

S.S. N. 9 "VIA EMILIA"

VARIANTE DI CASALPUSTERLENGO ED ELIMINAZIONE PASSAGGIO A LIVELLO SULLA S.P. EX S.S. N.234

PROGETTO ESECUTIVO

 Ing. Renato Vaira <small>(Ordine degli Ingg. di Torino e Provincia n° 4863 W)</small>	ING. RENATO DEL PRETE Ing. Renato Del Prete <small>Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 5073</small>	DOTT. GEOL. DANILO GALLO Dott. Geol. Danilo Gallo <small>Ordine dei Geologi della Regione Puglia n° 588</small>	INTEGRAZIONE PRESTAZIONI Ing. Renato Del Prete	PROGETTISTA Ing. Valerio Bajetti <small>(I.T. S.r.l.)</small>
			PROGETTAZIONE STRADALE Ing. Gaetano Ranieri <small>(Ga&M S.r.l.)</small>	PROGETTAZIONE IDRAULICA Ing. Fabrizio Bajetti <small>(I.T. S.r.l.)</small>
 Ing. Valerio Bajetti <small>Ordine degli Ingg. di Roma e provincia n° A-26211</small>	SETAC Srl Servizi & Engineering Trasporti Ambiente Costruzioni Prof. Ing. Luigi Monterisi <small>Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 1771</small>	 E&G Engineering & Graphics S.r.l. Ing. Gabriele Incecchi <small>Ordine degli Ingg. di Roma e provincia n° A-12102</small>	PROGETTAZIONE OPERE D'ARTE MAGGIORI Ing. Renato Vaira <small>(Studio Corona S.r.l.)</small>	PROGETTAZIONE OPERE D'ARTE MINORI Ing. Nicola Ligas <small>(I.T. S.r.l.)</small>
			COMPUTI Ing. Valerio Bajetti <small>(I.T. S.r.l.)</small>	CANTIERISTICA Ing. Gaetano Ranieri <small>(Ga&M S.r.l.)</small>
 SOCIETÀ DESIGNATA GA&M Prof. Ing. Matteo Ranieri <small>Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 1137</small>	ECOPLAN <small>Società di Ingegneria e Architettura</small> Arch. Nicoletta Frattini <small>Ordine degli Arch. di Torino e provincia n° A-8433</small>	ARKE' INGEGNERIA s.r.l. <small>Via Ingegnieri Tassinari n. 4 - 70126 Bari</small> Ing. Gioacchino Angarano <small>Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 5970</small>	GEOLOGIA Dott. Danilo Gallo	GEOTECNICA Ing. Gianfranco Sodero <small>(Studio Corona S.r.l.)</small>
			AMBIENTE Dott. Emilio Macchi <small>(ECOPLAN S.r.l.)</small>	SICUREZZA Ing. Gaetano Ranieri <small>(Ga&M S.r.l.)</small>
VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO  Dott. Ing. Fabrizio CARDONE	IL RESPONSABILE DELLA INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE  Ing. Renato DEL PRETE	PROGETTISTA  Ing. Valerio BAJETTI	GEOLOGO  Dott. Danilo GALLO	IL COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE  Ing. Gaetano RANIERI

FA01

F - PROGETTO IDRAULICO

FA - COLATORE DEL BREMBIOLO

RELAZIONE IDRAULICA (DIMENSIONAMENTO VIADOTTI)

CODICE PROGETTO PROGETTO LIV. PROG. N. PROG. <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> C O M I E 1 7 0 1 </div>	NOME FILE FA01-T00ID01IDRRE01_B.dwg CODICE ELAB. T 0 0 I D 0 1 I D R R E 0 1	REVISIONE <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 20px; text-align: center;">B</div>	SCALA: -----
D			
C			
B	EMISSIONE A SEGUITO DI ISTRUTTORIA ANAS N.08 DEL 08.01.2018	FEBBRAIO 2018	ING. EMANUELE MACEROLA PROF. ING. LUIGI MONTERISI ING. VALERIO BAJETTI
A	EMISSIONE		ING. EMANUELE MACEROLA PROF. ING. LUIGI MONTERISI ING. VALERIO BAJETTI
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO VERIFICATO APPROVATO

SOMMARIO

1	GENERALITÀ SULLA INDAGINE IDRAULICA	2
1.1	Portate di piena – Piogge ARPA Lombardia	3
1.2	INTEGRAZIONE RILIEVI TOPOGRAFICI	4
1.3	FUNZIONI DI POLIZIA IDRAULICA.....	4
2	DETERMINAZIONE DEL PROFILO DI PELO LIBERO IN MOTO PERMANENTE	6
2.1	Ipotesi base e limitazioni.....	6
2.2	Metodo di calcolo.....	6
2.2.1	Determinazione della scabrezza	8
2.2.2	Suddivisione della sezione agli effetti del calcolo della portata specifica.....	9
2.2.3	Il coefficiente di ragguglio dell'energia cinetica α	9
2.2.4	Calcolo delle perdite di carico ripartite	10
2.2.5	Calcolo delle perdite di carico per espansione o contrazione.....	10
2.2.6	Metodologia di calcolo	11
3	RISULTATI DELLE SIMULAZIONI EFFETTUATE	11
4	CONFRONTO TRA LE SIMULAZIONI ANTE E POST OPERAM.....	15
5	VERIFICA DI STABILITA' DELLA SCOGLIERA.....	15
5.1	Condizioni di moto incipiente	15
5.1.1	Calcolo delle condizioni critiche di moto incipiente.....	18
5.2	EVOLUZIONE DELL'ALVEO	19
6	ASPETTI MANUTENTIVI	19
7	CANTIERIZZAZIONE.....	20
8	APPENDICE ALLA RELAZIONE IDRAULICA - COLATORE BREMBIOLO	21
8.1	Simulazione ante operam	21
8.1.1	Simulazione idraulica sezione 01 (Tr=200 anni).....	21
8.1.2	Simulazione idraulica sezione 02 (Tr=200 anni).....	26
8.1.3	Simulazione idraulica sezione 03 (Tr=200 anni).....	32
8.2	Simulazione post operam	37
8.2.1	Simulazione idraulica sezione 01 – Ponte Sul Brembiolo N.°1 e 4 (TR=50, 100, 200 anni)	37
8.2.2	Simulazione idraulica sezione 02 – Ponte Sul Brembiolo N.°2 (TR=50, 100, 200 anni)	47
8.2.3	Simulazione idraulica sezione 03 – Ponte sul Brembiolo n.°3 (TR=50, 100, 200 anni)	56
8.3	Simulazione ARPA post operam.....	65
8.3.1	Simulazione idraulica sezione 01 – Ponte sul Brembiolo n.°1 e 4 (TR=200 anni).....	65
8.3.2	Simulazione idraulica sezione 02 – Ponte sul Brembiolo n.°2 (TR=200 anni)	72
8.3.3	Simulazione idraulica sezione 03 – Ponte sul Brembiolo n.°3 (TR=200 anni)	79
9	SOTTOSCRIZIONE DELL'ELABORATO DA PARTE DEL R.T.P.....	85

1 GENERALITÀ SULLA INDAGINE IDRAULICA

Nella specifica relazione idrologica (vedi All. T00ID00IDRRE02_A) sono state individuate ed analizzate tutte le condizioni e gli elementi che concorrono alla formazione dei deflussi di piena del colatore.

Nella presente relazione vengono invece analizzate le condizioni idrauliche in cui avvengono tali deflussi nell'alveo, evidenziandone i parametri correlati (idrometria, velocità ecc.) di interesse.

Sono stati preliminarmente condivisi i criteri di calcolo sviluppati nel progetto definitivo, successivamente sono stati aggiornati i dati topografici mediante apposita integrazione dei dati esistenti, sono stati posizionati i ponti secondo le nuove luci ed i diversi posizionamenti, sono quindi stati ripetuti i calcoli idraulici in modo permanente.

Tutti i 4 ponti sul Brembiolo sono stati rivisitati imponendo la luce di 40.00m tra le pile, come previsto dalla vigente normativa, ed è stata fissata la quota di estradosso dei ponti in modo da garantire almeno un franco idraulico di 1.50m, rispetto alla quota idrica corrispondente al livello raggiunto dalla piena duecentennale.

Le caratteristiche dei ponti, verificate con i valori di piena approvati con il progetto definitivo in sede di Conferenza dei Servizi, sono:

VIADOTTO B1

<i>Geometria viadotto</i>	<i>Info idrauliche</i>
Quota estradosso: 68.23 [m slm]	Portata idrica: 25.50 [m ³ /s]
Quota intradosso: 65.25 [m slm]	Quota idrica: 62.01 [m slm]
Altezza impalcato: 2.98 [m]	Franco: 3.24 [m]

VIADOTTO B4

<i>Geometria viadotto</i>	<i>Info idrauliche</i>
Quota estradosso: 66.93 [m slm]	Portata idrica: 25.50 [m ³ /s]
Quota intradosso: 64.41 [m slm]	Quota idrica: 62.03 [m slm]
Altezza impalcato: 2.52 [m]	Franco: 2.38 [m]

VIADOTTO B2

<i>Geometria viadotto</i>	<i>Info idrauliche</i>
Quota estradosso: 66.10 [m slm]	Portata idrica: 32.50 [m ³ /s]
Quota intradosso: 63.56 [m slm]	Quota idrica: 60.60 [m slm]
Altezza impalcato: 2.54 [m]	Franco: 2.96 [m]

VIADOTTO B3

<i>Geometria viadotto</i>	<i>Info idrauliche</i>
Quota estradosso: 58.88 [m slm]	Portata idrica: 53.50 [m ³ /s]
Quota intradosso: 56.41 [m slm]	Quota idrica: 53.98 [m slm]
Altezza impalcato: 2.47 [m]	Franco: 2.43 [m]

Gli input idraulici sono costituiti da un idrogramma di piena (uno per ognuno dei tempi di ritorno T_r : 50, 100 e 200 anni) determinati in ciascuna delle tre sezioni di chiusura, corrispondenti alle altrettante intersezioni del colatore con la nuova arteria viabilistica (in totale si sono così determinati 9 idrogrammi di piena, che sono riportati per intero nell'appendice allegata alla relazione idrologica).

La metodologia di indagine sulla dinamica dei deflussi del colatore è costituita dalla simulazione dei medesimi con l'ausilio di uno specifico software di modellistica idraulica HEC-RAS in grado di riprodurre lo stato di moto permanente della corrente.

La riproduzione del fenomeno fisico si basa sull'implementazione di tre ordini di elementi:

- L'input idraulico costituito dagli idrogrammi di piena, i cui valori di colmo Q_c vengono assunti quali termini di riferimento quantitativo nelle simulazioni;

- La geometria e le giaciture dei tratti del corso d'acqua oggetto delle simulazioni, in tronchi di lunghezza idonea alla ricostruzione del fenomeno; sono stati eseguiti allo scopo rilievi piano - altimetrici di dettaglio con rilevamento di sezioni trasversali al corso d'acqua;
- La caratterizzazione idraulica dei medesimi tratti di alveo attraverso l'identificazione di due ordini di parametri:
 - parametri strutturali, quali la scabrezza idraulica di fondo e sponde dell'alveo, la natura del materiale di cui questi sono costituiti, l'incidenza della vegetazione sui deflussi;
 - elementi morfologici presenti sul colatore, naturali e non, che influenzano, anche potenzialmente, la formazione dei profili di rigurgito del colatore nelle sezioni interessate (i cosiddetti vincoli idraulici quali restringimenti, soglie, canne di ponti ecc.).

La ricostruzione dei deflussi in moto permanente del colatore, per tempi di ritorno assegnati, risulta essere aderente alle prescrizioni impartite dall'Autorità di bacino del fiume Po con la direttiva di attuazione dell' art. 15 delle norme del piano stralcio delle fasce fluviali: "Criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce A e B".

A tale direttiva ci si è attenuti anche per la determinazione della scabrezza idraulica, secondo la scala dei valori di Manning (nel prossimo paragrafo viene dettagliatamente analizzato l'ottenimento del coefficiente di scabrezza).

1.1 PORTATE DI PIENA – PIOGGE ARPA LOMBARDIA

A favore della sicurezza, in questa sede si è comunque proceduto al calcolo delle portate di piena con $T_r=200$ anni, considerate le piogge definite da ARPA Lombardia.

Sotto il profilo teorico, le portate di piena sono direttamente proporzionali all'intensità di pioggia: a parità di tempo di corrivazione, coincidente con il tempo di pioggia, è sufficiente moltiplicare il valore della portata di piena per il rapporto delle intensità di pioggia calcolate con i due metodi di cui sopra.

Sezione	Tc (ore)	Progetto definitivo			Valutazioni ARPA			Rapporto $i_{Arpa} / i_{P.D.}$	Q _{Arpa} (mc/s)
		Q _{p.def.} (mc/s)	h _{pioggia} (mm)	i _{pioggia} (mm/ora)	h _{pioggia} (mm)	i _{pioggia} (mm/ora)			
B1	8,27	25,5	123,0	14,86	145	17,53	18%	30,09	
B4	8,27	25,5	123,0	14,86	145	17,53	18%	30,09	
B2	8,71	32,5	124,7	14,32	144	16,43	15%	37,40	
B3	9,53	53,5	127,9	13,42	143	15,02	12%	59,90	

In allegato alla presente relazione sono riportati i risultati – **positivi** – della verifica idraulica.

VIADOTTO B1

Geometria viadotto	Info idrauliche
Quota estradosso: 68.23 [m slm]	Portata idrica: 30.09 [m³/s]
Quota intradosso: 65.25 [m slm]	Quota idrica: 62.07 [m slm]
Altezza impalcato: 2.98 [m]	Franco: 3.18 [m]

VIADOTTO B4

Geometria viadotto	Info idrauliche
Quota estradosso: 66.93 [m slm]	Portata idrica: 30.09 [m³/s]
Quota intradosso: 64.41 [m slm]	Quota idrica: 62.08 [m slm]
Altezza impalcato: 2.52 [m]	Franco: 2.33 [m]

VIADOTTO B2

<i>Geometria viadotto</i>	<i>Info idrauliche</i>
Quota estradosso: 66.10 [m slm]	Portata idrica: 37.40 [m ³ /s]
Quota intradosso: 63.56 [m slm]	Quota idrica: 60.66 [m slm]
Altezza impalcato: 2.54 [m]	Franco: 2.90 [m]

VIADOTTO B3

<i>Geometria viadotto</i>	<i>Info idrauliche</i>
Quota estradosso: 58.88 [m slm]	Portata idrica: 59.90 [m ³ /s]
Quota intradosso: 56.41 [m slm]	Quota idrica: 54.07 [m slm]
Altezza impalcato: 2.47 [m]	Franco: 2.34 [m]

1.2 INTEGRAZIONE RILIEVI TOPOGRAFICI

Il presente studio idraulico è basato sull'aggiornamento dei rilievi topografici, effettuato nel novembre 2017, che ha integrato le sezioni del Colatore Brembiolo, in corrispondenza degli attraversamenti stradali.

Per tutti i dettagli si rimanda alla relazione rilievi topografici – integrazione rilievo progetto esecutivo (Allegato C005-T00SG00CRTRE05) – e ai relativi elaborati grafici.

Il rilievo eseguito ha riguardato circa 95/100 ettari per un totale di poco meno di 6.000 punti rilevati (Le coordinate dei punti sono riportate nell'allegato C007-TOOSG00CRTRE07).

Il rilievo topografico si è articolato in più fasi:

- I° fase : Misurazione della rete dei caposaldi con GPS
- II° fase : Rilievo celerimetrico di dettaglio con GPS
- III° fase : Rilievo celerimetrico di dettaglio con stazione totale

A riguardo si segnala che il rilievo si è concentrato essenzialmente:

- sulle aree scoperte dal rilievo del progetto definitivo
- sul rilievo puntuale di strade esistenti
- sul rilievo puntuale di canali esistenti
- sul rilievo/censimento delle interferenze in genere
- sul controllo generalizzato delle quote di campagna già rilevate nel progetto definitivo (in particolare a riguardo si segnala che tali controllo hanno confermato le quote già censite).

Nel dettaglio e per quanto attiene il Colatore Brembiolo, sono state battute numerose sezioni del corso d'acqua, sia a monte che a valle degli attraversamenti: in tal modo è stato possibile ricostruire l'andamento topografico del terreno, riportato nel modello di calcolo idraulico HEC-RAS.

1.3 FUNZIONI DI POLIZIA IDRAULICA

L'art. 3, comma 108, L.R. 1/2000 e s.m.i. identifica i corsi d'acqua facenti parte del "Reticolo Idrico Principale" (RIP). L'allegato "A" è suddiviso per province e, per ogni corso d'acqua, riporta un codice progressivo, le denominazioni, i Comuni attraversati, la foce, il tratto classificato come principale e l'appartenenza o meno agli elenchi delle acque pubbliche di cui al R.D. 1775/33.

Il Colatore Brembiolo è inserito in elenco al n. LO 008 con riferimento all'elenco AA.PP. 74/A.

Il ruolo di Autorità idraulica sui corsi d'acqua inclusi nel presente elenco è svolto dalla Regione Lombardia; essa esplica tutte le funzioni di polizia idraulica indicate al paragrafo 2 dell'allegato E, fatta eccezione per i corsi d'acqua individuati nell'Allegato B - Individuazione del reticolo di competenza dell'Agenzia Interregionale del fiume Po; per quest'ultimi le funzioni di Autorità Idraulica per le attività di vigilanza, accertamento e contestazione delle violazioni previste in materia, rilascio di nulla-osta idraulici relativi ad opere nella fascia di rispetto e pareri di

compatibilità idraulica per interventi in aree demaniali sono attribuite ad AIPO. L'Agenzia potrà rilasciare autonomamente i nulla-osta idraulici attraverso il sistema SIPIU a far tempo dal 1.01.2016. Ambiti di applicazione e modalità di svolgimento delle attività di polizia idraulica sono specificati nel successivo allegato E "Linee guida di polizia idraulica".

Successivamente sono state emanate le seguenti direttive:

- **La D.G.R. 25 gennaio 2002 n 7/7868** ha determinato il reticolo idrico principale (Il Colatore Brembiolo è inserito in elenco al n. LO 008 con riferimento all'elenco AA.PP. 74/A) e ha trasferito le funzioni relative alla polizia idraulica concernenti il reticolo idrico minore come indicato dall'art. 3 c.114 della L.R. 1/2000 – Determinazione canoni polizia idraulica – ai Comuni ed alle Comunità Montane; nell'allegato "D" sono elencati, tra gli altri, i canali facenti capo al Consorzio Muzza Bassa Lodigiana – Lodi.
- **La D.G.R. 11 febbraio 2005 n. 7/20552, modificata dalla D.G.R. del 2008 n. 8/8127** definisce il reticolo principale di competenza della Regione Lombardia (tra cui il Colatore Brembiolo) ed il reticolo idrico minore di competenza del Consorzio di Bonifica Muzza Bassa Lodigiana;
- **La D.G.R. 31 luglio 2015 - n. X/3974 L.r. 31/2008**, articolo 80, commi 6 bis, 6 ter: ha approvato lo schema di convenzione con il Consorzio di Bonifica Muzza Bassa Lodigiana per la gestione di corsi d'acqua del reticolo idrico principale ed ha assegnato un relativo contributo al Consorzio di Bonifica Muzza Bassa Lodigiana per lo svolgimento delle attività di gestione.

2 DETERMINAZIONE DEL PROFILO DI PELO LIBERO IN MOTO PERMANENTE

L'analisi è finalizzata alla quantificazione delle caratteristiche idrauliche del moto della corrente in condizioni di piena, rappresentate dai valori dei livelli idrici e delle velocità di corrente all'interno dell'alveo inciso e delle aree inondate.

Il programma HEC-RAS consente di calcolare i profili idrici per canali di forma qualunque, naturali ed artificiali, integrando numericamente l'equazione differenziale del moto permanente mediante il metodo comunemente noto in letteratura come "standard step"; per il calcolo delle perdite di carico ripartite si adotta l'espressione di Manning.

2.1 IPOTESI BASE E LIMITAZIONI

Per quanto la formula di Manning per il calcolo delle perdite di carico in condizioni di moto assolutamente turbolento sia stata ricavata sulla base di esperienze su correnti in moto uniforme, la pratica e i successivi studi condotti hanno confermato come possa essere impiegata anche in condizioni di moto gradualmente vario, nel tempo e nello spazio, evidenziando come gli errori conseguenti a questa assunzione siano modesti.

Le altre principali ipotesi adottate dal modello di calcolo sono:

- il moto è permanente;
- la geometria dell'alveo è caratterizzata generalmente da variazioni graduali di sezione, fatte salve talune zone limitate del profilo; in corrispondenza di tali tronchi l'equazione del moto è sostituita dall'equazione dinamica in forma globale, che consente l'analisi delle condizioni di deflusso in presenza di bruschi restringimenti o allargamenti;
- il moto è monodimensionale, trascurandosi le componenti della velocità nelle direzioni ortogonali a quella di avanzamento della corrente;
- la pendenza longitudinale non sia troppo elevata;

I termini aventi come variabile il tempo (variazioni di altezza di acqua e velocità rispetto al tempo) non sono inclusi nell'equazione di conservazione dell'energia. Ciò comporta che il moto sia permanente ovvero che il profilo idrico sia stabile nel tempo.

La condizione di moto permanente con variazione graduale di sezione è necessaria perché sia soddisfatta l'ipotesi sulla distribuzione idrostatica delle pressioni lungo la verticale, sulla quale si basa l'equazione del moto. Laddove sussistano variazioni brusche di sezione il programma è in grado di modificare automaticamente l'algoritmo di calcolo ed utilizzare l'equazione della conservazione della quantità di moto in forma globale o altre equazioni di derivazione empirica.

La limitazione dell'ipotesi di corrente unidimensionale richiede che il carico energetico totale sia lo stesso per tutti i punti in una sezione trasversale; pertanto la velocità ha una sola componente nella direzione della corrente e la superficie dell'acqua è orizzontale per tutta la sezione trasversale.

L'ipotesi di pendenza moderata è fatta per poter considerare la pressione dell'acqua direttamente dipendente dalla profondità del pelo libero.

2.2 METODO DI CALCOLO

Il programma HEC-RAS è in grado di determinare numericamente il profilo idraulico, per condizioni di moto permanente con variazioni graduali di sezione, in alvei naturali o in canali.

La superficie idrica in ogni sezione è calcolata a partire dal valore del livello idrico in una sezione adiacente mediante una procedura iterativa, basata sulla integrazione alle differenze finite dell'equazione del moto, comunemente nota in letteratura come "standard step method".

L'equazione del moto monodimensionale a superficie libera, per sezione gradualmente variabili può essere scritta nella forma:

$$WS_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = WS_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e \quad (2-1)$$

con:

- WS_1, WS_2 = superficie idrica alla sezione
- V_1, V_2 = velocità media della corrente (Portata totale /Area della sezione bagnata)
- α_1, α_2 = coefficienti di ragguglio dell'altezza cinetica
- g = accelerazione di gravità
- h_e = perdita di carico totale

Nella figura seguente si mostra uno schema illustrativo della terminologia adottata.

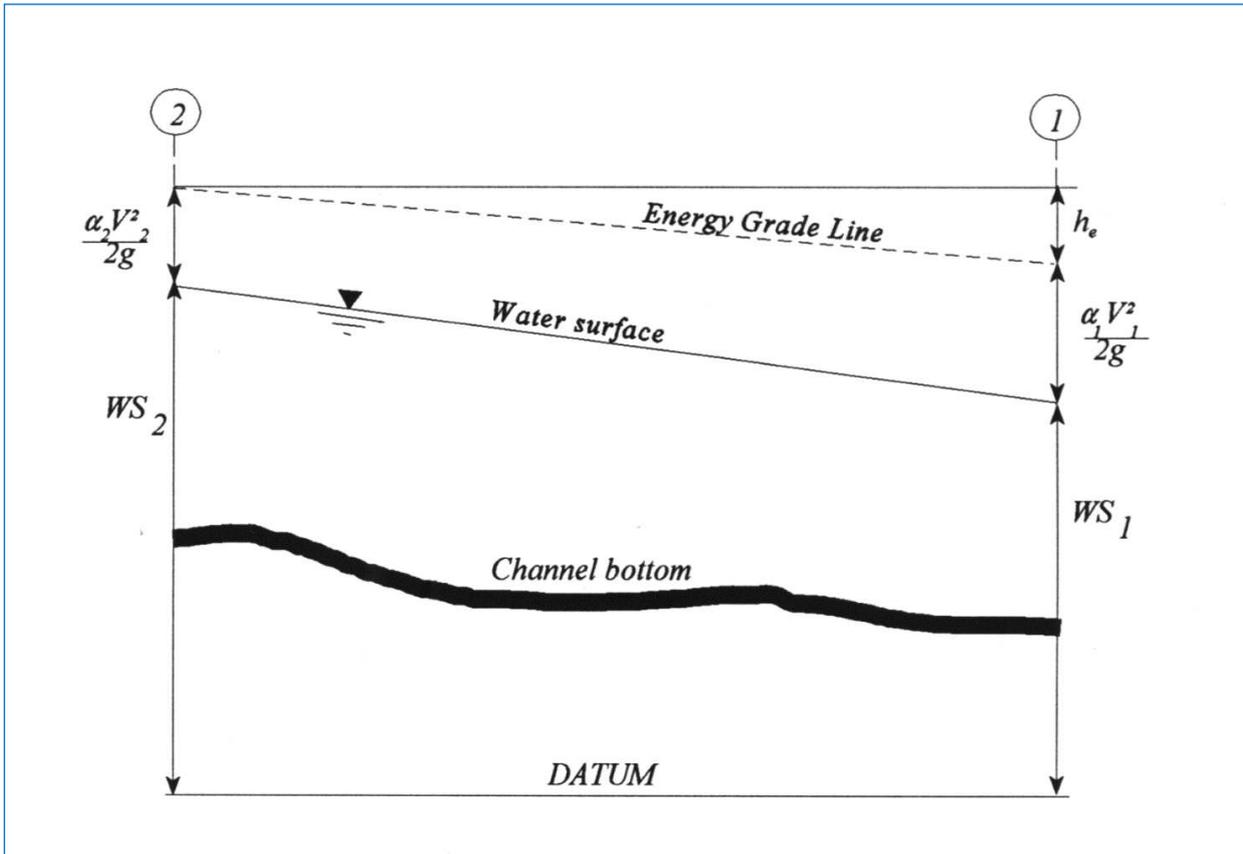


Figura 1-Rappresentazione schematica dei termini presenti nell'equazione del moto

La perdita di carico totale tra due sezioni adiacenti (h_e) comprende le perdite di carico ripartite per attrito al contorno e quelle per allargamenti o restringimenti della sezione.

L'equazione che specifica tali termini è la:

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

con:

- L = distanza idraulica tra le due sezioni
- S_f = perdita di carico ripartita media del tronco tra le due sezioni
- C = coefficienti per le perdite di carico concentrate

La distanza L tra le due sezioni è calcolata mediante la:

(2-3)

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

con:

- Llob , Lch , Lrob = distanza tra le golene sinistre, i canali principali e le golene destre
- \bar{Q}_{lob} , \bar{Q}_{ch} , \bar{Q}_{rob} = media aritmetica delle portate nel tronco compreso tra le due sezioni, suddivisa tra golena sinistra, canale principale e golena destra, rispettivamente.

2.2.1 DETERMINAZIONE DELLA SCABREZZA

Il coefficiente di scabrezza è stato determinato secondo le modalità indicate nella direttiva di attuazione dell'art. 15 delle Norme del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali sopra richiamata, così come indicato al punto 4.8.4 della medesima.

In base a tale metodologia si è determinato il coefficiente n di Manning pari a 0,030 m^{-1/3} s, determinato secondo la seguente relazione:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) m_5$$

dove, in funzione delle condizioni dell'alveo, i valori n_i ed m che compongono il valore di n, assumono i valori riportati nella tabella seguente

Condizioni dell'alveo		Valori	
Materiale costituente l'alveo	Terra	n_0	0.020
	Roccia		0.025
	Alluvione grossolana		0.028
	Alluvione fine		0.024
Irregolarità della superficie della sezione	Trascurabile	n_1	0.000
	Bassa		0.005
	Moderata		0.010
	Elevata		0.020
Variazione della forma e della dimensione della sezione trasversale	Graduale	n_2	0.000
	Variazione occasionalmente		0.005
	Variazione frequente		0.010-0.015
Effetto relativo di ostruzioni	Trascurabile	n_3	0.000
	Modesto		0.010-0.015
	Apprezzabile		0.020-0.030
	Elevato		0.040-0.060
Effetto della vegetazione	Basso	n_4	0.005-0.010
	Medio		0.010-0.025
	Alto		0.025-0.050
	Molto alto		0.050-0.100
Grado di sinuosità dell'alveo	Modesto	m_5	1.000
	Apprezzabile		1.150
	Elevato		1.300

dove l'effetto della vegetazione è stato tenuto in debita considerazione, stanti le spiccate caratteristiche di naturalità dell'alveo.

Considerando la sezione in terra o in scogliera intasata di terra ($n_0=0.020$), irregolarità della superficie della sezione trascurabile ($n_1=0.00$), variazione della forma e della dimensione della sezione trasversale graduale ($n_2=0.00$), effetto relativo ad ostruzioni trascurabile ($n_3=0.00$), effetto della vegetazione basso ($n_4=0.005$), grado di sinuosità dell'alveo apprezzabile ($m_5=1.15$), si ottiene il valore medio del coefficiente n di Manning pari a 0,030 m^{-1/3} s .

2.2.2 SUDDIVISIONE DELLA SEZIONE AGLI EFFETTI DEL CALCOLO DELLA PORTATA SPECIFICA

Il calcolo della portata specifica totale e dei coefficienti di ragguglio dell'altezza cinetica per una sezione, richiede una suddivisione della corrente in elementi in cui la velocità sia distribuita uniformemente.

L'approccio seguito da HEC-RAS consiste nel suddividere la corrente usando i punti di discontinuità introdotti per specificare la variazione del coefficiente di scabrezza sulla sezione (figura 2). La portata specifica è calcolata in ogni subsezione mediante la formula:

$$K = 1/n A R^{2/3} \quad (2-4)$$

con:

- K = portata specifica per la subsezione
- n = coefficiente di scabrezza di Manning per la subsezione
- A = area bagnata della subsezione
- R = raggio idraulico della subsezione (area / contorno bagnato)

La somma della portata specifica calcolata per ogni subsezione fornisce la portata specifica totale della sezione.

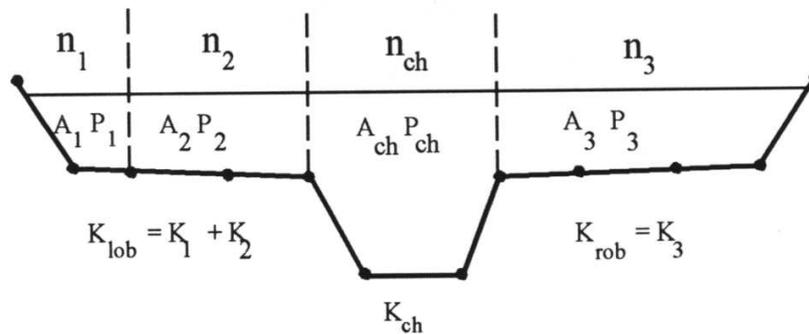


Figura 2 - Metodologia di calcolo utilizzata per default da HEC-RAS

2.2.3 IL COEFFICIENTE DI RAGGUGLIO DELL'ENERGIA CINETICA α

Il coefficiente di ragguglio dell'energia cinetica è calcolato sulla base della suddivisione della portata specifica in tre subsezioni, golena sinistra, canale principale e golena destra. E' determinato per il tramite della equazione:

$$\alpha = \frac{(A_t)^2 \left[\frac{(K_{lob})^3}{(A_{lob})^2} + \frac{(K_{ch})^3}{(A_{subch})^2} + \frac{(K_{rob})^3}{(A_{rob})^2} \right]}{(K_t)^3} \quad \text{con:} \quad (2-6)$$

- At = area bagnata totale della sezione
- Alob, Ach, Arob = area bagnata rispettivamente della golena sinistra, del canale principale e della golena destra
- Kt=portata specifica totale
- Klob, Kch, Krob= portata specifica totale rispettivamente della golena sinistra, del canale principale e della golena destra

2.2.4 CALCOLO DELLE PERDITE DI CARICO RIPARTITE

Le perdite di carico ripartite sono calcolate in HEC-RAS come prodotto di S_f ed L (2-2), dove S_f è la pendenza della curva dei carichi totali media per il tronco ed L è definito dall'equazione 2-3. La pendenza motrice (pendenza della curva dei carichi totali) è calcolata ad ogni sezione mediante la formula di Manning:

$$S_f = \left(\frac{Q}{K} \right)^2 \quad (2-7)$$

Alcune espressioni alternative possono essere utilizzate in HEC-RAS:

Average Conveyance Equation

$$\bar{S}_f = \left(\frac{Q_1 + Q_2}{K_1 + K_2} \right)^2 \quad (2-8)$$

Average Friction Slope Equation

$$\bar{S}_f = \frac{S_{f1} + S_{f2}}{2} \quad (2-9)$$

Geometric Mean Friction Slope Equation

$$\bar{S}_f = \sqrt{S_{f1} \cdot S_{f2}} \quad (2-10)$$

Harmonic Mean Friction Slope Equation

$$\bar{S}_f = \frac{2 S_{f1} \cdot S_{f2}}{S_{f1} + S_{f2}} \quad (2-11)$$

L'equazione (2-8) è quella utilizzata dal programma per default, per quanto sia possibile adottare automaticamente la formula che meglio si adatta a ciascun tipo di profilo (corrente lenta o veloce, ritardato o accelerato)

2.2.5 CALCOLO DELLE PERDITE DI CARICO PER ESPANSIONE O CONTRAZIONE

Le perdite di carico per contrazione ed espansione sono calcolate da HEC-RAS per mezzo dell'equazione:

$$h_o = C \left| \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} - \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} \right| \quad (2-12)$$

con: C = coefficiente di contrazione o espansione

Il programma ipotizza che una contrazione ha luogo ogni qualvolta l'altezza cinetica di valle è maggiore dell'altezza cinetica di monte. Analogamente nel caso in cui l'altezza cinetica di monte è maggiore dell'altezza cinetica di valle il programma assume la presenza di una espansione della corrente.

2.2.6 METODOLOGIA DI CALCOLO

L'altezza idrica incognita, alla sezione di calcolo, è determinata mediante un procedimento iterativo basato sulle equazioni (2-1) e (2-2). La procedura è la seguente:

- 1) Si assume un valore di tentativo per il livello idrico sulla sezione di monte (o di valle) nel caso in cui si ipotizzi una corrente di tipo veloce (o lenta).
- 2) Si calcola il valore della portata specifica totale e l'altezza cinetica per il livello di tentativo.
- 3) In base ai valori calcolati al passo 2 si calcola S_f e si risolve l'equazione 2-2 per il valore di h_e .
- 4) Con i valori calcolati ai passi 2 e 3, si calcola WS_2 mediante la (2-1).
- 5) Si confronta il valore calcolato di WS_2 con quello di tentativo del passo 1.

Si ripetono i passi dall'1 al 5 fino a che i due valori non differiscono per meno di .003 m, o il differente valore specificato dall'utente.

I valori iniziali presi in considerazione riguardano le condizioni di moto uniforme, rispettivamente per i vari tempi di ritorno, in una sezione di valle sufficientemente lontana dai ponti oggetto di verifica, così da non influenzare i risultati del modello.

3 RISULTATI DELLE SIMULAZIONI EFFETTUATE

Si è quindi giunti all'ottenimento dei risultati di interesse, che si configurano prioritariamente come le quote idriche assolute (m s.l.m.) corrispondenti ai tiranti di piena del colatore Brembiolo per tempi di ritorno $T_r = 50, 100$ e 200 anni nelle tre sezioni di interferenza con la nuova infrastruttura viabilistica (vedasi i profili idrici delle correnti e relative sezioni alle tavole dalla T00ID01IDRPF01 alla T00ID01IDRPF09).

La luce libera dei ponti, fra le spalle, è di 40.00m, ai sensi del D.M. 14/01/2008.

In particolare sono vincolanti per la geometria dei manufatti idraulici di attraversamento i dati idrometrici relativi alla simulazione condotta per tempi di ritorno $T_r = 200$ anni. Sommando alle quote idrometriche ottenute in tale simulazione, il franco di sicurezza di almeno 1.50m, conformemente a quanto prescritto dalla normativa vigente in materia, di cui alle NTA del PAI della Autorità di Bacino del Po, si ottengono le quote altimetriche minime degli intradossi delle strutture di attraversamento.

Tra i risultati di tali simulazioni (che sono integralmente riportati nell'appendice allegata alla presente relazione) quelli di diretto interesse progettuale, come visto, sono rappresentati dalle quote idrometriche di deflusso in corrispondenza degli attraversamenti, che fungono da riferimento, con opportuno franco di sicurezza, per gli impalcati ivi previsti (vedasi tabella seguente).

Vanno altresì considerate le quote spondali locali (corrispondenti in generale ai piani campagna limitrofi) rispetto alle quali la quota di intradosso degli attraversamenti non deve essere inferiore.

VIADOTTO B1

Geometria viadotto	Info idrauliche
Quota estradosso: 68.17 [m slm]	Portata idrica: 25.50 [m ³ /s]
Quota intradosso: 65.37 [m slm]	Quota idrica: 62.01 [m slm]
Altezza impalcato: 2.80 [m]	Franco: 3.36 [m]

VIADOTTO B4

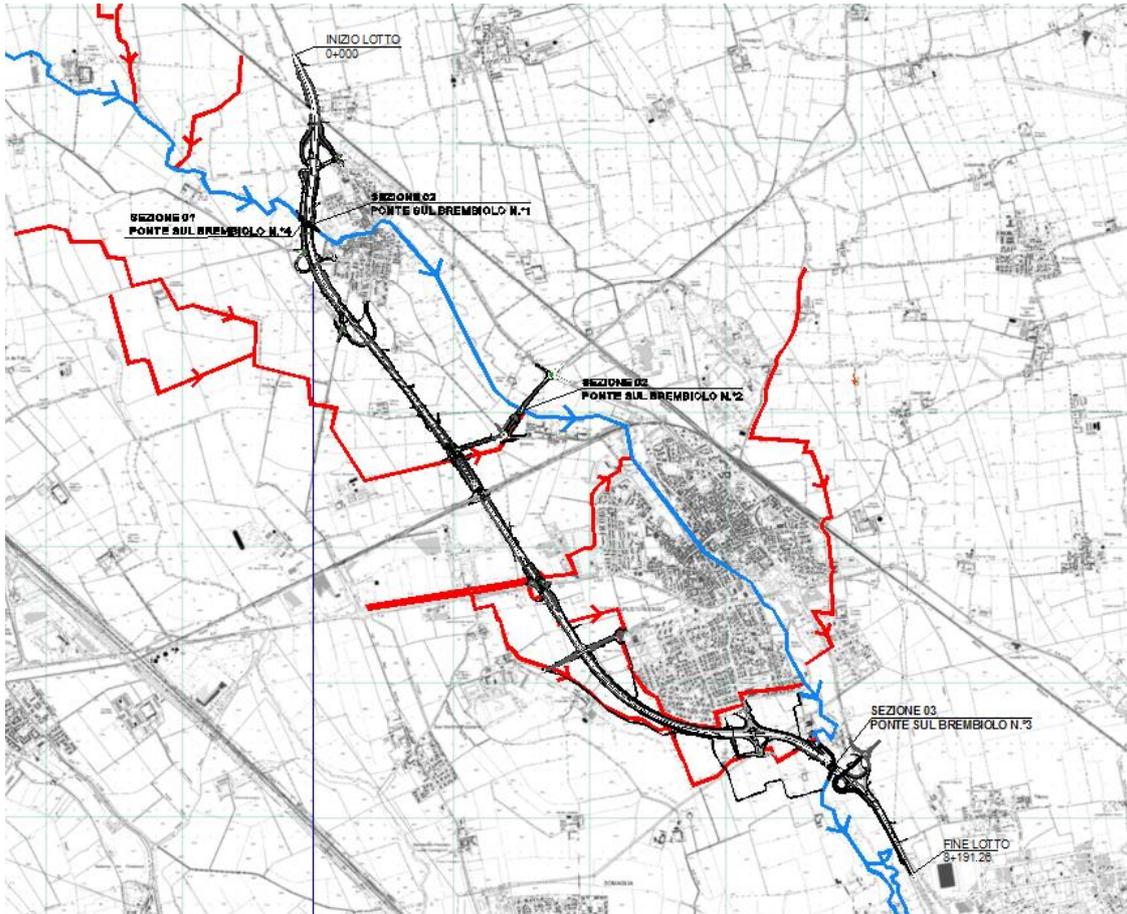
Geometria viadotto	Info idrauliche
Quota estradosso: 66.85 [m slm]	Portata idrica: 25.50 [m ³ /s]
Quota intradosso: 64.35 [m slm]	Quota idrica: 62.03 [m slm]
Altezza impalcato: 2.50 [m]	Franco: 2.32 [m]

VIADOTTO B2

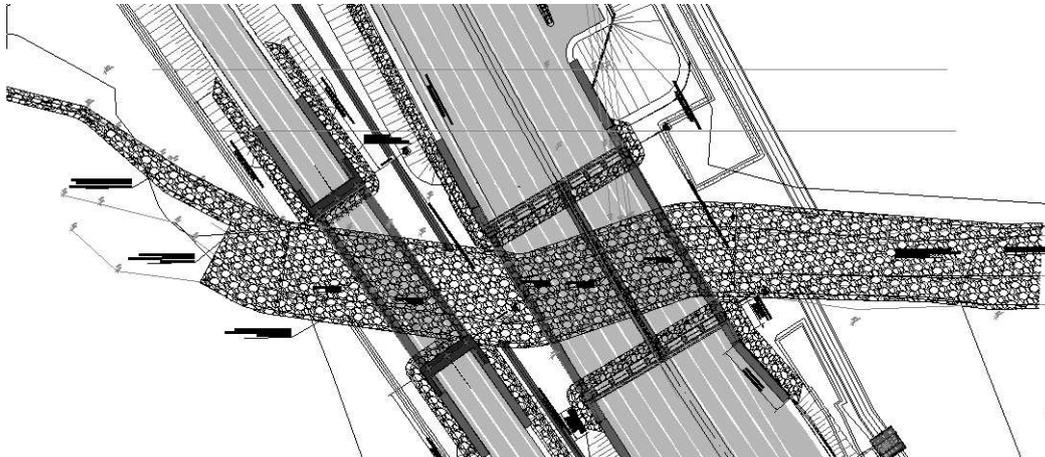
Geometria viadotto	Info idrauliche
Quota estradosso: 66.07 [m slm]	Portata idrica: 32.50 [m ³ /s]
Quota intradosso: 63.66 [m slm]	Quota idrica: 60.60 [m slm]
Altezza impalcato: 2.41 [m]	Franco: 3.06 [m]

VIADOTTO B3

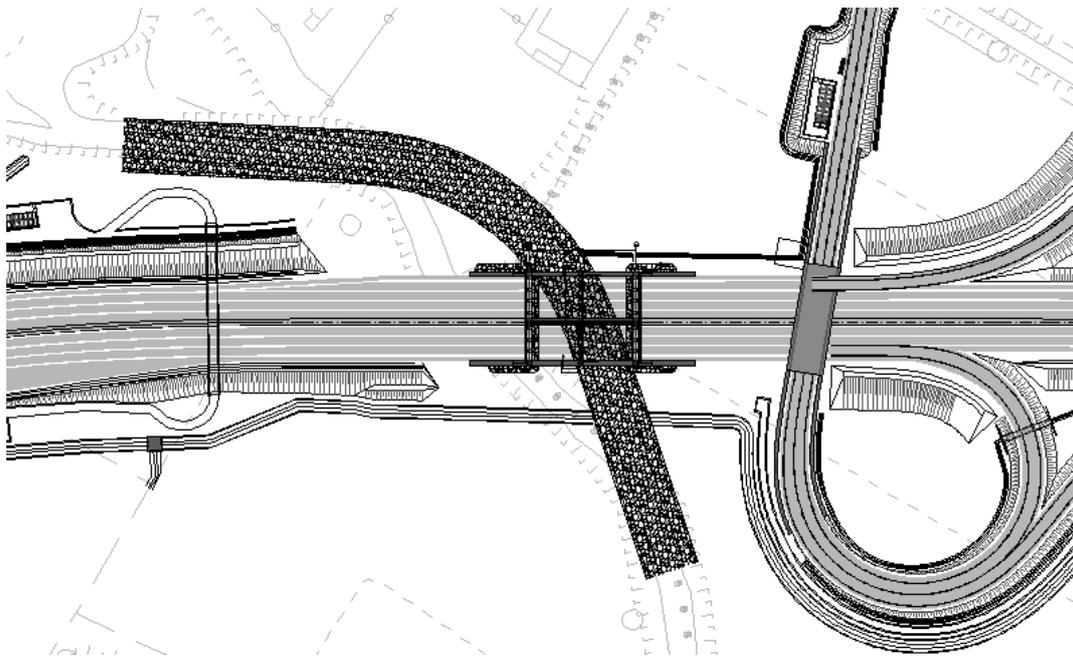
Geometria viadotto	Info idrauliche
Quota estradosso: 58.72 [m slm]	Portata idrica: 53.50 [m ³ /s]
Quota intradosso: 55.92 [m slm]	Quota idrica: 53.98 [m slm]
Altezza impalcato: 2.80 [m]	Franco: 1.94 [m]



Si fa inoltre presente che, a cavallo degli attraversamenti n. 1 e 4 per uno sviluppo di circa 150m

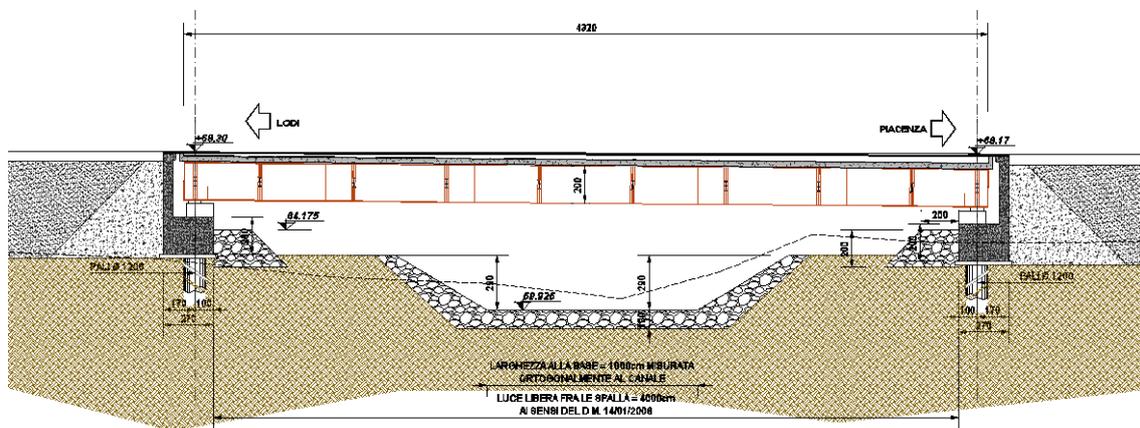


e l'attraversamento 3 per uno sviluppo di circa 300m,



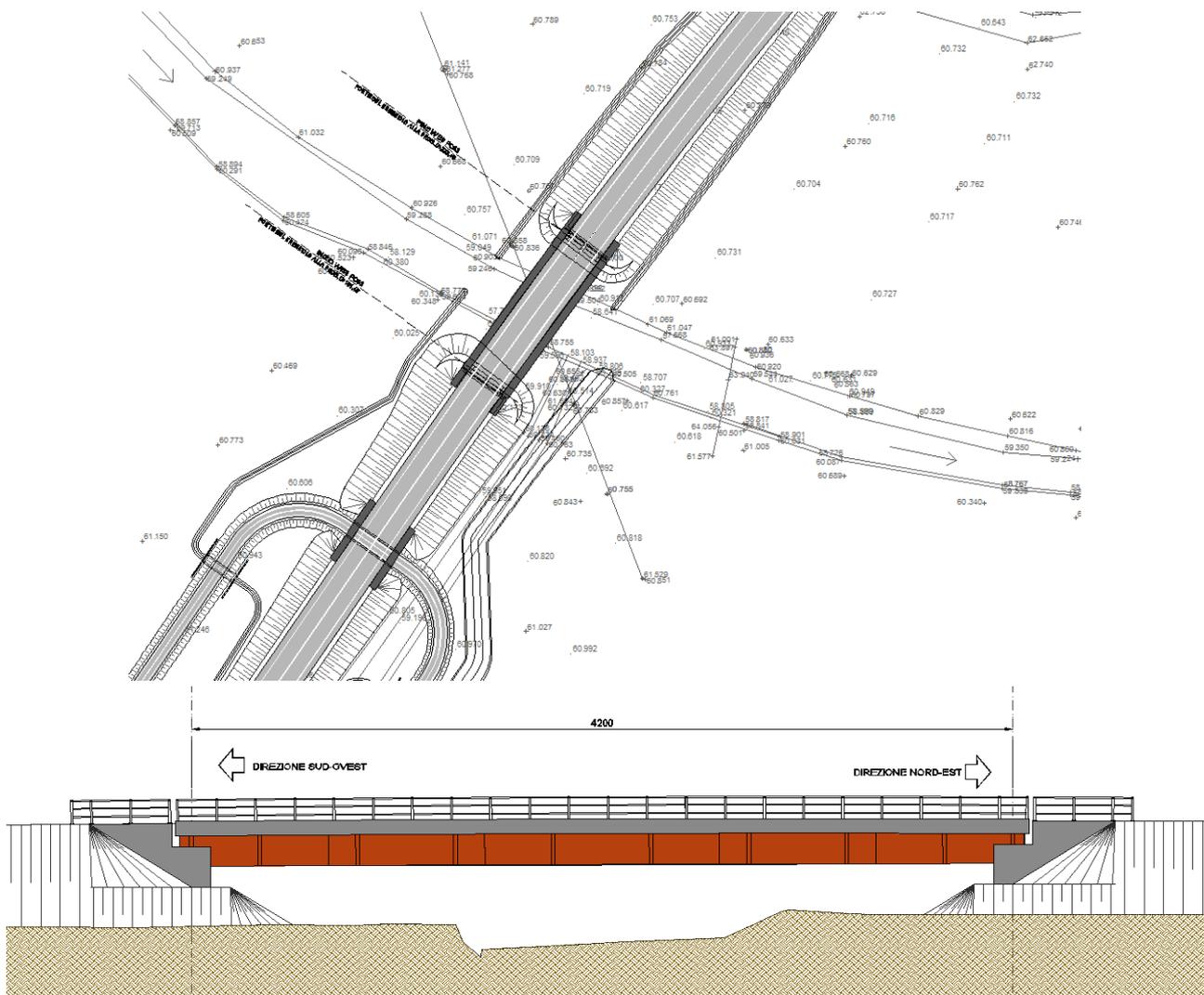
l'alveo è stato regolarizzato con una sezione trapezia, di base 10.00m, altezza 2.90m, scarpa delle sponde 3/2, e protetto con un rivestimento di scogliera, realizzata con massi a pezzatura variabile (peso compreso tra i 150 e i 300kg), intasata con malta di cemento, posata su un telo di geotessuto anticontaminante in tessuto non tessuto (grammatura minima 400 gr/mq), secondo o schema seguente.

Tale regolarizzazione è stata tenuta in conto anche nella schematizzazione geometrica della modellazione idraulica.



La scogliera si estende quindi all'intorno delle spalle, a protezione di eventuali erosioni della corrente.

Per quanto attiene l'Attraversamento n. 2, considerato che l'andamento dell'alveo è rettilineo in corrispondenza del ponte, non si è ritenuto necessario rivestire l'alveo, ma unicamente proteggere il piede delle spalle, dove per le portate duecentennali risulta una esondazione di circa 0.50m rispetto all'attuale piano di campagna.



Infine, come si evince dai tabulati di seguito allegati, la velocità della corrente è sempre stimata in circa 1.00 m/sec, e quindi non si ha timore che si possano innescare fenomeni erosivi, anche in considerazione del rivestimento in scogliera di pietrame intasata con malta di cemento.

Sotto il profilo idraulico, l'alveo del colatore, in più punti, non è idoneo al contenimento della portata di piena con tempo di ritorno pari a 200 anni $Q_{Tr=200}$, condizione per altro sperimentata, come detto, in recenti eventi di piena del corso d'acqua (alluvione ottobre 2002). Tale occorrenza è svincolata dall'individuazione idrometrica della corrente nei punti di interesse, in quanto conformemente alle prescrizioni tecniche di cui alle NTA sopra citate, l'analisi idraulica viene condotta indipendentemente dall'idoneità o meno dell'alveo del colatore al vettoriamento della portata di riferimento.

Nel particolare:

- Attraversamento n. 4 e 1: la portata duecentennale è contenuta in alveo ed i franchi idraulici risultano rispettivamente pari a 3.36m e 2.32m;
- Attraversamento n. 2: interessa la S.P. 22; la portata duecentennale non è contenuta in alveo ed il franco idraulico risulta pari a 3.06m;
- Attraversamento n. 3: la portata duecentennale è contenuta in alveo ed il franco idraulico risulta pari a 1.94m.

4 CONFRONTO TRA LE SIMULAZIONI ANTE E POST OPERAM

Eseguita la simulazione nello stato attuale dell'alveo, come già descritto, è stata eseguita la medesima terna di simulazioni (per Tr di 50, 100 e 200 anni) in presenza delle opere in progetto per ciascun attraversamento. Lo scopo è stato quello di conoscere l'effetto di ingombro dei tre ponti sul profilo di corrente in moto permanente del Colatore Brembiolo ed eventualmente di correggere le quote minime di riferimento in virtù dei risultati ottenuti.

Di fatto, come si può verificare dalle quote idrometriche riportate nelle tavole sintetiche di confronto che seguono, per i tre attraversamenti Brembiolo 1, 2 e 3 in presenza delle opere di attraversamento si hanno variazioni idrometriche di scarsa rilevanza.

Ciò avviene per il tempo di ritorno di riferimento $Tr = 50, 100$ e 200 anni.

Nelle 9 tavole che seguono (tre attraversamenti Brembiolo 1, 2 e 3 per tre tempi di ritorno $Tr = 50, 100$ e 200 anni) sono riportate tutte le simulazioni effettuate per ciascuna delle due sezioni trasversali ubicate in corrispondenza degli attraversamenti.

Dall'esame dei diversi scenari si evince che l'inserimento degli attraversamenti non modifica il regime idraulico del Colatore Brembiolo, che prevede il contenimento in alveo delle portate di piena duecentennali per i ponti n. 1,3,4 e prevede esondazioni (limitate a 50cm) per il ponte n. 2.

5 VERIFICA DI STABILITA' DELLA SCOGLIERA

Il regime idraulico del Colatore Brembiolo, associato alla conformazione dell'alveo, potrebbe esporre il tratto di sponda a continui fenomeni erosivi che causerebbero il progressivo arretramento della linea di sponda in prossimità degli attraversamenti stradali. Per contrastare il fenomeno verrà realizzata una difesa spondale con rivestimento in scogliera, realizzata da massi a pezzatura variabile (peso compreso tra i 150 e i 300kg).

I principali fenomeni responsabili delle inefficienze delle opere di difesa longitudinale sono l'erosione degli elementi della scogliera e del materiale di fondazione. Considerando che la fondazione non è scalzata gli interventi di riparazione sono limitati al paramento. Pertanto di seguito verrà eseguita la verifica del dimensionamento dei massi da impiegare nelle operazioni di ricostruzione, considerando che l'erosione degli elementi della scogliera può essere limitata e contrastata tramite la scelta di un'opportuna pezzatura dei massi oltre alla pendenza con la quale essi vengono posati.

L'analisi della stabilità del materiale utilizzato per le opere di difesa idraulica previste in condizioni di progetto è svolta secondo la seguente procedura:

- definizione dei parametri idraulici di interesse;
- caratterizzazione del materiale e verifica della sua stabilità nella situazione di progetto.

5.1 CONDIZIONI DI MOTO INCIPIENTE

Differenti formule di calcolo sono disponibili in letteratura per la valutazione della stabilità di materiali di assegnata granulometria soggetti all'azione di trascinamento della corrente.

Questi procedimenti si basano sulla determinazione dei valori critici (in generale desunti da dati sperimentali) delle velocità o delle tensioni tangenziali (intesi come valori che corrispondono alle condizioni di moto incipiente per il materiale considerato) e sul confronto con i valori reali di tali grandezze.

Le formule che si basano sul concetto di velocità critica, sebbene molto usate in passato, presentano evidenti limiti di applicabilità: infatti, non essendo generalmente disponibili informazioni

sulla distribuzione delle velocità nelle sezioni d'alveo, si utilizza nei calcoli il valore della velocità media per il confronto con il valore di velocità critica, che porta ad una sovrastima della velocità allo strato limite, specialmente per alvei che hanno elevata scabrezza e che quindi non presentano certo uno strato limite laminare.

