

COMUNE DI VICOPISANO
PROVINCIA DI PISA

Studio idrologico-idraulico di supporto ad un
“Piano di miglioramento agricolo ambientale”
Loc. I Pratini

RELAZIONE

COMMITTENTE:

Azienda Agricola
Maria Grazia Baroni
Vicopisano (PI)

DATA:

Luglio 2018



Dott. Ing. Silvia LUCIA
Via di Gello, 42/1 - 56038 PONSACCO (PI)
Tel. e fax 0587354374 Cell 3476315534
slingegneria@gmail.com



Il Tecnico
Dott. Ing. Silvia LUCIA

SOMMARIO

PREMESSA	1
1. INQUADRAMENTO GENERALE	1
2. UBICAZIONE DELLE SEZIONI DI VERIFICA	2
3. METODOLOGIA	3
4. BACINO IDROGRAFICO	4
5. IDROLOGIA	6
5. IDRAULICA.....	12
6. RISULTATI DELLA SIMULAZIONE IDRAULICA	13
7. CONCLUSIONI	13

PREMESSA

La presente relazione, redatta su incarico dell'Azienda Agricola Maria Grazia Baroni, descrive lo studio idrologico-idraulico su un'area in loc. I Pratini per la valutazione delle condizioni di rischio idraulico di supporto ad un Piano di Miglioramento Agricolo Ambientale nel Comune di Vicopisano.

Lo studio idrologico comprende l'intero bacino del Rio Piantoneta, del Rio Piastraia (o Rio Caselle) e il bacino alla sezione di chiusura sulla Strada Provinciale 38 di Buti del Fosso della Serezza.

La verifica idraulica ha interessato i tratti dei corsi d'acqua che risultano significativi a descrivere il rischio idraulico del sito oggetto di studio; è stata condotta per portate con tempo di ritorno di 30 anni e di 200 anni.

Alcuni dati sono stati confrontati o reperiti dallo *"Studio idrologico-idraulico di supporto all'adeguamento dell'impianto di depurazione di Vicopisano"* redatto da Ingegneria Toscane e Acque s.p.a. nel febbraio 2012, al fine di uniformare i risultati con quelli prodotti da questo studio validato dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno.

1. INQUADRAMENTO GENERALE

L'area oggetto di intervento è contornata da numerosi corsi d'acqua; si colloca in sinistra idraulica del Rio Piastraia (o Rio Caselle) e del Fosso della Serezza, ed in destra idraulica del Rio Piantoneta.

In prossimità dell'area sono presenti anche altri corsi d'acqua:

- Rio Grande: è il rio che raccoglie le acque provenienti dal monte Grande e sfocia nell'Emissario. È collegato idraulicamente anche con il Fosso della Serezza con una diramazione a Y;
- Fosso Campomaggiore: raccoglie le acque basse comprese dalla Strada Provinciale di Buti e il Fosso della Serezza, corre parallelo al Fosso della Serezza per poi sottopassare lo stesso prima della confluenza del Fosso Piastraia e sfocia direttamente nell'Emissario;
- Rio ai Pratini è compreso nel bacino del Rio Piastraia (o Rio Caselle).

2. UBICAZIONE DELLE SEZIONI DI VERIFICA

Per la definizione geometrica dei tratti di corso d'acqua è stato redatto un rilievo fluviale lungo le aste del Rio Piantoneta, del Rio Caselle e del Fosso Serezza.

Le verifiche idrauliche sono state condotte in corrispondenza delle sezioni rilevate sull'asta del corso d'acqua, individuate secondo i seguenti criteri:

- forme e andamenti piano-altimetrici particolari dell'alveo (curve e/o bruschi cambi di direzione, salti di fondo, strettoie ecc.);
- presenza di manufatti in grado di opporre resistenza al moto della corrente, causando rigurgiti e alterazioni significative del deflusso (ponti, tombinature ecc.).

Sono state individuate n. 8 sezioni da sottoporre a verifica idraulica.

- Sezione N° 1 – sul Rio Caselle a valle della Strada Provinciale 38 di Buti
- Sezione N° 2 – sul Rio Caselle in corrispondenza della sezione di esondazione della piena con Tr200
- Sezione N° 3 – sul Rio Caselle in corrispondenza della sezione di esondazione della piena con Tr30
- Sezione N° 4 – sul Rio Piantoneta allo sbocco del tratto tombato
- Sezione N° 5 – sul Rio Piantoneta a valle dell'area di progetto
- Sezione N° 6 – sul Fosso Serezza a valle della confluenza del Rio Caselle
- Sezione N° 7 – sul Fosso Serezza a monte del ponte sulla Strada Provinciale 38 di Buti
- Sezione N° 8 – sul Fosso Serezza a valle del ponte sulla Strada Provinciale 38 di Buti

Per rendere facilmente leggibili i risultati della verifica, viene stilata la tabella con la corrispondenza tra la denominazione data alle sezioni e la codifica utilizzata nel programma HEC-RAS. L'individuazione grafica delle sezioni è riportata nella planimetria in Appendice 1.

RIO CASELLE		RIO PIANTONETA		FOSSO SEREZZA	
Sezione	Codice Hec-Ras	Sezione	Codice Hec-Ras	Sezione	Codice Hec-Ras
1	30	3	550	6	600
2	10	4	452.941	7	500
		5	452.529	8	480

3. METODOLOGIA

La base di conoscenza su cui si è sviluppato lo studio prende atto della cartografia esistente, integrata da ulteriori informazioni ricavate dal rilievo delle aste fluviali e dagli studi idraulici già condotti sul territorio e validati dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno.

In particolare, sono state condotte le seguenti attività:

- acquisizione della cartografia di base in scala 1:10.000 per la definizione del bacino idrologico;
- esecuzione di una campagna di indagini topografiche con rilievo delle sezioni trasversali (prese sia ortogonalmente all'alveo di piena sia parallelamente alle opere d'arte), delle sommità spondali e/o arginali, dei manufatti in alveo e di attraversamento o sottopasso;
- sopralluoghi sulle aste fluviali per individuare i punti critici per l'esondazione, censire eventuali manufatti non presenti sulla cartografia di base non aggiornata, caratterizzazione dei coefficienti di resistenza al moto (documentando il grado di vegetazione dell'alveo e definendo il tipo di rivestimento eventualmente presente);
- esecuzione di una documentazione fotografica per evidenziare particolarità e punti di crisi.

La procedura adottata per la verifica idraulica nell'area di progetto, condotta con le tecniche dell'idrologia statistica, definisce la portata al colmo della piena di assegnato tempo di ritorno nelle sezioni di interesse del corso d'acqua e calcola le corrispondenti quote di pelo libero della corrente a moto permanente.

Lo studio idrologico prevede che sia individuata la portata di massima piena con determinate probabilità di superamento, rispetto agli eventi con tempo di ritorno di 30 anni e 200 anni.

In mancanza di osservazioni idrometriche, le portate sono state stimate a partire dalle precipitazioni con la formula razionale, considerando una pioggia di durata pari al tempo di corrievole e stimando il valore del coefficiente di afflusso con il metodo CN (Moisello, 1998).

I dati pluviometrici sono stati rilevati dalla pubblicazione "Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica – Analisi delle precipitazioni intense delle stazioni del compartimento dell'Ufficio Idrografico e Mareografico di Pisa" edito dall'Ufficio Idrografico e Mareografico di Pisa.

Una volta calcolate le portate di piena, sono stati costruiti i profili per mezzo del codice di calcolo HEC-RAS versione 4.1.0, metodo di verifica a moto permanente in grado di valutare che la massima portata di progetto defluisca in alveo con un opportuno franco. I valori del coefficienti di Manning dalle sponde, sono stati dedotti:

- sulla base di sopralluoghi;
- in funzione dei materiali d'alveo e delle sponde.

La scelta delle sezioni su cui effettuare la verifica è stata dettata dalla necessità di valutare con un buon grado di dettaglio il rischio di esondazione nel perimetro della zona oggetto di intervento.

Lo studio idrologico è stato condotto a livello di bacino, mentre le verifiche idrauliche hanno interessato la parte dell'asta fluviale per cui un'eventuale esondazione avrebbe interessato il sito oggetto di indagine.

Tutte le verifiche sono state effettuate nell'ipotesi di "fluido ideale", in assenza cioè di trasporto solido al fondo e/o di materiale galleggiante trascinato dalla corrente.

4. BACINO IDROGRAFICO

Delimitazione del bacino idrografico

La determinazione del bacino idrografico è stata condotta prendendo come base topografica la cartografia in scala 1:10.000 (C.T.R. della Regione Toscana) presente sul Geoscopio della Regione Toscana. Il bacino è stato determinato individuando, sulla superficie terrestre, lo spartiacque superficiale, senza tenere conto che particolari formazioni geologiche potrebbero provocare, in profondità, il passaggio di volumi idrici da un bacino all'altro.

La linea di spartiacque è stata individuata sulla base della morfologia desunta dall'andamento delle curve di livello (linee di cresta). Nelle zone pianeggianti e sub pianeggianti è stata effettuata una estrapolazione della linea di demarcazione sulla base delle quote riportate nella cartografia (vedi Appendice n° 2).

Parametri fisici e morfologici del bacino.

Per ciascun nodo di chiusura individuato sulle aste principali e secondarie dell'intero bacino, secondo i criteri suddetti, sono stati determinati i seguenti parametri:

- area sottesa A [km²], misurata dal limite dello spartiacque sino alla sezione di chiusura;
- lunghezza dell'asta principale L [km], che drena il bacino analizzato, sino alla sezione di chiusura;
- quota massima del bacino H_{max} [m s.l.m.], intesa come il dislivello rispetto al livello del mare del punto più elevato del bacino, solitamente una cima montuosa;
- quota della sezione di chiusura H_o [m s.l.m.], che può essere la quota della sezione di sbocco del corso d'acqua nell'asta principale, nel caso di un affluente ovvero la sezione di controllo di un sottobacino secondario.

4.1 Bacino del Rio Piastraia (o Rio Caselle)

Il bacino del Rio Piastraia scorre a sud dell'area di progetto e comprende anche il bacino del Rio ai Pratini. Alla sezione di chiusura i parametri del bacino risutano:

S= superficie bacino (1,121 Km²)

L= lunghezza asta principale (2,285 Km)

H_s = altezza della sezione di sorgente (363,39 m s.l.m.)

