



REGIONE TOSCANA

Comune di Sansepolcro



lavoro

REALIZZAZIONE DEL SECONDO PONTE SUL FIUME TEVERE E RACCORDI STRADALI DI COLLEGAMENTO FRA LA ZONA INDUSTRIALE "ALTO TEVERE" E VIA BARTOLOMEO DELLA GATTA SUL TRACCIATO DELLA VIA COMUNALE DEI "BANCHETTI"

PROGETTO PRELIMINARE



oggetto della tavola

RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

elab

p-RE

tav

03

scala

arch 14_012

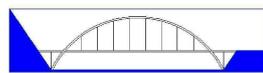
file

rev.	data	aggiornamento	redatto	verificato	approvato
0	Aprile 2014	emissione	Lucarelli	Lucarelli	Lucarelli

EXUP

ENGINEERING

EXUP s.r.l. società di ingegneria Via Cesare Battisti, 8 - 06019 UMBERTIDE (PG)
tel: +39 075 9415871 fax: +39 075 9413449 e-mail: info@exup.it web: www.exup.it



ENSER srl
SOCIETA' DI INGEGNERIA

ENSER s.r.l. società di ingegneria Viale Baccharini, 29 - 48018 FAENZA (RA)
tel: +39 0546 663423 fax: +39 0546 663428 e-mail: ingegneria@enser.it web: www.enser.it



Studio GEA

Studio GEA Via San Florido, 27 - 06012 CITTA' DI CASTELLO (PG)
tel/fax: +39 075 8550618 e-mail: studiogea.ue@libero.it

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

<u>EXUP s.r.l.</u>	Coordinamento progettazione e viabilità Idrologia, idraulica e prefatt. ambientale Architettura, inserimento ambientale Acustica Sicurezza	Ing. Matteo Lucarelli Ing. Francesco Vitali Arch. Davide Coccia Ing. Michele Magrini Ing. Leonardo Locchi
<u>ENSER s.r.l.</u>	Strutture	Prof. Ing. Maurizio Merli Ing. Giuseppe Musinu
<u>Studio GEA</u>	Geologia, coordinamento indagini in situ Sismica	Geol. Filippo Rondoni Geol. Clara Renghi
<u>Collaboratori</u>	Ricerca documentale storico-artistica Topografia	Arch. M.R. Vitiello Geom. Francesco Bazzucchi

COMUNE DI SANSEPOLCRO

Dirigente 2° settore - R.U.P.

Ing. Remo Veneziani

INDICE

1. INTRODUZIONE	2
2. CALCOLO DEI PROFILI IDRAULICI IN MOTO PERMANENTE	3
2.1. DESCRIZIONE DEL CODICE DI CALCOLO	3
2.1.1. <i>Equazioni per il calcolo del profilo idraulico</i>	3
2.1.2. <i>Calcolo della profondità di stato critico</i>	6
2.1.3. <i>Calcoli idraulici per sezioni con singolarità</i>	6
2.2. MODALITA' DI DEFLUSSO DELLA PIENA	8
3. VERIFICHE IDRAULICHE	10

ALLEGATI

- ALLEGATO 1: Individuazione area in esame
- ALLEGATO 2: Sezioni fluviali considerate
- ALLEGATO 3: Verifiche idrauliche stato attuale
- ALLEGATO 4: Verifiche idrauliche stato modificato

1. INTRODUZIONE

La presente relazione riguarda la verifica idraulica ai fini della realizzazione di un ponte stradale per l'attraversamento del fiume Tevere in prossimità della loc. Molino de Tevere del comune di Sansepolcro (AR). L'esatta ubicazione del ponte è riportata nell'Allegato 1 alla presente.

Il ponte stradale in progetto è costituito da una struttura a travata continua poggiate su due spalle laterali e su 4 pile in C.A. di forma allungata orientate secondo il verso di scorrimento del fiume Tevere alloggiate all'interno dell'area golenale.

Oggetto della presente relazione è l'esame di compatibilità idraulica del ponte.

La verifica è tesa a controllare che con una portata di piena avente probabilità di ricorrenza duecentennale siano garantite le condizioni di sicurezza.

Tale verifica è altresì estesa considerando la portata massima esitabile da tutti gli organi di scarico muniti di paratoie dalla diga di Montedoglio sul fiume Tevere, la quale è posta a circa 9 km a monte della sezione ove è pensata la realizzazione del ponte oggetto della presente relazione.

Costituiscono le basi del presente documento i seguenti elaborati:

- [1] Relazione idraulica ed allegati del piano strutturale del comune di Sansepolcro (AR);
- [2] Carta Tecnica Regionale della porzione di territorio in esame;
- [3] Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico - noto anche come P.A.I. – redatto dall'Autorità di Bacino del Fiume Tevere ai sensi della L. 183/89 e del D.L. 180/98;
- [4] Studio dell'onda di piena artificiale conseguente a manovra degli organi di scarico dalla diga di Montedoglio sul fiume Tevere;
- [5] Rilievo topografico della sezione del fiume Tevere dove verrà realizzato il ponte.

2. CALCOLO DEI PROFILI IDRAULICI IN MOTO PERMANENTE

2.1.DESCRIZIONE DEL CODICE DI CALCOLO

La valutazione della sufficienza idraulica è stata condotta mediante l'ausilio di un codice¹ per il calcolo dei profili idraulici in moto permanente gradualmente variato in alvei naturali (o artificiali), che consente anche la valutazione degli effetti della corrente dovuti all'interazione con ponti, briglie, stramazzi ed aree golenali.

In primo luogo occorre fornire le informazioni relative alla geometria del corso d'acqua in un'apposita sezione (denominata *geometric data*), all'interno della quale si devono definire il corso del fiume (denominato *reach*), la geometria delle sezioni (denominata *cross section geometry*), la distanza fra le sezioni (denominata *reach lengths*) e il coefficiente di scabrezza, rappresentativo delle perdite di carico, secondo la formulazione di Manning.

In questa sezione è possibile definire la quota delle sponde (denominate *left and right elevations*), degli argini (denominati *levees*), inserire nella sezione delle aree dove l'acqua arriva ma non contribuisce al deflusso (denominate *ineffective flow areas*) e delle coperture (denominate *lids*).

Il codice di calcolo permette anche di fornire la geometria dei ponti in una sezione (denominata *bridge and culvert data*) nella quale è possibile definire per ogni ponte l'impalcato (denominato *deck/roadway*), le pile (denominate *piers*), le spalle (denominate *slopingabutments*) e le condizioni di calcolo (denominate *bridge modelling approach*).

Successivamente occorre impostare la sezione relativa alle condizioni di moto (denominata *steady flow data*), definendo la portata di riferimento per le diverse sezioni fluviali e le condizioni al contorno (denominate *boundary conditions*). A questo punto il codice di calcolo è pronto per eseguire i calcoli idraulici nella sezione denominata *steady flow analysis*.

I risultati delle computazioni idrauliche sono proposti attraverso delle tabelle riepilogative (*cross-section table* e *profile table*), dei grafici delle sezioni geometriche (*plot cross-section*), dal profilo longitudinale (*plot profile*) ed infine tramite una visione prospettica tridimensionale del sistema fluviale (*x, y, z perspective plot*).

2.1.1.Equazioni per il calcolo del profilo idraulico

L'ipotesi alla base delle formulazioni per la determinazione del profilo idraulico è che il moto dell'acqua nel canale sia uniforme. Questo significa che tutte le grandezze caratterizzanti la corrente (altezza idrica, velocità media nella sezione, portata, ecc.) risultano costanti nel tempo e nello spazio.

Sotto questa ipotesi, la pendenza media disponibile i_m , definita come il rapporto fra la differenza di quota e la distanza fra la sezione di monte e quella di valle, è esattamente pari alla cadente

¹ HEC-RAS, River Analysis System (versione 4.1.0), sviluppato da U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, 609 Second Street, Davis, California, USA.

piezometrica J , che rappresenta le dissipazioni energetiche per unità di lunghezza. La relazione $i_m = J$ costituisce l'equazione fondamentale del moto uniforme.

La determinazione del profilo teorico in moto permanente è ottenuta tramite l'applicazione del cosiddetto *Standard Step Method*, basato appunto sull'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 di 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 di inizio e fine di ciascun tratto.

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

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

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

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

dove A [m²] è l'area della sezione liquida, R [m] il raggio idraulico e n [m^{-1/3} s] è il parametro rappresentativo della scabrezza, espresso in termini di coefficiente di Manning.

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*).

Ai fini del calcolo, si possono assumere valori del coefficiente n riportati nella tabella seguente a seconda della tipologia d'alveo e di golena; tali valori sono da intendersi di riferimento e quindi in ogni situazione reale vanno adeguatamente soppesati con le condizioni esistenti.