Per questo motivo appare preferibile l'utilizzo di formule basate sul confronto delle tensioni di trascinamento.

Tale criterio si basa sulla definizione dello sforzo tangenziale esercitato dalla corrente sul materiale costituente il letto fluviale, secondo la formula:

$$\tau_0 = \gamma \cdot R \cdot i \text{ (Kg/m}^2\text{)}$$

dove γ (Kg/m³) è il peso specifico dell'acqua, R (m) è il raggio idraulico della sezione e i (m/m) la pendenza di fondo.

La condizione di stabilità del fondo risulta quando $\tau_{cr} \geq \tau_0$ ovvero quando la tensione tangenziale critica è maggiore o uguale a quella di moto incipiente esercitata dalla corrente.

La seguente analisi di stabilità è riferita alla teoria della tensione tangenziale critica (Shields - 1936 - la cui formula base è stata ricavata da esperimenti su letti a granulometria uniforme di forte scabrezza), attraverso la valutazione della forza che determina il moto incipiente dei granuli, esprimibile in termini generali con la seguente relazione che esprime una condizione di equilibrio:

$$\frac{\tau_{cr}}{(\gamma_s - \gamma) \cdot D_m} = C$$

con:

- τ_{cr} = tensione tangenziale critica (kg/m²);
- γ_s = peso specifico materiale d'alveo (kg/m³);
- γ = peso specifico dell'acqua (kg/m³);
- D_m = diametro medio del masso (m);
- C = coefficiente di Shields.

Per la traduzione della condizione di equilibrio suddetta in termini empirici e ingegneristici sono state proposte varie formulazioni, derivanti da osservazioni sperimentali, ciascuna caratterizzata da limiti e campi di applicabilità specifici che ne condizionano l'utilizzo alla preventiva definizione della tipologia dei substrati naturali o artificiali e del comportamento idraulico dell'alveo.

In particolare alcuni autori hanno individuato valori empirici specifici del parametro di Shields:

- $C = 0.047$ nella espressione di Meyer - Peter, che considera nullo il termine relativo al trasporto solido;
- $C = 0.058 - 0.060$ nella espressione originale di Shields per $Re^* > 400$;
- $C = 0.116$ nella espressione di Kalinske, che considera un fattore di compattezza del materiale rappresentante l'effetto di mutuo incastro delle particelle.

Per le verifiche di stabilità dei massi costituenti l'opera in progetto verrà fatto riferimento, nel caso specifico, all'espressione di Shields nella formulazione di Meyer - Peter.

Per le verifiche di stabilità del paramento inclinato, la condizione di moto incipiente va espressa considerando le componenti attive del peso e della spinta idrodinamica in relazione alla pendenza (α) della sponda rispetto all'orizzontale.

La tensione tangenziale di trascinamento esercitata sul fondo dalla vena d'acqua nella situazione critica di inizio movimento vale dunque:

$$\tau_{cr} = C \cdot (\gamma_s - \gamma) \cdot D_m$$

Il fondo risulta stabile se è verificata la disuguaglianza:

$$\tau_0 < \tau_{cr}$$

e le sponde se:

$$\tau_{0S} < \tau_{cr}$$

È di uso corrente valutare la stabilità del rivestimento facendo riferimento alla velocità (velocità media della corrente nella sezione in esame).

Mentre la tensione tangenziale è da sola sufficiente a definire la condizione di stabilità, la velocità critica, per un dato rivestimento, dipende anche dalla profondità della vena d'acqua y . Infatti la velocità e la profondità sono legate fra loro e con la tensione tangenziale dalla

$$\tau_0 = \gamma \cdot n^2 \cdot \frac{v^2}{R^{1/3}} = \gamma \cdot y \cdot i$$

dove:

- τ_0 = tensione tangenziale che viene esercitata sulle pareti (kg/m^2);
- γ = peso specifico dell'acqua (kg/m^3);
- n = coefficiente di Manning ($s/m^{1/3}$);
- v = velocità media dell'acqua (m/s);
- i = pendenza del fondo alveo (m/m);
- R = raggio idraulico della sezione idraulica (m).

La velocità limite per cui non si ha movimento di fondo è:

$$v = \sqrt{\frac{\tau_0 \cdot R^{1/3}}{\gamma \cdot n^2}}$$

La verifica è stata condotta in tutti gli attraversamenti stradali ove prevista la protezione dell'alveo con la scogliera.

Di seguito si descrivono i calcoli eseguiti per la verifica dell'opera in progetto, per la quale si sono adottati i valori relativi alla sezione tipologica per la piena Q_{TR200} con la configurazione di progetto.

5.1.1 CALCOLO DELLE CONDIZIONI CRITICHE DI MOTO INCIPIENTE

Brembiolo 1			
Portata massima nella sezione	$Q_{(Tr200)}$	(m^3/s)	25,50
Raggio idraulico	R	(m)	0,79
Coefficiente di Manning	n	$(s/m^{1/3})$	0,03
Peso specifico acqua	γ	(kg/m^3)	1000
Peso specifico masso naturale	γ_s	(kg/m^3)	2600
Profondità della vena d'acqua	y	(m)	2,07
Pendenza alveo	i	(m/m)	0,009
Dimensione minima dei massi	l	(m)	0,30
Volume medio dei massi	V_{medio}	(m^3)	0,05
Diametro medio dei massi	D_{medio}	(m)	0,40
Coefficiente di Shields	C	<i>adim.</i>	0,047
Tensione tangenziale critica di trascinamento	τ_{cr}	(kg/m^2)	30,08
Tensione tangenziale esercitata sul fondo	τ_0	(kg/m^2)	18,63
Tensione tangenziale esercitata sulle sponde	τ_{0s}	(kg/m^2)	13,97
Verifica tensione sul fondo	$\tau_0 < \tau_{cr}$		verificato
Verifica tensione sulle sponde	$\tau_{0s} < \tau_{cr}$		verificato
Velocità limite	v	(m/s)	3,79
Velocità sezione	$V_{(Tr200)}$	(m/s)	0,94
Verifica velocità	$V_{(Tr200)} < v$		verificato
Pezzatura minima del masso	P	(Kg)	133
Brembiolo 4			
Portata massima nella sezione	$Q_{(Tr200)}$	(m^3/s)	25,50
Raggio idraulico	R	(m)	0,8
Coefficiente di Manning	n	$(s/m^{1/3})$	0,03
Peso specifico acqua	γ	(kg/m^3)	1000
Peso specifico masso naturale	γ_s	(kg/m^3)	2600
Profondità della vena d'acqua	y	(m)	2,04
Pendenza alveo	i	(m/m)	0,009
Dimensione minima dei massi	l	(m)	0,30
Volume medio dei massi	V_m	(m^3)	0,05
Diametro medio dei massi	D_m	(m)	0,40
Coefficiente di Shields	C	<i>adim.</i>	0,047
Tensione tangenziale critica di trascinamento	τ_{cr}	(kg/m^2)	30,08
Tensione tangenziale esercitata sul fondo	τ_0	(kg/m^2)	18,36
Tensione tangenziale esercitata sulle sponde	τ_{0s}	(kg/m^2)	13,77
Verifica tensione sul fondo	$\tau_0 < \tau_{cr}$		verificato
Verifica tensione sulle sponde	$\tau_{0s} < \tau_{cr}$		verificato
Velocità limite	v	(m/s)	3,77
Velocità sezione	$V_{(Tr200)}$	(m/s)	0,94
Verifica velocità	$V_{(Tr200)} < v$		verificato
Pezzatura minima del masso	P	(Kg)	133

Brembiolo 3			
Portata massima nella sezione	$Q_{(Tr200)}$	(m^3/s)	25,50
Raggio idraulico	R	(m)	0,99
Coefficiente di Manning	n	$(s/m^{1/3})$	0,03
Peso specifico acqua	γ	(kg/m^3)	1000
Peso specifico masso naturale	γ_s	(kg/m^3)	2600
Profondità della vena d'acqua	y	(m)	2,67
Pendenza alveo	i	(m/m)	0,009
Dimensione minima dei massi	l	(m)	0,30
Volume medio dei massi	V_{medio}	(m^3)	0,05
Diametro medio dei massi	D_{medio}	(m)	0,40
Coefficiente di Shields	C	<i>adim.</i>	0,047
Tensione tangenziale critica di trascinamento	τ_{cr}	(kg/m^2)	30,08
Tensione tangenziale esercitata sul fondo	τ_0	(kg/m^2)	24,03
Tensione tangenziale esercitata sulle sponde	τ_{0s}	(kg/m^2)	18,02
Verifica tensione sul fondo	$\tau_0 < \tau_{cr}$		verificato
Verifica tensione sulle sponde	$\tau_{0s} < \tau_{cr}$		verificato
Velocità limite	v	(m/s)	4,47
Velocità sezione	$V_{(Tr200)}$	(m/s)	0,94
Verifica velocità	$V_{(Tr200)} < v$		verificato
Pezatura minima del masso	P	(Kg)	133

5.2 EVOLUZIONE DELL'ALVEO

Le considerazioni sulla tendenza all'erosione ed all'accumulo del Colatore Brembiolo prendono spunto dalla compatibilità idraulica citata nella NTC D.M.2008 al paragrafo 5.1.2.4, che tratta i criteri generali per la progettazione ed esecuzione di ponti stradali.

Considerando che l'area d'intervento è situata in un territorio pianeggiante caratterizzato da un suolo prevalentemente agricolo, ci si aspetta che la morfologia dell'alveo abbia assunto una configurazione stabile.

Tali considerazioni sono giustificate dal fatto che il Colatore Brembiolo, in prossimità degli attraversamenti, presenta pendenze longitudinali prossime all'1% e velocità dell'ordine del metro al secondo, per portate duecentennali, con tiranti prossimi al "colmo" della sezione, e quindi del tutto modeste per innescare fenomeni di erosione localizzata in corrispondenza delle spalle del viadotto. Inoltre, tali attraversamenti oltre a rispettare i criteri base della NTC, quali franco idraulico e luce minima, sono stati regolarizzati e protetti con scogliera in pietrame legata da una malta idraulica, come descritto nel capitolo precedente.

Tutto ciò premesso, si esclude la possibilità che l'alveo, oramai confinato anche dalla presenza del rilevato stradale, possa "divagare" nella pianura, già organizzata in modo stabile dalla presenza della attività agricole, e che lo stesso alveo possa erodere le fondazioni delle spalle, poste a distanza di 40m, lontane dall'alveo attivo ed a loro volta protette da scogliere.

6 ASPETTI MANUTENTIVI

Il progetto esecutivo ha posto grande attenzione agli aspetti manutentivi.

I ponti sul Brembiolo prevedono:

- Luce maggiorata a 40.00m, il che consente la realizzazione di due banchine laterali per l'operatività dei mezzi d'opera, ancorché limitata dall'altezza dei franchi rispetto all'intradosso dei ponti;
- Rivestimento della sezione dell'alveo con scogliera di pietrame intasata di malta, così da mantenere nel tempo la forma dell'alveo, ridurre la crescita di vegetazione nel tratto, garantire i coefficienti di scabrezza nel tempo, in sintesi di ridurre le attività manutentorie nel tratto.

7 CANTIERIZZAZIONE

Il progetto esecutivo ha prevede la costruzione dei ponti secondo la seguente fasistica:

- Preparazione delle piste di cantiere e pulizia delle aree;
- Esecuzione dei pali di fondazione;
- Carpenteria, armatura e getto di cls per la zattera di fondazione;
- Carpenteria, armatura e getto di cls per le opere in elevazione della spalla;
- Esecuzione del rivestimento dell'alveo con scogliera di pietrame;
- Assemblaggio a terra, nell'area dei rilevati stradali, della carpenteria metallica del ponte;
- Varo della carpenteria metallica a mezzo di apposite gru;
- Posa di predalles, armatura e getto della soletta dell'impalcato;
- Getto di seconda fase dei ringrossi dei marciapiedi;
- Installazione di barriere di sicurezza;
- Prova di carico della struttura;
- Pavimentazione stradale, segnaletica.

La durata presunta per la realizzazione di ogni singolo ponte è di circa 200 giorni naturali e consecutivi. Ovviamente le singole attività saranno

Per come descritte, anche se in modo sintetico, le singole fasi costruttive della struttura del ponte non interferiscono in alcun modo con il regolare deflusso delle acque del Colatore, svolgendosi tutte le attività al di fuori dell'alveo.

L'unica interferenza riguarda la regolarizzazione delle sponde dell'alveo e la protezione con scogliera di pietrame intasata

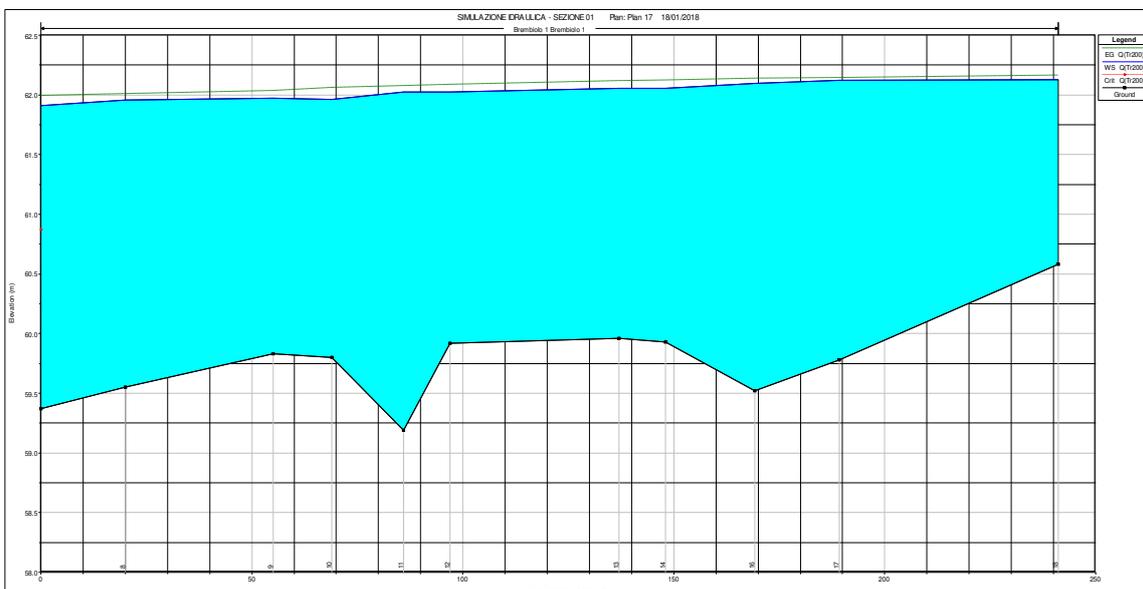
La sequenza temporale prevede:

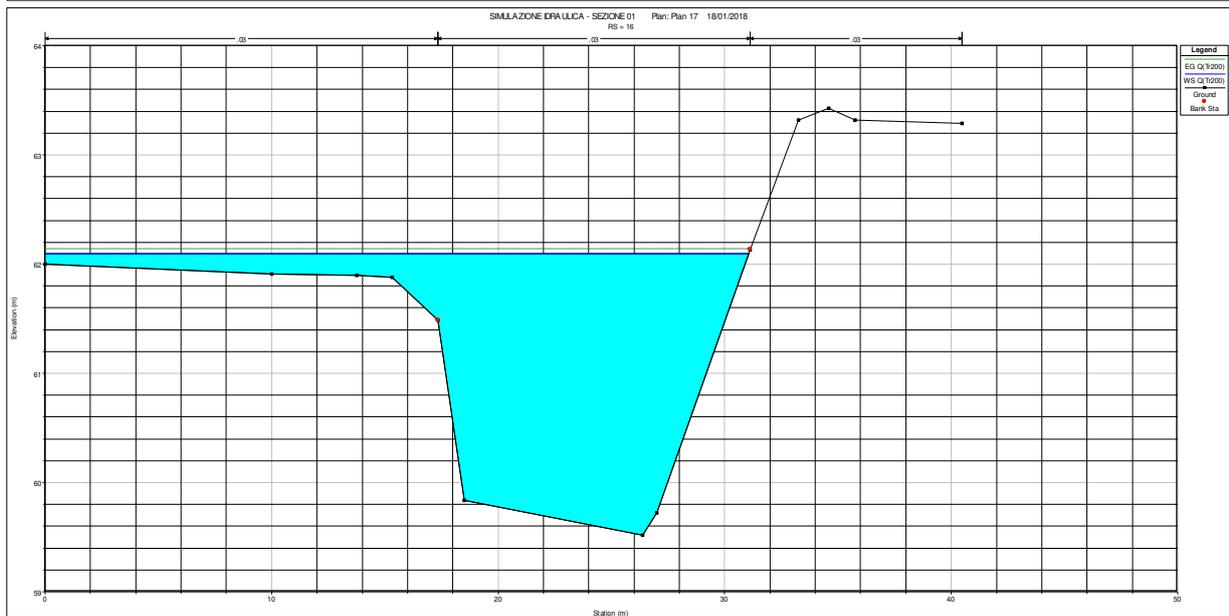
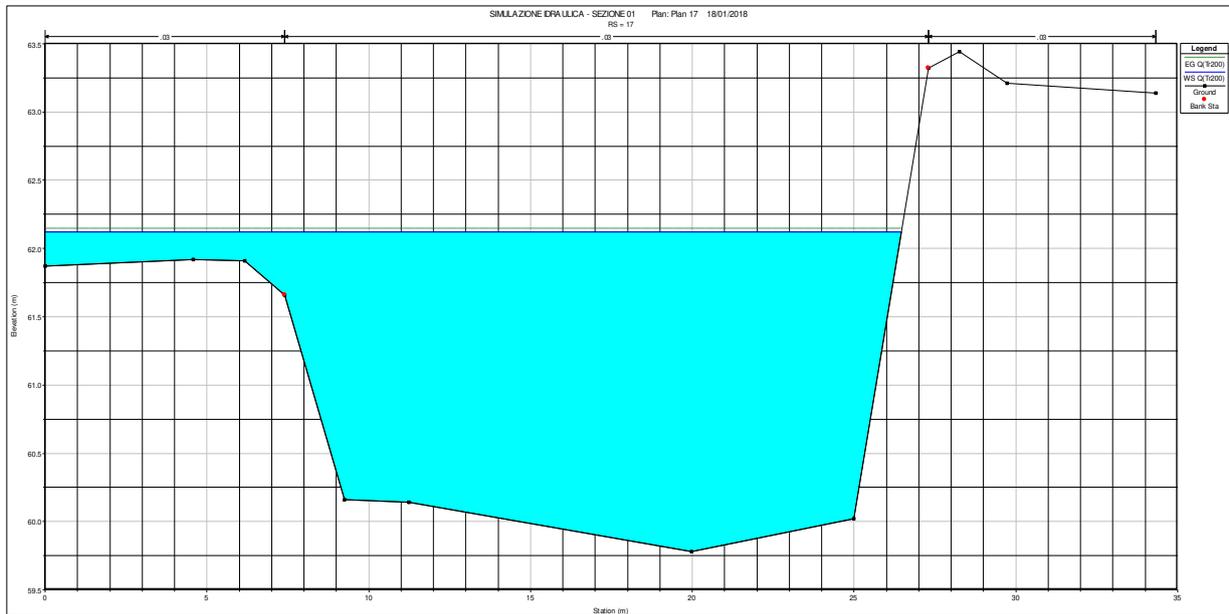
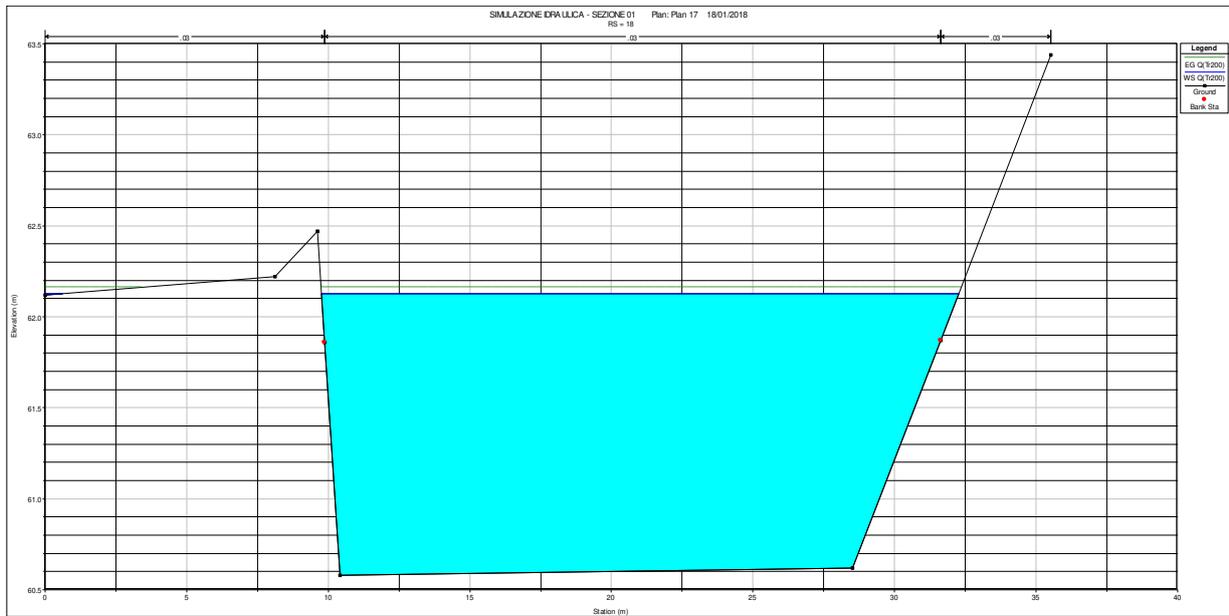
- Ponte n. 2 – S.P. 22 – durata 200gg – dal 24° mese al 30° mese;
- Ponte n. 4 – pr. 0+450 – durata 180gg – dal 29° mese al 35° mese;
- Ponte n. 1 – pr. 1+270 – durata 200gg – dal 39° mese al 45° mese;
- Ponte n. 3 – pr. 7+150 – durata 200gg – dal 50° mese al 56° mese.

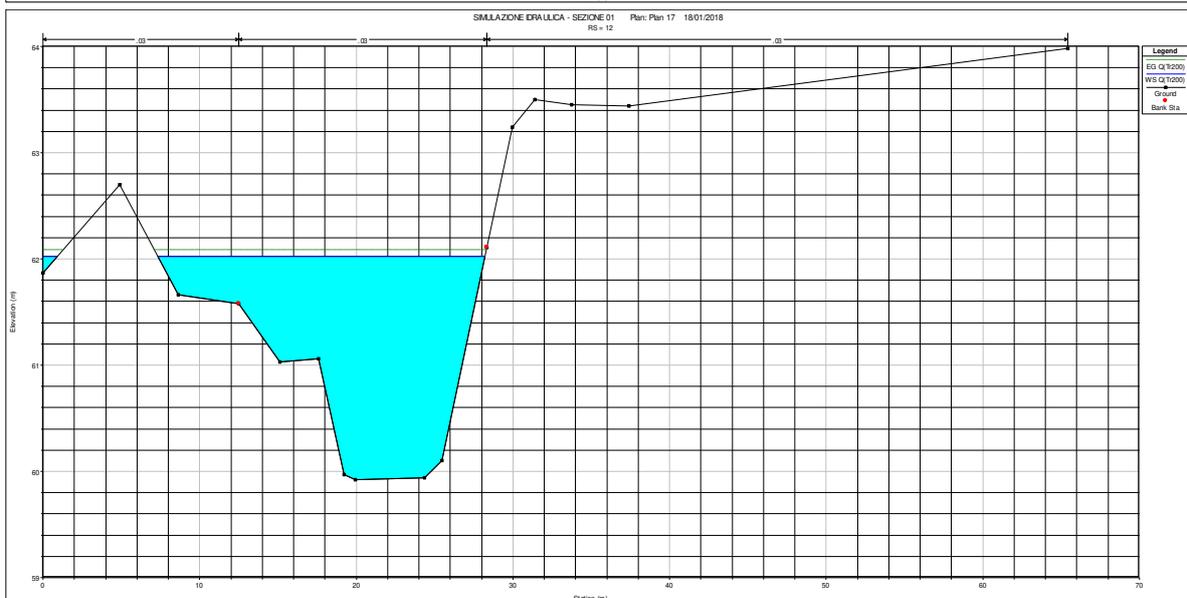
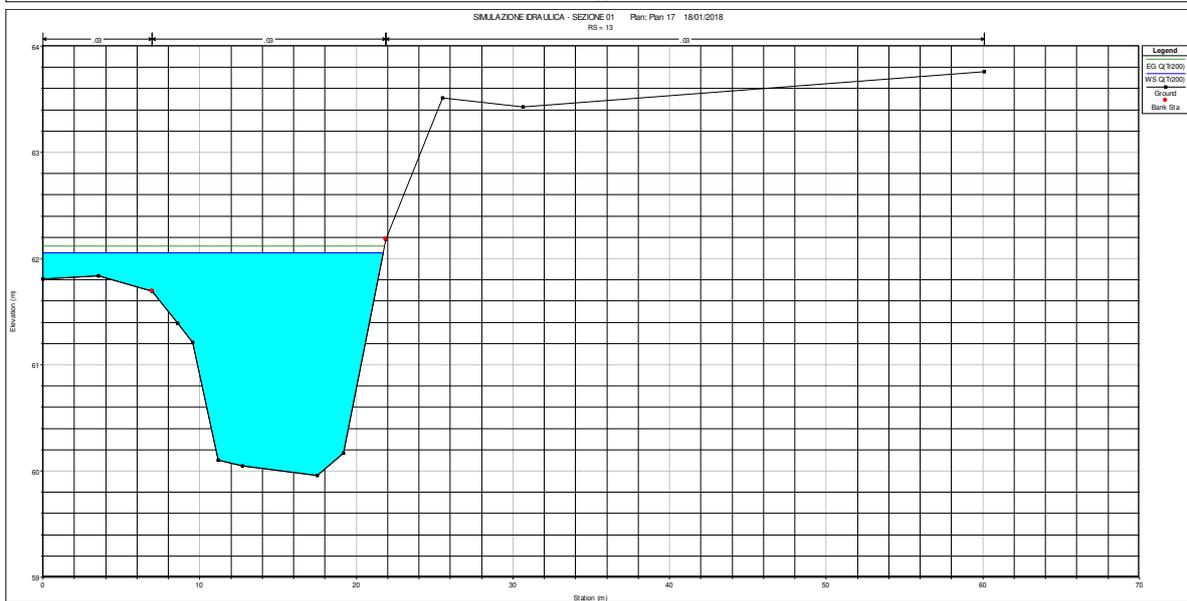
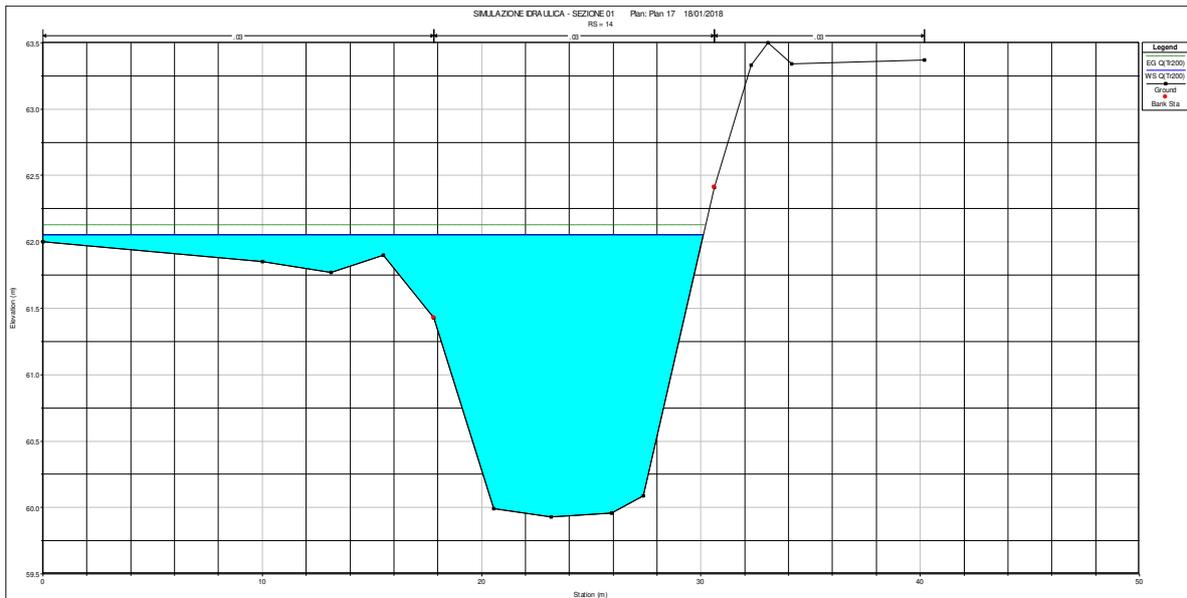
8 APPENDICE ALLA RELAZIONE IDRAULICA - COLATORE BREMBIOLO

8.1 SIMULAZIONE ANTE OPERAM

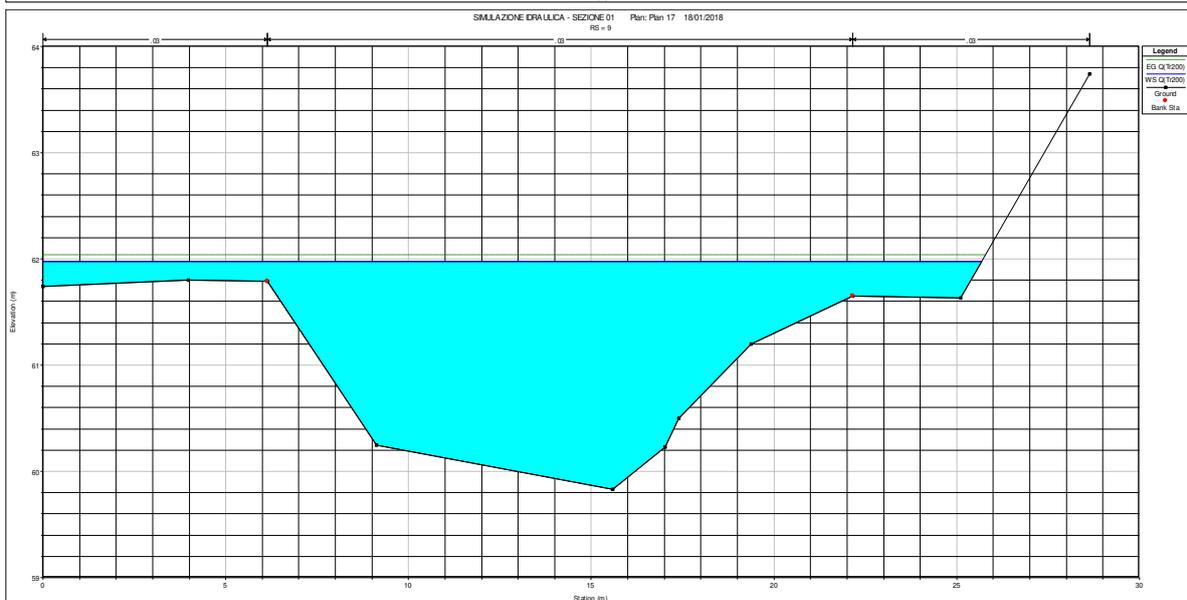
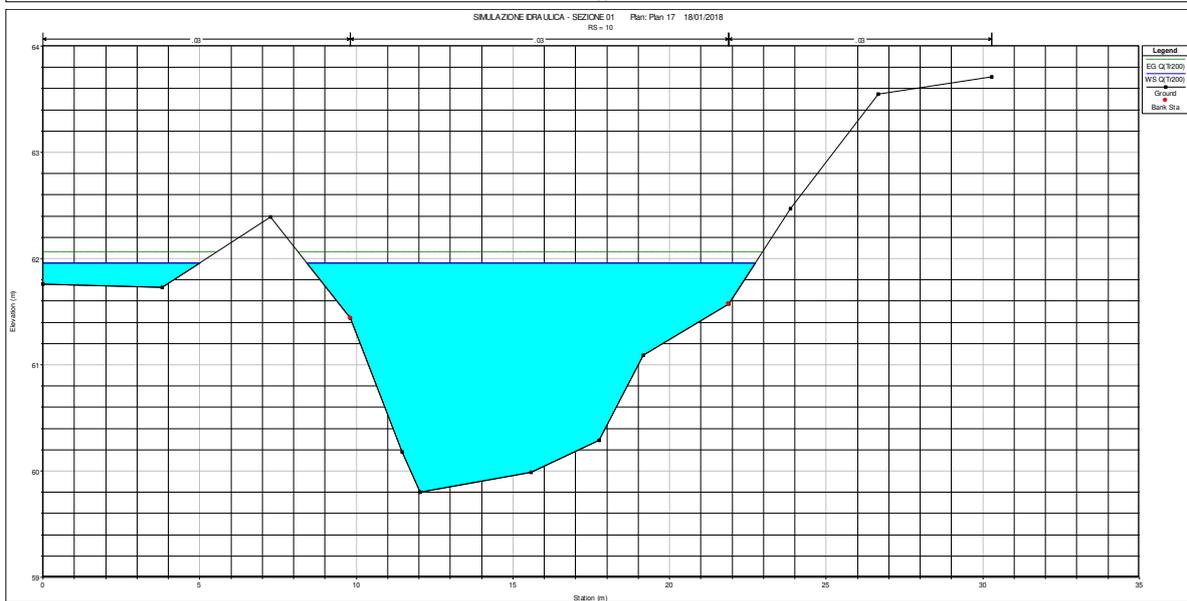
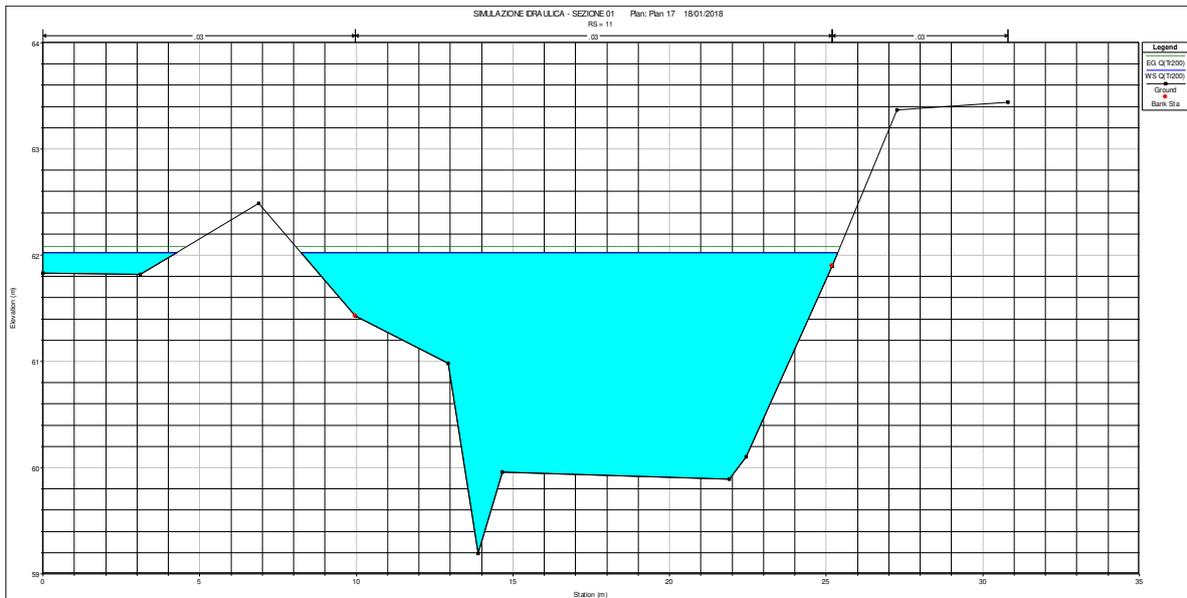
8.1.1 SIMULAZIONE IDRAULICA SEZIONE 01 (TR=200 ANNI)



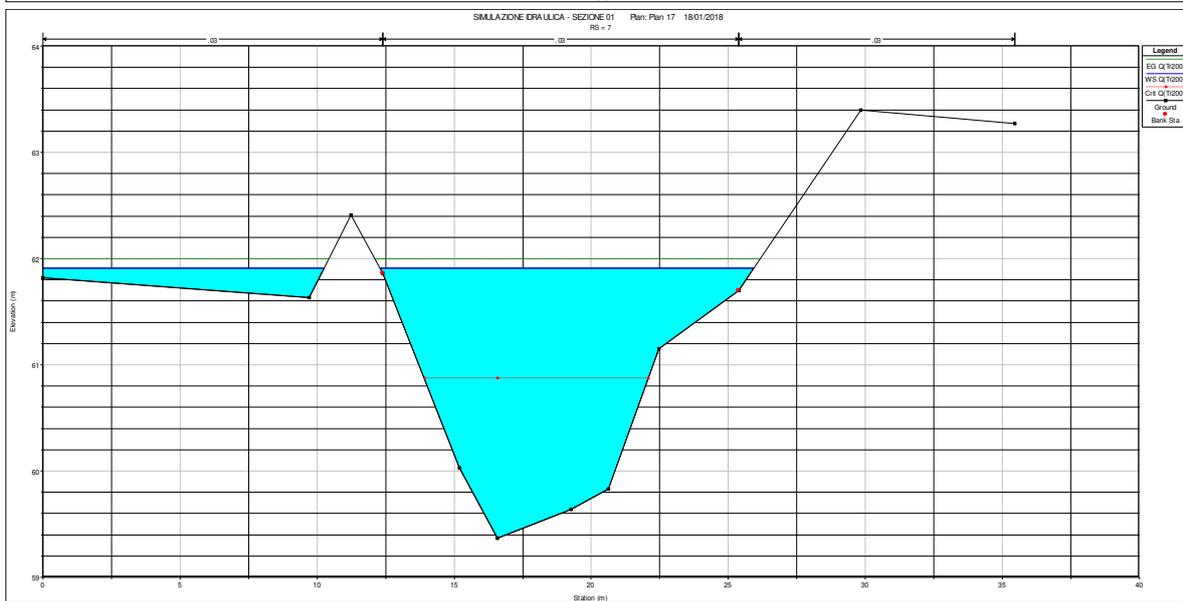
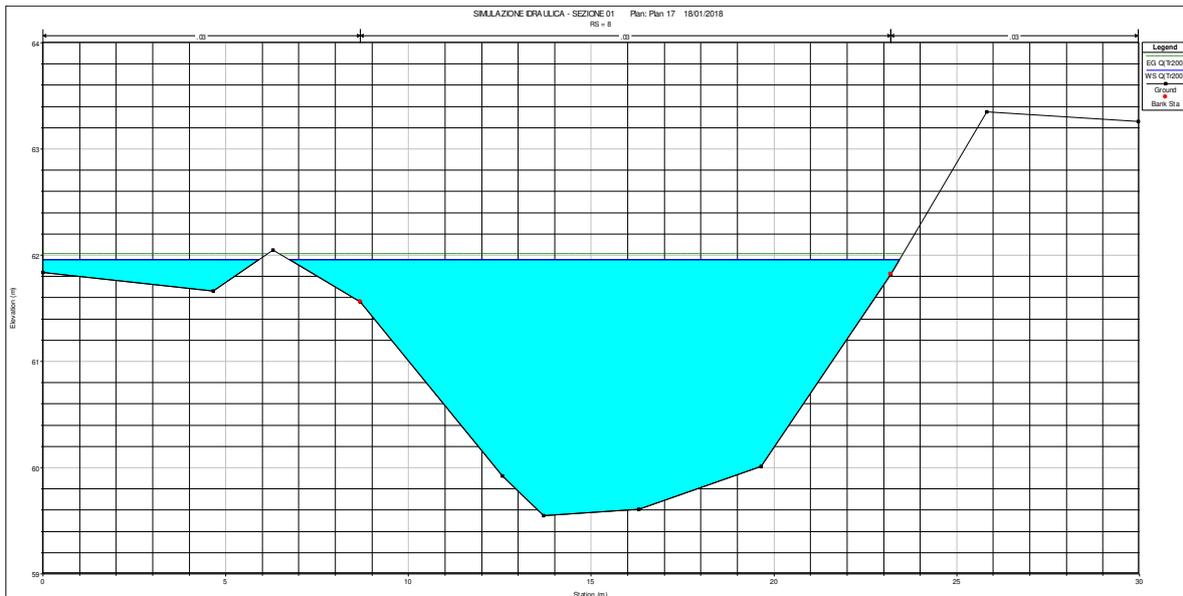




RELAZIONE IDRAULICA F. BREMBIOLO

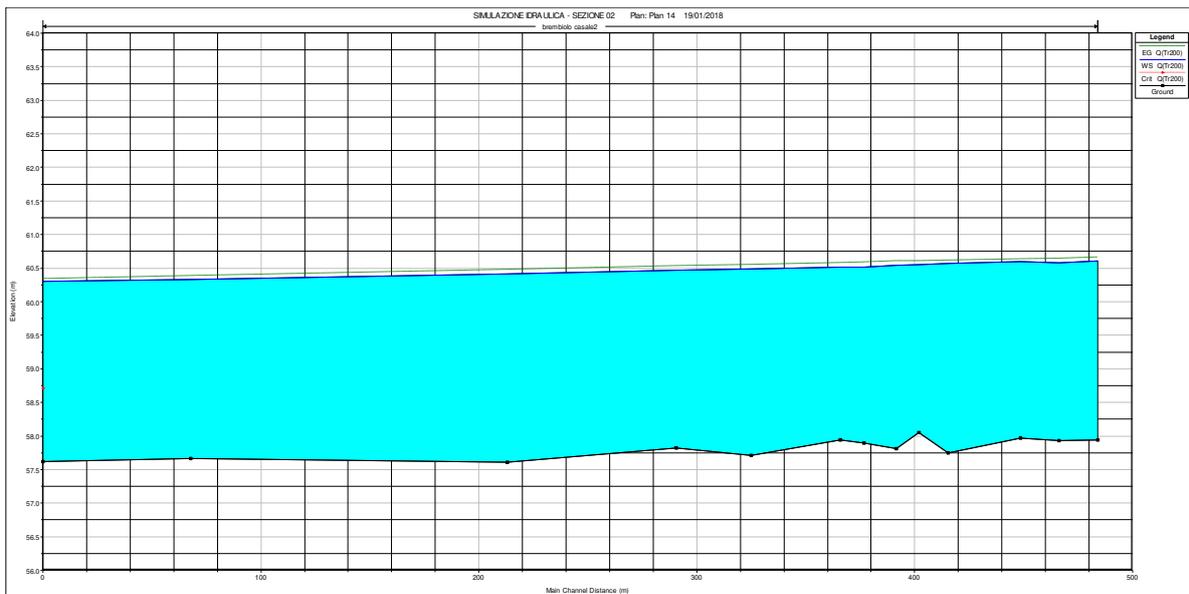
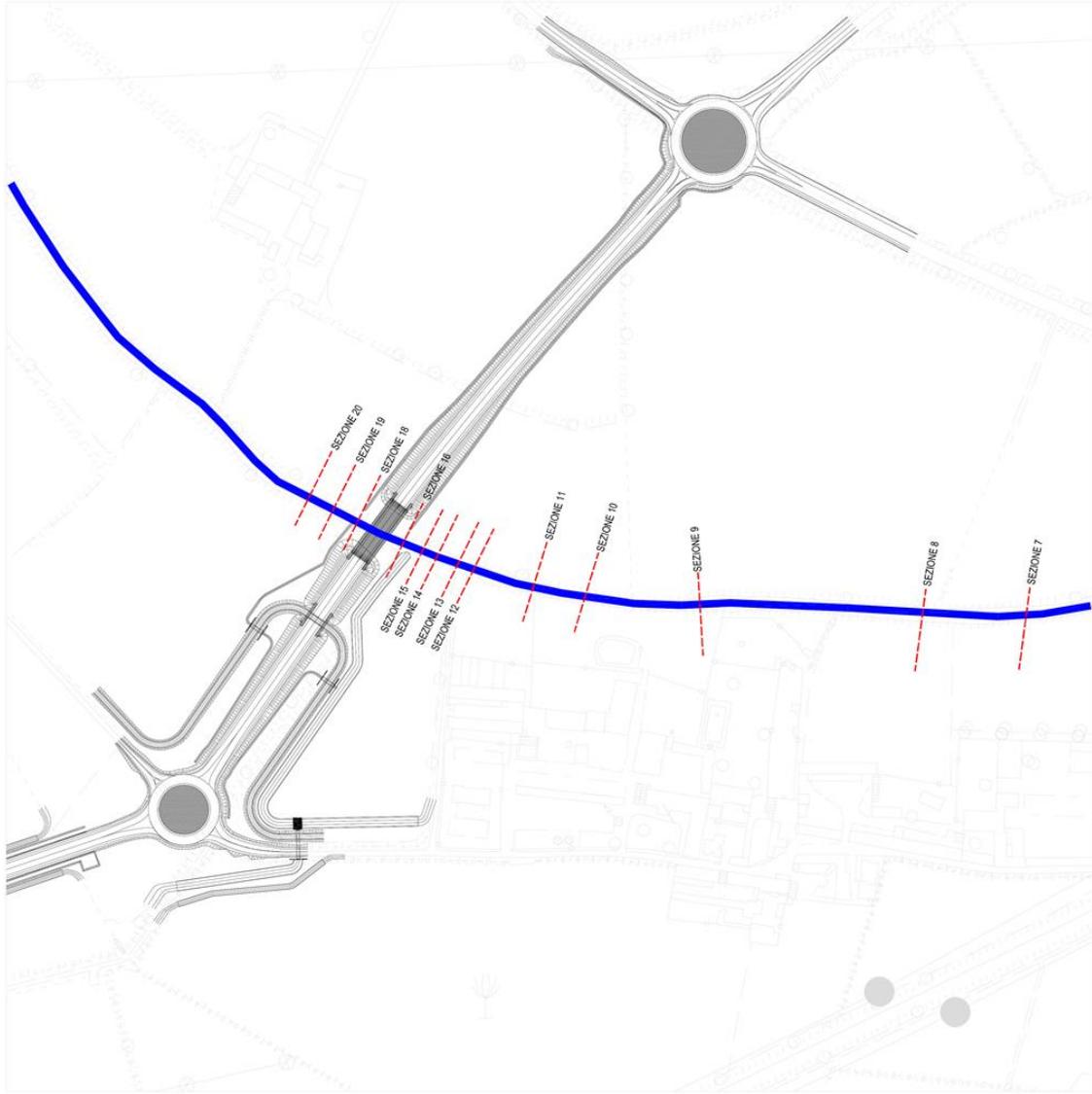


RELAZIONE IDRAULICA F. BREMBIOLO

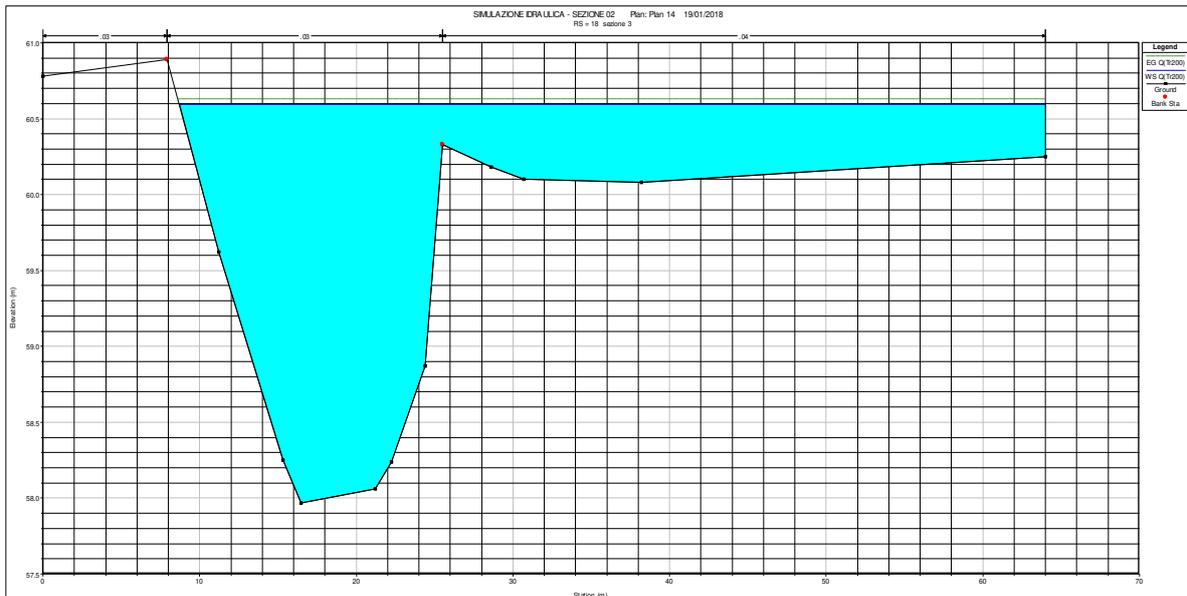
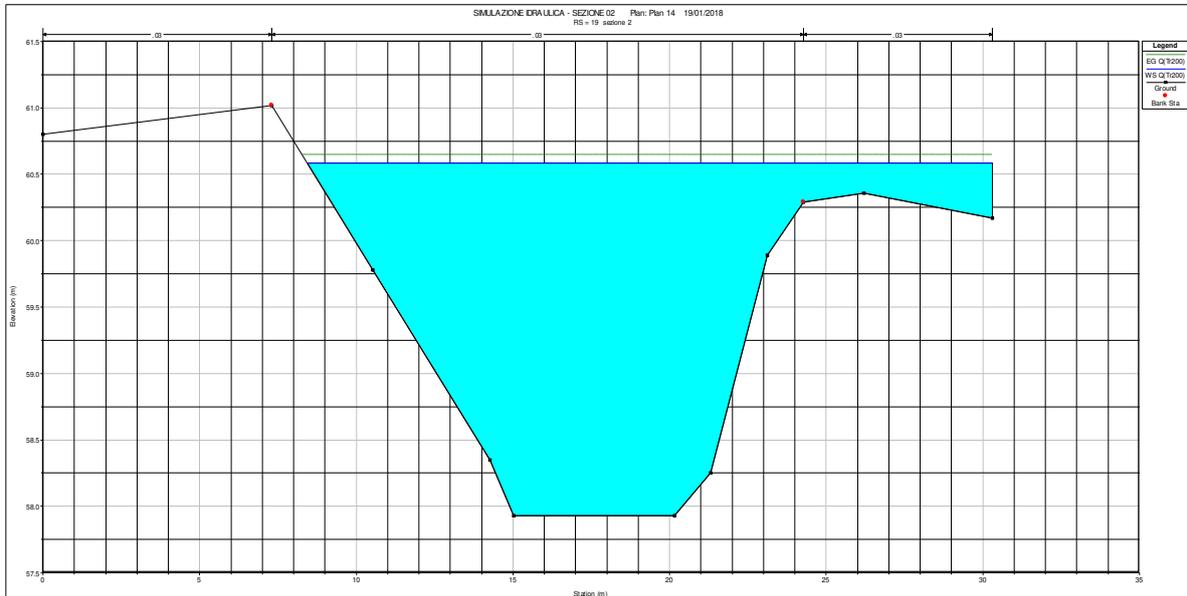
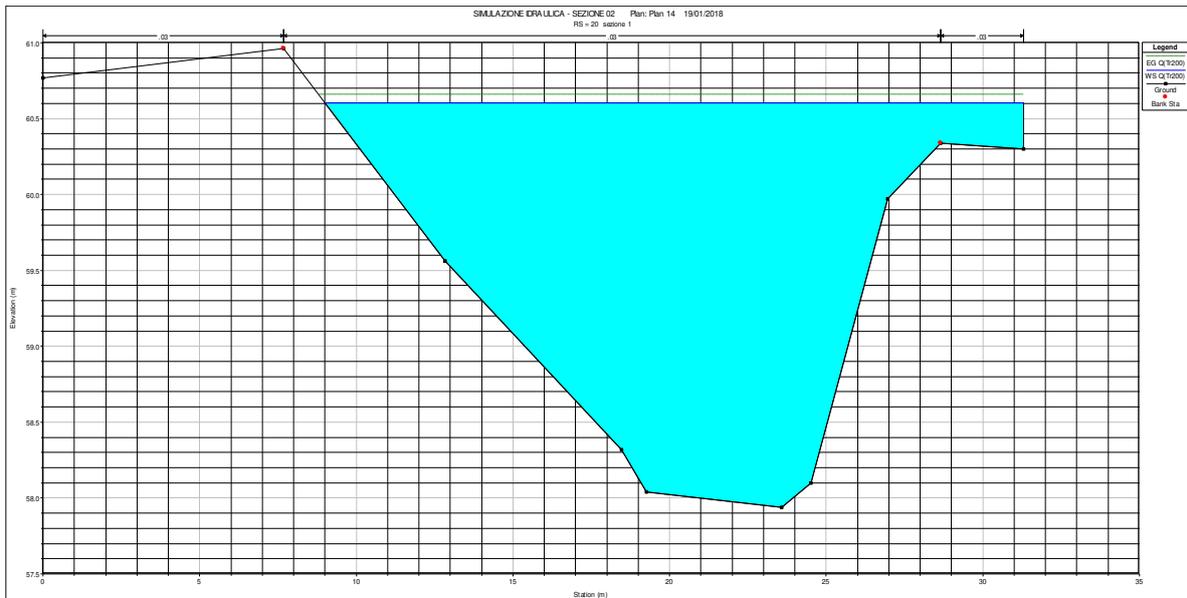


River station	Profile	Q total [mc/s]	Min Ch El [m]	W.S. El [m]	Crit W.S. [m]	E.G. El [m]	E.G. Slope [m/m]	Vel Ch [m/s]	Flow Area [mq]	Froude
-	-									-
18	Q(Tr200)	25.5	60.58	62.13		62.16	0.0004	0.83	30.98	23.1
17	Q(Tr200)	25.5	59.78	62.12		62.14	0.0002	0.67	39.51	26.46
16	Q(Tr200)	25.5	59.52	62.1		62.14	0.0004	0.92	30.35	31.07
14	Q(Tr200)	25.5	59.93	62.06		62.13	0.0007	1.19	24.1	30.11
13	Q(Tr200)	25.5	59.96	62.05		62.11	0.0007	1.11	24.18	21.72
12	Q(Tr200)	25.5	59.92	62.03		62.09	0.0007	1.1	24.29	21.82
11	Q(Tr200)	25.5	59.19	62.03		62.08	0.0005	0.99	26.61	21.42
10	Q(Tr200)	25.5	59.8	61.96		62.06	0.0011	1.4	19.29	19.33
9	Q(Tr200)	25.5	59.83	61.97		62.03	0.0007	1.1	24.78	25.68
8	Q(Tr200)	25.5	59.55	61.96		62.01	0.0005	1.03	25.85	22.58
7	Q(Tr200)	25.5	59.37	61.91	60.87	61.99	0.0010	1.29	21.14	23.89

