



COMUNE DI AREZZO

Direzione Tecnica

Servizio Progettazione OO.PP.

*Prolungamento Tangenziale Urbana
nel tratto posto tra l'intersezione
con la SS71 Umbro-Casentinese e la
SP44 della Catona*

Progetto
ESECUTIVO

Relazione Idrologica e Idraulica

Documento:
D.02a

Progettisti:

Geom. Valerio Sandroni

Geom. Marco Moretti

Servizio Progettazione OO.PP.

Progettista impianto P.I.:

Per. Ind. Stefano Carrai

Ufficio Opere Pubbliche

Progettista strutturale rete idraulica:

PROGEO Engineering srl

sede Via Don Luigi Sturzo 43/a, AREZZO

Coordinatore Sicurezza in fase di progettazione:

Dott.Ing.Luca Romolini

Servizio Progettazione OO.PP.

Data: Novembre 2018 Prot. n. 157874 / L.02.01 / 2017

Responsabile Unico del Procedimento

Dott. Ing. Antonella Fabbianelli



COMUNE DI AREZZO

Direzione Tecnica

Servizio OO.PP. e Manutenzione

*Prolungamento Tangenziale Urbana
nel tratto posto tra l'intersezione
con la SS71 Umbro-Casentinese e la
SP44 della Catona*

Progetto ESECUTIVO

Relazione idrologico idraulica

Progettisti:

Geom. Valerio Sandroni

Geom. Marco Moretti

Servizio OO.PP. e Manutenzione

Consulenti Geologia ed Idraulica:

DOTT. GEOL. MASSIMILIANO ROSSI

DOTT. GEOL. FABIO POGGI

DOTT. ING. DAVIDE GIOVANNUZZI

DOTT. ING. GREGORIO BARTOLUCCI



ProGeo Engineering S.r.l.

via Don Luigi Sturzo, 43/A - 52100 Arezzo

tel 0575 324114 fax 0575 406473 email info@progeo.arezzo.it

partita IVA 01994080511

Data: **Novembre 2018** Prot. n. ____ / ____ / ____

Responsabile Unico del Procedimento

Dott. Ing. Antonella Fabbianelli



INDICE

INDICE.....	1
1. PREMESSA E NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
2. CARATTERISTICHE GEO-MORFOLOGICHE DELL'AREA DI STUDIO	4
2.1 Inquadramento Generale.....	4
2.2 Inquadramento geomorfologico.....	7
2.3 Definizione del Reticolo di Studio.....	8
2.4 Individuazione dei Bacini	10
3. RILIEVO DELLE SEZIONI D'ALVEO E CARTOGRAFIA DI RIFERIMENTO	12
3.1 Torrente Frassine	12
3.2 Torrente Gavardello	14
4. ANALISI IDROLOGICA	19
4.1 Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica.....	20
4.1.1 Linee segnalatrici di possibilità pluviometrica puntuali.....	20
4.1.2 Linee segnalatrici di possibilità pluviometrica areali	23
4.1.3 Durata critica di pioggia.....	24
4.2 Pioggia effettiva.....	26
4.2.1 Modello di infiltrazione - Metodo SCS-CN	26
4.2.2 Determinazione del CN.....	31
4.3 Portate di progetto. Trasformazione afflussi/deflussi	32
4.3.1 Modello SCS-CN	32
4.3.2 Modello Kinematic Wave.....	33
4.3.3 Stima del <i>lag time</i>	34
4.3.4 Risultati della modellazione idrologica	34
5. ANALISI IDRAULICA.....	36
5.1 Descrizione della modellazione idraulica	36
5.2 Modellazioni idrauliche monodimensionali con Hec-Ras 5.0.3.....	36
5.3 Modellazioni idrauliche bidimensionali - HEC-RAS 5.0.3.....	37
5.4 Modello "Frassine-Gavardello"	39
6. RISULTATI DELLA MODELLAZIONE IDRAULICA	41
7. INTERVENTI PER LA MESSA IN SICUREZZA E PER IL MIGLIORAMENTO DELLA RETE DI SMALTIMENTO DELLE ACQUE METEORICHE.....	49





7.1	Messa in sicurezza idraulica dell'opera	49
7.2	Rete di smaltimento delle acque meteoriche.....	49
7.2.1	Rotonda SP44	49
7.2.2	Nuovo tratto di tangenziale urbana – scarico Maspino	50
7.2.3	Nuovo tratto di tangenziale urbana – scarico Gavardello.....	51
8.	MODELLAZIONE IDRAULICA ALLO STATO DI PROGETTO E RISULTATI.....	53
9.	CONCLUSIONE.....	57
10.	CONSIDERAZIONI FINALI	58
	ALLEGATI HEC-RAS.....	59





1. PREMESSA E NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il presente studio idrologico ed idraulico è redatto su incarico del Comune di Arezzo, a supporto del progetto esecutivo alla realizzazione del Prolungamento della Tangenziale Urbana nel tratto posto tra l'intersezione con la SR71 Umbro-Casentinese e la SP44 della Catona.

Il lavoro intende caratterizzare gli aspetti connessi alla probabilità di allagamento per fenomeni di esondazione dai corsi d'acqua compresi nel reticolo idrografico regionale di cui alla LR 79/2012 aggiornato con Delibera di Consiglio 101/2016 e Delibera di Giunta 1357/2017, potenzialmente interferenti con l'area oggetto di variante.

Le indicazioni circa la propensione all'allagabilità saranno fornite considerando tempi di ritorno degli eventi meteorici pari a 30 e 200 anni in relazione a quanto previsto dal DPGR 25.11.2011 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”* per l'individuazione delle classi di pericolosità idraulica.

Al fine di definire le perimetrazioni delle aree allagabili per eventi con $Tr \leq 30$ anni ed eventi con $30 < Tr \leq 200$ anni sono state implementate le modellazioni idrologico-idrauliche monodimensionali e bidimensionali con il codice di calcolo HEC-RAS 5.0.3.

Il presente studio si articola nelle seguenti fasi:

- **Quadro conoscitivo** e definizione delle aste idrauliche interferenti;
- **Analisi idrologica** contenente la metodologia adottata per la stima delle portate di progetto per vari tempi di ritorno;
- **Analisi idraulica** contenente la descrizione delle modellazioni svolte (bidimensionale, moto vario) ed i risultati conseguiti in termini di stima e localizzazione delle volumetrie di esondazione per i vari tempi di ritorno e la relativa perimetrazione delle aree allagate.

Una volta definito lo stato attuale circa la propensione di allagamento, saranno valutati gli eventuali interventi di messa in sicurezza idraulica e la definizione del reticolo di smaltimento delle acque meteoriche di progetto connesso alla realizzazione dell'opera.

Dato che la tipologia d'intervento riguarda la realizzazione di viabilità comunale e quindi non primaria, ai sensi della Disciplina di Piano dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'appennino Settentrionale, la stessa non si esprime ai sensi dell'Art. 7 comma 2 lettere c/d e Art. 9 comma 2 lettere c/d.





2. CARATTERISTICHE GEO-MORFOLOGICHE DELL'AREA DI STUDIO

2.1 Inquadramento Generale

L'intervento oggetto del presente studio riguarda la realizzazione del prolungamento della Tangenziale Urbana tra la rotatoria all'intersezione con la SS71 Umbro Casentinese e la SP44 della Catona nel Comune di Arezzo (Fig. 2.1).

L'opera sarà realizzata in prossimità dell'abitato di Ceciliano (Fig. 2.2) e consiste nella costruzione di un nuovo tratto di strada dalla rotatoria lungo la SR71 alla SP44 della Catona e una nuova rotatoria sulla SP44 (la Catona). A tal proposito si veda Fig. 2.3.

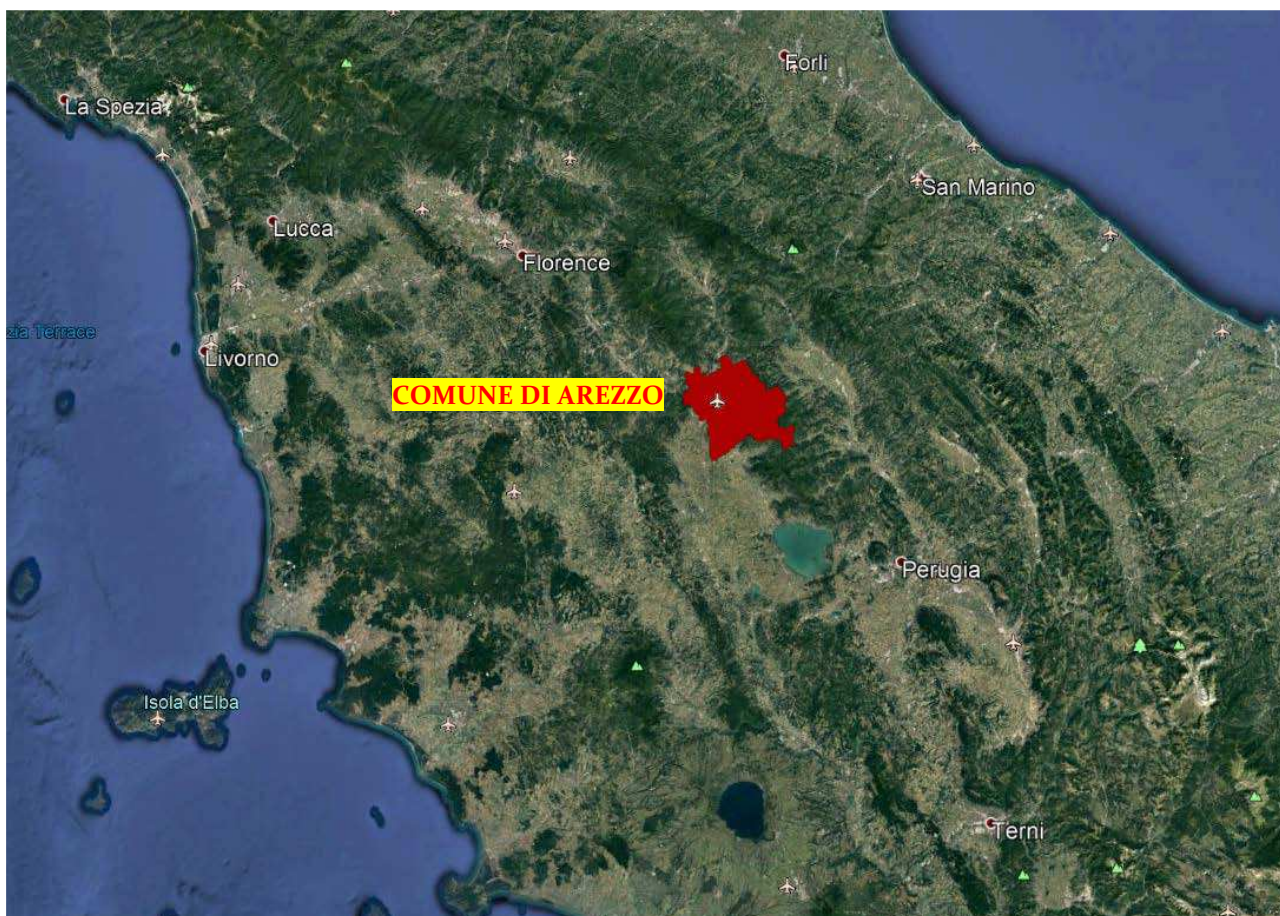


Fig. 2.1 – Individuazione del territorio comunale (estratto da Google Earth)



Fig. 2.2 – Individuazione dell'intervento. In rosso il confine comunale (estratto da Google Earth)

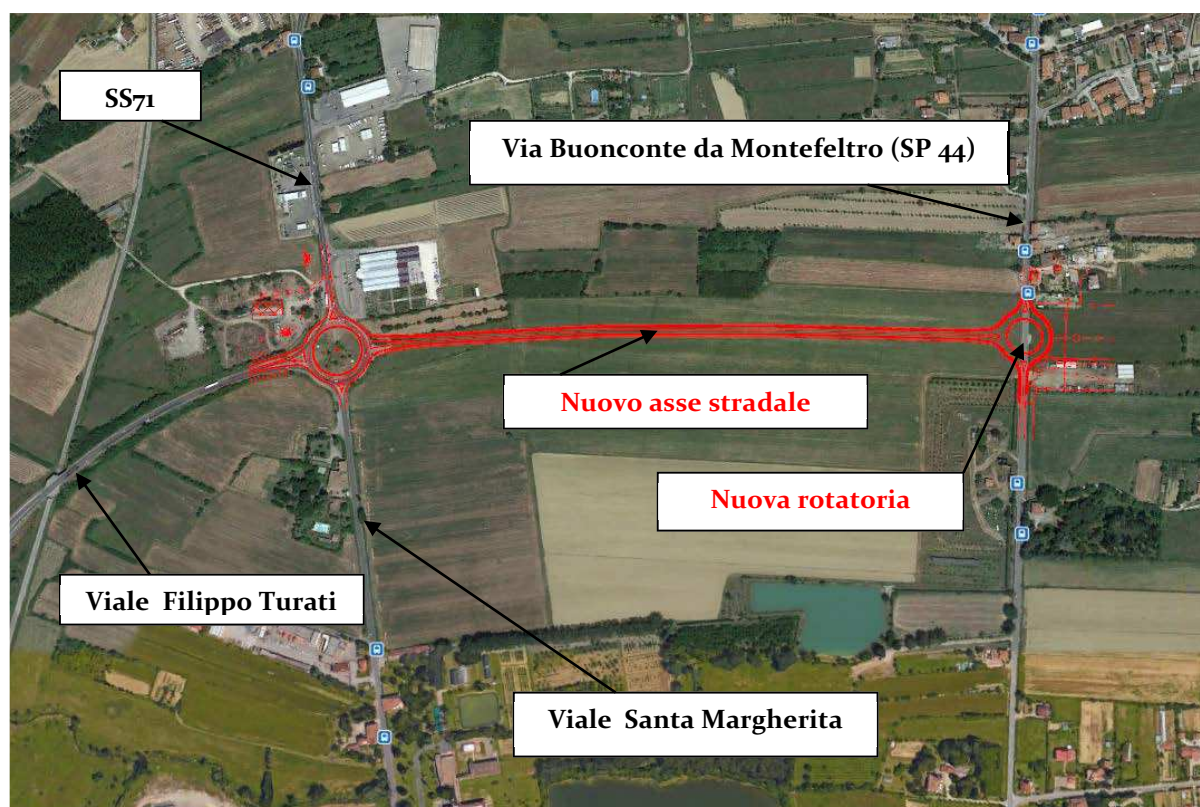


Fig. 2.3 – Individuazione dell'intervento. In rosso il profilo dell'intervento.

L'area oggetto dell'intervento è notoriamente interessata da fenomeni di allagamento causati dalle uscite in destra e sinistra di due corsi d'acqua (afferenti al reticolo idrografico della Regione Toscana

di cui alla LR 79/2012 aggiornato con Delibera di Consiglio 101/2016 e Delibera di Giunta 1357/2017): il Frassine (più a Nord, codici aste AV17944, AV17999, AV17961, AV 17995, AV 18134) e il Gavardello (più a Sud codici aste 18488, AV18587, AV18615, AV18636). Si veda a tal proposito Fig. 2.4.

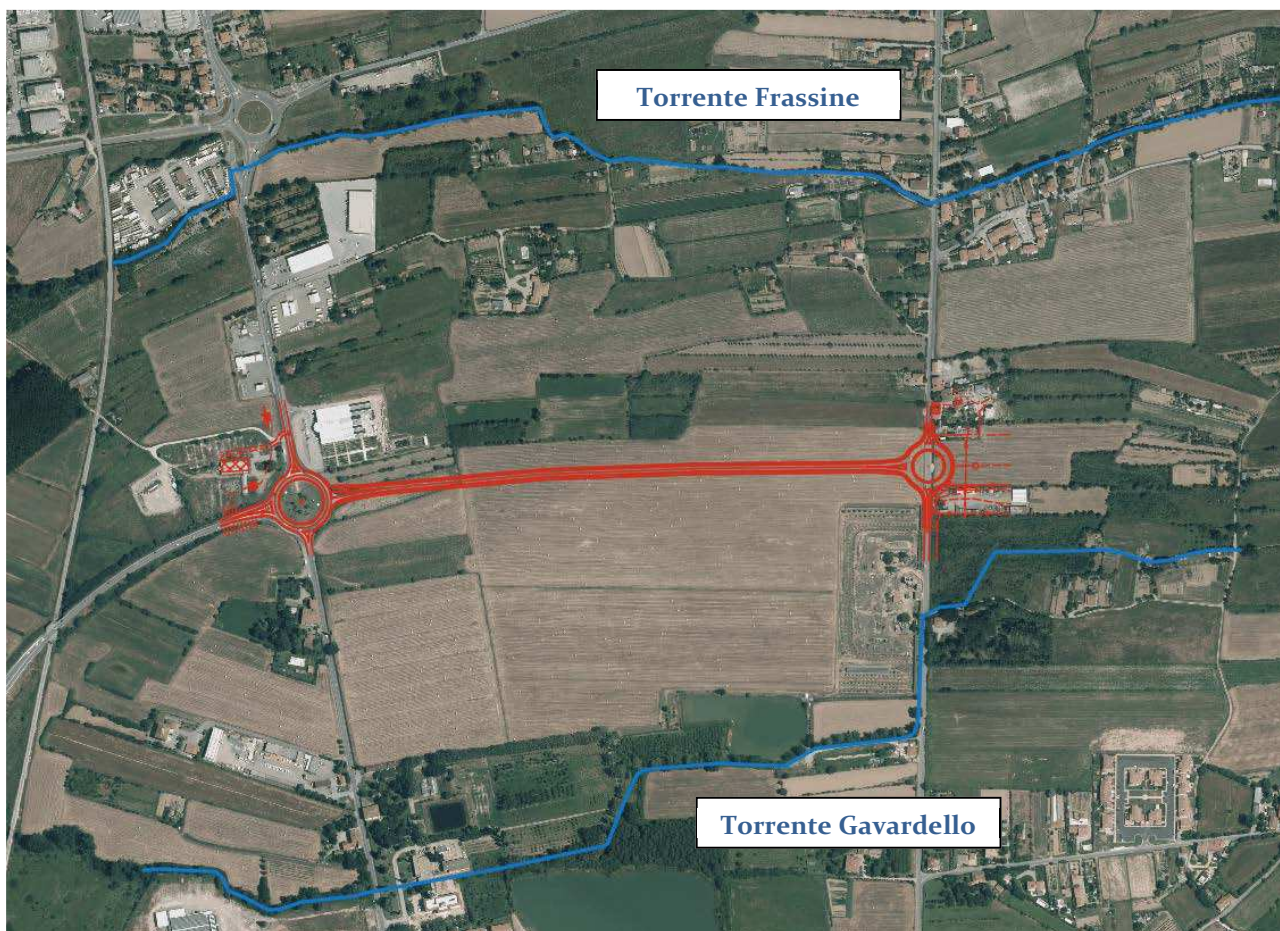


Fig. 2.4 – Inquadrimento corsi d'acqua Frassine e Gavardello

Il territorio contermina all'area dei due corsi d'acqua e dell'intervento risulta inquadrato cartograficamente nel foglio della Cartografia Tecnica Regionale in scala 1:10.000 nr. 288110.

La cartografia relativa al Piano di Gestione del Rischio alluvioni (PGRA) mostra che l'area oggetto di intervento non è classificata come area a pericolosità da alluvione.



Fig. 2.5 – Estratto da cartografia di PGRA dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale

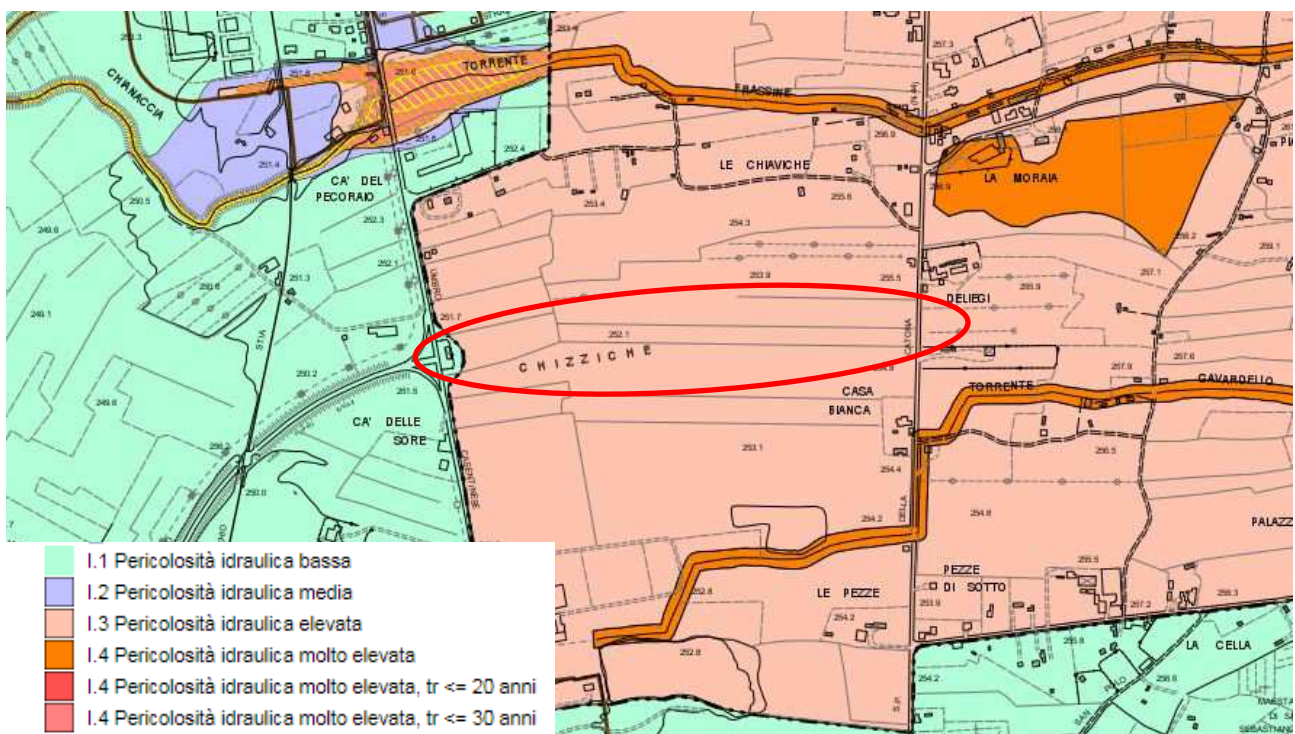


Fig. 2.6 – Estratto da cartografia di PS comunale della Carta di pericolosità Idraulica

2.2 Inquadramento geomorfologico

La morfologia delle aree contermini l'intervento è a carattere prevalentemente pianegginate (Fig. 2.7) con dislivelli di quota moderati.

Da un punto di vista morfologico l'area di studio può essere inquadrata all'interno della cartografia Lidar della Regione Toscana n. 15004, 15005, 16060, 16061 e 16062.



Fig. 2.7 – Inquadramento geomorfologico, quote in m s.l.m

LEGENDA

2.3 Definizione del Reticolo di Studio

Nella figura seguente è mostrato l'inquadramento dell'area oggetto di studio dal punto di vista idrografico. In particolare, in Fig. 2.8 è riportato un estratto del reticolo idrografico dcrt 101 aggiornato al 2017, da cui si evince che i soli corsi d'acqua potenzialmente allaganti le aree interessate dall'intervento sono il Torrente Frassine e il Torrente Gavardello, che sono oggetto delle modellazioni del presente studio.

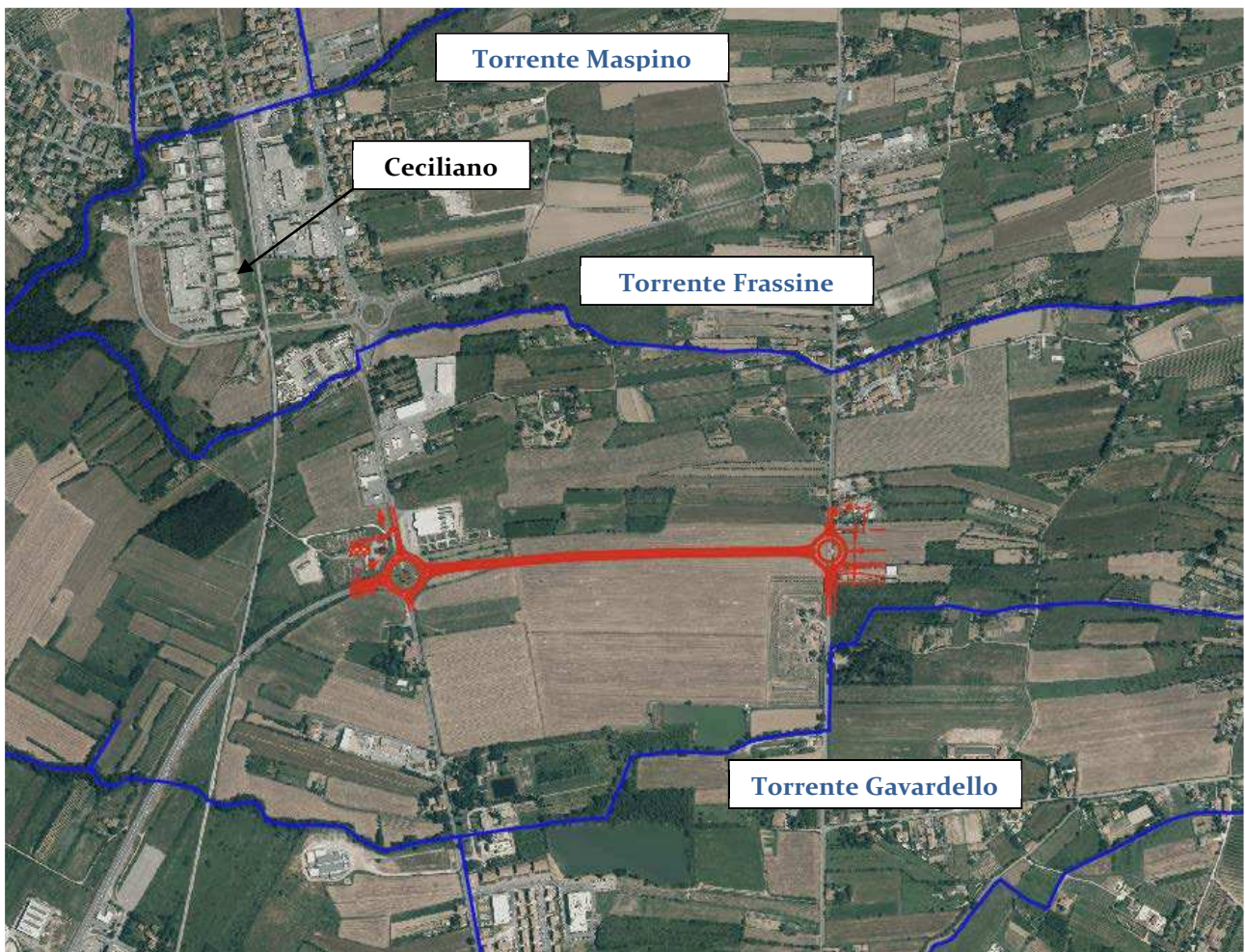


Fig. 2.8 – Inquadramento idrografico

I due fossi sono affluenti del Torrente Maspino, a sua volta affluente del Castro e, quindi, del Canale Maestro della Chiana.

Almeno nei tratti circostanti le aree oggetto dell'intervento, i due corsi d'acqua presentano pendenze modeste e tipiche delle aree prevalentemente pianeggianti e presentano alvei moderatamente incisi, ma fortemente rimaneggiati dall'attività antropica, soprattutto in prossimità delle aree più fortemente urbanizzate.

Entrambi i corsi d'acqua sono stati interessati in passato da frequenti eventi alluvionali, soprattutto il Gavardello, con conseguenti situazioni di rischio nell'area della strada Provinciale SP44 della Catona.

In Tab. 2.1 è riportata la lista dei fossi modellati per la lunghezza corrispondente all'estensione del modello.



Nr.	Nome	L[m]
1	Torrente Frassine	2100
2	Torrente Gavardello	2500

Tab. 2.1 - Elenco delle aste fluviali oggetto di studi con relativa lunghezza dell'asta fluviale nelle parte modellata

2.4 Individuazione dei Bacini

Per la definizione dei bacini oggetto di studio è stato fatto riferimento alla cartografia tecnica regionale e il modello digitale del terreno da Lidar.

La Fig. 2.9 mostra la suddivisione in sottobacini determinata dalle sezioni di chiusura dei tratti d'interesse oggetto della modellazione. Infine, in Tab. 2.2 sono sintetizzate le caratteristiche principali dei bacini studiati.

Codice	Nome	Area
	[-]	[km²]
B01	T. Frassine (monte)	3.1
B02	T.Frassine (interbacino)	0.6
B03	T. Gavardello (monte)	3.3
B04	T. Gavardello (interbacino)	0.6
B05	Aff T. Gavardello	1.9

Tab. 2.2 - Caratteristiche dei bacini di studio.

Si precisa che l'Affluente al T. Gavardello (B05) non è modellato idraulicamente, ma è considerato come contributo idrologico.

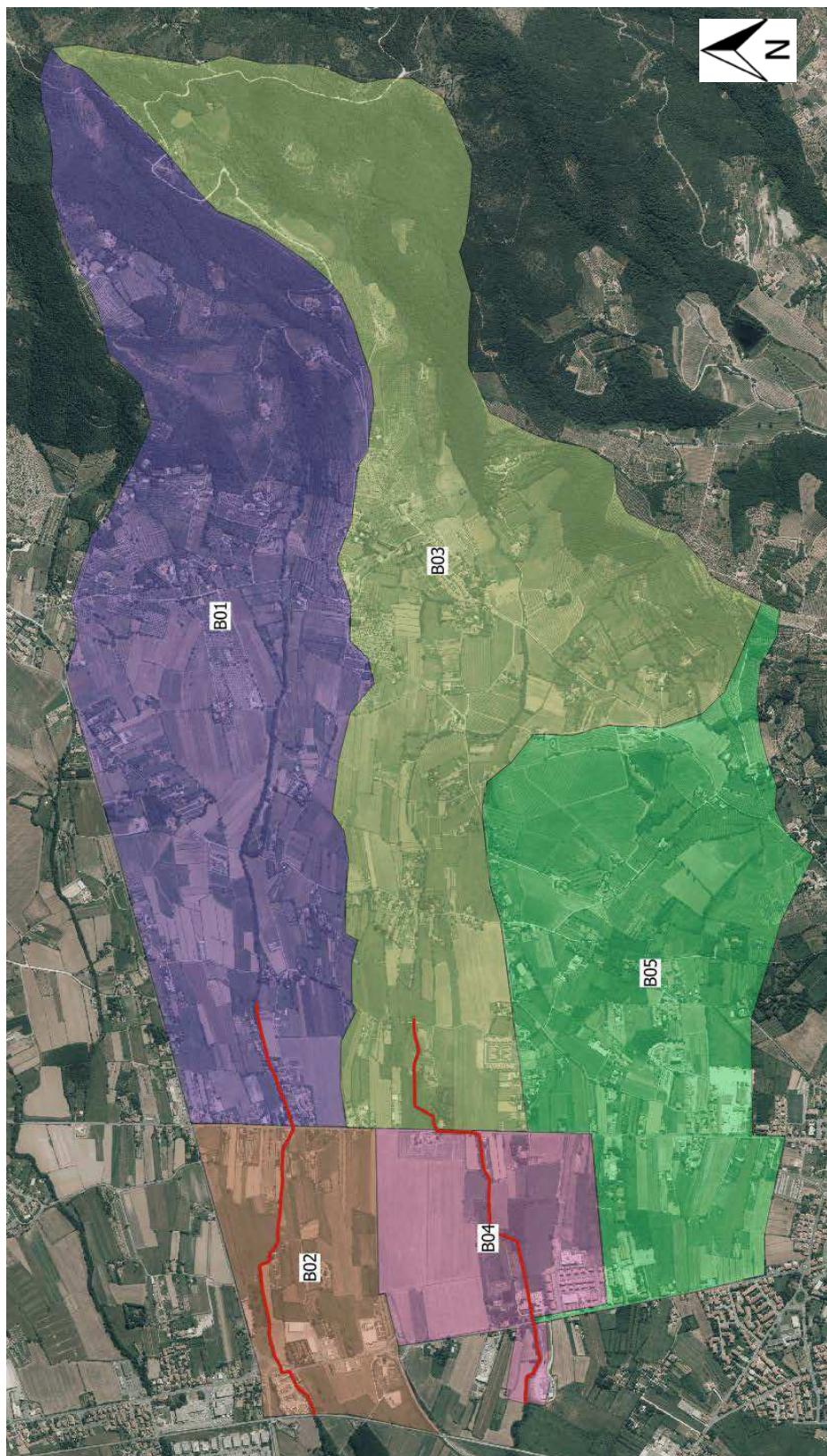


Fig. 2.9 – Individuazione dei bacini. In rosso le aste modellate.

