



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 012</h1>	F - PROGETTO IDRAULICO FA - RELAZIONI Relazione idraulica Fossetta Baratto
-----------------	---

CODICE PROGETTO PROGETTO LIV. PROG. ANNO COBO E 1701		NOME FILE T00ID00IDRRE12.dwg		REVISIONE B	SCALA:
CODICE ELAB. T00ID00IDRRE12		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	8
4. VERIFICA ALL'EROSIONE PER TRASCINAMENTO E ROTOLAMENTO	15
1. PREMESSA	

Nella presente relazione si riporta la descrizione dello studio idraulico effettuato sulla Fossetta Baratto, 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."*

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. 3); 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 i rivestimenti con pezzatura pari a 50kg-300kg, in accordo con l'osservazione 3.1 del Consorzio di Bonifica Dell'Emilia Centrale.

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

La Fossetta Baratto è un corso d'acqua gestito dal Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale, che è interferito dalla viabilità in progetto. Inoltre, a valle della tangenziale, il corso d'acqua è ulteriormente interessato dalla viabilità secondaria che collega viale Bice Bertani e via Hiroshima.

Il fosso si sviluppa con andamento SudEst-NordOvest e confluire nella Fossetta Valle Pieve Modolena, a valle dell'attraversamento della tangenziale in progetto. La fossetta Baratto ad uso promiscuo principalmente con funzione di scolo presenta, ove non tombato, 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 limi sabbiosi.

Come riportato nel progetto definitivo la Fossetta Baratto presenta una sezione trapezia caratterizzata da una base maggiore di circa 3.00m, base minore di circa 0.50m ed altezza pari a circa 0.80m. Il corso d'acqua nell'area di interferenza con la tangenziale in progetto si presenta tombato mediante una condotta Ø700 in CA.



FIGURA 1 - FOSSETTA BARATTO A VALLE DELLA SEZIONE D'INTERFERENZA CON LA STRADA IN PROGETTO

L'interferenza con la rotonda esistente viene risolta introducendo un tombino scatolare (TM06) di larghezza $B=3\text{m}$ ed altezza variabile da $H=1.4\text{m}$, che intercetta il tombino esistente (di diametro pari a 700 mm) nella sezione FOB_12 a monte della viabilità mediante un pozzetto prefabbricato in c.a. Il tombino scatolare si estende per una lunghezza totale di circa 53m e le quote di scorrimento sono rispettivamente 44.44 m s.l.m. all'imbocco e 44.41 m. s.l.m. allo sbocco, situato circa 17m a monte della sezione FOB_dev05, dove avviene l'immissione della Condotta Cavazzoli-Roncoresi tramite derivazione in pressione realizzata tramite tubo $\varnothing 300$ (TM24).

L'interferenza con la viabilità principale in progetto è risolta con l'introduzione di un tombino scatolare di larghezza $B=3\text{m}$ ed altezza $H=1.8\text{m}$ in CA (TM23) di sviluppo pari a 59.8 m le cui quote di scorrimento sono rispettivamente 44.30 m s.l.m. all'imbocco in corrispondenza della sezione 6 (localizzata circa 24 m a valle della sezione FOB_dev02) e 44.27 m. s.l.m. allo sbocco, localizzato circa 15m a monte della sezione FOB07.

L'interferenza con la viabilità secondaria in progetto è risolta con l'introduzione di un tombino scatolare di larghezza $B=2\text{m}$ ed altezza $H=1.5\text{m}$ in CA (TM07) di sviluppo pari a 48 m le cui quote di scorrimento sono rispettivamente 43.88 m s.l.m. all'imbocco in corrispondenza della sezione n.10 (localizzata circa 15 m a monte della sezione FOB_03) e 43.74 m. s.l.m. allo sbocco in corrispondenza della sezione n.11 (localizzata circa 2.5m a monte della sezione FOB_02).

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. 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 almeno 4m , come indicato nelle prescrizioni del Consorzio di Bonifica.

TABELLA 1 - PRINCIPALI CARATTERISTICHE DELLA FOSSETTA BARATTO.

NOME	FOSSETTA BARATTO	
ENTE GESTORE	<i>Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale</i>	
LOCALITA'	<i>Cavazzoli</i>	
SEZIONE	<i>77A</i>	
CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE	TIPO TRACCIATO	<i>Rettilineo</i>
	TIPO SEZIONE	<i>in scavo</i>
	TIPO ALVEO	<i>alveo artificiale parte in scavo a sezione trapezoidale e parte intubata con tombino rettangolare 3 * 1.8m in CA</i>
	EROSIONI	<i>assenza di erosioni</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 infrastrutture stradali</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>

In corrispondenza del rilevato stradale la Fossetta Baratto è completamente intubata con tombino Ø700 in CA, quindi per evitare cedimenti del rilevato stesso è opportuno rimuovere il tratto di tubo esistente e se non più riutilizzabile occorre conferirlo in discarica.

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 2.50 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 0.02m³/s nella sezione FOB 07 localizzata immediatamente a valle dell'attraversamento 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 2.52 m³/s.

Le simulazioni idrauliche sono state effettuate in moto permanente ed 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 la deviazione e la rimodulazione 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 circa 50 $m^{1/3}/sec$.

Il modello idraulico è costituito da più di 10 sezioni trasversali (Figura 2) oltre a quelle relative alle geometrie dei manufatti di attraversamento ed ha inizio in corrispondenza della sezione FOB15, tiene conto del tombino circolare esistente Ø700 localizzato tra la FOB_13 e la FOB_12 e termina in corrispondenza della sezione denominata FOB_00. Il tratto simulato si estende per una lunghezza di circa 1.05 km, di cui 605 m a monte dell'attraversamento con la viabilità principale 400 m a valle dello stesso attraversamento; si precisa che a monte della FOB_12 è stato inserito l'alveo nelle condizioni attuali, così come nella sezione terminale del modello (FOB00) è stata inserita la sezione attuale del corso d'acqua, in modo da riprodurre le reali condizioni al contorno di valle.

La tabella ed i grafici seguenti illustrano i risultati ottenuti considerando la piena duecentennale sia nella condizione morfologica attuale che nella configurazione 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.

