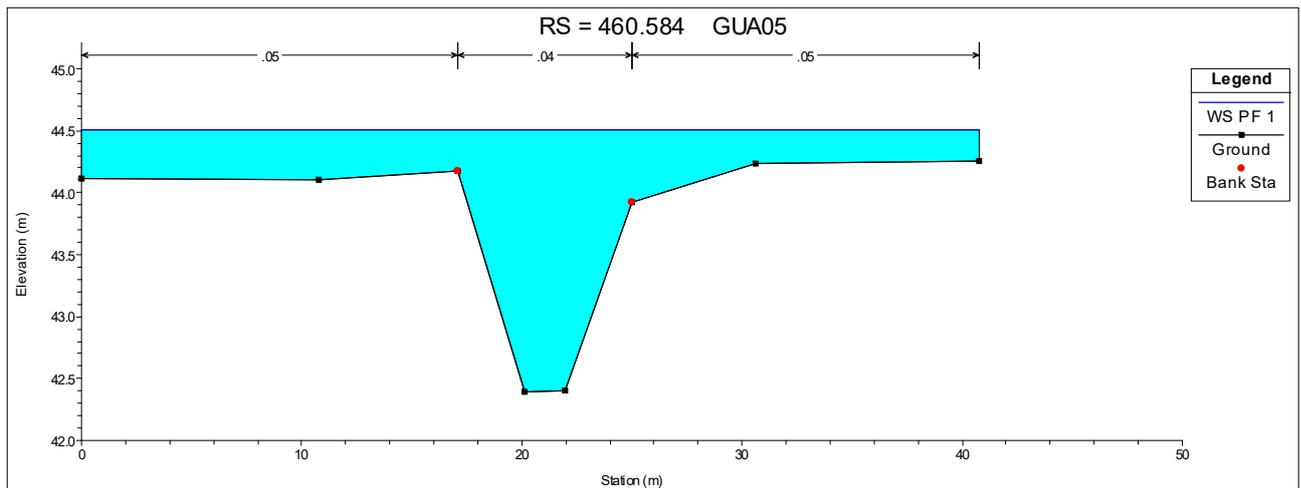


FIGURA 5b - LIVELLO IDROMETRICO RAGGIUNTO ALLA SEZIONE TRASVERSALE A MONTE DELLA STRADA IN PROGETTO:SEZIONE GUA 05

RISULTATI DELLE ANALISI NELLO STATO DI PROGETTO

Nella configurazione di progetto si considera l'inserimento dello scatolare di progetto le cui dimensioni sono pari a 5.00x3m, inoltre si tiene conto della rimodulazione dell'alveo in corrispondenza delle sezioni del corso d'acqua GUA06-05-04-03-02.

Nella tabella seguente si riportano le dimensioni delle sezioni di progetto e dell'attraversamento rivisitato a seguito della modellazione numerica effettuata.

TABELLA 2 - CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL TRATTO DI CORSO D'ACQUA RIVISITATO A SEGUITO DELLA MODELLAZIONE.

FOSSETTA GUAZZATORE			
ATTRAVERSAMENTO			
TM8	B	H	
	5	3	
CANALE			
	B (m)	b (m)	H (m)
GUA 09	NESSUNA MODIFICA		
GUA07	NESSUNA MODIFICA		
GUA06	10	5	2.5
GUA05	10	5	2.5
GUA04	10	5	2.5
GUA03	10	5	2.5
GUA02	10	5	2.3
GUA01	NESSUNA MODIFICA		

L'allargamento e la ricalibratura della canalizzazione sono stati effettuati al fine di evitare l'aumento del rischio di esondazione e per consentire il passaggio della piena duecentennale con adeguato franco (previsti dalle normative vigenti e dalle prescrizioni ANAS) di sicurezza senza modificare l'altezza dell'attraversamento rispetto al progetto definitivo al fine di non determinare variazioni significative dell'infrastruttura stradale. Di seguito si confrontano i principali parametri idraulici nella condizione di progetto.

TABELLA 3 - PARAMETRI IDRAULICI A CONFRONTO TRA STATO DI FATTO SF E STATO DI PROGETTO SP.