Descrizione del corso d'acqua: alveo e area golenale	n Manning (m ^{-1/3} ×s)	ks Strickler (m ^{1/3} ×s ⁻¹)	m Kutter (m ^{1/2})	γ Bazin (m ^{1/2})
<i>Tratti montani dei corsi d'acqua naturali con salti, rocce o vegetazione arbustiva-arborea in alveo</i>	0.040÷0.033	25÷30	3.50÷3.00	3.00÷2.30
<i>Corsi d'acqua regolari con vegetazione e movimento di materiale sul fondo</i>	0.033÷0.028	30÷35	3.00÷2.00	2.30÷1.75
<i>Corsi d'acqua di pianura, con andamento regolare e scarsa presenza di vegetazione</i>	0.028÷0.025	35÷40	2.00÷1.50	1.75÷1.30
<i>Tratti urbanizzati dei corsi d'acqua, con fondo naturale e pareti in massi regolari cementati</i>	0.028÷0.025	35÷40	2.00÷1.50	1.75÷1.30
<i>Corsi d'acqua con fondo e pareti totalmente cementati, in buono stato e privi di manufatti in alveo</i>	0.025÷0.022	40÷45	1.50÷1.35	1.30÷1.00
<i>Tratti tombinati perfettamente lisciati e dotati di dispositivi di trattenuta di materiale flottante o di trasporto</i>	0.020÷0.018	50÷55	1.00÷0.75	0.85÷0.60
<i>Aree golenali verdi, caratterizzate da vegetazione regolare e alberi di medie dimensioni</i>	0.050÷0.040	20÷25	≥3.50	≥3.00
<i>Aree golenali a prato, con erba tagliata e assenza di alberi</i>	0.033÷0.025	30÷40	3.00÷1.50	2.30÷1.30
<i>Aree urbane adibite a parcheggio o con strade abbastanza ampie</i>	0.020÷0.018	50÷55	1.00÷0.75	0.85÷0.60

Per il calcolo della scabrezza equivalente n_c il codice di calcolo utilizza la formula

$$n_c = \left[\frac{\sum_{i=1}^N \left(P_i \cdot n_i^3 \right)}{P} \right]^{\frac{2}{3}}$$

dove P [m] rappresenta il perimetro bagnato dell'intera sezione, P_i e n_i il perimetro bagnato e il coefficiente di Manning della sezione i -esima. Per rappresentare la macro-scabrezza, in particolare nei tratti urbani dove si possono trovare edifici in prossimità del corso d'acqua, il codice di calcolo permette di inserire dei blocchi (denominati *blocked obstruction*), che sono aree della sezione permanentemente bloccate, le quali diminuiscono l'area della sezione e aggiungono perimetro bagnato quando l'acqua giunge a contatto con esse.

Il termine h_e dipende, invece, dalla variazione del carico cinetico della corrente tra le sezioni i ed $i+1$ dovuta al cambio di geometria delle sezioni stesse ed è a sua volta esprimibile come:

$$h_e = \beta \cdot \left[\alpha_i \cdot \frac{V_i^2}{2g} - \alpha_{i+1} \cdot \frac{V_{i+1}^2}{2g} \right]$$

dove β è un coefficiente di contrazione o espansione dipendente dalle condizioni geometriche del tratto considerato, V_i e V_{i+1} [m/s] sono i valori delle velocità medie agli estremi del tronco e α_i e α_{i+1} sono i coefficienti correttivi dell'energia cinetica.

2.1.2. Calcolo della profondità di stato critico

Al tirante idrico in condizioni di stato critico corrisponde la massima portata teoricamente smaltibile dalla sezione, indipendentemente dalla natura del fondo e delle pareti, nonché dall'inserimento della sezione stessa in un tronco fluviale. Esso è stato valutato imponendo che il numero di Froude, indicato con Fr , assuma valore unitario. In termini di portata e per le sezioni in esame, si scrive:

$$Fr = \frac{VA}{\sqrt{A^2 g h_m}}$$

dove g è l'accelerazione di gravità, h_m il tirante idrico, A l'area bagnata della sezione, e V la velocità media della sezione.

2.1.3. Calcoli idraulici per sezioni con singolarità

Il codice di calcolo consente la simulazione del deflusso attraverso ponti (*bridge*) 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 scavalco dell'impalcato stesso (funzionamento a stramazzo).

Per il deflusso a pelo libero il modello utilizza il metodo della conservazione della quantità di moto (*Momentum Balance*) che consiste nell'eguagliare la quantità di moto fra la sezione di monte e di valle del manufatto attraverso tre passi successivi:

1) tra sezione esterna di valle (sezione 2) e sezione interna di valle (sezione D):

$$(my)_D + (mq)_D = (my)_2 - (my)_p + (mq)_2 + \frac{F_f - W_x}{\gamma}$$

2) tra sezione interna di valle (sezione D) e sezione interna di monte (sezione U):

$$(my)_U + (mq)_U = (my)_D + (mq)_D + \frac{F_f - W_x}{\gamma}$$

3) tra sezione interna di monte (sezione U) e sezione esterna di monte (sezione 1):

$$(my)_1 + (mq)_1 = (my)_U + (mq)_U + (my)_p + \frac{1}{2} \cdot C_D \cdot \left(\frac{A_p}{A_1} \right) \cdot (mq)_1 + \frac{F_f - W_x}{\gamma}$$

Avendo indicato con:

$my = A \cdot Y$ = prodotto dell'area per la distanza verticale tra il pelo libero e il centro di gravità delle sezioni di deflusso;

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

C_D = coefficiente di "drag" variabile in funzione della forma delle pile;

F_f = forza dovuta all'attrito sul fondo e sulle pareti;

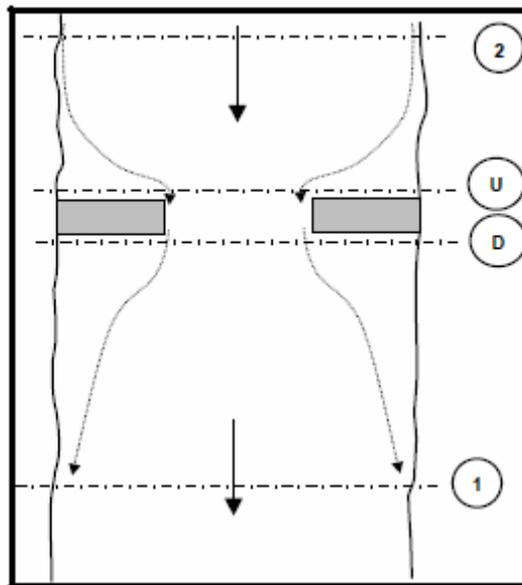
W_x = forza peso nella direzione del flusso;

γ = peso specifico dell'acqua;

p = pedice di riferimento della sola sezione bagnata delle pile.

In figura seguente si riporta lo schema della successione delle sezioni (ordinarie e fittizie) utilizzato per il calcolo del profilo in presenza delle pile di un ponte, dove la freccia indica la direzione del moto e i numeri si riferiscono alle sezioni utilizzate nelle formulazioni viste precedentemente.

Le sezioni che delimitano il tronco devono essere scelte in modo che la corrente che le attraversa sia gradualmente variata e, inoltre, tale che la loro distanza sia sufficientemente breve da poter lecitamente trascurare la risultante degli sforzi di attrito.



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

$$Q = C \cdot A \cdot \sqrt{2gH}$$

dove $Q[m^3/s]$ è la portata defluita attraverso la luce di area $A[m^2]$, $H[m]$ 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 $L[m]$, $H[m]$ 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 scavalciamento del ponte (stramazzo) l'entità delle portate stramazzeanti e defluenti al di sotto dell'impalcato viene determinata attraverso una procedura iterativa combinando le equazioni che regolano i due fenomeni.

Nella verifica di sezioni particolari, quali ad esempio le zone di confluenza, dove non sono applicabili le relazioni precedenti, è stato applicato il 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:

$$F_s + G = I + M_u - M_e$$

dove F_s 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), I la risultante delle inerzie locali, M_u e M_e le quantità di moto delle masse che nell'unità di tempo entrano ed escono dal volume di controllo.

2.2.MODALITA' DI DEFLUSSO DELLA PIENA

La verifica delle condizioni di deflusso della portata di piena è stata dunque svolta simulando il moto permanente gradualmente variato (portata costante e alveo variabile) in alveo schematizzato come monodimensionale.

Caratterizzazione geometrica

In considerazione del livello della presente progettazione (Progetto Preliminare), per la caratterizzazione geometrica dell'alveo è stato fatto riferimento a:

- due sezioni idrauliche ricavate dalla "*Relazione idraulica ed allegati del piano strutturale del comune di Sansepolcro (AR)*", (Sezioni n.5 e n.7 dell'Allegato 2);
- una sezione idraulica ottenuta da campagna topografica effettuata esattamente dove è pensato il posizionamento del ponte (Sezione n.6 dell'Allegato 2)

Le sezioni battute o derivate sono state inserite nel codice di calcolo per verificare le effettive condizioni di funzionamento idraulico del fiume ed in modo stabilire preliminarmente la quota di posizionamento del ponte per poi poter effettuare le verifiche.