H_o = quota della sezione di chiusura del bacino (7,71 m s.l.m)

4.2 Bacino del Rio Piantoneta

Il bacino del Rio Piantoneta scorre a sud dell'area di progetto. Alla sezione di chiusura i parametri del bacino risutano:

S= superficie bacino (0,582 Km²)

L= lunghezza asta principale (1,075 Km)

H_s = altezza della sezione di sorgente (186,09 m s.l.m.)

H_o = quota della sezione di chiusura del bacino (8,38 m s.l.m)

4.3 Bacino del Fosso Serezza

Il Fosso Serezza riceve gli apporti di alcuni corsi d'acqua del Comune di Vicopisano.

- Rio Grande: è il rio che raccoglie le acque provenienti dal monte Grande e sfocia nell'Emissario. E' collegato idraulicamente anche con il Fosso della Serezza con una diramazione a Y.

- Fosso Campomaggiore: raccoglie le acque basse comprese dalla Strada Provinciale di Buti e il Fosso della Serezza, corre parallelo al Fosso della Serezza per poi sottopassare lo stesso prima della confluenza del Fosso Piastraia e sfocia direttamente nell'Emissario.

Il Fosso della Serezza è stato oggetto di studio per l'ampliamento del depuratore. Ai fini del presente studio, sono stati estrapolati i dati necessari alla verifica idraulica.

La verifica idraulica del Fosso Serezza viene condotta dalla sezione a monte dell'immissione del Rio Piastraia (o Rio Caselle) fino alla sezione a valle del contributo del Rio Piantoneta, in prossimità del ponte sulla Strada Provinciale 38 di Buti.

5. IDROLOGIA

Pluviometria

La scelta della stazione pluviometrica, su cui effettuare i calcoli idrologici, è stata condotta nell'ottica di individuare la stazione pertinente al bacino tributario che risulti comunque significativa per il bacino stesso. La stazione pluviometrica di San Giovanni alla Vena fornisce i dati più cautelativi ai fini del calcolo della portata duecentennale.

I dati aggiornati delle Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica (Aggiornamento 2012), desunti dal sito della Regione Toscana, forniscono i seguenti valori:

$$h = 60,268 t^{0,26646} \text{ per } Tr=30 \text{ anni}$$

$$h = 83,866 t^{0,29214} \text{ per } Tr=200 \text{ anni}$$

Nella relazione precedente t risulta espresso in ore ed h in millimetri di pioggia.

Idrologia di piena.

Le elaborazioni pluviometriche hanno costituito la base per il calcolo delle massime portate temibili, alle quali si è giunti tramite una modellazione afflussi – deflussi operata secondo la metodologia ritenuta più appropriata e meglio applicabile allo studio del bacino considerato.

Nel caso specifico e' stato adottato, per simulare le perdite di bacino, il metodo SCS-CURVE NUMBER che è basato sulle curve di precipitazione e perdita cumulata 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.

Metodologia di depurazione delle piogge (metodo CN-SCS).

Le perdite di bacino sono state simulate attraverso l'uso del metodo SCS-CURVE NUMBER, basato sulle curve di precipitazione e perdita cumulata, che 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) ed in cui il Curve Number è un parametro adimensionale decrescente in funzione della permeabilità intesa come caratteristica globale del tipo e dell'uso del suolo.

La sua determinazione del parametro CN è ottenuta in base al grado di umidità del terreno prima dell'evento meteorico esaminato, alla tipologia pedologica e litologica dei suoli ed all'uso del suolo. Il suo valore è compreso tra 0 e 100 ed è diffusamente tabulato specialmente nella letteratura scientifica americana come frutto dell'analisi di molti esempi applicativi.

Nell'applicazione del metodo sono previste tre classi, rispettivamente la I, la II, e la III del grado di umidità del terreno, in funzione dell'altezza di pioggia caduta nei 5 giorni precedenti l'evento esaminato (Antecedent Moisture Condition).

Poiché lo studio è rivolto al calcolo delle portate di piena di carattere eccezionale, e considerato che in occasione di queste ultime molto spesso il terreno del bacino in questione si presenta in condizioni di elevato imbibimento, si è preferito adottare il valore di CN corrispondente alla classe AMC-tipo III, legato a quella normale dalla relazione: $CN_{III} = CN_{II} / (0,43 + 0,0057 \cdot CN_{II})$

La classificazione dei tipi di suolo è funzione delle caratteristiche di permeabilità secondo la suddivisione proposta dal Soil Conservation Service che prevede quattro classi caratterizzate rispettivamente da potenzialità di deflusso scarsa (A), moderatamente bassa (B), moderatamente alta (C) e molto alta (D).

La suddivisione in base al tipo di copertura o uso del suolo comprende invece diverse situazioni di aree caratterizzate da differenti morfologie (pascoli, terrazzamenti, etc.) varie coperture vegetali (boschi, praterie, parchi), condizioni di conservazione e destinazione d'uso (coltivazioni, parcheggi, distretti industriali o altro).

La classificazione dei suoli secondo la natura del terreno da un punto di vista idrogeologico è riportata nella seguente tabella 1; 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 2.

I valori riportati nella tabella 2 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 1 - 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 colloidì, 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 2 - Parametri CN relativi a AMC II per le quattro classi litologiche e per vari 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 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% con copertura erbosa	39	61	74	80
Condizioni normali con copertura erbosa 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 65%	77	85	90	92
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 3 - 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 4 – Tabella di conversione del CN

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

L'individuazione della classe AMC viene effettuata con i valori riportati in tabella 3, mentre la tabella 4 rappresenta la tabella di conversione dal valore del CN valido per AMC II (valore determinato attraverso la tabella 1) ai valori corrispondenti per AMC I o AMC III.

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

$$Pn = (Pg - Ia) / (Pg - Ia + S)$$

dove :

Pn= pioggia netta in mm

Pg= pioggia grezza in mm

Ia= 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 Ia 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 Ia e la capacità di ritenzione potenziale S tramite la seguente espressione: $Ia = \beta S$

dove β è un coefficiente adimensionale che varia fra 0.1 e 0.2 .

Nel caso in esame, ogni sottobacino scolante è stato analizzato suddividendo l'intera superficie, in base al tipo e all'uso del suolo, in zone omogenee caratterizzate dal medesimo valore del parametro stesso: si sono così ottenute varie sub-aree isoparametriche la cui somma fornisce la superficie complessiva del sottobacino. Per ogni sottobacino è stato ricavato poi un valore medio del parametro CN, ottenuto come "media pesata" dei valori singolari imposti sulle i-esime sub-aree.

Tempo di corriavazione

Il tempo di corriavazione t_c di un bacino è definito genericamente come il tempo che impiega una singola particella d'acqua a giungere alla sezione di controllo del bacino considerato dal punto più lontano del bacino stesso.

La scelta della formula con la quale calcolare il t_c di un bacino viene condotta in base alle caratteristiche del bacino.

Calcolo delle portate di piena

Per la determinazione delle portate di piena in corrispondenza della sezione di chiusura si è utilizzato la formula più adatta a descrivere il comportamento del bacino. Il metodo più conosciuto e generalmente adottato per il calcolo delle portate di piena è quello definito Metodo Razionale, secondo il quale la portata di piena di un corso d'acqua, nella sezione considerata, è funzione della pioggia netta avente tempo di ritorno prefissato, dell'estensione del bacino e del tempo di corriavazione.

La formulazione più conosciuta è la seguente:

$$Q = k c A h / T_c \text{ (mc/sec)}$$

dove k è un fattore di uniformità delle unità di misure adottate

c è il coefficiente di deflusso

A è l'estensione del bacino in km^2

T_c è il tempo di corriavazione in ore

5.1 Rio Piastraia (o Rio Caselle)

Il bacino del Rio Piastraia ha le caratteristiche di un piccolo bacino collinare. Per questo tipo di bacino viene utilizzata la Formula di Viparelli, nella quale $T_c = L/3,6$ $V = 0,63$ (ore). Le caratteristiche del bacino conducono all'adozione del coefficiente di deflusso pari 0,43.

Applicando la formula Razionale si ottiene:

$$Q_{30} = 11,20 \text{ mc/sec} \quad Q_{200} = 15,30 \text{ mc/sec}$$

I valori ottenuti sono stati confrontati con quelli dello "Studio Idrologico –Idraulico per l'ampliamento del depuratore" (vedi Appendice n° 3), validato dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno; la portata massima risultante dagli idrogrammi coincide, per tutti e due i tempi di ritorno, con quella calcolata con la Formula Razionale, a dimostrazione che il tempo di corriavazione calcolato con la Formula di Viparelli e la portata calcolata con la Formula Razionale conducono a valori assolutamente attendibili.

5.2 Rio Piantoneta

Il bacino del Rio Piantoneta ha le caratteristiche di un piccolo bacino collinare. Per questo tipo di bacino viene utilizzata la Formula di Viparelli, nella quale $T_c = L/3,6$ $V = 0,3$ (ore). Le caratteristiche del bacino conducono all'adozione del coefficiente di deflusso pari 0,3.

Applicando la Formula Razionale si ottiene:

$$Q_{30} = 7,10 \text{ mc/sec} \quad Q_{200} = 9,58 \text{ mc/sec}$$

Anche in questo caso i valori ottenuti sono stati confrontati con quelli dello "Studio Idrologico–idraulico per l'ampliamento del depuratore" (vedi Appendice n°4), validato dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno; la portata massima calcolata con la Formula Razionale coincide, per tutti e due i tempi di ritorno, con quella desunta dagli idrogrammi per la durata critica.

Dai rilievi condotti sul corso d'acqua è emerso che il tratto a valle dell'attraversamento della Strada Provinciale 38 di Buti è costituito da una tubazione in cls del diametro di 800mm; tale tubazione rappresenta una bocca tarata per il transito delle portate di progetto. La massima portata transitabile è pari a 0,80 mc/sec ed è stata utilizzata per la verifica idraulica.

5.3 Fosso Serezza

Il Fosso Serezza è stato oggetto di specifica verifica idraulica riportata nello "Studio idrologico–idraulico per l'ampliamento del depuratore". La verifica ha interessato il tratto di corso d'acqua dall'origine alla sezione di chiusura alla confluenza del Canale Emissario.

