

Committente:

COMUNE DI TRAUSELLA

- PROVINCIA DI TORINO -

Oggetto:

VERIFICHE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA E IDROGEOLOGICA

ELABORATI GEOLOGICI

redatti secondo le prescrizioni della Circolare P.G.R. 8.05.96 n. 7/LAP, della relativa Nota Tecnica Esplicativa del Dicembre 1999, della D.G.R. n° 45-6566 del 15.07.02, della D.G.R. n° 31-1844 del 07.04.11 e del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)

RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

IA01

Identificazione elaborato	Ambito		Tipologia		Commessa	n° elaborato	
GC10307IA01	G		C		103/07	I	A01

Dati Progettisti

Geol. Edoardo Rabajoli

GEO sintesi Associazione tra Professionisti
Corso Unione Sovietica 560 - 10135 Torino
tel. 0113913194 - fax 0113470903
e-mail: info@geoengineering.torino.it

Rev.	Redatto	Verificato	Validato	Data	Timbri e firme
1	Geol. T. Barbero	Ing. M. Tuberga	Geol. E. Rabajoli	05-11	

Il Responsabile del procedimento

FIRMA

File: GC10307IA01.pdf

1.0 PREMESSA

Nell'ambito delle verifiche di compatibilità idraulica e idrogeologica dello strumento urbanistico vigente, è stato condotto uno studio a carattere idrologico ed idraulico approfondito sul tratto del Rio Castagnallo che attraversa il concentrico di Trausella e una verifica speditiva relativa all'imbocco del tratto tombinato del Rio Asil. In allegato vengono riportate tabelle in cui sono sintetizzati i dati idrologici-idraulici e le caratteristiche di altri corsi d'acqua minori. Lo studio sul Rio Castagnallo ha previsto dapprima un'indagine idrologica per la definizione di una portata di progetto per diversi tempi di ritorno. Successivamente, con riferimento al tratto d'alveo in esame sono state condotte alcune verifiche di carattere idraulico al fine di valutare le problematiche connesse al deflusso delle piene di carattere straordinario e significativamente delle piene con tempo di ritorno 20, 200 e 500 anni.

2.0 METODOLOGIA D'INDAGINE

2.1. ACQUISIZIONE DEI DATI

Lo studio si è sviluppato, per la fase di inquadramento generale e di definizione dei dati idrologici di progetto, attraverso la ricerca di studi pregressi e la consultazione delle carte elaborate dai Servizi Tecnici della Regione Piemonte - Banca Dati Geologica - Settore Prevenzione del Rischio Geologico, Meteorologico e Sismico, con riferimento ai tematismi di interesse specifico e riferite al comportamento del corso d'acqua in risposta ai principali eventi alluvionali che ne hanno interessato il bacino imbrifero e l'alveo.

Per quanto concerne l'adozione della cartografia necessaria agli opportuni inquadramenti territoriali di rappresentazione ci si è avvalsi:

- delle basi in scala 1:10.000 della Carta Tecnica Regionale
- della base in scala 1:5.000 della Carta Tecnica Provinciale

2.2. RILIEVI SUL TERRENO

Per le verifiche di tipo idraulico si è fatto riferimento ai rilievi topografici di dettaglio condotti nell'autunno del 2010, con definizione di una serie di sezioni trasversali del corso d'acqua, rappresentative dello stato attuale dei luoghi.

3.0 COMPETENZE AMMINISTRATIVE SUL CORSO D'ACQUA

Il Rio Castagnallo non risulta catastalmente censito.

4.0 ASPETTI FISICI DEL BACINO E DEL CORSO D'ACQUA

4.1. FISIOGRAFIA

Il bacino idrografico del Rio Castagnallo è parte del settore di versante retrostante l'abitato di Trausella.

Il bacino considerato si estende su di un settore montano interamente posto nell'ambito del territorio comunale, compreso tra le quote altimetriche di circa 1060 m s.l.m.m. dello spartiacque e 660 m circa alla sezione di chiusura di interesse.

Il bacino imbrifero presenta una estensione complessiva di circa 0,28 km² con una forma a parallelogramma con rapporto lunghezza altezza di 2 a 1, asse NE-SW e lato maggiore parallelo all'asta principale.

Per il bacino idrografico considerato si è dato corso all'elaborazione della curva ipsografica e alla definizione della pendenza media dei versanti secondo la seguente correlazione proposta in letteratura (Horton):

$$p_v = e * \Sigma i / S$$

dove:

e = equidistanza tra le curve di livello i

l_i = sviluppo dell'i-esima curva di livello

S = superficie del bacino

Per la definizione della pendenza media dell'asta si è fatto riferimento alla seguente correlazione:

$$(i)^{1/2} = L / \sum (L_i / (i_i)^{1/2})$$

dove:

i = pendenza media

i_i = pendenza del tratto i-esimo

L = lunghezza dell'asta

L_i = lunghezza del tratto i-esimo

Le caratteristiche fisiche del bacino idrografico risultano quelle riportate in tabella 1

Bacino	Rio Castagnallo
Superficie del bacino	0,28 km ²
Quota massima del bacino	1060 m
Quota media del bacino	810 m
Quota sezione di chiusura	660 m
Lunghezza dell'asta	0,78 km
Pendenza media asta	47 %
Pendenza media versanti	52,2 %

TABELLA 1 – Parametri fisici del bacino del Rio Castagnallo

La fisiografia del bacino è quella propria di un ambiente montano, con diffusa copertura arborea con prevalenza di latifoglie e limitate aree destinate a pascolo e prato. La rete di drenaggio secondaria naturale, ponendosi il settore di interesse nel settore di testata del corso d'acqua, risulta pressoché assente mentre il drenaggio avviene per apporti diretti legati allo scorrimento superficiale ed ipodermico.

Nel settore di testata l'alveo risulta praticamente assente e inizia a delinarsi solo a valle degli 870 m di quota; a valle di Strada Rostine l'alveo appare completamente

regimato con un canale a cielo aperto dotato di vasche di sedimentazione sino all'ingresso nel concentrico, in cui è intubato per un lungo tratto sino all'altezza del Cimitero comunale lungo la Strada per Rueglio.

4.2. CARATTERISTICHE DEGLI ALVEI

Il Rio Castagnallo è caratterizzato da un alveo con morfologia unicursale. Il deflusso è concentrato in un unico canale, fatto salvo per un ramo affluente localizzato immediatamente a monte di strada Rostine. Il tratto di alveo naturale a cielo aperto è scarsamente inciso in depositi glaciali rimaneggiati e presenta sponde non più alte di 0.50 m e larghezza inferiore a 2 m.

Il tratto regimato presenta una sezione a forma rettangolare con base di ampiezza variabile da 1,7 a 2 m e localmente maggiore per la presenza di vasche di sedimentazione. Il tratto intubato in corrispondenza del centro abitato e di Via Rueglio consiste in sezioni di deflusso circolari con diametro di 1 m.

4.3. GEOLOGIA

Per le caratteristiche geolitologiche del bacino imbrifero si rimanda alla relazione geologica. Peraltro si osserva come il bacino si sviluppi costantemente in termini di origine metamorfica costituiti da gneiss minuti, micascisti e metabasiti, coperti da depositi detritici in parte di origine gravitativa e in parte glaciale.

4.4. PERMEABILITÀ

In senso generale, gli ammassi rocciosi sono interessati da una permeabilità per fessurazione il cui grado è direttamente legato alla frequenza delle famiglie di discontinuità. In tale ambito l'instaurarsi di una falda idrica o, comunque, di una

circolazione ipodermica è possibile qualora le fratture siano pervie ed interconnesse.

Le unità detritiche di copertura (in senso ampio) sono caratterizzate da una permeabilità per porosità, che è essenzialmente funzione della dimensione dei pori intergranulari, a sua volta legata alla granulometria della componente clastica, alla natura della frazione fine e del grado di addensamento o di cementazione.

Anche in tale caso la circolazione idrica è possibile solo se i vuoti sono reciprocamente connessi.

Con riferimento a quanto sopra ed alle caratteristiche geolitologiche dei terreni compresi nell'ambito del bacino è stato quindi possibile assegnare a ciascuna delle sub-aree un dato di permeabilità, con lo scopo di fornire un elemento indispensabile per l'elaborazione del modello idrologico.

A tal fine, per la definizione delle classi di permeabilità ci si è riferiti alle seguenti accezioni semplificate, previste dal modello idrologico stesso:

- *molto permeabile*
- *mediamente permeabile*
- *poco permeabile*
- *impermeabile*

La natura delle unità geologiche presenti nel territorio porta ad escludere la possibilità di riferire ad interi areali le attribuzioni estreme di “molto permeabile” ed “impermeabile”, sebbene esse possano essere adeguate per descrivere specifiche situazioni locali, non rappresentative di un intero contesto.

Pertanto si è ritenuto di applicare la connotazione da “mediamente a poco permeabile”.

4.5. USO DEL SUOLO

Le condizioni climatiche e pedologiche non pongono limitazioni all'uso del suolo, tuttavia in considerazione delle elevate pendenze caratterizzanti il versante la destinazione risulta a bosco con prevalenza di latifoglie.

5.0 IDROLOGIA

5.1. DATI IDROLOGICI

Data l'assenza di misure idrometriche dirette si è fatto riferimento alle elaborazioni dell'Autorità di Bacino del Fiume Po con specifico riferimento alla "Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica" del PAI.

Nel presente studio ai fini delle valutazioni degli eventi estremi interessano essenzialmente le precipitazioni relativamente brevi ed intense; tali eventi hanno come elementi caratteristici il tempo di pioggia t_p , definito "durata" della precipitazione e l'altezza di pioggia h .

Qualora in una stazione pluviometrica si siano misurate le precipitazioni per un sufficiente numero di anni risulterà possibile classificare le massime annue aventi un'assegnata durata t_p in base ai tempi di ritorno T_r .

Ripetendo la classificazione per i vari t_p , si possono tracciare nel piano $h-t_p$ le curve aventi parametro T_r , che si definiscono linee segnalatrici di possibilità pluviometrica. Tali curve, dette anche "*curve di possibilità climatica*" sono rappresentabili con buona approssimazione da equazioni del tipo:

$$h = a \cdot t^n$$

ove a ed n dipendono dalla stazione considerata e dal tempo di ritorno T_r .

Le elaborazioni necessarie alla valutazione delle precipitazioni di assegnata probabilità possono essere sviluppate sulla base delle serie storiche disponibili

Le elaborazioni statistiche dei campioni di pioggia forniscono, per ciascuna stazione considerata, i coefficienti a ed n delle curve di possibilità climatica per differenti tempi di ritorno T_r .

Il Piano per l'Assetto Idrogeologico del bacino del Po fornisce, nell'ambito della Direttiva citata, i parametri delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni. Tali parametri sono discretizzati su di un

reticolo avente maglia quadrata con lato 2 km. La cella AZ81 risulta quella maggiormente significativa per il Rio Castagnallo.

Nella Tabella seguente vengono riportate le espressioni analitiche delle curve proposte per la cella suddetta, fornite dalla Direttiva dell'Autorità di Bacino del Fiume Po.

	$T_r = 20$	$T_r = 200$	$T_r = 500$
Cella AZ81	$h = 51,33 t^{0,372}$	$h = 72,78 t^{0,364}$	$h = 81,26 t^{0,363}$

TABELLA 2 - Curve di possibilità pluviometrica PAI

6.0 METODOLOGIA DI CALCOLO DELLE PORTATE DI PIENA

Per la definizione della metodologia di calcolo delle portate di piena lungo l'asta principale del corso d'acqua è stato considerato il comportamento idraulico del corso d'acqua definito in base alla documentazione storica, ai dati di rilevamento, alla morfologia degli alvei e dei settori ad esso limitrofi nonché alle caratteristiche generali del bacino. Per la definizione della portata di progetto, in assenza di stazioni di misura diretta nell'ambito del bacino considerato, per la valutazione delle portate di piena si è utilizzato un approccio di tipo indiretto basato sull'uso dei modelli proposti in letteratura per piccoli bacini. Nel caso specifico è stato utilizzato il metodo S.C.S. proposto anche dal Piano per l'Assetto Idrogeologico del bacino del Po nell'ambito delle norme di attuazione della "Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica".