Per quanto riguarda il ponte ne è stata schematizzata la geometria tramite l'inserimento, nel settore denominato *bridge and culvert data*, dell'impalcato, delle pile e delle condizioni di calcolo per il tracciamento del profilo di moto nei pressi del manufatto stesso.

Per una simulazione più attinente alla realtà, in relazione al sopralluogo effettuato e considerando il funzionamento del software nel caso di implementazione di ponti e delle grandi distanze relative tra le sezioni di calcolo, si è assunto che per tutta la larghezza dell'impalcato del ponte la sezione fluviale si mantenga costante.

Parametri idraulici

Dal punto di vista idraulico, il software Hec-Ras richiede in ingresso i dati di portata e dei valori di scabrezza.

Nelle verifiche idrauliche sono state considerate le seguenti portate:

- portata avente tempo di ritorno di 200 anni determinata dall'Autorità di Bacino del Fiume Tevere nella redazione del P.A.I. e pari a 328 m³/s per il tratto del fiume Tevere considerato;
- portata avente tempo di ritorno di 200 anni derivata dalla "*Relazione idraulica ed allegati del piano strutturale del comune di Sansepolcro (AR)*" e pari a 668,10 m³/s per il tratto del fiume Tevere considerato;
- la massima portata esitabile da tutti gli organi di scarico muniti da paratoie dalla diga di Montedoglio derivata dallo "*Studio dell'onda di piena artificiale conseguente a manovra degli organi di scarico*" di cui al DM. LL.PP. n. 1125 del 28.08.1986 ed approvata dal

Registro Italiane Dighe con nota n. 501/3979 del 31.07.1995., pari a $700 \text{ m}^3/\text{s}$ e corrispondente ad un tempo di ritorno di 500 anni della relazione citata al punto precedente.

In particolare le succitate portate sono state utilizzate come condizione in ingresso a monte del tratto in esame e considerate uniformemente distribuite lungo tutto lo sviluppo del corso d'acqua.

Per quanto riguarda la scelta del coefficiente di scabrezza per l'asta principale è stato il valore di $0.035 \text{ s/m}^{1/3}$ mentre per le aree golenali è stato assunto il valore di $0.04 \text{ s/m}^{1/3}$, che risulta molto cautelativo in quanto considera il corso d'acqua in uno stato di scarsa manutenzione.

Condizioni al contorno

Il programma Hec-Ras dispone di quattro differenti opzioni per la definizione delle condizioni al contorno:

1. *Known Water Surface Elevations*: la condizione al contorno corrisponde ad un valore noto d'altezza d'acqua inserito per ciascuno dei profili da calcolare; 2. *Critical Depth*: la condizione al contorno viene posta uguale alla profondità critica che il programma calcola per ciascuno dei profili; 3. *Normal Depth*: la condizione al contorno è uguale alla profondità di moto uniforme che il programma calcola per ciascuno dei profili. In questo caso si deve inserire la pendenza della linea dei carichi totali, che può essere approssimata mediante la pendenza del tratto nel canale a monte; 4. *Rating Curve*: in questo caso occorre inserire una serie di valori noti di altezza d'acqua e delle relative portate.

La condizione al contorno per ciascun profilo viene ottenuta interpolando le altezze d'acqua della scala di deflusso per il corrispondente valore di portata.

Non conoscendo a priori la natura della corrente si è deciso di impostare la simulazione idraulica in condizioni di regime misto.

Le condizioni al contorno imposte sono state le seguenti: altezza critica sia a monte che valle del tratto studiato.

3. VERIFICHE IDRAULICHE

Le verifiche idrauliche sono state effettuate secondo quanto espresso nel paragrafo precedente. Dalle simulazioni effettuate (cfr. Allegato 3) si rileva che la sezione fluviale attuale in corrispondenza del ponte non risulta in grado di smaltire né la portata avente tempo di ritorno duecentennale ricavata dal piano strutturale del comune di Sansepolcro (668,10 m³/s), né la massima scaricabile dalla diga di Montedoglio (700,00 m³/s). La portata duecentennale riportata nel P.A.I. Umbria (328,00 m³/s) riesce invece a transitare con un franco rispetto all'argine in destra idrografica di circa 60 cm.

Dai succitati risultati si è quindi optato di prevedere un rialzo arginale in corrispondenza della succitata sezione fino a quota 307.50 m s.l.m., coincidente con la quota dell'intradosso dell'impalcato del ponte (cfr. Allegato 4). Tale rialzo arginale è previsto esteso per sicurezza per una lunghezza di 10 m a monte ed a valle del ponte.

Le analisi idrauliche condotte considerando il rialzo arginale e la presenza del ponte dimostrano che le sezioni idrauliche del fiume risultano compatibili al deflusso delle portate utilizzate, con i seguenti franchi:

- $Q_{Tr=200} = 328,0 \text{ m}^3/\text{s}$ (P.A.I. Umbria)
Livello idrico massimo raggiunto = 305,37 m s.l.m
Franco = 2,13 m
- $Q_{Tr=200} = 668,1 \text{ m}^3/\text{s}$ (Piano strutturale Sansepolcro)
Livello idrico massimo raggiunto = 306,38 m s.l.m
Franco = 1,12 m
- $Q_{max} = 700 \text{ m}^3/\text{s}$ (Portata massima scaricabile diga di Montedoglio)
Livello idrico massimo raggiunto = 306,45 m s.l.m
Franco = 1,05 m

Per qualsiasi altro dettaglio si rimanda all'allegato 4 alla presente relazione.

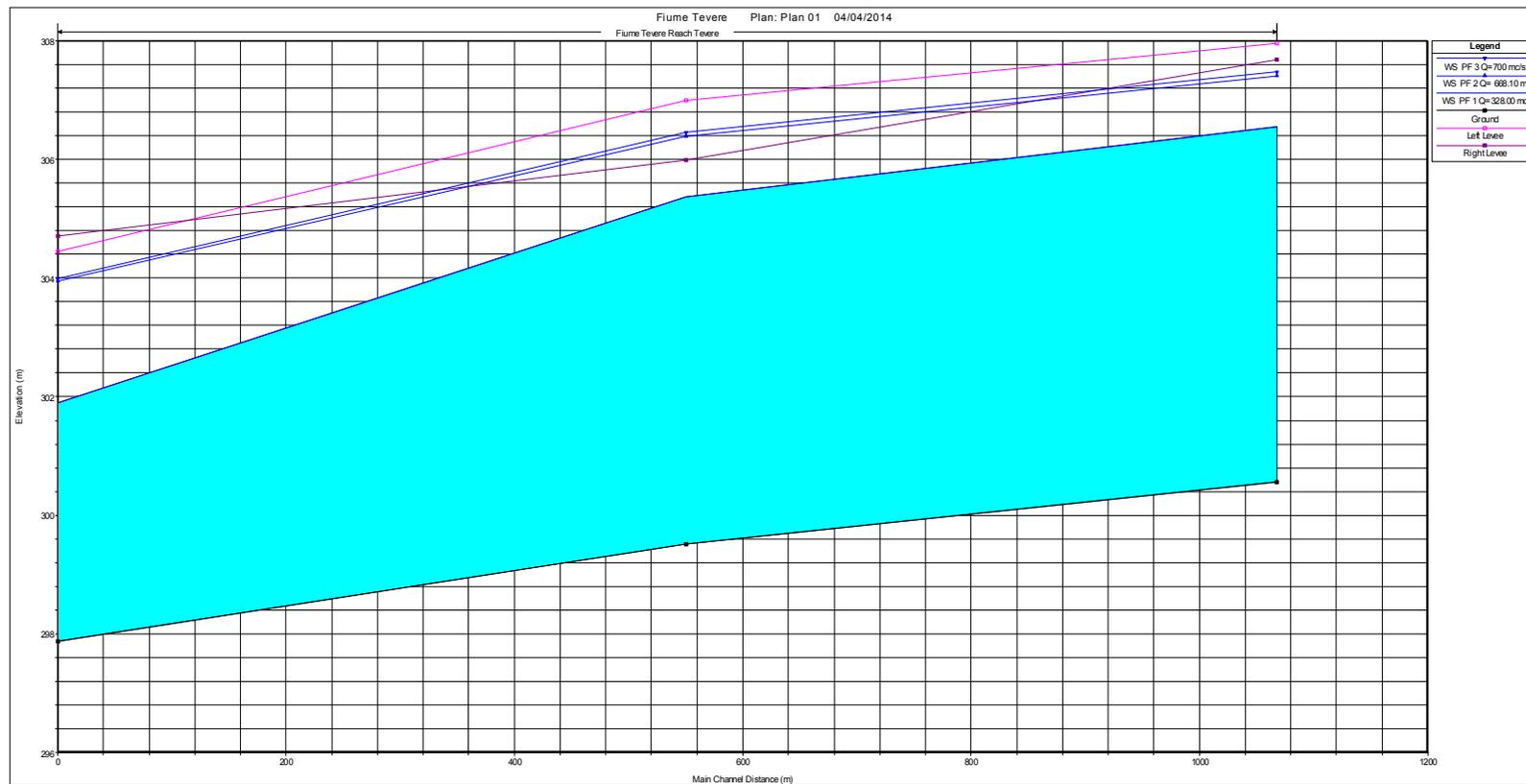
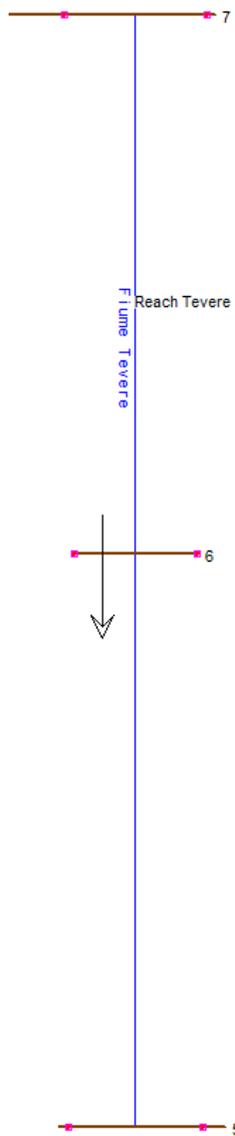
ALLEGATO 1 - INDIVIDUAZIONE AREA IN ESAME