3. RILIEVO DELLE SEZIONI D'ALVEO E CARTOGRAFIA DI RIFERIMENTO

Per la caratterizzazione geometrica dei corsi d'acqua indagati è stato fatto riferimento a rilievi topografici eseguiti dal Dott. Riccardo Nespoli della 3D A.P.S., dalla cartografia LIDAR disponibile per il territorio e da rilievi eseguiti dalla ProGeo Engineering srl. Il totale delle sezioni rilevate puntualmente corrisponde a 20 per il Frassine e 22 per il Gavardello.

3.1 Torrente Frassine

Il Torrente Frassine, almeno per quel che riguarda il tratto modellato, procede da circa 500 m a monte della Catona e prosegue per un'area antropizzata, sotto attraversando alcuni accessi privati (Fig. 3.1), costeggiando parte dell'edificato presente (Fig. 3.2) per poi raggiungere la Catona stessa (SP44-Fig. 3.3).



Fig. 3.1 – Attraversamenti e accessi privati nel tratto del Frassine a monte della Catona



Fig. 3.2 – Tratto del Frassine a monte della Catona in cui il fosso costeggia l'edificato esistente



Fig. 3.3 – Attraversamento della SP44-La Catona

A questo punto, il fosso procede in aree a carattere prevalentemente agricolo, fino al sotto attraversamento della Umbro Casentinese (Fig. 3.4) e costeggia un'area di deposito per veicoli industriali, fino al raggiungimento della ferrovia.



Fig. 3.4 – Attraversamento della strada SR71 Umbro-Casentinese

3.2 Torrente Gavardello

Il T. Gavardello, nel tratto in cui è stato rilevato, muove da una strada bianca rurale, procede sotto attraversando vari accessi privati e strade di campagna (Fig. 3.5) e procede in aree a carattere prevalentemente agricolo (Fig. 3.6).

Subito prima dell'attraversamento della Catona è presente una briglia (Fig. 3.7), dopodiché il corso d'acqua passa sotto la strada tramite un tubo DN 3000 (Fig. 3.7), la costeggia in sinistra idraulica per almeno 150 m (Fig. 3.8) e attraversa aree boscate (Fig. 3.9). Dopo il tombamento per circa 100 m a monte della Umbro Casentinese (fig. 3.10), il fosso supera una piccola soglia (fig. 3.11). Il rilievo del fosso si conclude in corrispondenza della ferrovia.



Fig. 3.5 – Sotto attraversamento di una strada rurale nel tratto di monte del Gavardello



Fig. 3.6 – Vista del Gavardello a monte della strada della Catona



Fig. 3.7 – Vista della briglia e dell'attraversamento della strada della Catona



Fig. 3.8 – Tratto in cui il fosso costeggia la Catona

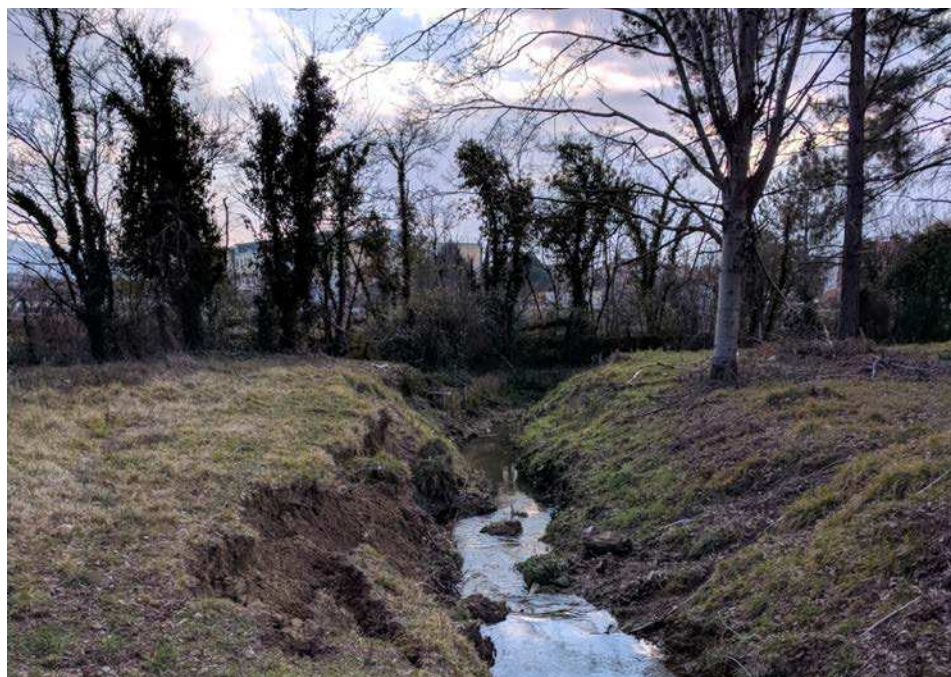


Fig. 3.9 – Vista del Gavardello a valle del tombamento

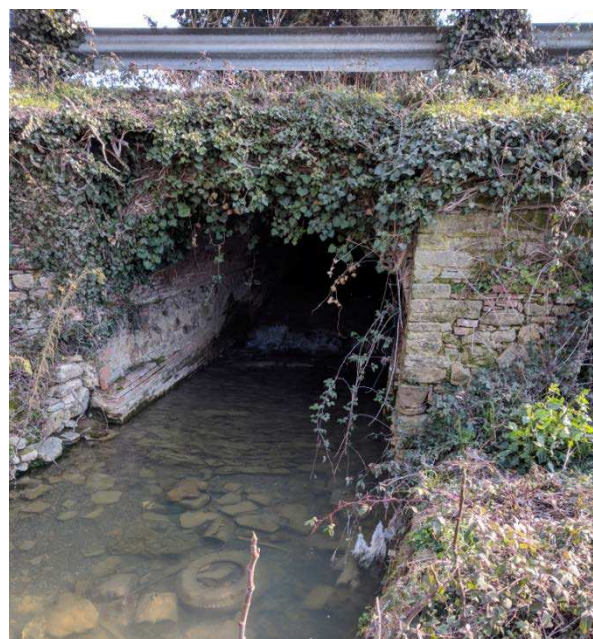


Fig. 3.10 – Inizio e fine tratto tombato in corrispondenza della Umbro-Casentinese



Fig. 3.11 – Soglia a valle dell'uscita del tombamento





4. ANALISI IDROLOGICA

Lo scopo dell'analisi idrologica è la determinazione degli idrogrammi di piena di assegnato tempo di ritorno da impiegare come dati di ingresso per la successiva analisi idraulica delle aste fluviali oggetto di studio.

In particolare, verranno valutate le condizioni di funzionamento idraulico per portate di progetto caratterizzate da tempi di ritorno pari a 30 e 200 anni (in accordo con quanto previsto dal DPGR 25/11/2011 nr. 53/R) per verificare il grado di pericolosità idraulica a cui sono soggette le aree urbane limitrofe ai corsi d'acqua in seguito a fenomeni di tracimazione delle sommità spondali.

I passi, di seguito descritti, per determinare l'idrogramma di piena di progetto per ogni assegnato tempo di ritorno, sono:

stima della relazione tra altezze e durata di pioggia di assegnato tempo di ritorno per i bacini idrografici in esame (linee segnalatrici di possibilità pluviometrica - LSPP) e operazioni di ragguaglio all'area;

determinazione dello ietogramma di progetto: scelta della durata critica dell'evento e della distribuzione temporale delle precipitazioni;

stima delle perdite e della pioggia effettiva, che rappresenta il volume d'acqua che raggiunge per ruscellamento superficiale la rete di drenaggio fino alla sezione di chiusura, determinando l'evento di piena;

schematizzazione della risposta del singolo bacino idrografico alle sollecitazioni meteoriche, in funzione delle proprie caratteristiche fisiografiche e combinazione di tale risposta con la pioggia netta per stimare le portate di progetto.

Per svolgere le analisi idrologiche su tutti i bacini oggetti dello studio, si è fatto uso del software HEC-HMS ver. 4.2.1 che, note le piogge, consente di procedere dalla definizione del modello di infiltrazione basato sul metodo SCS-CN (Soil Conservation Service, 1986) e del modello di formazione dell'onda di piena basato sull'idrogramma unitario istantaneo IUH-SCS, che è un idrogramma adimensionale definito dal SCS in base all'analisi di idrogrammi di piena in uscita dalla sezione di chiusura di numerosi bacini idrografici strumentati, di piccole e grandi dimensioni.

Per i bacini intermedi si è utilizzato invece il Kinematic Wave che meglio approssima la condizione d'immissione di pioggia efficace ai lati di un canale.





4.1 Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica

4.1.1 Linee segnalatrici di possibilità pluviometrica puntuali

Il primo elemento fondamentale nella creazione di un modello idrologico è costituito dalla stima degli afflussi meteorici: lo studio statistico delle piogge intense in un punto della superficie terrestre si sintetizza nella formulazione delle Linee Segnalatrici di Probabilità Pluviometrica (LSPP), ottenute a partire dall'elaborazione delle serie storiche dei valori massimi annuali delle altezze di precipitazione di assegnata durata, fornite da registrazioni pluviometriche.

Le LSPP descrivono le proprietà statistiche degli eventi di pioggia intensa a scala puntuale ed esprimono un legame tra altezza di pioggia, durata e frequenza. In particolare, per un prefissato tempo di ritorno, la corrispondente LSPP fornisce la relazione tra la durata della pioggia e la relativa altezza di precipitazione.

Per la stima delle LSPP per l'area in esame è stato fatto riferimento ai risultati dello studio "Analisi di Frequenza Regionale delle Precipitazioni Estreme LSPP - Aggiornamento al 2012", realizzato nell'ambito dell'accordo di collaborazione tra Regione Toscana e Università di Firenze di cui alla DGRT 1133/2012, con l'obiettivo di aggiornare le analisi di frequenza delle precipitazioni estreme sul territorio toscano fino all'anno 2012 compreso.

I risultati di tale studio sono consultabili sul sito del Servizio Idrologico Regionale - Centro Funzionale Regionale di Monitoraggio Meteo - Idrologico alla pagina <http://www.sir.toscana.it/index.php?IDS=4&IDSS=19>.

Il primo passo in una procedura di regionalizzazione è l'individuazione di regioni omogenee, all'interno delle quali le grandezze, o meglio le loro distribuzioni di frequenza, hanno alcune caratteristiche comuni.

Nello studio "Analisi di Frequenza Regionale delle Precipitazioni Estreme LSPP - Aggiornamento al 2012" per la stima della variabile casuale $h(t)$, massimo annuale dell'altezza di pioggia di durata t , è stato utilizzato un metodo basato sulla legge di distribuzione probabilistica TCEV Two-Component Extreme Value secondo un approccio gerarchico a tre livelli.

Al primo livello di regionalizzazione sono state individuate una o più zone omogenee all'interno delle quali si può ammettere costante il coefficiente di asimmetria teorico. Al secondo livello di regionalizzazione sono state individuate delle sottozone omogenee nelle quali si può ritenere costante, oltre al coefficiente di asimmetria teorico, anche il coefficiente di variazione teorico e al





terzo livello di regionalizzazione sono state infine individuate delle aree omogenee all'interno delle quali si ricercano delle relazioni tra la pioggia indice μ e le caratteristiche geografiche del sito.

L'area di studio indagata comprende i bacini idrografici dei corsi d'acqua principali della Regione Toscana, come l'Arno, il Serchio e l'Ombrone Grossetano, bacini più piccoli di fiumi della costa tirrenica e i bacini attigui dei Fiumi Magra e Fiora. Una volta validato il set dei dati (aggiornati all'anno 2012) è stata ottenuta la consistenza definitiva delle serie temporali di valori annui di pioggia massima.

Tra le varie ipotesi di suddivisione in regioni omogenee del territorio di studio è stata scelta, dopo opportune verifiche, quella in 4 regioni: NORD-TIRRENICA, NORD-OVEST, APPENNINO-AMIATA, CENTRO-SUD coincidenti con le 4 sub-regioni (Fig. 4.1).

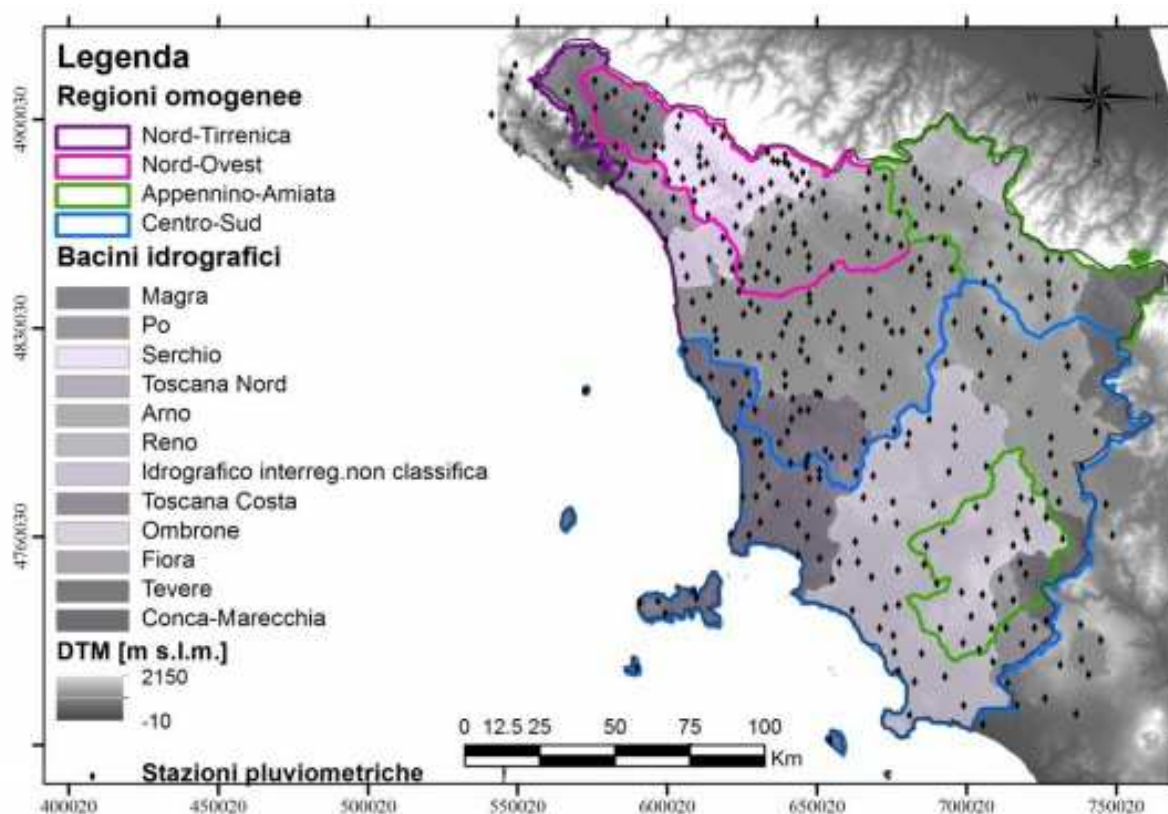


Fig. 4.1 - Suddivisione dell'area di studio in regioni omogenee - "Analisi di Frequenza Regionale delle Precipitazioni Estreme LSPP - Aggiornamento al 2012"

Con altezza di precipitazione in un punto, comunemente misurata in mm, si intende l'altezza d'acqua che si formerebbe al suolo su una superficie orizzontale e impermeabile, in un certo intervallo di tempo (durata della precipitazione) trascurando le perdite.

La stime delle altezze di pioggia per le diverse durate caratteristiche (1, 3, 6, 12 e 24 ore) e i diversi tempi di ritorno fissati (2, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 150, 200 e 500 anni), sono state ottenute come

prodotto dei valori della pioggia indice μ per le diverse durate ed il fattore di crescita adimensionale KT per i diversi tempi di ritorno validi per ognuna delle 4 regioni individuate nello studio in oggetto.

Per quanto qui di interesse, nello studio "Analisi di Frequenza Regionale delle Precipitazioni Estreme LSPP - Aggiornamento al 2012" la previsione quantitativa dei valori estremi di pioggia in un determinato punto è stata effettuata anche attraverso la determinazione della curva o linea segnalatrice di probabilità pluviometrica (LSPP), cioè della relazione che lega l'altezza di precipitazione alla sua durata, per un assegnato tempo di ritorno.

La LSPP può essere comunemente descritta da una legge di potenza del tipo:

$$h(t) = a t^n$$

con:

h = altezza di pioggia [mm]

t = durata [ore]

a e n parametri caratteristici per i tempi di ritorno considerati.

Note le altezze di pioggia per durate e tempi di ritorno fissati, attraverso una regressione logaritmica è possibile determinare le griglie di 1 km su tutta la regione dei parametri a e n .

Tra i risultati dello studio, disponibili sul sito Servizio Idrologico Regionale - Centro Funzionale Regionale di Monitoraggio Meteo - Idrologico, sono riportati i valori delle coppie di ASCII Grid di a e di n delle LSPP per i diversi tempi di ritorno fissati (30 e 200 nel caso in esame, Fig. 4.2).

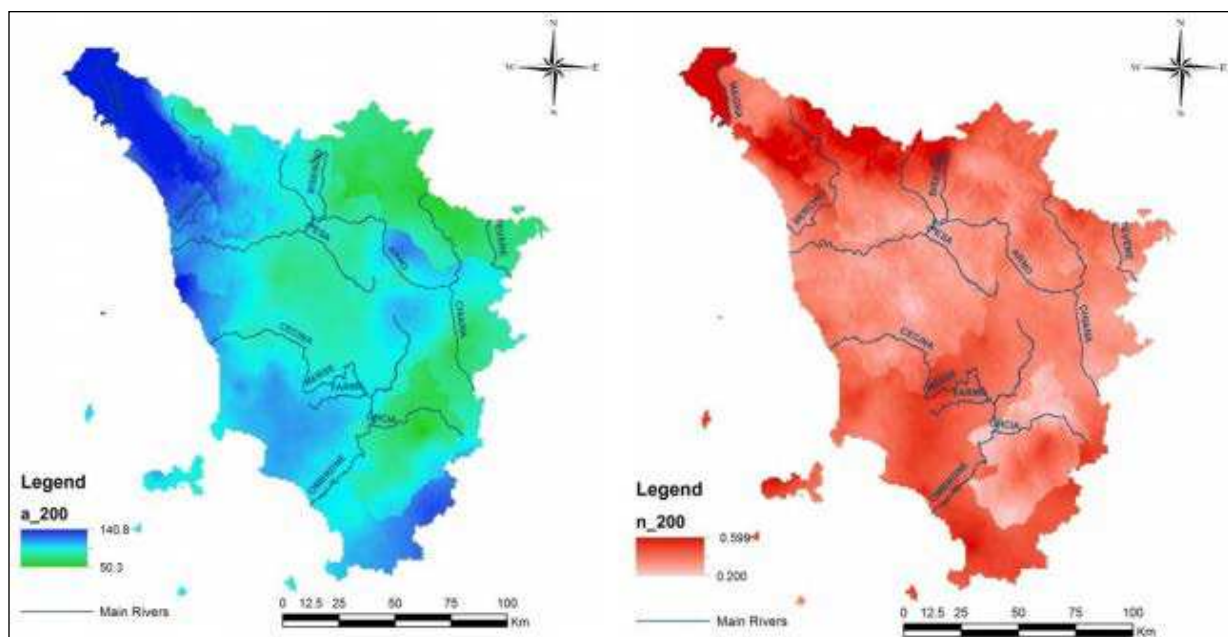


Fig. 4.2 - Spazializzazione sull'intera regione dei parametri "a" (sinistra) e "n" (destra) della LSPP per T_r 200 anni. - "Analisi di Frequenza Regionale delle Precipitazioni Estreme LSPP - Aggiornamento al 2012"



Nel presente studio idrologico-idraulico i parametri a e n , così come riportati dallo studio "Analisi di Frequenza Regionale delle Precipitazioni Estreme LSPP - Aggiornamento al 2012", ed utilizzati per il calcolo degli afflussi meteorici, sono stati determinati mediante la procedura sintetizzata di seguito e ripetuta per tutti i bacini considerati:

1. sono state scaricate le mappe in formato ASCII Grid dei valori a e n delle LSPP per i diversi tempi di ritorno disponibili dal sito della Regione Toscana http://www.sir.toscana.it/supports/download/lspp_2012.pdf;
2. sono stati individuati, sulla cartografia a disposizione, i bacini imbriferi di interesse e ne è stato creato un file apposito;
3. è stata estratta la parte di *raster* dei coefficienti a e n associata ai bacini oggetto di studio, da cui a questo punto è stato possibile ottenerne i valori medi.

Il risultato di queste operazioni è riportato in Tab. 4.1.

Codice	Nome	Area	a_{200}	n_{200}	a_{30}	n_{30}
[-]	[-]	[km ²]	[mm/h ⁿ]	[-]	[mm/h ⁿ]	[-]
B01	T. Frassine (monte)	3.165	75.296	0.299	54.133	0.235
B02	T. Frassine (interbacino)	0.642				
B03	T. Gavardello (monte)	3.334				
B04	T. Gavardello (interbacino)	0.645				
B05	Aff T. Gavardello	1.951				

Tab. 4.1 - Calcolo delle LSPP

4.1.2 Linee segnalatrici di possibilità pluviometrica areali

Le linee segnalatrici di possibilità pluviometrica, ottenute mediante il metodo precedentemente descritto, hanno validità locale e non possono quindi essere adottate per un intero bacino.

E' noto che le piogge di elevata intensità si concentrano in aree piccole e che, a parità di durata e di tempo di ritorno, l'altezza di pioggia decresce con l'area. Su tali basi l'altezza di pioggia media su un bacino si determina moltiplicando l'altezza di pioggia puntuale relativa al bacino stesso per un opportuno coefficiente di riduzione (o coefficiente di ragguaglio all'area) che dipende principalmente dall'area del bacino, dal tempo di ritorno e dalla durata. L'uso di tale coefficiente di riduzione implica che il regime delle precipitazioni sia alquanto uniforme per l'intero bacino. Tale condizione è sicuramente soddisfatta quando le aree considerate non sono troppo grandi e quando lo sviluppo orografico non è molto accentuato (come nel presente studio).





Al fine di tenere conto della variabilità spaziale delle piogge l'input pluviometrico è pertanto stato ragguagliato al bacino per mezzo di un coefficiente K_r di tipo "globale" secondo la:

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

dove $\alpha = 0.036a$, $\beta = 0.25$ e $\gamma = 0.01$ sono i parametri della formula, t [h] è la durata della precipitazione e A [km²] è l'area del bacino.

Il valore della durata critica e, quindi, del coefficiente di ragguaglio delle piogge è incognito e viene determinato indagandone diversi valori, corrispondenti a 0.5, 1, 2, 3 e 4 ore.

In Tab. 4.2 sono riportati i valori calcolati del K_r su scala di Bacino e il relativo valore dello spessore di pioggia per le varie durate indagate.

Codice	Nome	Kr				
		0.5 h	1 h	2 h	3 h	4 h
B01	T. Frassine (monte)	0.963	0.969	0.975	0.978	0.980
B02	T. Frassine (interbacino)					
B03	T. Gavardello (monte)					
B04	T. Gavardello (interbacino)					
B05	Aff T. Gavardello					

Codice	Nome	h ₃₀ [mm]					h ₂₀₀ [mm]				
		0.5	1	2	3	4	0.5	1	2	3	4
B01	T. Frassine (monte)	44.3	52.5	62.1	68.6	73.5	59.0	73.0	90.3	102.3	111.7
B02	T. Frassine (interbacino)										
B03	T. Gavardello (monte)										
B04	T. Gavardello (interbacino)										
B05	Aff T. Gavardello										

Tab. 4.2 - Coefficiente di Ragguaglio e spessori di pioggia considerati alle varie durate

4.1.3 Durata critica di pioggia

Le LSPP forniscono, per una prefissata durata della pioggia ed un tempo di ritorno, l'intensità media dell'evento, senza però dare indicazioni sulla distribuzione temporale della precipitazione stessa nell'intervallo di tempo considerato. Tale aspetto risulta essere non secondario, poiché la portata defluente in una data sezione di un corso d'acqua dipende (oltre che dalle caratteristiche del bacino idrografico) dalla distribuzione spaziale e dall'andamento temporale della precipitazione, ed in particolare da:



- intensità massima di pioggia all'interno dell'intervallo di tempo t ;
- posizione del punto di intensità massima;
- volume di precipitazione caduto precedentemente all'istante di intensità massima.

A parità di tempo di ritorno, T_r , e di durata di pioggia, d , possono aversi infinite realizzazioni dello ietogramma a ciascuna delle quali sono associate differenti idrogrammi di piena $Q(t)$. La sensibilità della risposta del bacino alla forma dello ietogramma è maggiore in bacini piccoli (generalmente di area inferiore a circa 50 Km²), od in generale in bacini con ridotta capacità di invaso.

La distribuzione nel tempo dello spessore di pioggia fornito dalla LSPP può essere effettuata utilizzando diversi criteri, tra cui i più comunemente utilizzati sono:

- ietogrammi con intensità costante;
- ietogrammi con sequenza di spessori parziali di pioggia su intervalli costanti disposti in analogia alla LSPP;
- ietogrammi con sequenza di spessori parziali di pioggia su intervalli costanti disposti in analogia alla LSPP capovolta e ribaltata;
- ietogrammi a blocchi alterni (Alternating Block Method), in cui gli spessori di pioggia su intervalli costanti ricavati dalle LSPP sono ordinati con il valore massimo al centro dello ietogramma e i rimanenti valori disposti in maniera alternata a destra e sinistra dello stesso.

La risposta di un generico bacino al variare della distribuzione temporale della pioggia, in termini relativi, è pressoché indipendente dal tempo di ritorno e lo ietogramma uniforme, insieme a quello a blocchi alterni, rappresenta una condizione intermedia di criticità.

Per il presente studio, è stato pertanto utilizzato per la trasformazione afflussi deflussi lo ietogramma con intensità costante, caratterizzato da una durata t ed una intensità costante $i(t)$ ricavata dalla LSPP.

La durata di pioggia viene determinata assumendo che la portata al colmo con assegnato tempo di ritorno, d , sia la maggiore tra le portate al colmo determinate da tutti gli eventi di pioggia a intensità costante ricavati dalla linea di possibilità pluviometrica areale. E' possibile determinare la durata critica utilizzando diverse metodologie in funzione della modellistica afflussi-deflussi impiegata. In particolare, nel caso in esame, la durata critica è determinata inserendo in HEC-HMS differenti "Precipitation Gages" uniformi in funzione delle diverse durate tra 0.5 e 5 ore, distribuendo gli spessori d'acqua stimati per i due tempi di ritorno in 15 minuti.





Graficamente si vede che la durata critica corrisponde a 2h, poiché per tale valore si ottiene il picco delle portate nelle sezioni di chiusura dei modelli. Questa procedura è ripetuta per tutti i corsi d'acqua e i relativi modelli idrologici, ottenendo quindi gli idrogrammi utili alle modellazioni idrauliche con HEC-RAS.

4.2 Pioggia effettiva

Nota la pioggia areale, per la determinazione del deflusso diretto è necessario valutare la pioggia effettiva e, quindi, la quantità di pioggia che viene assorbita dal suolo e quella intercettata dalla vegetazione, mentre la quantità di pioggia persa per evapotraspirazione è trascurabile per eventi meteorici particolarmente intensi. Per effettuare tale stima, è stato applicato il metodo del Curve Number proposto dal Soil Conservation Service. È stato inoltre considerato nullo l'effetto di "ritenzione superficiale" e che tutta l'acqua che potenzialmente potrebbe sostare al di fuori del corso d'acqua, partecipi effettivamente al deflusso all'interno dello stesso.

4.2.1 Modello di infiltrazione - Metodo SCS-CN

La predisposizione dei suoli a contribuire ai deflussi di piena è determinata fondamentalmente da tre fattori:

- dalle caratteristiche di permeabilità dei terreni superficiali e degli strati geologici immediatamente sottostanti;
- dall'uso dei suoli e dalla copertura vegetale;
- dallo stato di imbibimento dei suoli all'inizio della sollecitazione meteorica.

L'effetto di questi fattori sulla capacità di ritenzione del terreno viene sintetizzata efficientemente nel modello di infiltrazione del terreno messo a punto dal Soil Conservation Service (1972) degli Stati Uniti. Questo metodo viene largamente adottato perché consente, attraverso informazioni quantitative sulla natura del bacino di facile acquisizione, di valutare le grandezze di interesse anche per bacini non strumentati. Secondo il metodo SCS-CN, il volume di deflusso superficiale (altezza di pioggia effettiva), E^A , per un evento isolato di piena è dato da:

$$E^A = \frac{(R^A - I_a)^2}{R^A - I_a + S} \quad (4.1)$$

essendo R^A lo spessore di pioggia precipitato sul bacino, S lo spessore di massima ritenzione potenziale del terreno e $I_a = c S$, lo spessore di assorbimento iniziale, con $0 \leq c < 1$. L'assorbimento iniziale I_a rappresenta il volume specifico di pioggia sottratto a priori per l'intercettazione della





vegetazione e l'accumulo nelle depressioni superficiali e, come si può intuire, risulta difficilmente valutabile. Sulla base di dati sperimentali relativi a numerosi bacini statunitensi, il Soil Conservation Service ha suggerito per la stima di I_a un valore di $c=0.2$.

Per un fissato stato iniziale di imbibimento, la massima ritenzione potenziale del bacino è funzione del tipo di terreno e dell'uso del suolo, il cui effetto combinato è descritto globalmente dal parametro adimensionale CN, $0 < CN < 100$, legato ad S dalla relazione:

$$S = 25.4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \quad (4.2)$$

dove S è espresso in mm. Per determinare il valore del CN è necessario conoscere il tipo e l'uso del suolo, nonché il grado iniziale di imbibimento del terreno che può essere di tre tipi: AMC Tipo I, in caso di bacino asciutto, AMC Tipo II, per condizioni intermedie, e AMC Tipo III, in caso di bacino fortemente imbibito.

Lo stato di imbibimento viene individuato, in modo quali-quantitativo, in funzione dell'indice di pioggia API₅ (Antecedent Precipitation Index), ovvero la pioggia totale caduta nei cinque giorni che precedono l'evento di piena. E' stato però ben evidenziato che tale criterio non presenta particolare affidabilità per la realtà italiana (Borselli, 1989; Melone et. al., 2001; Brocca et al., 2008a; 2008b; 2008c). Cautelativamente si fa quindi riferimento alla condizione di Tipo III.