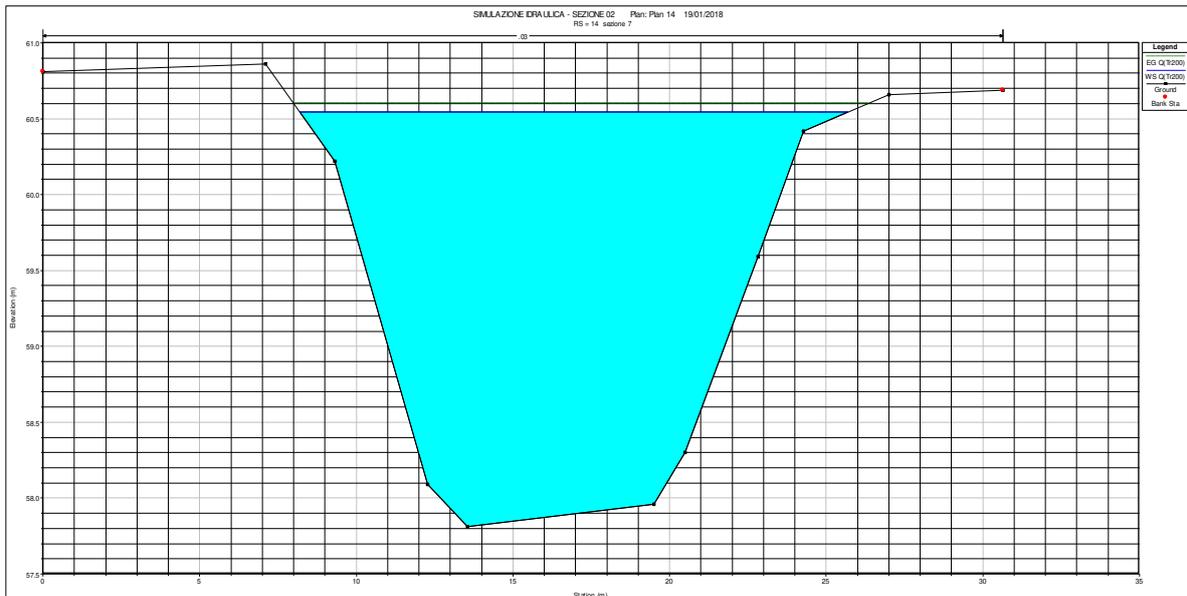
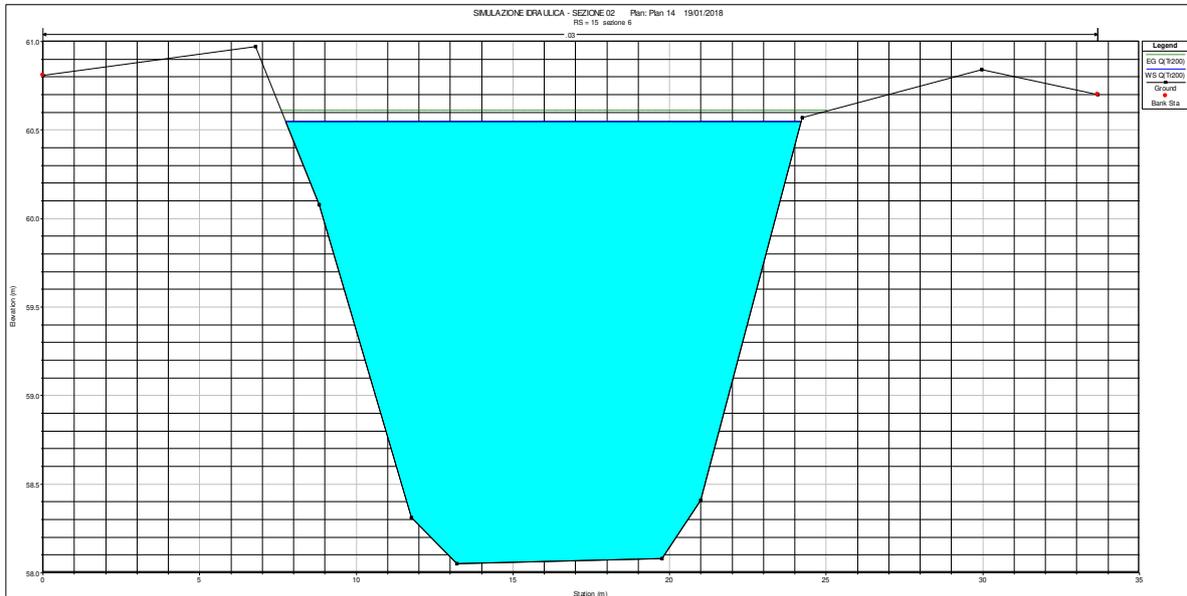
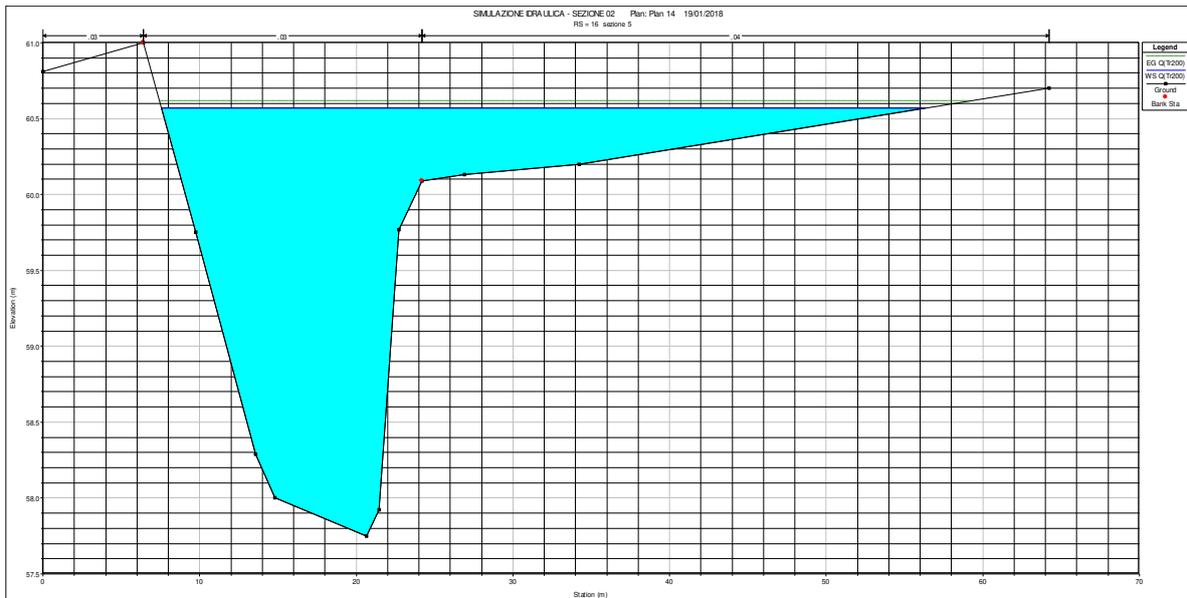
8.1.2 SIMULAZIONE IDRAULICA SEZIONE 02 (Tr=200 ANNI)



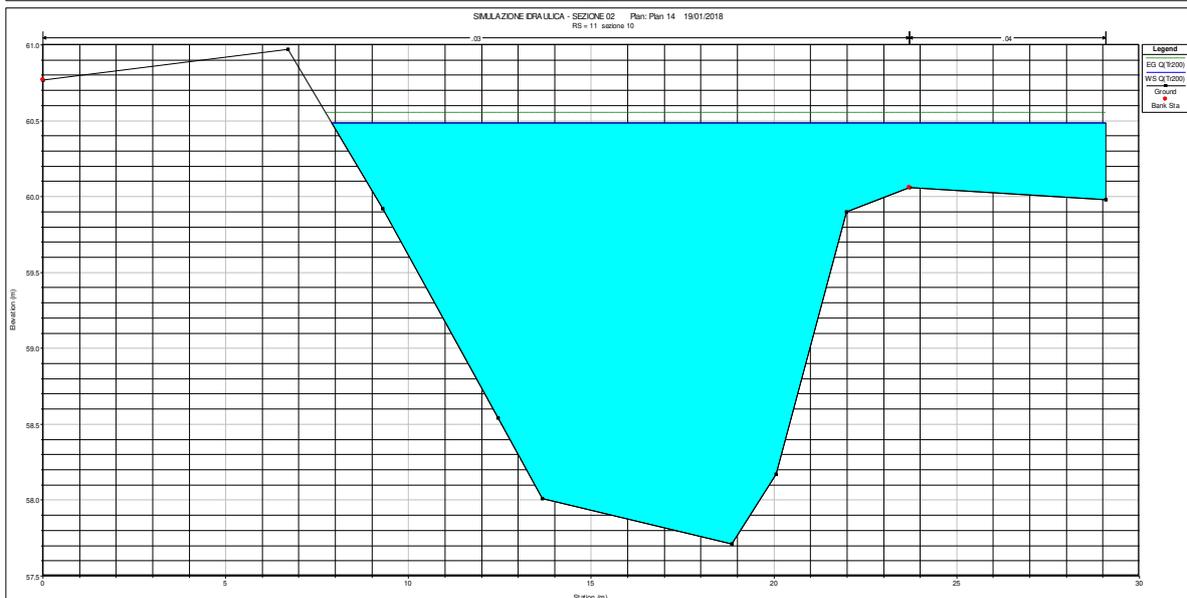
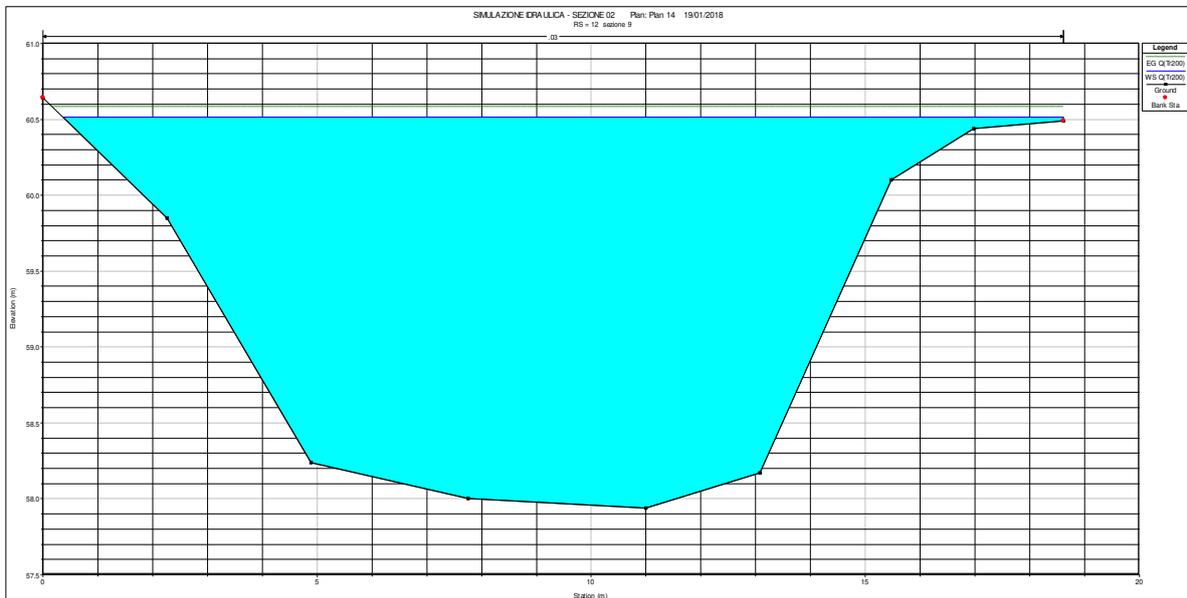
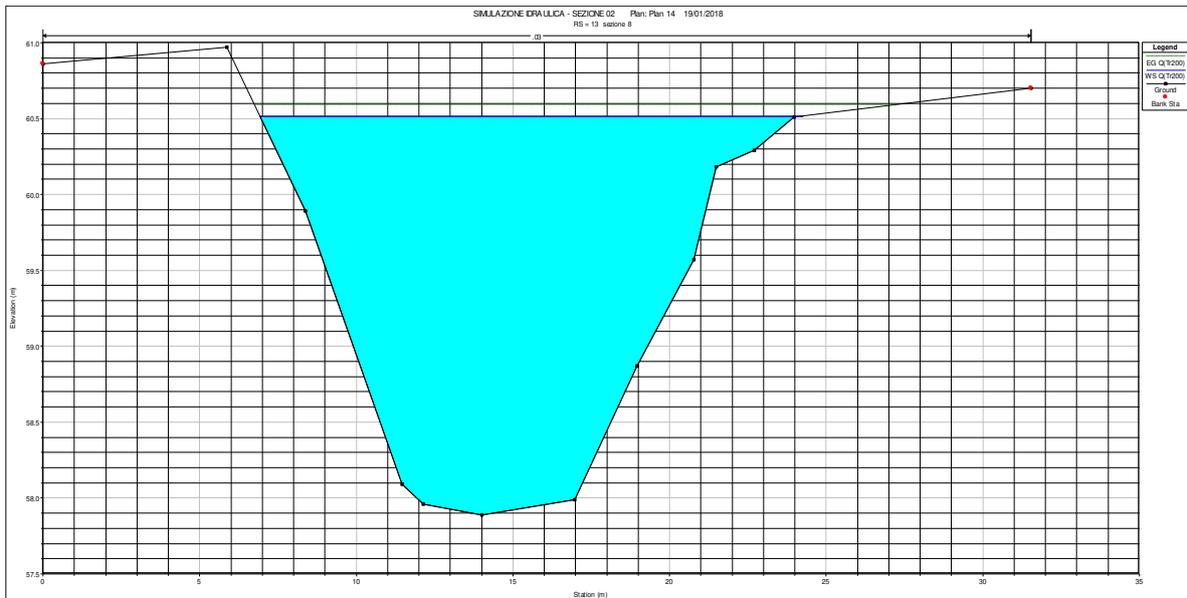
RELAZIONE IDRAULICA F. BREMBIOLO



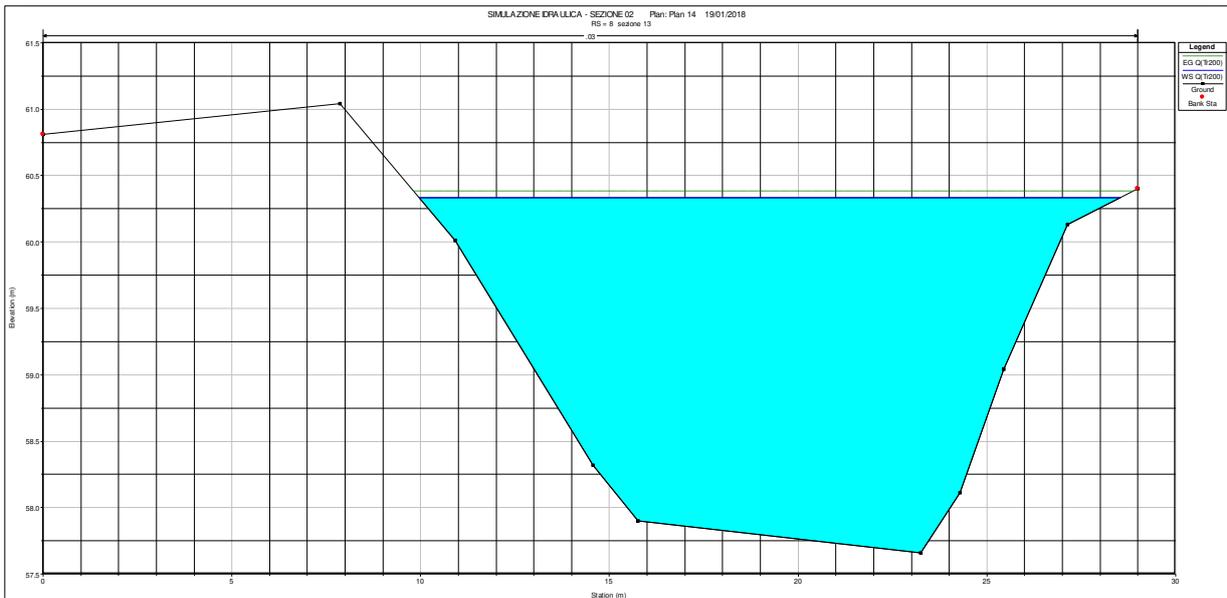
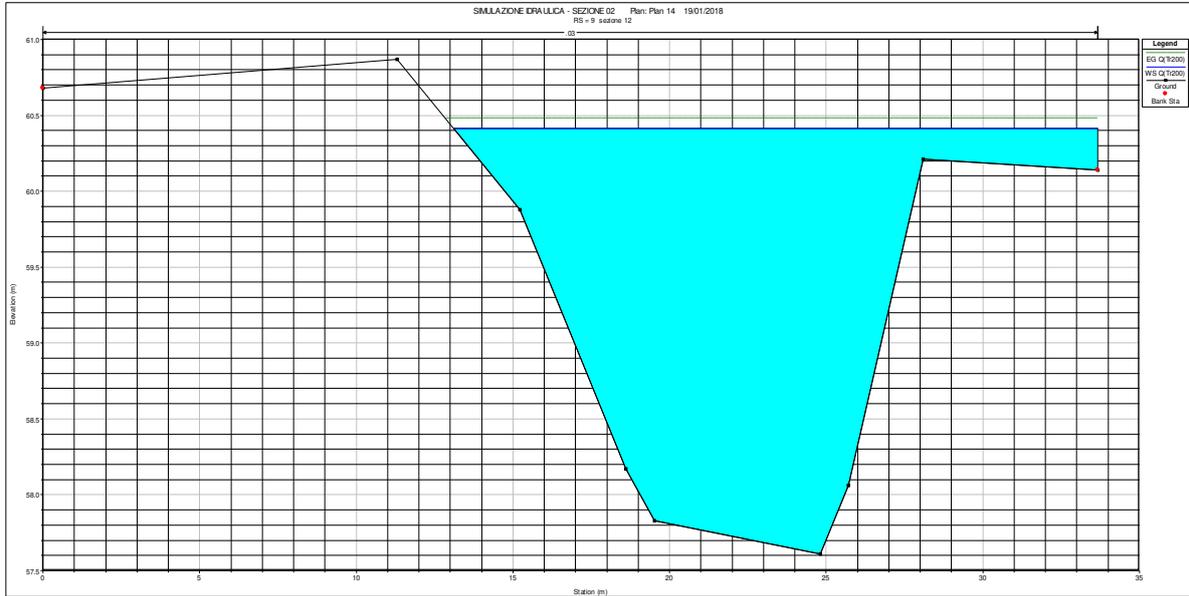
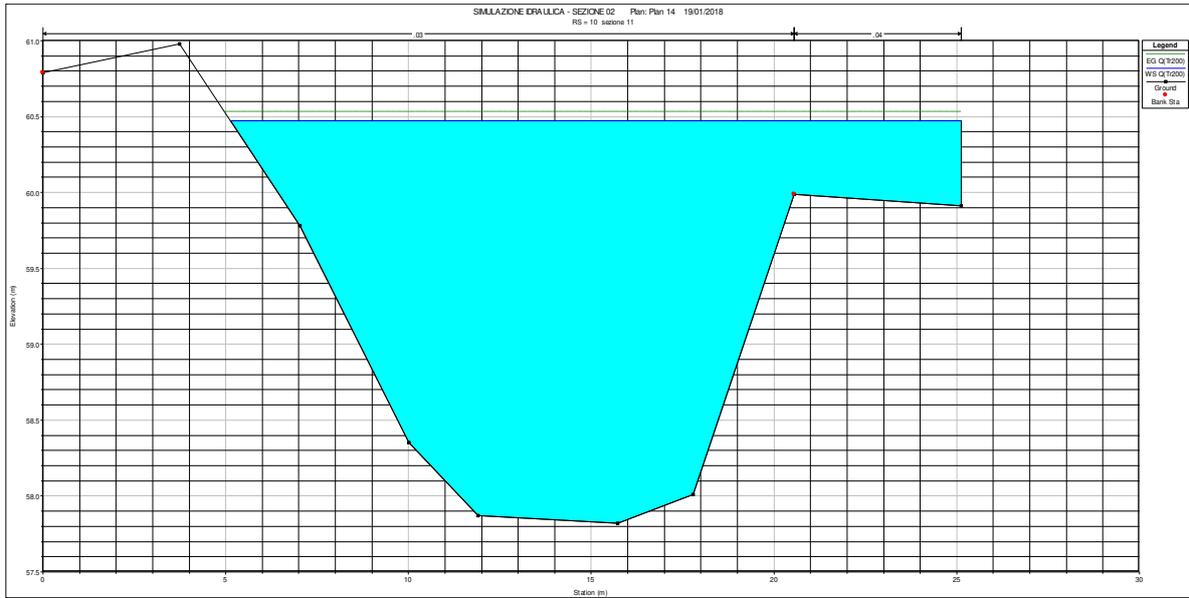
RELAZIONE IDRAULICA F. BREMBIOLO

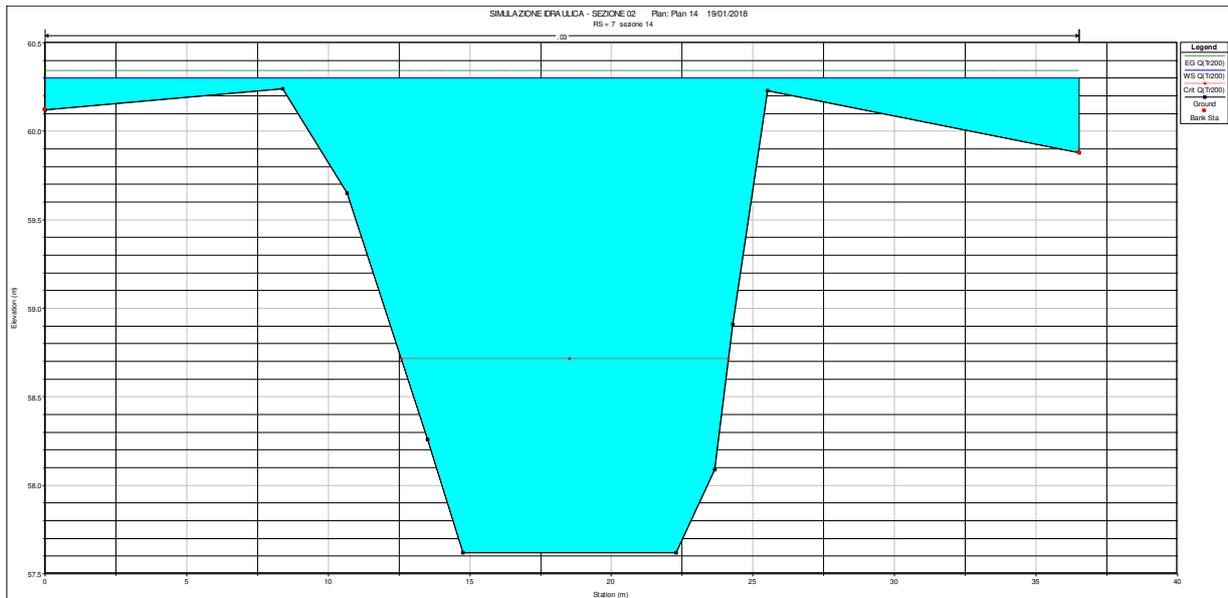


RELAZIONE IDRAULICA F. BREMBIOLO



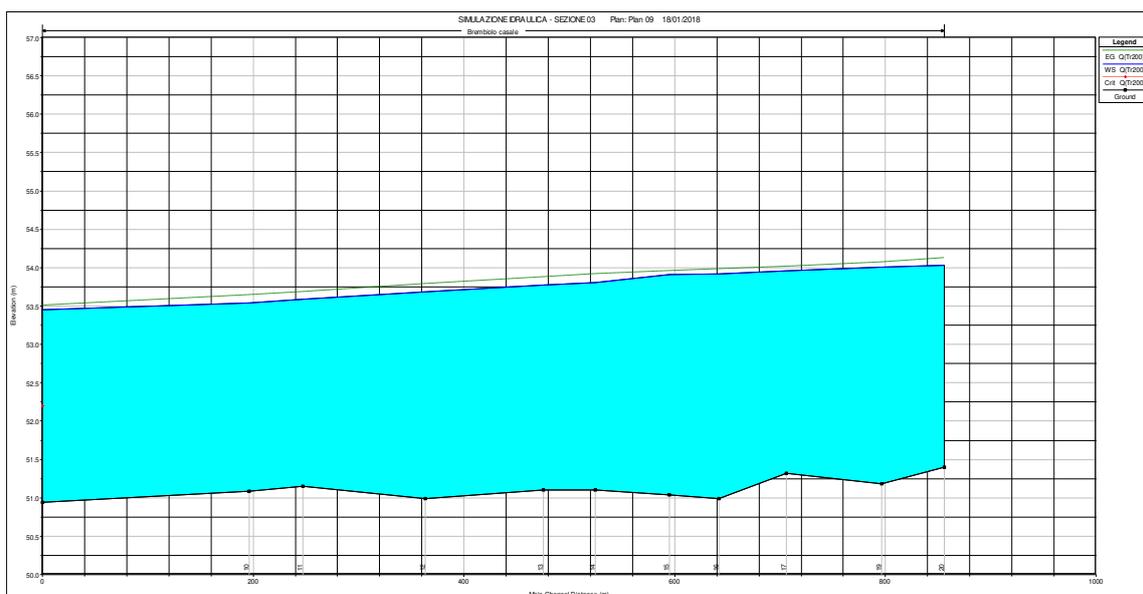
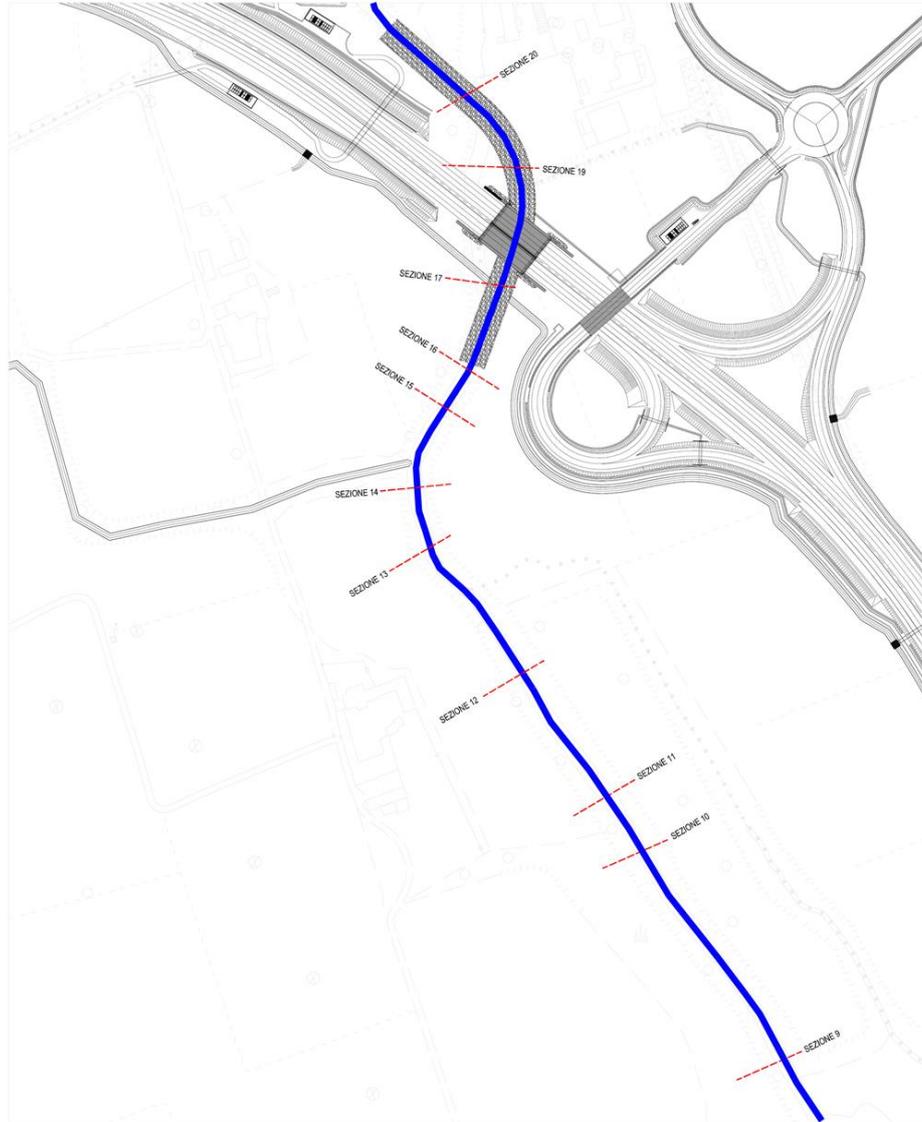
RELAZIONE IDRAULICA F. BREMBIOLO

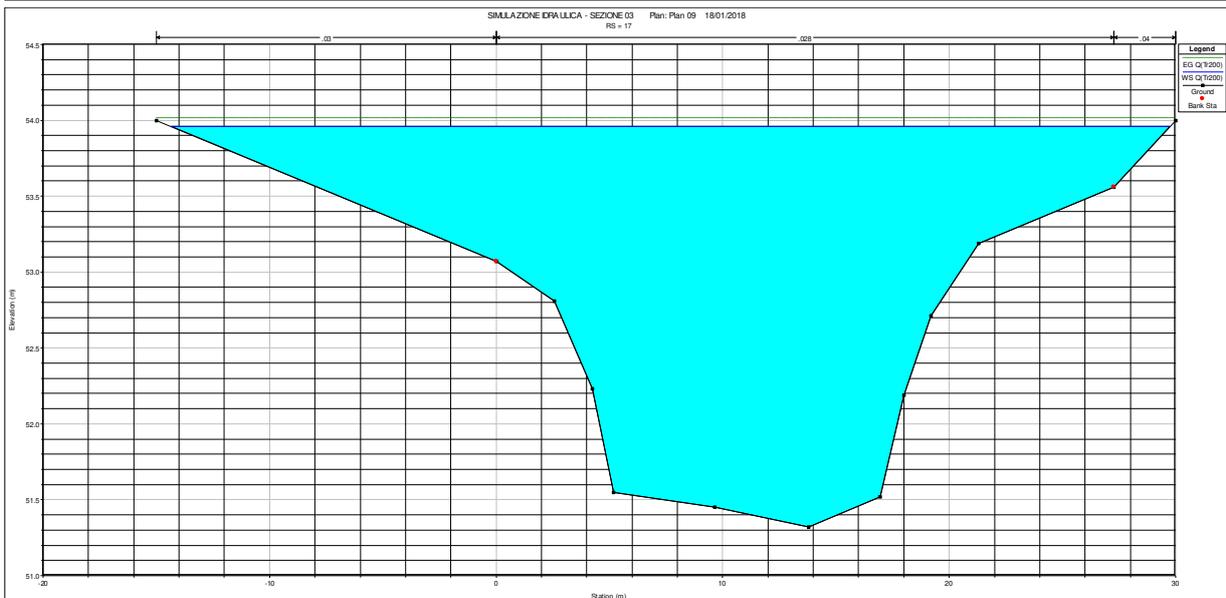
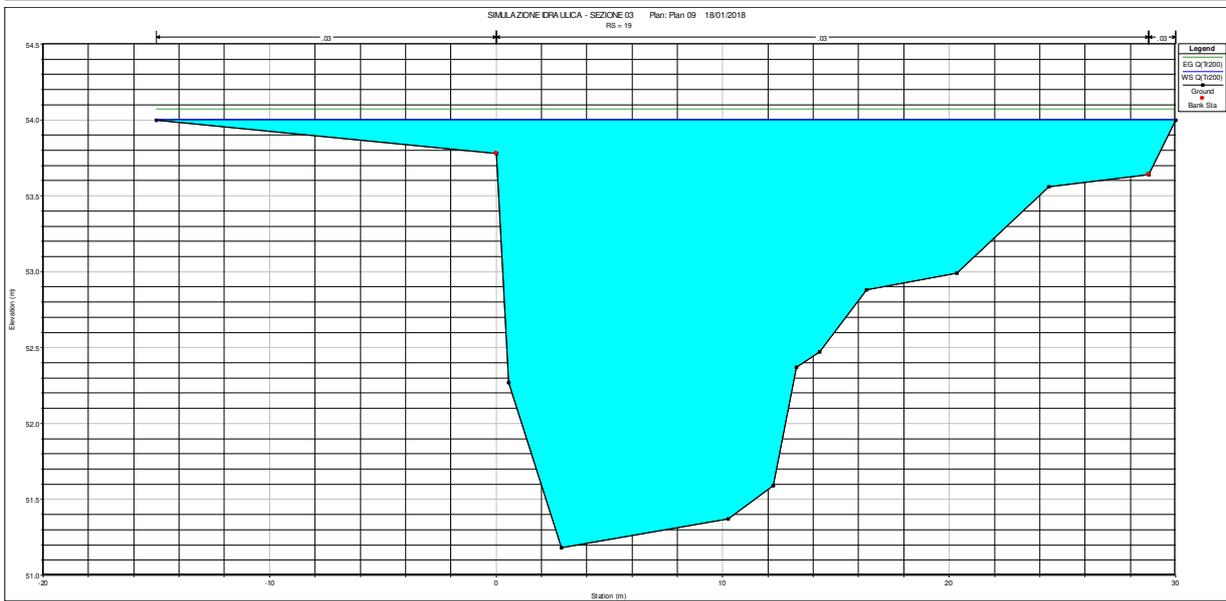
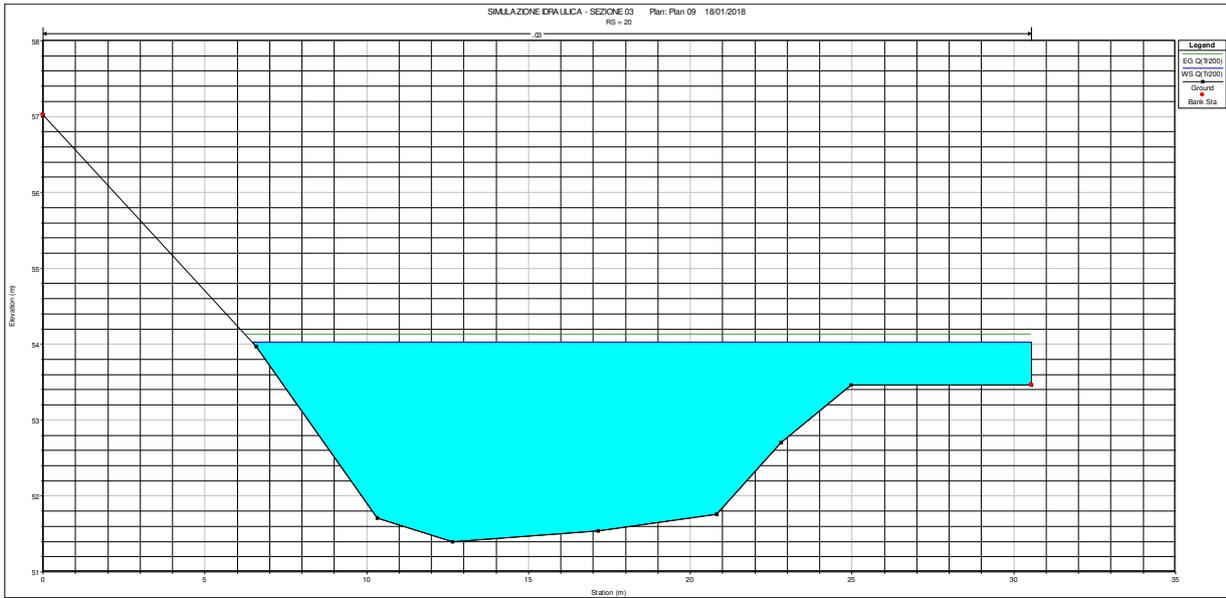




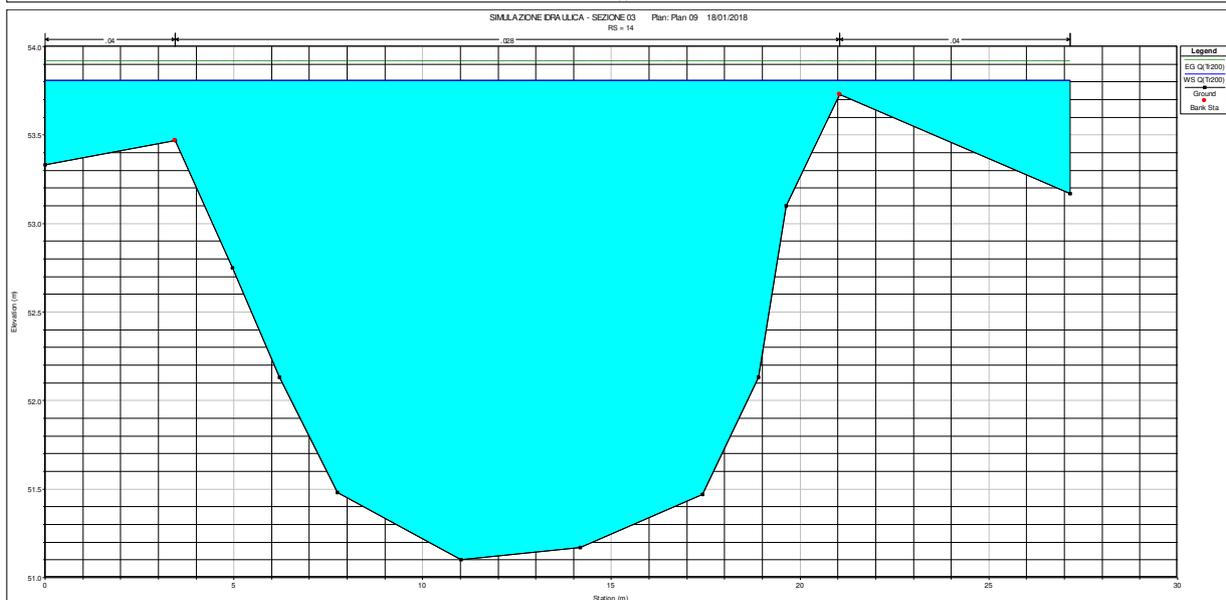
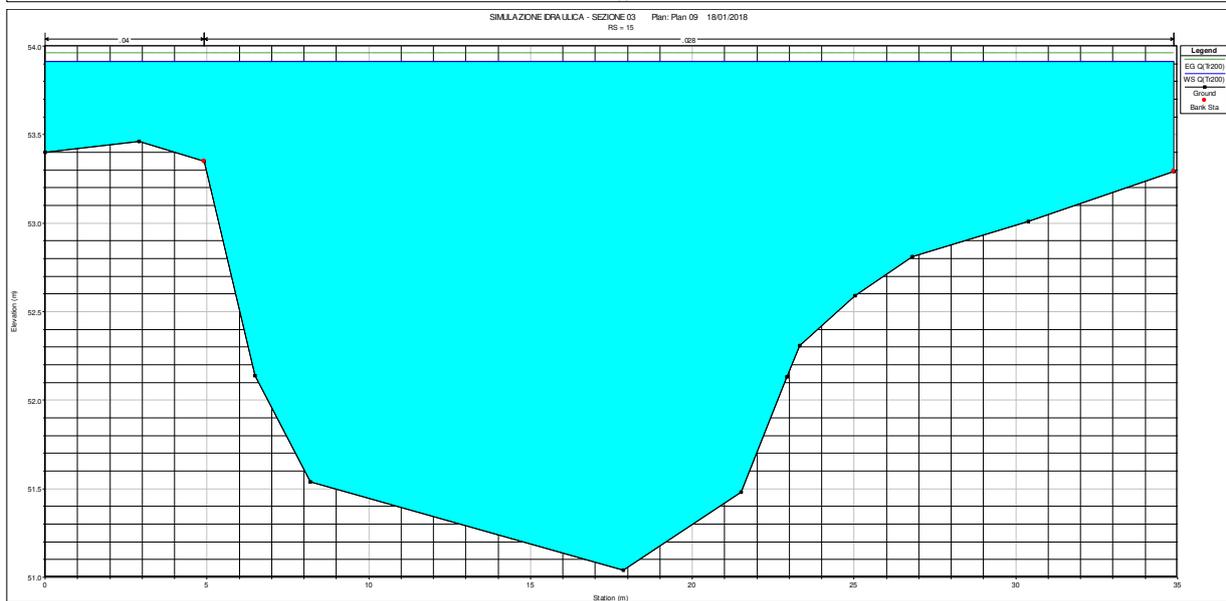
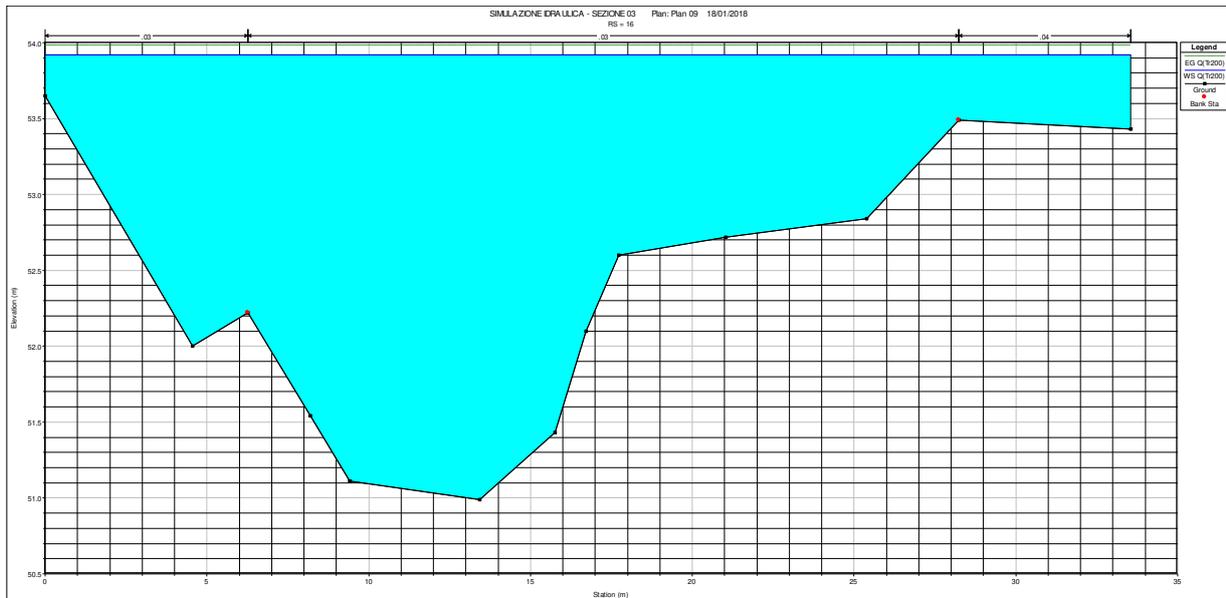
River station	Profile	Q total [mc/s]	Min Ch El [m]	W.S. El [m]	Crit W.S. [m]	E.G. El [m]	E.G. Slope [m/m]	Vel Ch [m/s]	Flow Area [mq]	Froude
-	-									-
20	Q(Tr200)	32.5	57.94	60.61		60.66	0.0005	1.02	32.38	0.26
19	Q(Tr200)	32.5	57.93	60.58		60.65	0.0006	1.13	29.97	0.27
18	Q(Tr200)	32.5	57.97	60.59		60.63	0.0004	0.9	48.02	0.21
16	Q(Tr200)	32.5	57.75	60.57		60.62	0.0004	1	39.1	0.23
15	Q(Tr200)	32.5	58.05	60.55		60.61	0.0005	1.08	30.23	0.25
14	Q(Tr200)	32.5	57.81	60.55		60.6	0.0005	1.07	30.44	0.26
13	Q(Tr200)	32.5	57.89	60.52		60.59	0.0008	1.21	26.79	0.31
12	Q(Tr200)	32.5	57.94	60.51		60.58	0.0007	1.14	28.49	0.29
11	Q(Tr200)	32.5	57.71	60.49		60.55	0.0006	1.15	29.94	0.28
10	Q(Tr200)	32.5	57.82	60.47		60.53	0.0005	1.1	31.07	0.26
9	Q(Tr200)	32.5	57.61	60.41		60.48	0.0009	1.15	28.37	0.31
8	Q(Tr200)	32.5	57.66	60.33		60.38	0.000482	1.01	32.17	0.25
7	Q(Tr200)	32.5	57.62	60.3	58.71	60.34	0.00075	0.88	36.83	0.28

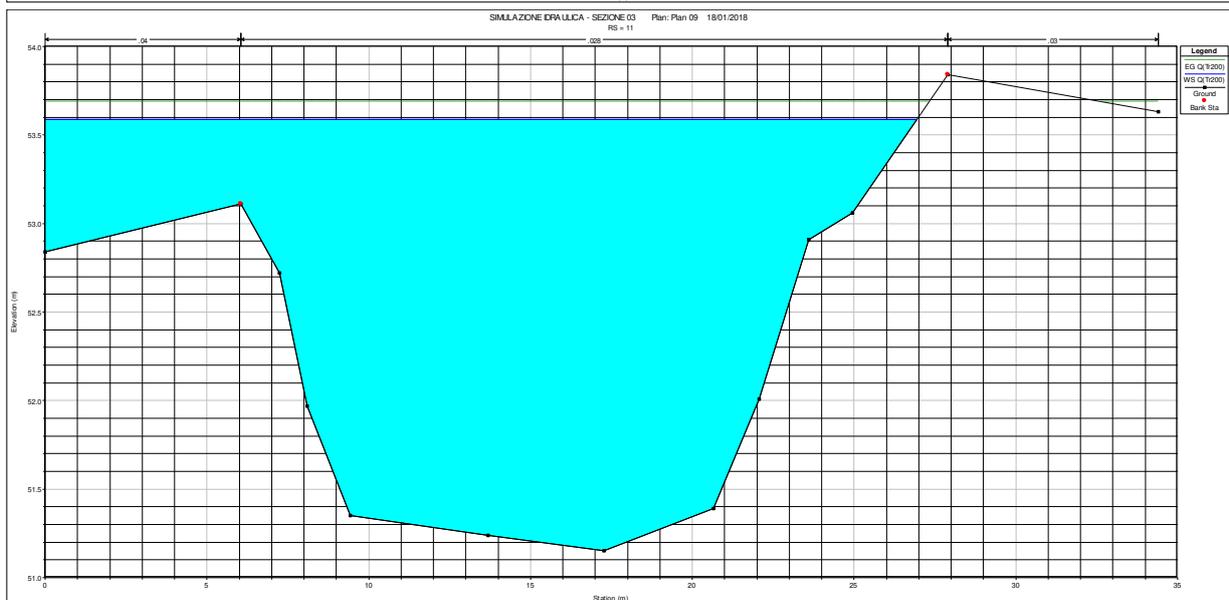
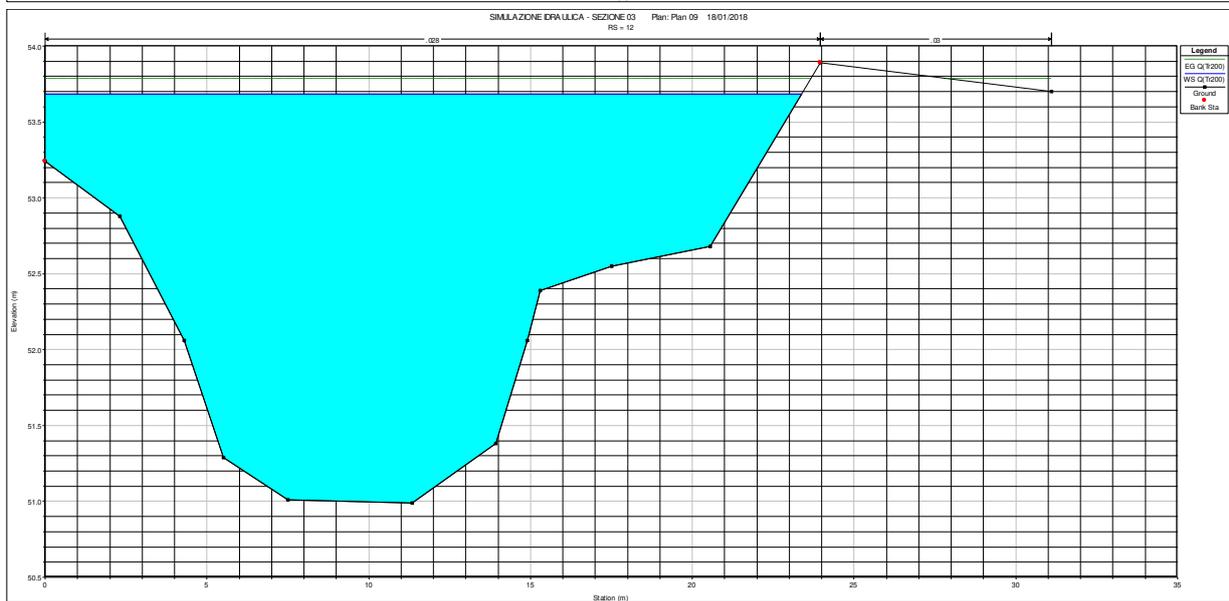
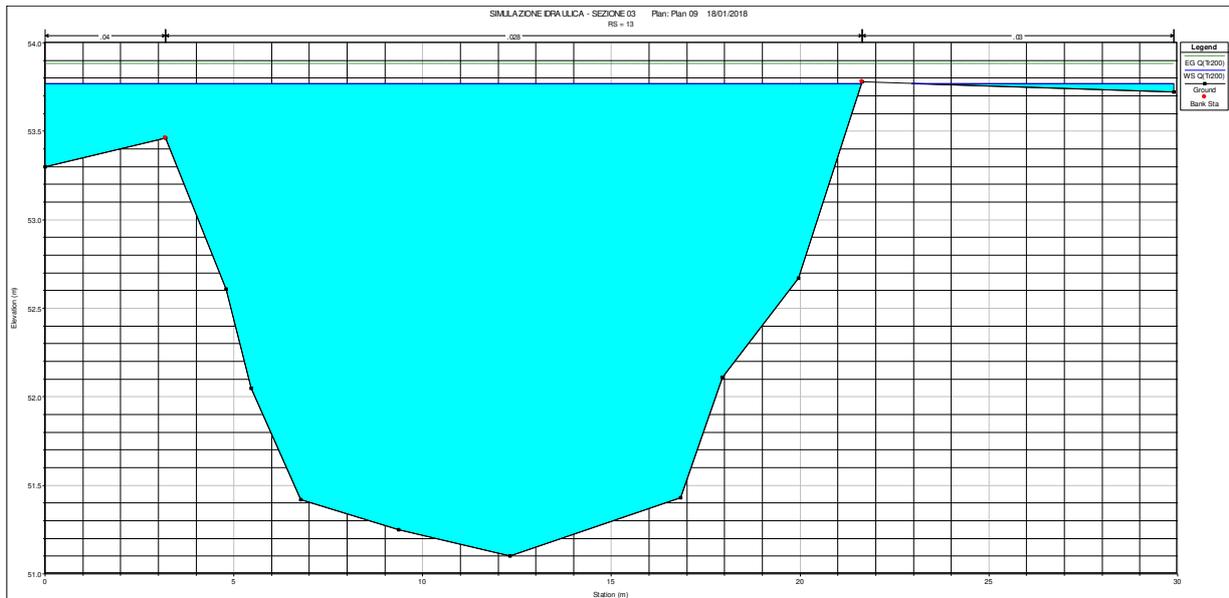
8.1.3 SIMULAZIONE IDRAULICA SEZIONE 03 (TR=200 ANNI)

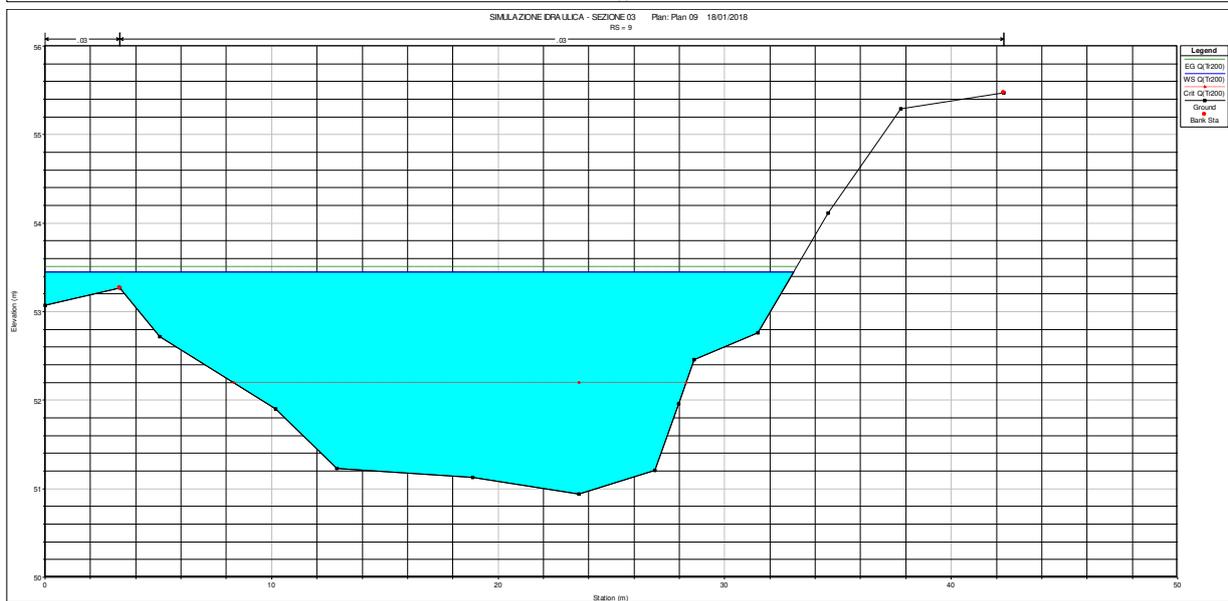
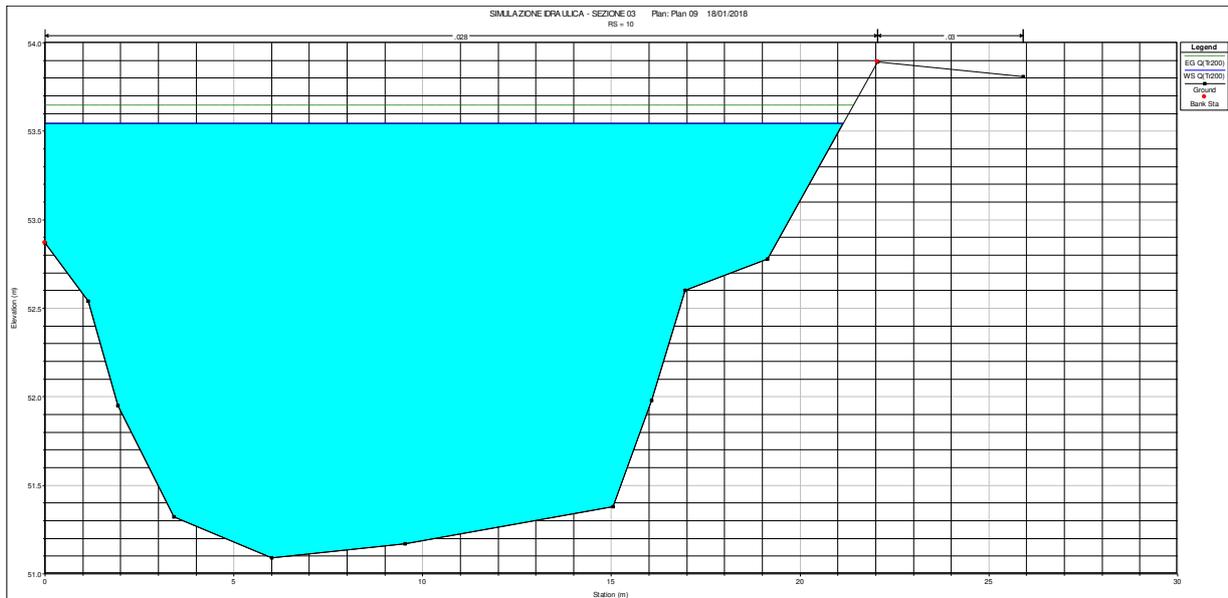




