

# DERIVAZIONE IDROELETTRICA SUL FIUME ADDA *a valle del nuovo ponte sulla SS591*

*"Piccola derivazione" ai sensi dell'art. 6 del R.D. 1775/1933*

*Valutazione di impatto ambientale artt. 23-24-25-26 D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii.*

## VERIFICA DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

DATA PROGETTO <b>Dicembre 2012</b>	AGGIORNAMENTO <b>Novembre 2013</b>	SCALA	ELABORATO <b>3</b>
---------------------------------------	---------------------------------------	-------	-----------------------

### GRUPPO DI PROGETTAZIONE

### PROPONENTE

**Capellino**  
Studio di Ingegneria

**STUDIO DI INGEGNERIA**  
**Dott. Ing. ANTONIO CAPELLINO**  
Via Rosa Bianca, 18  
12084 Mondovì - (CN)  
☎ 0174/551247  
335/6560172  
✉ studiocapellino@alice.it



**Sis.Co. In.**  
**Dott. Ing. BARTOLOMEO DOMINICI**  
Via Bucci, 2  
10022 CARMAGNOLA - (TO)  
☎ 011/9711820  
337-221887  
✉ ing.dominici@virgilio.it



**Studio Sintesi**  
**Ingegneria e Paesaggio**  
**Dott. Agr. STEFANO ASSONE**  
Via Mongrando, 41/a - 10153 Torino  
☎ 011/6598961  
✉ stefano.assone@studio-sintesi.com

**Dott. Arch. DANIELE BORGNA**  
Via G. Pascoli, 39/6 - 12084 Mondovì (CN)  
☎ 339-3131477  
✉ arch.borgna@virgilio.it

**Geom. ALBERTO BALSAMO**  
S.S. 28 Nord, 6 - 12084 Mondovì (CN)  
☎ 347-4097196  
✉ alberto.balsamo@geopec.it

**Dott. Ing. ALBERTO BONELLO**  
Strada di Pascomonti - 12084 Mondovì (CN)  
☎ 328-4541205  
✉ alberto.bonello@ingpec.eu



**EDISON S.p.a.**  
Sede Legale:  
Foro Buonaparte, 31 - 20121 Milano  
Partita IVA 12921540154  
☎ 02/6222.7534  
02/6222.8480  
www.edison.it  
✉ PEC: asee@pec.edison.it

## Sommario

PREMESSA.....	2
INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO.....	3
NON ALTRIMENTI LOCALIZZABILITÀ.....	4
1. ASSETTO GEOMETRICO DELL'ALVEO.....	5
2. CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE DELL'ALVEO .....	6
3. CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE DEL MATERIALE D'ALVEO.....	7
4. CARATTERISTICHE AMBIENTALI E PAESAGGISTICHE DELLA REGIONE FLUVIALE .....	8
5. PORTATE DI PIENA.....	21
6. OPERE DI DIFESA IDRAULICA .....	22
6.1. Opere di difesa idraulica esistenti .....	22
6.2. Opere di difesa idraulica in progetto.....	23
7. MANUFATTI INTERFERENTI.....	25
8. MODALITÀ DI DEFLUSSO DI PIENA .....	26
9. EFFETTI DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO.....	27
9.1. Modifiche indotte sul profilo di piena .....	27
9.2. Riduzione della capacità d'invaso dell'alveo.....	27
9.3. Interazioni con le opere di difesa idrauliche esistenti.....	28
9.4. Opere idrauliche in progetto nell'ambito dell'intervento.....	29
9.5. Modifiche indotte sull'assetto morfologico planimetrico e altimetrico.....	30
9.6. Modifiche indotte sulle caratteristiche naturali e paesaggistiche .....	31
9.6.1. Ambiente idrico .....	31
9.6.2. Atmosfera .....	33
9.6.3. Suolo e sottosuolo .....	33
9.6.4. Flora e fauna.....	35
9.6.5. Ecosistemi .....	37
9.6.6. Rumore.....	38
9.6.7. Paesaggio.....	38
9.7. Condizioni di sicurezza dell'intervento rispetto alla piena .....	41
APPENDICE: VERIFICHE IDRAULICHE DEL FIUME ADDA .....	42

## PREMESSA

Vengono di seguito delineati gli aspetti di maggiore rilievo del progetto dell'impianto idroelettrico ad acqua fluente sul fiume Adda oggetto del presente studio; un quadro di maggiore dettaglio si può trarre nei paragrafi successivi e negli altri elaborati progettuali, in particolar modo nella relazione tecnica.

Protagonista dell'iniziativa è la **Edison S.p.A.**, con sede in Foro Buonaparte, 31, 20121 Milano.

L'impianto prevede di valorizzare energeticamente il salto idraulico esistente tra gli apici del grande meandro a valle del ponte della Strada Statale 591 Crema – Codogno nei comuni di Bertonico (LO), Ripalta Arpina (CR) e Gombito (CR).

Il salto esistente è incrementato artificialmente attraverso lo sbarramento in progetto di tipo mobile.

L'impianto in progetto è ubicato in destra orografica, nel Comune di Bertonico (LO), è ad acqua fluente e si configura come un taglio di meandro.

## INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO

Presso l'impianto idroelettrico in progetto l'alveo di piena, individuato dalla fascia fluviale B, presenta ampie aree golenali. A tale proposito si veda la successiva Figura 1.

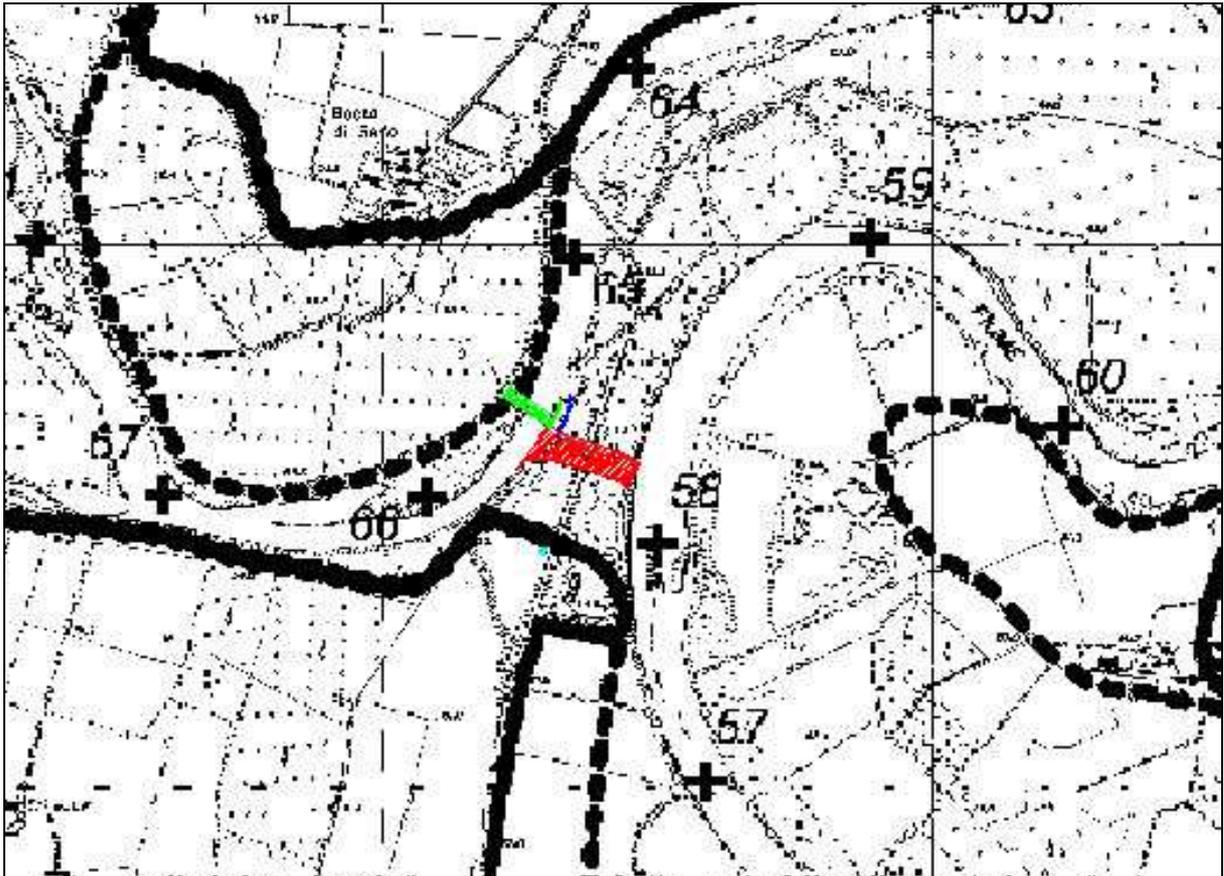


Figura 1: Inquadramento cartografico dell'impianto idroelettrico

- in rosso la centrale idroelettrica principale
- in blu la scala di risalita per l'ittiofauna
- in verde lo sbarramento fluviale
- in azzurro la cabina di trasformazione e cessione dell'energia alla rete nazionale

L'impianto idroelettrico in progetto, compreso lo sbarramento fluviale, è ubicato nella fascia fluviale A con l'eccezione della cabina di trasformazione e cessione dell'energia che è al di fuori della fascia B, come si evince dalla precedente Figura 1. Le opere prettamente idrauliche sono ubicate all'interno degli argini che delimitano la fascia fluviale del flusso principale, mentre, come indicato, quelli elettrici sono posti all'esterno dell'area di deflusso di piena.

Oltre agli argini che delimitano le fasce fluviali indicate nella Figura 1, si segnala la presenza del rilevato della dismessa S.S. 591, che divide e impedisce il taglio di meandro dividendo i flussi contrapposti dell'ansa del fiume Adda.

## **NON ALTRIMENTI LOCALIZZABILITÀ**

In questo capitolo si dimostra che l'impianto idroelettrico in progetto non è altrimenti localizzabile nei confronti delle aree di esondazione del fiume Adda.

Anche se è ovvio che un impianto idroelettrico non possa prescindere dall'essere localizzato presso l'alveo.

L'analisi è svolta a livello sia macroscopico sia puntuale al fine di fugare ogni possibile dubbio.

Per quanto riguarda il fiume Adda in generale esso presenta una ridotta pendenza dovuta al lungo e sinuoso sviluppo in area pianeggiante ed alla presenza di briglie che ne concentrano le perdite di quota in pochi punti strategici. Le briglie esistenti sono già utilizzate ai fini idroelettrici, oppure la loro ubicazione od altezza non permette la realizzazione di una proficua derivazione idroelettrica.

Alla luce di ciò è evidente che per ricavare un salto idraulico che permetta la valorizzazione energetica della portata è necessario sottendere un ampio tratto di fiume. Creare un canale sub parallelo al fiume stesso è antieconomico, pertanto è necessario conciliare la brevità dell'opera di adduzione con la lunghezza del tratto sotteso. A tale scopo, il meandro di Gombito (CR) è ideale ed è l'unico nel tratto finale del fiume Adda a permettere un utilizzo idroelettrico remunerativo.

A livello puntuale, come indicato nell'inquadramento cartografico, le parti dell'impianto non prettamente idrauliche sono disposte all'esterno dell'alveo di piena individuato dalla fascia fluviale B.

Le opere idrauliche sono invece volutamente inserite completamente all'interno dell'alveo di piena delimitato dagli argini emergenti. Siccome le opere di presa e restituzione devono obbligatoriamente essere ricavate nelle sponde dell'alveo inciso, l'eventuale ubicazione al di fuori della fascia fluviale degli altri dispositivi idraulici avrebbe significato la compromissione temporanea o definitiva dell'argine.

In merito alla Strada Statale Crema – Codogno, l'argine formato dal rilevato, completamente contenuto nella fascia fluviale A indicata nel P.A.I., è ripristinato geometricamente e funzionalmente nel progetto idroelettrico. Pertanto si assicura la continuità dello sbarramento esistente che impedisce il taglio di meandro da parte del fiume Adda.

Alla luce di ciò si ritiene che le opere idrauliche dell'impianto idroelettrico in progetto non possano essere localizzate altrove.

Tutte le opere dell'impianto all'interno dell'alveo di piena sono di tipo interrato o seminterrato, pertanto la presenza della centrale idroelettrica è compatibile col deflusso di piena del fiume Adda, come dimostrato nelle verifiche idrauliche allegate.

## **1. ASSETTO GEOMETRICO DELL'ALVEO**

Gli elaborati progettuali grafici 9 “Planimetria generale situazione esistente”, 15 “Sezioni trasversali dell'alveo” e 16 “Profilo longitudinale dell'alveo” descrivono la geometria planimetrica ed altimetrica dell'alveo del fiume Adda presso l'impianto idroelettrico in progetto. Le quote altimetriche presenti negli elaborati progettuali, sia grafici, sia scritti, sono espresse in valore assoluto. Gli elaborati progettuali grafici 10 “Planimetria generale situazione in progetto”, 15 “Sezioni trasversali dell'alveo” e 16 “Profilo longitudinale dell'alveo” rappresentano gli stessi oggetti delle corrispondenti tavole della situazione attuale con la sovrapposizione delle opere in progetto.

## 2. CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE DELL'ALVEO

La zona del fiume Adda, nel settore in oggetto, rappresenta una fascia di territorio caratterizzata da meandri fluviali, in parte attivi ma soprattutto abbandonati, che indicano una precisa condizione idrografica del fiume in questo tratto della sua valle di pianura. Pur essendo assorbite dalla trama parcellare agraria, le tracce dei meandri, ancora ben riconoscibili anche quando abbandonate da secoli, compongono un disegno fisiografico di prevalente interesse geomorfologico, paesaggistico ed ambientale-naturalistico.

Dalla confluenza Serio a Pizzighettone si rilevano fenomeni di taglio di meandri relativamente diffusi, tutti piuttosto antichi. L'unica modificazione rilevante recente riguarda il taglio del meandro in corrispondenza della confluenza con il Serio e la conseguente variazione del punto di confluenza stesso.

L'ampio meandro in oggetto d'intervento che descrive il corso d'acqua tra Bocca Serio e Gombito, con un caratteristico andamento sinuoso molto pronunciato, a formare una strozzatura che pare quasi poter generare un'isola circoscritta dal fluire della corrente, oggi ancora unita al resto della pianura da un sottile lobo di terra emersa.

La particolare conformazione dell'alveo in tale tratto inoltre lo pone in condizioni prossime al verificarsi del tipico fenomeno del "salto del meandro", che avviene quando la porzione centrale del lobo, compresa tra due anse successive, si riduce fino al punto in cui, ad esempio durante una piena, il fiume scava il breve tratto di collegamento creando un nuovo percorso rettilineo con conseguente aumento della velocità e della capacità erosiva. Per contrastare tale fenomeno, sulla sponda opposta a Bocca Serio, in territorio comunale di Bertonico, è stata realizzata una serie di pennelli trasversali onde distanziare la corrente dalla sponda vera e propria, con l'intento di concentrarne al centro dell'alveo la maggiore forza erosiva e la capacità di trasporto solido.

L'erosione spondale, per il corso d'acqua dell'Adda sublacuale, risulta quasi totalmente assente e comunque con incidenza minima sull'assetto morfologico, anche garantito da un elevato e diffuso grado di sistemazione idraulica.

La tendenza evolutiva non mostra particolari criticità, in generale il corso d'acqua non risulta interessato da evidenti abbassamenti del fondo alveo, anche in relazione alla diffusa presenza di opere trasversali che hanno effetto stabilizzante. In particolare però, in prossimità della confluenza del fiume Serio il taglio di meandro ha prodotto una traslazione del punto di confluenza stesso ed in prossimità del ponte stradale per Montodine, l'elevato scalzamento delle fondazioni evidenzia un abbassamento del fondo di 1,50, correlabile alla tendenza verso la disattivazione del meandro a valle.

Per quanto riguarda le problematiche relative alle esondazioni si rileva che grado di protezione dalle piene è sicuramente migliorabile, in quanto, allo stato attuale sono presenti delle criticità, con rischio per aree insediate in prossimità di Bertonico, Montodine, Gombito e Pizzighettone.

### **3. CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE DEL MATERIALE D'ALVEO**

Il materiale in alveo è costituito dai terreni prevalentemente sabbiosi che costituiscono il Livello Fondamenta della Pianura ed i Terrazzi dell'Adda.

In particolare i depositi in questione appartengono alla litozona ghiaioso-sabbiosa superficiale: costituita da ghiaie, sabbie prevalenti e conglomerati, è sede dell'acquifero superficiale, libero, caratterizzato da trasmissibilità elevata.

Nel settore in oggetto la lito-zona ghiaioso-sabbiosa a uno spessore compreso tra 40 e 70-80 m e rappresenta la serie più superficiale con l'ambiente di sedimentazione tipicamente continentale, fluviale e fluvioglaciale.

L'esame delle caratteristiche geotecniche è fondato su una campagna preliminare di n°2 prove penetrometriche dinamiche continue SCPT con punta non rivestita.

In questa area le prove CPT mostrano oltre i primi 2-2,50 cm circa un profilo formato da limi sabbioso di media densità ( $31 < \phi' < 33$ ), poggianti su sabbie e ghiaie dense ( $\phi' > 37$ ).

#### **4. CARATTERISTICHE AMBIENTALI E PAESAGGISTICHE DELLA REGIONE FLUVIALE**

L'area di intervento è sita sul fiume Adda nel tratto che rappresenta il confine tra il Comune di Bertinico (LO) in destra orografica ed i comuni di Ripalta Arpina (CR) e Gombito (CR) in sponda sinistra.

Più specificamente l'area di intervento si trova in sponda destra del Fiume, poco a valle del ponte della S.S. 591, in corrispondenza del piazzale presente tra il vecchio sedime stradale ed il Fiume Adda nel ramo di valle dell'ansa. La derivazione è ubicata tra il ponte nuovo e quello vecchio, ormai demolito, della citata S.S. Crema – Codogno. Il sito dista circa 500 m a S della Frazione Boccaserio del comune di Montodine e circa 2 km a SW del centro abitato di Gombito.

L'area è identificabile su Carta Tecnica Regionale Foglio n° C7b2 alla scala 1:10.000, posta a quote di 50 m. s.l.m.

Il Fiume Adda nasce dal Monte del Ferro nelle Alpi Retiche. Dopo aver disceso la Valle di Fraele giunge nel comune di Bormio, ove raccoglie le acque del torrente Frodolfo, prosegue lambendo anche la parte sud della città di Sondrio attraversando l'intera Valtellina, successivamente si immette presso Colico (Lecco) nel lago di Como. Le sue acque, dopo aver alimentato questo bacino lacustre, escono come suo emissario dall'estremità meridionale del Lario, nei pressi di Lecco, dove formano i piccoli bacini naturali di Garlate e di Olginate (da qui fino a dove riceve il Villoresi fa da confine est della Brianza). Dopo aver attraversato il territorio del Meratese si dirige quindi verso Sud ricevendo il fiume Brembo presso Canonica d'Adda (Bergamo). Nei dintorni di Cassano d'Adda (Milano) sbocca nella Pianura Padana e versa la maggior parte delle proprie acque nel canale della Muzza, che riacquisterà a Castiglione d'Adda (Lodi). Da Cassano piega in direzione Sud-Est e perde altre acque in favore del canale Vacchelli a Merlino (Lodi), attraversa la città di Lodi, per poi raccogliere le acque del fiume Serio presso Montodine (Cremona). Subito dopo attraversa Pizzighettone (CR) e confluisce nel fiume Po presso Castelnuovo Bocca d'Adda (Lodi) a circa 36 m s.l.m., tra Piacenza e Cremona.

Il tratto di Fiume Adda in questione appartiene al ramo sublacuale, emissario del Lago di Como e maggiore tributario sinistro del Fiume Po. In particolare il tratto in oggetto è quello finale, più prossimo all'immissione nel Fiume Po, dove il corso d'acqua presenta andamento particolarmente sinuoso.

L'impianto, infatti, valorizza energeticamente un meandro attraverso un taglio particolarmente breve.

Nel tratto sublacuale il Fiume Adda è particolarmente laminato. Ciò è evidenziato dallo sviluppo unicursale del fiume e dall'alveo inciso con sponde definite. Nel tratto in questione, il fiume presenta argini rilevati sia in destra sia in sinistra orografica, che formano aree golenali più o meno estese. Circa 1,1 km a monte della derivazione in progetto è presente l'immissione del fiume Serio, in sinistra orografica.

Il vecchio sedime stradale rilevato, di accesso al ponte ormai demolito, forma un argine invalicabile anche in caso di piena eccezionale. Tale sbarramento, che si insinua all'interno dell'ansa, impedisce alla corrente il taglio di meandro.

Come anticipato, la traversa fluviale in progetto, oltre che nel comune di Bertonico, ricade nei confini amministrativi del comune di Ripalta Arpina il cui centro abitato è situato a circa 5 km a NNE.

Nel circondario del sito di intervento, si trovano, oltre al già citato comune di Gombito (CR) ed il comune di Ripalta Arpina (CR), i comuni di Montodine (CR) c.ca 2,5 km a N, Moscazzano (CR) a c.ca 4 Km a NNW, Turano Lodigiano (LO) c.ca 6 Km ad E. Il centro abitato di Bertonico (LO) dista circa 3,5 Km a SW dell'area di intervento mentre c.ca 3,8 Km a S si trova il comune di Castiglione d'Adda (LO). Circa 4 Km a SE si trova inoltre il comune di Cornaleto (CR)

Nei pressi dell'area in esame si trovano inoltre diversi insediamenti rurali tra i quali si citano la località Vinzasca del comune di Gombito a circa 1 Km a SE, le C.ne Giardino e Colombare a N del sito, le C.ne Piva, Gora e Gallinera nel comune di Bertonico a circa 1,5 Km a SW.

La viabilità principale è costituita dalla S.P. 591 "Cremasca" (ex S.S.591) che si snoda pressoché parallelamente al F. Serio collegando Bergamo con Crema; attraversa il Fiume Adda tramite il citato ponte in località Bocca di Serio (CR) ed entrando in provincia di Lodi termina innestandosi nella S.S. 234 presso Codogno (LO), in prossimità della S.S. 9 "Via Emilia" e del casello autostradale di Piacenza Nord sulla A1.

La S.P. 415 "Paullese" (ex S.S. 415) a circa 7 km ad E del sito, rappresenta un'altra importante arteria del territorio in esame collegando Milano a Cremona passando per Crema.

In merito agli **aspetti climatici** di questa componente, l'area in esame è fortemente influenzata dalla presenza della barriera costituita dalle Alpi che raramente viene superata dalle perturbazioni atlantiche; questo determina una notevole stabilità delle masse d'aria della Pianura Padana, soprattutto nelle stagioni invernale (con frequenti nebbie e gelate legate all'inversione termica) ed estiva (con elevata umidità derivante anche dalla fitta rete irrigua e dalla conseguente abbondanza di acqua superficiale).

Il Clima è quindi di tipo Continentale, caratterizzato da inverni rigidi con nebbie frequenti ed estati relativamente calde e con umidità elevata, piogge piuttosto limitate (tra 600 e 1.000 mm/anno) abbastanza ben distribuite nel corso dell'anno, venti ridotti e frequenti temporali estivi. Le temperature medie annue nella porzione lombarda dell'area padana sono comprese tra 12 e 15°C, con una media di circa 110 giorni estivi, tra 10 e 30 notti tropicali e circa 40 giorni di gelo; il mese più freddo è gennaio, con temperature medie di 1-2°C e quello più caldo luglio, con temperature medie di 24°C; le precipitazioni hanno i due massimi in primavera e in autunno: dalla carta delle precipitazioni annue medie della Lombardia risulta che il mese meno piovoso è luglio, seguito con valori di poco superiori da febbraio, mentre il mese più piovoso è ottobre, con circa 1000 mm. Sulla pianura i giorni di pioggia intensa (superiori a 20 mm/24h) sono mediamente 11, sui rilievi circa 14.

Per quanto concerne la **qualità dell'aria** delle Province lombarde di Lodi e di Cremona, le considerazioni di seguito riportate sono state elaborate sulla base delle informazioni contenute nel Rapporto sullo Stato dell'Ambiente in Lombardia Regione Lombardia (A.R.P.A., 2009/2010), nel Rapporto sulla Qualità dell'Aria di Cremona e provincia – Anno 2010 (A.R.P.A., Dip. Di Cremona) e nel Rapporto sulla Qualità dell'Aria di Lodi e provincia – Anno 2010 (A.R.P.A., Dip. Di Lodi.)

La qualità dell'aria nella Regione Lombardia è costantemente monitorata da una rete fissa, rispondente ai criteri del D. Lgs. 155/2010, costituita da 154 stazioni. Il monitoraggio realizzato, integrato con l'inventario delle emissioni (INEMAR), gli strumenti modellistici, i laboratori mobili e altri campionatori per campagne specifiche, fornisce la base di dati per effettuare la valutazione della qualità dell'aria, così come previsto dalla normativa vigente.

Nel territorio della provincia di Lodi è presente una rete privata di monitoraggio della qualità dell'aria costituita da dieci stazioni di cui sei di proprietà E\_ON Italia S.p.a., tre di proprietà Sorgenia Power S.p.a. e una di proprietà Tecnoborgo S.p.a.. Il controllo di qualità e validazione dei dati è a cura del Dipartimento provinciale di Lodi dell'ARPA Lombardia. Circa la provincia di Cremona è presente invece una rete pubblica di monitoraggio costituita da 7 stazioni fisse (alle quali si aggiunge un laboratorio mobile) di proprietà dell'ARPA e gestita dal Dipartimento ARPA di Cremona.

In merito **all'ambiente idrico**, l'Adda, con i suoi 313 chilometri, è il quarto fiume in Italia per lunghezza ed è il maggiore affluente del Po. Trae le sue origini nel passo di Val Alpisella ad ovest dello Stelvio, scorre attraverso la valle di Fraele fino a Bormio e poi tra le Alpi Retiche e le Orobie, lungo tutta la Valtellina sino a quando si immette nel Lago di Como a nord di Colico. Uscito dal ramo di Lecco del Lario, entra nei laghi di Garlate e di Olginate, riprendendo poi la sua corsa, lunga circa 130 km, verso il Po. Tra Trezzo d'Adda e Cassano d'Adda riceve le acque del Brembo, mentre in comune di Montodine si verifica l'immissione del Serio. In territorio lodigiano, a Castelnuovo Bocca d'Adda, l'Adda confluisce infine nel Po.

La superficie del bacino imbrifero sotteso alla sezione di confluenza in Po è di 7.979 km<sup>2</sup>, dei quali 7.418 km<sup>2</sup> risultano compresi nel territorio regionale. La superficie montana è pari a 5.795 km<sup>2</sup>, quella di pianura a 1.654 km<sup>2</sup>. Considerando il tratto fluviale sublacuale, la porzione fino a Trezzo d'Adda presenta caratteristiche avvicinabili alla tipologia "pedemontana"; più a valle invece, in relazione alla mutata velocità di corrente ed al tipo di substrato, il fiume assume caratteristiche tipologiche di "alta pianura". Da Gombito fino alla confluenza con il Po, infine, l'Adda assume le caratteristiche morfo-funzionali di fiume di "bassa pianura".

Nel tratto sublacuale il Fiume Adda è particolarmente laminato. Ciò è evidenziato dallo sviluppo unicursale del fiume e dall'alveo inciso con sponde definite.

L'asta dell'Adda, a valle della confluenza del Brembo, è suddivisibile in tre tronchi omogenei per caratteristiche geometriche, morfologiche e idrauliche.

Il tronco di monte ha un alveo meandriforme, con curvature poco accentuate e presenza di formazioni alluvionali alimentate dall'apporto del Brembo, costituite in massima parte da ciottoli e ghiaia grossolana. La sezione dell'alveo inciso ha

larghezza media di circa 200 m e altezza media di circa 6 m. Gli accumuli di materiale d'alveo comportano condizioni di deflusso irregolari, con conseguenti possibili fenomeni di instabilità morfologica.

Il tronco intermedio ha un alveo meandriforme, con curvatura più accentuata a monte e meno accentuata fino alla confluenza con il Serio, in cui permangono fenomeni di instabilità morfologica. La geometria dell'alveo è contraddistinta da una larghezza media di 80-100 m e da un'altezza di sponda media di 5,5 m. La pendenza, relativamente modesta rispetto ai tratti a monte, favorisce il deposito di materiale a granulometria medio-fine (nel campo delle ghiaie e delle sabbie). Le formazioni alluvionali presenti sono alimentate ancora dall'apporto del Brembo e dalle erosioni di sponda riscontrabili in numerosi tratti.

Il tronco finale, prossimo alla confluenza con il Po, ha un andamento a meandri con curvatura accentuata su cui sono inserite opere spondali e presenta fenomeni di instabilità evidenziati dalle locali tendenze all'erosione di sponda.

Le caratteristiche geometriche dell'alveo sono contraddistinte da una larghezza media pari a 100-120 m, con tendenza a presentare valori più ridotti all'uscita.

Il regime idrologico risulta l'attributo che più di tutti condiziona la buona salute dell'Adda sublacuale: le numerose derivazioni e le opere di captazione incidono in modo consistente sulle portate del fiume, il quale, durante i mesi estivi, si ritrova con pochi metri cubi al secondo di portata nella parte finale del suo corso. Nel periodo invernale invece l'acqua è spesso trattenuta a monte per mantenere a livelli elevati i bacini lacuali.

Attraversando il territorio da Rivolta d'Adda a Crotta d'Adda, il fiume subisce una serie di immissioni e derivazioni, in particolar modo dovute a canali artificiali di irrigazione e da captazioni e immissioni da parte delle centrali elettriche.

La portata minima del fiume Adda si aggira intorno ai 4-18 m<sup>3</sup>/s, la massima a 730 m<sup>3</sup>/s, la media 157 m<sup>3</sup>/s.

Il PAI (redatto ed approvato, ai sensi della L. 183/1989 dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino del fiume Po con Deliberazione n.1/99 in data 11 maggio 1999), delimita le fasce fluviali e prevede l'inserimento dei Comuni del bacino del Po in classi di rischio e l'individuazione di aree a diversa pericolosità idraulica e idrogeologica in relazione ad alcune tipologie di fenomeni prevalenti: Frane, Esondazione e dissesti morfologici di carattere torrentizio lungo le aste dei corsi d'acqua, Trasporto di massa su conoidi, Valanghe.

Dalla consultazione del documento emerge come l'area di intervento si colloca in Fascia A definita come quella corrispondente alla fascia di deflusso della piene costituita dalla porzione di alveo che è sede prevalente del deflusso della corrente.

Circa i criteri generali per gli interventi nelle fasce fluviali e nelle aree di dissesto, specificati nelle norme di piano, si rimanda al quadro programmatico della presente relazione.

L'area in esame risulta, inoltre, essere oggetto di fenomeni di dissesto imputabili principalmente ad eventi di esondazione; in particolare il tratto in esame presenta "condizioni di criticità legate a fenomeni di instabilità morfologica dell'alveo (rischio di taglio di meandro) con coinvolgimento possibile dell'abitato di Gombito e di infrastrutture, e da un grado di protezione dalle piene non adeguato, con rischio per

aree insediate in prossimità di Bertonico, Montodine, Gombito e Pizzighettone” (Fonte: PAI).

Sulla base della classificazione del Livello di Rischio Idraulico ed Idrogeologico definita dal piano, variabile da R1 a R4, i territori comunali di Bertonico, Gombito e Montodine risultano essere interessati da un Livello di Rischio stimabile in Elevato (R3 - Sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi e l'interruzione delle attività socio-economiche, danni al patrimonio culturale), estratto dalla Sintesi della Relazione generale; Il comune di Ripalta Arpina, invece, presenta un Livello di rischio stimabile in Molto Elevato (R4).

Per quanto concerne le **acque sotterranee**, la zona di pianura in cui si inserisce l'area in esame, comprende una delle maggiori riserve idriche europee.

Lo spessore dei terreni acquiferi è, infatti, notevole in quanto fino a circa 200 m dal piano-campagna, sia nella media, sia nella bassa pianura risulta possibile rinvenire acquiferi sfruttabili.

Le falde superficiali, poste convenzionalmente a profondità inferiori a 50 m, sono in genere freatiche, a pelo libero o semiconfinate. La loro alimentazione avviene per infiltrazione dalla superficie topografica delle acque meteoriche o dei fiumi; questi ultimi hanno, infatti, creato intorno al loro corso un materasso alluvionale caratterizzato da una permeabilità estremamente elevata e in cui sono possibili le interazioni con le acque sotterranee.

Il livello della falda superficiale è generalmente superiore al livello di base dei corsi d'acqua per cui questi operano una decisa azione drenante sulle acque sotterranee.

Negli acquiferi profondi, con profondità maggiori di 150 m, hanno sede invece le falde in pressione con carichi idraulici decisamente elevati. La loro alimentazione può avvenire attraverso il lento flusso dalla fascia pedemontana bergamasca in cui affiorano gli strati interessati, oppure tramite il lento interscambio con le falde intermedie e superficiali attraverso strati semimpermeabili (acquitard), oppure ancora per infiltrazione dalle zone in cui lungo la verticale prevalgono sedimenti permeabili, ad esempio in corrispondenza delle fasce fluviali.

Le falde intermedie, comprese tra le profondità di 50 e 150 m, possiedono caratteristiche simili a volte alle falde superficiali, presentandosi per lo più semiconfinate, e talvolta alle falde profonde, con pressioni idrauliche estremamente elevate.

Per quanto concerne la **qualità delle acque**, le considerazioni di seguito riportate sono derivate dalla consultazione del Piano di Tutela delle Acque (PTUA Regione Lombardia, 2006) ma anche dall'esame dei Rapporti sullo Stato dell'Ambiente in Lombardia dell'A.R.P.A. Lombardia (A.R.P.A., 2008/2009) e da documento "Valutazione Ambientale Strategica – Documento di Scoping" per la variante generale al PTC del Parco Adda Sud (Centro studi Pim, 2010)

Lo Stato Ambientale (SACA) del Fiume Adda nella stazione di Cavenago d'Adda (situata a circa 8 km a monte del sito in esame) risulta Buono. Questo è dovuto a bassi livelli di alterazione derivanti dall'attività umana dei valori degli elementi della qualità biologica, che si discostano solo leggermente da quelli di norma associati allo

stesso ecotipo in condizioni non disturbate, (Stato Ecologico (SECA) = 2, corrispondente a I.B.E. = 9, Ambiente con moderati sintomi di inquinamento o di alterazione, (L.I.M. = livello 2) ed alla presenza di microinquinanti, di sintesi e non di sintesi, in concentrazioni al di sotto degli standard di qualità definiti per lo stato ambientale "buono". Nella stazione di Pizzighettone invece (situata a circa 10 km a valle), lo stato ecologico risulta Sufficiente (al 2008) "stato ecologico in cui i valori degli elementi della qualità biologica si discostano moderatamente da quelli di norma associati allo stesso ecotipo in condizioni non disturbate" (Stato Ecologico (SECA) =3; I.B.E.= 6/7; la presenza di microinquinanti, di sintesi e non di sintesi, è in concentrazioni da non comportare effetti a breve e lungo termine sulle comunità biologiche associate al corpo idrico di riferimento.

Complessivamente il fiume Adda presenta un **buono stato di qualità ambientale** e si conferma come ambiente fluviale con moderati sintomi di inquinamento o di alterazione. Tuttavia, anche con riferimento ai dati relativi alla stazione di monitoraggio di Pizzighettone, per quanto concerne nello specifico l'area di intervento, la situazione potrebbe apparire un po' più preoccupante: nonostante i dati dichiarino un lieve miglioramento rispetto agli anni passati, l'ambiente fluviale risulta in questo tratto maggiormente alterato dall'inquinamento antropico, probabilmente anche a causa delle acque del fiume Serio che riceve in comune di Montodine (circa 1 km a monte del sito). L'affluente presenta, infatti, valori che negli ultimi otto anni, hanno delineato uno stato ecologico di qualità oscillante tra sufficiente e scadente.

Dal punto di vista **geologico e geomorfologico**, l'area oggetto di indagine si inserisce in un territorio contraddistinto da una configurazione orografica piuttosto semplice e pianeggiante, tipica di una pianura alluvionale naturale prodotta dall'evoluzione geologica alpina e appenninica.

La situazione geologica complessiva del sito in oggetto, compreso tra i comuni di Bertonico, Ripalta Arpina, Gombito e Montodine, risulta piuttosto uniforme; affiorano, infatti, unicamente depositi sciolti di origine fluvio-glaciale, articolati secondo l'assetto tipico dei terrazzi incastrati. Il ripiano morfologico più esteso è quello riferibile alla glaciazione wurmiana (Pleistocene Superiore), che assume significativamente il nome di " Livello Fondamentale della Pianura" ed è caratterizzato da una marcata regolarità piano altimetrica. Tale superficie suborizzontale risulta solcata dalla depressione a fondo piatto dell'Adda.

Dal punto di vista geomorfologico, si distinguono i seguenti sistemi principali:

- Il Livello Fondamentale della Pianura (L.F.d.P), con il sottosistema della bassa pianura sabbiosa (LF);
- Le Valli di pianura dei maggiori fiumi, con i due sottosistemi delle alluvioni terrazzate (VT) e delle piane alluvionali attive (VA).

La successione di terreni prevalentemente sabbiosi attribuiti alle fasi glaciali giacciono, come detto, su sedimenti più fini formati in ambienti di transizione (litoranei e deltizi). I primi presentano una porosità tra i granuli (detta primaria) mediamente di circa il 25%, che è saturata dall'acqua proveniente dalle piogge e dall'irrigazione, infiltratasi attraverso gli strati più superficiali.

L'acquifero della Pianura Padana è sostanzialmente costituito da un monostrato di sabbie e ghiaie, localmente compartimentato da livelli lentiformi semipermeabili detti

“acquitards”, e caratterizzato da un moto delle acque grossomodo parallelo al gradiente topografico, drenante verso il fiume Po. In corrispondenza degli acquitards possono avvenire scambi idrici verticali tra acquiferi sovrapposti dotati di differenti carichi idraulici (fenomeno della drenanza), che si manifestano con movimenti d’acqua ascendenti o discendenti.

Lo spessore di questo complesso di corpi permeabili saturi (acquiferi), dal quale si emunge l’acqua per usi potabili, zootecnici, civili ed industriali, è condizionata dalle strutture del substrato marino in precedenza descritte.

Rimandando alla relazione geologica in allegato per maggiori approfondimenti circa gli aspetti idrogeologici generali del territorio, si ritiene utile in questa sede definire come le opere in intervento riguardano esclusivamente l’acquifero più superficiale (Gruppo acquifero A): il gruppo occupa la posizione stratigrafica più elevata e comprende le litologie più grossolane presenti nelle successioni considerate. I caratteri sedimentologici dei depositi paiono connessi a sistemi fluviali ad alta energia conseguenti al deterioramento climatico dei cicli glaciali pleistocenici. Si denota una chiara variazione graduale di facies da nord verso sud, con aumento delle litologie sabbiose a scapito di quelle ghiaiose, e la comparsa nelle posizioni più distali di intercalazioni decimetriche di argilla ed argilla siltosa che determinano confinamenti locali della falda. La profondità del limite basale di tale gruppo è collocabile intorno ai 50,0 m s.l.m.

In merito agli **aspetti vegetazionali**, la descrizione della vegetazione effettivamente presente presso il sito di intervento deriva dalle osservazioni compiute in loco nel corso dei sopralluoghi, dall’analisi delle immagini aeree, dalla Carta delle Destinazioni d’uso dei suoli Agricoli e Forestali, DUSAF2 (Ersaf, 2007) nonché dallo studio dei Piani di Indirizzo Forestale delle Province di Lodi e di Cremona.

In territorio in esame si inquadra nella regione forestale pianiziale; la presenza arborea ed in particolare quella riconducibile alle essenze autoctone a sviluppo spontaneo, che un tempo occupava la maggior parte del territorio, risulta oggi assai ridotta e confinata ai margini dei corsi d’acqua. Particolarmente significativa la presenza del Parco Adda Sud e delle aree protette (SIC e ZPS) che si sviluppano lungo il percorso del fiume, e dove si concentrano le aree di maggiore rilevanza naturalistica, nonché delle numerose aziende faunistico-venatorie.

Come anticipato, la scarsità di bosco naturale costituisce la logica conseguenza di più fenomeni congiunti tra i quali la forte pressione antropica e la pratica di un’agricoltura intensiva che tende a massimizzare il terreno disponibile per scopi produttivi.

Il territorio oggetto di indagine si connota pertanto per il basso indice di boscosità; dai dati disponibili in bibliografia (PIF) emerge come della provincia di Cremona, che occupa una superficie complessiva di circa 1.770 kmq, circa 1.600 kmq rappresentano la superficie al netto delle aree urbanizzate in cui le aree boscate, distribuite in modo frammentato, ne occupano solo 3,4 kmq c.ca. La superficie occupata da impianti arborei (pioppicoltura ed arboricoltura da legno) occupa circa 5,5 kmq mentre le formazioni non boscate quali siepi e filari ne occupano circa 0,6.

In totale, le aree coperte da vegetazione arborea ed arbustiva sono pari a circa 9,6 kmq e rappresentano solo il 5% della superficie complessiva del territorio provinciale.

Anche il territorio lodigiano presenta una forte connotazione agricola (legata alla zootecnia), in cui le superfici boscate rappresentano soltanto una piccola porzione del territorio al punto che alla provincia è attribuito un coefficiente di boscosità pari al 3,75%.

In generale, le aree a bosco, isolate e frammentarie, sono costituite da cedui semplici e composti con vegetazione forestale ed erbacea tipica delle aree rivierasche (in corrispondenza degli ambienti umidi di pregio presenti lungo l'asta fluviale), ma in buona parte rappresentati da boschi degradati e contaminati dalla presenza di vegetazione esotica avventizia.

A livello di area di intervento, con riferimento all'estratto della Tavola 2b - Carta delle tipologie forestali e dei sistemi verdi (centro) del PIF della provincia di Lodi (Scala 1:25.000) di seguito riportato, buona parte della superficie risulta occupata da seminativi e da pioppeti; da segnalare la presenza di limitate superfici occupate da vegetazione ripariale (Saliceto di ripa) e da superfici boscate non classificate. La Carta delle Destinazioni d'uso dei suoli Agricoli e Forestali, DUSAF2 (Ersaf, 2007) identifica queste ultime come Boschi di latifoglie a densità media ed alta (codice 3111 della legenda Dusaf2) ovvero "aree in cui la copertura di vegetazione arborea è superiore al 20% della superficie".

A seguito dei sopralluoghi effettuati in campo, vale la pena anticipare come si tratta di popolamenti poco diversificati, con caratteristiche non ottimali sia dal punto di vista ecologico (formazioni discontinue con numerose specie esotiche invasive), sia sanitario (esemplari morti in piedi, spezzati o schiantati).

In un contesto fortemente antropizzato come quello in esame, inoltre, particolare importanza assumono le formazioni lineari quali filari arborei e siepi arbustive, sia con riferimento all'importante ruolo di corridoi ecologici, sia in quanto significativi esempi di vegetazione residuale. Nell'ambito in questione, detti elementi sono principalmente formati da *Populus x Euroamericana* (Pioppo ibrido), *Robinia pseudocacia* (Robinia), *Morus alba* (Gelso bianco), residuo della sericoltura ottocentesca, *Platanus hybrida* (Platano), *Allanhus altissima* (Ailanto), insieme a specie autoctone come *Alnus glutinosa* (Ontano nero), *Quercus robur* (Farnia), *Salix alba* (Salice comune), *Ulmus minor* (Olmo comune), *Acer campestre* (Acer oppio).

Il tratto perifluviale interessato dall'intervento si colloca prevalentemente nella fascia interna ed esterna del meandro di Gombito. La sponda orografica destra, nei pressi della zona di realizzazione della traversa fluviale in progetto, è caratterizzata dalla presenza di una discreta vegetazione spondale, costituita prevalentemente da specie quali, acero campestre (*Acer campestre*), robinia (*Robinia pseudoacacia*), sambuco (*Sambucus nigra*), salice bianco (*Salix alba*), olmo (*Ulmus minor*) e, in misura minore, da farnie (*Quercus robur*), platani (*Platanus sp.*) e lonicera (*Lonicera sp.*). Per quanto concerne lo strato arbustivo sono largamente presenti il nocciolo (*Corylus avellana*), l'evonimo (*Euonymus europaeus*), il sanguinello (*Cornus sanguinea*), il prugnolo selvatico (*Prunus spinosa*), la rosa canina (*Rosa canina*) e il biancospino (*Crataegus monogyna*). Degna di attenzione è la presenza di specie esotiche invasive quali, ad esempio, la amorfa fruticosa (*Amorpha fruticosa*), acero negundo (o americano, *Acer negundo*) ed a nuclei del genere *Solidago*. In questo tratto di sponda è presente una vegetazione relativamente discontinua e caratterizzata dalla presenza di piante morte, schiantate o spezzate, indicatrici di una condizione

fitosanitaria della formazione non ottimale; inoltre, la sponda destra è caratterizzata dalla presenza di numerose difese spondali, che relegano la presenza di vegetazione alla sola parte sommitale della sponda. Sempre sulla sponda destra, ma più internamente rispetto al ciglio, sono presenti numerosi seminativi e impianti artificiali di pioppi a scopo produttivo. La sponda orografica sinistra è invece interessata da numerosi incolti in parte invasi da macchie di bosco di invasione.

La zona interna al meandro, dove si intende realizzare l'impianto in progetto, è invece caratterizzata dalla presenza di coltivi e da una fascia di vegetazione che fiancheggia la strada chiusa al traffico che si diparte dalla SS591 costituita prevalentemente da esemplari di robinia e acero campestre, oltre che da alcuni pioppi ibridi.

Procedendo verso valle la vegetazione spondale mantiene pressoché inalterate le proprie caratteristiche, anche se diventa maggiormente discontinua man mano che ci si sposta verso l'abitato di Gombito. Anche in questo tratto si possono individuare numerose aree a coltivo limitrofe alle sponde.

Nei pressi del punto di restituzione dell'impianto in progetto la vegetazione riacquista maggiore continuità, anche se la profondità della fascia di vegetazione spondale risulta piuttosto limitata. La sponda destra è caratterizzata dalla maggior presenza di specie quali platano, pioppo bianco, acero campestre e differenti pioppi ibridi, mentre la sponda sinistra appare piuttosto spoglia di vegetazione. Dal punto di vista dello strato arbustivo, le specie che contraddistinguono questo tratto di sponda non sono particolarmente diverse da quelle della zona di presa, anche se si rileva una maggiore presenza di esemplari di sambuco e biancospino.

La presenza di **fauna** è il risultato dell'interazione tra le attitudini naturali dell'area ed i condizionamenti che le attività umane determinano sulla stessa.

Come si è visto il sito di intervento si inserisce in un ambiente antropizzato in cui la presenza delle specie faunistiche è inevitabilmente influenzata dall'uomo sia in maniera indiretta, favorendo le specie sinantropiche che meglio si adattano alle trasformazioni ambientali o che addirittura vengono favorite dallo sfruttamento degli habitat urbanizzati, sia in maniera diretta, tramite le immissioni di specie finalizzate all'attività venatoria.

Tuttavia, va considerato che il medesimo si inserisce all'interno del Parco Regionale Adda Sud (istituito con LR 16 settembre 1983 n. 81) e non distante da due Siti di Importanza Comunitaria quali il SIC "Morta di Bertonico" IT2090009 (a c.ca 2 km ad ovest del sito) ed il SIC, nonché Riserva Naturale "Adda Morta" IT 2090010 (D.C.R. n. III/1845 del 19.12.1984) situata a circa 3 km a sud.

A livello provinciale sono da segnalare inoltre diverse Oasi di Protezione (zone precluse a ogni forma di esercizio veterinario e destinate alla conservazione della fauna selvatica), Zone Di Protezione (in cui vige il divieto di caccia) e Zone di Ripopolamento e Cattura (destinate alla riproduzione della fauna selvatica allo stato naturale, al suo irradiamento nelle zone circostanti e alla cattura per l'immissione nei territori liberi di caccia per ottenere la ricostruzione della popolazione e la stabilizzazione della densità faunistica ottimale del territorio).

A livello comunale si evidenzia la presenza dell'azienda faunistica venatoria "Bertonico" (AVF7).

Tali aree rappresentano importanti riserve di specie animali varie e di uccelli.

All'interno dell'area in esame, il raggruppamento faunistico di maggiore rilievo numerico è rappresentato certamente dagli uccelli che, lungo l'asta fluviale principale e la rete idrica minore, trovano spesso idonei ambienti di sosta, svernamento e nidificazione.

Le specie di uccelli che interessano, a vario titolo, il territorio in esame sono circa 295, appartenenti a 18 ordini e 59 famiglie. Le specie nidificanti, comprese le irregolari, sono circa 103, quelle svernanti 101, i migratori esclusivi 64 e gli accidentali 50 (A. Allegri et al., 1996).

L'avifauna del Parco Adda Sud, molto ricca a livello di ricchezza di specie e localmente di quantità di individui (anche con garzaie di grande estensione), include anche svariate specie d'interesse conservazionistico in tutta l'Europa. Questo importante patrimonio è minacciato, oltre che da alterazione e degradazione ambientale e dall'abbassamento del letto dell'Adda (con tutte le sue conseguenze dirette e indirette), dall'impiego di sostanze biocide e in particolare di insetticidi, dall'abbandono progressivo di alcune colture tradizionali (marcite e prati stabili), dall'eliminazione delle stoppie subito dopo il raccolto, da eccessi di frequentazione e di disturbo, dall'attività venatoria ampiamente diffusa.

Di grande interesse sono anche le popolazioni di anfibi e rettili, strettamente correlate alla presenza degli ecosistemi acquatici e ad una variegata entomofauna acquatica e/o igrofila.

Tra gli anfibi importanti nel panorama conservazionistico europeo, il Parco ospita varie specie di pregio, e in particolare nuclei anche forti di rana di Lataste. Gli anfibi del Parco Adda Sud, che come nel resto del mondo sono sottoposti a un calo generalizzato di difficile spiegazione e alla forte incidenza di malattie, nell'area devono subire inoltre le conseguenze di alterazioni e semplificazioni ambientali, di contaminazione ed eutrofizzazione delle acque lentiche nelle quali ha luogo lo sviluppo larvale, della regimazione fluviale sempre più forte che riduce anche la quantità di corpi idrici temporanei dopo le esondazioni, dell'introduzione di pesci predatori (per finalità alieutiche) in corpi idrici che precedentemente non li ospitavano, della distruzione delle ovature nei siti occupati dal Gambero della Louisiana, di lavorazioni impattanti lungo le sponde dei corpi idrici della campagna e assenza d'acqua al loro interno per gran parte dell'anno, dell'uso di biocidi che incidono direttamente o indirettamente sulle loro popolazioni, del traffico veicolare su percorsi minori con incremento della mortalità durante gli spostamenti di alcune specie, di quantità eccessive di fauna d'interesse venatorio (fagiani e germani reali) in zone destinate alla caccia a pagamento, che predano individui di dimensioni ridotte.

Circa i rettili del Parco, secondo i dati disponibili, si segnalano varie specie d'interesse comunitario; per queste, le minacce consistono principalmente nella banalizzazione ambientale generalizzata e nell'erosione e alterazione dei margini dei coltivi, nella frequentazione eccessiva di alcune aree, nell'uso crescente di biocidi, nelle quantità eccessive di galliformi distribuiti nelle aree destinate alla caccia a

pagamento, nella presenza di specie alloctone in grado di competere con la fauna originaria (particolarmente impattante per quanto riguarda le testuggini acquatiche).

Circa i mammiferi, la lepre (*Lepus europaeus*) è presente in tutto il territorio seppur lo status attuale è pesantemente condizionato dall'attività venatoria ed agricola; il coniglio selvatico (*Oryctolagus cuniculus*), specie alloctona, è distribuito in modo alquanto frammentario nel territorio; è presente in pochi ambienti, specialmente localizzati lungo i corsi dei fiumi dove il terreno è sabbioso e la vegetazione arborea è rappresentata da siepi e piccoli boschi (o pioppeti). Il silvilago (*Sylvilagus floridanus*), è presente prevalentemente lungo il corso dei fiumi, dove trova condizioni ideali di vita.

La volpe (*Vulpes vulpes*) ha uno degli areali più vasti fra i mammiferi selvatici terrestri. La caccia a questo predatore, seppur intensa e tenace, non ha causato, nella maggior parte dei casi, estinzioni locali; ogni declino della popolazione viene seguito da un pronto incremento della specie non appena il controllo mediante attività venatoria diminuisce..

Un altro mammifero oggi più che mai al centro del dibattito è la nutria (*Myocastor coypus*); la sua espansione ha avuto proporzioni enormi ed ha trovato molte amministrazioni impreparate. Malgrado l'intenso sforzo per ridurne la diffusione, con l'abbattimento di migliaia di capi, la specie non mostra evidenti segni di declino.

Accanto a questi mammiferi ampiamente diffusi e che hanno un impatto evidente e diretto col mondo venatorio e l'opinione pubblica, ve ne sono altri, quali la donnola (*Mustela nivalis*), il tasso (*Meles meles*), la faina (*Martes foina*), il riccio (*Erinaceus europaeus*), il moscardino (*Muscardinus avellanarius*) e alcune specie di arvicole che sembrano mostrare uno status quantomeno soddisfacente in certe aree, anche se la loro distribuzione è spesso frammentata. Altri invece presentano una distribuzione locale fortemente alterata; è il caso della puzzola (*Mustela putorius*) e del ghio (*Glis glis*).

Tra le principali cause di danno a questo gruppo animale vanno ricordate le alterazioni e il degrado generalizzato dell'ambiente (in particolare la riduzione progressiva della disponibilità di vecchi alberi cavi nella campagna e nei residui lembi forestati), la perdita di alcune coltivazioni piuttosto diffuse in passato (soprattutto il prato stabile), l'uso spesso eccessivo di biocidi, la gestione errata o scorretta delle acque lentiche, frequentazione e disturbo antropico concentrati e troppo forti in alcune porzioni dell'area protetta.

Per quanto concerne l'ittiofauna, è noto come essa risulti essere fortemente influenzata dallo stato fisico e chimico delle acque; in particolare, la distribuzione delle diverse specie lungo l'asta fluviale è strettamente correlata con la temperatura, la concentrazione di ossigeno, la torbidità, le caratteristiche del fondale, ecc. Tali parametri sono a loro volta dipendenti dalla morfologia e dall'andamento altimetrico del corso d'acqua. Alcuni gruppi sistematici, ad es. i salmonidi, sono più esigenti in quanto a consumo di ossigeno e pertanto prediligono acque montane, fredde, con elevata turbolenza; i ciprinidi invece sono più comuni in acque di pianura, più calme e povere di ossigeno.

L'ittiofauna del Parco include varie specie interessanti a livello europeo, tra le quali vanno ricordate soprattutto la lampreda padana, lo storione cobice (oggetto di recenti reintroduzioni) e soprattutto la trota marmorata, della quale il Parco ospita alcune popolazioni vitali nella porzione settentrionale dell'Adda. I fattori negativi cui questi vertebrati sono sottoposti consistono principalmente nell'abbassamento del letto dell'Adda (che rende pensili e isola le zone umide che in passato erano costantemente collegate al fiume) e della falda superficiale, nella contaminazione ed eutrofizzazione delle acque, nell'ambientamento di specie ittiche alloctone dannose introdotte per la pesca dilettantistica, nei lavori in alveo che determinano intorbidimento dell'acqua e intasamento con particelle fini dei materiali del fondo, nella mancanza o inadeguatezza delle scale di risalita laterali ai manufatti fluviali, negli eccessi localizzati di calpestamento del fondo e di pasturazione con sfarinati nelle aree maggiormente fruite dai pescatori dilettanti.

In merito agli **aspetti paesaggistici**, il territorio provinciale appartiene alla bassa pianura lombarda e si colloca in posizione periferica all'area centrale della regione. Esso si articola in una serie di sistemi che costituiscono l'attuale esito dell'interrelazione che si è avuta nel tempo tra i fattori fisico-naturali e i fattori antropici e che hanno portato alla costruzione dei paesaggi cremonesi.

La presenza del Fiume Adda e della fitta rete canali irrigui è sicuramente l'elemento caratterizzante la morfologia e la struttura del territorio, al quale sono legati gli ambienti naturali presenti lungo il corso attuale o in corrispondenza di vecchi meandri abbandonati (di cui il SIC Morta di Bertinico ne è un tipico esempio).

Se da un lato la presenza del Parco Naturale favorisce il mantenimento di una valenza ambientale e paesaggistica, notevoli sono le pressioni antropiche derivanti dallo sfruttamento industriale ed agricolo che caratterizza il contesto in esame. Ne consegue che gli elementi del paesaggio naturale presenti sono il frutto di una serie di processi millenari di trasformazione e/o contrasto tra natura e uomo.

Seppur il sito in esame ricada all'interno del Parco Naturale Adda Sud, lo stesso risulta particolarmente antropizzato e non presenta particolare valenza paesaggistica: come anticipato, infatti, l'impianto si colloca nei pressi della SS. 591 (a valle del ponte sull'Adda), in corrispondenza del vecchio sedime stradale e di un deposito di inerti; sulla sponda sinistra è presente inoltre una cava per l'estrazione di aggregati che ha formato un piccolo lago artificiale.

Come emerge anche dall'analisi della ripresa aerea, nell'area in esame il paesaggio è caratterizzato dalla netta predominanza del coltivo, il quale dunque, per estensione, continuità e connessione, costituisce la matrice del paesaggio. Nell'ambito delle colture intensive, il paesaggio appare estremamente semplificato ed alterato dalle forme di conduzione agricola di tipo industriale che negli ultimi decenni ha portato ad una forte meccanizzazione agraria ed alla diffusione della cerealicoltura intensiva;

Nello specifico la matrice si compone di tessere a seminativi, grandi e di forma abbastanza regolare, unite a formare un mosaico pressoché continuo e di tessere a Pioppeto industriale con tessere grandi e regolari concentrate perlopiù nella fascia golenale.

L'ampliamento delle superfici coltivate e la conseguente tendenza all'abbattimento di quelle piante e filari che un tempo costituivano una fonte di reddito (ad esempio il gelso), o che venivano utilizzate tradizionalmente nel consolidamento delle scarpate, come gli ontani, e lungo le parcelle coltivate, sono alla base dell'assenza di vere e proprie tessere a vegetazione ripariale, riscontrabili solo limitatamente agli ambiti fluviali sottoforma di strette fasce a tratti continue.

Come anticipato, le aree naturali quali le formazioni boscate, sono rappresentate ormai da tessere di piccola/media dimensione concentrate perlopiù in corrispondenza di aree protette e negli spazi residuali per le attività umane. I boschi ripariali ed i relitti di boschi planiziali sono costituiti da tessere piccole ma costituenti strette fasce continue lungo il corso d'acqua principale e tra gli appezzamenti a seminativo, meglio note come corridoi. I corridoi costituiscono sistemi molto importanti dal punto di vista ecologico e paesaggistico in quanto, oltre ad ospitare in genere un buon numero di diverse specie vegetali ed animali, svolgono un'importante funzione di connessione tra i diversi ambienti presenti sul territorio. Tuttavia anche in tal caso il livello di naturalità e di biodiversità di tali ambienti risulta fortemente compromesso dalle attività antropiche: nel caso specifico la comunità vegetale non è risultata particolarmente complessa ed articolata e sono state riscontrate diverse specie infestanti esotiche.

In tale contesto il sistema insediativo e infrastrutturale incide in maniera poco rilevante sul paesaggio; i centri abitati sono di piccole/medie dimensioni e relativamente al territorio della bassa pianura lombarda, un elemento tipico del paesaggio risulta la Cascina isolata in cui la struttura a corte chiusa, spesso volta a garantirne la difesa, si coniuga con la necessità di ospitare i braccianti agricoli. Oggi quelle infrastrutture, spesso di notevole interesse architettonico, utilizzate come magazzini, depositi per le macchine o in parte abbandonate rappresentano ancora il fulcro di questo territorio rurale.

Con particolare riferimento all'area di intervento, la presenza del deposito di inerti e degli edifici annessi nonché dell'imponente Ponte sull'Adda, incidono in maniera significativa sul paesaggio; anche il Fiume Adda in questo tratto presenta evidenti segni di alterazione antropica (difese spondali, imbarcadero); Il disturbo antropico in questo tratto risulta ancor più marcato dalla mancanza di vere e proprie formazioni boscate tipiche ripariali.

## 5. PORTATE DI PIENA

La Direttiva “Criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all’interno delle fasce A e B” del Piano Stralcio delle Fasce fluviali, al paragrafo 2.5. “Portate di piena”, specifica:

“La portata di piena di riferimento da assumere per le valutazioni idrauliche è quella per cui è stata condotta la delimitazione della fascia B.

I valori di riferimento delle portate di piena nelle diverse sezioni dei corsi d’acqua interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali sono definiti dall’Autorità di bacino nell’ambito di apposita direttiva. ...”

L’Autorità di Bacino del Fiume Po attraverso la “Direttiva sulla piena da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica” contenuta nel “Piano stralcio per l’Assetto Idrogeologico” ha definito le portate di massima piena per la definizione delle fasce fluviali.

Nella Tabella 5 del sopraccitato documento sono riassunte le portate di massima piena utilizzate per delimitare le fasce A e B sul fiume Adda. La presa dell’impianto idroelettrico in progetto è situata tra le sezioni 66 e 65 e la restituzione tra le sezioni 59 e 58, quindi i valori di portata da assumersi per la valutazione di compatibilità idraulica dell’intervento sono quelli della sezione 68 Bocca di Serio, per la quale è riportata solamente la portata di massima piena con tempo di ritorno di duecento anni.

A titolo cautelativo, siccome la restituzione in progetto è ubicata sull’asta fluviale a valle dell’immissione del Serio Morto, si utilizzano i dati relativi alla sezione 30 di Pizzighettone, di seguito elencati:

- $Q_{20} = 1440 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- $Q_{100} = 1840 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- $Q_{200} = 2000 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- $Q_{500} = 2220 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Le analisi idrauliche della presente relazione sono riferite alla portata di massima piena con tempo di ritorno di duecento anni precedentemente definita.

Le analisi idrauliche predette considerano un’area che comprende anche la confluenza tra il fiume Adda ed il fiume Serio, a monte della derivazione idroelettrica in progetto. Pertanto è necessario individuare anche le portate di piena dei due corsi d’acqua confluenti. A tale proposito si è provveduto a definire i deflussi di piena duecentennale dei fiumi Adda e Serio a monte della confluenza in modo proporzionale all’estensione dei rispettivi bacini idrografici. Quanto indicato è riassunto nella successiva Tabella 1.

Tabella 1: Portate di massima piena

Tronco	S ( $\text{km}^2$ )	$Q_{200}$ ( $\text{m}^3/\text{s}$ )
Adda a monte	6 395	1 740
Adda a valle	7 352	2 000
Serio	957	260

## **6. OPERE DI DIFESA IDRAULICA**

### **6.1. Opere di difesa idraulica esistenti**

Presso l'impianto idroelettrico in progetto sono presenti opere di difesa spondale costituite dagli argini che delimitano le fasce fluviali B.

A valle della confluenza tra i fiumi Adda e Serio gli argini si elevano rispetto al piano campagna con sezione trapezia. Essi sono dei rilevati in terra sormontati da strade sterrate che ne permettono il monitoraggio e la manutenzione, nonché servono i vicini terreni.

Tra la confluenza dei due fiumi e la S.S. 591 l'argine destro è prossimo alla sponda dell'alveo inciso ed in alcuni punti ne è la prosecuzione. In sinistra orografica, invece, l'argine è più lontano dall'alveo inciso perché quasi a ridosso della frazione Bocca di Serio. Tuttavia in questo tratto, presso la sponda dell'alveo è presente un altro argine che delimita la fascia fluviale A, dove scorre il flusso principale della piena.

Dopo aver incontrato la Strada Statale Crema – Codogno, l'argine sinistro si avvicina fino a coincidere con la sponda dell'alveo inciso, Questa condizione è mantenuta fino oltre l'abitato del Comune di Gombito (CR), che si affaccia direttamente sul fiume Adda. Presso l'apice del meandro, dove sono presenti le abitazioni di Gombito, l'argine è interrotto dallo sbocco di un ramo terminale del Serio Morto. Esso crea un'interruzione geometrica dell'argine, ma non funzionale, infatti, prima di confluire nel fiume, il canale presenta una serie di salti che impediscono alla corrente del corso d'acqua di risalirne il percorso.

In destra orografica, oltrepassata la S.S. 591, l'argine raggiunge immediatamente il ramo vecchio della stessa strada, che ne prosegue la funzione di sbarramento verso valle. In merito alla Strada Statale, essa funge da argine anche verso l'apice del meandro dividendo in modo netto l'ansa e soprattutto la corrente del ramo di monte dal flusso del ramo di valle. Ciò assicura un deflusso regolare e soprattutto preserva l'ansa del fiume da un taglio di meandro causato dall'evoluzione morfologica dell'alveo.

In sinistra orografica, a valle dell'abitato di Gombito, l'argine prosegue verso la borgata Vinzasca, coincidendo per un tratto con la sponda dell'alveo inciso. A valle della predetta borgata l'argine segue un tratto di alveo abbandonato dal fiume, dove è evidente lo sviluppo planimetricamente curvo di una vecchia ansa.

Oltre agli argini rilevati, lungo la sponda destra del fiume Adda sono presenti alcuni accorgimenti per evitare il taglio di meandro in seguito all'evoluzione morfologica dell'alveo.

Tali opere sono costituite da tre strutture che dalla sponda si protendono ortogonalmente verso l'alveo a formare dei pennelli di indirizzamento della portata. Tali elementi sono costituiti da materiale naturale ammassato e rivestito con massi posti alla rinfusa.

In merito ai blocchi lapidei, si sottolinea che sono esclusivamente un rivestimento, infatti essi non hanno alcuna funzione di contenimento.

## 6.2. Opere di difesa idraulica in progetto

Le opere di difesa idraulica in progetto comprendono le pareti dei canali di adduzione e di scarico, i manufatti che garantiscono la continuità dell'argine formato dalla ex S.S. 591 e la traversa fluviale in progetto.

Il canale di adduzione ha l'imbocco svasato verso monte per agevolare l'ingresso della portata nell'impianto idroelettrico.

La sezione del canale è rettangolare col fondo in pendenza verso le turbine tra le quote 45,00 m s.l.m. e 44,75 m s.l.m.. La sommità delle sponde presenta un gradino, poiché è a 49,50 m s.l.m. verso la centrale e 49,00 m s.l.m. verso il fiume.

Il canale presenta le pareti ed il fondo in cemento armato a vista. Le pareti sono formate da diaframmi in cemento armato rivestiti con uno strato dello stesso materiale verso il canale, per uniformarne la superficie. Il fondo è costituito da una platea sottile in cemento debolmente armato.

La parete destra del canale di adduzione è prolungata per circa 25 m verso monte lungo la sponda del fiume. Verso monte il diaframma continua con un tratto obliquo interrato che si innesta nella sponda naturale per evitare l'aggiramento della struttura da parte della corrente.

Il canale di scarico ha sezione scatolare aperta con fondo in terra e pareti in cemento armato a vista.

Il rilevato ormai dismesso della Strada Statale Crema – Codogno costituisce, come indicato in precedenza, un argine che divide i flussi contrapposti dell'ansa che lo circonda.

Il progetto idroelettrico prevede la costruzione dei bacini di carico delle turbine idrauliche sotto al rilevato stradale. Ciò permette di sfruttare i vari organi di regolazione della portata al fine di ripristinare la barriera idraulica costituita dal soprastante argine. Infatti, verso monte, ciascuno dei tre bacini di carico preleva la portata dal canale di adduzione attraverso due prese dotata ognuna di una paratoia. Il dispositivo di regolazione permette di chiudere completamente i canali di presa, anche se tracimato, infatti, essi sono di tipo scatolare chiuso.

Per quanto riguarda la conca di navigazione, la porta vinciana di valle raggiunge in altezza l'intradosso del ponte per l'attraversamento della fauna a 51,65 m s.l.m..

Tale quota di chiusura è maggiore del carico piezometrico raggiunto dalla corrente di piena con tempo di ritorno di duecento anni. Tuttavia, dovesse essere tracimato anche in condizioni del tutto eccezionali, la luce presente tra la portata vinciana ed il ponte permetterebbe il passaggio di una portata insignificante rispetto a quella del fiume. Così il piccolo deflusso che si formerebbe non sarebbe in grado di influenzare in modo sensibile né la capacità d'invaso del fiume Adda né la portata al colmo di piena.

Situazione analoga è prevista per lo scarico di fondo del canale di adduzione. Anch'esso è regolato da paratoie a chiusura completa e lo scarico del cassone di raccolta del materiale raccolto dallo sgrigliatore è costituito da una caditoia di tipo stradale. Così l'eventuale portata persa è quantitativamente irrisoria.

Il rilevato stradale al di sopra delle vasche di carico delle turbine idrauliche e dello scarico di fondo è ricostruito con gli stessi materiali e le medesime tecniche utilizzati per quello esistente. Ciò garantisce la piena continuità strutturale e funzionale del rilevato attuale che contribuisce a mantenere separati i flussi idraulici del fiume nell'ansa di Gombito.

In merito alla traversa fluviale, essa non è costruita con fini di difesa idraulica. Tuttavia la soglia fissa costituirà in futuro una briglia di stabilizzazione del fondo alveo.

La traversa è composta da una soglia fissa a quota 45,50 m s.l.m. e da una serie di paratoie a ventola che ne innalzano il livello di sbarramento fino alla quota di progetto di 47,81 m s.l.m. Questa soluzione permette di conciliare l'elevazione del salto idraulico a disposizione dell'impianto idroelettrico con la necessità di mantenere libera, per quanto possibile, la sezione idraulica del fiume Adda.

La traversa è ammortata lateralmente in pareti verticali in cemento armato, che proseguono verso il basso come diaframmi di fondazione. I muri di sponda si elevano a 48,50 m s.l.m. in sinistra orografica e 49,50 m s.l.m. in destra.

Lo sbarramento in progetto è seguito da una platea col fondo circa a quota 45,00 m s.l.m., per la dissipazione dell'energia cinetica della corrente con portate ordinarie; infatti, in condizioni di piena il rigurgito di valle impedisce la formazione di un risalto idraulico diretto.

Presso la sponda destra orografica è previsto il passaggio artificiale per l'ittiofauna, costituito da un canale di by-pass in massi ciclopici intasati con calcestruzzo.

La sezione longitudinale della traversa, comprensiva di soglia e platea, presenta due taglioni. Quello di monte ha il compito di aumentare la resistenza a scivolamento della struttura di ritenuta ed allungare il percorso di filtrazione sotterranea per impedire il sifonamento. Il taglione di valle, oltre a svolgere i predetti compiti, preserva l'intera struttura dallo scalzamento all'unghia di valle. Infatti esso è approfondito oltre il massimo abbassamento calcolato per il fondo dell'alveo a valle della traversa.

## 7. MANUFATTI INTERFERENTI

Nell'area analizzata sono presenti insediamenti abitativi e produttivi ed infrastrutture sia prossime alla fascia fluviale B sia all'interno di essa.

Principiando da monte, l'insediamento rappresentato dalla frazione Bocca di Serio è ubicata a tergo dell'argine sinistro della fascia fluviale B.

Procedendo verso valle si incontra l'abitato del Comune di Gombito (CR), sempre in sinistra orografica. Anch'esso è al di fuori della fascia fluviale B, poiché è localizzato su di un terrazzo naturale più elevato di alcuni metri rispetto all'altra sponda del fiume, posta all'interno dell'ansa.

In corrispondenza della restituzione idroelettrica in progetto, in sinistra orografica è presente una cava di estrazione di materiale inerte con annessi depositi. Anche in destra è presente un deposito, anch'esso di materiale inerte, ma ormai non è più utilizzato. Entrambi gli insediamenti sono all'interno della fascia fluviale B. Per la cava in sinistra orografica, inoltre, si segnala la formazione di un lago artificiale dovuto all'estrazione profonda del materiale, il quale può essere coinvolto in caso di piena.

Poco distante dalla cava in sinistra orografica è ubicata la borgata Vinzasca. Gli edifici dell'agglomerato sono in parte in fascia fluviale B ed in parte all'esterno. In questo tratto il limite della fascia fluviale B è rappresentato dall'argine rilevato, che attraversa proprio la borgata citata.

Presso il deposito in destra orografica, verso Sud, sono presenti due edifici, che data l'ubicazione su un rilevato a ridosso della Strada Statale sono al di fuori della fascia fluviale B.

In merito alle infrastrutture si segnala la presenza della Strada Statale 591 Crema – Codogno, che attraversa il fiume attraverso un ponte strallato. L'attraversamento con opera d'arte sospesa è ubicato a monte del meandro oggetto della derivazione idroelettrica proposta, invece, fino al 2009 la strada proseguiva verso il centro dell'ansa ed oltrepassava il fiume attraverso un ponte tradizionale a piloni ed impalcato sub-orizzontale.

Sia il vecchio rilevato sia quello nuovo interferiscono con la fascia fluviale B del fiume Adda. In entrambi i casi, comunque, i rilevati sono sufficientemente elevati da non essere trascinati dalla portata di piena e mantenere al contempo un adeguato margine di sicurezza.

Il vecchio tracciato forma un argine che si insinua al centro del meandro dividendo nettamente i flussi da e verso l'apice.

In merito al rilevato di accesso al nuovo ponte, esso interferisce con la fascia fluviale B solamente in sinistra orografica. Infatti, l'opera d'arte di attraversamento del fiume si estende per tutta la fascia fluviale A, il cui limite destro coincide con quello della fascia B.

Per l'altezza del nuovo ponte strallato si esclude che l'impalcato possa essere interessato dal flusso di piena.

## **8. MODALITÀ DI DEFLUSSO DI PIENA**

La soluzione del problema idraulico è stata ricercata con metodo numerico, utilizzando il programma HEC-RAS sviluppato da US Army Corps of Engineers – Hydrologic Engineering Center, che consente di calcolare profili di corrente in moto permanente monodimensionale per alvei con geometria qualsiasi ed in presenza di ponti, traverse, espansioni e contrazioni. Le caratteristiche del modello idraulico utilizzato, i risultati e la loro analisi sono contenuti nell'appendice del presente elaborato progettuale.

Il progetto non influisce sulla portata al colmo a valle dell'impianto, pertanto non la si quantifica.

## **9. EFFETTI DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO**

Le successive considerazioni sono svolte considerando la portata di piena calcolata con tempo di ritorno duecentennale.

### **9.1. Modifiche indotte sul profilo di piena**

L'analisi delle modifiche indotte sul profilo di piena è contenuta nell'appendice del presente elaborato progettuale, in cui sono riportati i risultati delle verifiche idrauliche del Fiume Adda e l'analisi degli stessi. Le verifiche riguardano sia la situazione di rilievo sia quella di progetto. In ottemperanza al D.g.r. 7/2604 dell'11 dicembre 2000 della Regione Lombardia le verifiche sono condotte negli stati di magra, delle acque ordinarie e di massima piena. In ottemperanza alla Direttiva 4 del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del Fiume Po, contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce "A" e "B", le verifiche sviluppate con la portata di massima piena sono riferite al tempo di ritorno di duecento anni.

Inoltre l'appendice riporta le planimetrie indicanti le aree di esondazione diretta desunte dai risultati del codice di calcolo numerico.

### **9.2. Riduzione della capacità d'invaso dell'alveo**

Le variazioni del profilo idraulico di piena nella situazione di progetto rispetto a quella esistente sono di ordine centimetrino e generalmente in aumento. Ciò implica un minimo incremento della capacità d'invaso dell'alveo di piena del fiume Adda.

Al maggiore volume occupato dalla corrente dovuto alla variazione del profilo piezometrico, si somma tutto il volume di acqua che trova posto nei canali di adduzione e di scarico.

Tuttavia, si esclude che i sopracitati aumenti di capacità d'invaso possano in alcun modo mitigare la portata al colmo di piena.

### **9.3. Interazioni con le opere di difesa idrauliche esistenti**

Le opere in progetto interagisce col rilevato dismesso della ex Strada Statale Crema – Codogno, che costituisce un argine di separazione dei flussi contrapposti dell'ansa del fiume Adda con vertice a Gombito (CR).

Infatti, il progetto prevede di attraversare il rilevato sia con l'adduzione dell'impianto idroelettrico sia col canale navigabile dotato di conca per il superamento del dislivello idraulico.

In merito all'adduzione, ciascun bacino di carico è alimentato attraverso due canali di presa che sono muniti di paratoia. Così, la chiusura degli organi di regolazione permette di isolare idraulicamente le turbine idrauliche e lo scarico, ripristinando la funzione di sbarramento dell'argine.

Il rilevato stradale al di sopra dei predetti bacini di carico delle turbine idrauliche è ripristinato con i medesimi materiali e le stesse tecniche costruttive utilizzate per la costruzione di quello attuale. In questo modo sono mantenute sia la continuità strutturale sia la funzionalità idraulica dello stesso.

A proposito del canale navigabile, esso è dotato di conca per il superamento del dislivello idraulico e gli accessi di monte e di valle del bacino sono chiusi con porte vinciane.

l'accesso di valle della conca è posto in corrispondenza del ponte del passaggio per la fauna e veicolare. La porta vinciana di valla ha altezza pari all'intradosso del ponte, così chiude il passaggio idraulico.

Tra le nate della porta e l'impalcato del ponte rimane una piccola luce, attraverso la quale, in caso di piena estremamente eccezionale può defluire un piccola portata. Tuttavia il deflusso che si forma è quantitativamente modesto ed assolutamente non può modificare in modo sensibile la portata al colmo di piena del fiume Adda.

#### **9.4. Opere idrauliche in progetto nell'ambito dell'intervento**

Oltre alle opere di mantenimento della barriera idraulica formata dal ramo dismesso della Strada Statale 591 Crema – Codogno il progetto prevede ulteriori manufatti di difesa idraulica. Tra questi ci sono le pareti dei canali di adduzione e scarico e la traversa fluviale.

Le pareti del canale di adduzione sono la prosecuzione emergente dei diaframmi costruiti sia come opere di sostegno sia come barriere per limitare la filtrazione. Nella parte emergente e visibile i diaframmi, gettati in opera per conci successivi, sono rivestiti per uniformare la superficie.

Essi hanno profondità variabili in base all'altezza ed alla quota di fondo del rispettivo canale.

Nel canale di adduzione le pareti laterali hanno coronamento a quota variabile di 49,00 m e 49,50 m s.l.m..

La traversa fluviale, una volta realizzata, formerà una briglia di stabilizzazione del fondo dell'alveo del fiume Adda.

La traversa prevede una soglia fissa a quota 45,50 m s.l.m. più un sistema di paratoie a ventola per l'innalzamento della quota di ritenuta al valore di progetto di 47,81 m s.l.m..

Ai lati la traversa è protetta da muri di sponda in cemento armato a vista con sommità a quota 48,50 m s.l.m. in sponda sinistra e a 49,50 m s.l.m. in sponda destra. Anche in questo caso le pareti sono la prosecuzione in altezza dei diaframmi di fondazione.

A valle della soglia di sbarramento è presente una platea col fondo circa a quota 45,00 m s.l.m., per la dissipazione dell'energia cinetica della corrente con portate ordinarie; infatti, in condizioni di piena il rigurgito di valle impedisce la formazione di un risalto idraulico diretto. La platea permette di restituire la portata al fiume Adda con caratteristiche di moto idraulico praticamente identiche alla situazione attuale.

Presso la sponda destra orografica è previsto il passaggio artificiale per l'ittiofauna, costituito da un canale di by-pass in massi ciclopici intasati con calcestruzzo.

La struttura della traversa è dotata di taglioni, di monte e di valle, che si ammorsano nel fondo dell'alveo per incrementare la resistenza allo scorrimento e diminuire il moto di filtrazione responsabile del sifonamento. Ad ulteriore protezione, il taglione di valle è approfondito, con margine, oltre il possibile abbassamento del fondo alveo, calcolato in corrispondenza dell'unghia di valle. Ciò per escludere la possibilità di scalzamento della struttura da valle.

### **9.5. Modifiche indotte sull'assetto morfologico planimetrico e altimetrico**

L'assetto morfologico del Fiume Adda è modificato dall'impianto idroelettrico esistente solamente a livello locale. In particolare aumenta il livello piezometrico medio per la presenza progettuale dello sbarramento con soglia fissa ed innalzamento mobile ed è variata la morfologia dell'area golenale destra presso l'impianto in progetto.

Il mutato carico piezometrico è avvertibile più o meno a monte della traversa in funzione della portata presente nell'alveo. Infatti, lo sbarramento mobile è regolato in base alla portata del corso d'acqua ed è abbassato all'aumentare della disponibilità idrica. Quindi il rigurgito è maggiormente efficace verso monte con portate minime e diminuisce all'aumentare della risorsa idrica disponibile.

