

## 1.0 PREMESSA

Su incarico della Città di Saluzzo (CN), nell'ambito degli studi a supporto dello strumento urbanistico comunale, è stata condotta una indagine a carattere idrologico ed idraulico sui corsi d'acqua presenti sul territorio comunale volta alla definizione della loro pericolosità idraulica e a definire le fasce di rispetto lungo gli stessi. In particolare nel presente elaborato si prenderà in considerazione l'alveo del Torrente Bronda tributario di destra del Fiume Po nel quale confluisce in territorio del comune di Saluzzo.

Lo studio ha previsto dapprima un'indagine idrologica per la definizione delle portate di progetto per diversi tempi di ritorno e significativamente di quelle con tempo di ritorno pari a 20, 200 e 500 anni i cui esiti sono riportati nell'elaborato I A01.3 "T.te Bronda: Relazione idrologica". Associati a tale analisi sono stati eseguiti i rilievi topografici di dettaglio che hanno consentito la ricostruzione geometrica degli alvei. I risultati dei rilievi topografici condotti sono riportati negli elaborati, I-B02.3 a, b, c "T.te Bronda: Sezioni trasversali di rilievo".

Nel presente elaborato a carattere idraulico si riportano i risultati delle simulazioni di carattere idraulico, ottenute con l'impiego di un modello numerico monodimensionale in moto permanente, al fine di valutare le problematiche connesse al deflusso delle piene di carattere straordinario, e significativamente di quelle con tempo di ritorno pari a 20, 200 e 500 anni. I risultati ottenuti hanno permesso di definire per il corso d'acqua esaminato le classi di pericolosità idraulica graficamente riportate nell'Elaborato I-B03: "Delimitazione delle aree di pericolosità idraulica" e di individuare i punti critici lungo l'alveo che necessitano di interventi di sistemazione idraulica, volti alla mitigazione delle condizioni di rischio idrogeologico potenziale.

## 2.0 ANALISI IDRAULICHE

L'obiettivo delle analisi idrauliche in moto permanente riportate successivamente per l'alveo del Torrente Bronda nell'ambito del territorio comunale di Saluzzo è quello di verificare la compatibilità tra le piene di progetto e le sezioni di deflusso e verificare le ampiezze dei settori di allagamento qualora le piene non risultino smaltibili dagli alvei incisi. Per giungere quindi a definire la pericolosità dei settori limitrofi al corso d'acqua.

La modellistica idraulica utilizzata necessita dei seguenti elementi di ingresso:

- piano quotato dell'asta fluviale presa in esame
- valori di scabrezza a caratterizzare la resistenza al moto dovuta all'attrito al contorno;
- condizioni al contorno necessarie per la taratura dei modelli.

### ▪ La geometria delle sezioni

La geometria delle sezioni è stata ricavata mediante realizzazione di un rilievo topografico dei settori di interesse, prestando attenzione ai cambiamenti significativi sia di sezione sia di pendenza dei corsi d'acqua in modo tale di ottenere una buona rappresentazione delle aste fluviali. Sono state, quindi tracciate sezioni trasversali opportunamente infittite nei settori di condizionamento dell'alveo, per descrivere numericamente le caratteristiche dei tratti. Le sezioni trasversali sono numerate da valle verso monte e sono visualizzate con vista da monte (sponda destra a destra) posizionate il più possibile perpendicolari al corso d'acqua.

Le sezioni utilizzate per la modellazione dell'asta considerata sono 59.

Sono stati evidenziati i tratti in cui il fondo alveo e l'alveo sono condizionati da opere antropiche quali soglie o manufatti di attraversamento. In particolare si è preso in considerazione un tratto d'alveo esteso anche in comune di Castellar a verificare la possibilità di coinvolgimento del territorio di Saluzzo per esondazioni in destra idrografica. Verso valle ci si è spinti sino in prossimità della confluenza con il F. Po.

- Valori di scabrezza

Le condizioni di scabrezza sono state fissate utilizzando i dati presenti in letteratura (CHOW, 1959 o MANUALE CREMONESE) con riferimento ai valori  $n$  di Manning.

I valori introdotti nel modello idraulico intendono rappresentare “la situazione a regime” e non le eventuali situazioni in evoluzione dovute a interventi di sistemazione. In altre parole, i valori di scabrezza introdotti tengono conto di quel degrado strutturale dei materiali e di quella presenza di accumuli (vegetazione, limo o ciottoli) indesiderata, ma comunque sempre presente in un alveo anche se a forte artificialità. In letteratura vengono riportati tali valori di riferimento:

$n = 0,01-0,015 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$       indicato per *pareti in cemento da buono a in non perfette condizioni. Muratura ordinaria più o meno accurata. Pareti di legno grezzo, eventualmente con fessure.*

$n = 0.025 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$       indicato per *terra abbastanza regolare. Muratura vecchia, in condizioni non buone, con depositi di limo al fondo.*

$n = 0.03-0.040 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$       indicato per *fondo in terra irregolare con ciottoli, aree golenali regolari prive di copertura arbustiva .*

Per il Torrente Bronda, caratterizzato da una sezione sufficientemente regolare a forma trapezia, in corrispondenza dell'alveo inciso è stato fissato un valore del coefficiente di Manning  $n$  pari a  $0,025 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$ . Per le aree esterne all'alveo è stato assunto un valore  $n$  pari a  $0,035 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$ , infine, in corrispondenza delle opere idrauliche in c.a. si è assunto  $n = 0.0125 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$ .

- Condizioni al contorno

Come descritto nella relazione idrologica i valori di portata di progetto sono stati definiti per due sezioni di chiusura: la prima posta al limite del territorio comunale e la seconda all'altezza della S.C. Barge. Le portate di riferimento per la modellazione idraulica del tratto risultano riportate nella seguente tabella:

sezione di chiusura	Q (tr 20) [mc/s]	Q (tr 200) [mc/s]	Q (tr 500) [mc/s]
Confluenza R. Bramafarina	86	123	139
S.C. Barge	95	136	153

TABELLA 1 - Portate di calcolo Torrente Bronda

Per le condizioni attuali del profilo di fondo si è fatto riferimento a condizioni di tipo misto risultando presenti discontinuità e variazioni di pendenza significative. Come condizione al contorno di monte e di valle è stato assunto il deflusso in moto uniforme secondo le pendenze locali dell'asta.

## 2.1. SIMULAZIONE IN MOTO PERMANENTE

La modellazione è effettuata allo stato attuale per simulare gli effetti determinati dall'evento di piena di riferimento al fine di verificare la compatibilità idraulica tra i Rii considerati e il territorio.

Il motore di calcolo del profilo è costituito dalla versione 3.1.3 di Hec-Ras, messo a punto dall'Hydrologic Engineering Center (HEC) di Davies, California alla fine degli anni '60 con il nome HEC-2. Adattato all'ambiente Windows® nel 1996 con la nuova denominazione di HEC-RAS (River Analysis System) e dotato d'interfaccia GUI.

Si tratta di un codice di calcolo diffuso a livello internazionale e ampiamente collaudato. Negli USA, in particolare, costituisce l'algoritmo di riferimento per la determinazione dei livelli idrici richiesto dalla FEMA nelle procedure connesse alla copertura assicurativa dei danni alluvionali.

Il codice di calcolo esegue la determinazione del profilo del pelo libero nelle condizioni di moto permanente monodimensionale.

Il profilo del pelo libero è calcolato per ogni sezione trasversale risolvendo l'equazione dell'energia con una procedura iterativa denominata *standard step method* ampiamente descritta nei testi classici dell'idraulica delle correnti a pelo libero. L'equazione dell'energia fra due sezioni trasversali (1) e (2), con la sezione 1 ubicata a valle della sezione 2, viene scritta nella forma classica, riferita all'unità di

peso del liquido:

$$y_2 + z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = y_1 + z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e$$

dove:

$y$  profondità della corrente nella sezione (m)

$z$  quota del fondo (m)

$V$  velocità media della corrente nella sezione (portata totale/area totale)

$\alpha$  coefficiente di Coriolis che tiene conto della forma della sezione

$g$  accelerazione di gravità (9.81 m/s<sup>2</sup>)

$h_e$  perdita di energia (m)

Il significato geometrico dei simboli è illustrato nella seguente figura.

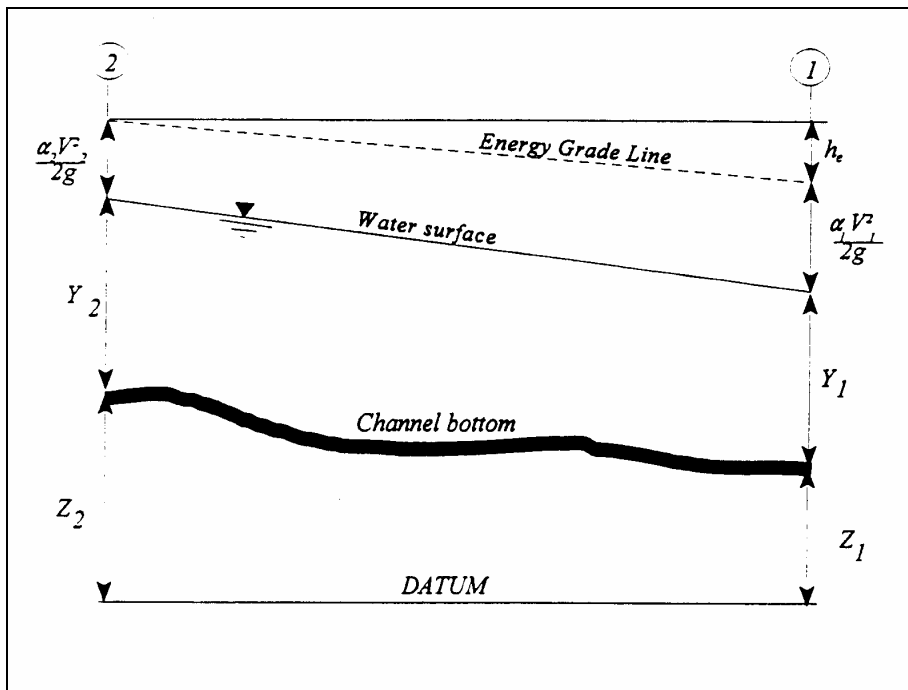


FIGURA 1 - Rappresentazione dei termini dell'equazione dell'energia (da HEC-RAS, 2001)

La sezione trasversale del corso d'acqua viene rappresentata mediante ascissa e ordinata dei punti rilevati e schematizzata in tre settori rilevanti ai fini del convogliamento della portata: golena sinistra (indicata con pedice  $_{lob}$ ), canale principale (pedice  $_{ch}$ ), golena destra (pedice  $_{rob}$ ), ritenendo che in ciascuno dei tre settori la distribuzione di velocità sia uniforme (in caso contrario si procederà ad ulteriori suddivisioni, come riferito in seguito).

La perdita di energia tra due sezioni, espressa dal termine  $h_e$ , comprende le perdite dovute alla resistenza distribuita (in funzione della scabrezza) e le perdite localizzate per espansione o restringimento delle sezioni, secondo la relazione:

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

essendo:

$L$  lunghezza del tronco (in metri), ponderata in funzione della media delle portate defluenti nelle tre porzioni in cui può essere suddivisa ciascuna sezione, secondo quanto detto sopra. La relazione per la ponderazione citata è

$$L = \frac{L_{lob} \bar{Q}_{lob} + L_{ch} \bar{Q}_{ch} + L_{rob} \bar{Q}_{rob}}{\bar{Q}_{lob} + \bar{Q}_{ch} + \bar{Q}_{rob}}$$

dove i simboli  $L$ , con il proprio pedice, indicano le distanze dei rispettivi settori in cui è stata divisa ciascuna sezione e i simboli  $Q$  le portate defluenti in ciascuna porzione delle due sezioni (in  $m^3/s$ );

$S_f$  pendenza media della linea dell'energia tra le due sezioni;

$C$  coefficiente di contrazione o di espansione. Si osservi che per espansione o contrazione non si intende aumento o diminuzione dell'area bagnata tra la sezione di monte e quella di valle, ma diminuzione o aumento del termine cinetico tra monte e valle.

La determinazione della capacità di convogliamento totale della sezione richiede che la sezione trasversale sia suddivisa in settori ove la corrente defluisca con velocità uniformemente distribuita. La portata in ciascun settore è calcolata dalla formula

$$Q = K S_f^{0.5} m^3/s$$

secondo la scrittura tradizionale nella letteratura idraulica anglosassone per cui:

$K$  capacità di convogliamento di ciascun settore ( $m^3/s$ ) espressa come

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

con

$n$  coefficiente di scabrezza ( $m^{-1/3} s$ ) secondo Manning

$A$  area bagnata del settore di area ( $m^2$ )

$R$  raggio idraulico del settore (m)

	Contrazione	Espansione
Nessuna variazione	0.0	0.0
Variazione graduale	0.1	0.3
Tipica situazione in corrispondenza di un ponte	0.3	0.5
Brusca variazione	0.6	0.8

TABELLA 2 - Coefficienti di contrazione ed espansione tra sezioni

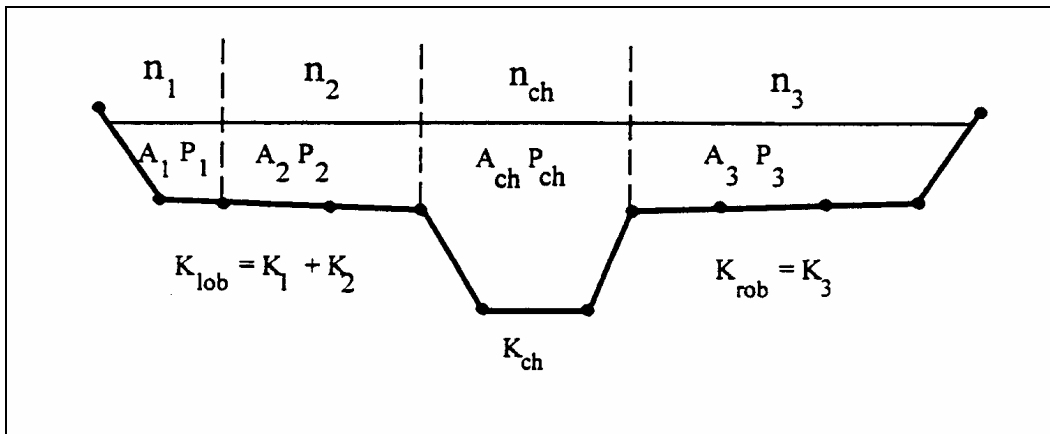


FIGURA 2 – Suddivisione di una sezione trasversale in settori con scabrezza uniforme (da HEC-RAS, 2001)

Il programma provvede a sommare le portate parziali per ciascun settore e determina la portata dell'area golenale sinistra e destra di ciascuna sezione. La portata totale della sezione è data dalla somma di queste due portate e della portata relativa al canale principale, di norma considerato come unico settore. Qualora si desideri prendere in esame eventuali differenze di scabrezza nel canale principale, il programma ne deriva la scabrezza equivalente quale unico valore, se la pendenza delle scarpate è maggiore di 1 (verticale) su 5 (orizzontale) con la formula:

$$n_c = \left[ \frac{\sum_{i=1}^N (P_i n_i^{1/5})}{P} \right]^{2/3}$$

con:

$n_c$  coefficiente di scabrezza equivalente

$P$  contorno bagnato dell'intero canale principale

$P_i$  contorno bagnato della i-esima suddivisione

$n_i$  scabrezza della i-esima suddivisione

In caso contrario, ossia pendenza delle scarpate minore di 1 (verticale) su 5 (orizzontale), l'alveo principale viene trattato come un'area suddivisa in diversi settori analogamente a quanto avviene per le golene.

Con tali premesse, in caso di variazione della scabrezza nella sezione, viene calcolato il coefficiente di Coriolis secondo la formula generale:

$$\alpha = \frac{Q_1 V_1^2 + Q_2 V_2^2 + \dots + Q_N V_N^2}{Q \bar{V}^2}$$

che può essere espressa in termini delle capacità di convogliamento di ciascuno dei tre settori della sezione. La relazione allora diventa:

$$\alpha = \frac{(A_{tot})^2 \left[ \frac{(K_{lob})^3}{(A_{lob})^2} + \frac{(K_{ch})^3}{(A_{ch})^2} + \frac{(K_{rob})^3}{(A_{rob})^2} \right]}{(K_{tot})^3}$$

con il significato dei simboli precisato sopra.

Infine, la pendenza della linea dell'energia media fra due sezioni viene determinata nel codice di calcolo, salvo diversa richiesta, con la relazione:

$$\bar{S}_f = \left( \frac{Q_1 + Q_2}{K_1 + K_2} \right)^2$$

essendo le due sezioni indicate con il relativo pedice numerico.

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



la corrente a pelo libero al di sotto dell'impalcato, il deflusso in pressione al di sotto dell'impalcato e la combinazione della corrente in pressione con quella determinata dallo scavalco dell'impalcato stesso.

Il programma, infine, permette di simulare lunghi tratti tombinati a sezione variabile mediante l'opzione denominata *lid*, che computa le sezioni munite di lid come se fossero normalissime sezioni a cielo aperto utilizzando l'equazione dell'energia per il bilanciamento del profilo del pelo libero con l'unica differenza, che il programma sottrae area e aggiunge perimetro bagnato quando il pelo libero viene a contatto con la copertura.

<b>Typical drag coefficients for various pier shapes</b>	
<b>Pier Shape</b>	<b>Drag Coefficient Cd</b>
Circular pier	1.200
Elongated piers with semi-circular ends	1.330
Elliptical piers with 2:1 length to width	0.600
Elliptical piers with 4:1 length to width	0.320
Elliptical piers with 8:1 length to width	0.029
Square nose piers	2.000
Triangular nose with 30 degree angle	1.000

TABELLA 3 - Tabella dei coefficienti di resistenza consigliati dal manuale HEC-RAS dal titolo *Hydraulic Reference Manual*

## 2.2. CLASSI DI PERICOLOSITA' IDRAULICA

Per la rappresentazione dei dissesti areali di origine torrentizia sono state seguite le indicazioni contenute nella D.G.R. 15.07.02 n. 45-6656 "*Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI). Deliberazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po in data 26 aprile 2001, approvato con decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri in data 24 maggio 2001. Indirizzi per l'attuazione del PAI nel settore urbanistico*" che integra le specifiche tecniche per l'elaborazione degli studi

geologici a supporto degli strumenti urbanistici. Nel seguito è riportata la tabella, tratta dalla D.G.R. 15.07.02 n. 45-6656, inerente i dissesti areali di origine fluviale e torrentizia.