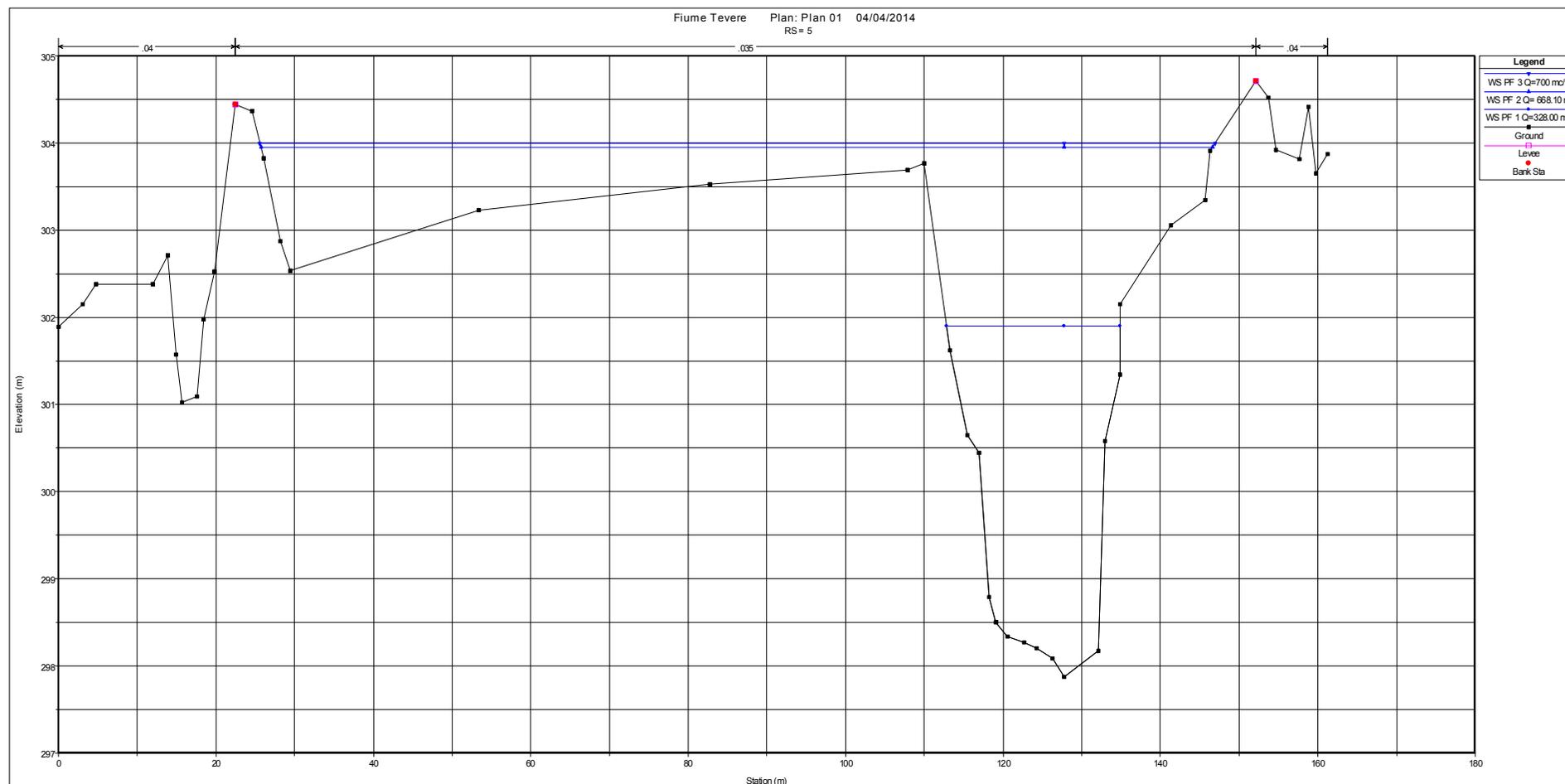
ALLEGATO 2 - SEZIONI FLUVIALI CONSIDERATE



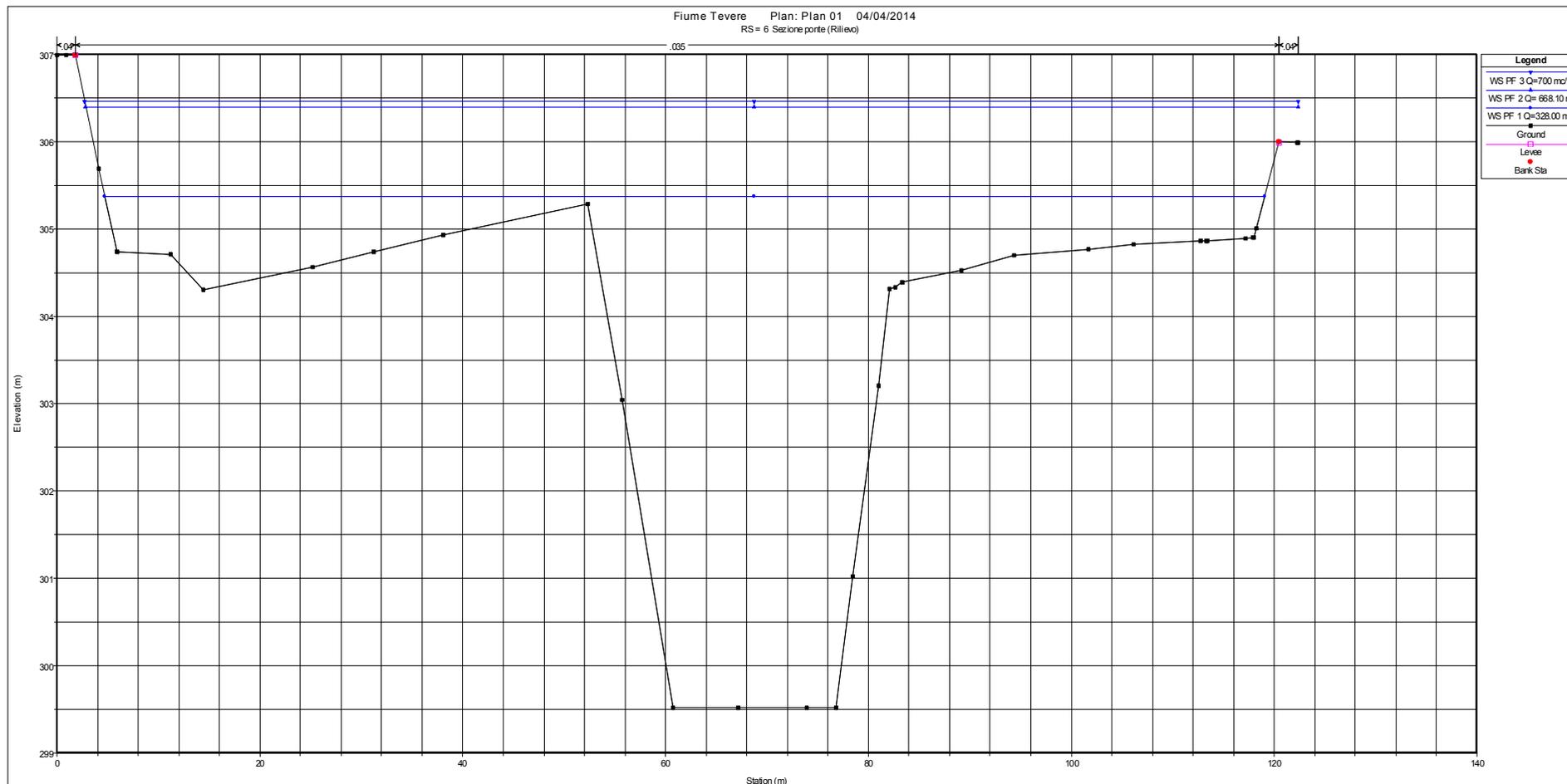
ALLEGATO 3 - VERIFICHE IDRAULICHE STATO ATTUALE