In funzione delle caratteristiche idrologiche, i suoli possono essere suddivisi in quattro classi di permeabilità (A, B, C e D); in Tab 4.3 sono descritte tali categorie dalla A alla D con potenzialità di deflusso crescente (Chow et al., 1988), mentre in Tab. 4.4 sono riportati i valori di CN per condizioni iniziali intermedie, AMC Tipo II, in funzione del tipo di suolo e dell'uso del suolo stesso.





Gruppo	Descrizione
A	Scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde
B	Potenzialità di deflusso moderatamente bassa. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.
C	Potenzialità di deflusso moderatamente alta. Comprende suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità d'infiltrazione a saturazione.
D	Potenzialità di deflusso molto alta. Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie.

Tab. 4.3 – Descrizione delle categorie dei tipi di suolo in base al metodo del Soil Conservation Service (1986).



**Tab. 4.4** – Valori di CN II per condizioni intermedie in funzione del tipo di suolo e del tipo di copertura.

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



Pavimentate, con cordoli e fognature	98	98	98	98
Inghiaiate o selciate e con buche	76	85	89	91
In terra battuta (non asfaltate)	72	82	87	89

Nel caso in cui nel bacino siano presenti differenti tipi di terreno o questo sia utilizzato in differenti modi, si ricorre ad un valore medio di CN. Come suggerito da Mancini e Rosso (1989), si utilizza il valore medio a scala di bacino del parametro S, mediante un'integrazione spaziale dei valori puntuali, anziché un'integrazione dei valori di CN a causa della non linearità dell'eq. (4.2) che lega i due parametri. Quindi si ha:

$$\bar{S} = \frac{S_1 A_1 + S_2 A_2 + \dots + S_i A_i}{A_1 + A_2 + \dots + A_i} \quad (4.3)$$

dove S_i rappresenta il valore di S per l'area omogenea A_i .

Una volta nota \bar{S} , l'eq. (4.3) permette di calcolare la pioggia effettiva media areale dell'intero evento ma non fornisce il suo andamento temporale, che può essere ottenuto dalla:

$$e^A(t) = \frac{dE^A}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{(R^A - 0.2S)^2}{R^A + 0.8S} \right) \quad (4.4)$$

L'eq. (4.4) è valida sotto la condizione $R^A > I_a$; fino a quando non è verificata tale condizione si pone $e^A(t) = 0$.

Nella pratica per risolvere la (4.4) a partire da uno ietogramma di pioggia discreto r_1, r_2, \dots si valuta ad ogni passo temporale t_m ($t_m = m\Delta t$; $m=1, 2, \dots$) il valore del volume incrementale di ruscellamento (o pioggia netta), E_m , come:

$$E_m = \begin{cases} 0 & \text{se } R_m < 0.2S \\ \frac{(R_m - 0.2S)^2}{R_m} + (1 - c)S & \text{se } R_m > 0.2S \end{cases} \quad (4.5)$$



dove il valore della pioggia lorda cumulata, R_m , è dato da:

$$R_m = \sum_{i=1}^m r_i \quad (4.6)$$

e per semplicità è stato tralasciato l'apice A per indicare quantità riferite all'area del bacino.

In base al valore di E_m si ricava quindi $\Delta E_m = E_m - E_{m-1}$. Il tasso di ruscellamento e_m durante l'intervallo m-esimo è:

$$e_m = \Delta E_m / \Delta t \quad (4.7)$$

4.2.2 Determinazione del CN

L'individuazione del valore CNII (condizione di terreno mediamente imbibito) si è basata sull'Accordo di collaborazione tra Regione Toscana e Università di Firenze di cui alla DGRT 1133/2012, per cui è avvenuto un processo di aggiornamento del modello Idrologico distribuito sviluppato dal Dipartimento di Ingegneria civile ed Ambientale in uso presso il Centro Funzionale della Regione Toscana per la previsione degli eventi di piena in tempo reale. Tra i parametri sviluppati rientrano i valori di Curve Number a partire dalla pedologia e dall'uso del suolo.

Procedendo come esposto nel paragrafo 4.2.1 è possibile individuare il valore del CN a livello di singolo bacino idrografico.

In realtà, l'applicazione della precedente formula 4.3 è stata riferita al valore del CNIII (condizione di terreno imbibito), ottenuto dal valore del CNII secondo l'espressione che segue:

$$CN(III) = \frac{CN(II)}{[0.4036 + 0.005964 \cdot CN(II)]}$$

A questo punto il valore del *Curve Number III* è definito e riportato in Tab. 4.7 per i vari bacini.



Codice	Nome asta da RT	Area	CN III
[-]	[-]	[km ²]	[-]
B01	T. Frassine (monte)	3.1	82
B02	T.Frassine (interbacino)	0.6	85
B03	T. Gavardello (monte)	3.3	83
B04	T. Gavardello (interbacino)	0.6	86
B05	Aff T. Gavardello	1.9	89

Tab. 4.7 - Valori del CN III assunti per i vari bacini,

4.3 Portate di progetto. Trasformazione afflussi/deflussi

Nel vasto panorama dei modelli di formazione dei deflussi, che si propongono di rappresentare matematicamente i processi idrologici che si manifestano in un bacino idrografico descrivendone il comportamento con un operatore che lega la funzione di distribuzione temporale delle piogge effettive (ingresso al sistema) ed il corrispondente idrogramma dei deflussi diretti (risposta del sistema), è stata scelta la metodologia basata sull'idrogramma unitario istantaneo (IUH). Il metodo si basa sulle ipotesi di linearità e stazionarietà del bacino ed effettua la combinazione tra pioggia in ingresso e IUH per il calcolo della portata diretta. In altre parole, la risposta $Q(t)$ ad una sollecitazione meteorica di intensità $p(t)$ variabile nel tempo, ma supposta costante su tutti i punti del bacino, è data dall'integrale di convoluzione:

$$Q(t) = \int_0^t p(\tau)h(t - \tau)d\tau$$

dove $p(t)=A i(t)$ è la portata di afflusso meteorico al generico tempo t e la funzione $h(t)$, che prende il nome di IUH, è definita come l'idrogramma dei deflussi generato da un'ipotetica pioggia efficace di altezza unitaria ed intensità costante, distribuita uniformemente sul bacino, e caduta in un intervallo di tempo unitario (immissione di tipo impulsivo).

4.3.1 Modello SCS-CN

La funzione $h(t)$ può essere stimata mediante numerosi approcci, tra cui l'idrogramma unitario del SCS (quello scelto per il presente studio).

L'idrogramma SCS è un idrogramma adimensionale definito dal SCS in base all'analisi di idrogrammi di piena in uscita dalla sezione di chiusura di numerosi bacini idrografici strumentati, di dimensioni grandi e piccole. Esso ha un vasto campo di applicazioni pratiche nel campo delle trasformazioni afflussi deflussi per la sua semplicità d'uso e per la sua generalità. Questo IUH è adimensionalizzato



rispetto al valore della portata di picco e del tempo corrispondente alla durata del ramo ascendente dell'idrogramma stesso.

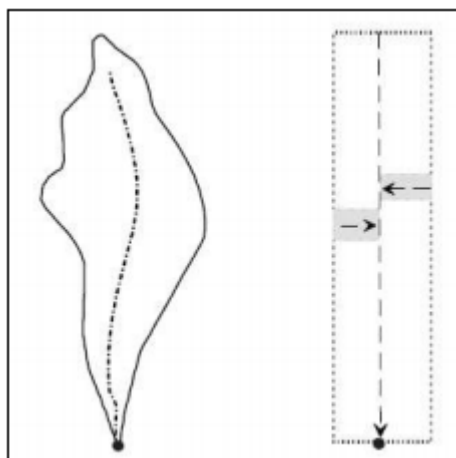
L'approccio proposto dal SCS può essere impiegato purché si definisca il valore del *lag time* (tempo di ritardo del bacino) e il *peak rate factor* (PRF). Mentre il primo è comunemente definito sulla base di formule empiriche, il secondo deve essere scelto in funzione delle caratteristiche geomorfologiche del bacino e caratteristico del metodo impiegato. Il PRF è definito dalla seguente relazione

$$q_p = PRF \frac{AQ}{T_p}$$

intendendo per q_p la portata di picco in [ft³/s], A l'area di drenaggio in [mi²] e T_p il tempo in cui si realizza il picco in [h], Q runoff (in). Il valore di *default* proposto da HEC-HMS è di assumere PRF pari a 484 ed è definito ipotizzando che il volume trasportato dall'idrogramma di piena nel tratto ascendente è il 35% di quello totale. Quindi la scelta del PRF si riflette in un cambiamento percentuale del volume trasportato nel tratto ascendente dell'idrogramma di piena e, quindi, della sua forma. Ai fini del presente studio, si assume il valore del PRF costante e pari a 484 come quello di default.

4.3.2 Modello Kinematic Wave

Il modello Kinematic Wave (onda cinematica) è un modello concettuale fisicamente basato, che rappresenta il bacino idrografico come un canale a pelo libero molto largo, con ingressi nel canale pari alla precipitazione che interessa il bacino stesso. L'idrogramma è calcolato attraverso la risoluzione delle equazioni di moto vario. La schematizzazione del bacino è indicata attraverso un esempio nella figura seguente:





Il modello schematizza quindi il deflusso lungo i versanti (overland flow) e il deflusso nel canale (channel flow). Le equazioni utilizzate sono le equazioni fondamentali del deflusso in canali a pelo libero: l'equazione di conservazione della quantità di moto e l'equazione di continuità. Il deflusso sui versanti e nei canali è schematizzato secondo un modello monodimensionale.

Per i dettagli sul metodo si rimanda al *Techincal Reference Manual* di HEC-HMS consultabile online.

4.3.3 Stima del lag time

Il lag time (o tempo di ritardo) è normalmente stimato per mezzo di relazioni empiriche. Nel caso in esame sono state prese in esame 15 diverse formulazioni da letteratura del Lag Time, ovvero le formule di Kirpich, Kerby-Hataway, Papadakis-Kazan, Horton, Kinematic wave, Watt & Chow, Chow, Melone, Snyder, Carter, Fiorentino, McEnroe & Zhao, SCS, con l'aggiunte di ulteriori 10 formule per il calcolo del tempo di corrivazione: Giandotti, Pasini, Ventura, Pezzoli, Puglisi, Aronica & Paltrinieri, Fattorelli & Marchi, NCRS, Tournon, U.S. Navy & Texas Highway departments. La correlazione tra il Tempo di Corrivazione (t_c) e il Lag-Time (T_{lag}) è dato da $T_{lag} = 0.6 \cdot t_c$.

In generale le formule adottate si basano su dati morfologici come l'area del bacino, la lunghezza dell'asta principale, le quote del bacino idrografico, coefficienti che valutano la permeabilità del suolo e la velocità di ruscellamento dell'acqua.

Avere a disposizione una così ampia serie di dati permette di eliminare i valori estremi dovuti al non adattamento della formula per quel dato bacino (dovuto principalmente alle dimensioni e alla morfologia), dai valori validati ne è stata estratta la media.

4.3.4 Risultati della modellazione idrologica

Il software HEC-HMS ver. 4.2.1 è il sistema d'analisi dei fiumi dell'Hydrologic Engineering Center (HEC), del Corpo degli Ingegneri dell'Esercito degli Stati Uniti d'America. E' stato progettato per simulare i processi di precipitazione e di deflussi di bacini idrografici e ne consente, quindi, la modellazione idrologica.

Per eseguire una simulazione idrologica il software richiede la specificazione di tre insiemi di dati:

- Basin Model: rappresentazione fisica delle caratteristiche del bacino idrografico
- Meteorologic Model: dati meteorologici relativi alle precipitazioni e all'evapotraspirazione
- Control Specifications, Time-Series Data: informazioni temporali necessarie per la simulazione





Il componente *Basin Model* permette di definire i bacini idrografici, le relative caratteristiche, i metodi di calcolo delle perdite di bacino e i metodi di calcolo della trasformazione afflussi-deflussi.

Il *meteorological model* definisce l'evento pluviometrico di progetto (*rainfall simulation*). L'evento pluviometrico assegnato, è inserito, nel caso in esame, utilizzando il metodo dello *specified hyetograph*, inserendo cioè uno ietogramma di pioggia costante per tutta la durata dell'evento. Per le simulazioni idrologiche si è scelto, quindi, di distribuire i valori dello spessore di pioggia in 15 minuti, ipotizzando, come già detto, lo ietogramma costante.

Ogni bacino è stato definito a partire delle seguenti caratteristiche: Area del bacino, SCS Curve Number come *Loss Method* e SCS Unit Hydrograph o Kinematic wave come *Transformation Method*.

L'individuazione della durata critica per tutti i sistemi è condotta massimizzando il picco dell'idrogramma in uscita alla *Junction*, procedendo iterativamente per diversi valori della durata di pioggia. I risultati della analisi idrologiche in termini di valore dei picchi degli idrogrammi sono infine riportate in Tab. 4.9 per tutti i bacini oggetto di studio.

Codice	Nome asta da RT	Area	CN III	Lag	D _{crit}	Q _{max, Tr30}	Q _{max, Tr200}
[-]	[-]	[km ²]	[-]	[min]	[h]	[m ³ /s]	[m ³ /s]
B01	T. Frassine (monte)	3.1	82	35	2	15.2	27.2
B02	T.Frassine (interbacino)	0.6	85			0.9	2.3
B03	T. Gavardello (monte)	3.3	83	43		15.5	27.7
B04	T. Gavardello (interbacino)	0.6	86			1.1	2.9
B05	Aff T. Gavardello	1.9	89	39		12.0	19.7

Tab. 4.9 - Risultati della modellazione idrologica, i bacini che non presentano valori di Lag-Time



5. ANALISI IDRAULICA

5.1 Descrizione della modellazione idraulica

La modellazione dei fenomeni di allagamento e di transito sono state eseguite utilizzando il codice di calcolo HEC-RAS 5.0.3. La modellazione è stata eseguita utilizzando le portate di piena ricavate dalla modellazione idrologica con HEC-HMS descritta in precedenza.

In particolare, la modellazione idraulica è stata eseguita secondo uno schema monodimensionale in moto vario (*unsteady flow*), simulando il deflusso delle portate di piena all'interno degli alvei fluviali oggetto del presente studio.

Nel caso in esame, dato che si sono presentati in vari punti casi di superamento del livello dell'acqua dei limiti topografici delle sezioni rilevate e utilizzate per le modellazioni monodimensionali, si è svolto una modellazione bidimensionali sempre con HEC-RAS. Sono state quindi inserite delle *storage area 2D* in modo da simulare l'allagamento di tali aree.

5.2 Modellazioni idrauliche monodimensionali con Hec-Ras 5.0.3

Per ciascun corso d'acqua oggetto di studio è stato sviluppato anzitutto un modello idraulico monodimensionale con il codice di calcolo HEC-RAS 5.0.3. Per ciascun tempo di ritorno di interesse (30 e 200 anni) è stata effettuata una simulazione in moto vario.

In questa sede, si preferisce omettere l'illustrazione teorica dei principi di base sui quali si fonda la soluzione numerica delle equazioni di moto e di continuità che regolano il processo di moto permanente e di moto vario, in quanto una esaustiva trattazione degli stessi argomenti è liberamente disponibile in rete all'indirizzo <http://www.hec.usace.army.mil> e si rimanda due pubblicazioni *Hydraulic Reference Manual* e *User's Manual* messe a disposizione direttamente dall'US Army Corps of Engineering.

Il codice HEC-RAS, al fine di seguire il calcolo, necessita, oltre della geometria dell'alveo tramite l'inserimento delle sezioni rilevate (*cross section*), di definire il valore del coefficiente di Manning. Tali valori, per i corsi d'acqua in esame, sono desunti dal Manuale di Hec-Ras e dal *Manuale dell'Ingegnere civile e ambientale* (Hoepli, 2015):

- $0.035 \text{ m}^{-1/3}/\text{s}$ corrispondente a un valore intermedio per "fiumi di montagna con fondo in ghiaia, ciottoli e pochi massi, lati ripidi" e "canali in terra sinuosi e lenti con folta vegetazione" per i tratti non arginati (*main channel*).





- $0.06 \text{ m}^{-1/3}/\text{s}$ corrispondente a un valore intermedio per "golene con sottobosco/ aree coltivate/con molti alberi per le aree modellate bidimensionalmente e esterne al main channel.

Al fine di rendere eseguibili le simulazioni, occorre definire le *boundary conditions* a monte e a valle del tratto studiato nel caso di simulazioni in moto vario. Com'è noto tali condizioni possono essere impostate in vari modi: livello idrico noto, altezza critica, altezza di moto uniforme o scala di deflusso. Nel caso in esame, quali condizioni al contorno di monte sono stati assunti gli idrogrammi di piena; per la condizione di valle, invece, si è optato per l'altezza di moto uniforme.

5.3 Modellazioni idrauliche bidimensionali - HEC-RAS 5.0.3

Il software HEC-RAS ha la capacità di eseguire uno schema di modellazione bidimensionale all'interno della simulazione condotta in regime di moto vario. Nel presente studio, per i tratti in cui fosse necessario l'impiego di modelli 2D per la determinazione delle aree allagate, si è infatti svolto una modellazione in moto vario con schema monodimensionale (1D) combinato anche con uno schema bidimensionale (2D) con l'aggiunta di aree 2D (*2D-storage area*) nel modello. Tale area 2D viene aggiunta nel modello 1D disegnando un poligono 2D connesso al modello 1D attraverso l'uso di uno sfioratore laterale (*lateral structure*).

Il codice di calcolo consente di risolvere il problema bidimensionale del moto sia risolvendo le equazioni complete di Saint Venant o di diffusione dell'onda in 2D. In generale, le equazioni di diffusione dell'onda (scelte ai fini del presente studio) consentono al codice di funzionare più velocemente garantendo inoltre una maggiore stabilità numerica. L'algoritmo di risoluzione è *ai volumi finiti* ed è "accoppiato" a quello di risoluzione del problema monodimensionale nello stesso passo temporale di calcolo. Questo permette una perfetta coerenza a ogni passo temporale tra le componenti monodimensionali e quelli bidimensionali. L'equazione dello stramazzo è utilizzata per calcolare il deflusso tra le sezioni del corso d'acqua modellato e la *storage area 2D*.

HEC-RAS 5.0.3 funziona per celle, che però possono essere sia strutturate che non strutturate. Ciò significa che le celle computazionali possono essere triangoli, quadrate, rettangolari o anche elementi a cinque e sei facce (ma non più di 8). La maglia può essere una miscela di forme e dimensioni delle celle (Fig. 5.1). Il contorno esterno della maglia computazionale è definito, invece, con un poligono. Generalmente, come si nota in Fig. 5.1, il software crea delle celle di forma quadrata nella zona centrale, mentre in prossimità del contorno esterno la mesh si adatta al profilo dell'area.



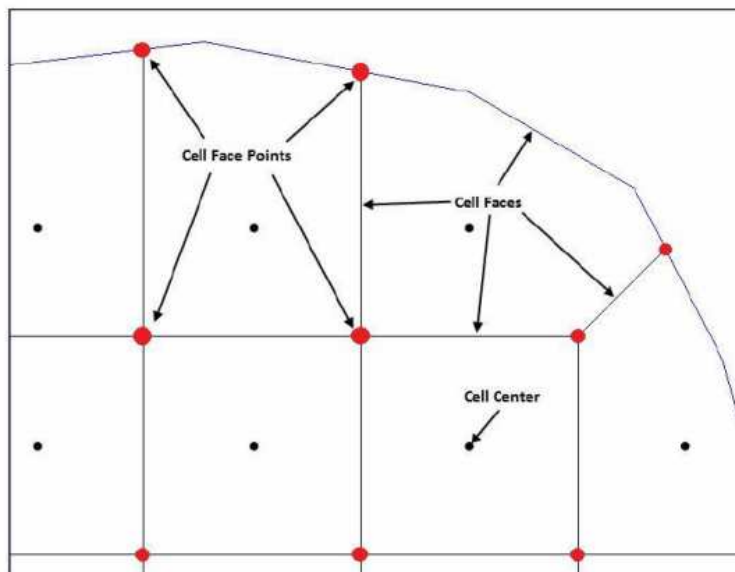


Fig. 5.1 - Esempio mesh computazionale HEC-RAS 5.0.3

Si noti inoltre come ogni *cell center*, *cell face* e *cell face point* è identificato da un numero, in modo da facilitare l'operazione di analisi e visualizzazione dei risultati.

Il più grande vantaggio della modellazione bidimensionale in HEC-RAS riguarda comunque la dimensione della mesh computazionale. Ogni cella viene infatti pre-processata in modo da creare una serie di tabelle idrauliche, che mettono in relazione l'elevazione e il volume e, su ogni lato della cella, l'elevazione con il perimetro bagnato, l'area e la scabrezza. Queste curve permettono di utilizzare celle di dimensioni più grandi rispetto ad altri programmi 2D, con evidente diminuzione dei tempi computazionali.

Ad ogni modo, in una simulazione di moto vario bidimensionale, il parametro più significativo da considerare è l'intervallo computazionale ΔT , che deve essere scelto con accuratezza in modo da non influenzare negativamente l'esito delle analisi. Generalmente questo valore viene valutato basandosi sul criterio di Courant, esprimibile nella maniera seguente:

$$C = \frac{V \Delta T}{\Delta X} \leq 2$$

essendo C il numero di Courant, V la velocità massima dell'acqua, ΔT il tempo di calcolo e ΔX la dimensione media delle celle.

Infine, occorre sottolineare che il software computa la velocità della corrente nei nodi della griglia, mentre il livello idrico è calcolato nel *cell center* della griglia stessa.



5.4 Modello "Frassine-Gavardello"

La descrizione qui riportata delle varie modellazioni idrauliche, è articolata secondo lo schema seguente, rimandando agli allegati di HEC-RAS per le informazioni di dettaglio:

- Descrizione generale dell'area e dei tratti del corso d'acqua oggetto di studio;
- Tipo di modellazione effettuata (bi-dimensionale in moto vario con sfioratori laterali e settori di allagamento calcolati tramite software HEC-RAS 5.0.3).
- Descrizione delle condizioni al contorno imposte e peculiarità del modello.

Descrizione generale

Il modello comprende i tratti fluviali dei corsi d'acqua Frassine e Gavardello (per un corretto inquadramento si rimanda al precedente Capitolo 2).

Caratteristiche del Modello

Il modello è realizzato con HEC-RAS 5.0.3 in cui l'asta fluviale del Frassine è modellata come elemento *river* monodimensionale definito per mezzo di 20 sezioni, collegato a due *storage areas 2D* (alle quali è stato imposto un valore di coefficiente di Maning pari a $0.06 \text{ m}^{-1/3}/\text{s}$ come di default) in destra e sinistra idraulica con dimensione media delle celle computazionali $5 \text{ m} \times 5 \text{ m}$. Il collegamento tra *river* e *storage areas* è condotto per mezzo di *lateral structures* posizionate in corrispondenza dei tratti di esondazione.

Le scabrezze nel corso d'acqua sono state assunte pari a $n = 0.035 \text{ s m}^{-1/3}$ per l'alveo principale e $n = 0.06 \text{ s m}^{-1/3}$ per le zone golenali.

Le condizioni al contorno inserite sono gli idrogrammi di piena per tempi di ritorno 30 e 200 anni ottenuti dalle modellazioni idrologiche in corrispondenza della sezione di monte e la pendenza del tratto fluviale di valle inserita come *normal depth*.



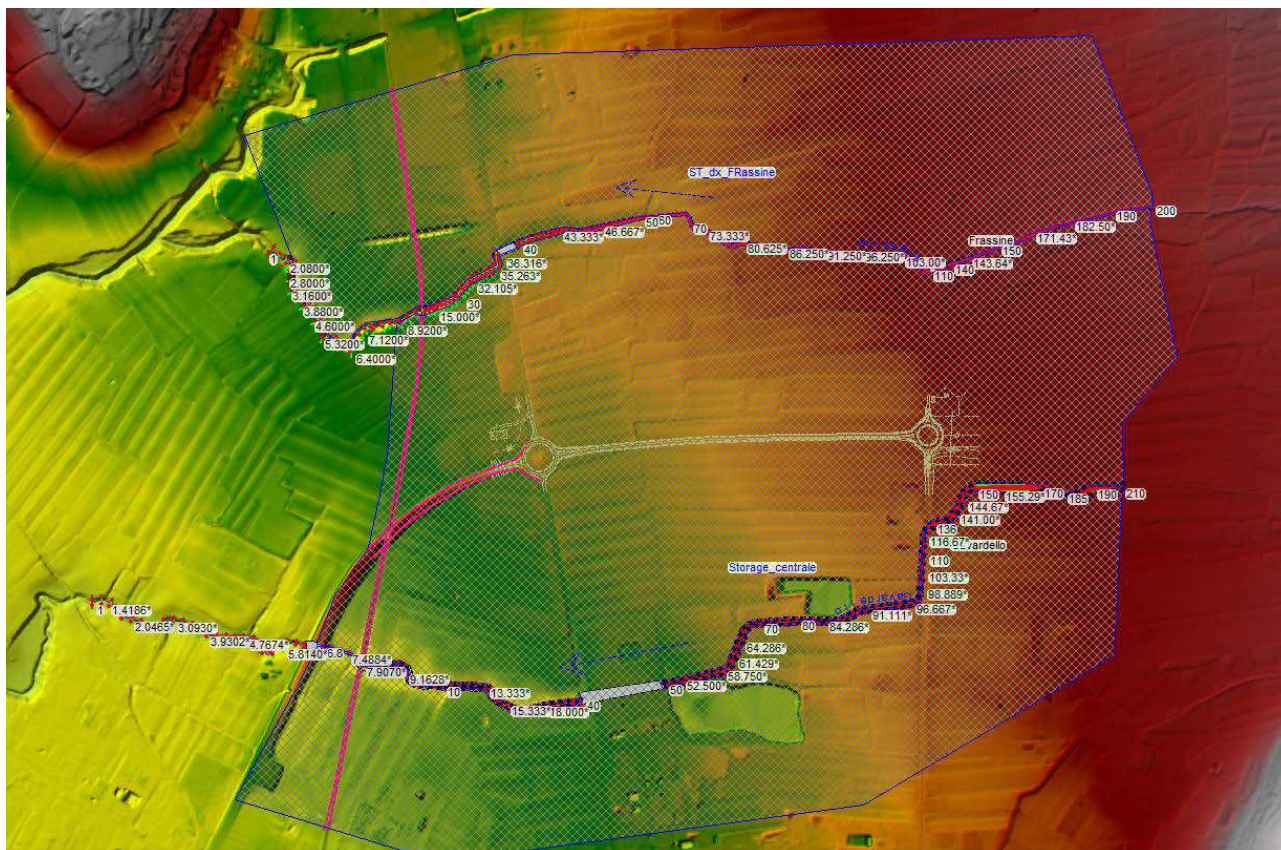


Fig. 5.2 - Modello "Frassine Gavardello" con presente la planimetria di progetto dell'intervento di nuova viabilità



6. RISULTATI DELLA MODELLAZIONE IDRAULICA

In base alle risultanze dei modelli idraulici fin qui esposti, l'area in oggetto risulta interessata da fenomeni di allagamento per eventi di piena con Tr 30 anni e Tr 200 anni, come mostrato di seguito.

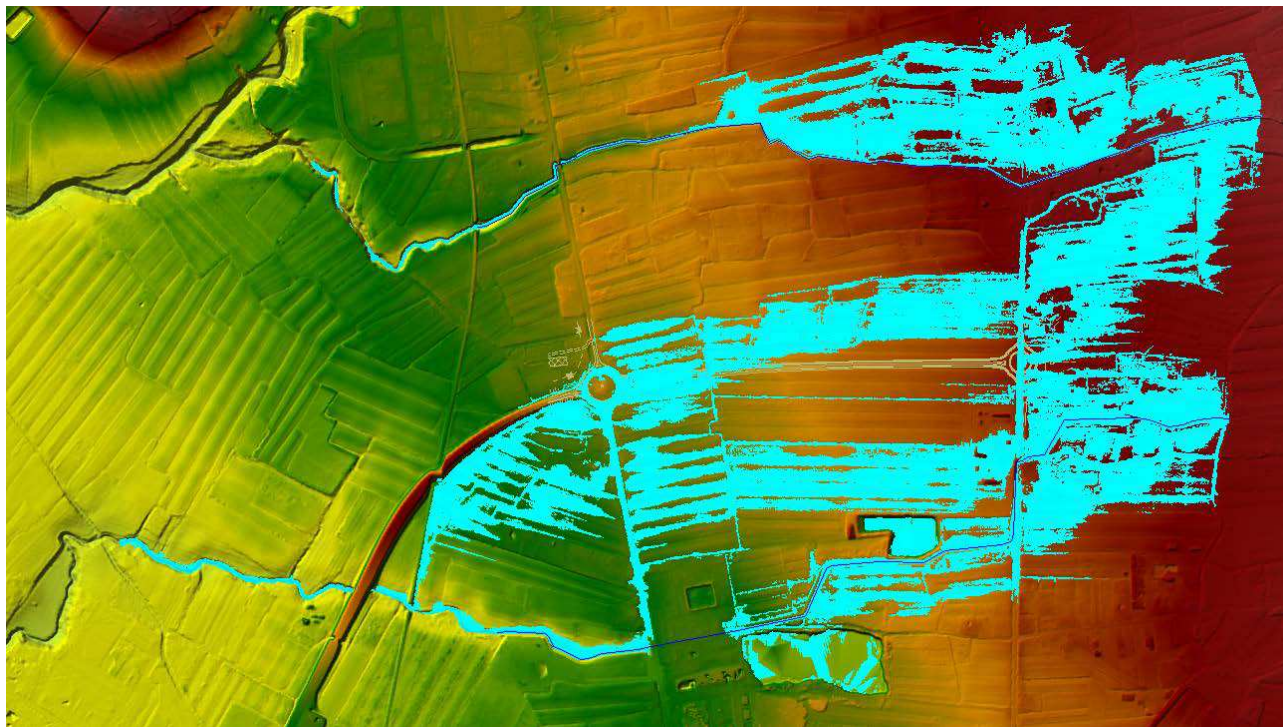


Fig. 6.1 - Modello "Frassine Gavardello" allagamento massimo per evento di piena Tr 30 anni

Da quanto riportato in Fig. 6.1, si nota che l'area della sede stradale del nuovo intervento è interessato dallo scenario di allagamento per Tr30 anni.

