

**ASSE VIARIO MARCHE – UMBRIA  
E QUADRILATERO DI PENETRAZIONE INTERNA  
MAXI LOTTO 2**

LAVORI DI COMPLETAMENTO DELLA DIRETTRICE PERUGIA ANCONA:  
SS 318 DI “VALFABBRICA” TRATTO “PIANELLO – VALFABBRICA  
SS. 76 “VAL D’ESINO”: TRATTI FOSSATO VICO – CANCELLI E ALBACINA – SERRA SAN QUIRICO  
“PEDEMONTANA DELLE MARCHE”: TRATTO FABRIANO – MUCCIA-SFERCIA

**PERIZIA DI VARIANTE**

<b>CONTRAENTE GENERALE:</b>	<i>Il responsabile del Contraente Generale:</i>	<i>Il responsabile Integrazioni delle Prestazioni Specialistiche:</i>
	Ing. Federico Montanari	Ing. Salvatore Lieto

<b>PROGETTAZIONE:</b>	<i>Associazione Temporanea di Imprese</i>
Mandataria:  : 	Mandanti:
	
	

<b>RESPONSABILE DELLA PROGETTAZIONE PER L'ATI</b>  Ing. Antonio Grimaldi  GEOLOGO Dott. Geol. Fabrizio Pontoni  COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE Ing. Michele Curiale	  
--	--

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO  Ing. Iginio Farotti	IL COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI ESECUZIONE  Ing. Salvatore Chirico	IL DIRETTORE DEI LAVORI  Ing. Peppino Marascio
--	---	--

<b>2.1.1 – PEDEMONTANA DELLE MARCHE</b> <b>Lotto funzionale del Sub Lotto 2.1 Tratto</b> <b>Fabriano-Matelica Nord</b> <b>IDROLOGIA ED IDRAULICA</b>  Simulazioni idrauliche Fiume Chienti	SCALA:
	DATA:
	Agosto 2020

Codice Unico di Progetto (CUP) **F12C03000050021** (Assegnato CIPE 20-04-2015)

<i>Codice elaborato:</i>	Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. progr.	Rev.
	L 0 7 0 3	2 1 1	E	0 3	0 1 0 0 0 0	R E L	1 1	A
	Nome file: L0703211E03010000REL11A.docx							

REV.	DATA	DESCRIZIONE	Redatto		Controllato	Approvato
A	Agosto 2020	Emissione per perizia di variante	PROGIN	E. Abbasciano	S. Lieto	A. Grimaldi



Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 03	WBS 010000	Id. doc. REL	N. progr. 11	REV. A	Pag. di Pag. 2 di 39
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	-------------------------

## INDICE

<b>1. PREMESSA</b>	<b>3</b>
<b>2. MODELLO DI SIMULAZIONE IDRAULICA</b>	<b>4</b>
2.1 CONSERVAZIONE DELL'ENERGIA TOTALE .....	4
2.2 EQUAZIONE DELLA CONSERVAZIONE DELLA QUANTITA' DI MOTO .....	7
2.3 EQUAZIONE DI YARNELL .....	11
<b>3. STUDIO IDRAULICO</b>	<b>14</b>
3.1 VERIFICA IDRAULICA PROTEZIONE SPONDALE .....	14
3.2 CALCOLO DELLE PORTATE .....	14
<b>ALLEGATO A .....</b>	<b>18</b>
RISULTATI DELLE SIMULAZIONI IDRAULICHE.....	18

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 03	WBS 010000	Id. doc. REL	N. progr. 11	REV. A	Pag. di Pag. 3 di 39
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	-------------------------

## 1. PREMESSA

Nella presente relazione vengono illustrate le metodologie utilizzate per lo studio dell'interazione del reticolo idrografico superficiale con le infrastrutture previste lungo il tracciato.

Per la verifica idraulica degli attraversamenti principali è stata sviluppata un'analisi di moto permanente prendendo a riferimento la piena con periodo di ritorno di 200 anni, e ponendo a confronto le condizioni ante e post-operam. Allo scopo, si è adottata una schematizzazione di moto monodimensionale, e si è utilizzato come codice di calcolo il *River Analysis System* del *US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center (HEC-RAS)*.

Lo studio si è posto, in particolare, la finalità di valutare l'entità dei franchi idraulici di sicurezza delle opere di attraversamento, e la loro conformità con le disposizioni normative e con il manuale di progettazione ANAS; di determinare velocità ed azioni tangenziali nell'alveo al fine di poter dimensionare le eventuali opere di presidio delle strutture viarie.

Il dettaglio dei risultati forniti dal modello di moto permanente predisposto, in forma grafica e tabulare è infine fornito in Appendice.

## 2. MODELLO DI SIMULAZIONE IDRAULICA

Il modello matematico di simulazione idraulica, sviluppato nell'ipotesi ampiamente accettabile di corrente unidimensionale in alveo a fondo fisso ed in regime di moto permanente, è stato costruito sulla base della cartografia disponibile integrata con rilievi di campagna.

Successivamente si è proceduto all'implementazione del modello su elaboratore elettronico mediante il codice di calcolo automatico HEC – RAS ver. 5.0.7 della U.S.A.C.E.

Come noto, le equazioni utilizzate per valutare le perdite di carico e quindi il profilo di rigurgito di una corrente variano a seconda del tipo di corrente. Per correnti che si mantengono o sempre lente o sempre veloci in un determinato tratto, si è utilizzata l'equazione della conservazione dell'energia totale.

### 2.1 CONSERVAZIONE DELL'ENERGIA TOTALE

Isolando un tratto di fiume e indicando con 1 e 2 le sezioni a monte e a valle del tratto, si è definita l'equazione dell'energia, in riferimento alla fig. 1, nel modo seguente:

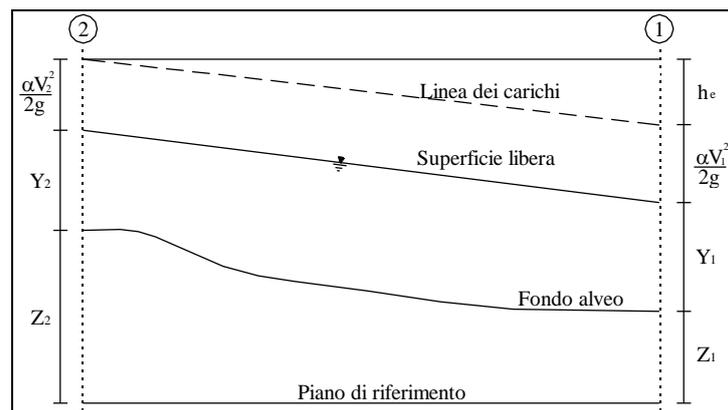
$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e \quad (1)$$

dove

$h_e$ , perdite di energia;

$V_i$ , velocità media nella sezione pari al rapporto tra portata totale ed area totale;

$\alpha_i$ , coefficienti legati alla velocità



**Fig. 1 – Schema di calcolo**

La perdita di carico  $h_e$  presente tra due sezioni è causata prevalentemente dalla perdita per attrito o per le variazioni di velocità intrinseche nelle zone di espansione o contrazione della corrente. Indicando con  $J$  la cadente piezometrica e con  $C$  un coefficiente che tiene conto del fenomeno dell'espansione o contrazione, le perdite di pressione sono state calcolate nel modo seguente:

$$h_e = L + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right| \quad (2)$$

La lunghezza L del ramo è stata valutata tenendo in conto la forma non regolare che presenta la sezione trasversale del fiume.

Il coefficiente C di espansione o contrazione è stato valutato in funzione del tipo di transizione che avviene secondo la tab. 1.

C	Contrazione	Espansione
Nessuna transizione	0,0	0,0
Transizione graduale	0,1	0,3
Sezione tipica di un ponte	0,3	0,5
Rapida transizione	0,6	0,8

Tab. 1 – Coefficiente di contrazione o espansione

La presenza di una espansione o contrazione è valutata confrontando la velocità a monte e a valle della sezione considerata. In particolare, se la velocità a monte risulta maggiore della velocità a valle, nella sezione si attesta un'espansione del canale; viceversa una contrazione.

Le incognite presenti nelle equazioni (1) e (2) sono la cadente piezometrica J e il coefficiente adimensionale  $\alpha_i$ . La pendenza d'attrito J è stata calcolata come rapporto tra la portata media Q ed il coefficiente medio di resistenza K.

$$J = \left( \frac{Q}{K} \right)^2 \quad \text{con} \quad K = \frac{1.486}{n} A R^{2/3} \quad (3)$$

dove

n, coefficiente di scabrezza di Manning;

A, area della sezione;

R, raggio idraulico.

Per portare adeguatamente in conto la frequente circostanza di sezione caratterizzata da zone a differente scabrezza (tipica in particolare degli alvei a banchina e savanella), i valori della conveyance per ciascuna area golenale sono ottenuti come somma dei rispettivi valori parziali (figura 2). Il canale principale è invece trattato come un unico elemento dotato di un solo valore di conveyance. Il valore finale ragguagliato di K per l'intera sezione è ottenuto come somma dei tre contributi parziali (sinistra, canale, destra).

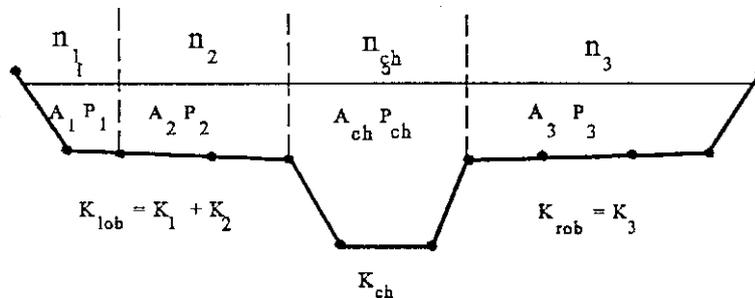


Fig. 2 - Procedura di calcolo della conveyance

Per ciò che concerne invece il coefficiente di ragguglio  $\alpha$ , poiché il software consente la simulazione di soli profili di corrente monodimensionale, ad ogni sezione resterà associata una sola superficie libera e di conseguenza una sola altezza cinetica. In particolare, per un dato valore del tirante idrico nella sezione, l'altezza cinetica viene calcolata come valor medio pesato alla portata fra quelli associati alle tre sottosezioni: golena sinistra, canale, golena destra. Una semplice schematizzazione del modello, nel caso di assenza di golena sinistra è riportato in Figura 3. In pratica l'altezza cinetica è calcolata mediante la relazione:

$$\alpha \cdot \frac{\bar{V}^2}{2g} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i \cdot \left( \frac{V_i^2}{2g} \right)}{Q_{tot}} \quad (4)$$

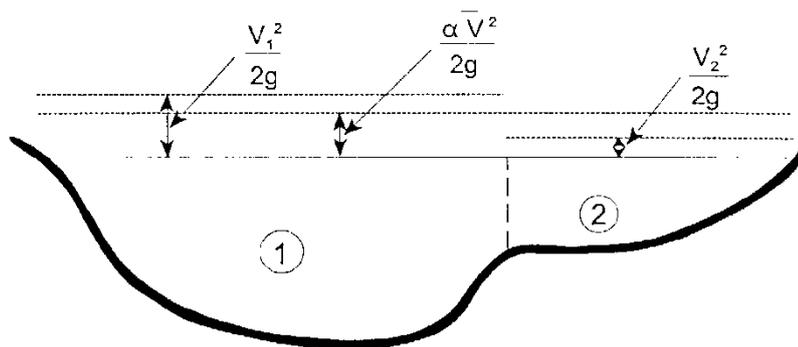


Fig. 3 – Suddivisione in sottozone con eguale velocità della corrente

Dalla precedente relazione pertanto il coefficiente di ragguglio risulta quindi:

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i \cdot V_i^2}{Q \cdot V^2} \quad (5)$$

Una soluzione in forma chiusa della (1) non risulta di facile individuazione. Si è proceduto quindi con metodi iterativi cercando di volta in volta di raffinare la soluzione fino a giungere ad un errore che sia stimato accettabile.

L'equazione (1) è applicabile a correnti che presentano un regime costante per tutto il tratto. È risultato quindi necessario calcolare l'altezza critica della sezione al fine di determinare il tipo di corrente.

Per definizione l'altezza critica della corrente coincide con il minimo dell'energia totale, come del resto evidenziata dalla fig. 3, dove è diagrammata nel piano h, H la curva dell'energia totale della corrente.

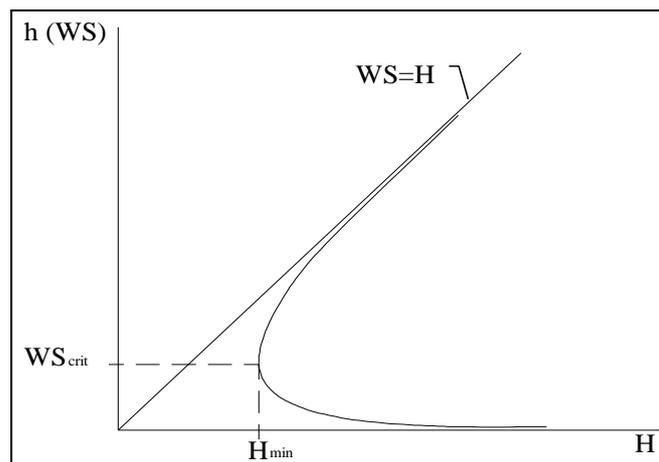


Fig. 4 – Diagramma (H,h) per una generica sezione trasversale

Partendo quindi dalla definizione

$$H = h + \frac{\alpha V^2}{2g}$$

per iterazioni successive al variare di h e di V si è ricavato il valore di H fino ad arrivare ad un valore di H<sub>cr</sub> corrispondente al minimo.

## 2.2 EQUAZIONE DELLA CONSERVAZIONE DELLA QUANTITA' DI MOTO

L'equazione della conservazione dell'energia totale (1) ha validità solo nel caso di correnti gradualmente variate (o lineari con la dizioni del Venturoli) all'interno del ramo in esame. In particolare essa è stata applicata nel caso di corrente ovunque subcritiche o supercritiche. Qualora all'interno di un ramo si verificasse il passaggio da corrente veloce a lenta, con perdita

della gradualità del movimento, si è utilizzata l'equazione della conservazione della quantità di moto.

Applicando l'equazione globale dell'equilibrio dinamico al volume di controllo compreso tra le sezioni 1-2, in cui la corrente si suppone gradualmente variata, (fig. 4) e proiettandola lungo l'asse  $x$ , si ottiene

$$P_2 - P_1 + W_x - F_f = Q\rho\Delta V_x \quad (6)$$

dove si è indicato con

$P_i$ , spinta idrostatica sulla sezione  $i$ ;

$W_x$ , componente della forza peso nella direzione del moto;

$F_f$ , forza d'attrito lungo la superficie di contorno del volume di controllo;

$Q$ , portata complessiva (supposta costante);

$\rho$ , densità del fluido;

$\Delta V_x$ , variazione della velocità tra le due sezioni.

