COMUNE DI CELLE LIGURE E VARAZZE

Provincia di Savona

SISTEMAZIONE IDRAULICA DEL TRATTO VALLIVO DI RIO FINALE

committente:

Punta dell'Olmo S.p.a.
Via Torino 5/10 - 17100 SAVONA

(Progettista)

GIORGIO FRANZONI - INGEGNERE
INGEGNERIA IDRAULICA E CIVILE
VIA BAGLIETTO 6/7 - 17100 SAVONA
Cod.Fisc. FRNGRG 69S22 I480J
P.IVA 01 20 29 80 098

(Progettista)

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI SAVONA
Dott. Ing. GIORGIO FRANZONI N. 1068

franzoni
giorgio
Ordine degli
Ingegneri
della
Provincia di
Savona
Ingegnere

Punta dell' OLMO

(il Committente)

oggetto

RELAZIONE IDRAULICA

elaborato

ID-A1

data Ottobre 2022

scala -

cod. 00594	percorso file	redatto	corretto	approvato
rev1	motivo	Franzoni	Franzoni	Franzoni
rev2	motivo			
rev3	motivo			
rev4	motivo			
rev5	motivo			
rev6	motivo			

SOMMARIO

1. PREMESSA 2

2. DESCRIZIONE DELLE OPERE DI SISTEMAZIONE 2

3. VALUTAZIONE PORTATA DI PROGETTO 4

4. VERIFICA IDRAULICA 6

5. CONCLUSIONI 15

ALLEGATI 17

ELABORATI GRAFICI

Tavola ID-B1: SISTEMAZIONE DEL RIO FINALE – PLANIMETRIA DI PROGETTO

Tavola ID-B2: SISTEMAZIONE DEL RIO FINALE – SEZIONI DI PROGETTO

1. PREMESSA

La Società Punta dell'Olmo S.p.A. intende procedere con la riqualificazione dell'area sita nella valletta del Rio Finale, realizzando interventi sia in sponda destra che sinistra e, pertanto, interessando entrambi i comuni di Celle Ligure e Varazze: il corso d'acqua sancisce infatti il confine amministrativo dei due comuni.

L'area di intervento è pertanto contrassegnata dal tratto vallivo del Rio Finale, ed è interessata da due infrastrutture che necessitano di particolari valutazioni: si tratta della ex linea ferroviaria Genova Ventimiglia (dismessa negli anni '70 del secolo scorso) che sarà adibita a passeggiata ciclopedonale e della SS 1 Aurelia.

Per ogni informazione sugli interventi di riqualificazione e sulle nuove realizzazioni edilizie si rimanda al progetto redatto dall'Arch. Francesca Torzo di Genova.

Nella presente relazione vengono descritte le verifiche idrauliche condotte al fine di dimensionare le opere di sistemazione idraulica.

2. DESCRIZIONE DELLE OPERE DI SISTEMAZIONE

Il tratto del corso d'acqua Rio Finale, preso in esame, ha una lunghezza di circa 500 m e comprende il tratto vallivo, fino allo sfocio nel Mar Ligure presso la spiaggia posta a valle del rilevato ANAS (SS1 Aurelia)..
Nei pressi di sezione 9, ha inizio la proprietà di Punta dell'Olmo s.p.a. e, pertanto, da tale sezione hanno inizio le opere di sistemazione. Il tratto oggetto di sistemazione ha una lunghezza di circa 340 m

La sezione tipica di progetto, nel tratto compreso tra la sezione 9 ed il primo attraversamento (la ex sede ferroviaria, che diverrà passeggiata e pista ciclo-pedonale) ubicato nei pressi di sezioni 20-21, ha forma

trapezia, con fondo alveo di larghezza pari a 4.0 m e sponde inclinate di altezza 3 m, con pendenza 1/1. La larghezza complessiva della sezione è pertanto di 10.0 m.
Il fondo è mantenuto naturale, mentre le sponde sono realizzate in massi.
Per ogni altro dettaglio e per le caratteristiche tecniche della sezione di progetto si rimanda alle relazioni specialistiche strutturali.

Il primo attraversamento, come anticipato, è costituito dal ponte della ex sede ferroviaria Genova Ventimiglia: l'infrastruttura entrò in funzione nel 1868 e cessò il servizio nel 1977. Il ponte originario è realizzato con volta ad arco in mattoni di larghezza pari a circa 3 m ed altezza massima di circa 2 m, e non è verificato per le portate di progetto. A causa del suo valore storico non se ne prevede la demolizione ed il successivo rifacimento ma, al contrario, viene mantenuto in esercizio, affiancandolo ad un'altra struttura pontuale, di dimensione adeguata. Come meglio evidenziato nel seguito è stata condotta una verifica specifica per la condizione in cui il ponte originario venisse ostruito.

A valle del ponte ex ferroviario ha inizio un tratto in cui, data la presenza di un percorso pedonale in sponda sinistra, la sezione a cielo aperto è trapezia ma con la sponda sinistra verticale, mantenendo la scogliera solo in sponda destra (sezioni 22, 23, 24 e 25).

Nelle sezioni 26 e 27 si trova invece il ponte sulla SS1 Aurelia, di proprietà ANAS, che verrà completamente rifatto, sostituendo il piccolo voltino oggi presente con uno scatolare di sezione di circa 7.0 m (larghezza) x 4.5 m (altezza).
Il camminamento che corre sulla sponda sinistra, a valle della sezione 21, prosegue anche sotto il ponte della SS1, separato dal tombino del rio da un setto.

A tutti gli effetti lo scatolare del rio e quello del camminamento sono separati, condividono il percorso ma sono manufatti distinti. Anche in questo caso si rimanda, per ogni dettaglio tecnico, alle relazioni strutturali.

A valle della sezione 27 il rio interessa la spiaggia: a sinistra è presente, per un tratto di circa 12 m fino alla sezione 28, l'edificio esistente che viene ristrutturato ed adibito a ristorante/bar.

Si segnala che, in corrispondenza di sezione 9, sono state ipotizzati due manufatti, definiti "ali" o "baffi", che hanno lo scopo di intercettare eventuali portate disalveate a monte, dal tratto non sistemato (in quanto

esterno alla proprietà di Punta dell'Olmo s.p.a.) e ricondurle nell'alveo sistemato. Ovviamente nel caso in cui la sistemazione venisse, nel futuro, estesa anche al tratto a monte, tali elementi del tutto provvisori saranno eliminati.

Si evidenzia che il modello geometrico è basato su un rilievo topografico di dettaglio, realizzato dallo studio Geoset di Savona nel 2011 e successivamente implementato in varie occasioni.

Attualmente la situazione di fatto risulta modificata per la presenza di abbancamenti di materiale lapideo provenienti dagli scavi del cantiere di "demolizione e ricostruzione con contestuale cambio di destinazione d'uso dell'edificio 6" in forza del permesso di costruire n.3887/16961 rilasciato dal Comune di Celle Ligure in data 15.02.2020. Tali abbancamenti costituiscono, per quanto noto allo scrivente, un deposito temporaneo del materiale escavato, in attesa di riutilizzo. In ogni caso tali abbancamenti temporanei non influiscono sulla configurazione progettuale di sistemazione del rio Finale, che costituisce l'oggetto della verifica qui descritta.

3. VALUTAZIONE PORTATA DI PROGETTO

In ossequio alla normativa di piano di bacino del T. Sanda (allegato 2 – portate di piena), la portata del Rio Finale, alla sezione di chiusura considerata (foce) viene valutata utilizzando il metodo proposto dal Centro di Monitoraggio Ambientale dell'Università di Genova nel documento "Caratterizzazione delle precipitazioni intense e delle portate di piena per i bacini liguri" del luglio 1999.

Il piano di bacino indica, quale superficie del bacino del Rio Finale, il valore di 1.2 kmq (cfr. Relazione Generale, cap. 2.6.2.21 pag. 44) ma, a seguito di perimetrazione effettuata sulla Carta Tecnica Regionale nonché dei numerosi sopralluoghi esperiti, sembra più corretto e più cautelativo assumere un valore, per la superficie del bacino, pari a 1.34 kmq. In ogni caso il bacino appartiene al 1° livello del reticolo idrografico regionale.

In allegato è riportata la perimetrazione del bacino.

Per il calcolo delle portate è necessario utilizzare il metodo relativo ai bacini di estensione inferiore ai 2 kmq (punto 2.7.4.2.2 della relazione Generale di PdB) dello studio citato), ovvero si applica la seguente formulazione:

$$Q_T = K_T A U_{A=2}$$

nella quale si è indicata con A la superficie del bacino espressa in kmq, con KT il fattore di frequenza fornito da apposita tabella in funzione del periodo di ritorno T, con $U_{A=2}$ il coefficiente di contributo unitario per il bacino avente superficie pari a 2 kmq.