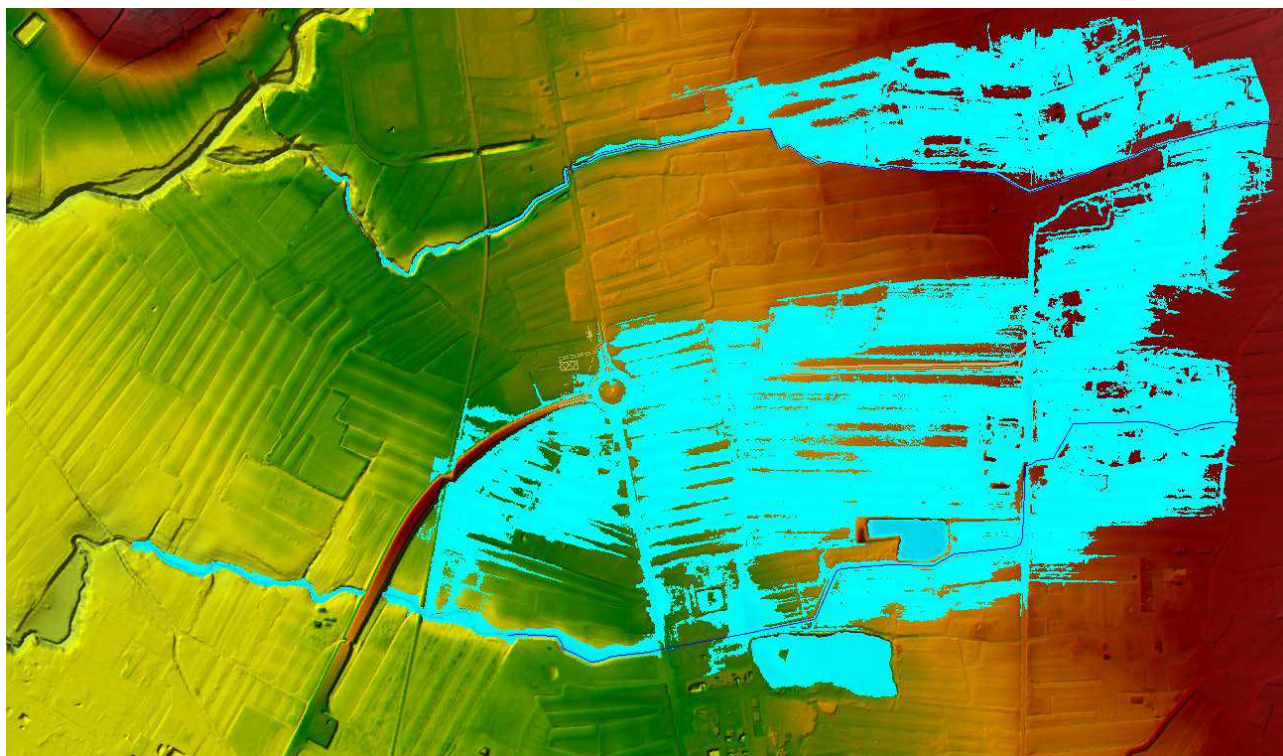


Fig. 6.2 - Modello "Frassine Gavardello" allagamento massimo per evento di piena Tr 200 anni

Dai risultati della modellazione risulta che, per lo scenario di allagamento per Tr200, la quota del battente massimo che si instaura nel tratto compreso dall'intervento varia da 255.3 m slm in corrispondenza della rotonda sulla SP 44 a 251.6 m slm in corrispondenza dell'immissione nella rotonda lungo la SR 71.

L'area interessata dal progetto di realizzazione del prolungamento della tangenziale urbana è coinvolta da due fenomeni di allagamento provenienti da esondazioni in sinistra idraulica del T. Frassine e in destra idraulica del T. Gavardello. Nello specifico l'esondazione proveniente dal Frassine percorre la piana inondabile in direzione nord-est sud-ovest, acque che sono poi raccolte dal reticolo idrografico minore e allontanate verso il T. Gavardello, le fasi di deflusso sono visibili nelle immagini di seguito.

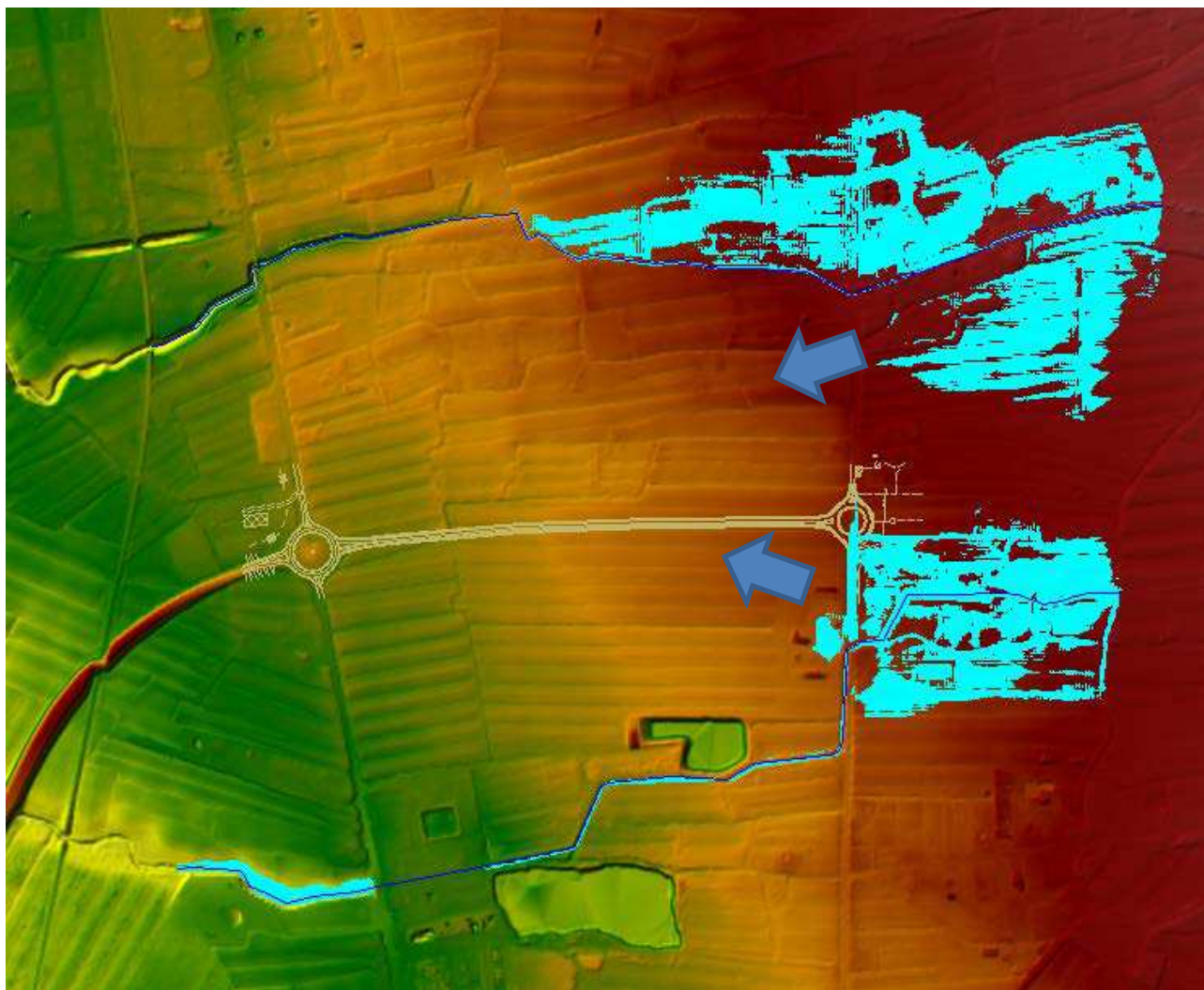


Fig. 6.3 - Modello "Frassine Gavardello" allagamento iniziale per evento di piena Tr 200 anni

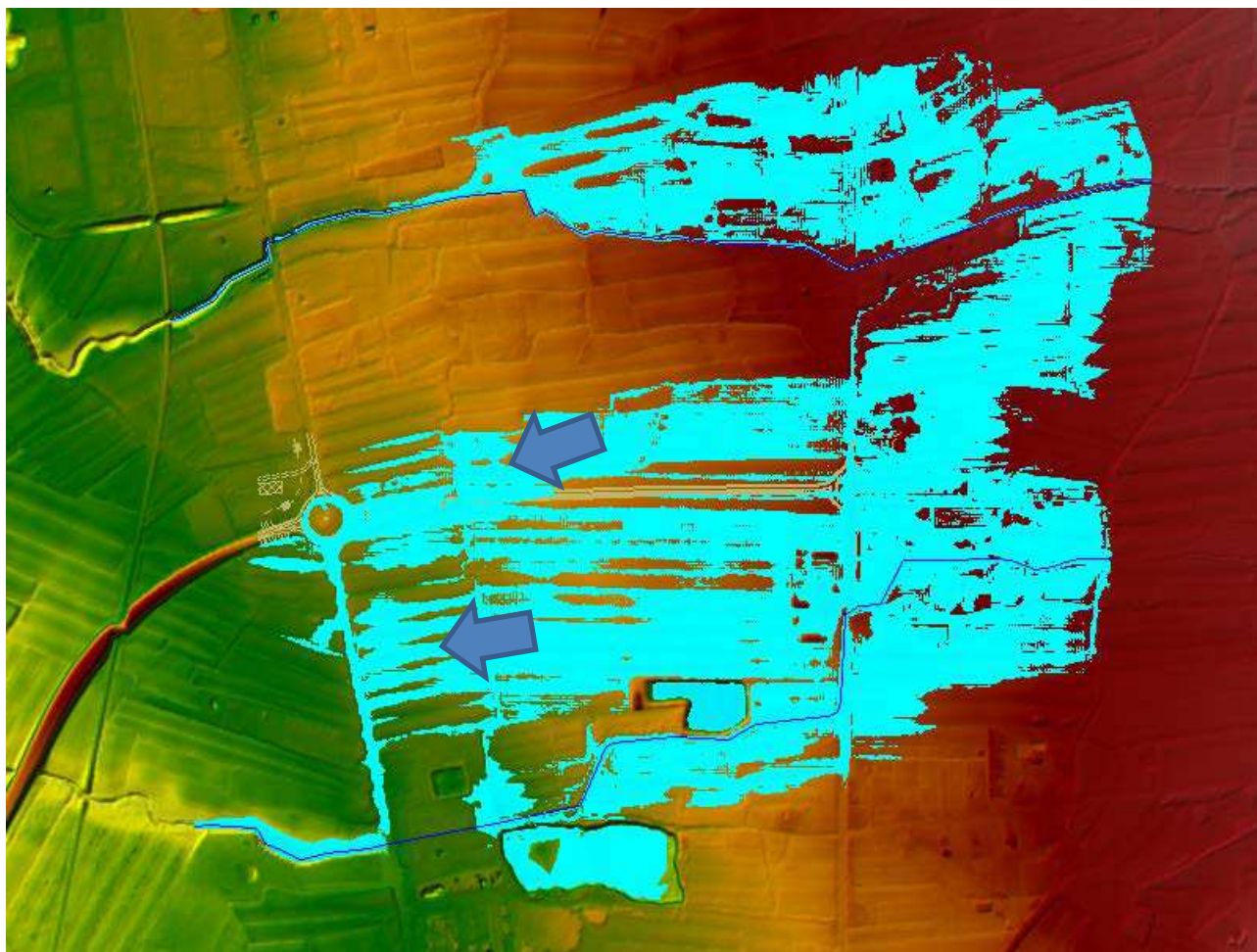


Fig. 6.4 - Modello "Frassine Gavardello" prosecuzione temporale dell'allagamento per evento di piena Tr 200 anni

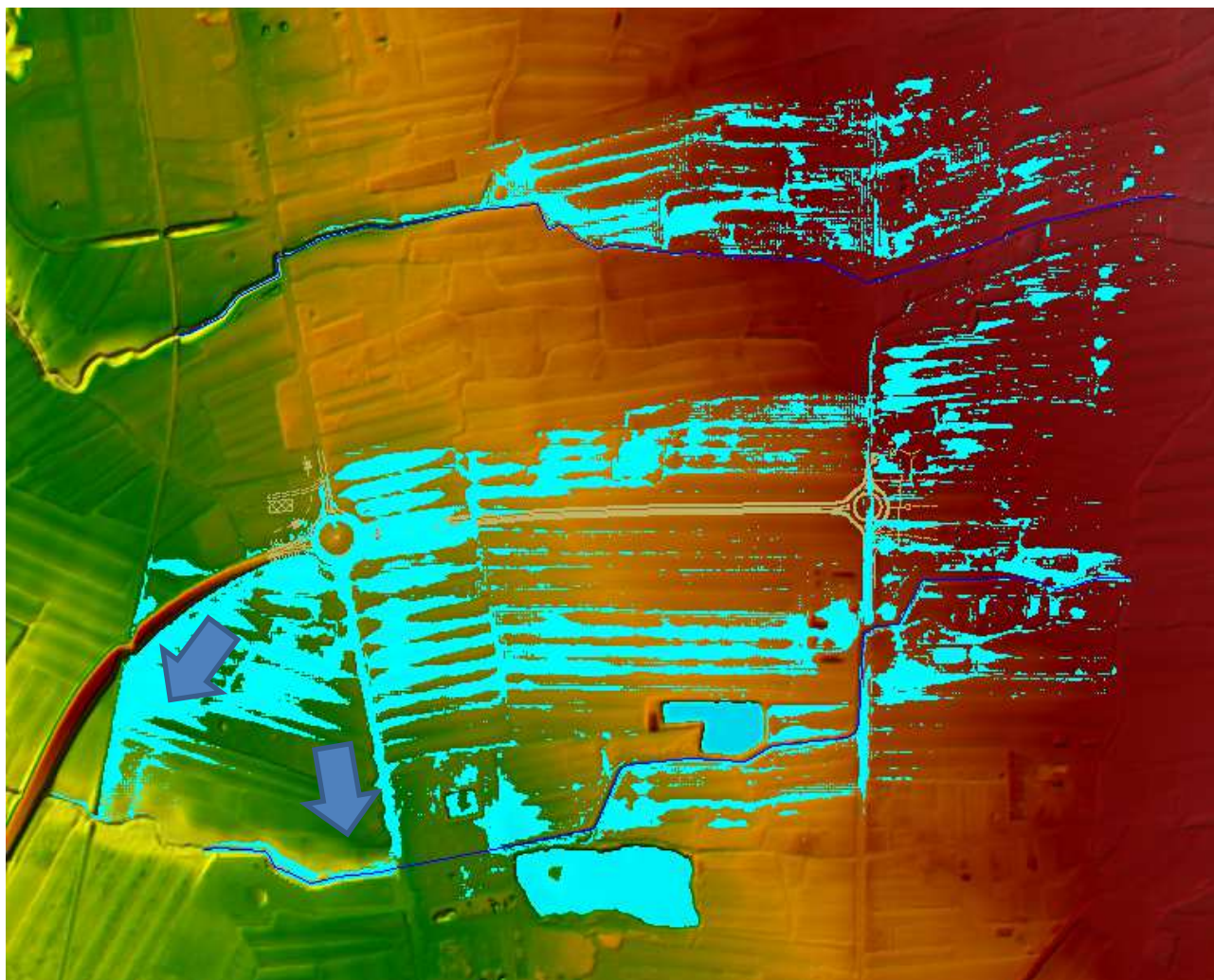


Fig. 6.5 - Modello "Frassine Gavardello" fasi finale dell'allagamento per evento di piena Tr 200 anni

Allo stato attuale, in caso di fenomeni esondativi, il Torrente Gavardello è sottoposto ad un aumento di carico idraulico dato che riceve le acque esondate dal T. Frassine.

L'intera area, a causa della morfologia pianeggiante, presenta zone di ristagno, il cui drenaggio è demandato al reticolo minore costituito da piccoli fossi campestri o scoline e zanelle a servizio della viabilità. In particolar modo sono presenti tre aree principali a cui corrispondono difficoltà di drenaggio:

- L'area compresa tra viale Santa Margherita, la ferrovia Arezzo-Stia, il rilevato di via Turati e il Gavardello;
- L'area compresa tra la SR71, la ferrovia Arezzo-Stia, il rilevato di via Turati e il Frassine;
- Viale Santa Margherita.

Nella prima area (figura 6.6) confluiscono tutte le acque che esondano dal Gavardello e dal Frassine, dato che non è presente una ben definita rete di drenaggio superficiale e la presenza del rilevato



ferroviario pone ostacolo alla naturale pendenza morfologica, le acque defluiscono così verso sud, deviando il proprio corso fino ad entrare nell'alveo del Gavardello.

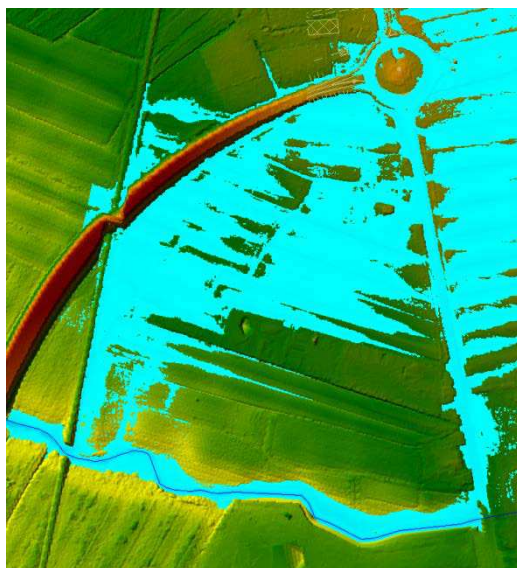


Fig. 6.6 - Modello "Frassine Gavardello", area compresa tra viale Santa Margherita, la ferrovia Arezzo-Stia, il rilevato di via Turati e il Gavardello, allagamento massimo per evento di piena Tr 200 anni

Nella seconda area (figura 6.7) confluisce solo in parte minoritaria una parte delle acque esondate dal Frassine, la presenza dei rilevati di Via Turati e della ferrovia Arezzo-Stia creano ostacolo al deflusso delle acque creando zone di ristagno che le scoline campestri non riescono ad allontanare a causa della mancanza di pendenze adeguate.



Fig. 6.7 - Modello "Frassine Gavardello", area compresa tra la SR71, la ferrovia Arezzo-Stia, il rilevato di via Turati e il Frassine, allagamento massimo per evento di piena Tr 200 anni

La terza area (figura 6.8) è costituita da viale Santa Margherita, nel tratto compreso tra l'attraversamento del Gavardello e la rotonda collegata a via Turati. Questo tratto presenta quote altimetriche inferiori alle quote dei campi adiacenti e il sistema di smaltimento e drenaggio delle acque risulta non sufficiente anche in condizioni di eventi di pioggia ordinari, con il risultato di frequenti allagamenti.



Fig. 6.8 - Modello "Frassine Gavardello", Viale Santa Margherita, allagamento massimo per evento di piena Tr 200 anni



7. INTERVENTI PER LA MESSA IN SICUREZZA E PER IL MIGLIORAMENTO DELLA RETE DI SMALTIMENTO DELLE ACQUE METEORICHE

Allo stato attuale la realizzazione del prolungamento della tangenziale urbana interessa aree sottoposte ad allagamenti per eventi con Tr 30 anni, consegue che l'opera dovrà essere realizzata considerando la messa in sicurezza dell'opera stessa e il contestuale non aumento del rischio nelle aree contermini. Tale intervento andrà anche a migliorare l'attuale sistema di drenaggio delle acque meteoriche.

7.1 Messa in sicurezza idraulica dell'opera

Il rilevato stradale dovrà essere realizzato ad una quota superiore al battente idraulico massimo per evento di piena con Tr 200 anni, assicurando un adeguato franco di sicurezza pari a 50 cm. La nuova rotonda lungo la SP44 della Catona sarà anch'essa in rilevato fino a recuperare le quote della strada attuale. Il tratto di nuova tangenziale non sarà in rilevato nel punto di attacco all'attuale rotonda sulla SR71, il metodo di messa in sicurezza idraulica di questo tratto è descritto successivamente.

Le quote del pelo libero delle aree allagate nell'area oggetto d'intervento sono indicate nelle tavole allegate allo studio idraulico.

7.2 Rete di smaltimento delle acque meteoriche

7.2.1 Rotonda SP44

La nuova rotonda lungo la SP44 sarà realizzata in rilevato, l'attuale flusso delle canalette stradali sarà mantenuto tramite l'inserimento di condotte al di sotto della rotonda di progetto posate sullo stesso tracciato delle attuali forme, in modo da mantenere sia la posizione che la capacità di deflusso tramite adeguate dimensioni.

Per far sì che l'opera non crei ostacolo all'attuale deflusso delle acque, che, in caso di esondazione dai corsi d'acqua limitrofi, attraversa l'attuale strada in direzione Est-Ovest, saranno previste due condotte che collegano le canalette ai due lati della strada.

La rotonda sarà circondata lato est da una canaletta a sezione trapezoidale messa in continuità con quanto già esistente.

Gli interventi di progetto sono indicati nelle tavole allegate.

7.2.2 Nuovo tratto di tangenziale urbana – scarico Maspino

La realizzazione della tangenziale urbana in sicurezza idraulica prevede la realizzazione di una canaletta lato strada nord che possa smaltire le acque del rilevato stradale e che riesca ad allontanare, in modo da non aumentare il rischio idraulico nelle aree contermini, tutte le acque esondate dal torrente Frassine facendo sì che tornino a defluire all'interno dello stesso.

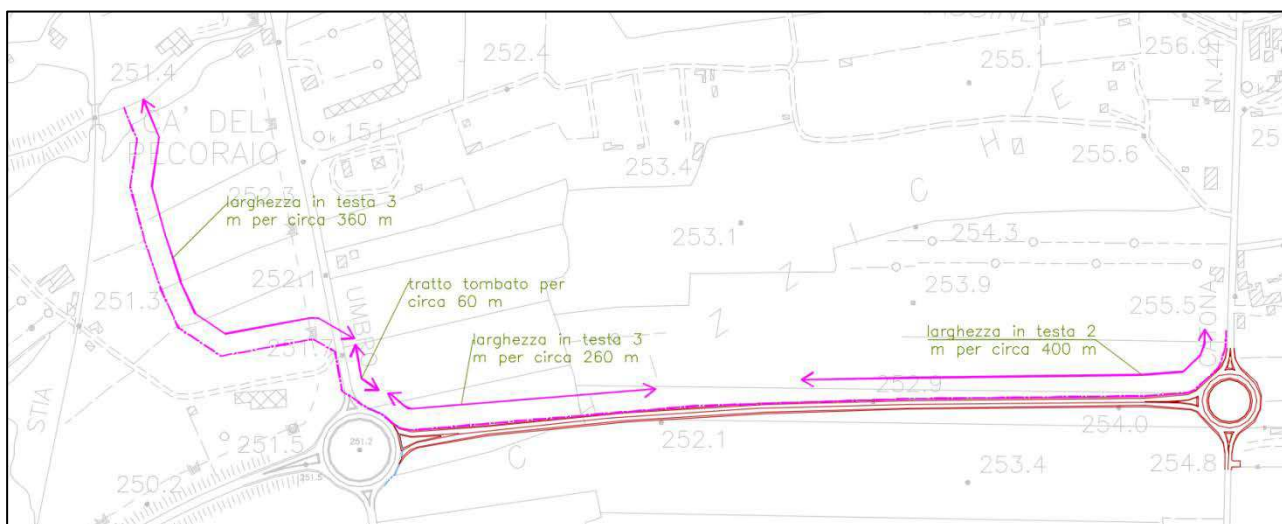


Fig. 7.1 – Scarico Maspino

Il canale inizia dalla strada della Catona, prosegue verso la strada SR71 sottoattraversandola e termina nel Frassine, i vari tratti di canale sono:

- Il primo tratto di circa 400 m presenta un canale a sezione trapezoidale profondo 1 m, larghezza in testa 2 m e alla base 1 m;
- Il secondo tratto di circa 260 m riceve e smaltisce le acque esondate dal Frassine, presenta un canale a sezione trapezoidale profondo 1.5 m, larghezza in testa 3 m e alla base 2 m; il canale prevede un cordolo di circa 30 cm a protezione della rotonda sulla SR71 per proteggerla idraulicamente;
- Il terzo tratto corrisponde al sottoattraversamento della SR71 per 60 m, in modo da includere anche l'accesso alle proprietà limitrofe alla rotonda. Il tombamento dovrà mantenere indicativamente la sezione idraulica del canale di monte con sezione libera di deflusso pari a 3.75 m^2 ;
- Il quarto tratto di circa 360 m ripercorre e riprofila le principali scoline campestri presenti nell'area, la sezione di deflusso indicativa presenta un'altezza di almeno 1.5 m, larghezza in testa 3 m e alla base 2 m. Nel tratto finale prima dell'immissione nel T. Frassine, l'altezza del canale supera i 1.5 metri per poter mantenere la pendenza di progetto pari a 0.4%;

- Nel tratto del torrente Frassine in cui sfocia lo scarico Maspino, sarà posata un'adeguata protezione costituita da scogliera in massi ciclopici per proteggere dall'erosione.
- Eventuali attraversamenti del canale per mantenere il passaggio e gli accessi alle proprietà agricole non potranno diminuire la sezione di deflusso di progetto.

7.2.3 Nuovo tratto di tangenziale urbana – scarico Gavardello

La realizzazione della tangenziale urbana in sicurezza idraulica prevede la realizzazione di una canaletta lato strada sud che possa smaltire le acque del rilevato stradale facendo sì che defluiscano verso il T. Gavardello. Dato che lo scarico il rilevato stradale interrompe il deflusso delle acque esondate, raccolte dallo scarico Maspino, il canale lato sud non presenta particolari funzioni di smaltimento idraulico se non quello di drenare le acque meteoriche contermini al canale stesso.

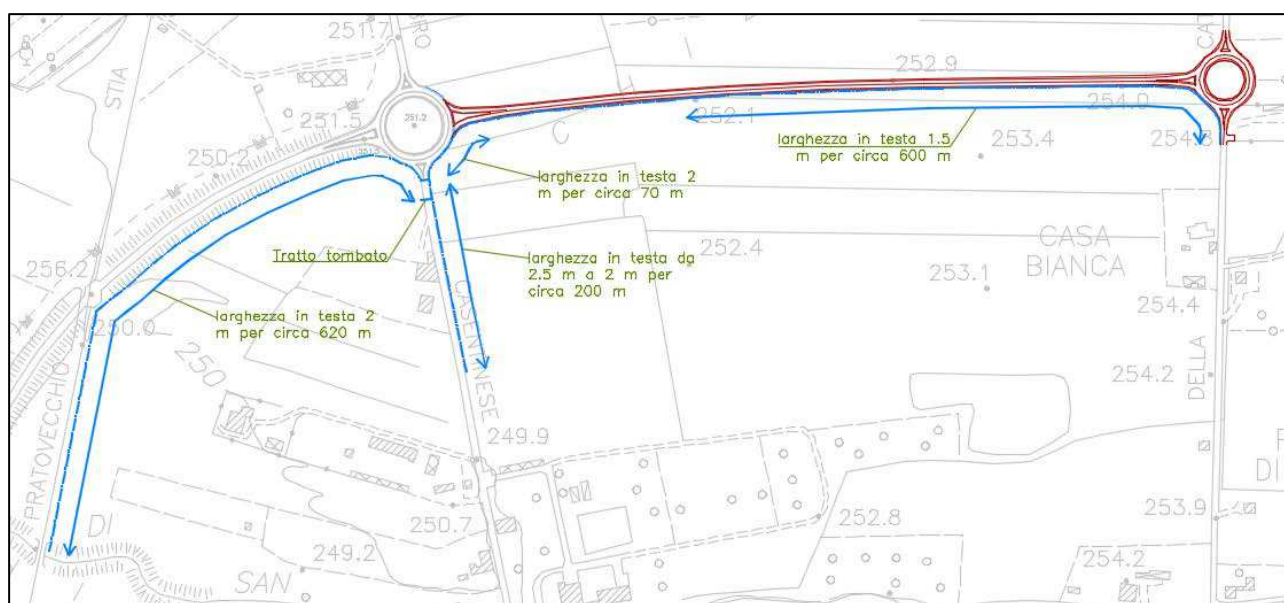


Fig. 7.2 – Scarico Gavardello

Per migliorare le condizioni delle problematiche idrauliche lungo viale Santa Margherita, al canale posto lungo il lato sud della nuova tangenziale urbana, viene immessa la canaletta stradale lungo viale Santa Margherita lato est in modo che possa drenare le acque non più verso sud, ma verso nord tramite una riprofilatura e cambio di pendenza.

Le due canalette, una volta unite, sottoattraversano viale Santa Margherita e proseguono fino a sfociare nel T. Gavardello. I vari tratti di canale sono:

- Il primo tratto di circa 600 m presenta un canale a sezione trapezoidale profondo 1 m, larghezza in testa 1.5 m e alla base 0.5 m;



- Il secondo tratto di circa 70 m in corrispondenza della rotonda presenta un canale a sezione trapezoidale profondo 1.5 m, larghezza in testa 2 m e alla base 1 m;
- Il terzo tratto lungo viale Santa Margherita lungo circa 200 m, presenta un canale trapezoidale con in testa una sezione profonda 0.5 m, larghezza in testa 2.5 m e alla base 1.5 m, mentre la sezione nel tratto terminale prima di sottoattraversare viale Santa Margherita è profonda 1.5 m, larghezza in testa 2.0 m e alla base 1.0 m;
- Il quarto tratto corrisponde al sottoattraversamento di viale Santa Margherita per la lunghezza della sede stradale. In questo caso è già presente un tratto tombato con scatolare di circa 1 m x 1 m che può essere lasciato in opera, dovrà essere affiancato una ulteriore condotta con sezione idraulica di almeno 1.13 m², indicativamente soddisfatto da due condotte circolari di diametro 1 m o da uno scatolare 1.2 m x 1.2 m;
- Il quinto tratto lungo il rilevato di via Turati e il rilevato ferroviario è lungo circa 620 m presenta un canale a sezione trapezoidale profondo 1.5 m, larghezza in testa 2.0 m e alla base 1.0 m;
- Nel tratto del torrente Gavardello in cui sfocia lo scarico Gavardello, sarà posata un'adeguata protezione costituita da scogliera in massi ciclopici per proteggere dall'erosione.
- Eventuali attraversamenti del canale per mantenere il passaggio e gli accessi alle proprietà agricole non potranno diminuire la sezione di deflusso di progetto.





8. MODELLAZIONE IDRAULICA ALLO STATO DI PROGETTO E RISULTATI

La modellazione dei fenomeni di allagamento e di transito sono state eseguite utilizzando il codice di calcolo HEC-RAS 5.0.3. così come descritto al Paragrafo 5. Al modello idraulico relativo allo stato attuale degli allagamenti si è aggiunta la nuova conformazione morfologica data dalla presenza del rilevato stradale e il nuovo sistema di smaltimento delle acque.

Il sistema di smaltimento delle acque, essendo una riprofilatura di alcune scoline e la realizzazione di canali a servizio della regimazione idraulica superficiale, non si configurano come sono corsi d'acqua rientranti nel reticolo idrografico regionale di cui alla LR 79/2012.

Nel modello idraulico di progetto è stata modificata la perimetrazione geometrica delle Storage Area, in modo da relazionarsi con i nuovi corsi d'acqua inseriti, corrispondenti agli scarichi Maspino e Gavardello. I coefficienti di Manning assegnati alle nuove aste fluviali di progetto variano da $0.035 \text{ m}^{-1/3}/\text{s}$ a $0.1 \text{ m}^{-1/3}/\text{s}$, i valori più elevati anche se non sono propriamente adatti a canali trapezoidali in terra privi di particolari ostacoli, si sono resi necessari per dare stabilità ai calcoli matematici del modello. Ai canali di progetto viene inserita una condizione al contorno di monte pari ad una portata idraulica che dà stabilità al calcolo, nonostante non realmente riscontrabile, questa condizione al contorno favorisce comunque condizioni di cautela. Per la condizione di valle, invece, si è optato per l'altezza di moto uniforme.

In base alle risultanze dei modelli idraulici fin qui esposti, l'area allo stato di progetto in oggetto risulta interessata da fenomeni di allagamento per eventi di piena con Tr 30 anni e Tr 200 anni, come mostrato di seguito. Le aree allagate di progetto mostrano che l'inserimento del rilevato stradale della nuova tangenziale urbana e la presenza del nuovo sistema di smaltimento delle acque meteoriche non aumentano il rischio idraulico nelle aree contermini.