Stato di progetto								
River St.	Sezione Topografica	Portata (T=200)	Quota del fondo	Livelli idrometrici	Quota Energia	Pendenza Energia	Larghezza in sommità	Numero di Froud
		[m ³ /s]	[m s.l.m.]	[m s.l.m.]	[m s.l.m.]		[m]	
527		20.54	42.52	45.53	45.54	0.000294	36.88	0.13
526.643	GUA09	20.54	42.52	45.23	45.52	0.008549	8.12	0.47
520		Culvert		42.23;42.22				
514.007	GUA07	20.54	42.52	44.22	45	0.031478	3.19	0.97
513 Cul		20.54	42.52	44.64	44.81	0.005303	36.88	0.51
507.922	GUA06	20.54	42.5	44.68	44.77	0.001756	9.36	0.32
460.584	GUA05	20.54	42.39	44.6	44.68	0.001749	9.54	0.31
430		Culvert		44.35;44.34				
406.337	GUA02	20.56	42.12	44.34	44.42	0.001839	9.82	0.32
378.353	GUA01	20.56	42.05	44.18	44.34	0.004002	12.86	0.49

Stato attuale								
River St.	Sezione Topografica	Portata (T=200)	Quota del fondo	Livelli idrometrici	Quota Energia	Pendenza Energia	Larghezza in sommità	Numero di Froud
		[m³/s]	[m s.l.m.]	[m s.l.m.]	[m s.l.m.]		[m]	
527		20.54	42.52	45.53	45.54	0.000294	36.88	0.13
526.643	GUA09	20.54	42.52	45.23	45.51	0.008557	8.08	0.47
520		Culvert						
514.007	GUA07	20.54	42.52	44.19	45	0.033516	3.19	1
		20.54	42.52	43.79	44.95	0.053632	4.51	1.56
507.922	GUA06	20.54	42.35	44.6	44.7	0.003125	36.88	0.4
460.584	GUA05	20.54	42.39	44.51	44.58	0.00187	40.79	0.34
443.046	GUA04	20.54	42.31	44.46	44.54	0.002005	37.24	0.36
417.886	GUA03	20.54	42.19	44.37	44.48	0.002574	29.13	0.4
406.337	GUA02	20.54	42.12	44.31	44.44	0.003243	26.71	0.44
378.353	GUA01	20.54	42.05	44.18	44.34	0.004002	12.82	0.49

In corrispondenza del manufatto di attraversamento il valore di portata di progetto genera un franco idraulico superiore a 0.75m, in accordo con le prescrizioni riportate nel Capitolato d'oneri Prescrizioni per la redazione del Progetto Esecutivo ANAS. Dalle sezioni trasversali si evince che il canale risezionato (dalla sezione GUA06 alla sezione GUA02, vedi figure 7) è in grado di ospitare le portate di deflusso e comunque, il confronto con lo stato attuale (tramite i livelli idrici riportati in tabella 3) consente di affermare che la presenza dell'infrastruttura non determina un incremento della pericolosità idraulica e quindi del rischio di esondazione rispetto alla condizione attuale; ciò in accordo con la prescrizione del Decreto VIA secondo la quale "l'infrastruttura non deve aumentare il rischio di esondazione, anche per rotte arginali, deve quindi essere garantito il deflusso delle acque al fine di non aumentare il rischio per la popolazione".

