



COMUNE DI PISA

Piano attuativo per la
riorganizzazione dell’area CEMES
S.p.a.

RELAZIONE IDRAULICA

Il redattore dello studio:	Data:	Versione:
Prof. Ing. Stefano Pagliara	settembre 2020	1.0.11342

Piano attuativo per la riorganizzazione dell’area CEMES S.p.a.

RELAZIONE IDRAULICA

1.PREMESSA

Il presente studio analizza le problematiche idrauliche del piano attuativo per la riorganizzazione dell’area CEMES spa in via Montelungo in Pisa.

AREA DI INTERESSE

L’area di interesse e’ riportata nella figura sottostante.



Fig.1 area oggetto di studio



Fig.2 Il PGRA della zona.

Si ha che attualmente l’area e’ in pericolosità P3 anche se recenti studi dimostrano un minor grado di pericolosità’.

In tali aree deve essere rispettata la L.R. 41/2018.

2. IL PROGETTO

Il progetto, redatto dall’Arch. B.Cristofani e’ riportato nella figura seguente e prevede la realizzazione di una nuova palazzina uffici e la realizzazione di alcuni capannoni.

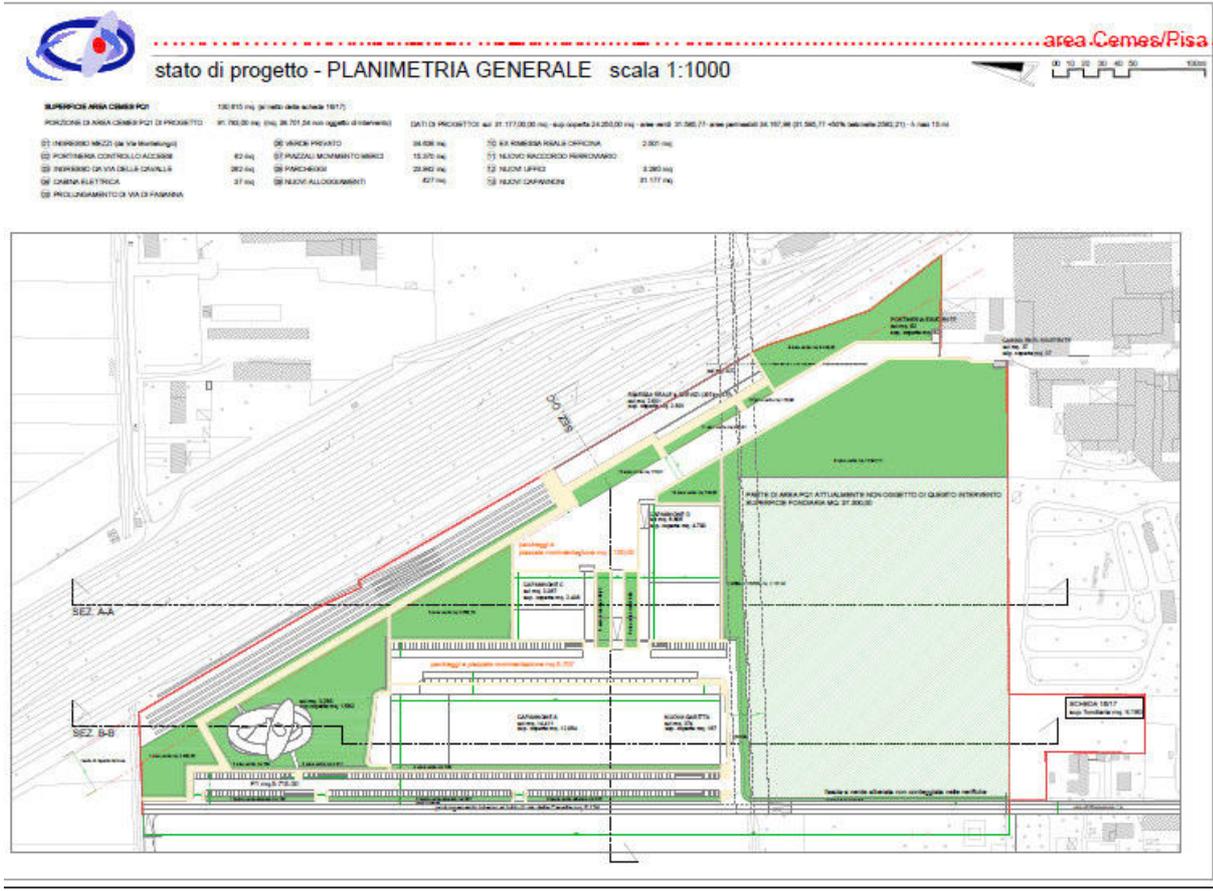


Fig. 3 stato di progetto



Fig.4 stato attuale

INQUADRAMENTO NORMATIVO

L’intervento e’ soggetto alla L.R. 41/2018. In particolare essendo area PQ1 nel R.U. del Comune di Pisa, possiamo far riferimento all’Art. Art. 12 “Interventi sul patrimonio edilizio esistente in aree a pericolosità per alluvioni frequenti o poco frequenti”, comma 2. “Nelle aree a pericolosità per alluvioni frequenti o poco frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, per la realizzazione di interventi edilizi che comportano incrementi volumetrici, anche attraverso demolizioni con parziale o totale ricostruzione, è realizzata almeno una delle opere di cui all’articolo 8, comma 1, lettere a), b) o c). Il presente comma trova applicazione anche nel caso in cui l’incremento volumetrico comporti la realizzazione di un nuovo manufatto connesso e funzionale ad un intervento sul patrimonio edilizio esistente”.

In particolare l’art.8 comma c) prevede “opere di sopraelevazione, senza aggravio delle condizioni di rischio in altre aree”.

CALCOLI IDRAULICI

L’area attualmente e’ classificata in P3 con le altezze d’acqua sulla piena con $Tr=200$ anni riportate nella figura sottoriportata. Le altezze d’acqua sottoriportate sono quelle utilizzate per redigere il vigente PGRA.



(segue)

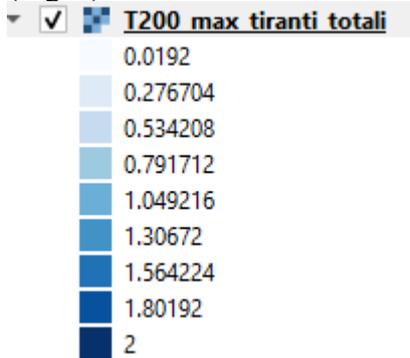


Fig.5 Tr200 altezze massime e legenda.

Secondo tale carta abbiamo valori massimi di altezza di circa 1.2 m sul piano campagna per un livello dell’acqua di circa +2.3 m .s.l.m. Tale livello risulta sicuramente cautelativo anche alla luce dei nuovi calcoli idraulici che sono in corso di svolgimento su Pisa.



Fig.6 reticolo minore

RETICOLO MINORE

Il Fosso delle Cavalle passa a Nord dell’area in oggetto mentre il Colatore n. 4 interseca l’area in oggetto a sud.

I bacini sono individuati nella figura seguente.



Fig. 7 Bacini imbriferi del Fosso delle Cavalle e del Colatore n.4.

MODELLO IDROLOGICO

PLUVIOMETRIA

Per definire il regime pluviometrico della zona in oggetto e trovare quindi gli idrogrammi di piena relativi ai vari tempi di ritorno si e' fatto riferimento ai dati relativi alle piogge di durata compresa tra 1 e 24 ore registrate alle stazioni pluviometriche di Pisa.

La Regione Toscana fornisce, per $T_r=200$ anni la seguente curva segnalatrice di possibilita' pluviometrica che non sara' soggetta a ragguglio viste le dimensioni dei bacini oggetto di studio.

$$h = 92.81t^{0.328}$$

PLUVIOGRAMMA DI PROGETTO

Per quanto riguarda la definizione della pioggia di progetto, nella pratica ingegneristica vengono adottati ietogrammi cosiddetti "sintetici" , tali cioè da non rappresentare il reale andamento dell' evento pluviometrico , ma in grado di introdurre nelle procedure di trasformazione afflussi-deflussi una variabilità temporale della pioggia che dia luogo a risultati che si possano ritenere cautelativi . La legge di distribuzione che si introduce rappresenta , in tal modo , quello che si definisce "ietogramma di progetto". Nella letteratura tecnica esistono diverse metodologie per la definizione del suddetto "ietogramma di progetto", mentre in molti paesi la scelta del tipo di ietogramma e' fissata da apposite normative , cosa del tutto assente nel nostro paese.

Nel caso in esame , tra le varie procedure disponibili si e' utilizzata quella piu' semplice basata su uno ietogramma di tipo Chicago (Keifer, Chu, 1964)..

Lo ietogramma non è stato ragguagliato data la limitata estensione dei bacini considerati.

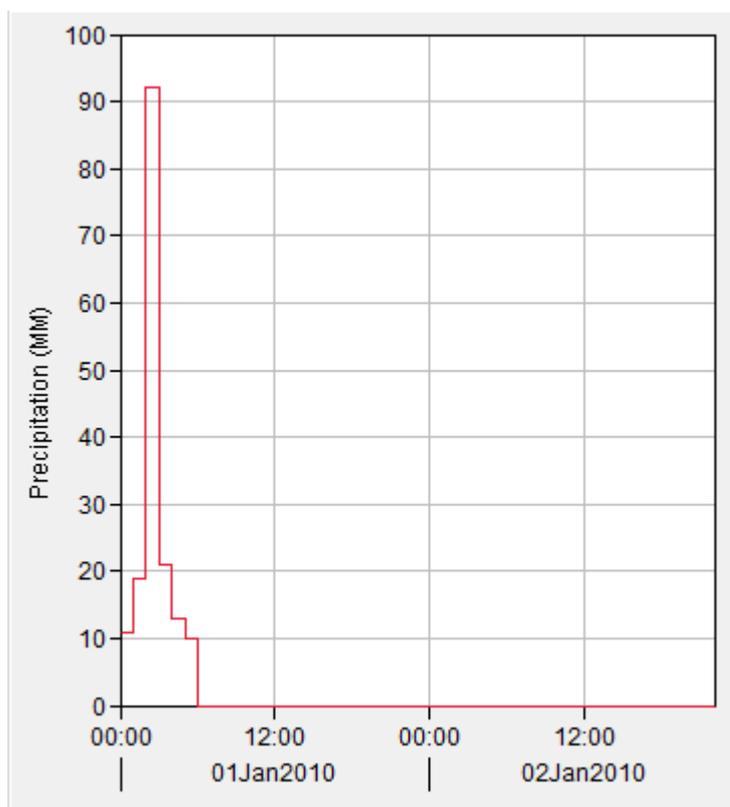


Fig. 8 Ietogrammi di calcolo per $Tr=200$ anni

CALCOLO DEGLI IDROGRAMMI DI PIENA

Per la determinazione degli idrogrammi di piena in corrispondenza delle sezioni di chiusura di tutti i bacini esaminati si e' utilizzato un algoritmo di calcolo che, per la trasformazione afflussi-deflussi, si basa sull'impiego dell'idrogramma sintetico tipo Clark.