Va comunque osservato, che le sponde ben definite dell'alveo inciso del Fiume Adda mitigano la differenza idrometrica nelle condizioni ordinarie e di magra. Infatti, anche variazioni "decimetriche" della quota piezometrica producono effetti ridotti sulla larghezza superficiale della corrente.

L'impianto idroelettrico in progetto insiste in sponda destra orografica e si presenta come un allargamento localizzato dell'alveo del fiume Adda. Infatti i canali di adduzione e restituzione non sono governati da sistemi di regolazione idraulica, i quali sono tutti concentrati nella centrale idroelettrica in corrispondenza del ramo dismesso della Strada Statale 591.

Sia le sponde dei canali sia la centrale idroelettrica hanno fondazioni profonde formate da diaframmi continui in cemento armato. Ciò, oltre ad assicurare una buona resistenza a scivolamento e ribaltamento, concorrono ad evitare il fenomeno del sifonamento.

Il tratto di rilevato della ex S.S. 591 al di sopra dei bacini di carico è realizzato con i medesimi materiali e tecniche costruttive di quella esistente. Così ne sono garantiti sia la continuità strutturale sia il medesimo comportamento idraulico.

La porta vinciana di valle nella conca di navigazione si eleva fino all'intradosso del ponte per il passaggio veicolare e faunistico. Ciò completa l'interruzione del passaggio idraulico in corrispondenza dell'impianto idroelettrico in progetto, impedendo che il flusso di piena del fiume Adda possa indirizzarsi direttamente a valle del meandro senza percorrere tutto lo sviluppo dell'ansa.

Alla luce di ciò si esclude che la presenza dell'impianto idroelettrico in progetto possa innescare nuove vie di deflusso o riattivare vecchi alvei abbandonati dal Fiume Adda.

## 9.6. Modifiche indotte sulle caratteristiche naturali e paesaggistiche

### 9.6.1. Ambiente idrico

Le principali alterazioni indotte dalla realizzazione dell'opera sulla componente in esame sono riconducibili a:

- modifiche della morfologia dell'alveo;
- modifiche delle dinamiche idrauliche del Fiume;
- modifiche delle caratteristiche chimiche, fisiche e biologiche delle acque.

La costruzione ex novo di una traversa, che si estende nel senso trasversale al Fiume, la realizzazione di nuovi tratti di difesa spondale in alveo e la realizzazione dei canali di adduzione e restituzione costituiscono le più evidenti modifiche dell'attuale morfologia dell'alveo.

Considerata la tipologia dell'intervento, è possibile classificare gli impatti negativi dell'opera in progetto sulla morfologia dell'alveo come **permanenti** e di **entità media**. Va inoltre segnalato che la realizzazione di tratti di difese spondali determinerà un miglioramento dell'assetto idraulico del Fiume e, dunque, una riduzione del rischio di erosione spondale, originando, quindi, un impatto **positivo**, ancorché di **lieve entità**, in considerazione del limitato sviluppo lineare delle opere.

In merito alle dinamiche idrauliche in corrispondenza del punto in cui è prevista la costruzione della traversa, il flusso della corrente del Fiume Adda non subirà modifiche particolari, infatti, attualmente è principalmente spostato a destra per la presenza della curva verso sinistra ed in seguito alla realizzazione dello sbarramento si manterrà tale poiché sia il passaggio artificiale per l'ittiofauna sia la derivazione idroelettrica sono concentrate sulla sponda destra orografica.

Anche il naturale deflusso delle piene sia di carattere ordinario sia straordinario non subirà cambiamenti apprezzabili, infatti, l'abbattimento del sistema di sbarramento mobile permette di ripristinare quasi completamente la sezione idraulica attuale.

Le opere in progetto non alterano l'assetto planoaltimetrico dell'area e pertanto l'impatto in tal senso può definirsi **nullo**. Le opere edili contenenti i componenti tecnologici necessari alla produzione di energia saranno completamente interrato. La centrale elettrica verrà realizzata ad una quota non interessata da fenomeni legati alla dinamica del corso d'acqua anche in caso di eventi alluvionali ed il volume occupato dall'edificio non è in grado di modificare in modo sensibile il deflusso di piena del fiume.

A quanto visto va aggiunto che la realizzazione della traversa induce necessariamente una variazione del trasporto solido della corrente, con deposizione di sabbia e ciottoli presso il bacino che si viene a formare a monte della medesima. Questa interferenza, tuttavia, risulta essere limitata al bacino suddetto ed a portate medio-basse del Fiume, poiché in caso di piena, anche ordinaria, l'abbattimento dello sbarramento mobile consente il deflusso sia della componente liquida sia di quella solida della corrente.

Sotto il profilo chimico, non si attendono variazioni dello stato qualitativo attuale delle acque, in quanto l'impianto non produce e non scarica acque reflue. In tal caso, dunque, l'impatto relativo alla immissione di inquinanti nel corso d'acqua risulta essere **nullo**. Lungo il tratto sotteso, inoltre, non sono presenti altri scarichi degni di nota, pertanto risulta pressoché **nullo** anche il rischio di un aumento degli inquinanti disciolti nelle acque dell'alveo in seguito alla diminuzione dei volumi delle stesse. L'immissione delle acque del Serio, che, come accennato sono caratterizzate da una qualità peggiore rispetto a quelle dell'Adda, avviene a monte della traversa; non si rilevano pertanto peggioramenti riconducibili alla sottrazione di acqua derivante dall'attivazione dell'impianto.

Relativamente all'aspetto biologico, invece, la modifica delle dinamiche idrauliche e soprattutto la **riduzione delle portate** in alveo comporteranno una contrazione dell'estensione delle aree colonizzabili dalle diverse specie e, conseguentemente, una modifica delle dinamiche e della composizione dei popolamenti vegetali ed animali dell'ambiente acquatico. Nel caso in esame, tale interferenza risulta essere di **entità media** (seppur l'estensione del tratto sotteso risulti considerevole, la qualità della risorsa non risulta particolarmente apprezzabile) ed in quanto a durata, **permanente** (perché legata alla vita utile della centrale ed al funzionamento).

La realizzazione delle opere in alveo, in fase di costruzione dell'opera, potrà dare luogo ad incrementi della torbidità delle acque, per sollevamento dei materiali fini di fondo alveo ed immissione di terra nelle acque del Fiume, con conseguente scadimento delle qualità fisiche delle medesime. L'intorbidamento delle acque, inoltre, potrebbe avere conseguenze negative anche a carico delle popolazioni di macro invertebrati, ostacolandone le normali funzioni biologiche. Tali impatti, ancorché di **entità media**, risulteranno, tuttavia, **temporanei**; la conclusione dei lavori di realizzazione dell'opera ed il successivo ripristino di condizioni ecologiche idonee alla sopravvivenza delle specie più esigenti consentiranno, infatti, un veloce ritorno allo stato attuale. Anche per questo aspetto, occorre ricordare come, allo stato attuale, le immissioni del canale Serio Morto (nei pressi dell'imbarcadero di Gombito) e del colatore Muzza (nei pressi di cascina Vinzaschina nel comune di Castiglione d'Adda), determinano un peggioramento dei valori di torbidità del Fiume ed uno scadimento qualitativo dello stesso.

Ulteriori criticità possono essere rappresentate dagli interventi di manutenzione alle opere di presa: l'apertura dello scarico di fondo determinerà un repentino aumento del trasporto solido e della torbidità dell'acqua, ed un incremento localizzato delle portate. Le popolazioni di macroinvertebrati potranno andare incontro a trascinarsi a valle e/o sommersione. Anche in tal caso vale quanto sopra riportato in merito al disturbo indotto, impatto **sensibile** ma **temporaneo**, tenendo conto che la durata di tali interventi sarà brevissima.

### 9.6.2. *Atmosfera*

Considerate la puntualità dell'intervento, ovvero la ridotta estensione dell'area interessata dal progetto, nonché la tipologia del medesimo, ovvero un impianto che produce energia da fonti rinnovabili con emissioni contenute durante la realizzazione dell'opera e del tutto assenti ad impianto avviato, è possibile affermare che la realizzazione dell'impianto in questione **non avrà ricadute degne di nota** sugli aspetti climatici, né in fase di costruzione né in fase di esercizio.

Per quanto concerne la qualità dell'aria, invece, la realizzazione dell'impianto comporterà, senz'altro, un leggero incremento della polverosità e della concentrazione di gas di scarico nell'atmosfera, conseguentemente alle operazioni di scavo, alla movimentazione delle macchine operatrici e dei mezzi di cantiere e di trasporto. Tale interferenza può considerarsi, tuttavia, **poco significativa e temporanea**, sia per la ridotta estensione delle superfici interessate sia per l'intervallo temporale caratterizzato da dette emissioni.

In fase di esercizio, invece, data la tipologia dell'impianto in progetto, che non ha emissioni in atmosfera, è possibile prevedere che **non intervenga alcuna variazione** della qualità dell'aria rispetto allo stato attuale.

Con riferimento a quanto esposto in merito alla qualità dell'aria del territorio in esame, si può altresì considerare come **ricaduta positiva** della realizzazione dell'impianto, la mancata emissione di gas inquinanti SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, polveri e CO<sub>2</sub> che deriverebbe da una produzione equivalente di energia ma ottenuta con fonti tradizionali.

### 9.6.3. *Suolo e sottosuolo*

Gli impatti riferibili alla componente suolo derivabili dalla realizzazione dell'opera in progetto sono riconducibili a diverse azioni:

- occupazione e variazione della destinazione d'uso del suolo;
- effettuazione di scavi per la realizzazione della traversa, del canale di adduzione, della centrale e del canale di scarico;
- movimentazione dei mezzi d'opera e stoccaggio dei materiali;
- realizzazione di aree di stoccaggio temporaneo del materiale scavato.

Le principali conseguenze negative dovute alle azioni sopra specificate sono la sottrazione di superficie coperta da vegetazione e conseguente modificazione di destinazione d'uso del suolo (per la realizzazione dell'opera di presa, del canale di adduzione, della centrale e del canale di restituzione), l'asportazione di suolo e sottosuolo dovuta alle operazioni di scavo necessarie alla realizzazione delle opere in progetto, il compattamento del suolo (per le operazioni di cantiere che comprendono la movimentazione dei mezzi e l'approvvigionamento di materiale da costruzione).

La modificazione d'uso del suolo e l'asportazione di suolo e sottosuolo, sono considerabili come impatti **permanenti**, in quanto, per le caratteristiche costruttive dell'impianto, le aree che subiranno modificazione rimarranno in gran parte fuori terra (canale di adduzione e canale di scarico).

Per quanto riguarda il compattamento del suolo, tali impatti possono essere considerati **temporanei**, in quanto esclusivamente limitati alla durata del cantiere, e **reversibili**, in quanto tali effetti potranno essere eliminati al termine dei lavori attraverso operazioni di ripristino dello stato attuale e recupero ambientale.

Nello specifico, per quanto concerne la realizzazione dell'opera di presa e del canale di adduzione, della centrale, del canale di restituzione nonché della conca di navigazione, verranno interessate limitate superfici interessate da vegetazione arborea, un'area a seminativo, una porzione dell'area attualmente destinata a deposito di inerti ed un breve tratto del vecchio sedime stradale.

La presenza di un'ansa particolarmente pronunciata e chiusa come quella in esame permette, infatti, di realizzare un impianto molto compatto con un taglio di meandro di appena 200 m.

Con riferimento alla Tav. 5 – Carta dell'uso del suolo, allegata nell'elaborato S2, le categorie di "uso del suolo" interessate dalle suddette opere sono costituite in prevalenza da aree boscate per circa 100 m (considerando sia la vegetazione presente lungo le sponde sia le fasce presenti lungo il sedime stradale), da aree a seminativo per circa 35 m, strada per circa 10 m ed area di deposito inerti per circa 53 metri.

I volumi di scavo previsti nell'area di intervento sono pari a circa 5 265 m<sup>3</sup> per lo sbarramento, 67 300 m<sup>3</sup> per la centrale idroelettrica ed i canali di adduzione e scarico e 1 500 m<sup>3</sup> per la viabilità e le opere compensative.

Data la natura delle opere in progetto, non sarà possibile realizzare un bilanciamento di scavi e riporti all'interno del sito di intervento; il materiale di risulta sarà depositato presso aree private o messo a disposizione del demanio per il successivo riutilizzo in eventuali opere di regimazione demaniale o alienate dallo stesso demanio.

Un ulteriore contributo al disturbo in esame proverrà dai mezzi e dalle macchine necessarie all'esecuzione dei lavori; il loro transito, infatti, comporterà un compattamento del suolo presso le aree di intervento con conseguente alterazione delle caratteristiche fisico-chimiche del medesimo (riduzione della circolazione idrica e aerea profonda con conseguente inibizione dell'attività della microfauna tellurica e peggioramento della fertilità dei suoli).

Sempre con riferimento ai mezzi ed ai macchinari impiegati per la realizzazione del progetto va considerato anche il rischio di inquinamento del suolo da idrocarburi, a seguito di sversamenti accidentali, conseguenti a ribaltamenti o incidenti che coinvolgono detti macchinari e mezzi. In ogni caso, considerando la probabilità di detti eventi, le modalità di realizzazione dell'opera e le unità operative impiegate,

detto rischio risulta essere **molto basso** e relativo alla sola fase di realizzazione dell'impianto, ossia **temporaneo**.

In generale, considerata la tipologia dell'opera, l'estensione dell'area interessata dall'intervento e le caratteristiche della componente in esame, l'impatto arrecato dalla realizzazione dell'opera sulla morfologia superficiale e profonda del suolo nonché sulla morfologia dell'alveo indotta dalla realizzazione della traversa, della centrale e dei canali di adduzione e restituzione, può considerarsi di **entità media e permanente**.

#### 9.6.4. *Flora e fauna*

A livello generale, è possibile prevedere che le interferenze negative derivanti dalla realizzazione dell'opera in oggetto che possano interessare la vegetazione sono riconducibili a:

- taglio della vegetazione presente nelle aree interessate dalla realizzazione del canale di adduzione e del canale di scarico;
- disturbo della vegetazione presente nell'intorno dell'area interessata dal cantiere;
- interferenza con la vegetazione spondale dovuta alla riduzione delle portate lungo il tratto sotteso.

I maggiori impatti sulla vegetazione si verificheranno sulla sponda destra del F. Adda (in particolare, nella zona dove si intende realizzare il canale di carico) e sulla sponda sinistra dello stesso (nei pressi del punto di restituzione delle acque in alveo). In queste aree sono presenti formazioni discontinue di vegetazione caratterizzate da specie quali acero negundo (o americano, *Acer negundo*), acero campestre (*Acer campestre*), robinia (*Robinia pseudoacacia*), sambuco (*Sambucus nigra*), salice bianco (*Salix alba*), olmo (*Ulmus minor*), platano (*Platanus sp.*), pioppo bianco (*Populus alba*) e differenti pioppi ibridi.

La puntuale quantificazione degli impatti di cui sopra è riportata nello Studio di Impatto Ambientale allegato al presente progetto.

Nell'area di intervento si prevede di abbattere un numero di esemplari pari a 166. La maggior parte di essi è concentrato nella classi di diametro inferiori e, precisamente, in quella da 10-20 cm (84 esemplari da abbattere, che corrispondono a circa il 51% del totale), in quella da 21 a 30 cm (con circa il 19% di esemplari da abbattere) e in quella da 31-40 cm (35 esemplari da abbattere, che corrispondono a circa il 21% del totale); nelle classi diametriche superiori, invece, si prevede di asportare un numero di esemplari di molto inferiore, pari a 16 complessivamente per le classi diametriche da 40 a 90 cm (circa il 10% del totale). Per quanto riguarda le specie abbattute, si prevede che siano asportati prevalentemente esemplari di robinia e, in misura minore di acero negundo, platano e salice bianco.

Le classi diametriche maggiormente rappresentate sono quelle che vanno da 10 a 40 cm (con una percentuale di esemplari arborei di quasi il 90%), mentre le classi diametriche più alte (> 40 cm) sono scarsamente rappresentate, con una percentuale di esemplari di 10% circa.

Al fine di valutare l'impatto dovuto al taglio della vegetazione, è necessario, innanzitutto, considerare le caratteristiche dei popolamenti vegetazionali interferiti dalle attività di cantiere per la realizzazione delle opere in progetto: si tratta di popolamenti con caratteristiche non ottimali dal punto di vista ecologico e sanitario, in quanto si tratta di popolamenti poco diversificati caratterizzati dalla presenza di numerosi esemplari morti in piedi, spezzati o schiantati.

Considerando le modalità costruttive dell'opera, la collocazione dell'intervento, che non interessa aree di particolare valore naturalistico, né zone di pregio quali Siti di Interesse Comunitario, Zone di Protezione Speciale, ecc., nonché le caratteristiche intrinseche del popolamento censito presso l'area di intervento (non si segnalano individui di pregio), la **qualità** della componente vegetazionale presente nell'area di intervento è ritenuta, per le motivazioni sopra esposte, **ridotta**.

**L'impatto negativo** corrispondente alla eliminazione della vegetazione per consentire le operazioni di scavo per la realizzazione del canale di adduzione e scarico può considerarsi di **entità contenuta e solo in parte permanente**. I ripristini definiti in fase progettuale, in aggiunta alla rinnovazione naturale presente nel popolamento interferito, potranno consentire di realizzare in tempi non eccessivamente lunghi una situazione non dissimile da quella attuale.

Le operazioni di escavazione e movimentazione del materiale di scavo necessarie alla realizzazione dell'impianto, nonché il transito di macchinari e mezzi di lavoro e trasporto potranno determinare il sollevamento di polveri, le quali potrebbero, in parte, interferire con le funzioni biologiche delle formazioni vegetali presenti nell'intorno dell'area di intervento. Tale impatto può essere considerato di **entità molto contenuta e temporaneo**, in quanto, in relazione alle caratteristiche dell'intervento, la produzione di polveri sarà limitata nel tempo e potrà essere ridotta con l'utilizzo di opportune misure di mitigazione.

Considerate le caratteristiche delle sponde del F. Adda nel tratto sotteso dall'impianto in progetto, caratterizzate da una forte artificializzazione, si presume che la riduzione della portata nel tratto sotteso possa determinare conseguenze di **entità molto limitata** a carico della fascia ripariale. In questo tratto, infatti, le specie vegetali sono concentrate maggiormente sulla parte sommitale della difesa spondale e solo in piccola parte a ridosso del contorno bagnato. Tali impatti, sebbene di entità molto limitata, possono essere considerati come **permanenti**, ma anche come **teoricamente reversibili**, in quanto, in caso di dismissione dell'impianto, le condizioni originali verrebbero con il tempo ripristinate.

Per quanto riguarda la **fauna**, lo sbarramento rappresentato dall'opera di presa di una centrale idroelettrica potrebbe determinare una interruzione nel corso d'acqua, la quale avrebbe ripercussioni negative sulla fauna ittica, impedendo il regolare svolgimento dei processi biologici di numerose specie. Ne risulterebbero particolarmente influenzati i processi riproduttivi, a causa della impossibilità per alcune specie di raggiungere le stazioni di frega e di ovideposizione, ma anche quelli di alimentazione, a causa dell'alterazione del fenomeno di drift dei macroinvertebrati, fonte di nutrimento di diverse specie ittiche.

Non solo, sotto il profilo ecologico l'interruzione del corso d'acqua determinerebbe una frammentazione delle popolazioni ittiche, la quale, a sua volta, comporterebbe un impoverimento della variabilità genetica all'interno delle popolazioni ed un'alterazione della variabilità specifica tra le popolazioni presenti nel corso d'acqua.

L'opera di presa, ostacolando la risalita delle specie ittiche, se non integrata da opportuni accorgimenti (vedi paragrafo seguente) impedirebbe il ripristino dei popolamenti presenti a monte della stessa, modificati dagli eventi di piena o dalle migrazioni naturali, favorendo il graduale impoverimento specifico e genetico dell'ittiofauna.

La riduzione delle portate nel tratto sotteso potrebbe determinare condizioni critiche per la sopravvivenza dei pesci, spingendo un elevato numero di individui a spostarsi verso ambienti più favorevoli e/o a concentrarsi presso le aree più profonde del letto del Fiume, ancora coperte da uno strato d'acqua sufficiente alla vita delle diverse specie ittiche, con conseguenti rischi di malattie e morie.

L'effettuazione di lavori in alveo, infine, altererà una parte degli habitat destinati al rifugio ed alla ovideposizione di talune specie, sia per interferenza diretta (scavi e costruzioni), che indiretta, variazioni del trasporto solido e intorbidamenti. Tali perturbazioni potrebbero indurre l'immediato abbandono del tratto in questione da parte delle specie maggiormente sensibili, l'allontanamento temporaneo di quelle meno sensibili, la distruzione delle uova e dei giovani individui o la loro asportazione ad opera delle particelle terrose in sospensione

Con riferimento a quanto visto le maggiori criticità si riscontreranno a carico del tratto sotteso: la realizzazione dell'opera determinerà impatti negativi di media entità e limitati nel tempo mentre il funzionamento dell'impianto (derivazione d'acqua) e il mantenimento in efficienza dello stesso (apertura periodica dello scarico di fondo) comporterà interferenze negative stimabili come permanenti e di media entità.

A carico delle altre componenti faunistiche, durante la realizzazione delle opere sono prevedibili impatti di **entità contenuta** e per lo più **temporanei**, riconducibili principalmente al disturbo arrecato in fase di cantiere. Data la minore mobilità potrebbero essere interessati dall'impatto negativo soprattutto gli anfibi ed i rettili, mentre la generalità degli uccelli e mammiferi potrà trovare lungo l'asta del Fiume ambienti simili adatti a soddisfare le loro esigenze primarie.

#### 9.6.5. *Ecosistemi*

A lavori ultimati invece, sotto l'aspetto ecologico, la realizzazione dell'impianto determinerà una frammentazione dell'ecosistema terrestre derivante dall'isolamento del meandro a monte del taglio previsto per la realizzazione dei canali di adduzione e scarico. Ciò determinerebbe l'isolamento di taluni animali con conseguente impoverimento specifico e genetico delle popolazioni. Anche in questo caso, le maggiori ricadute saranno a carico delle specie meno mobili quali piccoli mammiferi, rettili ed anfibi determinando, se non opportunamente mitigato, **un impatto permanente e di entità sensibile**.

#### 9.6.6. *Rumore*

Durante le operazioni di realizzazione dell'opera le principali sorgenti di rumore saranno costituite dai mezzi d'opera di cantiere e da quelli impiegati per il trasporto dei materiali inerti (autocarri, escavatori, autobetoniere), i quali potrebbero determinare un peggioramento non trascurabile del clima acustico locale, non tanto in relazione ai recettori di natura antropica, (il sito si trova nei pressi di degli insediamenti produttivi), quanto piuttosto in riferimento alle comunità animali degli ambienti naturali e semi-naturali presenti.

Considerata l'ubicazione del sito, dunque, l'impatto negativo derivante dalle attività di cantiere si può definire come **temporaneo** e di **entità contenuta** in relazione ai possibili ricettori sensibili di origine antropica; gli stessi assumono invece **entità media** in relazione alla fauna presente nell'area.

In fase di esercizio dell'impianto, l'interferenza che ne deriva può considerarsi **permanente** (ancorché legata al funzionamento delle turbine) e di **entità trascurabile**.

Ai fini della mitigazione dell'impatto acustico non sono previste specifiche misure oltre quelle adottate nella progettazione dell'impianto e l'impiego di mezzi insonorizzati secondo le normative vigenti, in fase di cantiere.

#### 9.6.7. *Paesaggio*

Durante l'esecuzione dei lavori di realizzazione dell'opera, le interferenze che potranno interessare maggiormente il paesaggio saranno ascrivibili agli scavi necessari alla realizzazione dei canali in progetto, ai cantieri di costruzione di edifici (centrale) e manufatti (traversa). Considerato quanto riportato circa le caratteristiche del paesaggio presente presso l'area di intervento e dell'opera in progetto, nonché le modalità di realizzazione della stessa, è possibile prevedere, per le suddette operazioni, un impatto negativo sul paesaggio **temporaneo**, in quanto relativo alla sola durata della fase di realizzazione dell'opera, e di **entità contenuta**.

In fase di funzionamento dell'opera, gli impatti principali saranno dovuti alla presenza di nuovi elementi di origine antropica, quali: la traversa, i canali di adduzione e restituzione, la centrale, il passaggio per le imbarcazioni, ed il piccolo edificio per la trasformazione e cessione dell'energia alla rete di distribuzione.

Considerato la tipologia di traversa in progetto, il ridotto numero e le dimensioni contenute dei manufatti di nuova realizzazione, nonché la scelta di interrare gli stessi e di ricorrere, nel caso dell'unico edificio emergente (edificio per la trasformazione dell'energia), a tipologie costruttive e a materiali coerenti con gli esempi locali, è possibile ipotizzare che l'impatto negativo indotto dall'opera sul paesaggio risulterà **permanente e di entità bassa**.

Le maggiori trasformazioni derivanti dalla messa in opera dell'impianto saranno a carico delle componenti naturali o seminaturali: a tal proposito si vuol ancora ricordare come il cantiere interesserà perlopiù superfici di non rilevante valore naturalistico (deposito di inerti, sedime stradale e seminativo), mentre per quanto concerne l'eliminazione delle aree boscate e l'intrusione visiva delle opere, come

ampiamente descritto nei capitoli precedenti, al fine di ridurre gli impatti sul paesaggio il progetto prevede interventi di recupero, mitigazione e compensazione. Inoltre, è presumibile che già in fase di cantiere, alcune superfici, sottoposte a disboscamento per esigenze operative ma non interessate da scavi e/o da manufatti, vengano lentamente ricolonizzate da specie autoctone e pioniere, salici in particolare, presenti nell'intorno del sito di intervento.

Ciò non di meno, la riduzione delle portate in alveo nel tratto sotteso comporterà senz'altro delle modifiche sul paesaggio locale: seppur l'aspetto della porzione di greto che risulterà in secca a seguito della derivazione, non differirà sensibilmente da quanto percepibile in periodo di magra, tale interferenza avrà delle ripercussioni anche sulla navigabilità del Fiume. Come anticipato, infatti, il tratto sotteso ricade nella porzione di Fiume navigabile che si estende dalla briglia della città di Lodi a quella della città di Pizzighettone.

Poiché nel tratto sotteso l'altezza piezometrica della corrente, essendo questa inferiore ad 1 m in condizioni ordinarie, non sarebbe sufficiente a consentire la navigazione, il progetto prevede la realizzazione di una conca di navigazione che consenta alle imbarcazioni di superare i canali di adduzione e scarico. La volontà di garantire la continuità del servizio di navigazione, unitamente alla scelta di realizzare un impianto particolarmente compatto come quello in esame, risulta particolarmente rilevante non solo circa gli aspetti paesaggistici ma anche per quelli socio-economici del contesto in esame.

La realizzazione della traversa in progetto, inoltre, determinando un innalzamento del livello dell'acqua a monte della stessa fino alla confluenza con il Fiume Serio, comporterà la sommersione di un deposito di ciottoli e ghiaia presente lungo la sponda sinistra immediatamente a valle del nuovo ponte sull'Adda. Dal punto di vista percettivo, questa nuova condizione si manifesterà soprattutto con la scomparsa di un elemento strutturale del paesaggio con conseguente riduzione della naturalità e diversità ambientale del contesto in esame. Anche in questo caso, occorre evidenziare come l'area in esame risulti già compromessa dal punto di vista paesaggistico (in primis dall'imponente ponte strallato sull'Adda); ciò, unitamente al fatto che la superficie che verrà sommersa non risulti attualmente colonizzata da specie vegetali ripariali, che di certo conferirebbero ulteriore naturalità al sito, contribuirà a contenere l'interferenza negativa sul paesaggio percepibile.

La valutazione dell'impatto visivo dell'opera non può prescindere, tuttavia, dalla **visibilità** del sito. Questa è stata valutata direttamente sul campo mediante rilievi visivi e fotografici che hanno permesso l'elaborazione di una carta di intervisibilità del sito. Dalla precedente risulta che il bacino di intervisibilità permanente del sito, ovvero l'area entro la quale l'intervento in progetto o parte di esso risulta direttamente visibile a fine cantiere, interessa una superficie piuttosto limitata, che comprende le aree direttamente interessate dalle opere fuori terra (in particolare le zone circostanti la traversa, i canali di adduzione e scarico, la centrale e la conca di navigazione, oltre all'intero tratto del F. Adda sotteso dall'intervento (pari a circa 4,5 Km).

La morfologia dei luoghi e la vegetazione contribuiscono significativamente a contenere la visibilità dell'opera in progetto dalle aree circostanti; parte del greto del Fiume ed alcune delle aree interessate dai manufatti risultano altimetricamente depressi rispetto al tracciato della viabilità principale costituita dalla S.S.591. Da un breve tratto del ponte sull'Adda saranno visibili le operazioni di realizzazione delle opere, ciò in riferimento non tanto al flusso veicolare quanto alla presenza della pista ciclabile presente sul ponte stesso. Data la tipologia di traversa in progetto e la scelta di interrare la maggior parte dei manufatti, si può senz'altro affermare come le maggiori interferenze siano legate alla fase di cantiere; la chiusura degli scavi nonché gli interventi di rivegetazione previsti in fase progettuale riporteranno in breve gran parte delle aree interessate ad una condizione non dissimile a quella originaria. In particolare, con riferimento alla traversa fluviale, si vuol in questa sede annoverare come, durante la fase di funzionamento dell'impianto, lo sbarramento sarà solo in parte percepibile (salto idraulico) sia da monte, sia da valle, limitatamente a pochi giorni nel corso dell'anno; mentre per quanto concerne le restanti opere (centrale, canale di adduzione e restituzione) risulteranno in gran parte nascoste dalla vegetazione presente. Sempre con riferimento al tratto stradale del ponte, è presumibile pensare che in fase di funzionamento sarà solo visibile parte del canale di adduzione e la relativa parete di destra che sarà prolungata per circa 18 m lungo la sponda del Fiume verso monte.

Circa l'impatto indotto dalla riduzione del contorno bagnato, occorre ancora considerare le caratteristiche delle sponde del F. Adda: la notevole artificializzazione dovuta alle difese spondali, unitamente alle caratteristiche morfologiche locali (con presenza di argini rilevati sia in destra, sia in sinistra orografica) e la presenza di specie vegetali concentrate maggiormente sulla parte sommitale delle sponde, contribuiranno significativamente nel ridurre l'impatto visivo indotto dalla presenza tratto sotteso.

Tra gli insediamenti antropici più prossimi al sito, la frazione BoccaSerio risulta in gran parte nascosta dalla vegetazione. Circa l'edificio per la trasformazione e la cessione dell'energia elettrica, situato in sponda destra orografica (a S della centrale in progetto) data la tipologia costruttiva adottata, riferibile alle costruzioni locali, la realizzazione del fabbricato può essere ricondotta ad una modificazione dello stato dei luoghi che non implica impatti negativi di entità sensibile sul paesaggio.

In generale, dunque, considerate le caratteristiche e la qualità del paesaggio in esame unitamente alla tipologia ed alle modalità costruttive dell'opera, **l'impatto indotto** dall'opera sul paesaggio percepibile risulta di **entità contenuta**, sia in fase di realizzazione dell'opera (con impatti temporanei), sia durante il funzionamento della centrale (con impatti permanenti). Circa questi ultimi, come descritto, l'entità degli impatti è riferibile non tanto alla visibilità dei manufatti, quanto alla lunghezza del tratto sotteso.

### **9.7. Condizioni di sicurezza dell'intervento rispetto alla piena**

Le opere in progetto sono tutte di tipo interrato o seminterrato, quindi non soggette all'azione diretta della corrente di piena. L'unico edificio emergente, la cabina di trasformazione e cessione dell'energia elettrica prodotta alla rete di distribuzione nazionale, è ubicato al di fuori della fascia fluviale B ed ai deflussi di piena determinati con metodo numerico nelle verifiche idrauliche allegate.

Sia lo sbarramento sia l'impianto idroelettrico in progetto hanno fondazioni profonde costituite da diaframmi in cemento armato. Tale soluzione, oltre a fornire ottimo appoggio e resistenza a scivolamento, costituisce anche un valido deterrente al sifonamento.

L'accesso alla sala quadri di gestione ed al locale di produzione è a quota 50,35 m s.l.m., pertanto più elevato del livello di piena, calcolato in 49,15 m s.l.m.. Ad ulteriore favore di sicurezza la portata di accesso è di tipo stagno, così anche in caso di piene con tempo di ritorno eccezionale i locali interrati rimangono protetti.

L'esercizio della centrale idroelettrica prevede la presenza saltuaria di un operatore. In caso di piena l'impianto è disattivato e scollegato dalla rete elettrica di distribuzione nazionale attraverso i quadri posti nella cabina di trasformazione e cessione. Ciò assicura la possibilità di interrompere tutti i dispositivi elettrici in zona idraulicamente sicura.

Alla luce di quanto indicato si asserisce che anche in caso di piena eccezionale non si creano situazioni di pericolo per il personale dell'impianto.

## **APPENDICE**

### **VERIFICHE IDRAULICHE DEL FIUME ADDA**

**SOMMARIO**

1.	Verifiche idrauliche del Fiume Adda .....	2
1.1.	Portate di calcolo.....	2
1.2.	Metodo di calcolo utilizzato.....	3
1.3.	Modello idraulico .....	3
1.4.	Tabelle dei risultati numerici .....	5
1.4.1.	Situazione di rilievo.....	5
1.4.2.	Situazione di progetto .....	11
1.5.	Analisi dei risultati.....	17
2.	Planimetria delle aree esondabili.....	21
3.	Sezioni longitudinali e trasversali .....	22
3.1.	Situazione di rilievo.....	22
3.1.1.	Portata di massima piena duecentennale .....	22
3.1.2.	Portata media annua.....	37
3.1.3.	Portata di magra .....	52
3.2.	Situazione di progetto.....	67
3.2.1.	Portata di massima piena duecentennale .....	67
3.2.2.	Portata media annua.....	84
3.2.3.	Portata di magra .....	101

## 1. VERIFICHE IDRAULICHE DEL FIUME ADDA

Di seguito si riportano le verifiche idrauliche del fiume Adda presso l'impianto idroelettrico in progetto. Per completezza dell'analisi, il modello idraulico comprende anche il nodo idraulico di confluenza ed un breve tratto di fiume Serio.

Le verifiche sono condotte sia in condizioni di piena, per valutare il rischio idraulico dell'impianto in progetto, sia in condizioni di portate media e di magra, per esaminare i cambiamenti del regime idraulico ordinario indotti dalle opere in progetto.

Nella situazione di progetto, si utilizzano due configurazioni diverse per la struttura mobile di sbarramento costituita dalle paratoie a ventola:

- condizione di piena  
lo sbarramento mobile è considerato completamente abbattuto per agevolare il deflusso di piena del fiume Adda;
- condizioni di portate media e di magra  
le paratoie a ventola dello sbarramento mobile sono regolate per avere un carico piezometrico a monte della traversa fluviale alla quota di progetto di 47,95 m s.l.m., che permette di ottimizzare il funzionamento del passaggio artificiale per l'ittiofauna e della derivazione idroelettrica in progetto.

Per semplicità di lettura, nel presente capitolo sono riportati i soli risultati numerici e l'analisi completa. I risultati grafici sono contenuti nel capitolo 3. "Sezioni longitudinali e trasversali" e negli appositi elaborati grafici, che rappresentano planimetrie e sezioni trasversali e longitudinali del fiume Adda.

### 1.1. Portate di calcolo

Le verifiche idrauliche che seguono sono riferite alla portata di massima piena definita con tempo di ritorno duecentennale, alla portata media annua ed alla portata del regime idrologico di magra.

Le portate sopracitate, riferite alla sezione di presa in progetto sono definite nell'elaborato progettuale 2 "Relazione idrologica".

Il modello idraulico utilizzato per le verifiche principia dai fiumi Adda e Serio a monte della confluenza, per i quali le portate sono definite a partire da quelle della sezione di presa in proporzione alla superficie del rispettivo bacino imbrifero. Quanto indicato è riassunto nella successiva Tabella 1.

Tabella 1: Portate di calcolo per le verifiche

Tronco	S (km <sup>2</sup> )	Q200 (m <sup>3</sup> /s)	Qmed (m <sup>3</sup> /s)	Qmagra (m <sup>3</sup> /s)
Adda a monte	6 395	1 740	95,32	24,56
Adda a valle	7 352	2 000	109,59	28,23
Serio	957	260	14,27	3,67

Nella situazione di progetto, con le portate media e di magra, si considera attiva la derivazione idroelettrica.

Di conseguenza, in condizioni di portata media, sulle paratoie a ventola è rilasciata la portata di 25,808 m<sup>3</sup>/s, mentre attraverso il passaggio artificiale per l'ittiofauna è rilasciata la portata di 0,600 m<sup>3</sup>/s. Pertanto l'impianto idroelettrico in progetto rilascia, nel tratto sotteso, il deflusso minimo vitale di 26,408 m<sup>3</sup>/s.

Nelle condizioni di magra, la portata non è sufficiente per attivare l'impianto, perciò si ha il rilascio totale della portata in arrivo.

## 1.2. Metodo di calcolo utilizzato

La soluzione del problema idraulico è stata ricercata con metodo numerico, utilizzando il programma HEC-RAS sviluppato da US Army Corps of Engineers – Hydrologic Engineering Center, che consente di calcolare profili di corrente in moto permanente monodimensionale per alvei con geometria qualsiasi ed in presenza di ponti, traverse, espansioni e contrazioni.

Il codice HEC-RAS prevede la costruzione di un modello numerico che comprende:

- a) schema del corso d'acqua e dei tronchi che lo compongono mediante le coordinate planimetriche dell'asse;
- b) sezioni trasversali che possono avere forma qualsiasi; i coefficienti di scabrezza di Manning sono variabili lungo la sezione a seconda del materiale presente;
- c) definizione dei metodi di calcolo dei profili a seconda dei tipi di corrente: lenta, veloce, mista;
- d) definizione del metodo di calcolo del flusso in corrispondenza dei ponti, il programma permette di calcolare le perdite di energia attraverso i ponti con i seguenti metodi:
  - equazione dell'energia (metodo normale),
  - bilanciamento della q.m.,
  - equazione di Yarnell,
  - metodo FHWA-WSPRO;
- e) sezioni trasversali dei ponti mediante l'introduzione della geometria di: intradosso ed estradosso, pile e spalle;
- f) introduzione delle portate di calcolo e delle condizioni al contorno (boundary conditions) a monte ed a valle del tronco di calcolo.

## 1.3. Modello idraulico

Nel caso in esame:

- a) schema del corso d'acqua  
 il modello idraulico principia a monte della confluenza tra i fiumi Adda e Serio, quindi esso comprende una rete idraulica formata da tre tronchi i cui assi sono definiti dalle coordinate tratte direttamente dalle planimetrie del progetto; i tre tronchi del modello idraulico sono:
  - fiume Adda a monte della confluenza
  - fiume Adda a valle della confluenza
  - fiume Serio
- b) sezioni trasversali e scabrezza  
 sono state introdotte 20 sezioni "principali", esse sono tratte direttamente dai rilievi topografici e posizionate in corrispondenza delle zone caratteristiche, dove previsto, il modello considera anche le opere a progetto; le sezioni sono divise nei tre tronchi della rete idraulica nel seguente modo:
 

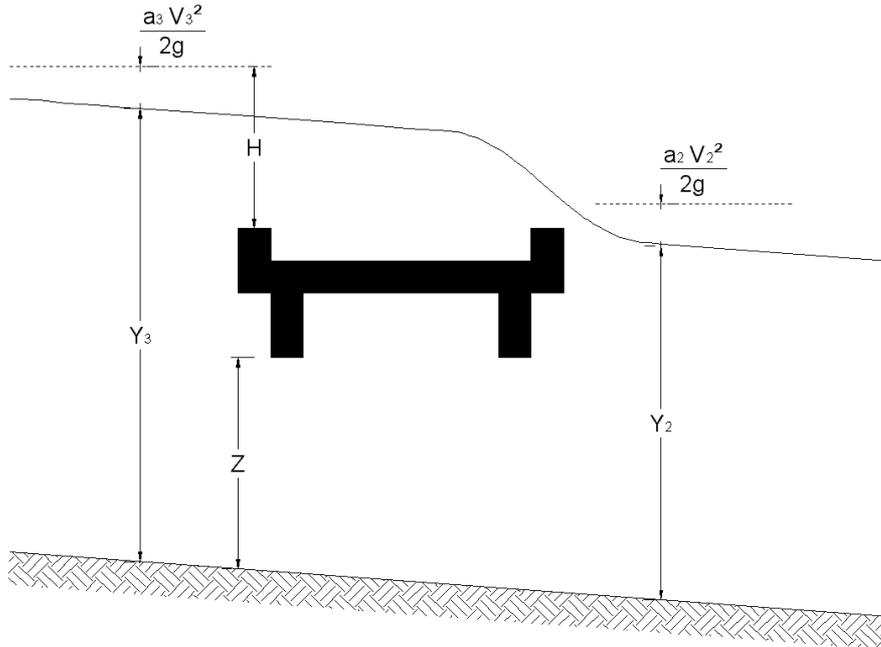
- fiume Adda a monte della confluenza	sezioni 1 ÷ 3
- fiume Adda a valle della confluenza	sezioni 4 ÷ 18
- fiume Serio	sezioni 19 ÷ 20

la scabrezza è definita con i coefficienti  $n = \frac{1}{k}$  di Manning; nelle sezioni si sono

assunti i seguenti valori

- |                   |       |
|-------------------|-------|
| - golena sinistra | 0,040 |
| - alveo inciso    | 0,025 |
| - golena destra   | 0,040 |

- c) definizione dei metodi di calcolo dei profili  
i fiumi Adda e Serio, come tutti i corsi d'acqua di pianura, presentano una tipologia di corrente generalmente lenta, tuttavia non si può escludere a priori che in alcuni punti singolari il moto idraulico sia di tipo veloce; così, al fine di analizzare in modo completo il deflusso dei fiumi, si è prescelto il profilo della corrente di tipo misto, "mixed";
- d) definizione del metodo di calcolo del flusso in corrispondenza dei ponti  
nell'area di estensione del modello idraulico è presente il ponte strallato della Strada Statale 591, Crema – Codogno, e per la verifica dell'opera d'arte si è utilizzato il metodo dell'energia;



- e) sezioni trasversali dei ponti  
la sezione trasversale del ponte è stata rilevate in sito;
- f) introduzione delle portate di calcolo e delle condizioni al contorno  
le portate di calcolo sono

Tronco	Q200 (m <sup>3</sup> /s)	Qmed (m <sup>3</sup> /s)	Qmagra (m <sup>3</sup> /s)
Adda a monte	1 740	95,32	24,56
Adda a valle	2 000	109,59	28,23
Serio	260	14,27	3,67

nella condizione di progetto, sullo sbarramento e nel tratto sotteso le portate sono limitate al rilascio previsto dalla regola operativa di esercizio della derivazione;

nelle sezioni di contorno, in mancanza di dati più precisi, si è considerata, come quota del pelo libero dell'acqua, l'altezza critica della rispettiva sezione.

## 1.4. Tabelle dei risultati numerici

### 1.4.1. Situazione di rilievo

#### Portata di massima piena duecentennale

Tabella standard 1, profilo di flusso Q200

River Sta	Profile	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude # Chl
Sezione 1	Q200	1740	47,72	52,58	50,80	53,14	0,000958	3,32	524,62	116,64	0,50
Sezione 2	Q200	1740	46,57	52,79	50,54	52,81	0,000070	1,08	3788,86	1577,63	0,14
Sezione 3	Q200	1740	45,99	52,36	49,53	52,68	0,000447	2,53	743,81	183,84	0,35
Sezione 4	Q200	2000	45,26	52,29	48,40	52,36	0,000157	1,26	2136,56	868,05	0,20
Sezione 5	Q200	2000	45,23	51,40	49,39	52,12	0,001132	3,75	533,08	111,57	0,55
Sezione 6	Q200	2000	45,21	51,37	48,60	51,72	0,000618	2,65	753,74	170,37	0,40
Ponte	Bridge										
Sezione 7	Q200	2000	45,17	51,37	48,55	51,68	0,000606	2,46	812,16	203,26	0,39
Sezione 7.1	Q200	2000	44,95	51,05	49,05	51,49	0,000769	2,97	712,95	214,08	0,45
Sezione 7.5	Q200	2000	44,91	50,72	48,93	51,41	0,001003	3,69	585,10	173,59	0,52
Sezione 8	Q200	2000	44,78	50,50	48,59	51,14	0,001382	3,54	565,74	151,47	0,58
Sezione 9	Q200	2000	44,25	50,46	48,08	50,74	0,000520	2,35	851,25	204,34	0,37
Sezione 10	Q200	2000	43,96	49,62	47,72	50,27	0,000985	3,57	559,59	114,27	0,52
Sezione 11	Q200	2000	43,35	49,93	45,61	49,99	0,000074	1,11	2144,02	696,56	0,15
Sezione 12	Q200	2000	43,00	49,22	47,19	49,85	0,000903	3,52	601,84	200,37	0,49
Sezione 13	Q200	2000	42,85	49,42	45,37	49,52	0,000117	1,35	1572,96	412,57	0,18
Sezione 14	Q200	2000	42,25	49,15	46,32	49,42	0,000379	2,46	1150,80	424,62	0,33
Sezione 14.5	Q200	2000	42,20	49,15	46,00	49,24	0,000156	1,60	2036,83	576,23	0,21
Sezione 15	Q200	2000	42,15	48,58	46,42	49,14	0,000723	3,44	700,57	202,82	0,45
Sezione 16	Q200	2000	41,69	48,17	45,97	48,83	0,000866	3,62	595,09	203,53	0,49
Sezione 17	Q200	2000	41,51	47,56	45,61	48,25	0,000952	3,71	575,81	144,77	0,51
Sezione 18	Q200	2000	40,47	44,80	44,80	46,39	0,004261	5,59	357,54	112,05	1,00
Sezione 19	Q200	260	46,52	52,42	47,64	52,43	0,000014	0,44	597,35	120,51	0,06
Sezione 20	Q200	260	45,49	52,41	47,35	52,42	0,000021	0,51	992,74	516,43	0,07

Tabella standard 2, profilo di flusso Q200

River Sta	Profile	E.G. Elev (m)	W.S. Elev (m)	Vel Head (m)	Frctn Loss (m)	C & E Loss (m)	Q Left (m <sup>3</sup> /s)	Q Channel (m <sup>3</sup> /s)	Q Right (m <sup>3</sup> /s)	Top Width (m)	Hydr Radius (m)
Sezione 1	Q200	53,14	52,58	0,56	0,17	0,16		1740,00		116,64	4,38
Sezione 2	Q200	52,81	52,79	0,02	0,10	0,03	1100,82	585,36	53,82	1577,63	2,39
Sezione 3	Q200	52,68	52,36	0,32	0,24	0,07	1,96	1689,65	48,39	183,84	3,97
Sezione 4	Q200	52,36	52,29	0,07	0,18	0,06		1665,35	334,65	868,05	2,44
Sezione 5	Q200	52,12	51,40	0,72	0,28	0,11		2000,00		111,57	4,65
Sezione 6	Q200	51,72	51,37	0,36	0,01	0,00		2000,00		170,37	4,36
Ponte		Bridge									
Sezione 7	Q200	51,68	51,37	0,31	0,18	0,01		2000,00		203,26	3,95
Sezione 7.1	Q200	51,49	51,05	0,44	0,06	0,02		1971,65	28,35	214,08	3,30
Sezione 7.5	Q200	51,41	50,72	0,68	0,26	0,01		1964,28	35,72	173,59	3,33
Sezione 8	Q200	51,14	50,50	0,64	0,29	0,11		2000,00		151,47	3,67
Sezione 9	Q200	50,74	50,46	0,28	0,44	0,04		2000,00		204,34	4,14
Sezione 10	Q200	50,27	49,62	0,65	0,10	0,18		2000,00		114,27	4,80
Sezione 11	Q200	49,99	49,93	0,06	0,08	0,06		1904,13	95,87	696,56	3,07
Sezione 12	Q200	49,85	49,22	0,63	0,17	0,16		1983,39	16,61	200,37	2,95
Sezione 13	Q200	49,52	49,42	0,09	0,08	0,02		1974,46	25,54	412,57	3,80
Sezione 14	Q200	49,42	49,15	0,26	0,13	0,05	67,72	1702,41	229,87	424,62	2,70
Sezione 14.5	Q200	49,24	49,15	0,09	0,05	0,05	826,57	1173,43		576,23	3,51
Sezione 15	Q200	49,14	48,58	0,56	0,31	0,01	134,42	1865,59		202,82	3,41
Sezione 16	Q200	48,83	48,17	0,66	0,57	0,00	20,97	1979,03		203,53	2,89
Sezione 17	Q200	48,25	47,56	0,69	1,77	0,09	36,79	1963,21		144,77	3,90
Sezione 18	Q200	46,39	44,80	1,59				2000,00		112,05	3,14
Sezione 19	Q200	52,43	52,42	0,01	0,01	0,00		260,00		120,51	4,88
Sezione 20	Q200	52,42	52,41	0,01	0,06	0,01		158,20	101,80	516,43	1,89

## Portata media annua

Tabella standard 1, profilo di flusso Qmed

River Sta	Profile	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude # Chl
Sezione 1	Qmed	95,32	47,72	48,61	48,18	48,67	0,000886	1,08	88,37	102,26	0,37
Sezione 2	Qmed	95,32	46,57	47,70	47,23	47,77	0,000919	1,18	80,67	83,66	0,38
Sezione 3	Qmed	95,32	45,99	47,12	46,59	47,18	0,000732	1,10	86,82	84,61	0,35
Sezione 4	Qmed	109,59	45,26	46,86	45,89	46,88	0,000163	0,62	177,10	131,52	0,17
Sezione 5	Qmed	109,59	45,23	46,68	45,90	46,73	0,000474	1,05	103,91	77,41	0,29
Sezione 6	Qmed	109,59	45,21	46,53	45,85	46,57	0,000424	0,89	122,90	108,76	0,27
Ponte	Bridge										
Sezione 7	Qmed	109,59	45,17	46,52	45,75	46,55	0,000351	0,85	129,30	107,33	0,25
Sezione 7.1	Qmed	109,59	44,95	46,12	45,89	46,34	0,002873	2,05	53,40	56,80	0,68
Sezione 7.5	Qmed	109,59	44,91	46,10	45,60	46,19	0,001047	1,34	81,52	76,82	0,42
Sezione 8	Qmed	109,59	44,78	45,85	45,46	45,94	0,001251	1,33	82,58	90,65	0,44
Sezione 9	Qmed	109,59	44,25	45,62	44,92	45,67	0,000451	0,95	115,38	97,28	0,28
Sezione 10	Qmed	109,59	43,96	44,68	44,67	44,93	0,006956	2,21	49,57	91,81	0,96
Sezione 11	Qmed	109,59	43,35	44,57	43,83	44,59	0,000164	0,49	221,44	233,09	0,16
Sezione 12	Qmed	109,59	43,00	44,31	43,86	44,41	0,001208	1,42	76,93	73,91	0,45
Sezione 13	Qmed	109,59	42,85	44,02	43,40	44,04	0,000282	0,64	172,49	187,30	0,21
Sezione 14	Qmed	109,59	42,25	43,86	42,98	43,91	0,000334	0,91	119,89	85,38	0,25
Sezione 14.5	Qmed	109,59	42,20	43,65	42,91	43,69	0,000454	0,97	113,43	93,74	0,28
Sezione 15	Qmed	109,59	42,15	43,53	42,90	43,60	0,000674	1,16	94,57	79,97	0,34
Sezione 16	Qmed	109,59	41,69	43,34	42,51	43,39	0,000418	1,01	108,72	79,16	0,27
Sezione 17	Qmed	109,59	41,51	43,04	42,35	43,10	0,000539	1,05	104,26	86,31	0,31
Sezione 18	Qmed	109,59	40,47	41,41	41,41	41,73	0,007078	2,52	43,52	67,16	1,00
Sezione 19	Qmed	14,27	46,52	47,00	46,78	47,01	0,000622	0,50	28,72	81,72	0,27
Sezione 20	Qmed	14,27	45,49	46,94	45,83	46,94	0,000040	0,29	48,65	38,65	0,08

Tabella standard 2, profilo di flusso Qmed

River Sta	Profile	E.G. Elev (m)	W.S. Elev (m)	Vel Head (m)	Frctn Loss (m)	C & E Loss (m)	Q Left (m <sup>3</sup> /s)	Q Channel (m <sup>3</sup> /s)	Q Right (m <sup>3</sup> /s)	Top Width (m)	Hydr Radius (m)
Sezione 1	Qmed	48,67	48,61	0,06	0,90	0,00		95,32		102,26	0,86
Sezione 2	Qmed	47,77	47,70	0,07	0,59	0,00		95,32		83,66	0,96
Sezione 3	Qmed	47,18	47,12	0,06	0,29	0,01		95,32		84,61	1,02
Sezione 4	Qmed	46,88	46,86	0,02	0,14	0,00		109,59		131,52	1,33
Sezione 5	Qmed	46,73	46,68	0,06	0,16	0,00		109,59		77,41	1,33
Sezione 6	Qmed	46,57	46,53	0,04	0,00	0,00		109,59		108,76	1,13
Ponte		Bridge									
Sezione 7	Qmed	46,55	46,52	0,04	0,20	0,02		109,59		107,33	1,20
Sezione 7.1	Qmed	46,34	46,12	0,21	0,11	0,04		109,59		56,80	0,94
Sezione 7.5	Qmed	46,19	46,10	0,09	0,25	0,00		109,59		76,82	1,06
Sezione 8	Qmed	45,94	45,85	0,09	0,25	0,01		109,59		90,65	0,91
Sezione 9	Qmed	45,67	45,62	0,05	0,72	0,02		109,59		97,28	1,18
Sezione 10	Qmed	44,93	44,68	0,25	0,27	0,07		109,59		91,81	0,54
Sezione 11	Qmed	44,59	44,57	0,01	0,16	0,01		109,59		233,09	0,95
Sezione 12	Qmed	44,41	44,31	0,10	0,35	0,02		109,59		73,91	1,04
Sezione 13	Qmed	44,04	44,02	0,02	0,13	0,00		109,59		187,30	0,92
Sezione 14	Qmed	43,91	43,86	0,04	0,21	0,00		109,59		85,38	1,40
Sezione 14.5	Qmed	43,69	43,65	0,05	0,09	0,00		109,59		93,74	1,21
Sezione 15	Qmed	43,60	43,53	0,07	0,20	0,00		109,59		79,97	1,18
Sezione 16	Qmed	43,39	43,34	0,05	0,30	0,00		109,59		79,16	1,37
Sezione 17	Qmed	43,10	43,04	0,06	1,34	0,03		109,59		86,31	1,20
Sezione 18	Qmed	41,73	41,41	0,32				109,59		67,16	0,65
Sezione 19	Qmed	47,01	47,00	0,01	0,06	0,00		14,27		81,72	0,35
Sezione 20	Qmed	46,94	46,94	0,00	0,07	0,00		14,27		38,65	1,24

## Portata di magra

Tabella standard 1, profilo di flusso Qmagra

River Sta	Profile	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch EI (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude # Chl
Sezione 1	Qmagra	24,56	47,72	48,07	47,91	48,10	0,001281	0,71	34,57	98,76	0,38
Sezione 2	Qmagra	24,56	46,57	47,19	46,91	47,21	0,000658	0,63	38,75	79,74	0,29
Sezione 3	Qmagra	24,56	45,99	46,41	46,27	46,45	0,001922	0,87	28,23	80,71	0,47
Sezione 4	Qmagra	28,23	45,26	46,10	45,60	46,11	0,000143	0,35	79,93	125,61	0,14
Sezione 5	Qmagra	28,23	45,23	45,98	45,53	46,00	0,000318	0,55	51,03	74,49	0,21
Sezione 6	Qmagra	28,23	45,21	45,84	45,55	45,85	0,000549	0,57	49,18	102,61	0,26
Ponte	Bridge										
Sezione 7	Qmagra	28,23	45,17	45,82	45,42	45,83	0,000335	0,50	56,54	100,26	0,21
Sezione 7.1	Qmagra	28,23	44,95	45,58	45,40	45,65	0,002256	1,17	24,07	49,55	0,54
Sezione 7.5	Qmagra	28,23	44,91	45,53	45,20	45,56	0,000682	0,71	39,69	70,57	0,30
Sezione 8	Qmagra	28,23	44,78	45,23	45,13	45,28	0,002813	1,01	28,00	85,45	0,56
Sezione 9	Qmagra	28,23	44,25	45,01	44,60	45,02	0,000307	0,50	56,51	93,73	0,21
Sezione 10	Qmagra	28,23	43,96	44,34	44,34	44,45	0,010102	1,50	18,84	82,82	1,00
Sezione 11	Qmagra	28,23	43,35	43,99	43,61	44,00	0,000164	0,31	92,30	200,41	0,14
Sezione 12	Qmagra	28,23	43,00	43,85	43,46	43,87	0,000510	0,65	43,48	71,26	0,27
Sezione 13	Qmagra	28,23	42,85	43,31	43,15	43,33	0,001375	0,63	45,03	163,85	0,38
Sezione 14	Qmagra	28,23	42,25	43,11	42,60	43,12	0,000254	0,50	56,56	81,58	0,19
Sezione 14.5	Qmagra	28,23	42,20	42,91	42,56	42,93	0,000502	0,60	46,99	85,54	0,26
Sezione 15	Qmagra	28,23	42,15	42,79	42,52	42,82	0,000979	0,78	36,31	74,15	0,35
Sezione 16	Qmagra	28,23	41,69	42,60	42,11	42,61	0,000311	0,55	51,40	74,74	0,21
Sezione 17	Qmagra	28,23	41,51	42,36	41,98	42,38	0,000453	0,60	47,28	80,41	0,25
Sezione 18	Qmagra	28,23	40,47	40,99	40,99	41,14	0,009424	1,68	16,77	58,75	1,01
Sezione 19	Qmagra	3,67	46,52	46,67	46,67	46,71	0,014281	0,85	4,32	57,54	0,99
Sezione 20	Qmagra	3,67	45,49	46,17	45,64	46,17	0,000045	0,18	19,96	35,34	0,08

Tabella standard 2, profilo di flusso Qmagra

River Sta	Profile	E.G. Elev (m)	W.S. Elev (m)	Vel Head (m)	Frctn Loss (m)	C & E Loss (m)	Q Left (m <sup>3</sup> /s)	Q Channel (m <sup>3</sup> /s)	Q Right (m <sup>3</sup> /s)	Top Width (m)	Hydr Radius (m)
Sezione 1	Qmagra	48,10	48,07	0,03	0,89	0,00		24,56		98,76	0,35
Sezione 2	Qmagra	47,21	47,19	0,02	0,76	0,00		24,56		79,74	0,49
Sezione 3	Qmagra	46,45	46,41	0,04	0,33	0,01		24,56		80,71	0,35
Sezione 4	Qmagra	46,11	46,10	0,01	0,11	0,00		28,23		125,61	0,63
Sezione 5	Qmagra	46,00	45,98	0,02	0,14	0,00		28,23		74,49	0,68
Sezione 6	Qmagra	45,85	45,84	0,02	0,01	0,00		28,23		102,61	0,48
Ponte	Bridge										
Sezione 7	Qmagra	45,83	45,82	0,01	0,18	0,01		28,23		100,26	0,56
Sezione 7.1	Qmagra	45,65	45,58	0,07	0,08	0,01		28,23		49,55	0,49
Sezione 7.5	Qmagra	45,56	45,53	0,03	0,27	0,00		28,23		70,57	0,56
Sezione 8	Qmagra	45,28	45,23	0,05	0,25	0,01		28,23		85,45	0,33
Sezione 9	Qmagra	45,02	45,01	0,01	0,56	0,01		28,23		93,73	0,60
Sezione 10	Qmagra	44,45	44,34	0,11	0,29	0,03		28,23		82,82	0,23
Sezione 11	Qmagra	44,00	43,99	0,00	0,12	0,00		28,23		200,41	0,46
Sezione 12	Qmagra	43,87	43,85	0,02	0,54	0,00		28,23		71,26	0,61
Sezione 13	Qmagra	43,33	43,31	0,02	0,21	0,00		28,23		163,85	0,27
Sezione 14	Qmagra	43,12	43,11	0,01	0,19	0,00		28,23		81,58	0,69
Sezione 14.5	Qmagra	42,93	42,91	0,02	0,11	0,00		28,23		85,54	0,55
Sezione 15	Qmagra	42,82	42,79	0,03	0,20	0,00		28,23		74,15	0,49
Sezione 16	Qmagra	42,61	42,60	0,02	0,23	0,00		28,23		74,74	0,69
Sezione 17	Qmagra	42,38	42,36	0,02	1,23	0,01		28,23		80,41	0,59
Sezione 18	Qmagra	41,14	40,99	0,14				28,23		58,75	0,29
Sezione 19	Qmagra	46,71	46,67	0,04	0,10	0,01		3,67		57,54	0,08
Sezione 20	Qmagra	46,17	46,17	0,00	0,06	0,00		3,67		35,34	0,56

## 1.4.2. Situazione di progetto

**Portata di massima piena duecentennale**

Tabella standard 1, profilo di flusso Q200

River Sta	Profile	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude # Chl
Sezione 1	Q200	1740	47,72	52,60	50,80	53,16	0,000946	3,30	526,82	116,72	0,50
Sezione 2	Q200	1740	46,57	52,80	50,48	52,82	0,000072	1,10	3812,61	1650,76	0,14
Sezione 3	Q200	1740	45,99	52,37	49,53	52,69	0,000443	2,53	746,17	183,93	0,35
Sezione 4	Q200	2000	45,26	52,31	48,40	52,37	0,000155	1,25	2149,95	868,12	0,20
Sezione 5	Q200	2000	45,23	51,42	49,39	52,13	0,001113	3,73	535,97	111,66	0,54
Sezione 6	Q200	2000	45,21	51,39	48,60	51,75	0,000615	2,64	758,22	172,42	0,40
Ponte		Bridge									
Sezione 7	Q200	2000	45,17	51,40	48,55	51,70	0,000598	2,45	817,58	204,63	0,39
Sezione 7.1	Q200	2000	44,08	51,31	48,00	51,57	0,000358	2,33	934,11	210,94	0,32
Sezione 7.4	Q200	2000	43,50	51,08	48,28	51,53	0,000599	3,01	746,15	177,31	0,39
Traversa		Inl Struct									
Sezione 7.5	Q200	2000	43,50	50,84	48,40	51,38	0,000882	3,30	651,62	174,00	0,44
Sezione 7.6	Q200	2000	45,00	50,77	48,47	51,36	0,000873	3,42	625,67	167,04	0,46
Sezione 7.7	Q200	2000	43,11	50,82	48,12	51,30	0,000653	3,10	685,65	154,18	0,41
Sezione 8	Q200	2000	44,78	50,50	48,59	51,14	0,001385	3,54	565,33	151,45	0,58
Sezione 9	Q200	2000	44,25	50,46	48,08	50,74	0,000521	2,35	850,64	204,31	0,37
Sezione 10	Q200	2000	43,96	49,61	47,72	50,26	0,000988	3,58	558,99	114,25	0,52
Sezione 11	Q200	2000	43,35	49,93	45,61	49,99	0,000075	1,11	2140,74	695,66	0,15
Sezione 12	Q200	2000	43,00	49,21	47,19	49,84	0,000907	3,53	600,41	199,96	0,49
Sezione 13	Q200	2000	42,85	49,42	45,37	49,51	0,000118	1,35	1570,22	411,95	0,18
Sezione 14	Q200	2000	42,25	49,14	46,32	49,41	0,000381	2,46	1147,28	423,87	0,33
Sezione 14.5	Q200	2000	42,20	49,15	45,89	49,23	0,000145	1,59	2059,68	632,38	0,21
Sezione 15	Q200	2000	42,15	48,58	46,42	49,14	0,000723	3,44	700,57	202,82	0,45
Sezione 16	Q200	2000	41,69	48,17	45,97	48,83	0,000866	3,62	595,09	203,53	0,49
Sezione 17	Q200	2000	41,51	47,56	45,61	48,25	0,000952	3,71	575,81	144,77	0,51
Sezione 18	Q200	2000	40,47	44,80	44,80	46,39	0,004261	5,59	357,54	112,05	1,00
Sezione 19	Q200	260	46,52	52,44	47,64	52,45	0,000014	0,43	598,88	120,58	0,06
Sezione 20	Q200	260	45,49	52,43	47,36	52,44	0,000020	0,49	1100,55	701,75	0,07

Tabella standard 2, profilo di flusso Q200

River Sta	Profile	E.G. Elev (m)	W.S. Elev (m)	Vel Head (m)	Frctn Loss (m)	C & E Loss (m)	Q Left (m <sup>3</sup> /s)	Q Channel (m <sup>3</sup> /s)	Q Right (m <sup>3</sup> /s)	Top Width (m)	Hydr Radius (m)
Sezione 1	Q200	53,16	52,60	0,56	0,18	0,16		1740,00		116,72	4,40
Sezione 2	Q200	52,82	52,80	0,03	0,10	0,03	1089,10	595,50	55,40	1650,76	2,30
Sezione 3	Q200	52,69	52,37	0,32	0,24	0,07	2,02	1689,13	48,85	183,93	3,98
Sezione 4	Q200	52,37	52,31	0,07	0,18	0,06		1662,35	337,65	868,12	2,45
Sezione 5	Q200	52,13	51,42	0,71	0,28	0,11		2000,00		111,66	4,68
Sezione 6	Q200	51,75	51,39	0,35	0,01	0,00		2000,00		172,42	4,34
Ponte		Bridge									
Sezione 7	Q200	51,70	51,40	0,30	0,12	0,01		2000,00		204,63	3,95
Sezione 7.1	Q200	51,57	51,31	0,27	0,03	0,02		1932,19	67,81	210,94	4,26
Sezione 7.4	Q200	51,53	51,08	0,44				1917,27	82,73	177,31	3,76
Traversa		Inl Struct									
Sezione 7.5	Q200	51,38	50,84	0,55	0,02	0,00		1965,83	34,18	174,00	3,20
Sezione 7.6	Q200	51,36	50,77	0,59	0,03	0,03		1969,84	30,16	167,04	3,37
Sezione 7.7	Q200	51,30	50,82	0,48	0,15	0,02		1968,30	31,71	154,18	3,99
Sezione 8	Q200	51,14	50,50	0,64	0,29	0,11		2000,00		151,45	3,66
Sezione 9	Q200	50,74	50,46	0,28	0,44	0,04		2000,00		204,31	4,13
Sezione 10	Q200	50,26	49,61	0,65	0,10	0,18		2000,00		114,25	4,80
Sezione 11	Q200	49,99	49,93	0,06	0,08	0,06		1904,55	95,45	695,66	3,07
Sezione 12	Q200	49,84	49,21	0,63	0,17	0,16		1983,76	16,24	199,96	2,95
Sezione 13	Q200	49,51	49,42	0,09	0,08	0,02		1974,71	25,29	411,95	3,80
Sezione 14	Q200	49,41	49,14	0,27	0,12	0,05	67,46	1703,78	228,76	423,87	2,70
Sezione 14.5	Q200	49,23	49,15	0,09	0,04	0,05	796,26	1203,74		632,38	3,56
Sezione 15	Q200	49,14	48,58	0,56	0,31	0,01	134,42	1865,59		202,82	3,41
Sezione 16	Q200	48,83	48,17	0,66	0,57	0,00	20,97	1979,03		203,53	2,89
Sezione 17	Q200	48,25	47,56	0,69	1,77	0,09	36,79	1963,21		144,77	3,90
Sezione 18	Q200	46,39	44,80	1,59				2000,00		112,05	3,14
Sezione 19	Q200	52,45	52,44	0,01	0,01	0,00		260,00		120,58	4,89
Sezione 20	Q200	52,44	52,43	0,01	0,05	0,01	7,39	152,93	99,67	701,75	1,55

## Portata media annua

Tabella standard 1, profilo di flusso Qmed

River Sta	Profile	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude # Chl
Sezione 1	Qmed	95,32	47,72	48,57	48,18	48,64	0,001026	1,13	84,49	102,01	0,40
Sezione 2	Qmed	95,32	46,57	48,02	47,23	48,06	0,000362	0,88	108,02	86,12	0,25
Sezione 3	Qmed	95,32	45,99	47,90	46,59	47,91	0,000122	0,61	155,17	94,14	0,15
Sezione 4	Qmed	109,59	45,26	47,86	45,89	47,86	0,000027	0,35	314,61	144,48	0,08
Sezione 5	Qmed	109,59	45,23	47,82	45,90	47,84	0,000064	0,56	196,30	83,96	0,12
Sezione 6	Qmed	109,59	45,21	47,81	45,85	47,82	0,000035	0,40	274,90	125,39	0,09
Ponte	Bridge										
Sezione 7	Qmed	109,59	45,17	47,81	45,75	47,82	0,000033	0,39	283,70	130,77	0,08
Sezione 7.1	Qmed	109,59	44,08	47,81	45,38	47,81	0,000016	0,32	346,75	192,57	0,06
Sezione 7.4	Qmed	26,41	43,50	47,81	44,39	47,81	0,000001	0,09	297,84	100,65	0,02
Traversa	Inl Struct										
Sezione 7.5	Qmed	26,41	43,50	45,31	44,39	45,42	0,000914	1,46	18,08	10,00	0,35
Sezione 7.6	Qmed	26,41	45,00	45,34	45,19	45,37	0,001721	0,80	33,18	98,63	0,44
Sezione 7.7	Qmed	26,41	43,11	45,34	43,89	45,35	0,000191	0,41	65,09	99,61	0,16
Sezione 8	Qmed	26,41	44,78	45,21	45,11	45,26	0,003033	1,01	26,27	85,16	0,58
Sezione 9	Qmed	26,41	44,25	44,99	44,58	45,00	0,000303	0,49	54,42	93,41	0,20
Sezione 10	Qmed	26,41	43,96	44,33	44,33	44,44	0,009996	1,46	18,07	81,78	0,99
Sezione 11	Qmed	26,41	43,35	43,98	43,60	43,98	0,000158	0,29	89,53	199,07	0,14
Sezione 12	Qmed	26,41	43,00	43,85	43,44	43,86	0,000455	0,61	43,23	71,24	0,25
Sezione 13	Qmed	26,41	42,85	43,79	43,14	43,79	0,000041	0,20	130,35	184,90	0,08
Sezione 14	Qmed	26,41	42,25	43,78	42,59	43,78	0,000024	0,23	112,50	84,94	0,07
Sezione 14.5	Qmed	109,59	42,20	43,65	42,89	43,69	0,000411	0,93	118,00	155,29	0,27
Sezione 15	Qmed	109,59	42,15	43,53	42,90	43,60	0,000674	1,16	94,57	79,97	0,34
Sezione 16	Qmed	109,59	41,69	43,34	42,51	43,39	0,000418	1,01	108,72	79,16	0,27
Sezione 17	Qmed	109,59	41,51	43,04	42,35	43,10	0,000539	1,05	104,26	86,31	0,31
Sezione 18	Qmed	109,59	40,47	41,41	41,41	41,73	0,007078	2,52	43,52	67,16	1,00
Sezione 19	Qmed	14,27	46,52	47,88	46,78	47,88	0,000009	0,13	108,18	94,48	0,04
Sezione 20	Qmed	14,27	45,49	47,87	45,83	47,87	0,000007	0,17	86,20	41,80	0,04

Tabella standard 2, profilo di flusso Qmed

River Sta	Profile	E.G. Elev (m)	W.S. Elev (m)	Vel Head (m)	Frctn Loss (m)	C & E Loss (m)	Q Left (m <sup>3</sup> /s)	Q Channel (m <sup>3</sup> /s)	Q Right (m <sup>3</sup> /s)	Top Width (m)	Hydr Radius (m)
Sezione 1	Qmed	48,64	48,57	0,06	0,57	0,01		95,32		102,01	0,83
Sezione 2	Qmed	48,06	48,02	0,04	0,14	0,01		95,32		86,12	1,25
Sezione 3	Qmed	47,91	47,90	0,02	0,05	0,00		95,32		94,14	1,64
Sezione 4	Qmed	47,86	47,86	0,01	0,02	0,00		109,59		144,48	2,14
Sezione 5	Qmed	47,84	47,82	0,02	0,02	0,00		109,59		83,96	2,31
Sezione 6	Qmed	47,82	47,81	0,01	0,00	0,00		109,59		125,39	2,18
Ponte		Bridge									
Sezione 7	Qmed	47,82	47,81	0,01	0,01	0,00		109,59		130,77	2,16
Sezione 7.1	Qmed	47,81	47,81	0,01	0,00	0,00		109,59		192,57	2,74
Sezione 7.4	Qmed	47,81	47,81	0,00				26,41		100,65	2,73
Traversa		Inl Struct									
Sezione 7.5	Qmed	45,42	45,31	0,11	0,02	0,02		26,41		10,00	1,33
Sezione 7.6	Qmed	45,37	45,34	0,03	0,02	0,01		26,41		98,63	0,33
Sezione 7.7	Qmed	45,35	45,34	0,01	0,08	0,00		26,41		99,61	0,63
Sezione 8	Qmed	45,26	45,21	0,05	0,25	0,01		26,41		85,16	0,31
Sezione 9	Qmed	45,00	44,99	0,01	0,55	0,01		26,41		93,41	0,58
Sezione 10	Qmed	44,44	44,33	0,11	0,28	0,03		26,41		81,78	0,22
Sezione 11	Qmed	43,98	43,98	0,00	0,12	0,00		26,41		199,07	0,45
Sezione 12	Qmed	43,86	43,85	0,02	0,07	0,01		26,41		71,24	0,61
Sezione 13	Qmed	43,79	43,79	0,00	0,01	0,00		26,41		184,90	0,70
Sezione 14	Qmed	43,78	43,78	0,00	0,09	0,00		26,41		84,94	1,32
Sezione 14.5	Qmed	43,69	43,65	0,04	0,08	0,00		109,59		155,29	1,22
Sezione 15	Qmed	43,60	43,53	0,07	0,20	0,00		109,59		79,97	1,18
Sezione 16	Qmed	43,39	43,34	0,05	0,30	0,00		109,59		79,16	1,37
Sezione 17	Qmed	43,10	43,04	0,06	1,34	0,03		109,59		86,31	1,20
Sezione 18	Qmed	41,73	41,41	0,32				109,59		67,16	0,65
Sezione 19	Qmed	47,88	47,88	0,00	0,00	0,00		14,27		94,48	1,14
Sezione 20	Qmed	47,87	47,87	0,00	0,01	0,00		14,27		41,80	2,01

## Portata di magra

Tabella standard 1, profilo di flusso Qmagra

River Sta	Profile	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude # Chl
Sezione 1	Qmagra	24,56	47,72	47,91	47,91	48,00	0,010706	1,35	18,20	97,67	1,00
Sezione 2	Qmagra	24,56	46,57	47,82	46,91	47,83	0,000041	0,27	91,00	84,60	0,08
Sezione 3	Qmagra	24,56	45,99	47,81	46,27	47,81	0,000009	0,17	147,39	92,56	0,04
Sezione 4	Qmagra	28,23	45,26	47,81	45,60	47,81	0,000002	0,09	307,94	143,84	0,02
Sezione 5	Qmagra	28,23	45,23	47,81	45,53	47,81	0,000004	0,14	194,95	83,87	0,03
Sezione 6	Qmagra	28,23	45,21	47,81	45,55	47,81	0,000002	0,10	274,12	125,37	0,02
Ponte	Bridge										
Sezione 7	Qmagra	28,23	45,17	47,81	45,42	47,81	0,000002	0,10	283,03	130,73	0,02
Sezione 7.1	Qmagra	28,23	44,08	47,81	45,11	47,81	0,000001	0,08	346,58	192,57	0,02
Sezione 7.4	Qmagra	28,23	43,50	47,81	44,43	47,81	0,000001	0,09	297,40	100,65	0,02
Traversa	Inl Struct										
Sezione 7.5	Qmagra	28,23	43,50	45,32	44,43	45,44	0,001024	1,55	18,20	10,00	0,37
Sezione 7.6	Qmagra	28,23	45,00	45,36	45,20	45,39	0,001609	0,80	35,25	98,63	0,43
Sezione 7.7	Qmagra	28,23	43,11	45,36	43,93	45,37	0,000197	0,42	67,15	99,68	0,16
Sezione 8	Qmagra	28,23	44,78	45,23	45,13	45,28	0,002813	1,01	28,00	85,45	0,56
Sezione 9	Qmagra	28,23	44,25	45,01	44,60	45,02	0,000307	0,50	56,51	93,73	0,21
Sezione 10	Qmagra	28,23	43,96	44,34	44,34	44,45	0,010102	1,50	18,84	82,82	1,00
Sezione 11	Qmagra	28,23	43,35	43,99	43,61	44,00	0,000164	0,31	92,35	200,44	0,14
Sezione 12	Qmagra	28,23	43,00	43,85	43,46	43,87	0,000509	0,65	43,52	71,27	0,26
Sezione 13	Qmagra	28,23	42,85	43,31	43,15	43,33	0,001396	0,63	44,80	163,61	0,38
Sezione 14	Qmagra	28,23	42,25	43,10	42,60	43,11	0,000264	0,51	55,88	81,54	0,19
Sezione 14.5	Qmagra	28,23	42,20	42,90	42,56	42,92	0,000460	0,58	48,56	151,64	0,25
Sezione 15	Qmagra	28,23	42,15	42,79	42,52	42,82	0,000979	0,78	36,31	74,15	0,35
Sezione 16	Qmagra	28,23	41,69	42,60	42,11	42,61	0,000311	0,55	51,40	74,74	0,21
Sezione 17	Qmagra	28,23	41,51	42,36	41,98	42,38	0,000453	0,60	47,28	80,41	0,25
Sezione 18	Qmagra	28,23	40,47	40,99	40,99	41,14	0,009424	1,68	16,77	58,75	1,01
Sezione 19	Qmagra	3,67	46,52	47,81	46,67	47,81	0,000001	0,04	101,91	93,97	0,01
Sezione 20	Qmagra	3,67	45,49	47,81	45,64	47,81	0,000000	0,04	83,63	41,61	0,01

Tabella standard 2, profilo di flusso Qmagra

River Sta	Profile	E.G. Elev (m)	W.S. Elev (m)	Vel Head (m)	Frctn Loss (m)	C & E Loss (m)	Q Left (m <sup>3</sup> /s)	Q Channel (m <sup>3</sup> /s)	Q Right (m <sup>3</sup> /s)	Top Width (m)	Hydr Radius (m)
Sezione 1	Qmagra	48,00	47,91	0,09				24,56		97,67	0,19
Sezione 2	Qmagra	47,83	47,82	0,00	0,01	0,00		24,56		84,60	1,07
Sezione 3	Qmagra	47,81	47,81	0,00	0,00	0,00		24,56		92,56	1,58
Sezione 4	Qmagra	47,81	47,81	0,00	0,00	0,00		28,23		143,84	2,11
Sezione 5	Qmagra	47,81	47,81	0,00	0,00	0,00		28,23		83,87	2,29
Sezione 6	Qmagra	47,81	47,81	0,00	0,00	0,00		28,23		125,37	2,17
Ponte		Bridge									
Sezione 7	Qmagra	47,81	47,81	0,00	0,00	0,00		28,23		130,73	2,15
Sezione 7.1	Qmagra	47,81	47,81	0,00	0,00	0,00		28,23		192,57	2,73
Sezione 7.4	Qmagra	47,81	47,81	0,00				28,23		100,65	2,72
Traversa		Inl Struct									
Sezione 7.5	Qmagra	45,44	45,32	0,12	0,02	0,03		28,23		10,00	1,33
Sezione 7.6	Qmagra	45,39	45,36	0,03	0,02	0,01		28,23		98,63	0,35
Sezione 7.7	Qmagra	45,37	45,36	0,01	0,08	0,00		28,23		99,68	0,65
Sezione 8	Qmagra	45,28	45,23	0,05	0,25	0,01		28,23		85,45	0,33
Sezione 9	Qmagra	45,02	45,01	0,01	0,56	0,01		28,23		93,73	0,60
Sezione 10	Qmagra	44,45	44,34	0,11	0,29	0,03		28,23		82,82	0,23
Sezione 11	Qmagra	44,00	43,99	0,00	0,12	0,00		28,23		200,44	0,46
Sezione 12	Qmagra	43,87	43,85	0,02	0,54	0,00		28,23		71,27	0,61
Sezione 13	Qmagra	43,33	43,31	0,02	0,22	0,00		28,23		163,61	0,27
Sezione 14	Qmagra	43,11	43,10	0,01	0,19	0,00		28,23		81,54	0,68
Sezione 14.5	Qmagra	42,92	42,90	0,02	0,10	0,00		28,23		151,64	0,56
Sezione 15	Qmagra	42,82	42,79	0,03	0,20	0,00		28,23		74,15	0,49
Sezione 16	Qmagra	42,61	42,60	0,02	0,23	0,00		28,23		74,74	0,69
Sezione 17	Qmagra	42,38	42,36	0,02	1,23	0,01		28,23		80,41	0,59
Sezione 18	Qmagra	41,14	40,99	0,14				28,23		58,75	0,29
Sezione 19	Qmagra	47,81	47,81	0,00	0,00	0,00		3,67		93,97	1,08
Sezione 20	Qmagra	47,81	47,81	0,00	0,00	0,00		3,67		41,61	1,96

## 1.5.      **Analisi dei risultati**

L'analisi del comportamento idraulico dei fiumi Adda e Serio nei pressi dell'impianto idroelettrico in progetto inizia dallo stato di rilievo e prosegue successivamente con la descrizione della situazione di progetto esaminandone le differenze. Dall'analisi sono escluse sia la prima sezione a monte di ciascun corso d'acqua, sia l'ultima a valle del fiume Adda, poichè il regime idraulico, in esse, è stato ipotizzato a priori e pertanto è affetto da incertezza.

