

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 Studio di Progettazione e Realizzazione</p> <p>Arch. Nicoletta Frattini Ordine degli Arch. di Torino e provincia n° A-8433</p>	<p>ARKE' INGEGNERIA s.r.l. Via Imbriani 100 - 70129 Bari</p> <p>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>
---	---	---	--	--

FA 006

F - PROGETTO IDRAULICO
FA - RELAZIONI
Relazione idraulica Fossetta San Giulio

<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. T00ID00IDRRE06</p>		<p>_____</p>		<p>C</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	4
RISULTATI DELLE ANALISI NELLO STATO DI FATTO	6
RISULTATI DELLE ANALISI NELLO STATO DI PROGETTO	7
4. VERIFICA ALL'EROSIONE PER TRASCINAMENTO E ROTOLAMENTO	14

1. PREMESSA

Nella presente relazione si riporta la descrizione dello studio idraulico effettuato sulla Fossetta San Giulio, 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 Roncovesi 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 San Giulio è un corso d'acqua gestito dal Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale, che interferisce con la tangenziale alla sezione stradale n. 74 e la attraversa (secondo lo schema proposto nel presente progetto esecutivo) mediante un tombino circolare in polietilene ad alta densità corrugato SN8 Ø1200mm (TM03). Il tombino circolare di lunghezza all'incirca pari a 278,60m permette di attraversare sia la tangenziale in progetto, che le rampe di raccordo alla stessa. Più a valle, il corso d'acqua è interferito dalla viabilità di collegamento tra viale Bice Bertani e via Hiroshima (TM04) risolto mediante tubazioni circolari in polietilene ad alta densità corrugato SN8 Ø1500m.

Il canale si sviluppa con andamento SudEst-NordOvest quindi piega verso Ovest a valle delle interferenze per poi confluire nel Crostolo; come riportato nel progetto definitivo il corso d'acqua in esame è un canale promiscuo, con funzione 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, nell'area in esame. L'alveo è caratterizzato dalla presenza di materiali fini sul fondo, ascrivibili al sistema dei limi e dei limi sabbiosi.

La sezione trapezia del canale nel tratto interessato dall'attraversamento stradale, a monte dell'intervento ovvero in corrispondenza della sezione FSG 12, presenta attualmente (secondo quanto riportato nel progetto definitivo) una base maggiore di circa 3.00m, base minore di circa 0.50m ed altezza pari a circa 0.90m.

All'altezza della sezione FSG11 la fossetta viene deviata verso Ovest per un tratto di circa 202m parallelamente alla rampa e si raccorda al tombino TM03 in corrispondenza della sezione FSG dev07. La deviazione è realizzata mediante un fosso avente base maggiore 3.00m, base minore 0.50m e altezza 0.9m rivestito (in corrispondenza dei tratti in curva alle sezioni FSG_11 e FSG_DEV_07) in massi di cava non gelivi del peso di 50-300Kg/cad intasati con terreno di sterro. Il raccordo tra fine deviazione ed imbocco tombino TM03 avviene alla quota di 45.16 m slm, mentre lo sbocco del è alla quota di 44.48m slm. La tubazione è dimensionata in modo tale da ricevere il contributo di scarico delle acque di piattaforma e precisamente nelle sezioni FSG_dev07 (0.2 l/s), nel tratto FSG_DEV05 - FSG_DEV04 (0.1 l/s a monte e a valle dell'intersezione con via Hiroshima), nella sezione FSG_DEV01 (0.41 l/s) e nella sezione FSG02 (0.7 l/s).



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

Allo sbocco del tombino TM03 la canalizzazione, deviando verso ovest per una lunghezza di circa 65m, si ricongiunge con la attuale fossetta in corrispondenza della sezione FSG06.

Il cavalcafosso tra le sezioni FSG06b e FSG06a (di dimensioni pari a 4.7*0.9m) ha uno sviluppo di circa 4m, la quota di posa all'imbocco è pari a 44.37m s.l.m. mentre allo sbocco e paria a 44.35 m.slm; il tombino TM04, del diametro $\Phi 1500$, ha uno sviluppo di circa 47 m, la quota di posa all'imbocco è pari a 43.71m s.l.m. mentre allo sbocco e paria a 43.66m s.l.m.

Come concordato con il Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale in fase di progettazione definitiva, i tombini sono stati prolungati monte/valle per garantire il passaggio di piste di servizio o canalette di scolo delle acque di piattaforma, mentre gli imbecchi 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 almeno 4m.

TABELLA 1 - PRINCIPALI CARATTERISTICHE DELLA FOSSETTA SAN GIULIO.

NOME	FOSSETTA SAN GIULIO	
ENTE GESTORE	Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale	
LOCALITA'	Cavazzoli	
Sezione	74	
CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE	TIPO TRACCIATO	Rettilineo
	TIPO SEZIONE	in scavo
	TIPO ALVEO	alveo artificiale parte in scavo a sezione trapezoidale e parte intubata con tombino $\Phi 1200$ in polietilene ad alta densità corrugato SN8

	<i>EROSIONI</i>	<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>pendenza di moto uniforme a valle</i>
	SCABREZZA (m ^{1/3} /s)	22-25

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 0.38 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 considerando i contributi degli scarichi provenienti da sistemi di trattamento o laminazione delle acque meteoriche nelle sezioni FSG_dev07, nel tratto FSG_DEV05 - FSG_DEV04, nella sezione FSG_DEV01 e nella sezione FSG02.

