

Comune di Guardistallo

Provincia di Pisa

PIANO OPERATIVO

Arch. Giovanni Parlanti

Progettista

Pian. Jr. Emanuele Bechelli

Collaborazione al progetto

Paes. Giulia Mancini

Elaborazione grafica e GIS

Dott. geologo Gian Franco Ruffini

Dott. geologo Leonardo Ruffini

Studi geologici

H.S. Ingegneria srl

Ing. Simone Pozzolini

Studi idraulici

Geom. Fabrizio Sacchini

Responsabile del procedimento

Sandro Ceccarelli

Sindaco

Carducci Chiara

Garante della Comunicazione e della Partecipazione

Elaborato

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA

Adottato con Delibera CC. nr. del

Marzo 2019



Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto del Piano Operativo del comune di Guardistallo	Relazione idrologica idraulica

INDICE GENERALE

1. PREMESSA.....	2
2. INQUADRAMENTO DELLE AREE DI STUDIO.....	4
3. RELAZIONE IDROLOGICA.....	9
3.1. <i>Caratteristiche geomorfologiche dei bacini di interesse.....</i>	9
3.2. <i>Definizione degli afflussi: curva di possibilità pluviometrica.....</i>	12
3.3. <i>Definizione degli afflussi: ietogramma di progetto e coefficiente di ragguaglio.....</i>	18
3.4. <i>Le perdite di bacino: metodo CN del SCS.....</i>	19
3.5. <i>Trasformazione afflussi netti – deflussi: l'idrogramma unitario di Clark.....</i>	25
3.6. <i>Propagazione dei deflussi.....</i>	27
3.7. <i>Risultati della modellazione idrologica: idrogrammi di piena e portate di picco.....</i>	28
4. RELAZIONE IDRAULICA.....	34
4.1. <i>Modello di calcolo RAS.....</i>	34
4.1.1. <i>Modello di calcolo a moto vario monodimensionale.....</i>	34
4.1.2. <i>Modello di calcolo a moto vario bidimensionale.....</i>	35
4.2. <i>Caratteristiche geometriche del modello idraulico.....</i>	37
4.3. <i>Parametri di scabrezza e coefficienti di perdita concentrata.....</i>	41
4.4. <i>Condizioni al contorno ed idrogrammi di piena.....</i>	42
4.5. <i>Scenari simulati.....</i>	56
5. RISULTATI DELLE SIMULAZIONI IDRAULICHE.....	58

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto del Piano Operativo del comune di Guardistallo	Relazione idrologica idraulica

1. PREMESSA

La presente indagine idrologica ed idraulica è redatta a supporto del nuovo Piano Operativo del Comune di Guardistallo.

L'indagine è redatta ai sensi del Decreto del Presidente della Giunta Regionale 25 Ottobre 2011 n.53/R "Regolamento di attuazione dell'articolo 62 della legge regionale 3 gennaio 2005, n.1 (Norme per il governo del territorio)" in materia di indagini geologiche ed idrauliche, di seguito denominato DPGR n.53/R e della L.R. 41/2018 del 24 luglio 2018 "Disposizioni in materia di rischi alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua in attuazione del decreto legislativo 23 febbraio 2010 n 49 (Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni)".

Le aree potenzialmente interessate da previsioni insediative e infrastrutturali indicate dall'Amministrazione Comunale sono le seguenti:

- fattoria Ginori Lisci, la Tabaccaia;
- località Mocaio, Casino di Terra.

Le aree di interesse sono riportate nei seguenti estratti cartografici, ripresi dal geoportale dell'Autorità di Distretto Appennino Settentrionale, con evidenziate le condizioni di pericolosità idraulica da PGRA attuale.

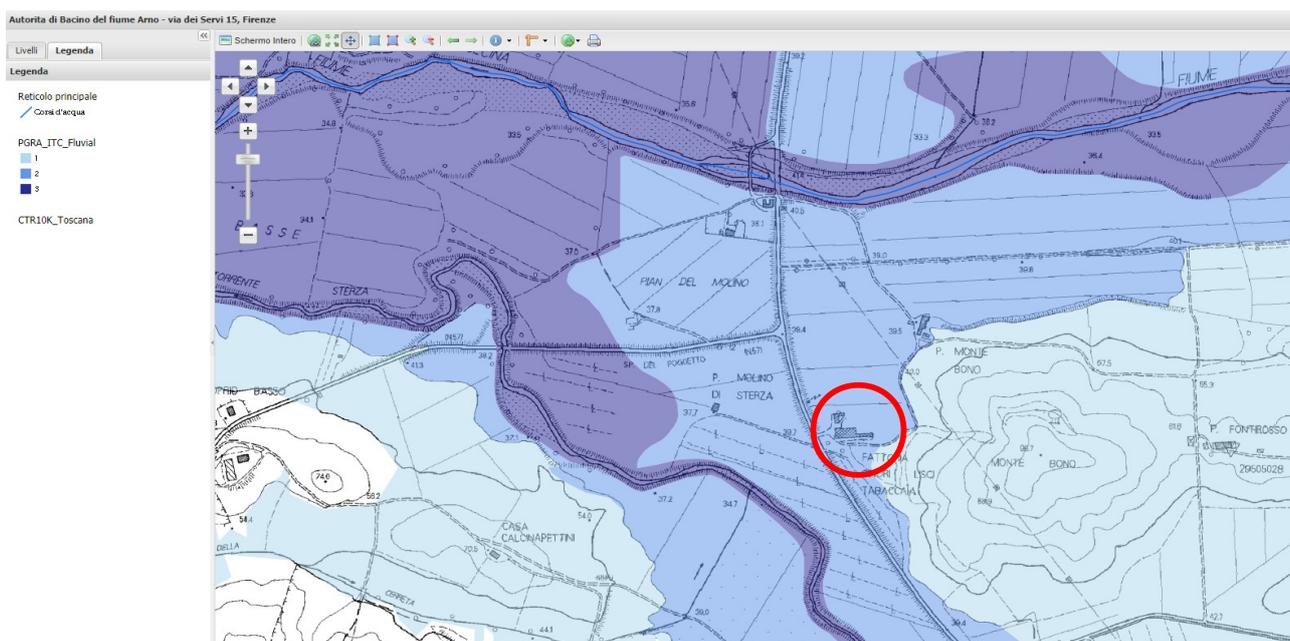


Figura 1: località la Tabaccaia. Le aree di interesse (evidenziate nel cerchio rosso) ricadono in pericolosità P2.

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto del Piano Operativo del comune di Guardistallo	Relazione idrologica idraulica

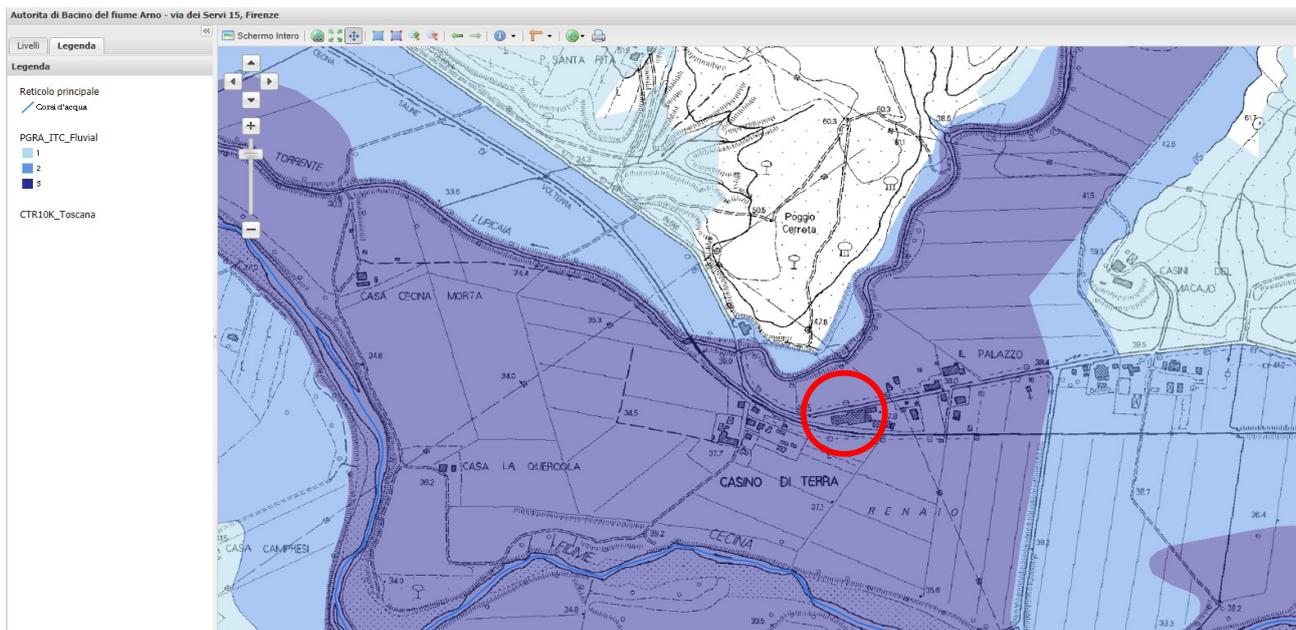


Figura 2: località Casino di Terra. Le aree di interesse (evidenziate nel cerchio rosso) ricadono in pericolosità P3.

Nell'ambito del presente lavoro si sono ripresi e sviluppati i contenuti dei seguenti studi, già acquisiti dai competenti enti:

1. "Studi idraulici a supporto della variante del Piano Strutturale e a supporto del nuovo Regolamento Urbanistico" del Comune di Montecatini Val di Cecina, redatti da H.S. ingegneria nel Dicembre 2016 ed a loro volta basati sull'aggiornamento dello "Studio idrologico-idraulico del bacino del Fiume Cecina," redatto nel 2005 su incarico della Provincia di Pisa dal Prof. S.Pagliara, del Dipartimento di Ingegneria Civile dell'Università di Pisa;
2. "Indagini idrauliche a supporto del Piano di Recupero La Tabaccaia", redatte da H.S. ingegneria nel Dicembre 2011.

Come esposto più in dettaglio nel seguito, la modellazione idraulica ha riguardato la sola area della Tabaccaia.

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto del Piano Operativo del comune di Guardistallo	Relazione idrologica idraulica

2. INQUADRAMENTO DELLE AREE DI STUDIO

Il comune di Guardistallo ha individuato in località Casino di Terra un'area di riqualificazione dell'ex pastificio Mocaio (RQ01) ed un'area di nuova urbanizzazione a vocazione commerciale (PUC01). L'area della ex Tabaccaia Ginori è stata individuata come UTOE turistica.

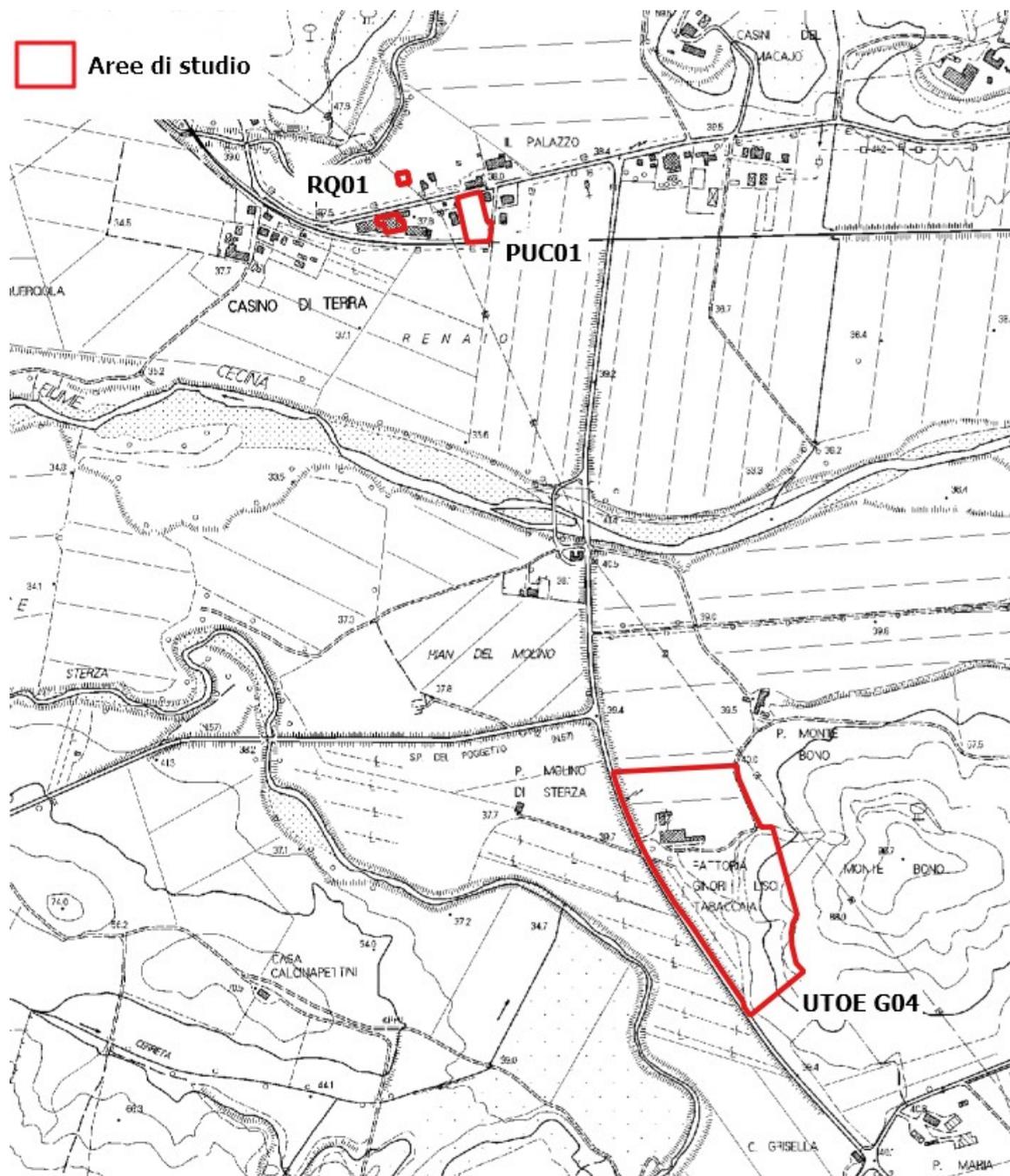


Figura 3 - Inquadramento delle aree di studio su base CTR

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto del Piano Operativo del comune di Guardistallo	Relazione idrologica idraulica

Le aree di intervento in località Casino di Terra sono ubicate tra due corsi d'acqua: il fiume Cecina in destra e il torrente Lupicaia in sinistra idrografica.

L'UTOE della Tabaccaia è inclusa nell'area compresa tra il Fiume Cecina in sinistra e il torrente Sterza in destra idrografica.

Di seguito si riporta l'inquadramento delle aree di studio in riferimento al reticolo idraulico così come individuato dal DGRT 899/2018.

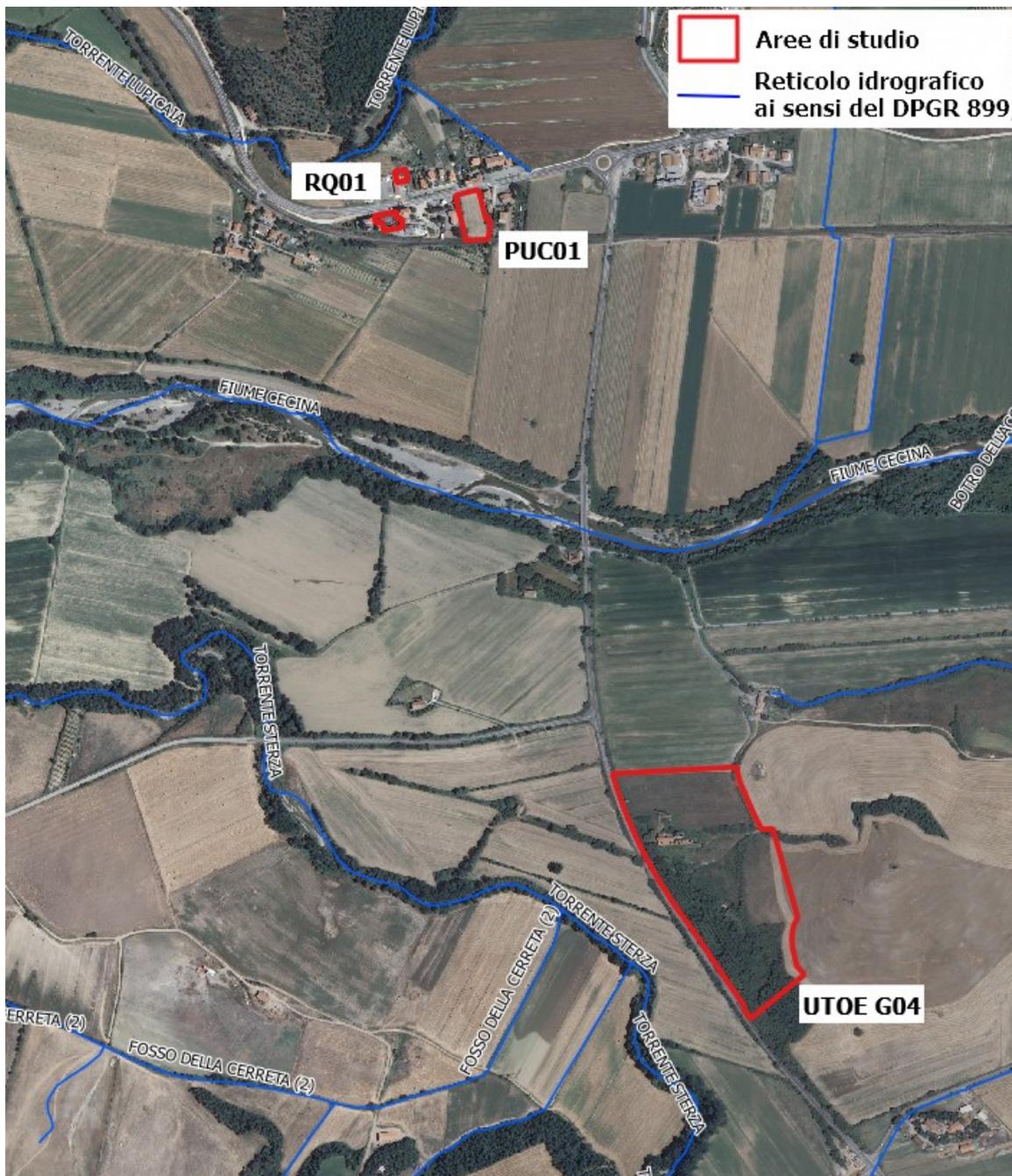


Figura 4 - Inquadramento del reticolo idrografico ai sensi del DPGR 899/2018 su base ortofoto

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto del Piano Operativo del comune di Guardistallo	Relazione idrologica idraulica

L'area di Casino di Terra è posta in prossimità della linea ferroviaria Cecina-Saline di Volterra e della Strada Regionale SR68, entrambe attraversate dal Torrente Lupicaia, che, costeggiando il Poggio Cerreta, arriva in quest'area pianeggiante, costituita dall'ampia valle del Cecina. Sul torrente Lupicaia sono stati realizzati nel recente passato alcuni importanti interventi di sistemazione idraulica da parte della Provincia di Pisa, la cui efficacia in termini di modifica delle vigenti mappe di pericolosità idraulica del Piano Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) del Distretto Appennino Settentrionale deve tuttavia ancora essere valutata.

Anche il torrente Sterza scorre all'interno di questo contesto a ridotte pendenze (circa 0.2%), attraversando paesaggi agricoli prevalentemente pianeggianti punteggiati da qualche Poggio. Il torrente Sterza, nel tratto studiato, lungo poco più di 4 km, è attraversato dalla Strada Provinciale di Camminata (SP19) e dalla Strada Provinciale del Poggetto (SP57) Tra il torrente Sterza e l'UTOE turistica Tabaccaia, parallelamente a quest'ultima, si sviluppa la Strada Provinciale dei quattro comuni (SP18), al disotto dei quali si trovano due scatolari (1000x2400 mm) che permettono il transito delle acque da un lato all'altro della strada, proprio nell'area dell'UTOE. Oltre che dalla SP18, l'area di interesse è confinata a nord da una strada bianca sottoattraversata da un fosso campestre tramite un condotto circolare (Di 800 mm) e a est dal rilievo del Monte Bono il cui versante, a sud dell'area, si estende fino alla SP18.

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto del Piano Operativo del comune di Guardistallo	Relazione idrologica idraulica

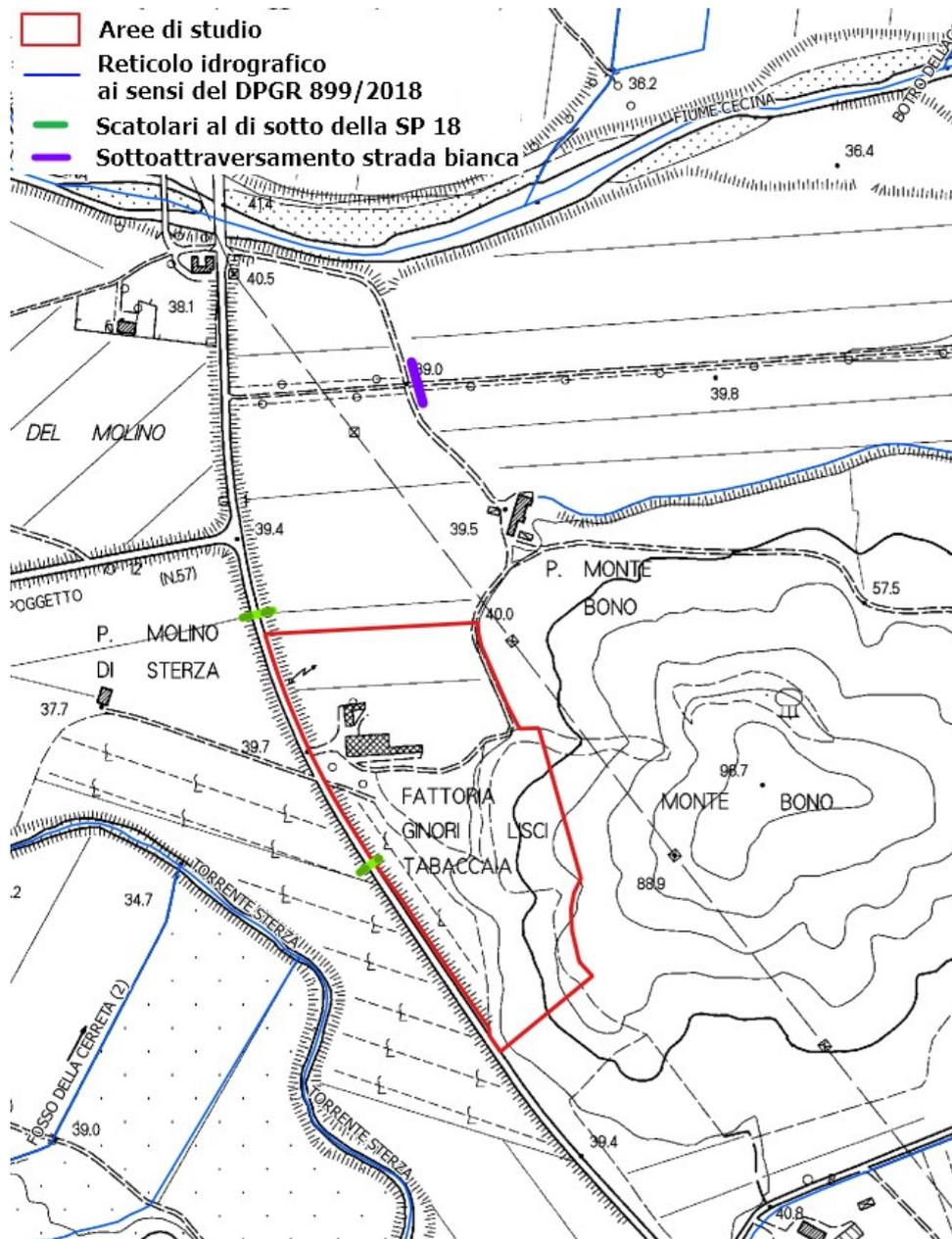


Figura 5 - Inquadramento della UTOE turistica Tabaccaia. In verde sono evidenziati i tombini al di sotto della SP 18. In viola la tubazione posta sotto la strada bianca, a Nord dell'area di interesse.

Per quel che riguarda la redazione degli studi a supporto delle previsioni relative alle due aree si è operato come segue:

- per l'area della Tabaccaia si è effettuata una modellazione idraulica volta a definire le condizioni di pericolosità e la magnitudo idraulica nell'area di interesse;
- per una analisi di dettaglio delle condizioni di pericolosità e fattibilità idraulica dell'area di Casino di Terra risulterebbe necessario procedere alla verifica dell'effettiva efficacia delle opere di sistemazione idraulica realizzate dalla Provincia di Pisa sul torrente Lupicaia, che verosimilmente portano ad un declassamento delle condizioni di pericolosità idraulica

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto del Piano Operativo del comune di Guardistallo	Relazione idrologica idraulica

dell'area legata al Lupicaia. Gli studi già condotti per il Comune di Montecatini Val di Cecina evidenziano peraltro come le esondazioni del Cecina non interessino direttamente l'area in esame. Poiché in questa fase l'Amministrazione Comunale non ha ritenuto opportuno attivare le procedure di modifica del Piano Gestione Rischio Alluvioni (essendo comunque prossimo l'inizio delle procedure di aggiornamento del Piano Strutturale comunale) non si è proceduto ad una modellazione del sistema Lupicaia-Cecina.

La realizzazione di nuovi interventi nell'area risulta ad oggi quindi subordinata a quanto previsto all'art. 11 della L.R. 41/2018. Per il recupero dell'esistente vale invece quanto previsto all'art. 12 . Per maggiori dettagli sulla fattibilità dell'intervento in esame si rimanda alla scheda norma redatta dai Dott. Geol. Gianfranco e Leonardo Ruffini.

Nel seguito quindi si espongono solamente le indagini idrologico idrauliche condotte per l'area della Tabaccaia. Per tale area le potenziali fonti di rischio idraulico sono costituite dal torrente Sterza e dal fiume Cecina.

Gli studi condotti in questa sede non hanno lo scopo di portare ad un aggiornamento delle condizioni di pericolosità del PGR, ma di definire le condizioni di fattibilità idraulica dei previsti interventi urbanistici.

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto del Piano Operativo del comune di Guardistallo	Relazione idrologica idraulica

3. RELAZIONE IDROLOGICA

L'analisi idrologica è stata ripresa da quella sviluppata nell'ambito degli "Studi idraulici a supporto della variante del piano strutturale e a supporto del nuovo Regolamento Urbanistico" del Comune di Montecatini Val di Cecina, del quale di seguito vengono sintetizzati gli aspetti di interesse per il presente studio.

Per la determinazione degli idrogrammi di piena di assegnato tempo di ritorno si è proceduto con l'elaborazione di appositi modelli idrologici redatti con il software HEC-HMS (Hydrologic Modeling System), sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center dell'U.S. Army Corps of Engineers. Il modello del bacino del Fiume Cecina implementato è di tipo semi distribuito, per cui il bacino del Cecina è stato suddiviso nei suoi sottobacini principali.

3.1. Caratteristiche geomorfologiche dei bacini di interesse

Le caratteristiche geomorfologiche dei bacini sono state individuate sulla base della CTR regionale in scala 1:10000 e del DTM orografico della Regione Toscana. La figura seguente riporta il bacino del Cecina con i relativi sottobacini di calcolo e la sua corrispondente schematizzazione con modello semidistribuito mediante il software HEC-HMS.

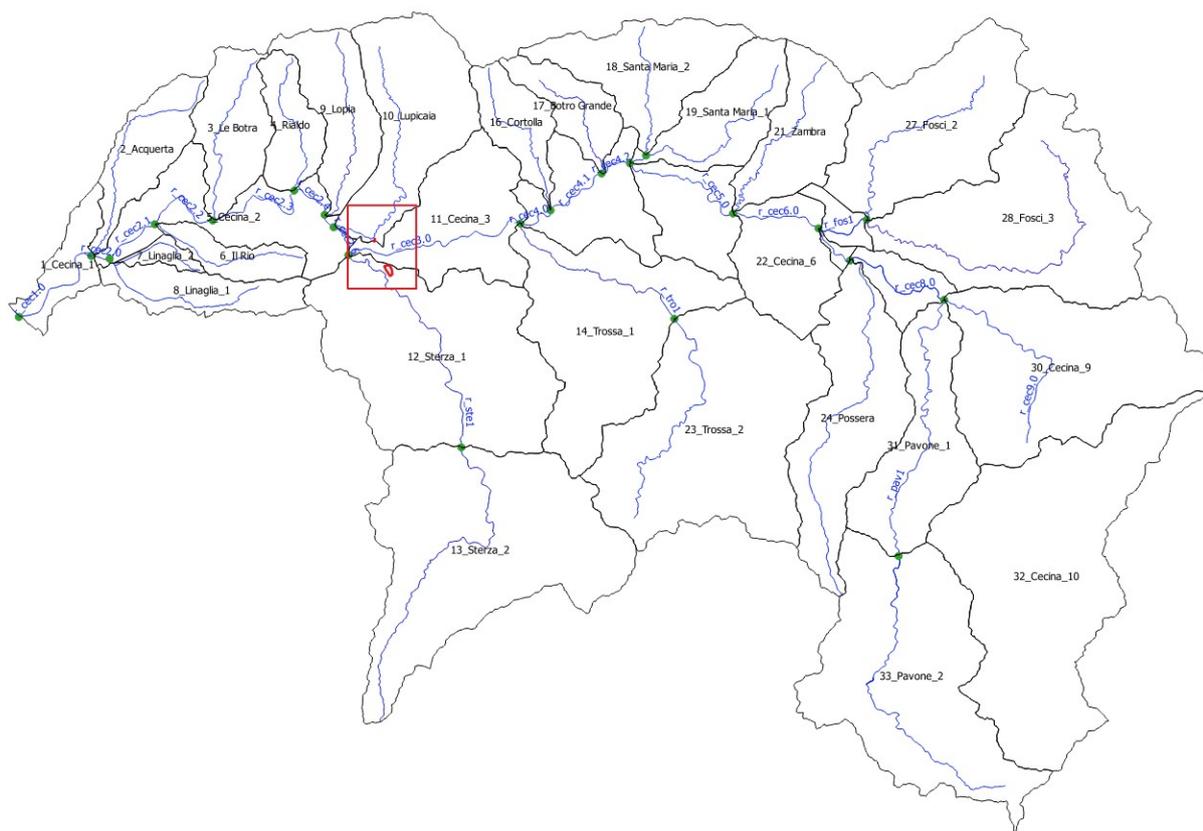


Figura 6 - Suddivisione in sottobacini del bacino del Fiume Cecina e indicazione all'interno del riquadro rosso, delle aree di interesse.

<p>H.S. INGEGNERIA srl Via Bonistallo 39, 50053 Empoli (FI) Tel. e Fax 0571-725283 e.mail info@hsingegneria.it web www.hsingegneria.it P.IVA 01952520466</p>	Pagina
	9 di 59

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto del Piano Operativo del comune di Guardistallo	Relazione idrologica idraulica

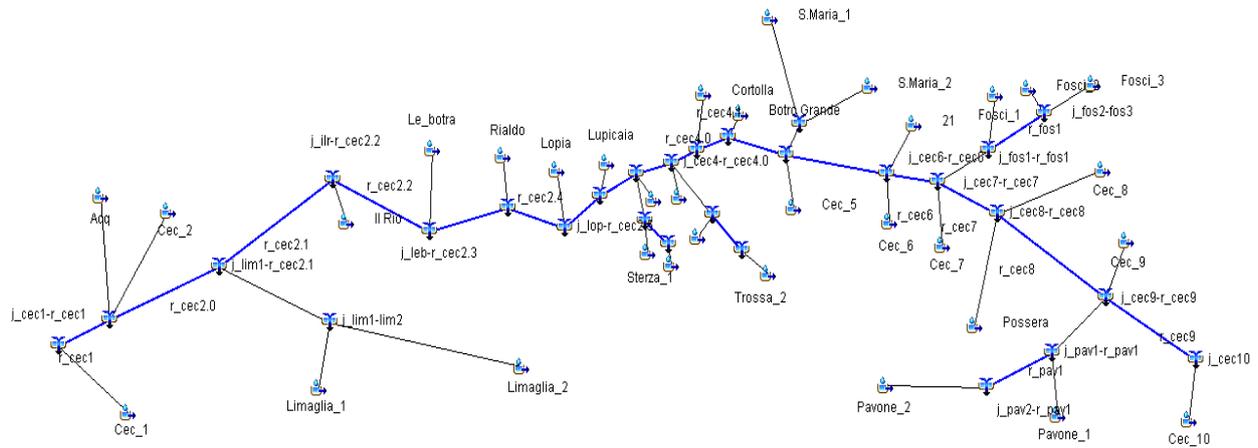


Figura 7 - Schematizzazione del bacino del Fiume Cecina con il software HEC-HMS

La tabella seguente riporta le caratteristiche geomorfologiche essenziali dei bacini in cui è stato suddiviso su HMS il bacino complessivo del Cecina.

Sottobacino	A(Kmq)	Z_{min} (m.s.m.)	Z_{max} (m.s.m.)	altitudine massima rispetto alla sezione di chiusura (m)	pendenza media di bacino (gradi)	lunghezza asta principale (km)
Cecina 1	8.55	0	67.62	67.62	1.4	4.92
Cecina 2	23.6	0.88	290	289.12	8.4	16.2
Acquerta	13.94	1.53	588.81	587.28	10.32	11.308
Limaglia 1	12.31	5.32	299.47	294.15	7.81	4.35
Il Rio	7.59	5.42	270	264.58	12.64	7.22
Limaglia 2	2.51	10	112.18	102.18	6.85	13.75
Le Botra	15.84	12.71	615.47	602.76	13.51	8.37
Rialdo	10.55	22.34	600.61	578.27	16.13	6.86
Lopia	17.32	25.04	600.48	575.44	12.57	9.27
Lupicaia	30.97	27.9	653.06	625.16	12.01	12.64
Sterza 1	60.09	28.58	615.8	587.22	12.61	11.87
Cecina 3	25.54	29.34	371.85	342.51	9.48	8.27
Trossa 1	46.73	45.95	558.53	512.58	13.46	8.84
Cecina 4	18.62	45.96	256.65	210.69	9.82	6.33
Cortolla	10.45	49.96	610.91	560.95	12.39	8.08
Botro Grande	10.07	55.95	616.17	560.22	11.66	7.88
Cecina 5	14.92	58.45	290.06	231.61	9.43	6.14
Santa Maria 1	18.04	58.48	556.43	497.95	11.32	6.59
Santa Maria 2	23.92	61.35	586.21	524.86	10.04	11.12
Sterza 2	68.4	74.88	618.25	543.37	14.05	16.69
Cecina 6	18.5	76.55	391.1	314.55	11.31	3.88
Zambra	18.77	77.33	535.41	458.08	13.76	10.81
Fosci 1	3.53	91.9	295.21	203.31	12.06	0.802
Cecina 7	0.93	92.17	174.49	82.32	5.63	2.15
Cecina 8	7.04	101.6	375.17	273.57	11.73	5.41
Possera	36.33	101.64	873.09	771.45	12.52	17.69
Trossa 2	65.22	106.66	759.03	652.37	14.1	12.8
Fosci 2	39.39	107.96	550.04	442.08	13.57	11.84
Fosci 3	55.38	108.19	554.24	446.05	12.1	18.15
Pavone 1	27.69	137.37	688.12	550.75	15.59	14.48
Cecina 9	55.39	137.68	682.23	544.55	12.14	11.07
Cecina 10	77.74	215.22	1056.3	841.08	14.35	15.42
Pavone 2	61.13	334.1	1058.58	724.48	14.68	14.75

Tabella 1 - Caratteristiche geomorfologiche bacini Cecina

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto del Piano Operativo del comune di Guardistallo	Relazione idrologica idraulica

3.2. Definizione degli afflussi: curva di possibilità pluviometrica

Per la stima delle piogge intense è stato utilizzato il modello TCEV, facendo riferimento alle curve di possibilità pluviometrica dedotte nell'ambito dell' "Accordo di Collaborazione Scientifica RT-UNIFI - Analisi di frequenza regionale delle precipitazioni estreme", di cui alla DGRT 1133/2012 e basata sulle elaborazioni dei dati di pioggia aggiornati fino al 2012.

Il modello a doppia componente TCEV interpreta gli eventi massimi annuali come il risultato di una miscela di due popolazioni distinte: la prima relativa agli eventi massimi ordinari, più frequenti ma meno intensi, e la seconda agli eventi massimi straordinari, meno frequenti e spesso catastrofici. La distribuzione TCEV ha espressione:

$$P(x) = \exp[-\lambda_1 \exp(-x/\theta_1) - \lambda_2 \exp(-x/\theta_2)],$$

dove $P(x)$ indica la probabilità di non superamento del valore x della generica variabile casuale X mentre λ_i e θ_i ($i = 1,2$) sono i quattro parametri (positivi) della distribuzione.

La forma canonica della distribuzione (1) è:

$$P(z) = \exp[-\exp(-z) - \lambda \exp(-z/\theta)] \quad z = (x - \varepsilon_1)/\theta_1;$$

$$\varepsilon_1 = \theta_1 \ln \lambda_1, \quad \theta = \theta_2/\theta_1, \quad \lambda = \lambda_2/(\lambda_1)^{1/\theta};$$

Per la stima dei parametri della distribuzione è stato seguito un approccio gerarchico di regionalizzazione.

Attraverso l'analisi di frequenza regionale sono state stimate su tutto il territorio della Regione le altezze di pioggia per le durate 1, 3, 6, 12, 24 ore ed i tempi di ritorno 2, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 150, 200, 500 anni. Attraverso una regressione lineare sono stati calcolati i parametri delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica a ed n , grazie ai quali è possibile calcolare, per qualsiasi durata, in qualsiasi punto del territorio regionale, l'altezza di pioggia per i tempi di ritorno 2, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 150, 200, 500 anni. I parametri a ed n forniti sono in formato raster, risoluzione 1kmx1km.

$$h(Tr) = a \cdot t^n$$

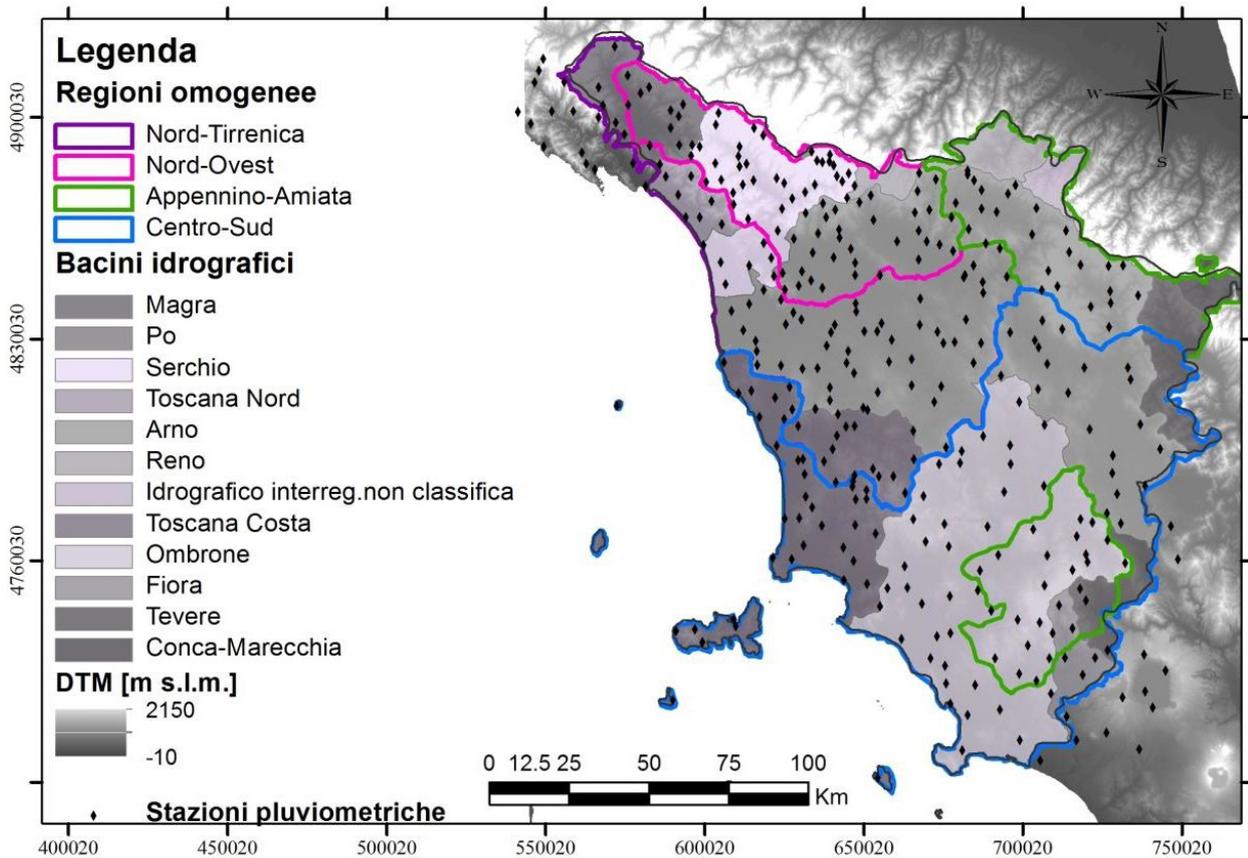


Figura 8 - Suddivisione dell'area di studio in regioni omogenee

Per la determinazione della curva di possibilità pluviometrica per il bacino del Fiume Cecina si è fatto riferimento ai valori medi areali dei parametri a e n per i tempi di ritorno considerati.

Le figure seguenti riportano le griglie relative ai parametri a ed n per l'area del bacino del Fiume Cecina per i tempi di ritorno di 30 e 200 anni.

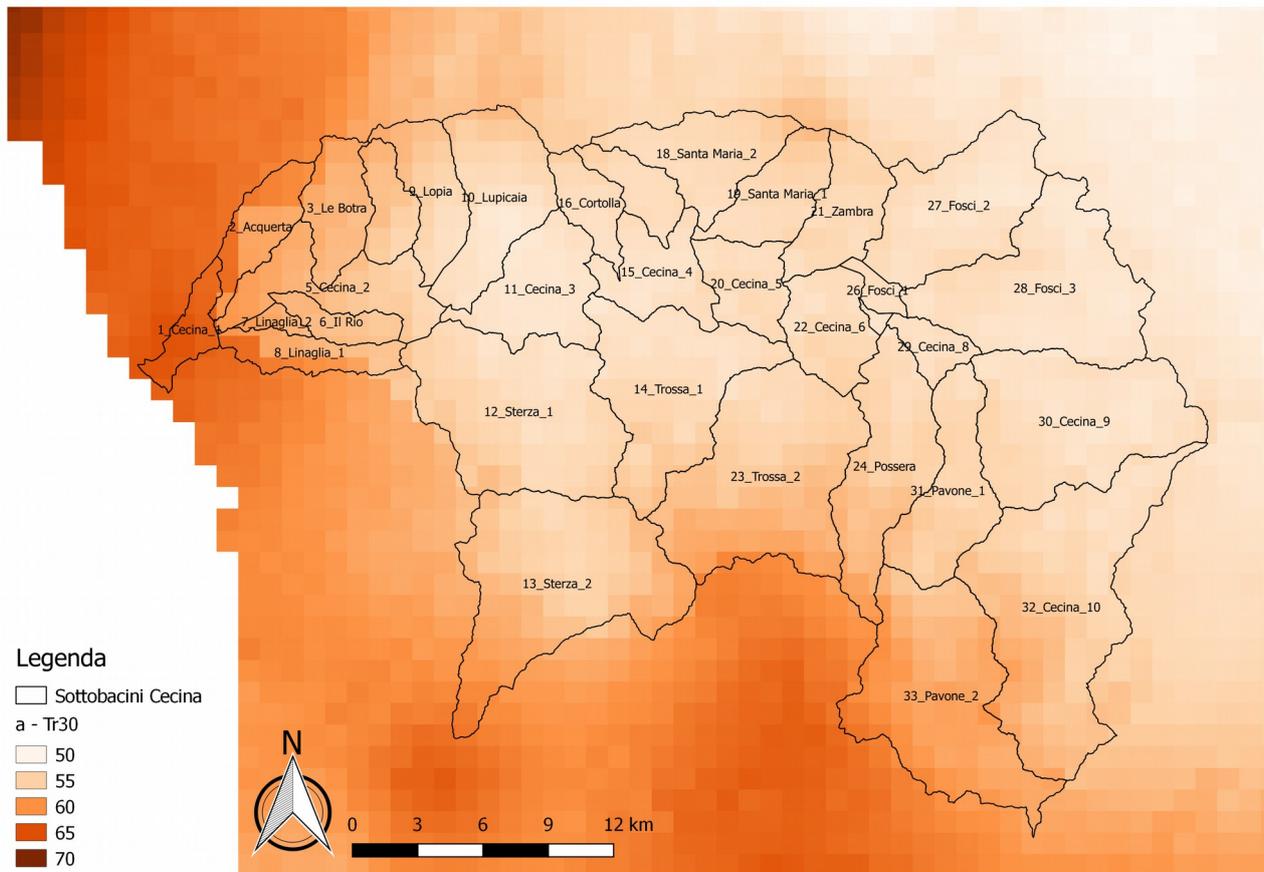


Figura 9: parametro a curva possibilità pluviometrica Tr30

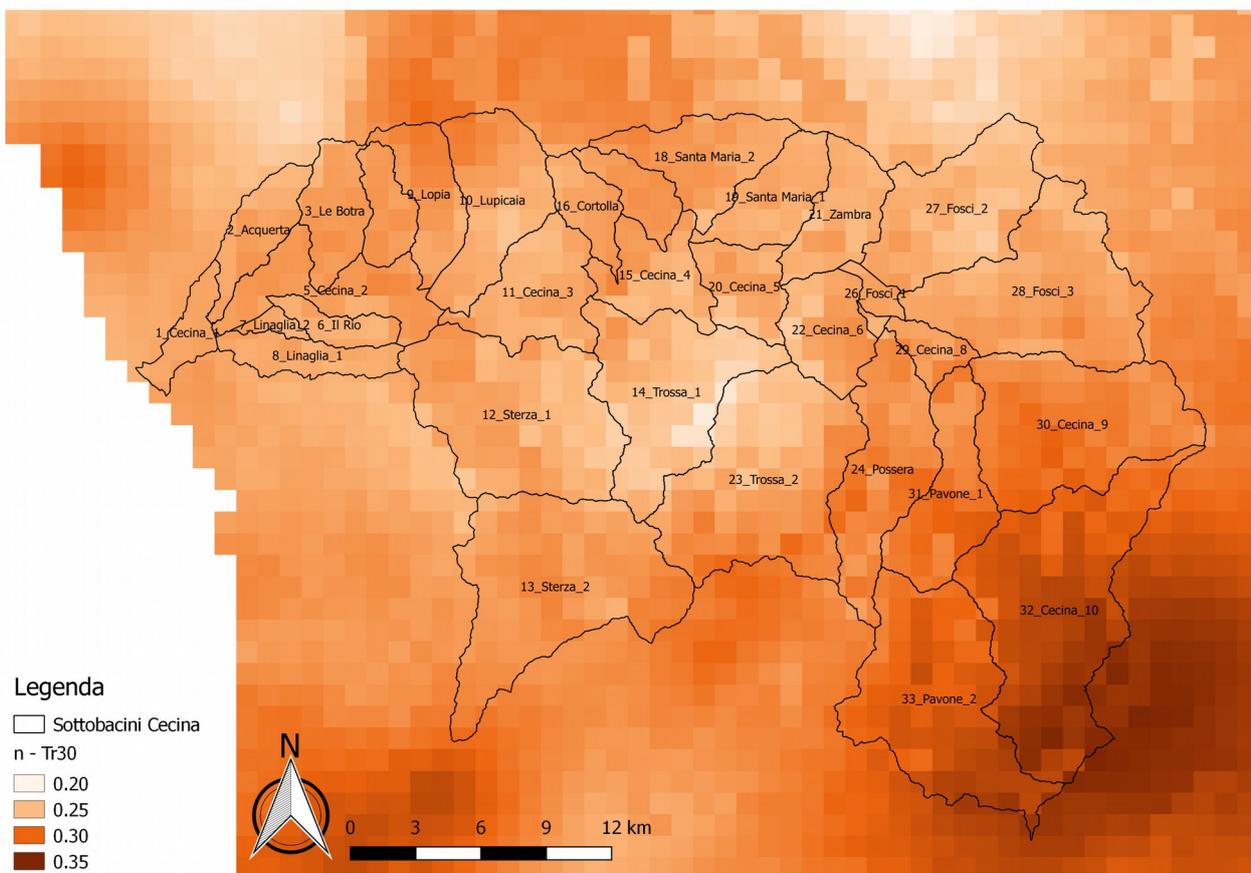


Figura 10: parametro n curva possibilità pluviometrica Tr30

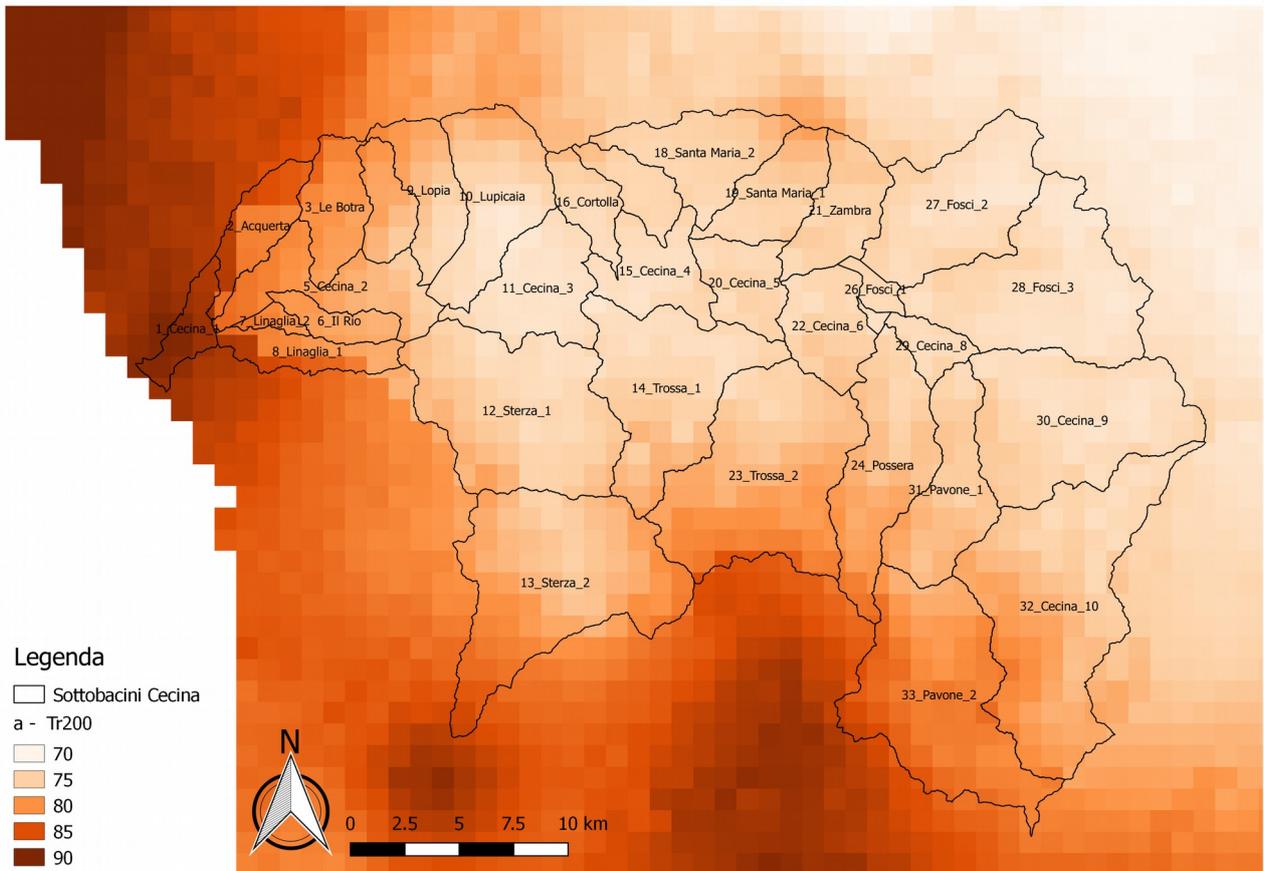


Figura 11: parametro a curva possibilità pluviometrica Tr200

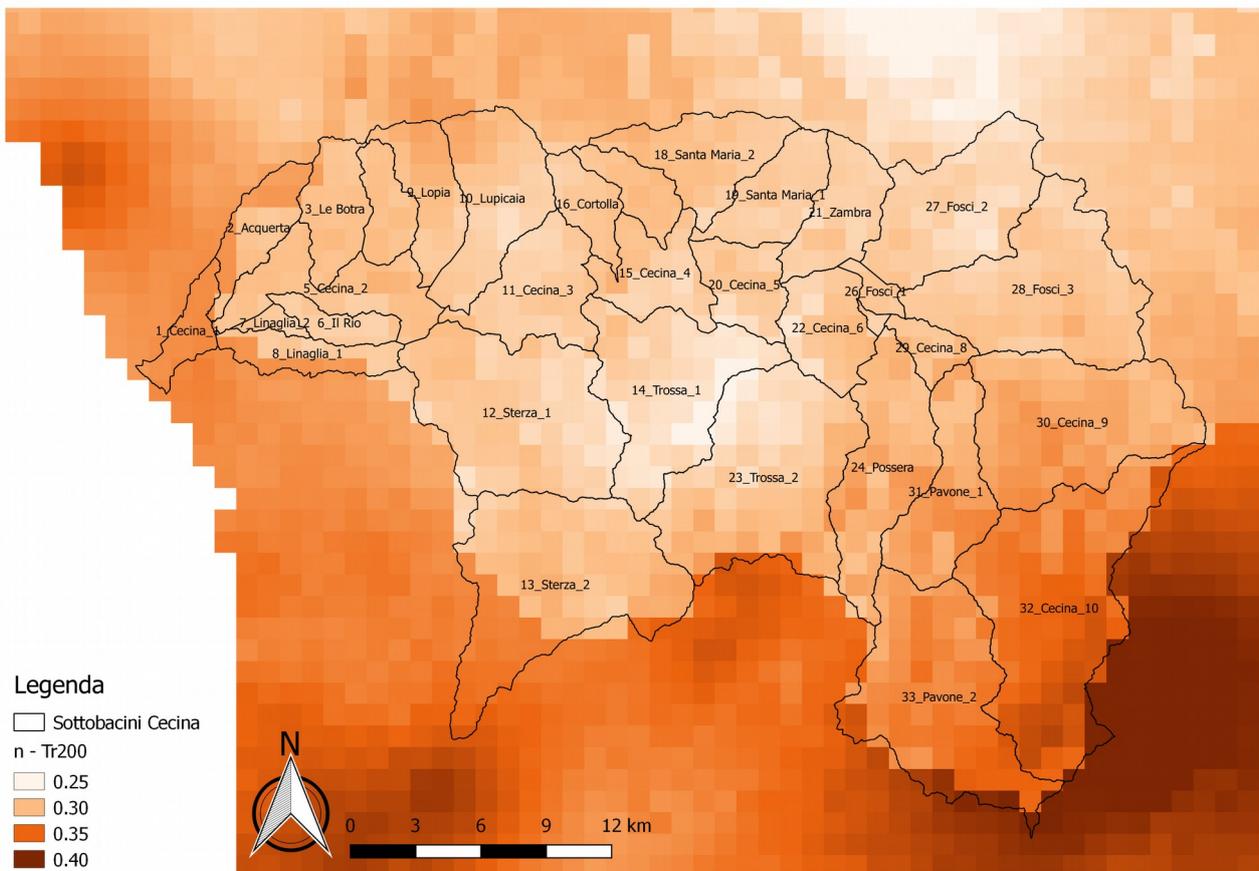


Figura 12: parametro n curva possibilità pluviometrica Tr200

La curva di possibilità pluviometrica adottata per il bacino del Cecina ha la seguente espressione:

	u.m.	Tr30	Tr200
a	[mm]	54.830	76.299
n	[-]	0.272	0.300

Tabella 2 - valori medi spaziali dei parametri a e n per il bacino del Fiume Cecina

Per il bacino dello Sterza è stata adottata una curva di possibilità pluviometrica per ogni sottobacino (Sterza 1 e Sterza 2), in virtù del fatto che la curva pluviometrica relativa al bacino Sterza 2 presenta valori dell'altezza di pioggia leggermente superiori a quelli desumibili dalla curva pluviometrica media relativa al bacino del Cecina.

La curva di possibilità pluviometrica adottata per il sottobacino Sterza 1 ha la seguente espressione:

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto del Piano Operativo del comune di Guardistallo	Relazione idrologica idraulica

	u.m.	Tr30	Tr200
a	[mm]	53.834	74.916
n	[-]	0.258	0.283

Tabella 3 - valori medi spaziali dei parametri a e n per il bacino "Sterza1"

La curva di possibilità pluviometrica adottata per il sottobacino Sterza 2 ha la seguente espressione:

	u.m.	Tr30	Tr200
a	[mm]	56.418	78.500
n	[-]	0.272	0.309

Tabella 4 - valori medi spaziali dei parametri a e n per il bacino del "Sterza2"

Le durate di interesse per i bacini in esame sono pari ad 8 e 10 ore.

3.3. Definizione degli afflussi: ietogramma di progetto e coefficiente di ragguaglio

Nell'elaborazione delle simulazioni mediante il software HEC-HMS si è fatto riferimento a ietogrammi ad intensità costante, in analogia a quanto fatto nello studio generale del Cecina.

Per il calcolo del fattore di ragguaglio si è adottata la metodologia sviluppata nell'ambito degli studi di regionalizzazione delle portate di piena in Toscana. Il coefficiente di ragguaglio areale K_r è espresso dalla relazione seguente:

$$K_r = 1 - \exp(-\alpha t^\beta) + \exp(-\alpha t^\beta - \gamma A)$$

dove:

$\alpha = 0.036 \cdot a'$ ($a' = 24.646$, parametro della curva di possibilità pluviometrica espressa in forma trinomia $h = a' t^n T_r^m$, ricavato per regressione dai dati aggiornati della regionalizzazione delle piogge relativi al bacino del Cecina)

$$\beta = 0.25$$

$$\gamma = 0.01$$

t = durata dell'evento [h]

A = area del bacino [kmq]

L'idrogramma di piena in corrispondenza di una data sezione di chiusura di un sottobacino è stato calcolato adottando l'opportuno coefficiente di ragguaglio, in analogia con lo "Studio Idrologico-Idraulico del bacino del Fiume Cecina" di Pagliara.

Le aree di riferimento prese in considerazione sono pari a 30, 120, 500 e 900 kmq (i coefficienti di ragguaglio calcolati con dette aree vengono individuati con le sigle A0, A120, A500, A900):

- per i bacini che sottendono un'area compresa tra 0 e 30 kmq vale il coefficiente A0;
- per i bacini la cui estensione è compresa tra 30 e 120 kmq vale il coefficiente A120;
- per i bacini la cui estensione è compresa tra 120 e 500 kmq vale il coefficiente A500;
- per i bacini la cui estensione è maggiore di 500 kmq vale il coefficiente A900.

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto del Piano Operativo del comune di Guardistallo	Relazione idrologica idraulica

Nella tabella seguente sono riportati i valori dei coefficienti di ragguaglio calcolati in base all'area di riferimento e alla durata dell'evento. I coefficienti A0 non sono stati calcolati con l'espressione precedente ma posti pari a 1 (nessun ragguaglio areale). Si ricorda che le durate di interesse ai fini della presente analisi sono pari ad 8 e 10 ore.

	<i>u.m.</i>	A0	A120	A500	A900
<i>Kr (durata 1 h)</i>	[-]	1.000	0.712	0.591	0.588
<i>Kr (durata 2 h)</i>	[-]	1.000	0.757	0.654	0.652
<i>Kr (durata 3 h)</i>	[-]	1.000	0.783	0.691	0.689
<i>Kr (durata 4 h)</i>	[-]	1.000	0.801	0.717	0.715
<i>Kr (durata 6 h)</i>	[-]	1.000	0.826	0.752	0.751
<i>Kr (durata 8 h)</i>	[-]	1.000	0.843	0.777	0.775
<i>Kr (durata 10 h)</i>	[-]	1.000	0.856	0.795	0.794
<i>Kr (durata 12 h)</i>	[-]	1.000	0.866	0.810	0.808
<i>Kr (durata 15 h)</i>	[-]	1.000	0.878	0.827	0.826

Tabella 5: valori dei coefficienti di ragguaglio

Le sezioni di calcolo di interesse ai fini della presente analisi sono:

- la sezione di chiusura del bacino dello Sterza, che ha area pari a 128.5 Km², e per cui si assumono piogge ragguagliate con il coefficiente A120;
- la sezione di chiusura del bacino del Cecina a monte della confluenza con lo Sterza, che ha area pari a 635 Km² e per cui si assumono cautelativamente piogge ragguagliate con il coefficiente A500.

3.4. Le perdite di bacino: metodo CN del SCS

Le perdite di bacino sono state valutate con il metodo CN (Curve Number) del SCS basato sull'equazione di continuità, espressa dalla seguente formula:

$$P_{net} = P - S'$$

con P_{net} volume specifico (mm) di pioggia netta, P volume specifico affluito, S' volume specifico infiltrato.

Il metodo ipotizza la validità della seguente relazione di proporzionalità:

$$\frac{(S')}{S} = \frac{P_{net}}{(P - I_a)}$$

dove S è il massimo volume d'acqua che il terreno può trattenere in condizioni di saturazione e I_a la perdita iniziale. Combinando le due equazioni precedenti si ottiene:

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto del Piano Operativo del comune di Guardistallo	Relazione idrologica idraulica

$$P_{net} = 0 \quad \text{per } P < I_a$$

$$P_{net} = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a + S)} \quad \text{per } P > I_a$$

Per la stima di I_a si può far ricorso alla seguente equazione: $I_a = 0.1 - 0.4 S$ (generalmente $I_a = 0.2 S$). La valutazione di S è ricondotta a quella dell'indice CN, secondo la seguente:

$$S = 254 \cdot \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$

valida per S espressa in mm.

L'indice CN è un numero adimensionale, compreso tra 0 e 100, funzione della natura del suolo e del tipo di copertura vegetale.

Per l'assegnazione del valore a tale parametro si è fatto riferimento alla specifica tabella riportata in "Macroattività B - Modellazione idrologica Attività B2: Modellazione idrologica caso pilota. Implementazione modello distribuito per la Toscana MOBIDIC. Addendum: parametrizzazione HMS" (Università di Firenze, Regione Toscana, 2014), con annesso file shp contenente i valori del parametro CN per tutta la Regione Toscana.

Si è tuttavia effettuata una correzione a tale tabella in merito ai valori assegnati alle aree boscate (codici Corine 311, 312 e 313). Nella pubblicazione originale della Regione Toscana i valori di CN associati a tali aree risultano infatti quelli relativi all'uso del suolo "woods, fair hydrologic conditions" di cui alle tabelle del metodo CN redatte dall'USDA Natural Resources Conservation Service (Tabella 9-1, *National Engineering Handbook, part 630 Hydrology, Chapter 9: Hydrologic Soil Cover complexes*). In effetti nell'ambito della metodologia CN con il termine woods si intendono "small isolated groves of trees being raised for farm or ranch use"¹, tipologia di uso del suolo che ha un comportamento idrologico diverso rispetto a "Forest-range", di cui allo stesso Chapter 9 del citato *National Engineering Handbook, part 630 Hydrology*. Nella letteratura tecnica sono peraltro presenti più studi che evidenziano la tendenziale sovrastima dei deflussi derivante dall'applicazione del metodo CN alle aree boscate. Ad esempio il software AdBt-ToolBox, sviluppato in Italia a cura del Ministero dell'Ambiente, adotta valori del parametro CN per le aree boscate inferiori a quelli proposti dall'USDA.

Nello spirito di volersi mantenere coerenti con i valori di CN per aree boscate proposti dall'USDA (l'ente che ha sviluppato il metodo stesso del CN) si è provveduto a variare i valori adottati dalla Regione Toscana in corrispondenza delle aree boscate (codici Corine 311, 312 e 313), come da tabella seguente:

	Valori Regione Toscana				Valori USDA			
	A	B	C	D	A	B	C	D
Boschi di latifoglie (311)	36	60	73	79	36	48	57	63
Boschi di conifere (312)	36	60	73	79	36	48	57	63
Boschi misti di latifoglie e conifere (313)	36	60	73	79	36	48	57	63

Tabella 6: parametro CN per le aree boscate. Per la colonna A dei valori USDA si sono assunti gli stessi valori proposti dalla Regione Toscana, in assenza di indicazioni sul *National Engineering Handbook, part 630*

¹ "Hydrology training series. Module 104. Runoff Curve Number Computations. Study Guide". USDA, NRCS, 1989.

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto del Piano Operativo del comune di Guardistallo	Relazione idrologica idraulica

Hydrology.

Il valore del parametro CN è inoltre influenzato dalla condizione di umidità del suolo all'istante di inizio della precipitazione. A tal proposito sono state individuate tre classi denominate AMC (Antecedent Moisture Condition) in base ai mm di pioggia che si sono avuti nei 5 giorni precedenti all'evento, come indicato nella seguente tabella:

Classe AMC	Precipitazione nei 5 giorni precedenti all'evento (mm)	
	<i>Stagione di riposo</i>	<i>Stagione di crescita</i>
<i>I</i>	<i>< 13</i>	<i>< 36</i>
<i>II</i>	<i>13-28</i>	<i>36 - 54</i>
<i>III</i>	<i>> 28</i>	<i>> 54</i>

Tabella 7 classi AMC metodo CN

I valori di CN indicati nella tabella di cui al paragrafo precedente fanno riferimento ad una condizione di umidità del suolo di tipo standard AMC II. Per condizioni iniziali differenti vanno effettuate le opportune correzioni:

$$CN(I) = \frac{(4.2 \cdot CN(II))}{(10 - 0.058 \cdot CN(II))} \qquad CN(III) = \frac{(23 \cdot CN(II))}{(10 + 0.13 \cdot CN(II))}$$

Nel caso in esame i calcoli sono stati effettuati con riferimento alle condizioni di CN(III).

Nelle figure seguenti si riportano le distribuzioni del codice Corine, che indica l'uso del suolo secondo la Tabella 8, della classe del suolo, che indica la propensione del terreno all'infiltrazione secondo quanto indicato dalla Tabella 9, e del parametro CN (II) per il territorio del bacino del Fiume Cecina.