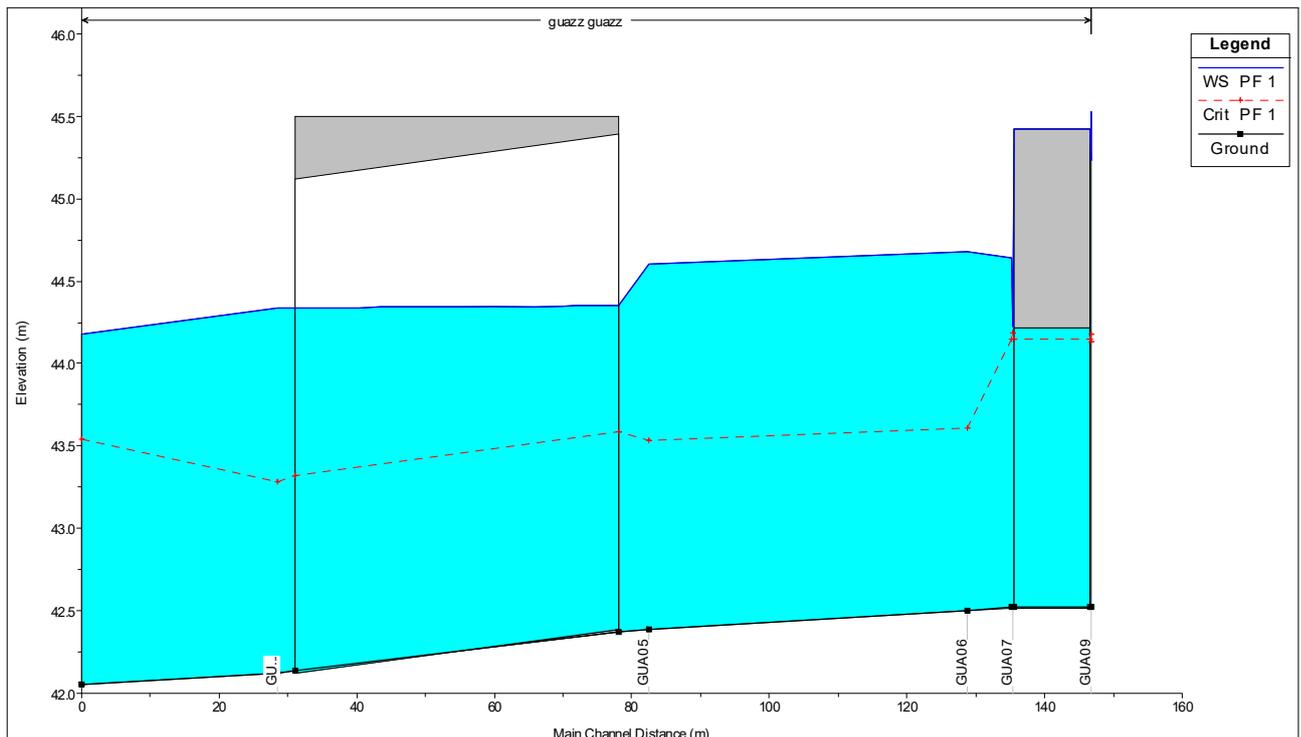


FIGURA 6 - PROFILO DI RIGURGITO NELLO STATO DI PROGETTO.

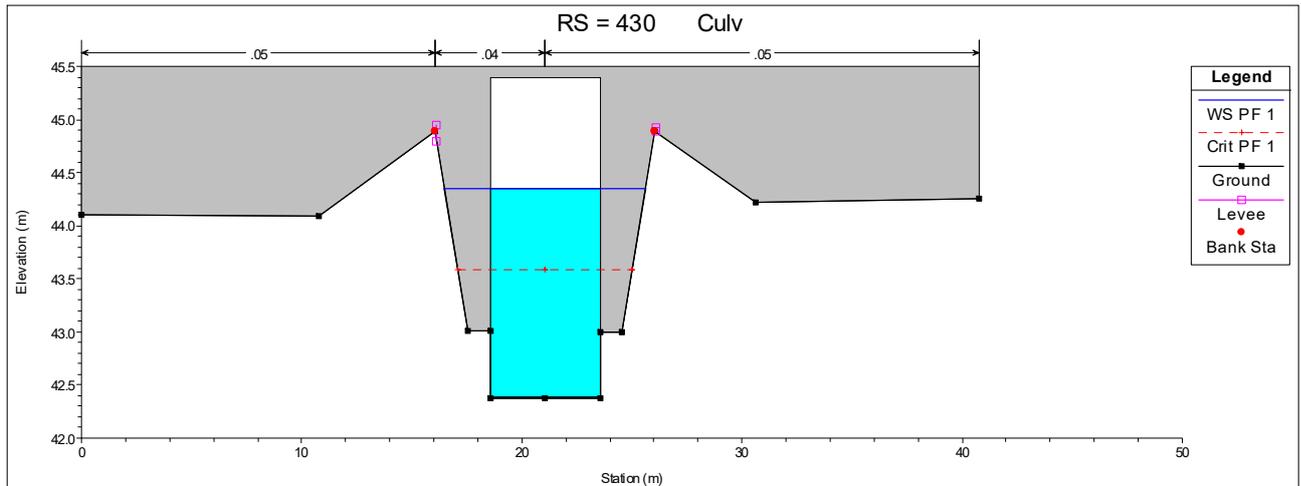


FIGURA 7a –LIVELLO IDRICO RAGGIUNTO PER EFFETTO DELLA PORTATA DUECENTENNALE IN CORRISPONDENZA DELLA SEZIONE IMMEDIATAMENTE A MONTE DELL'ATTRAVERSAMENTO IN PROGETTO.

