INDICE

1 PREMESSA 2

2 STUDIO IDROLOGICO E STIMA DELLE PORTATE DI PROGETTO DEL TORRENTE 3

2.1 DEFINIZIONE DELLE PORTATE CARATTERISTICHE NELLA SEZIONE DI ISOLABONA 3

2.2 STIMA DELLE PORTATE DI PIENA DEL TORRENTE 5

3 SIMULAZIONE MONODIMENSIONALE IN MOTO PERMANENTE 9

3.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO 9

3.2 DESCRIZIONE DEL SOFTWARE 10

3.2.1 Geometria del corso d'acqua simulato 10

3.2.2 Portate, condizioni al contorno e calcolo 11

3.2.3 Equazioni per il calcolo del profilo di piena 11

3.2.4 Suddivisione delle sezioni per il calcolo della portata 12

3.2.5 Il coefficiente di velocità 13

3.2.6 Dati Richiesti e Condizioni al Contorno 13

3.2.7 Risultati 14

3.2.8 Limiti del programma 15

4 ANALISI DEI RISULTATI E CONCLUSIONI 16

ELENCO ALLEGATI

Allegato 1 – Profilo di corrente – STATO DI FATTO

Allegato 2 – Planimetria asta fluviale – STATO DI FATTO

Allegato 3 – Sezioni idrauliche – STATO DI FATTO

Allegato 4 – Tabella riassuntiva simulazione – STATO DI FATTO

Allegato 5 – Profilo di corrente – STATO A PROGETTO

Allegato 6 - Planimetria asta fluviale – STATO A PROGETTO

Allegato 7 – Sezioni idrauliche – STATO A PROGETTO

Allegato 8- Tabella riassuntiva simulazione – STATO A PROGETTO

1 PREMESSA

La presente relazione ha per scopo la verifica idraulica dell'area su cui il progetto viene sviluppato.

I parametri caratteristici (portate liquide, trasporto solido etc…) sono desunti dal Piano di Bacino del Torrente Nervia fornito dalla Provincia di Imperia. Questi parametri a loro volta derivano dall'elaborazione delle serie storiche di dati forniti dalle stazioni idrometriche del S.I.M.N. (Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale) installate sul bacino del Nervia.

In particolare si è ritenuto corretto utilizzare, per la sezione di chiusura del bacino sotteso dall'impianto in progetto, i dati misurati di portata relativi alla stazione di misura di Isolabona (IM) anziché procedere ad una valutazione delle portate tramite l'analisi delle precipitazioni ricorrendo ad un modello di afflussi-deflussi, notevolmente più impreciso per l'arbitrarietà dei coefficienti che concorrono nel modello di analisi.

Si precisa che la sezione di Isolabona presa in considerazione è ubicata circa 70 m a monte dell'impianto in questione, che il bacino idrologico afferente alla stessa è di 123,0 km2; vista l'estrema vicinanza della stazione di misura al punto di prelievo il bacino relativo alla sezione chiusa in prossimità di quest'ultimo può essere considerato il medesimo senza incorrere in errori grossolani.

Considerata la geologia dei luoghi, l'orografia, la similitudine tra i due bacini in termini di coefficiente di deflusso e di area sottesa che dà un contributo simile dal punto di vista dell'apporto meteorico, si ritiene corretto valutare le portate moltiplicando per il rapporto areale (molto prossimo all'unità) tra il bacino sotteso alla sezione di chiusura ove avviene la captazione sul Torrente Nervia ed il bacino chiuso presso la stazione di misura ad Isolabona.

2 STUDIO IDROLOGICO E STIMA DELLE PORTATE DI PROGETTO DEL TORRENTE

2.1 Definizione delle portate caratteristiche nella sezione di Isolabona

Per la definizione delle caratteristiche di deflusso ordinario nella sezione di Isolabona (si veda il successivo Capitolo 3 per una analisi di dettaglio) sono stati considerati tutti i risultati numerici a disposizione derivati dall'analisi delle portate misurate nelle stazioni del S.I.M.N.

Tale bacino risulta compreso tra quello del fiume Roja a ponente e il torrente Verbone a levante. A monte si estende fino ai 2038 m s.l.m. del monte Pietravecchia e sfocia nel Mar Ligure, lungo la costa del Comune di Camporosso Mare (IM). Nell'ambito del territorio in oggetto vi sono due strumenti di misurazione delle portate: uno posizionato nella stazione di Isolabona (83 m s.l.m.) e l'altro in quella di Nervina a Buggio (500 m s.l.m.). Tali misurazioni non possono essere utilizzate in quanto in numero insufficiente alla realizzazione di un'analisi statistica corretta e significativa. Pertanto la determinazione delle massime portate di piena caratteristiche del torrente Nervia e dei suoi sottobacini può essere condotta solo tramite la valutazione e la successiva elaborazione dei dati di pioggia estrapolati dalle misurazioni effettuate dai quattro pluviometri considerati (utilizzando formule empiriche e/o analitiche): Ventimiglia (9 m s.l.m.), Rocchetta Nervina (225 m s.l.m.), Pigna (280 m s.l.m.) e Colle Belenda (1350 m s.l.m.). Alla luce di quanto sopra si è proceduto all'analisi idrologica utilizzando come dati di partenza le osservazioni pluviometriche delle stazioni suddette in quanto sufficientemente distribuite sia planimetricamente che altimetricamente sul territorio in oggetto.

Si fa presente che, a causa della limitatezza dei dati a disposizione ed a seguito di osservazioni di carattere generale sul comprensorio idrico, sono state formulate una serie di ipotesi che se da un lato consentono il corretto svolgimento delle successive analisi statistiche, dall'altro necessitano di una adeguata verifica che può essere condotta solo dopo l'effettuazione di misure pluviometriche e idrometriche almeno decennali.

Nell’ambito in oggetto esistono altri due pluviometri che hanno funzionato per alcuni anni: quello di Colle Melosa e Valle Tane. I dati registrati da questi strumenti non sono

stati utilizzati poiché la loro ubicazione èpressoché coincidente con quella del pluviometro di Colle Belenda; quest’ultimo, inoltre, ha un maggior numero di registrazioni che lo rendono più significativo ai fini dell’analisi statistica.

In particolare sono state effettuate le seguenti considerazioni preliminari:

- il comprensorio idrico dell'intero territorio oggetto dello studio è caratterizzato da quattro distinti

regimi pluviometrici determinabili dall'assunzione dei dati di pioggia delle stazioni di Ventimiglia, Pigna, Rocchetta Nervina e Colle Belenda, i quali insistono su aree di competenza determinabili con il metodo dei topoieti o di Thiessen; su tali aree si sono assunti, come piogge efficaci, i valori elaborati statisticamente dalle registrazioni dei quattro pluviometri in questione ottenendo pertanto, in accordo con la teoria dei topoieti, dei solidi di pioggia ad altezza costante per l'intera area di competenza;

- le altezze di pioggia elaborate statisticamente per diverse durate (10 min, 15 min, 1 h, 3 h, ecc.), dopo

essere state ragguagliate all'intero bacino, sono state assunte come set di valori di un evento meteorologico fittizio avente tempo di ritorno predeterminato e tale evento è stato considerato come quello che causa l'onda di piena di progetto;

- la formula che regola la trasformazione degli afflussi in deflussi per l'evento di piena è data dal volume di pioggia affluito sul bacino nella durata pari al tempo di corrivazione del bacino stesso moltiplicata per il coefficiente di deflusso, che verrà valutato nella seconda fase del presente studio; tale valore viene determinato empiricamente in base alle caratteristiche del suolo per ogni bacino imbrifero, tenendo conto

anche dei fenomeni di evapotraspirazione e trascurando quelli di infiltrazione profonda delle acque.

2.2 stima delle portate di piena del Torrente

Nell'ambito dei sottoprogetti dell'Autorità di Bacino del fiume Po (SP1, 1996 - SP2,1996 - variante del Piano stralcio per l'assetto idrogeologico, 2007) sono stati condotti appositi studi idrologici finalizzati alla definizione dei valori delle piene di assegnato tempo di ritorno su numerose sezioni fluviali del bacino del Po.

Tali studi hanno sviluppato i seguenti aspetti: regionalizzazione dell'informazione pluviometrica, caratterizzazione dei bacini idrografici, simulazione idrologico-idraulica utilizzando modellistica numerica, regionalizzazione dell'informazione idrometrica. Sono state quindi appositamente sviluppate specifiche procedure di calcolo e nel contempo è stata condotta una caratterizzazione idrologica di piena dell'intero sistema idrografico che può essere assunta come dato di riferimento per la presente analisi.

L'approccio metodologico per la determinazione delle portate di piena di assegnato tempo di ritorno è stato differenziato in base alle caratteristiche del sistema idrografico in esame.

STAZIONE DI VENTIMIGLIA

Per la stazione di Ventimiglia le registrazioni relative alle piogge massime annuali risultano essere 35 per tutte e cinque le durate considerate. I dati rappresentano la serie delle registrazioni effettuate a partire dal 1951 fino al 1987, con la mancanza dei dati relativi al 1983 e 1984.

STAZIONE DI ROCCHETTA NERVINA

Per la stazione di Rocchetta Nervina le registrazioni relative alle piogge massime annuali risultano essere al massimo 33 per le durate maggiori o uguali all’ora. I dati rappresentano la serie delle registrazioni effettuate a partire dal 1951 fino al 1986, con la mancanza dei dati relativi al 1983, 1984, 1985 e in alcuni casi del 1982.

STAZIONE DI PIGNA

Per la stazione di Pigna le registrazioni relative alle piogge massime annuali risultano essere al massimo 35 per le durate maggiori o uguali all’ora. I dati riportati rappresentano la serie delle registrazioni effettuate a partire dal 1949 fino al 1996, con la mancanza di quelli relativi ad alcuni anni.

STAZIONE DI COLLE BELENDA

Per la stazione di Colle Belenda le registrazioni relative alle piogge massime annuali risultano essere al massimo 35 per le durate maggiori o uguali all’ora. I dati riportati

rappresentano la serie completa delle registrazioni effettuate a partire dal 1961 fino al 1996, con la sola mancanza del dato relativo al 1990.

Trattandosi di valori massimi i dati di pioggia sono stati regolarizzati con la legge del "massimo valore" di Gumbel.
Sono stati analizzati i valori di altezza di pioggia massima registrati dai pluviometri per le seguenti durate: 10', 15', 20', 30', 1 h, 3 h, 6 h, 12 h, 24 h, trascurando, nelle diverse stazioni, le durate con set di valori numericamente scarsi.
Per alcuni di essi mancano i dati in alcuni anni, o perché non sono stati registrati, o perché sono poco significativi. Quindi si sono regolarizzati i dati di ogni campione costruendo la tabella tipica della distribuzione di Gumbel. si é quindi proceduto al calcolo dei tempi di corrivazione (determinati in ore) usando le seguenti formule fornite dalla letteratura:

Pasini: $t_c = 0{,}108 \cdot \frac{\sqrt[3]{S \cdot L}}{\sqrt{i}}$

Pezzoli: $t_c = 0{,}055 \cdot \frac{L}{\sqrt{i}}$

Ventura: $t_c = 0{,}1272 \cdot \frac{\sqrt{S}}{\sqrt{i}}$

Kirpich: $t_c = 0{,}1947 \left(\frac{L \cdot \sqrt{L}}{\sqrt{\Delta H}} \right)^{0.77}$

Puglisi: $6 \cdot L^{\frac{2}{3}} \cdot \Delta H^{-\frac{1}{3}}$

Giandotti: $t_c = \frac{4 \cdot \sqrt{S} + 1{,}54 \cdot L}{0{,}8 \cdot \sqrt{H_{med}}}$

Dove:
S= superficie del bacino in Km^2
L= lunghezza dell'asta principale (Km)
i= pendenza del corso d'acqua (m/m)
DH= altitudine massima del bacino riferita alla quota della sezione di chiusura (m)
H_{med}= altitudine media del bacino

di seguito sono riportati i dati necessari al calcolo di T_c ed i valori ottenuti con le varie metodologie:

Tab. 1: Dati caratteristici della sezione di Isolabona.

Sezione	S [hm^2]	H_{max} [m]	H_{min} [m]	L [Km]	i [%]
Nervia a Isolabona (IM)	123.0	2038	90	17,25	0.097

Tab. 2: tempi di corrivazione calcolati mediante varie espressioni utilizzate in letteratura.

Sezione	Tc Pasini [ore]	Tc Pezzoli [ore]	Tc Ventura [ore]	Tc Kirpich [ore]	Tc Puglisi [ore]	Tc Giandotti [ore]	Tc Medio [ore]
Nervia a Isolabona (IM)	4.79	3.61	4.64	1.65	3.57	3.47	3.62

Il valore di t_c scelto è stato calcolato mediante una media aritmetica dei dati sopra riportati e risulta quindi essere pari a 3,62 ore.

Determinate le curve di possibilità climatica delle altezze di pioggia ragguagliate ad ogni bacino per

diversi tempi di ritorno, si calcola la portata defluente nella sezione terminale di sbocco a mare mediante il volume di pioggia caduto sul bacino:

$$Vtot = h_{ri} \cdot A_{tot}$$

Noto il volume defluito si può così calcolare la portata massima per assegnato tempo di ritorno:

$$Q_{\max} = \frac{hr}{tc} \cdot Atot \cdot Cd$$

dove:
hr = altezza di pioggia ragguagliata determinata dalla curva di possibilità climatica per un
dato tempo di ritorno con un tempo di pioggia pari al tempo di corrivazione dell'intero bacino;
Tc = tempo di corrivazione del bacino dato dalla media dei valori ottenuti con le formule sopra
descritte;
Cd = coefficiente di deflusso assunto pari a 1.
Utilizzando le suddette formule si ottengono i seguenti valori di portata calcolati alla sezione di
chiusura di Isolabona:

Tab. 3: portate per vari tempi di ritorno calcolate mediante analisi idrologica

Sezione	Superficie [Km^2]	Portata T= 50 anni m^3/s	Portata T= 200 anni m^3/s	Portata T= 500 anni m^3/s
Nervia a Isolabona (IM)	123	878,75	1064	1178

3 SIMULAZIONE MONODIMENSIONALE IN MOTO PERMANENTE

3.1 descrizione del modello

Le verifiche sono state condotte tramite una simulazione monodimensionale (HEC-RAS) in moto permanente con riferimento a numero 16 sezioni del torrente in prosimità della traversa a valle del cnetro abitato di Isolabona

Il tratto di asta oggetto di studio si estende per un centinaio di metri a valle di Isolabona.

