COMMITTENTE:

RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

ALTA SORVEGLIANZA:

ITALFERR
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

GENERAL CONTRACTOR:

Consorzio Collegamenti Integrati Veloci

INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

TRATTA A.V. /A.C. TERZO VALICO DEI GIOVI
PROGETTO DEFINITIVO

Cava Vecchie Fornaci (ex cava Buzzi) – Riqualificazione Ambientale
Sistemazione idraulica raccordo rio Maltempo

Relazione Idrologico – Idraulica

GENERAL CONTRACTOR	ITALFERR S.p.A.	
Consorzio Cociv Project Manager (Ing. Malavagna)		

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
A301	00	D	CV	RI	DP9100	002	F

Progettazione :

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
F00	Prima emissione	ITEC engineering	23/11/2012	Ing. F. Colla	27/11/2012	E. Pagani	29/11/2012	Ing. E. Ghislandi ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI MILANO DOTT. ING. GHISLANDI ENRICO Sez. A Settori: a) civile e ambientale b) industriale c) dell'informazione n° A 16993 Data: 30/11/2012

	n. Elab.:	File: A301-00-D-CV-RI-DP91-00-002-F

CUP: F81H92000000008

INDICE

INDICE....3
1. PREMESSA....4
2. CARATTERISTICHE DEI CORSI D'ACQUA INTERFERENTI....4
3. INQUADRAMENTO NORMATIVO E CRITERI PROGETTUALI....5
4. INTERVENTI PREVISTI....5
5. METODOLOGIA DI CALCOLO....6
5.1. DETERMINAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA....6
5.2. VERIFICHE IDRAULICHE....7
5.2.1. Verifiche idrauliche globali....7
5.2.2. Verifiche puntuali....10
6. VERIFICHE IDRAULICHE....11
6.1. PORTATE DI PROGETTO....11
6.2. VERIFICHE IDRAULICHE....11

ALLEGATO A1 – INDIVIDUAZIONE BACINI IDROGRAFICI

ALLEGATO A2 – VERIFICHE IDRAULICHE

1. PREMESSA

Il presente studio è finalizzato alla definizione degli interventi di sistemazione idraulica per il raccordo tra la rete di smaltimento delle acque meteoriche interna al perimetro di coltivazione dell'ex cava Buzzi e l'alveo naturale del rio Maltempo a valle delle aree di piazzale a servizio dell'ex cava, nell'ambito della riqualificazione ambientale della cava denominata Vecchie Fornaci nell'ambito del progetto della Tratta A.V./A.C. Milano-Genova Terzo valico dei Giovi, come richiesto dal Comitato tecnico del territorio – sezione per la VIA della Regione Liguria.

La normativa idraulica di riferimento è costituita dal Piano di Bacino Stralcio per la Tutela del Rischio Idrogeologico – Ambiti regionali di Bacino 12 e 13, approvato con DCP n. 65 del 12/12/2002 e s.m.i..

2. CARATTERISTICHE DEI CORSI D'ACQUA INTERFERENTI

Il corso d'acqua in esame è il rio Maltempo, affluente di sinistra del rio Cantarena.

Il rio Maltempo alla confluenza con il rio Cantarena sottende un bacino di 0.6 km^2; il suo territorio appartiene amministrativamente al Comune di Genova.

Il bacino presenta una forma allungata orientato in direzione N-S e l'asta principale ha una lunghezza indicativa di 1.5 km con una pendenza media pari al 20% circa.

La cima più alta è rappresentata dal Monte Gazzo, a quota 415 m s.l.m, all'estremità settentrionale del bacino.

Il fondovalle nel primo tratto risulta scarsamente urbanizzato, mentre nel tratto terminale il rio scorre in aree densamente urbanizzate.

I limiti demaniali del rio Maltempo (riportati nell'elaborato A301-00-D-CV-PZ-DP91-00-001) sono individuabili all'esterno del perimetro di coltivazione della ex-cava Vecchie Fornaci; il tracciato dello stesso rio viene individuato nella carta del "Reticolo idrografico", allegata al già citato Piano di Bacino, nel solo tratto a valle dei piazzali a servizio della ex-cava.

Nel tratto a monte in cui il rio scorre all'interno dei piazzali di servizio dell'ex-cava Vecchie Fornaci è intercettato mediante una griglia trasversale ubicata nel piazzale posto a quota 165.5 m s.l.m e, mediante una tubazione verticale a candela di diametro pari a 0.8 m, si raccorda con il tombino di valle posto in corrispondenza del piazzale di accesso della ex-cava (quota 157.5 m s.l.m.) di sezione rettangolare (1 x 1 m).

Dopo questo primo tratto, di sviluppo pari a circa 40 m, il tombino presenta un tratto con sezione variabile tra 1 x 1 m e 1 x 1.6 m di lunghezza pari a circa 10 m. Nell'ultimo tratto a monte dello sbocco nell'alveo naturale di sviluppo di 8 m il tombino scorre al di sotto di una baracca a servizio della ex-cava, e si porta a profondità maggiori. In questa ultima parte al di sopra del tombino del rio Maltempo è presente un secondo tombino di sezione variabile utilizzato per il convogliamento delle acque provenienti dal piazzale inferiore nel caso in cui le griglie il tombino inferiore non fosse in grado di ricevere questo ulteriore contributo.

3. INQUADRAMENTO NORMATIVO E CRITERI PROGETTUALI

La normativa idraulica di riferimento è costituita dal *Piano di Bacino Stralcio per la Tutela del Rischio Idrogeologico – Ambiti regionali di Bacino 12 e 13*, approvato con DCP n. 65 del 12/12/2002 e s.m.i..

Il Piano di Bacino è sovraordinato a tutti gli altri strumenti di pianificazione territoriale ed urbanistica vigenti e costituisce la norma a cui attenersi per l'esecuzione di opere e infrastrutture che interferiscano con il reticolo idrografico.

Essi forniscono i valori delle portate di piena da assumere alla base delle verifiche idrauliche nonché i criteri a cui attenersi per il dimensionamento delle opere in funzione della tipologia e dei vincoli esistenti.

I criteri adottati nel dimensionamento idraulico delle opere tengono conto delle norme di attuazione del Piano di Bacino, degli indirizzi e delle indicazioni emerse nel corso dei colloqui con gli uffici competenti della Provincia di Genova.

Da un punto di vista generale le sistemazioni idrauliche sono limitate allo stretto necessario alla funzionalità dell'opera nel rispetto dell'attuale configurazione dei corsi d'acqua interferenti; si è verificato che gli interventi non comportassero in nessun caso restringimenti di alveo e non inducessero in generale effetti peggiorativi sul regime idraulico del corso d'acqua, con particolare riferimento agli effetti indotti sulla sponda opposta.

4. INTERVENTI PREVISTI

Nell'ambito della sistemazione idraulica della riqualificazione ambientale dell'ex-cava Buzzi sono state previste alcune cunette secondarie recapitanti ad un canale principale collocato lungo il lato Ovest dell'area oggetto di intervento.

Al fine di raccordare questo canale con l'alveo naturale del rio Maltempo nel tratto a valle l'area della ex-cava è stato previsto un sistema di smaltimento delle acque meteoriche costituito da:

- Vasca di calma al termine del canale a cielo aperto di sezione trapezoidale
- Pozzetto di salto di altezza pari a circa 10 m con vasca di dissipazione a valle
- Canale a cielo aperto a sezione rettangolare 1.5 x 1.8 m in c.a. di sviluppo pari a 24 m
- Tombino di sezione 1.5 x 1.8 m in c.a. di sviluppo pari a 27 m con recapito finale nel rio Maltempo.

La vasca di dissipazione prevista a valle del pozzetto di salto presenta il fondo ribassato rispetto alla quota di fondo alveo del canale in progetto in modo tale da definire un volume di sedimentazione per il materiale eventualmente movimentato dalla corrente.

