

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE  
OBIETTIVO N. 443/01  
LINEA AV/AC TORINO – VENEZIA Tratta VERONA – PADOVA  
Lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza  
PROGETTO ESECUTIVO  
IN01 - ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO TORRENTE VALPANTENA AL km 0+751,35  
RELAZIONE IDRAULICA**

GENERAL CONTRACTOR		DIRETTORE LAVORI		SCALA
IL PROGETTISTA INTEGRATORE	Consorzio Iricav Due ing. Giovanni MALAVENDA iscritto all'ordine degli ingegneri di Venezia n. 4289 Data: Febbraio 2021	Valido per costruzione ing. Luca ZACCARIA  iscritto all'ordine degli ingegneri di Ravenna n. A1206 Data: Febbraio 2021		

COMMESSA    LOTTO    FASE    ENTE    TIPO DOC.    OPERA/DISCIPLINA    PROGR.    REV.    FOGLIO

IN17    10    Y    I2    RI    IN0100    001    A    - - - Di - - -

VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
Firma	Data
ing. Luca RANDOLFI	Febbraio 2021

Progettazione:

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
A	Recepimento prescrizioni Del. CIPE n. 84/2017	ing. Luca RANDOLFI	Febbraio 2021	ing. Luca RANDOLFI	Febbraio 2021	ing. Giovanni MALAVENDA	Febbraio 2021	Data: Febbraio 2021

CIG. 8377957CD1    CUP: J41E91000000009    File: IN1710Y12RIIN0100001A  
Cod. origine:



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
IN01 - ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO TORRENTE VALPANTENA AL km 0+751,35 RELAZIONE IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RI IN 01 0 0 001	Rev. A	Foglio 2 di 32	

## INDICE

1	PREMESSE .....	3
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	5
3	NORMATIVA E STANDARD DI RIFERIMENTO .....	6
4	ASSETTO MORFOLOGICO DEL TORRENTE VALPANTENA .....	7
5	IDROLOGIA .....	9
6	CAPACITA' DI DEFLUSSO NELLA SITUAZIONE ATTUALE .....	14
7	DESCRIZIONE DELL'OPERA .....	17
8	VERIFICA DELLA LUCE SFIORANTE DAL MANUFATTO IN ARRIVO .....	18
9	VERIFICHE IDRAULICHE – SOLUZIONE VASCA DI RACCORDO A MONTE, TOMBINO SCATOLARE E VASCA DI DISSIPAZIONE .....	19
10	VERIFICHE DEL TORRENTE VALPANTENA A VALLE DELL'IMMISSIONE DEL TOMBINO SCATOLARE 6,0 m X 5,0 m .....	22
11	VERIFICHE DEL TORRENTE VALPANTENA A VALLE DELL'IMMISSIONE DEL TOMBINO SCATOLARE 6,0 m X 5,0 m .....	23
12	ANALISI DEI DEFLUSSI IN ALVEO .....	24
13	CONCLUSIONI .....	27

ALLEGATI

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
IN01 - ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO TORRENTE VALPANTENA AL km 0+751,35 RELAZIONE IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RI IN 01 0 0 001	Rev. A	Foglio 3 di 32	

## 1 PREMESSE

La presente relazione, illustra la soluzione progettuale prevista in corrispondenza dell'attraversamento della linea in progetto AV/AC alla progressiva km 0 + 751,35 in stretto parallelismo con la linea storica, del Torrente Valpantena, secondo gli accordi presi con il Genio Civile di Verona.

L'ente in parola ha redatto in data Marzo 2016 nell'ambito del "Progetto generale preliminare n. 933 relativo ai lavori di messa in sicurezza del Progno di Valpantena dall'abitato di Grezzana sino alla S.R 11 in comune di Verona" uno studio idrologico-idraulico approfondito, che ha definito le portate massime transitabili nei singoli tratti del torrente sia in corrispondenza dei tratti tombati che in corrispondenza dei tratti a cielo aperto. In seguito allo studio ha definito gli interventi da realizzare in corrispondenza dell'asta del Torrente Valpantena, a monte dell'attraversamento ferroviario di cui sopra, costituiti da vasche di laminazione e adeguamenti delle sezioni idrauliche attuali volti a limitare le portate alla massima capacità di deflusso delle sezioni di valle compreso il citato attraversamento della linea A.V/AC.

Si evidenzia che odiernamente il deflusso delle acque nel tratto finale di Via Capitel fino all'attraversamento della linea ferroviaria storica esistente, avviene tramite un manufatto lungo circa 243 m diviso in tratti caratterizzati da diverse sezioni di deflusso come di seguito schematizzati (fig. 5):

- Tratto di scivolo tra canale trapezio a monte e sezione scatolare di valle di dimensioni 3,5 m x 4,0 m avente lunghezza di circa 15,0 m;
- Tratto scatolare tombato avente lunghezza di circa 183,0 m di dimensioni 3,5 m x 4,0 m;
- Tratto di scivolo intermedio avente lunghezza di circa 8,71 m;
- Tratto di valle avente lunghezza di circa 36 m e dimensioni 2,5 m x 3,5 m

L'attuale opera di attraversamento consente il transito di una portata massima di 65 m<sup>3</sup>/s coerente con le portate massime che possono transitare a monte dell'attraversamento ferroviario, così come si evince dallo studio idrologico-idraulico di cui al progetto preliminare generale redatto dal Genio Civile di Verona.

Il progetto della linea AV/AC non prevede la di demolizione del manufatto idraulico esistente, interferente alla progressiva pk 0+764 circa, ma prevede la realizzazione di

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
IN01 - ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO TORRENTE VALPANTENA AL km 0+751,35 RELAZIONE IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento YI2 RI IN 01 0 0 001	Rev. A	Foglio 4 di 32

una scavalco di 2,5 m di luce al fine di non modificare in nessun modo lo stato di fatto esistente, ne le condizioni di deflusso idraulico.

In data del 22 dicembre 2017, il CIPE con la delibera di approvazione del progetto definitivo 84/17 ha prescritto, di “realizzare per il Torrente Valpantena un nuovo by-pass in corrispondenza della A/V con dimensioni minime 4,0 m x 3,0 m previa verifica idraulica”. (prescrizione autorizzativa n° 74)

Tale prescrizione nasce a seguito delle risultanze del sopra citato Progetto Preliminare generale che prevede la possibilità di laminare in parte le portate del torrente a monte mediante l'esecuzione di nuove vasche di laminazione e/o di poter adeguare le sezioni ed i ponticelli lungo Via Capitel al fine di consentire un transito di una portata superiore a quella massima che il torrente è attualmente in grado di trasportare a valle, stimata in circa  $Q = 65,0 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Il progetto di risoluzione dell'interferenza idraulica ubicata a pk 0+751,35 circa è stato pertanto redatto al fine di ottemperare alla prescrizione autorizzativa CIPE n° 74 sopra citata mediante la realizzazione di un by pass idraulico a sezione rettangolare verificato anche per consentire il transito delle maggiori portate derivanti dalle sistemazioni idrauliche progettualmente previste a monte dell'attraversamento idraulico esistente.

Ad avvenuta ultimazione degli interventi di sistemazione idraulica a monte, citati, si dovrà prevedere un collegamento tra gli stessi ed il nuovo by pass idraulico realizzato nell'ambito degli interventi AV/AC la cui progettazione e costruzione non rientra nello scopo del lavoro del GC

La scelta della soluzione finale da adottare verrà successivamente individuata da parte del Genio Civile di Verona mediante apposito progetto definitivo.

Sulla base delle precedenti considerazioni è stato redatto il progetto dell'attraversamento ferroviario (by pass) che prevede (vedi elab. IN1710YI2D9IN0100001) le seguenti opere:

- Una vasca di discontinuità di dimensioni esterne in pianta 17,5 m x 7,50 m (spessore dei diaframmi 1,0 m) che consente il collegamento con il futuro collettore di monte che sarà progettato e realizzato da Terzi non rientrando nello scopo del lavoro del GC Il citato collettore viene ipotizzato di dimensioni interne 6,5 m x 5,0 m;
- Un tombino scatolare di dimensioni di 6,0 m x 5,0 m sotto le infrastrutture ferroviarie, la nuova linea AV/AC e la storica, dimensionato in ragione della portata con  $Tr=300$  anni;

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
IN01 - ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO TORRENTE VALPANTENA AL km 0+751,35 RELAZIONE IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RI IN 01 0 0 001	Rev. A	Foglio 5 di 32	

- Una vasca di dissipazione a valle del nuovo attraversamento, dimensionata anch'essa per la portata con  $T_r=300$  anni e di lunghezza pari a 27,0 m per effetto dell'adozione di blocchi intermedi di smorzamento e soglia finale.

La suddetta vasca di discontinuità intercetta il collettore esistente. La struttura rettangolare con copertura ad arco di dimensioni interne 3,50 m x 4,50 m circa, che comunque nel tratto in attraversamento della vasca NON verrà demolito ma sarà realizzata una struttura esterna che renderà agevole l'esecuzione di uno sfioro laterale lungo circa 7,0 m (riportato in tratteggio nel disegno di progetto) finalizzato, a consentire un eventuale collegamento idraulico tra il manufatto esistente ed il by pass AV/AC. Tale apertura consentirà il transito di una portata determinata dall'Ente qualora ne venga ravvisata la necessità in correlazione al completamento totale o parziale dei citati interventi di monte.

Sull'argomento si evidenzia che il progetto AV/AC NON prevede nessun collegamento ne derivazione idraulica tra le portate transitanti nel manufatto esistente ed il nuovo by pass.

Per quanto sopra, il presente progetto non altera lo stato attuale, l'entrata in esercizio del by pass è inderogabilmente dipendente/subordinata alla realizzazione da parte del Genio Civile sia delle opere di adeguamento di monte che di allaccio alla vasca di discontinuità ubicata nei pressi di via Capitel..

Le acque del torrente Valpantena seguiranno l'attuale deflusso fino alla conclusione degli interventi di sistemazione di numerosi tratti arginali ed adeguamento di manufatti esistenti lungo l'asta principale del torrente da parte della Regione Veneta.

## 2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

### Rilievi topografici:

- Corografia generale, codice "IN1710YI2C1000000001"
- Cartografia TAV 1-10, codice "IN1710YI2R6IF0009001"

### Studi idrologici e idraulici - corografie dei bacini:

- Carta dei bacini idrografici con reticolo principale e secondario, codice "IN1710YI2C2ID0000001A01"
- Carta idrogeologica, codice "IN0D0DI2CID0000002A01"

### Sistemazioni alveo torrente Valpantena al km 0+751,35.68:

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 				
IN01 - ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO TORRENTE VALPANTENA AL km 0+751,35 RELAZIONE IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RI IN 01 0 0 001	Rev. A	Foglio 6 di 32	

- Relazione di tecnica descrittiva IN1710YI2RHIN0100001
- Relazione geotecnica IN1710YI2RBIN0100001
- Pianta, Profili e sezioni trasversali IN1710YI2PZIN0100001
- Planimetria di inquadramento IN1710YI2P6IN0100001
- Pozzo di raccordo - Carpenteria IN1710YI2PAIN0100001
- Monolite a spinta e platea di varco - Carpenteria IN1710YI2BBIN0100001
- Scatolare e vasca di dissipazione - Carpenteria IN1710YI2BBIN0100002
- Sistema di sostegno Essen: Planimetria, sezioni e particolari costruttivi  
IN1710YI2PZIN0100002
- Fasi costruttive IN1710YI2D9IN0100001
- Relazione di calcolo IN1710YI2CLIN0100001
- Pianta, Profili e sezioni trasversali IN1710YI2PZIN0100003
- Gestione di traffico durante le fasi di costruzione IN1710YI2PZIN0100003

### 3 **NORMATIVA E STANDARD DI RIFERIMENTO**

- Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008: "Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni", G.U. n.29 del 04/02/2008, Supplemento Ordinario n.30.
- Presidenza del Consiglio dei Ministri. Dipartimento della Protezione Civile. Commissario Delegato per l'Emergenza concernente gli eccezionali eventi meteorologici del 26 settembre 2007 che hanno colpito parte del territorio della Regione Veneto. OPCM n.3621 del 18/10/2007.  
Analisi regionalizzata delle precipitazioni per l'individuazione di curve segnalatrici di possibilità pluviometrica di riferimento.  
Riferimento allo studio redatto da Nordest Ingegneria S.r.l. per Unione Veneta Bonifiche.
- Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta.  
Riferimenti alla relazione: Interferenze con la rete idrografica - Ipotesi di Ubicazione Opere Idrauliche Per Smaltimento Acque Meteoriche del 28/04/2015.
- Direttiva Alluvioni 2007/60/CE, Piano di Gestione del Rischio Alluvioni, Distretto Idrografico delle Alpi.
- Piano Territoriale di Coordinamento e Pianificazione della Provincia di Verona approvato con deliberazione di Giunta Regionale n. 236 del 3 marzo 2015.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
IN01 - ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO TORRENTE VALPANTENA AL km 0+751,35 RELAZIONE IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RI IN 01 0 0 001	Rev. A	Foglio 7 di 32	

- RFI – MANUALE DI PROGETTAZIONE DELLE OPERE CIVILI – PARTE II - SEZIONE 3 – CORPO STRADALE, Codifica: RFI DTC SI CS MA IFS 001 B del 22/12/2018.
- RFI – MANUALE DI PROGETTAZIONE DELLE OPERE CIVILI – PARTE II - SEZIONE 2 – PONTI E STRUTTURE, Codifica: RFI DTC SI PS MA IFS 001 B del 22/12/2018.
- RFI – CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI – PARTE II -SEZIONE 9 – OPERE DI DIFESA DELLA SEDE FERROVIARIA, Codifica: RFI DTC SI CS SP IFS 007 B del 22/12/2018.
- Regio Decreto 523/1904 – TU disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie
- D.P.C.M. 27/04/2006 (GU n. 245 del 20/10/2006);
- AdB Fiume Adige – Piano stralcio per la tutela dal Rischio Idrogeologico (PAI) Bacino dell’Adige, Regione Veneto”
- AdB Fiume Adige – Linee guida per la redazione delle relazioni di compatibilità idraulica” (Approvato dal Comitato Tecnico in data 11/04/2006);
- Norme di Attuazione e Prescrizioni di Piano – DCPM 23 dicembre 2015 – 2^ Variante al piano stralcio per la tutela del rischio idrogeologico del Fiume Adige approvato con DPCM 27/04/2006. Misure di salvaguardia e prescrizioni a regime

#### 4 ASSETTO MORFOLOGICO DEL TORRENTE VALPANTENA

Il torrente Valpantena è il collettore di un bacino collinare avente una superficie pari a circa 158 Km, collocata tra i monti della Lessina adiacente alla Val d’Adige e la pianura in corrispondenza della città di Verona.

La valle Valpantena si estende da Verona verso i monti Lessini passando per Poiano, Quinto, Marzana e Grezzana. Il naturale spartiacque nord del bacino idrografico è collocato a sud di Cima Mezzogiorno e a Ovest del Monte Sparvieri, mentre a est confina con il bacino del Progno Squaranta e a ovest con il bacino del progno di Negrar e di Marano. Tutti questi bacini sono disposti da nord a sud e raccolgono le acque della Lessinia convogliando in Adige tramite collettori pensili nel loro tratto di pianura.

La configurazione morfologica del bacino, orientata con asse nord-sud nettamente prevalente e quindi con sviluppo trasversale alquanto ridotto, determina la presenza di

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
IN01 - ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO TORRENTE VALPANTENA AL km 0+751,35 RELAZIONE IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RI IN 01 0 0 001	Rev. A	Foglio 8 di 32	

numerosi affluenti caratterizzati da lunghezza dell'asta principale estremamente breve, dislivello complessivo molto pronunciato, impulsi di piena estremamente rapidi e grande trasporto solido.

Dal punto di vista altimetrico la quota media del bacino è pari a 916 m s.m., la quota più elevata viene raggiunta in corrispondenza della sommità del Monte Tomba a 1766 m s.m, mentre la quota in corrispondenza della sezione di chiusura è di circa 55 m s.m., prima della confluenza nel Fiume Adige. La sua particolarità è che il 95% dell'intera estensione del bacino idrografico è superiore alla quota di 75 m s.m.

L'asta principale del torrente misura circa 17 km, in quanto si forma in corrispondenza della confluenza del Vajo Marciora e del Vajo Falconi in località Bellori di Grezzana, ad una quota di circa 340 m s.m. e si immette nell'ampia golena del fiume Adige a sud – est della città di Verona, all'altezza di Borgo Santa Croce, attraversando la zona residenziale e la grande viabilità di Borgo Venezia e ferrovia Milano Venezia in galleria. Il Valpantena è stato da sempre caratterizzato da un andamento torrentizio, soggetto a piene ed esondazioni nei terreni circostanti, motivo per cui i borghi sono sorti in aree in aree pedemontane e di leggero rilievo, sui conoidi dei vaj e in prossimità delle sorgenti d'acqua.

Nel tempo e nel recente passato per lo stesso motivo sono stati realizzati interventi finalizzati al contenimento delle piene tramite murature arginali, distribuite spazialmente e interventi di opere di regolazione attraverso risagomature dell'alveo.

Il corso d'acqua ha inoltre subito delle deviazioni in corrispondenza dell'area di bassa pianura, a monte dell'abitato storico di Verona, una nuova inalveazione.

Negli anni precedenti il tracciato fluviale del torrente ha subito un intervento di rettifica in concomitanza dell'incipiente urbanizzazione di borgo Venezia e S. Michele Extra per la gestione delle piene che prima non aveva recapito nel Fiume Adige, ma venivano spagliate nel territorio agrario, posto immediatamente a nord dell'abitato; affidando alla naturale permeabilità dell'area l'assorbimento delle acque generate dai deflussi del bacino di monte.

Tale condizione certamente incompatibile con la veloce antropizzazione edilizia presenta nell'area a portato alla realizzazione dell'opera idraulica come si presenta oggi; opera che avrebbe comunque dovuto garantire unicamente l'allontanamento delle sole acque in esubero, rispetto a quelle naturalmente disperse. Proprio tale impostazione progettuale deriva l'attuale grave insufficienza idraulica.



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
IN01 - ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO TORRENTE VALPANTENA AL km 0+751,35 RELAZIONE IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RI IN 01 0 0 001	Rev. A	Foglio 9 di 32

A ciò si aggiunge che anche il Torrente Valpantena, come tutti i torrenti della Lessinia, risente gravemente della fragilità geologica dell'ambito collinare superiore. Infatti a causa del diffuso dissesto idrogeologico presente, eventi di piena anche modesti trascinano verso valle notevoli quantità di materiale terroso che, trasportato dalla corrente, viene progressivamente depositato sul fondo alveo.

Il fenomeno, nel tempo ha determinato il continuo innalzamento del fondo e conseguentemente degli argini, a causa del deposito che periodicamente veniva rimosso durante le operazioni di pulizia.

Allo stato attuale, questa sopraelevazione è chiaramente visibile nella tratta posta a nord dell'abitato di Quinto; per contro il tratto a valle presenta una pensilità più contenuta in quanto l'alveo attuale è frutto di un intervento di escavazione e rettifica del canale, generalmente in condizioni altimetriche meno severe.

La tratta pensile tra Grezzana e Quinto si estende per circa 3km a valle di Gezzano rappresenta le condizioni originarie del corso d'acqua, tracciato sinuoso, presidiato da muri laterali antichi in pietra ai quali si adagia sul lato verso campagna un rilevato arginale al più modeste altezze.

L'elevazione dei muri rispetto al piano campagna varia sostanzialmente tra 3,0 m e 4,0 m internamente invece l'altezza dei muri può arrivare anche a 6,0 m.

La pendenza media della vallata è qui ancora sostenuta (10,6 m /km – 15,2 m/km), per questo negli anni sono stati realizzati interventi di riprofilatura mediante la realizzazione di sogli, di altezza variabile, generando una pendenza media di compensazione inferiore a 10m/km. Nonostante ciò, la velocità della corrente in occasione di piene anche modeste (15 m<sup>3</sup>/s – 20 m<sup>3</sup>/s) e pertanto in grado di trasportare a valle notevoli quantità di materiale solido.

## 5 IDROLOGIA

Gli aspetti tecnici e i processi di elaborazione che hanno condotto alla determinazione degli idrogrammi di piena del Torrente Valpantena sono relativi all'attività di studio riguardando il Progetto di Piano di Gestione del Rischio Alluvioni – Distretto delle Alpi Orientali. A tale distretto appartengono circa 14 bacini idrografici, tra cui anche il bacino del fiume Adige (Fig.1).

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 				
<p>IN01 - ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO TORRENTE VALPANTENA AL km 0+751,35 RELAZIONE IDRAULICA</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica Documento Y12 RI IN 01 0 0 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 10 di 32</p>



Fig. 1- Cartografia con indicazione del Bacino idrografico del Valpantena

Ai fini delle valutazioni di carattere idrologico del bacino imbrifero del torrente Valpantena si è ritenuto opportuno di consultare il Progetto di Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto delle Alpi Orientali e redato dalle stesse Autorità di Distretto.

Dallo studio è stato possibile ricavare, per assegnata frequenza di accadimento ( $Tr = 30$  anni,  $Tr = 100$  anni e  $Tr = 300$  anni)

- La schematizzazione dei sottobacini adottata per il bacino imbrifero del Torrente Valpantena;
  - Le sezioni di chiusura dei sottobacini, indicati come nodi lungo l'asta principale (nodi 8, 10, 12, 15 e 1);
  - Gli idrogrammi sintetici in corrispondenza delle sezioni di chiusura dei sottobacini;
- Tutto quanto è stato reso disponibile dall'Autorità di Bacino del Fiume Adige ed è sinteticamente rappresentato nelle Fig.2, Fig.3 e Fig.4.