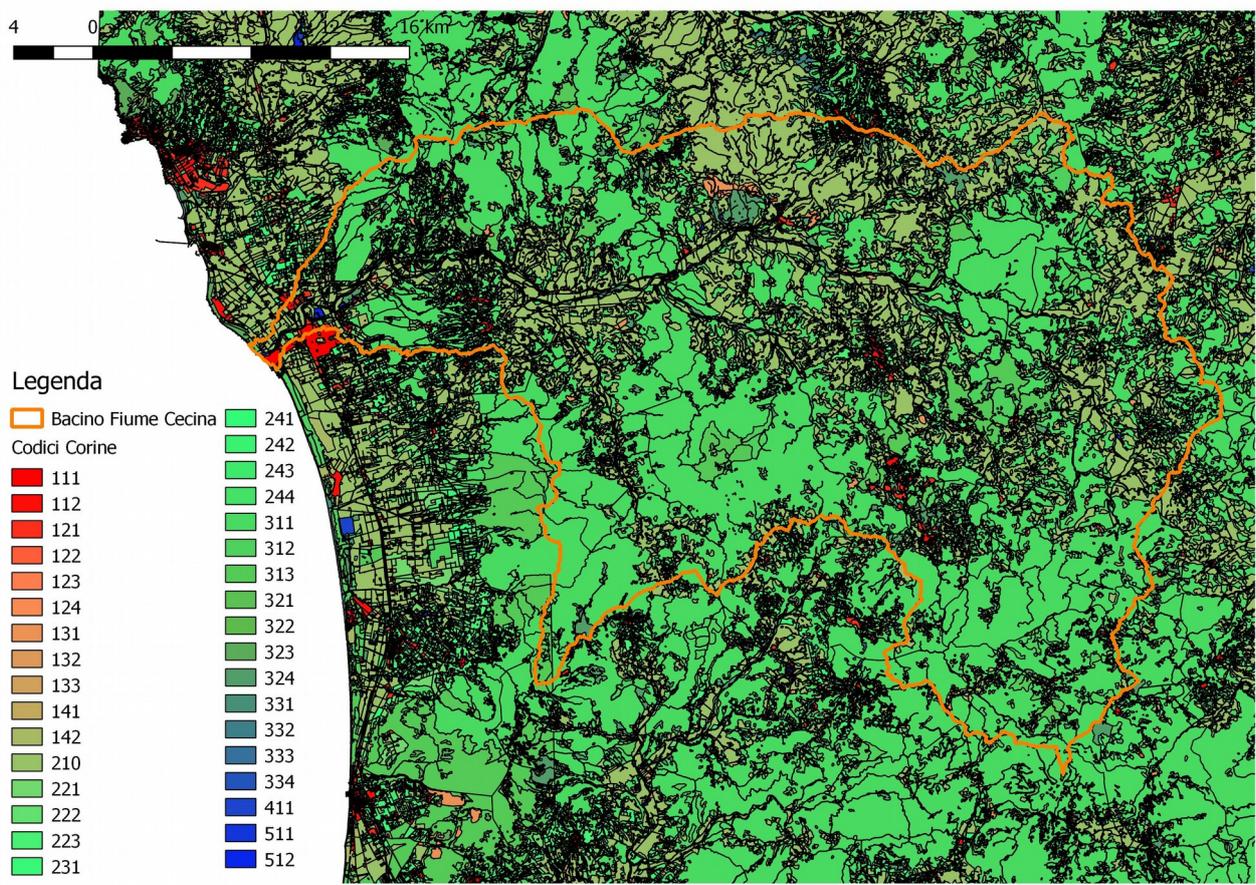


Figura 13: codici Corine per il bacino del Fiume Cecina

1 – Superfici artificiali	<p>1.1 – Tessuto urbano (111 – Tessuto urbano continuo; 112- Tessuto urbano discontinuo)</p> <p>1.2 – Unità industriali commerciali e di trasporto (121 Unità industriali o commerciali; 122 Reti di strade e binari e territori associati; 123 Aree portuali; 124 Aeroporti)</p> <p>1.3 – Miniere, discariche e luoghi di costruzione (131 Luoghi di estrazioni di minerali; 132 Discariche; 133 Luoghi di costruzione)</p> <p>1.4 – Aree con vegetazione superficiale (141 Aree di verde urbano; 142 Strutture di sport e tempo libero)</p>
2 – Aree agricole	<p>2.1 – Seminativi (211 Seminativi non irrigati; 212 Suolo permanentemente irrigato; 213 Risaie)</p> <p>2.2 – Colture permanenti (221 Vigneti; 222 Frutteti e frutti minori; 223 Oliveti)</p> <p>2.3 – Pascoli (231 Pascoli)</p> <p>2.4 – Aree agricole eterogenee (241 Colture annuali e colture permanenti; 242 Coltivazione complessa; 243 Suoli principalmente occupati dall'agricoltura; 244 Aree di agro-silvicoltura)</p>
3 – Foreste e aree semi naturali	<p>3.1 – Foreste (311 Foreste a latifoglie; 312 Foreste di conifere; 313 Foreste miste)</p> <p>3.2 – Associazione di vegetazione erbacea e/o arbusti (321 Prateria naturale; 322 Lande e brughiera; 323 Vegetazione sclerofila; 324 Transizione suolo boscoso/arbusti)</p> <p>3.3 – Spazi aperti con poca o nessuna vegetazione (331 Spiagge, dune e piani di sabbia; 332 Roccia nuda; 333 Aree scarsamente vegetate; 334 Aree bruciate; 335 Ghiacciai e nevi perenni)</p>
4 – Terre umide	<p>4.1 – Terre umide interne (411 Paludi interne; 412 Torbiere)</p> <p>4.2 – Terre umide costiere (421 Paludi di sale; 422 Saline; 423 Piani intertidali)</p>
5 – Corpi d'acqua	<p>5.1 – Acque interne (511 Corsi d'acqua; 512 Corpi d'acqua)</p> <p>5.2 – Acque marine (521 Lagune costiere; 522 Estuari; 523 Mare)</p>

Tabella 8: legenda dei codici Corine

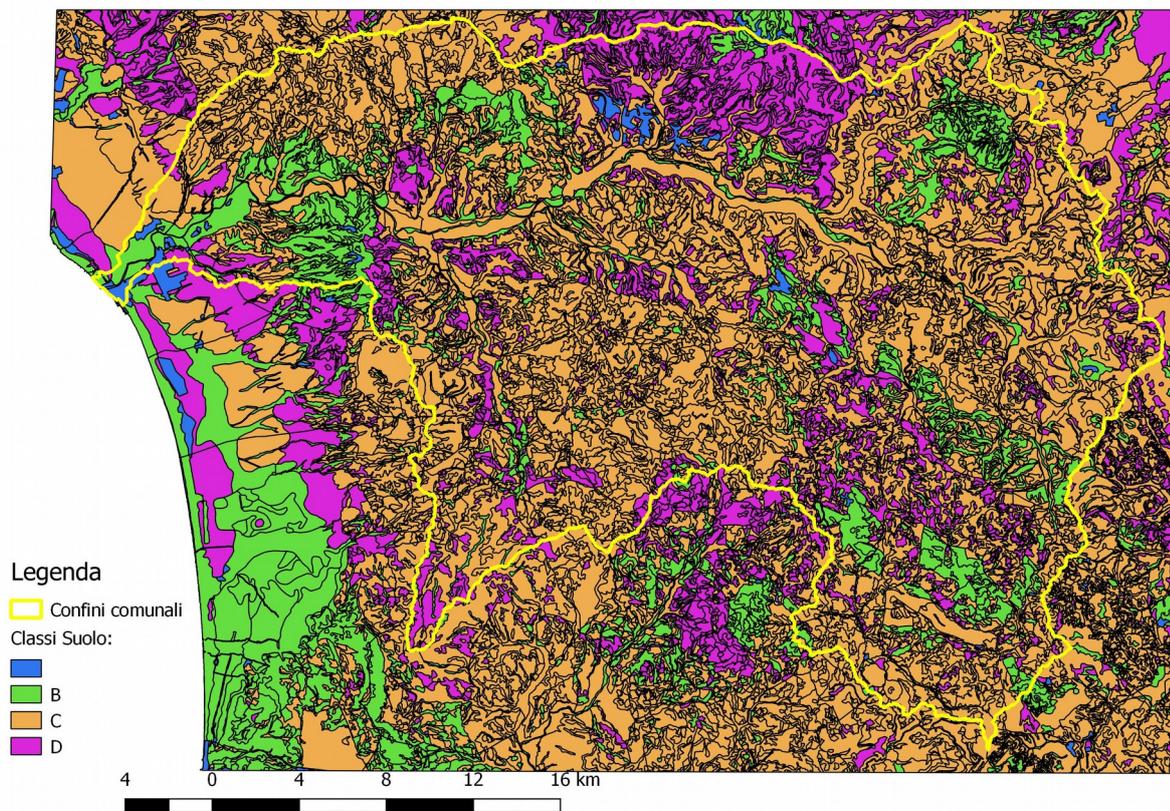


Figura 14: classificazione del suolo nel bacino del Fiume Cecina secondo la categorizzazione SCS

Classe Suolo	Descrizione
A	<i>Suoli aventi scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla, ghiaie profonde molto permeabili. Capacità di infiltrazione molto elevata</i>
B	<i>Suoli aventi moderata potenzialità di deflusso. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A e con maggiore aliquota di argilla e limo. Elevate capacità di infiltrazione anche in condizioni di saturazione.</i>
C	<i>Suoli aventi potenzialità di deflusso moderatamente alta. Suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloid. Scarsa capacità di infiltrazione.</i>
D	<i>Suoli con potenzialità di deflusso molto elevata. Argille con elevata capacità di rigonfiamento, suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie. Scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.</i>

Tabella 9: Classi del suolo SCS

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto del Piano Operativo del comune di Guardistallo	Relazione idrologica idraulica

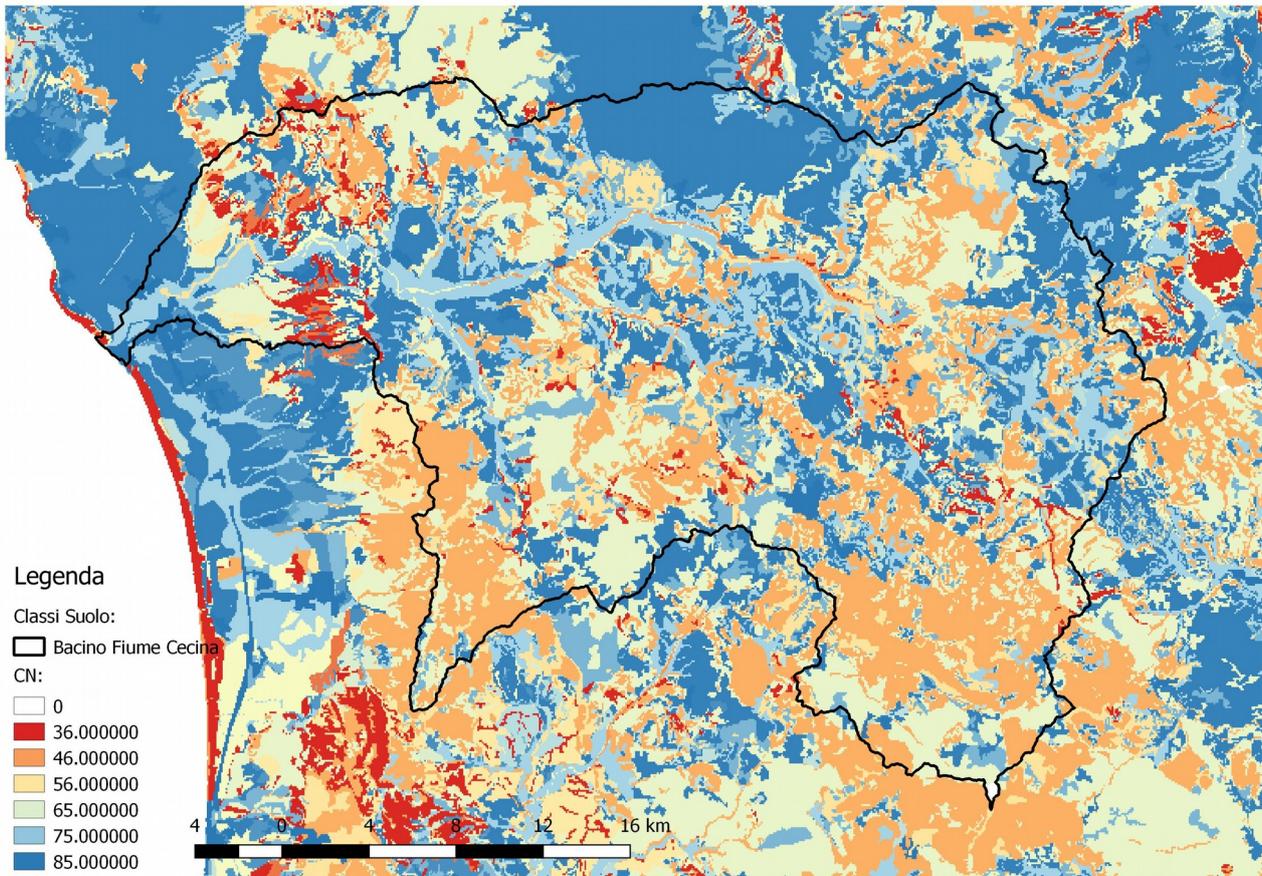


Figura 15: valori del CN nel bacino del Fiume Cecina

Sottobacino	CN medio	Sottobacino	CN medio
<i>Cecina 1</i>	<i>79.730</i>	<i>Acquerta</i>	<i>64.250</i>
<i>Le Botra</i>	<i>62.290</i>	<i>Rialdo</i>	<i>48.781</i>
<i>Cecina 2</i>	<i>67.611</i>	<i>Il Rio</i>	<i>54.670</i>
<i>Linaglia 1</i>	<i>65.860</i>	<i>Linaglia 2</i>	<i>65.120</i>
<i>Lopia</i>	<i>62.660</i>	<i>Lupicaia</i>	<i>66.720</i>
<i>Cecina 3</i>	<i>68.960</i>	<i>Sterza 1</i>	<i>67.060</i>
<i>Sterza 2</i>	<i>60.770</i>	<i>Trossa 1</i>	<i>65.110</i>
<i>Trossa 2</i>	<i>64.290</i>	<i>Cecina 4</i>	<i>68.920</i>
<i>Cortolla</i>	<i>68.780</i>	<i>Botro Grande</i>	<i>69.610</i>
<i>Santa Maria 1</i>	<i>80.580</i>	<i>Santa Maria 2</i>	<i>81.380</i>
<i>Cecina 5</i>	<i>66.230</i>	<i>n.21</i>	<i>77.620</i>
<i>Cecina 6</i>	<i>72.670</i>	<i>Possera</i>	<i>67.930</i>
<i>Cecina 7</i>	<i>56.710</i>	<i>Fosci 1</i>	<i>64.920</i>
<i>Fosci 2</i>	<i>65.840</i>	<i>Fosci 3</i>	<i>67.860</i>

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto del Piano Operativo del comune di Guardistallo	Relazione idrologica idraulica

Cecina 8	62.180	Cecina 9	67.310
Pavone 1	61.210	Pavone 2	58.240
Cecina 10	58.970		

Tabella 10: valori del CN medio per ogni sottobacino (CN II). Nella modellazione si sono assunti i valori corrispondenti di CN III.

3.5. Trasformazione afflussi netti – deflussi: l'idrogramma unitario di Clark

L'idrogramma unitario di Clark si basa sulla considerazione che la trasformazione da afflussi netti a deflussi sia essenzialmente governata da due fenomeni fisici:

- la traslazione della pioggia netta dal suo punto di origine alla sezione di chiusura del bacino idrografico;
- i fenomeni di invaso e svaso di acqua che avvengono in un bacino soggetto a precipitazioni.

Per la definizione dell'idrogramma sono richiesti i parametri relativi al tempo di corrivazione T_c e alla costante di invaso R .

Secondo Eaglin e Wanielista la costante R può essere posta in prima approssimazione uguale al tempo di corrivazione del bacino; inoltre il rapporto $\frac{R}{(T_c + R)}$ assume generalmente un valore costante all'interno di regioni idrologiche omogenee variando da valori prossimi a 0.1, tipici solitamente di idrogrammi caratterizzati da un ramo ascendente ripido, (ad esempio idrogrammi generati da bacini urbani o da bacini ad elevata pendenza media) fino a valori prossimi a 0.7 per idrogrammi relativi a bacini agricoli pianeggianti o coperti da boschi, con bassa pendenza media.

Nel caso in esame si è fatto riferimento ai valori proposti da Pagliara nello "Studio Idrologico-Idraulico del bacino del Fiume Cecina". I valori di calcolo adottati sono riportati nella seguente Tabella 11.

Sottobacino	Area [kmq]	T_c [h]	R
Cecina 1	8.55	1.41	1.47
Acquerta	13.94	2.20	1.35
Le Botra	15.84	2.07	1.02
Rialdo	10.55	2.35	1.01
Cecina 2	23.60	0.95	0.58
Il Rio	7.59	1.53	0.75
Limaglia 1	12.31	2.65	1.49
Limaglia 2	2.51	1.06	0.65
Lopia	17.32	2.75	1.07
Lupicaia	30.97	2.83	1.21
Cecina 3	25.54	2.24	1.50
Sterza 1	60.09	1.45	0.75

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto del Piano Operativo del comune di Guardistallo	Relazione idrologica idraulica

<i>Sterza 2</i>	<i>68.40</i>	<i>3.36</i>	<i>1.73</i>
<i>Cecina 4</i>	<i>18.62</i>	<i>1.34</i>	<i>0.75</i>
<i>Cortolla</i>	<i>10.45</i>	<i>2.22</i>	<i>0.95</i>
<i>Botro Grande</i>	<i>10.07</i>	<i>1.49</i>	<i>0.67</i>
<i>Santa Maria 1</i>	<i>18.04</i>	<i>1.88</i>	<i>0.80</i>
<i>Santa Maria 2</i>	<i>23.92</i>	<i>1.74</i>	<i>1.06</i>
<i>Cecina 5</i>	<i>14.92</i>	<i>1.26</i>	<i>0.71</i>
<i>Trossa 1</i>	<i>46.73</i>	<i>2.53</i>	<i>1.30</i>
<i>Trossa 2</i>	<i>65.22</i>	<i>2.41</i>	<i>1.13</i>
<i>n. 21</i>	<i>18.77</i>	<i>1.64</i>	<i>0.64</i>
<i>Cecina 6</i>	<i>18.50</i>	<i>1.09</i>	<i>0.42</i>
<i>Possera</i>	<i>36.33</i>	<i>3.61</i>	<i>1.70</i>
<i>Cecina 7</i>	<i>0.93</i>	<i>0.62</i>	<i>0.35</i>
<i>Fosci 1</i>	<i>3.53</i>	<i>0.48</i>	<i>0.25</i>
<i>Fosci 2</i>	<i>39.39</i>	<i>2.44</i>	<i>1.15</i>
<i>Fosci 3</i>	<i>55.38</i>	<i>3.39</i>	<i>1.67</i>
<i>Cecina 8</i>	<i>7.04</i>	<i>0.60</i>	<i>0.23</i>
<i>Cecina 9</i>	<i>55.39</i>	<i>1.80</i>	<i>0.84</i>
<i>Pavone 1</i>	<i>27.69</i>	<i>2.87</i>	<i>1.35</i>
<i>Pavone 2</i>	<i>61.13</i>	<i>3.51</i>	<i>1.65</i>
<i>Cecina 10</i>	<i>77.74</i>	<i>4.05</i>	<i>1.91</i>

Tabella 11: tempi di corrivazione e costanti di invaso per i sottobacini di calcolo.

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto del Piano Operativo del comune di Guardistallo	Relazione idrologica idraulica

3.6. Propagazione dei deflussi

Nel modello HEC-HMS i corsi d'acqua relativi ai sottobacini sono collegati tra loro e con l'asta principale del Fiume Cecina mediante degli elementi "reach" (con cui si rappresentano anche i vari tratti del Fiume stesso). Per la stima della propagazione dei deflussi negli elementi "reach" si è adottato il metodo di Muskingum-Cunge. Tale modello si basa sull'equazione di continuità e sull'approssimazione parabolica delle equazioni complete di De Saint Venant. I coefficienti del metodo vengono calcolati sulla base delle caratteristiche geometriche medie dei vari tratti per mezzo delle seguenti relazioni:

$$k = \frac{\Delta x}{c} \quad X = \frac{1}{2} \cdot \left(1 - \frac{Q}{BS_0 c \Delta x}\right) \quad c = \frac{dQ}{dA}$$

in cui Δx è l'intervallo di discretizzazione spaziale, Δt il passo temporale di calcolo, c la celerità di traslazione dell'onda, S_0 la pendenza di fondo ed A l'area liquida.

La geometria dell'alveo degli affluenti e del tratto di monte del Fiume Cecina (fino alla confluenza con il Botro Canonici) è stata definita come una sezione trapezia specificando la lunghezza del tratto stesso, la pendenza media, il coefficiente di Manning, la larghezza dell'alveo e la pendenza delle sponde. La geometria del tratto di valle del fiume è stata invece definita con sezione composta (eight-point), per il quale occorre specificare le coordinate x-y degli otto punti fondamentali che definiscono l'alveo inciso e le aree golenali.

Sia le sezioni trapezie che le sezioni eight-point sono state ottenute mediando le caratteristiche geometriche su tutta la lunghezza del tratto; i dati necessari alla loro definizione sono riportati nelle tabelle seguenti.

Elemento	Lunghezza [m]	Pendenza [m/m]	Coefficiente di Manning	Larghezza dell'alveo [m]	Scarpa delle sponde (H:V)
r_pav1	14484.48	0.01393	0.050	16.00	2.00
r_cec9	10981.42	0.00737	0.050	11.67	2.00
r_cec8	5414.66	0.00656	0.050	15.33	2.00
r_cec7	2151.15	0.00444	0.050	15.33	2.00
r_fos1	2455.04	0.00653	0.050	9.33	2.00
r_cec6	3879.35	0.00414	0.050	17.67	2.00
r_cec5	6142.61	0.00279	0.050	13.33	2.00
r_tro1	8839.94	0.00673	0.050	10.33	2.00
r_ste1	11882.08	0.00390	0.050	13.67	2.00

Tabella 12: caratteristiche degli elementi "reach" con sezione trapezia

Elemento	Lunghezza [m]	Pendenza [m/m]	Coefficiente di Manning in alveo	Coefficiente di Manning golena sinistra	Coefficiente di Manning golena destra
r_cec4.2	1454.30	0.00218	0.045	0.050	0.050
r_cec4.1	2992.70	0.00211	0.045	0.050	0.050
r_cec4.0	1883.40	0.00106	0.045	0.050	0.050

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto del Piano Operativo del comune di Guardistallo	Relazione idrologica idraulica

r_cec3	8277.60	0.00221	0.045	0.050	0.050
r_cec2.6	1486.20	0.00123	0.045	0.050	0.050
r_cec2.5	683.24	0.00370	0.045	0.050	0.050
r_cec2.4	1864.00	0.00167	0.045	0.050	0.050
r_cec2.3	5229.00	0.00151	0.045	0.050	0.050
r_cec2.2	3664.00	0.00254	0.045	0.050	0.050
r_cec2.1	2481.60	0.00123	0.045	0.050	0.050
r_cec2.0	788.17	0.00086	0.045	0.050	0.050
r_cec1	4916.00	0.00018	0.045	0.050	0.050

Tabella 13: caratteristiche geometriche degli elementi "reach" con sezione eight-point

Elemento	1° punto		2° punto		3° punto		4° punto		5° punto		6° punto		7° punto		8° punto	
	x [m]	y [m]														
r_cec4.2	0.00	11.08	100.00	3.98	329.73	4.24	385.48	0.17	413.05	0.00	427.33	2.78	760.95	3.82	810.95	12.27
r_cec4.1	0.00	48.04	100.00	4.77	194.84	3.84	201.34	0.08	217.69	0.00	266.65	9.05	735.52	9.46	885.52	23.16
r_cec4.0	0.00	84.89	100.00	29.91	259.37	22.37	280.18	0.38	299.81	0.00	331.95	8.81	664.91	10.66	864.91	49.88
r_cec3	0.00	51.63	100.00	8.59	381.43	8.24	405.31	0.06	433.39	0.00	467.27	9.57	704.52	9.77	754.52	15.73
r_cec2.6	0.00	14.10	100.00	8.67	448.45	6.36	474.71	0.70	509.53	0.00	550.64	9.90	1167.0	10.20	1217.0	22.74
r_cec2.5	0.00	21.03	50.00	9.01	127.35	9.09	154.43	0.00	224.37	0.88	243.10	6.76	960.12	10.88	1010.1	19.86
r_cec2.4	0.00	26.63	50.00	13.52	355.13	8.32	386.56	0.77	440.06	0.00	472.87	8.07	685.34	13.69	735.34	30.27
r_cec2.3	0.00	24.97	50.00	17.72	416.03	6.94	436.19	0.03	473.48	0.00	499.27	7.41	720.74	11.56	770.74	23.92
r_cec2.2	0.00	48.76	100.00	13.59	646.23	12.10	687.64	0.04	709.52	0.00	742.42	7.64	922.86	8.96	1072.9	22.76
r_cec2.1	0.00	29.50	50.00	16.82	281.39	12.08	376.74	0.00	392.85	0.00	477.02	20.84	772.97	24.70	822.97	47.95
r_cec2.0	0.00	20.24	50.00	13.57	240.49	11.99	322.08	0.00	339.97	0.19	364.71	8.34	659.16	10.90	709.16	37.32
r_cec1	0.00	48.86	50.00	13.21	199.72	8.77	228.47	0.01	264.32	0.00	293.46	6.69	458.82	8.72	508.82	38.47

Tabella 14: coordinate degli 8 punti delle sezioni degli elementi "reach"

3.7. Risultati della modellazione idrologica: idrogrammi di piena e portate di picco

Sulla base delle ipotesi prima espresse sono state condotte le simulazioni idrologiche per il bacino in esame per i tempi di ritorno e le durate di interesse. Per i bacini di studio le simulazioni da prendere in considerazione sono quelle eseguite con altezze di pioggia ragguagliate in base all'area sottesa dalla sezione di chiusura dello stesso. Nella fattispecie:

- per il bacino dello Sterza sono state prese in considerazione le simulazioni in cui la pioggia è stata ragguagliata con il coefficiente A120.
- per il bacino del Cecina alla sezione di chiusura a monte della confluenza con lo Sterza sono state prese in considerazione le simulazioni in cui la pioggia è stata ragguagliata con il coefficiente A500.

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto del Piano Operativo del comune di Guardistallo	Relazione idrologica idraulica

Le successive analisi idrauliche svolte nel presente studio per il fiume Cecina sono state riprese dal modello idraulico già implementato per il Comune di Montecatini Val di Cecina, in cui il fiume Cecina era stato schematizzato dalla sezione posta a valle della confluenza con il torrente Santa Maria fino alla sezione posta a valle della confluenza con il torrente Le Botra. Ai fini della predisposizione del modello idraulico sono quindi necessari gli idrogrammi del Cecina al nodo *j_cec5-r-cec5* (codice del modello HMS) oltre agli idrogrammi dei vari affluenti ed interbacini per il tratto di interesse. Tali idrogrammi sono riportati successivamente nella relazione idraulica. A seguire si riportano gli idrogrammi del Cecina a monte ed a valle della confluenza con lo Sterza e gli idrogrammi dello Sterza.

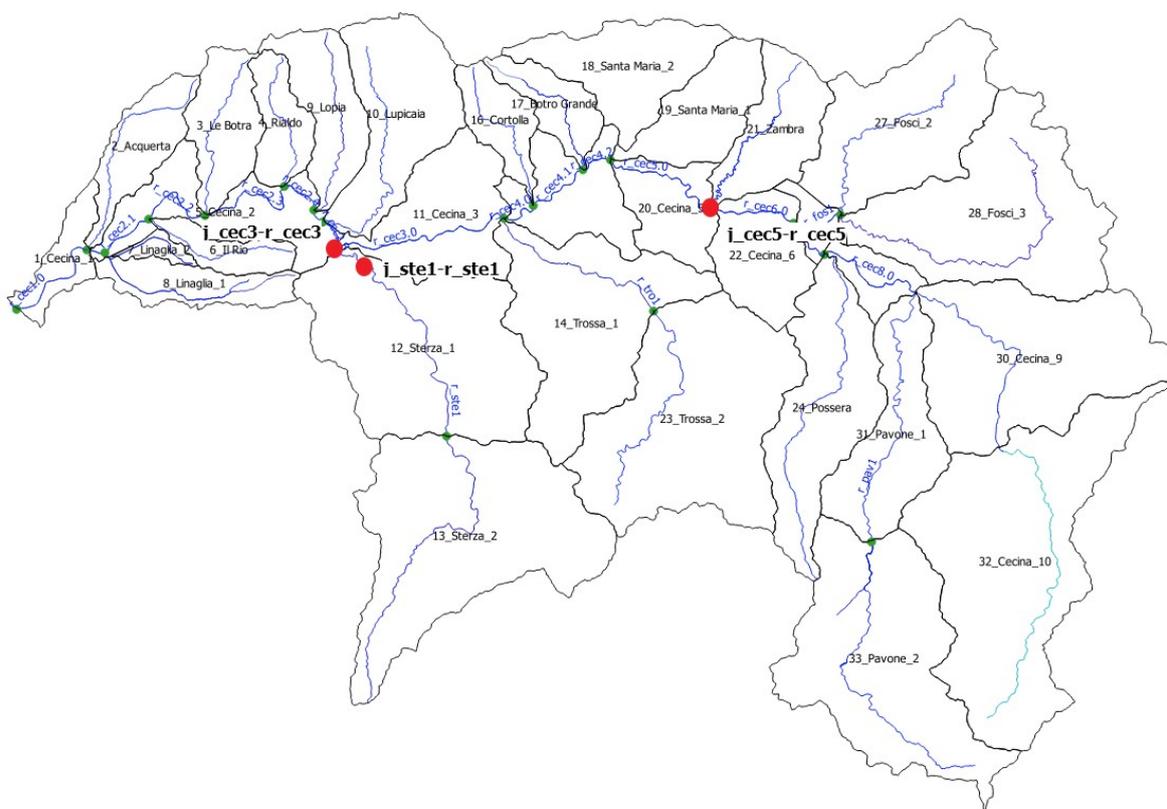


Figura 16 - Ubicazione delle sezioni di riferimento per i risultati della modellazione idrologica

Ogni simulazione è individuata da un codice nella forma ICTrXXXTpHAYYY dove IC sta ad indicare che si sono impiegati ietogrammi ad intensità costante, XXX indica il tempo di ritorno (in anni), H indica la durata dell'evento (in ore) e AYYY indica il coefficiente con cui è stata ragguagliata la pioggia dell'evento.

Nelle tabelle seguenti si riportano i risultati ottenuti in termini di portate massime, nelle due sezioni di interesse.

<p style="text-align: center;">H.S. INGEGNERIA srl Via Bonistallo 39, 50053 Empoli (FI) Tel. e Fax 0571-725283 e.mail info@hsingegneria.it web www.hsingegneria.it P.IVA 01952520466</p>	Pagina
	29 di 59

Bacino	Area bacino (Kmq)	Portate di Picco [mc/s]			
		<i>ICTr200tp8A120</i>	<i>ICTr200tp10A120</i>	<i>ICTr200tp8A500</i>	<i>ICTr200tp10A500</i>
<i>j_cec5-r_cec5</i>	458.70	1316.84	1270.14	1170.95	1149.88
<i>j_cec3-r_cec3</i>	763.82	1964.60	1947.12	1892.24	1828.19
<i>j_ste1-r_ste1</i>	128.49	382.21	358.46	323.61	308.62

Tabella 15: portate di picco nei bacini di interesse (Tr200)

Bacino	Area bacino (Kmq)	Portate di Picco			
		<i>IICTr30tp8A120</i>	<i>ICTr30tp10A120</i>	<i>IICTr30tp8A500</i>	<i>ICTr30tp10A500</i>
<i>j_cec5-r_cec5 *</i>	458.70	729.92	721.62	636.69	645.97
<i>j_cec3-r_cec3</i>	763.82	1146.38	1147.60	995.08	1000.08
<i>j_ste1-r_ste1</i>	128.49	199.89	195.47	163.93	179.84

Tabella 16: portate di picco nei bacini di interesse (Tr30)

Bacino	Area bacino (Kmq) (coeff. ragguaglio)	Portata di picco (Tr200) [mc/s]	Portata di picco (Tr30) [mc/s]
<i>j_cec5-r_cec5</i>	458.70 (A500)	1170.95	645.97
<i>j_cec3-r_cec3</i>	763.82 (A500)	1892.24	1000.08
<i>j_ste1-r_ste1</i>	128.49 (A120)	382.21	199.89

Tabella 17: riepilogo delle portate di picco per tempi di ritorno 30 e 200 anni per i bacini di interesse

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto del Piano Operativo del comune di Guardistallo	Relazione idrologica idraulica

I grafici seguenti si riportano gli idrogrammi delle portate del fiume Cecina in ingresso al modello idraulico, ovvero nella sezione posta a valle della confluenza con il torrente Santa Maria.

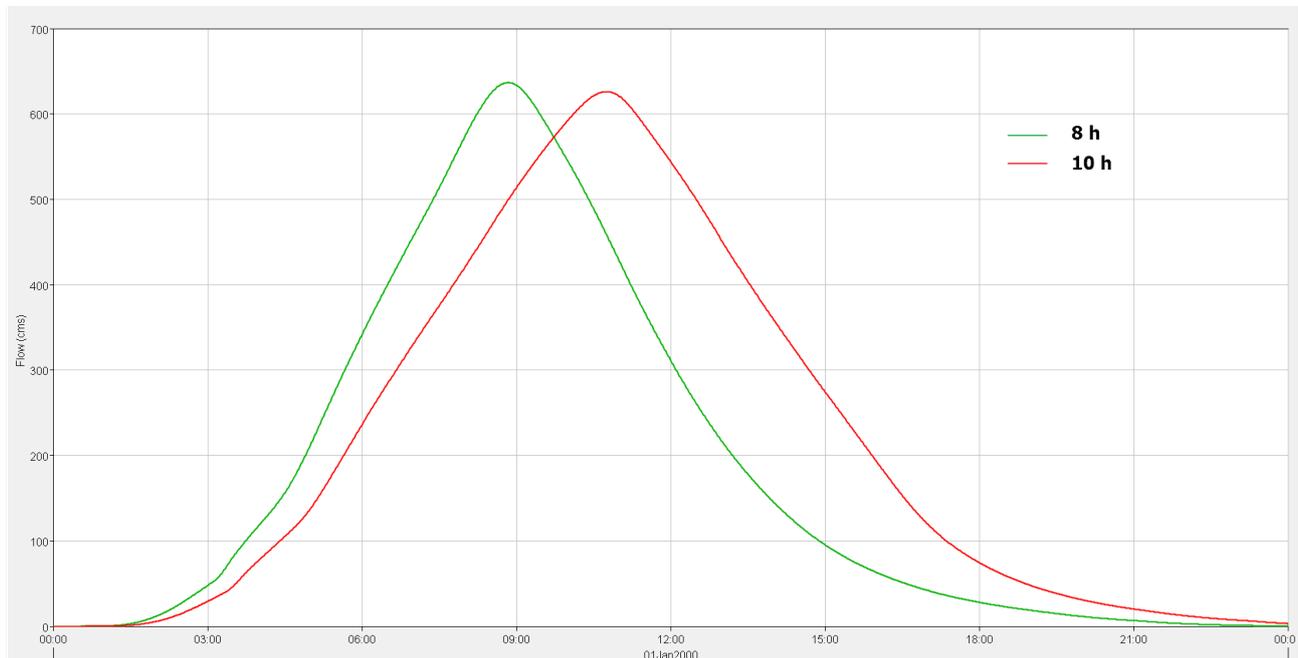


Figura 17 - Idrogrammi delle portate nel fiume Cecina nella sezione a valle della confluenza con il torrente Santa Maria, per le simulazioni ICTr030tp8A500 (in verde) e ICTr030tp10A500 (in rosso).

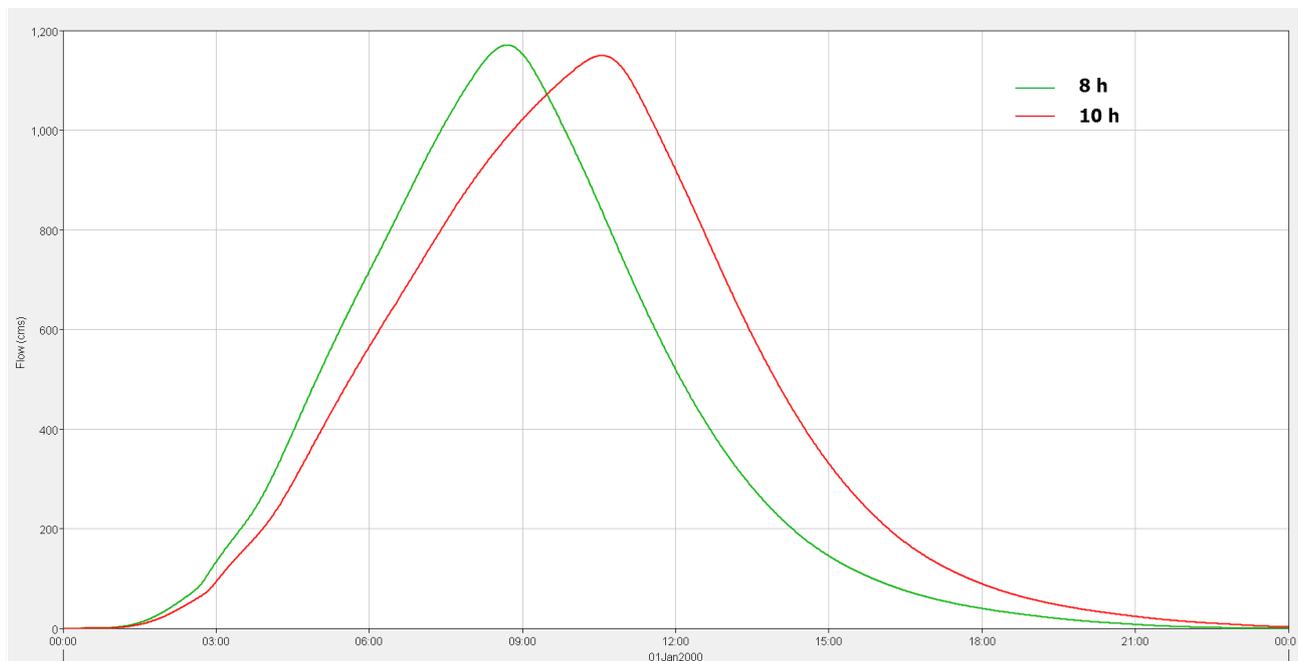


Figura 18 - Idrogrammi delle portate nel fiume Cecina nella sezione a valle della confluenza con il torrente Santa Maria, per le simulazioni ICTr200Tp8A500 (in verde) e ICTr200Tp10A500 (in rosso).

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto del Piano Operativo del comune di Guardistallo	Relazione idrologica idraulica

I grafici seguenti si riportano gli idrogrammi delle portate del torrente Sterza nella sezione di chiusura del bacino.

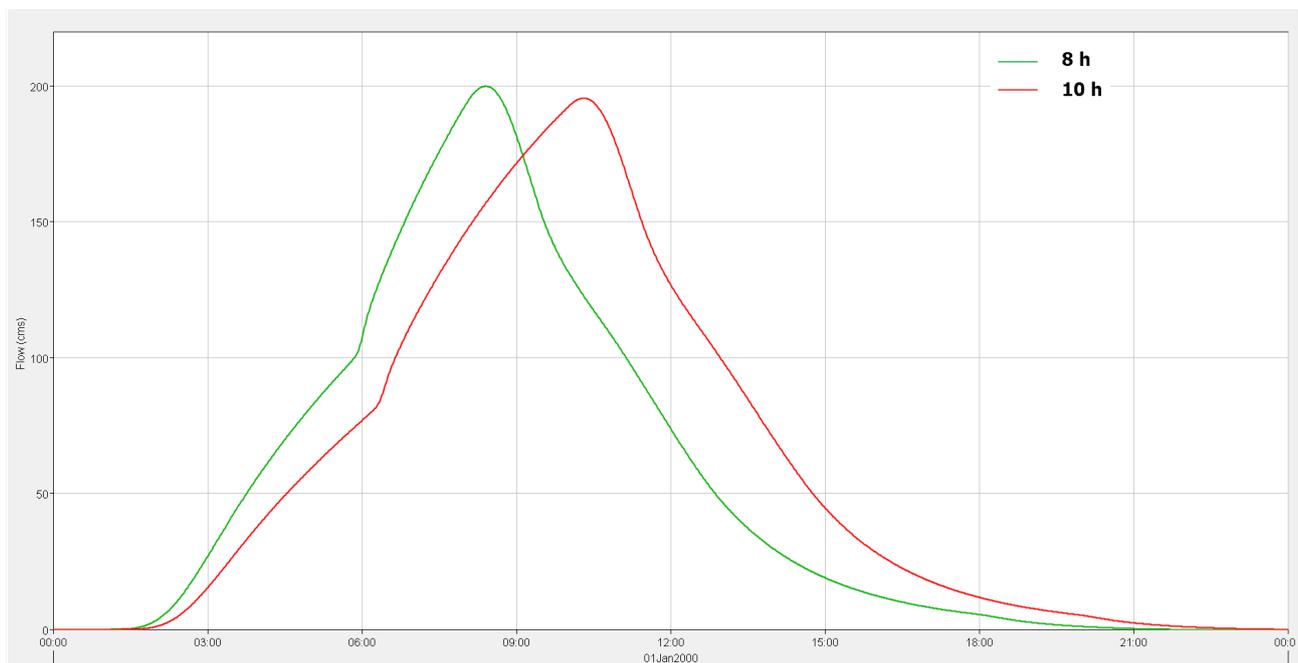


Figura 19 - Idrogrammi delle portate nel torrente Sterza , per le simulazioni ICTr030tp8A120 (in verde) e ICTr030tp10A120 (in rosso).

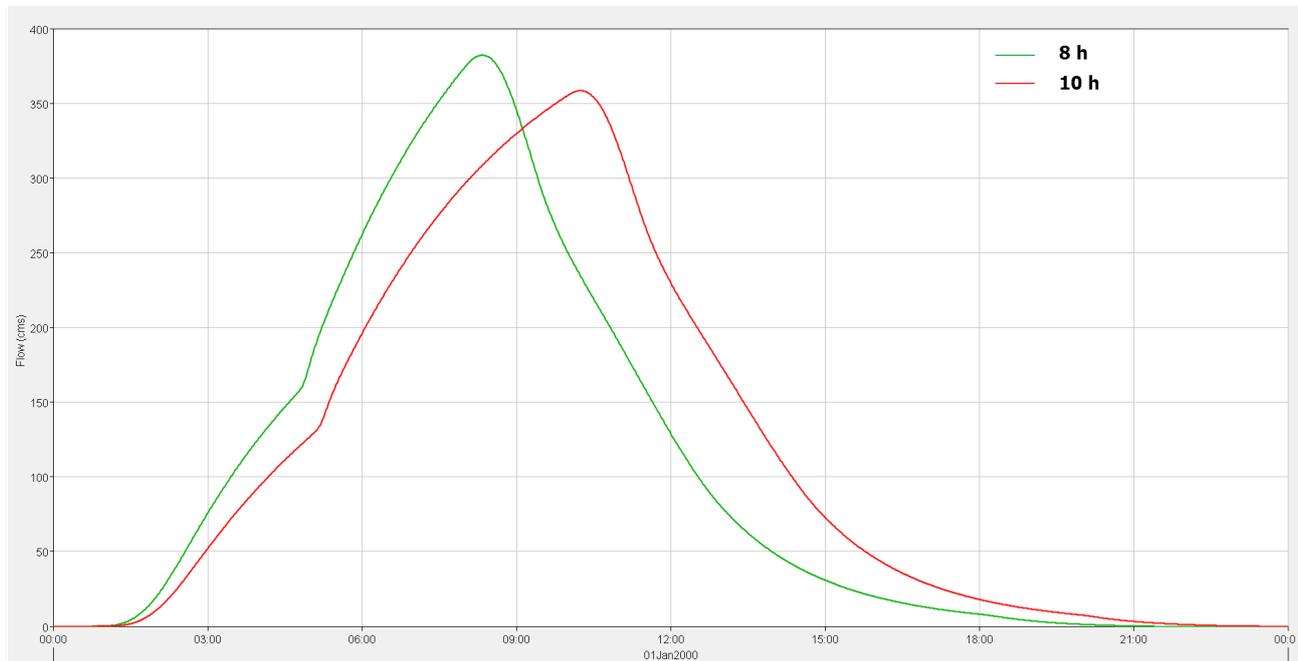


Figura 20 -Idrogrammi delle portate nel torrente Sterza, ICTr200tp8A120 (in verde) e ICTr200p10A120 (in rosso).

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto del Piano Operativo del comune di Guardistallo	Relazione idrologica idraulica

I grafici seguenti si riportano gli idrogrammi delle portate del fiume Cecina alla sezione posta a valle della confluenza con il torrente Sterza.

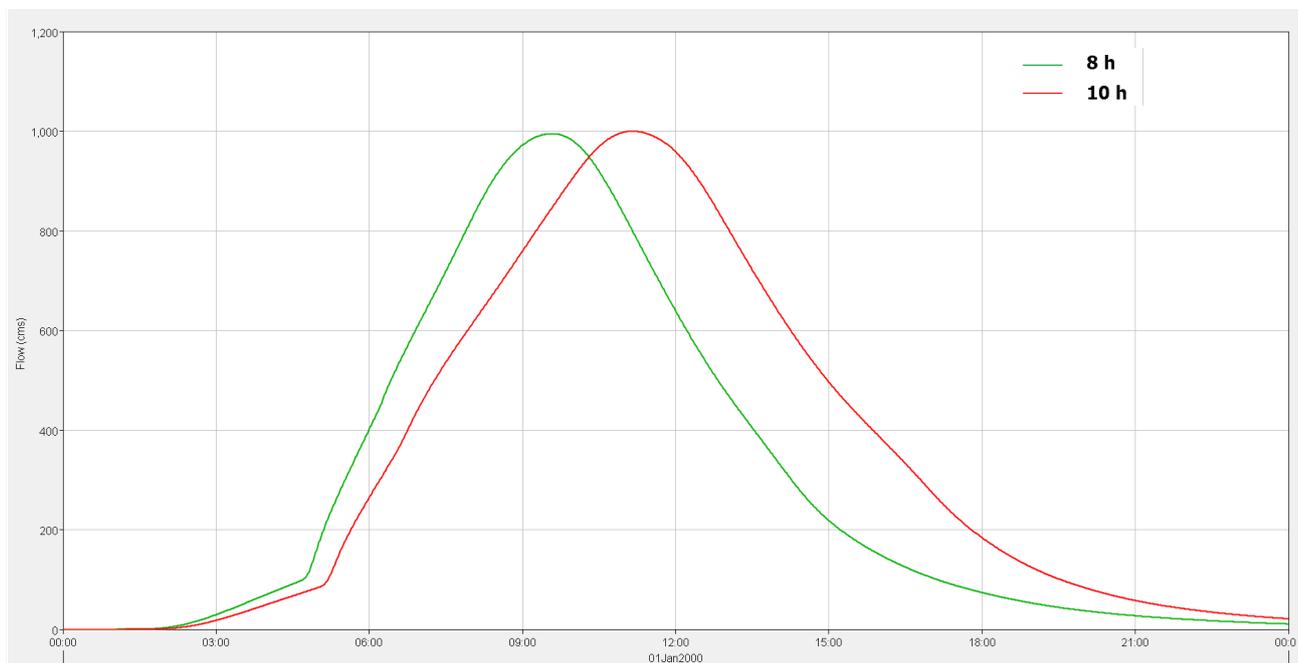


Figura 21 - Idrogrammi delle portate nel fiume Cecina nella sezione a valle della confluenza con il torrente Sterza, ICTr030tp8A500 (in verde) e ICTr030tp10A500 (in rosso).

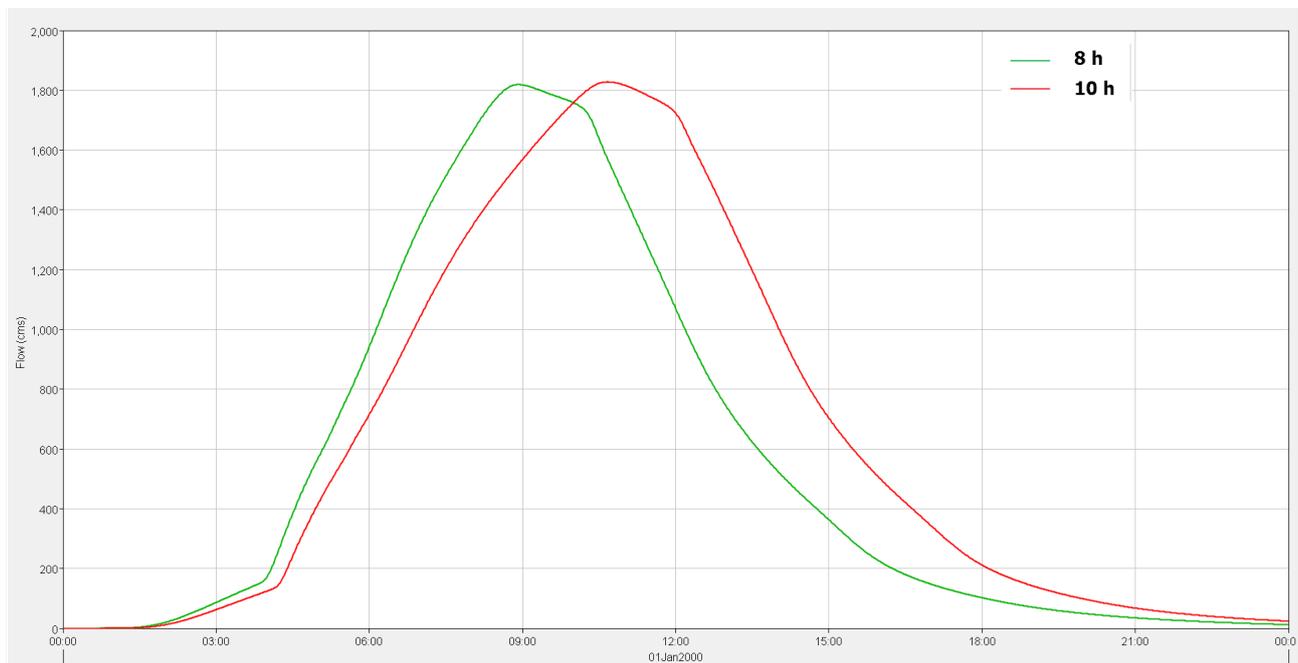


Figura 22 - Idrogrammi delle portate nel fiume Cecina nella sezione a valle della confluenza con il torrente Sterza, ICTr200p8A500 (in verde) e ICTr200tp10A500 (in rosso).

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto del Piano Operativo del comune di Guardistallo	Relazione idrologica idraulica

4. RELAZIONE IDRAULICA

La modellazione idraulica del tratto di interesse è stata condotta mediante il software HEC-RAS 5.0.6 (Hydrologic Engineering Center – River Analysis System) prodotto anch'esso dal Corpo degli Ingegneri dell'esercito americano (USACE).

Le simulazioni sono state eseguite in regime di moto vario mono e bidimensionale: in particolare si è proceduto ad implementare un'analisi monodimensionale in alveo e bidimensionale nell'area di interesse urbanistico. Nel seguito dopo una succinta esposizione delle caratteristiche dei modelli matematici adottati da RAS si procede con la descrizione dei parametri di modellazione adottati per i corsi d'acqua indagati.

Per le analisi idrauliche dell'area della Tabaccaia sono stati implementati due distinti modelli di calcolo, al fine di restare fedeli alle impostazioni di analisi già seguiti negli studi pregressi sull'area in esame. Si è definita un'area di calcolo 2D in corrispondenza dell'UTOE della Tabaccaia. Dopodiché, partendo dal modello idraulico a moto vario 1D del fiume Cecina sviluppato per gli "Studi idraulici a supporto della variante del piano strutturale e a supporto del nuovo Regolamento Urbanistico" del Comune di Montecatini Val di Cecina, si è inserita una struttura laterale in sinistra idraulica tra la sezione 6 e la sezione 2, coincidente con il perimetro dell'area 2D. Da tale modello si sono valutate le portate defluenti dal Cecina verso l'area di interesse.

Si è quindi realizzato un modello misto 1D/2D del torrente Sterza, in cui all'interno dell'area 2D (collegata con idonee strutture laterali allo Sterza) si sono inseriti anche gli idrogrammi precedentemente ricavati dal modello del Cecina.

I battenti e la magnitudo risultanti nell'area sono stati quindi valutati come combinazione degli effetti delle esondazioni dal fiume Cecina e dal torrente Sterza.

4.1. Modello di calcolo RAS

4.1.1. Modello di calcolo a moto vario monodimensionale

La forma delle equazioni del moto vario (o equazioni di De Saint Venant) utilizzate in HEC-RAS è la seguente:

Equazione di continuità:

$$\frac{(\partial A)}{(\partial t)} + \frac{(\partial(\Phi \cdot Q))}{(\partial x_c)} + \frac{(\partial[(1-\Phi) \cdot Q])}{(\partial x_f)} = 0$$

Equazione di conservazione della quantità di moto:

$$\frac{(\partial Q)}{(\partial t)} + \frac{(\partial(\Phi^2 Q^2 / A_c))}{(\partial x_c)} + \frac{(\partial((1-\Phi^2) Q^2 / A_f))}{(\partial x_f)} + g A_c \left[\frac{(\partial Z)}{(\partial x_c)} + S_{fc} \right] + g A_f \left[\frac{(\partial Z)}{(\partial x_f)} + S_{ff} \right] = 0$$

con:

<p style="text-align: center;">H.S. INGEGNERIA srl Via Bonistallo 39, 50053 Empoli (FI) Tel. e Fax 0571-725283 e.mail info@hsingegneria.it web www.hsingegneria.it P.IVA 01952520466</p>	Pagina
	34 di 59

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto del Piano Operativo del comune di Guardistallo	Relazione idrologica idraulica

$$Q_c = \Phi \cdot Q ; \quad \Phi = (K_c) / (K_c + K_f)$$

I pedici c ed f si riferiscono rispettivamente al *main channel* (alveo centrale) ed alle *floodplain* (aree golenali), Q rappresenta la portata, g l'accelerazione di gravità, x l'ascissa, t il tempo, K la *conveyance* (o fattore di trasporto) della sezione, Z la quota del pelo libero (somma della quota di fondo z e dell'altezza liquida y), A l'area liquida, S_f la pendenza della linea dell'energia.

HEC-RAS utilizza generalmente il modello completo delle equazioni di De Saint Venant. Nelle analisi in moto vario le tecniche di soluzione numerica delle equazioni del moto assumono un'importanza maggiore rispetto alle analisi a moto permanente. La soluzione numerica di tali equazioni in regime di corrente lenta è basata su un metodo alle differenze finite di tipo implicito a quattro punti, noto in letteratura come *box scheme*. Dalla discretizzazione alle differenze finite delle equazioni del moto applicate ad un tratto di corso d'acqua, e dall'applicazione delle condizioni al contorno, risulta un sistema lineare di N equazioni in N incognite, con N pari a 2 volte il numero di sezioni in cui è stato suddiviso il corso d'acqua meno le sezioni in cui sono state assegnate le condizioni al contorno. Tale sistema deve essere risolto ad ogni successivo istante di calcolo. Il sistema di equazioni lineari viene risolto con metodo iterativo, utilizzando l'algoritmo *skyline*, specificatamente pensato per la soluzione dei problemi di moto vario nelle reti a pelo libero.

Nel caso di corrente mista lenta o veloce HEC-RAS utilizza la tecnica LPI "*Local Partial Inertia*", mediante la quale si passa gradualmente dalla soluzione delle equazioni complete del moto alla soluzione del modello parabolico delle equazioni del moto vario. Il modello parabolico viene applicato dal programma soltanto nei tratti di corso d'acqua in cui si ha un numero di Froude maggiore di un valore soglia definibile dall'utente (generalmente si assume $Fr=1$, corrispondente al passaggio della corrente attraverso lo stato critico). Il modello matematico riesce così a garantire una buona stabilità di calcolo anche nei tratti interessati da corrente veloce o mista, pur mantenendo un'adeguata accuratezza di calcolo.

4.1.2. Modello di calcolo a moto vario bidimensionale

Il modello matematico bidimensionale utilizza le equazioni di conservazione della massa e della quantità di moto, che vengono risolte con uno schema ai volumi finiti.

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto del Piano Operativo del comune di Guardistallo	Relazione idrologica idraulica

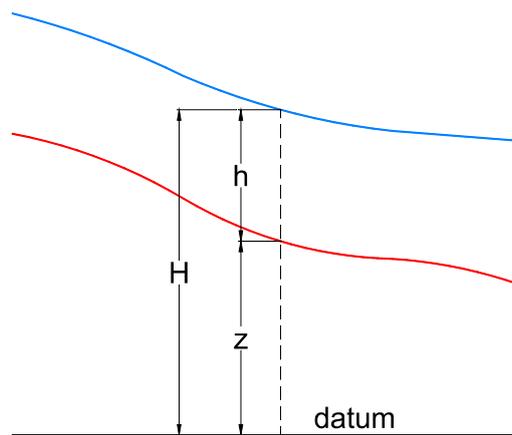


Figura 23: sistema di riferimento di Hec-Ras 2D: la quota del terreno è indicata con $z(x,y)$ l'altezza idrica con $h(x,y,t)$; la quota del pelo libero con $H(x,y,t) = z(x,y) + h(x,y,t)$

Conservazione della massa: assumendo il fluido incomprimibile, l'equazione differenziale della conservazione della massa (continuità) in moto vario è:

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial (h \cdot u)}{\partial x} + \frac{\partial (h \cdot v)}{\partial y} + q = 0$$

in cui t è il tempo, u e v sono rispettivamente le componenti di velocità lungo le direzioni x ed y e q è la portata in ingresso ed in uscita dovuta a immissioni od uscite di acqua.

Conservazione della quantità di moto: quando la dimensione orizzontale caratteristica dell'area di studio è molto maggiore della dimensione verticale, gli effetti legati alla componente verticale della velocità possono essere trascurati e si può assumere una distribuzione idrostatica delle pressioni, a partire dalle equazioni di Navier-Stokes. In tali ipotesi e nell'ipotesi di densità del fluido costante, l'equazione di conservazione della quantità di moto assume la seguente forma:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \cdot \frac{\partial u}{\partial x} + v \cdot \frac{\partial u}{\partial y} = -g \cdot \frac{\partial H}{\partial x} + \nu_t \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) - c_f \cdot u + f \cdot v$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \cdot \frac{\partial v}{\partial x} + v \cdot \frac{\partial v}{\partial y} = -g \cdot \frac{\partial H}{\partial y} + \nu_t \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) - c_f \cdot v - f \cdot u$$

in cui oltre ai simboli già illustrati, g è l'accelerazione di gravità, ν_t è il coefficiente di viscosità turbolenta, c_f è il coefficiente di attrito al fondo, ed f è il coefficiente di Coriolis.

Utilizzando la formula di Chézy il coefficiente di scabrezza sul fondo è dato da:

$$c_f = \frac{g \cdot |V|}{C^2 \cdot R}$$

in cui g è l'accelerazione di gravità, $|V|$ è il modulo del vettore velocità, C è il coefficiente di Chézy ed R è il raggio idraulico. Utilizzando la formula di Manning $C = R^{1/6} / n$, in cui n è il

<p>H.S. INGEGNERIA srl Via Bonistallo 39, 50053 Empoli (FI) Tel. e Fax 0571-725283 e.mail info@hsingegneria.it web www.hsingegneria.it P.IVA 01952520466</p>	Pagina
	36 di 59

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto del Piano Operativo del comune di Guardistallo	Relazione idrologica idraulica

coefficiente di scabrezza di Manning, pertanto si ha:

$$c_f = \frac{n^2 \cdot g |V|}{R^{4/3}}$$

Per la modellazione del campo di moto HEC-RAS utilizza l'approccio batimetrico sub-grid sviluppato da Casulli. Con tale approccio si riesce a sfruttare informazioni topografiche ad alta risoluzione (ad esempio dati Lidar con passo della griglia pari ad 1m) pur utilizzando celle di calcolo a dimensione caratteristica maggiore rispetto alla risoluzione dei dati in ingresso. Per ogni singola cella di calcolo infatti in fase di preprocessione viene ricavata la legge di variazione con la quota del pelo libero delle grandezze idrauliche caratteristiche, basandosi sui dati topografici ad alta risoluzione relativi alla cella stessa. Vengono così determinate: curva di invaso della cella, area, contorno bagnato e raggio idraulico su ogni bordo della cella. Tale schema di risoluzione consente di sfruttare al massimo il dettaglio dei dati in ingresso.

4.2. Caratteristiche geometriche del modello idraulico

La geometria del modello idraulico del fiume Cecina è stata definita sfruttando quella già utilizzata negli "Studi idraulici a supporto della variante del Piano Strutturale e a supporto del nuovo Regolamento Urbanistico" del Comune di Montecatini Val di Cecina, a sua volta costruita a partire dalla geometria del modello del Cecina ed affluenti realizzato nell'ambito del citato "Studio idrologico-idraulico del bacino del fiume Cecina" realizzato dall'Università di Pisa. Nell'ambito delle "Indagini idrauliche a supporto del Piano di Recupero La Tabaccaia" il modello dello Sterza è stato opportunamente integrato per una miglior caratterizzazione dell'alveo nel suo tratto terminale inserendo ulteriori 7 sezioni d'alveo (le sezioni RAS 0.9, 0.15, 0.09, 0.083, 0.08, 0.04, 0.02), ed inserendo i ponti presenti in prossimità dell'area di intervento. In quella sede si è provveduto inoltre al rilievo delle quote del piano campagna e della viabilità circostante l'area soggetta a Piano di Recupero. Il modello comprendeva sia il torrente Sterza che il fiume Cecina.

Come esposto in premessa, in questa sede (considerata anche la limitata estensione dell'area di interesse) è stato scelto di realizzare modelli distinti di Cecina e Sterza, valutando comunque gli effetti combinati delle esondazione dei due corpi idrici sull'area di studio. La correlazione tra i modelli del Cecina e dello Sterza avviene tramite l'implementazione di un'area di calcolo 2D in comune ai due modelli. Quest'area 2D, includente l'UTOE della Tabaccaia, è stata inserita nel modello del Cecina: le acque fuoriuscite dal Cecina dalla sponda sinistra nell'area di interesse possono raggiungere l'area 2D per sormonto della strada forestale che funge da struttura laterale o attraverso il condotto Di800 al di sotto di essa. In questo modo possono essere calcolati gli idrogrammi delle portate in ingresso dal fiume Cecina all'area della Tabaccaia.

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto del Piano Operativo del comune di Guardistallo	Relazione idrologica idraulica

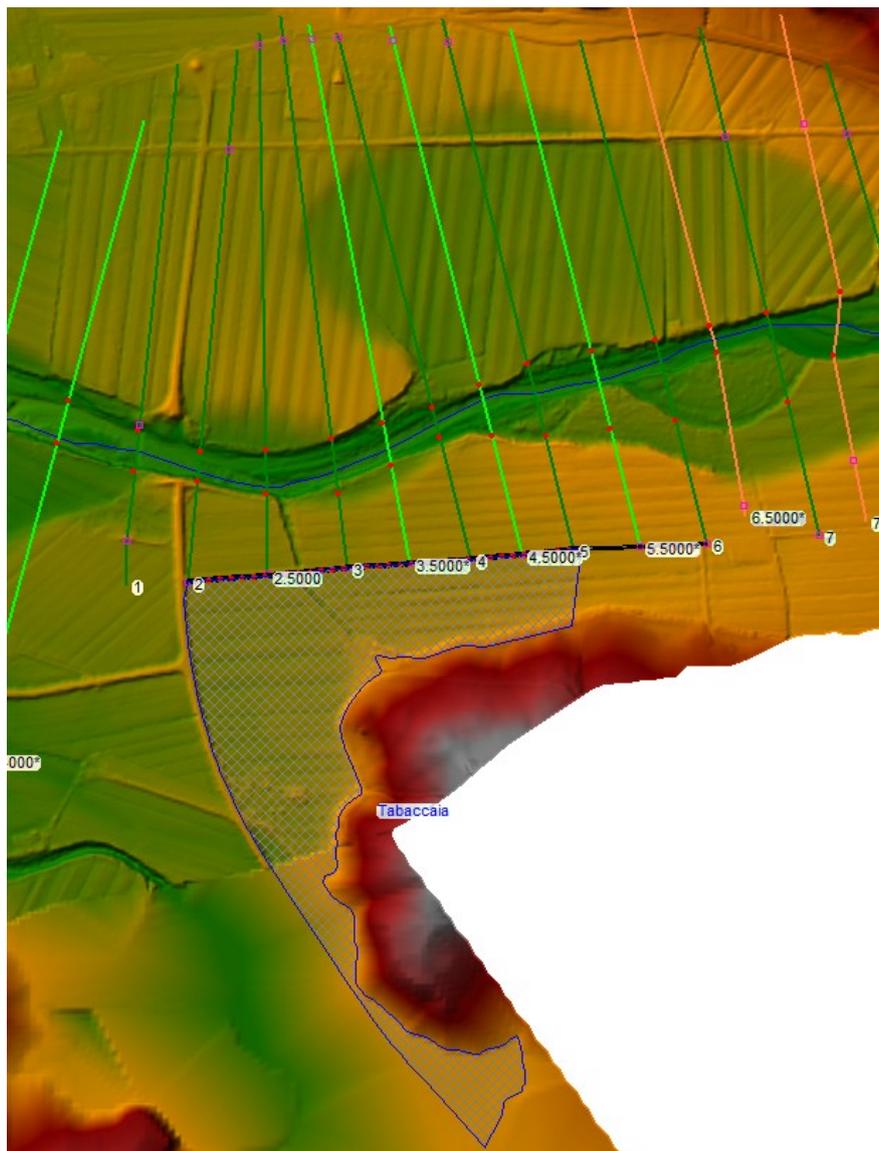


Figura 24 - Estratto dalla geometria del modello RAS del Cecina, inquadrante l'area 2D che include l'area di studio

La stessa area 2D è stata implementata anche nel modello dello Sterza: è connessa al torrente tramite una struttura laterale coincidente con il rilevato della SP18. L'area di modellazione bidimensionale può essere raggiunta dalle acque del torrente Sterza in due modi: per sormonto del rilevato stradale o attraverso i due condotti scatolari (1000x2400 mm) di sotto attraversamento della SP18. Inoltre sul lato raggiunto dalle acque del Cecina sono stati inseriti come condizioni al contorno gli idrogrammi delle portate delle acque provenienti dal fiume Cecina: in questo modo i battenti e le velocità nell'area 2D sono il risultato dell'effetto combinato delle fuoriuscite dai due corsi d'acqua.

