



**COMUNE DI PIETRASANTA**  
**Servizi del Territorio - Ufficio Urbanistica**

**Il Sindaco**  
**Massimo MALLEGGNI**

**L'Assessore ai Lavori Pubblici Ambiente e Grandi Opere**  
**Alfredo BENEDETTI**

**Il Dirigente (Progettista Piano Strutturale)**  
**Dott. Arch. Dante GALLI**

**U.O. Lavori Pubblici - Ambiente**  
**Dott. Ing. Stefano TACCOLA**

**StudiO**  
**CrocE**<sub>s.r.l.</sub>

**Dott. Ing. Nicola Croce**  
**Prof. Ing. Pietro Croce**

**hanno collaborato:**

Dott. Ing. Saverio Ladisa Dott. Ing. Patrizia Manni  
Dott. Ing. Marino Pelusi Dott. Ing. Massimo Mengozzi  
Dott. Ing. Martina Baldini Geom. Matteo Di Prete  
Geom. Stefania Morino

56010 Ghezzano (PI), via Carducci, 47  
tel. 050 878716 fax. 050 877994  
e-mail: croce@interfree.it  
www.studiocroce.com

Ing. NICOLA CROCE  
ORDINE INGEGNERI della Provincia di PISA  
N° 1321 Sezione A  
INGEGNERE CIVILE E AMBIENTALE  
INDUSTRIALE, DELL'INFORMAZIONE

committente

**REGIONE TOSCANA**  
**COMUNE DI PIETRASANTA**

**PROGETTO ESECUTIVO**

progetto

**INTERVENTO DI MESSA IN SICUREZZA DEL**  
**TORRENTE BACCATOIO**

allegato

**RELAZIONE IDROLOGICO - IDRAULICA**

aggiornamento

**MARZO 2010**

all. n.

**C**





## INDICE

1. PREMESSA .....	2
2 - STUDIO IDROLOGICO .....	3
3 - SCELTA DEL PLUVIOGRAMMA DI PROGETTO .....	8
4 - DETERMINAZIONE DEGLI IDROGRAMMI DI PIENA .....	10
5 - CALCOLO DEI PROFILI DI RIGURGITO, PROGETTAZIONE DELLE SEZIONI D'ALVEO. ....	19
6 – RISULTATI .....	22



## **INTERVENTO DI MESSA IN SICUREZZA DEL TORRENTE BACCATOIO TRA IL PONTE DI VIA DELLE COLMATE E LA SS AURELIA**

### **PROGETTO DEFINITIVO**

#### **1.PREMESSA**

Il presente studio idrologico-idraulico è finalizzato alla determinazione del massimo livello liquido duecentennale al fine di poter definire gli interventi di messa in sicurezza idraulica del torrente Baccatoio nel tratto a valle di Via delle Colmate (sezione 129) fino alla SS Aurelia nel Comune di Pietrasanta. Trattasi del tratto di fiume non ancora sistemato; al contrario sono già stati messi in sicurezza i tratti a monte e a valle di esso (vedasi figura n.1). Nel presente lotto gli interventi partono dal ponte sull'Aurelia fino alla sezione 102a. (vedere planimetria)

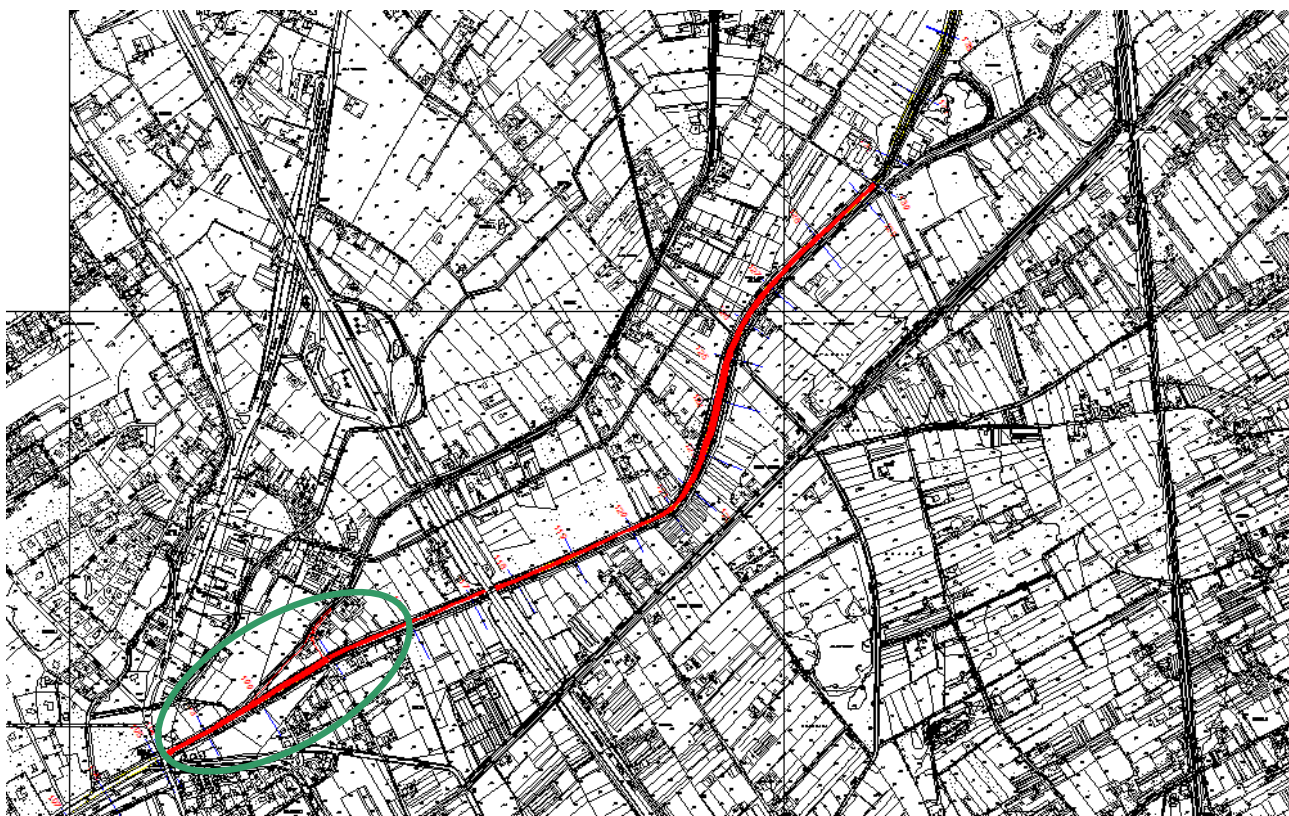


Fig.1 – Planimetria intervento (lotto attuale cerchiato in verde)



## 2 - STUDIO IDROLOGICO

Il Torrente Baccatoio nasce ad una quota di circa 1000 m sul monte Lieto e dopo un tratto collinare in direzione SO attraversa la strada statale Sarzanese Valdera n.439. Da questo punto in poi inizia un tratto pianeggiante fino alla foce con l'immissione nell'ordine, in destra del Canale S. Maria, in sinistra del fosso della Carraietta, in destra della Gora degli Opifici e in sinistra del Teso.

Nella parte pianeggiante l'alveo risulta pensile.

Il Torrente Baccatoio ha una lunghezza di circa 10.5 Km dall'origine fino alla foce, con un'estensione del bacino imbrifero pari a circa 32.8 Km<sup>2</sup> ed è raffigurato nella figura 2.

Da un punto di vista litologico il bacino è caratterizzato da terreni a permeabilità media come meglio specificato nella relazione geologica.

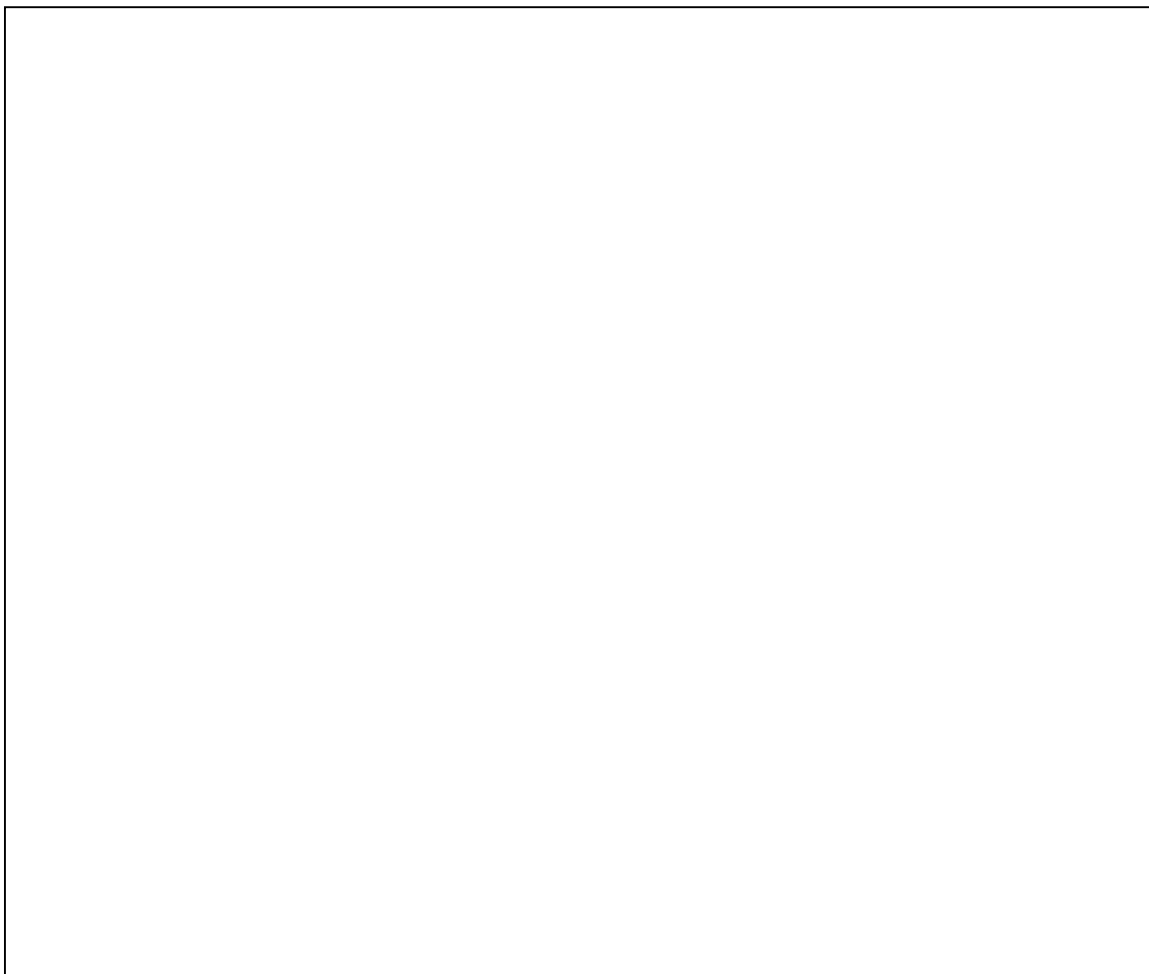
Per quanto riguarda l'uso del suolo, il bacino risulta (come si evince dalla carta dell'uso del suolo della Regione Toscana) prevalentemente coperto da boschi con densità medio alta nella parte montana, da oliveti e vigneti da colture seminatrici nella parte pianeggiante oltre che da numerosi insediamenti abitativi.

Al fine di definire il regime pluviometrico della zona in esame e definire quindi gli idrogrammi di piena relativi ai vari tempi di ritorno si è fatto riferimento ai dati relativi alle piogge di durata compresa tra 1 e 24 ore registrate alla stazione pluviometrica di Viareggio gestita dal Servizio Idrografico (Sezione di Pisa), che risulta essere quella più significativa sia in considerazione della posizione rispetto al bacino idrografico che della lunghezza della serie storica disponibile.

Sono state studiate le piogge di durata 1 ora, 3-6-12 e 24 ore.

Per ciascuna durata sono stati raccolti i valori massimi relativi a ciascun anno del periodo di osservazione.

I dati suddetti sono stati ricavati dall'esame degli Annali Idrologici, parte prima, pubblicati dal Servizio Idrografico Sezione di Pisa; essi sono disponibili, per la stazione



**Figura 2.** Bacino imbrifero del torrente Baccatoio con indicazione dei sottobacini e del CN.



pluviometrica di Viareggio per il periodo 1945-1997. I dati raccolti, riportati in Tabella I, sono stati sottoposti ad analisi statistica secondo il metodo di Gumbel.

Tale metodo consente, nota che sia la serie cronologica dei valori assunti da una certa grandezza (in questo caso le piogge di data durata), di individuare sia i valori di tale grandezza corrispondenti ad un prefissato tempo di ritorno  $Tr$ , che cioè hanno probabilità di verificarsi non più di una volta in un dato intervallo di anni, sia il tempo corrispondente ad un dato valore della grandezza in esame.

Il valore del tempo di ritorno è legato a quello della probabilità di superamento (probabilità che l'evento  $X$  assuma un valore maggiore od uguale ad  $x$  dalla seguente relazione:

$$2.1) \quad P(X \geq x) = 1/Tr$$

Il valore della probabilità di non superamento risulta:

$$2.2) \quad P(X \leq x) = 1 - P(X \geq x) = 1 - 1/Tr$$

Secondo il metodo di Gumbel il valore della probabilità di non superamento risulta il seguente:

$$2.3)$$

dove  $\alpha$  ed  $N$  rappresentano i due parametri della distribuzione che possono essere determinati dall'esame statistico di un campione della variabile  $X$ .

Per la determinazione dei parametri di una distribuzione di probabilità data esistono vari metodi, il più comunemente usato è il cosiddetto "Metodo dei Momenti" che fornisce le seguenti espressioni dei due parametri della legge di distribuzione di Gumbel:

$$2.4) \quad \frac{1}{\alpha} = 0.7797 \cdot \sigma$$

$$2.5) \quad N = M - 0.45 \cdot \sigma$$

dove  $\sigma$  ed  $M$  rappresentano lo scarto quadratico medio e la media del campione della variabile  $X$ .

La relazione di Gumbel può essere scritta anche come:

$$2.6) \quad x = N + \frac{y}{\alpha}$$

avendo posto:

$$2.7) \quad y = -\ln(-\ln(P(X \leq x)))$$

Attraverso l'applicazione delle espressioni viste in precedenza si possono calcolare i valori della variabile  $X$  corrispondenti a prefissati  $Tr$  ovvero determinare il  $Tr$  di un dato valore della variabile  $X$ .

In pratica per determinare il valore della variabile  $X$  corrispondente ad un dato  $Tr$  si calcolano i due parametri  $\alpha$  ed  $N$  della distribuzione, attraverso i valori dello scarto quadratico medio campionario e del valor medio del campione di dati disponibile, si calcola il valore della probabilità di non



superamento impiegando la (2.2) e quindi il valore della  $y$  mediante la (2.7), determinando poi il valore della variabile  $x$  attraverso la (2.6).

### STAZIONE PLUVIOMETRICA DI VIAREGGIO

<b>ALTEZZE MASSIME DI PIOGGIA DA 1 A 24 ORE</b>					
=	=	=	=	=	=
<b>ANNO</b>	<b><i>t= 1 ORA</i></b>	<b><i>t= 3 ORE</i></b>	<b><i>t= 6 ORE</i></b>	<b><i>t=12 ORE</i></b>	<b><i>t= 24 ORE</i></b>
1945	24.00	45.20	53.00	56.70	40.00
1946	25.60	51.60	59.00	82.80	88.20
1948	42.00	51.60	52.40	55.20	52.40
1949	28.40	34.40	36.20	50.00	64.60
1950	29.20	29.20	39.00	54.40	62.00
1951	30.00	54.00	69.40	79.20	85.40
1952	28.00	45.40	71.40	104.00	154.80
1953	41.60	51.60	57.40	65.00	89.80
1954	58.00	78.00	83.20	85.80	85.80
1955	35.00	53.00	107.00	183.00	211.00
1956	33.00	41.20	44.80	52.40	62.40
1957	20.80	62.60	63.00	66.80	66.80
1958	25.00	31.00	31.00	37.40	45.40
1959	26.00	39.60	47.20	47.20	71.60
1960	28.00	35.80	35.80	45.00	55.20
1961	43.00	46.00	51.40	55.00	104.00
1962	17.00	26.00	38.00	47.60	51.60
1963	60.00	109.00	109.20	109.20	112.00
1964	25.00	37.80	37.80	44.60	53.80
1965	43.00	62.60	65.00	97.40	101.20
1966	48.00	108.00	115.60	155.20	157.00
1967	24.00	30.00	34.60	36.20	43.80
1968	46.60	53.40	60.40	68.80	71.00
1969	35.20	52.20	64.60	88.20	95.40
1970	39.00	53.40	54.60	54.60	54.80
1971	46.20	46.20	48.80	68.40	68.40
1972	22.20	37.20	39.60	44.20	50.60
1973	39.00	47.60	50.60	52.40	64.20
1974	28.00	32.60	32.60	36.20	37.00
1975	38.20	38.20	39.00	52.80	53.40





1976	50.80	74.00	74.20	75.20	85.60
1977	24.20	35.40	38.40	65.00	67.60
1978	32.40	37.80	61.80	76.20	99.20
1979	28.60	35.80	57.40	97.80	139.80
1980	25.60	38.00	42.00	42.00	77.00
1981	50.20	80.00	80.40	80.40	83.60
1982	24.20	31.80	32.40	44.00	53.40
1983	21.40	26.40	27.20	46.00	53.20
1984	20.00	30.20	43.00		
1985	14.80	23.40	24.60		
1986	43.00	48.00	48.00		
1987	71.00	116.60	123.20		
1988	52.60	68.20	84.00		
1989	32.00	50.50	55.40		
1990	19.80	35.80	65.00		
1991	47.00	90.80	119.00		
1992	57.20	64.90	66.80		
1993	37.00	37.60	49.80		
1994	36.40	68.80	79.20		
1995	35.33	50.59	58.44		
1996	12.74	21.76	24.35		
1997	9.94	16.97	18.99		

**Tabella I**

In pratica per determinare il valore della variabile  $X$  corrispondente ad un dato  $Tr$  si calcolano i due parametri ed  $N$  della distribuzione, attraverso i valori dello scarto quadratico medio campionario e del valor medio del campione di dati disponibile, si calcola il valore della probabilità di non superamento e quindi il valore di  $y$  corrispondente, si determina poi il corrispondente della variabile  $X$ .

Dall'esame delle serie storiche costituite dai vari valori dell'altezza di pioggia corrispondente a ciascuna delle durate esaminate sono stati calcolati, per ciascun campione, i valori dei due parametri che caratterizzano la legge di Gumbel.

Quindi sono stati ricavati i valori delle piogge per le varie durate relativi a differenti valori del tempo di ritorno: tali valori sono riportati in Tabella II

### PIOGGE DI VARIE DURATE E PREFISSATI TEMPI DI RITORNO SECONDO GUMBEL

<b>TR</b>	<b>P(X)</b>	<b>y</b>	<b>T=1 ORA</b>	<b>T=3 ORE</b>	<b>T=6 ORE</b>	<b>T=12 ORE</b>	<b>T=24 ORE</b>
-	-	-	-	-	-	-	-
<b>5</b>	0.8000	1.50	43.54	65.20	74.79	90.93	105.58
<b>20</b>	0.9500	2.97	58.52	90.41	103.09	126.69	147.47
<b>30</b>	0.9667	3.38	62.74	97.51	111.06	136.76	159.27
<b>50</b>	0.9800	3.90	68.01	106.38	121.03	149.35	174.02



<b>75</b>	0.9867	4.31	72.18	113.39	128.90	159.30	185.67
<b>100</b>	0.9900	4.60	75.13	118.35	134.47	166.34	193.91
<b>200</b>	0.9950	5.30	82.22	130.28	147.86	183.26	213.73

**Tabella II**

Sono state quindi determinate le curve di possibilità pluviometrica per tempi di ritorno pari a 20, 30, 100 e 200 anni;

$$h_{tr20} = 59.8 \cdot t^{0.323}$$

$$h_{tr30} = 64.2 \cdot t^{0.326}$$

$$h_{tr100} = 77.01 \cdot t^{0.330}$$

$$h_{tr200} = 84.33 \cdot t^{0.335}$$

La trasformazione afflussi-deflussi è stata condotta determinando lo ietogramma di progetto. Le calcolazioni successive sono riferite comunque al tempo di ritorno duecentennale.

### **3 - SCELTA DEL PLUVIOGRAMMA DI PROGETTO .**

Dalle elaborazioni statistiche riportate nelle pagine precedenti è possibile ricavare la relazione che esiste tra la quantità di pioggia caduta e la corrispondente durata, tale relazione non fornisce alcuna indicazione circa la distribuzione temporale delle piogge (ietogramma) che, soprattutto per piccoli bacini, rappresenta un elemento determinante nel processo di trasformazione afflussi-deflussi.

D'altronde la modalità con cui l'intensità di pioggia varia durante un dato evento pluviometrico è da ritenersi del tutto casuale e quindi il suo studio dovrebbe essere caratterizzato da opportune indagini statistiche atte a individuare il valore della probabilità da associare ad una data forma di ietogramma.

È altresì noto che l'adozione di ipotesi semplificative tra cui quella che ipotizza la pioggia distribuita in maniera uniforme nel tempo (cioè che abbia intensità costante per tutta la sua durata) porta a notevoli sottostime del valore delle portate di picco.

Nella pratica progettuale si ovvia al fatto che non si possano definire a priori andamenti temporali della precipitazione, attraverso l'adozione di ietogrammi cosiddetti *sintetici*, tali cioè da non rappresentare il reale andamento dell'evento pluviometrico, ma in grado di introdurre nelle procedure di trasformazione afflussi-deflussi una variabilità temporale della pioggia che dia luogo a risultati che si possano ritenere cautelativi. La legge di distribuzione che si introduce rappresenta, in tal modo, quello che viene definito lo *ietogramma di progetto*. Nella letteratura tecnica esistono diverse metodologie per la definizione del suddetto *ietogramma di progetto*.

In molti paesi l'uso dello ietogramma di progetto è normato, mentre in Italia, in assenza di normativa specifica, la scelta viene lasciata alla discrezionalità del progettista.

Nel caso in esame, in assenza di normativa specifica, tra le varie procedure disponibili, è stata utilizzata quella basata su uno ietogramma detto del tipo *Chicago*, che ha come caratteristica principale il fatto

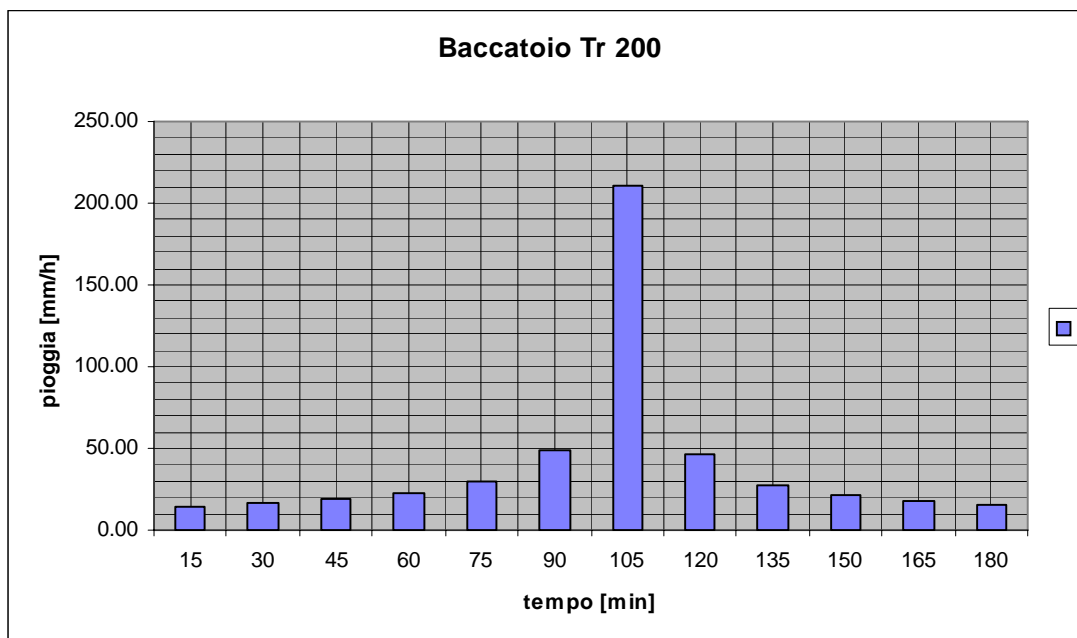


che per ogni durata, anche parziale, l'intensità media della precipitazione è congruente con quella definita dalla curva di possibilità pluviometrica di assegnato periodo di ritorno. Questo pluviogramma, qualunque sia la sua durata, contiene al suo interno tutte le piogge massime di durate inferiori. Questa caratteristica lo rende idoneo a rappresentare le condizioni di pioggia critica indipendentemente dalla durata complessiva della pioggia adottata. Nel caso particolare è stata scelta una durata dello ietogramma pari a 3 ore con la posizione del picco di pioggia nel centro; lo ietogramma è stato determinato in forma discreta con un passo temporale pari a 15', congruente con le dimensioni del bacino esaminato.