Le portate trentennale e duecentennale del corso d'acqua sono state ricavate dalle tabelle di HEC-RAS della verifica (vedi Appendice n° 5); nel tratto oggetto del presente studio si ricavano i seguenti dati:

$$Q_{30} = 31,08 \text{ mc/sec}$$

$$Q_{200} = 34,12 \text{ mc/sec}$$

5. IDRAULICA

Calcolo dei profili di rigurgito

Per ogni portata calcolata viene eseguito il tracciamento del profilo della superficie libera del corso d'acqua attraverso l'uso del modello di calcolo automatico HEC-RAS River Analysis System, versione 4.1.0, messo a punto dall'Hydrologic Engineering Center dell'U.S. Army Corps of Engineers.

Il modello effettua simulazioni di tipo monodimensionale del fenomeno di propagazione dell'onda di piena su corsi d'acqua, una volta fornite tutte le informazioni necessarie circa la geometria di un numero sufficiente di sezioni trasversali. Il programma consente, inoltre, di inserire sezioni trasversali fittizie, interpolando quelle rilevate.

La procedura di calcolo si basa sulla soluzione dell'equazione del moto permanente gradualmente variato, con un metodo alle differenze finite; si considera, quindi, il moto di una corrente a pelo libero, con variazioni graduali di sezione, ed eventualmente di direzione, in cui, in ogni sezione, la pressione può essere distribuita idrostaticamente; il calcolo condotto con tale software consente anche la valutazione degli effetti sulla corrente dovuti all'interazione con ponti, tombinature, briglie, stramazzi, aree golenali, ecc.

In particolare, vista la natura e le caratteristiche dei corsi d'acqua in studio, si sono considerati come parametri preminenti il materiale del fondo alveo e delle sponde, l'irregolarità del fondo alveo e le variazioni della forma e delle dimensioni delle sezioni.

Ai fini del calcolo, nelle verifiche è stato assunto il valore del coefficiente n corrispondente alla situazione di alveo rilevata: naturale con presenza di ciottoli e ghiaia, sezioni di forma sostanzialmente regolare, scarsa o rilevante presenza di vegetazione. I valori da utilizzare come coefficiente di scabrezza nella formula di Manning si uniformano alla classificazione suggerita da Ven Te Chow "Open Channel Hydraulics".

Il modello idraulico adottato consente di suddividere la sezione in più zone in cui assegnare un valore diverso del parametro n di scabrezza; in particolare è possibile individuare tre zone principali: quella centrale dell'alveo inciso (denominata main channel) e due zone laterali golenali (denominate right and left overbanks).

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

La procedura di calcolo utilizzata consente di simulare il deflusso a pelo libero al di sotto dell'impalcato, il deflusso in pressione al di sotto dell'impalcato e la combinazione del deflusso in pressione e del deflusso con scavalcamento dell'impalcato stesso (funzionamento a stramazzo).

Nel tratto studiato sono state individuate una serie di sezioni trasversali in funzione del numero di manufatti d'attraversamento (ponti e coperture) e delle caratteristiche geometriche e morfologiche dell'alveo (larghezza, pendenza, depositi al fondo, vegetazione, ecc.).

I risultati della verifica sono riassunti in forma numerica e grafica nei seguenti elaborati:

- *sezioni trasversali* - dove è riportata la traccia dell'alveo e delle sponde (arginate o naturali). In presenza di manufatti trasversali si è tracciata la sezione immediatamente a monte dell'opera, in modo da poter distinguere eventuali restringimenti bruschi;
- *tabella numerica* - sono indicate le principali grandezze geometriche (numero della sezione, quote di fondo, quote arginali), grandezze idrauliche (velocità della corrente, carico totale, livello idrico, numero di Froude ecc.)

6. RISULTATI DELLA SIMULAZIONE IDRAULICA

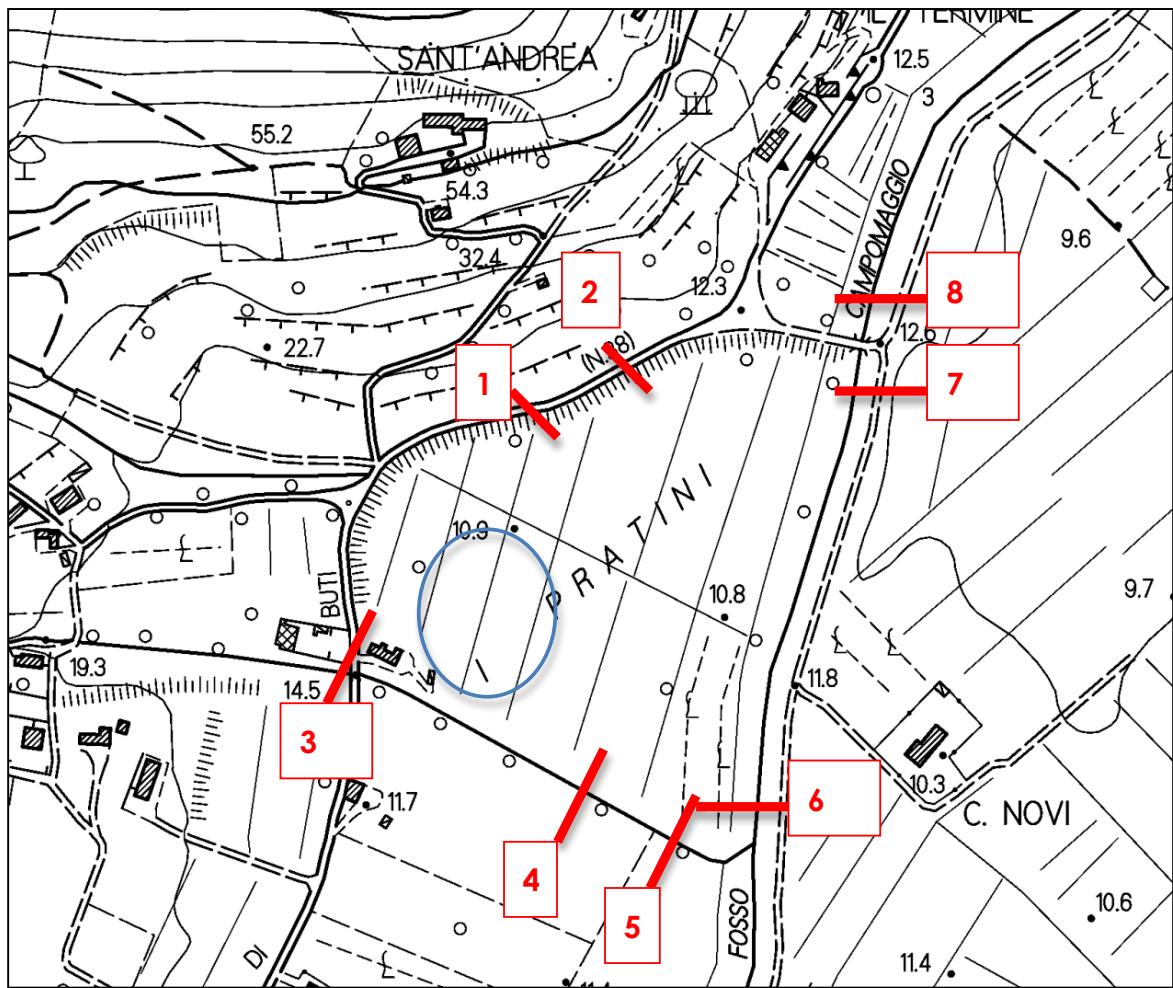
Rio Piantoneta - La piena trentennale e la piena duecentennale sono contenute in alveo in tutto il tratto oggetto di verifica. Come condizione al contorno di valle è stata utilizzata la pendenza di moto uniforme ($i= 0,0053$)

Rio Piastraia (Rio Caselle) - La piena trentennale non è contenuta in alveo a partire dalla sezione n° 5. La piena duecentennale non è contenuta in alveo a partire dalla sezione n° 4. Come condizione al contorno di valle è stata utilizzata la pendenza di moto uniforme ($i= 0,0077$). Le esondazioni non interessano l'area di progetto (vedi Appendice n° 6).

Fosso Serezza - La piena trentennale e la piena duecentennale sono contenute in alveo in tutto il tratto oggetto di verifica. Come condizione al contorno di valle è stata utilizzata la pendenza di moto uniforme ($i= 0,0006$)

7. CONCLUSIONI

Dal complesso delle valutazioni tecniche effettuate, risulta che la zona oggetto di indagine risulta in sicurezza idraulica rispetto al pericolo di esondazione, con tempo di ritorno di 30 anni e di 200 anni, di tutti i corsi d'acqua esaminati.