FIGURA 2 - 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.

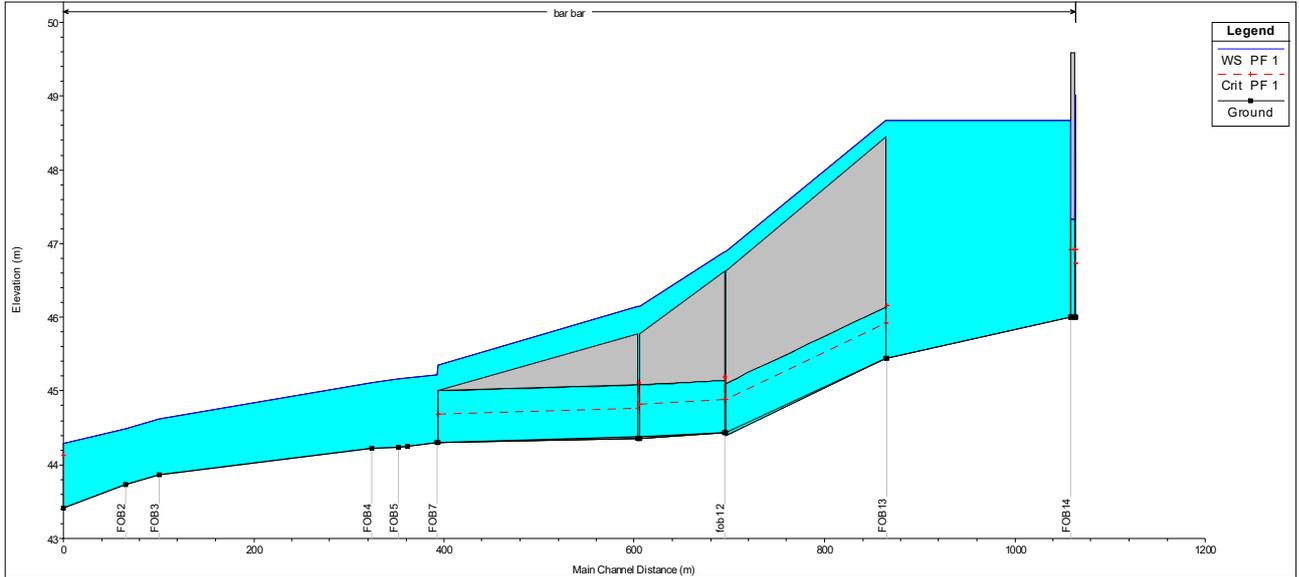


FIGURA 3 - ANDAMENTO LONGITUDINALE DEL THALWEG NEL TRATTO DI CANALE CONSIDERATO NELLO STATO DI FATTO

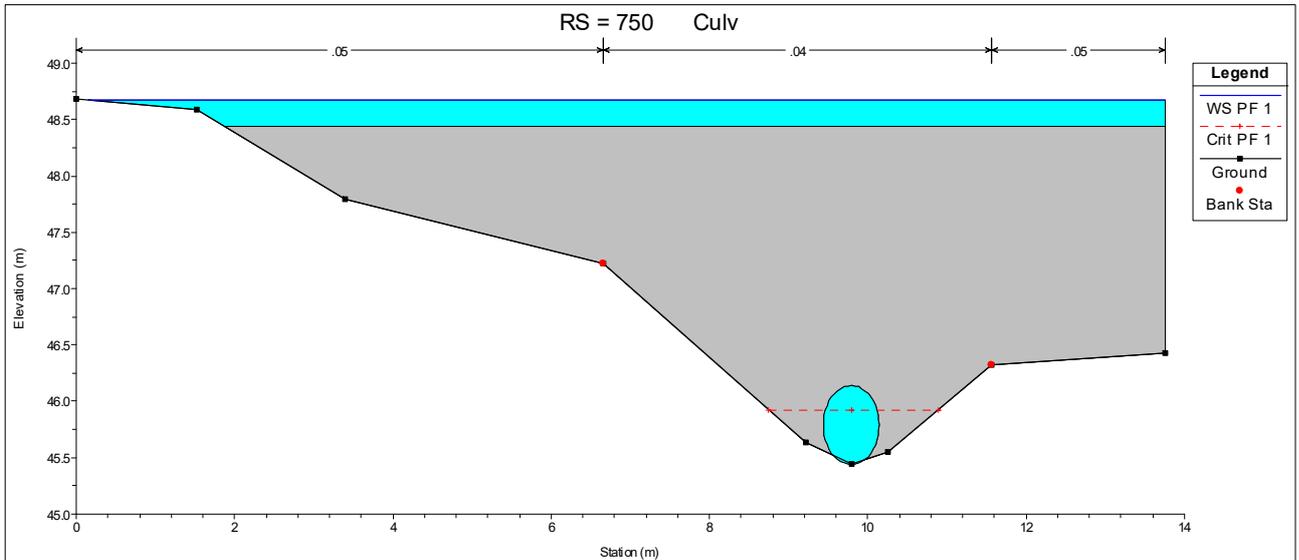


FIGURA 4a - LIVELLO IDROMETRICO RAGGIUNTO ALLA SEZIONE TRASVERSALE IN CORRISPONDENZA DELL'IMBOCCO DEL TOMBINO ESISTENTE (SEZIONE FOB_13) NELLO STATO DI FATTO.