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:

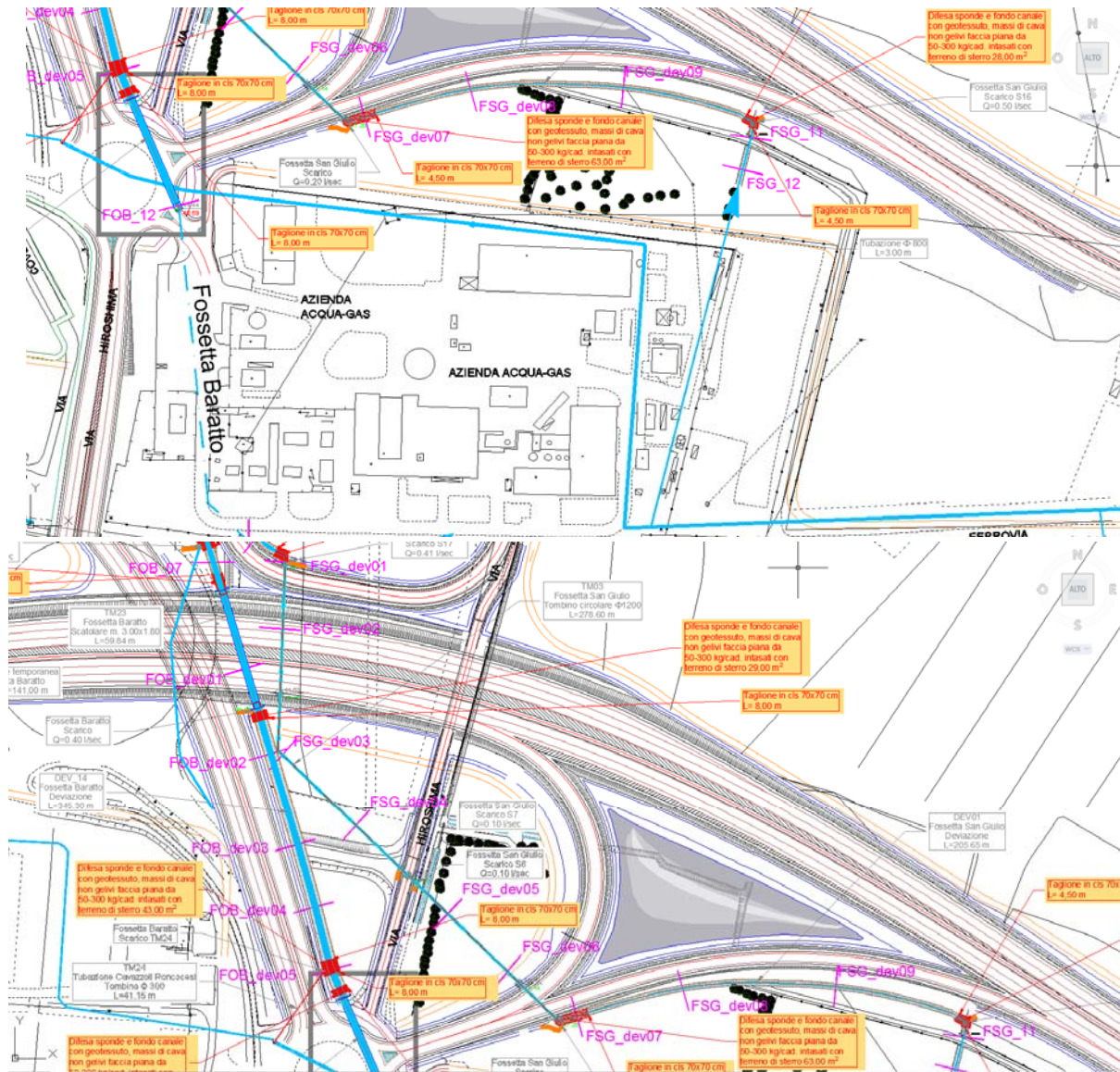
- stato di fatto, che considera la morfologia attuale del corso d'acqua, senza l'introduzione di alcuna opera in progetto;
- stato di progetto che prevede le deviazioni del corso d'acqua e l'introduzione del manufatti di attraversamento della viabilità in progetto;

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 idraulico è costituito da una decina di sezioni trasversali d'alveo (Figura 2), oltre a quelle relative alle geometrie dei manufatti di attraversamento, che rappresentano in modo esaustivo l'alveo attivo; Il tratto simulato parte dalla sezione FSG 12 e termina nella sezione FSG01; si precisa che a monte della deviazione è stato inserito l'alveo nelle condizioni attuali, così come nella sezione terminale del modello (FSG01) 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.



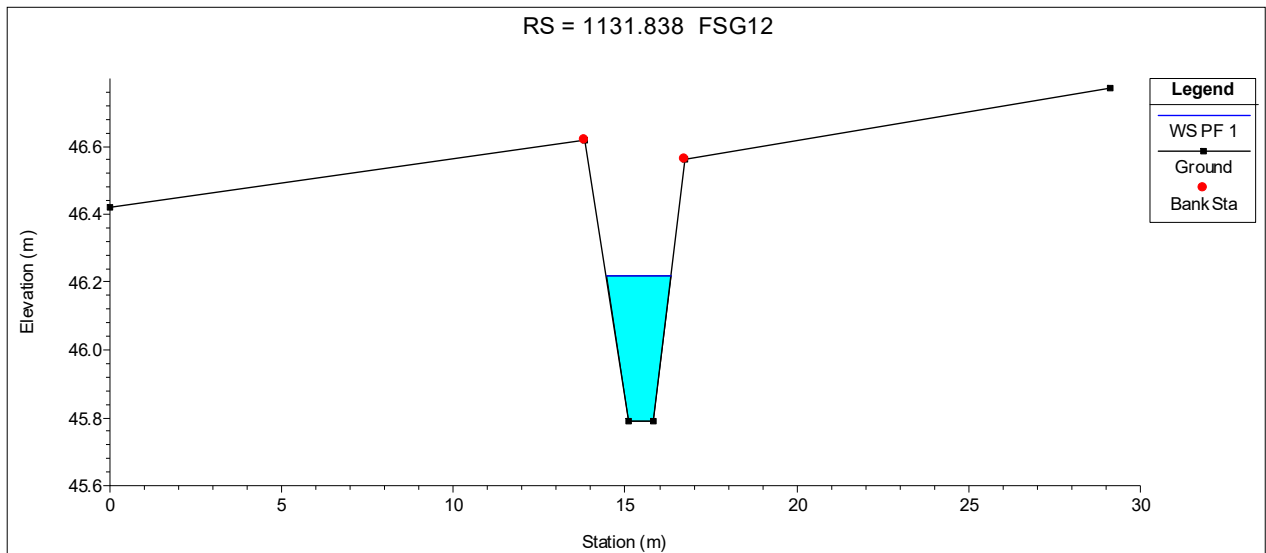


FIGURA 4a - LIVELLO IDROMETRICO RAGGIUNTO ALLA SEZIONE TRASVERSALE IN CORRISPONDENZA DELLA SEZIONE FSG12 NELLO STATO DI FATTO