6.1. METODO S.C.S.

Il metodo del Soil Conservation Service risulta applicabile per piccoli bacini (estensione massima pari ad alcune decine di kmq) e trova largo impiego negli USA ove è stato formulato. Il modello di calcolo ricostruisce in via semplificata l'idrogramma di piena del deflusso idrologico tenendo in conto la capacità di

ritenzione e di infiltrazione del terreno, ed osservando che la pioggia efficace è inferiore all'altezza di precipitazione totale, per cui è possibile definire una certa altezza di precipitazione per cui non si ha deflusso. La portata al colmo si esplicita nel modo seguente:

$$Q = 0,208 * A * Q_s / t_p$$

dove:

- Q_s = *volume netto per unità di superficie (mm)*
 A = *superficie del bacino espressa in km²;*
 t_p = *tempo di crescita dell'onda di piena (hr).*

Il tempo di crescita t_p risulta pari a:

$$t_p = t_{pe} / 2 + t_{lag}$$

dove

- t_{pe} = *durata della pioggia netta (hr)*
 t_{lag} = *intervallo di tempo tra il centroide della pioggia e il colmo (hr);*

L'intervallo di tempo t_{lag} risulta pari a $0,6 t_c$ e può essere stimato come:

$$t_{lag} = (2,587 L^{0,8} (1000/CN - 9)^{0,7}) / 1900 i_v^{0,5}$$

dove:

- L = *lunghezza idraulica del bacino (m) $L = 110 A^{0,6}$*
 CN = *"curva number" funzione del tipo di suolo e di copertura vegetale;*
 i_v = *pendenza media dei versanti (%);*
 A = *superficie del bacino espressa in ha;*

Per quanto concerne il deflusso netto per unità di superficie questo può essere stimato come:

$$Q_s = (h - 0,2 S)^2 / (h + 0,8 S)$$

Dove:

- h = *altezza precipitazione meteorica (mm)*
 S = *massima ritenzione potenziale del terreno;*
 con $S = 25400/CN - 254$

Il valore di CN (Curve Number) è un parametro correlabile principalmente alle caratteristiche litologiche del territorio e alla destinazione d'uso e secondariamente alle condizioni di umidità del terreno antecedenti gli eventi meteorici. Il Soil Conservation Service fornisce i valori di CN a seconda del tipo di suolo (A, B, C, D) per condizioni di umidità media (AMC II). Diverse condizioni di umidità sono correlabili a quella media attraverso specifiche correlazioni analitiche sperimentali.

La classificazione dei suoli prevede quattro categorie da quella a basso potenziale di deflusso (A) quali suoli sabbioso ghiaiosi, a quella ad alto potenziale di deflusso (D) quali suoli argillosi.

Nel seguito si riportano in forma tabellare valori tipici del fattore CN.

Aree agricole generiche					
Descrizione copertura	CN per gruppi di suolo				
Tipo di copertura	Condizione idrologica	A	B	C	D
Pascolo, prato o prateria – foraggi ininterrotti per il pascolo	Povera	68	79	86	89
	Media	49	69	79	84
	Buona	39	61	74	80
Prato – erba ininterrotta, protetta dal pascolamento e generalmente affienata	-	30	58	71	78
Boscaglia – misto di arbusti infestanti ed erba con prevalenza di arbusti	Povera	48	67	77	83
	Media	35	56	70	77
	Buona	30	48	65	73
Combinazione di bosco ed erba (frutteti)	Povera	57	73	82	86
	Media	43	65	76	82
	Buona	32	58	72	79
Boschi	Povera	45	66	77	83
	Media	36	60	73	79
	Buona	30	55	70	77
Fattoria – costruzioni, viottoli, strade e terreni circostanti	-	59	74	82	86

TABELLA 3 – Valori di riferimento parametro CN

7.0 VALUTAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA

7.1.1. Tempo di corrivazione

I valori ottenuti applicando le diverse correlazioni esposte al paragrafo 6.1 sono riportati nella tabella seguente per il bacino complessivo e per il sottobacino considerato. Onde avere un dato statistico rappresentativo di tutto il bacino tali valori sono stati mediati

Metodo	u.m	Chiusura
Ventura	hr	0,10
Pezzoli	hr	0,07
Giandotti	hr	0,35
Valore medio	hr	0,17

TABELLA 4 - Tempi di corrivazione Rio Castagnallo

7.1.2. Coefficienti di deflusso

Per quanto riguarda il coefficiente di deflusso C, con riferimento alle tabelle riportate in precedenza. Con riferimento alle condizioni di permeabilità e di uso del suolo del bacino esposte in precedenza e con le indicazioni di letteratura si è assunto un coefficiente di deflusso pari a 0,45.

7.2. METODO S.C.S.

Con riferimento a quanto esposto al paragrafo 6.1 sulla base delle altezze di pioggia calcolate con le diverse curve di possibilità climatica disponibili si sono calcolate le portate al colmo nelle sezioni di interesse per diversi tempi di ritorno.

7.2.1. Curve Number (CN)

Per quanto riguarda il parametro CN, con riferimento alle tabelle riportate in precedenza.

Si è considerato un suolo appartenente alla classe C considerando un valore CN pari a 77 proposto per ambiti boscati.

Per la valutazione delle capacità potenziale d'infiltrazione S si è fatto riferimento a una condizione del terreno di tipo saturo (AMC III) utilizzando la correlazione:

$$CN_{III} = CN_{II} / (0,43 + 0,0057 CN_{II})$$

7.2.2. Valori di portata Metodo SCS

Con riferimento ai parametri caratteristici del bacino definiti in precedenza, per i diversi tempi di ritorno e delle altezze di pioggia considerate, si ottengono i seguenti risultati.

Cella PAI	Q (tr 20) [mc/s]	Q (tr 200) [mc/s]	Q (tr 500) [mc/s]
AZ81	2,79	5,66	6,75

TABELLA 5 - Portata metodo SCS

8.0 ANALISI IDRAULICHE

L'obiettivo delle analisi idrauliche in moto permanente riportate successivamente per l'alveo del Rio Castagnallo è quello di verificare la compatibilità tra le piene di progetto e le sezioni di deflusso e verificare i limiti dei settori di allagamento qualora le piene non risultino smaltibili dagli alvei incisi. La modellistica idraulica utilizzata necessita dei seguenti elementi di ingresso:

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

8.1. LA GEOMETRIA DELLE SEZIONI

La geometria delle sezioni è stata ricavata mediante realizzazione di un rilievo topografico dei settori di interesse, prestando attenzione ai cambiamenti significativi sia di sezione sia di pendenza dei corsi d'acqua in modo tale di ottenere una buona rappresentazione delle aste fluviali. I tratti intubati sono stati ispezionati agli imbocchi e nei punti dove sono grigliati.

Sono state, quindi tracciate delle sezioni trasversali opportunamente infittite nei settori di condizionamento dell'alveo e di curvatura, per descrivere numericamente le caratteristiche dei tratti. Le sezioni trasversali sono numerate da valle verso monte

e sono visualizzate con vista da monte (sponda destra a destra) posizionate il più possibile perpendicolari al corso d'acqua. Per una migliore resa della simulazione nel lungo tratto intubato sono state create delle sezioni ausiliarie fittizie che appaiono a cielo aperto.

8.2. VALORI DI SCABREZZA

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

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

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

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

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

Per il tratto considerato, essendo completamente regimato, sono stati utilizzati valori del coefficiente di Manning n compresi tra $0,025 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$ e tra $0,014 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$.

8.3. CONDIZIONI AL CONTORNO

Come descritto nella relazione idrologica i valori di portata di progetto sono stati calcolati in corrispondenza di sezioni di chiusura significative. Le portate di riferimento per la modellazione idraulica, sono le seguenti:

Q (tr 20) [mc/s]	Q (tr 200) [mc/s]	Q (tr 200+solido) [mc/s]	Q (tr 500) [mc/s]
2,79	5,66	6,51	6,75

TABELLA 6 - Portate di calcolo

Tuttavia, seppur in presenza a monte del tratto intubato di vasche di sedimentazione, a titolo cautelativo è stata considerata anche una portata con tempo di ritorno duecentennale aumentata del 15 % per tener conto di un contributo imputabile al trasporto solido. Inoltre, sempre a titolo cautelativo, nel tratto di imbocco della tombinatura sotto il concentrico non è stato considerato il decremento di portata imputabile al tubo “scolmatore” che convoglia parte delle acque verso il cimitero.

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

8.4. SIMULAZIONE IN MOTO PERMANENTE

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

Il motore di calcolo del profilo è costituito dalla versione 4.1.0 di Hec-Ras, messo a punto dall'Hydrologic Engineering Center (HEC) di Davies, California alla fine degli anni '60 con il nome HEC-2. Adattato all'ambiente Windows® nel 1996 con la nuova denominazione di HEC-RAS (River Analysis System) e dotato d'interfaccia GUI.

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

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

Il profilo del pelo libero è calcolato per ogni sezione trasversale risolvendo l'equazione dell'energia con una procedura iterativa denominata *standard step*

method ampiamente descritta nei testi classici dell'idraulica delle correnti a pelo libero. L'equazione dell'energia fra due sezioni trasversali (1) e (2), con la sezione 1 ubicata a valle della sezione 2, viene scritta nella forma classica, riferita all'unità di peso del liquido:

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

dove:

y profondità della corrente nella sezione (m)

z quota del fondo (m)

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

α coefficiente di Coriolis che tiene conto della forma della sezione

g accelerazione di gravità (9.81 m/s²)

h_e perdita di energia (m)

Il significato geometrico dei simboli è illustrato nella figura 1.

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

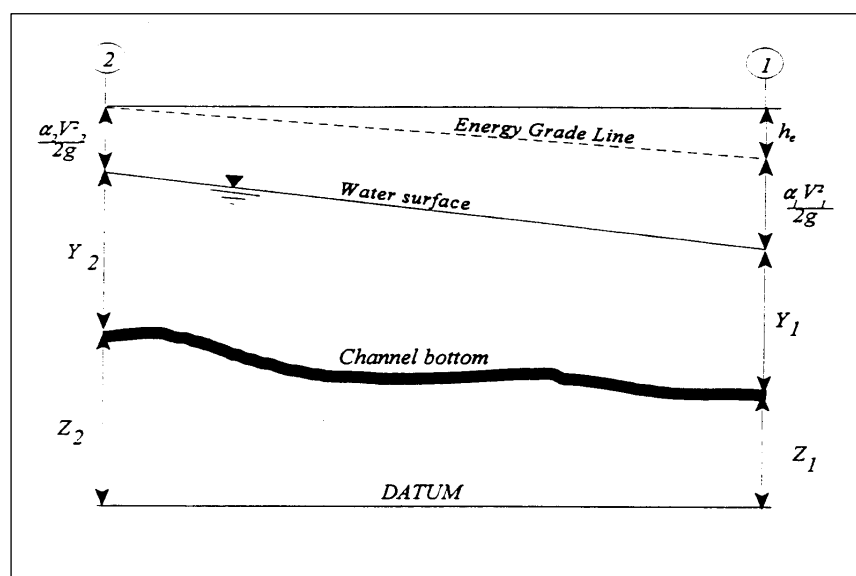


FIGURA 1 - Rappresentazione dei termini dell'equazione dell'energia (da HEC-RAS, 2001)

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

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

essendo:

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

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

dove i simboli L , con il proprio pedice, indicano le distanze dei rispettivi settori in cui è stata divisa ciascuna sezione e i simboli Q le portate defluenti in ciascuna porzione delle due sezioni (in m³/s);

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

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

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

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

secondo la scrittura tradizionale nella letteratura idraulica anglosassone per cui:

K capacità di convogliamento di ciascun settore (m³/s) espressa come

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

con

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

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

R raggio idraulico del settore (m)

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

TABELLA 7 - Coefficienti di contrazione ed espansione tra sezioni

Il programma provvede a sommare le portate parziali per ciascun settore e determina la portata dell'area golenale sinistra e destra di ciascuna sezione. La portata totale della sezione è data dalla somma di queste due portate e della portata relativa al canale principale, di norma considerato come unico settore.