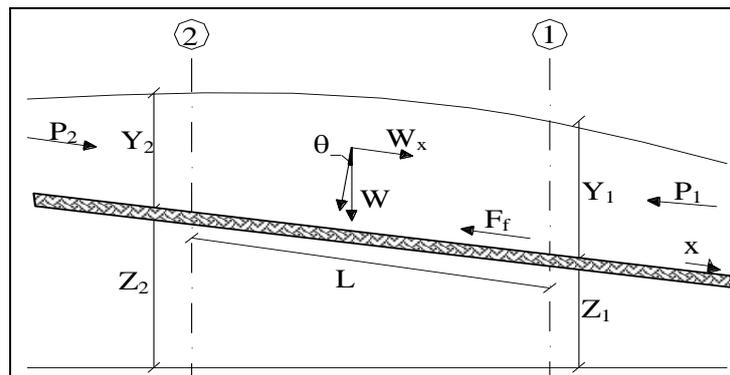


Fig. 5 – Schema di calcolo

I terreni idrostatici per pendenze dell'ordine di 1 a 10 sono valutabili come

$$P = \gamma A \bar{Y} \cos \theta \cong \gamma A \bar{Y} \quad (7)$$

potendo porre, per le pendenze in esame,  $\cos \theta = 1$ .

Nella relazione (7)  $\gamma$  corrisponde al peso specifico del fluido,  $A$  l'area della sezione ed  $\bar{Y}$  l'altezza del pelo libero nel baricentro della sezione.

La componente della forza peso, noto il peso specifico del fluido, la lunghezza  $L$  del tronco e l'area totale di fluido presente, è stata valutata nel modo seguente:

$$W = \gamma \left( \frac{A_1 + A_2}{2} \right) \cdot L \Rightarrow W_x = W \cdot \sin \theta \quad (8)$$

La forza d'attrito  $F_f$  è funzione delle caratteristiche del fluido come la densità dell'acqua, l'azione tangenziale che si esplica sul letto del fiume e la cadente piezometrica  $J$ .

In particolare, scriviamo :

$$F_f = \tau PL$$

$$\tau = \gamma RJ \Rightarrow F_f = \gamma \frac{A}{P} JPL = \gamma \left( \frac{A_1 + A_2}{2} \right) \cdot JL \quad (9)$$

dove P ed R sono rispettivamente il perimetro bagnato ed il raggio idraulico della sezione.

La soluzione dell'equazione (6) è stata fatta per iterazioni successive.

Le equazioni (1) e (6) sono state applicate anche alle sezioni caratterizzate dalla presenza di un ponte. E' stato sufficiente suddividere il tratto interessato in più sezioni e ripetere per la successione di esse l'analisi svolta per il tratto delimitato da sole due sezioni.

Prendendo un tratto caratterizzato dalla presenza di un ponte, fig. 5 e fig. 6, si evidenziano 3 zone:

- una zona di contrazione in cui arriva la corrente;
- una zona intermedia interessata dalla presenza del ponte;
- una zona di espansione in cui esce la corrente.

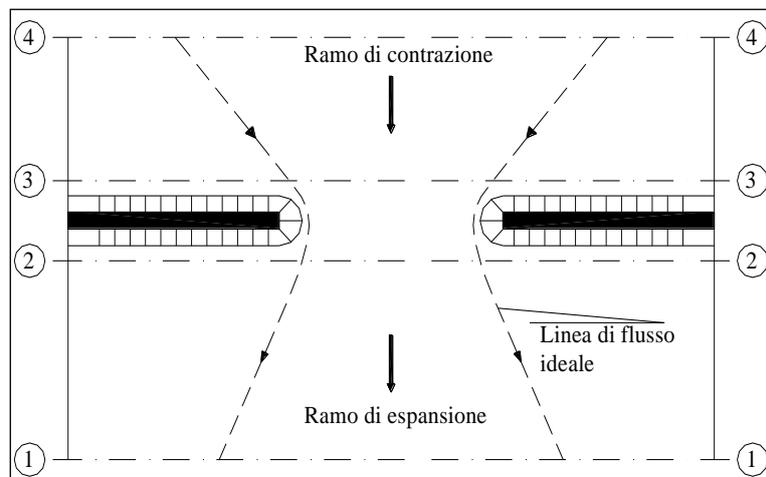


Fig. 6 – Pianta schematica di un attraversamento fluviale

L'applicazione dell'equazione della conservazione della quantità di moto tra le sezioni 1-2 e 3-4 è del tutto analoga alla situazione vista in precedenza mentre la presenza del ponte comporta termini nuovi nella valutazione dell'equilibrio tra le sezioni 2-BD (Step 1), BD-BU (Step 2) ed BU-3 (Step 3).

Step 1; definendo con  $A_{pi}$  l'area ostruita ed con  $Y_{pi}$  la distanza verticale che intercorre tra il baricentro delle pile e la superficie libera WS nella zona di valle, l'espressione del bilancio è stata scritta come

$$\frac{Q_{BD}^2 \beta_{BD}}{g A_{BD}} + A_{BD} Y_{BD} = \frac{Q_2^2 \beta_2}{g A_2} + A_2 Y_2 - A_{p_{BD}} Y_{p_{BD}} + F_f - W_x$$

Step 2 ; equilibrio tra BU e BD

$$\frac{Q_{BD}^2 \beta_{BD}}{g A_{BD}} + A_{BD} Y_{BD} + F_f - W_x = \frac{Q_{BU}^2 \beta_{BU}}{g A_{BU}} + A_{BU} Y_{BU}$$

Step 3 ; equilibrio tra BU e 3

$$\frac{Q_3^2 \beta_3}{g A_3} + A_3 Y_3 = \frac{Q_{BU}^2 \beta_{BU}}{g A_{BU}} + A_{BU} Y_{BU} - A_{P_{BU}} Y_{P_{BU}} + F_f - W_x + \frac{1}{2} C_D \frac{A_{P_{BU}} Q_3^2}{g A_3^2}$$

con  $C_D$  coefficiente di resistenza idrodinamica intorno alla pila ricavabile dalla tab. 2 in funzione del tipo di pila presente.

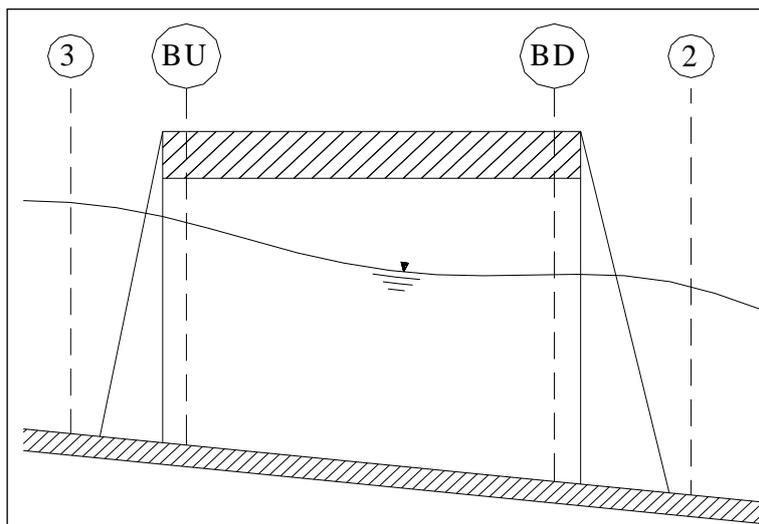


Fig. 7 – Sezione schematica di un attraversamento fluviale

TIPO DI PILA	$C_D$
Pila circolare	1.2
Pila allungata con punta semicircolare	1.33
Pila ellittica con rapporto assi 2 :1	0.6
Pila ellittica con rapporto assi 4 :1	0.32
Pila ellittica con rapporto assi 8 :1	0.29
Pila rettangolare	2.00
Pila triangolare con apertura $\alpha = 30^\circ$	1.00
Pila triangolare con apertura $\alpha = 60^\circ$	1.39
Pila triangolare con apertura $\alpha = 90^\circ$	1.60
Pila triangolare con apertura $\alpha = 120^\circ$	1.72

Tab. 2 – Coefficiente di resistenza idrodinamico  $C_D$

### 2.3 EQUAZIONE DI YARNELL

In alternativa all'equazione della conservazione della quantità di moto si è utilizzata l'equazione di Yarnell che permette di valutare le perdite di energia localizzate in corrispondenza di un ponte.

Con riferimento alle fig. 5 e 6, le perdite di energia tra le sezioni 2 e 3 sono state valutate nel modo seguente:

$$H_{3-2} = 2K(K + 10\omega - 0.6) \cdot (\alpha + 15\alpha^4) \cdot \frac{V_2^2}{2g} \quad (10)$$

dove  $H_{i-j}$  rappresenta appunto la perdita di energia nel passaggio della corrente attraverso la sezione ostruita e  $K$ , coefficiente di Yarnell, tiene conto delle differenti sagome di pila esistenti, tab. 3;

TIPO DI PILA	K
Pila semicircolare in punta	0.9
Pila cilindrica doppia collegata con diaframma	0.95
Pila cilindrica doppia senza diaframma	1.05
Pila con punta triangolare $\alpha = 90^\circ$	1.05
Pile rettangolari	1.25
Dieci pile a cavalletto inclinate	2.5

Tab. 3 – Coefficiente di Yarnell

$\omega$  rappresenta il rapporto tra l'altezza ed il tirante della sezione 2;  $\alpha$  il rapporto tra l'area ostruita dalle pile e l'area totale ed infine  $V_2$  la velocità a valle della sezione.

Il modello elaborato prevede una corrente con un'altezza idrica minore dell'altezza di intradosso del ponte. Nel caso di correnti con altezza idrica superiore o eguale alla quota di intradosso dell'attraversamento fluviale, la valutazione delle perdite di energia è effettuata attraverso il calcolo della portata che attraversa la sezione. In particolare, in riferimento ad un caso generico, fig. 7, la portata è calcolata nel modo seguente:

$$Q = C_d A_1 \left[ 2g \left( Y_1 - \frac{Z}{2} + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right) \right]^{1/2} \quad (11)$$

dove

$C_d$ , coefficiente di deflusso il cui andamento è riportato nel grafico di fig. 8, assumendo valori tra 0,27 e 0,5;

$A_1$ , area della luce nella sezione di monte;

$Y_1$ , altezza idrica della sezione di monte;

$\alpha$ , coefficiente correttivo cinetico;

$V_1$ , velocità della corrente a monte.

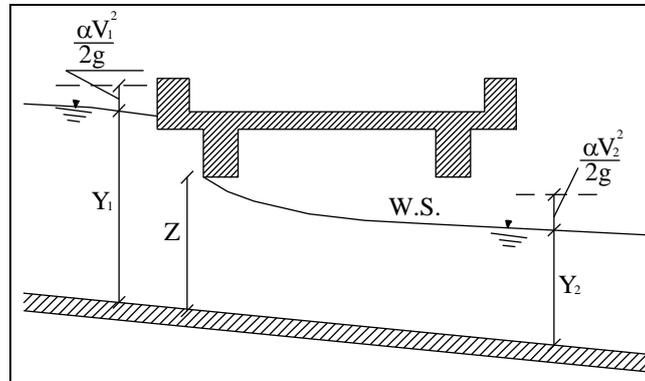


Fig. 8 – Sezione schematica di un ponte – Schema di calcolo

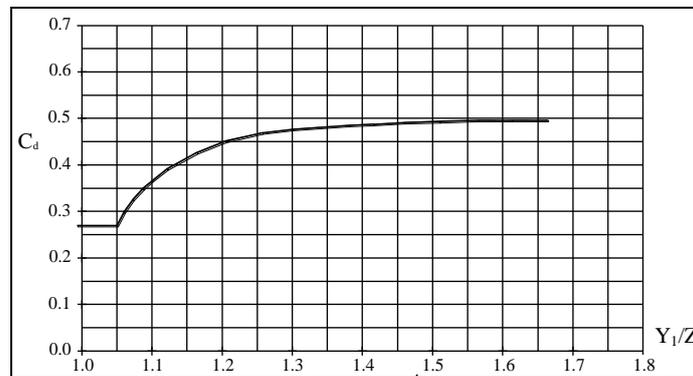


Fig. 9 – Diagramma per la stima del coefficiente di deflusso Cd

Se il ponte è in pressione sia a monte che a valle l'equazione (11) è corretta nel modo seguente:

$$Q = CA\sqrt{2gH}$$

dove C assume il valore di 0.8 ed H coincide con la perdita di energia totale tra la sezione di monte e di valle del ponte come indicato in fig.10.

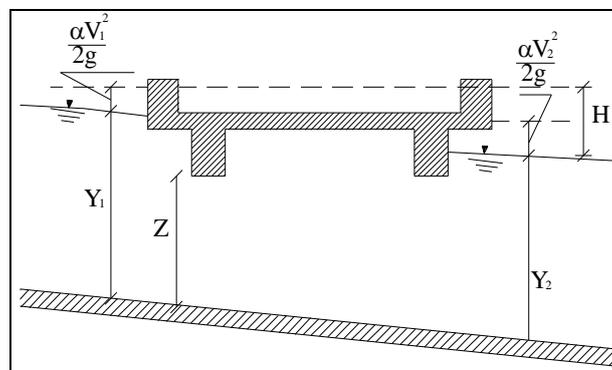


Fig. 10 – Sezione schematica di un ponte – Schema di calcolo

Infine se il ponte è superato dalla corrente di piena, fig. 11, la portata si calcola nel modo seguente:

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 03	WBS 010000	Id. doc. REL	N. progr. 11	REV. A	Pag. di Pag. 13 di 39
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

$$Q = CLH^{2/3}$$

con C si indica un coefficiente correttivo della portata, L la lunghezza del ponte ed H la differenza di energie tra monte e valle.