Nel caso specifico e' stato adottato, per simulare le perdite di bacino, il metodo SCS- CURVE NUMBER (SCS, 1972), che è basato sulle curve di precipitazione e perdita cumulate ed in cui in funzione del tipo di suolo, del suo uso e del grado di imbibizione dello stesso, viene calcolato istante per istante il quantitativo di pioggia che va a produrre il deflusso.

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

La classificazione dei suoli secondo la natura del terreno da un punto di vista idrogeologico è riportata nella seguente *tabella A*). Una volta definito il tipo di suolo si determina il valore del CN corrispondente al tipo di copertura (vegetale e non) attraverso l'uso della *tabella B*.

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

Tabella A Classificazione litologica dei suoli secondo SCS

GRUPPO	DESCRIZIONE
A	Scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla, ghiaie profonde molto permeabili.
B	Potenzialità di deflusso moderatamente bassa. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.
C	Potenzialità di deflusso moderatamente alta. Comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.

D	Potenzialità di deflusso molto alta. Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie.
---	--

Tabella B Parametri CN relativi a AMC II per le quattro classi litologiche e per vati tipi di uso del suolo

	A	B	C	D
Terreno coltivato				
Senza trattamenti di conservazione	72	81	88	91
Con interventi di conservazione	62	71	78	81
Terreno da pascolo				
Cattive condizioni	68	79	86	89
Buone condizioni	39	61	74	80
Praterie				
Buone condizioni	30	58	71	78
Terreni boscosi o forestati				
Terreno sottile sottobosco povero senza foglie	45	66	77	83
Sottobosco e copertura buoni	25	55	70	77
Spazi aperti, prati rasati, parchi				
Buone condizioni con almeno il 75% dell’area con copertura erbosa	39	61	74	80
Condizioni normali con copertura erbosa intorno al 50%	49	69	79	84
Aree commerciali (impermeabilità 85%)	89	92	94	95
Distretti industriali (impermeabilità 72%)	81	88	91	93
Aree residenziali				
impermeabilità media	77	85	90	92
65%				
38%	61	75	83	87
30%	57	72	81	86
25%	54	70	80	85
20%	51	68	79	84
Parcheggi impermeabilizzati, tetti	98	98	98	98
Strade				
Pavimentate, con cordoli e fognature	98	98	98	98
Inghiaiate o selciate con buche	76	85	89	91
In terra battuta (non asfaltate)	72	82	87	89

Tabella C Condizioni di umidità antecedenti individuate in base alla precipitazione totale nei 5 giorni precedenti (mm)

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

Tabella D

CLASSE AMC			CLASSE AMC			
I	II	III		I	II	III
100	100	100		40	60	78
87	95	98		35	55	74
78	90	96		31	50	70
70	85	94		22	40	60
63	80	91		15	30	50
57	75	88		9	20	37
51	70	85		4	10	22
45	65	82		0	0	0

L’individuazione della classe AMC viene effettuata con i valori riportati in *tabella C*, mentre la *tabella D* rappresenta la tabella di conversione dal valore del CN valido per AMC II (valore determinato attraverso la *tabella A*) ai valori corrispondenti per AMC I o AMC III.

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

Dai valori del parametro CN, per la determinazione della pioggia netta. è stata utilizzata l’espressione :

$$P_n = (P_g - I_a)^2 / (P_g - I_a + S)$$

dove :

P_n = pioggia netta in mm;

P_g = pioggia grezza in mm;

I_a = perdita iniziale in mm;

S = altezza di pioggia massima immagazzinabile nel suolo in condizioni di saturazione (capacità di ritenzione potenziale) in mm.

Il valore di S da introdurre viene determinato in funzione del parametro CN secondo l’ espressione seguente:

$$S = 25.4 ((1000/CN) - 10)$$

La perdita iniziale I_a è quella che si manifesta prima dell’inizio dei deflussi superficiali. Nella letteratura tecnica è riconosciuta l’esistenza di una correlazione positiva fra la perdita iniziale I_a e la capacità di ritenzione potenziale S tramite la seguente espressione:

$$I_a = \beta S$$

dove β è un coefficiente adimensionale.

Per il bacino in oggetto si ha un CN (III)=87.3 e $I_a=3.7$ mm. Tali valori risultano ampiamente cautelativi.

Mentre i parametri di Clark sono riportati nella tabella seguente:

Subbasin	Time of Concentration (HR)	Storage Coefficient (HR)
Foss-cavalle	1.91	2.34
colatore4	1.40	1.71

IDROGRAMMI DI PIENA

Di seguito vengono riportati gli idrogrammi di piena dei 2 sottobacini per diversi tempi di ritorno
(Tr) (**ascissa in ore e ordinate in mc/s**):