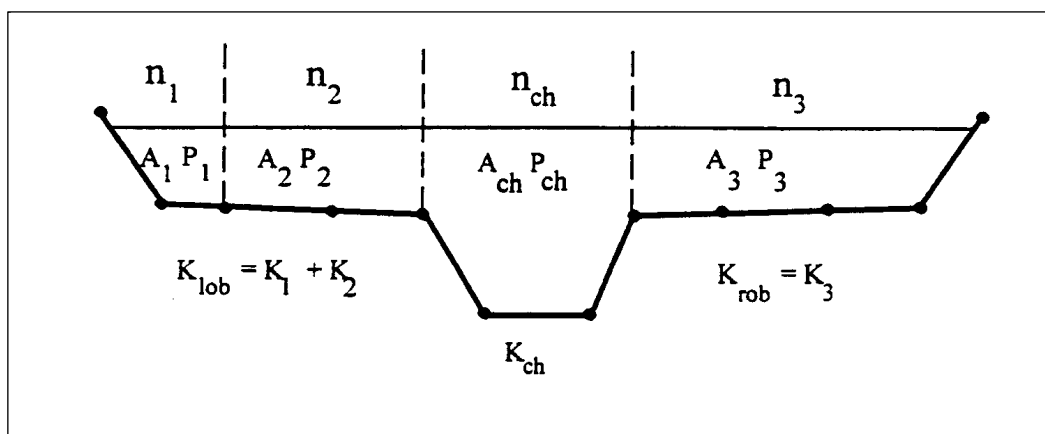


FIGURA 2 – Suddivisione di una sezione trasversale in settori con scabrezza uniforme (da HEC-RAS, 2001)

Qualora si desideri prendere in esame eventuali differenze di scabrezza nel canale principale, il programma ne deriva la scabrezza equivalente quale unico valore, se la pendenza delle scarpate è maggiore di 1 (verticale) su 5 (orizzontale) con la formula:

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

con:

n_c coefficiente di scabrezza equivalente

P contorno bagnato dell'intero canale principale

P_i contorno bagnato della i-esima suddivisione

n_i scabrezza della i-esima suddivisione

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

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

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

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

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

con il significato dei simboli precisato sopra.

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

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

essendo le due sezioni indicate con il relativo pedice numerico.

Il programma consente la simulazione del deflusso attraverso ponti e tombinature mediante la loro schematizzazione geometrica (impalcato, pile, setti, ecc.) valutando la corrente a pelo libero al di sotto dell'impalcato, il deflusso in pressione al di sotto dell'impalcato e la combinazione della corrente in pressione con quella determinata

dallo scavalcamento dell'impalcato stesso.

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

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

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

9.0 RISULTATI DELLE SIMULAZIONI IN MOTO PERMANENTE

Il modello simula il probabile comportamento di un evento di piena con T_r pari a 20, 200 e 500 anni nei tratti d'asta in analisi.

Al modello idraulico sono state fornite come input geometrico le sezioni trasversali a distanze variabili lungo il tratto. Le sezioni trasversali sono numerate da valle verso monte e sono visualizzate con vista da monte (sponda destra a destra). L'ubicazione delle sezioni è riportato in allegato alla presente relazione.

Le simulazioni non hanno evidenziato fenomeni di esondazione, ad eccezione dell'ultima sezione di valle (ma questo è imputabile all'instabilità del modello agli estremi del tratto considerato). Tuttavia sono presenti correnti veloci e vi sono condizioni in pressione nel tratto tombinato con possibilità di rigurgito in

corrispondenza ai tratti grigliati.

10.0 RIO ASIL - ANALISI DELLE SEZIONI DI DEFLUSSO IN MOTO UNIFORME

Per quanto riguarda il tratto intubato del Rio Asil si omette una analisi in moto permanente procedendo ad analisi in moto uniforme di tipo semplificato e sulla scorta delle portate centennale calcolata per il dimensionamento delle opere (Tuberga, 1996).

A tal fine per le verifiche degli interventi puntuali qui previsti è stata utilizzata la formula proposta da Chezy:

$$Q = d * W * (R * i_f)^{1/2}$$

dove:

Q = portata smaltibile [m³/s]

d = coeff. di resistenza al moto [m^{1/2}/sec]

W = area della sezione liquida [m²]

R = raggio idraulico [m]

B = contorno bagnato [m]

i_f = pendenza del fondo alveo [%]

C = coeff. scabrezza di Strickler [m^{1/3}/sec]

Per le condizioni di moto uniforme nel seguito si è verificato:

- il dimensionamento della sezione corrente d'alveo prevista a sezione trapezia con diametro di 80 cm

La pendenza assunta è quella di progetto pari al 5%

La portata con tempo di ritorno centennale pari a 3,1 m³/s risulta contenuta nella sezione intubata.

SCALA DI DEFLUSSO CANALI A SEZIONE CIRCOLARE

RIO ASIL -
TRATTO
INTUBATO

Diametro	800	mm
Scabrezza (Strickler)	90	m ^{1/3} /s
Pendenza	50	m/km

Altezza d'acqua [mm]	Carico Totale [m]	Area Bagnata [m²]	Contorno Bagnato [m]	Raggio Idraulico [m]	Portata [l/s]	Velocità [m/s]	Coeff. Riemp. [%]
0	0	0.000	0.00	0.00	0	0.00	0.00
8	27	0.001	0.16	0.01	1	0.61	0.17
16	64	0.002	0.23	0.01	2	0.97	0.48
24	106	0.004	0.28	0.02	6	1.27	0.87
32	151	0.007	0.32	0.02	10	1.53	1.34
40	199	0.009	0.36	0.03	17	1.77	1.87
48	250	0.012	0.40	0.03	25	1.99	2.45
56	302	0.015	0.43	0.04	34	2.20	3.08
64	356	0.019	0.46	0.04	45	2.40	3.75
72	412	0.022	0.49	0.05	58	2.58	4.46
80	469	0.026	0.51	0.05	72	2.76	5.20
88	526	0.030	0.54	0.06	88	2.93	5.98
96	585	0.034	0.57	0.06	106	3.10	6.80
104	644	0.038	0.59	0.07	125	3.26	7.64
112	704	0.043	0.61	0.07	146	3.41	8.51
120	765	0.047	0.64	0.07	168	3.56	9.41
128	826	0.052	0.66	0.08	192	3.70	10.33
136	887	0.057	0.68	0.08	218	3.84	11.27
144	949	0.062	0.70	0.09	245	3.97	12.24
152	#####	0.066	0.72	0.09	273	4.11	13.23
160	#####	0.072	0.74	0.10	303	4.23	14.24
168	#####	0.077	0.76	0.10	334	4.36	15.27
176	#####	0.082	0.78	0.10	367	4.48	16.31
184	#####	0.087	0.80	0.11	401	4.60	17.38
192	#####	0.093	0.82	0.11	437	4.71	18.45
200	#####	0.098	0.84	0.12	474	4.82	19.55
208	#####	0.104	0.86	0.12	512	4.93	20.66
216	#####	0.109	0.87	0.13	552	5.04	21.78
224	#####	0.115	0.89	0.13	592	5.14	22.92
232	#####	0.121	0.91	0.13	634	5.24	24.07
240	#####	0.127	0.93	0.14	677	5.34	25.23
248	#####	0.133	0.94	0.14	722	5.44	26.40
256	#####	0.139	0.96	0.14	767	5.53	27.59
264	#####	0.145	0.98	0.15	814	5.62	28.78
272	#####	0.151	1.00	0.15	861	5.71	29.98
280	#####	0.157	1.01	0.15	910	5.80	31.19
288	#####	0.163	1.03	0.16	959	5.89	32.41
296	#####	0.169	1.05	0.16	#####	5.97	33.64
304	#####	0.175	1.06	0.16	#####	6.05	34.87
312	#####	0.181	1.08	0.17	#####	6.13	36.11
320	#####	0.188	1.10	0.17	#####	6.21	37.35

Canale circolare ASIL.xls

TABELLA 8 – Scala di deflusso imbocco tratto intubato Rio Asil.

11.0 PERICOLOSITA' IDRAULICA

Per la rappresentazione dei dissesti areali di origine torrentizia sono state seguite le indicazioni contenute nella D.G.R. 15.07.02 n. 45-6656 così come modificata dalla successiva D.G.R. 28 luglio 2009 n. 2-11830 che integrano le specifiche tecniche per l'elaborazione degli studi geologici a supporto degli strumenti urbanistici. Nel seguito è riportata la tabella, tratta dalla D.G.R. 15.07.02 n. 45-6656, inerente i dissesti areali di origine fluviale e torrentizia.

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

TABELLA 9 – Dissesti morfologici di carattere fluviale e torrentizio

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

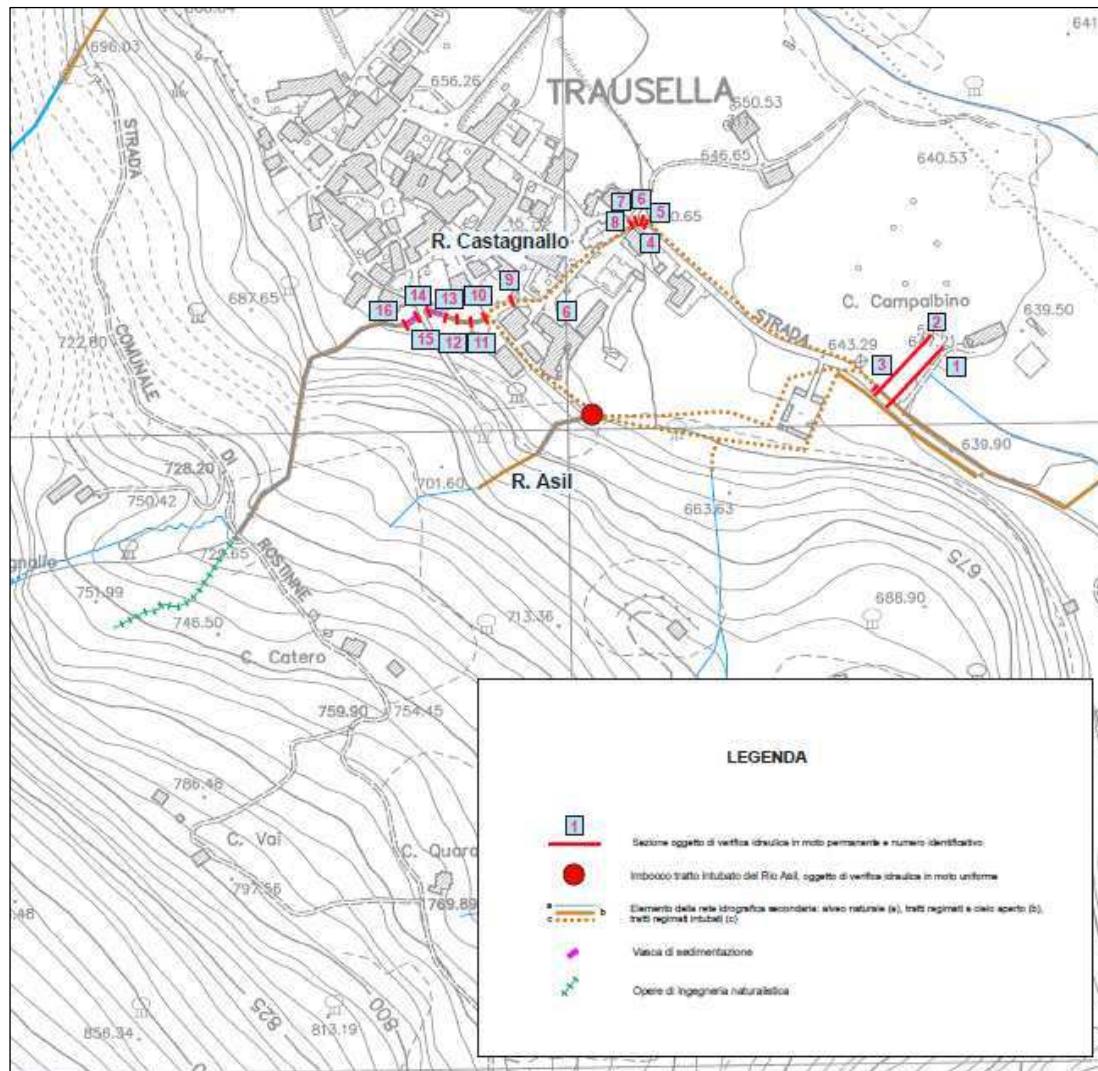
1. per il Rio Asil una “area ad alta probabilità di inondazione” riferibile a una portata con tempo di ritorno centennale e classificata, a titolo cautelativo, con la sigla EeA in termini di pericolosità geologica e idraulica;
2. per il Rio Castagnallo una “area a bassa probabilità di inondazione” riferibile a una portata con tempo di ritorno cinquecentennale e classificata con la sigla EmA in termini di pericolosità geologica e idraulica. Tale dissesto viene individuato, a titolo cautelativo, in quanto il tratto intubato sotto il concentrico smaltisce le portate di progetto ma, viste le locali condizioni in pressione, si possono verificare rigurgiti in corrispondenza dei tratti grigliati lungo la viabilità comunale.