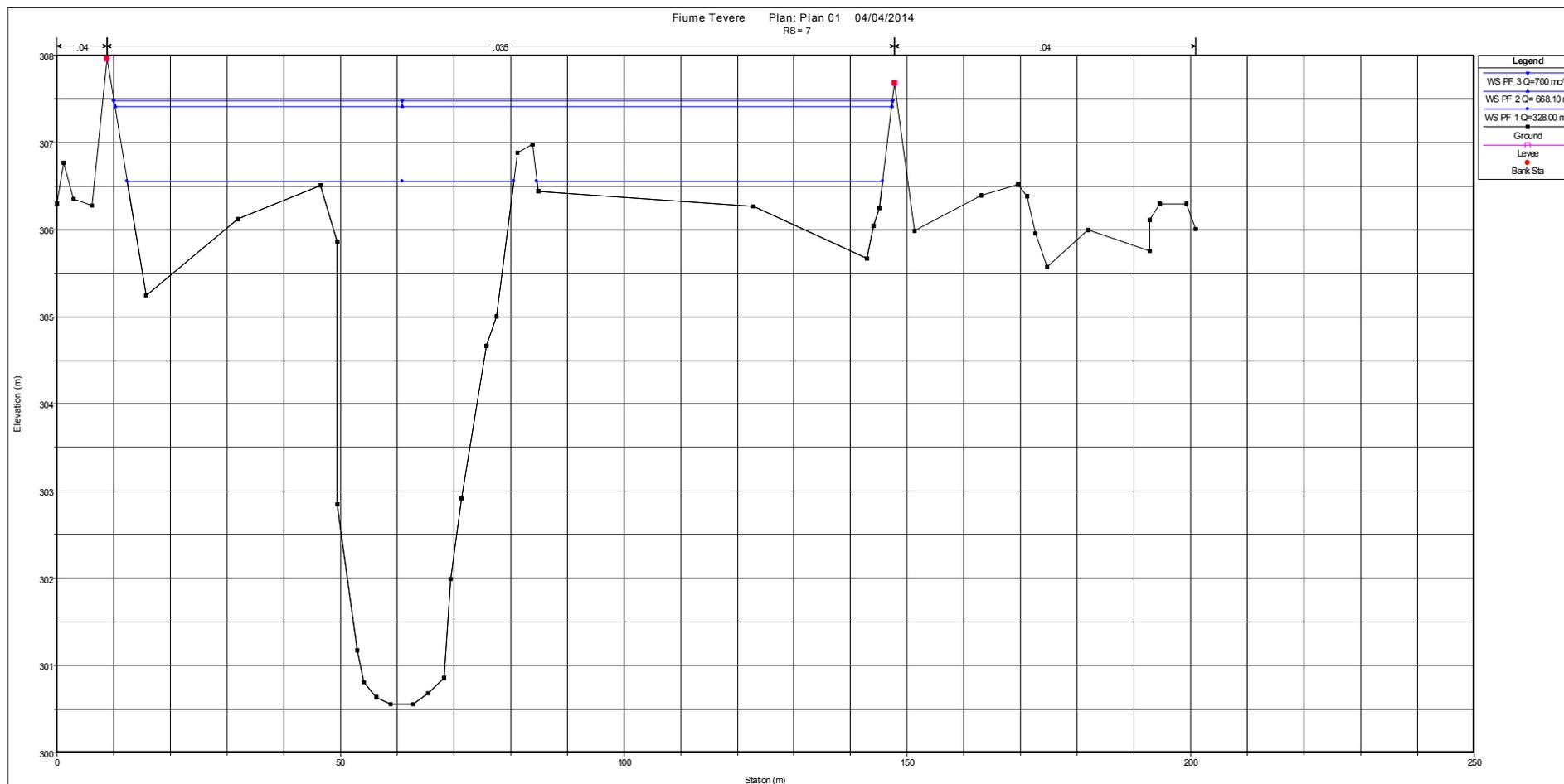
ALLEGATO 3 - VERIFICHE IDRAULICHE STATO ATTUALE



ALLEGATO 3 - VERIFICHE IDRAULICHE STATO ATTUALE



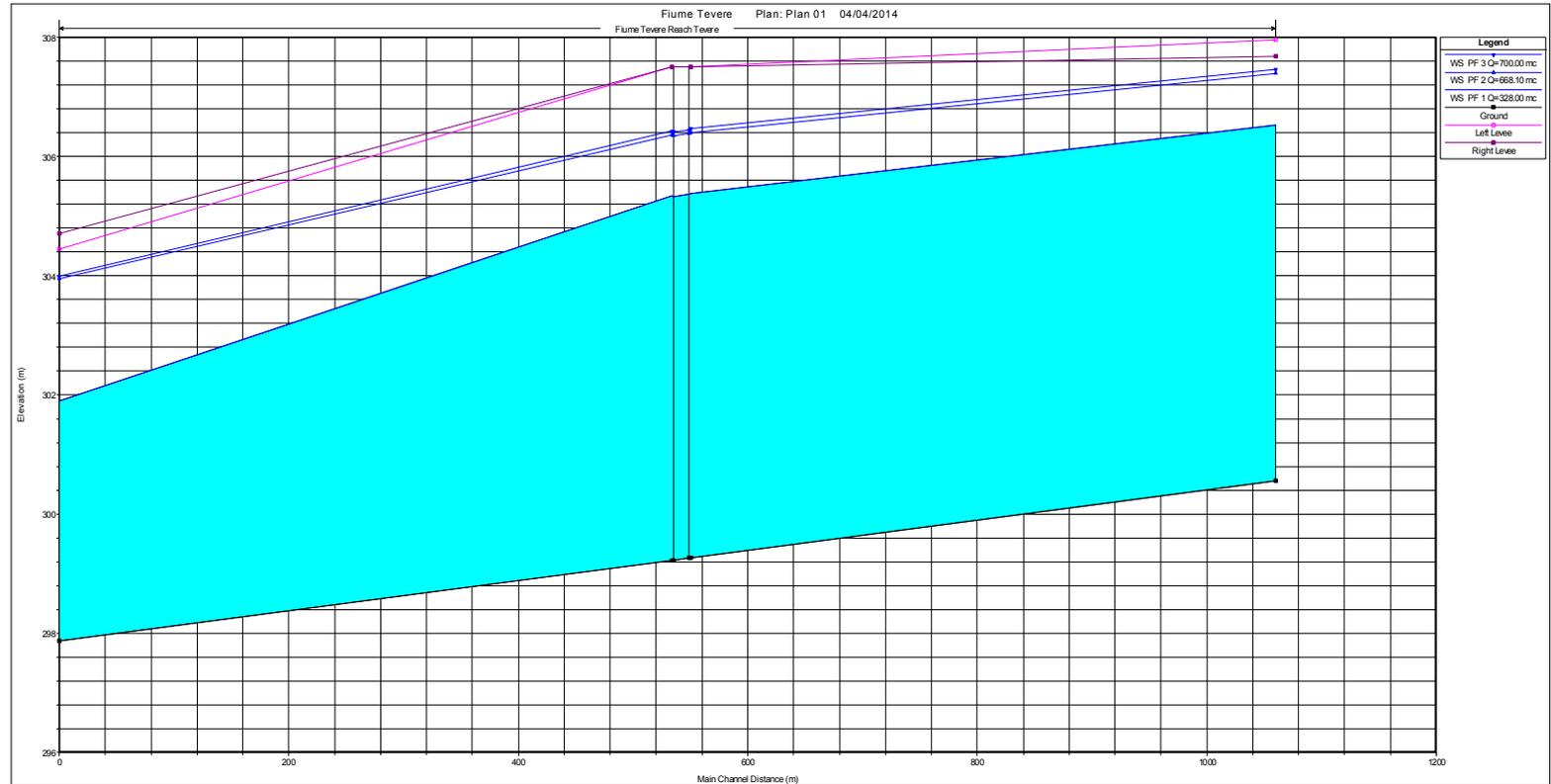
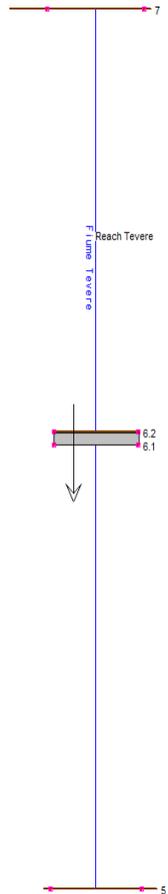
ALLEGATO 3 - VERIFICHE IDRAULICHE STATO ATTUALE