### **Portata di massima piena duecentennale**

Il moto idraulico dei fiumi nella condizione di rilievo è subcritico in tutte le sezioni esaminate. Sia per il fiume Adda sia per il fiume Serio, nei tratti analizzati, i limiti di esondazione determinati sono contenuti all'interno della fascia fluviale A, che rappresenta il flusso principale degli eventi di piena.

A monte della confluenza il fiume Adda accelera da 1,08 m/s a 2,53 m/s ed il numero di Froude aumenta da 0,14 a 0,35. Nella sezione 2 la portata esonda sia in sinistra sia in destra orografica, invece in quella successiva il flusso di piena è limitato dagli argini più prossimi all'alveo inciso.

Nel fiume Serio la corrente è più lenta, infatti essa procede a 0,51 m/s con parametro di Froude pari a 0,07. In questo caso, il limite sinistro di esondazione coincide con la strada alzaia prossima all'alveo inciso, invece quello destro corrisponde alla strada che rappresenta il bordo della fascia fluviale A.

Nella sezione di confluenza il flusso ha velocità intermedia a quella degli immissari, 1,26 m/s, ed il valore adimensionale di Froude è di 0,20.

Tra la confluenza e la sezione 13 i limiti di esondazione corrispondono propriamente con i contorni della fascia fluviale A. Il limite sinistro è la strada – argine che si sviluppa lungo la sponda dell'alveo inciso. In destra, invece, il limite della corrente di piena è rappresentato dalla strada alzaia prossima all'alveo inciso tra le sezioni 4 e 7 e dal rilevato della dismessa Strada Statale 591 Crema – Codogno tra le sezioni 7.1 e 13, in questo caso con alcune eccezioni. Nel tratto in questione la portata di piena procede con velocità che variano da 1,11 m/s, nella sezione 11, a 3,75 m/s, nella sezione 5.

Mentre nella sezione 14 si ha una contrazione della superficie libera, in quella successiva l'area di esondazione torna nuovamente a coincidere con la fascia fluviale A. Ciò implica che nella sezione 14.5 il flusso di piena coinvolge anche il piccolo bacino artificiale che si è formato per la coltivazione della cava di materiale inerte da costruzione. In queste due sezioni la velocità diminuisce da 2,46 m/s ad 1,60 m/s ed il numero di Froude da 0,33 a 0,21. A valle, la sponda destra dell'alveo inciso è sufficiente a contenere la portata di piena, invece in sinistra la corrente si espande nei terreni più prossimi all'alveo. In queste sezioni la corrente accelera gradualmente da 3,44 m/s a 3,71 m/s ed il parametro di Froude cresce da 0,45 a 0,51.

Nella situazione di progetto, le aree esondabili differiscono in modo apprezzabile da quelle della situazione esistente solamente nelle sezioni del fiume Adda e del fiume Serio che precedono la confluenza (sezione 2 e sezione 20).

Nella sezione 2 il limite destro è praticamente coincidente, mentre quello sinistro si espande fino all'arginello successivo di delimitazione dei campi.

Nella sezione 20 la corrente si espande in sinistra orografica rispetto alla situazione esistente. In questo caso il limite dell'esondazione si avvicina al bordo della fascia fluviale A, ma non lo raggiunge.

Quanto indicato è il risultato del codice di calcolo monodimensionale Hec Ras. Pertanto è indicativo solamente del moto idraulico nella singola sezione, senza considerare i flussi di rientro in alveo delle esondazioni a monte. Infatti, se si procede ad un inviluppo delle aree esondabili, i cambiamenti prodotti dalle opere in progetto diventano trascurabili. Tant'è che il limite di esondazione, anche nella situazione di progetto, è sempre ricompreso all'interno della fascia fluviale B.

Inoltre le differenze di altezza idrometrica sono rispettivamente di 1 cm e 2 cm, pertanto l'espansione dei limiti di esondazione è principalmente una questione di approssimazione di calcolo del programma.

Dal punto di vista del moto idraulico, nella situazione di progetto i cambiamenti sensibili sono limitati al solo tratto a monte dello sbarramento. Infatti, il regime idraulico lento rende la corrente immune dalle differenze introdotte a monte, poiché dipendente esclusivamente dal comportamento idraulico di valle.

Anche nella sezione della restituzione, i cambiamenti introdotti nella geometria dei luoghi non sono sufficienti a produrre differenze avvertibili nel moto idraulico.

A valle dello sbarramento fluviale le uniche differenze calcolate sono dello stesso ordine di grandezza dell'approssimazione del programma e come tali ingegneristicamente insignificanti.

A monte del ponte strallato della Strada Statale le differenze nell'altezza piezometrica sono limitate a soli 0,02 m e quelle della velocità a 0,02 m/s. Pertanto si ritiene che esse siano riconducibili principalmente all'approssimazione del programma e non siano significative dal punto di vista idraulico.

Anche nella sezione immediatamente a valle del ponte il moto idraulico è praticamente riconducibile a quello della situazione esistente: il livello piezometrico aumenta di soli 0,03 m, mentre la velocità diminuisce di 0,01 m/s.

In corrispondenza del canale di adduzione i cambiamenti nel moto idraulico si amplificano, così l'elevazione del carico idraulico piezometrico diventa di 0,33 m e la diminuzione della velocità nell'alveo principale di 0,80 m/s. Tuttavia, come indicato in precedenza ciò non comporta cambiamenti apprezzabili nei limiti di esondazione.

La situazione si ripete anche nella sezione di sbarramento, in cui la differenza di altezza idrometrica è nuovamente di 0,26 m e quella della velocità si riduce di 0,64 m/s.

Sulla platea la corrente si normalizza rapidamente e lascia la struttura con caratteristiche idrauliche prossime a quelle dello stato di rilievo.

**Portata media annua**

Il moto idraulico dei fiumi Adda e Serio è subcritico in tutti i tratti analizzati.

A monte della confluenza, nel fiume Serio la corrente procede a 0,29 m/s ed il numero di Froude è pari a 0,08.

Per quanto riguarda il fiume Adda, invece, il flusso è più rapido ed in particolare decelera da 1,18 m/s ad 1,10 m/s ed il parametro di Froude diminuisce da 0,38 a 0,35.

Tra la sezione di confluenza ed il ponte della S.S. 591, il deflusso presenta caratteristiche intermedie a quelle dei singoli immissari, così la velocità è compresa tra 0,62 m/s ed 1,05 m/s ed il valore adimensionale di Froude tra 0,17 e 0,29. Per entrambe le grandezze idrauliche il valore minimo è calcolato nella sezione di confluenza e quello massimo in quella intermedia.

Tra l'opera d'arte e la sezione in cui è prevista la presa in progetto, la corrente accelera da 0,85 m/s a 2,05 m/s ed il numero di Froude aumenta da 0,25 a 0,68.

Successivamente il deflusso rallenta fino a 0,95 m/s, nella sezione 9. Anche il parametro di Froude diminuisce fino a 0,28, ma la progressione non è rispettata appieno.

Nella sezione 10 la velocità aumenta a 2,21 m/s per diminuire repentinamente a 0,49 m/s in quella successiva. In queste due sezioni il valore adimensionale di Froude percorre lo stesso andamento di crescita a 0,96 e decremento a 0,16.

Nelle sezioni 12 e 13 l'andamento è il medesimo: la corrente accelera ad 1,42 m/s per rallentare nuovamente a 0,64 m/s ed il numero di Froude aumenta dapprima a 0,45 per diminuire successivamente a 0,21.

Segue un tratto di accelerazione fino alla sezione 15 in cui la velocità raggiunge 1,16 m/s ed il parametro di Froude cresce gradualmente fino a 0,34.

Tra le sezioni 15 e 17 la portata rallenta ad 1,01 m/s e successivamente accelera ad 1,05 m/s. In questo tratto il valore adimensionale di Froude segue lo stesso andamento diminuendo a 0,27 per crescere a 0,31.

Nella situazione progettuale, le differenze sono rilevate esclusivamente a monte dello sbarramento. Infatti a valle, dove presenti, sono dello stesso valore dell'approssimazione del programma e quindi insignificanti. Ciò è dovuto alla natura subcritica della corrente, che rende il moto idraulico indipendente da quanto accade a monte poiché influenzato esclusivamente dal deflusso a valle.

Anche sulla platea le differenze calcolate sono minime, perché la portata è rallentata dalla corrente lenta presente nel fiume.

A monte dello sbarramento la portata è mantenuta artificialmente alla quota di 47,81 m s.l.m.. Questo si ripercuote su tutte le sezioni analizzate a monte, così nella sezione 2 del fiume Adda il livello piezometrico è pari a 48,02 m s.l.m. e nella sezione 20 del fiume Serio è 47,87 m s.l.m..

La formazione del piccolo bacino artificiale a monte dello sbarramento comporta anche la riduzione della velocità media della corrente. Nel fiume Adda a monte della confluenza la portata procede con velocità decrescente da 0,88 m/s a 0,61 m/s, invece nel fiume Serio la velocità del flusso è ridotta a 0,17 m/s. Tra la confluenza dei due immissari e lo sbarramento la corrente procede con velocità comprese tra 0,32 m/s e 0,56 m/s, valori calcolati rispettivamente nelle sezioni 7.1 e 5.

**Portata di magra**

I due rami immissari nella confluenza sono entrambi caratterizzati da moto idraulico lento. Nel fiume Adda il numero di Froude aumenta da 0,29 a 0,47 e nel fiume Serio è pari a 0,99. Anche la velocità aumenta nel fiume Adda, in particolare da 0,63 m/s a 0,87 m/s e nel fiume affluente è pari a 0,85 m/s.

Tra la confluenza ed il ponte della Strada Statale Crema – Codogno il regime idraulico si mantiene subcritico. Il parametro di Froude aumenta da 0,14 a 0,26 e la corrente accelera progressivamente da 0,35 m/s a 0,57 m/s.

Tra il ponte e la sezione 9 la corrente conserva la lentezza del moto idraulico. In questo tratto il moto idraulico presenta parametri minimi negli estremi, rappresentati dalle sezioni 7 e 9, con la velocità pari a 0,50 m/s e valore adimensionale di Froude a 0,21. Nelle sezioni intermedie i rispettivi valori sono maggiori ed i massimi sono di 1,17 m/s nella sezione 7.1 per la velocità e 0,56 nella sezione 8 per il numero di Froude.

Nella sezione 10 la corrente è apprezzabilmente più rapida: essa raggiunge lo stato critico e la velocità cresce ad 1,50 m/s.

A valle il flusso riprende la natura subcritica, che mantiene fino al termine del modello idraulico. In questo tratto il parametro di Froude varia tra un minimo di 0,14 nella sezione 11 ed un massimo di 0,38 nella sezione 13. Anche la velocità minima del tratto in questione è calcolata nella sezione 11 ed è pari a 0,31 m/s, invece il valore massimo è definito nella sezione 15 e corrisponde a 0,78 m/s.

Nella situazione di progetto, a monte della traversa fluviale si forma un piccolo bacino artificiale con quota d'invaso pari a 47,81 m s.l.m.. Con tale impostazione, il livello idrometrico nelle sezioni a monte dello sbarramento è compreso tra tale quota e 47,82 m s.l.m., pertanto è praticamente orizzontale. Ciò è testimoniato anche dalla riduzione diffusa della velocità del flusso, che è compresa tra 0,04 m/s e 0,27 m/s, valori calcolati rispettivamente nei rami confluenti del fiume Serio e del fiume Adda.

Sulla platea la corrente torna rapidamente allo stato esistente, infatti il flusso abbandona la struttura con le stesse caratteristiche determinate per la situazione esistente.

A valle il flusso idraulico non risente della presenza delle opere progettuali, infatti, la natura lenta della corrente rende il deflusso indipendente dalla situazione di monte. A valle della platea, le uniche differenze calcolate sono dello stesso ordine di grandezza dell'approssimazione del programma, pertanto insignificanti.

## **2. PLANIMETRIA DELLE AREE ESONDABILI**

L'elaborato progettuale 7 "Individuazione planimetrica delle sezioni di verifica idraulica e delle aree di esondazione" riporta la planimetria di progetto con l'indicazione delle aree di esondazione diretta individuate in base ai risultati delle verifiche idrauliche.

I limiti delle aree esondabili non tengono conto dei flussi di rientro delle portate esondate a monte, infatti il programma di calcolo è di tipo monodimensionale ed il flusso è trattato in modo singolare per ciascuna sezione.

Il limite di esondazione tra due sezioni contigue è rappresentato attraverso un segmento lineare. Pertanto i limiti di espansione della corrente sono significativi solamente nelle singole sezioni. Infatti in alcuni casi l'interpolazione lineare tra le sezioni attraversa gli argini delle fasce fluviali e le sponde dell'alveo inciso.

Le aree esondabili indicate comprendono sia la situazione di rilievo sia quella di progetto.

Le uniche differenze apprezzabili nei limiti di esondazione diretta dei fiumi Adda e Serio sono percepite nelle sezioni 2 e 20, entrambe a monte della confluenza dei due corsi d'acqua.

Nella sezione 2 del fiume Adda la differenza idrometrica è solamente di 1 cm, mentre nella sezione 20 del fiume Serio l'aumento piezometrico è limitato a 2 cm.

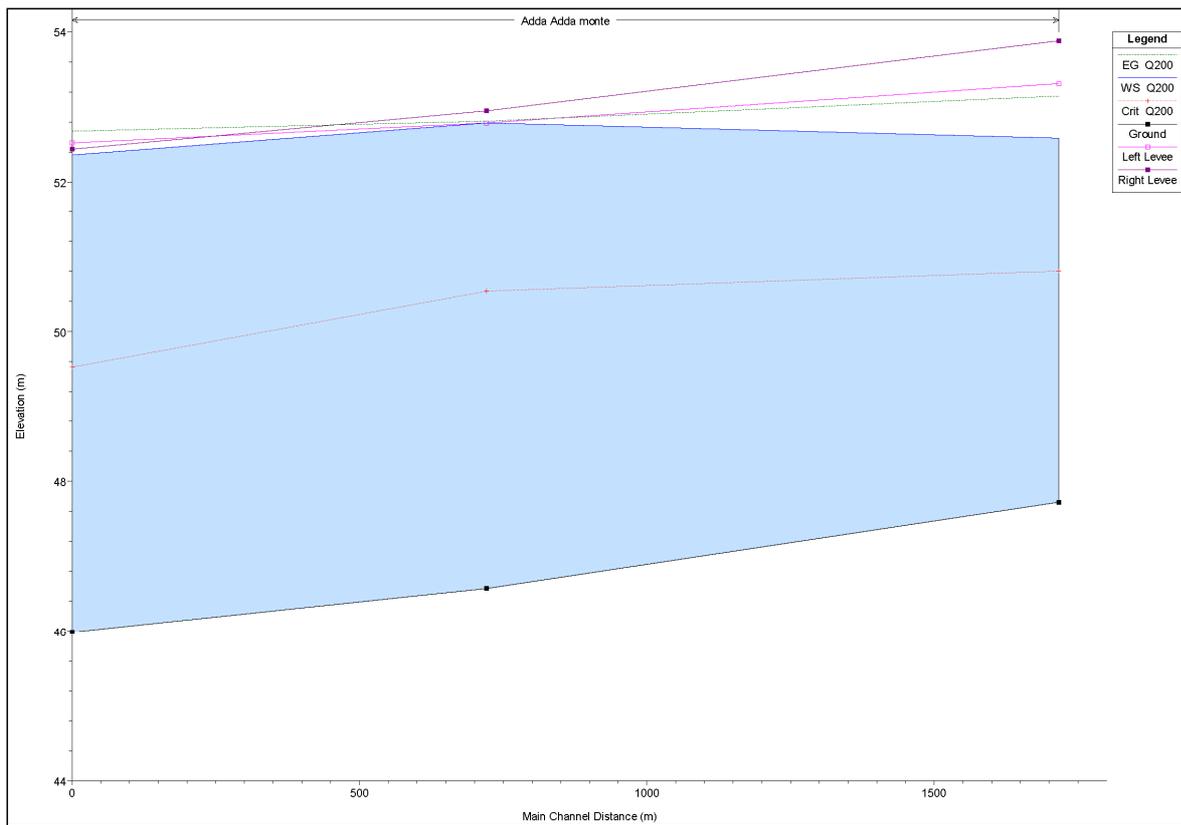
E' pertanto evidente come l'espansione della fascia di esondazione diretta, ancorchè percepibile, sia semplicemente dovuta ad una condizione idrometrica prossima alla quota di sommità di un arginello interno all'area golenale. In entrambi i casi la portata di piena è contenuta nella fascia fluviale B e probabilmente i limiti di esondazione diretta sono involuppati nell'area complessiva comprendente i flussi di rientro e quelli inattivi provenienti dalle sezioni idrauliche a monte.

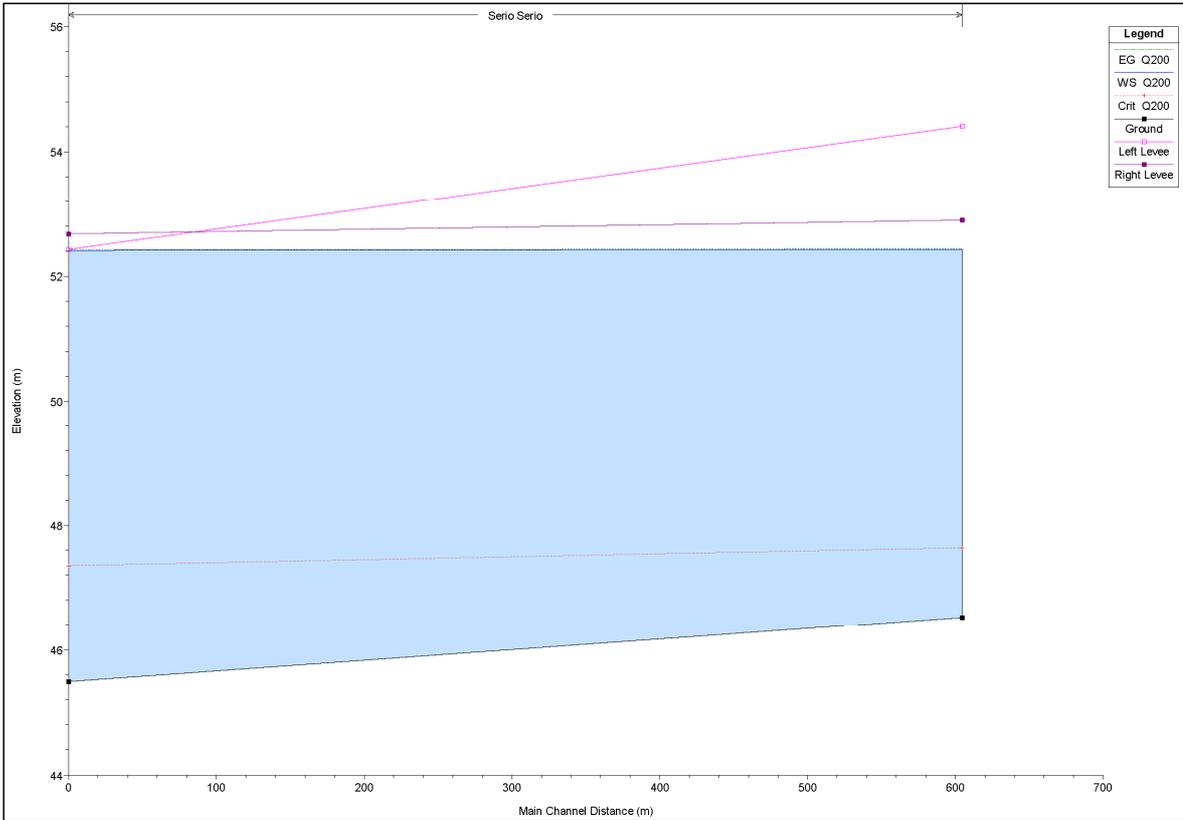
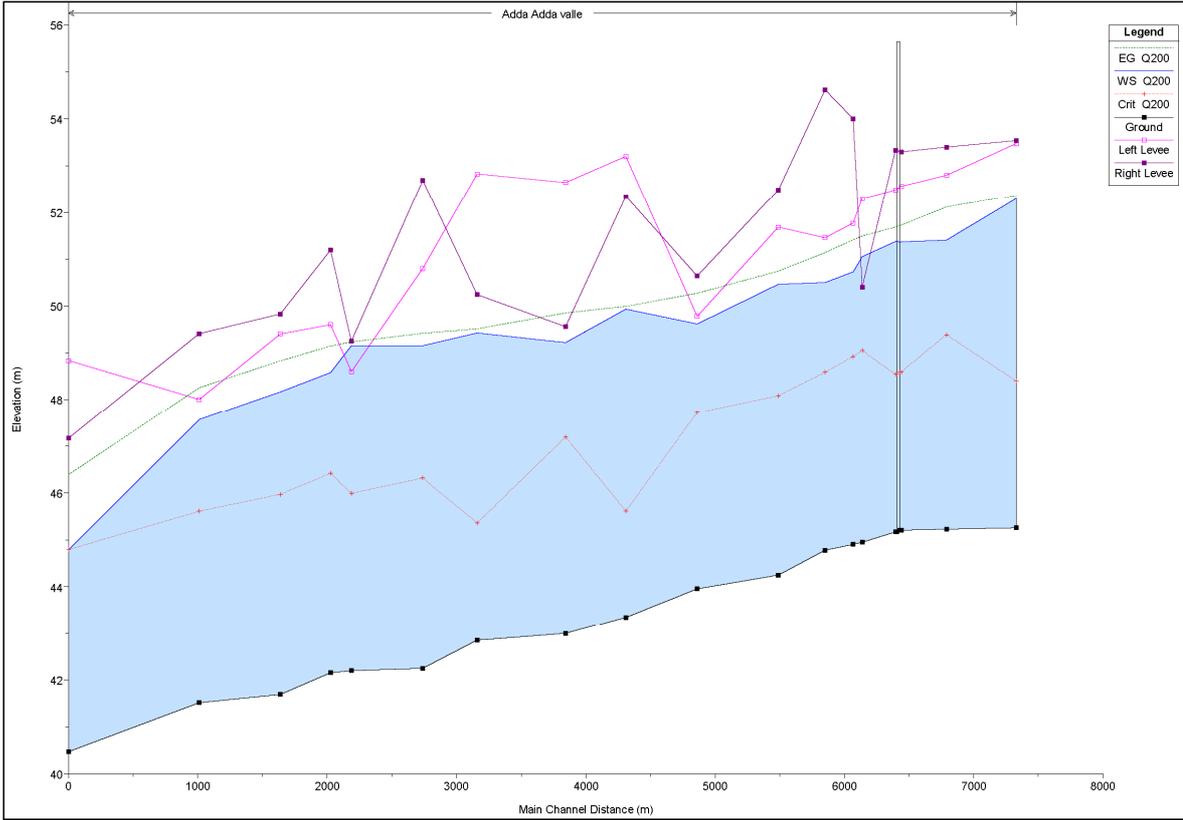
### 3. SEZIONI LONGITUDINALI E TRASVERSALI

#### 3.1. Situazione di rilievo

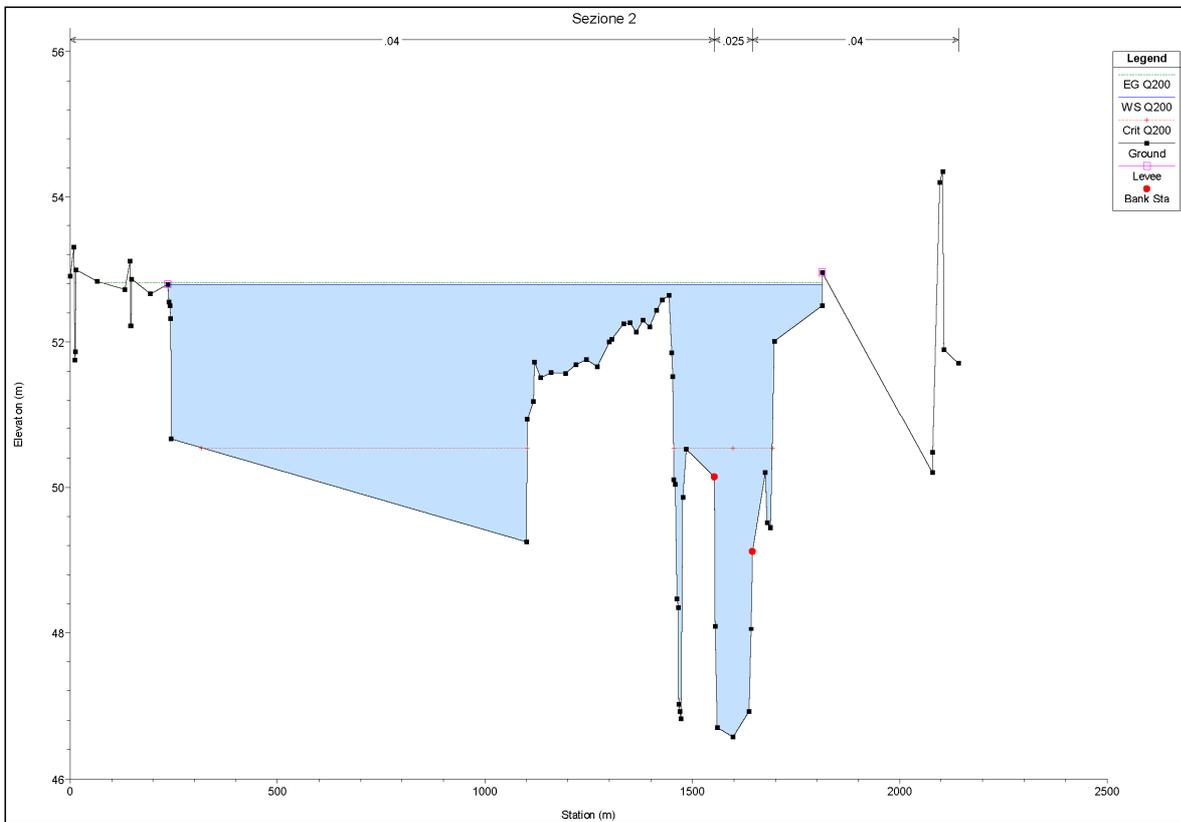
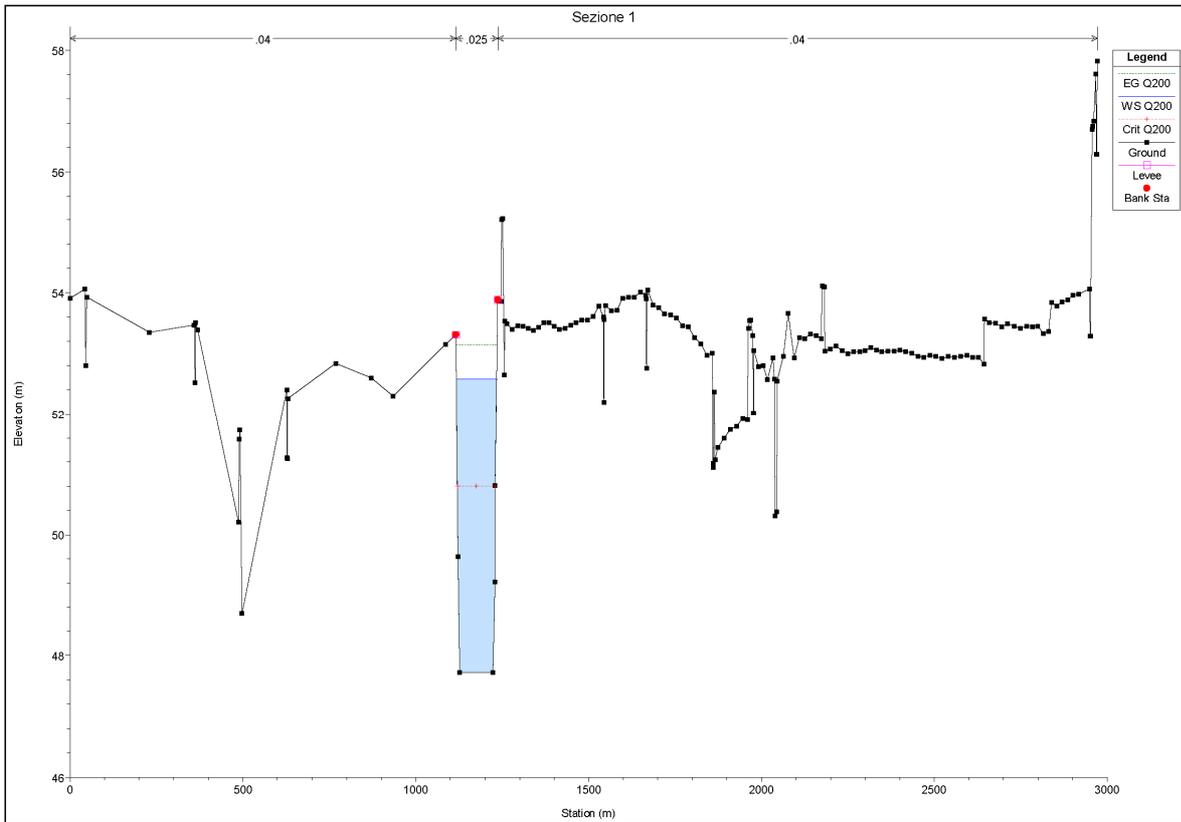
##### 3.1.1. Portata di massima piena duecentennale

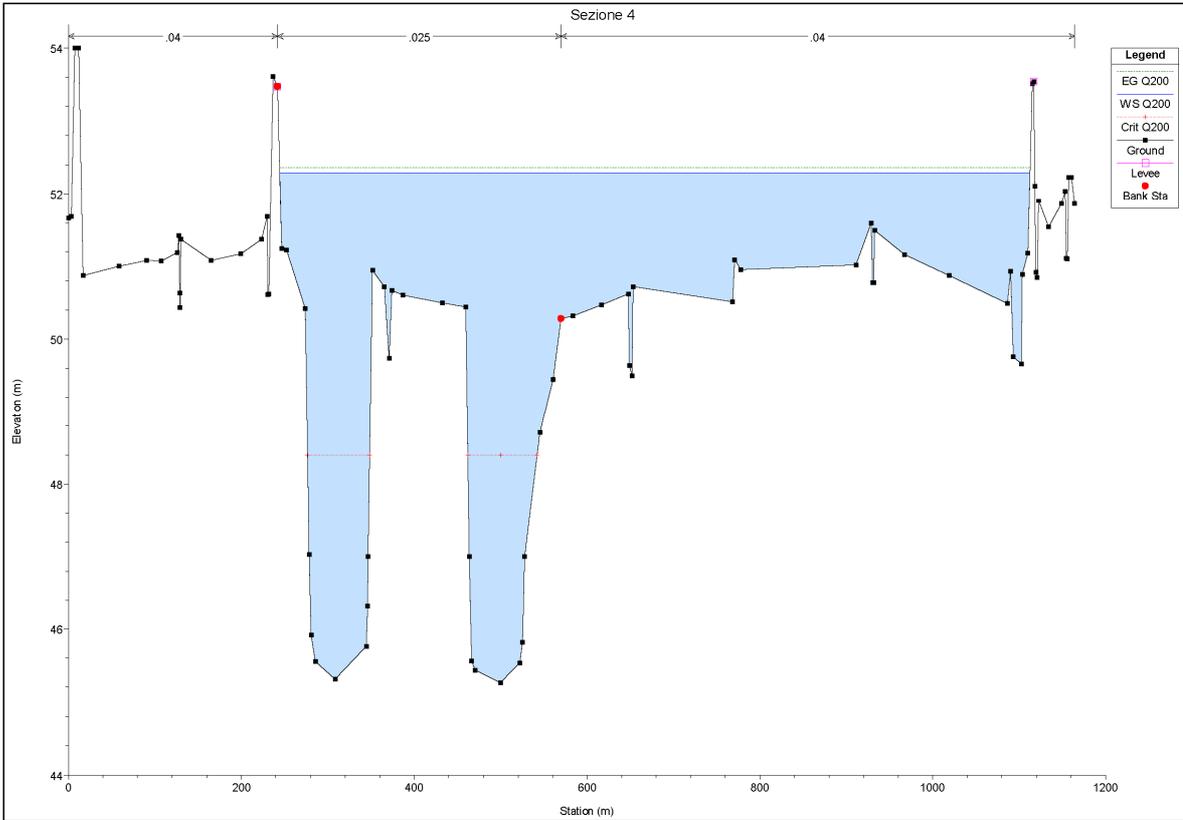
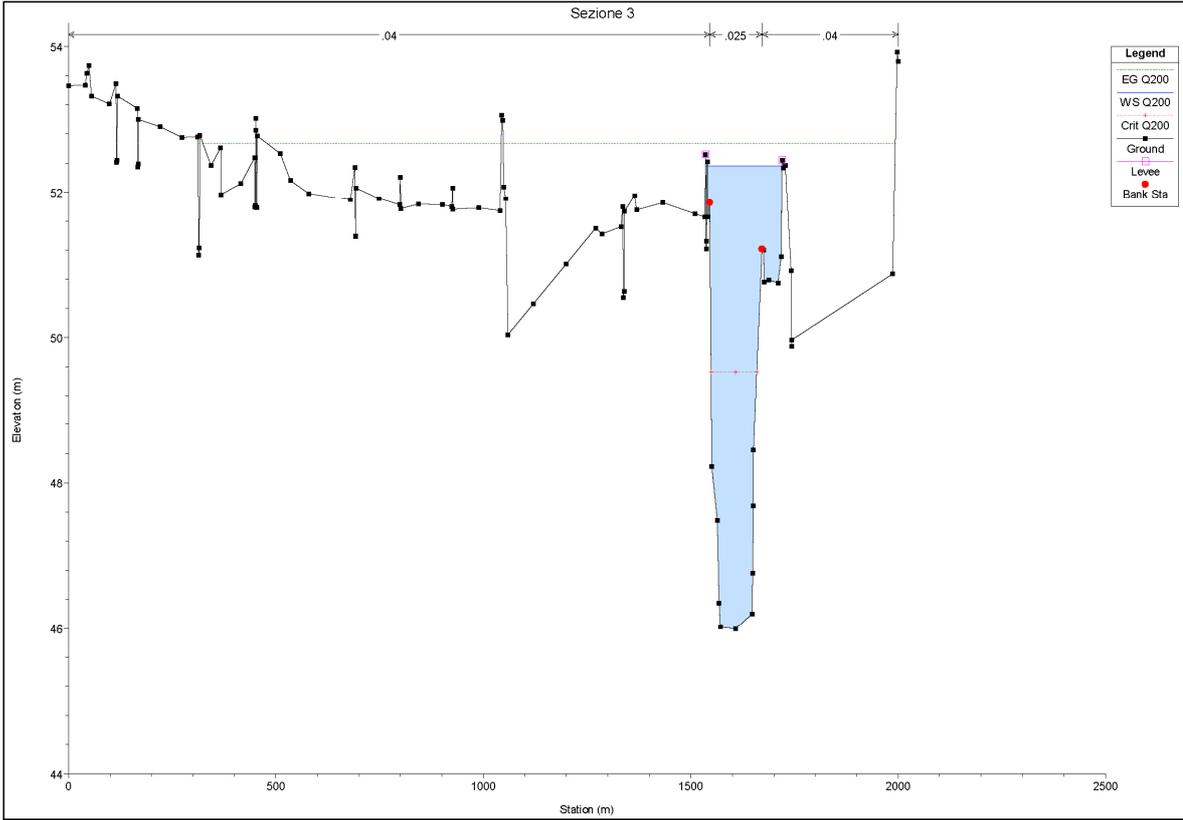
#### Profili longitudinali

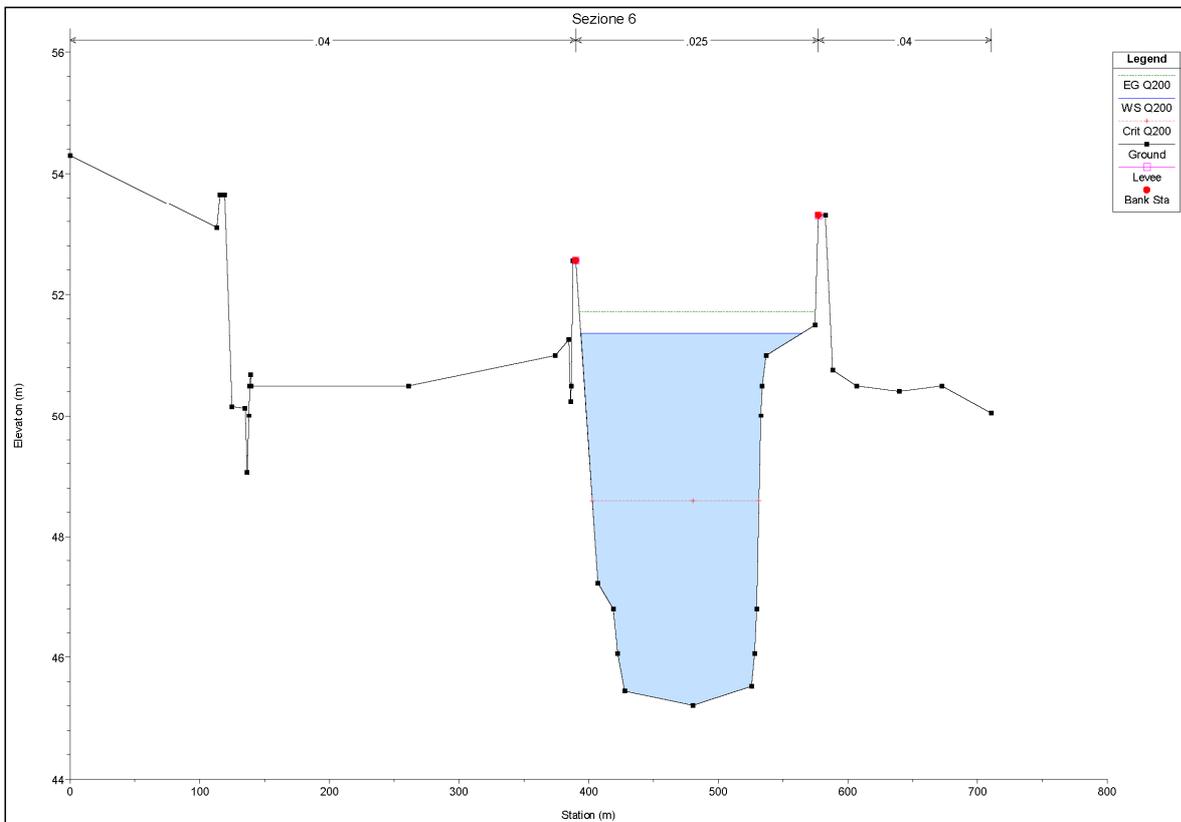
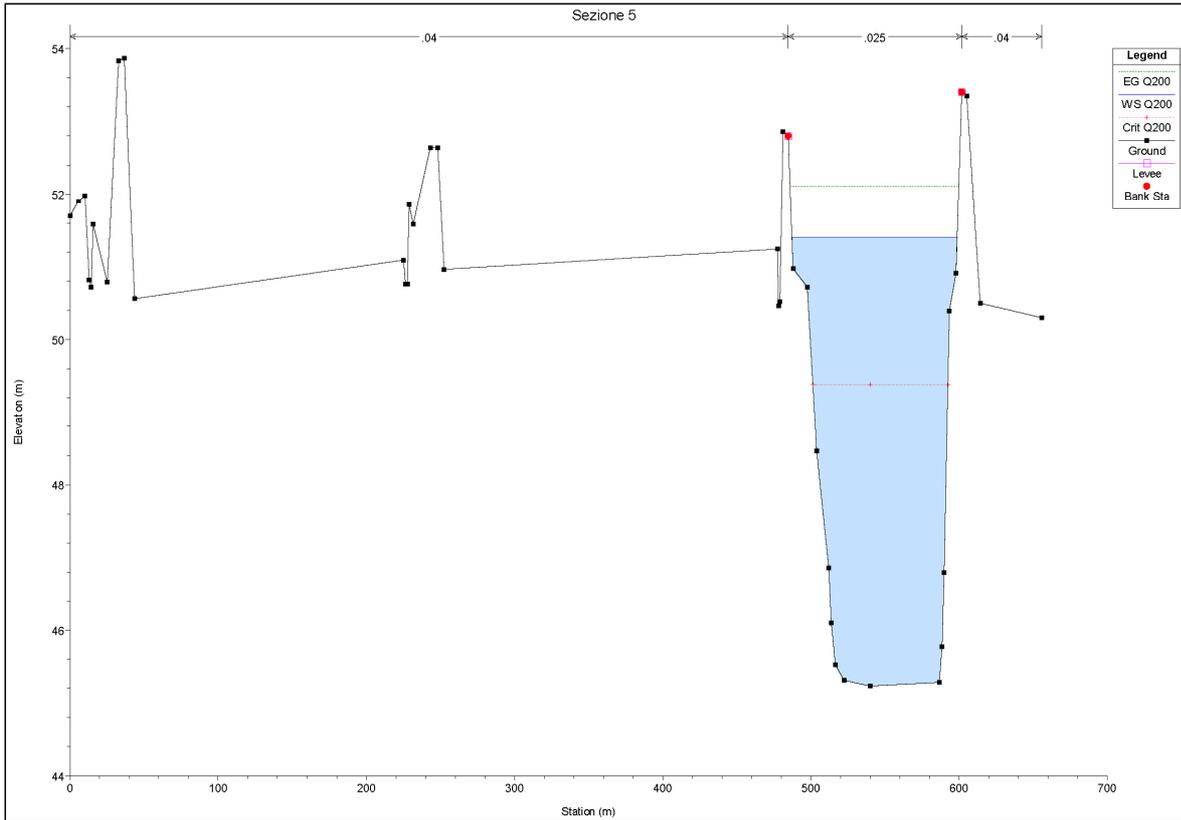


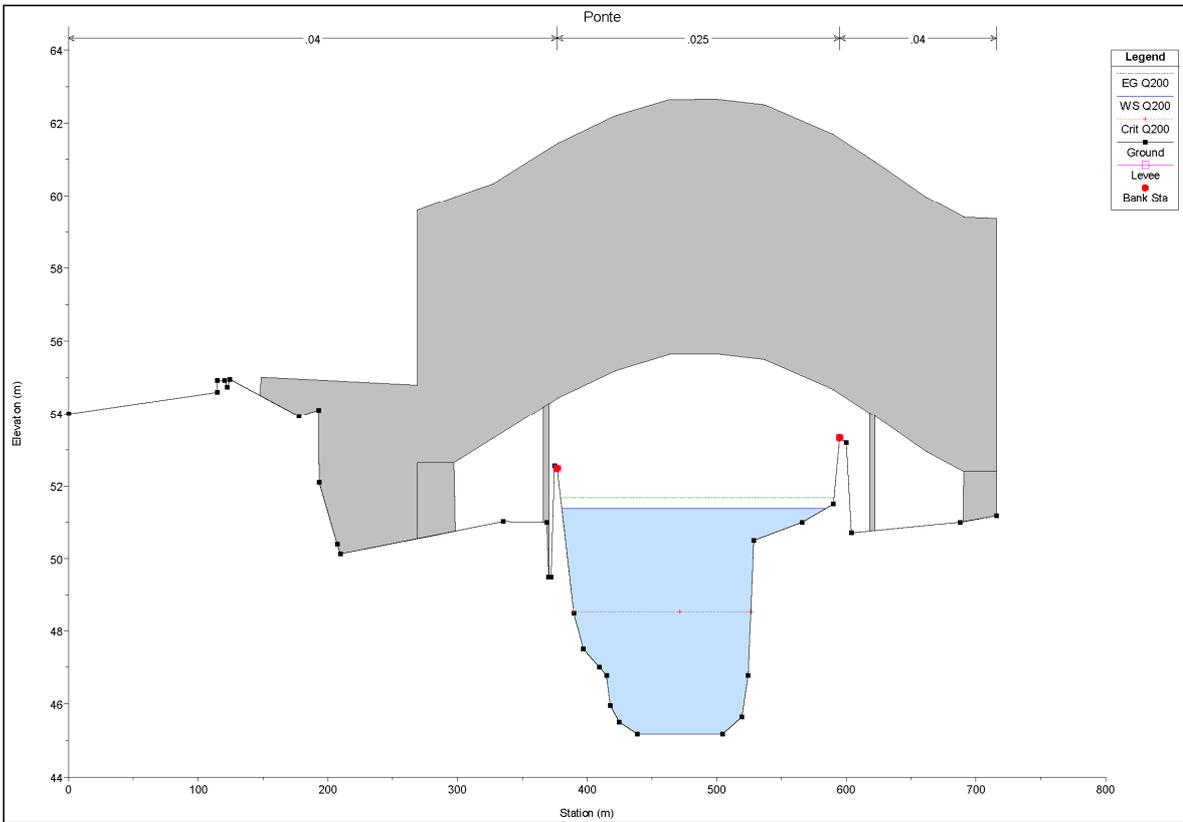
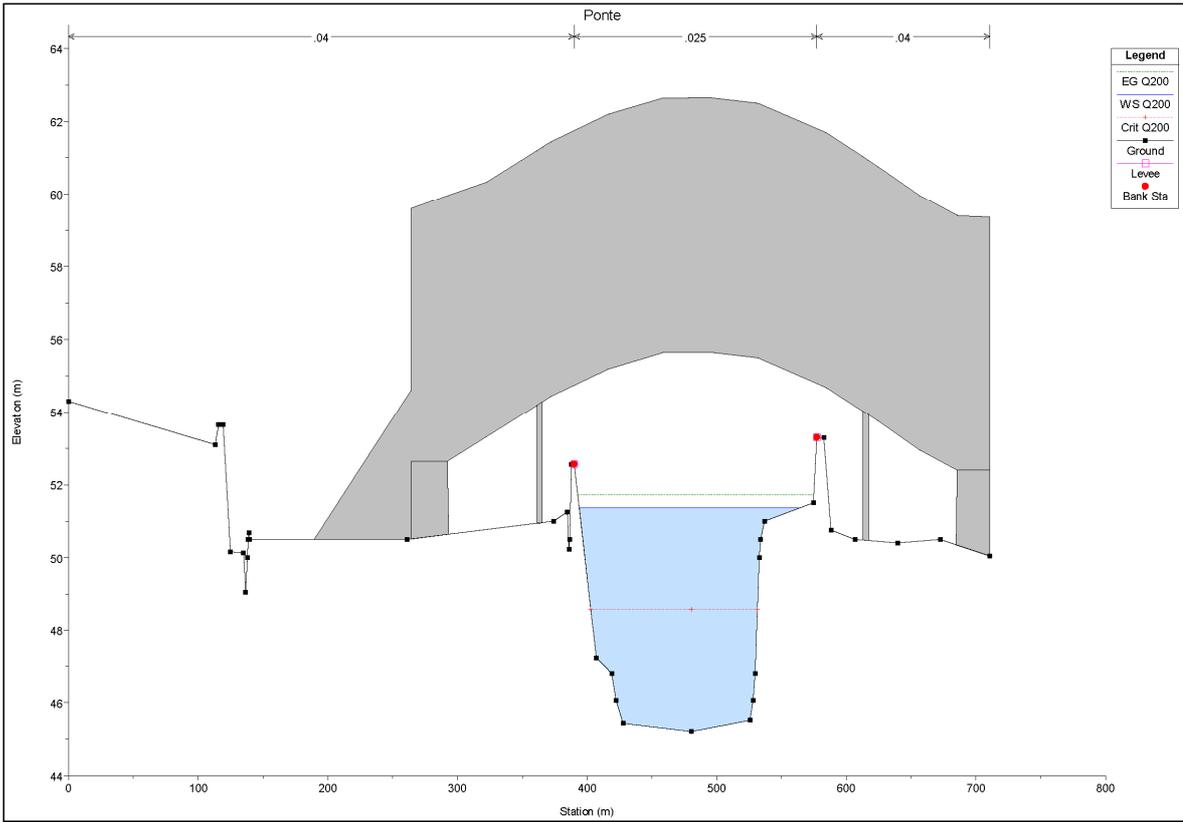


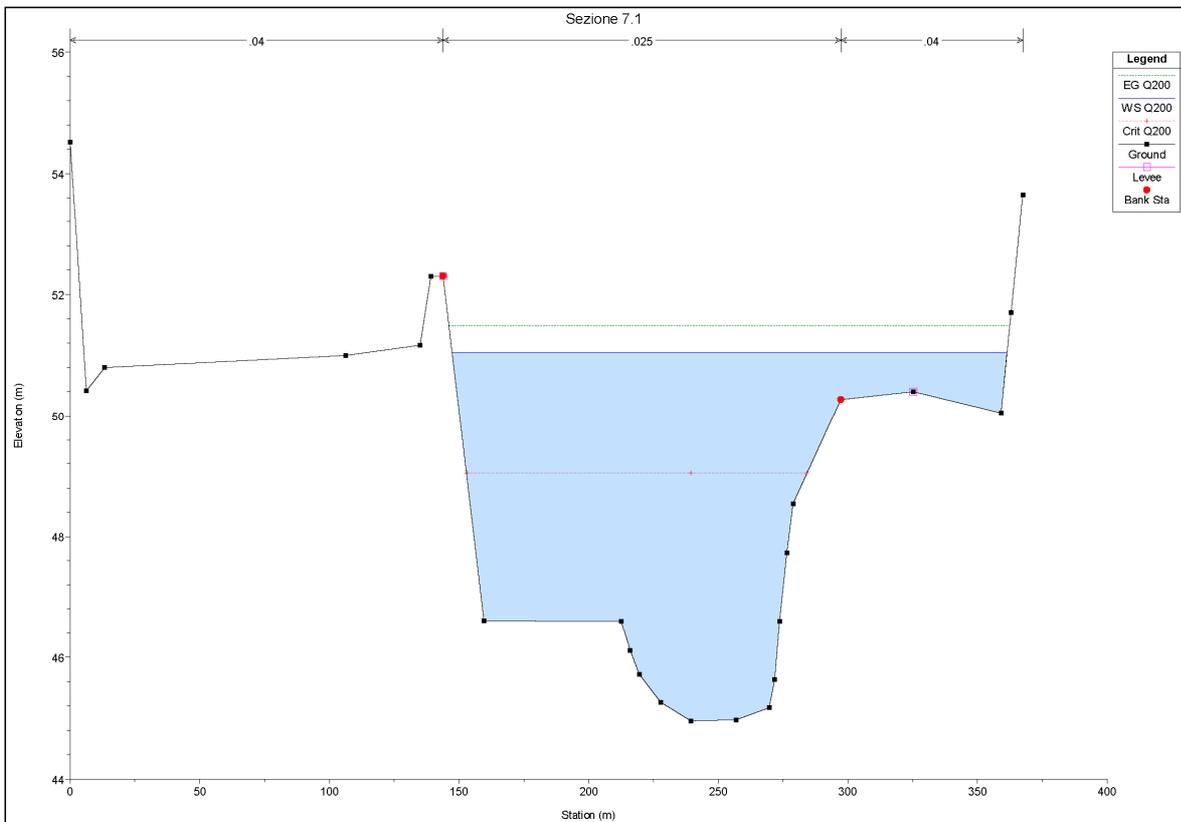
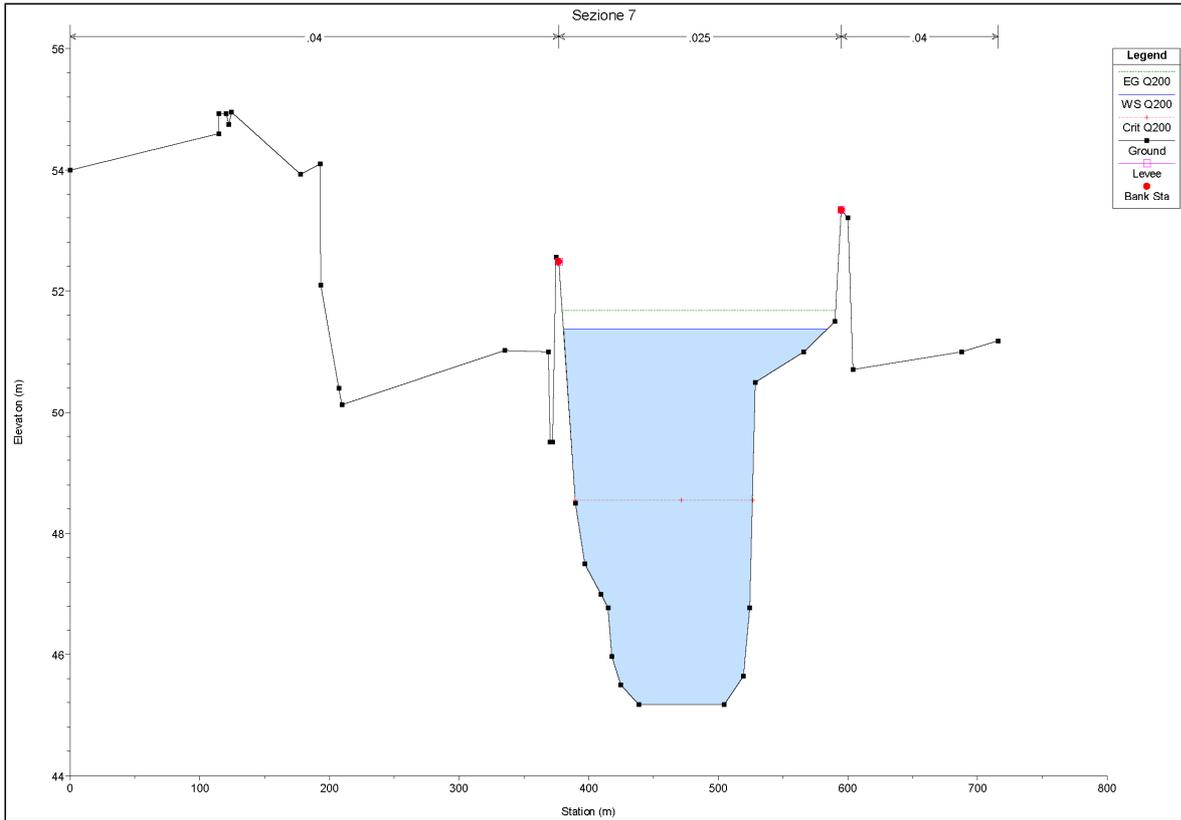
Sezioni trasversali

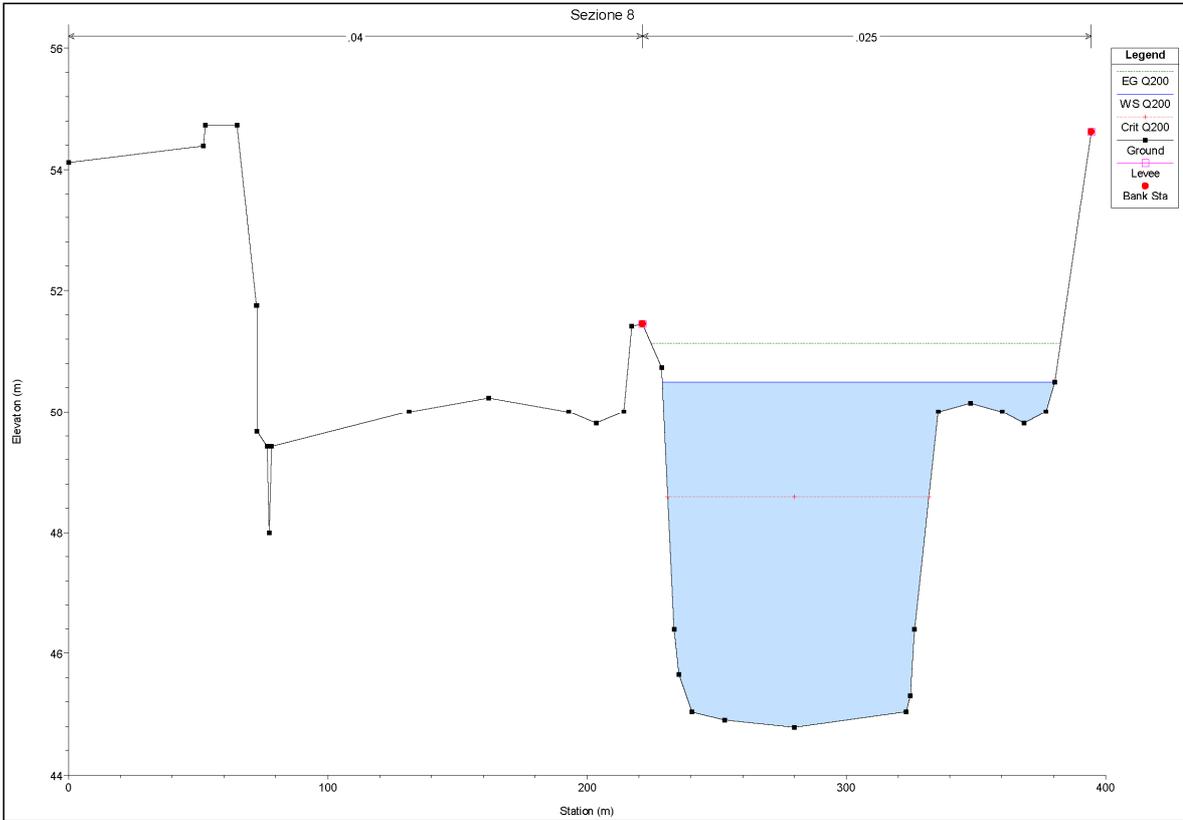
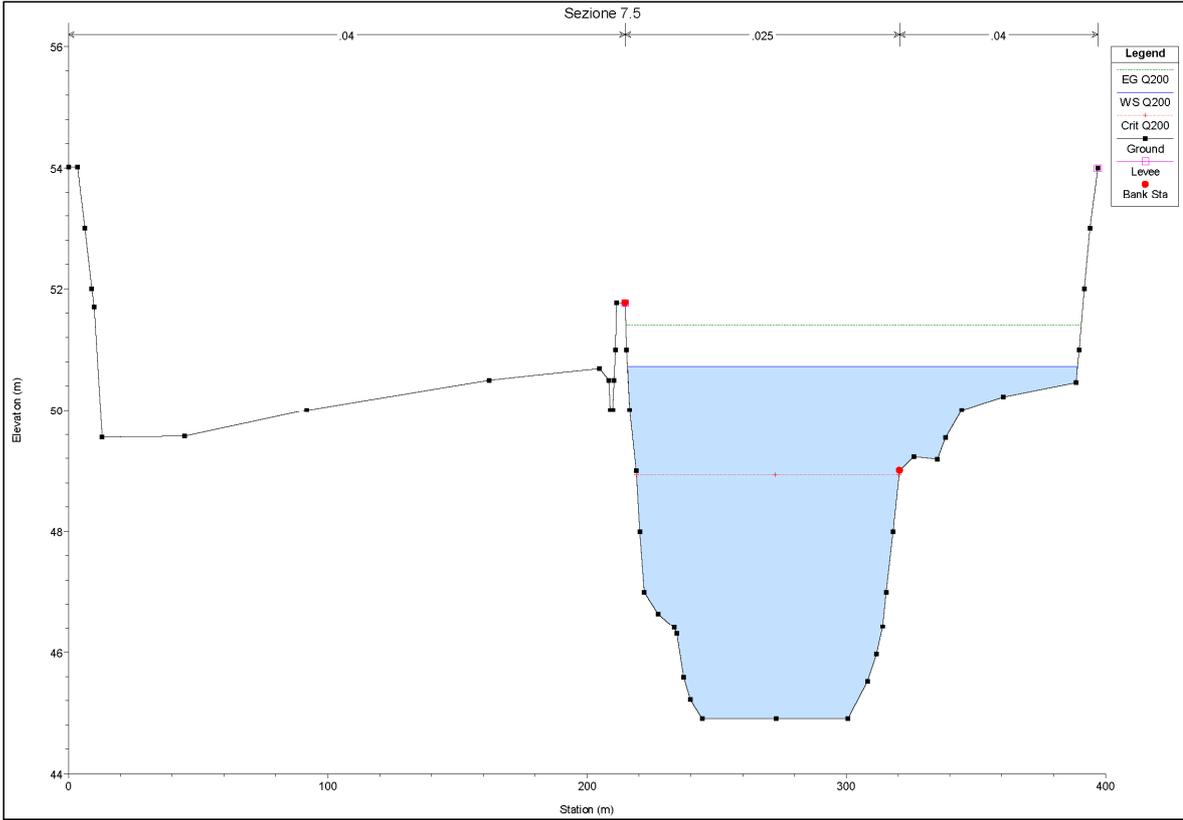


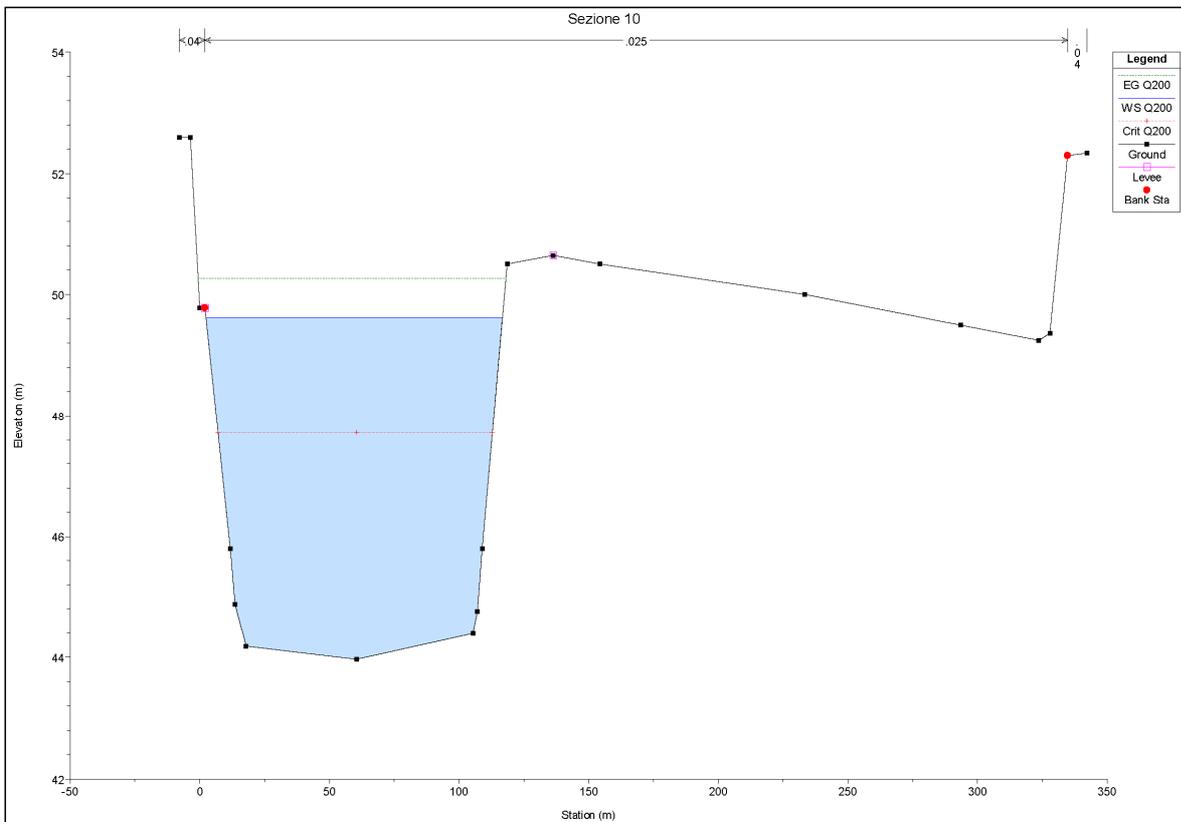
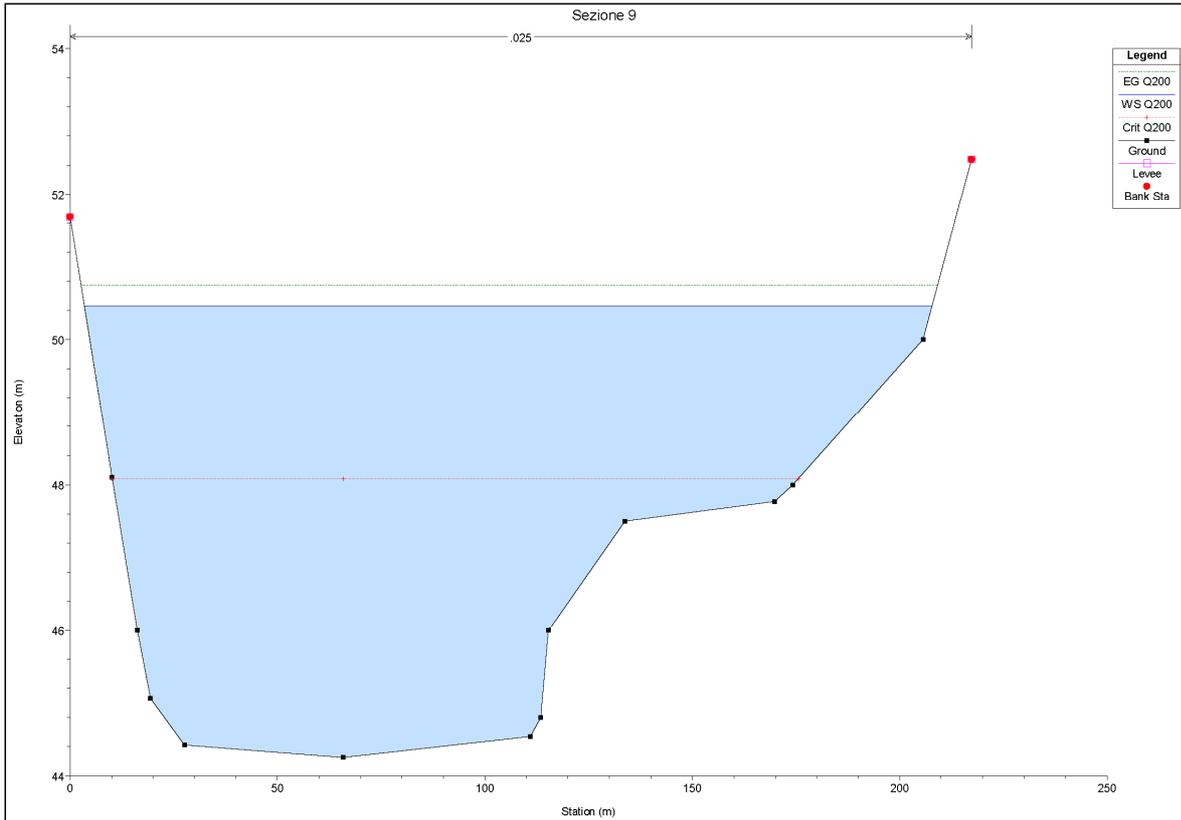


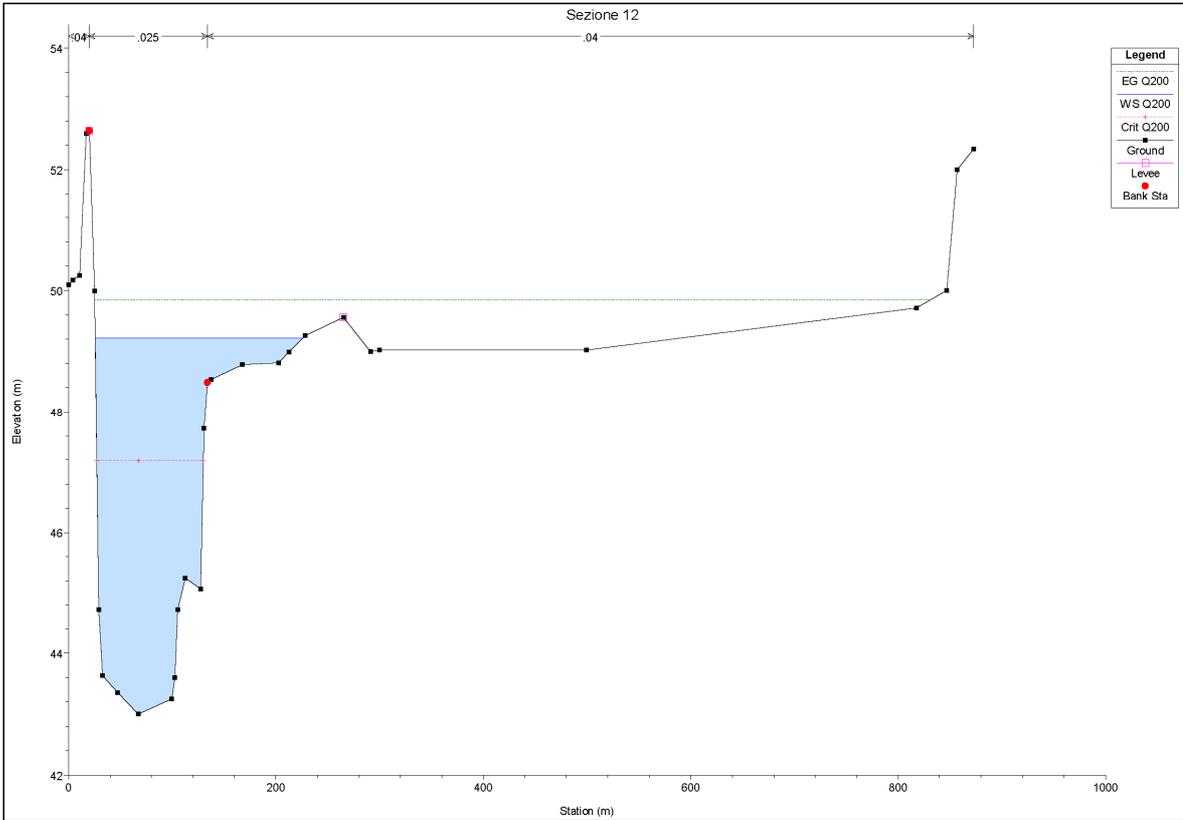
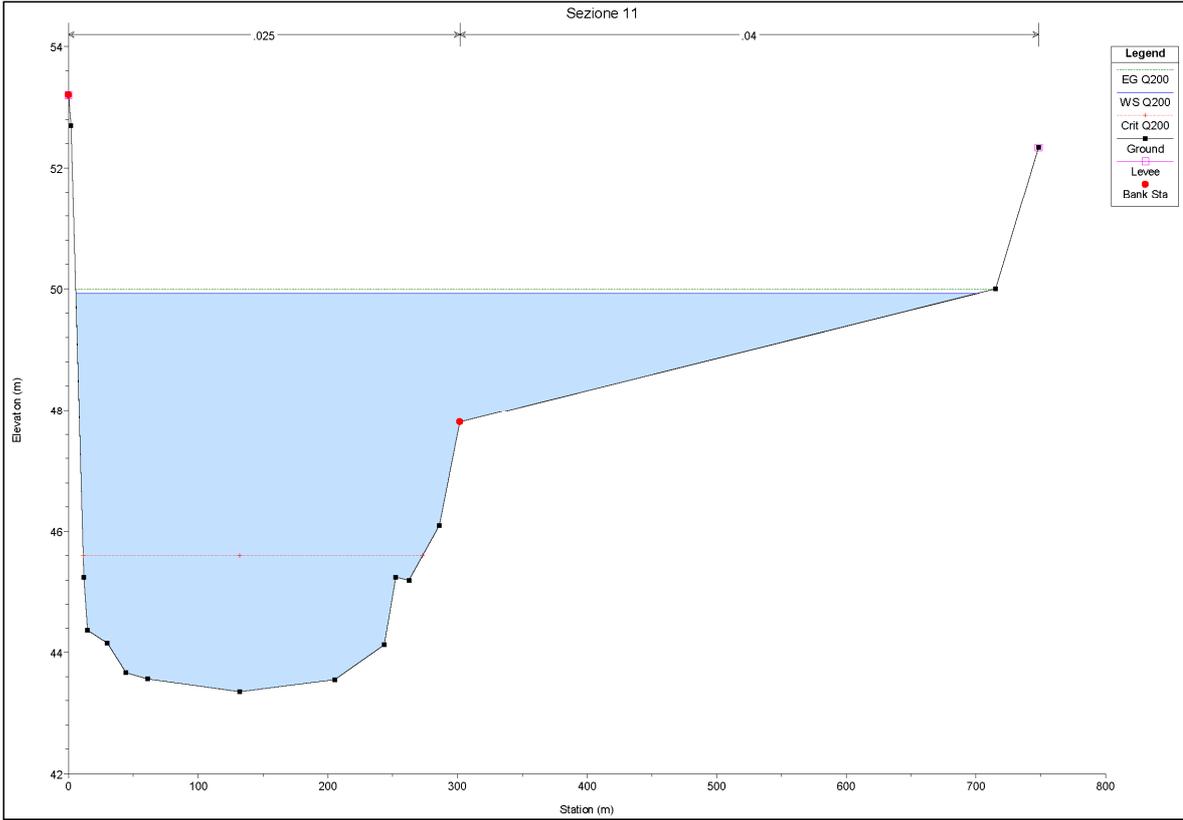


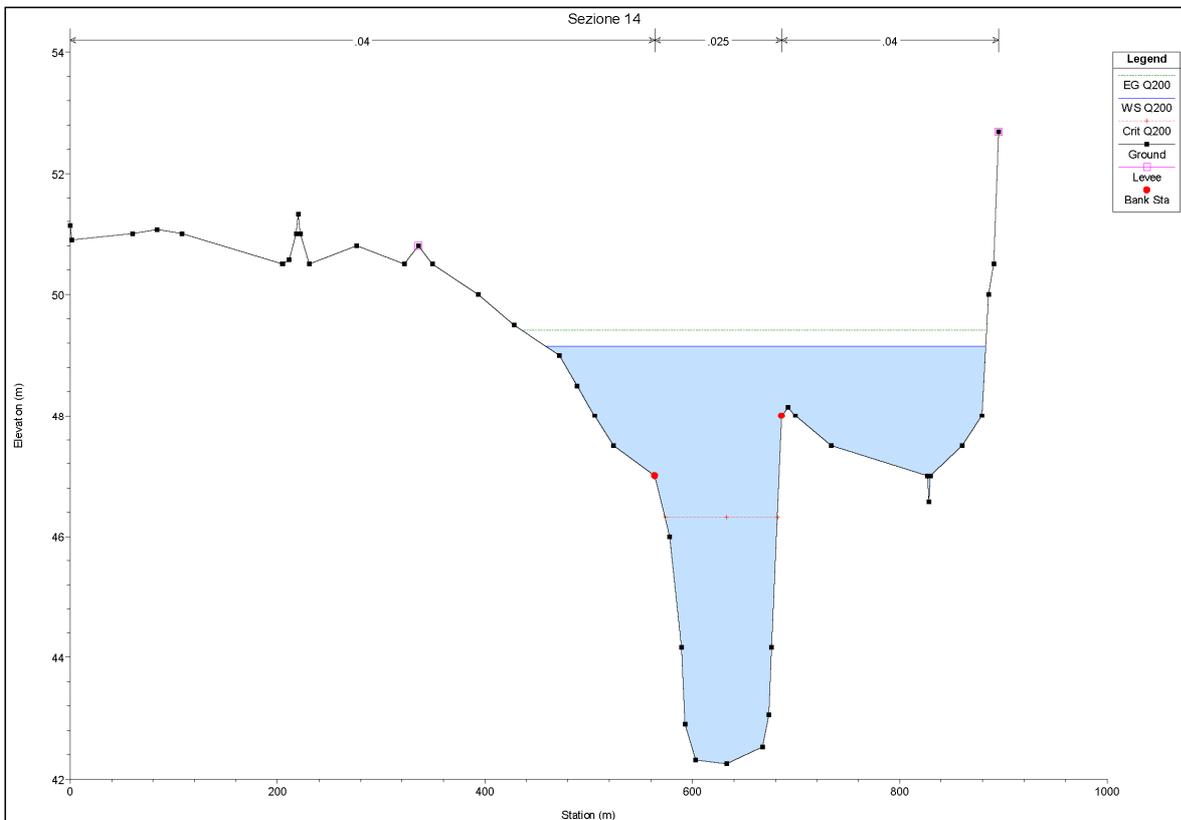
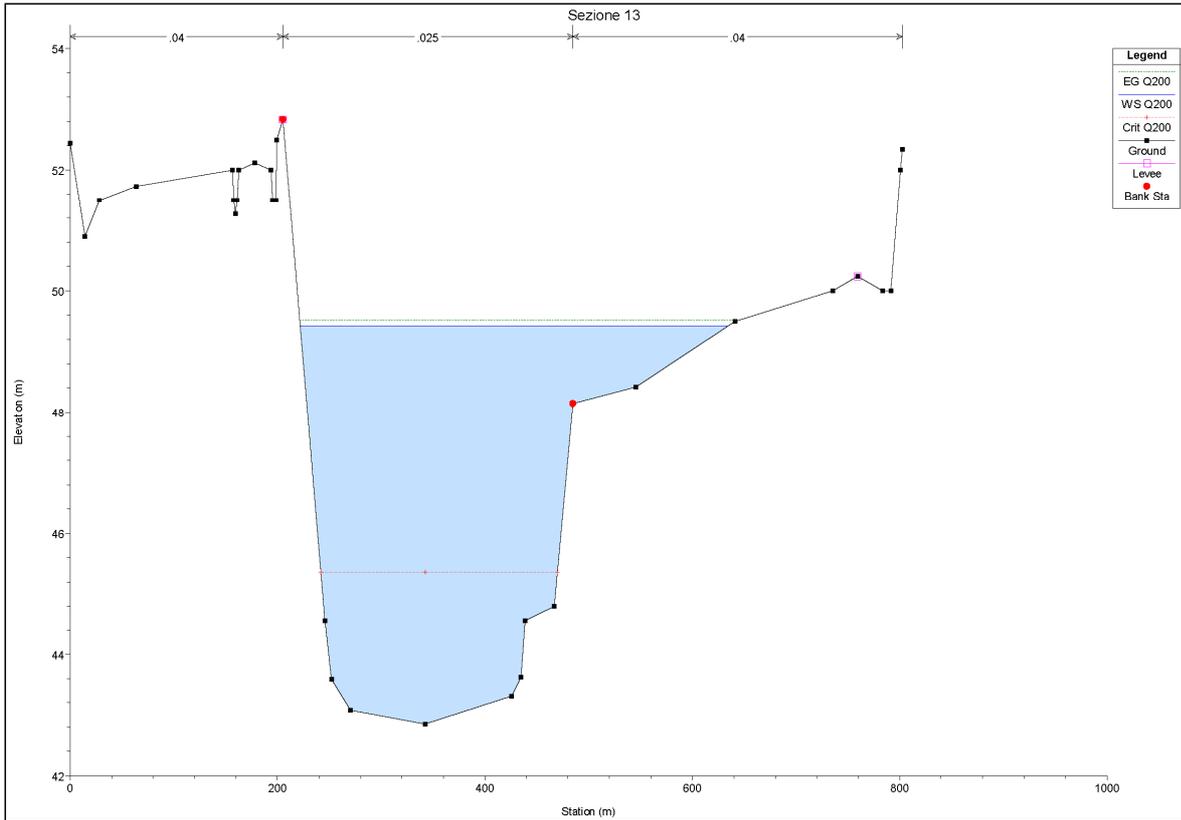