Nella simulazione post operam è stato aggiunta la realizzazione della centrale idroeltettrica in sponda destra e la realizzazione del canale di carico e per ultimo lo scarico.

Le portate assunte per la verifica hanno tempo di ritorno duecentennale.

3.2 descrizione del software

Il programma di simulazione utilizzato HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center's River Analysis System) è stato sviluppato presso lo U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, e permette, tramite l'utilizzo di una procedura di calcolo iterativa, la risoluzione delle equazioni che descrivono il moto permanente gradualmente vario (moto di una corrente a pelo libero costante nel tempo, con variazioni graduali di sezione ed eventualmente di direzione).

La simulazione dei flussi permette di analizzare la capacità dei corsi d'acqua (rischi di esondazioni) e lo studio d'impatto a seguito di modificazioni delle condizioni al contorno (tipo l'inserimento di ponti, sbarramenti etc..).

I calcoli dei flussi in moto gradualmente vario sono basati sull'equazione di Bernoulli; le perdite di carico sono valutate con l'equazione di Manning's-Strickler per il termine di scabrezza, e da coefficienti di contrazione ed espansione. Nel caso di moti bruscamente vari l'equazione utilizzata è quella della quantità di moto; quest'ultima è applicata nei restringimenti e in particolari casi come il passaggio della corrente in presenza di pile di ponti o nelle confluenze.

La risoluzione di queste equazioni necessita la conoscenza della geometria del corso d'acqua, delle caratteristiche di rugosità e della portata del flusso; le condizioni al contorno non ricavabili direttamente per mancanza i dati rilevati direttamente , vengono calcolate dal programma a partire dalla profondità critica.

Nei prossimi paragrafi viene descritto il funzionamento del software, le espressioni analitiche utilizzate e la tipologia degli elaborati prodotti, allegati al termine della relazione.

3.2.1 Geometria del corso d'acqua simulato

Le reti dei corsi d'acqua sono organizzate in aste fluviali separate da punti chiamati giunzioni, dove avviene la somma o la separazione delle portate dei singoli alvei. E' possibile simulare delle reti di tipo ramificate o a maglie; il punto di partenza dell'analisi è costituito dalla rappresentazione geometrica dell'alveo mediante sezioni trasversali, includenti l'alveo principale e le fasce golenali. Le sezioni vengono quindi suddivise in porzioni, caratterizzate da un diverso coefficiente di scabrezza in funzione della natura del terreno e della vegetazione presente. I dati relativi a ciascuna sezione sono:

- La sezione definita secondo una coppia di punti (X;Y)
- I coefficienti di scabrezza e perdita di carico
- La distanza dalla sezione seguente.

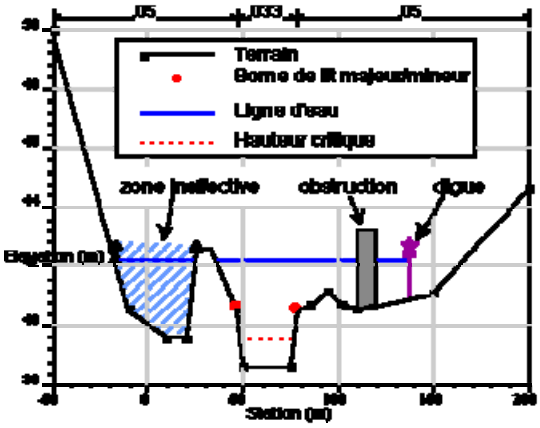


Figura 1 – Descrizione degli elementi della sezione tipo

Inoltre una serie di opzioni permettono di posizionare e simulare degli ostacoli all'interno dell'alveo o zone di calma. Possono così essere simulate opere strutturali quali ponti, traverse, piloni etc.. o elementi naturali come i ghiacciai che sono in grado di creare interferenze e modificare i profili idraulici dei corso d'acqua.

3.2.2 Portate, condizioni al contorno e calcolo

I calcoli possono essere effettuati per più portate simultaneamente, solo in regime torrentizio (critico) o solo in regime fluviale (subcritico); oppure è possibile eseguire una simulazione considerando entrambe le condizioni di regime. In quest'ultimo caso il software utilizza l'equazione della quantità di moto per determinare il cambiamento da regime torrentizio a fluviale dell'asta e viceversa.

3.2.3 Equazioni per il calcolo del profilo di piena

I profili idraulici vengono calcolati, tra due sezioni trasversali contigue, risolvendo l'equazione dell'energia grazie a una procedura di tipo iterativo. L'equazione che descrive ed eguaglia l'energia presente nelle due sezioni è la seguente:

$$WS_2 + a_2V_2^2/2g = WS_1 + a_1V_1^2/2g + h_e, \qquad (1)$$

dove:

WS_2, WS_1 = livello del pelo libero dell'acqua nelle sezioni

V_2, V_1 = velocità media (portata / sezione bagnata) dell'acqua nelle sezioni

a_2, a_1 = coefficienti di velocità

g = accelerazione di gravità

h_e = perdita di carico tra le due sezioni

La perdita di carico fra due sezioni (he) comprende sia le perdite dovute all'attrito che quelle dovute a eventuali espansioni o contrazioni dell'alveo.

L'equazione utilizzata per la determinazione della perdita di carico è la seguente:

$$h_e = LS_f + C \left| a_2 V_2^2/2g - a_1 V_1^2/2g \right| \qquad (2)$$

dove:

L = distanza media pesata tra le due sezioni

Sf = fattore rappresentativo dell'attrito tra le due sezioni

C = coefficiente per le perdite di espansione o contrazione

La distanza media pesata (L) viene calcolata con la seguente equazione:

$$L = (\underline{L}_{loh}\, Q_{loh} + \underline{L}_{ch}\, Q_{ch} + \underline{L}_{roh}\, Q_{roh})/(Q_{loh} + Q_{ch} + Q_{roh}) \qquad (3)$$

dove:

$\underline{L}_{loh}$, $\underline{L}_{ch}$, $\underline{L}_{roh}$ = distanze tra due sezioni consecutive, relative a: fascia golenale sinistra, canale centrale fascia golenale destra

Q_{loh} , Q_{ch} , Q_{roh} = medie aritmetiche delle portate, tra due sezioni consecutive, relative a: fascia golenale sinistra, canale centrale e fascia golenale destra.

3.2.4 Suddivisione delle sezioni per il calcolo della portata

Per effettuare il calcolo della portata totale e del coefficiente di velocità per una determinata sezione occorre suddividere il flusso totale attraversante la sezione in porzioni, nelle quali la velocità sia uniformemente distribuita.

L'approccio utilizzato dal software impiegato nel presente studio è quello di suddividere la sezione nei punti in cui varia il valore del coefficiente di scabrezza. La portata normalizzata (pendenza unitaria) viene quindi calcolata per ogni singola porzione utilizzando la seguente formula:

$$K = 1/n\, AR^{2/3} \qquad (4)$$

dove:

n = coefficiente di scabrezza di Manning

A = area della porzione di sezione

R = raggio idraulico della porzione di sezione (area / perimetro bagnato).

I valori calcolati per le singole porzioni vengono quindi sommati per ottenere il valore relativo all'intera sezione.

Si rammenta che l'equazione (4) è una parte dell'equazione generale di Manning per il calcolo della portata (Q):

$$K = 1/n\ AR^{2/3}\ i^{1/2} \qquad (5)$$

dove:

i = pendenza del fondo (coincidente con la pendenza del pelo libero nel caso di moto uniforme).

3.2.5 Il coefficiente di velocità

Il coefficiente di velocità, a, viene calcolato per ogni singola sezione a partire dai valori di K, calcolati con l'equazione (4), relativi alle due fasce golenali e al canale principale.

L'equazione utilizzata è la seguente:

$$a = (A_t)^2/(K_t)^3\ [(K_{\underline{loh}})^3/(A_{loh})^2 + (K_{\underline{ch}})^3/(A_{ch})^2 + (K_{\underline{roh}})^3/(A_{roh})^2] \qquad (6)$$

dove:

A_t = area totale della sezione

A_{loh} , A_{ch} , A_{roh} =aree parziali della fascia golenale sinistra, del Canale centrale e della fascia golenale destra;

K_t = valore di K riferito all'intera sezione;

$K_{\underline{loh}}$, $K_{\underline{ch}}$, $K_{\underline{roh}}$ =valori di K relativi alla fascia golenale sinistra, al canale centrale e alla fascia golenale destra

3.2.6 Dati Richiesti e Condizioni al Contorno

I dati necessari all'esecuzione della procedura di calcolo sono i seguenti:

- geometria delle sezioni, espressa mediante coppie di coordinate (progressiva, quota);
- distanza tra la sezione ennesima e quella successiva;
- coefficiente di scabrezza n di Manning;
- coefficienti di contrazione-espansione dell'alveo nel tratto compreso tra la sezione ennesima e quella successiva;
- condizioni al contorno di monte e di valle.

Nel caso in esame sono state adottate le seguenti condizioni al contorno per il torrente:

- pendenza al fondo del torrente nelle prime sezioni di monte pari a 0,0021.
- pendenza al fondo del torrente nelle ultime sezioni di valle pari a 0,023.

Nelle simulazioni sono stati considerati cautelativamente i seguenti valori di scabrezza c di Manning (secondo quanto riportato nel *PSRM*)

- per il fondo alveo e i tratti di sponda non vegetati o scarsamente vegetati:
  n=0,03 $m^{-1/3}s$

- per le sponde e le aree golenali :
  n=0,025 $m^{-1/3}s$

Nella simulazione a progetto sono state adottate le seguenti condizioni al contorno:
- pendenza al fondo del torrente nelle prime sezioni di monte pari a 0,0021.
- pendenza al fondo del torrente nelle ultime sezioni di valle pari a 0,023.

Nella simulazione a progetto sono stati assunti i seguenti valori di scabrezza c di Manning (secondo quanto riportato nel *PSRM*)

- per il fondo alveo e i tratti di sponda non vegetati o scarsamente vegetati:
  n=0,03 $m^{-1/3}s$

- per le sponde e le aree golenali :
  n=0,025 $m^{-1/3}s$

3.2.7 Risultati

Tutti i risultati ottenuti possono essere confrontati considerando le diverse simulazioni con le rispettive condizioni al contorno sia in forma grafica (profilo longitudinale, sezioni, scala delle portate), che in forma tabulare (livelli, velocità, numero di froude,…).

3.2.8 Limiti del programma

I limiti del programma, determinati dalle espressioni analitiche usate, sono i seguenti:

- il flusso è stazionario (o permanente = costante nel tempo)

- il moto è gradualmente vario (eccetto in punti di rilevanza idraulica quali ponti, condotte, dighe; in tali casi il programma utilizza formule empiriche per ottenere una soluzione puntuale, dopodiché ritorna ad utilizzare la procedura iterativa per il moto gradualmente vario)

- il flusso è monodimensionale (le componenti trasversali della velocità non vengono considerate)

4 ANALISI DEI RISULTATI E CONCLUSIONI

I risultati delle simulazioni eseguite, riassunti negli elaborati allegati in calce alla relazione, hanno evidenziato quanto segue:

a) le portate di piena del Torrente Nervia oggetto di studio defluiscono in corrente veloce nel tratto di alveo indagato; il deflusso si mantiene in corrente veloce anche in seguito alla realizzazione della centrale a valle della traversa;
b) la costruzione della centrale in progetto non interferisce con il deflusso della piena mantenendo un franco di sicurezza per la strada provinciale che porta al centro abitato di Isolabona.