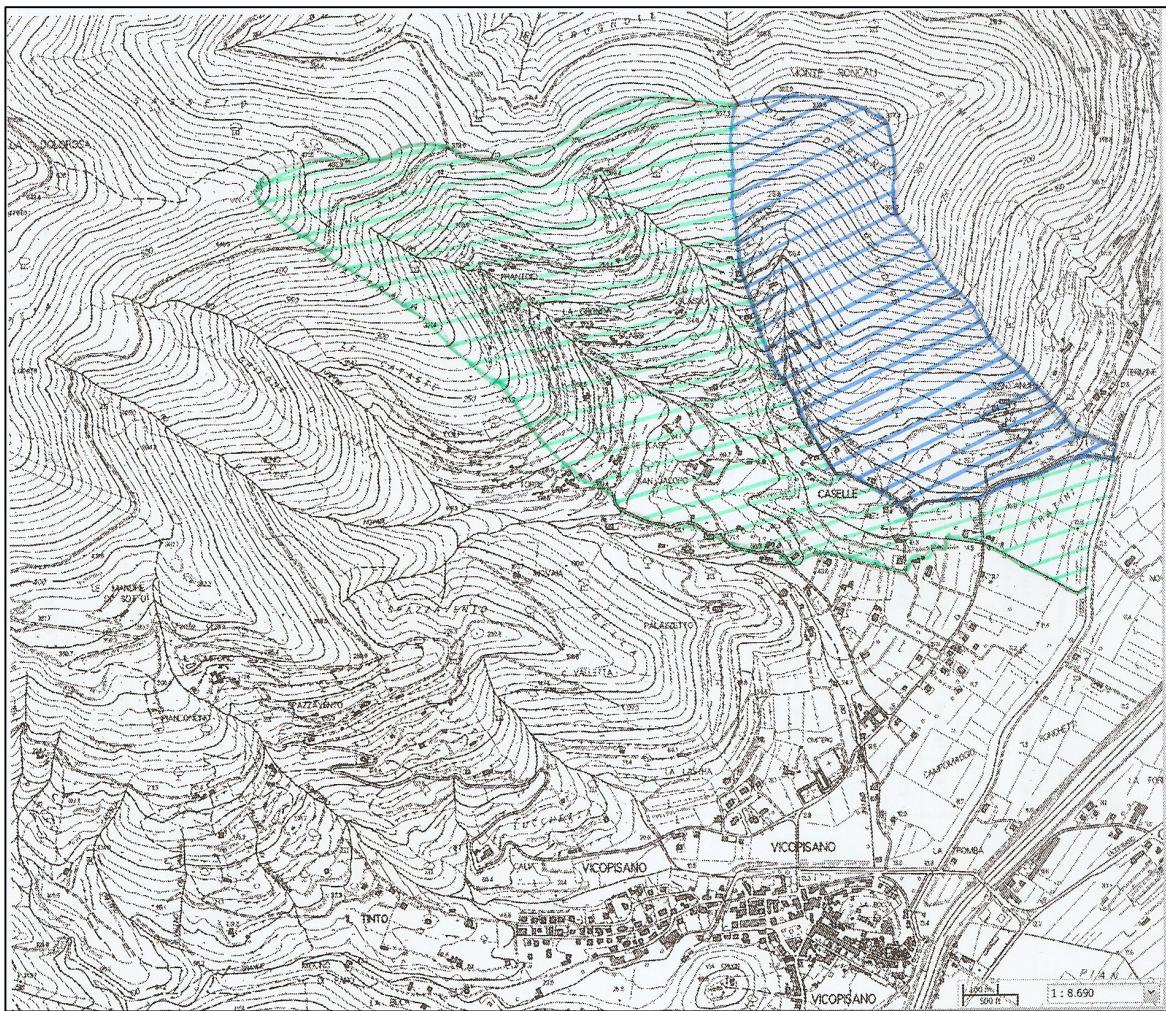


Planimetria con indicazione dei corsi d'acqua limitrofi all'area di progetto

— Ubicazione delle sezioni di verifica



Area di studio

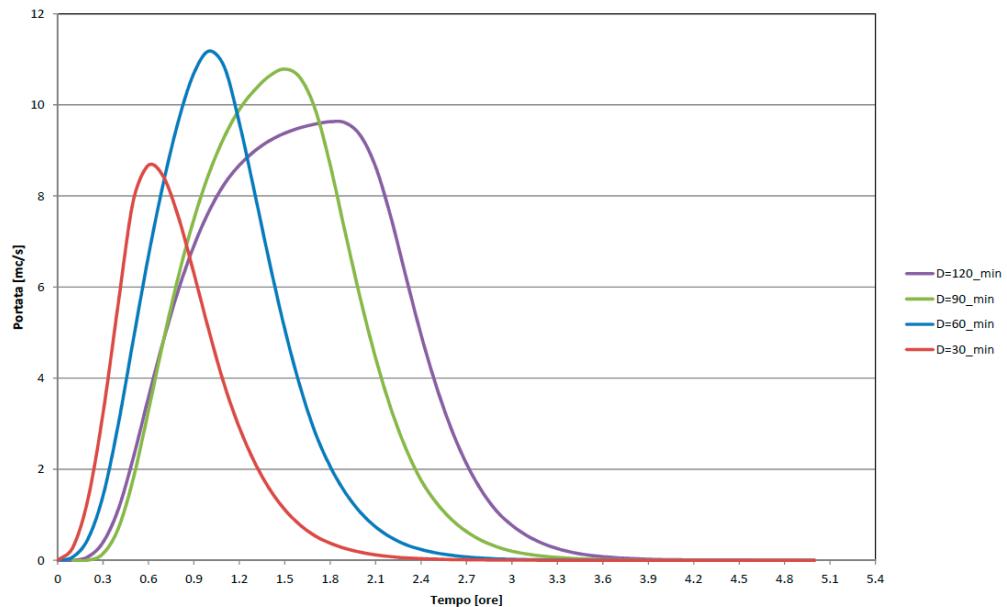


Bacino del Rio Piantoneta

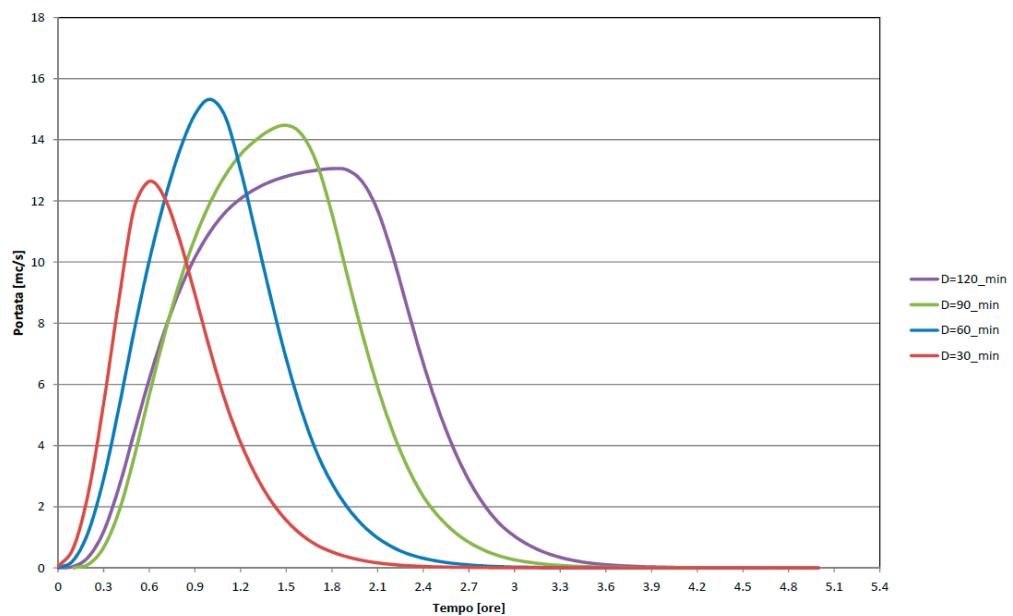
Bacino del Rio della Piastraia

APPENDICE n° 2

Piastraia TR 30 anni



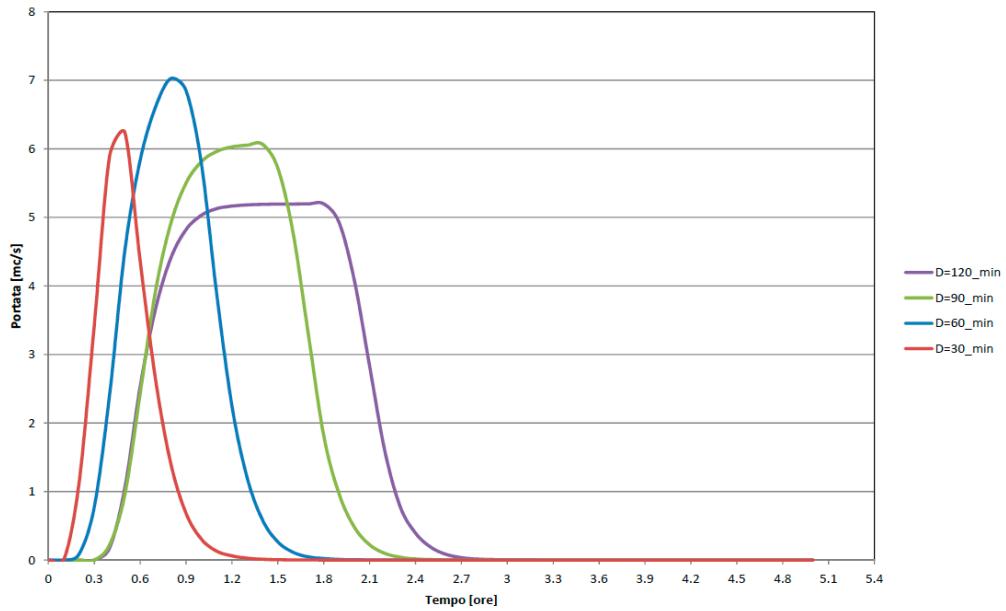
Piastraia TR 200 anni



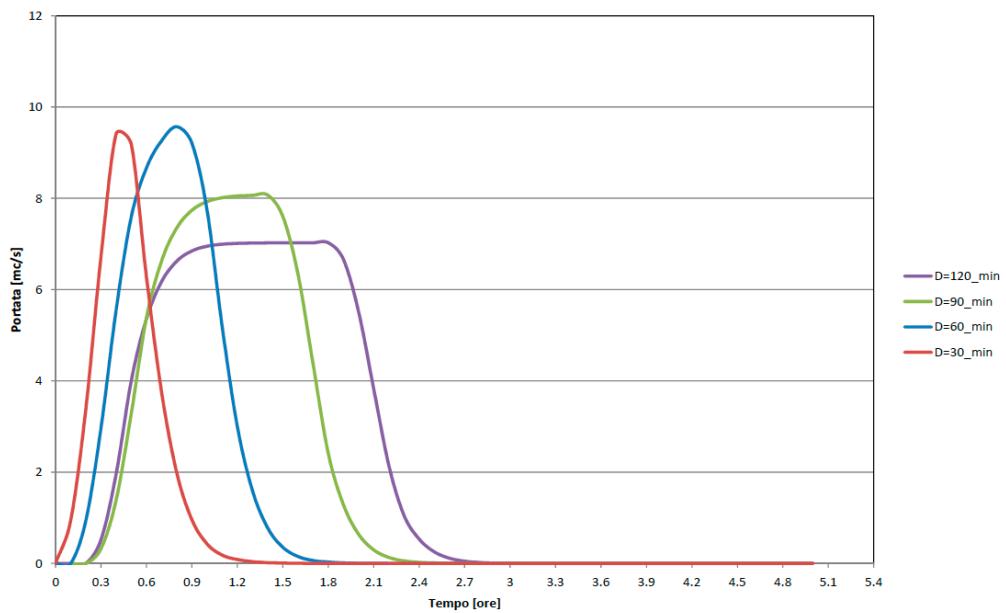
Idrogrammi del Rio Piastraia

Estratto dallo "Studio idrologico-idraulico di supporto all'adeguamento dell'impianto di depurazione di Vicopisano" redatto da Ingegneria Toscane e Acque s.p.a. nel febbraio 2012

Piantoneta TR 30 anni



Piantoneta TR 200 anni



Idrogrammi del Rio Piantoneta

Estratto dallo "Studio idrologico-idraulico di supporto all'adeguamento dell'impianto di depurazione di Vicopisano" redatto da Ingegneria Toscane e Acque s.p.a. nel febbraio 2012