Per la realizzazione della vasca di calma prevista nel piazzale di monte (quota 165.5 m) si rende necessario lo spostamento dell'opera di presa esistente del rio Maltempo e della tubazione di

collegamento tra quest'ultima e la candela verticale presente in corrispondenza del muro di contenimento di altezza 8 m.

Nel tratto non demaniale del rio Maltempo a monte dei piazzali di servizio della ex-cava Vecchie Fornaci si prevede un intervento di sistemazione spondale di sviluppo indicativo pari a 25 m che garantisce il mantenimento del rio stesso all'interno del suo alveo di valle, esterno al perimetro di coltivazione della cava, ripristinando la sponda sinistra del rio parzialmente erosa.

L'intervento prevede la realizzazione di una sistemazione spondale in gabbioni a scatola di dimensione 2.0x1.0x1.0 m o 1.0x 1.0x1.0 m formati da rete metallica con maglia esagonale 80x10 mm con materiale di riempimento di pezzatura avente diametro minimo pari a 120 mm.

È stata condotta una verifica statica che ha permesso di valutare le condizioni di equilibrio nei confronti di un possibile scorrimento della difesa spondale; i calcoli sono stati eseguiti ipotizzando: peso specifico del gabbione con riempimento (γ = 18 kN/m³), coefficiente attrito gabbioni/terreno (0.5).

La forza instabilizzante è determinata dalla spinta orizzontale del battente idrico di 1 m (altezza del gabbione) sul paramento verticale del gabbione impermeabilizzato ed è pari a I=0.5 kN/m da cui ne deriva che il fattore di sicurezza allo scorrimento è pari a:

$$\mathrm{Fs} = \frac{1.8 \cdot 0.5}{0.5} = 1.8$$

Per quello che riguarda l'ancoraggio dei gabbioni, effettuato a titolo cautelativo per la posizione marginale degli stessi, sono previsti n°2 inghisaggi per ciascun gabbione di lunghezza pari a 1 m, inghisaggio 0.7 m e diametro 20 mm e le caratteristiche del profilato in ferro (Fe 430, B=50 mm, L=800 mm, s=10 mm).

Per quanto riguarda il dimensionamento dell'inghisaggio si è operato a titolo cautelativo trascurando il peso proprio del gabbione e ipotizzando che ciascun ancoraggio debba reggere la spinta di un battente idrico di 1 m ottenendo i seguenti risultati:

- Tensione di taglio nel ferro inferiore a 2 kg/mm²
- Pressione laterale sul terreno pari a circa 2 kg/cm².

5. METODOLOGIA DI CALCOLO

5.1. DETERMINAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA

Per la definizione delle portate di piena si è fatto riferimento a quanto indicato nel Piano di Bacino degli ambiti 12 e 13 che fornisce i valori di portata per assegnato periodo di ritorno nelle sezioni più significative del reticolo idrografico.

Per quanto riguarda le canalizzazioni ed il rio Maltempo oggetto di studio, poiché nel Piano di Bacino degli ambiti 12 e 13 non sono riportate specifiche indicazioni di portata a monte (situazione generalmente riferita agli affluenti minori) è stato adottato il valore di portata 200-ennale ottenuto utilizzando i contributi unitari di piena in funzione della superficie del bacino sotteso riportati nel

Piano stesso: essi variano da un massimo di 40 m³/s km² per bacini con superficie fino a 1 km², ad un minimo di 30 m³/s km² per bacini con superficie compresa fra 7 e 8 km².

5.2. VERIFICHE IDRAULICHE

Le verifiche idrauliche dei vari tronchi d'alveo esaminati sono state condotte secondo due tipi d'approccio, uno a carattere più esteso, riferito al tratto d'alveo naturale a valle del piazzale, e l'altro a carattere locale, riferito alla singola sezione caratteristica del tratto di canale a cielo aperto e di scatolare previsto in corrispondenza del piazzale di valle.

Per quanto riguarda le caratteristiche dimensionali dell'alveo e dei manufatti con esso interferenti, si è fatto riferimento ad una serie di rilievi topografici, effettuati nell'ambito dell'attività di indagine propedeutica alla progettazione definitiva degli interventi.

I rilievi di dettaglio sono stati integrati, ove necessario, con la cartografica tecnica disponibile e con una serie di rilievi diretti in sito effettuati nel corso dei sopralluoghi di ricognizione.

5.2.1. Verifiche idrauliche globali

Le verifiche idrauliche di tipo globale sono state effettuate mediante l'ausilio di un software1 per il calcolo dell'andamento dei profili di rigurgito in moto permanente gradualmente variato in alvei naturali o canali artificiali che consente anche la valutazione degli effetti sulla corrente dovuti all'interazione con ponti, tombinature, briglie, stramazzi, aree golenali, ecc.

La determinazione del profilo teorico è ottenuta tramite l'applicazione del cosiddetto *Standard step method* che si basa sulla semplice equazione mono-dimensionale del contenuto energetico della corrente:

$$H_1 - H_2 = h_f + h_e$$

dove H_1*[m]* ed H_2*[m]* sono i carichi totali della corrente nelle sezioni di monte e di valle del tronco d'alveo considerato, h_f*[m]* sono le perdite di carico dovute all'attrito del fondo e delle sponde, mentre h_e*[m]* è un termine che tiene conto degli effetti dovuti alla non cilindricità della corrente.

In particolare h_f dipende principalmente dalla scabrezza del tratto d'alveo considerato ed è esprimibile come:

$$h_f = j_f \cdot L$$

con j_f pendenza motrice nel tratto di lunghezza *L[m]*.

Il calcolo di j_f è effettuabile con diverse formulazioni, in funzione della pendenza motrice *J* in corrispondenza delle sezioni d'inizio e fine di ciascun tratto.

Il calcolo del termine *J* nella singola sezione è effettuato mediante la:

$$J = \left[\frac{Q}{K}\right]^2$$

1. HEC-RAS, Haestad Methods Inc. - Waterbury USA

dove *Q[m³/s]* è la portata di calcolo e *K* (denominato *conveyance*) è ricavabile attraverso la seguente espressione:

$$K = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{\frac{2}{3}}$$

dove A[m²] l'area della sezione liquida, R[m] il raggio idraulico e n[m-1/3 s] è il parametro rappresentativo della scabrezza del fondo e delle sponde di Manning.

Il termine he dipende invece dalla variazione del carico cinetico della corrente tra le sezioni 1 e 2 dovuta al cambio di geometria delle sezioni stesse ed è a sua volta esprimibile come:

$$h_e = \beta \cdot \left| \alpha_1 \cdot \frac{V_1^2}{2 \cdot g} - \alpha_2 \cdot \frac{V_2^2}{2 \cdot g} \right|$$

dove β è un coefficiente di contrazione o espansione dipendente dalle condizioni geometriche del tratto considerato, V1 e V2 [m/s] sono i valori delle velocità medie agli estremi del tronco e $\alpha 1$ e $\alpha 2$ sono i coefficienti correttivi dell'energia cinetica.

Il modello consente di suddividere la sezione in più zone in cui assegnare un valore diverso del parametro n di scabrezza; in particolare è possibile individuare tre zone principali: quella centrale dell'alveo inciso (denominata main channel) e due zone laterali golenali (denominate right and left overbanks).

Il programma consente la simulazione del deflusso attraverso ponti e tombinature (culvert) mediante la loro schematizzazione geometrica (impalcato, pile, setti, ecc.).

La procedura di calcolo utilizzata consente di simulare il deflusso a pelo libero al di sotto dell'impalcato, il deflusso in pressione al di sotto dell'impalcato e la combinazione del deflusso in pressione e del deflusso con scavalcamento dell'impalcato stesso (funzionamento a stramazzo).