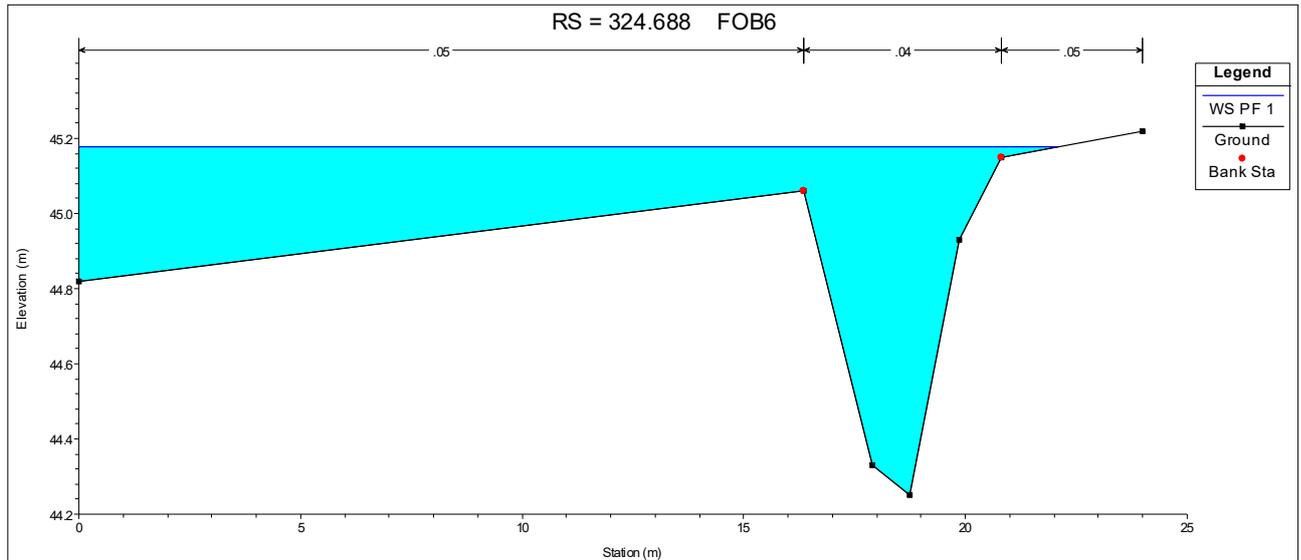


FIGURA 4b - LIVELLO IDROMETRICO RAGGIUNTO ALLA SEZIONE TRASVERSALE A VALLE DELLO SBOCCO DEL TOMBINO ESISTENTE NELLO STATO DI FATTO.

RISULTATI DELLE ANALISI NELLO STATO DI PROGETTO

Nella configurazione di progetto si considera l’inserimento dei tre tombini scatoari di progetto (TM 06, TM23 e TM07); inoltre si tiene conto della deviazione e rimodulazione del corso d’acqua a valle ed a monte dell’attraversamento in progetto.

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

TABELLA 1 - CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL TRATTO DI CORSO D’ACQUA RIVISITATO A SEGUITO DELLA MODELLAZIONE.

FOSSETTA BARATTO			
ATTRaversAMENTO			
		B	H
TM6		3	1.4
TM23		3	1.8
TM07		2	1.5
CANALE			
	B (m)	b (m)	H (m)
fob_dev_05	6.5	3	1.8

fob_dev_03	6.5	3	1.8
fob_dev_02	5.5	2.5	1
4	5.5	1.5	1
FOB 07	5.5	1.5	1
FOB 05	5	2	1.1
FOB 04	5	2	1.1
6	5	2	1.1
7	5	2	1
FOB 02	5	2	1
FOB 01	5	2	1
FoB 00	NESSUNA MODIFICA		

L'allargamento della sezione dell'attraversamento e la ricalibratura della canalizzazione consentono il passaggio della piena duecentennale con adeguato franco di sicurezza (previsto dalle normative vigenti e dalle prescrizioni ANAS); tali variazioni sono state effettuate anche al fine di evitare l'aumento del rischio di esondazione, in accordo con le prescrizioni del Consorzio di bonifica. Di seguito si confrontano i principali parametri idraulici nella condizione di progetto.

TABELLA 2 - 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]	
1005		2.5	46	48.49	48.49	0.000057	0.07	0.07
1004.335	FOB15	2.5	46	48.42	48.48	0.00731	0.23	0.23
1002		Culvert		47.50;47.50				
999.663	FOB14	2.5	46	48.19	48.27	0.009196	0.27	0.27
900		2.5	46	48.24	48.24	0.000072	0.07	0.07
801.954	FOB13	2.5	45.44	48.23	48.23	0.000024	0.04	0.04
700		Culvert		48.23;46.77				
500	FOB12	2.5	44.44	45.54	45.58	0.003029	0.38	0.4
495		Culvert		45.54;45.53				
490		2.5	44.41	45.53	45.54	0.000712	0.19	0.2
485		Culvert		45.49;45.49				
480	FOB_DEV_05	2.5	44.4	45.49	45.51	0.000775	0.19	0.2
450	FOB_DEV_03	2.5	44.36	45.44	45.46	0.0008	0.2	0.21
430	FOB_DEV_02	2.5	44.33	45.4	45.42	0.000912	0.21	0.23
410	6	2.5	44.3	45.37	45.39	0.001413	0.26	0.28
350		Culvert		45.34;45.32				
300	FOB07	2.52	44.26	45.32	45.34	0.002004	0.3	0.3
292	FOB_05	2.52	44.25	45.24	45.27	0.001519	0.27	0.28
287.103	FOB04	2.52	44.23	45.19	45.22	0.001715	0.29	0.29
70	6	2.52	43.88	44.8	44.83	0.002056	0.31	0.31
50		Culvert		44.6;44.49				
33	7	2.52	43.74	44.49	44.55	0.004629	0.46	0.47
32.859	FOB02	2.52	43.73	44.47	44.53	0.004932	0.47	0.47
30	FOB01	2.52	43.71	44.45	44.51	0.004858	0.47	0.47
28.763	FOB00	2.52	43.41	44.29	44.3	0.002	0.27	0.27

Stato di fatto								
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]	
1033		2.5	46	49.02	49.02	0.000016	11.92	0.03
1032.219	FOB15	2.5	46	48.98	49.02	0.004584	0.93	0.17
1030		Culvert						
1027.3	FOB14	2.5	46	48.64	48.69	0.006018	0.93	0.21
1027		2.5	46	48.67	48.68	0.000029	11.11	0.04
830.287	FOB13	2.5	45.44	48.67	48.67	0.000012	13.6	0.03
750		Culvert		48.67;46.89				
650	FOB12	2.5	44.44	46.89	46.89	0.000052	10.59	0.06
570		Culvert		46.89;46.14				
500		2.5	44.36	46.14	46.15	0.000273	7.12	0.12
420		Culvert		46.14;45.21				
356.112	FOB7	2.5	44.3	45.21	45.31	0.007959	5.49	0.59
324.688	FOB6	2.5	44.25	45.18	45.19	0.001538	22.09	0.26
315.77	FOB5	2.5	44.24	45.17	45.18	0.00105	26.53	0.22
287.349	FOB4	2.5	44.22	45.11	45.13	0.002621	21.95	0.34
67.755	FOB3	2.5	43.86	44.61	44.62	0.00199	20.86	0.28
32.252	FOB2	2.5	43.73	44.49	44.51	0.005478	19.24	0.44
29.005	FOB0	2.5	43.41	44.29	44.3	0.002	23	0.27