I valori delle altezze di pioggia determinate in base allo ietogramma di progetto, per ciascun passo temporale pari a 15 minuti, sono riportati nella Tabella III unitamente all'istogramma relativo.

<b>Tr 200</b>		
<b>t [min]</b>	<b>pioggia [mm/h]</b>	<b>p [mm]</b>
15	14.59	3.6
30	16.45	4.1
45	19.06	4.8
60	23.04	5.8
75	30.16	7.5
90	48.71	12.2
105	210.57	52.6
120	46.54	11.6
135	27.79	6.9
150	21.02	5.3
165	17.30	4.3
180	14.90	3.7

**Tabella III. Ietogramma di progetto con tempo di ritorno pari a 200 anni**



#### 4 - DETERMINAZIONE DEGLI IDROGRAMMI DI PIENA

Per la determinazione degli idrogrammi di piena in corrispondenza dei vari sottobacini riportati in figura 1, si è utilizzato un modello matematico di trasformazione afflussi-deflussi basato sull'impiego dell'idrogramma unitario del Soil Conservation Service, tale procedura è stata applicata mediante l'impiego del codice di calcolo HEC-1 (sviluppato dall'US army Corps of Engineers- The Hydrologic Engineering Center).

Hec1 è un programma che consente lo studio e la modellazione del fenomeno della trasformazione afflussi-deflussi che avviene in un bacino idrografico.

Il risultato della modellazione è la costruzione dell'idrogramma di piena in uno o più punti del corso d'acqua in esame.

La modellazione viene fatta mediante la simulazione dei vari processi fisici che avvengono nel bacino, ognuno dei quali può essere simulato per mezzo di uno o più metodi matematici.

I processi fisici che vengono simulati consistono sostanzialmente nella depurazione delle piogge per tenere conto della quota parte di pioggia che viene perduta per intercettazione da parte della vegetazione, per detenzione nelle depressioni superficiali e per infiltrazione, e nella conseguente trasformazione della quota parte di pioggia residua (pioggia netta) in deflusso superficiale sulle pendici del bacino e nel reticolo idrografico.

Il programma provvede alla determinazione, partendo da uno ietogramma di progetto, che rappresenta l'andamento temporale dell'intensità di pioggia, alla determinazione dello ietogramma netto (depurato delle perdite), che rappresenta la pioggia disponibile per il deflusso

Nel caso specifico è stato adottato, per simulare le perdite di bacino, il metodo SCS-CURVE NUMBER, che è basato sulle curve di precipitazione e perdita cumulate ed in cui in funzione del tipo



di suolo, del suo uso e del grado di imbibizione dello stesso, calcola istante per istante il quantitativo di pioggia che va a produrre il deflusso.

Tale metodo è molto diffuso, soprattutto grazie alla notevole mole di dati reperibili in letteratura per la sua applicazione, esso permette di calcolare l'altezza di pioggia persa fino ad un dato istante attraverso la valutazione dell'altezza di pioggia massima immagazzinabile nel suolo a saturazione (S), il cui valore viene determinato attraverso un parametro detto CN (Curve Number) il quale è funzione della natura del terreno, del tipo di copertura vegetale dello stesso del corrispondente grado di imbibizione.

La classificazione dei suoli secondo la natura del terreno è riportata nella seguente Tabella VII, una volta definito il tipo di suolo si determina il valore del CN corrispondente al grado di copertura attraverso l'uso della Tabella VIII.

I valori riportati nella Tabella VIII sono relativi a condizioni di umidità del terreno antecedenti l'evento medie definite attraverso il valore della precipitazione totale nei cinque giorni precedenti l'evento stesso (Antecedent Moisture Condition classe II - che in sigla viene indicata come AMC II).

#### CLASSIFICAZIONE DEI SUOLI SECONDO S.C.S.

Tipo	CARATTERISTICHE DEI SUOLI
<b>A</b>	(Ruscellamento di modesta entità). Suoli con alte velocità d'infiltrazione anche se completamente bagnati; suoli formati da strati sabbiosi e ghiaiosi di spessore elevato, ben drenati, caratterizzati da alti coefficienti di permeabilità.
<b>B</b>	Suoli con moderate velocità di infiltrazione anche se completamente bagnati, di spessore abbastanza elevato, abbastanza drenati; suoli di tessitura da moderatamente grossolana a moderatamente fine, caratterizzati da un moderato coefficiente di permeabilità.
<b>C</b>	Suoli con basse velocità d'infiltrazione anche se completamente bagnati; principalmente costituiti da uno strato che ostacola la percolazione dell'acqua nel terreno sottostante; suoli di tessitura da moderatamente fine a fine, caratterizzati da bassi coefficienti di permeabilità.
<b>D</b>	(Ruscellamento di notevole entità). Suoli con modestissime velocità d'infiltrazione; principalmente suoli argillosi rigonfiabili oppure suoli situati poco al di sopra di una falda permanente; suoli con strati o lenti argillose in prossimità o in superficie; suoli di piccolo spessore con materiale impermeabile sottostante. Suoli caratterizzati da bassissimi coefficienti di permeabilità.

Tabella VII

#### TIPO DI SUOLO

*Valori di CN<sub>i</sub> in funzione delle classi idrologiche dei suoli, del tipo di copertura e della morfologia della superficie. I valori riportati corrispondono alla classe di umidità II definita nella tab. 2.10 (fonte U.S.D.A. - S.C.S.).*



			del suolo: II) per le diverse classi idrologiche del terreno.			
	<sup>1</sup> (1)	<b>A</b>		<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
COLTURE A ROTAZIONE	Arata	alta	66 77	85		89
		media	62 74	83		87
		bassa	58 72	81		85
	Livellata	alta	64	75	83	85
		media	59 71	80		84
		bassa	55 69	78		83
	Livellata e terrazzata	alta	63 73	80		83
		bassa	51 67	76		80
PASCOLO	Naturale	alta	68	79	86	89
		media	49 69	79		84
		bassa	39 61	74		80
	Livellata	alta	47	67	81	88
		media	25 59	75		83
		bassa	6	35 70		79
PRATO STABILE DA SFALCIO	-	bassa	30 58	71		78
ZONE A BOSCO	-	alta	45 66	77		83
		media	36 60	73		79
		bassa	25 55	70		77
PARCHEGGI, TETTI, STRADE ASFALTATE		alta	98	98	98	98

#### ZONE INDUSTRIALI (area impermeabile 72 %) 81 88 91

1

Nota (1)

alta:

pendenza notevole e/o meno del 50% della superficie coperta da vegetazione.

media:

pendenza moderata e/o dal 50 % al 75% della superficie co-perta da vegetazione.

bassa:

pendenza bassa/nulla e/o più del 75% della superficie coper-ta da vegetazione.



					93
ZONE IND. E COMMERC.	(area impermeabile 85 %)	89	92	94	95
ZONE RESIDENZIA LI	lotti fino 500 m <sup>2</sup> (area imp. 65 %)	77	85	90	92
ZONE RESIDENZIA LI	lotti di 500-1000 m <sup>2</sup> (area imp. 38 %)	61	75	83	87
ZONE RESIDENZIA LI	lotti di 1000-1500 m <sup>2</sup> (area imp. 30%)	57	72	81	86
ZONE RESIDENZIA LI	lotti di 1500-2000 m <sup>2</sup> (area imp. 25 %)	54	70	80	85
ZONE RESIDENZIA LI	lotti di 200-5000 m <sup>2</sup> (area imp. 20 %)	51	68	79	84
ZONE RESIDENZIA LI	lotti di 5000-10000 m <sup>2</sup> (area imp. 12 %)	46	65	77	82

Tabella VIII

**PRECIPITAZIONE TOTALE NEI 5 GIORNI PRECEDENTI (mm)**

CLASSE AMC	STAGIONE DI RIPOSO	STAGIONE DI CRESCITA
<b>I</b>	< 12.7	< 35.5
<b>I</b>	12.7 -- 28.0	35.5 -- 53.3
<b>III</b>	>28.0	> 53.3

Tabella IX



## Tabella X

L'individuazione della classe AMC viene effettuata con i valori riportati in Tabella IX, mentre la Tabella X rappresenta la tabella di conversione dal valore del CN valido per AMC II (valore determinato attraverso la Tabella VIII) ai valori corrispondenti per AMC I o AMC III.

Per la valutazione dell'uso del suolo si è fatto riferimento alla cartografia regionale del 1985 in scala 1:25.000.

Per quanto riguarda la classe AMC da adottare per la determinazione dell'idrogramma di piena è stata scelta una classe intermedia fra la classe AMCII e AMCIII.

Una volta determinato il valore medio del parametro CN relativo al bacino e la pendenza media del

bacino si è determinato l'idrogramma di piena.

Il valore del tempo di picco dell'idrogramma unitario istantaneo è dato dalla seguente espressione:

$$4.1) \quad t_p^* = \frac{l^{0.8} \cdot (s+1)^{0.7}}{1900 \cdot y^{0.5}}$$

Dove

$s = 1000/CN-10$ ;

$l$  = lunghezza dell'asta in "feet";

$y$  = pendenza media del bacino.

I risultati ottenuti dall'applicazione del codice HEC 1 sono riportati nell'Allegato 1, le portate di picco, per i diversi tempi di ritorno, nei nodi dei vari sottobacini sono illustrate nei grafici che seguono.

I valori del CN per i vari sottobacini sono riportati nella figura 2.



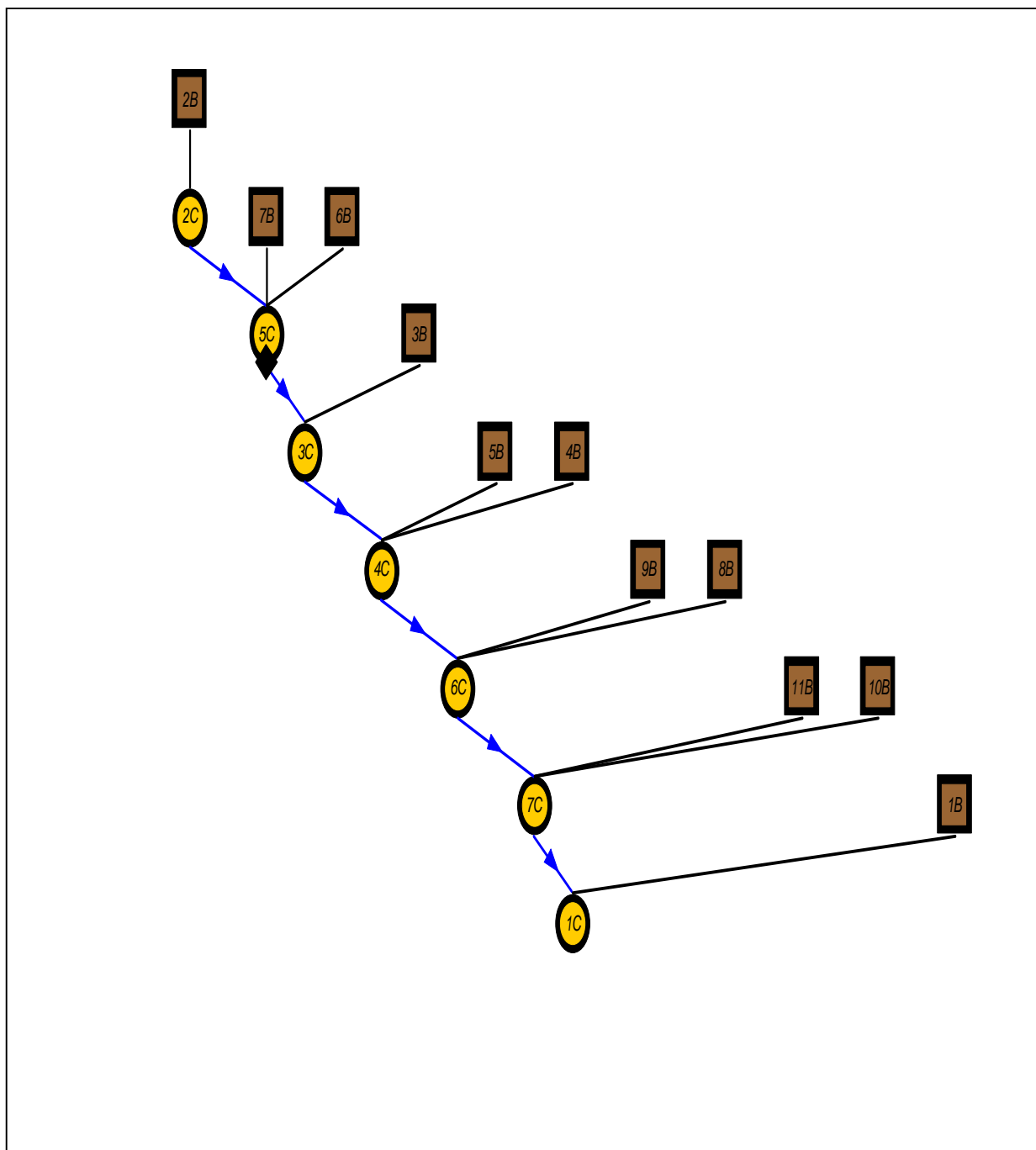


Figura 4.1 . Suddivisione del bacino imbrifero del T. Baccatoio nei vari sottobacini



Gli idrogrammi di piena duecentennali sono riportati nel seguito in corrispondenza delle sezioni di monte (45 Hec), (40 Hec immissione S. Maria), 126 (27 Hec Carraietta), 103 (2.9 Hec immissione Gora limitata alla portata che effettivamente può transitare per effetto della laminazione di monte), 105 (0.7 Hec immissione impianto idrovoro del Mandriato 18 m<sup>3</sup>/s), 106 (0.6 Hec impianto idrovoro in destra sulla Quadrellara 8 m<sup>3</sup>/s), 108 (0.4 Hec immissione Teso).

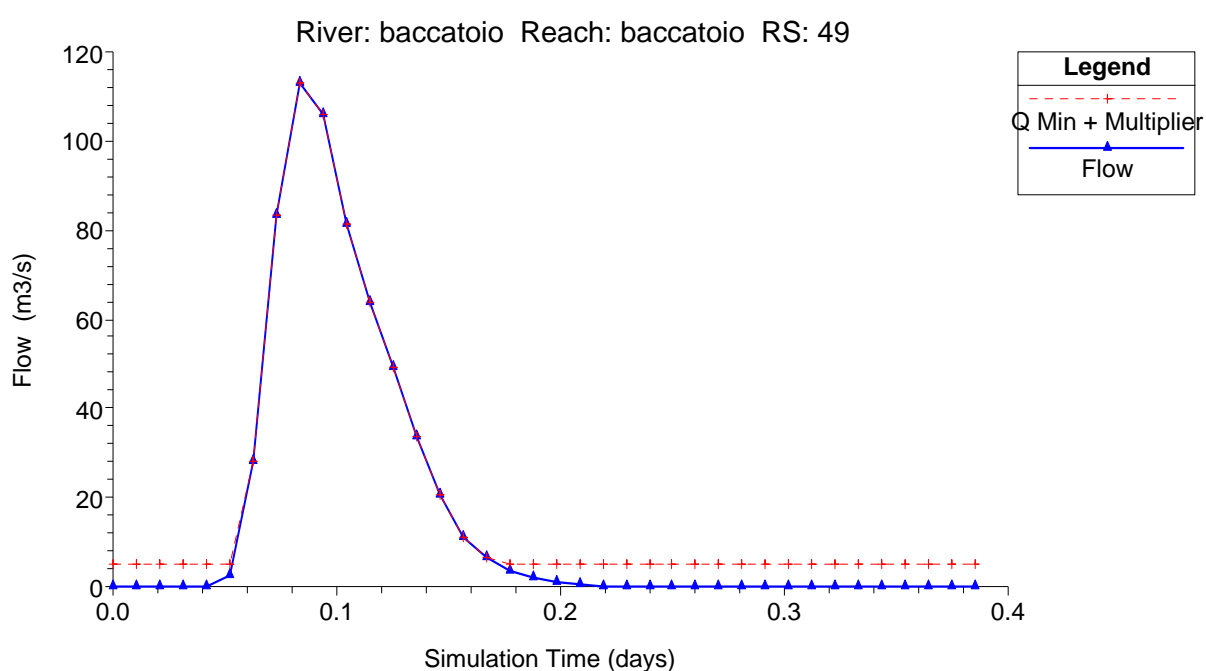


Fig. 4.2 Idrogramma duecentennale sezione di monte (45 Hec)

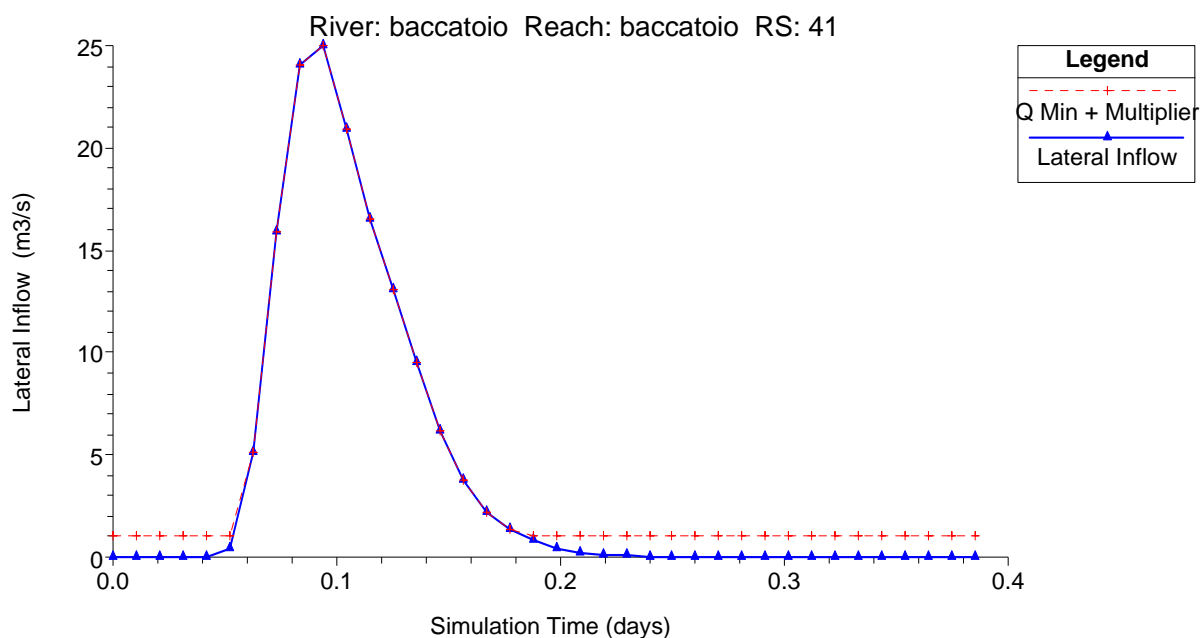


Fig. 4.3 Idrogramma duecentennale (40 Hec immissione S. Maria)

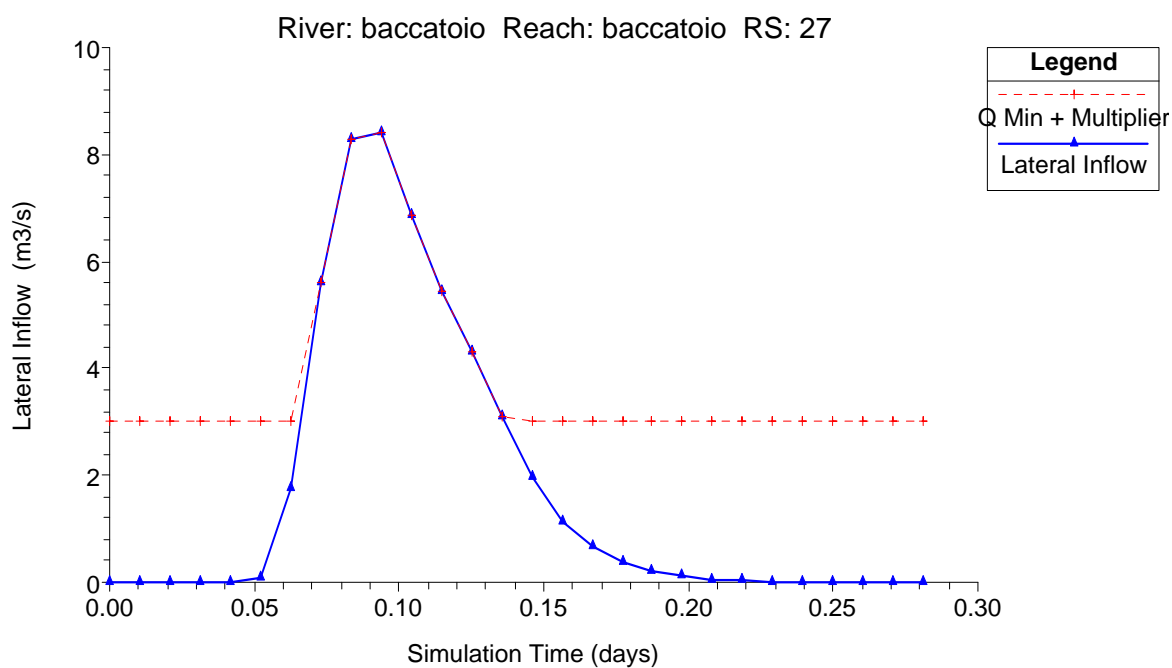


Fig. 4.4 Idrogramma duecentennale sezione 126 (27 Hec Carraietta)

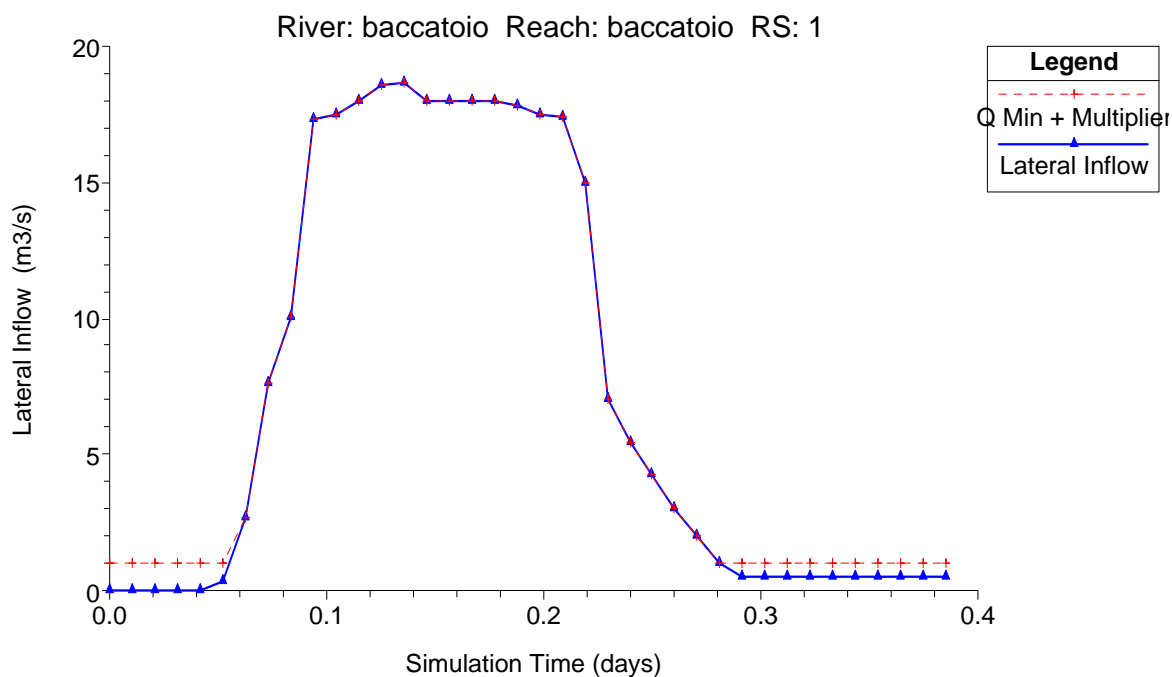


Fig. 4.5 Idrogramma duecentennale sezione 103 (2.9 Hec immissione Gora limitata alla portata che effettivamente può transitare per effetto della laminazione di monte)

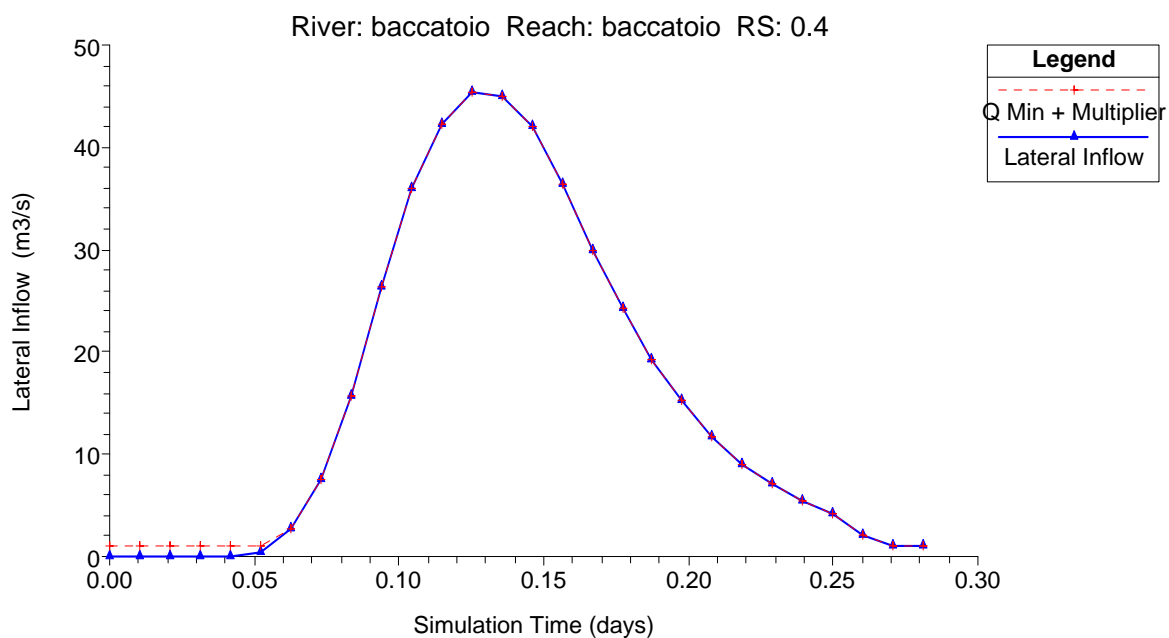


Fig. 4.6 Idrogramma duecentennale sezione 108 (0.4 Hec immissione Teso)



## 5 - CALCOLO DEI PROFILI DI RIGURGITO, PROGETTAZIONE DELLE SEZIONI D'ALVEO

Le equazioni che descrivono il moto delle acque nei corpi idrici superficiali, sono basate sui concetti classici di conservazione della massa (equazione di continuità), e della quantità di moto (equazioni della quantità di moto) o dell'energia (teorema di Bernoulli).