<i>Tipi di processi prevalenti</i>	<i>Intensità del processo</i>	<i>Codice</i>
Areali	Molto elevata	EeA
	Elevata	EbA
	Media/moderata	EmA

*TABELLA 4 – Dissesti morfologici di carattere fluviale e torrentizio*

Sulla base dei risultati delle analisi idrauliche i cui risultati sono esposti nel seguito sono state perimetrare:

1. “aree ad alta probabilità di inondazione” riferibili a portate con tempi di ritorno ventennali e classificate con la sigla EeA in termini di pericolosità geologica e idraulica;
2. “aree a moderata probabilità di inondazione” riferibili a portate con tempi di ritorno duecentennali e classificate con la sigla EbA in termini di pericolosità geologica e idraulica;
3. “aree a bassa probabilità di inondazione” riferibili a portate con tempi di ritorno cinquecentennali e classificate con la sigla EmA in termini di pericolosità geologica e idraulica.

Tali perimetrazioni sono state riportate cartograficamente nella tavola I B03 “Delimitazione delle aree di pericolosità idraulica”.

## 2.3. RISULTATI DELLE SIMULAZIONI IN MOTO PERMANENTE

### 2.3.1. Generalità

Il modello simula il probabile comportamento di un evento di piena con Tr pari a 20, 200 e 500 anni nel tratto d’asta ricompreso tra il ponte di Castellar e il limite dalla

fascia B del Fiume Po.

Al modello idraulico, sono state fornite come input geometrico 59 sezioni trasversali a distanze variabili lungo il tratto. Le sezioni trasversali sono numerate da valle verso monte e sono visualizzate con vista da monte (sponda destra a destra). Il quadro d'unione e l'ubicazione delle sezioni è riportato nella tavola I B03 "Delimitazione della aree di pericolosità idraulica".

Oltre a quanto su descritto, risultando la configurazione morfologica dell'alveo caratterizzata dalla presenza di argini che per larga parte del corso impediscono il rientro delle piene anche a tempo di ritorno più basso, si è proceduto per iterazioni successive a definire il valore della portata critica per il tratto d'alveo esaminato. In particolare la prima criticità si verifica con una portata di circa 50 mc/s che in corrispondenza della sezione 6 esonda in destra. Il valore critico risulta circa il 55% del valore della portata di calcolo con tempo di ritorno 20 anni. Ciò a testimoniare la situazione di criticità per il tratto terminale del Torrente Bronda inteso come tratto di pianura prima della confluenza con il Fiume Po.

Per la ragione suddetta e data la particolare situazione morfologica che, a causa della presenza di rilevati arginali, impedisce il rientro naturale delle portate di esondazione di monte nelle sezioni di valle, l'alveo considerato utile al deflusso nelle verifiche è spesso più ampio dell'alveo inciso. Peraltro in alcune situazione si è riscontrato una situazione morfologica tale che l'alveo inciso risulta pensile rispetto ai settori di pianura circostanti

### 2.3.2. I risultati

In corrispondenza del settore a monte del limite comunale di Saluzzo l'alveo presenta un andamento subrettilineo di tipo monocursale, limitato sia in destra che in sinistra idrografica da arginelli in terra ad altezza variabile. L'immissione più significativa in tale tratto risulta il Rio Bramafarina che si immette in destra idrografica in corrispondenza di un guado sul torrente di una strada vicinale a servizio del settore agricolo presente in sinistra idrografica.

L'analisi idraulica condotta a partire dal ponte di Castellar non evidenzia situazioni di

criticità per il primo chilometro e in particolare tra la sezione 47 e la sezione 36 di verifica. Procedendo verso valle si verifica una progressiva insufficienza della sezione di deflusso che implica dapprima una esondazione in destra idrografica della portata con tempo di ritorno 500 anni (sezione di verifica 35) e successivamente l'esondazione della portata con tempo di ritorno 200 anni (dalla sezione 34 alla sezione 31). Infine poco a monte dell'immissione del rio Bramafarina l'alveo risulta idraulicamente insufficiente anche nei confronti della piena con tempo di ritorno 20 anni. Tale situazione si protrae sino alla sezione di verifica 25 ove la morfologia in destra idrografica, con avvicinamento dell'alveo al piede della dorsale collinare di Saluzzo, implica un riconvogliamento delle portate in alveo. In definitiva per il tratto compreso tra la sezione 47 e la sezione 25 le esondazioni coinvolgono il settore destro del fondovalle del Bronda senza per altro coinvolgere il territorio comunale di Saluzzo, il cui limite è rappresentato dalla strada provinciale per Brondello morfologicamente elevato rispetto al fondovalle di una altezza tale da non risultare coinvolto dai livelli di massima piena.

A valle della sezione di verifica 25, in territorio di Saluzzo, l'alveo mantiene la sua insufficienza idraulica anche nei confronti della piena di progetto con tempo di ritorno 20 anni in modo pressoché continuo, con ampiezza di esondazione comprese tra 100 e 200 m in sponda destra. A valle del ponte della strada comunale in prossimità della C.na Gregnetto l'alveo inciso è in grado di smaltire la portata con tempo di ritorno 20 anni sino all'altezza della C.na La Carolina, mentre permane una insufficienza idraulica nei confronti delle piene con tempo di ritorno 200 e 500 anni. In particolare si verificano allagamenti in sponda sinistra per ampiezze massime di circa 300 m. A valle della C.na La Carolina si evidenzia una insufficienza idraulica in sinistra idrografica anche nei confronti della piena con tempo di ritorno 20 anni con allagamenti estesi sin in prossimità della sponda destra del Po.

\*\*\*\*

## **ALLEGATO 1**

### **RAPPRESENTAZIONE GRAFICA SIMULAZIONI IDRAULICHE**

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: torrente Bronda Reach: Saluzzo											
River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
47	T=20 anni	85.8	343.86	345.42	345.8	346.63	0.017018	4.88	17.59	18.69	1.61
47	T=200anni	123.36	343.86	345.69	346.15	347.15	0.017025	5.36	23.03	21.32	1.65
47	T=500 anni	138.5	343.86	345.78	346.27	347.34	0.017026	5.52	25.1	22.24	1.66
46	T=20 anni	85.8	342.77	344.93	344.93	345.67	0.005856	3.82	22.44	15.09	1
46	T=200anni	123.36	342.77	345.36	345.36	346.27	0.005605	4.22	29.24	16.2	1
46	T=500 anni	138.5	342.77	345.52	345.52	346.49	0.005514	4.35	31.87	16.61	1
45	T=20 anni	85.8	342.5	343.85	344.29	345.15	0.003704	5.03	17.04	12.59	1.38
45	T=200anni	123.36	342.5	344.29	344.72	345.74	0.003892	5.33	23.25	17.87	1.44
45	T=500 anni	138.5	342.5	344.41	345.07	345.96	0.003768	5.53	25.34	18.72	1.43
44	T=20 anni	85.8	338.85	339.47	340.42	344.69	0.036436	10.13	8.47	14.24	4.19
44	T=200anni	123.36	338.85	339.7	340.83	345.27	0.026383	10.45	11.8	14.65	3.72
44	T=500 anni	138.5	338.85	342.9	340.98	343.11	0.000177	2.04	67.76	20.35	0.36
43	T=20 anni	85.8	337.72	339.52	340.64	343.07	0.006077	8.66	12.88	9.7	2.1
43	T=200anni	123.36	337.72	340.13	341.29	343.92	0.004447	9.04	19.38	12.76	1.89
43	T=500 anni	138.5	337.72	341.52	341.52	342.96	0.000979	5.8	40.3	16.8	0.96
42	T=20 anni	85.8	336.35	338.08	339.06	341.58	0.040886	8.29	10.35	9.08	2.48
42	T=200anni	123.36	336.35	338.4	339.5	342.69	0.041805	9.18	13.44	10.24	2.56
42	T=500 anni	138.5	336.35	338.64	339.65	342.38	0.042271	8.57	16.16	14.1	2.55
41	T=20 anni	85.8	335.33	337.39	337.78	338.76	0.011914	5.18	16.56	11.8	1.4
41	T=200anni	123.36	335.33	337.71	338.28	339.55	0.013679	6.01	20.52	12.91	1.52
41	T=500 anni	138.5	335.33	337.98	338.46	339.66	0.011068	5.74	24.15	13.85	1.39
40	T=20 anni	85.8	333.55	335.28	335.95	337.43	0.020263	6.5	13.21	9.33	1.74
40	T=200anni	123.36	333.55	335.74	336.52	338.2	0.018181	6.95	17.75	10.22	1.68
40	T=500 anni	138.5	333.55	335.93	336.72	338.45	0.017227	7.04	19.66	10.58	1.65
39	T=20 anni	85.8	332.66	335.67	335.67	336.64	0.006396	4.37	19.64	10.19	1
39	T=200anni	123.36	332.66	336.26	336.27	337.4	0.006195	4.73	26.07	11.6	1.01
39	T=500 anni	138.5	332.66	336.47	336.48	337.67	0.006126	4.85	28.55	12.1	1.01
38	T=20 anni	85.8	332.09	333.55	334.24	335.8	0.027262	6.64	12.91	12.1	2.05
38	T=200anni	123.36	332.09	335.79	334.7	336.15	0.001437	2.64	46.75	18.04	0.52
38	T=500 anni	138.5	332.09	336.11	334.88	336.47	0.001308	2.63	52.61	18.87	0.5
37.9	Bridge										
37.8	T=20 anni	85.8	331.99	333.49	334.14	335.59	0.02448	6.42	13.37	12.14	1.95
37.8	T=200anni	123.36	331.99	333.95	334.61	336.05	0.017555	6.42	19.21	13.32	1.71
37.8	T=500 anni	138.5	331.99	334.06	334.78	336.35	0.017963	6.71	20.65	13.6	1.74
37	T=20 anni	85.8	331.15	333.37	333.41	334.25	0.006352	4.15	20.69	12.55	1.03
37	T=200anni	123.36	331.15	333.87	333.93	334.91	0.006088	4.51	27.32	13.99	1.03
37	T=500 anni	138.5	331.15	334.07	334.1	335.15	0.005877	4.6	30.11	14.56	1.02

36	T=20 anni	85.8	330	332.33	332.56	333.4	0.008908	4.58	18.72	12.77	1.21
36	T=200anni	123.36	330	332.73	333.19	334.05	0.009364	5.09	24.22	14.64	1.26
36	T=500 anni	138.5	330	332.86	333.25	334.28	0.00961	5.29	26.19	15.25	1.29
35	T=20 anni	85.8	328.53	330.74	331.17	332.18	0.013234	5.32	16.13	11.85	1.46
35	T=200anni	123.36	328.53	331.17	331.66	332.84	0.012292	5.74	21.51	13.25	1.44
35	T=500 anni	138.5	328.53	331.72	331.72	332	0.002346	2.91	94.21	155.99	0.65
34	T=20 anni	85.8	327.39	329.62	329.98	330.72	0.009442	4.64	18.48	13	1.24
34	T=200anni	123.36	327.39	330.14	330.14	330.41	0.002726	2.89	81.27	135.69	0.69
34	T=500 anni	138.5	327.39	330.19	330.19	330.47	0.002848	3	88.67	140.28	0.71
33	T=20 anni	85.8	326.26	328.88	328.92	329.83	0.00846	4.32	19.84	14.32	1.17
33	T=200anni	123.36	326.26	328.92	328.92	328.98	0.001257	1.68	129.07	163.76	0.45
33	T=500 anni	138.5	326.26	328.92	328.92	329	0.001584	1.89	129.07	163.76	0.51
32	T=20 anni	85.8	325.62	327.67	327.68	328.84	0.010436	4.79	17.91	13.19	1.31
32	T=200anni	123.36	325.62	327.68	327.68	327.73	0.001044	1.52	143.44	179.29	0.42
32	T=500 anni	138.5	325.62	327.68	327.68	327.75	0.001316	1.71	143.44	179.29	0.47
31	T=20 anni	85.8	324.16	326.39	326.39	326.51	0.002741	2.17	79.62	180.47	0.66
31	T=200anni	123.36	324.16	326.45	326.45	326.62	0.004018	2.64	90.68	181.34	0.79
31	T=500 anni	138.5	324.16	326.48	326.48	326.66	0.00437	2.75	95.71	181.74	0.83
30	T=20 anni	85.8	323.18	325.62	325.62	325.63	0.000228	0.76	170.87	146.38	0.2
30	T=200anni	123.36	323.18	325.62	325.62	325.65	0.000472	1.1	170.87	146.38	0.28
30	T=500 anni	138.5	323.18	325.62	325.62	325.66	0.000594	1.23	170.87	146.38	0.32
29	T=20 anni	95.1	322.55	323.73	324.06	325.38	0.01158	6.54	33.42	126.96	2.47
29	T=200anni	136.44	322.55	323.86	324.06	325.34	0.01074	6.7	50.81	143.66	2.42
29	T=500 anni	153.11	322.55	323.91	324.06	325.32	0.01039	6.72	57.4	147.76	2.39
28	T=20 anni	95.1	321.34	322.85	323.06	323.54	0.015996	4.88	37.73	96.45	1.55
28	T=200anni	136.44	321.34	322.99	323.19	323.62	0.014852	4.95	51.76	103.17	1.51
28	T=500 anni	153.11	321.34	323.04	323.24	323.67	0.014408	5	57.07	105.82	1.49
27	T=20 anni	95.1	319.63	320.98	320.37	321.02	0.001037	1.15	105.39	113.46	0.39
27	T=200anni	136.44	319.63	321.26	320.51	321.31	0.000965	1.24	139.17	125.31	0.39
27	T=500 anni	153.11	319.63	321.36	320.56	321.41	0.000955	1.27	151.54	129.38	0.39
26	T=20 anni	95.1	318.72	320.43	320.43	320.83	0.005814	3.44	41.64	53.54	0.96
26	T=200anni	136.44	318.72	320.7	320.7	321.13	0.005666	3.69	57.39	65.72	0.97
26	T=500 anni	153.11	318.72	320.79	320.79	321.23	0.00567	3.78	63.26	69.71	0.97
25	T=20 anni	95.1	317.72	319.01	319.36	320.1	0.017157	4.62	20.57	24.64	1.61
25	T=200anni	136.44	317.72	319.32	319.6	320.46	0.013887	4.72	28.88	28.54	1.5
25	T=500 anni	153.11	317.72	319.44	319.6	320.58	0.012829	4.73	32.34	30.02	1.46
24	T=20 anni	95.1	316.1	318.05	318.05	318.35	0.005029	3.02	47.69	66.89	0.9
24	T=200anni	136.44	316.1	318.18	318.22	318.59	0.006512	3.58	56.48	68.74	1.04
24	T=500 anni	153.11	316.1	318.22	318.29	318.69	0.007189	3.83	59.05	68.91	1.09

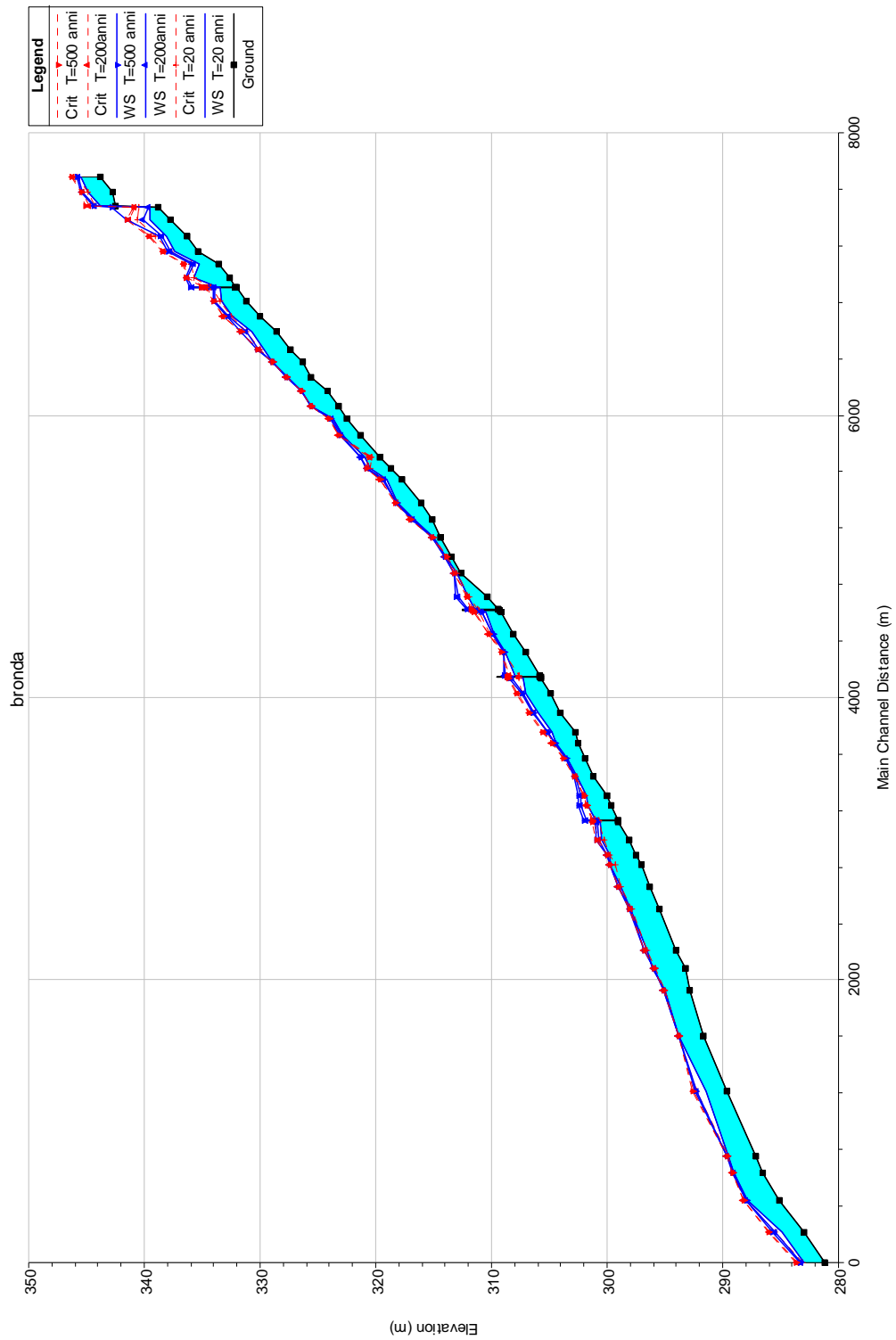
23	T=20 anni	95.1	315.16	316.7	316.89	317.29	0.015615	4.65	39.67	101.63	1.52
23	T=200anni	136.44	315.16	316.84	317.01	317.38	0.014718	4.69	54.09	110.33	1.49
23	T=500 anni	153.11	315.16	316.89	317.04	317.42	0.014324	4.69	59.71	113.54	1.47
22	T=20 anni	95.1	314.42	314.98	314.98	315.17	0.014974	2.68	49.63	127.45	1.33
22	T=200anni	136.44	314.42	315.09	315.09	315.33	0.013894	2.9	63.57	129.89	1.31
22	T=500 anni	153.11	314.42	315.12	315.12	315.38	0.013918	3	68.27	130.7	1.33
21	T=20 anni	95.1	313.49	313.91	313.77	314.01	0.006045	1.55	67.58	137.28	0.82
21	T=200anni	136.44	313.49	314.04	313.88	314.17	0.006045	1.84	86.34	147.41	0.86
21	T=500 anni	153.11	313.49	314.09	313.92	314.23	0.005955	1.93	93.9	151.3	0.86
20	T=20 anni	95.1	312.56	313.02	313.02	313.25	0.015149	2.44	44.82	98.64	1.3
20	T=200anni	136.44	312.56	313.16	313.16	313.43	0.013972	2.77	59.66	110.56	1.3
20	T=500 anni	153.11	312.56	313.21	313.21	313.5	0.013964	2.89	64.82	114.42	1.31
19	T=20 anni	95.1	310.3	312.04	311.92	312.2	0.002399	2.35	73	116.34	0.62
19	T=200anni	136.44	310.3	312.8	312.08	312.84	0.000475	1.31	185.52	171.38	0.29
19	T=500 anni	153.11	310.3	313.06	312.13	313.09	0.00032	1.15	231.67	181.13	0.24
18	T=20 anni	95.1	309.45	311.43	311.19	312.04	0.001078	3.45	27.55	14.89	0.81
18	T=200anni	136.44	309.45	311.98	311.63	312.72	0.001001	3.81	35.82	14.9	0.78
18	T=500 anni	153.11	309.45	312.19	311.78	312.98	0.000983	3.93	38.92	14.9	0.78
17	T=20 anni	95.1	309.4	311.18	311.18	312.01	0.001661	4.02	23.65	14.18	0.99
17	T=200anni	136.44	309.4	311.63	311.63	312.69	0.001649	4.54	30.04	14.19	1
17	T=500 anni	153.11	309.4	311.8	311.8	312.94	0.001646	4.72	32.45	14.19	1
16.9	Bridge										
16.8	T=20 anni	95.1	309.3	310.87	311.07	311.96	0.002554	4.62	20.58	14.18	1.22
16.8	T=200anni	136.44	309.3	311.29	311.54	312.64	0.002404	5.14	26.53	14.18	1.2
16.8	T=500 anni	153.11	309.3	311.44	311.7	312.89	0.002373	5.33	28.74	14.19	1.19
16	T=20 anni	95.1	309.2	310.53	311.11	311.9	0.004063	5.17	18.38	17.42	1.61
16	T=200anni	136.44	309.2	310.8	311.4	312.56	0.004141	5.89	24.34	43.9	1.67
16	T=500 anni	153.11	309.2	310.87	311.5	312.81	0.004282	6.2	28.06	54.45	1.71
15	T=20 anni	95.1	308.12	309.76	310.07	310.74	0.013304	5.05	33.95	97.6	1.45
15	T=200anni	136.44	308.12	309.83	310.21	311.27	0.019972	6.34	40.87	110.17	1.78
15	T=500 anni	153.11	308.12	309.86	310.26	311.43	0.022154	6.74	43.9	115.22	1.88
14	T=20 anni	95.1	307.03	308.83	308.98	309.28	0.007442	3.82	56.81	193.58	1.08
14	T=200anni	136.44	307.03	308.94	309.09	309.36	0.007709	4.04	80.43	228.72	1.11
14	T=500 anni	153.11	307.03	308.97	309.14	309.4	0.007867	4.13	88.86	240.02	1.12
13	T=20 anni	95.1	305.83	307.95	307.61	308.48	0.000852	3.22	29.49	16.69	0.75
13	T=200anni	136.44	305.83	308.82	308.48	309.01	0.000271	2.27	176.85	297.67	0.44
13	T=500 anni	153.11	305.83	308.9	308.61	309.09	0.000281	2.35	201.7	321.33	0.45
12.9	Bridge										
12.8	T=20 anni	95.1	305.73	307.31	307.57	308.44	0.002737	4.71	20.2	15.13	1.3
12.8	T=200anni	136.44	305.73	308.17	308.4	308.95	0.001109	3.95	46.32	98.04	0.86
12.8	T=500 anni	153.11	305.73	308.42	308.55	309.05	0.000849	3.69	75.98	140.5	0.77