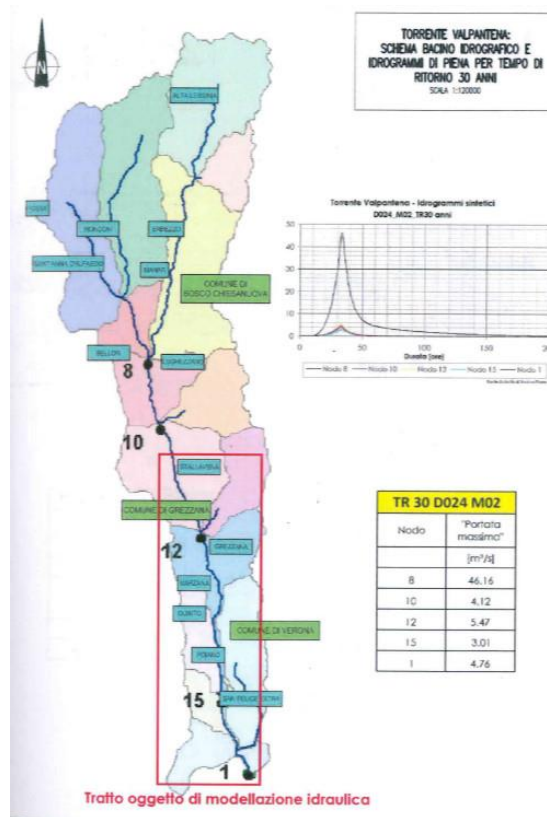


Fig. 2 – Scheda evento con tempo di ritorno pari a  $Tr=30$  anni

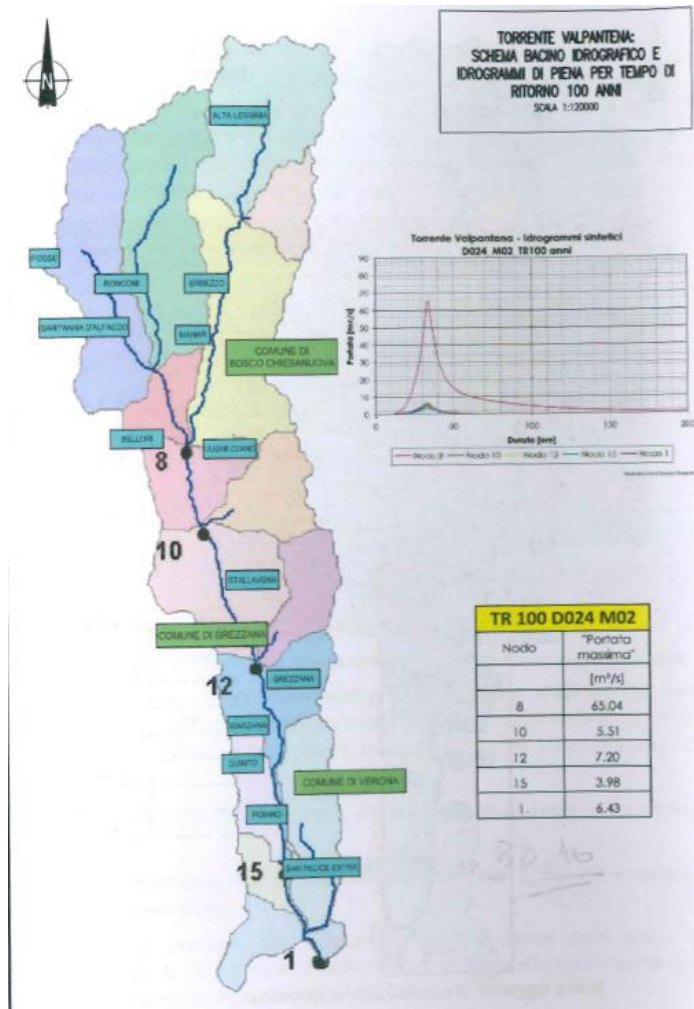


Fig. 3 - Scheda evento con tempo di ritorno pari a  $Tr = 100$  anni

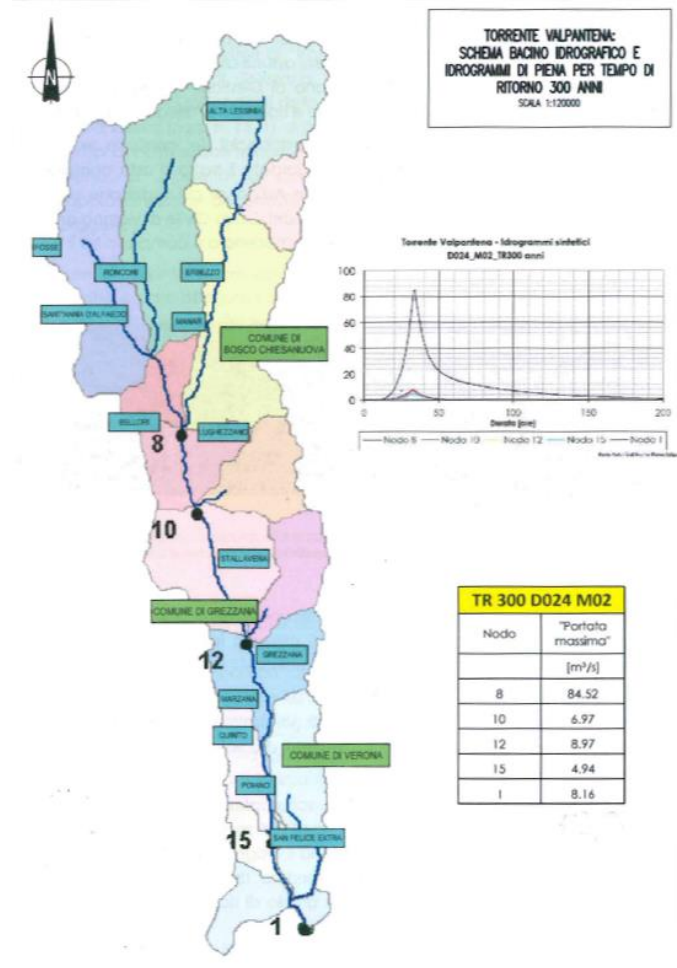


Fig. 4 - Scheda evento con tempo di ritorno pari a Tr= 300 anni

Come si può osservare il maggiore contributo di portata è attribuito alla porzione di bacino posta a nord di Stallavena di Grezzana, che, alla sezione di chiusura identificata con il nodo 8, restituisce i seguenti valori di portata:

Tr = 30 anni	Q = 46,16 m <sup>3</sup> /s
Tr = 100 anni	Q = 65,04 m <sup>3</sup> /s
Tr = 300 anni	Q = 84,52 m <sup>3</sup> /s

Procedendo verso valle, ai deflussi superficiali generati nella parte alta del bacino, vanno sommati i contributi di portata provenienti da vajo Cavazze (nodo 10) e dal vajo Paradiso (nodo 12).

I restanti apporti di piena della parte valliva, schematizzati ai nodi 15 ed 1 sono stati trascurati dalle presenti valutazioni per i motivi di seguito elencati:

- a partire dal centro abitato di Grezzano il torrente diventa pensile, ossia il suo fondo si presenta a una quota superiore rispetto al piano di campagna, e pertanto

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
IN01 - ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO TORRENTE VALPANTENA AL km 0+751,35 RELAZIONE IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RI IN 01 0 0 001	Rev. A	Foglio 14 di 32

non è più in grado di ricevere contributi di portata significativi dai corsi d'acqua secondari,

- nel caso di sottobacini particolarmente urbanizzati e dotati di una rete fognaria per la raccolta ed il convogliamento delle portate di origine meteorica, è noto che il processo di formazione della portata avviene in tempi rapidi nel caso di sottobacini naturali. In tempo di piena, modesti contributi di portata potrebbero essere convogliati nel torrente dai collettori di troppo pieno della rete fognaria a servizio dei centri abitati di Grezzana, quinto e Verona. Tuttavia, data la diversa morfologia dei sotto bacini della parte montana (nodi 8, 10, 12) rispetto alla parte valliva (n. 15, 1) si può ipotizzare che quest'ultimi, caratterizzati da tempi di corrivazione minori, non concorrano alla formazione della portata di piena e quindi risulta lecito trascurarne il contributo.

Sulla base di quanto sopra, l'idrogramma in ingresso del tratto oggetto di intervento è stato ottenuto come sommatoria dei contributi di portata nei singoli sottobacini posti a monte del nodo 1 che per assegnata frequenza di accadimento, restituisce i seguenti valori di picco:

Tr = 30 anni	Q = 63,52 m <sup>3</sup> /s
Tr = 100 anni	Q = 88,16 m <sup>3</sup> /s
Tr = 300 anni	Q = 112,56 m <sup>3</sup> /s

## 6 CAPACITA' DI DEFLUSSO NELLA SITUAZIONE ATTUALE

Il progno di Valpantena, nella zona in esame, si immette nell'ampia golena fluviale del Fiume Adige con una galleria a sezione non uniforme in cemento armato di ridotte dimensioni. La sezione di deflusso varia da un minimo di  $S = 8,5 \text{ m}^2$  (sezione 2,46 m x 3,46 m) nel tronco di valle di lunghezza pari a  $L = 36,0 \text{ m}$ , al valore di  $S = 13,7 \text{ m}^2$  (sezione 3,5 m x 3,93 m) nel tronco di monte lungo circa  $L = 187 \text{ m}$ .

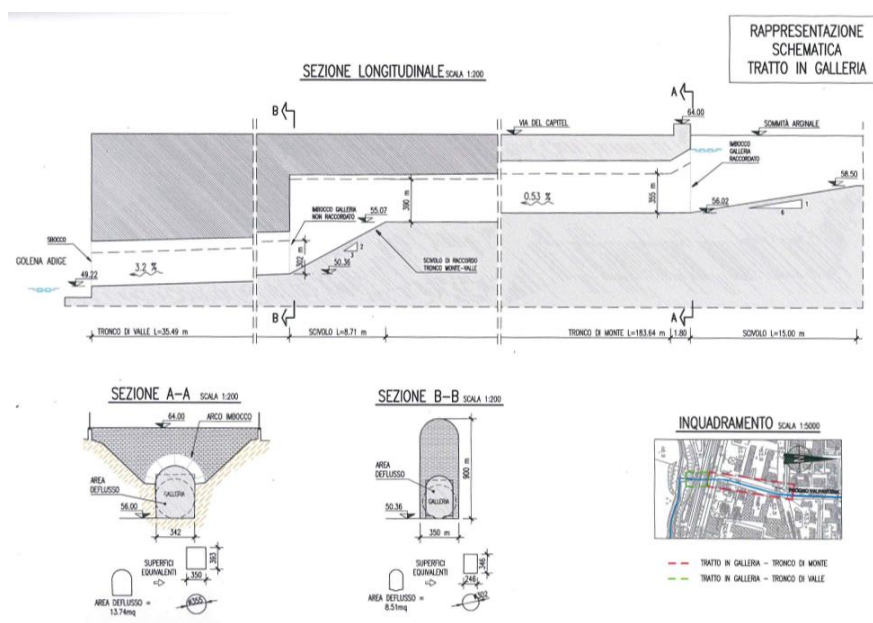


Fig.5 – Rappresentazione schematica tratto in galleria

L'opera è stata realizzata presumibilmente al fine di sotto passare l'ex Strada Statale n°1 e la linea ferroviaria Milano – Venezia, unitamente alle zone urbanizzate.

A seguito della descrizione della situazione esistente e dalle elaborazioni ed informazioni condotte dall'Unità Periferica del Genio Civile di Verona è possibile dare una visione d'insieme delle condizioni del progno di Valpantena e delle problematiche che lo interessano.

Con riferimento alla schematizzazione fluviale dei tratti rappresentata è possibile affermare quanto segue:

- portata massima transitabile nel tratto Stallavena – Grezzana, per una portata variabile fra  $Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$  e  $Q = 105 \text{ m}^3/\text{s}$  - il torrente ha il franco nullo in corrispondenza del centro abitato di Grezzana;
- portata massima transitabile in corrispondenza del ponte di Via Valpantena in Loc Sezano varia fra  $Q = 40 \text{ m}^3/\text{s}$  e  $Q = 45 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- portata massima transitabile nel tratto pensile Grezzana – Quinto varia fra  $Q = 60 \text{ m}^3/\text{s}$  e  $Q = 65 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- portata massima transitabile nel tratto rivestito in c.a. a valle di Quinto varia fra  $Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$  e  $Q = 105 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- portata massima transitabile lungo il tratto in attraversamento all'abitato di Verona e nel tratto a pendenza ridotta è di circa  $Q = 65 \text{ m}^3/\text{s}$ ;

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 				
<p>IN01 - ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO TORRENTE VALPANTENA AL km 0+751,35 RELAZIONE IDRAULICA</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica Documento Y12 RI IN 01 0 0 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 16 di 32</p>

- portata massima transitabile dalla galleria, compatibile con i tiranti idrici generati per rigurgito lungo la tratta di monte varia fra  $Q = 60 \text{ m}^3/\text{s} - 65 \text{ m}^3/\text{s}$ ;

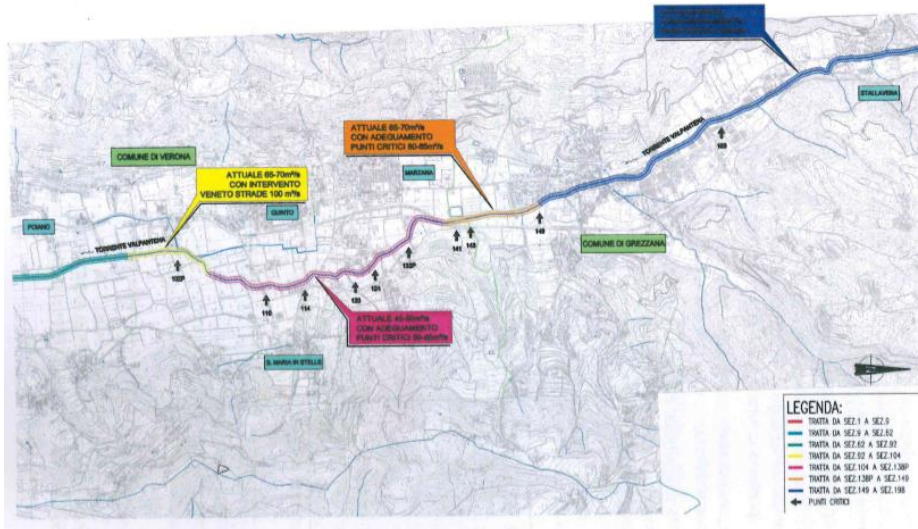


Fig. 6 – Caratterizzazione per tratte della portata massima transitabile a franco nullo (Stallavena – Quinto)

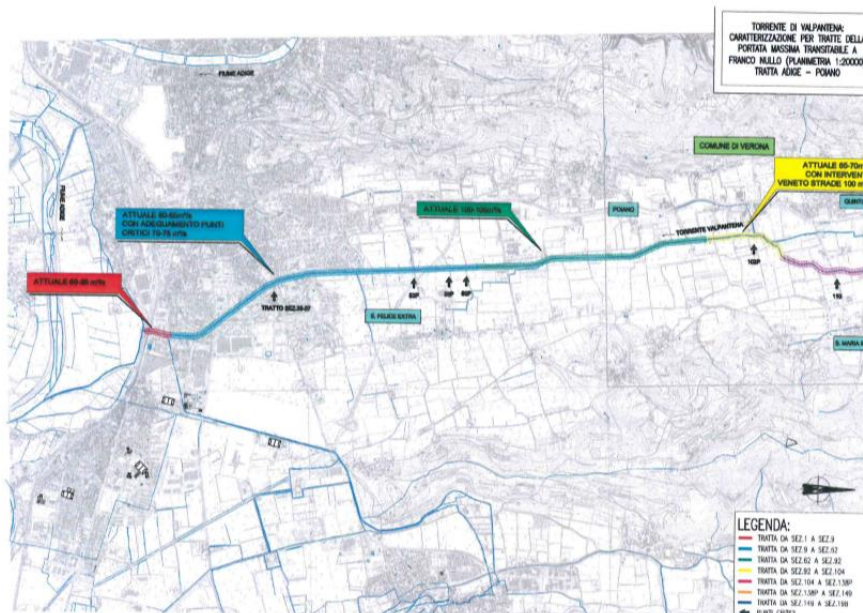


Fig. 7 - Caratterizzazione per tratte della portata massima transitabile a franco nullo (Quinto - F. Adige)

L'ulteriore verifica compiuta nella presente fase progettuale ha confermato le valutazioni del Genio Civile nella relazione tecnica generale del progetto preliminare citato in premessa, cioè che allo stato attuale, in assenza di interventi di regolazione ed adeguamento delle sezioni di monte del Valpantena, alla sezione 1 di attraversamento della ferrovia non possono confluire più di  $66 \text{ m}^3/\text{s}$ .



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
IN01 - ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO TORRENTE VALPANTENA AL km 0+751,35 RELAZIONE IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RI IN 01 0 0 001	Rev. A	Foglio 17 di 32

Infatti con riferimento alla rappresentazione schematica nella fig. 5, la sezione idraulica all'imbocco del tombino di sezione trasversale pressoché rettangolare con copertura ad arco (dimensione equivalente ad una sezione rettangolare 3,5 m x 3,93 m) è in grado di far transitare una portata massima (sezione piena) di circa  $Q = 67 \text{ m}^3/\text{s}$ , una pendenza pari a  $i = 0,53\%$  ed una velocità di  $v = 5,4 \text{ m/s}$  ( $K_s = 67 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ ) con  $Fr=0,9$ . Analogamente la verifica idraulica della sezione di valle 2,46 m x 3,46 m consente a sezione piena di smaltire con un grado di riempimento del 75% la portata di  $67 \text{ m}^3/\text{s}$  con una velocità di circa 10 m/s e Fr pari a 2.

## 7 DESCRIZIONE DELL'OPERA

Per la progettazione degli interventi di protezione della nuova sede ferroviaria in progetto prevista in affiancamento della linea storica esistente, laddove si attraversa il Torrente Valpantena, si è fatto riferimento ai risultati ed alle relative indicazioni in merito alle portate desunti dagli studi sviluppati a cura dell'Autorità di Bacino del Fiume Adige. La parte esistente, così come descritta in precedenza (fig. 5), è formata da una galleria che imbecca a valle in una strozzatura avente una sezione rettangolare, di larghezza pari a 2,46 m, con copertura a volta. A monte dell'imbocco, la sezione si allarga bruscamente a  $l = 3,5 \text{ m}$ . Il raccordo fra la sezione a monte e quella di valle si realizza mediante uno scivolo in calcestruzzo di pendenza 3 su 2.

Come già anticipato in premessa, il nuovo manufatto di attraversamento (by-pass) risulterà indipendente dal tombino scatolare esistente, avrà una sezione di forma rettangolare di larghezza 6,0 m e altezza di 5,0 m e consentirà il deflusso della portata con  $Tr=300$  così come previsto dal manuale Italferr (vedi elab. IN1710Y12D9IN0100001).

A monte del nuovo attraversamento scatolare è stato inserito un "manufatto di disconnessione" che consentirà il collegamento al futuro collettore scatolare che il Genio Civile di Verona ha in previsione di realizzare lungo via Capitol.

Tale manufatto è un pozzo rettangolare di dimensioni esterne in pianta 7,5 m di larghezza e 17,5 di lunghezza, profondo circa 12,0 m, viene realizzato tra diaframmi in calcestruzzo ed intercetta il collettore esistente avente la sezione trasversale di tipo rettangolare con copertura ad arco. Nel tratto in attraversamento tale struttura non sarà smantellata, ma sarà realizzata una struttura esterna che renderà possibile l'esecuzione di uno sfioro laterale verso il pozzo per una lunghezza di circa 7,0 m

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
IN01 - ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO TORRENTE VALPANTENA AL km 0+751,35 RELAZIONE IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento YI2 RI IN 01 0 0 001	Rev. A	Foglio 18 di 32	

(riportato in tratteggio nel disegno di progetto) nel caso che il progetto definitivo del G.C. lo preveda. Tale apertura consentirà il transito di una portata determinata dall'Ente, qualora ne venga ravvisata la necessità.

Si ribadisce peraltro quanto anticipato in premessa che il funzionamento del nuovo manufatto di attraversamento 6,0 m x 5,0 m resta subordinato alla esecuzione delle nuove opere di sistemazione idraulica a monte da parte del Genio Civile di Verona.

## 8 VERIFICA DELLA LUCE SFIORANTE DAL MANUFATTO IN ARRIVO

Come detto in precedenza il tombino esistente viene ricostruito nel tratto di attraversamento dell'opera di disconnessione al fine di consentire la realizzazione di una soglia sfiorante nel caso che il Genio Civile la ritenga necessaria nell'ambito degli interventi di futura realizzazione.

Qui di seguito si riporta il calcolo della portata massima di una soglia sfiorante laterale posta a quota 1,50 m dal fondo collettore e di lunghezza pari a circa 7,0 m in condizioni di profilo in corrente lenta.

La portata massima sfiorata è stata valutata mediante la relazione di Dominguez :

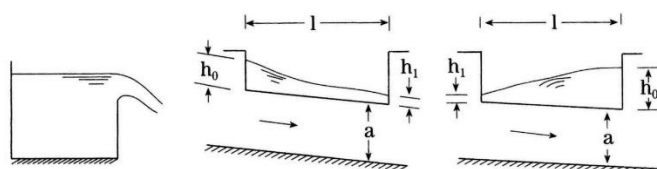


FIG. 8 - Luce laterale sfiorante - profili in corrente veloce e lenta

$$Q = \phi \times \mu \times l \times (2g)^{0,5} \times (h_0)^{1,5}$$

Dove:

Q = la portata massima sfiorata (m<sup>3</sup>/s)

$\phi$  e  $\mu$  = i coefficienti sperimentali assunti pari ad 1 e 0,28

l = la lunghezza della soglia sfiorante (m)

h<sub>0</sub> = l'altezza d'acqua sulla soglia nell'estremo di valle (m)

In condizione di corrente lenta, in quanto nel nostro caso il numero di Froude risulta pari a  $F = 0,89$ , di una soglia sfiorante a quota  $a = 1,50$  m dal fondo e di una altezza idrica a monte di 3.50 m, si considera  $h_0 = 2,20$  m, quindi la portata massima sfiorabile risulta pari a  $Q = 28$  m<sup>3</sup>/s, circa il 43 % della massima portata ( $Q = 65,00$  m<sup>3</sup>/s), che potrebbe

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
IN01 - ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO TORRENTE VALPANTENA AL km 0+751,35 RELAZIONE IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RI IN 01 0 0 001	Rev. A	Foglio 19 di 32

defluire da monte verso il recapito finale nel Fiume Adige, in condizioni normali di deflusso.

La percentuale sfiorata potrà essere regolata in segno positivo o negativo abbassando o alzando il livello della soglia.

## 9 VERIFICHE IDRAULICHE – SOLUZIONE VASCA DI RACCORDO A MONTE, TOMBINO SCATOLARE E VASCA DI DISSIPAZIONE

La verifica del nuovo scatolare è stata condotta in moto uniforme ( equazione di Manning), in deroga a quanto previsto dal manuale Italferr, in quanto da un lato non esiste ancora il progetto definito del collettore di alimentazione di monte ( quote di fondo e dimensione) e dall'altro i livelli di valle non sono in grado di condizionare il funzionamento del nuovo tombino scatolare ( salto di bidone a valle e livello massimo piena Adige 200-ennale pari a 48,5 mslm).

Il tombino scatolare attraversa la ferrovia (Fig. 9) con una pendenza  $i = 0.5\%$  e recapita al corso d'acqua omonimo tramite una vasca di dissipazione di lunghezza  $L = 27$  m dimensionata per la portata  $Q = 112,6$  m<sup>3</sup>/s (valore fornito dall'Autorità di Bacino del fiume Adige per  $Tr = 300$  anni). In tali condizioni l'altezza d'acqua nel tombino è 3 m, la velocità media 6,3 m/s, il franco rispetto all'intradosso del tombino di 2 metri in regime di corrente lenta con  $Fr=0,2$ , avendo assunto  $1/n=66,7$ .

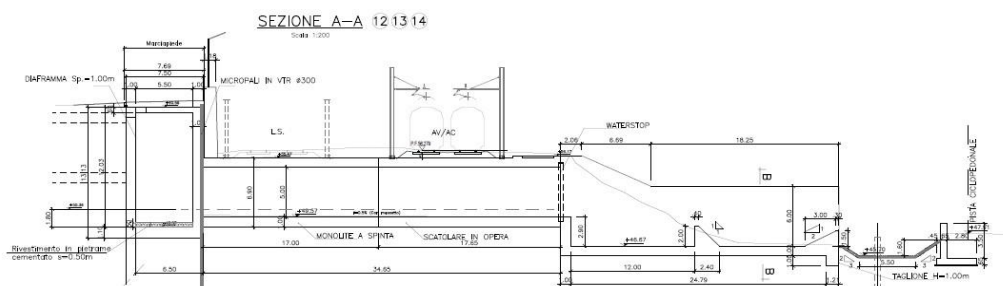


Fig. 9 – Sezione pozzo, tombino scatolare e vasca di dissipazione

Sempre con riferimento alla fig. 9 ed al disegno di progetto, a valle del tombino 6,0 x 5,0 m<sup>2</sup> è stata prevista una vasca di dissipazione della corrente lenta proveniente dallo scatolare di monte che si trasforma in veloce a seguito del salto di fondo terminale di

2,9 m (fig. 10) in modo da poter scaricare nell'alveo a valle in condizioni di corrente lenta.