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto del Piano Operativo del comune di Guardistallo	Relazione idrologica idraulica

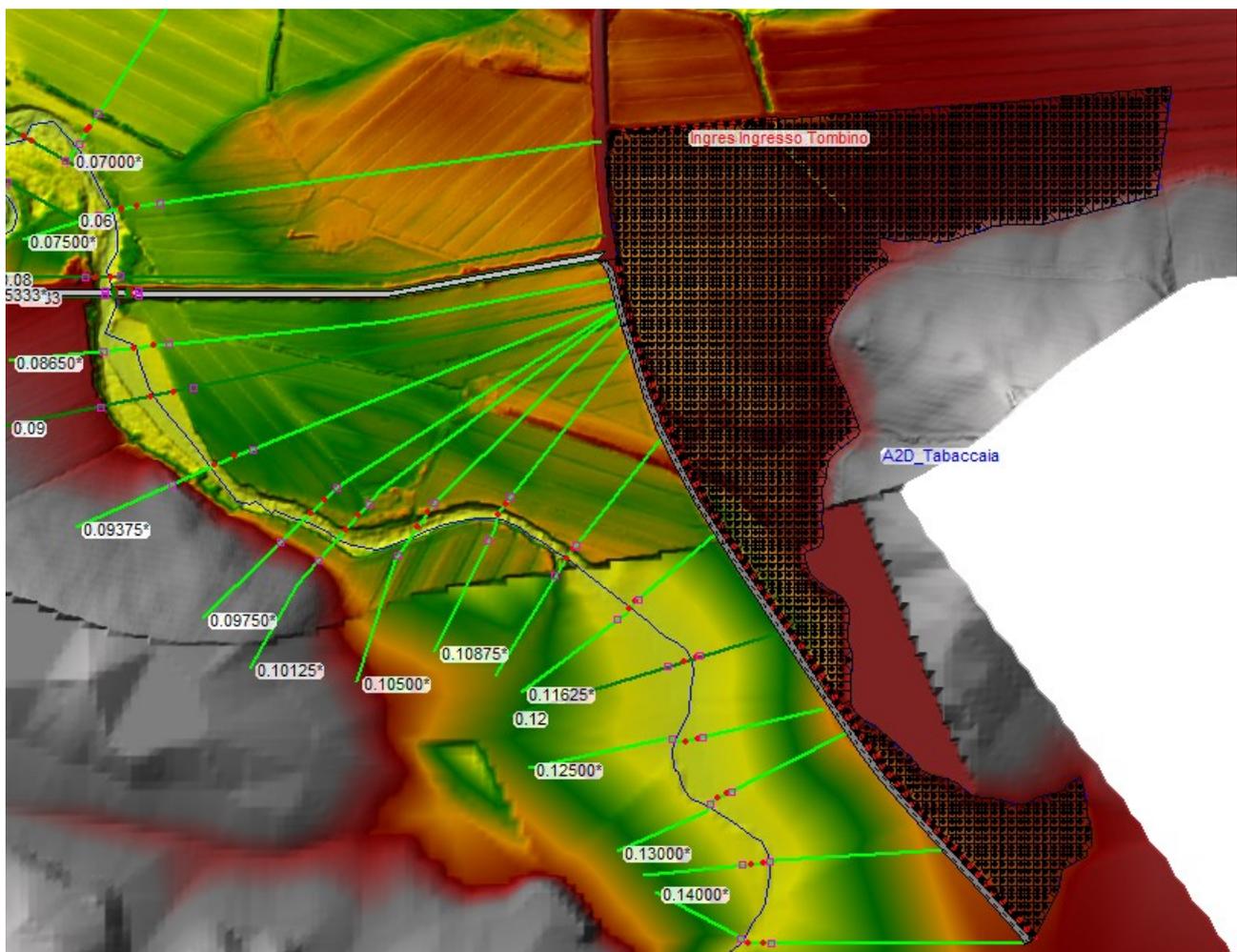


Figura 25 - Estratto dalla geometria del modello RAS dello Sterza inquadrante l'area 2D che include l'area di studio

Per la modellazione bidimensionale è stato utilizzato, ove disponibile, il rilievo LiDAR a passo 1m x 1m reperibile sul portale cartografico della Regione Toscana. Una porzione dell'area 2D è invece coperta dal DTM a passo 10m x 10m sempre disponibile sul portale cartografico della Regione Toscana. In tale area sono stati battuti alcuni punti quota collegati al Lidar per una miglior caratterizzazione della morfologia del terreno. Sin evidenzia comunque come l'area della Tabaccaia sia coperta quasi totalmente da Lidar.

Di seguito si riportano le planimetrie di modellazione del fiume Cecina e del torrente Sterza.

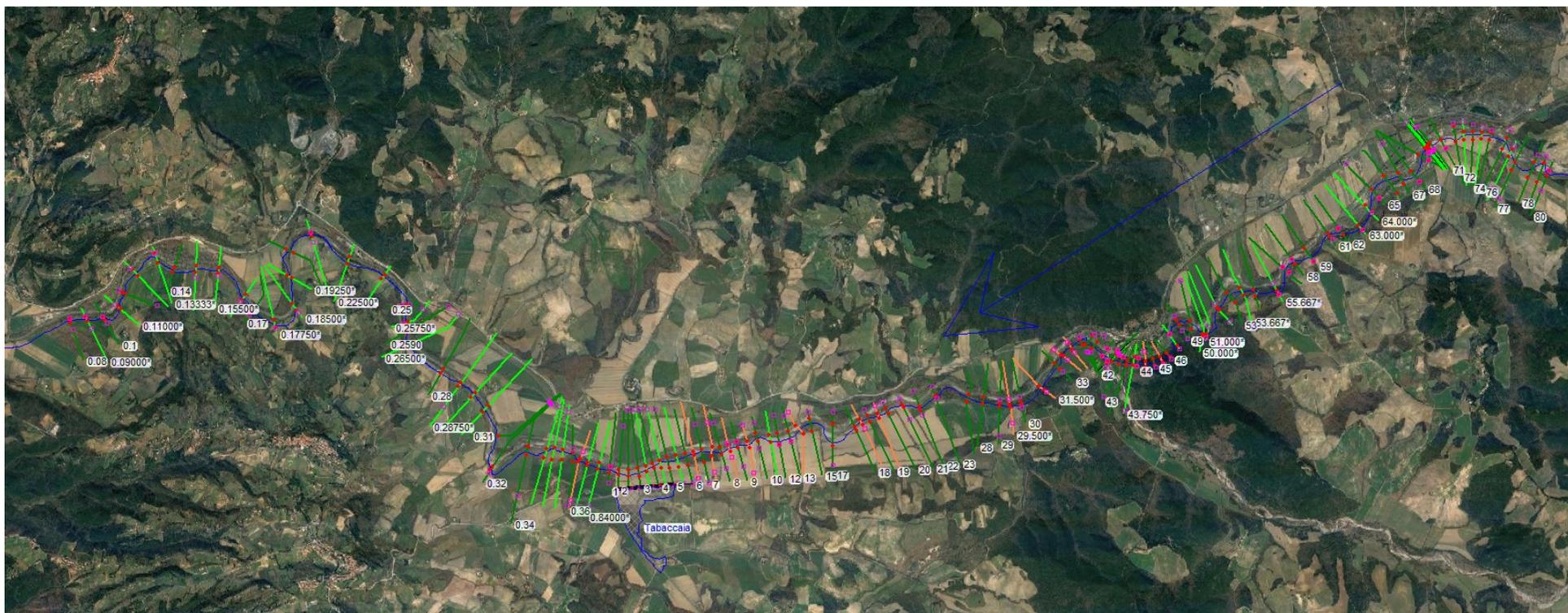


Figura 26 - Planimetria di modellazione HEC-RAS del fiume Cecina

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto del Piano Operativo del comune di Guardistallo	Relazione idrologica idraulica

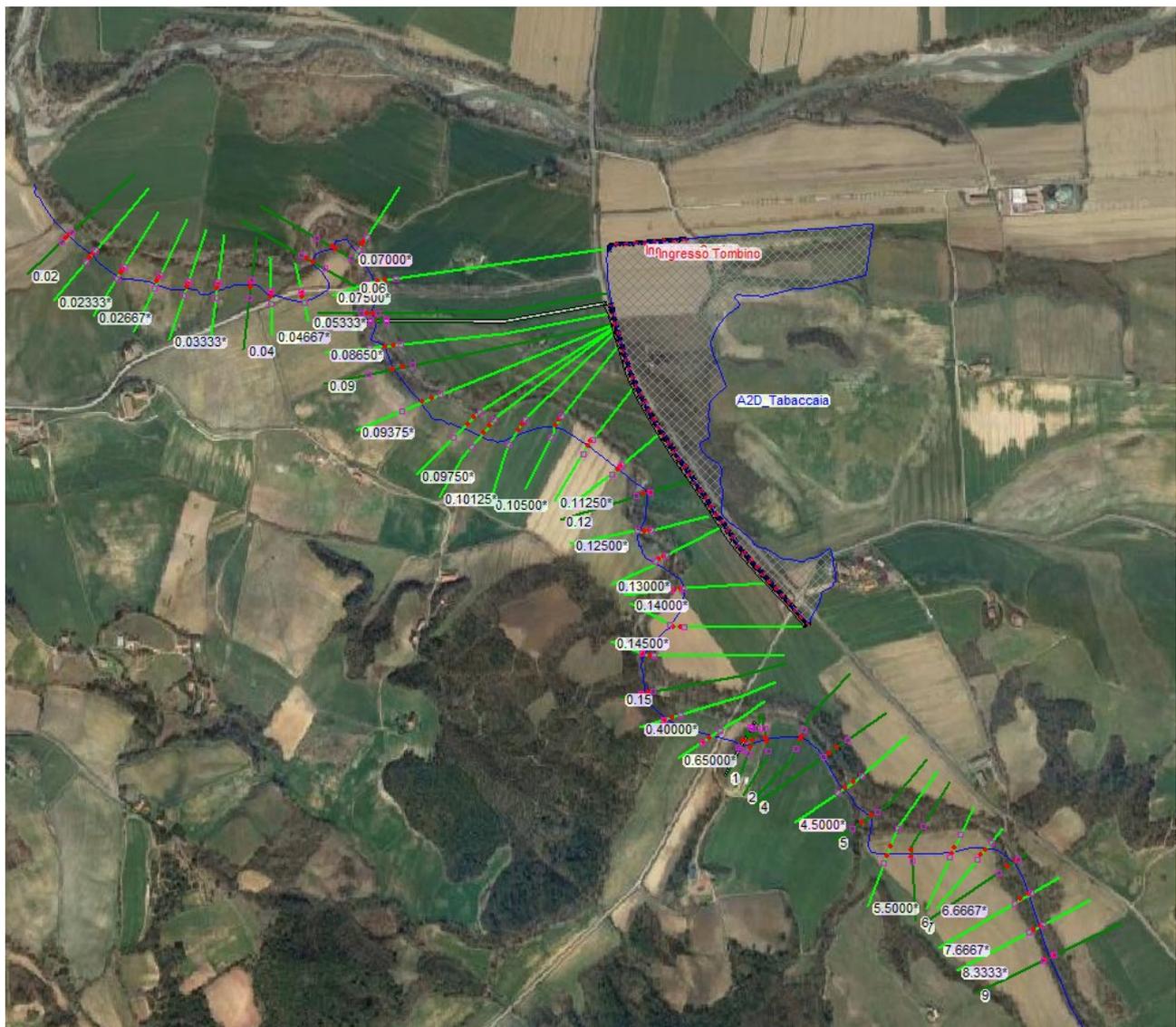


Figura 27 - Planimetria di modellazione HEC-RAS del torrente Sterza

4.3. Parametri di scabrezza e coefficienti di perdita concentrata

I coefficienti di scabrezza n di Manning sono stati fissati avvalendosi del confronto tra i tratti in esame ed altri corsi d'acqua di caratteristiche di scabrezza simili, per i quali si hanno a disposizione misure di taratura di n .

Per l'alveo si è adottato un valore pari a 0.04 per il Cecina e 0.045 per lo Sterza. Per le aree golenali si è considerato invece un valore pari a 0.06 per entrambi i corsi d'acqua.

Sono stati inoltre assegnati coefficienti di perdita concentrata per contrazione/espansione pari rispettivamente a 0.1/0.3 per le sezioni correnti ed a 0.3/0.5 per i ponti.

H.S. INGEGNERIA srl Via Bonistallo 39, 50053 Empoli (FI) Tel. e Fax 0571-725283 e.mail info@hsingegneria.it web www.hsingegneria.it P.IVA 01952520466	Pagina
	41 di 59

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto del Piano Operativo del comune di Guardistallo	Relazione idrologica idraulica

I coefficienti di scabrezza delle celle bidimensionali sono stati assegnati a partire dall'uso del suolo derivato dal progetto Corine, secondo la seguente tabella di corrispondenza (ripresa da R. Pestana et al., 2013, *Calibration of 2d hydraulic inundation models in the floodplain region of the lower Tagus river*, ESA Living Planet Symposium 2013):

Code	Designation	n
111	Continuous urban fabric	0.230
112	Discontinuous urban fabric	0.115
121	Industrial or commercial units	0.230
122	Roads and rail networks and associated land	0.038
124	Airports	0.230
131	Mineral extraction sites	0.104
132	Dump sites	0.115
133	Construction sites	0.115
142	Sport and leisure facilities	0.023
211	Non-irrigated arable land	0.043
212	Permanently irrigated land	0.043
213	Rice fields	0.023
221	Vineyards	0.043
222	Fruit trees and berry plantations	0.043
223	Olive groves	0.043
231	Pastures	0.298
241	Annual crops associated w/permanent crops	0.043
242	Complex cultivation patterns	0.023
243	Agriculture, w/significant natural vegetation	0.058
244	Agro-forestry areas	0.058
311	Broad-leaved forest	0.230
312	Coniferous forest	0.127
313	Mixed forest	0.230
321	Natural grasslands	0.039
322	Moors and heathland	0.058
323	Sclerophyllous vegetation	0.058
324	Transitional woodland-shrub	0.058
331	Beaches, dunes, sands	0.138
332	Bare rocks	0.104
333	Sparsely vegetated areas	0.104
334	Burnt areas	0.104
411	Inland marshes	0.115
511	Water courses	0.035
512	Water bodies	0.035

Tabella 18: valori del coefficiente di scabrezza sulle aree 2D (R. Pestana et al., 2014).

4.4. Condizioni al contorno ed idrogrammi di piena

Gli scenari simulati hanno tempo di ritorno pari a 30 e 200 anni e durate di pioggia pari a 8h e 10h, le più critiche per i due sistemi fluviali studiati.

Le condizioni al contorno di monte sono date dagli idrogrammi determinati in sede di analisi idrologica. Per il fiume Cecina si sono considerati gli idrogrammi generati nel nodo "j_cec5-r_cec5" del modello HEC-HMS precedentemente descritto, che coincide con la sezione di monte del

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto del Piano Operativo del comune di Guardistallo	Relazione idrologica idraulica

modello idraulico. In questo caso sono state considerate le simulazioni in cui la pioggia è stata ragguagliata con il coefficiente A500.

Presso tale nodo, le portate di picco maggiori si hanno per durate di pioggia pari a 8 h nel caso del tempo di ritorno 200 anni (1170.95 mc/s), mentre per durate di pioggia pari a 10 h nel caso del tempo di ritorno 30 anni (645.97 mc/s). Di seguito sono riportati gli idrogrammi in questione, che coincidono con le condizioni al contorno di monte del modello idraulico.

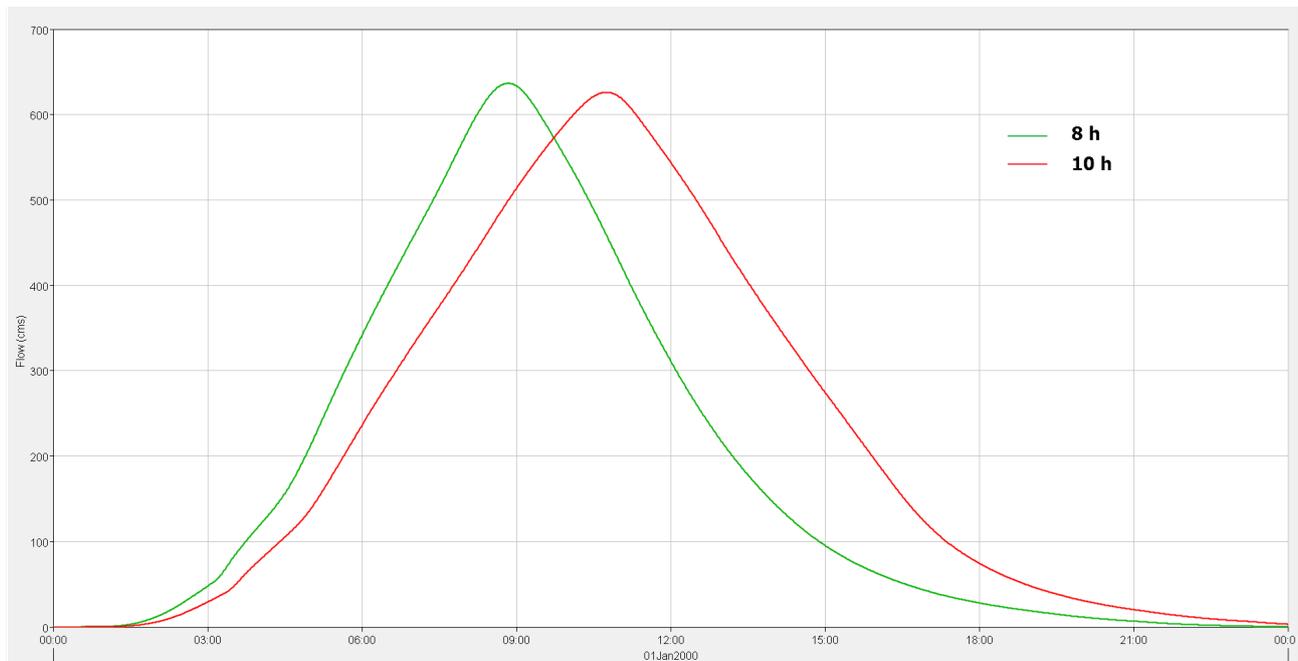


Figura 28 - Idrogrammi delle portate nel fiume Cecina nella sezione a valle della confluenza con il torrente Santa Maria, per le simulazioni ICTr030tp8A500 (in verde) e ICTr030tp10A500 (in rosso).

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto del Piano Operativo del comune di Guardistallo	Relazione idrologica idraulica

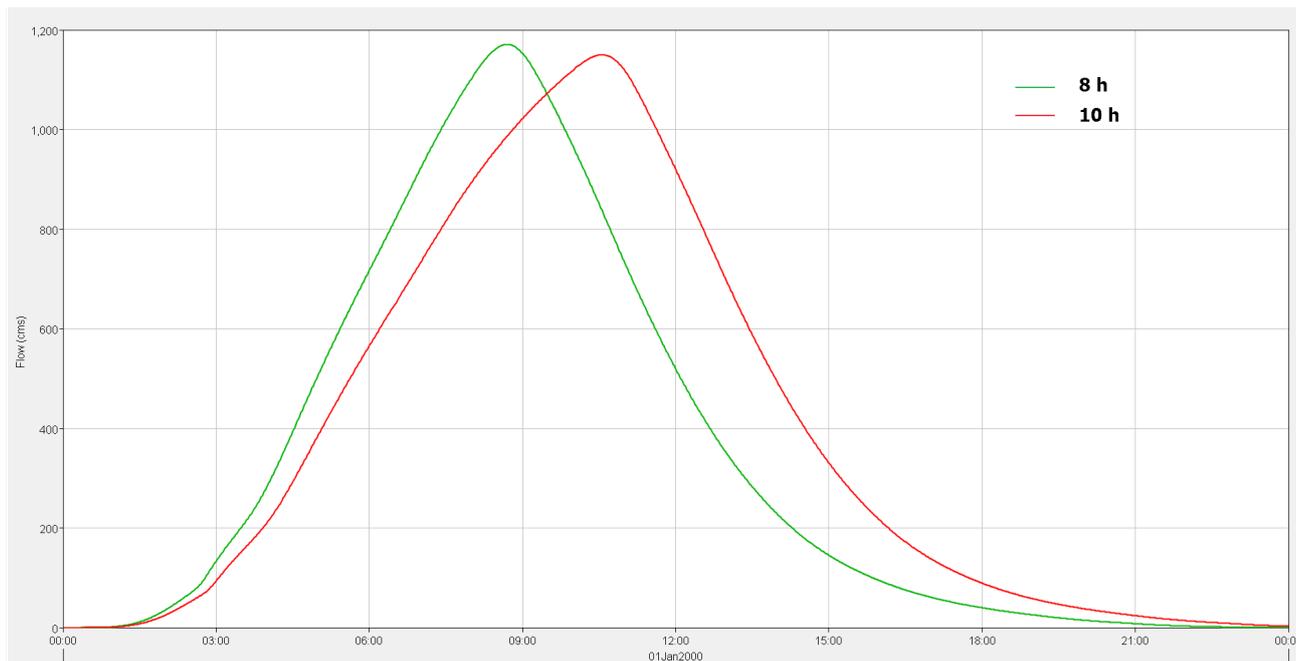


Figura 29 - Idrogrammi delle portate nel fiume Cecina nella sezione a valle della confluenza con il torrente Santa Maria, per le simulazioni ICTr200Tp8A500 (in verde) e ICTr200Tp10A500 (in rosso).

Come condizione al contorno di valle (sezione a valle del confine comunale) si è assunta la condizione "Normal Depth", specificando il valore di pendenza del tratto di valle.

Sono inoltre state inserite ulteriori condizioni al contorno, in particolare presso le immissioni degli affluenti (idrogrammi concentrati nelle sezioni di confluenza) e lungo i tratti (interbacini) del Fiume Cecina entro il tratto di modellazione (idrogrammi distribuiti). Rientrano nella prima categoria le portate addotte dal Botro Grande (immissione presso la sezione n. 67), dal Torrente Trossa (sezione n. 41), dal Torrente Sterza (sezione n. 0.32), dal Torrente Lupicaia (sezione n. 0.28), dal Torrente Lopia (sezione n. 0.25) e dal Torrente Rialdo (sezione n. 0.20); sono stati considerati ingressi distribuiti le portate generate presso il tratto Cecina 4 (dalla sezione n. 76 alla sezione n. 58) e presso il tratto Cecina 3 (dalla sezione n. 40 alla sezione n. 20). Tali idrogrammi sono stati ottenuti con coefficiente di ragguglio A500. Di seguito si riportano gli idrogrammi delle immissioni nel Cecina.

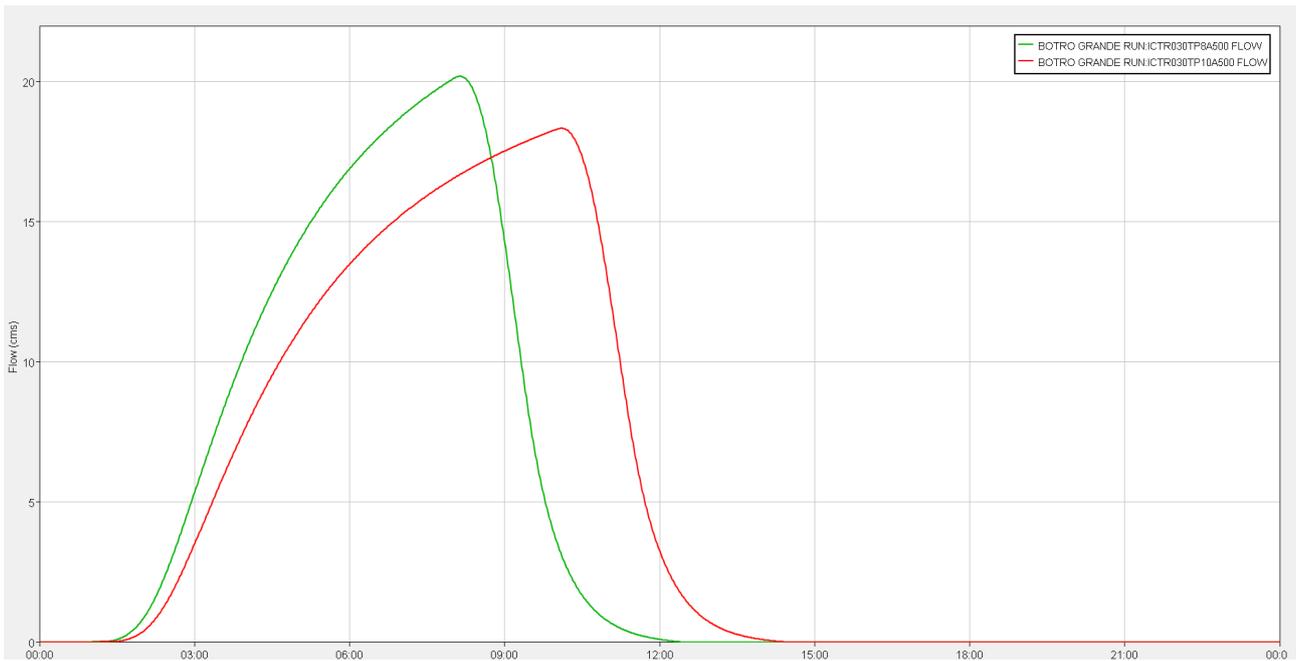


Figura 30 - Idrogrammi delle portate del Botro Grande alla confluenza con il fiume Cecina, per ICTr030Tp8A500 (in verde) e ICTr030Tp10A500 (in rosso).

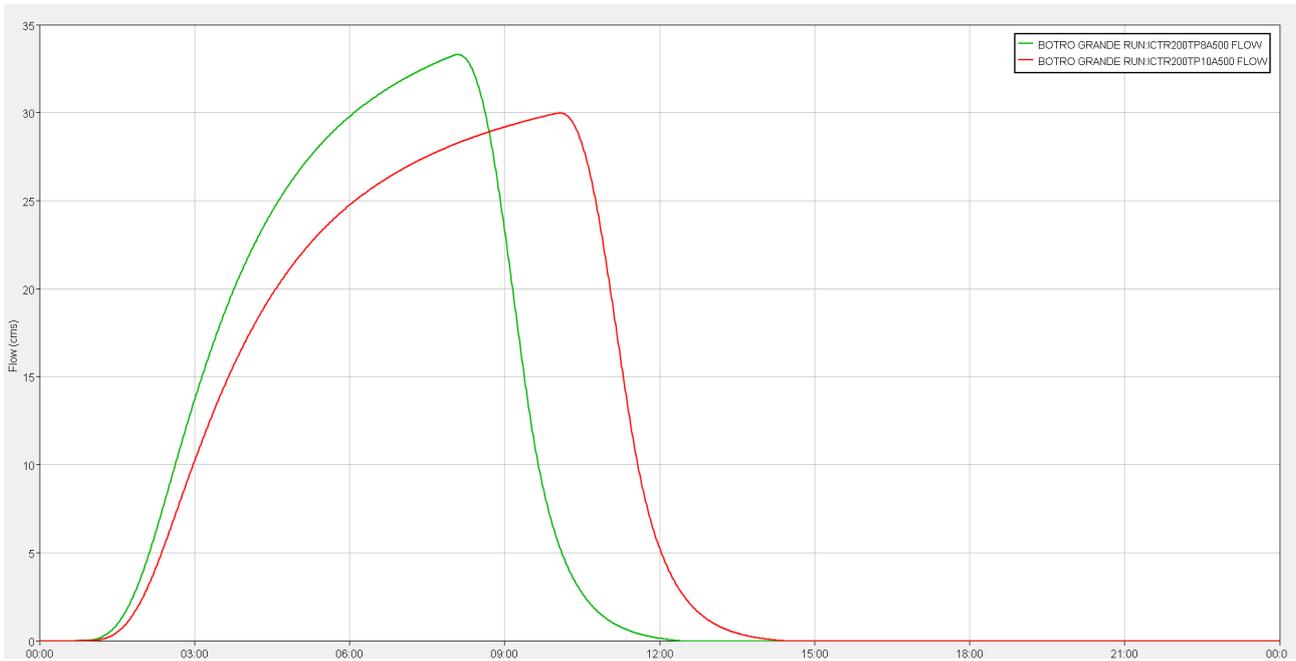


Figura 31 - Idrogrammi delle portate del Botro Grande alla confluenza con il fiume Cecina, per ICTr200Tp8A500 (in verde) e ICTr200Tp10A500 (in rosso).

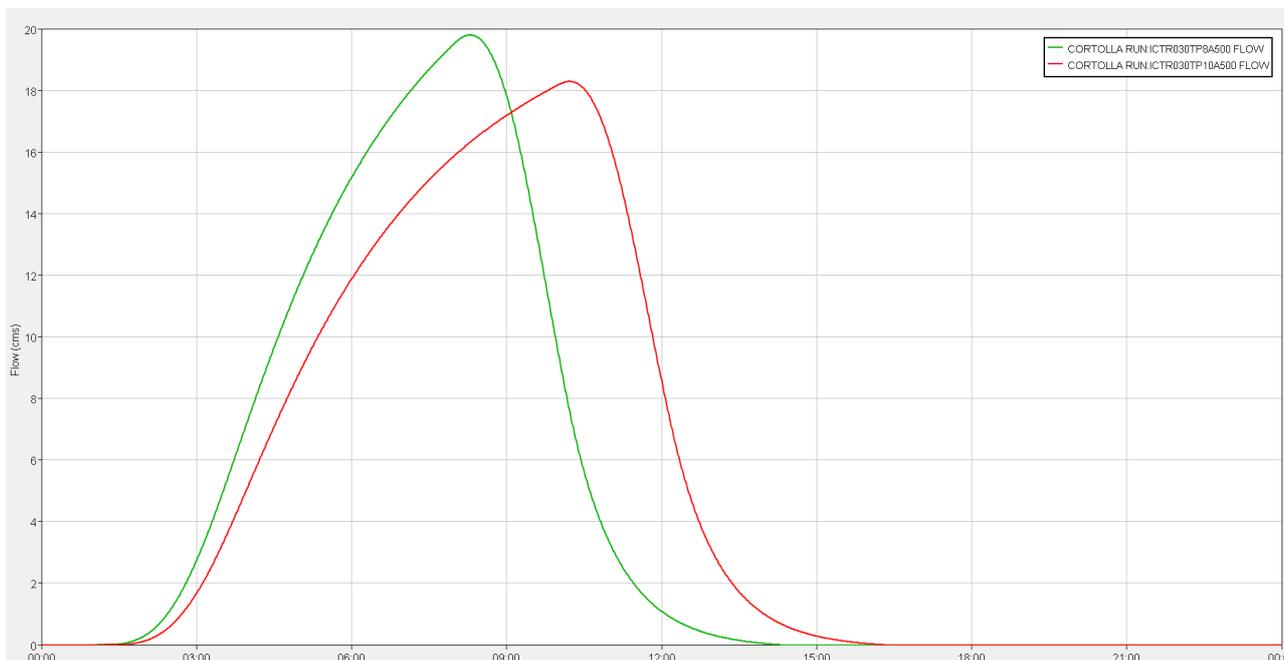


Figura 32 - Idrogrammi delle portate del torrente Cortolla alla confluenza con il fiume Cecina, per ICTr030Tp8A500 (in verde) e ICTr030Tp10A500 (in rosso).

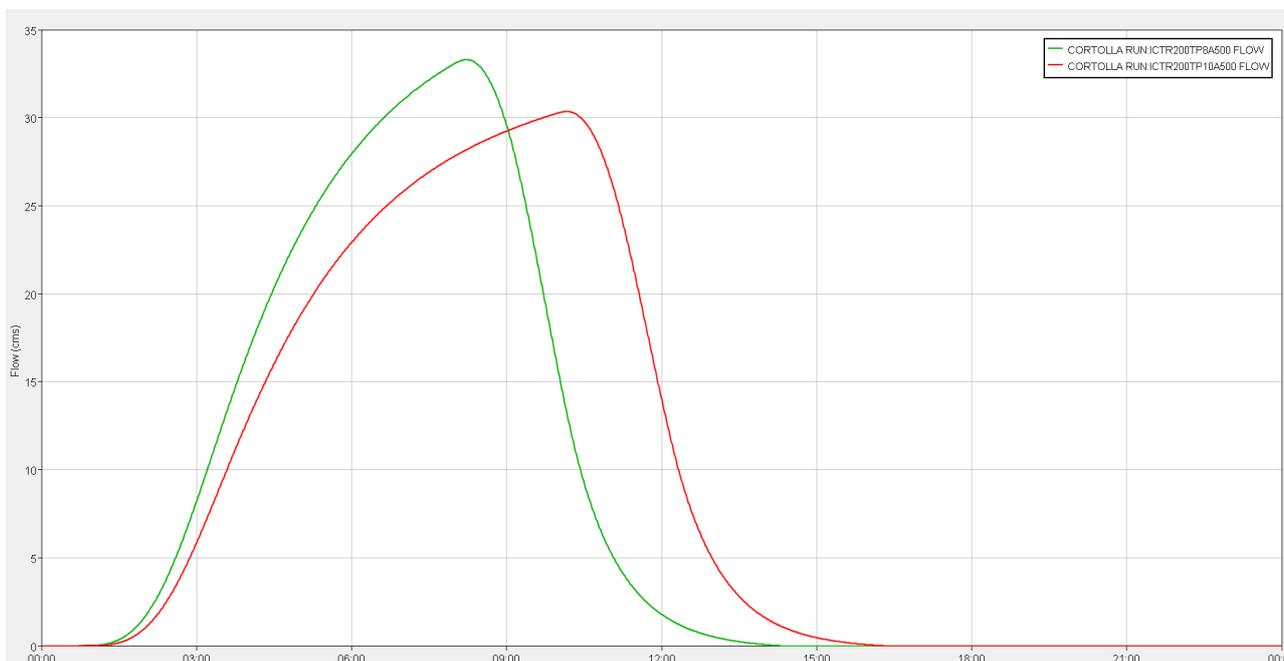


Figura 33 - Idrogrammi delle portate del torrente Cortolla alla confluenza con il fiume Cecina, per ICTr200Tp8A500 (in verde) e ICTr200Tp10A500 (in rosso).



Figura 34 - Idrogrammi delle portate del torrente Trossa alla confluenza con il fiume Cecina, per ICTr030Tp8A500 (in verde) e ICTr030Tp10A500 (in rosso).

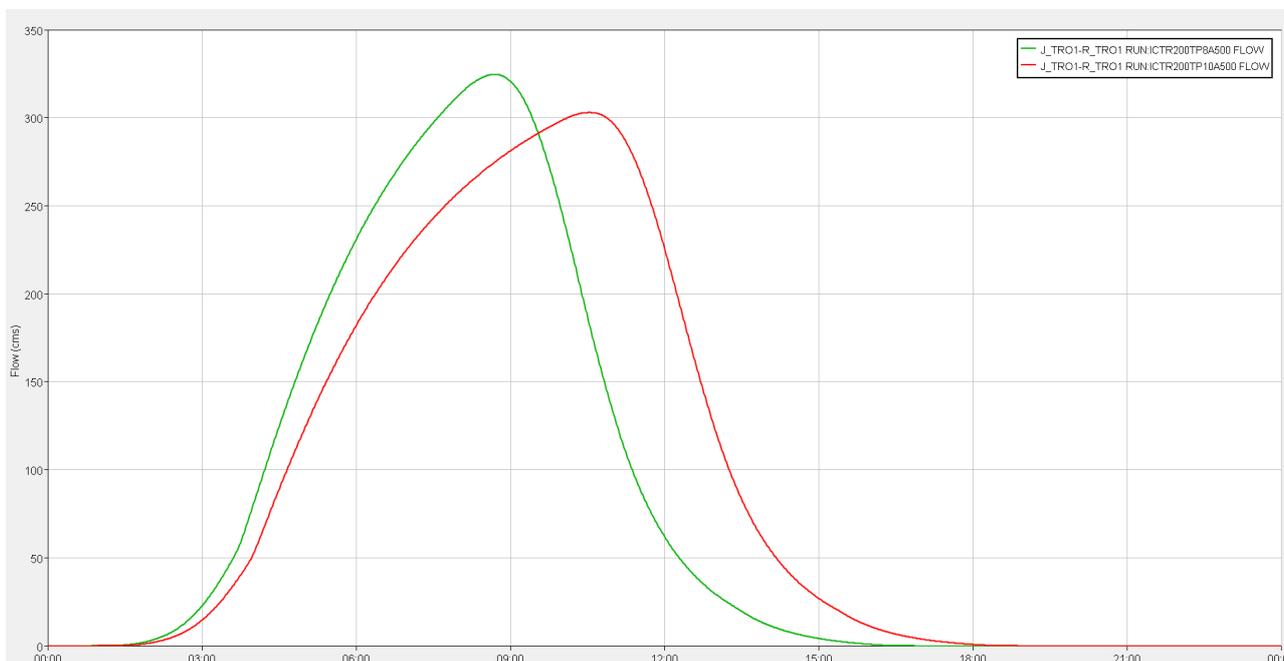


Figura 35 - Idrogrammi delle portate del torrente Trossa alla confluenza con il fiume Cecina, per ICTr200Tp8A500 (in verde) e ICTr200Tp10A500 (in rosso).

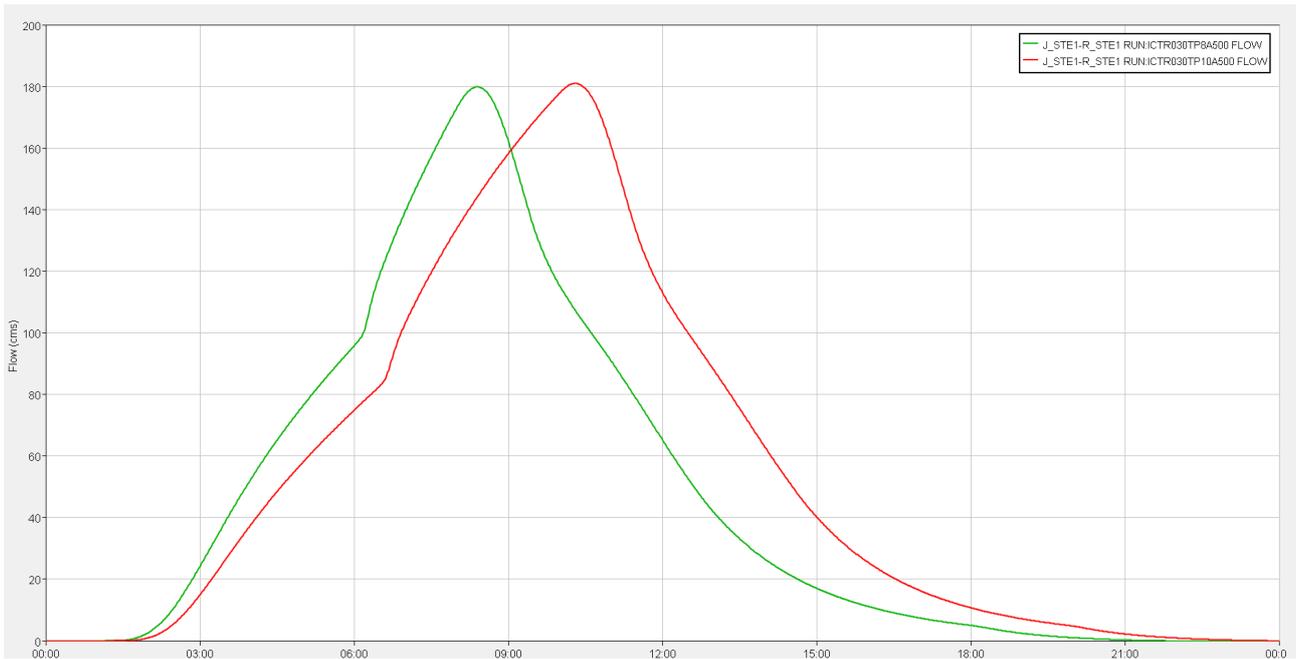


Figura 36 - Idrogrammi delle portate del torrente Sterza alla confluenza con il fiume Cecina, per ICTr030Tp8A500 (in verde) e ICTr030Tp10A500 (in rosso).

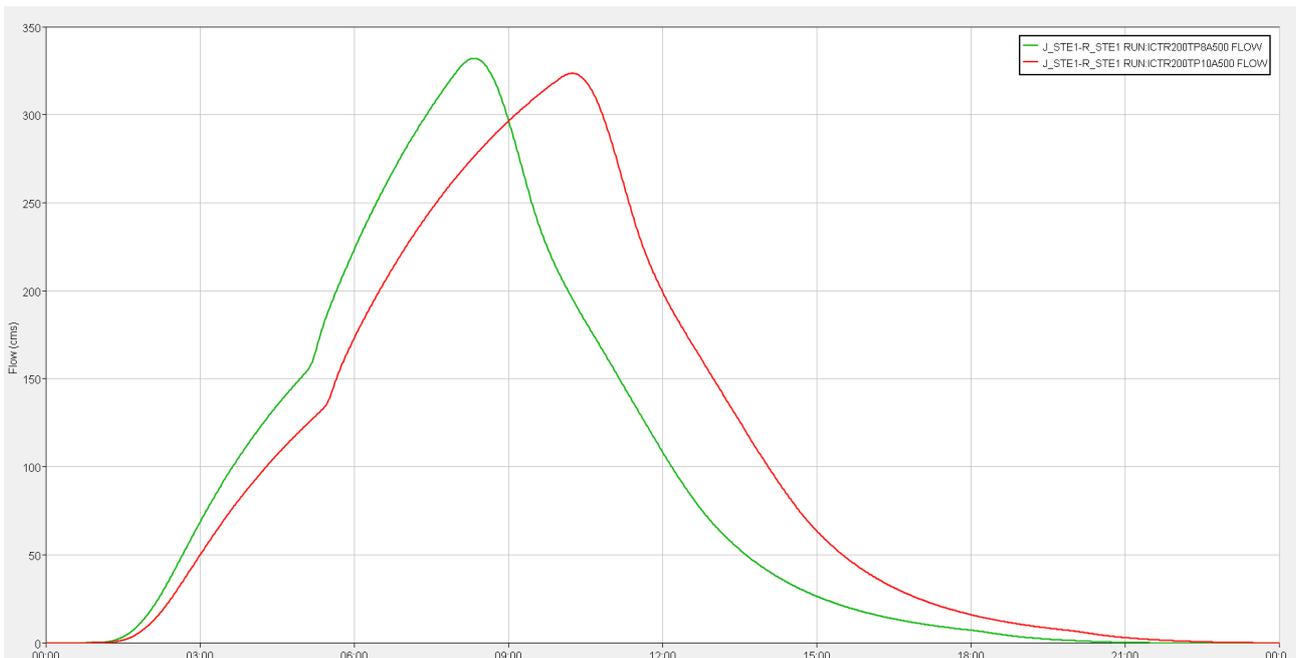


Figura 37 - Idrogrammi delle portate del torrente Sterza alla confluenza con il fiume Cecina, per ICTr200Tp8A500 (in verde) e ICTr200Tp10A500 (in rosso).

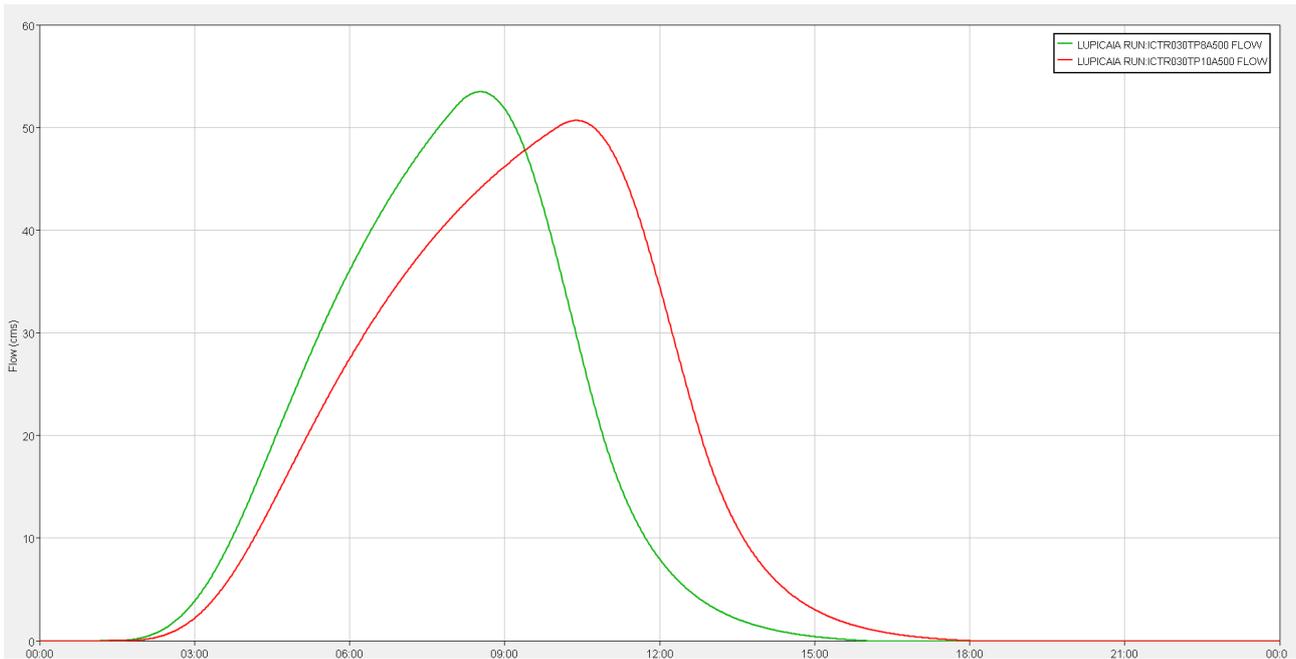


Figura 38 - Idrogrammi delle portate del torrente Lupicaia alla confluenza con il fiume Cecina, per ICTr030Tp8A500 (in verde) e ICTr030Tp10A500 (in rosso).

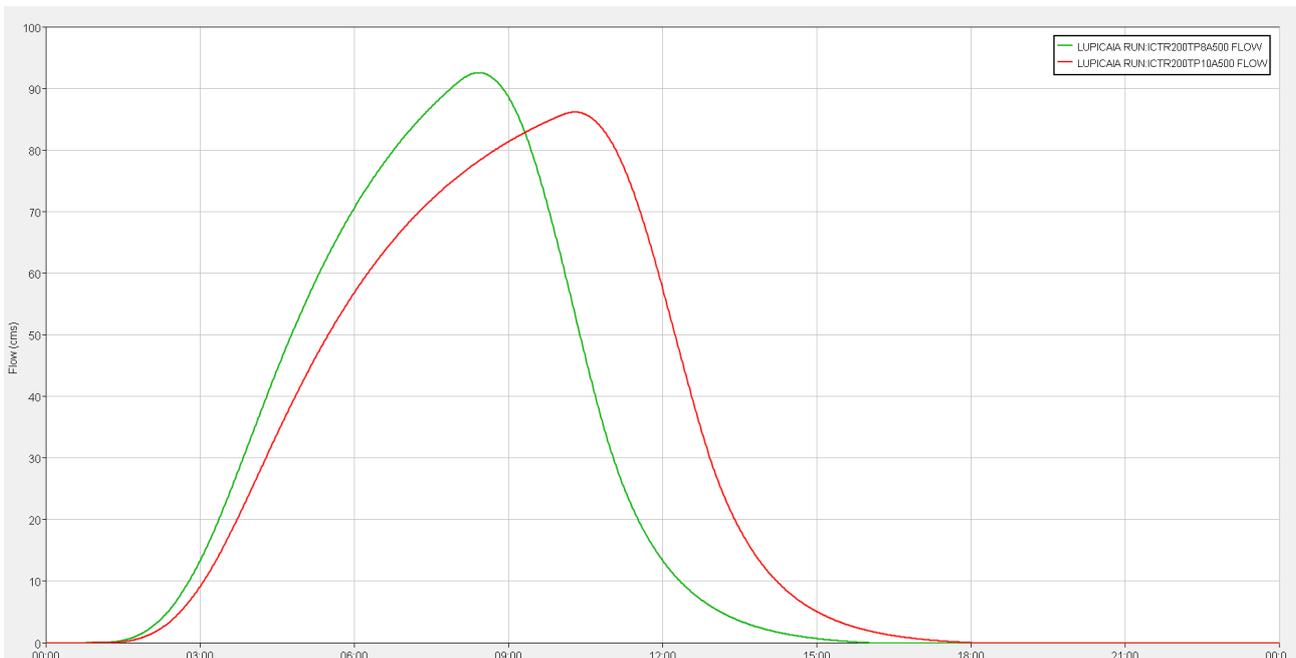


Figura 39 - Idrogrammi delle portate del torrente Lupicaia alla confluenza con il fiume Cecina, per ICTr200Tp8A500 (in verde) e ICTr200Tp10A500 (in rosso).

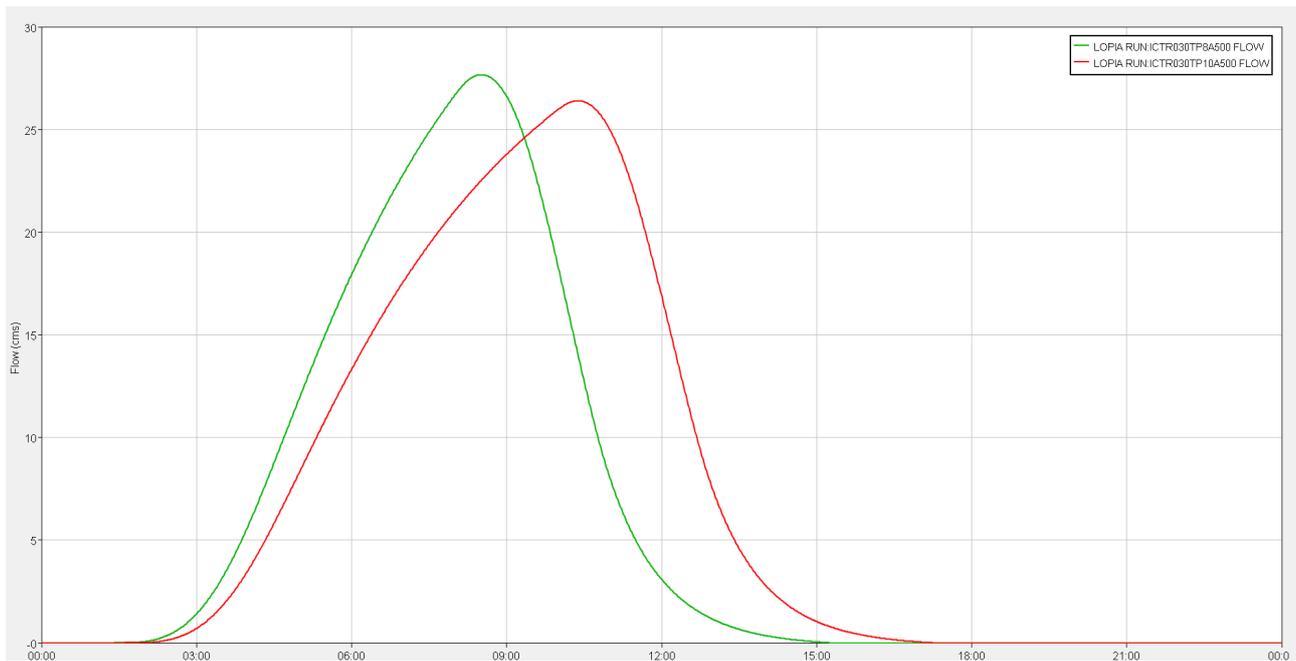


Figura 40 - Idrogrammi delle portate del torrente Lopia alla confluenza con il fiume Cecina, per ICTr030Tp8A500 (in verde) e ICTr030Tp10A500 (in rosso).

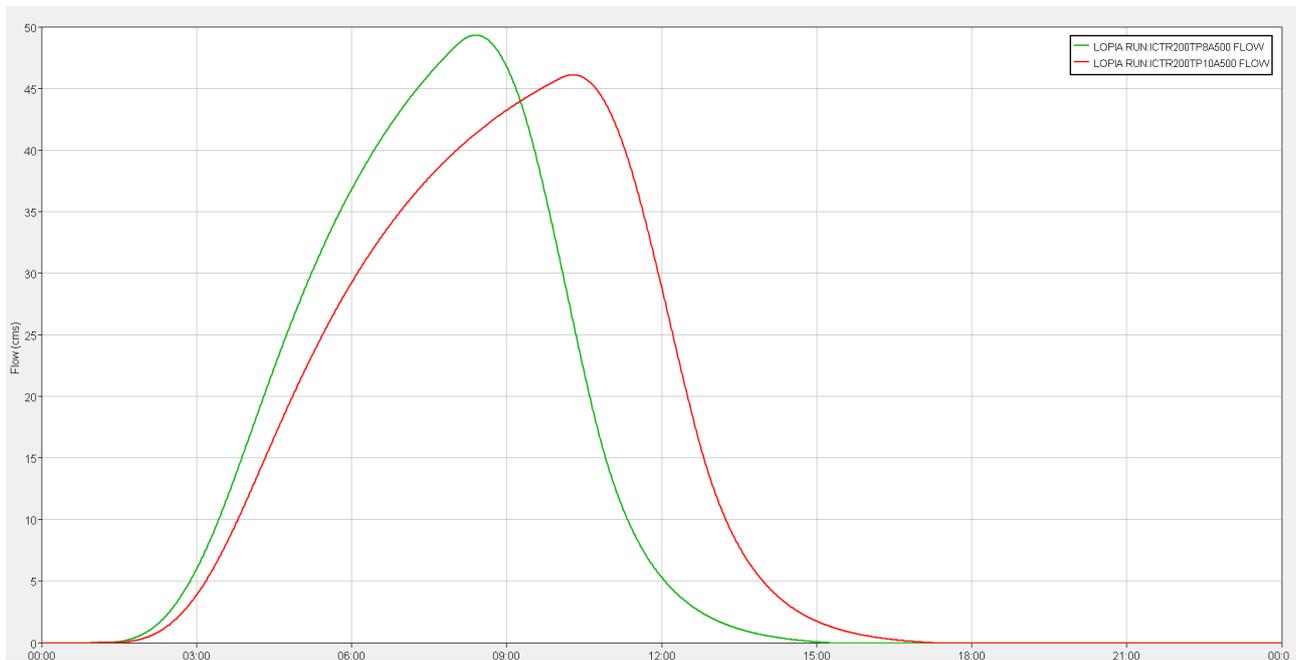


Figura 41 - Idrogrammi delle portate del torrente Lopia alla confluenza con il fiume Cecina, per ICTr200Tp8A500 (in verde) e ICTr200Tp10A500 (in rosso).

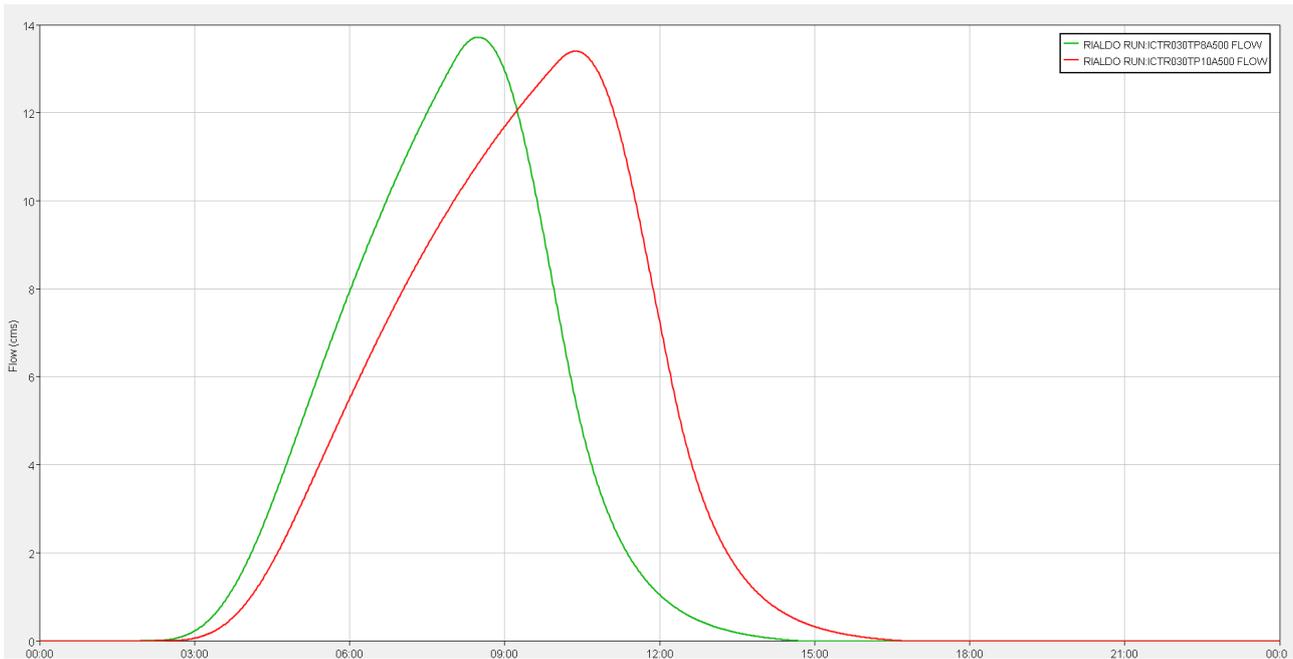


Figura 42 - Idrogrammi delle portate del torrente Rialdo alla confluenza con il fiume Cecina, per ICTr030Tp8A500 (in verde) e ICTr030Tp10A500 (in rosso).

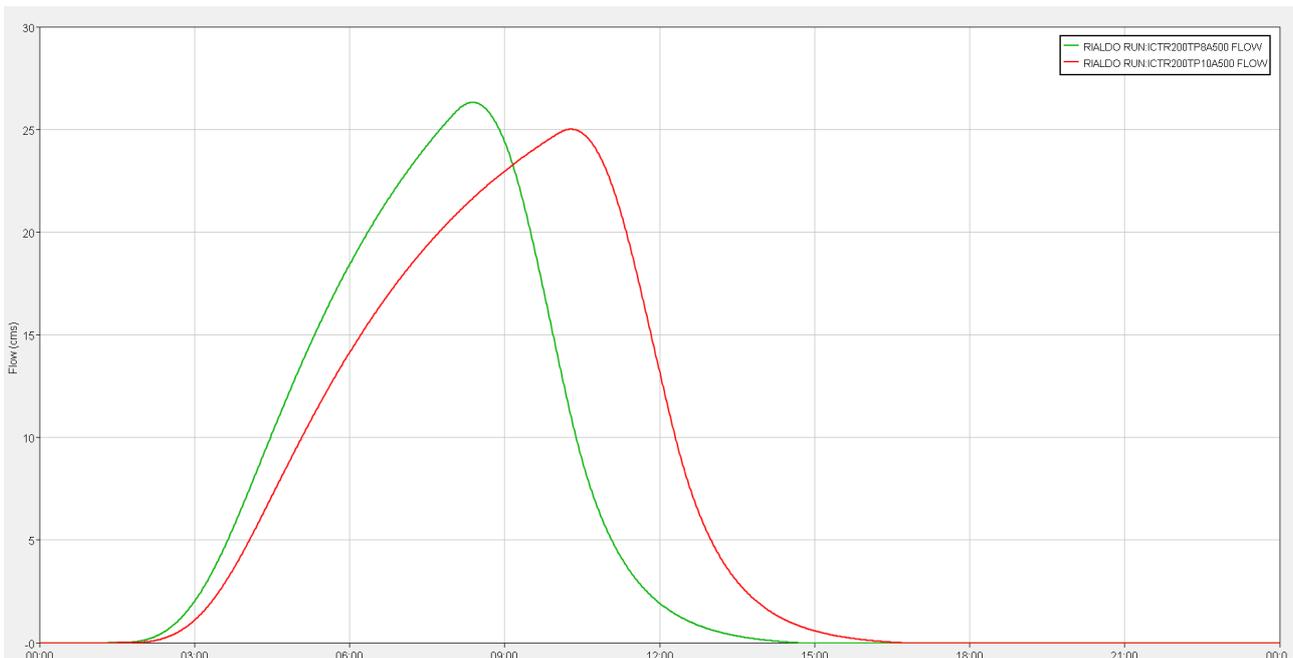


Figura 43 - Idrogrammi delle portate del torrente Rialdo alla confluenza con il fiume Cecina, per ICTr200Tp8A500 (in verde) e ICTr200Tp10A500 (in rosso).

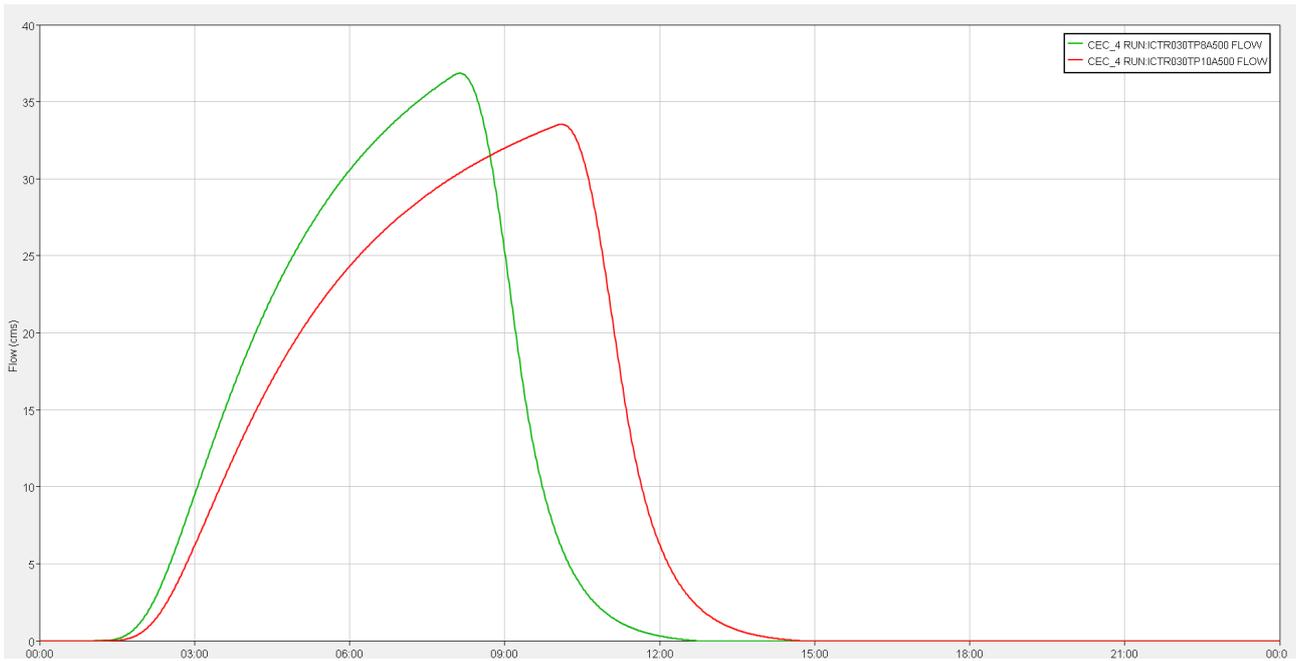


Figura 44 - Idrogrammi delle portate del bacino Cecina 4 alla confluenza con il fiume Cecina, per ICTr030Tp8A500 (in verde) e ICTr030Tp10A500 (in rosso).

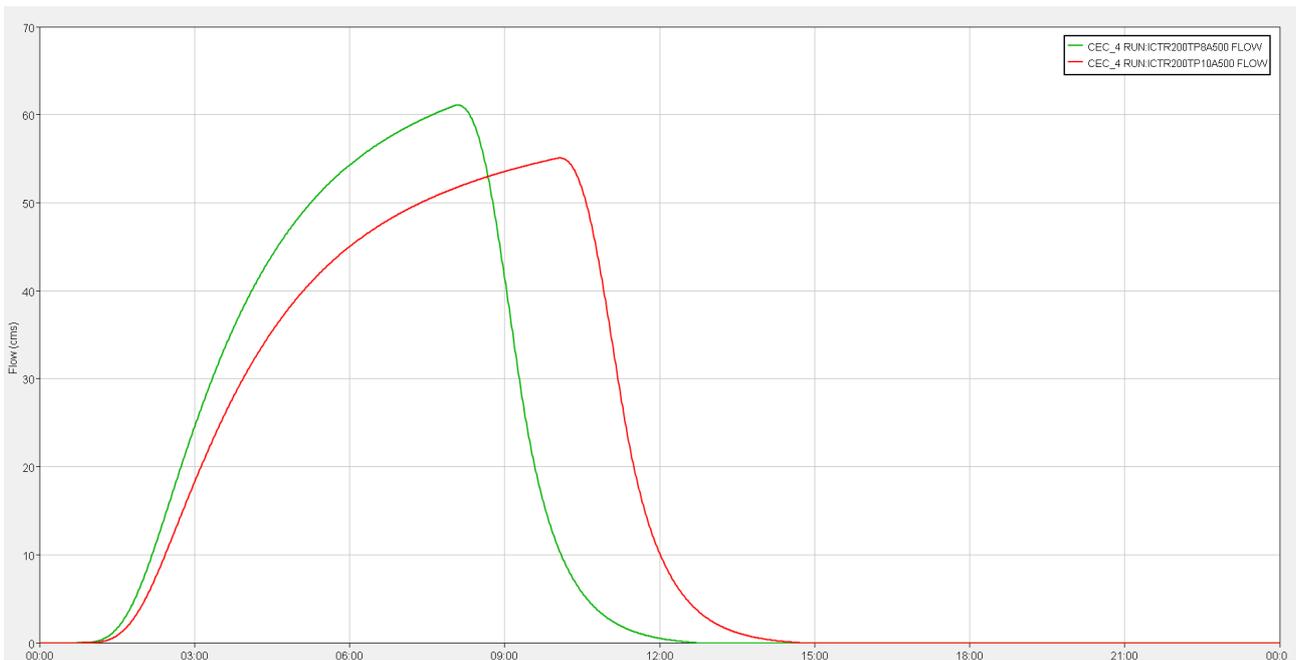


Figura 45 - Idrogrammi delle portate del bacino Cecina 4 alla confluenza con il fiume Cecina, per ICTr200Tp8A500 (in verde) e ICTr200Tp10A500 (in rosso).

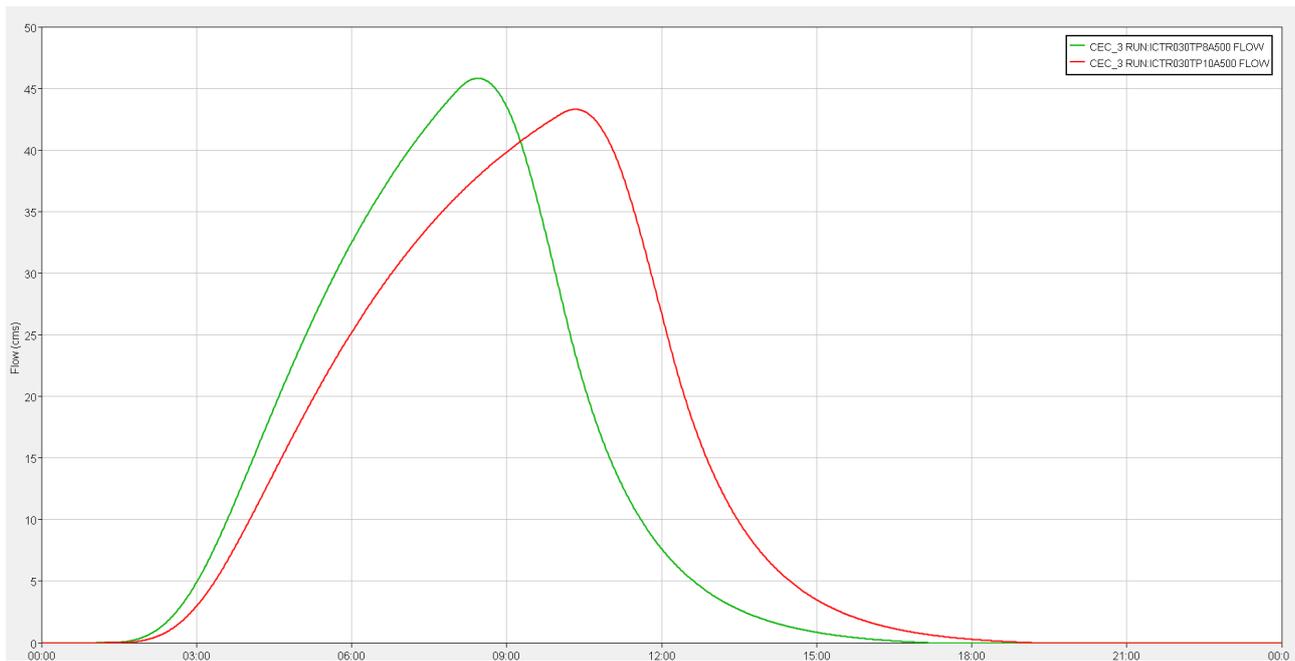


Figura 46 - Idrogrammi delle portate del bacino Cecina 3 alla confluenza con il fiume Cecina, per ICTr030Tp8A500 (in verde) e ICTr030Tp10A500 (in rosso).