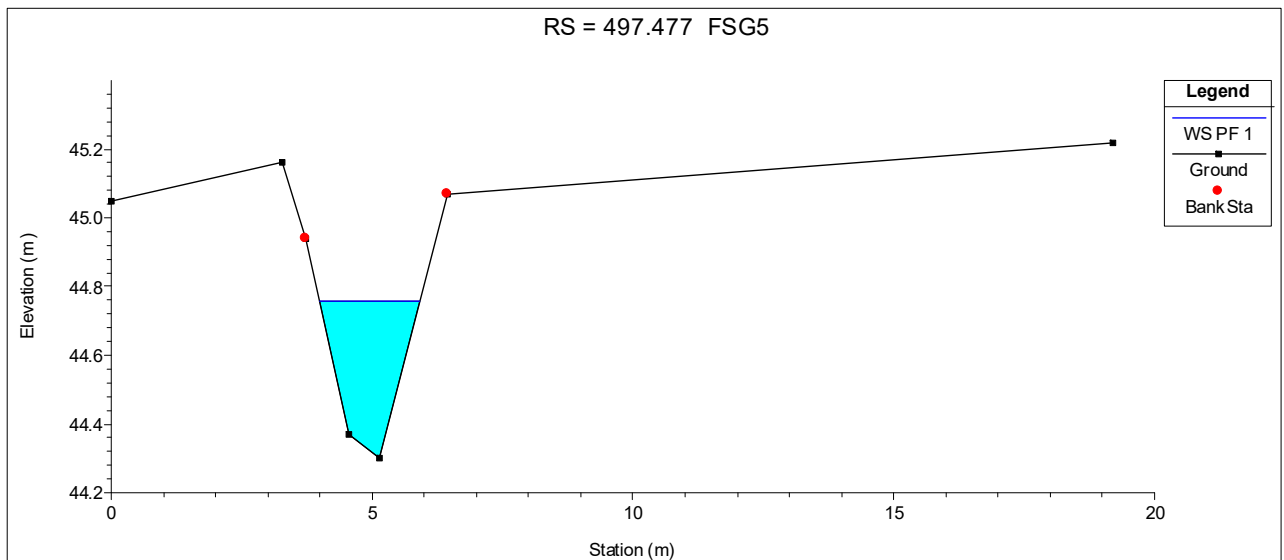


FIGURA 4b - LIVELLO IDROMETRICO RAGGIUNTO ALLA SEZIONE TRASVERSALE IN CORRISPONDENZA DELLA SEZIONE FSG05 NELLO STATO DI FATTO

RISULTATI DELLE ANALISI NELLO STATO DI PROGETTO

Nella configurazione di progetto si considera l'inserimento degli scatolari di progetto le cui dimensioni sono pari a Ø1200 per l'attraversamento TM3 e Ø1500 per l'attraversamento TM 04, inoltre si tiene conto della deviazione del corso d'acqua a monte dell'attraversamento in progetto e nel tratto a valle della tangenziale in progetto che si ricongiunge con la fossetta stessa.

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 SAN GIULIO			
ATTRAVERSAMENTO circolare			
TM3			1200
TM04			1500
CANALE			
	B (m)	b (m)	H (m)
FSG_DEV_9	3	0.5	0.9
FSG_DEV_8	3	0.5	0.9
FSG_DEV_7	3	0.5	0.9
FSG_DEV_01	4	1.5	0.9
FSG6c	4	1.5	0.9
FSG6b	4	1.5	0.9
FSG6a	4	1.5	0.9
FSG6	4	1.5	0.9
FSG5	4	1.5	0.9
FSG4	4	1.5	0.9
FSG3	5	1.5	0.9
FSG2	5	1.5	0.9
FSG1	NESSUNA MODIFICA		

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 in maniera significativa l'altezza dell'attraversamento rispetto al progetto definitivo al fine di non determinare variazioni significative dell'infrastruttura stradale; tali variazioni sono state utili anche al fine di evitare l'aumento del rischio di esondazione. 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]	
943.204	FSG12	0.38	45.79	46.17	46.2	0.007561	1.74	0.51
928.404	FSG11	0.38	45.67	46.13	46.14	0.001855	3.02	0.27
862.437	DEV09	0.38	45.41	45.97	45.99	0.002208	2.07	0.28
788.884	DEV08	0.38	45.24	45.82	45.83	0.001954	2.11	0.27
736.356	DEV07	0.38	45.19	45.62	45.66	0.006798	1.7	0.48
600		Culvert	45.16	45.53	45.6			
480		Culvert						
437.593	FSG_dev_01	0.38	44.48	44.9	44.91	0.001532	2.66	0.24
422.06	FSG06c	0.38	44.42	44.88	44.88	0.001132	2.77	0.21
393.941	FSG06b	0.38	44.36	44.85	44.86	0.000861	2.86	0.19
390		Culvert		44.74;44.69				
387.96	FSG06a	0.38	44.34	44.69	44.7	0.002953	2.47	0.33
375.467	FSG06	0.38	44.32	44.64	44.66	0.003886	2.4	0.38
360.893	FSG05	0.38	44.3	44.53	44.57	0.013417	2.13	0.67
143	4	0.38	43.71	44.34	44.34	0.000341	3.25	0.12
120		Culvert		44.32;44.30				
107.521	FSG03	0.38	43.66	44.3	44.3	0.000249	3.98	0.1
102.79	FSG02	0.38	43.66	44.3	44.3	0.000252	3.98	0.11
55.39	FSG01	0.38	43.65	44.26	44.27	0.002002	1.72	0.26