Il calcolo della lunghezza della vasca è stato condotto adottando le formule sperimentali di Moore, Bakhmeteff e Feodoroff che valutano le dimensioni e le caratteristiche idrauliche di una vasca di dissipazione a valle di un salto di fondo mediante il cosiddetto 'drop number' definito come:

$$D = q^2 / g h^3$$

Con  $q = Q/b$  - portata a metro lineare di scolare;

$g$  = accelerazione di gravità in  $m/s^2$

$h$  = altezza del salto di fondo in m

Altri parametri funzionali che consentono il calcolo delle dimensioni della vasca di dissipazione sono:

$$L_d/h = 4,3 \times D_{0,27}$$

$$Y_p/h = 1,00 \times D_{0,22}$$

$$Y_1/h = 0,54 \times D_{0,425}$$

$$Y_2/h = 1,66 \times D_{0,27}$$

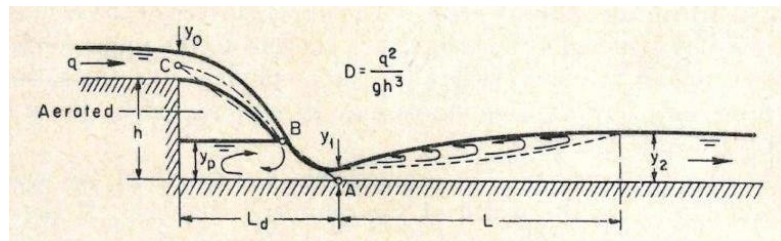


Fig. 10 - Vasca di dissipazione con salto

Considerando la portata di progetto  $Q_{300} = 112.65 \text{ m}^3/\text{s}$  e di quella massima ipotizzata per la soglia sfiorante in corrispondenza del manufatto di disconnessione pari a  $Q = 28,0 \text{ m}^3/\text{s}$  sono stati ricavati i valori dei parametri di riferimento riportati nella seguente tabella:

Q-mc/s	L(m)	H(m)	q (mc/m)	$D=q^2/gxh$	$y_p/H$	$L_d/H$	$L_d$	$Y_1/H=0,54xD^{0,425}$	$Y_1$	$Y_2/H=1,66xD^{0,27}$	$Y_2(m)$	$Y_2/Y_1$	$V_1(m)$	$F_1=V_1/(9,8XY_1)^{0,5}$	$L/Y_2$	$L(L=0\%)$	Ltot senza blocchi e soglia (m)	L finale -bacino tipo III USBR (m)
113	6	2.9	18.83	1.51	1.10	4.81	13.95	0.64	1.87	1.86	5.39	2.88	10.08	2.36	4.5	24.23	38.18	26.07
28	6	2.9	4.67	0.09	0.59	2.26	6.57	0.20	0.57	0.87	2.54	4.44	8.18	3.46	5.6	14.20	20.76	14.38
Bacino di dissipazione tipo III USBR																		
lunghezza ridotta del 50% per presenza di blocchi smorzamento e soglia terminale																		

Con riferimento al grafico indicato nella Fig.11 è stata ricavata la lunghezza L (Fig. 10) relativa alla estensione del risalto idraulico a valle del salto. Tale lunghezza è risultata pari a circa 24,0 m che sommata alla lunghezza del getto ( $L_d$ ) a valle del salto ( $h=2.90$  m), risulta una lunghezza totale a circa 38,0 m.

Tale valore non è compatibile con l'attuale geometria dell'alveo del Valpantena.

Al fine di limitare le dimensioni della vasca di dissipazione è stata adottata una vasca del tipo III USBR che limita la lunghezza del risalto idraulico mediante l'inserimento di 3 blocchi di smorzamento in calcestruzzo di forma trapezia e di dimensione: base maggiore  $l = 2,40$  m, base minore  $l = 0,40$  m, altezza  $h = 2,0$  m, ed una soglia terminale di forma triangolare di dimensioni  $b = 4,0$  m e  $h = 2,0$  m di (fig. 13). Tale configurazione consente di ridurre la lunghezza totale di circa un 50%.

Pertanto con riferimento alla precedente tabella la lunghezza complessiva della vasca si riduce a circa  $L = 27,0$  m.

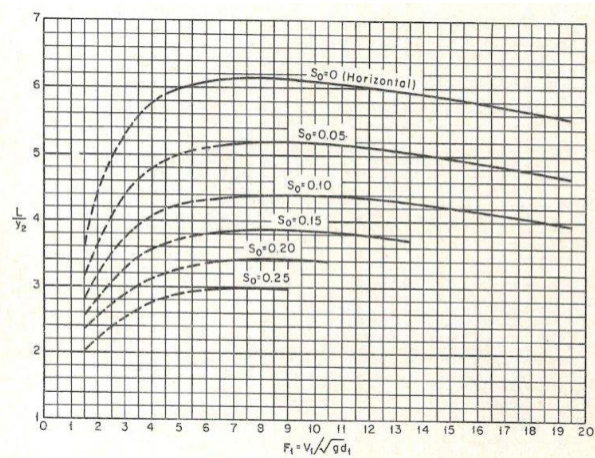


Fig. 11 - Lunghezza del risalto idraulico in bacini rettangolari in funzione della pendenza

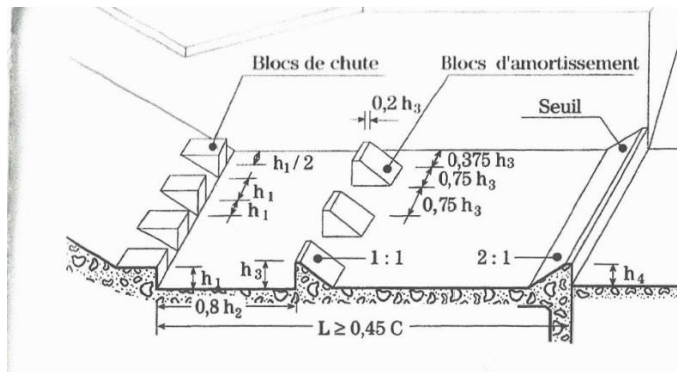


Fig. 12-Bacino di dissipazione tipo III USBR

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
IN01 - ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO TORRENTE VALPANTENA AL km 0+751,35 RELAZIONE IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RI IN 01 0 0 001	Rev. A	Foglio 22 di 32

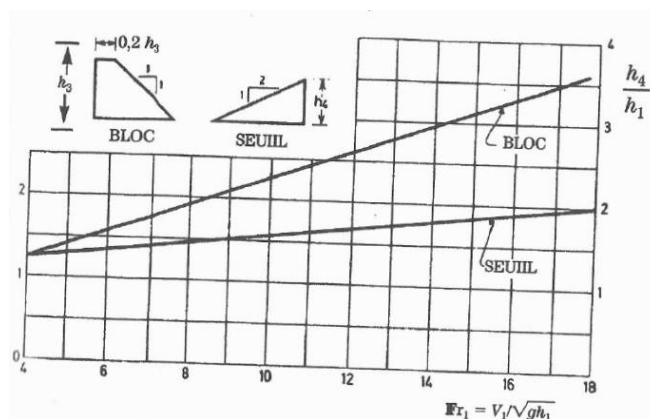


Fig. 13 Dimensionamento dei blocchi di caduta

Considerando che la coda del risalto potrebbe in parte interessare l'alveo del Torrente Valpantena, il tratto del torrente subito a valle della vasca è stato rivestito con materassi tipo Reno di spessore 0,30 m per un tratto di circa 60 m circa fino a proteggere lo scarico del tombino esistente, come meglio descritto negli elaborati di progetto.

La sponda destra del Valpantena è invece attualmente protetta dal muro di contenimento dell'esistente pista ciclabile al quale è stata data continuità nella zona protetta.

## 10 VERIFICHE DEL TORRENTE VALPANTENA A VALLE DELL'IMMISSIONE DEL TOMBINO SCATOLARE 6,0 m X 5,0 m

Come descritto nel capitolo precedente, l'alveo del Torrente Valpantena è stato rivestito con materassi tipo Reno dello spessore di 0,30 m nel tratto di circa 60 m subito a monte e a valle nella zona di raccordo fra la vasca di dissipazione e l'attuale sezione trasversale avente forma pressoché trapezia di base minore  $b = 5,50$  m, altezza  $h_{\min} = 1,60$  m e pendenza delle sponde 3v su 2h.

In tale tratto rivestito confluisce anche il tombino esistente della ferrovia (elab. IN1710YI29IN0100001).

A valle di tale tratto il Valpantena si mantiene sufficientemente incassato ad una distanza di minima di circa 25,0 m dal muro di sottoscarpa della linea AV, fino ad essere attraversato dalla nuova pista ciclabile con un ponte a campata unica di 16,0 m con quota finita di estradosso pari a 49,62 m.

A seguito della modellazione a moto permanente del torrente Valpantena condotta con il programma Hec Ras sono stati rilevati i livelli massimi d'acqua nelle sezioni adiacenti alla pista ciclabile ed in particolare nella sezione di attraversamento da parte del

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
IN01 - ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO TORRENTE VALPANTENA AL km 0+751,35 RELAZIONE IDRAULICA	Progetto IN17    Lotto 10    Codifica Documento Y12 RI IN 01 0 0 001    Rev. A    Foglio 23 di 32

Valpantena della pista ciclabile con un ponte a campata unica. La verifica condotta con un tempo di ritorno di  $Tr = 300$  anni ha fornito i seguenti risultati: livello massimo 47,12 m s.m., franco di circa 1,70 m rispetto all'estradosso dell'impalcato posto ad una quota 48,82 m s.m.

Mentre rispetto al livello di esondazione dell'Adige valutato ad una quota di circa 48,50 m s.m. per un tempo di ritorno  $Tr = 200$  anni, si conferma ancora un franco minimo di circa 0,30 m rispetto alla stessa quota dell'impalcato ( $h = 48,82$  m s.m.). Comunque il tratto in esame rappresenta una zona di golena dell'Adige, cioè di espansione delle piene massime, come rappresentato nella Fig 14, che in caso di evento eccezionale supera il livelli di massima piena del Valpantena.

## 11 VERIFICHE DEL TORRENTE VALPANTENA A VALLE DELL'IMMISSIONE DEL TOMBINO SCATOLARE 6,0 m X 5,0 m

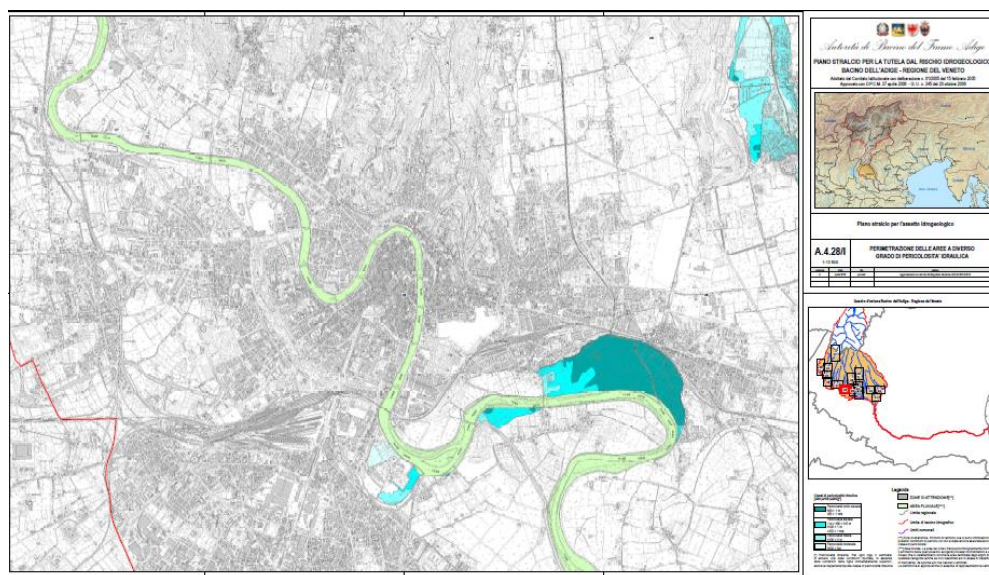


Fig. 14 - Perimetrazione delle aree a diverso grado di pericolosità del Fiume Adige

Il muro previsto a protezione della scarpata ferroviaria nel tratto tra la progressiva km 0+766,68 e la progressiva km 1+125 è stato verificato nei confronti del mantenimento del franco minimo idraulico di 1,0 m nell'ipotesi dell'esondazione del Fiume Adige con la conseguente sommersione del piano campagna fino alla quota di circa  $h = 48,5$  m s.m. (vedi l'elab. IN1710Y12RHI0000001)

Oltre a detta verifica che risulta indubbiamente la più importante ai fini della sicurezza, è stata elaborata una modellazione a moto permanente con HEC-RAS per portate relative ai differenti tempi di ritorno 10, 30, 100 e 300 lungo il tratto di Valpantena che

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
IN01 - ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO TORRENTE VALPANTENA AL km 0+751,35 RELAZIONE IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RI IN 01 0 0 001	Rev. A	Foglio 24 di 32	

va dallo scarico del tombino scatolare fino all'attraversamento della pista ciclabile, come meglio dettagliato nel paragrafo seguente.

I risultati sono riassunti nei tabulati allegati da cui risulta che il Valantena non esonda per una portata  $Q = 30 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $TR = 10$  anni), mentre esonderebbe per tutte le altre portate sormontando la parallela pista ciclabile. Il muro sarebbe solo lambito al piede dalla lama d'acqua relativa alla portata corrispondente ad un tempo  $Tr = 300$  anni e per tale ragione è stato previsto, per tutto il tratto interessato al piede del muro e soprattutto a contenimento della pista di servizio, una protezione antiscalzamento costituita da un materasso tipo Reno da  $s = 0,30$  cm sormontato da un gabbione, così come indicato nelle sezioni di progetto.

## 12 ANALISI DEI DEFLUSSI IN ALVEO

Per lo studio del moto di corrente nell'alveo del Torrente Valpantena, finalizzato alla ricostruzione dei profili di deflusso e, quindi, alla determinazione del livello idrico corrispondente alla portata relativa ai diversi tempi di ritorno (10, 30, 100, 300 anni), è stata utilizzata una procedura di calcolo automatico implementata in un codice commerciale (Hec Ras III River Analysis System). Tale codice di calcolo automatico è distribuito dall'agenzia statunitense United States Army Corps of Engineering.

Con questa procedura di calcolo, il profilo di corrente è ricavato, in corrispondenza di fissate sezioni trasversali dell'alveo, mediante una integrazione delle equazioni del moto, sviluppata utilizzando il metodo delle differenze finite, nell'ipotesi di fondo fisso, moto permanente e corrente monodimensionale, lenta, veloce o in regime misto.

Il processo iterativo di calcolo, noto con il nome "Step Area Method", è basato sulla soluzione dell'equazione monodimensionale della quantità di moto, nell'ipotesi di valutare le perdite di carico mediante la relazione di Manning ovvero mediante relazioni empiriche nel caso delle perdite di carico concentrate.

Nelle situazioni caratterizzate da profilo del pelo libero rapidamente variabile, quali si verificano, ad esempio, in corrispondenza di risalti idraulici, di confluenze fluviali ed inoltre di repentine strizioni della sezione di deflusso associate ai ponti o altri manufatti interferenti, l'analisi è sviluppata mediante l'equazione di conservazione della quantità di moto misto.

In definitiva, il processo di analisi si sviluppa mediante la risoluzione, per via numerica, delle due equazioni seguenti:



GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
IN01 - ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO TORRENTE VALPANTENA AL km 0+751,35 RELAZIONE IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento YI2 RI IN 01 0 0 001	Rev. A	Foglio 25 di 32	

- equilibrio energetico:  $h_2 + \alpha_2 v_2^2 / 2g = h_1 + \alpha_1 v_1^2 / 2g + \Delta H$
- perdite di carico:  $\Delta H = \lambda L + c [(\alpha_2 v_2^2 / 2g) - (\alpha_1 v_1^2 / 2g)]$

in cui:

- $h_1, h_2$  sono le quote del pelo libero rispettivamente nelle sezioni di monte e di valle;
- $v_1, v_2$  sono i valori della velocità media rispettivamente nelle sezioni di monte e di valle;
- $\alpha_1, \alpha_2$  sono coefficienti correttivi dell'energia cinetica rispettivamente nelle sezioni di monte e di valle;
- $g$  è l'accelerazione di gravità;
- $\Delta H$  è la perdite di carico nel tratto espressa in unità di lunghezza;
- $L$  è il valore pesato della lunghezza del tratto di riferimento, funzione dei singoli valori delle portate nel caso di alveo suddiviso in diversi tronchi con scabrezze distinte;
- $\lambda$  è il valore del coefficiente di attrito per la valutazione delle perdite distribuite nel tratto;
- $c$  è il coefficiente che esprime la perdita di carico localizzata nelle eventuali variazioni di sezioni.

La lunghezza del tratto di riferimento viene pesata in funzione dei valori delle portate mediante la relazione:

$$L = (L_{sx} \times Q_{sx} + L_{ch} \times Q_{ch} + L_{dx} \times Q_{dx}) / (Q_{sx} + Q_{ch} + Q_{dx})$$

nella quale  $L_{sx}, L_{ch}, L_{dx}$  sono, rispettivamente, la lunghezza specifica del tratto di alveo in golena sinistra, nella porzione centrale ed in golena destra, e  $Q_{sx}, Q_{ch}, Q_{dx}$  sono, rispettivamente, i valori medi delle portate relative ai singoli tratti di alveo in golena sinistra, nella porzione centrale ed in golena in destra, sulle sezioni di estremità del tratto. In pratica la portata complessiva in una sezione è ricavata come somma delle portate che defluiscono nelle singole porzioni, fittizie, in cui è divisa la sezione trasversale e per le quali si assume una velocità uniforme ed un valore fissato del coefficiente di scabrezza.

La frazione della portata complessiva, si ricava dalla rispettiva conduttanza  $k$ , relativa ad ogni porzione di sezione di deflusso, che è calcolata mediante l'equazione  $k = 1/n (A \times R)^{2/3}$  nella quale  $n, A, R$ , sono, rispettivamente, il coefficiente di Manning, l'area ed

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
IN01 - ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO TORRENTE VALPANTENA AL km 0+751,35 RELAZIONE IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RI IN 01 0 0 001	Rev. A	Foglio 26 di 32

il raggio idraulico relativi alla porzione di sezione.

Anche il coefficiente correttivo dell'energia cinetica è ricavato tenendo conto che la sezione di deflusso è suddivisa in porzioni distinte; in pratica si pone:

$$\alpha = A^2 (K_{sx}^3/A_{sx}^2 + K_{ch}^3/A_{ch}^2 + K_{dx}^3/A_{dx}^2) / K^3 \quad (4)$$

nella quale si sono indicati con A e K rispettivamente l'area e la conduttanza totali, con  $A_{sx}$ ,  $A_{ch}$ ,  $A_{dx}$  le singole aree trasversali delle diverse porzioni interessate dal deflusso, e con  $K_{sx}$ ,  $K_{ch}$ ,  $K_{dx}$  i rispettivi valori di conduttanze.

Per la determinazione delle perdite distribuite nel tratto di lunghezza L, viene utilizzata la relazione  $\Delta H = \lambda \times L$ , nella quale  $\lambda$  è il coefficiente di attrito. Nel caso in esame, il valore di  $\lambda$  è stato ricavato come media aritmetica ponendo  $\lambda = (\lambda_1 + \lambda_2) / 2$ . Si osserva, tuttavia, che il codice di calcolo automatico consente di ricavare il valore di  $\lambda$  anche mediante altre relazioni, in funzione dei valori delle portate nelle sezioni a monte ed a valle del tratto, ad esempio ponendo  $\lambda = (Q_1 + Q_2)^2 / (K_1 + K_2)^2$ , come media geometrica ponendo  $\lambda = (\lambda_1 \times \lambda_2)^{1/2}$ , ed anche per mezzo della media armonica ponendo  $\lambda = (2\lambda_1 \times \lambda_2) / (\lambda_1 + \lambda_2)$ .

Invece, per la determinazione delle perdite di carico  $\Delta H$  dovute alla contrazione o espansione della corrente è stata utilizzata la relazione  $\Delta H = c [(\alpha_2 v_2^2 / 2g) - (\alpha_1 v_1^2 / 2g)]$  nella quale si sono indicati con  $v_1$  e  $v_2$  i valori medi delle velocità nelle sezioni di monte e di valle, con  $\alpha_1$  ed  $\alpha_2$  i valori dei coefficienti correttivi dell'energia cinetica nelle medesime sezioni e con g l'accelerazione di gravità.

Si osserva che le condizioni di contrazione e di espansione della corrente sono individuate automaticamente allorché il carico cinetico a valle è maggiore di quello a monte ovvero nel caso di carico cinetico a monte maggiore di quello a valle.

Nel caso in esame i calcoli sono stati sviluppati considerando un valore del coefficiente c pari a  $c = 0.1$  nel caso di contrazione e pari a  $c = 0.3$  nel caso di espansione.

La risoluzione numerica delle equazioni reggenti è sviluppata a partire da condizioni al contorno, fissate in corrispondenza delle sezioni di estremità del tratto oggetto di studio. In particolare è possibile specificare la pendenza della linea dei carichi totali ovvero la quota del livello idrico, eventualmente pari all'altezza critica o, alternativamente ricavata automaticamente sulla base di una relazione di deflusso.

In definitiva, utilizzando il procedimento di calcolo descritto in precedenza sono stati ricavati i livelli idrici in corrispondenza di 19 sezioni trasversali, distribuite lungo l'asta

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
IN01 - ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO TORRENTE VALPANTENA AL km 0+751,35 RELAZIONE IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento YI2 RI IN 01 0 0 001	Rev. A	Foglio 27 di 32	

del Torrente Valpantena nel tratto compreso fra la vasca di dissipazione e il manufatto nuovo manufatto di attraversamento del medesimo torrente. (vedi elaborato IN1710YI2PZNV5400002). Le analisi sono state sviluppate considerando un valore del coefficiente di Manning  $n = 0,022 [m^{-1/3} s]$ , uguale sia per le sponde che per il fondo dell'alveo.

### 13 CONCLUSIONI

L'attraversamento della ferrovia da parte del torrente Valpantena avviene con un tombino scatolare 6,0 x 5,0 m che restituisce la portata di progetto a valle tramite una vasca di dissipazione di lunghezza pari a circa 27 m dotata di blocchi di smorzamento e soglia terminale. La portata di progetto è pari a  $Q = 112,56 m^3/s$  (TR=300 anni) che attraversa l'opera con un tirante di 3.0 m ed una velocità di 6,3 m/s.

La vasca di dissipazione prevede un salto iniziale di  $h = 2,90$  m per portarsi alla quota  $h = 1,0$  m rispetto al fondo Valpantena con conseguente passaggio in corrente veloce con  $Fr=2,4$ . Nel tratto successivo si sviluppa il salto di bidone contenuto dai tre blocchi di fondo e dalla soglia terminale. I muri laterali previsti a  $h = 6,0$  m rispetto al fondo vasca debbono contenere l'altezza coniugata massima stimata in  $h = 5,4$  m rispetto al fondo.

A valle della soglia terminale, l'alveo del Valpantena è stato rivestito con materassi Reno di spessore  $s = 0,3$  m. Ne consegue una sezione trapezia rivestita di base  $b = 5,5$  m, di  $h = 1,6$  m e pendenza sponde 3h su 2v, delimitata in sponda destra da un muro in calcestruzzo di contenimento della pista ciclabile.

A valle della confluenza nel tratto tra le progr. Km 875 + 00 e la progr. Km 1075 +000, per circa  $L = 215,0$  m è stato previsto un materasso sormontato da un gabbione con la funzione di protezione del piede del muro di sottoscarpa di progetto e della relativa pista di servizio, in quanto lambito dal livello di piena 300-ennale del Valpantena.

Sulla base dalle analisi, che sono state condotte dal Genio Civile di Verona, si evidenzia che allo stato attuale la portata massima transitabile nella galleria è variabile fra  $Q = 60 m^3/s$  e  $Q = 65 m^3/s$ .

Tale portata transita lungo il tratto in attraversamento nel centro abitato, per proseguire in corrispondenza degli attraversamenti stradali e nel tratto a cielo aperto posto immediatamente a monte dell'imbocco della galleria.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
IN01 - ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO TORRENTE VALPANTENA AL km 0+751,35 RELAZIONE IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RI IN 01 0 0 001	Rev. A	Foglio 28 di 32	

La soluzione adottata, che è stata proposta e condivisa con il Genio Civile di Verona, prevede la realizzazione, in corrispondenza dell'attraversamento ferroviario, di un by-pass di dimensioni 6,0 m x 5,0 m, così come prescritto all'art. 74 delle delibera CIPE del 2017, e il mantenimento del tombino esistente di dimensioni variabili da 2,50 m x 3,50 m a 3,50 m x 3,90 m con la possibilità, nel tratto di attraversamento del manufatto di disconnessione (la cui progettazione e costruzione è a cura del Genio Civile di Verona), di realizzare uno sfioro laterale di alleggerimento delle portate nell'ambito delle opere idrauliche di regolazione che il Genio Civile intenderà successivamente eseguire a monte.