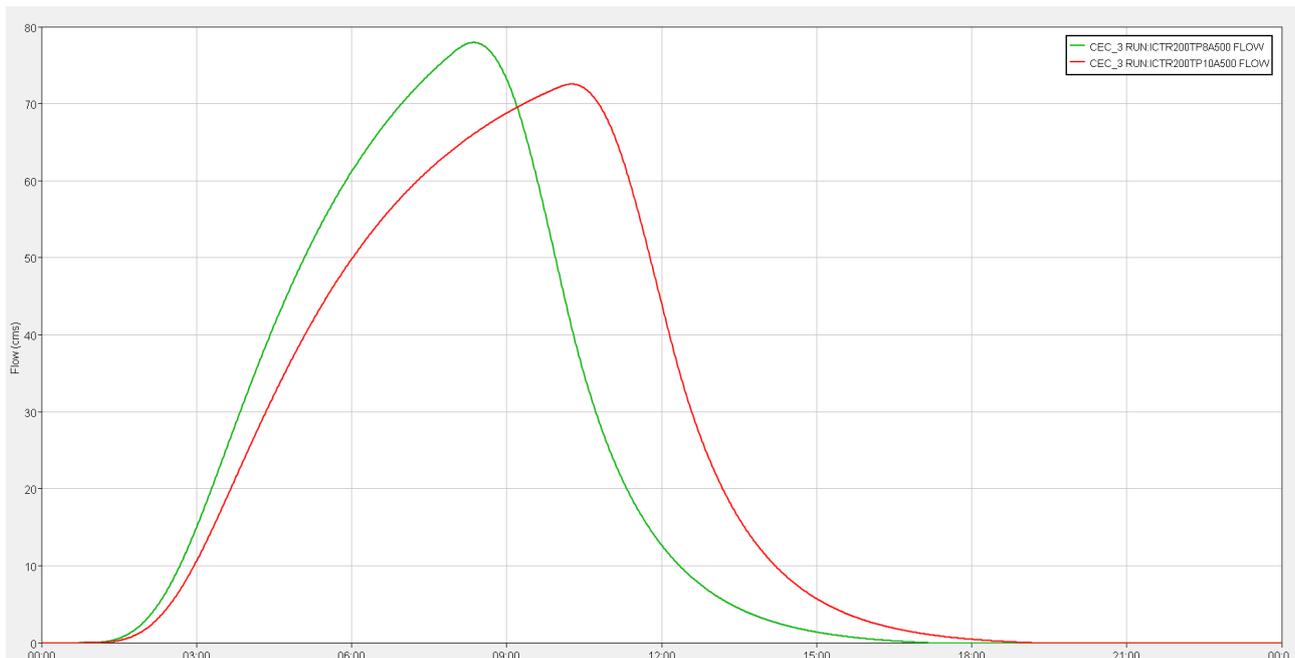


Figura 47 - Idrogrammi delle portate del bacino Cecina 3 alla confluenza con il fiume Cecina, per ICTr200Tp8A500 (in verde) e ICTr200Tp10A500 (in rosso).

Per il torrente Sterza si sono considerati gli idrogrammi generati nel nodo "j_ste1-r_ste1" del modello HEC-HMS precedentemente descritto, che coincide con la sezione di monte del modello idraulico. In questo caso sono state considerate le simulazioni in cui la pioggia è stata ragguagliata con il coefficiente A120.

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto del Piano Operativo del comune di Guardistallo	Relazione idrologica idraulica

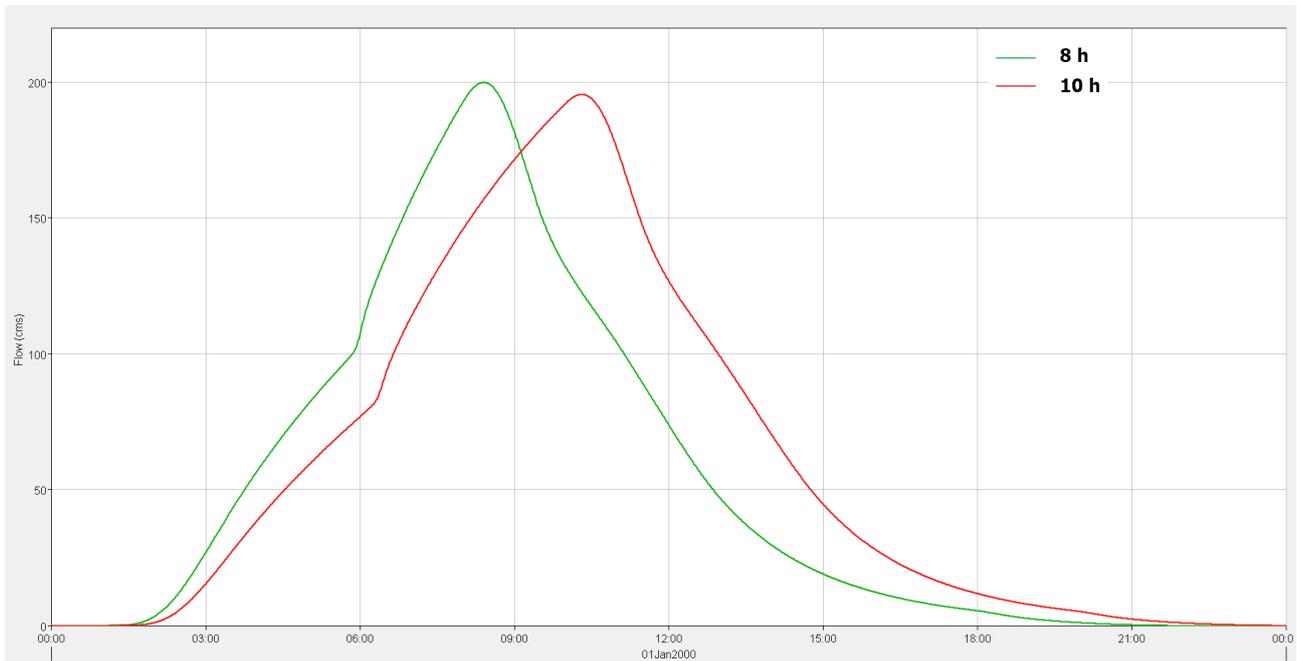


Figura 48 - Idrogrammi delle portate nel torrente Sterza nella sezione di monte, per le simulazioni ICTr030tp8A120 (in verde) e ICTr030tp10A120 (in rosso).

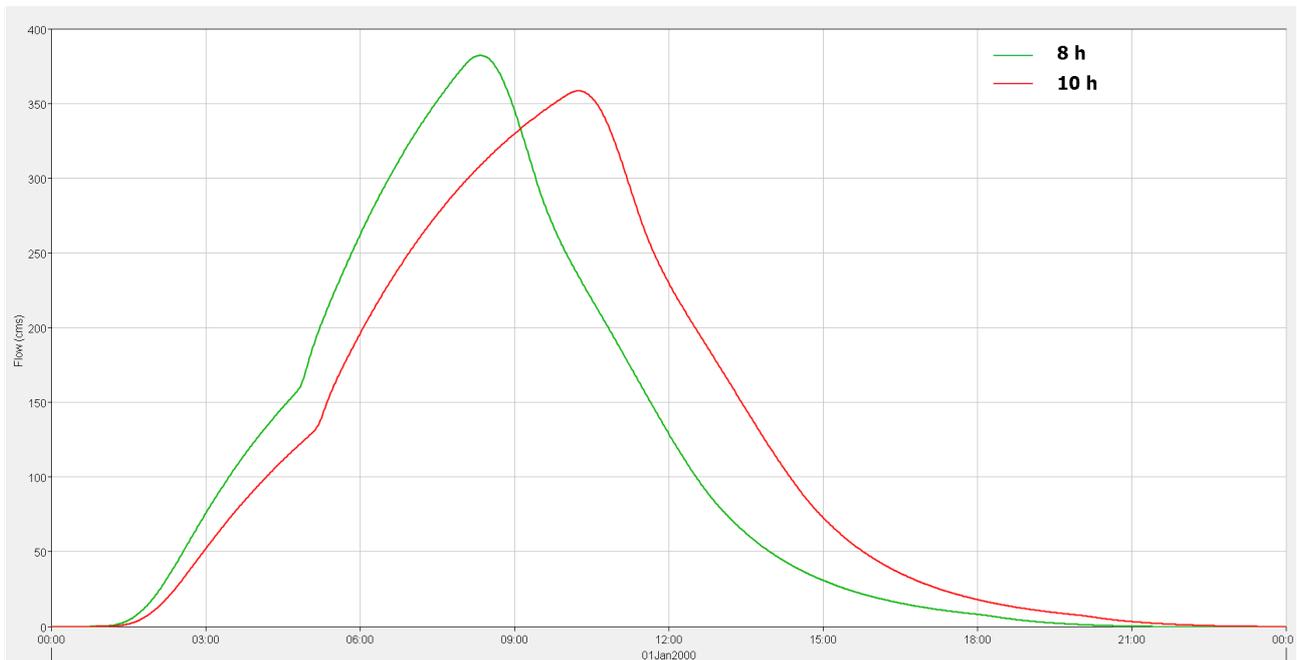


Figura 49 -Idrogrammi delle portate nel torrente Sterza nella sezione di monte, ICTr200tp8A120 (in verde) e ICTr200p10A120 (in rosso).

La condizione al contorno di valle dello Sterza è invece stata cautelativamente impostata con un livello costante nel fiume Cecina alla confluenza con il torrente Sterza, pari al livello massimo raggiunto dal fiume durante un evento di piena duecentennale, valutato con il modello del fiume

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto del Piano Operativo del comune di Guardistallo	Relazione idrologica idraulica

Cecina.

Inoltre sono state imposte due condizioni al contorno in ingresso anche all'area di modellazione bidimensionale. Sono stati inseriti infatti gli idrogrammi delle portate laminare dal fiume Cecina all'interno dell'area 2D sia per sormonto della struttura laterale, rappresentante il rilevato della strada forestale, sia attraverso il tombino circolare Di800 al di sotto di essa. Tali idrogrammi sono stati ottenuti attraverso il modello del fiume Cecina.

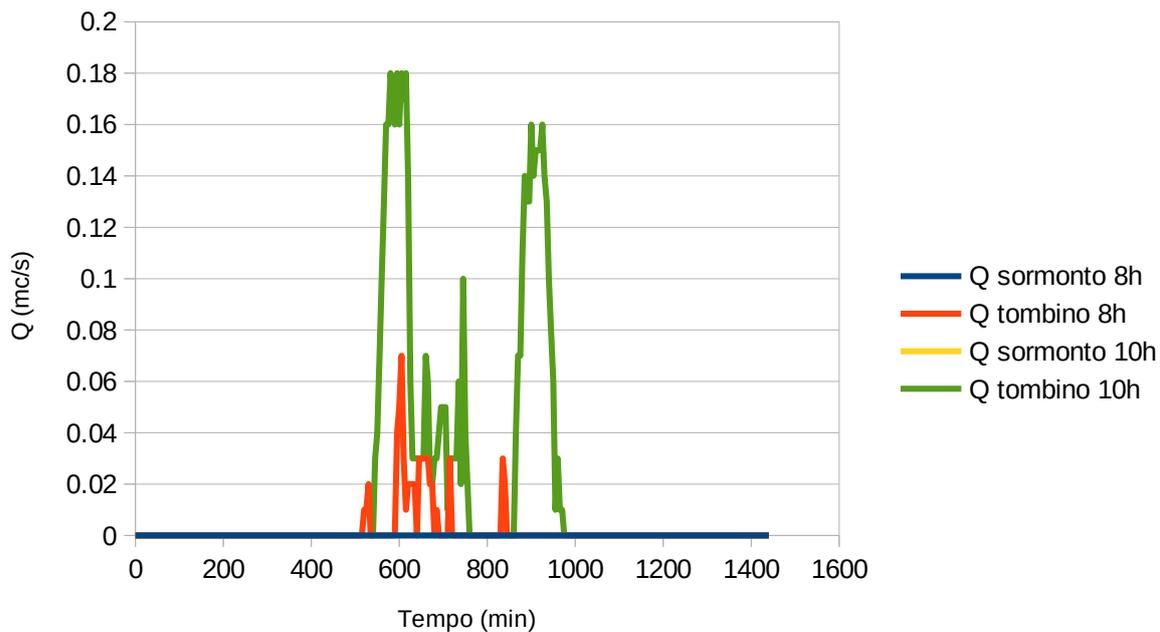


Figura 50 - Idrogrammi delle portate in ingresso all'area 2D dal fiume Cecina, per $Tr=30$ anni: non c'è sormonto della strada forestale per cui le portate arrivano solo dal tombino.

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto del Piano Operativo del comune di Guardistallo	Relazione idrologica idraulica

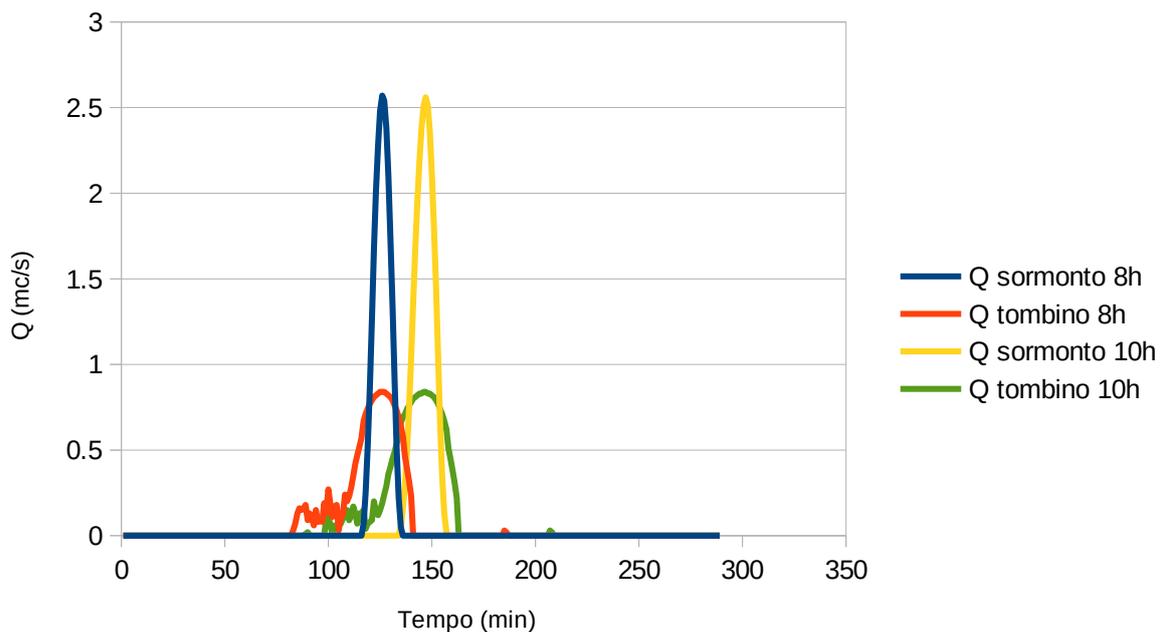


Figura 51 - Idrogrammi delle portate in ingresso all'area 2D dal fiume Cecina, per $Tr=200$ anni.

4.5. Scenari simulati

Sono stati quindi valutati 4 distinti scenari, corrispondenti a 4 diversi *plan* su RAS:

- *plan ICTr200Tp10hA500*: scenario corrispondente alle condizioni più gravose (portate massime) per il Cecina.
- *plan ICTr200Tp10hA120*: scenario corrispondente alle condizioni più gravose (portate massime) per lo Sterza.

I profili degli scenari simulati sono individuati da un codice analogo a quello utilizzato nella corrispondente simulazione idrologica, nella forma IC-Trxxx-Tpyyh.Azzz, dove "xxx" indica il tempo di ritorno in anni ed "yy" la durata di pioggia espressa in ore e "zzz" il coefficiente di ragguaglio delle piogge utilizzato. La tabella seguente riepiloga le simulazioni eseguite su RAS (analoghe per entrambi i corsi d'acqua oggetto di studio). Gli scenari con il codice A120 corrispondono alle condizioni più gravose per lo Sterza, quelli con il codice A500 corrispondono alle condizioni più gravose per il Cecina.

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto del Piano Operativo del comune di Guardistallo	Relazione idrologica idraulica

Codice simulazione	Modello
ICTr30Tp8hA500	Cecina
ICTr30Tp10hA500	Cecina
ICTr200Tp8hA500	Cecina
ICTr200Tp10hA500	Cecina
ICTr30Tp8hA120	Sterza
ICTr30Tp10hA120	Sterza
ICTr200Tp8hA120	Sterza
ICTr200Tp10hA120	Sterza

Tabella 19 - scenari di modellazione idraulica

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto del Piano Operativo del comune di Guardistallo	Relazione idrologica idraulica

5. RISULTATI DELLE SIMULAZIONI IDRAULICHE

I risultati dettagliati delle simulazioni condotte su RAS sono riportate in allegato alla presente relazione.

Per gli eventi duecentennali sono inoltre state elaborate tavole grafiche con le altezze e le velocità di esondazione nelle aree di interesse, e con le conseguenti combinazioni di magnitudo idrauliche così come determinate ai sensi L.R. 41/2018. La magnitudo è stata definita con riferimento ad i valori massimi di altezza e velocità risultanti in ogni cella di calcolo per i diversi scenari di simulazione considerati.

Rispetto a quanto evidenziato nel PGRA si evidenzia un aumento delle estensioni degli allagamenti per $Tr=30$ anni del torrente Sterza, che però non compromettono la fattibilità dell'intervento, interessando solo marginalmente l'area dell'UTOE.

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto del Piano Operativo del comune di Guardistallo	Relazione idrologica idraulica

6. ALLEGATI

Si riportano in allegato, nell'ordine, i seguenti elementi e risultati di modellazione:

- planimetria del modello di calcolo del fiume Cecina
- planimetria delle aree di esondazione del fiume Cecina per $Tr=30$ anni e $Tr=200$ anni
- profili idraulici del fiume Cecina per $Tr=30$ anni e $Tr=200$ anni
- tabelle HEC-RAS dei risultati relativi al fiume Cecina per $Tr=30$ anni e $Tr=200$ anni
- sezioni del fiume Cecina per $Tr=30$ anni e $Tr=200$ anni
- planimetria del modello di calcolo del torrente Sterza
- planimetria delle aree di esondazione del torrente Sterza per $Tr=30$ anni e $Tr=200$ anni
- planimetria delle aree di esondazione nell'area dell'UTOE "Tabaccaia"
- profili idraulici del torrente Sterza per $Tr=30$ anni e $Tr=200$ anni
- tabelle HEC-RAS dei risultati relativi al torrente Sterza per $Tr=30$ anni e $Tr=200$ anni
- sezioni del torrente Sterza per $Tr=30$ anni e $Tr=200$ anni
- magnitudo idraulica dell'UTOE "Tabaccaia" ai sensi della L.R. 41/2018 del 24 luglio 2018
- altezze di esondazione per $Tr=200$ anni per l'UTOE "Tabaccaia"
- velocità per $Tr=200$ anni per l'UTOE "Tabaccaia"

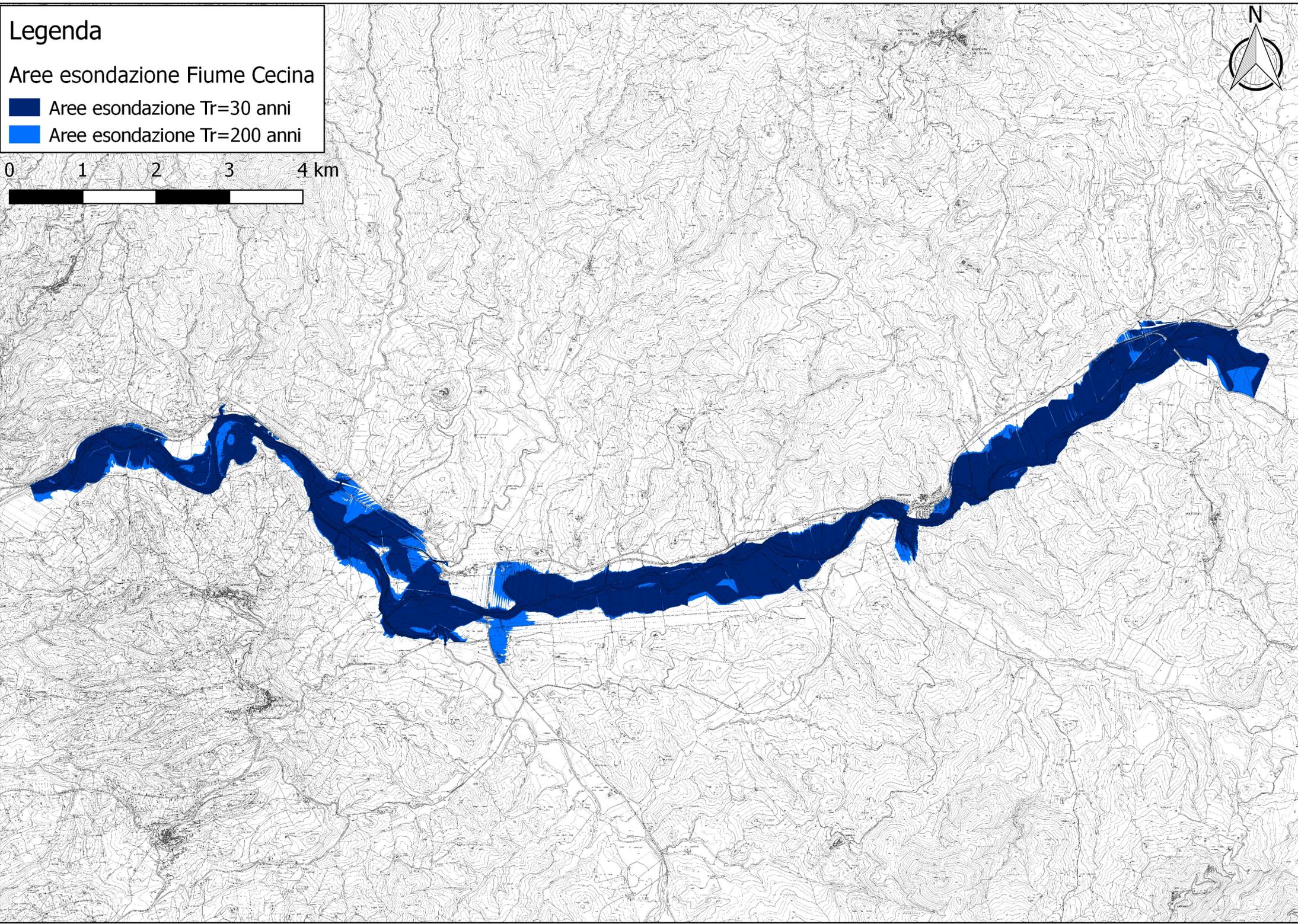
Legenda

Aree esondazione Fiume Cecina

■ Aree esondazione $Tr=30$ anni

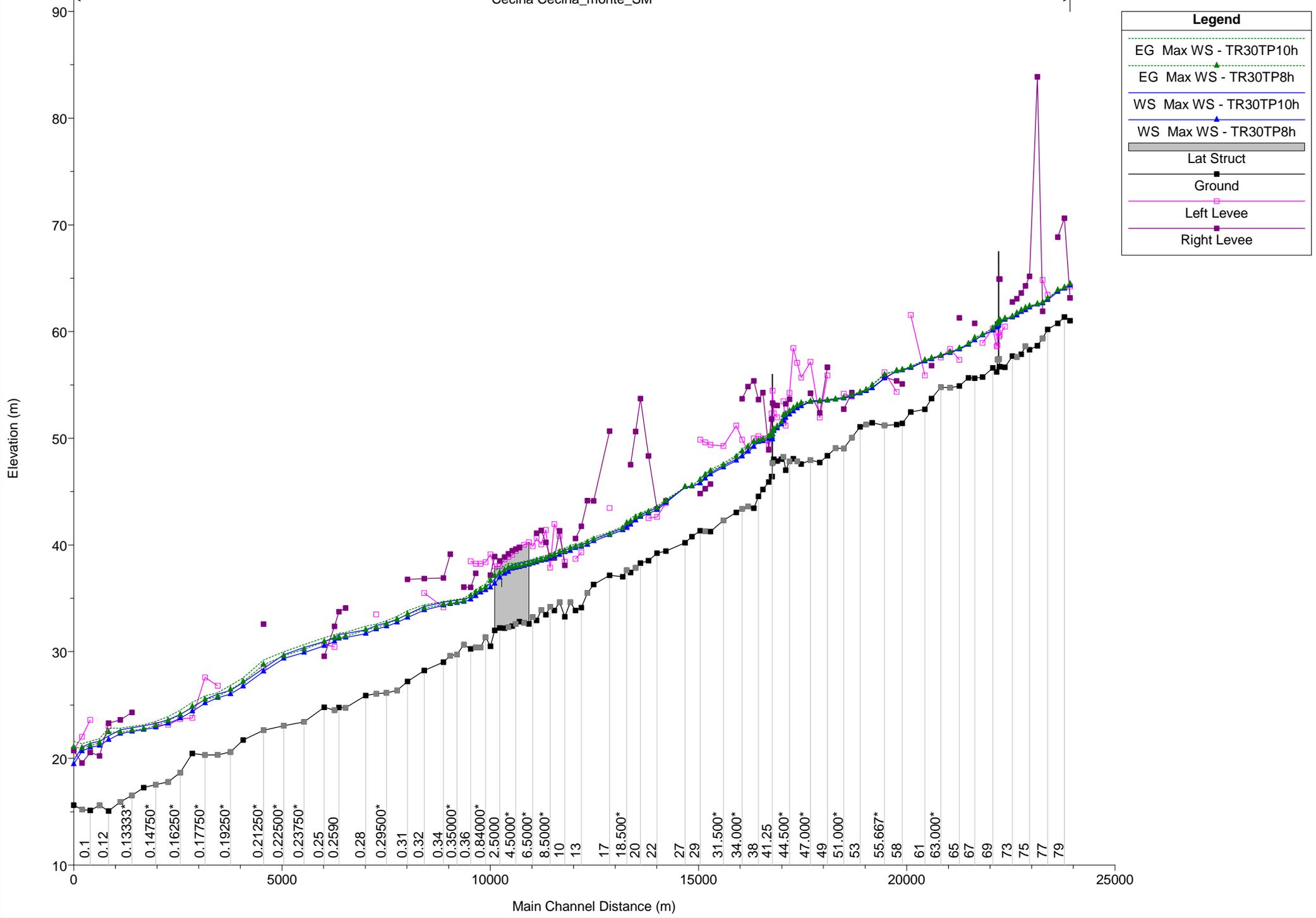
■ Aree esondazione $Tr=200$ anni

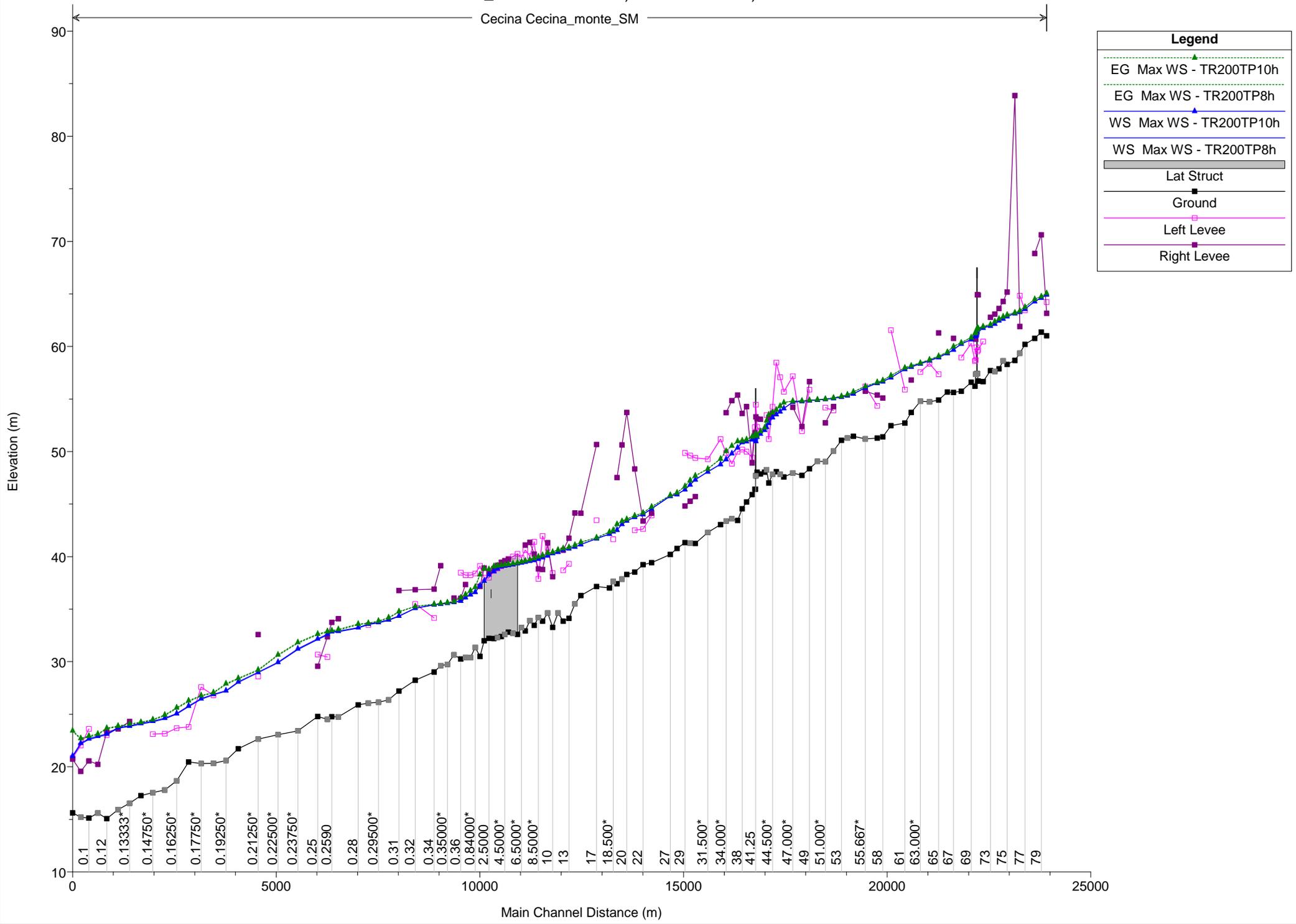
0 1 2 3 4 km



cecina_new Plan: 1) TR30TP10h 2) TR30TP8h

Cecina Cecina_monte_SM





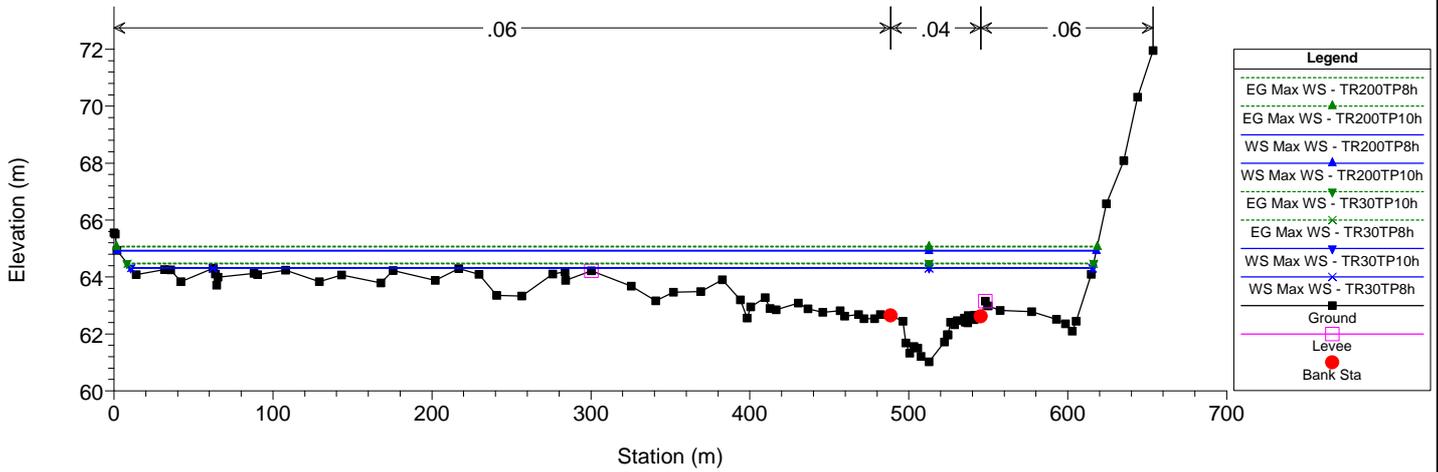
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Cecina_monte_SM	80	Max WS	636.29	61.02	64.31		64.47	0.002852	2.34	537.46	604.91	0.49
Cecina_monte_SM	79	Max WS	636.08	61.35	64.03		64.13	0.001205	1.36	518.00	500.47	0.31
Cecina_monte_SM	78	Max WS	635.97	60.77	63.72		63.87	0.002247	1.75	427.84	472.14	0.42
Cecina_monte_SM	77	Max WS	635.53	60.19	62.96		63.10	0.003828	2.02	416.87	353.63	0.53
Cecina_monte_SM	76	Max WS	635.06	58.68	62.54		62.58	0.000458	1.10	845.60	576.83	0.20
Cecina_monte_SM	75	Max WS	636.21	58.29	62.26		62.39	0.001990	1.96	567.34	545.48	0.40
Cecina_monte_SM	74	Max WS	636.95	57.87	61.83		61.98	0.002075	1.96	525.86	535.40	0.41
Cecina_monte_SM	73	Max WS	638.11	57.69	61.32		61.42	0.001354	1.47	574.18	519.21	0.33
Cecina_monte_SM	72	Max WS	638.88	56.65	61.12		61.22	0.001126	1.65	645.88	626.63	0.31
Cecina_monte_SM	71	Max WS	639.78	56.70	61.01		61.08	0.000798	1.44	785.97	550.79	0.27
Cecina_monte_SM	70.6		Bridge									
Cecina_monte_SM	70	Max WS	640.08	56.22	60.39		60.69	0.002931	2.76	423.54	532.53	0.51
Cecina_monte_SM	69	Max WS	640.65	56.60	60.10		60.32	0.002940	2.18	403.96	573.11	0.49
Cecina_monte_SM	68	Max WS	641.88	55.73	59.65		59.73	0.001055	1.41	658.09	622.44	0.30
Cecina_monte_SM	67	Max WS	642.82	55.63	59.18		59.42	0.003597	2.25	357.84	486.21	0.53
Cecina_monte_SM	66	Max WS	654.25	55.66	58.77		58.85	0.002188	1.46	588.69	597.28	0.39
Cecina_monte_SM	65	Max WS	654.95	54.89	58.33		58.43	0.001604	1.62	638.69	594.41	0.36
Cecina_monte_SM	62	Max WS	656.63	53.72	57.41		57.50	0.001224	1.65	694.55	601.74	0.32
Cecina_monte_SM	61	Max WS	656.89	52.71	57.20		57.32	0.001628	2.07	617.97	535.60	0.38
Cecina_monte_SM	59	Max WS	655.75	52.45	56.59		56.71	0.001911	1.73	553.42	521.89	0.39
Cecina_monte_SM	58	Max WS	655.45	51.40	56.36		56.41	0.000716	1.39	883.24	636.79	0.25
Cecina_monte_SM	57	Max WS	655.30	51.27	56.29		56.33	0.000455	1.10	1048.67	634.96	0.20
Cecina_monte_SM	54.333	Max WS	653.90	51.45	54.69		54.97	0.003288	2.62	435.27	551.16	0.53
Cecina_monte_SM	53	Max WS	651.22	51.07	54.20		54.31	0.001490	1.57	557.91	545.35	0.35
Cecina_monte_SM	49	Max WS	652.05	48.36	53.52		53.56	0.000352	1.12	1062.29	640.52	0.19
Cecina_monte_SM	48	Max WS	651.88	47.73	53.44		53.49	0.000377	1.24	895.32	387.53	0.19
Cecina_monte_SM	46	Max WS	651.82	47.58	53.01		53.30	0.001973	2.68	312.00	104.67	0.43
Cecina_monte_SM	45	Max WS	651.81	48.07	52.51		52.82	0.003456	2.64	303.64	169.20	0.54
Cecina_monte_SM	44	Max WS	651.76	47.01	51.90		52.29	0.003236	2.78	239.35	94.23	0.53
Cecina_monte_SM	43.500	Max WS	651.03	48.04	51.30		51.52	0.003430	2.63	437.25	400.19	0.54
Cecina_monte_SM	43	Max WS	645.80	47.87	50.93		51.13	0.003168	2.30	418.72	368.13	0.50
Cecina_monte_SM	42	Max WS	635.34	48.04	50.68		50.84	0.002664	2.00	387.57	208.98	0.46
Cecina_monte_SM	41.25		Bridge									
Cecina_monte_SM	41	Max WS	796.26	46.41	50.07		50.27	0.001787	1.96	407.07	158.01	0.39
Cecina_monte_SM	40	Max WS	796.22	45.91	49.94		50.14	0.001919	2.15	448.37	215.47	0.41
Cecina_monte_SM	39	Max WS	797.66	45.20	49.73		49.89	0.001353	1.97	535.36	236.58	0.35
Cecina_monte_SM	38	Max WS	798.40	44.56	49.66		49.76	0.000644	1.49	634.27	229.53	0.25
Cecina_monte_SM	36	Max WS	799.55	43.45	49.20		49.66	0.003837	3.21	306.98	157.50	0.59
Cecina_monte_SM	33	Max WS	802.91	43.05	47.90		48.26	0.002916	2.79	365.43	241.77	0.51
Cecina_monte_SM	30	Max WS	807.75	41.26	46.62		46.94	0.002551	3.15	534.00	439.50	0.49
Cecina_monte_SM	29	Max WS	810.01	41.33	45.76		46.12	0.003834	3.60	576.80	652.24	0.59
Cecina_monte_SM	28	Max WS	579.11	40.77	45.50		45.55	0.000555	1.23	911.07	734.95	0.22
Cecina_monte_SM	27	Max WS	620.04	40.20	45.42		45.44	0.000266	0.93	1301.84	802.03	0.16
Cecina_monte_SM	23	Max WS	818.83	39.42	43.93		44.14	0.003078	3.16	685.61	724.63	0.53
Cecina_monte_SM	22	Max WS	820.22	39.23	43.27		43.46	0.002346	2.65	712.42	708.08	0.46
Cecina_monte_SM	21	Max WS	821.08	38.52	42.98		43.11	0.001646	2.40	818.94	650.74	0.40
Cecina_monte_SM	20	Max WS	822.49	38.30	42.64		42.78	0.001429	2.07	736.69	632.37	0.36
Cecina_monte_SM	19	Max WS	702.27	37.43	41.90		42.19	0.002439	2.59	413.99	424.82	0.47
Cecina_monte_SM	18	Max WS	821.31	37.03	41.38		41.56	0.002519	2.54	640.47	570.97	0.47
Cecina_monte_SM	17	Max WS	820.55	37.15	40.92		40.98	0.000735	1.19	840.50	516.31	0.25
Cecina_monte_SM	15	Max WS	820.11	36.30	40.35		40.54	0.001942	2.00	558.62	518.22	0.41
Cecina_monte_SM	13	Max WS	818.46	34.12	39.83		39.94	0.000741	1.58	756.79	500.38	0.27
Cecina_monte_SM	12	Max WS	818.19	33.85	39.73		39.83	0.000783	1.55	781.39	522.24	0.27
Cecina_monte_SM	10	Max WS	817.10	33.27	39.33		39.42	0.000603	1.51	841.04	436.02	0.24
Cecina_monte_SM	9	Max WS	816.07	33.86	38.93		39.08	0.001247	2.01	651.26	383.51	0.34
Cecina_monte_SM	8	Max WS	814.73	33.45	38.60		38.74	0.000942	1.85	654.76	400.88	0.30
Cecina_monte_SM	7	Max WS	813.10	32.93	38.38		38.52	0.001501	1.78	625.13	515.06	0.35
Cecina_monte_SM	6	Max WS	811.97	32.60	38.17		38.27	0.000908	1.53	794.77	544.06	0.28
Cecina_monte_SM	5.9		Lat Struct									
Cecina_monte_SM	5	Max WS	811.31	32.81	37.93		38.04	0.001009	1.65	750.27	532.07	0.30
Cecina_monte_SM	4	Max WS	811.16	32.40	37.78		37.91	0.000945	2.06	800.18	507.53	0.31
Cecina_monte_SM	3	Max WS	811.06	32.20	37.31		37.63	0.001990	2.52	332.72	145.12	0.43
Cecina_monte_SM	2.5000	Max WS	811.02	32.23	36.94		37.38	0.002756	3.01	308.25	132.92	0.51
Cecina_monte_SM	2	Max WS	810.98	31.99	36.38		37.12	0.004120	3.89	236.80	90.94	0.64
Cecina_monte_SM	1	Max WS	810.85	30.50	36.02		36.65	0.003810	3.52	230.93	68.39	0.59
Cecina_monte_SM	0.36	Max WS	808.24	30.26	34.90		35.21	0.002309	2.55	428.35	500.14	0.46
Cecina_monte_SM	0.34	Max WS	803.10	29.02	34.33		34.42	0.001080	1.66	952.83	1057.09	0.31
Cecina_monte_SM	0.32	Max WS	802.83	28.23	33.90		34.06	0.000875	2.16	648.40	450.26	0.31
Cecina_monte_SM	0.31	Max WS	880.49	27.21	33.19		33.50	0.002067	2.48	379.83	222.52	0.43
Cecina_monte_SM	0.28	Max WS	875.83	25.89	31.69		32.03	0.001399	2.64	431.61	302.54	0.39
Cecina_monte_SM	0.2590	Max WS	884.22	24.77	31.23		31.35	0.000599	1.96	886.26	434.27	0.26
Cecina_monte_SM	0.25	Max WS	883.97	24.78	30.54		30.92	0.001516	2.82	392.31	162.02	0.40
Cecina_monte_SM	0.2	Max WS	886.15	21.71	26.75		27.19	0.002737	2.98	352.24	324.43	0.51
Cecina_monte_SM	0.17	Max WS	885.39	20.47	24.40		24.85	0.002713	3.10	353.74	238.05	0.51
Cecina_monte_SM	0.14	Max WS	882.57	17.27	22.70		22.77	0.000576	1.64	921.24	371.86	0.24
Cecina_monte_SM	0.12	Max WS	881.91	15.07	21.75	20.29	22.44	0.003123	3.93	302.27	307.14	0.56
Cecina_monte_SM	0.1	Max WS	881.69	15.12	21.04		21.21	0.000844	2.29	644.75	209.09	0.31
Cecina_monte_SM	0.08	Max WS	881.67	15.63	19.45	19.60	21.04	0.009891	5.88	186.92	82.51	0.98

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
Cecina_monte_SM	80	Max WS	645.69	61.02	64.32		64.48	0.002883	2.36	546.50	605.24	0.49
Cecina_monte_SM	79	Max WS	645.52	61.35	64.05		64.14	0.001208	1.37	525.05	505.52	0.31
Cecina_monte_SM	78	Max WS	645.43	60.77	63.73		63.88	0.002249	1.76	434.25	482.57	0.42
Cecina_monte_SM	77	Max WS	645.12	60.19	62.97		63.12	0.003818	2.03	421.78	362.58	0.53
Cecina_monte_SM	76	Max WS	644.76	58.68	62.55		62.60	0.000462	1.11	853.52	577.73	0.20
Cecina_monte_SM	75	Max WS	646.09	58.29	62.27		62.40	0.001991	1.97	574.49	546.24	0.40
Cecina_monte_SM	74	Max WS	647.03	57.87	61.85		61.99	0.002062	1.96	534.68	536.01	0.41
Cecina_monte_SM	73	Max WS	648.45	57.69	61.34		61.44	0.001351	1.47	582.74	520.65	0.33
Cecina_monte_SM	72	Max WS	649.35	56.65	61.13		61.24	0.001123	1.65	656.60	628.50	0.31
Cecina_monte_SM	71	Max WS	650.37	56.70	61.03		61.09	0.000800	1.44	795.21	552.14	0.27
Cecina_monte_SM	70.6		Bridge									
Cecina_monte_SM	70	Max WS	647.08	56.22	60.41		60.70	0.002904	2.76	431.38	538.81	0.51
Cecina_monte_SM	69	Max WS	649.29	56.60	60.11		60.33	0.002927	2.19	411.66	574.63	0.49
Cecina_monte_SM	68	Max WS	646.94	55.73	59.67		59.74	0.001032	1.40	669.67	623.57	0.29
Cecina_monte_SM	67	Max WS	648.68	55.63	59.19		59.43	0.003528	2.24	365.73	491.93	0.52
Cecina_monte_SM	66	Max WS	658.43	55.66	58.79		58.87	0.002093	1.44	600.54	599.07	0.39
Cecina_monte_SM	65	Max WS	655.42	54.89	58.35		58.44	0.001526	1.60	652.16	600.06	0.35
Cecina_monte_SM	62	Max WS	671.18	53.72	57.44		57.53	0.001212	1.65	710.17	604.10	0.32
Cecina_monte_SM	61	Max WS	639.73	52.71	57.24		57.35	0.001474	1.98	637.46	538.64	0.36
Cecina_monte_SM	59	Max WS	650.68	52.45	56.62		56.73	0.001760	1.67	568.85	522.34	0.37
Cecina_monte_SM	58	Max WS	616.64	51.40	56.39		56.44	0.000596	1.28	903.83	637.52	0.23
Cecina_monte_SM	57	Max WS	660.67	51.27	56.29		56.33	0.000459	1.11	1051.38	635.08	0.20
Cecina_monte_SM	54.333	Max WS	696.18	51.45	54.74		55.02	0.003290	2.65	463.39	555.16	0.53
Cecina_monte_SM	53	Max WS	677.79	51.07	54.26		54.36	0.001434	1.57	590.58	571.10	0.34
Cecina_monte_SM	49	Max WS	681.69	48.36	53.60		53.64	0.000341	1.12	1113.02	644.74	0.18
Cecina_monte_SM	48	Max WS	681.64	47.73	53.52		53.57	0.000375	1.25	926.50	395.81	0.19
Cecina_monte_SM	46	Max WS	681.56	47.58	53.07		53.38	0.002041	2.74	318.55	104.96	0.44
Cecina_monte_SM	45	Max WS	678.35	48.07	52.57		52.88	0.003406	2.66	313.75	169.30	0.54
Cecina_monte_SM	44	Max WS	677.87	47.01	51.95		52.36	0.003300	2.84	243.98	94.55	0.54
Cecina_monte_SM	43.500	Max WS	664.33	48.04	51.36		51.57	0.003168	2.56	462.63	416.06	0.52
Cecina_monte_SM	43	Max WS	653.46	47.87	51.02		51.21	0.002751	2.20	453.23	372.06	0.47
Cecina_monte_SM	42	Max WS	666.70	48.04	50.75		50.91	0.002635	2.03	400.57	209.23	0.46
Cecina_monte_SM	41.25		Bridge									
Cecina_monte_SM	41	Max WS	926.30	46.41	50.26		50.49	0.001932	2.12	436.37	158.65	0.41
Cecina_monte_SM	40	Max WS	914.55	45.91	50.11		50.34	0.002053	2.31	485.39	234.36	0.43
Cecina_monte_SM	39	Max WS	863.89	45.20	49.90		50.06	0.001287	1.99	576.77	239.78	0.35
Cecina_monte_SM	38	Max WS	868.52	44.56	49.84		49.94	0.000640	1.53	674.63	233.21	0.25
Cecina_monte_SM	36	Max WS	873.41	43.45	49.36		49.86	0.003784	3.31	334.00	163.15	0.59
Cecina_monte_SM	33	Max WS	887.32	43.05	48.05		48.42	0.002955	2.88	401.03	246.52	0.52
Cecina_monte_SM	30	Max WS	908.48	41.26	46.75		47.07	0.002618	3.26	592.10	472.63	0.50
Cecina_monte_SM	29	Max WS	920.42	41.33	45.87		46.21	0.003794	3.65	645.87	653.88	0.59
Cecina_monte_SM	28	Max WS	526.08	40.77	45.45		45.49	0.000513	1.16	870.77	734.07	0.21
Cecina_monte_SM	27	Max WS	576.34	40.20	45.36		45.39	0.000252	0.90	1259.35	800.33	0.15
Cecina_monte_SM	23	Max WS	961.38	39.42	44.07		44.26	0.003043	3.22	782.62	728.55	0.53
Cecina_monte_SM	22	Max WS	971.22	39.23	43.46		43.62	0.002142	2.63	867.62	748.63	0.45
Cecina_monte_SM	21	Max WS	977.66	38.52	43.18		43.30	0.001560	2.42	947.72	651.31	0.39
Cecina_monte_SM	20	Max WS	985.93	38.30	42.84		42.99	0.001476	2.18	862.77	640.70	0.37
Cecina_monte_SM	19	Max WS	985.59	37.43	42.02	41.76	42.49	0.003894	3.36	467.89	449.07	0.60
Cecina_monte_SM	18	Max WS	984.60	37.03	41.57		41.75	0.002442	2.61	750.85	578.44	0.47
Cecina_monte_SM	17	Max WS	983.38	37.15	41.12		41.19	0.000765	1.28	949.81	553.82	0.26
Cecina_monte_SM	15	Max WS	982.02	36.30	40.55		40.74	0.001938	2.10	666.54	563.96	0.41
Cecina_monte_SM	13	Max WS	979.59	34.12	40.06		40.18	0.000786	1.70	873.97	522.28	0.28
Cecina_monte_SM	12	Max WS	979.68	33.85	39.96		40.06	0.000823	1.66	900.60	540.56	0.28
Cecina_monte_SM	10	Max WS	978.32	33.27	39.57		39.67	0.000661	1.65	946.68	469.27	0.26
Cecina_monte_SM	9	Max WS	976.45	33.86	39.15		39.32	0.001317	2.15	735.47	388.20	0.35
Cecina_monte_SM	8	Max WS	972.38	33.45	38.86		39.01	0.000974	1.96	760.49	409.37	0.31
Cecina_monte_SM	7	Max WS	966.77	32.93	38.66		38.79	0.001325	1.79	778.03	560.58	0.34
Cecina_monte_SM	6	Max WS	964.91	32.60	38.48		38.57	0.000800	1.52	963.30	551.51	0.27
Cecina_monte_SM	5.9		Lat Struct									
Cecina_monte_SM	5	Max WS	963.91	32.81	38.27		38.37	0.000830	1.61	935.87	544.76	0.28
Cecina_monte_SM	4	Max WS	963.76	32.40	38.15		38.26	0.000788	1.99	991.76	519.53	0.29
Cecina_monte_SM	3	Max WS	963.66	32.20	37.70		38.05	0.001931	2.66	396.42	180.53	0.43
Cecina_monte_SM	2.5000	Max WS	963.63	32.23	37.36		37.82	0.002550	3.12	366.61	144.94	0.50
Cecina_monte_SM	2	Max WS	963.62	31.99	36.79		37.60	0.004018	4.11	276.32	104.40	0.64
Cecina_monte_SM	1	Max WS	963.59	30.50	36.41		37.13	0.003853	3.75	261.89	86.88	0.60
Cecina_monte_SM	0.36	Max WS	961.20	30.26	35.11		35.43	0.002378	2.66	540.45	543.67	0.47
Cecina_monte_SM	0.34	Max WS	958.13	29.02	34.62		34.69	0.000849	1.55	1268.25	1108.71	0.28
Cecina_monte_SM	0.32	Max WS	957.78	28.23	34.23		34.39	0.000877	2.26	832.63	638.20	0.31
Cecina_monte_SM	0.31	Max WS	1046.93	27.21	33.50		33.84	0.002177	2.64	456.10	287.38	0.45
Cecina_monte_SM	0.28	Max WS	1044.84	25.89	32.04		32.40	0.001414	2.79	542.98	327.38	0.39
Cecina_monte_SM	0.2590	Max WS	1059.79	24.77	31.61		31.72	0.000580	2.01	1053.86	479.04	0.26
Cecina_monte_SM	0.25	Max WS	1002.74	24.78	30.94		31.30	0.001376	2.83	490.67	227.63	0.39
Cecina_monte_SM	0.2	Max WS	1065.08	21.71	27.12		27.55	0.002623	3.05	489.42	438.04	0.50
Cecina_monte_SM	0.17	Max WS	1065.23	20.47	24.77		25.26	0.002689	3.29	448.52	272.18	0.52
Cecina_monte_SM	0.14	Max WS	1061.81	17.27	23.06		23.14	0.000610	1.77	1059.42	394.32	0.25
Cecina_monte_SM	0.12	Max WS	1061.36	15.07	22.09	20.72	22.84	0.003279	4.20	431.41	421.40	0.58
Cecina_monte_SM	0.1	Max WS	1061.16	15.12	21.42		21.61	0.000916	2.50	725.89	213.80	0.33
Cecina_monte_SM	0.08	Max WS	1061.15	15.63	19.82	20.15	21.58	0.009830	6.25	218.22	89.15	1.00

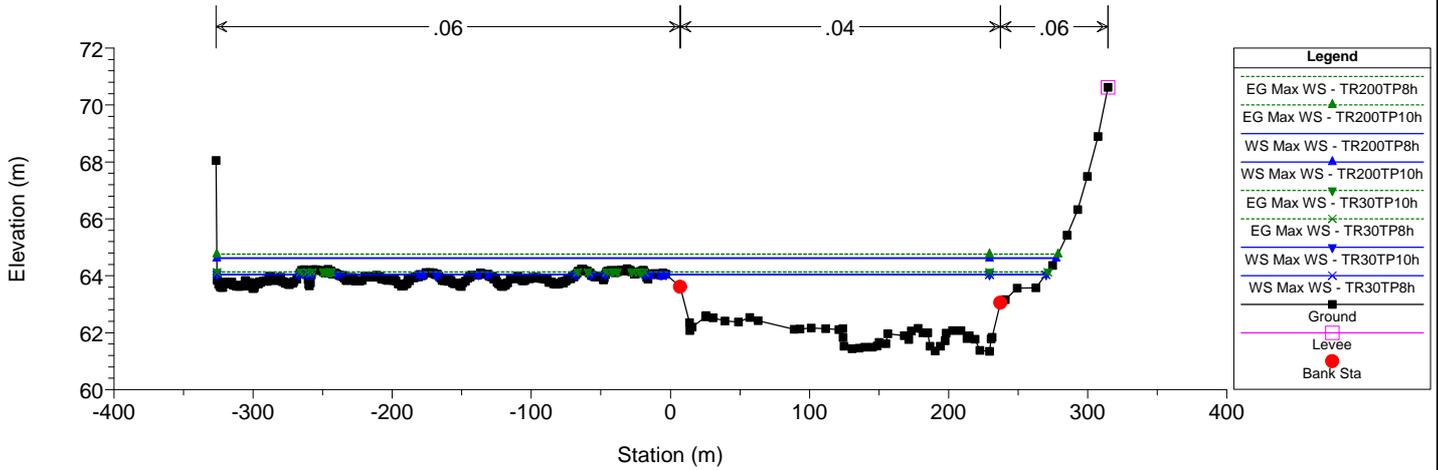
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Cecina_monte_SM	80	Max WS	1170.71	61.02	64.94		65.08	0.002328	2.48	920.68	616.20	0.46
Cecina_monte_SM	79	Max WS	1170.44	61.35	64.63		64.77	0.001378	1.74	868.13	603.61	0.35
Cecina_monte_SM	78	Max WS	1170.31	60.77	64.29		64.49	0.002365	2.16	726.15	525.73	0.45
Cecina_monte_SM	77	Max WS	1169.49	60.19	63.57		63.76	0.003380	2.38	745.48	657.74	0.52
Cecina_monte_SM	76	Max WS	1168.80	58.68	63.15		63.23	0.000666	1.51	1210.53	604.65	0.25
Cecina_monte_SM	75	Max WS	1171.23	58.29	62.86		63.01	0.002000	2.28	907.51	578.57	0.42
Cecina_monte_SM	74	Max WS	1172.98	57.87	62.46		62.63	0.002024	2.27	870.11	554.92	0.42
Cecina_monte_SM	73	Max WS	1175.71	57.69	61.98		62.11	0.001350	1.77	927.56	542.78	0.34
Cecina_monte_SM	72	Max WS	1177.48	56.65	61.79		61.91	0.001153	1.92	1078.34	658.14	0.33
Cecina_monte_SM	71	Max WS	1179.39	56.70	61.66		61.75	0.000956	1.79	1152.36	571.51	0.30
Cecina_monte_SM	70.6		Bridge									
Cecina_monte_SM	70	Max WS	1179.99	56.22	60.95		61.26	0.003181	3.22	747.39	604.18	0.55
Cecina_monte_SM	69	Max WS	1181.45	56.60	60.66		60.86	0.002457	2.34	874.98	775.76	0.46
Cecina_monte_SM	68	Max WS	1184.45	55.73	60.25		60.36	0.001184	1.75	1065.16	710.49	0.33
Cecina_monte_SM	67	Max WS	1186.49	55.63	59.71		60.01	0.003785	2.73	652.36	606.50	0.57
Cecina_monte_SM	66	Max WS	1211.07	55.66	59.36		59.47	0.001838	1.69	956.52	634.08	0.38
Cecina_monte_SM	65	Max WS	1213.34	54.89	58.97		59.08	0.001547	1.91	1029.61	615.81	0.37
Cecina_monte_SM	62	Max WS	1219.66	53.72	58.07		58.18	0.001272	1.95	1095.20	615.92	0.34
Cecina_monte_SM	61	Max WS	1220.93	52.71	57.84		57.99	0.001797	2.46	975.04	562.44	0.41
Cecina_monte_SM	59	Max WS	1223.88	52.45	57.04		57.23	0.002658	2.27	791.37	528.83	0.47
Cecina_monte_SM	58	Max WS	1225.21	51.40	56.66		56.79	0.001453	2.12	1079.74	642.56	0.37
Cecina_monte_SM	57	Max WS	1224.60	51.27	56.51		56.60	0.001111	1.81	1188.09	640.89	0.32
Cecina_monte_SM	54.333	Max WS	1212.47	51.45	55.50		55.68	0.002059	2.49	954.63	690.59	0.44
Cecina_monte_SM	53	Max WS	1206.04	51.07	55.19		55.27	0.000893	1.57	1183.97	676.98	0.29
Cecina_monte_SM	49	Max WS	1222.51	48.36	54.85		54.89	0.000236	1.12	1938.71	668.25	0.16
Cecina_monte_SM	48	Max WS	1222.35	47.73	54.77		54.83	0.000348	1.43	1437.91	418.06	0.19
Cecina_monte_SM	46	Max WS	1222.13	47.58	54.10		54.66	0.003217	3.80	517.24	264.53	0.56
Cecina_monte_SM	45	Max WS	1222.11	48.07	53.52		53.97	0.003360	3.28	491.20	217.10	0.56
Cecina_monte_SM	44	Max WS	1222.09	47.01	52.71		53.51	0.004816	4.01	317.22	99.52	0.67
Cecina_monte_SM	43.500	Max WS	1221.16	48.04	52.04		52.29	0.003259	3.04	808.85	601.01	0.55
Cecina_monte_SM	43	Max WS	1219.21	47.87	51.69		51.94	0.002996	2.72	735.19	472.60	0.51
Cecina_monte_SM	42	Max WS	896.48	48.04	51.39		51.56	0.001854	2.04	536.09	211.83	0.40
Cecina_monte_SM	41.25		Bridge									
Cecina_monte_SM	41	Max WS	1508.14	46.41	51.24		51.57	0.001881	2.54	592.94	159.97	0.42
Cecina_monte_SM	40	Max WS	1508.11	45.91	51.13		51.42	0.001800	2.63	734.97	251.00	0.42
Cecina_monte_SM	39	Max WS	1511.07	45.20	50.96		51.16	0.001238	2.34	919.88	312.28	0.36
Cecina_monte_SM	38	Max WS	1512.58	44.56	50.88		51.05	0.000754	1.95	1012.89	315.45	0.28
Cecina_monte_SM	36	Max WS	1514.95	43.45	50.38		50.98	0.003565	3.85	563.91	234.80	0.60
Cecina_monte_SM	33	Max WS	1522.02	43.05	48.79		49.31	0.003474	3.56	595.45	277.66	0.58
Cecina_monte_SM	30	Max WS	1532.59	41.26	47.33		47.70	0.003045	3.82	876.60	497.94	0.55
Cecina_monte_SM	29	Max WS	1537.50	41.33	46.39		46.69	0.003621	3.87	997.38	705.03	0.58
Cecina_monte_SM	28	Max WS	1540.57	40.77	45.93		46.09	0.001799	2.41	1232.37	763.72	0.41
Cecina_monte_SM	27	Max WS	1543.00	40.20	45.76		45.85	0.000962	1.88	1579.19	813.82	0.30
Cecina_monte_SM	23	Max WS	1552.96	39.42	44.56		44.75	0.002785	3.34	1148.47	743.04	0.51
Cecina_monte_SM	22	Max WS	1556.16	39.23	44.02		44.17	0.001873	2.71	1305.47	802.84	0.43
Cecina_monte_SM	21	Max WS	1558.32	38.52	43.75		43.88	0.001546	2.63	1335.56	692.82	0.40
Cecina_monte_SM	20	Max WS	1561.51	38.30	43.41		43.57	0.001479	2.41	1235.76	647.52	0.37
Cecina_monte_SM	19	Max WS	1560.77	37.43	42.54		43.08	0.004322	3.91	707.25	477.51	0.65
Cecina_monte_SM	18	Max WS	1559.59	37.03	42.15		42.34	0.002257	2.81	1094.09	596.02	0.46
Cecina_monte_SM	17	Max WS	1557.95	37.15	41.71		41.81	0.000843	1.54	1276.37	559.29	0.28
Cecina_monte_SM	15	Max WS	1554.54	36.30	41.17		41.37	0.001781	2.31	1034.25	610.67	0.41
Cecina_monte_SM	13	Max WS	1551.04	34.12	40.76		40.90	0.000864	1.99	1260.45	579.61	0.30
Cecina_monte_SM	12	Max WS	1550.16	33.85	40.64		40.78	0.000934	1.98	1307.27	661.99	0.31
Cecina_monte_SM	10	Max WS	1547.43	33.27	40.31		40.44	0.000752	1.96	1354.70	603.14	0.28
Cecina_monte_SM	9	Max WS	1543.77	33.86	39.92		40.12	0.001351	2.47	1046.36	424.87	0.37
Cecina_monte_SM	8	Max WS	1539.94	33.45	39.65		39.84	0.001099	2.34	1119.58	506.06	0.34
Cecina_monte_SM	7	Max WS	1537.86	32.93	39.49		39.61	0.001006	1.85	1248.44	576.11	0.31
Cecina_monte_SM	6	Max WS	1536.28	32.60	39.34		39.43	0.000670	1.63	1440.40	566.75	0.26
Cecina_monte_SM	5.9		Lat Struct									
Cecina_monte_SM	5	Max WS	1535.04	32.81	39.17		39.27	0.000671	1.69	1452.44	622.95	0.26
Cecina_monte_SM	4	Max WS	1534.47	32.40	39.06		39.17	0.000716	2.13	1537.55	840.32	0.28
Cecina_monte_SM	3	Max WS	1533.75	32.20	38.60		39.09	0.002134	3.21	676.90	601.66	0.47
Cecina_monte_SM	2.5000	Max WS	1525.28	32.23	38.27	37.07	38.80	0.002494	3.54	740.31	779.76	0.51
Cecina_monte_SM	2	Max WS	1521.48	31.99	37.68		38.87	0.004794	5.10	378.66	130.66	0.72
Cecina_monte_SM	1	Max WS	1521.36	30.50	37.23	36.38	38.30	0.004945	4.69	383.50	184.42	0.70
Cecina_monte_SM	0.36	Max WS	1517.03	30.26	35.78		36.07	0.002121	2.80	934.83	628.48	0.46
Cecina_monte_SM	0.34	Max WS	1514.38	29.02	35.41		35.46	0.000511	1.40	2166.90	1153.32	0.22
Cecina_monte_SM	0.32	Max WS	1514.31	28.23	35.08		35.25	0.000903	2.53	1469.24	837.76	0.32
Cecina_monte_SM	0.31	Max WS	1679.77	27.21	34.32		34.74	0.002278	3.07	824.25	617.87	0.48
Cecina_monte_SM	0.28	Max WS	1670.83	25.89	33.19		33.54	0.001265	3.01	1061.61	765.62	0.38
Cecina_monte_SM	0.2590	Max WS	1699.29	24.77	32.79		32.90	0.000505	2.11	1677.39	541.80	0.25
Cecina_monte_SM	0.25	Max WS	1699.18	24.78	32.10		32.57	0.001527	3.40	774.70	257.80	0.43
Cecina_monte_SM	0.2	Max WS	1709.28	21.71	28.03		28.37	0.002022	3.03	1021.36	686.95	0.45
Cecina_monte_SM	0.17	Max WS	1711.16	20.47	25.73		26.22	0.002410	3.58	802.95	409.40	0.51
Cecina_monte_SM	0.14	Max WS	1706.51	17.27	24.06		24.18	0.000691	2.13	1502.79	487.85	0.28
Cecina_monte_SM	0.12	Max WS	1705.30	15.07	23.05		23.62	0.002658	4.22	859.42	472.15	0.53
Cecina_monte_SM	0.1	Max WS	1705.11	15.12	22.59		22.84	0.001001	2.94	979.21	218.05	0.35
Cecina_monte_SM	0.08	Max WS	1705.03	15.63	20.95	20.84	23.38	0.010227	7.52	355.38	211.41	1.06