Qtr200 = 1064 m3/s

Sezione	H condizione esistente (m)	H condizione a progetto (m)	Delta di H (m)
16	96.09	96.09	0.00
15	94.88	94.88	0.00
14	93.75	93.75	0.00
13	93.95	93.95	0.00
12	94.31	94.31	0.00
11	93.91	93.91	0.00
10	93.54	93.54	0.00
9	92.21	91.77	-0.44
8	90.55	90.33	-0.22
7	89.93	89.70	-0.23
6	89.53	89.51	-0.04
5	89.22	89.29	0.07
4	89.83	89.88	0.05
3	89.91	89.88	-0.03
2	91.71	89.66	-2.05
1	90.79	91.93	1.20

BIBLIOGRAFIA

[1] A, Ghetti, *“Idraulica”,* Ed, Libreria Cortina, Padova 2000,

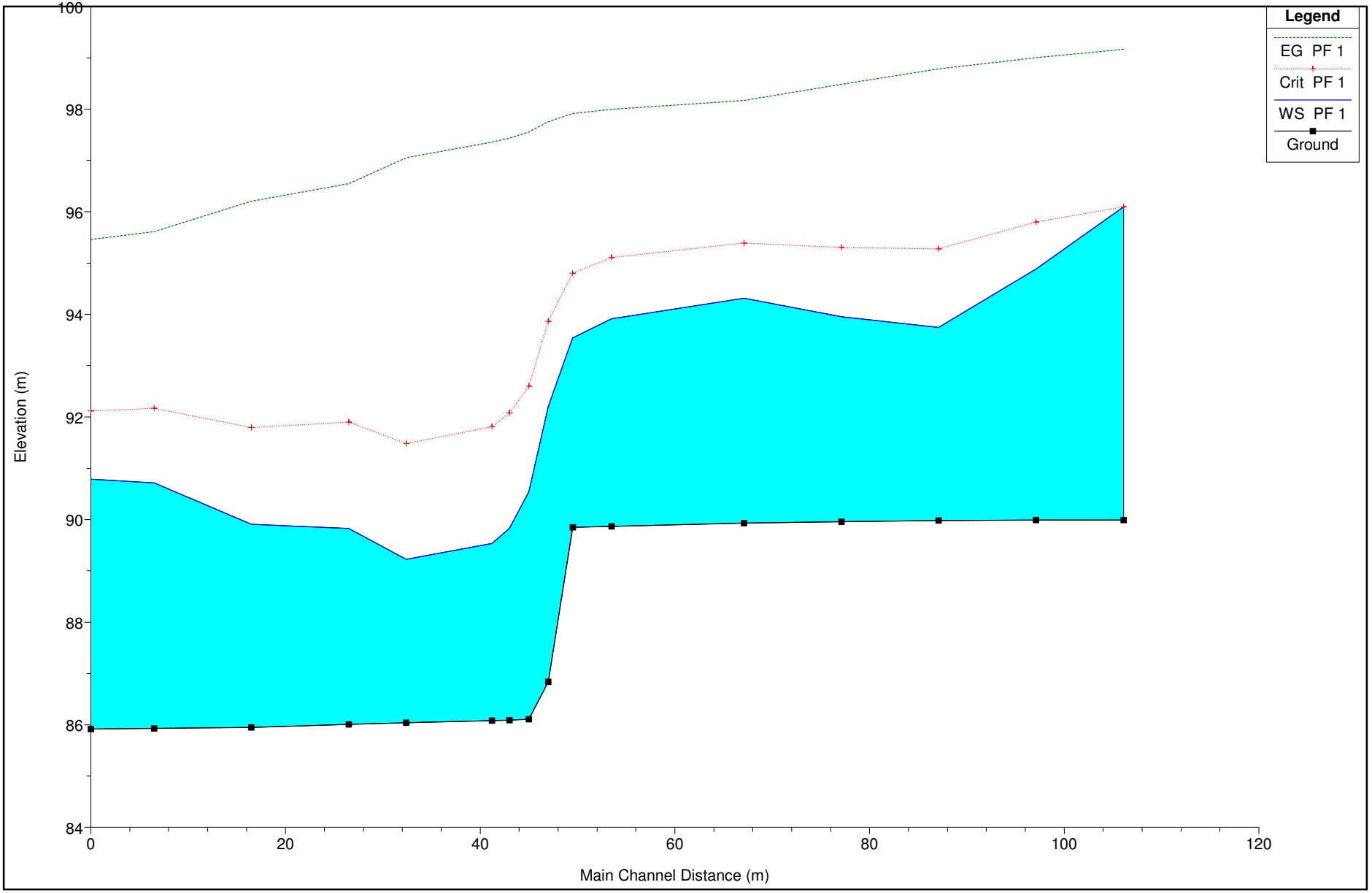
[2] F, Rossi, F, Salvi, *“Manuale di Ibgegneria Civile”,* Volume primo, Ed, Zanichelli / Esac,

[3] U,S, Army Corps of Engineers, “HEC-RAS Hydraulic Reference Manual”, Institute For Water Resources, Hydrologic Engineering Center, Novembre 2002,

[4] L, Da Deppo, C, Datei *“Fognature”*, Ed,Libreria Cortina, 2001,

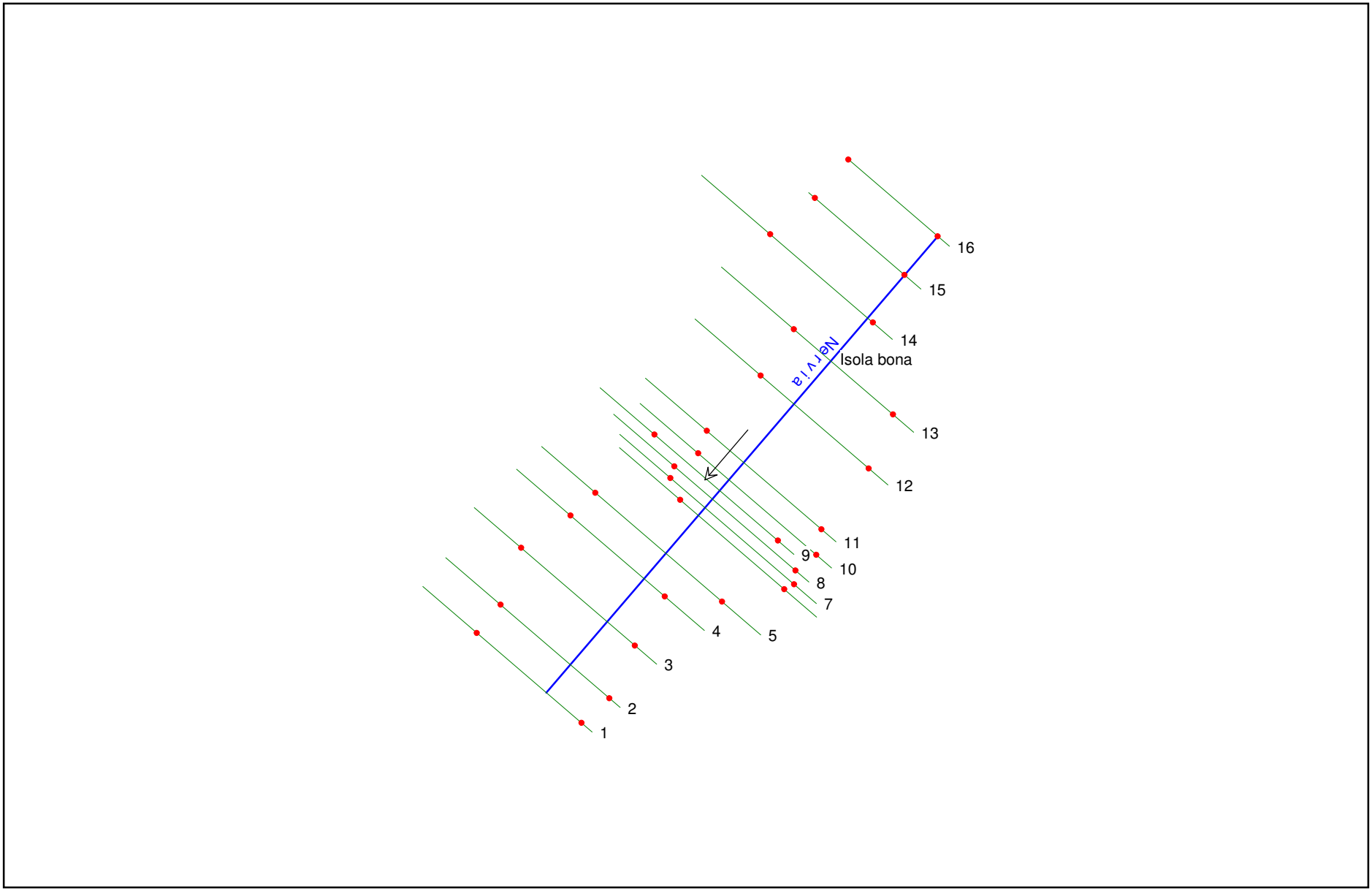
Allegato 1

Profili di corrente – STATO DI FATTO


Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Elevation (m)
Main Channel Distance (m)
100
98
96
94
92
90
88
86
84
0
20
40
60
80
100
120

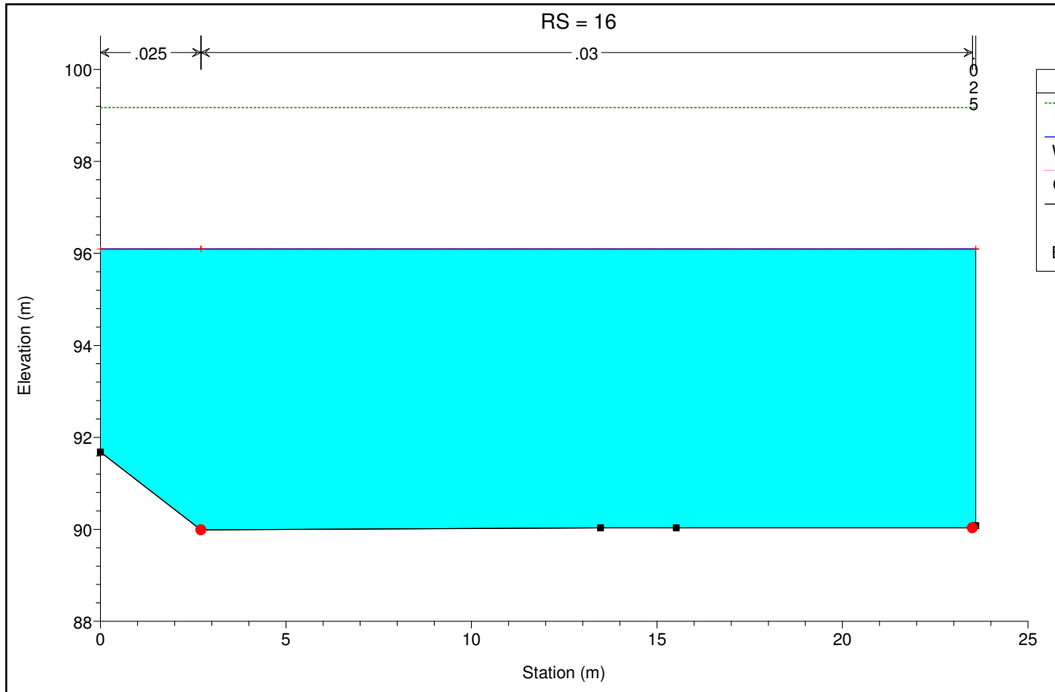
Allegato 2

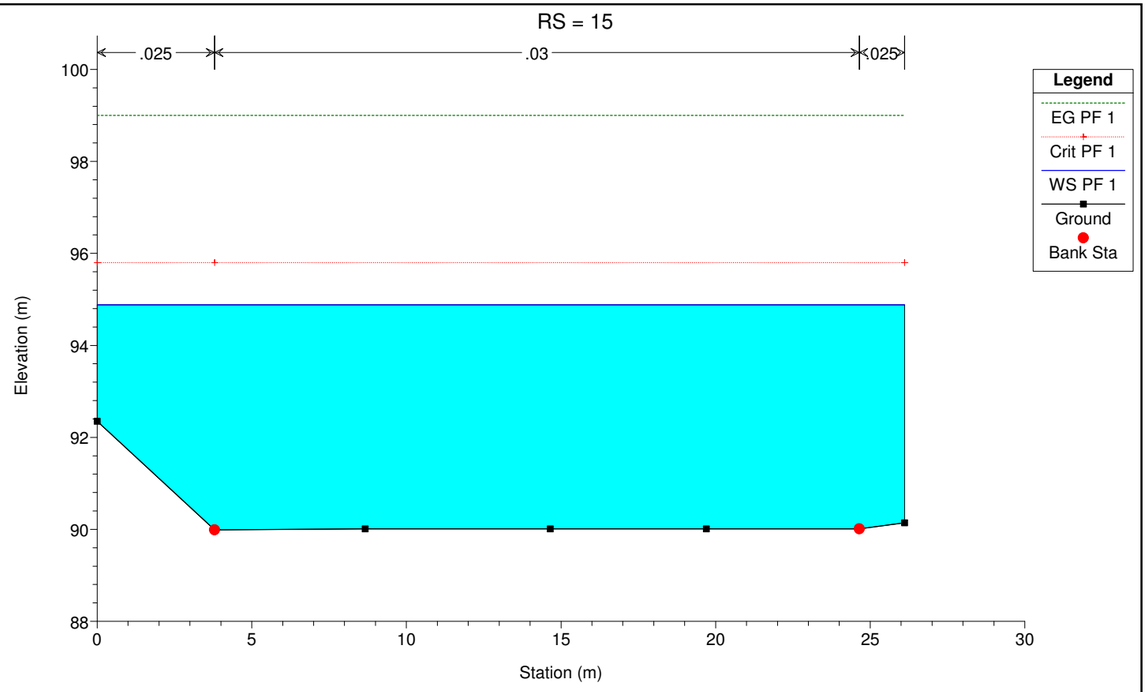
Planimetria asta fluviale – STATO DI FATTO

