

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

PROGETTO ESECUTIVO

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

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

<h1>FA 010</h1>	<h2>F - PROGETTO IDRAULICO</h2> <h3>FA - RELAZIONI</h3> <h4>Relazione idraulica Fossetta Ballanleoche</h4>
-----------------	--

<p>CODICE PROGETTO</p> <p>PROGETTO LIV. PROG. ANNO</p> <p>COBO E 1701</p>	<p>NOME FILE</p> <p>T00ID00IDRRE01.dwg</p>	<p>REVISIONE</p> <p>C</p>	<p>SCALA:</p>
<p>CODICE ELAB.</p> <p>T00ID00IDRRE10</p>			

C	EMISSIONE A SEGUITO DI ISTRUTTORIA INTERNA ANAS	DICEMBRE 2018	ING. PEZZULLA	ING. INCECCHI	ING. BAJETTI
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	8
4. VERIFICA ALL'EROSIONE PER TRASCINAMENTO E ROTOLAMENTO	14
5. MODIFICHE INTRODOTTE NEL PROGETTO ESECUTIVO PER EFFETTO DELLA OSSERVAZIONE N. 3.2 DEL CONSORZIO DI BONIFICA	16

1. PREMESSA

Nella presente relazione si riporta la descrizione dello studio idraulico effettuato sulla Fossetta Ballanleoche, 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 Roncoesi 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) "Il progetto prevede l'attraversamento con un tombino di dimensioni 3.00m x 2.50m per il quale sarà necessario un abbassamento del fondo attuale. L'attraversamento è dotato di scavalcafossi, ma a monte l'area interclusa tra la tangenziale e la ferrovia diverrebbe di difficile accesso per la manutenzione, vista la presenza ravvicinata di 3 tombamenti e, pertanto, si richiede il prolungamento del tombamento in progetto fino alla ferrovia prevedendo con essa idoneo raccordo (verrà quindi eliminato il Φ 1800 di attraversamento di una stradina).....Si ricorda di dotare tutti i raccordi tra tratti tombinati e tratti a cielo aperto di muri d'ala discendenti opportunamente inclinati in modo da diminuire le perdite di carico all'imbocco e allo sbocco.....I parapetti anticaduta dovranno essere costituiti in prevalenza da profili verticali per rendere più difficoltoso lo scavalco degli stessi."

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 trascinarsi e rotolamento, relativamente ad una sezione posta in corrispondenza del tratto da rivestire, considerando il rivestimento in massi con pezzatura pari a 50kg-300kg, in accordo con l'osservazione 3.1 del Consorzio di Bonifica Dell'Emilia Centrale; nel paragrafo 5 si riportano le modifiche introdotte e nel progetto esecutivo per effetto della osservazione n. 3.2 del Consorzio di Bonifica.

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

La Fossetta Ballanleocche è un corso d'acqua gestito dal Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale, che interferisce con la viabilità in progetto alla sezione stradale n. 142.

Il canale si sviluppa con andamento Sud-Nord e a valle dell'interferenza con la viabilità in progetto confluisce nel Cavo Guazzatore. Come riportato nel progetto definitivo il corso d'acqua in esame è un canale promiscuo, principalmente di scolo e 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 argillosi. La sezione trapezia del canale nel tratto interessato presenta una base maggiore di circa 4.50m, base minore di circa 1.00m ed altezza pari a circa 1.70m.



FIGURA 1 - FOSSETTA VALLE BALLANLEOCHE ALLA SEZIONE D'INTERFERENZA CON LA STRADA IN PROGETTO

L'interferenza con la viabilità in progetto viene risolta mediante l'inserimento di uno scatolare (TM09) di dimensioni 4.5x2.50m, lunghezza 39.50m, con quote di fondo rispettivamente pari a 40.52 m s.l.m. all'imbocco e 40.42m s.l.m. allo sbocco. A valle dell'interferenza, per una lunghezza totale pari a circa 115m, è prevista la ricalibratura del canale con una sezione di deflusso di dimensioni pari a 8.00m di base maggiore, 4.5m di base minore e 2.00m di altezza. L'allargamento della sezione dell'attraversamento e la ricalibratura della canalizzazione sono stati effettuati 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; tali variazioni sono state effettuate anche al fine di evitare l'incremento del rischio di esondazione rispetto alla condizione attuale

Per l'intero tratto di canale rizezionato, in accordo con quanto riportato nel progetto definitivo, è prevista la protezione delle sponde e del fondo mediante rivestimento; in accordo con le prescrizioni del Consorzio di bonifica il rivestimento viene realizzato in massi di cava non gelivi del peso di 50-300 Kg/cad intasati con terreno di sterro, inoltre il tombamento è stato prolungato fino alla ferrovia, prevedendo con essa un idoneo raccordo.

Le tavole di riferimento in cui è riportata la risoluzione dell'attraversamento della Fossetta Ballanleocche sono la S01ID00IDRD115 e la S01ID00IDRSZ07. I manufatti idraulici esistenti nel tratto di canale esaminato sono i seguenti (partendo da valle verso monte):

1. Attraversamento poderale realizzato come prolungamento a monte del tombino in progetto della tangenziale, sulla base delle prescrizioni del consorzio di bonifica;
2. Ponticello scatolare a volta B=0.95m e H=1.50m per l'attraversamento della Ferrovia MI-BO;
3. Tombino scatolare a volta B=2,0m e H=1.40m a monte dell'attraversamento ferroviario.

Come concordato con il Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale in fase di progettazione definitiva, la tombinatura è stata prolungata monte/valle 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.

TABELLA 1 - PRINCIPALI CARATTERISTICHE DELLA FOSSETTA BALLANLEOCHE.

NO ME	FOSSETTA BALLANLEOCHE	
ENTE GESTORE	<i>Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale</i>	
LOCALITA'	<i>Pieve Modolena</i>	
Sezione	<i>142</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>assenza di erosioni</i>
CARATTERISTICHE CORSO D'ACQUA	RANGO	<i>secondario</i>
	USO	<i>promiscuo</i>
	GRANULOMETRIA	<i>limo argilloso</i>
	AMBIENTE FLUVIALE	<i>vegetazione spondale erbacea rada</i>
CARATTERISTICHE DEL PAESAGGIO	TERRITORIO CIRCOSTANTE	<i>campagna aperta con presenza di infrastrutture stradali e ferroviarie</i>
CARATTERISTICHE IDRAULICHE	CONDIZIONI AL CONTO RNO	<i>corrente lenta: pendenza di moto uniforme a valle</i>
	SCABREZZA (m ^{1/3} /s)	<i>20-25</i>

Il tombino in esame è in linea rispetto al corso d'acqua, quindi per la sua realizzazione è necessario prevedere una deviazione provvisoria temporanea, caratterizzata da una sezione trasversale uguale all'attuale B=4.5, b=1.0m H=1.7m e con uno sviluppo longitudinale di circa 78m.