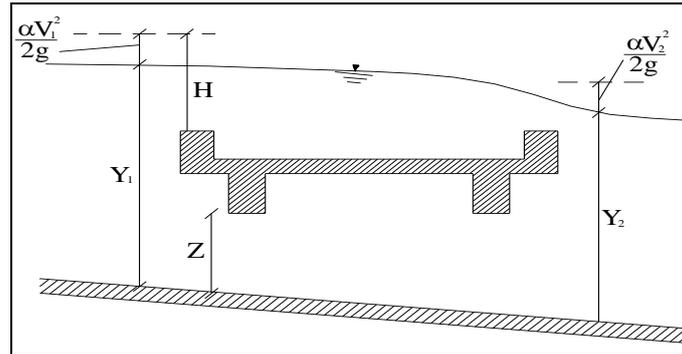


Fig. 11 – Sezione schematica di un ponte – Schema di calcolo

### 3. STUDIO IDRAULICO

#### 3.1 VERIFICA IDRAULICA PROTEZIONE SPONDALE

La nuova viabilità è lambita dal Chienti che nella zona ha un andamento meandriforme, in particolare nel punto più vicino alla nuova infrastruttura la testa della sponda dell'aveo si trova a pochi decimetri dal piede rilevato.

Per preservare la nuova viabilità ed evitare fenomeni erosivi che possano con il tempo danneggiare l'infrastruttura si realizzerà un'adifesa spondale in massi ciclopici in corrispondenza dell'ansa più prossima al rilevato stradale. Inoltre, poiché la piena lambisce il rilevato stesso saranno posti in opera dei gabbioni 1x1 (per una lunghezza pari a circa 50m). Le verifiche idrauliche sono state fatte considerando il passaggio della piena duecentennale.

L'intervento si rende necessario anche per evitare che il corso d'acqua eroda con il tempo la parte esterna della curva andando ad interessare direttamente il terreno esistente dove poggia il rilevato stradale.

La sistemazione in massi ciclopici riveste la sponda in destra idraulica per un tratto di circa 30 m a cavallo dell'ansa. La testa della sistemazione in massi è posta al livello della sponda mentre il piede si estende fino alla base della sponda fluviale.

Il livello idrico per la portata di piena duecentennale è stato calcolato mediante il modello in moto permanente HEC-RAS dello US Army Corps of Engineers, basato sull'integrazione, sezione per sezione, dell'equazione dell'energia e sulla soluzione dell'equazione di continuità di massa. Per la simulazione idraulica sono state rilevate, nell'intorno dell'attraversamento, sezioni trasversali d'alveo, ricavate dal rilievo celerimetrico di dettaglio effettuato e integrato dal rilievo del progetto definitivo. Per il fondo alveo e le golene è stato generalmente utilizzato un coefficiente di scabrezza di Manning pari rispettivamente a 0.03 e 0.050 s/m<sup>1/3</sup>, incrementato in casi particolari per tener conto degli attriti dovuti alla vegetazione spondale e golenale. Le simulazioni sono state condotte con condizioni miste, imponendo a monte ed a valle il valore dell'altezza critica.

#### 3.2 CALCOLO DELLE PORTATE

Il calcolo delle portate del fiume Chienti è stato stimato a partire dalle informazioni presenti nella relazione idrologica-idraulica del progetto definitivo stimata per il ponte posto più a monte della sezione di chiusura rispetto alla zona studiata.

La portata è pari a:

**Altezze di pioggia e portate calcolate mediante legge tri-parametrica: Fiume Chienti**

T=50 anni		T=100 anni		T=200 anni	
h	Q	h	Q	h	Q
mm	m <sup>3</sup> /s	mm	m <sup>3</sup> /s	mm	m <sup>3</sup> /s
77.1	174.4	85.8	194.2	94.6	214.1

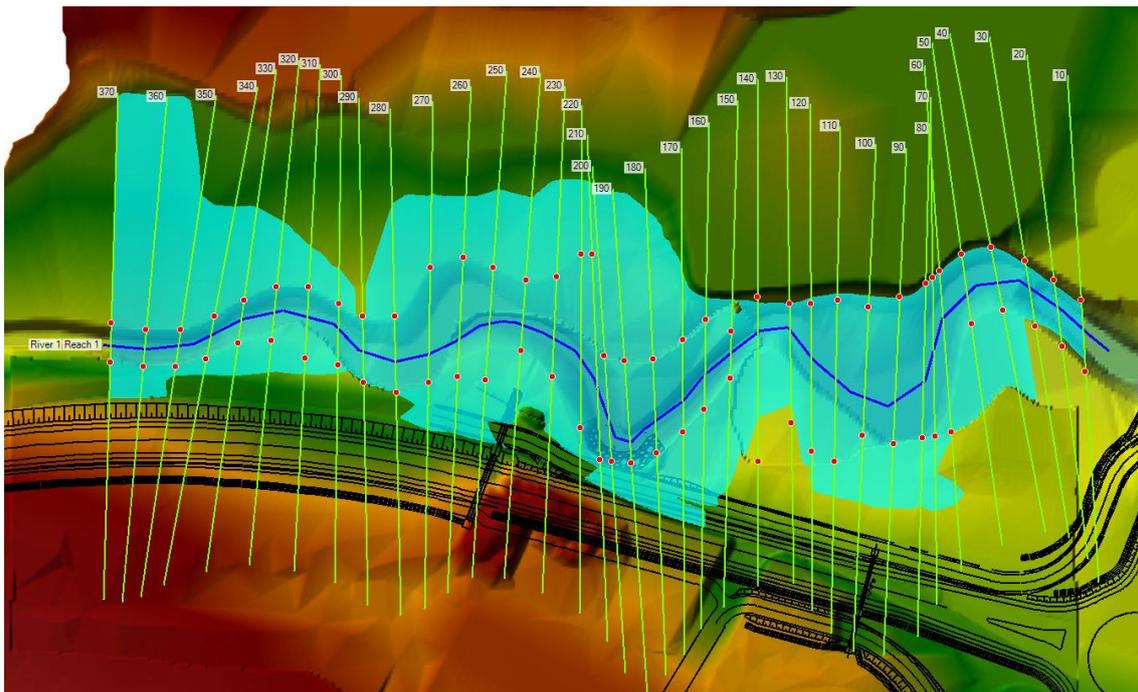
Poiché il tratto in esame si trova a valle del punto di calcolo della portata precedente, il ponte nei pressi dello svincolo di Muccia, è stata attuata un ragguglio della portata alla nuova area sottesa nel punto di chiusura. Per fare ciò si sono individuate le aree afferenti in aggiunta alle aree presenti della corografia del progetto definitivo e sono state sommate le aree rappresentate dal BACINO 1 e dal BACINO 2



Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 03	WBS 010000	Id. doc. REL	N. progr. 11	REV. A	Pag. di Pag. 16 di 39
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

- **Ansa Chienti**

La figura seguente mostra che il rilevato stradale è lambito e parzialmente bagnato dalla piena del Chienti, in destra idraulica (sezioni 280-250 e 200-160). Nel tratto più prossimo al rilevato stradale, tra la sezione idrauliche n 180 e la sezione n. 190 è stata prevista la protezione spondale dell'ansa con massi ciclopici che evitano fenomeni di erosione spondale.





Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 03	WBS 010000	Id. doc. REL	N. progr. 11	REV. A	Pag. di Pag. 17 di 39
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

In conclusione, l'analisi delle tavole con le planimetrie delle aree inondabili allegata alla presente consente di affermare che le variazioni delle aree di esondazione, laddove si verificano, sono estremamente contenute e localizzate nei pressi delle interferenze.

Dalle simulazioni effettuate si possono trarre le seguenti considerazioni:

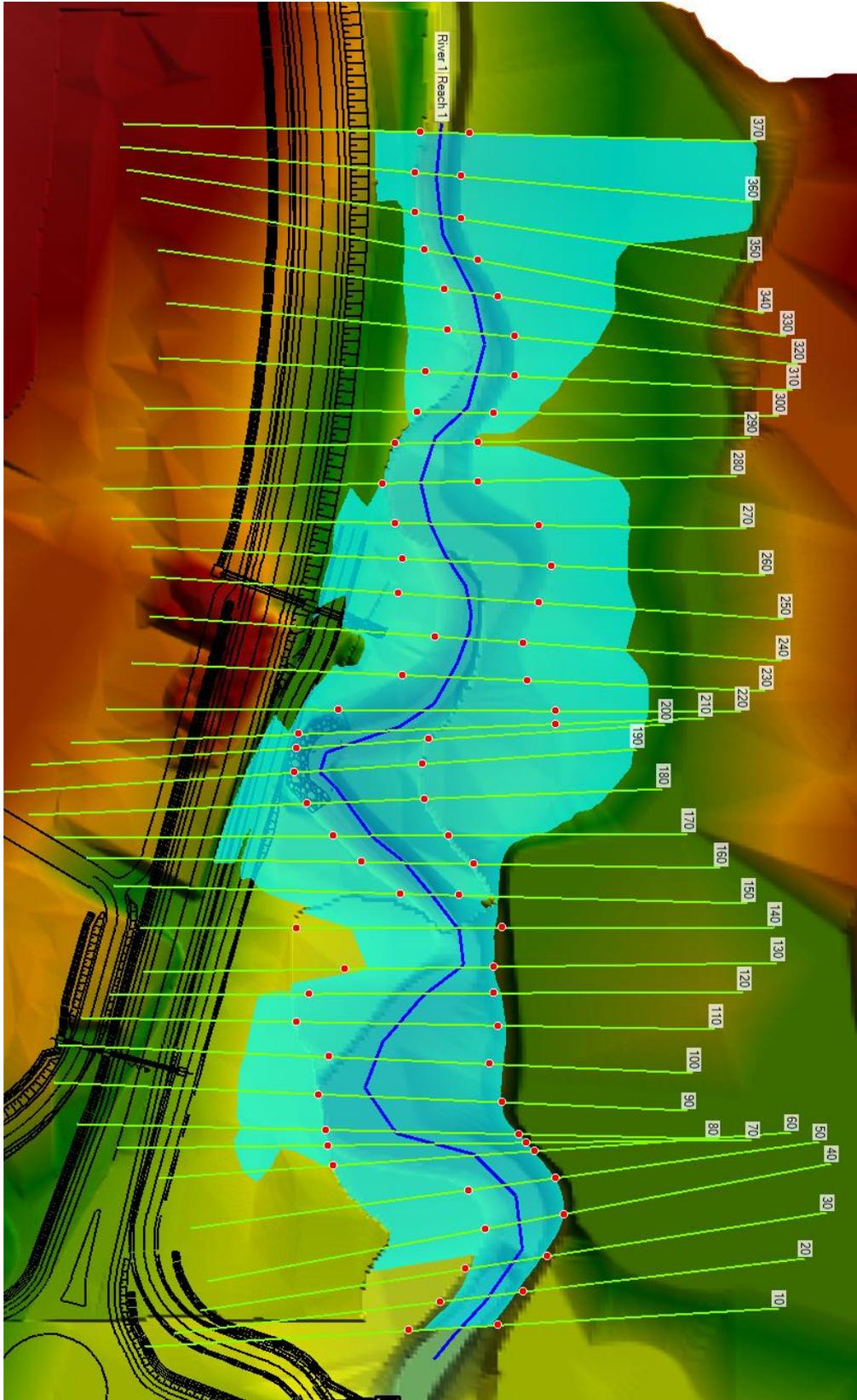
La corrente di piena lambisce parzialmente la nuoca infrastruttura che sarà comunque protetta con gabbioni, la viabilità esistente deviata risulta invece per alcuni tratti al di sotto della quota del pelo libero sia attualmente che nella configurazione finale.



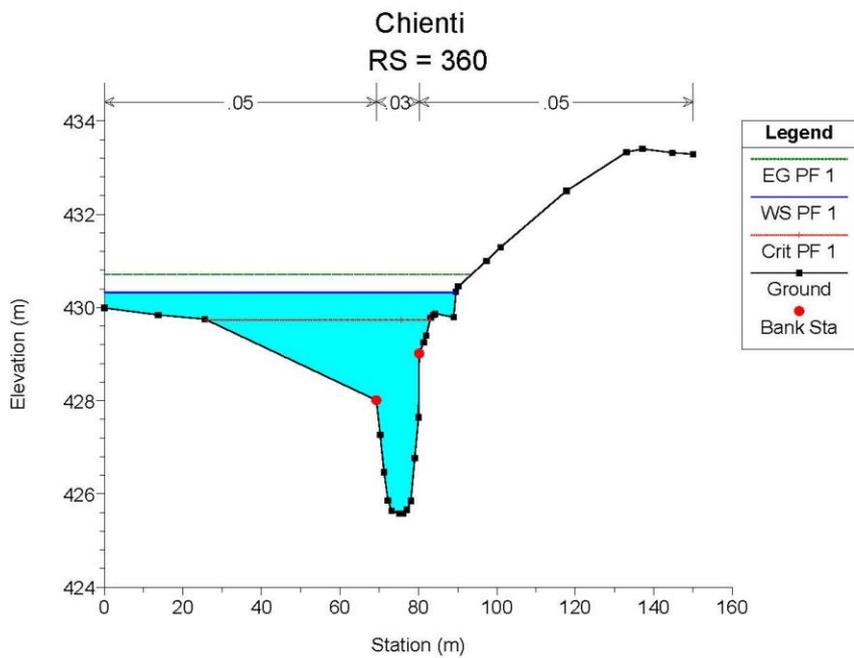
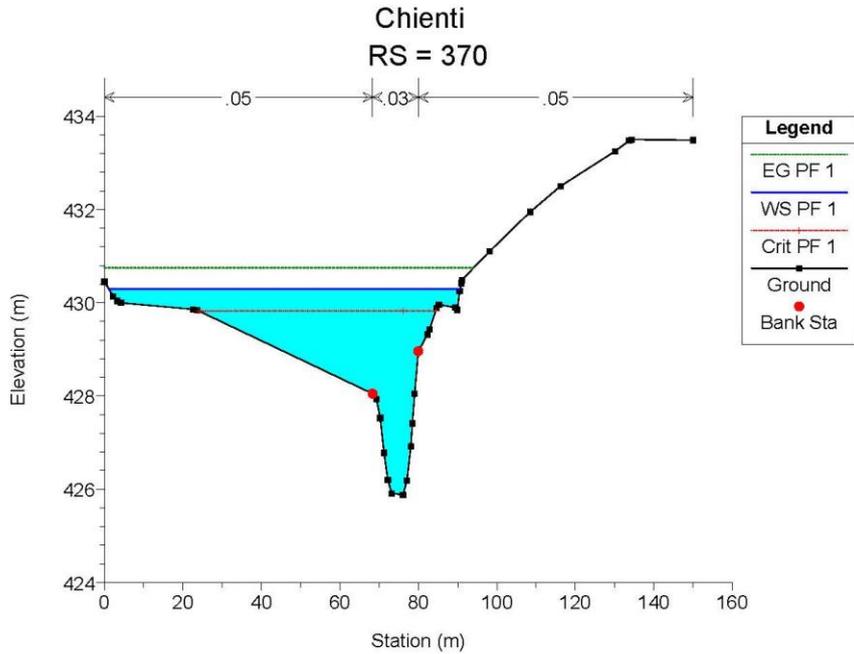
# **ALLEGATO A**