**ALLEGATO**

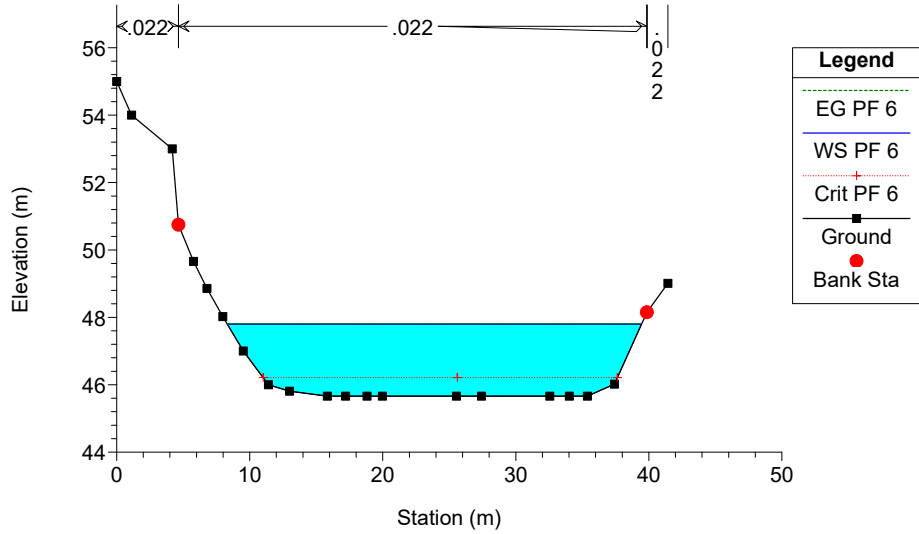
<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 		<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 				
<p>IN01 - ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO TORRENTE VALPANTENA AL km 0+751,35 RELAZIONE IDRAULICA</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica Documento Y12 RI IN 01 0 0 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 29 di 32</p>	

**ANALISI DEI DEFLUSSI IN ALVEO  
FIUME VALPANTENA**

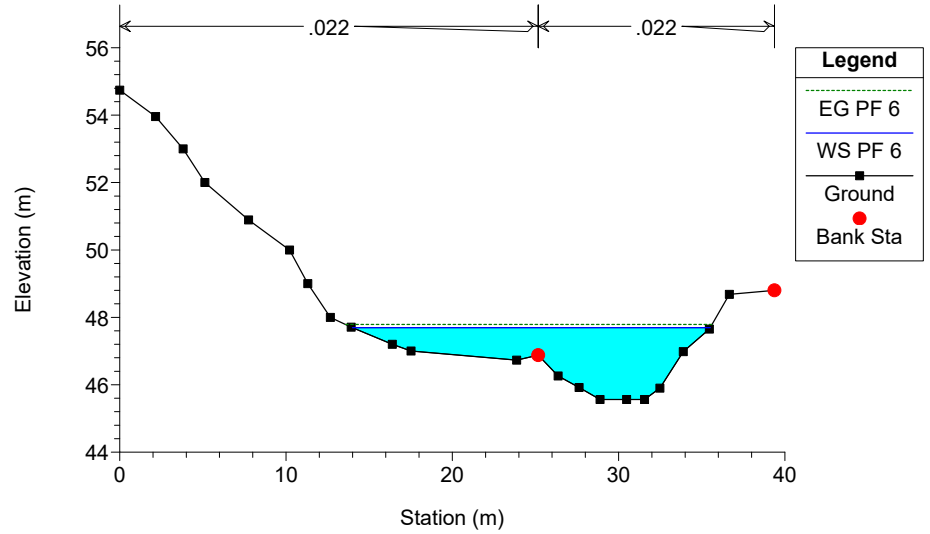
**Tr = 10 anni**

**Q = 30,00 m<sup>3</sup>/s**

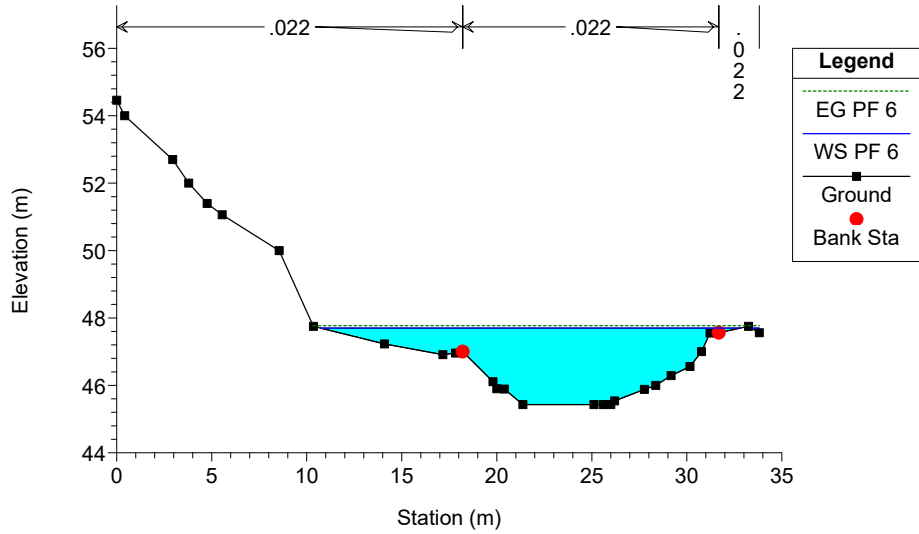
valpantena Plan: Plan 01 24/03/2019  
RS = 19 sezione 36



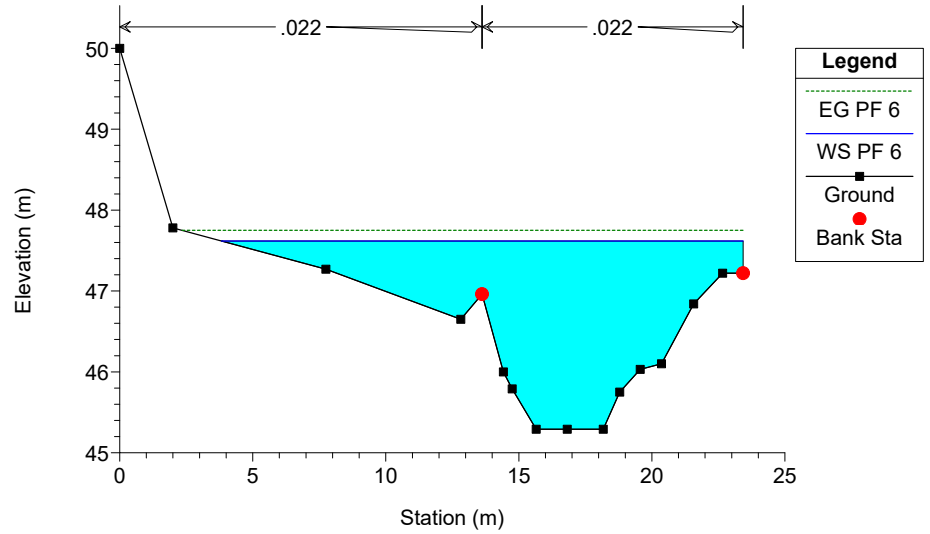
valpantena Plan: Plan 01 24/03/2019  
RS = 18 sezione 37

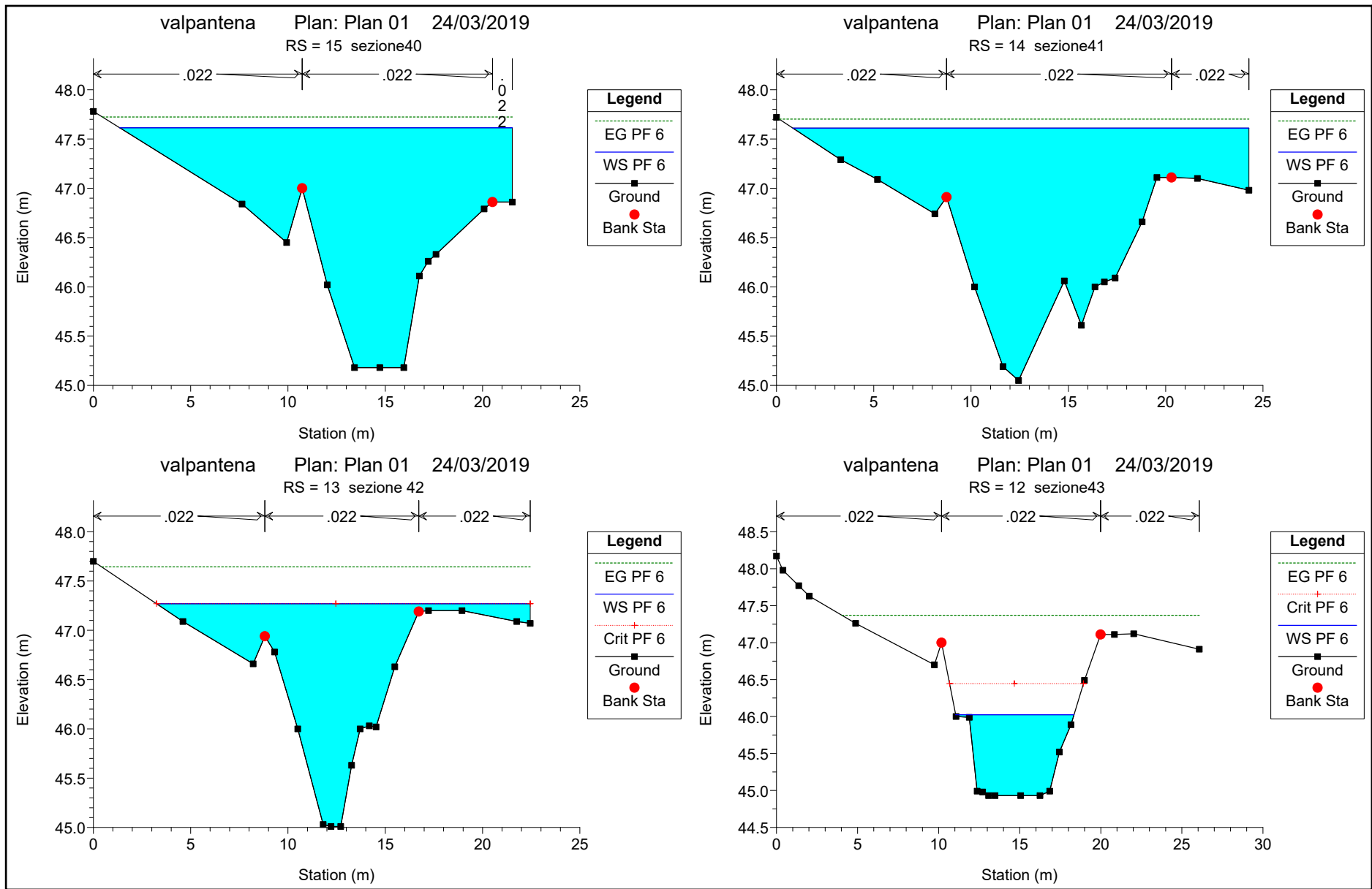


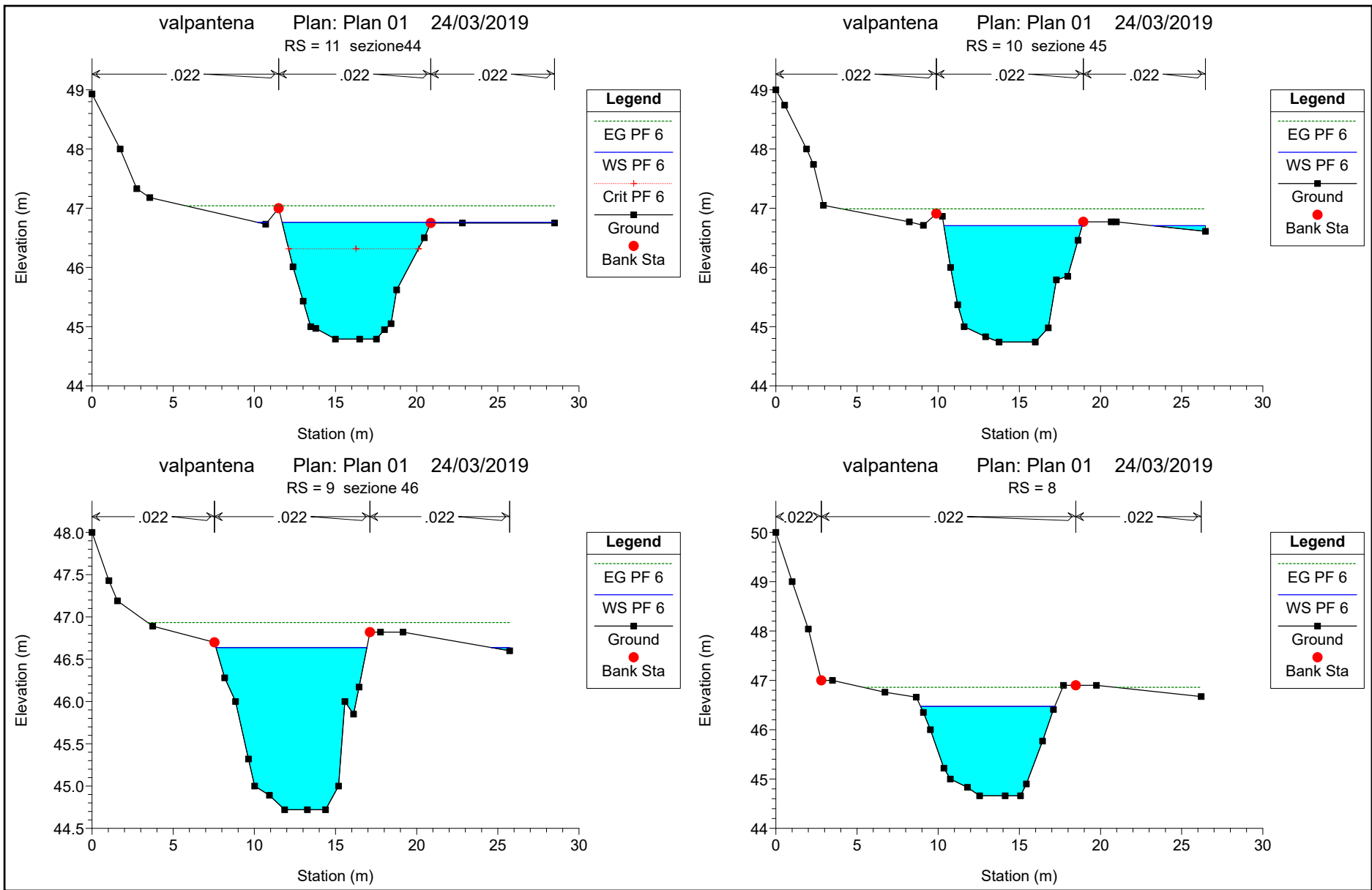
valpantena Plan: Plan 01 24/03/2019  
RS = 17 sezione 38



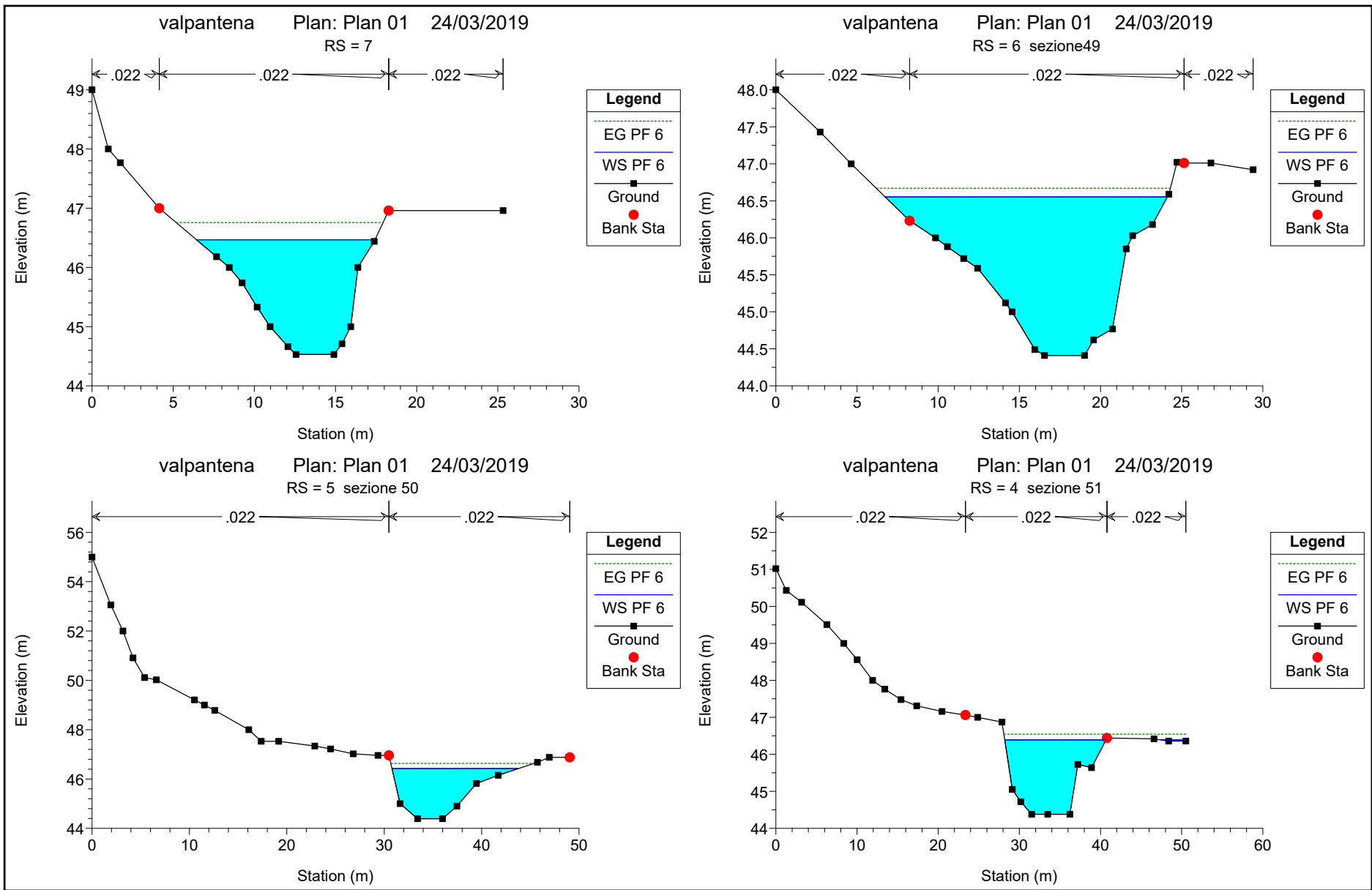
valpantena Plan: Plan 01 24/03/2019  
RS = 16 sezione 39



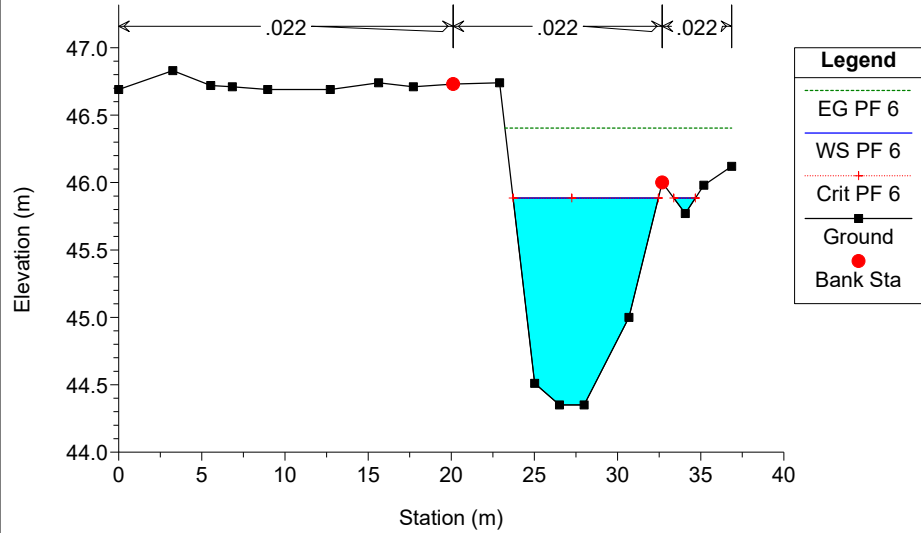




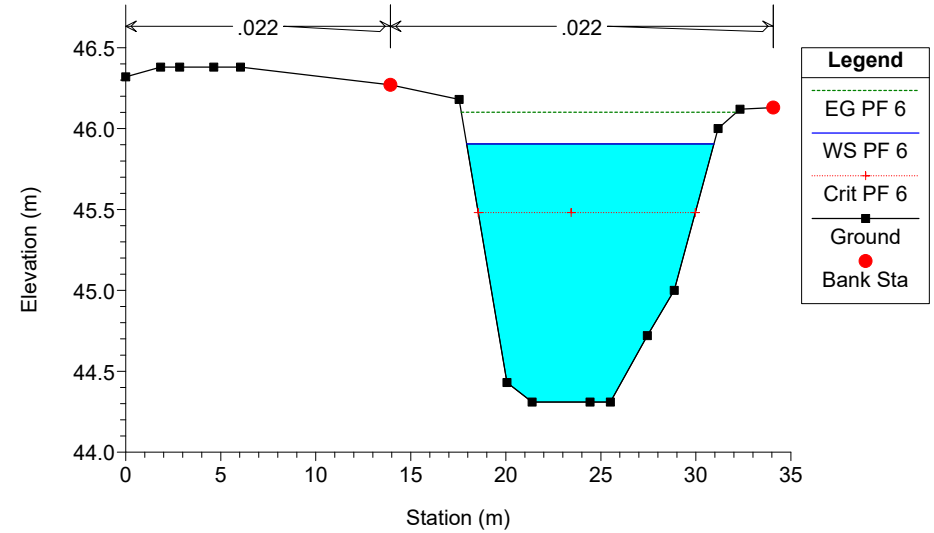




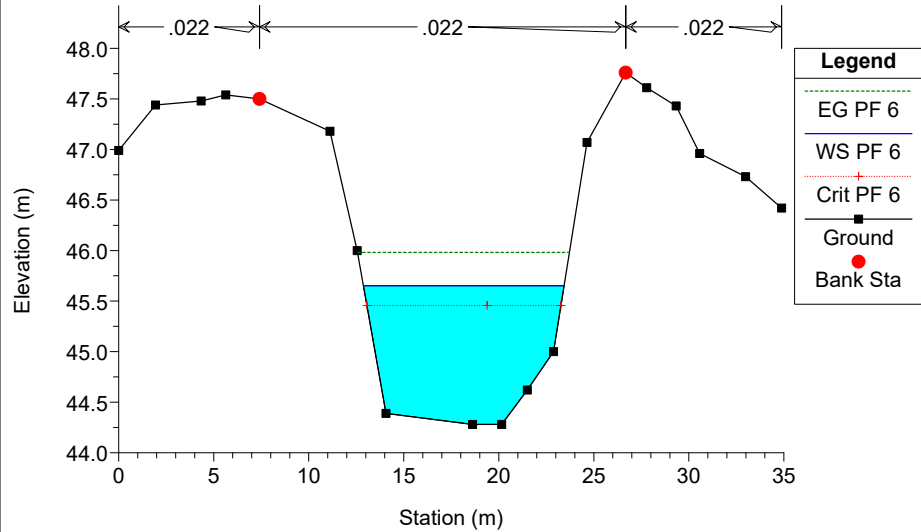
valpantena Plan: Plan 01 24/03/2019  
RS = 3 sezione52