RELAZIONE IDRAULICA F. BREMBIOLO







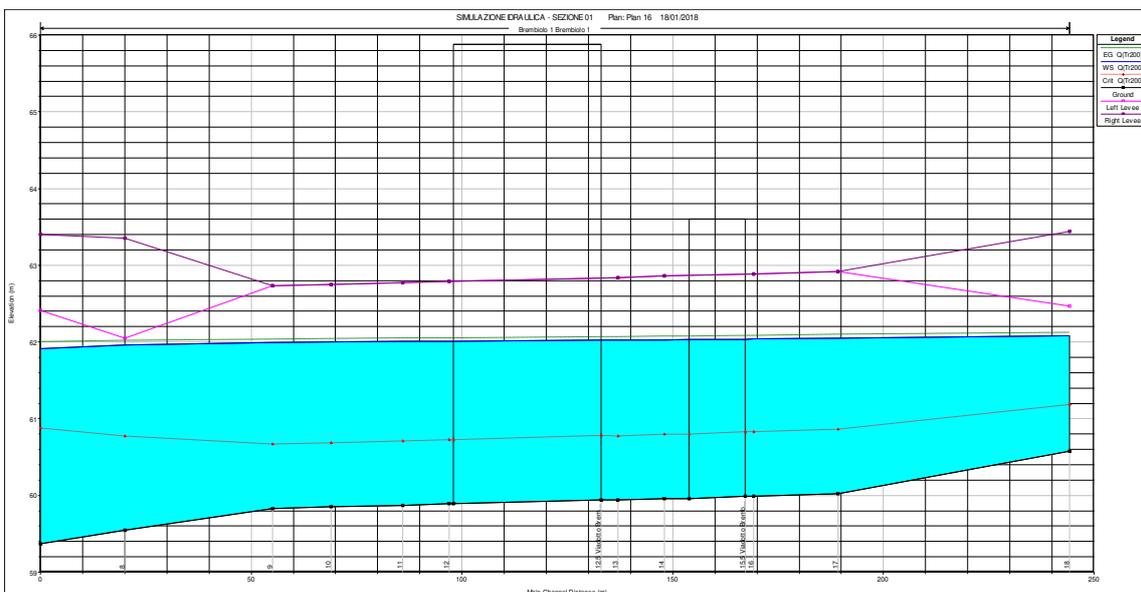
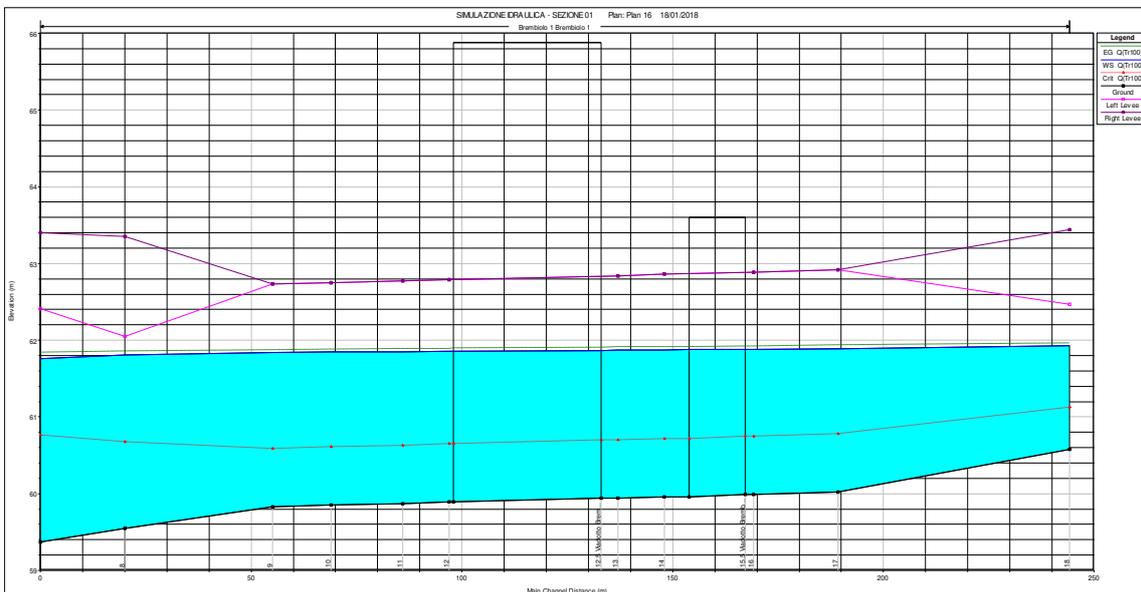
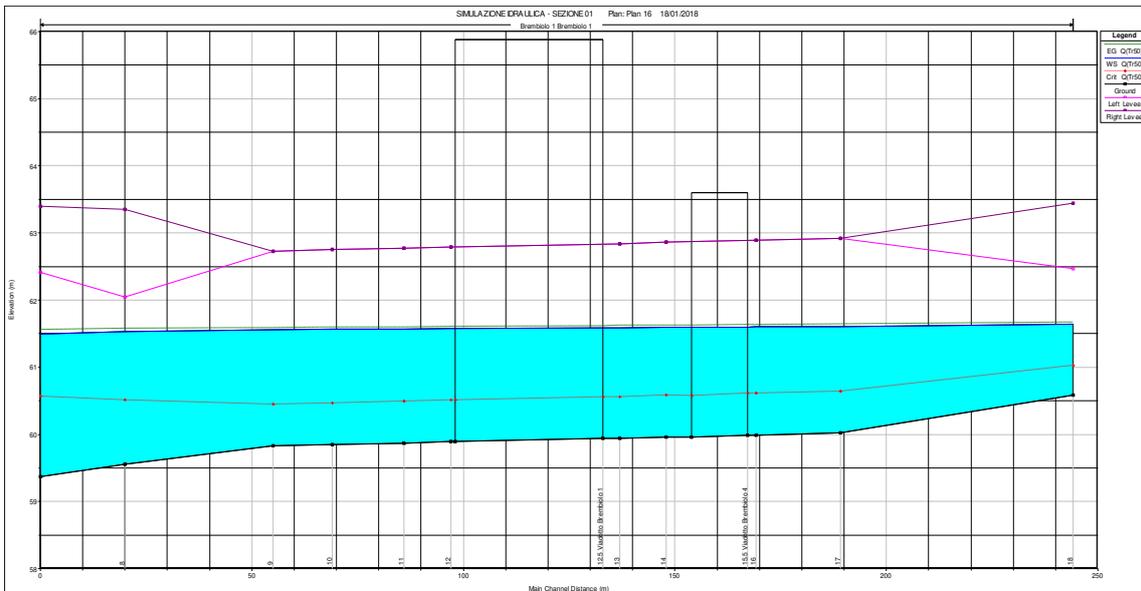
River station	Profile	Q total [mc/s]	Min Ch El [m]	W.S. El [m]	Crit W.S. [m]	E.G. El [m]	E.G. Slope [m/m]	Vel Ch [m/s]	Flow Area [mq]	Froude
-	-									-
20	Q(Tr200)	53.5	51.4	54.03		54.13	0.0009	1.36	39.31	0.34
19	Q(Tr200)	53.5	51.18	54		54.07	0.0007	1.14	48.36	0.29
17	Q(Tr200)	53.5	51.32	53.96		54.02	0.0005	1.1	53.09	0.27
16	Q(Tr200)	53.5	50.99	53.92		53.98	0.0006	1.14	50.43	0.27
15	Q(Tr200)	53.5	51.04	53.91		53.96	0.0003	0.95	58.2	0.22
14	Q(Tr200)	53.5	51.1	53.81		53.92	0.0008	1.5	38.54	0.34
13	Q(Tr200)	53.5	51.1	53.77		53.88	0.0008	1.47	37.43	0.34
12	Q(Tr200)	53.5	50.99	53.69		53.79	0.0009	1.41	37.99	0.35
11	Q(Tr200)	53.5	51.15	53.59		53.69	0.0008	1.42	40.06	0.34
10	Q(Tr200)	53.5	51.09	53.54		53.65	0.0008	1.43	37.52	0.34
9	Q(Tr200)	53.5	50.94	53.45	52.2	53.51	0.0005	1.06	51.25	0.26

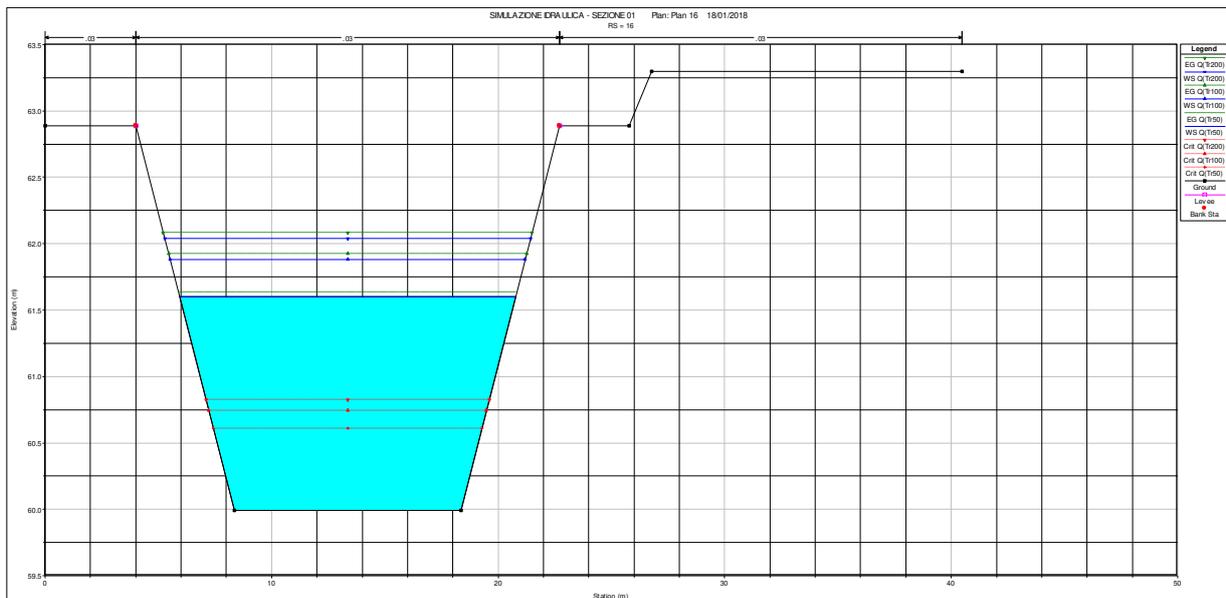
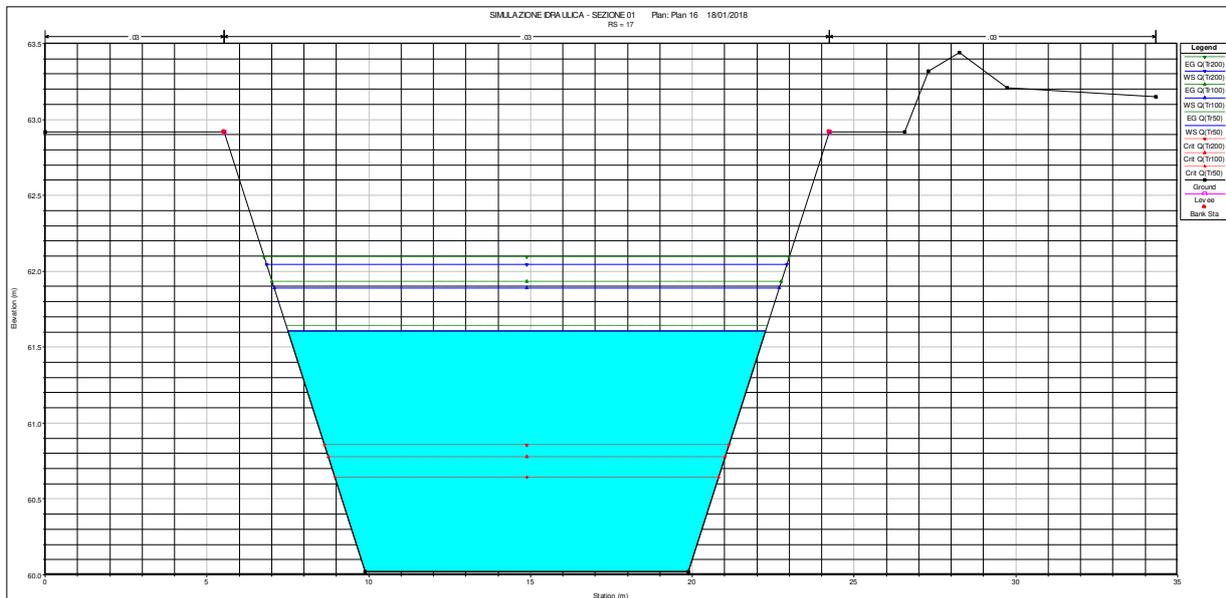
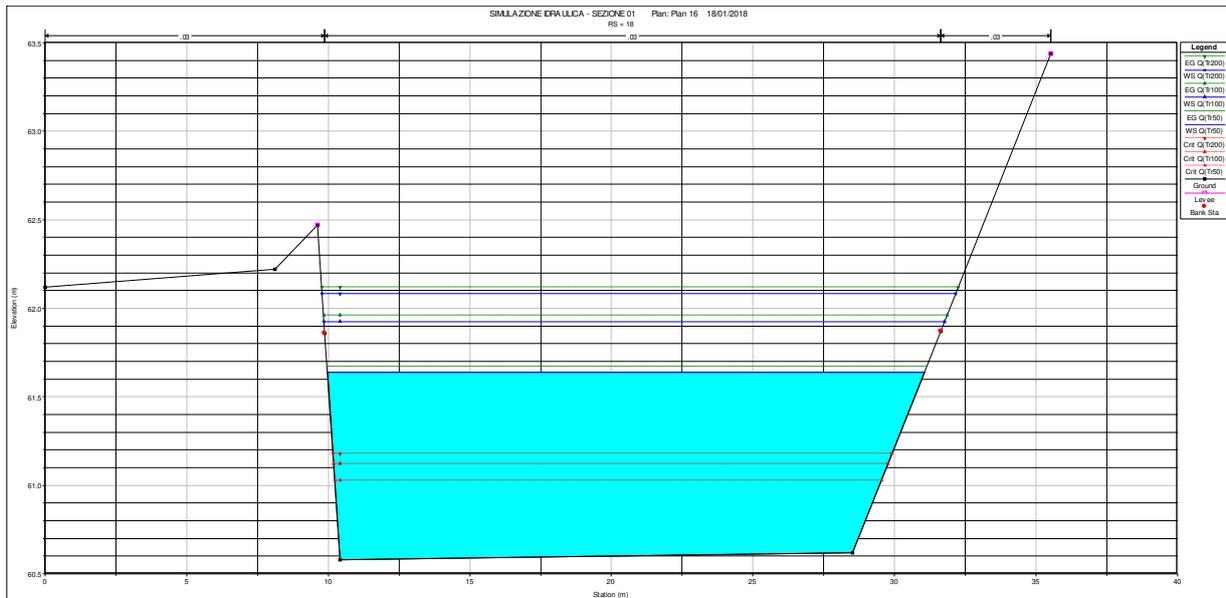
8.2 SIMULAZIONE POST OPERAM

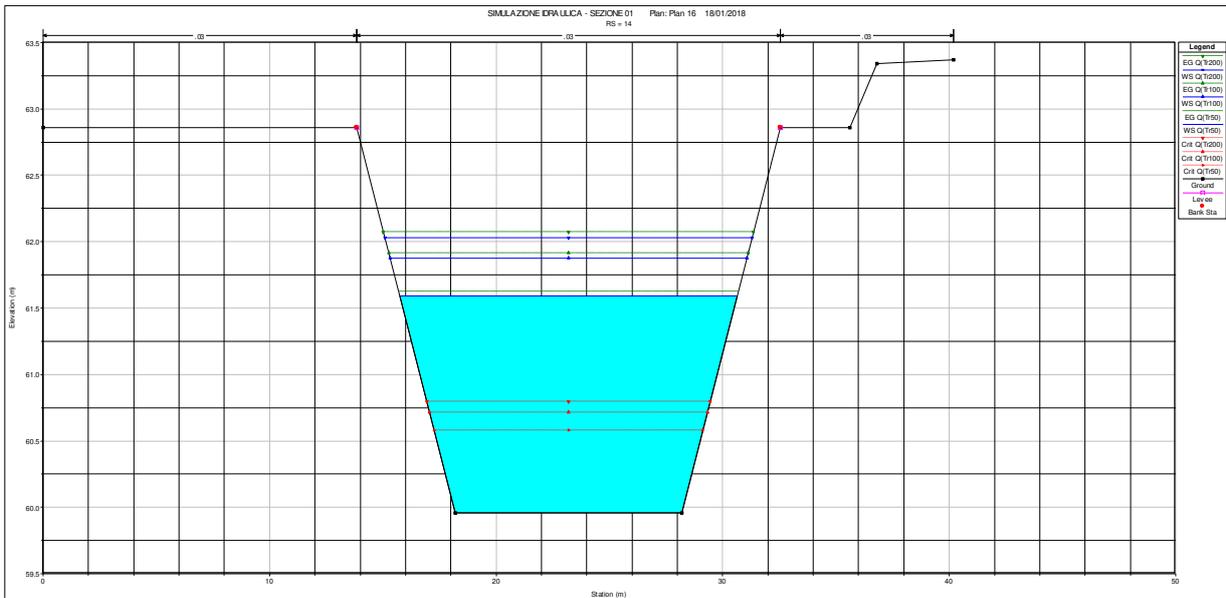
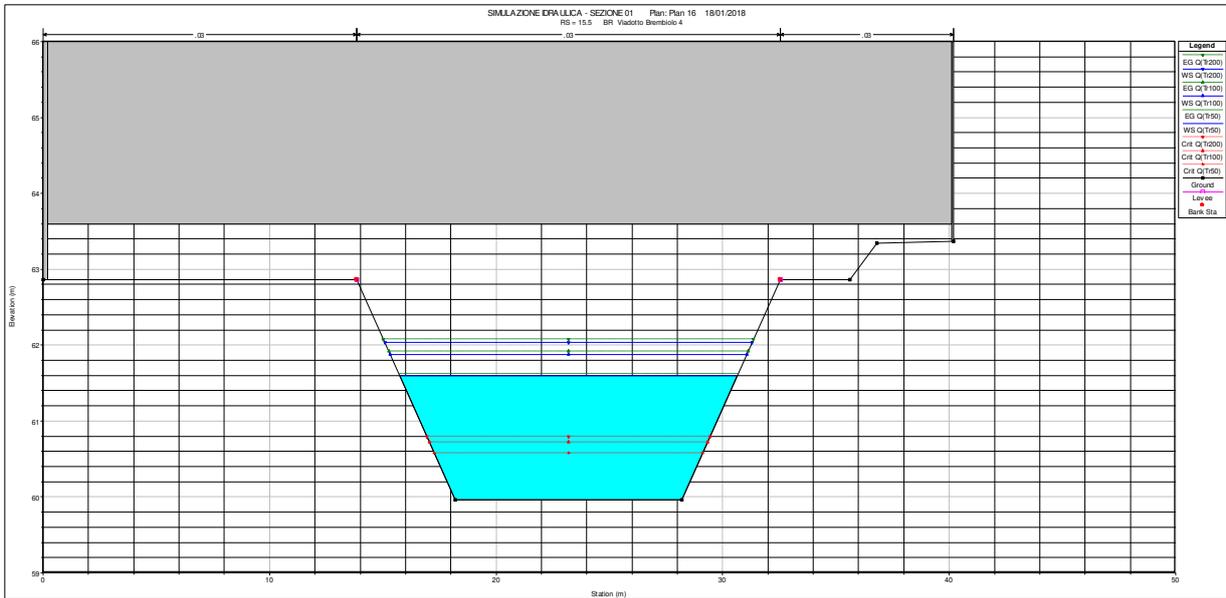
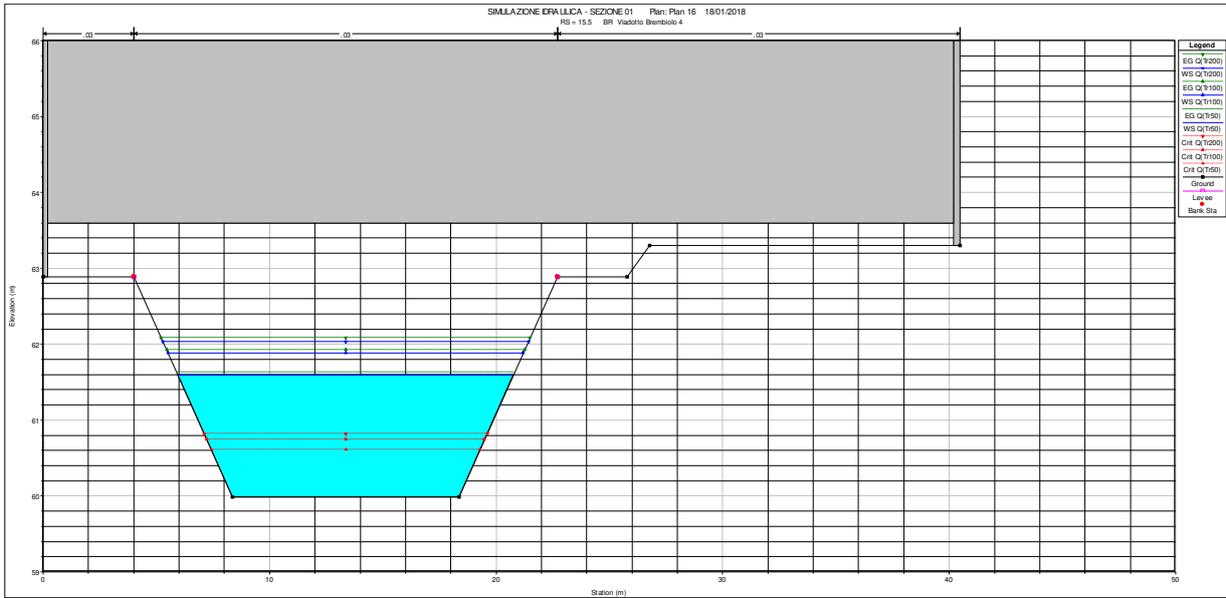
8.2.1 SIMULAZIONE IDRAULICA SEZIONE 01 – PONTE SUL BREMBIOLO N.°1 E 4 (TR=50, 100, 200 ANNI)



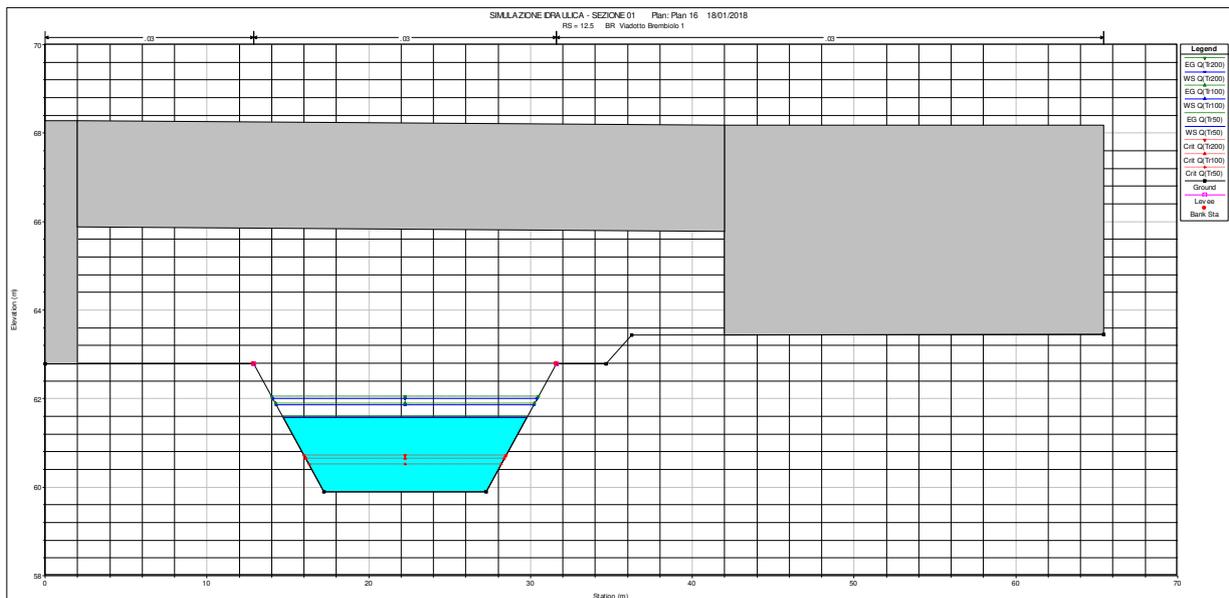
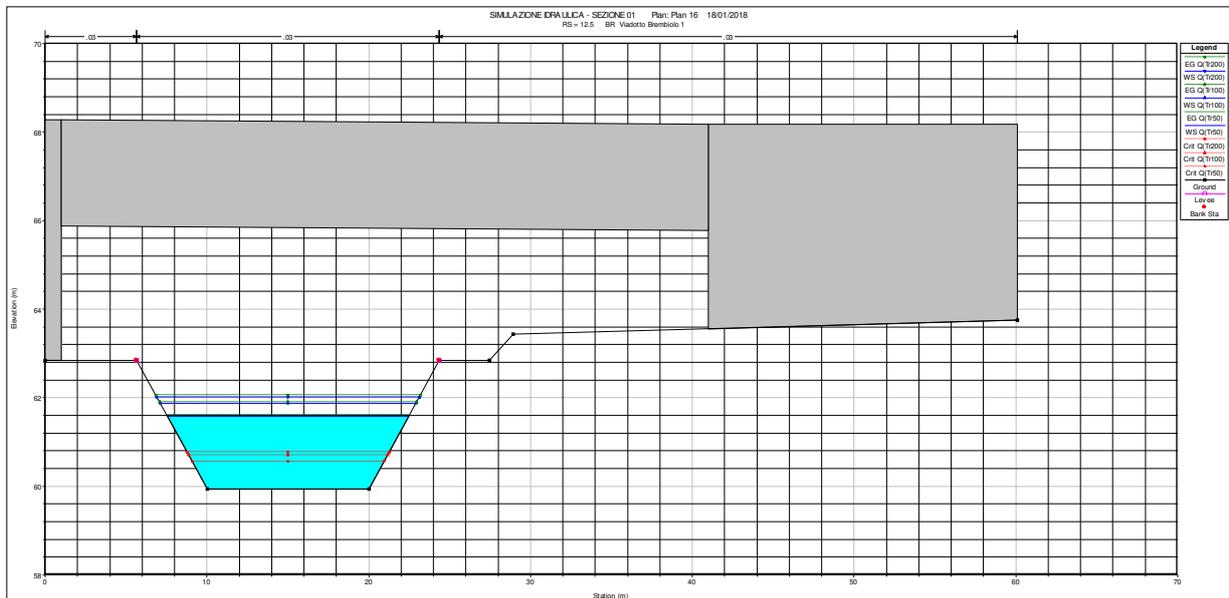
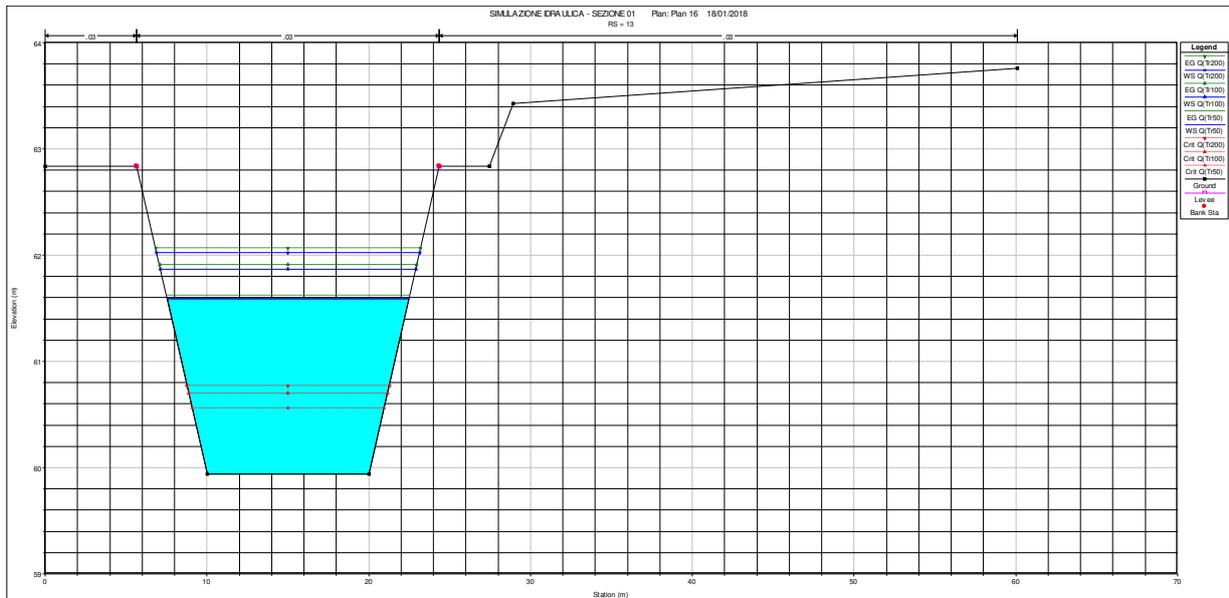
RELAZIONE IDRAULICA F. BREMBIOLO

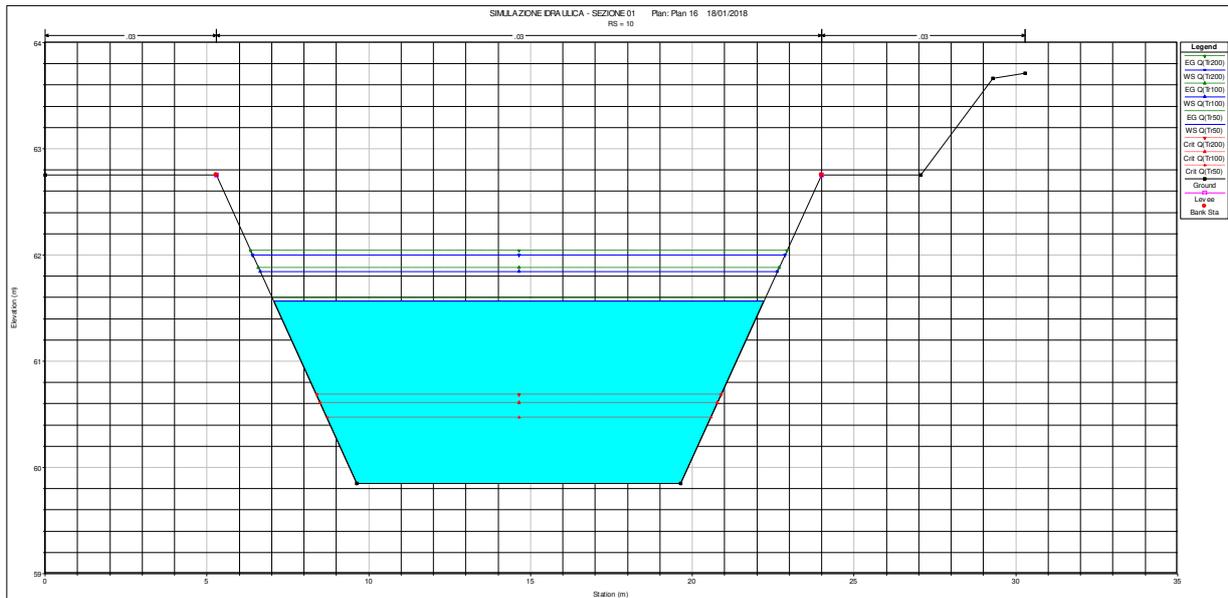
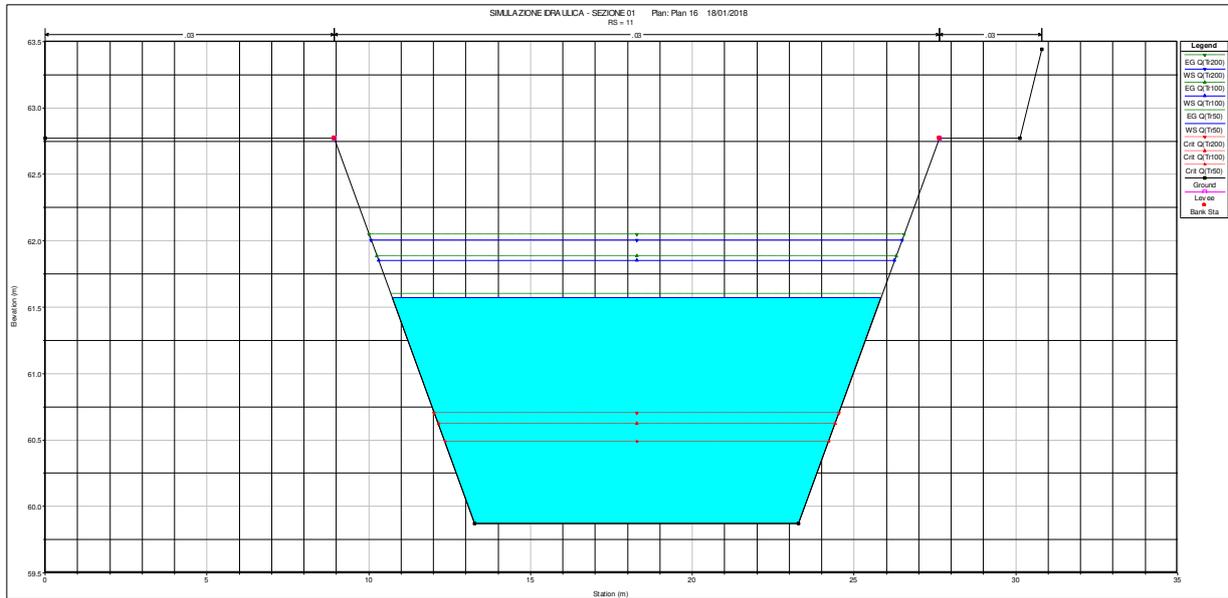
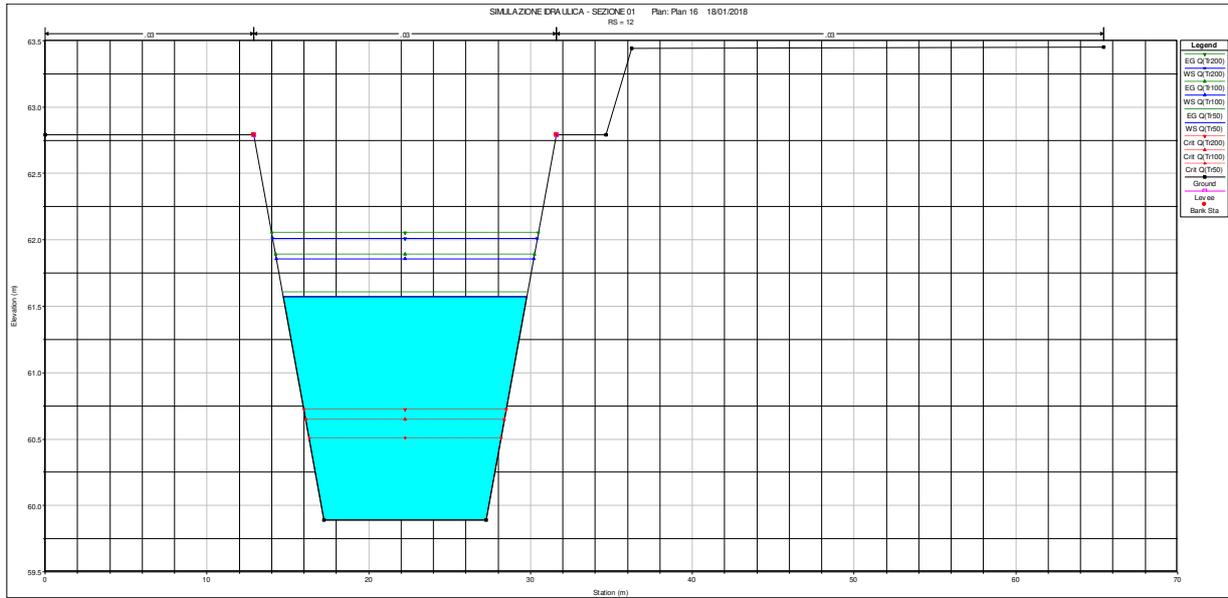


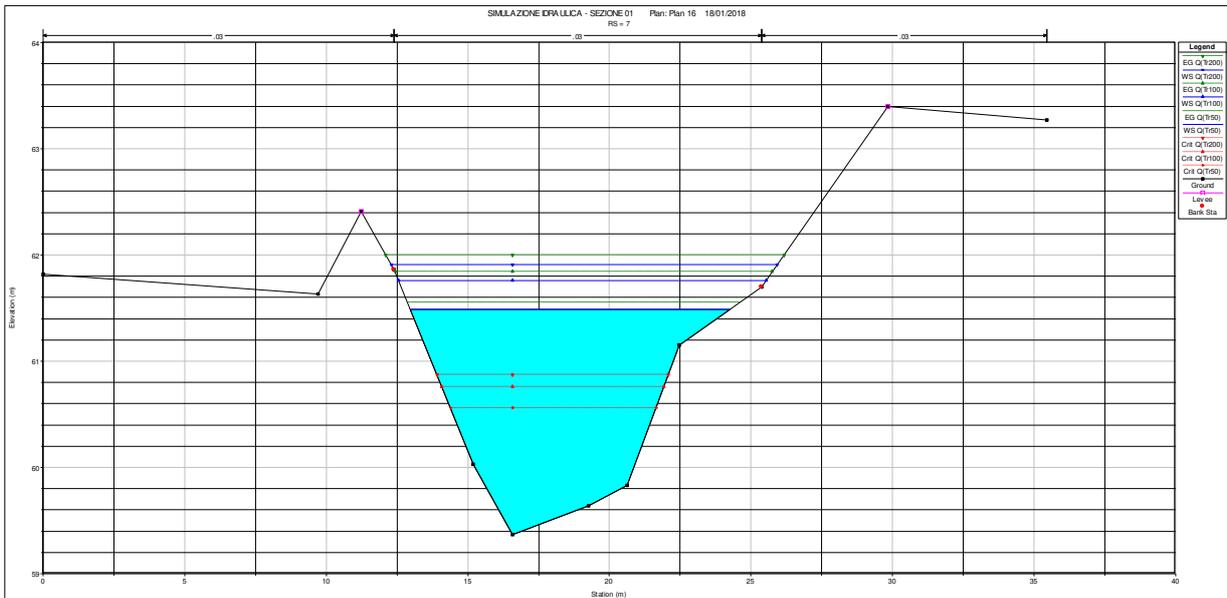
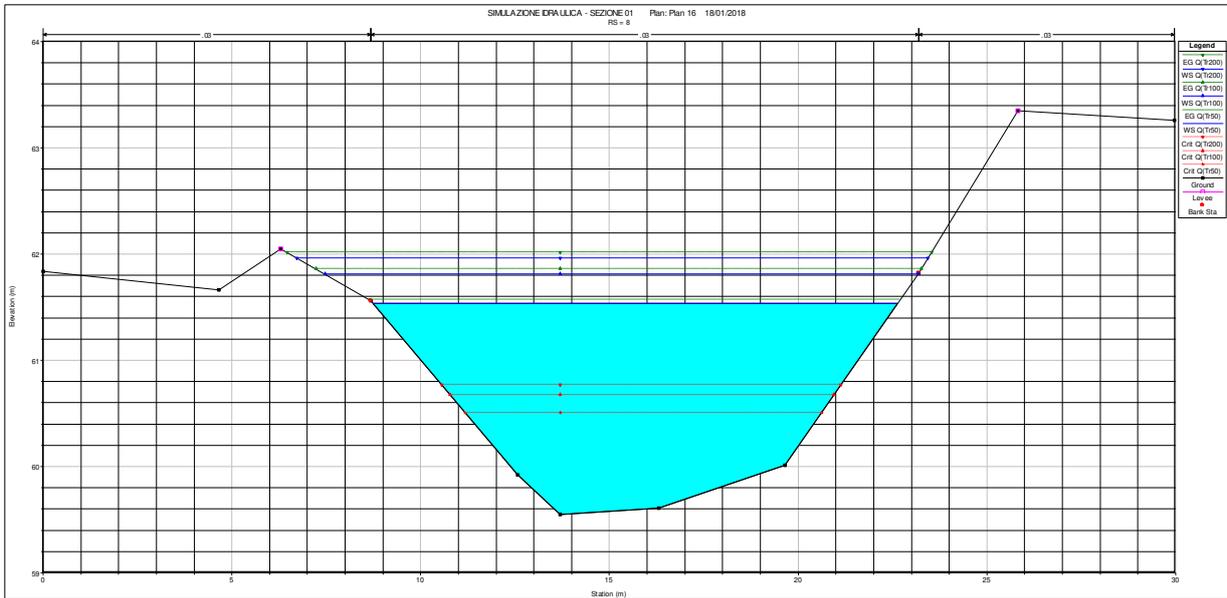
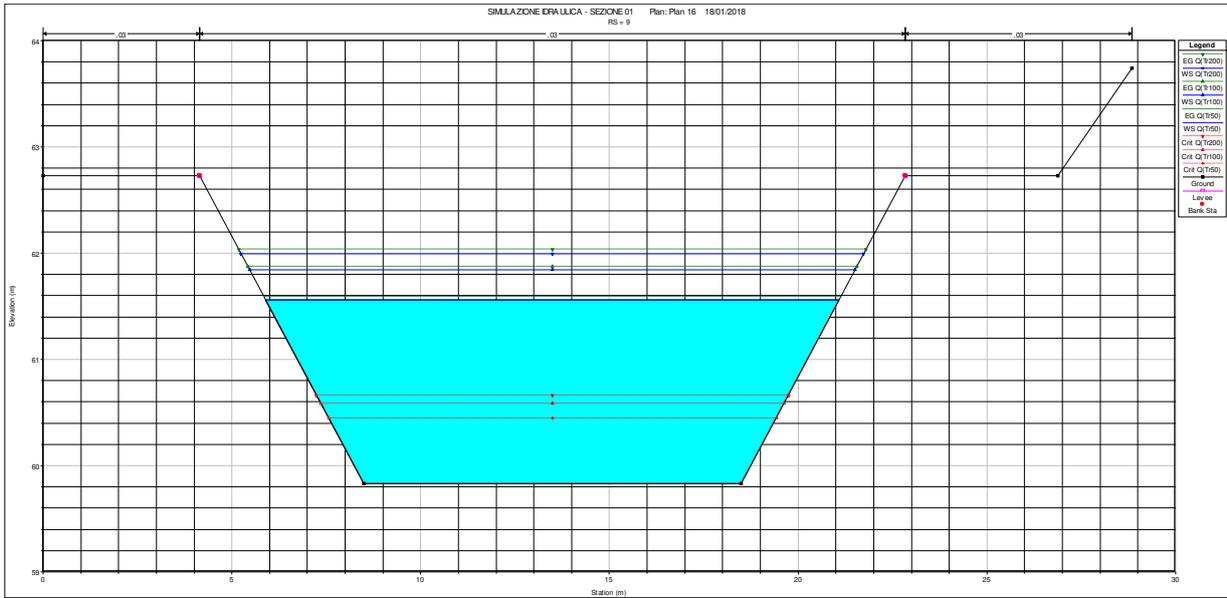




RELAZIONE IDRAULICA F. BREMBIOLO







River Station	Profile	Q total	Min Ch El	W.S. El	Crit W.S.	E.G. El	E.G. Slope	Vel Ch	Flow Area	Froude
-	-	[mc/s]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m/m]	[m/s]	[mq]	-
18	Q(Tr50)	16	60.58	61.64		61.67	0.00062	0.79	20.36	0.26
18	Q(Tr100)	21.82	60.58	61.92		61.96	0.00051	0.83	26.41	0.24
18	Q(Tr200)	25.5	60.58	62.07		62.11	0.00047	0.86	29.77	0.23
17	Q(Tr50)	16	60.02	61.61		61.64	0.00044	0.81	19.71	0.22
17	Q(Tr100)	21.82	60.02	61.89		61.93	0.00047	0.91	23.91	0.24
17	Q(Tr200)	25.5	60.02	62.04		62.09	0.00049	0.97	26.27	0.24
16	Q(Tr50)	16	59.99	61.6	60.61	61.64	0.00042	0.8	20.04	0.22
16	Q(Tr100)	21.82	59.99	61.88	60.74	61.92	0.00045	0.9	24.25	0.23
16	Q(Tr200)	25.5	59.99	62.03	60.82	62.08	0.00047	0.96	26.62	0.24
		Bridge								
14	Q(Tr50)	16	59.96	61.6		61.63	0.00040	0.79	20.37	0.21
14	Q(Tr100)	21.82	59.96	61.87		61.91	0.00043	0.89	24.59	0.23
14	Q(Tr200)	25.5	59.96	62.02		62.07	0.00045	0.95	26.96	0.23
13	Q(Tr50)	16	59.94	61.59	60.56	61.62	0.00039	0.78	20.61	0.21
13	Q(Tr100)	21.82	59.94	61.87	60.69	61.91	0.00042	0.88	24.84	0.22
13	Q(Tr200)	25.5	59.94	62.02	60.77	62.06	0.00044	0.94	27.21	0.23
		Bridge								
12	Q(Tr50)	16	59.89	61.58		61.61	0.00036	0.76	21.15	0.2
12	Q(Tr100)	21.82	59.89	61.85		61.89	0.00039	0.86	25.39	0.22
12	Q(Tr200)	25.5	59.89	62		62.04	0.00041	0.92	27.77	0.22
11	Q(Tr50)	16	59.87	61.57		61.6	0.00035	0.75	21.4	0.2
11	Q(Tr100)	21.82	59.87	61.85		61.89	0.00038	0.85	25.65	0.21
11	Q(Tr200)	25.5	59.87	62		62.04	0.00040	0.91	28.03	0.22
10	Q(Tr50)	16	59.85	61.57		61.6	0.00034	0.74	21.62	0.2
10	Q(Tr100)	21.82	59.85	61.84		61.88	0.00037	0.84	25.88	0.21
10	Q(Tr200)	25.5	59.85	61.99		62.03	0.00039	0.9	28.26	0.22
9	Q(Tr50)	16	59.83	61.56		61.59	0.00033	0.73	21.86	0.19
9	Q(Tr100)	21.82	59.83	61.84		61.87	0.00036	0.84	26.12	0.21
9	Q(Tr200)	25.5	59.83	61.98		62.03	0.00038	0.89	28.5	0.22
8	Q(Tr50)	16	59.55	61.54		61.58	0.00051	0.87	18.29	0.24
8	Q(Tr100)	21.82	59.55	61.81		61.86	0.00053	0.98	22.6	0.25
8	Q(Tr200)	25.5	59.55	61.95		62.01	0.00053	1.04	25.78	0.26
7	Q(Tr50)	16	59.37	61.49		61.56	0.00100	1.14	14.01	0.33
7	Q(Tr100)	21.82	59.37	61.76		61.84	0.00109	1.26	17.67	0.35
7	Q(Tr200)	25.5	59.37	61.91		61.99	0.00102	1.3	21.06	0.34

RS: 15.5 BR U Profile: Q(Tr50)		RS: 15.5 BR D Profile: Q(Tr50)	
E.G. Elev [m]	61.63	E.G. Elev [m]	61.63
Vel Head [m]	0.03	Vel Head [m]	0.03
W.S. Elev [m]	61.6	W.S. Elev [m]	61.6
Crit W.S. [m]	60.61	Crit W.S. [m]	60.58
E.G. Slope [m/m]	0.00042	E.G. Slope [m/m]	0.000397
Q Total [m3/s]	16	Q Total [m3/s]	16
Top Width [m]	14.84	Top Width [m]	14.91
Vel Total [m/s]	0.8	Vel Total [m/s]	0.78
Max Chl Dpth [m]	1.61	Max Chl Dpth [m]	1.64
Conv. Total [m3/s]	781.2	Conv. Total [m3/s]	802.9
Length Wtd. [m]	13.3	Length Wtd. [m]	5.9
Min Ch El [m]	59.99	Min Ch El [m]	59.96
Alpha	1	Alpha	1
Frctn Loss [m]	0.01	Frctn Loss [m]	0
C & E Loss [m]	0	C & E Loss [m]	0

RS: 15.5 BR U Profile: Q(Tr100)		RS: 15.5 BR D Profile: Q(Tr100)	
E.G. Elev [m]	61.92	E.G. Elev [m]	61.91
Vel Head [m]	0.04	Vel Head [m]	0.04
W.S. Elev [m]	61.88	W.S. Elev [m]	61.87
Crit W.S. [m]	60.74	Crit W.S. [m]	60.71
E.G. Slope [m/m]	0.000448	E.G. Slope [m/m]	0.000427
Q Total [m3/s]	21.82	Q Total [m3/s]	21.82
Top Width [m]	15.67	Top Width [m]	15.74
Vel Total [m/s]	0.9	Vel Total [m/s]	0.89
Max Chl Dpth [m]	1.89	Max Chl Dpth [m]	1.91
Conv. Total [m3/s]	1031	Conv. Total [m3/s]	1055.5
Length Wtd. [m]	13.3	Length Wtd. [m]	5.9
Min Ch El [m]	59.99	Min Ch El [m]	59.96
Alpha	1	Alpha	1
Frctn Loss [m]	0.01	Frctn Loss [m]	0
C & E Loss [m]	0	C & E Loss [m]	0

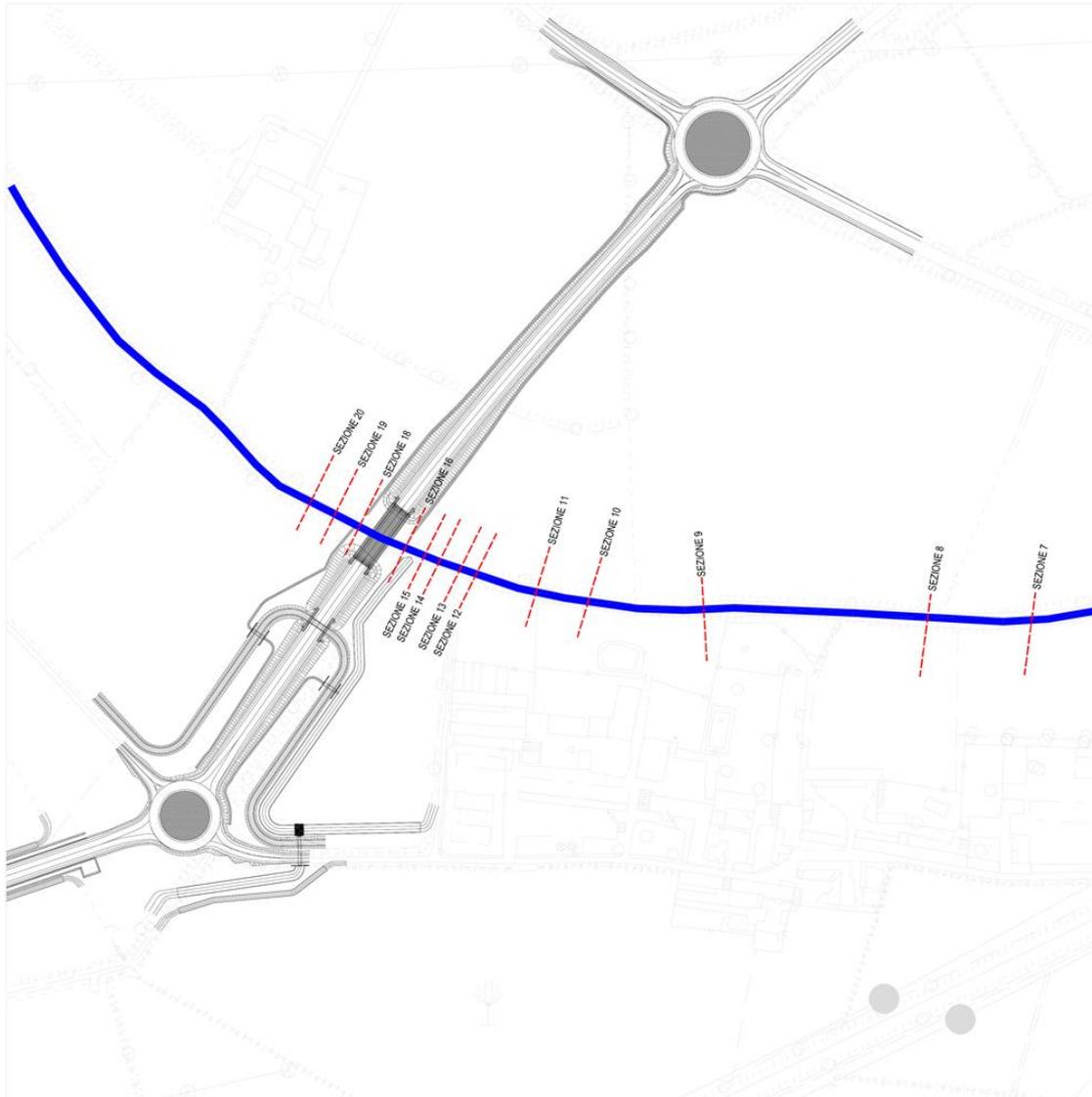
RS: 15.5 BR U Profile: Q(Tr200)		RS: 15.5 BR D Profile: Q(Tr200)	
E.G. Elev [m]	62.07	E.G. Elev [m]	62.07
Vel Head [m]	0.05	Vel Head [m]	0.05
W.S. Elev [m]	62.03	W.S. Elev [m]	62.02
Crit W.S. [m]	60.82	Crit W.S. [m]	60.79
E.G. Slope [m/m]	0.000468	E.G. Slope [m/m]	0.000448
Q Total [m3/s]	25.5	Q Total [m3/s]	25.5
Top Width [m]	16.11	Top Width [m]	16.19
Vel Total [m/s]	0.96	Vel Total [m/s]	0.94
Max Chl Dpth [m]	2.04	Max Chl Dpth [m]	2.06
Conv. Total [m3/s]	1179.1	Conv. Total [m3/s]	1205
Length Wtd. [m]	13.3	Length Wtd. [m]	5.9
Min Ch El [m]	59.99	Min Ch El [m]	59.96
Alpha	1	Alpha	1
Frctn Loss [m]	0.01	Frctn Loss [m]	0
C & E Loss [m]	0	C & E Loss [m]	0

RS: 12.5 BR U Profile: Q(Tr50)		RS: 12.5 BR D Profile: Q(Tr50)	
E.G. Elev [m]	61.62	E.G. Elev [m]	61.61
Vel Head [m]	0.03	Vel Head [m]	0.03
W.S. Elev [m]	61.59	W.S. Elev [m]	61.58
Crit W.S. [m]	60.56	Crit W.S. [m]	60.51
E.G. Slope [m/m]	0.000387	E.G. Slope [m/m]	0.000357
Q Total [m3/s]	16	Q Total [m3/s]	16
Top Width [m]	14.95	Top Width [m]	15.06
Vel Total [m/s]	0.78	Vel Total [m/s]	0.76
Max Chl Dpth [m]	1.65	Max Chl Dpth [m]	1.69
Conv. Total [m3/s]	813.2	Conv. Total [m3/s]	846.3
Length Wtd. [m]	35	Length Wtd. [m]	1
Min Ch El [m]	59.94	Min Ch El [m]	59.89
Alpha	1	Alpha	1
Frctn Loss [m]	0.01	Frctn Loss [m]	0
C & E Loss [m]	0	C & E Loss [m]	0

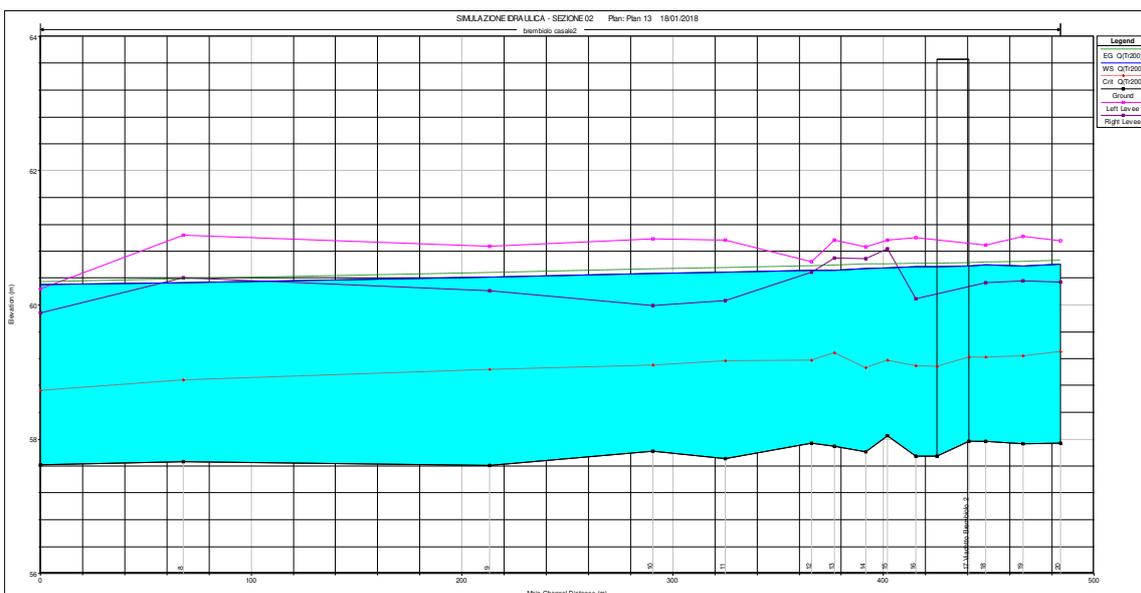
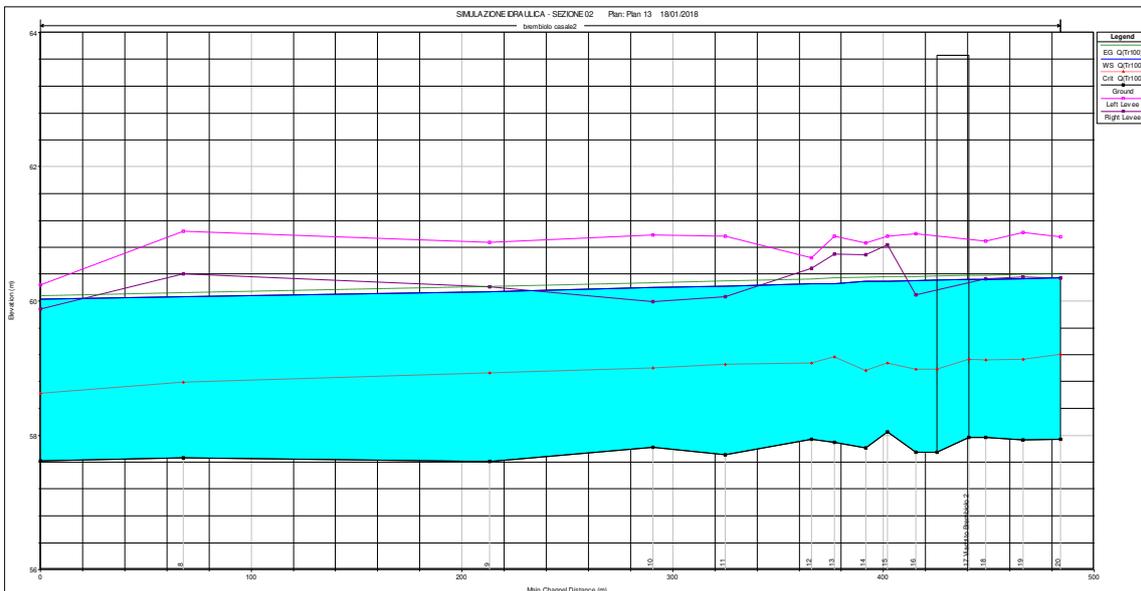
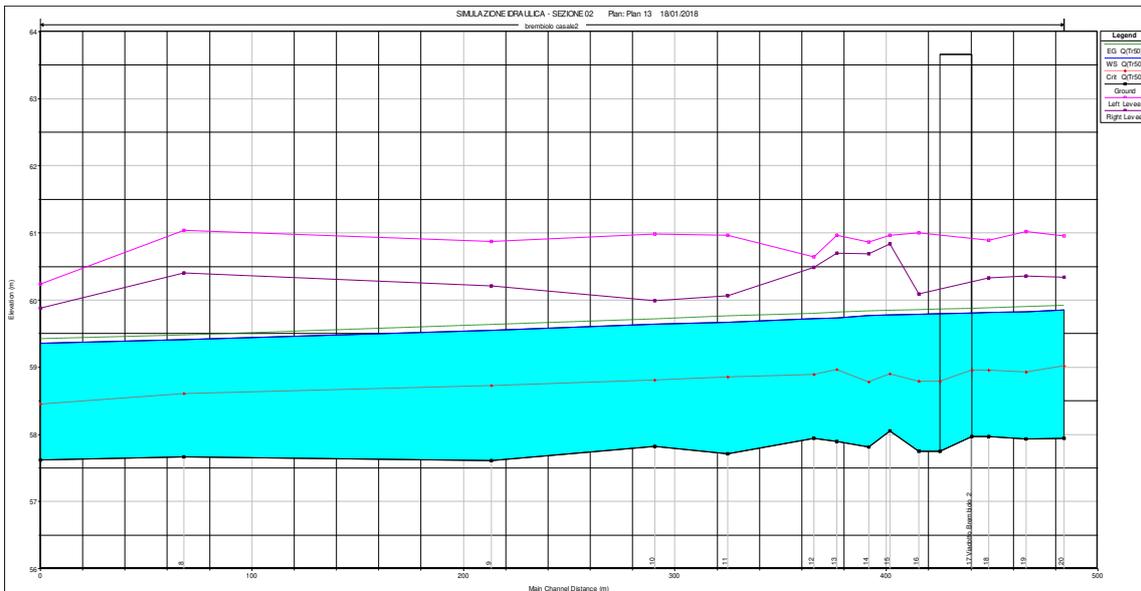
RS: 12.5 BR U Profile: Q(Tr100)		RS: 12.5 BR D Profile: Q(Tr100)	
E.G. Elev [m]	61.9	E.G. Elev [m]	61.89
Vel Head [m]	0.04	Vel Head [m]	0.04
W.S. Elev [m]	61.87	W.S. Elev [m]	61.85
Crit W.S. [m]	60.69	Crit W.S. [m]	60.64
E.G. Slope [m/m]	0.000419	E.G. Slope [m/m]	0.000391
Q Total [m3/s]	21.82	Q Total [m3/s]	21.82
Top Width [m]	15.78	Top Width [m]	15.89
Vel Total [m/s]	0.88	Vel Total [m/s]	0.86
Max Chl Dpth [m]	1.93	Max Chl Dpth [m]	1.96
Conv. Total [m3/s]	1066.5	Conv. Total [m3/s]	1103.1
Length Wtd. [m]	35	Length Wtd. [m]	1
Min Ch El [m]	59.94	Min Ch El [m]	59.89
Alpha	1	Alpha	1
Frctn Loss [m]	0.01	Frctn Loss [m]	0
C & E Loss [m]	0	C & E Loss [m]	0