Per il deflusso a pelo libero il modello consente la scelta fra diversi metodi di calcolo quali il metodo del bilancio energetico (Standard step method), il metodo dei momenti (Momentum Balance), la formula di Yarnell per correnti lente.

Il funzionamento in pressione è simulato mediante la formulazione propria dell'efflusso da luce:

$$Q = C \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$$

dove Q[m³/s] è la portata defluita attraverso la luce di area A[m²], H[m] è il dislivello tra il carico totale di monte ed il pelo libero a valle e C è il cosiddetto coefficiente di efflusso.

Il programma prevede la messa in pressione della struttura quando, secondo la scelta dell'utente, il carico totale o la quota del pelo libero risultano superiori alla quota dell'intradosso dell'impalcato.

Il funzionamento a stramazzo è simulato attraverso la formulazione standard

$$Q = C \cdot L \cdot H^{\frac{3}{2}}$$

dove Q[m^3/s] è la portata defluita sulla soglia di larghezza L[m] e H[m] è il dislivello tra il carico totale di monte e la quota della soglia e C è il coefficiente di efflusso, variabile in funzione del tipo di stramazzo e del carico sopra la soglia.

Nel caso di funzionamento combinato di moto in pressione con scavalcamento del ponte (stramazzo) l'entità delle portate stramazzanti e defluenti al di sotto dell'impalcato viene determinata attraverso una procedura iterativa combinando le equazioni che regolano i due fenomeni.

La verifica del nodo di confluenza è eseguita mediante l'applicazione del teorema della quantità di moto.

In particolare è stato individuato un volume di controllo definito dalla superficie di contorno del tratto in esame in cui è applicabile la relazione generale:

$$F_e + G = M_u - M_e$$

dove F_e è la risultante delle forze di superficie (spinta idrostatica e attrito del fondo e delle pareti) agenti dall'esterno sul volume di controllo, G è la risultante delle forze di massa (in genere la forza peso), M_u ed M_e le quantità di moto delle masse che nell'unità di tempo entrano ed escono dal volume di controllo.

La metodologia di calcolo è applicabile al caso specifico di due rami che confluiscono in un terzo ella confluenza di un affluente nel corso d'acqua principale secondo un angolo di incidenza α rispetto alla direttrice principale di deflusso.

Il volume di controllo è individuato dalle due sezioni poste a monte della confluenza (individuate dai pedici 1 e 2 rispettivamente) ed una posta a valle (pedice 3).

Proiettando l'equazione della quantità di moto secondo l'asse del corso d'acqua di valle, che forma un angolo α1-2 e α1-3 con gli assi dei due corsi d'acqua a monte, vale la relazione:

$$(my + mq)_3 = (my + mq)_1 \cdot \cos\alpha_{1-3} + (W - F_f)_{1-3} + (my + mq)_{2-3} \cdot \cos\alpha_{2-3} + (W - F_f)_{2-3}$$

avendo indicato con:

my = A·Y = prodotto dell'area per la distanza verticale tra il pelo libero e il centro di gravità delle sezioni di deflusso.

$$mq = \frac{Q^2}{g \cdot A}$$

Ff = forza dovuta all'attrito sul fondo e sulle pareti.

Wx = forza peso nella direzione del flusso.

Ai fini della risoluzione dell'equazione dei momenti sono state fatte le seguenti assunzioni:

- rigurgito in corrente lenta con profondità del pelo libero nota nella sezione di valle;
- uguaglianza tra le quote del pelo libero nelle sezioni di monte del corso d'acqua principale e in quella dell'affluente;
- calcolo delle componenti di attrito e del peso come media pesata dei valori tra le sezioni di monte del corso d'acqua principale, dell'affluente e di valle, in funzione delle portate e dell'angolo di incidenza.

5.2.2. Verifiche puntuali

Le verifiche idrauliche sono state condotte secondo un tipo d'approccio a carattere locale riferito ad un singolo manufatto o una singola sezione.

In assenza di variazioni significative della forma e delle dimensioni dell'alveo sono state determinate le caratteristiche della corrente in condizioni di moto uniforme mediante la formulazione di Chézy:

$$Q = \chi \cdot A \cdot \sqrt{R \cdot i_f}$$

Dove: Q [m^3/s] è la portata, χ [$m^{1/2}\ s^{-1}$] il coefficiente di attrito, A [m^2] l'area della sezione liquida, R [m] il raggio idraulico, if la pendenza dell'alveo.

Le pendenze medie dell'alveo sono state calcolate sulla base dei rilievi di dettaglio o sulla base cartografica disponibile alle diverse scale.

Per il calcolo di χ è stata adottata la formula di Manning:

$$\chi = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{1}{6}}$$

Dove: n [$m^{-1/3}\ s$] è il coefficiente dimensionale di scabrezza definito in funzione della natura dell'alveo.

In mancanza di informazioni sulla pendenza del fondo e in casi particolari quali ad esempio le tombinature realizzate al di sotto di rilevati e/o discariche di materiali inerti, anche in presenza di pendenze significative, è stata comunque calcolata la profondità critica corrispondente al minimo contenuto energetico della corrente.

Le condizioni critiche sono state determinate imponendo uguale a 1 il numero di Froude della corrente:

$$\frac{Q}{A} = \sqrt{g \cdot \frac{A}{b}}$$

dove Q [m^3/s] è la portata, A [m^2] l'area e b [m] la larghezza del pelo libero, g [m/s^2] l'accelerazione di gravità.

Nel caso di sezioni rettangolari è possibile calcolare direttamente la profondità critica Yc[m] mediante la

$$Y_c = \sqrt[3]{\frac{1}{g} \cdot \left(\frac{Q}{b}\right)^2}$$

In presenza di restringimenti dovuti alla particolare conformazione dell'alveo o alla presenza di manufatti artificiali, si è ipotizzato il moto con transizione attraverso lo stato critico all'interno della sezione ristretta ed è stata calcolata la profondità nella sezione di monte dovuta al rigurgito in corrente lenta.

Il calcolo è stato eseguito mediante l'utilizzo della formula di Marchi, valida per sezioni rettangolari:

$$Y_m = K \cdot \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g \cdot b_m^2 \cdot F_L{}^2}}$$

Dove: K è un fattore di forma, bm [m] è la larghezza della sezione di monte e FL è il valore del numero di Froude limite tabulato in funzione del rapporto di restringimento.

Il valore di K è stato assunto per tutte le verifiche uguale a 1.14, corrispondente alla situazione più sfavorevole di pile con fronti squadrati.

6. VERIFICHE IDRAULICHE

6.1. PORTATE DI PROGETTO

Le verifiche idrauliche sono state condotte con le portate 200-ennali ricavate dall'applicazione de contributo unitario di 40 m³/s/km². In particolare il rio Maltempo alla sezione di interesse, ubicata a valle del piazzale di servizio, sottende un bacino di superficie pari a 0.19 km² cui corrisponde una portata 200-ennale di 7.7 m³/s, mentre per la rete di smaltimento delle acque meteoriche, interna all'area oggetto di riqualificazione ambientale, è stato individuato un bacino di estensione pari a 0.09 km² cui corrisponde una portata di 3.7 m³/s.

In particolare facendo riferimento alla Relazione idrologica – idraulica relativa alla sola rete di smaltimento delle acque meteoriche interna alla zona oggetto di riqualificazione ambientale (A301-00-D-CV-RI-DP-91-00-001) si riscontra una differenza in termini di superficie di bacino sotteso in quanto nel presente progetto è stata prevista un'opera di sistemazione spondale che garantisce il mantenimento del rio Maltempo all'interno del suo alveo, si è proceduto non considerando quindi il contributo relativo al tratto di monte del rio stesso.

6.2. VERIFICHE IDRAULICHE

Canale terminale di raccordo tra rete smaltimento interna e rio Maltempo

La verifica idraulica del canale e della tombinatura a sezione costanti previsti sul piazzale di servizio della ex-cava è stata condotta con approccio di tipo locale, in quanto la sezione rimane costante su tutto lo sviluppo dell'opera.