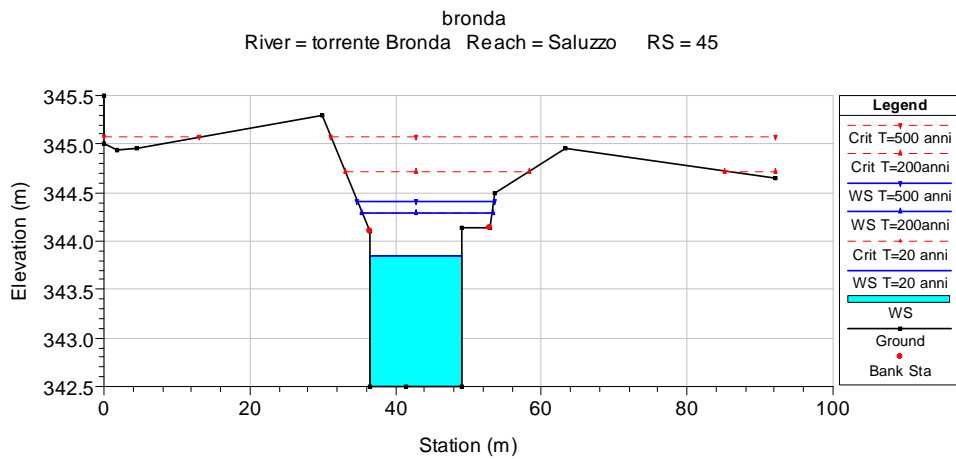
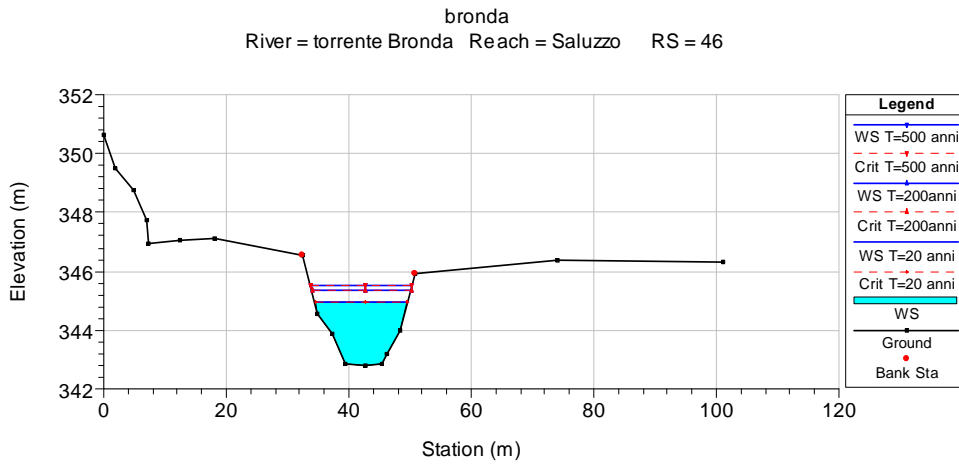
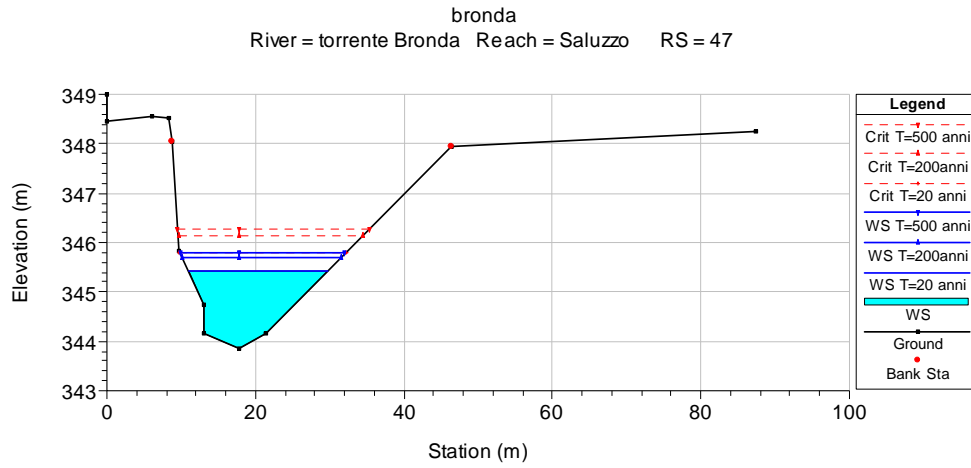


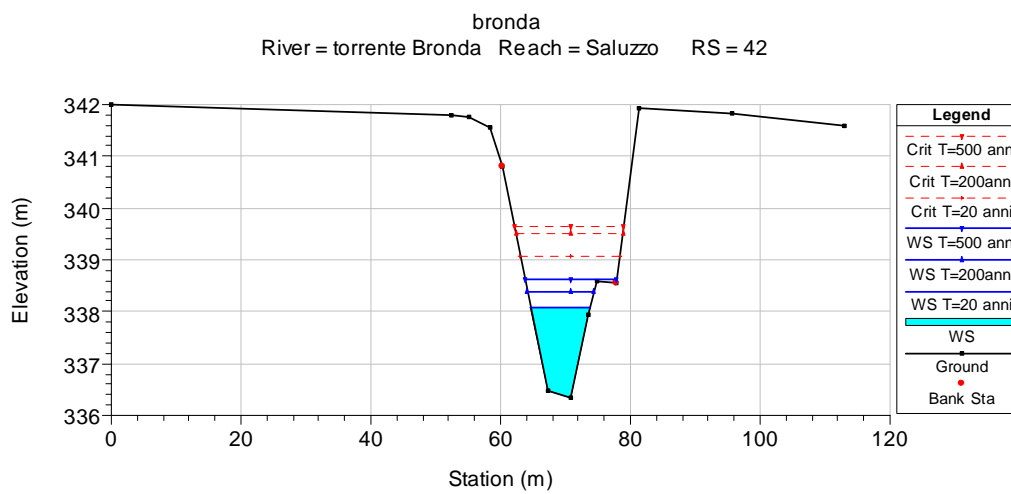
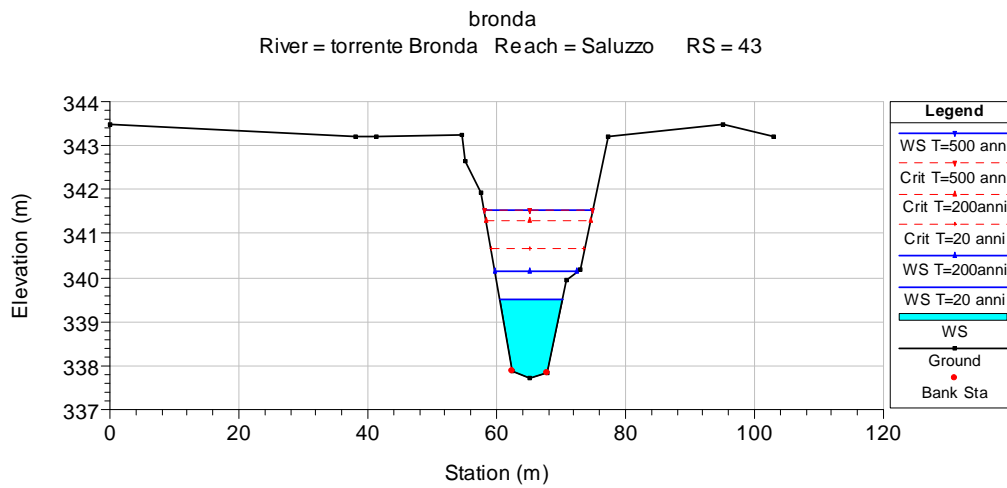
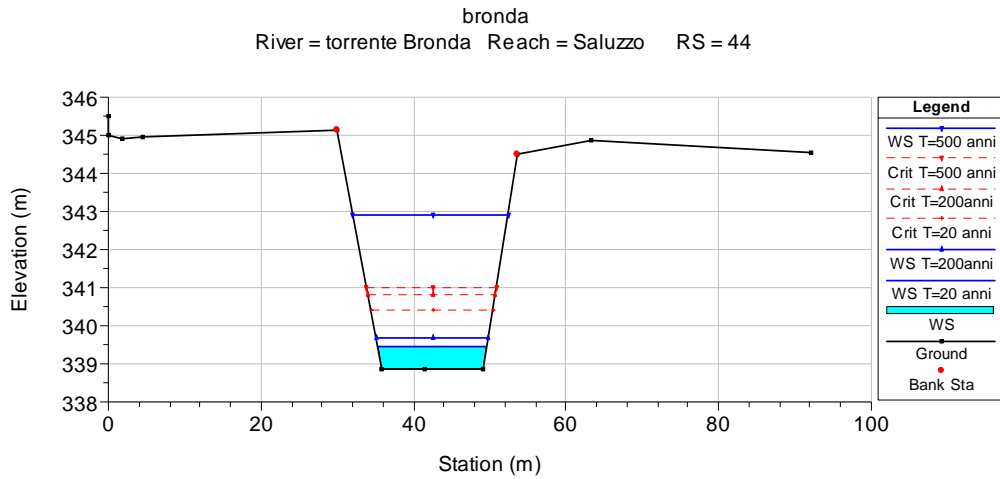
12	T=20 anni	95.1	304.84	307.06	307.43	307.93	0.005946	4.14	23.78	28.86	1
12	T=200anni	136.44	304.84	307.21	307.79	308.62	0.009123	5.32	29.9	48.91	1.25
12	T=500 anni	153.11	304.84	307.32	307.86	308.76	0.009152	5.46	35.78	59.93	1.25
11	T=20 anni	95.1	304	306	306.34	306.94	0.007891	4.38	25.04	34.75	1.16
11	T=200anni	136.44	304	306.33	306.7	307.28	0.007302	4.59	39.87	53.03	1.13
11	T=500 anni	153.11	304	306.43	306.75	307.39	0.007349	4.7	45.15	58.16	1.14
10	T=20 anni	95.1	302.79	304.71	305.3	305.81	0.008614	4.64	20.47	13.4	1.2
10	T=200anni	136.44	302.79	305.09	305.49	306.24	0.008006	4.93	37.59	79.22	1.18
10	T=500 anni	153.11	302.79	305.17	305.55	306.34	0.008173	5.08	44.44	92.04	1.2
9	T=20 anni	95.1	302.46	304.4	304.64	305.09	0.007849	4.17	37.71	85.15	1.14
9	T=200anni	136.44	302.46	304.47	304.76	305.51	0.011901	5.25	44.56	91.46	1.41
9	T=500 anni	153.11	302.46	304.52	304.76	305.6	0.012511	5.45	48.94	95.26	1.44
8	T=20 anni	95.1	301.9	303.43	303.63	304.07	0.011952	4.49	43.73	133.81	1.36
8	T=200anni	136.44	301.9	303.55	303.74	304.14	0.011788	4.67	61.4	151.25	1.36
8	T=500 anni	153.11	301.9	303.59	303.78	304.18	0.011932	4.76	67.34	155.44	1.38
7	T=20 anni	95.1	301.15	302.63	302.69	302.85	0.004992	3.01	72.8	206.22	0.88
7	T=200anni	136.44	301.15	302.75	302.77	302.95	0.00469	3.04	99.68	221.7	0.87
7	T=500 anni	153.11	301.15	302.8	302.8	302.99	0.004569	3.05	110.05	227.39	0.86
6	T=20 anni	95.1	299.97	301.81	301.93	302.19	0.006309	3.44	56.4	156.77	1.01
6	T=200anni	136.44	299.97	302.26	302.04	302.35	0.001507	2	131.45	180.35	0.51
6	T=500 anni	153.11	299.97	302.48	302.08	302.54	0.000898	1.66	171.97	191.65	0.4
5	T=20 anni	95.1	299.63	301.64	301.66	301.85	0.003455	2.76	73.43	162.46	0.74
5	T=200anni	136.44	299.63	302.24	301.78	302.28	0.000673	1.39	191.06	233.66	0.34
5	T=500 anni	153.11	299.63	302.46	301.82	302.49	0.000431	1.18	246.97	260.03	0.28
4	T=20 anni	95.1	299.1	300.95	300.78	301.5	0.001108	3.28	29.04	19.25	0.85
4	T=200anni	136.44	299.1	301.73	301.18	302.17	0.000612	2.96	54.6	59.32	0.66
4	T=500 anni	153.11	299.1	302.03	301.35	302.41	0.000488	2.8	80.05	119.55	0.6
3.9	Bridge										
3.8	T=20 anni	95.1	299	300.55	300.74	301.48	0.002454	4.27	22.25	18.19	1.23
3.8	T=200anni	136.44	299	300.83	301.14	302.08	0.002659	4.94	27.64	19.2	1.31
3.8	T=500 anni	153.11	299	300.94	301.29	302.3	0.002718	5.16	29.68	19.57	1.34
3	T=20 anni	95.1	298.05	300.46	300.29	301.1	0.004273	3.54	26.84	15.88	0.87
3	T=200anni	136.44	298.05	300.76	300.76	301.7	0.005459	4.29	31.78	16.82	1
3	T=500 anni	153.11	298.05	300.93	300.93	301.93	0.005409	4.42	34.6	17.34	1
2	T=20 anni	95.1	297.45	299.72	299.72	300.58	0.005933	4.13	23.04	13.29	1
2	T=200anni	136.44	297.45	299.97	299.97	300.13	0.001834	2.44	114.1	173.1	0.56
2	T=500 anni	153.11	297.45	299.97	299.97	300.17	0.00231	2.73	114.1	173.1	0.63
1	T=20 anni	95.1	297.05	299.77	299.23	299.78	0.000118	0.65	260.91	224.63	0.14
1	T=200anni	136.44	297.05	299.72	299.72	299.74	0.000273	0.98	249.75	220.61	0.21
1	T=500 anni	153.11	297.05	299.72	299.72	299.74	0.000344	1.1	249.75	220.61	0.23