Il coefficiente KT viene scelto, in base al periodo di ritorno T considerato, dalla seguente tabella

***T* [anni]**	5	10	30	50	100	200	500
K_T	1.29	1.79	2.90	3.47	4.25	5.02	6.04

mentre il parametro $U_{A=2}$ viene scelto in base alla longitudine ed in base al tipo di bacino, fra quelli proposti dalla seguente tabella:

tipo	Descrizione	CN
A	Bacini di tipo residenziale, industriale o commerciale caratterizzati da un elevato grado di urbanizzazione. Estensione delle aree impermeabili superiore al 60%.	92
B	Bacini caratterizzati da un medio grado di urbanizzazione. Estensione delle aree impermeabili compresa fra 30% e 60%.	87
C	Bacini caratterizzati da un basso grado di urbanizzazione. Estensione delle aree impermeabili compresa fra 5% e 30%.	75
D	Bacini caratterizzati da estesa copertura arborea. Estensione delle aree impermeabili inferiore al 5%.	67

Longitudine		Bacino Tipo			
Gradi	primi	A	B	C	D
8	30	9.28	7.74	5.93	5.20
8	32.5	9.33	7.79	5.96	5.23
8	35	9.37	7.82	5.99	5.26
8	37.5	9.41	7.86	6.01	5.28
8	40	9.45	7.89	6.04	5.30

Tabella.2: contributo unitario, $U_{A=2}$ in funzione del tipo di bacino e della sua posizione.

Per la longitudine di 8° 32'.5 e considerando un bacino di tipo C, il parametro $U_{A=2}$ è pari a 5.96 $m^3s^{-1}kmq^{-1}$ si ottengono i seguenti valori di portata, arrotondati all'unità superiore:

	T=50 anni	T=200 anni	T=500 anni
Portata Rio Finale	28 m^3/s	41 m^3/s	49 m^3/s

4. VERIFICA IDRAULICA

4.1 GENERALITA'

Nel presente paragrafo vengono descritte, dopo una breve esposizione del metodo utilizzato, le verifiche idrauliche effettuate sull'asta del Rio Finale, in un tratto rappresentativo delle condizioni di deflusso in relazione al funzionamento idraulico del tratto in oggetto, ovvero della piana valliva del corso d'acqua, in ossequio all'Allegato 3 della normativa di piano di bacino.

Tratto di studio

Il tratto di studio considerato è tutto il tratto vallivo del corso d'acqua: infatti il corso d'acqua presenta dapprima marcata acclività e caratteristiche prettamente montane, per poi pervenire, a valle di sezione 9 ad una piana alluvionale facilmente individuabile, peraltro di forma allungata e stretta tra le due dorsali spartiacque. La lunghezza del tratto di studio è di circa 500 m ed ha inizio con la sezione 1 e termine con la sezione 29 (nei pressi della battigia). Il tratto oggetto di sistemazione ha inizio dalla sezione 9 (inizio della proprietà di Punta dell'Olmo S.p.a.) termina con la sezione 27 (ponte SS 1 Aurelia).

La verifica è stata condotta utilizzando l'applicativo HEC RAS 5.0.3

4.2 DESCRIZIONE DEL MODELLO

Il modello utilizzato per la verifica in moto permanente integra le equazioni fondamentali che governano il moto di una corrente a pelo libero, e cioè l'equazione di continuità e l'equazione del moto che, in forma differenziale e nel caso generale di moto vario, si scrivono rispettivamente:

$$\partial Q/\partial x + \partial A/\partial t = 0$$

$$\partial H/\partial x = - j - \partial(Q/gA)/ \partial t$$

dove:

Q = portata liquida	[m^3/s]
A = area della sezione liquida	[m^2]
H = carico totale della corrente	[m]
j = perdite distribuite	[m/m]
g = accelerazione di gravità	[m/s^2]
x = ascissa corrente	[m]
t = tempo	[s]

Nel presente caso, compatibilmente con quanto indicato nelle raccomandazioni dell'Autorità di Bacino regionale, non si è ritenuta necessaria la schematizzazione del fenomeno in moto vario, ma si è ritenuta significativa l'assunzione di moto permanente. Le equazioni di moto e di continuità si riducono quindi alla sola dipendenza dalla coordinata spaziale secondo la forma:

$$\partial Q/\partial x = 0$$

$$\partial H/\partial x = - j$$

La risoluzione delle equazioni è stata condotta attraverso una schematizzazione alle differenze finite e introducendo l'equazione di Manning per la stima delle resistenze distribuite:
dove:

$$U = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot j^{\frac{1}{2}}$$

U = velocità media della corrente = Q/A [m/s]

R = raggio idraulico della corrente	[m]
n = coefficiente di Manning	[$m^{-1/3}s$]

Le perdite concentrate, nei tratti ove si verificano, sono state assunte proporzionali al carico cinetico, secondo l'espressione:

$$\Delta H = \xi \, \Delta(U^2/2g)$$

dove il coefficiente adimensionale ξ varia in dipendenza del tipo di perdita (restringimento, allargamento,

cambio di direzione del flusso, etc.).

Per quanto riguarda le condizioni al contorno, come noto, è necessario imporre, oltre al valore di portata in ingresso nella sezione di monte, una condizione di livello a valle in caso di corrente lenta, una condizione di livello a monte in caso di corrente veloce.

Il programma utilizzato nel calcolo è HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center- River Analysis System, della US Army Corps Engineers), versione 5.0.3. Il modello determina il profilo di moto permanente per ogni tratto scegliendo tra i possibili profili di corrente lenta e di corrente veloce quello a cui corrisponde la spinta totale maggiore, essendo la definizione della spinta:

$$S = \frac{1}{2}\gamma \cdot Y \cdot A + \gamma \cdot \frac{Q^2}{g \cdot A}$$

dove:

γ = peso specifico dell'acqua [N/m^3]

Y = profondità [m]

La verifica idraulica del corso d'acqua principale è stata condotta per portate con tempi di ritorno di 50, 200 e 500 anni con ipotesi di moto permanente. La schematizzazione di calcolo adottata si basa sulle seguenti assunzioni:

- Portata costante a tratti nel tratto considerato anche nell'eventualità di superamento dei punti estremi delle sezioni: il procedimento consiste nell'immaginare che la sezione sia limitata da argini infinitamente alti.
- Ciascuna sezione idraulica utilizzata nel calcolo, costituisce la proiezione della traccia della sezione su un piano normale alla direzione della corrente.

La verifica è stata condotta assumendo le seguenti condizioni al contorno in termini di carico piezometrico h:

- **Condizione di monte**

  Si è acquisita quale condizione al contorno di monte la profondità critica, pari alla maggiore

altezza che una corrente veloce possa avere. Come detto in precedenza, il modello ha inizio alla sezione 1, ma la sistemazione di progetto ha inizio dalla sezione 9. In ogni caso il tratto da sezione 1 a sezione 9 rappresenta il warm-out del modello durante il quale si perde, in ogni caso, la dipendenza dalla condizione al contorno imposta in sezione 1.

- **Condizione di valle**.

  La condizione di valle per il calcolo del profilo in moto permanente merita invece alcune considerazioni.

  Poiché la sezione finale del modello (sezione 29) è posizionata praticamente sulla battigia, può essere condizionata dall'altezza d'onda marina. Usualmente viene utilizzata, quale condizione al contorno di valle, l'altezza d'onda pari a 2.00 m ed è pertanto stata utilizzata anche in questo caso. Inoltre, poiché è stato condotto uno specifico studio idraulico marino, al fine di valutare l'ondazione temibile sulla struttura in progetto a valle del rilevato ANAS, ed al fine di ottemperare a specifica richiesta del Comune di Varazze, è stata condotta una verifica imponendo la quota di onda massima temibile con periodo di ritorno di 50 anni, ovvero pari a 4.5 m. Tale verifica ha lo scopo di valutare l'intrusione marina nel sottopassaggio, ai fini dell'assunzione delle misure di protezione civile ma non ha valore per la verifica della situazione di progetto per la sistemazione del rio, in quanto la probabilità di accadimento della concomitanza tra gli eventi 200-ennale per la portata fluviale e 50-ennale per l'evento marino risulta decisamente bassa.

Relativamente alle condizioni di fondo alveo, ed in ottemperanza all'Allegato 3 – Indirizzi Tecnici per la redazione di studi idraulici – punto 4 – Parametri di scabrezza - il coefficiente di Manning è stato adottato pari a n=0.03 $m^{-1/3}s$ (pari ad un coefficiente di Gauckler-Strickler Ks 33 $m^{1/3}s^{-1}$) per tutto il tratto (cfr. tabella dei coefficienti, per "tratti di corsi d'acqua naturali con salti, rocce o vegetazione anche arbustiva-arborea in alveo").

4.3 RISULTATI

Nelle 3 tabelle seguenti (relative alle singole verifiche) sono riportati, per ogni sezione considerata, oltre al numero indicativo della sezione, la portata di calcolo (m3/s), la quota del fondo canale (m), la quota del pelo libero (m), la profondità critica (m), il carico totale (m), la quota dell'argine sinistro (m), la quota

dell'argine destro (m), la quota di intradosso (per le sezioni con attraversamento), la velocità media sulla sezione (m/s).