In allegato A2 è riportata la scala di deflusso del nuovo canale/scatolare, previsto a progetto, di sezione rettangolare pari a 1.5 x 1.8 m con pendenza minima del 2%; le verifiche sono state effettuate con un valore n [$m^{-1/3}s$] del coefficiente dimensionale di scabrezza pari a 0.025, proprio di corsi d'acqua con fondo e pareti cementati.

I risultati mostrano che la portata di 3.7 m³/s di progetto defluisce con un'altezza di 0.8 m, corrispondente ad un rapporto di invaso pari a 0.46, velocità 3 m/s e numero di Froude 1.1; il franco rispetto agli argini ed alla copertura e pari a 1 m ed il carico cinetico è sempre contenuto.

Canale terminale di raccordo tra rete smaltimento interna e rio Maltempo

La verifica del tratto di alveo naturale del rio Maltempo a valle del piazzale della ex-cava Buzzi, che costituisce il recapito della rete di smaltimento delle acque meteoriche, è stata condotta con modellazione in moto permanente. Le informazioni di carattere topografico ai fini della verifica sono state desunte da un rilievo plano-altimetrico dell'alveo e delle aree adiacenti.

Il calcolo del profilo è stato effettuato nella configurazione di stato attuale in quanto non sono previste modifiche dell'alveo naturale.

Lungo l'asta del corso d'acqua oggetto di studio, di sviluppo pari a 50 m, sono state individuate una serie di sezioni trasversali rappresentative del tronco d'alveo oggetto di studio.

Nelle sezioni di calcolo del profilo quale quota di riferimento della sommità degli argini è stata assunta, quando presente, quella del piano viabile delle strade adiacenti.

Ai fini del calcolo è stato assunto un valore del coefficiente di scabrezza equivalente n pari a 0.035 corrispondente alla situazione di alveo naturale con presenza di salti, rocce e vegetazione.

Le verifiche sono state effettuate con il valore di portata 200-ennale pari a 7.7 m^3/s, nell'ipotesi di sponde infinite qualora il livello di piena superi le quote di sommità arginali.

Vista la pendenza del fondo il profilo di rigurgito è stato integrato per la sola corrente veloce da monte verso valle, imponendo come condizione al contorno la profondità critica nella sezione di monte assunta come sezione di controllo.

I risultati sono riassunti in forma numerica e grafica nei seguenti elaborati riportati in Allegato A2:

- Schema planimetrico dell'alveo con l'indicazione delle sezioni idrauliche di calcolo in scala 1:500;
- Profilo di rigurgito in scala 1:250-1:200;
- Tabelle riassuntive dei risultati.
- Sezioni trasversali di calcolo in scala 1:300 – 1:100 con l'indicazione delle quote del pelo libero.

Il deflusso della portata 200-ennale nel rio Maltempo avviene con altezze del pelo libero comprese tra 0.4 m e 1.1 m e velocità comprese tra 2.8 e 7.7 m/s.

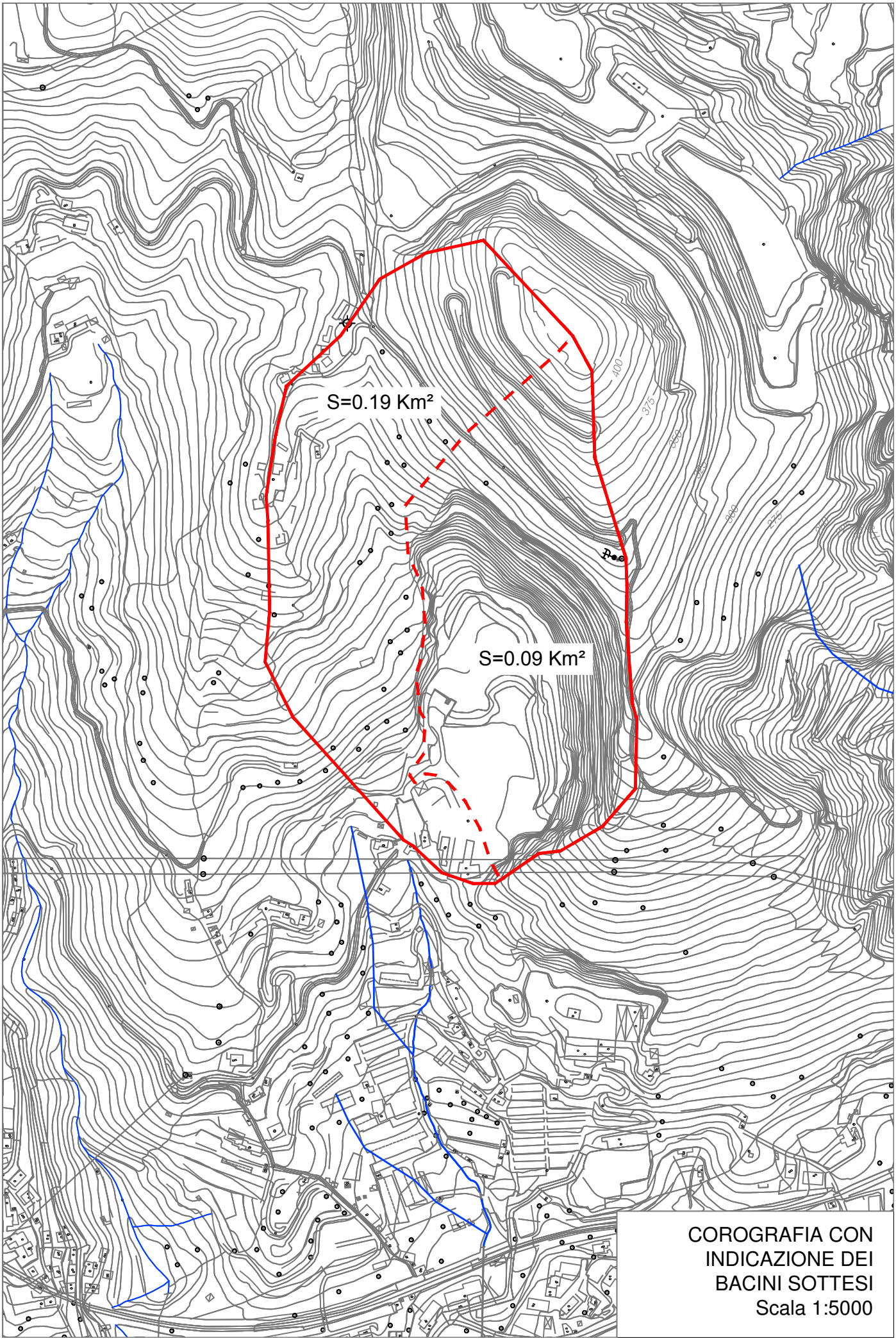
Il tratto oggetto di studio risulta verificato per il deflusso della piena 200-ennale e la portata defluisce con un franco ovunque maggiore di 1.5 m ed il carico cinetico è sempre contenuto.