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]	
1131.838	FSG12	0.38	45.79	46.22	46.24	0.007137	1.88	0.4
1115.935	FSG11	0.38	45.67	46.15	46.16	0.00338	3.09	0.24
858.475	FSG10	0.38	44.81	45.43	45.44	0.002343	2.41	0.2
846.838	FSG9	0.38	44.78	45.41	45.42	0.000955	2.36	0.19
836.784	FSG8	0.38	44.88	45.39	45.41	0.002519	2.1	0.3
608.117	FSG7	0.38	44.41	45.07	45.08	0.00117	2.79	0.21
511.244	FSG6	0.38	44.32	44.83	44.86	0.005883	1.45	0.43
497.477	FSG5	0.38	44.3	44.76	44.78	0.005294	1.92	0.43
279.592	FSG4	0.38	43.69	44.38	44.38	0.00091	2.66	0.19
244.08	FSG3	0.38	43.66	44.34	44.35	0.001111	2.33	0.2
239.392	FSG2	0.38	43.66	44.33	44.34	0.001122	2.31	0.2
192.099	FSG01	0.38	43.65	44.26	44.27	0.002002	1.72	0.26

In corrispondenza del manufatto di attraversamento il valore di portata di progetto genera un franco idraulico maggiore dei 75 cm, 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 deviatore (v. figura 6) è in grado di ospitare le portate di deflusso; 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".

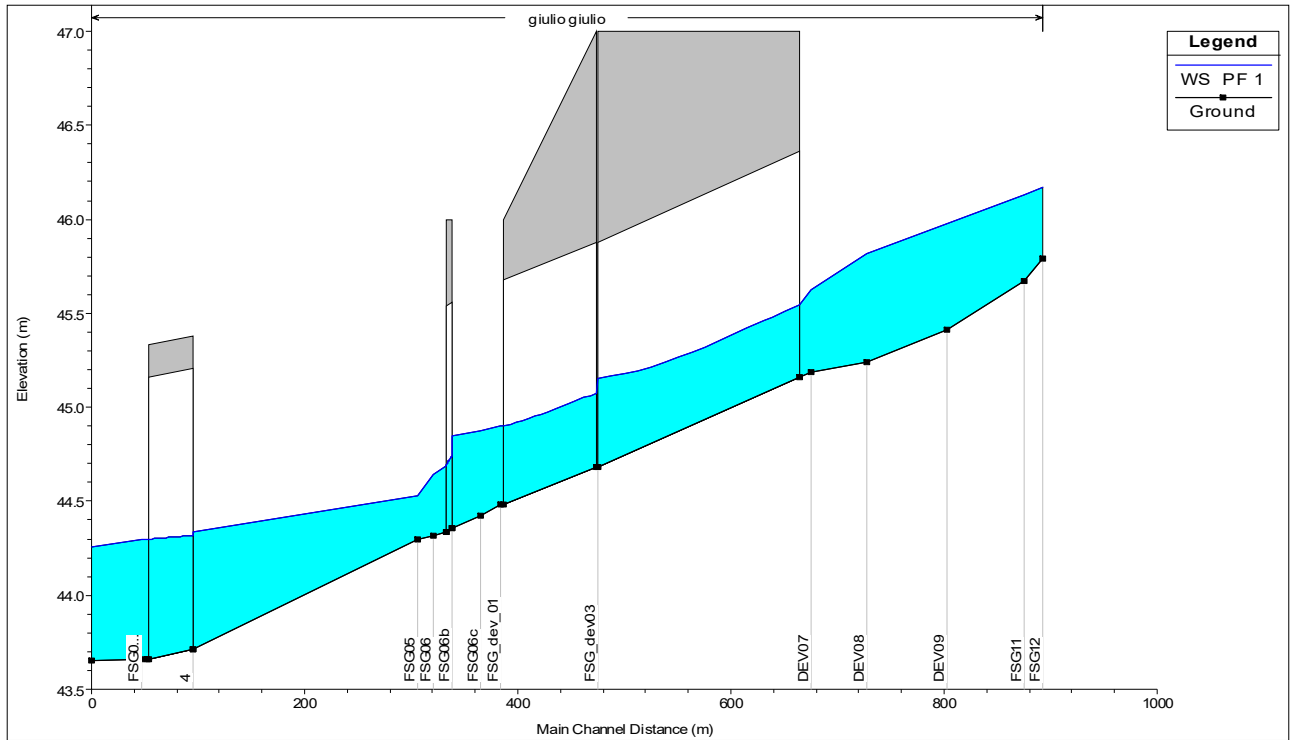


FIGURA 5 - PROFILO DI RIGURGITO NELLO STATO DI PROGETTO.