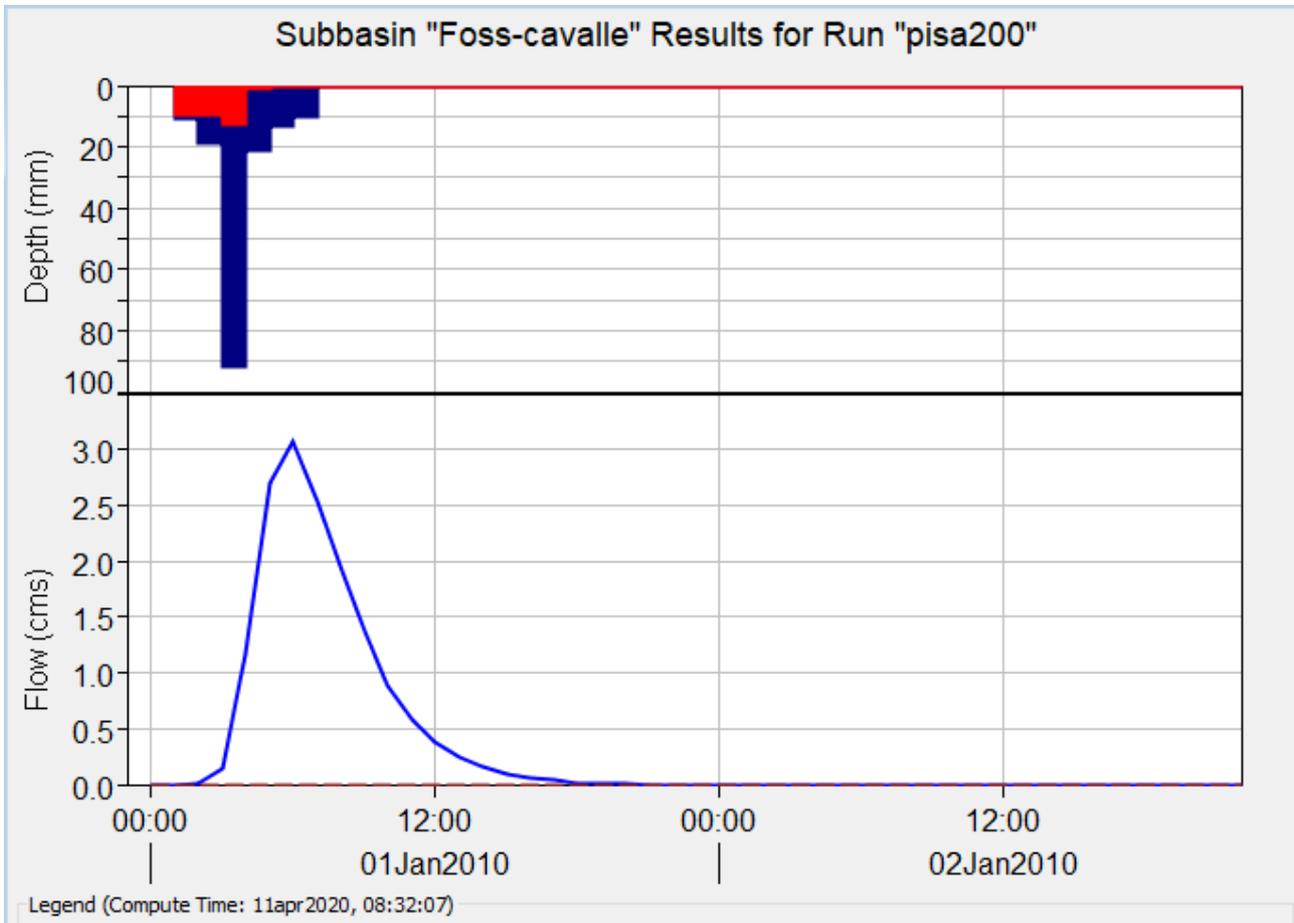


Fig.9 idrogramma di piena F.Cavalle

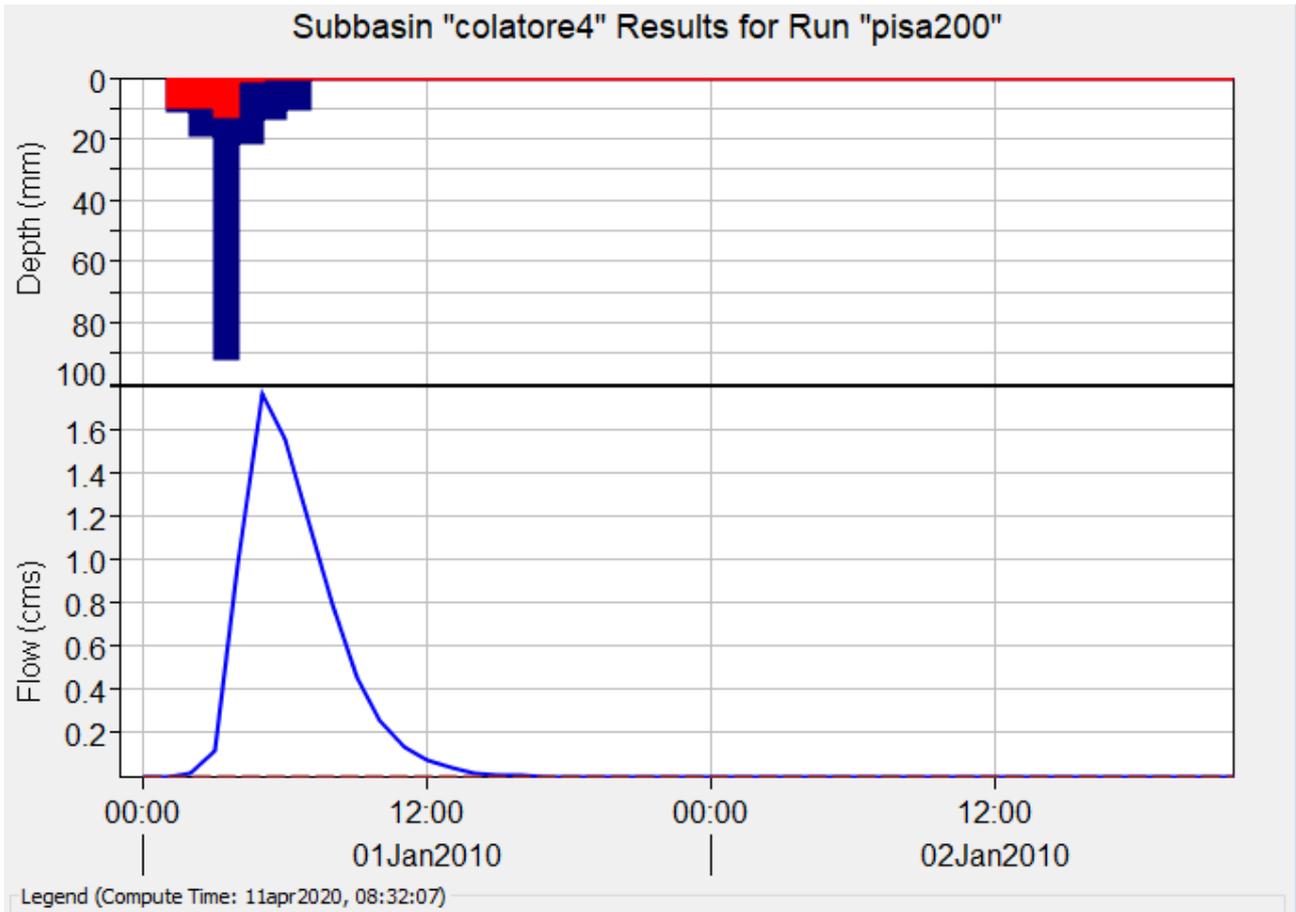


Fig.10 idrogramma di piena Colatore n.4

Quindi $Q_{max} = 3.06$ e 1.76 mc/s per Fosso delle Cavalle e Colatore n.4 quale contributo a valle della Ferrovia a cui bisogna aggiungere circa 1.0 mc/s della portata proveniente da monte della Ferrovia che attraversa con un collettore circolare di 1200 mm.

CALCOLO IDRAULICO

Il calcolo idraulico e' stato condotto utilizzando tutte le sezioni disponibili.



Fig.11 sezioni



Fig.12 a monte della ferrovia si ha una tubazione circolare D600 mm

CALCOLO IDRAULICO RELATIVO ALLO STATO ATTUALE

Il calcolo idraulico e’ stato effettuato a moto permanente. Il coefficiente di scabrezza e’ stato assunto pari a 0.035. La condizione al contorno di monte e’ pari a quella di moto uniforme con pendenza pari a 0.001 mentre quella di valle prevede livelli fissati e pari a +1.4 m.s.l.m. I dettagli del calcolo idraulico relativo allo stato attuale per le portate massime che si possono verificare nel reticolo considerato sono riportate in appendice 1.

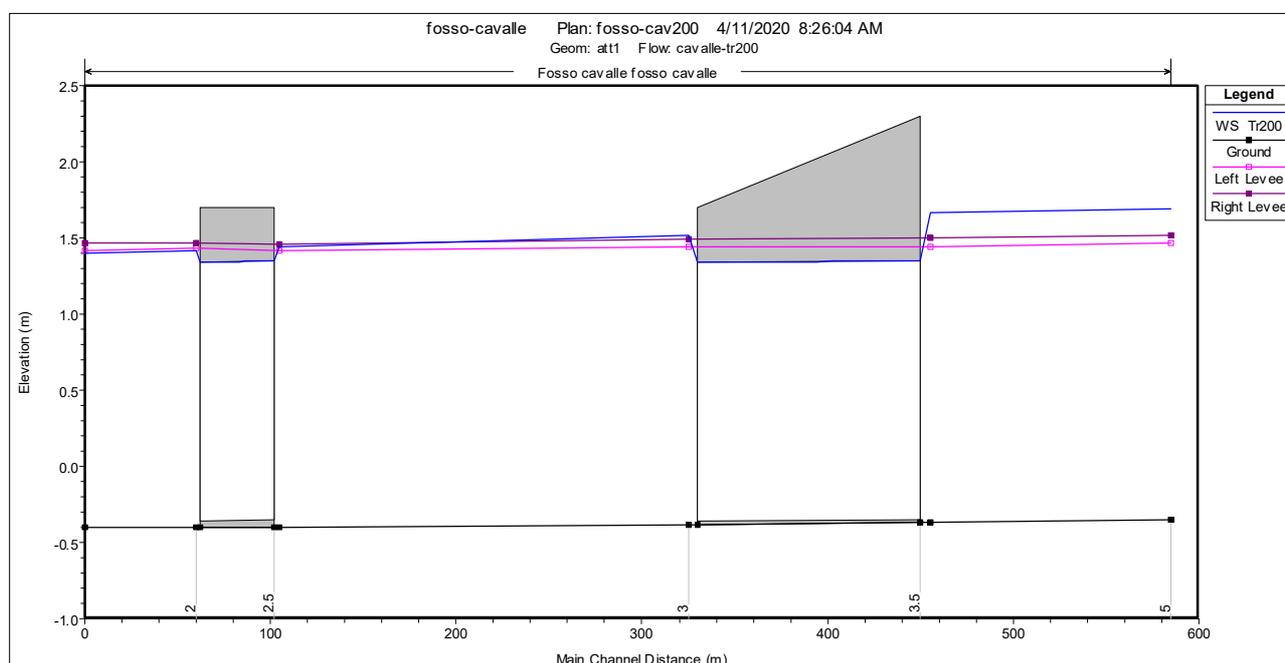


Fig. 13 Profilo di rigurgito Fosso delle cavalle per $Tr=200$ anni $Q_{max} = 3.06$ mc/s

Si hanno piccole insufficienze ampiamente gia’ comprese negli allagamenti dovuti al reticolo principale e gia’ mitigati.

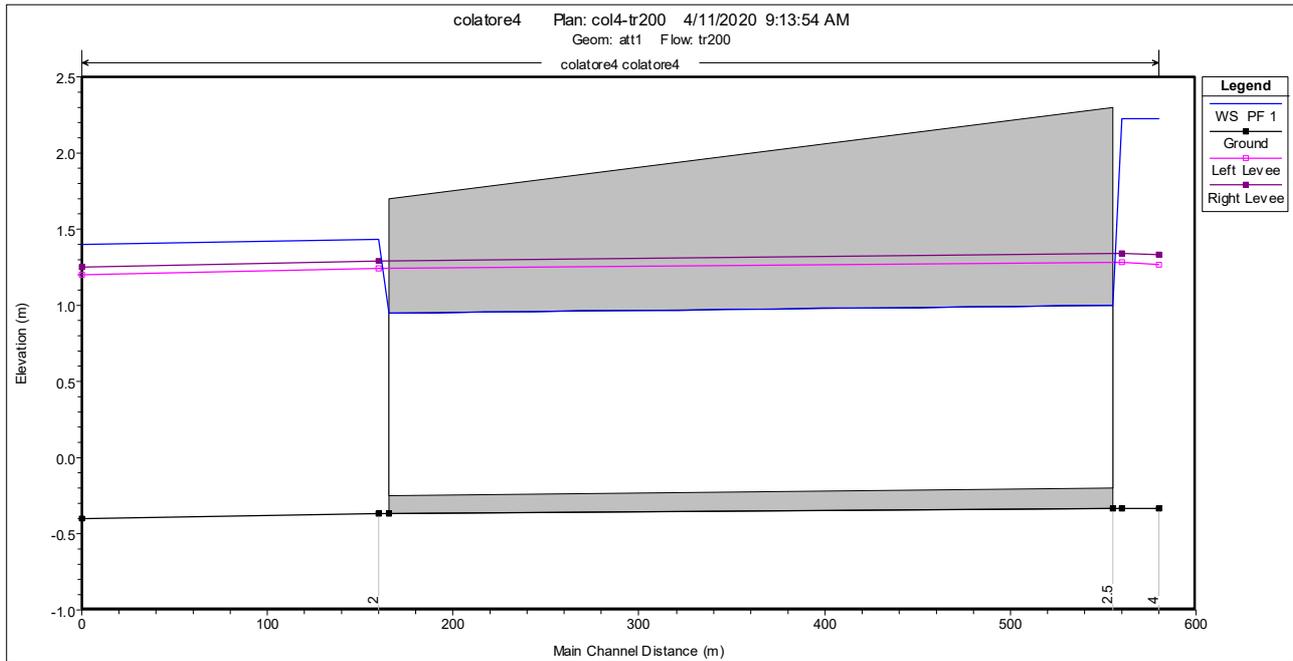


Fig.14 Profilo longitudinale Colatore n.4 per $Tr=200$ anni (q_{max} totale 2.77 mc/s)

Anche in questo caso si hanno piccole insufficienze ampiamente gia' comprese negli allagamenti dovuti al reticolo principale e gia' mitigati.