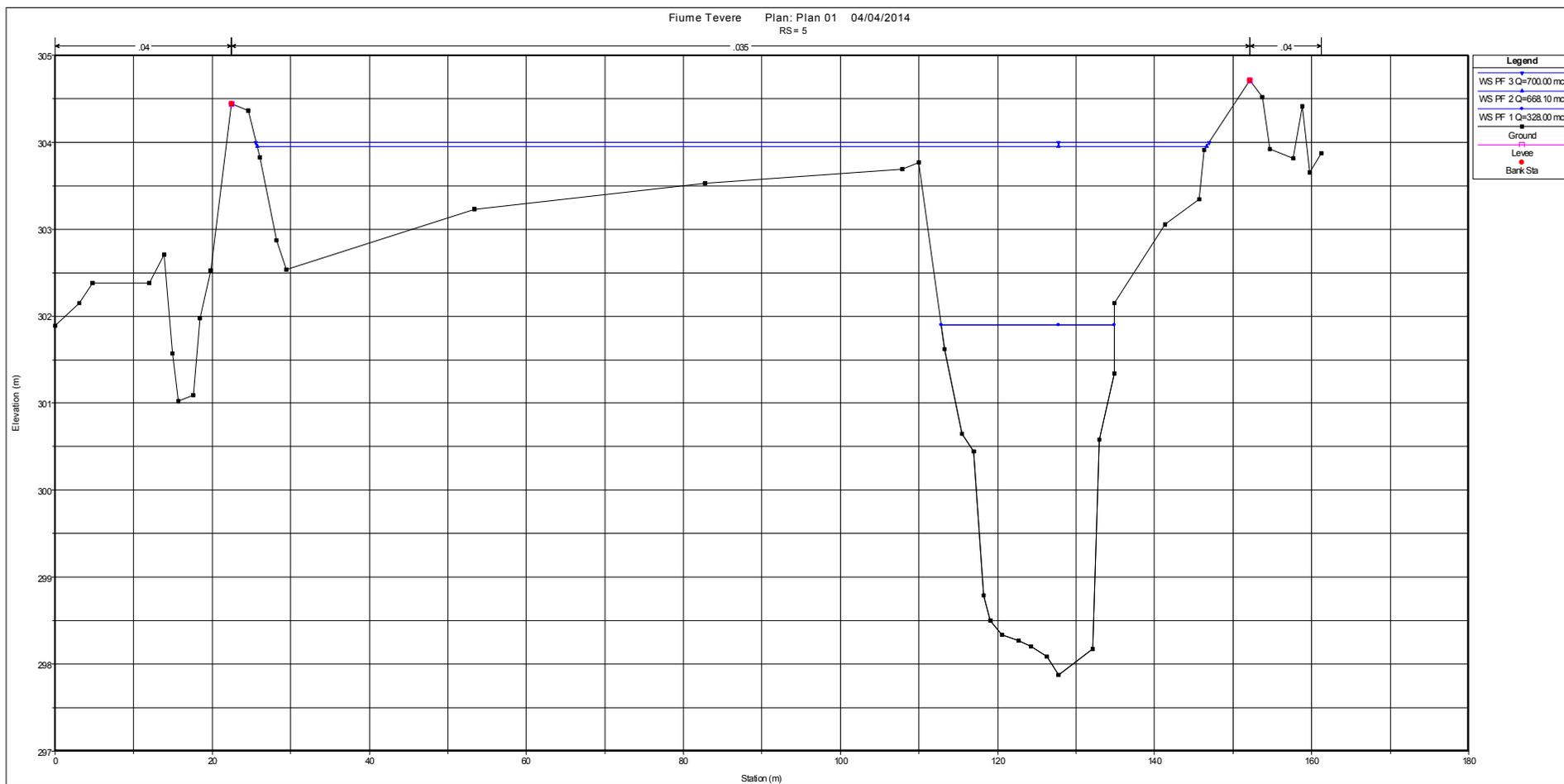
ALLEGATO 3 - VERIFICHE IDRAULICHE STATO ATTUALE

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width
			(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)
Reach Tevere	5	PF 1 Q=328.00 mc	328	297.88	301.9	301.9	303.31	0.01044	5.27	62.28	22.08
Reach Tevere	5	PF 2 Q= 668.10 m	668.1	297.88	303.95	303.95	304.68	0.011135	3.78	176.74	120.87
Reach Tevere	5	PF 3 Q=700 mc/s	700	297.88	304	304	304.75	0.011045	3.84	182.48	121.35
Reach Tevere	6	PF 1 Q=328.00 mc	328	299.52	305.37	302.72	305.53	0.001943	1.73	189.93	114.38
Reach Tevere	6	PF 2 Q= 668.10 m	668.1	299.52	306.39	305.21	306.63	0.001665	2.16	309.25	119.49
Reach Tevere	6	PF 3 Q=700 mc/s	700	299.52	306.46	305.27	306.71	0.001681	2.21	317.38	119.61
Reach Tevere	7	PF 1 Q=328.00 mc	328	300.56	306.56	303.97	306.73	0.002806	1.83	179.16	129.23
Reach Tevere	7	PF 2 Q= 668.10 m	668.1	300.56	307.41	306.57	307.68	0.002449	2.28	292.99	137.04
Reach Tevere	7	PF 3 Q=700 mc/s	700	300.56	307.48	306.61	307.75	0.002423	2.31	302.56	137.35

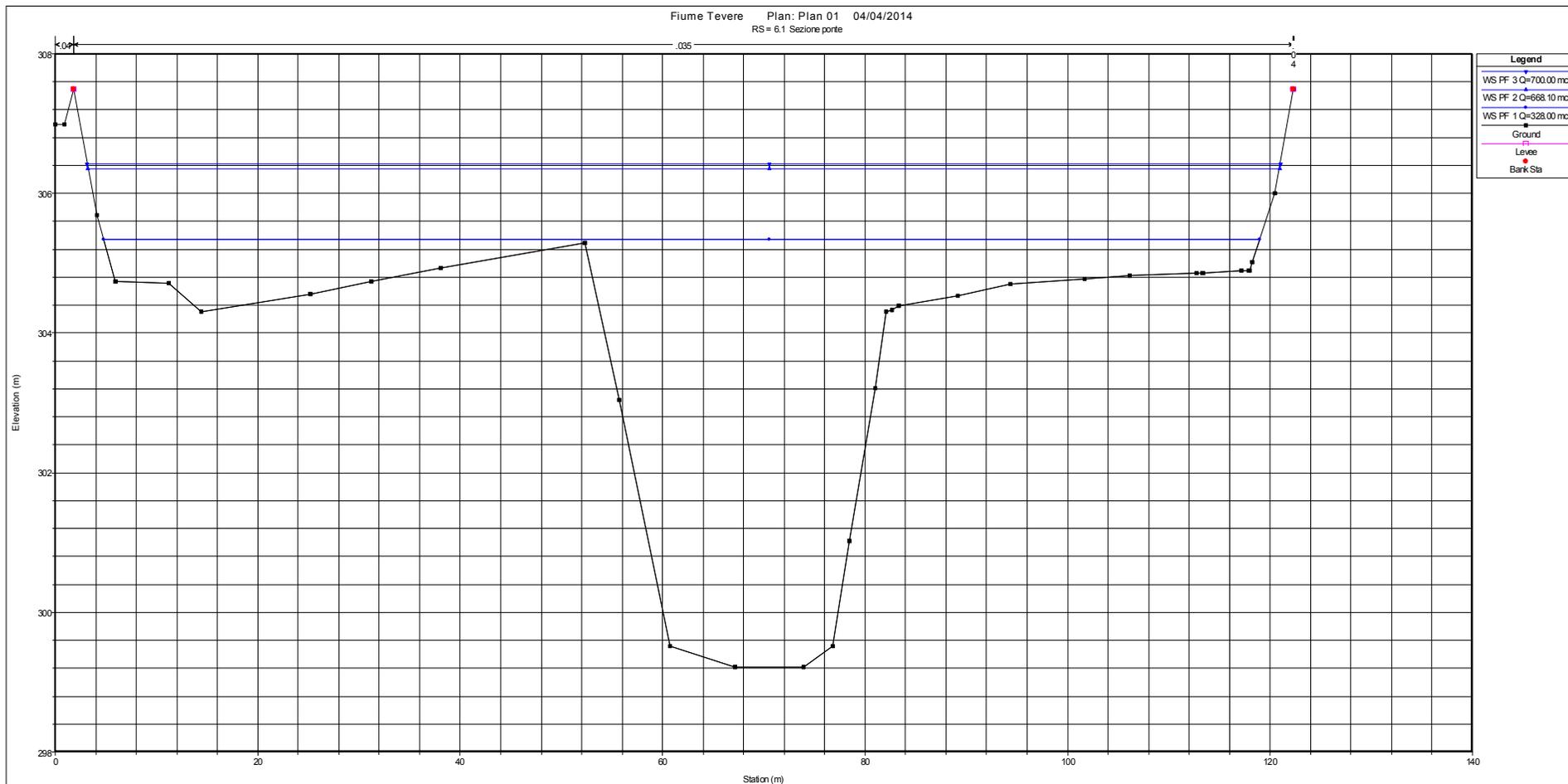
ALLEGATO 4 - VERIFICHE IDRAULICHE STATO MODIFICATO