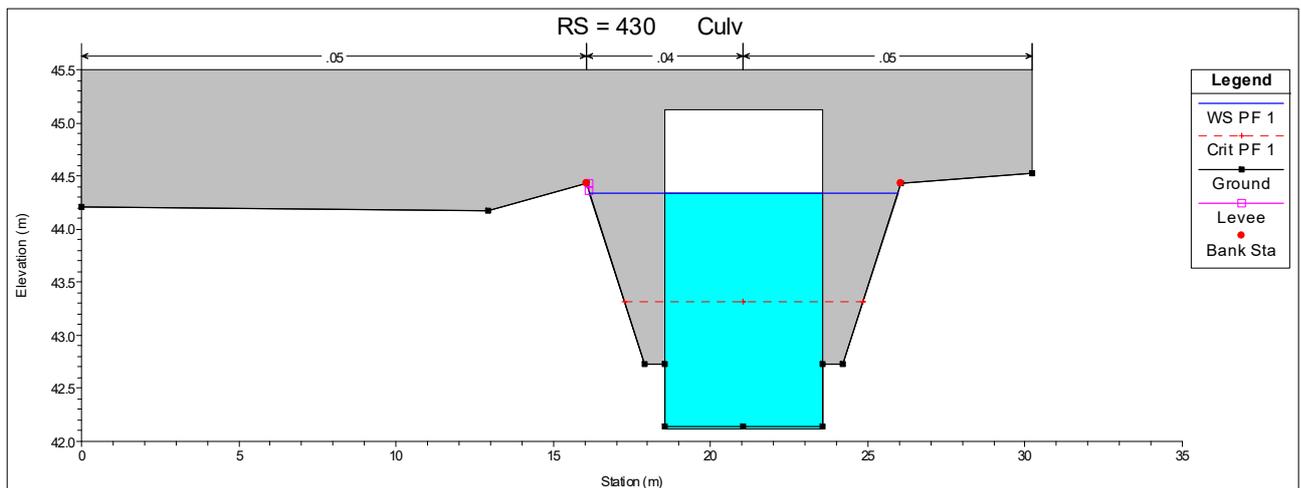


FIGURA 7b –LIVELLO IDRICO RAGGIUNTO PER EFFETTO DELLA PORTATA DUECENTENNALE IN CORRISPONDENZA DELLA SEZIONE IMMEDIATAMENTE A VALLE DELL'ATTRAVERSAMENTO IN PROGETTO (V. TAVOLA S01ID00IDRDI14).