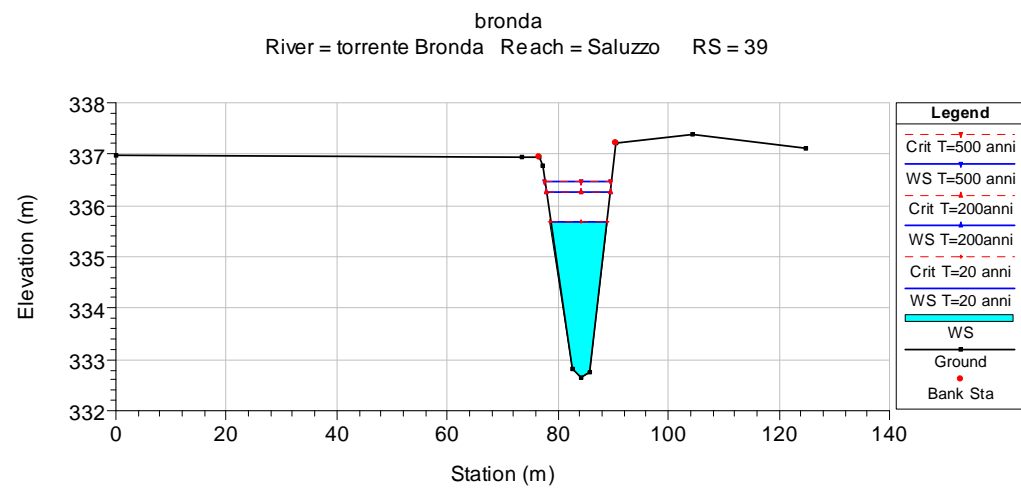
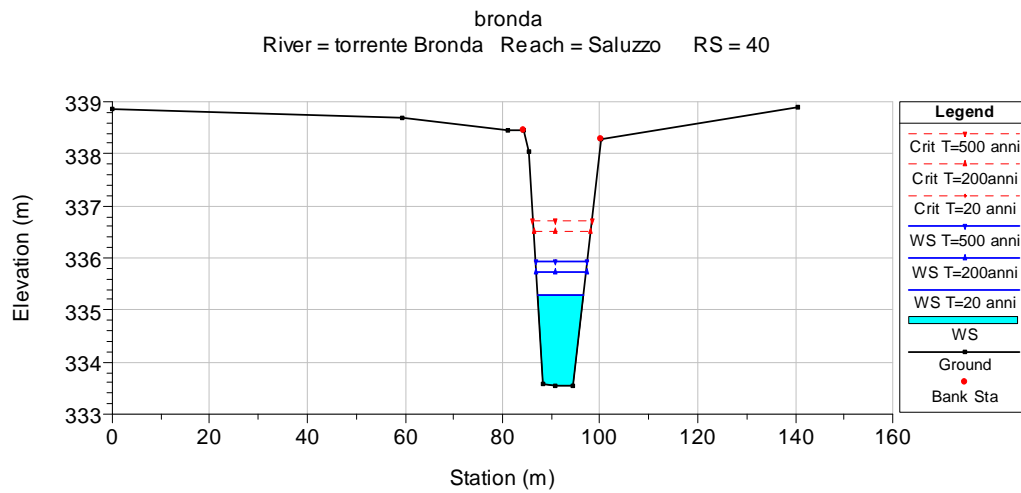
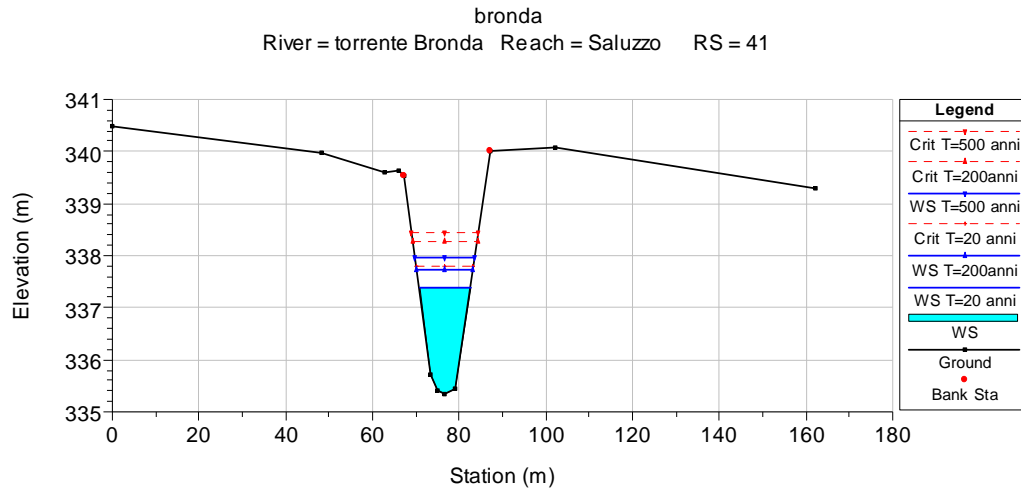
0.12	T=20 anni	95.1	296.27	298.81	298.78	299.64	0.005583	4.04	23.54	13.65	0.98
0.12	T=200anni	136.44	296.27	299.02	299.02	299.31	0.002834	3.01	88.7	148	0.71
0.12	T=500 anni	153.11	296.27	299.08	299.08	299.37	0.002928	3.11	97.74	156.28	0.72
0.11	T=20 anni	95.1	295.49	297.99	297.91	298.75	0.005092	3.87	24.57	14.26	0.94
0.11	T=200anni	136.44	295.49	298.02	298.02	298.28	0.002906	2.95	88.38	137.33	0.71
0.11	T=500 anni	153.11	295.49	298.05	298.05	298.35	0.003325	3.17	92.53	140.99	0.76
0.1	T=20 anni	95.1	294.05	296.49	296.49	297.32	0.00579	4.02	23.67	14.41	1
0.1	T=200anni	136.44	294.05	296.78	296.78	296.79	0.000217	0.83	318.54	341.56	0.2
0.1	T=500 anni	153.11	294.05	296.78	296.78	296.8	0.000274	0.93	318.54	341.56	0.22
0.09	T=20 anni	95.1	293.24	296.07	295.81	296.12	0.000587	1.38	151.51	240.43	0.32
0.09	T=200anni	136.44	293.24	296	296	296.12	0.001579	2.21	134.54	225.62	0.52
0.09	T=500 anni	153.11	293.24	296	296	296.15	0.001989	2.48	134.54	225.62	0.59
0.08	T=20 anni	95.1	292.91	295.04	295.04	295.83	0.005785	3.95	24.08	15.2	1
0.08	T=200anni	136.44	292.91	295.08	295.08	295.37	0.00337	3.05	84.27	138.05	0.77
0.08	T=500 anni	153.11	292.91	295.11	295.11	295.44	0.003909	3.31	87.74	141.88	0.83
0.07	T=20 anni	95.1	291.72	293.86	293.86	293.89	0.000467	1.11	165.83	217.91	0.28
0.07	T=200anni	136.44	291.72	293.86	293.86	293.91	0.000962	1.59	165.84	217.92	0.41
0.07	T=500 anni	153.11	291.72	293.86	293.86	293.93	0.001211	1.78	165.84	217.92	0.46
0.06	T=20 anni	95.1	289.67	291.43	292.3	293.18	0.015889	5.87	16.2	11.79	1.6
0.06	T=200anni	136.44	289.67	292.23	292.56	293.07	0.005876	4.38	48.71	96.75	1.01
0.06	T=500 anni	153.11	289.67	292.4	292.62	293.04	0.004647	4.03	67.16	125.6	0.91
0.05	T=20 anni	95.1	287.16	289.56	289.56	289.67	0.002338	2.04	93.34	216.82	0.61
0.05	T=200anni	136.44	287.16	289.59	289.59	289.79	0.004126	2.75	99.96	225.08	0.81
0.05	T=500 anni	153.11	287.16	289.63	289.63	289.84	0.004271	2.86	108.98	235.88	0.83
0.04	T=20 anni	95.1	286.51	289	289.11	289.32	0.003488	3.1	87.27	441.79	0.77
0.04	T=200anni	136.44	286.51	289.09	289.17	289.35	0.003424	3.15	127.21	441.96	0.76
0.04	T=500 anni	153.11	286.51	289.11	289.2	289.38	0.003629	3.26	137.22	442	0.79
0.03	T=20 anni	95.1	285.17	287.83	288.09	288.52	0.004419	3.78	38.14	226.68	0.87
0.03	T=200anni	136.44	285.17	287.99	288.16	288.56	0.004331	3.89	93.84	480.98	0.87
0.03	T=500 anni	153.11	285.17	288.02	288.19	288.57	0.004392	3.95	109.88	500.59	0.88
0.02	T=20 anni	95.1	283.01	284.91	285.45	286.63	0.01941	5.82	16.35	14.58	1.75
0.02	T=200anni	136.44	283.01	285.46	285.9	286.98	0.01198	5.47	24.94	16.83	1.44
0.02	T=500 anni	153.11	283.01	285.7	286.06	287.1	0.009653	5.24	29.22	17.85	1.31
0.01	T=20 anni	95.1	281.2	282.98	283.11	283.87	0.007575	4.18	22.74	16.43	1.13
0.01	T=200anni	136.44	281.2	283.21	283.55	284.55	0.009883	5.12	26.64	17.25	1.32
0.01	T=500 anni	153.11	281.2	283.28	283.71	284.83	0.011084	5.52	27.74	17.48	1.4

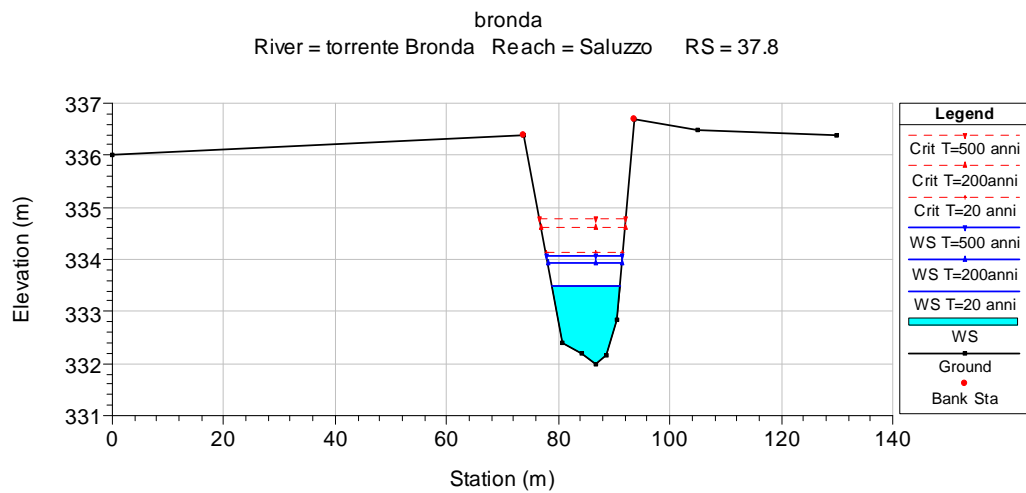
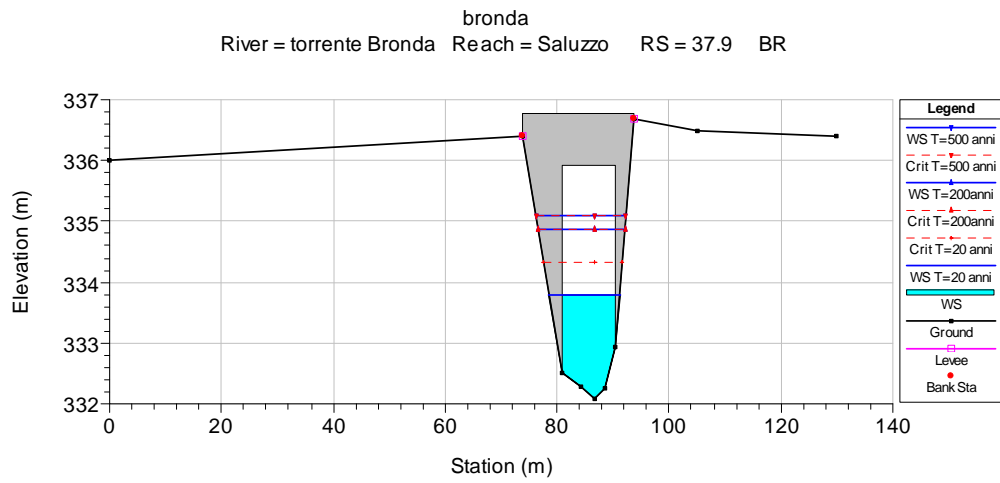
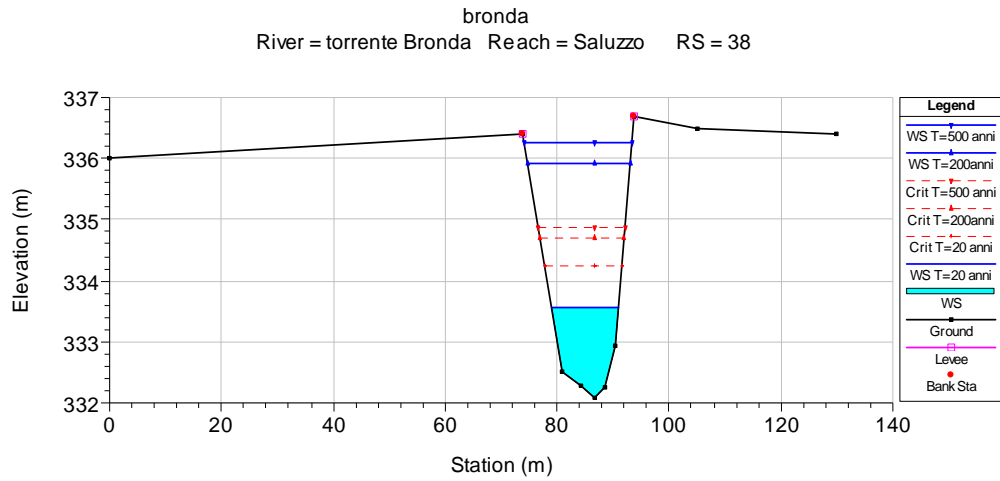
TABELLA. 5 - Grandezze idrauliche Torrente Bronda (da HEC-RAS)

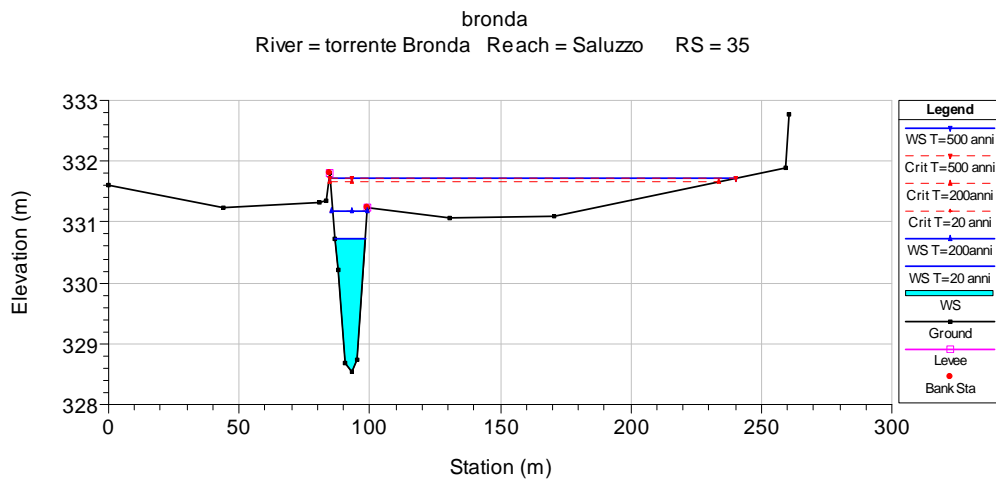
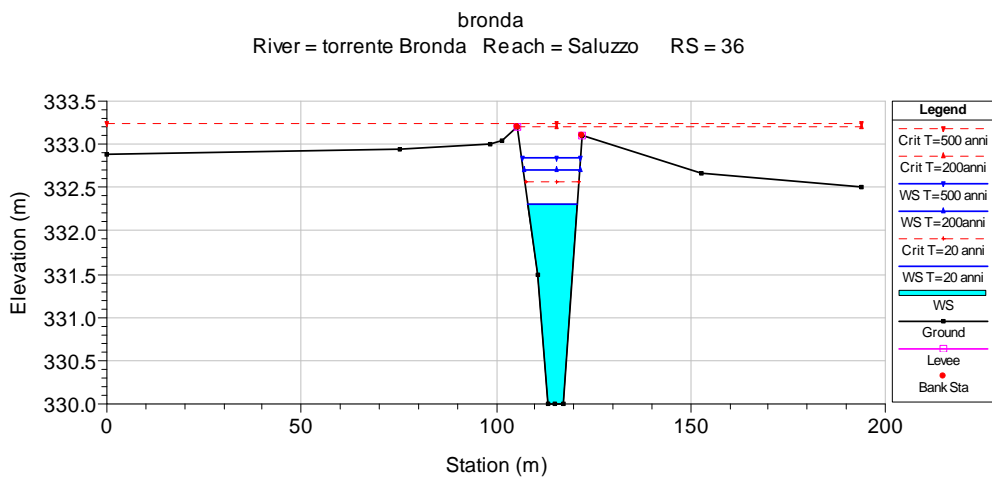
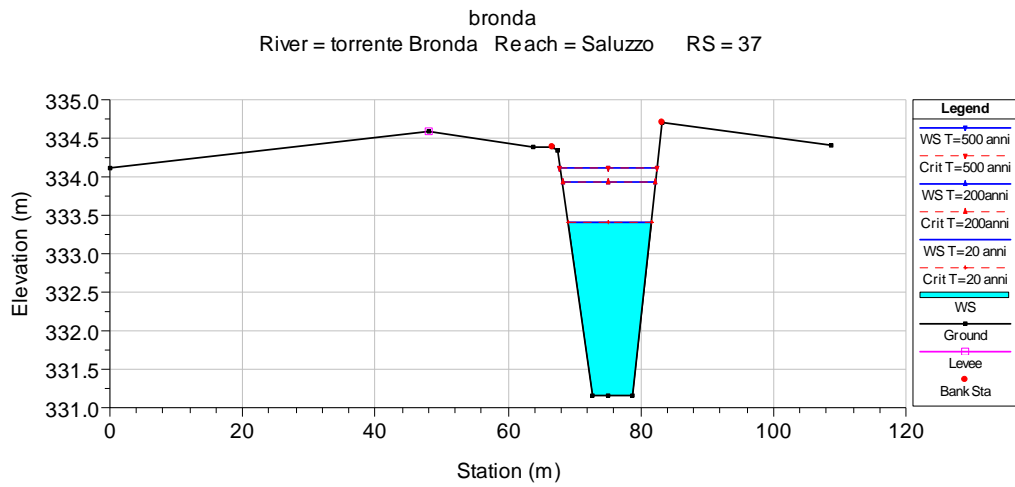