Per la derivazione delle equazioni del moto vario si adottando le seguenti ipotesi:

- La distribuzione della pressione è di tipo idrostatico (ipotesi valida se le linee di flusso non presentano curvatura accentuata).
- La pendenza di fondo alveo è piccola, così che la sezione trasversale normale alla corrente si confonde con la sezione verticale.
- L'alveo è prismatico, le variazioni nella sezione trasversale e nella pendenza di fondo possono essere prese in considerazione approssimando il corso d'acqua con una serie di tratti prismatici.
- Le perdite di carico in moto vario possono essere espresse tramite una delle classiche formule adottate per il moto uniforme (si utilizza l'equazione di Manning); con questa ipotesi si assume che in regime di moto vario ad una data velocità  $V$  della corrente si abbiano le stesse perdite di carico che si avrebbero in moto uniforme con la stessa velocità.
- La velocità e le accelerazioni lungo la verticale sono trascurabili rispetto alle analoghe grandezze in direzione del moto.
- Le variazioni della densità del fluido sono trascurabili.

Adottando le ipotesi sopra elencate; e nell'ipotesi di moto monodimensionale, si ottengono le classiche equazioni di De Saint Venant nella seguente forma:

$$5.2.2) \quad \frac{\partial A_T}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q_l = 0$$

$$5.2.16) \quad \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial QV}{\partial x} + g \cdot A \cdot \left( \frac{\partial z}{\partial x} + S_f \right) = 0$$

dove  $q_l$  è la portata laterale per unità di lunghezza e  $S_f$  la perdita di carico esprimibile, anche in questo caso, attraverso l'equazione di Manning.

Lo schema monodimensionale è applicabile nel caso di corsi d'acqua con un alveo a sezione semplice (channel), privo cioè delle aree golenali laterali (floodplain). Tale schema viene, comunque, applicato anche al caso di alvei a sezione composta considerando le aree golenali al di fuori del canale come un'unica area di accumulo o di espansione che scambia acqua con il canale, mentre il flusso in tali aree è considerato come flusso in un canale separato.

Per i due flussi separati vengono scritte le equazioni di continuità e di conservazione della quantità di



moto, per semplificare il problema si ipotizza che la superficie dell'acqua sia definita da un'unica superficie orizzontale in ogni sezione normale alla direzione del flusso, in maniera tale che lo scambio di quantità di moto tra il canale e le aree laterali sia trascurabile e la portata sia distribuita secondo l'intera sezione

La suddivisione della portata defluente tra l'alveo centrale (channel) e l'area costituita dalle golene viene effettuata attribuendo al primo una frazione della portata complessiva determinata come segue:

$$5.2.17) Q_c = \phi Q$$

dove:

$Q_c$  = portata nell'alveo centrale;

$Q$  = portata totale;

$\phi = K_c / (K_c + K_f)$ ;

$K_c$  = trasporto (conveyance) dell'alveo centrale (channel);

$K_f$  = trasporto (conveyance) dell'area golenale (floodplain).

Sotto queste ipotesi l'equazione del moto monodimensionale può essere scritta:

$$5.2.18) \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial(\Phi Q)}{\partial x_c} + \frac{\partial[(1-\Phi) \cdot Q]}{\partial x_c} = 0$$

$$5.2.19) \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(\Phi^2 Q^2 / A_c)}{\partial x_c} + \frac{\partial[(1-\Phi)^2 Q^2 / A_f]}{\partial x_c} + gA_c \left[ \frac{\partial Z}{\partial X_c} + S_{fc} \right] + gA_f \left[ \frac{\partial Z}{\partial X_f} + S_{ff} \right] = 0$$

nelle quali i suffissi  $c$  e  $f$  si riferiscono all'alveo centrale e all'area golenale.

Lo schema di calcolo precedente, consente di tener conto delle diverse caratteristiche di scabrezza tra l'alveo centrale e le golene.

Queste equazioni rappresentano un sistema di equazioni differenziali alle derivate parziali non lineare la cui soluzione non è generalmente possibile per via analitica, per la loro integrazione è necessario quindi ricorrere a metodi numerici.

Il solutore di Hec-Ras per il moto vario adotta un metodo alle differenze finite basato su uno schema implicito a quattro punti. Il sistema di equazioni algebriche che così si ottiene viene risolto con il metodo di Newton-Raphson. L'equazione 5.2.18 ha subito ulteriori affinamenti al fine di rendere le soluzioni più stabili, in particolare alle classiche equazioni di continuità e di moto nella formulazione generale di De Saint Venant, si vanno ad aggiungere opportune equazioni per la stima delle dissipazioni energetiche sia di carattere concentrato che di carattere distribuito.

Per molti manufatti particolari, l'USACE ha svolto campagne sperimentali mirate alla determinazione di appositi modelli di calcolo, permettendo all'utente la specificazione del caso progettuale mediante il solo inserimento di alcuni coefficienti reperibili da tabelle allegate.

Ovviamente, oltre che da questi, il grado di risoluzione della simulazione dipenderà dalla attendibilità dei dati inseriti, dalla distanza adottata tra le sezioni e dal numero di punti con cui queste saranno descritte.



Nello schema alle differenze finite adottato le funzioni derivate e i valori di funzione sono calcolati in un punto interno  $(n+\theta)\Delta t$ ; questo valore a  $(n+1)\Delta t$  entra in tutti i termini delle equazioni. Per un corso d'acqua questo dà luogo a un sistema di soluzioni simultanee delle equazioni; il sistema di soluzioni simultanee rappresenta un importante aspetto dello schema perché da informazioni dall'intero corso d'acqua che possono influenzare le soluzioni in ogni punto, pertanto il passo temporale deve essere significativamente più grande rispetto agli schemi numerici espliciti.

L'analisi di stabilità della soluzione con Von Neumann mostra che lo schema implicito è teoricamente incondizionatamente stabile per  $0.5 < \theta \leq 1$ , condizionatamente stabile per  $\theta = 0.5$  e instabile per  $\theta < 0.5$ .

Altri fattori che contribuiscono all'instabilità della soluzione sono:

- brusche variazioni delle caratteristiche delle sezioni;
- brusche variazioni di pendenza longitudinale;
- caratteristica dell'onda di piena;
- opere d'arte come argini, soglie sfioranti, luci a battente, sfioratori che provochino variazioni brusche nella geometria dell'alveo o delle condizioni del moto.

Pertanto ogni simulazione richiede uno studio di dettaglio specifico per eliminare le cause di instabilità numerica.

Il codice UNET assicura soluzioni stabili nelle simulazioni in moto permanente per correnti lente, per correnti veloci ed anche per scenari misti (gestiti tramite uno switch automatico tra i due approcci). Maggiori problemi si hanno invece per quanto riguarda il moto vario dove, per ottenere la convergenza alla soluzione, si deve porre grande attenzione alle condizioni al contorno imposte, alla specificazione del modello geometrico ed alla scelta del passo temporale per l'elaborazione.

Per quanto riguarda il moto vario, le simulazioni saranno ancora estendibili ad un intero reticolo fluviale ma, per ogni tronco, questa volta le determinazioni dei valori di portata dovranno essere rappresentate dall'introduzione degli interi idrogrammi di piena.

Per la modellazione di ponti, tombamenti, dighe e altre particolarità idrauliche sono stati incorporati gli stessi codici di calcolo sviluppati nel modulo relativo al moto permanente.

La soluzione delle equazioni di moto monodimensionale gradualmente variato basata sul codice UNET, nata inizialmente per correnti essenzialmente in regime sub-critico, presenta talvolta problemi di stabilità, specialmente in presenza di passaggi da corrente lenta a veloce e viceversa.

La corretta specificazione delle condizioni al contorno ricoprirà qui un'importanza fondamentale. Ad esempio, per quanto riguarda l'inserimento della condizione di valle, se in condizioni di moto permanente è generalmente sufficiente introdurre la pendenza della linea dell'energia approssimata alla pendenza del fondo alveo, in moto vario questo risulta generalmente invalidare l'attendibilità dei risultati nelle prossimità delle condizioni stesse. Si avrà perciò la necessità di ottenere ulteriori informazioni quali la scala di deflusso della sezione di valle piuttosto che, nei particolari casi in cui sia noto, un idrogramma osservato.

Si ricorda qui che UNET, per la risoluzione del sistema non lineare di equazioni differenziali (5.2.1) e (5.2.2) adotta la linearizzazione proposta da Preissmann-Cunge-Chen. Come schema generale, avendo per ogni tronco fluviale, diviso in  $N-1$  tratti,  $2N$  incognite ( $Q$  e  $z$  negli  $N$  nodi) e  $2N-2$



equazioni (equazioni (5.2.1) e (5.2.2) negli N-1 tratti), le condizioni al contorno da imporre saranno sempre due. In realtà sarà qui richiesto di seguire piccole prescrizioni dettate dall'esperienza e di calibrare alcuni parametri quali tolleranze, passi temporali, numero di iterazioni massimo per passo, raddoppi di sezione, etc... che, pur non essendo classificabili come condizioni al contorno, caratterizzano il modello variando da caso a caso. Relativamente alle prescrizioni di cui si è ora accennato, si dovrà cercare di ottenere una specificazione geometrica del modello, caratterizzata da un infittimento delle sezioni trasversali nelle prossimità di particolarità idrauliche, così da compensare le rapide variazioni del livello idrico (z) con il minore passo (x). E' consigliabile poi eliminare tratti di alveo a forte pendenza, se privi di manufatti idraulici di non trascurabile importanza, trasferendo eventualmente inalterata l'onda di piena a valle di essi. Spesso infatti, lo studio delle equazioni di moto vario per le correnti supercritiche, rappresenta un forte limite di HEC RAS.

Per quanto riguarda invece la descrizione dell'onda di piena, di norma si dovrà disporre di una serie di valori misurati a intervalli di tempo di ampiezza costante tale da non determinare differenze di portate superiori al 10-12%. L'esperienza nell'utilizzo del codice UNET inoltre consiglia l'eliminazione di eventuali code nell'idrogramma, caratterizzate da portate molto ridotte, per le quali si crea un fenomeno di "run bombing" dovuto al calcolo delle differenze percentuali tra livelli idrici nei successivi passi temporali.

Sia per l'editing della Geometry Data che per quello della Flow Data sarà dunque utile ricorrere, dove richiesto e dove non supportato dalla reperibilità degli stessi, alla generazione di valori con tecniche di interpolazione.

Molti studi dimostrano che da questi stessi dati dipenderà anche la scelta del Computation Interval. L'USACE, a titolo orientativo, indica una relazione tra velocità di convergenza e caratteristiche medie dei dati immessi del tipo (criterio di Von Neumann):

$$(5.2.3) Dc = K \cdot \epsilon / \Delta x$$

$$(5.2.4) \Delta Tc \propto \Delta Tf \cdot \Delta x / \lambda$$

dove:

Dc = damping estimator;

K = model accuracy factor;

$\epsilon$  = length of wave;

x = distance between cross sections;

Tc = optimal computation interval;

Tf = hydrograph simulation time.

## 6 – RISULTATI

I risultati ottenuti dalle calcolazioni mostrano significative esondazioni sia in destra che in sinistra idrografica del torrente Baccatoio nel tratto oggetto di studio; ciò è causato in parte dalla insufficiente capacità di deflusso delle sezioni trasversali e in parte dai rigurgiti provocati dai due ponti





rispettivamente sulla SS Aurelia e su Via del Padule (quest'ultimo in modo più significativo). L'intervento di sistemazione proposto prevede la demolizione e contestuale rifacimento del predetto ponticello su Via del Padule e la riprofilatura del tratto compreso tra i due ponti suddetti, soprattutto con operazioni di dragaggio del fondo al fine di rimuovere gli accumuli di materiale terroso e le contropendenze del fondo d'alveo e con risagomature d'alveo. In tal modo si migliorano le capacità di deflusso delle sezioni e vengono ridotti i livelli liquidi di una quantità variabile da 5 a 42 cm. In attesa della demolizione e della ricostruzione con luce e franco adeguato del ponte sulla SS1 Aurelia sono stati eseguiti lavori di profilatura e rialzamento arginali con franchi ridotti che verranno recuperati una volta realizzato il nuovo ponte

L'intervento in oggetto non arreca aggravi di rischio nei tratti a monte e a valle di quello in oggetto.

Tale intervento permette di porre in sicurezza idraulica l'asta fluviale del Baccatoio a valle del ponte autostradale fino alla foce a mare in attesa del completamento del lotto già presentato nel progetto preliminare complessivo.

Le tabelle che seguono riguardano la realizzazione del lotto complessivo con la messa in sicurezza dell'intera asta fluviale.

River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Length Chnl	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl	L. Levee Frbrd	R. Levee Frbrd
	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)		(m)	(m)
45	112.79	5.97	9.62	30	4.56	24.71	8.36	0.85	1.38	1.38
44	112.65	5.81	9.25	30.02	4.85	23.22	8.4	0.93	1.75	1.75
43	112.52	5.65	8.85	30.22	5.28	21.3	8.18	1.05	2.15	2.15
42	112.31	5.49	8.84	30.8	2.43	45.5	17.93	0.46	2.16	2.16
41	112.06	5.32	8.36	30.02	3.91	28.67	12.07	0.81	2.64	2.64
40	112.41	5.16	8.01	30.84	4.7	23.92	11.11	1.02	0.99	0.99
39	136.5	4.99	7.65	23.04	4.55	30.01	16.1	1.06	1.35	1.35
38	136.47	4.87	7.41	98.2	4.91	27.82	13.49	1.09	1.59	1.59
37	136.26	3.91	6.64	86	4.76	33.5	15.01	0.95	0.71	0.71
36	136.36	3.55	6.05	75.52	5.27	30.14	15.09	1.1	0.75	0.75
35.5	136.31	3	5.6	128.52	4.95	32.27	15.5	1.01	0.62	0.62
34	136.21	2.22	4.7	151.04	5.31	29.86	15.09	1.11	0.73	0.73
33.1	Lat Struct									
33	57.05	1.72	4.54	152	1.75	37.7	16	0.34	0.51	0.51
32	57.02	1.21	4.5	70	1.48	45.09	16	0.27	0.55	0.55
31.5	56.74	1.08	4.27	1	2.47	23.01	16	0.45	0.77	0.77
31.1	Bridge									
31	55.45	1.08	4.08	33	2.57	21.61	16	0.48	0.96	0.96
30	56.53	0.36	4.25	136.8	1.64	38.43	35.48	0.3	-0.69	-0.74
29	56.09	0.77	4.14	151	1.74	35.2	35.86	0.34	-0.33	-0.53
28	54.68	0.9	3.85	95	2.25	25.83	14.16	0.49	0.26	0.01
27	54.9	0.24	3.85	91	1.73	37.1	25.65	0.32	-0.61	-0.3



26	58.21	-1.08	3.89	99.55	0.78	76.97	61.64	0.14	-0.75	-0.27
25	58.19	-0.5	3.86	124	0.89	66.72	33.2	0.17	0.31	-0.34
24	57.95	-0.39	3.83	81.7	0.95	65.12	31.02	0.17	0.18	-0.68
23	57.73	-0.33	3.77	60.7	1.39	47.06	30.16	0.23	-0.24	-0.82
22	57.72	-0.51	3.74	103	1.49	44.56	28.3	0.25	-0.18	-0.87
21	57.49	-0.51	3.69	142.88	1.49	44.22	28.6	0.25	-0.24	-0.63
20	57.27	-0.32	3.64	143.64	1.46	45.15	29.71	0.25	-0.24	-0.81
19	57.25	-0.45	3.59	108.48	1.34	47.08	33.82	0.24	-0.38	-0.91
18	57.07	-0.74	3.56	147	1.16	50.61	30.17	0.22	-0.29	-0.87
17	57.06	-0.64	3.52	193.9	1.14	51.51	32.1	0.22	-0.75	-1.01
3.5	57.03	-0.57	3.39	1	1.5	38.01	30.77	0.26	-0.58	-0.59
3.1	Bridge									
3	56.95	-0.57	3.32	188	1.53	37.24	30.77	0.27	-0.51	-0.52
2.9	56.93	-0.61	3.3	139	1.26	51.14	26.19	0.22	-0.51	-0.84
2.8	75.4	-0.82	2.94	106	2.35	35.33	19.49	0.46	-0.61	0.01
2.7	75.41	-0.59	2.66	0.1	2.57	29.37	19.32	0.54	-0.24	-0.29
2.65	Bridge									
2.6	75.37	-0.59	2.02	0.1	3.53	21.34	11.95	0.84	0.4	0.35
0.7	75.37	-1.12	2.33	140.08	1.18	63.75	20.09	0.21	0.63	0.42
0.6	93.36	-1.17	2.19	89.6	1.49	62.47	20.09	0.27	0.64	0.56
0.5	101.28	-1.12	2.05	138.25	1.78	57.02	20.08	0.34	1	0.7
0.4	101.25	-1.12	2.07	139.09	1.1	96.98	36.1	0.2	0.98	0.81
0.3	146.21	-1.34	1.9	139.93	1.53	97.83	36.1	0.29	0.76	0.98
0.2	146.19	-1.12	1.76	143.12	1.8	85.2	36.1	0.35	1.33	1.12
0.1	146.19	-1.12	1.63	50.01	1.89	80.54	33.9	0.37	1.25	1.25
0.099	146.19	-1.12	1.55	38	2.05	75.02	33.5	0.41	1.33	1.33
0.095	146.18	-1.3	1.54	8	1.85	79.22	27.94	0.35	1.29	1.29
0.092	146.18	-1.3	1.53	10	1.85	78.98	27.94	0.35	1.3	1.3
0.09	146.18	-1.3	1.52	2	1.86	78.69	27.94	0.35	1.31	1.31
0.085	146.18	-1.3	1.52	53.1	1.86	78.55	28.16	0.36	1.31	1.56
0.081	146.18	-1.3	1.46	34	1.9	76.9	28.15	0.37	1.37	1.62
0.0751	146.18	-1.56	1.46	31.64	1.73	84.41	28.42	0.32	0.24	0.24
0.071	146.18	-1.56	1.44	64.4	1.75	83.66	28.41	0.33	0.26	0.26
0.06	10.76	-1.56	0.8		0.3	35.41	15.68	0.06	1.11	0.33

Tab. 6.1 – Principali grandezze idrauliche - Stato attuale

River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Length Chnl	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl	L. Levee	R. Levee
-----------	---------	-----------	-----------	-------------	----------	-----------	-----------	--------------	----------	----------



									Frbrd	Frbrd
	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)		(m)	(m)
45	112.79	5.97	9.62	30	4.56	24.71	8.36	0.85	1.38	1.38
44	112.65	5.81	9.25	30.02	4.85	23.22	8.4	0.93	1.75	1.75
43	112.53	5.65	8.85	30.22	5.28	21.3	8.18	1.05	2.15	2.15
42	112.31	5.49	8.84	30.8	2.43	45.5	17.93	0.46	2.16	2.16
41	112.06	5.32	8.36	30.02	3.91	28.67	12.07	0.81	2.64	2.64
40	112.41	5.16	8.01	30.84	4.7	23.92	11.11	1.02	0.99	0.99
39	136.5	4.99	7.65	23.04	4.55	30.02	16.1	1.06	1.35	1.35
38	136.47	4.87	7.41	98.2	4.91	27.82	13.49	1.09	1.59	1.59
37	136.26	3.91	6.64	86	4.75	33.51	15.01	0.95	0.71	0.71
36	136.37	3.55	6.05	75.52	5.26	30.14	15.09	1.1	0.75	0.75
35.5	136.31	3	5.6	128.52	4.95	32.28	15.5	1.01	0.62	0.62
34	136.17	2.22	4.7	151.04	5.3	29.89	15.09	1.11	0.73	0.73
33.1	Lat Struct									
33	59.94	1.72	4.55	152	1.84	37.73	16	0.36	0.5	0.5
32	59.83	1.21	4.5	70	1.56	45.06	16	0.28	0.55	0.55
31.5	58.55	1.08	4.24	1	2.57	22.81	16	0.47	0.8	0.8
31.1	Bridge									
31	57.33	1.08	4.03	33	2.69	21.28	16	0.51	1.01	1.01
30	58.54	0.36	4.22	136.8	1.72	37.92	25.95	0.32	0.5	0.5
29	57.58	0.77	4.09	151	1.84	33.98	24.93	0.36	0.5	0.5
28	56.33	0.9	3.71	95	2.49	23.92	22.17	0.57	0.74	0.74
27	56.31	0.24	3.7	91	1.91	34.25	19.59	0.36	0.67	0.67
26	64.17	-1.08	3.73	99.55	0.92	72.19	35.99	0.17	0.56	0.56
25	63.71	-0.5	3.69	124	1.05	61.73	25.57	0.21	0.48	0.51
24	63.69	-0.39	3.65	81.7	1.12	60.43	24.89	0.2	0.36	0.43
23	63.31	-0.33	3.55	60.7	1.67	42.74	19.6	0.29	0.46	0.46
22	60.81	-0.51	3.5	103	1.75	39.96	18.44	0.3	0.45	0.45
21	60.8	-0.51	3.42	142.88	1.77	39.15	18.42	0.31	0.44	0.44
20	60.68	-0.32	3.32	143.64	1.78	39.08	18.63	0.32	0.41	0.41
19	60.66	-0.45	3.23	108.48	1.66	39.93	20.4	0.32	0.37	0.37
18	60.56	-0.74	3.18	147	1.43	42.88	19.36	0.29	0.32	0.32
17	60.55	-0.64	3.09	193.9	1.44	42.9	20.4	0.3	0.28	0.28
3.5	60.54	-0.77	2.96	10	1.54	39.42	12.18	0.26	0.23	0.23
3	60.53	-0.77	2.95	188	1.54	39.35	12.18	0.26	0.24	0.24
2.9	60.49	-0.9	2.91	139	1.31	50.85	21.35	0.23	0.11	0.11
2.8	79.16	-1.05	2.57	106	2.35	36.97	17.46	0.45	0.33	0.38
2.7	79.16	-1.12	2.28	0.1	2.62	30.26	12.54	0.54	0.52	0.52



2.65	Bridge									
2.6	79.14	-1.12	2.1	0.1	2.82	28.06	12.14	0.59	0.7	0.7
0.7	79.16	-1.12	2.37	140.08	1.23	64.51	20.09	0.22	0.59	0.38
0.6	97.16	-1.17	2.22	89.6	1.54	63.12	20.09	0.28	0.61	0.53
0.5	105.12	-1.12	2.08	138.25	1.83	57.56	20.08	0.34	0.97	0.67
0.4	105.16	-1.12	2.1	139.09	1.13	98.01	36.1	0.21	0.95	0.78
0.3	150.24	-1.34	1.92	139.93	1.56	98.73	36.1	0.29	0.74	0.96
0.2	150.23	-1.12	1.78	143.12	1.84	85.96	36.1	0.36	1.31	1.1
0.1	150.23	-1.12	1.64	50.01	1.93	81.06	33.9	0.38	1.24	1.24
0.099	150.17	-1.12	1.56	38	2.09	75.42	33.5	0.42	1.32	1.32
0.095	150.17	-1.3	1.55	8	1.89	79.54	27.94	0.36	1.28	1.28
0.092	150.17	-1.3	1.55	10	1.89	79.3	27.94	0.36	1.28	1.28
0.09	150.17	-1.3	1.53	2	1.9	78.99	27.94	0.36	1.3	1.3
0.085	150.17	-1.3	1.53	53.1	1.9	78.84	28.17	0.36	1.3	1.55
0.081	150.08	-1.3	1.47	34	1.95	77.11	28.15	0.38	1.36	1.61
0.0751	150.17	-1.56	1.47	31.64	1.77	84.63	28.43	0.33	0.23	0.23
0.071	150.08	-1.56	1.44	64.4	1.79	83.83	28.42	0.33	0.26	0.26
0.06	30.96	-1.56	0.8		0.87	35.41	15.68	0.19	1.11	0.33

Tab. 6.2 – Principali grandezze idrauliche - Stato di progetto



Sono state inoltre condotte simulazioni idrauliche, per il tempo di ritorno duecentennale, ipotizzando la presenza o meno della prevista cassa di espansione in derivazione della capacità di 80000 mc circa. Rispetto allo stato senza cassa si hanno riduzioni di livello di circa 10-30 cm con una efficienza di laminazione pari a circa il 30% sia nello stato di progetto che allo stato attuale. Ciò, pur rappresentando un buon risultato, non consente di garantire la sicurezza idraulica nel tratto a valle di Falascaia e fino al ponte della SS Aurelia; per mettere in sicurezza tutto il corso d'acqua è necessario provvedere ugualmente al rialzamento delle sommità arginali, in particolare in destra idraulica, così come previsto nel nuovo progetto di sistemazione idraulica del torrente (vedasi franchi negativi nelle tabelle successive). In termini di rapporto benefici-costi non è conveniente, dunque, effettuare la realizzazione di tale cassa bensì provvedere al solo rialzamento degli argini in ragione di un incremento delle sommità di circa 25-30 cm. In effetti si avrebbe:

*Scenario 1: Spesa con cassa = spesa per l'adeguamento delle sommità arginali + spesa per realizzare la cassa (questa pari a circa euro 3.000.000)*

*Scenario 2: Spesa senza cassa = spesa per l'adeguamento delle sommità arginali (questa pari alla precedente+ circa euro 110.000 dati i maggiori valori dei rialzamenti).*

In sostanza con lo scenario 2 è ben evidente il risparmio pari a circa 2.900.000 euro; considerando, inoltre che esiste già una cassa di espansione su tale corso d'acqua, più a monte, non si ritiene opportuno realizzarne un'altra sia per motivi economici che idraulici, oltre che ambientali. E' da considerare, inoltre, che realizzare una cassa di espansione necessita di procedure espropriative costose e lunghe, evitate invece con lo scenario 2.