valpantena Plan: Plan 01 24/03/2019  
RS = 2 sezione 53

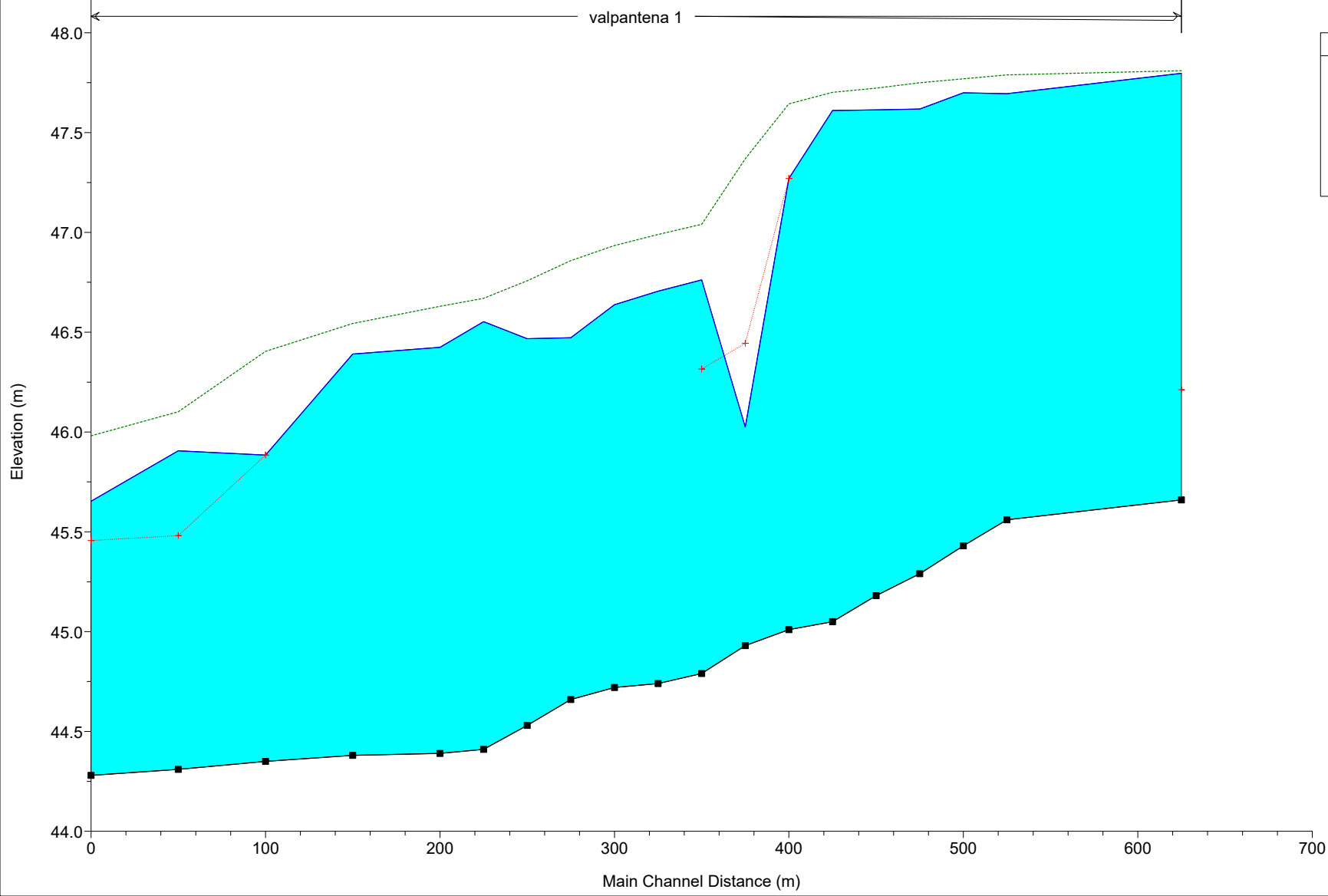


valpantena Plan: Plan 01 24/03/2019  
RS = 1 sezione 54



valpantena Plan: Plan 01 24/03/2019

valpantena 1



**Legend**

- EG PF 6
- WS PF 6
- Crit PF 6
- Ground

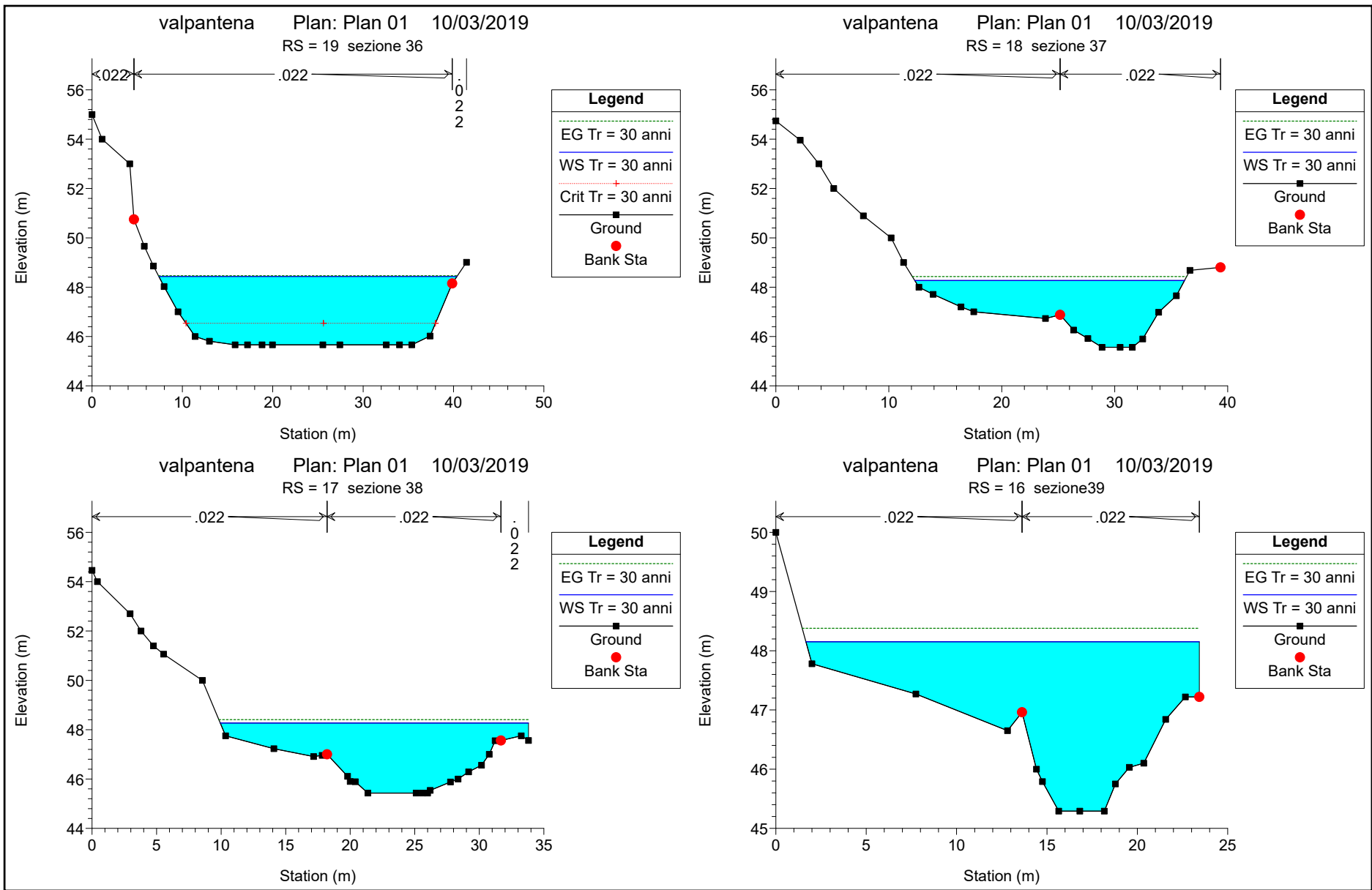
HEC-RAS Plan: Plan 01 River: valpantena Reach: 1 Profile: PF 6

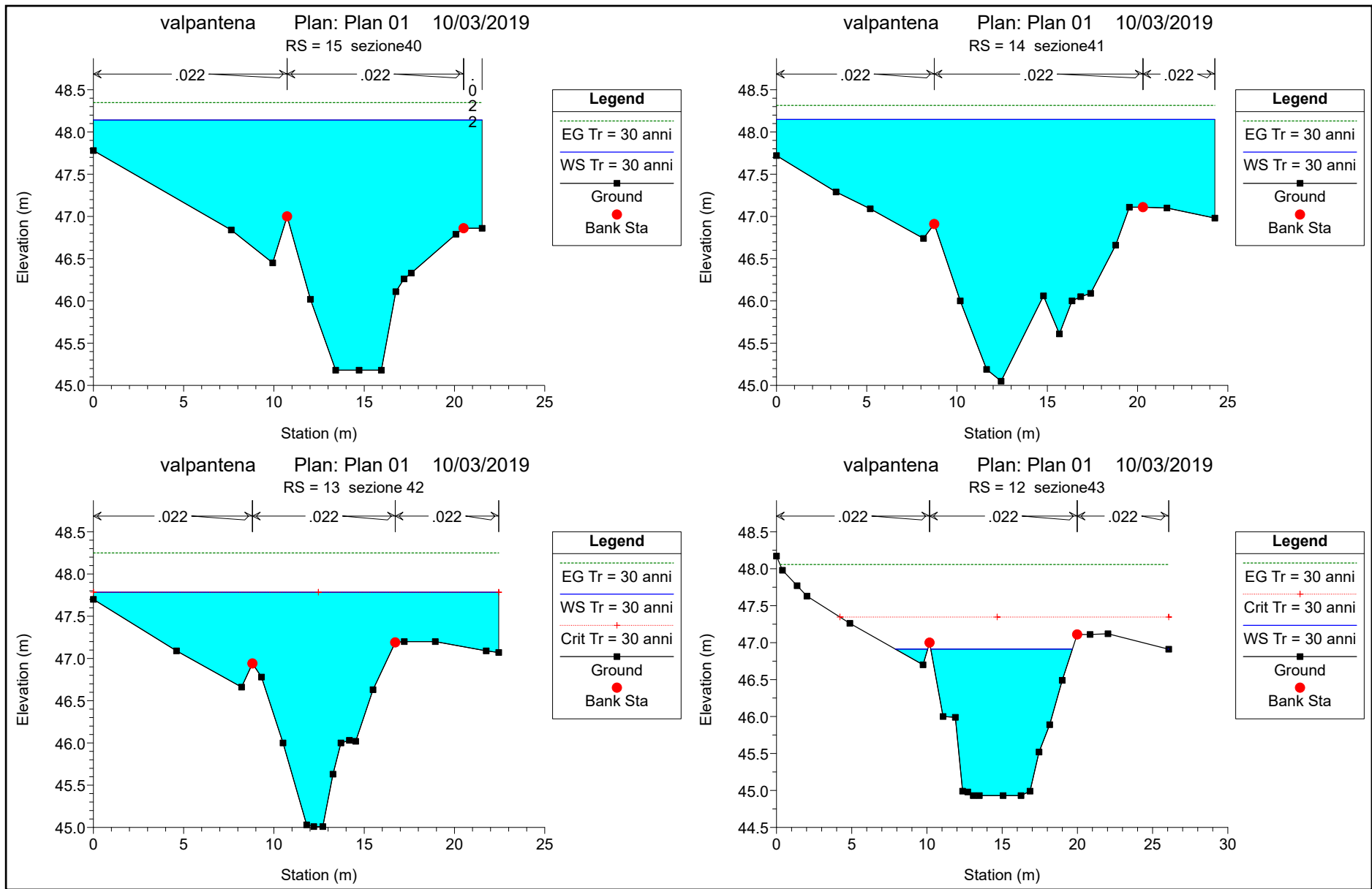
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
1	19	PF 6	30.00	45.66	47.80	46.21	47.81	0.000055	0.51	59.35	31.14	0.12
1	18	PF 6	30.00	45.56	47.70		47.79	0.000659	1.47	23.41	21.52	0.38
1	17	PF 6	30.00	45.43	47.70		47.77	0.000373	1.21	26.92	22.52	0.29
1	16	PF 6	30.00	45.29	47.62		47.75	0.000918	1.69	20.09	19.60	0.43
1	15	PF 6	30.00	45.18	47.61		47.72	0.000696	1.56	22.23	20.18	0.39
1	14	PF 6	30.00	45.05	47.61		47.70	0.000583	1.41	24.40	23.44	0.36
1	13	PF 6	30.00	45.01	47.27	47.27	47.64	0.003580	2.81	12.15	19.21	0.81
1	12	PF 6	30.00	44.93	46.02	46.44	47.37	0.020311	5.13	5.84	7.30	1.83
1	11	PF 6	30.00	44.79	46.76	46.32	47.04	0.002034	2.34	12.94	17.38	0.63
1	10	PF 6	30.00	44.74	46.71		46.99	0.002033	2.36	12.84	11.80	0.62
1	9	PF 6	30.00	44.72	46.64		46.93	0.002366	2.41	12.46	10.43	0.67
1	8	PF 6	30.00	44.66	46.47		46.86	0.003051	2.75	10.90	8.26	0.77
1	7	PF 6	30.00	44.53	46.47		46.76	0.002639	2.39	12.57	11.00	0.71
1	6	PF 6	30.00	44.41	46.55		46.67	0.000899	1.52	19.97	17.39	0.43
1	5	PF 6	30.00	44.39	46.42		46.63	0.001831	2.01	14.94	12.99	0.60
1	4	PF 6	30.00	44.38	46.39		46.54	0.001112	1.74	17.36	15.52	0.47
1	3	PF 6	30.00	44.35	45.88	45.88	46.40	0.005109	3.19	9.46	10.04	0.98
1	2	PF 6	30.00	44.31	45.91	45.48	46.10	0.001611	1.96	15.30	13.02	0.58
1	1	PF 6	30.00	44.28	45.65	45.46	45.98	0.003001	2.54	11.83	10.56	0.77

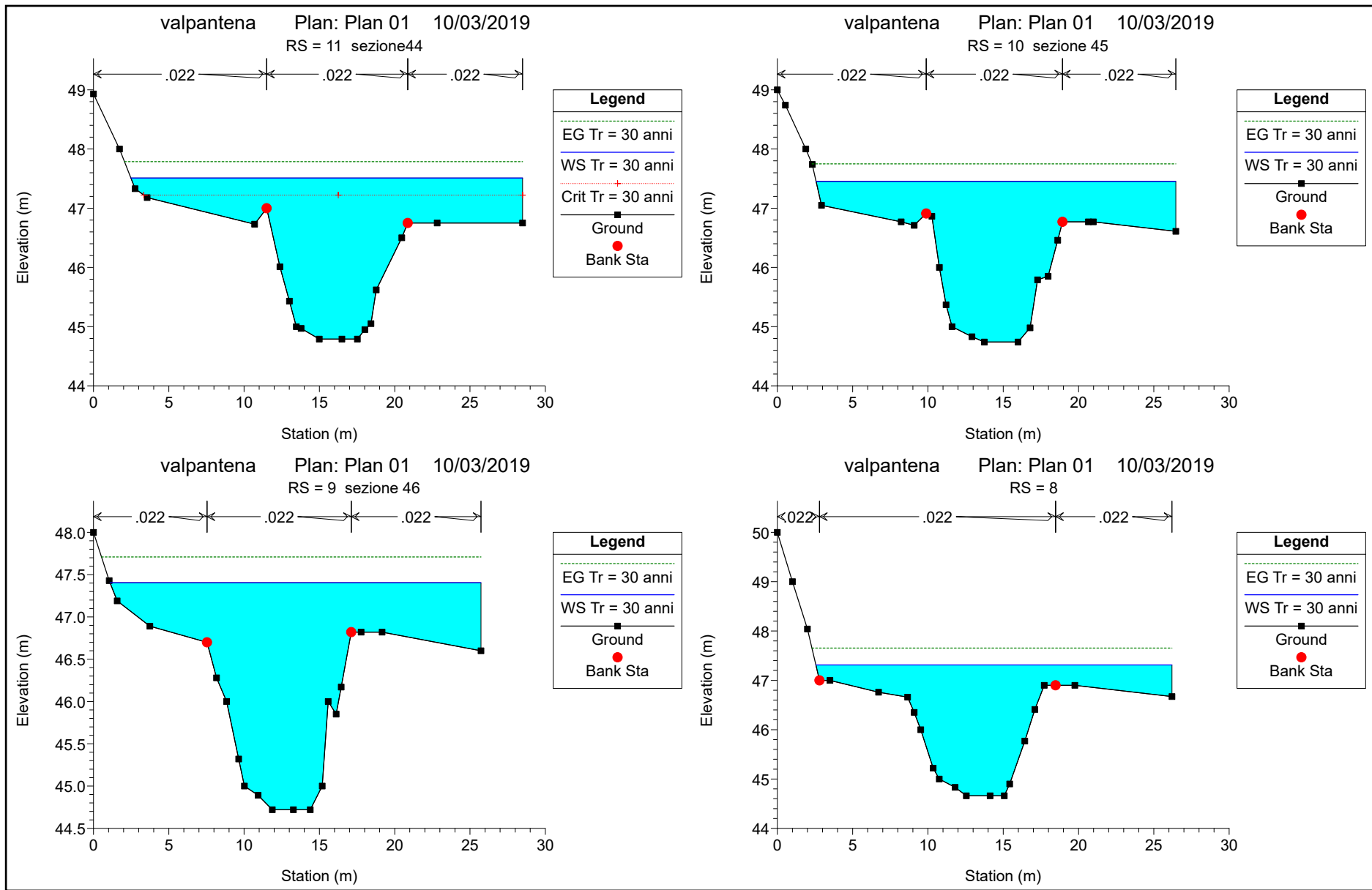
<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 		<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>IN01 - ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO TORRENTE VALPANTENA AL km 0+751,35 RELAZIONE IDRAULICA</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica Documento Y12 RI IN 01 0 0 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio</p>

**Tr = 30 anni**

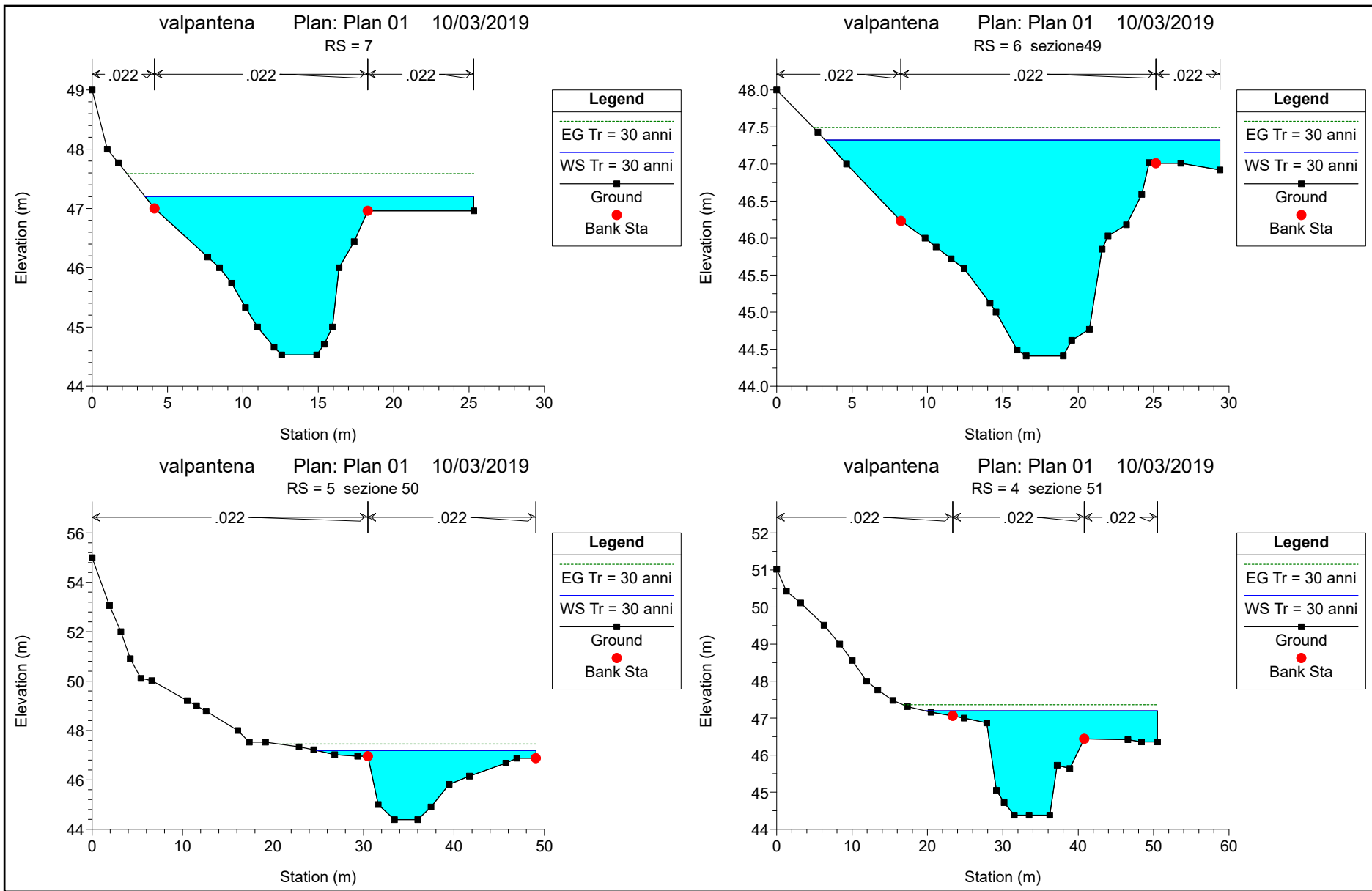
**Q = 64,00 m<sup>3</sup>/s**

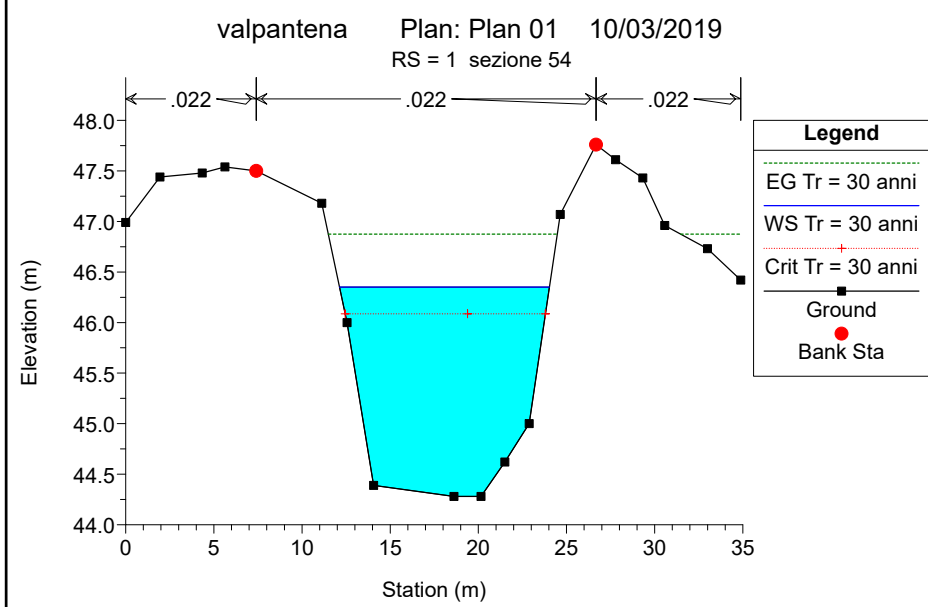
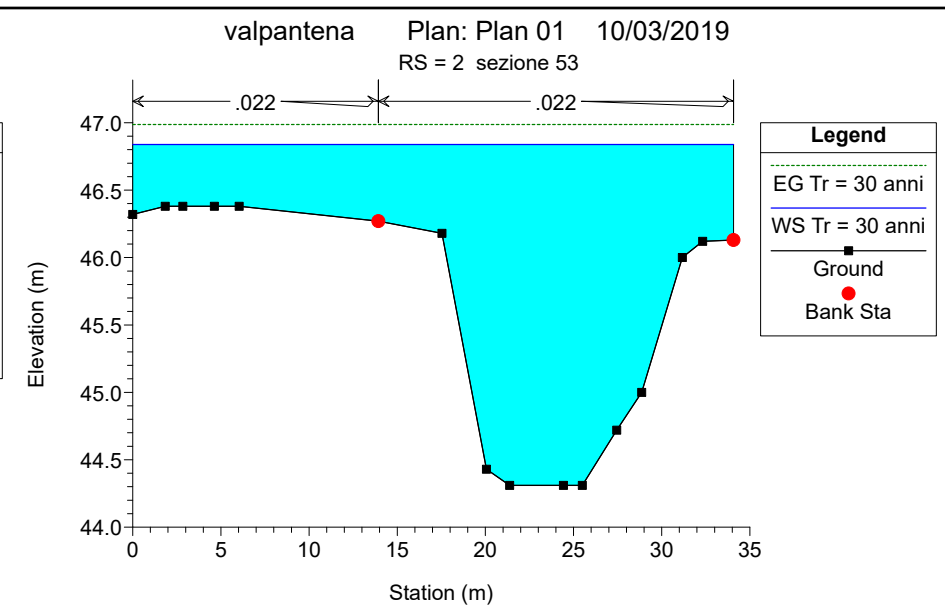
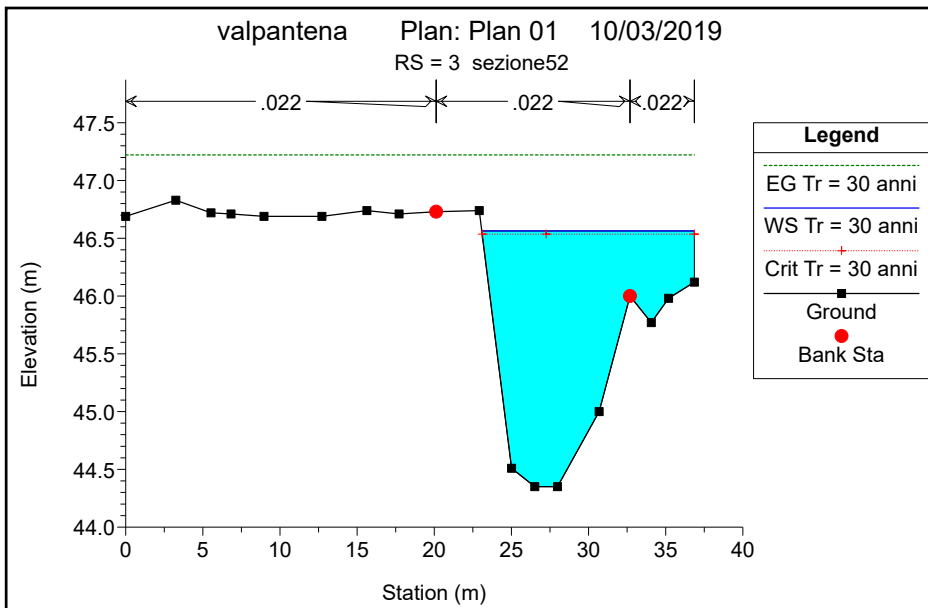