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
Cecina_monte_SM	80	Max WS	1149.67	61.02	64.92		65.06	0.002333	2.47	908.47	615.92	0.46
Cecina_monte_SM	79	Max WS	1149.57	61.35	64.61		64.75	0.001372	1.73	856.73	603.43	0.34
Cecina_monte_SM	78	Max WS	1149.42	60.77	64.28		64.47	0.002356	2.14	716.86	525.69	0.44
Cecina_monte_SM	77	Max WS	1148.77	60.19	63.55		63.74	0.003398	2.38	732.29	653.72	0.52
Cecina_monte_SM	76	Max WS	1148.26	58.68	63.13		63.21	0.000660	1.50	1198.01	603.43	0.25
Cecina_monte_SM	75	Max WS	1150.60	58.29	62.84		62.99	0.002000	2.27	896.05	578.19	0.42
Cecina_monte_SM	74	Max WS	1152.43	57.87	62.44		62.61	0.002027	2.26	858.61	554.62	0.42
Cecina_monte_SM	73	Max WS	1155.15	57.69	61.96		62.08	0.001356	1.76	914.17	542.39	0.34
Cecina_monte_SM	72	Max WS	1156.96	56.65	61.76		61.88	0.001160	1.92	1061.29	657.41	0.33
Cecina_monte_SM	71	Max WS	1158.85	56.70	61.64		61.73	0.000957	1.79	1137.57	570.95	0.30
Cecina_monte_SM	70.6	Bridge										
Cecina_monte_SM	70	Max WS	1159.38	56.22	60.93		61.25	0.003175	3.21	736.90	603.36	0.55
Cecina_monte_SM	69	Max WS	1160.90	56.60	60.64		60.84	0.002465	2.33	861.04	774.93	0.46
Cecina_monte_SM	68	Max WS	1163.95	55.73	60.24		60.34	0.001178	1.74	1052.60	709.82	0.33
Cecina_monte_SM	67	Max WS	1165.97	55.63	59.69		59.99	0.003791	2.72	641.83	606.02	0.56
Cecina_monte_SM	66	Max WS	1190.83	55.66	59.34		59.45	0.001842	1.68	945.13	633.65	0.38
Cecina_monte_SM	65	Max WS	1193.54	54.89	58.95		59.06	0.001547	1.90	1017.98	615.75	0.37
Cecina_monte_SM	62	Max WS	1200.91	53.72	58.05		58.16	0.001269	1.94	1084.13	615.67	0.34
Cecina_monte_SM	61	Max WS	1202.35	52.71	57.83		57.97	0.001794	2.45	965.10	562.39	0.41
Cecina_monte_SM	59	Max WS	1205.96	52.45	57.02		57.21	0.002656	2.27	782.99	528.58	0.47
Cecina_monte_SM	58	Max WS	1207.67	51.40	56.65		56.77	0.001449	2.11	1069.75	642.41	0.37
Cecina_monte_SM	57	Max WS	1207.50	51.27	56.49		56.58	0.001106	1.80	1178.32	640.49	0.32
Cecina_monte_SM	54.333	Max WS	1202.41	51.45	55.49		55.67	0.002057	2.49	948.95	690.55	0.44
Cecina_monte_SM	53	Max WS	1198.74	51.07	55.18		55.27	0.000892	1.57	1178.82	676.66	0.29
Cecina_monte_SM	49	Max WS	1217.52	48.36	54.84		54.88	0.000236	1.12	1933.22	668.17	0.16
Cecina_monte_SM	48	Max WS	1217.42	47.73	54.77		54.82	0.000348	1.43	1434.47	417.99	0.19
Cecina_monte_SM	46	Max WS	1217.32	47.58	54.09		54.65	0.003222	3.80	515.15	263.82	0.56
Cecina_monte_SM	45	Max WS	1217.31	48.07	53.52		53.97	0.003356	3.27	489.94	216.29	0.56
Cecina_monte_SM	44	Max WS	1217.30	47.01	52.70		53.50	0.004798	4.00	316.79	99.49	0.67
Cecina_monte_SM	43.500	Max WS	1217.03	48.04	52.03		52.26	0.003027	2.93	804.46	599.41	0.53
Cecina_monte_SM	43	Max WS	1215.38	47.87	51.68		51.93	0.003026	2.73	730.59	471.99	0.52
Cecina_monte_SM	42	Max WS	925.01	48.04	51.38		51.56	0.002003	2.11	533.70	211.78	0.42
Cecina_monte_SM	41.25	Bridge										
Cecina_monte_SM	41	Max WS	1497.77	46.41	51.23		51.56	0.001878	2.54	590.75	159.95	0.42
Cecina_monte_SM	40	Max WS	1497.75	45.91	51.12		51.41	0.001800	2.63	731.38	250.73	0.42
Cecina_monte_SM	39	Max WS	1500.75	45.20	50.94		51.15	0.001239	2.34	915.31	312.17	0.36
Cecina_monte_SM	38	Max WS	1502.29	44.56	50.87		51.03	0.000750	1.94	1008.38	313.43	0.28
Cecina_monte_SM	36	Max WS	1504.70	43.45	50.36		50.96	0.003570	3.85	560.62	234.63	0.60
Cecina_monte_SM	33	Max WS	1511.92	43.05	48.78		49.30	0.003469	3.56	592.57	277.31	0.58
Cecina_monte_SM	30	Max WS	1522.76	41.26	47.32		47.69	0.003038	3.81	873.11	497.78	0.55
Cecina_monte_SM	29	Max WS	1527.94	41.33	46.38		46.68	0.003620	3.87	992.66	704.21	0.58
Cecina_monte_SM	28	Max WS	1531.20	40.77	45.92		46.08	0.001798	2.40	1227.25	763.54	0.41
Cecina_monte_SM	27	Max WS	1533.79	40.20	45.75		45.84	0.000960	1.87	1573.98	813.61	0.30
Cecina_monte_SM	23	Max WS	1544.64	39.42	44.56		44.74	0.002785	3.34	1144.16	742.89	0.51
Cecina_monte_SM	22	Max WS	1548.40	39.23	44.01		44.16	0.001875	2.71	1300.34	802.43	0.43
Cecina_monte_SM	21	Max WS	1550.88	38.52	43.75		43.88	0.001546	2.63	1331.12	692.58	0.40
Cecina_monte_SM	20	Max WS	1554.36	38.30	43.41		43.57	0.001478	2.40	1231.82	647.47	0.37
Cecina_monte_SM	19	Max WS	1553.84	37.43	42.53		43.08	0.004317	3.91	704.92	477.39	0.65
Cecina_monte_SM	18	Max WS	1553.00	37.03	42.15		42.33	0.002255	2.80	1091.18	595.97	0.46
Cecina_monte_SM	17	Max WS	1551.91	37.15	41.70		41.80	0.000841	1.54	1274.15	559.25	0.28
Cecina_monte_SM	15	Max WS	1549.68	36.30	41.16		41.37	0.001776	2.31	1032.76	610.62	0.41
Cecina_monte_SM	13	Max WS	1547.27	34.12	40.76		40.90	0.000861	1.99	1259.75	579.53	0.30
Cecina_monte_SM	12	Max WS	1546.64	33.85	40.64		40.78	0.000931	1.98	1306.86	661.87	0.31
Cecina_monte_SM	10	Max WS	1544.83	33.27	40.31		40.44	0.000749	1.96	1355.06	603.22	0.28
Cecina_monte_SM	9	Max WS	1542.34	33.86	39.92		40.12	0.001346	2.46	1047.26	425.14	0.37
Cecina_monte_SM	8	Max WS	1540.08	33.45	39.65		39.84	0.001095	2.34	1120.97	506.11	0.34
Cecina_monte_SM	7	Max WS	1538.72	32.93	39.49		39.62	0.001002	1.85	1250.38	576.16	0.31
Cecina_monte_SM	6	Max WS	1537.58	32.60	39.34		39.43	0.000669	1.63	1442.48	566.85	0.26
Cecina_monte_SM	5.9	Lat Struct										
Cecina_monte_SM	5	Max WS	1536.75	32.81	39.18		39.27	0.000669	1.69	1454.91	623.27	0.26
Cecina_monte_SM	4	Max WS	1536.52	32.40	39.07		39.18	0.000714	2.12	1541.14	841.50	0.28
Cecina_monte_SM	3	Max WS	1536.00	32.20	38.60		39.09	0.002131	3.21	679.29	603.90	0.47
Cecina_monte_SM	2.5000	Max WS	1527.30	32.23	38.28	37.13	38.80	0.002486	3.53	743.87	781.07	0.51
Cecina_monte_SM	2	Max WS	1523.37	31.99	37.68		38.87	0.004791	5.10	379.18	130.87	0.72
Cecina_monte_SM	1	Max WS	1523.30	30.50	37.23	36.39	38.30	0.004940	4.69	384.23	184.63	0.70
Cecina_monte_SM	0.36	Max WS	1521.89	30.26	35.79		36.08	0.002094	2.79	942.87	628.61	0.45
Cecina_monte_SM	0.34	Max WS	1521.36	29.02	35.43		35.47	0.000503	1.39	2188.00	1153.88	0.22
Cecina_monte_SM	0.32	Max WS	1519.97	28.23	35.11		35.27	0.000880	2.50	1490.99	840.95	0.32
Cecina_monte_SM	0.31	Max WS	1700.29	27.21	34.35		34.77	0.002236	3.06	845.44	623.68	0.47
Cecina_monte_SM	0.28	Max WS	1698.15	25.89	33.26		33.59	0.001209	2.97	1114.95	784.97	0.38
Cecina_monte_SM	0.2590	Max WS	1740.02	24.77	32.86		32.97	0.000498	2.11	1717.05	542.49	0.25
Cecina_monte_SM	0.25	Max WS	1739.71	24.78	32.18		32.64	0.001508	3.40	795.86	261.85	0.42
Cecina_monte_SM	0.2	Max WS	1758.97	21.71	28.09		28.43	0.002011	3.05	1064.54	688.02	0.45
Cecina_monte_SM	0.17	Max WS	1764.43	20.47	25.79		26.29	0.002385	3.59	829.43	410.16	0.51
Cecina_monte_SM	0.14	Max WS	1760.94	17.27	24.13		24.25	0.000693	2.15	1537.38	496.32	0.28
Cecina_monte_SM	0.12	Max WS	1760.08	15.07	23.13		23.68	0.002579	4.19	897.52	480.99	0.53
Cecina_monte_SM	0.1	Max WS	1759.98	15.12	22.67		22.93	0.001012	2.98	996.97	218.30	0.35
Cecina_monte_SM	0.08	Max WS	1759.94	15.63	21.04	21.84	23.44	0.009999	7.53	375.14	222.29	1.05

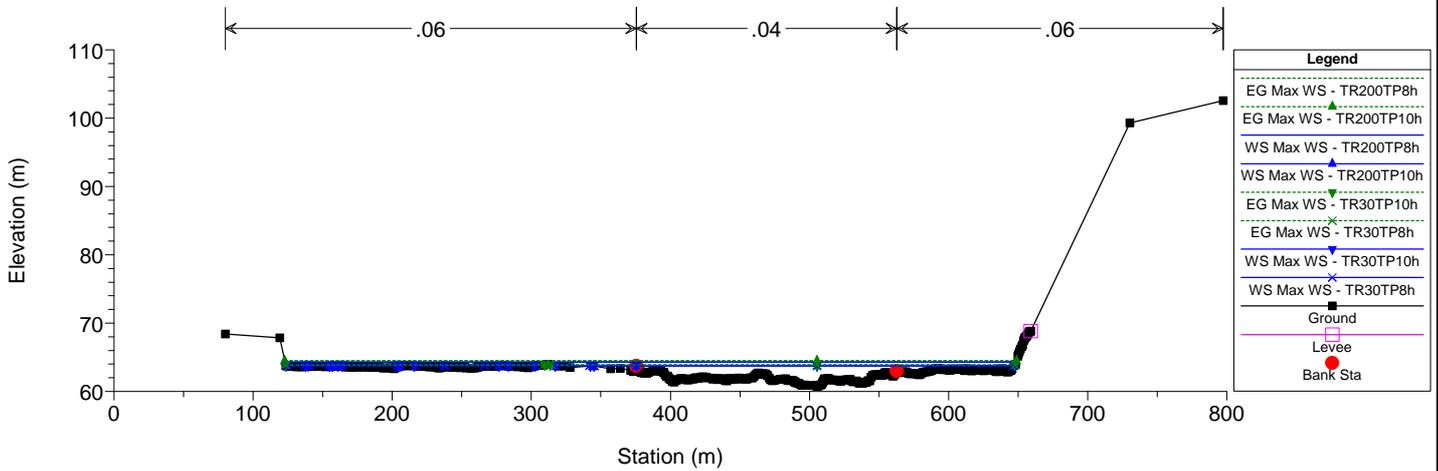
1) TR200TP8h 2) TR200TP10h 3) TR30TP10h 4) TR30TP8h
RS = 80



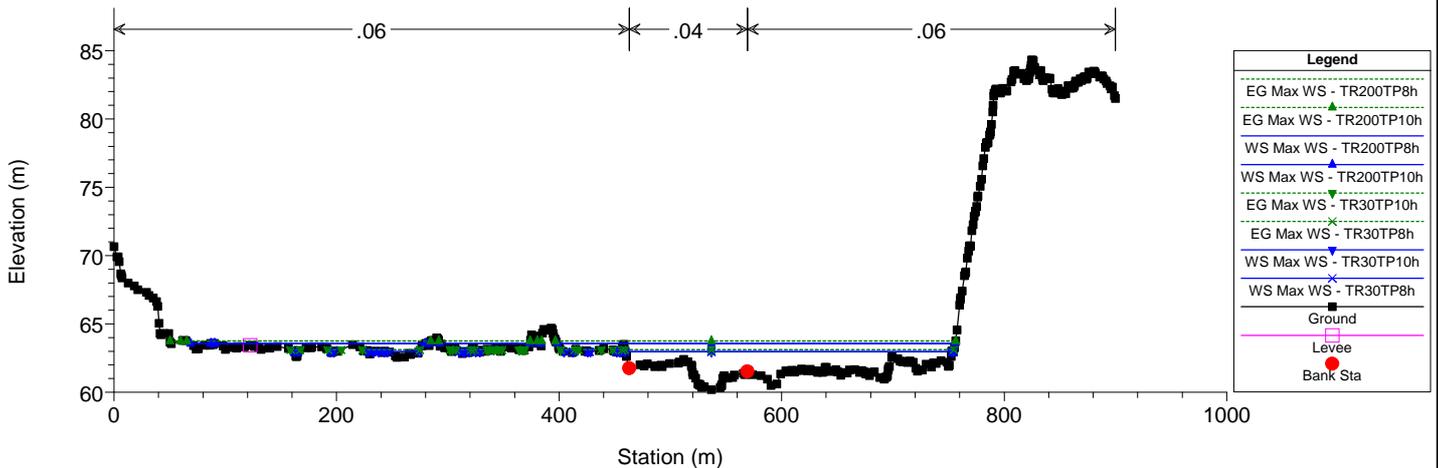
1) TR200TP8h 2) TR200TP10h 3) TR30TP10h 4) TR30TP8h
RS = 79

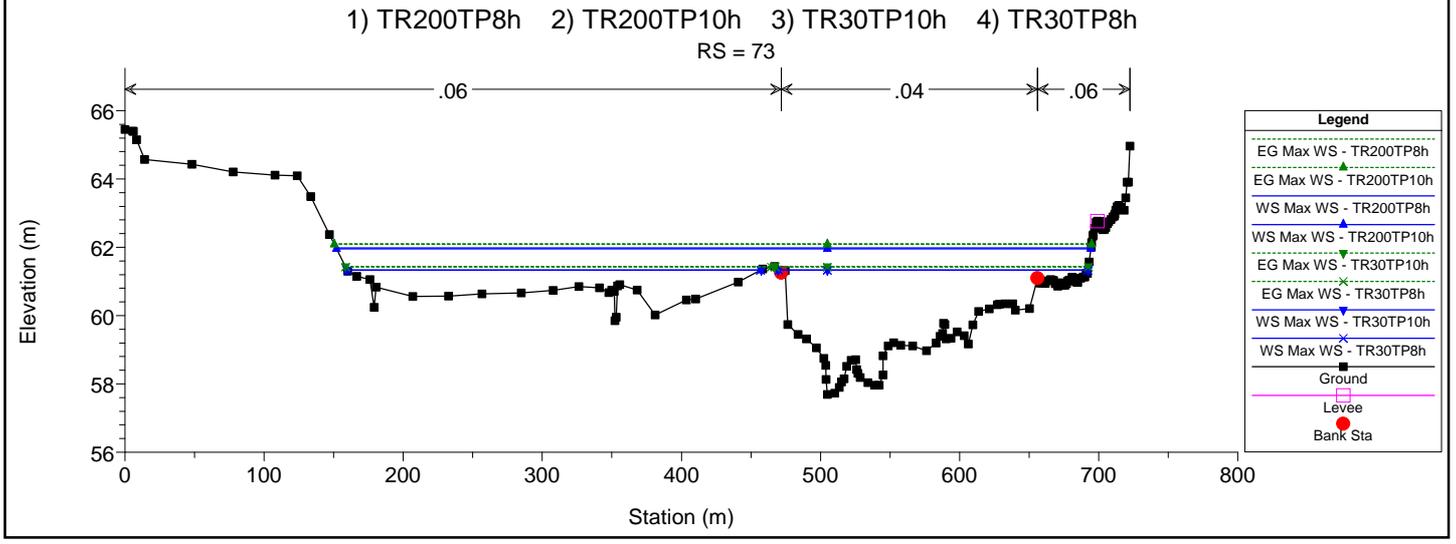
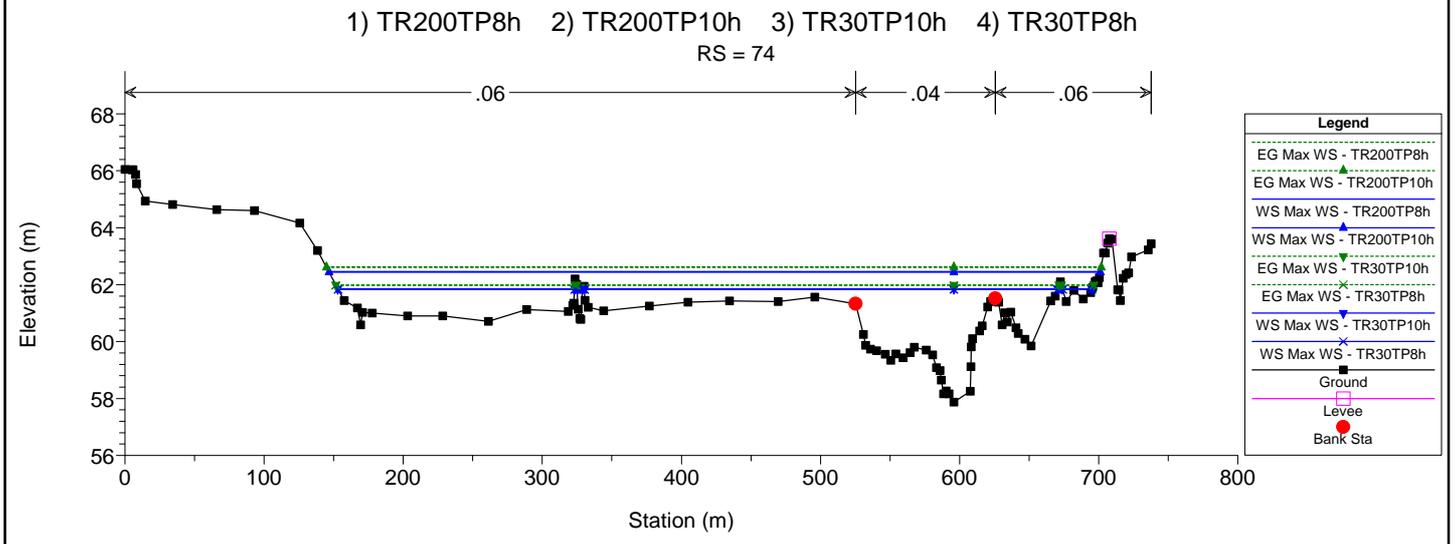
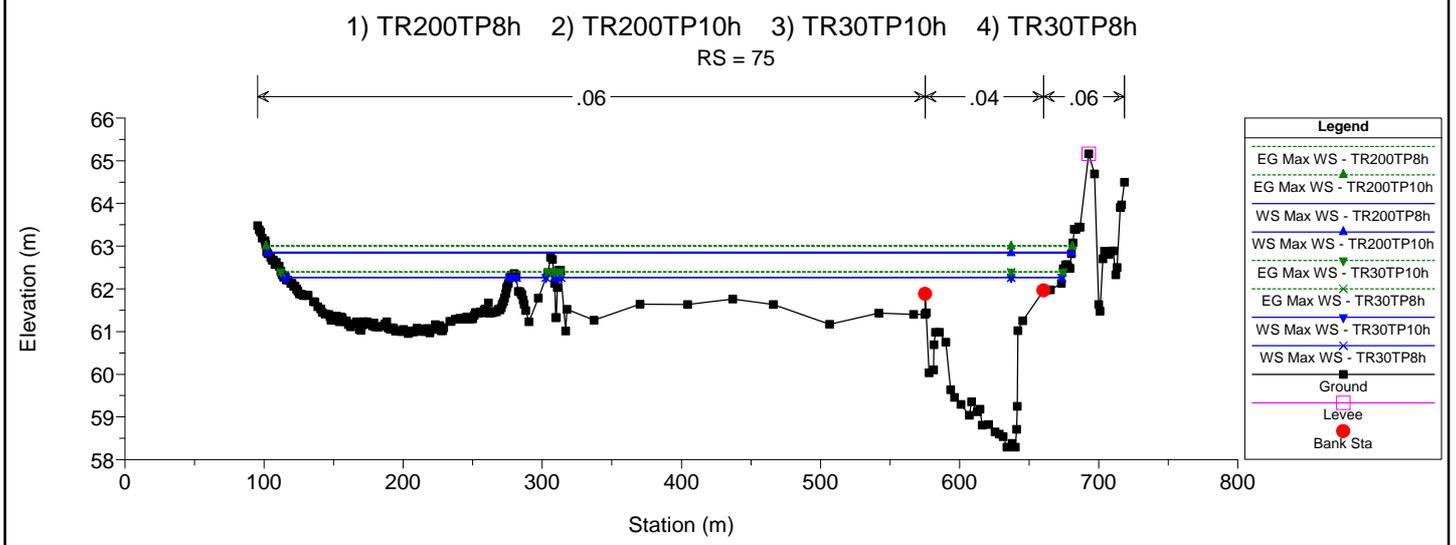
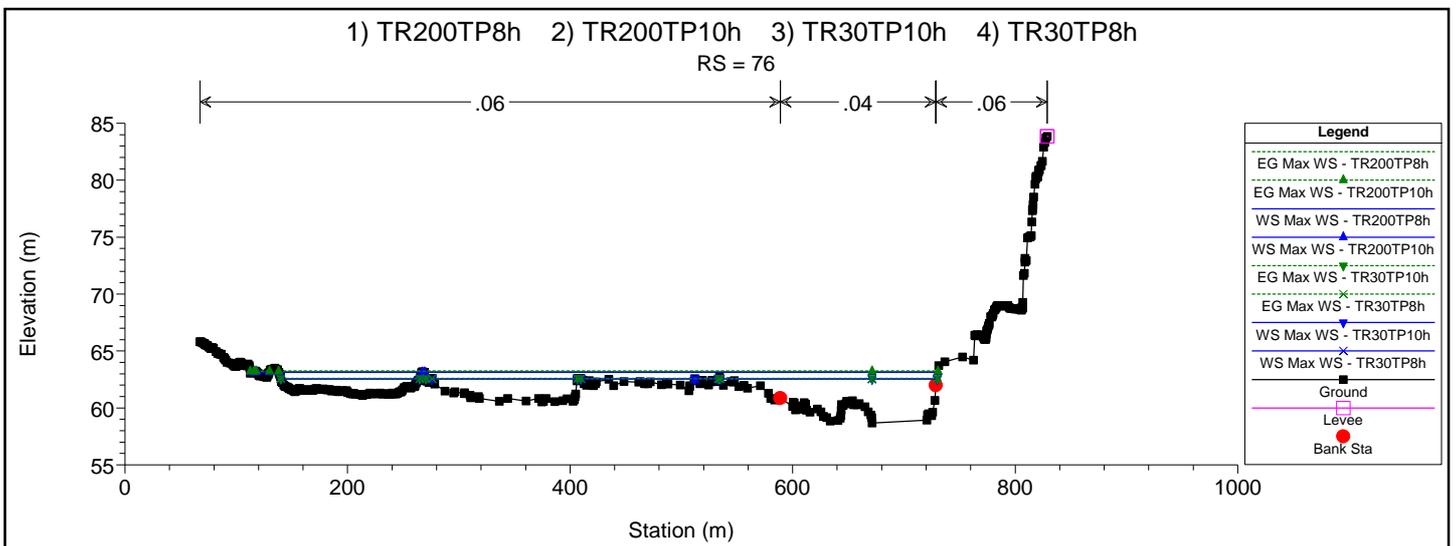


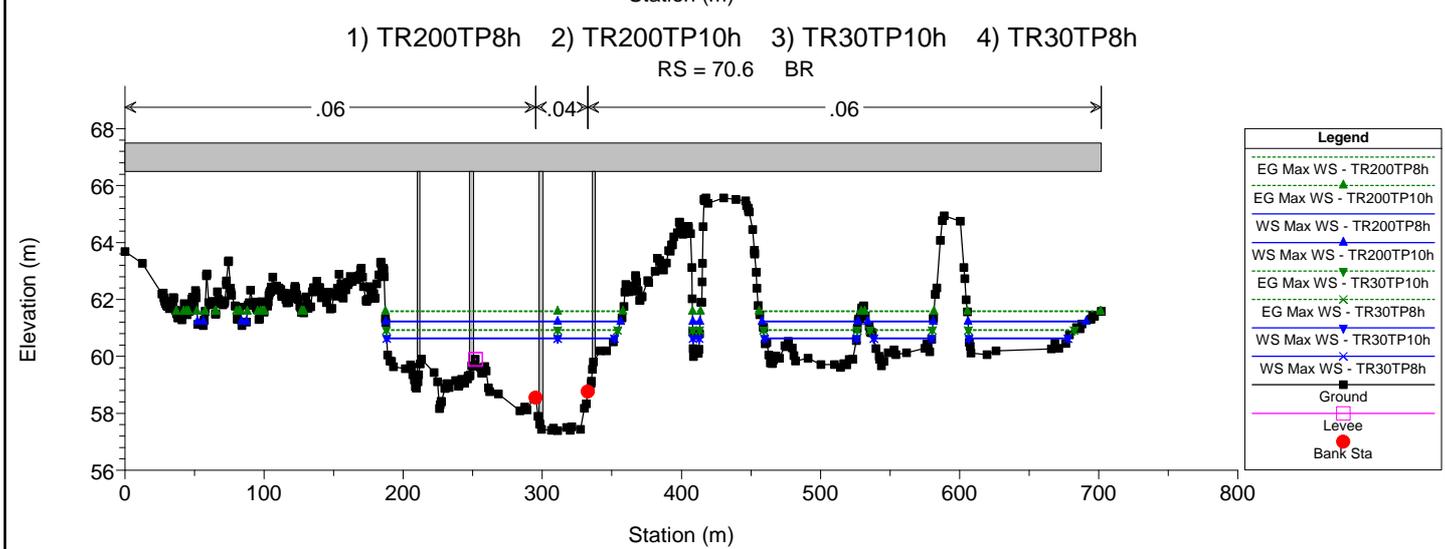
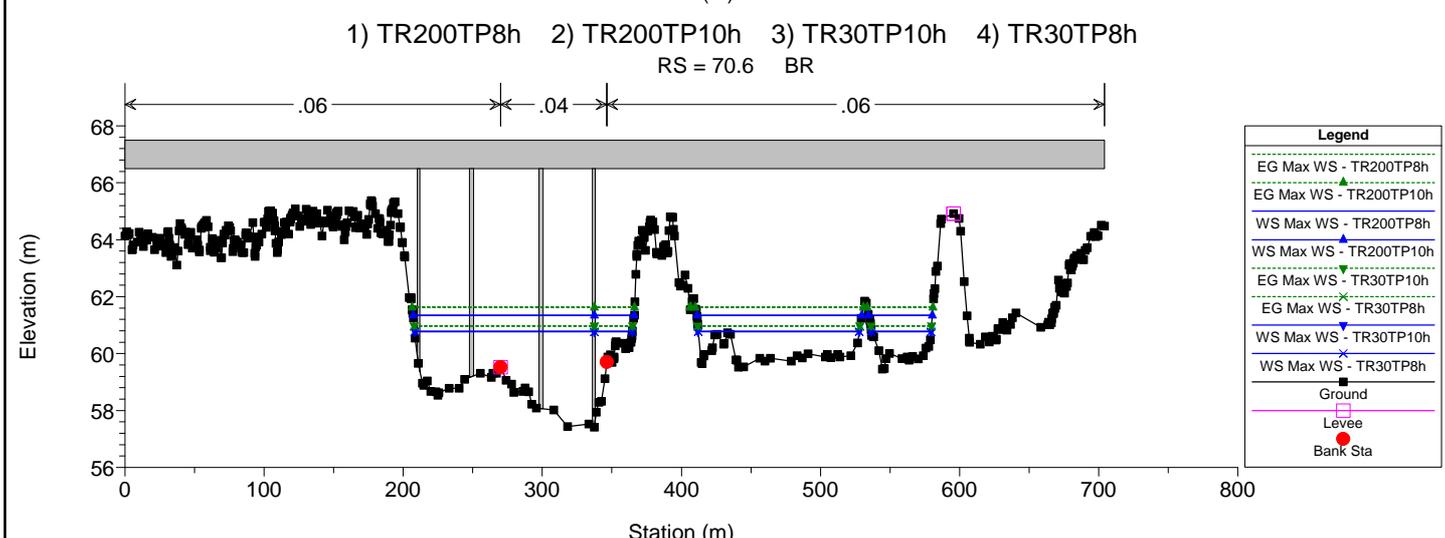
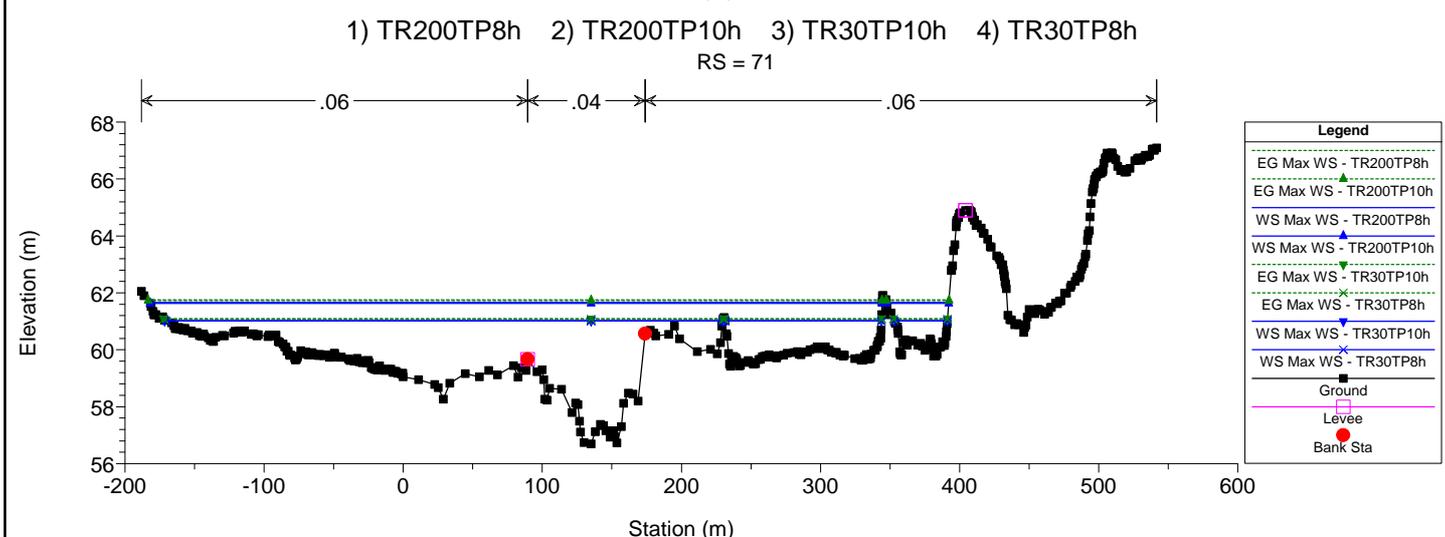
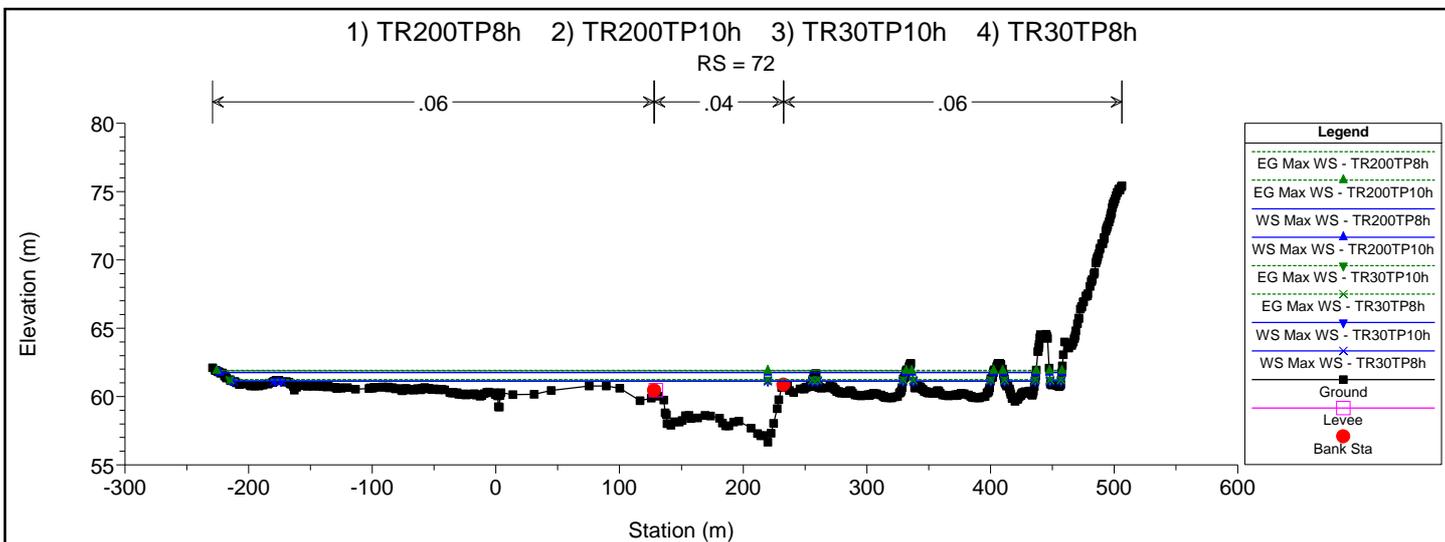
1) TR200TP8h 2) TR200TP10h 3) TR30TP10h 4) TR30TP8h
RS = 78

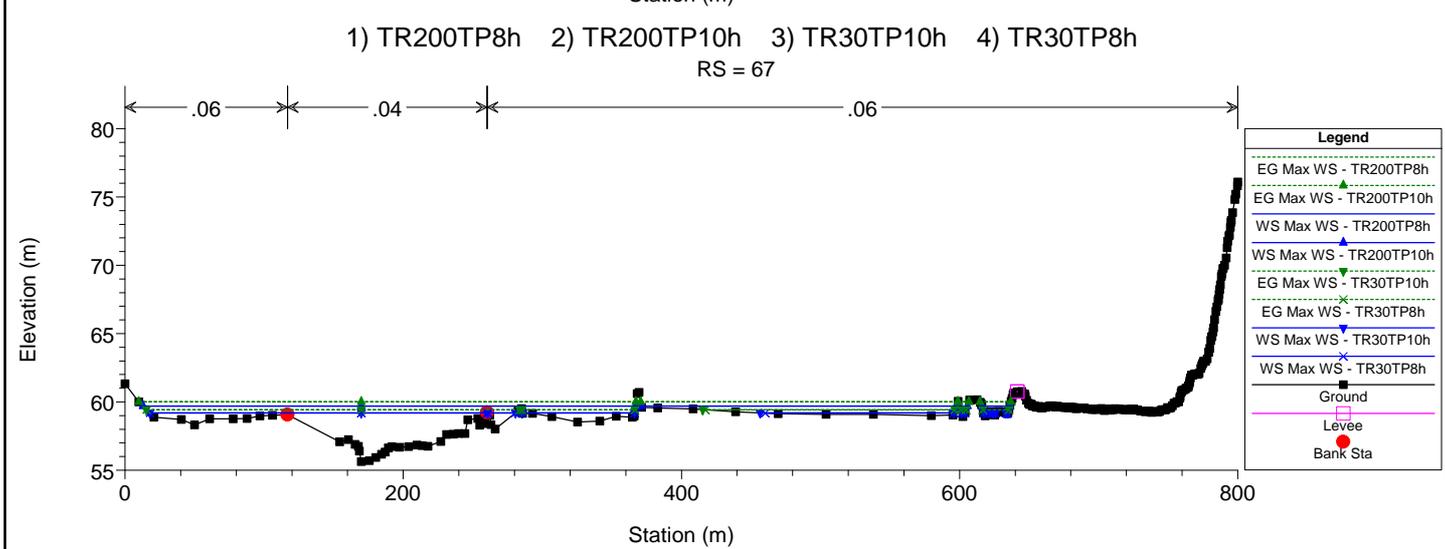
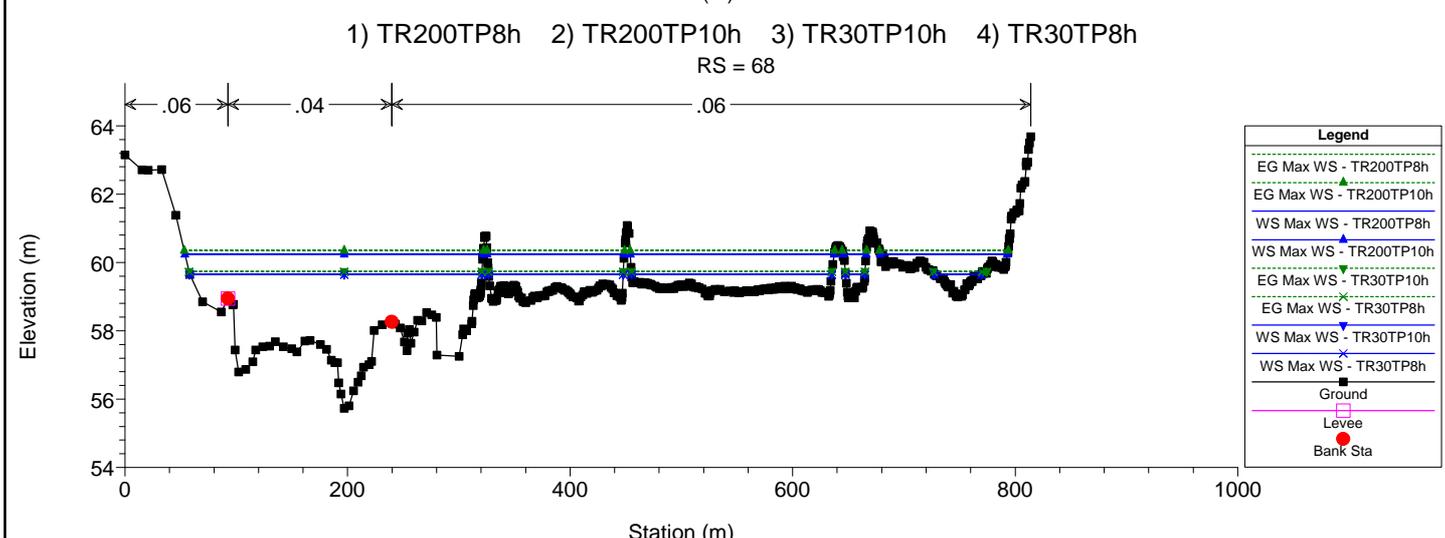
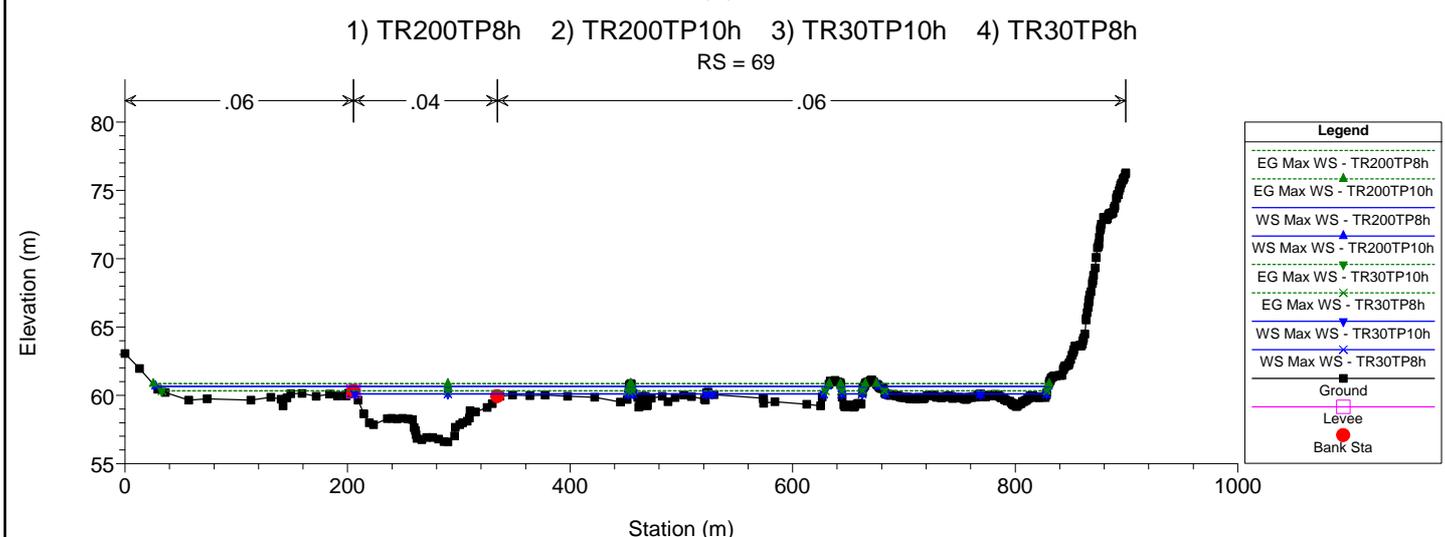
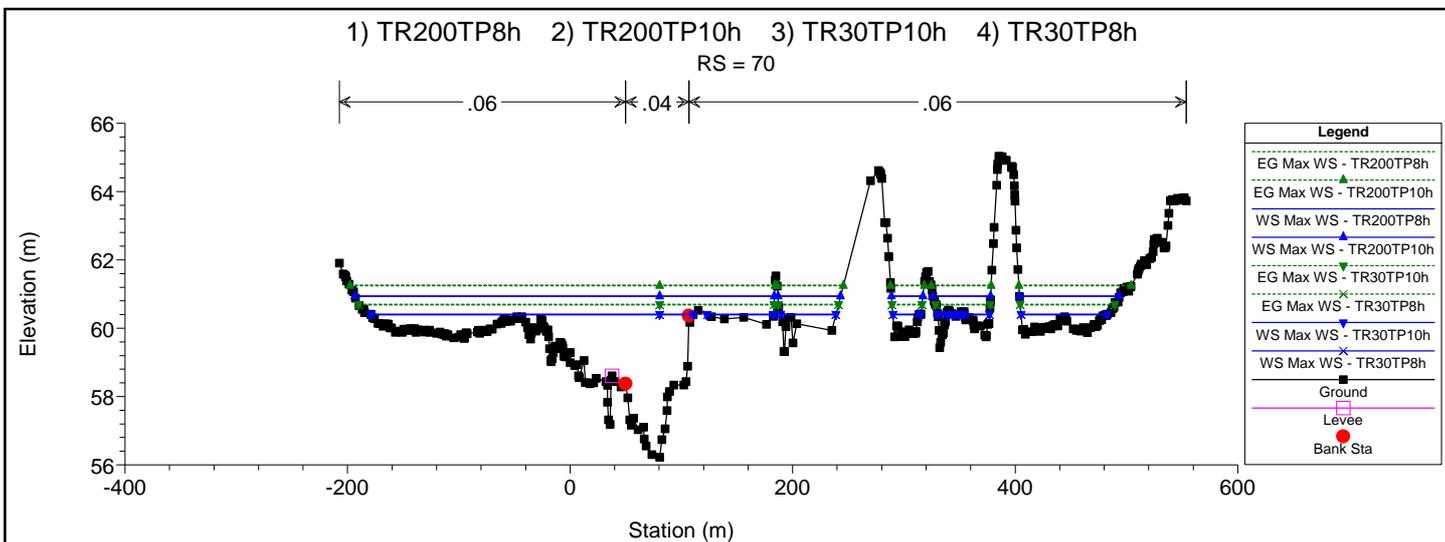


1) TR200TP8h 2) TR200TP10h 3) TR30TP10h 4) TR30TP8h
RS = 77

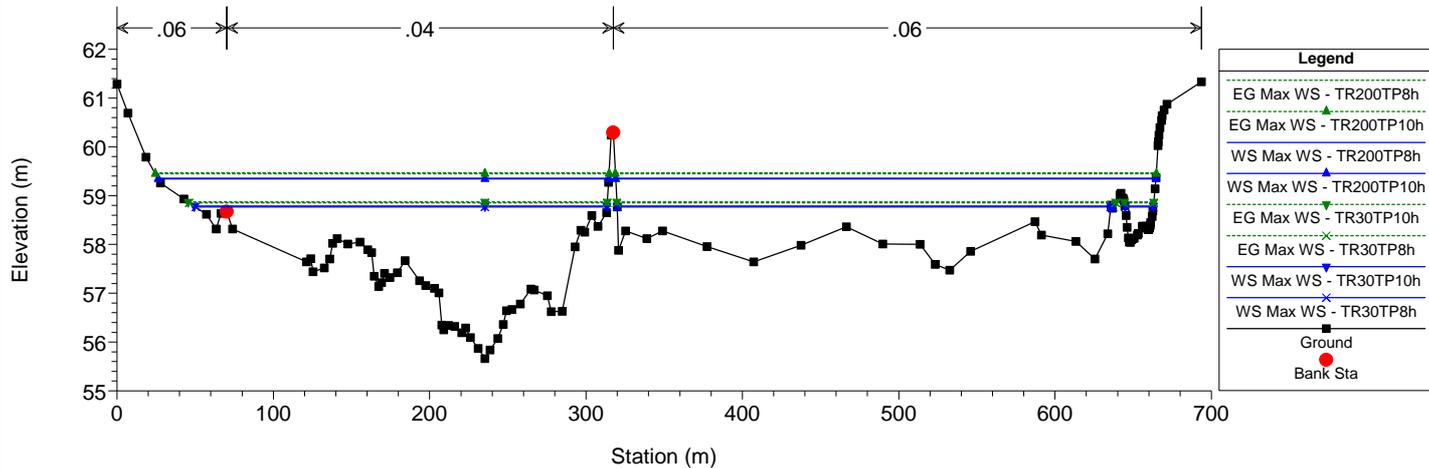




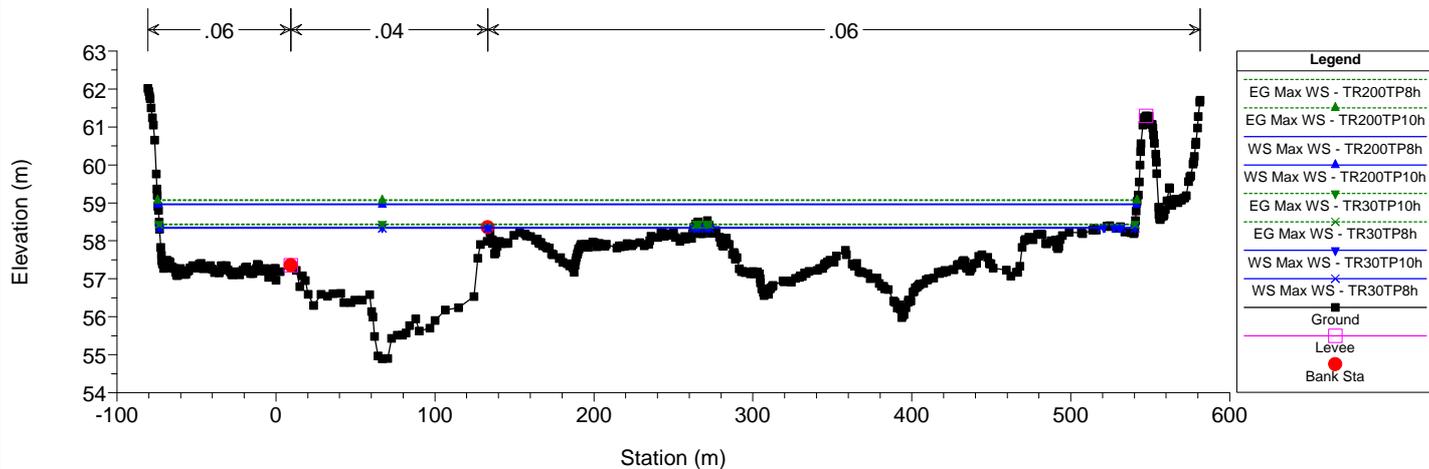




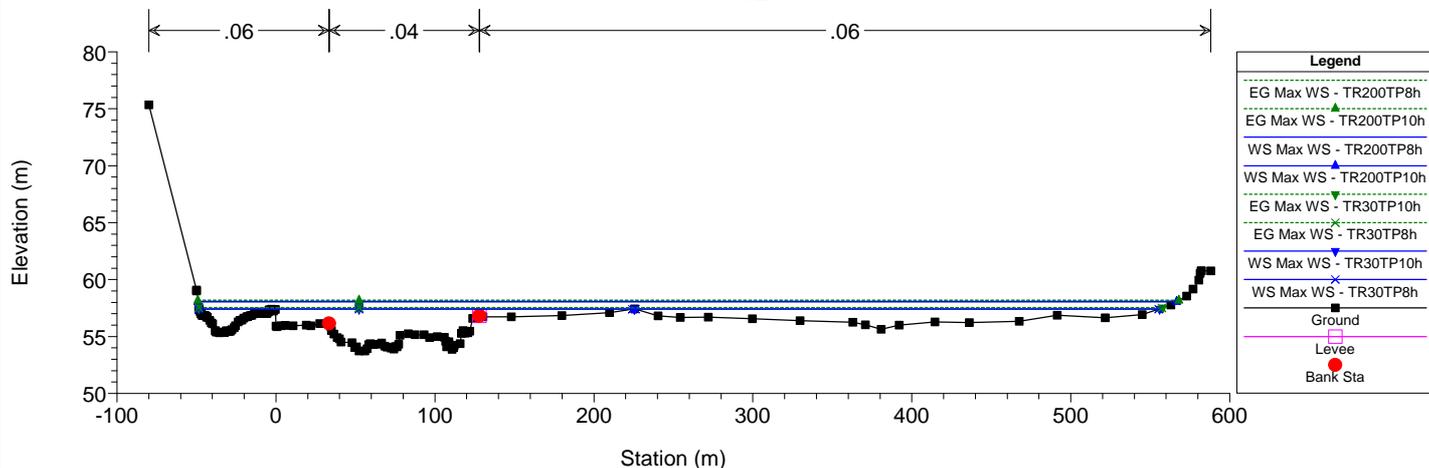
1) TR200TP8h 2) TR200TP10h 3) TR30TP10h 4) TR30TP8h
RS = 66



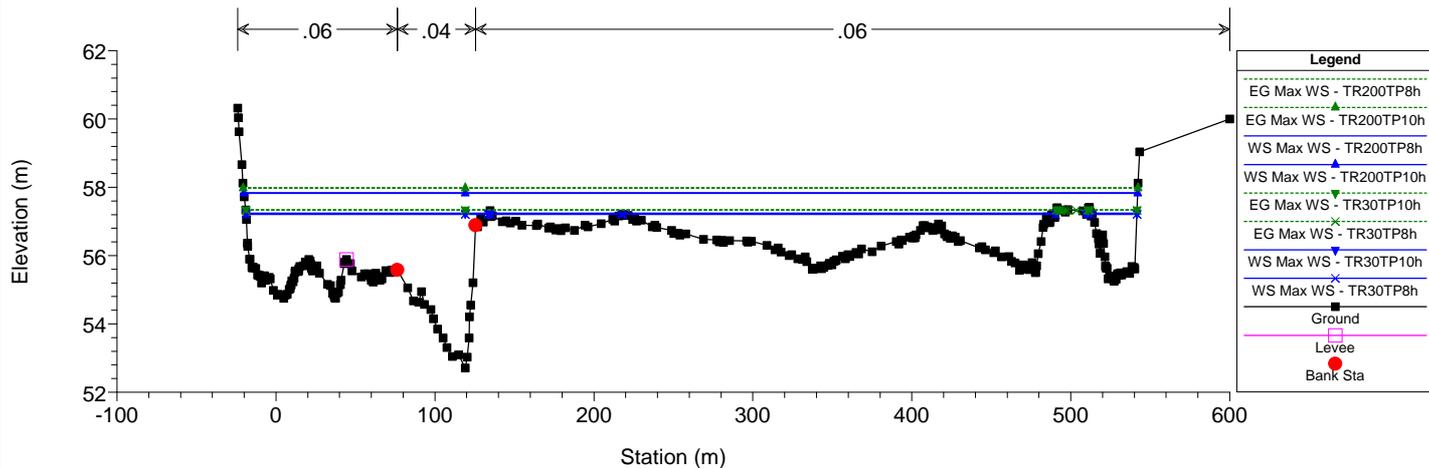
1) TR200TP8h 2) TR200TP10h 3) TR30TP10h 4) TR30TP8h
RS = 65

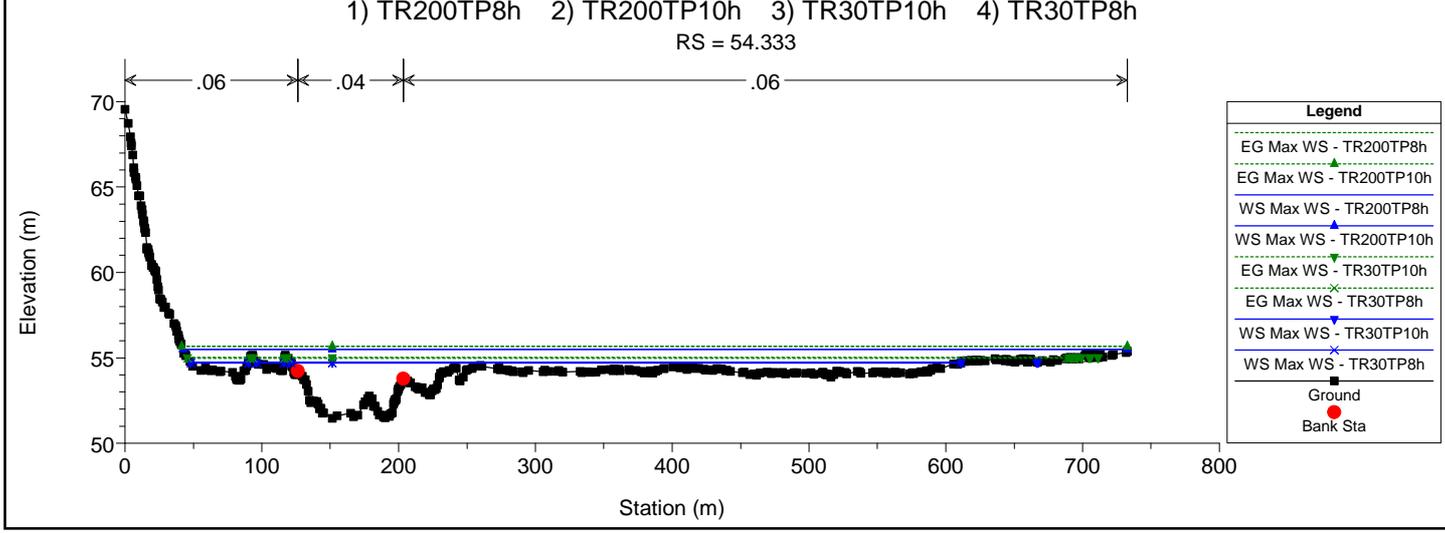
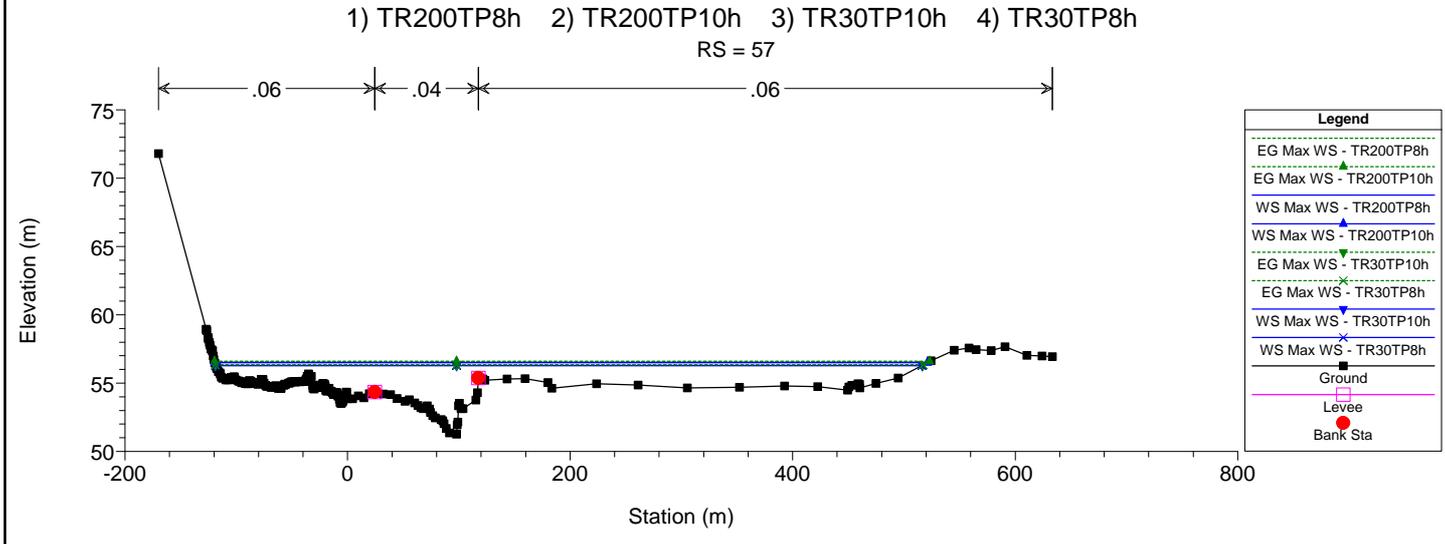
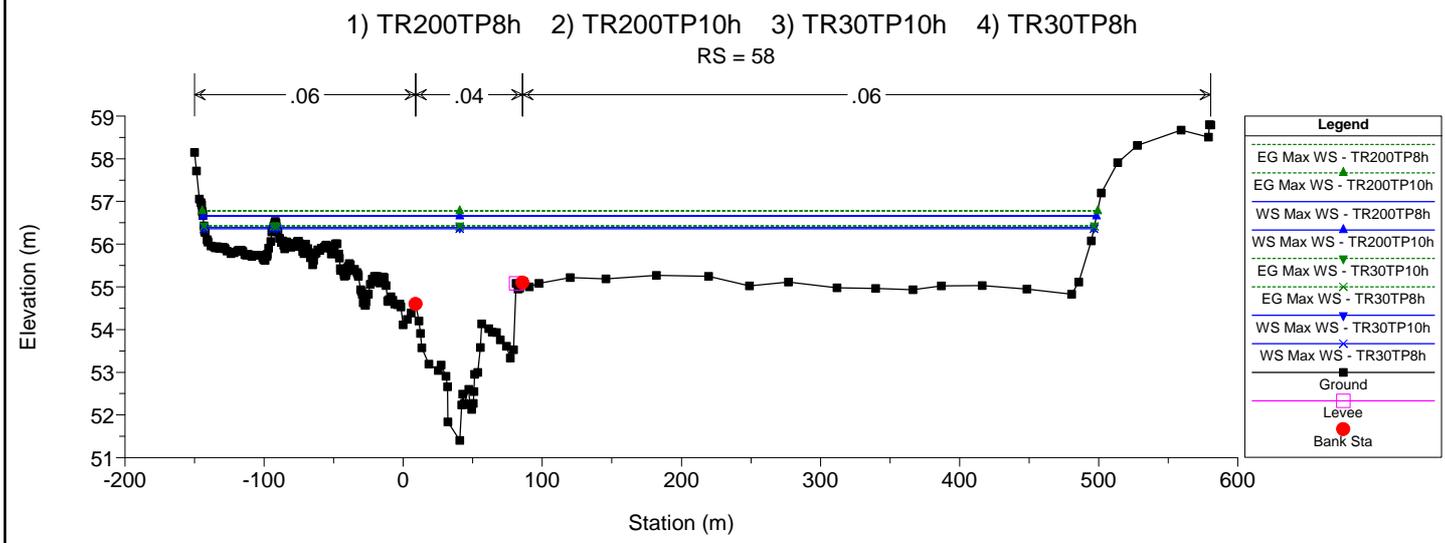
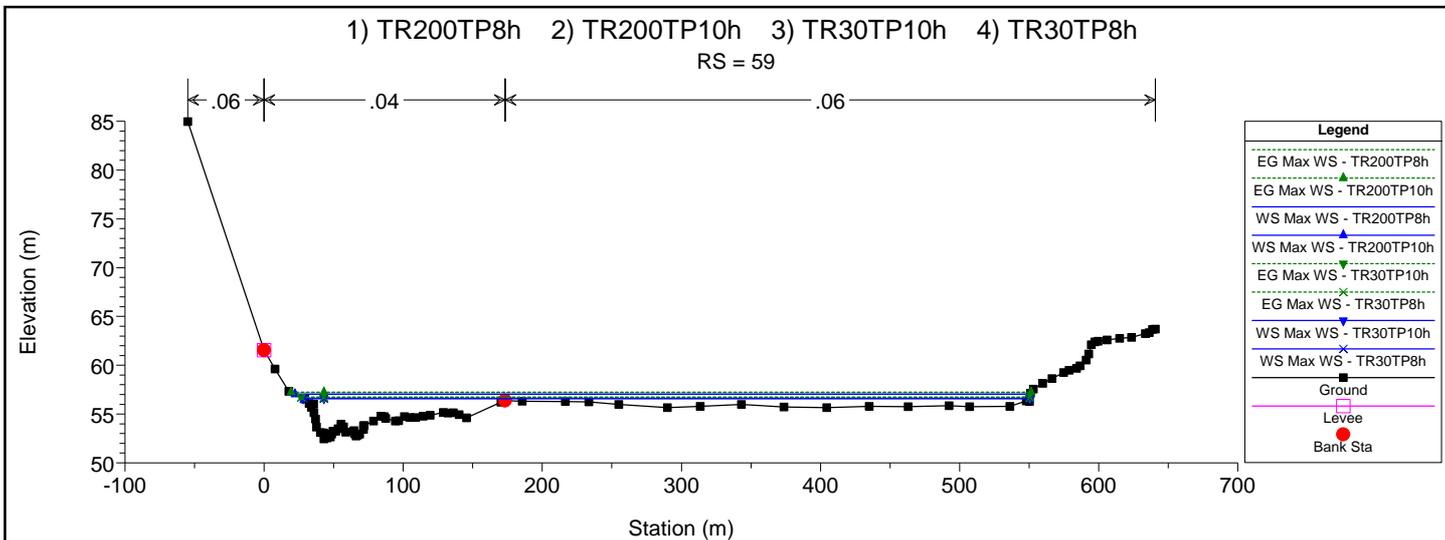


1) TR200TP8h 2) TR200TP10h 3) TR30TP10h 4) TR30TP8h
RS = 62

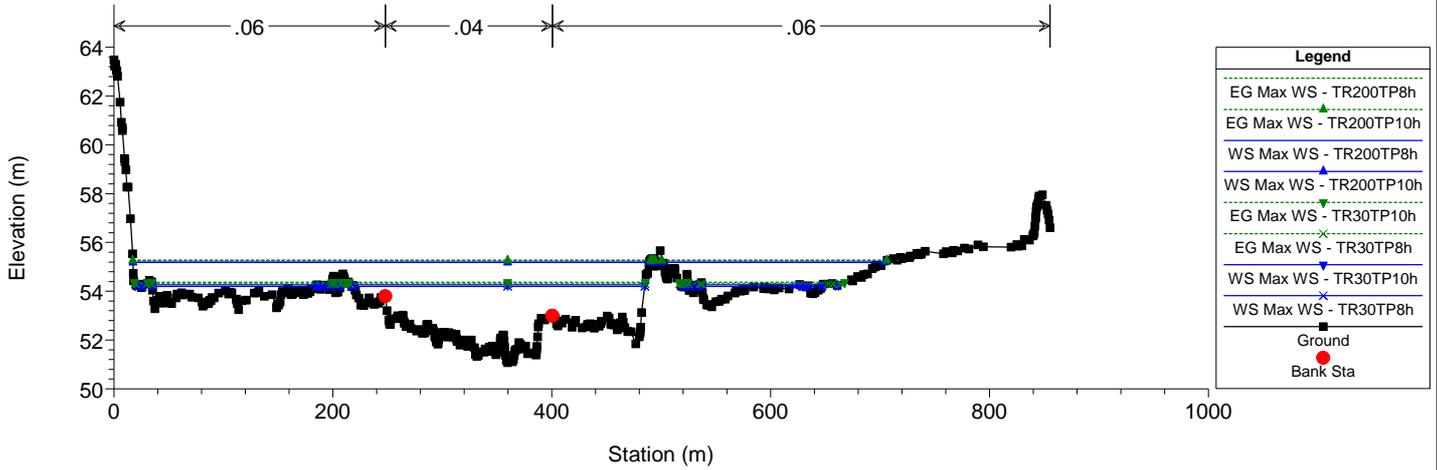


1) TR200TP8h 2) TR200TP10h 3) TR30TP10h 4) TR30TP8h
RS = 61

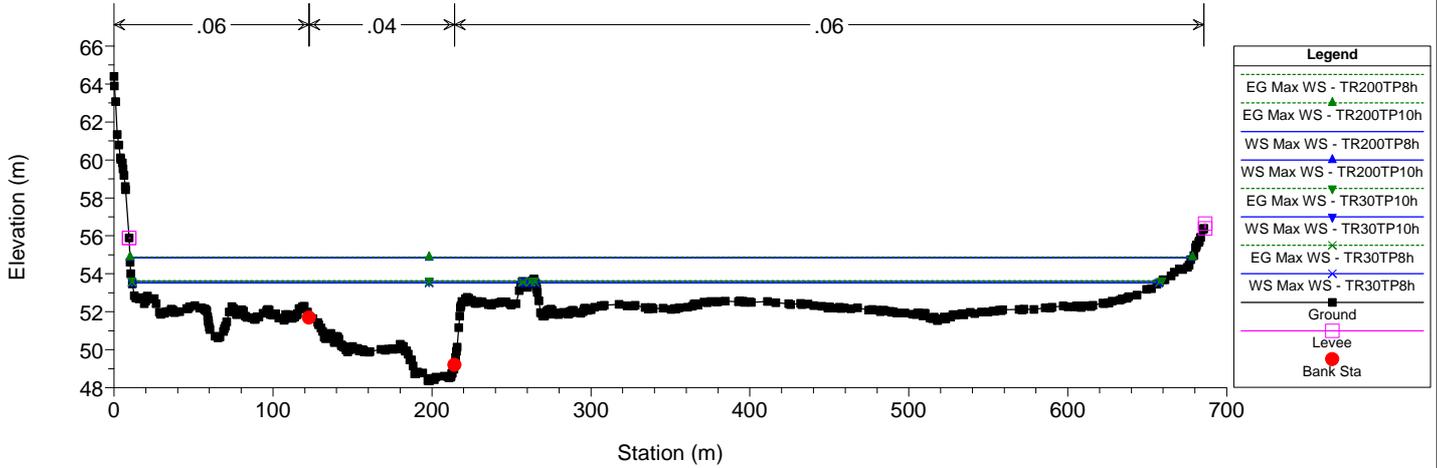




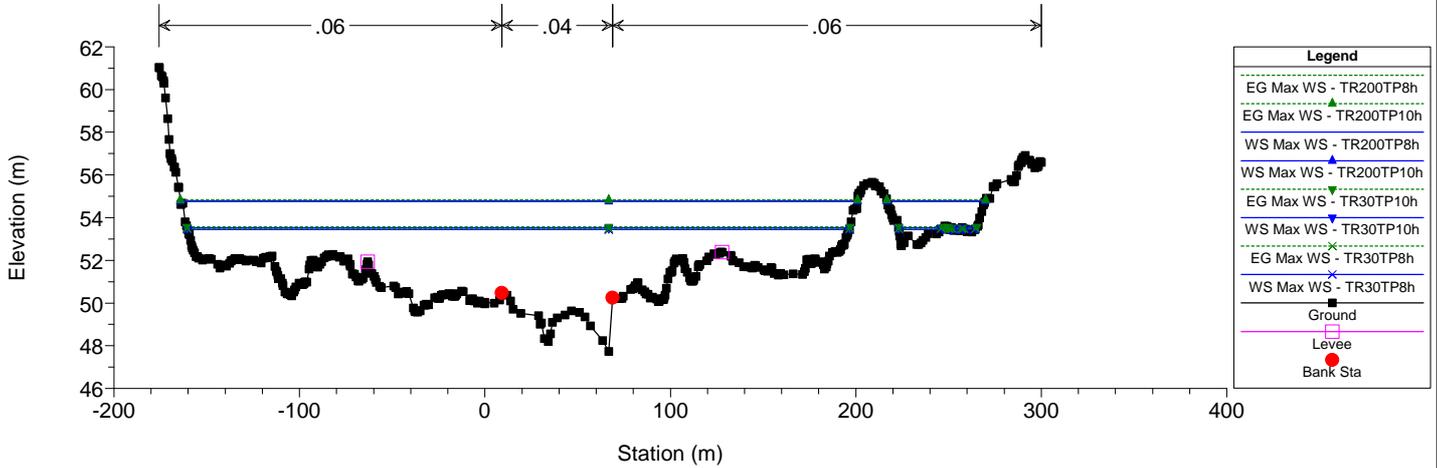
1) TR200TP8h 2) TR200TP10h 3) TR30TP10h 4) TR30TP8h
RS = 53