River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Length Chnl	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl	L. Levee Frbrd	R. Levee Frbrd
	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)		(m)	(m)
45	112.79	5.97	9.62	30	4.56	24.71	8.36	0.85	1.38	1.38
44	112.65	5.81	9.25	30.02	4.85	23.22	8.4	0.93	1.75	1.75
43	112.52	5.65	8.85	30.22	5.28	21.3	8.18	1.05	2.15	2.15
42	112.31	5.49	8.84	30.8	2.43	45.5	17.93	0.46	2.16	2.16
41	112.06	5.32	8.36	30.02	3.91	28.67	12.07	0.81	2.64	2.64
40	112.41	5.16	8.01	30.84	4.7	23.92	11.11	1.02	0.99	0.99
39	136.5	4.99	7.65	23.04	4.55	30.01	16.1	1.06	1.35	1.35
38	136.47	4.87	7.41	98.2	4.91	27.82	13.49	1.09	1.59	1.59
37	136.26	3.91	6.64	86	4.76	33.5	15.01	0.95	0.71	0.71
36	136.36	3.55	6.05	75.52	5.27	30.14	15.09	1.1	0.75	0.75
35.5	136.31	3	5.6	128.52	4.95	32.27	15.5	1.01	0.62	0.62
34	136.21	2.22	4.7	151.04	5.31	29.86	15.09	1.11	0.73	0.73
33.1	Lat Struct									
33	57.05	1.72	4.54	152	1.75	37.7	16	0.34	0.51	0.51
32	57.02	1.21	4.5	70	1.48	45.09	16	0.27	0.55	0.55
31.5	56.74	1.08	4.27	1	2.47	23.01	16	0.45	0.77	0.77
31.1	Bridge									



31	55.45	1.08	4.08	33	2.57	21.61	16	0.48	0.96	0.96
30	56.53	0.36	4.25	136.8	1.64	38.43	35.48	0.3	-0.69	-0.74
29	56.09	0.77	4.14	151	1.74	35.2	35.86	0.34	-0.33	-0.53
28	54.68	0.9	3.85	95	2.25	25.83	14.16	0.49	0.26	0.01
27	54.9	0.24	3.85	91	1.73	37.1	25.65	0.32	-0.61	-0.3
26	58.21	-1.08	3.89	99.55	0.78	76.97	61.64	0.14	-0.75	-0.27
25	58.19	-0.5	3.86	124	0.89	66.72	33.2	0.17	0.31	-0.34
24	57.95	-0.39	3.83	81.7	0.95	65.12	31.02	0.17	0.18	-0.68
23	57.73	-0.33	3.77	60.7	1.39	47.06	30.16	0.23	-0.24	-0.82
22	57.72	-0.51	3.74	103	1.49	44.56	28.3	0.25	-0.18	-0.87
21	57.49	-0.51	3.69	142.88	1.49	44.22	28.6	0.25	-0.24	-0.63
20	57.27	-0.32	3.64	143.64	1.46	45.15	29.71	0.25	-0.24	-0.81
19	57.25	-0.45	3.59	108.48	1.34	47.08	33.82	0.24	-0.38	-0.91
18	57.07	-0.74	3.56	147	1.16	50.61	30.17	0.22	-0.29	-0.87
17	57.06	-0.64	3.52	193.9	1.14	51.51	32.1	0.22	-0.75	-1.01
3.5	57.03	-0.57	3.39	1	1.5	38.01	30.77	0.26	-0.58	-0.59
3.1	Bridge									
3	56.95	-0.57	3.32	188	1.53	37.24	30.77	0.27	-0.51	-0.52
2.9	56.93	-0.61	3.3	139	1.26	51.14	26.19	0.22	-0.51	-0.84
2.8	75.4	-0.82	2.94	106	2.35	35.33	19.49	0.46	-0.61	0.01
2.7	75.41	-0.59	2.66	0.1	2.57	29.37	19.32	0.54	-0.24	-0.29
2.65	Bridge									
2.6	75.37	-0.59	2.02	0.1	3.53	21.34	11.95	0.84	0.4	0.35
0.7	75.37	-1.12	2.33	140.08	1.18	63.75	20.09	0.21	0.63	0.42
0.6	93.36	-1.17	2.19	89.6	1.49	62.47	20.09	0.27	0.64	0.56
0.5	101.28	-1.12	2.05	138.25	1.78	57.02	20.08	0.34	1	0.7
0.4	101.25	-1.12	2.07	139.09	1.1	96.98	36.1	0.2	0.98	0.81
0.3	146.21	-1.34	1.9	139.93	1.53	97.83	36.1	0.29	0.76	0.98
0.2	146.19	-1.12	1.76	143.12	1.8	85.2	36.1	0.35	1.33	1.12
0.1	146.19	-1.12	1.63	50.01	1.89	80.54	33.9	0.37	1.25	1.25
0.099	146.19	-1.12	1.55	38	2.05	75.02	33.5	0.41	1.33	1.33
0.095	146.18	-1.3	1.54	8	1.85	79.22	27.94	0.35	1.29	1.29
0.092	146.18	-1.3	1.53	10	1.85	78.98	27.94	0.35	1.3	1.3
0.09	146.18	-1.3	1.52	2	1.86	78.69	27.94	0.35	1.31	1.31
0.085	146.18	-1.3	1.52	53.1	1.86	78.55	28.16	0.36	1.31	1.56
0.081	146.18	-1.3	1.46	34	1.9	76.9	28.15	0.37	1.37	1.62
0.0751	146.18	-1.56	1.46	31.64	1.73	84.41	28.42	0.32	0.24	0.24
0.071	146.18	-1.56	1.44	64.4	1.75	83.66	28.41	0.33	0.26	0.26
0.06	10.76	-1.56	0.8		0.3	35.41	15.68	0.06	1.11	0.33

Tab. 6.1 – Principali grandezze idrauliche – attuale Senza Cassa



River Sta	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Length Chnl (m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl	L. Levee Frbrd (m)	R. Levee Frbrd (m)
45	112.79	5.97	9.62	30	4.56	24.71	8.36	0.85	1.38	1.38
44	112.65	5.81	9.25	30.02	4.85	23.22	8.4	0.93	1.75	1.75
43	112.52	5.65	8.85	30.22	5.28	21.3	8.18	1.05	2.15	2.15
42	112.31	5.49	8.84	30.8	2.43	45.5	17.93	0.46	2.16	2.16
41	112.06	5.32	8.36	30.02	3.91	28.67	12.07	0.81	2.64	2.64
40	112.41	5.16	8.01	30.84	4.7	23.92	11.11	1.02	0.99	0.99
39	136.5	4.99	7.65	23.04	4.55	30.01	16.1	1.06	1.35	1.35
38	136.47	4.87	7.41	98.2	4.91	27.82	13.49	1.09	1.59	1.59
37	136.26	3.91	6.64	86	4.76	33.5	15.01	0.95	0.71	0.71
36	136.37	3.55	6.05	75.52	5.26	30.14	15.09	1.1	0.75	0.75
35.5	136.3	3	5.6	128.52	4.95	32.29	15.5	1.01	0.62	0.62
34	136.17	2.22	4.7	151.04	5.3	29.89	15.09	1.11	0.73	0.73
33.1	Lat Struct									
33	60.44	1.72	4.54	152	1.86	37.64	16	0.36	0.51	0.51
32	60.08	1.21	4.5	70	1.57	44.96	16	0.28	0.55	0.55
31.5	59.83	1.08	4.22	1	2.64	22.7	16	0.48	0.82	0.82
31.1	Bridge									
31	59.18	1.08	4	33	2.81	21.05	16	0.53	1.04	1.04
30	59.8	0.36	4.2	136.8	1.77	37.61	35.48	0.33	-0.64	-0.69
29	59.53	0.77	4.06	151	1.92	33.89	35.86	0.38	-0.25	-0.45
28	58.48	0.9	3.53	95	2.87	21.45	13.53	0.68	0.58	0.33
27	46.11	0.24	3.48	91	1.76	30.04	18.05	0.35	-0.24	0.07
26	48.36	-1.08	3.52	99.55	0.75	65.92	34.79	0.15	-0.38	0.1
25	47.85	-0.5	3.49	124	0.85	56.68	25.23	0.18	0.68	0.03
24	47.34	-0.39	3.46	81.7	0.9	55.84	30.18	0.17	0.55	-0.31
23	45.88	-0.33	3.4	60.7	1.29	39.97	23.01	0.23	0.13	-0.45
22	44.85	-0.51	3.37	103	1.36	37.71	21.74	0.24	0.19	-0.5
21	43.8	-0.51	3.33	142.88	1.33	37.49	21.48	0.24	0.12	-0.27
20	44.26	-0.32	3.28	143.64	1.33	38.27	22.62	0.24	0.12	-0.45
19	44.22	-0.45	3.23	108.48	1.21	39.98	33.82	0.23	-0.02	-0.55
18	44.19	-0.74	3.21	147	1.03	43.43	24.41	0.21	0.06	-0.52



17	44.1	-0.64	3.17	193.9	1.01	44.5	32.1	0.21	-0.4	-0.66
3.5	44.08	-0.57	3.07	1	1.28	34.41	30.77	0.23	-0.26	-0.27
3.1	Bridge									
3	44.04	-0.57	3	188	1.31	33.68	30.77	0.24	-0.19	-0.2
2.9	44.05	-0.61	2.97	139	1.13	44.06	26.19	0.21	-0.18	-0.51
2.8	62.04	-0.82	2.57	106	2.34	28.84	19.13	0.49	-0.24	0.38
2.7	61.95	-0.59	2.26	0.1	2.56	24.24	12.48	0.58	0.16	0.11
2.65	Bridge									
2.6	60.7	-0.59	1.88	0.1	3.08	19.73	11.64	0.75	0.54	0.49
0.7	61.23	-1.12	2.16	140.08	1.02	60.24	20.08	0.19	0.8	0.59
0.6	79.05	-1.17	2.03	89.6	1.33	59.33	20.08	0.25	0.8	0.72
0.5	86.85	-1.12	1.91	138.25	1.6	54.22	20.08	0.31	1.14	0.84
0.4	86.85	-1.12	1.92	139.09	1	91.66	36.1	0.19	1.13	0.96
0.3	129.13	-1.34	1.77	139.93	1.42	93.12	36.1	0.27	0.89	1.11
0.2	129.1	-1.12	1.65	143.12	1.67	80.97	36.1	0.33	1.44	1.23
0.1	129.07	-1.12	1.53	50.01	1.74	77.13	33.9	0.35	1.35	1.35
0.099	129.07	-1.12	1.46	38	1.88	71.98	33.5	0.38	1.42	1.42
0.095	129.07	-1.3	1.45	8	1.68	76.77	27.93	0.32	1.38	1.38
0.092	129.07	-1.3	1.45	10	1.69	76.58	27.93	0.32	1.38	1.38
0.09	129.07	-1.3	1.44	2	1.69	76.32	27.93	0.33	1.39	1.39
0.085	129.07	-1.3	1.44	53.1	1.69	76.17	28.14	0.33	1.39	1.64
0.081	129.06	-1.3	1.39	34	1.73	74.8	28.12	0.34	1.44	1.69
0.0751	129.06	-1.56	1.39	31.64	1.57	82.28	28.39	0.29	0.31	0.31
0.071	129.06	-1.56	1.37	64.4	1.58	81.66	28.38	0.3	0.33	0.33
0.06	10.76	-1.56	0.8		0.3	35.41	15.68	0.06	1.11	0.33

Tab. 6.2 – Principali grandezze idrauliche – attuale Con Cassa

River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Length Chnl	L. Levee Frbrd	R. Levee Frbrd		Dh
	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)		
45	112.79	5.97	9.51	30	1.49	1.49		0.11
44	112.56	5.81	9.18	30.02	1.82	1.82		0.07
43	112.56	5.65	8.81	30.22	2.19	2.19		0.04
42	112.37	5.49	8.56	30.8	2.44	2.44		0.27
41	112.51	5.32	8.23	30.02	2.77	2.77		0.12
40	112.37	5.16	7.95	30.84	1.05	1.05		0.05
39	136.47	4.99	7.63	23.04	1.37	1.37		0.01
38	136.45	4.87	7.39	98.2	1.61	1.61		0.01





37	136.32	3.91	6.6	86	0.75	0.75		0.04
36	136.23	3.55	6.07	75.52	0.73	0.73		-0.02
35.5	135.53	3	5.58	128.52	0.64	0.64		0.02
34	126.81	2.22	4.81	151.04	0.62	0.62		-0.05
33.1	Lat Struct							0
33	68.43	1.72	4.47	152	0.58	0.58		0.06
32	68.53	1.21	4.38	70	0.67	0.67		0.06
31.5	68.53	0.37	4.3	1	0.83	0.83		0.06
31.1	Bridge							0
31	68.53	0.37	4.29	33	0.84	0.84		0.06
30	68.63	0.37	4.29	136.8	0.43	0.43		0.06
29	68.44	0.78	4.12	151	0.47	0.47		0.07
28	67.82	0.91	3.59	95	0.86	0.86		0.1
27	67.17	0.24	3.41	91	0.96	0.96		0.19
26	75.64	-1.08	3.41	99.55	0.88	0.88		0.22
25	75.57	-0.5	3.33	124	0.87	0.87		0.24
24	75.49	-0.39	3.22	81.7	0.86	0.86		0.28
23	75.47	-0.35	3.04	60.7	0.97	0.97		0.34
22	75.37	-0.41	2.95	103	1	1		0.38
21	75.2	-0.5	2.8	142.88	1.06	1.06		0.46
20	57.4	-0.32	2.84	143.64	0.89	0.89		0.32
19	56.89	-0.44	2.75	108.48	0.85	0.85		0.3
18	56.87	-0.74	2.69	147	0.81	0.81		0.3
17	56.68	-0.64	2.6	193.9	0.77	0.77		0.29
3.5	56.55	-0.77	2.48	0.1	1.39	1.39		0.26
3.3	Bridge							0
3	56.55	-0.77	2.47	188	1.4	1.4		0.26
2.9	56.46	-0.9	2.37	139	0.65	0.65		0.26
2.8	73.76	-1.04	2.11	106	0.79	0.86		0.24
2.7	73.59	-1.11	1.85	0.1	1.57	1.57		0.17
2.65	Bridge							0
2.6	73.42	-1.11	1.76	0.1	1.66	1.66		0.13
0.7	73.65	-1.12	1.96	140.08	1	0.79		0.19
0.6	91.54	-1.17	1.76	89.6	1.07	0.99		0.17
0.5	99.38	-1.12	1.54	138.25	1.51	1.21		0.14
0.4	99.42	-1.12	1.53	139.09	1.52	1.35		0.16
0.3	99.38	-1.34	1.48	139.93	1.18	1.4		0.15
0.2	99.38	-1.12	1.37	143.12	1.72	1.51		0.15



0.1	99.37	-1.12	1.28	50.01	1.6	1.6		0.13
0.099	99.37	-1.12	1.22	38	1.66	1.66		0.14
0.095	99.36	-1.3	1.22	8	1.61	1.61		0.13
0.092	99.36	-1.3	1.22	1	1.61	1.61		0.13
0.091	Bridge							0
0.09	99.37	-1.3	1.2	2	1.63	1.63		0.14
0.085	99.37	-1.3	1.2	53.1	1.63	1.88		0.13
0.081	99.37	-1.3	1.17	34	1.66	1.91		0.12
0.0751	99.37	-1.56	1.17	31.64	0.53	0.53		0.12
0.071	99.36	-1.56	1.15	64.4	0.55	0.55		0.12
0.06	31.21	-1.56	0.8		1.11	0.33		0

Differenze nei battenti stato di progetto con seconda cassa

Naturalmente la seconda cassa, che sicuramente contribuisce all'innalzamento del coefficiente di sicurezza idraulico, potrà essere realizzata in altro lotto.

L'intervento specifico che verrà realizzato è stato studiato confrontando gli scenari derivanti dalla simulazione con l'attuale ponte dell'aurelia e senza lo stesso. La presenza del ponte dell'Aurelia con il suo funzionamento a pressione crea un grave pericolo per il funzionamento come luce a battente facilmente intasabile, inoltre il rigurgito provoca un incremento del livello liquido all'altezza della confluenza con la Gora degli Opifici che esonda in sinistra. Nel presente progetto è previsto un rialzamento dell'argine destro della Gora dalla sezione dove è presente il muro in c.a. fino alla confluenza della Gora e di un argine trasverso collegante l'argine sinistro della Gora dalla suddetta sezione fino all'argine destro del Baccatoio (sez10).

Nelle tabelle che seguono sono riportate le principali grandezze idrauliche relative allo stato di progetto di questo primo lotto rispettivamente con l'attuale ponte sull'Aurelia e senza, a favore di sicurezza è stato considerato anche il rifacimento del ponte in località Falascaia che, allo stato attuale, determina un profilo di rigurgito che aumenta l'efficienza della cassa di laminazione di Falascaia:

River	Reach	River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Vel Chnl	Flow Area	Length Chnl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)
Baccatoio	2	0.06	41.12	-1.56	0.8	1.16	35.41	
Baccatoio	2	0.071	138.42	-1.56	1.21	2.65	52.29	64.4
Baccatoio	2	0.0751	146.69	-1.56	1.4	2.26	65.03	49.47
Baccatoio	2	0.081	146.81	-1.3	1.48	1.9	77.47	15
Baccatoio	2	0.085	146.81	-1.3	1.53	1.87	78.68	53.1
Baccatoio	2	0.09	146.81	-1.3	1.53	1.86	78.81	2
Baccatoio	2	0.091	Bridge					
Baccatoio	2	0.092	146.81	-1.3	1.55	1.85	79.49	1
Baccatoio	2	0.095	146.81	-1.3	1.56	1.84	79.66	8
Baccatoio	2	0.099	146.81	-1.12	1.55	2.06	75.12	38



Baccatoio	2	0.1	146.81	-1.12	1.62	1.91	80.19	50.01
Baccatoio	2	0.2	146.83	-1.12	1.72	1.85	83.74	143.12
Baccatoio	2	0.3	146.84	-1.34	1.84	1.58	95.75	139.93
Baccatoio	2	0.4	101.79	-1.12	2.01	1.14	94.7	139.09
Baccatoio	2	0.5	101.78	-1.12	1.97	1.84	55.37	138.25
Baccatoio	2	0.6	93.78	-1.17	2.1	1.55	60.67	89.6
Baccatoio	2	0.7	75.79	-1.12	2.23	1.23	61.8	140.08
Baccatoio	2	2.6	75.78	-1.1	2.02	2.63	28.85	0.1
Baccatoio	2	2.65	Bridge					
Baccatoio	2	2.7	75.79	-1.1	2.11	2.53	29.97	0.1
Baccatoio	2	2.75	82.1	-1.23	2.36	1.75	46.98	50
Baccatoio	2	2.76	82.1	-1.27	2.37	1.81	45.42	42
Baccatoio	2	2.77	82.23	-1	2.42	1.68	48.84	40
Baccatoio	2	2.8	82.36	-1	2.48	1.53	53.83	60
Baccatoio	1	2.9	67.71	-0.9	2.48	1.4	48.45	139
Baccatoio	1	2.95	67.98	-0.82	2.52	1.41	48.15	100
Baccatoio	1	3	68.26	-0.77	2.54	1.43	47.79	44
Baccatoio	1	3.3	Bridge					
Baccatoio	1	3.5	66.6	-0.77	2.4	2.28	29.17	0.1
Baccatoio	1	4	67.44	-0.77	2.45	2.26	29.89	24
Baccatoio	1	5	70.14	-0.74	2.6	1.82	38.49	44
Baccatoio	1	16.5	69.88	-0.7	2.59	2.19	31.86	50
Baccatoio	1	17	71.35	-0.7	2.71	2.32	33.72	81
Baccatoio	1	18	72.43	-0.74	2.94	1.94	43.67	147
Baccatoio	1	19	72.64	-0.44	3	2.01	42.07	108.48
Baccatoio	1	20	73.03	-0.32	3.1	2.05	41.57	143.64
Baccatoio	1	21	73.34	-0.5	3.21	2.01	42.43	142.88
Baccatoio	1	22	74.97	-0.41	3.28	2.07	42.02	103
Baccatoio	1	23	75	-0.35	3.32	2.09	41.78	60.7
Baccatoio	1	24	75.28	-0.39	3.45	1.4	55.34	81.7
Baccatoio	1	25	75.34	-0.5	3.52	1.33	57.7	124
Baccatoio	1	26	75.7	-1.08	3.57	1.28	58.95	99.55
Baccatoio	1	27	67.35	0.24	3.54	2.53	30.76	91
Baccatoio	1	28	67.63	0.91	3.64	3.24	24.3	95
Baccatoio	1	29	68.19	0.78	4.1	2.24	35.39	151
Baccatoio	1	30	69.49	0.37	4.27	2.05	40.59	136.8
Baccatoio	1	31	69.36	0.37	4.27	2.25	37.09	33
Baccatoio	1	31.1	Bridge					
Baccatoio	1	31.5	69.36	0.37	4.28	2.24	37.24	1