Sez.	Q tot (mc/s)	Quota fondo (m)	Quota p.l. (m)	Prof. critica. (m)	H (m)	H arg. sx (m)	H 1\\arg. dx (m)	H intra (m)	Vel. (m/s)	Note
1	28.00	9.59	11.24	11.24	11.65	10.20	10.38		3.20	
2	28.00	9.16	9.96	10.31	11.11	9.80	9.36		4.88	
3	28.00	8.59	9.42	9.59	10.04	10.77	8.98		3.67	
4	28.00	7.68	8.97	9.14	9.60	8.85	8.29		3.94	
5	28.00	7.37	8.66	8.79	9.25	10.38	8.16		3.55	
6	28.00	7.01	8.73	8.73	9.07	7.84	8.08		3.00	
7	28.00	6.86	8.21	8.40	8.86	7.95	7.81		3.96	
8	28.00	6.66	8.34	8.34	8.67	7.71	8.97		2.87	
9	28.00	6.23	7.45	7.73	8.43	9.23	9.23		4.39	Inizio sistemazione di progetto
10	28.00	5.81	7.26	7.31	7.90	8.81	8.81		3.53	
11	28.00	5.00	6.33	6.50	7.13	8.00	8.00		3.96	
12	28.00	4.26	5.71	5.76	6.35	7.26	7.26		3.55	
13	28.00	4.22	5.63	5.72	6.32	7.22	7.22		3.68	
14	28.00	3.97	5.34	5.47	6.08	6.97	6.97		3.79	
15	28.00	3.66	5.04	5.16	5.77	6.66	6.66		3.79	
16	28.00	3.58	4.95	5.08	5.69	6.58	6.58		3.79	
17	28.00	3.20	4.46	4.70	5.37	6.60	6.60		4.22	
18	28.00	2.62	3.78	4.12	4.91	6.72	6.02		4.70	
19	28.00	2.53	4.13	3.38	4.25	6.50	6.50	5.72	1.54	A monte ponte ex FS
	Bridge							5.72		ponte ex FS
20V	28.00	2.46	4.09	3.31	4.21	5.72	6.16	5.72	1.50	A valle ponte ex FS
21	28.00	2.46	4.11	3.28	4.20	5.72	6.16		1.36	
22	28.00	2.44	4.06	3.36	4.20	5.70	5.66		1.63	
23	28.00	2.24	3.50	3.50	4.09	5.65	5.66		3.38	
24	28.00	2.03	3.29	3.29	3.88	5.63	5.43		3.39	
25	28.00	1.94	3.37	3.10	3.71	5.44	5.34		2.61	
26	28.00	1.86	3.12	3.04	3.63	6.60	6.60	6.60	3.19	A monte ponte Aurelia
27 m	28.00	1.54	2.72	2.72	3.31	3.66	6.60	6.60	3.40	Ponte Aurelia
27 v	28.00	1.54	2.56	2.70	3.29	3.38	8.77	6.60	3.79	A valle ponte Aurelia
28	28.00	1.54	2.38	2.48	2.82	3.38	10.32		2.97	
29	28.00	0.00	2.00	0.74	2.01	1.06	0.34		0.41	battigia

Tabella 1: verifica con T=50 anni (con H=2 m)

Sez.	Q tot (mc/s)	Quota fondo (m)	Quota p.l. (m)	Prof. critica. (m)	H (m)	H arg. sx (m)	H arg. dx (m)	H intra (m)	Vel. (m/s)	Note
1	41.00	9.59	11.51	11.51	11.98	10.20	10.38		3.52	
2	41.00	9.16	10.12	10.52	11.47	9.80	9.36		5.29	
3	41.00	8.59	9.55	9.81	10.42	10.77	8.98		4.26	
4	41.00	7.68	9.15	9.36	9.94	8.85	8.29		4.36	
5	41.00	7.37	8.91	9.04	9.60	10.38	8.16		3.75	
6	41.00	7.01	8.93	8.94	9.36	7.84	8.08		3.35	
7	41.00	6.86	8.37	8.60	9.15	7.95	7.81		4.37	
8	41.00	6.66	8.61	8.53	8.96	7.71	8.97		2.85	
9	41.00	6.23	8.10	8.10	8.81	9.23	9.23		3.73	Inizio sistemazione di progetto
10	41.00	5.81	7.47	7.68	8.44	8.81	8.81		4.36	
11	41.00	5.00	6.72	6.87	7.61	8.00	8.00		4.16	
12	41.00	4.26	5.97	6.13	6.87	7.26	7.26		4.19	
13	41.00	4.22	5.91	6.09	6.83	7.22	7.22		4.25	
14	41.00	3.97	5.67	5.84	6.58	6.97	6.97		4.23	
15	41.00	3.66	5.37	5.53	6.27	6.66	6.66		4.20	
16	41.00	3.58	5.29	5.45	6.19	6.58	6.58		4.21	
17	41.00	3.20	4.78	5.07	5.88	6.60	6.60		4.63	
18	41.00	2.62	4.10	4.50	5.44	6.72	6.02		5.14	
19	41.00	2.53	4.62	3.63	4.77	6.50	6.50	5.72	1.72	A monte ponte ex FS
	Bridge							5.72		ponte ex FS
20V	41.00	2.46	4.57	3.56	4.72	5.72	6.16	5.72	1.70	A valle ponte ex FS
21	41.00	2.46	4.59	3.52	4.71	5.72	6.16		1.51	
22	41.00	2.44	4.54	3.63	4.70	5.70	5.66		1.80	
23	41.00	2.24	3.85	3.85	4.59	5.65	5.66		3.79	
24	41.00	2.03	3.68	3.64	4.38	5.63	5.43		3.70	
25	41.00	1.94	3.83	3.42	4.23	5.44	5.34		2.81	
26	41.00	1.86	3.47	3.38	4.15	6.60	6.60	6.60	3.64	A monte ponte Aurelia
27 m	41.00	1.54	3.06	3.06	3.82	3.66	6.60	6.60	3.86	Ponte Aurelia
27 v	41.00	1.54	2.82	3.03	3.80	3.38	8.77	6.60	4.37	A valle ponte Aurelia
28	41.00	1.54	2.41	2.66	3.25	3.38	10.32		4.06	
29	41.00	0.00	2.00	0.90	2.02	1.06	0.34		0.60	battigia

Tabella 2: verifica con T=200 anni (con H=2 m)

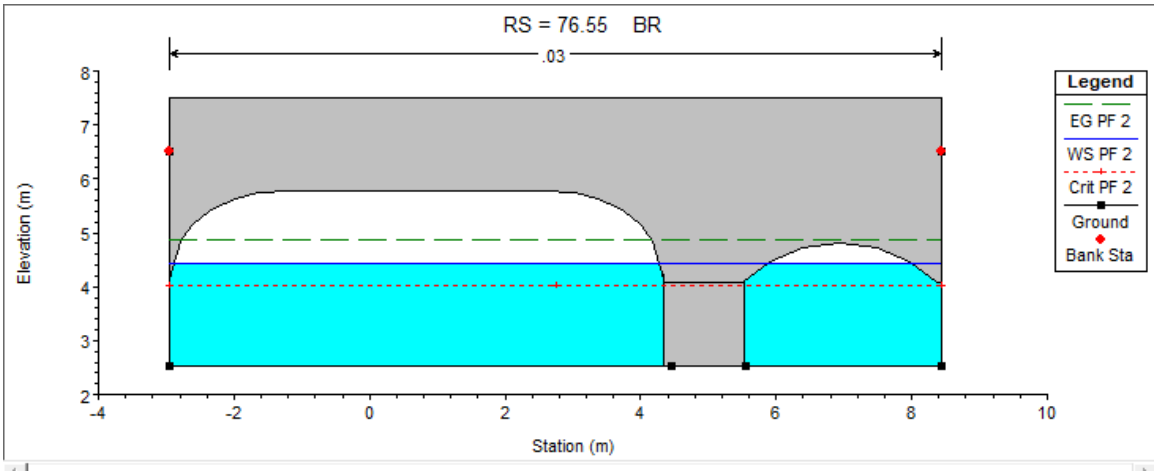
Sez.	Q tot (mc/s)	Quota fondo (m)	Quota p.l. (m)	Prof. critica. (m)	H (m)	H arg. sx (m)	H 1\\arg. dx (m)	H intra (m)	Vel. (m/s)	Note
1	49.00	9.59	11.64	11.64	12.15	10.20	10.38		3.71	
2	49.00	9.16	10.21	10.64	11.65	9.80	9.36		5.47	
3	49.00	8.59	9.62	9.93	10.63	10.77	8.98		4.54	
4	49.00	7.68	9.25	9.49	10.14	8.85	8.29		4.59	
5	49.00	7.37	9.04	9.18	9.79	10.38	8.16		3.84	
6	49.00	7.01	8.89	9.06	9.57	7.84	8.08		4.22	
7	49.00	6.86	8.99	8.71	9.25	7.95	7.81		2.56	
8	49.00	6.66	8.94	8.63	9.20	7.71	8.97		2.39	
9	49.00	6.23	8.30	8.30	9.08	9.23	9.23		3.90	Inizio sistemazione di progetto
10	49.00	5.81	7.65	7.88	8.71	8.81	8.81		4.55	
11	49.00	5.00	6.89	7.07	7.88	8.00	8.00		4.41	
12	49.00	4.26	6.15	6.33	7.14	7.26	7.26		4.39	
13	49.00	4.22	6.10	6.29	7.10	7.22	7.22		4.44	
14	49.00	3.97	5.84	6.04	6.85	6.97	6.97		4.45	
15	49.00	3.66	5.55	5.73	6.54	6.66	6.66		4.42	
16	49.00	3.58	5.46	5.65	6.46	6.58	6.58		4.42	
17	49.00	3.20	4.96	5.27	6.15	6.60	6.60		4.84	
18	49.00	2.62	4.26	4.70	5.72	6.72	6.02		5.35	
19	49.00	2.53	4.89	3.77	5.06	6.50	6.50	5.72	1.82	A monte ponte ex FS
	Bridge							5.72		ponte ex FS
20V	49.00	2.46	4.83	3.69	5.00	5.72	6.16	5.72	1.81	A valle ponte ex FS
21	49.00	2.46	4.86	3.65	4.99	5.72	6.16		1.59	
22	49.00	2.44	4.80	3.77	4.98	5.70	5.66		1.90	
23	49.00	2.24	4.08	4.05	4.86	5.65	5.66		3.91	
24	49.00	2.03	3.95	3.84	4.66	5.63	5.43		3.73	
25	49.00	1.94	4.10	3.60	4.52	5.44	5.34		2.90	
26	49.00	1.86	3.68	3.57	4.44	6.60	6.60	6.60	3.86	A monte ponte Aurelia
27 m	49.00	1.54	3.25	3.25	4.10	3.66	6.60	6.60	4.10	Ponte Aurelia
27 v	49.00	1.54	2.97	3.21	4.08	3.38	8.77	6.60	4.67	A valle ponte Aurelia
28	49.00	1.54	2.45	2.77	3.52	3.38	10.32		4.59	
29	49.00	0.00	2.00	0.99	2.02	1.06	0.34		0.72	battigia