Si rimanda alla relazione "Interventi di sistemazione idraulica" (tavola T00ID00IDRRE18) la trattazione completa delle fasi di cantiere nel caso di una deviazione di un canale secondario, come quello in esame.

3. VERIFICHE IDRAULICHE

Per la modellazione idraulica è stata adottata la portata presente nella relazione idrologica, pari a 6.19 m³/s, caratterizzata da tempo di ritorno pari a 200 anni 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.

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 ricavata da rilievo in campo, senza l'introduzione di alcuna opera in progetto;
- stato di progetto che prevede il risezionamento del corso d'acqua e l'introduzione del manufatto 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 circa 10 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 FBA08 e prosegue verso la sez. FBA07 da dove ha inizio un tombino scatolare (di dimensioni 2*1.4m) che termina immediatamente a monte della ferrovia; a valle dell'attraversamento ferroviario ha inizio un tombino scatolare (TM09 di dimensioni 4.5*2.5) adeguatamente raccordato al tombino della ferrovia che, proseguendo senza soluzione di continuità, attraversa la tangenziale in progetto e termina in corrispondenza della sezione FBA02 risagomata e caratterizzata da base maggiore B=8m, base minore b=4.5m e altezza h=2m; il tratto simulato prosegue fino alla sezione FBA 01v (base maggiore B=8m, base minore b=4.5m e altezza h=2m) da cui ha inizio il raccordo fino alla sezione FBA 00 lasciata allo stato attuale in modo da riprodurre le reali condizioni al contorno di valle. Il tratto simulato si estende per una lunghezza di circa 750m, di cui 500m circa a monte dell'attraversamento in esame e 250 m circa a

valle dello stesso attraversamento; si precisa che a monte della sezione FBA05 è stato inserito l'alveo nelle condizioni attuali includendo anche l'attraversamento ferroviario rilevato in campo e il tombino scatolare a monte dello stesso attraversamento ferroviario.

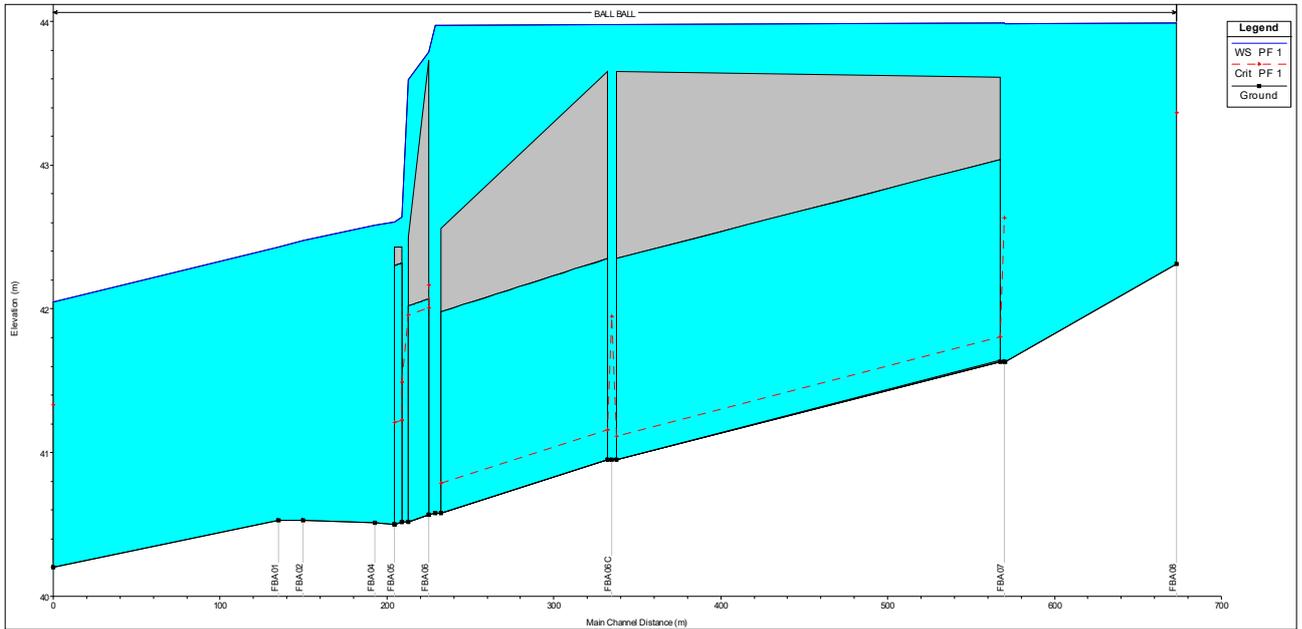
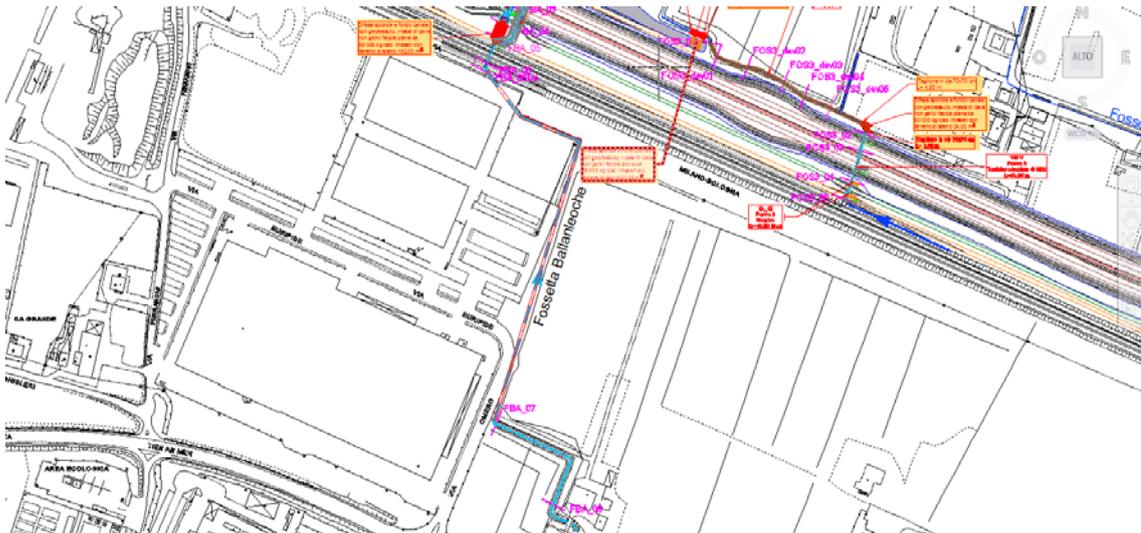