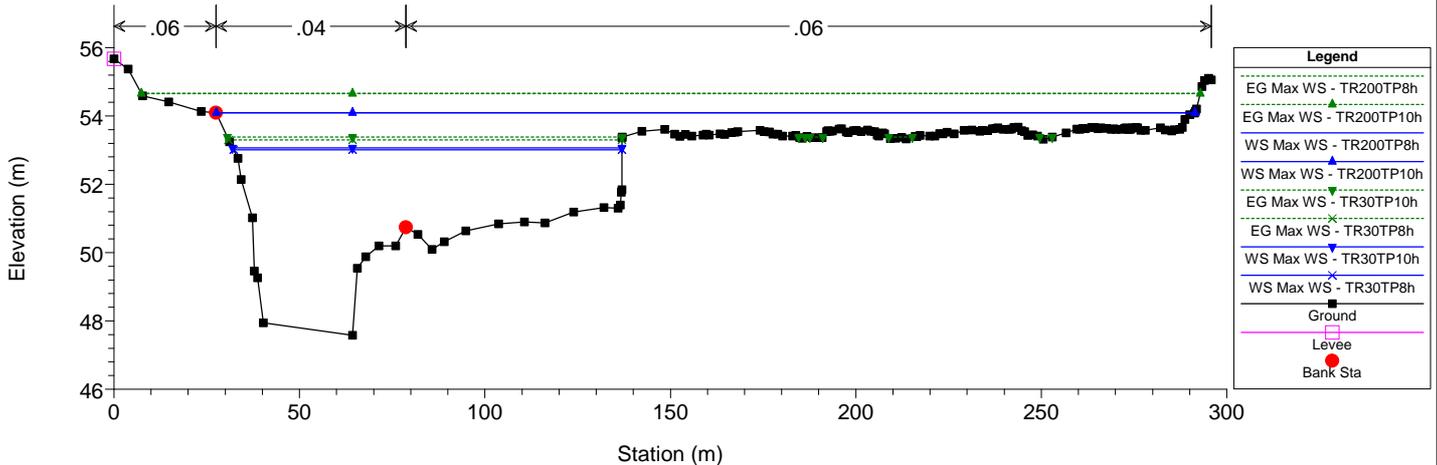
1) TR200TP8h 2) TR200TP10h 3) TR30TP10h 4) TR30TP8h
RS = 49

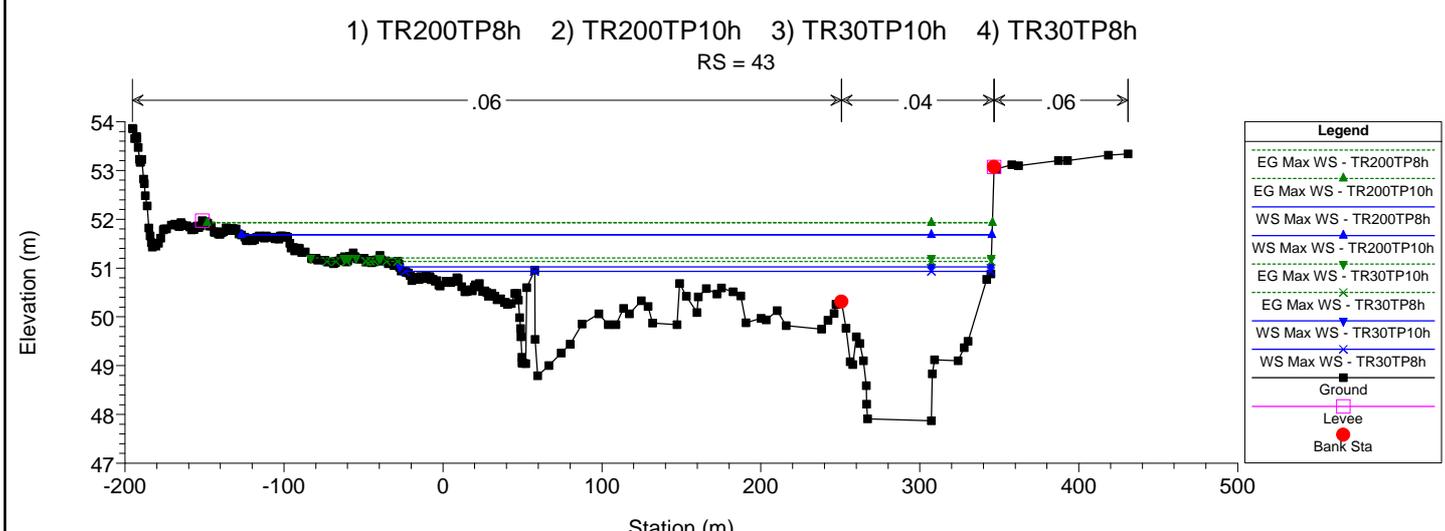
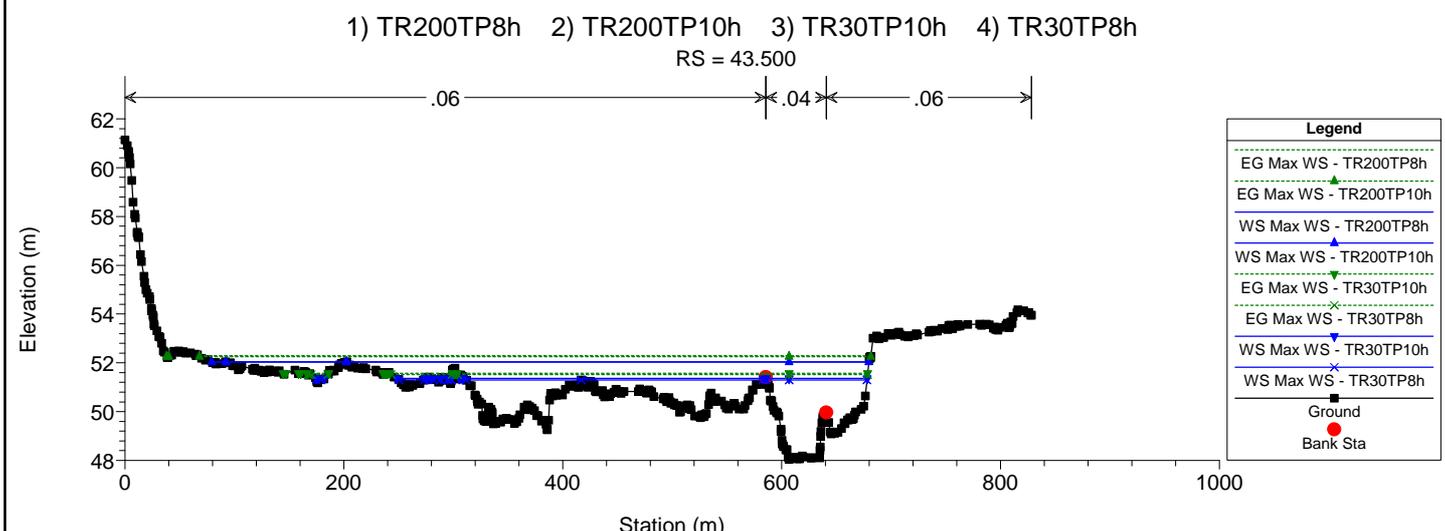
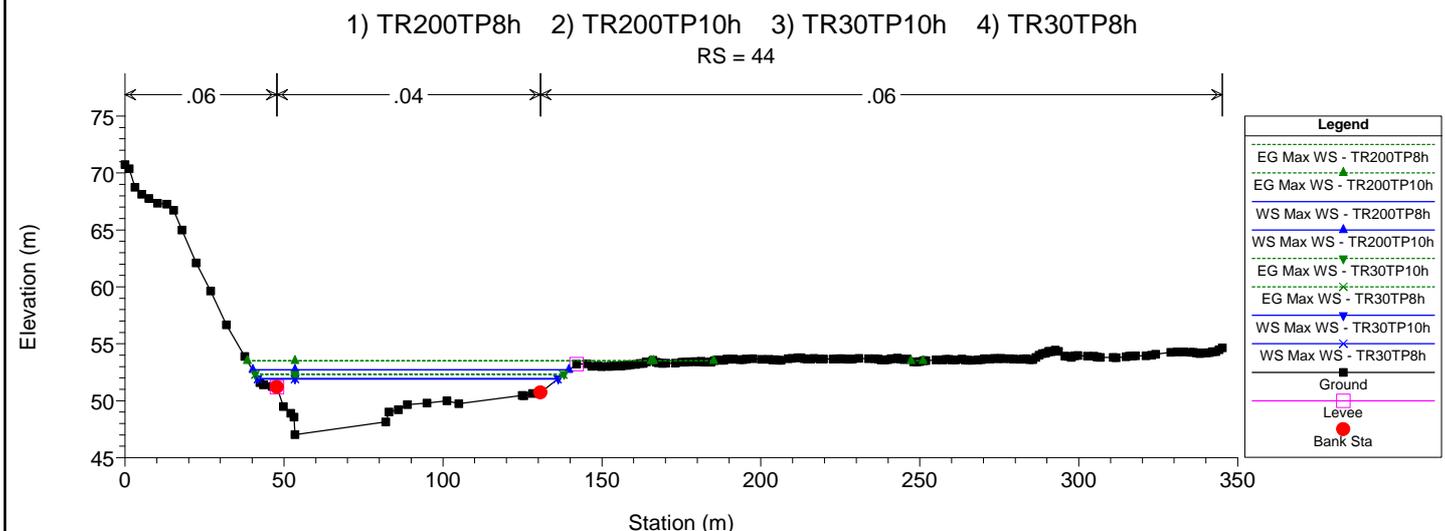
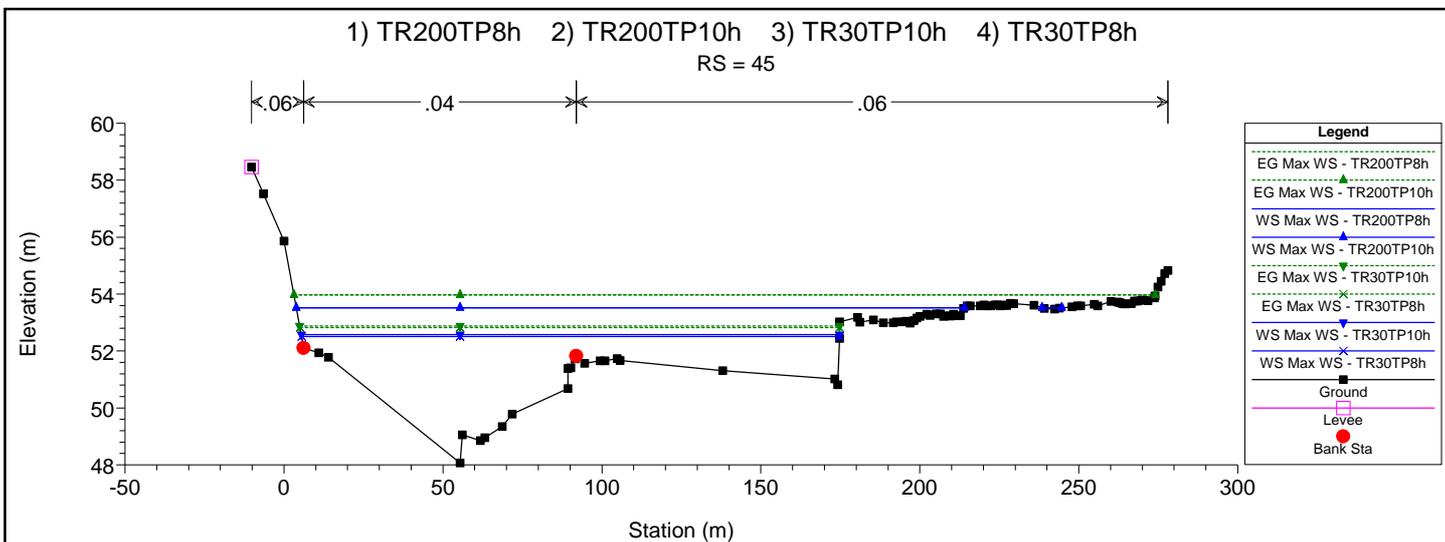


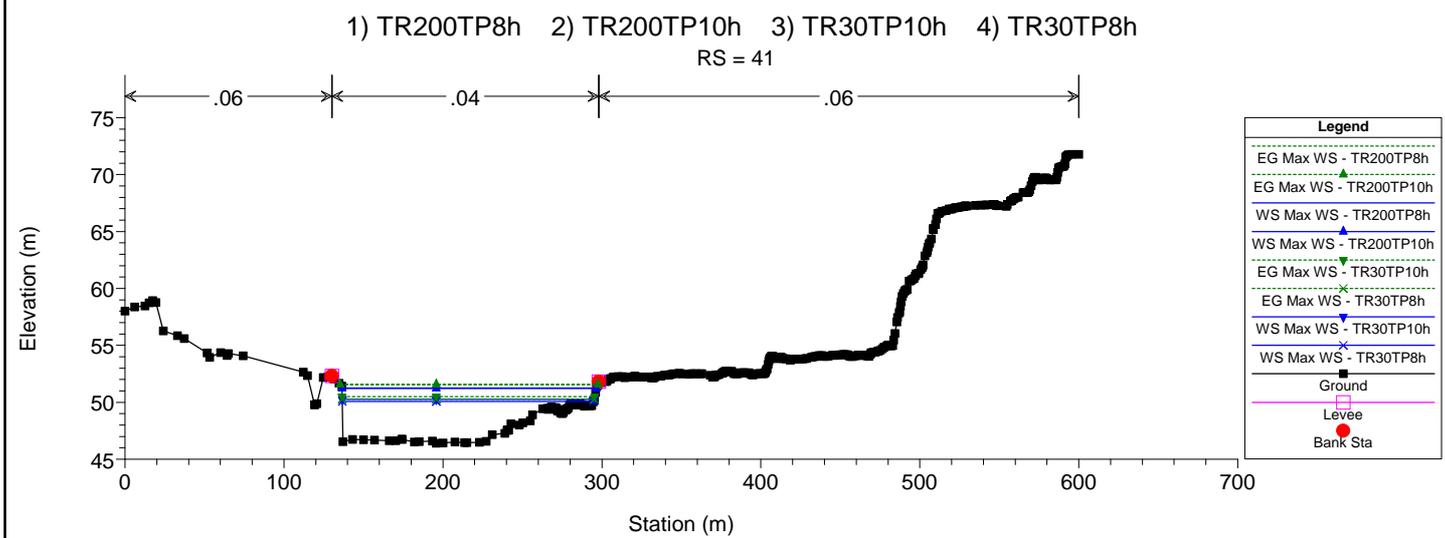
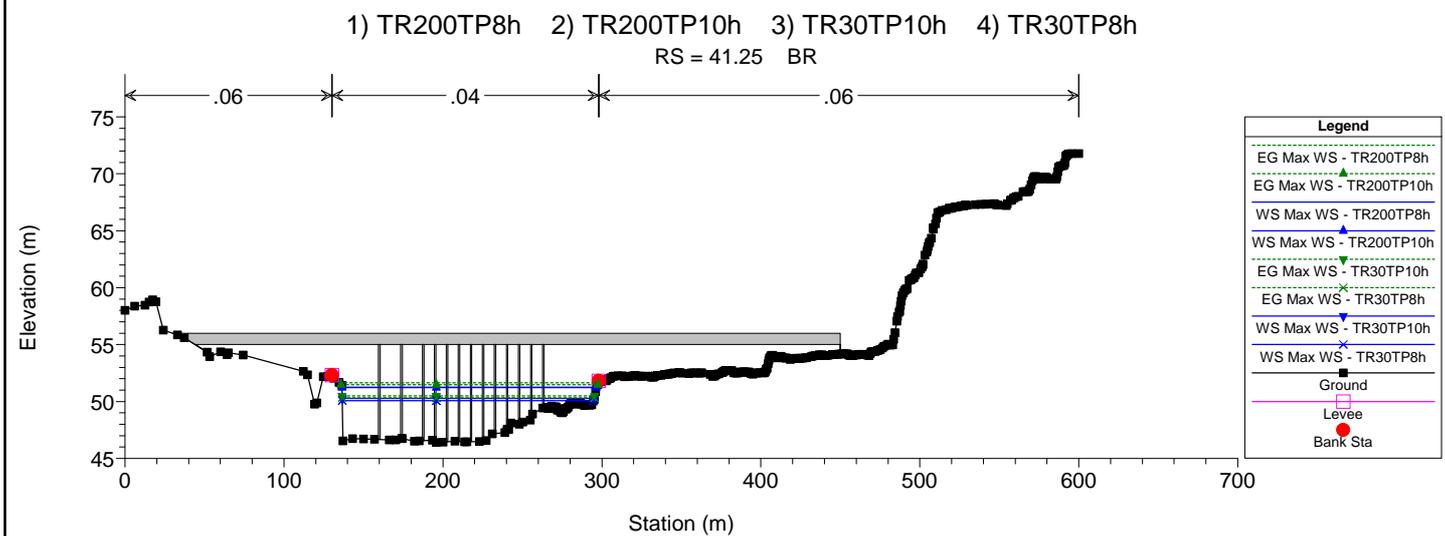
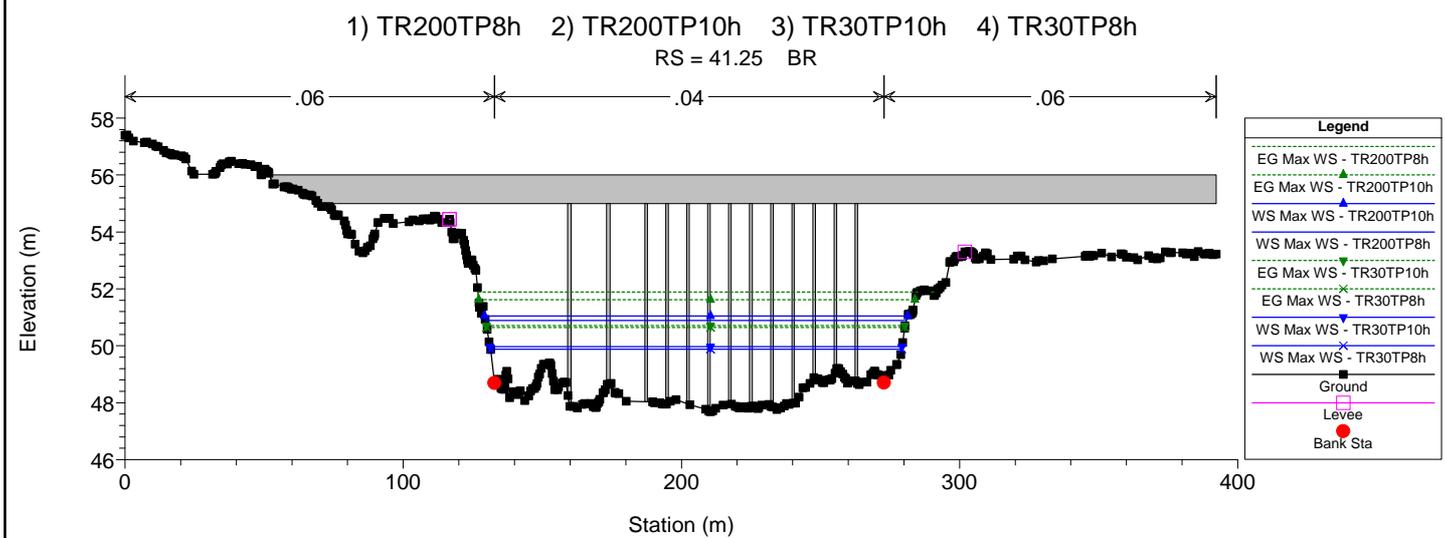
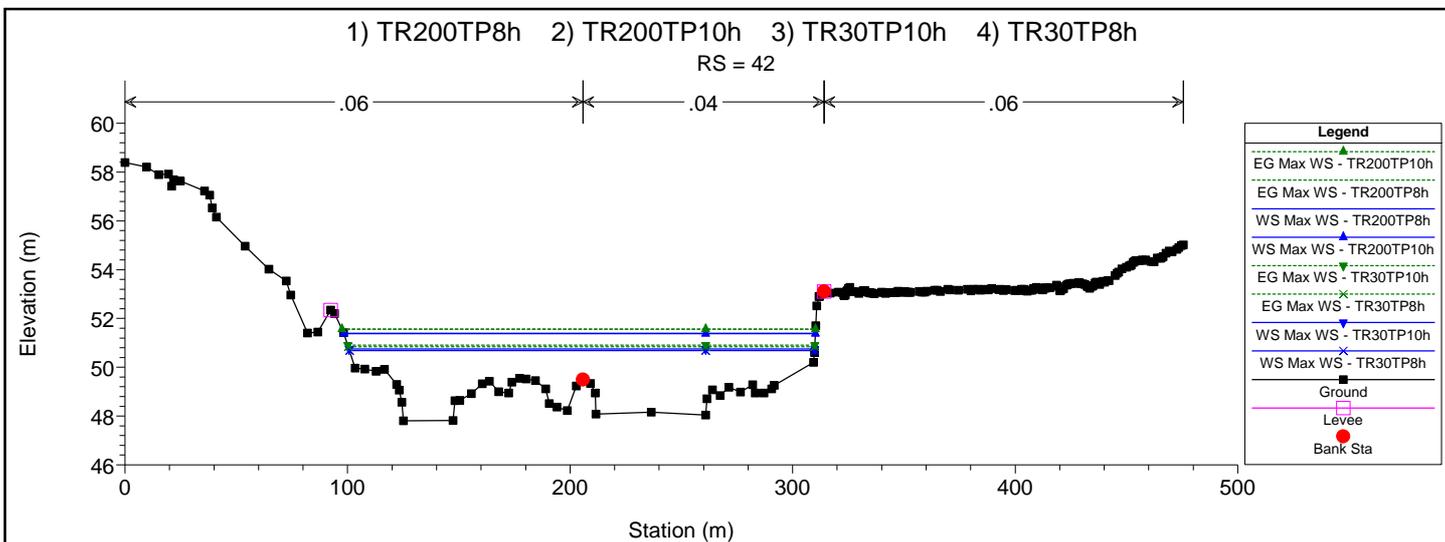
1) TR200TP8h 2) TR200TP10h 3) TR30TP10h 4) TR30TP8h
RS = 48

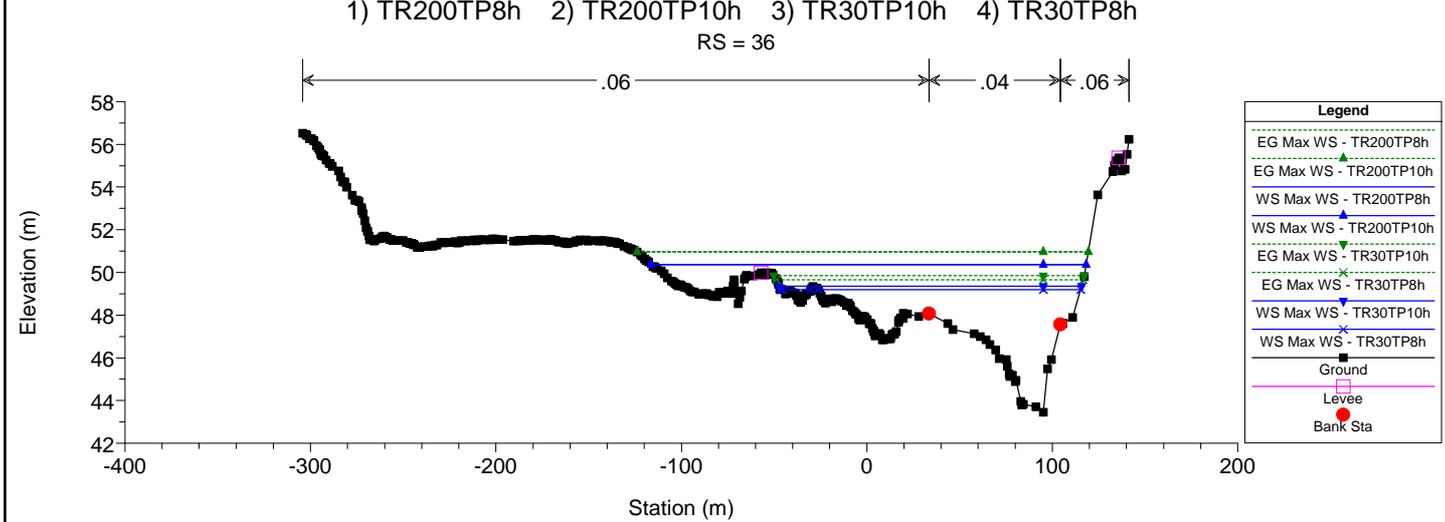
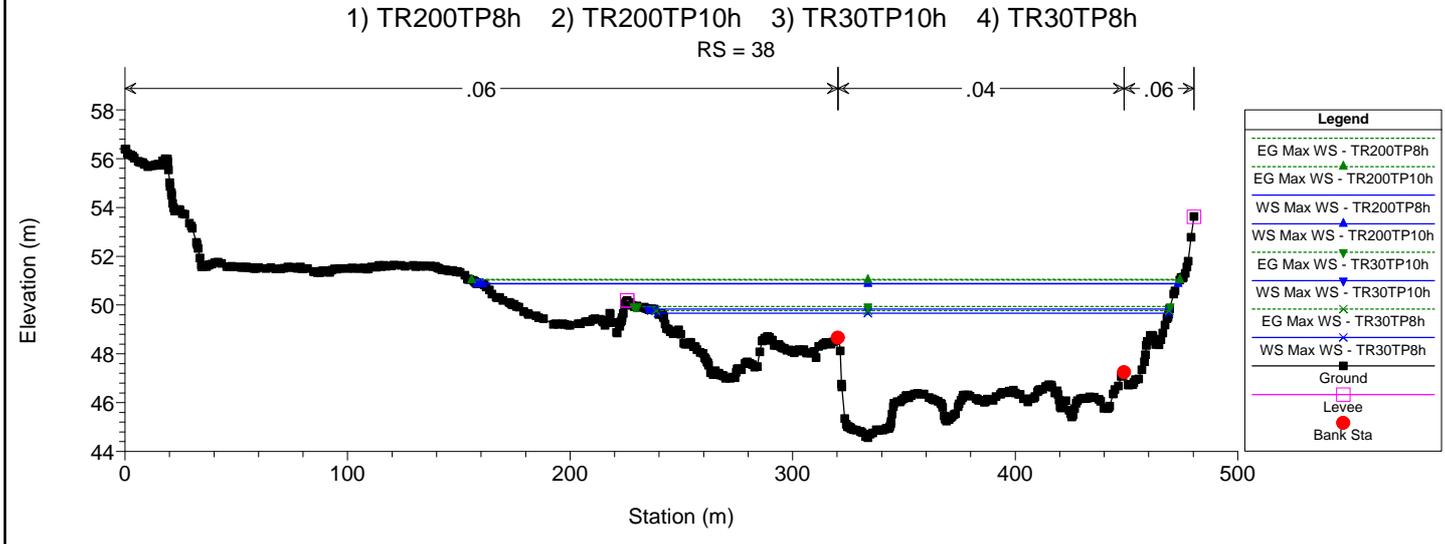
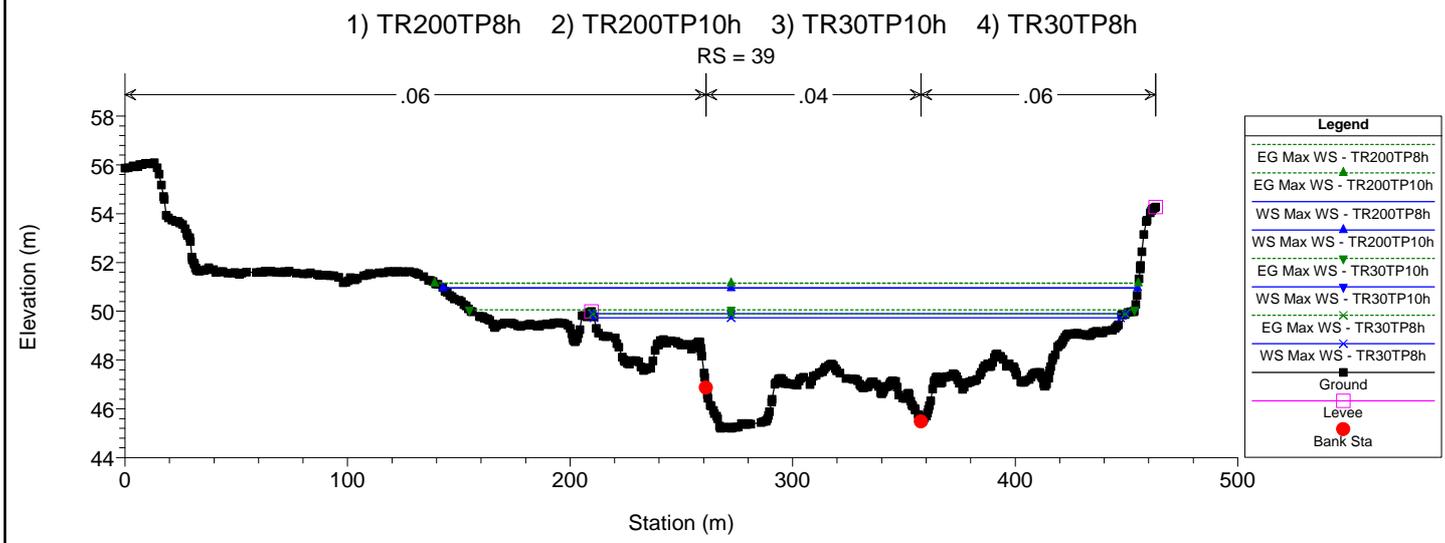
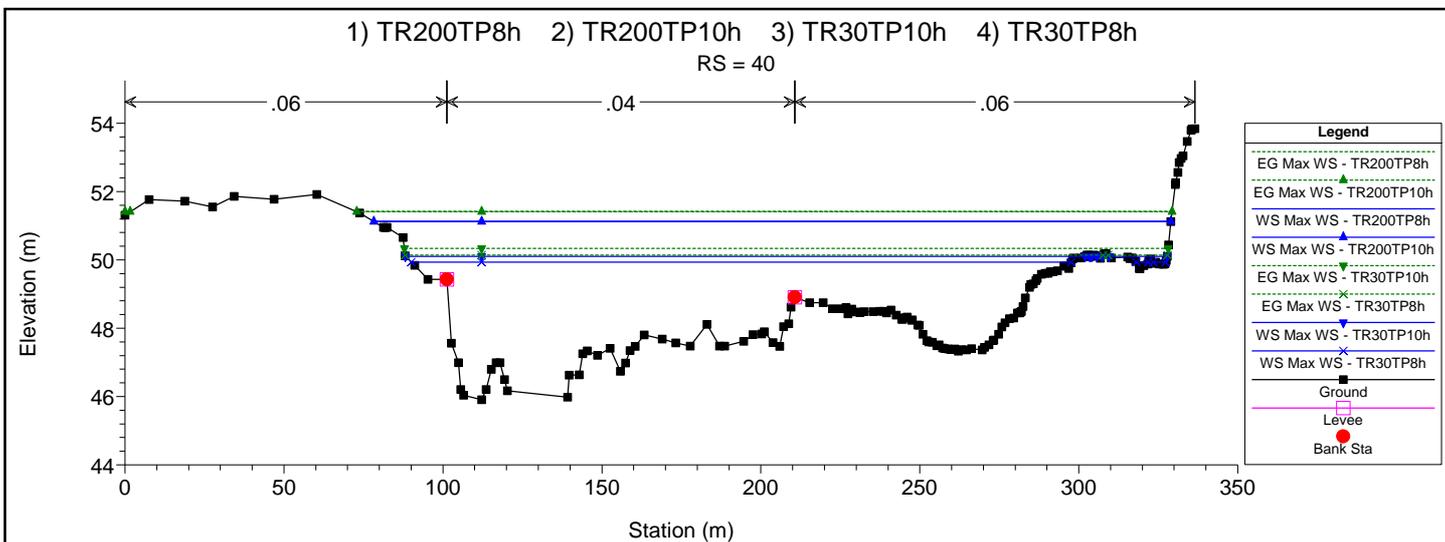


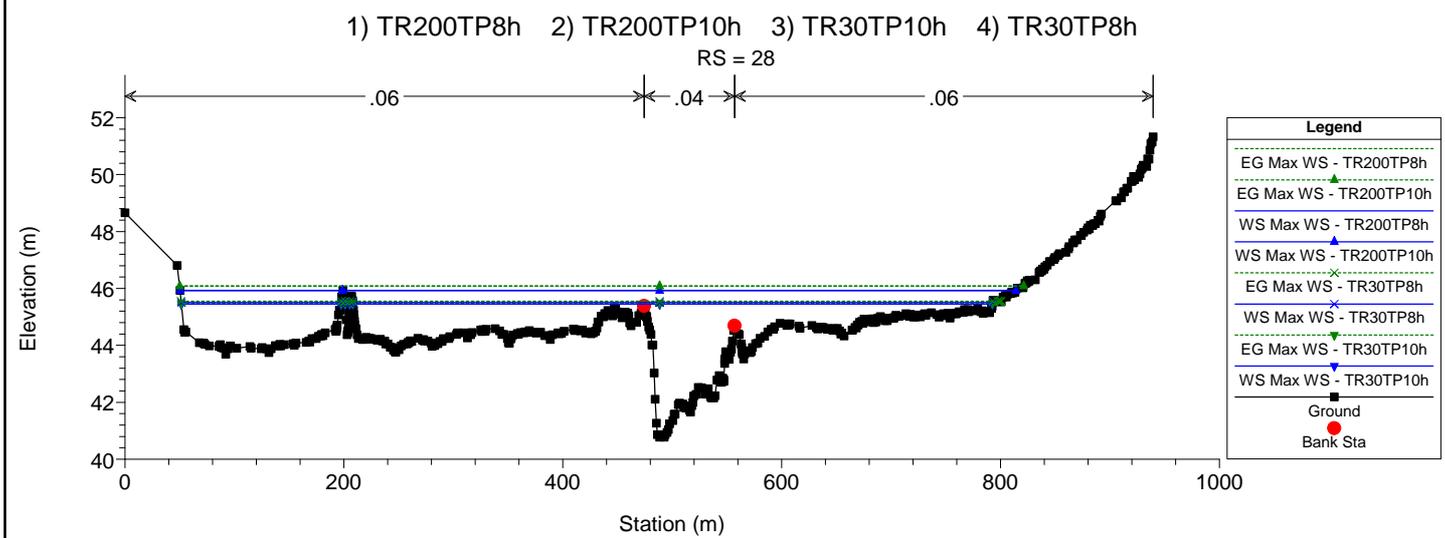
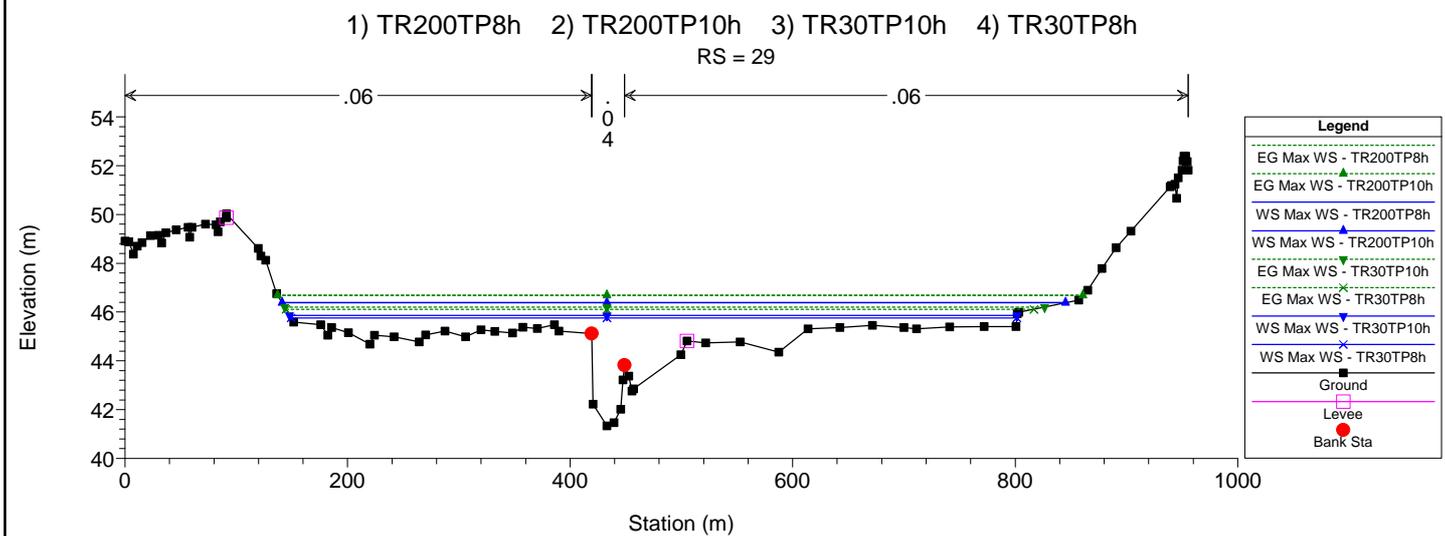
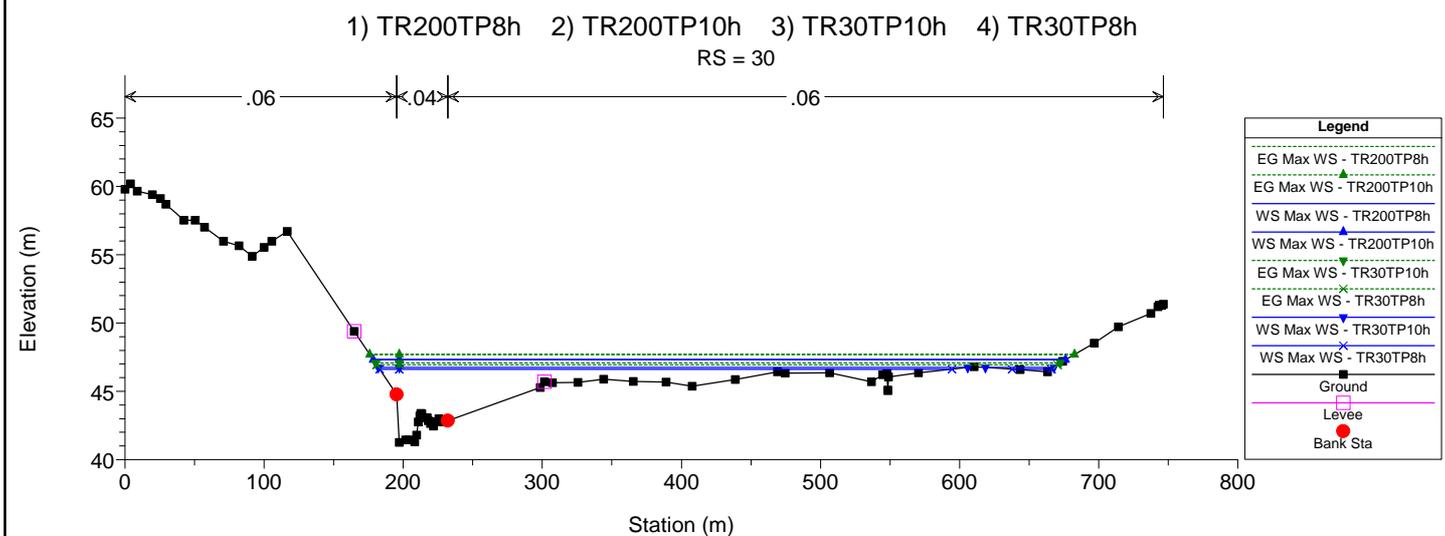
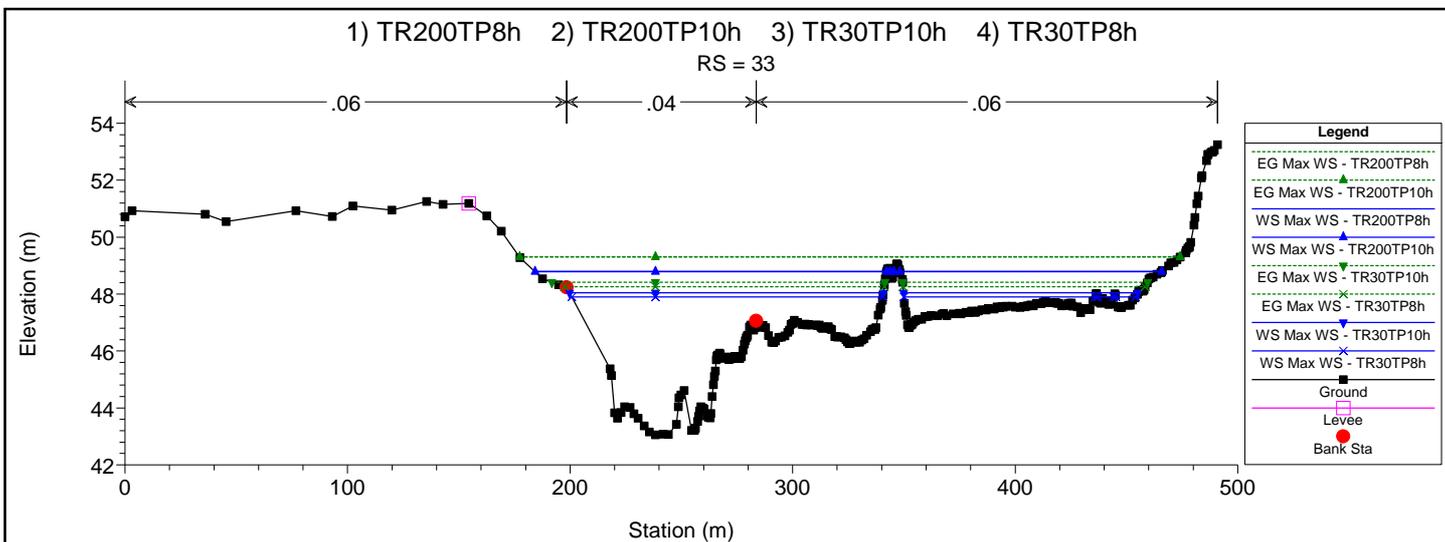
1) TR200TP8h 2) TR200TP10h 3) TR30TP10h 4) TR30TP8h
RS = 46

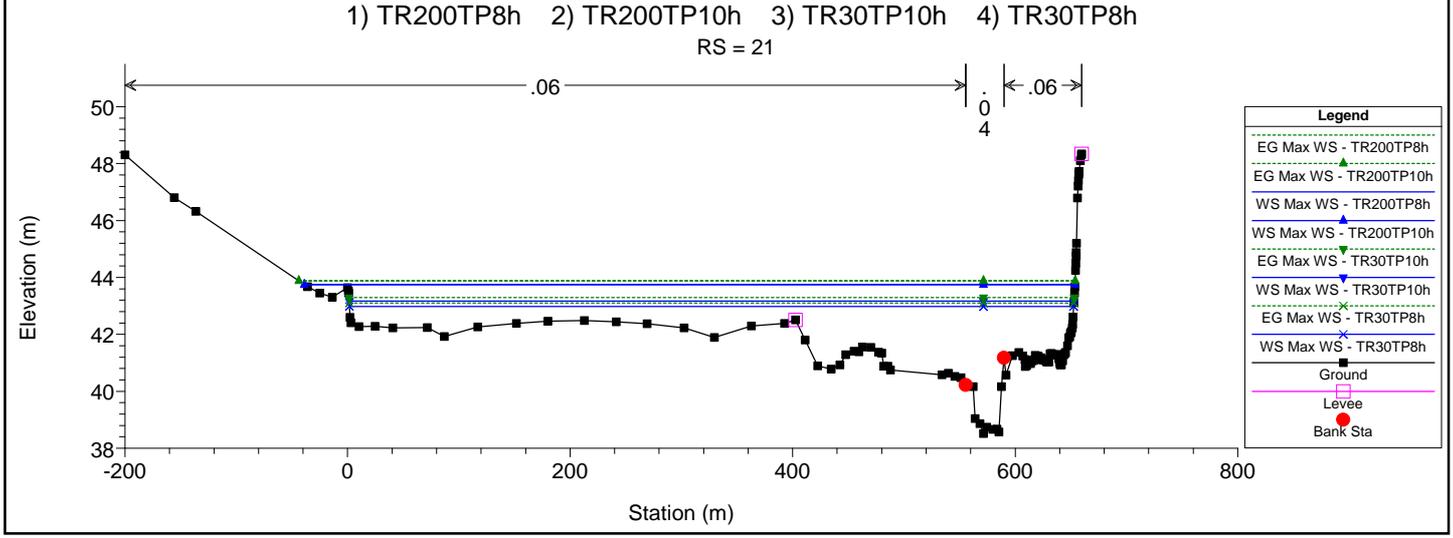
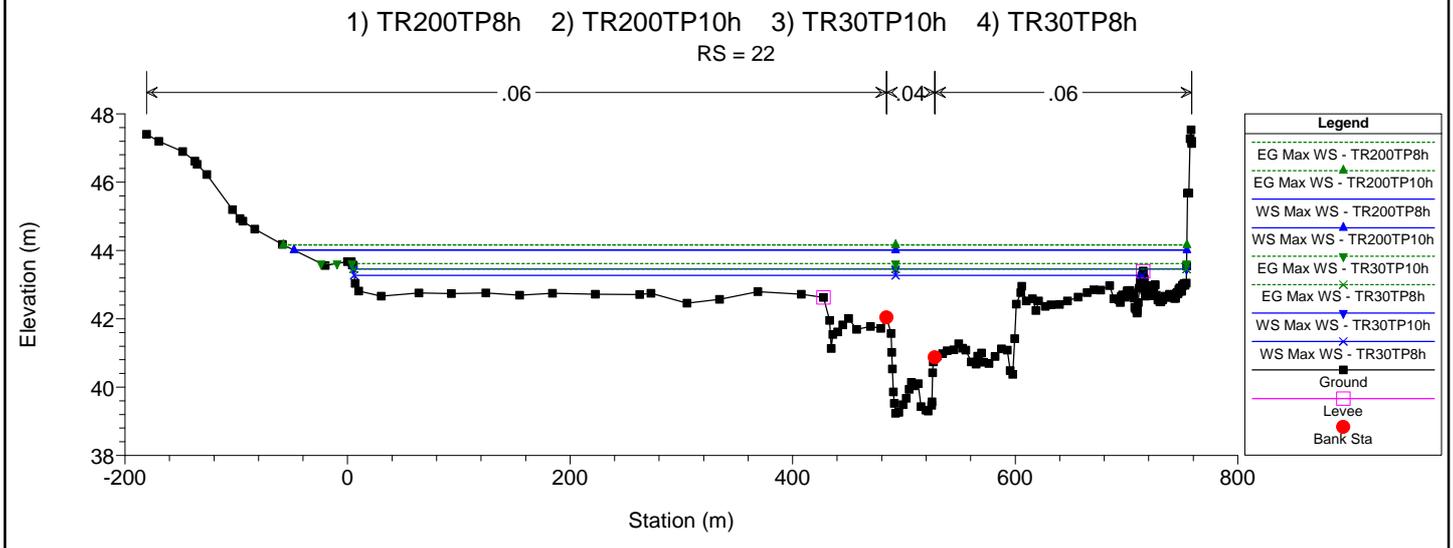
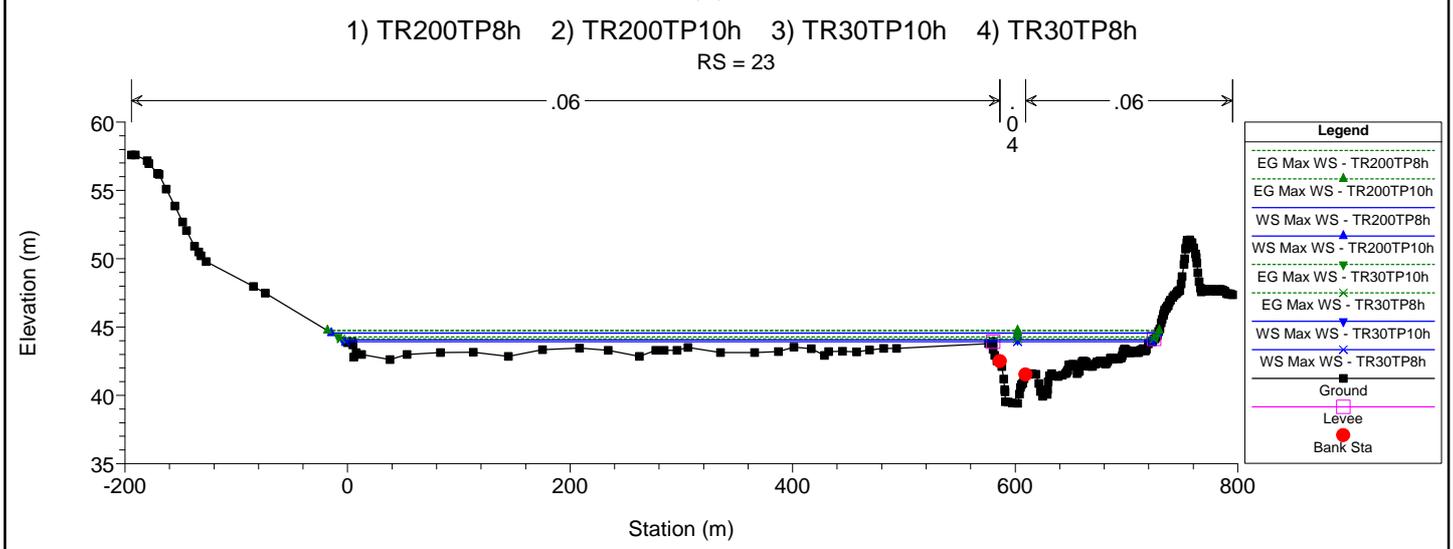
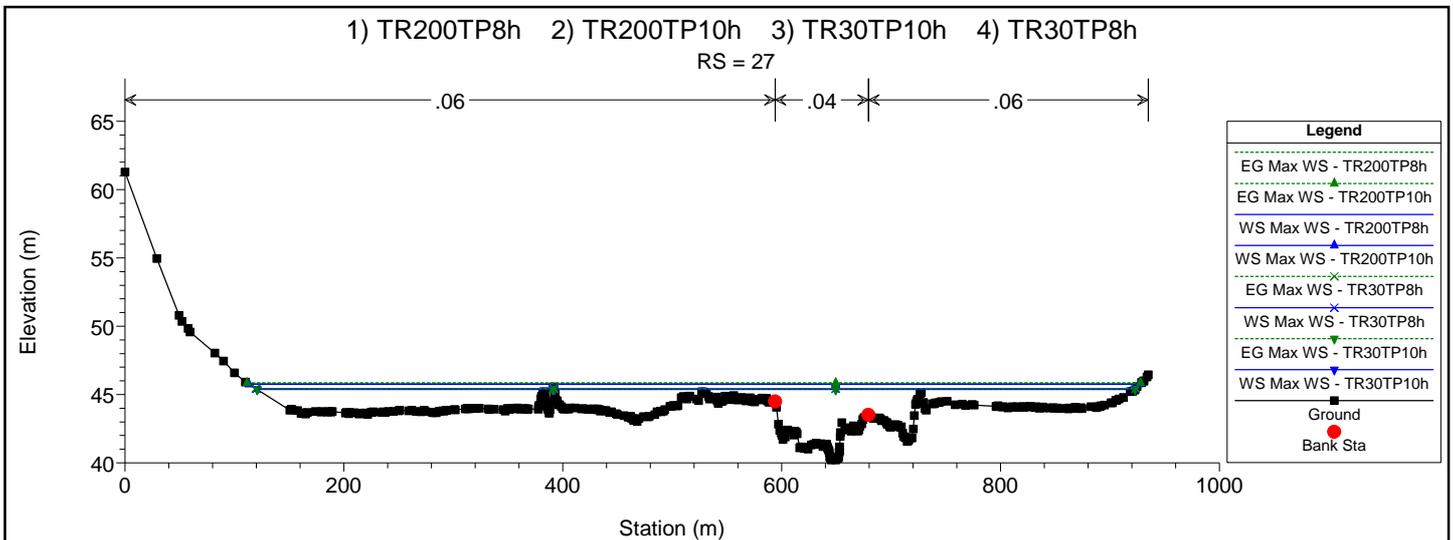




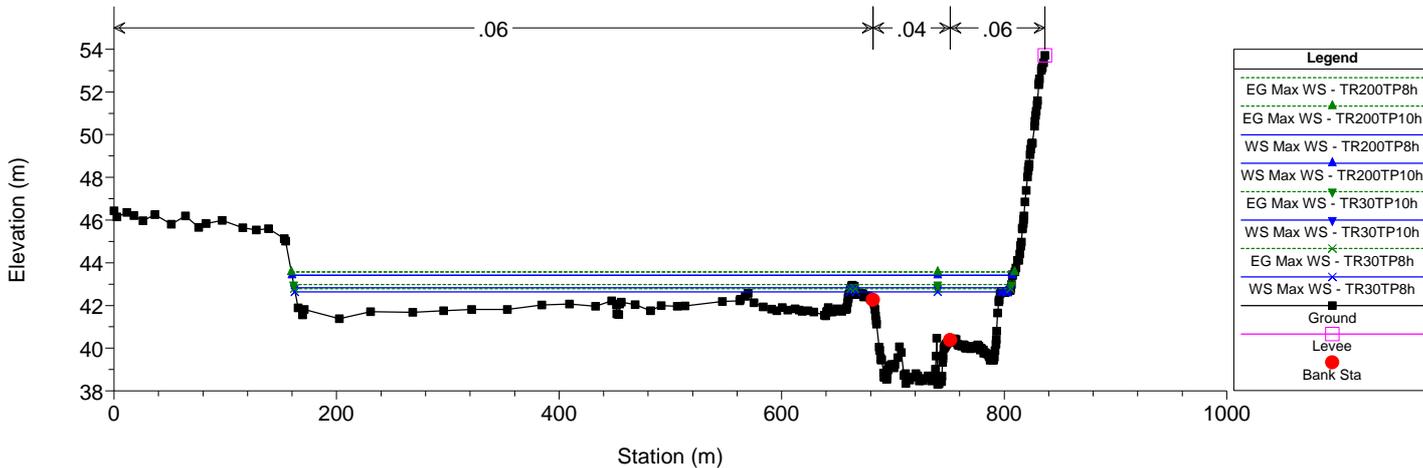




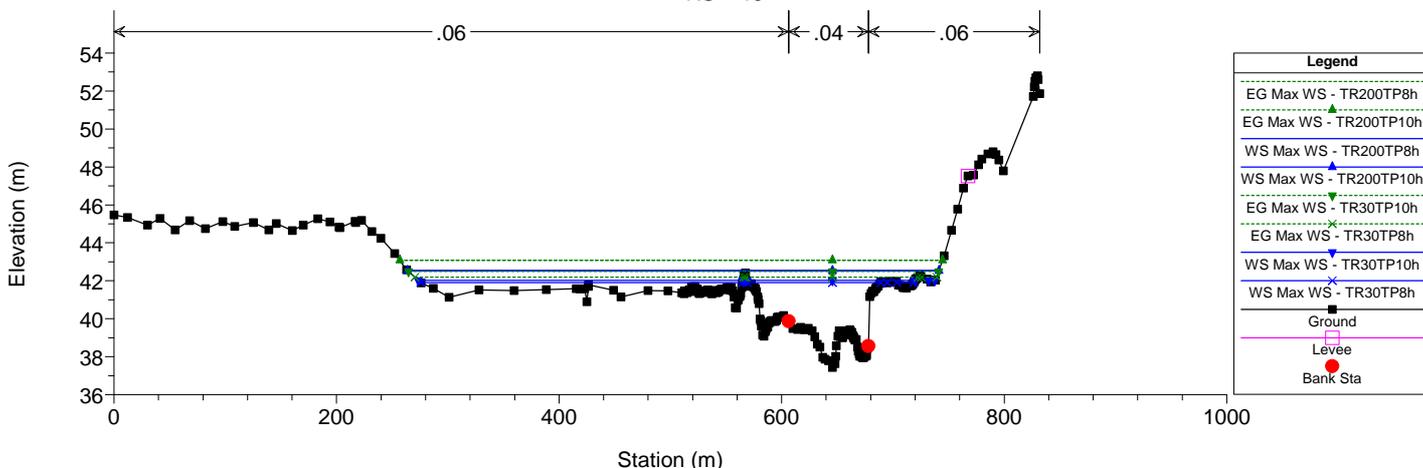




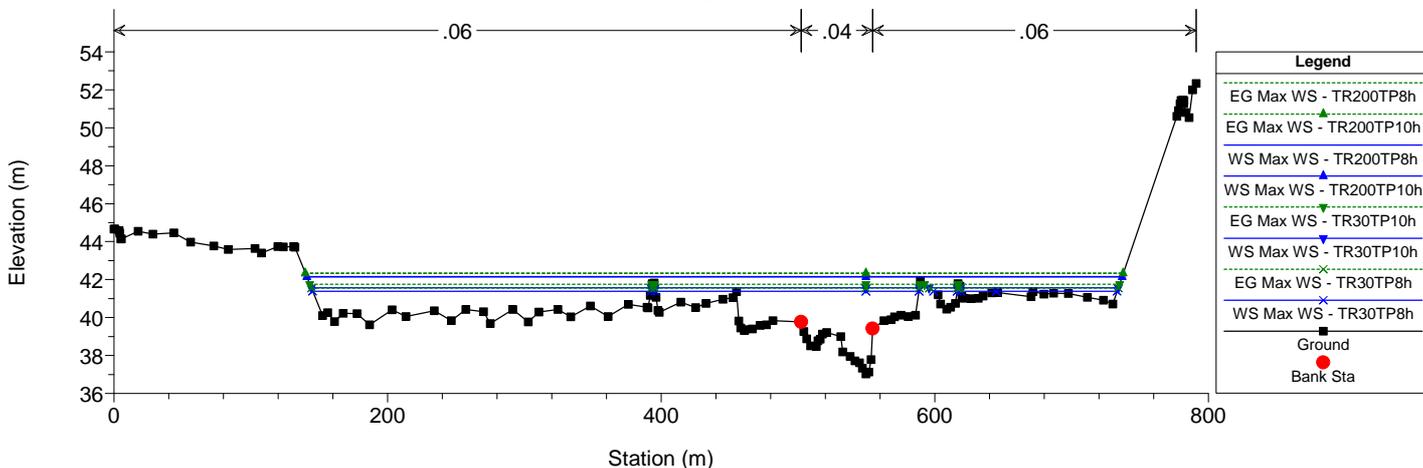
1) TR200TP8h 2) TR200TP10h 3) TR30TP10h 4) TR30TP8h
RS = 20



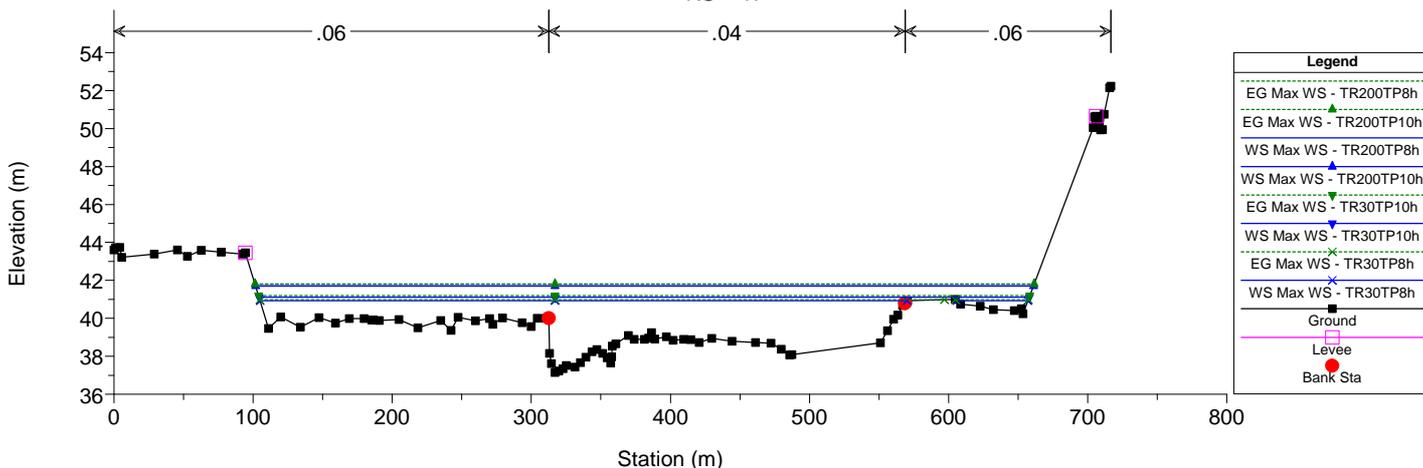
1) TR200TP8h 2) TR200TP10h 3) TR30TP10h 4) TR30TP8h
RS = 19



1) TR200TP8h 2) TR200TP10h 3) TR30TP10h 4) TR30TP8h
RS = 18

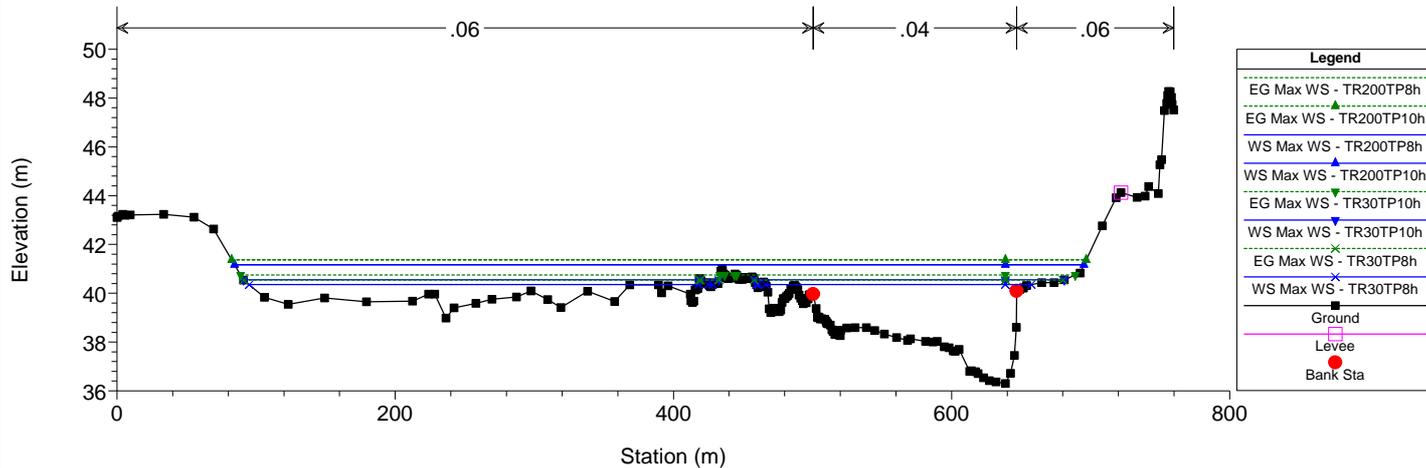


1) TR200TP8h 2) TR200TP10h 3) TR30TP10h 4) TR30TP8h
RS = 17



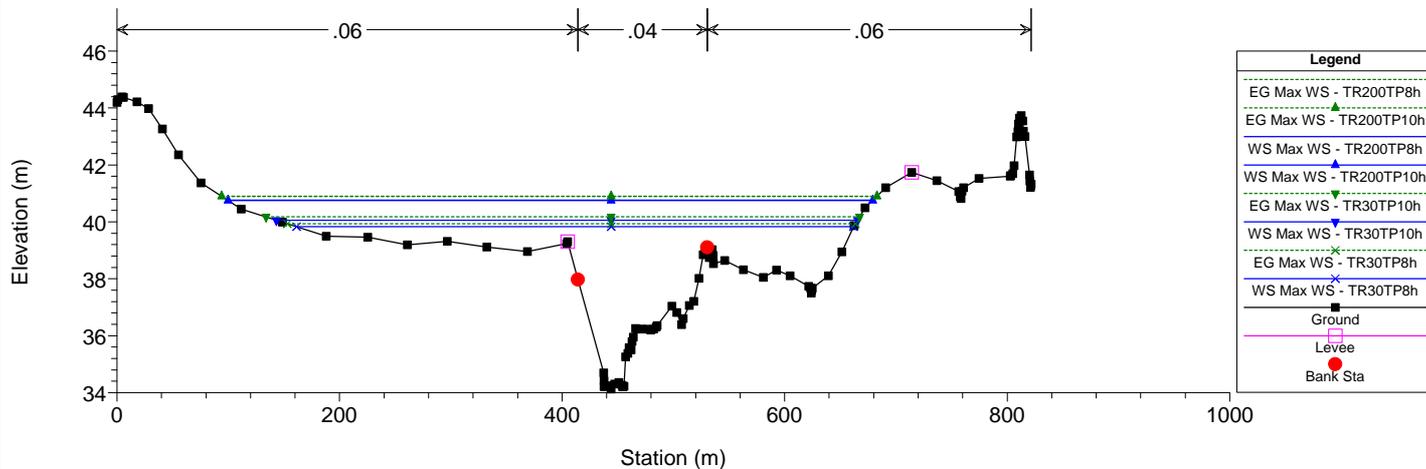
1) TR200TP8h 2) TR200TP10h 3) TR30TP10h 4) TR30TP8h

RS = 15



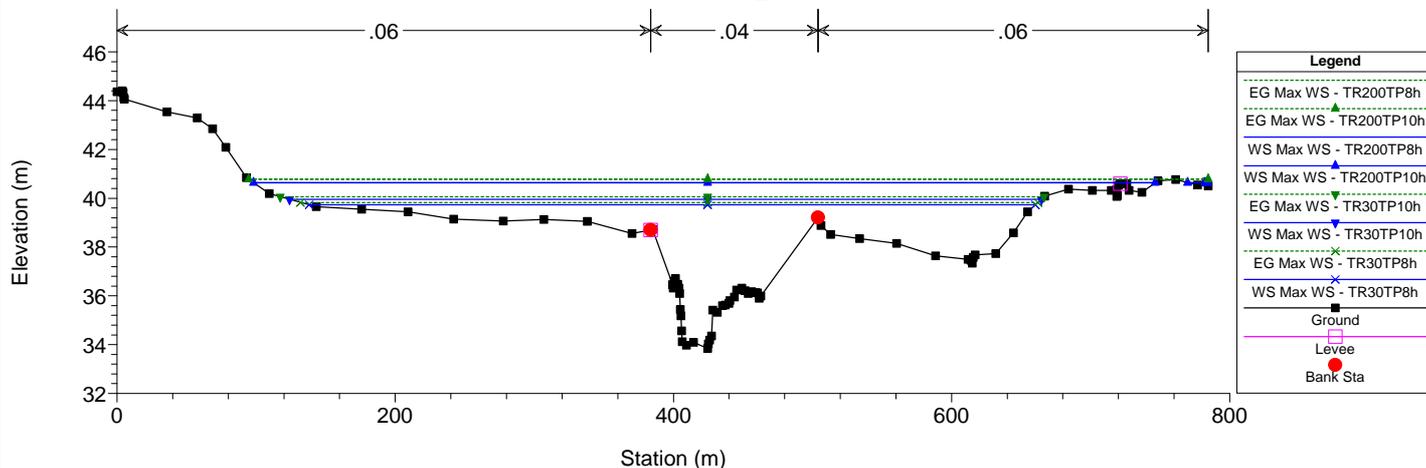
1) TR200TP8h 2) TR200TP10h 3) TR30TP10h 4) TR30TP8h

RS = 13



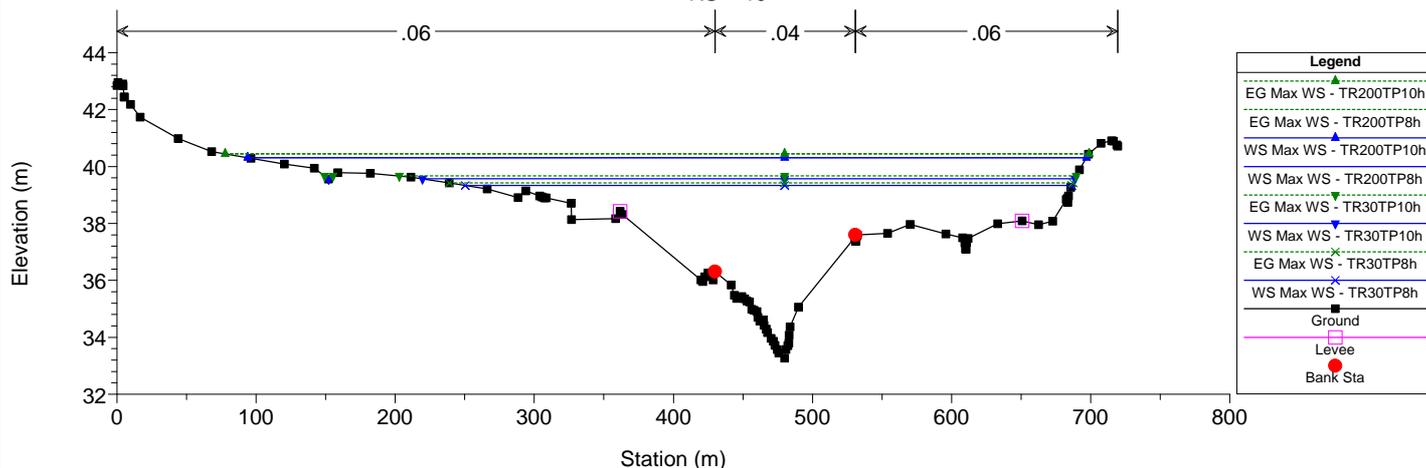
1) TR200TP8h 2) TR200TP10h 3) TR30TP10h 4) TR30TP8h