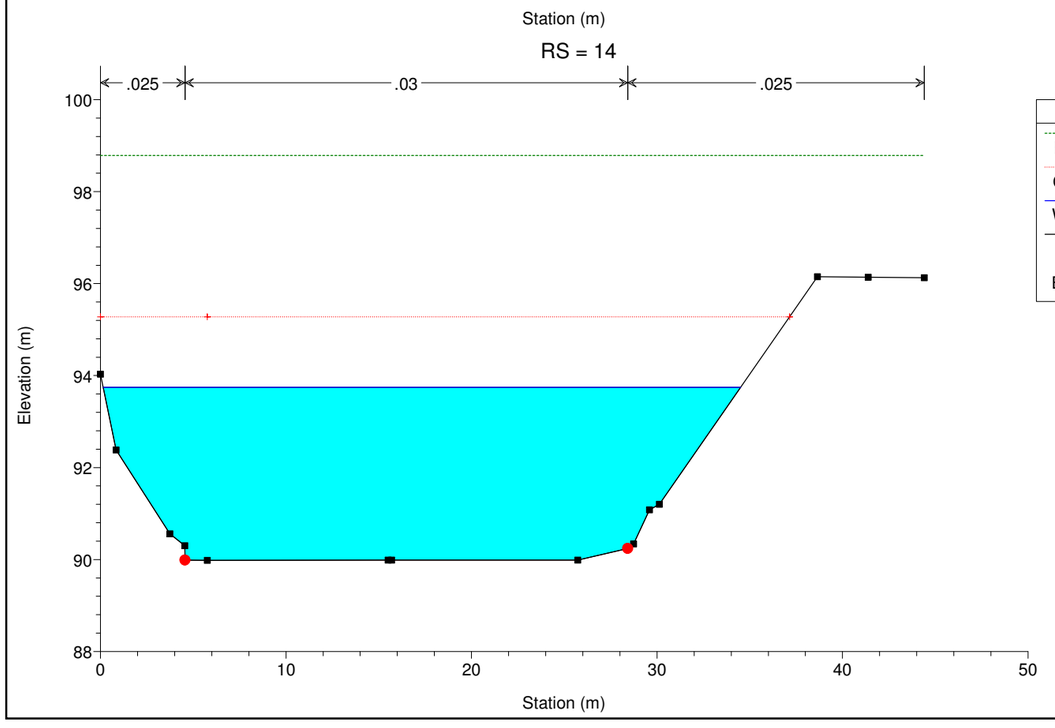

16
15
14
Isola bona
13
12
11
9
10
8
7
4
5
3
2
1

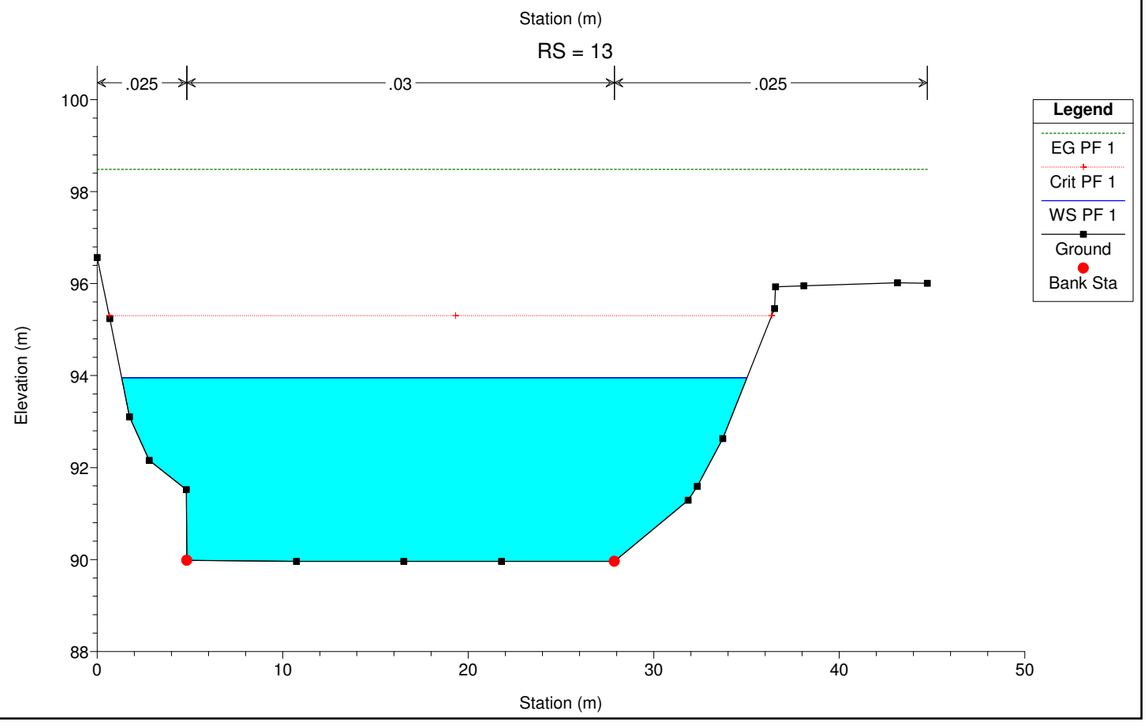
Allegato 3

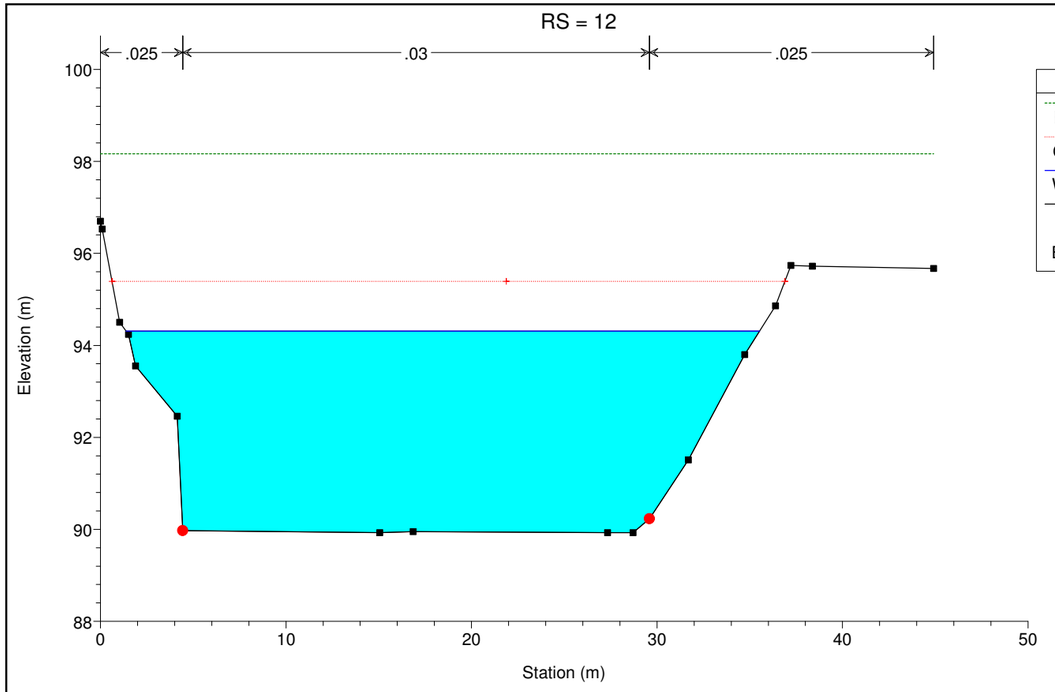
Sezioni idrauliche – STATO DI FATTO

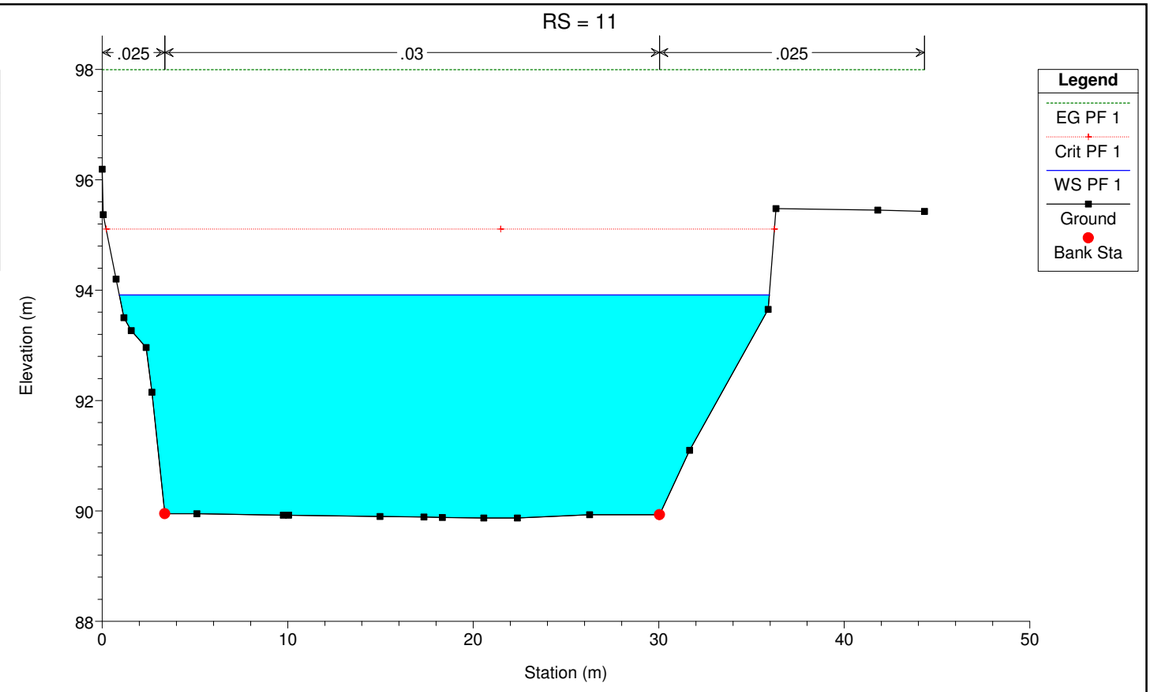

RS = 16
.025
.03
0.25
Legend
EG PF 1
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