## ***RISULTATI DELLE SIMULAZIONI IDRAULICHE***

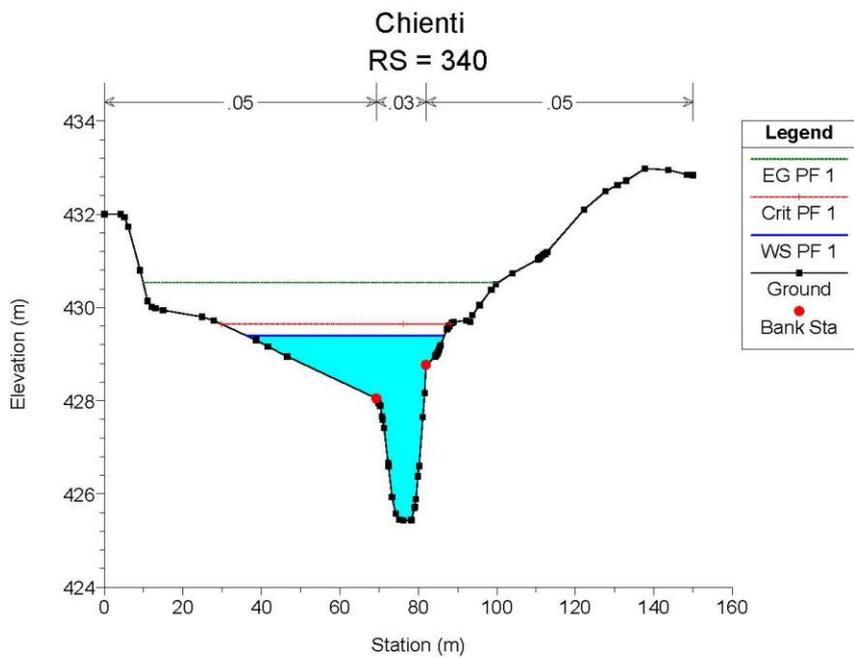
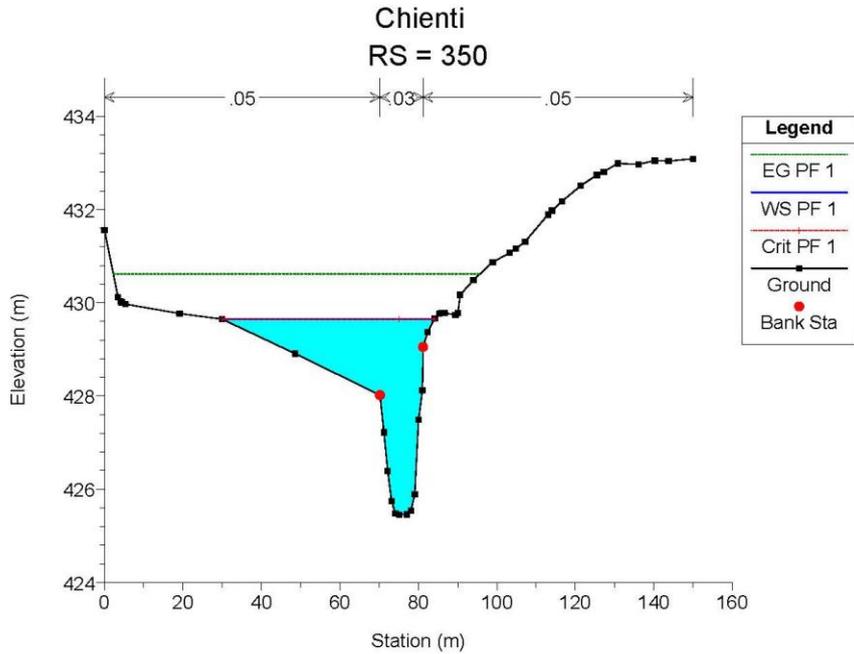
Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 03	WBS 010000	Id. doc. REL	N. progr. 11	REV. A	Pag. di Pag. 19 di 39
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

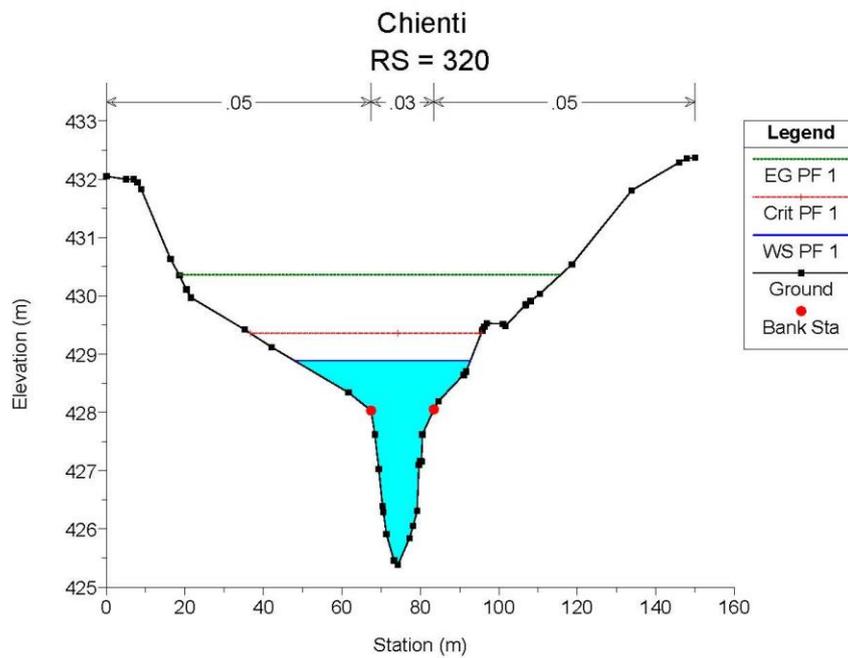
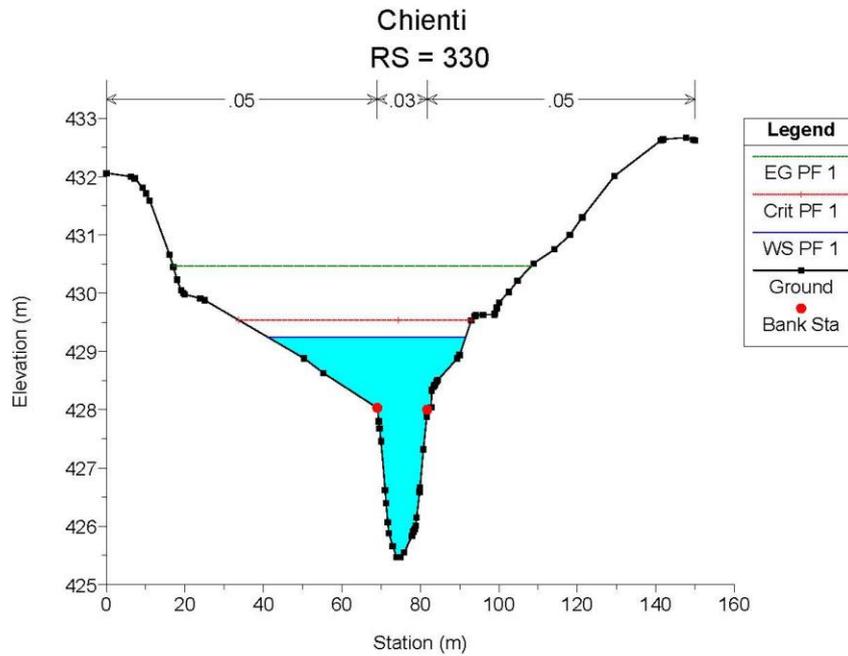


Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 03	WBS O10000	Id. doc. REL	N. progr. 11	REV. A	Pag. di Pag. 20 di 39
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

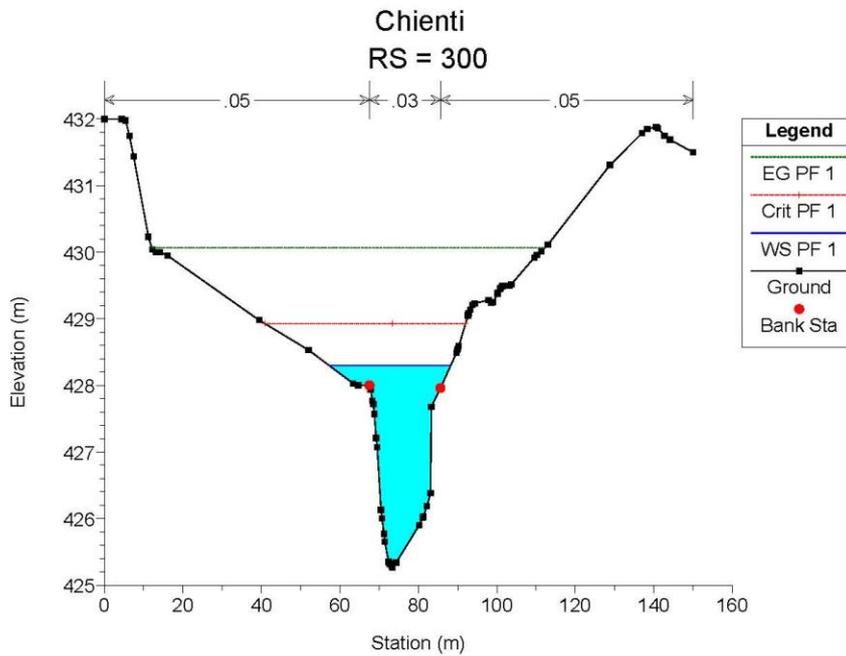
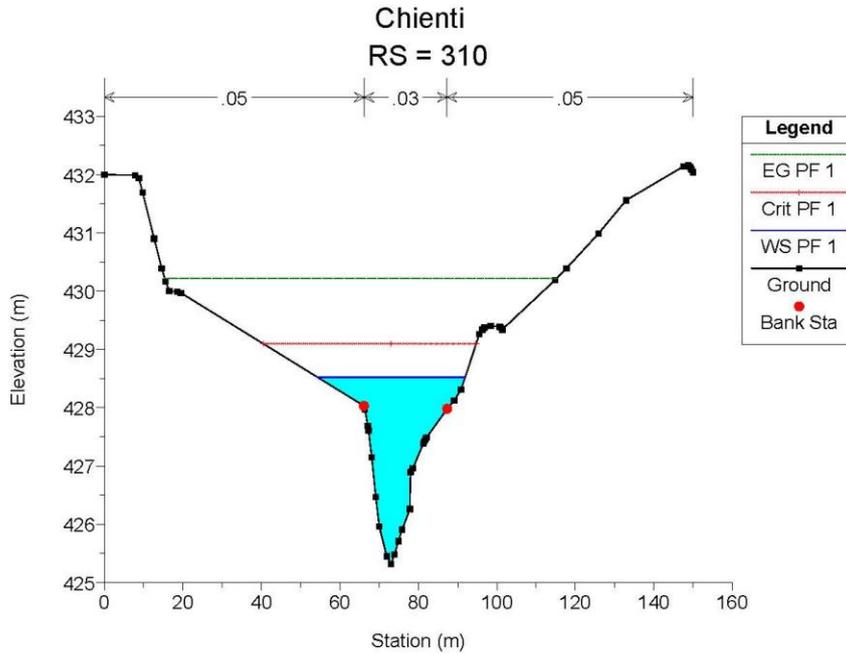


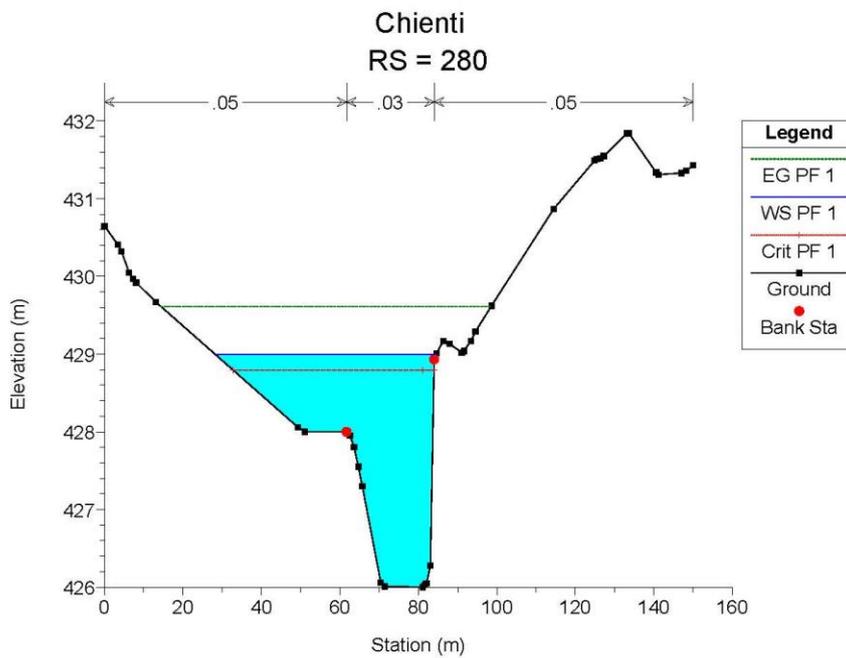
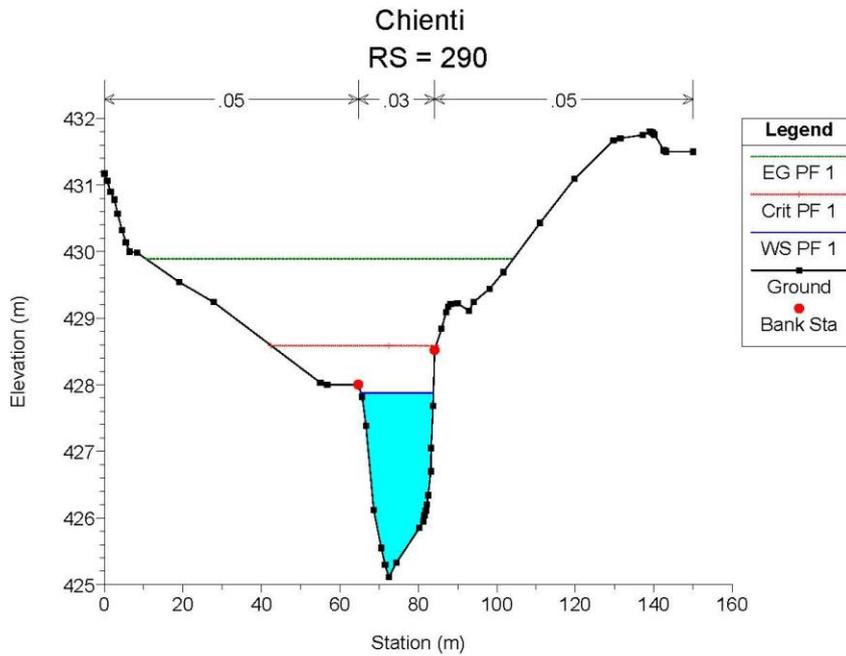
Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 03	WBS O10000	Id. doc. REL	N. progr. 11	REV. A	Pag. di Pag. 21 di 39
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------