Il dettaglio dei calcoli idraulici e' riportato nella appendice 2.

PROVVEDIMENTI PER IL RISCHIO IDRAULICO

Le opere di progetto vengono previste con un piano terra rialzato in modo da essere trasparenti alla lama d’acqua di esondazione e in sicurezza idraulica.

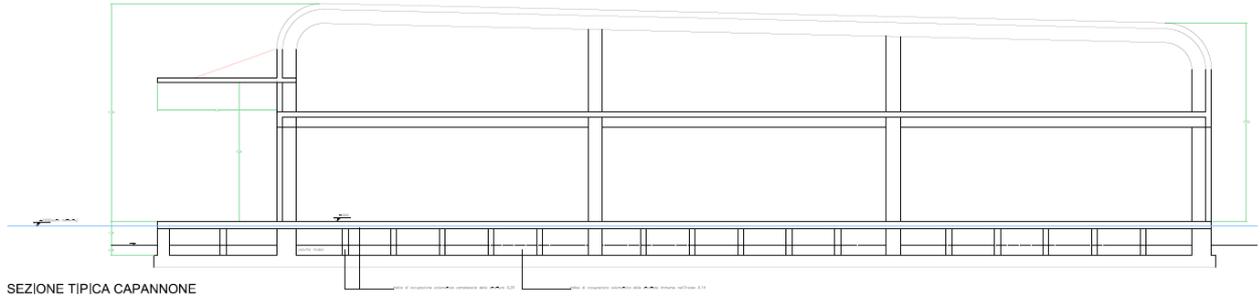


Fig. 15 Sezione tipica di un capannone

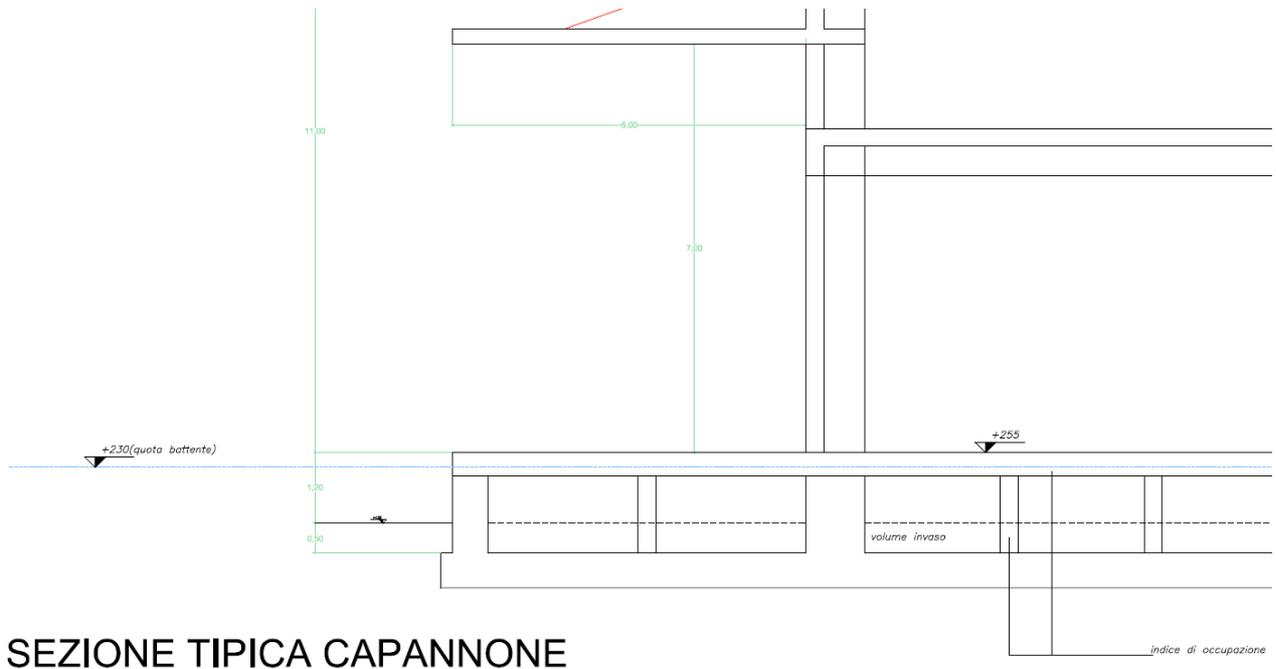


Fig.16 particolare

Il piano di calpestio si trova al di sopra della quota di esondazione Tr200, mentre sotto le acque sono libere di invasarsi in modo da garantire la trasparenza idraulica.

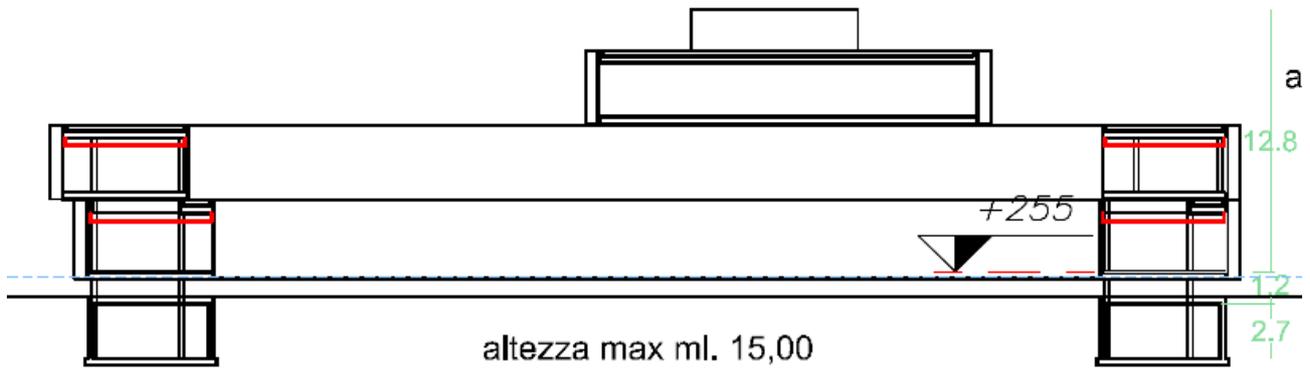


Fig. 17 sezione palazzina servizi

Anche per la palazzina servizi si ha la trasparenza idraulica.

CALCOLI IDRAULICI DI ESONDAZIONE

Sono stati effettuati i calcoli idraulici per dimostrare il non aggravio della situazione idraulica nella situazione di progetto.

E' stato utilizzato il dato lidar fornito dalla Regione Toscana.

Con esso e' stato ricostruito il modello del terreno. E' stato poi fatto esondare il fiume Arno fino ad arrivare ad una ricostruzione dello scenario simulato dal PGRA.



Fig.18 DTM dell’area di interesse

I calcoli idraulici portano a delle esondazioni che sono riportate nelle figure seguenti in cui e’ possibile effettuare il confronto fra la situazione attuale e quella di progetto.

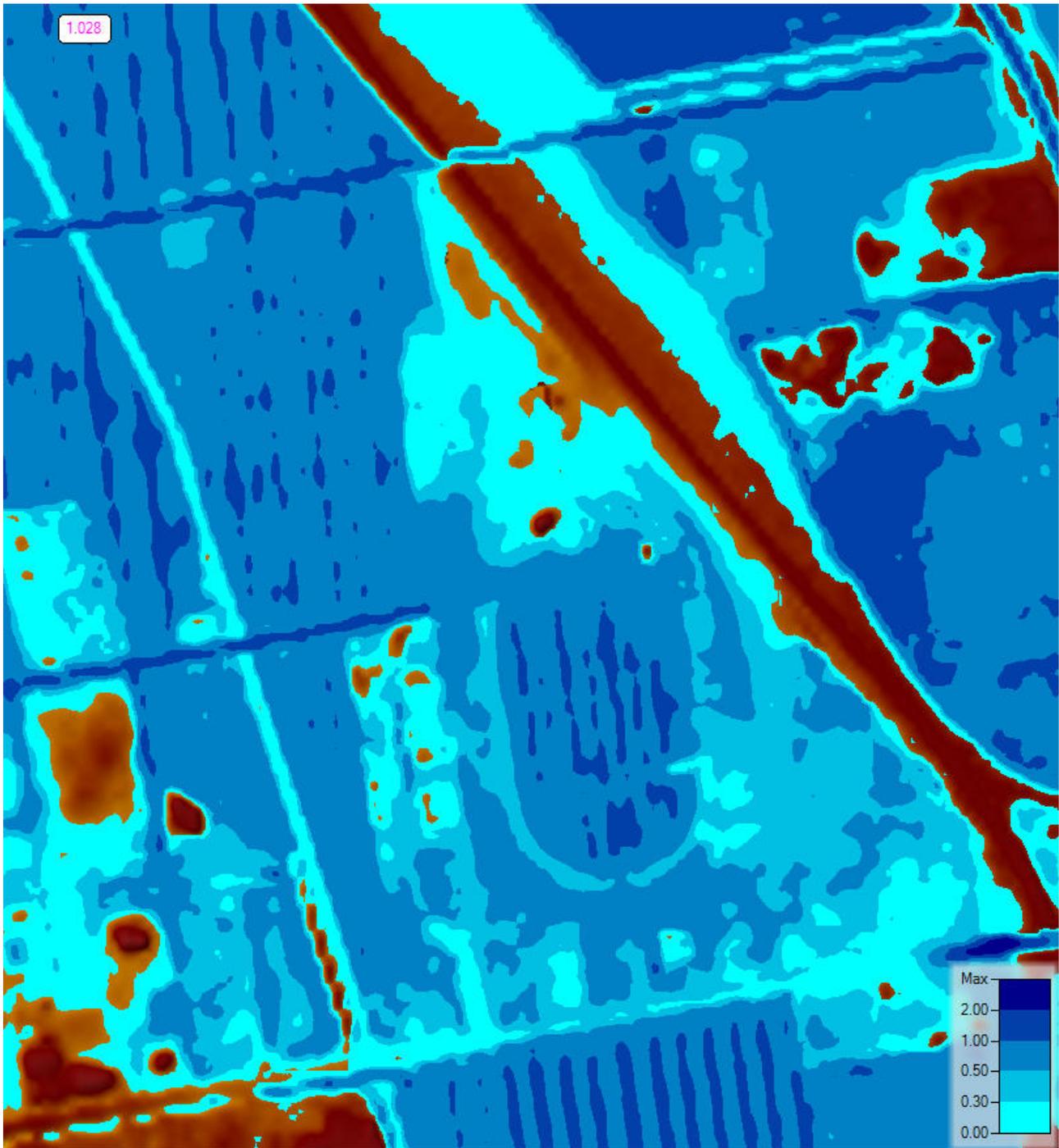


Fig.19 Inviluppo altezze d’acqua per $Tr=200$ anni. Stato attuale.