ALLEGATO A1

INDIVIDUAZIONE BACINI IDROGRAFICI

ELENCO ELABORATI

- **Corografia con indicazione dei bacini sottesi**



COROGRAFIA CON
INDICAZIONE DEI
BACINI SOTTESI
Scala 1:5000

ALLEGATO A2

VERIFICHE IDRAULICHE

ELENCO ELABORATI

Verifiche puntuali

- **Scala di deflusso**

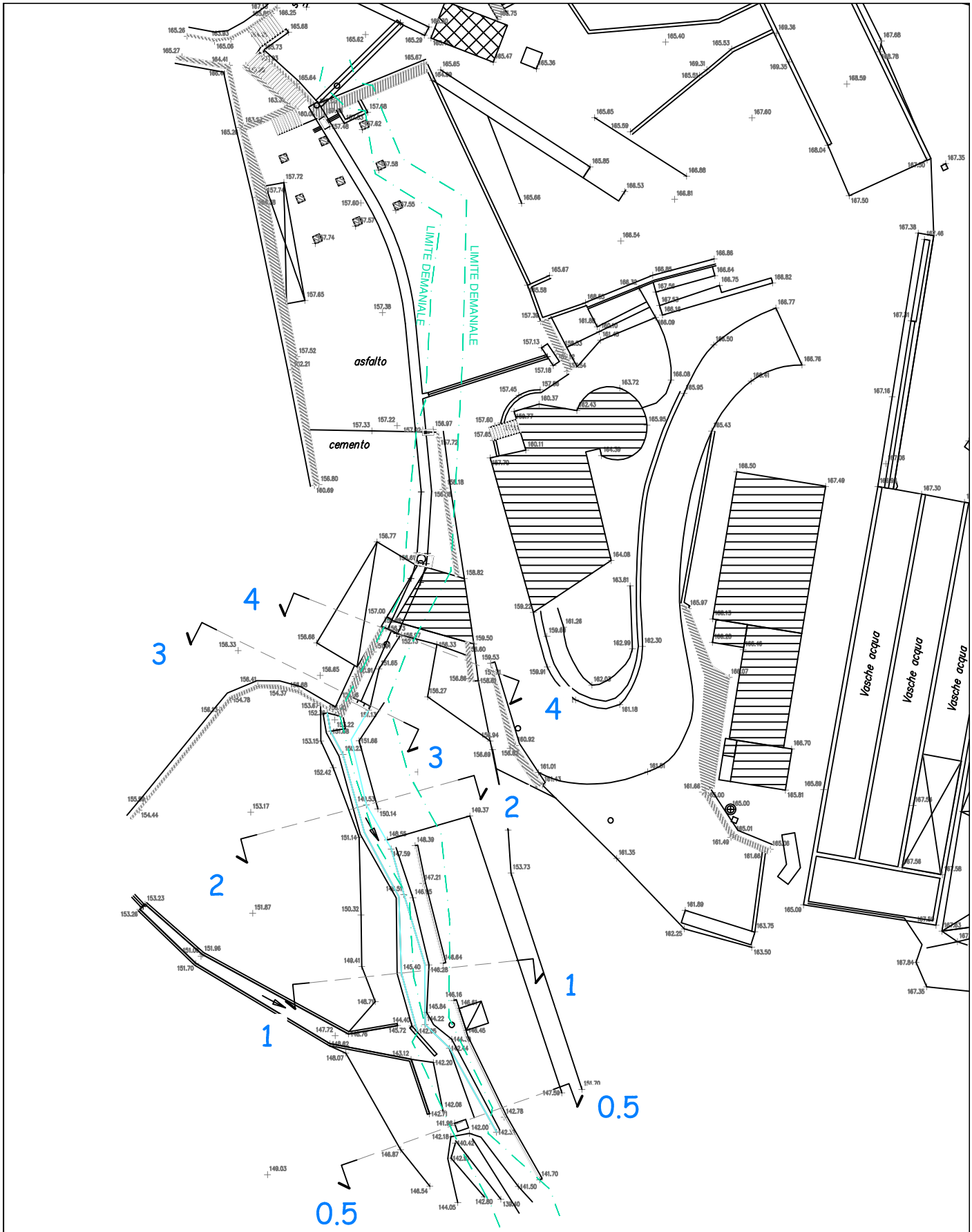
Verifiche globali

- **Planimetria con ubicazione sezioni idrauliche**
- **Profilo di rigurgito**
- **Tabella riassuntiva dei risultati**
- **Sezioni trasversali di calcolo**

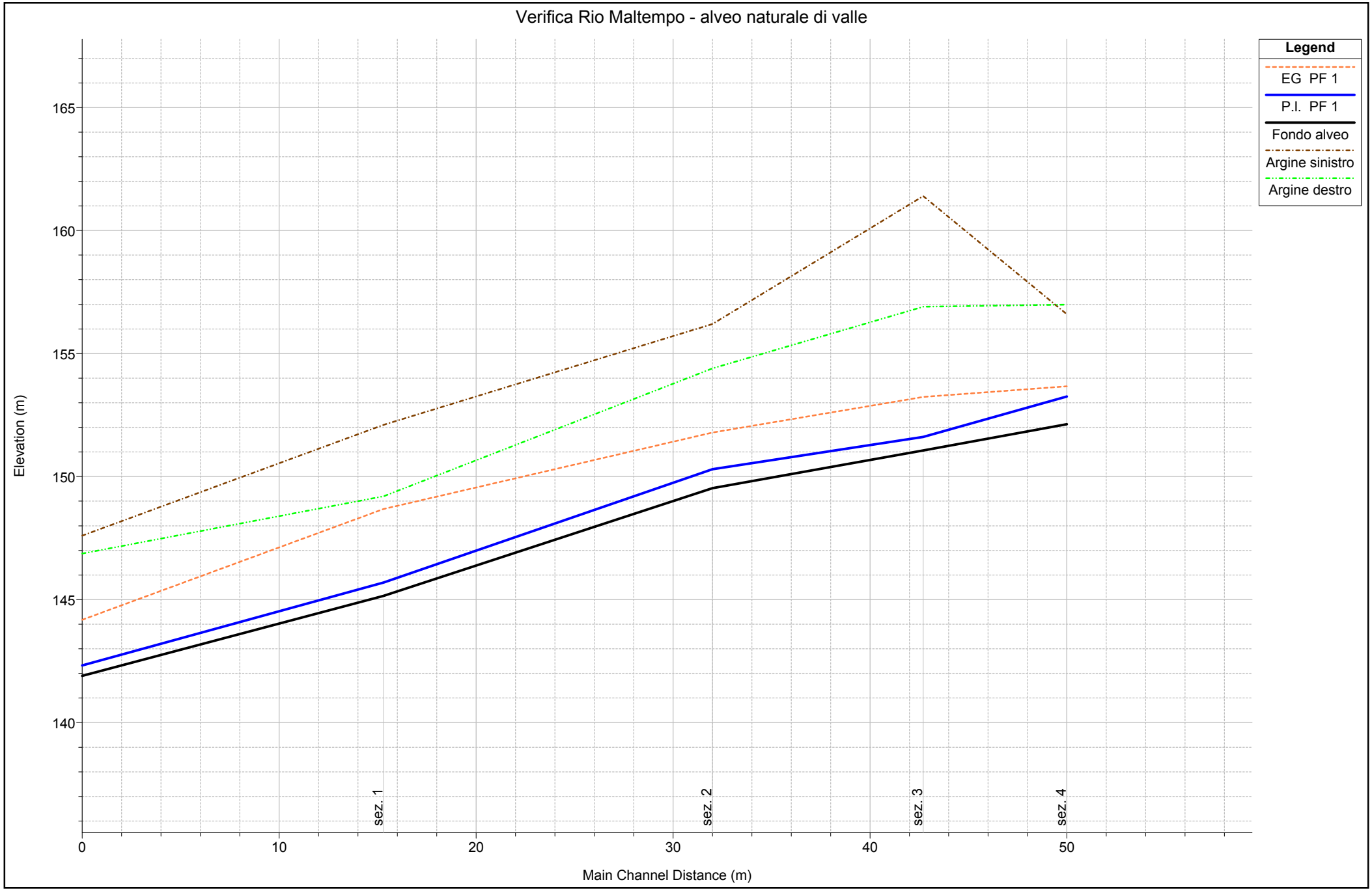
Tabella : Scala di deflusso canale / scatolare sezione rettangolare

Larghezza	B	=	1.5	m
Altezza sponde	H	=	1.8	m
Coefficiente di scabrezza di Manning	n	=	0.025	$m^{-1/3}$ s
Pendenza fondo	if	=	0.02	m/m