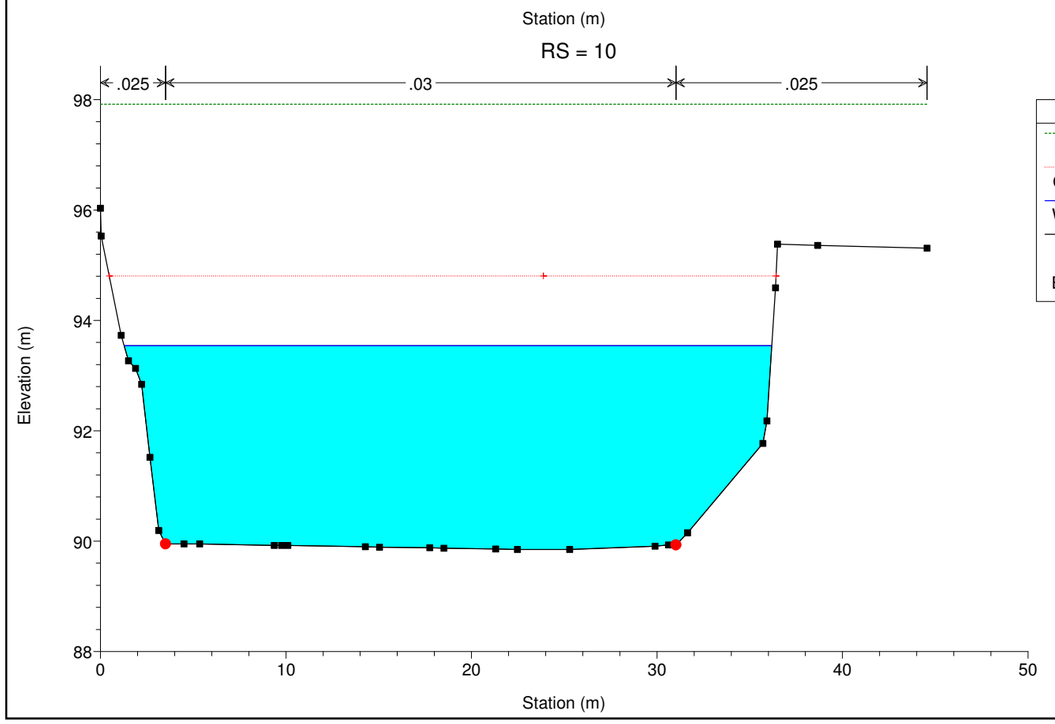

RS = 15
.025
.03
.025
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

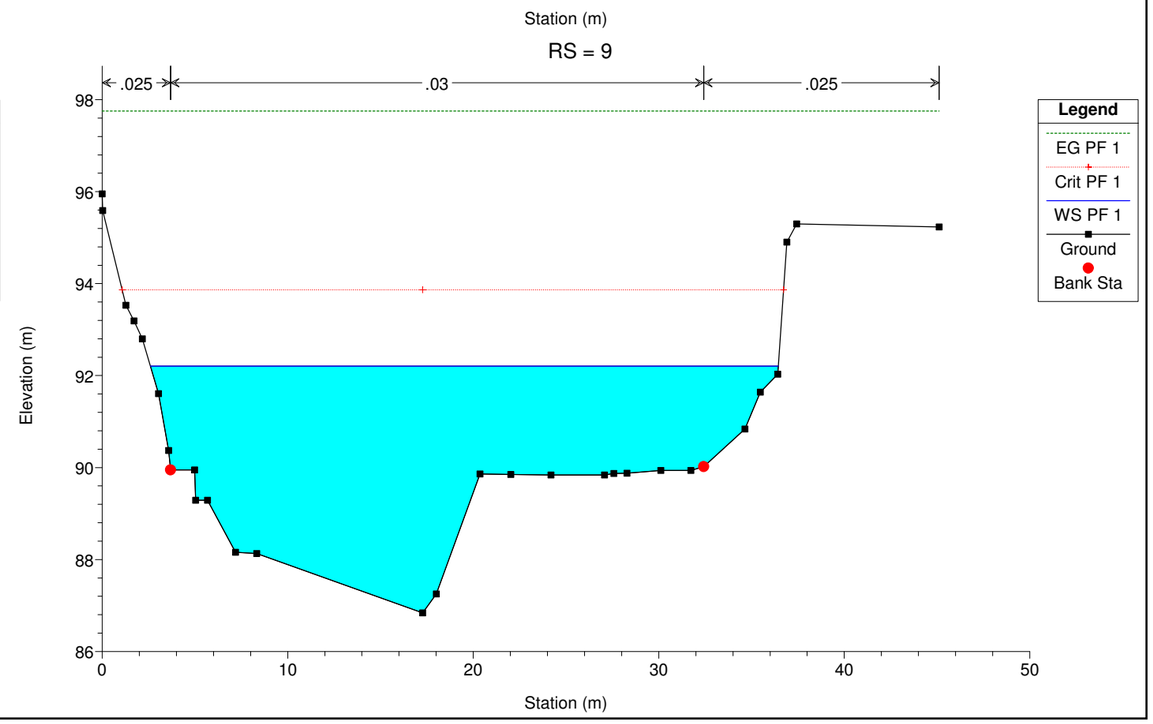

RS = 14
.025
.03
.025
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

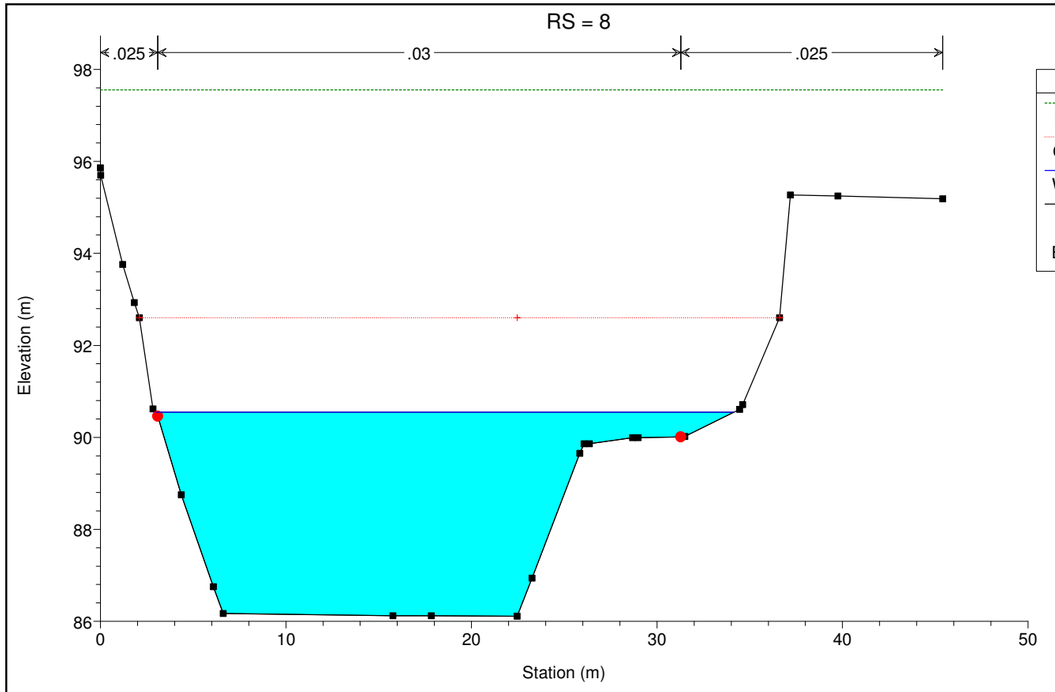

RS = 13
.025
.03
.025
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

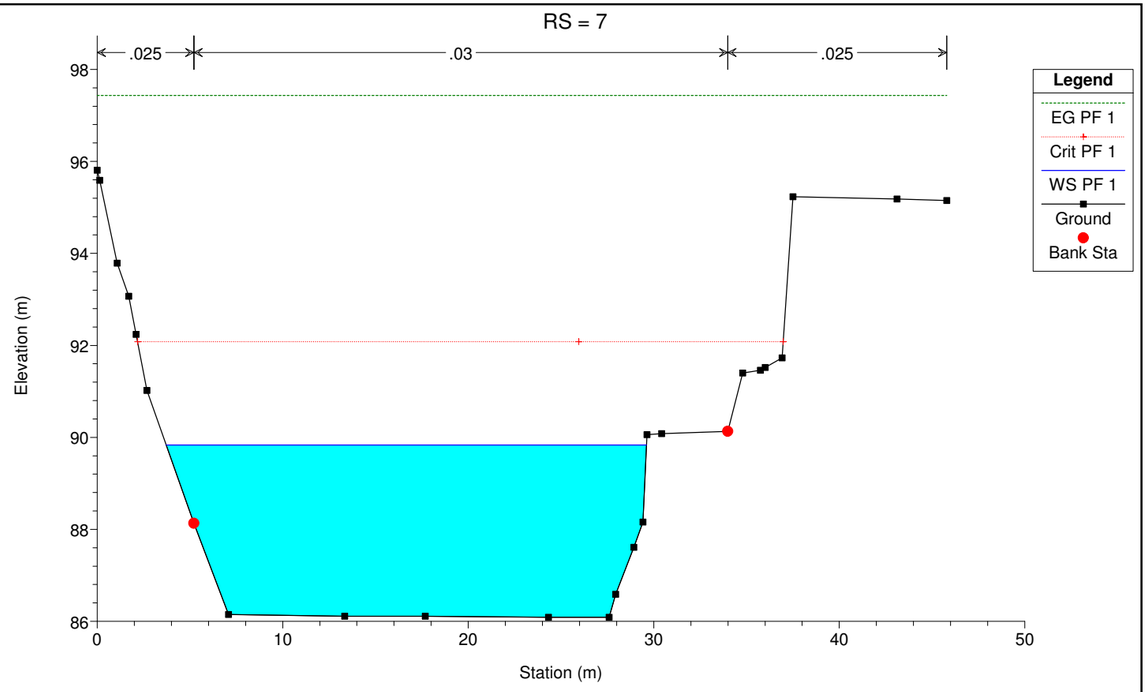

RS = 12
.025
.03
.025
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
100
98
96
94
92
90
88
0
10
20
30
40
50

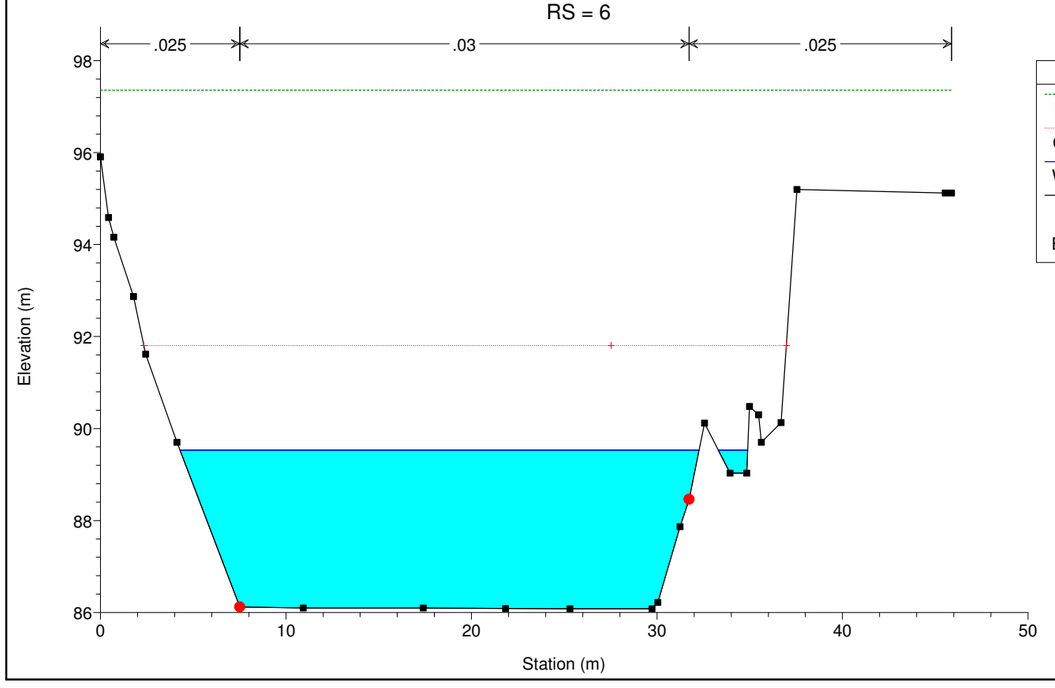

RS = 11
.025
.03
.025
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
98
96
94
92
90
88
0
10
20
30
40
50

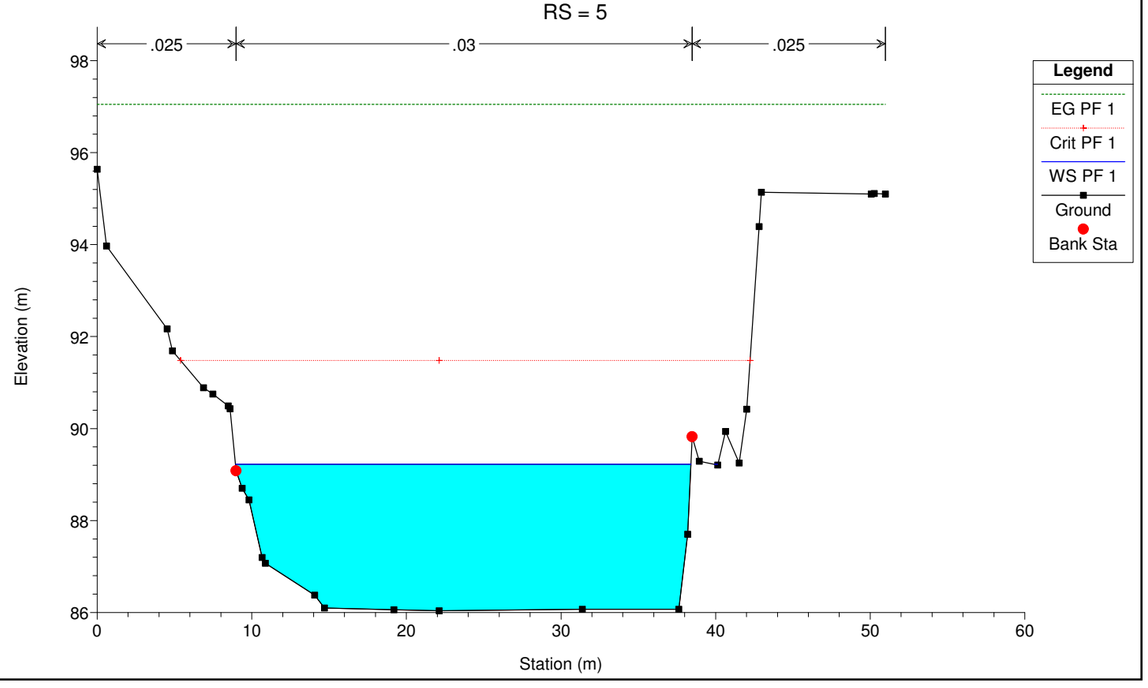

RS = 10
.025
.03
.025
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
98
96
94
92
90
88
0
10
20
30
40
50


RS = 9
.025
.03
.025
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
98
96
94
92
90
88
86
0
10
20
30
40
50