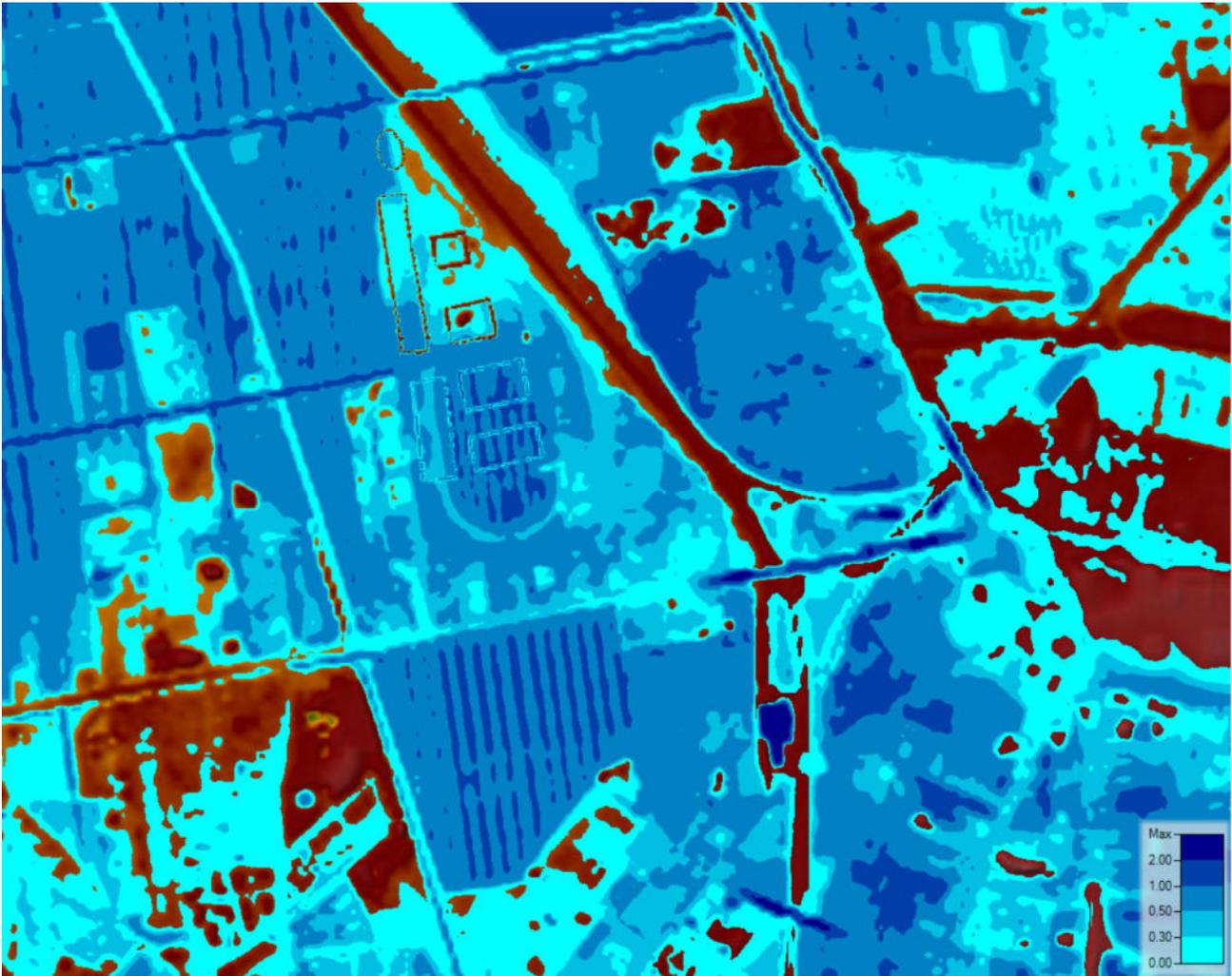


Fig.20 Inviluppo altezze d’acqua per $Tr=200$ anni. Stato di Progetto.

Si ha che gli allagamenti sono praticamente gli stessi dello stato attuale con una differenza massima di circa 2 cm.

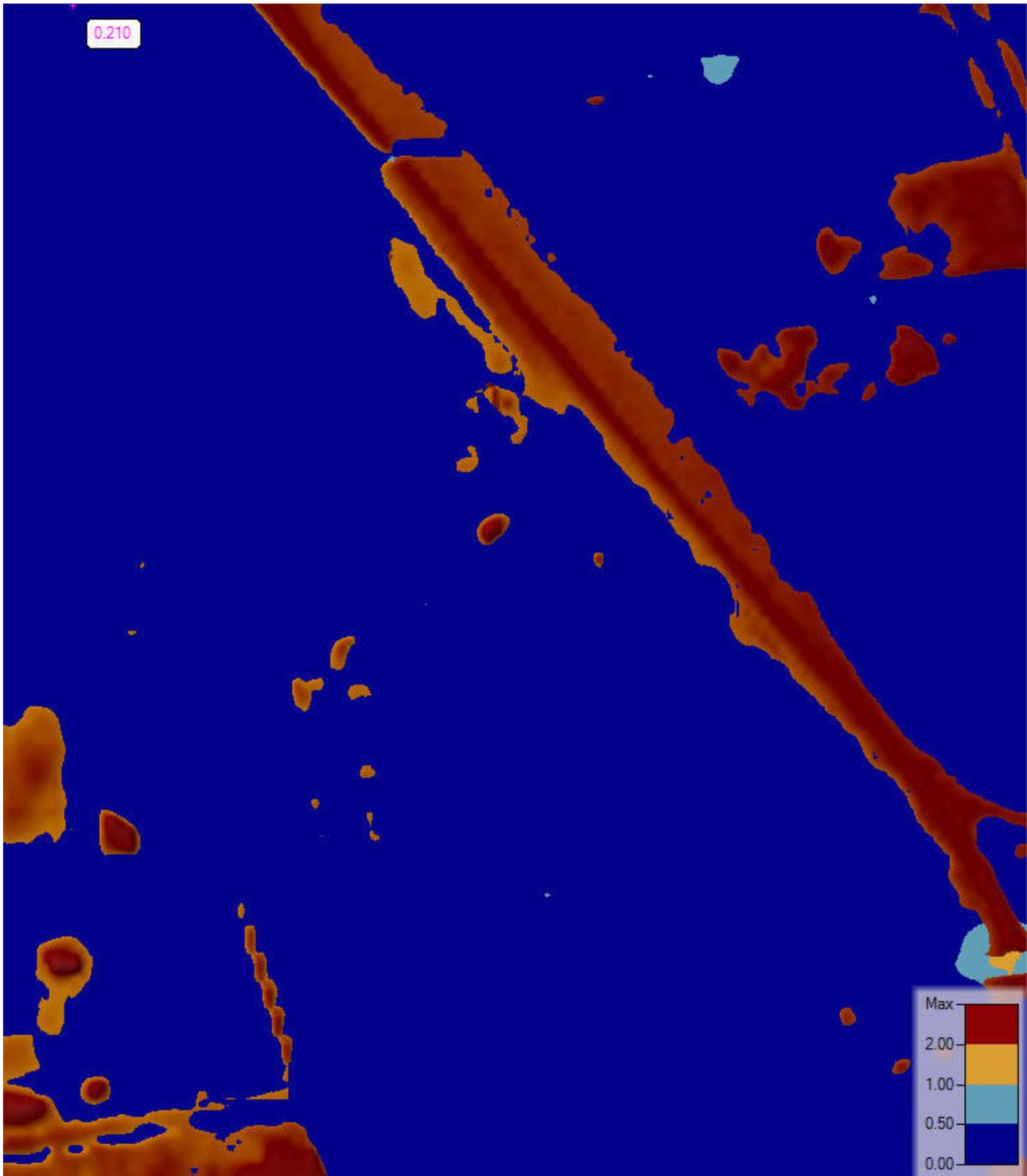


Fig. 21 Velocita' attuali (tutte le velocita' sono minori di 0.5 m/s)