I limiti delle aree di esondazione sono stati riportati sugli elaborati GB02 A-B) *Carta geomorfologica e del dissesto idrogeologico*, GB05A-B) *Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica* (alla scala 1:10.000) e GB06) *Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica* (alla scala 1:5.000).

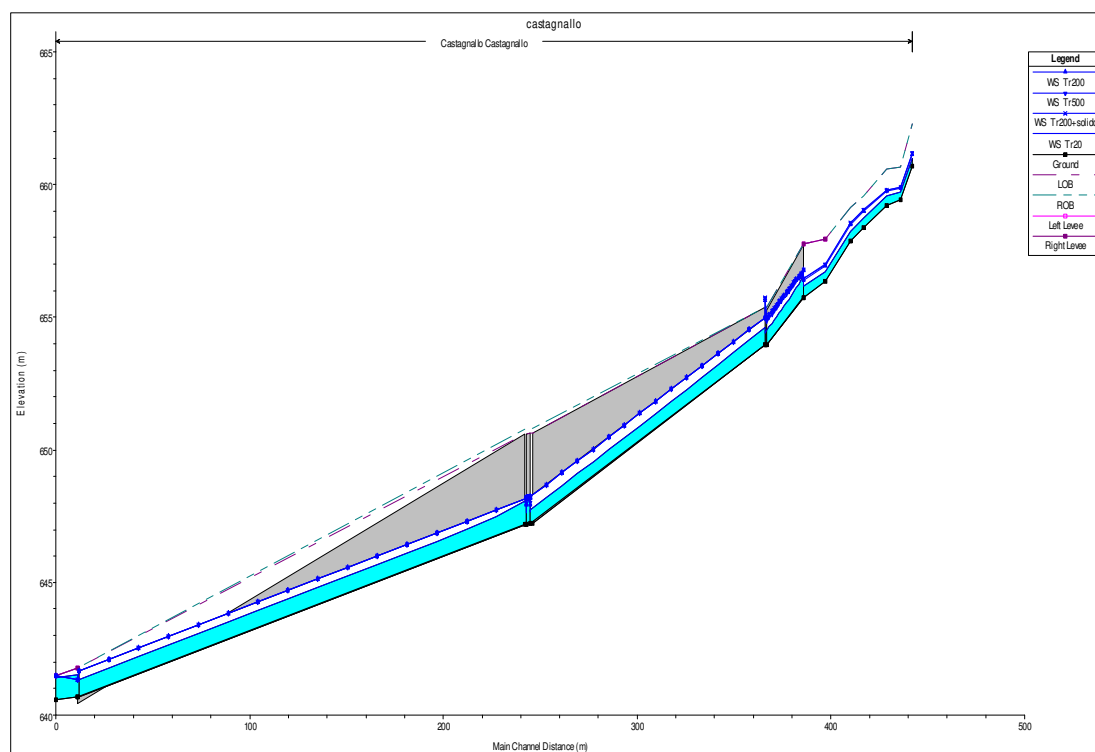
ALLEGATI

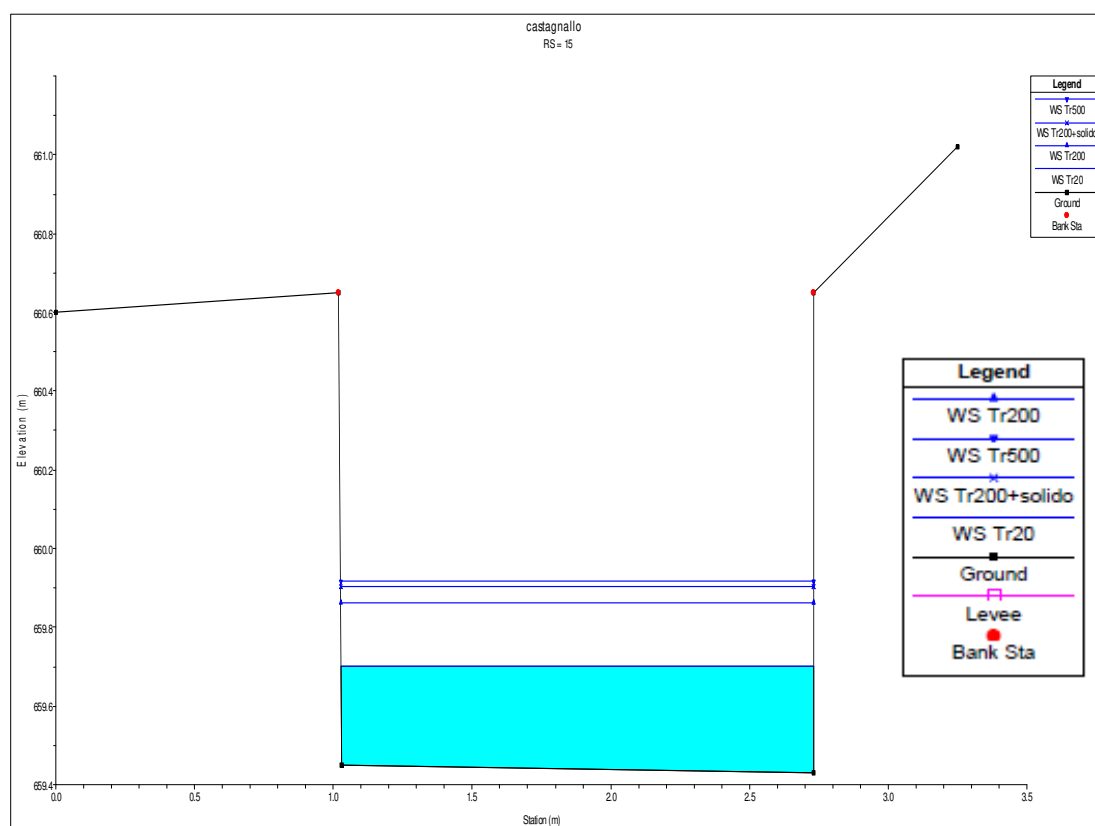
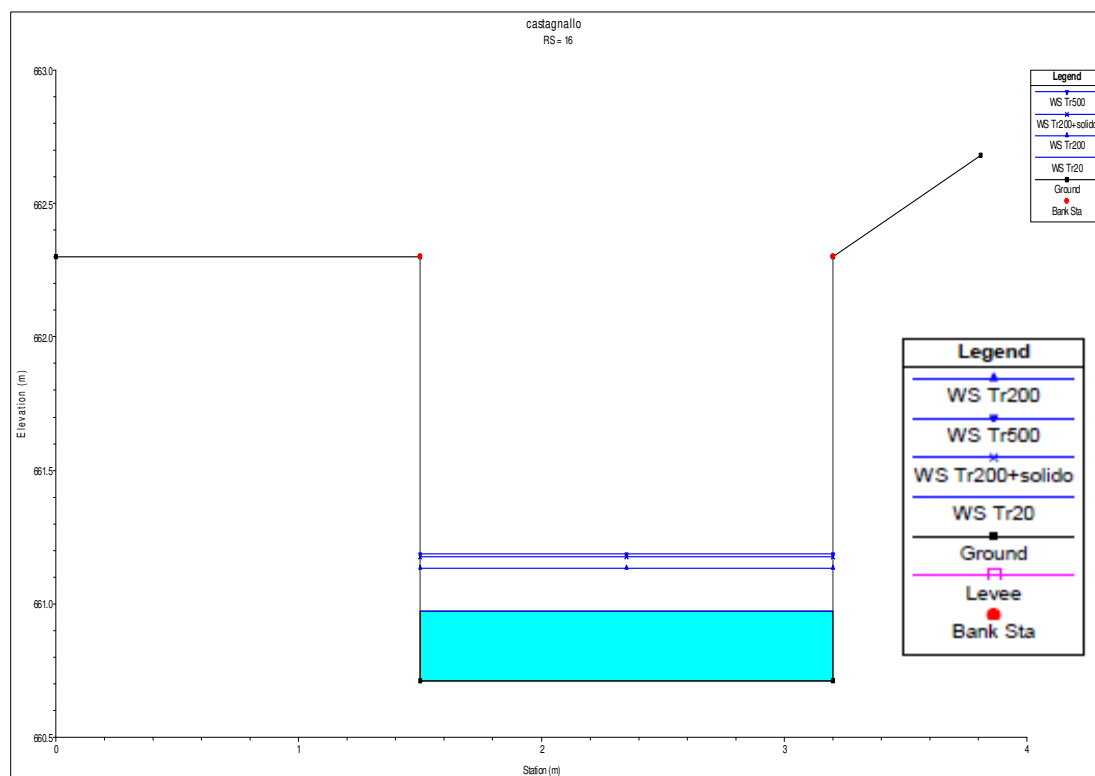
UBICAZIONE SEZIONI OGGETTO DI VERIFICA