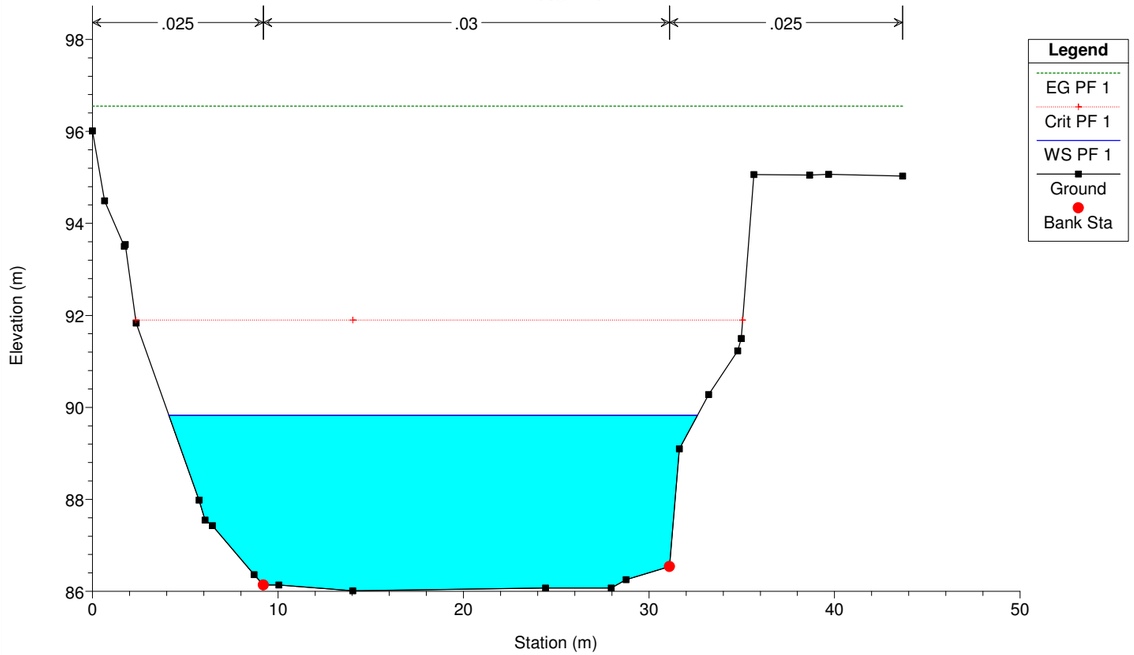

RS = 8
.025
.03
.025
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta


RS = 7
.025
.03
.025
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta

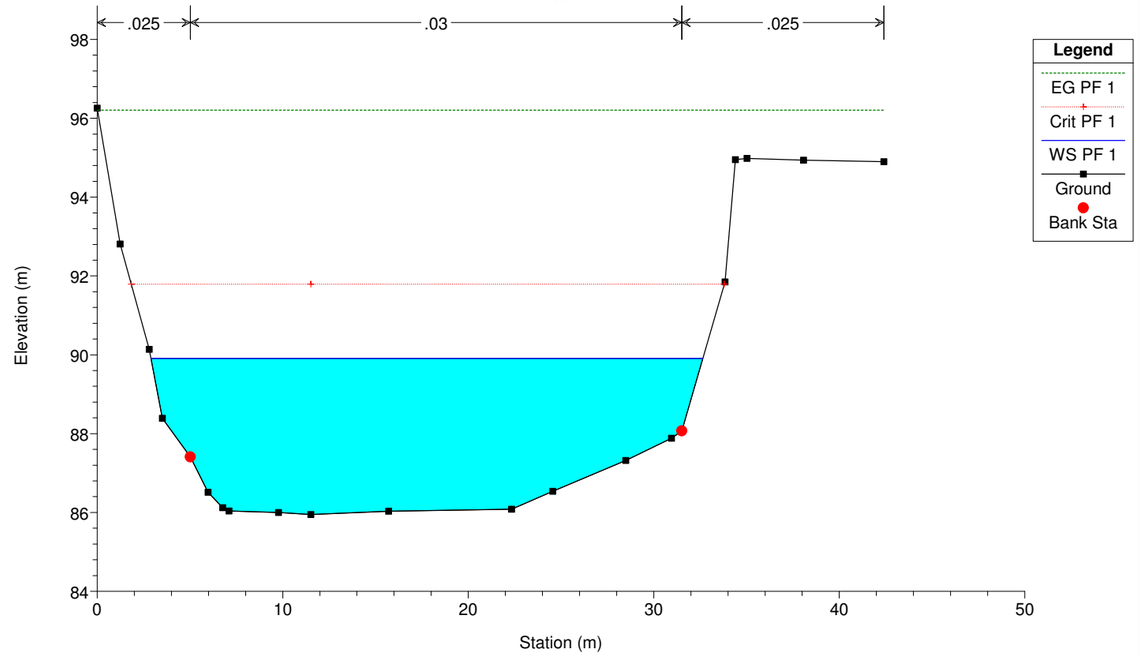

RS = 6
.025
.03
.025
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta


RS = 5
.025
.03
.025
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta

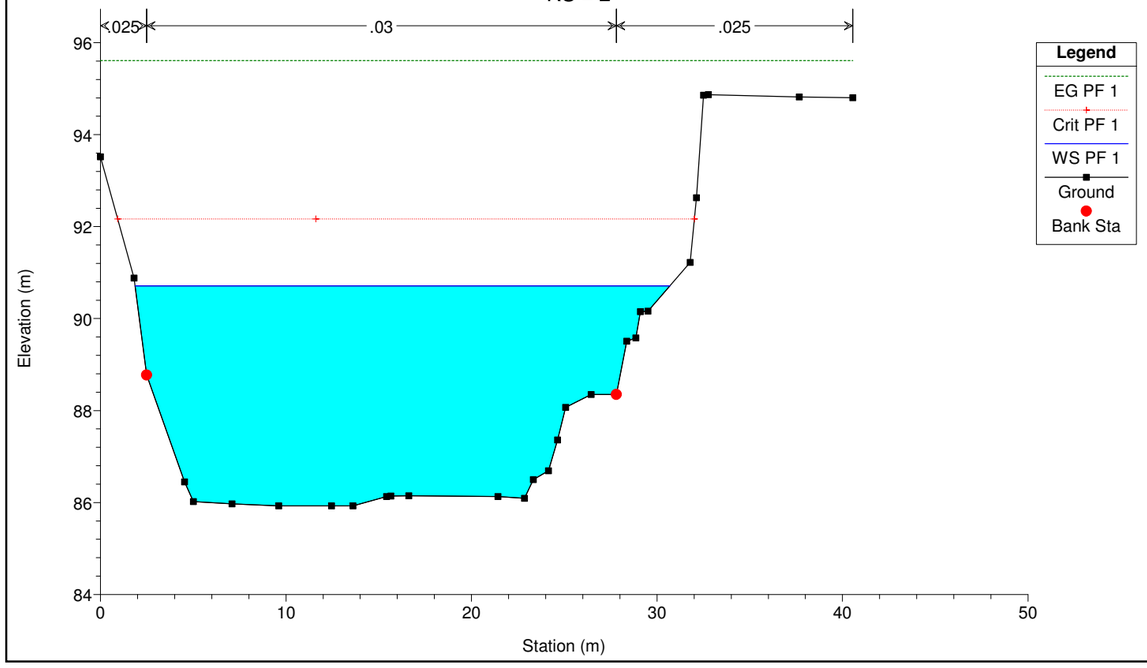
RS = 4



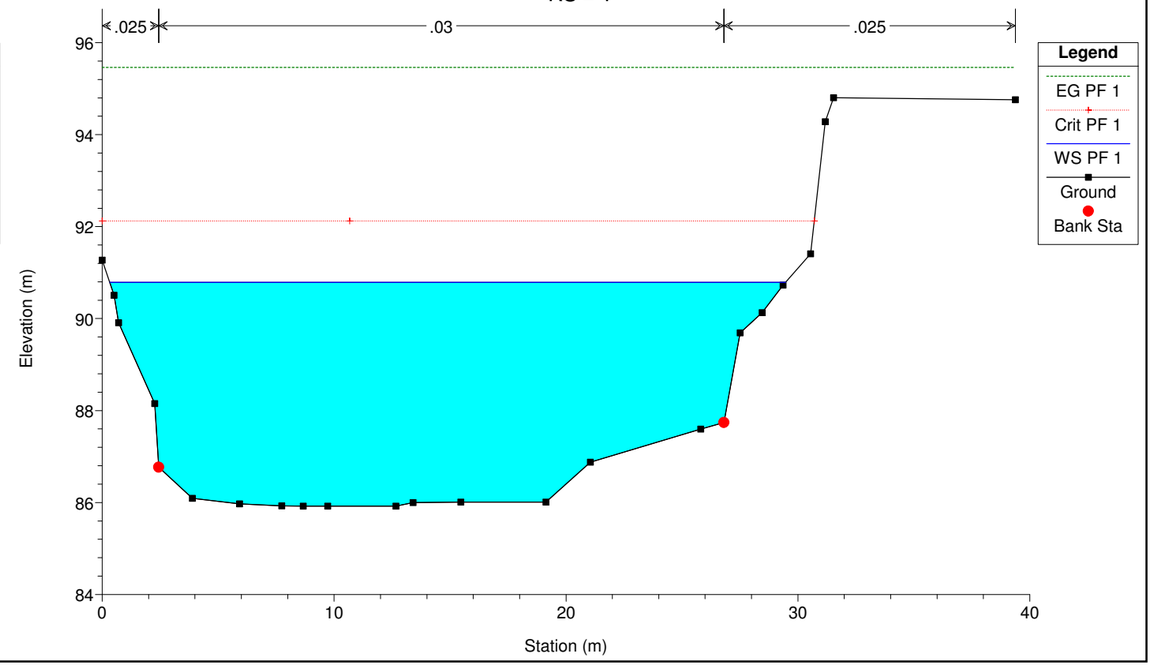
RS = 3

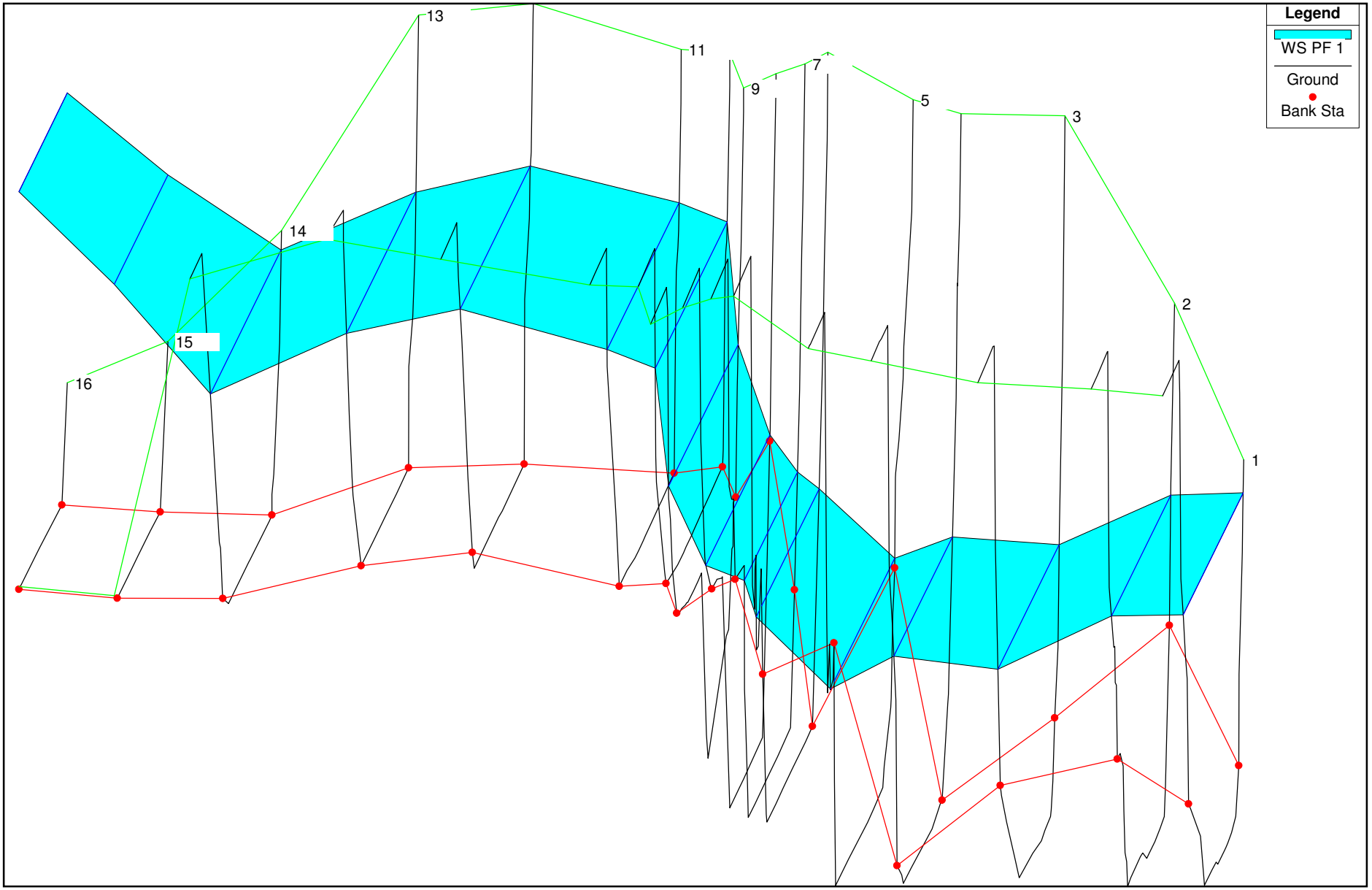


RS = 2



RS = 1




Legend
WS PF 1
Ground
Bank Sta
13
11
9
7
5
3
2
1
14
15
16

Allegato 4

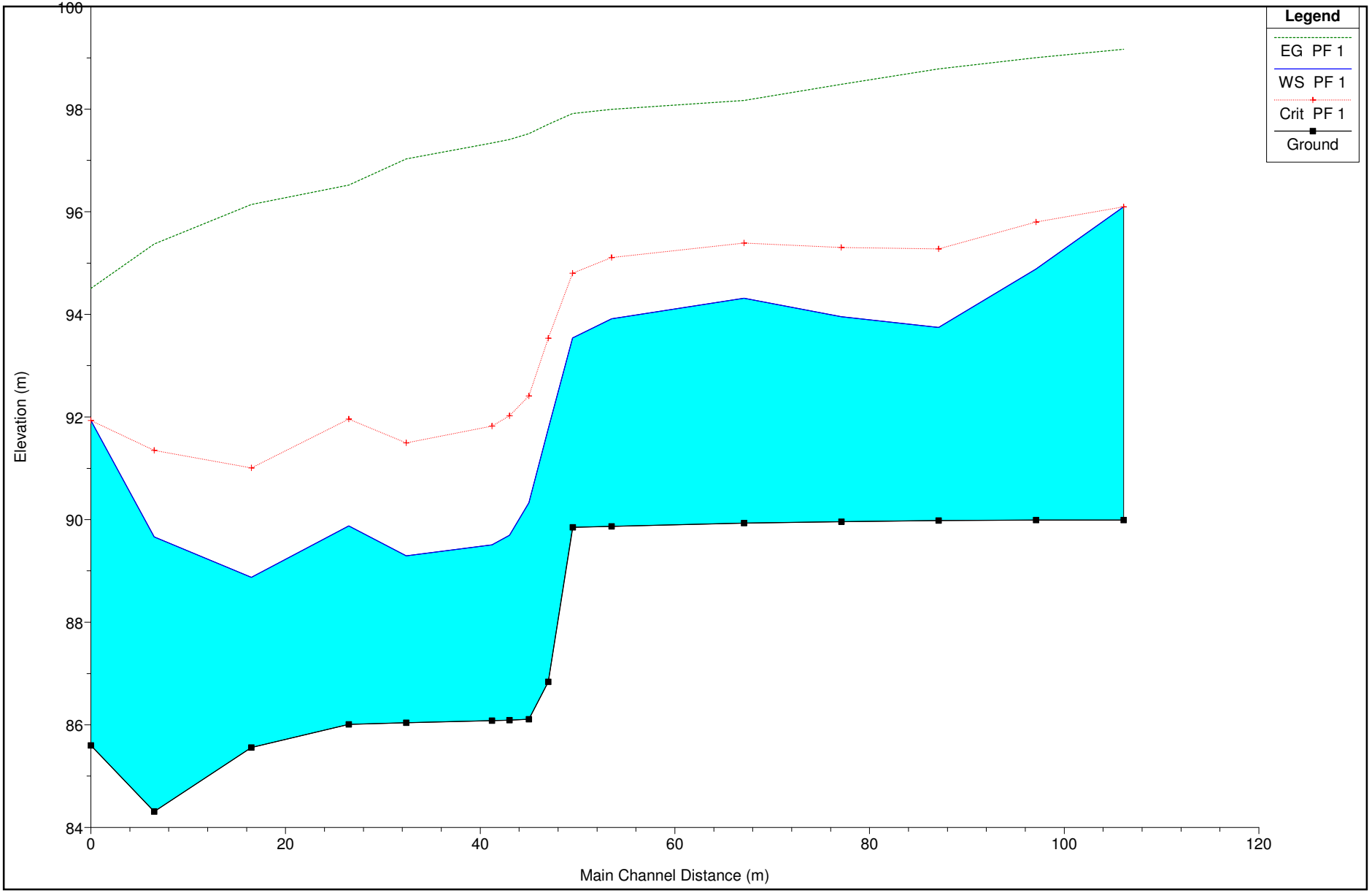
Tabella riassuntiva simulazione – STATO DI FATTO