HEC-RAS Profile: Max WS (Continued)

River	Reach	River Sta	Profile	Plan	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
Nuovo_Serezza	FC	22	Max WS	TR_20_60	30.37	7.35	10.32	9.22	10.46	0.001382	1.63	18.62	10.43	0.39
Nuovo_Serezza	FC	22	Max WS	TR_20_90	31.80	7.35	10.38	9.27	10.52	0.001387	1.65	19.24	10.57	0.39
Nuovo_Serezza	FC	22	Max WS	TR_20_120	32.55	7.35	10.43	9.30	10.57	0.001353	1.65	19.75	10.69	0.39
Nuovo_Serezza	FC	22	Max WS	TR_30_30	28.47	7.35	10.23	9.16	10.36	0.001395	1.61	17.69	10.21	0.39
Nuovo_Serezza	FC	22	Max WS	TR_30_60	31.08	7.35	10.34	9.25	10.48	0.001399	1.65	18.85	10.48	0.39
Nuovo_Serezza	FC	22	Max WS	TR_30_90	32.45	7.35	10.41	9.29	10.55	0.001378	1.66	19.57	10.65	0.39
Nuovo_Serezza	FC	22	Max WS	TR_30_120	33.16	7.35	10.46	9.31	10.60	0.001335	1.65	20.12	10.78	0.39
Nuovo_Serezza	FC	22	Max WS	TR_100_30	30.57	7.35	10.33	9.23	10.46	0.001387	1.64	18.69	10.45	0.39
Nuovo_Serezza	FC	22	Max WS	TR_100_60	32.90	7.35	10.43	9.31	10.57	0.001379	1.66	19.77	10.70	0.39
Nuovo_Serezza	FC	22	Max WS	TR_100_90	34.41	7.35	10.51	9.35	10.65	0.001336	1.66	20.67	10.90	0.39
Nuovo_Serezza	FC	22	Max WS	TR_100_120	35.08	7.35	10.57	9.37	10.71	0.001284	1.65	21.28	11.04	0.38
Nuovo_Serezza	FC	22	Max WS	TR_200_30	31.63	7.35	10.37	9.27	10.51	0.001393	1.65	19.13	10.55	0.39
Nuovo_Serezza	FC	22	Max WS	TR_200_60	34.12	7.35	10.49	9.34	10.63	0.001362	1.67	20.40	10.84	0.39
Nuovo_Serezza	FC	22	Max WS	TR_200_90	35.64	7.35	10.58	9.39	10.72	0.001304	1.66	21.40	11.07	0.38
Nuovo_Serezza	FC	22	Max WS	TR_200_120	36.32	7.35	10.64	9.41	10.77	0.001255	1.65	22.02	11.21	0.38

Tabella HEC_RAS con indicazione delle portate del Fosso Serezza

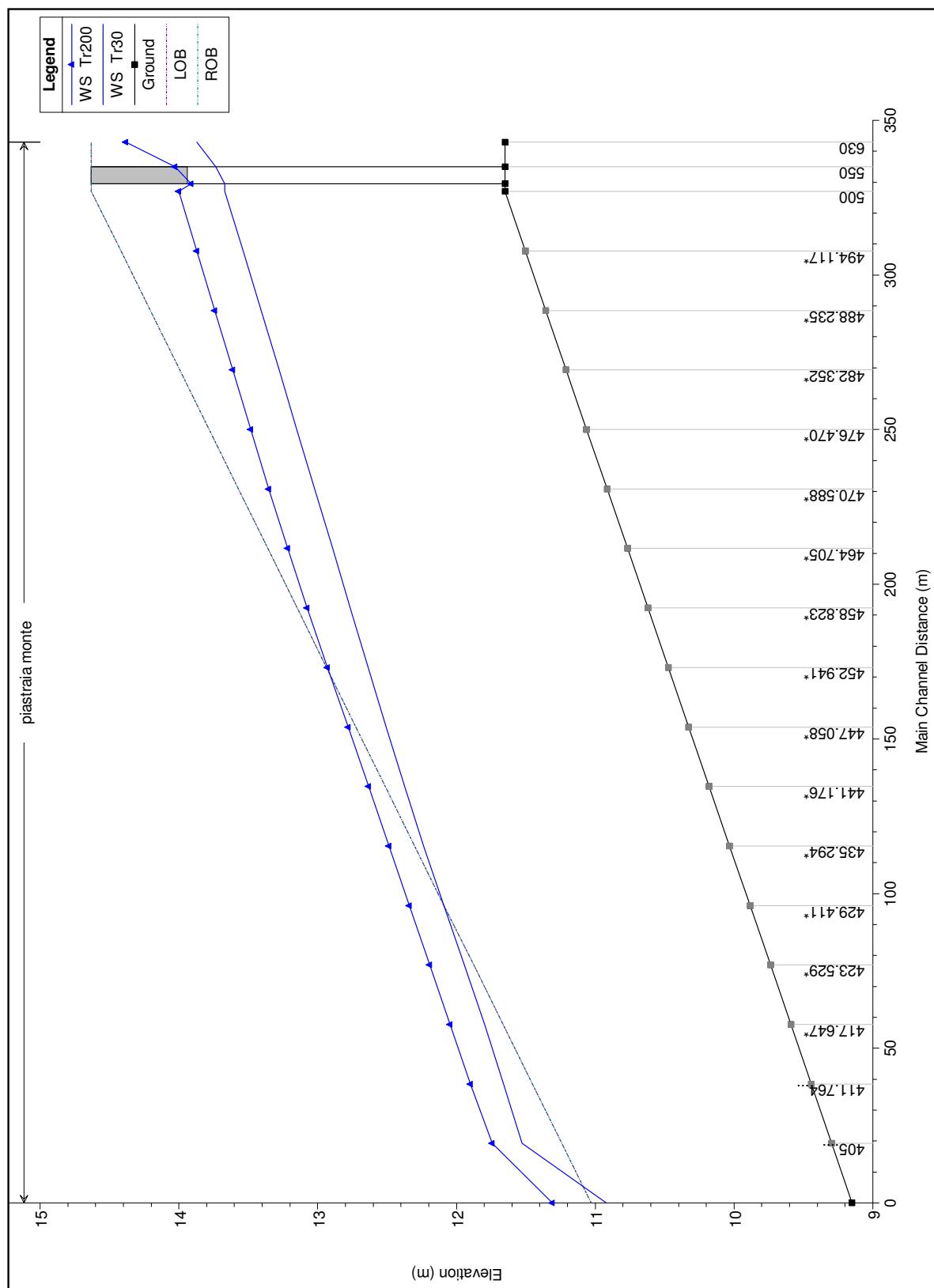
Estratto dallo "Studio idrologico-idraulico di supporto all'adeguamento dell'impianto di depurazione di Vicopisano" redatto da Ingegneria Toscane e Acque s.p.a. nel febbraio 2012