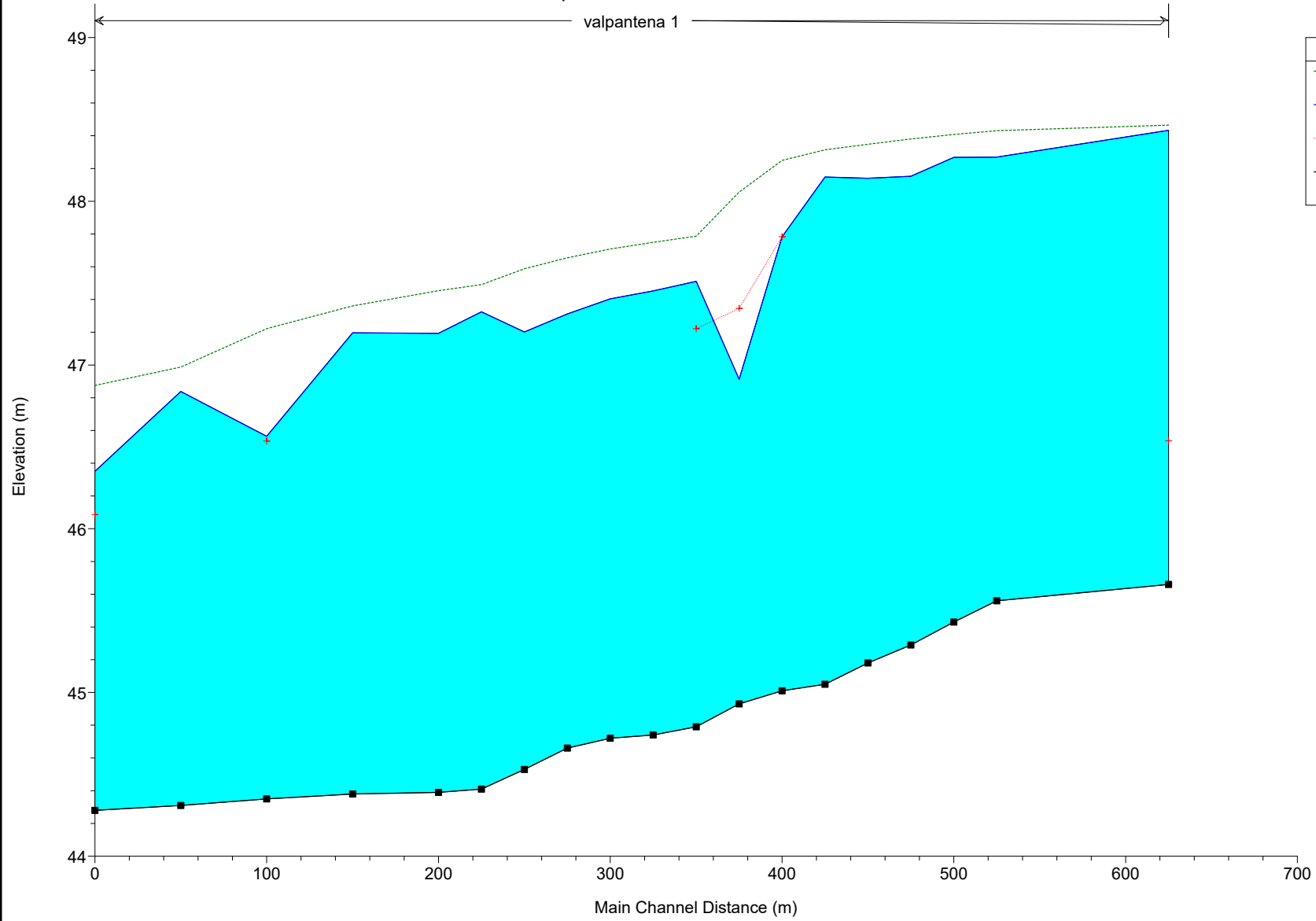






valpantena Plan: Plan 01 10/03/2019

valpantena 1



Legend	
EG Tr = 30 anni	
WS Tr = 30 anni	
Crit Tr = 30 anni	
Ground	

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: valpantena Reach: 1 Profile: Tr = 30 anni

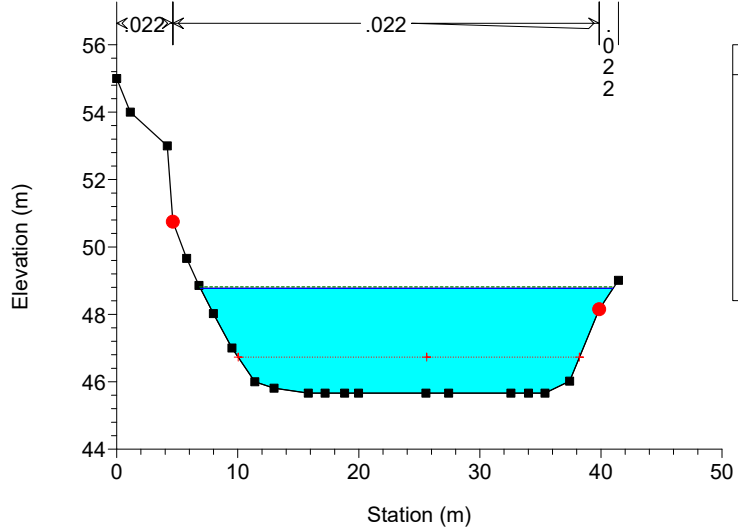
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
1	19	Tr = 30 anni	64.00	45.66	48.43	46.54	48.47	0.000097	0.79	79.72	32.99	0.16
1	18	Tr = 30 anni	64.00	45.56	48.27		48.43	0.000819	1.93	36.58	23.88	0.44
1	17	Tr = 30 anni	64.00	45.43	48.27		48.41	0.000534	1.74	40.36	23.87	0.37
1	16	Tr = 30 anni	64.00	45.29	48.15		48.38	0.001208	2.29	31.47	21.77	0.50
1	15	Tr = 30 anni	64.00	45.18	48.14		48.35	0.000957	2.20	33.46	21.53	0.48
1	14	Tr = 30 anni	64.00	45.05	48.15		48.31	0.000761	1.96	37.42	24.28	0.43
1	13	Tr = 30 anni	64.00	45.01	47.78	47.78	48.25	0.003190	3.36	22.99	22.45	0.81
1	12	Tr = 30 anni	64.00	44.93	46.91	47.35	48.06	0.008576	4.74	13.47	11.62	1.28
1	11	Tr = 30 anni	64.00	44.79	47.51	47.22	47.79	0.001391	2.53	30.33	26.01	0.56
1	10	Tr = 30 anni	64.00	44.74	47.45		47.75	0.001535	2.61	29.02	23.89	0.57
1	9	Tr = 30 anni	64.00	44.72	47.40		47.71	0.001589	2.63	28.66	24.63	0.58
1	8	Tr = 30 anni	64.00	44.66	47.31		47.65	0.002574	2.68	25.43	23.64	0.73
1	7	Tr = 30 anni	64.00	44.53	47.20		47.59	0.002329	2.78	23.90	21.81	0.71
1	6	Tr = 30 anni	64.00	44.41	47.32		47.49	0.000752	1.85	36.68	26.20	0.43
1	5	Tr = 30 anni	64.00	44.39	47.19		47.45	0.001686	2.27	28.44	24.25	0.60
1	4	Tr = 30 anni	64.00	44.38	47.20		47.36	0.001016	1.88	36.58	30.80	0.47
1	3	Tr = 30 anni	64.00	44.35	46.56	46.54	47.22	0.004035	3.70	18.26	13.78	0.92
1	2	Tr = 30 anni	64.00	44.31	46.84		46.99	0.000895	1.77	39.18	34.07	0.45
1	1	Tr = 30 anni	64.00	44.28	46.35	46.09	46.87	0.003002	3.21	19.65	11.90	0.80

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 		<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 				
<p>IN01 - ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO TORRENTE VALPANTENA AL km 0+751,35 RELAZIONE IDRAULICA</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica Documento Y12 RI IN 01 0 0 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio</p>	

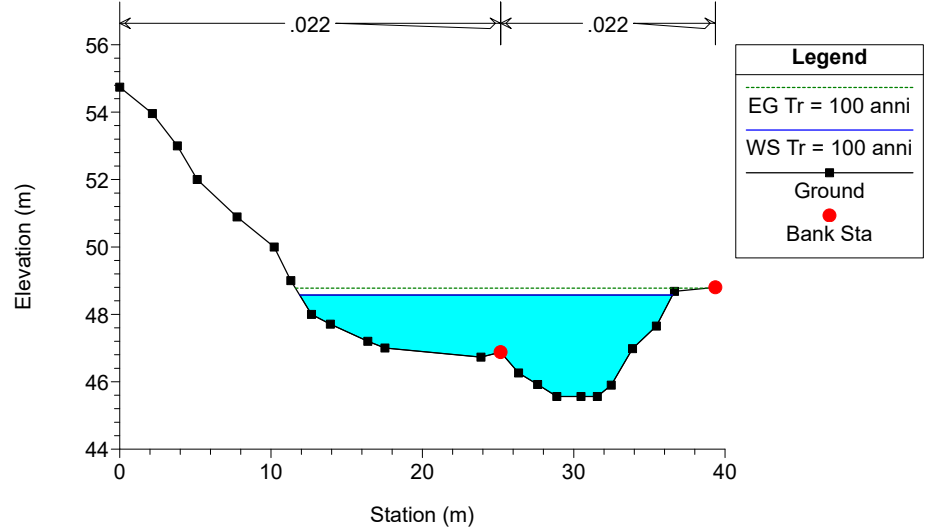
**Tr = 100 anni**

**Q = 88,0 m<sup>3</sup>/s**

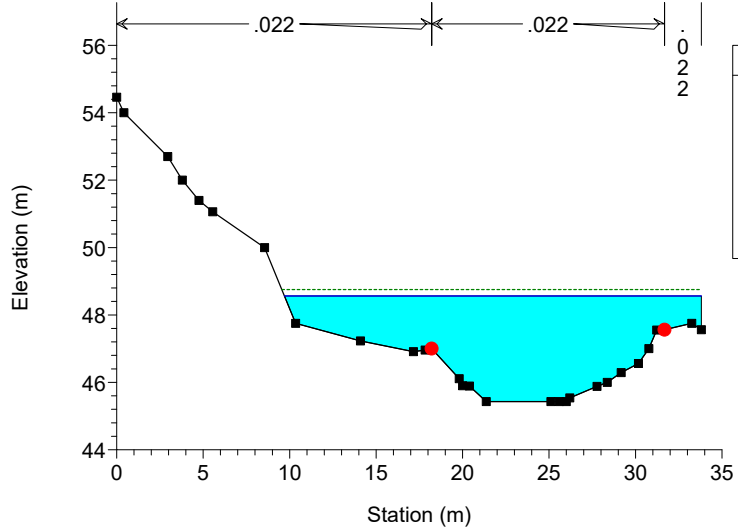
valpantena Plan: Plan 01 11/03/2019  
RS = 19 sezione 36



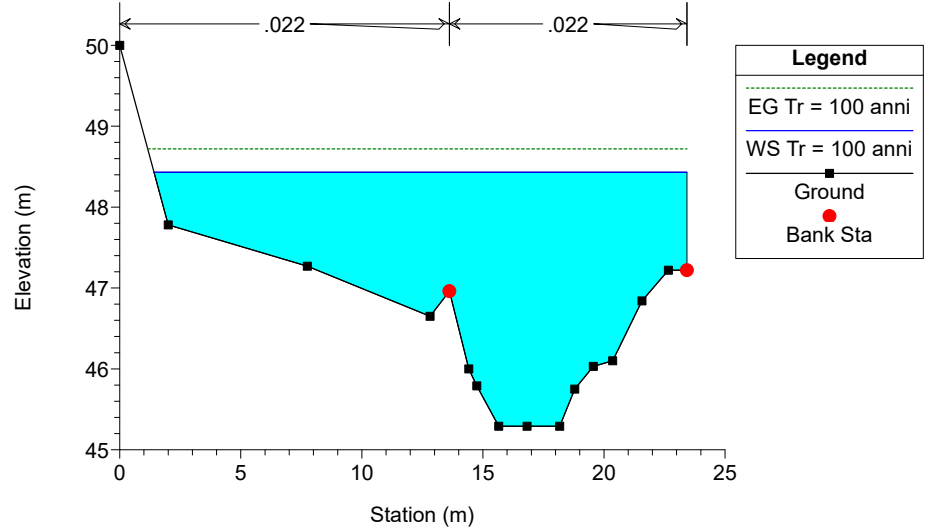
valpantena Plan: Plan 01 11/03/2019  
RS = 18 sezione 37

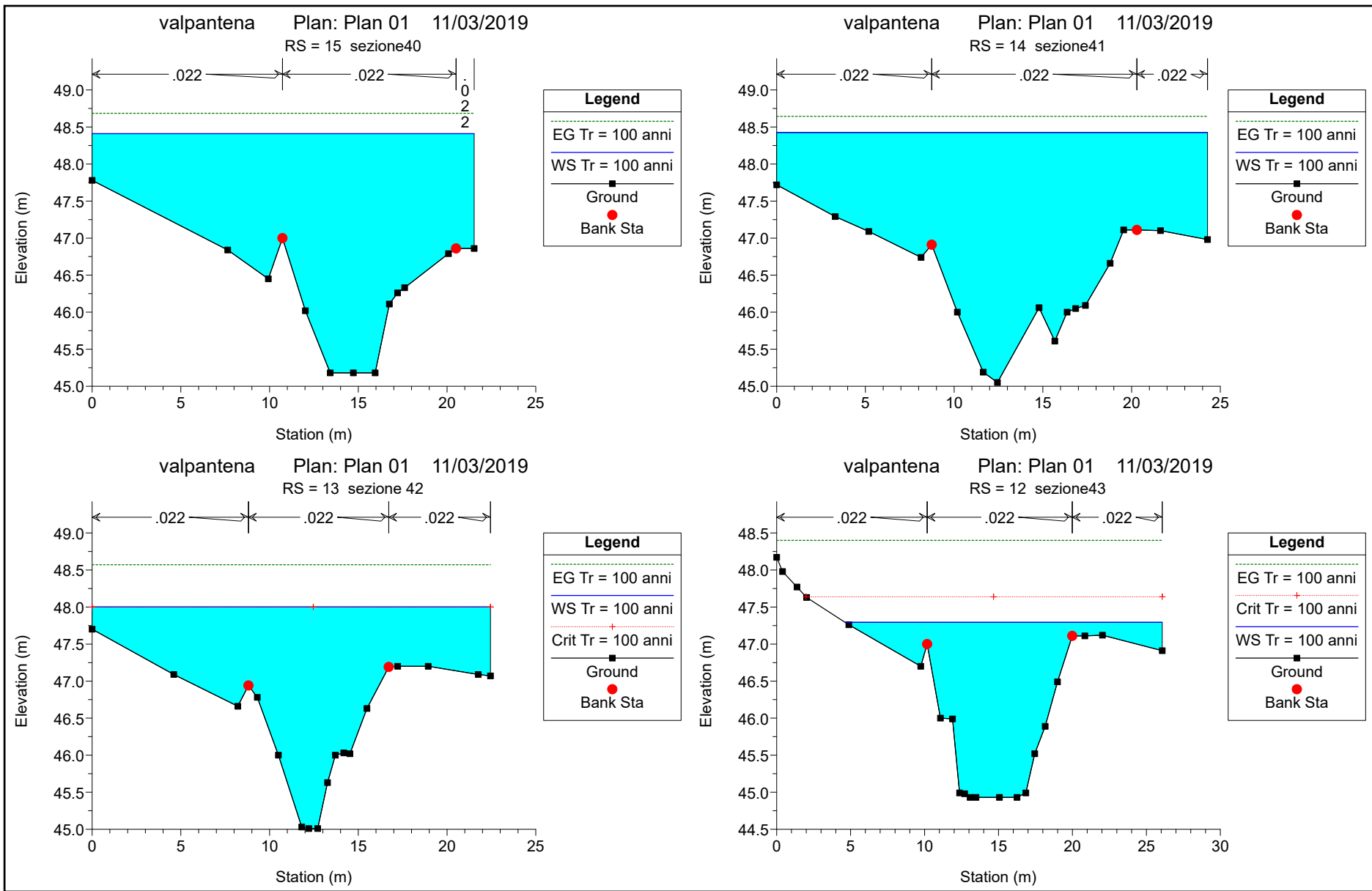


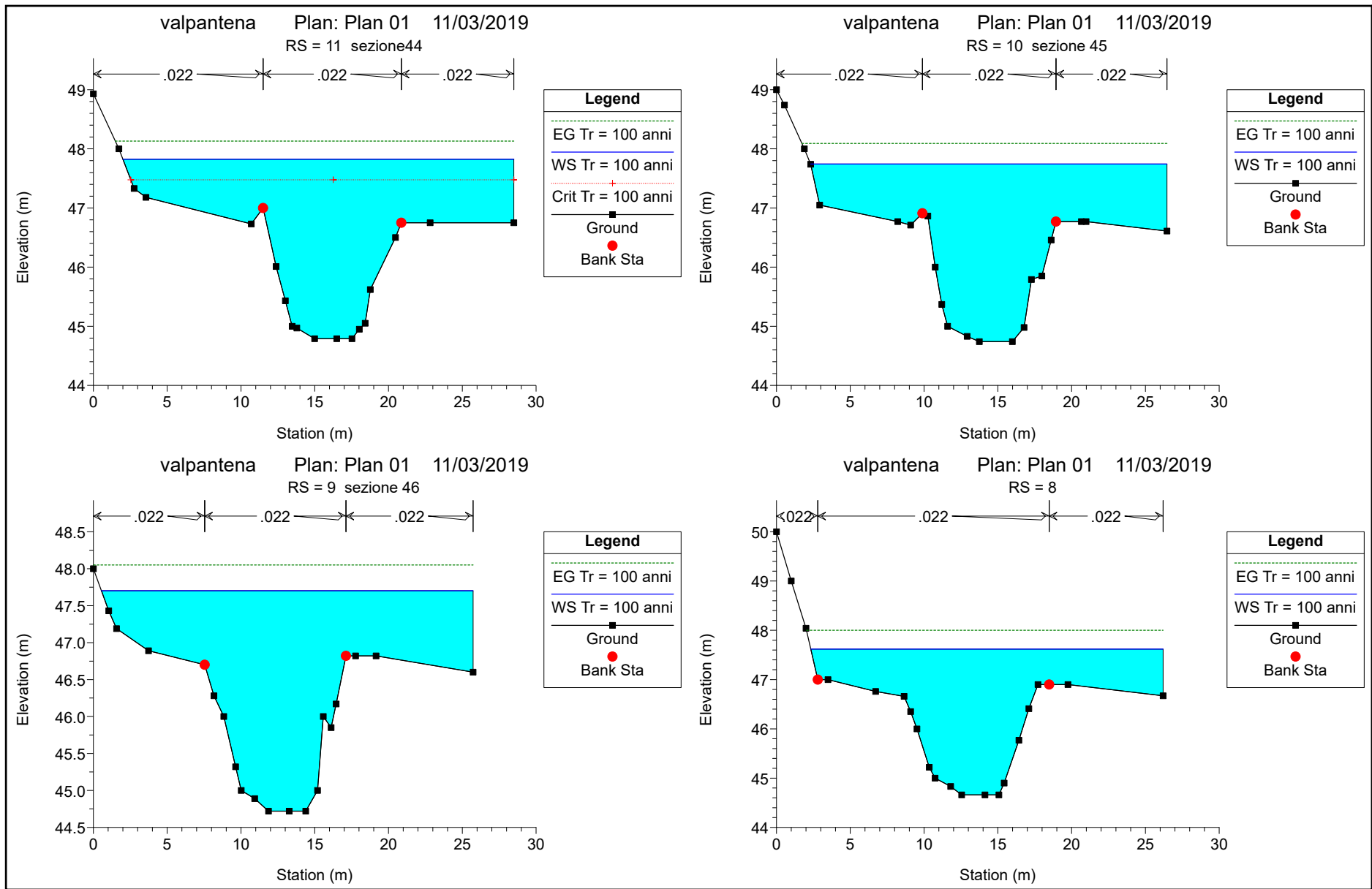
valpantena Plan: Plan 01 11/03/2019  
RS = 17 sezione 38