In corrispondenza del manufatto di attraversamento della tangenziale in progetto il valore di portata di progetto genera un franco idraulico maggiore di 0.75m, in accordo con le prescrizioni riportate nel Capitolato d'oneri Prescrizioni per la redazione del Progetto Esecutivo ANAS. Dalle sezioni trasversali (sezioni 6) si evince che il canale rimodulato è in grado di ospitare le portate di deflusso; si verificano esondazioni nel tratto a monte non modificato (FOB15-FOB12). **Il confronto dei tiranti idrici (v. livelli in tabella 2) 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".

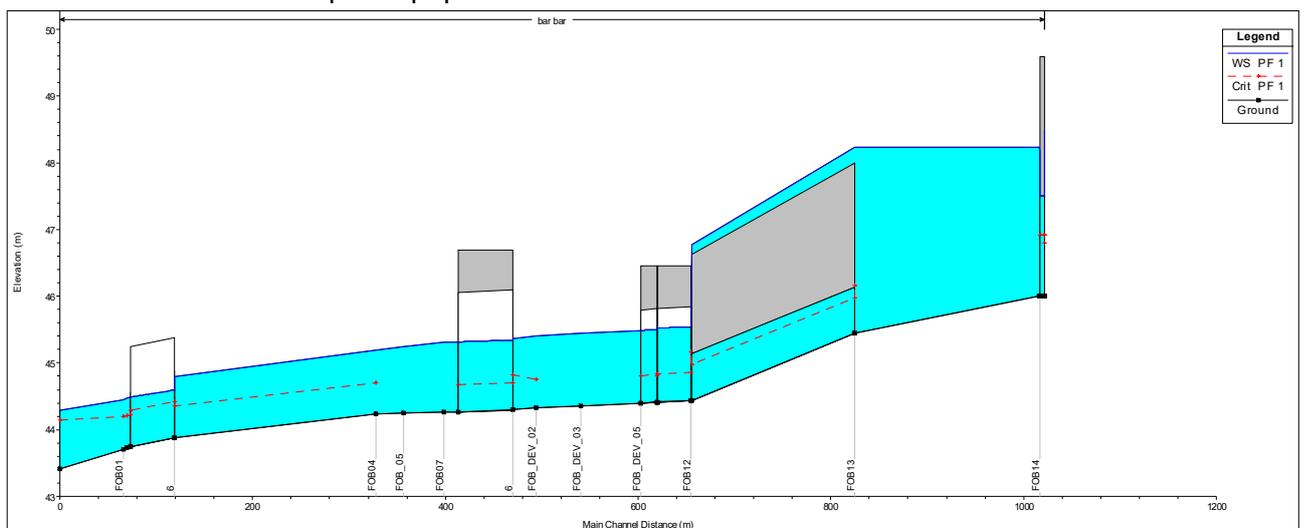


FIGURA 5 - PROFILO DI RIGURGITO NELLO STATO DI PROGETTO.

Il corso d'acqua riceve inoltre il contributo di scarico dell'impianto di depurazione per una portata complessiva di 20 l/sec che di fatto incrementa il valore della portata di progetto per una portata

complessiva $Q=2.52 \text{ m}^3/\text{sec}$. Questo modesto incremento di portata genera un aumento del profilo di rigurgito trascurabile che garantisce la compatibilità degli scarichi nel corpo idrico recettore.

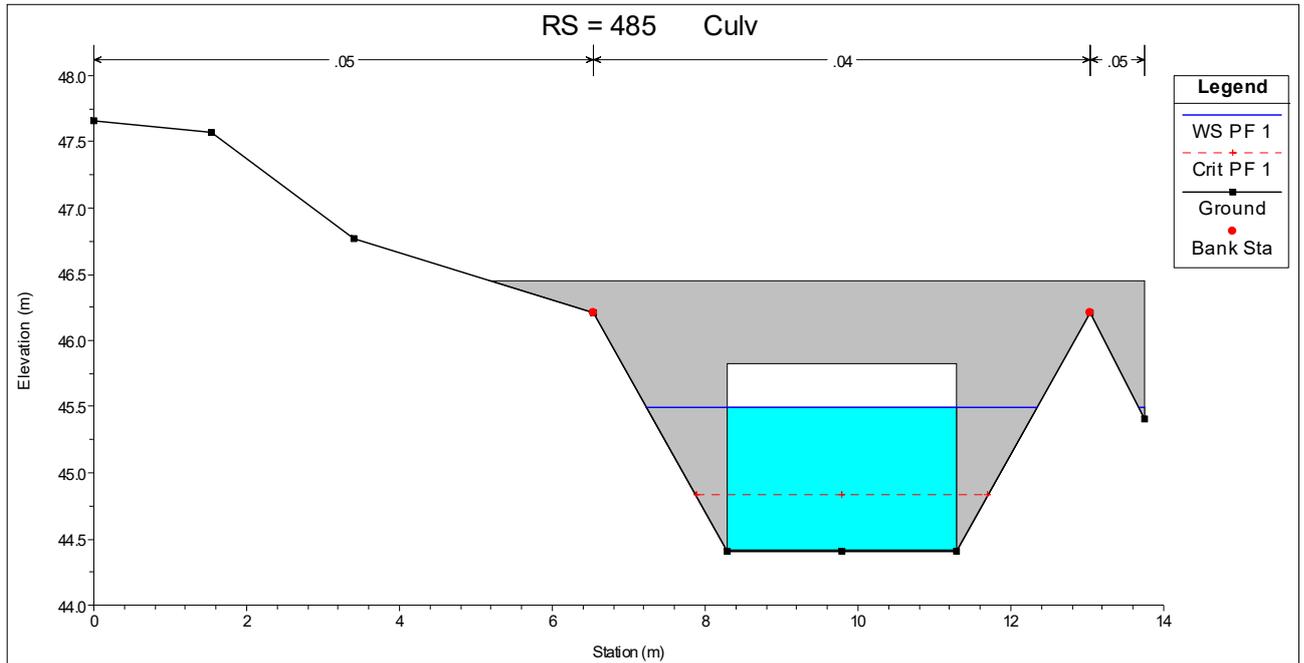


FIGURA 6A – SEZIONE IDRAULICA A MONTE DELL'ATTRAVERSAMENTO TM06 E LIVELLO IDRICO RAGGIUNTO PER EFFETTO DELLA PORTATA DUECENTENNALE.