FIGURA 3 - ANDAMENTO LONGITUDINALE DEL THALWEG NEL TRATTO DI CANALE CONSIDERATO NELLO STATO DI FATTO



W

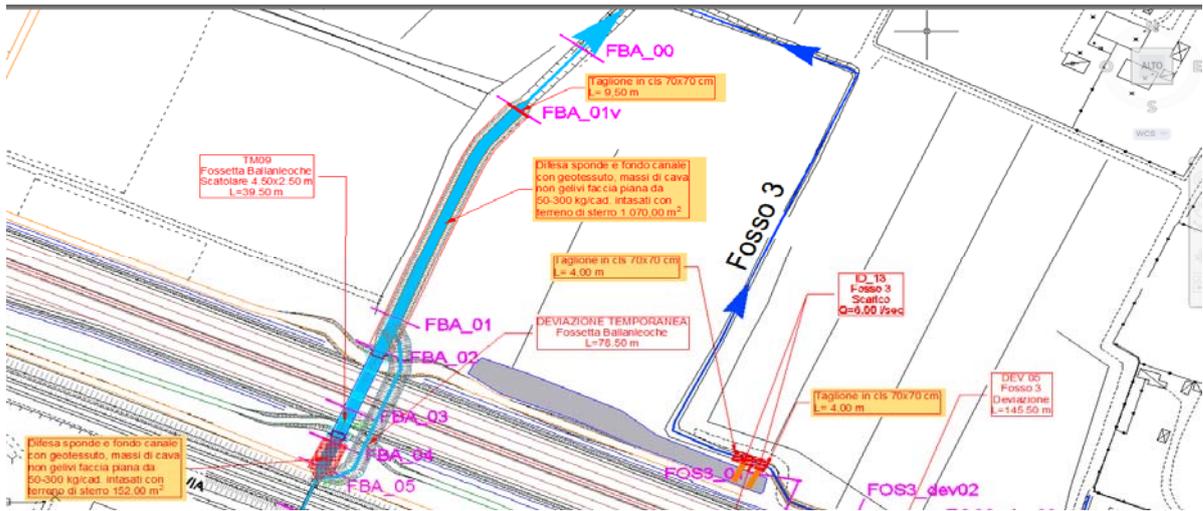


FIGURA 4 - TRATTO DEL CANALE SIMULATO CON INDICAZIONE DELLE SEZIONI TOPOGRAFICHE

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, pari a 6.19 m³/s.

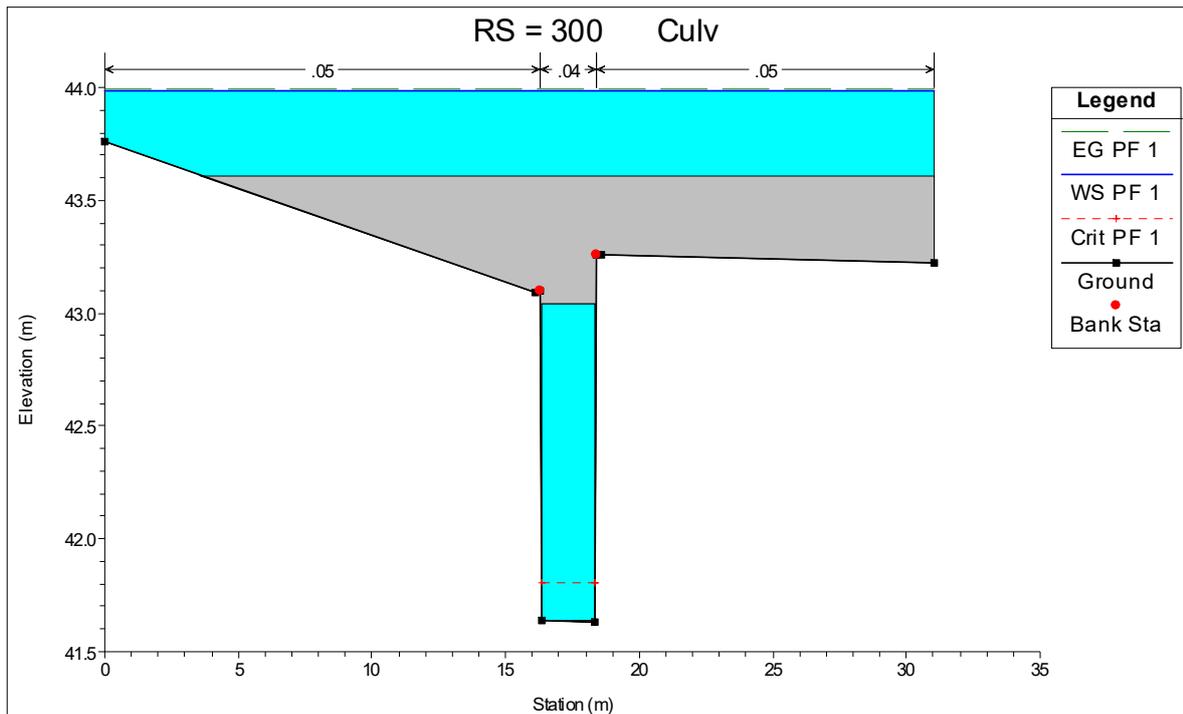


FIGURA 5a - LIVELLO IDROMETRICO RAGGIUNTO ALLA SEZIONE TRASVERSALE LOCALIZZATA A MONTE DEL TOMBINO SCATOLARE, LOCALIZZATO ALL'INIZIO DEL TRATTO SIMULATO NELLO STATO DI FATTO