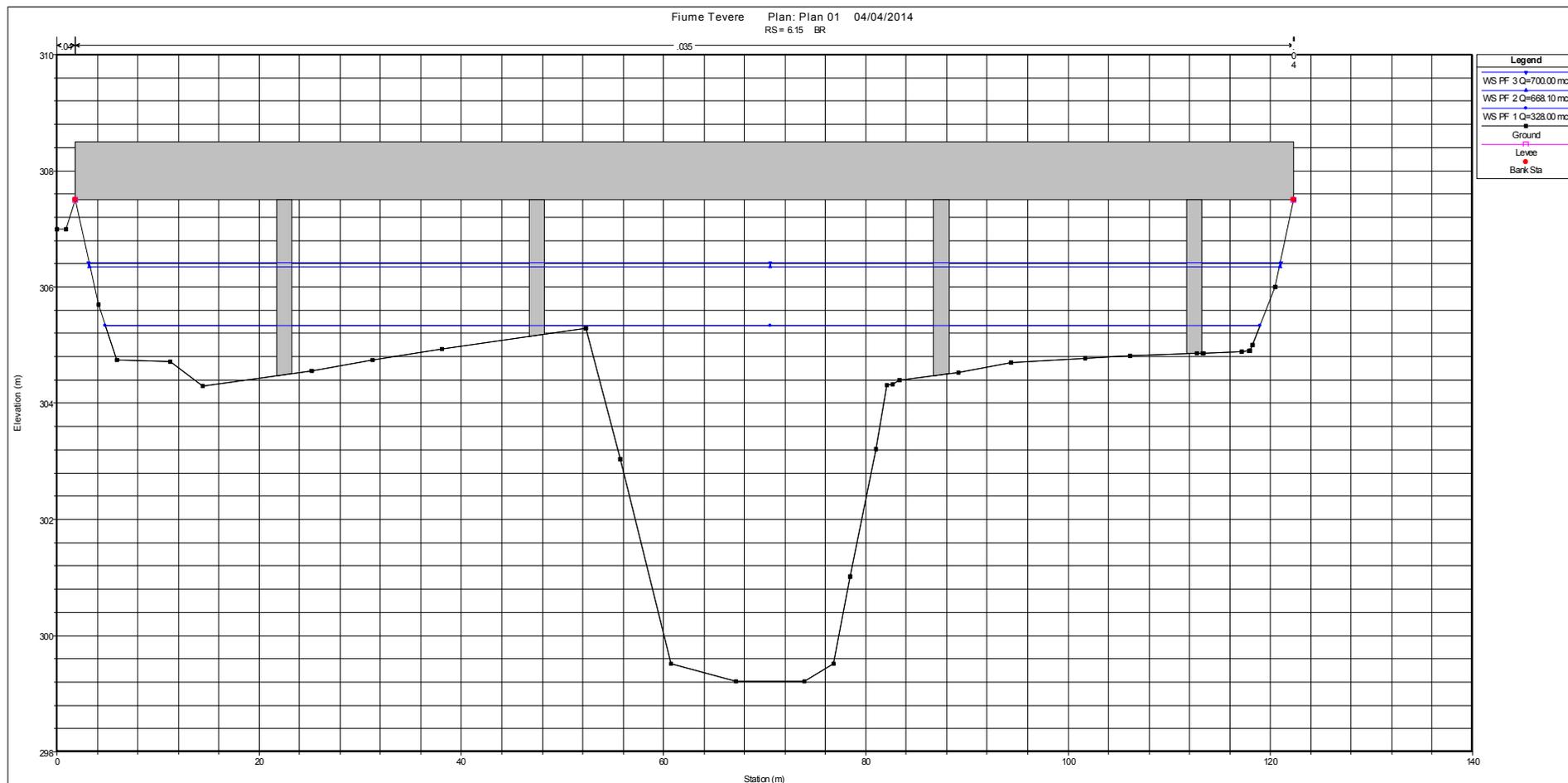
ALLEGATO 4 - VERIFICHE IDRAULICHE STATO MODIFICATO



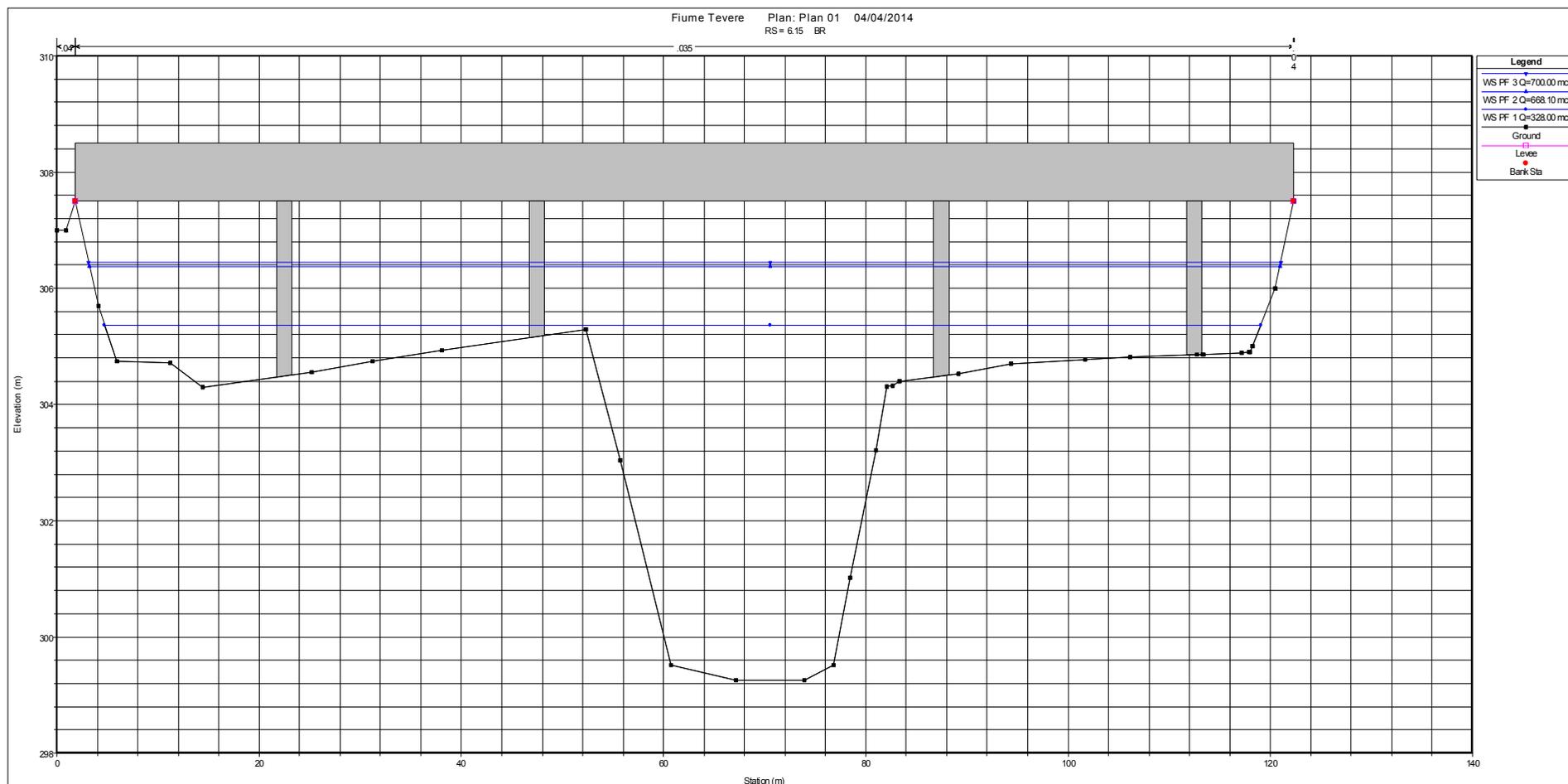
ALLEGATO 4 - VERIFICHE IDRAULICHE STATO MODIFICATO