Tabella 3: verifica con T=500 anni (con H=2 m)

Sez.	Q tot (mc/s)	Quota fondo (m)	Quota p.l. (m)	Prof. critica. (m)	H (m)	H arg. sx (m)	H arg. dx (m)	H intra (m)	Vel. (m/s)	Note
1	41.00	9.59	11.51	11.51	11.98	10.20	10.38		3.52	
2	41.00	9.16	10.12	10.52	11.47	9.80	9.36		5.29	
3	41.00	8.59	9.55	9.81	10.42	10.77	8.98		4.26	
4	41.00	7.68	9.15	9.36	9.94	8.85	8.29		4.36	
5	41.00	7.37	8.91	9.04	9.60	10.38	8.16		3.75	
6	41.00	7.01	8.93	8.94	9.36	7.84	8.08		3.35	
7	41.00	6.86	8.37	8.60	9.15	7.95	7.81		4.37	
8	41.00	6.66	8.61	8.53	8.96	7.71	8.97		2.85	
9	41.00	6.23	8.10	8.10	8.81	9.23	9.23		3.73	Inizio sistemazione di progetto
10	41.00	5.81	7.47	7.68	8.44	8.81	8.81		4.36	
11	41.00	5.00	6.72	6.87	7.61	8.00	8.00		4.16	
12	41.00	4.26	5.97	6.13	6.87	7.26	7.26		4.19	
13	41.00	4.22	5.91	6.09	6.83	7.22	7.22		4.25	
14	41.00	3.97	5.67	5.84	6.58	6.97	6.97		4.23	
15	41.00	3.66	5.37	5.53	6.27	6.66	6.66		4.20	
16	41.00	3.58	5.29	5.45	6.19	6.58	6.58		4.21	
17	41.00	3.20	4.78	5.07	5.88	6.60	6.60		4.63	
18	41.00	2.62	4.10	4.50	5.44	6.72	6.02		5.14	
19	41.00	2.53	4.80	3.63	4.93	6.50	6.50	5.72	1.58	A monte ponte ex FS
	Bridge							5.72		ponte ex FS
20V	41.00	2.46	4.76	3.56	4.89	5.72	6.16	5.72	1.56	A valle ponte ex FS
21	41.00	2.46	4.78	3.52	4.88	5.72	6.16		1.38	
22	41.00	2.44	4.74	3.63	4.87	5.70	5.66		1.63	
23	41.00	2.24	4.46	3.85	4.82	5.65	5.66		2.65	
24	41.00	2.03	4.43	3.64	4.73	5.63	5.43		2.42	
25	41.00	1.94	4.48	3.42	4.68	5.44	5.34		2.02	
26	41.00	1.86	4.38	3.38	4.66	6.60	6.60	6.60	2.33	A monte ponte Aurelia
27 m	41.00	1.54	4.36	3.06	4.58	3.66	6.60	6.60	2.08	Ponte Aurelia
27 v	41.00	1.54	4.41	3.03	4.55	3.38	8.77	6.60	1.67	A valle ponte Aurelia
28	41.00	1.54	4.48	2.66	4.51	3.38	10.32		0.78	
29	41.00	0.00	4.50	0.90	4.50	1.06	0.34		0.15	battigia

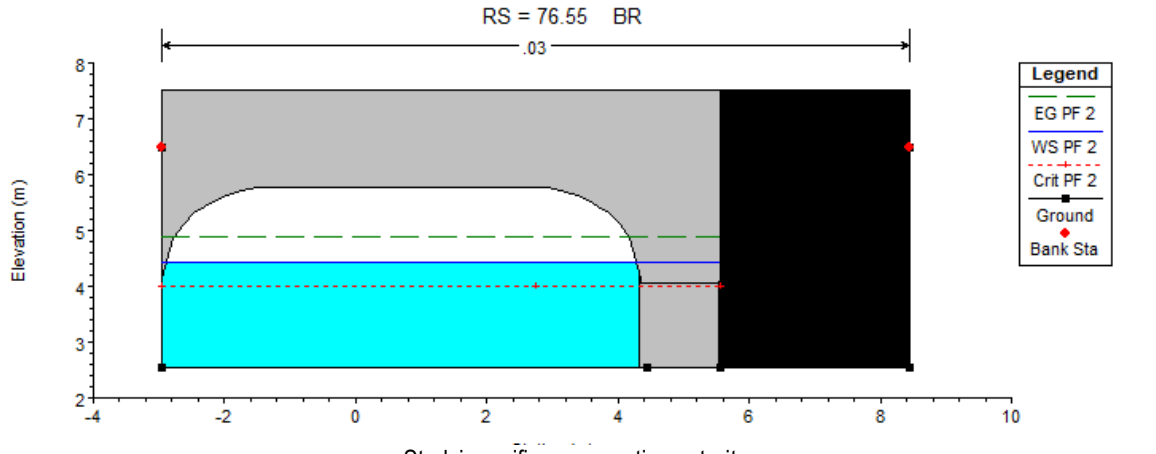
Tabella 4: verifica con T=200 anni (con H=4.5 m)

Sez.	Q tot (mc/s)	Quota fondo (m)	Quota p.l. (m)	Prof. critica. (m)	H (m)	H arg. sx (m)	H arg. dx (m)	H intra (m)	Vel. (m/s)	Note
8	41.00	2.62	4.10	4.50	5.44	6.72	6.02		5.14	
19	41.00	2.53	4.62	3.63	4.77	6.50	6.50	5.72	1.72	A monte ponte ex FS
	Bridge							5.72		ponte ex FS
20V	41.00	2.46	4.57	3.56	4.72	5.72	6.16	5.72	1.70	A valle ponte ex FS
21	41.00	2.46	4.59	3.52	4.71	5.72	6.16		1.51	



Stralcio verifica con 2 fornici liberi

Sez.	Q tot (mc/s)	Quota fondo (m)	Quota p.l. (m)	Prof. critica. (m)	H (m)	H arg. sx (m)	H arg. dx (m)	H intra (m)	Vel. (m/s)	Note
18	41.00	2.62	4.10	4.50	5.44	6.72	6.02		5.14	
19	41.00	2.53	4.62	3.86	4.89	6.50	6.50	5.72	2.31	A monte ponte ex FS
	Bridge							5.72		ponte ex FS
20V	41.00	2.46	4.47	3.79	4.76	5.72	6.16	5.72	2.40	A valle ponte ex FS
21	41.00	2.46	4.59	3.52	4.71	5.72	6.16		1.51	



Stralcio verifica con pontino ostruito

4.4 CALCOLO DEI FRANCHI

I franchi idraulici, per i bacini di primo livello poco dissestati, non devono essere inferiori ai seguenti valori:

- Carico cinetico (ovvero il livello di intradosso non deve essere inferiore al livello del carico totale)
- Altezza di 0.5 m per quanto riguarda le sezioni a cielo aperto
- Altezza di 1.0 m per i ponti con estensione minore a 12 m
- Altezza di 1.5 m per i ponti con estensione maggiore a 12 m

Nel seguito si riporta una tabella, per la portata di 200 anni, nella quale sono valutati i franchi idraulici per le singole sezioni

Sez.	Quota p.l. (m slm)	Carico Totale (m slm)	Quota argine o Intradosso) (m slm)	Franco (m)	Note
9	8.1	8.81	9.23	1.13	Inizio sistemazione di progetto
10	7.47	8.44	8.81	1.34	
11	6.72	7.61	8	1.28	
12	5.97	6.87	7.26	1.29	
13	5.91	6.83	7.22	1.31	
14	5.67	6.58	6.97	1.3	
15	5.37	6.27	6.66	1.29	
16	5.29	6.19	6.58	1.29	
17	4.78	5.88	6.6	1.82	
18	4.1	5.44	6.02	1.92	
19	4.62	4.77	5.72	1.1	A monte ponte ex FS
					ponte ex FS
20V	4.57	4.72	5.72	1.15	A valle ponte ex FS
21	4.59	4.71	6.16	1.57	
22	4.54	4.7	5.66	1.12	
23	3.85	4.59	5.66	1.81	
24	3.68	4.38	5.43	1.75	
25	3.83	4.23	5.34	1.51	
26	3.47	4.15	6.6	3.13	A monte ponte Aurelia
27 m	3.06	3.82	6.6	3.54	Ponte Aurelia
27 v	2.82	3.8	8.77	5.95	A valle ponte Aurelia

Tabella 5: Tabella dei franchi – T=200 anni

5. CONCLUSIONI

Nella presente relazione sono state descritte le valutazioni idrauliche, effettuate al fine di verificare la sistemazione di progetto del Rio Finale, che la società Punta dell'Olmo S.p.a. intende realizzare, con la finalità di consentire il transito delle portate di progetto senza esondazioni ed erosioni in tutta la piana valliva di propria competenza.

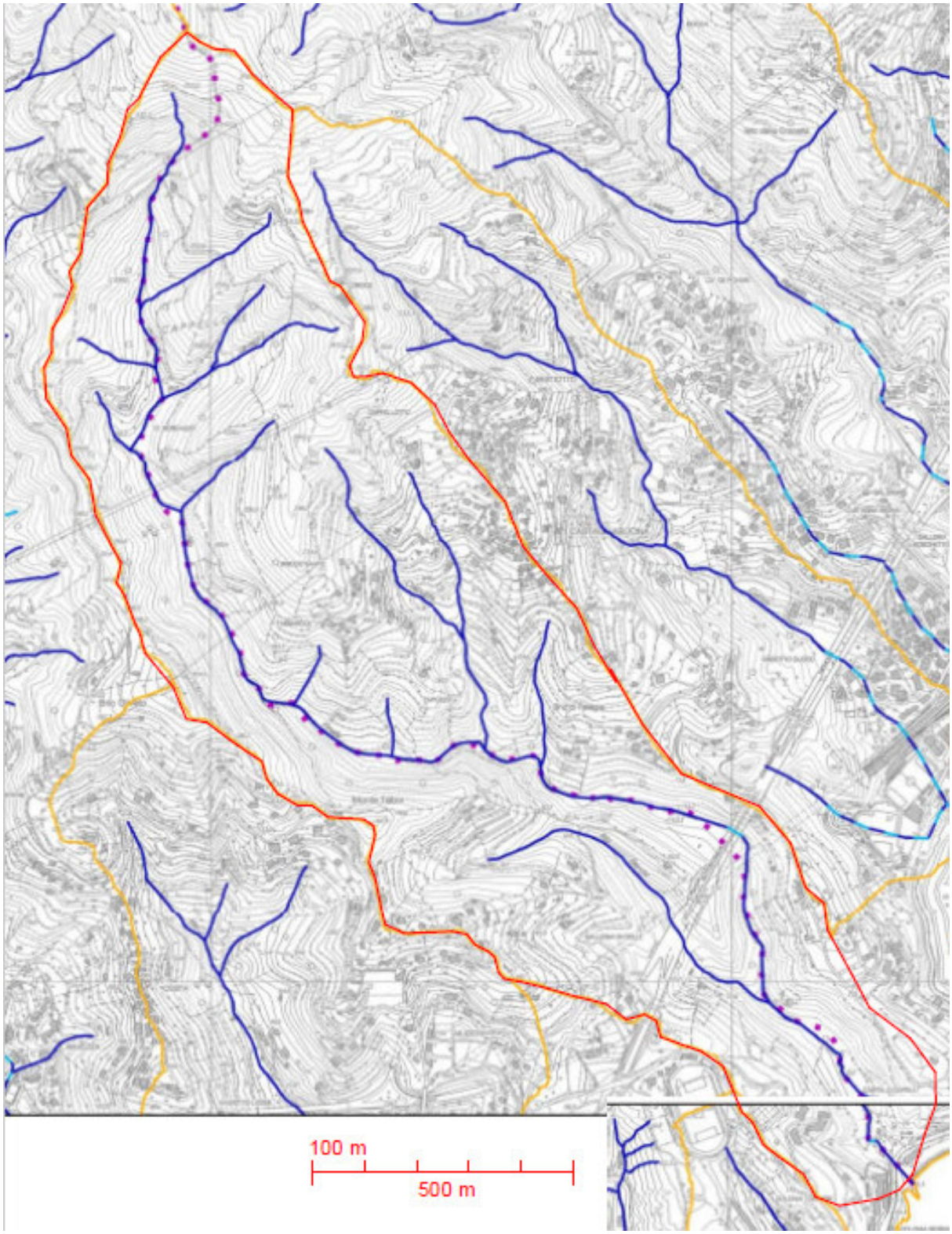
Le verifiche condotte hanno evidenziato che la portata di progetto avente T=200 anni transita in tutto il tratto sistemato con franchi superiori al valore 0.5 m per i tratti a cielo aperto ed al valore 1.0 m per i tratti in corrispondenza dei ponti, cos' come risulta verificato anche il franco rispetto al carico cinetico.