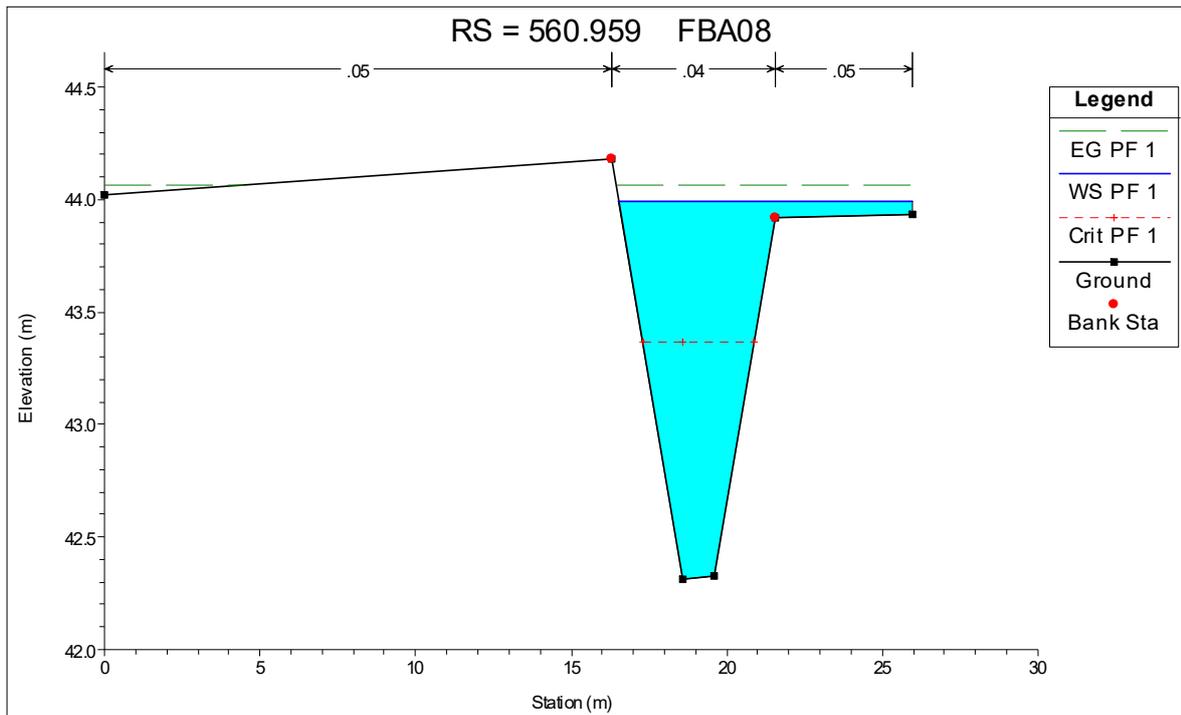


FIGURA 5b - LIVELLO IDROMETRICO RAGGIUNTO ALLA SEZIONE TRASVERSALE LOCALIZZATA ALL'INIZIO DEL TRATTO SIMULATO NELLO STATO DI FATTO

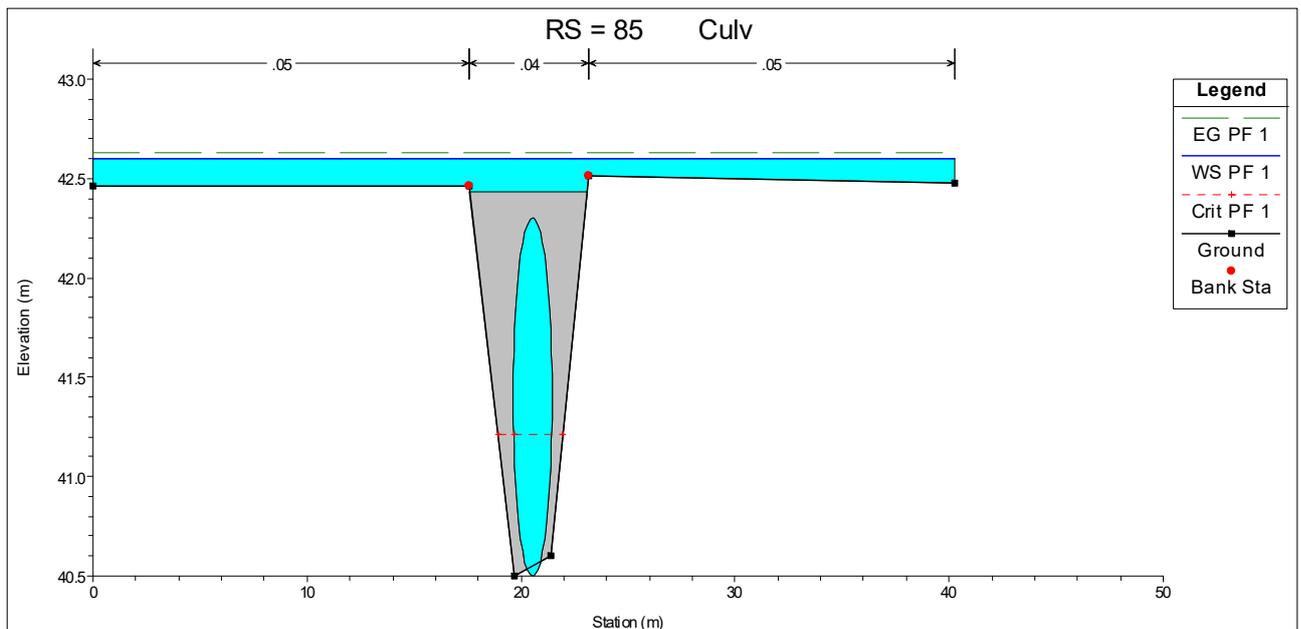


FIGURA 5c - LIVELLO IDROMETRICO RAGGIUNTO ALLA SEZIONE TRASVERSALE LOCALIZZATA A VALE DELL'ATTRAVERSAMENTO FERROVIARIO NELLO STATO DI FATTO.

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 4.50x2.5m, inoltre si tiene conto del risezionamento del corso d'acqua in corrispondenza dell'attraversamento in progetto e a valle dell'interferenza stradale.

Nella tabella seguente si riportano le dimensioni dell'attraversamento e del tratto di corso d'acqua, rivisitato a seguito della modellazione numerica effettuata.

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

FOSSETTA BALLANLEOCHE			
ATTRAVERSAMENTO			
TM9		B	H
		4.5	2.5
CANALE			
	B (m)	b (m)	H (m)
FBA08	NESSUNA MODIFICA		
FBA07	NESSUNA MODIFICA		
FBA06b	NESSUNA MODIFICA		
FBA06	NESSUNA MODIFICA		
2	8	4.5	2
FBA05	8	4.5	2
FBA04	8	4.5	2
FBA03	8	4.5	2
FBA02	8	4.5	2
FBA01	8	4.5	2
FBA 01 V	8	4.5	2
FBA 00	NESSUNA MODIFICA		

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.