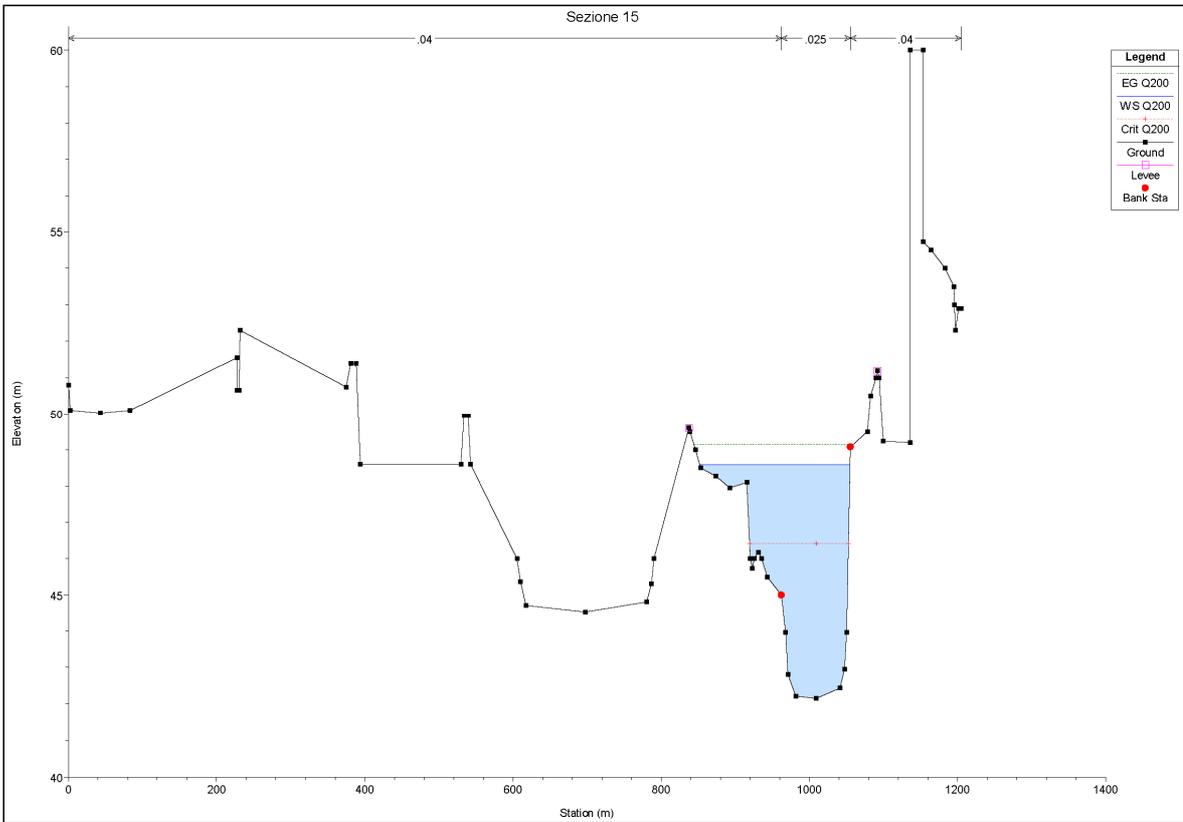
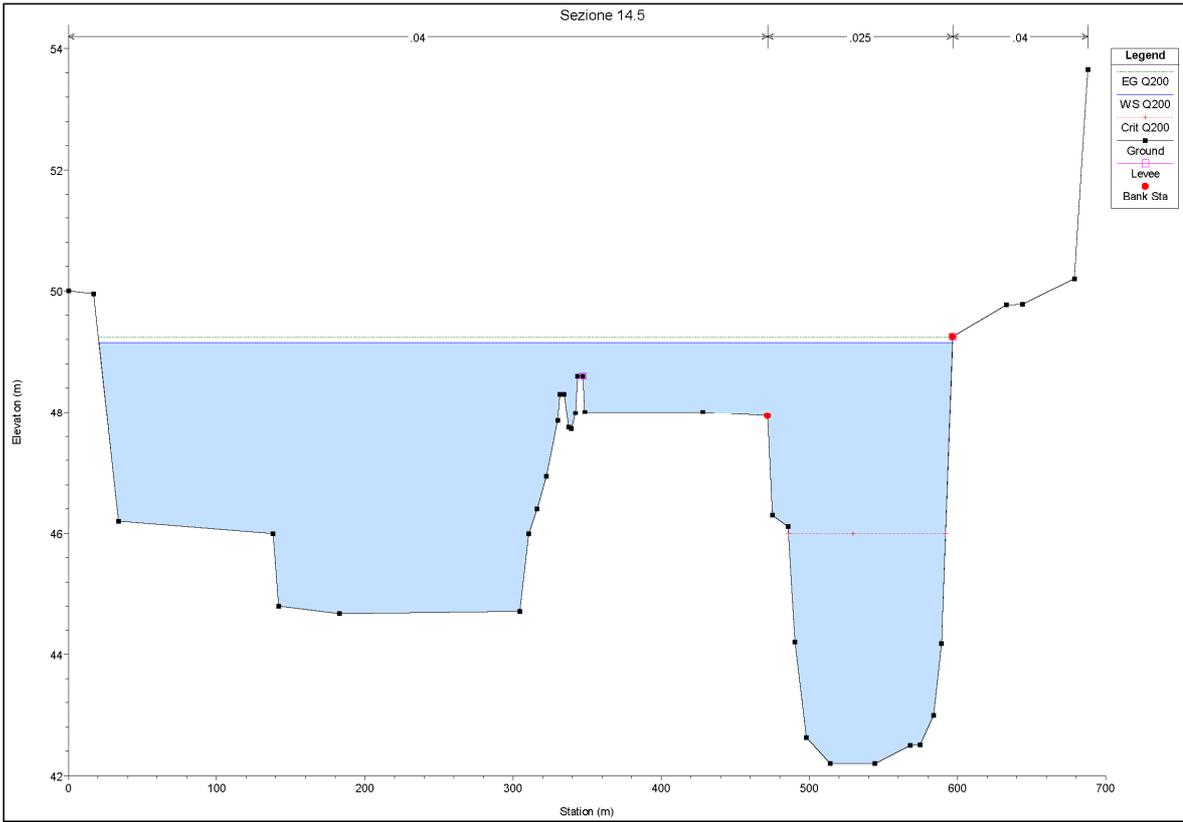


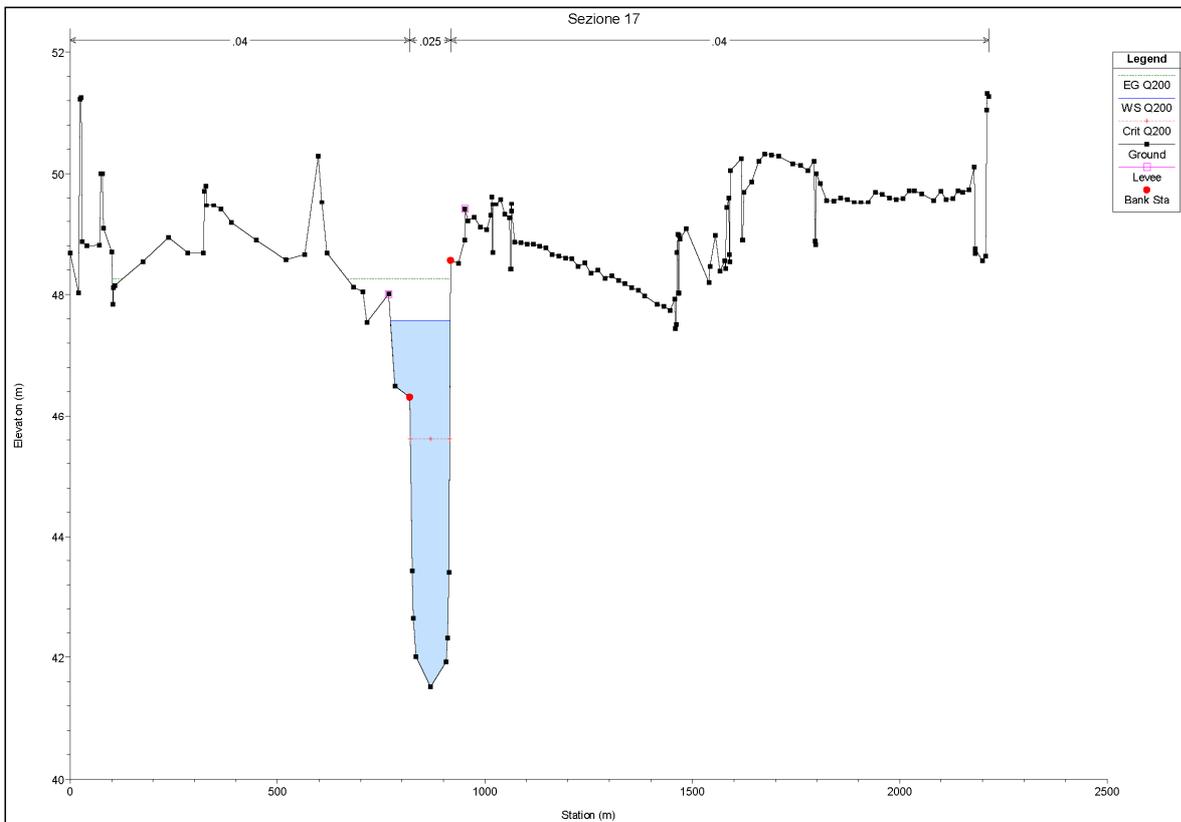
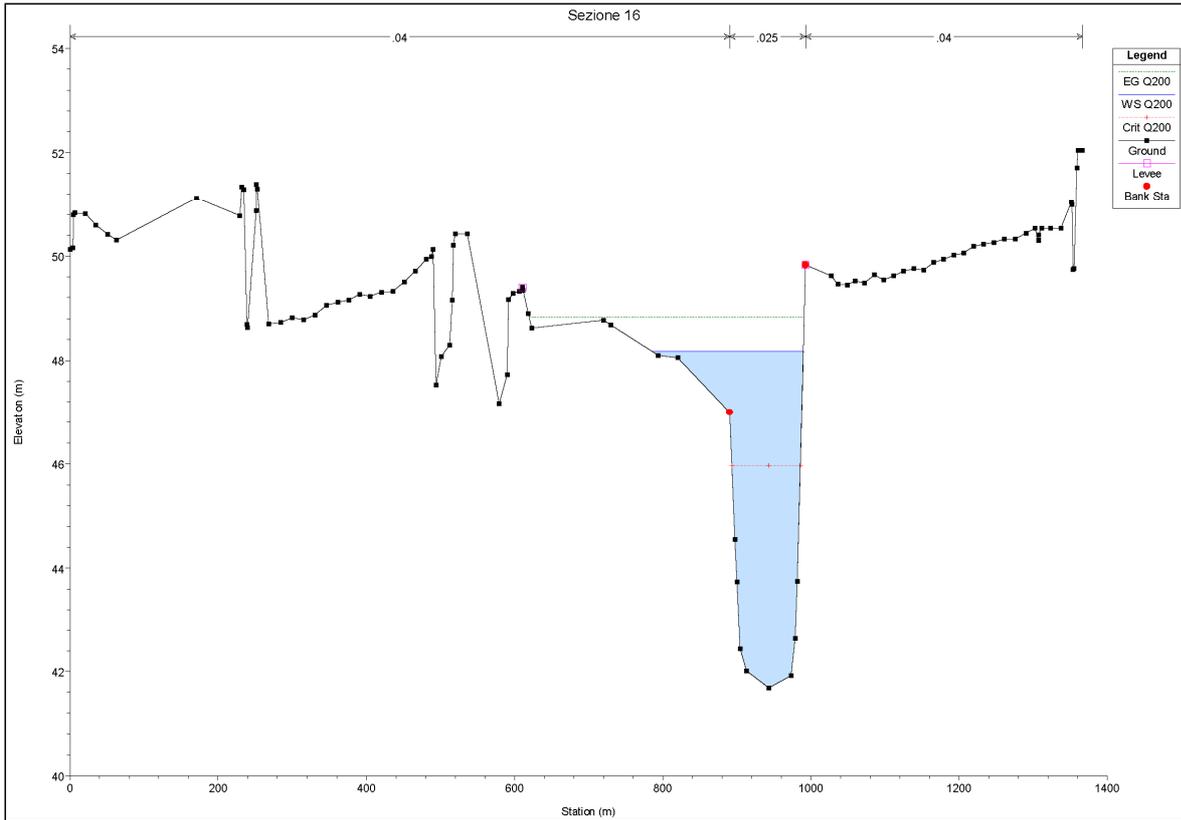


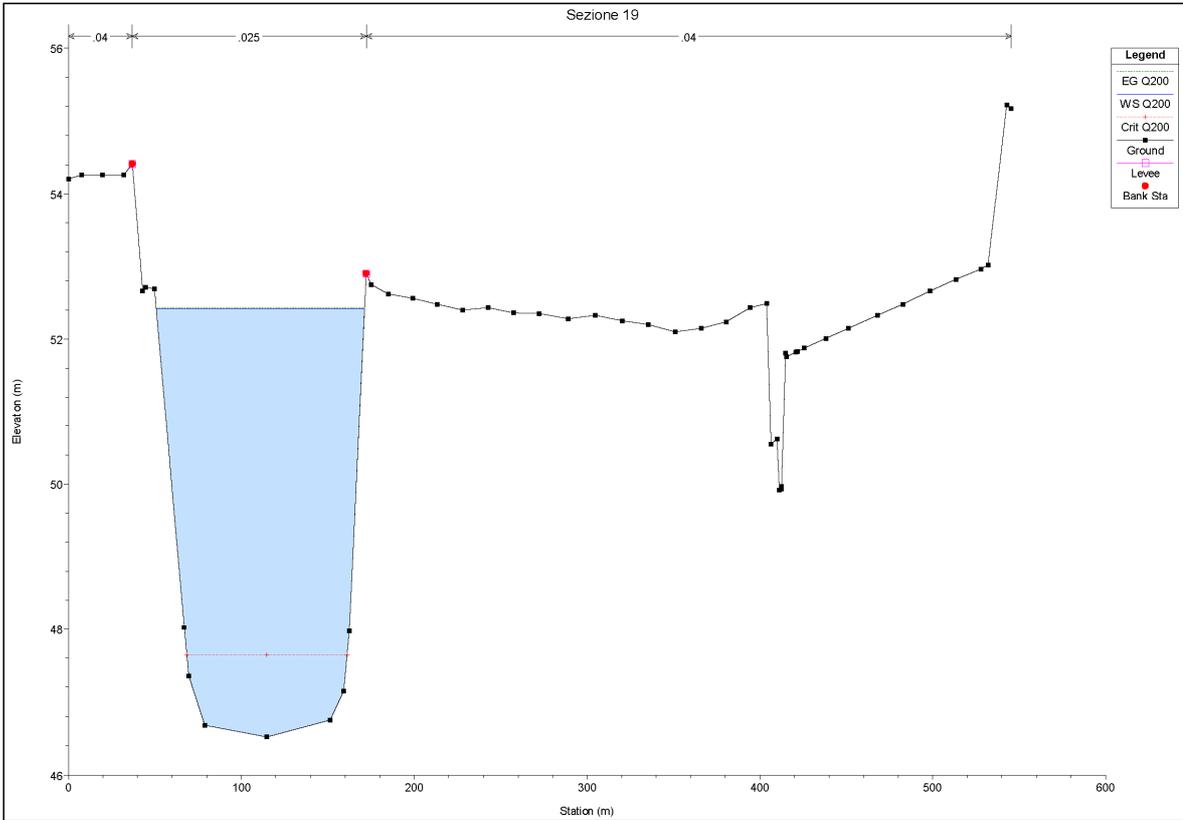
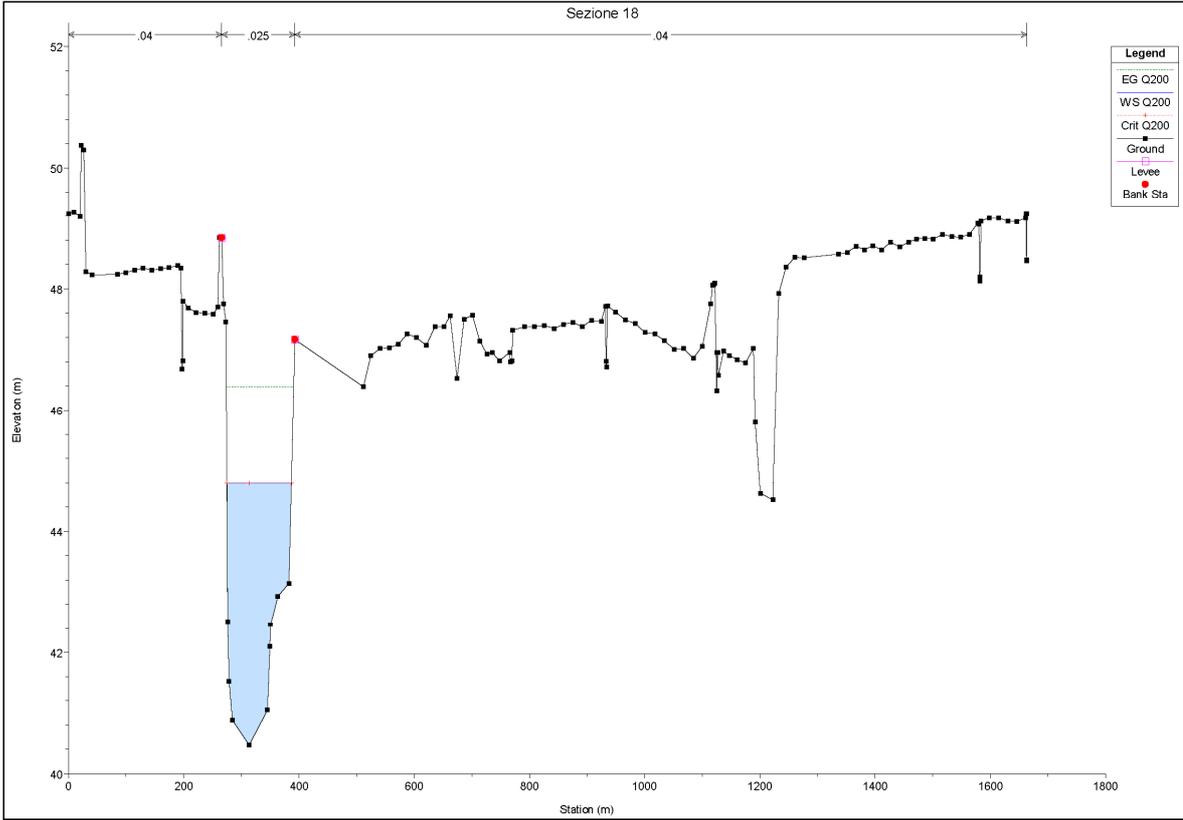


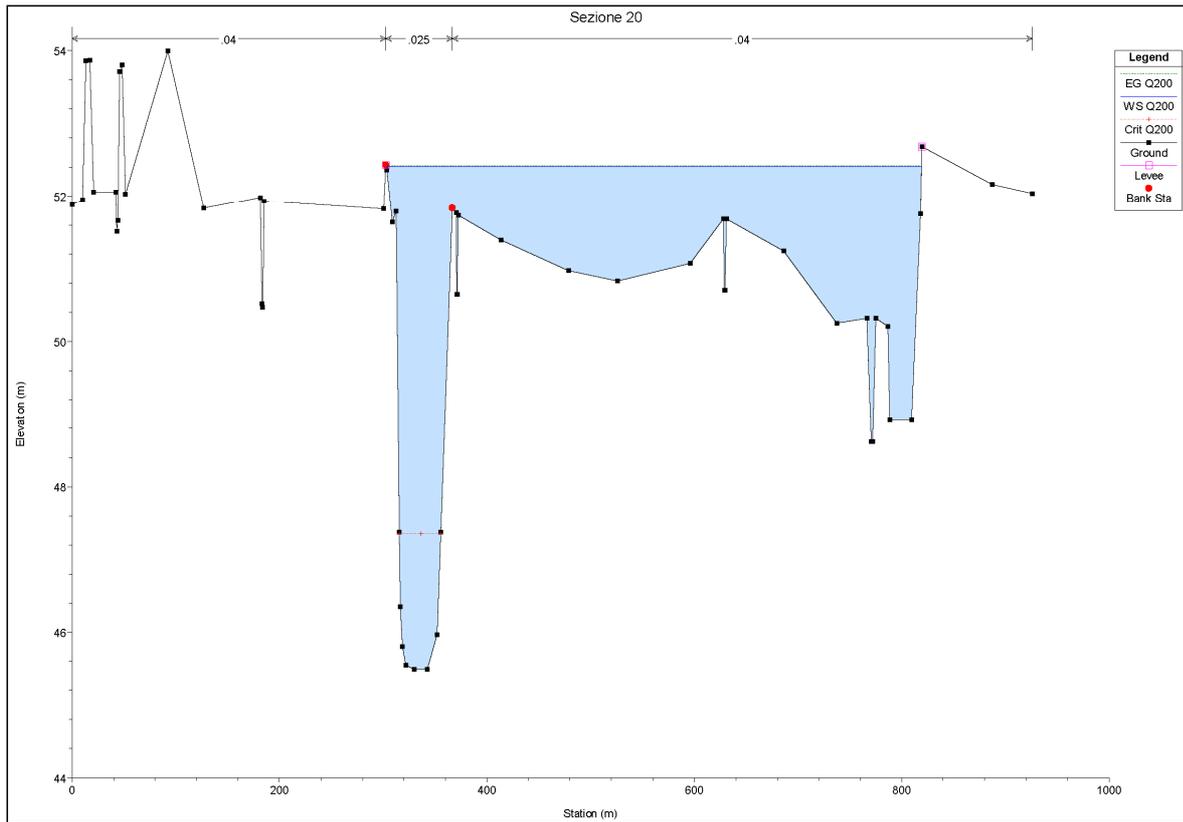






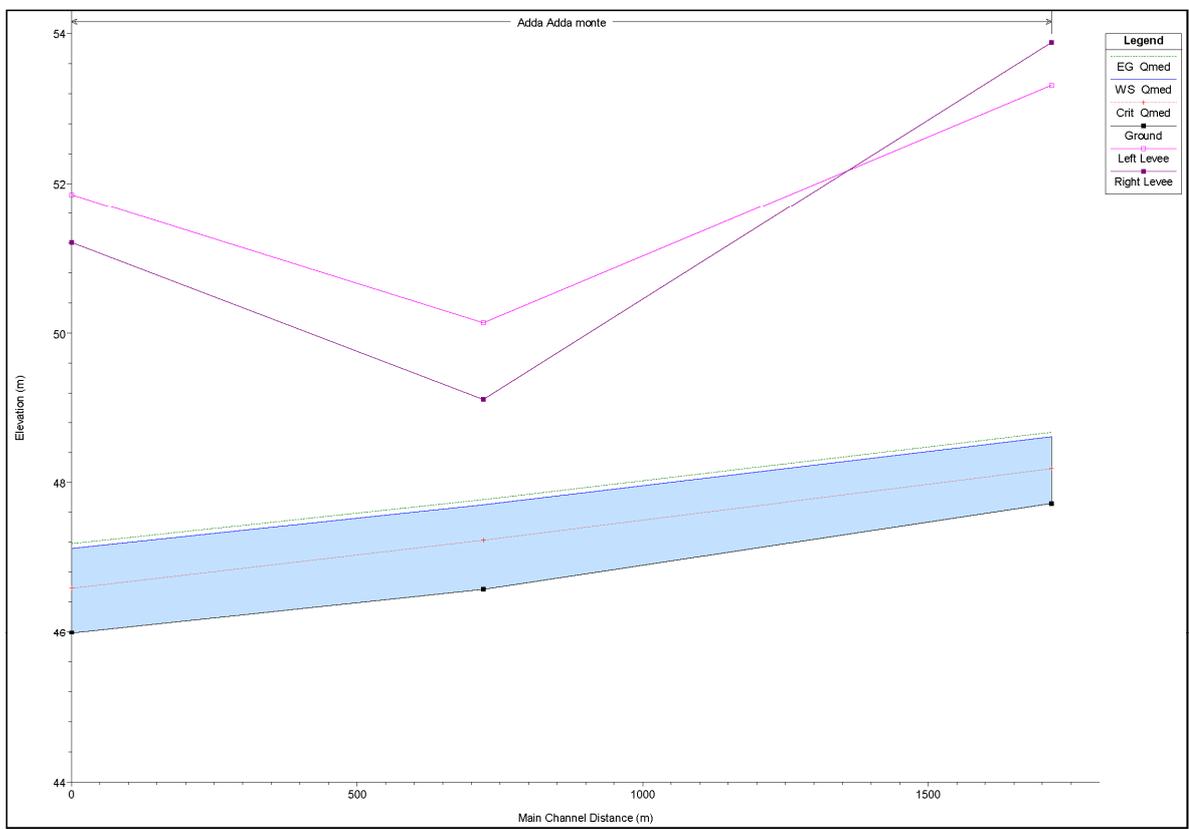


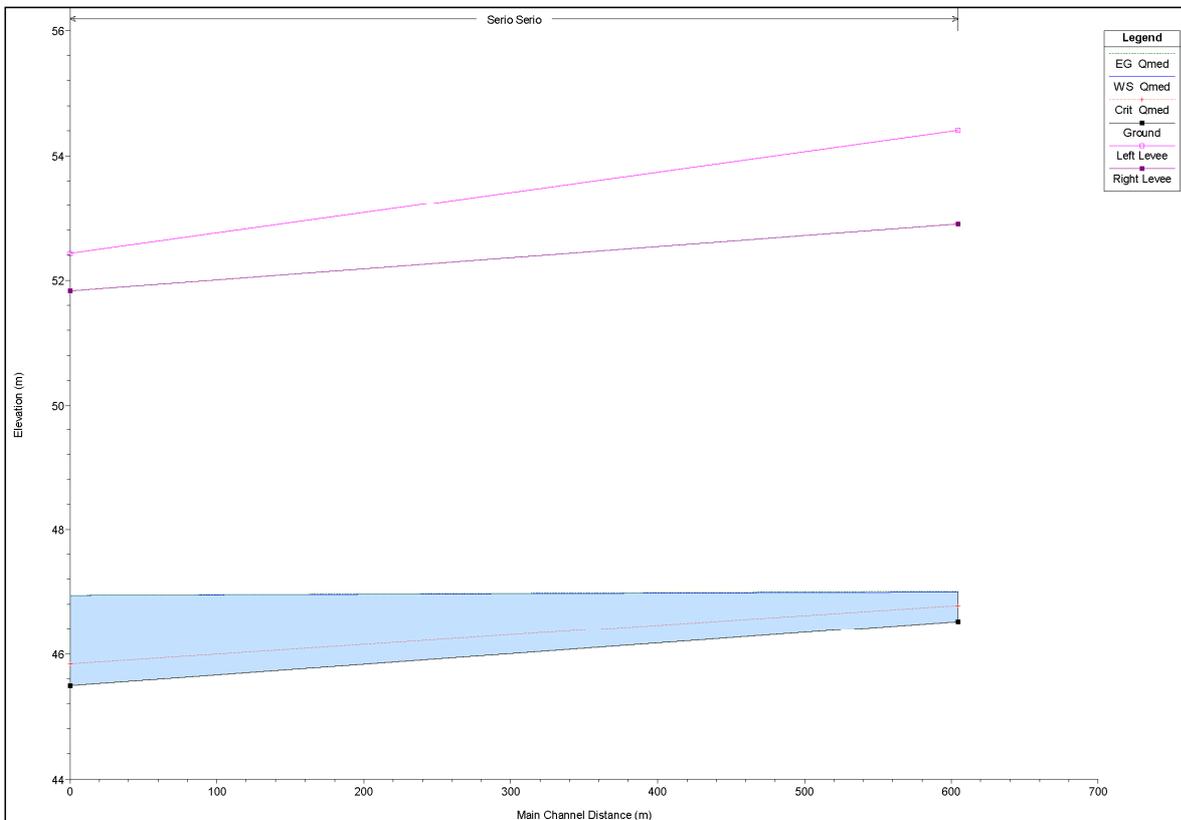
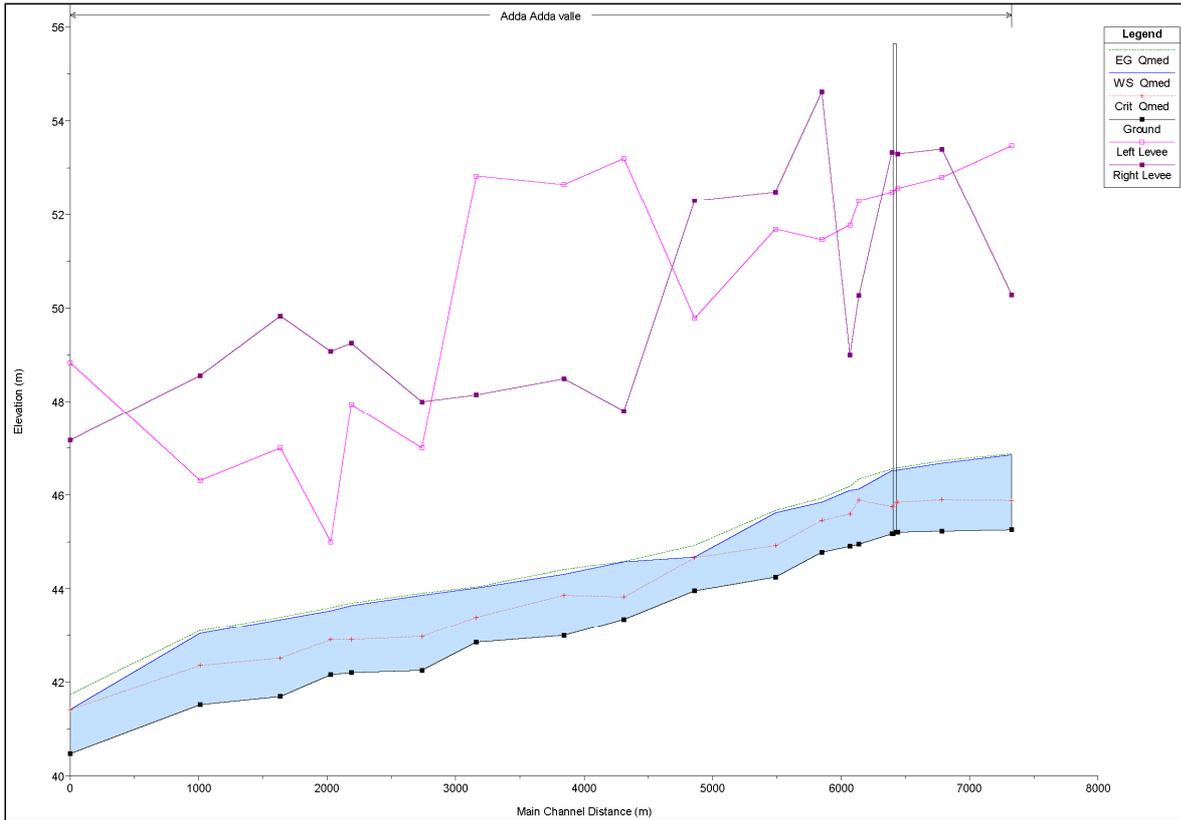




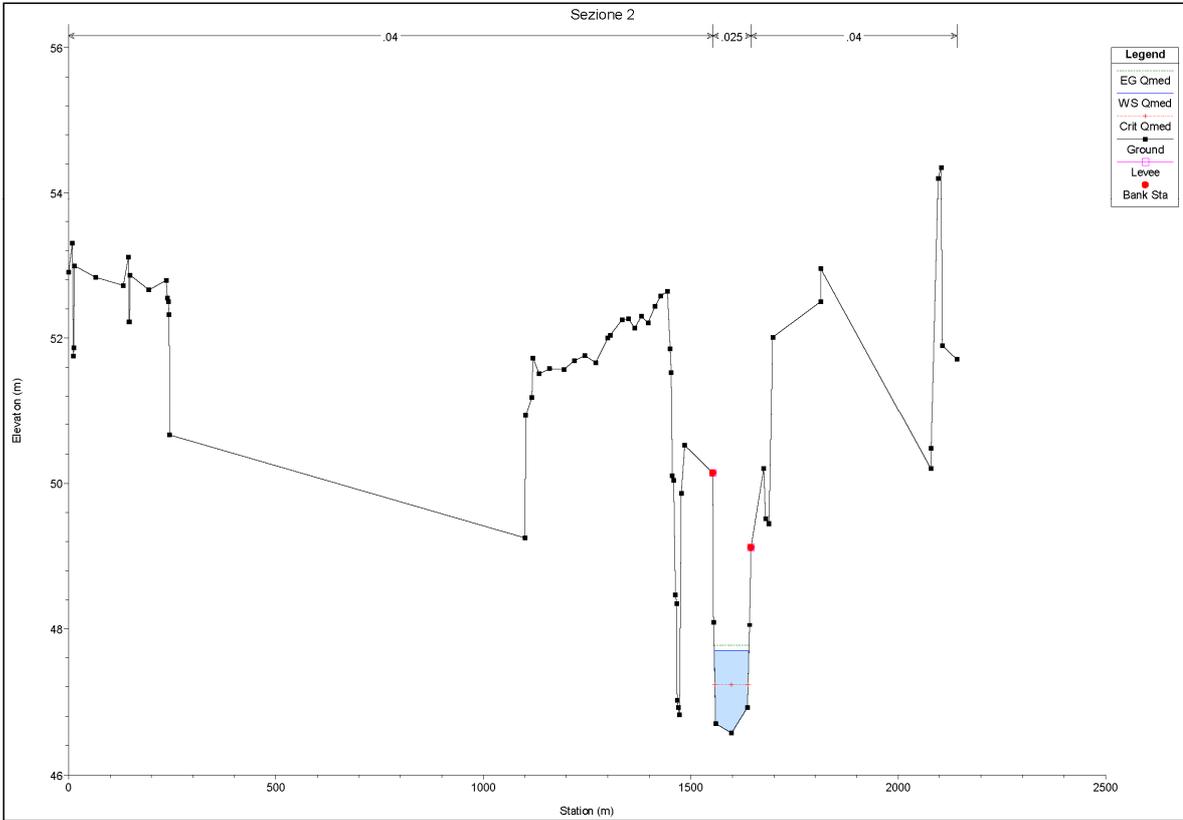
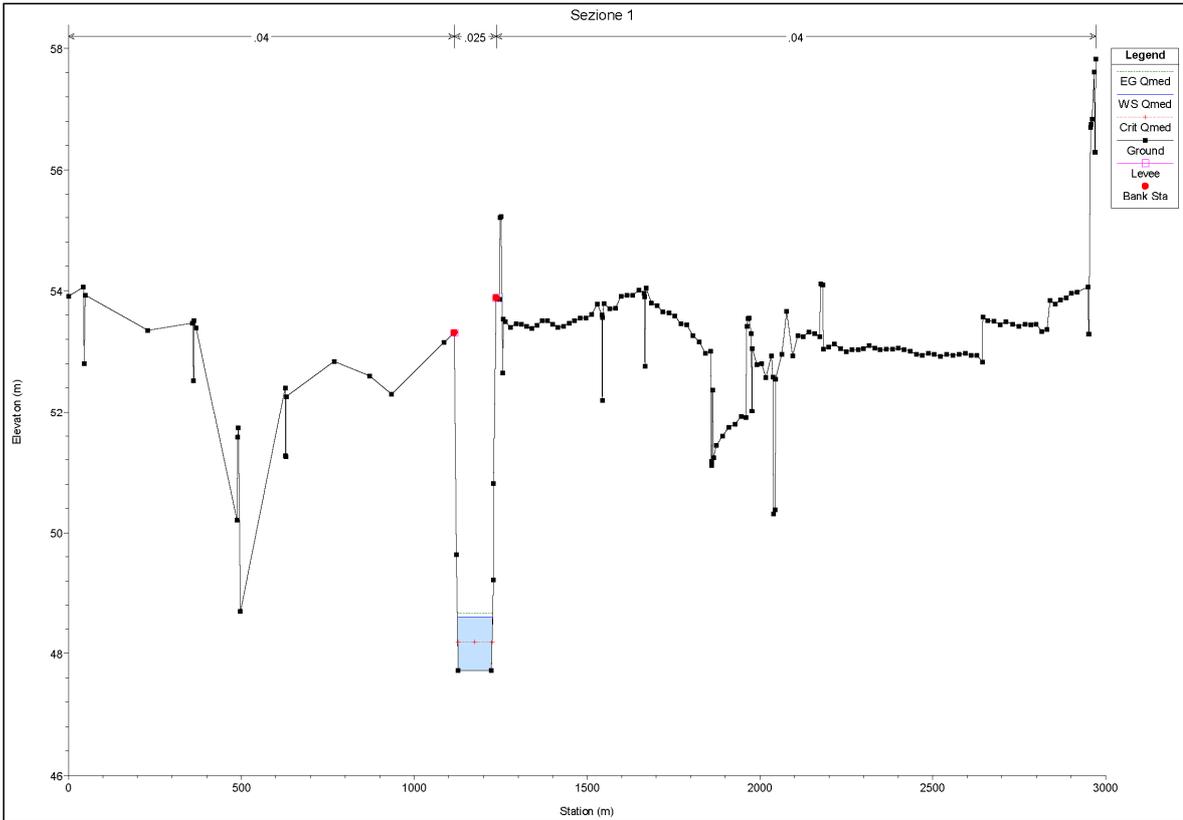
3.1.2. Portata media annua

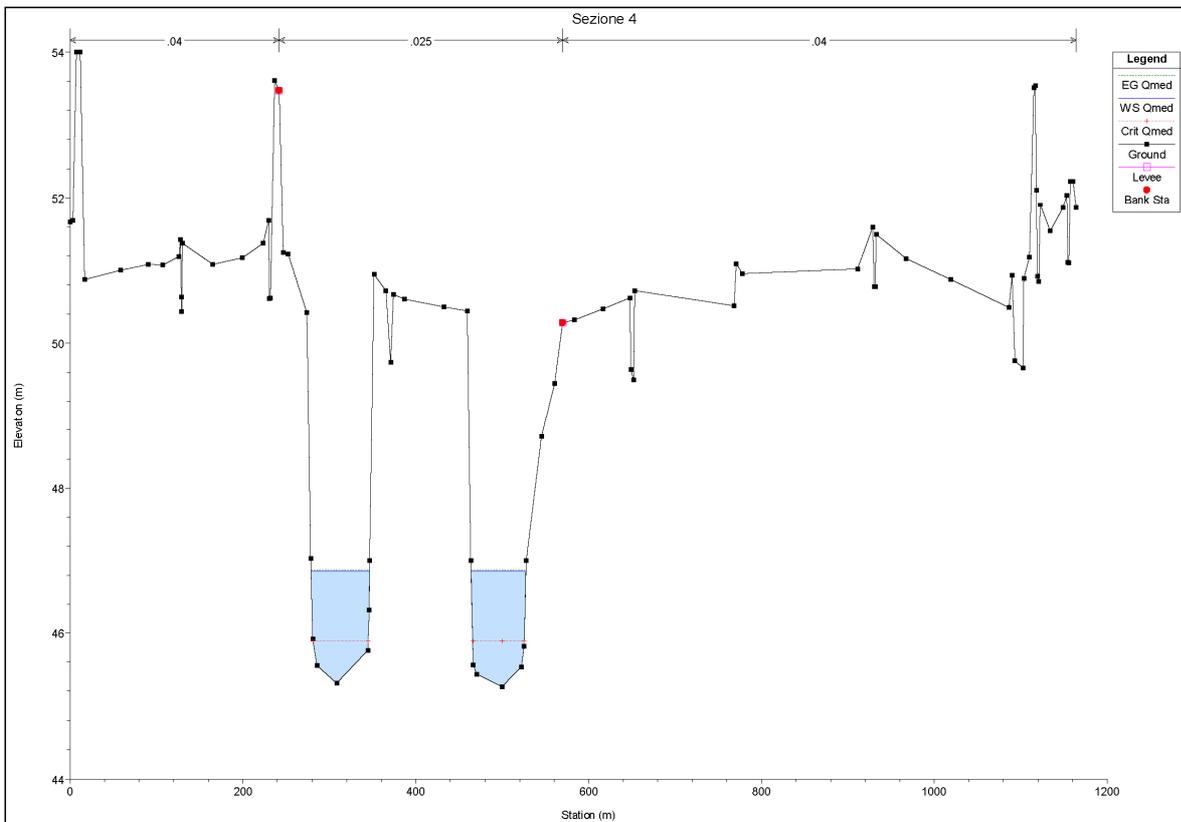
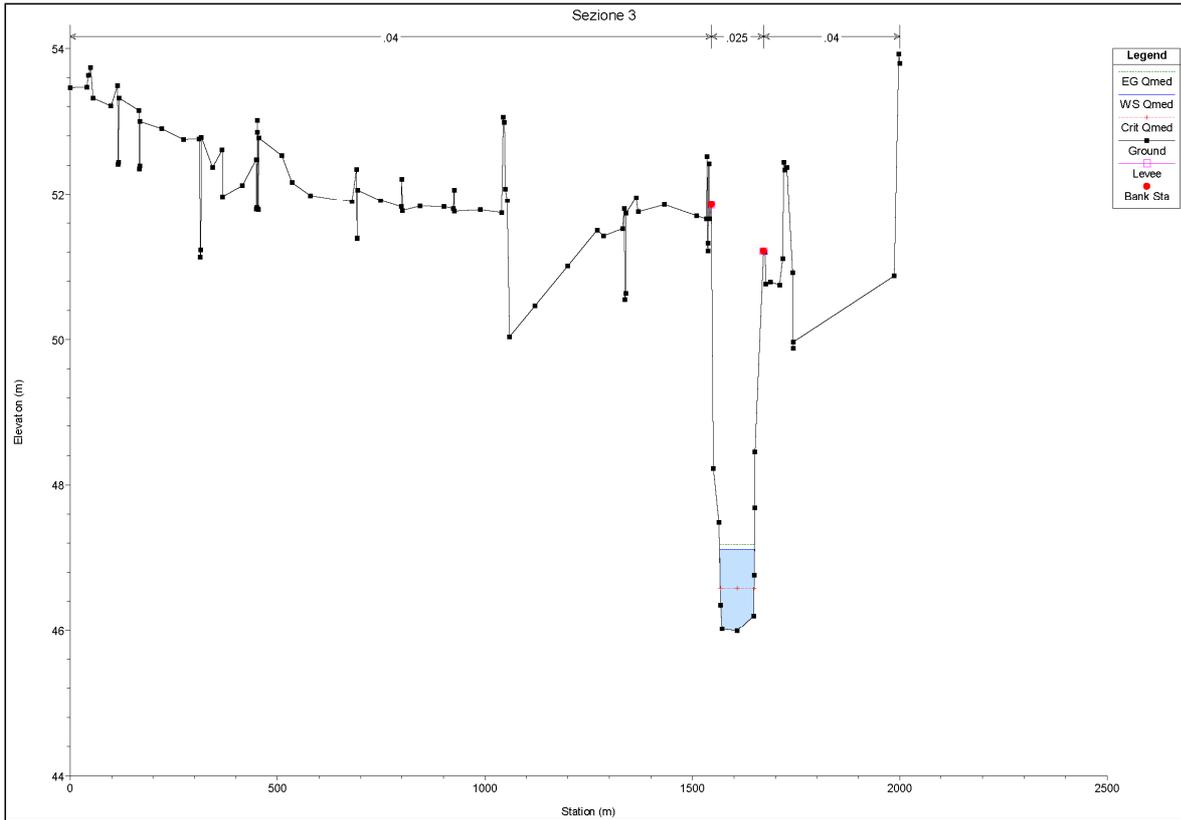
Profili longitudinali

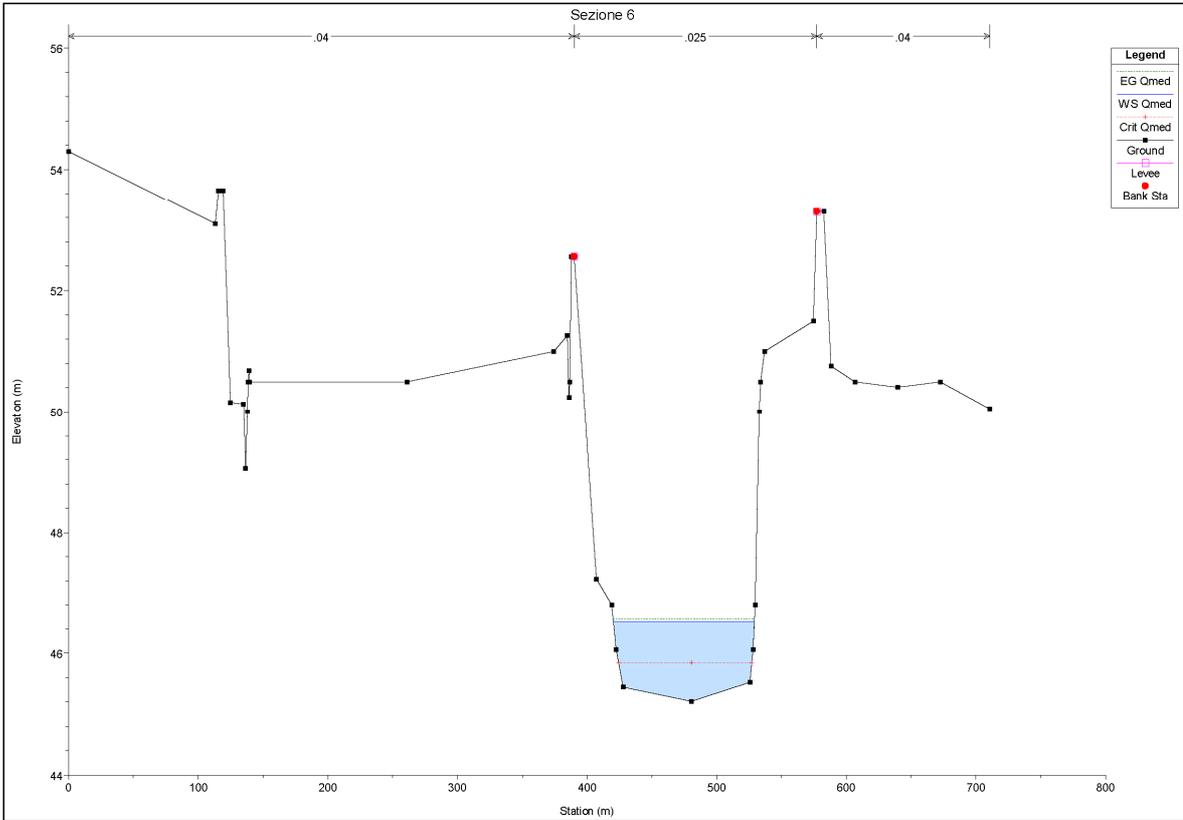
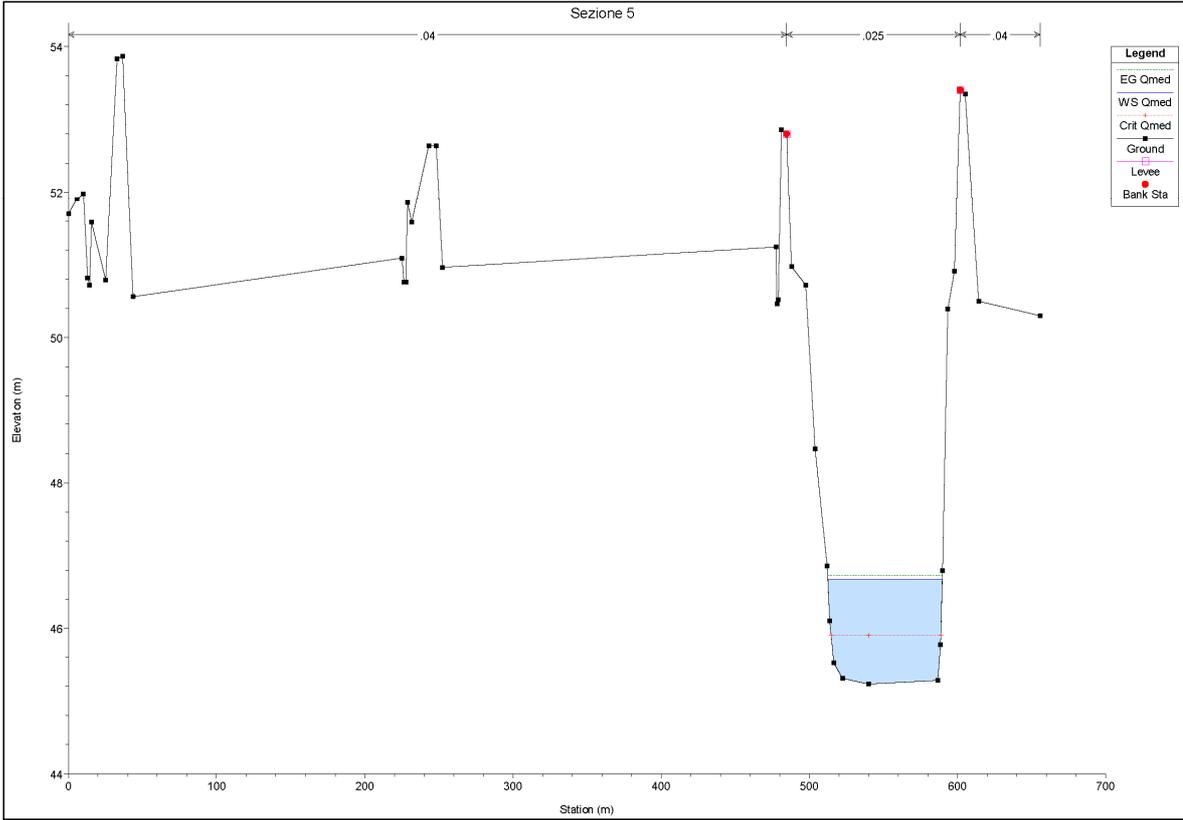


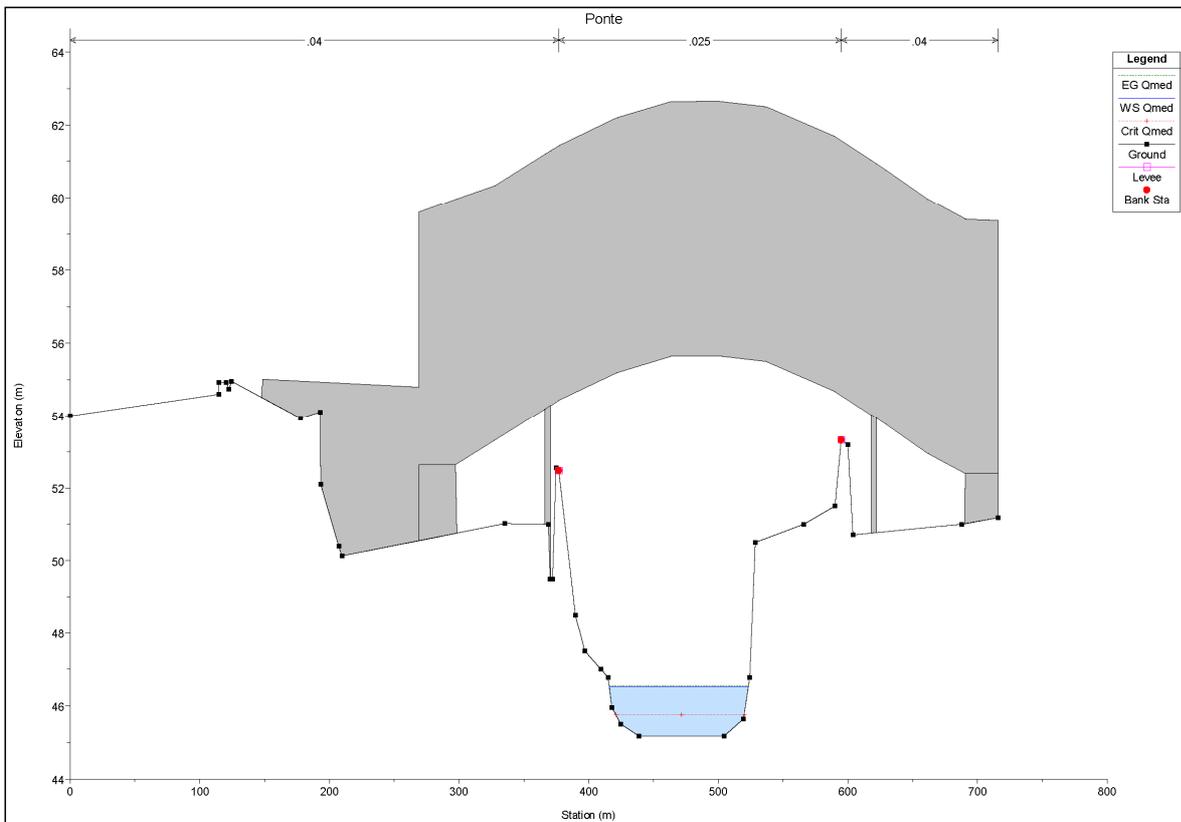
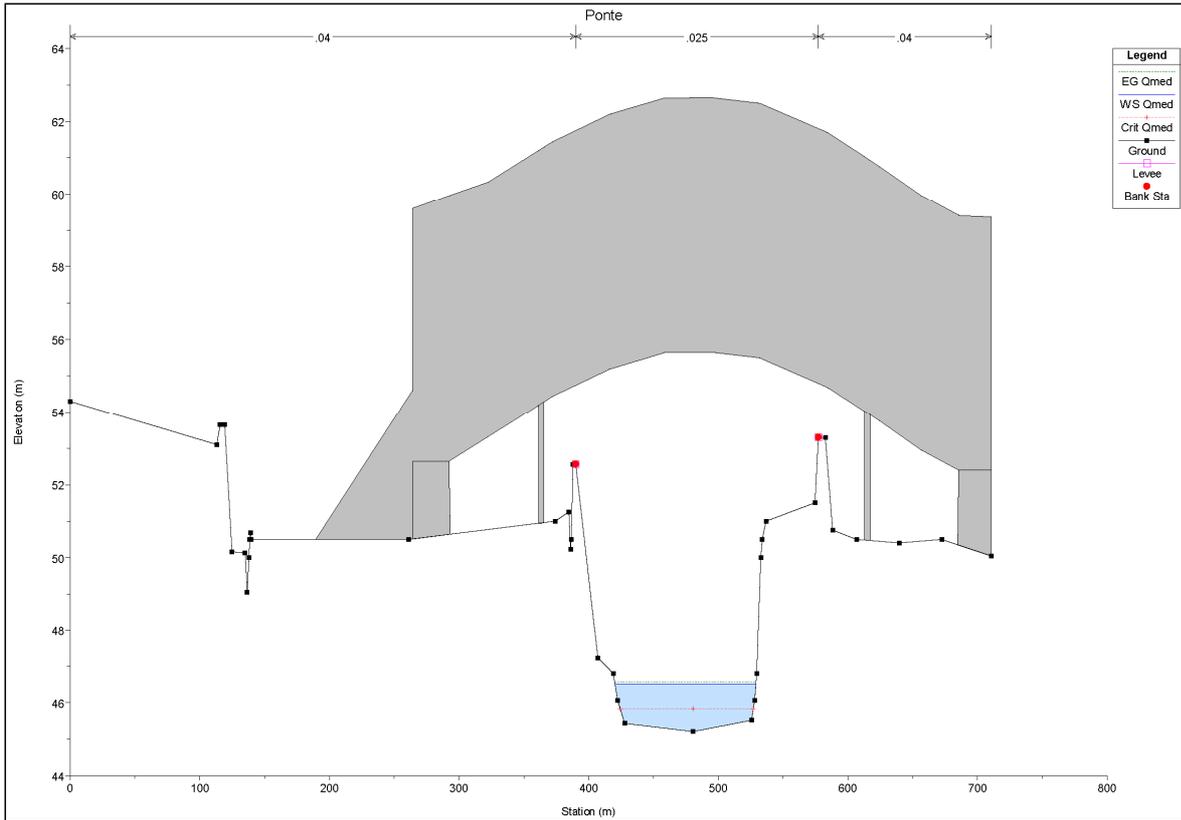


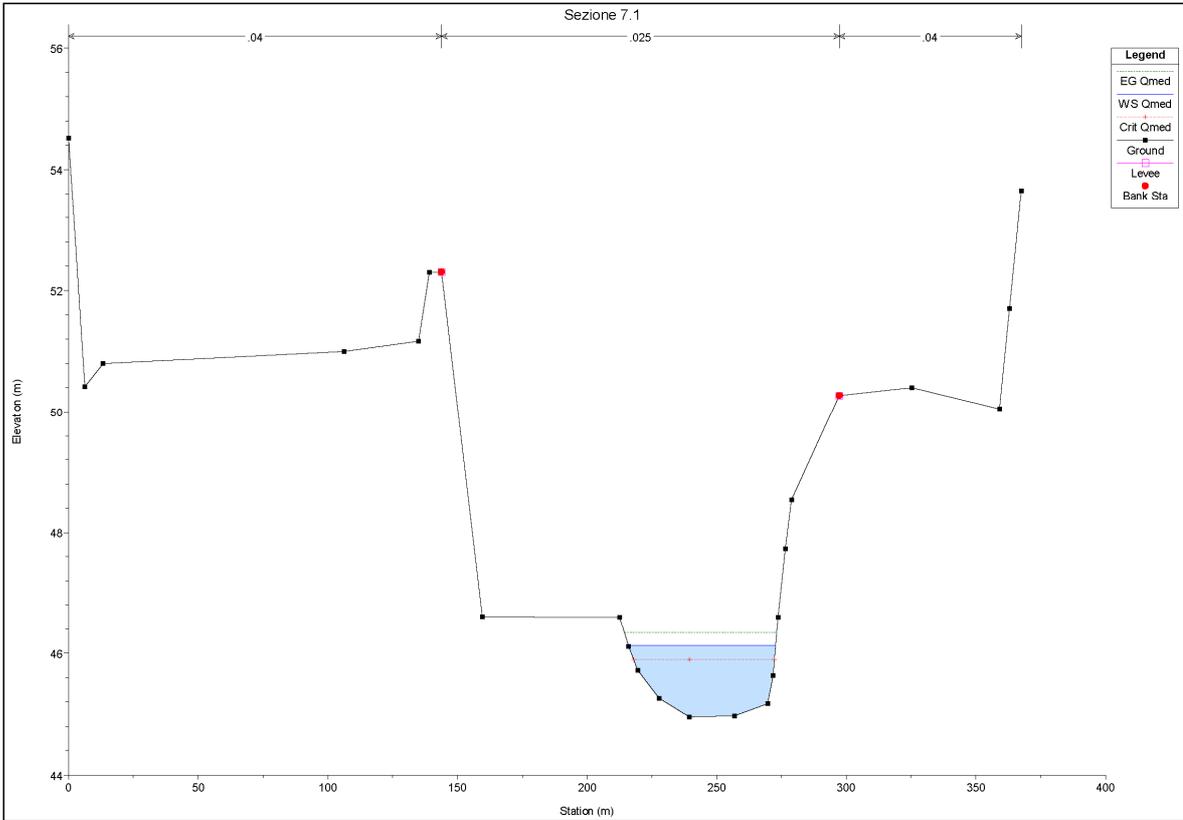
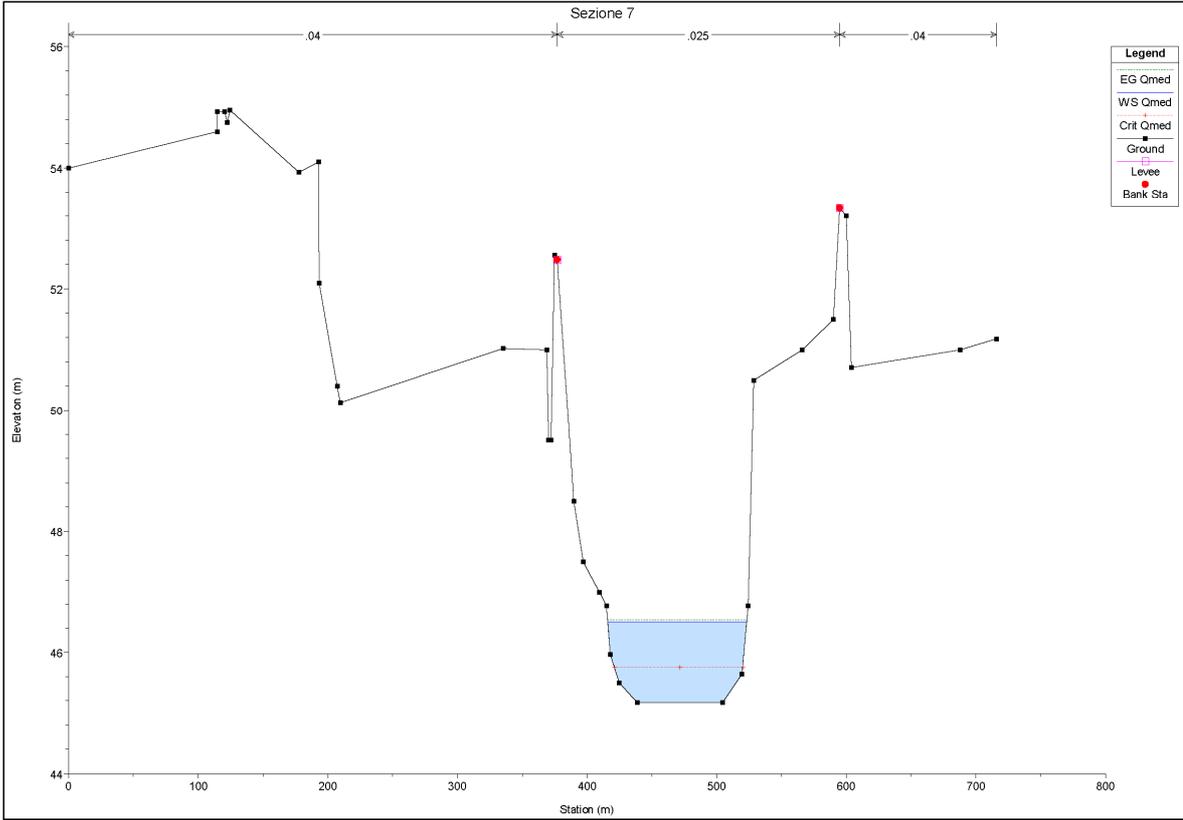
### Sezioni trasversali

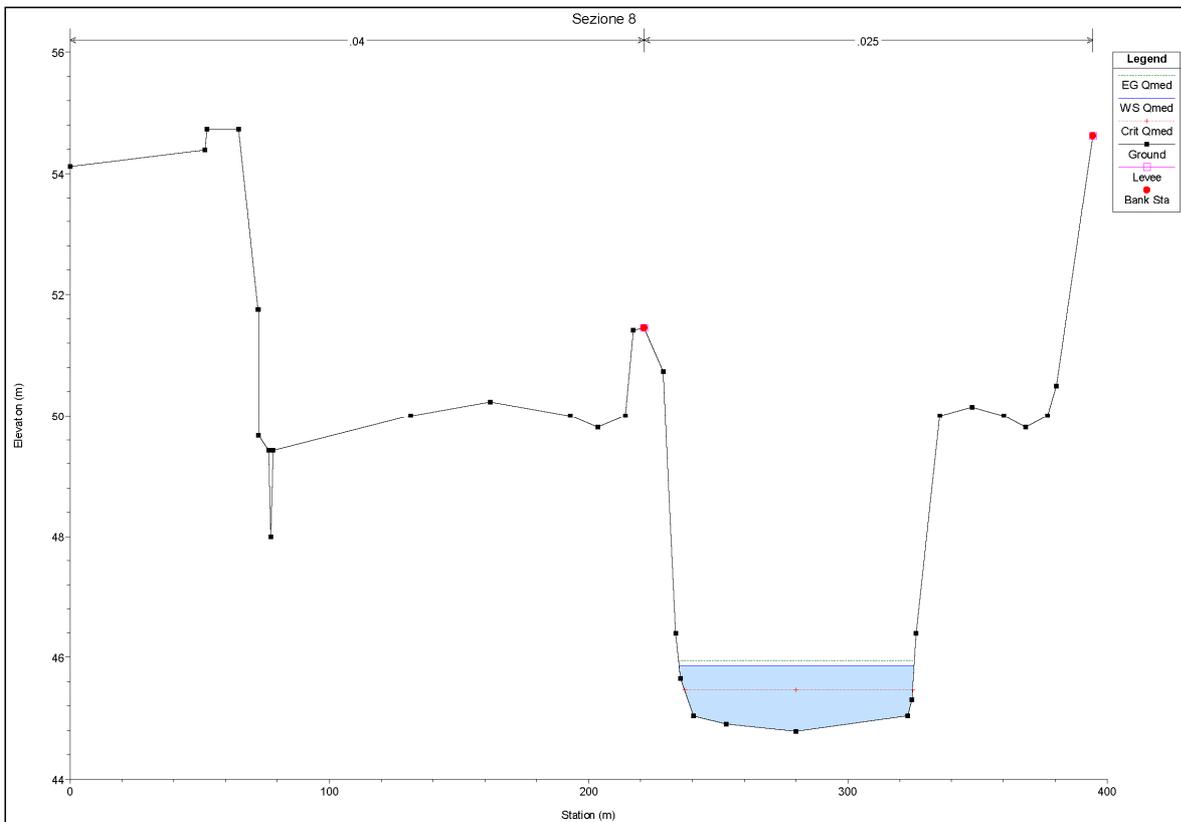
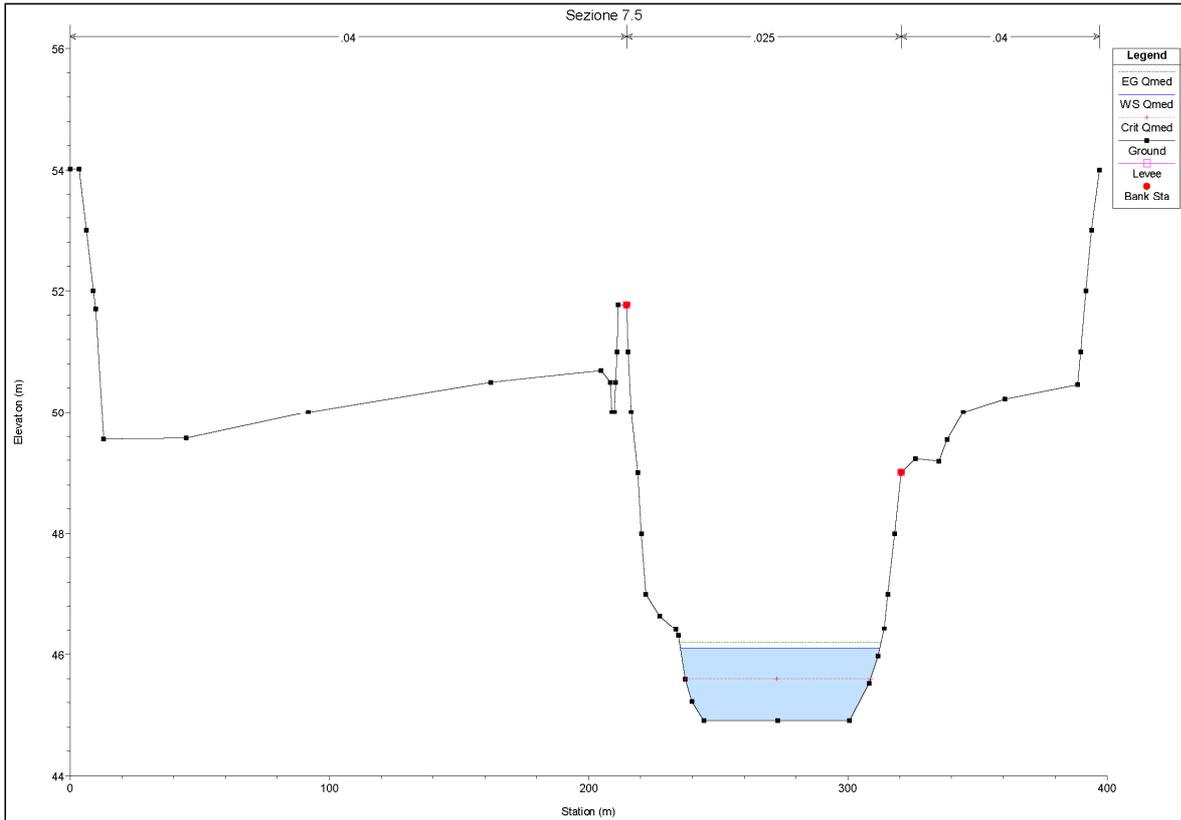


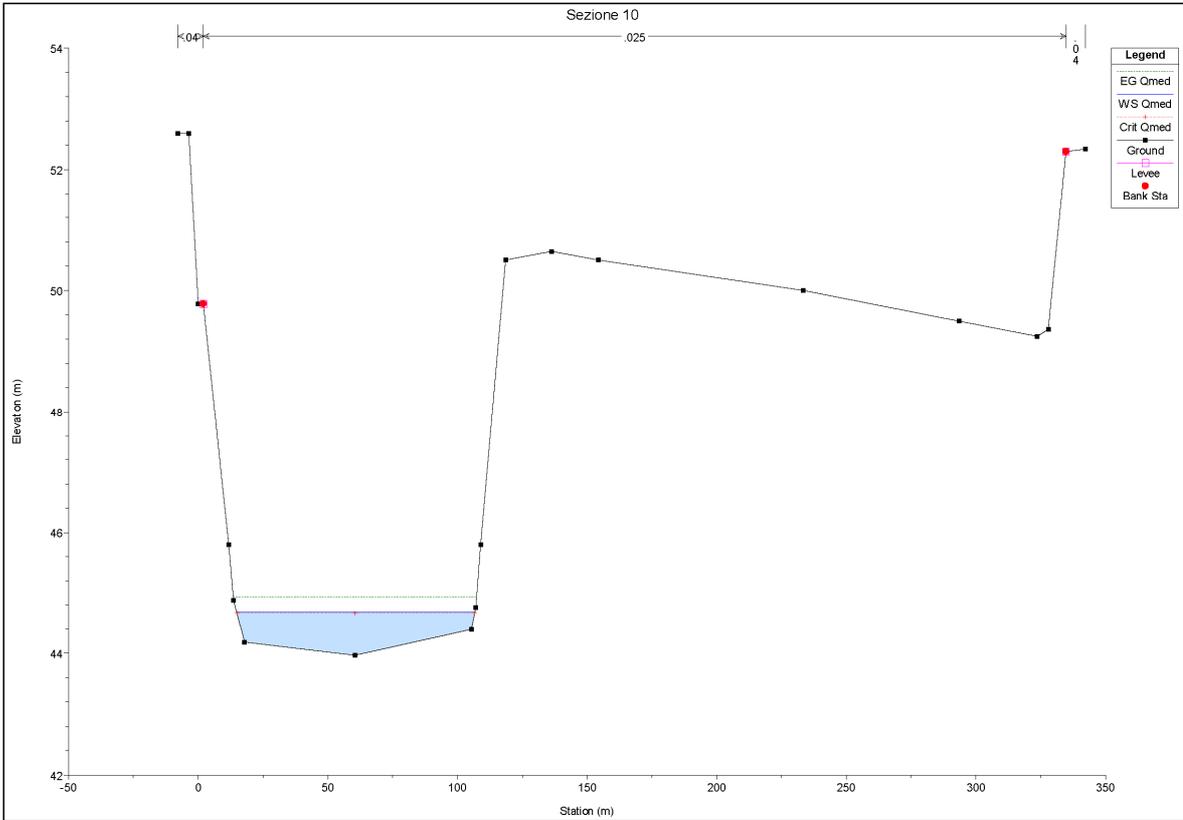
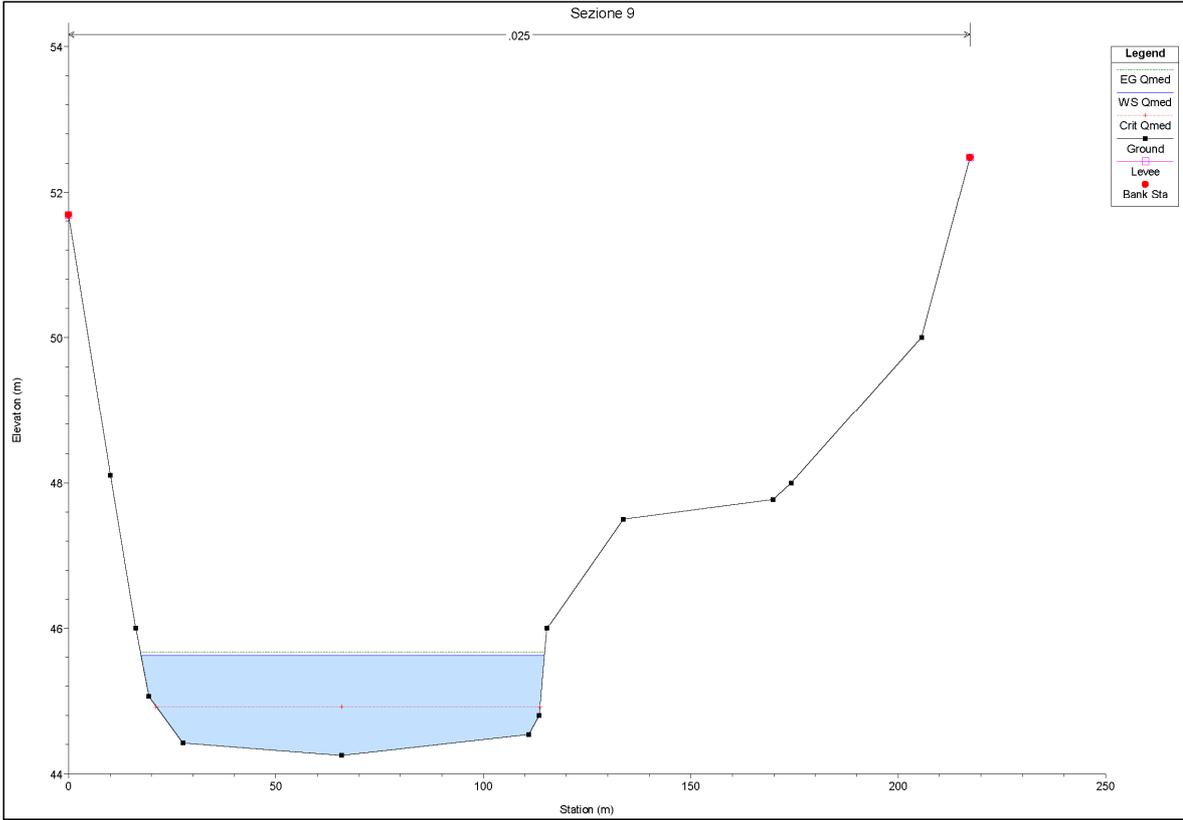


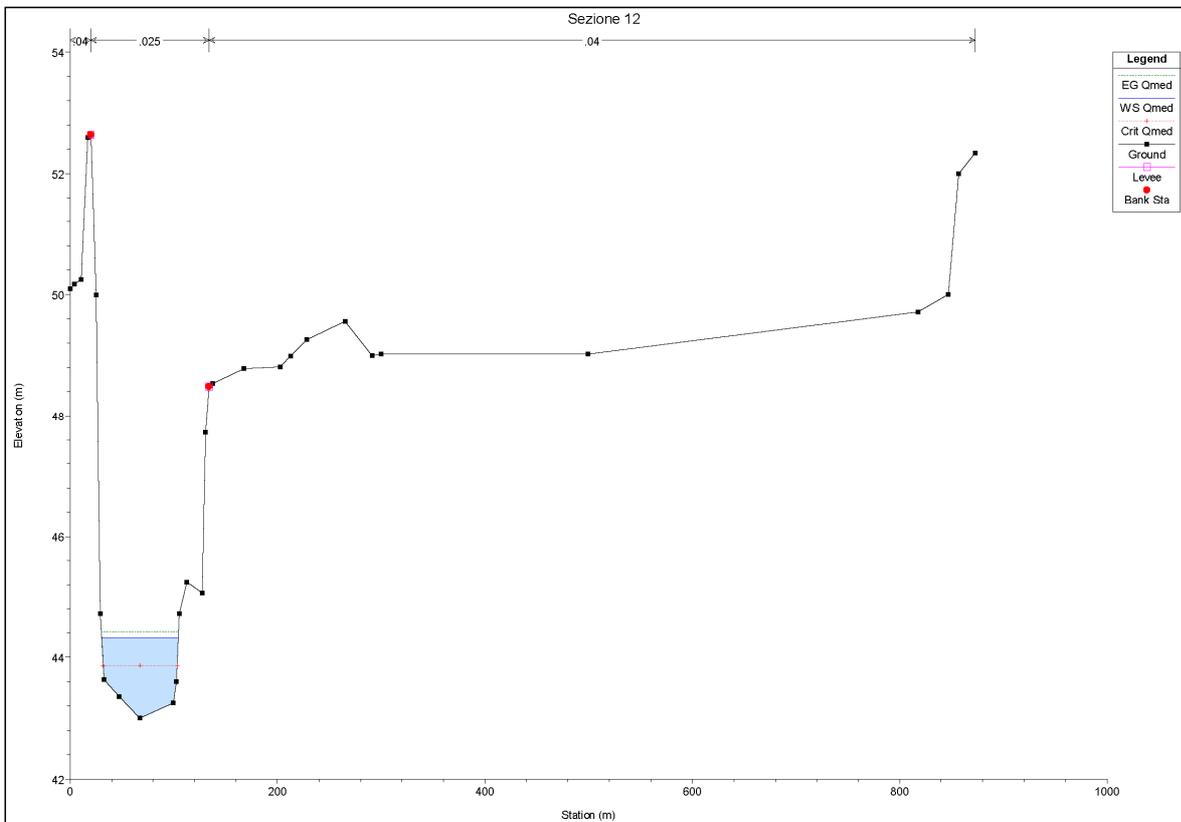
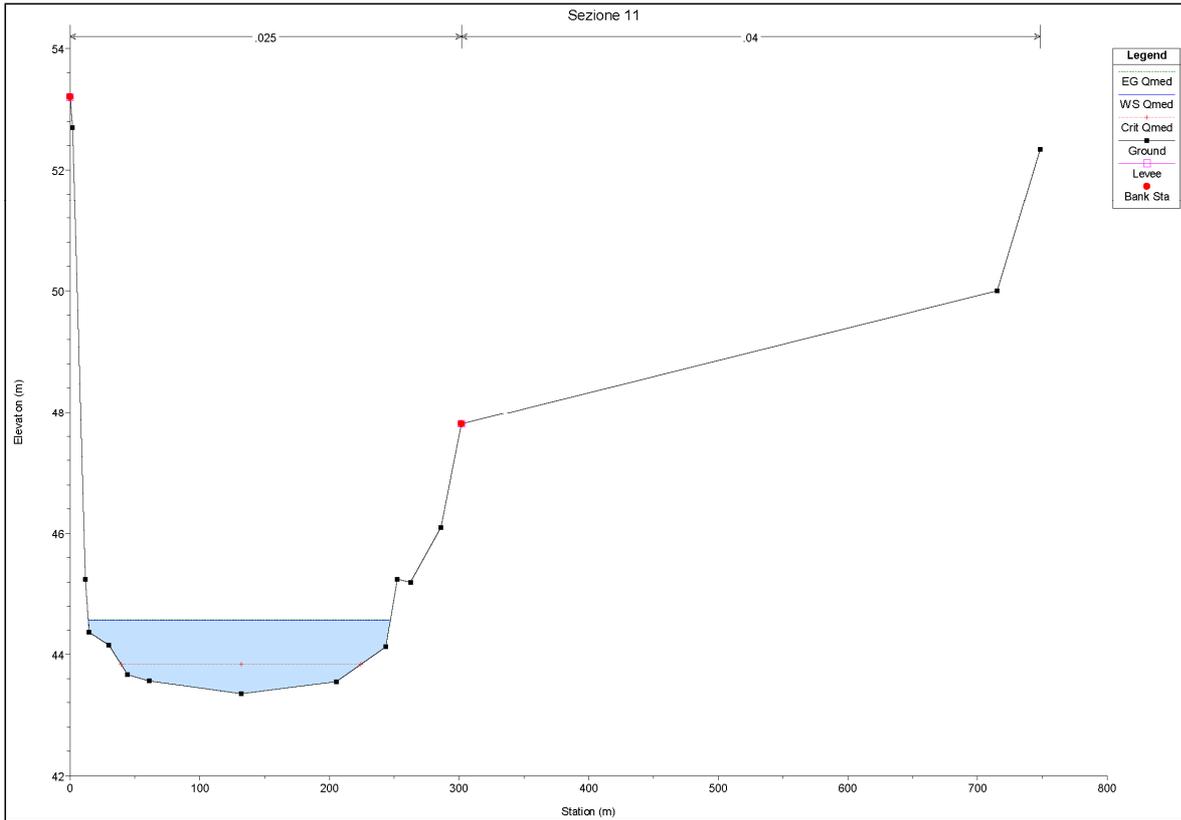