ALLEGATI

PERIMETRAZIONE BACINO

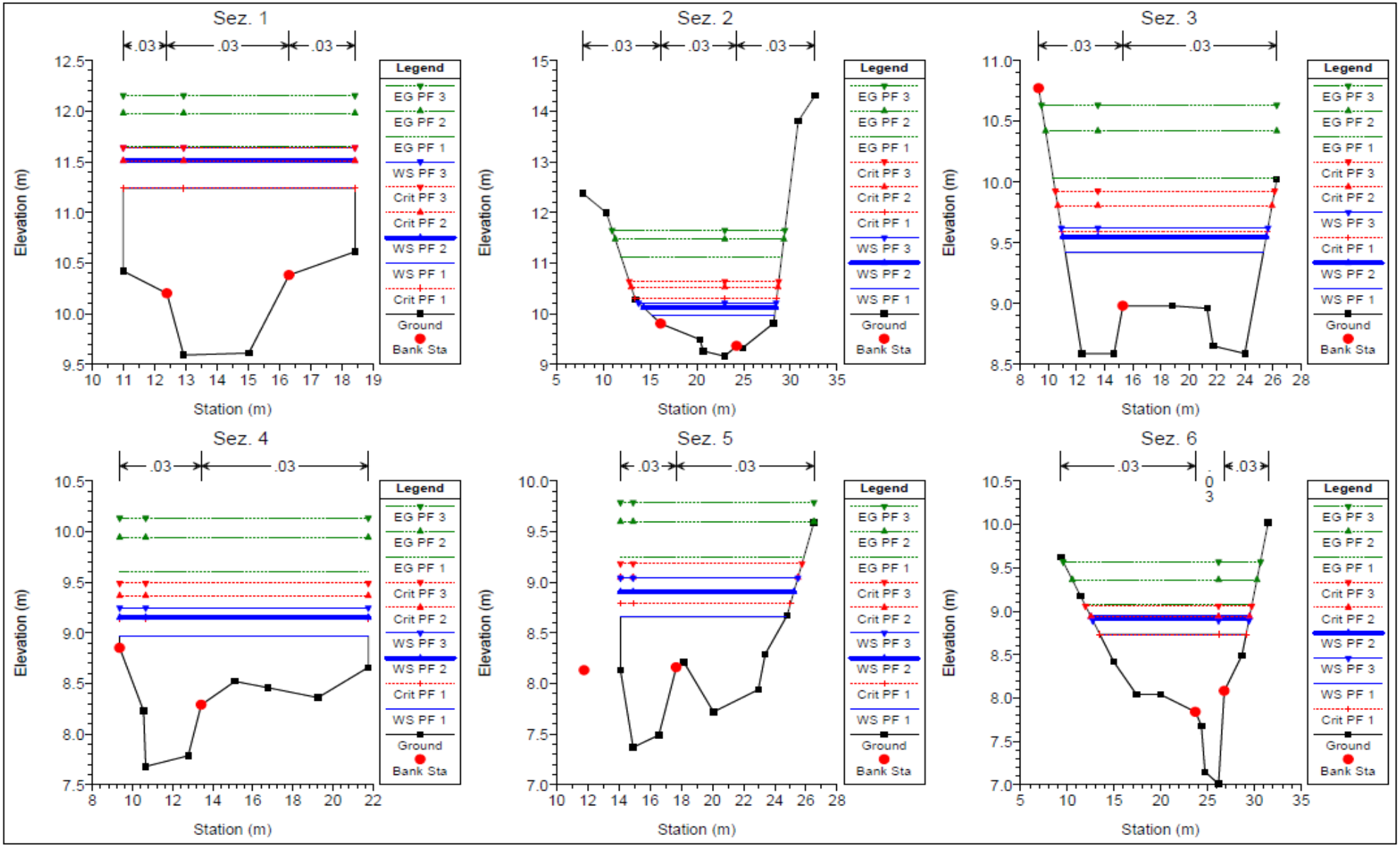
SEZIONI IDRAULICHE SCHEMATICHE

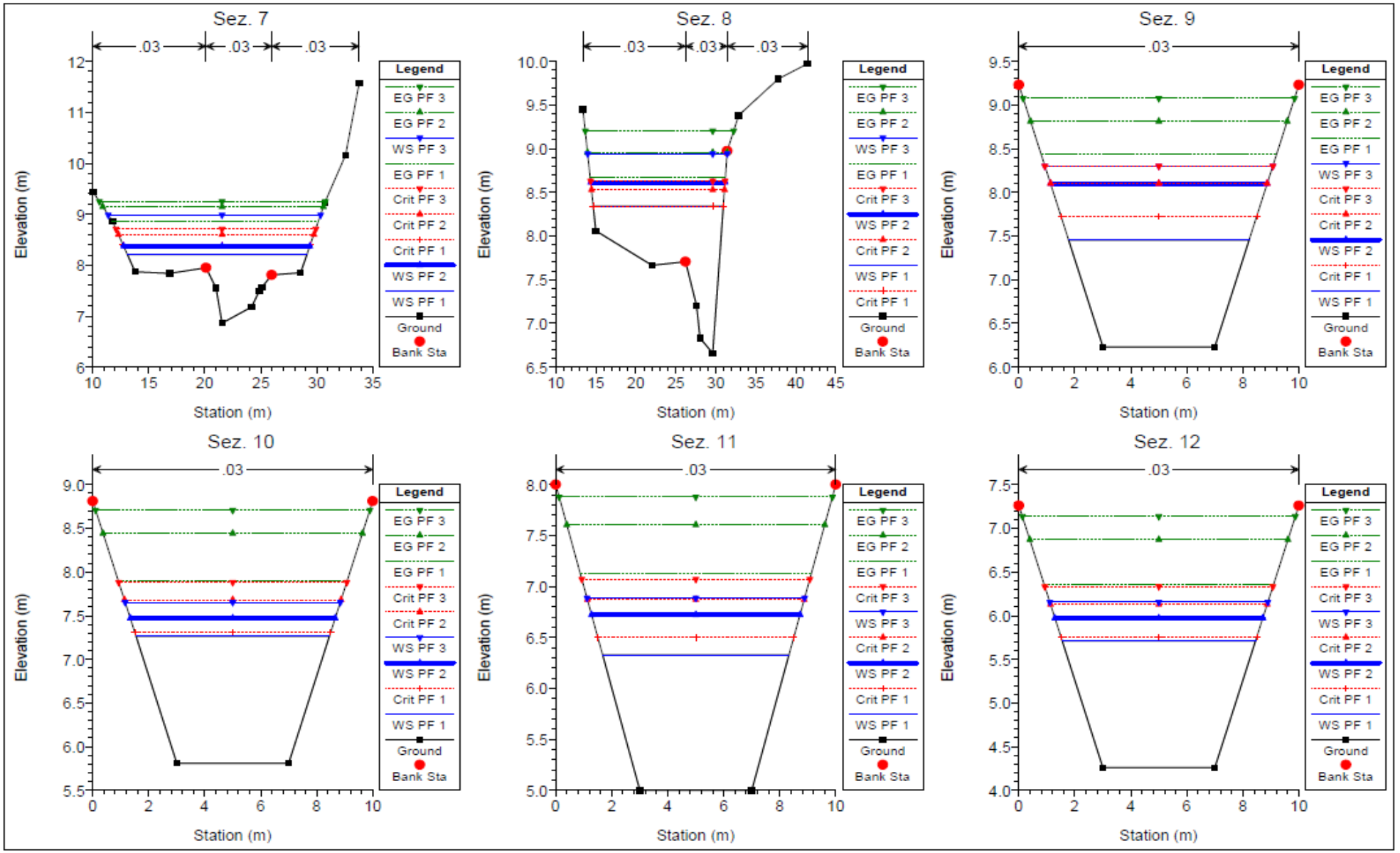
PROFILO IDRAULICO SCHEMATICO