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
		[m³/s]	[m s.l.m.]	[m s.l.m.]	[m s.l.m.]		[m]	
560.959	FBA08	6.19	42.31	43.96	44.04	0.003273	9.39	0.4
448		6.19	41.63	43.95	43.96	0.000229	25.96	0.11
447.465	FBA07	6.19	41.63	43.95	43.96	0.000285	31.02	0.09
300		Culvert		43.95;43.94				
212.149	FBA06C	6.19	40.95	43.94	43.95	0.00025	31.02	0.07
150		Culvert		43.94;43.93				
106.411	FBA06B	6.19	40.58	43.93	43.93	0.000207	31.02	0.06
106		6.19	40.59	43.93	43.93	0.000013	40.29	0.03
102		6.19	40.57	43.93	43.93	0.000013	40.29	0.03
101.731	FBA06	6.19	40.57	43.74	43.91	0.015753	1.15	0.35
90 Culv		Culvert		43.74;42.23				
81.562	2_(monte FBA05)	6.19	40.57	42.19	42.25	0.00055	7.4	0.17
50 Culv		Culvert		42.19;42.17				
27.044	FBA04	6.19	40.42	42.17	42.2	0.000444	7.58	0.16
12.314	FBA01	6.19	40.39	42.18	42.19	0.000423	7.63	0.15
4	FBA 01 V	6.19	40.24	42.14	42.15	0.000341	7.82	0.14
2	FBA 00	6.19	40.2	42.05	42.12	0.003005	4.66	0.37

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]	
560.959	FBA08	6.19	42.31	43.99	44.06	0.002973	9.43	0.38
448		6.19	41.63	43.98	43.99	0.000206	25.96	0.11
447.465	FBA07	6.19	41.63	43.99	43.99	0.000251	31.02	0.08
300		Culvert		43.99;43.98				
212.149	FBA06C	6.19	40.95	43.98	43.98	0.000217	31.02	0.07
150		Culvert		43.98;43.97				
106	FBA06B	6.19	40.58	43.97	43.97	0.000012	40.29	0.03
101.731	FBA06	6.19	40.57	43.79	43.96	0.015175	1.15	0.34
100 Culv		Culvert		43.79;43.60				
90	3 (monte_FBA05)	6.19	40.52	42.64	42.66	0.000728	40.29	0.19
85 Culv		Culvert		42.64;42.60				
80	FBA05	6.19	40.5	42.6	42.63	0.000776	40.29	0.2
69.957	FBA04	6.19	40.51	42.58	42.62	0.001264	40.79	0.24
27.044	FBA02	6.19	40.53	42.47	42.54	0.002472	17.65	0.33
12.314	FBA01	6.19	40.53	42.43	42.5	0.002611	17.01	0.34
2	FBA00	6.19	40.2	42.05	42.12	0.003005	4.66	0.37

In corrispondenza del manufatto di attraversamento il valore di portata di progetto genera un franco idraulico superiore o uguale a 0.75m (v. fig. 7b), in accordo con le prescrizioni riportate nel Capitolato d'oneri Prescrizioni per la redazione del Progetto Esecutivo ANAS.

Dalle sezioni trasversali si evince che la canalizzazione risezionata (FBA05-FBA01) è in grado di ospitare le portate di deflusso; sulla restante parte, anche se sono presenti esondazioni in alcune sezioni a monte dell'intervento, il confronto dei tiranti idrici (v. livelli in tabella 3) con lo stato attuale 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".

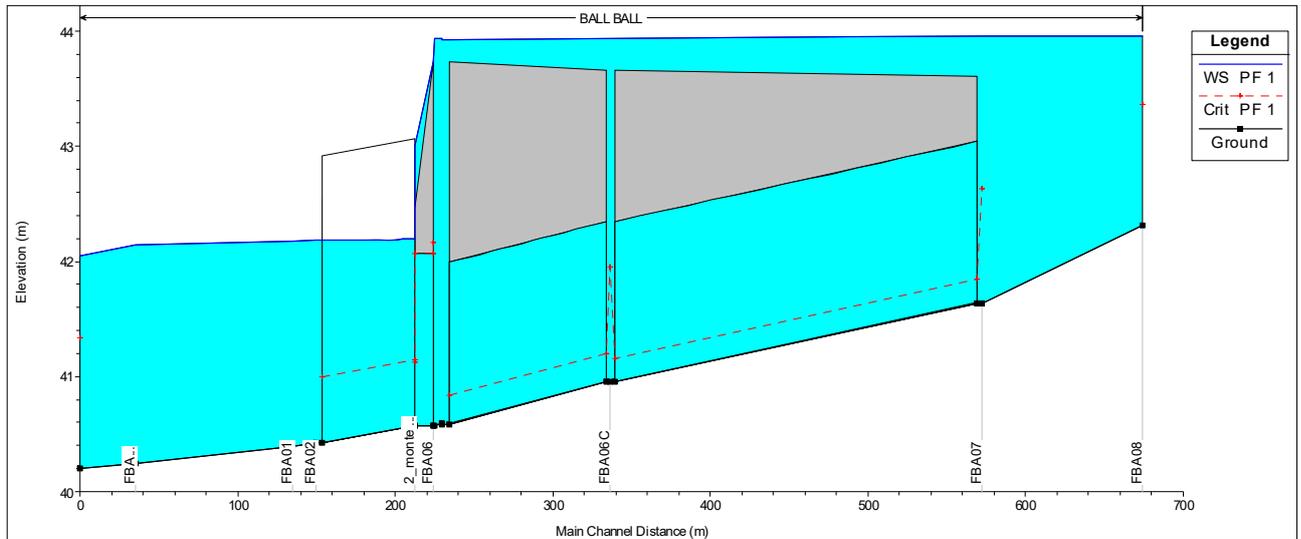


FIGURA 6 - PROFILO DI RIGURGITO NELLO STATO DI PROGETTO.