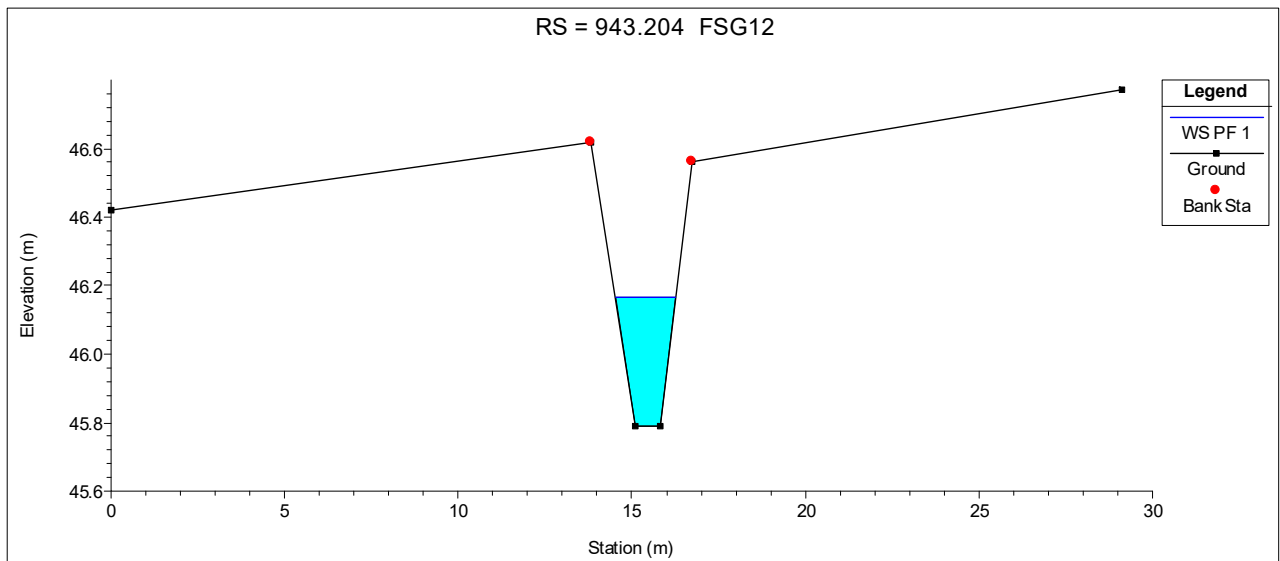


FIGURA 6a – Sezione idraulica e livello idrico raggiunto per effetto della portata duecentennale nello stato di progetto per la sezione FSG12.

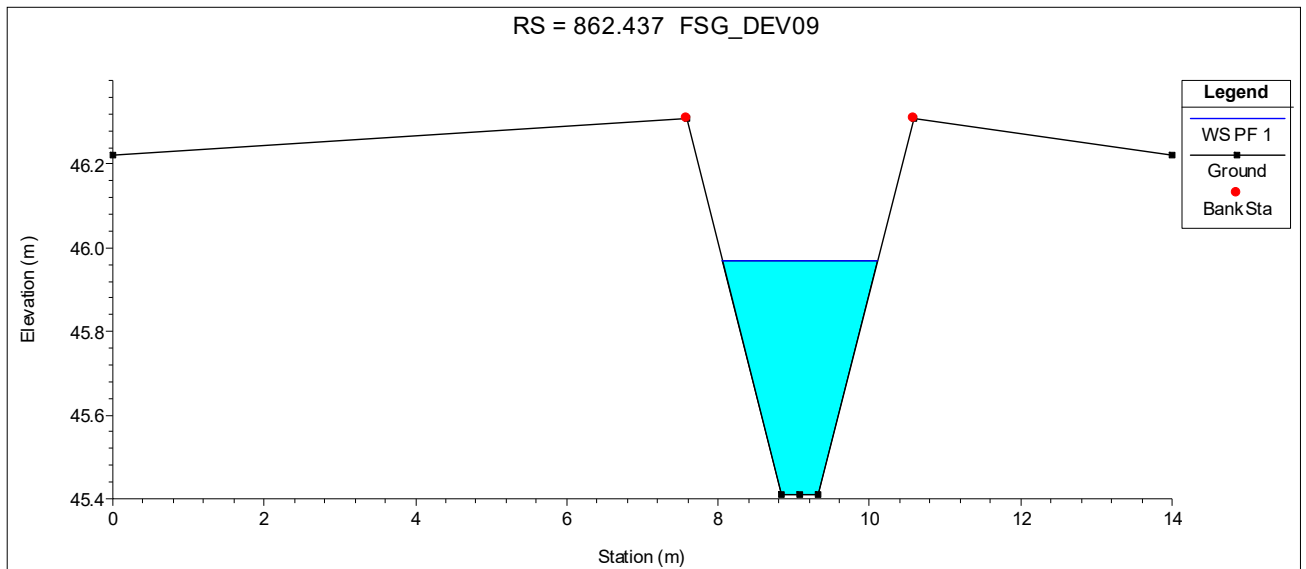


FIGURA 6b – Sezione idraulica e livello idrico raggiunto per effetto della portata duecentennale nello stato di progetto per la sezione FSG_DEV09.

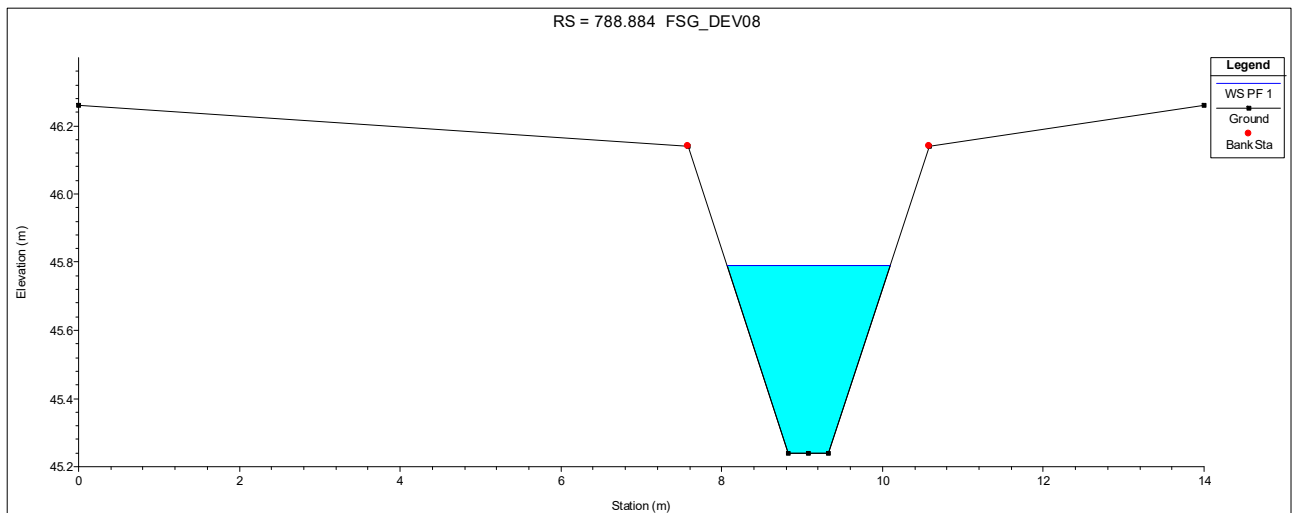


FIGURA 6c – Sezione idraulica e livello idrico raggiunto per effetto della portata duecentennale nello stato di progetto per la sezione FSG_DEV08.