RS: 12.5 BR U Profile: Q(Tr200)		RS: 12.5 BR D Profile: Q(Tr200)	
E.G. Elev [m]	62.06	E.G. Elev [m]	62.04
Vel Head [m]	0.04	Vel Head [m]	0.04
W.S. Elev [m]	62.01	W.S. Elev [m]	62
Crit W.S. [m]	60.77	Crit W.S. [m]	60.72
E.G. Slope [m/m]	0.00044	E.G. Slope [m/m]	0.000413
Q Total [m3/s]	25.5	Q Total [m3/s]	25.5
Top Width [m]	16.22	Top Width [m]	16.33
Vel Total [m/s]	0.94	Vel Total [m/s]	0.92
Max Chl Dpth [m]	2.07	Max Chl Dpth [m]	2.11
Conv. Total [m3/s]	1216.3	Conv. Total [m3/s]	1254.5
Length Wtd. [m]	35	Length Wtd. [m]	1
Min Ch El [m]	59.94	Min Ch El [m]	59.89
Alpha	1	Alpha	1
Frctn Loss [m]	0.01	Frctn Loss [m]	0
C & E Loss [m]	0	C & E Loss [m]	0

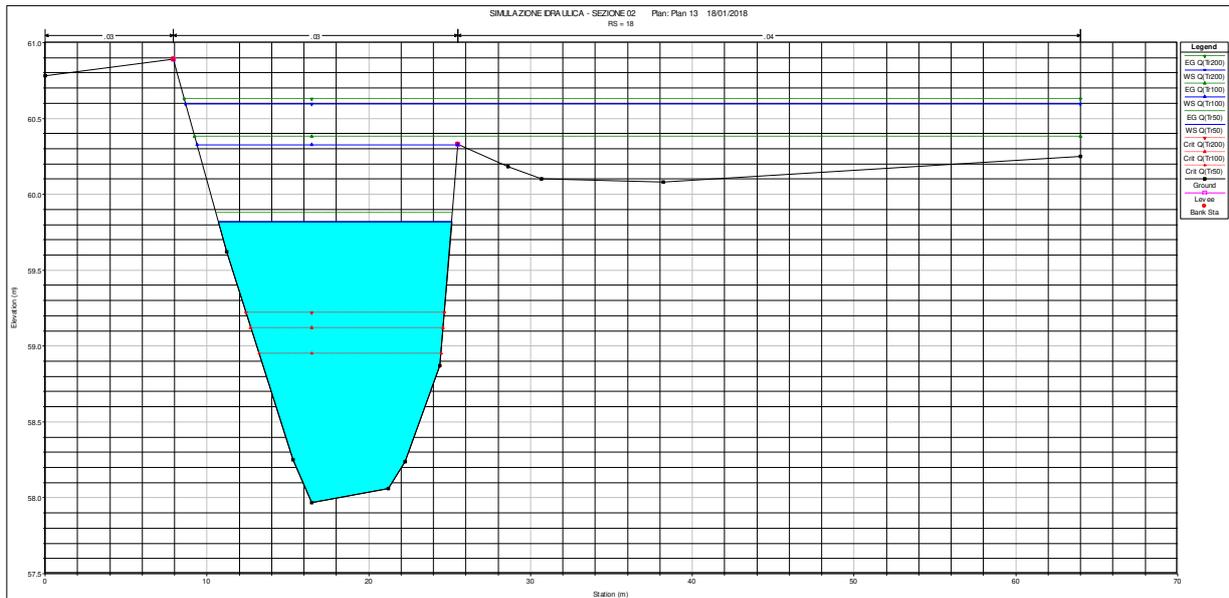
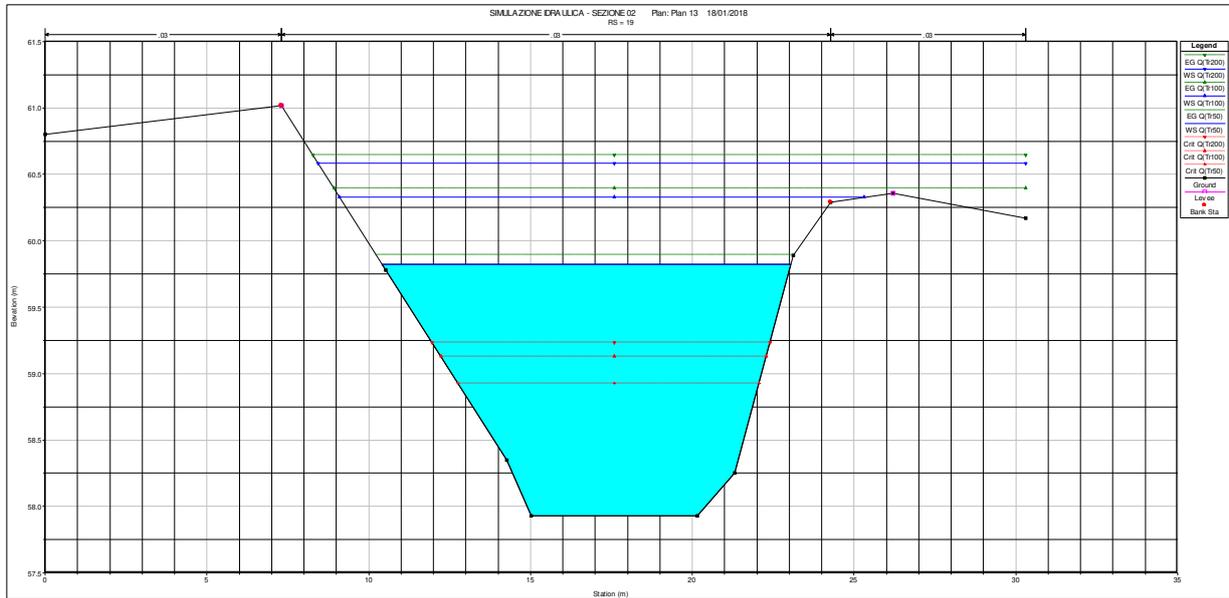
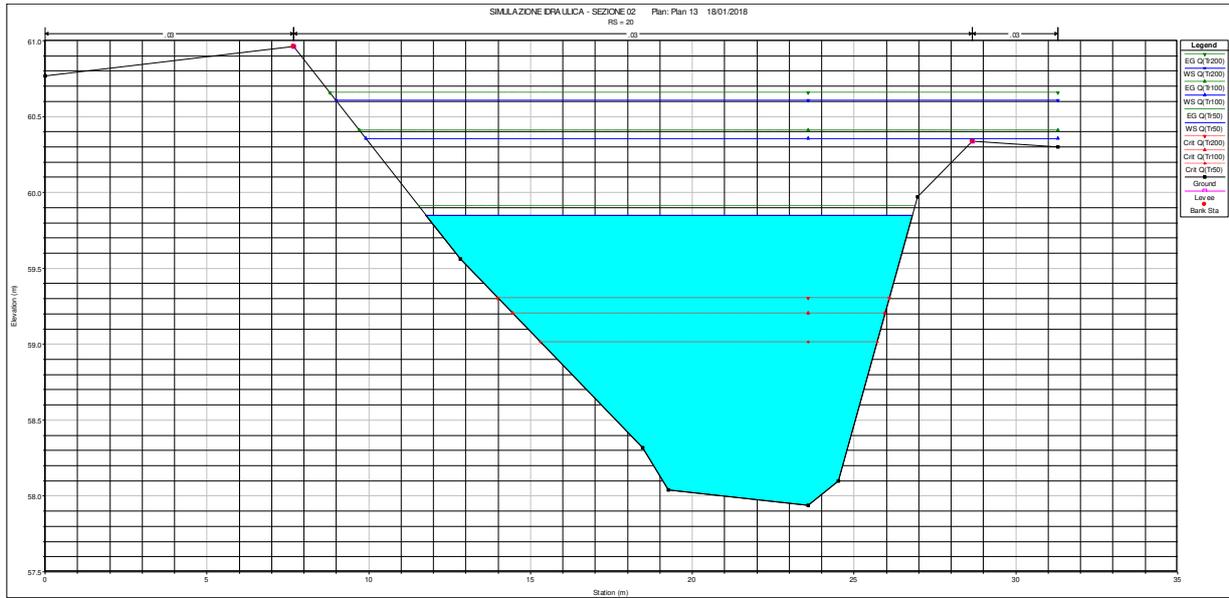
8.2.2 SIMULAZIONE IDRAULICA SEZIONE 02 – PONTE SUL BREMBIOLO N.°2 (TR=50, 100, 200 ANNI)

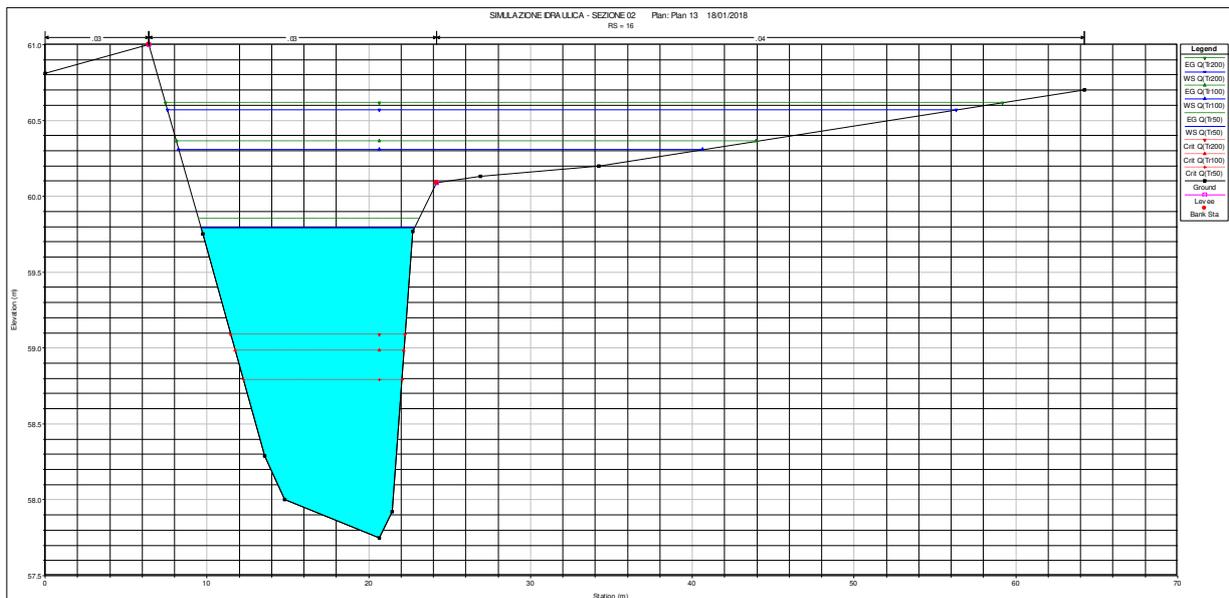
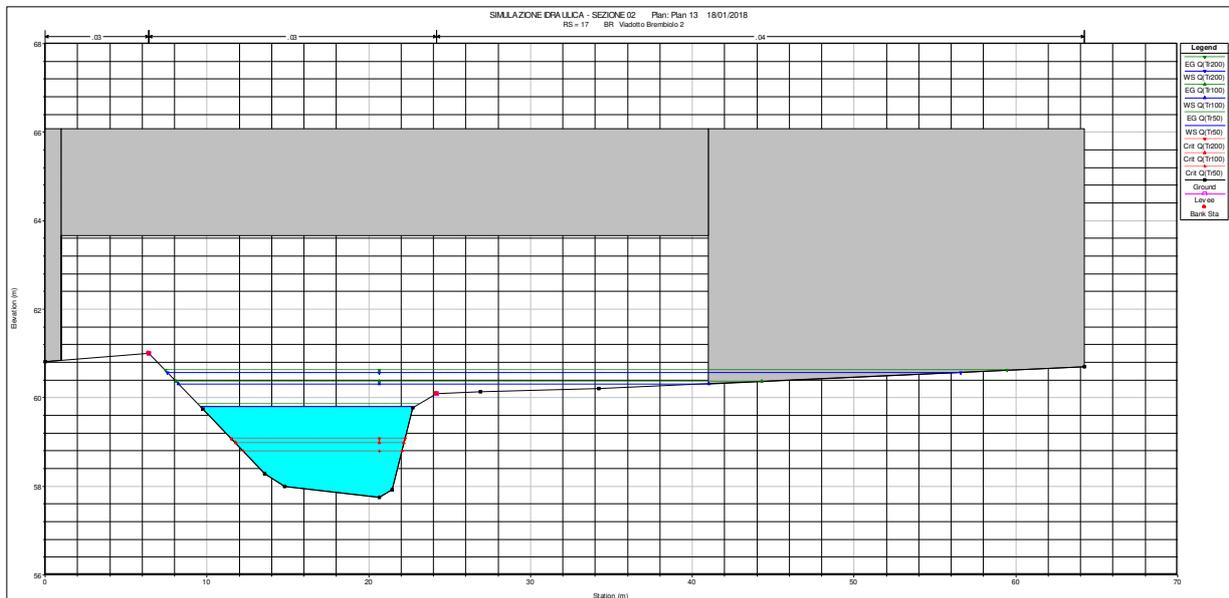
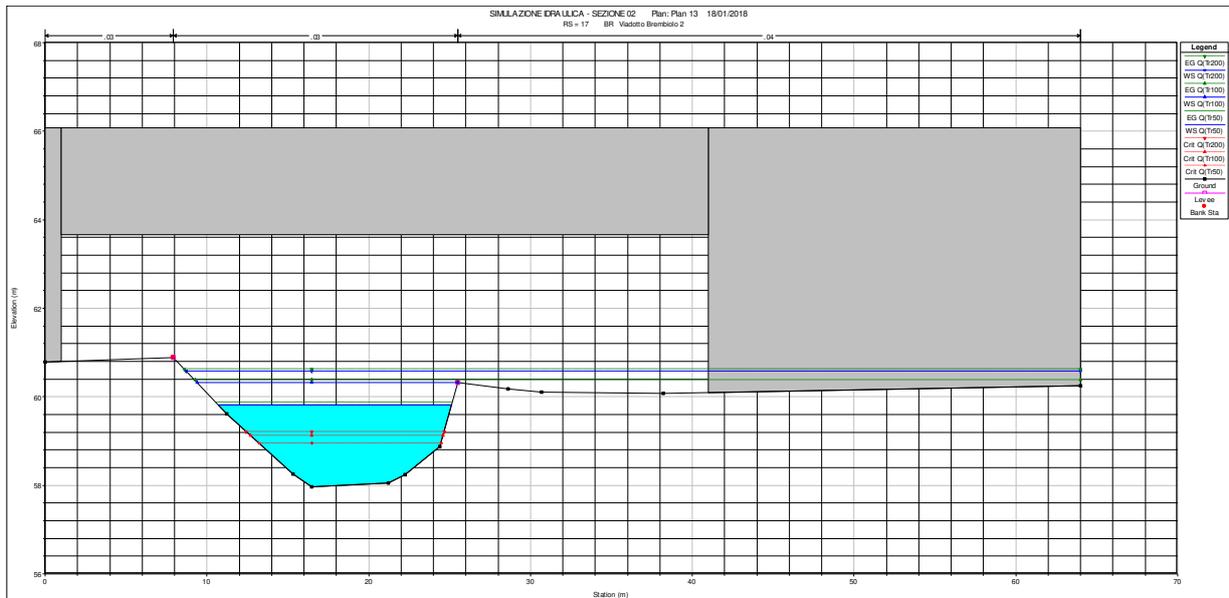


RELAZIONE IDRAULICA F. BREMBIOLO

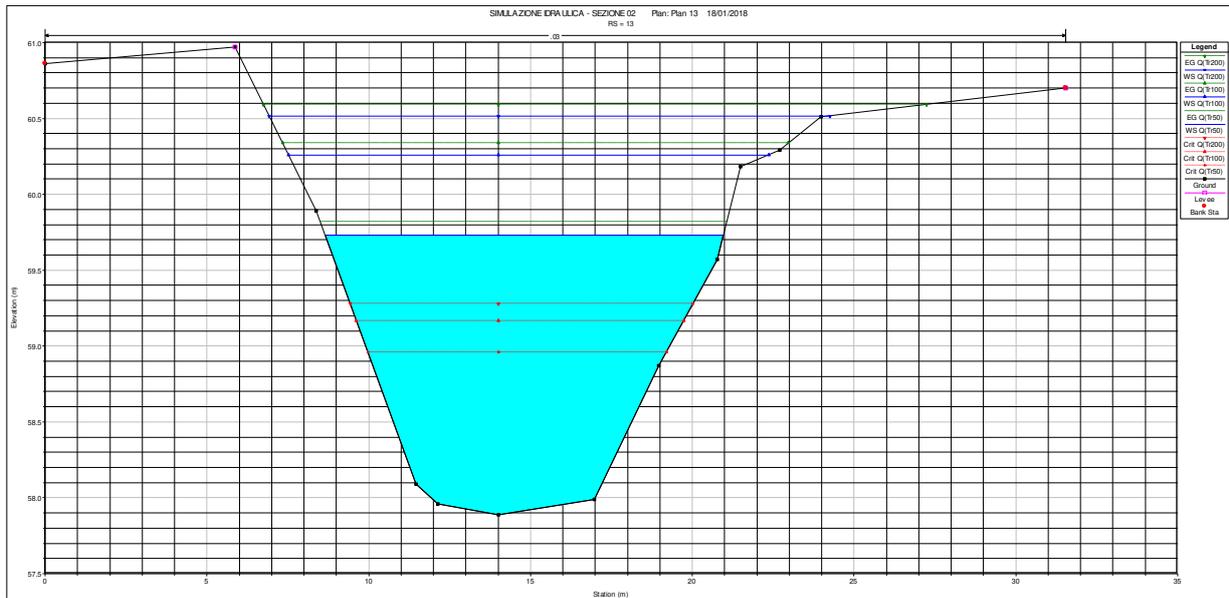
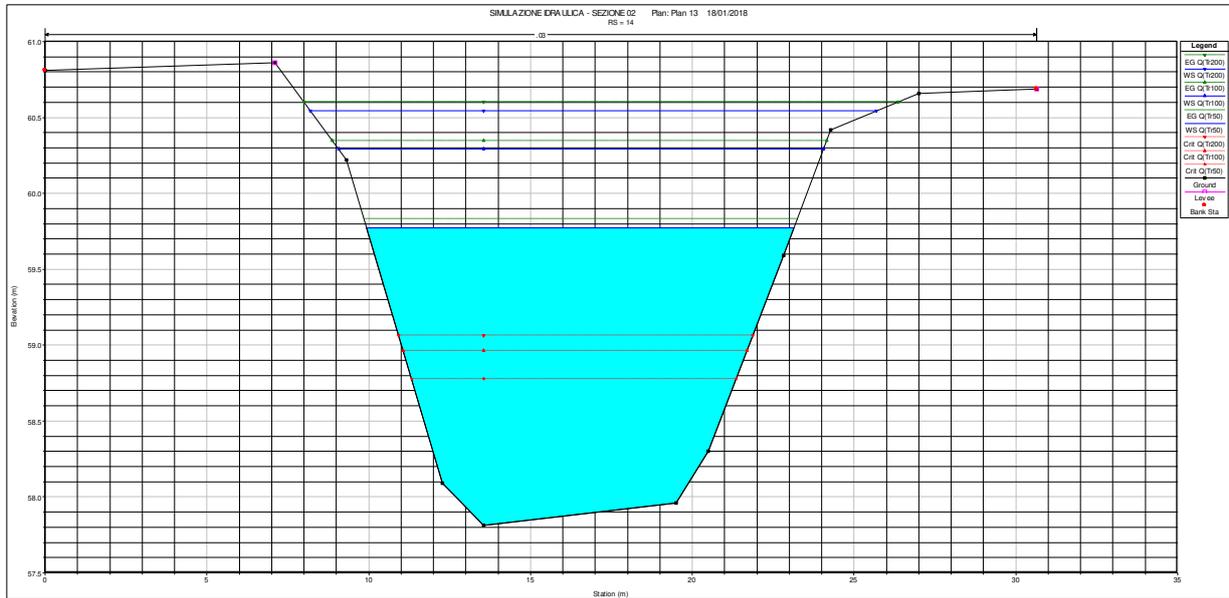
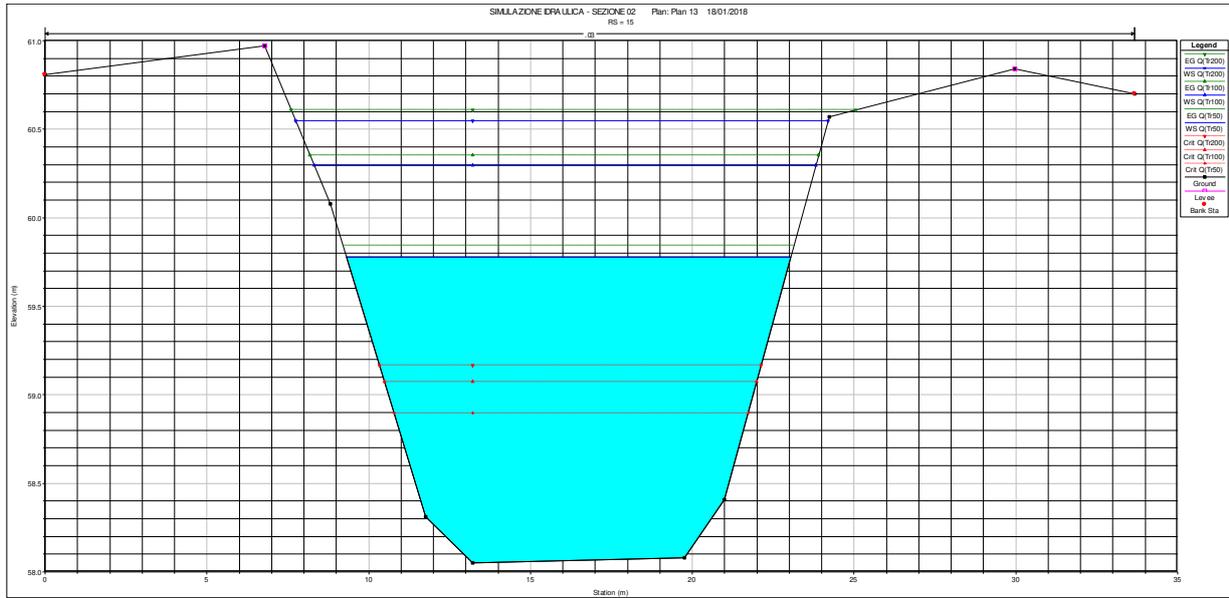


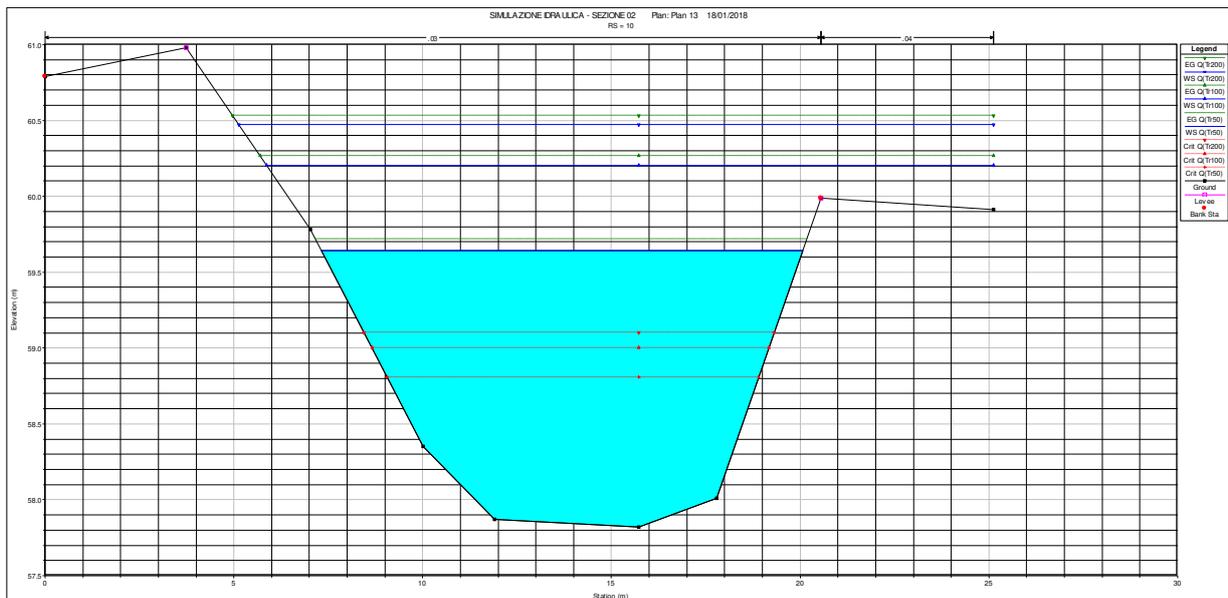
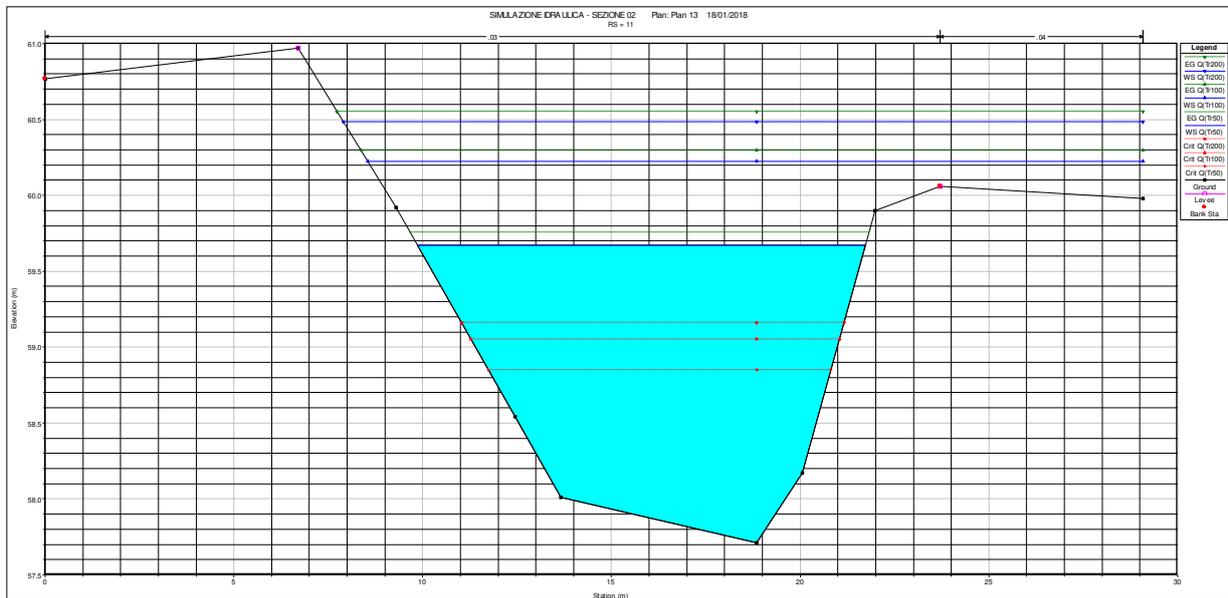
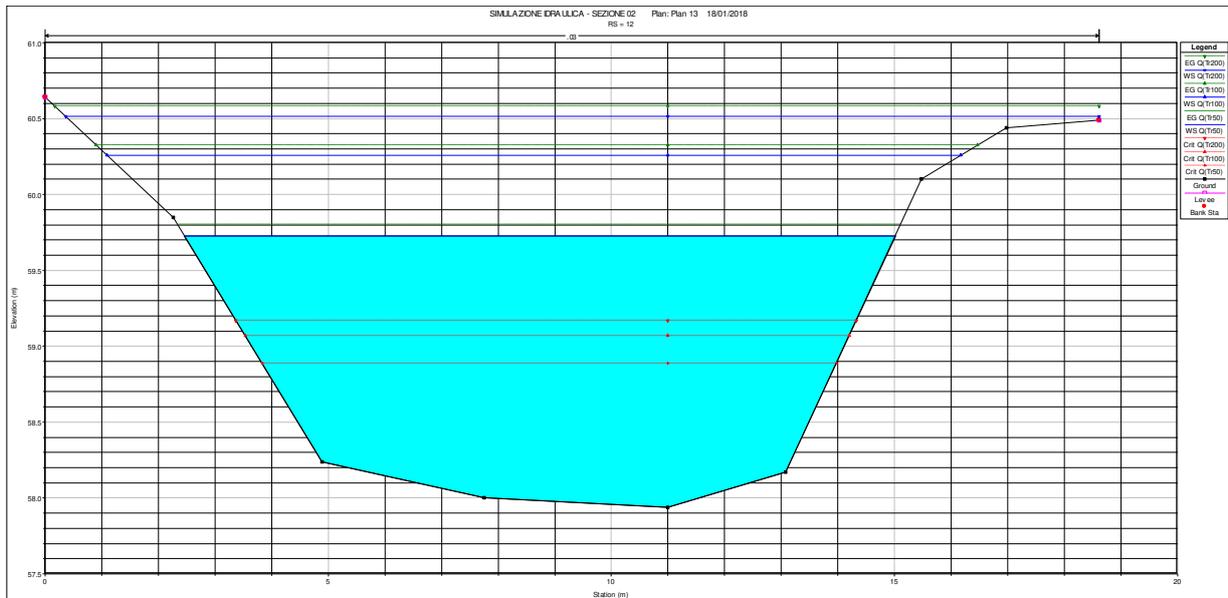
RELAZIONE IDRAULICA F. BREMBIOLO



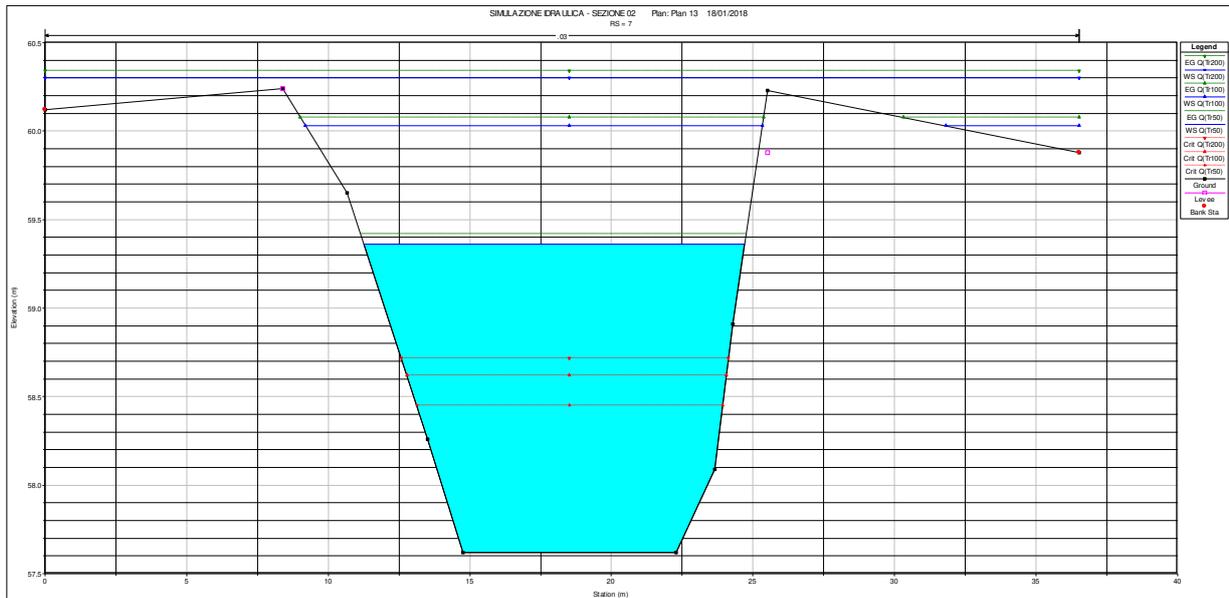
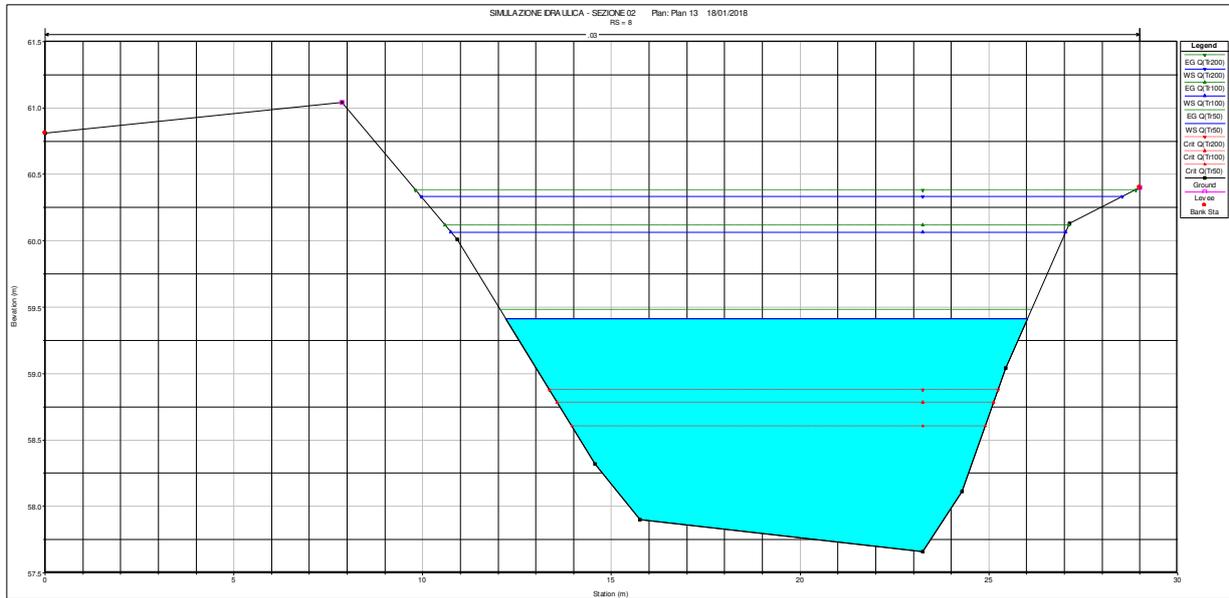
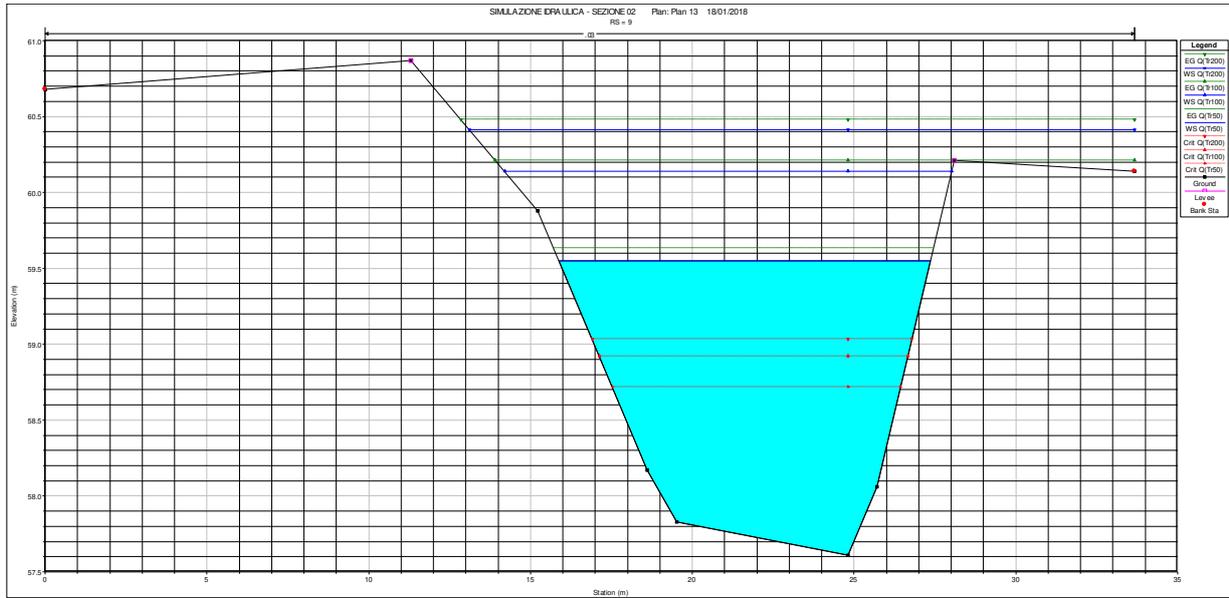


RELAZIONE IDRAULICA F. BREMBIOLO





RELAZIONE IDRAULICA F. BREMBIOLO



RELAZIONE IDRAULICA F. BREMBIOLO

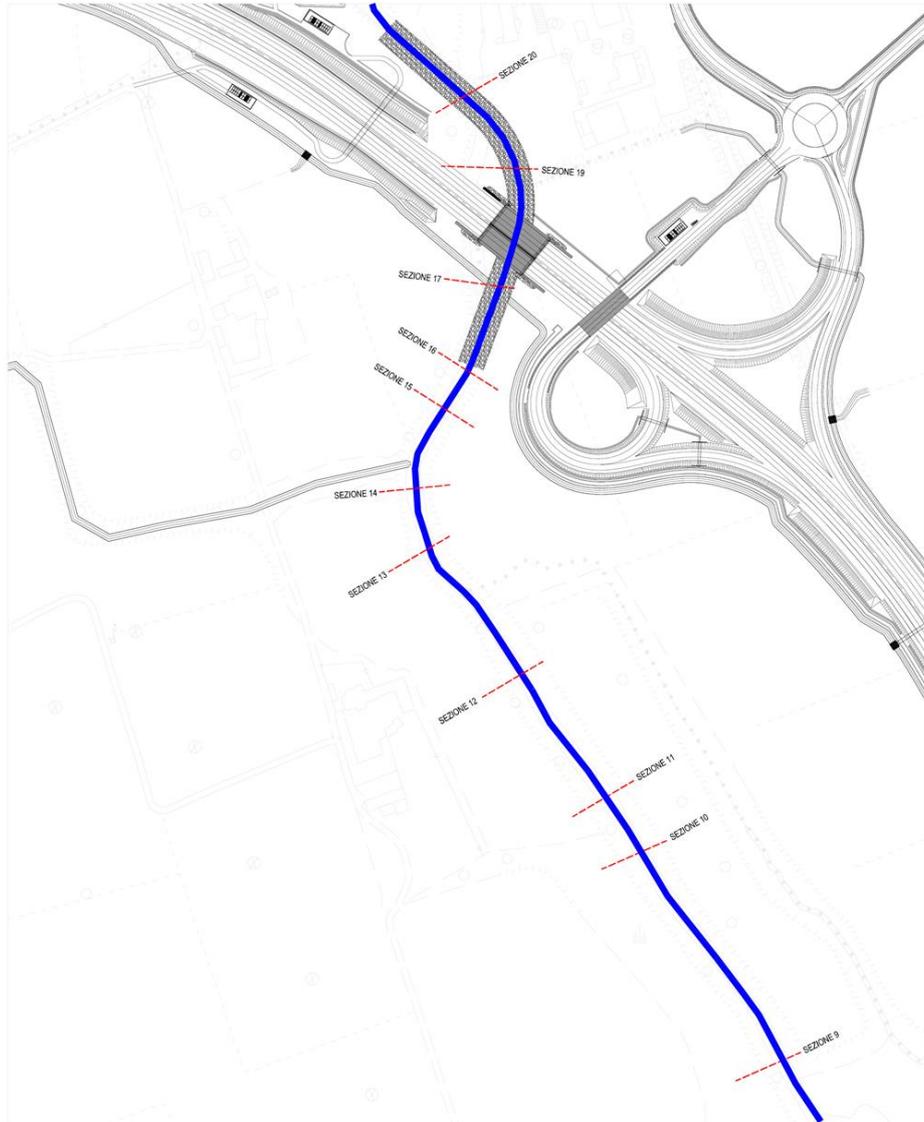
River Station	Profile	Q total	Min Ch El	W.S. El	Crit W.S.	E.G. El	E.G. Slope	Vel Ch	Flow Area	Froude
-	-	[mc/s]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m/m]	[m/s]	[mq]	-
20	Q(Tr50)	20.51	57.94	59.85		59.91	0.00093	1.12	18.35	0.32
20	Q(Tr100)	28	57.94	60.36		60.41	0.00065	1.04	26.95	0.28
20	Q(Tr200)	32.5	57.94	60.62		60.68	0.00051	1.01	32.82	0.25
19	Q(Tr50)	20.51	57.93	59.82		59.9	0.00094	1.19	17.22	0.33
19	Q(Tr100)	28	57.93	60.33		60.4	0.00071	1.15	24.58	0.29
19	Q(Tr200)	32.5	57.93	60.6		60.67	0.00057	1.12	30.42	0.27
18	Q(Tr50)	20.51	57.97	59.82	58.95	59.88	0.00079	1.08	18.99	0.3
18	Q(Tr100)	28	57.97	60.33	59.12	60.38	0.00050	1	33.72	0.25
18	Q(Tr200)	32.5	57.97	60.61	59.22	60.65	0.00033	0.88	49.16	0.21
		Bridge								
16	Q(Tr50)	20.51	57.75	59.79		59.85	0.00074	1.08	18.95	0.29
16	Q(Tr100)	28	57.75	60.31		60.36	0.00055	1.04	28.62	0.26
16	Q(Tr200)	32.5	57.75	60.59		60.63	0.00042	0.98	40.11	0.23
15	Q(Tr50)	20.51	58.05	59.78		59.84	0.00079	1.1	18.64	0.3
15	Q(Tr100)	28	58.05	60.3		60.36	0.00056	1.07	26.22	0.26
15	Q(Tr200)	32.5	58.05	60.57		60.63	0.00050	1.06	30.56	0.25
14	Q(Tr50)	20.51	57.81	59.77		59.83	0.00070	1.07	19.14	0.28
14	Q(Tr100)	28	57.81	60.29		60.35	0.00053	1.06	26.44	0.25
14	Q(Tr200)	32.5	57.81	60.57		60.62	0.00053	1.06	30.8	0.26
13	Q(Tr50)	20.51	57.89	59.73		59.82	0.00122	1.31	15.67	0.37
13	Q(Tr100)	28	57.89	60.26		60.34	0.00086	1.23	22.7	0.32
13	Q(Tr200)	32.5	57.89	60.54		60.61	0.00082	1.2	27.17	0.31
12	Q(Tr50)	20.51	57.94	59.73		59.8	0.00095	1.2	17.1	0.33
12	Q(Tr100)	28	57.94	60.26		60.33	0.00070	1.15	24.35	0.29
12	Q(Tr200)	32.5	57.94	60.54		60.6	0.00068	1.13	28.87	0.29
11	Q(Tr50)	20.51	57.71	59.67		59.76	0.00113	1.29	15.92	0.36
11	Q(Tr100)	28	57.71	60.23		60.3	0.00079	1.19	24.49	0.3
11	Q(Tr200)	32.5	57.71	60.51		60.57	0.00061	1.14	30.41	0.27
10	Q(Tr50)	20.51	57.82	59.64		59.72	0.00099	1.21	16.94	0.34
10	Q(Tr100)	28	57.82	60.21		60.27	0.00062	1.12	25.89	0.28
10	Q(Tr200)	32.5	57.82	60.49		60.55	0.00051	1.09	31.52	0.25
9	Q(Tr50)	20.51	57.61	59.55		59.63	0.00114	1.31	15.71	0.36
9	Q(Tr100)	28	57.61	60.14		60.22	0.00076	1.21	23.13	0.3
9	Q(Tr200)	32.5	57.61	60.44		60.5	0.00081	1.12	28.91	0.3
8	Q(Tr50)	20.51	57.66	59.41		59.48	0.00094	1.16	17.72	0.33
8	Q(Tr100)	28	57.66	60.07		60.12	0.000505	1.02	27.57	0.25
8	Q(Tr200)	32.5	57.66	60.36		60.41	0.000465	0.99	32.72	0.24
7	Q(Tr50)	20.51	57.62	59.36		59.42	0.000762	1.09	18.78	0.29
7	Q(Tr100)	28	57.62	60.03		60.08	0.000601	0.97	29.01	0.26
7	Q(Tr200)	32.5	57.62	60.33		60.37	0.000676	0.85	38.01	0.27
6	Q(Tr50)	20.51	57.36	59.06		59.13	0.000869	1.18	17.41	0.3
6	Q(Tr100)	28	57.36	59.82		59.88	0.00053	1.08	26.01	0.23
6	Q(Tr200)	32.5	57.36	60.1		60.16	0.0005	1.11	29.36	0.23
5	Q(Tr50)	20.51	57.44	59.03	58.27	59.12	0.000844	1.32	15.54	0.35
5	Q(Tr100)	28	57.44	59.8	58.44	59.87	0.000446	1.18	23.74	0.25
5	Q(Tr200)	32.5	57.44	60.08	58.53	60.16	0.000425	1.21	26.75	0.25

RS: 17 BR U Profile: Q(Tr50)		RS: 17 BR D Profile: Q(Tr50)	
E.G. Elev [m]	59.87	E.G. Elev [m]	59.86
Vel Head [m]	0.06	Vel Head [m]	0.06
W.S. Elev [m]	59.81	W.S. Elev [m]	59.8
Crit W.S. [m]	58.95	Crit W.S. [m]	58.79
E.G. Slope [m/m]	0.000799	E.G. Slope [m/m]	0.000729
Q Total [m3/s]	20.51	Q Total [m3/s]	20.51
Top Width [m]	14.4	Top Width [m]	13.26
Vel Total [m/s]	1.09	Vel Total [m/s]	1.08
Max Chl Dpth [m]	1.84	Max Chl Dpth [m]	2.05
Conv. Total [m3/s]	725.5	Conv. Total [m3/s]	759.7
Length Wtd. [m]	15	Length Wtd. [m]	10.15
Min Ch El [m]	57.97	Min Ch El [m]	57.75
Alpha	1	Alpha	1
Frctn Loss [m]	0.01	Frctn Loss [m]	0.01
C & E Loss [m]	0	C & E Loss [m]	0

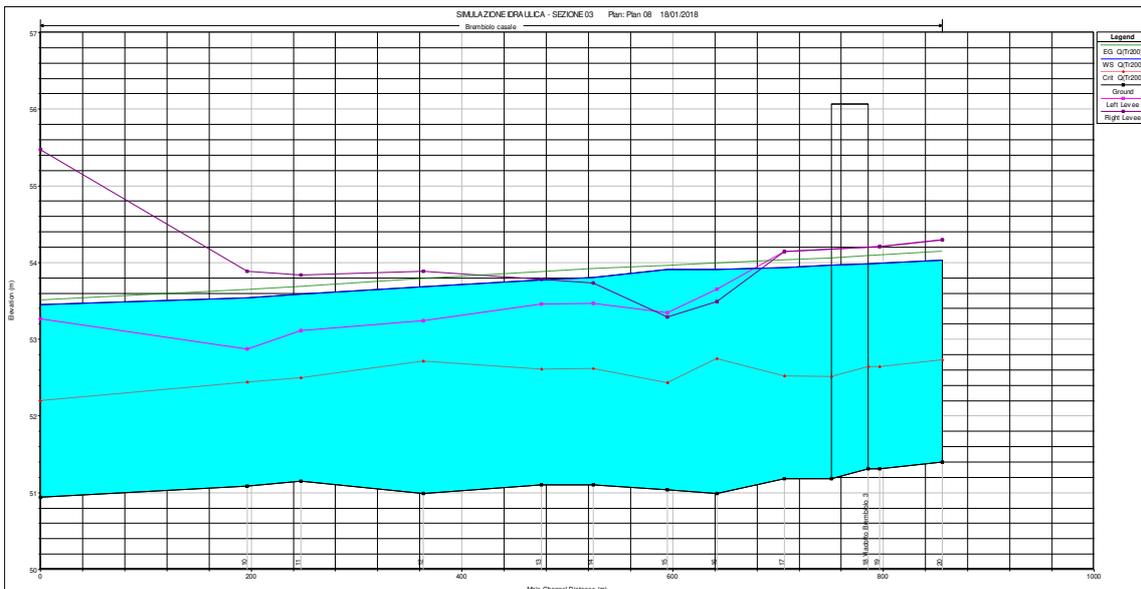
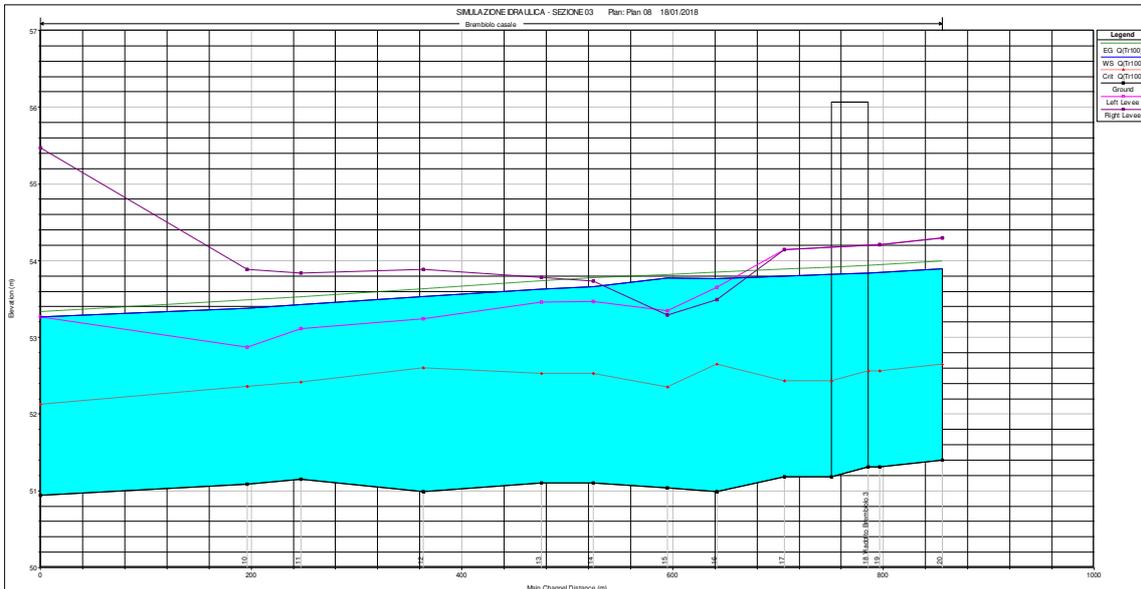
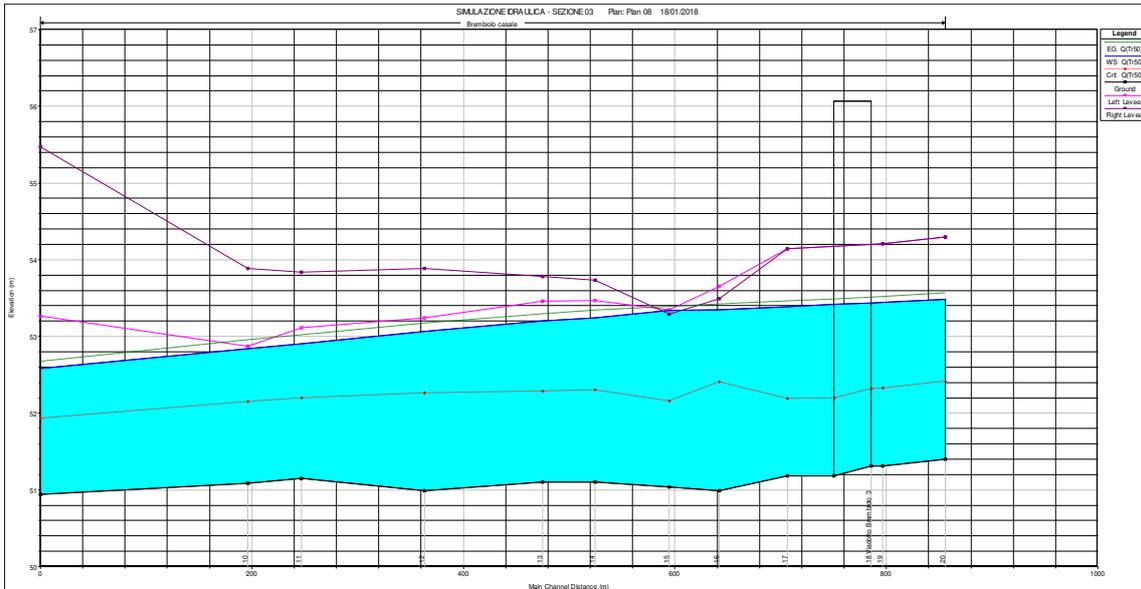
RS: 17 BR U Profile: Q(Tr100)		RS: 17 BR D Profile: Q(Tr100)	
E.G. Elev [m]	60.38	E.G. Elev [m]	60.37
Vel Head [m]	0.05	Vel Head [m]	0.05
W.S. Elev [m]	60.33	W.S. Elev [m]	60.32
Crit W.S. [m]	59.12	Crit W.S. [m]	58.98
E.G. Slope [m/m]	0.00053	E.G. Slope [m/m]	0.000544
Q Total [m3/s]	28	Q Total [m3/s]	28
Top Width [m]	31.53	Top Width [m]	32.77
Vel Total [m/s]	0.94	Vel Total [m/s]	0.97
Max Chl Dpth [m]	2.36	Max Chl Dpth [m]	2.57
Conv. Total [m3/s]	1216	Conv. Total [m3/s]	1200.3
Length Wtd. [m]	15	Length Wtd. [m]	10.15
Min Ch El [m]	57.97	Min Ch El [m]	57.75
Alpha	1.16	Alpha	1.12
Frctn Loss [m]	0.01	Frctn Loss [m]	0.01
C & E Loss [m]	0	C & E Loss [m]	0