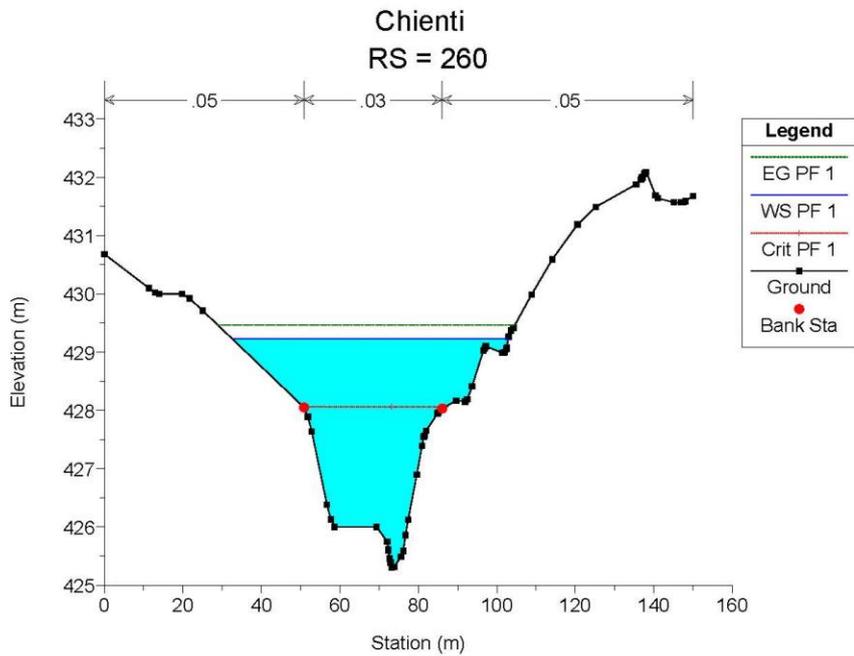
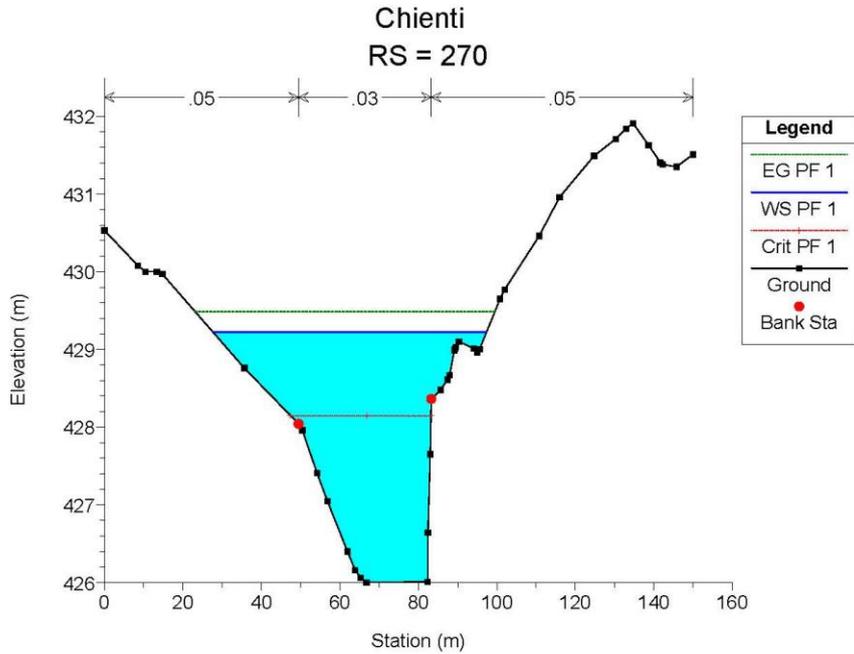


Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 03	WBS O10000	Id. doc. REL	N. progr. 11	REV. A	Pag. di Pag. 23 di 39
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

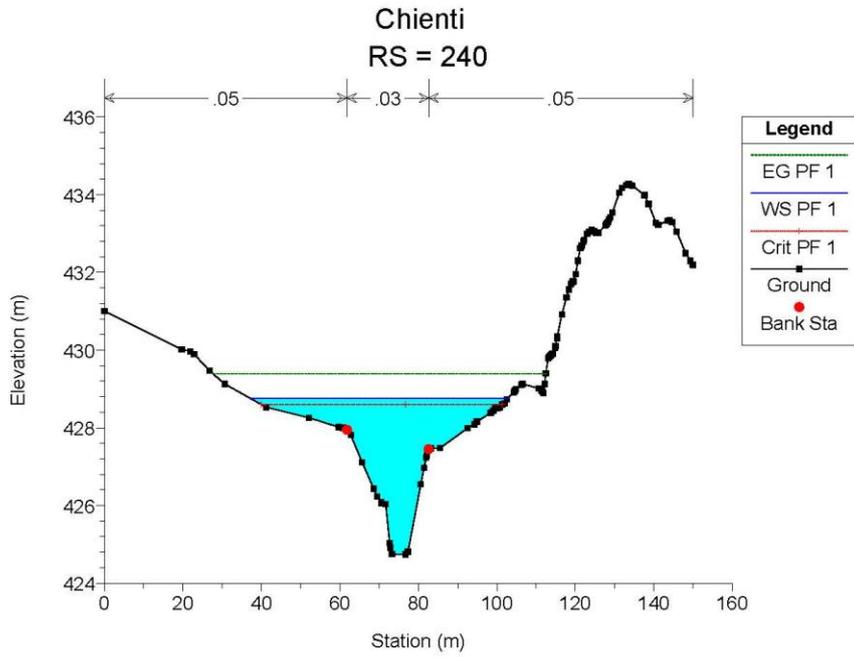
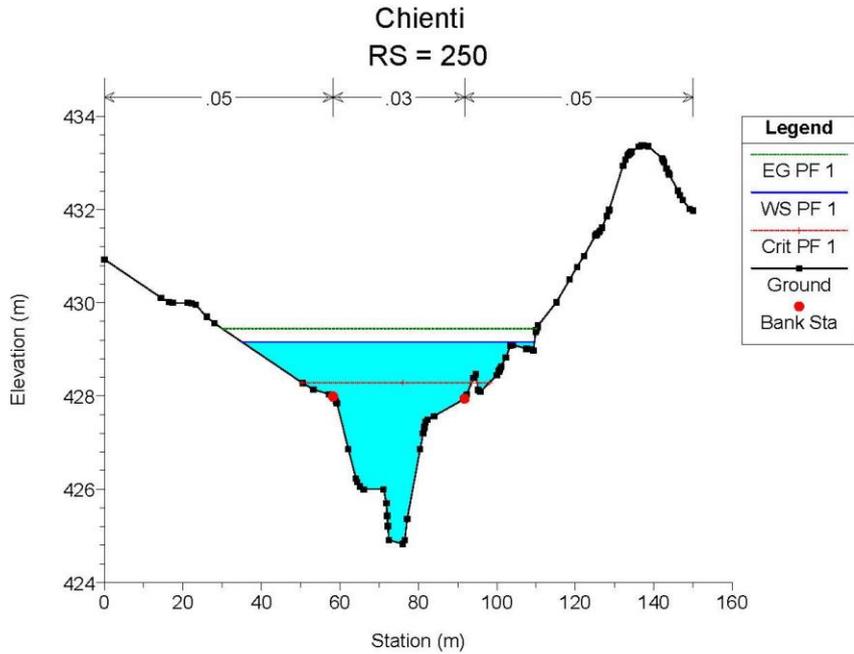




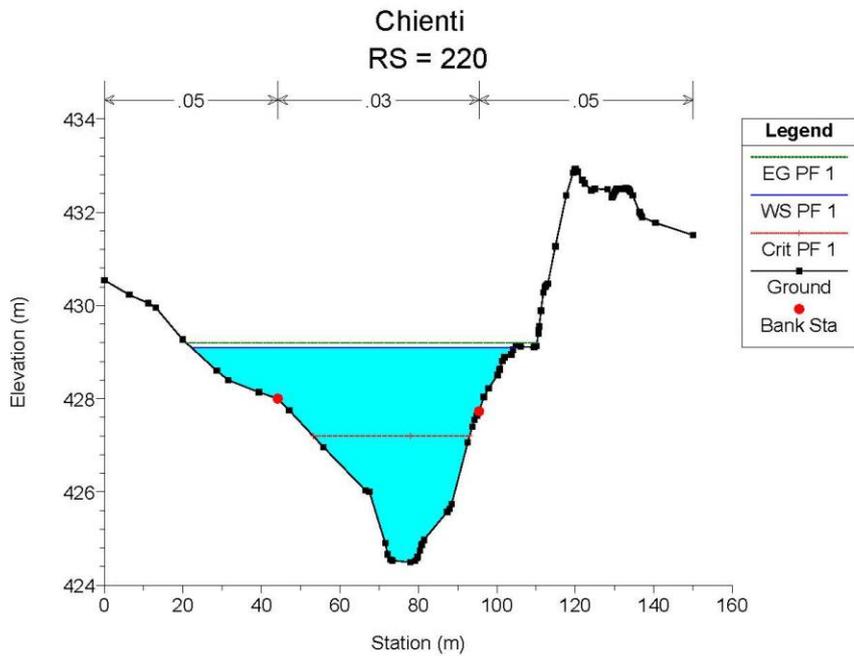
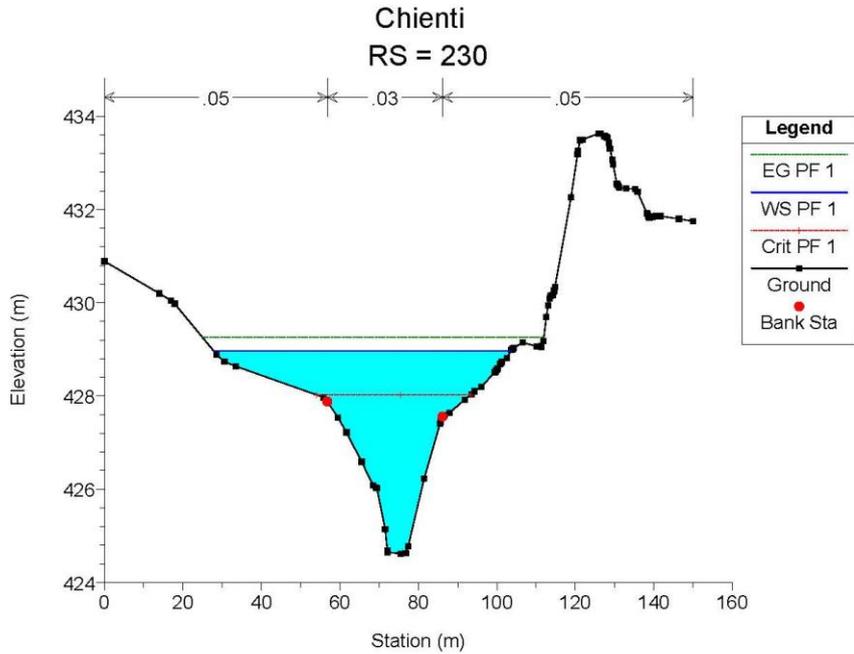
Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 03	WBS O10000	Id. doc. REL	N. progr. 11	REV. A	Pag. di Pag. 25 di 39
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------



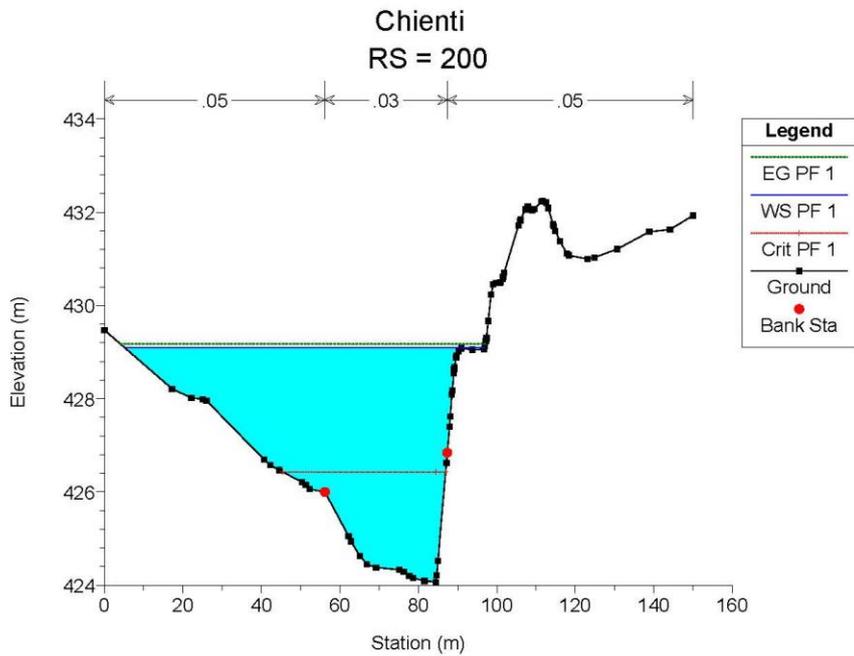
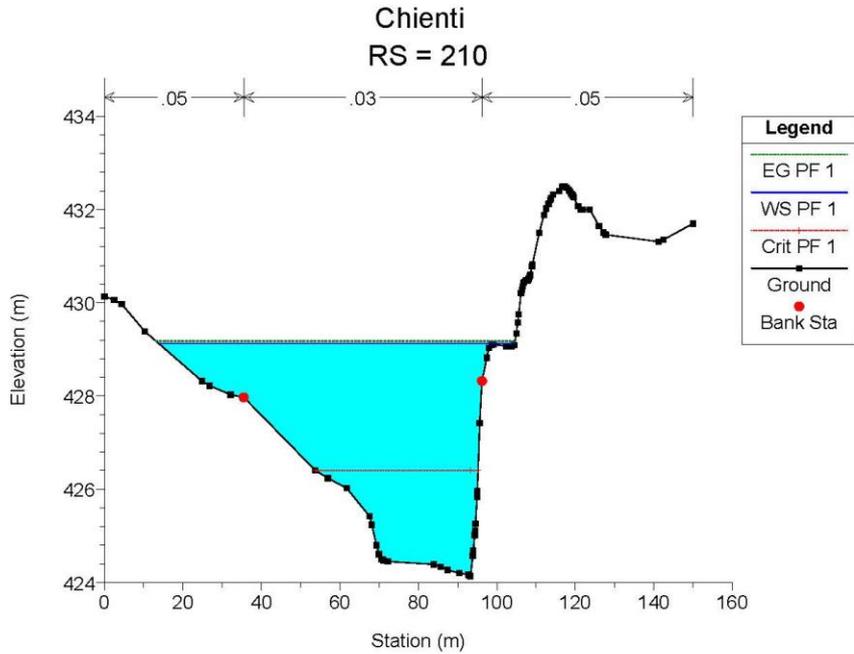
Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 03	WBS O10000	Id. doc. REL	N. progr. 11	REV. A	Pag. di Pag. 26 di 39
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------