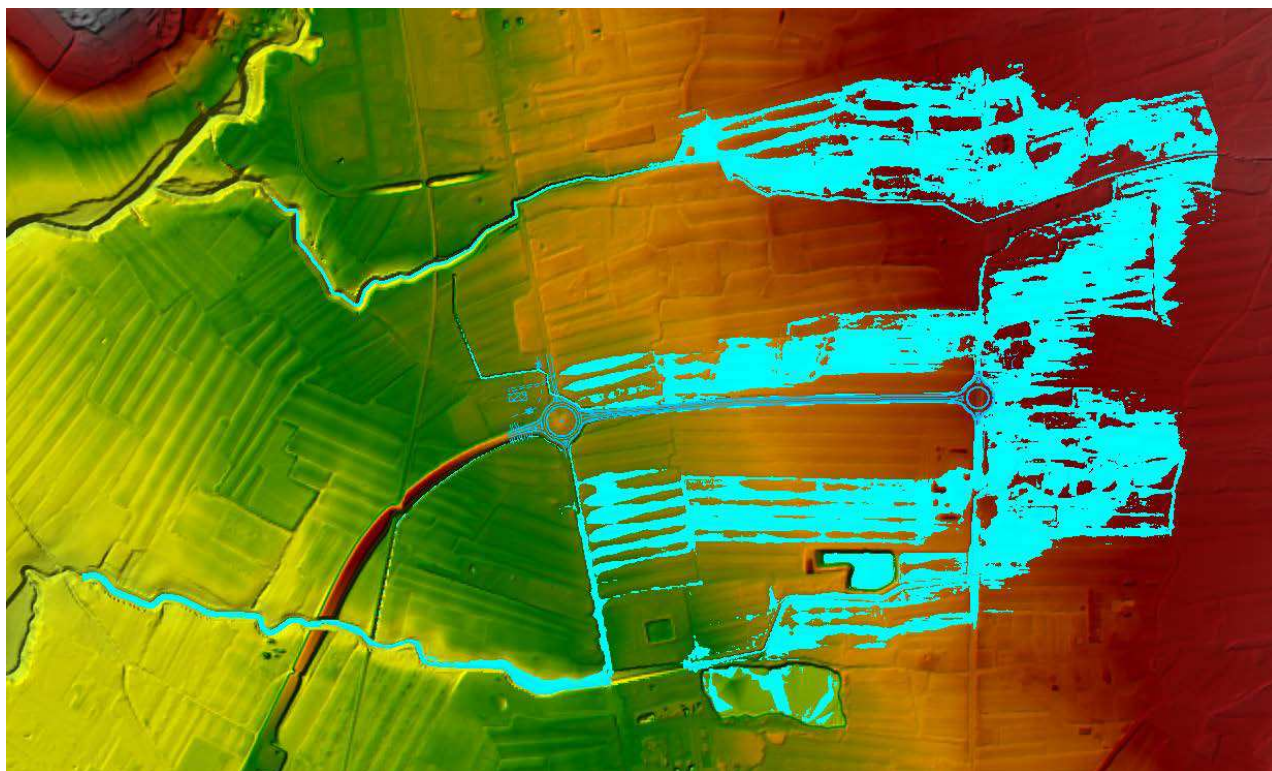


Fig. 8.1 - Modello "Frassine Gavardello" allagamento massimo di progetto per evento di piena Tr 30 anni

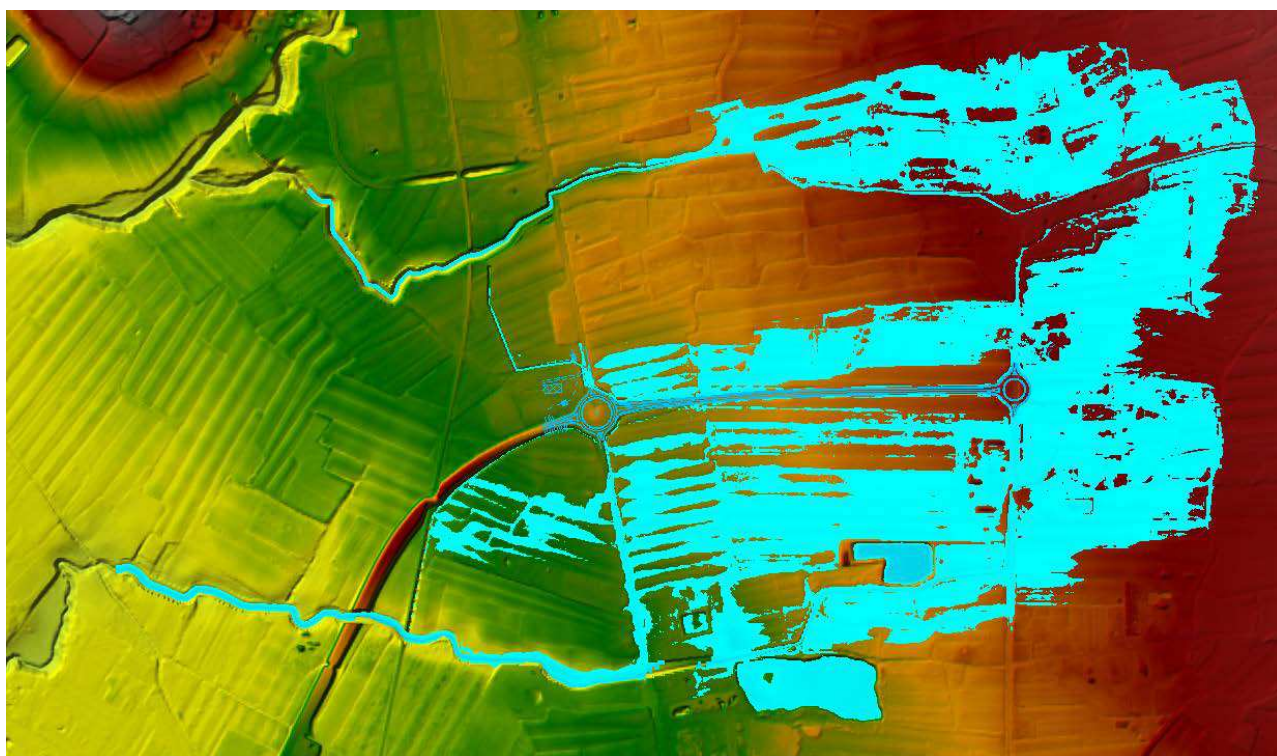


Fig. 8.2 - Modello "Frassine Gavardello" allagamento massimo di progetto per evento di piena Tr 200 anni

Gli scenari di progetto per eventi di pioggia con Tr 30 e 200 anni mostrano come il nuovo sistema di regimazione delle acque meteoriche superficiali "Scarico Maspino", riesce a drenare le acque



esondate dal T. Frassine e defluirle nello stesso più a valle in prossimità del ponte della ferrovia Arezzo-Stia. Di seguito sono mostrati i livelli dei battenti allo stato attuale e di progetto, nonostante l'aumento del livello idrico, rimane comunque un franco di oltre due metri dovuto alla morfologia del Frassine che risulta molto inciso.

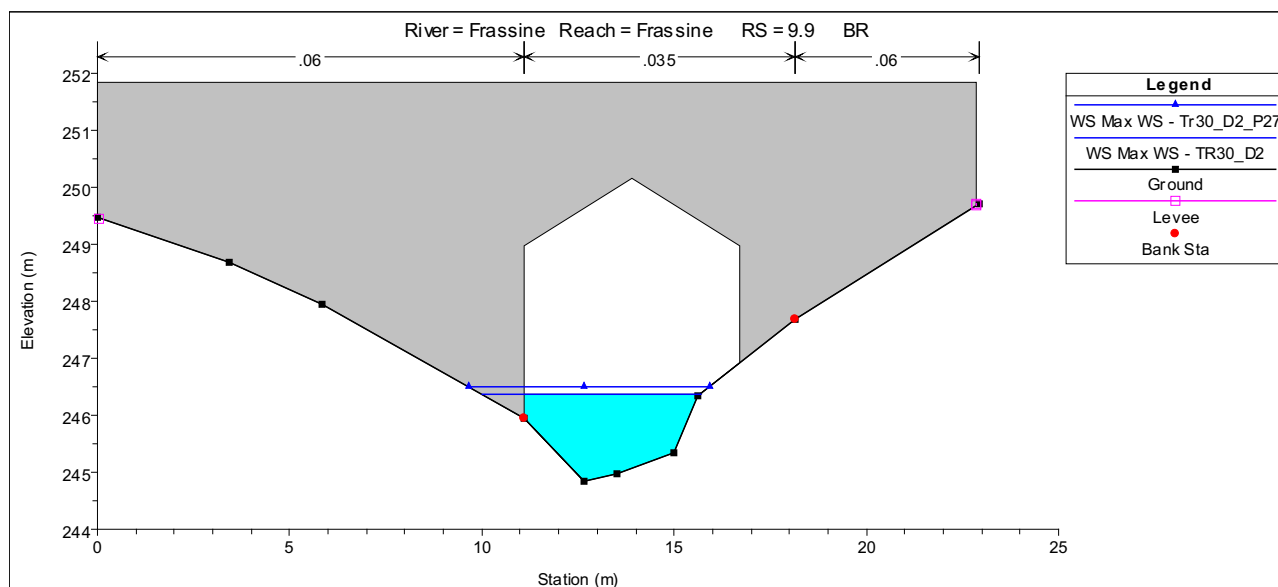


Fig. 8.3 - Modello "Frassine Gavardello", T. Frassine, sezione a monte della ferrovia Arezzo-Stia, battenti per Tr30 anni allo stato attuale e di progetto, aumento di 13 cm di battente, franco di sicurezza dalle sponde 2.97 m.

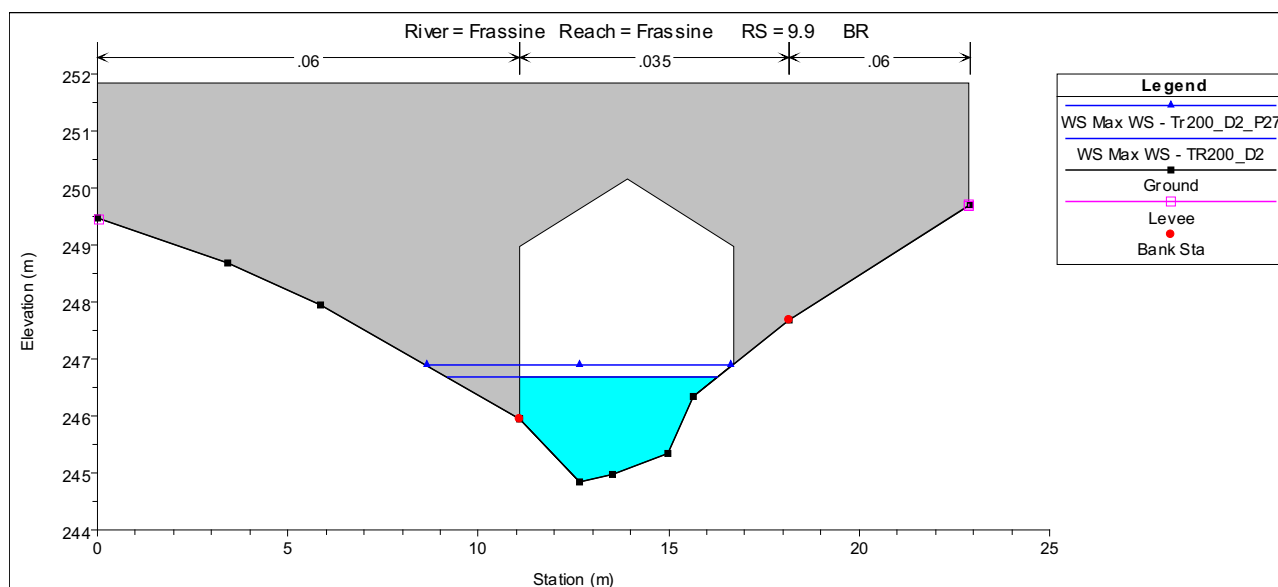


Fig. 8.4 - Modello "Frassine Gavardello", T. Frassine, sezione a monte della ferrovia Arezzo-Stia, battenti per Tr200 anni allo stato attuale e di progetto, aumento di 20 cm di battente, franco di sicurezza 2.58 m.

Gli scenari di progetto per eventi di pioggia con Tr 30 e 200 anni mostrano come il nuovo sistema di regimazione delle acque meteoriche superficiali "Scarico Gavardello", riesce a drenare le acque meteoriche e defluirle nel fosso Gavardello in prossimità del ponte della ferrovia Arezzo-Stia.



Il sistema di drenaggio delle acque meteoriche superficiali modifica le condizioni di allagamento di Viale Santa Margherita, permettendo l'allontanamento delle acque da un'area con alte difficoltà di deflusso ad una con capacità maggiore. Allo stato di progetto sono altresì diminuite le acque provenite dall'esondazione del Frassine, elemento che migliora ancor di più il carico idraulico afferente l'area di viale Santa Margherita.

La sezione del T. Gavardello in cui confluisce lo scarico Gavardello risulta così alleggerita dall'importante contributo apportato dall'esondazione del Frassine, quindi non sussistono condizioni di aumento del battente idraulico.





9. CONCLUSIONE

La realizzazione del Prolungamento della Tangenziale Urbana nel tratto posto tra l'intersezione con la SS71 Umbro-Casentinese e la SP44 della Catona si inserisce in un'area soggetta ad allagamenti per eventi di piena con Tr 30 e 200 anni.

L'opera di progetto modifica la morfologia e il deflusso idraulico dell'area, sia per eventi di esondazione, ma anche come reticolo minore di deflusso delle acque meteoriche superficiali.

La messa in sicurezza idraulica dell'opera prevede la realizzazione della stessa in rilevato con adeguato franco di sicurezza di 50 cm rispetto al battente idraulico per eventi con Tr 200 anni.

Per ovviare alla presenza del rilevato stradale che modifica e interrompe le linee morfologiche di deflusso idrico, viene modificato e migliorato il sistema di drenaggio delle acque meteoriche superficiali. Sia nel lato nord (Scarico Maspino) che nel lato sud (Scarico Gavardello).

Lo Scarico Maspino, attraverso principalmente la sagomatura, l'approfondimento e l'allargamento delle scoline esistenti riesce a smaltire le acque fino ad esondazioni dovute ad eventi con Tr 200 anni senza che aumenti il rischio idraulico nelle aree contermini. L'acqua raccolta viene fatta defluire all'interno del T. Frassine dove il torrente è inciso e riesce a ricevere acqua senza creare nuove condizioni di rischio.

Lo scarico Gavardello, attraverso principalmente la sagomatura, l'approfondimento e l'allargamento delle scoline esistenti riesce a smaltire le acque fino ad esondazioni dovute ad eventi con Tr 200 anni senza che aumenti il rischio idraulico nelle aree contermini. Inoltre le modifiche di deflusso per la canaletta lungo Viale Santa Margherita migliorano le difficoltà idrauliche nella zona alleggerendo il carico idraulico che afferisce al T. Gavardello presso l'attraversamento di Viale Santa Margherita. Il deflusso delle acque raccolte nelle sezioni del T. Gavardello presso l'attraversamento della ferrovia Arezzo-Stia risulta alleggerito dai volumi idrici che esondano dal T. Frassine, quindi non c'è aumento del rischio idraulico.

Sia sul T. Frassine che sul T. Gavardello dovrà essere prevista una scogliera protettiva nei punti di immissione dei relativi scarichi delle acque meteoriche superficiali per prevenire fenomeni erosivi e di modifica della morfologia d'alveo nei corsi d'acqua principali.



10. CONSIDERAZIONI FINALI

La definizione delle aree allagabili deriva da valutazioni ed elaborazioni sviluppate tramite modelli informatici basati su dati, conoscenze e parametri vigenti allo stato attuale.

Qualsiasi modifica di tali condizioni, su cui sono state elaborate le valutazioni di carattere idrologico idraulico, pregiudicano la validità di quanto esposto e potrebbero rendere necessaria una rivalutazione del quadro conoscitivo.

Occorre osservare che i risultati del presente studio sono vincolati al mantenimento delle condizioni e assetti del reticolo idrografico, così come inseriti nella simulazione idraulica; eventuali future modifiche di tali assetti impongono la necessità di una revisione dei presenti risultati.

Inoltre si ritiene doveroso osservare che tali risultati dovranno essere aggiornati anche in conseguenza di una possibile futura espansione edilizia, dell'eventuale approvazione di varianti al regolamento urbanistico, delle variazioni significative dell'assetto dell'uso del suolo o delle reti idrauliche naturali e artificiali interferenti con le aree investigate.

Arezzo, maggio 2018

Geol. Fabio Poggi

Ing. Davide Giovannuzzi

I professionisti incaricati

Geol. Massimiliano Rossi

Ing. Gregorio Bartolucci





ALLEGATI HEC-RAS





STATO ATTUALE

Allegati



ALLEGATI

MODELLAZIONE HEC-RAS 5.0.3 "Torrente Frassine"

TORRENTE FRASSINE

MODELLAZIONE PER TR=30 e 200 ANNI

DURATA DI PIOGGIA: 2h

Profilo longitudinale

Sezioni Trasversali

Dati idraulici



ALLEGATI

MODELLAZIONE HEC-RAS 5.0.3 "Torrente Frassine"

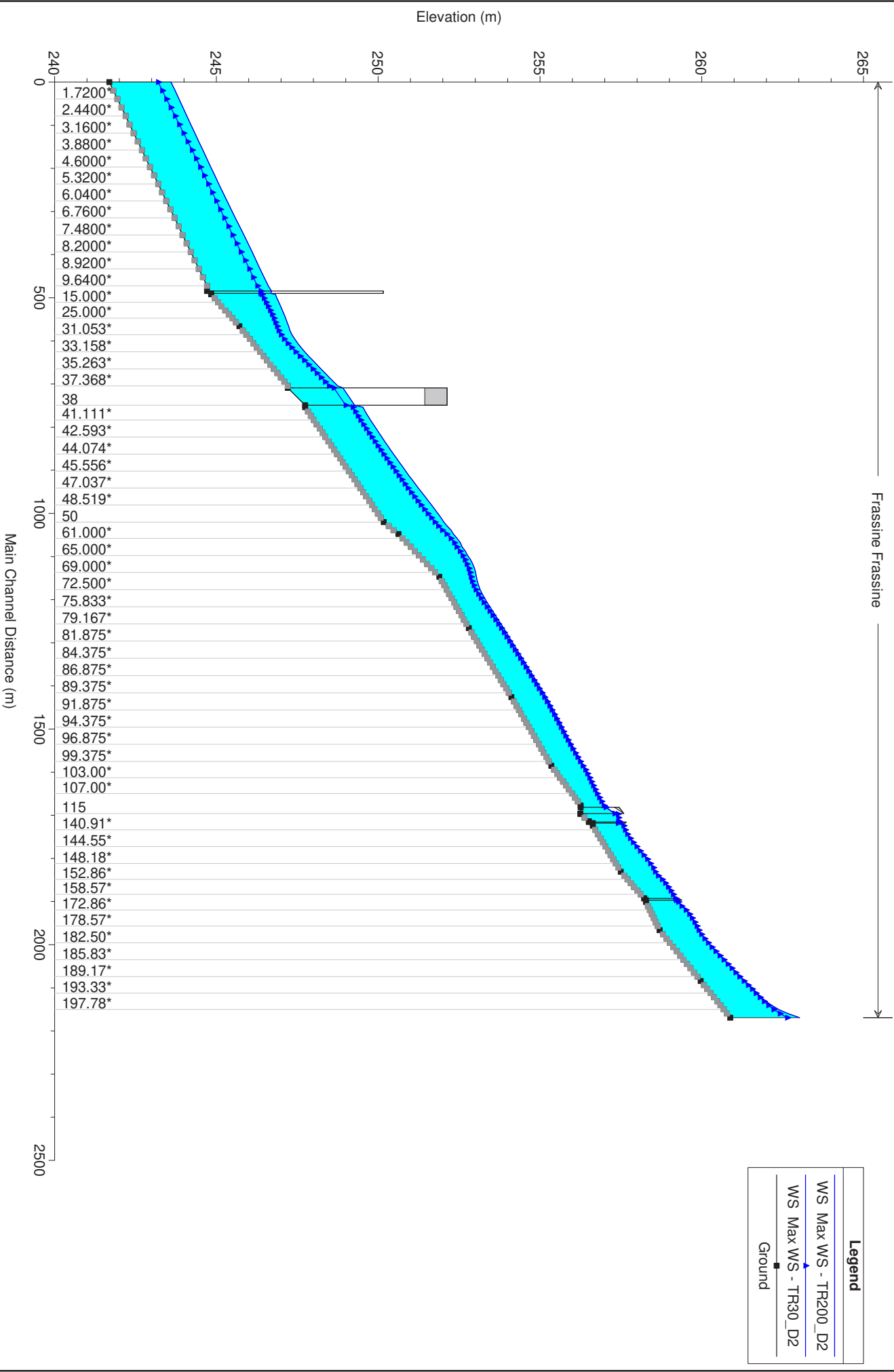
TORRENTE FRASSINE

MODELLAZIONE PER TR=30 e 200 ANNI

DURATE DI PIOGGIA: 2h

Profilo longitudinale

Frassine Frassine





ALLEGATI

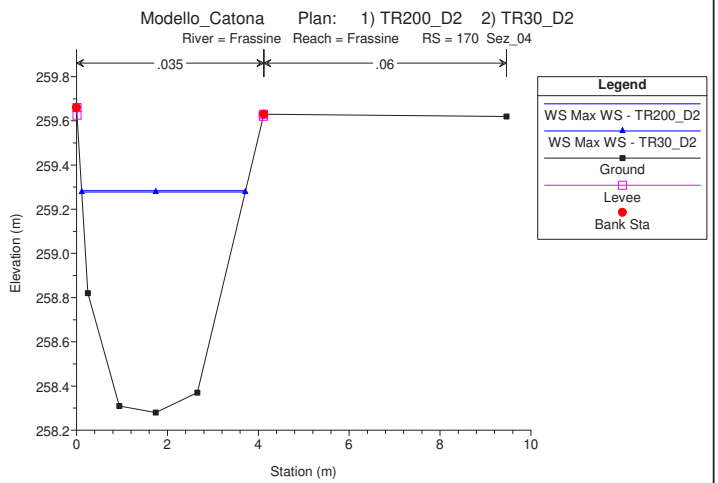
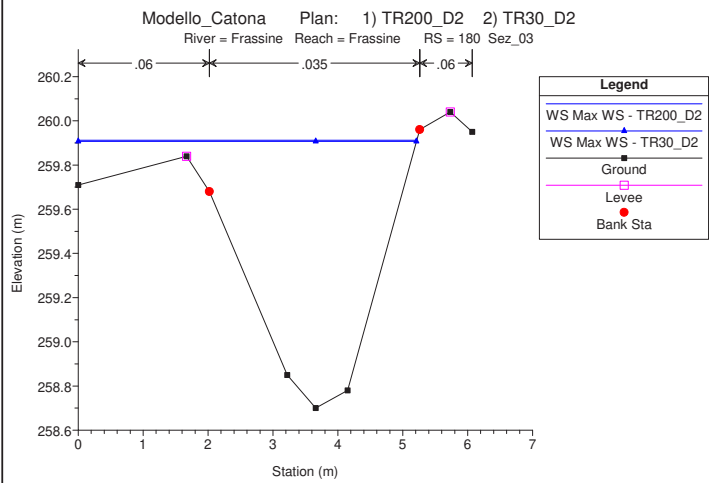
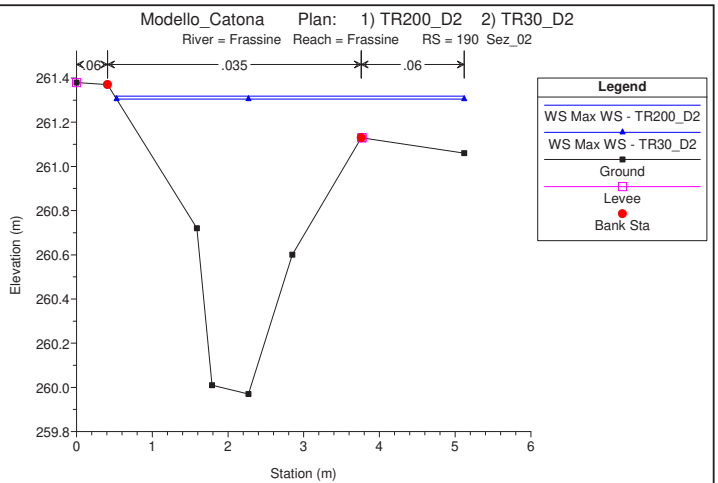
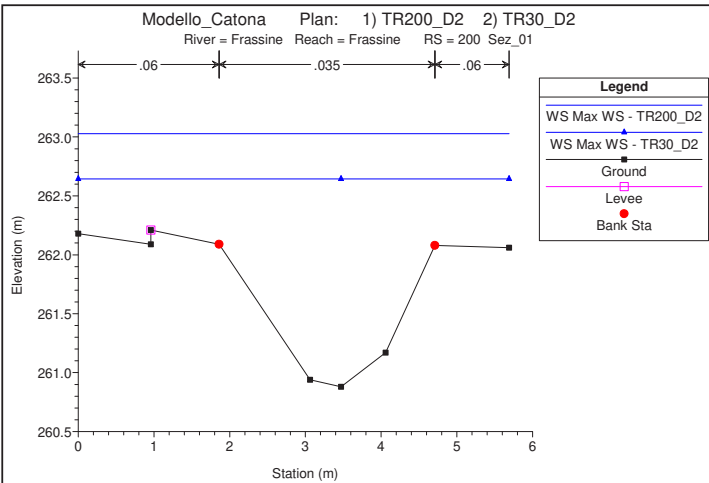
MODELLAZIONE HEC-RAS 5.0.3 "Torrente Frassine"

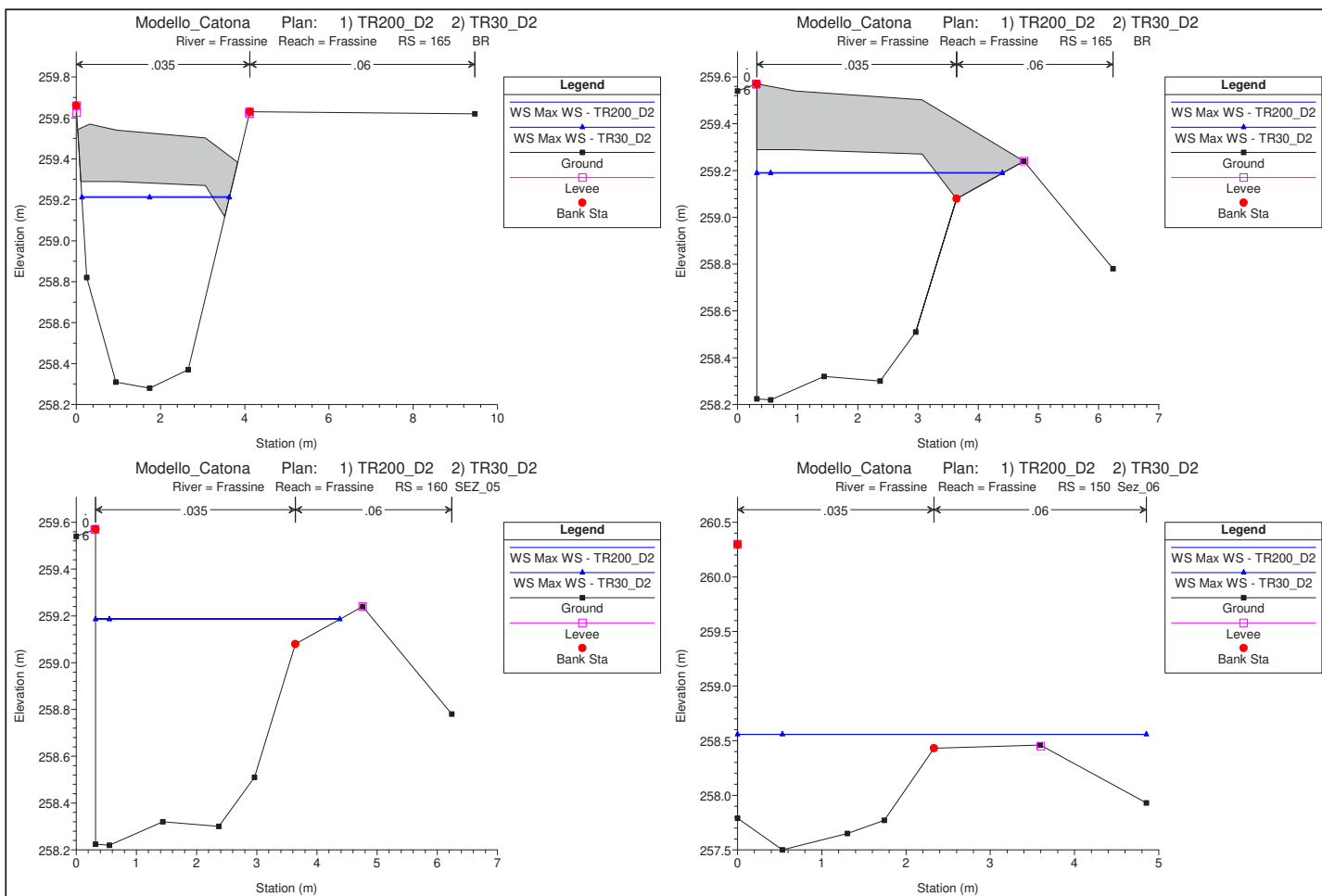
TORRENTE FRASSINE

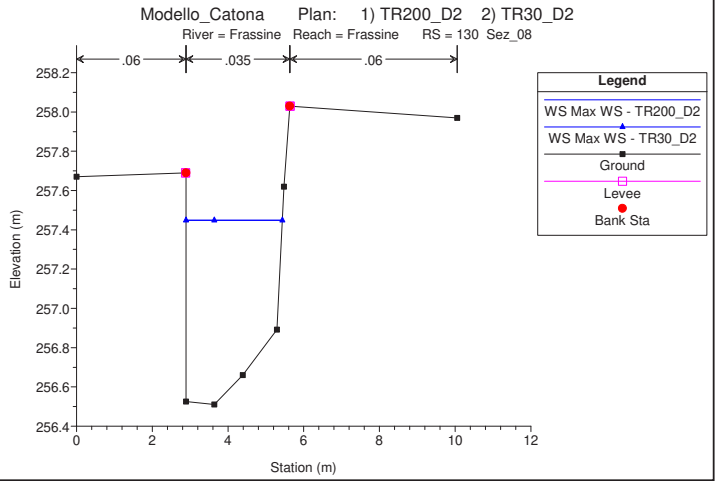
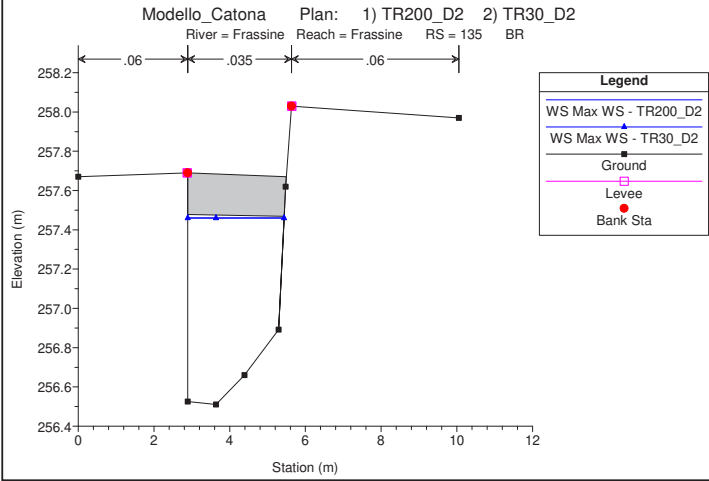
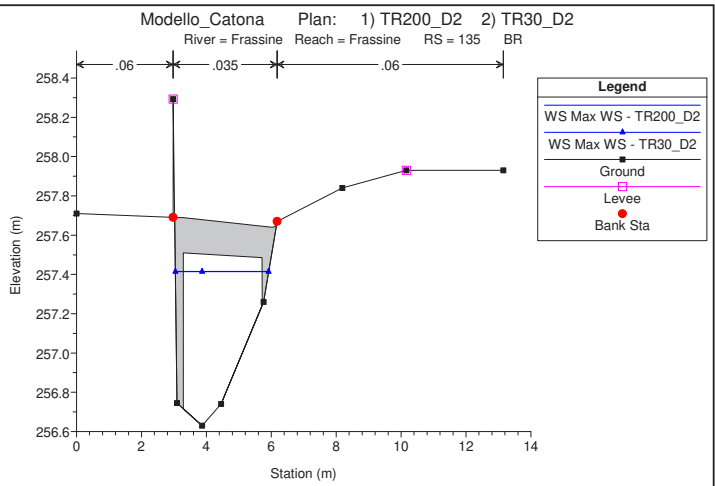
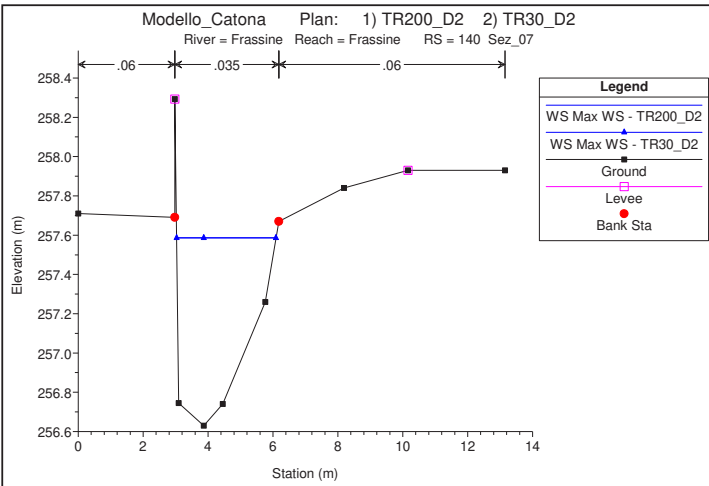
MODELLAZIONE PER TR=30 e 200 ANNI