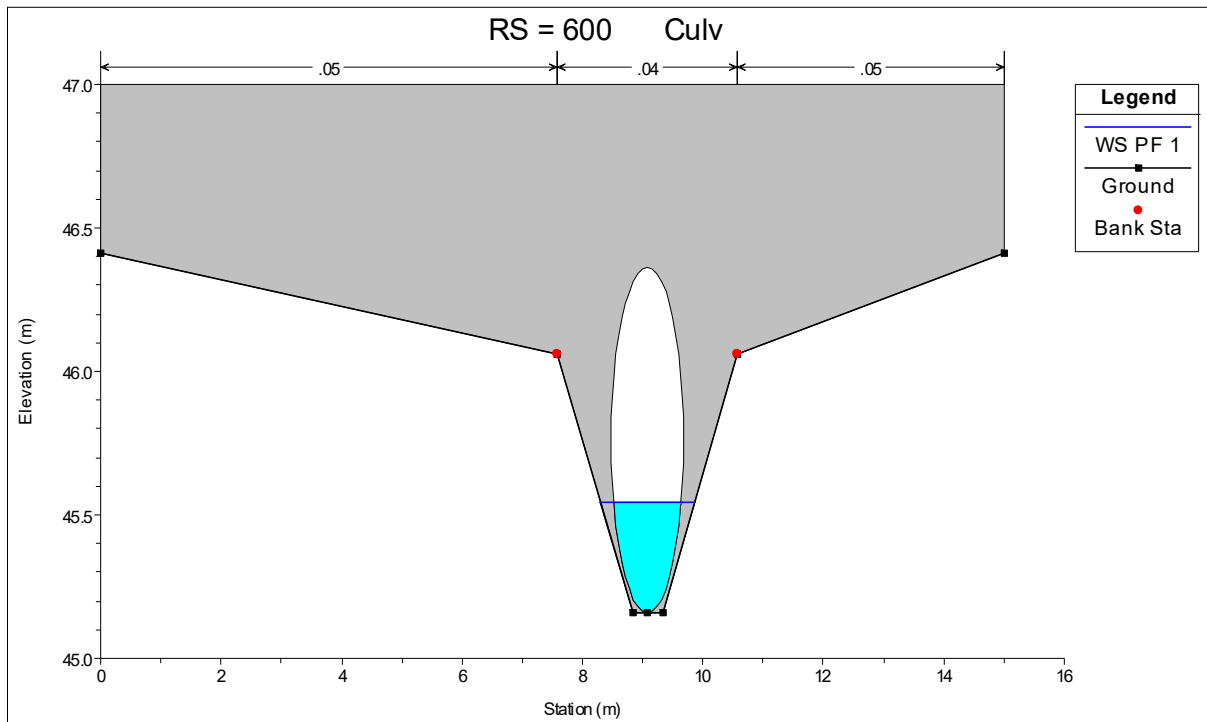


FIGURA 6d – Sezione idraulica e livello idrico raggiunto per effetto della portata duecentennale nello stato di progetto a monte del tombino TM03 (V. TAVOLA S01ID00IDRDI09).

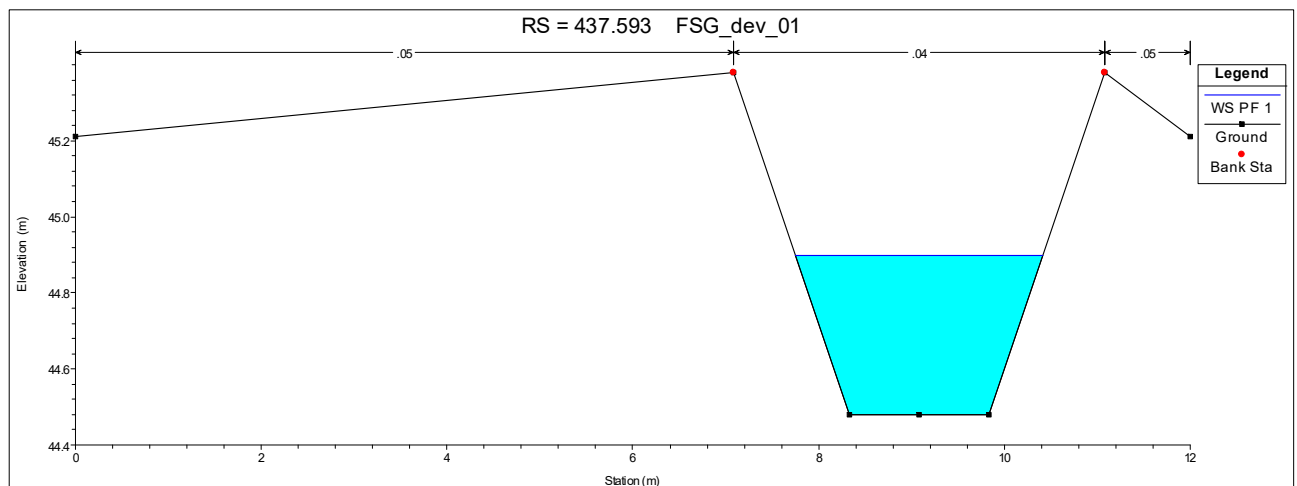


FIGURA 6e – Sezione idraulica e livello idrico raggiunto per effetto della portata duecentennale nello stato di progetto nella sezione FSG_dev_01 immediatamente a valle del tombino TM03.