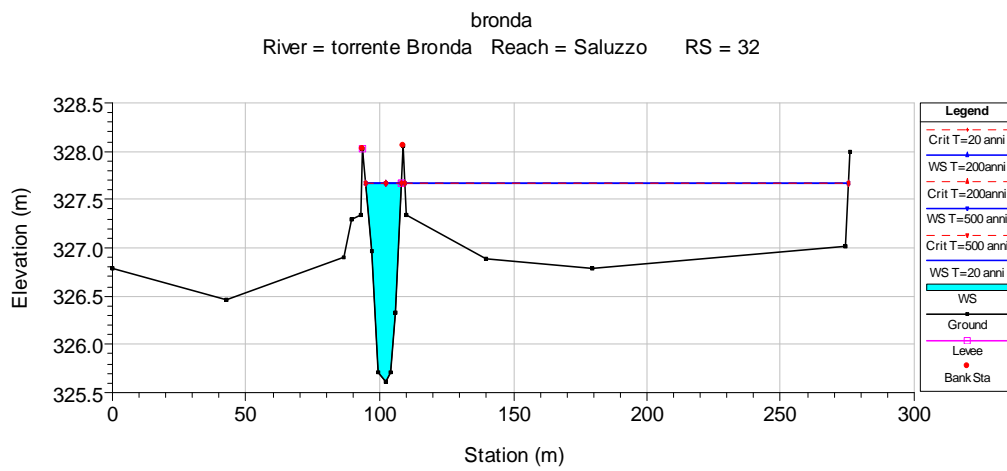
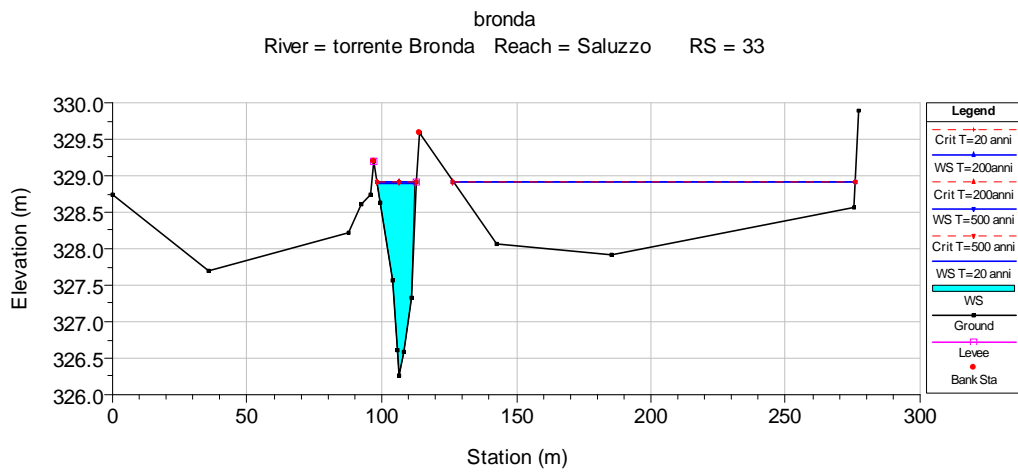
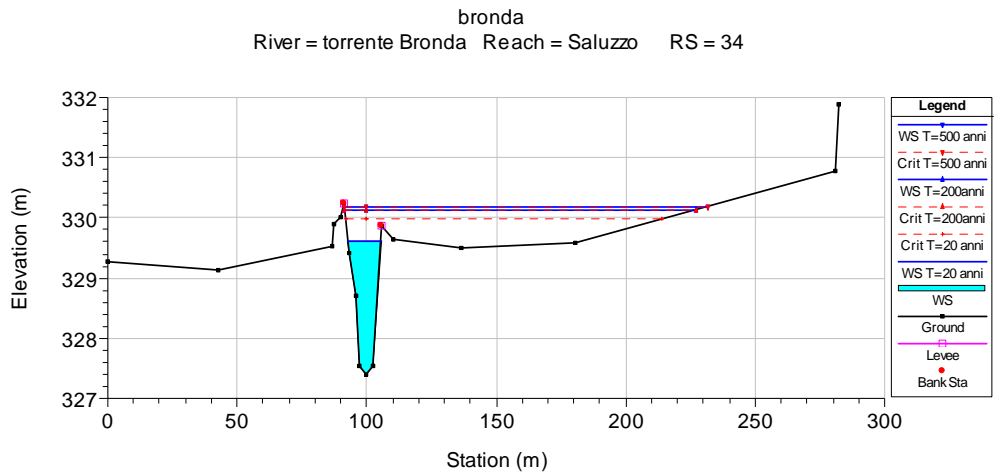


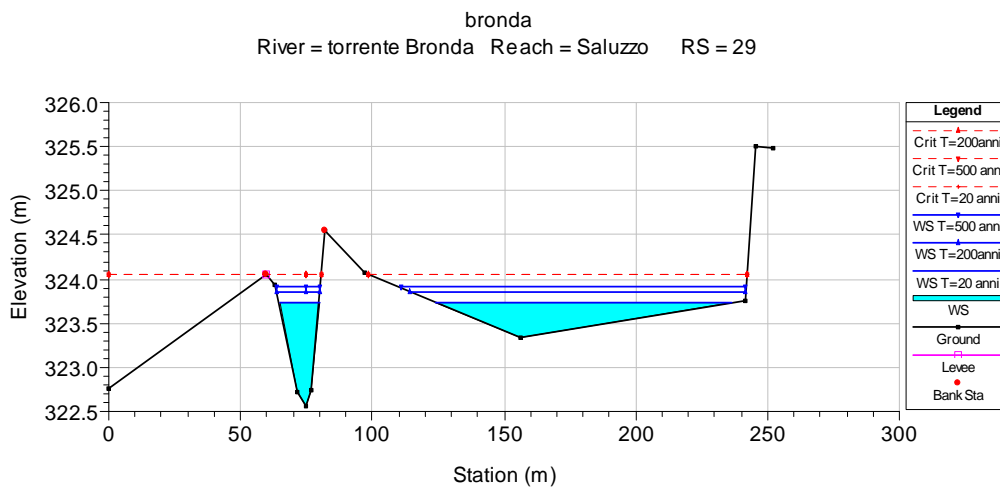
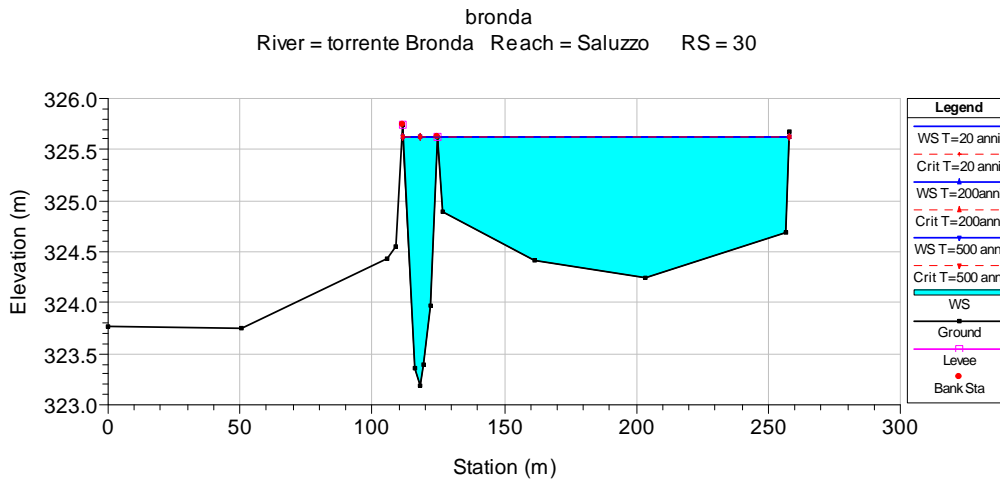
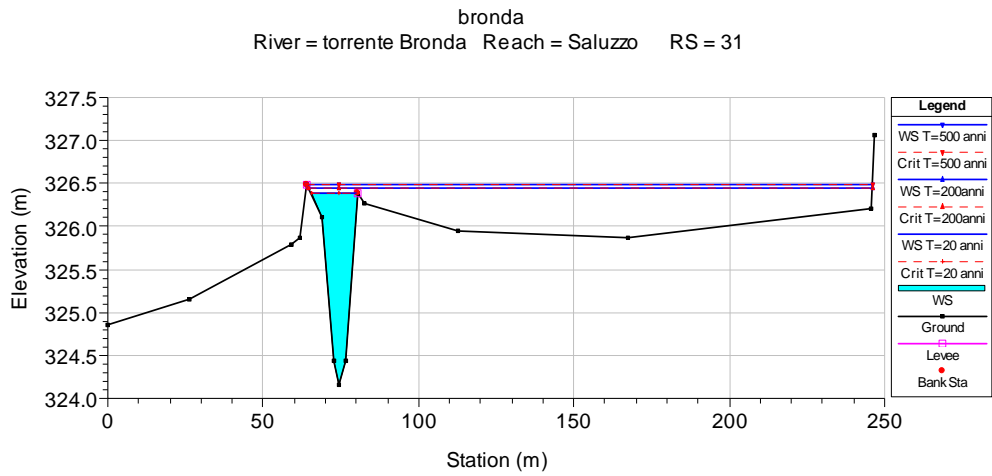


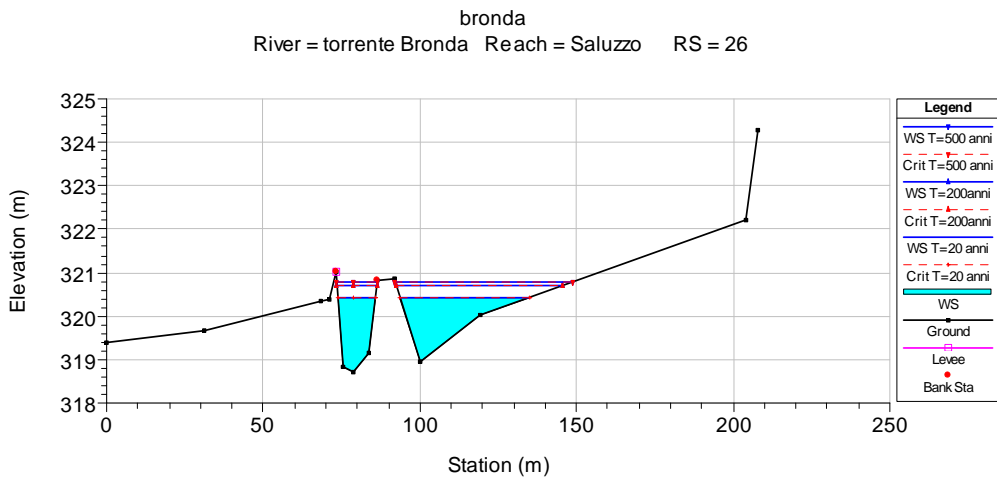
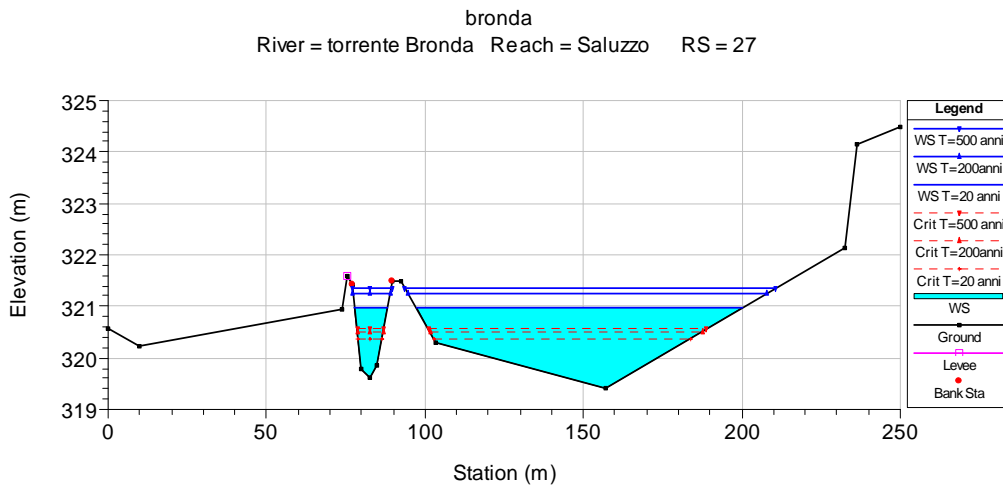
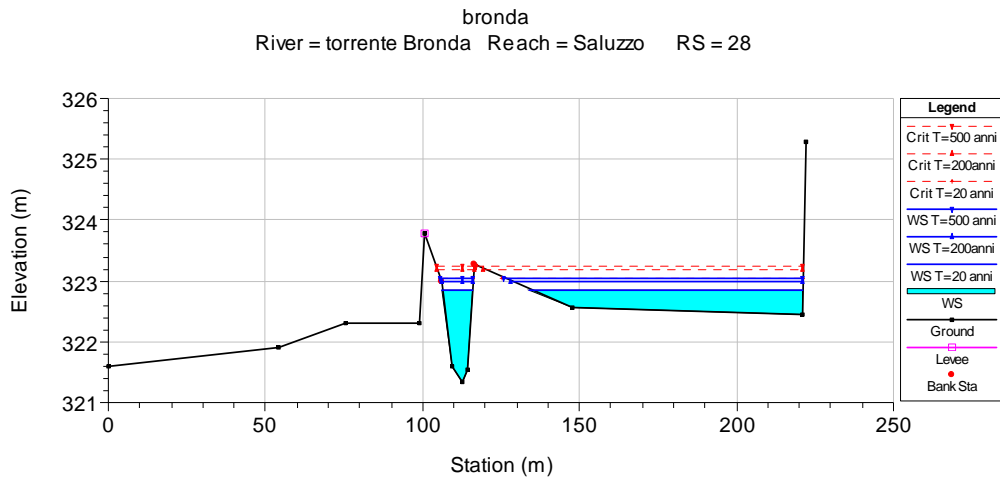


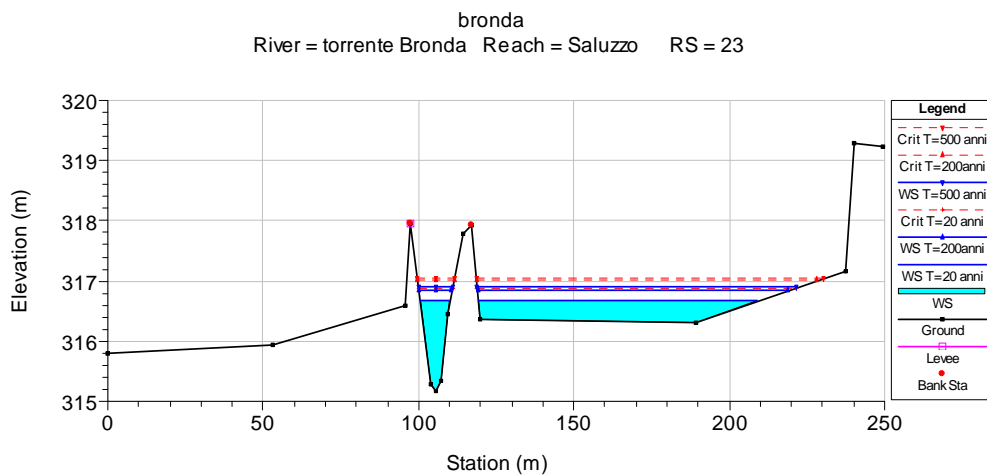
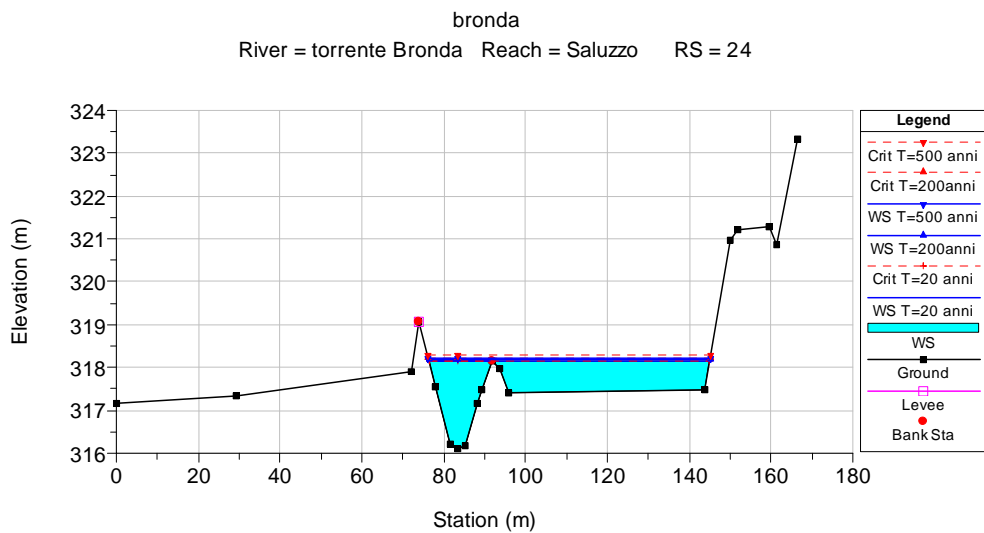
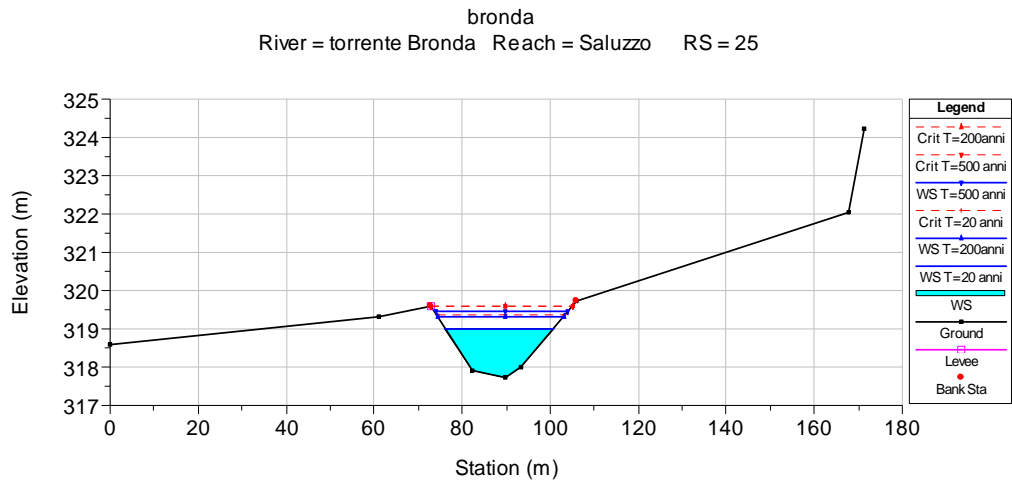