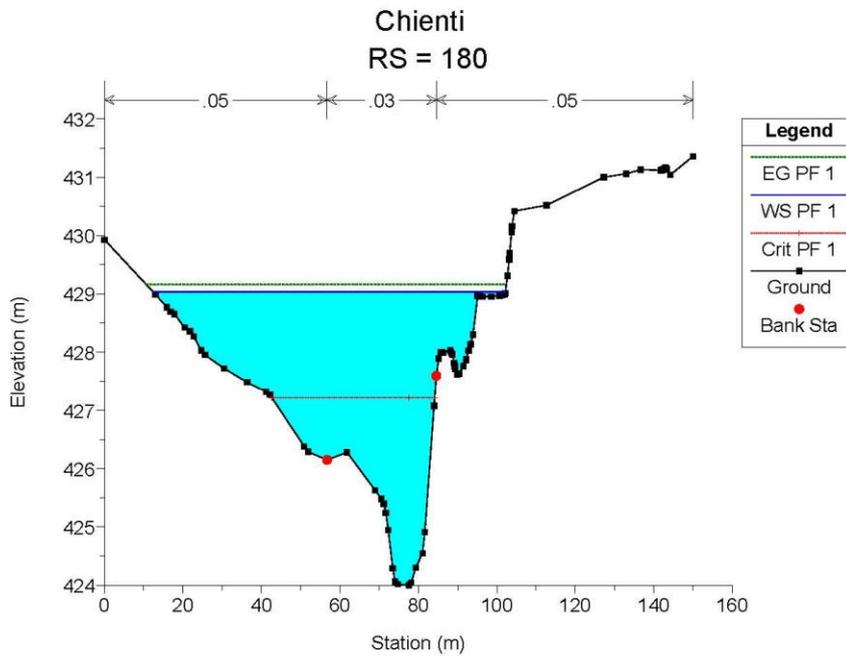
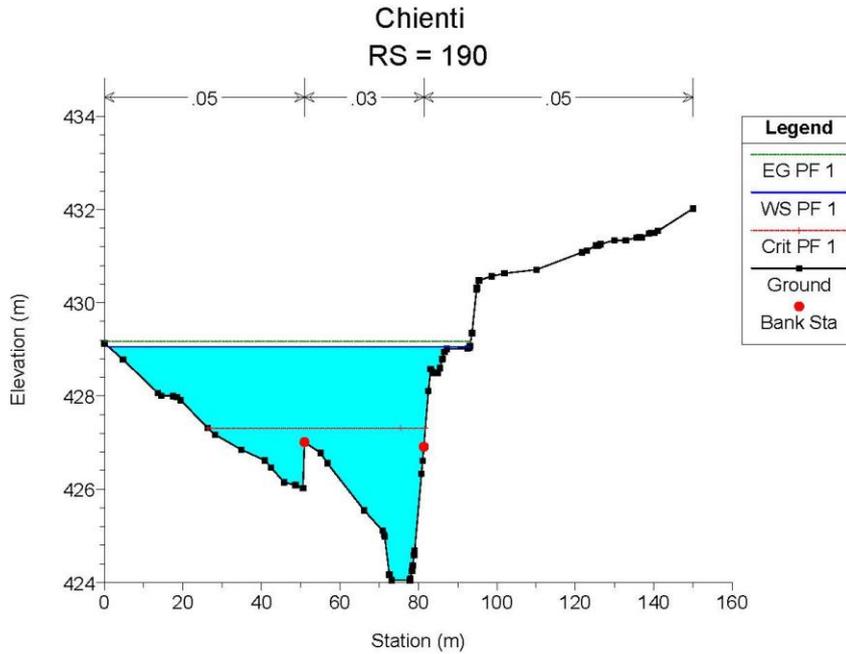
Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 03	WBS O10000	Id. doc. REL	N. progr. 11	REV. A	Pag. di Pag. 27 di 39
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------



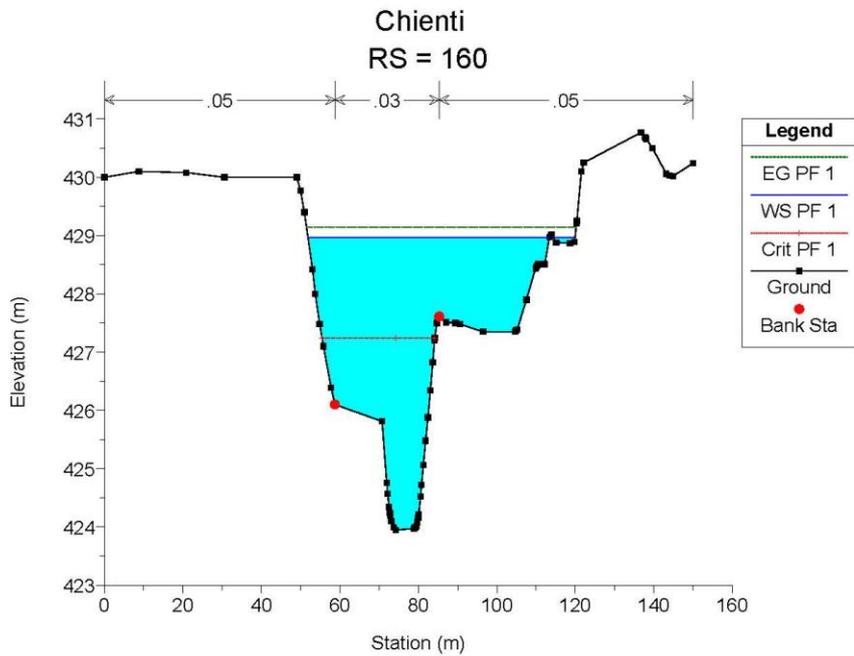
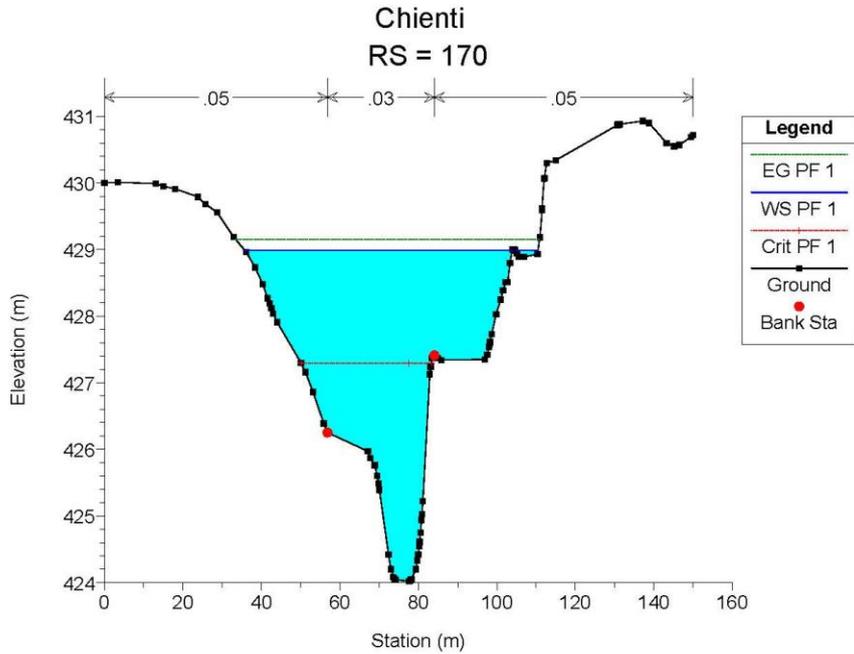
Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 03	WBS O10000	Id. doc. REL	N. progr. 11	REV. A	Pag. di Pag. 28 di 39
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

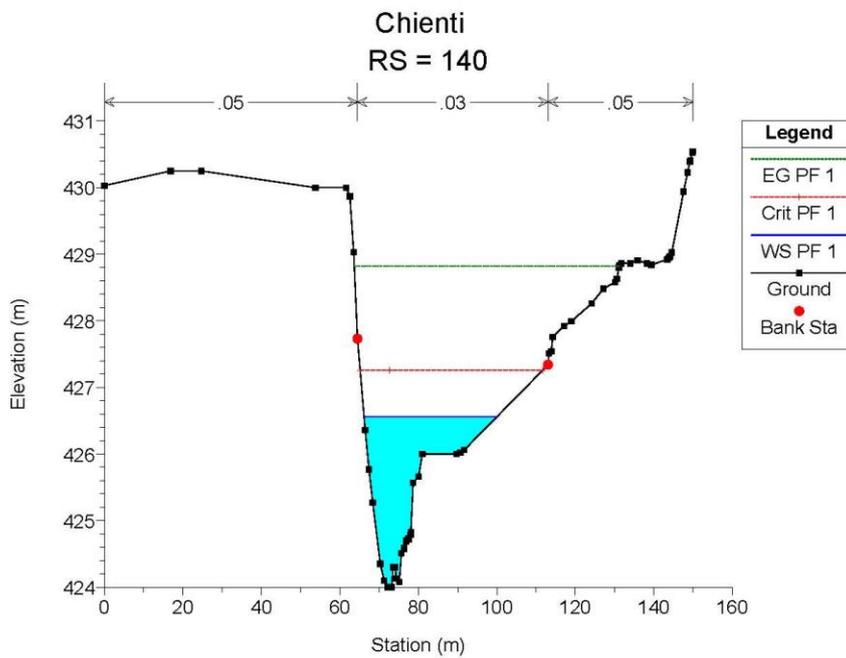
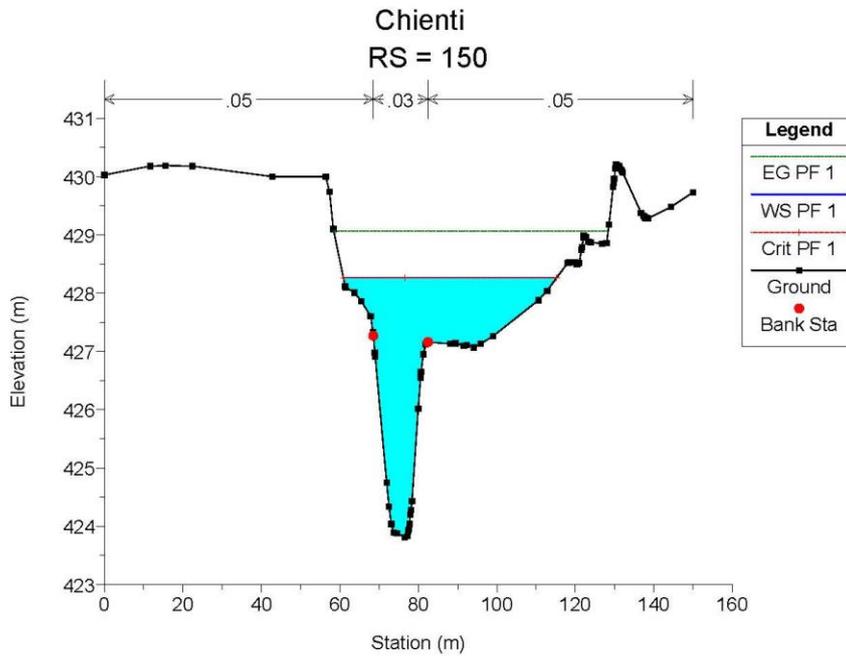


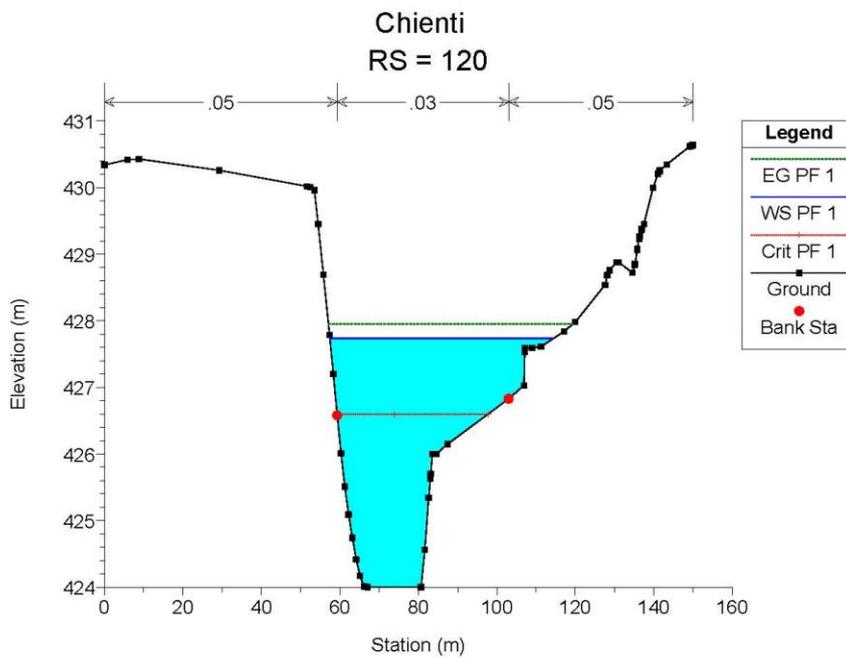
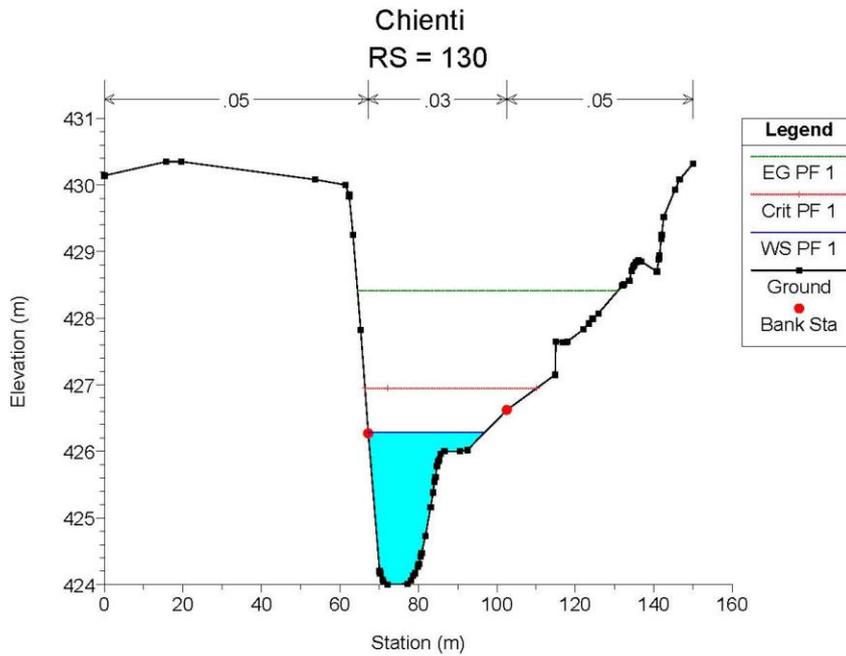
Opera LO703	Tratto 211	Settore E	CEE 03	WBS OI0000	Id. doc. REL	N. progr. 11	REV. A	Pag. di Pag. 29 di 39
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------