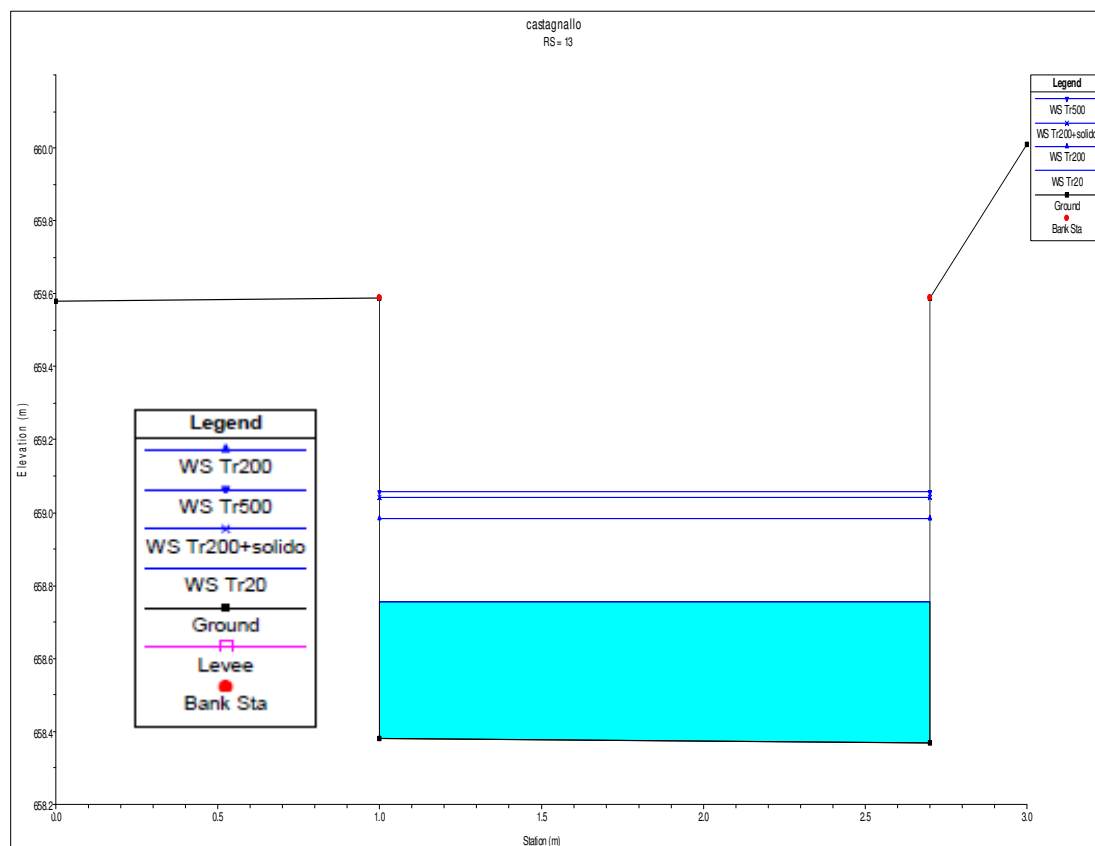
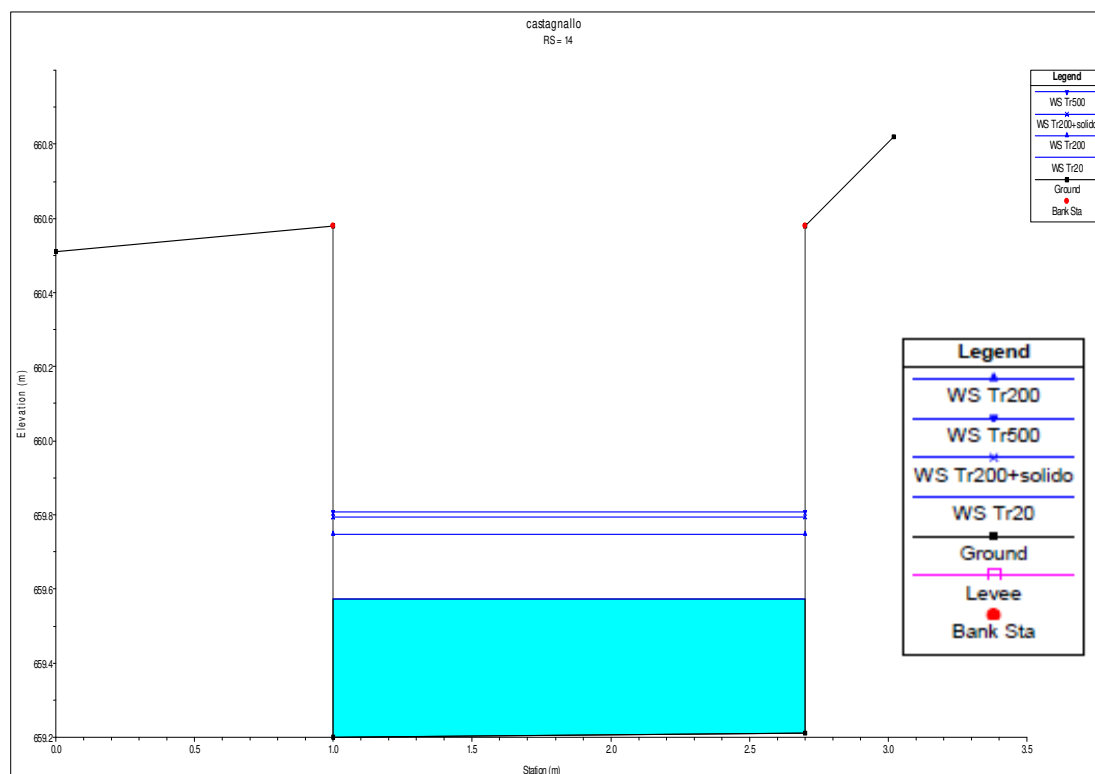
RIO CASTAGNALLO E RIO ASIL

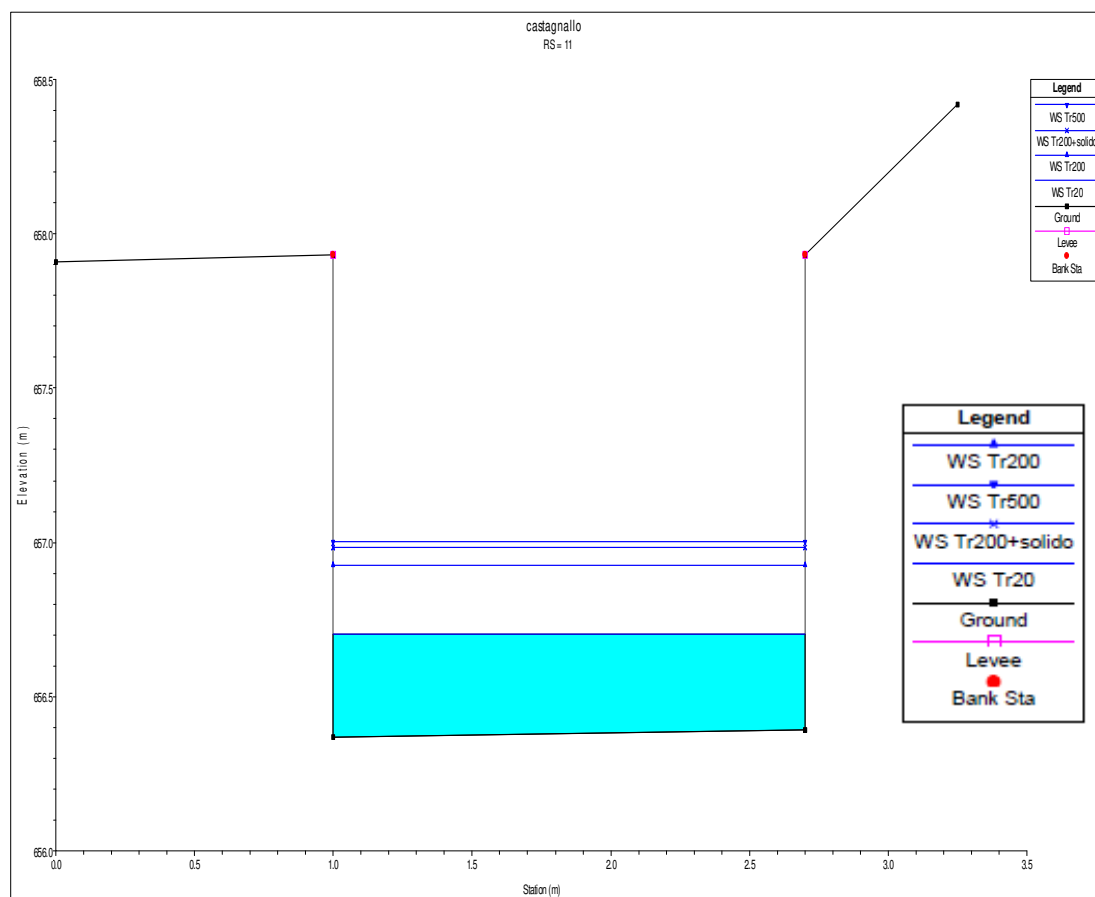
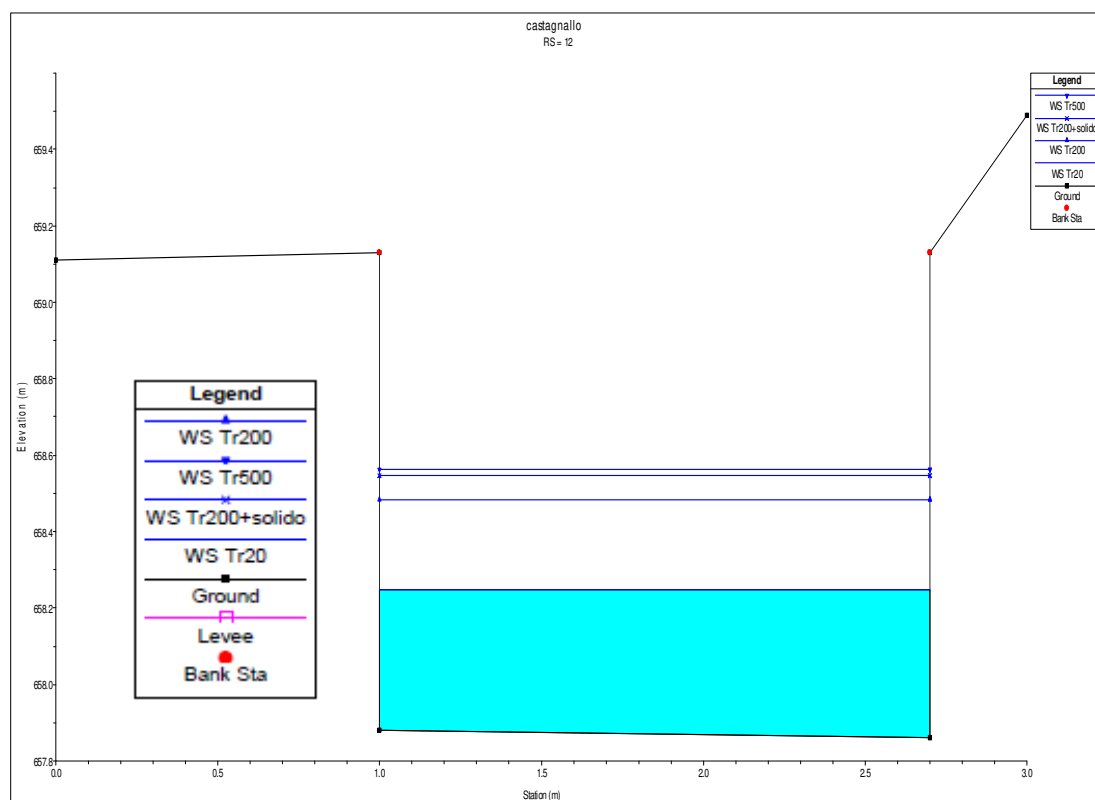