RS: 17 BR U Profile: Q(Tr200)		RS: 17 BR D Profile: Q(Tr200)	
E.G. Elev [m]	60.65	E.G. Elev [m]	60.64
Vel Head [m]	0.04	Vel Head [m]	0.05
W.S. Elev [m]	60.6	W.S. Elev [m]	60.59
Crit W.S. [m]	59.22	Crit W.S. [m]	59.09
E.G. Slope [m/m]	0.000408	E.G. Slope [m/m]	0.00042
Q Total [m3/s]	32.5	Q Total [m3/s]	32.5
Top Width [m]	32.32	Top Width [m]	33.5
Vel Total [m/s]	0.84	Vel Total [m/s]	0.86
Max Chl Dpth [m]	2.63	Max Chl Dpth [m]	2.84
Conv. Total [m3/s]	1608.2	Conv. Total [m3/s]	1585.6
Length Wtd. [m]	15	Length Wtd. [m]	10.15
Min Ch El [m]	57.97	Min Ch El [m]	57.75
Alpha	1.24	Alpha	1.24
Frctn Loss [m]	0.01	Frctn Loss [m]	0
C & E Loss [m]	0	C & E Loss [m]	0

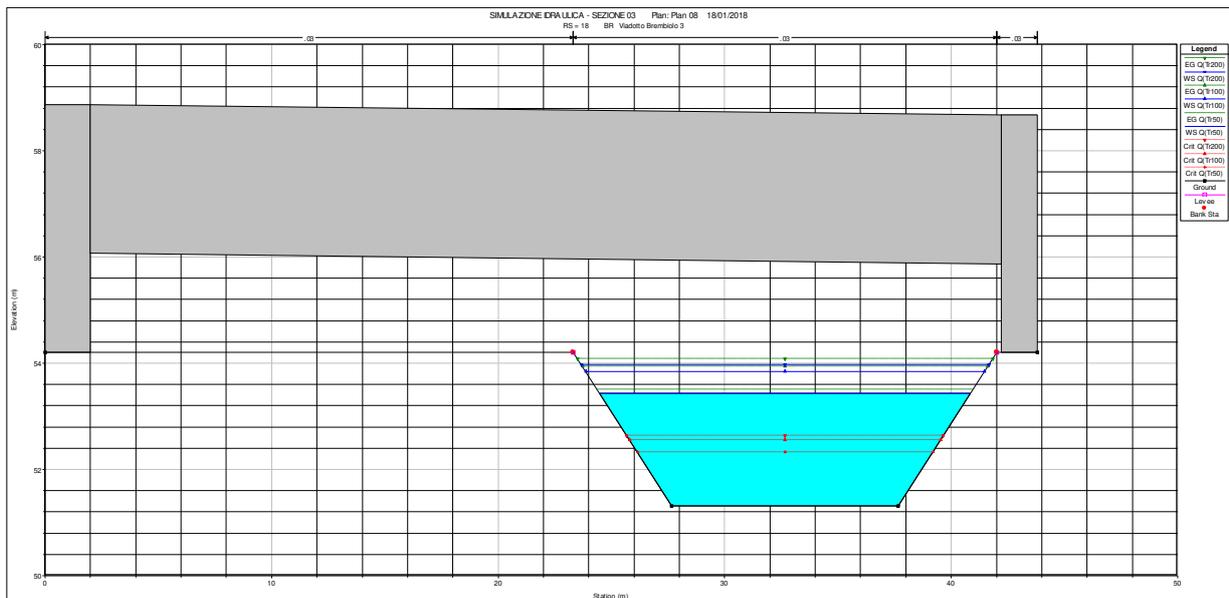
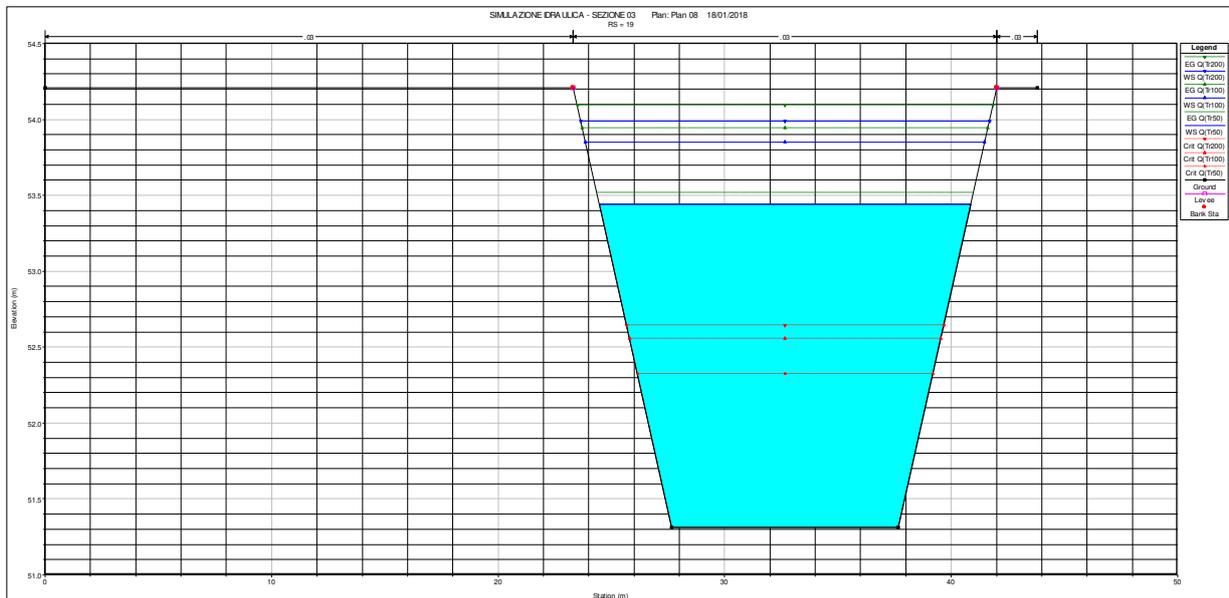
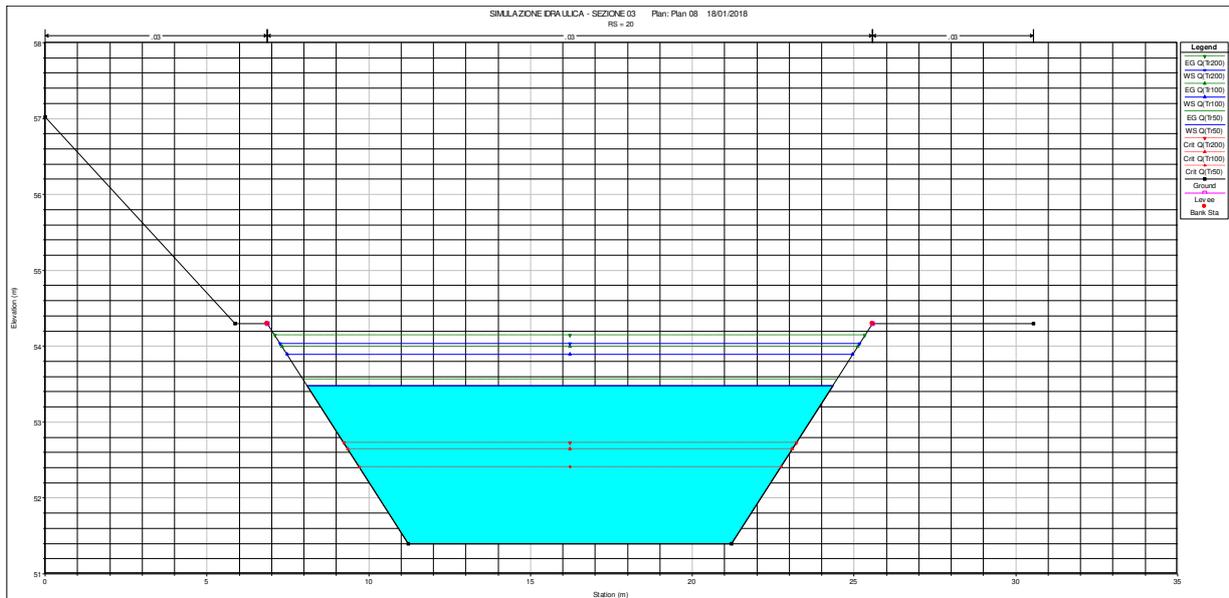
8.2.3 SIMULAZIONE IDRAULICA SEZIONE 03 – PONTE SUL BREMBIOLO N.°3 (TR=50, 100, 200 ANNI)

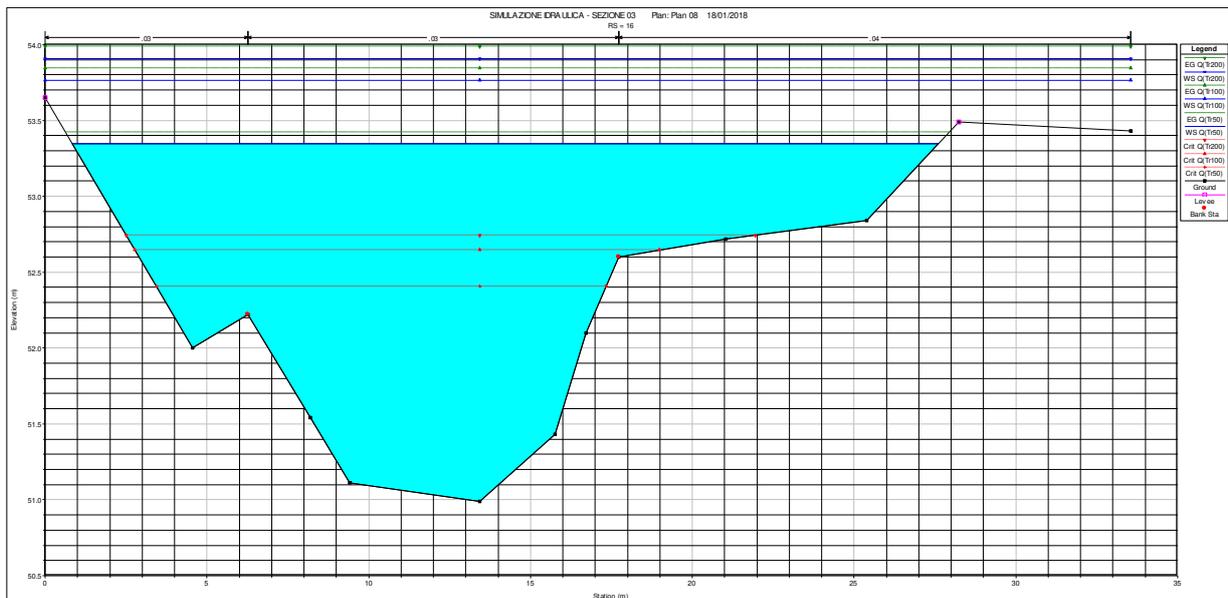
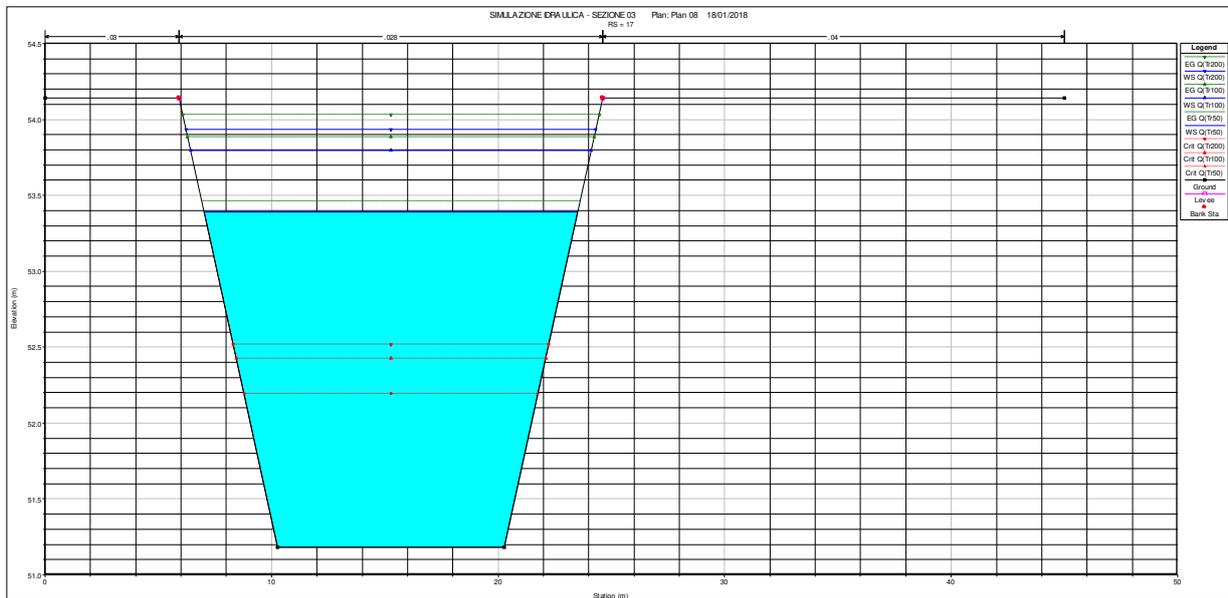
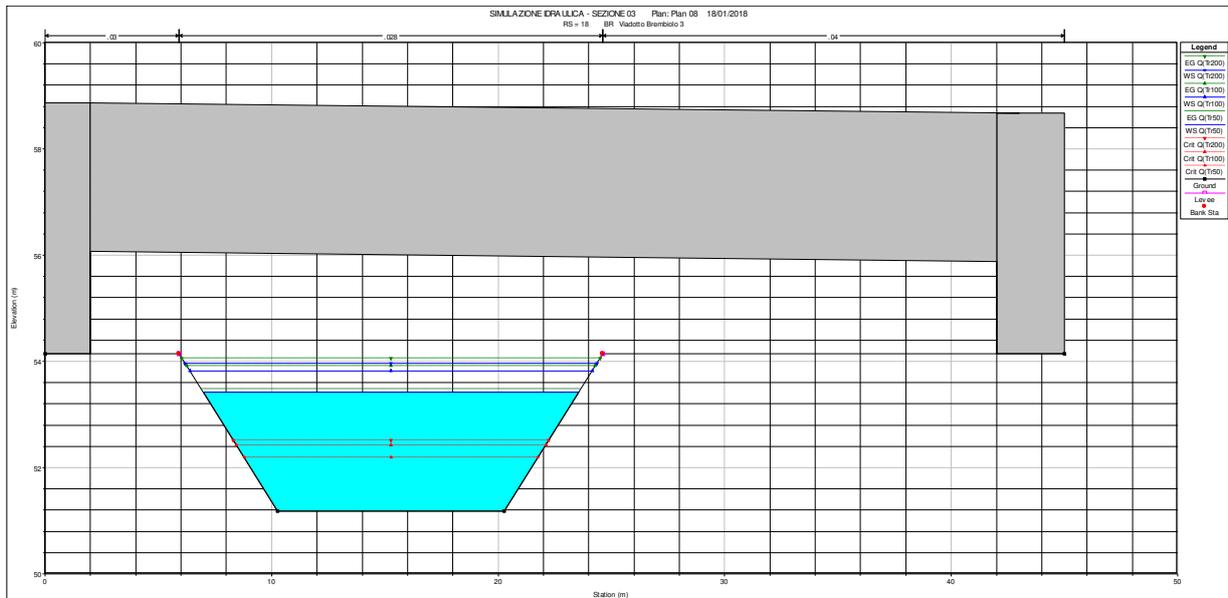


RELAZIONE IDRAULICA F. BREMBIOLO

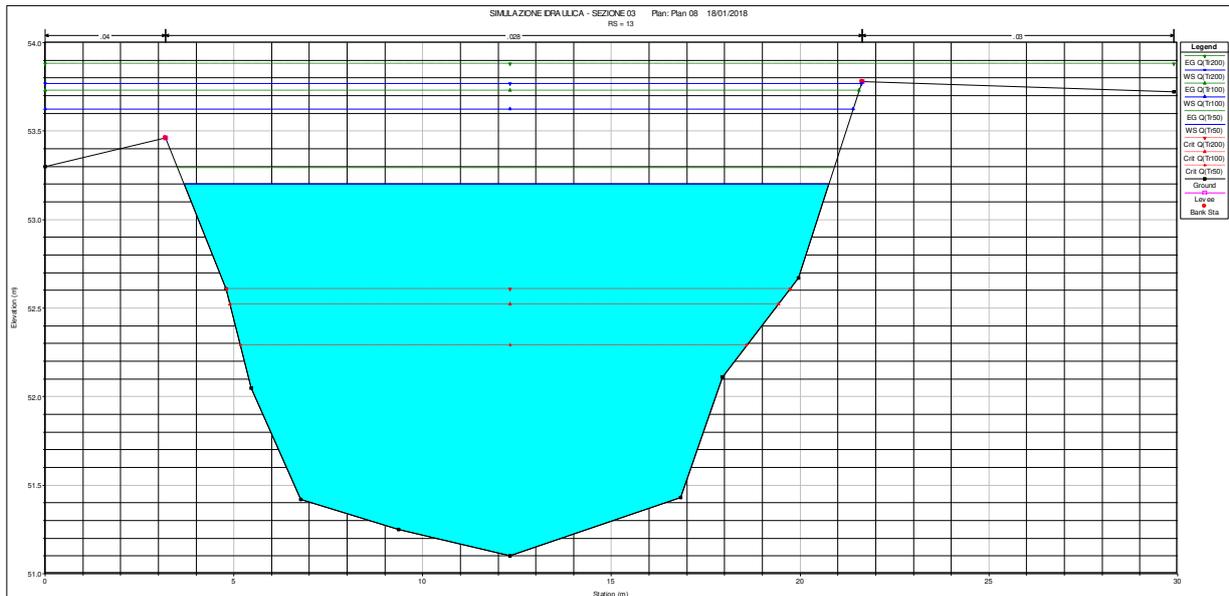
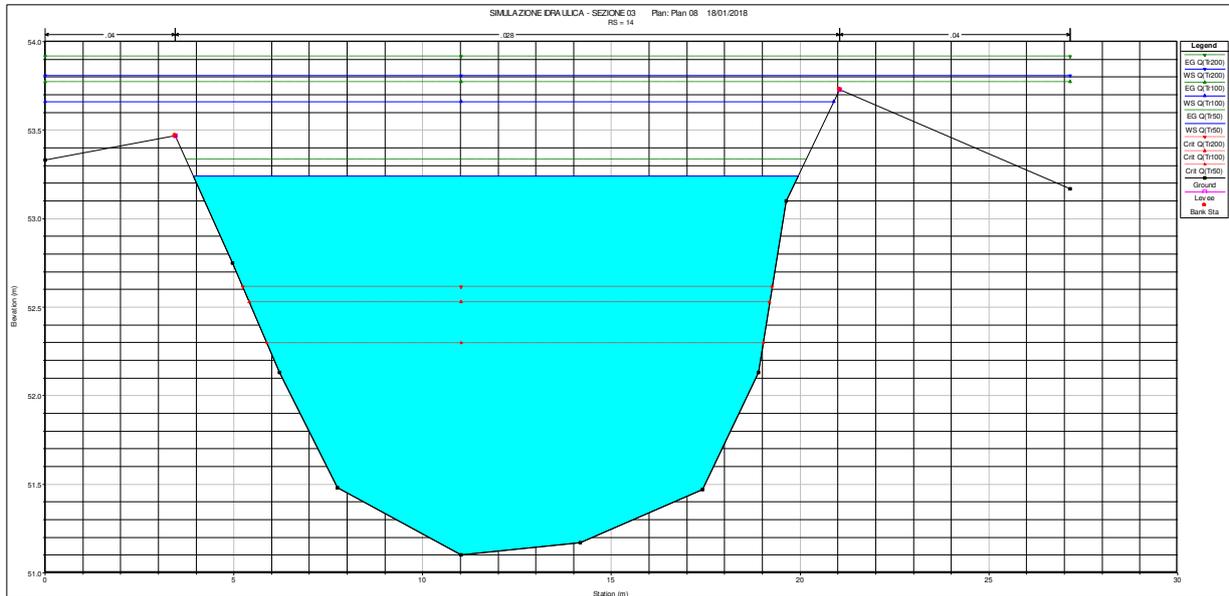
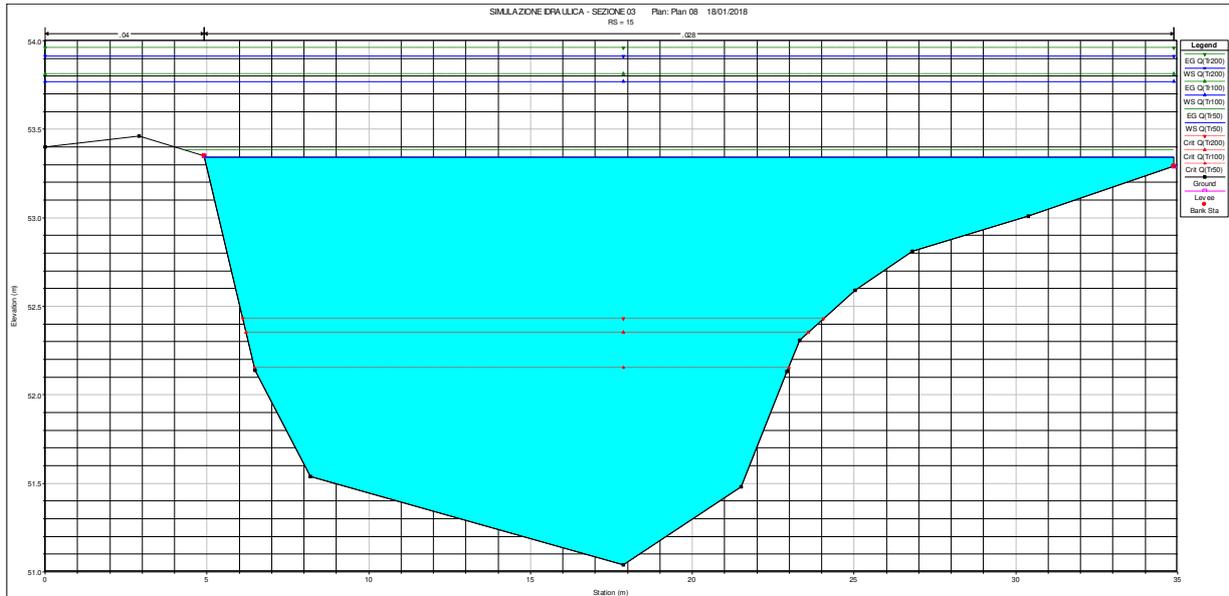


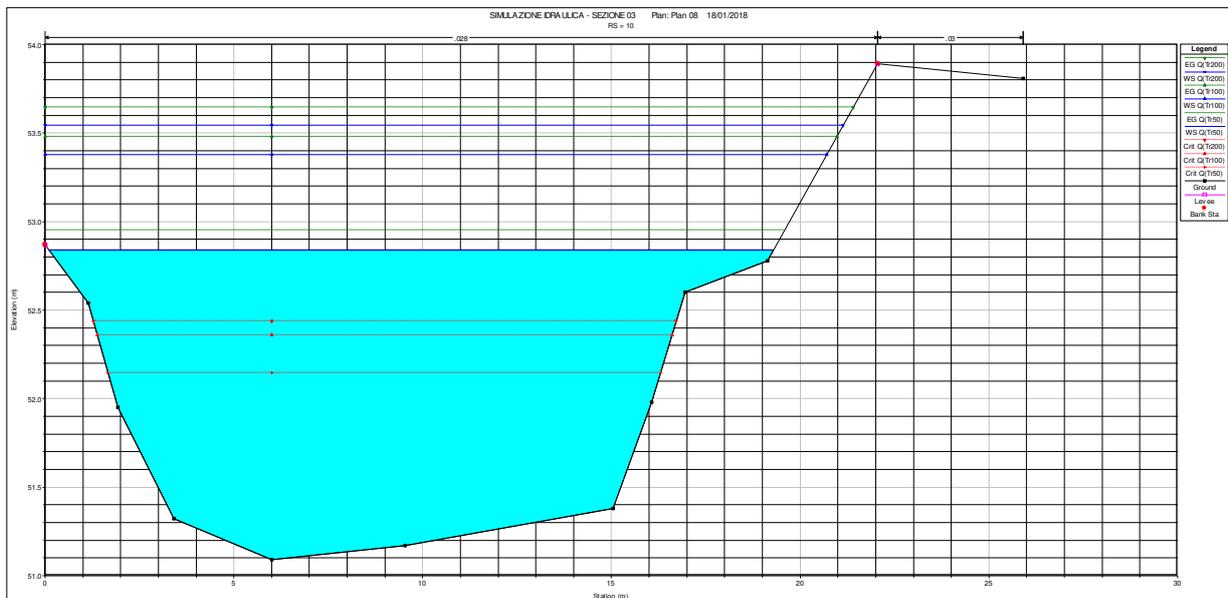
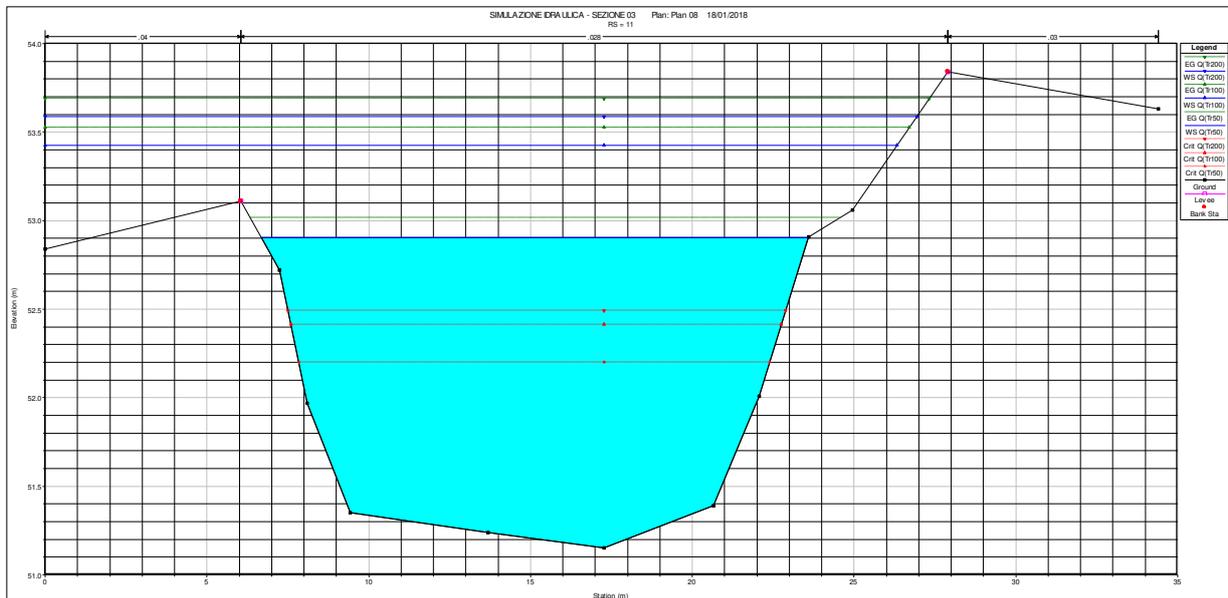
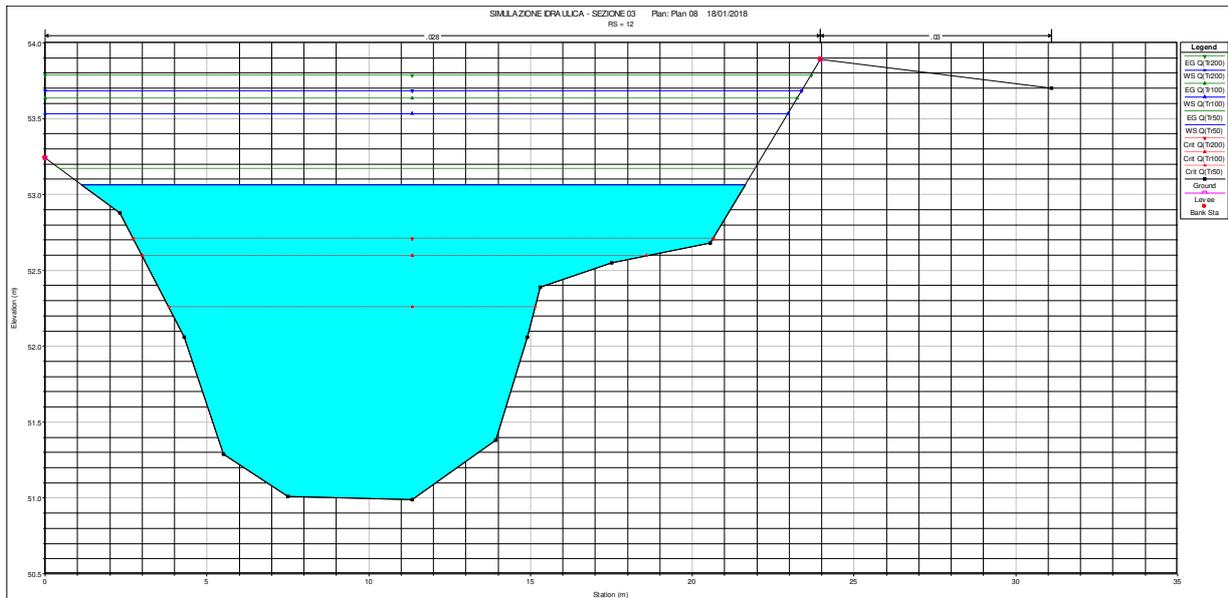
RELAZIONE IDRAULICA F. BREMBIOLO

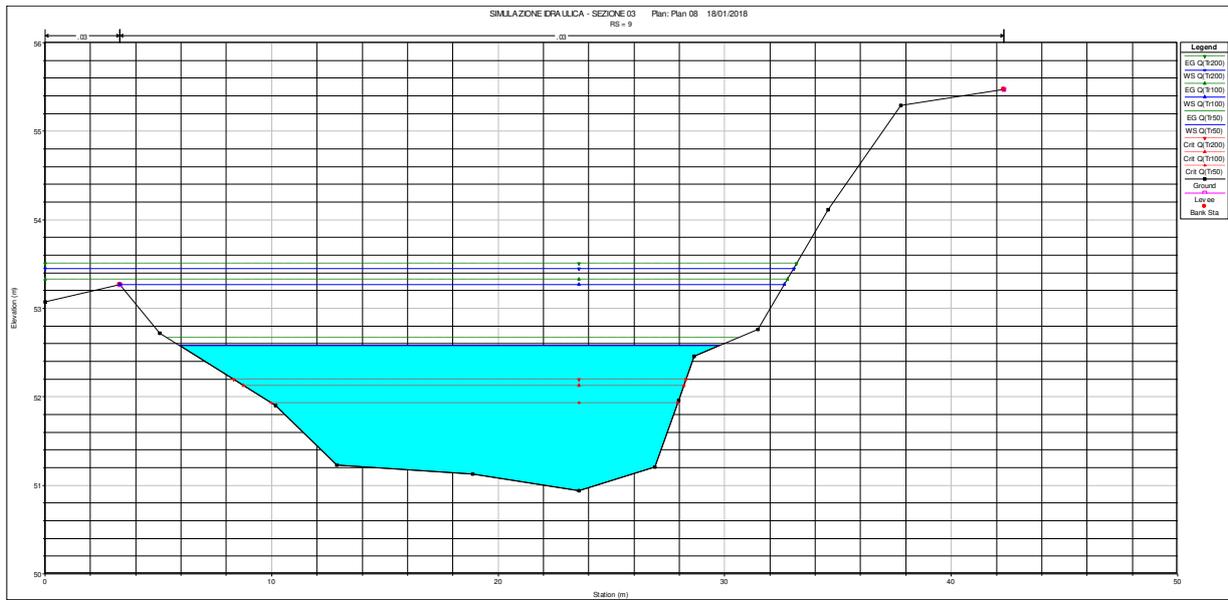




RELAZIONE IDRAULICA F. BREMBIOLO







RELAZIONE IDRAULICA F. BREMBIOLO

River Station	Profile	Q total	Min Ch El	W.S. El	Crit W.S.	E.G. El	E.G. Slope	Vel Ch	Flow Area	Froude
-	-	[mc/s]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m/m]	[m/s]	[mq]	-
20	Q(Tr50)	34.5	51.4	53.49		53.57	0.00079	1.26	27.39	0.31
20	Q(Tr100)	48	51.4	53.89		53.99	0.00081	1.4	34.24	0.32
20	Q(Tr200)	53.5	51.4	54.03		54.14	0.00082	1.46	36.74	0.32
19	Q(Tr50)	34.5	51.31	53.44	52.32	53.52	0.00073	1.22	28.19	0.3
19	Q(Tr100)	48	51.31	53.85	52.55	53.94	0.00075	1.37	35.07	0.31
19	Q(Tr200)	53.5	51.31	53.99	52.64	54.09	0.00077	1.42	37.57	0.31
		Bridge								
17	Q(Tr50)	34.5	51.18	53.39		53.46	0.00056	1.18	29.34	0.28
17	Q(Tr100)	48	51.18	53.8		53.88	0.00060	1.33	36.2	0.3
17	Q(Tr200)	53.5	51.18	53.93		54.03	0.00061	1.38	38.69	0.3
16	Q(Tr50)	34.5	50.99	53.36		53.42	0.00082	1.11	32.23	0.31
16	Q(Tr100)	48	50.99	53.78		53.84	0.00060	1.13	45.58	0.28
16	Q(Tr200)	53.5	50.99	53.92		53.98	0.00055	1.14	50.43	0.27
15	Q(Tr50)	34.5	51.04	53.34		53.38	0.00046	0.89	38.67	0.25
15	Q(Tr100)	48	51.04	53.77		53.81	0.00035	0.93	53.12	0.23
15	Q(Tr200)	53.5	51.04	53.91		53.96	0.00033	0.95	58.2	0.22
14	Q(Tr50)	34.5	51.1	53.24		53.34	0.00086	1.36	25.34	0.35
14	Q(Tr100)	48	51.1	53.66		53.77	0.00080	1.46	34.63	0.34
14	Q(Tr200)	53.5	51.1	53.81		53.92	0.00077	1.5	38.54	0.34
13	Q(Tr50)	34.5	51.1	53.2		53.29	0.00087	1.34	25.81	0.35
13	Q(Tr100)	48	51.1	53.62		53.73	0.00078	1.43	34.13	0.34
13	Q(Tr200)	53.5	51.1	53.77		53.88	0.00076	1.47	37.43	0.34
12	Q(Tr50)	34.5	50.99	53.07		53.17	0.00136	1.43	24.13	0.42
12	Q(Tr100)	48	50.99	53.53		53.63	0.00095	1.39	34.45	0.36
12	Q(Tr200)	53.5	50.99	53.69		53.79	0.00088	1.41	37.99	0.35
11	Q(Tr50)	34.5	51.15	52.9		53.02	0.00123	1.49	23.12	0.41
11	Q(Tr100)	48	51.15	53.42		53.53	0.00088	1.42	35.7	0.36
11	Q(Tr200)	53.5	51.15	53.59		53.69	0.00081	1.42	40.06	0.34
10	Q(Tr50)	34.5	51.09	52.84		52.95	0.00140	1.48	23.3	0.43
10	Q(Tr100)	48	51.09	53.38		53.48	0.00087	1.41	34.11	0.35
10	Q(Tr200)	53.5	51.09	53.54		53.65	0.00082	1.43	37.52	0.34
9	Q(Tr50)	34.5	50.94	52.58	51.93	52.67	0.00141	1.32	26.23	0.4
9	Q(Tr100)	48	50.94	53.27	52.13	53.33	0.000598	1.07	45.34	0.27
9	Q(Tr200)	53.5	50.94	53.45	52.2	53.51	0.000517	1.06	51.25	0.26

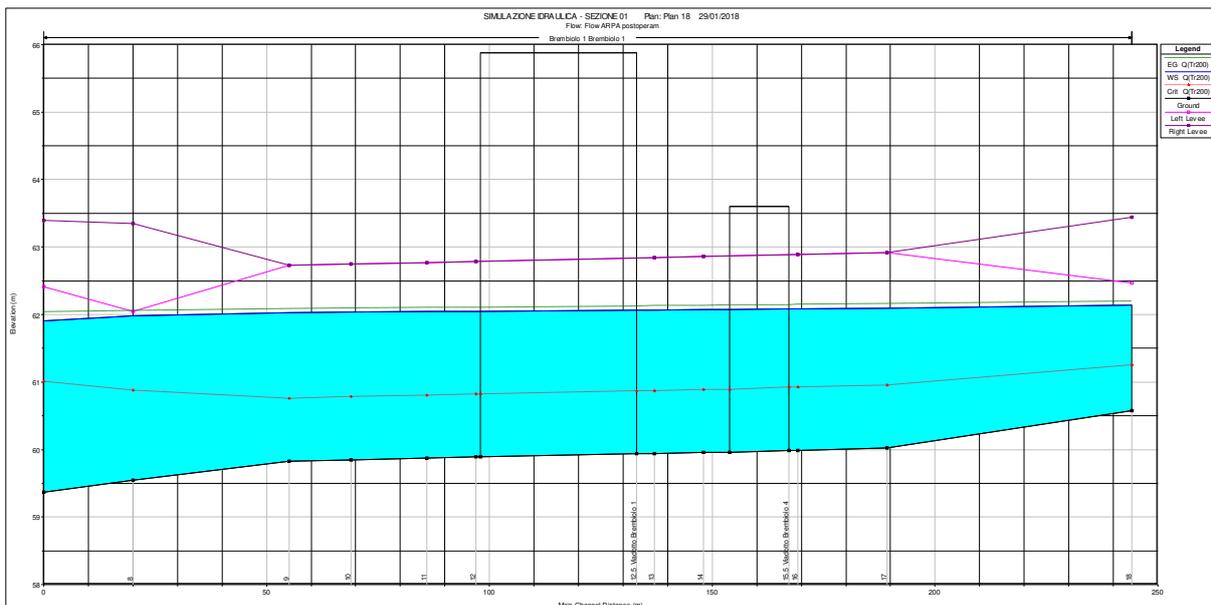
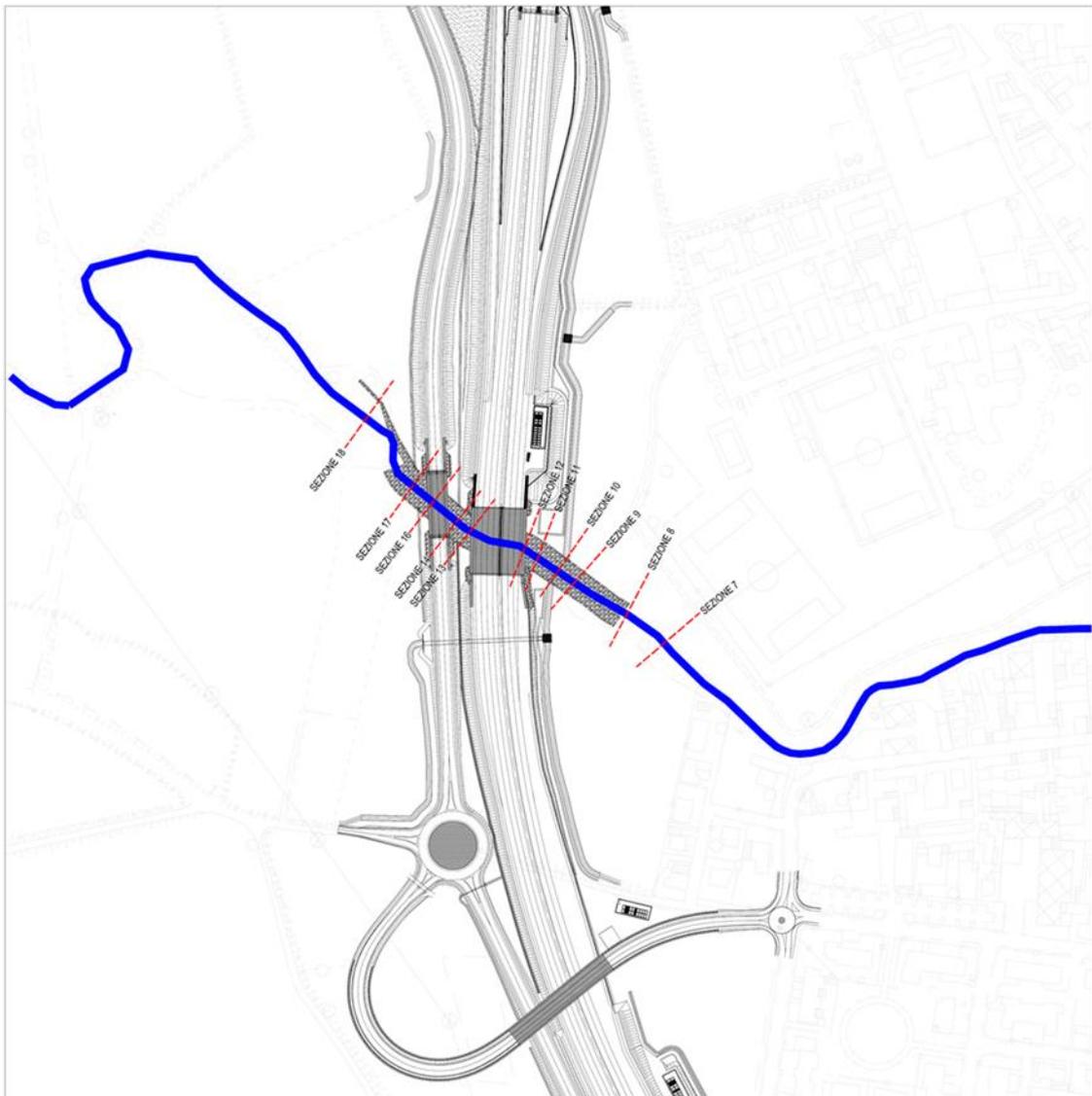
RS: 18 BR U Profile: Q(Tr50)		RS: 18 BR D Profile: Q(Tr50)	
E.G. Elev [m]	53.51	E.G. Elev [m]	53.49
Vel Head [m]	0.08	Vel Head [m]	0.07
W.S. Elev [m]	53.44	W.S. Elev [m]	53.42
Crit W.S. [m]	52.32	Crit W.S. [m]	52.19
E.G. Slope [m/m]	0.000736	E.G. Slope [m/m]	0.000536
Q Total [m3/s]	34.5	Q Total [m3/s]	34.5
Top Width [m]	16.38	Top Width [m]	16.58
Vel Total [m/s]	1.23	Vel Total [m/s]	1.16
Max Chl Dpth [m]	2.13	Max Chl Dpth [m]	2.24
Conv. Total [m3/s]	1272	Conv. Total [m3/s]	1489.9
Length Wtd. [m]	35	Length Wtd. [m]	44.37
Min Ch El [m]	51.31	Min Ch El [m]	51.18
Alpha	1	Alpha	1
Frctn Loss [m]	0.02	Frctn Loss [m]	0.02
C & E Loss [m]	0	C & E Loss [m]	0

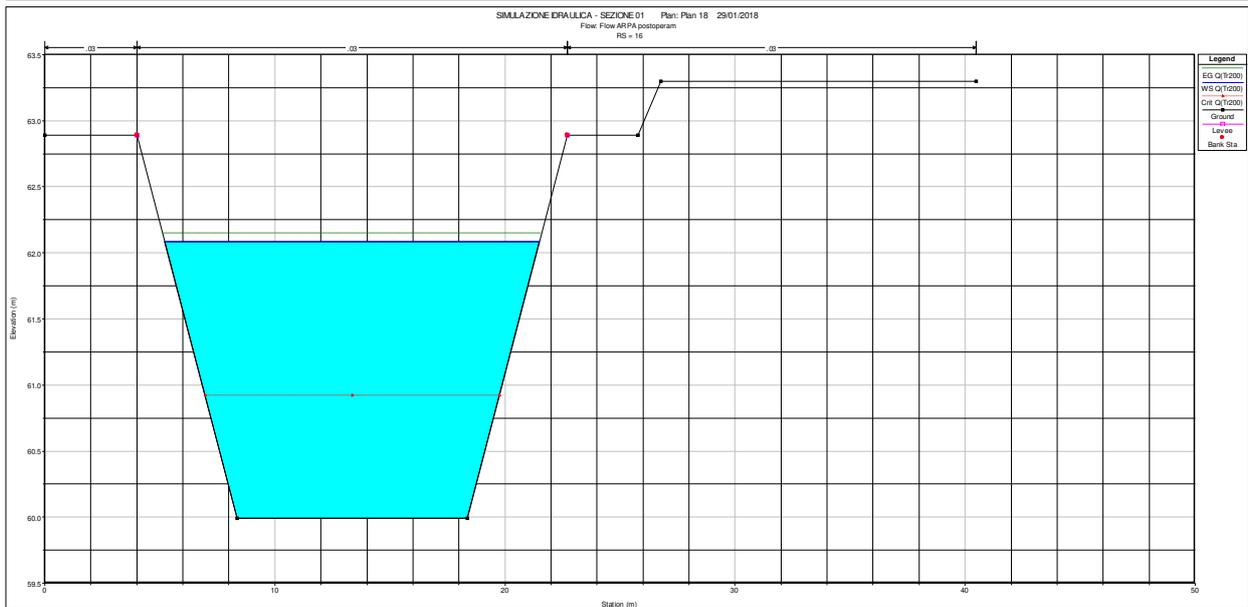
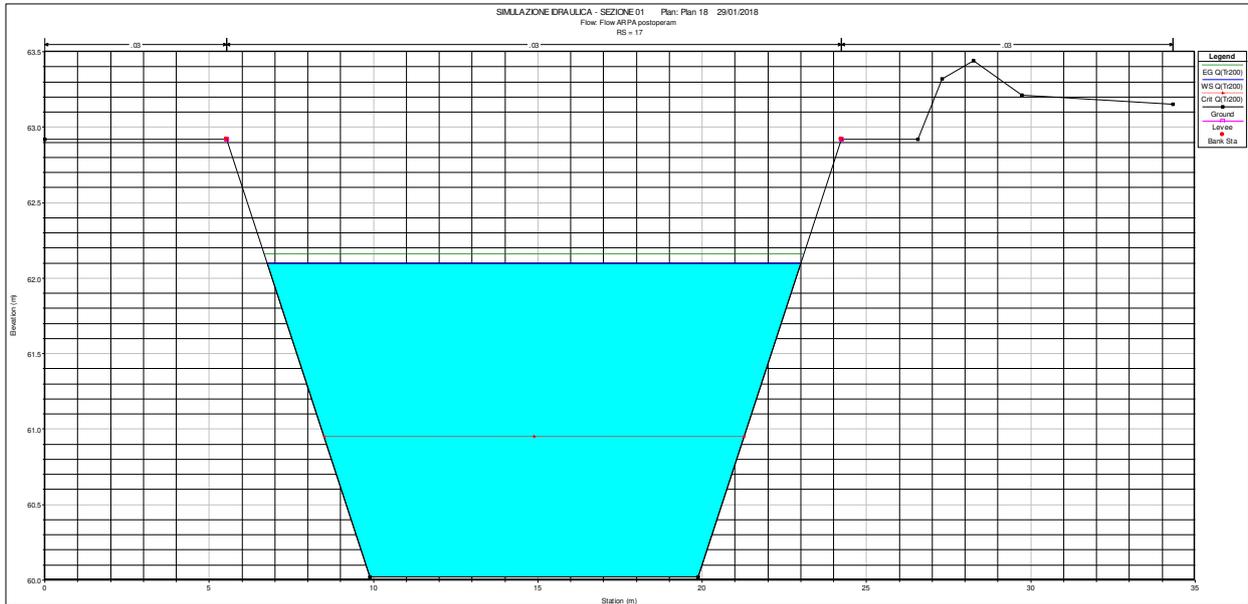
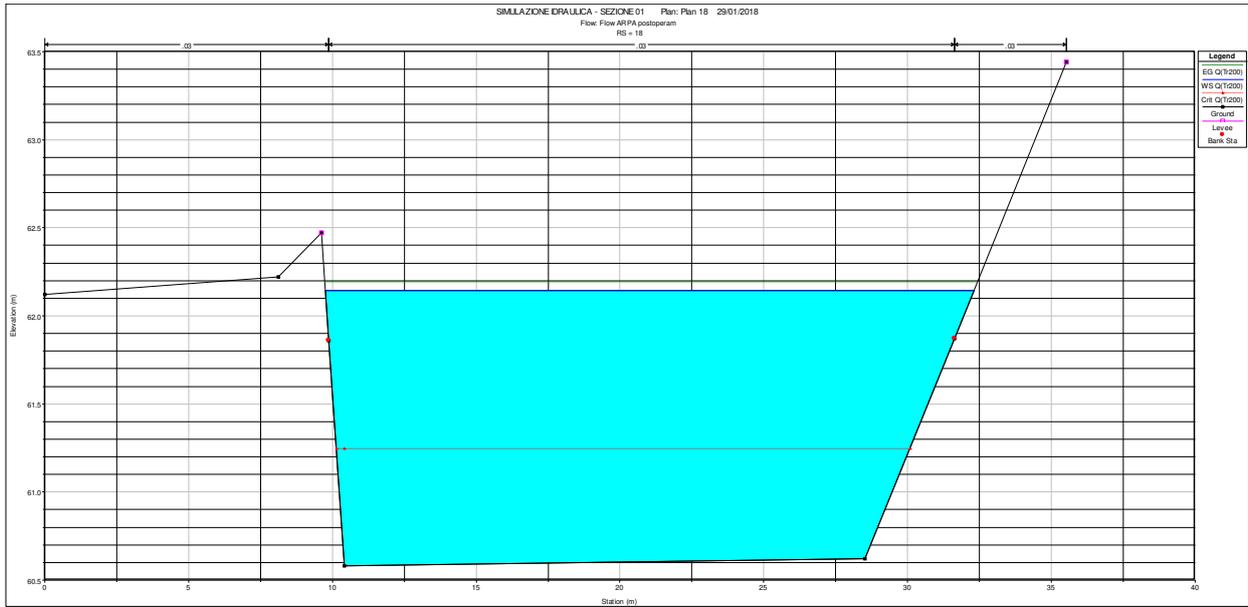
RS: 18 BR U Profile: Q(Tr100)		RS: 18 BR D Profile: Q(Tr100)	
E.G. Elev [m]	53.94	E.G. Elev [m]	53.91
Vel Head [m]	0.1	Vel Head [m]	0.09
W.S. Elev [m]	53.84	W.S. Elev [m]	53.82
Crit W.S. [m]	52.55	Crit W.S. [m]	52.43
E.G. Slope [m/m]	0.000763	E.G. Slope [m/m]	0.000573
Q Total [m3/s]	48	Q Total [m3/s]	48
Top Width [m]	17.59	Top Width [m]	17.77
Vel Total [m/s]	1.38	Vel Total [m/s]	1.31
Max Chl Dpth [m]	2.53	Max Chl Dpth [m]	2.64
Conv. Total [m3/s]	1737.7	Conv. Total [m3/s]	2005.8
Length Wtd. [m]	35	Length Wtd. [m]	44.37
Min Ch El [m]	51.31	Min Ch El [m]	51.18
Alpha	1	Alpha	1
Frctn Loss [m]	0.02	Frctn Loss [m]	0.03
C & E Loss [m]	0	C & E Loss [m]	0

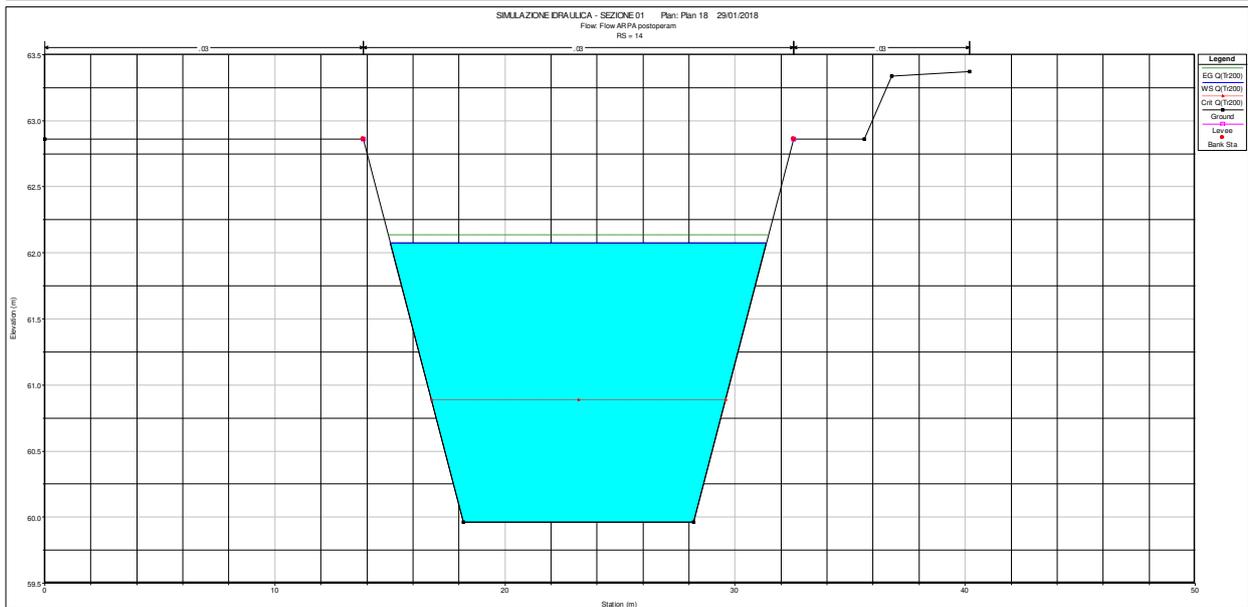
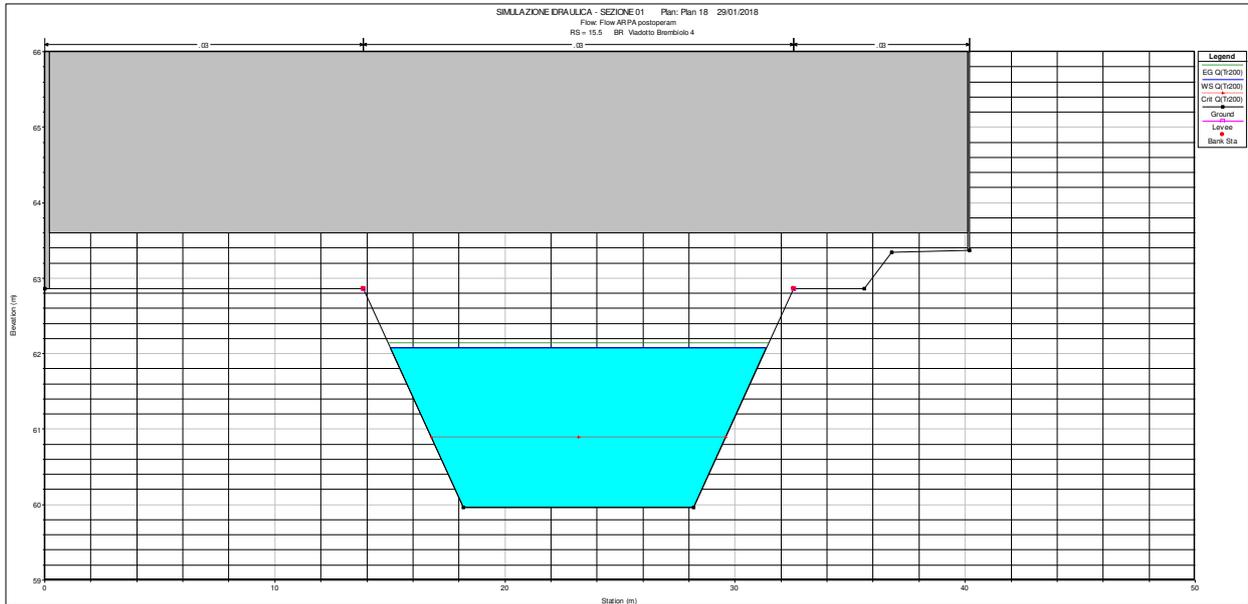
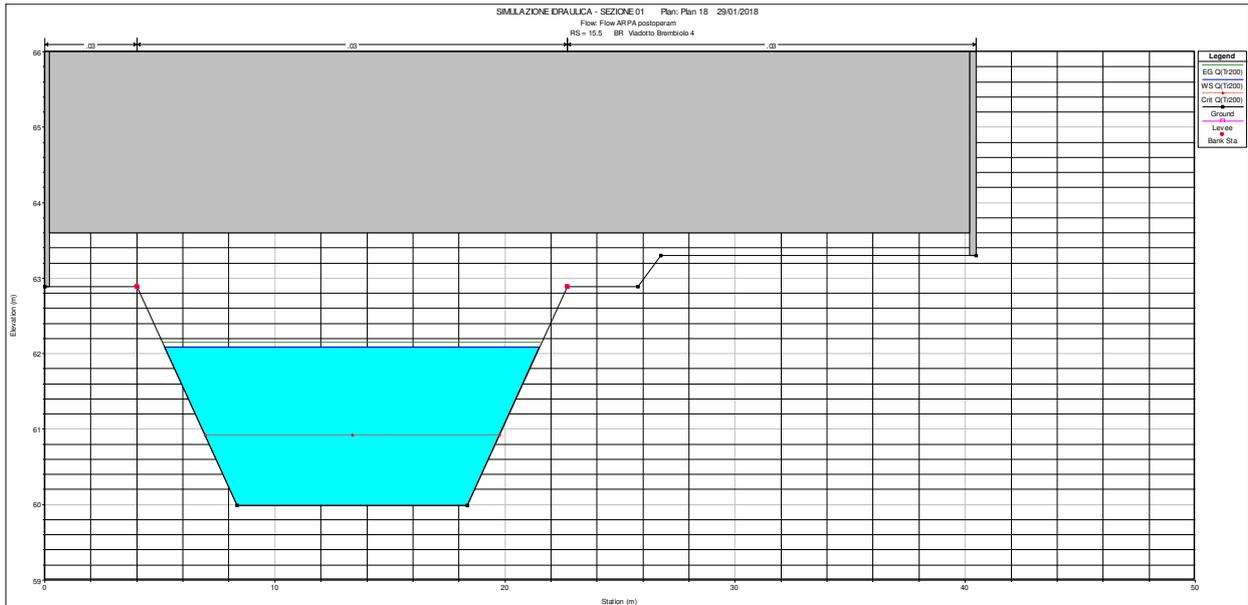
RS: 18 BR U Profile: Q(Tr200)		RS: 18 BR D Profile: Q(Tr200)	
E.G. Elev [m]	54.08	E.G. Elev [m]	54.06
Vel Head [m]	0.1	Vel Head [m]	0.09
W.S. Elev [m]	53.98	W.S. Elev [m]	53.96
Crit W.S. [m]	52.64	Crit W.S. [m]	52.51
E.G. Slope [m/m]	0.000779	E.G. Slope [m/m]	0.00059
Q Total [m3/s]	53.5	Q Total [m3/s]	53.5
Top Width [m]	18.01	Top Width [m]	18.18
Vel Total [m/s]	1.43	Vel Total [m/s]	1.36
Max Chl Dpth [m]	2.67	Max Chl Dpth [m]	2.78
Conv. Total [m3/s]	1916.4	Conv. Total [m3/s]	2202.6
Length Wtd. [m]	35	Length Wtd. [m]	44.37
Min Ch El [m]	51.31	Min Ch El [m]	51.18
Alpha	1	Alpha	1
Frctn Loss [m]	0.02	Frctn Loss [m]	0.03
C & E Loss [m]	0	C & E Loss [m]	0