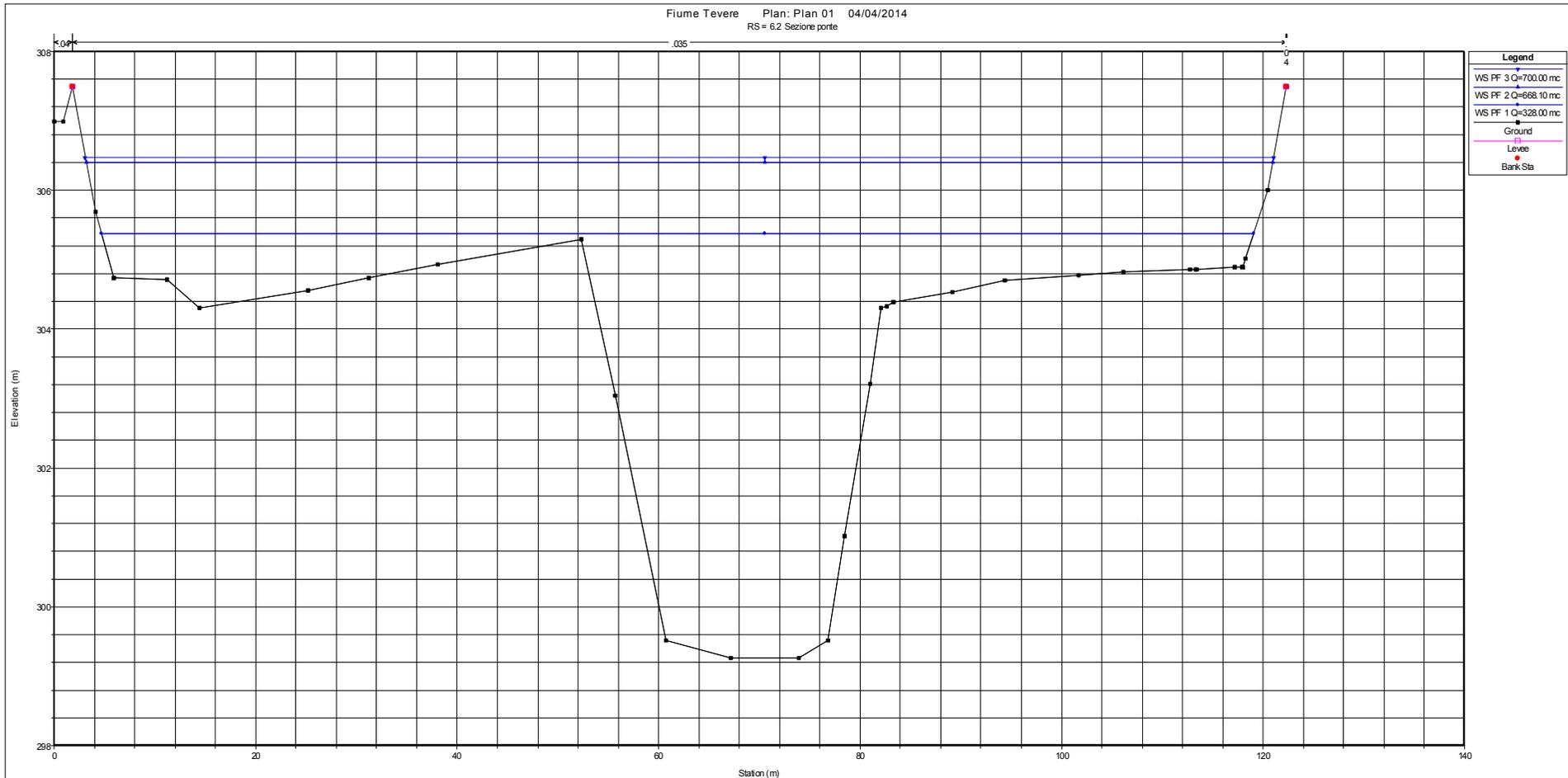
ALLEGATO 4 - VERIFICHE IDRAULICHE STATO MODIFICATO



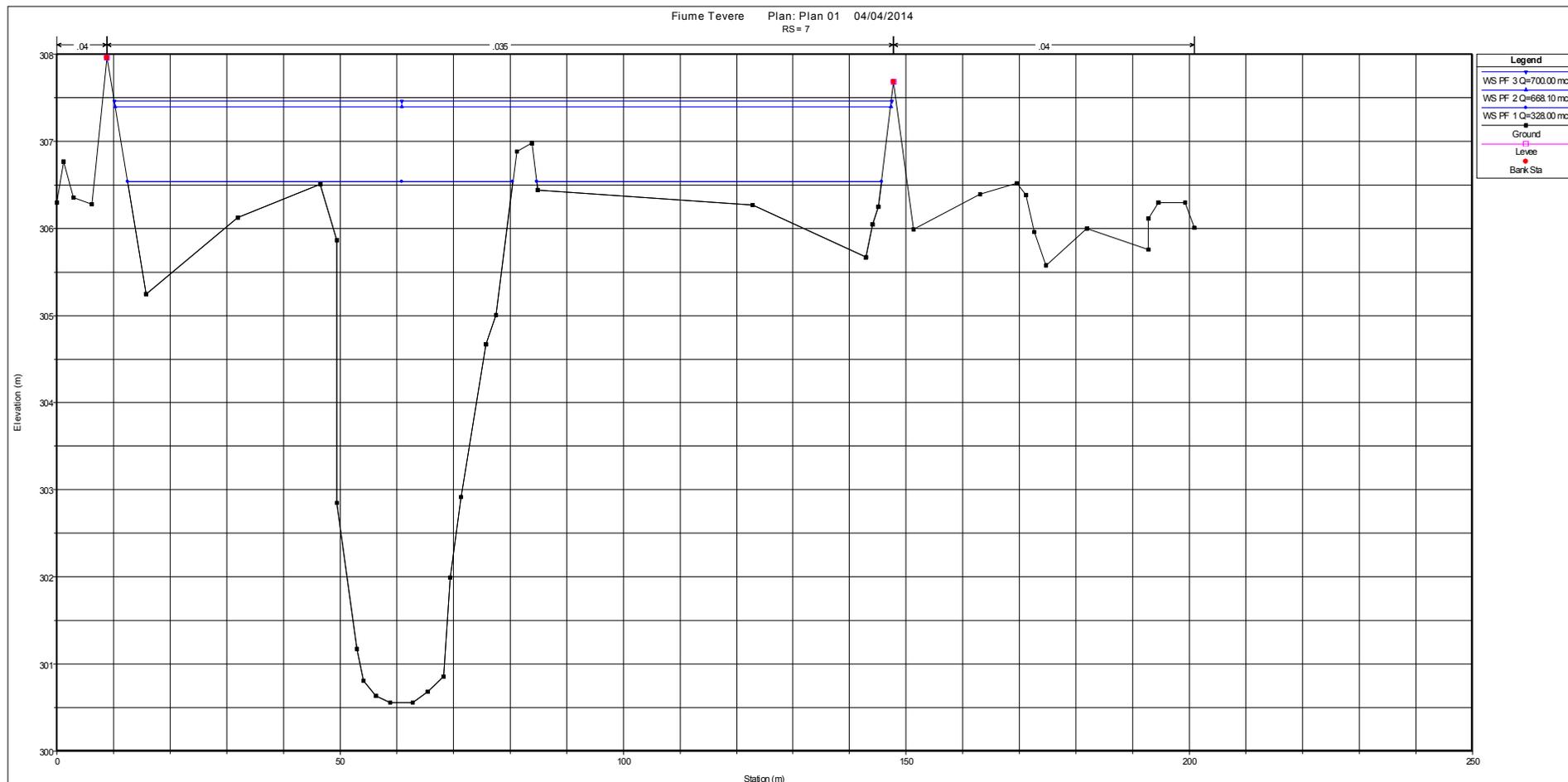
ALLEGATO 4 - VERIFICHE IDRAULICHE STATO MODIFICATO



ALLEGATO 4 - VERIFICHE IDRAULICHE STATO MODIFICATO



ALLEGATO 4 - VERIFICHE IDRAULICHE STATO MODIFICATO



ALLEGATO 4 - VERIFICHE IDRAULICHE STATO MODIFICATO

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width
			(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)
Reach Tevere	5	PF 1 Q=328.00 mc	328	297.88	301.9	301.9	303.31	0.01044	5.27	62.28	22.08
Reach Tevere	5	PF 2 Q=668.10 mc	668.1	297.88	303.95	303.95	304.68	0.011135	3.78	176.74	120.87
Reach Tevere	5	PF 3 Q=700.00 mc	700	297.88	304	304	304.75	0.011045	3.84	182.48	121.35
Reach Tevere	6.1	PF 1 Q=328.00 mc	328	299.22	305.33	302.55	305.49	0.001977	1.74	188.86	114.21
Reach Tevere	6.1	PF 2 Q=668.10 mc	668.1	299.22	306.36	305.17	306.6	0.001688	2.17	307.57	117.7
Reach Tevere	6.1	PF 3 Q=700.00 mc	700	299.22	306.43	305.23	306.68	0.001704	2.22	315.64	117.87
Reach Tevere	6.15		Bridge								
Reach Tevere	6.2	PF 1 Q=328.00 mc	328	299.26	305.38	302.58	305.52	0.001833	1.7	193.33	114.4
Reach Tevere	6.2	PF 2 Q=668.10 mc	668.1	299.26	306.4	305.17	306.64	0.001599	2.14	312.77	117.82
Reach Tevere	6.2	PF 3 Q=700.00 mc	700	299.26	306.47	305.24	306.72	0.001614	2.18	321	117.99
Reach Tevere	7	PF 1 Q=328.00 mc	328	300.56	306.53	303.97	306.71	0.002986	1.87	175.71	129.01
Reach Tevere	7	PF 2 Q=668.10 mc	668.1	300.56	307.39	306.57	307.66	0.002527	2.3	290.17	136.95
Reach Tevere	7	PF 3 Q=700.00 mc	700	300.56	307.46	306.61	307.74	0.002495	2.33	299.82	137.27