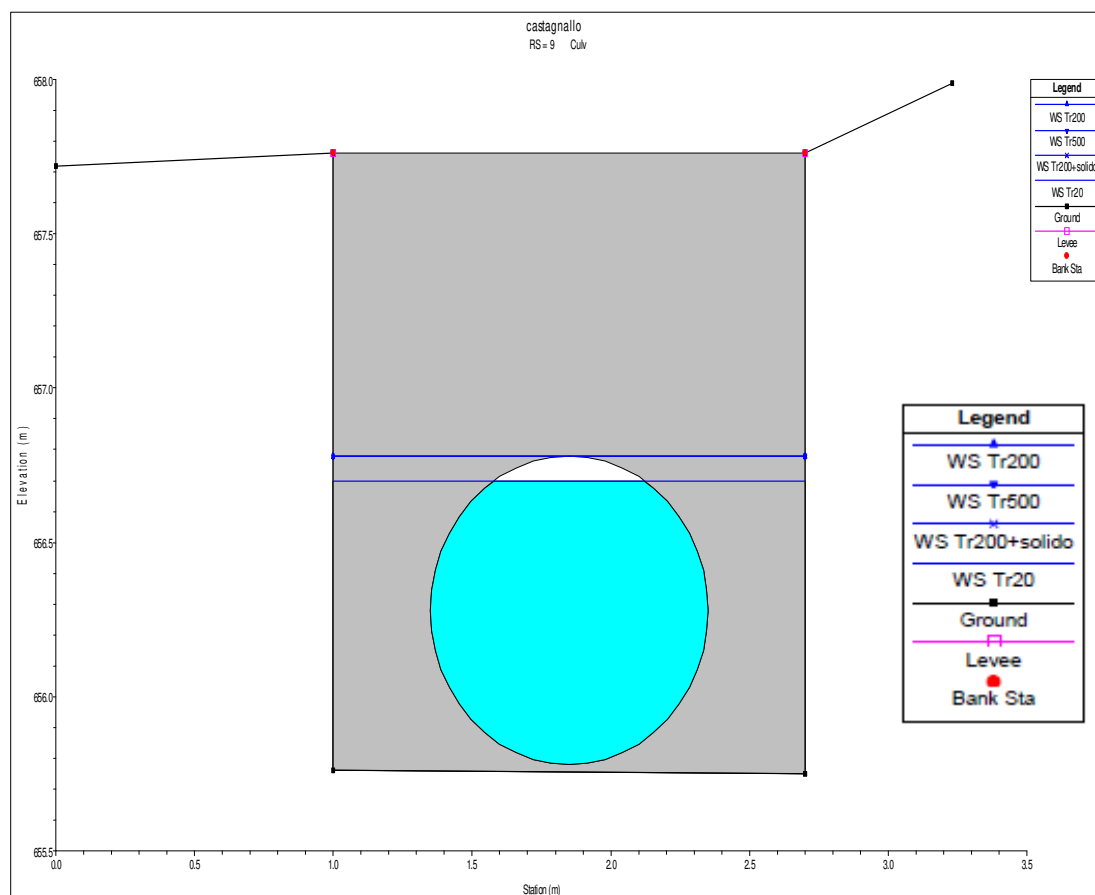
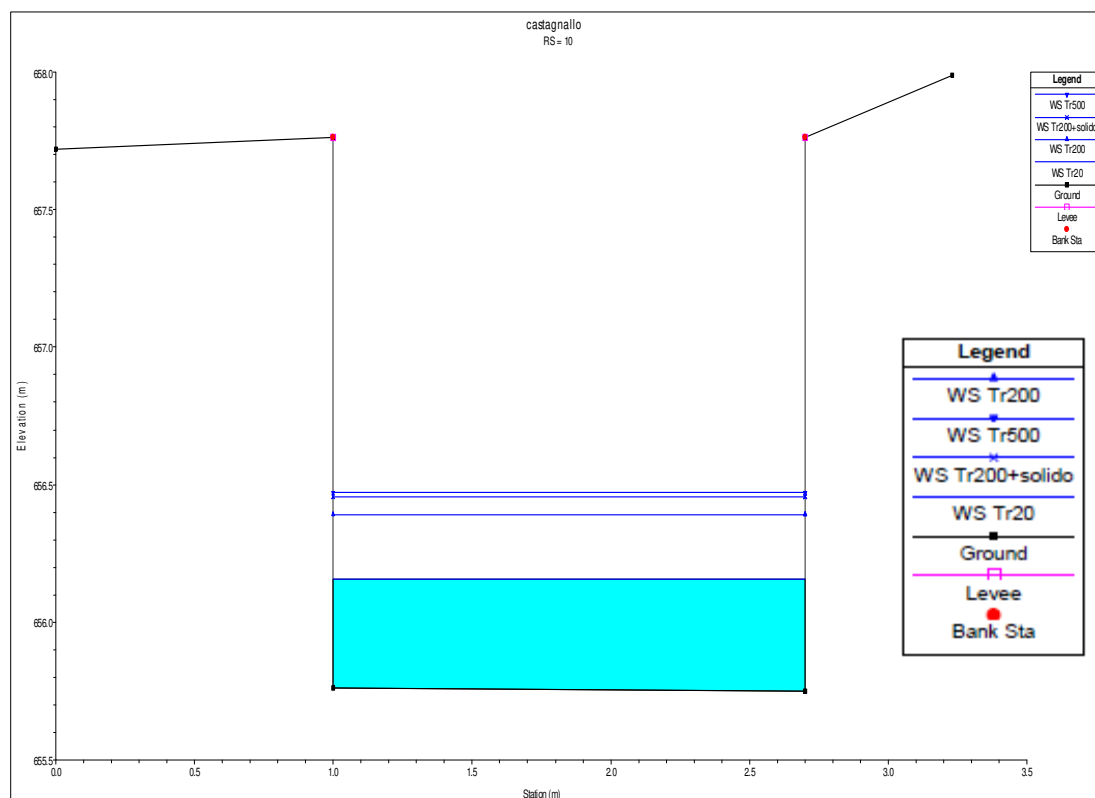
RISULTATI DELLE SIMULAZIONI IDRAULICHE RIO CASTAGNALLO

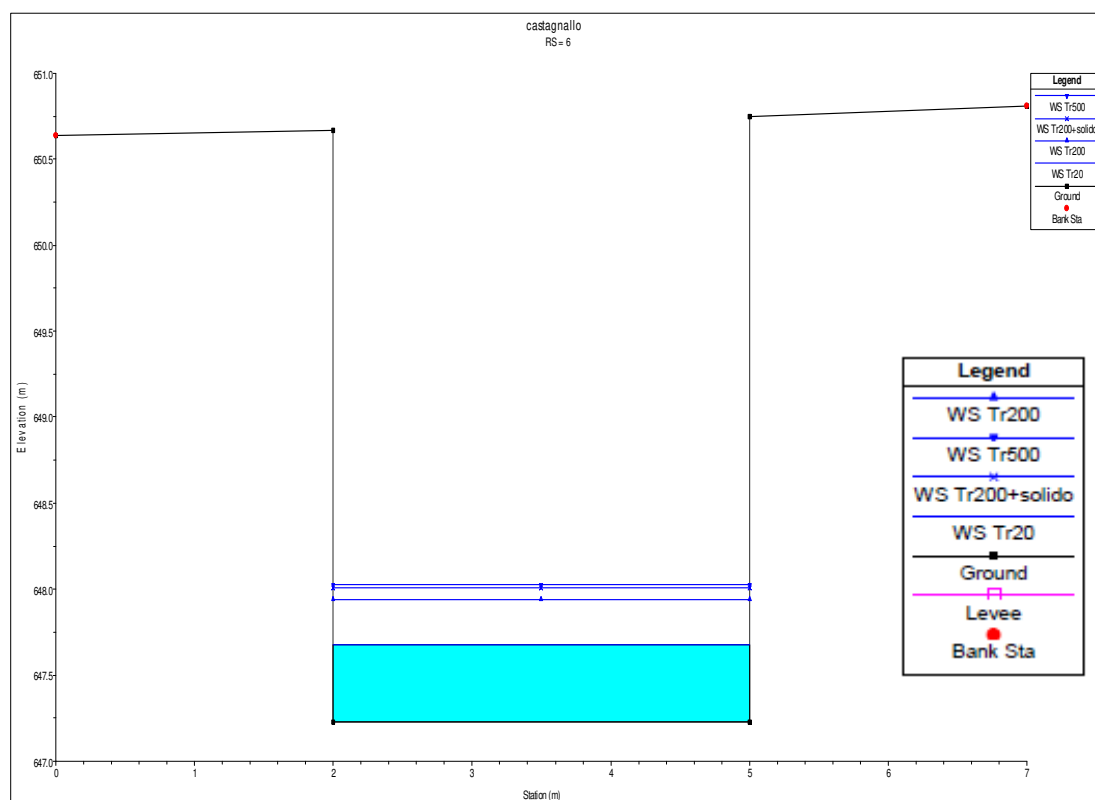
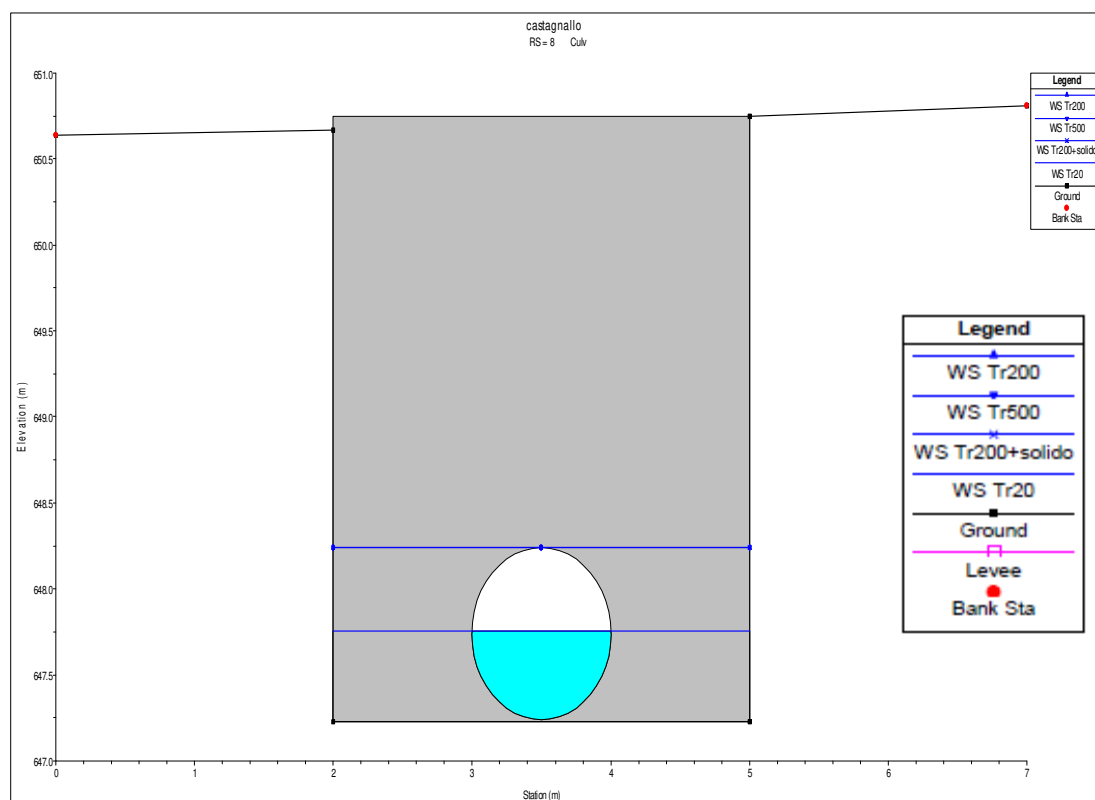