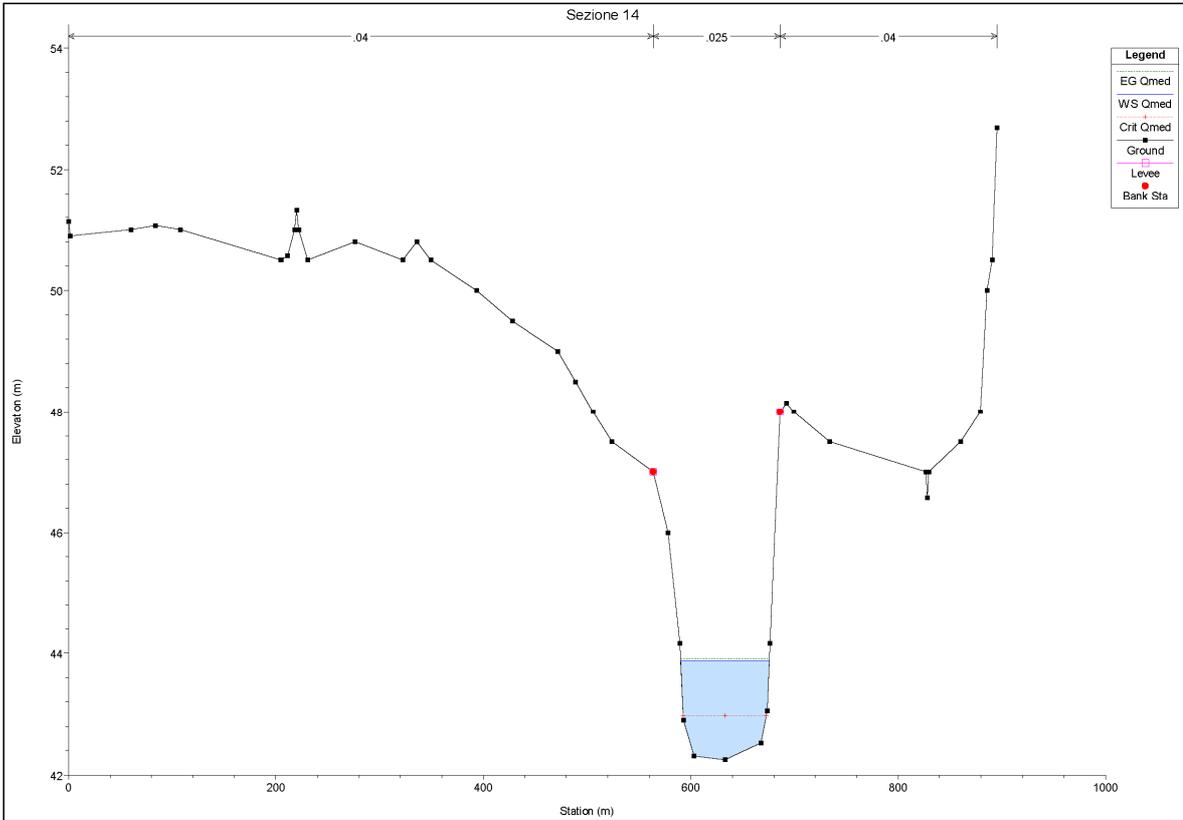
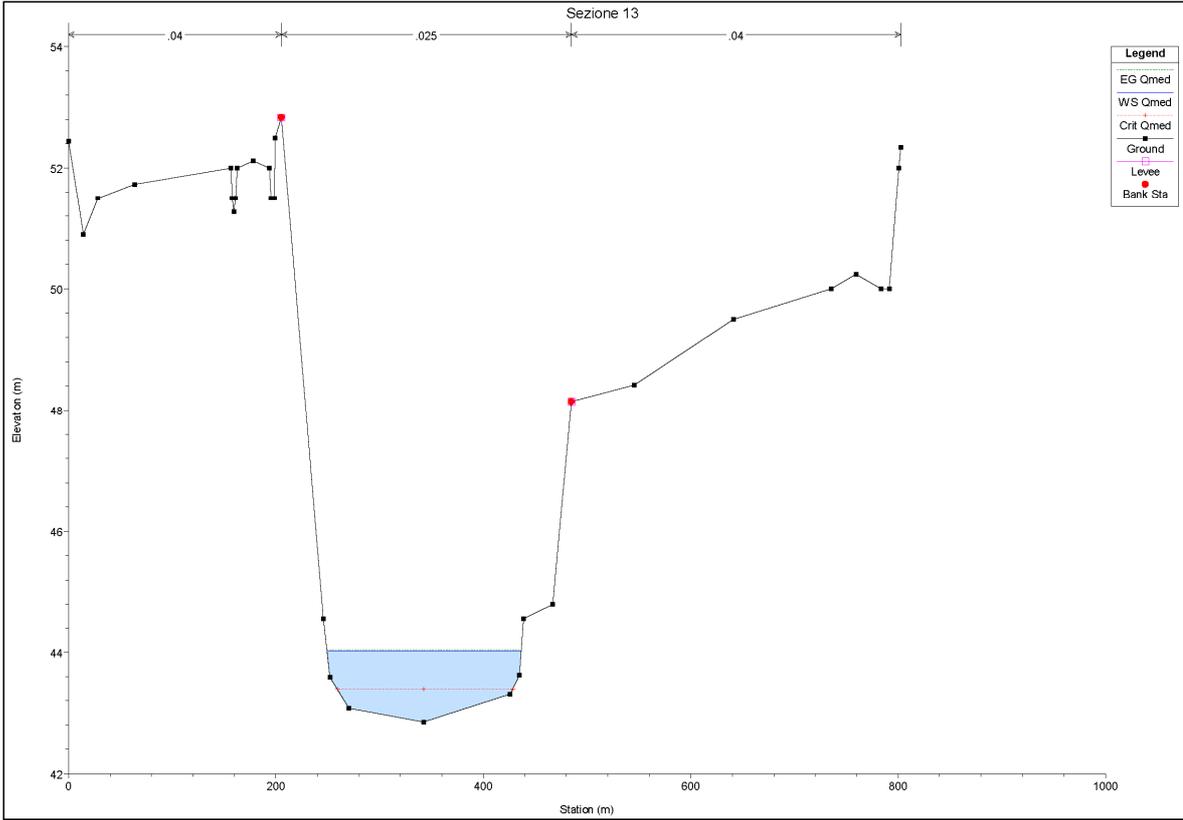


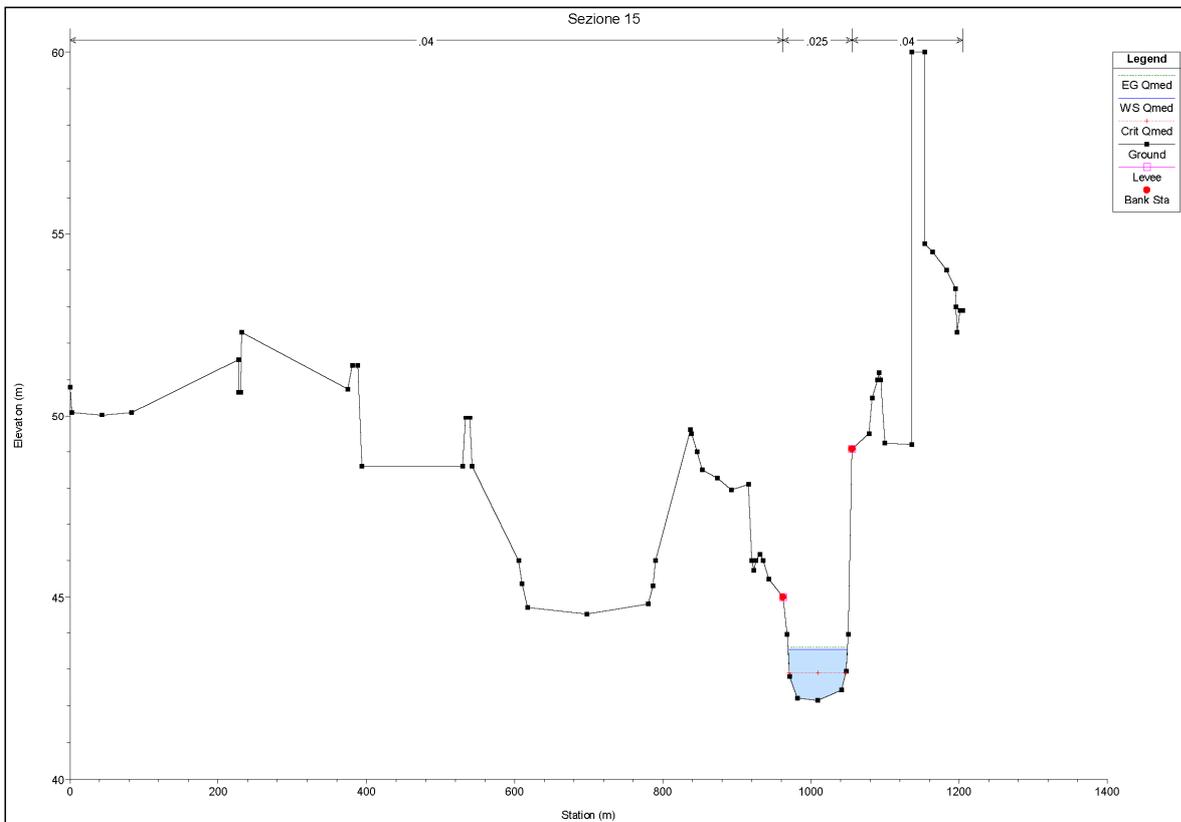
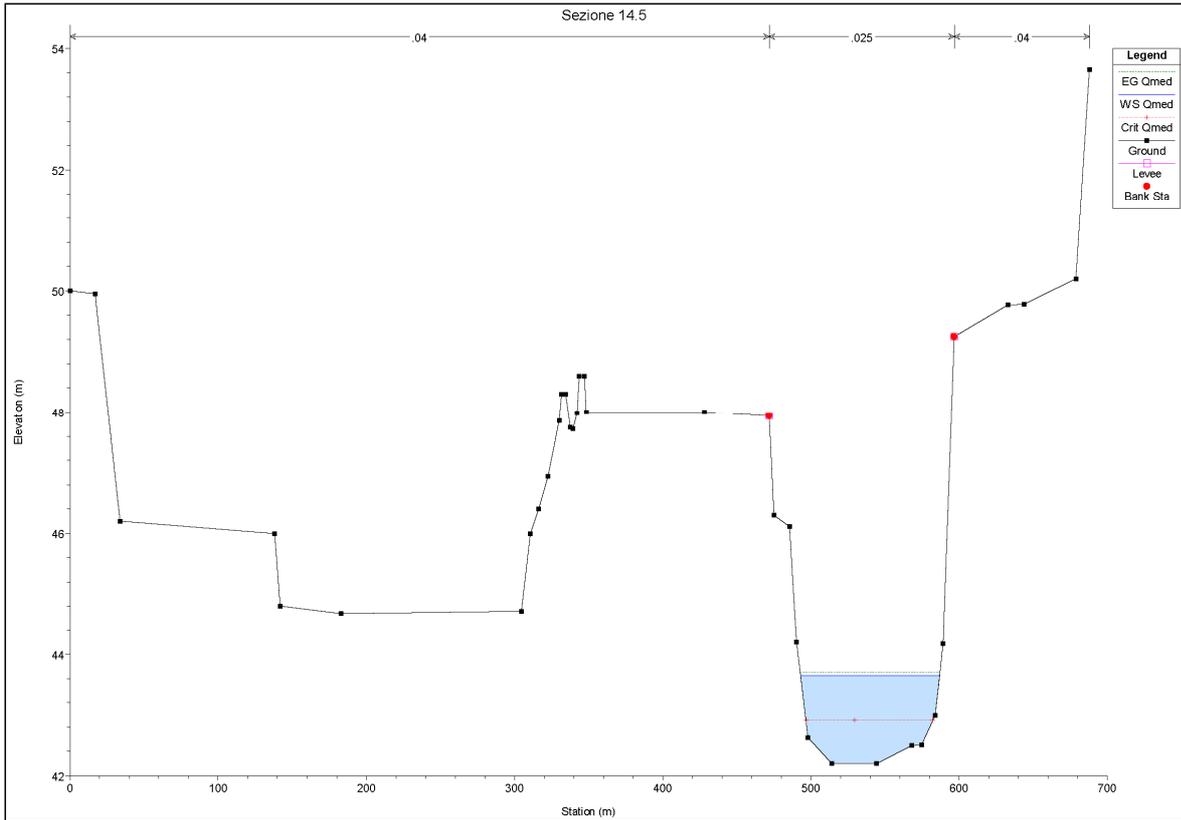


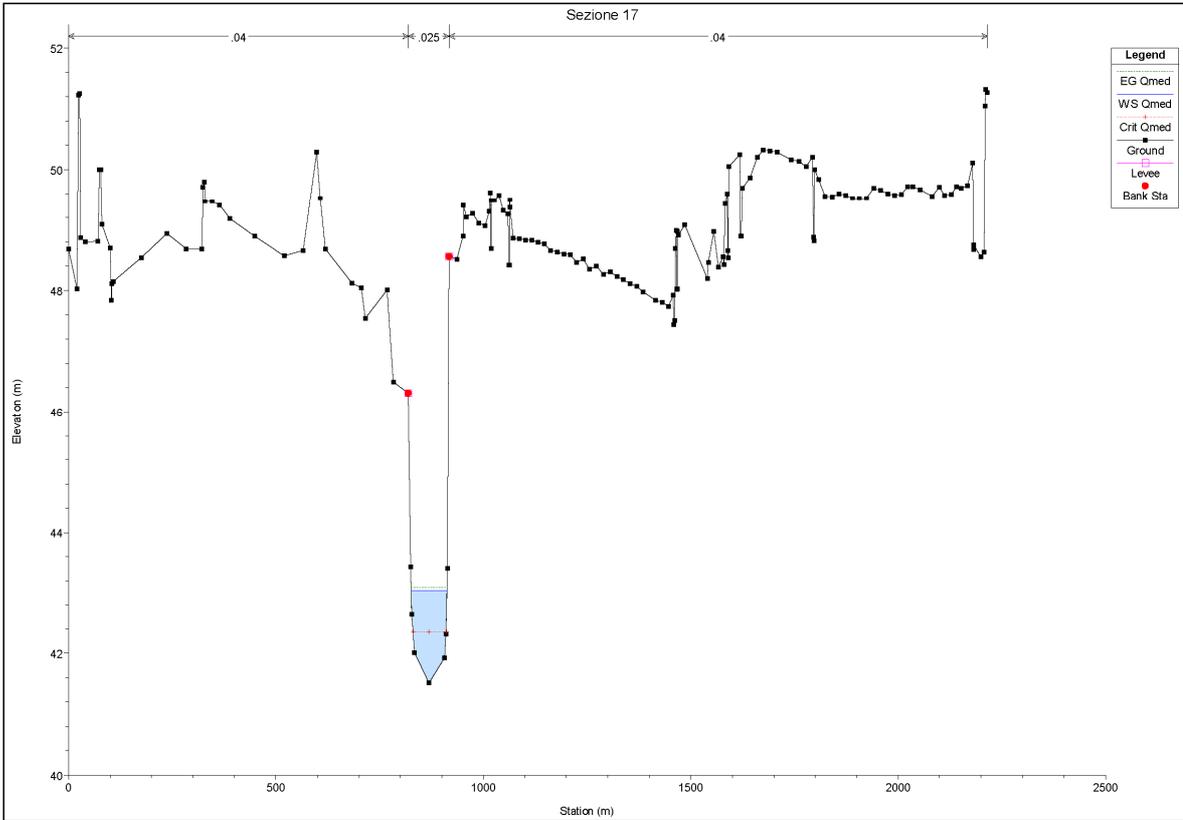
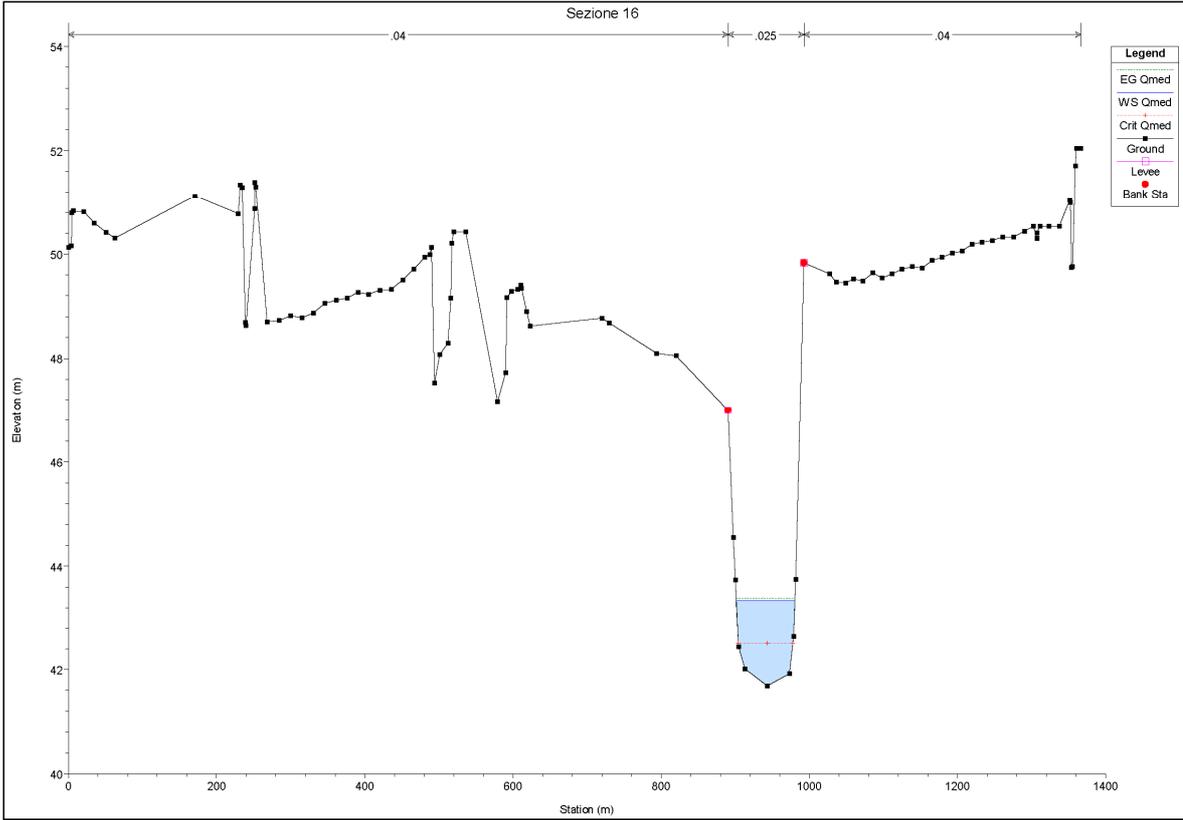


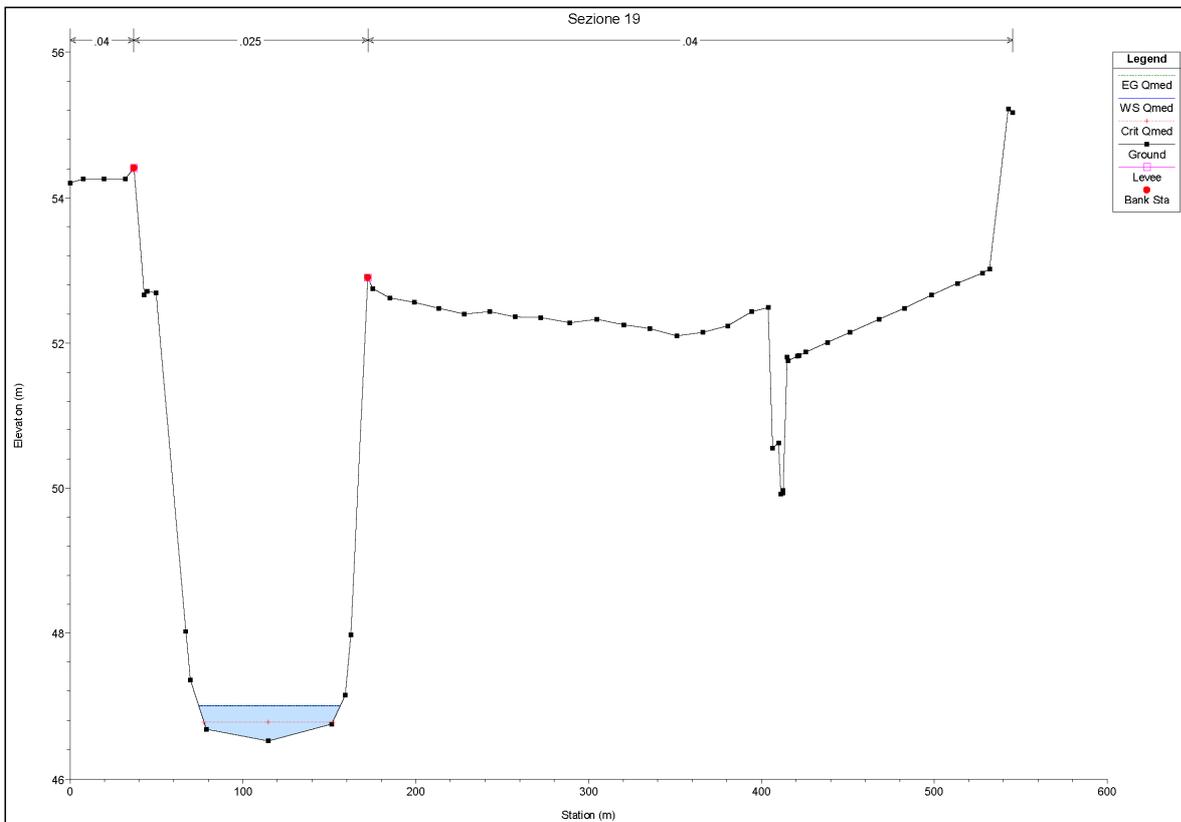
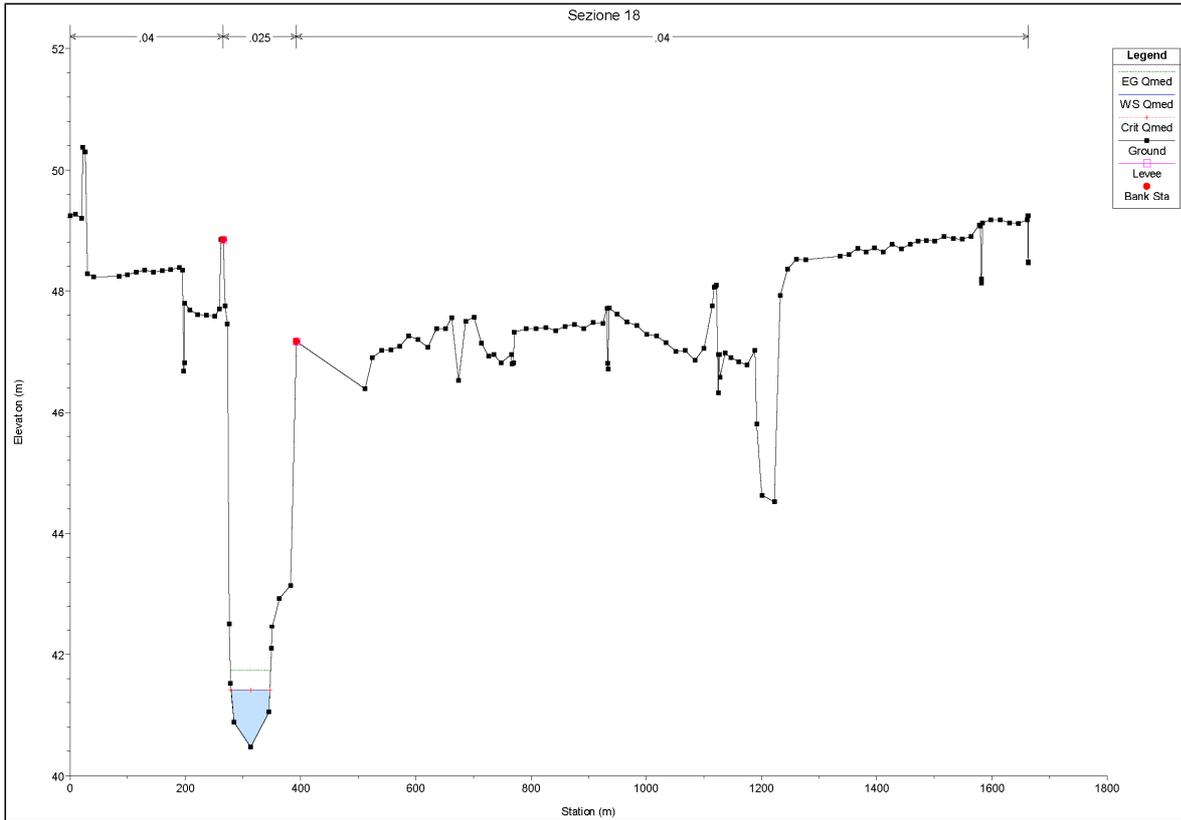


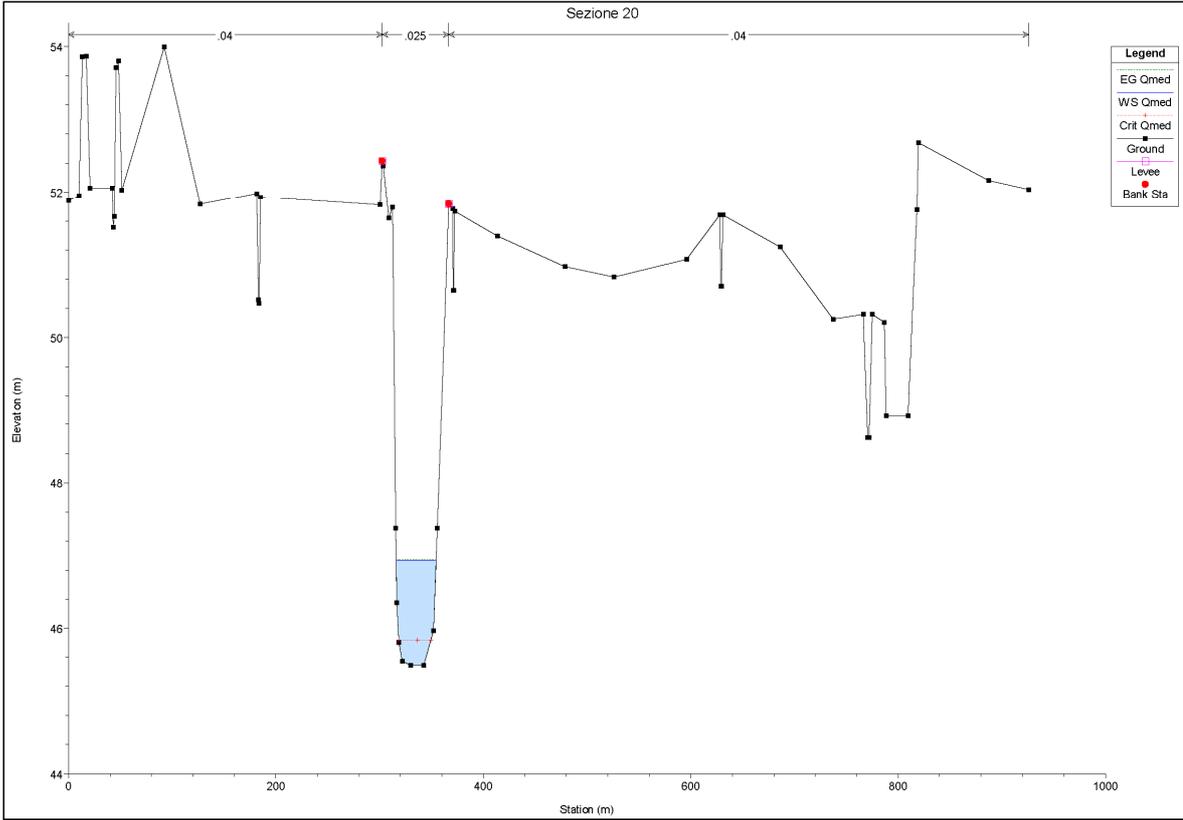






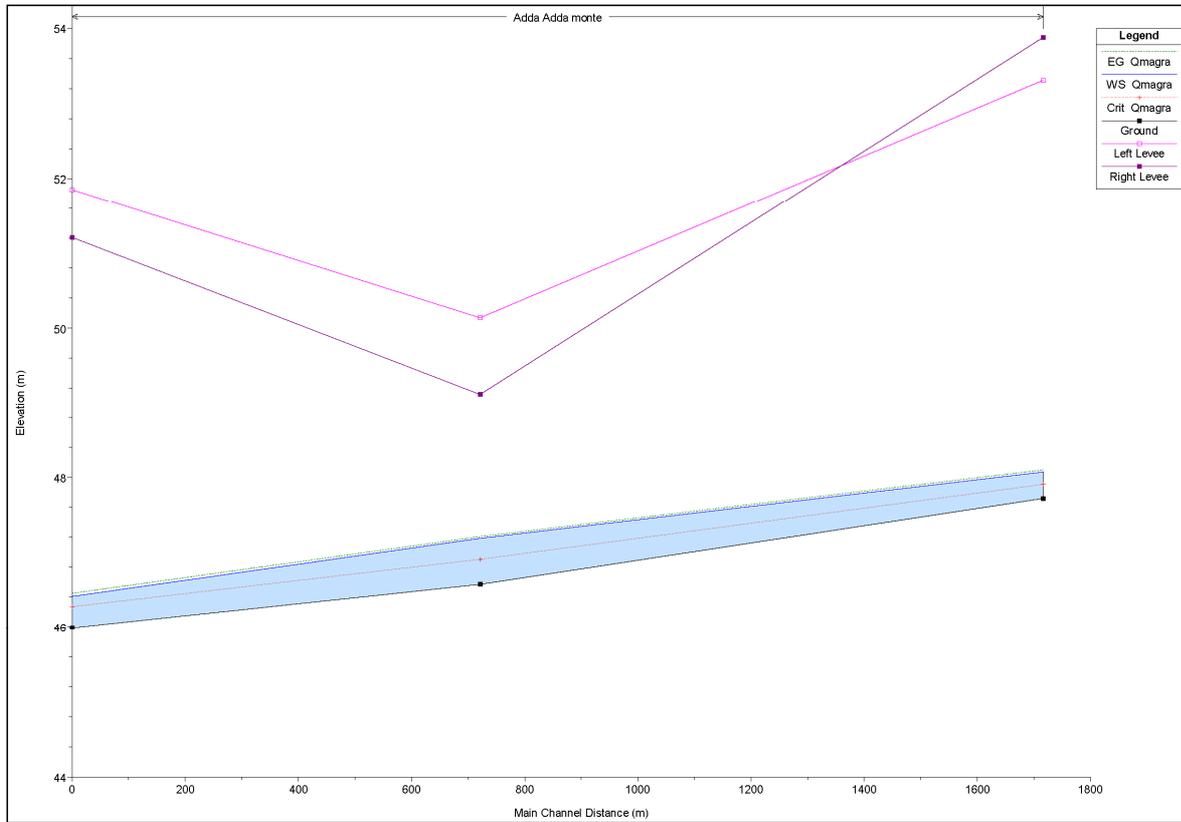


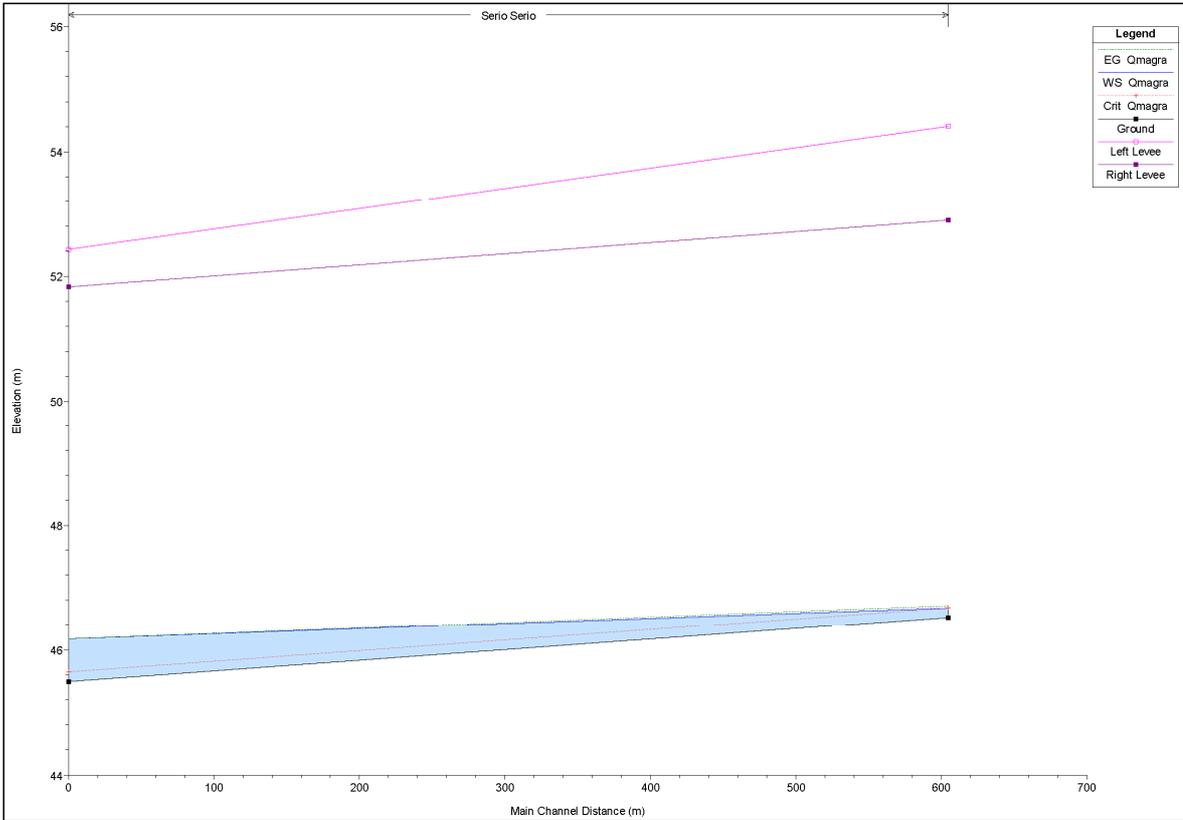
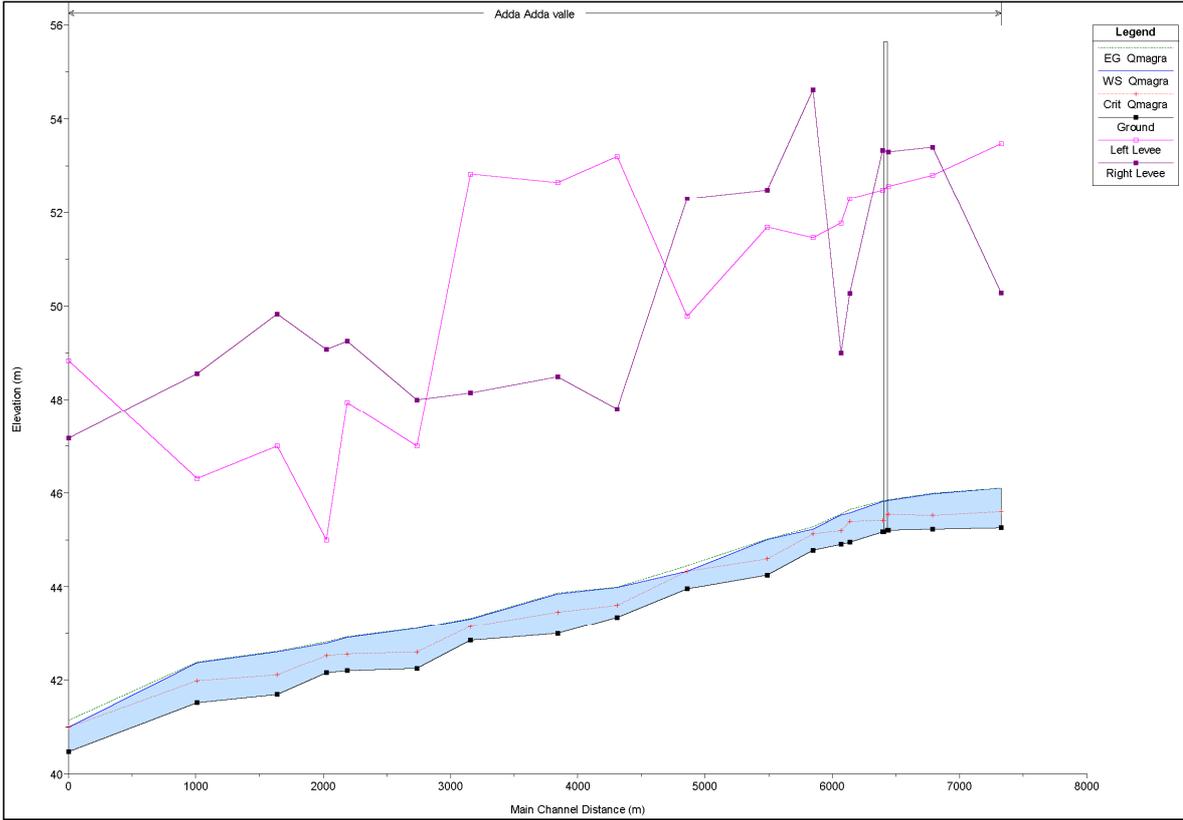




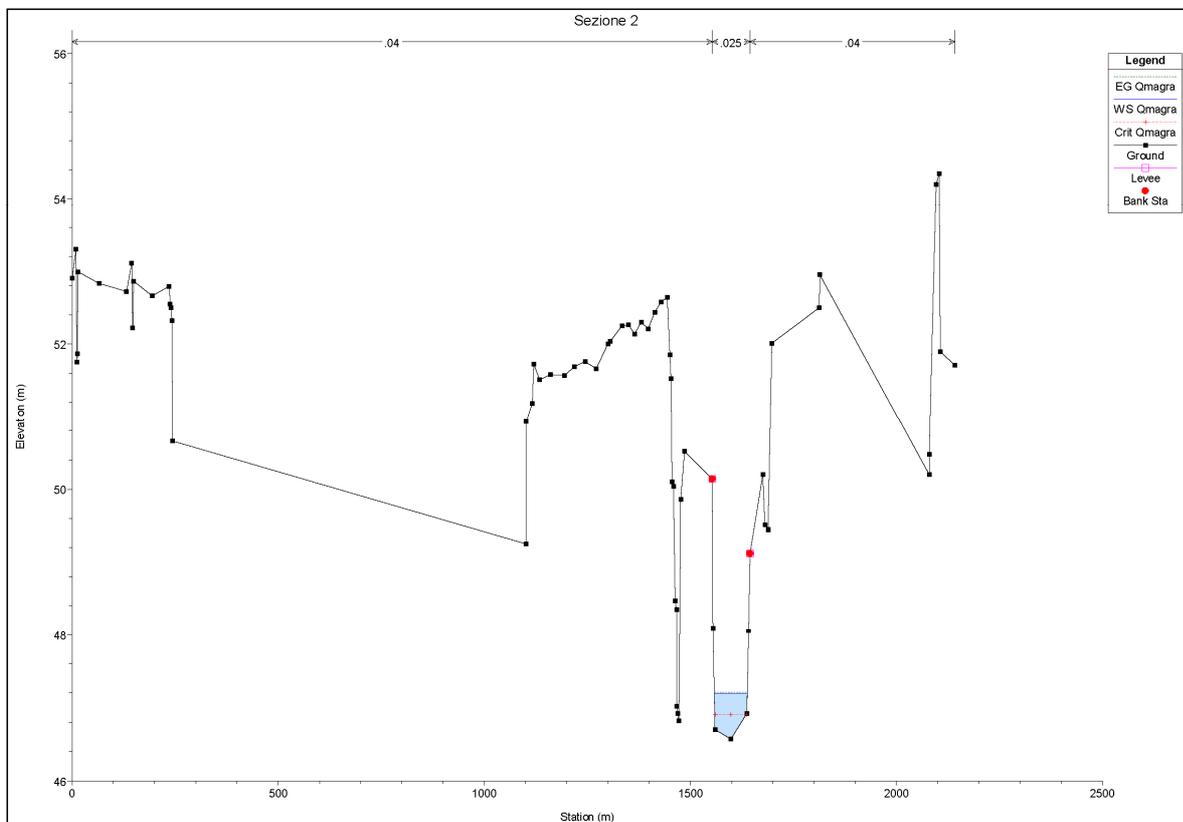
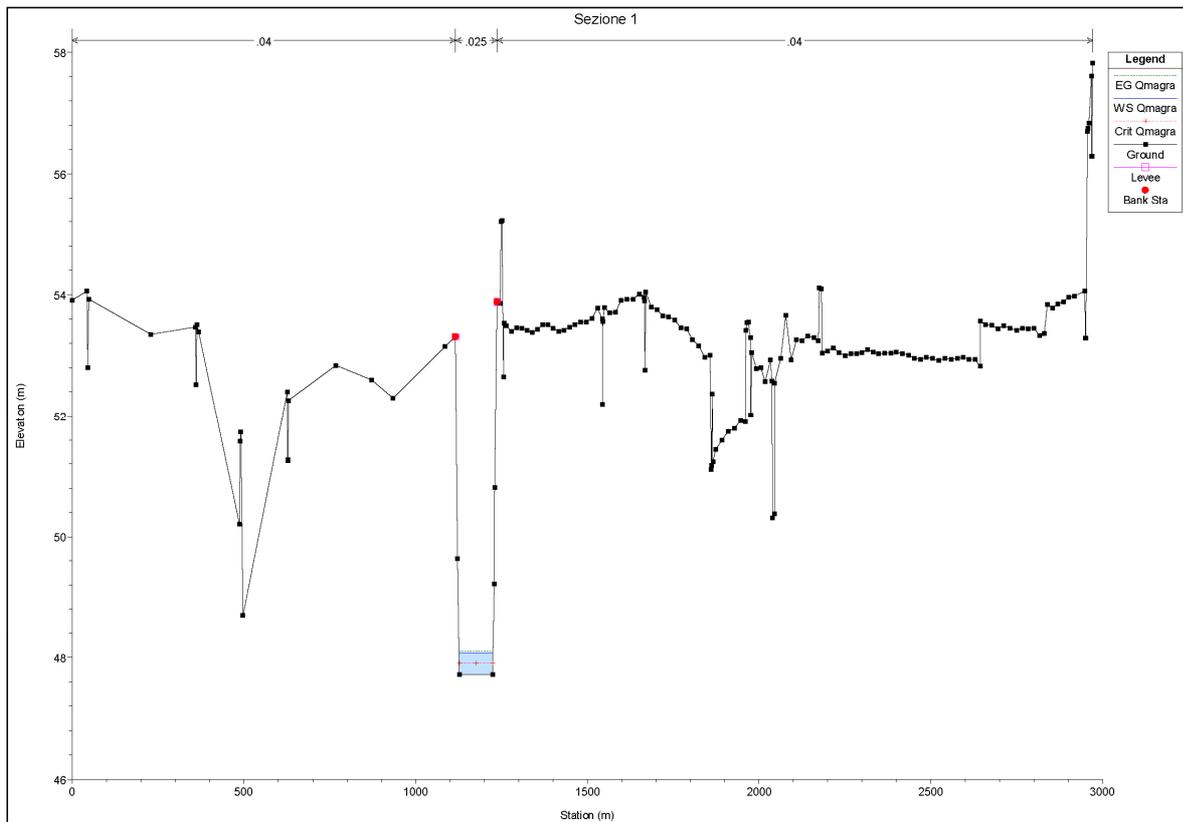
3.1.3. Portata di magra

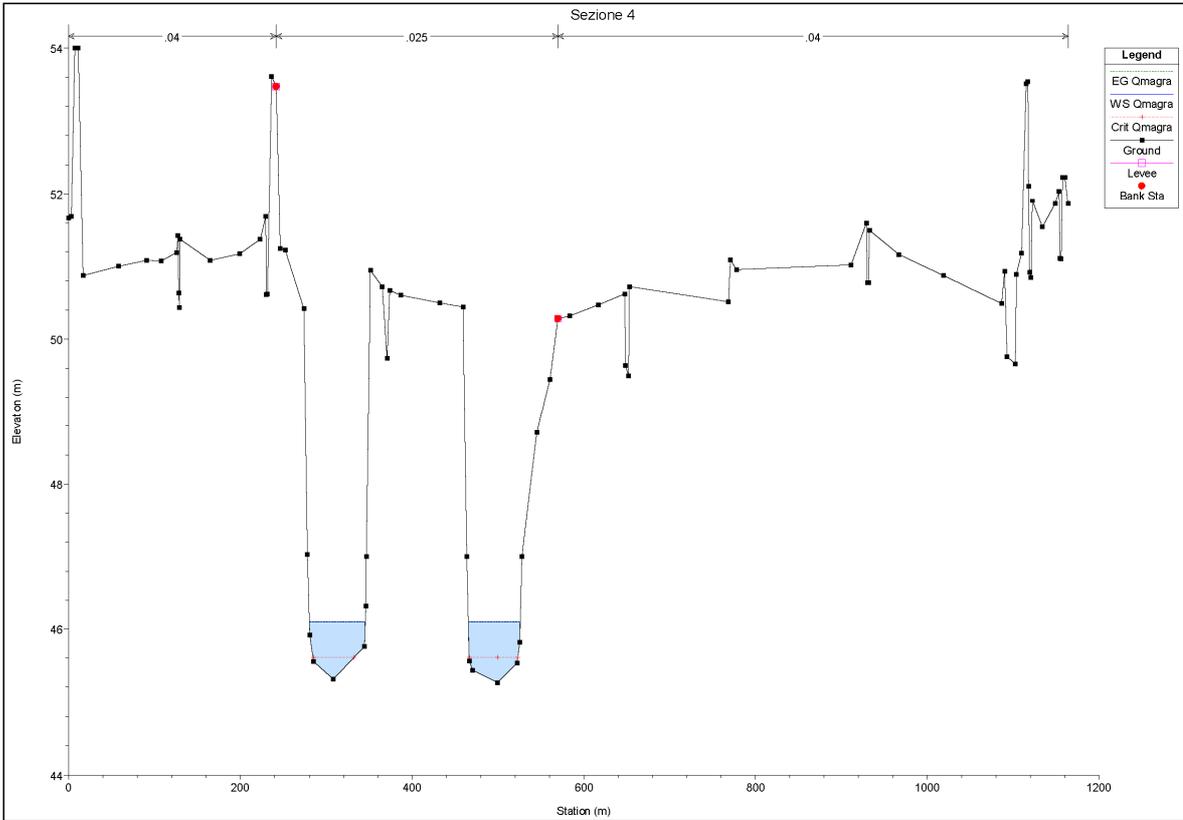
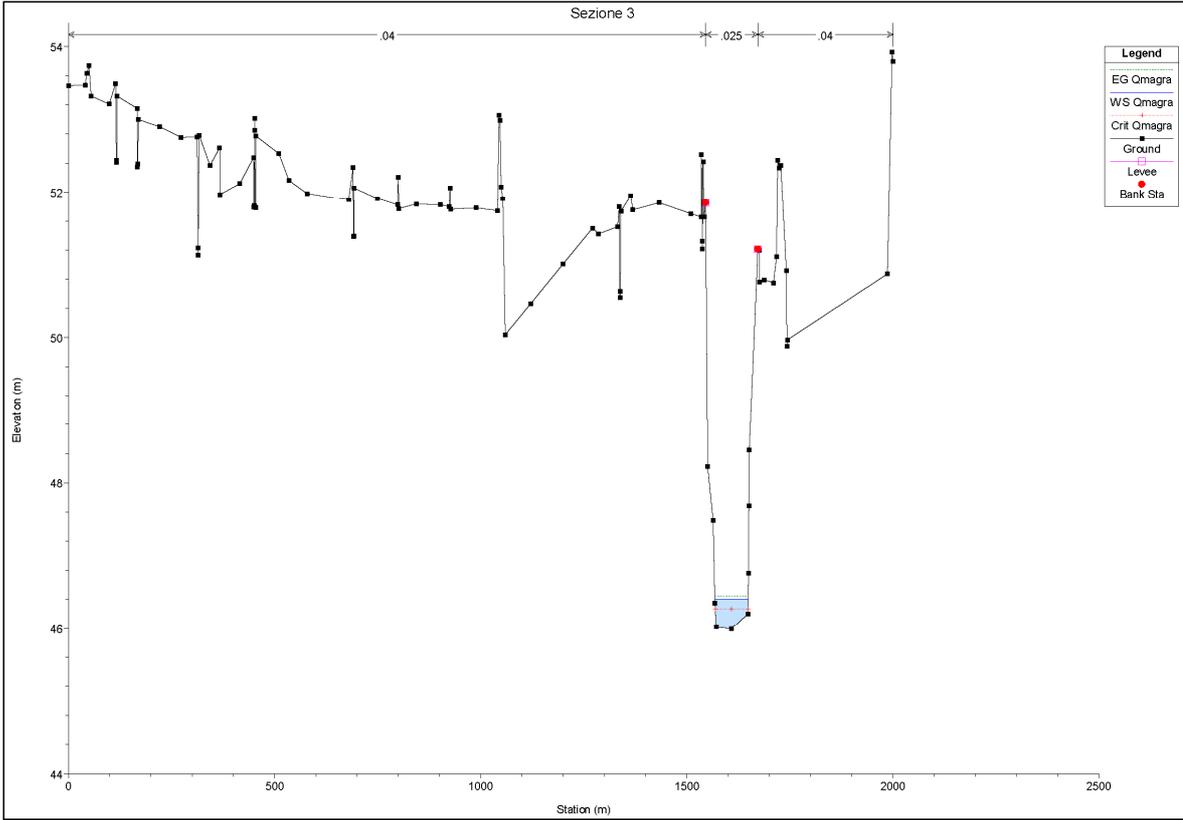
Profili longitudinali

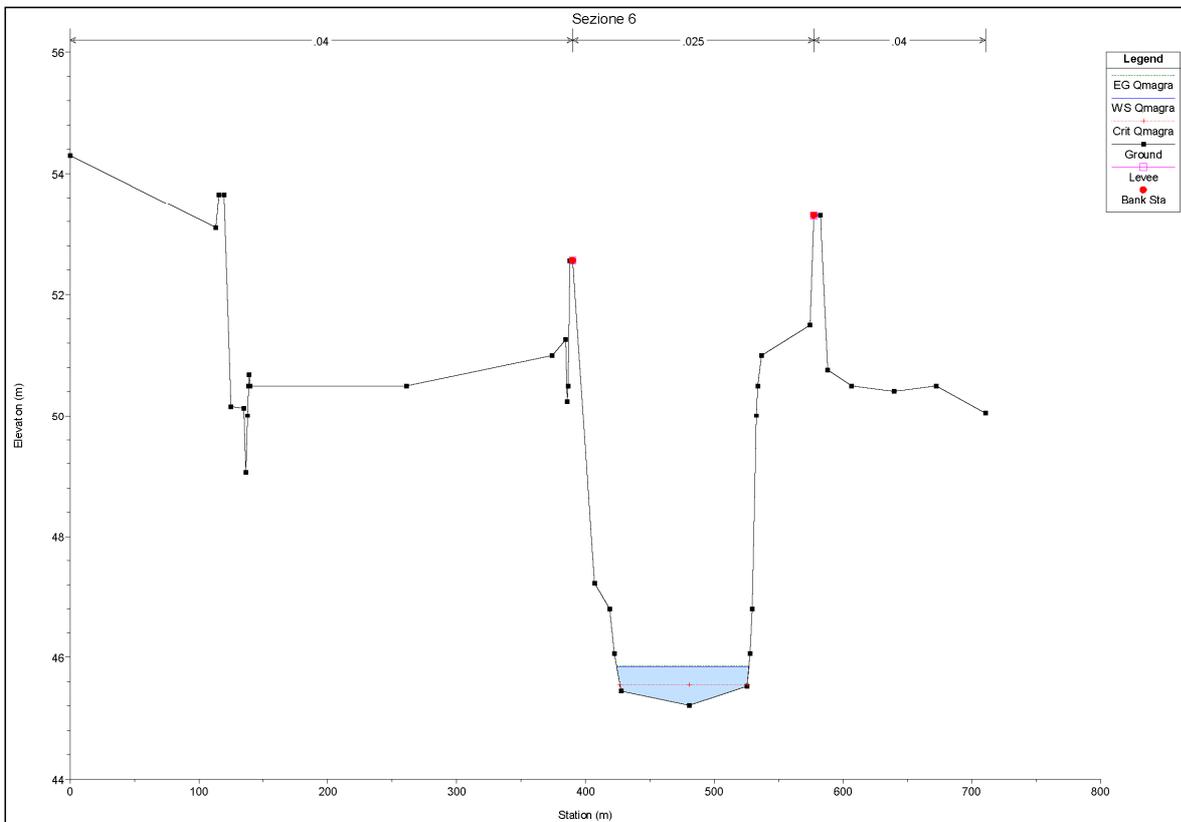
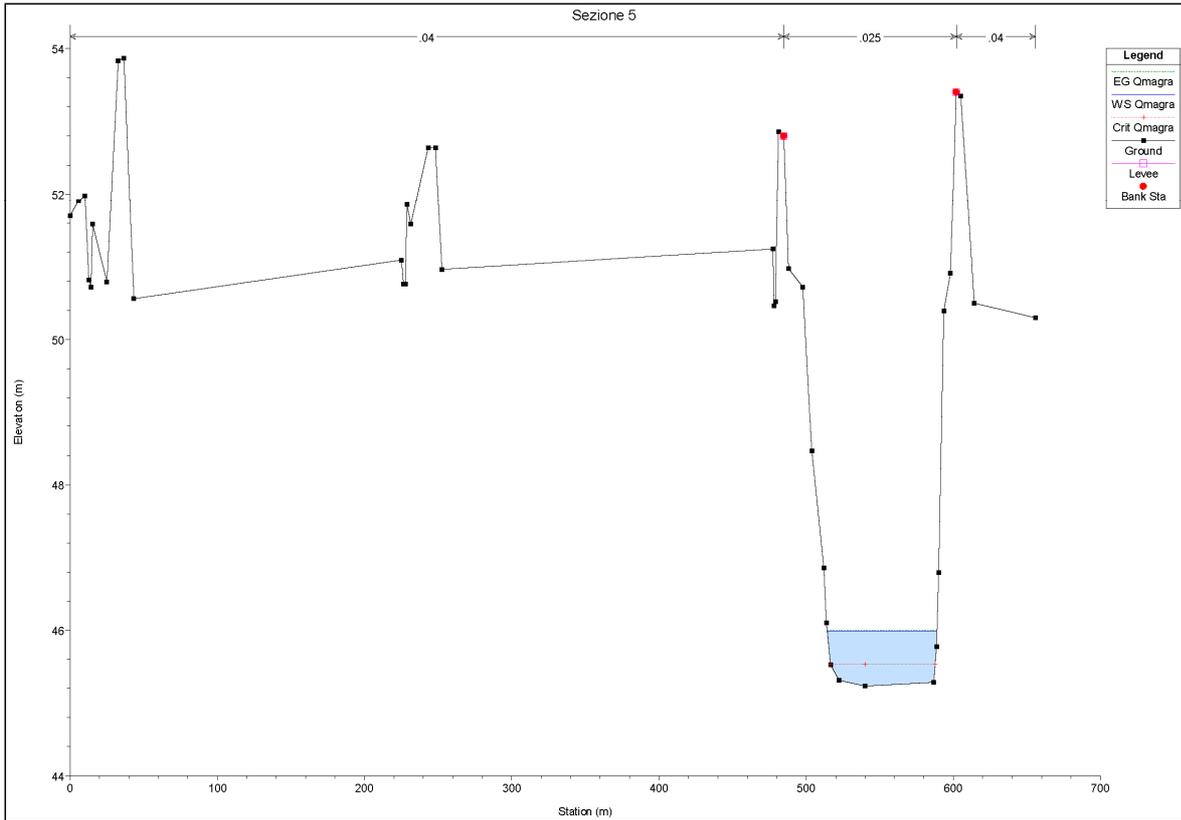


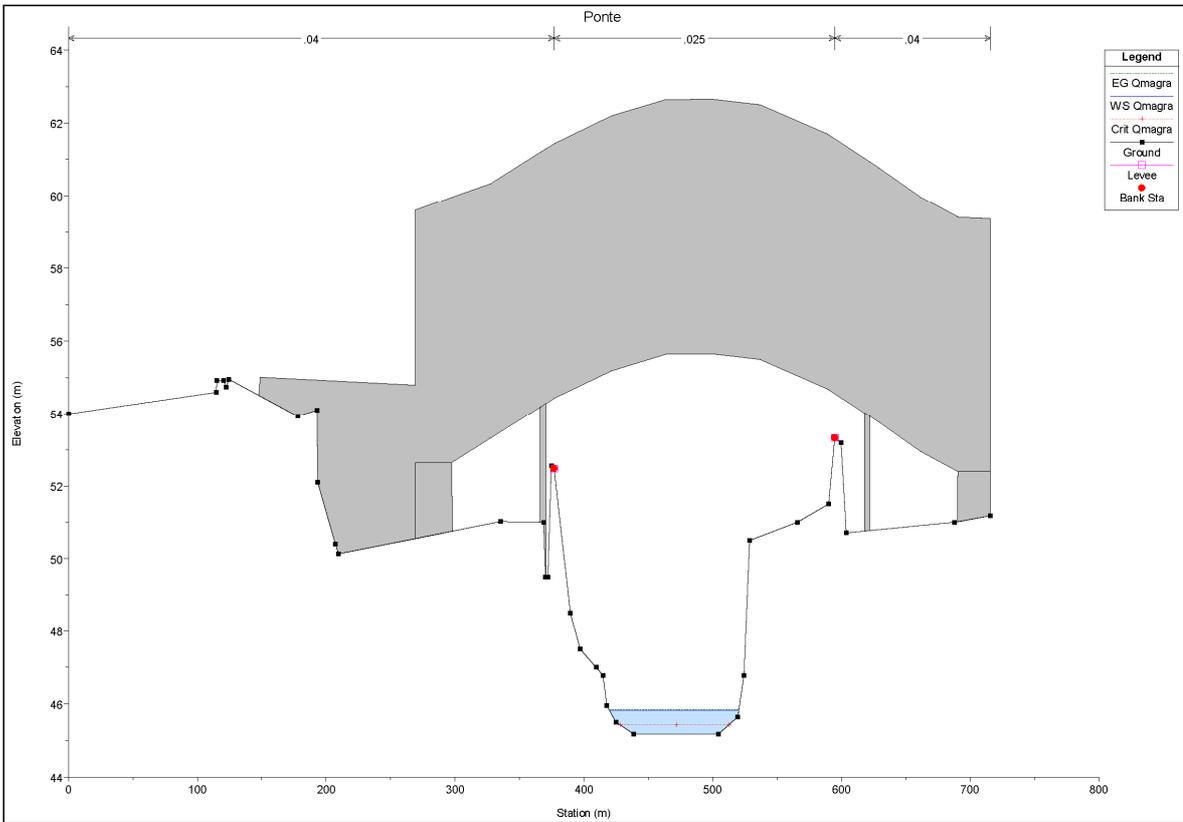
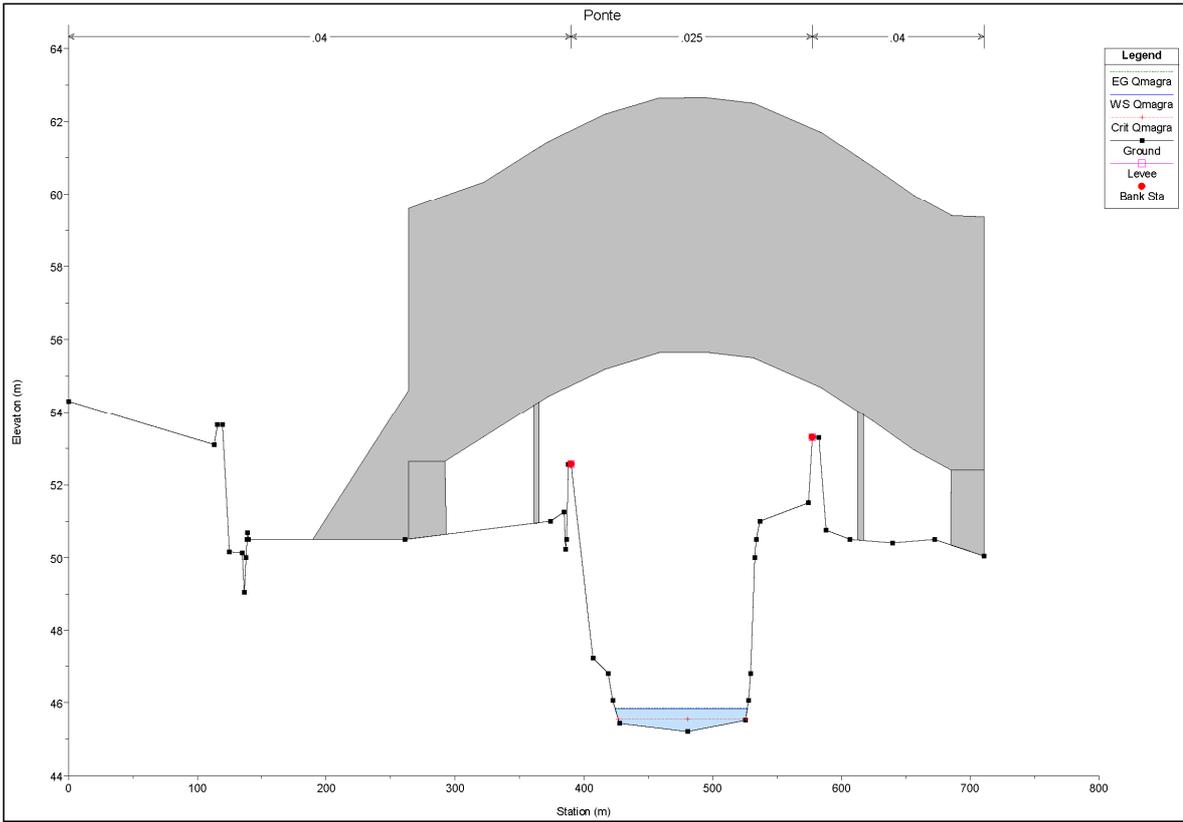


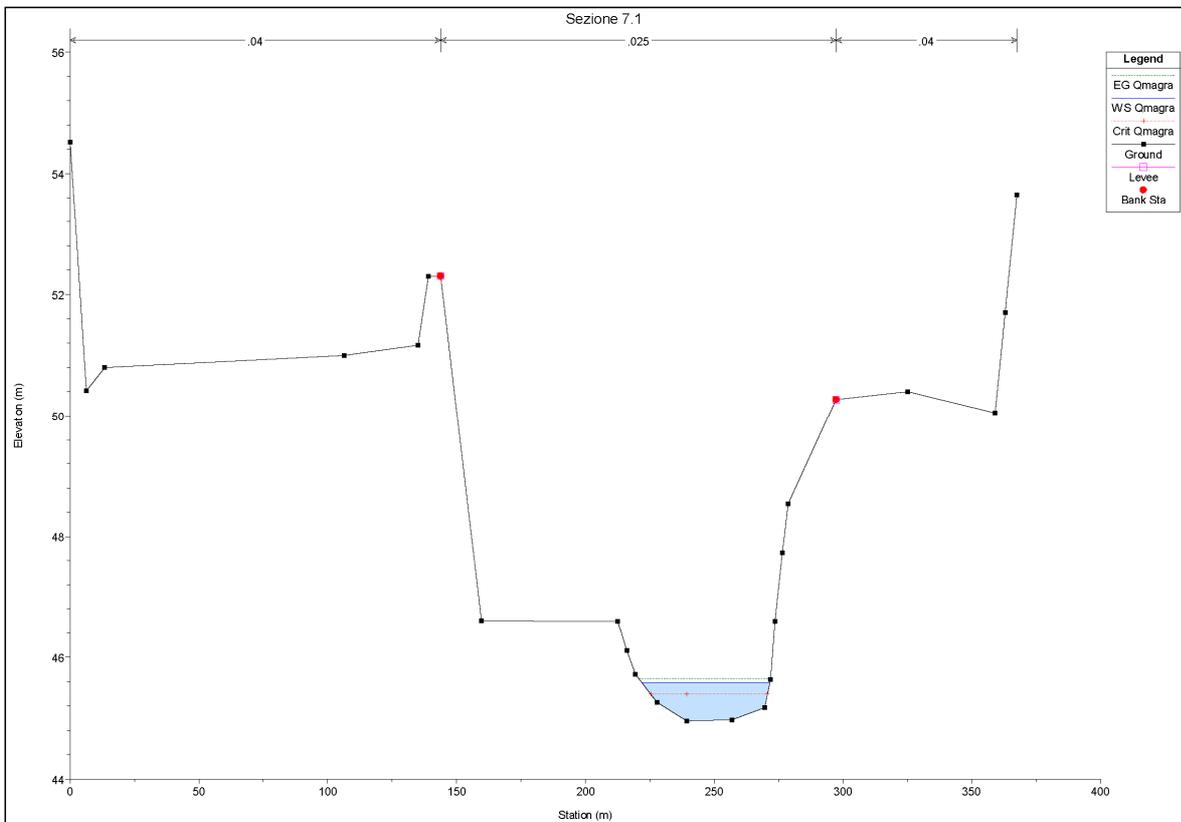
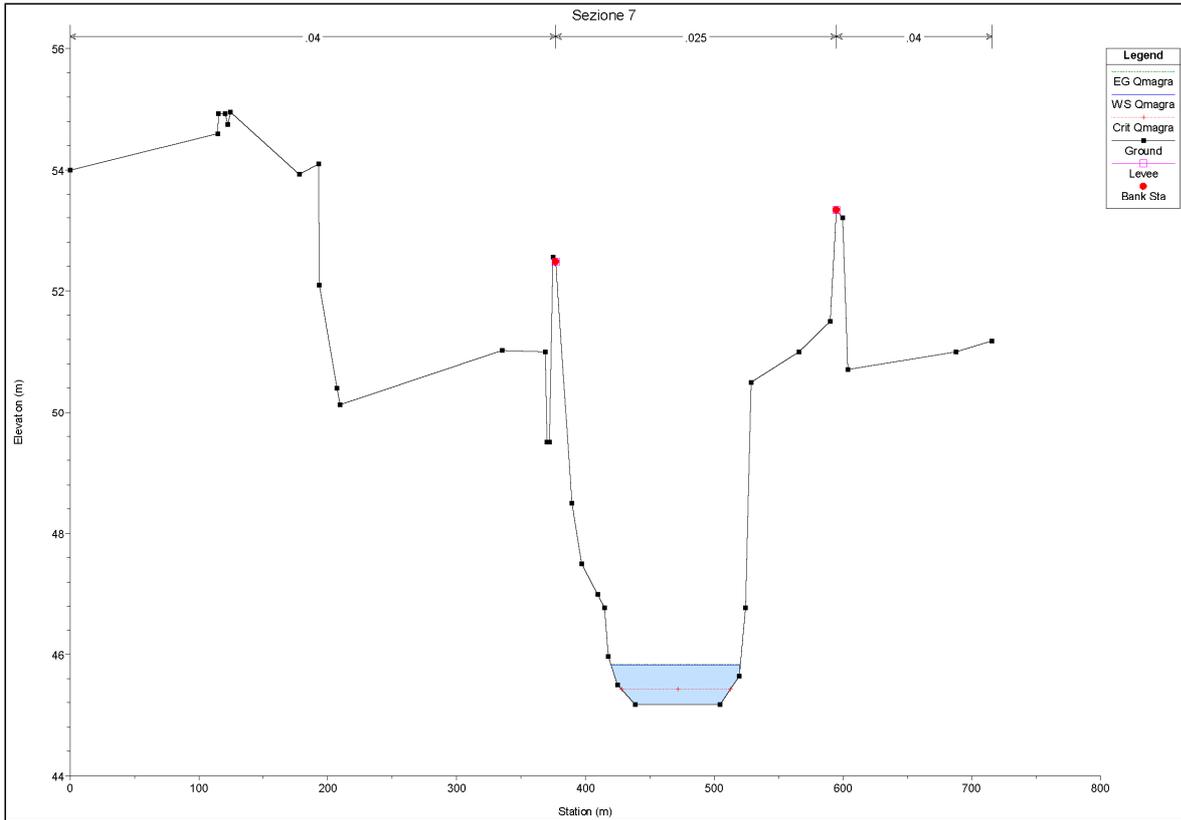
### Sezioni trasversali

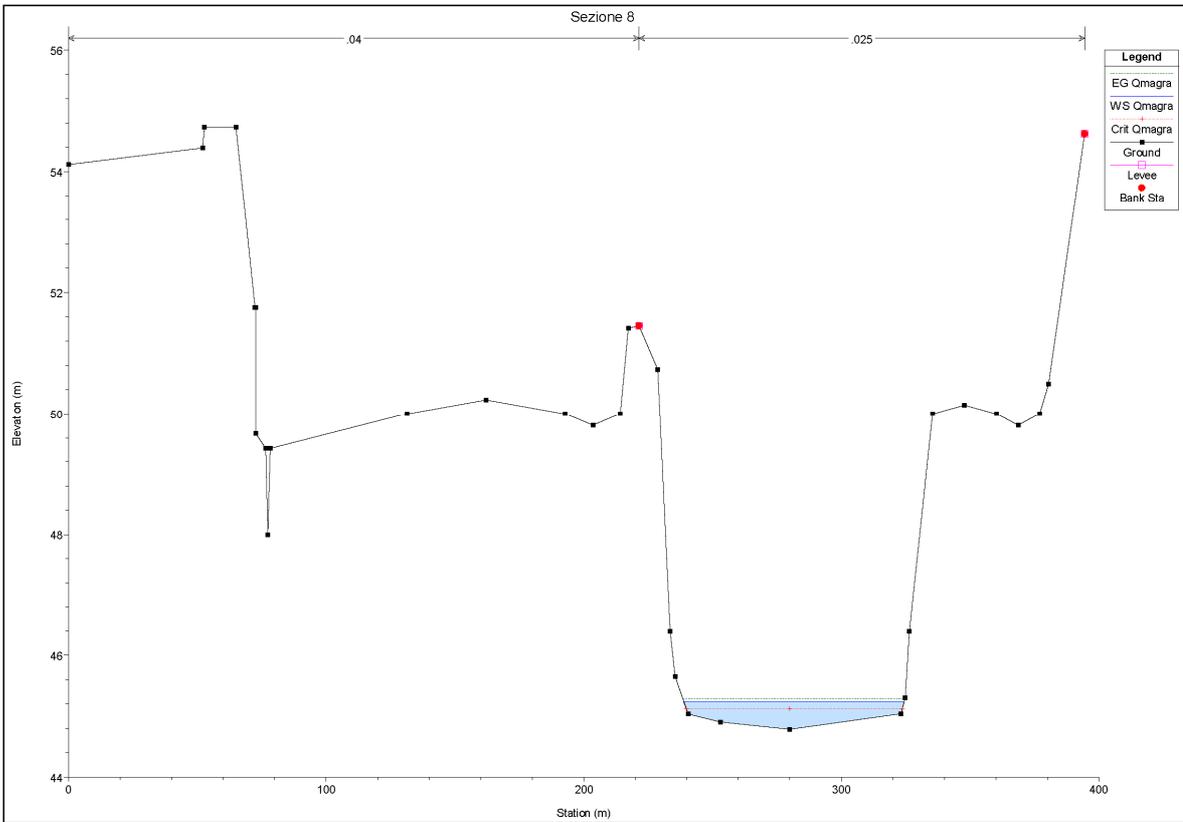
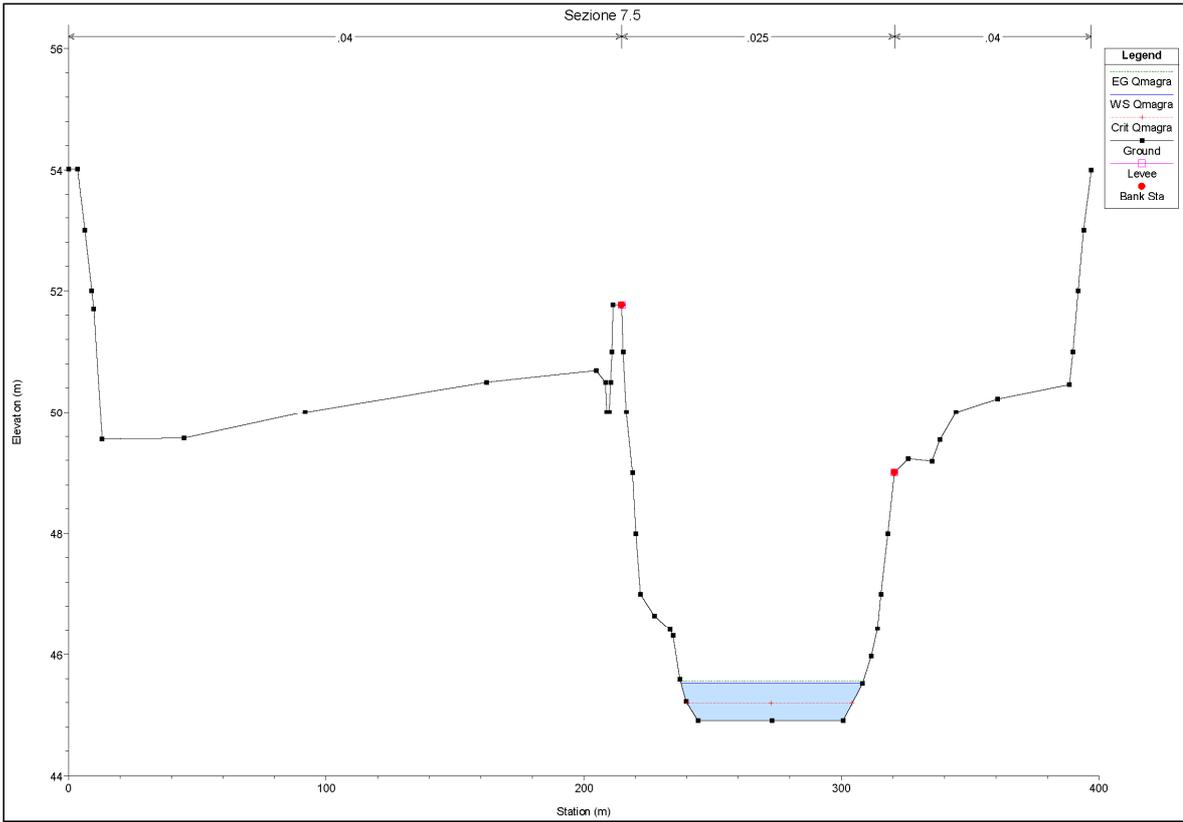


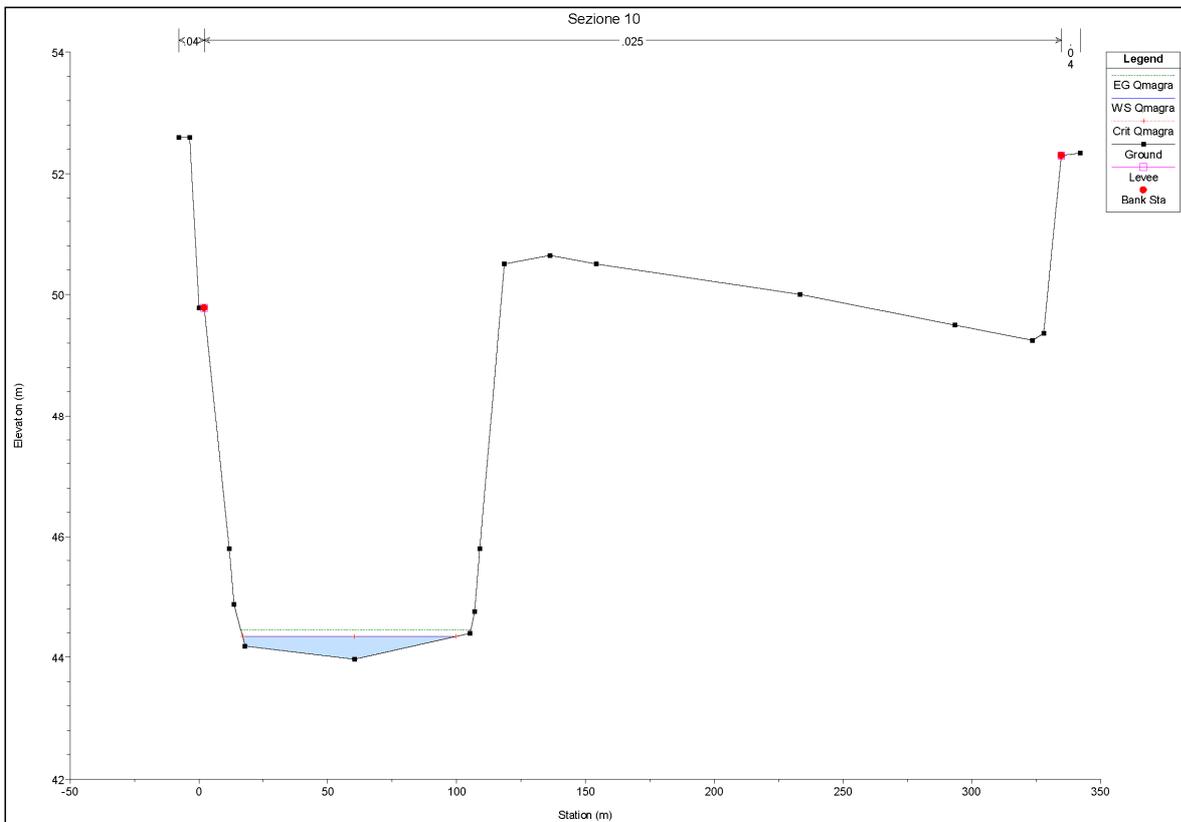
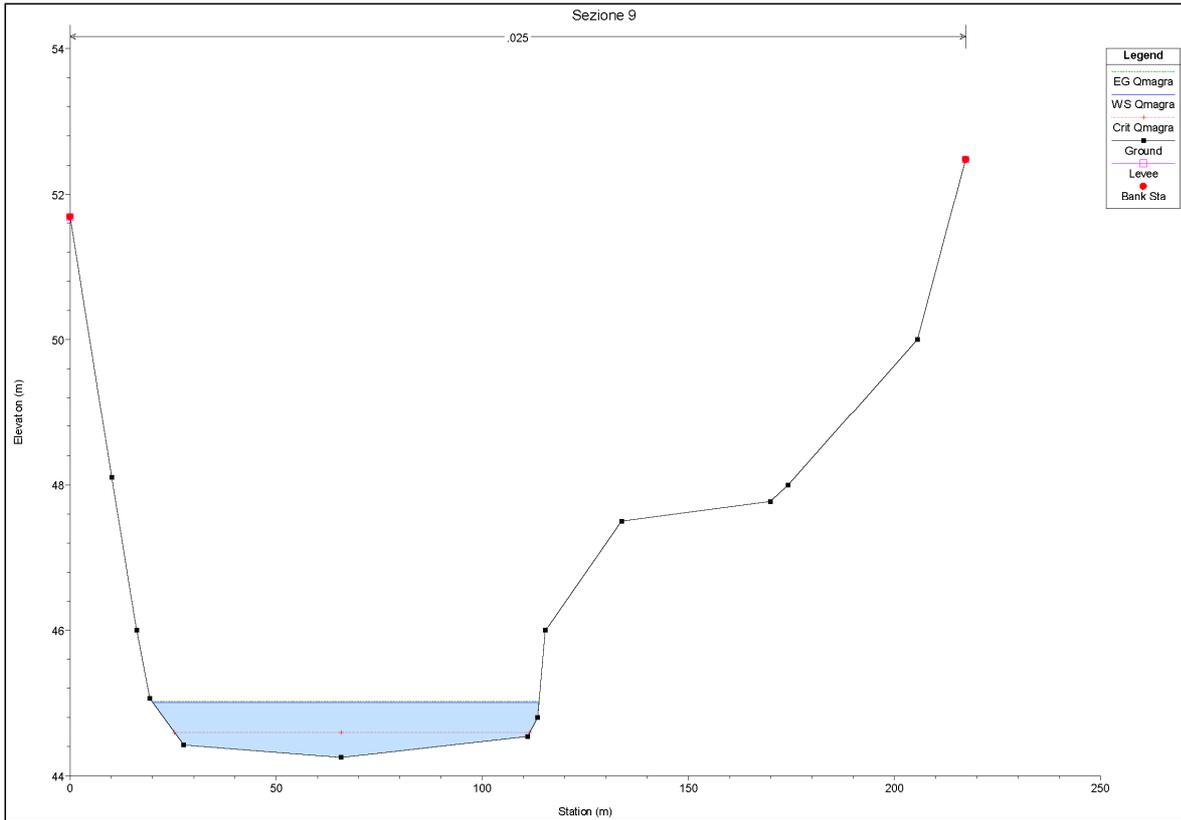