8.3 SIMULAZIONE ARPA POST OPERAM

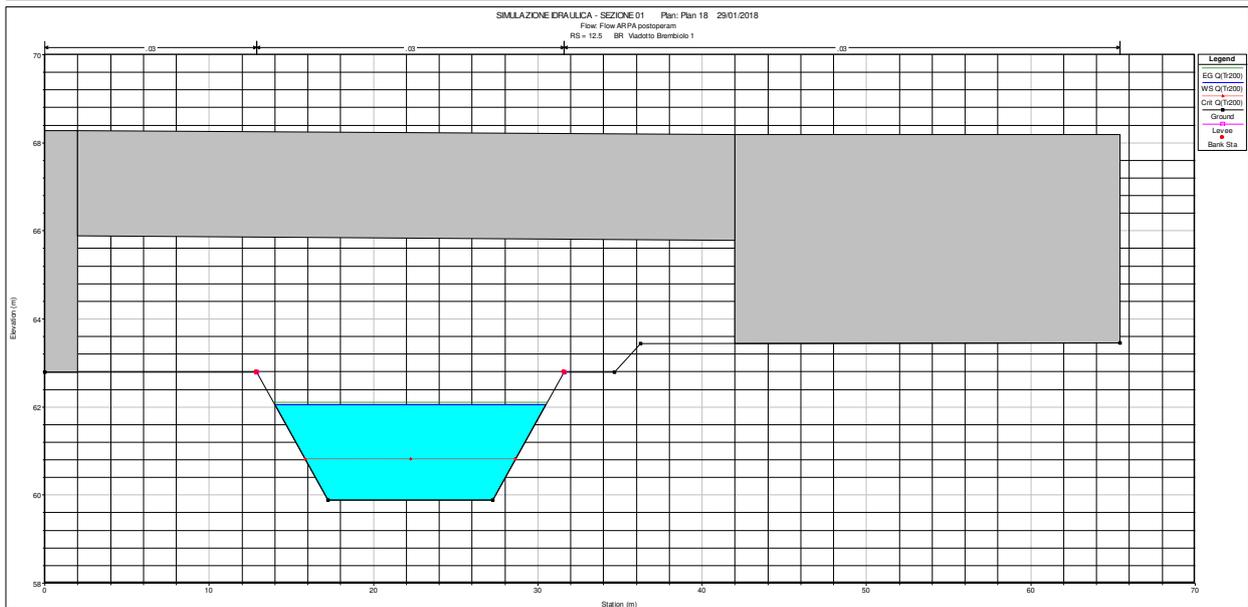
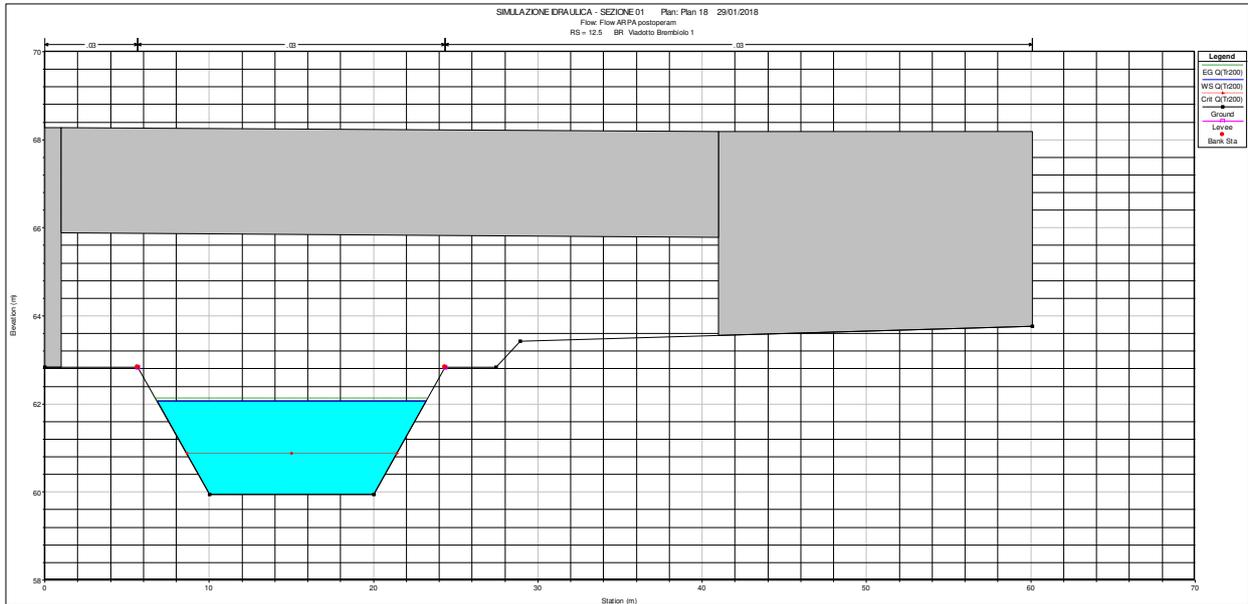
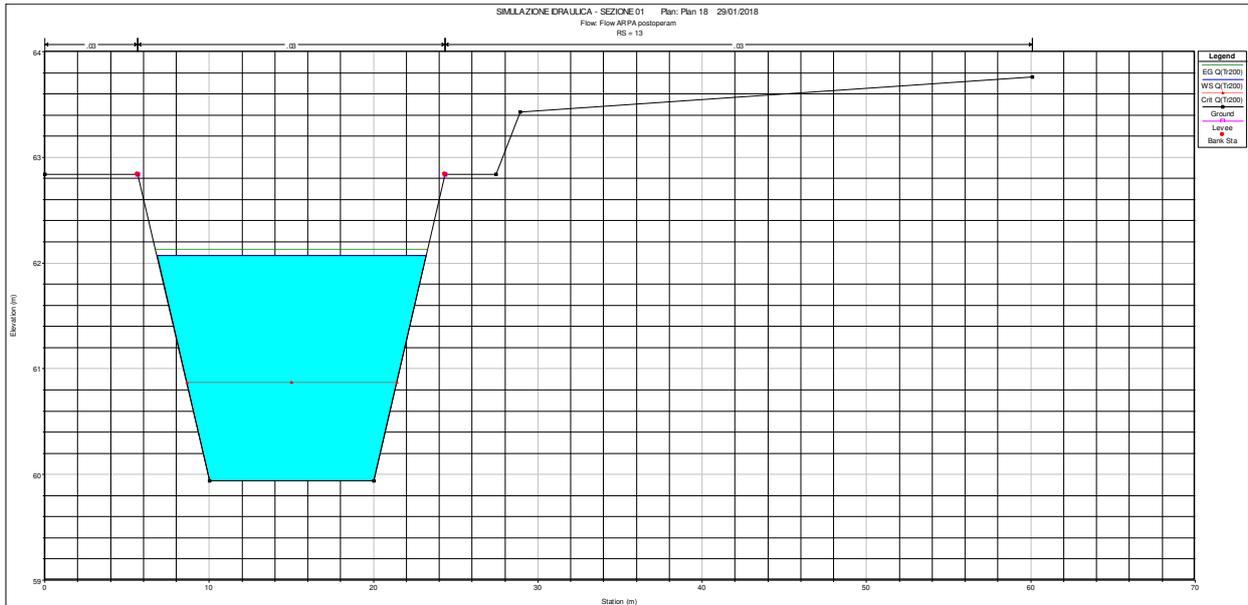
8.3.1 SIMULAZIONE IDRAULICA SEZIONE 01 – PONTE SUL BREMBIOLO N.°1 E 4 (TR=200 ANNI)

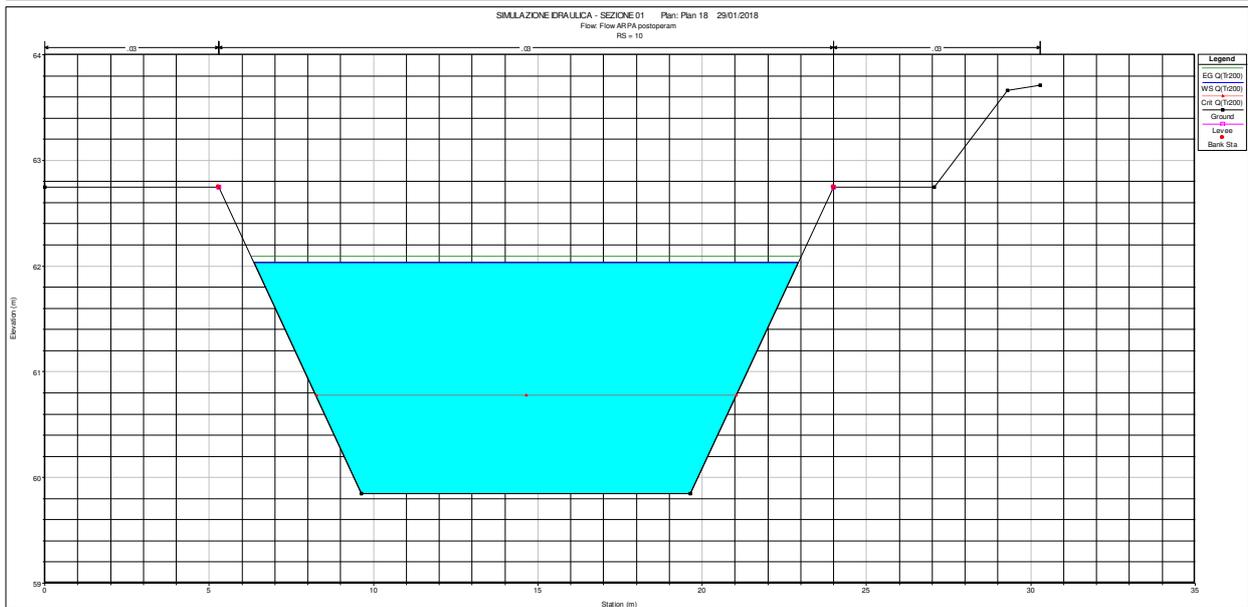
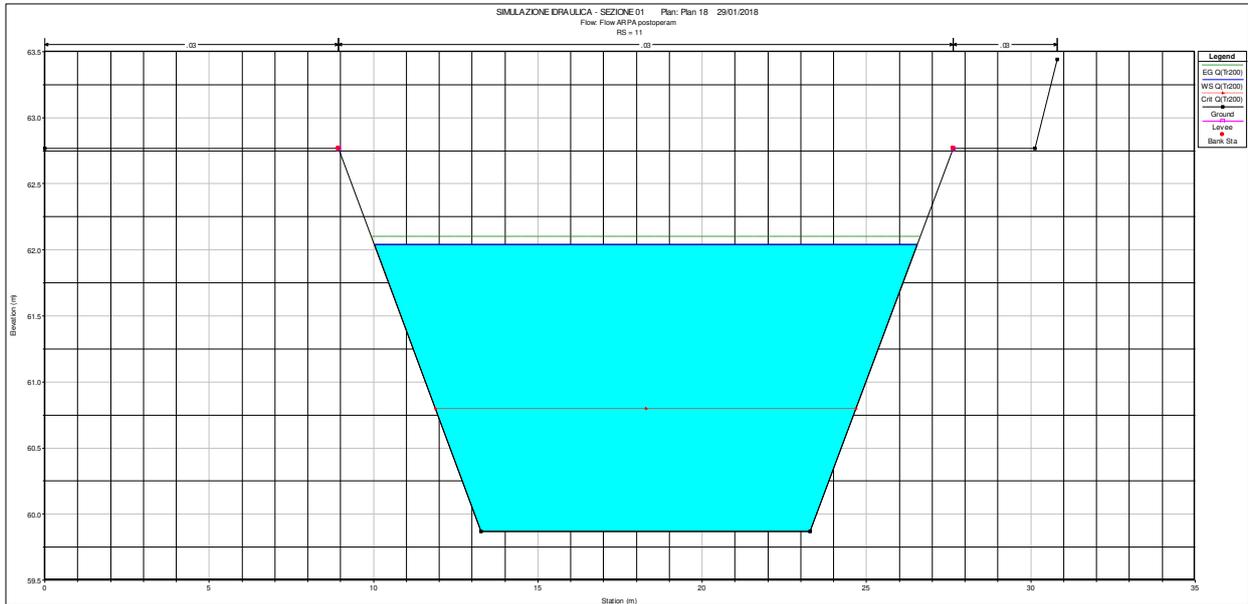
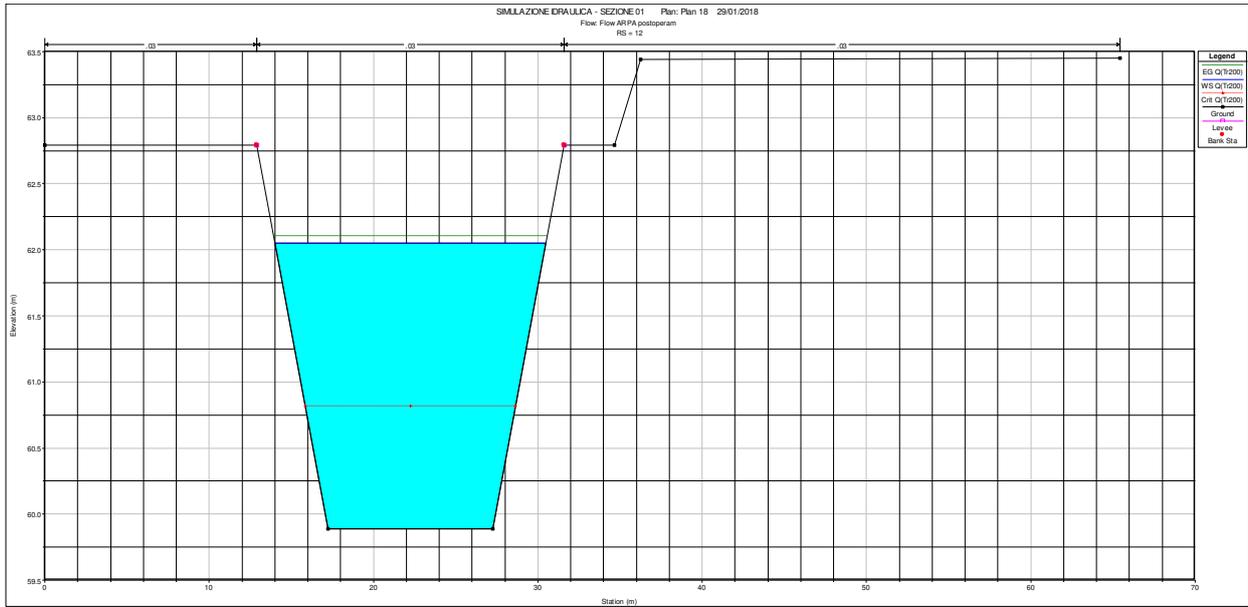




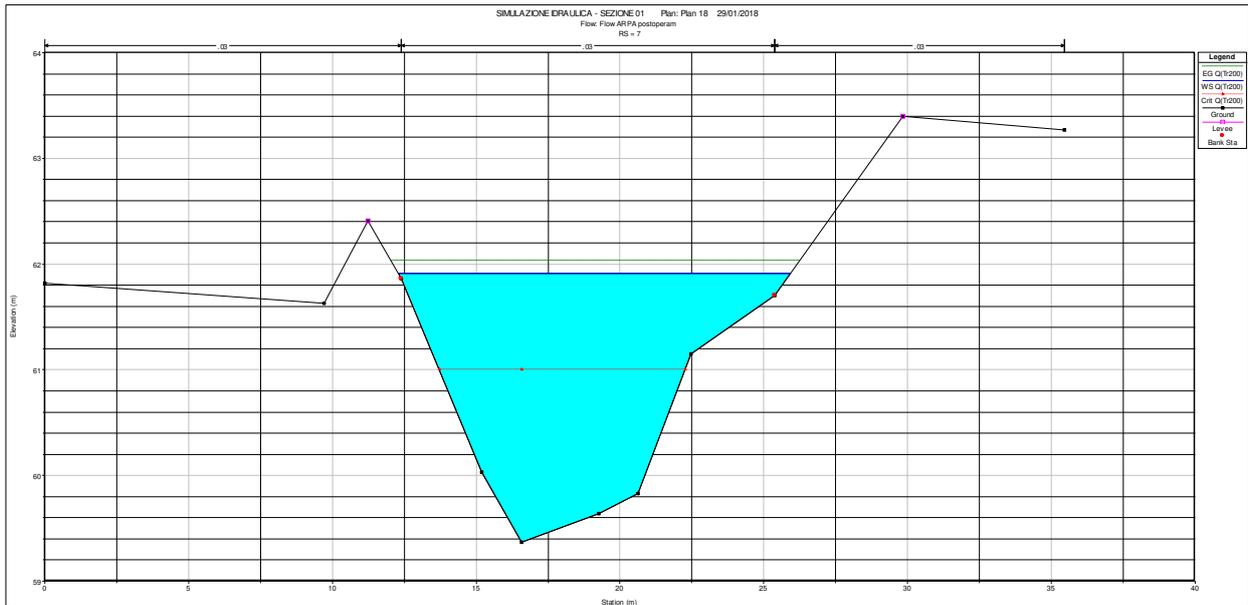
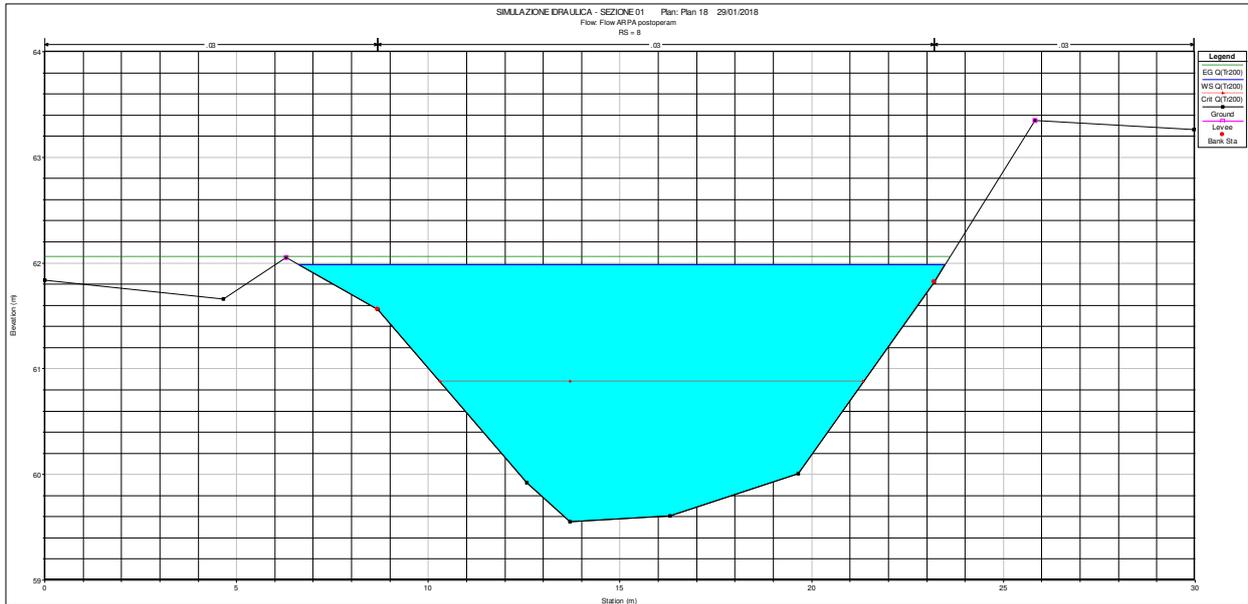
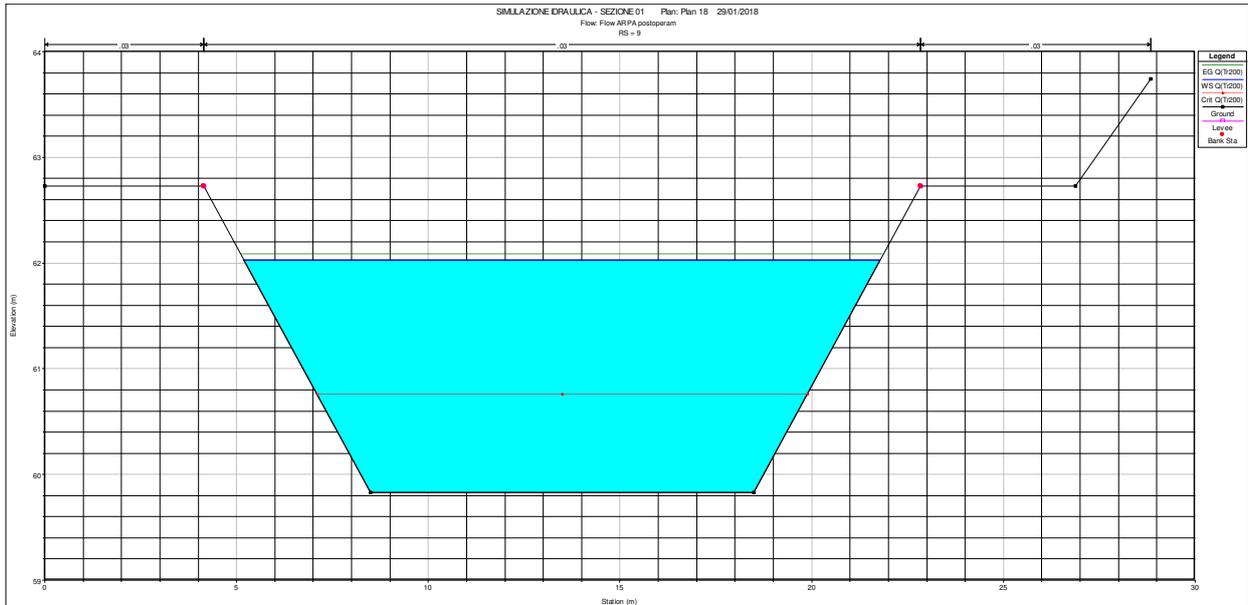


RELAZIONE IDRAULICA F. BREMBIOLO





RELAZIONE IDRAULICA F. BREMBIOLO



River station	Profile	Q total	Min Ch El	W.S. El	Crit W.S.	E.G. El	E.G. Slope	Vel Ch	Flow Area	Froude
-	-	[mc/s]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m/m]	[m/s]	[mq]	-
18	QARPA(Tr200)	30.09	60.58	62.14	61.25	62.19	0.0005	0.96	31.37	0.26
17	QARPA(Tr200)	30.09	60.02	62.1	60.95	62.16	0.0006	1.1	27.23	0.27
16	QARPA(Tr200)	30.09	59.99	62.09	60.92	62.15	0.0006	1.09	27.54	0.27
15.5	QARPA(Tr200)	Bridge								
14	QARPA(Tr200)	30.09	59.96	62.07	60.89	62.13	0.0006	1.08	27.85	0.26
13	QARPA(Tr200)	30.09	59.94	62.07	60.87	62.13	0.0006	1.07	28.08	0.26
12.5	QARPA(Tr200)	Bridge								
12	QARPA(Tr200)	30.09	59.89	62.05	60.82	62.1	0.0005	1.05	28.56	0.26
11	QARPA(Tr200)	30.09	59.87	62.04	60.8	62.1	0.0005	1.04	28.81	0.25
10	QARPA(Tr200)	30.09	59.85	62.03	60.78	62.09	0.0005	1.04	29.01	0.25
9	QARPA(Tr200)	30.09	59.83	62.03	60.76	62.08	0.0005	1.03	29.23	0.25
8	QARPA(Tr200)	30.09	59.55	61.99	60.88	62.06	0.000702	1.21	25.17	0.3
7	QARPA(Tr200)	30.09	59.37	61.91	61	62.03	0.001473	1.57	19.26	0.41

RS: 15.5 BR U Profile: QARPA(Tr200)

E.G. Elev [m]	62.15
Vel Head [m]	0.06
W.S. Elev [m]	62.08
Crit W.S. [m]	60.92
E.G. Slope [m/m]	0.000591
Q Total [m3/s]	30.09
Top Width [m]	16.28
Vel Total [m/s]	1.09
Max Chl Dpth [m]	2.09
Conv. Total [m3/s]	1238.1
Length Wtd. [m]	13.3
Min Ch El [m]	59.99
Alpha	1
Frctn Loss [m]	0.01
C & E Loss [m]	0

RS: 15.5 BR D Profile: QARPA(Tr200)

E.G. Elev [m]	62.14
Vel Head [m]	0.06
W.S. Elev [m]	62.08
Crit W.S. [m]	60.89
E.G. Slope [m/m]	0.000568
Q Total [m3/s]	30.09
Top Width [m]	16.35
Vel Total [m/s]	1.08
Max Chl Dpth [m]	2.12
Conv. Total [m3/s]	1263.1
Length Wtd. [m]	5.9
Min Ch El [m]	59.96
Alpha	1
Frctn Loss [m]	0
C & E Loss [m]	0

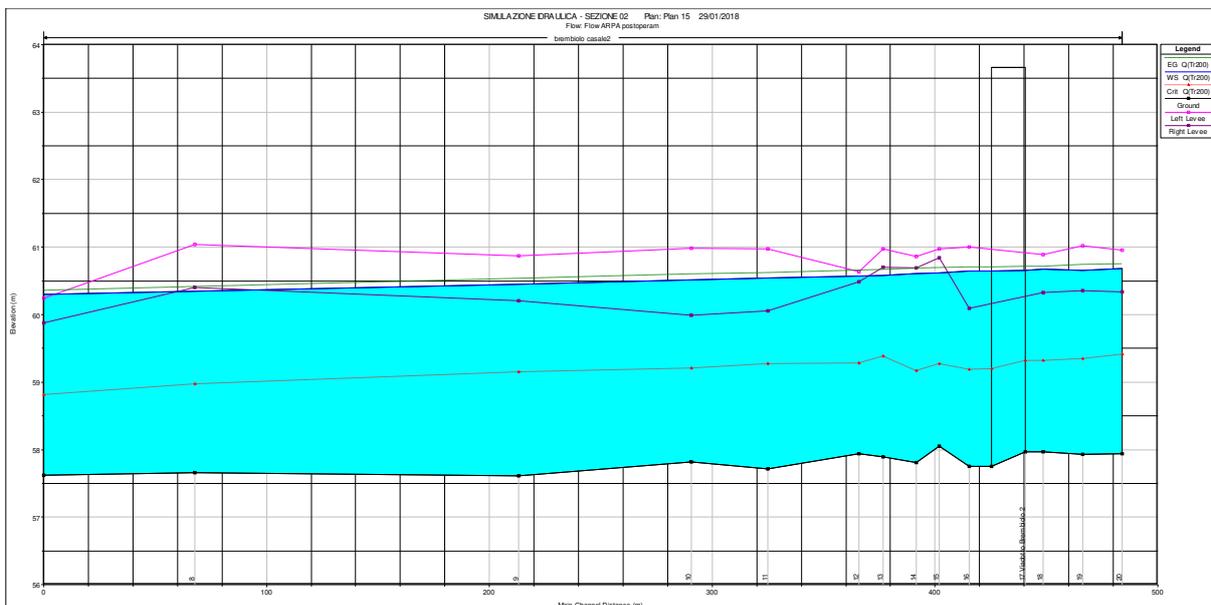
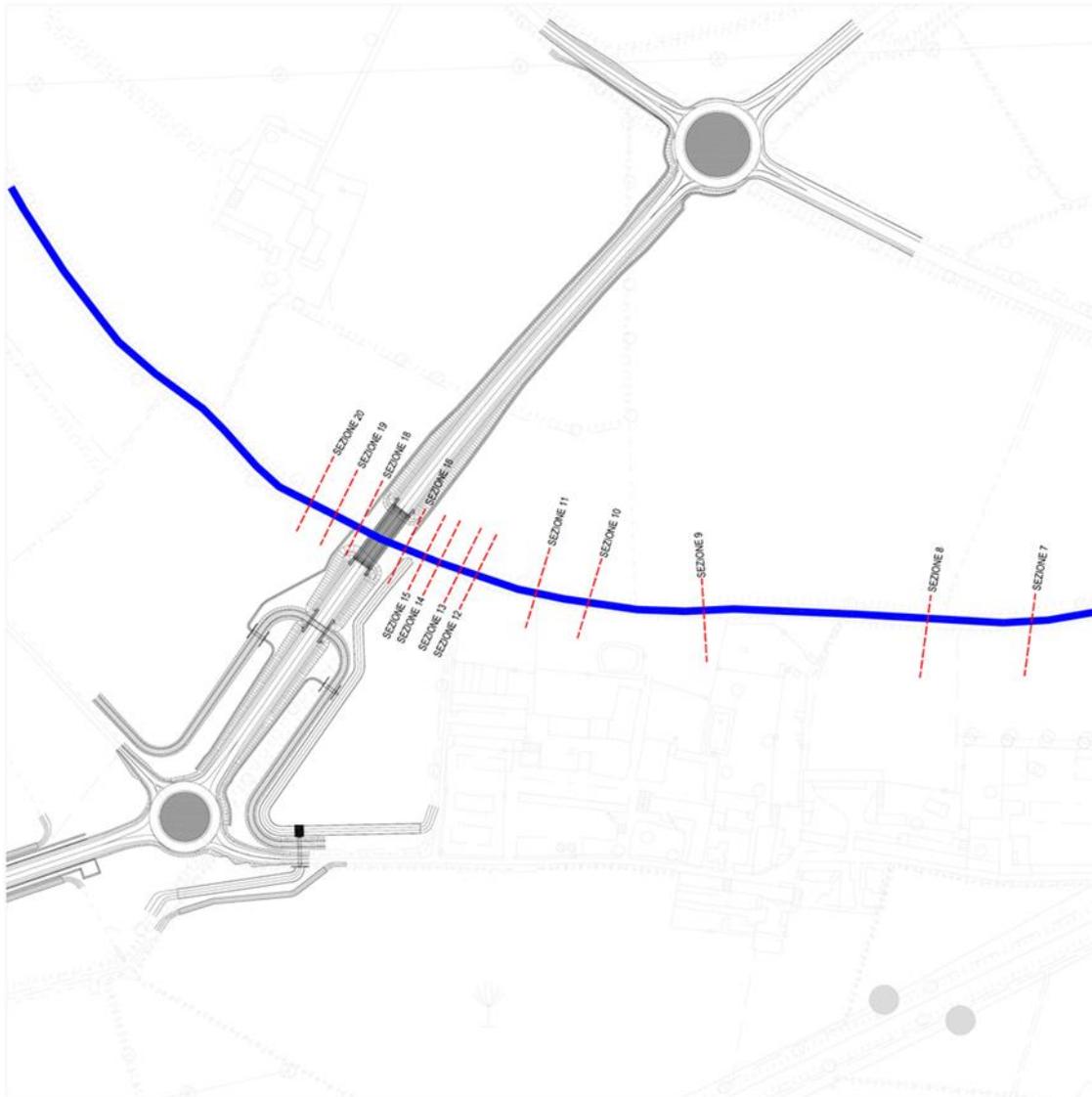
RS: 12.5 BR U Profile: QARPA(Tr200)

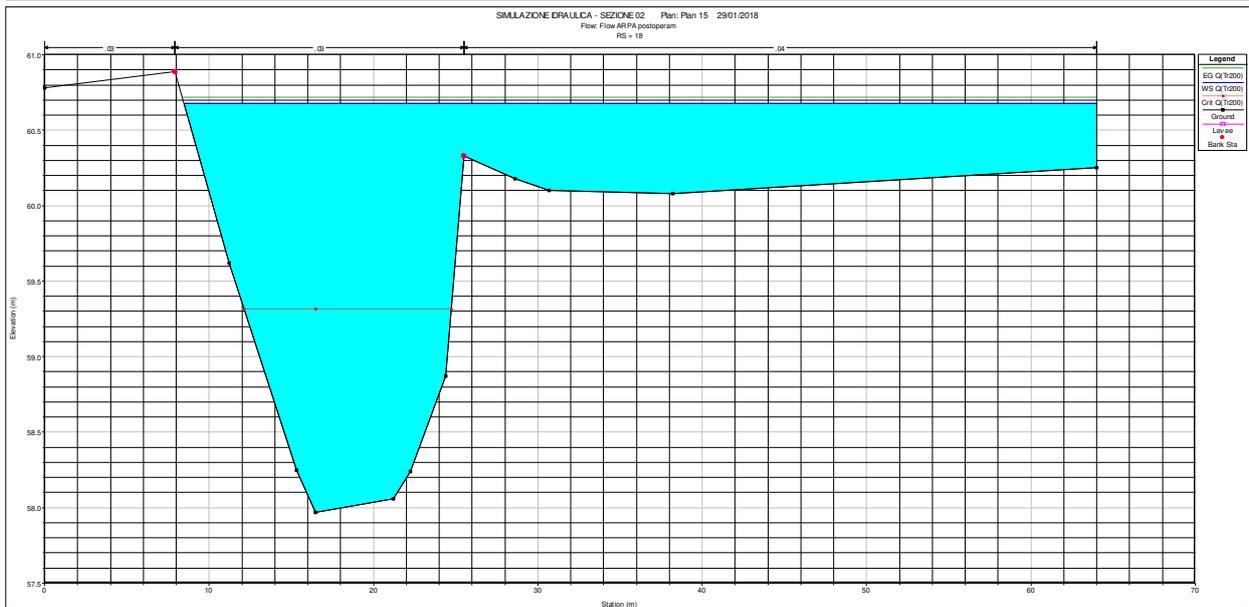
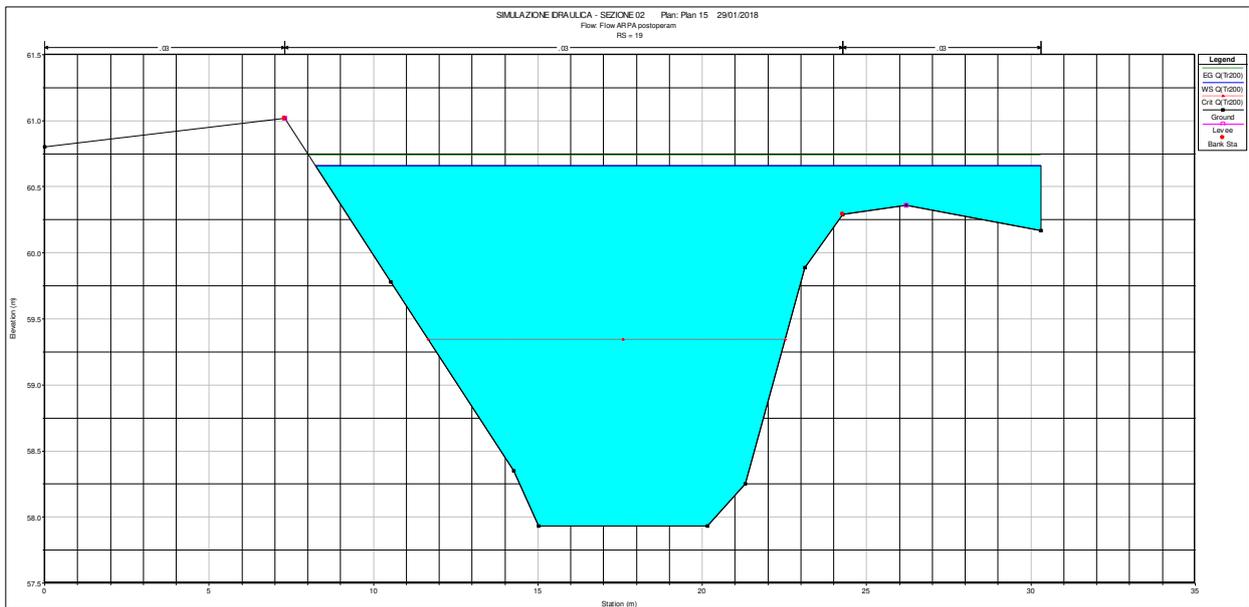
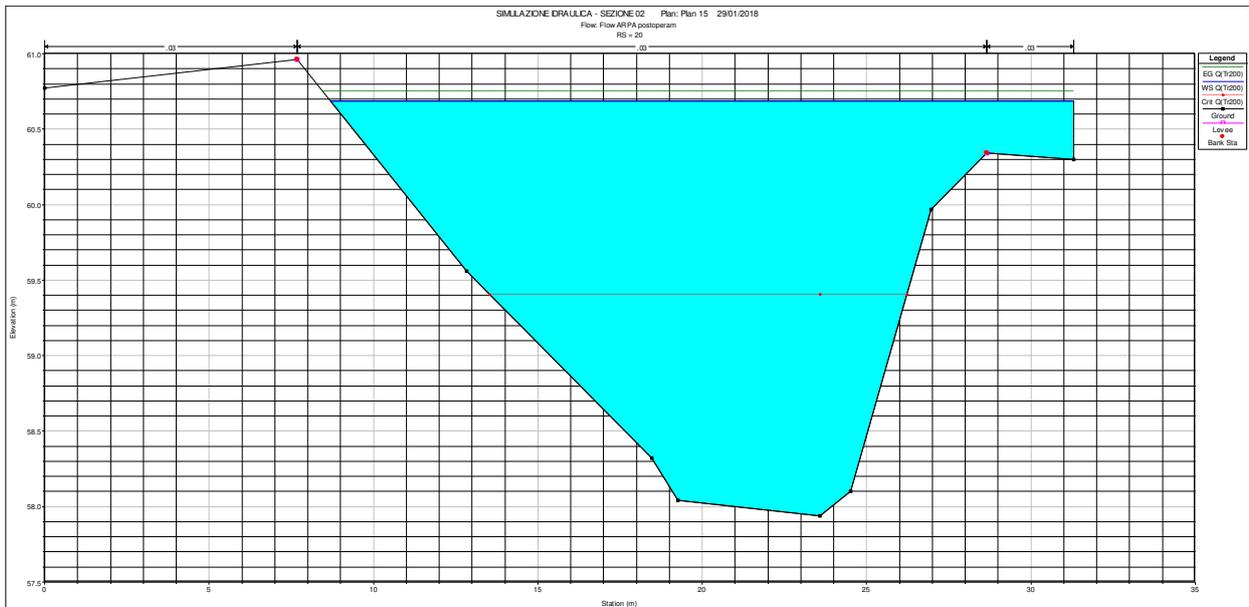
E.G. Elev [m]	62.12
Vel Head [m]	0.06
W.S. Elev [m]	62.07
Crit W.S. [m]	60.87
E.G. Slope [m/m]	0.00056
Q Total [m3/s]	30.09
Top Width [m]	16.38
Vel Total [m/s]	1.07
Max Chl Dpth [m]	2.13
Conv. Total [m3/s]	1271.9
Length Wtd. [m]	35
Min Ch El [m]	59.94
Alpha	1
Frctn Loss [m]	0.02
C & E Loss [m]	0

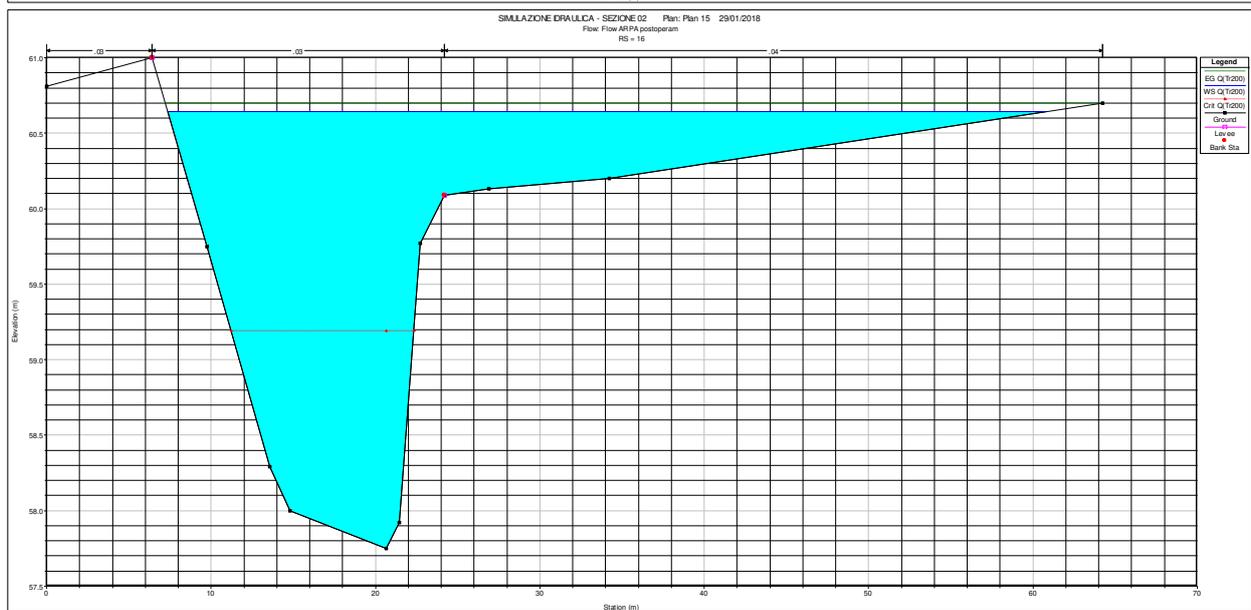
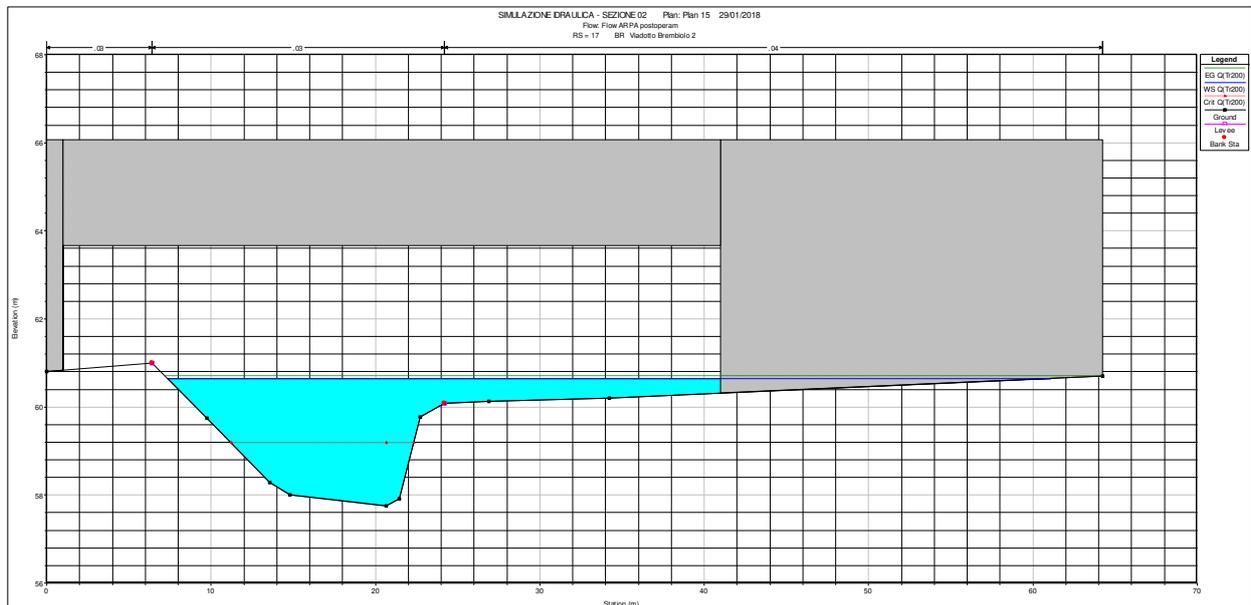
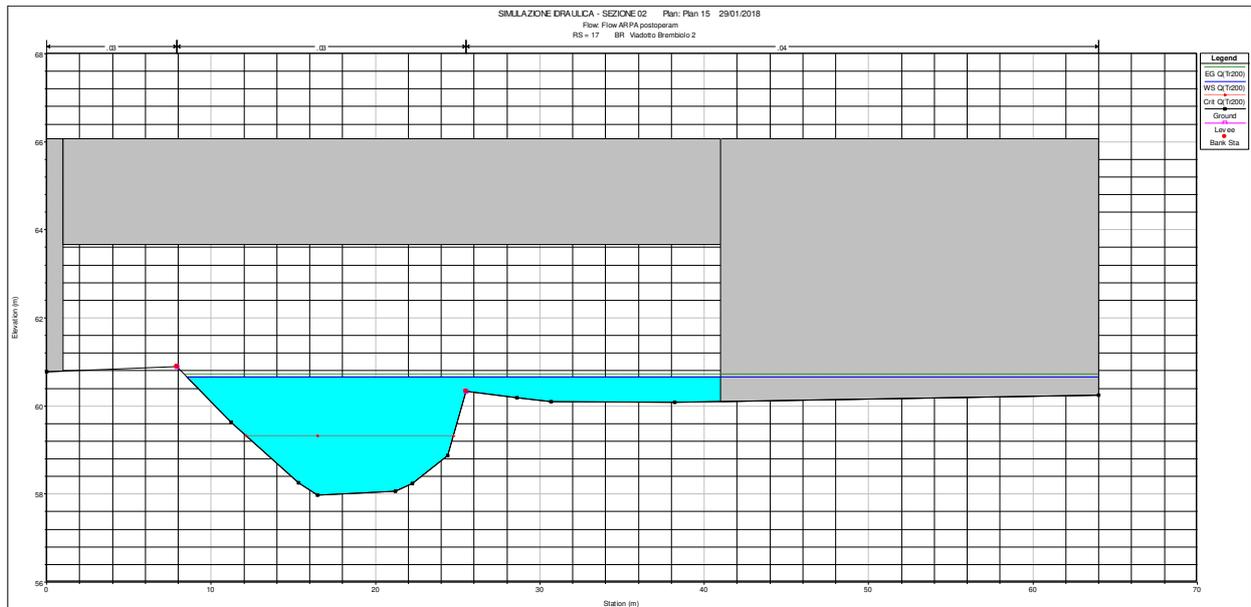
RS: 12.5 BR D Profile: QARPA(Tr200)

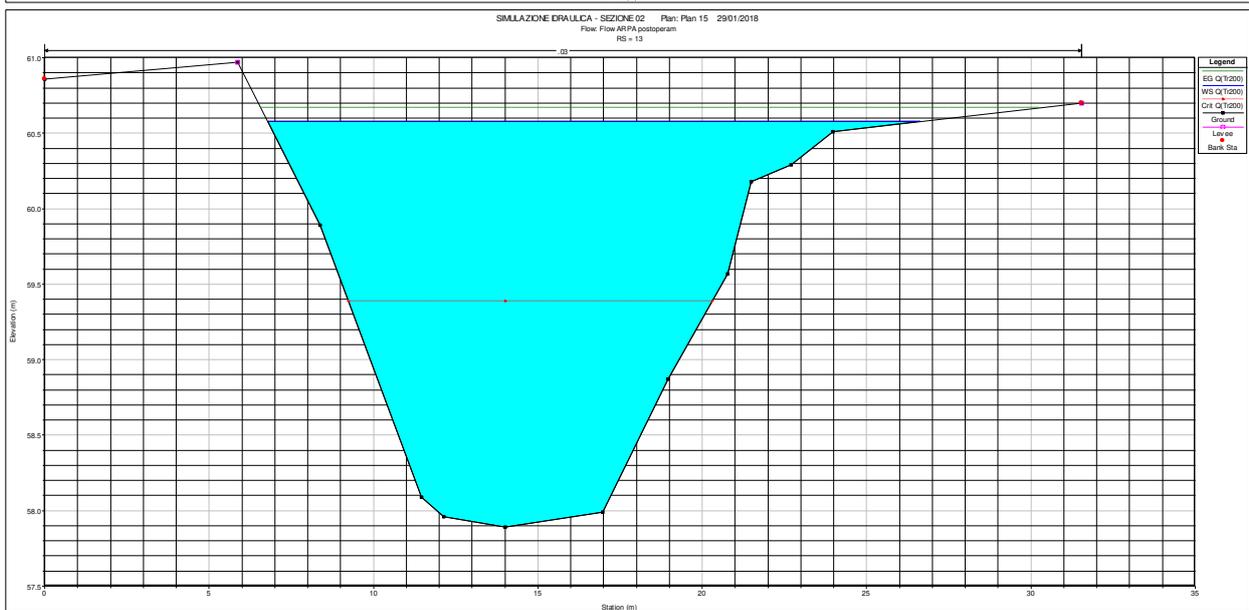
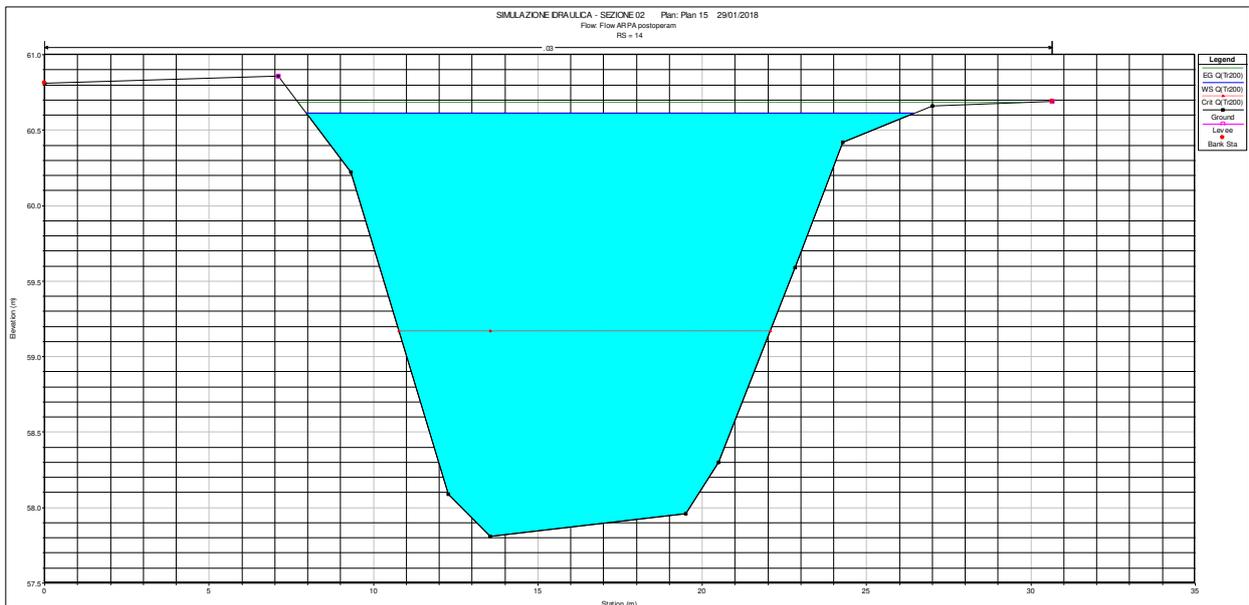
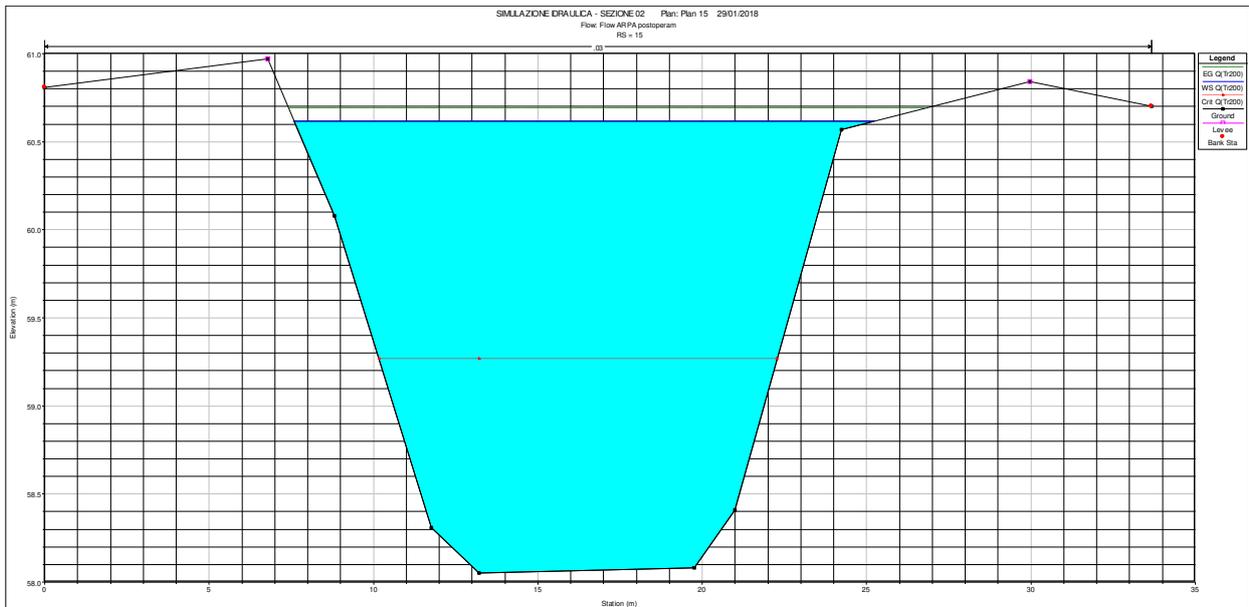
E.G. Elev [m]	62.11
Vel Head [m]	0.06
W.S. Elev [m]	62.05
Crit W.S. [m]	60.82
E.G. Slope [m/m]	0.00053
Q Total [m3/s]	30.09
Top Width [m]	16.48
Vel Total [m/s]	1.05
Max Chl Dpth [m]	2.16
Conv. Total [m3/s]	1306.6
Length Wtd. [m]	1
Min Ch El [m]	59.89
Alpha	1
Frctn Loss [m]	0
C & E Loss [m]	0