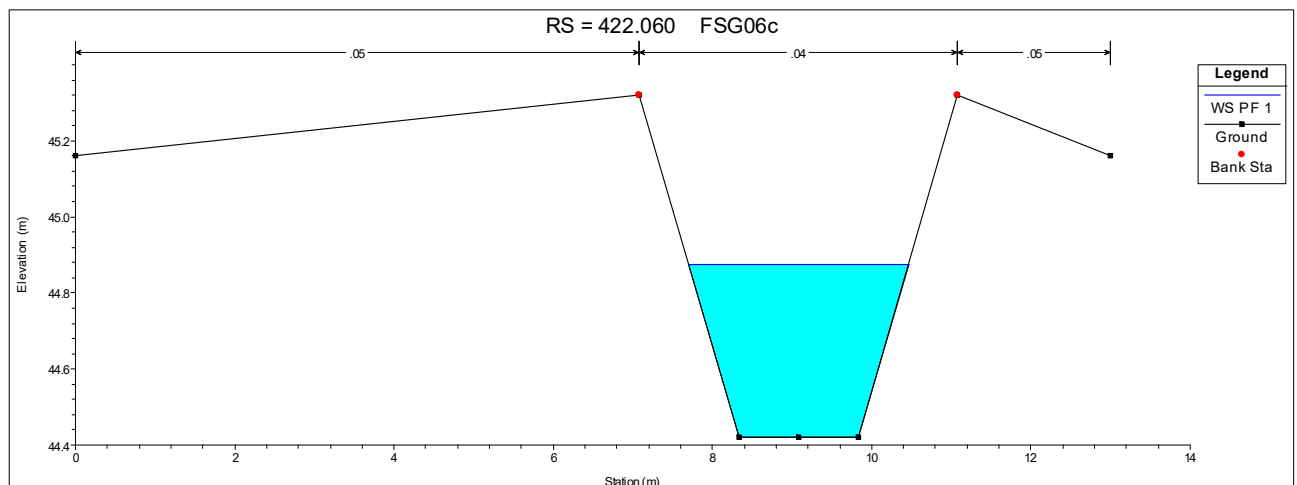


FIGURA 6f – Sezione idraulica e livello idrico raggiunto per effetto della portata duecentennale nello stato di progetto nella sezione FSG_06c a valle del tombino TM03.

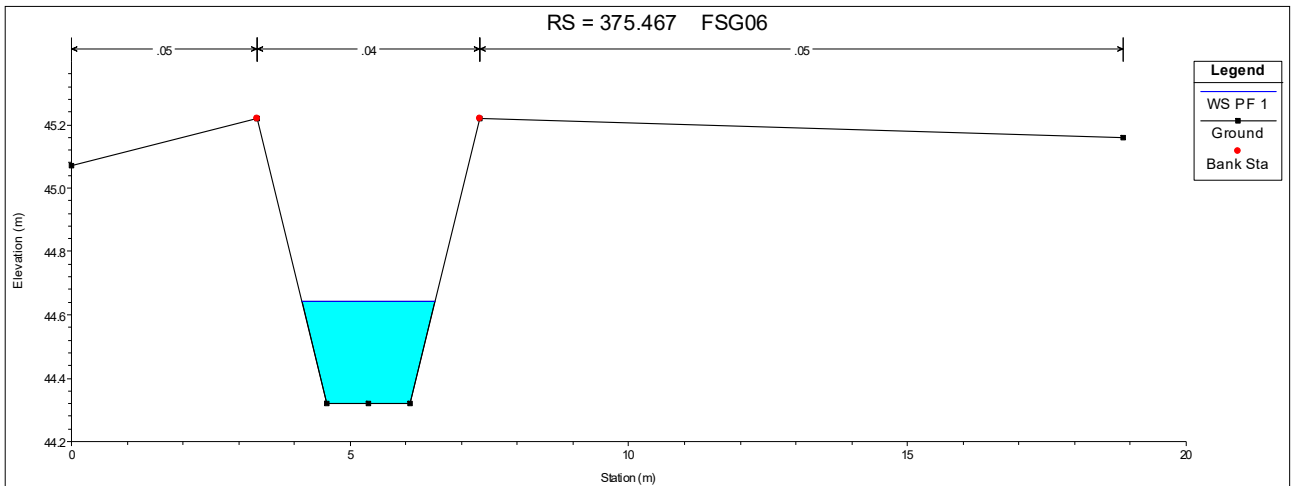


FIGURA 6g – Sezione idraulica e livello idrico raggiunto per effetto della portata duecentennale nello stato di progetto nella sezione FSG06.

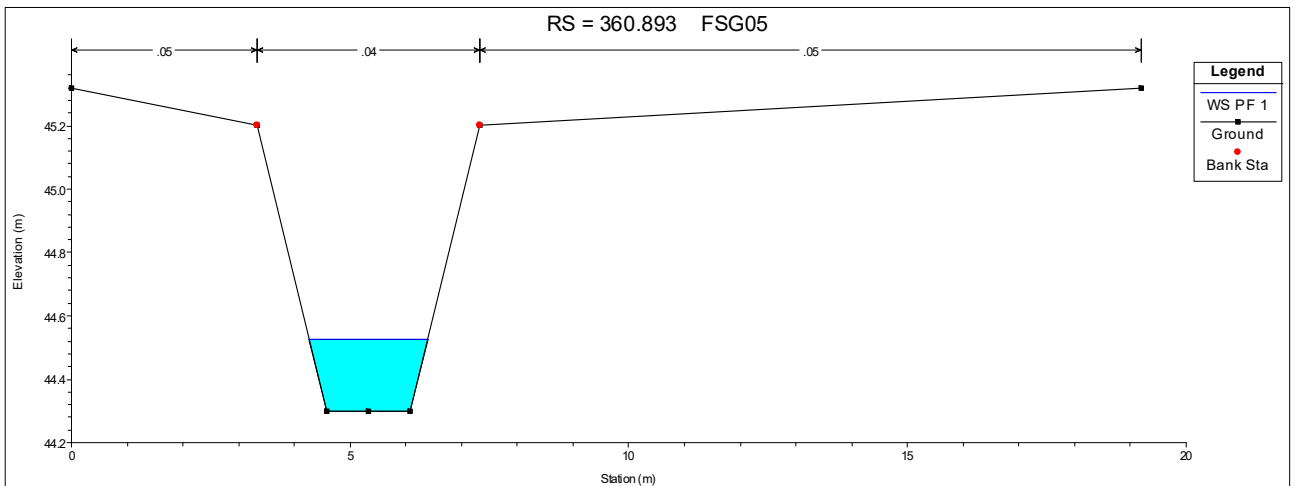


FIGURA 6h – Sezione idraulica e livello idrico raggiunto per effetto della portata duecentennale nello stato di progetto nella sezione FSG05.