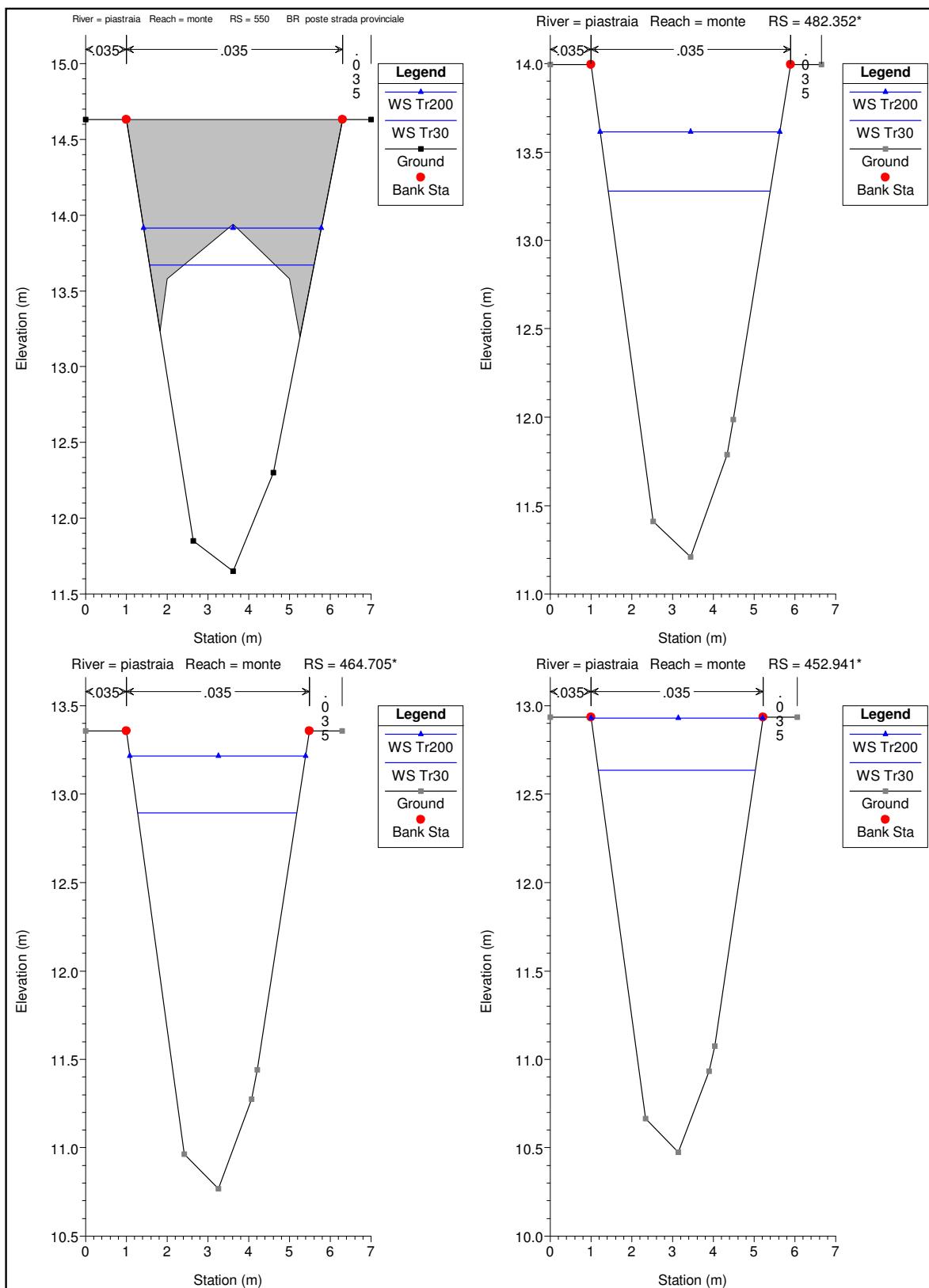
SIMULAZIONI HEC-RAS

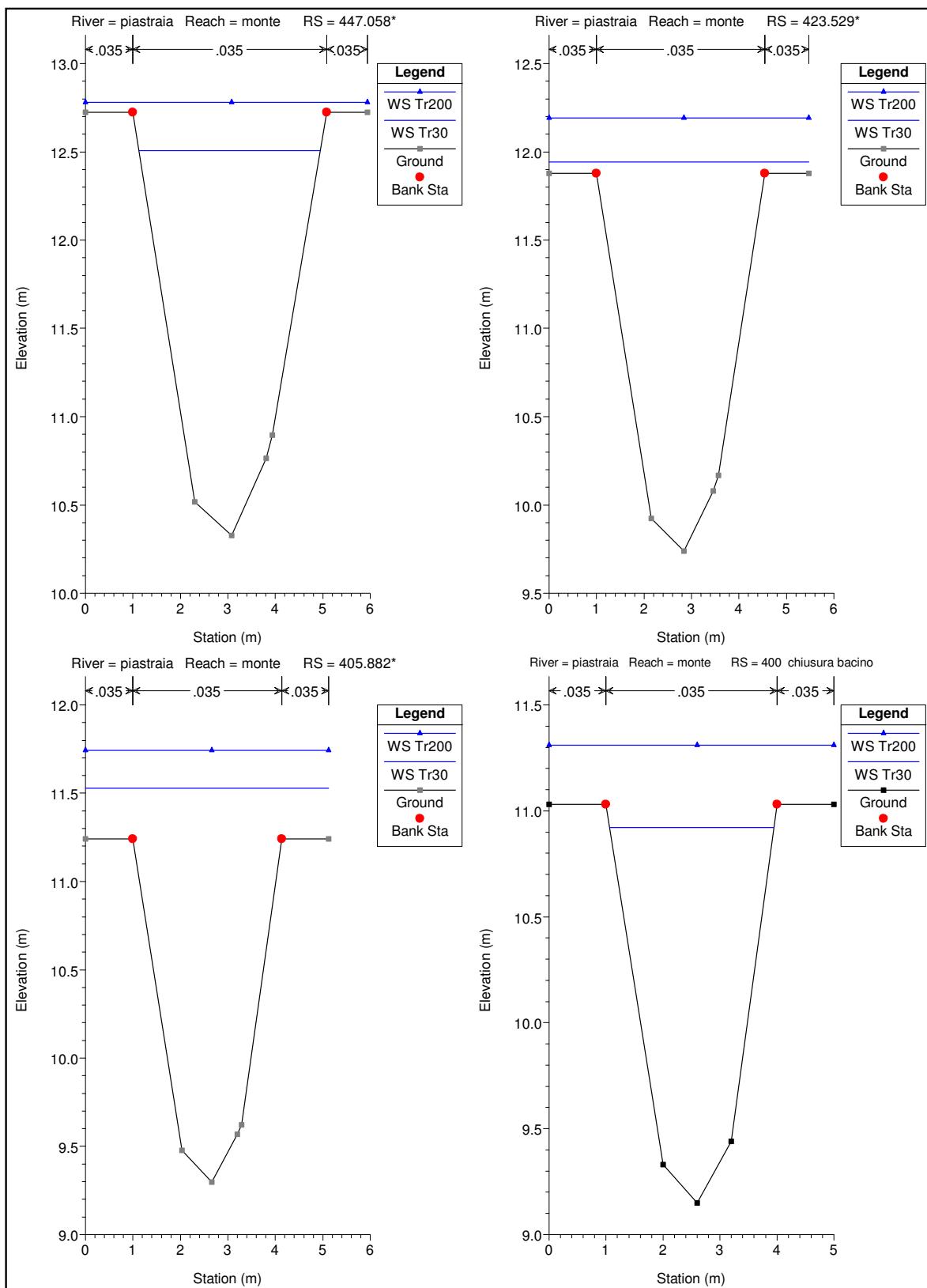
1. Rio Piastraia (tabella, profilo, sezioni)
2. Rio Piantoneta (tabella, profilo, sezioni)
3. Fosso della Serezza (tabella, profilo, sezioni)

HEC-RAS Plan: Plan 02 River: piastraia Reach: monte

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
monte	630	Tr30	11.20	11.65	13.87	13.22	14.05	0.004614	1.85	6.04	4.30	0.50
monte	630	Tr200	15.30	11.65	14.38	13.48	14.55	0.003593	1.82	8.42	4.97	0.45
monte	550	Bridge										
monte	500	Tr30	11.20	11.65	13.67		13.91	0.006844	2.15	5.20	4.03	0.61
monte	500	Tr200	15.30	11.65	14.00		14.27	0.006769	2.31	6.62	4.47	0.61
monte	494.117*	Tr30	11.20	11.50	13.54		13.77	0.006822	2.15	5.21	4.01	0.60
monte	494.117*	Tr200	15.30	11.50	13.87		14.14	0.006760	2.31	6.62	4.45	0.60
monte	488.235*	Tr30	11.20	11.36	13.41		13.64	0.006783	2.15	5.22	3.99	0.60
monte	488.235*	Tr200	15.30	11.36	13.74		14.01	0.006745	2.31	6.63	4.43	0.60
monte	482.352*	Tr30	11.20	11.21	13.28		13.51	0.006757	2.14	5.23	3.97	0.60
monte	482.352*	Tr200	15.30	11.21	13.61		13.88	0.006750	2.31	6.63	4.40	0.60
monte	476.470*	Tr30	11.20	11.06	13.15		13.38	0.006722	2.14	5.24	3.95	0.59
monte	476.470*	Tr200	15.30	11.06	13.48		13.75	0.006763	2.31	6.63	4.38	0.60
monte	470.588*	Tr30	11.20	10.91	13.02		13.25	0.006697	2.13	5.25	3.93	0.59
monte	470.588*	Tr200	15.30	10.91	13.35		13.62	0.006806	2.31	6.61	4.35	0.60
monte	464.705*	Tr30	11.20	10.77	12.89		13.12	0.006681	2.13	5.26	3.90	0.59
monte	464.705*	Tr200	15.30	10.77	13.22		13.49	0.006893	2.32	6.59	4.31	0.60
monte	458.823*	Tr30	11.20	10.62	12.76		13.00	0.006673	2.13	5.26	3.88	0.58
monte	458.823*	Tr200	15.30	10.62	13.08		13.36	0.007060	2.34	6.53	4.26	0.60
monte	452.941*	Tr30	11.20	10.47	12.64		12.87	0.006688	2.13	5.26	3.85	0.58
monte	452.941*	Tr200	15.30	10.47	12.93		13.22	0.007327	2.37	6.44	4.21	0.61
monte	447.058*	Tr30	11.20	10.33	12.51		12.74	0.006730	2.13	5.25	3.82	0.58
monte	447.058*	Tr200	15.30	10.33	12.78		13.08	0.007421	2.41	6.45	5.94	0.62
monte	441.176*	Tr30	11.20	10.18	12.37		12.61	0.006824	2.14	5.23	3.78	0.58
monte	441.176*	Tr200	15.30	10.18	12.63		12.93	0.007446	2.43	6.46	5.82	0.62
monte	435.294*	Tr30	11.20	10.03	12.24		12.47	0.006998	2.16	5.18	3.73	0.59
monte	435.294*	Tr200	15.30	10.03	12.49		12.79	0.007463	2.46	6.48	5.71	0.62
monte	429.411*	Tr30	11.20	9.88	12.09		12.34	0.007312	2.20	5.10	5.59	0.60
monte	429.411*	Tr200	15.30	9.88	12.34		12.64	0.007468	2.48	6.49	5.59	0.62
monte	423.529*	Tr30	11.20	9.74	11.94		12.19	0.007370	2.23	5.14	5.47	0.60
monte	423.529*	Tr200	15.30	9.74	12.19		12.50	0.007474	2.50	6.50	5.47	0.62
monte	417.647*	Tr30	11.20	9.59	11.80		12.05	0.007329	2.24	5.18	5.35	0.60
monte	417.647*	Tr200	15.30	9.59	12.05		12.36	0.007483	2.52	6.51	5.35	0.62
monte	411.764*	Tr30	11.20	9.44	11.66		11.91	0.007195	2.25	5.25	5.23	0.59
monte	411.764*	Tr200	15.30	9.44	11.90		12.21	0.007561	2.55	6.49	5.23	0.62
monte	405.882*	Tr30	11.20	9.30	11.53	11.06	11.77	0.006943	2.24	5.34	5.12	0.58
monte	405.882*	Tr200	15.30	9.30	11.74	11.45	12.06	0.007757	2.59	6.44	5.12	0.63
monte	400	Tr30	11.20	9.15	10.92	10.92	11.51	0.023659	3.41	3.28	2.88	1.02
monte	400	Tr200	15.30	9.15	11.31	11.31	11.84	0.015658	3.28	5.00	5.00	0.86