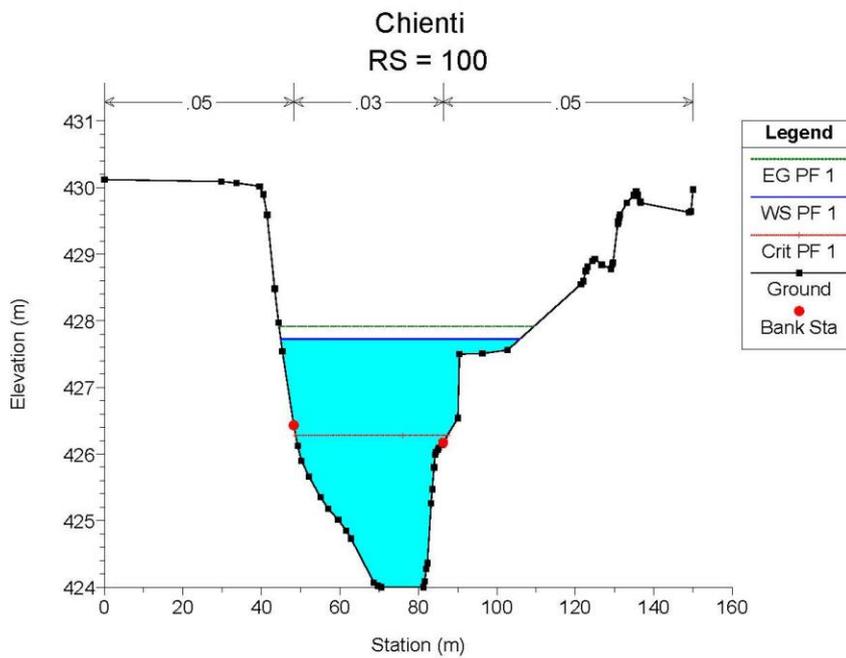
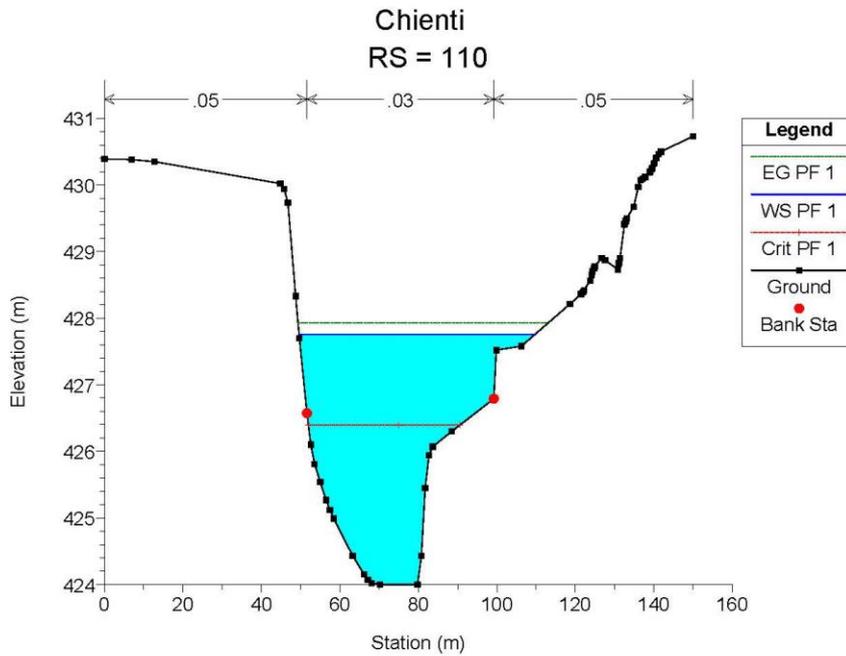
Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 03	WBS O10000	Id. doc. REL	N. progr. 11	REV. A	Pag. di Pag. 30 di 39
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------



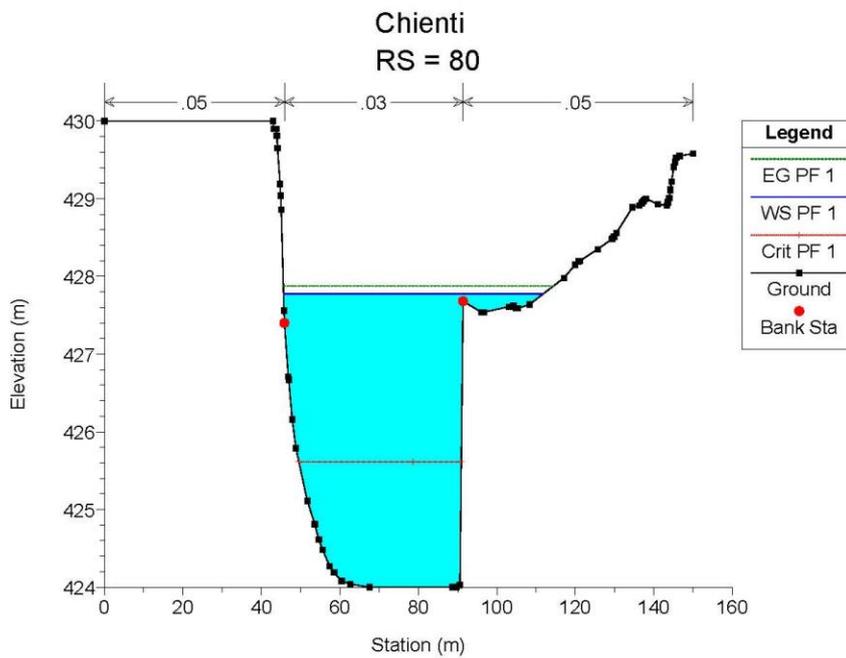
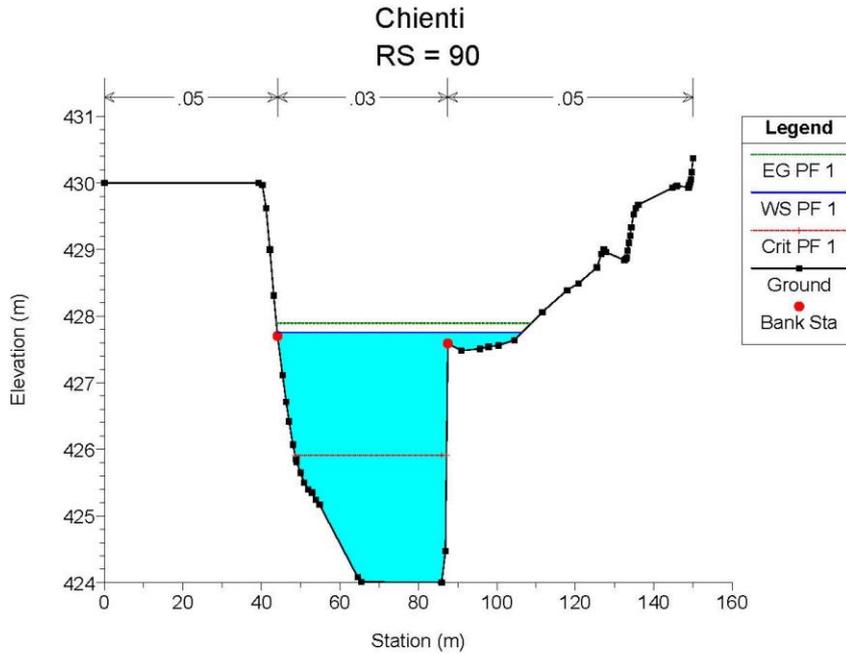




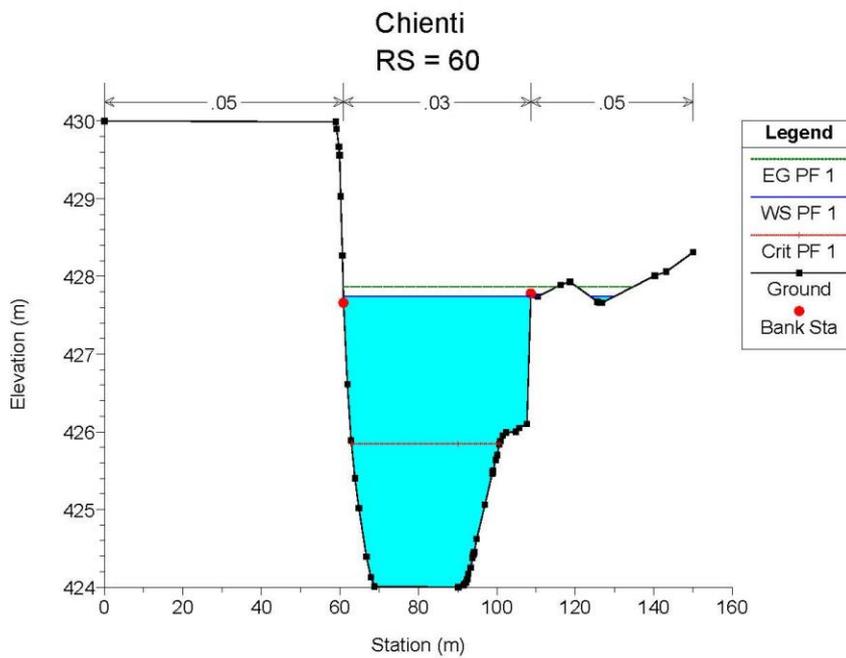
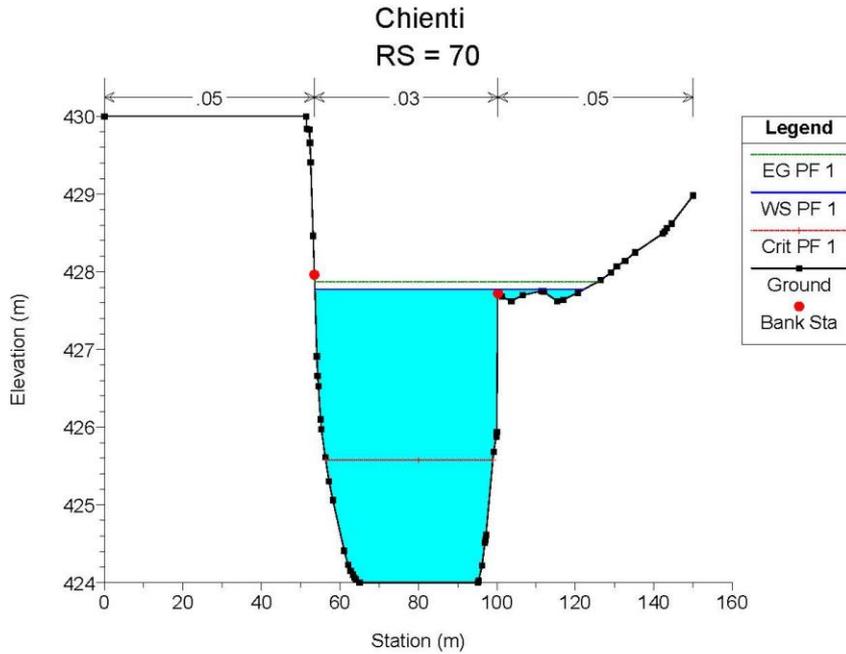
Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 03	WBS O10000	Id. doc. REL	N. progr. 11	REV. A	Pag. di Pag. 33 di 39
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

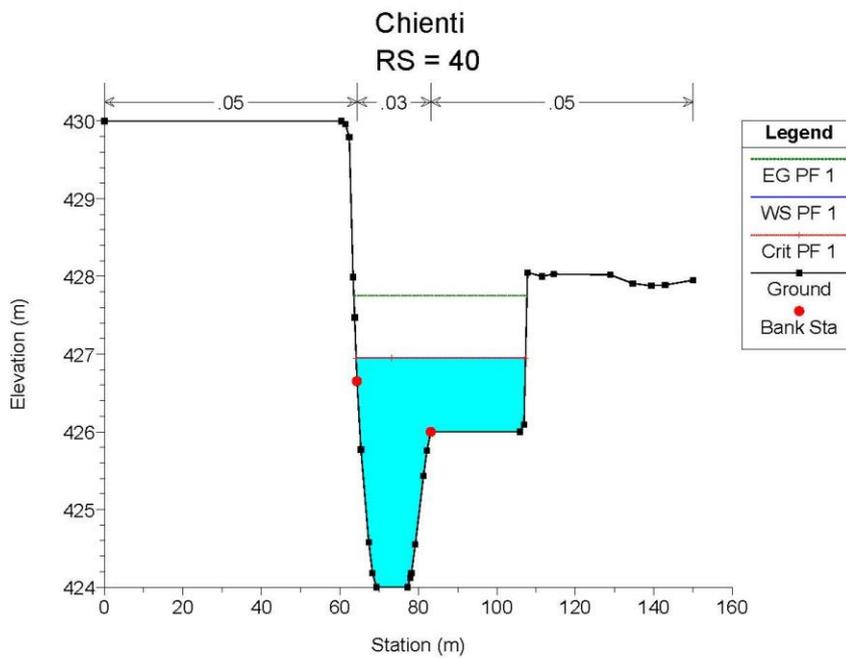
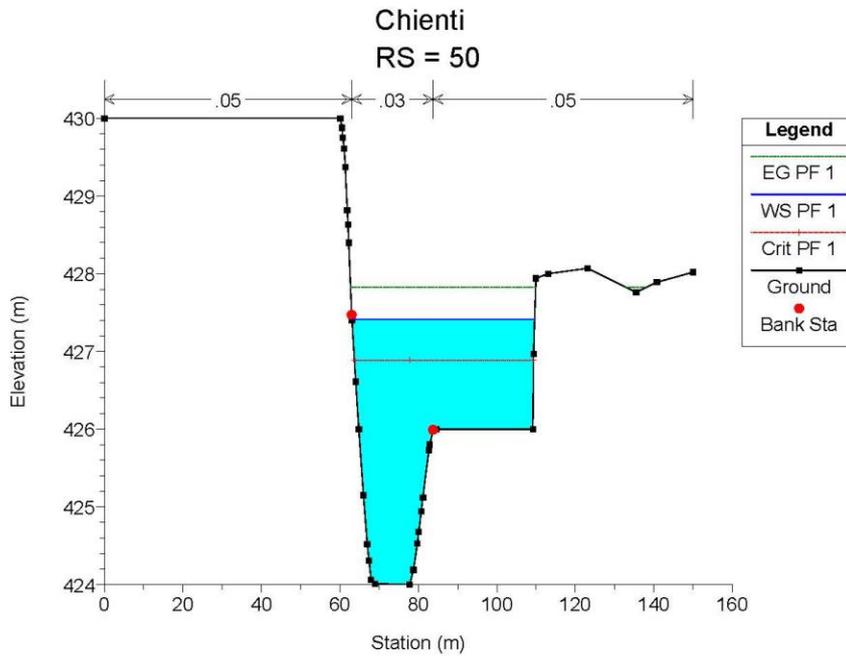