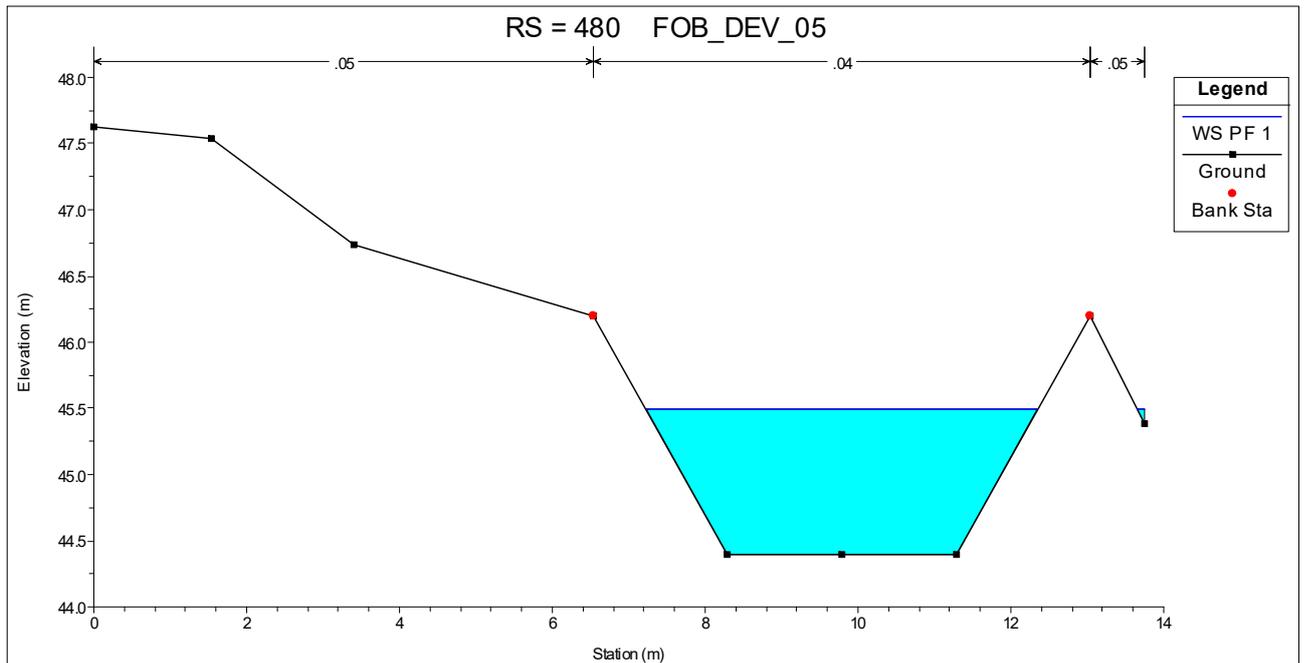


FIGURA 6B – SEZIONE IDRAULICA FOB_DEV_05 E LIVELLO IDRICO RAGGIUNTO PER EFFETTO DELLA PORTATA DUECENTENNALE.

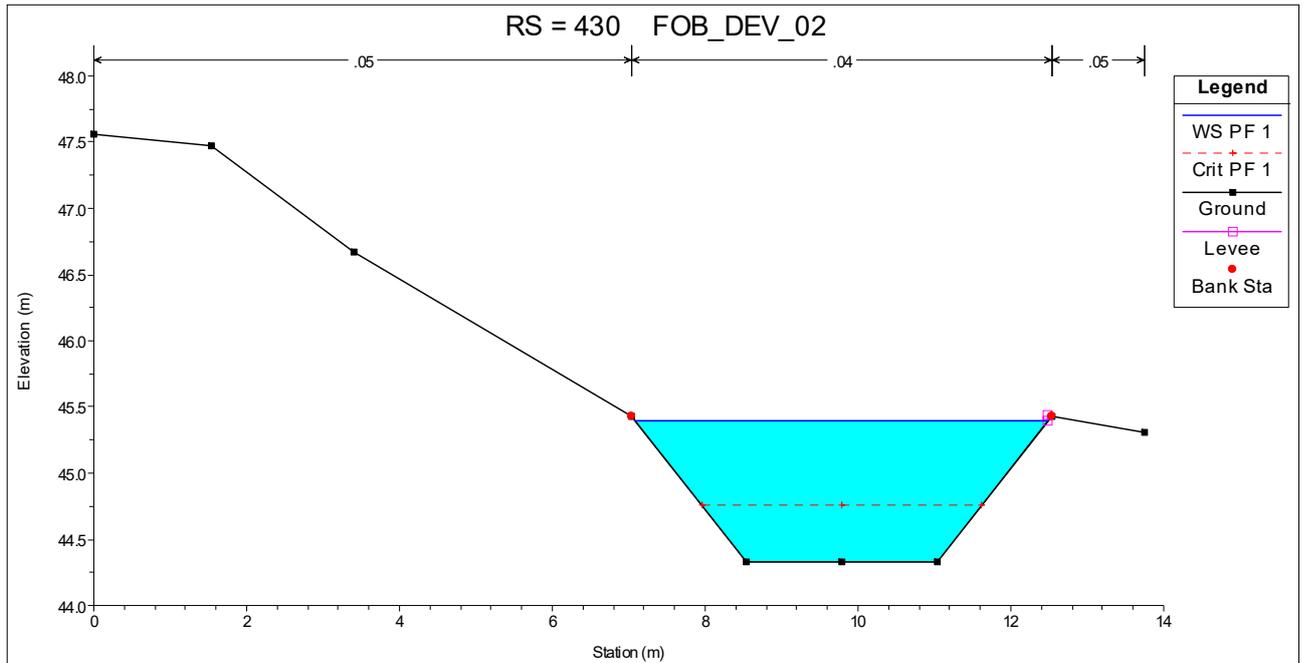


FIGURA 6C – SEZIONE IDRAULICA FOB_DEV_02 E LIVELLO IDRICO RAGGIUNTO PER EFFETTO DELLA PORTATA DUECENTENNALE.