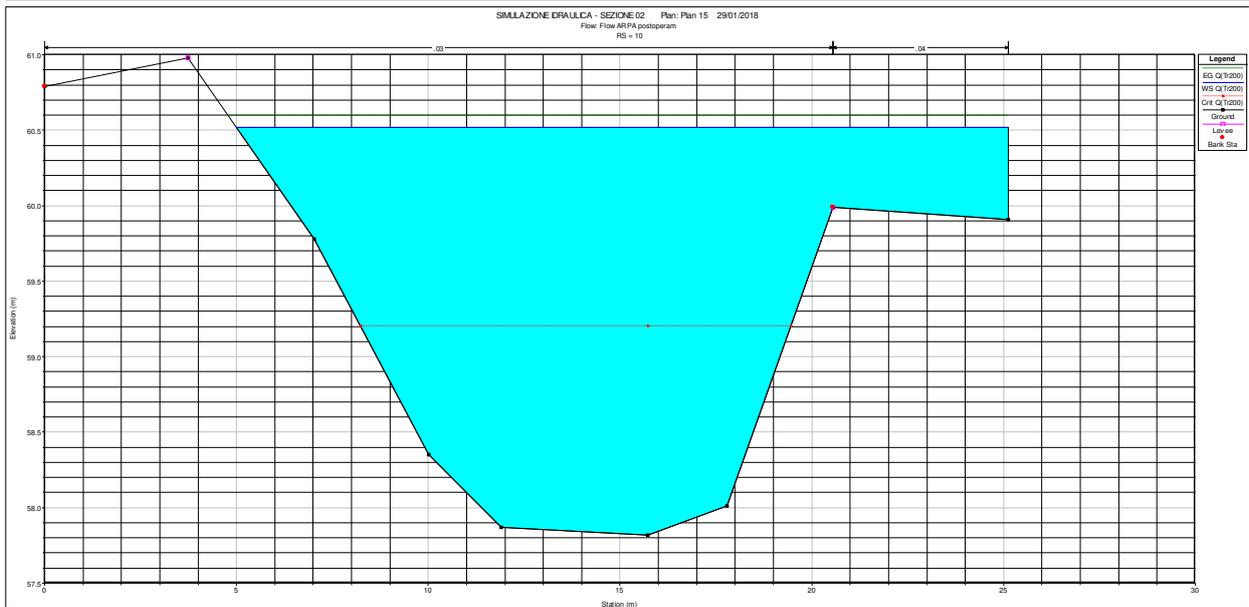
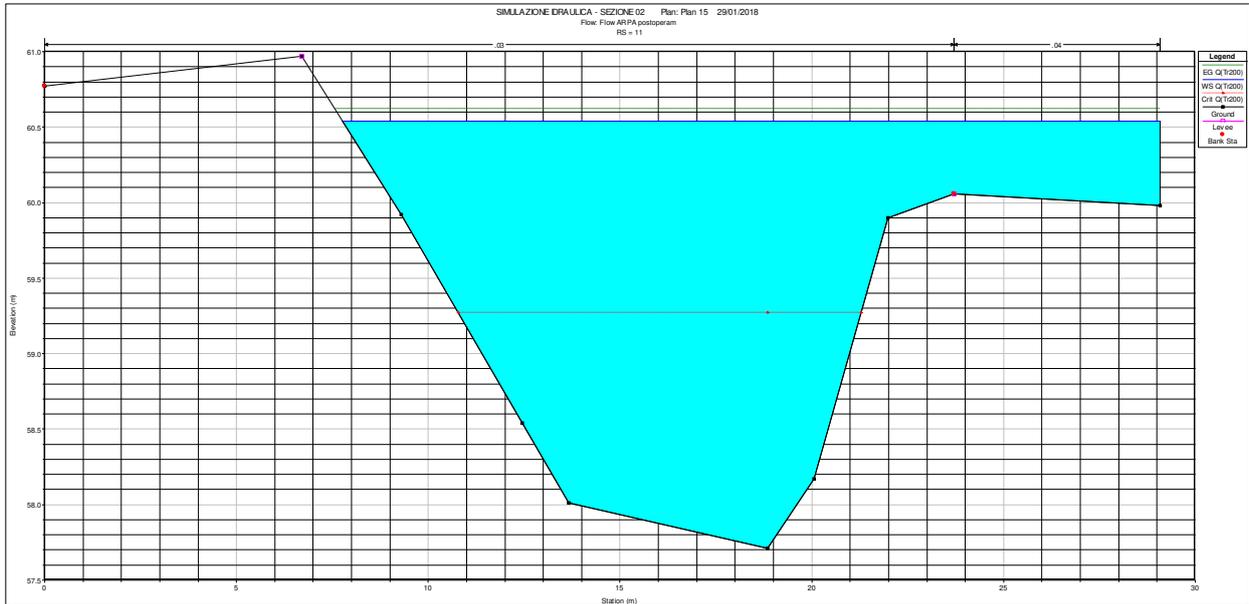
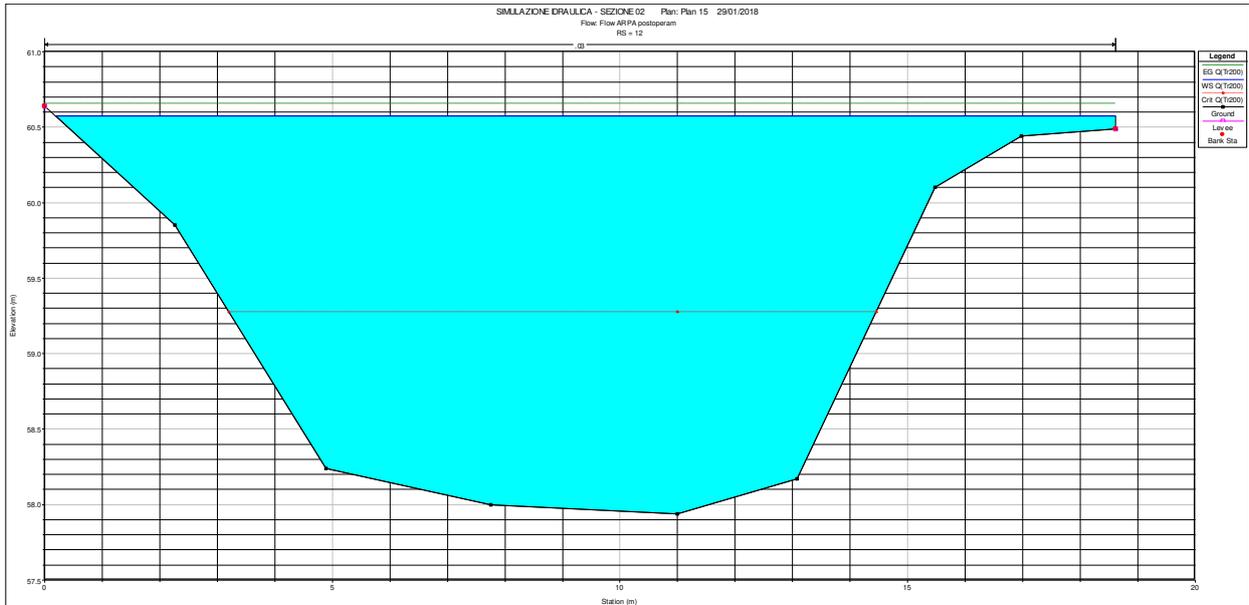
8.3.2 SIMULAZIONE IDRAULICA SEZIONE 02 – PONTE SUL BREMBIOLO N.º2 (TR=200 ANNI)



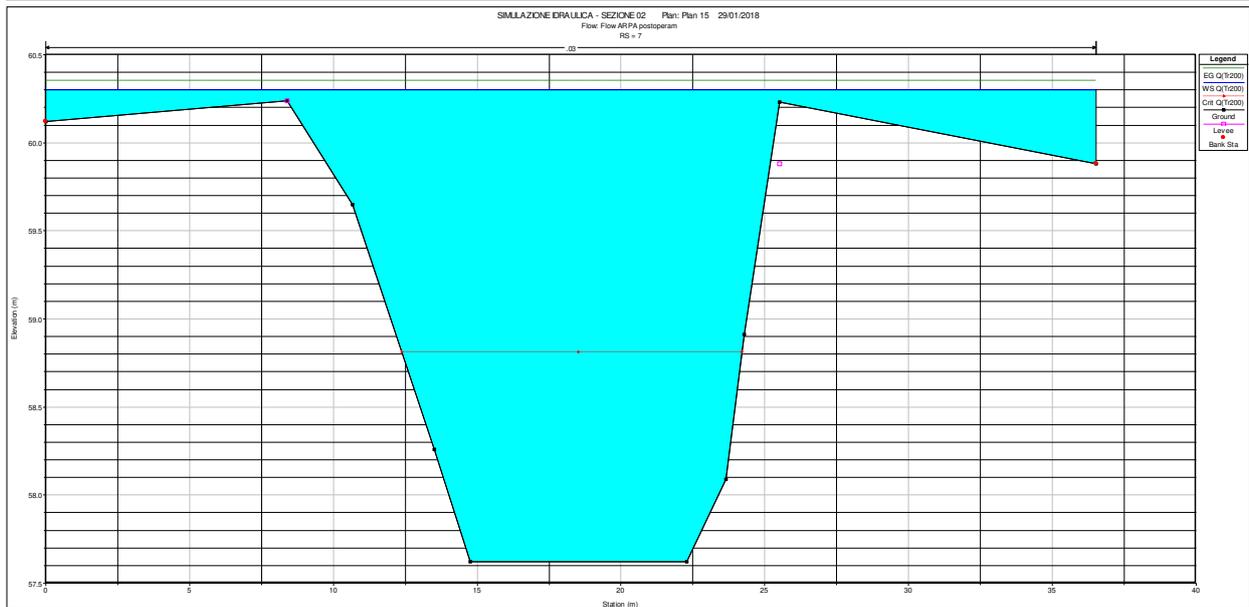
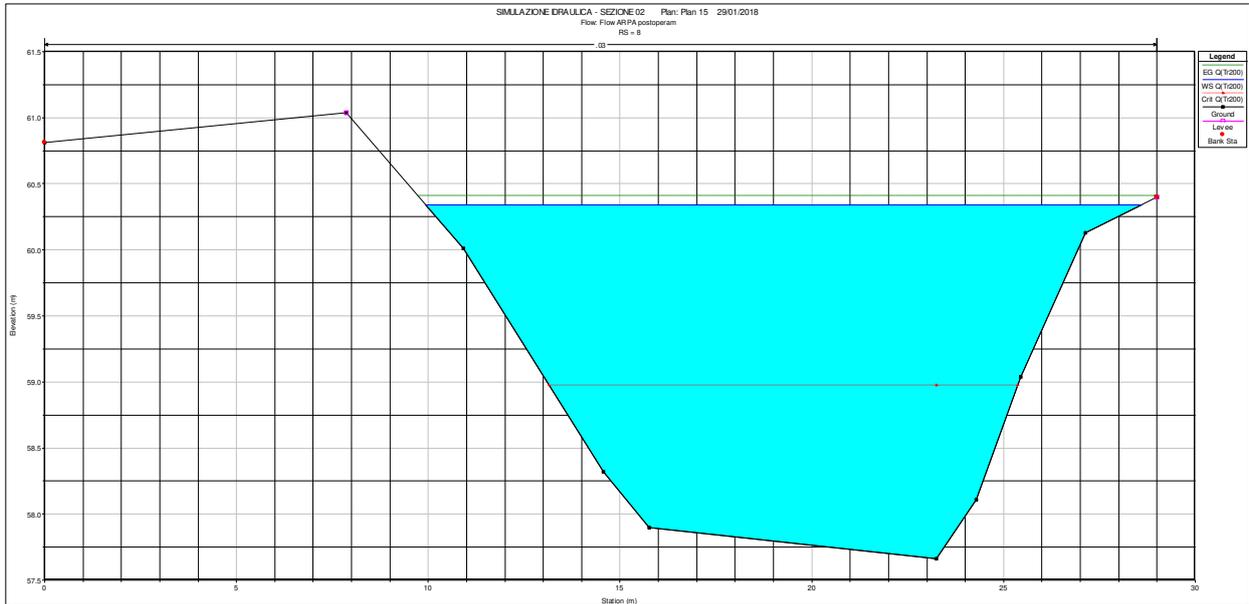
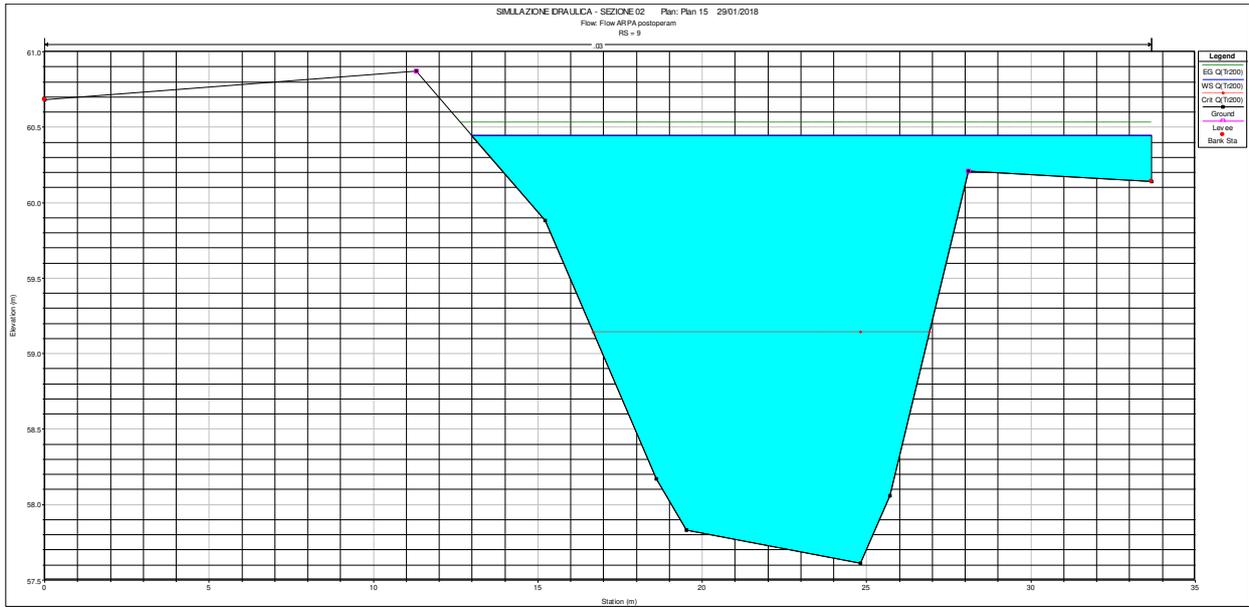








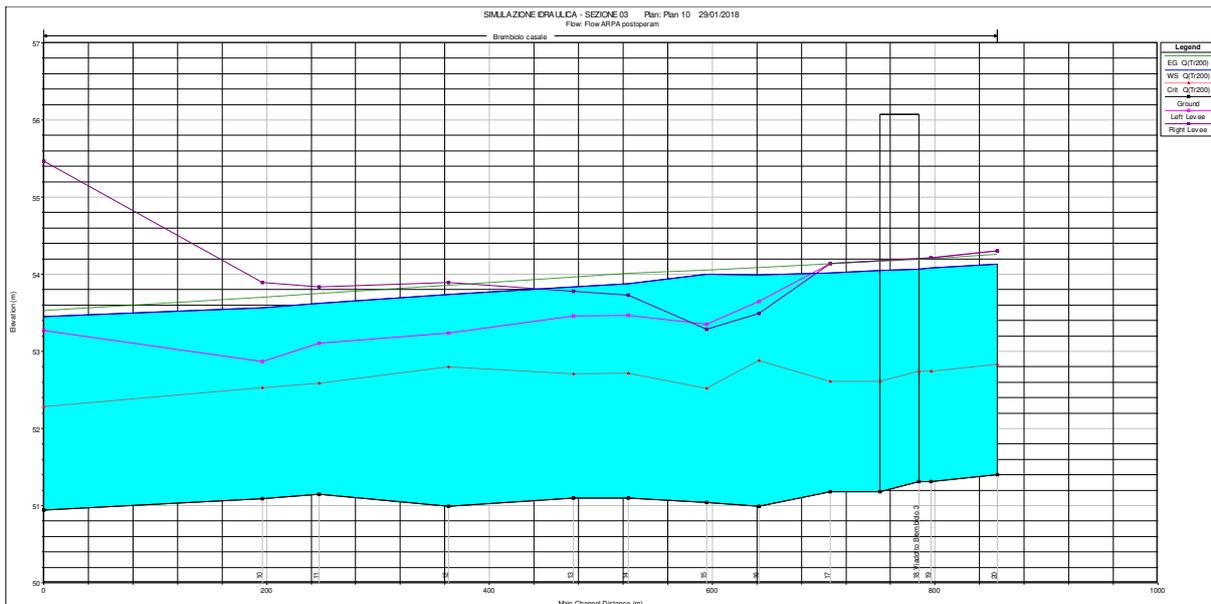
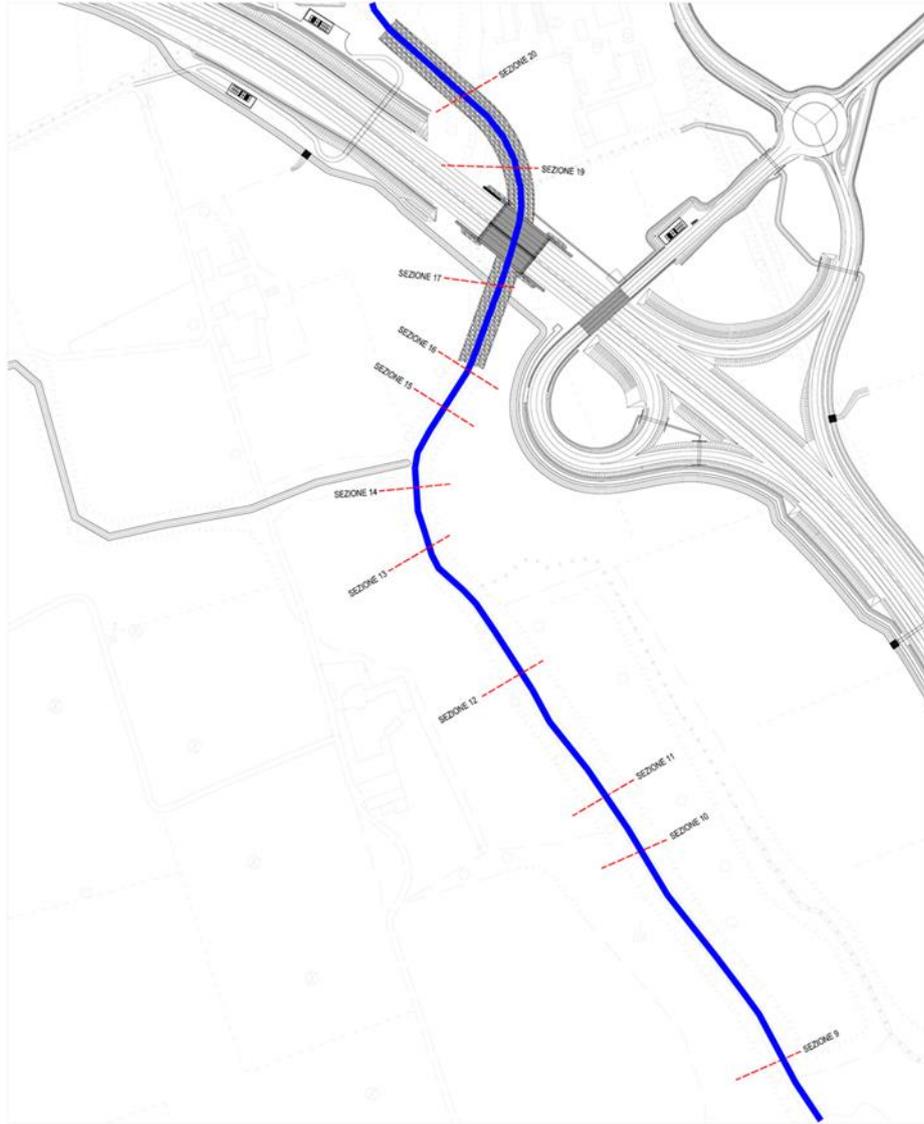
RELAZIONE IDRAULICA F. BREMBIOLO



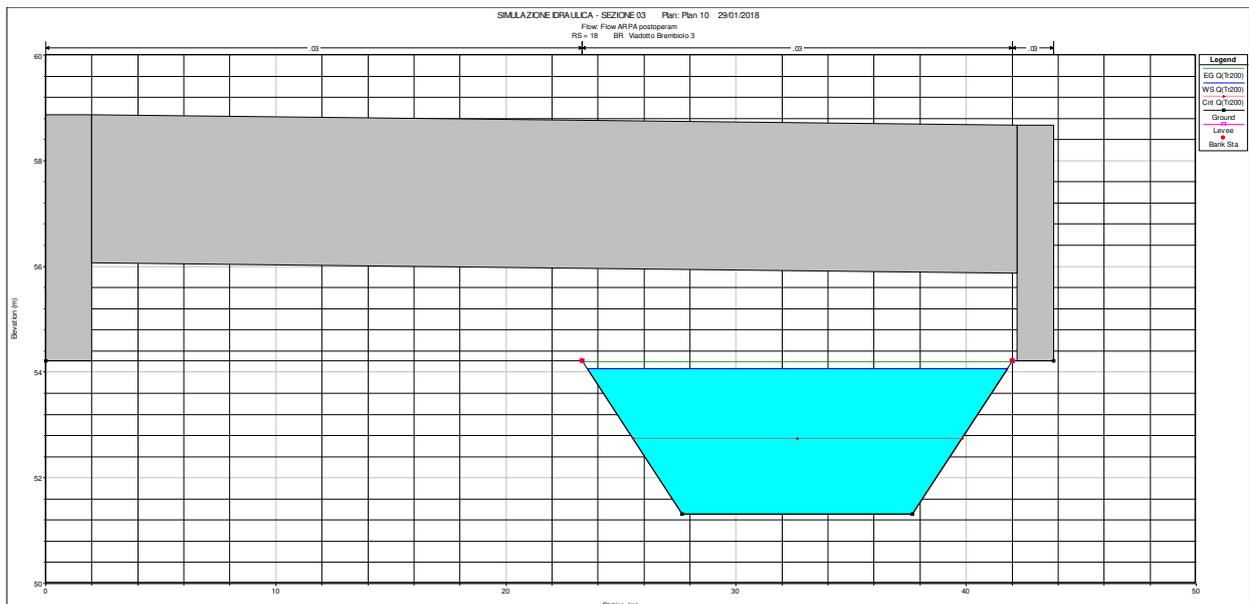
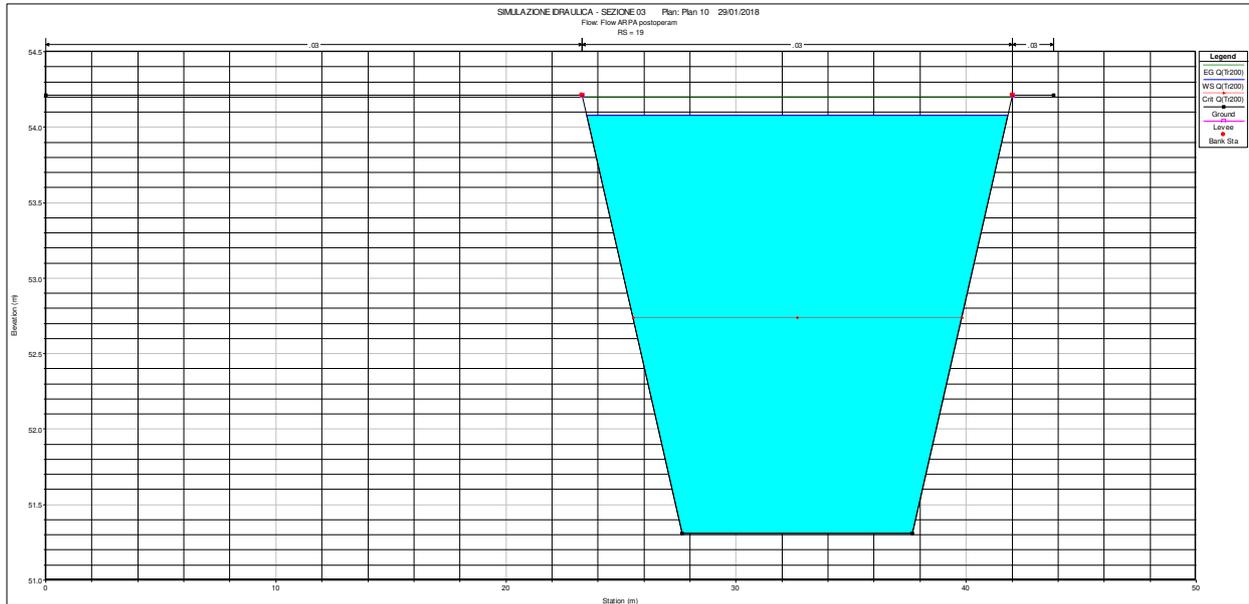
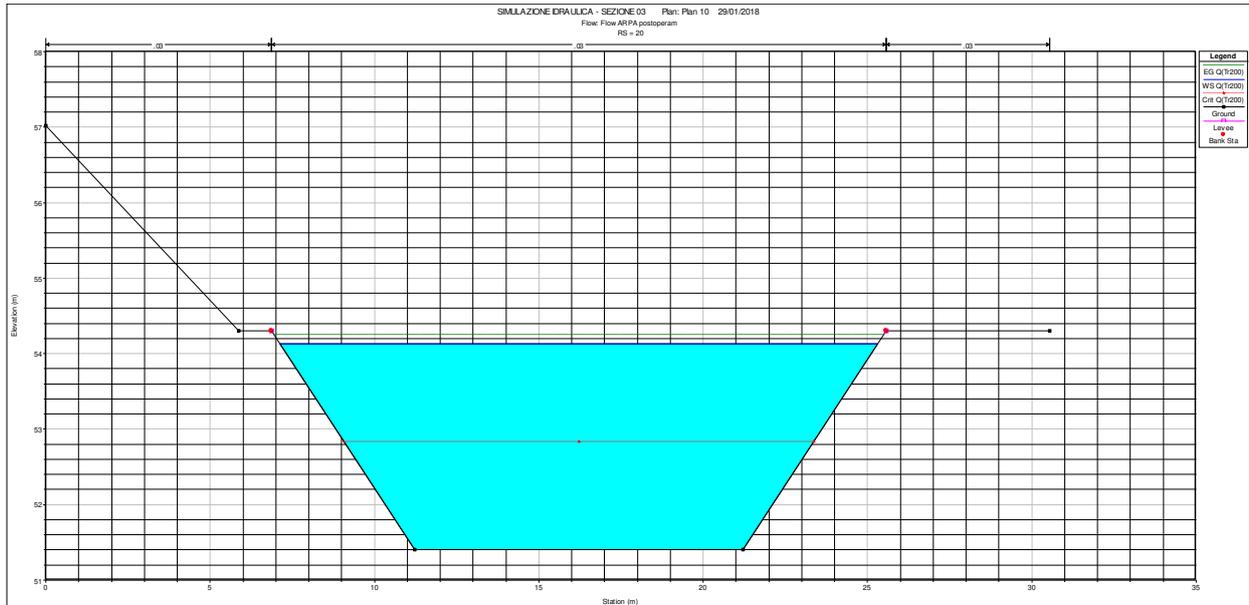
River station	Profile	Q total	Min Ch El	W.S. El	Crit W.S.	E.G. El	E.G. Slope	Vel Ch	Flow Area	Froude
-	-	[mc/s]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m/m]	[m/s]	[mq]	-
20	QARPA(Tr200)	37.4	57.94	60.69	59.41	60.75	0.0006	1.11	34.21	0.28
19	QARPA(Tr200)	37.4	57.93	60.66	59.34	60.74	0.0007	1.24	31.68	0.29
18	QARPA(Tr200)	37.4	57.97	60.68	59.31	60.72	0.0004	0.96	52.59	0.22
17	QARPA(Tr200)	Bridge								
16	QARPA(Tr200)	37.4	57.75	60.64	59.19	60.7	0.0005	1.08	42.93	0.25
15	QARPA(Tr200)	37.4	58.05	60.62	59.27	60.69	0.0007	1.19	31.36	0.29
14	QARPA(Tr200)	37.4	57.81	60.61	59.17	60.68	0.0007	1.18	31.63	0.29
13	QARPA(Tr200)	37.4	57.89	60.58	59.39	60.67	0.0011	1.34	27.9	0.36
12	QARPA(Tr200)	37.4	57.94	60.57	59.27	60.65	0.0008	1.27	29.55	0.32
11	QARPA(Tr200)	37.4	57.71	60.54	59.27	60.62	0.0008	1.28	31.06	0.31
10	QARPA(Tr200)	37.4	57.82	60.52	59.2	60.6	0.0006	1.23	32.04	0.29
9	QARPA(Tr200)	37.4	57.61	60.45	59.14	60.53	0.001056	1.29	29.08	0.35
8	QARPA(Tr200)	37.4	57.66	60.34	58.97	60.41	0.00063	1.16	32.36	0.28
7	QARPA(Tr200)	37.4	57.62	60.3	58.81	60.35	0.000993	1.02	36.83	0.32

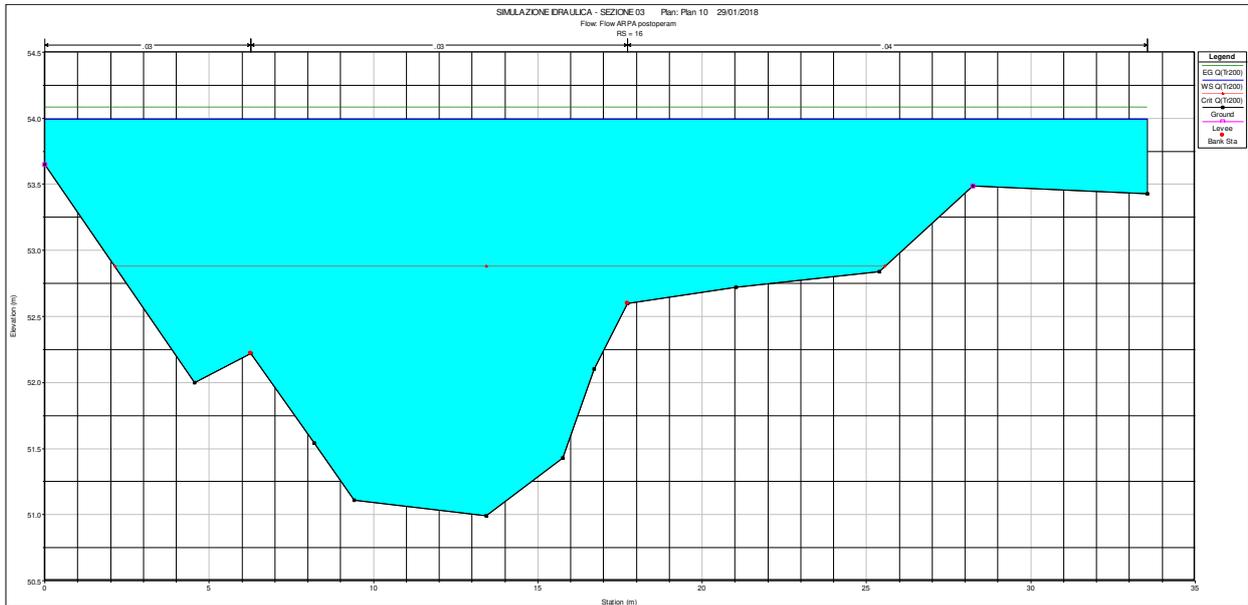
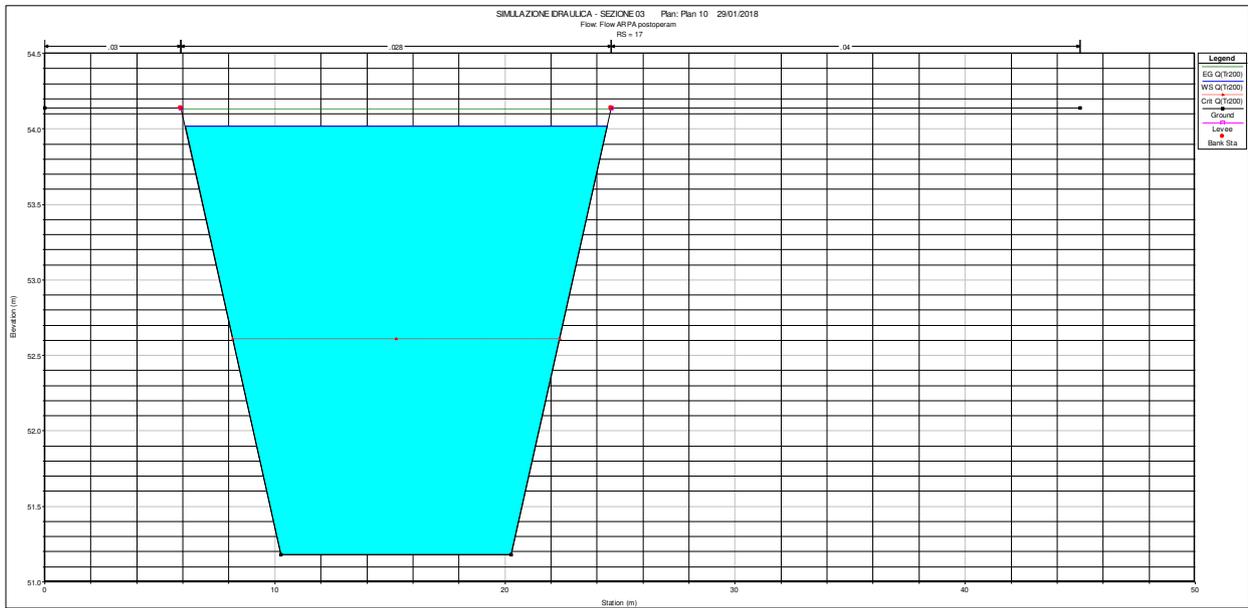
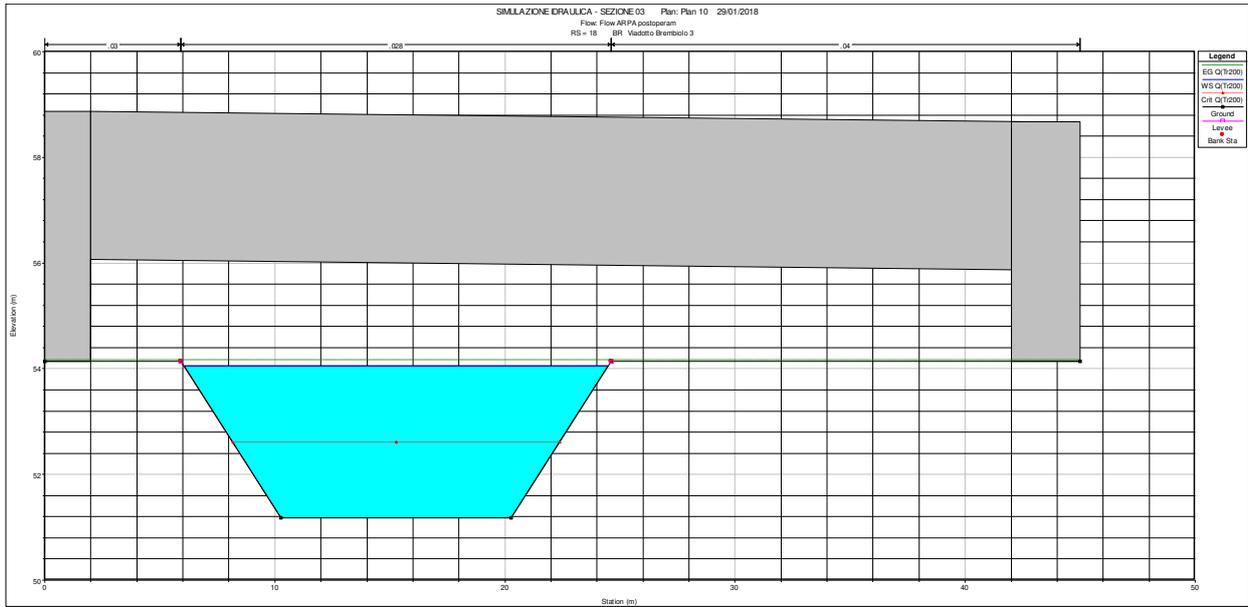
RS: 17 BR U Profile: QARPA(Tr200)		RS: 17 BR D Profile: QARPA(Tr200)	
E.G. Elev [m]	60.71	E.G. Elev [m]	60.7
Vel Head [m]	0.05	Vel Head [m]	0.06
W.S. Elev [m]	60.66	W.S. Elev [m]	60.65
Crit W.S. [m]	59.32	Crit W.S. [m]	59.19
E.G. Slope [m/m]	0.000485	E.G. Slope [m/m]	0.0005
Q Total [m3/s]	37.4	Q Total [m3/s]	37.4
Top Width [m]	32.47	Top Width [m]	33.65
Vel Total [m/s]	0.93	Vel Total [m/s]	0.94
Max Chl Dpth [m]	2.69	Max Chl Dpth [m]	2.9
Conv. Total [m3/s]	1698.5	Conv. Total [m3/s]	1672.2
Length Wtd. [m]	15	Length Wtd. [m]	10.15
Min Ch El [m]	57.97	Min Ch El [m]	57.75
Alpha	1.25	Alpha	1.25
Frctn Loss [m]	0.01	Frctn Loss [m]	0.01
C & E Loss [m]	0	C & E Loss [m]	0

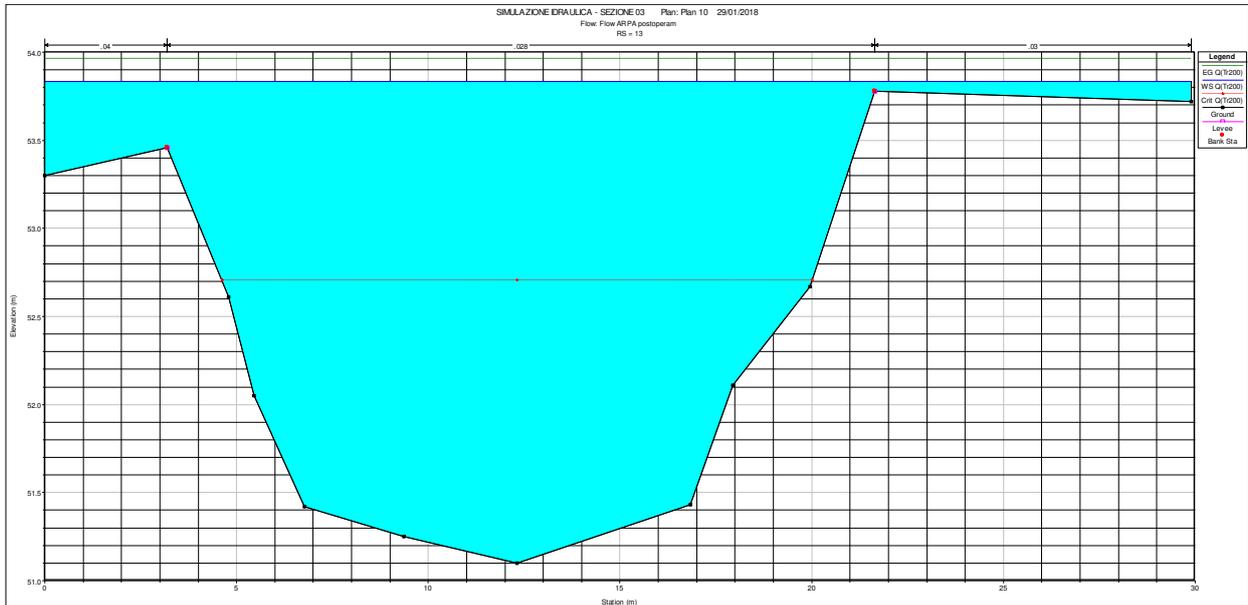
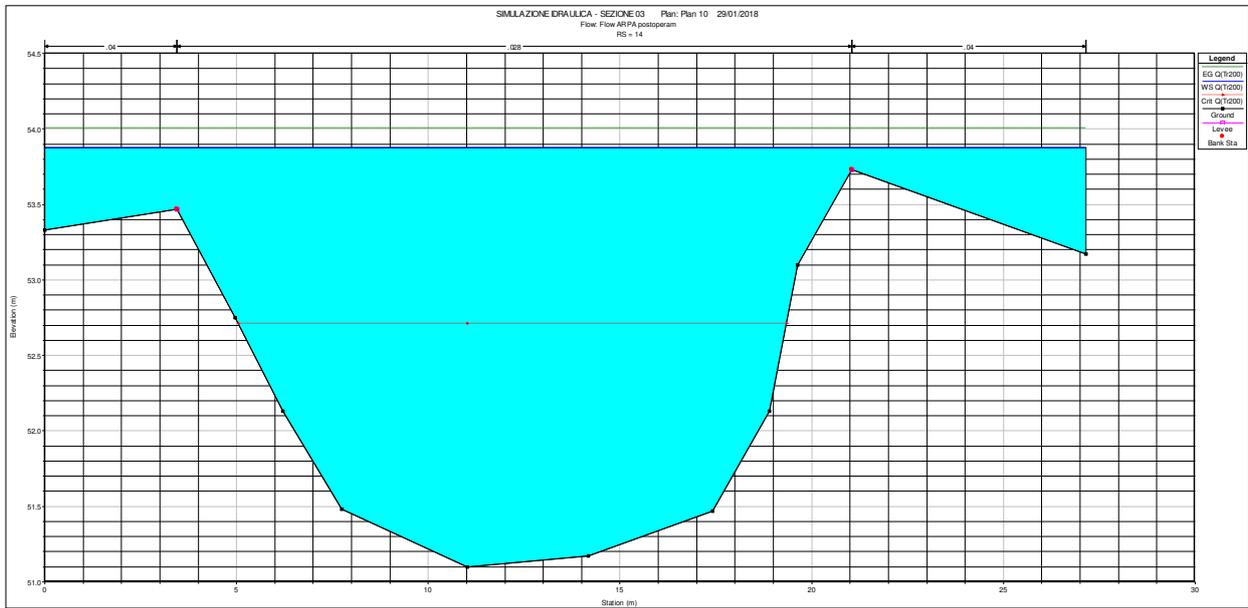
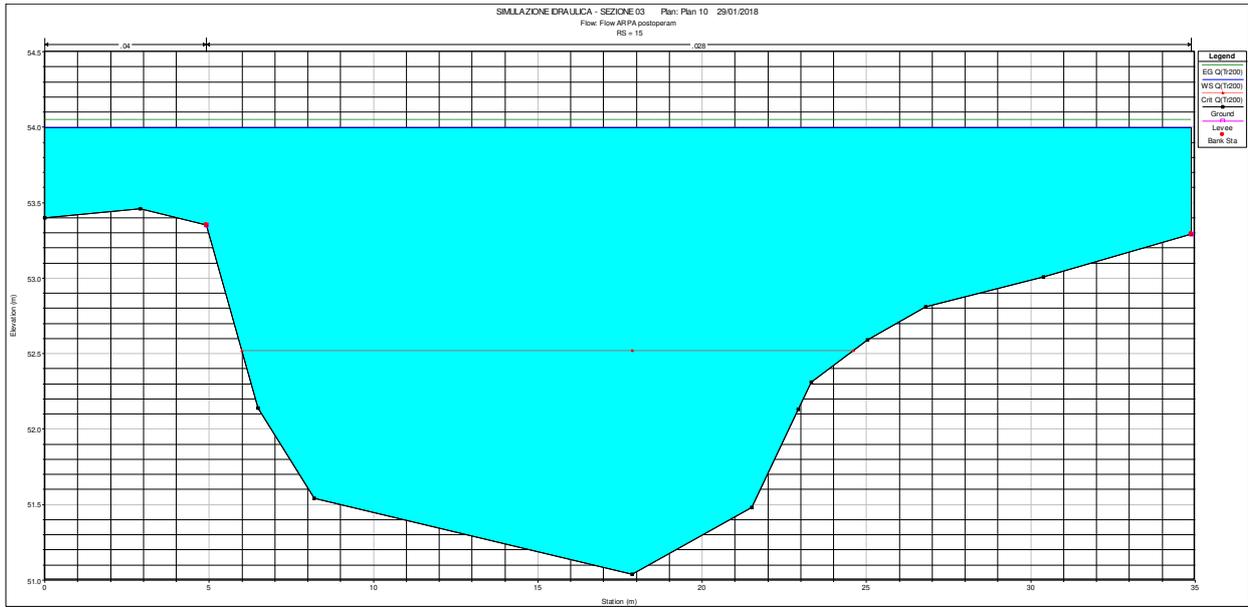
8.3.3 SIMULAZIONE IDRAULICA SEZIONE 03 – PONTE SUL BREMBIOLO N.°3 (TR=200 ANNI)

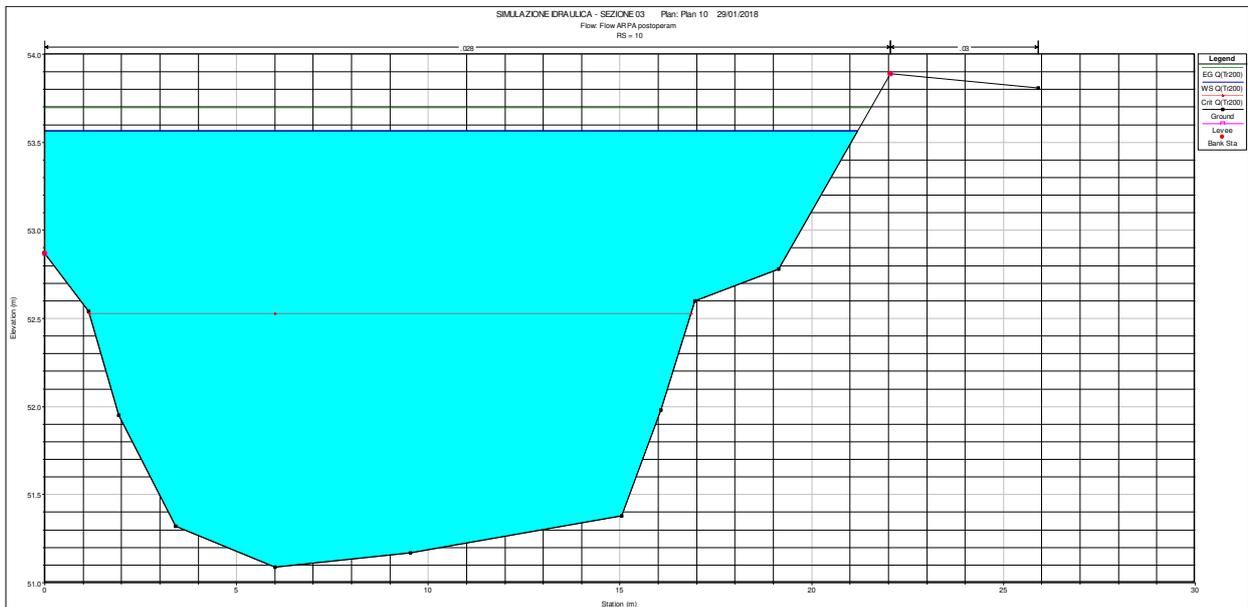
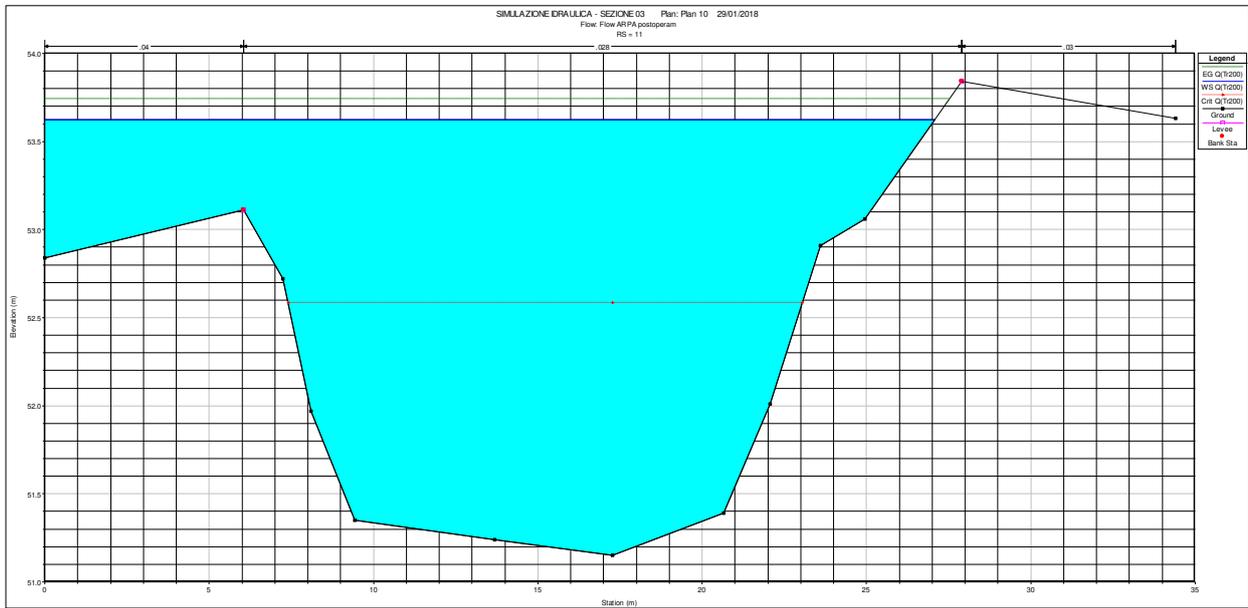
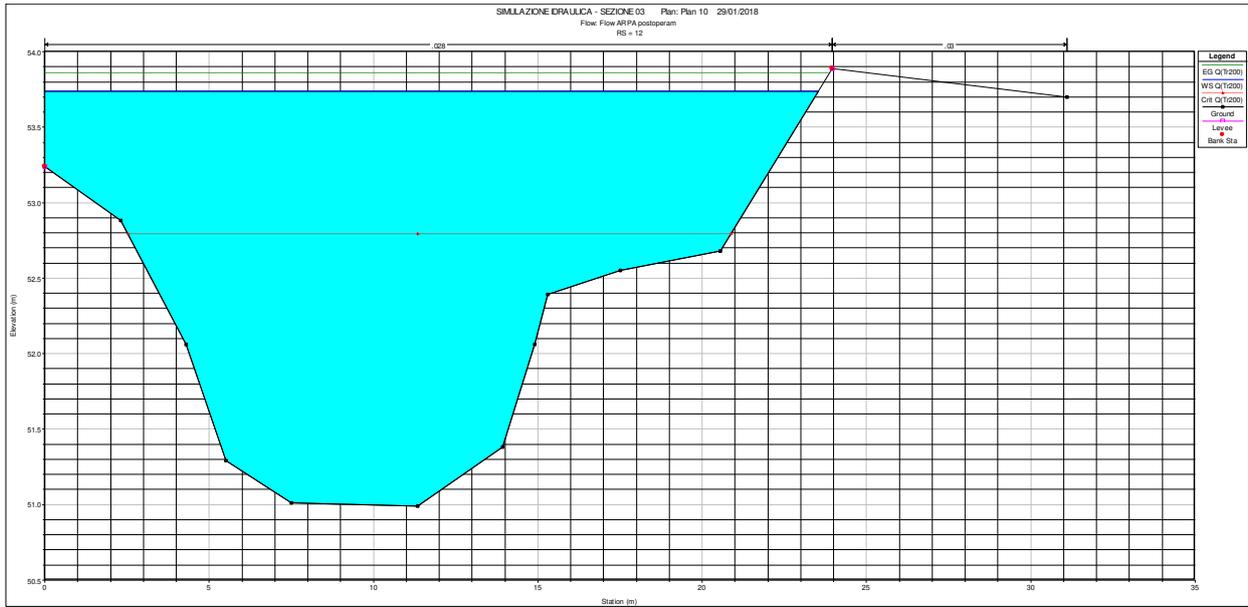


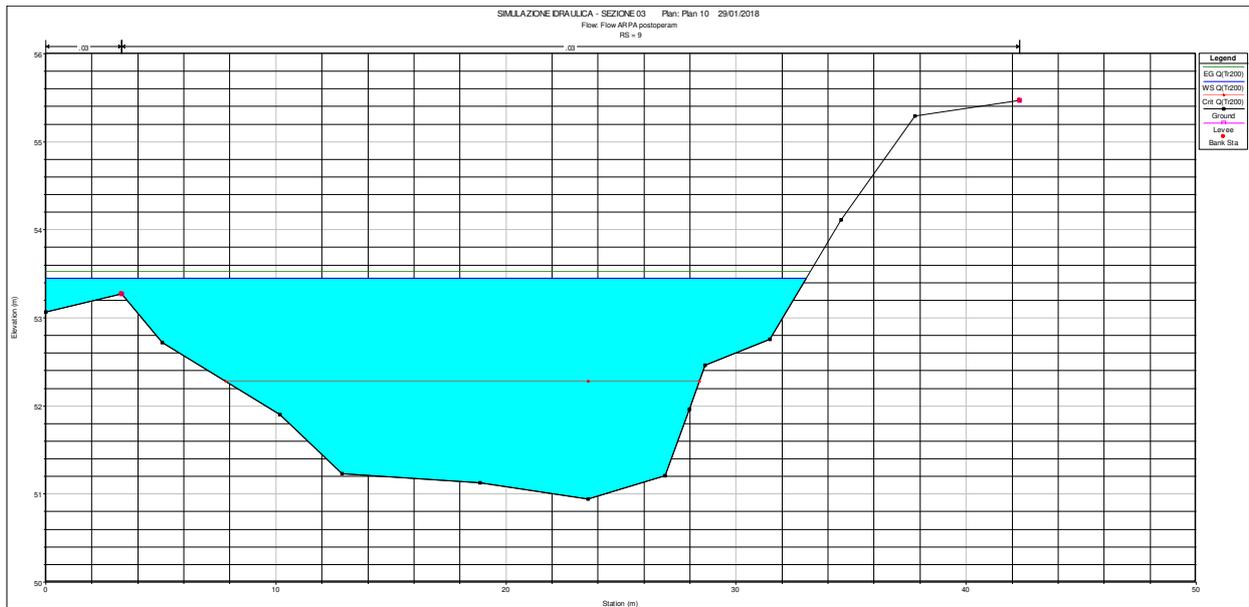
RELAZIONE IDRAULICA F. BREMBIOLO











River station	Profile	Q total [mc/s]	Min Ch El [m]	W.S. El [m]	Crit W.S. [m]	E.G. El [m]	E.G. Slope [m/m]	Vel Ch [m/s]	Flow Area [mq]	Froude
-	-									-
20	QARPA(Tr200)	59.9	51.4	54.13	52.83	54.25	0.0009	1.56	38.45	0.34
19	QARPA(Tr200)	59.9	51.31	54.08	52.74	54.2	0.0009	1.53	39.21	0.33
18	QARPA(Tr200)	Bridge								
17	QARPA(Tr200)	59.9	51.18	54.02	52.61	54.13	0.0007	1.49	40.19	0.32
16	QARPA(Tr200)	59.9	50.99	53.99	52.88	54.08	0.0006	1.48	52.81	0.29
15	QARPA(Tr200)	59.9	51.04	54	52.52	54.05	0.0004	1.01	61.11	0.23
14	QARPA(Tr200)	59.9	51.1	53.88	52.71	54	0.0009	1.61	40.41	0.36
13	QARPA(Tr200)	59.9	51.1	53.83	52.71	53.96	0.0008	1.59	39.33	0.36
12	QARPA(Tr200)	59.9	50.99	53.74	52.79	53.86	0.0010	1.53	39.21	0.38
11	QARPA(Tr200)	59.9	51.15	53.62	52.58	53.74	0.0009	1.56	41	0.37
10	QARPA(Tr200)	59.9	51.09	53.57	52.53	53.69	0.0010	1.58	38.02	0.38
9	QARPA(Tr200)	59.9	50.94	53.45	52.28	53.52	0.000649	1.18	51.25	0.29

RS: 18 BR U Profile: QARPA(Tr200)	
E.G. Elev [m]	54.19
Vel Head [m]	0.12
W.S. Elev [m]	54.07
Crit W.S. [m]	52.74
E.G. Slope [m/m]	0.000867
Q Total [m3/s]	59.9
Top Width [m]	18.28
Vel Total [m/s]	1.54
Max Chl Dpth [m]	2.76
Conv. Total [m3/s]	2033.7
Length Wtd. [m]	35
Min Ch El [m]	51.31
Alpha	1
Frctn Loss [m]	0.03
C & E Loss [m]	0

RS: 18 BR U Profile: QARPA(Tr200)	
E.G. Elev [m]	54.16
Vel Head [m]	0.11
W.S. Elev [m]	54.05
Crit W.S. [m]	52.61
E.G. Slope [m/m]	0.000662
Q Total [m3/s]	59.9
Top Width [m]	18.44
Vel Total [m/s]	1.47
Max Chl Dpth [m]	2.87
Conv. Total [m3/s]	2328.9
Length Wtd. [m]	44.37
Min Ch El [m]	51.18
Alpha	1
Frctn Loss [m]	0.03
C & E Loss [m]	0

9 SOTTOSCRIZIONE DELL'ELABORATO DA PARTE DEL R.T.P.

STUDIO CORONA S.r.l.

ECOPLAN S.r.l.

I.T. S.r.l.

E&G S.r.l.

CONSORZIO UNING

ARKE' INGEGNERIA S.r.l.

SETAC S.r.l.

ING. RENATO DEL PRETE

DOTT. DANILO GALLO