HEC-RAS Plan: Plan 02 River: Nervia Reach: Isola bona Profile: PF 1

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Isola bona	16	PF 1	1064.00	89.99	96.09	96.09	99.17	0.005109	7.93	141.08	23.59	1.03
Isola bona	15	PF 1	1064.00	89.99	94.88	95.80	99.00	0.009440	9.31	122.81	26.11	1.35
Isola bona	14	PF 1	1064.00	89.98	93.75	95.27	98.78	0.016534	10.33	109.79	34.37	1.70
Isola bona	13	PF 1	1064.00	89.96	93.95	95.30	98.48	0.013563	9.77	115.76	33.71	1.56
Isola bona	12	PF 1	1064.00	89.93	94.31	95.39	98.17	0.010071	8.92	126.28	34.16	1.36
Isola bona	11	PF 1	1064.00	89.87	93.91	95.11	98.00	0.011913	9.17	122.09	35.04	1.46
Isola bona	10	PF 1	1064.00	89.85	93.54	94.80	97.92	0.014453	9.49	116.97	34.91	1.59
Isola bona	9	PF 1	1064.00	86.84	92.21	93.87	97.75	0.021819	10.55	103.63	33.84	1.83
Isola bona	8	PF 1	1064.00	86.11	90.55	92.60	97.55	0.030835	11.74	91.23	31.18	2.09
Isola bona	7	PF 1	1064.00	86.09	89.83	92.08	97.43	0.029582	12.25	87.68	25.88	2.08
Isola bona	6	PF 1	1064.00	86.08	89.53	91.81	97.36	0.030159	12.56	87.51	29.56	2.19
Isola bona	5	PF 1	1064.00	86.04	89.22	91.48	97.05	0.038577	12.40	85.84	29.66	2.32
Isola bona	4	PF 1	1064.00	86.01	89.83	91.90	96.55	0.021579	11.76	94.57	28.50	1.94
Isola bona	3	PF 1	1064.00	85.95	89.91	91.79	96.20	0.022035	11.21	97.22	29.75	1.91
Isola bona	2	PF 1	1064.00	85.93	90.71	92.17	95.61	0.014202	9.84	110.15	28.84	1.53
Isola bona	1	PF 1	1064.00	85.92	90.79	92.12	95.46	0.011775	9.66	114.17	29.14	1.46

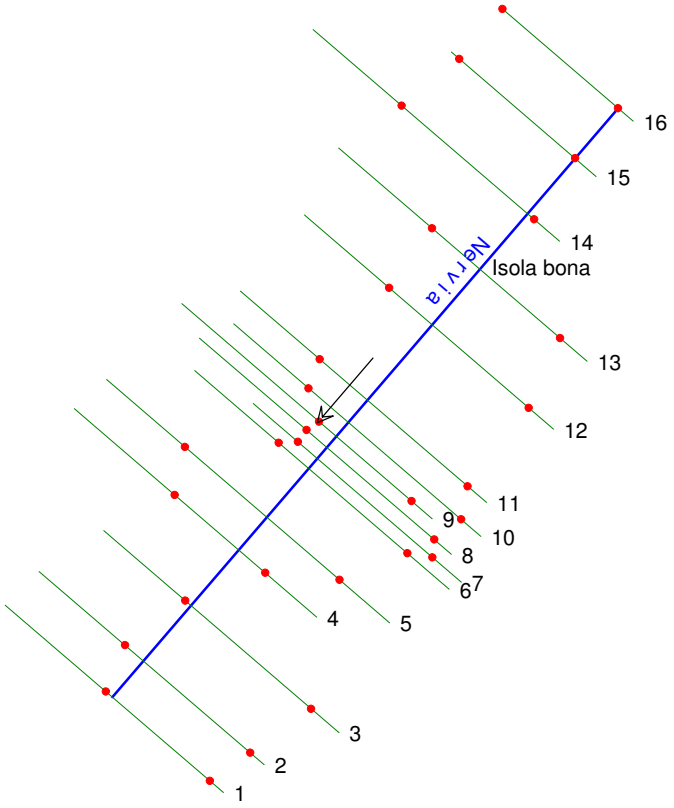
Allegato 5

Profilo di corrente – STATO DI PROGETTO


Legend
EG PF 1
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
Elevation (m)
Main Channel Distance (m)
100
98
96
94
92
90
88
86
84
0
20
40
60
80
100
120

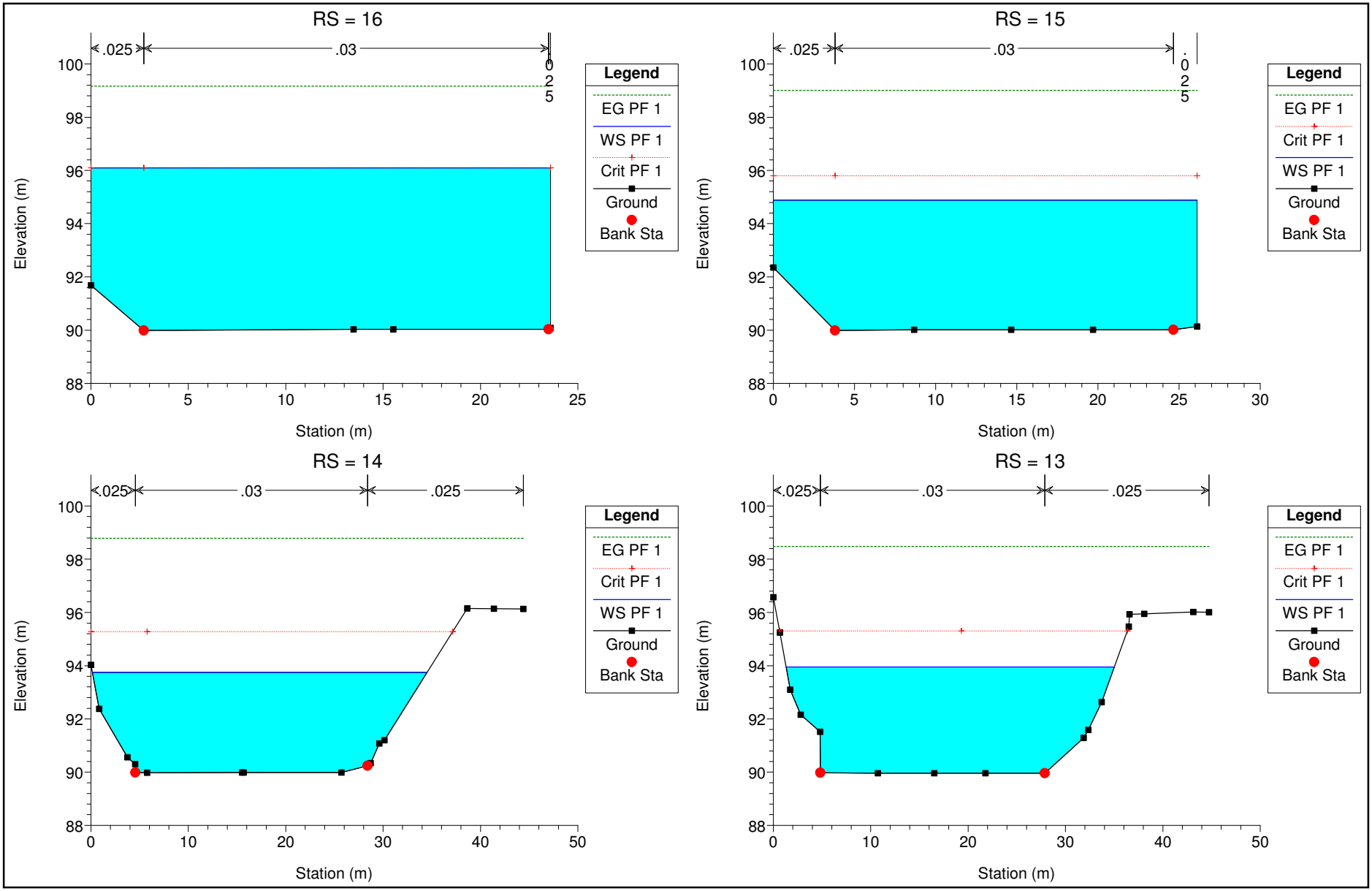
Allegato 6

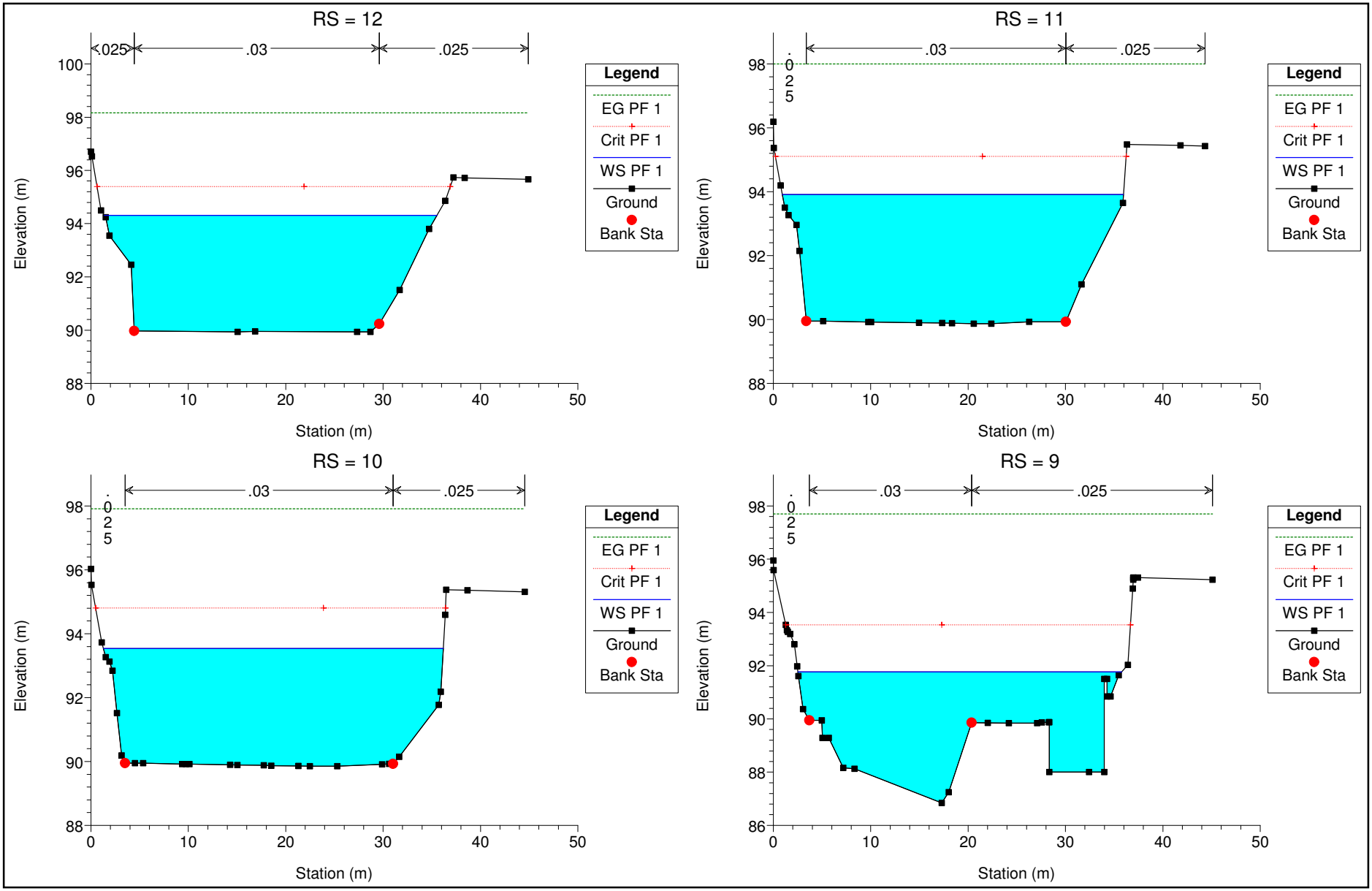
Planimetria asta fluviale – STATO DI PROGETTO