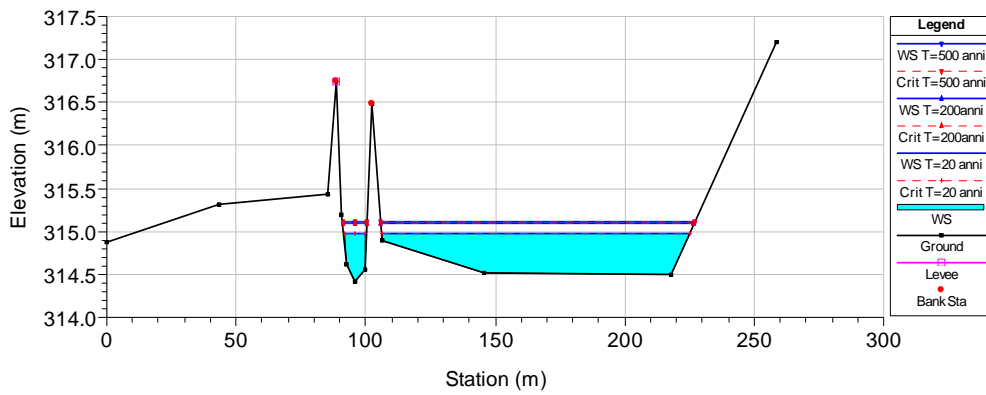




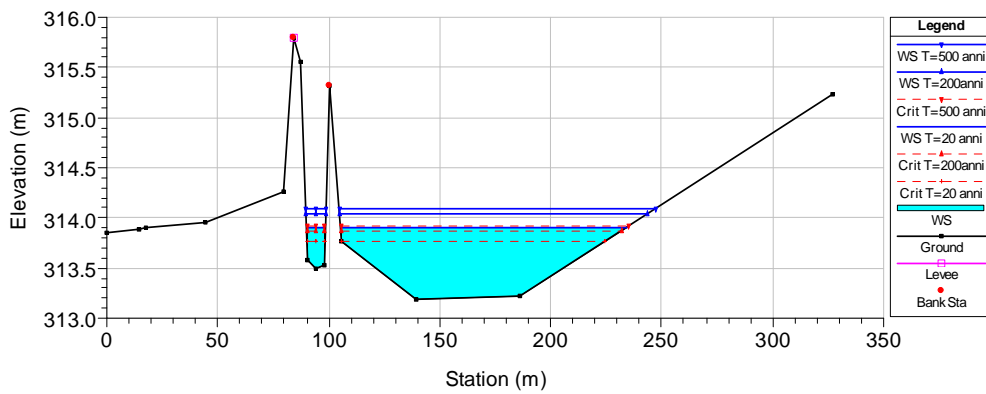




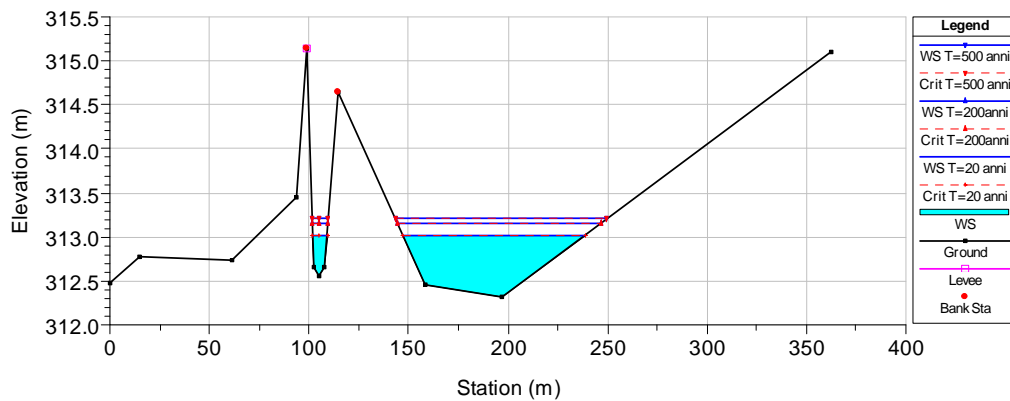
bronda  
River = torrente Bronda Reach = Saluzzo RS = 22

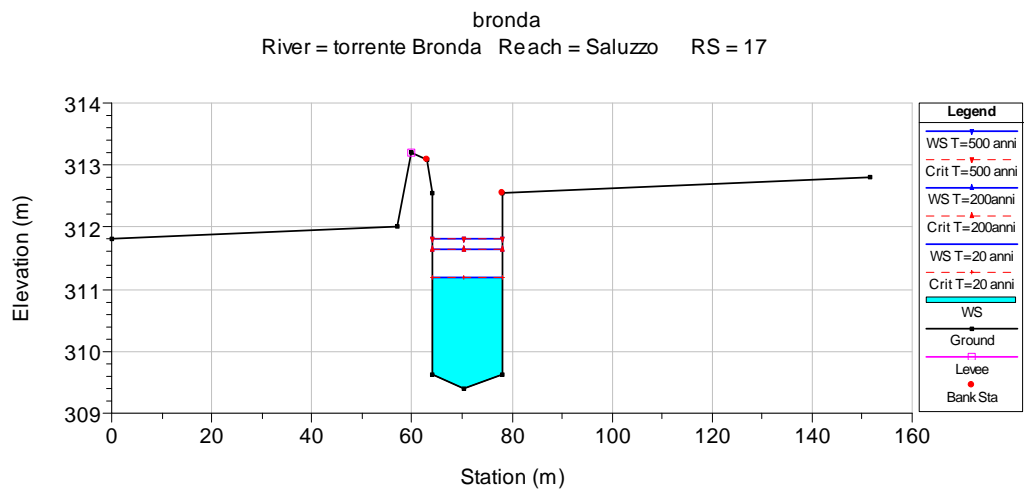
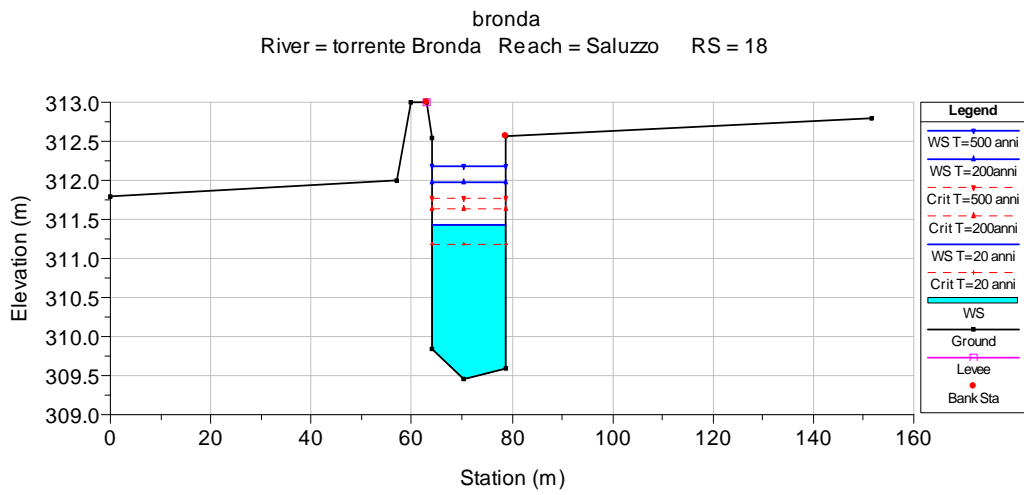
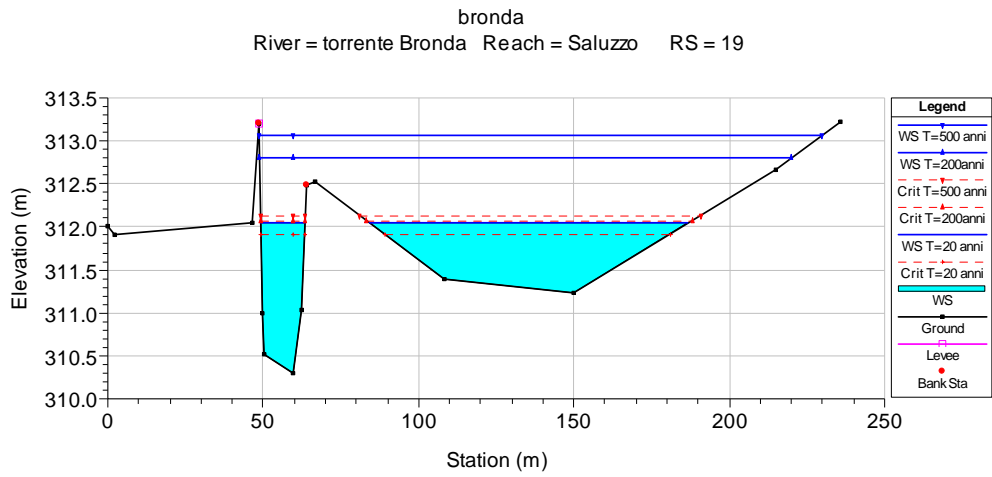


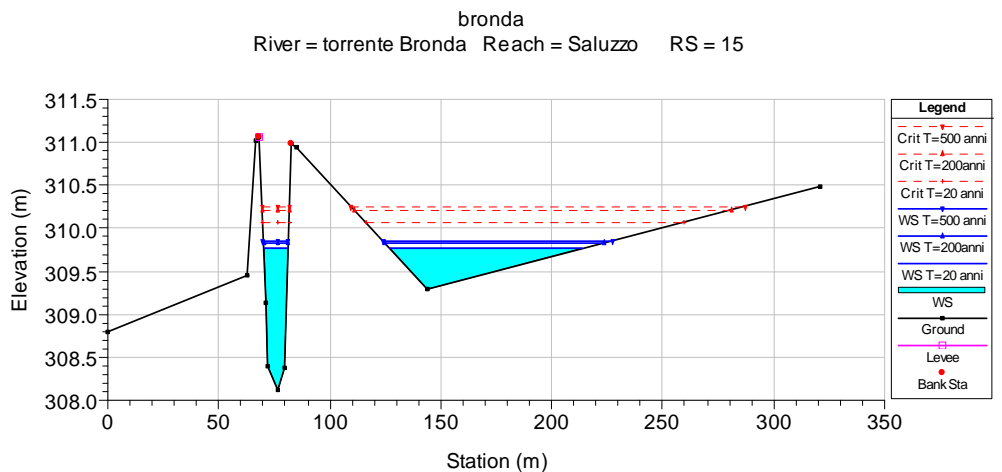
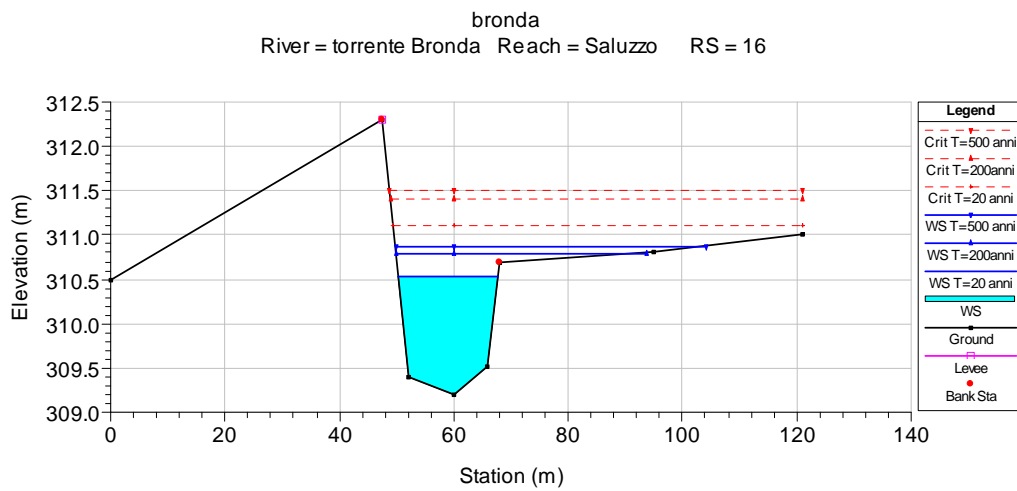
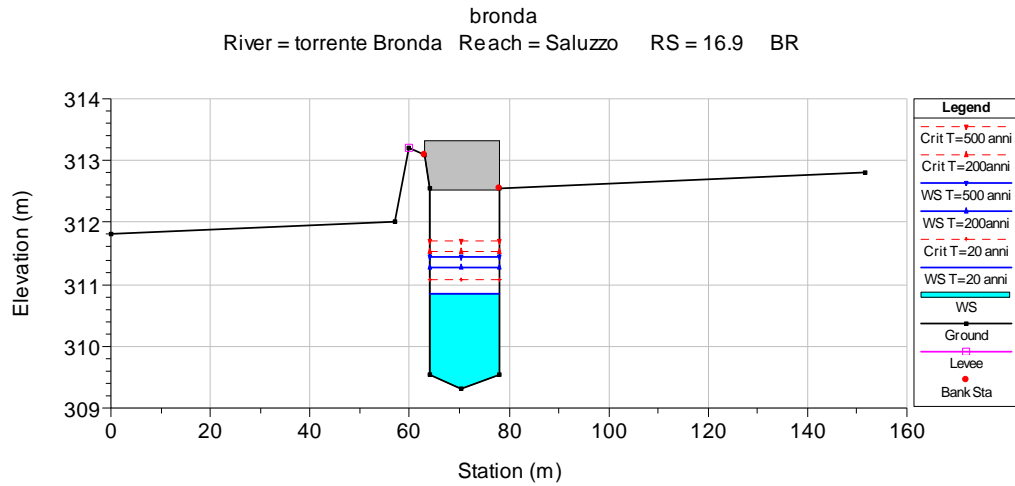
bronda  
River = torrente Bronda Reach = Saluzzo RS = 21

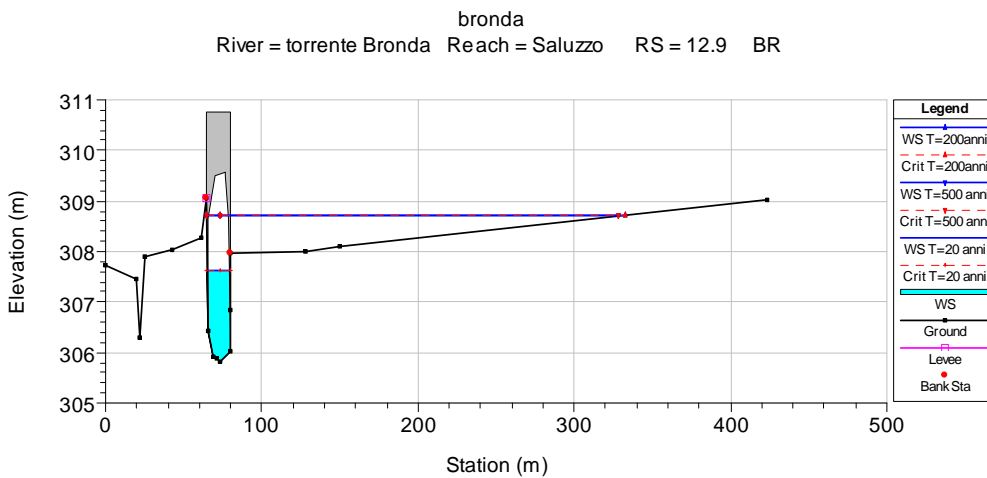
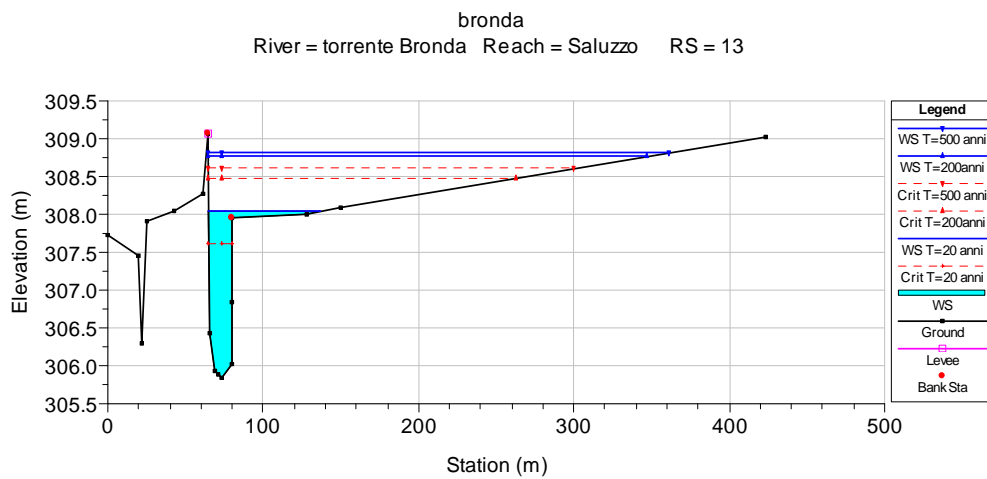
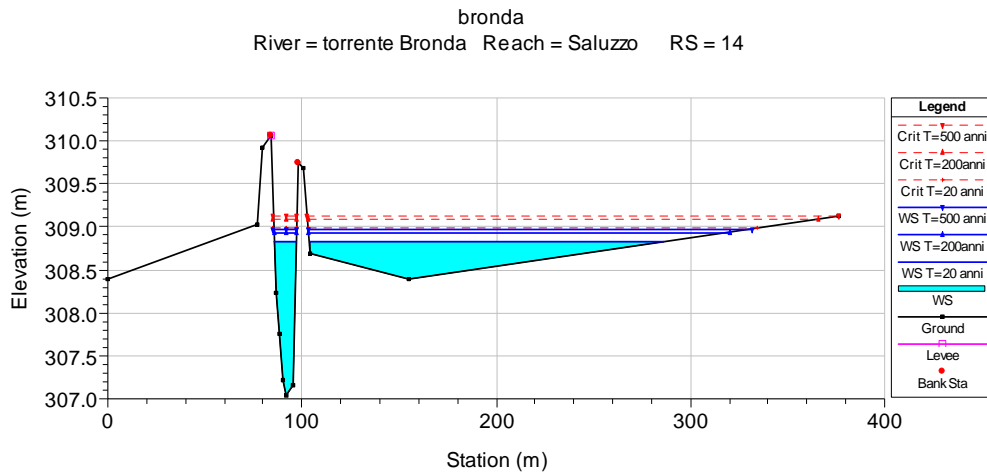