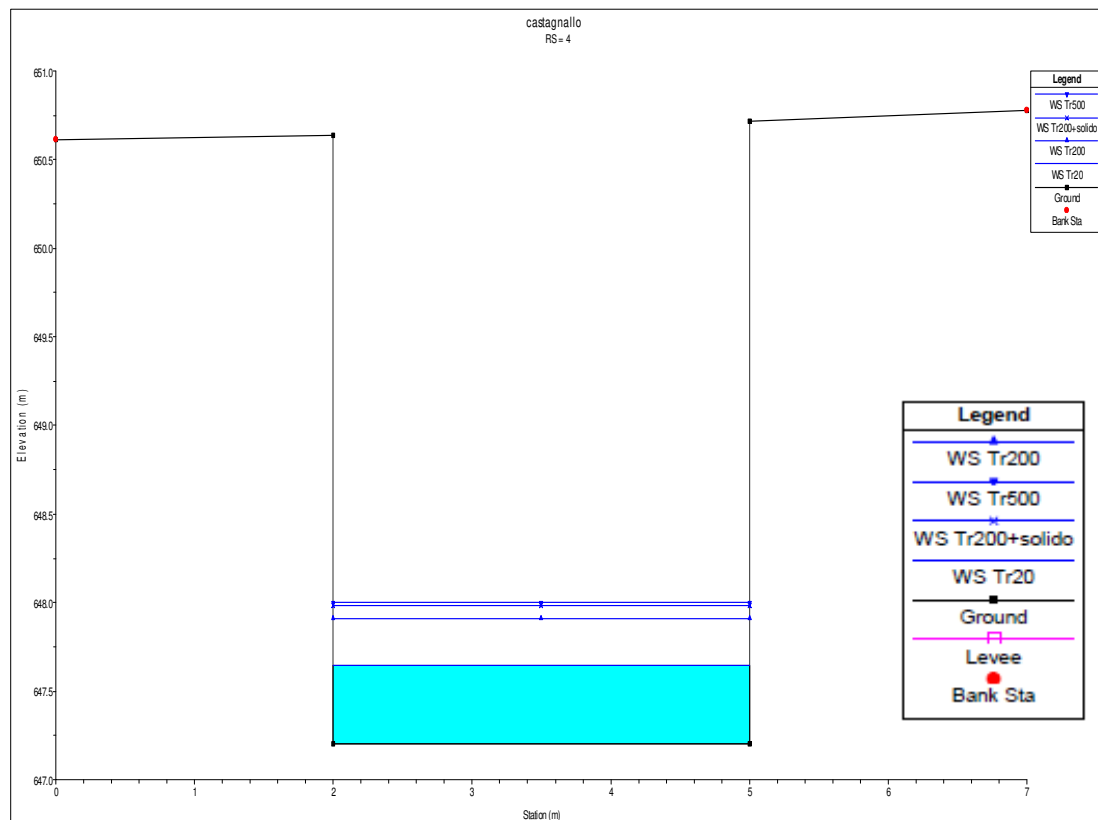
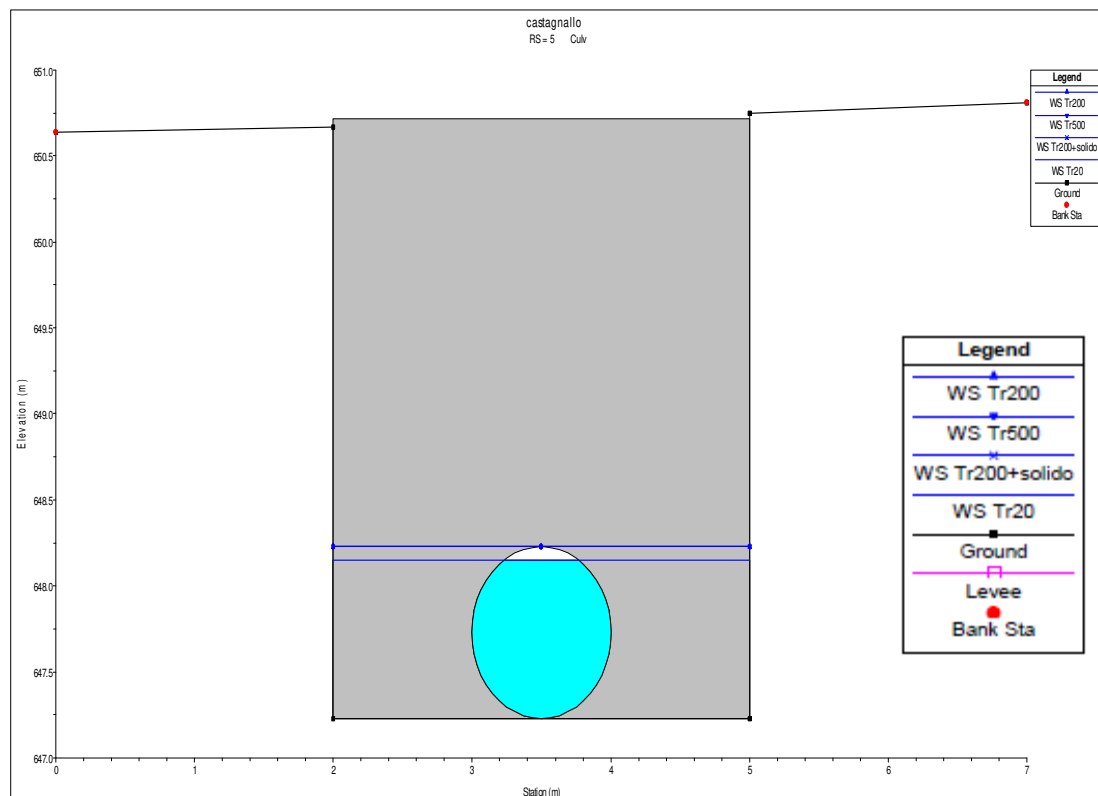


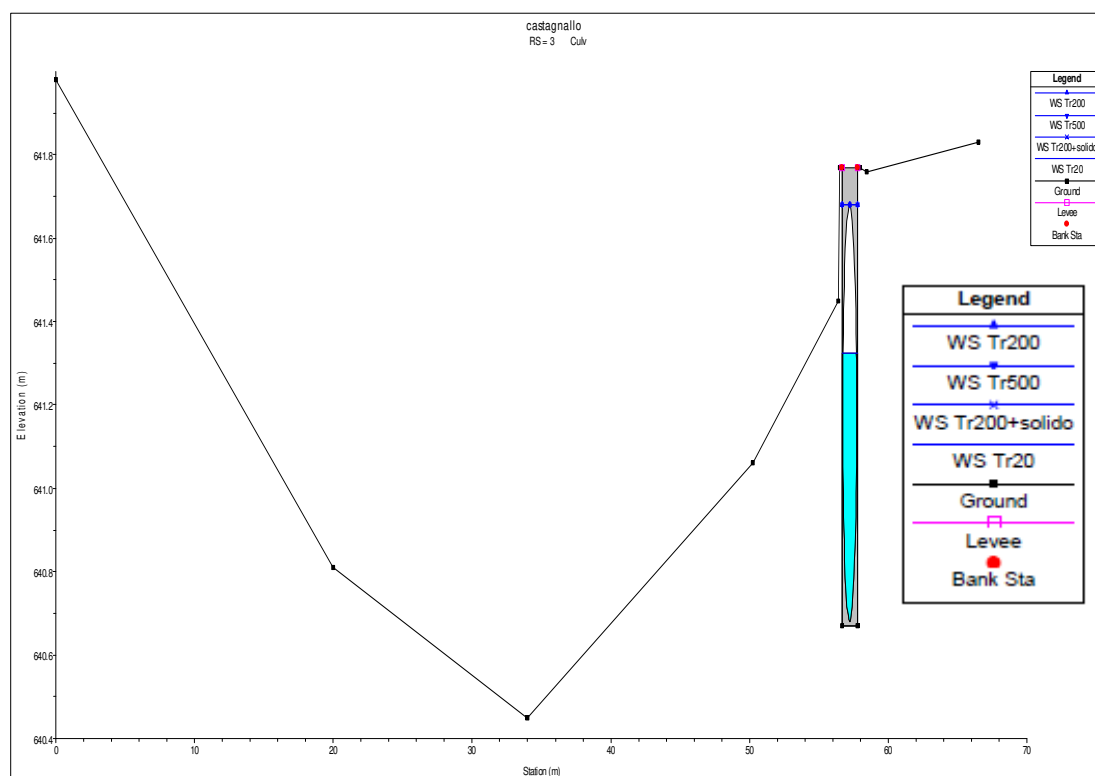
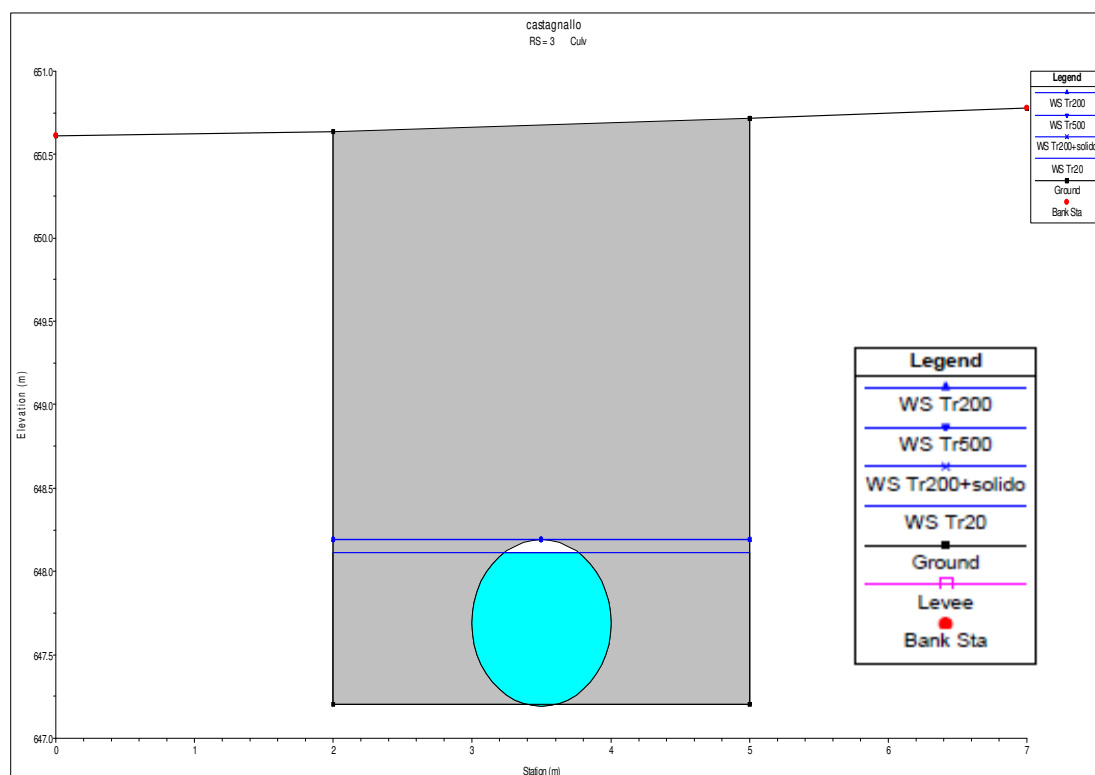


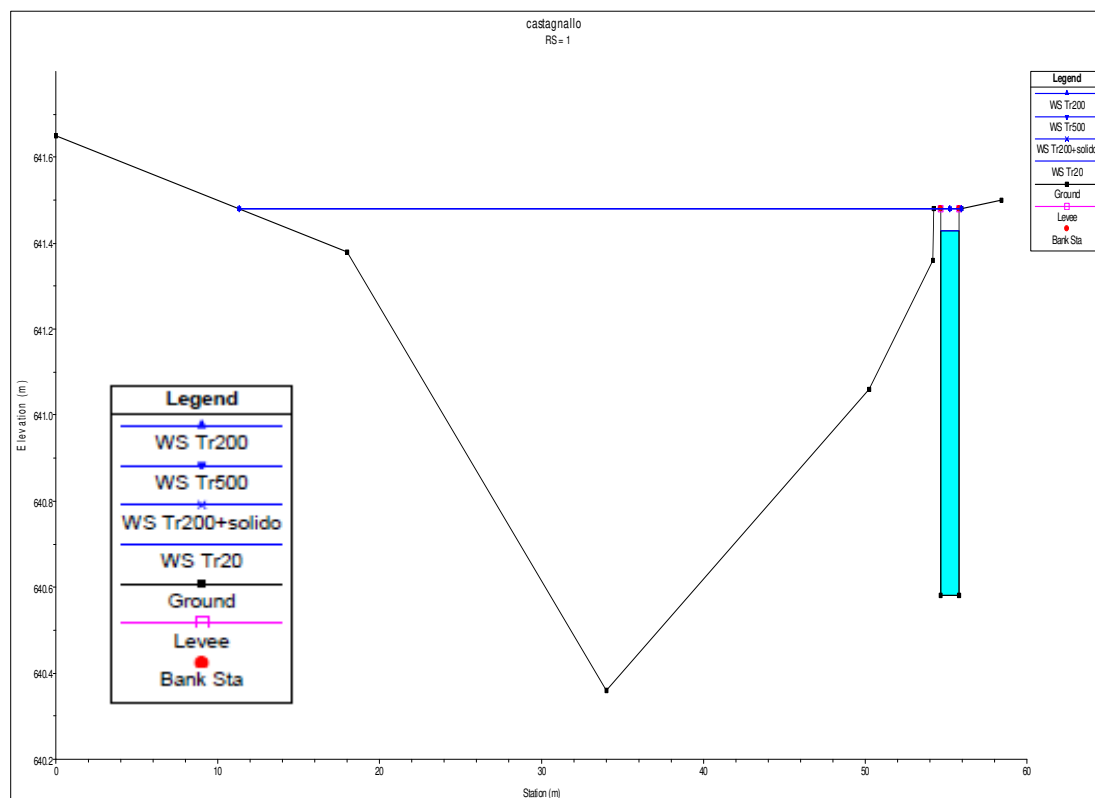
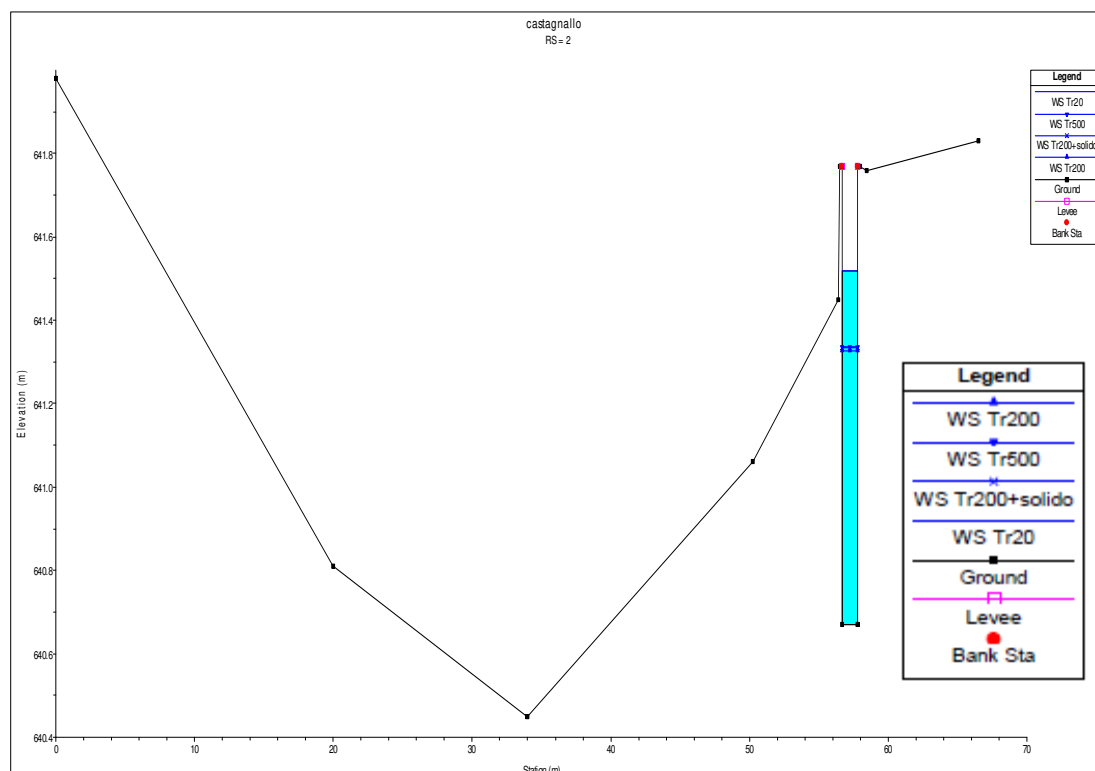