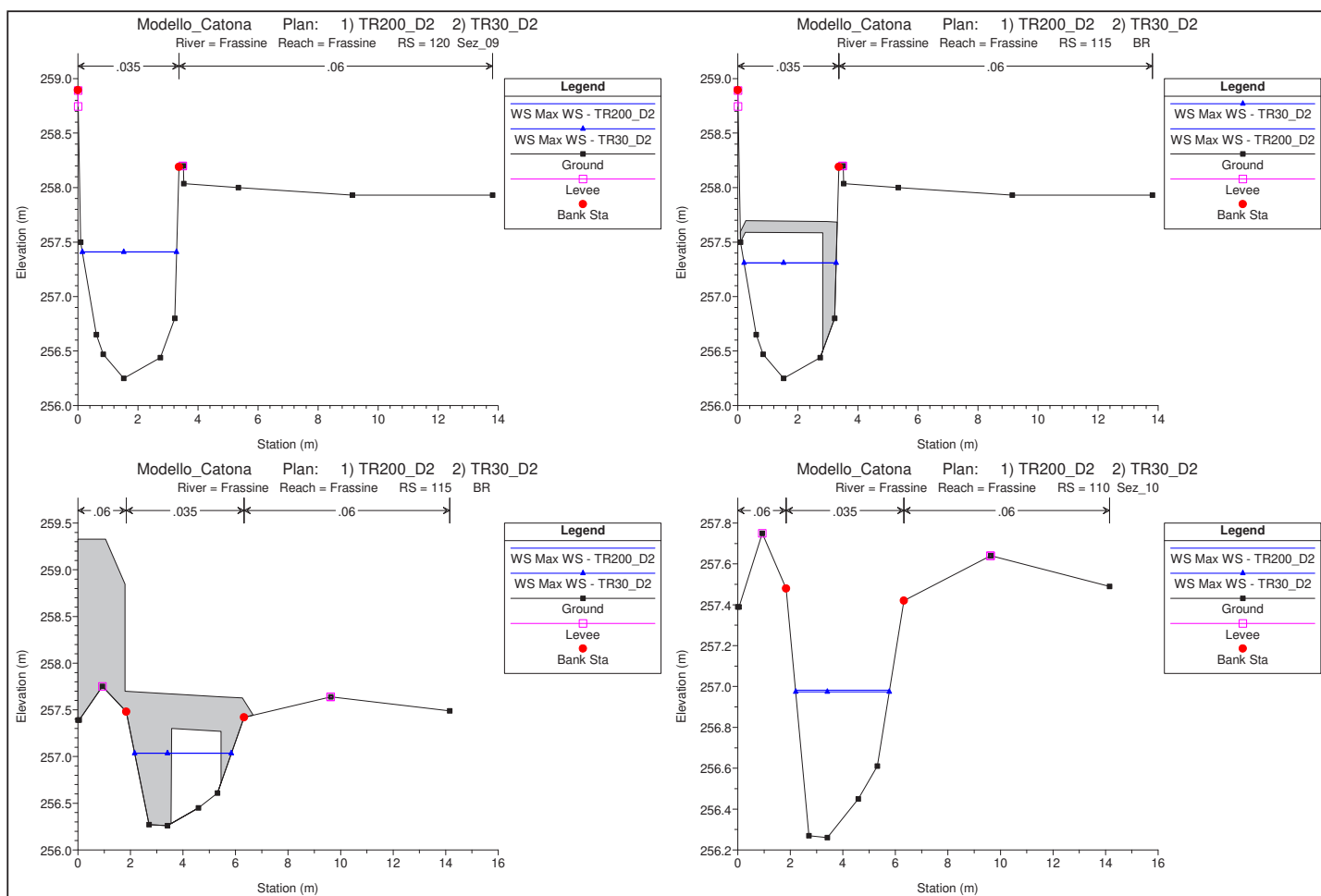
DURATE DI PIOGGIA: 2h

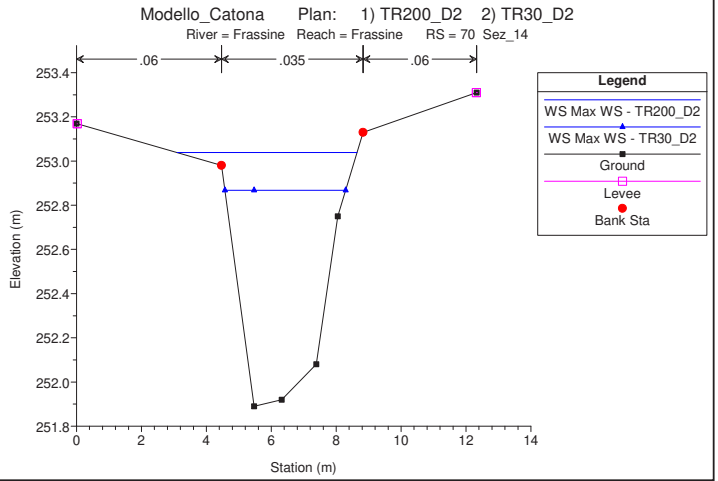
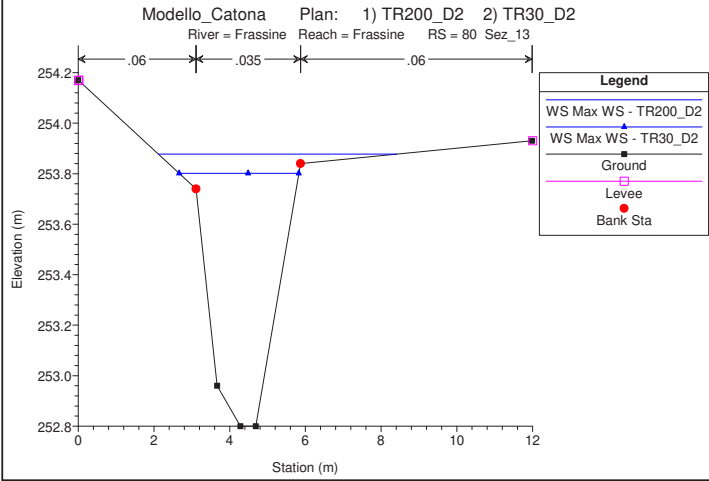
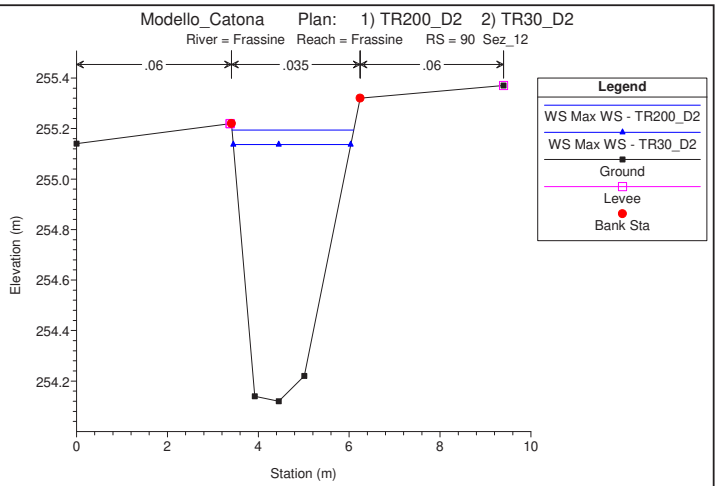
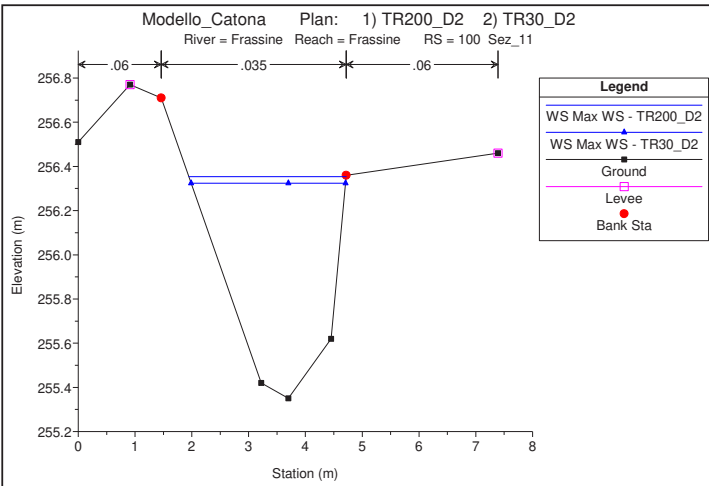
Sezioni Trasversali (da monte verso valle)

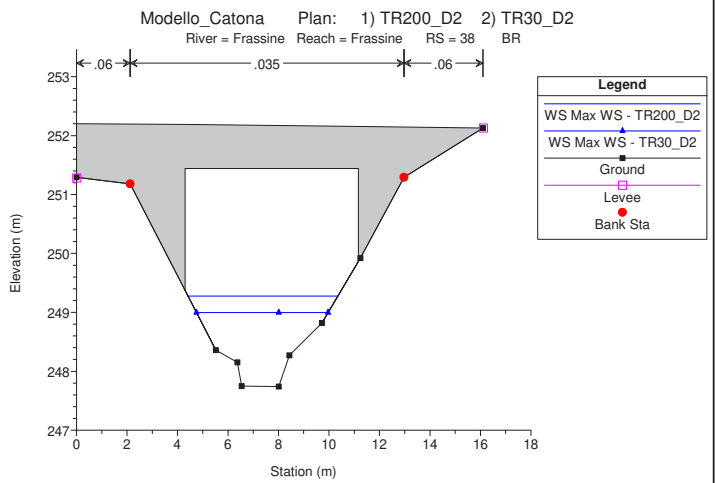
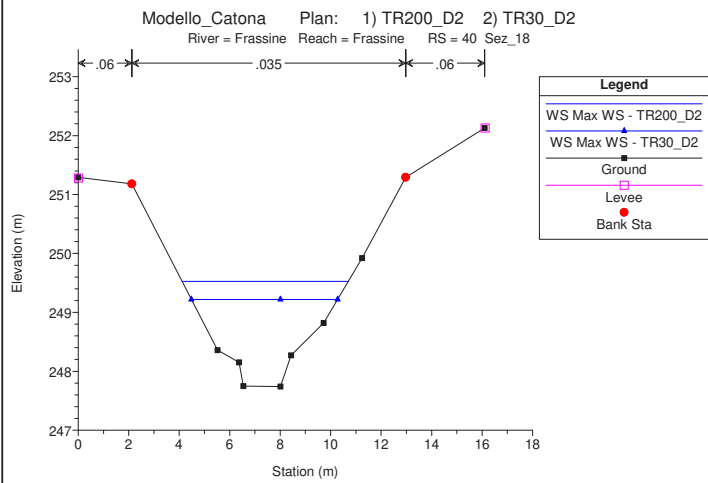
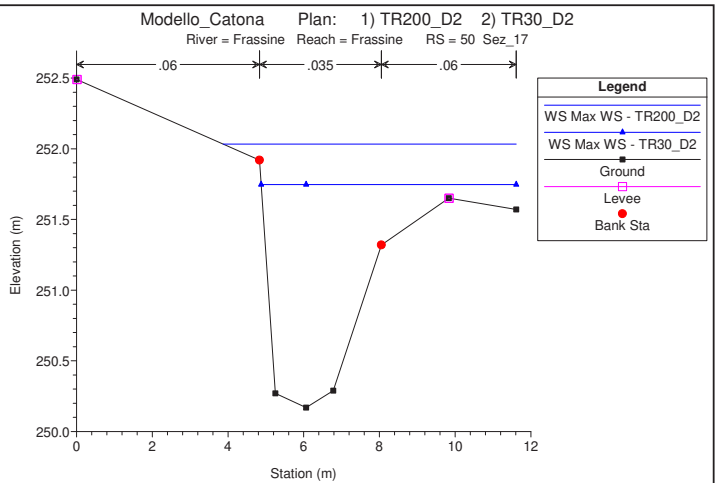
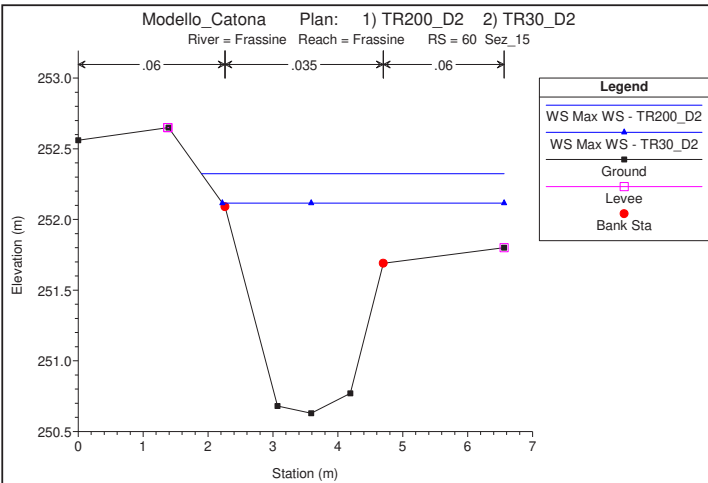


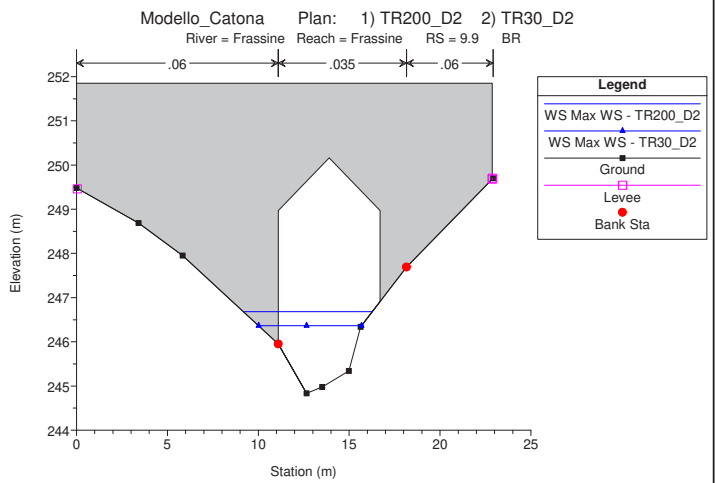
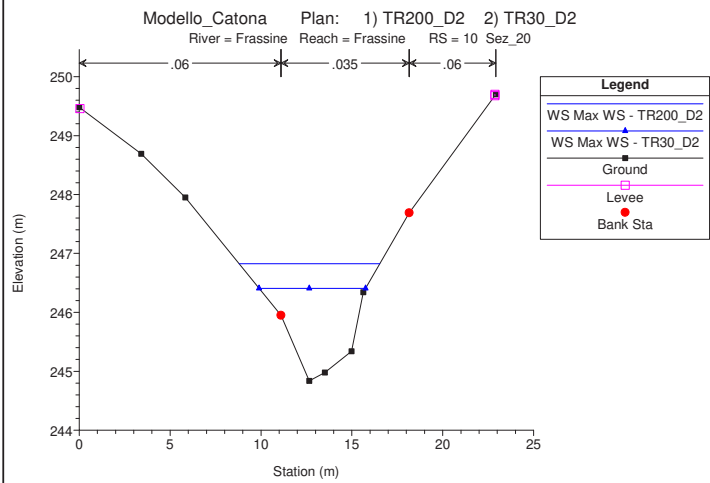
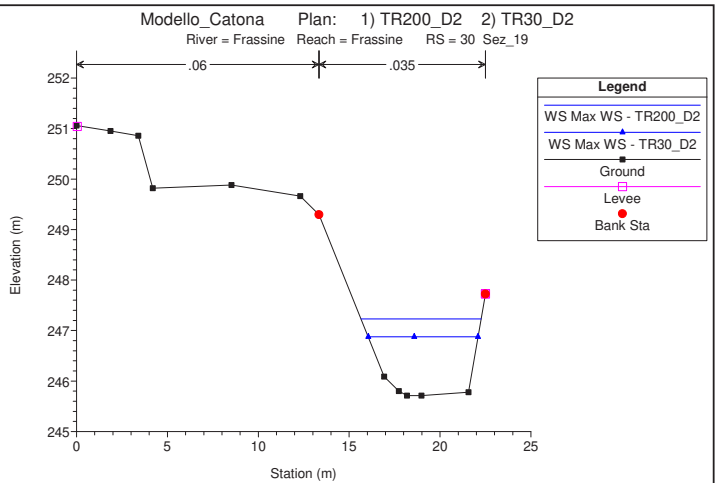
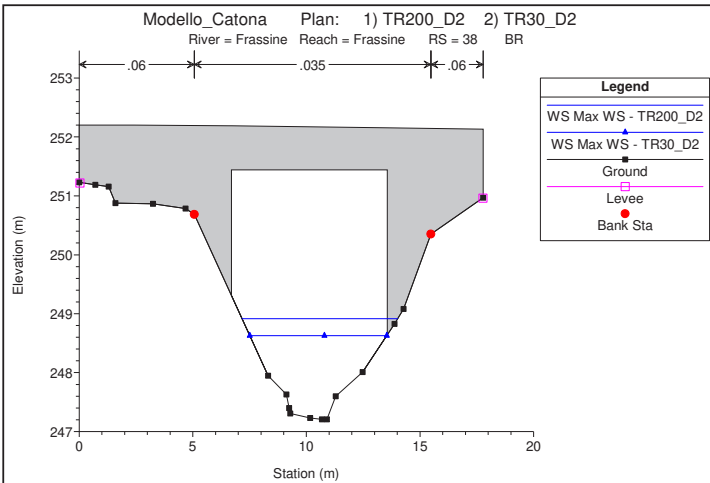


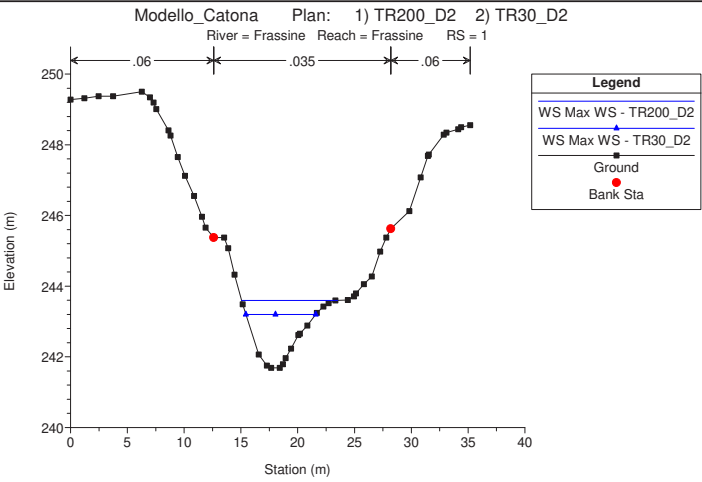
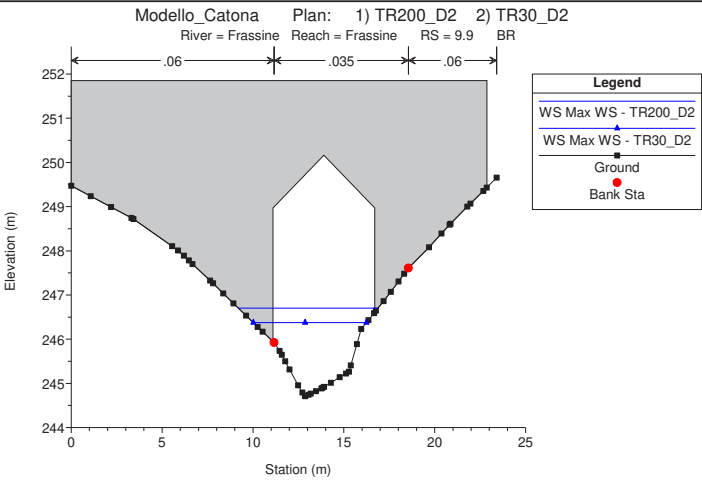














ALLEGATI

MODELLAZIONE HEC-RAS 5.0.3 "Torrente Frassine"

TORRENTE FRASSINE

MODELLAZIONE PER TR=30 e 200 ANNI

DURATE DI PIOGGIA: 2h

Dati idraulici

HEC-RAS River: Frassine Reach: Frassine Profile: Max WS

Reach	River Sta	Profile	Plan	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Frassine	200	Max WS	TR200_D2	27.20	260.88	263.03	263.22	264.06	0.021554	4.84	7.36	5.69	1.19
Frassine	200	Max WS	TR30_D2	15.20	260.88	262.64	262.73	263.27	0.017616	3.68	5.18	5.69	1.03
Frassine	199			Lat Struct									
Frassine	198			Lat Struct									
Frassine	190	Max WS	TR200_D2	4.90	259.97	261.32	261.28	261.55	0.014763	2.17	2.47	4.62	0.85
Frassine	190	Max WS	TR30_D2	4.70	259.97	261.30		261.53	0.014474	2.13	2.40	4.59	0.84
Frassine	180	Max WS	TR200_D2	4.46	258.70	259.91	259.71	260.07	0.007336	1.78	2.74	5.22	0.65
Frassine	180	Max WS	TR30_D2	4.38	258.70	259.91		260.06	0.007256	1.76	2.71	5.21	0.64
Frassine	170	Max WS	TR200_D2	4.30	258.28	259.28	259.03	259.41	0.006179	1.60	2.69	3.61	0.59
Frassine	170	Max WS	TR30_D2	4.25	258.28	259.28	259.03	259.41	0.006168	1.59	2.66	3.60	0.59
Frassine	165			Bridge									
Frassine	160	Max WS	TR200_D2	4.30	258.22	259.19	258.95	259.33	0.007108	1.66	2.63	4.08	0.60
Frassine	160	Max WS	TR30_D2	4.25	258.22	259.19		259.32	0.007039	1.65	2.62	4.06	0.60
Frassine	159			Lat Struct									
Frassine	150	Max WS	TR200_D2	3.25	257.50	258.56	258.32	258.68	0.006977	1.58	2.48	4.85	0.56
Frassine	150	Max WS	TR30_D2	3.24	257.50	258.56		258.67	0.006936	1.57	2.48	4.85	0.56
Frassine	149.5			Lat Struct									
Frassine	140	Max WS	TR200_D2	2.67	256.63	257.59	257.31	257.67	0.005064	1.29	2.07	3.07	0.50
Frassine	140	Max WS	TR30_D2	2.67	256.63	257.59	257.31	257.67	0.005058	1.29	2.07	3.06	0.50
Frassine	135			Bridge									
Frassine	130	Max WS	TR200_D2	2.67	256.51	257.45	257.14	257.54	0.005475	1.34	1.99	2.55	0.48
Frassine	130	Max WS	TR30_D2	2.67	256.51	257.45		257.54	0.005478	1.34	1.99	2.54	0.48
Frassine	129.999			Lat Struct									
Frassine	120	Max WS	TR200_D2	2.67	256.25	257.41	256.90	257.46	0.002045	0.96	2.78	3.14	0.33
Frassine	120	Max WS	TR30_D2	2.67	256.25	257.41	256.90	257.46	0.002044	0.96	2.78	3.14	0.33
Frassine	115			Bridge									
Frassine	110	Max WS	TR200_D2	2.67	256.26	256.98	256.84	257.09	0.007598	1.46	1.84	3.58	0.65
Frassine	110	Max WS	TR30_D2	2.67	256.26	256.97		257.08	0.007926	1.48	1.81	3.56	0.66
Frassine	100	Max WS	TR200_D2	2.87	255.35	256.35	256.14	256.48	0.007835	1.59	1.81	2.77	0.63
Frassine	100	Max WS	TR30_D2	2.75	255.35	256.32		256.45	0.008106	1.59	1.73	2.72	0.64
Frassine	90	Max WS	TR200_D2	3.22	254.12	255.19	254.96	255.34	0.008164	1.67	1.93	2.68	0.63
Frassine	90	Max WS	TR30_D2	2.88	254.12	255.14		255.27	0.008148	1.62	1.78	2.59	0.62
Frassine	80	Max WS	TR200_D2	3.58	252.80	253.88	253.69	254.04	0.008337	1.77	2.12	6.30	0.66
Frassine	80	Max WS	TR30_D2	3.03	252.80	253.80		253.95	0.008549	1.69	1.81	3.16	0.66
Frassine	70	Max WS	TR200_D2	3.86	251.89	253.04	252.63	253.11	0.003329	1.22	3.21	5.54	0.45
Frassine	70	Max WS	TR30_D2	3.16	251.89	252.87		252.95	0.004238	1.26	2.50	3.72	0.49
Frassine	69.999			Lat Struct									
Frassine	60	Max WS	TR200_D2	9.57	250.63	252.32	252.19	252.65	0.011253	2.67	4.28	4.66	0.75
Frassine	60	Max WS	TR30_D2	8.16	250.63	252.12	252.09	252.49	0.015827	2.82	3.34	4.34	0.86
Frassine	50	Max WS	TR200_D2	13.59	250.17	252.03	251.87	252.33	0.008394	2.56	6.51	7.74	0.67
Frassine	50	Max WS	TR30_D2	10.13	250.17	251.75	251.59	252.07	0.010671	2.56	4.51	6.74	0.75
Frassine	40	Max WS	TR200_D2	16.40	247.74	249.53	249.27	249.80	0.007748	2.33	7.04	6.58	0.72
Frassine	40	Max WS	TR30_D2	10.56	247.74	249.22	248.99	249.43	0.007621	2.05	5.14	5.79	0.70
Frassine	38			Bridge									
Frassine	30	Max WS	TR200_D2	16.70	245.71	247.23	246.84	247.45	0.005375	2.09	7.99	6.61	0.61
Frassine	30	Max WS	TR30_D2	10.67	245.71	246.88		247.05	0.005600	1.86	5.75	6.04	0.61
Frassine	10	Max WS	TR200_D2	16.70	244.83	246.83	246.44	247.07	0.005360	2.23	8.19	7.74	0.62
Frassine	10	Max WS	TR30_D2	10.67	244.83	246.41	246.11	246.63	0.006093	2.08	5.34	5.86	0.64
Frassine	9.9			Bridge									
Frassine	1	Max WS	TR200_D2	16.68	241.69	243.60	243.22	243.80	0.006067	2.02	8.27	8.45	0.65
Frassine	1	Max WS	TR30_D2	10.66	241.69	243.20	242.92	243.39	0.006446	1.94	5.49	6.14	0.66



ALLEGATI

MODELLAZIONE HEC-RAS 5.0.3 "Torrente Gavardello"

TORRENTE GAVARDELLO

MODELLAZIONE PER TR=30 e 200 ANNI

DURATA DI PIOGGIA: 2h

Profilo longitudinale

Sezioni Trasversali

Dati idraulici



ALLEGATI

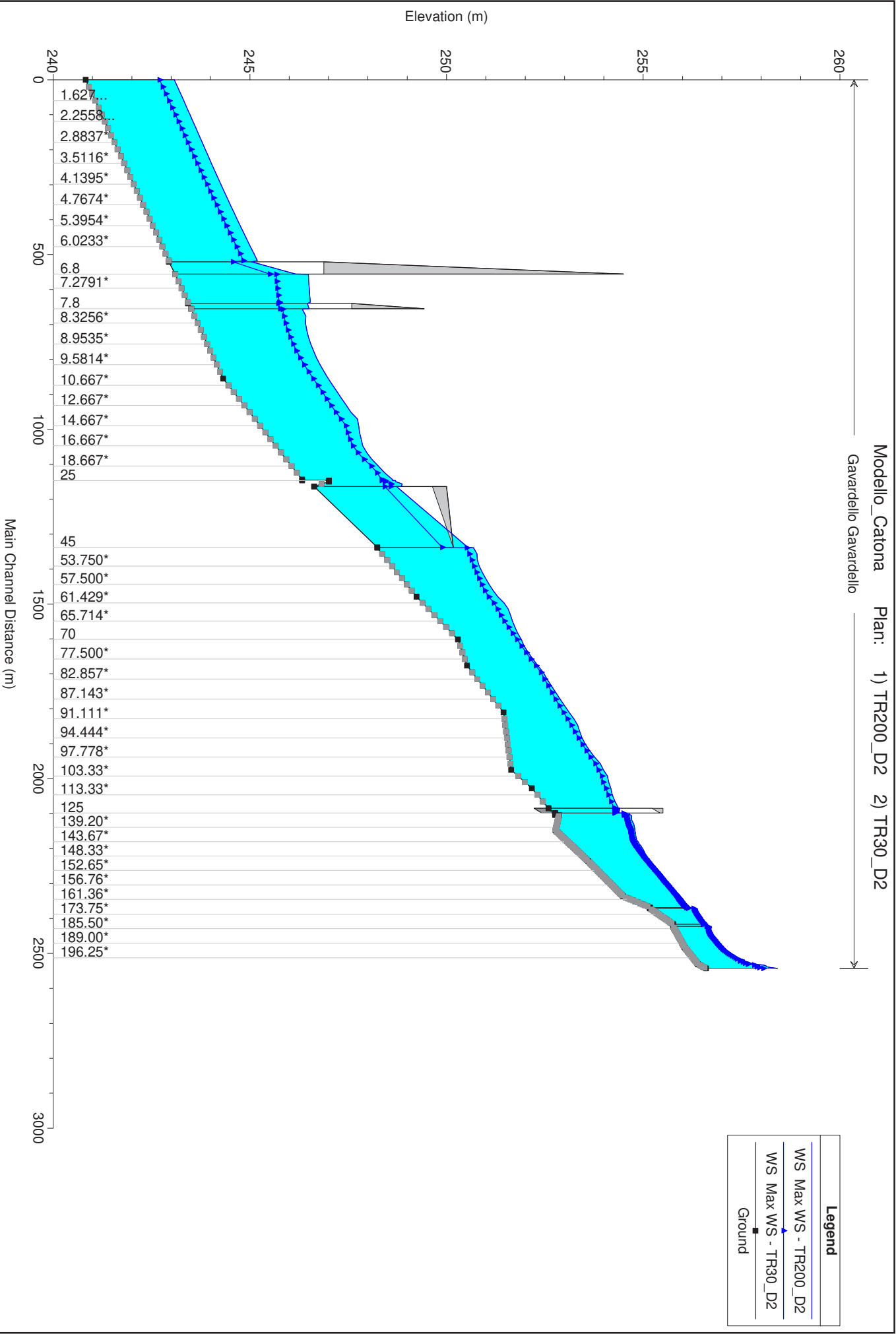
MODELLAZIONE HEC-RAS 5.0.3 "Torrente Gavardello"