Baccatoio	1	32	69.36	1.21	4.37	1.89	42.9	70
Baccatoio	1	33	69.21	1.72	4.45	2.21	36.24	152
Baccatoio	1	33.1	Lat Struct					
Baccatoio	1	34	135.18	2.22	4.82	4.98	31.63	151.04
Baccatoio	1	35.5	135.99	3	5.6	4.94	32.27	128.52
Baccatoio	1	36	136.39	3.55	6.08	5.2	30.57	75.52
Baccatoio	1	37	136.5	3.91	6.61	4.84	32.94	86
Baccatoio	1	38	136.6	4.87	7.34	5.08	26.88	98.2
Baccatoio	1	39	136.6	4.99	7.55	4.8	28.47	23.04
Baccatoio	1	40	112.66	5.16	7.85	5.08	22.19	30.84
Baccatoio	1	41	112.7	5.32	8.11	4.39	25.66	30.02
Baccatoio	1	42	112.54	5.49	8.35	3.2	36.77	30.8
Baccatoio	1	43	112.66	5.65	8.61	5.82	19.36	30.22
Baccatoio	1	44	112.72	5.81	8.99	5.37	20.98	30.02
Baccatoio	1	45	112.79	5.97	9.3	5.12	22.04	30
Gora Opifici	Gora Opifici	5	14.64	-0.65	2.48	0.7	21.03	0
Gora Opifici	Gora Opifici	10	14.89	-0.6	2.5	0.72	24.97	80.9
Gora Opifici	Gora Opifici	15	15	-0.54	2.51	0.8	18.83	99.8
Gora Opifici	Gora Opifici	20	15.1	-0.5	2.53	0.8	18.78	59.57
Gora Opifici	Gora Opifici	23	15	-0.48	2.52	1	14.99	37.4
Gora Opifici	Gora Opifici	24	Bridge					
Gora Opifici	Gora Opifici	25	15.37	-0.48	2.55	1.01	15.17	4
Gora Opifici	Gora Opifici	30	15.64	-0.45	2.57	1.04	15.09	53.9
Gora Opifici	Gora Opifici	35	15.73	-0.45	2.59	1.04	15.18	60
Gora Opifici	Gora Opifici	40	15.73	-0.4	2.59	1.05	14.96	19.23
Gora Opifici	Gora Opifici	42	Bridge					
Gora Opifici	Gora Opifici	43	15.96	-0.4	2.63	1.05	15.15	1
Gora Opifici	Gora Opifici	44	15.89	-0.39	2.62	1.13	14.03	0.5



Gora Opifici	Gora Opifici	45	17.49	-0.35	2.68	0.94	18.55	82
Gora Opifici	Gora Opifici	50	17.51	-0.3	2.71	0.96	18.24	73.73
Gora Opifici	Gora Opifici	55	17.51	-0.27	2.7	1.18	14.83	38.5
Gora Opifici	Gora Opifici	57	Bridge					
Gora Opifici	Gora Opifici	58	17.55	-0.27	2.75	1.16	15.1	0.5
Gora Opifici	Gora Opifici	59	17.58	-0.23	2.78	0.86	20.38	0.5
Gora Opifici	Gora Opifici	60	17.58	-0.23	2.78	0.86	20.42	7.6
Gora Opifici	Gora Opifici	65	17.6	-0.18	2.81	0.9	19.48	90.95
Gora Opifici	Gora Opifici	70	17.64	-0.13	2.85	0.88	19.97	95.47
Gora Opifici	Gora Opifici	73	17.66	-0.08	2.85	1.2	14.66	88.2
Gora Opifici	Gora Opifici	75	17.66	-0.08	2.85	1.2	14.67	4
Gora Opifici	Gora Opifici	80	17.69	-0.05	2.91	0.92	19.31	55.5
Gora Opifici	Gora Opifici	85	17.71	0	2.95	0.92	19.15	95.56
Gora Opifici	Gora Opifici	90	17.74	0.06	2.99	0.95	18.77	100.9
Gora Opifici	Gora Opifici	95	17.78	0.12	3.03	0.99	18.03	96
Gora Opifici	Gora Opifici	97	17.78	0.15	3.03	1.24	14.38	46.8
Gora Opifici	Gora Opifici	98	Bridge					
Gora Opifici	Gora Opifici	100	17.81	0.15	3.09	1.21	14.69	0.5
Gora Opifici	Gora Opifici	101	17.84	0.16	3.12	0.94	19.05	10
Gora Opifici	Gora Opifici	105	17.89	0.21	3.17	0.92	19.37	86.4
Gora Opifici	Gora Opifici	110	17.9	0.27	3.18	0.96	18.64	87.3
Gora Opifici	Gora Opifici	115	17.91	0.3	3.21	1.03	17.33	46.7



Gora Opifici	Gora Opifici	120	17.92	0.34	3.23	1.05	17.14	69
Gora Opifici	Gora Opifici	125	17.92	0.39	3.24	1.07	16.76	90.1
Gora Opifici	Gora Opifici	130	17.99	0.44	3.3	1.05	17.13	80.1
Gora Opifici	Gora Opifici	135	17.6	0.49	3.31	1.07	16.45	82.9
Gora Opifici	Gora Opifici	140	18.36	0.55	3.35	1.13	16.29	93.3
Gora Opifici	Gora Opifici	145	18.47	0.59	3.39	1.13	16.36	70
Gora Opifici	Gora Opifici	150	18.56	0.62	3.44	1.1	16.89	92.4
Gora Opifici	Gora Opifici	155	18.56	0.67	3.42	1.4	13.26	45
Gora Opifici	Gora Opifici	156	Bridge					
Gora Opifici	Gora Opifici	158	18.58	0.67	3.49	1.37	13.6	2
Gora Opifici	Gora Opifici	160	18.6	0.7	3.54	1.05	20.09	53.4

Principali grandezze idrauliche. Stato di progetto con ponte SS Aurelia attuale



River	Reach	River Sta	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Length Chnl (m)
Baccatoio	2	0.06	40.26	-1.56	0.8	1.14	35.41	
Baccatoio	2	0.071	138.64	-1.56	1.21	2.65	52.3	64.4
Baccatoio	2	0.0751	147.35	-1.56	1.4	2.27	65.05	49.47
Baccatoio	2	0.081	147.57	-1.3	1.48	1.9	77.51	15
Baccatoio	2	0.085	147.57	-1.3	1.53	1.87	78.74	53.1
Baccatoio	2	0.09	147.57	-1.3	1.53	1.87	78.87	2
Baccatoio	2	0.091	Bridge					
Baccatoio	2	0.092	147.57	-1.3	1.55	1.85	79.56	1
Baccatoio	2	0.095	147.57	-1.3	1.56	1.85	79.73	8
Baccatoio	2	0.099	147.57	-1.12	1.56	2.07	75.2	38
Baccatoio	2	0.1	147.57	-1.12	1.62	1.92	80.29	50.01
Baccatoio	2	0.2	147.6	-1.12	1.73	1.86	83.88	143.12
Baccatoio	2	0.3	147.6	-1.34	1.84	1.58	95.92	139.93
Baccatoio	2	0.4	102.54	-1.12	2.01	1.15	94.88	139.09
Baccatoio	2	0.5	102.52	-1.12	1.98	1.85	55.47	138.25
Baccatoio	2	0.6	94.53	-1.17	2.1	1.56	60.78	89.6
Baccatoio	2	0.7	76.53	-1.12	2.21	1.54	49.56	140.08
Baccatoio	2	2.6	76.53	-1.2	2.22	1.54	49.74	0.1
Baccatoio	2	2.65	Bridge					
Baccatoio	2	2.7	76.53	-1.2	2.22	1.54	49.82	0.1
Baccatoio	2	2.75	76.53	-1.23	2.22	1.69	45.22	50
Baccatoio	2	2.76	76.52	-1.27	2.24	1.77	43.34	42
Baccatoio	2	2.77	82.92	-1	2.29	1.79	46.31	40
Baccatoio	2	2.8	83.25	-1	2.35	1.63	51.21	60
Baccatoio	1	2.9	67.52	-0.9	2.35	1.47	46.08	139
Baccatoio	1	2.95	68.36	-0.82	2.41	1.49	45.9	100
Baccatoio	1	3	68.64	-0.77	2.43	1.51	45.61	44
Baccatoio	1	3.3	Bridge					
Baccatoio	1	3.5	67.5	-0.77	2.36	1.93	34.88	0.1
Baccatoio	1	4	66.63	-0.77	2.3	2.4	27.77	24
Baccatoio	1	5	70.33	-0.74	2.48	1.93	36.44	44
Baccatoio	1	16.5	70.33	-0.7	2.46	2.34	30.08	50
Baccatoio	1	17	72.31	-0.7	2.62	2.46	32.3	81
Baccatoio	1	18	73.27	-0.74	2.87	2.01	42.48	147
Baccatoio	1	19	73.43	-0.44	2.94	2.08	41.03	108.48



Baccatoio	1	20	74.72	-0.32	3.06	2.13	40.79	143.64
Baccatoio	1	21	74.98	-0.5	3.18	2.08	41.86	142.88
Baccatoio	1	22	75.23	-0.41	3.25	2.1	41.54	103
Baccatoio	1	23	75.24	-0.35	3.3	2.11	41.35	60.7
Baccatoio	1	24	75.49	-0.39	3.43	1.41	54.9	81.7
Baccatoio	1	25	75.75	-0.5	3.5	1.34	57.28	124
Baccatoio	1	26	75.84	-1.08	3.56	1.29	58.57	99.55
Baccatoio	1	27	67.46	0.24	3.53	2.55	30.52	91
Baccatoio	1	28	67.73	0.91	3.63	3.26	24.17	95
Baccatoio	1	29	68.35	0.78	4.1	2.25	35.35	151
Baccatoio	1	30	69.52	0.37	4.27	2.05	40.58	136.8
Baccatoio	1	31	69.39	0.37	4.27	2.25	37.08	33
Baccatoio	1	31.1	Bridge					
Baccatoio	1	31.5	69.39	0.37	4.28	2.24	37.23	1
Baccatoio	1	32	69.4	1.21	4.37	1.89	42.9	70
Baccatoio	1	33	69.25	1.72	4.45	2.21	36.23	152
Baccatoio	1	33.1	Lat Struct					
Baccatoio	1	34	135.18	2.22	4.82	4.99	31.63	151.04
Baccatoio	1	35.5	135.98	3	5.6	4.94	32.27	128.52
Baccatoio	1	36	136.39	3.55	6.08	5.2	30.57	75.52
Baccatoio	1	37	136.5	3.91	6.61	4.84	32.94	86
Baccatoio	1	38	136.6	4.87	7.34	5.08	26.88	98.2
Baccatoio	1	39	136.6	4.99	7.55	4.8	28.47	23.04
Baccatoio	1	40	112.66	5.16	7.85	5.08	22.19	30.84
Baccatoio	1	41	112.7	5.32	8.11	4.39	25.66	30.02
Baccatoio	1	42	112.54	5.49	8.35	3.2	36.77	30.8
Baccatoio	1	43	112.66	5.65	8.61	5.82	19.36	30.22
Baccatoio	1	44	112.72	5.81	8.99	5.37	20.98	30.02
Baccatoio	1	45	112.79	5.97	9.3	5.12	22.04	30
Gora Opifici	Gora Opifici	5	15.73	-0.65	2.35	0.8	19.72	0
Gora Opifici	Gora Opifici	10	15.95	-0.6	2.38	0.85	22.13	80.9
Gora Opifici	Gora Opifici	15	16.13	-0.54	2.4	0.91	17.77	99.8
Gora Opifici	Gora Opifici	20	16.29	-0.5	2.42	0.92	17.75	59.57
Gora Opifici	Gora Opifici	23	16.22	-0.48	2.41	1.12	14.46	37.4





Gora Opifici	Gora Opifici	24	Bridge					
Gora Opifici	Gora Opifici	25	16.22	-0.48	2.42	1.12	14.48	4
Gora Opifici	Gora Opifici	30	16.29	-0.45	2.44	1.13	14.43	53.9
Gora Opifici	Gora Opifici	35	18	-0.45	2.46	1.24	14.56	60
Gora Opifici	Gora Opifici	40	18	-0.4	2.47	1.26	14.34	19.23
Gora Opifici	Gora Opifici	42	Bridge					
Gora Opifici	Gora Opifici	43	18	-0.4	2.47	1.26	14.34	1
Gora Opifici	Gora Opifici	44	18	-0.39	2.45	1.36	13.2	0.5
Gora Opifici	Gora Opifici	45	18.03	-0.35	2.53	1.06	17.03	82
Gora Opifici	Gora Opifici	50	18.05	-0.3	2.56	1.07	16.91	73.73
Gora Opifici	Gora Opifici	55	18.05	-0.27	2.56	1.28	14.14	38.5
Gora Opifici	Gora Opifici	57	Bridge					
Gora Opifici	Gora Opifici	58	18.05	-0.27	2.58	1.27	14.24	0.5
Gora Opifici	Gora Opifici	59	18.06	-0.23	2.61	0.98	18.41	0.5
Gora Opifici	Gora Opifici	60	18.06	-0.23	2.61	0.98	18.46	7.6
Gora Opifici	Gora Opifici	65	18.09	-0.18	2.66	1.03	17.64	90.95
Gora Opifici	Gora Opifici	70	18.1	-0.13	2.71	0.99	18.23	95.47
Gora Opifici	Gora Opifici	73	18.11	-0.08	2.72	1.29	14.01	88.2
Gora Opifici	Gora Opifici	75	18.11	-0.08	2.72	1.29	14.02	4
Gora Opifici	Gora Opifici	80	18.13	-0.05	2.78	1.02	17.69	55.5
Gora Opifici	Gora Opifici	85	18.14	0	2.84	1.02	17.86	95.56
Gora Opifici	Gora Opifici	90	18.15	0.06	2.89	1.03	17.61	100.9



Gora Opifici	Gora Opifici	95	18.17	0.12	2.95	1.07	16.98	96
Gora Opifici	Gora Opifici	97	18.17	0.15	2.95	1.3	13.99	46.8
Gora Opifici	Gora Opifici	98	Bridge					
Gora Opifici	Gora Opifici	100	18.17	0.15	3	1.27	14.26	0.5
Gora Opifici	Gora Opifici	101	18.17	0.16	3.04	1.01	18.05	10
Gora Opifici	Gora Opifici	105	18.18	0.21	3.08	0.99	18.31	86.4
Gora Opifici	Gora Opifici	110	18.19	0.27	3.12	1.01	18.02	87.3
Gora Opifici	Gora Opifici	115	18.2	0.3	3.15	1.09	16.76	46.7
Gora Opifici	Gora Opifici	120	18.19	0.34	3.18	1.09	16.62	69
Gora Opifici	Gora Opifici	125	18.1	0.39	3.21	1.1	16.47	90.1
Gora Opifici	Gora Opifici	130	18.61	0.44	3.25	1.12	16.65	80.1
Gora Opifici	Gora Opifici	135	18.62	0.49	3.3	1.14	16.36	82.9
Gora Opifici	Gora Opifici	140	18.66	0.55	3.35	1.15	16.28	93.3
Gora Opifici	Gora Opifici	145	18.7	0.59	3.39	1.14	16.36	70
Gora Opifici	Gora Opifici	150	18.7	0.62	3.44	1.11	16.89	92.4
Gora Opifici	Gora Opifici	155	18.7	0.67	3.42	1.41	13.25	45
Gora Opifici	Gora Opifici	156	Bridge					
Gora Opifici	Gora Opifici	158	18.7	0.67	3.49	1.37	13.6	2
Gora Opifici	Gora Opifici	160	18.7	0.7	3.54	1.05	20.1	53.4

Principali grandezze idrauliche. Stato di progetto con nuovo ponte SS Aurelia

Ghezzano, Dicembre 2009

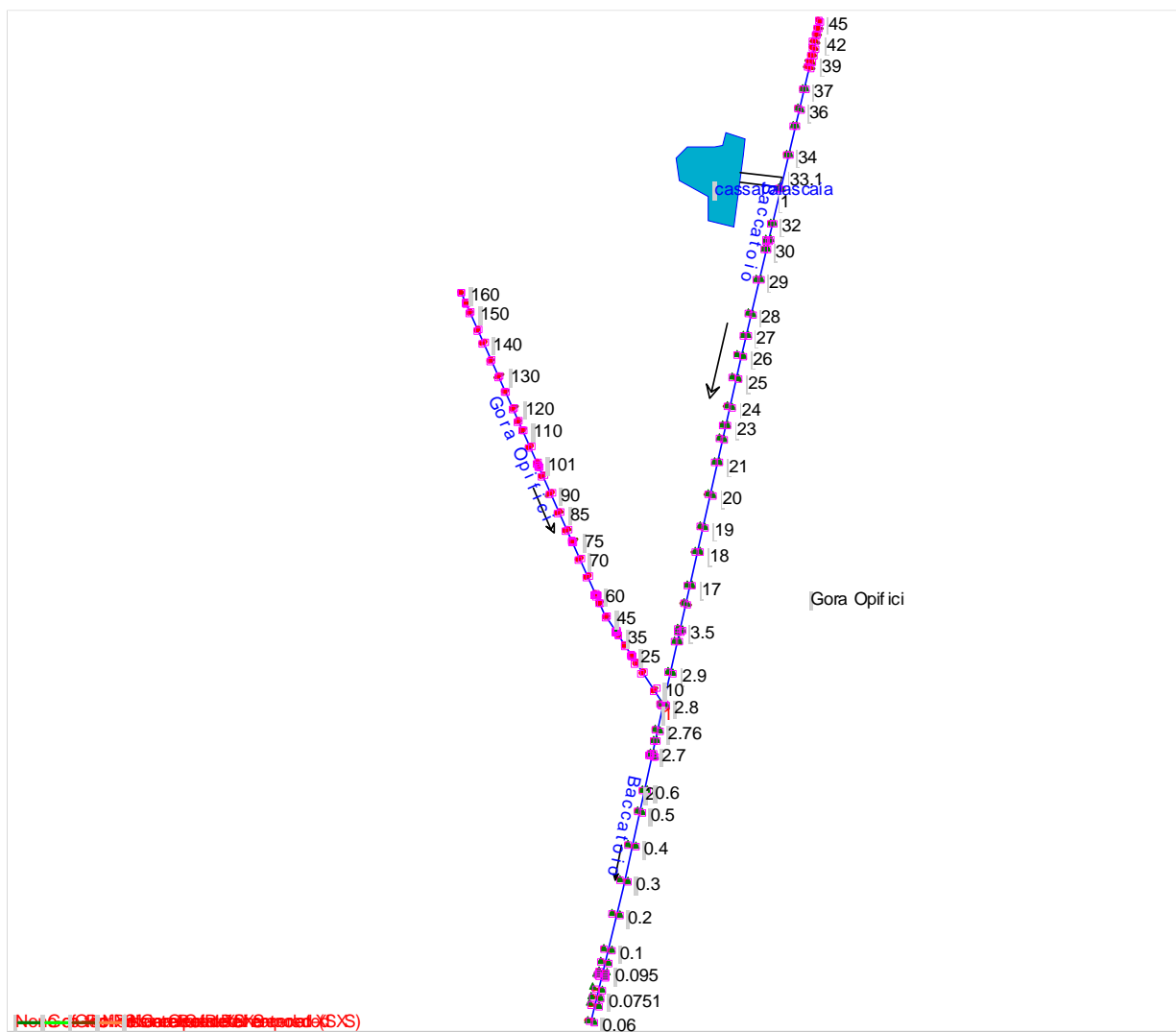
Dott. Ing. Nicola Croce



## Allegati HEC-RAS



## Schema planimetrico

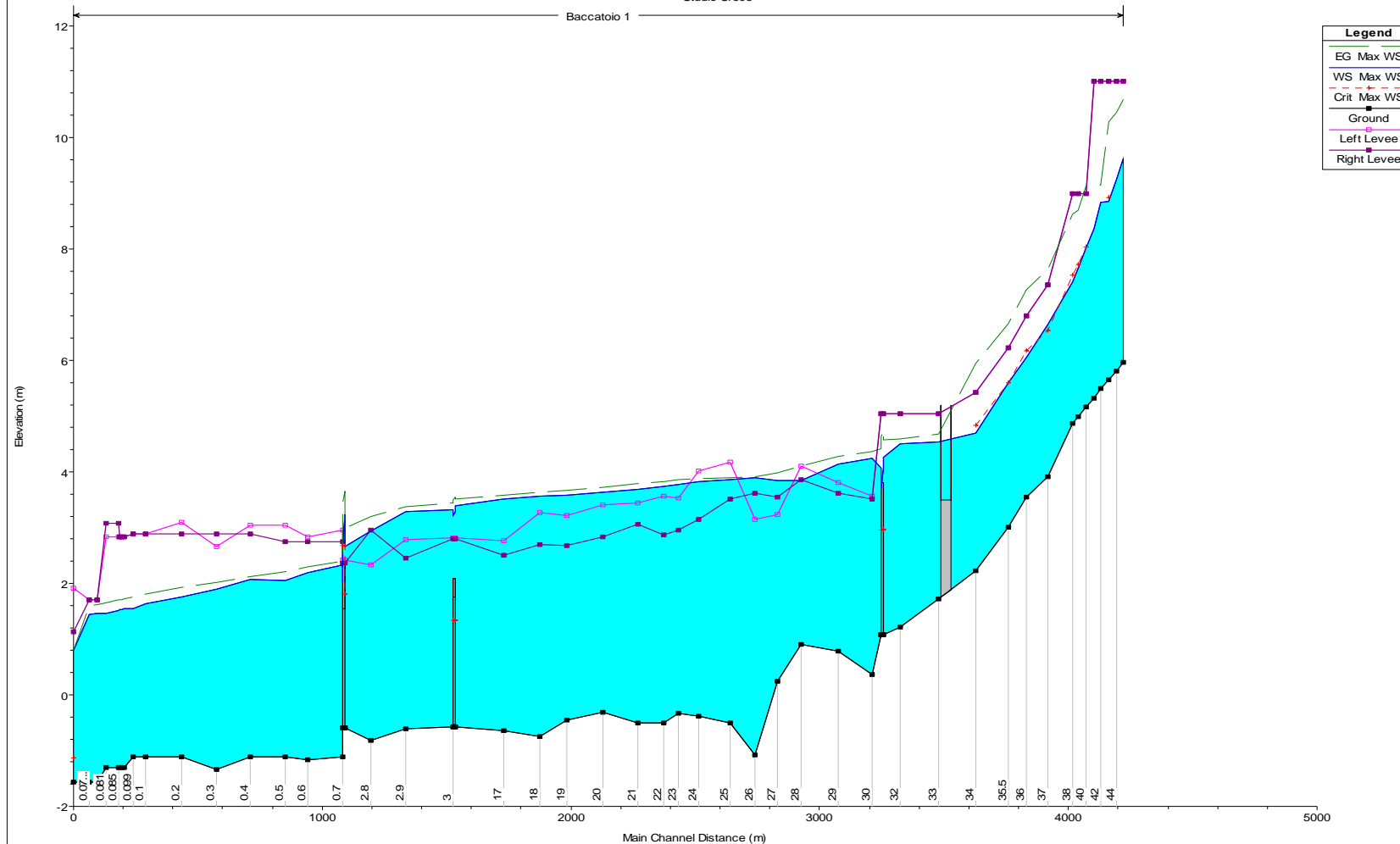


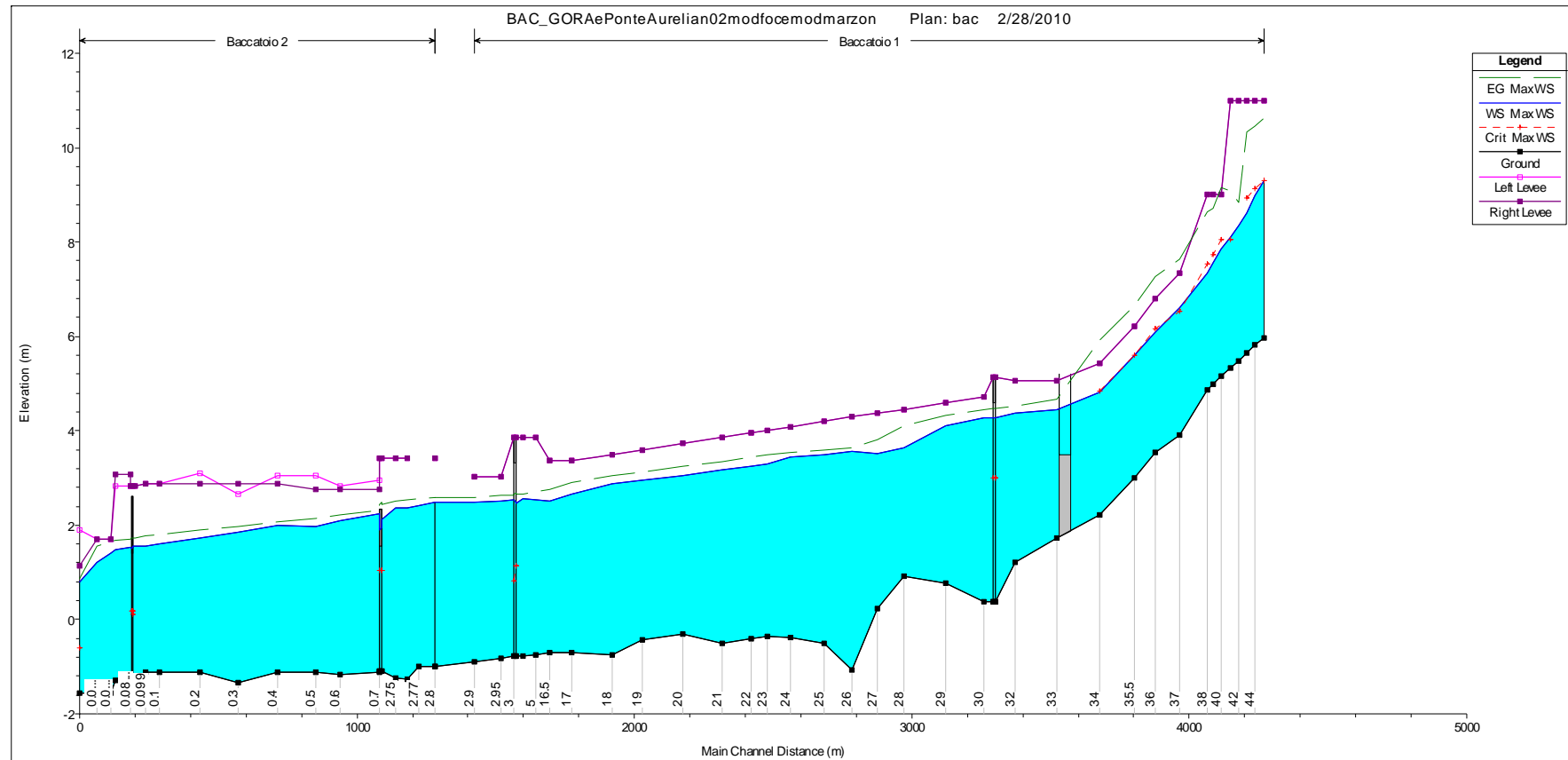
Non C'è un solo punto di controllo (S/S)