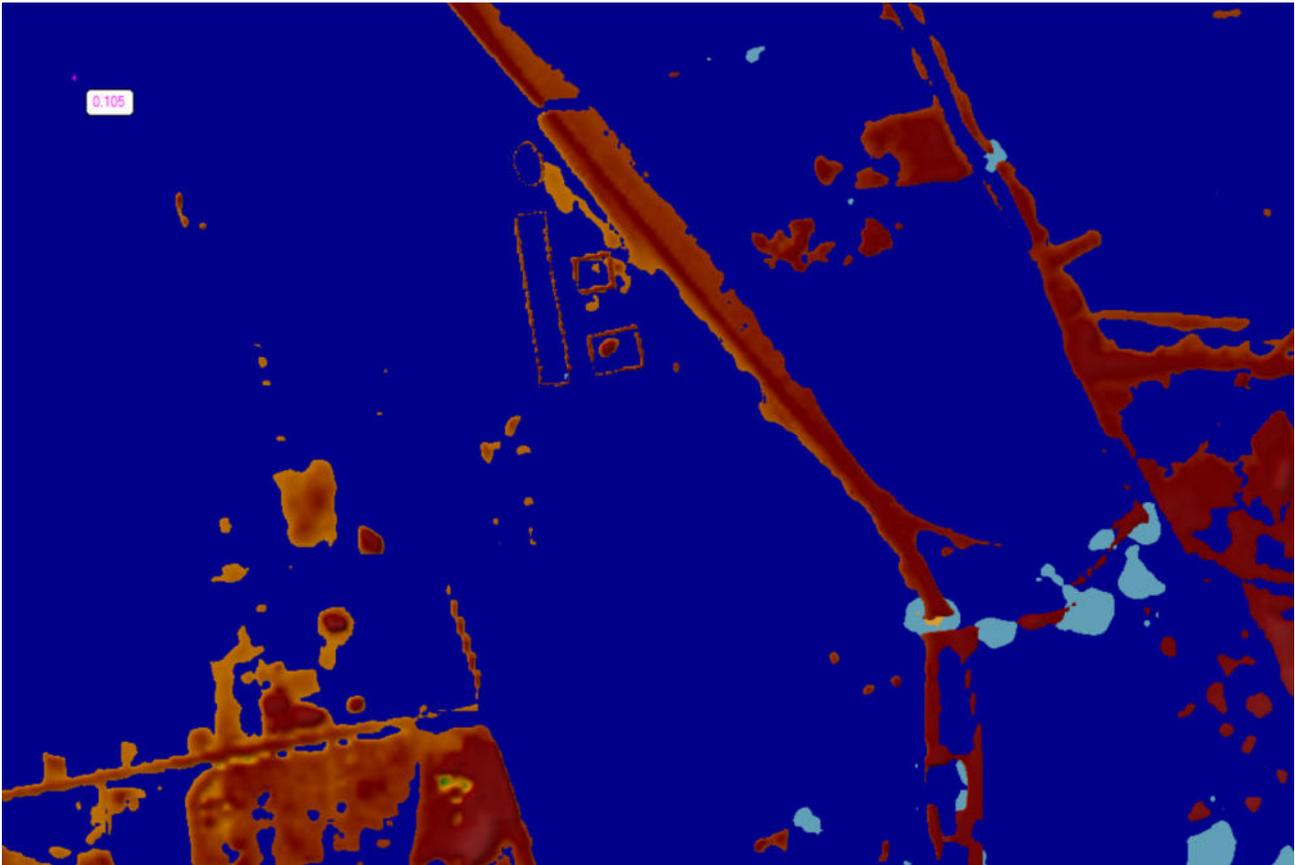


Fig.22 Velocita' progetto (tutte le velocita' sono minori di 0.5 m/s)

Bisogna evidenziare che l'attuale PGRA prevede una battente di circa 1m rispetto al piano campagna per la $Tr=200$ anni con una quota assoluta di sicurezza pari a +2.3 m.s.l.m.

Per quanto riguarda la messa in sicurezza dei parcheggi si rimanda alla singola realizzazione per stralci dove si abbia una variazione degli stessi rispetto agli attuali.

Bisogna anche ricordare che sono in corso nuovi studi idraulici che diminuiscono il battente sull'area in esame. Bisogna inoltre considerare che i battenti considerati sono relativi alla situazione senza panconcelli. L'inserimento dei panconcelli riduce moltissimo il rischio di esondazione nell'area di interesse.

CONCLUSIONI

E’ stato eseguito lo studio idraulico a supporto del progetto della realizzazione della nuova sede con annessi capannoni della area CEMES in Pisa.

E’ stato considerato l’attuale PGRA che risulta essere molto penalizzante per l’area stessa intervenendo mediante sopraelevazione delle nuove costruzioni secondo quanto disposto dall’art.8 comma c) della legge regionale 41.

Sono stati verificati anche i colatori minori ricadenti nel comparto stesso.

Quanto sopra a espletamento dell’incarico affidatomi.

Pisa, settembre 2020

Il redattore dello studio
Prof. Ing. Stefano Pagliara (*)

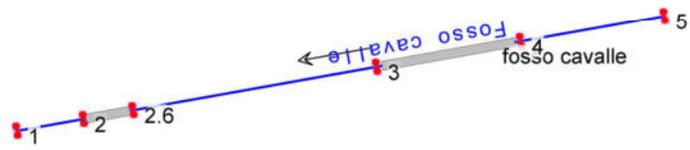


() Prof. Ordinario di di Protezione Idraulica del Territorio
ICAR02 Costruzioni idrauliche, marittime e idrologia
Presso la Facolta’ di Ingegneria dell’Universita’ degli Studi di Pisa*

Appendice 1

Fosso delle Cavalle

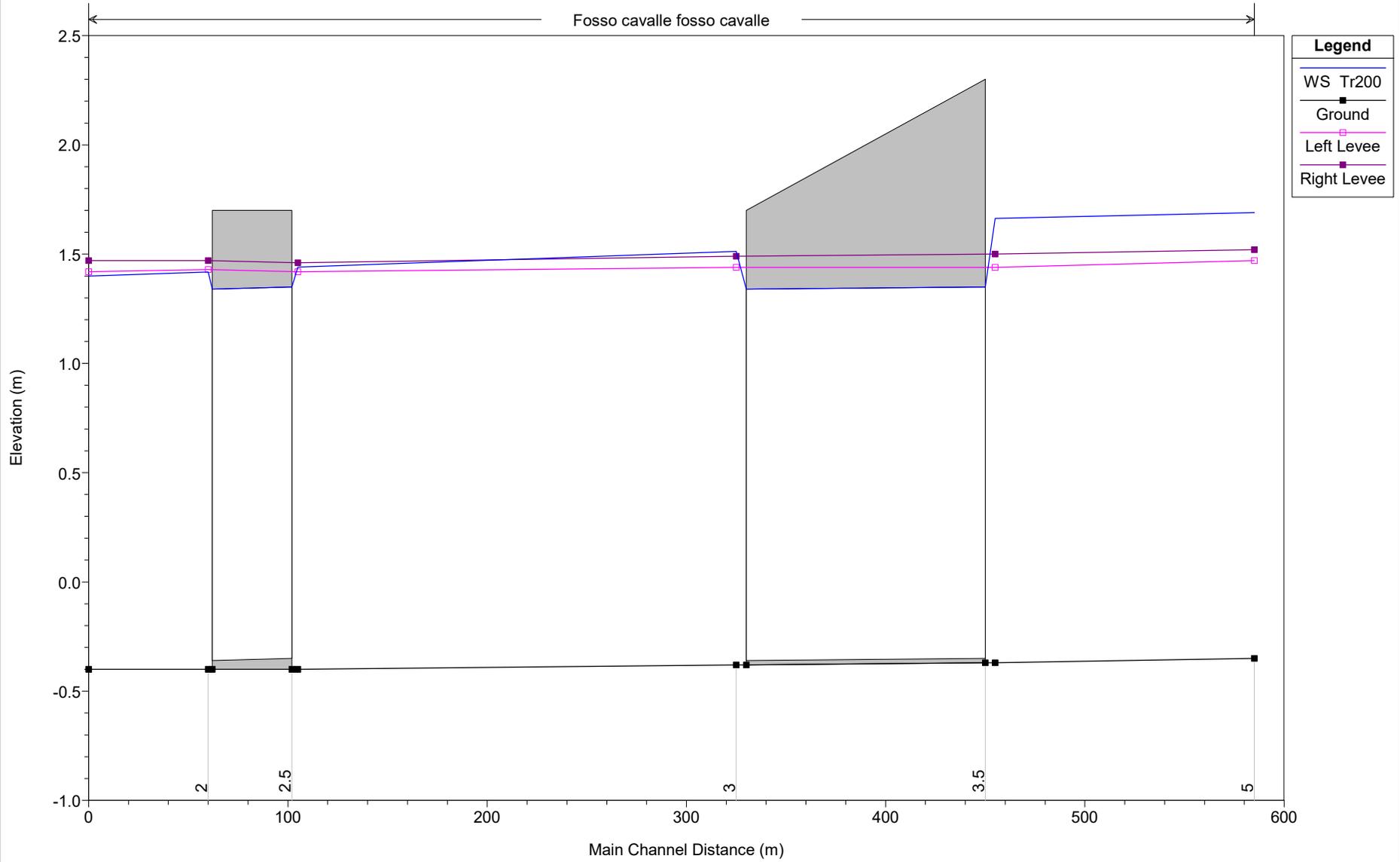
$Q_{\max \text{ tot}} = 3.06 \text{ mc/s}$