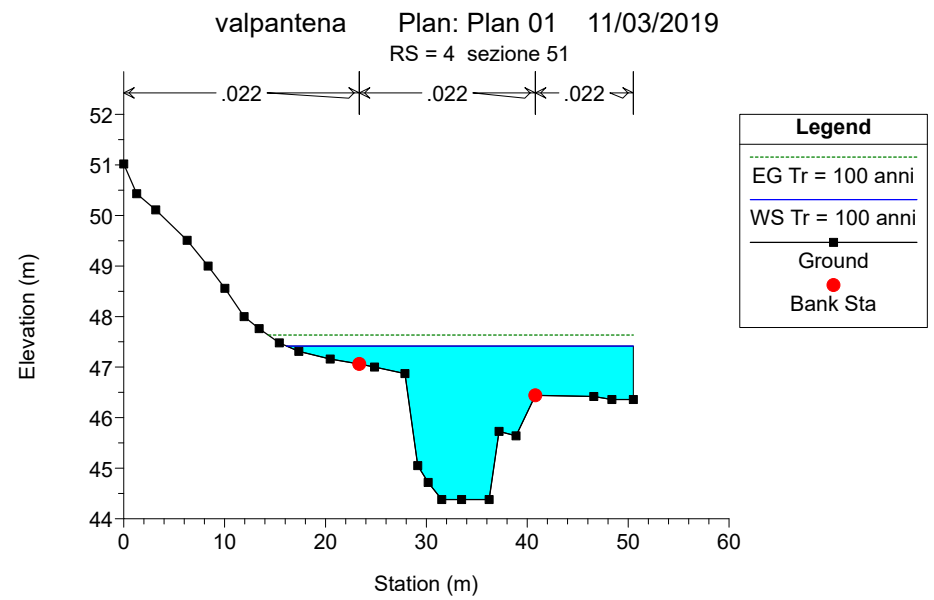
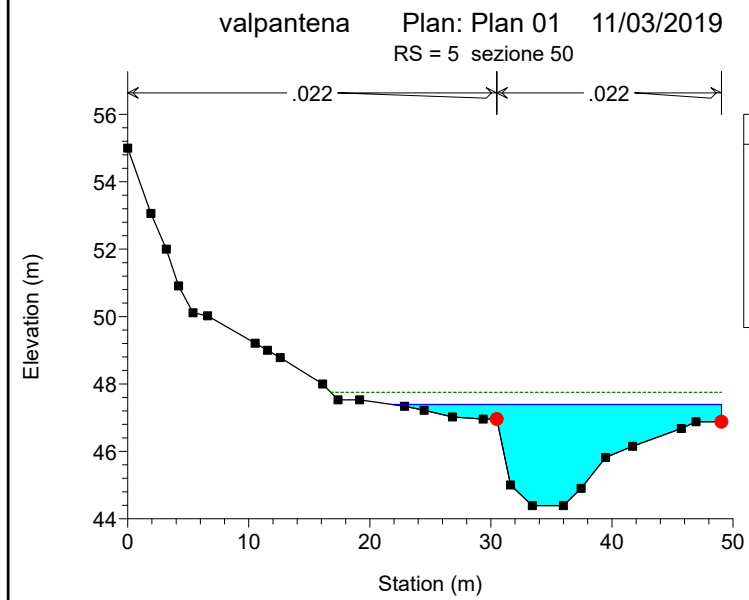
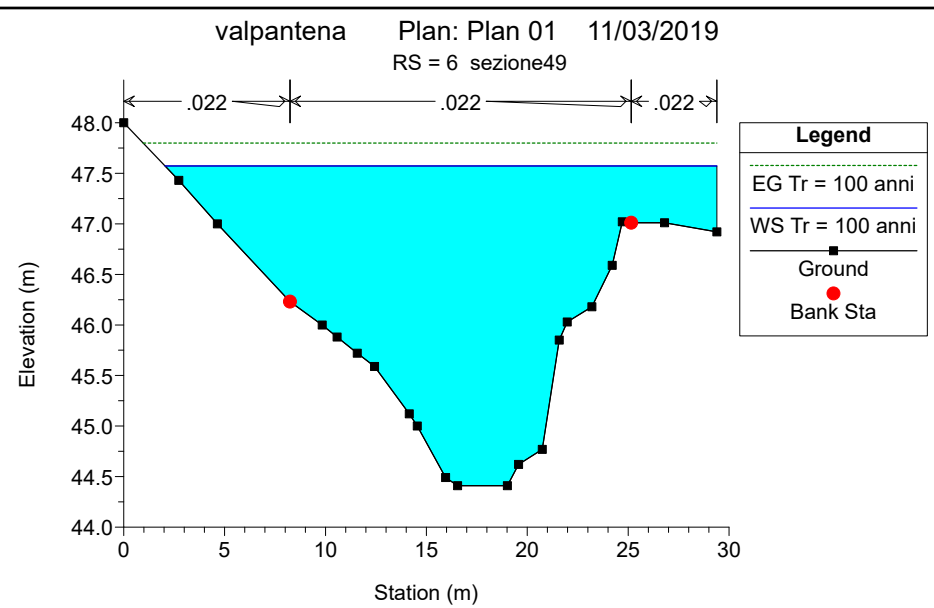
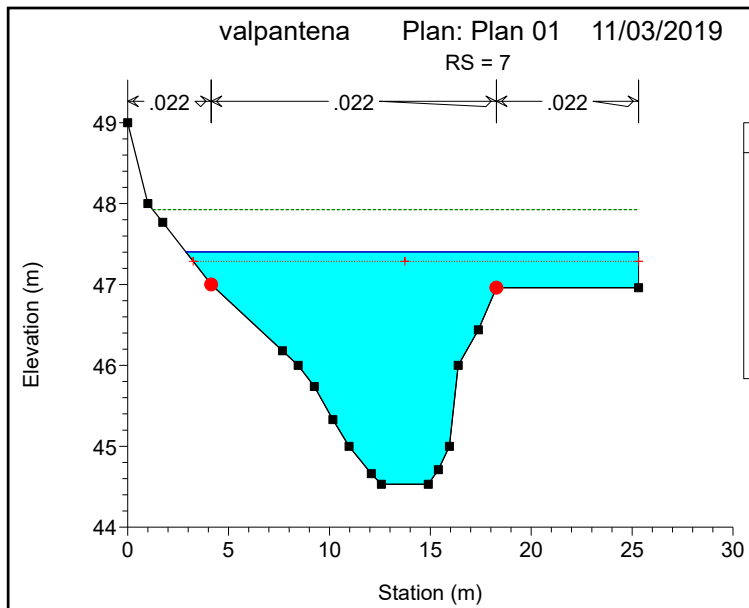
valpantena Plan: Plan 01 11/03/2019  
RS = 16 sezione39



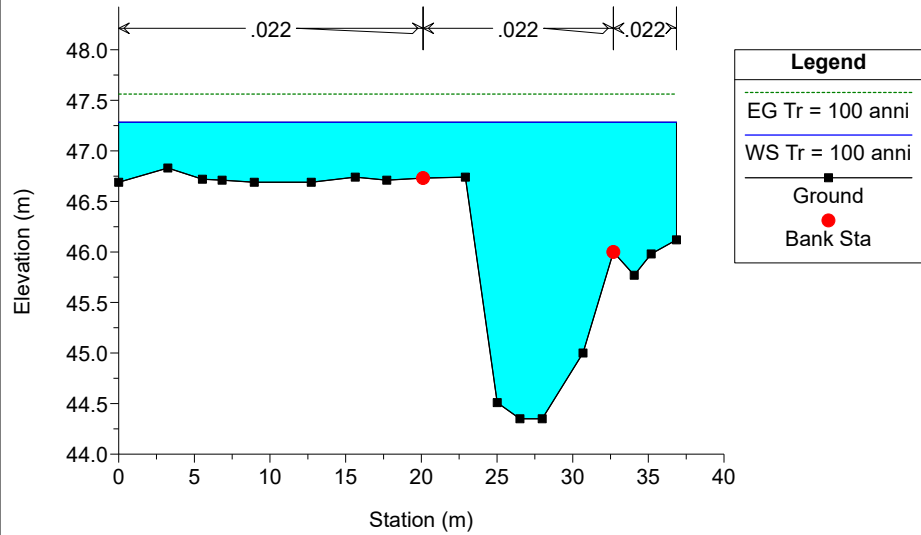




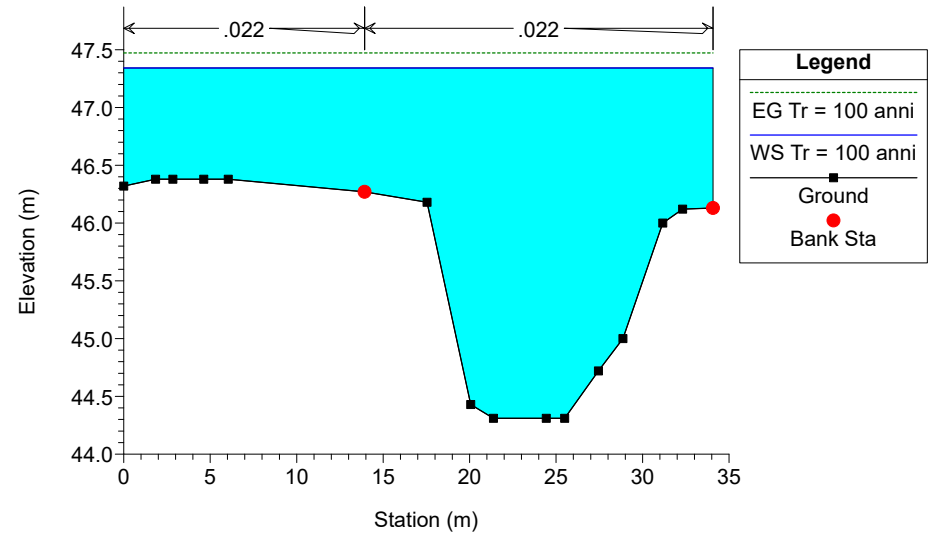




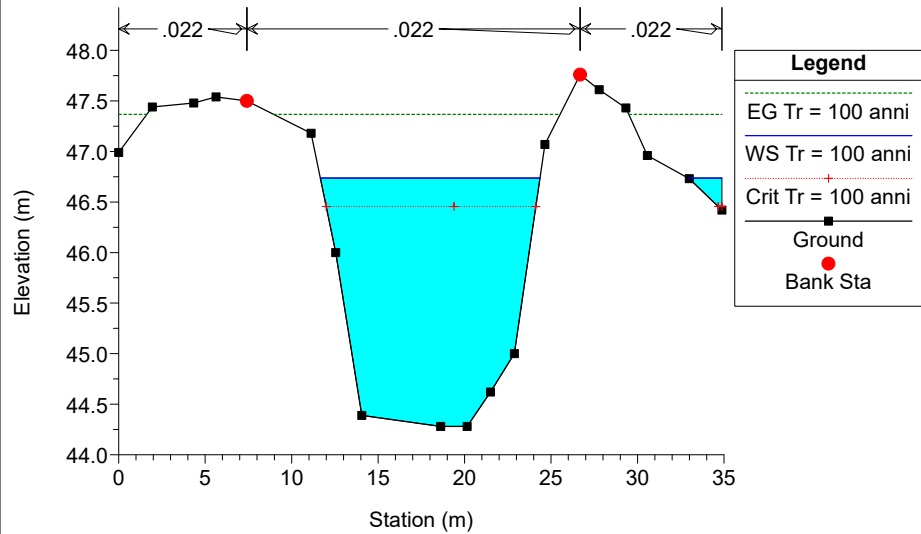
valpantena Plan: Plan 01 11/03/2019  
RS = 3 sezione52



valpantena Plan: Plan 01 11/03/2019  
RS = 2 sezione 53



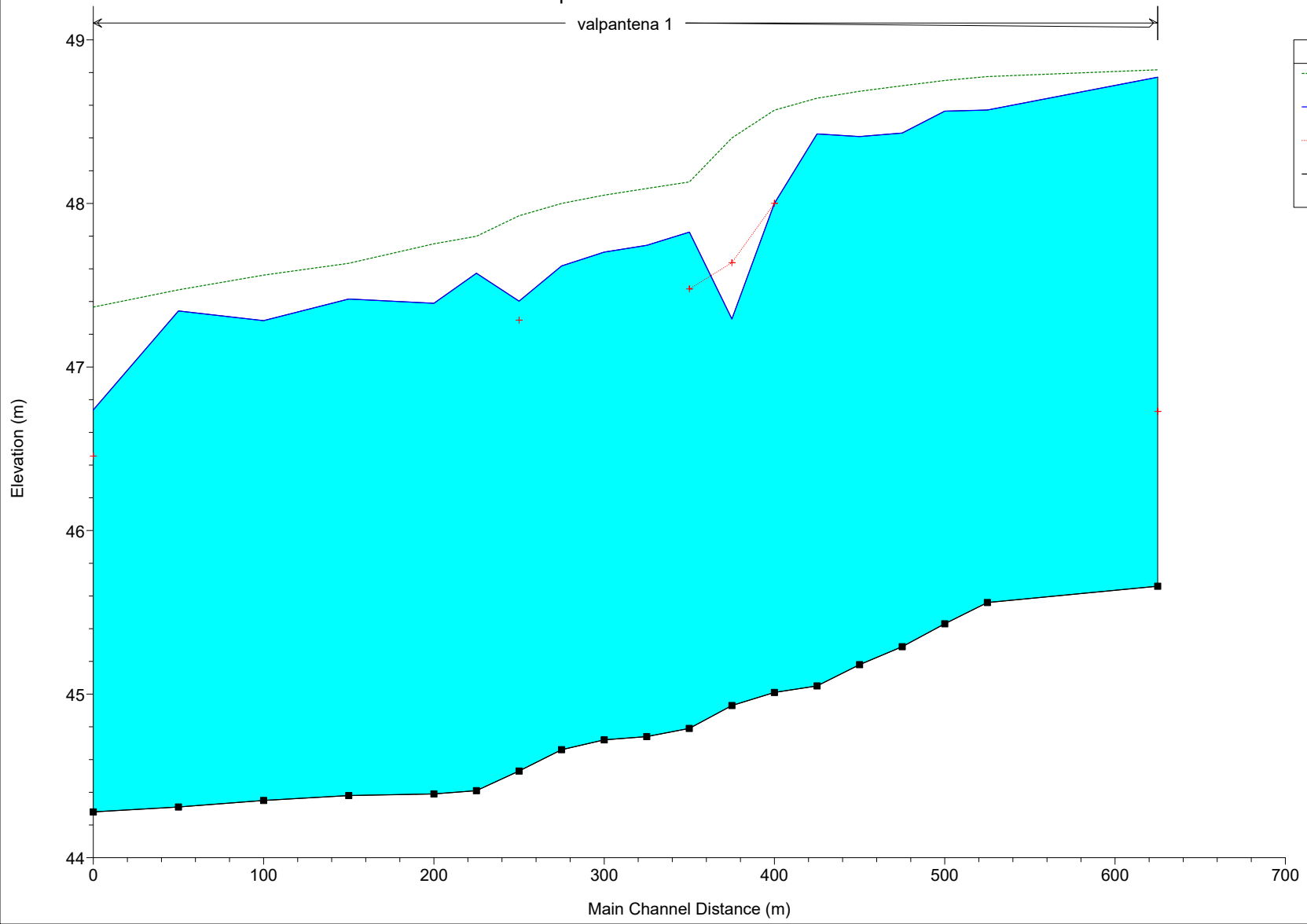
valpantena Plan: Plan 01 11/03/2019  
RS = 1 sezione 54



valpantena Plan: Plan 01 11/03/2019

← valpantena 1 →

Legend	
EG Tr = 100 anni	
WS Tr = 100 anni	
Crit Tr = 100 anni	
Ground	



HEC-RAS Plan: Plan 01 River: valpantena Reach: 1 Profile: Tr = 100 anni

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
1	19	Tr = 100 anni	88.00	45.66	48.77	46.73	48.82	0.000120	0.95	91.05	34.09	0.18
1	18	Tr = 100 anni	88.00	45.56	48.57		48.78	0.000893	2.17	43.89	24.64	0.46
1	17	Tr = 100 anni	88.00	45.43	48.56		48.75	0.000617	2.03	47.47	24.11	0.40
1	16	Tr = 100 anni	88.00	45.29	48.43		48.72	0.001348	2.59	37.55	22.02	0.53
1	15	Tr = 100 anni	88.00	45.18	48.41		48.69	0.001102	2.55	39.24	21.53	0.52
1	14	Tr = 100 anni	88.00	45.05	48.43		48.64	0.000865	2.26	44.13	24.28	0.46
1	13	Tr = 100 anni	88.00	45.01	48.00	48.00	48.57	0.003412	3.75	27.86	22.45	0.86
1	12	Tr = 100 anni	88.00	44.93	47.29	47.64	48.40	0.006656	4.78	20.15	21.45	1.16
1	11	Tr = 100 anni	88.00	44.79	47.82	47.48	48.13	0.001343	2.73	38.58	26.49	0.56
1	10	Tr = 100 anni	88.00	44.74	47.74		48.09	0.001573	2.88	36.02	24.15	0.59
1	9	Tr = 100 anni	88.00	44.72	47.70		48.05	0.001581	2.87	36.09	25.19	0.60
1	8	Tr = 100 anni	88.00	44.66	47.62		48.00	0.002234	2.86	32.69	23.88	0.70
1	7	Tr = 100 anni	88.00	44.53	47.40	47.29	47.92	0.002740	3.27	28.35	22.44	0.79
1	6	Tr = 100 anni	88.00	44.41	47.57		47.80	0.000884	2.17	43.33	27.36	0.47
1	5	Tr = 100 anni	88.00	44.39	47.39		47.75	0.002039	2.70	33.47	27.15	0.67
1	4	Tr = 100 anni	88.00	44.38	47.42		47.63	0.001157	2.18	43.79	34.37	0.51
1	3	Tr = 100 anni	88.00	44.35	47.28		47.56	0.001529	2.58	41.06	36.86	0.59
1	2	Tr = 100 anni	88.00	44.31	47.34		47.47	0.000578	1.68	56.35	34.07	0.37
1	1	Tr = 100 anni	88.00	44.28	46.74	46.46	47.37	0.003006	3.52	24.71	14.67	0.81

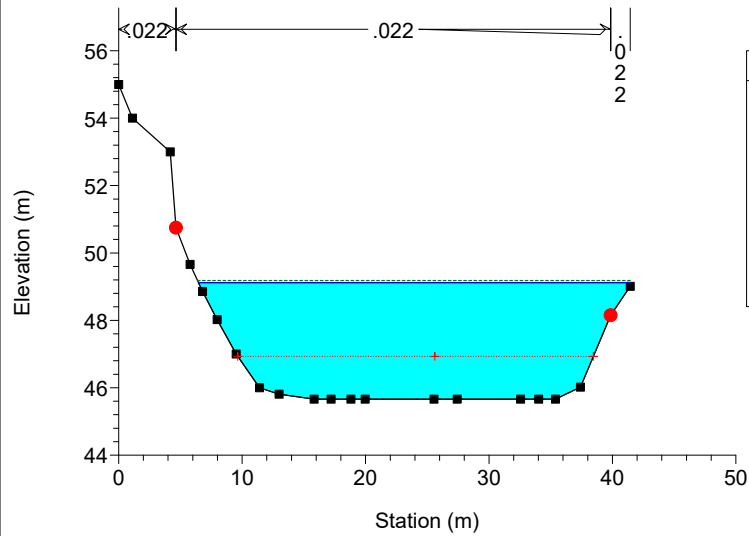
<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 		<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>IN01 - ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO TORRENTE VALPANTENA AL km 0+751,35 RELAZIONE IDRAULICA</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica Documento Y12 RI IN 01 0 0 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio</p>