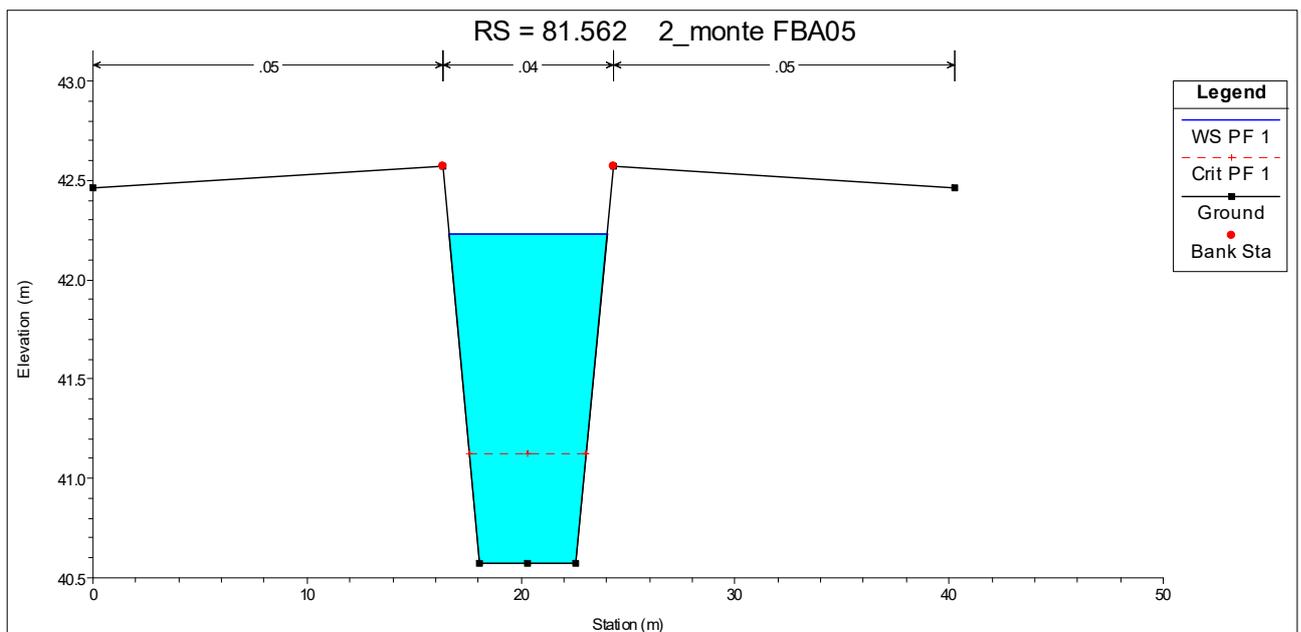


FIGURA 7A - SEZIONE FBA05 E LIVELLO IDRICO RAGGIUNTO PER EFFETTO DELLA PORTATA DUECENTENNALE.

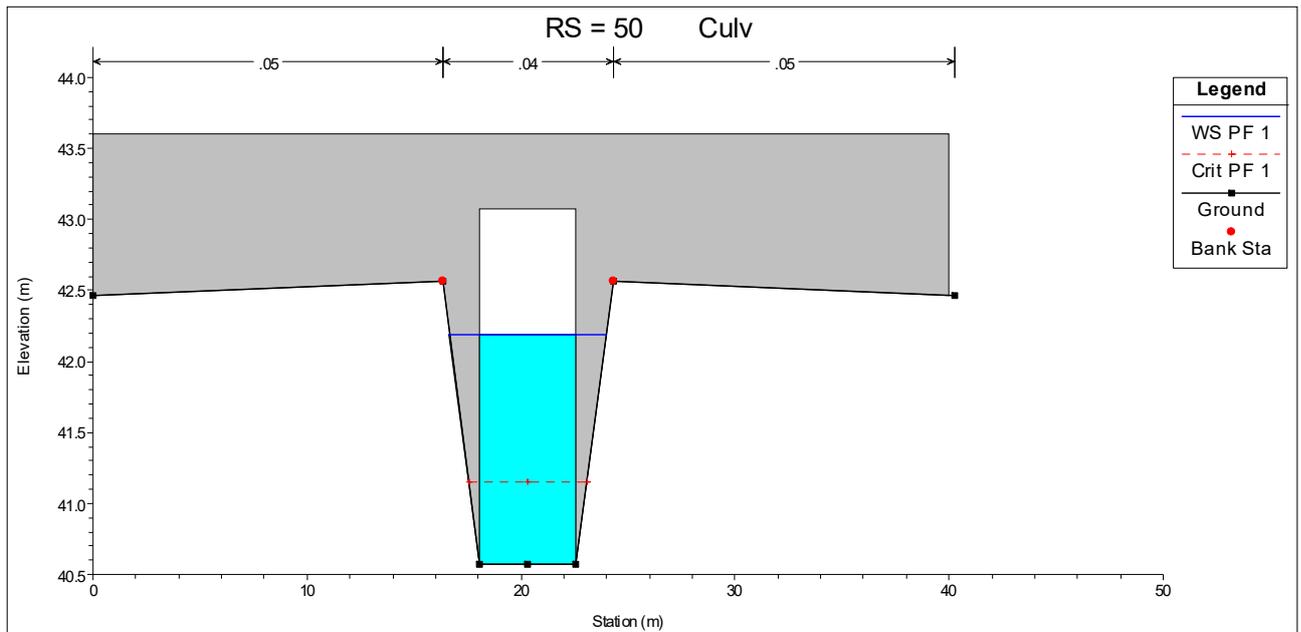


FIGURA 7B – SEZIONE MONTE ATTRAVERSAMENTO STRADALE E LIVELLO IDRICO RAGGIUNTO IN CORRISPONDENZA DELLA PIENA DUECENTENNALE.