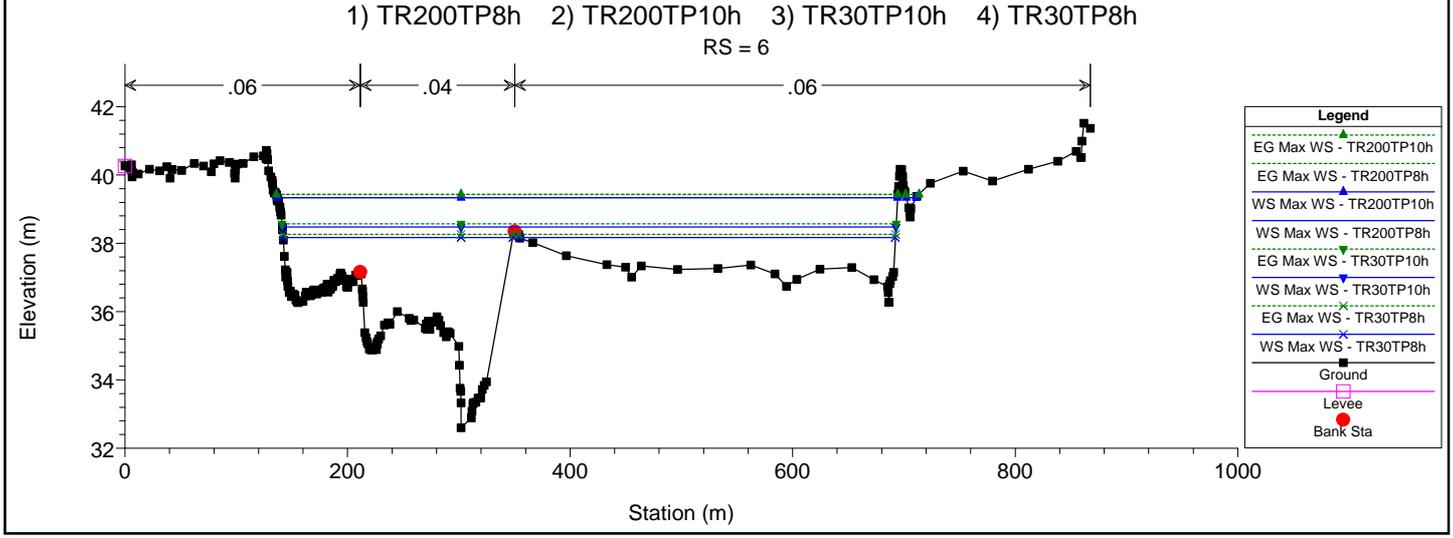
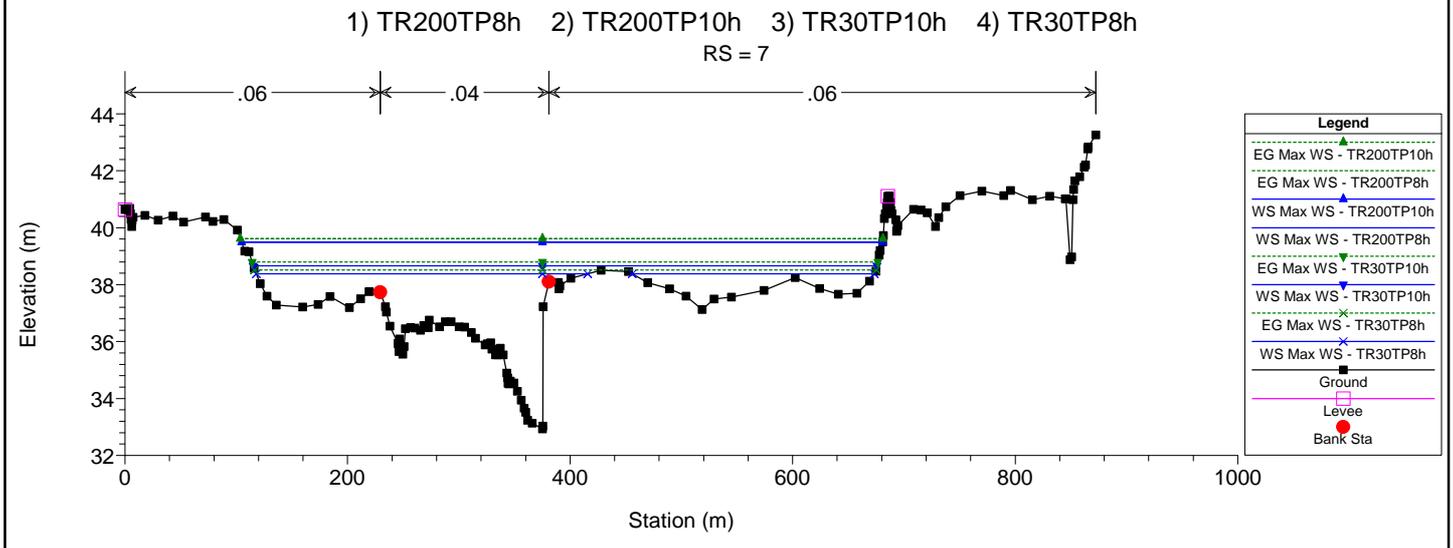
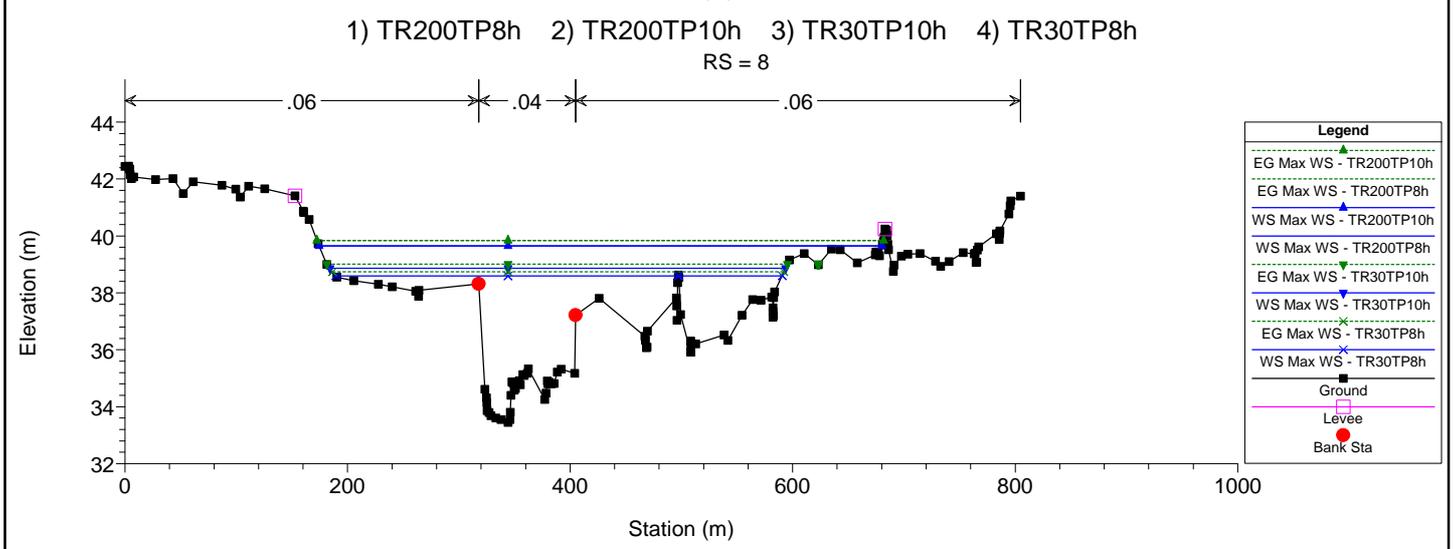
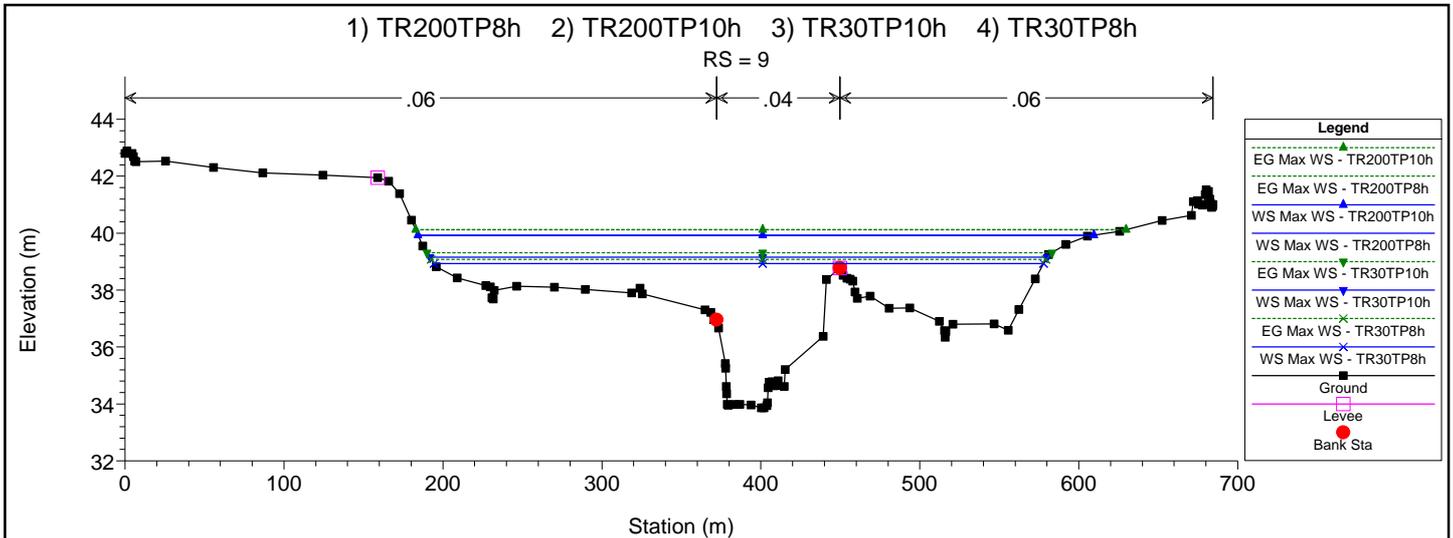
RS = 12

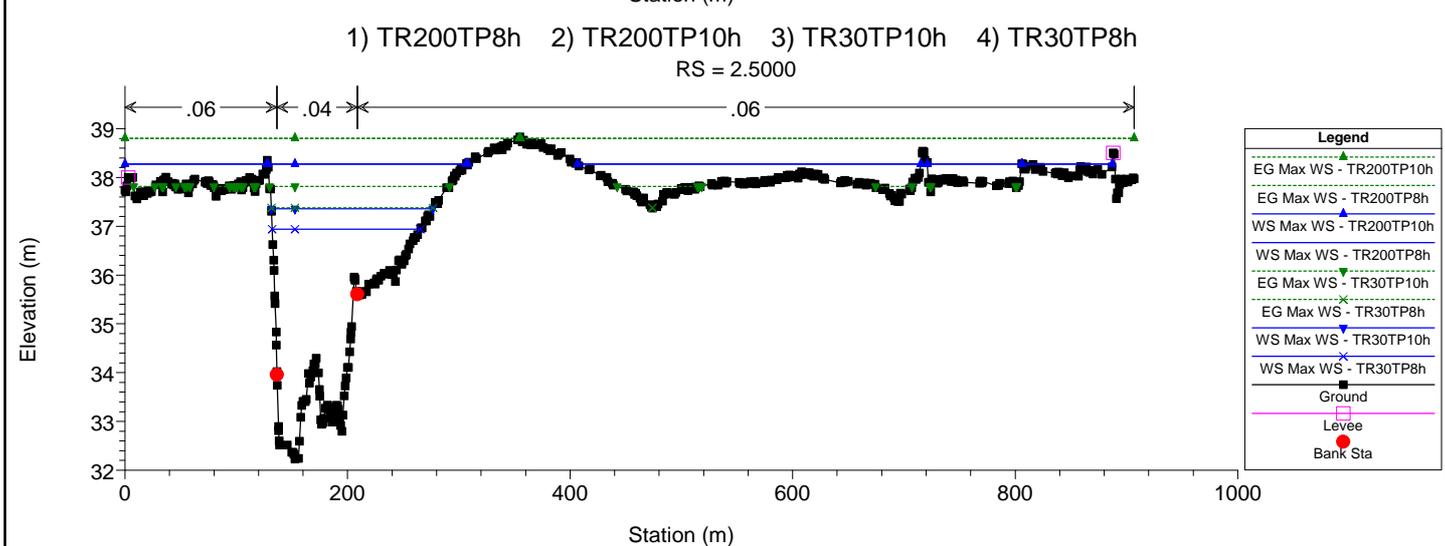
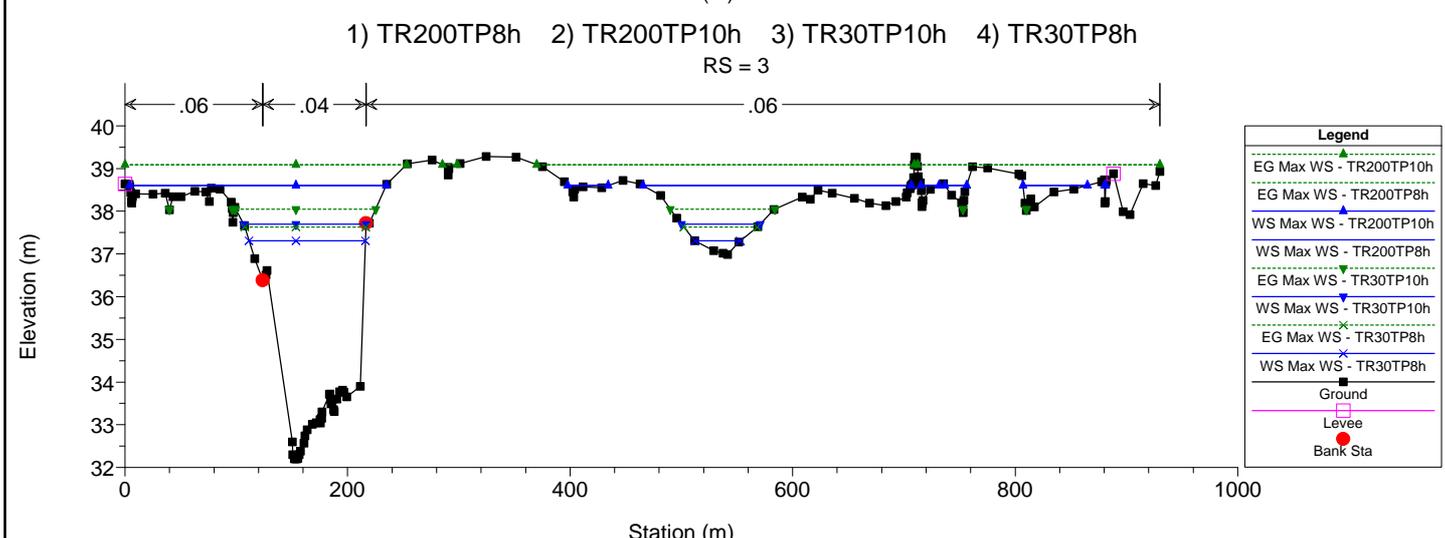
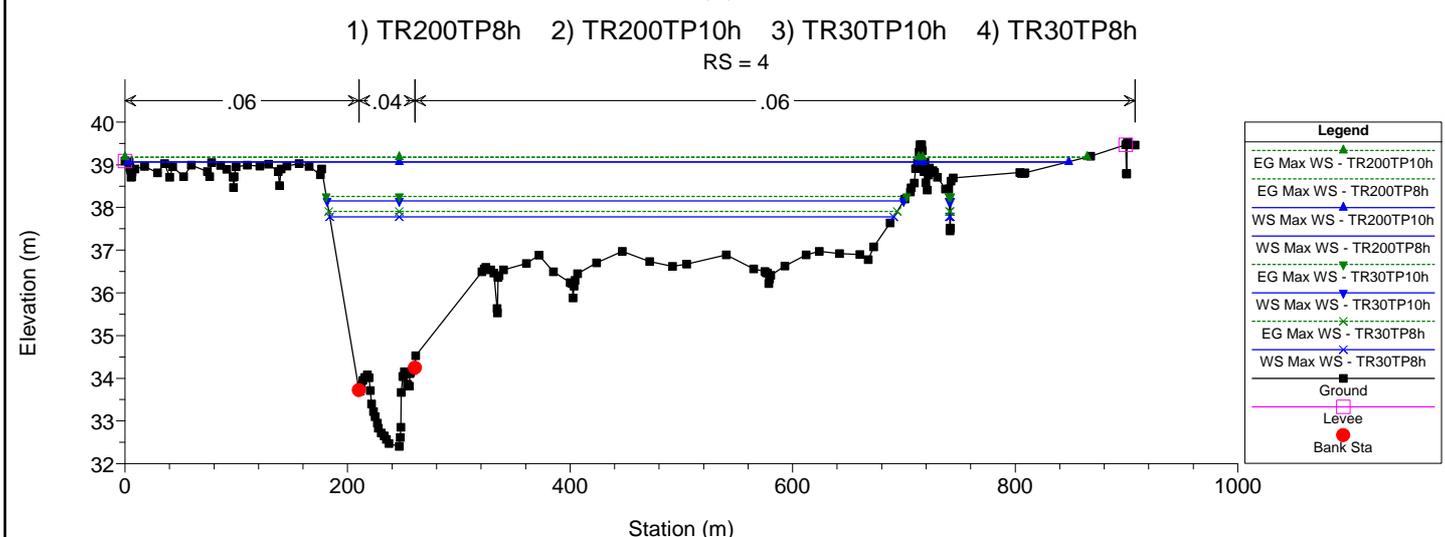
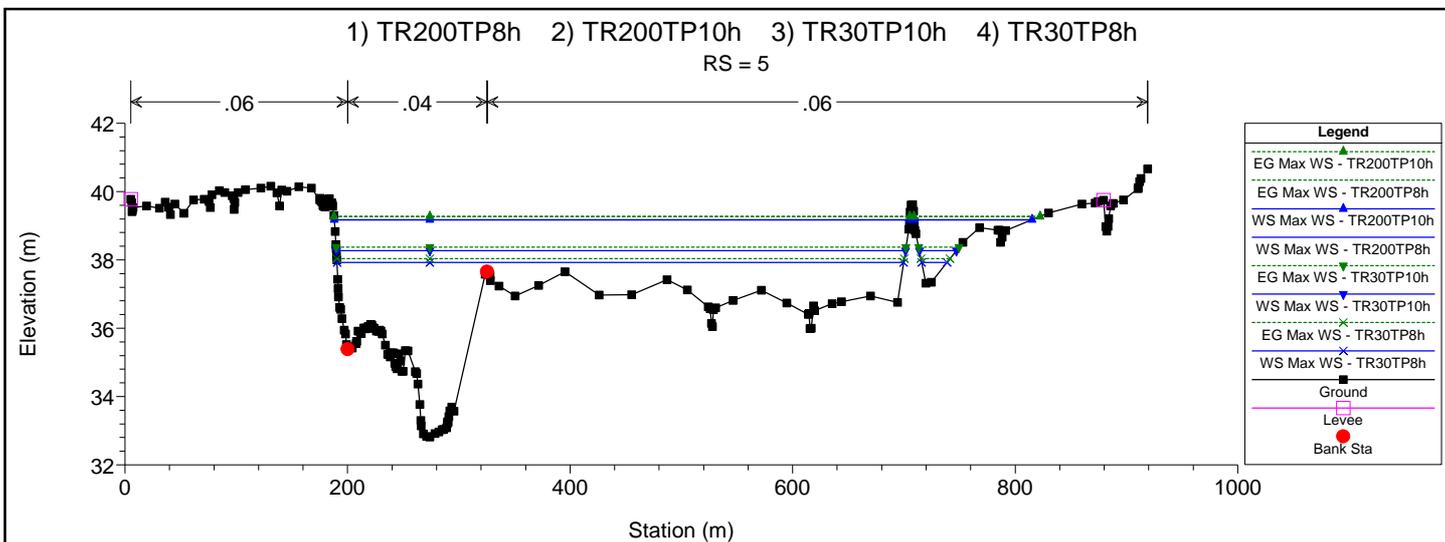


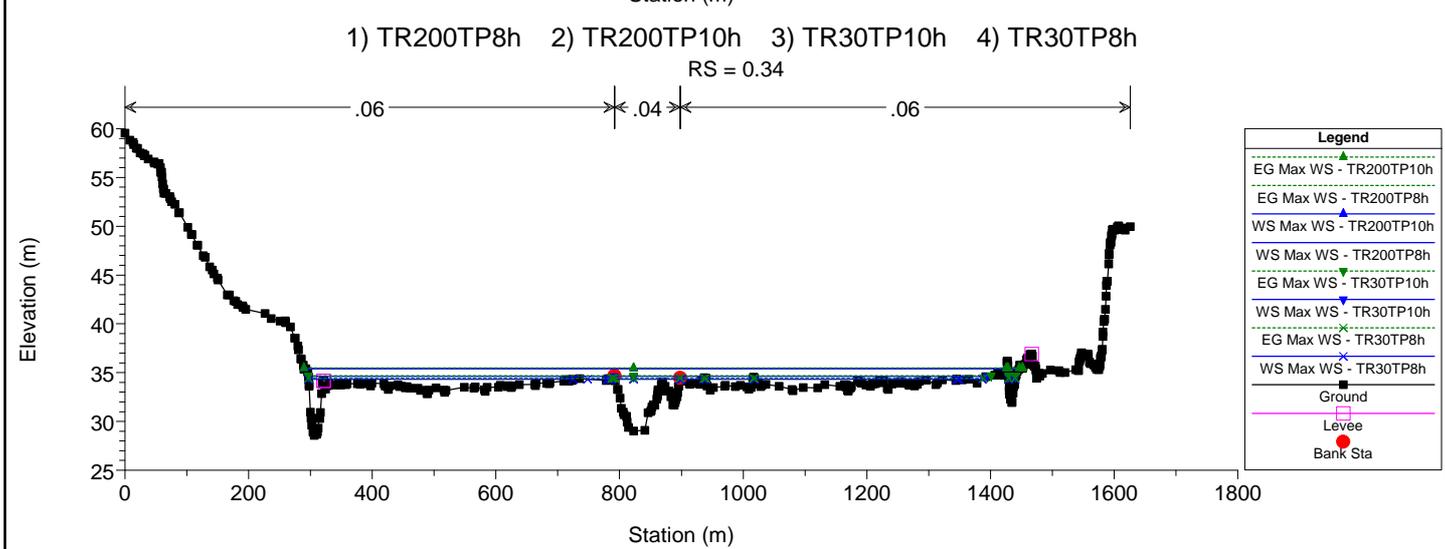
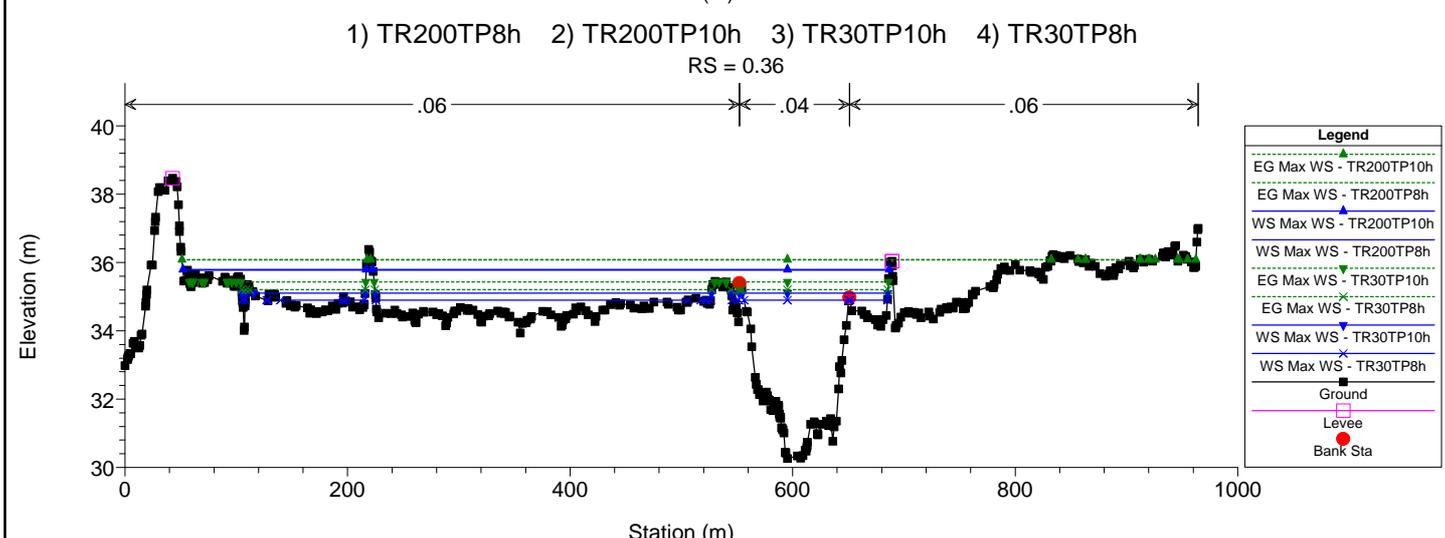
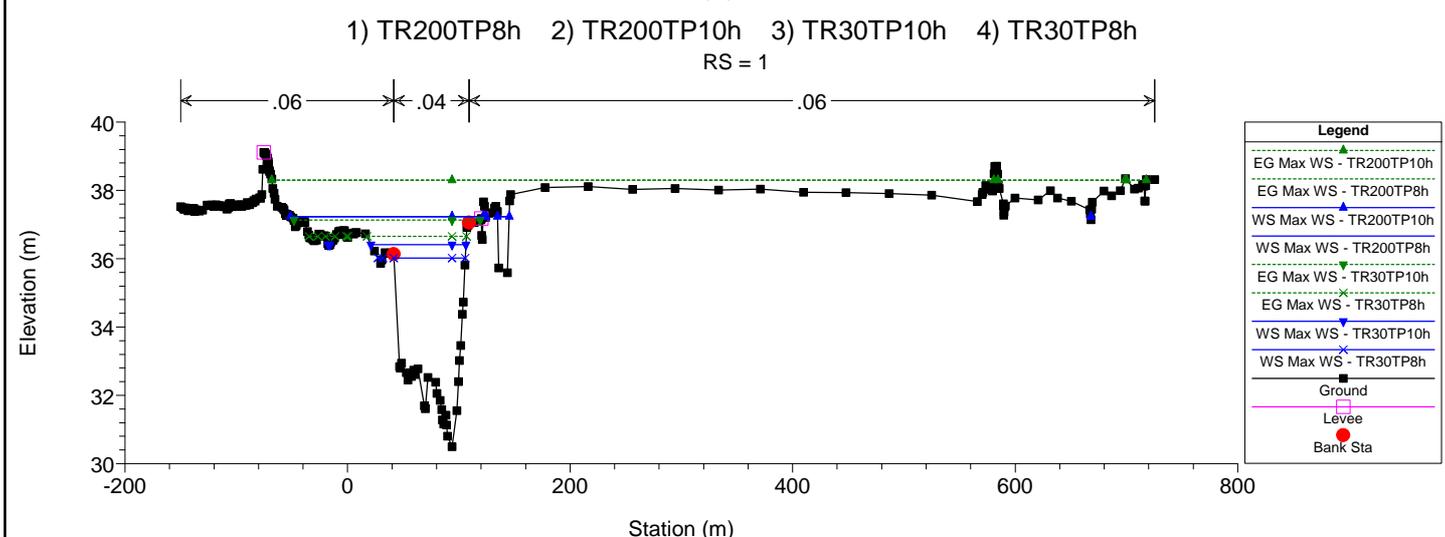
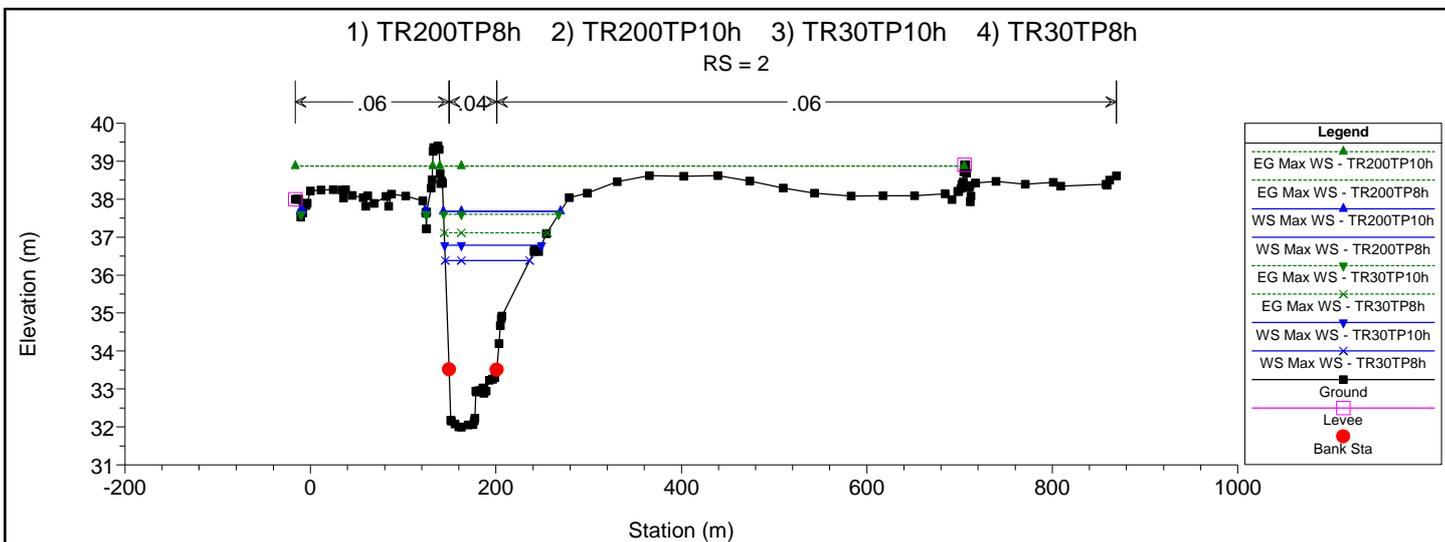
1) TR200TP8h 2) TR200TP10h 3) TR30TP10h 4) TR30TP8h

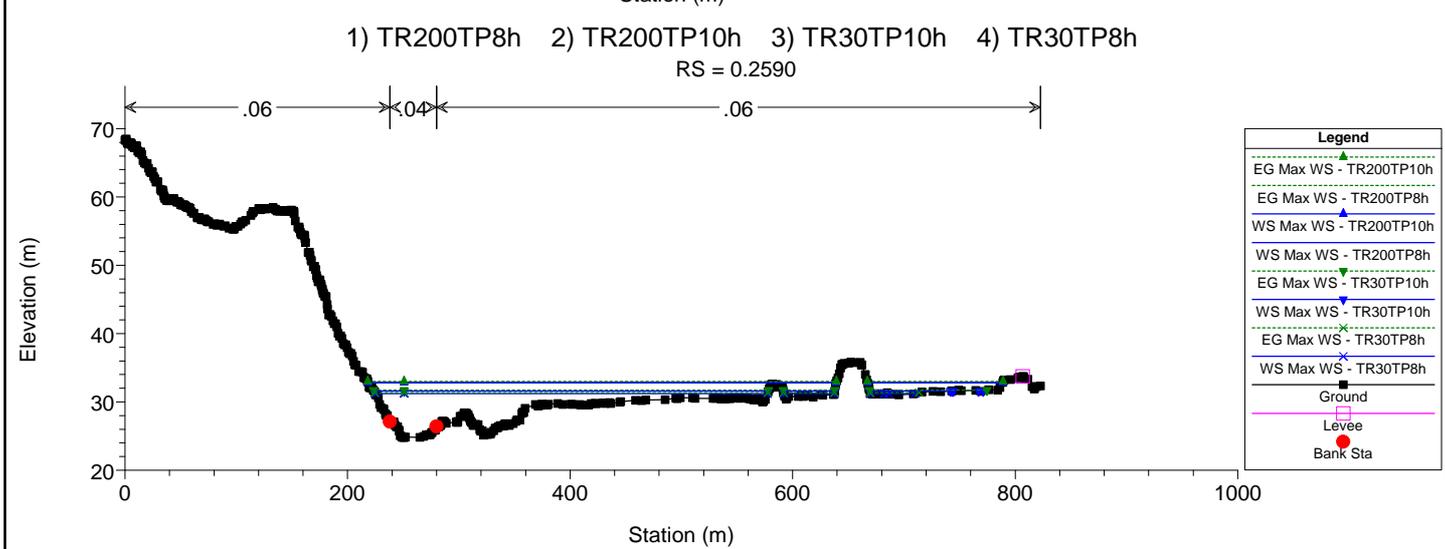
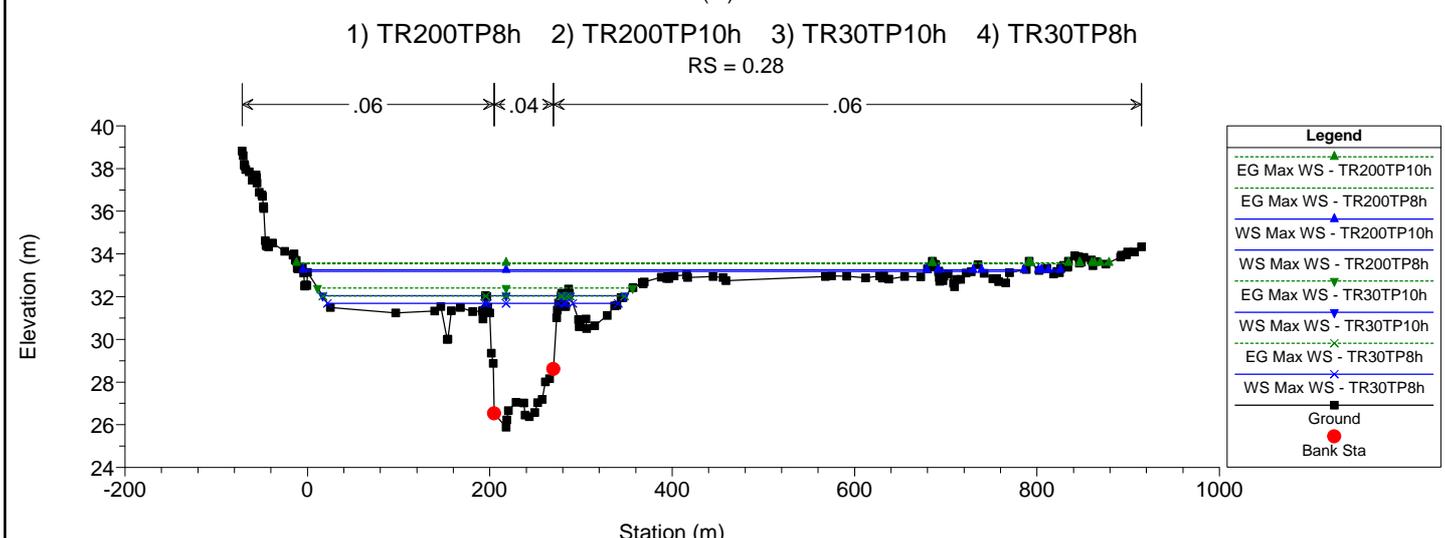
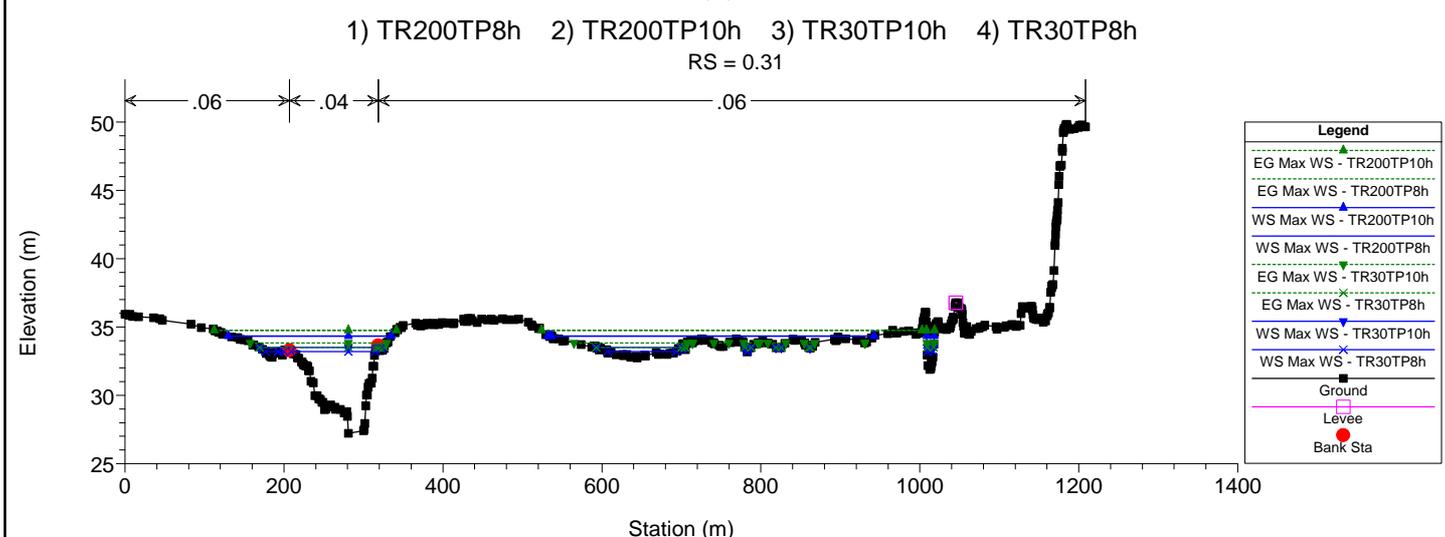
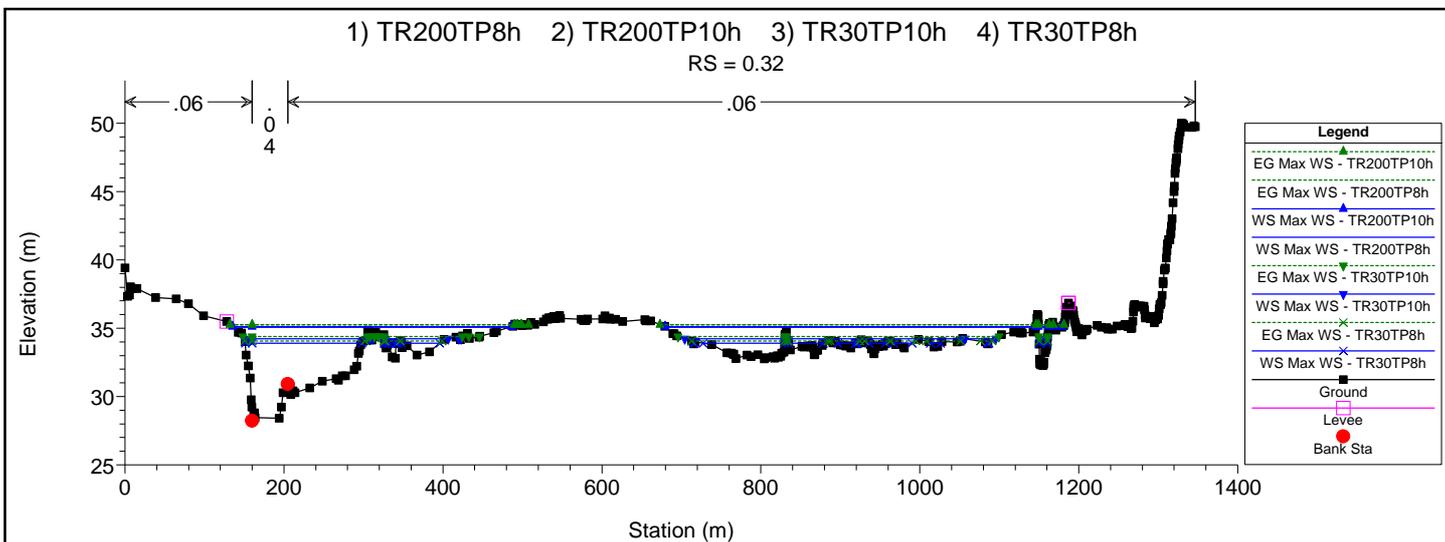
RS = 10

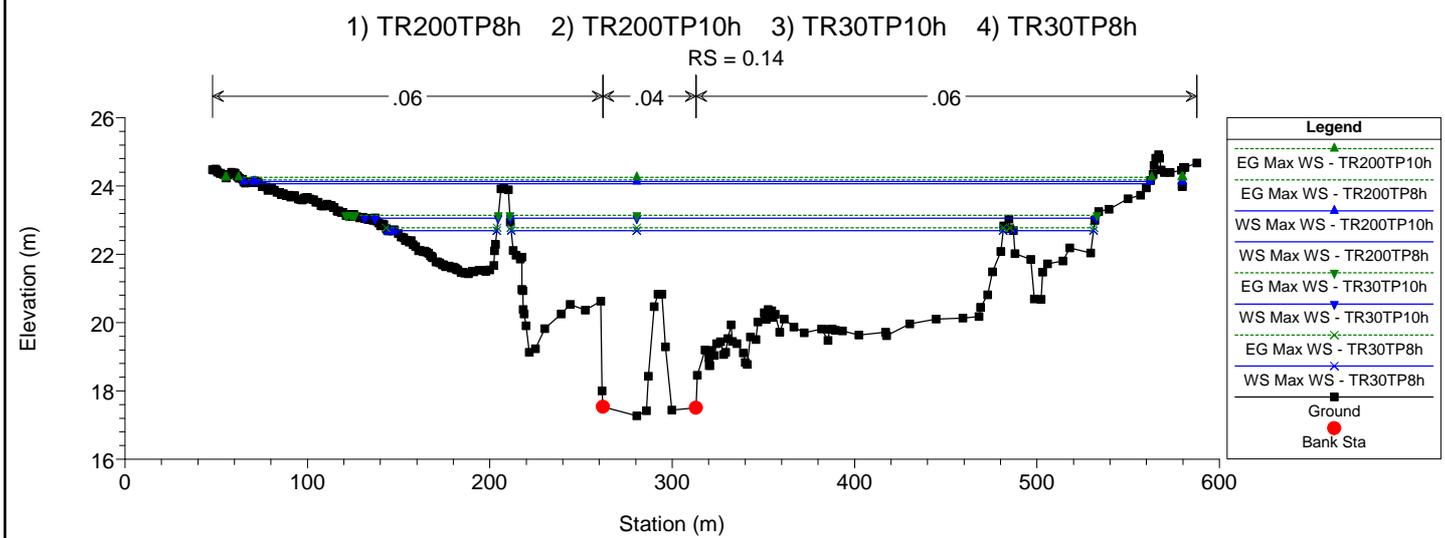
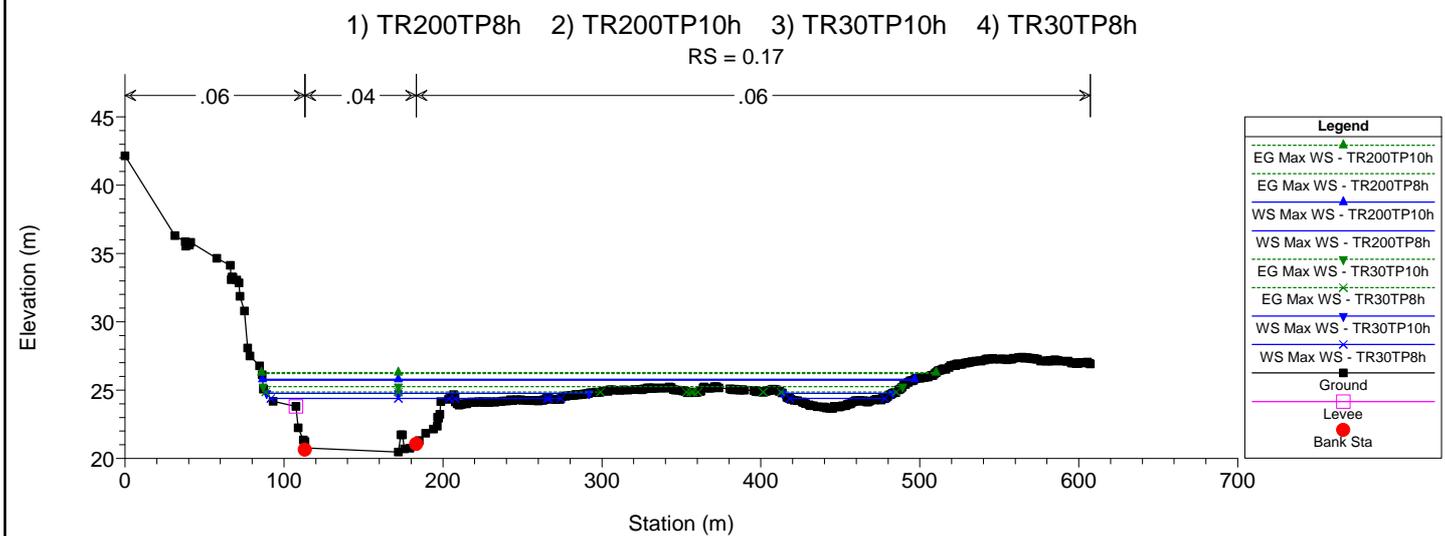
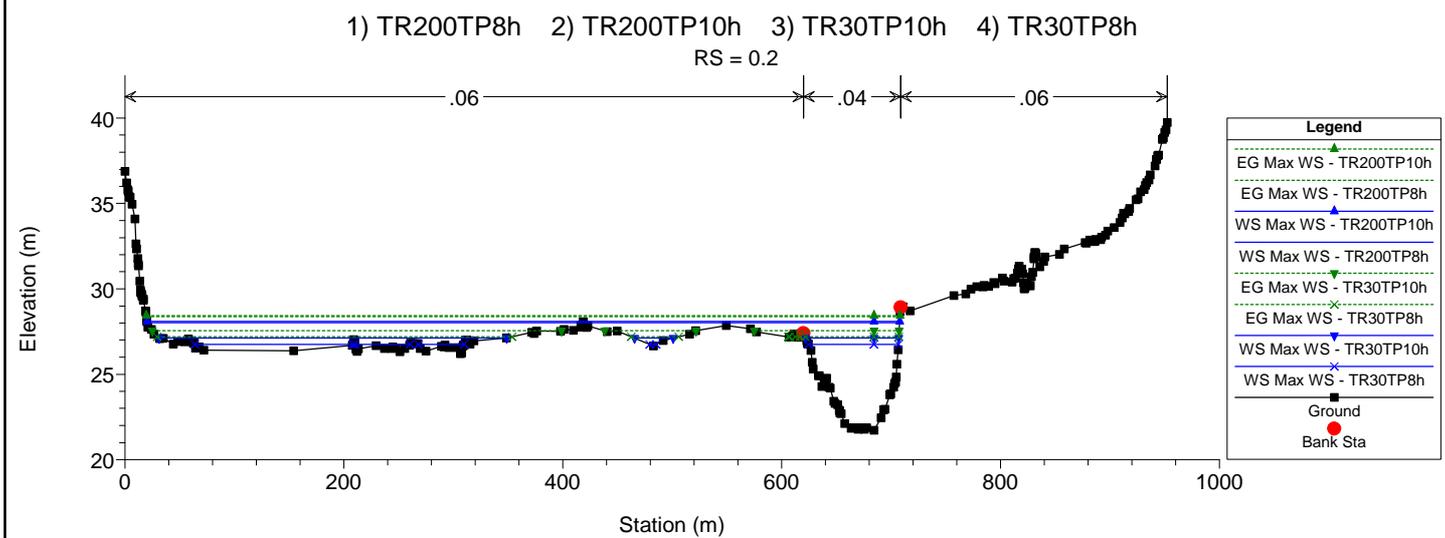
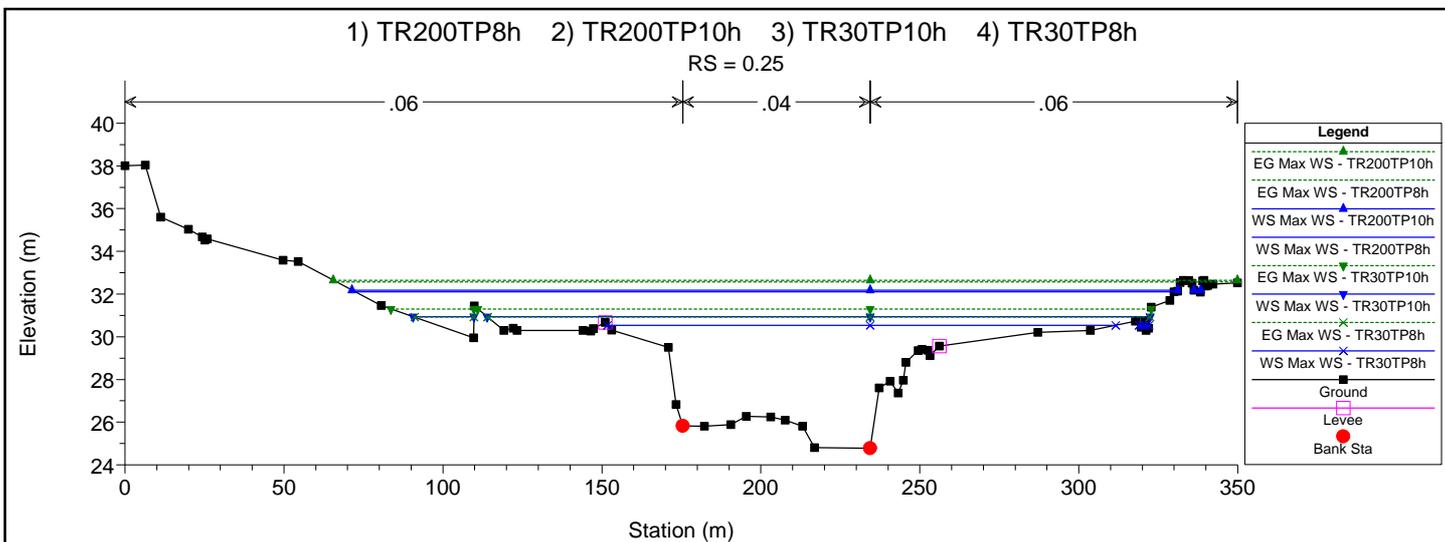






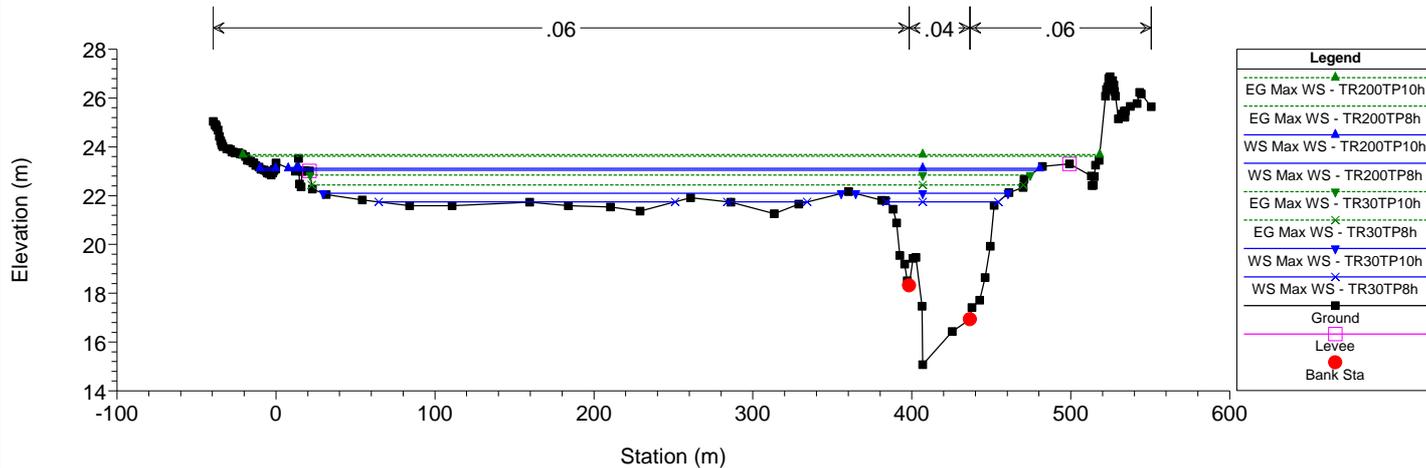






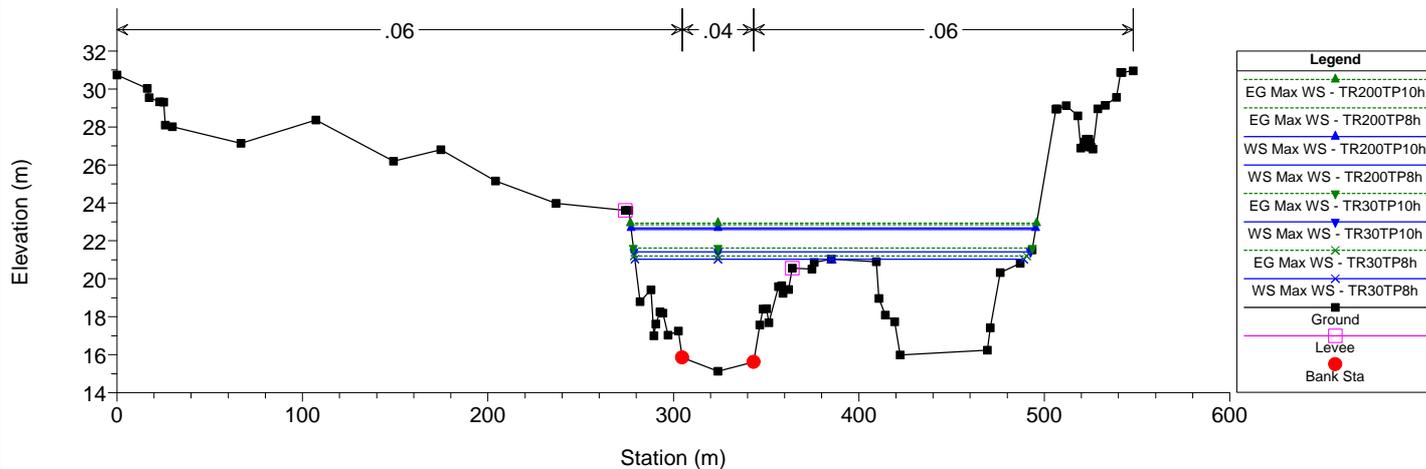
1) TR200TP8h 2) TR200TP10h 3) TR30TP10h 4) TR30TP8h

RS = 0.12



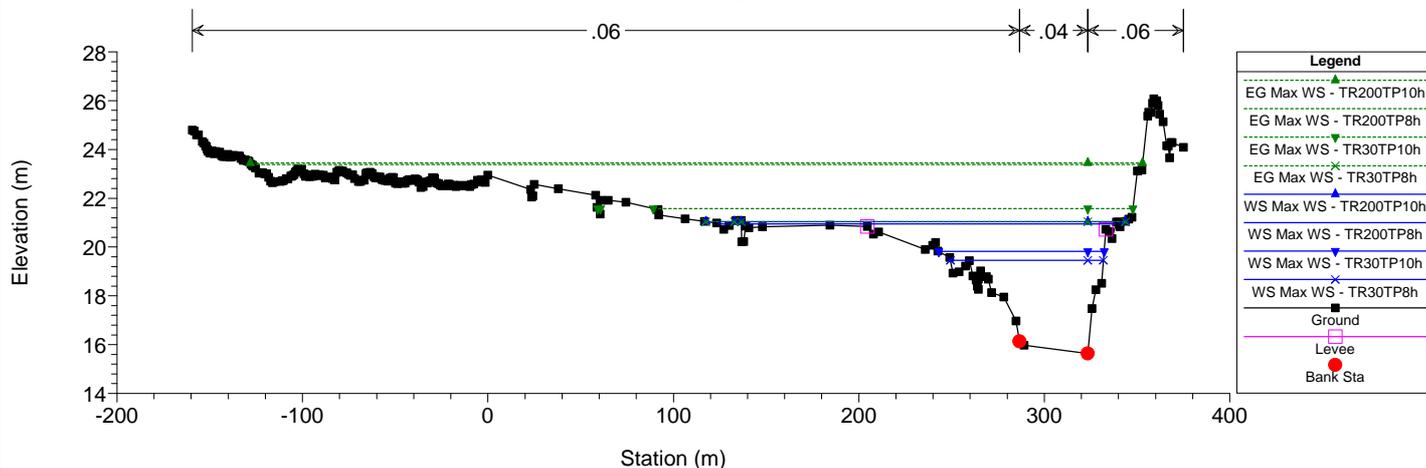
1) TR200TP8h 2) TR200TP10h 3) TR30TP10h 4) TR30TP8h

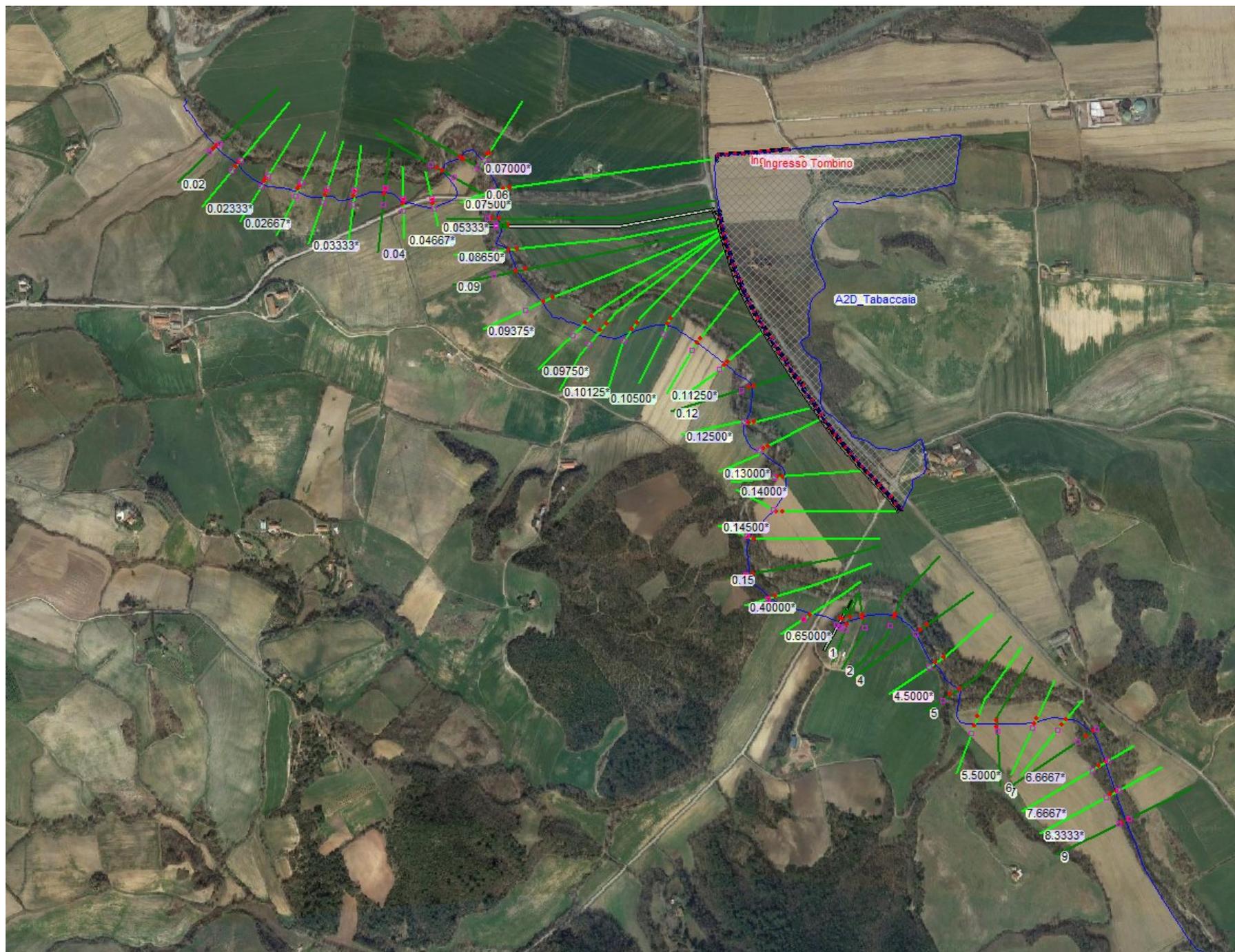
RS = 0.1



1) TR200TP8h 2) TR200TP10h 3) TR30TP10h 4) TR30TP8h

RS = 0.08



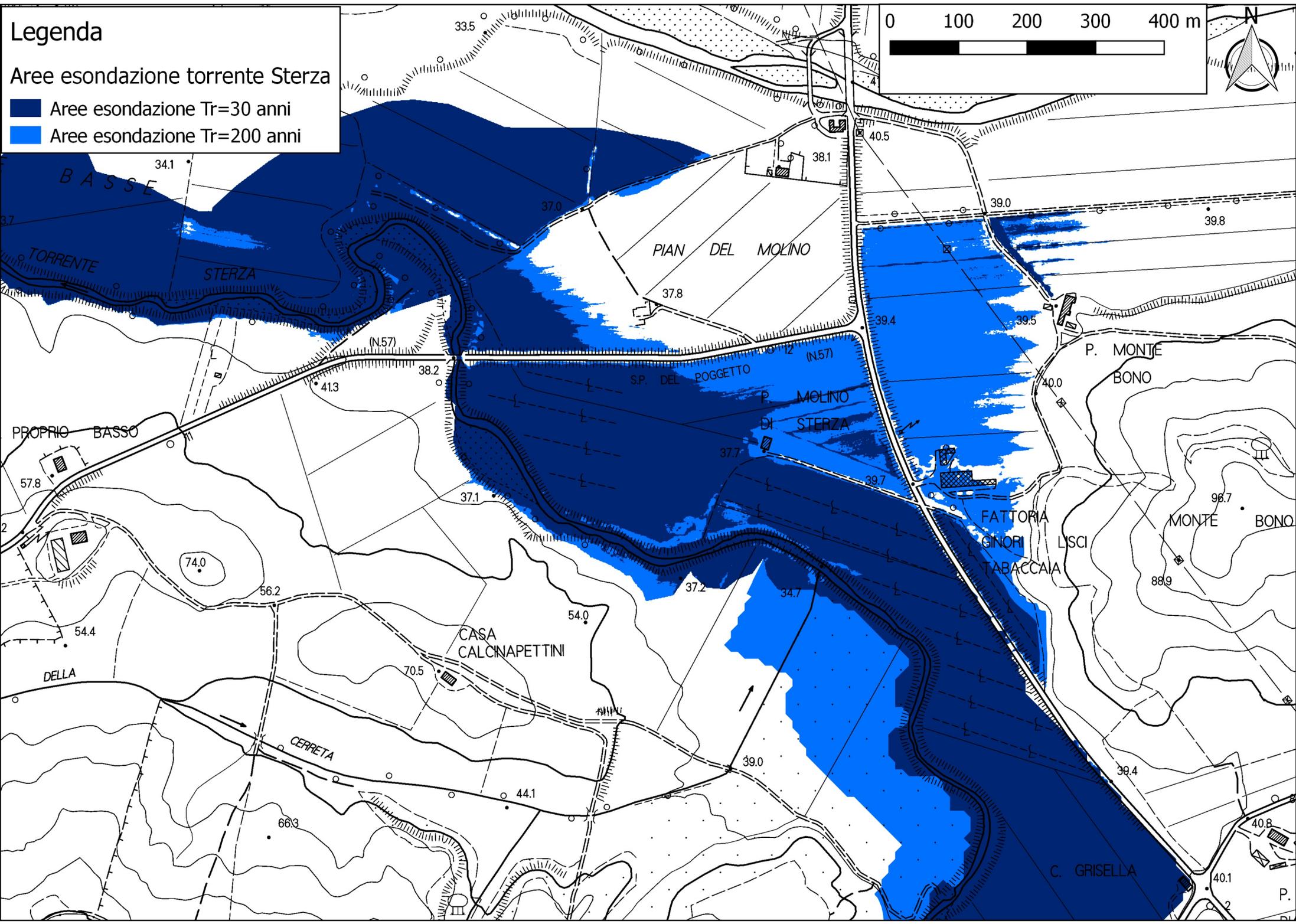


Planimetria del modello di calcolo, torrente Sterza

Legenda

Aree esondazione torrente Sterza

-  Aree esondazione Tr=30 anni
-  Aree esondazione Tr=200 anni



Legenda

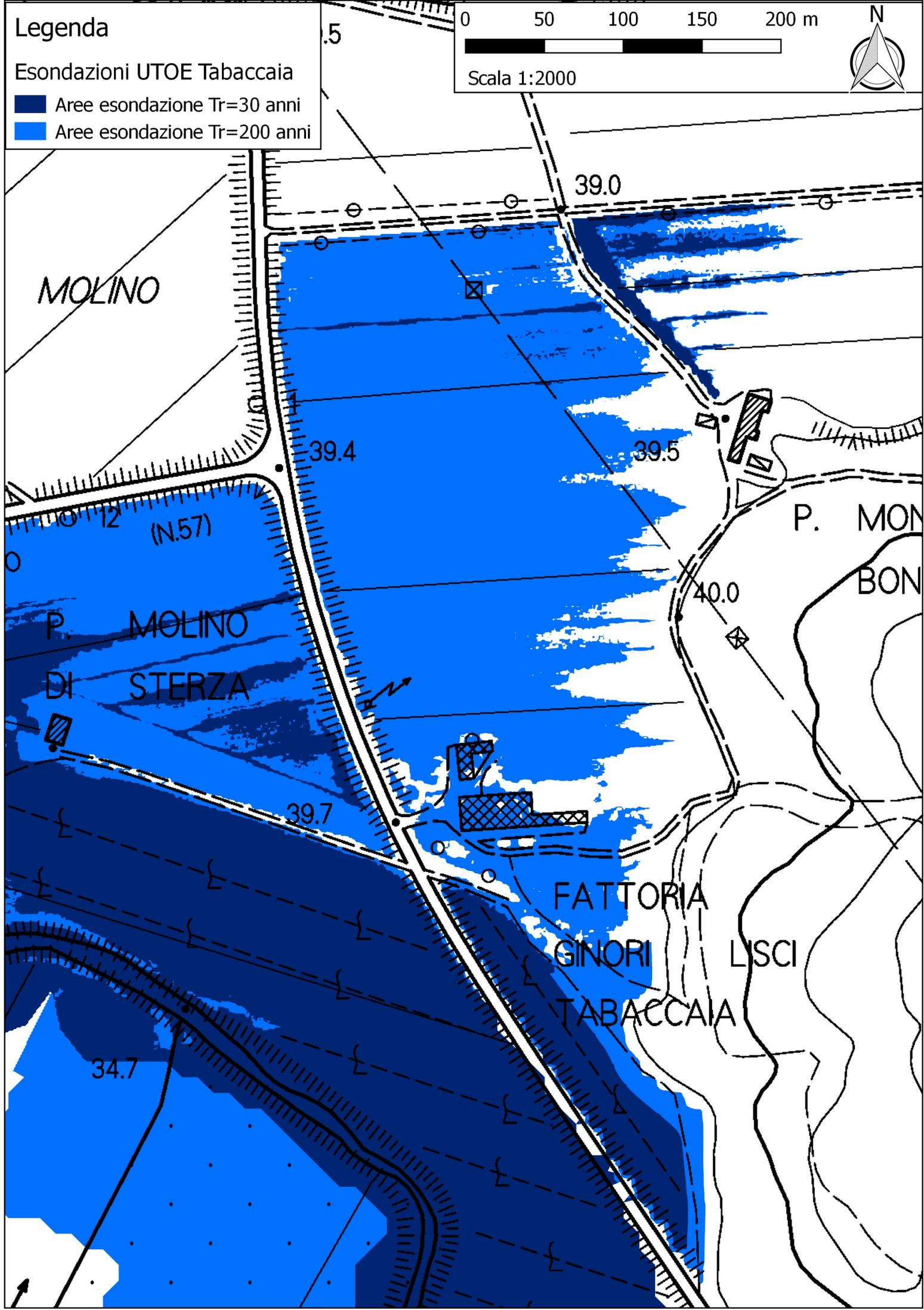
Esondazioni UTOE Tabaccaia

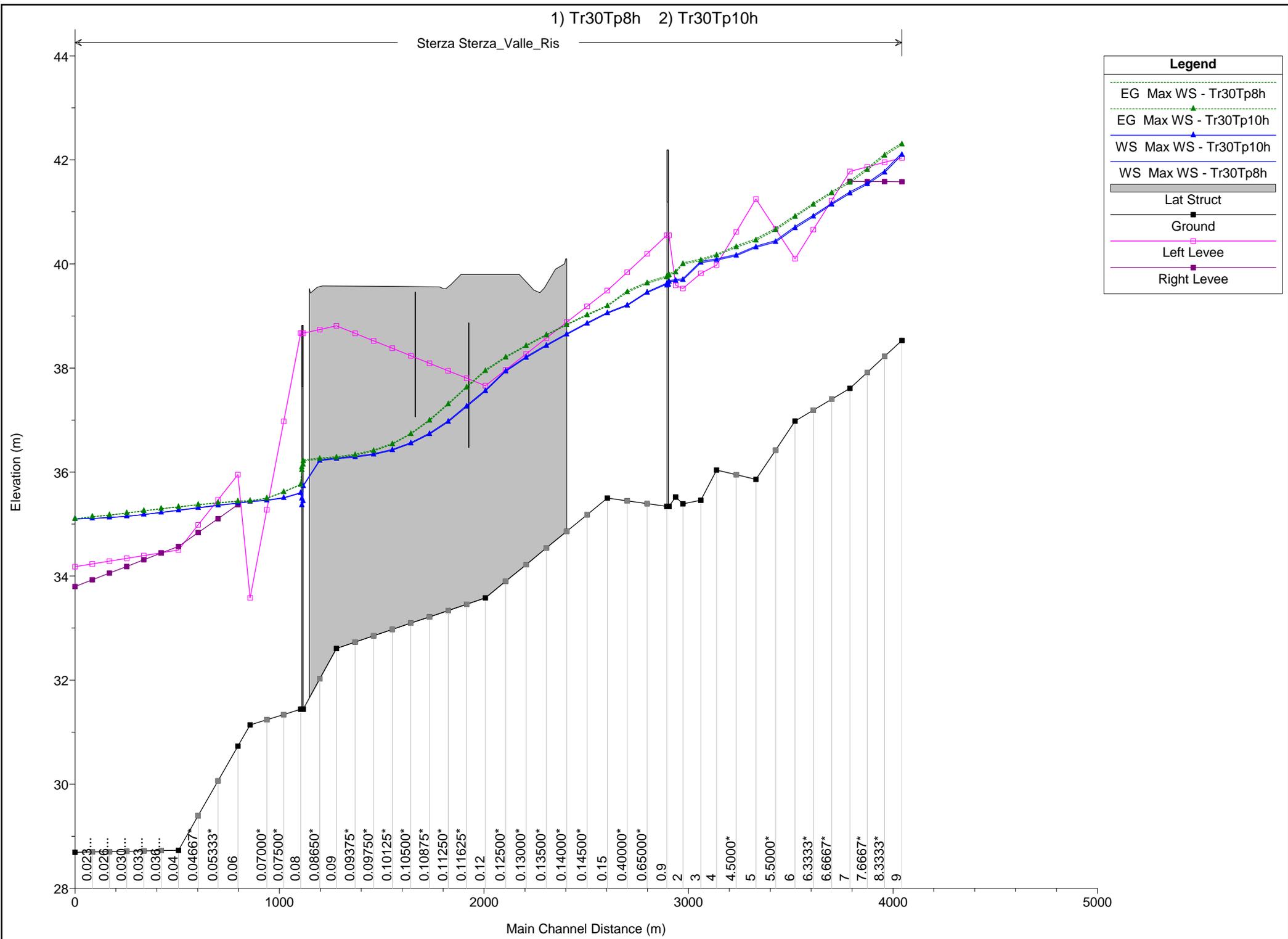
-  Aree esondazione Tr=30 anni
-  Aree esondazione Tr=200 anni