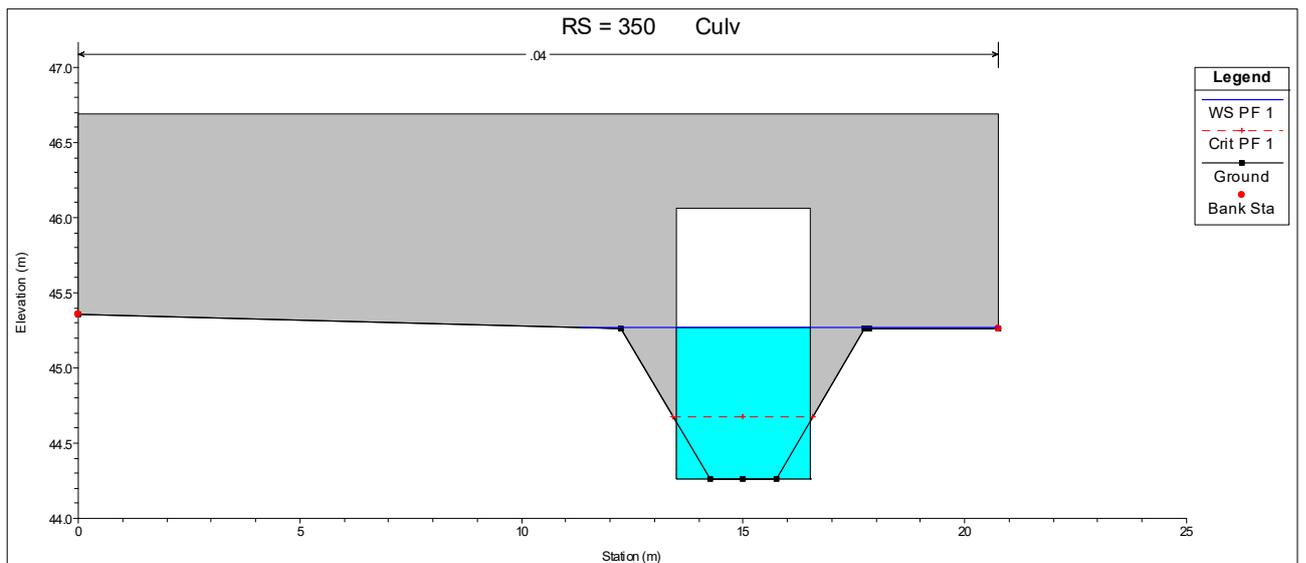


FIGURA 6D – SEZIONE IDRAULICA A VALLE DELL'ATTRAVERSAMENTO TM23 E LIVELLO IDRICO RAGGIUNTO PER EFFETTO DELLA PORTATA DUECENTENNALE

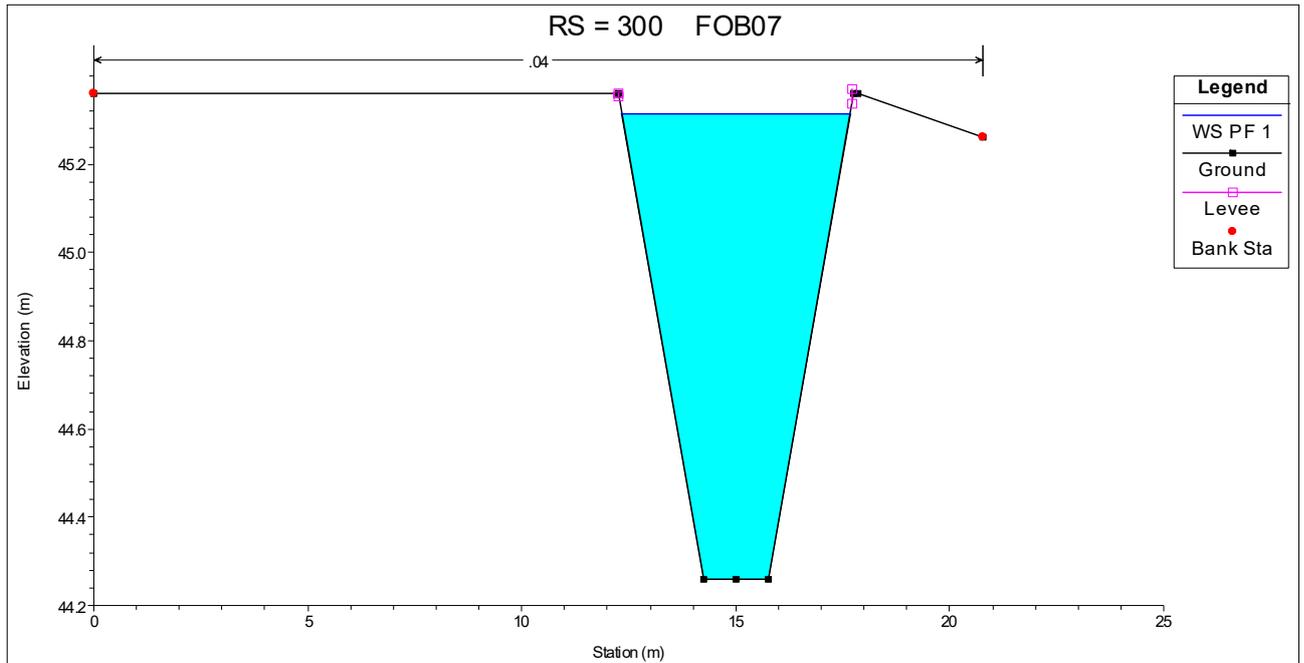


FIGURA 6E – SEZIONE IDRAULICA FOB_07 E LIVELLO IDRICO RAGGIUNTO PER EFFETTO DELLA PORTATA DUECENTENNALE.