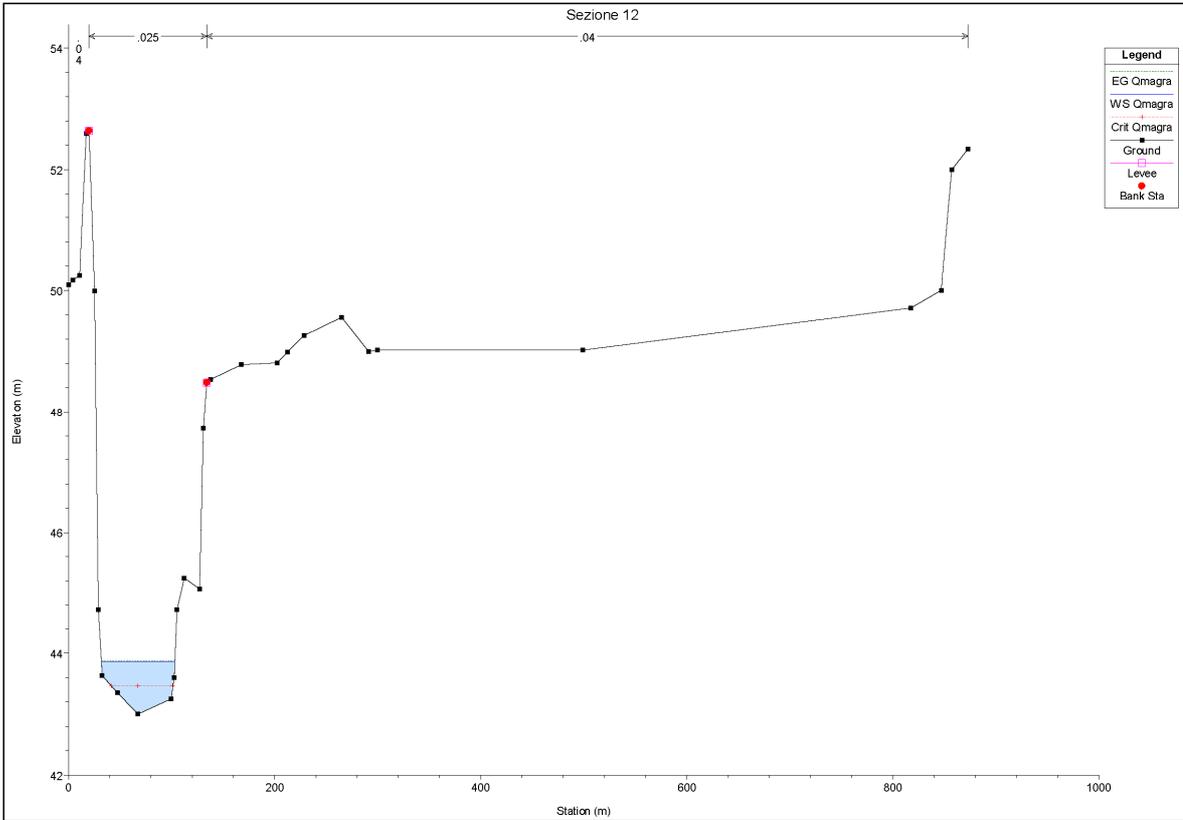
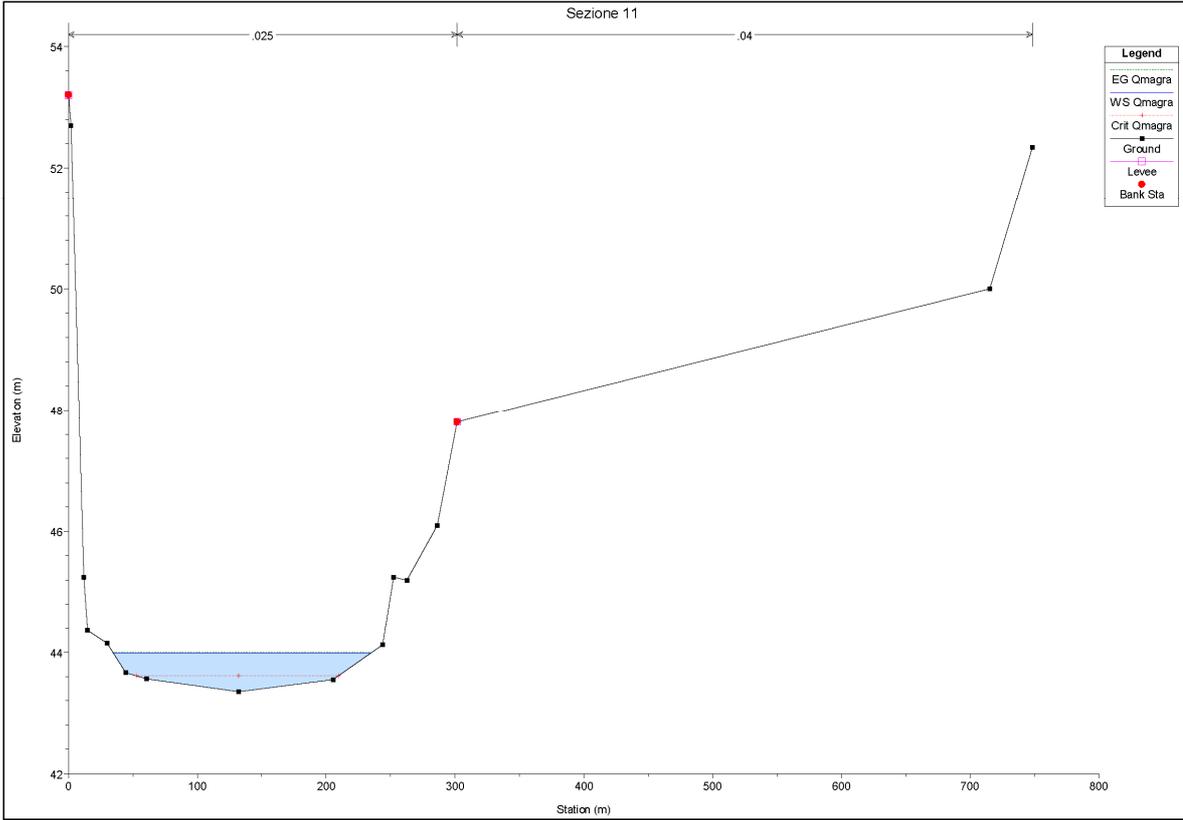


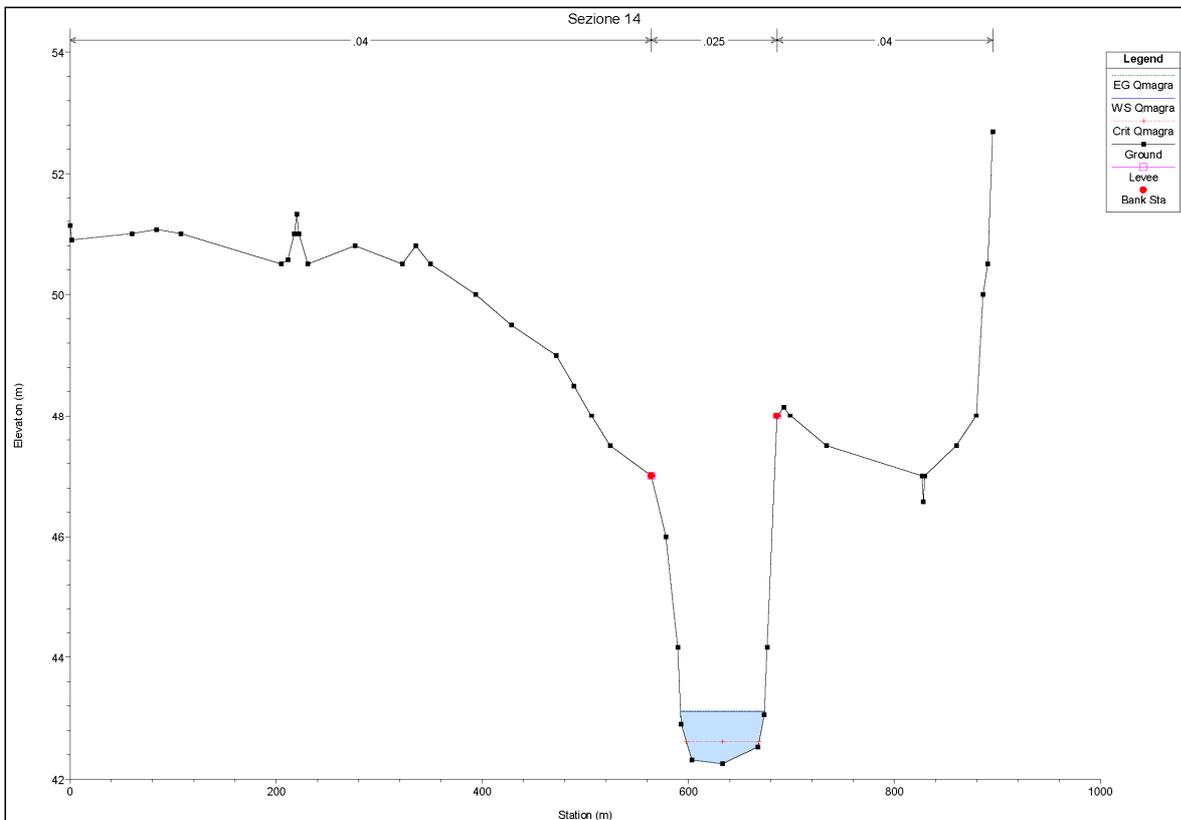
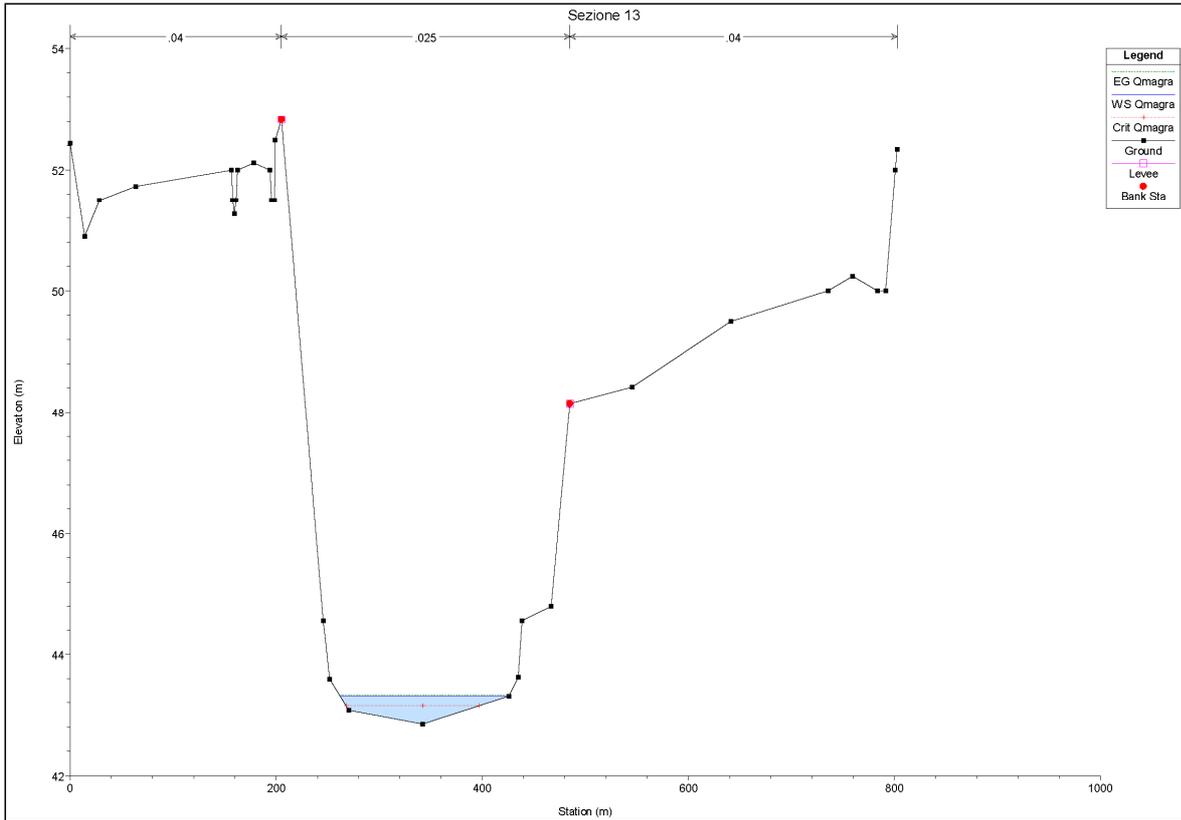


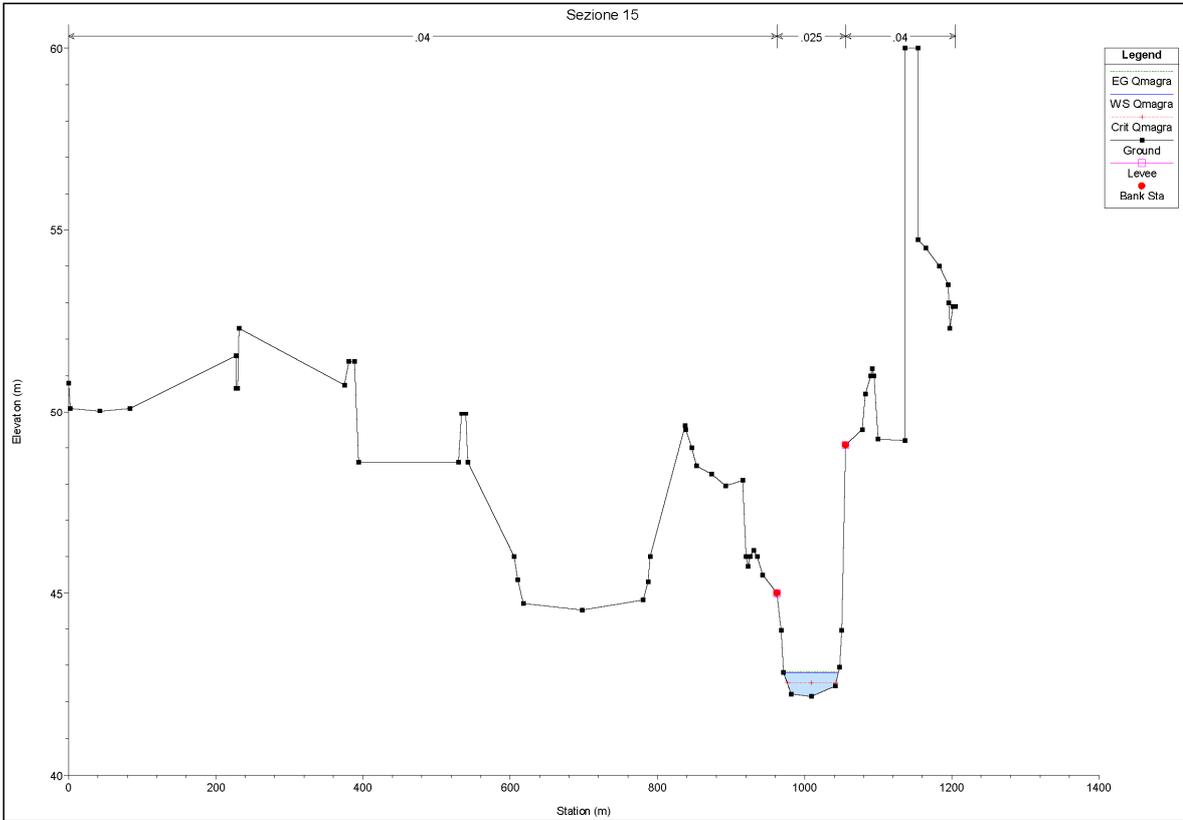
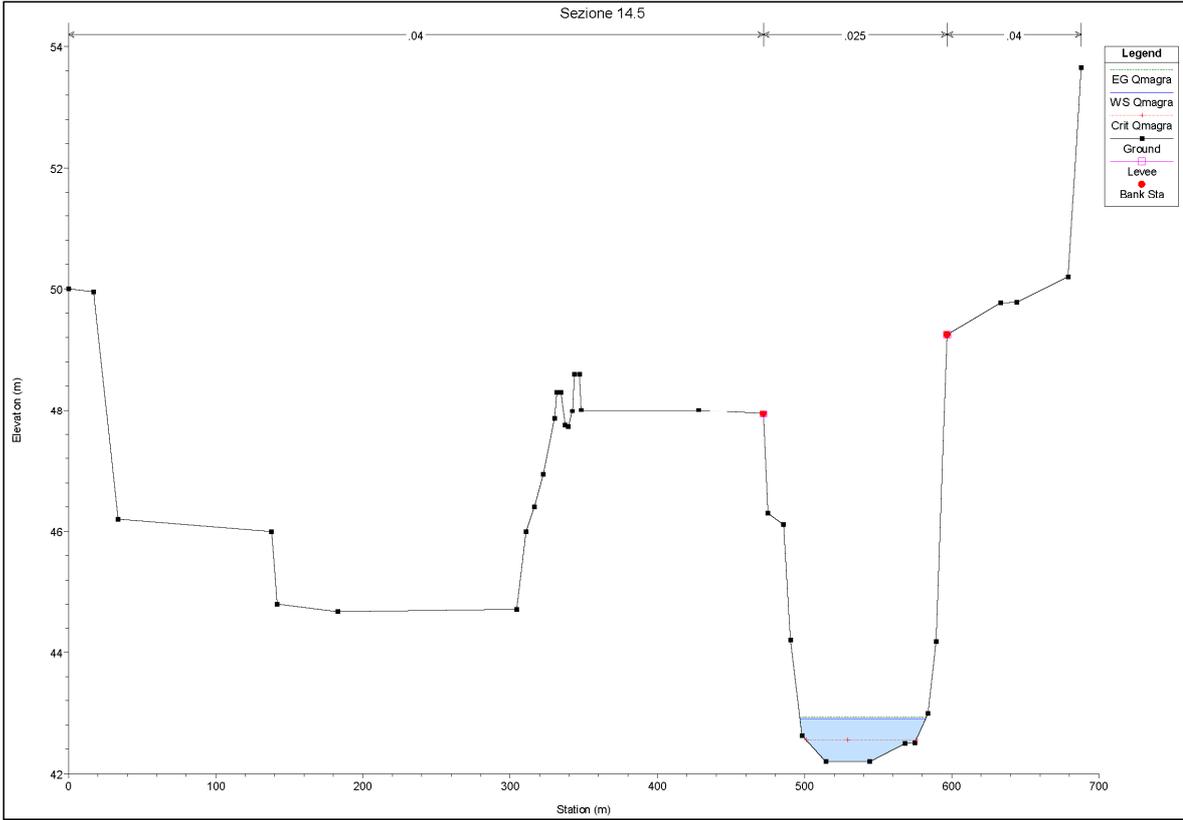


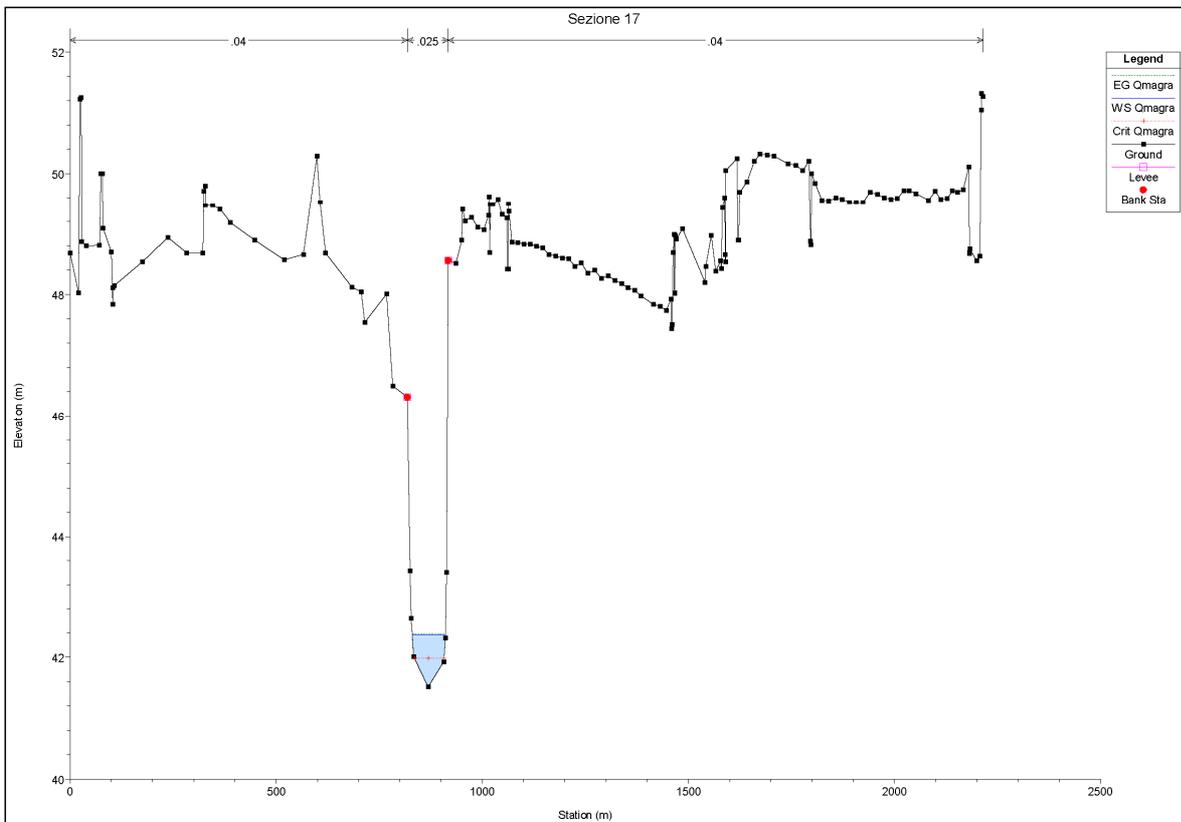
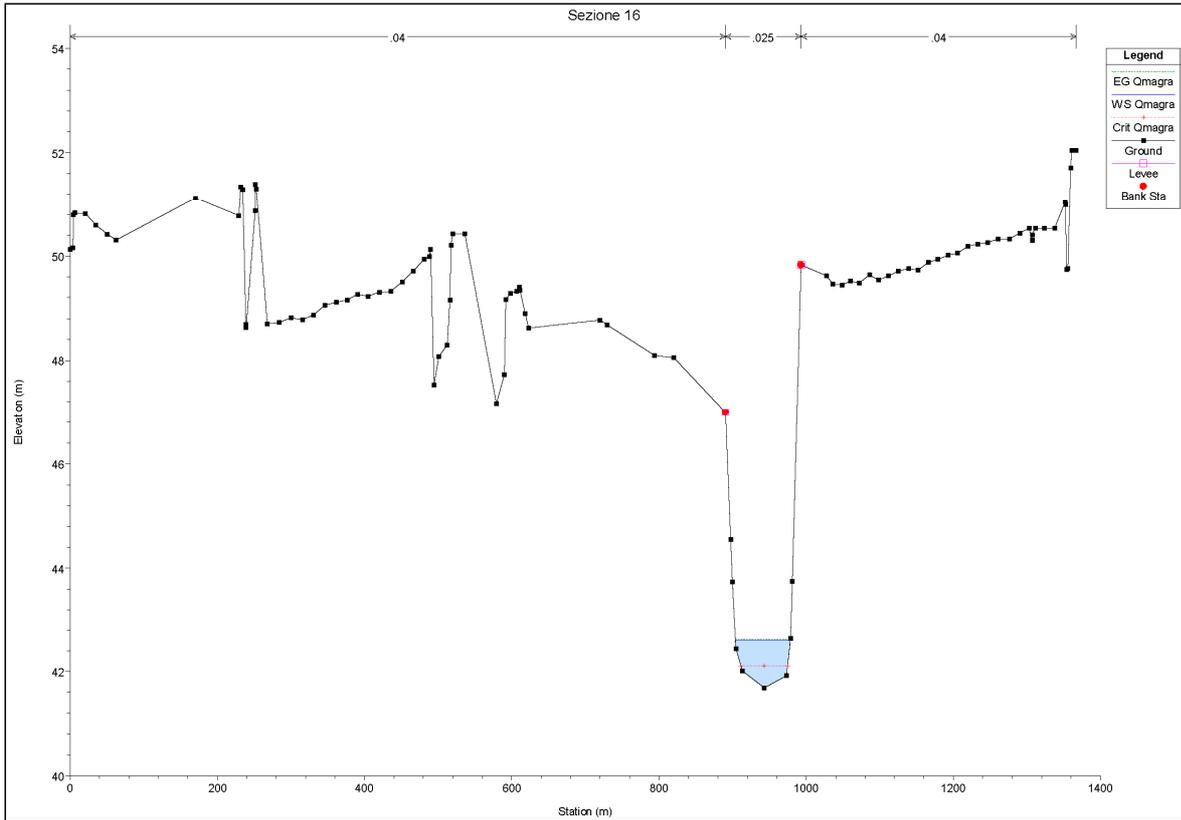


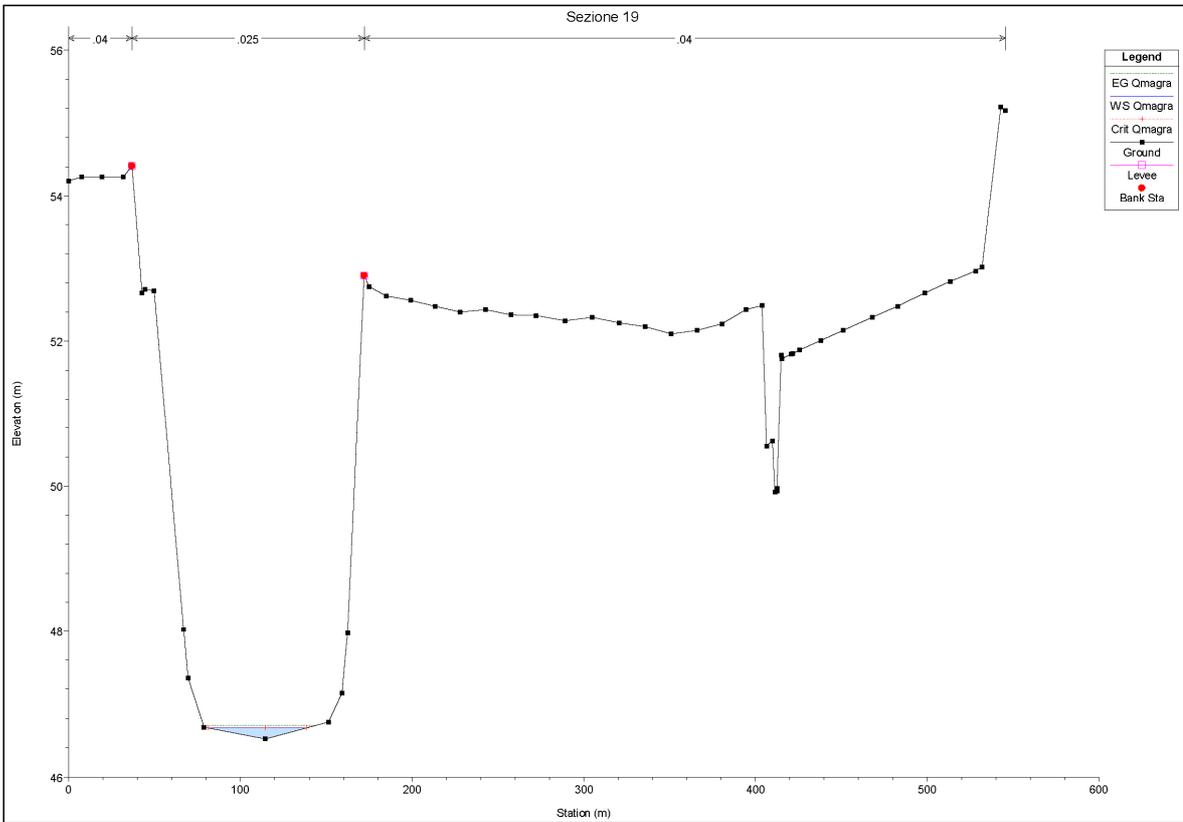
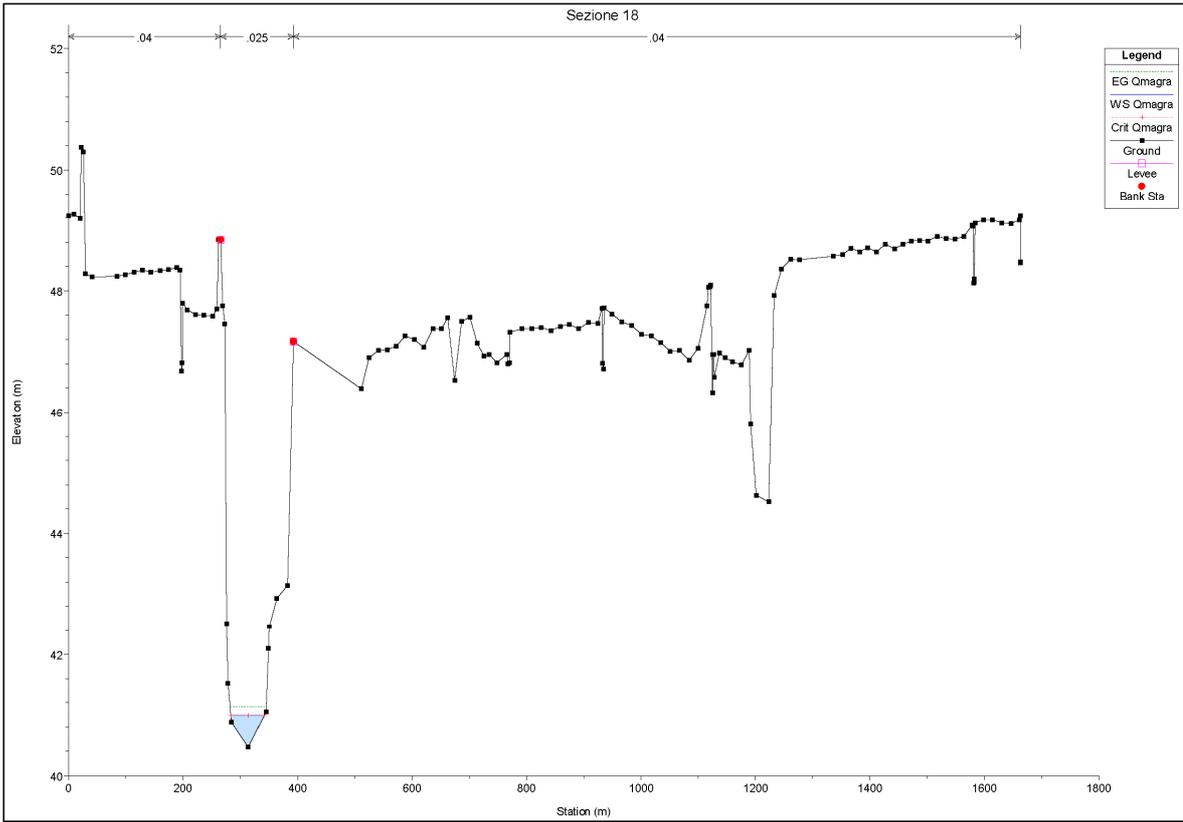


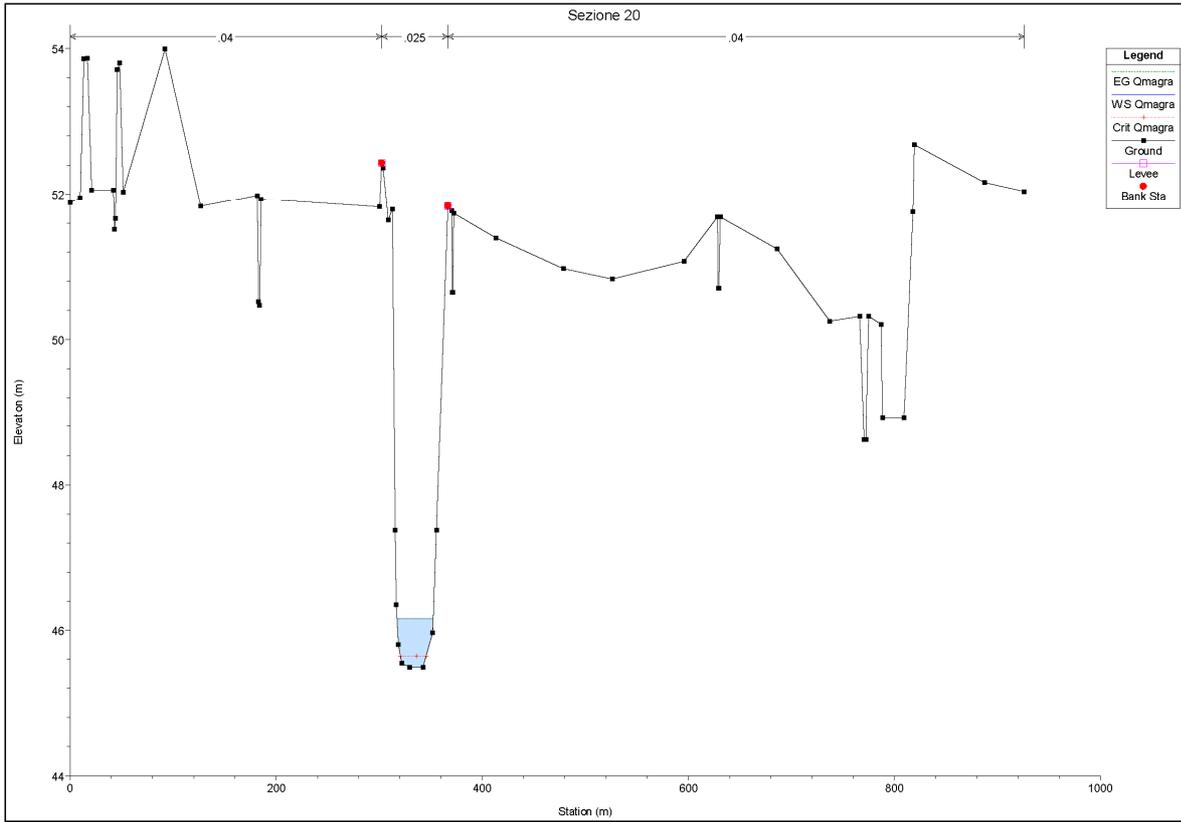








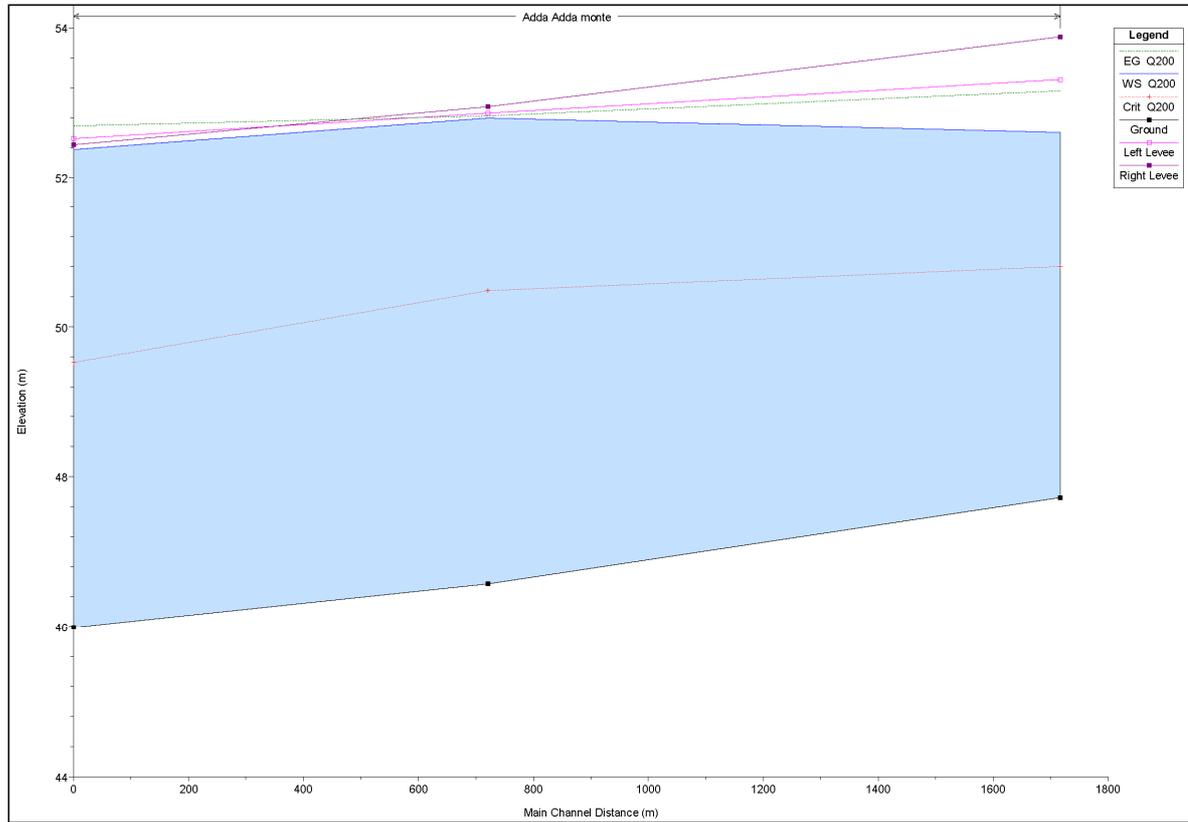


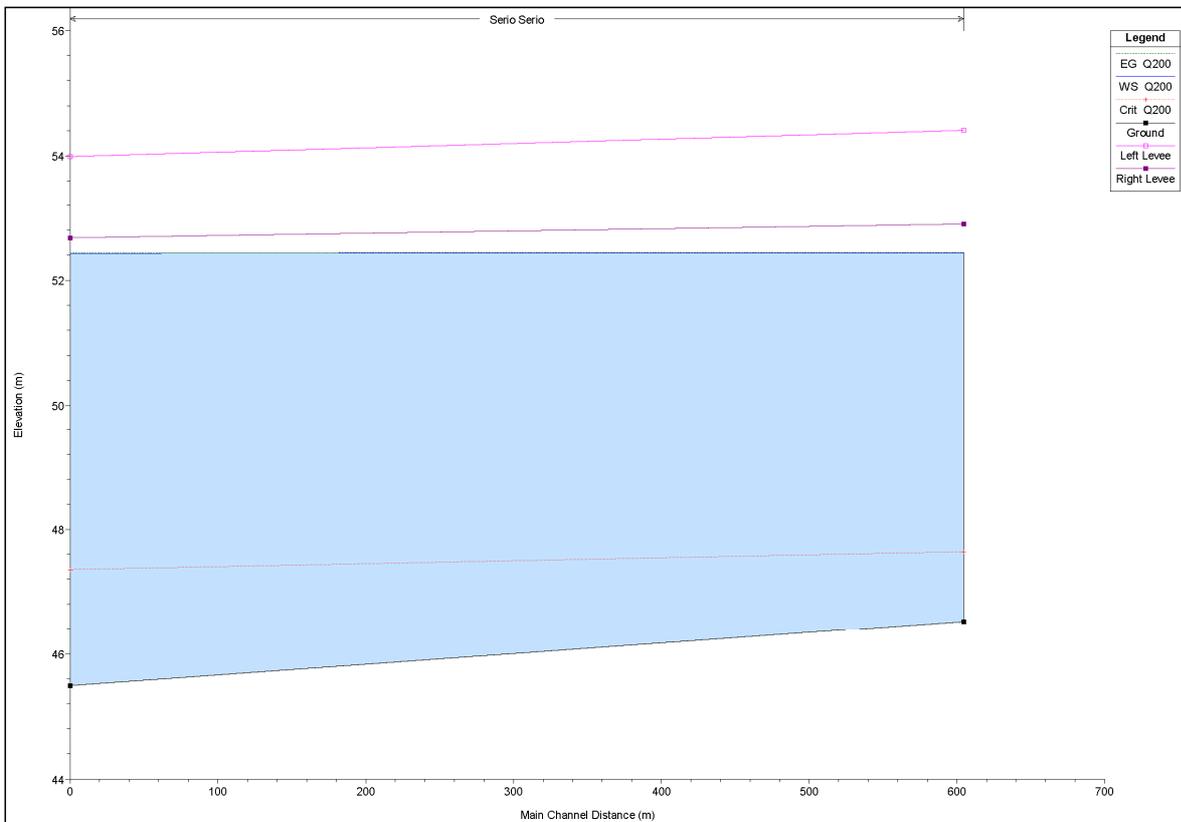
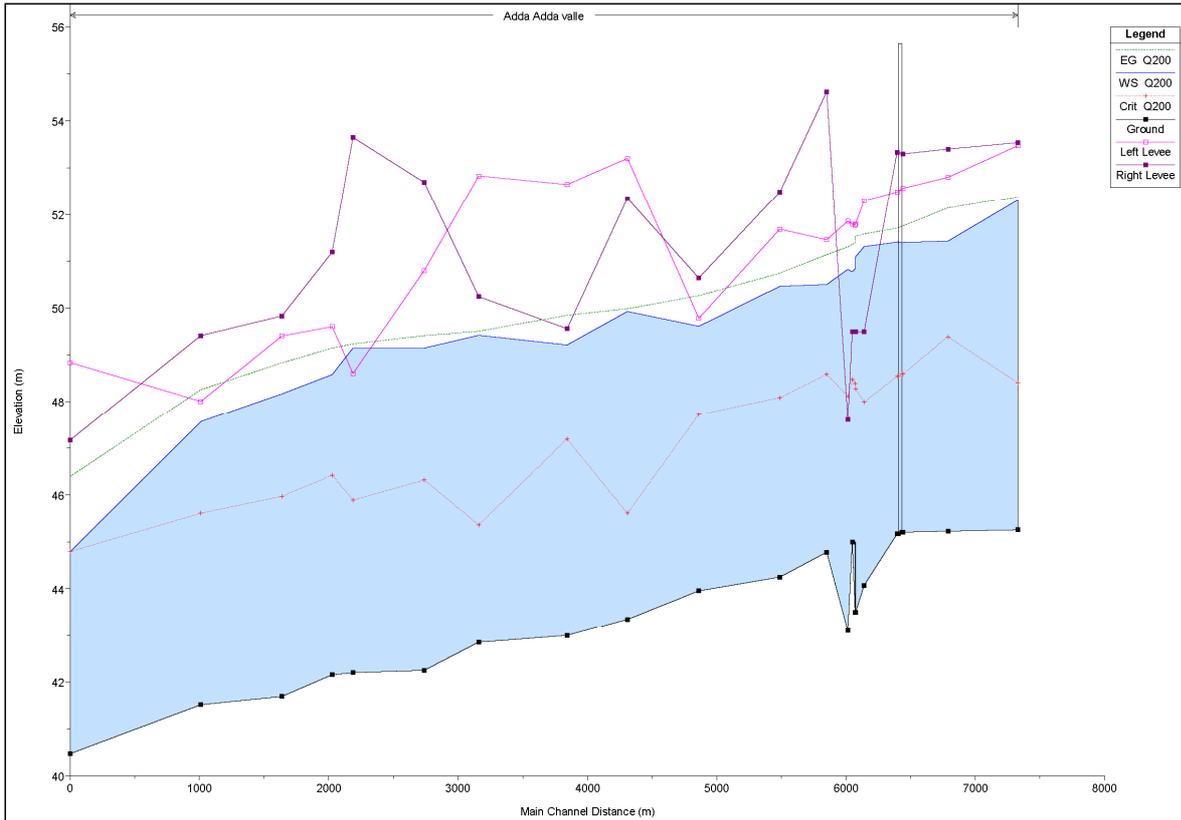


### 3.2. Situazione di progetto

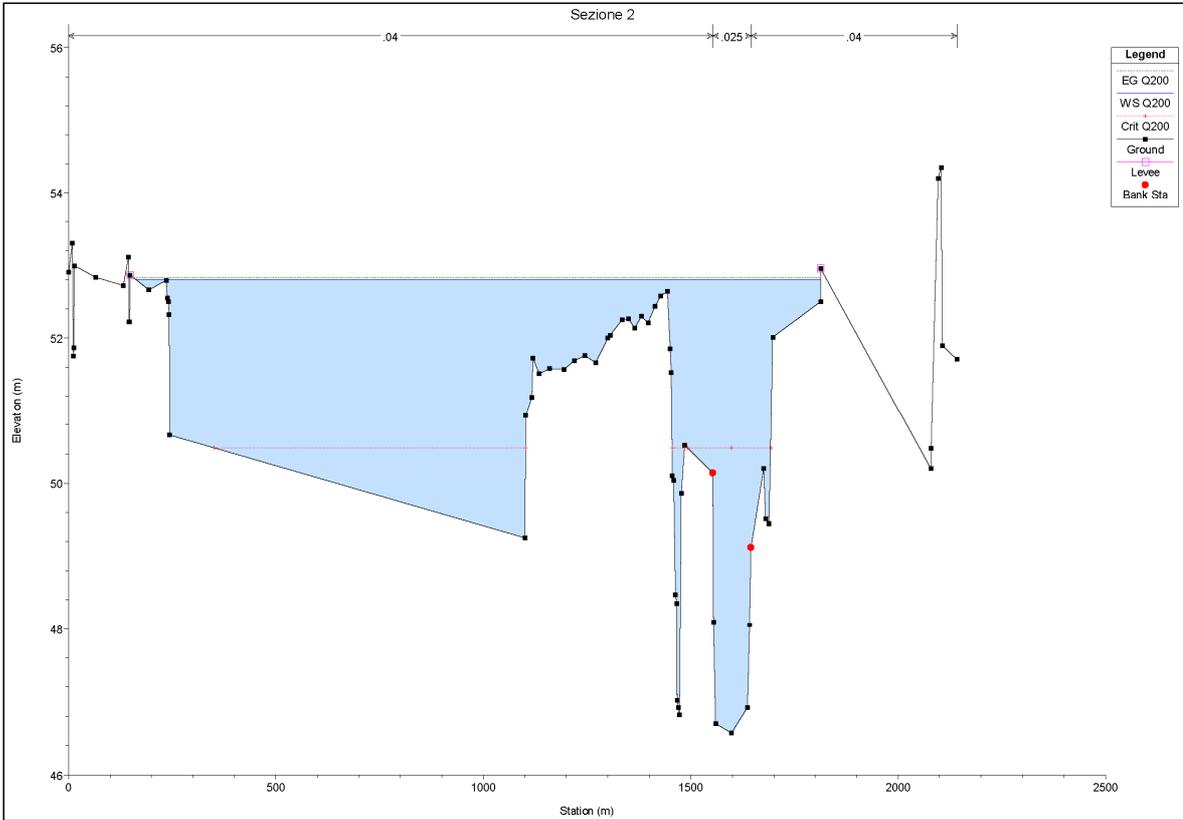
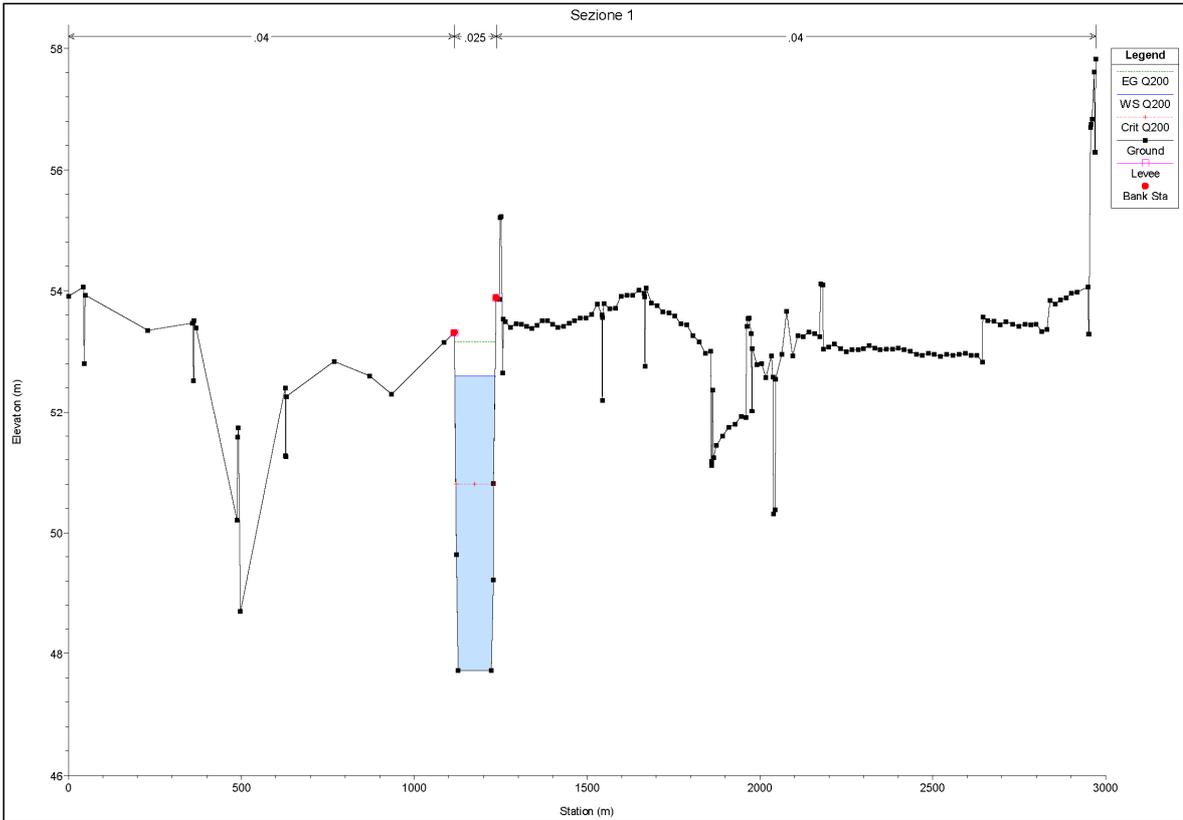
#### 3.2.1. Portata di massima piena duecentennale

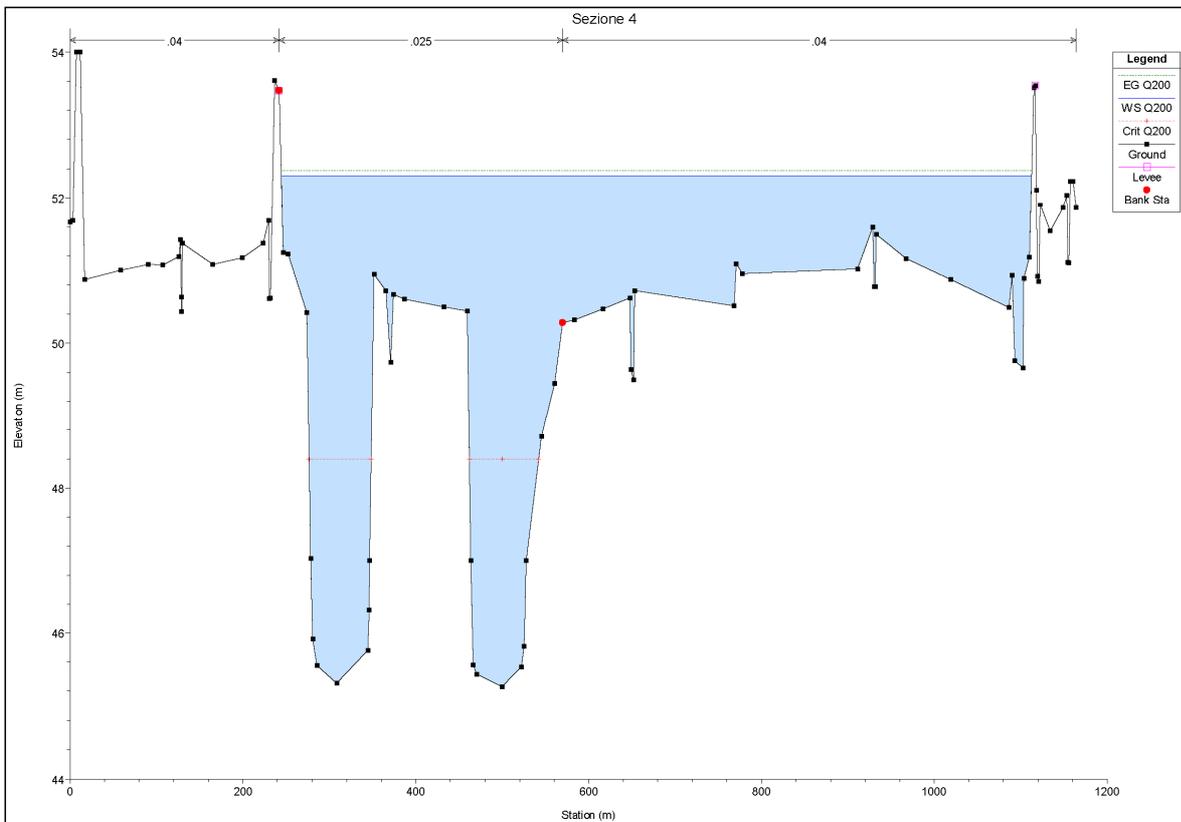
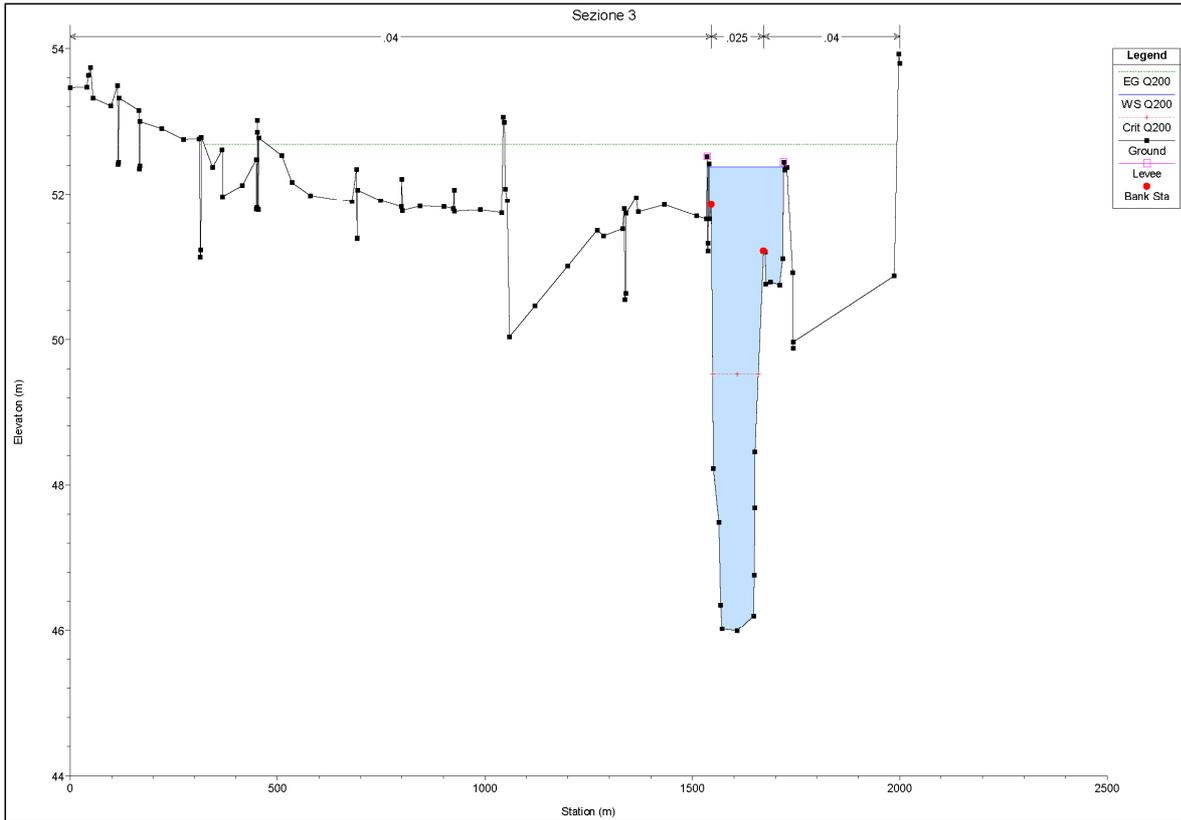
#### Profili longitudinali

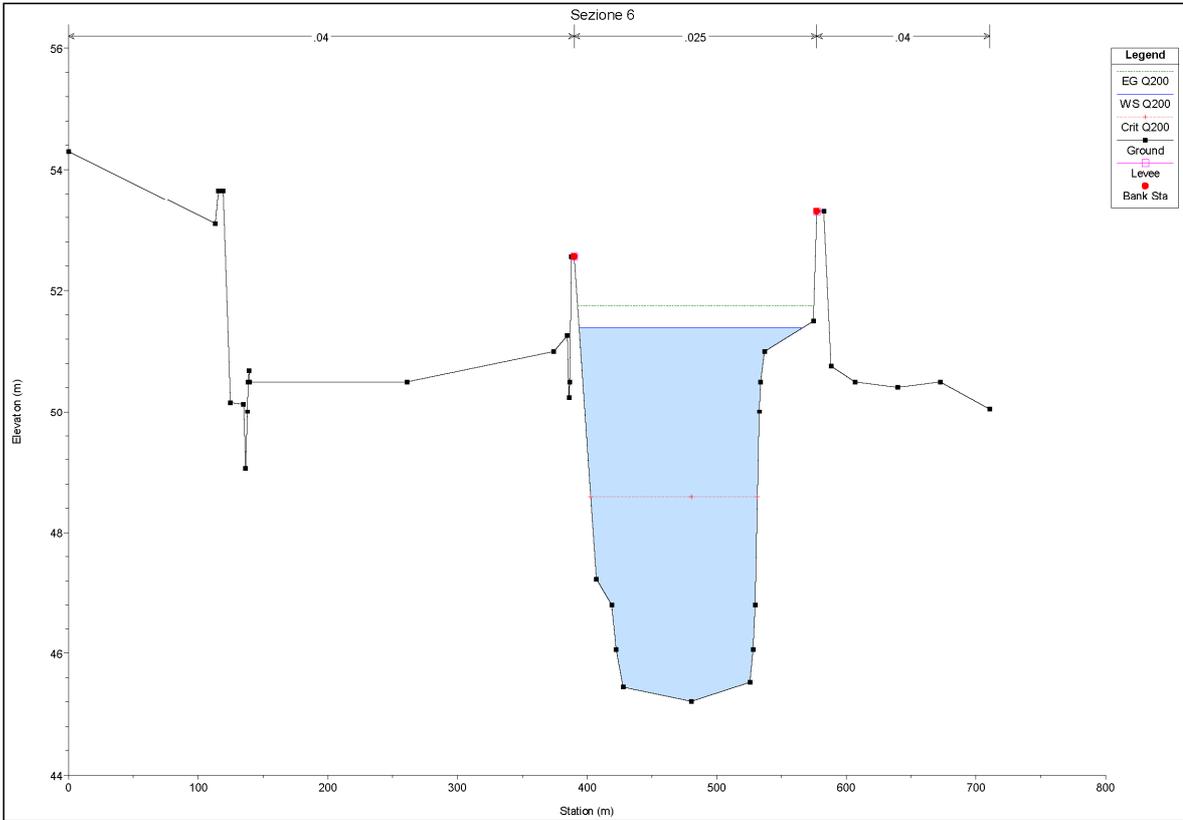
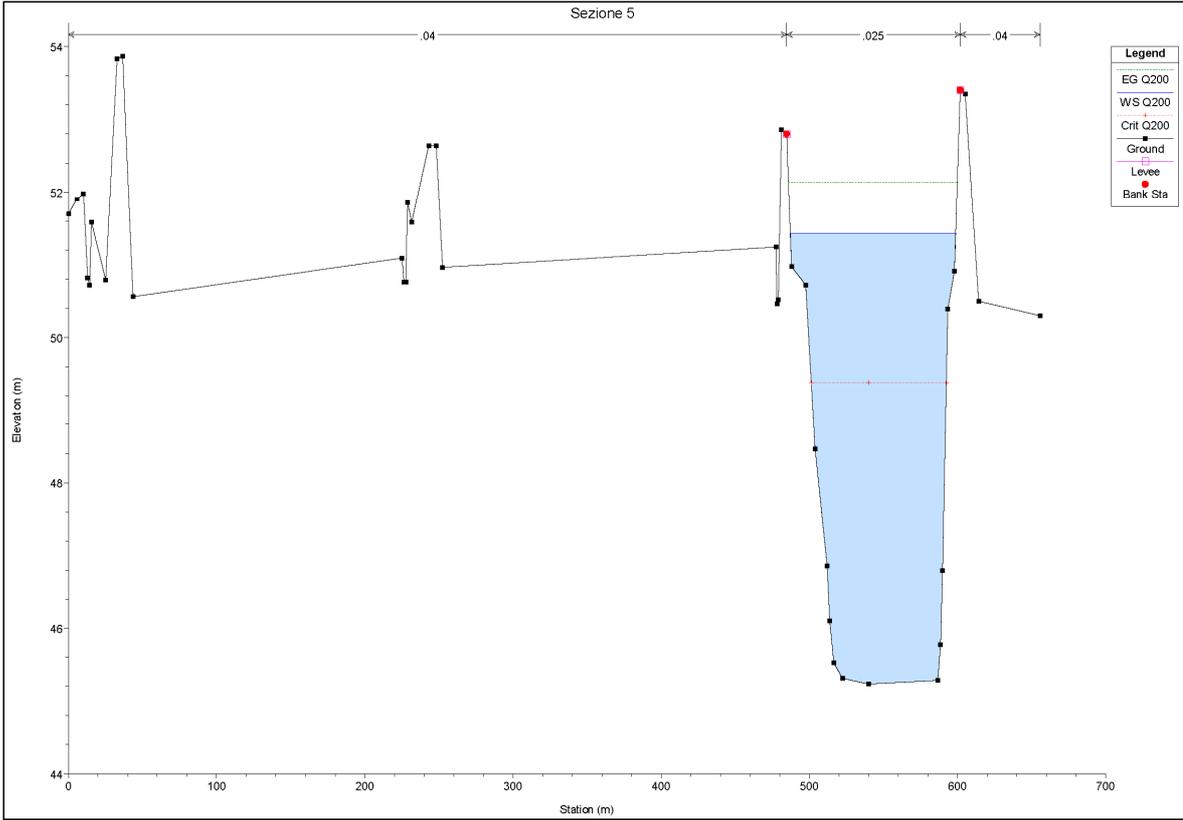


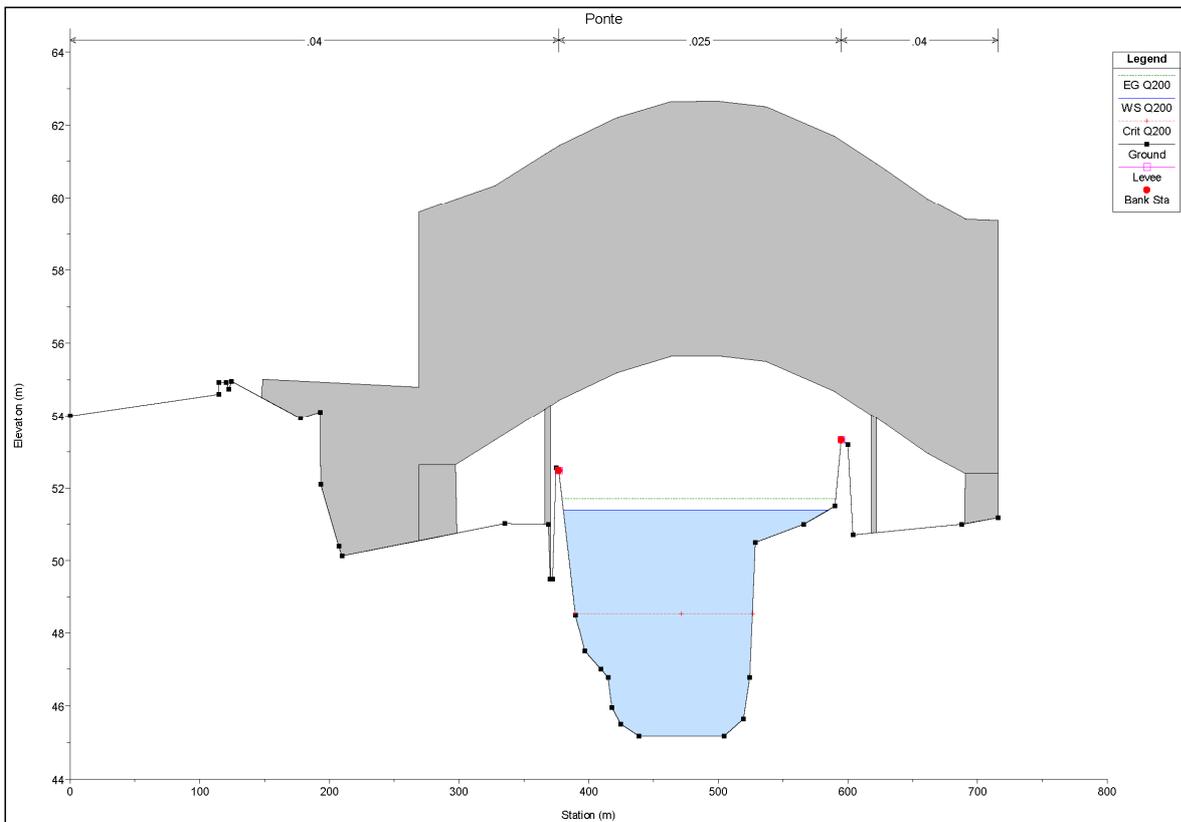
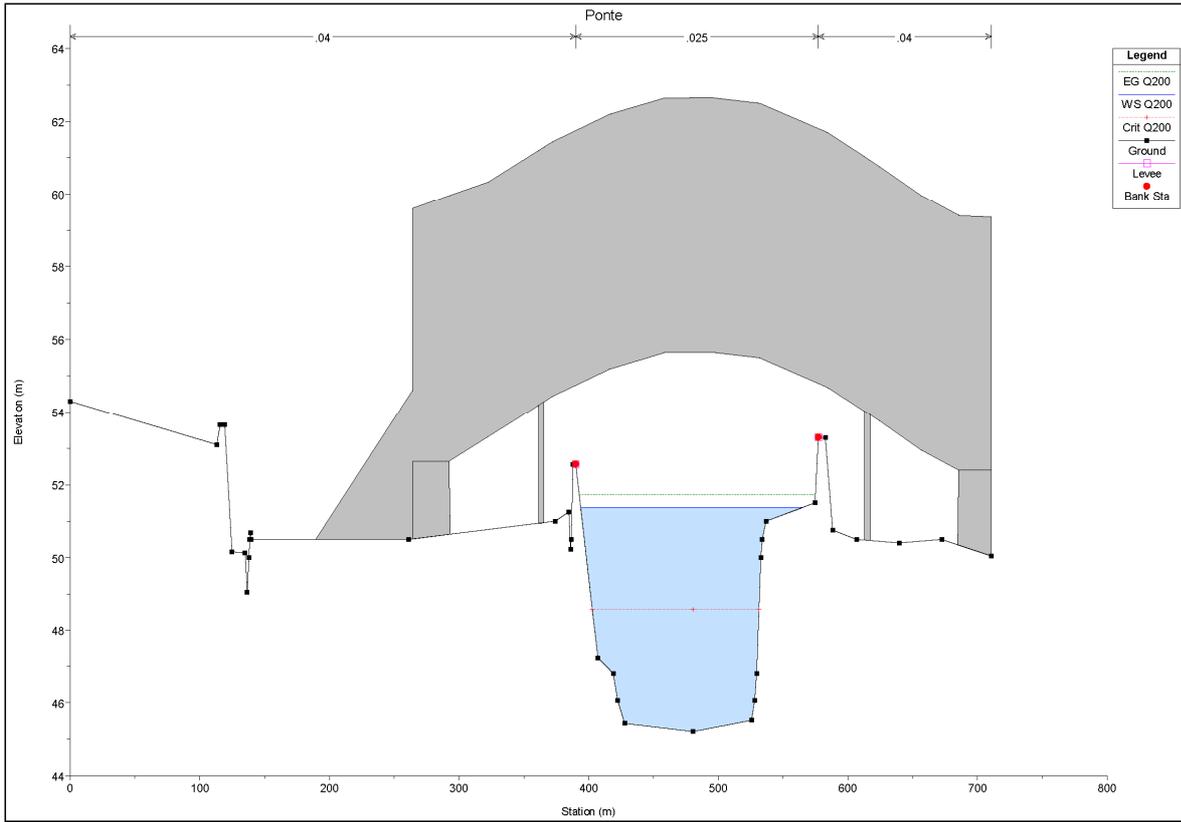


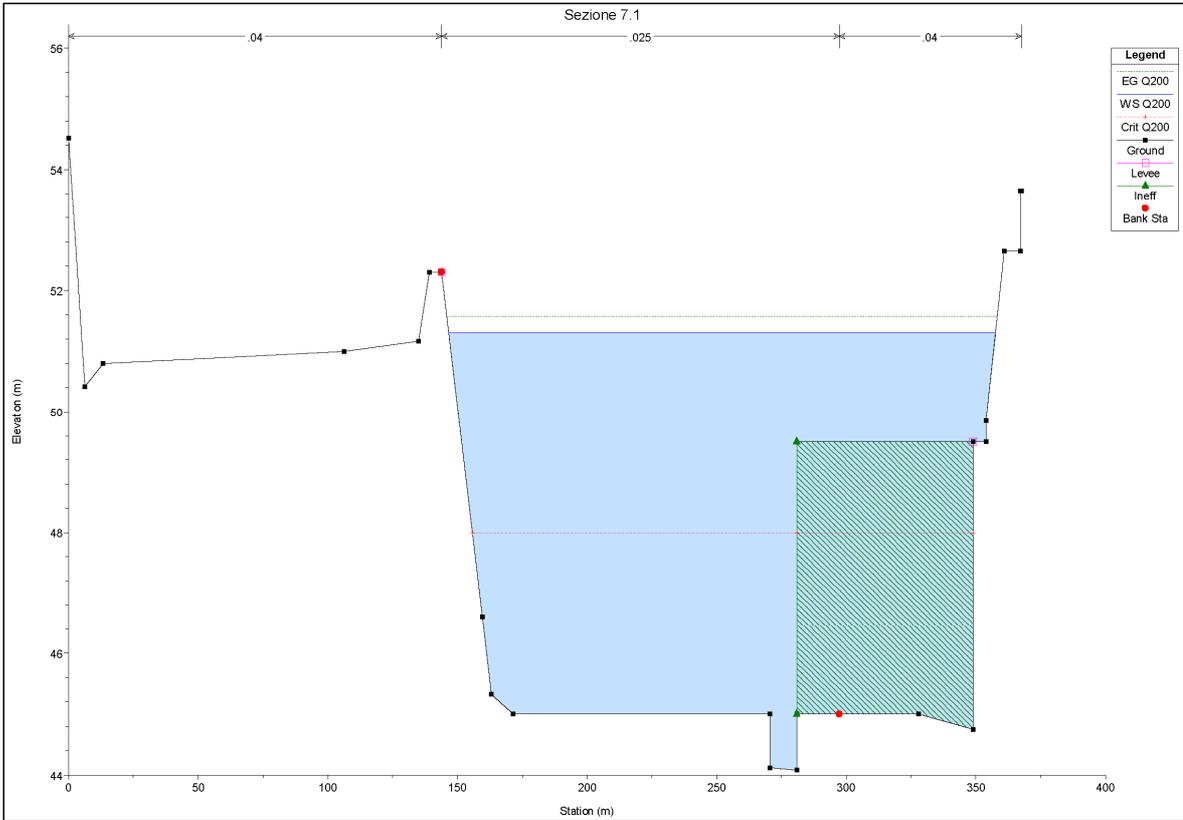
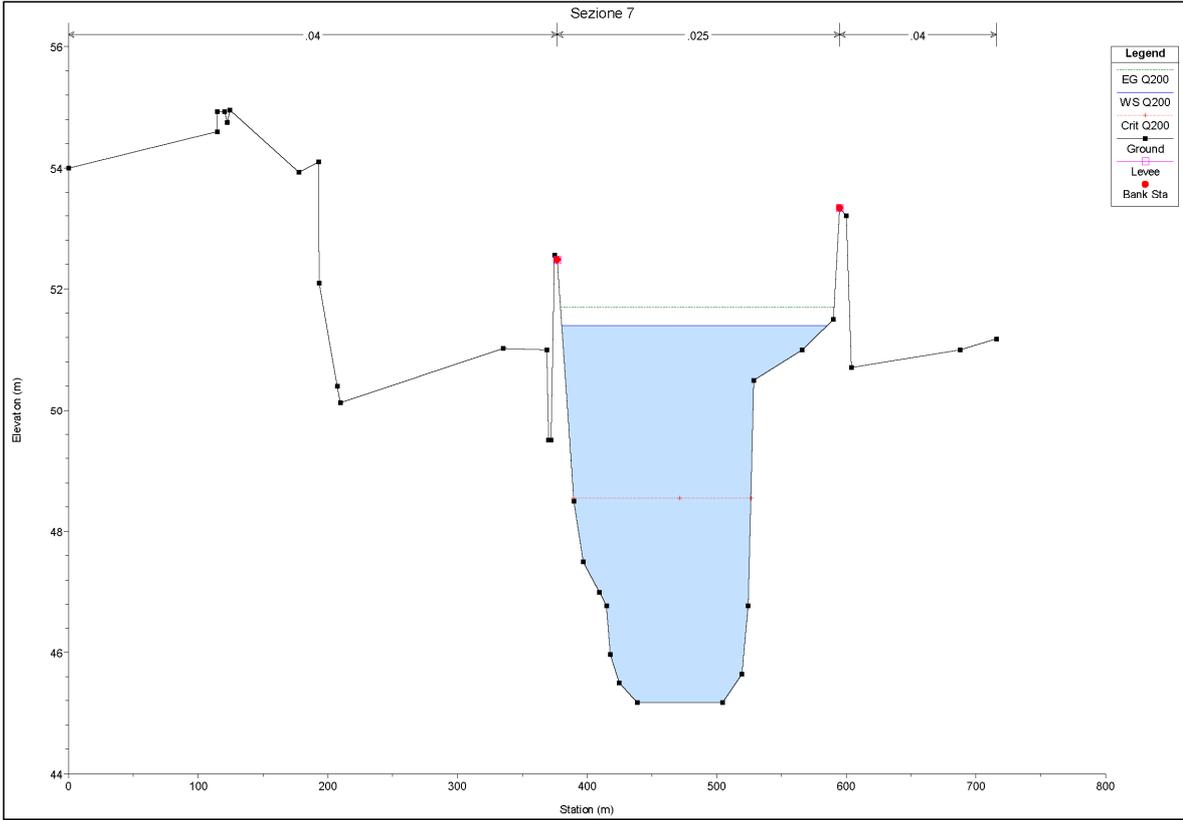
### Sezioni trasversali

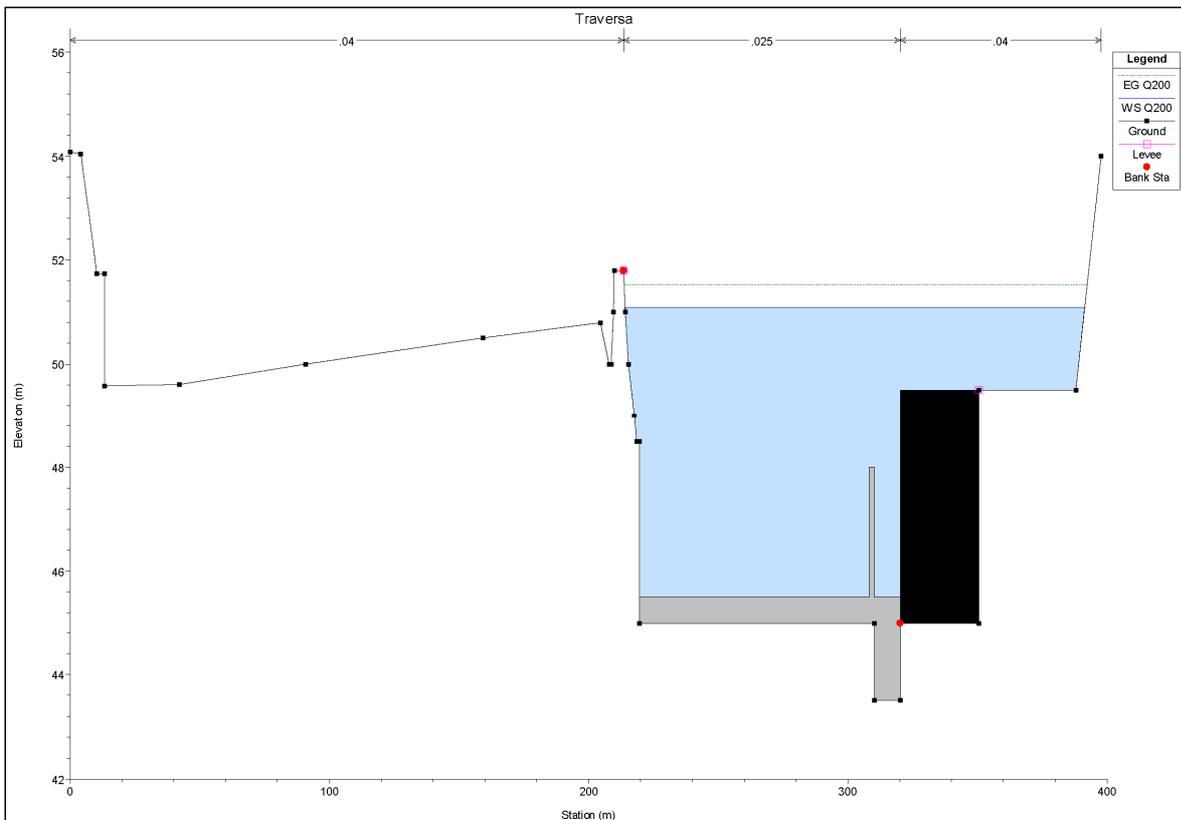
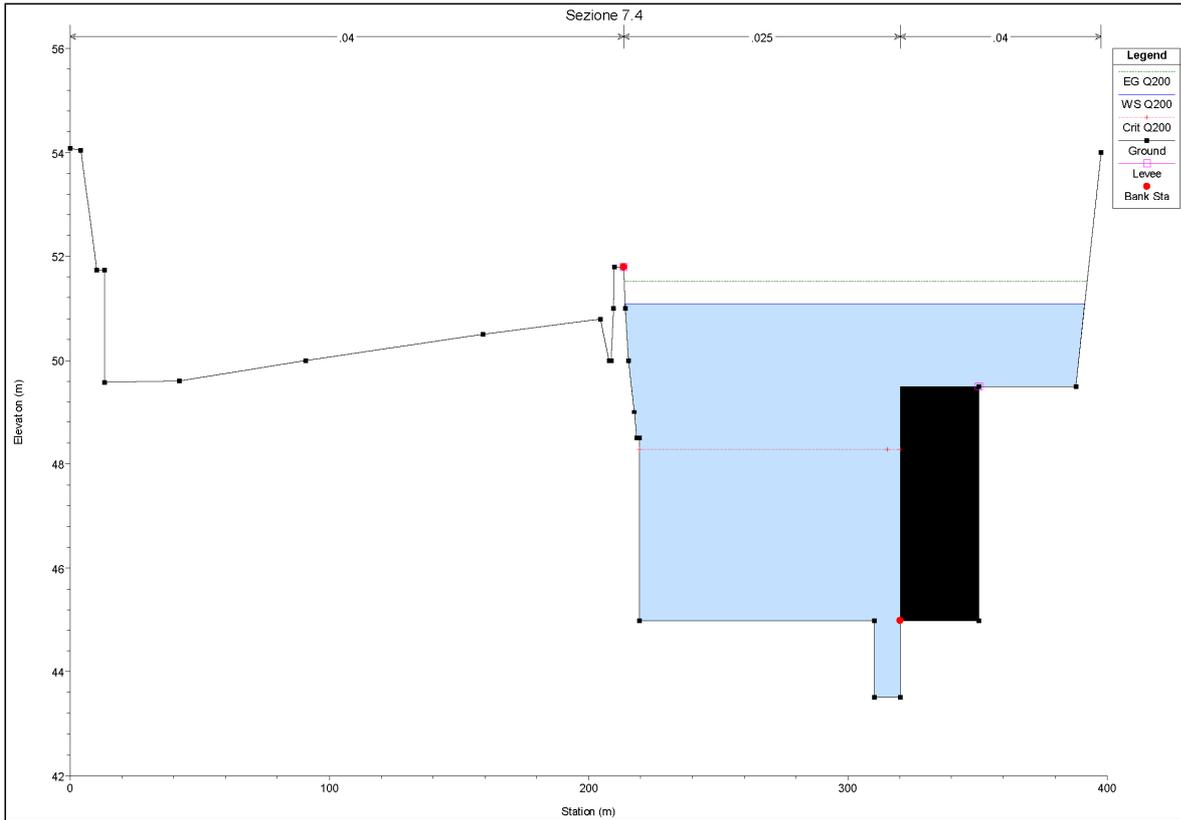