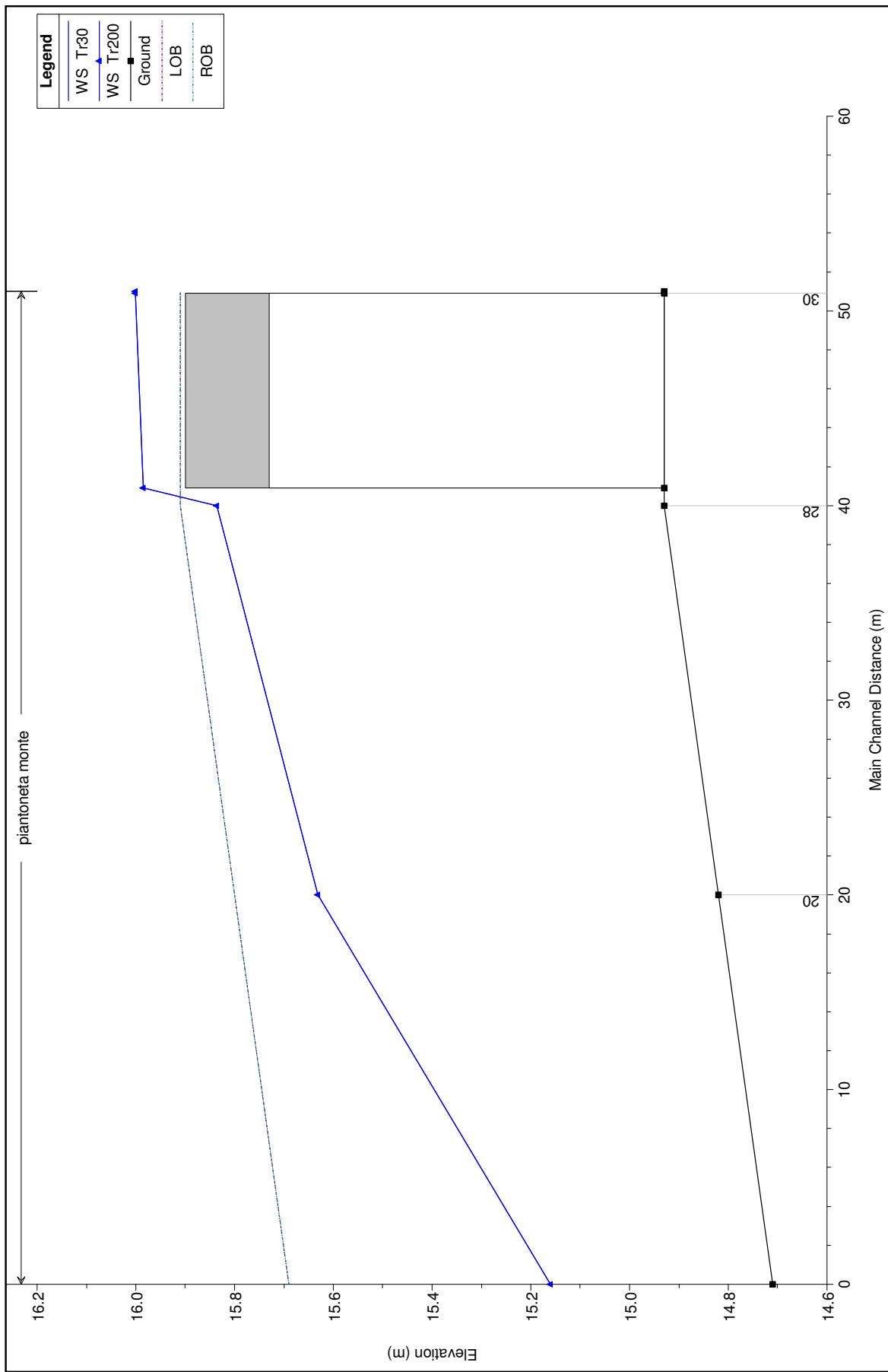


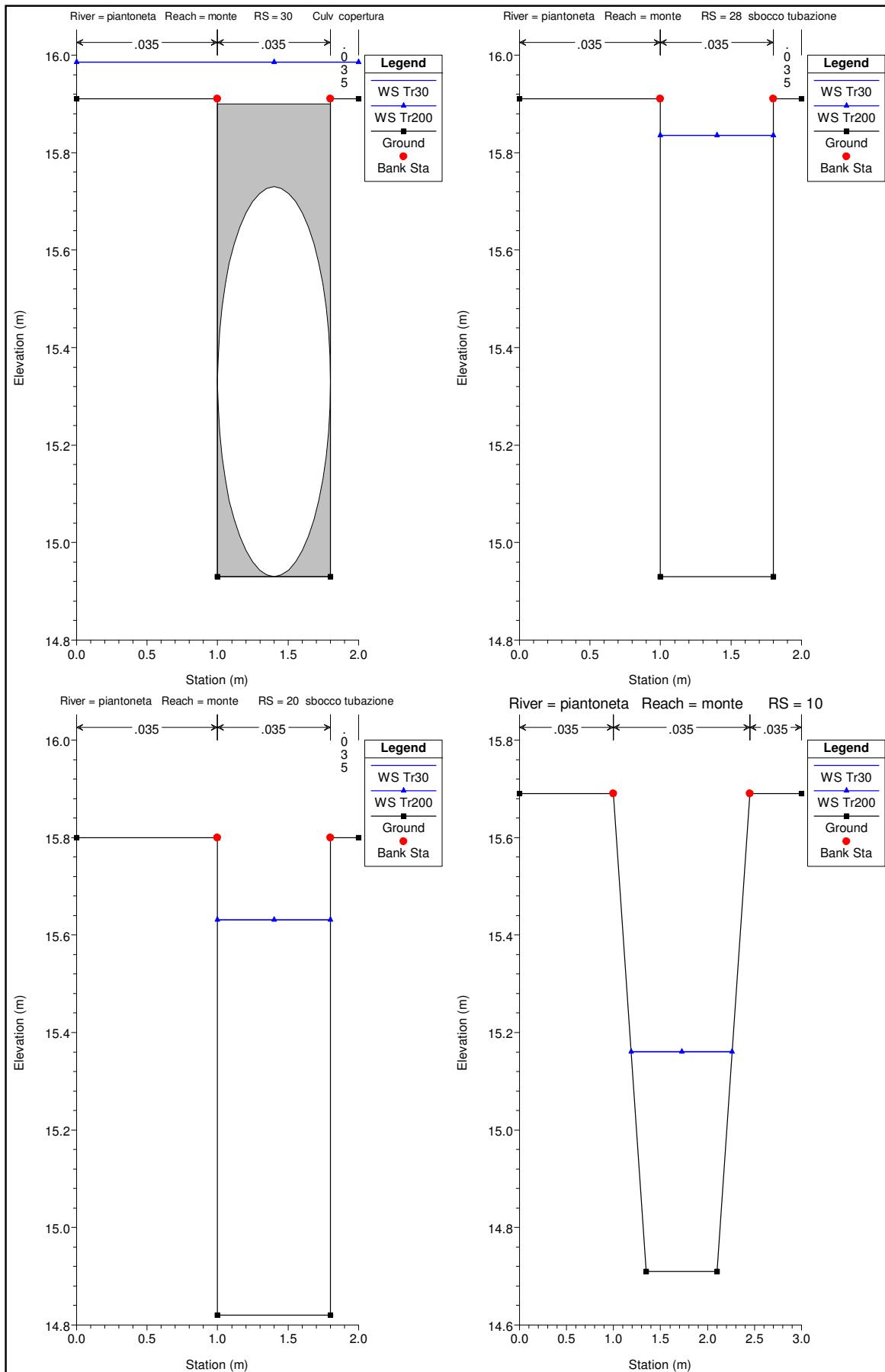




HEC-RAS Plan: Plan 02 River: piantoneta Reach: monte

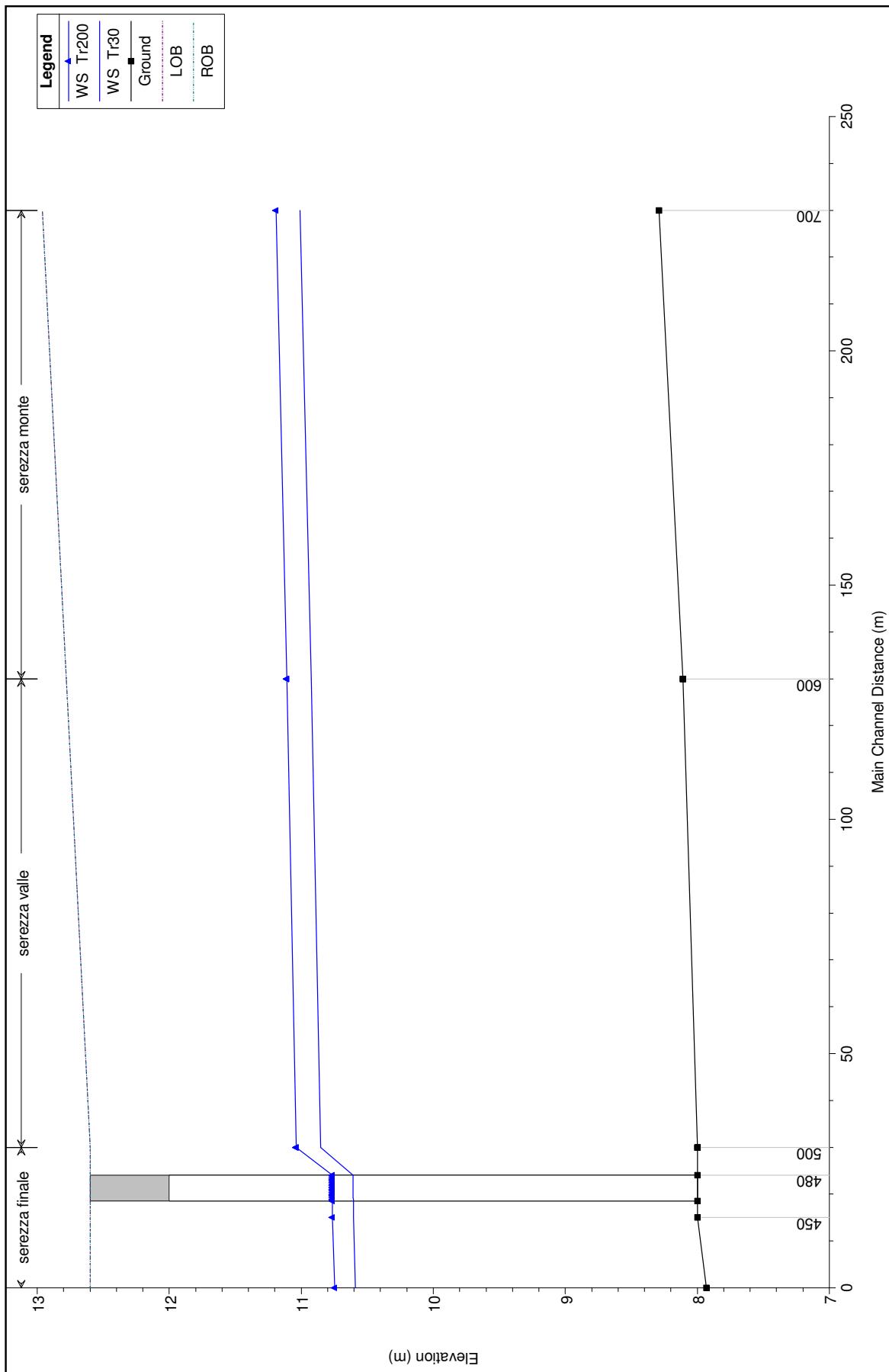
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
monte	40	Tr30	0.80	14.93	16.00	15.40	16.04	0.004594	0.89	0.97	2.00	0.27
monte	40	Tr200	0.80	14.93	16.00	15.40	16.04	0.004594	0.89	0.97	2.00	0.27
monte	30		Culvert									
monte	28	Tr30	0.80	14.93	15.84		15.90	0.008251	1.10	0.72	0.80	0.37
monte	28	Tr200	0.80	14.93	15.84		15.90	0.008251	1.10	0.72	0.80	0.37
monte	20	Tr30	0.80	14.82	15.63	15.29	15.71	0.010774	1.23	0.65	0.80	0.44
monte	20	Tr200	0.80	14.82	15.63	15.29	15.71	0.010774	1.23	0.65	0.80	0.44
monte	10	Tr30	0.80	14.71	15.16	15.16	15.35	0.031131	1.95	0.41	1.07	1.01
monte	10	Tr200	0.80	14.71	15.16	15.16	15.35	0.031131	1.95	0.41	1.07	1.01