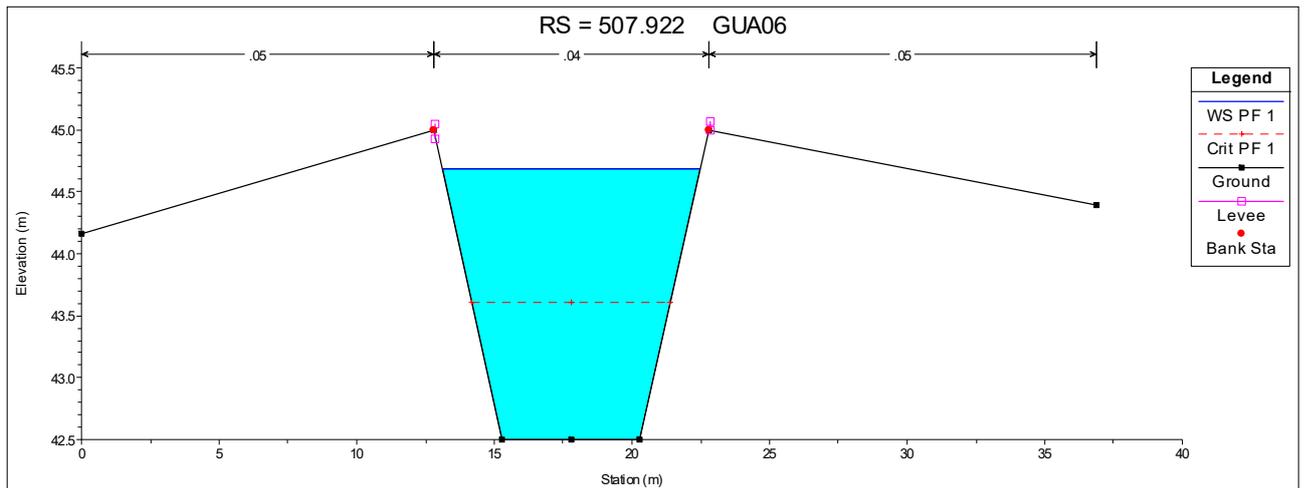


FIGURA 7c –LIVELLO IDRICO RAGGIUNTO PER EFFETTO DELLA PORTATA DUECENTENNALE IN CORRISPONDENZA DELLA SEZIONE GUA06.

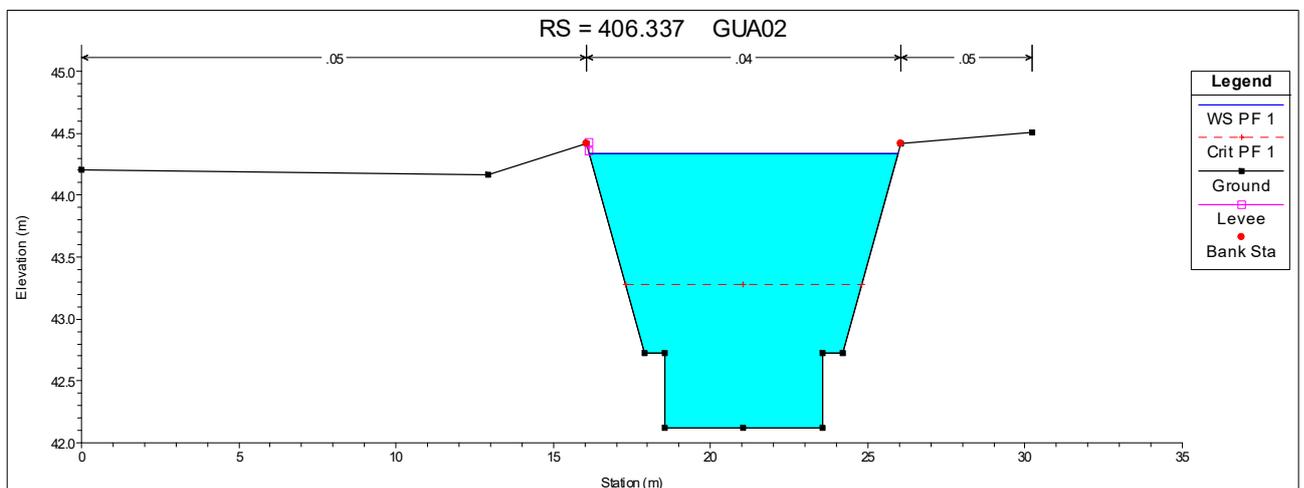


FIGURA 7d –LIVELLO IDRICO RAGGIUNTO PER EFFETTO DELLA PORTATA DUECENTENNALE IN CORRISPONDENZA DELLA SEZIONE GUA02.

4. VERIFICA ALL'EROSIONE PER TRASCINAMENTO E ROTOLAMENTO

Nel presente paragrafo si riporta la verifica all'erosione per trascinamento e rotolamento, in corrispondenza della sezione immediatamente a monte dell'attraversamento del Cavo Guazzatore (sez GUA05); ciò al fine di verificare il rivestimento in massi con pezzatura pari a 50kg-300kg, esteso al tratto intercluso tra tangenziale e ferrovia e raccordato con l'immissione della Fossetta Santo Monte (v. figura 4), in accordo con le osservazioni 3.1 e 3.2 del Consorzio di Bonifica Dell'Emilia Centrale. Per la parte teorica si rimanda alla relazione "premesse alle relazioni idrauliche"; si riportano di seguito quindi i risultati delle verifiche al trascinamento ed al rotolamento, sia al fondo che sulla sponda.

a) Analisi dell'erosione al fondo mediante utilizzo dell'abaco di Shields

Nella tabella che segue si riportano le caratteristiche geometriche della sezione scelta (localizzata a valle dell'attraversamento) e le caratteristiche idrauliche per effetto della propagazione della piena duecentennale; la verifica è stata effettuata considerando il rivestimento consigliato dal

consorzio di bonifica dell'Emilia Romagna, caratterizzato da massi non gelivi di peso compreso tra 50 e 300 kg e peso specifico pari a 2400 kg/m³; sulla base di tali informazioni è facile calcolare il diametro medio delle particelle pari a circa 0.5m.