HEC-RAS Plan: Plan 01 River: Castagnallo Reach: Castagnallo

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Castagnallo	16	Tr20	2.79	660.71	660.97	661.36	662.98	0.210120	6.27	0.44	1.70	3.91
Castagnallo	16	Tr200	5.66	660.71	661.13	661.75	664.30	0.210107	7.89	0.72	1.70	3.87
Castagnallo	16	Tr500	6.75	660.71	661.19	661.88	664.71	0.210021	8.32	0.81	1.70	3.84
Castagnallo	16	Tr200+solido	6.51	660.71	661.18	661.85	664.63	0.210072	8.23	0.79	1.70	3.85
Castagnallo	15	Tr20	2.79	659.43	659.70	660.09	661.71	0.211077	6.28	0.44	1.70	3.93
Castagnallo	15	Tr200	5.66	659.43	659.86	660.48	663.04	0.210662	7.89	0.72	1.70	3.88
Castagnallo	15	Tr500	6.75	659.43	659.92	660.75	663.45	0.210606	8.33	0.81	1.70	3.85
Castagnallo	15	Tr200+solido	6.51	659.43	659.90	660.57	663.36	0.210620	8.24	0.79	1.70	3.86
Castagnallo	14	Tr20	2.79	659.20	659.57	659.85	660.58	0.075617	4.45	0.63	1.70	2.34
Castagnallo	14	Tr200	5.66	659.20	659.75	660.24	661.66	0.102407	6.13	0.92	1.70	2.65
Castagnallo	14	Tr500	6.75	659.20	659.81	660.37	662.02	0.109039	6.59	1.02	1.70	2.71
Castagnallo	14	Tr200+solido	6.51	659.20	659.79	660.35	661.94	0.107709	6.50	1.00	1.70	2.70
Castagnallo	13	Tr20	2.79	658.37	658.76	659.02	659.70	0.068555	4.30	0.65	1.70	2.22
Castagnallo	13	Tr200	5.66	658.37	658.98	659.41	660.51	0.074247	5.46	1.04	1.70	2.23
Castagnallo	13	Tr500	6.75	658.37	659.06	659.54	660.78	0.077222	5.82	1.16	1.70	2.25
Castagnallo	13	Tr200+solido	6.51	658.37	659.04	659.52	660.72	0.076563	5.74	1.13	1.70	2.24
Castagnallo	12	Tr20	2.79	657.86	658.25	658.52	659.21	0.070651	4.35	0.64	1.70	2.26
Castagnallo	12	Tr200	5.66	657.86	658.48	658.91	659.99	0.072969	5.43	1.04	1.70	2.21
Castagnallo	12	Tr500	6.75	657.86	658.56	659.04	660.24	0.074296	5.74	1.18	1.70	2.20
Castagnallo	12	Tr200+solido	6.51	657.86	658.55	659.01	660.18	0.073989	5.67	1.15	1.70	2.20
Castagnallo	11	Tr20	2.79	656.37	656.70	657.03	658.03	0.113246	5.10	0.55	1.70	2.87
Castagnallo	11	Tr200	5.66	656.37	656.92	657.42	658.83	0.101881	6.12	0.93	1.70	2.65
Castagnallo	11	Tr500	6.75	656.37	657.00	657.56	659.08	0.100100	6.39	1.06	1.70	2.59
Castagnallo	11	Tr200+solido	6.51	656.37	656.98	657.53	659.03	0.100407	6.33	1.03	1.70	2.60
Castagnallo	10	Tr20	2.79	655.75	656.16	656.41	657.01	0.059242	4.09	0.68	1.70	2.06
Castagnallo	10	Tr200	5.66	655.75	656.39	656.79	657.79	0.065982	5.24	1.08	1.70	2.10
Castagnallo	10	Tr500	6.75	655.75	656.47	656.93	658.03	0.067343	5.53	1.22	1.70	2.08
Castagnallo	10	Tr200+solido	6.51	655.75	656.46	656.90	657.98	0.067056	5.47	1.19	1.70	2.09
Castagnallo	9		Culvert									
Castagnallo	8.1	Tr20	2.79	653.97	654.39	654.89	656.68	0.203831	6.72	0.42	1.00	3.33
Castagnallo	8.1	Tr200	5.66	653.97	655.65	656.07	656.68	0.016480	2.96	2.00	2.20	0.73
Castagnallo	8.1	Tr500	6.75	653.97	655.74	656.74	656.23	0.017485	3.17	2.21	2.20	0.76
Castagnallo	8.1	Tr200+solido	6.51	653.97	655.72	656.72	656.20	0.017415	3.13	2.16	2.20	0.76
Castagnallo	8		Culvert									
Castagnallo	6	Tr20	2.79	647.23	647.67	647.67	647.90	0.011508	2.10	1.33	3.00	1.01
Castagnallo	6	Tr200	5.66	647.23	647.94	647.94	648.30	0.011641	2.65	2.13	3.00	1.00
Castagnallo	6	Tr500	6.75	647.23	648.03	648.03	648.43	0.011815	2.82	2.40	3.00	1.01
Castagnallo	6	Tr200+solido	6.51	647.23	648.01	648.01	648.40	0.011750	2.78	2.34	3.00	1.00
Castagnallo	5		Culvert									
Castagnallo	4	Tr20	2.79	647.20	647.64	647.64	647.87	0.011397	2.09	1.33	3.00	1.00
Castagnallo	4	Tr200	5.66	647.20	647.91	647.91	648.27	0.011609	2.65	2.13	3.00	1.00
Castagnallo	4	Tr500	6.75	647.20	648.00	648.00	648.40	0.011774	2.81	2.40	3.00	1.00
Castagnallo	4	Tr200+solido	6.51	647.20	647.98	647.98	648.37	0.011763	2.78	2.34	3.00	1.00
Castagnallo	3		Culvert									
Castagnallo	2	Tr20	2.79	640.67	641.52	641.52	641.94	0.021314	2.86	0.98	1.15	0.99
Castagnallo	2	Tr200	5.66	640.67	641.33	641.77	644.18	0.169168	7.48	0.76	1.15	2.95
Castagnallo	2	Tr500	6.75	640.67	641.34	641.77	645.30	0.233472	8.82	0.77	1.15	3.45
Castagnallo	2	Tr200+solido	6.51	640.67	641.33	641.77	645.04	0.218314	8.53	0.76	1.15	3.34
Castagnallo	1	Tr20	2.79	640.58	641.43	641.43	641.84	0.021262	2.86	0.98	1.15	0.99
Castagnallo	1	Tr200	5.66	640.58	641.48	641.48	641.48	0.000040	0.11	24.70	44.63	0.04
Castagnallo	1	Tr500	6.75	640.58	641.48	641.48	641.48	0.000057	0.13	24.70	44.63	0.04
Castagnallo	1	Tr200+solido	6.51	640.58	641.48	641.48	641.48	0.000053	0.12	24.70	44.63	0.04

SCHEDE SINTETICHE

RIO SENEGLIA, RIO SOLANE E RIO PREILE

RIO SENEGLIA	
tratti naturali a cielo aperto:	alveo naturale fino a quota 710 m s.l.m.m
tratti regimati a cielo aperto	immediatamente a monte di Via Inverso: canalizzazione a sezione rettangolare con ampiezza di 1,5 m e pendenza del 15 %;
tratti coperti:	Attraversamento di Via Inverso: condotta in lamiera zincata a sezione circolare $\varnothing = 1,2$;
opere di sistemazione idraulica eseguite:	opere di trattenuta (briglie) e di regimazione (difese spondali) a monte di Via Inverso, canalizzazione coperta a valle;
portate idrauliche transitabili (m^3/sec):	$Q_{100} = 8$ $Q_{200} = 9$ (Tuberga, 2002)
franco di sicurezza:	franco su Q_{200} pari a 0,45 m a monte di Via Inverso e a 0.35 in corrispondenza all'attraversamento di Via Inverso;
fenomeni di rigurgito:	nessuno

RIO SOLANE	
tratti a cielo aperto:	alveo naturale fino a quota 635 m s.l.m.m.
tratti coperti:	attraversamento di Via Rueglio avente ampiezza di 2,41 m e altezza di 1,70;
opere di sistemazione idraulica eseguite:	canalizzazione da quota circa 635 m s.l.m.m. a Via Rueglio avente larghezza di 2 m e altezza di 1,5m; a valle larghezza 1,5 m e altezza variabile tra 1,10 e 1,65;
portate idrauliche transitabili (m ³ /sec):	Q ₁₀₀ = 9 Q ₂₀₀ = 10 (Tuberga, 2003)
franco di sicurezza:	franco su Q ₂₀₀ paria 0,60 m per la canalizzazione a monte di Via Rueglio; da 0,40 a 0,90 m per il tratto a valle;
fenomeni di rigurgito:	nessuno

RIO PREILE	
tratti a cielo aperto:	alveo naturale sino a quota 720 m s.l.m.
tratti coperti:	attraversamento Via Inverso
opere di sistemazione idraulica eseguite:	canalizzazione da quota 720 m s.l.m. sino al T. Chiusella;
portate idrauliche transitabili (m ³ /sec):	Q ₁₀₀ = 11,50 (Accotto, 2004)
franco di sicurezza:	tra 0,50 e 1 m per Q ₁₀₀
fenomeni di rigurgito:	nessuno