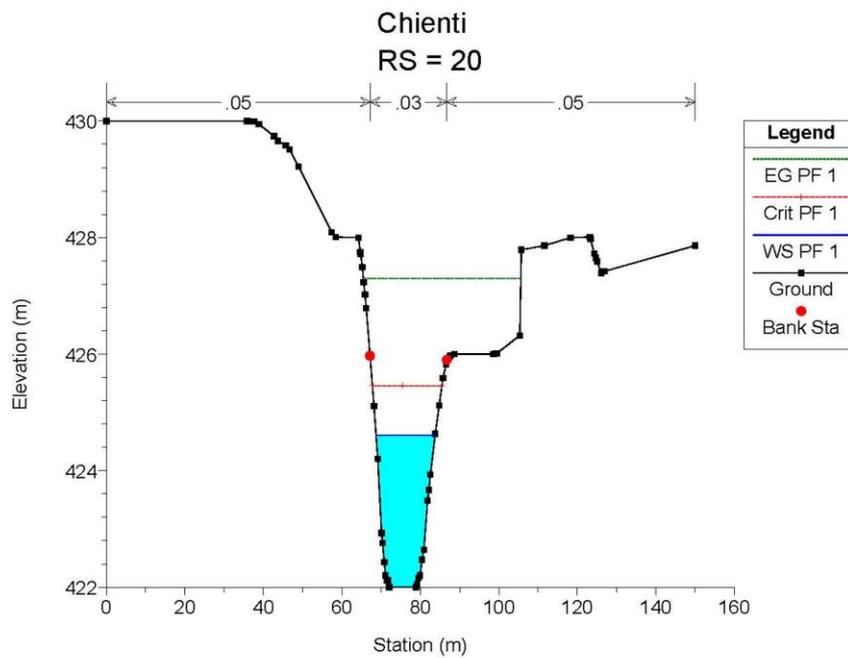
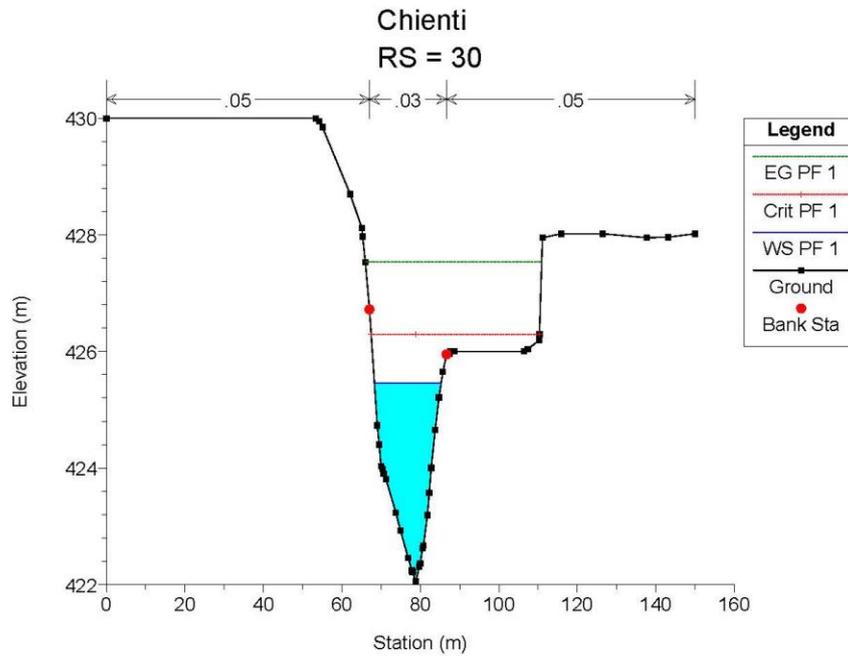
Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 03	WBS O10000	Id. doc. REL	N. progr. 11	REV. A	Pag. di Pag. 34 di 39
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------



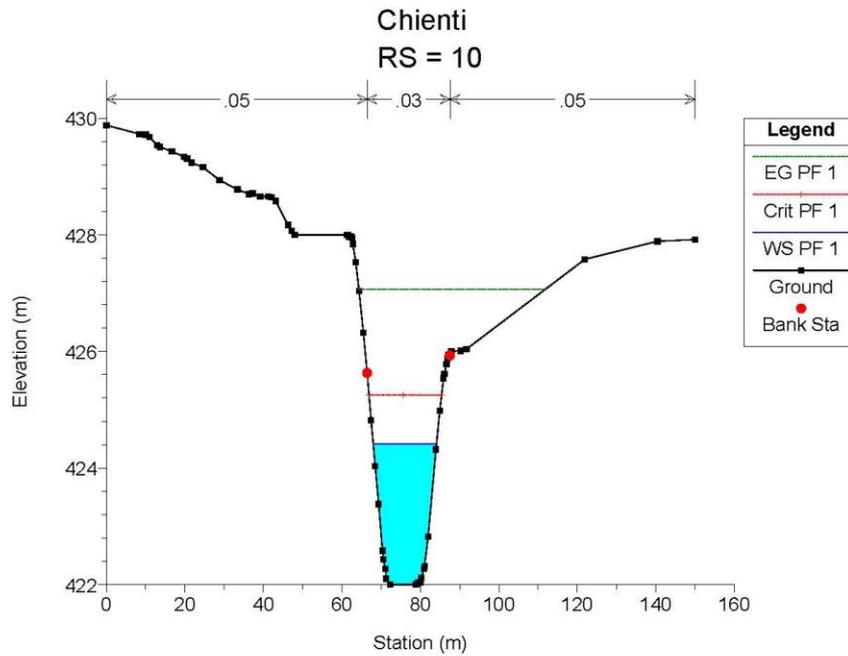
Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 03	WBS O10000	Id. doc. REL	N. progr. 11	REV. A	Pag. di Pag. 35 di 39
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

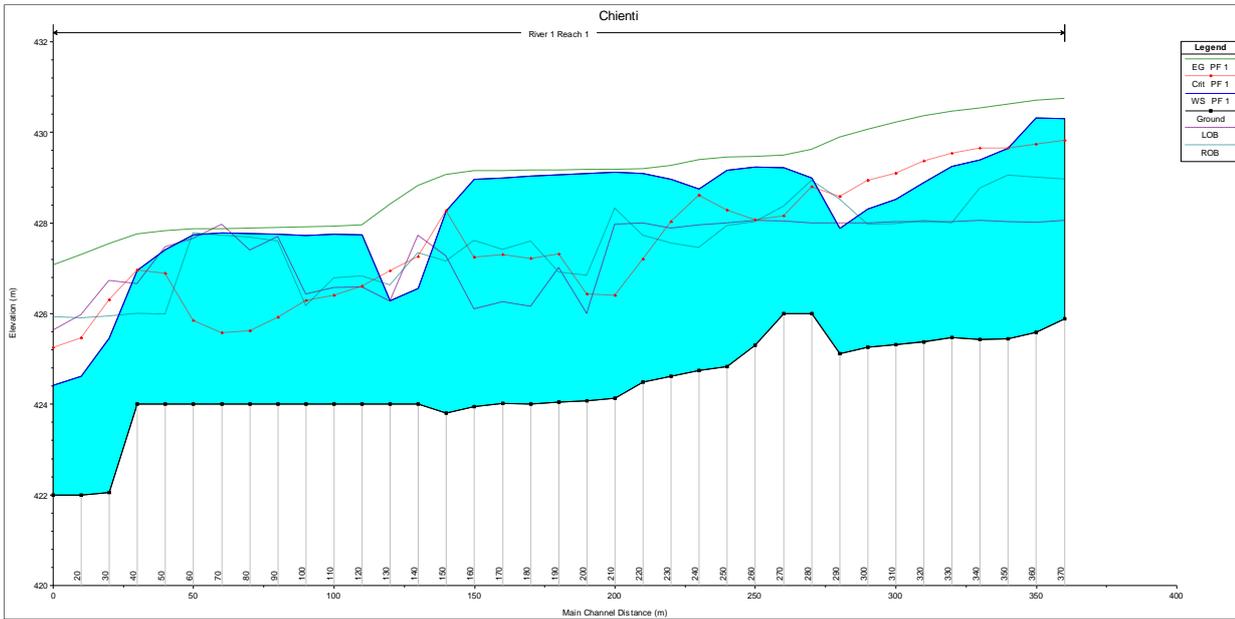






Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 03	WBS 010000	Id. doc. REL	N. progr. 11	REV. A	Pag. di Pag. 38 di 39
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------





Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m <sup>2</sup> )	(m)	
Reach 1	370	PF 1	222.00	425.88	430.30	429.83	430.75	0.002646	3.60	115.37	89.51	0.62
Reach 1	360	PF 1	222.00	425.58	430.32	429.73	430.71	0.002006	3.31	125.51	89.58	0.52
Reach 1	350	PF 1	222.00	425.45	429.65	429.65	430.62	0.005431	4.80	70.77	54.07	0.83
Reach 1	340	PF 1	222.00	425.43	429.40	429.64	430.54	0.006566	5.07	62.40	50.48	0.93
Reach 1	330	PF 1	222.00	425.47	429.24	429.54	430.47	0.006522	5.19	60.31	50.40	0.96
Reach 1	320	PF 1	222.00	425.38	428.89	429.36	430.36	0.009917	5.54	49.62	44.79	1.15
Reach 1	310	PF 1	222.00	425.32	428.52	429.10	430.22	0.015536	5.83	41.70	37.59	1.40
Reach 1	300	PF 1	222.00	425.26	428.30	428.93	430.07	0.013765	5.91	39.79	31.09	1.31
Reach 1	290	PF 1	222.00	425.11	427.88	428.59	429.89	0.016598	6.28	35.33	18.45	1.45
Reach 1	280	PF 1	222.00	426.00	429.00	428.79	429.61	0.004063	3.65	77.21	56.32	0.74
Reach 1	270	PF 1	222.00	426.00	429.22	428.15	429.49	0.001370	2.32	110.24	69.73	0.45
Reach 1	260	PF 1	222.00	425.30	429.23	428.06	429.46	0.001144	2.18	118.60	70.43	0.42
Reach 1	250	PF 1	222.00	424.83	429.16	428.28	429.45	0.001598	2.43	110.42	74.62	0.48
Reach 1	240	PF 1	222.00	424.74	428.76	428.60	429.39	0.003781	3.70	79.63	65.58	0.74
Reach 1	230	PF 1	222.00	424.62	428.97	428.03	429.26	0.001500	2.50	112.46	75.75	0.48
Reach 1	220	PF 1	222.00	424.49	429.10	427.20	429.20	0.000440	1.43	171.34	82.33	0.27
Reach 1	210	PF 1	222.00	424.13	429.13	426.40	429.18	0.000200	1.05	225.40	90.64	0.18
Reach 1	200	PF 1	222.00	424.07	429.10	426.43	429.18	0.000237	1.35	224.57	91.71	0.20
Reach 1	190	PF 1	222.00	424.05	429.06	427.31	429.17	0.000479	1.62	191.76	92.20	0.28
Reach 1	180	PF 1	222.00	424.00	429.03	427.22	429.16	0.000535	1.76	178.94	89.76	0.29
Reach 1	170	PF 1	222.00	424.02	428.99	427.29	429.15	0.000658	1.93	152.51	74.04	0.33
Reach 1	160	PF 1	222.00	423.95	428.97	427.24	429.15	0.000701	1.99	144.42	67.05	0.33
Reach 1	150	PF 1	222.00	423.81	428.27	428.27	429.07	0.004396	4.29	74.24	54.41	0.77
Reach 1	140	PF 1	222.00	424.00	426.56	427.26	428.82	0.043073	6.66	33.35	33.94	2.14
Reach 1	130	PF 1	222.00	424.00	426.29	426.95	428.41	0.032212	6.45	34.41	29.79	1.92
Reach 1	120	PF 1	222.00	424.00	427.74	426.60	427.95	0.001205	2.06	111.86	56.99	0.42
Reach 1	110	PF 1	222.00	424.00	427.76	426.39	427.93	0.000888	1.83	124.31	60.17	0.37
Reach 1	100	PF 1	222.00	424.00	427.73	426.28	427.92	0.000826	1.94	122.88	61.00	0.36
Reach 1	90	PF 1	222.00	424.00	427.76	425.91	427.89	0.000601	1.65	137.71	62.40	0.30
Reach 1	80	PF 1	222.00	424.00	427.77	425.61	427.88	0.000403	1.44	157.58	66.14	0.25
Reach 1	70	PF 1	222.00	424.00	427.77	425.58	427.87	0.000368	1.39	161.38	68.63	0.24
Reach 1	60	PF 1	222.00	424.00	427.75	425.85	427.87	0.000521	1.54	144.28	54.74	0.28
Reach 1	50	PF 1	222.00	424.00	427.41	426.89	427.83	0.002471	3.12	93.31	46.59	0.60
Reach 1	40	PF 1	222.00	424.00	426.95	426.95	427.75	0.005528	4.25	67.46	43.16	0.88
Reach 1	30	PF 1	222.00	422.05	425.46	426.30	427.54	0.016052	6.39	34.75	17.01	1.43
Reach 1	20	PF 1	222.00	422.00	424.61	425.46	427.29	0.021433	7.25	30.60	15.09	1.63
Reach 1	10	PF 1	222.00	422.00	424.42	425.25	427.07	0.022183	7.21	30.79	16.14	1.67