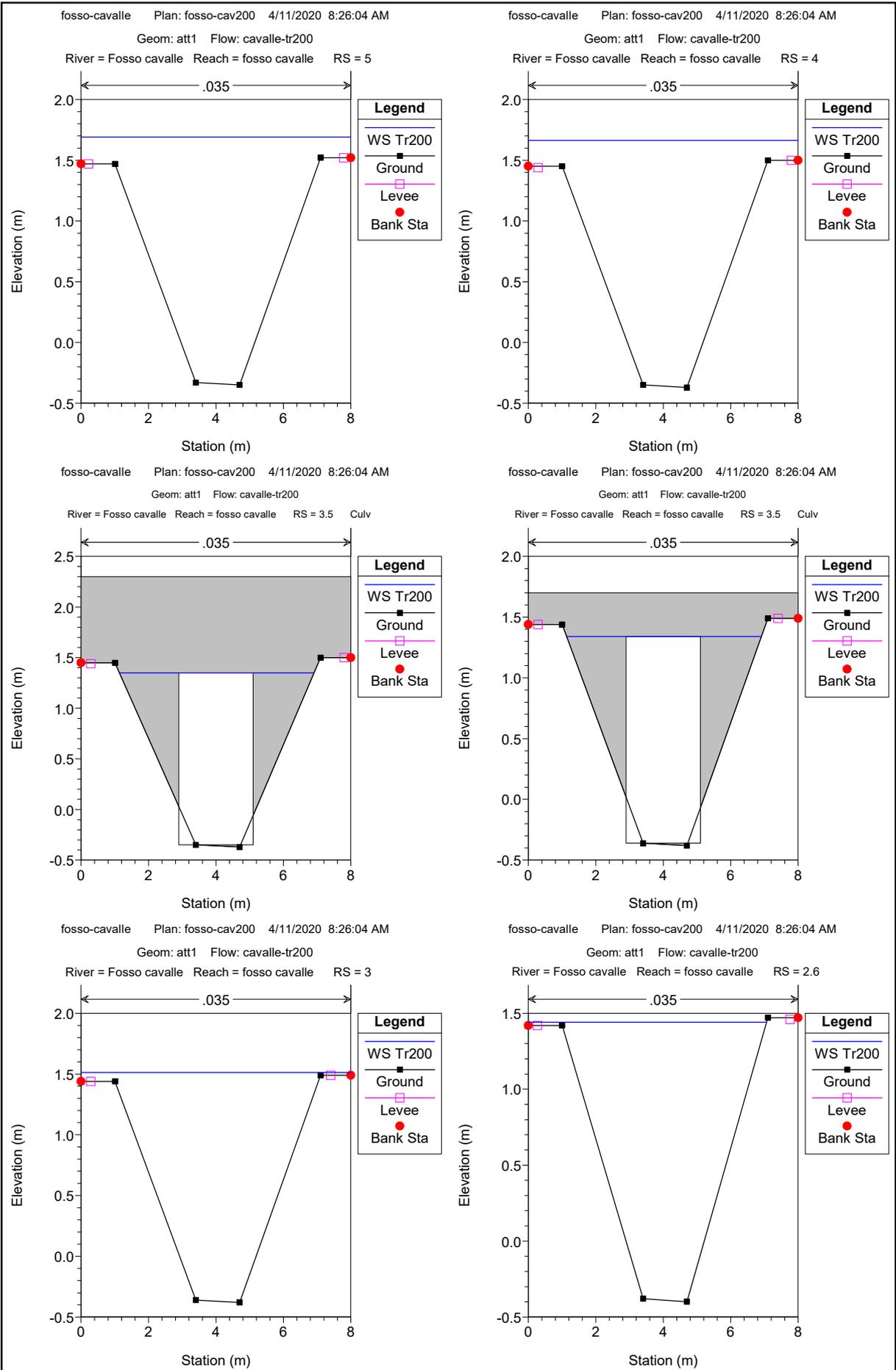


fosso-cavalle Plan: fosso-cav200 4/11/2020 8:26:04 AM

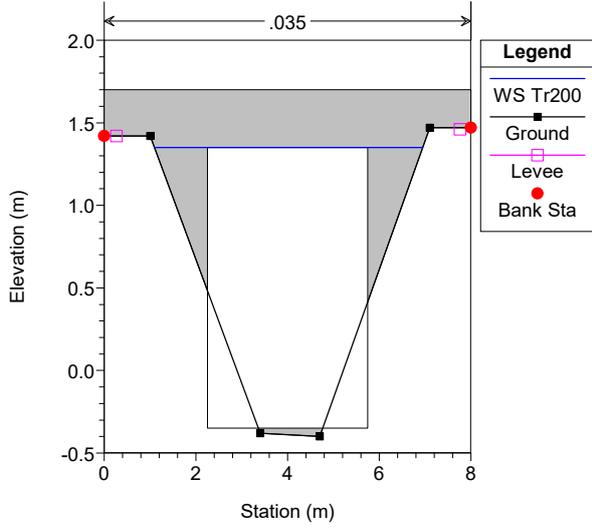
Geom: att1 Flow: cavalle-tr200

Fosso cavalle fosso cavalle

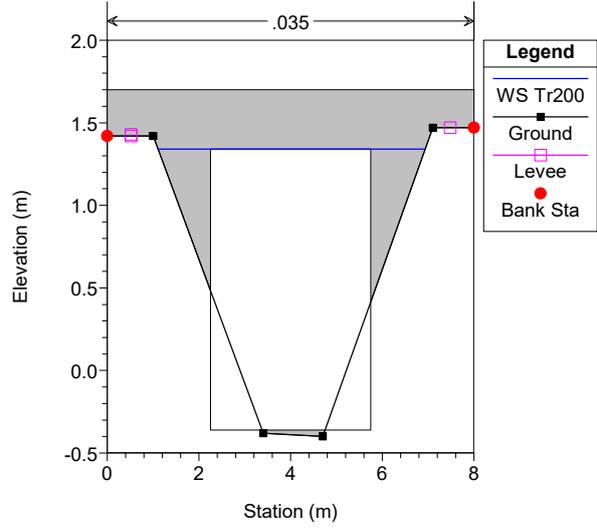




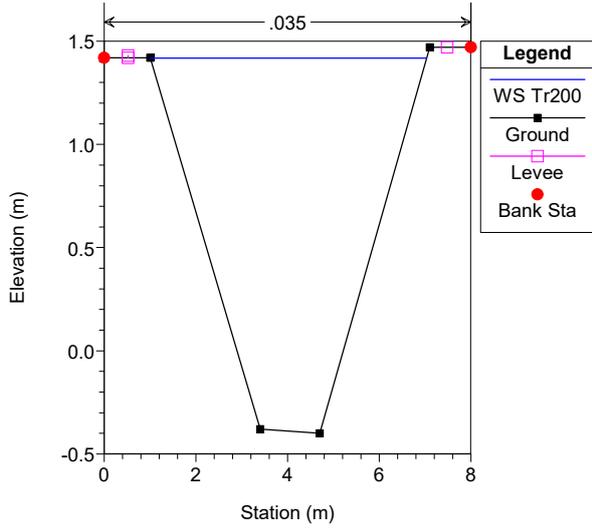
fosso-cavalle Plan: fosso-cav200 4/11/2020 8:26:04 AM
 Geom: att1 Flow: cavalle-tr200
 River = Fosso cavalle Reach = fosso cavalle RS = 2.5 Culv



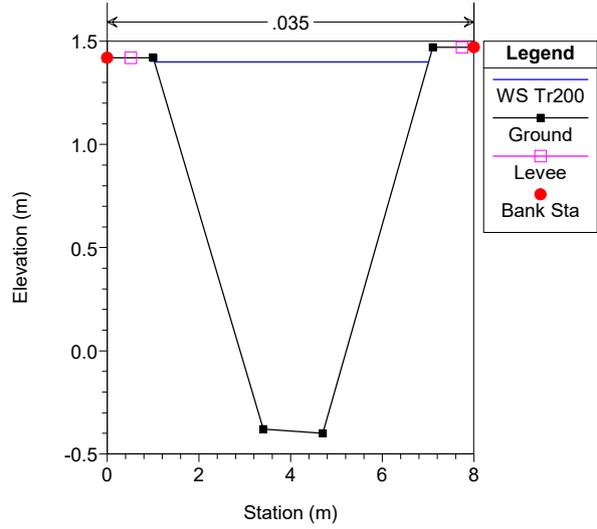
fosso-cavalle Plan: fosso-cav200 4/11/2020 8:26:04 AM
 Geom: att1 Flow: cavalle-tr200
 River = Fosso cavalle Reach = fosso cavalle RS = 2.5 Culv



fosso-cavalle Plan: fosso-cav200 4/11/2020 8:26:04 AM
 Geom: att1 Flow: cavalle-tr200
 River = Fosso cavalle Reach = fosso cavalle RS = 2



fosso-cavalle Plan: fosso-cav200 4/11/2020 8:26:04 AM
 Geom: att1 Flow: cavalle-tr200
 River = Fosso cavalle Reach = fosso cavalle RS = 1



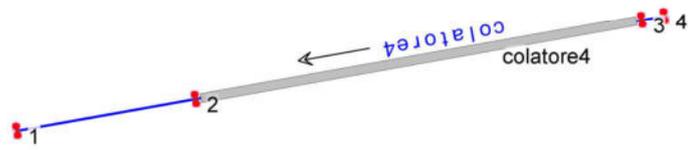
HEC-RAS Plan: fosso-cav200 River: Fosso cavalle Reach: fosso cavalle Profile: Tr200

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
fosso cavalle	5	Tr200	3.06	-0.35	1.69	0.32	1.70	0.000199	0.37	8.35	8.00	0.11
fosso cavalle	4	Tr200	3.06	-0.37	1.66	0.30	1.67	0.000202	0.37	8.30	8.00	0.12
fosso cavalle	3.5	Culvert										
fosso cavalle	3	Tr200	3.06	-0.38	1.51	0.29	1.52	0.000317	0.43	7.17	8.00	0.14
fosso cavalle	2.6	Tr200	3.06	-0.40	1.44	0.27	1.45	0.000327	0.45	6.78	7.06	0.15
fosso cavalle	2.5	Culvert										
fosso cavalle	2	Tr200	3.06	-0.40	1.42	0.27	1.43	0.000294	0.46	6.63	6.03	0.14
fosso cavalle	1	Tr200	3.06	-0.40	1.40	0.27	1.41	0.000308	0.47	6.52	5.98	0.14