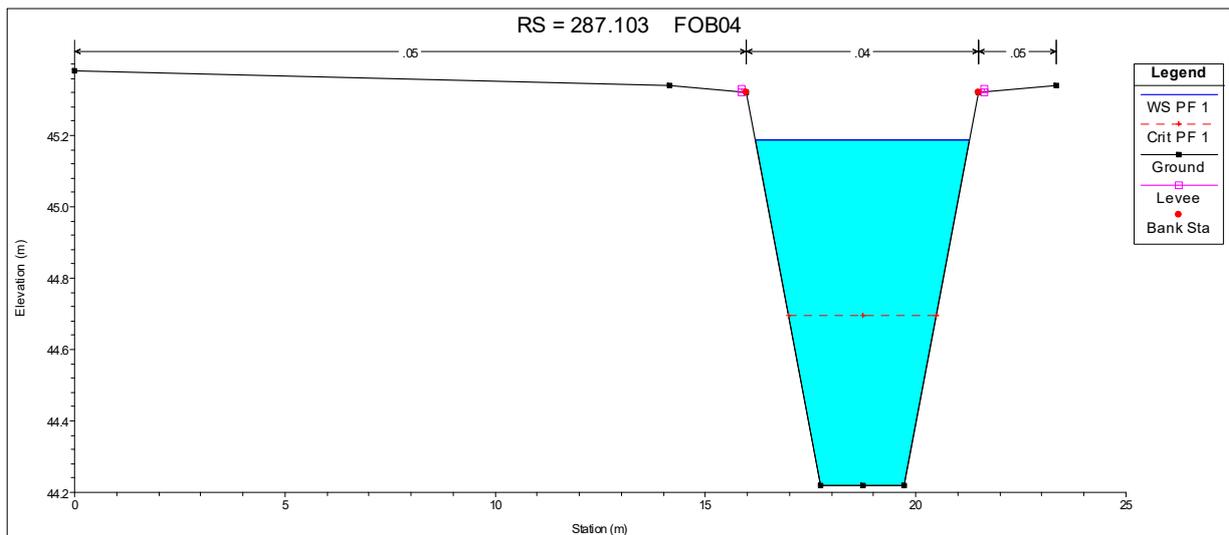


FIGURA 6F – SEZIONE IDRAULICA FOB_04 E LIVELLO IDRICO RAGGIUNTO PER EFFETTO DELLA PORTATA DUECENTENNALE.

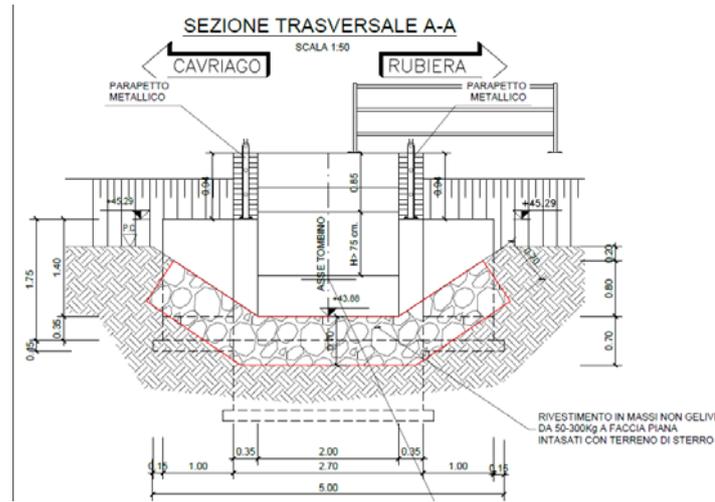


FIGURA 6G – PARTICOLARE ESECUTIVO SEZIONE DELL'ATTRAVERSAMENTO TM07 (V. TAVOLA S01ID00IDRDI13).

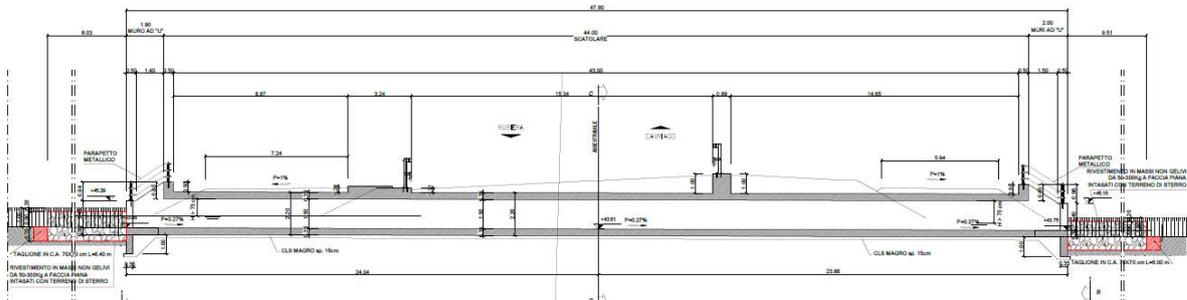


FIGURA 6H – PARTICOLARE ESECUTIVO PROFILO DELL'ATTRAVERSAMENTO TM07 (V. TAVOLA S01ID00IDRDI13).