TORRENTE GAVARDELLO

MODELLAZIONE PER TR=30 e 200 ANNI

DURATE DI PIOGGIA: 2h

Profilo longitudinale





ALLEGATI

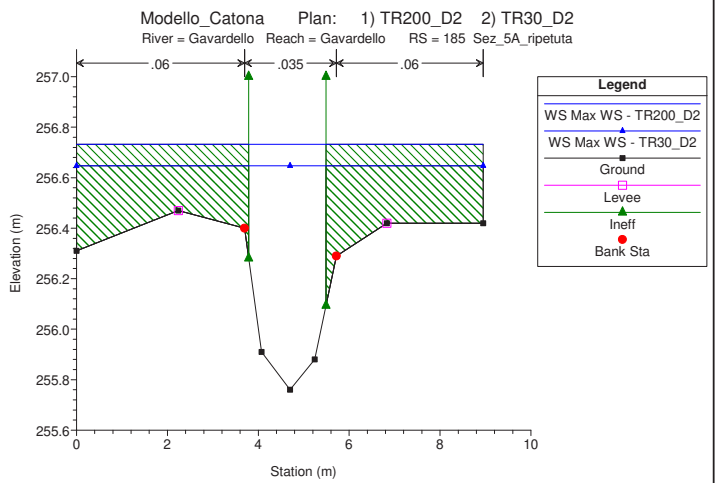
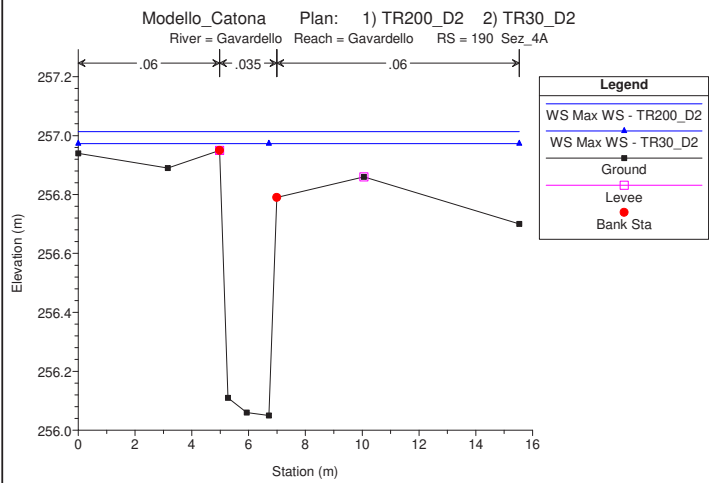
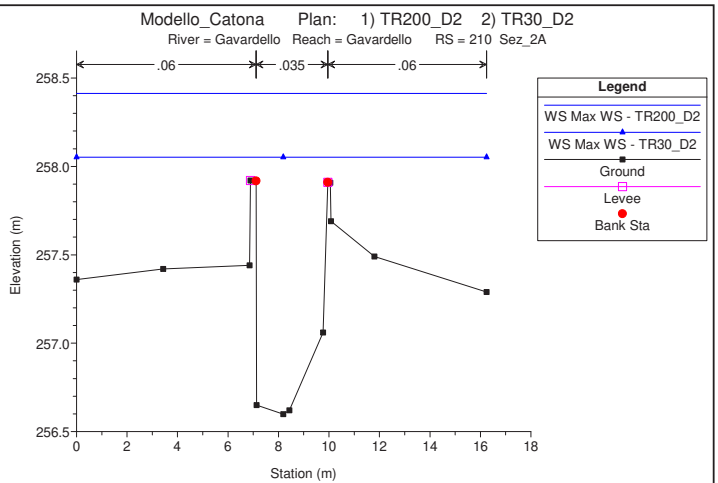
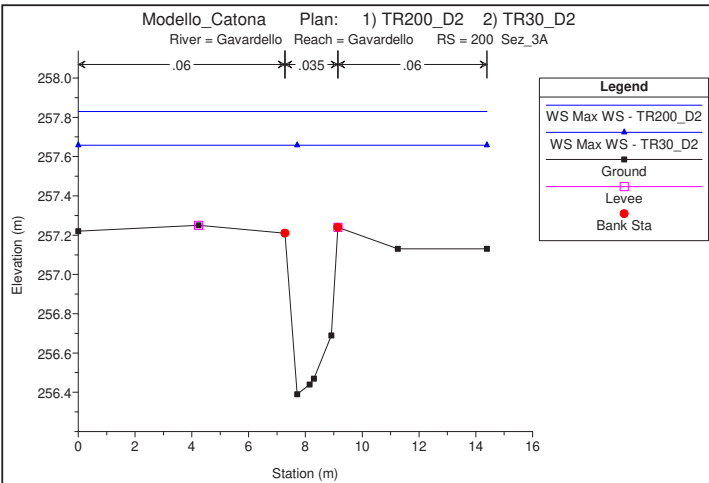
MODELLAZIONE HEC-RAS 5.0.3 "Torrente Gavardello"

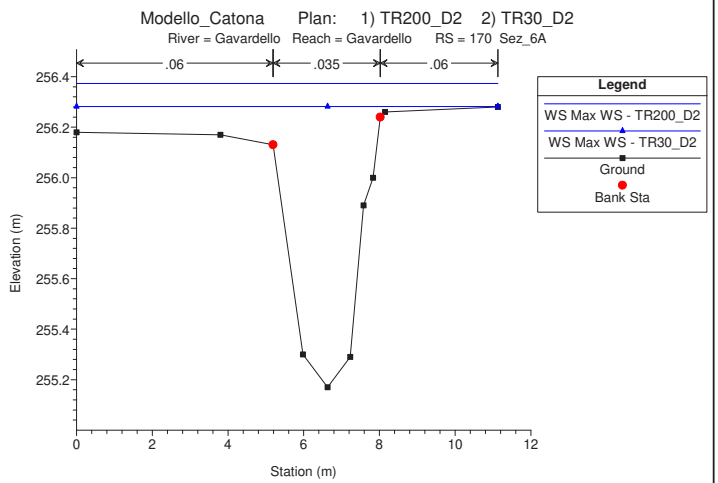
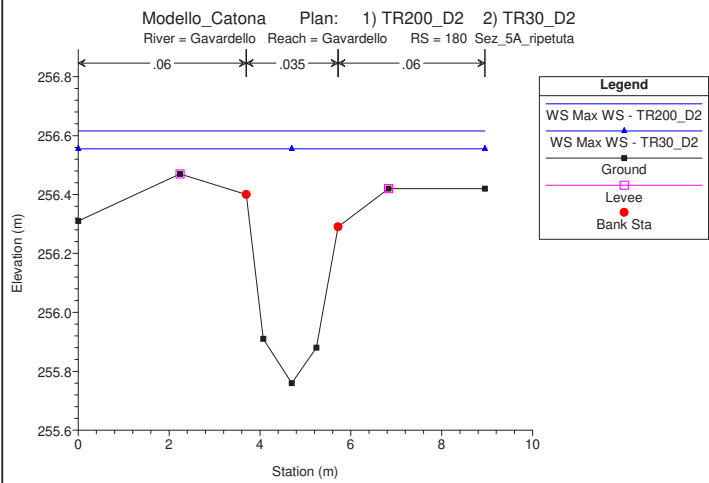
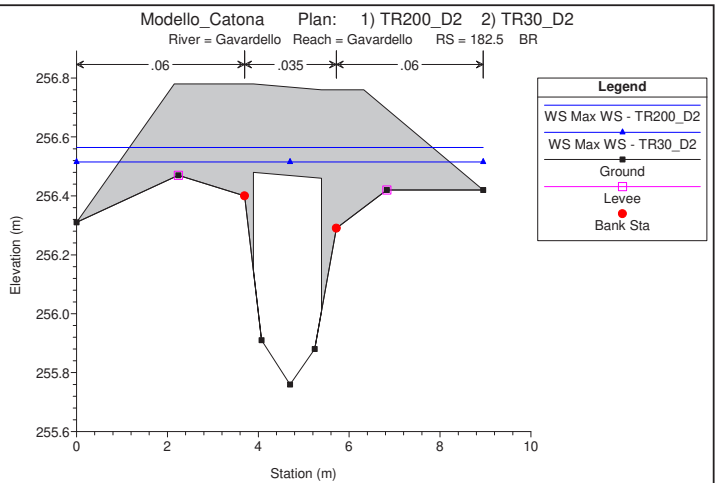
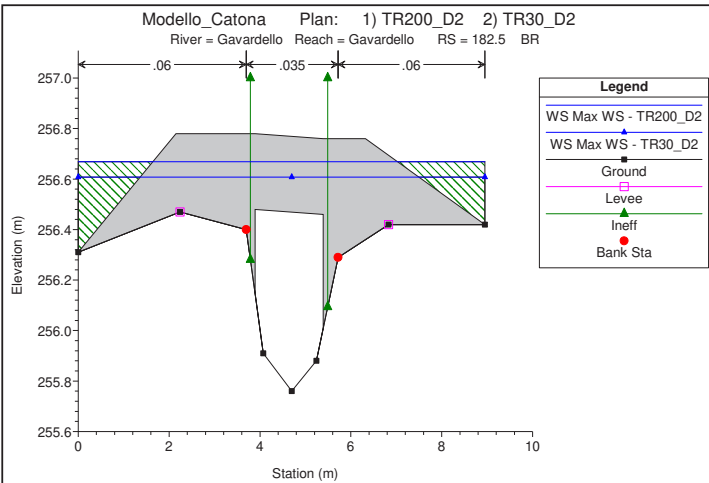
TORRENTE GAVARDELLO

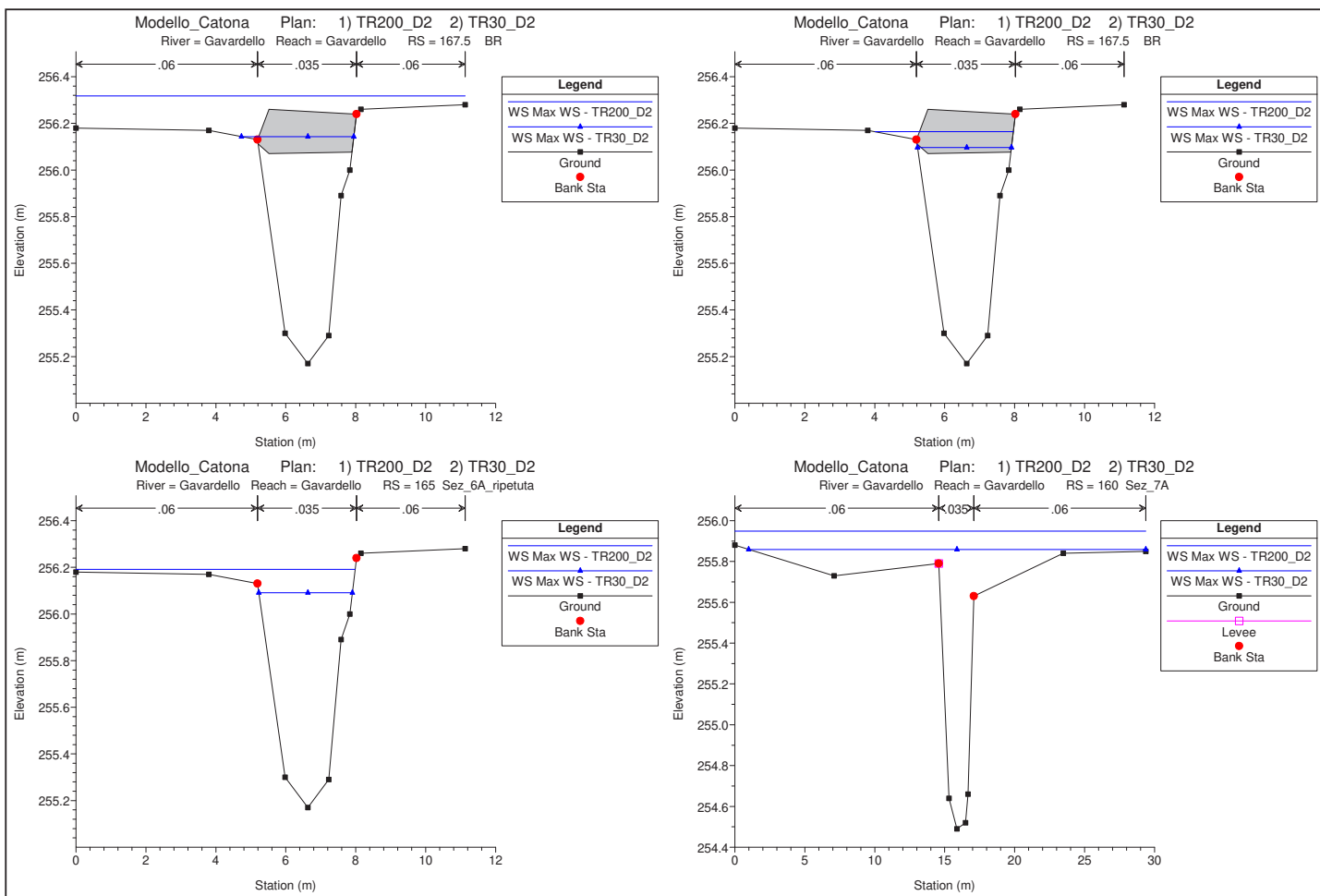
MODELLAZIONE PER TR=30 e 200 ANNI

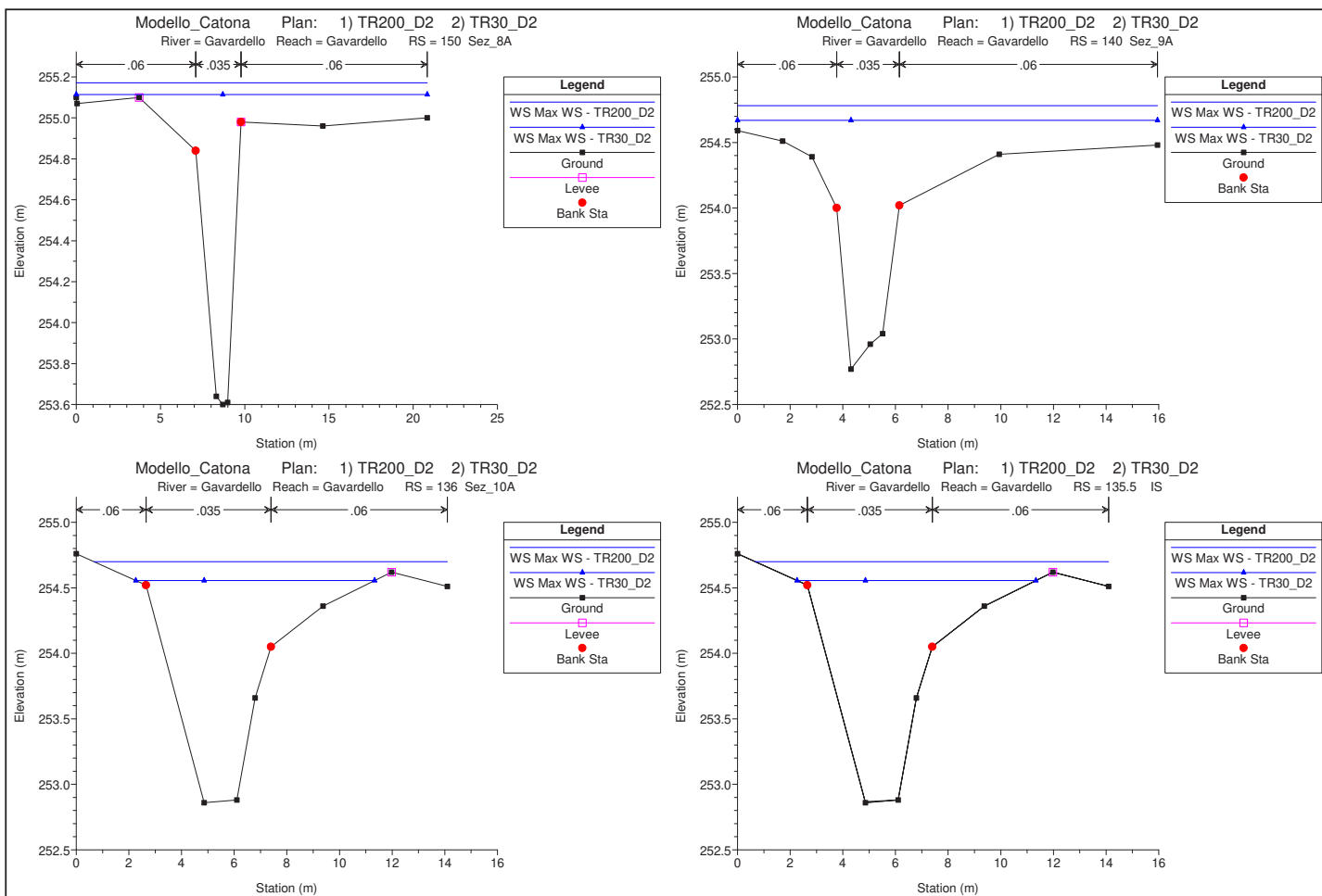
DURATE DI PIOGGIA: 2h

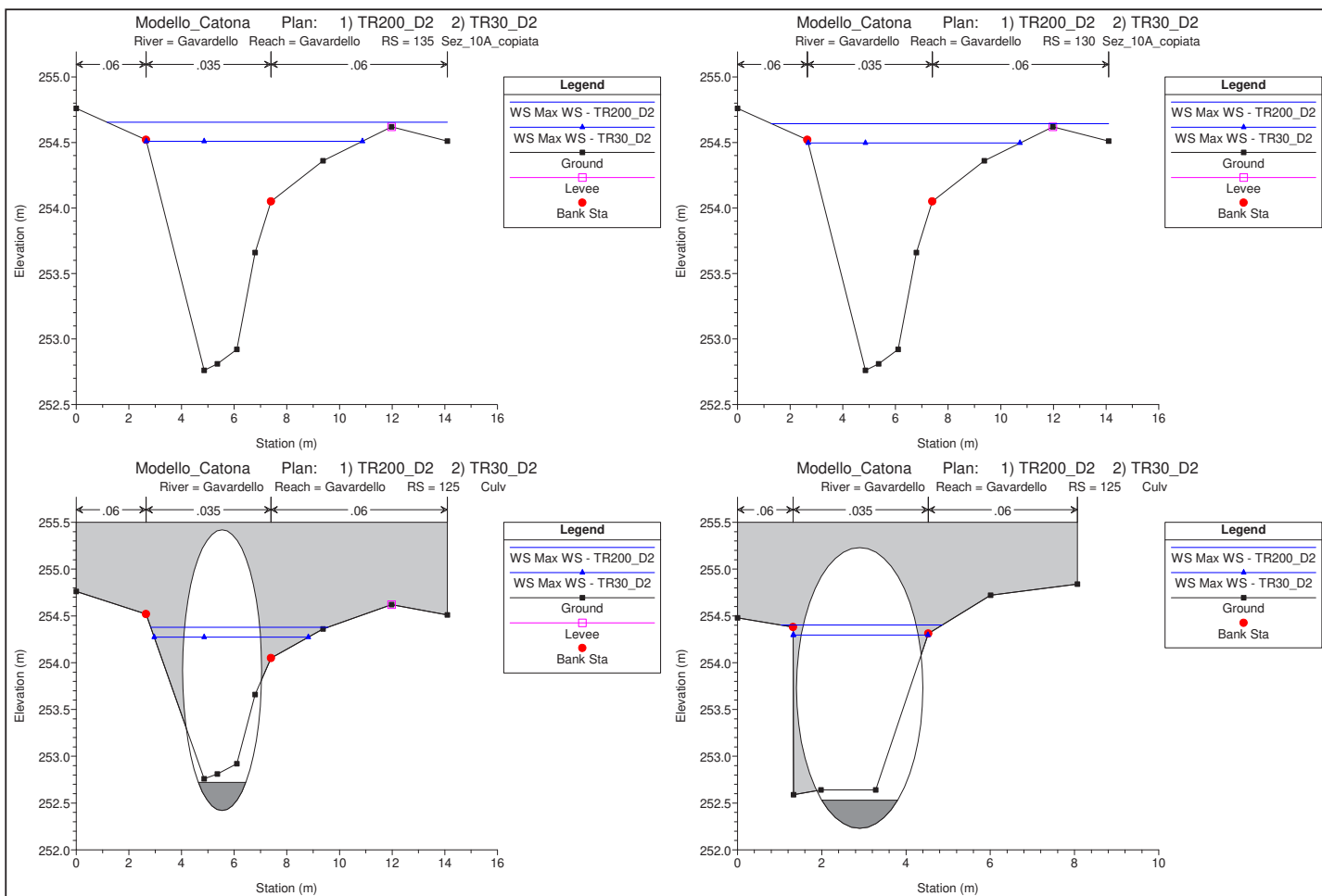
Sezioni Trasversali (da monte verso valle)

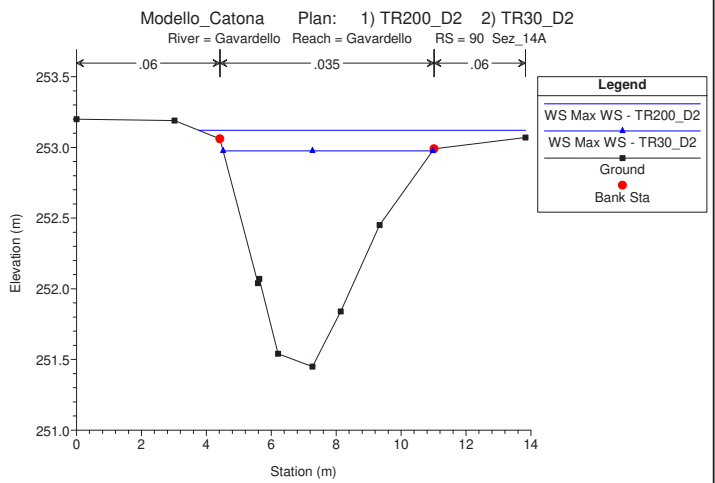
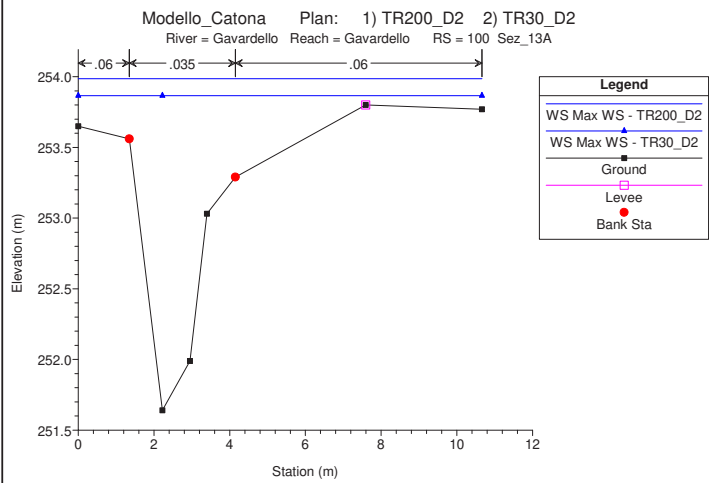
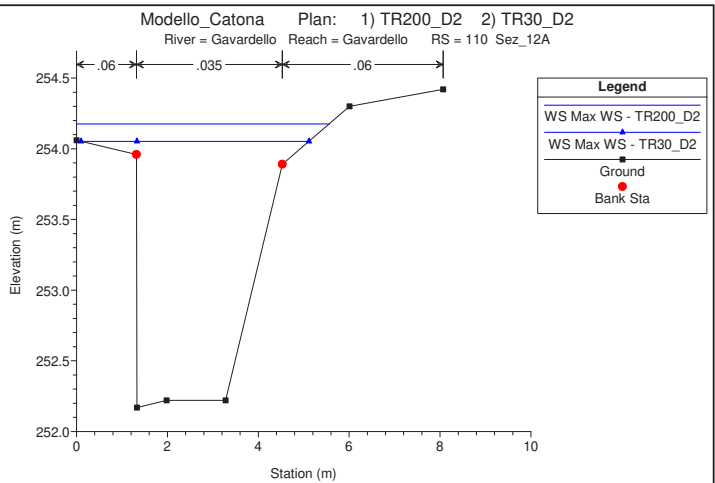
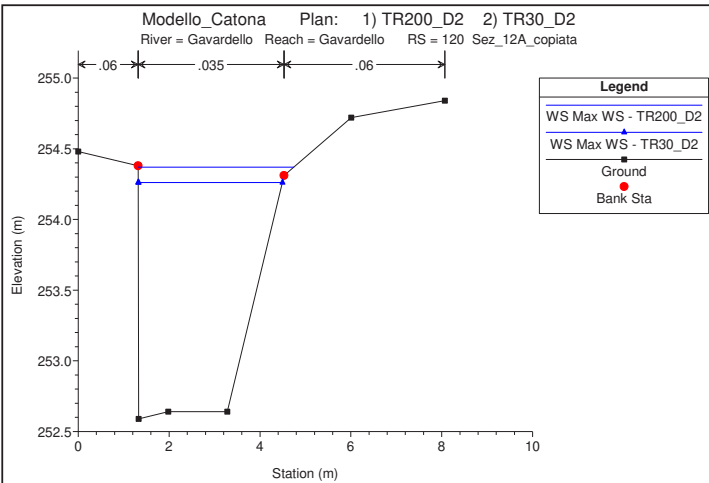


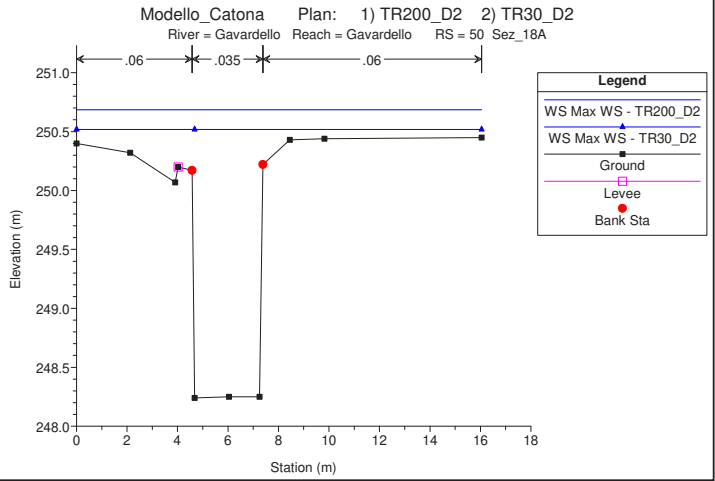
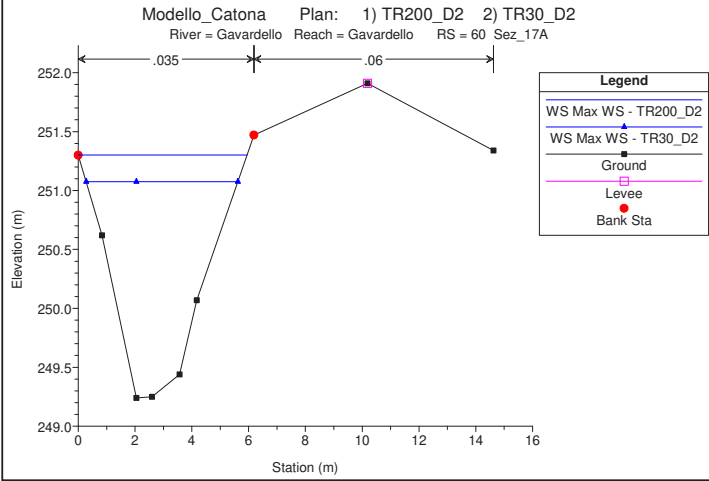
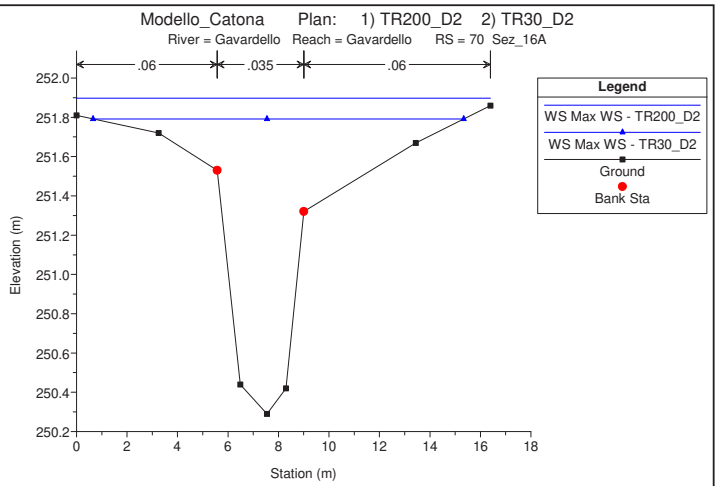
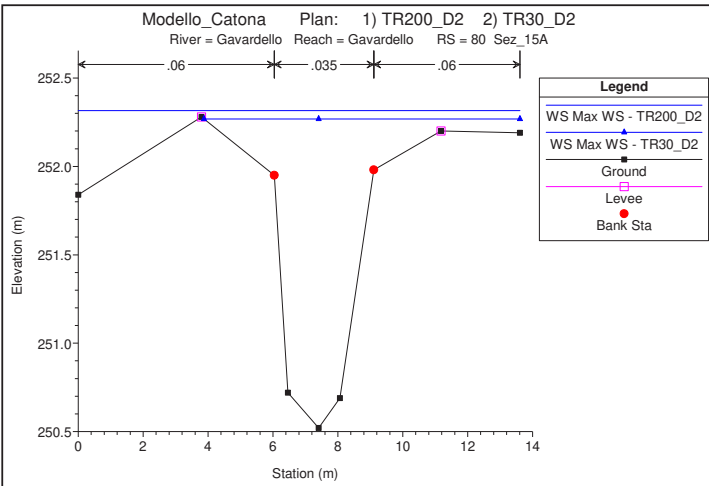