## Stato attuale – Profilo longitudinale tr 200

BACC1CASSattualevario200 Plan: bacc2cassa1 19-Sep-08  
Studio Croce

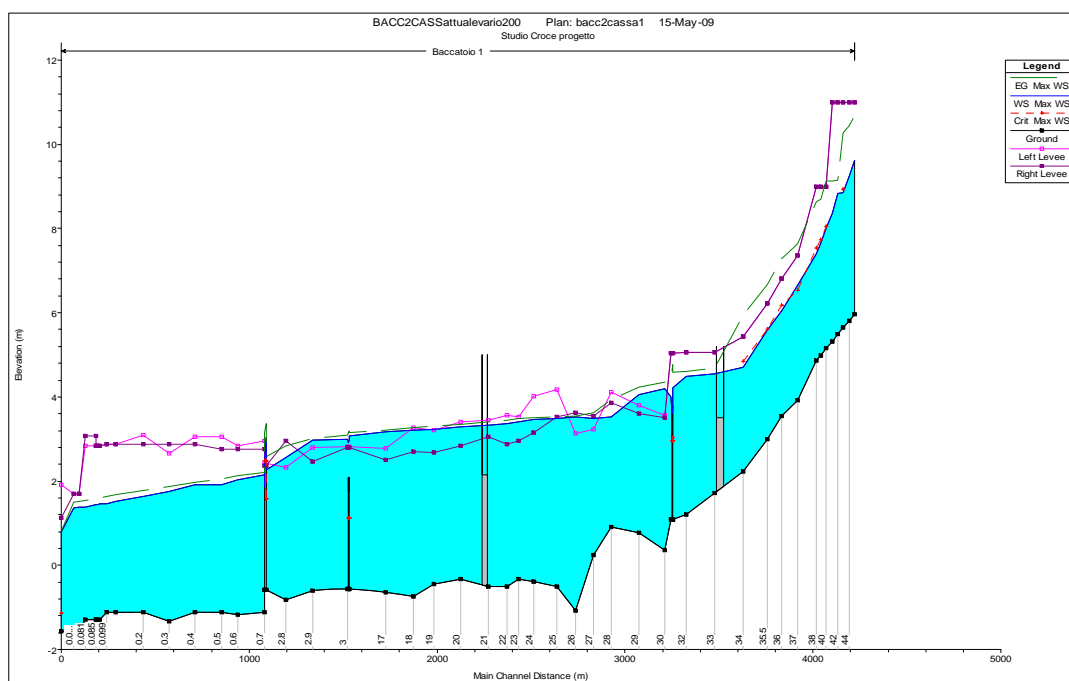
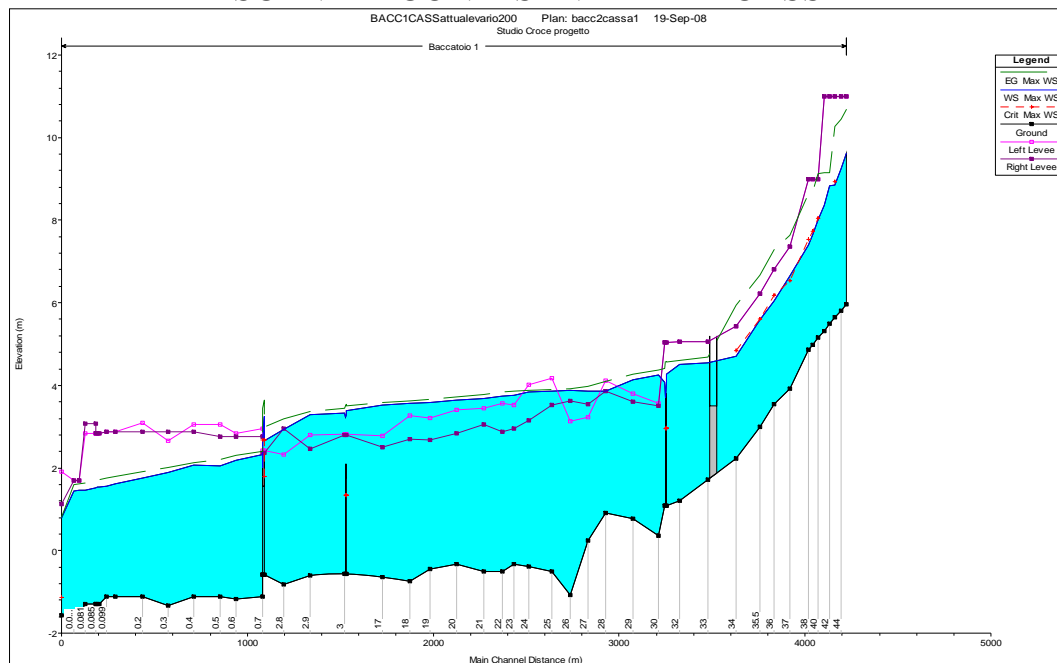


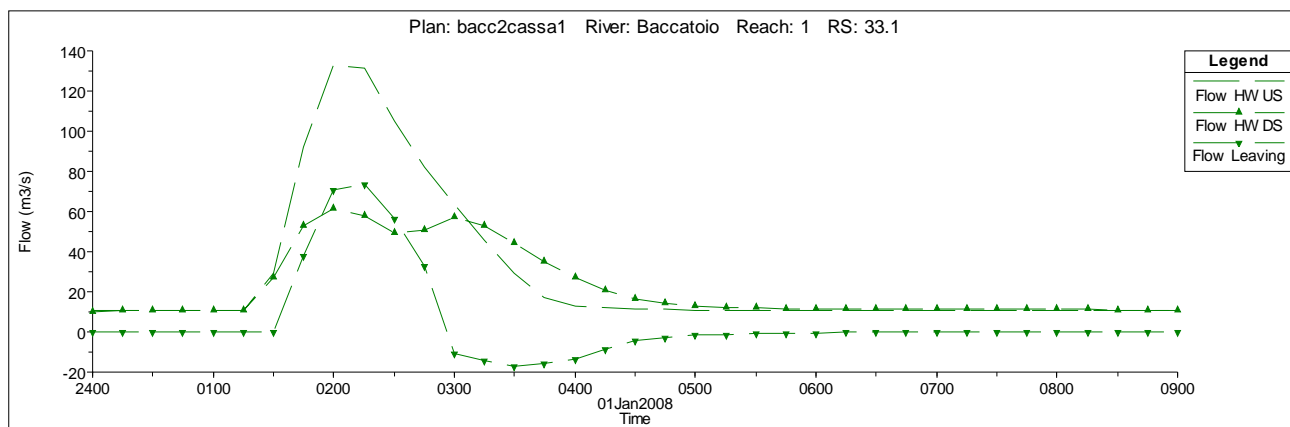


Stato di progetto

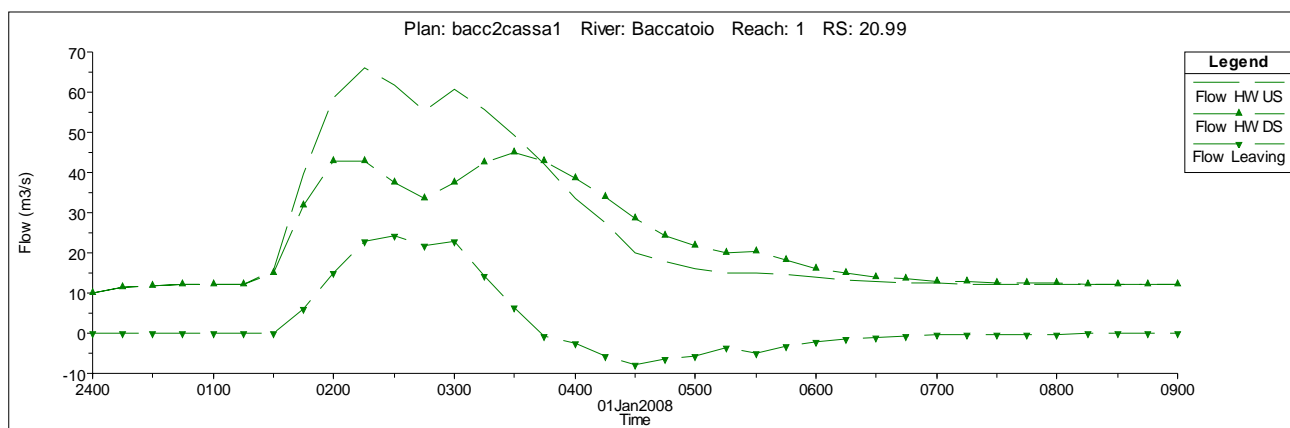


## SCENARI CON E SENZA LA II CASSA





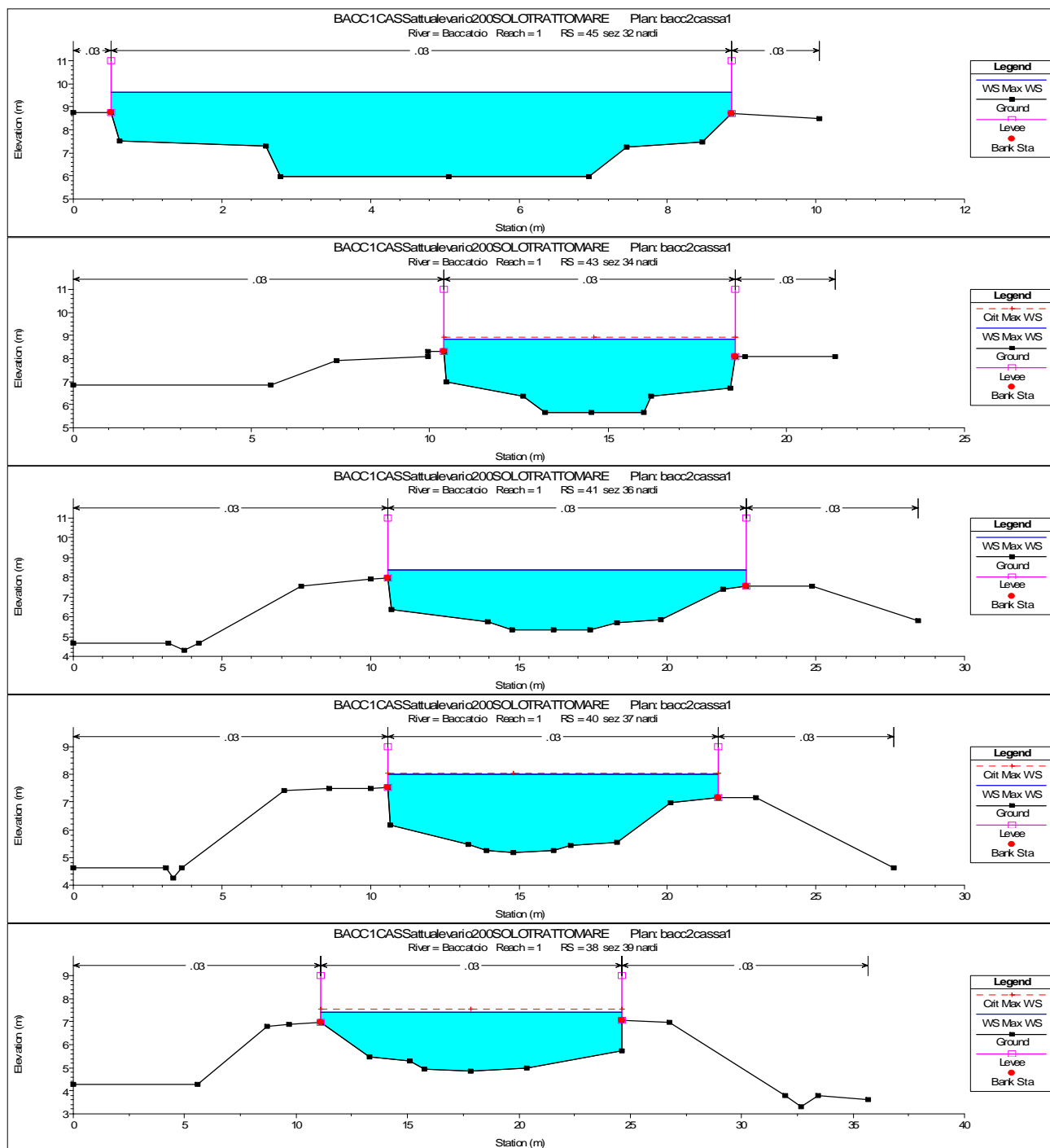
Idrogrammi cassa 1

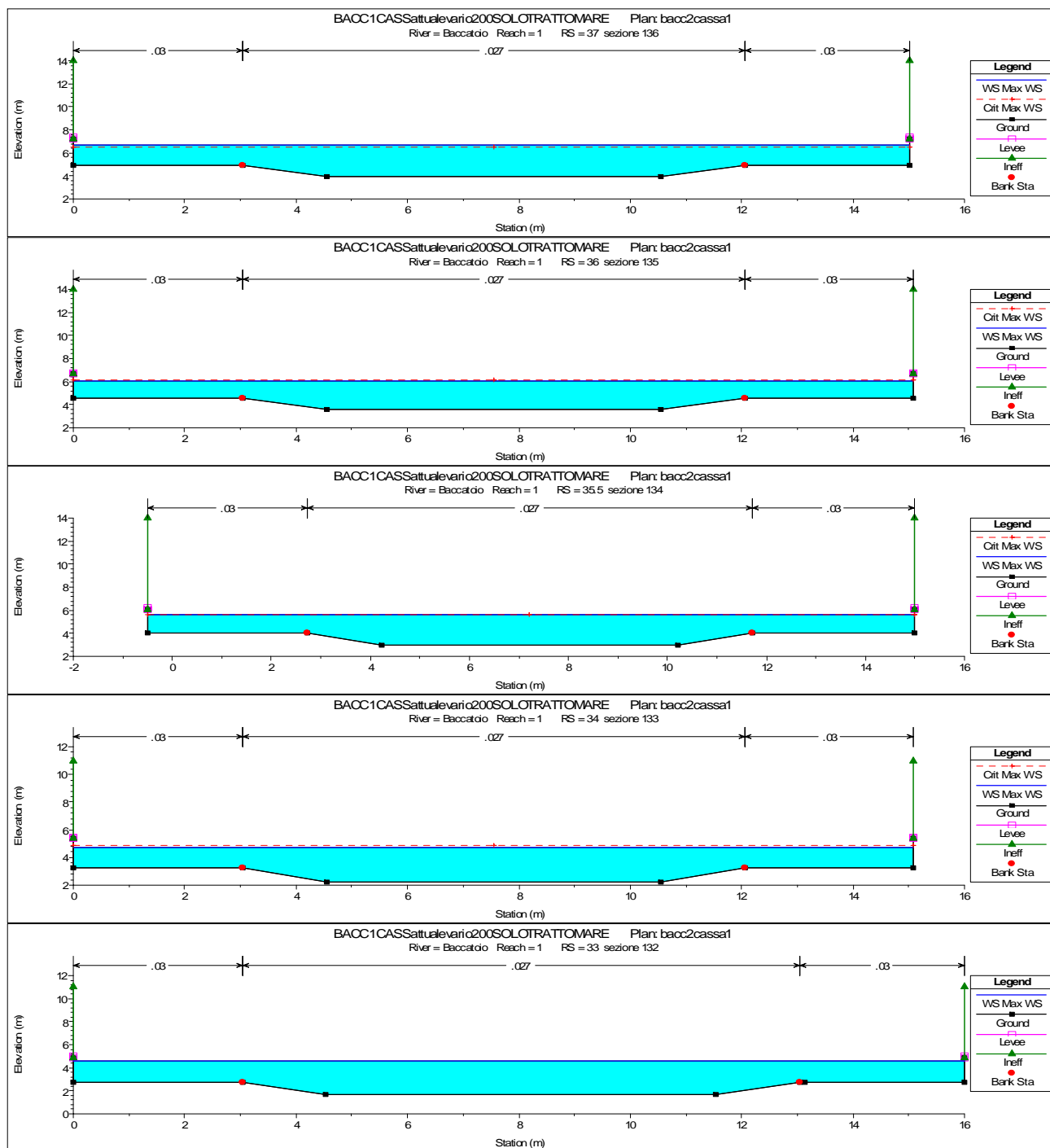


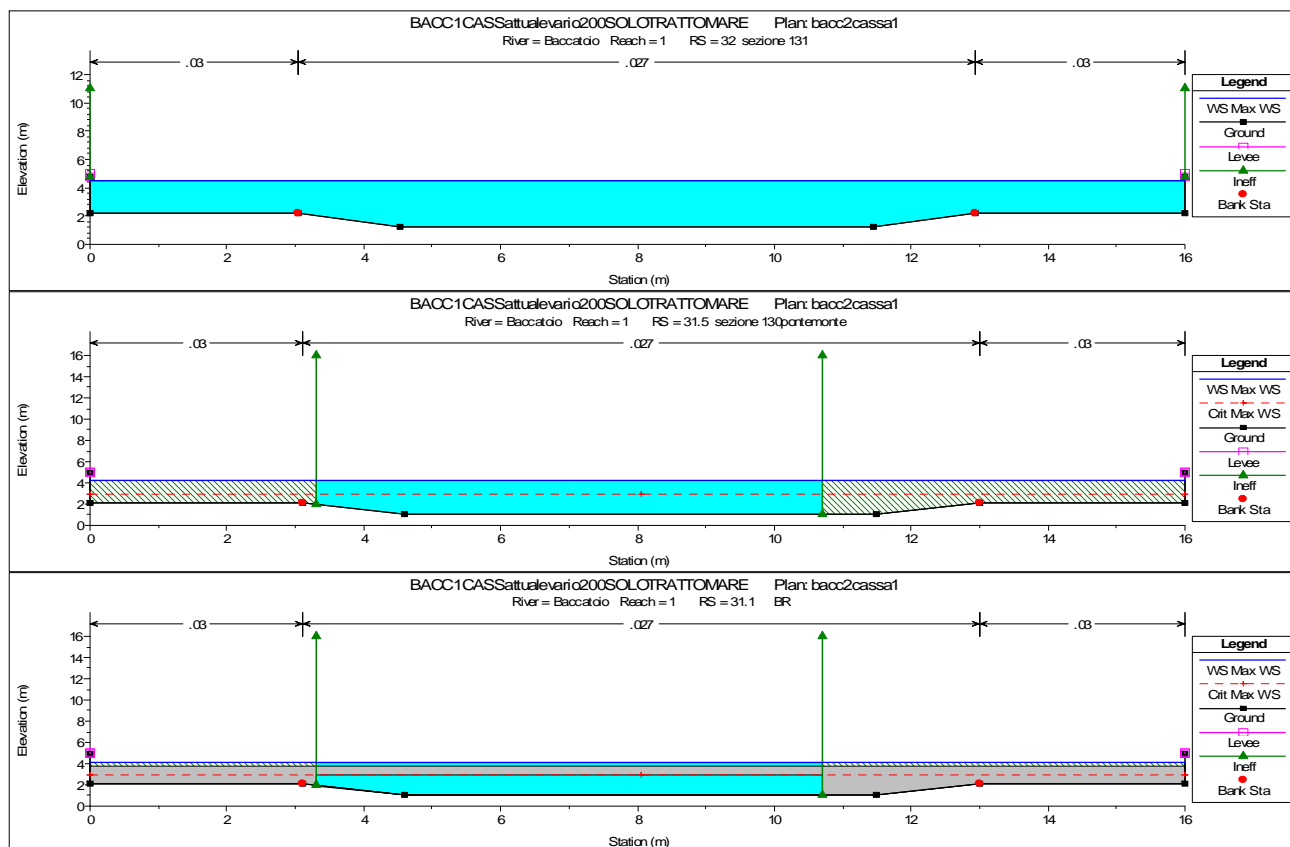
Idrogrammi con cassa 2 (ipotizzata)