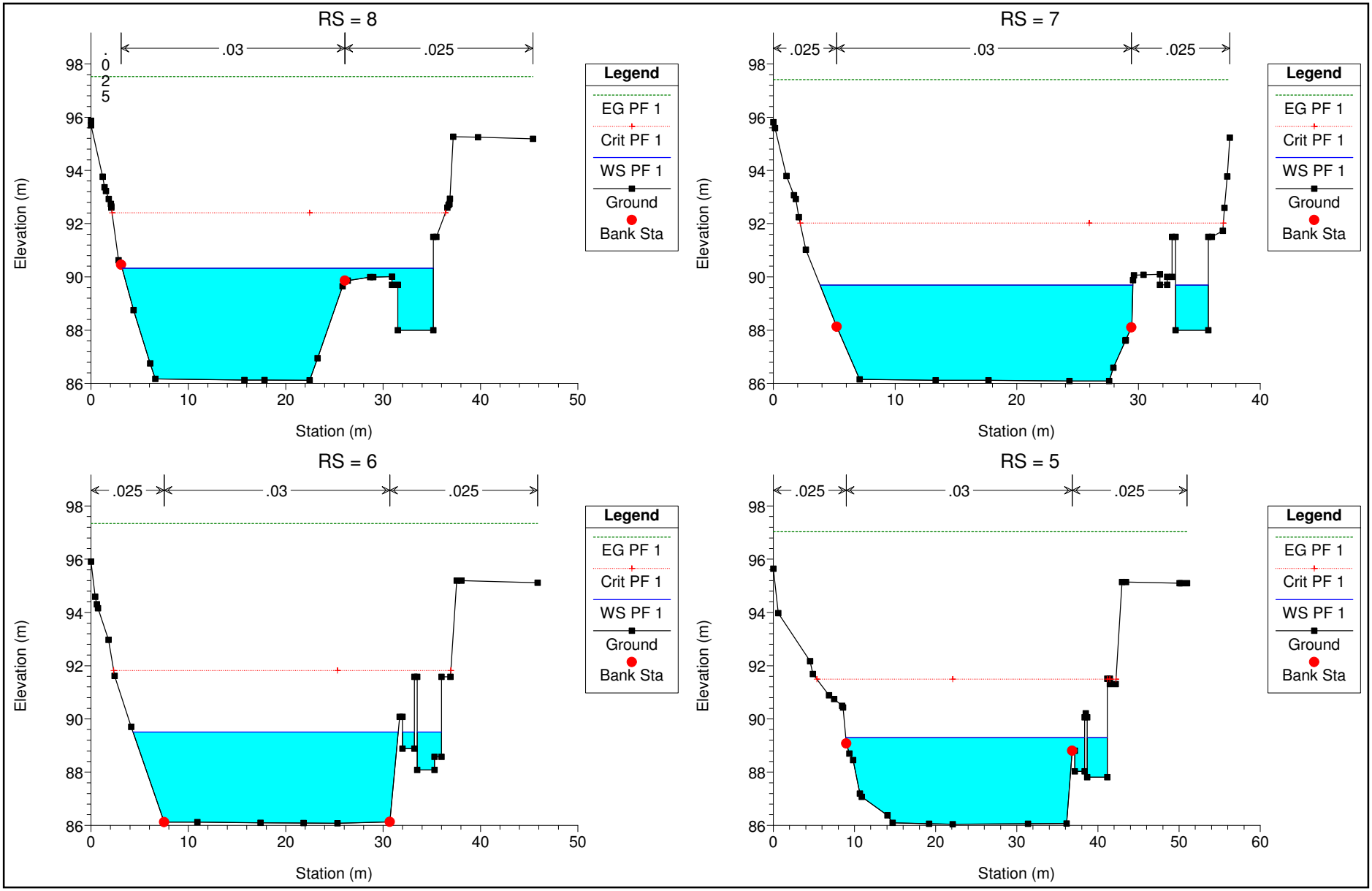

16
15
14
Isola bona
13
12
11
9
10
8
7
6
5
4
3
2
1

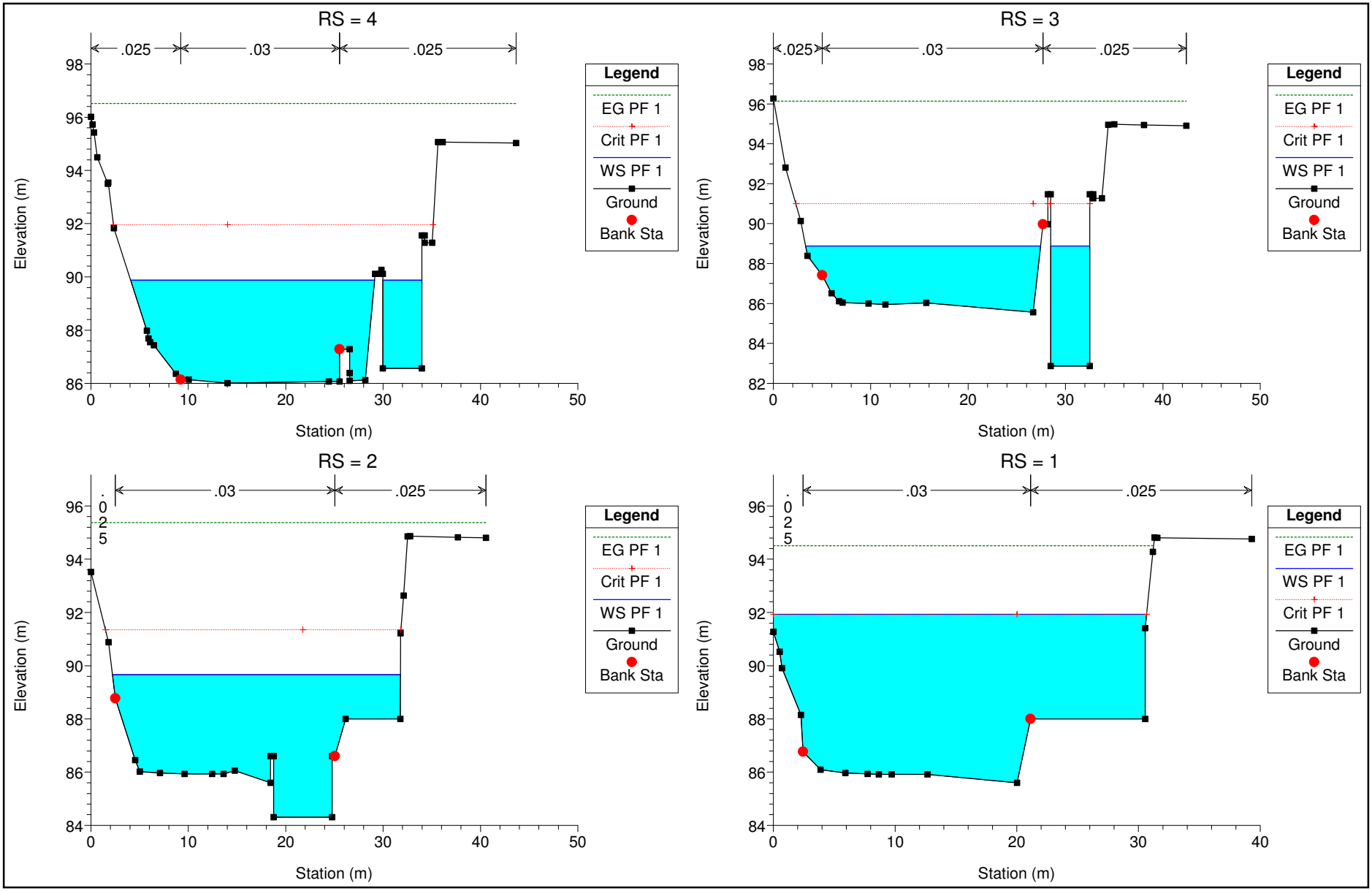
Allegato 7

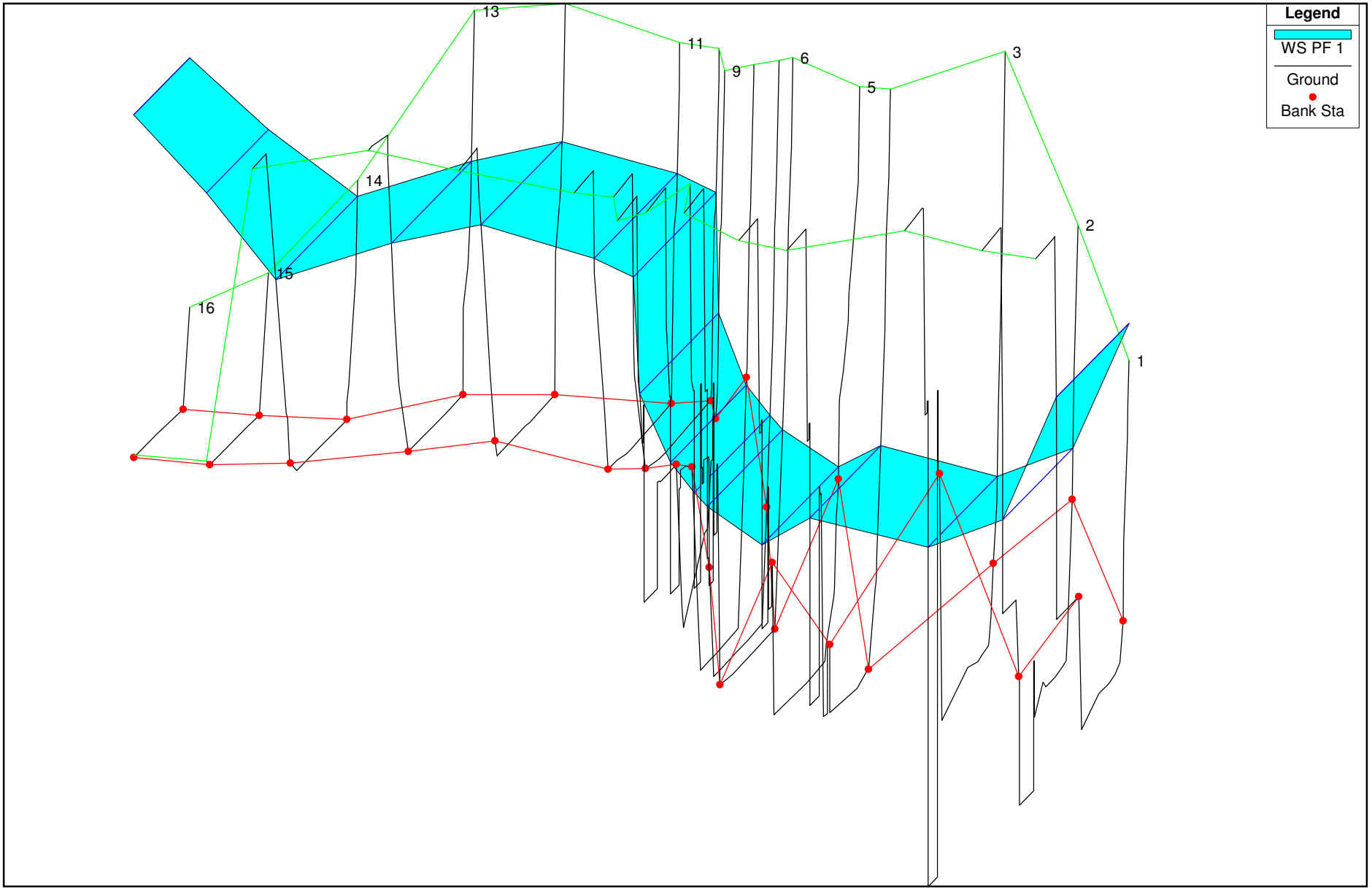
Sezioni idrauliche – STATO DI PROGETO


RS = 16
.025
.03
.025
Legend
EG PF 1
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
RS = 15
.025
.03
.025
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
RS = 14
.025
.03
.025
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
RS = 13
.025
.03
.025
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)


RS = 12
.025
.03
.025
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
RS = 11
.03
.025
RS = 10
RS = 9


RS = 8
.025
.03
.025
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
RS = 7
.025
.03
.025
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
RS = 6
.025
.03
.025
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
RS = 5
.025
.03
.025
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)


RS = 4
.025
.03
.025
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
RS = 3
.025
.03
.025
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
RS = 2
.025
.03
.025
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG PF 1
Crit PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
RS = 1
.025
.03
.025
Elevation (m)
Station (m)
Legend
EG PF 1
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
Bank Sta


Legend
WS PF 1
Ground
Bank Sta
13
11
9
6
5
3
2
1
14
15
16

Allegato 8

Tabella riassuntiva simulazione – STATO DI PROGETTO

HEC-RAS Plan: Plan 02 River: Nervia Reach: Isola bona Profile: PF 1

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Isola bona	16	PF 1	1064.00	89.99	96.09	96.09	99.17	0.005109	7.93	141.08	23.59	1.03
Isola bona	15	PF 1	1064.00	89.99	94.88	95.80	99.00	0.009440	9.31	122.81	26.11	1.35
Isola bona	14	PF 1	1064.00	89.98	93.75	95.27	98.78	0.016534	10.33	109.79	34.37	1.70
Isola bona	13	PF 1	1064.00	89.96	93.95	95.30	98.48	0.013563	9.77	115.76	33.71	1.56
Isola bona	12	PF 1	1064.00	89.93	94.31	95.39	98.17	0.010071	8.92	126.28	34.16	1.36
Isola bona	11	PF 1	1064.00	89.87	93.91	95.11	98.00	0.011913	9.17	122.09	35.04	1.46
Isola bona	10	PF 1	1064.00	89.85	93.54	94.80	97.92	0.014453	9.49	116.97	34.91	1.59
Isola bona	9	PF 1	1064.00	86.84	91.77	93.54	97.71	0.024810	11.57	101.04	33.27	1.91
Isola bona	8	PF 1	1064.00	86.11	90.33	92.41	97.52	0.029276	12.16	93.01	31.97	2.05
Isola bona	7	PF 1	1064.00	86.09	89.70	92.02	97.41	0.029629	12.45	88.73	28.37	2.15
Isola bona	6	PF 1	1064.00	86.08	89.51	91.82	97.34	0.028274	12.68	89.73	30.95	2.19
Isola bona	5	PF 1	1064.00	86.04	89.29	91.50	97.03	0.037710	12.47	88.32	31.93	2.31
Isola bona	4	PF 1	1064.00	86.01	89.88	91.96	96.52	0.025400	12.38	97.93	29.05	2.02
Isola bona	3	PF 1	1064.00	85.56	88.88	91.01	96.14	0.040139	12.41	90.22	28.13	2.33
Isola bona	2	PF 1	1064.00	84.31	89.66	91.35	95.37	0.023734	10.83	102.12	29.58	1.73
Isola bona	1	PF 1	1064.00	85.60	91.93	91.93	94.50	0.005223	7.48	154.74	30.66	0.98