Altezza pelo libero Y [m]	Rapporto d'invaso Y/D [-]	Perimetro bagnato P [m]	Area A [m^2]	Raggio idraulico R [m]	Larghezza pelo libero b [m]	Portata Q [m^3/s]	Velocità V [m/s]	Carico cinetico Hc [m]	Carico specifico H [m]	Numero di Froude Fr [-]
0.10	0.06	1.70	0.15	0.09	1.50	0.17	1.12	0.06	0.16	1.13
0.20	0.11	1.90	0.30	0.16	1.50	0.50	1.65	0.14	0.34	1.18
0.30	0.17	2.10	0.45	0.21	1.50	0.91	2.03	0.21	0.51	1.18
0.40	0.22	2.30	0.60	0.26	1.50	1.39	2.31	0.27	0.67	1.17
0.50	0.28	2.50	0.75	0.30	1.50	1.90	2.54	0.33	0.83	1.14
0.60	0.33	2.70	0.90	0.33	1.50	2.45	2.72	0.38	0.98	1.12
0.70	0.39	2.90	1.05	0.36	1.50	3.02	2.87	0.42	1.12	1.10
0.80	0.44	3.10	1.20	0.39	1.50	3.61	3.00	0.46	1.26	1.07
0.90	0.50	3.30	1.35	0.41	1.50	4.21	3.12	0.50	1.40	1.05
1.00	0.56	3.50	1.50	0.43	1.50	4.82	3.22	0.53	1.53	1.03
1.10	0.61	3.70	1.65	0.45	1.50	5.45	3.30	0.56	1.66	1.01
1.20	0.67	3.90	1.80	0.46	1.50	6.08	3.38	0.58	1.78	0.98
1.30	0.72	4.10	1.95	0.48	1.50	6.72	3.45	0.61	1.91	0.97
1.40	0.78	4.30	2.10	0.49	1.50	7.37	3.51	0.63	2.03	0.95
1.50	0.83	4.50	2.25	0.50	1.50	8.02	3.56	0.65	2.15	0.93
1.60	0.89	4.70	2.40	0.51	1.50	8.67	3.61	0.67	2.27	0.91
1.70	0.94	4.90	2.55	0.52	1.50	9.33	3.66	0.68	2.38	0.90
1.80	1.00	5.10	2.70	0.53	1.50	10.00	3.70	0.70	2.50	0.88