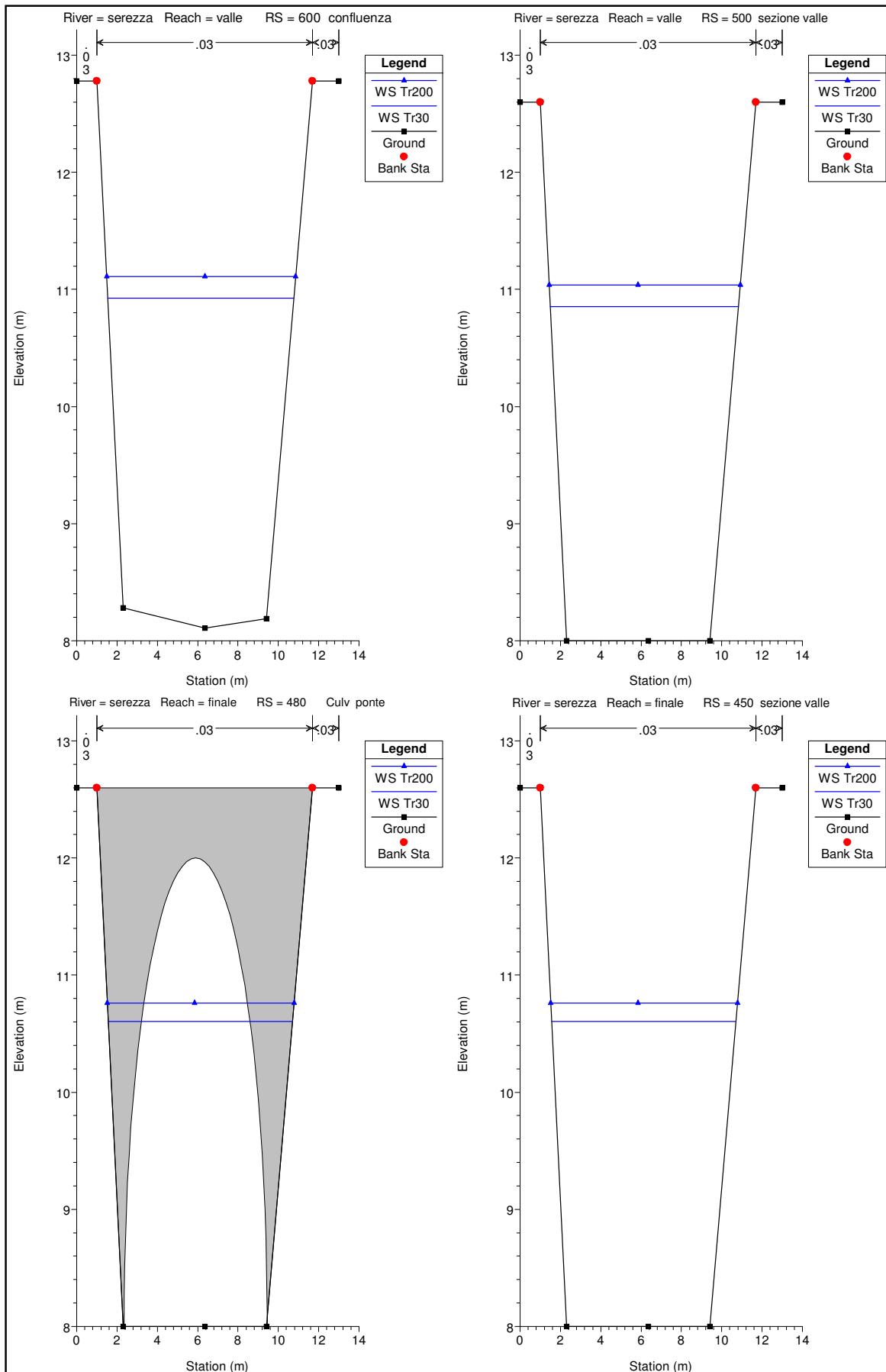


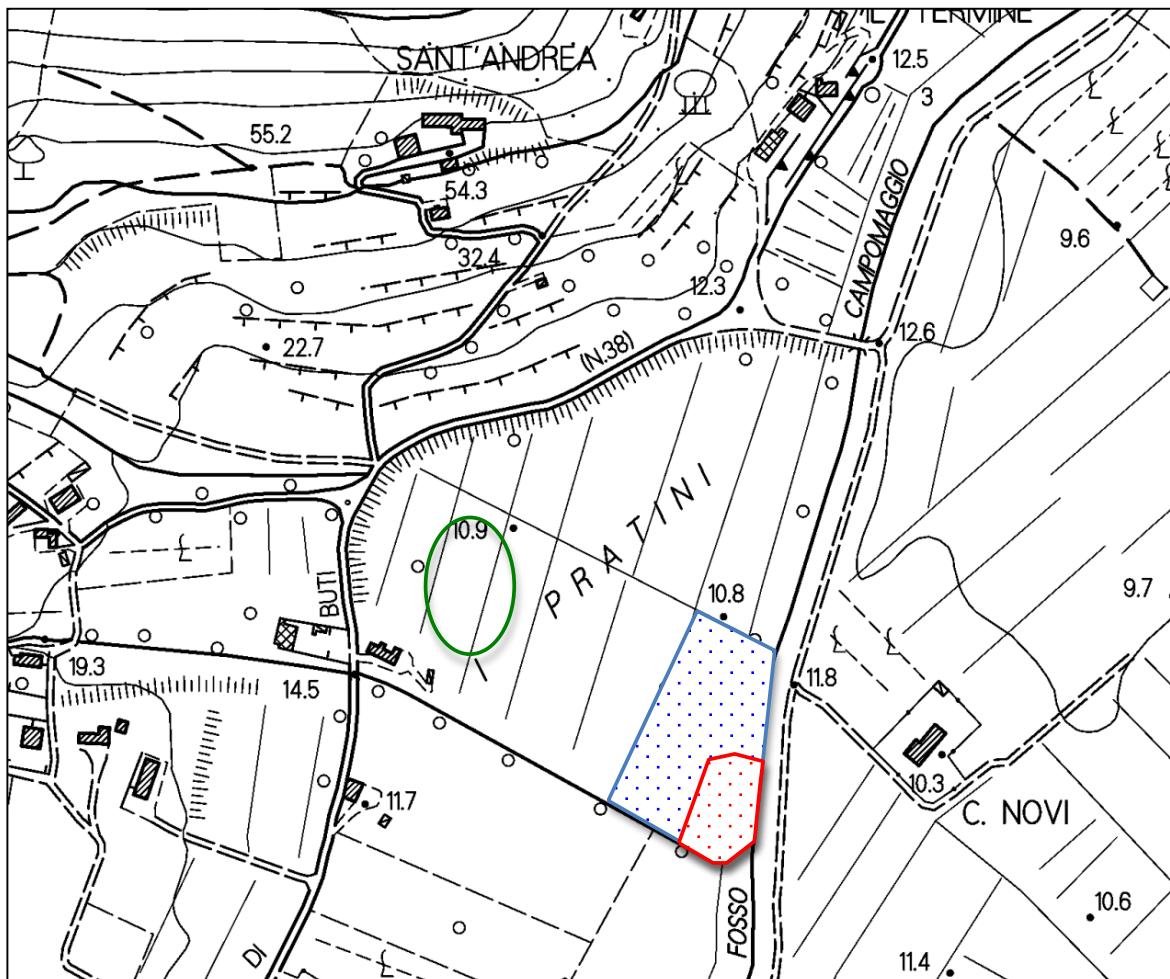


HEC-RAS Plan: Plan 02

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
monte	700	Tr30	31.08	8.29	11.01	9.58	11.11	0.000931	1.44	21.51	9.16	0.30
monte	700	Tr200	34.12	8.29	11.19	9.66	11.30	0.000909	1.47	23.20	9.30	0.30
monte	600	Tr30	31.08	8.11	10.93		11.02	0.000830	1.39	22.41	9.24	0.28
monte	600	Tr200	34.12	8.11	11.11		11.21	0.000815	1.41	24.13	9.38	0.28
valle	600	Tr30	31.08	8.11	10.93		11.02	0.000830	1.39	22.41	9.24	0.28
valle	600	Tr200	34.12	8.11	11.11		11.21	0.000815	1.41	24.13	9.38	0.28
valle	500	Tr30	31.08	8.00	10.85		10.94	0.000740	1.33	23.44	9.33	0.27
valle	500	Tr200	34.12	8.00	11.04		11.13	0.000730	1.35	25.19	9.48	0.27
finale	500	Tr30	31.08	8.00	10.85	9.22	10.94	0.000740	1.33	23.44	9.33	0.27
finale	500	Tr200	34.12	8.00	11.04	9.29	11.13	0.000730	1.35	25.19	9.48	0.27
finale	480		Culvert									
finale	450	Tr30	31.08	8.00	10.61		10.72	0.000986	1.47	21.16	9.14	0.31
finale	450	Tr200	34.12	8.00	10.76		10.88	0.000987	1.51	22.60	9.26	0.31
finale	400	Tr30	31.08	7.93	10.59	9.22	10.70	0.001000	1.48	20.97	9.11	0.31
finale	400	Tr200	34.12	7.93	10.75	9.29	10.86	0.001001	1.52	22.41	9.23	0.31







Limite delle aree esondabili



Area di progetto



Limite esondazioni Tr 200 anni



Limite esondazioni Tr 30 anni