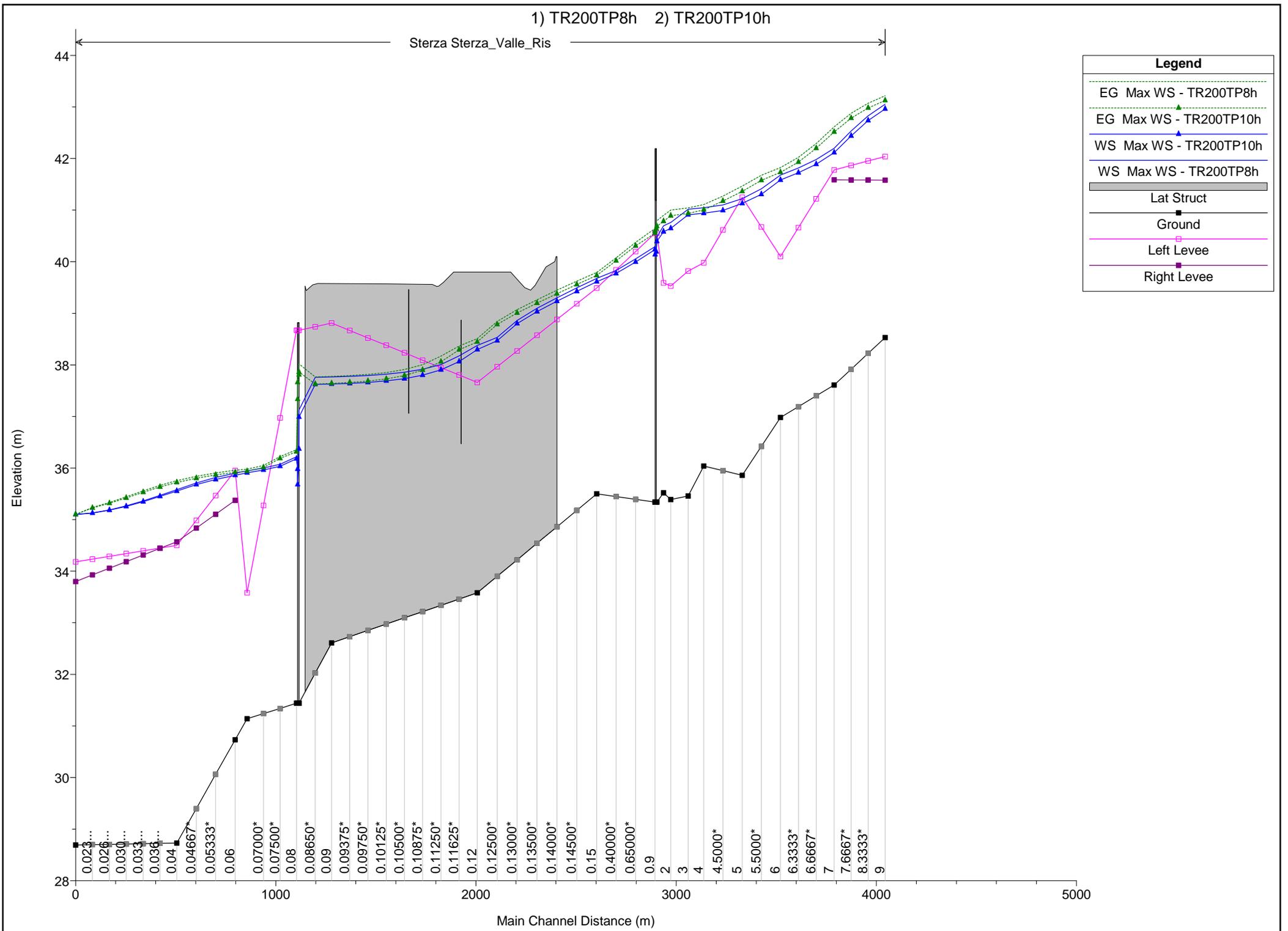
0 50 100 150 200 m



Scala 1:2000





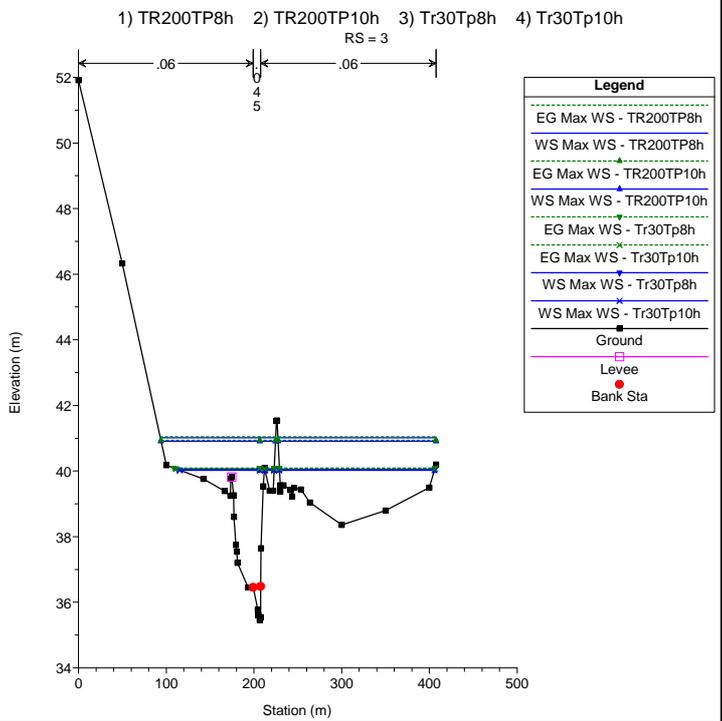
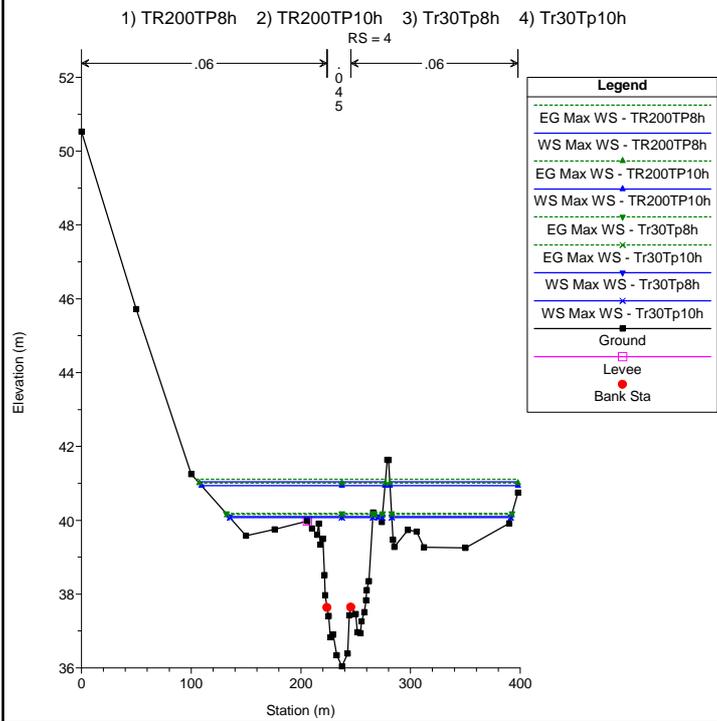
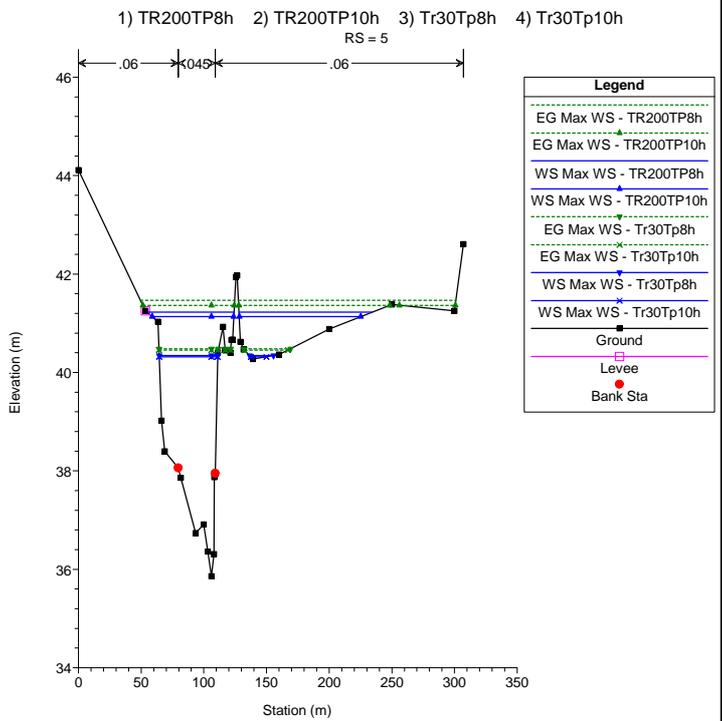
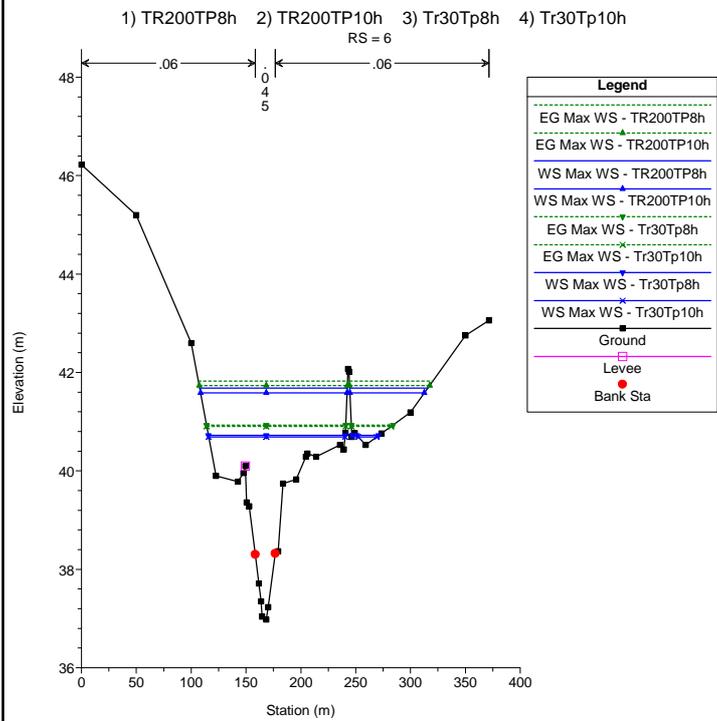
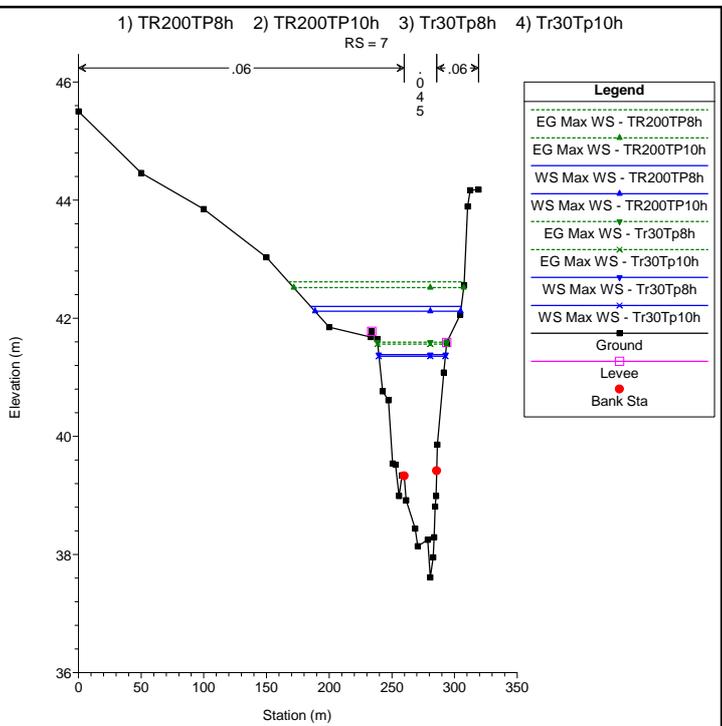
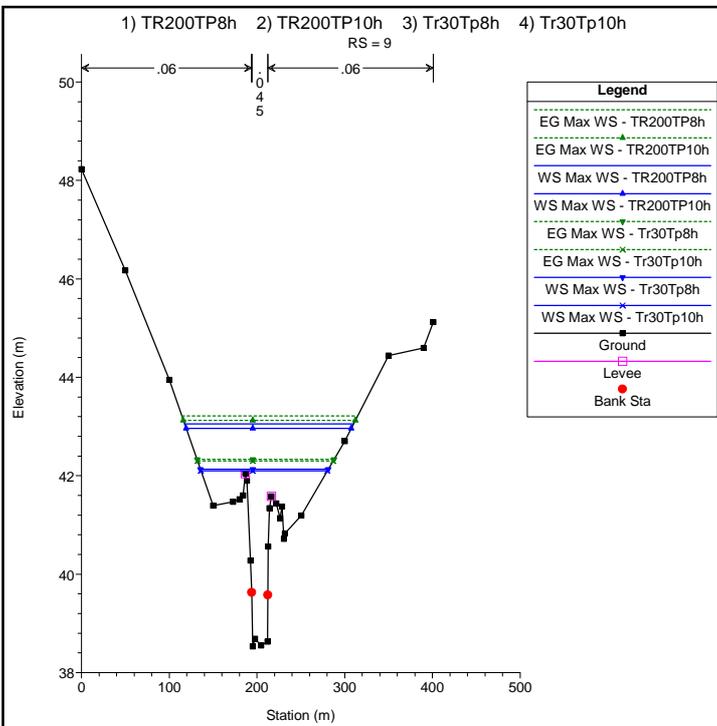


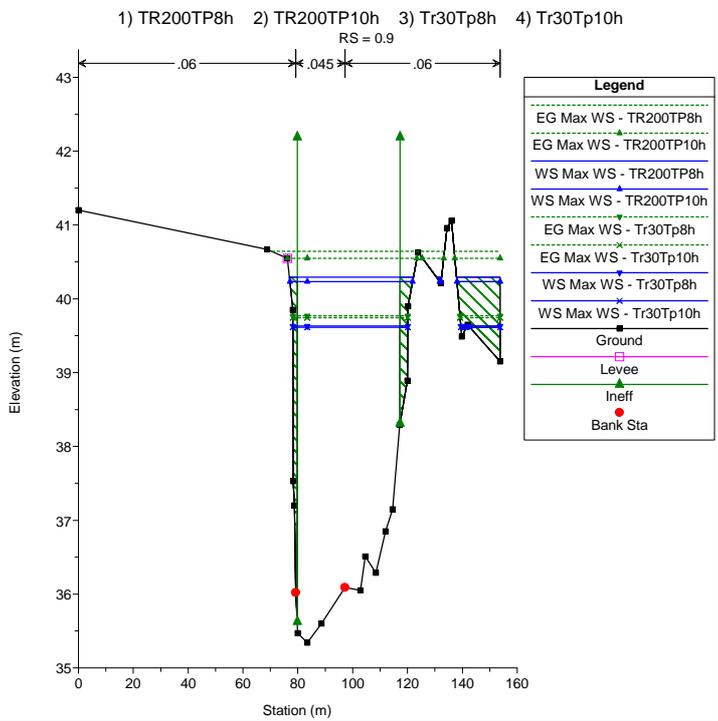
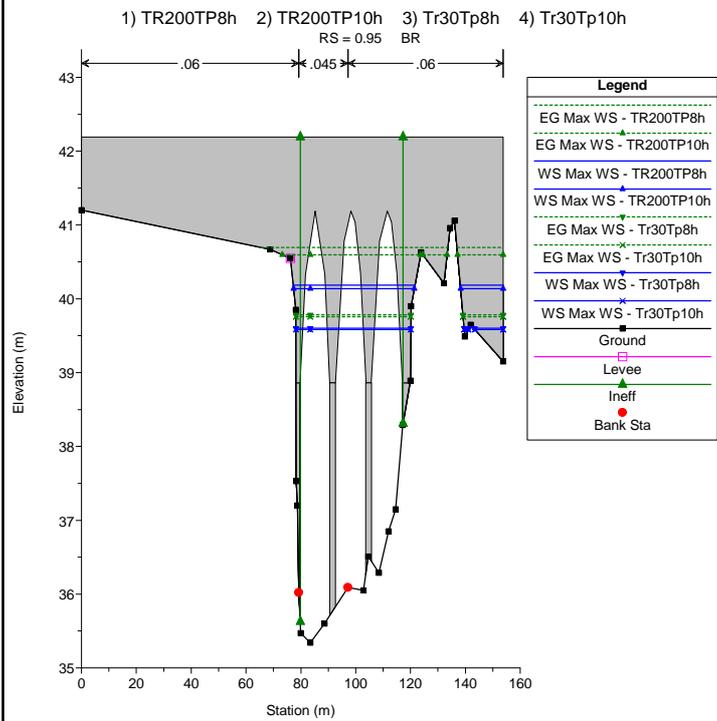
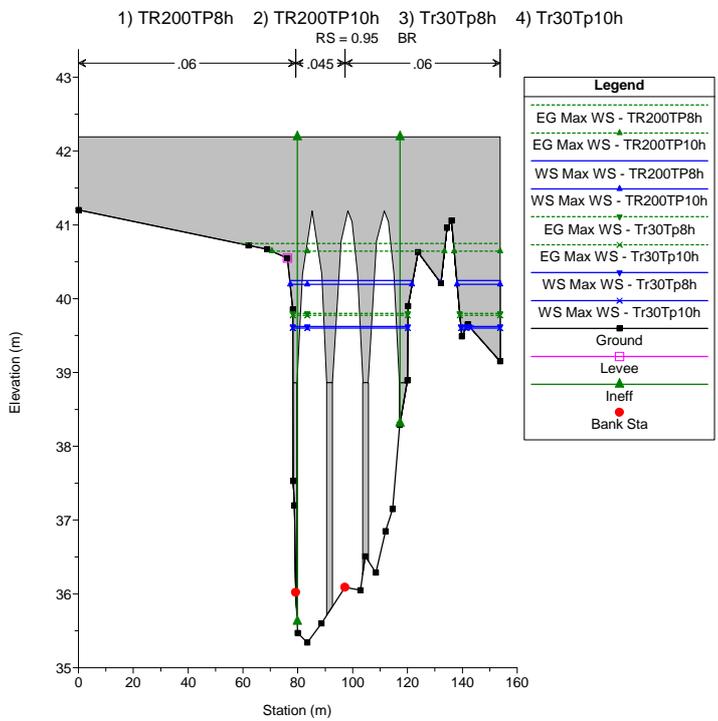
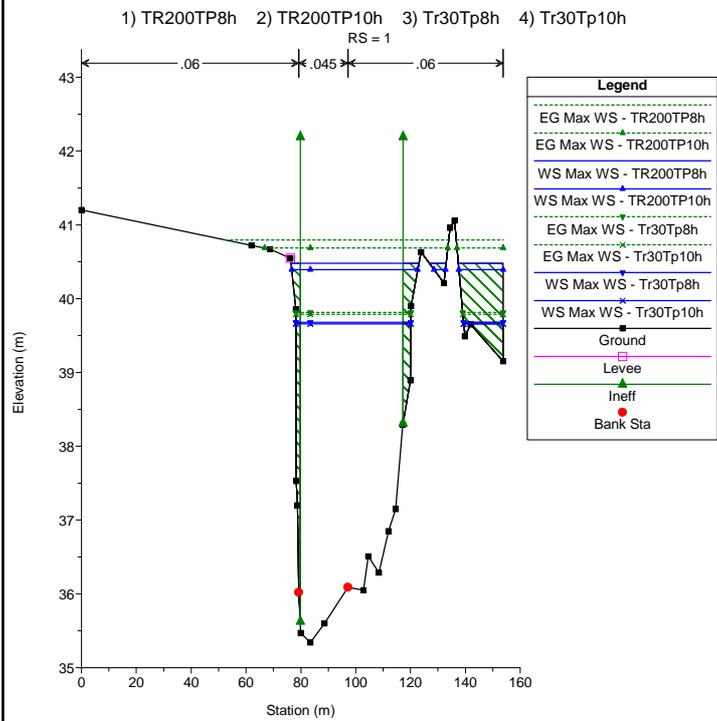
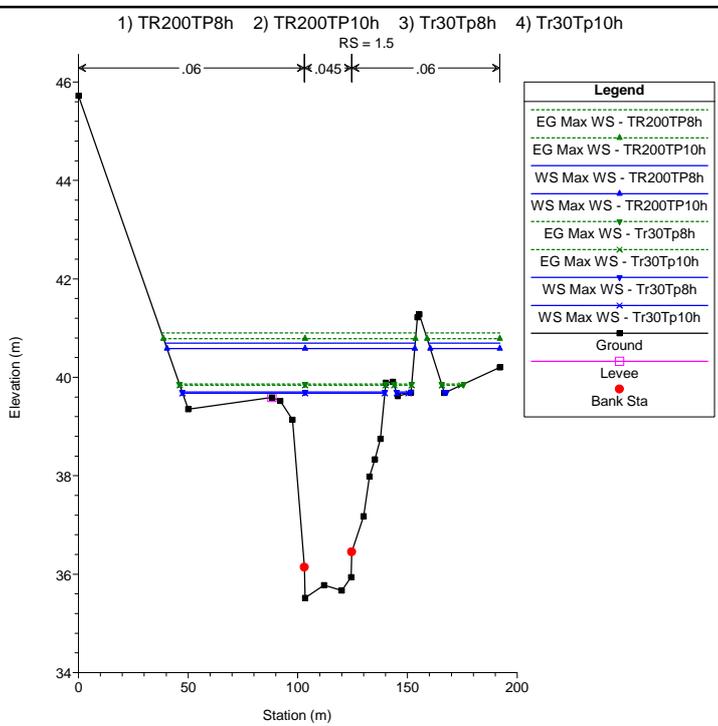
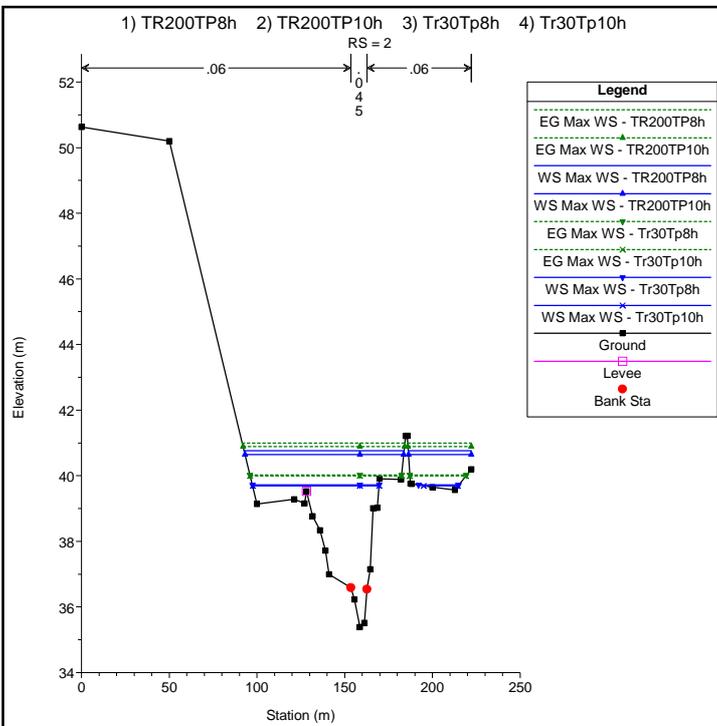
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Sterza_Valle_Ris	9	Max WS	199.79	38.53	42.13		42.33	0.002127	2.27	153.62	146.00	0.39
Sterza_Valle_Ris	7	Max WS	199.57	37.61	41.39		41.60	0.002263	2.16	111.49	53.37	0.40
Sterza_Valle_Ris	6	Max WS	199.14	36.98	40.72		40.93	0.002537	2.40	143.12	145.48	0.43
Sterza_Valle_Ris	5	Max WS	198.79	35.86	40.34		40.48	0.001298	1.74	130.31	65.79	0.30
Sterza_Valle_Ris	4	Max WS	198.41	36.04	40.10		40.18	0.001023	1.60	224.68	245.05	0.27
Sterza_Valle_Ris	3	Max WS	198.37	35.46	40.05		40.09	0.000810	1.53	328.70	286.59	0.24
Sterza_Valle_Ris	2	Max WS	198.24	35.39	39.72		40.02	0.003524	3.13	115.28	95.14	0.51
Sterza_Valle_Ris	1.5	Max WS	198.24	35.52	39.70		39.86	0.001237	1.92	138.46	100.34	0.31
Sterza_Valle_Ris	1	Max WS	198.25	35.34	39.68	37.64	39.81	0.001049	1.82	132.33	56.40	0.29
Sterza_Valle_Ris	0.95		Bridge									
Sterza_Valle_Ris	0.9	Max WS	198.21	35.34	39.63		39.77	0.001096	1.84	130.52	55.59	0.29
Sterza_Valle_Ris	0.15	Max WS	197.68	35.50	39.07		39.20	0.001821	2.09	191.11	317.38	0.36
Sterza_Valle_Ris	0.139		Lat Struct									
Sterza_Valle_Ris	0.12	Max WS	196.54	33.58	37.57		37.96	0.003406	3.04	109.05	123.18	0.50
Sterza_Valle_Ris	0.09	Max WS	192.33	32.61	36.27		36.29	0.000319	0.87	369.08	323.78	0.15
Sterza_Valle_Ris	0.083	Max WS	192.24	31.44	35.74	34.32	36.23	0.003335	3.15	63.33	550.30	0.50
Sterza_Valle_Ris	0.082		Bridge									
Sterza_Valle_Ris	0.081	Max WS	191.96	31.44	35.50		36.05	0.004126	3.36	59.29	203.21	0.55
Sterza_Valle_Ris	0.08	Max WS	192.12	31.44	35.60		35.76	0.001590	2.07	187.55	250.08	0.34
Sterza_Valle_Ris	0.065	Max WS	192.01	31.14	35.44		35.45	0.000253	0.80	408.08	246.73	0.13
Sterza_Valle_Ris	0.06	Max WS	192.00	30.73	35.41		35.44	0.000347	1.11	336.40	238.90	0.17
Sterza_Valle_Ris	0.04	Max WS	191.99	28.73	35.27		35.33	0.000438	1.45	217.75	123.30	0.19
Sterza_Valle_Ris	0.02	Max WS	20.00	28.69	35.10	29.33	35.10	0.000001	0.09	555.70	332.23	0.01

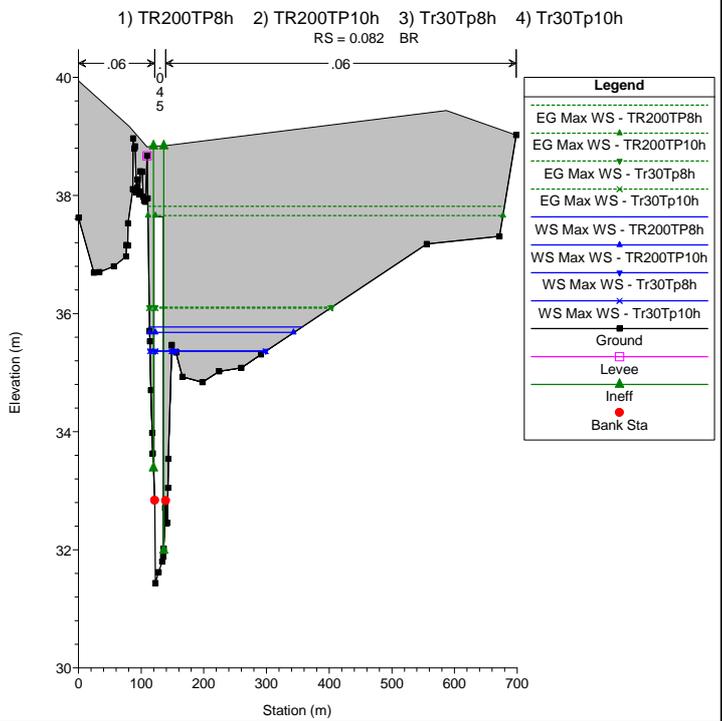
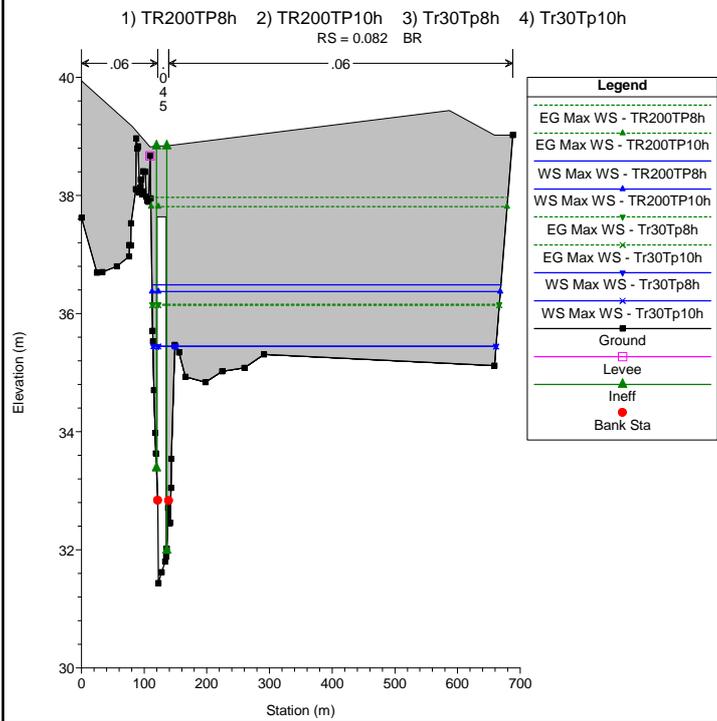
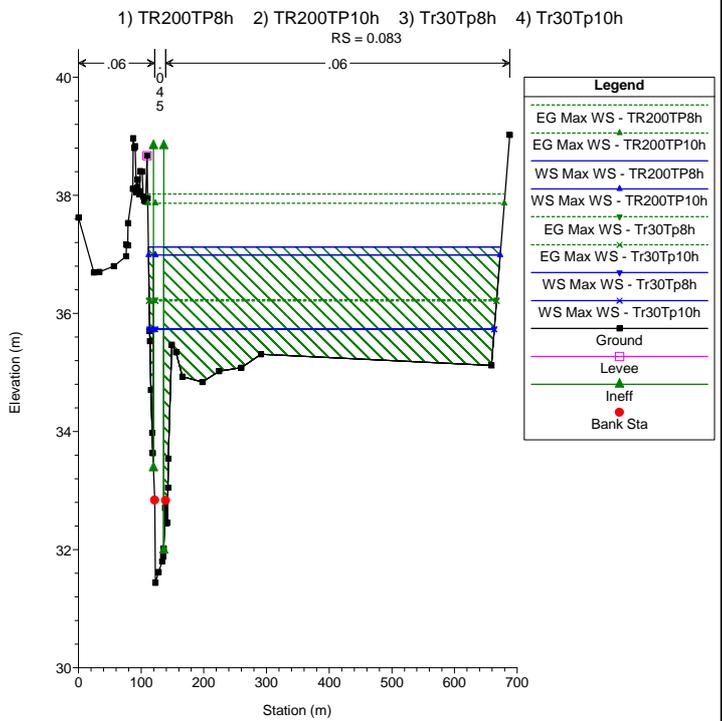
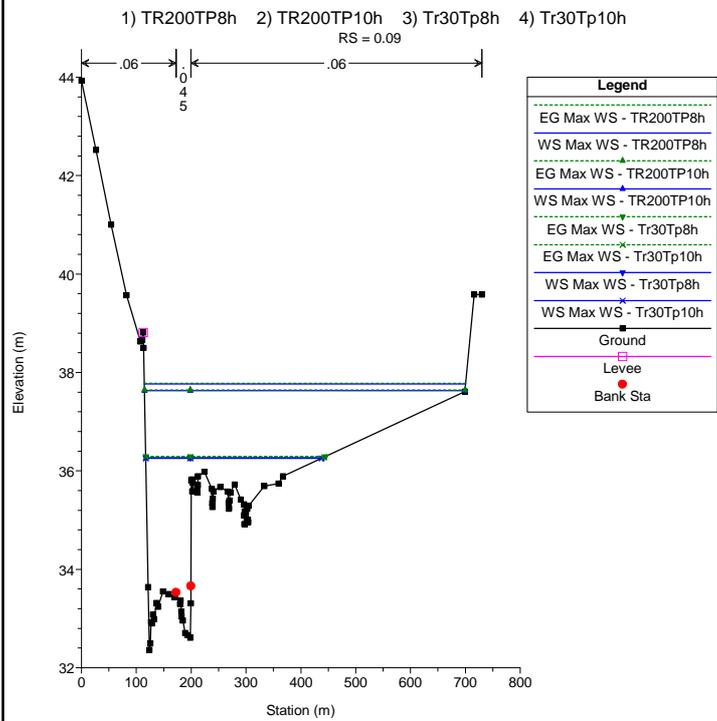
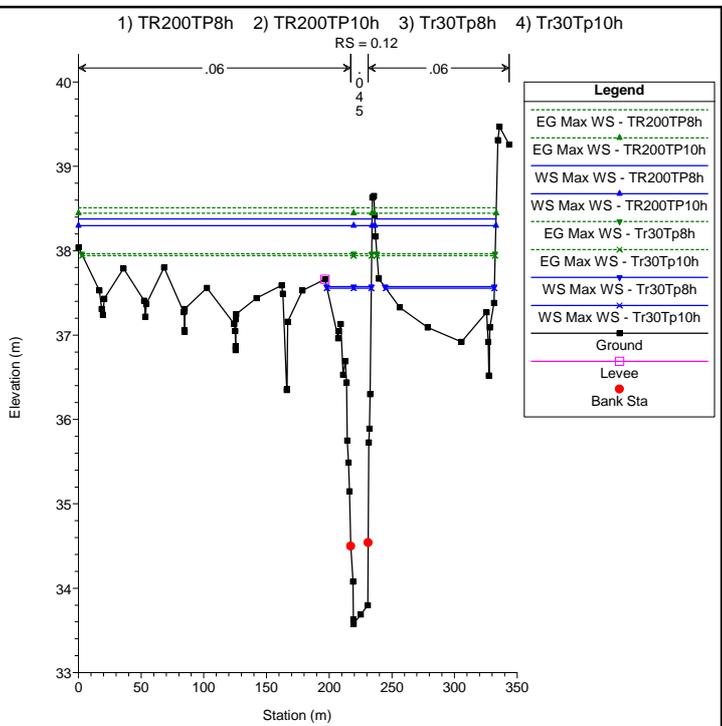
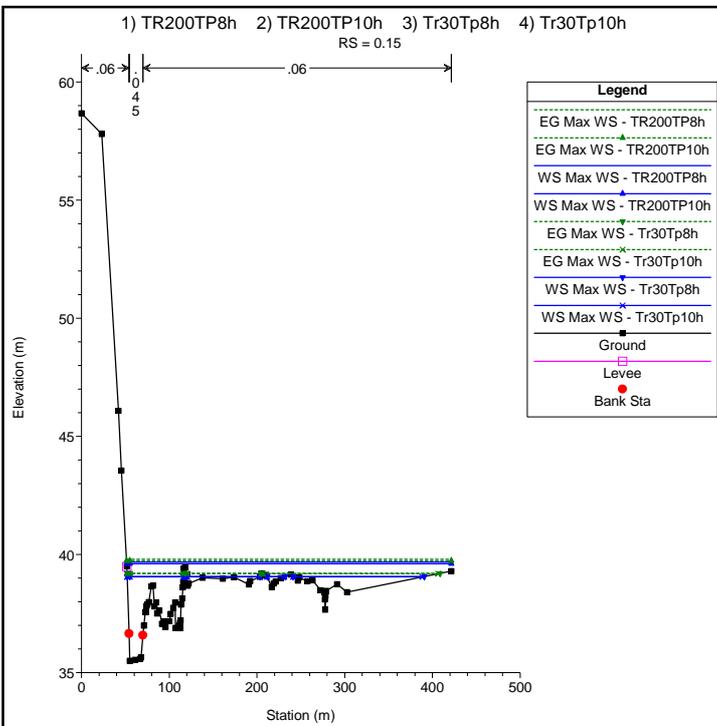
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Sterza_Valle_Ris	9	Max WS	195.42	38.53	42.10		42.30	0.002170	2.28	148.54	144.17	0.39
Sterza_Valle_Ris	7	Max WS	195.32	37.61	41.36		41.56	0.002252	2.14	109.92	53.08	0.40
Sterza_Valle_Ris	6	Max WS	194.98	36.98	40.69		40.91	0.002587	2.41	138.67	140.77	0.43
Sterza_Valle_Ris	5	Max WS	194.70	35.86	40.32		40.45	0.001279	1.72	128.76	59.13	0.30
Sterza_Valle_Ris	4	Max WS	194.42	36.04	40.07		40.16	0.001030	1.60	218.73	243.18	0.27
Sterza_Valle_Ris	3	Max WS	194.41	35.46	40.03		40.07	0.000820	1.53	321.58	283.44	0.24
Sterza_Valle_Ris	2	Max WS	194.33	35.39	39.69		40.00	0.003536	3.12	112.87	91.57	0.51
Sterza_Valle_Ris	1.5	Max WS	194.32	35.52	39.68		39.84	0.001223	1.90	136.08	97.63	0.31
Sterza_Valle_Ris	1	Max WS	194.33	35.34	39.66	37.62	39.79	0.001028	1.79	131.54	56.34	0.29
Sterza_Valle_Ris	0.95		Bridge									
Sterza_Valle_Ris	0.9	Max WS	194.31	35.34	39.61		39.74	0.001073	1.82	129.79	54.81	0.29
Sterza_Valle_Ris	0.15	Max WS	193.94	35.50	39.05		39.19	0.001816	2.08	186.21	313.08	0.36
Sterza_Valle_Ris	0.139		Lat Struct									
Sterza_Valle_Ris	0.12	Max WS	193.14	33.58	37.55	36.44	37.94	0.003401	3.03	106.63	121.86	0.50
Sterza_Valle_Ris	0.09	Max WS	190.28	32.61	36.25		36.28	0.000321	0.86	363.68	320.52	0.15
Sterza_Valle_Ris	0.083	Max WS	190.22	31.44	35.73	34.31	36.21	0.003303	3.13	63.10	550.18	0.50
Sterza_Valle_Ris	0.082		Bridge									
Sterza_Valle_Ris	0.081	Max WS	189.99	31.44	35.49		36.04	0.004063	3.33	59.19	202.38	0.55
Sterza_Valle_Ris	0.08	Max WS	190.12	31.44	35.59		35.75	0.001583	2.07	185.58	248.76	0.34
Sterza_Valle_Ris	0.065	Max WS	190.04	31.14	35.43		35.44	0.000250	0.79	406.65	246.70	0.13
Sterza_Valle_Ris	0.06	Max WS	190.03	30.73	35.40		35.44	0.000343	1.11	335.09	238.89	0.17
Sterza_Valle_Ris	0.04	Max WS	190.03	28.73	35.26		35.33	0.000430	1.44	217.37	123.06	0.19
Sterza_Valle_Ris	0.02	Max WS	20.00	28.69	35.10	29.33	35.10	0.000001	0.09	555.70	332.23	0.01

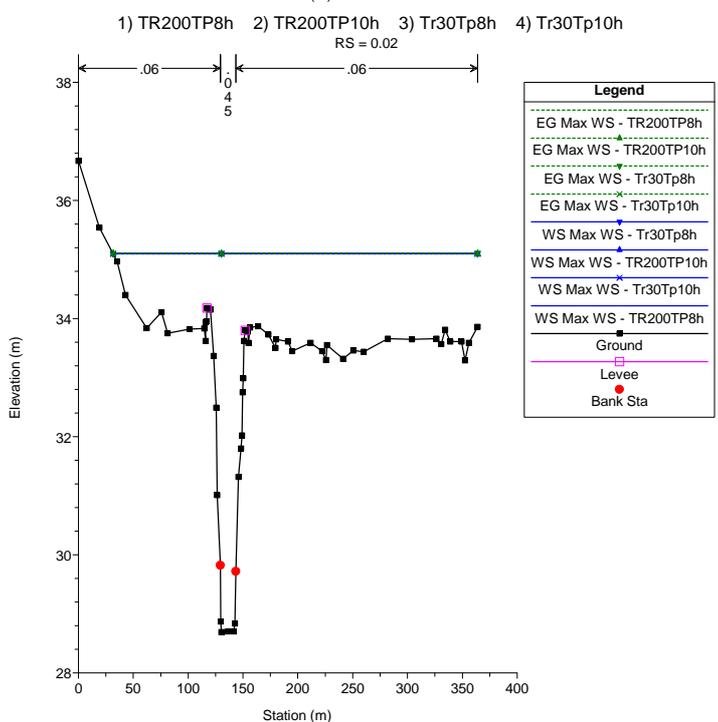
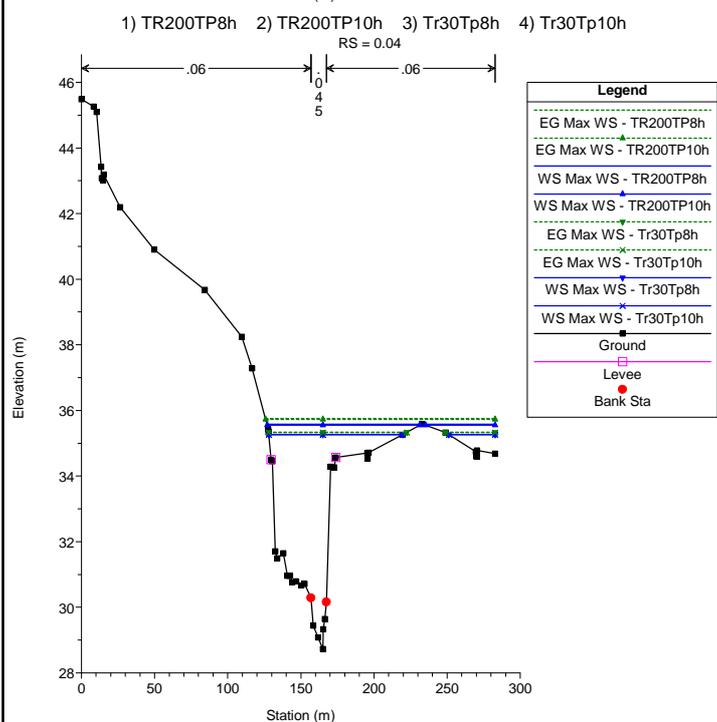
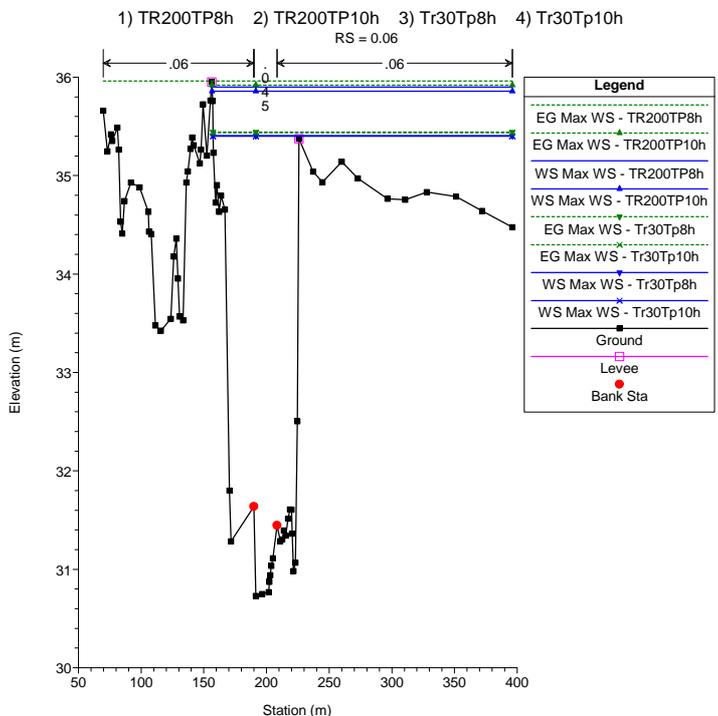
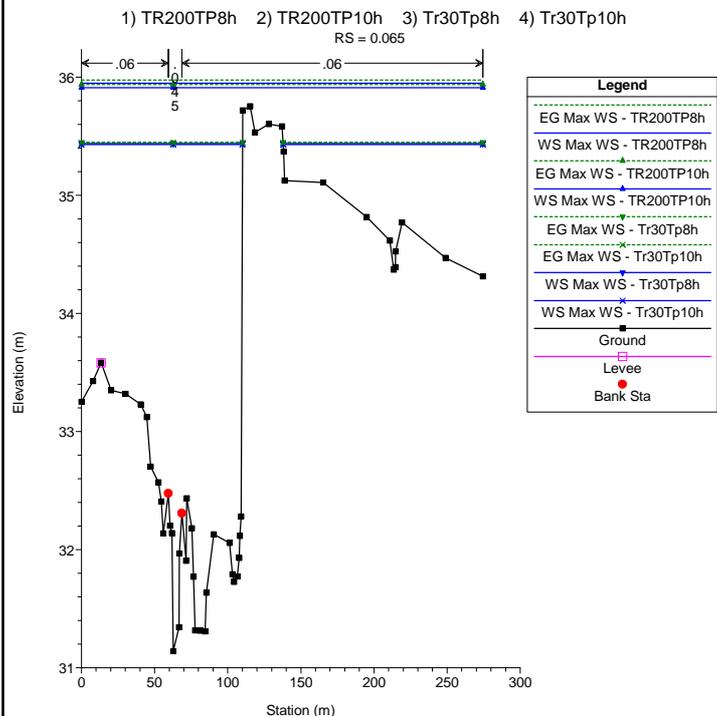
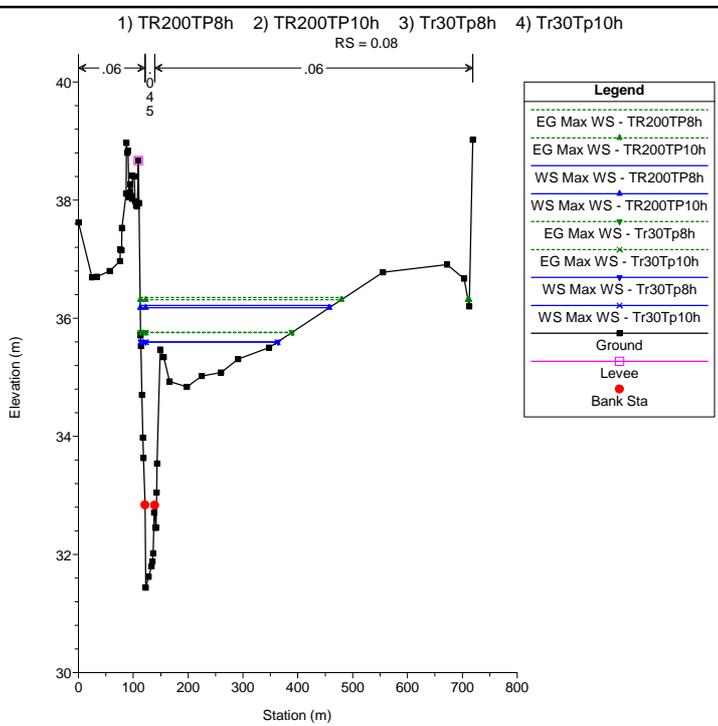
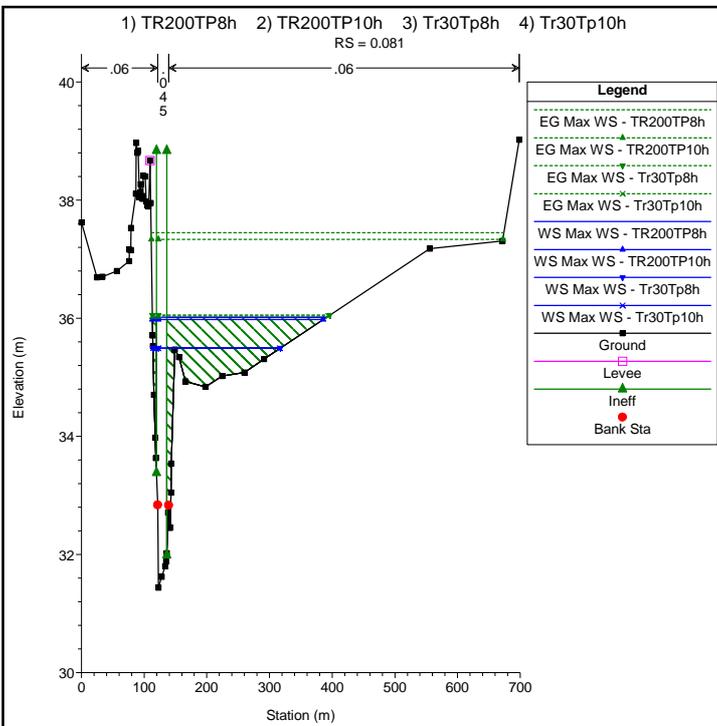
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Sterza_Valle_Ris	9	Max WS	382.08	38.53	43.05		43.22	0.001722	2.39	309.64	192.59	0.36
Sterza_Valle_Ris	7	Max WS	381.64	37.61	42.20		42.61	0.003428	3.13	180.12	120.28	0.51
Sterza_Valle_Ris	6	Max WS	380.93	36.98	41.68		41.83	0.001668	2.32	316.62	205.64	0.36
Sterza_Valle_Ris	5	Max WS	380.02	35.86	41.22		41.47	0.001836	2.42	237.44	175.60	0.38
Sterza_Valle_Ris	4	Max WS	379.80	36.04	41.05		41.11	0.000733	1.59	479.34	287.80	0.24
Sterza_Valle_Ris	3	Max WS	379.78	35.46	41.02		41.05	0.000470	1.34	623.69	311.74	0.19
Sterza_Valle_Ris	2	Max WS	379.74	35.39	40.76		41.00	0.002572	3.14	239.74	127.13	0.45
Sterza_Valle_Ris	1.5	Max WS	379.74	35.52	40.70		40.90	0.001397	2.37	269.06	146.55	0.34
Sterza_Valle_Ris	1	Max WS	379.74	35.34	40.48	38.52	40.80	0.001987	2.82	162.25	69.16	0.41
Sterza_Valle_Ris	0.95		Bridge									
Sterza_Valle_Ris	0.9	Max WS	379.69	35.34	40.29		40.64	0.002289	2.95	155.32	63.04	0.44
Sterza_Valle_Ris	0.15	Max WS	379.10	35.50	39.68		39.79	0.001728	2.27	410.07	369.94	0.36
Sterza_Valle_Ris	0.139		Lat Struct									
Sterza_Valle_Ris	0.12	Max WS	373.30	33.58	38.38		38.51	0.001637	2.40	387.78	331.06	0.36
Sterza_Valle_Ris	0.09	Max WS	353.76	32.61	37.77		37.78	0.000117	0.67	1068.92	585.95	0.10
Sterza_Valle_Ris	0.083	Max WS	353.74	31.44	37.13	35.55	38.02	0.004134	4.27	85.98	562.31	0.58
Sterza_Valle_Ris	0.082		Bridge									
Sterza_Valle_Ris	0.081	Max WS	352.60	31.44	36.01		37.45	0.008984	5.40	67.77	277.79	0.83
Sterza_Valle_Ris	0.08	Max WS	353.24	31.44	36.22		36.35	0.001532	2.25	372.30	351.27	0.34
Sterza_Valle_Ris	0.065	Max WS	352.55	31.14	35.95		35.98	0.000538	1.27	543.44	274.46	0.20
Sterza_Valle_Ris	0.06	Max WS	352.46	30.73	35.90		35.96	0.000565	1.52	454.58	239.72	0.22
Sterza_Valle_Ris	0.04	Max WS	352.44	28.73	35.58		35.76	0.001124	2.41	261.10	155.07	0.31
Sterza_Valle_Ris	0.02	Max WS	20.00	28.69	35.10	29.33	35.10	0.000001	0.09	555.70	332.23	0.01

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
Sterza_Valle_Ris	9	Max WS	358.37	38.53	42.96		43.13	0.001729	2.36	292.58	188.27	0.36
Sterza_Valle_Ris	7	Max WS	358.12	37.61	42.12		42.52	0.003371	3.05	170.18	116.18	0.51
Sterza_Valle_Ris	6	Max WS	357.64	36.98	41.58		41.73	0.001710	2.31	297.20	201.42	0.37
Sterza_Valle_Ris	5	Max WS	357.06	35.86	41.13		41.36	0.001768	2.34	222.01	161.94	0.37
Sterza_Valle_Ris	4	Max WS	356.80	36.04	40.94		41.00	0.000766	1.60	448.66	284.07	0.25
Sterza_Valle_Ris	3	Max WS	356.79	35.46	40.91		40.94	0.000492	1.35	589.84	310.48	0.19
Sterza_Valle_Ris	2	Max WS	356.76	35.39	40.65		40.89	0.002670	3.15	225.15	126.23	0.46
Sterza_Valle_Ris	1.5	Max WS	356.74	35.52	40.58		40.78	0.001417	2.35	252.24	144.60	0.34
Sterza_Valle_Ris	1	Max WS	356.75	35.34	40.39	38.42	40.69	0.001871	2.71	159.04	66.33	0.40
Sterza_Valle_Ris	0.95		Bridge									
Sterza_Valle_Ris	0.9	Max WS	356.71	35.34	40.23		40.55	0.002120	2.82	153.05	61.03	0.42
Sterza_Valle_Ris	0.15	Max WS	356.34	35.50	39.61		39.73	0.001779	2.28	387.07	369.85	0.37
Sterza_Valle_Ris	0.139		Lat Struct									
Sterza_Valle_Ris	0.12	Max WS	353.58	33.58	38.30		38.44	0.001745	2.45	362.27	330.63	0.37
Sterza_Valle_Ris	0.09	Max WS	340.48	32.61	37.63		37.64	0.000133	0.70	988.47	584.55	0.10
Sterza_Valle_Ris	0.083	Max WS	340.47	31.44	36.99	35.46	37.86	0.004176	4.21	83.75	561.13	0.59
Sterza_Valle_Ris	0.082		Bridge									
Sterza_Valle_Ris	0.081	Max WS	340.00	31.44	35.98		37.33	0.008586	5.25	67.21	272.87	0.81
Sterza_Valle_Ris	0.08	Max WS	340.25	31.44	36.18		36.32	0.001533	2.24	358.83	344.58	0.34
Sterza_Valle_Ris	0.065	Max WS	340.07	31.14	35.91		35.94	0.000531	1.25	533.16	274.46	0.20
Sterza_Valle_Ris	0.06	Max WS	340.05	30.73	35.86		35.92	0.000556	1.50	444.80	239.59	0.22
Sterza_Valle_Ris	0.04	Max WS	340.03	28.73	35.55		35.72	0.001071	2.34	256.98	152.15	0.30
Sterza_Valle_Ris	0.02	Max WS	20.00	28.69	35.10	29.33	35.10	0.000001	0.09	555.70	332.23	0.01

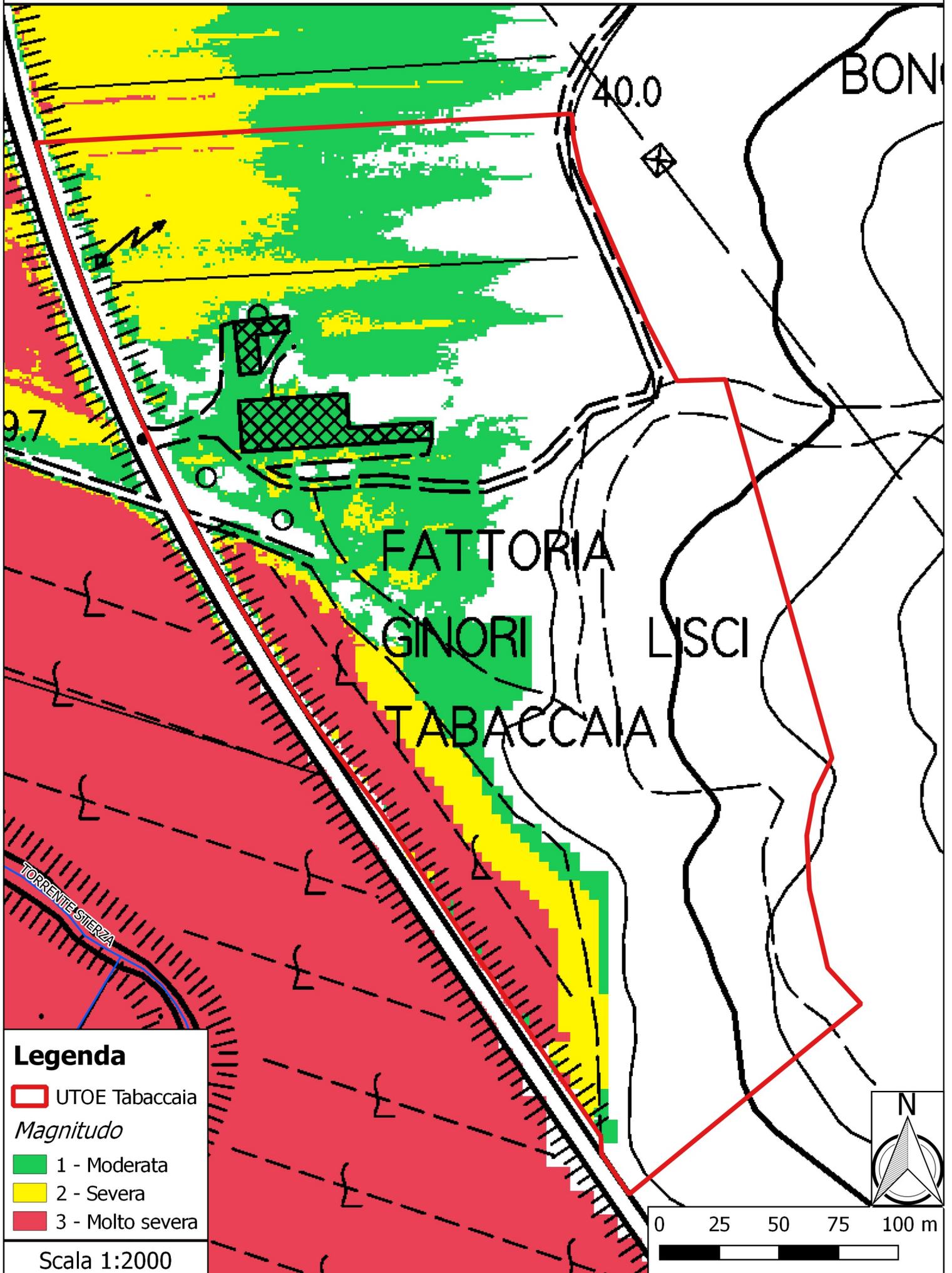








Planimetria della magnitudo idraulica per la UTOE Tabaccaia



Legenda

UTOE Tabaccaia

Magnitudo

1 - Moderata

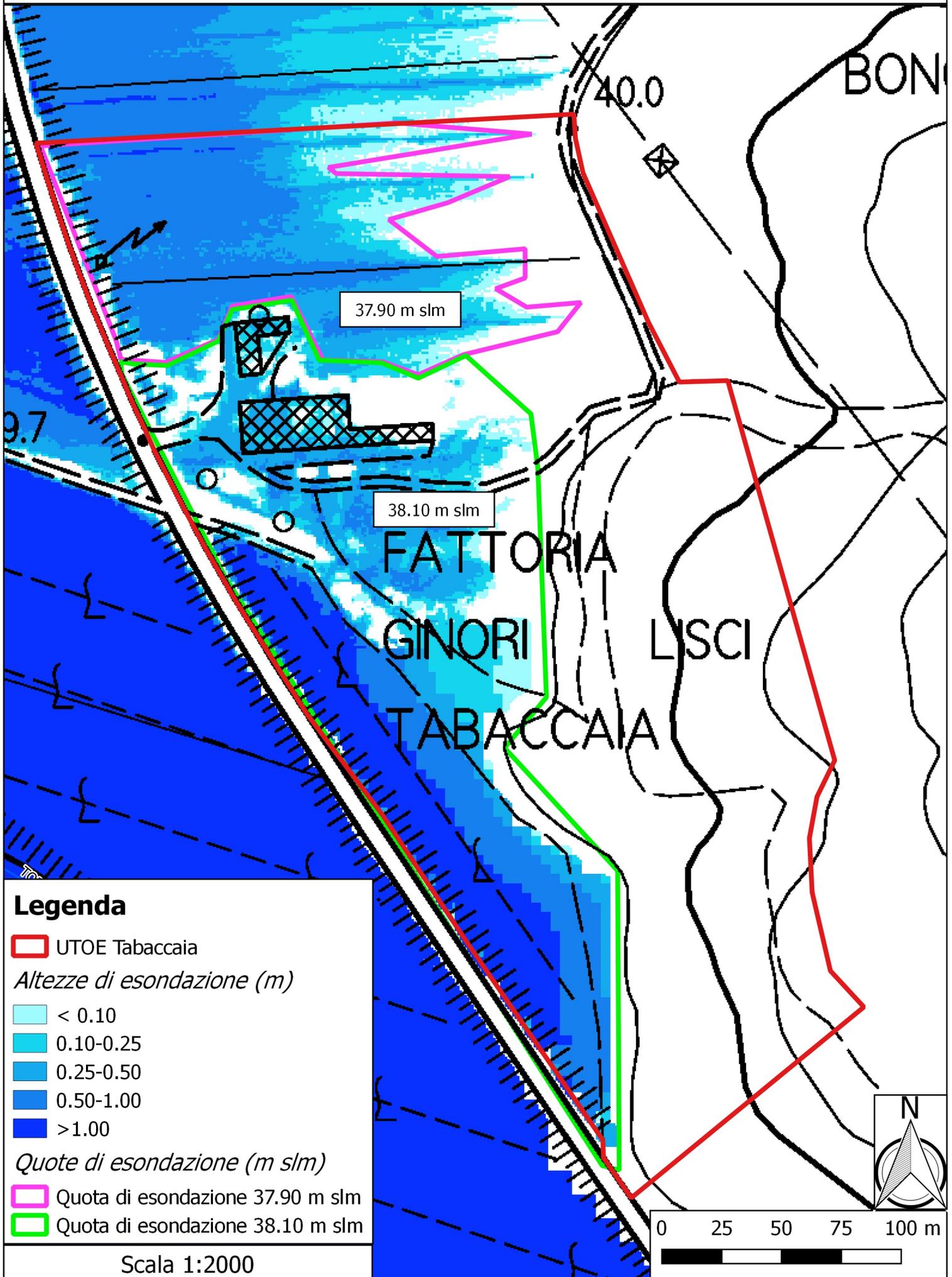
2 - Severa

3 - Molto severa

Scala 1:2000

0 25 50 75 100 m

Altezze di esondazione per la UTOE Tabaccaia (Tr = 200 anni)



Planimetria delle velocità per la UTOE Tabaccaia (Tr = 200 anni)