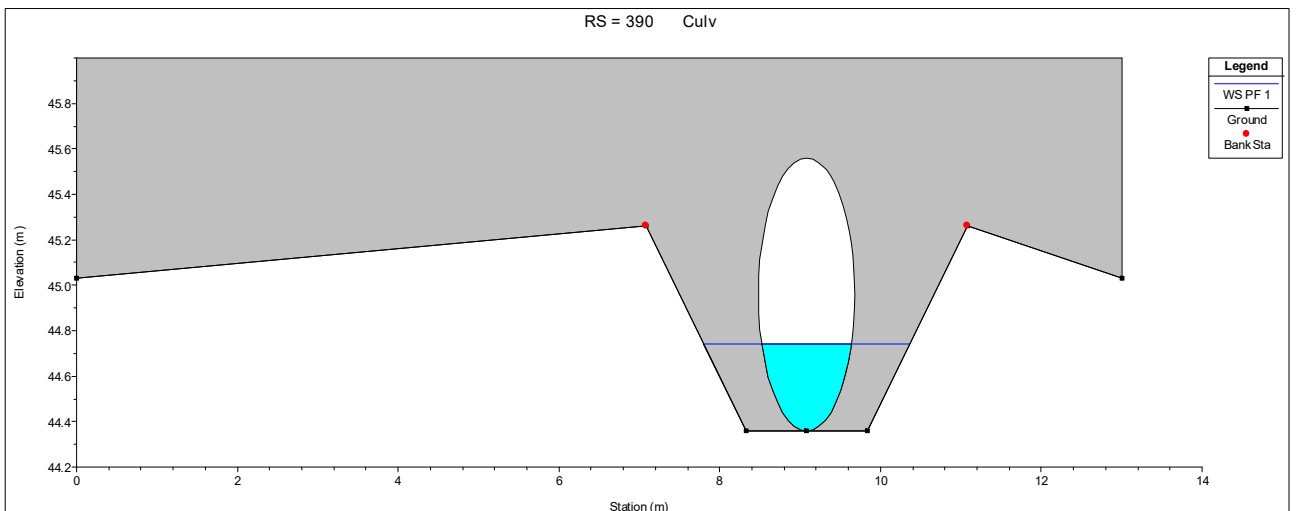


FIGURA 6i – Sezione idraulica e livello idrico raggiunto per effetto della portata duecentennale nello stato di progetto a monte del tombino TM4 (V. TAVOLA S01ID00IDRDI10).

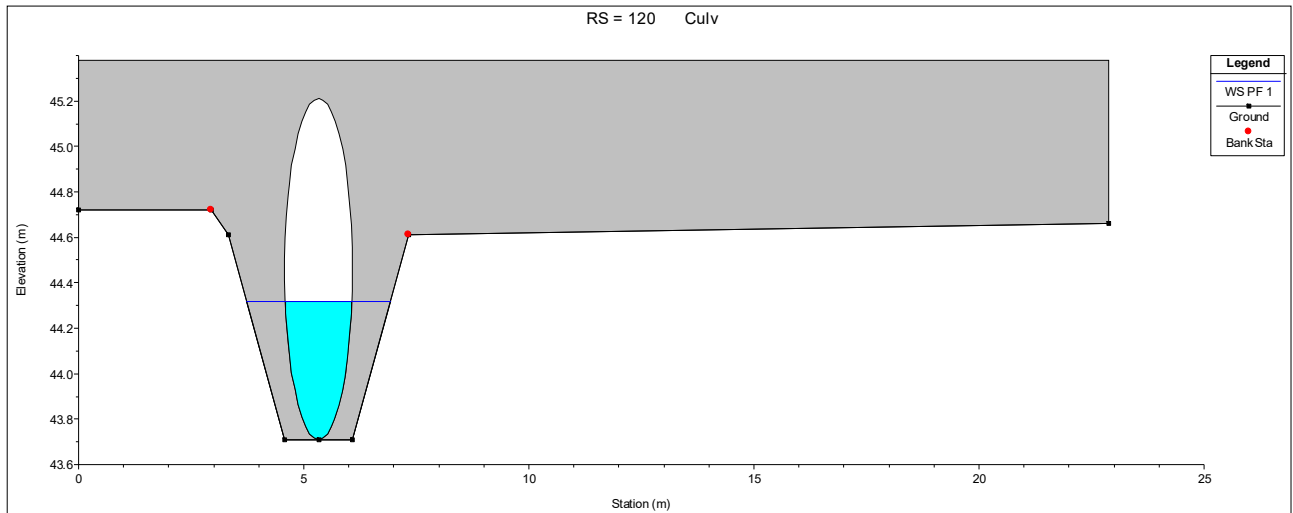


FIGURA 6j – Sezione idraulica e livello idrico raggiunto per effetto della portata duecentennale nello stato di progetto a valle del tombino TM04.

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 (FSG DEV 01) immediatamente a valle dell'attraversamento del San Giulio TM03; 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)	0.38
Velocità (m/s)	0.44
Raggio idraulico (m)	0.297
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)	0.42
Pendenza linea energia J	0.002

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

Tensione di trascinamento τ (kg/m²)	0.455
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)	0.45
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)	25.35

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)	0.45
Numero di Reynolds Re^*	>1000
Parametro di Shields in condizioni critiche Y_c	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.

¹ 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 (°)	35.75
Angolo Pivoting ϕ (°)	50
Tensione di trascinamento (kg/m²)	0.455
Numero di Reynolds Re^*	>1000
Parametro di Shields in condizioni critiche Y_c	0.056
Tensione di trascinamento in condizioni critiche (kg/m²)	25.31