**Tr = 300 anni**

**Q = 113,00 m<sup>3</sup>/s**

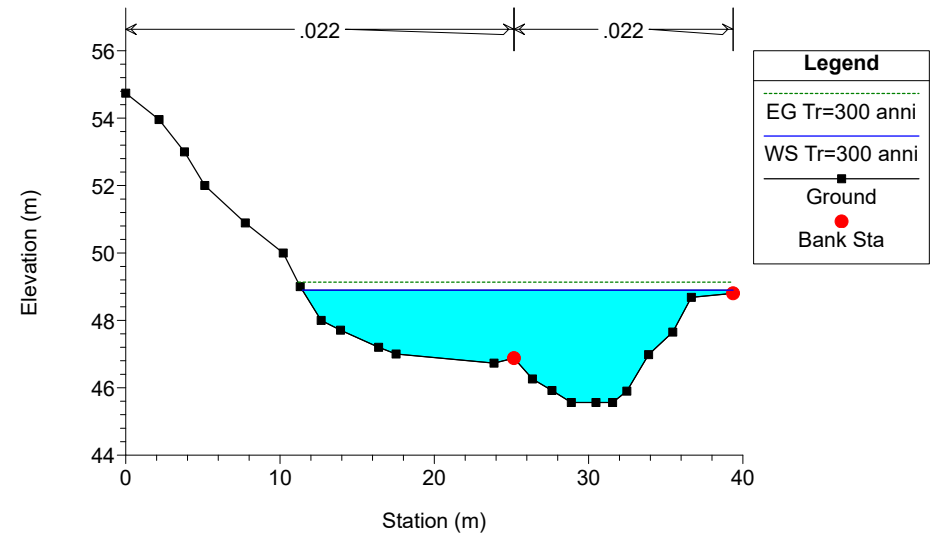
valpantena Plan: Plan 01 11/03/2019

RS = 19 sezione 36



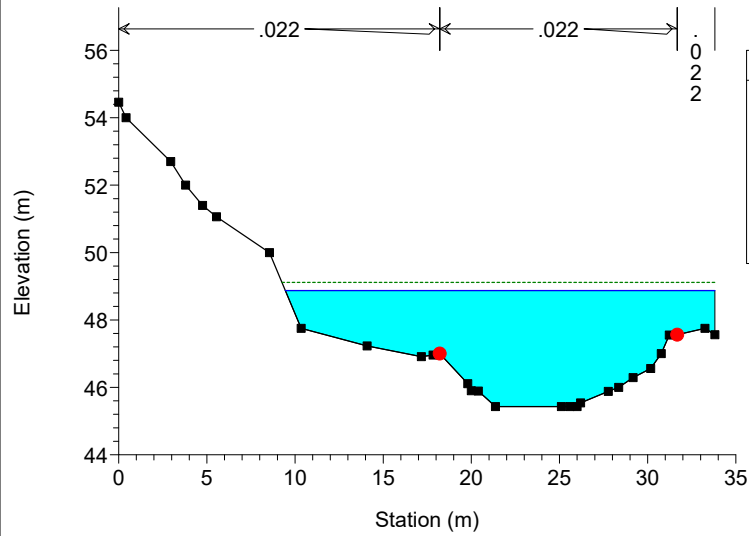
valpantena Plan: Plan 01 11/03/2019

RS = 18 sezione 37



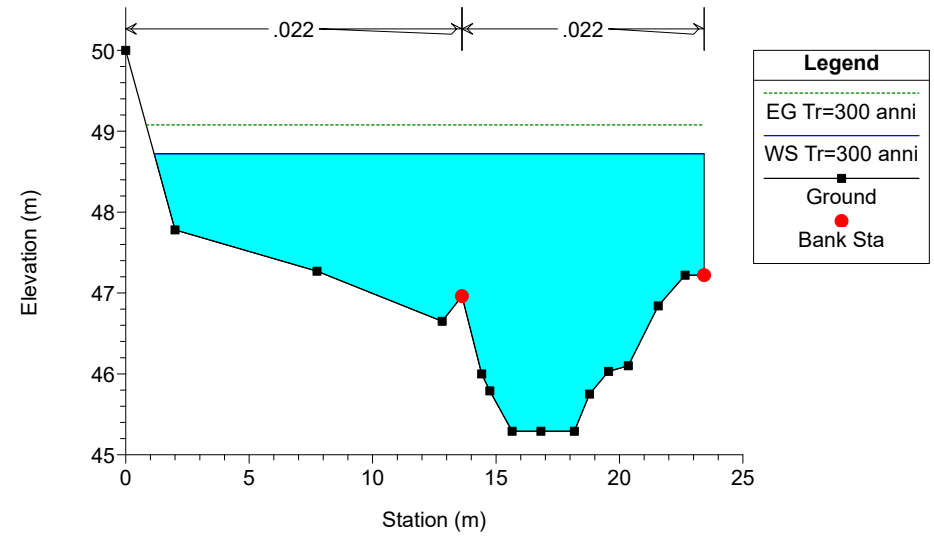
valpantena Plan: Plan 01 11/03/2019

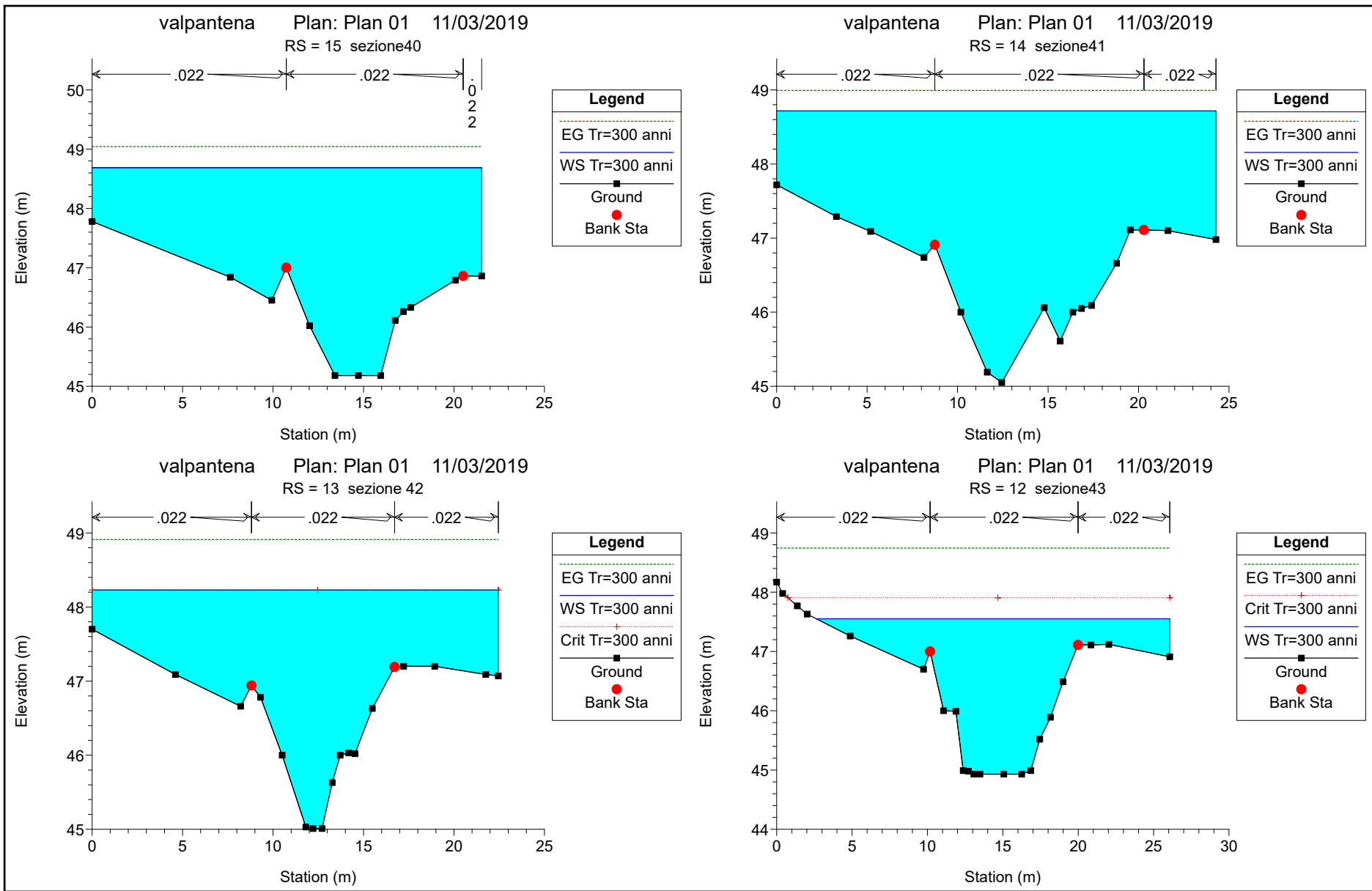
RS = 17 sezione 38

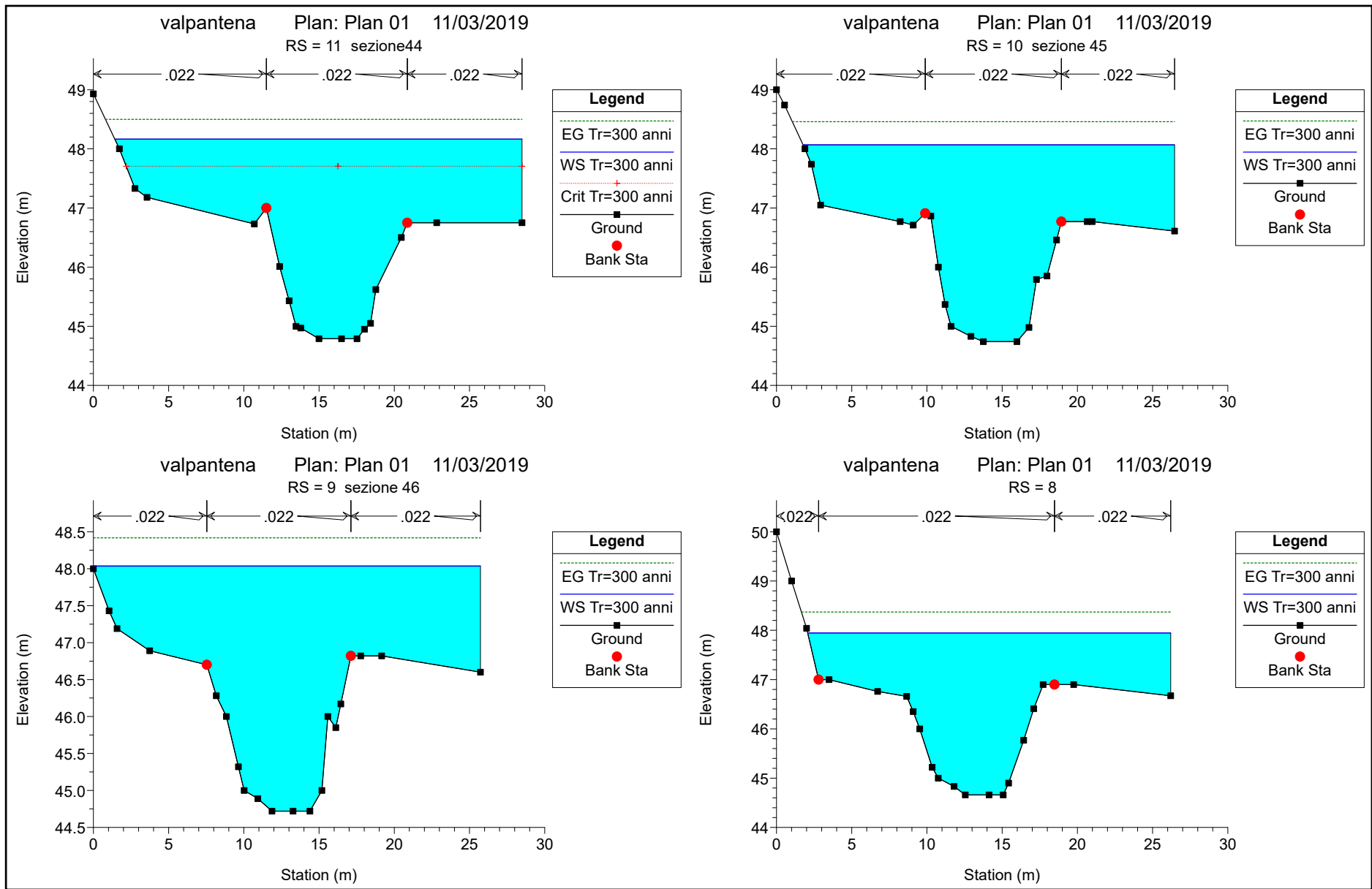


valpantena Plan: Plan 01 11/03/2019

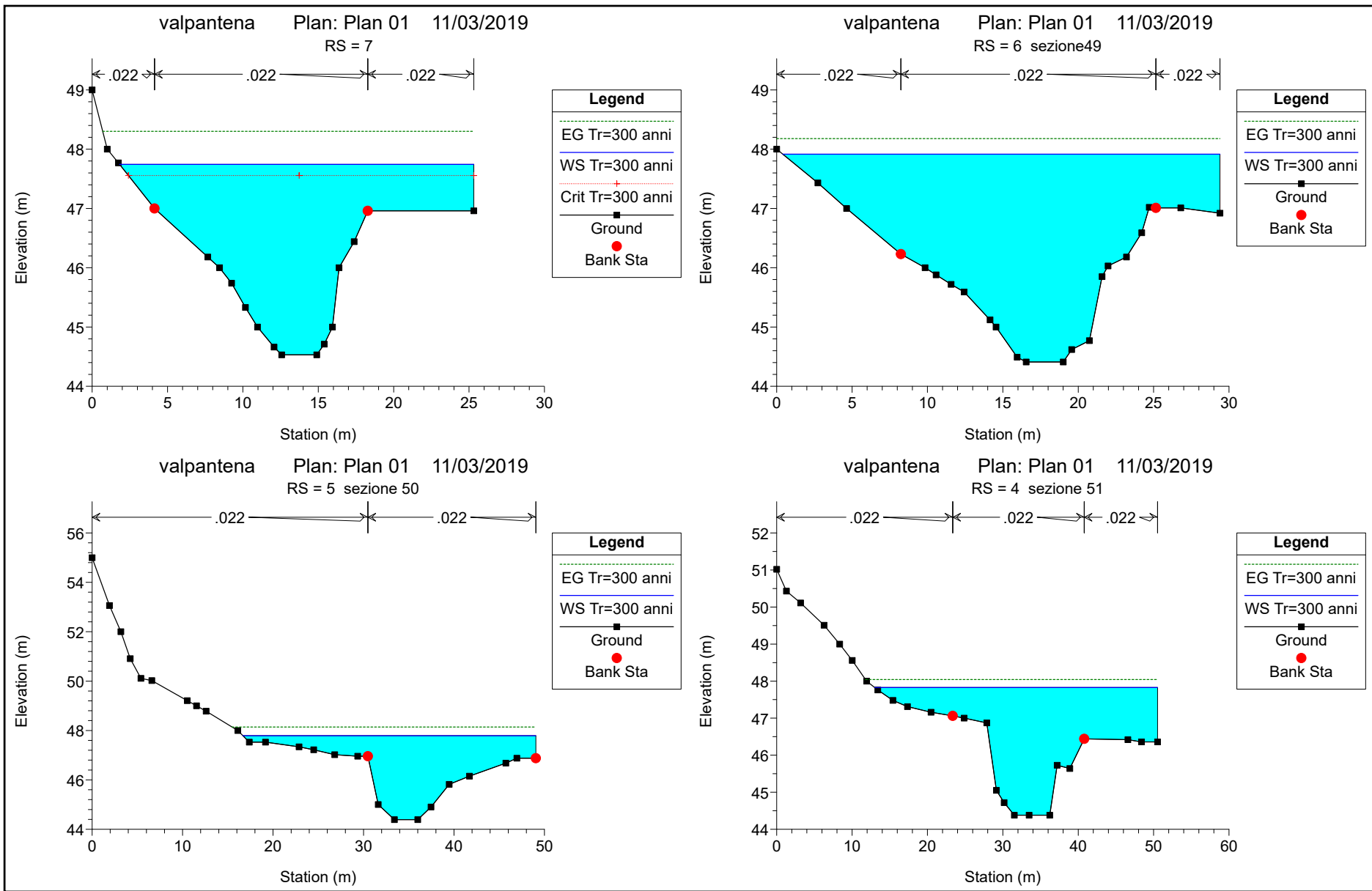
RS = 16 sezione 39

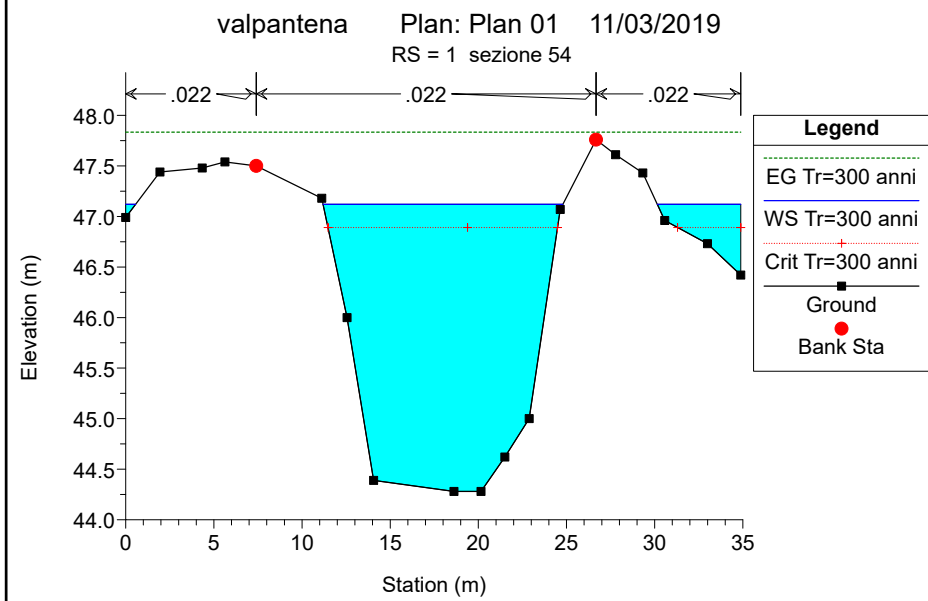
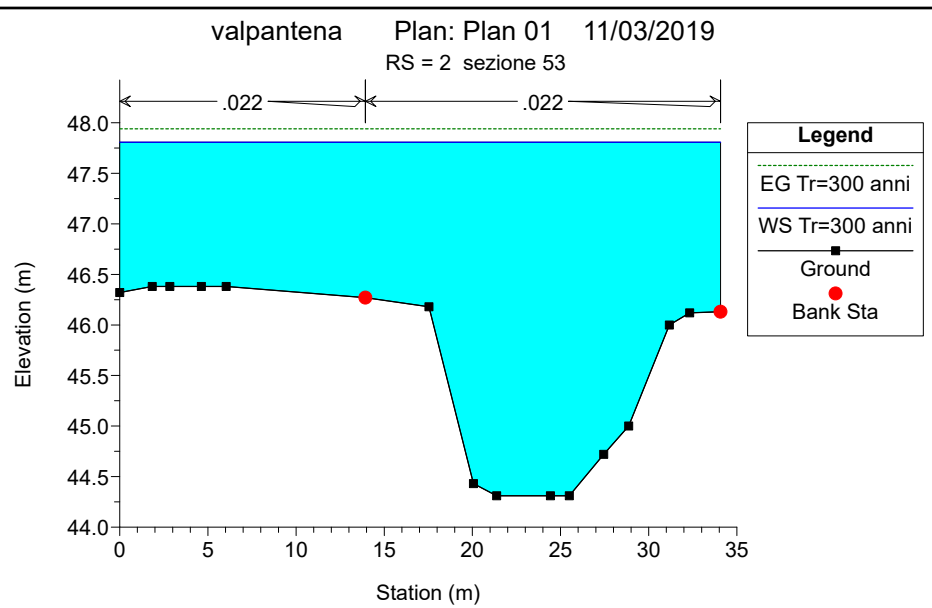
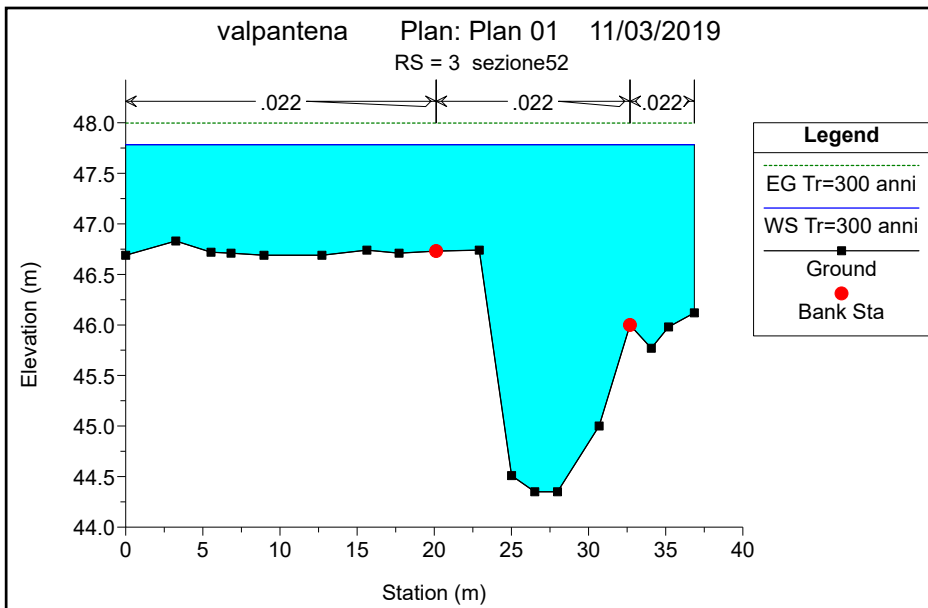






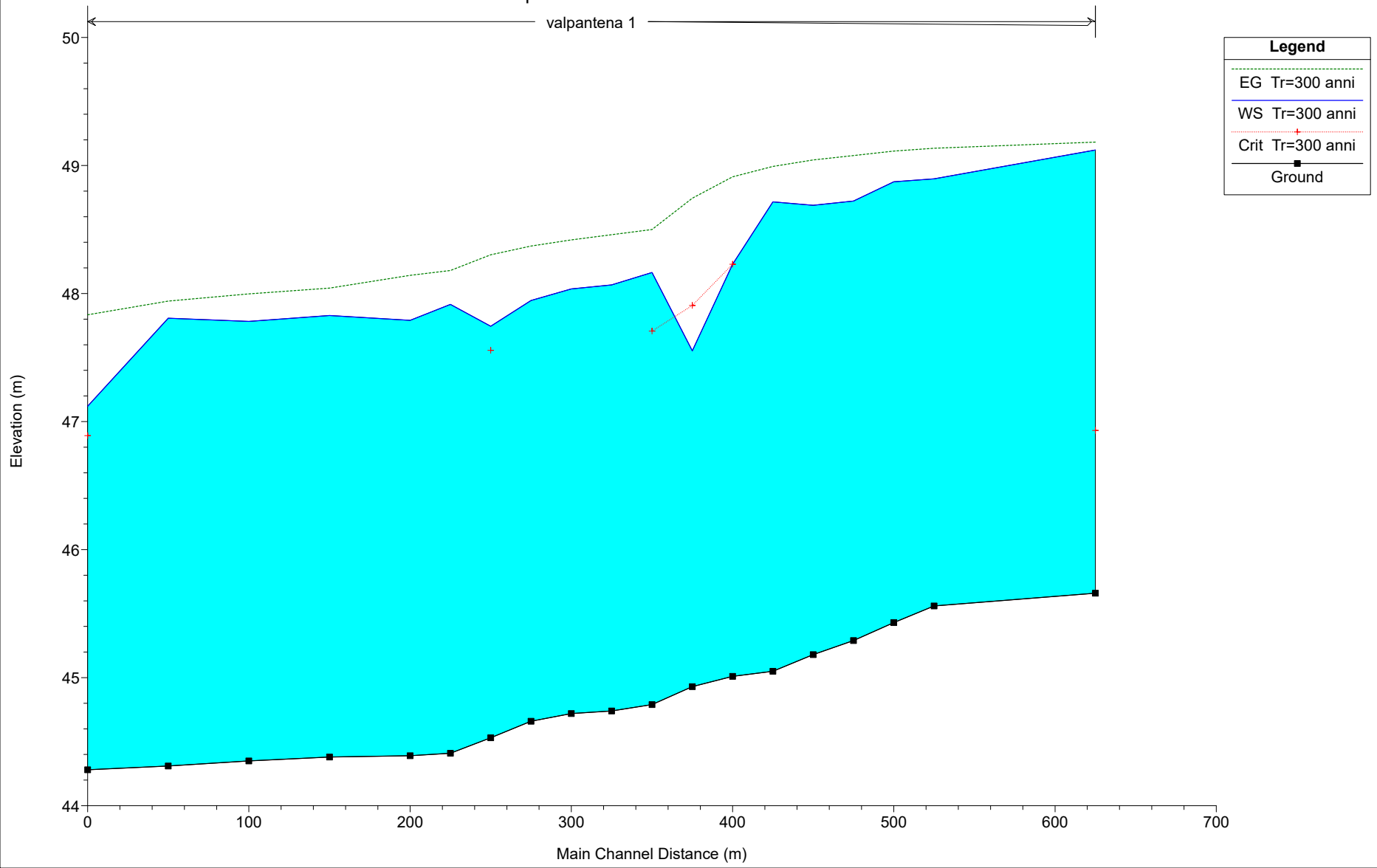






valpantena Plan: Plan 01 11/03/2019

← valpantena 1 →



Legend	
EG Tr=300 anni	(dotted green line)
WS Tr=300 anni	(solid blue line)
Crit Tr=300 anni	(dotted red line with crosses)
Ground	(black line with squares)

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: valpantena Reach: 1 Profile: Tr=300 anni

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
1	19	Tr=300 anni	113.00	45.66	49.12	46.93	49.18	0.000142	1.10	103.13	34.98	0.20
1	18	Tr=300 anni	113.00	45.56	48.90		49.13	0.001044	2.25	52.42	27.92	0.50
1	17	Tr=300 anni	113.00	45.43	48.87		49.11	0.000689	2.32	54.93	24.36	0.43
1	16	Tr=300 anni	113.00	45.29	48.72		49.08	0.001459	2.86	44.01	22.28	0.56
1	15	Tr=300 anni	113.00	45.18	48.69		49.04	0.001228	2.90	45.27	21.53	0.56
1	14	Tr=300 anni	113.00	45.05	48.72		48.99	0.000951	2.56	51.20	24.28	0.50
1	13	Tr=300 anni	113.00	45.01	48.23	48.23	48.91	0.003568	4.13	32.98	22.45	0.89
1	12	Tr=300 anni	113.00	44.93	47.55	47.91	48.74	0.006271	5.10	25.96	23.45	1.16
1	11	Tr=300 anni	113.00	44.79	48.16	47.71	48.50	0.001268	2.89	47.67	27.07	0.55
1	10	Tr=300 anni	113.00	44.74	48.07		48.46	0.001543	3.10	43.90	24.69	0.60
1	9	Tr=300 anni	113.00	44.72	48.04		48.42	0.001495	3.05	44.61	25.73	0.59
1	8	Tr=300 anni	113.00	44.66	47.95		48.37	0.001981	3.03	40.56	24.13	0.68
1	7	Tr=300 anni	113.00	44.53	47.74	47.56	48.30	0.002387	3.43	36.19	23.50	0.76
1	6	Tr=300 anni	113.00	44.41	47.92		48.18	0.000871	2.38	52.98	29.00	0.48
1	5	Tr=300 anni	113.00	44.39	47.79		48.14	0.001585	2.71	45.82	32.38	0.60
1	4	Tr=300 anni	113.00	44.38	47.83		48.04	0.000892	2.19	58.69	37.53	0.46
1	3	Tr=300 anni	113.00	44.35	47.78		48.00	0.000917	2.33	59.45	36.86	0.48
1	2	Tr=300 anni	113.00	44.31	47.81		47.94	0.000471	1.71	72.20	34.07	0.34
1	1	Tr=300 anni	113.00	44.28	47.12	46.89	47.83	0.002999	3.77	31.17	18.88	0.82