Portata (m³/s)	20.54
Velocità (m/s)	1.26
Raggio idraulico (m)	1.323
Diametro particelle (m)	0.5
Peso specifico acqua (kg/m³)	1000
Peso specifico ghiaia (kg/m³)	2400
Viscosità cinematica a 20° (m² s⁻¹)	0.000001
Densità a 20° (kg m⁻⁴s²)	101.79
Pendenza del corso d'acqua θ	0.005
Tirante (m)	2.21
Pendenza linea energia J	0.002

L'applicazione delle relazioni sopra descritte fornisce i seguenti valori:

Tensione di trascinamento τ (kg/m²)	2.314
Numero di Reynolds Re^*	>1000
Parametro di Shields in condizioni critiche Y_c	0.056
Tensione di trascinamento in condizioni critiche τ_c (kg/m²)	39.2

da cui si evince che la tensione di trascinamento al fondo τ risulta essere minore della tensione critica di trascinamento τ_c .

b) analisi dell'erosione sulla sponda.

In tale caso è stato necessario valutare l'angolo di naturale declivio β e la pendenza della scarpata (α); come valore di angolo di naturale declivio si è utilizzato, a vantaggio di sicurezza, un valore pari a 50 gradi, considerando che per le scogliere in massi naturali di opere marittime si utilizza un valore di $\beta=75^\circ$ (Da deppo et al., 2004)¹.

Diametro particelle (m)	0.5
Pendenza scarpata α, (°)	35
Angolo di natural declivio β, (°)	50
Tensione di trascinamento τ (kg/m²)	2.31
Numero di Reynolds Re^*	>1000
Parametro di Shields in condizioni critiche Y_c	0.056
Tensione di trascinamento in condizioni critiche τ_c (kg/m²)	25.98

Come si può notare anche in questo caso la tensione di trascinamento al fondo τ risulta essere minore della tensione critica di trascinamento τ_c che è minore rispetto al caso precedente.

c) Analisi dell'erosione per rotolamento delle particelle.

¹ L. Da Deppo, C. Datei, P. Salandin, Sistemazione dei corsi d'acqua, Libreria Internazionale Cortina Padova, ISBN 88-7784-246-6, 2004

In tale caso è stato necessario introdurre il valore dell'angolo di Pivoting, assunto un valore pari a 50 gradi.

Angolo Pivoting ϕ (°)	50
Tensione di trascinamento (kg/m²)	2.31
Numero di Reynolds Re*	>1000
Parametro di Shields in condizioni critiche Yc	0.056
Tensione di trascinamento in condizioni critiche (kg/m²)	39.04

Come si può notare anche in questo caso, la tensione di trascinamento al fondo τ risulta essere minore della tensione critica di trascinamento $\tau_{c,no}$ che è minore rispetto al caso dello strisciamento.

d) Analisi dell'erosione per rotolamento delle particelle sulle sponde

Anche in tale caso è stato necessario utilizzare l'angolo di naturale declivio (assunto pari a 50°). Come si può notare anche in questo caso, la tensione di trascinamento al fondo τ risulta essere minore della tensione critica di trascinamento $\tau_{c,no}$ che è minore rispetto ai casi precedenti.

Angolo di natural declivio β (°)	50
Pendenza scarpata α (°)	35
Angolo Pivoting ϕ (°)	50
Tensione di trascinamento (kg/m²)	2.314
Numero di Reynolds Re*	>1000
Parametro di Shields in condizioni critiche Yc	0.056
Tensione di trascinamento in condizioni critiche (kg/m²)	25.87

5. RIFACIMENTO BOTTE A SIFONE DELLA CONDOTTA CAVAZZOLI-RONCOCESI

In questo paragrafo si riporta integralmente quanto riportato nel progetto definitivo a proposito del rifacimento della botte a sifone della condotta Cavazzoli Roncocesi.