bronda  
River = torrente Bronda Reach = Saluzzo RS = 20

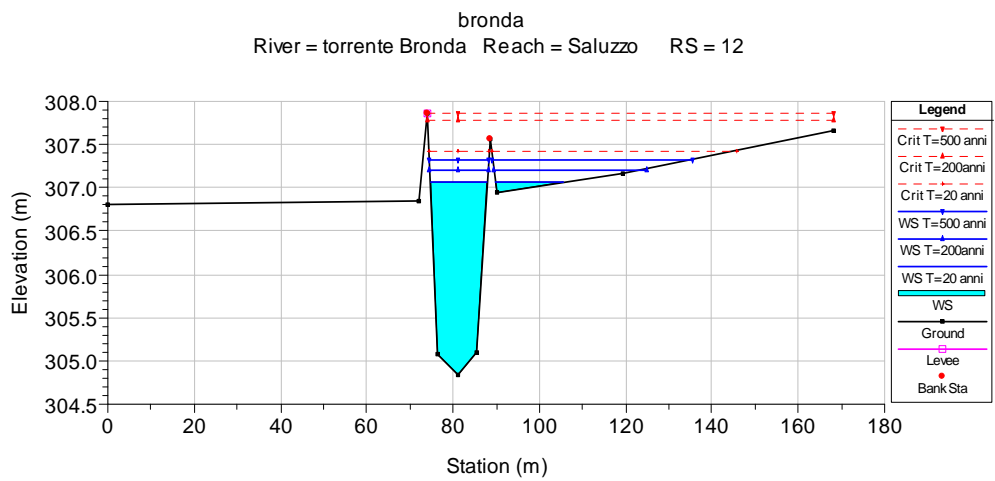
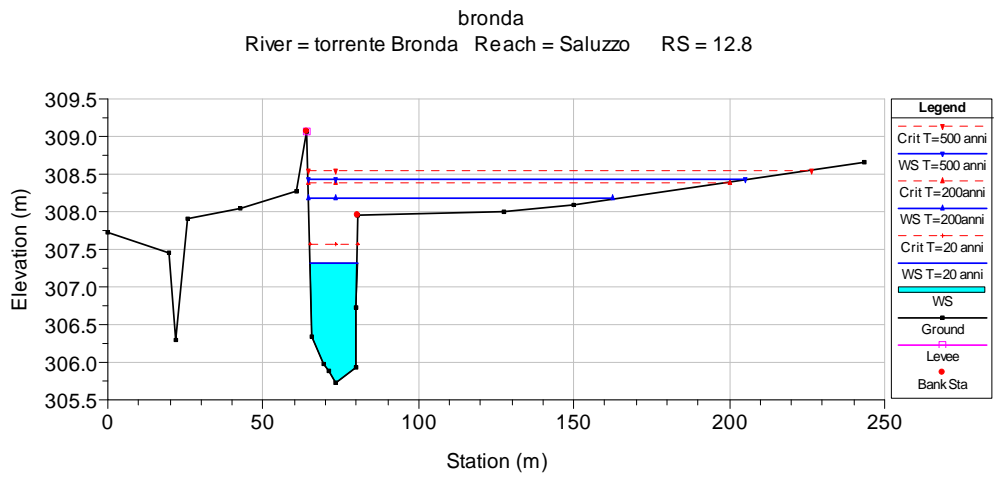
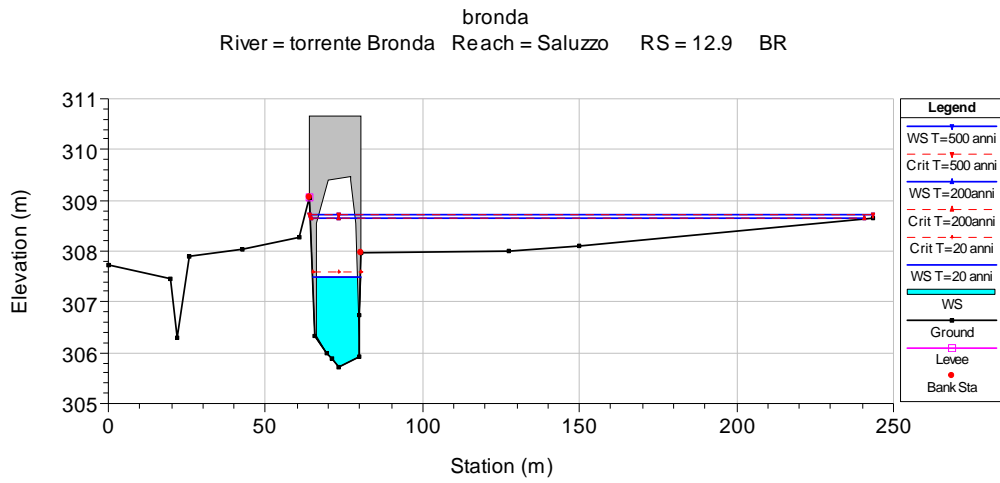


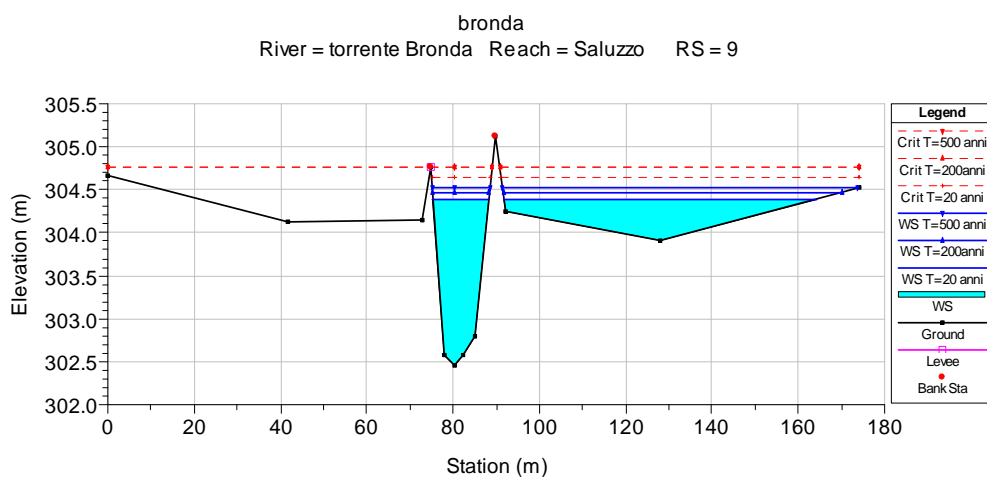
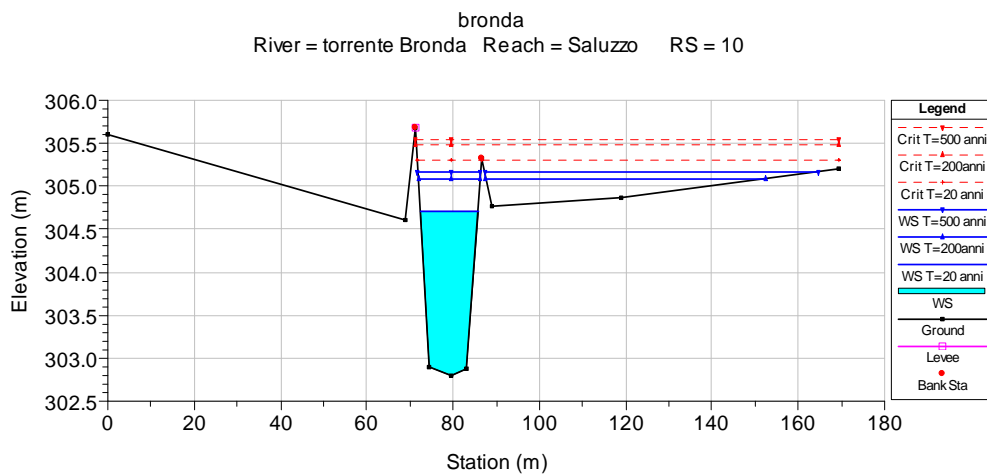
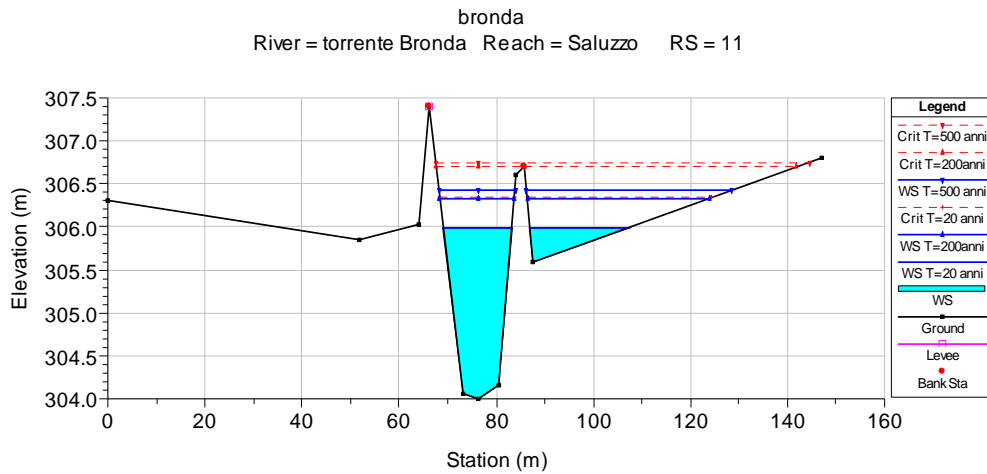




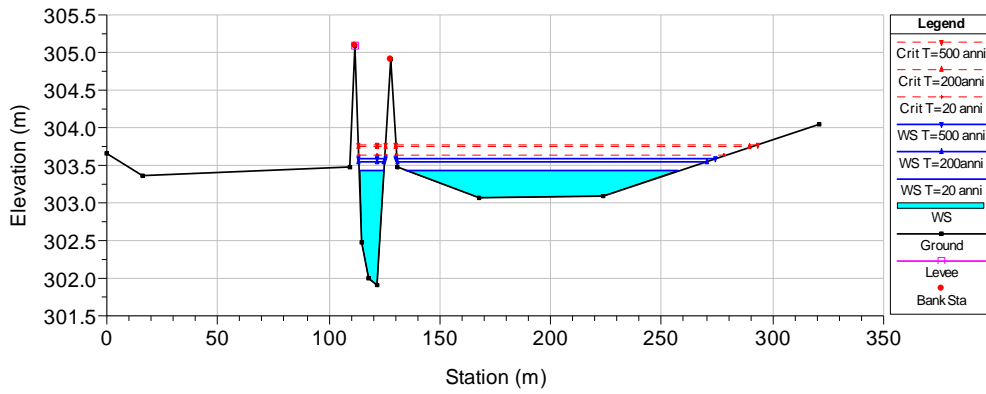




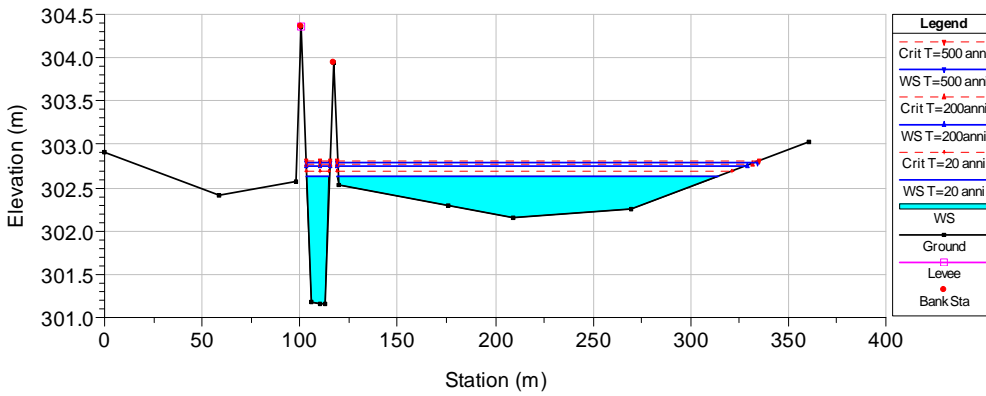




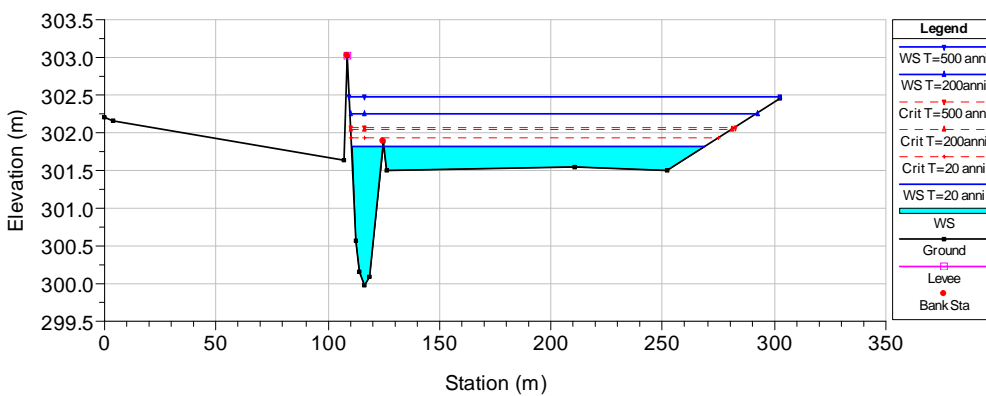
bronda  
 River = torrente Bronda Reach = Saluzzo RS = 8

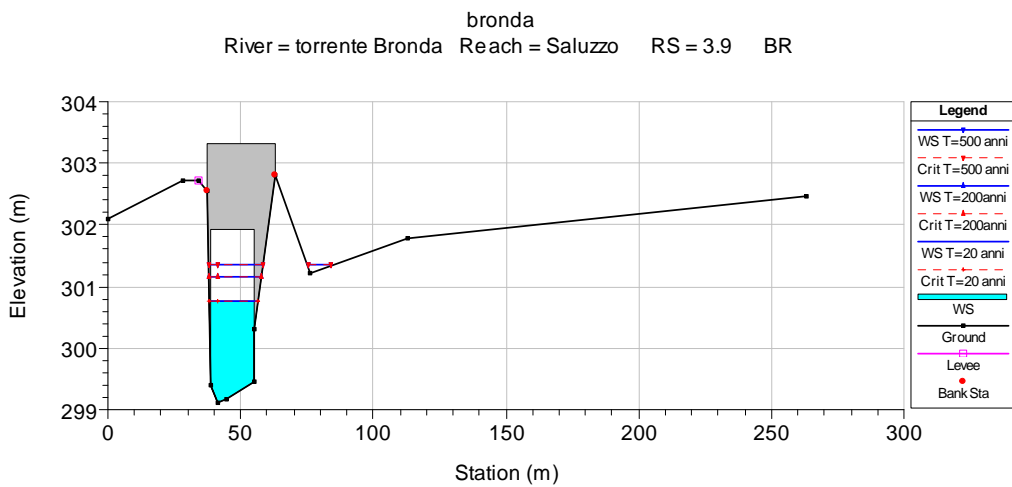
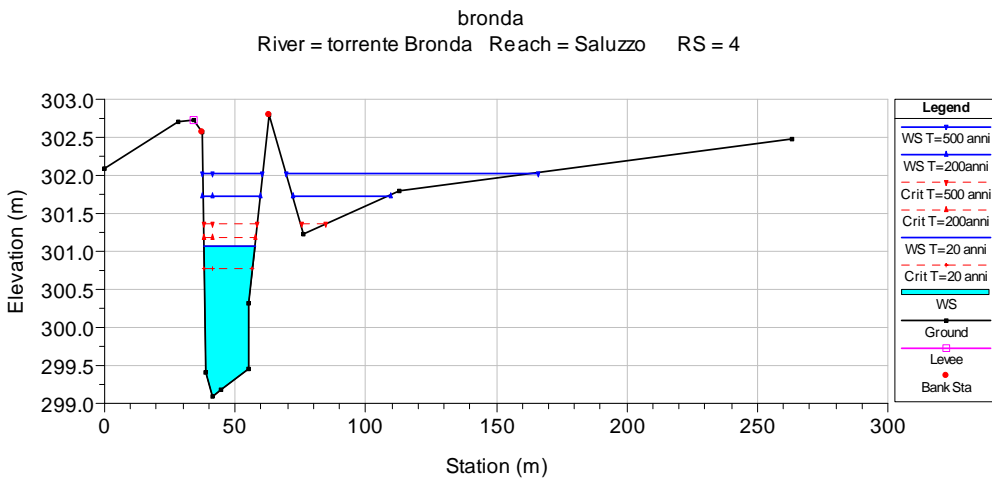
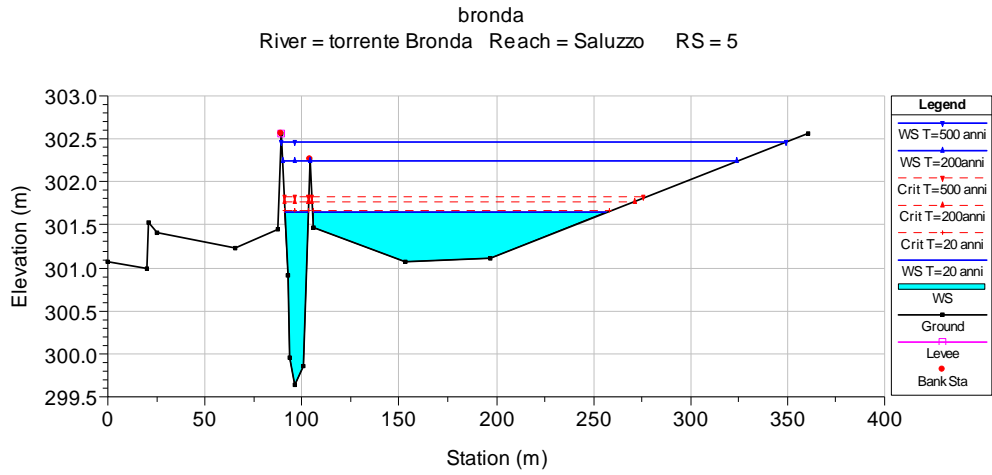


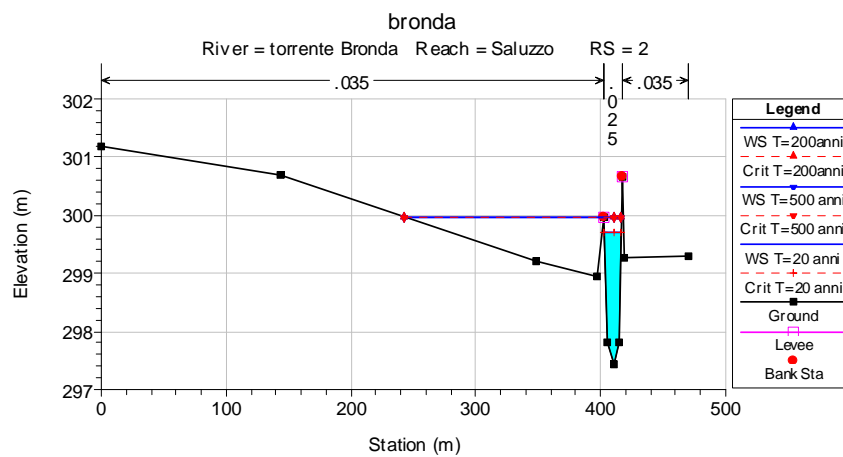
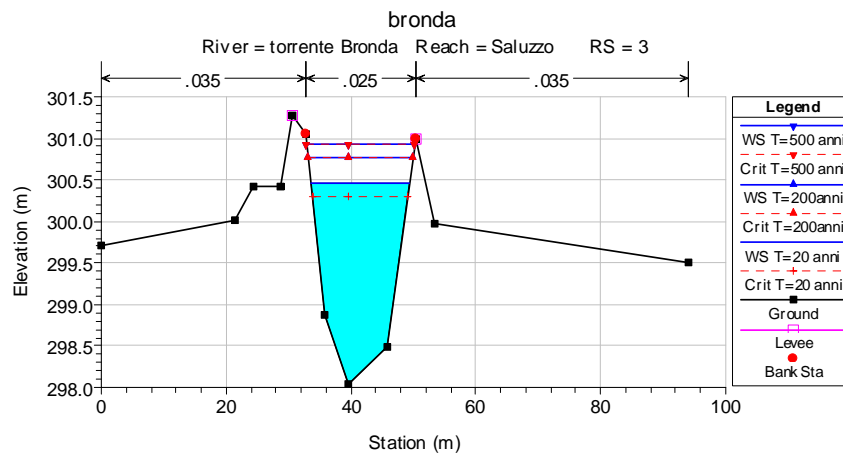
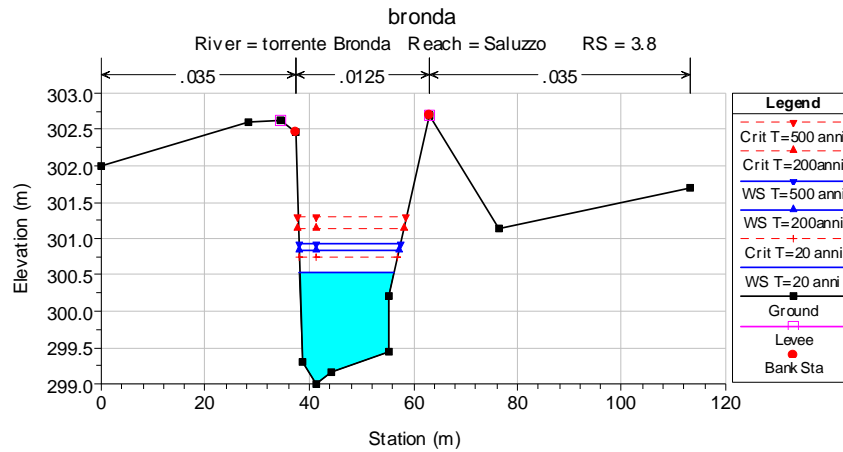
bronda  
 River = torrente Bronda Reach = Saluzzo RS = 7