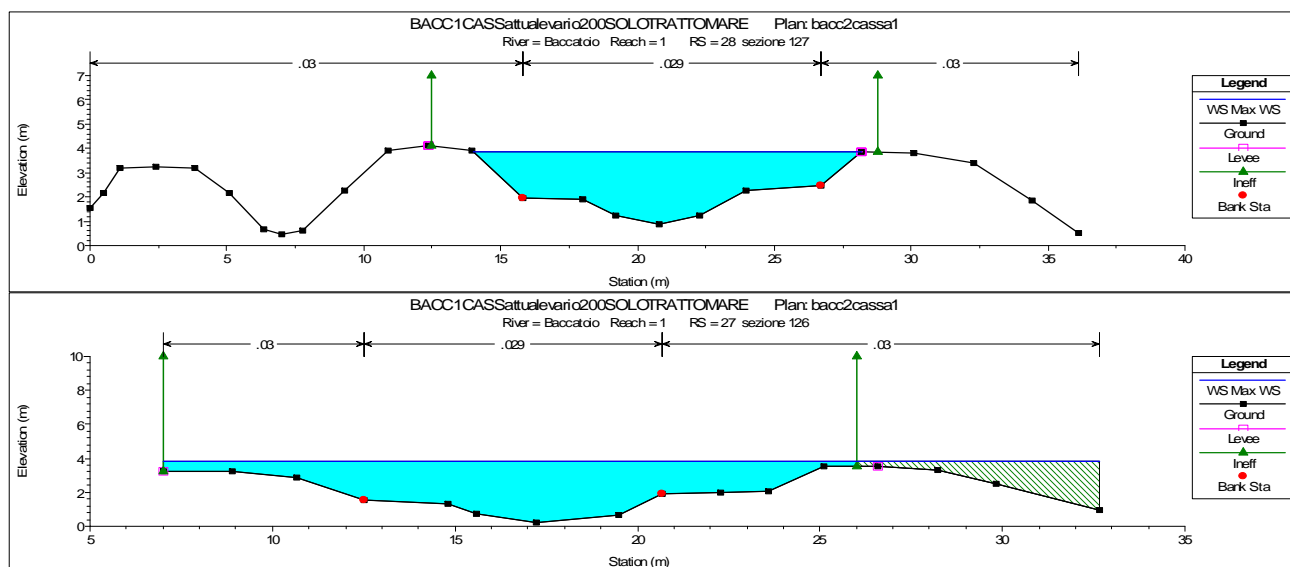


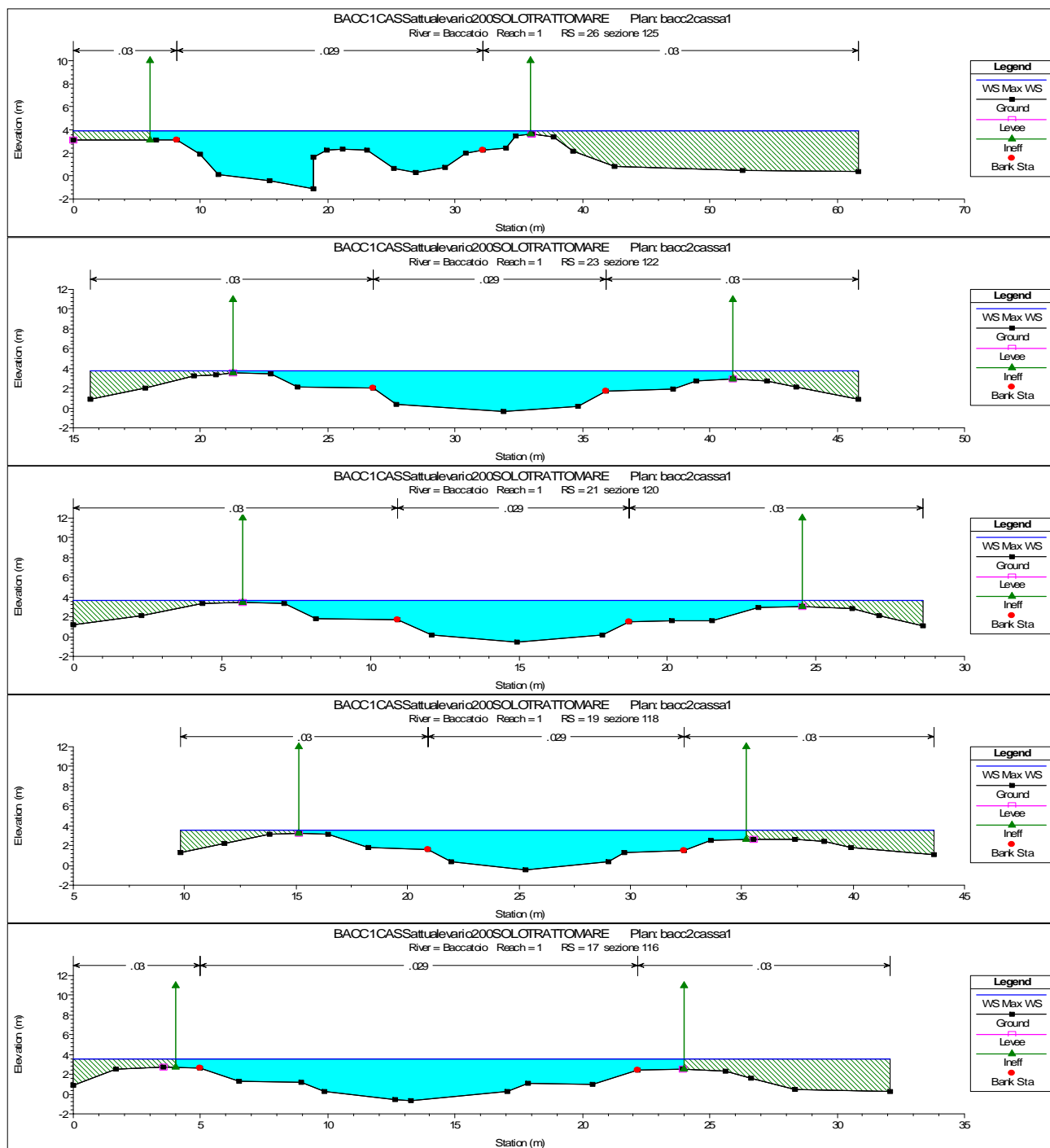


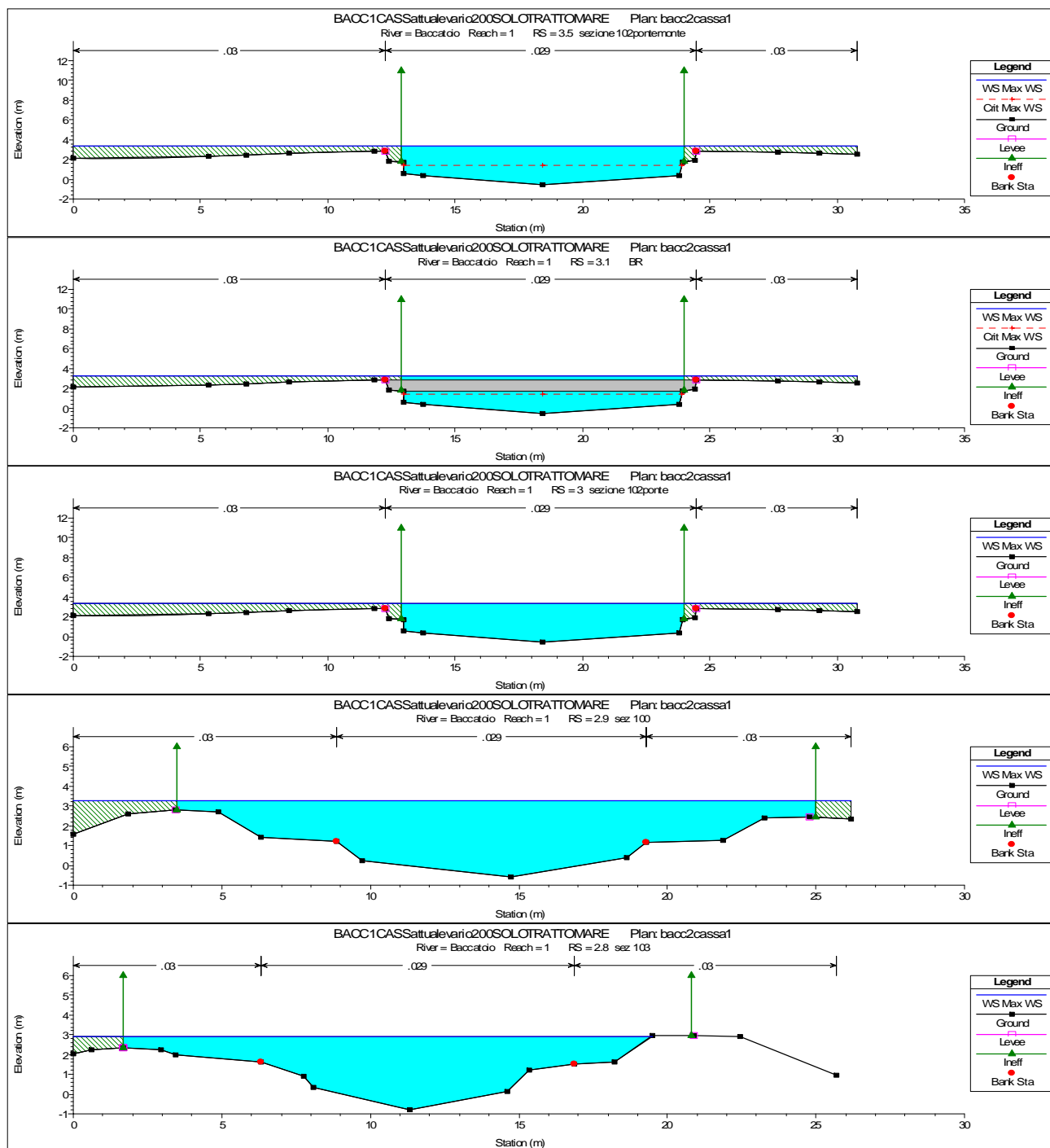


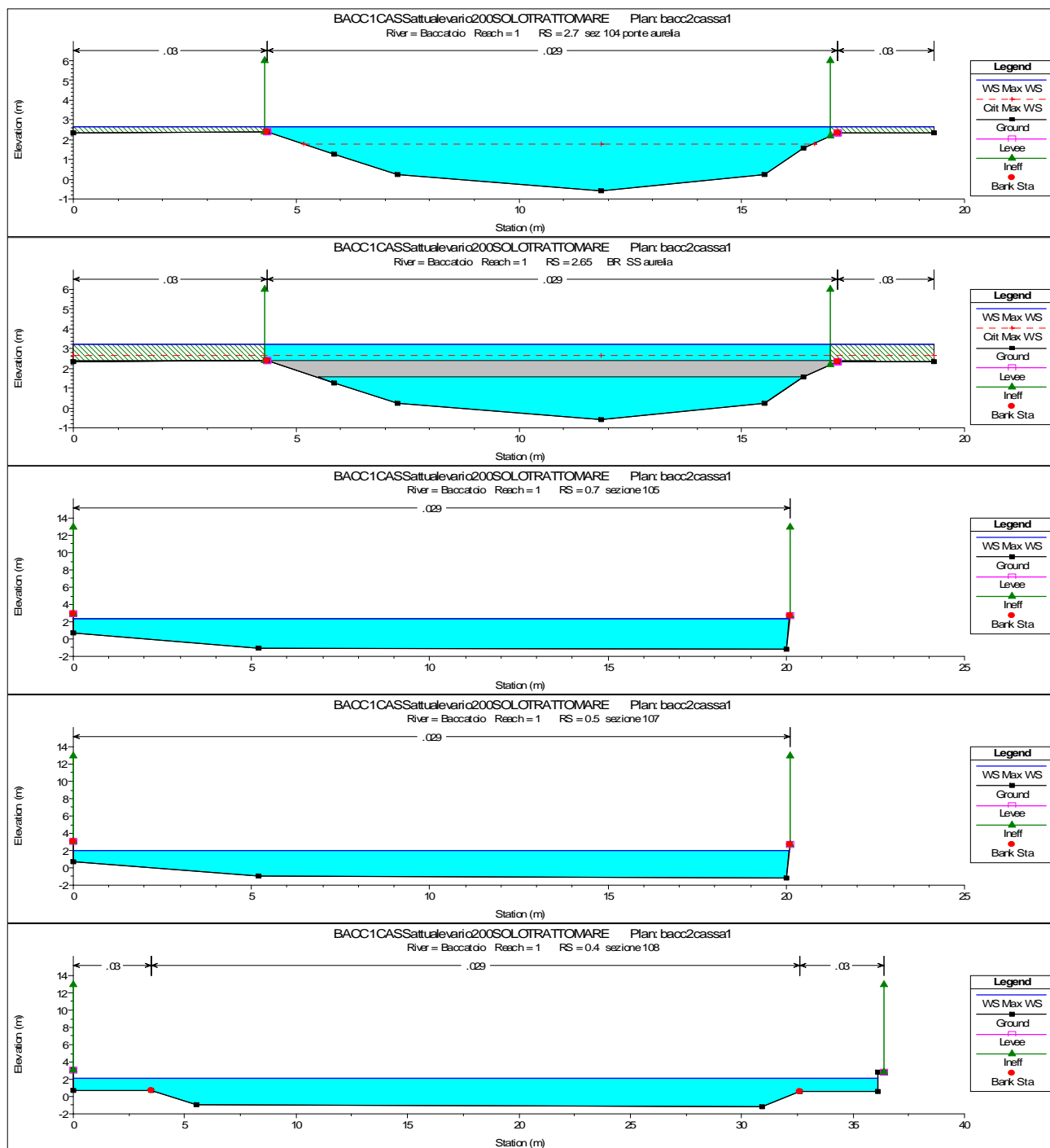


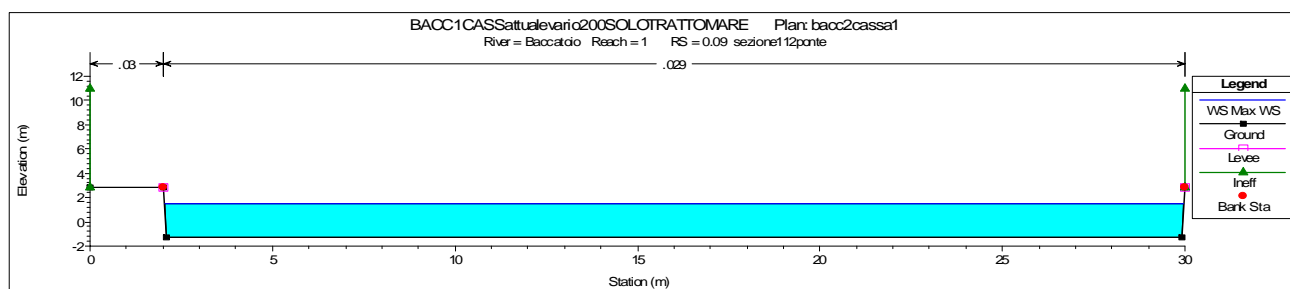
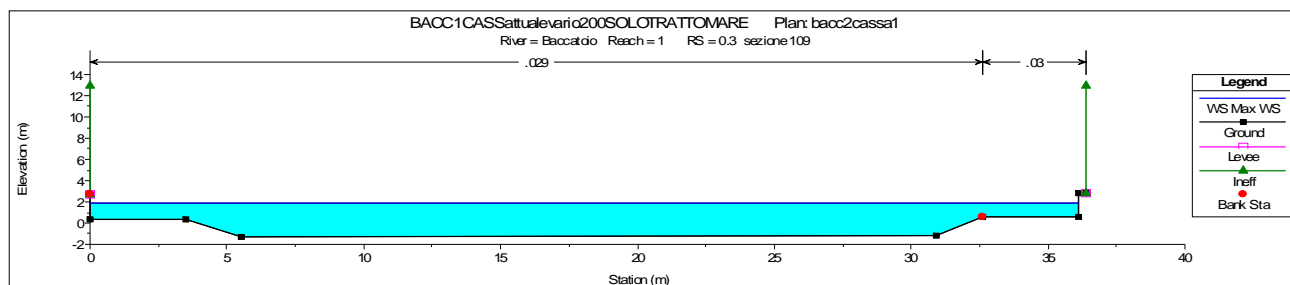
### ATTUALE PONTE A VALLE FALASCAIA









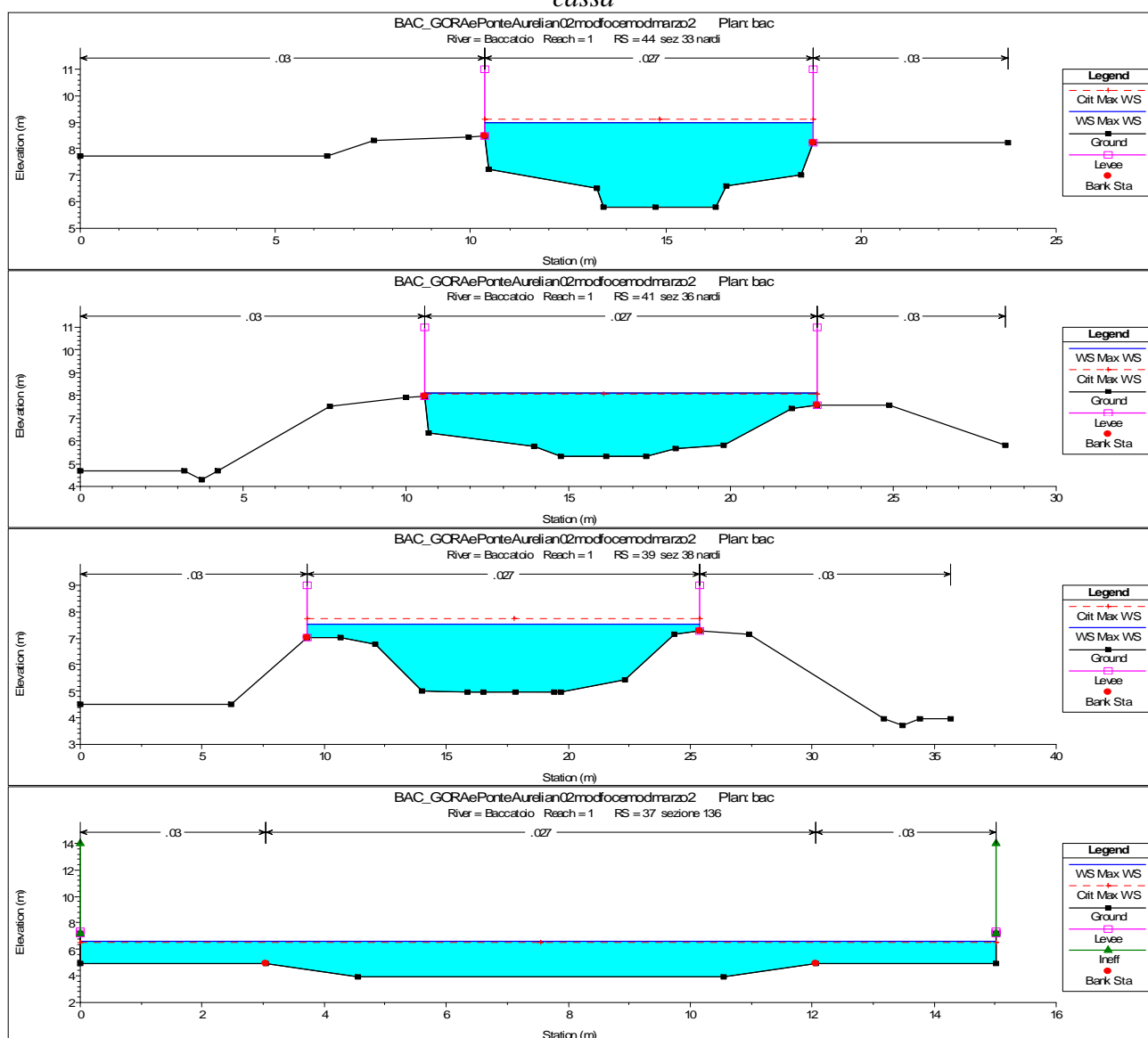


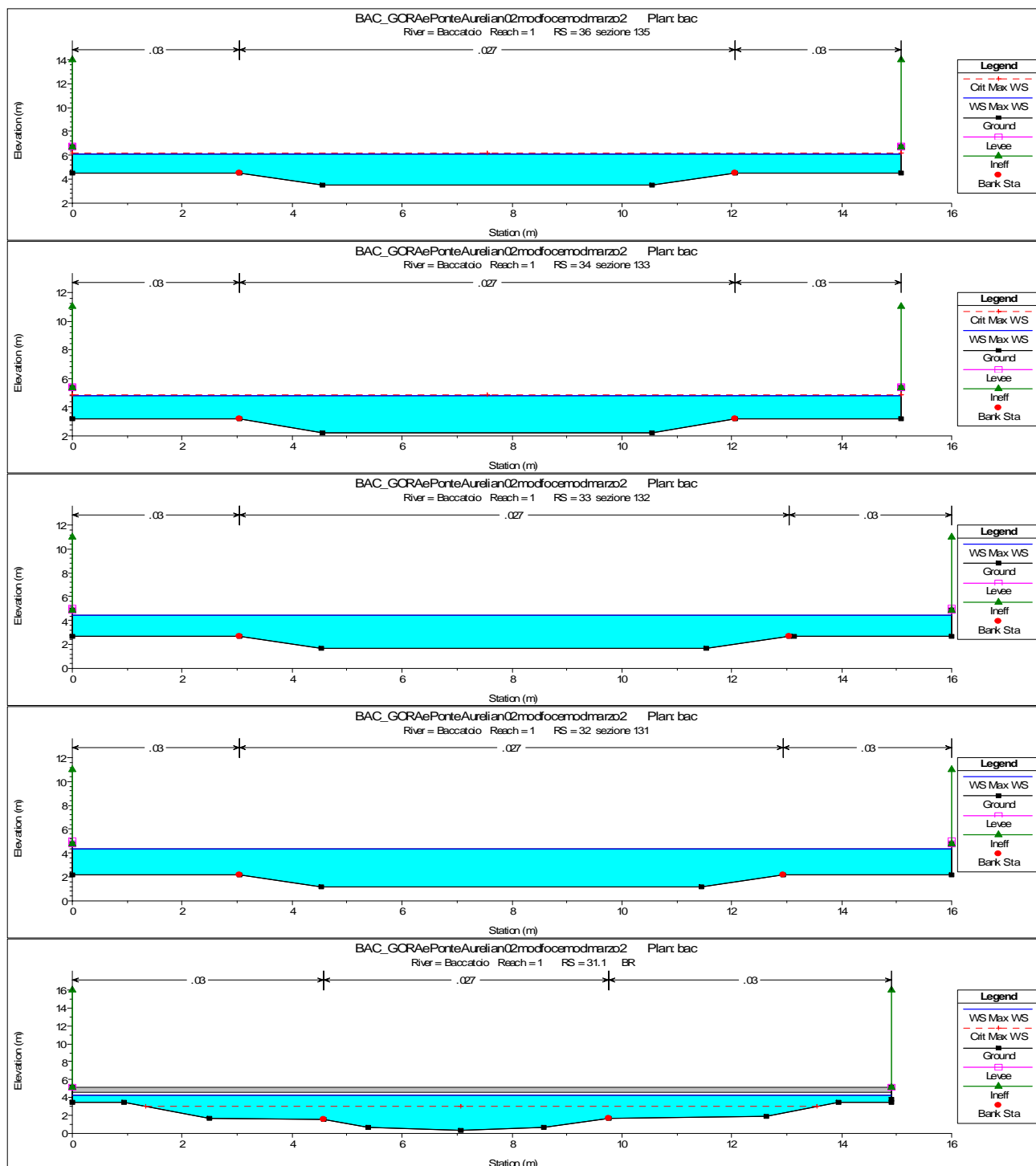




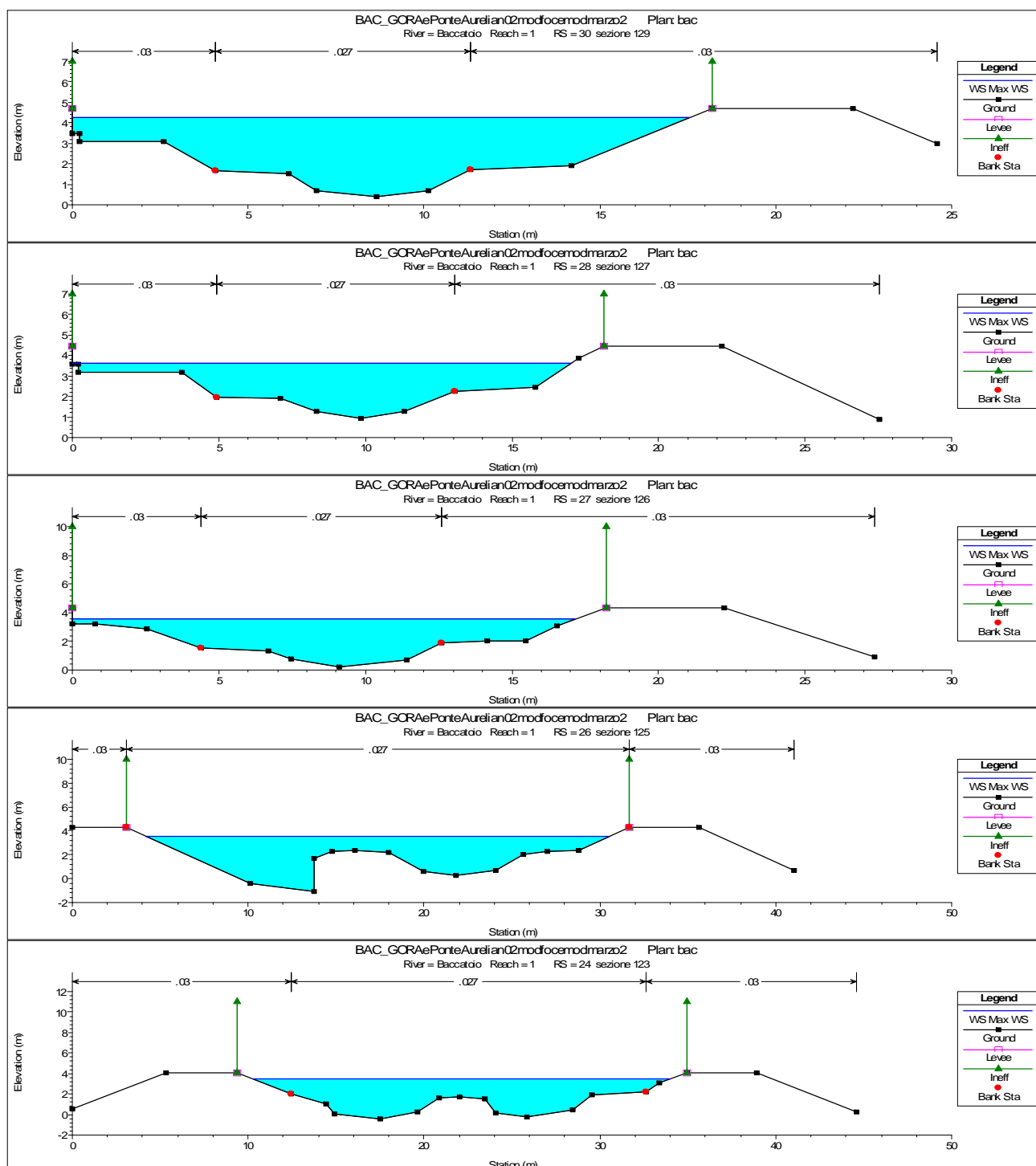
### Stato di progetto con ponte Aurelia attuale.