Immediatamente a monte dell'imbocco del tombino precedentemente esaminato è presente la Condotta Cavazzoli-Roncocesi che oltrepassa il Cavo Guazzatore con una botte a sifone, per poi continuare il suo percorso verso nord, parallelamente al canale stesso. La condotta termina il suo corso all'altezza di via Normandia dove avviene lo scarico nel Guazzatore.

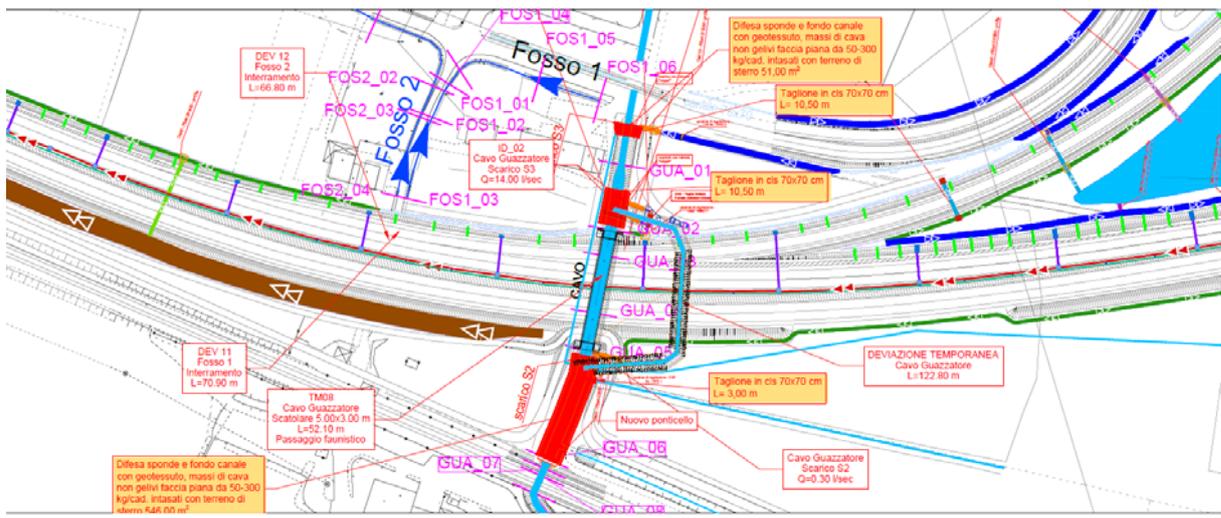


FIGURA 8 - PLANIMETRIA DEL TOMBINO TM08 DEL CAVO GUAZZATORE E DEL RIFACIMENTO DELLA CONDOTTA CAVAZZOLI-RONCOCESI

La scelta di prevedere il rifacimento di una porzione della Condotta Cavazzoli-Roncocesi, che comprende sia la botte a sifone sotto al Guazzatore che il tratto subito a valle di circa 72m, è motivata dal fatto che durante le fasi di cantiere, i numerosi mezzi meccanici che transitano sopra alla condotta, posta a circa 1.0m dal piano campagna attuale, potrebbero causare dei cedimenti e conseguenti rotture della stessa, costituita da tubi in PVC Ø800 PN6.

Il rifacimento della botte a sifone (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) prevede l'impiego di tubi e pezzi speciali delle medesime caratteristiche dell'attuale. Il tubo è baulato con 15 cm di cls C25/30 armato con rete elettrosaldata Ø6 e maglie 15cmx15cm. L'alveo del Cavo Guazzatore è opportunamente rivestito su sponde e fondo con massi di cava non gelivi di pezzatura di 50-300Kg/cad intasati con terreno di sterro, al fine di proteggere la condotta durante le fasi di risezionamento e manutenzione ordinaria del canale.