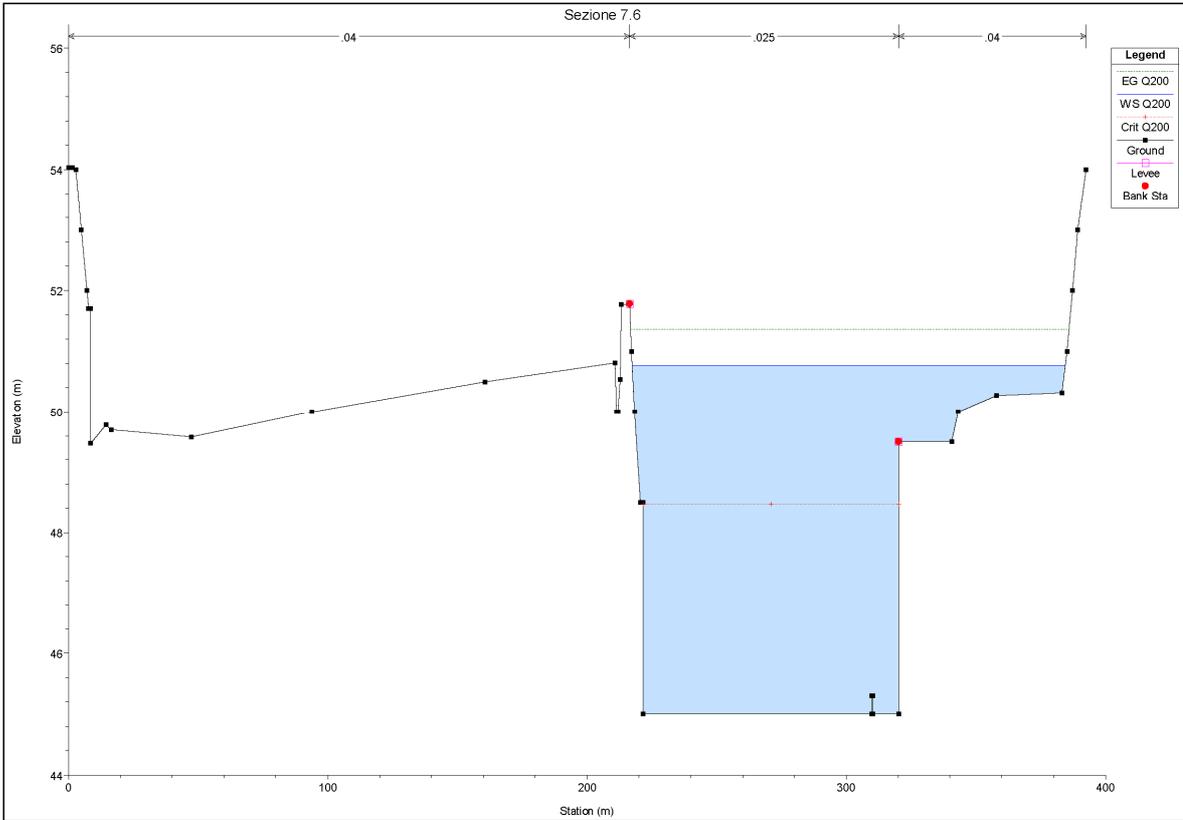
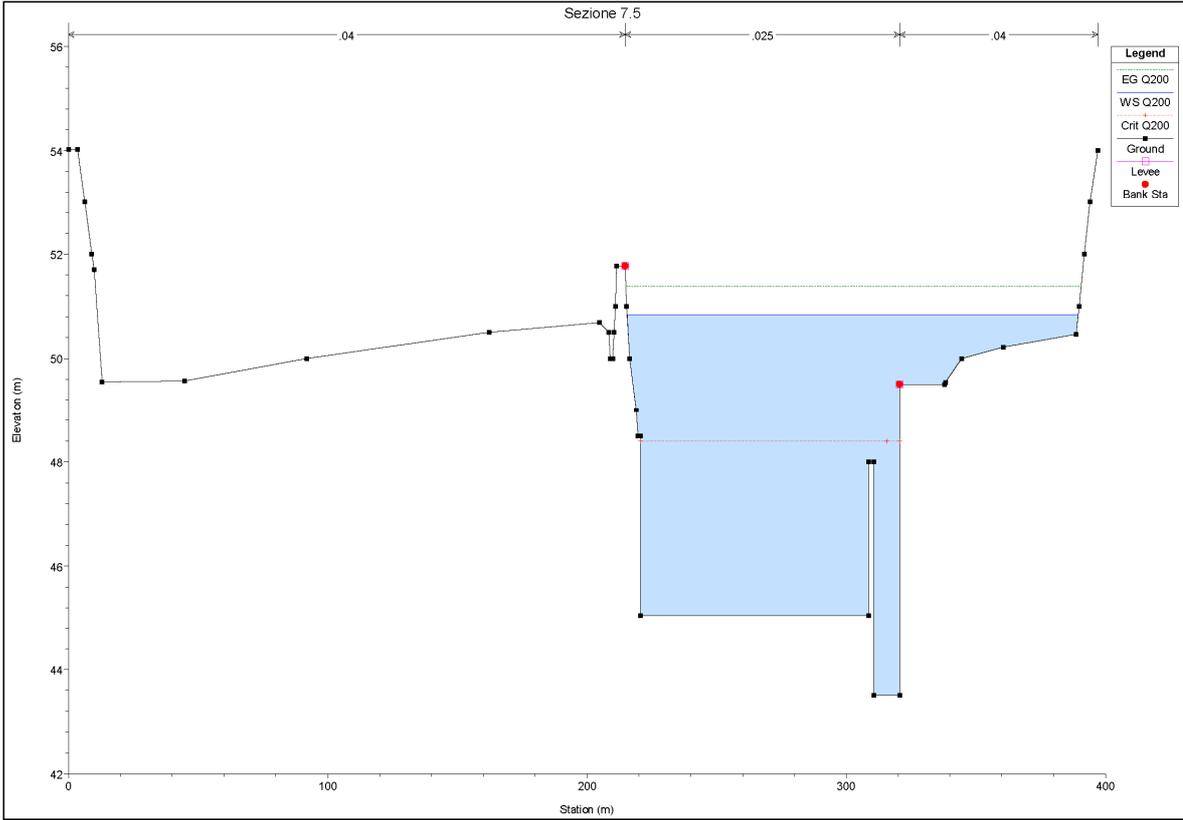


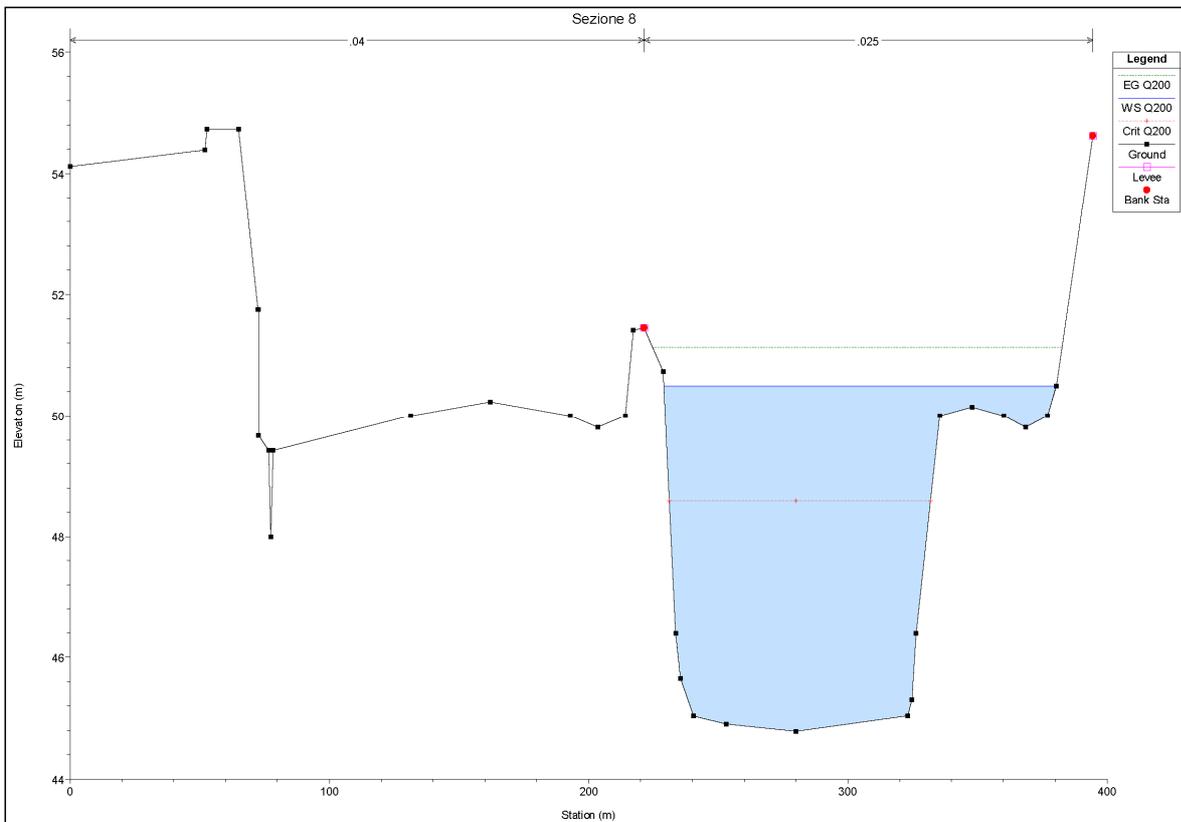
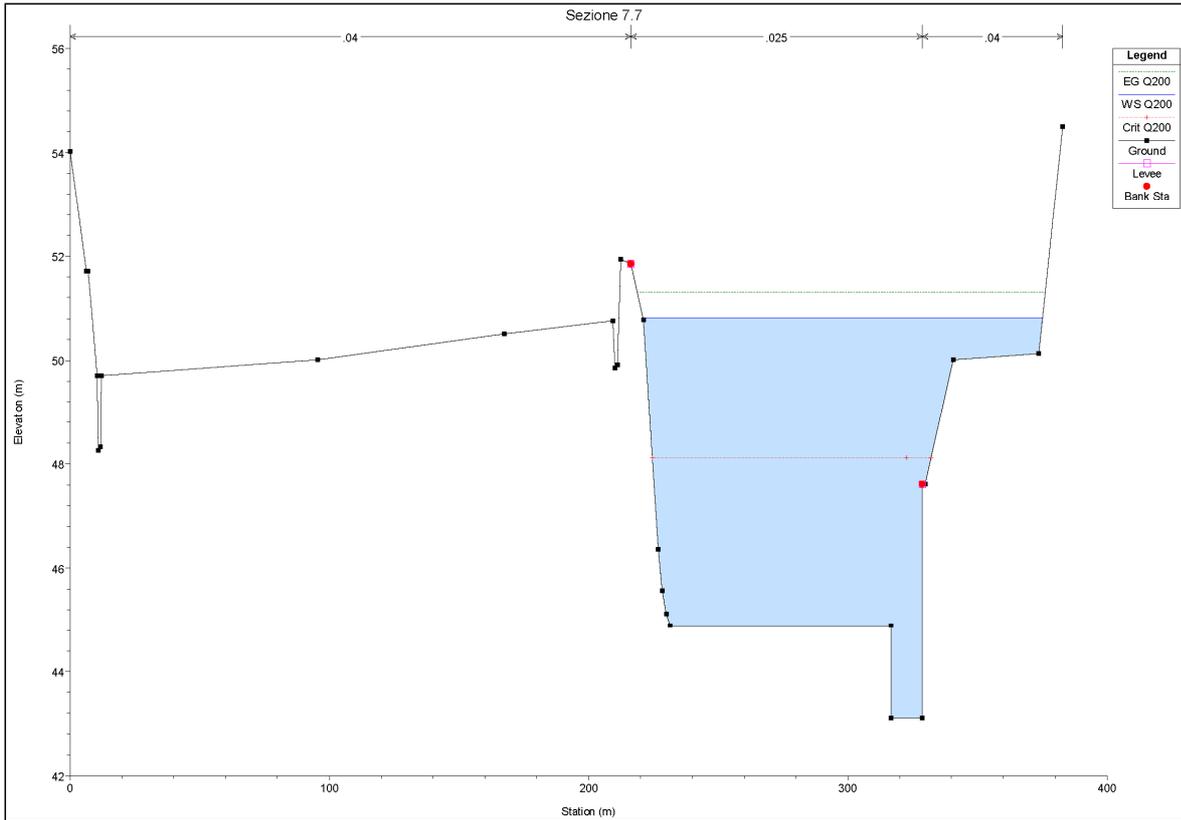


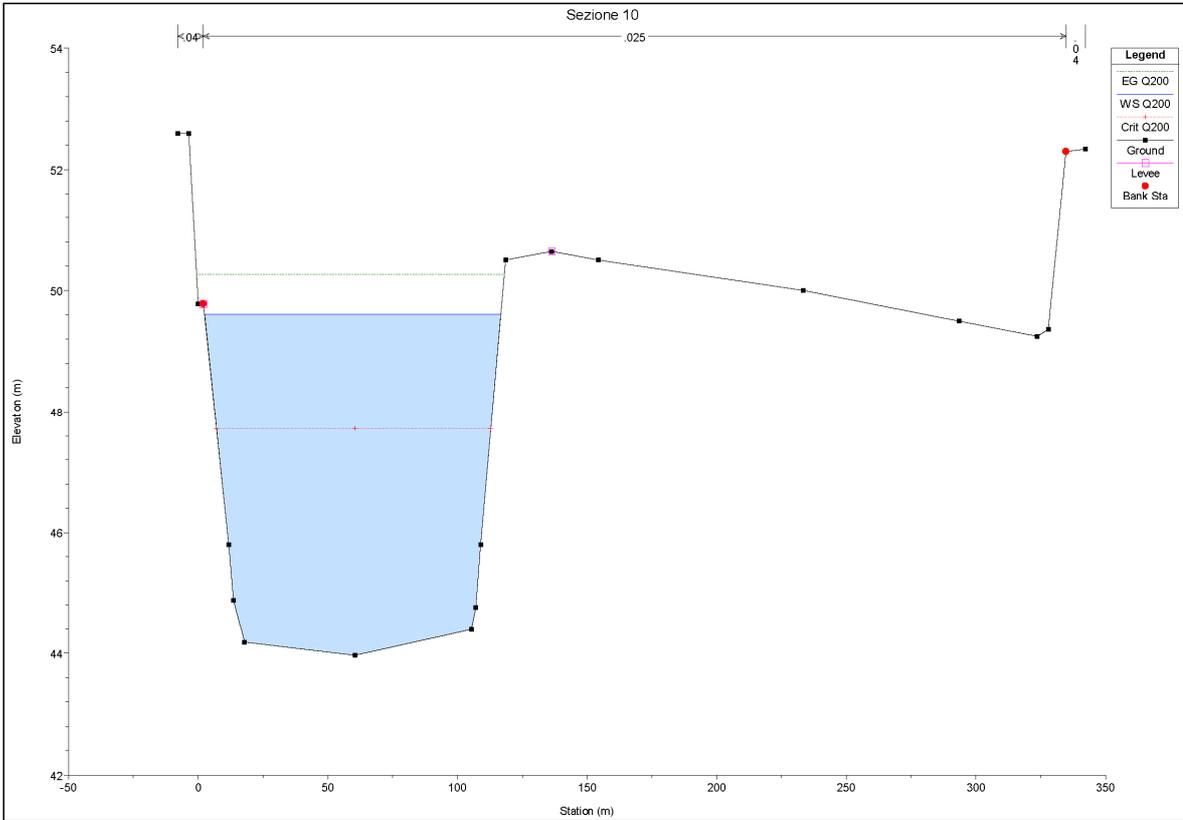
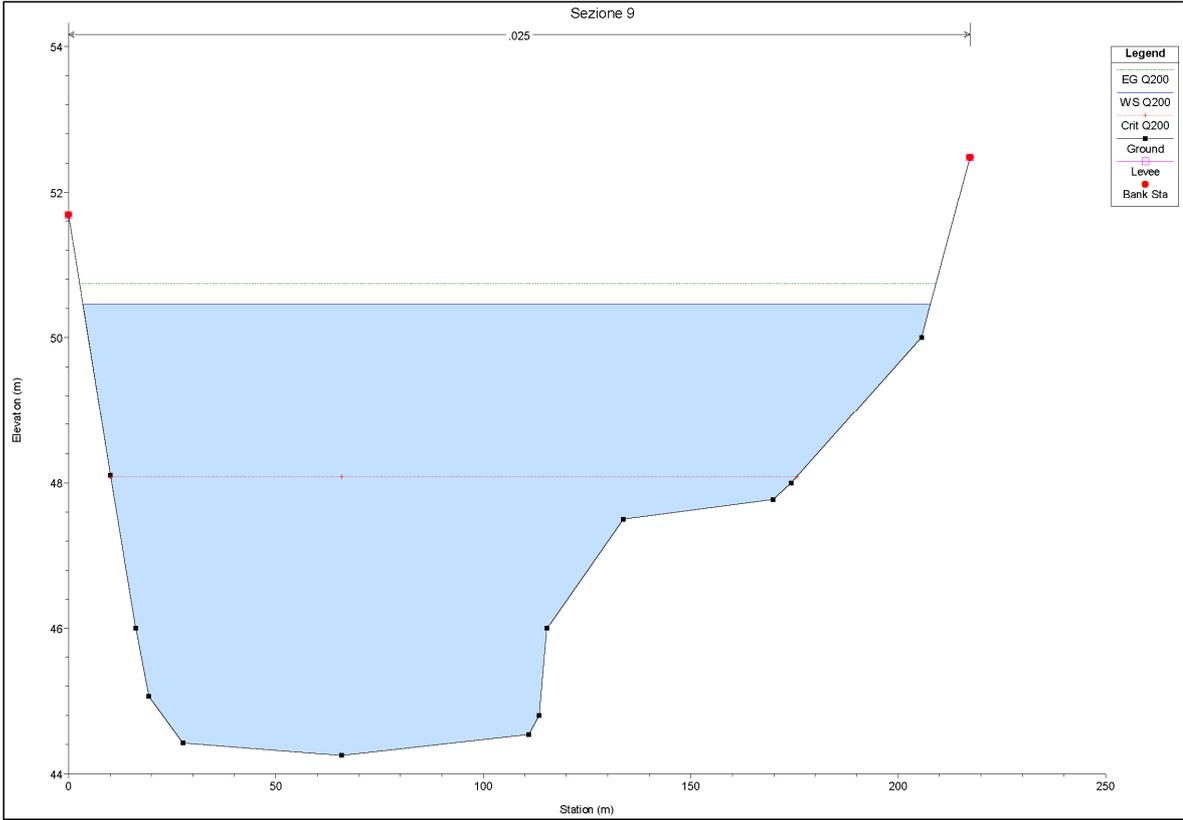


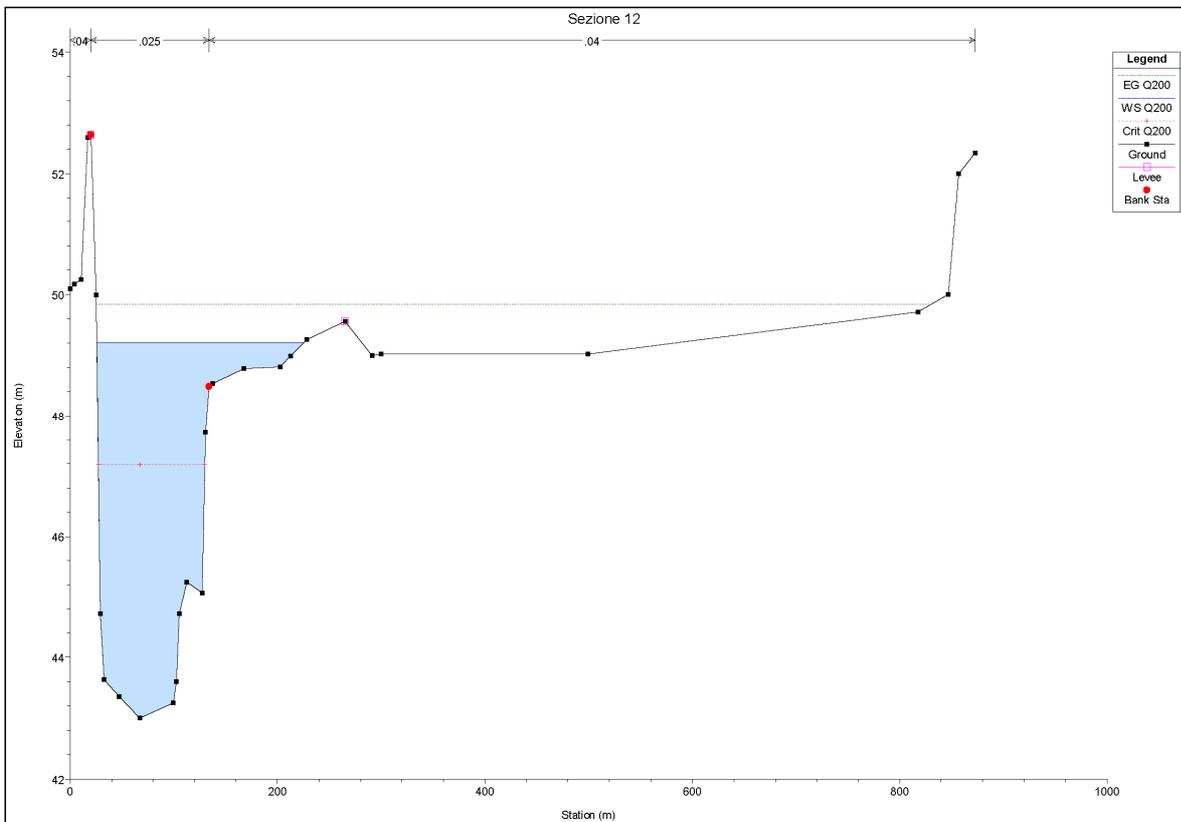
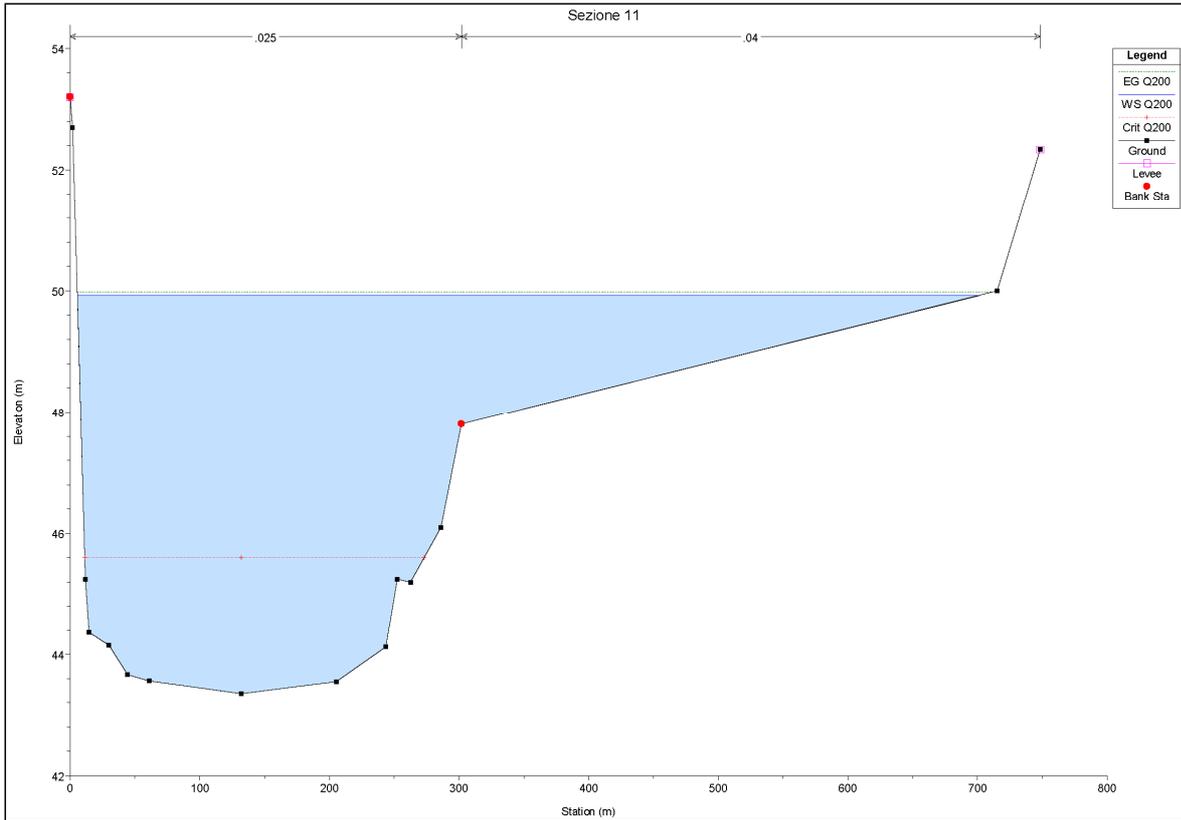


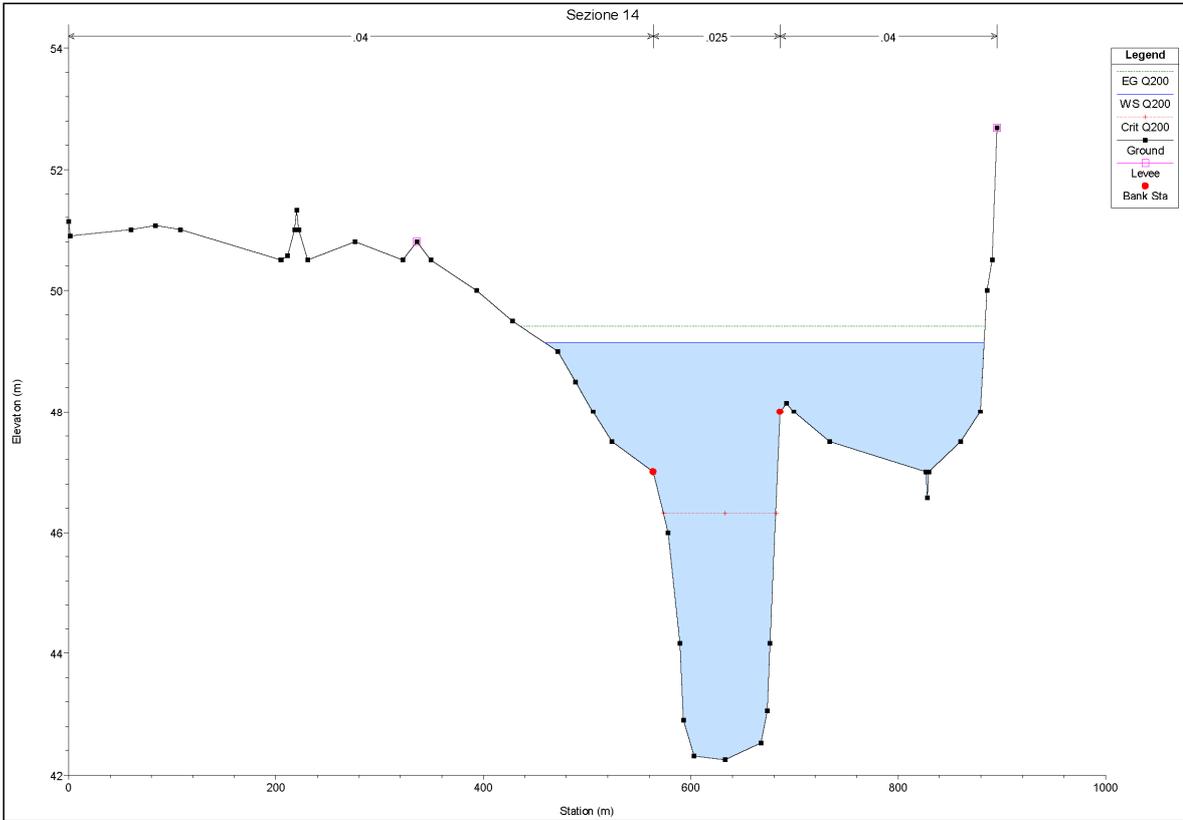
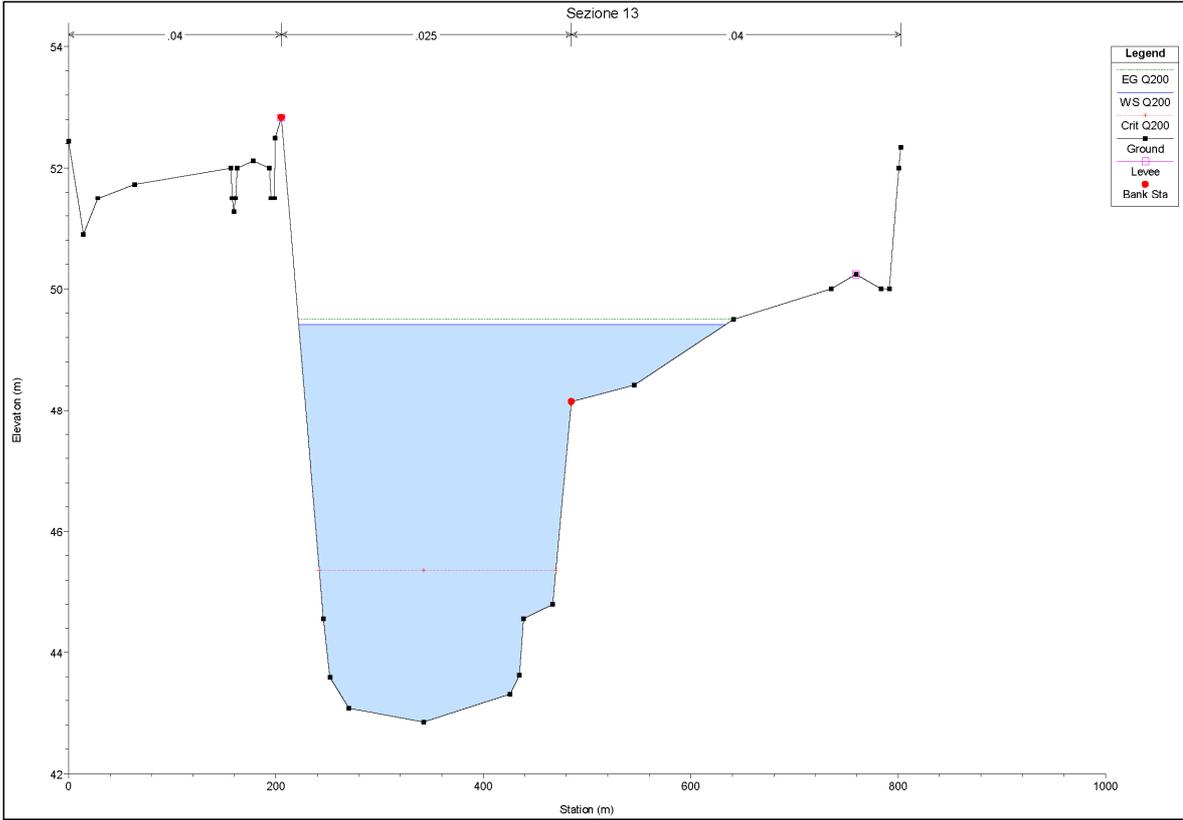


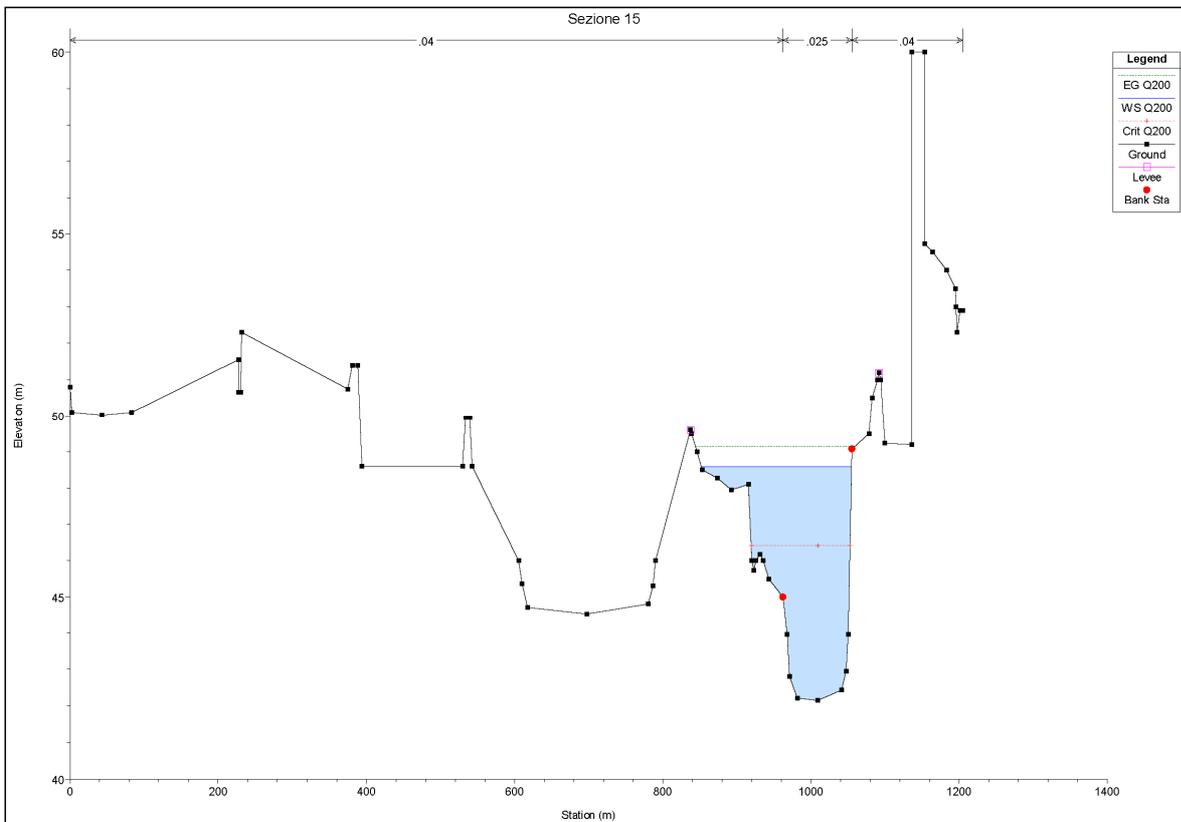
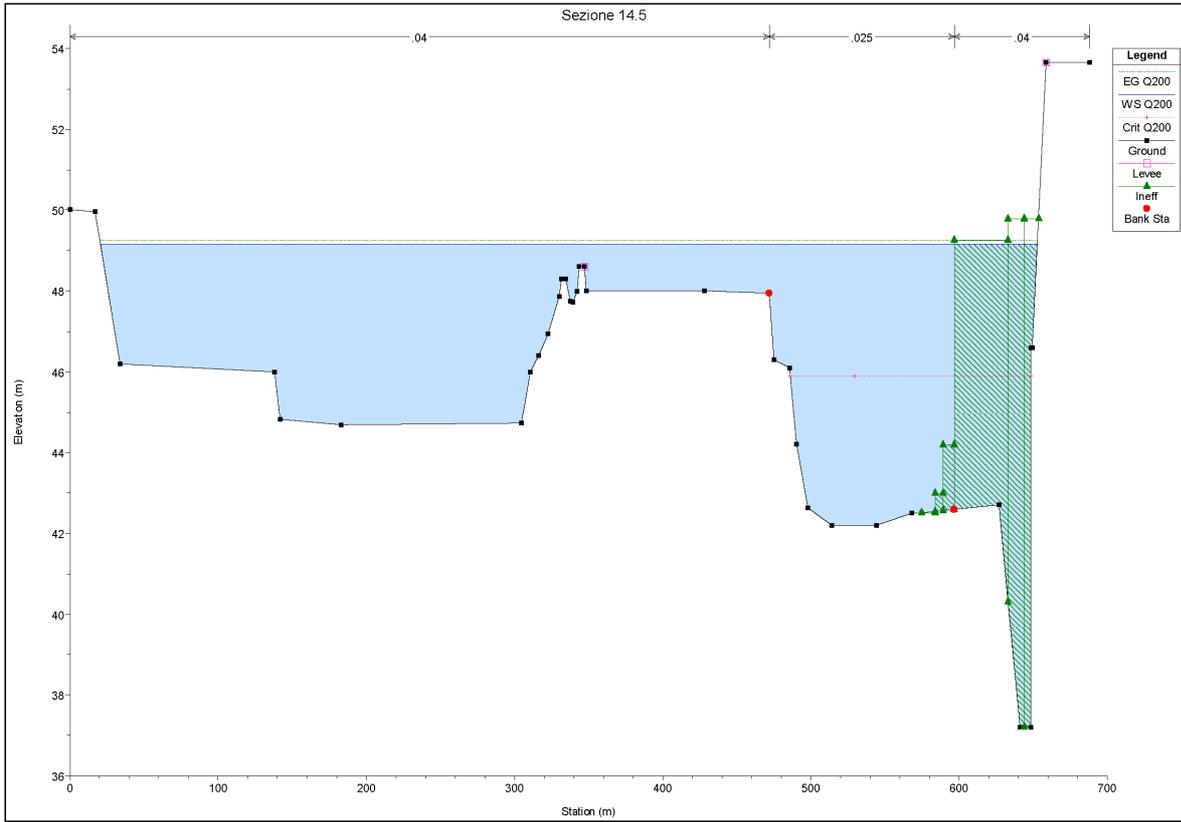


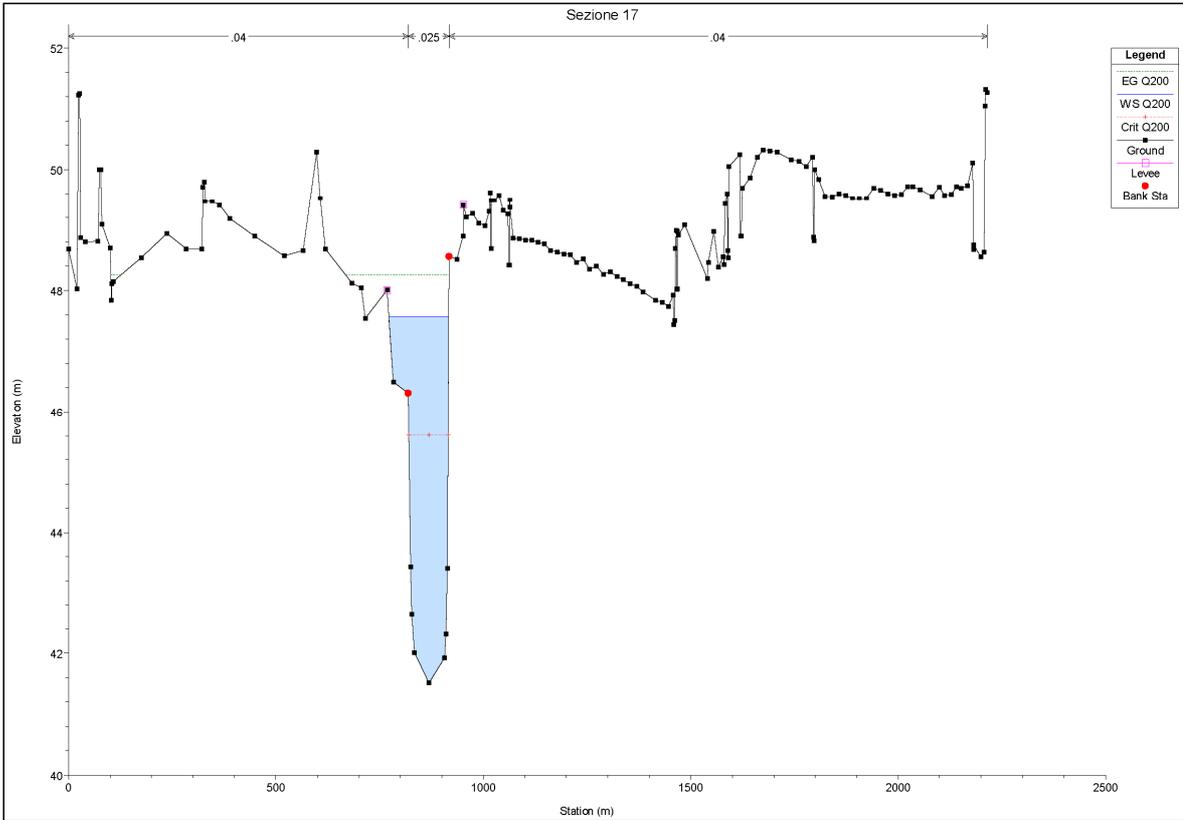
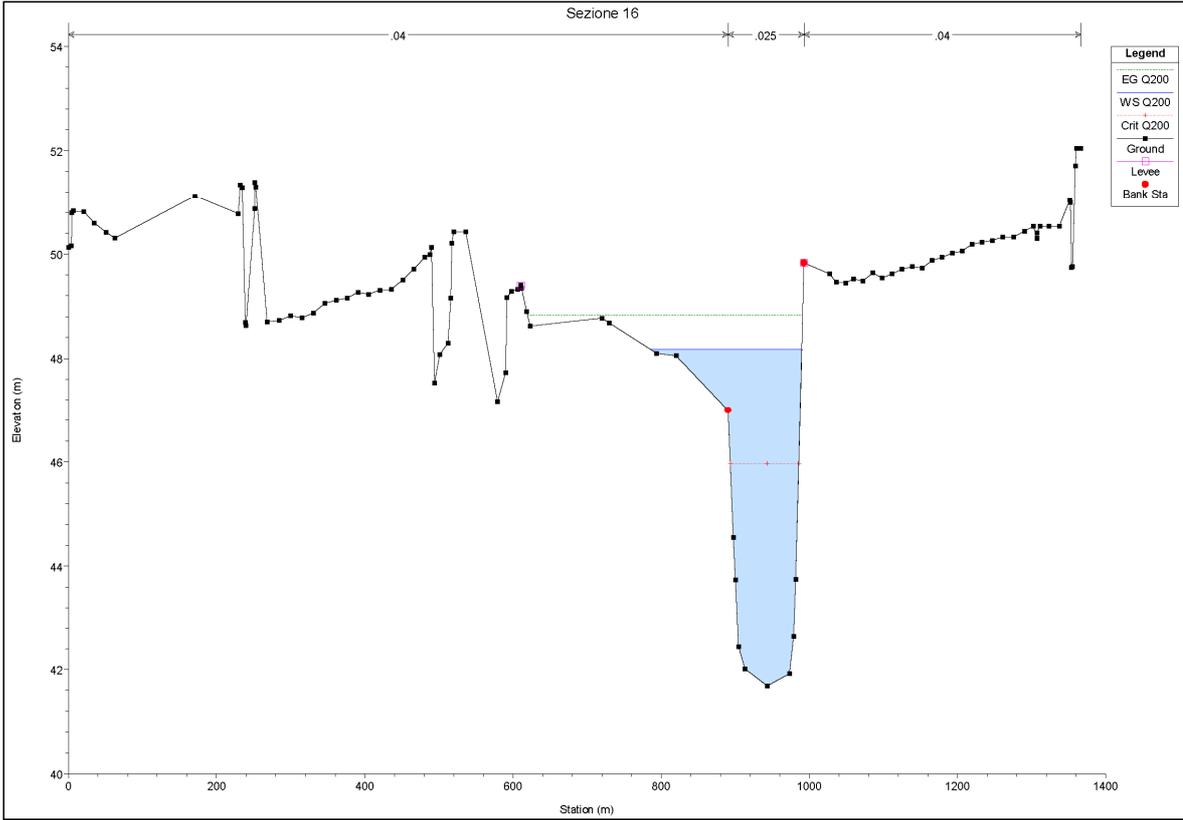


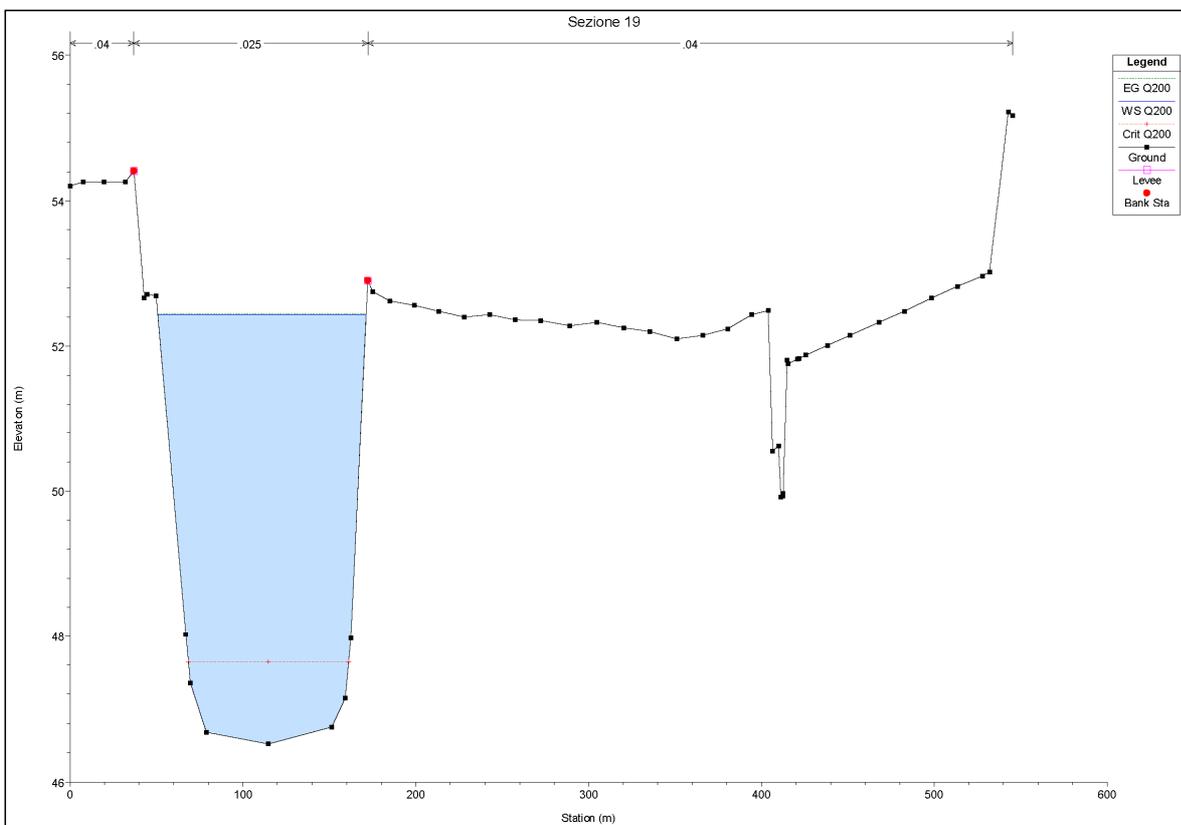
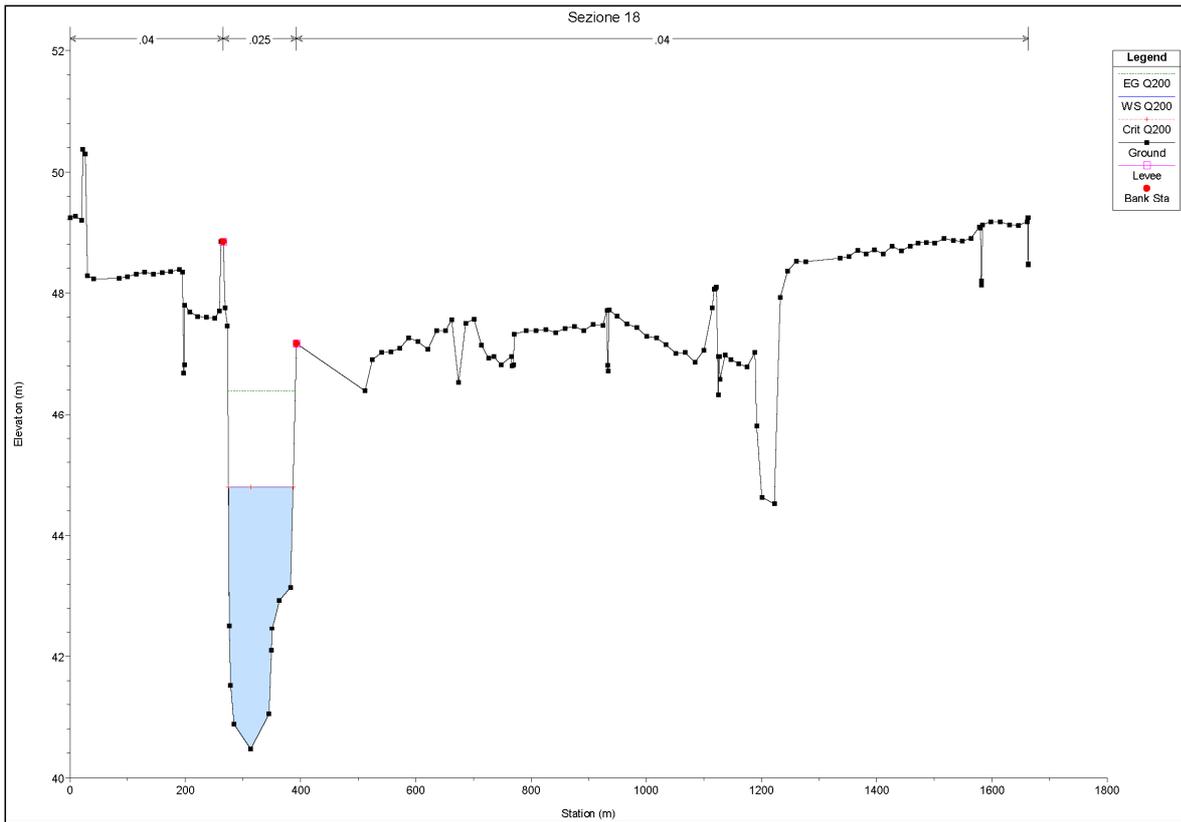


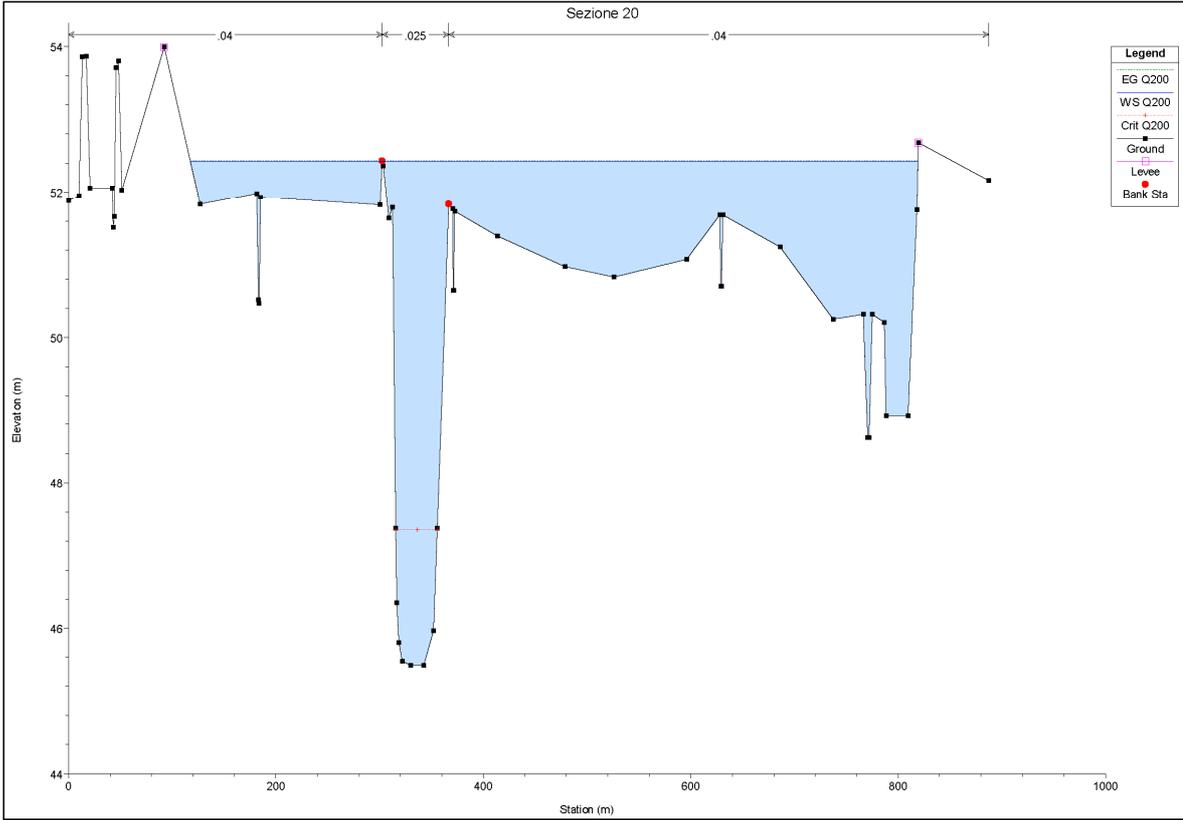






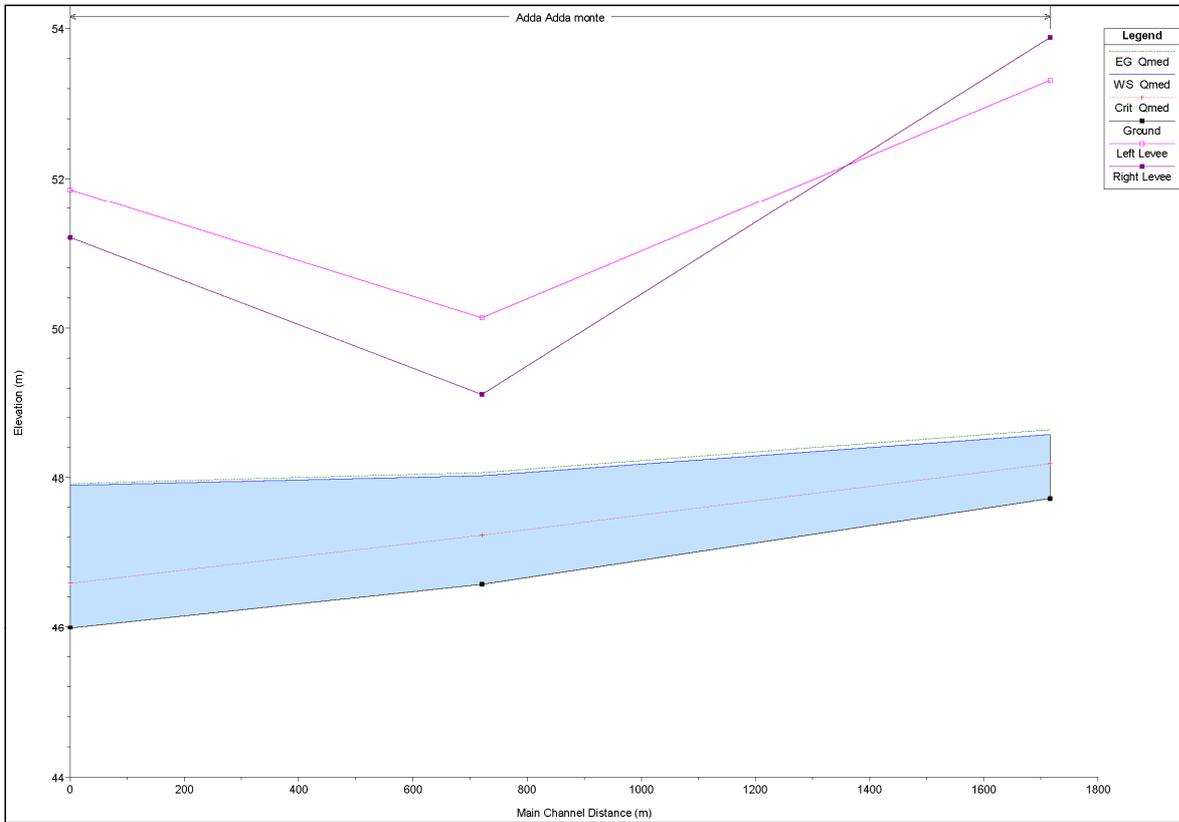


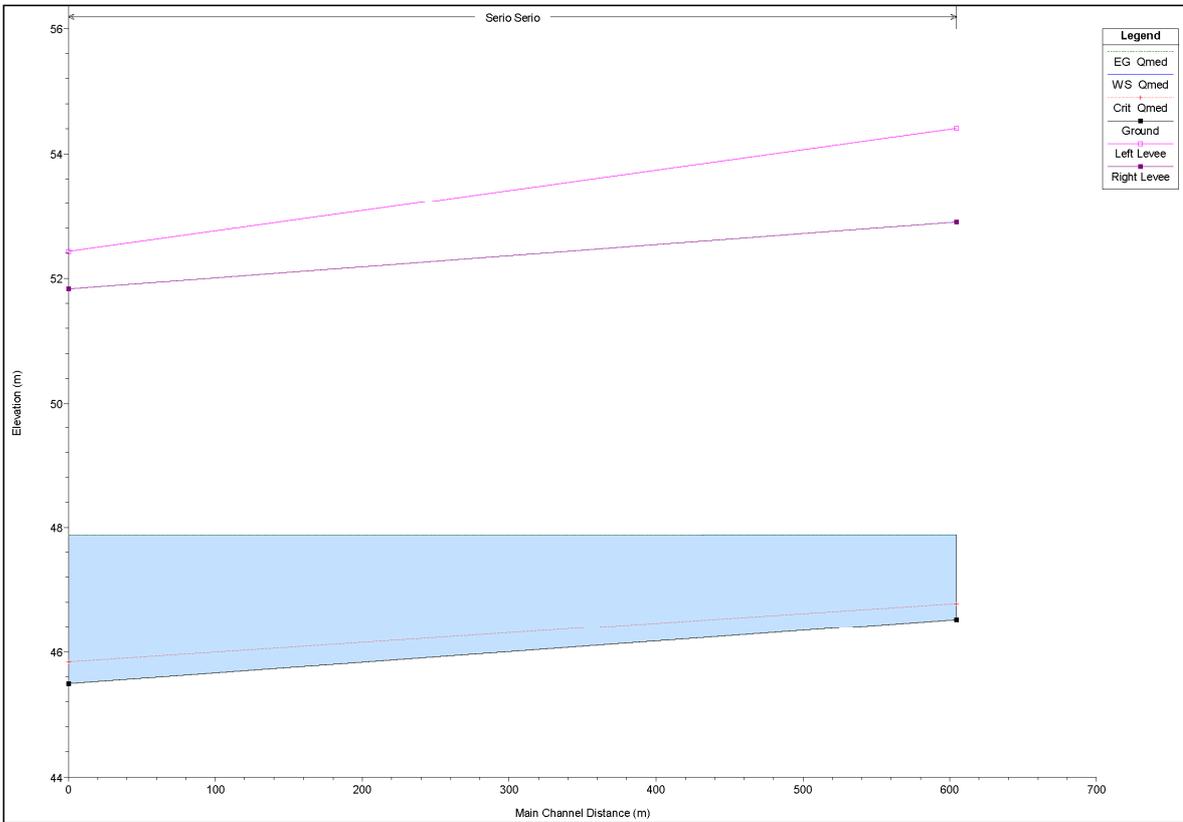
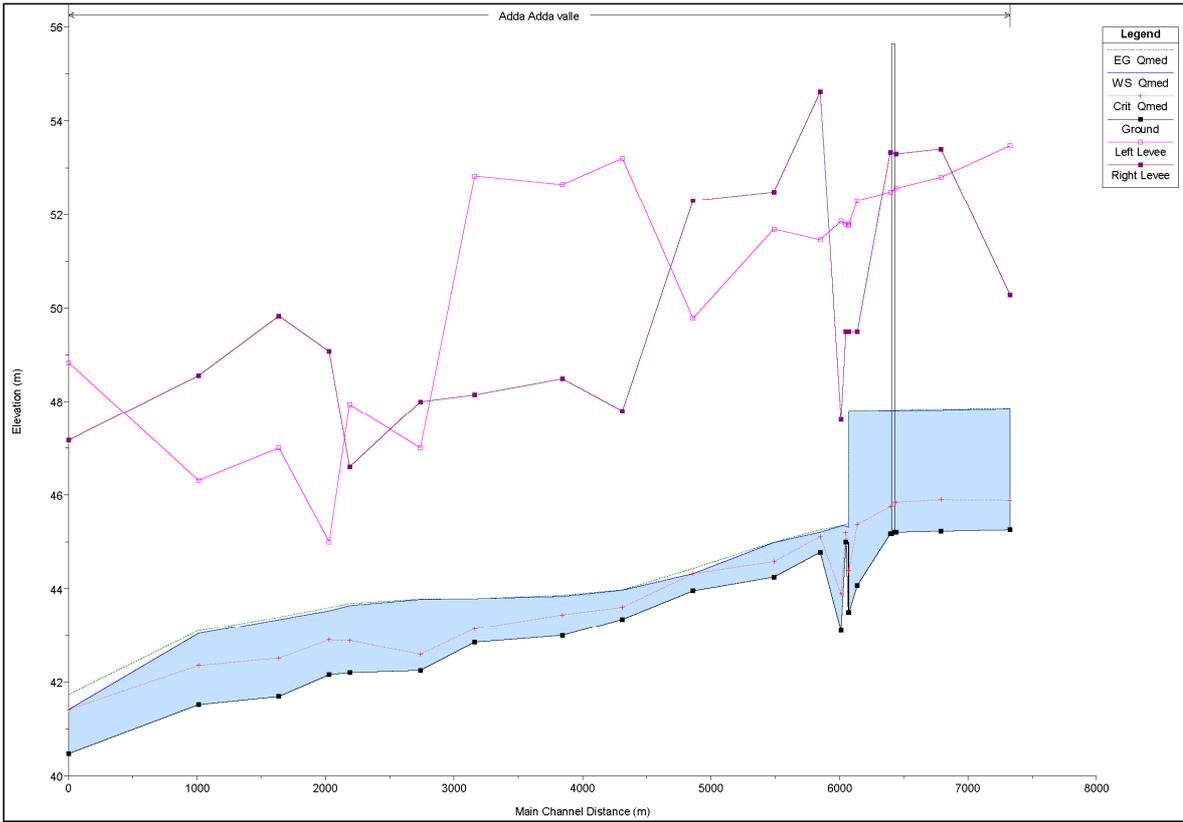




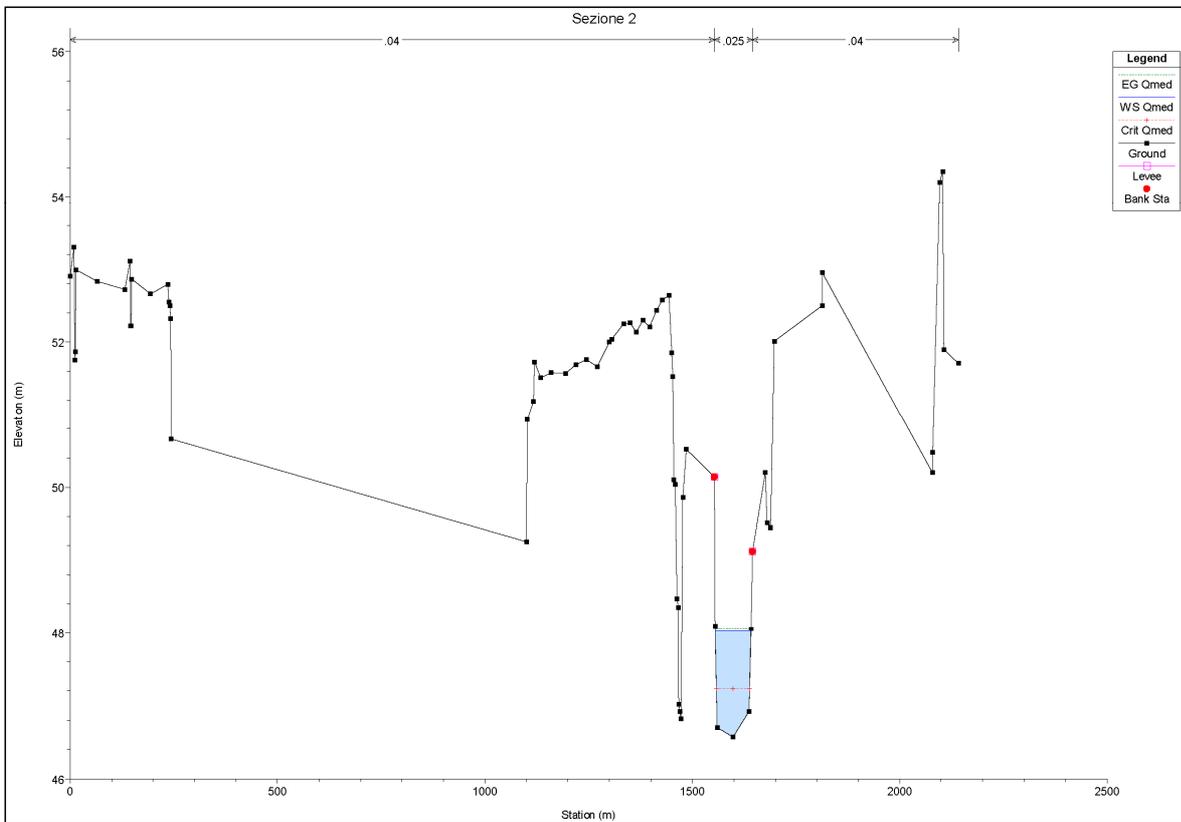
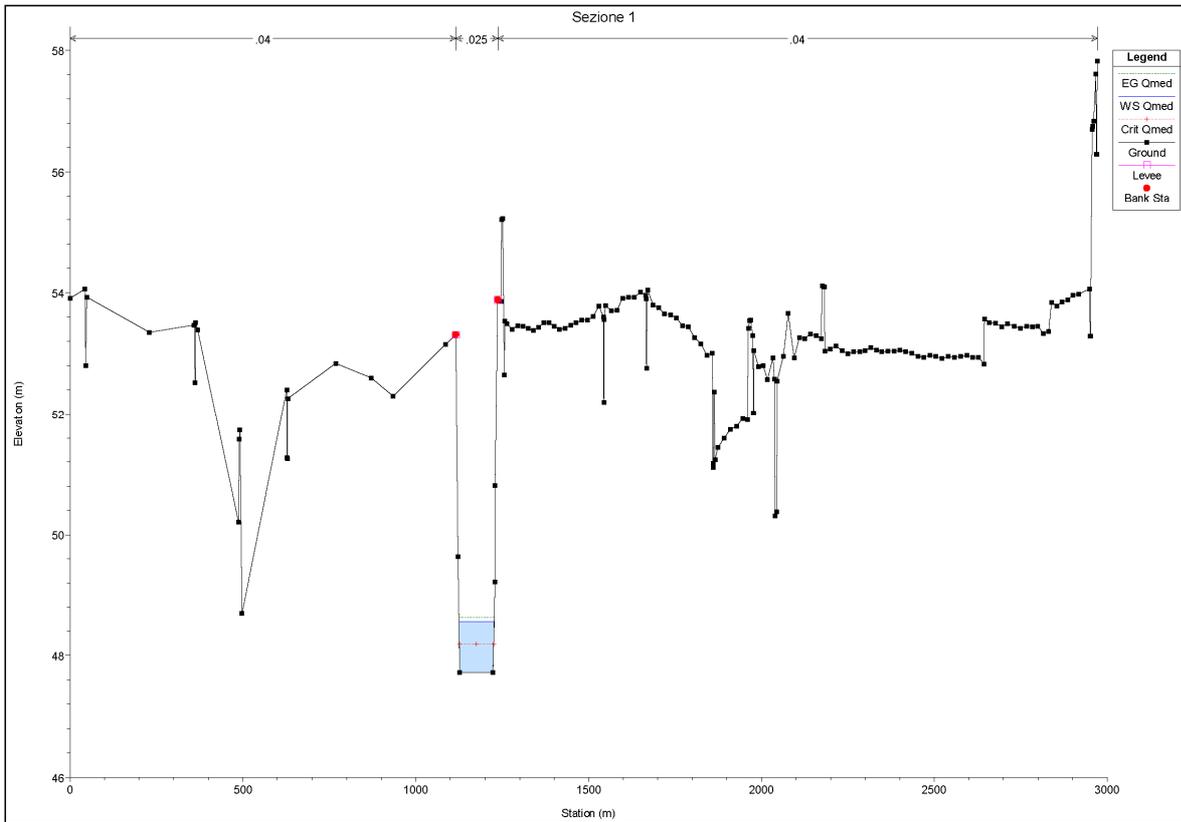
3.2.2. Portata media annua

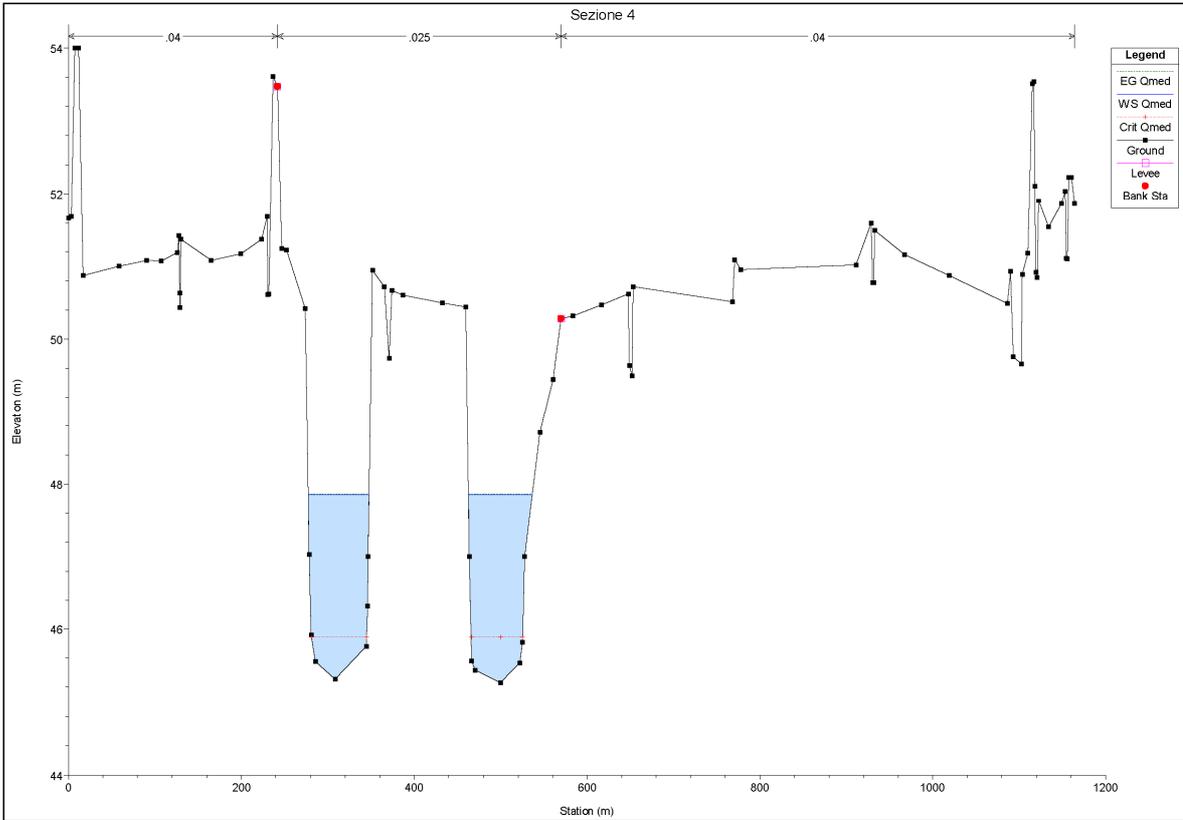
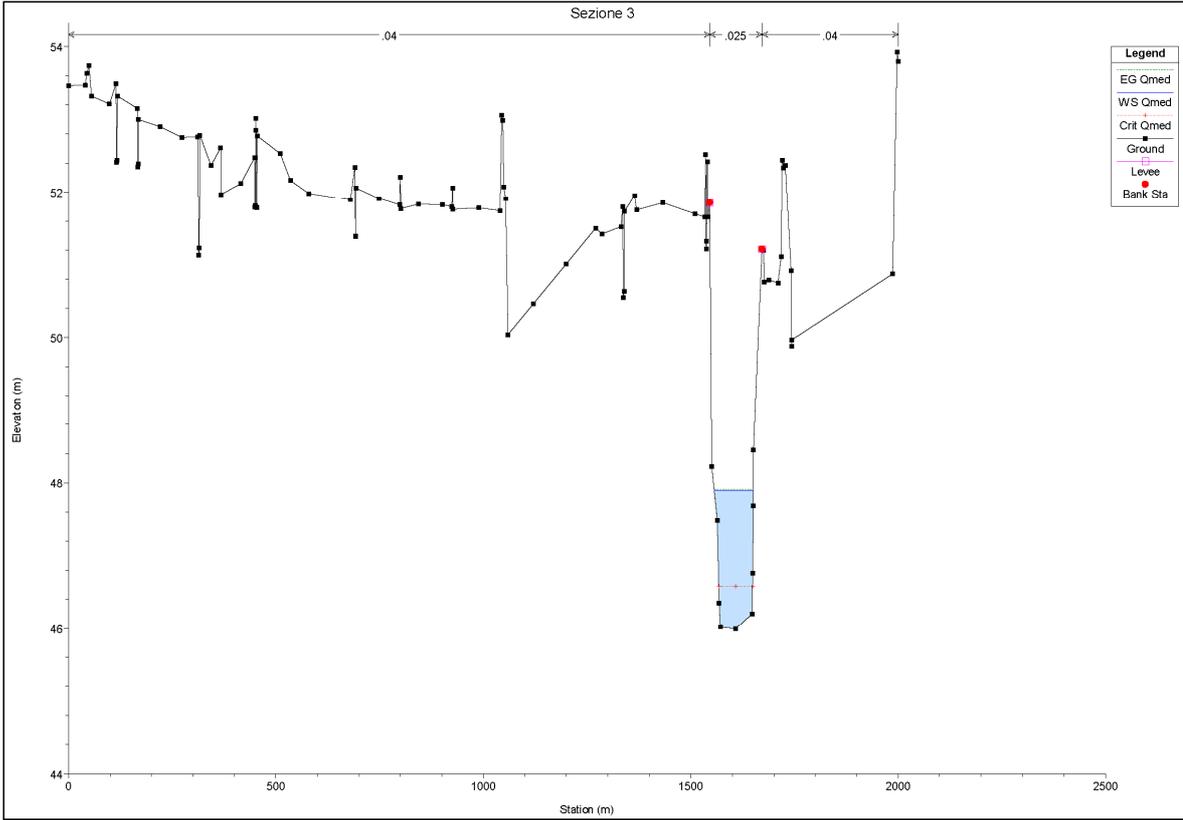
**Profili longitudinali**

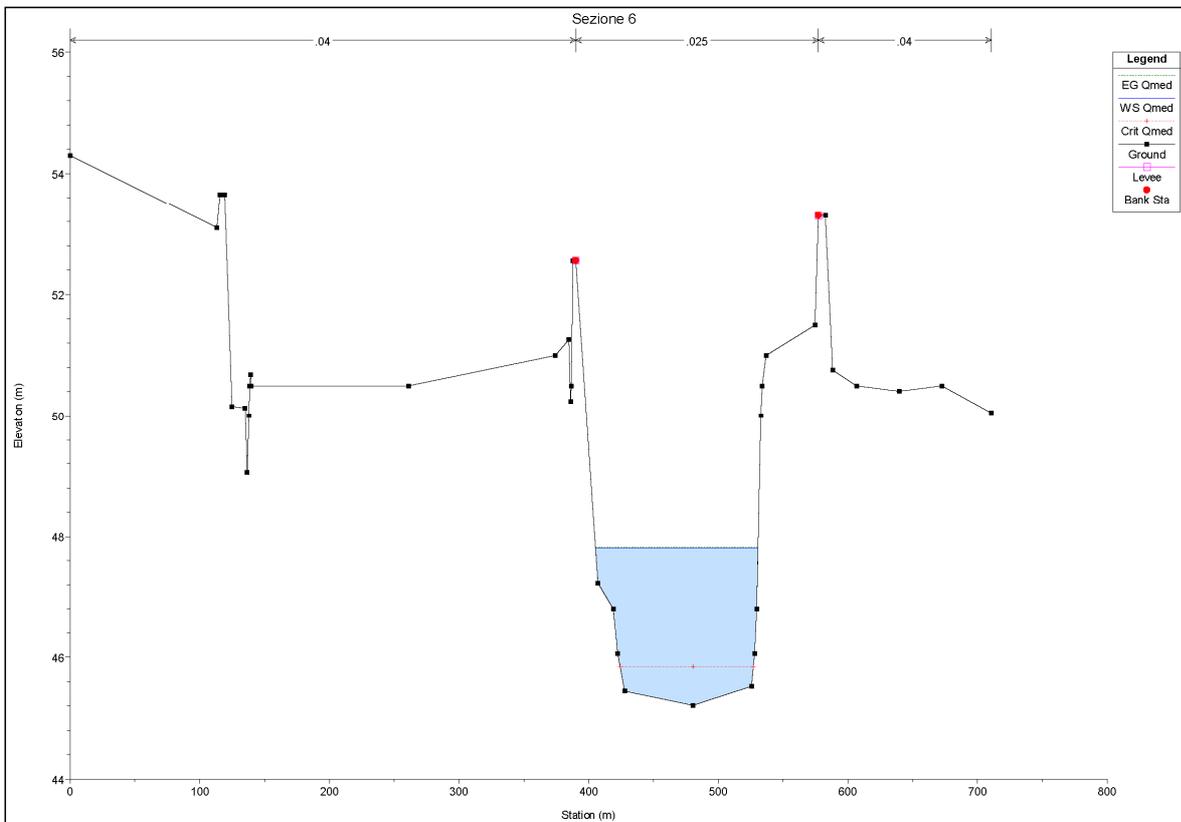
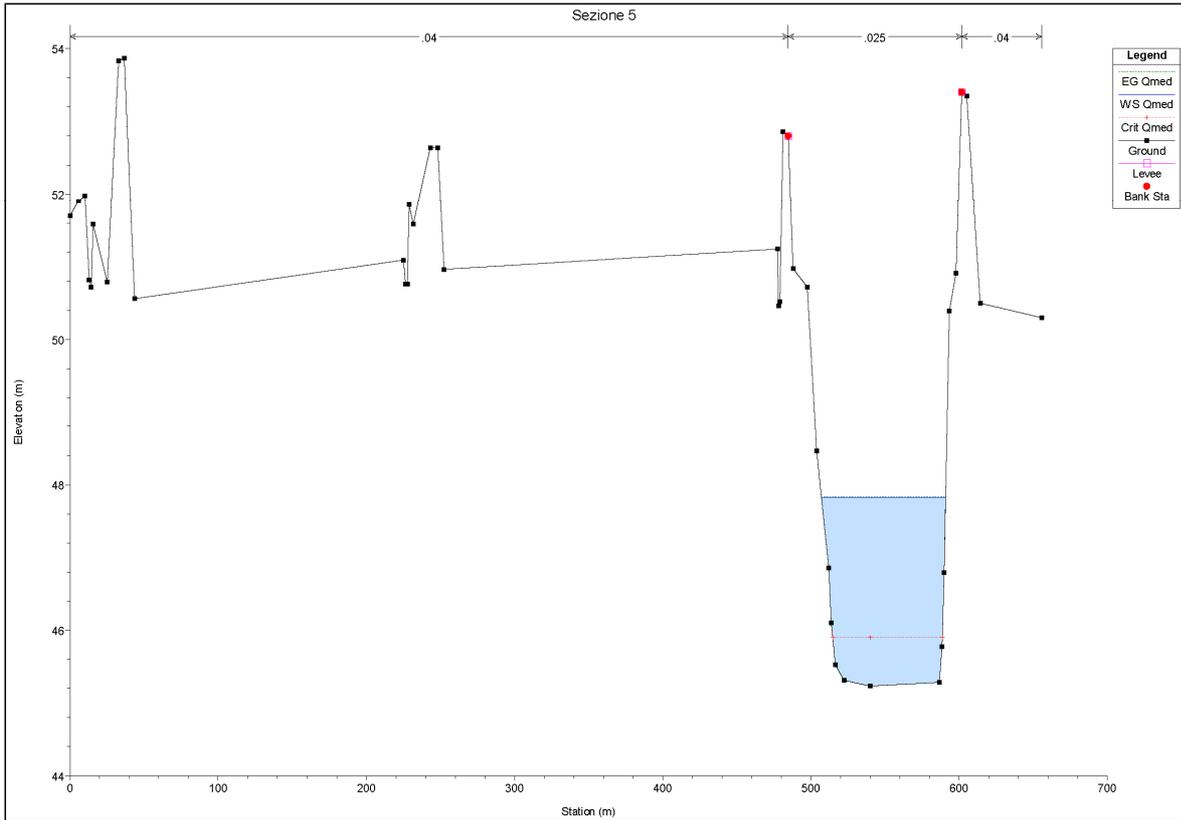