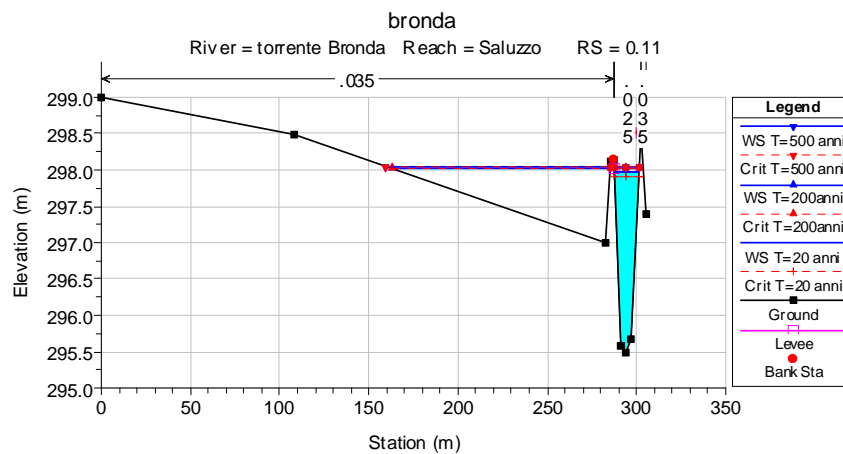
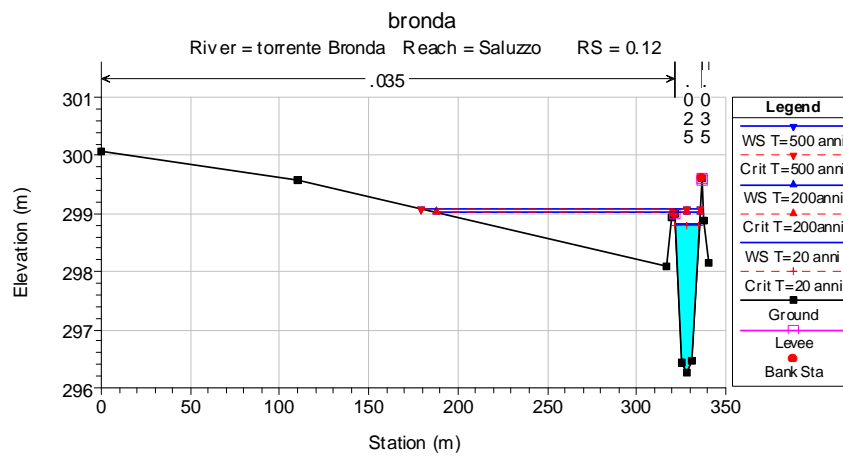
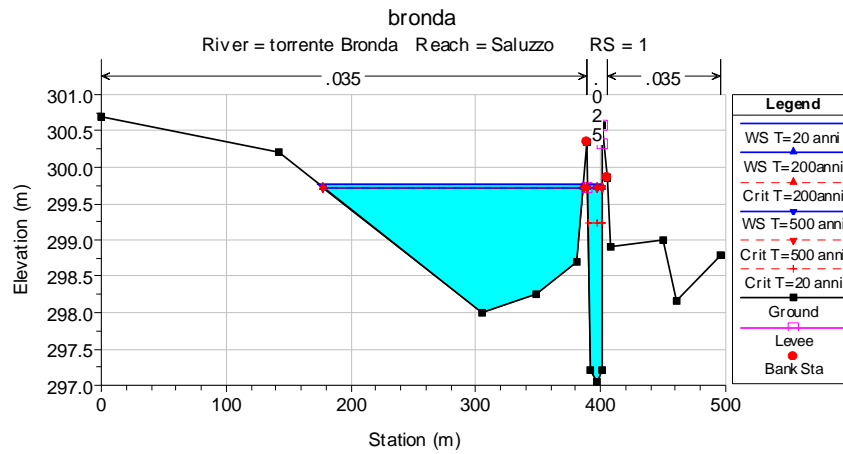


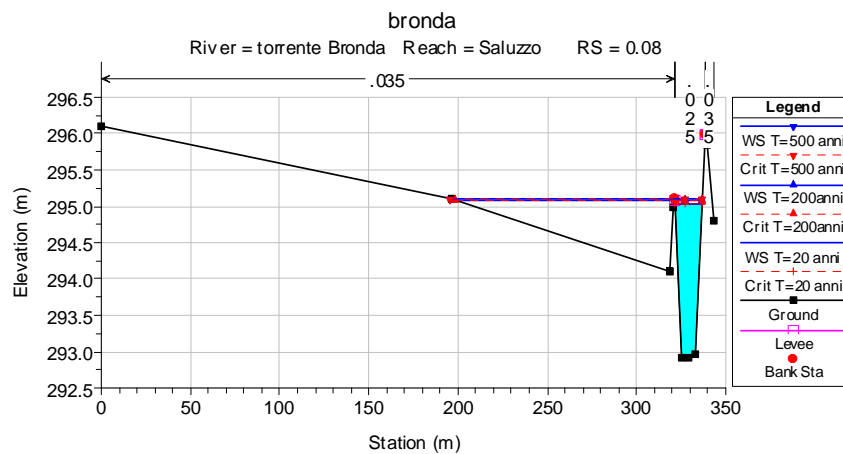
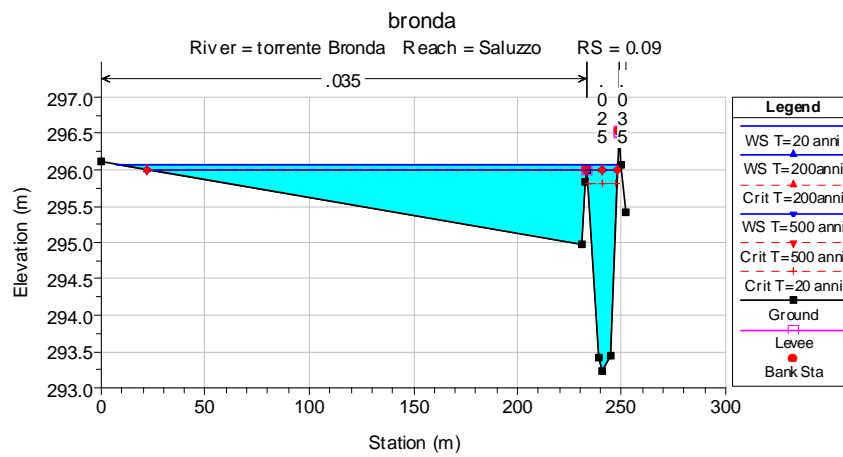
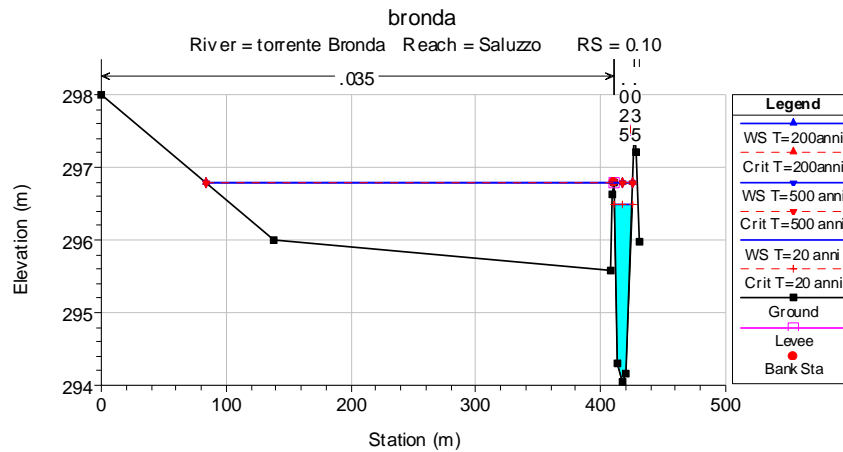
bronda  
 River = torrente Bronda Reach = Saluzzo RS = 6

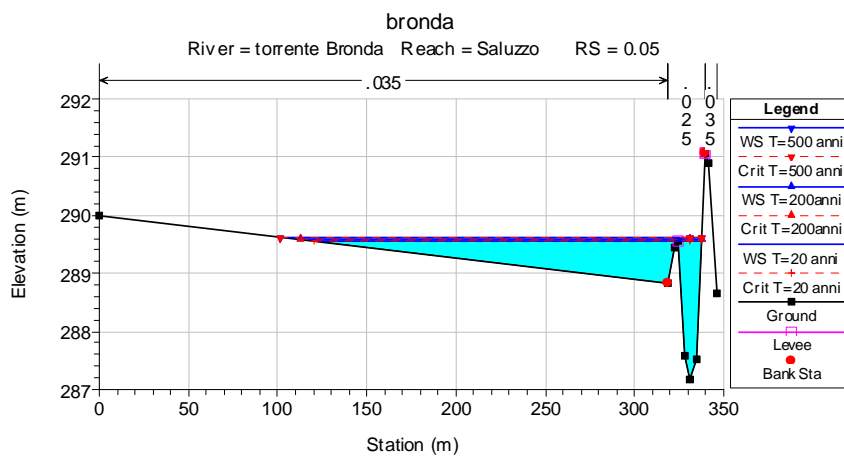
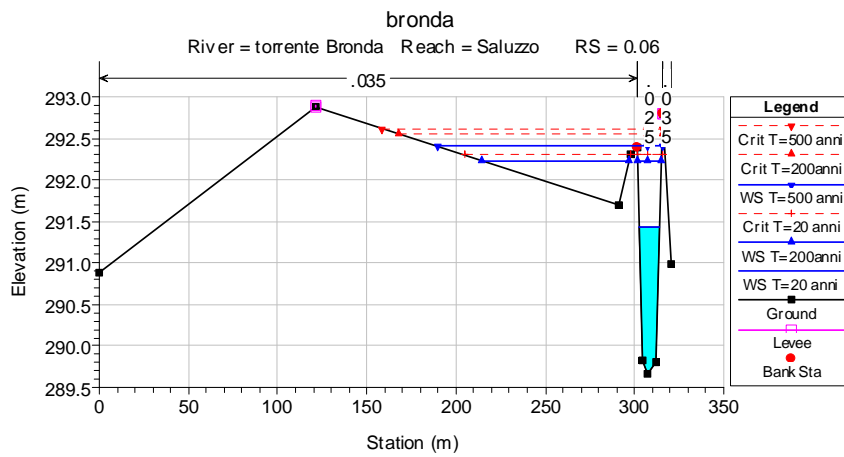
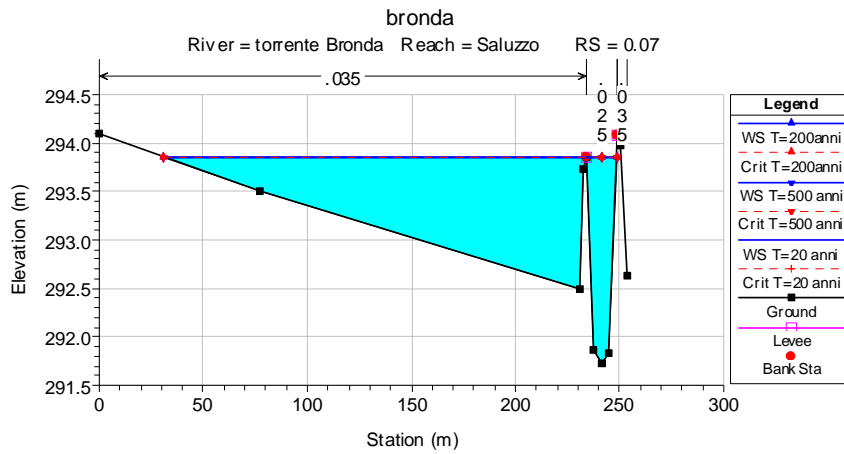




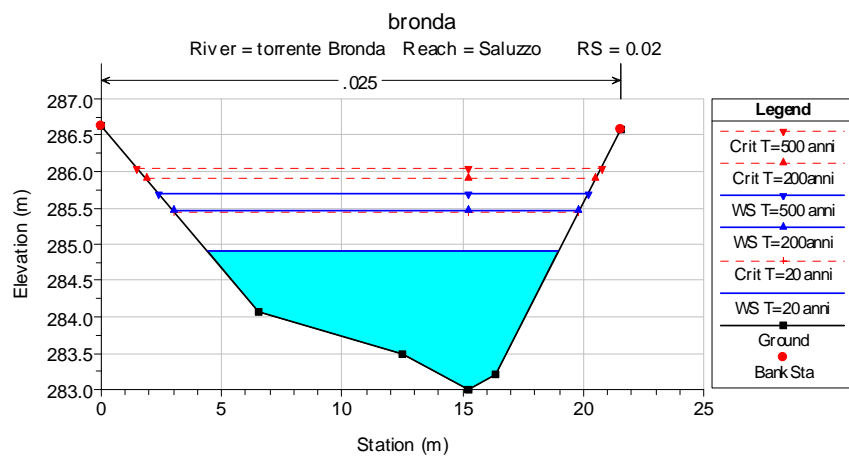
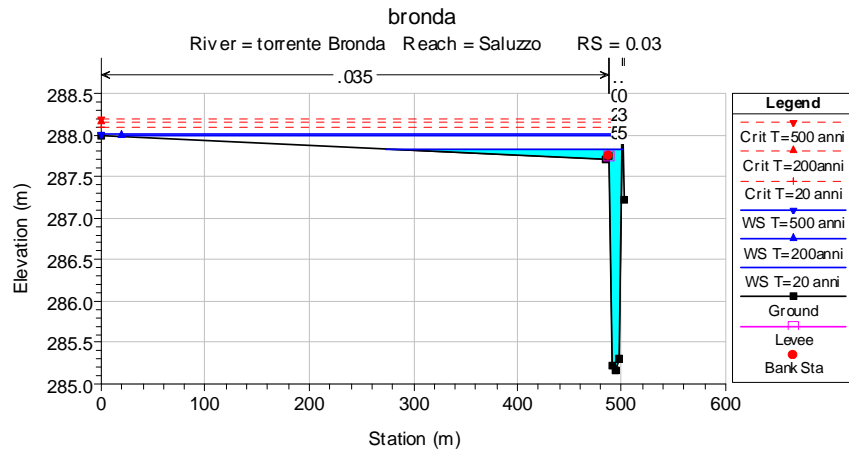
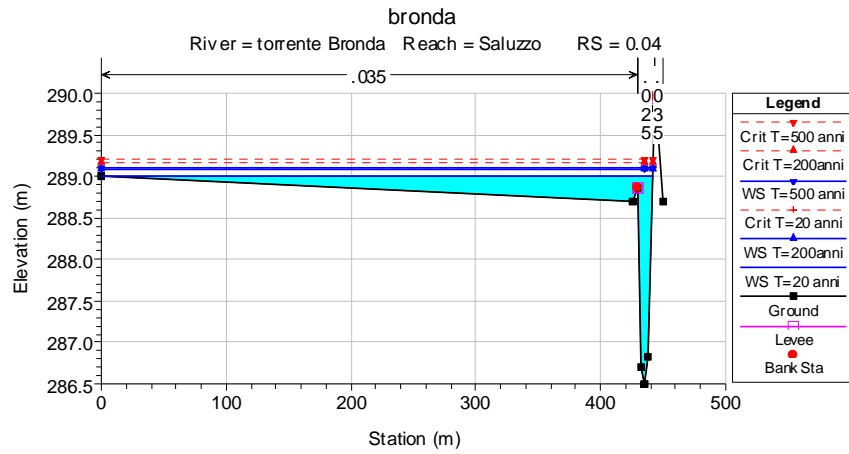


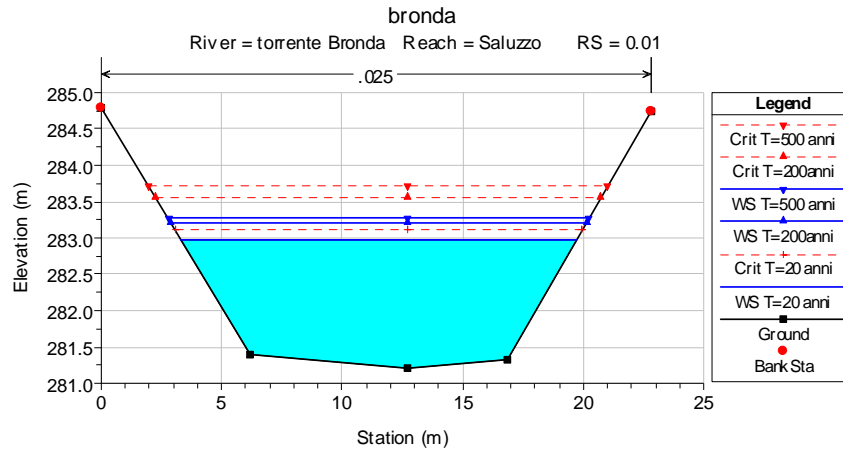












INDICE

1	PREMESSA	pag.	1
2	ANALISI IDRAULICHE	“	2
	2.1 SIMULAZIONI IN MOTO PERMANENTE	“	4
	2.2 CLASSI DI PERICOLOSITA' IDRAULICA	“	9
	2.3 RISULTATI DELLE SIMULAZIONI IN MOTO PERMANENTE	“	10
	ALLEGATO 1 – Rappresentazione grafica simulazioni in moto permanente	“	13