PLANIMETRIA CON UBICAZIONE
DELLE SEZIONI IDRAULICHE
DEL RIO MALTEMPO
Scala 1:500

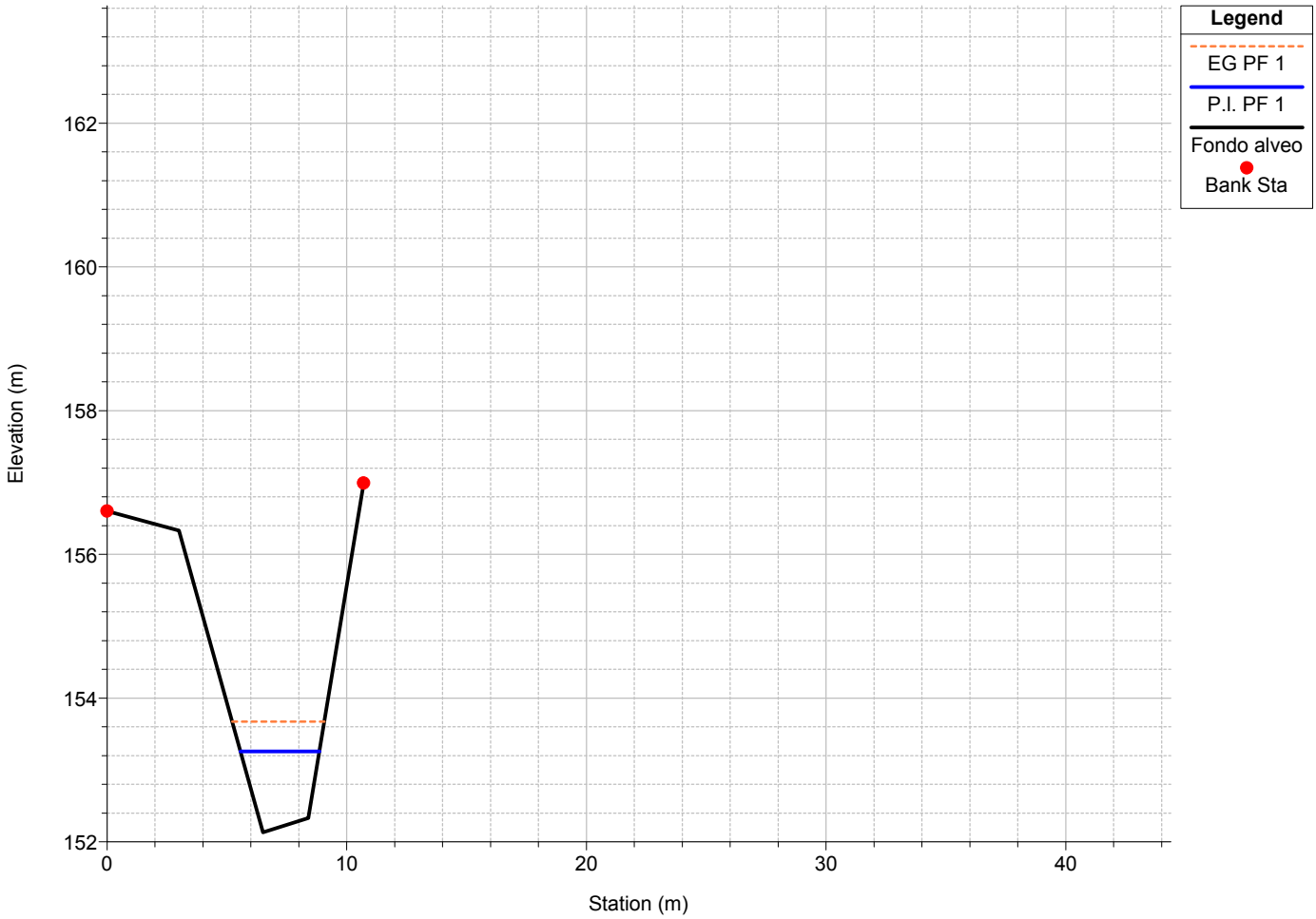


1 cm Horiz. = 2.5 m 1 cm Vert. = 2 m

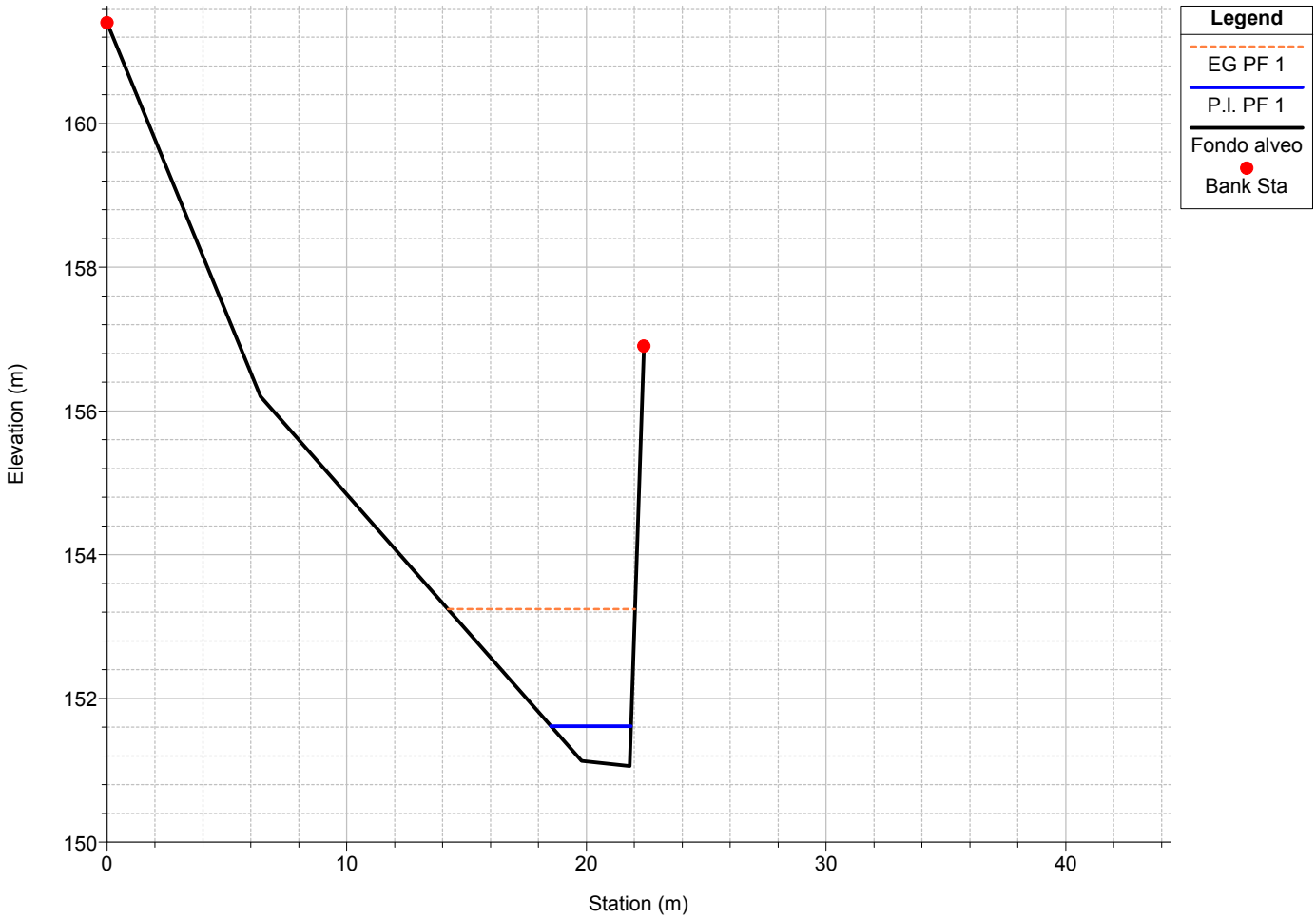
HEC-RAS Plan: mal-val River: maltempo Reach: maltempo Profile: PF 1

Reach	River Sta	Cum Ch Len	Q Total	Min Ch El	LOB Elev	ROB Elev	W.S. Elev	Hydr Depth	Max Chl Dpth	E.G. Elev	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
		(m)	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)	
maltempo	4	50.00	7.70	152.13	156.60	156.99	153.26	0.82	1.13	153.67	2.85	2.70	3.30	1.01
maltempo	3	42.70	7.70	151.06	161.40	156.90	151.61	0.41	0.55	153.24	5.65	1.36	3.34	2.82
maltempo	2	32.00	7.70	149.53	156.20	154.40	150.30	0.59	0.77	151.79	5.41	1.42	2.41	2.25
maltempo	1	15.30	7.70	145.15	152.10	149.20	145.69	0.39	0.54	148.68	7.67	1.00	2.57	3.91
maltempo	0.5		7.70	141.90	147.60	146.87	142.33	0.32	0.43	144.18	6.04	1.28	4.02	3.42