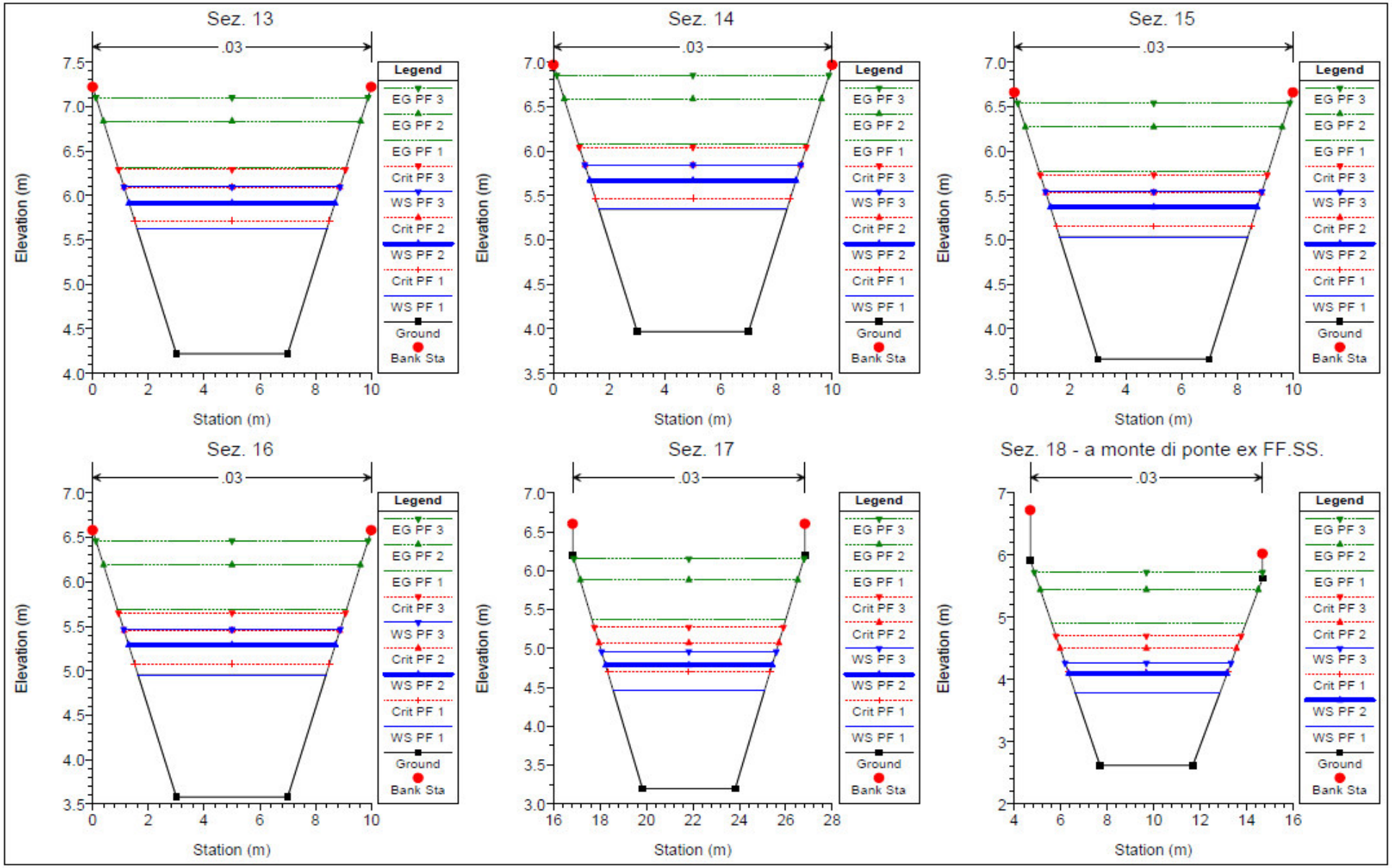


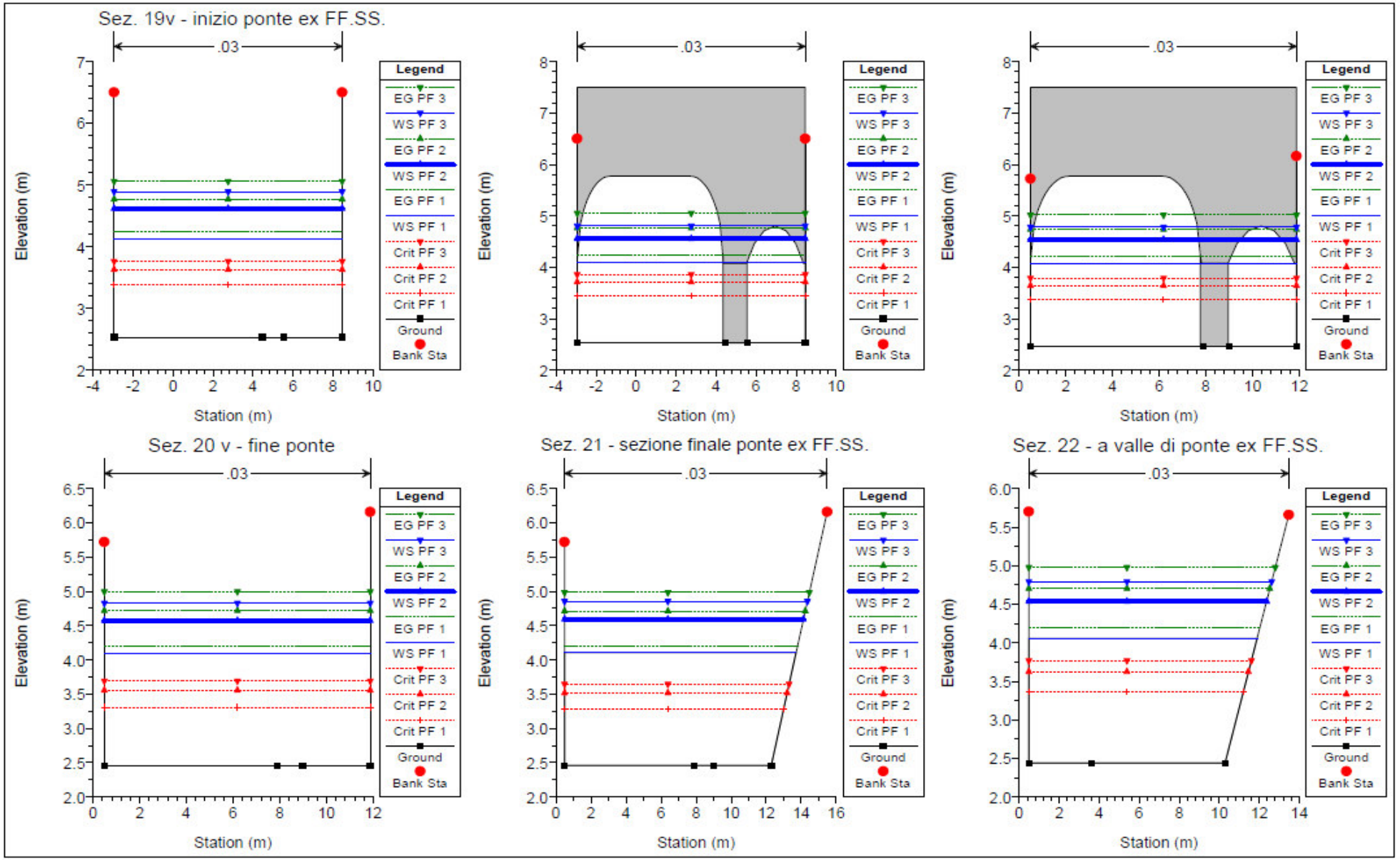
PERIMETRAZIONE BACINO (non in scala) – A=1.34 Kmq

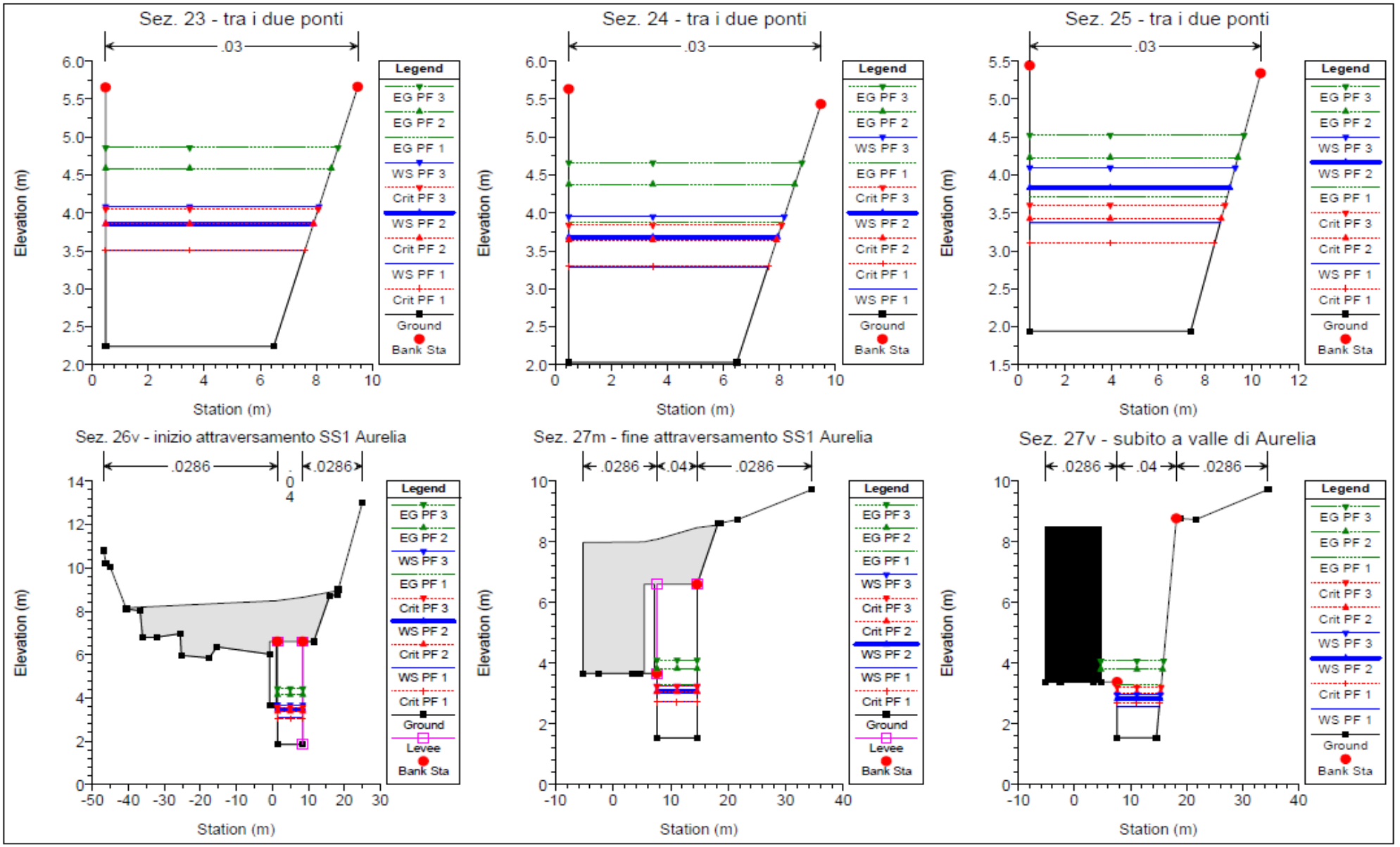
SEZIONI IDRAULICHE SCHEMATICHE e PROFILO