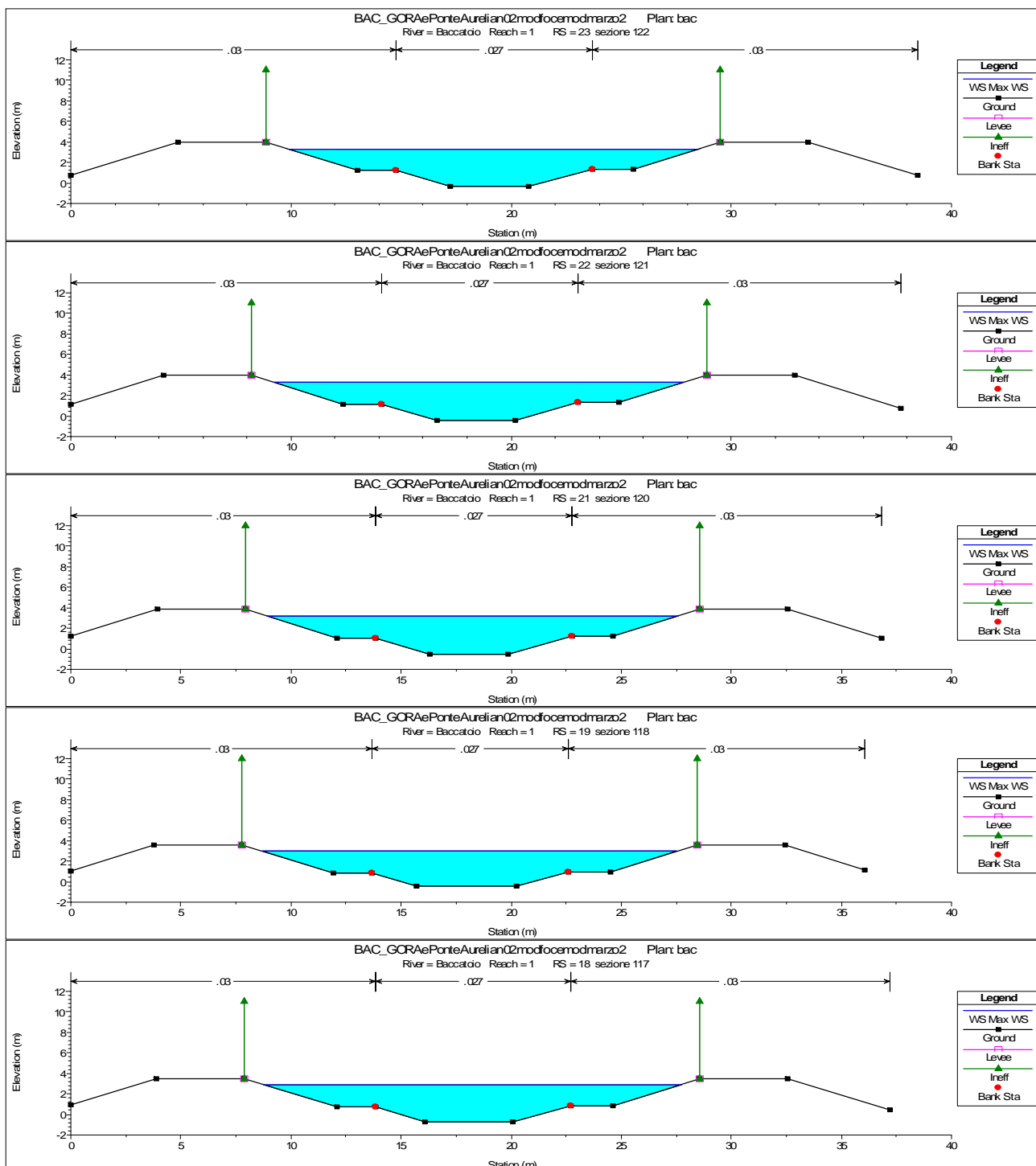
Le nuove simulazioni sono state effettuate, a favore di sicurezza, considerando il ponte a valle della cassa di Falascaia non interferente con l'alveo e pertanto in questo modo si riduce l'invaso nella cassa

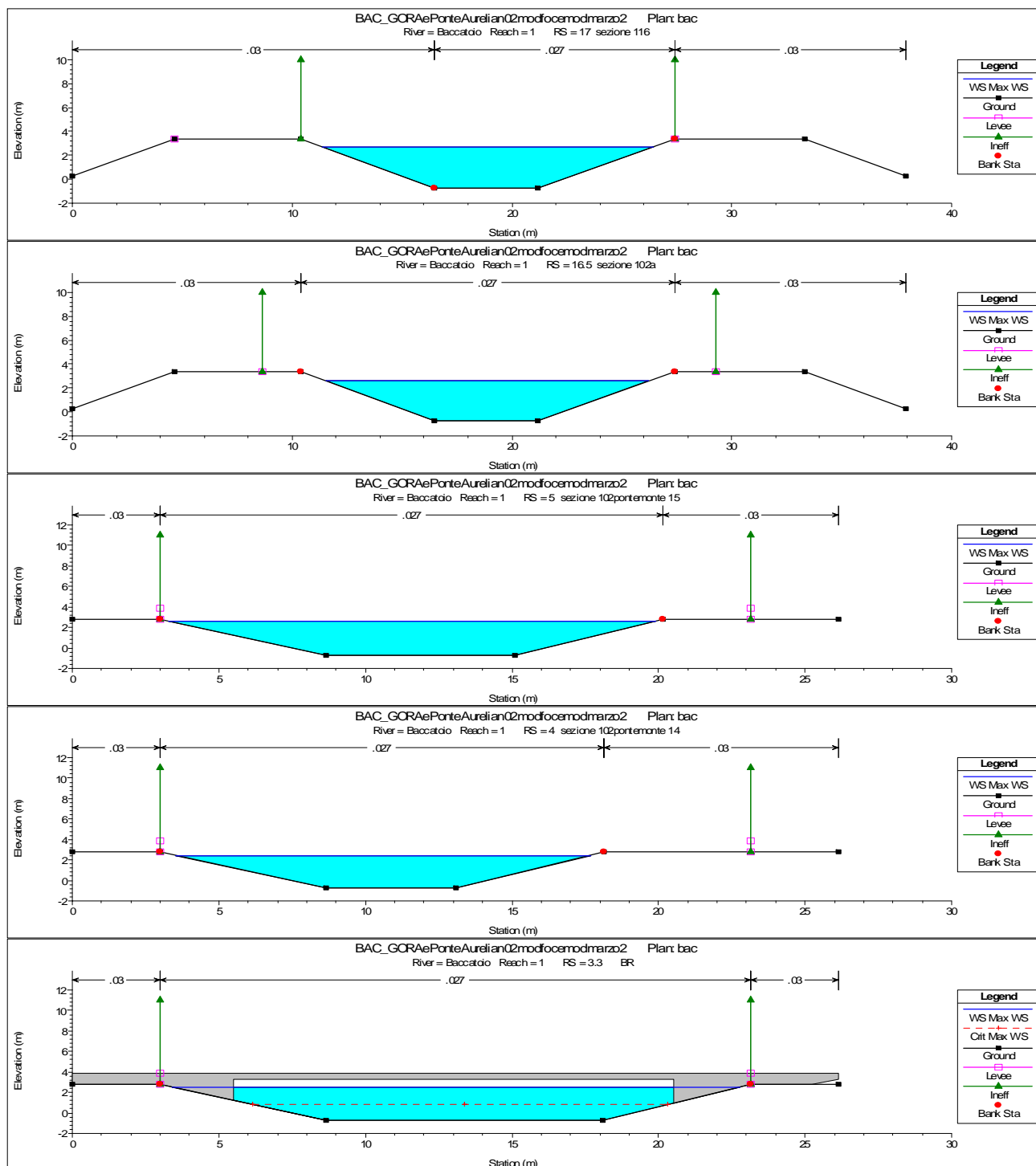


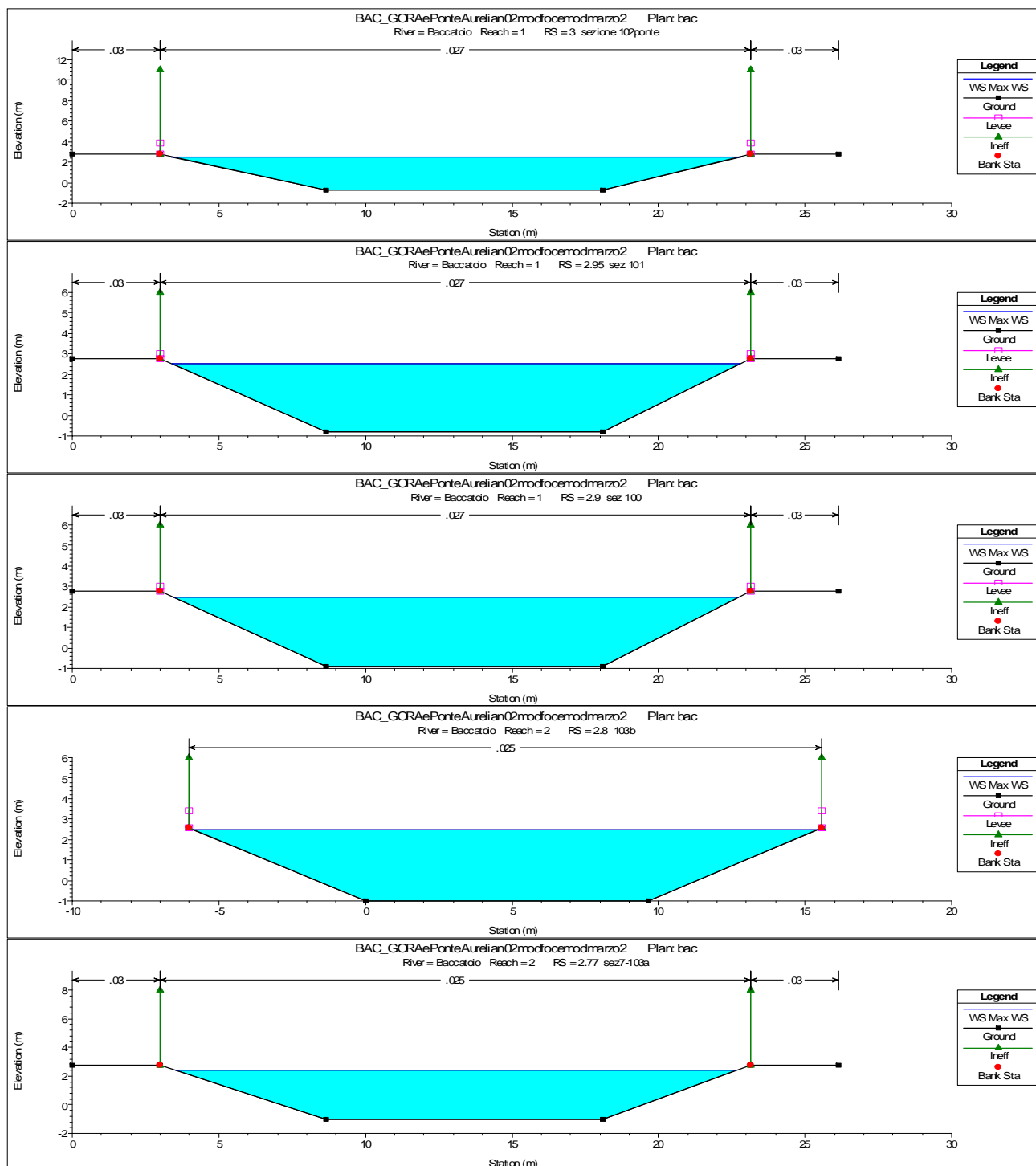


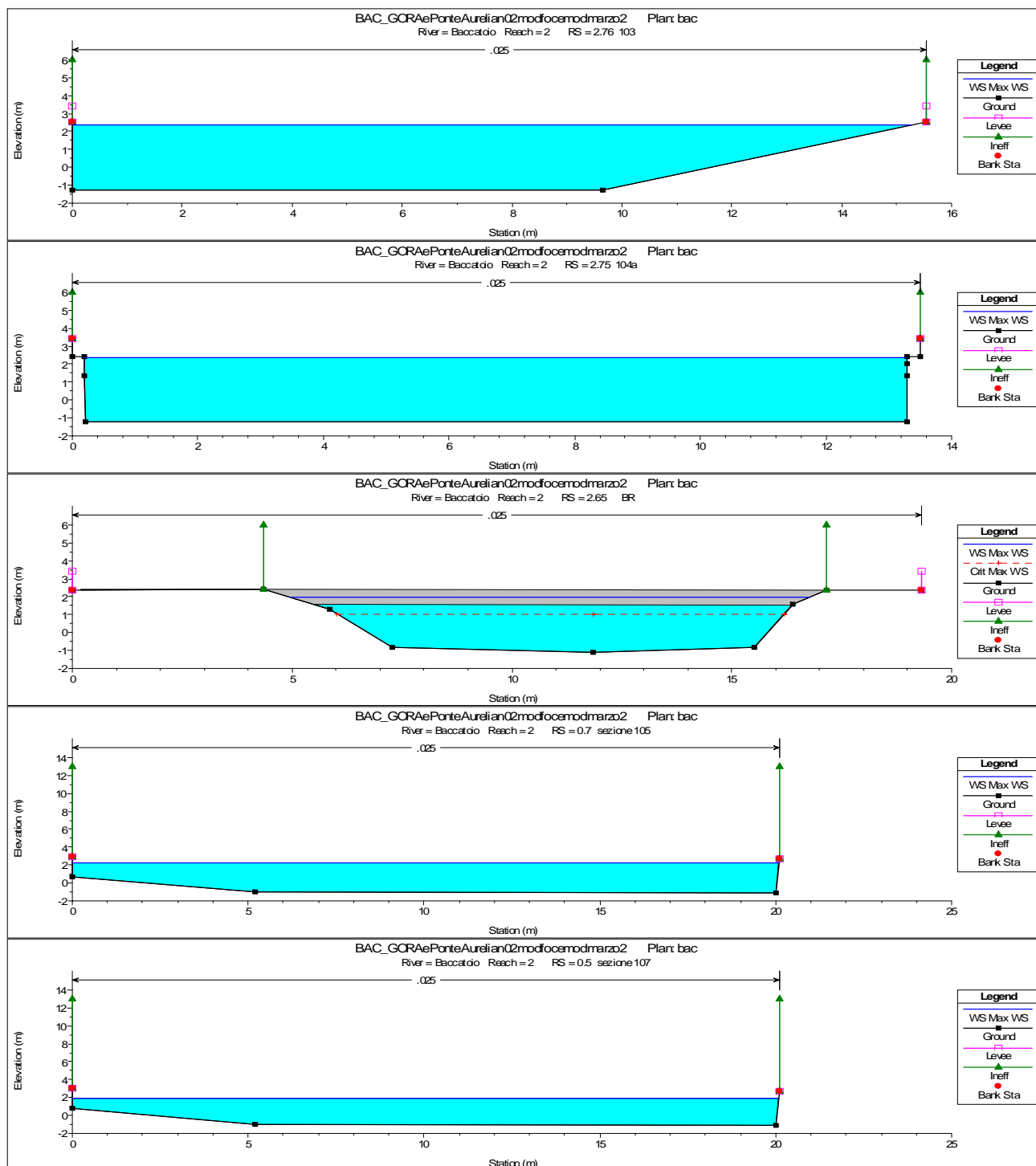
### ***IPOTETICO NUOVO PONTE A VALLE DELLA CASSA DI FALASCAIA***

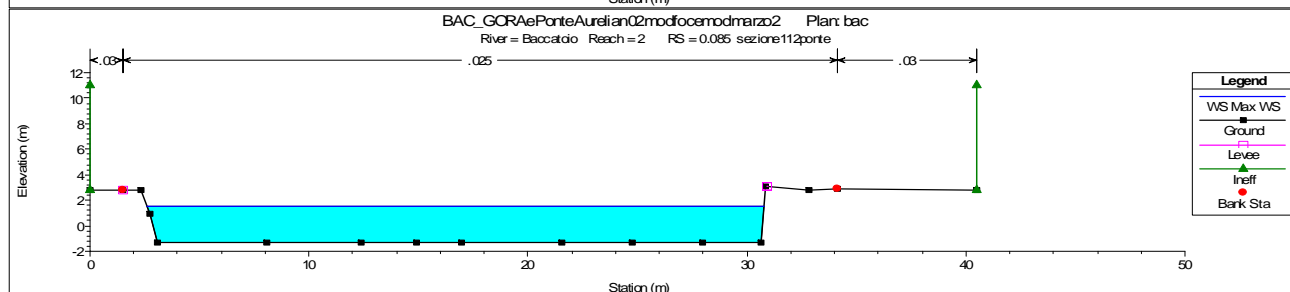
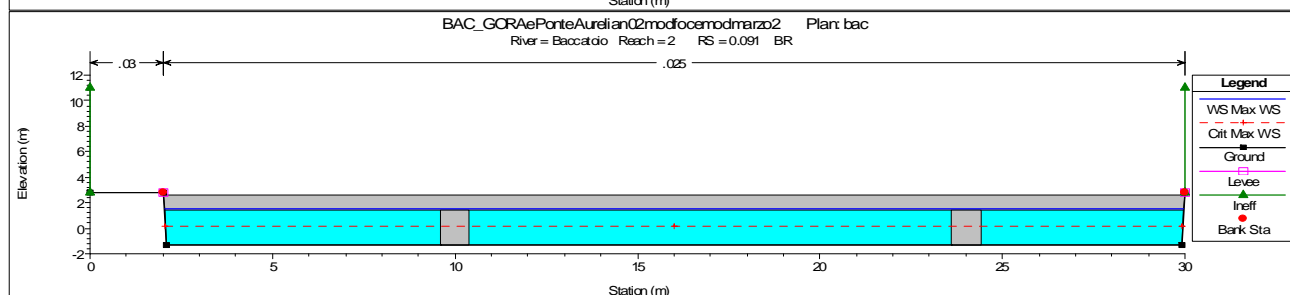
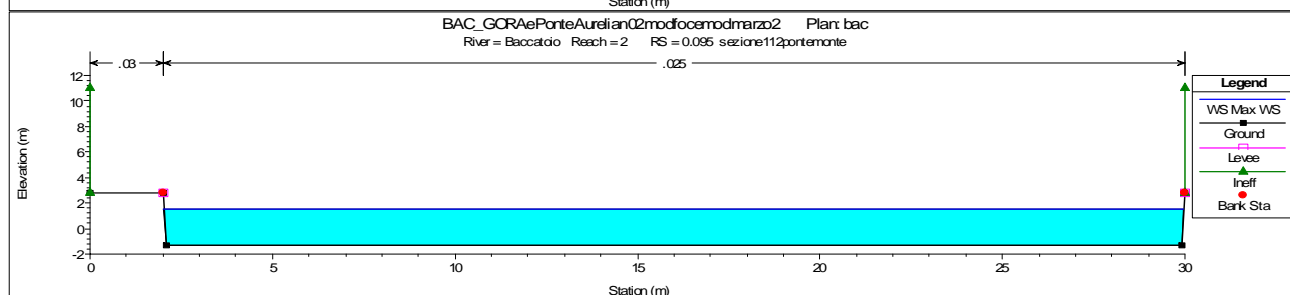
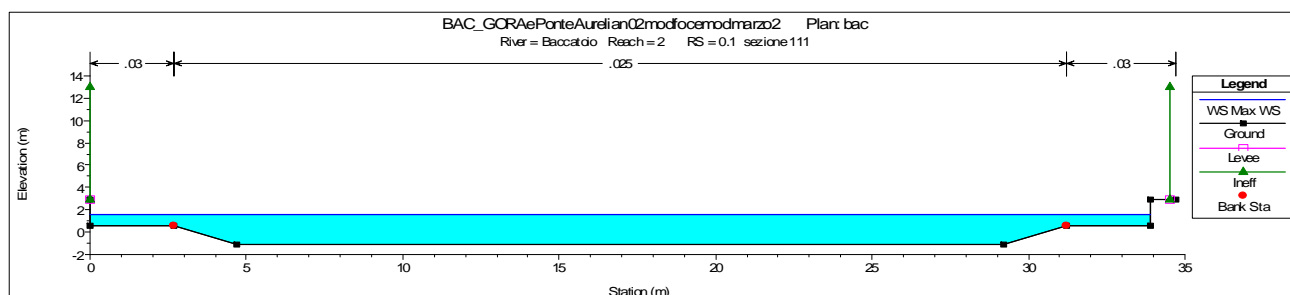
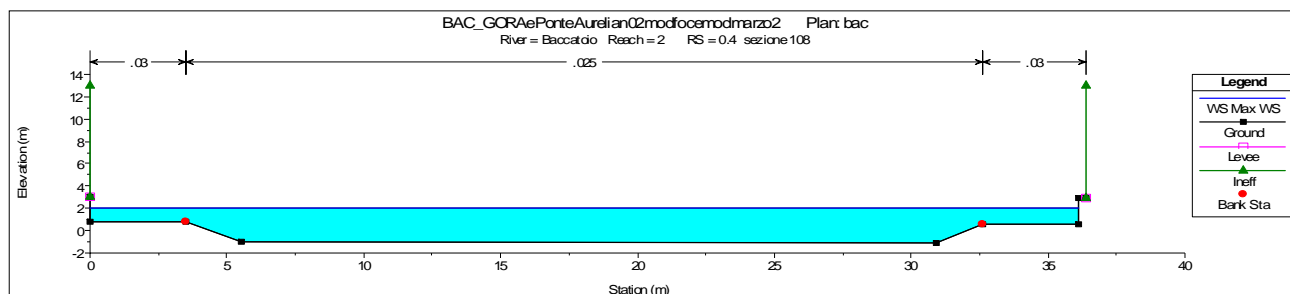




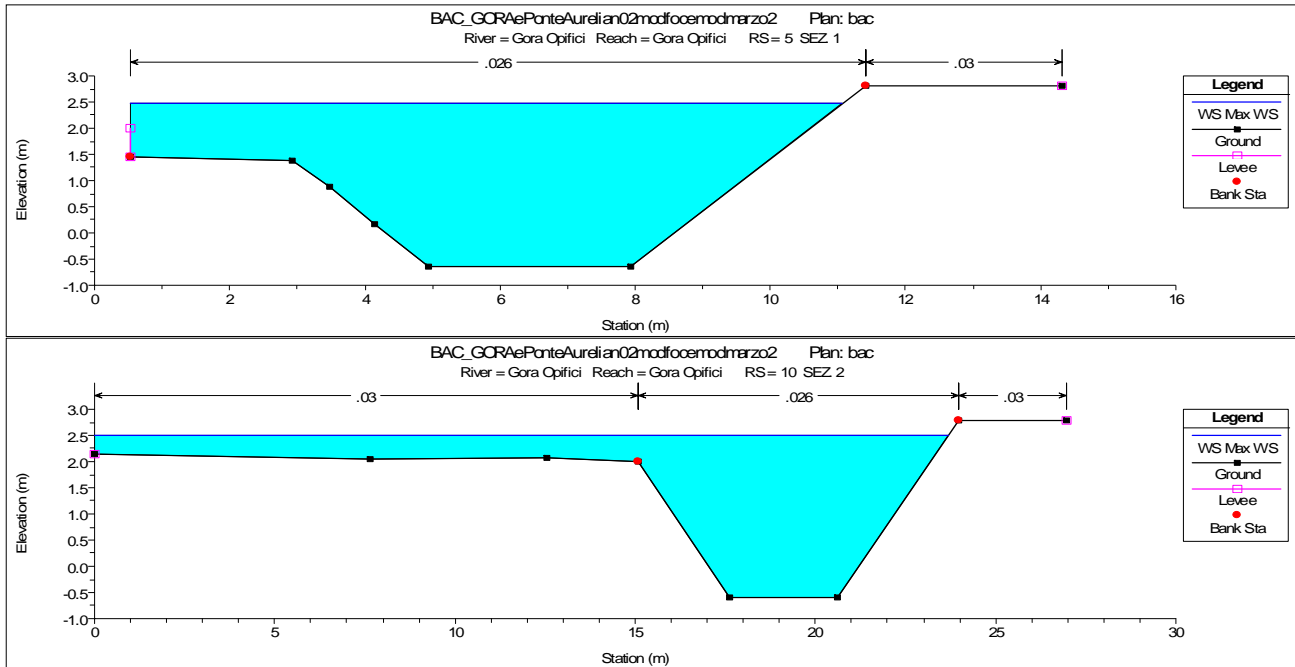














## Stato di progetto con nuovo ponte Aurelia attuale