RS = 4 Verifica Rio Maltempo - alveo naturale di valle

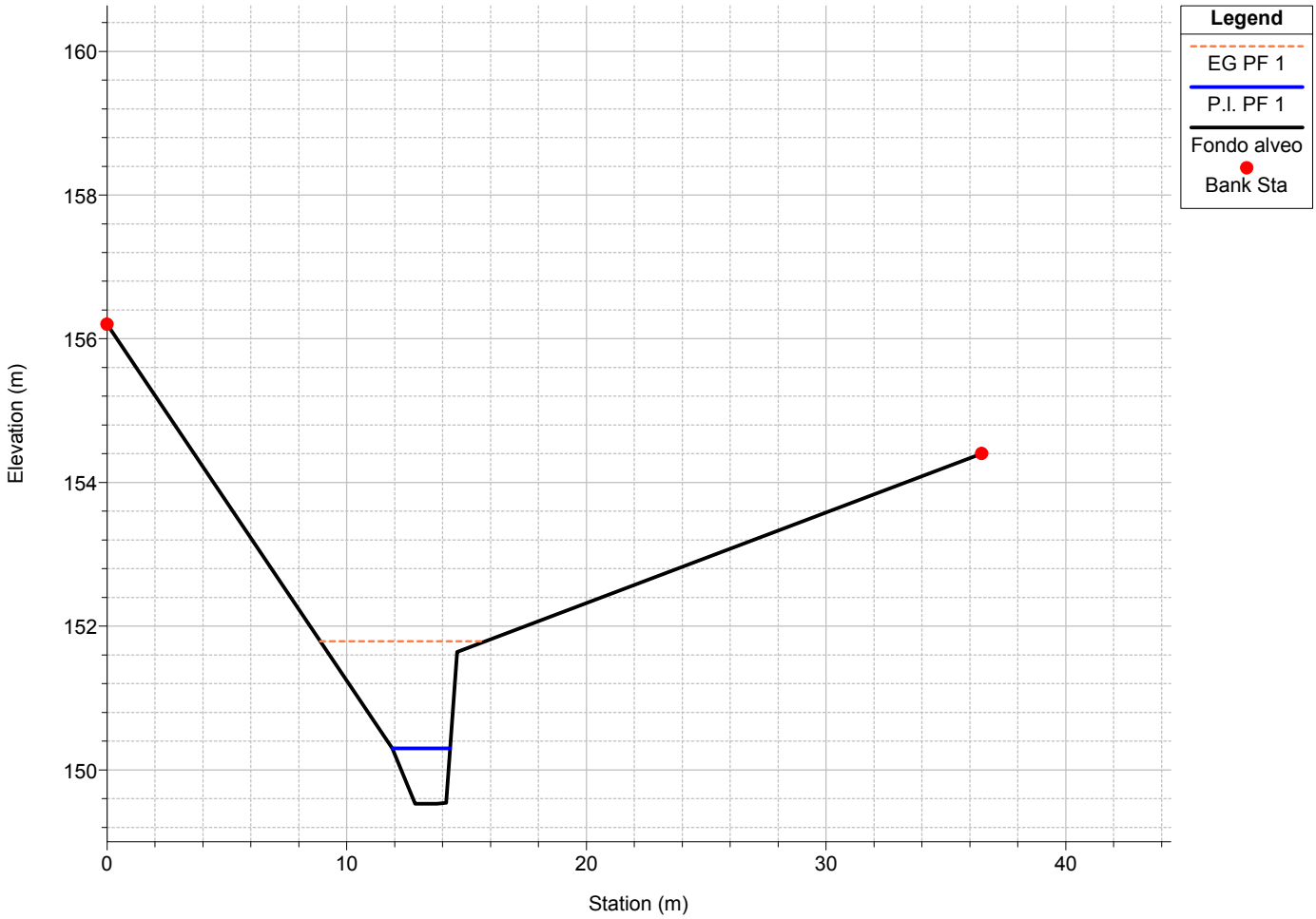


RS = 3 Verifica Rio Maltempo - alveo naturale di valle

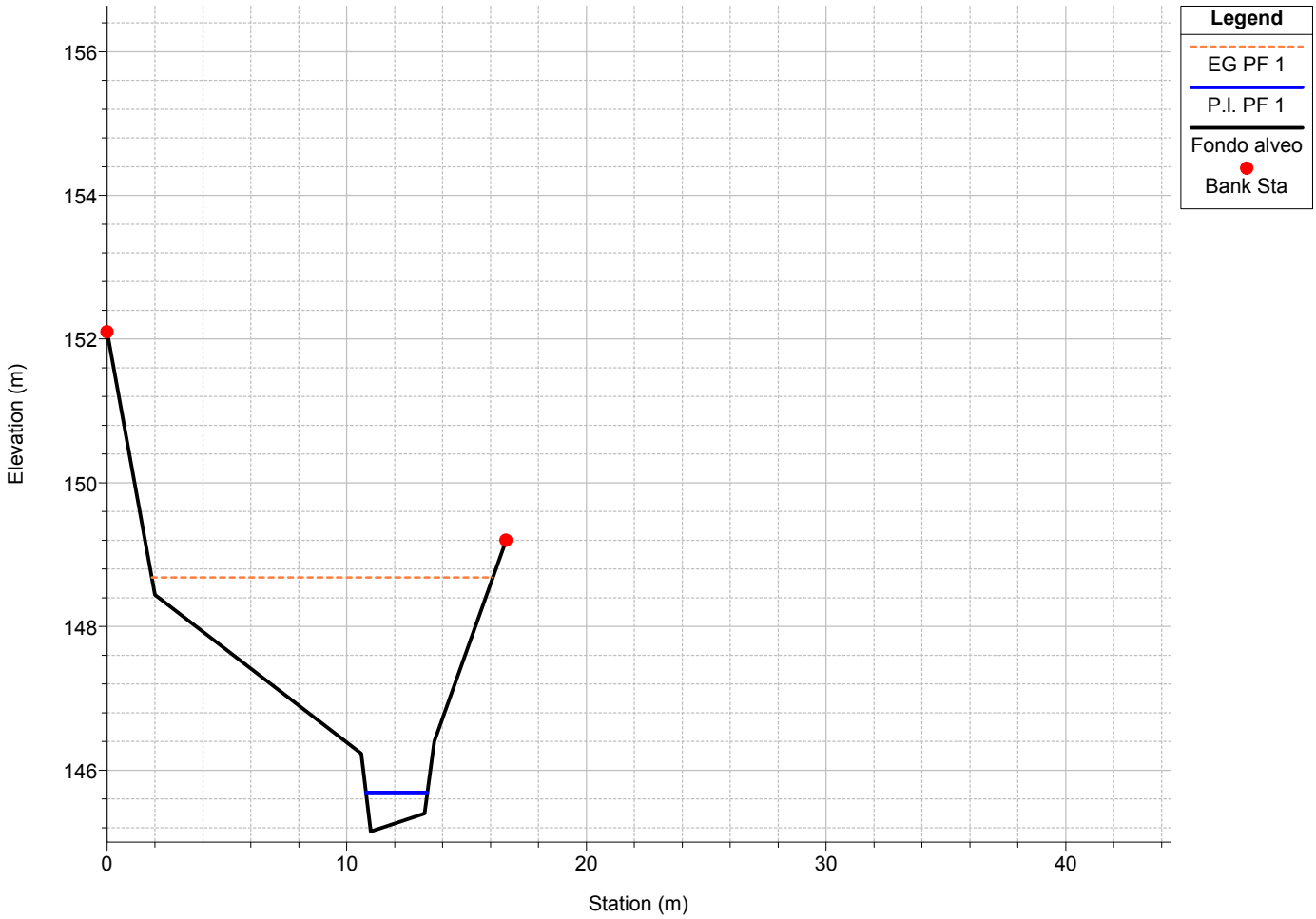


1 cm Horiz. = 3 m 1 cm Vert. = 1 m

RS = 2 Verifica Rio Maltempo - alveo naturale di valle

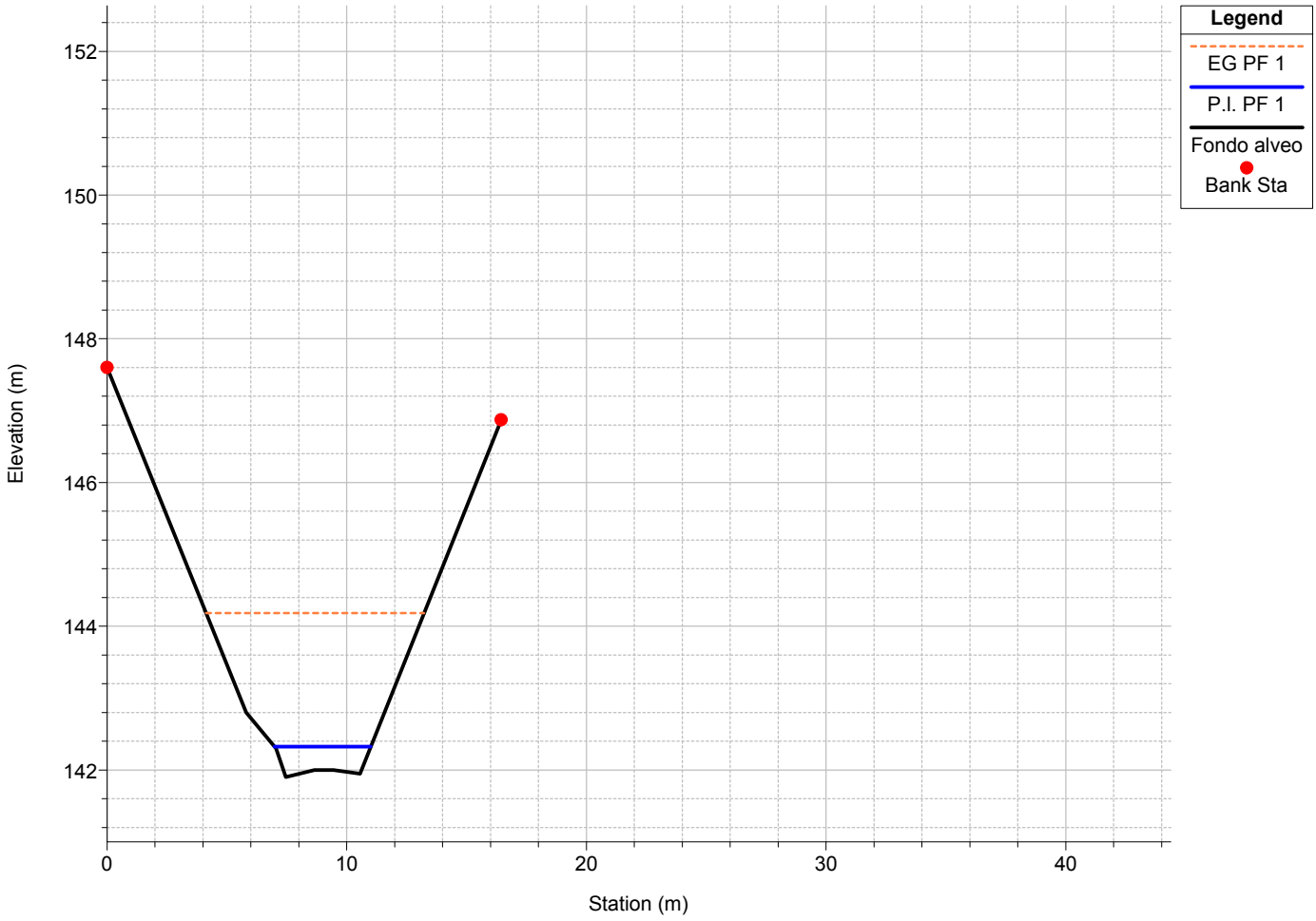


RS = 1 Verifica Rio Maltempo - alveo naturale di valle



1 cm Horiz. = 3 m 1 cm Vert. = 1 m

RS = 0.5 Verifica Rio Maltempo - alveo naturale di valle



1 cm Horiz. = 3 m 1 cm Vert. = 1 m