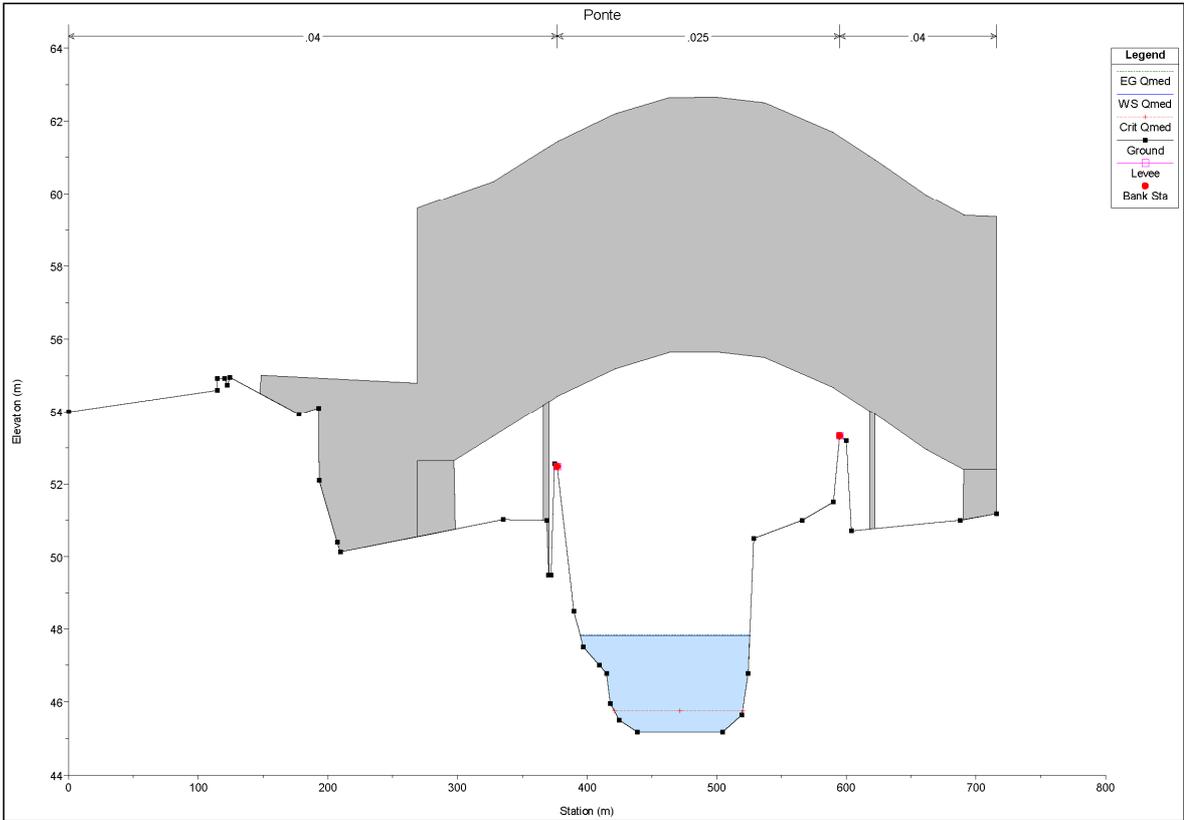
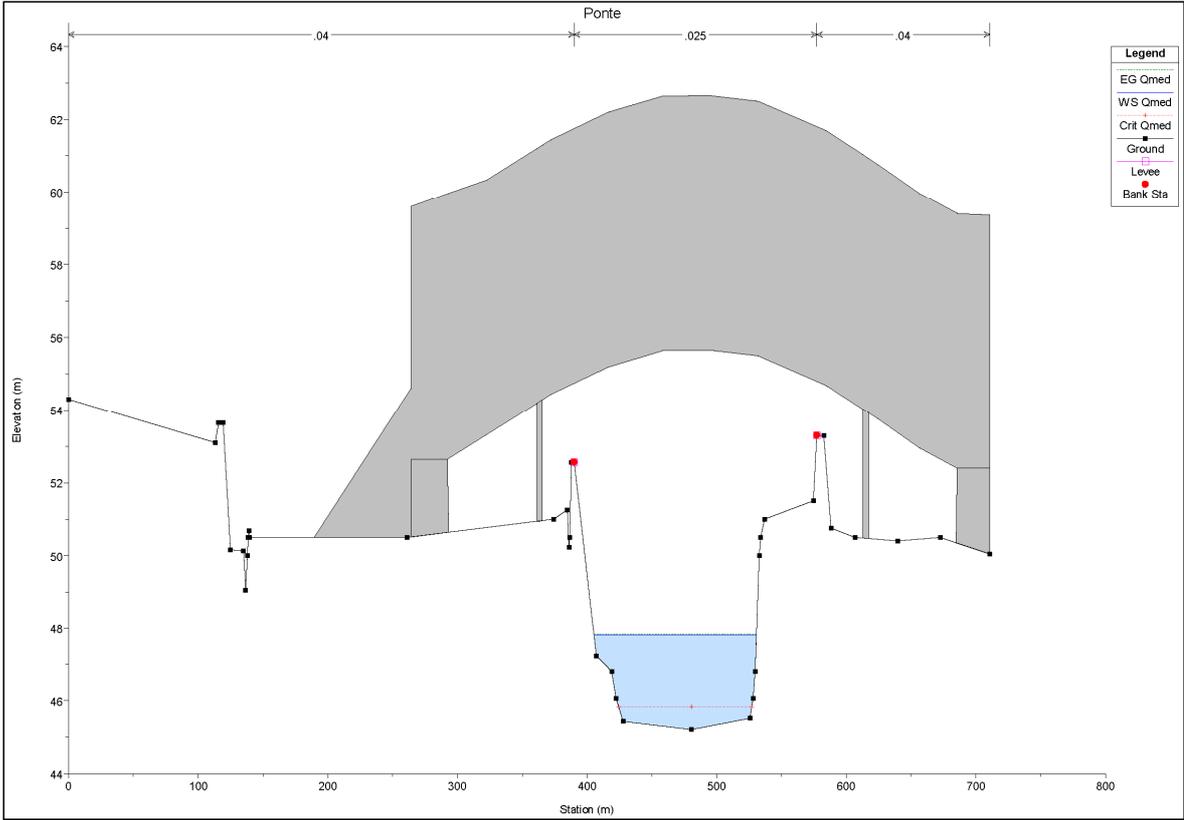


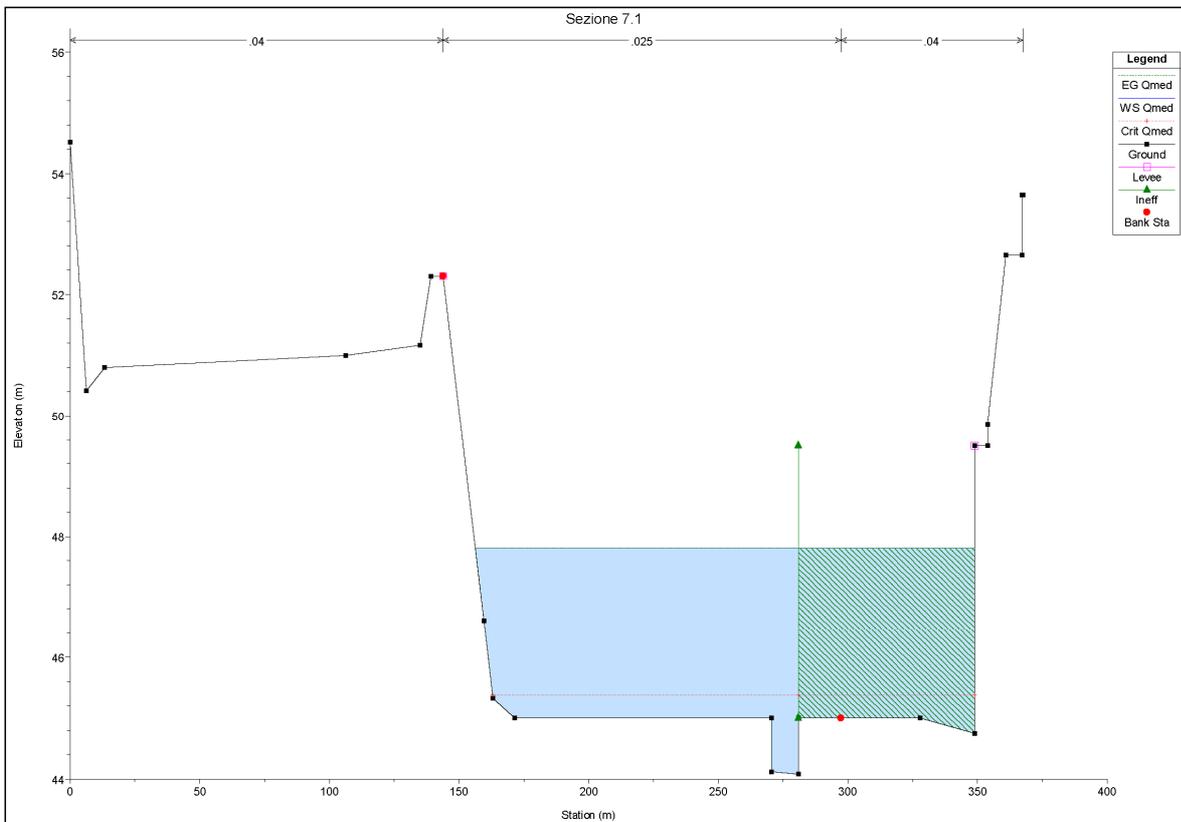
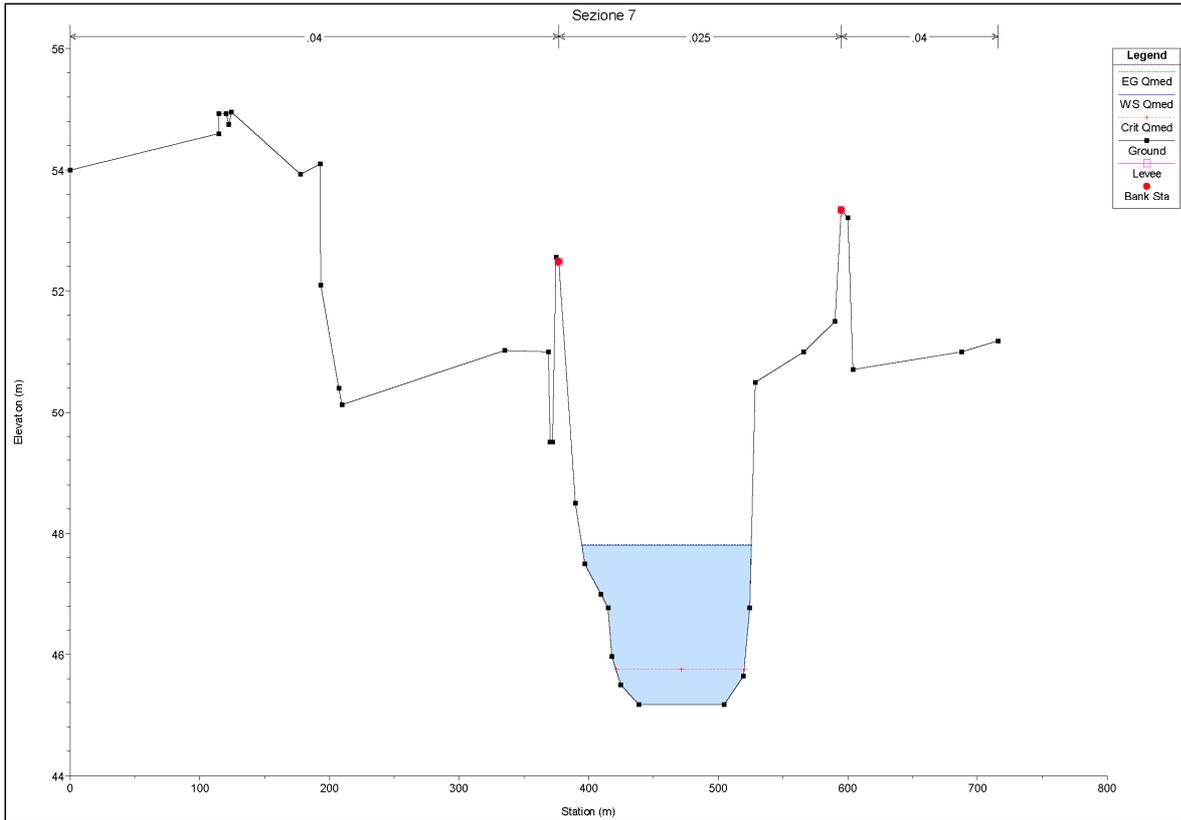
Sezioni trasversali

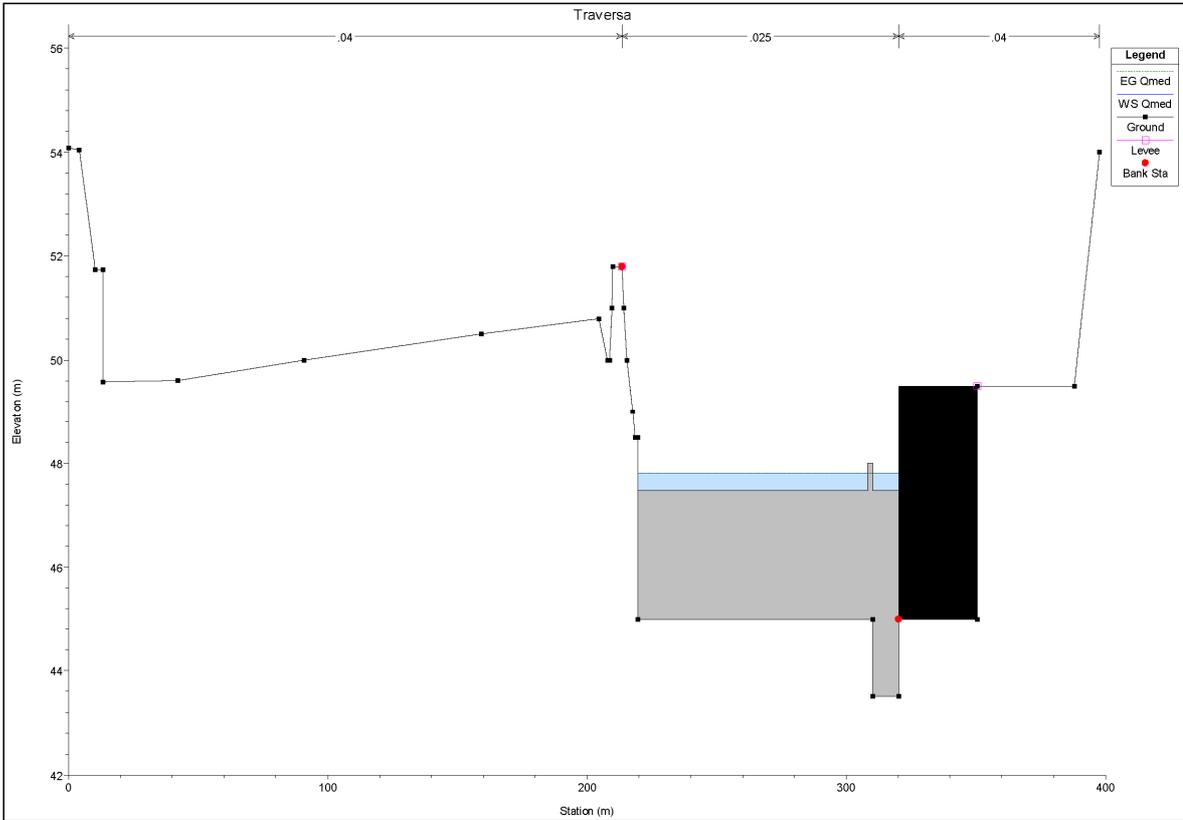
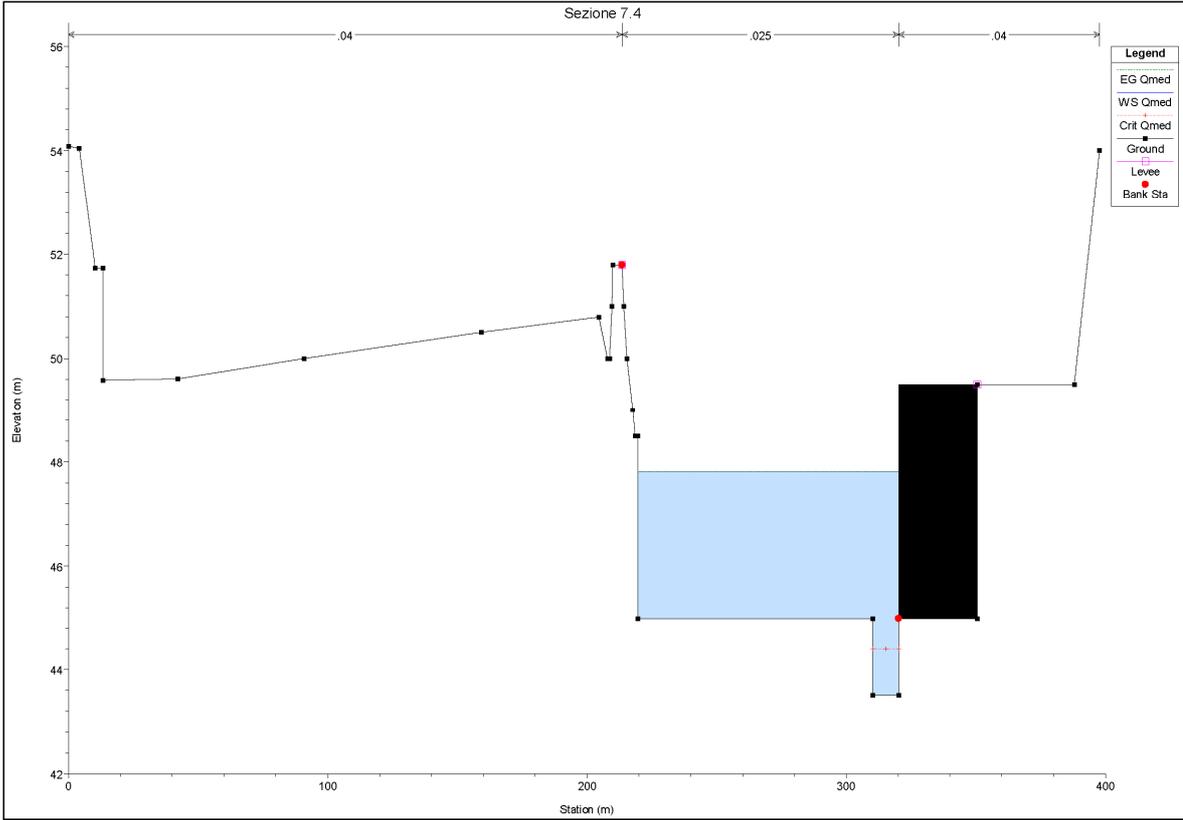


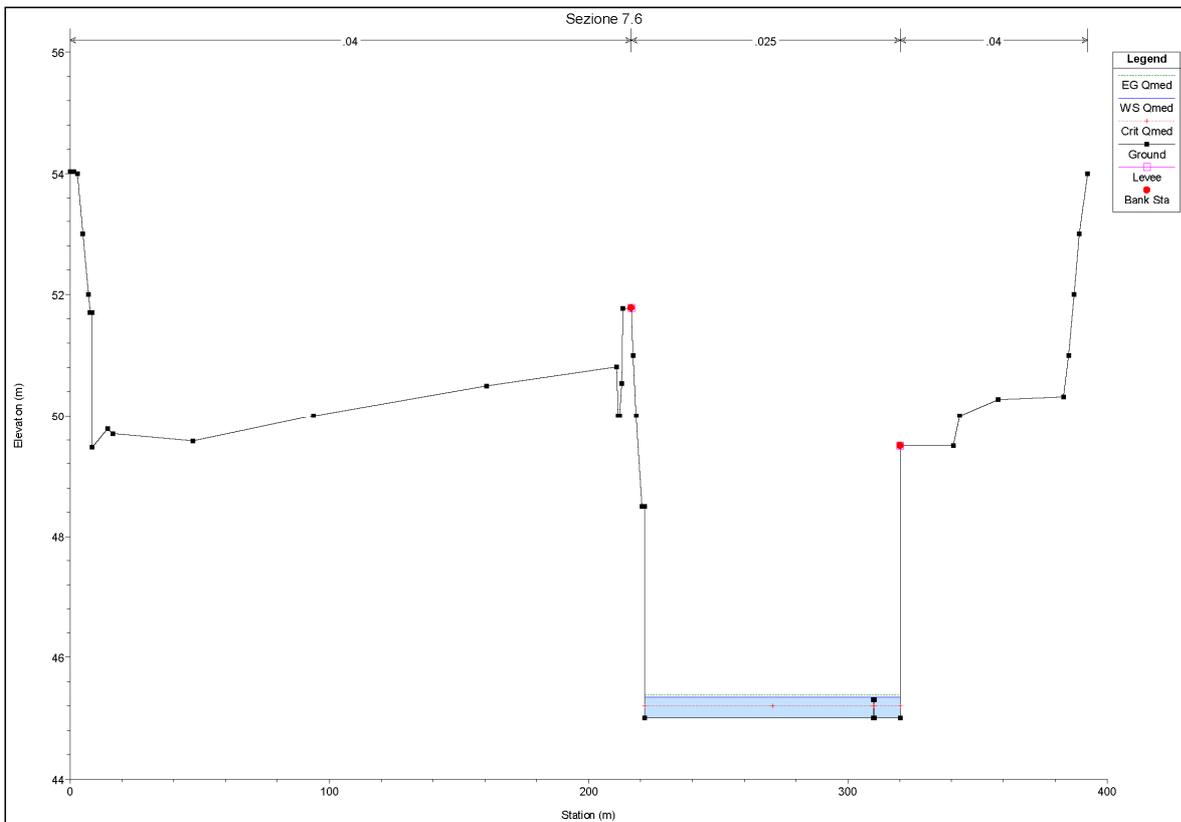
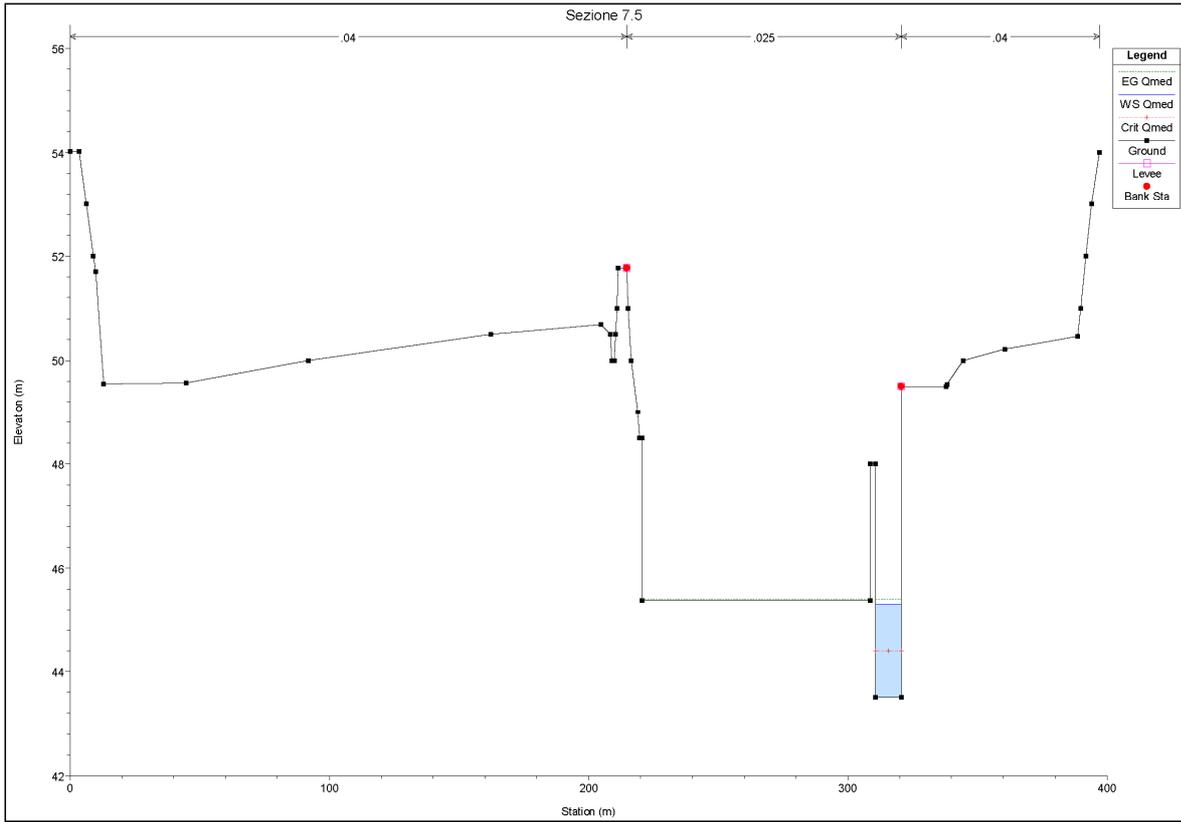


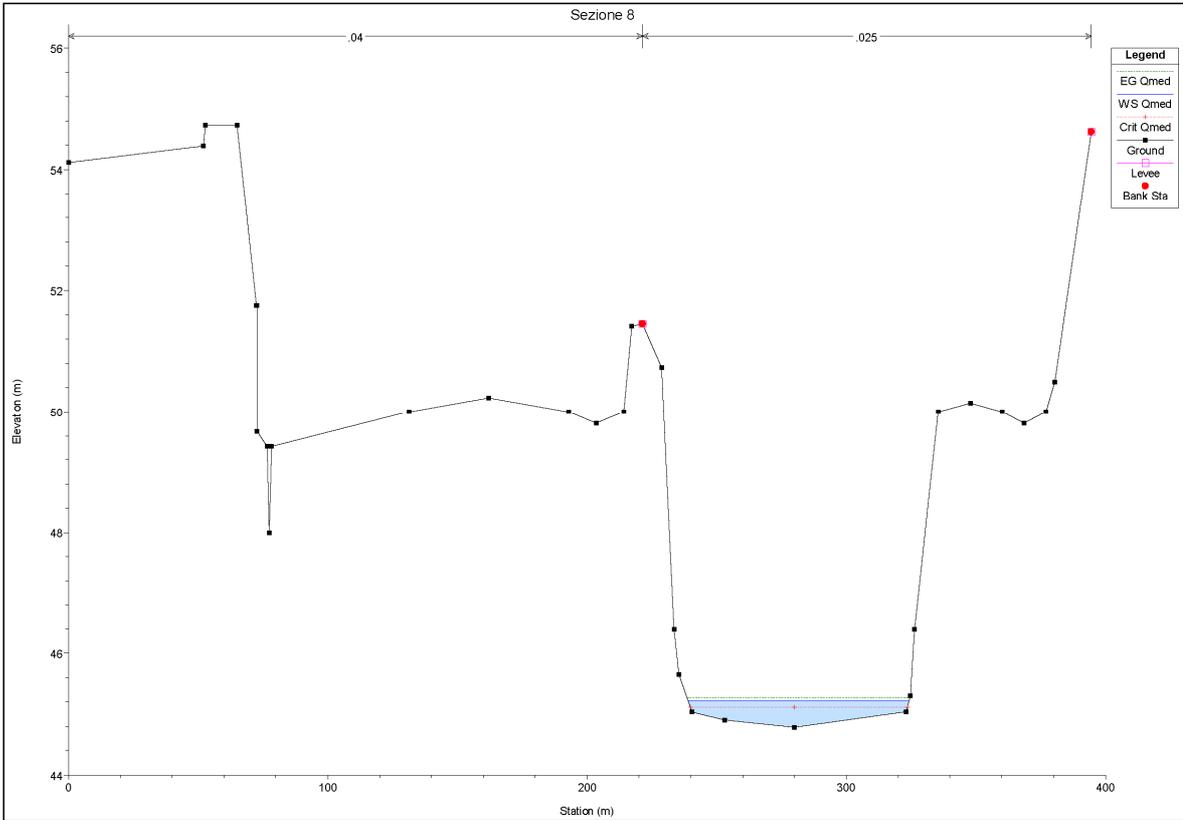
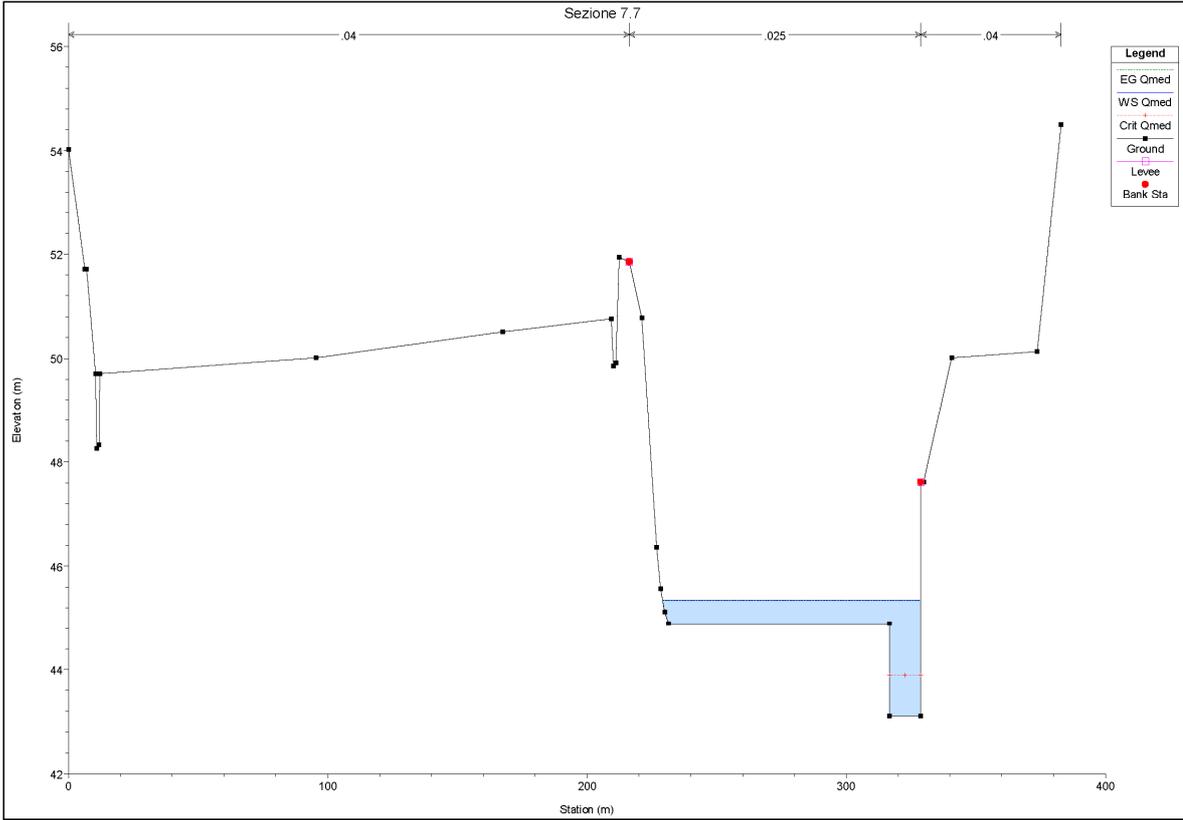


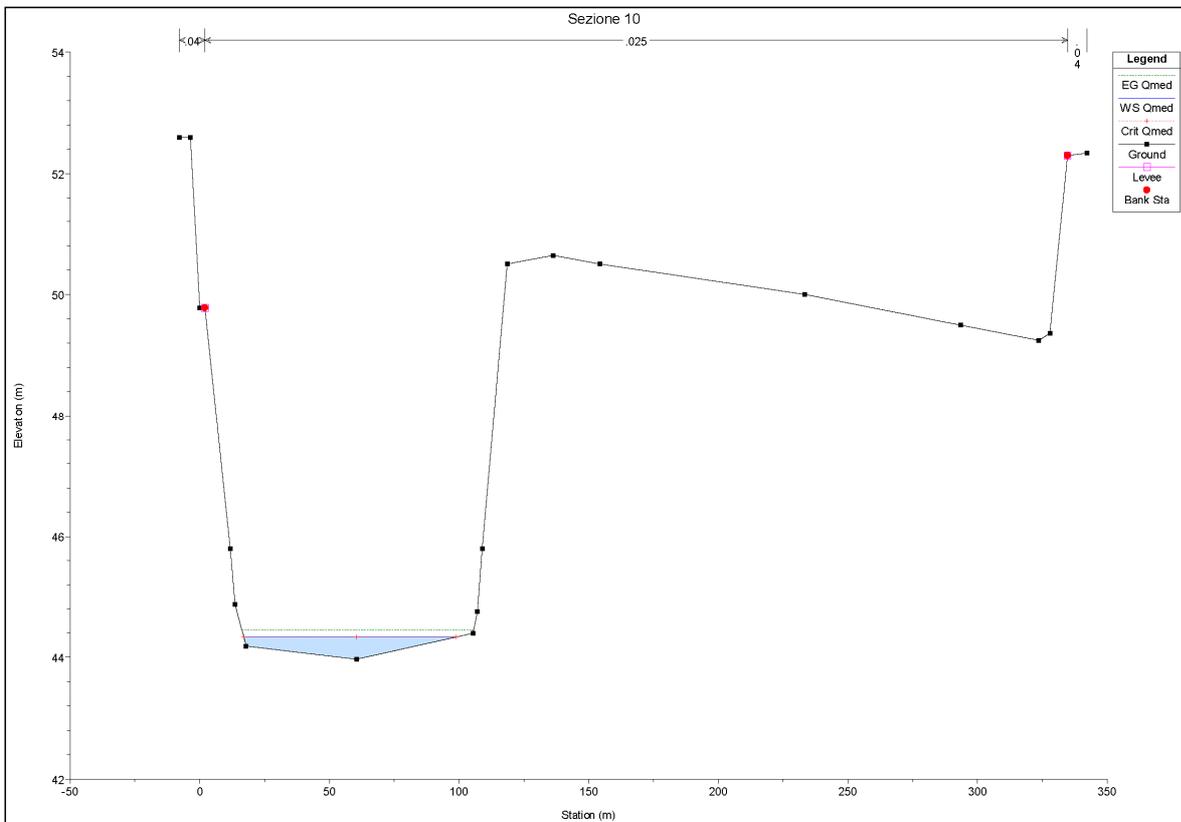
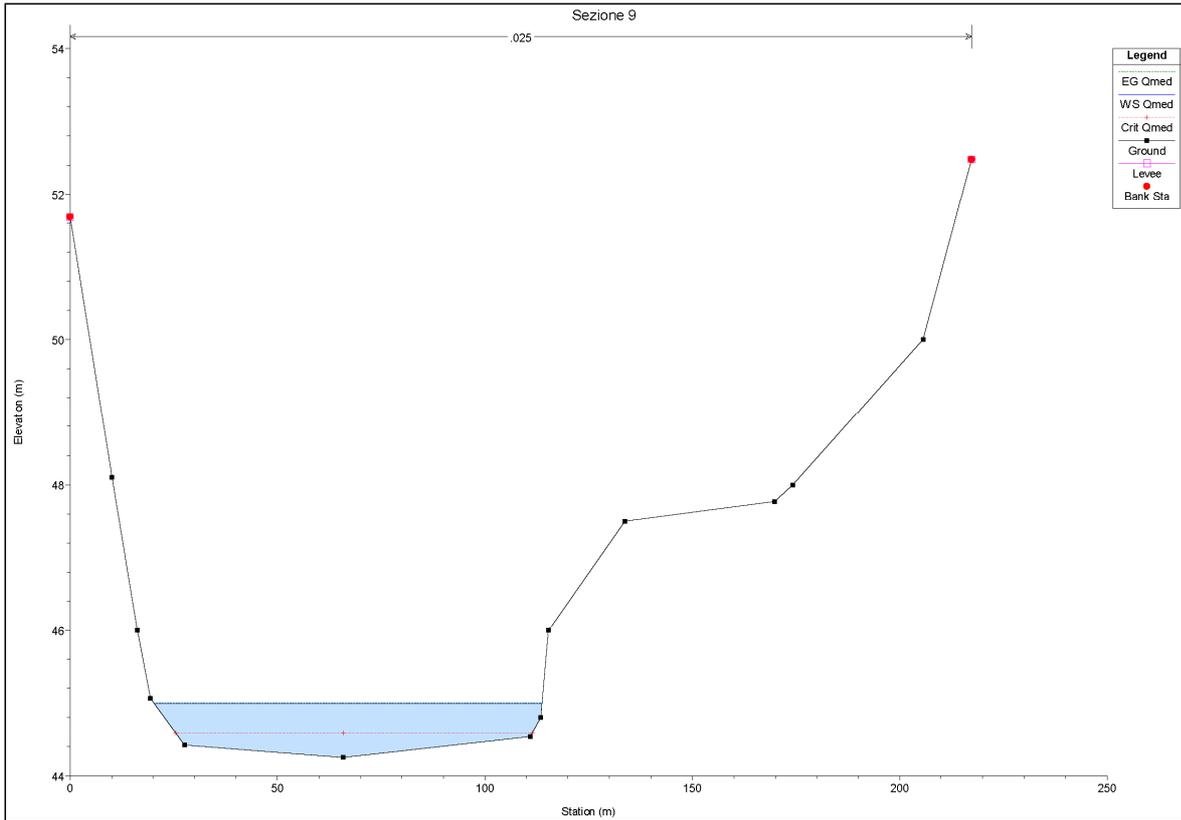


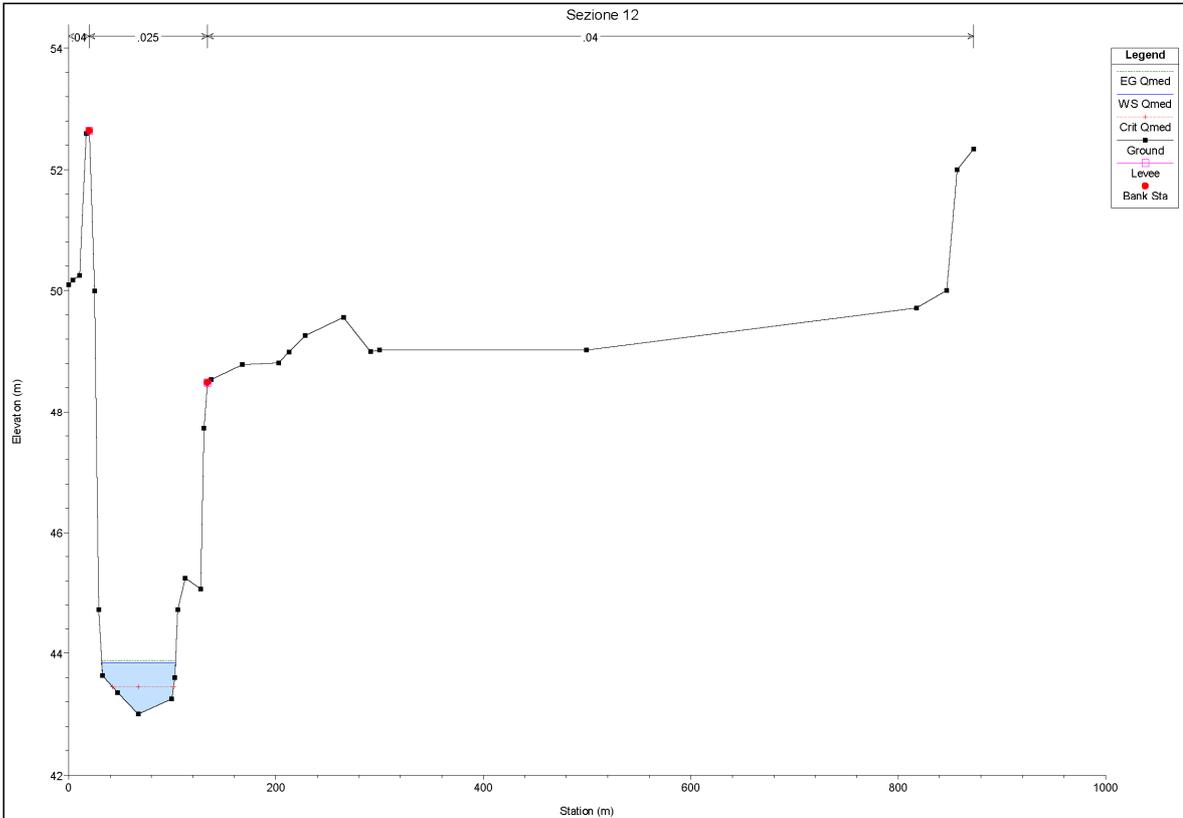
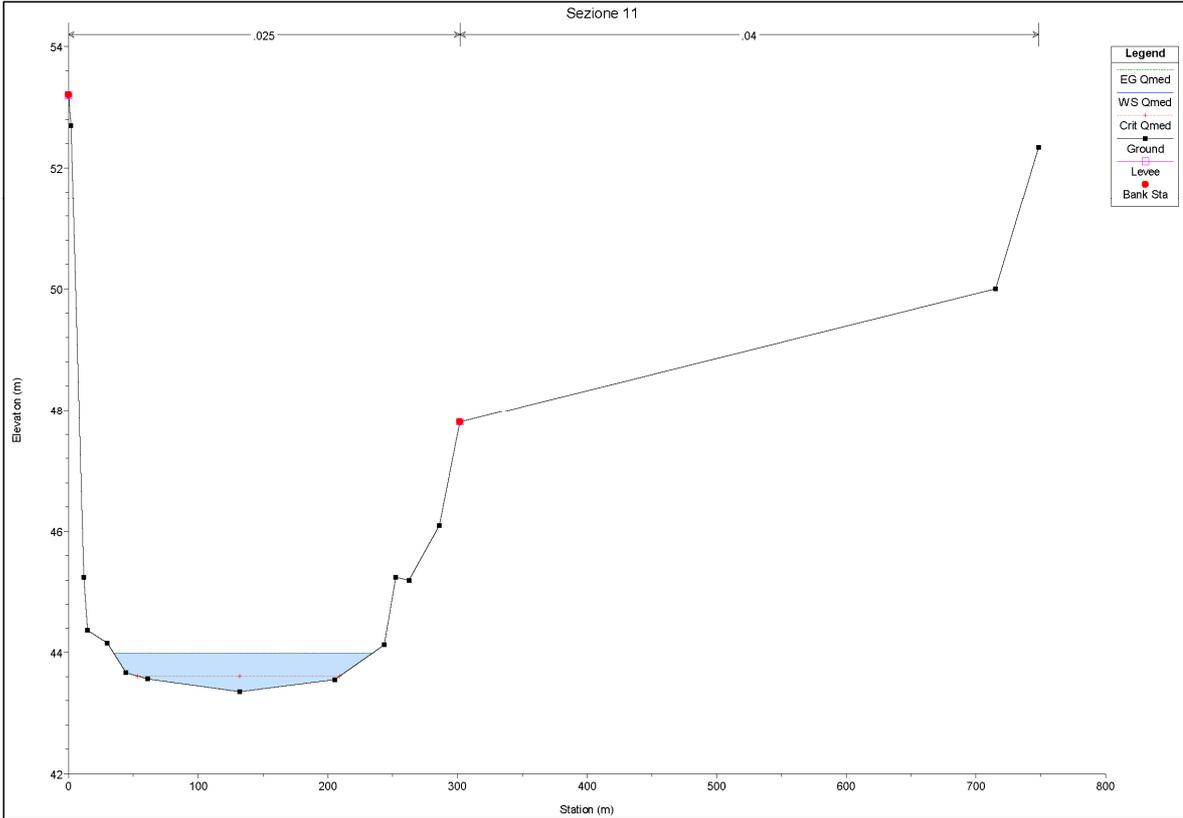


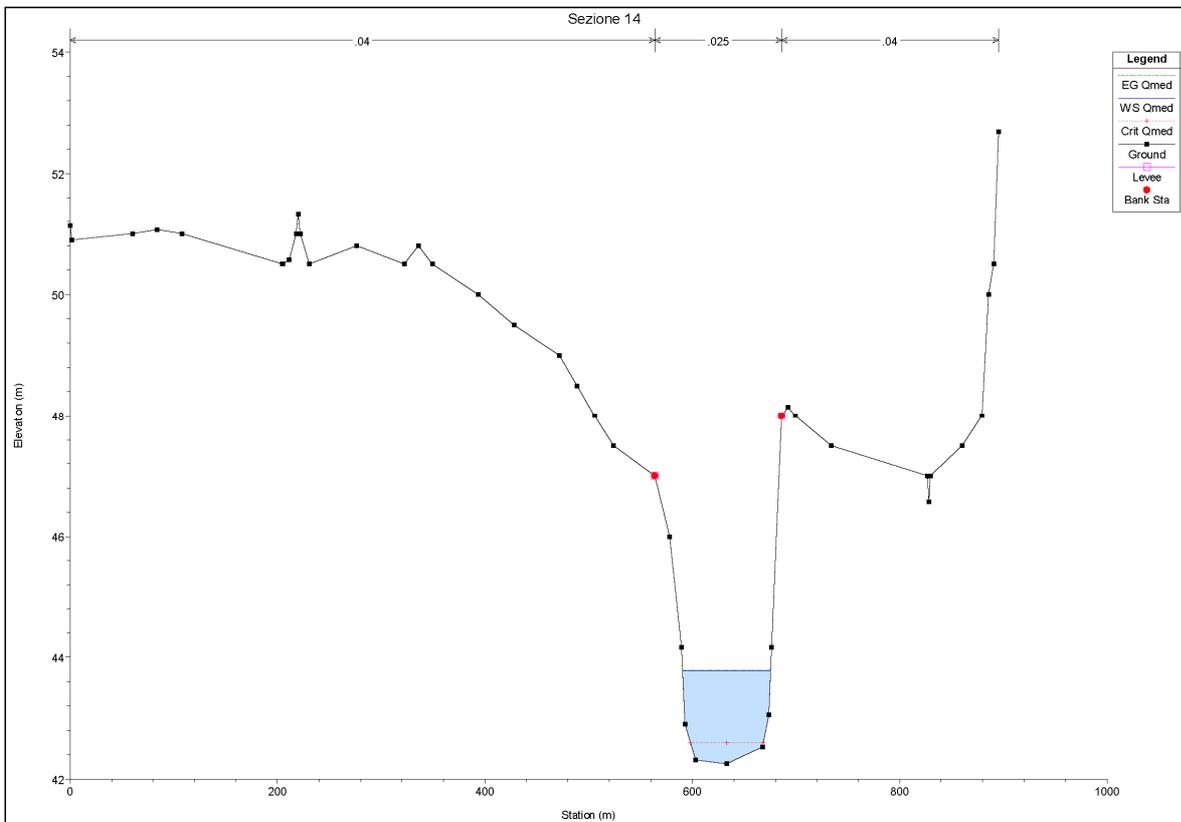
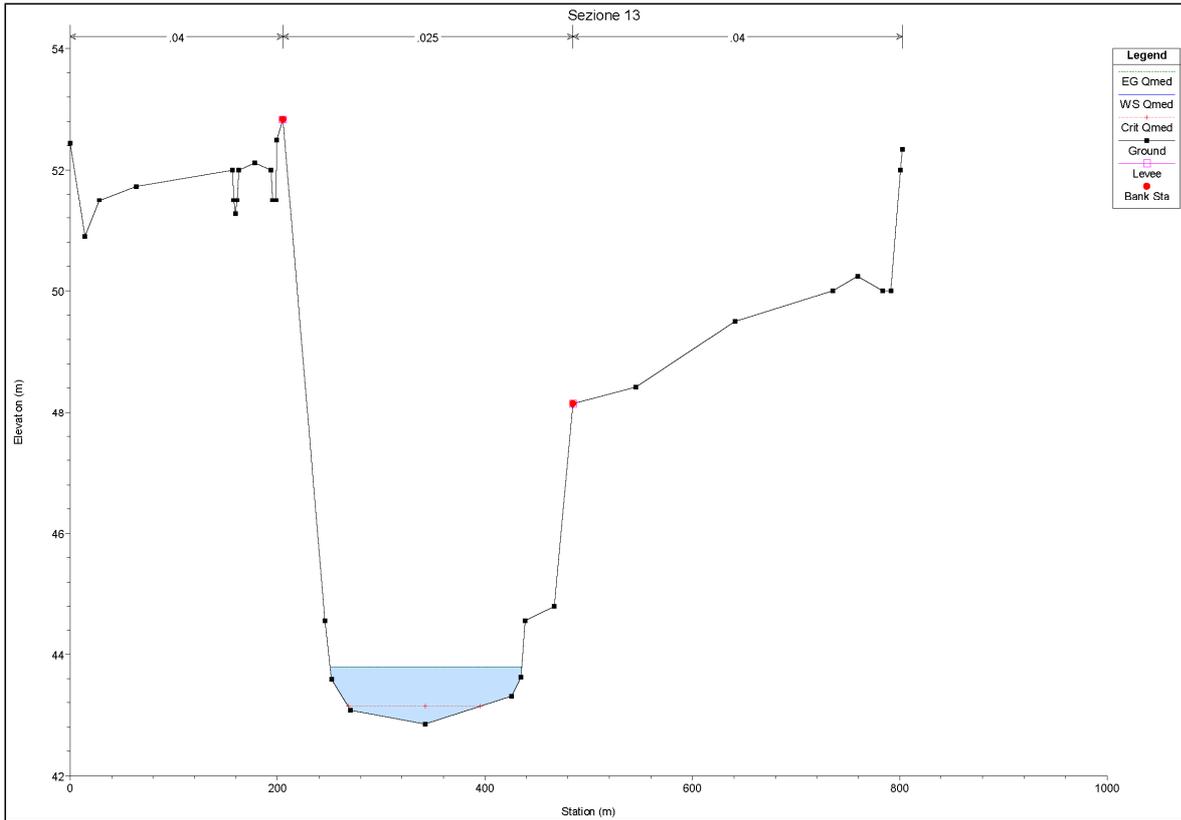


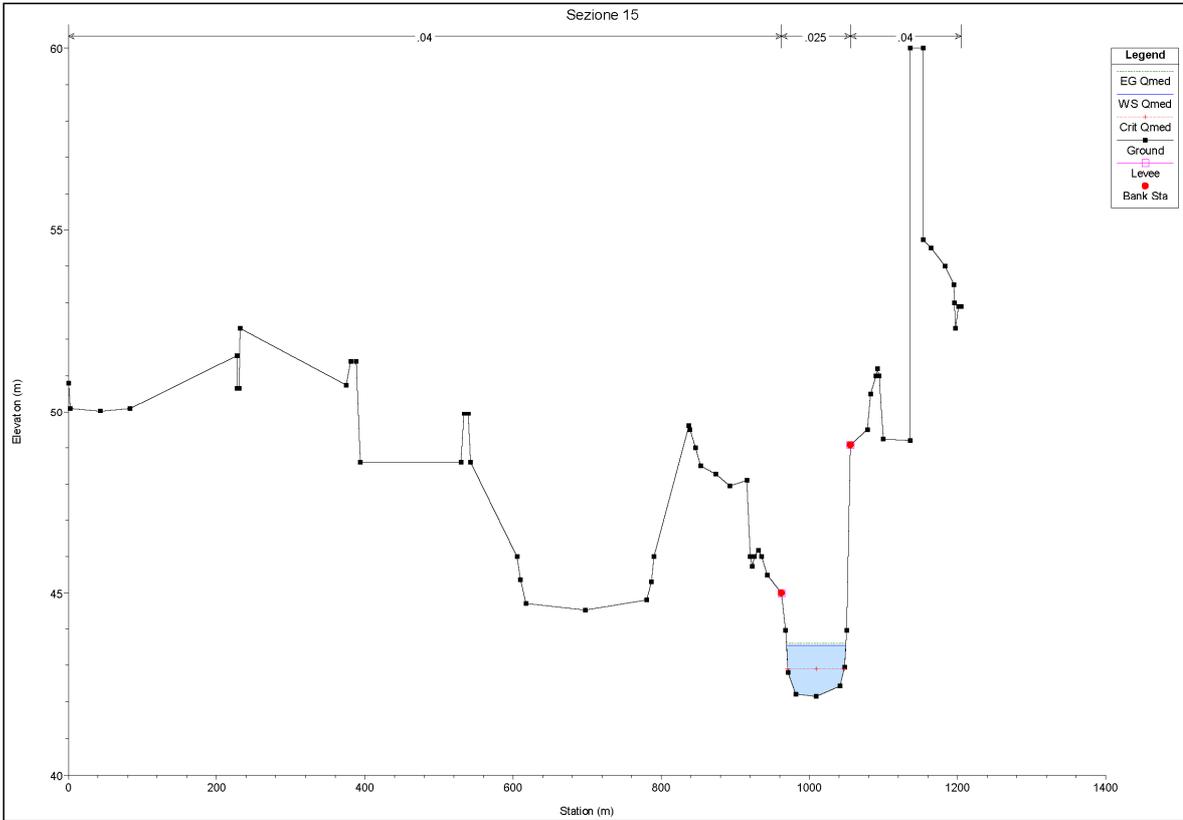
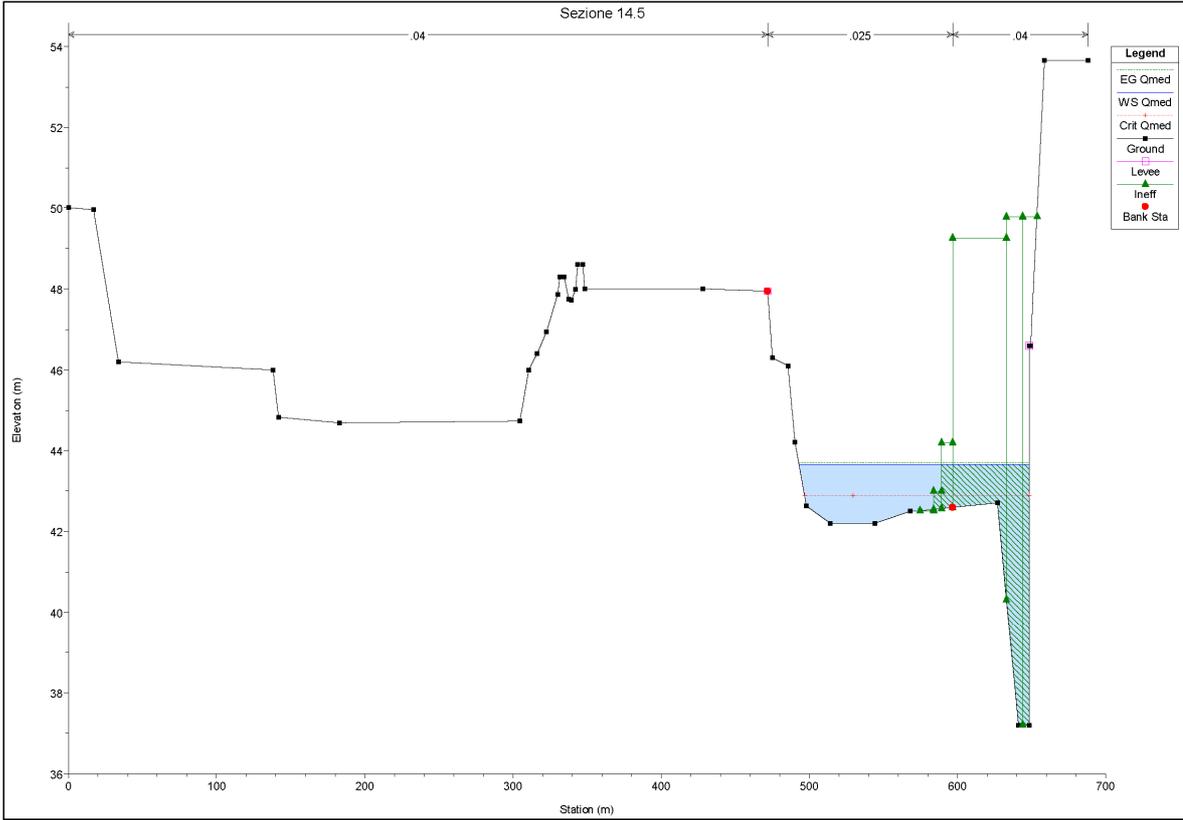


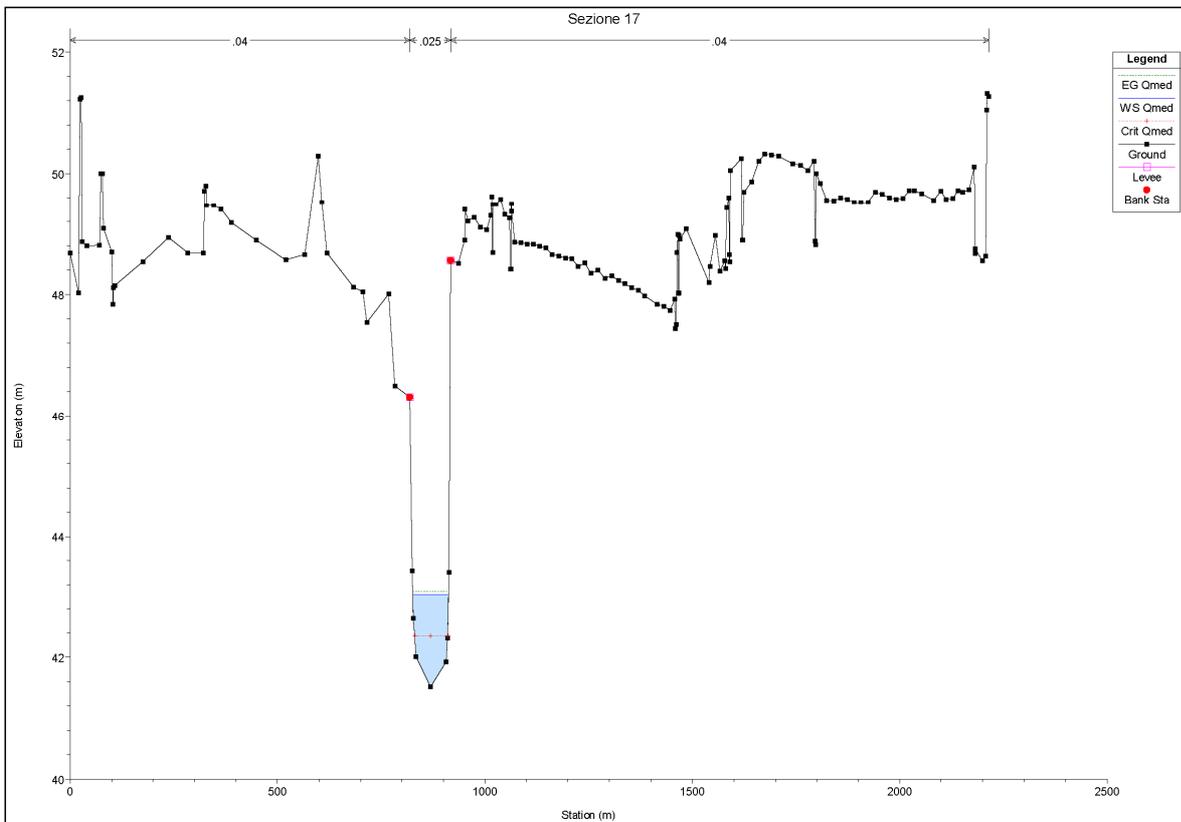
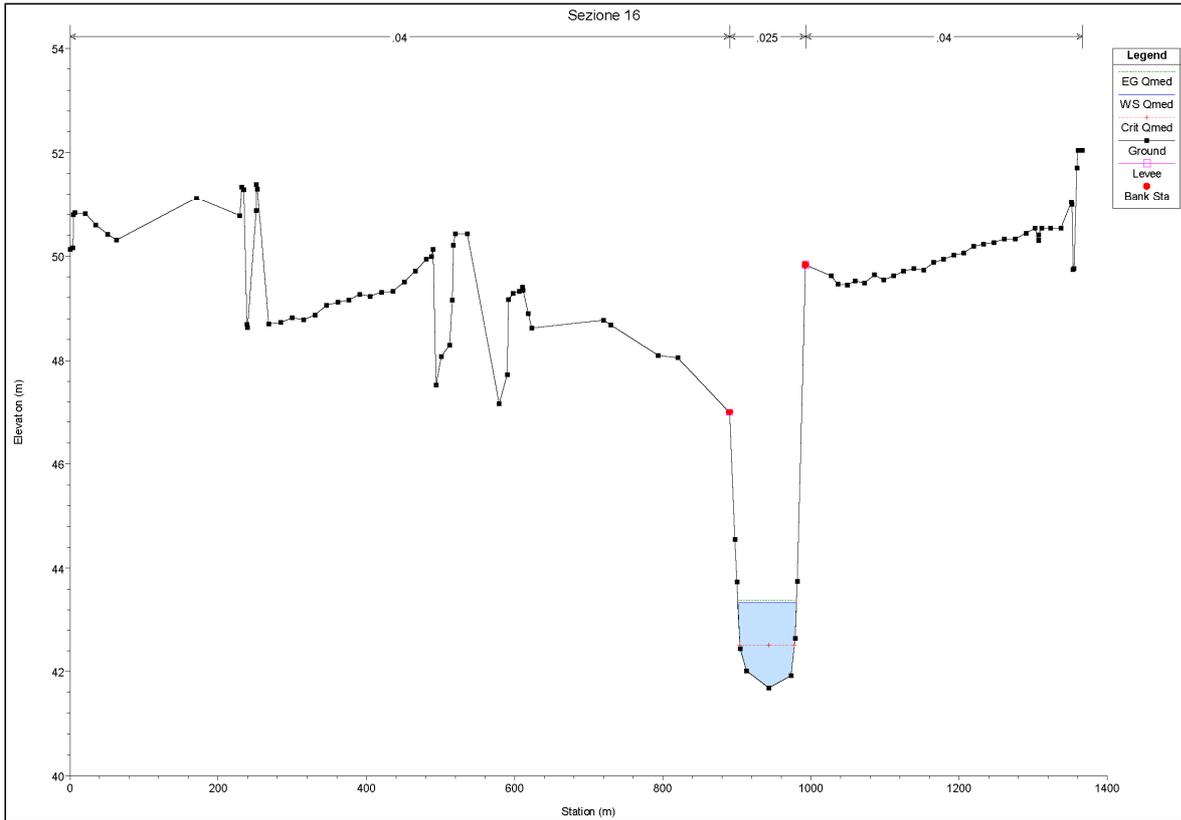


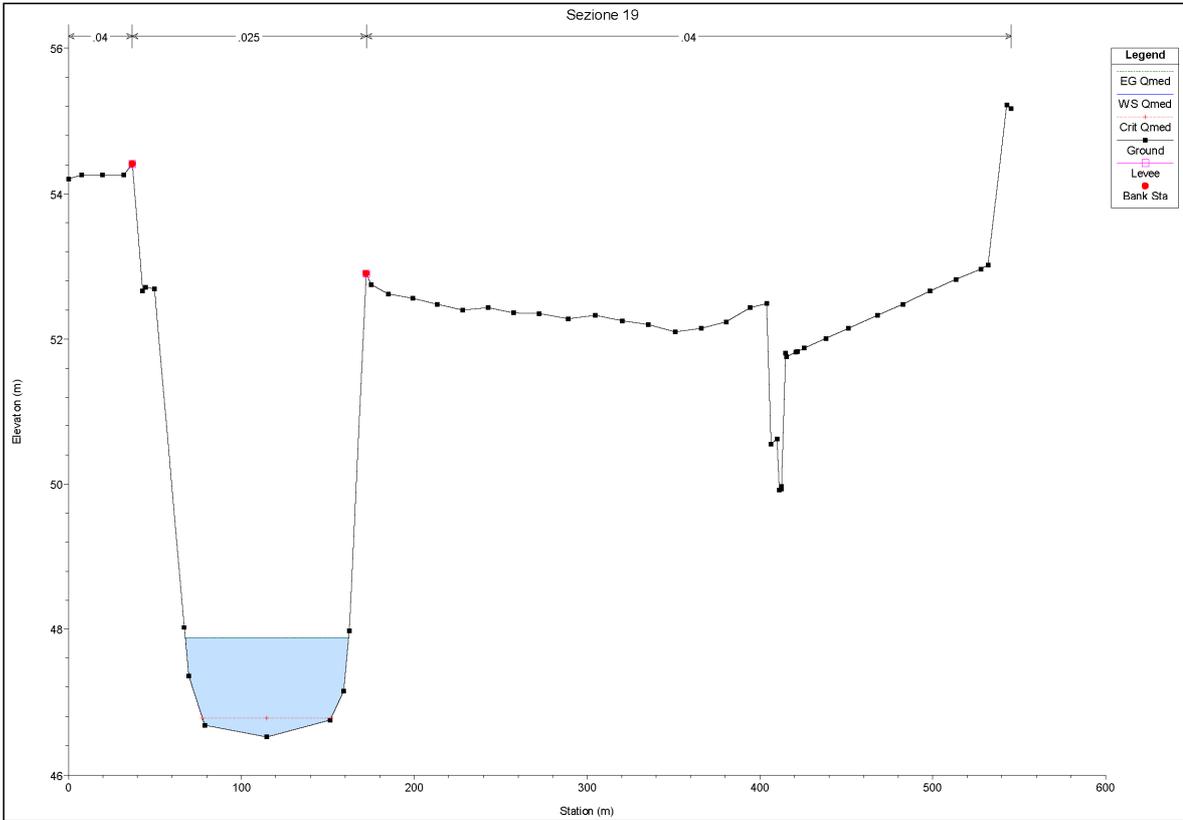
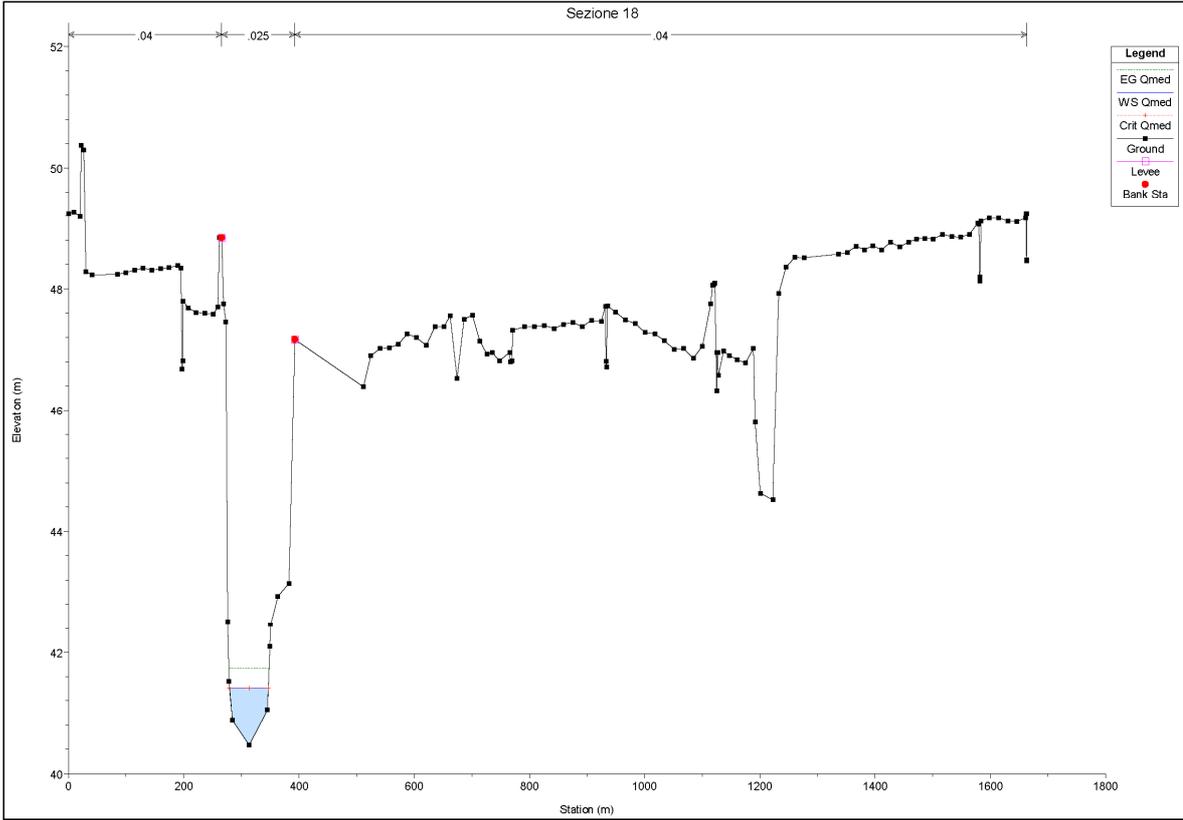


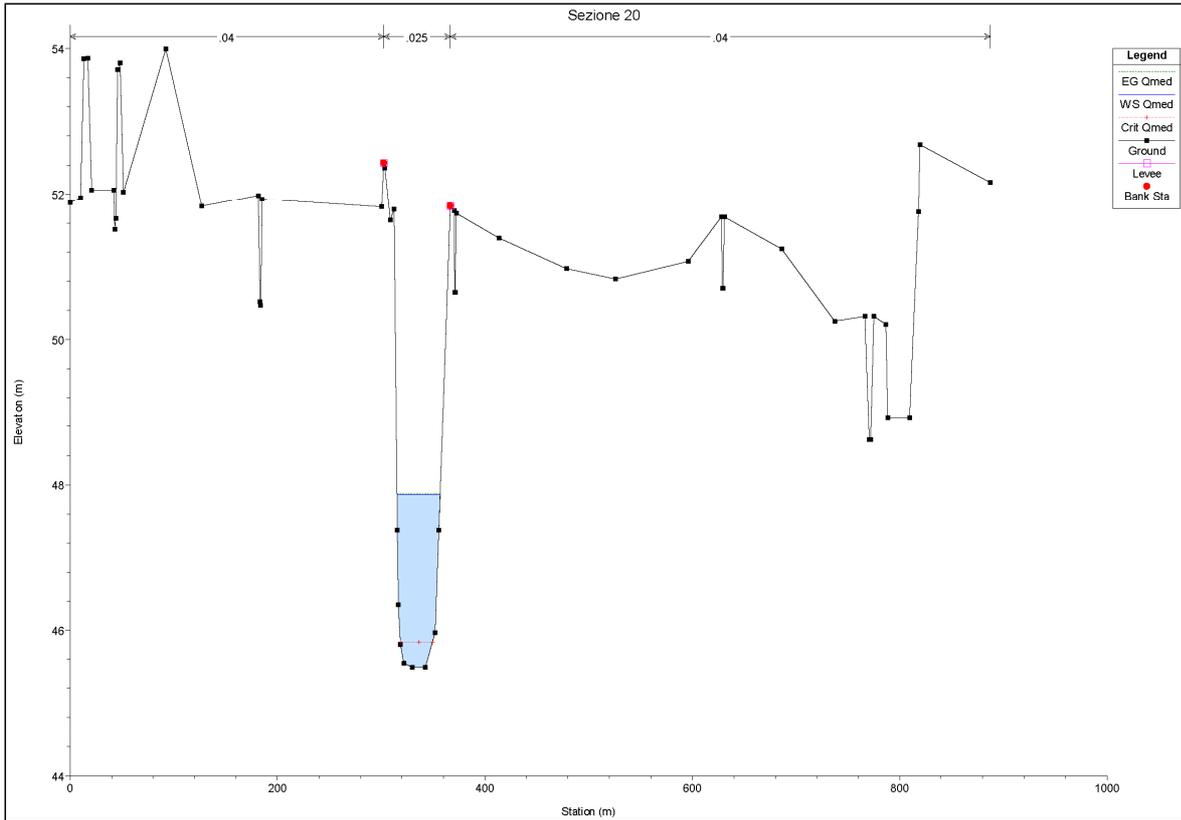






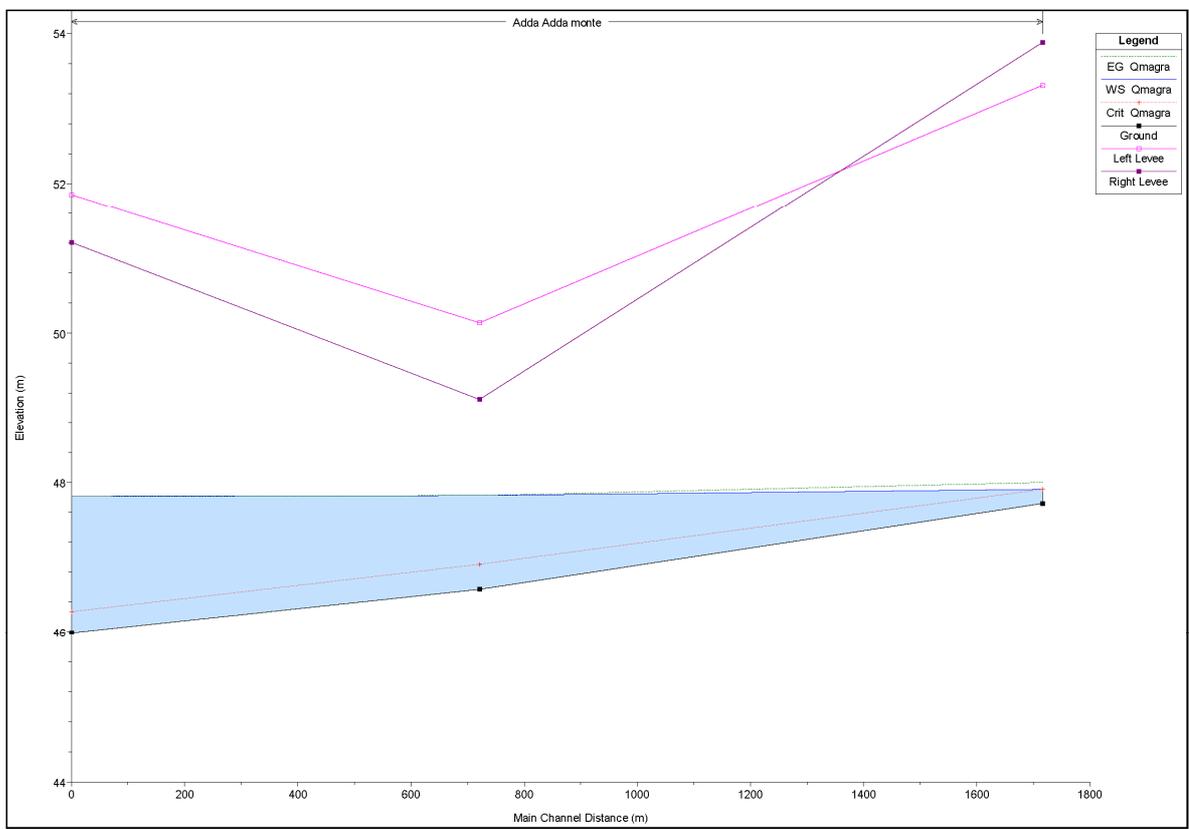


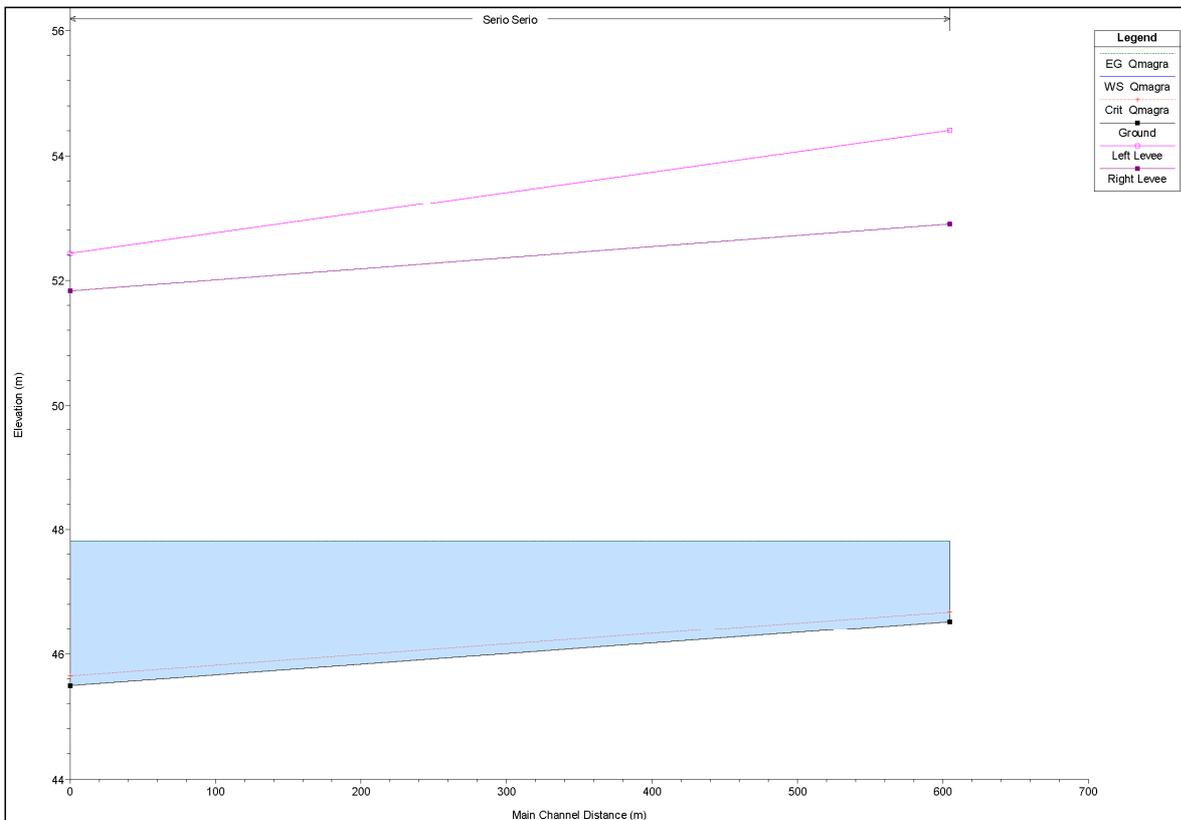
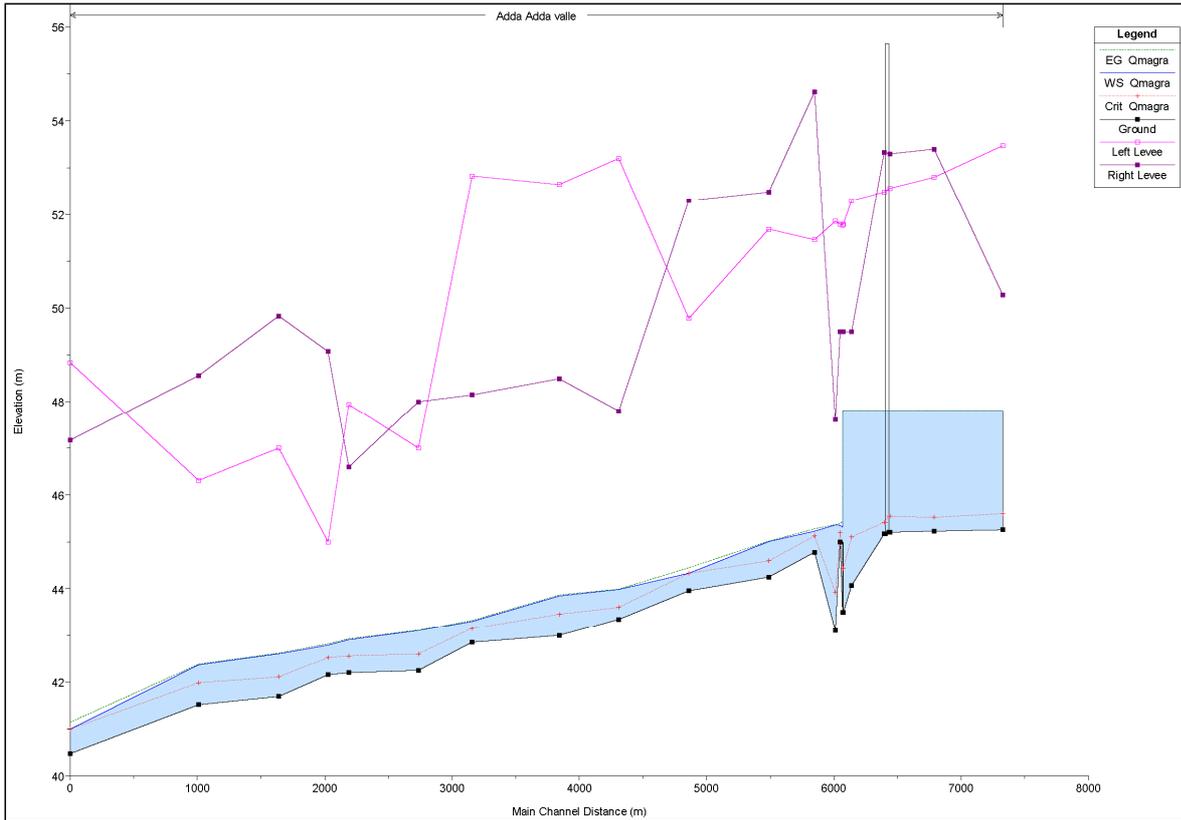




3.2.3. Portata di magra

Profili longitudinali





### Sezioni trasversali