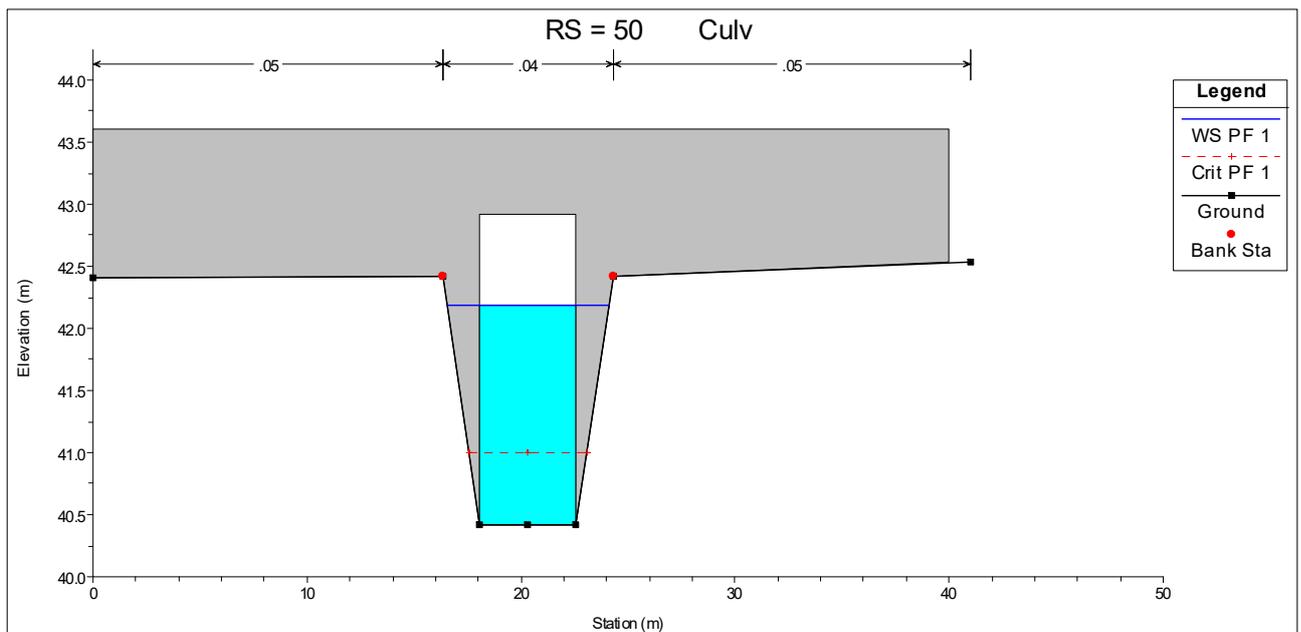


FIGURA 7C – SEZIONE VALLE ATTRAVERSAMENTO STRADALE E LIVELLO IDRICO RAGGIUNTO IN CORRISPONDENZA DELLA PIENA DUECENTENNALE.

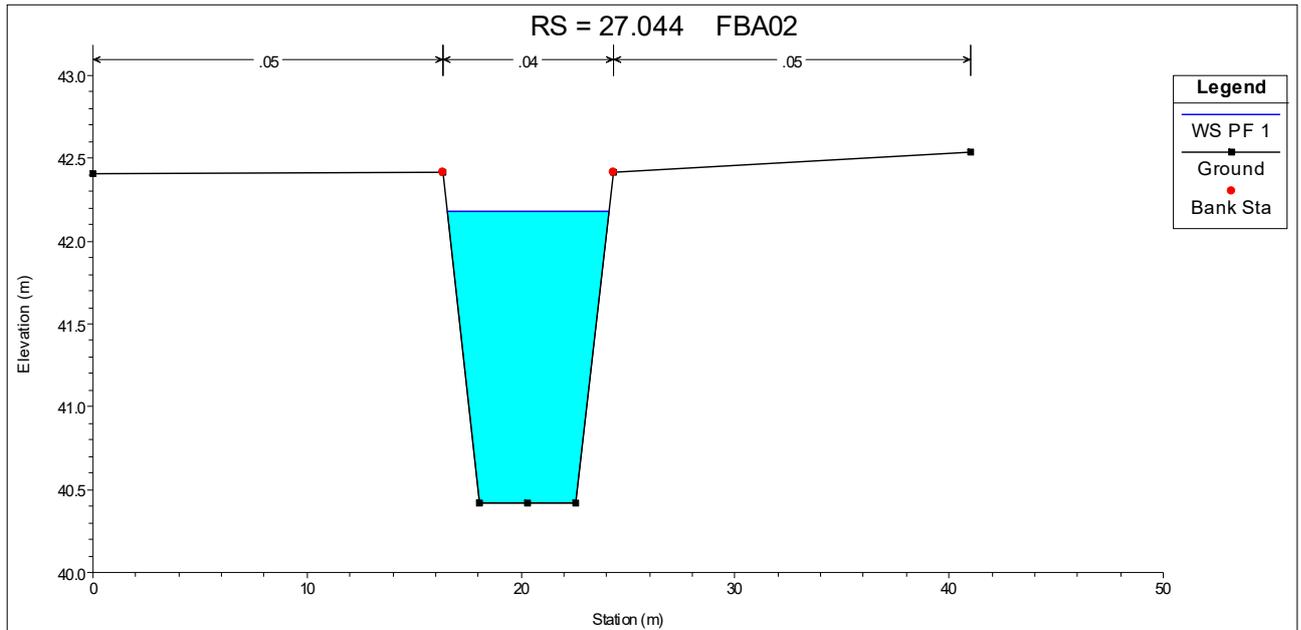


FIGURA 7D – SEZIONE FBA02 E LIVELLO IDRICO RAGGIUNTO PER EFFETTO DELLA PORTATA DUECENTENNALE .

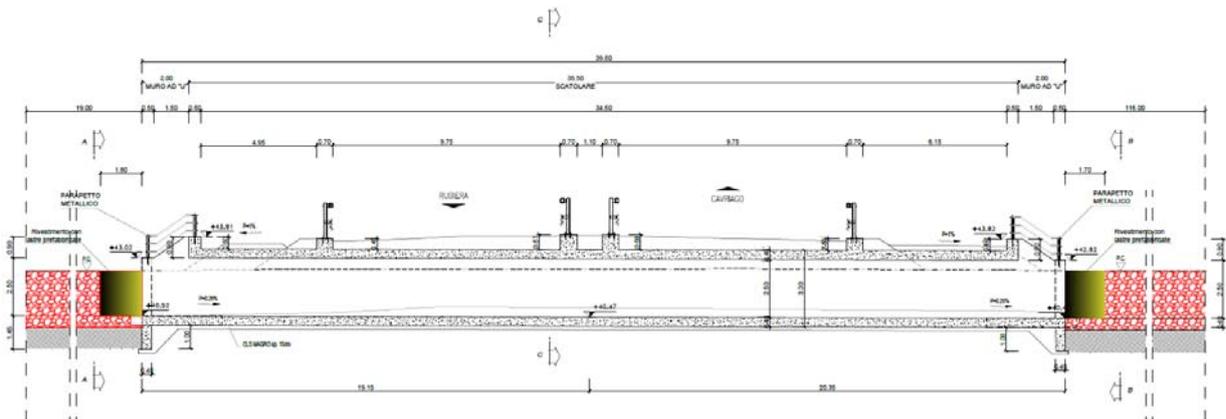


FIGURA 7F – PARTICOLARE ESECUTIVO PROFILO ATTRAVERSAMENTO TM09 (V. TAVOLA S01ID00IDRDI15).