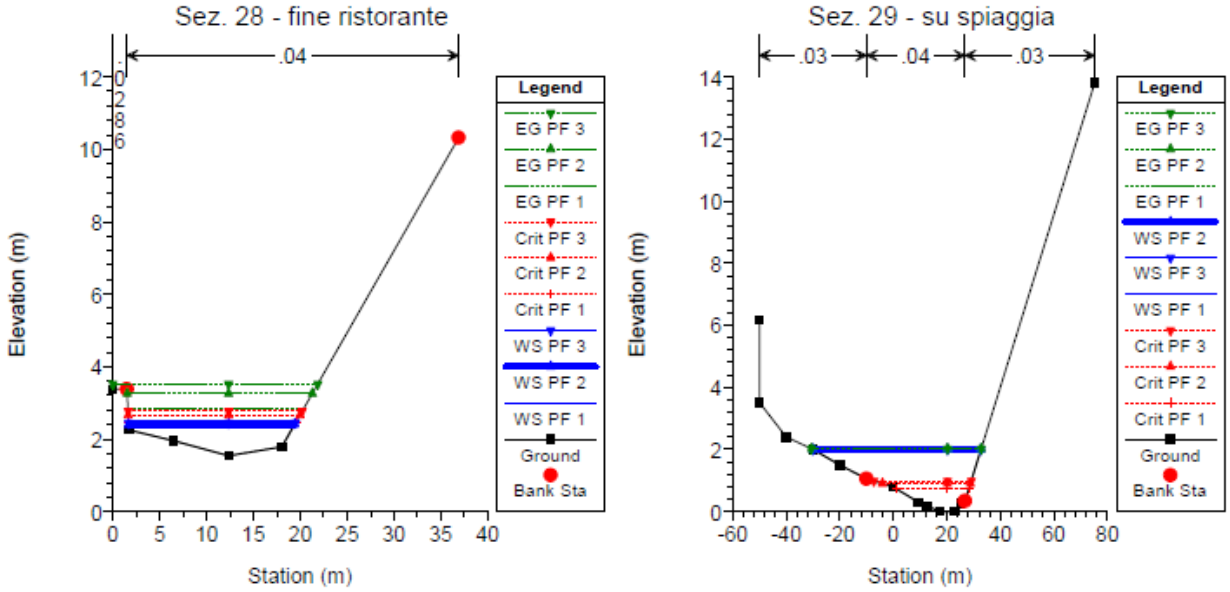

Sez. 1
Sez. 2
Sez. 3
Sez. 4
Sez. 5
Sez. 6
.03
Legend
EG PF 3
EG PF 2
EG PF 1
WS PF 3
Crit PF 3
Crit PF 2
WS PF 2
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)


Sez. 7
Sez. 8
Sez. 9
Sez. 10
Sez. 11
Sez. 12
.03
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG PF 3
EG PF 2
EG PF 1
WS PF 3
WS PF 2
WS PF 1
Crit PF 3
Crit PF 2
Crit PF 1
Ground
Bank Sta

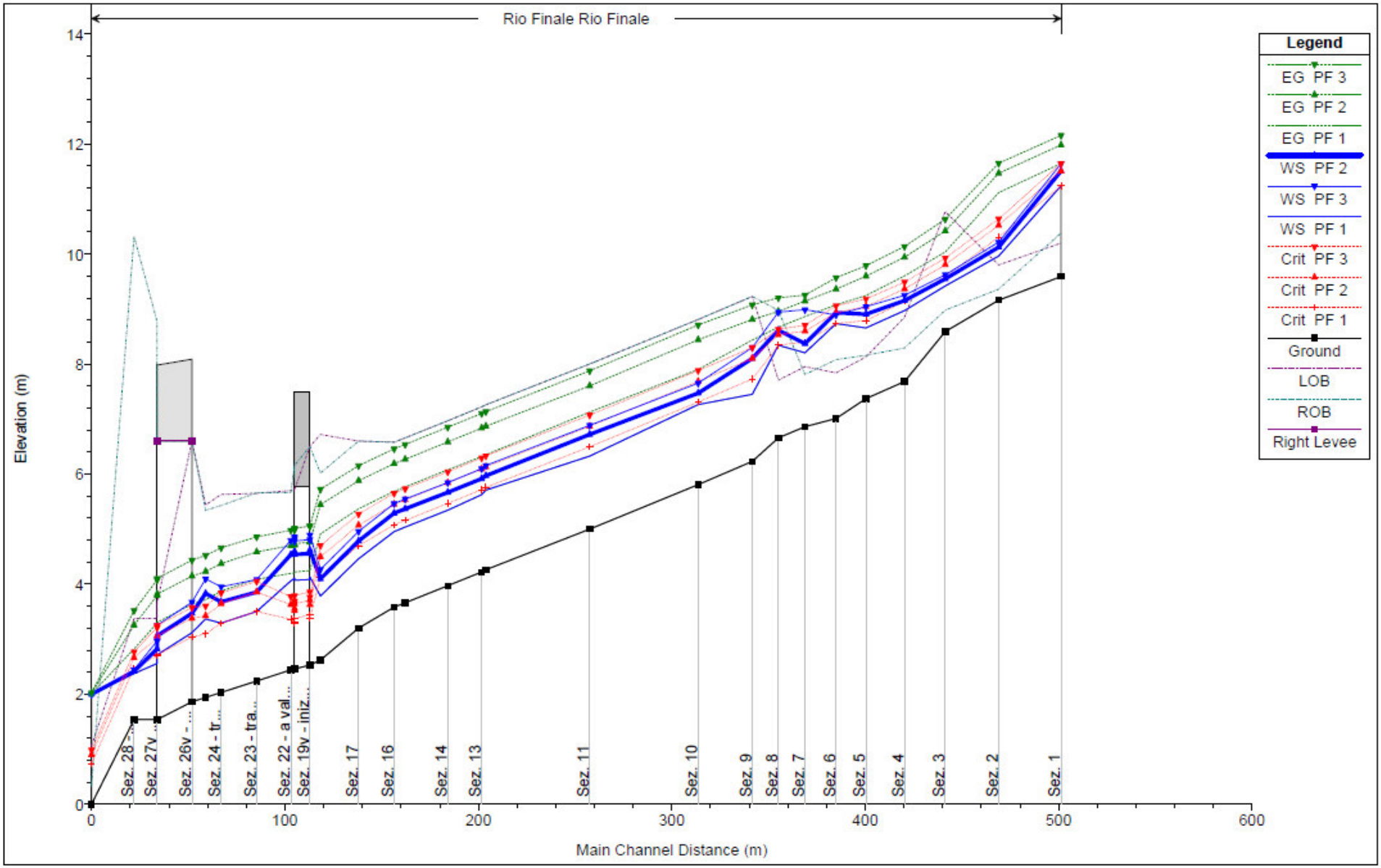

Sez. 13
Sez. 14
Sez. 15
Sez. 16
Sez. 17
Sez. 18 - a monte di ponte ex FF.SS.
.03
Legend
EG PF 3
EG PF 2
EG PF 1
Crit PF 3
WS PF 3
Crit PF 2
WS PF 2
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)


Sez. 19v - inizio ponte ex FF.SS.
Sez. 20 v - fine ponte
Sez. 21 - sezione finale ponte ex FF.SS.
Sez. 22 - a valle di ponte ex FF.SS.
.03
Legend
EG PF 3
WS PF 3
EG PF 2
WS PF 2
EG PF 1
WS PF 1
Crit PF 3
Crit PF 2
Crit PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)


Sez. 23 - tra i due ponti
.03
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG PF 3
EG PF 2
EG PF 1
WS PF 3
Crit PF 3
WS PF 2
Crit PF 2
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
Bank Sta
Sez. 24 - tra i due ponti
.03
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG PF 3
EG PF 2
WS PF 3
EG PF 1
Crit PF 3
WS PF 2
Crit PF 2
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Sez. 25 - tra i due ponti
.03
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG PF 3
EG PF 2
WS PF 3
WS PF 2
EG PF 1
Crit PF 3
Crit PF 2
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
Bank Sta
Sez. 26v - inizio attraversamento SS1 Aurelia
.0286
.04
.0286
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG PF 3
EG PF 2
WS PF 3
EG PF 1
Crit PF 3
WS PF 2
Crit PF 2
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
Levee
Bank Sta
Sez. 27m - fine attraversamento SS1 Aurelia
.0286
.04
.0286
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG PF 3
EG PF 2
EG PF 1
WS PF 3
Crit PF 3
Crit PF 2
WS PF 2
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
Levee
Bank Sta
Sez. 27v - subito a valle di Aurelia
.0286
.04
.0286
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG PF 3
EG PF 2
EG PF 1
Crit PF 3
Crit PF 2
WS PF 3
WS PF 2
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta


Sez. 28 - fine ristorante
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG PF 3
EG PF 2
EG PF 1
Crit PF 3
Crit PF 2
Crit PF 1
WS PF 3
WS PF 2
WS PF 1
Ground
Bank Sta

Sez. 29 - su spiaggia
.03
.04
.03
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG PF 3
EG PF 2
EG PF 1
WS PF 2
WS PF 3
WS PF 1
Crit PF 3
Crit PF 2
Crit PF 1
Ground
Bank Sta


Rio Finale Rio Finale
Legend
EG PF 3
EG PF 2
EG PF 1
WS PF 2
WS PF 3
WS PF 1
Crit PF 3
Crit PF 2
Crit PF 1
Ground
LOB
ROB
Right Levee
Elevation (m)
Main Channel Distance (m)
0
2
4
6
8
10
12
14
0
100
200
300
400
500
600
Sez. 28 -
Sez. 27v...
Sez. 26v - ...
Sez. 24 - tr...
Sez. 23 - tra...
Sez. 22 - a val...
Sez. 19v - iniz...
Sez. 17
Sez. 16
Sez. 14
Sez. 13
Sez. 11
Sez. 10
Sez. 9
Sez. 8
Sez. 7
Sez. 6
Sez. 5
Sez. 4
Sez. 3
Sez. 2
Sez. 1