Appendice 2

Colatore n.4

$Q_{maz\ tot} = 2.77\ mc/s$

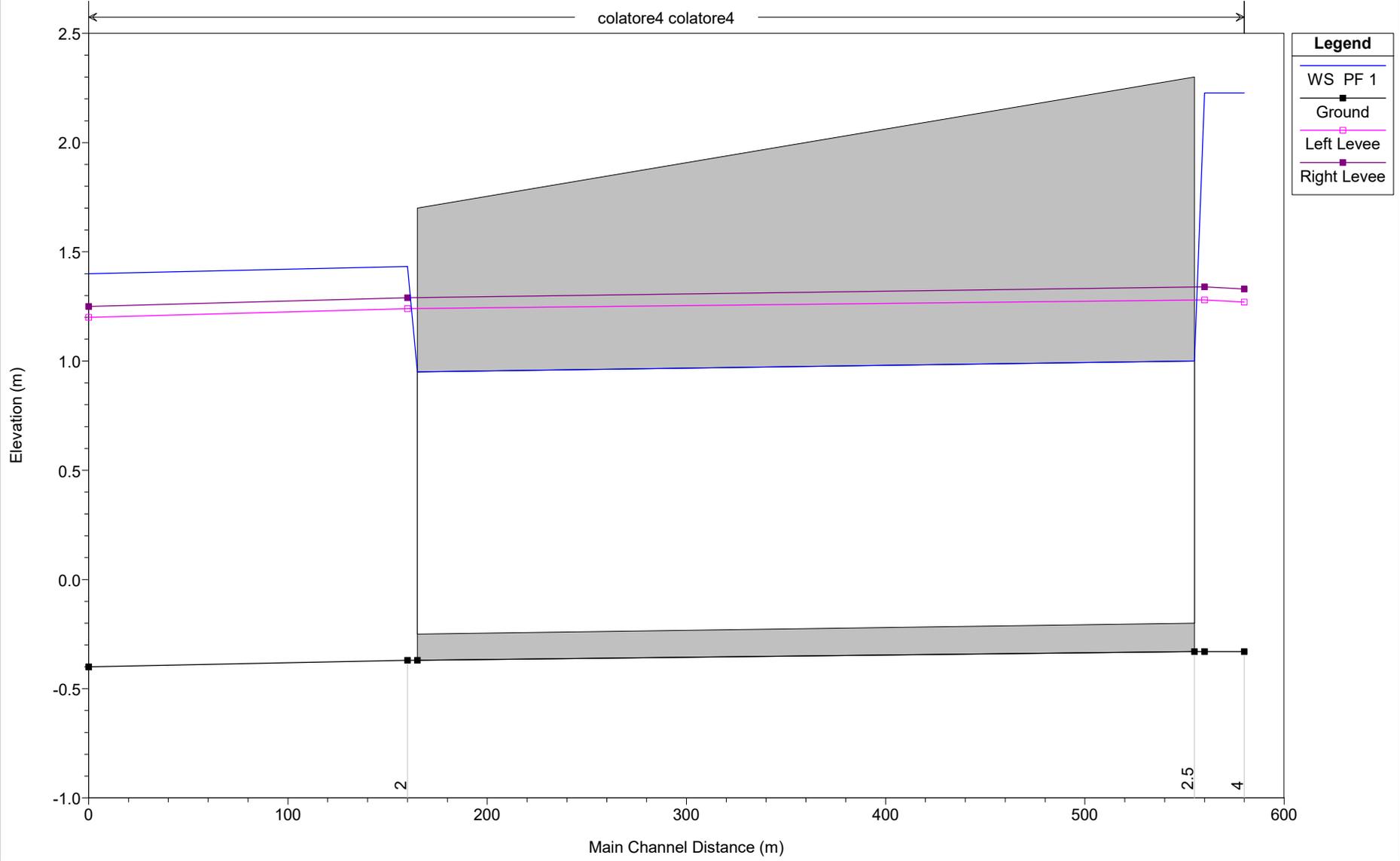


None of the XS's are Geo-Referenced (• Geo-Ref user entered XS • Geo-Ref interpolated XS • Non Geo-Ref user entered XS • Non Geo-Ref interpolated XS)

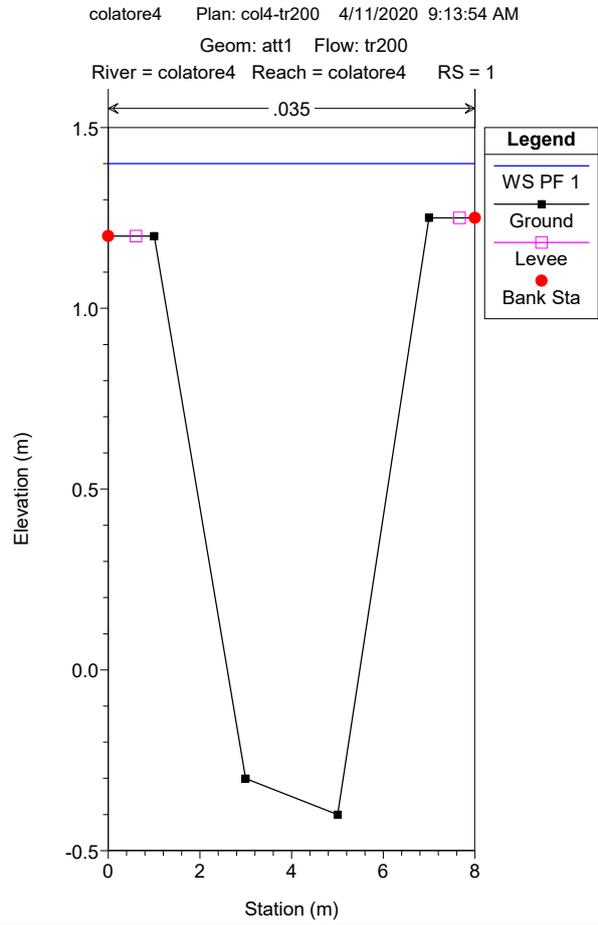
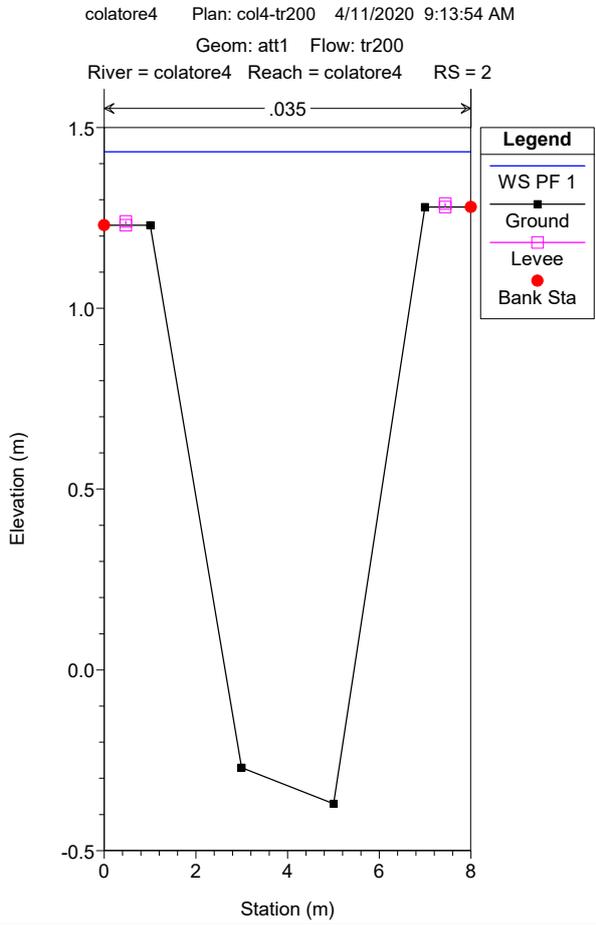
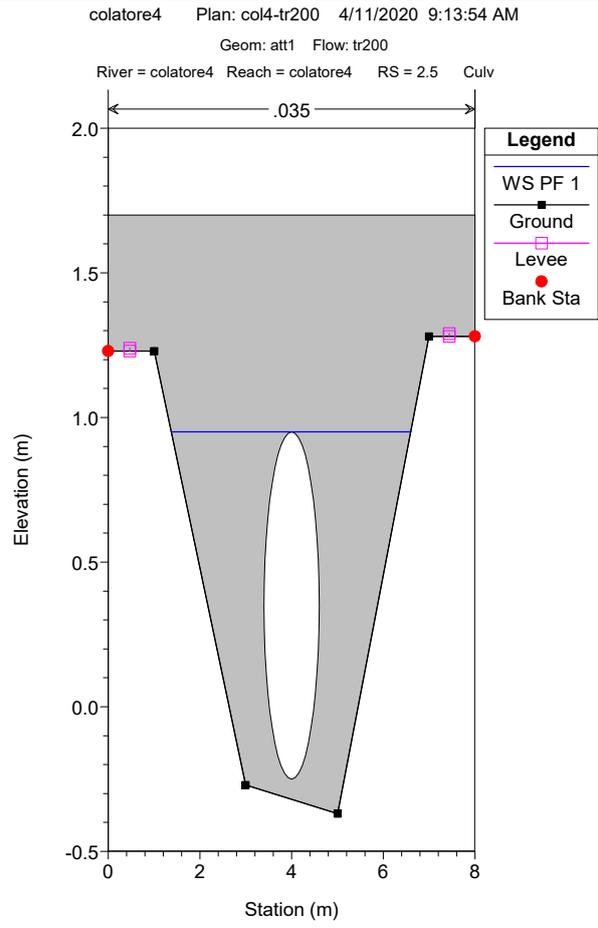
colatore4 Plan: col4-tr200 4/11/2020 9:13:54 AM

Geom: att1 Flow: tr200

colatore4 colatore4



No Data for Plot



HEC-RAS Plan: col4-tr200 River: colatore4 Reach: colatore4 Profile: PF 1

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
colatore4	4	PF 1	1.00	-0.33	2.23	0.00	2.23	0.000005	0.07	13.76	8.00	0.02
colatore4	3	PF 1	1.00	-0.33	2.23	-0.01	2.23	0.000005	0.07	13.76	8.00	0.02
colatore4	2.5	Culvert										
colatore4	2	PF 1	2.76	-0.37	1.43	0.20	1.44	0.000206	0.36	7.72	8.00	0.12
colatore4	1	PF 1	2.76	-0.40	1.40	0.16	1.41	0.000207	0.36	7.70	8.00	0.12