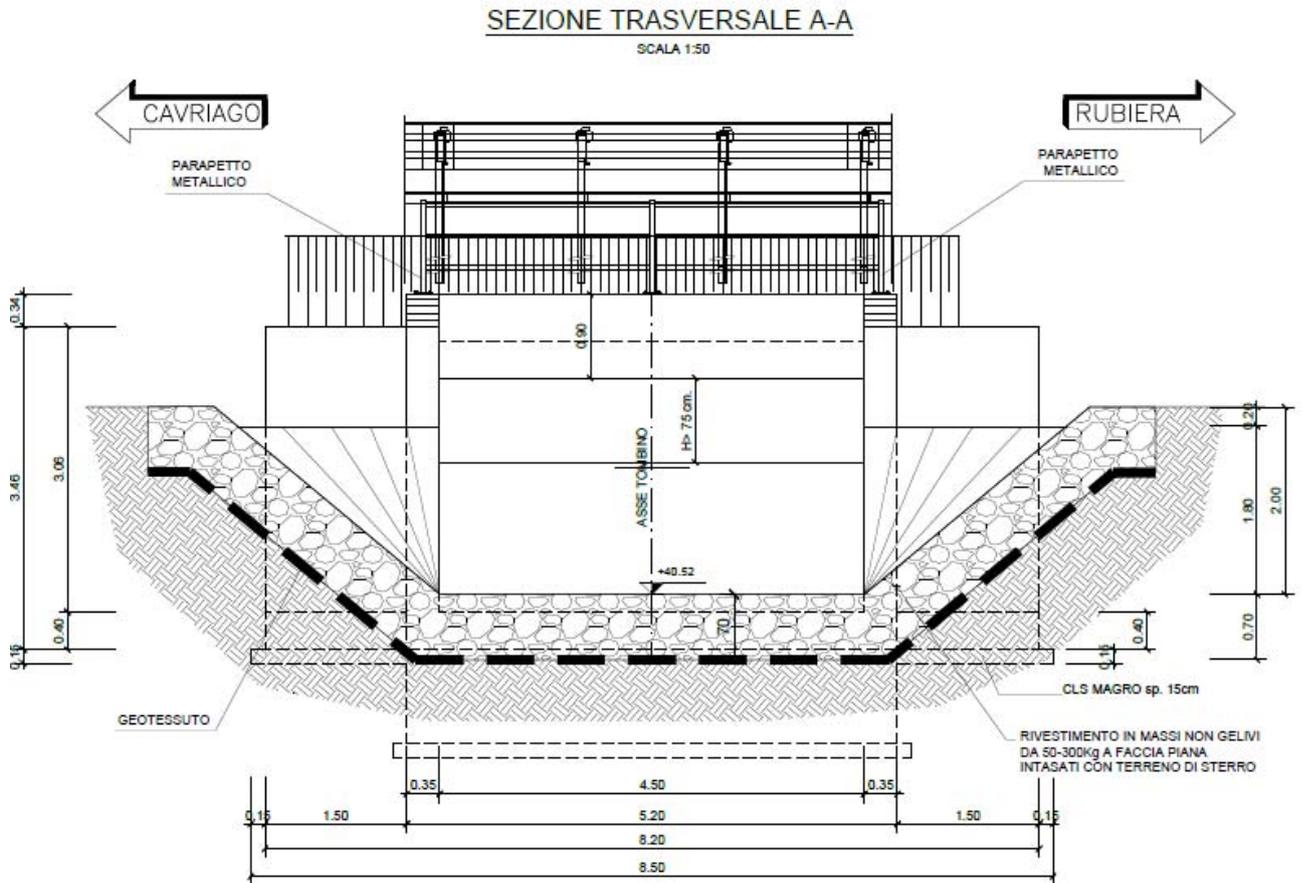


FIGURA 7F – PARTICOLARE ESECUTIVO ATTRAVERSAMENTO TM09 (V. TAVOLA S01ID00IDRDI15).

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 valle dell'attraversamento della Fossetta Ballanleocche (FBA02); per la parte teorica si rimanda alla relazione "premesse alle relazioni idrauliche"; si riportano di seguito quindi i risultati delle verifiche allo strisciamento 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)	6.19
Velocità (m/s)	0.58
Raggio idraulico (m)	1.160
Diametro particelle (m)	0.5
Peso specifico acqua (kg/m³)	1000
Peso specifico ghiaia (kg/m³)	2400
Viscosità cinematica a 20° (m²s⁻¹)	0.000001
Densità a 20° (kg m⁻⁴s²)	101.79
Pendenza del corso d'acqua θ	0.002
Tirante (m)	1.76
Pendenza linea energia J	0.0004

L'applicazione delle relazioni descritte nella parte teorica fornisce i seguenti valori:

Tensione di trascinamento τ (kg/m²)	0.515
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, (°)	48
Angolo di natural declivio β, (°)	50
Tensione di trascinamento τ (kg/m²)	0.52
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)	9.51

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

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.

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)	0.52
Numero di Reynolds Re*	>1000
Parametro di Shields in condizioni critiche Yc	0.056
Tensione di trascinamento in condizioni critiche (kg/m²)	39.13

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 (°)	48
Angolo Pivoting ϕ (°)	50
Tensione di trascinamento (kg/m²)	0.515
Numero di Reynolds Re*	>1000
Parametro di Shields in condizioni critiche Yc	0.056
Tensione di trascinamento in condizioni critiche (kg/m²)	9.50

5. MODIFICHE INTRODOTTE NEL PROGETTO ESECUTIVO PER EFFETTO DELLA OSSERVAZIONE N. 3.2 DEL CONSORZIO DI BONIFICA

Osservazione

“.....“Il progetto prevede l'attraversamento con un tombino di dimensioni 3.00m x 2.50m per il quale sarà necessario un abbassamento del fondo attuale. L'attraversamento è dotato di scavalcafossi, ma a monte l'area interclusa tra la tangenziale e la ferrovia diverrebbe di difficile accesso per la manutenzione, vista la presenza ravvicinata di 3 tombamenti e, pertanto, si richiede il prolungamento del tombamento in progetto fino alla ferrovia prevedendo con essa idoneo raccordo (verrà quindi eliminato il Φ 1800 di attraversamento di una stradina).....Si ricorda di dotare

tutti i raccordi tra tratti tombinati e tratti a cielo aperto di muri d'ala discendenti opportunamente inclinati in modo da diminuire le perdite di carico all'imbocco e allo sbocco.....I parapetti anticaduta dovranno essere costituiti in prevalenza da profili verticali per rendere più difficoltoso lo scavalco degli stessi."

Modifiche introdotte nel progetto:

Nel progetto esecutivo è stato predisposto il prolungamento del tombamento fino alla ferrovia prevedendo un idoneo raccordo con l'attraversamento ferroviario. *Si veda a tal proposito a tavola S01ID00IDRDI15 in cui si riporta la risoluzione della interferenza con il ballanleoche, la tavola S01ID00IDRSZ07 in cui si riportano le sezioni trasversali attuali e di progetto e la tavola S01ID00IDRFP08 in cui si riporta il profilo in corrispondenza dell'asse della canalizzazione.*