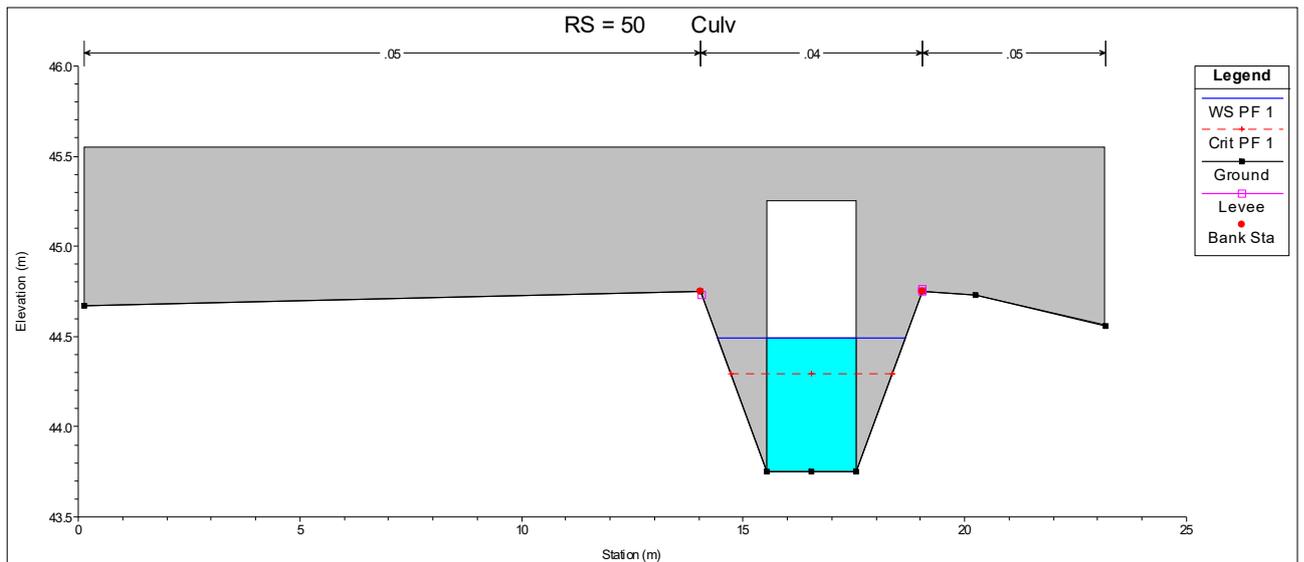


FIGURA 6I – SEZIONE IDRAULICA A VALLE DELL'ATTRAVERSAMENTO TM07 E LIVELLO IDRICO RAGGIUNTO PER EFFETTO DELLA PORTATA DUECENTENNALE.

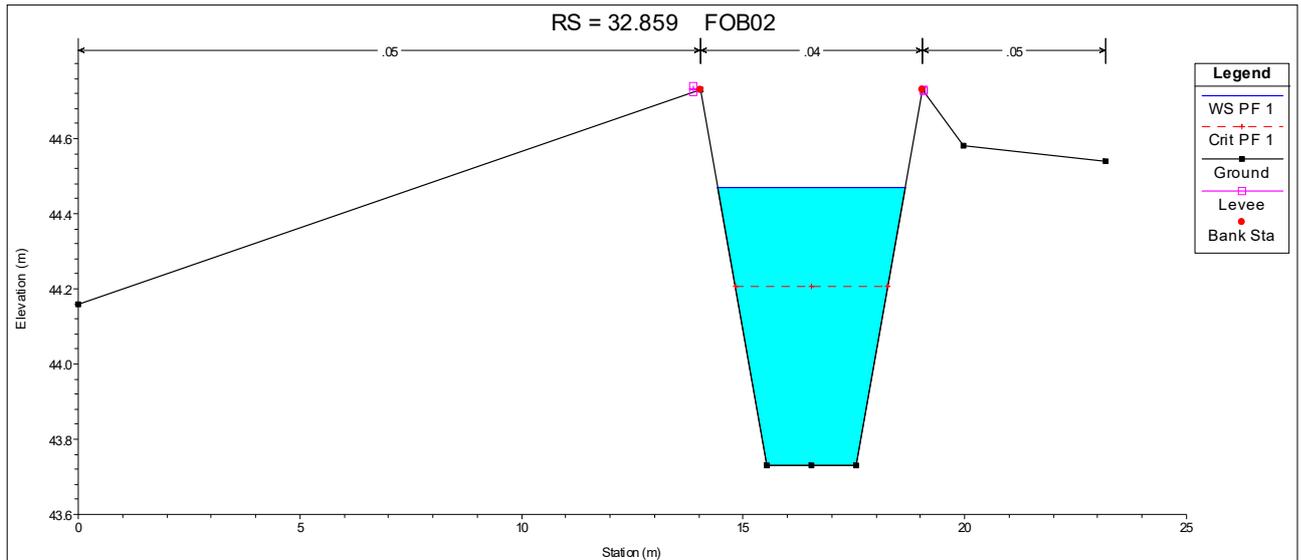


FIGURA 6J – SEZIONE IDRAULICA FOB_02 E LIVELLO IDRICO RAGGIUNTO PER EFFETTO DELLA PORTATA DUECENTENNALE.

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 del Fossetta Baratto (sez FOB_07); 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)	2.52
Velocità (m/s)	0.76
Raggio idraulico (m)	0.588
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	0.002
Tirante (m)	1
Pendenza linea energia J	0.002

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

Tensione di trascinamento τ (kg/m ²)	1.058
Numero di Reynolds Re^*	>1000
Parametro di Shields in condizioni critiche Y_c	0.056
Tensione di trascinamento in condizioni critiche τ_c (kg/m ²)	39.2

da cui si evince che la tensione di trascinamento al fondo τ risulta essere maggiore 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 , (°)	28
Angolo di natural declivio β (°)	50
Tensione di trascinamento τ (kg/m ²)	1.06
Numero di Reynolds Re^*	>1000
Parametro di Shields in condizioni critiche Y_c	0.056
Tensione di trascinamento in condizioni critiche τ_c (kg/m ²)	30.98

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.

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/m ²)	1.06
Numero di Reynolds Re^*	>1000
Parametro di Shields in condizioni critiche Y_c	0.056
Tensione di trascinamento in condizioni critiche (kg/m ²)	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.

¹¹ L. Da Deppo, C. Datei, P. Salandin, Sistemazione dei corsi d'acqua, Libreria Internazionale Cortina Padova, ISBN 88-7784-246-6, 2004

Angolo di natural declivio β (°)	50
Pendenza scarpata α (°)	28
Angolo Pivoting ϕ (°)	50
Tensione di trascinamento (kg/m²)	1.058
Numero di Reynolds Re*	>1000
Parametro di Shields in condizioni critiche Yc	0.056
Tensione di trascinamento in condizioni critiche (kg/m²)	30.92