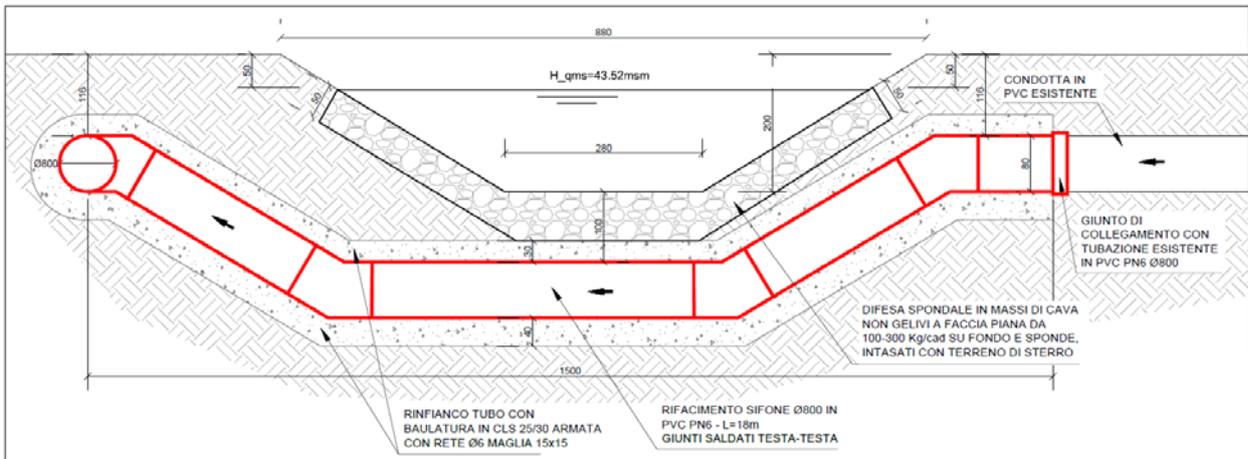


FIGURA 9 - RIFACIMENTO DELLA BOTTE A SIFONE SOTTO AL CAVO GUAZZATORE.

A valle del sifone, il tratto di cui si prevede il rifacimento si sviluppa per l'intera larghezza della tangenziale, per una lunghezza di circa 72m (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**). Le caratteristiche del tubo e della baulatura sono analoghe a quelle precedenti.

I raccordi con la tubazione esistente sono realizzati con giunti a perfetta tenuta idraulica.

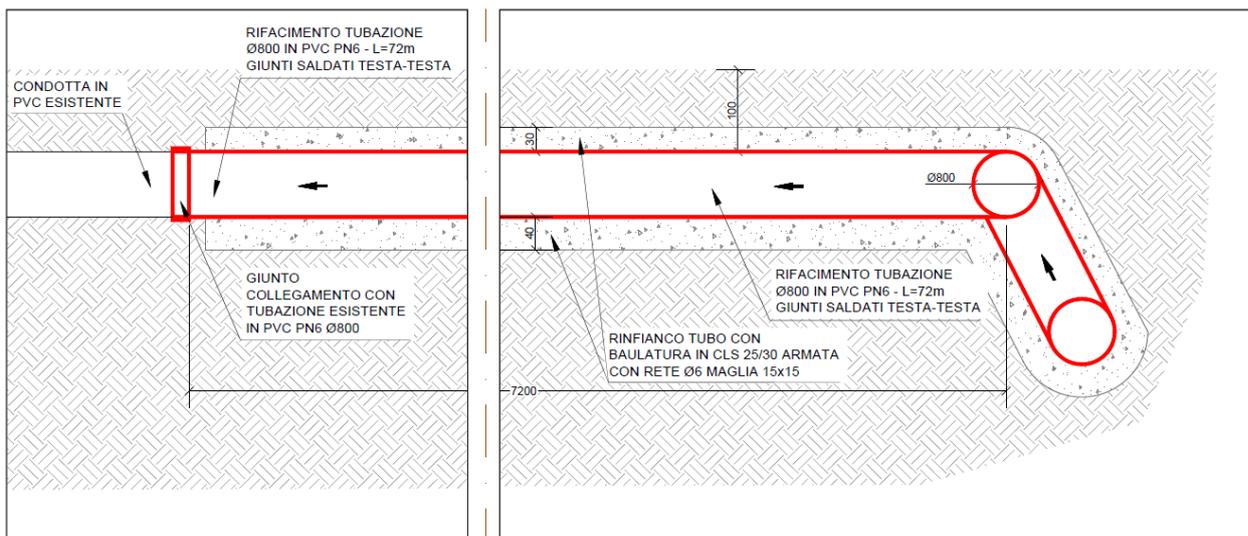


FIGURA 10 - RIFACIMENTO DELLA CONDOTTA CAVAZZOLI-RONCOCESE NEL TRATTO PARALLELO AL CAVO GUAZZATORE.