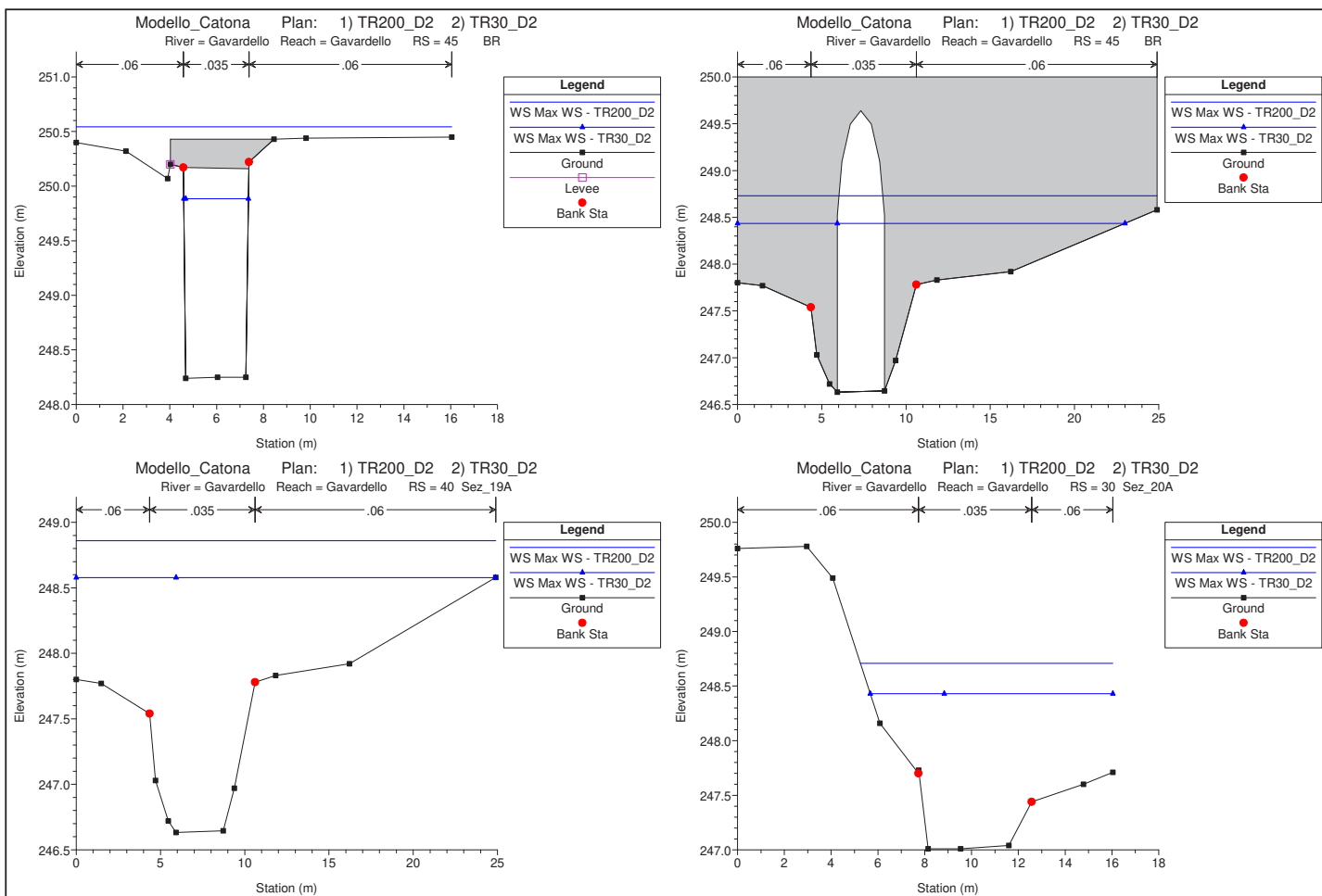


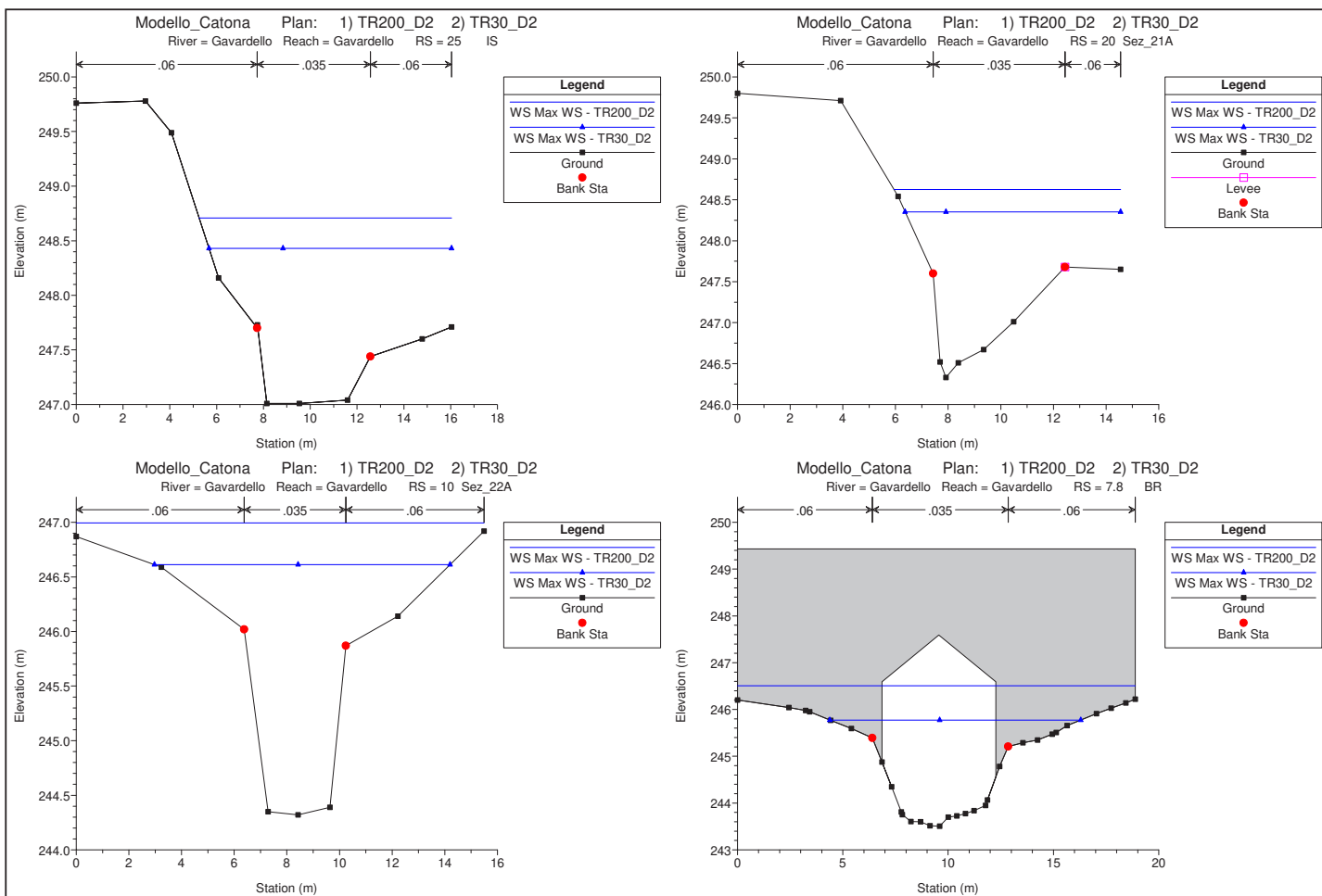


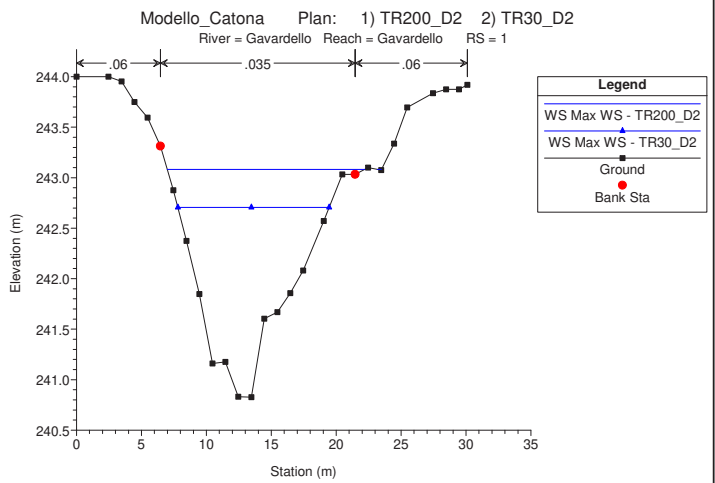
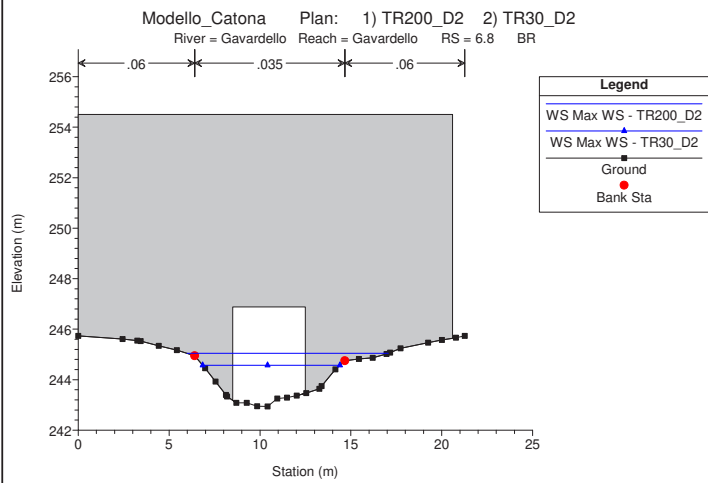
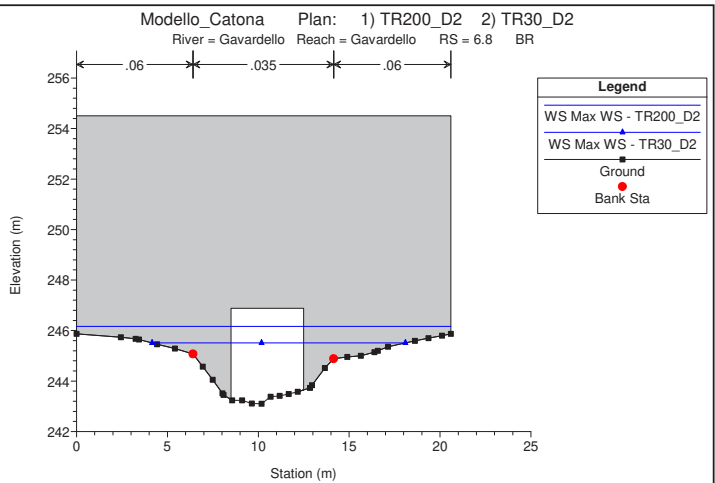
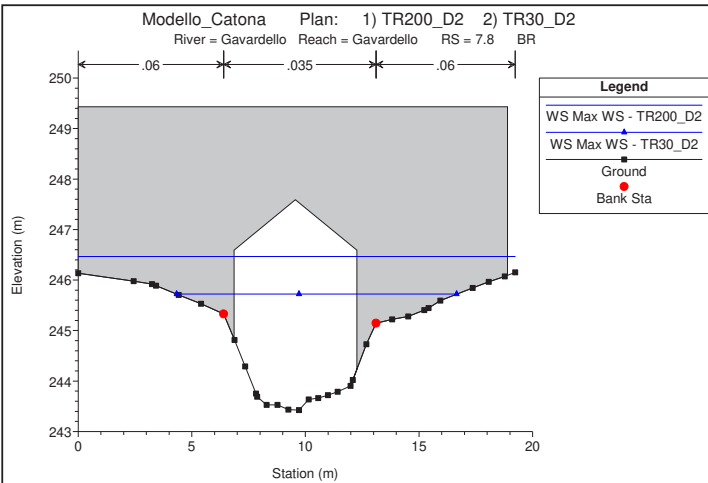














ALLEGATI

MODELLAZIONE HEC-RAS 5.0.3 "Torrente Gavardello"

TORRENTE GAVARDELLO

MODELLAZIONE PER TR=30 e 200 ANNI

DURATE DI PIOGGIA: 2h

Dati idraulici

Reach	River Sta	Profile	Plan	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Gavardello	210	Max WS	TR200_D2	27.70	256.60	258.41	258.12	258.58	0.007709	2.43	17.65	16.24	0.61
Gavardello	210	Max WS	TR30_D2	15.50	256.60	258.05		258.19	0.007970	2.09	11.80	16.24	0.59
Gavardello	209.99			Lat Struct									
Gavardello	209.98			Lat Struct									
Gavardello	200	Max WS	TR200_D2	16.91	256.39	257.83	257.76	258.04	0.013451	2.87	10.13	14.39	0.84
Gavardello	200	Max WS	TR30_D2	11.18	256.39	257.66		257.84	0.013227	2.57	7.67	14.39	0.81
Gavardello	190	Max WS	TR200_D2	4.33	256.05	257.01	257.02	257.14	0.009676	1.85	4.01	15.53	0.65
Gavardello	190	Max WS	TR30_D2	3.52	256.05	256.97	256.97	257.09	0.008928	1.72	3.37	15.53	0.62
Gavardello	185	Max WS	TR200_D2	1.43	255.76	256.73	256.31	256.78	0.001940	1.00	1.42	8.95	0.35
Gavardello	185	Max WS	TR30_D2	1.28	255.76	256.65	256.28	256.70	0.002217	1.00	1.28	8.95	0.37
Gavardello	182.5			Bridge									
Gavardello	180	Max WS	TR200_D2	1.43	255.76	256.62	256.32	256.64	0.001741	0.80	2.82	8.95	0.31
Gavardello	180	Max WS	TR30_D2	1.28	255.76	256.55		256.59	0.002263	0.86	2.27	8.95	0.35
Gavardello	179.999			Lat Struct									
Gavardello	170	Max WS	TR200_D2	2.86	255.17	256.37	255.96	256.42	0.002449	1.05	3.76	11.13	0.37
Gavardello	170	Max WS	TR30_D2	2.71	255.17	256.28	255.94	256.35	0.003780	1.21	2.75	11.13	0.45
Gavardello	167.5			Bridge									
Gavardello	165	Max WS	TR200_D2	3.31	255.17	256.19	256.03	256.35	0.009364	1.77	1.98	7.98	0.69
Gavardello	165	Max WS	TR30_D2	2.71	255.17	256.09		256.24	0.010068	1.71	1.59	2.67	0.71
Gavardello	160	Max WS	TR200_D2	6.00	254.49	255.95	255.74	256.05	0.004896	1.61	7.19	29.38	0.49
Gavardello	160	Max WS	TR30_D2	4.63	254.49	255.86	255.51	255.98	0.005651	1.63	4.57	28.40	0.52
Gavardello	159.999			Lat Struct									
Gavardello	159.998			Lat Struct									
Gavardello	150	Max WS	TR200_D2	6.84	253.60	255.17	255.16	255.32	0.006758	1.90	6.05	20.83	0.58
Gavardello	150	Max WS	TR30_D2	6.08	253.60	255.11	254.91	255.28	0.007643	1.95	4.85	20.83	0.62
Gavardello	140	Max WS	TR200_D2	6.91	252.77	254.78	254.20	254.84	0.001915	1.26	9.27	15.95	0.32
Gavardello	140	Max WS	TR30_D2	5.78	252.77	254.67		254.73	0.002129	1.27	7.48	15.95	0.33
Gavardello	139.999			Lat Struct									
Gavardello	139.998			Lat Struct									
Gavardello	136	Max WS	TR200_D2	7.74	252.86	254.70	254.01	254.77	0.001683	1.20	7.97	13.42	0.34
Gavardello	136	Max WS	TR30_D2	6.90	252.86	254.56	253.95	254.63	0.002135	1.25	6.20	9.07	0.38
Gavardello	135.5			Inl Struct									
Gavardello	135	Max WS	TR200_D2	7.74	252.76	254.65	253.98	254.73	0.001828	1.24	7.53	12.93	0.35
Gavardello	135	Max WS	TR30_D2	6.90	252.76	254.51		254.59	0.002289	1.28	5.95	8.21	0.39
Gavardello	130	Max WS	TR200_D2	7.72	252.76	254.64		254.72	0.001884	1.25	7.40	12.82	0.36
Gavardello	130	Max WS	TR30_D2	6.90	252.76	254.50		254.58	0.002383	1.30	5.84	8.05	0.40
Gavardello	125			Culvert									
Gavardello	120	Max WS	TR200_D2	7.72	252.59	254.37	253.72	254.52	0.005021	1.71	4.52	3.42	0.46
Gavardello	120	Max WS	TR30_D2	6.90	252.59	254.26		254.40	0.005030	1.65	4.17	3.17	0.46
Gavardello	110	Max WS	TR200_D2	7.56	252.17	254.18	253.29	254.28	0.002870	1.43	5.61	5.56	0.36
Gavardello	110	Max WS	TR30_D2	6.95	252.17	254.05		254.16	0.003212	1.43	4.95	5.02	0.37
Gavardello	100	Max WS	TR200_D2	7.52	251.64	253.99	253.46	254.09	0.003679	1.54	6.72	10.66	0.41
Gavardello	100	Max WS	TR30_D2	6.38	251.64	253.87		253.97	0.004086	1.54	5.44	10.66	0.42
Gavardello	99.999			Lat Struct									
Gavardello	99.998			Lat Struct									
Gavardello	90	Max WS	TR200_D2	12.66	251.45	253.12	252.84	253.32	0.006097	1.99	6.60	10.07	0.65
Gavardello	90	Max WS	TR30_D2	9.35	251.45	252.98		253.13	0.005620	1.74	5.37	6.46	0.61
Gavardello	80	Max WS	TR200_D2	9.98	250.52	252.32	251.98	252.53	0.006503	2.15	6.35	13.61	0.59
Gavardello	80	Max WS	TR30_D2	9.00	250.52	252.27	251.91	252.50	0.006850	2.16	4.91	9.73	0.60
Gavardello	70	Max WS	TR200_D2	9.28	250.29	251.90	251.61	252.04	0.004112	1.82	7.59	16.40	0.52
Gavardello	70	Max WS	TR30_D2	9.06	250.29	251.79	251.58	251.99	0.006008	2.07	5.89	14.69	0.61
Gavardello	60	Max WS	TR200_D2	14.48	249.24	251.30	250.87	251.52	0.005738	2.07	7.00	5.95	0.61
Gavardello	60	Max WS	TR30_D2	10.84	249.24	251.07		251.26	0.005475	1.90	5.72	5.34	0.59
Gavardello	50	Max WS	TR200_D2	11.66	248.24	250.69	249.52	250.79	0.002739	1.51	10.74	16.05	0.31
Gavardello	50	Max WS	TR30_D2	10.72	248.24	250.52	249.45	250.65	0.003594	1.65	8.04	16.05	0.36

HEC-RAS River: Gavardello Reach: Gavardello Profile: Max WS (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Plan	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Gavardello	45			Bridge									
Gavardello	40	Max WS	TR200_D2	10.91	246.63	248.86	247.52	248.87	0.000208	0.61	28.38	24.90	0.14
Gavardello	40	Max WS	TR30_D2	9.13	246.63	248.58		248.60	0.000295	0.66	21.40	24.88	0.16
Gavardello	39.999			Lat Struct									
Gavardello	39.998			Lat Struct									
Gavardello	30	Max WS	TR200_D2	18.22	247.01	248.71	248.16	248.85	0.002504	1.84	13.27	10.79	0.46
Gavardello	30	Max WS	TR30_D2	15.01	247.01	248.43	248.05	248.58	0.003407	1.89	10.34	10.37	0.52
Gavardello	25			Inl Struct									
Gavardello	20	Max WS	TR200_D2	17.54	246.33	248.63	248.04	248.79	0.002814	1.87	11.22	8.61	0.46
Gavardello	20	Max WS	TR30_D2	15.01	246.33	248.35		248.53	0.003899	1.96	8.92	8.18	0.53
Gavardello	10	Max WS	TR200_D2	30.75	244.32	246.99	246.67	247.33	0.005492	2.82	15.48	15.49	0.59
Gavardello	10	Max WS	TR30_D2	21.64	244.32	246.61		246.94	0.006144	2.65	10.16	11.23	0.61
Gavardello	7.8			Bridge									
Gavardello	6.8			Bridge									
Gavardello	1	Max WS	TR200_D2	32.10	240.83	243.08	242.58	243.27	0.004104	1.92	16.71	15.53	0.57
Gavardello	1	Max WS	TR30_D2	21.06	240.83	242.71	242.30	242.87	0.004123	1.77	11.89	11.66	0.56



STATO DI PROGETTO

Allegati



ALLEGATI

MODELLAZIONE HEC-RAS 5.0.3 "Torrente Frassine"

TORRENTE FRASSINE

MODELLAZIONE PER TR=30 e 200 ANNI

DURATA DI PIOGGIA: 2h

Profilo longitudinale

Sezioni Trasversali

Dati idraulici



ALLEGATI

MODELLAZIONE HEC-RAS 5.0.3 "Torrente Frassine"

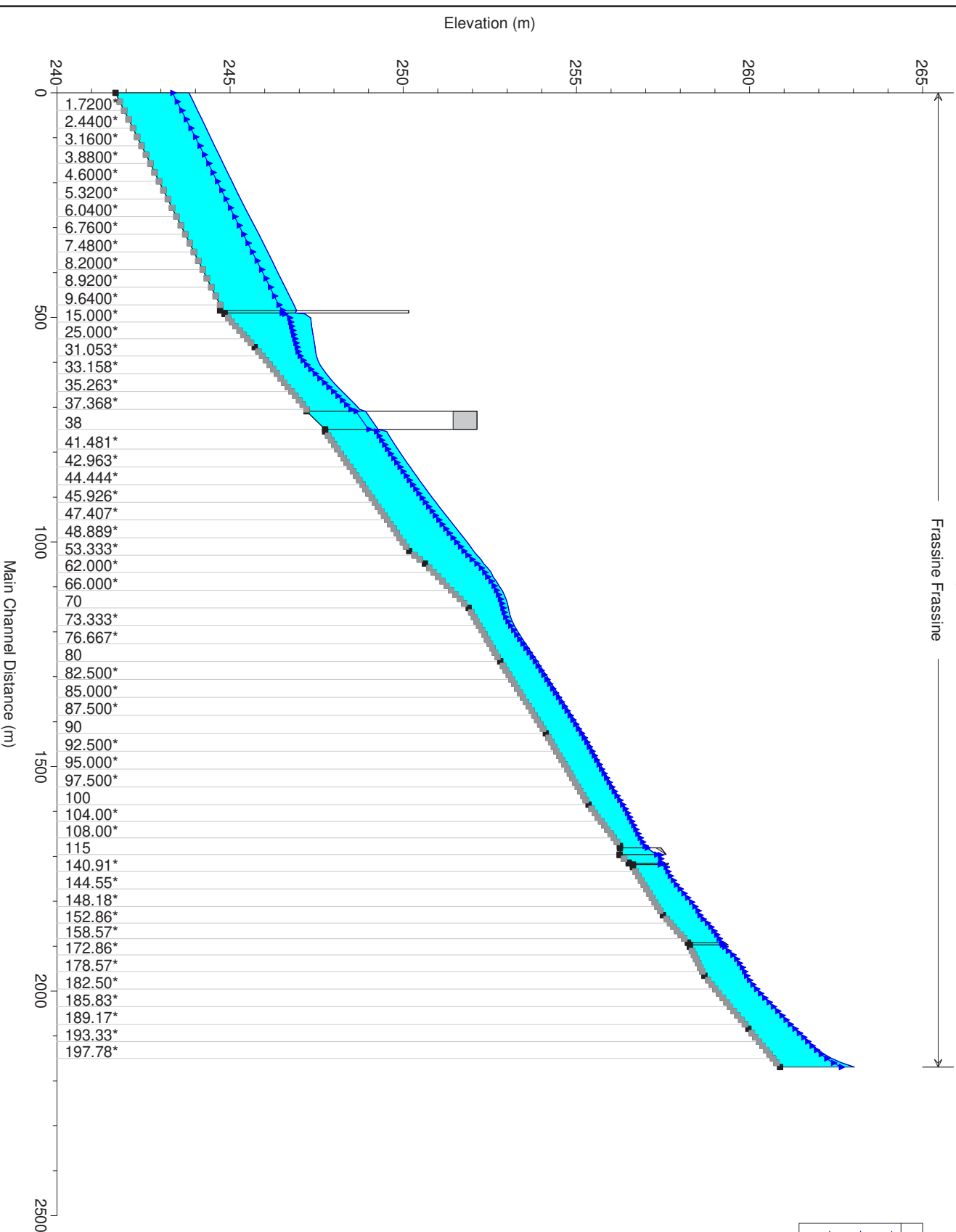
TORRENTE FRASSINE

MODELLAZIONE PER TR=30 e 200 ANNI

DURATE DI PIOGGIA: 2h

Profilo longitudinale

Frassine Frassine



Legend	
WS Max WS - Tr200_D2_P27	
WS Max WS - Tr30_D2_P27	
Ground	



ALLEGATI

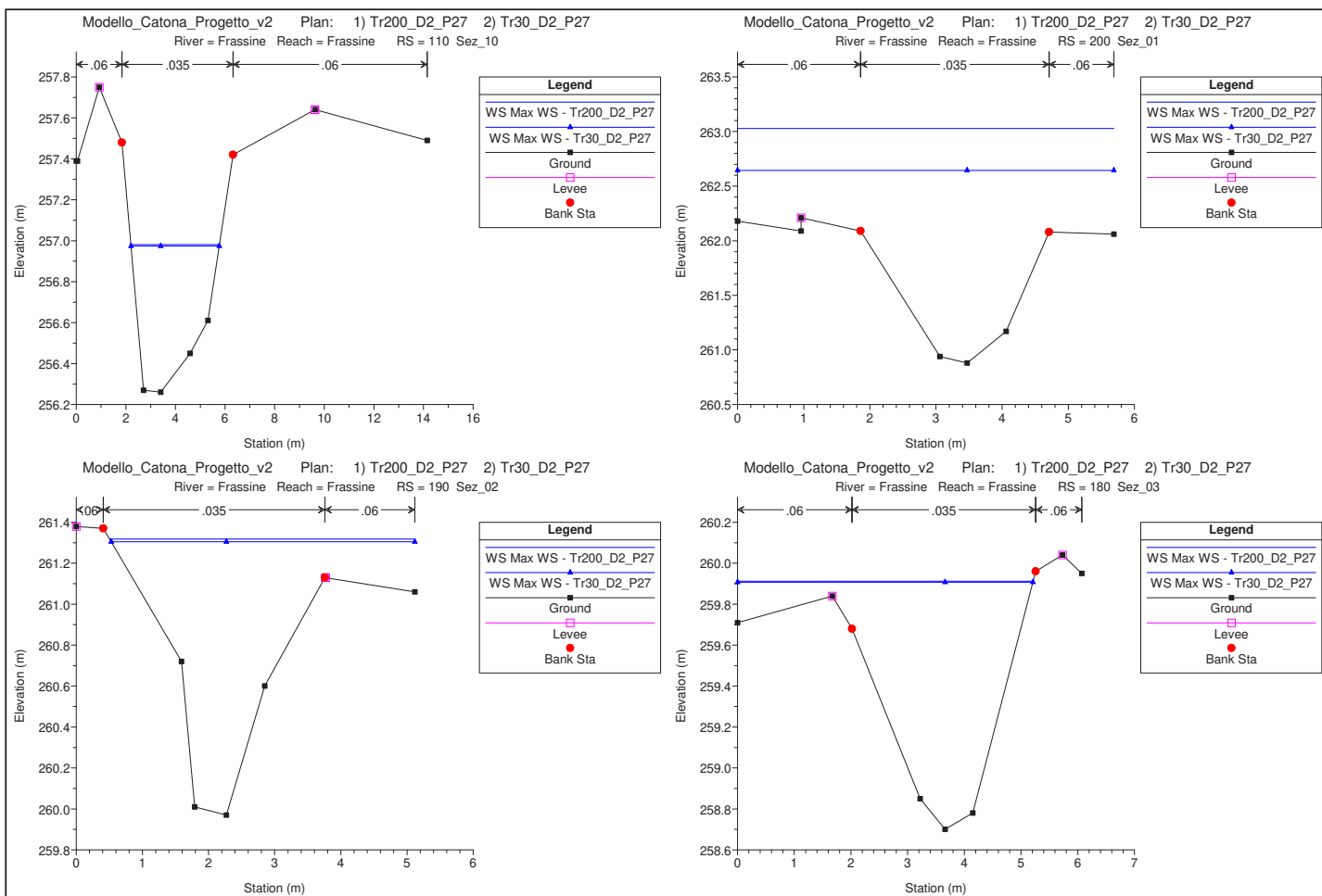
MODELLAZIONE HEC-RAS 5.0.3 "Torrente Frassine"

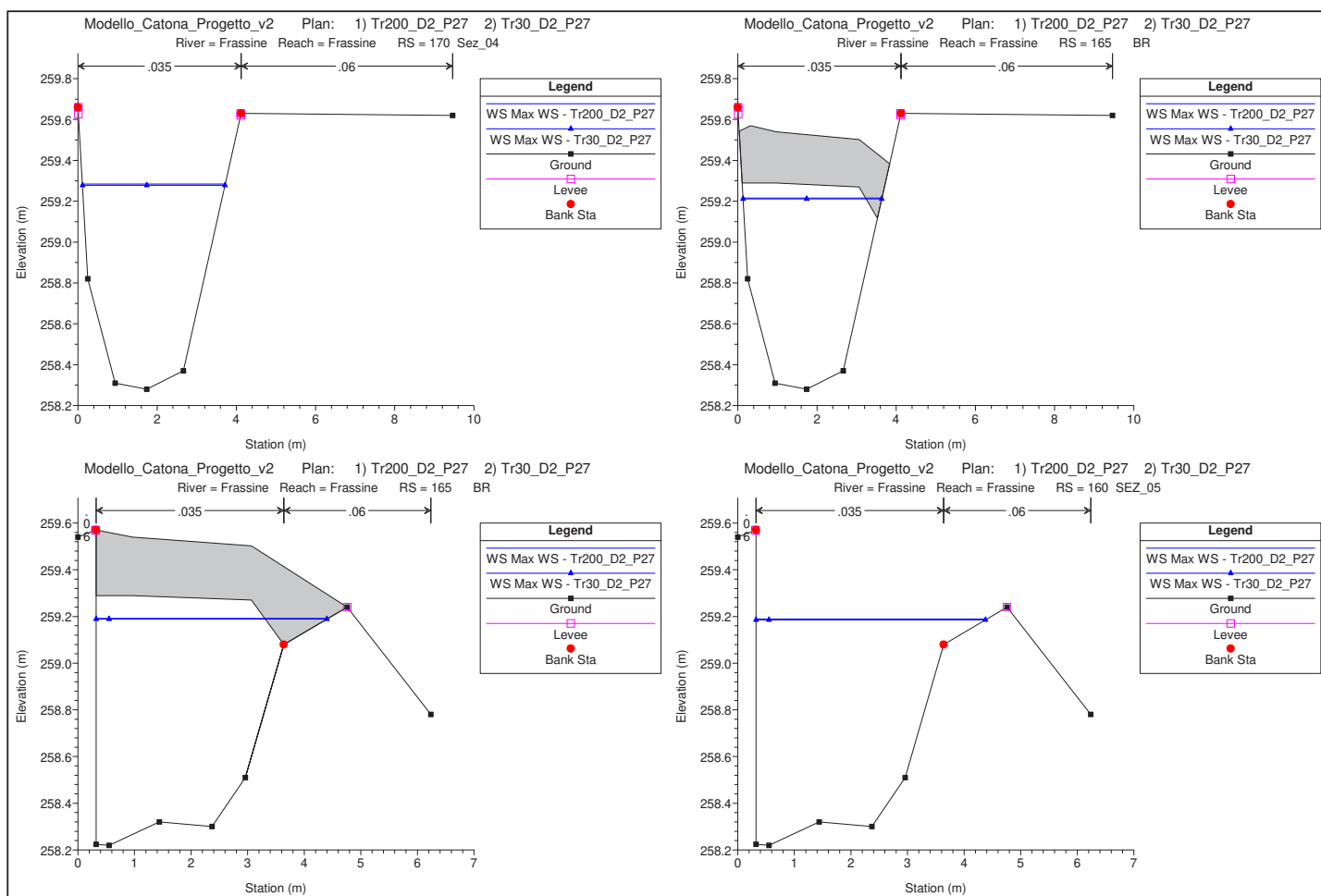
TORRENTE FRASSINE

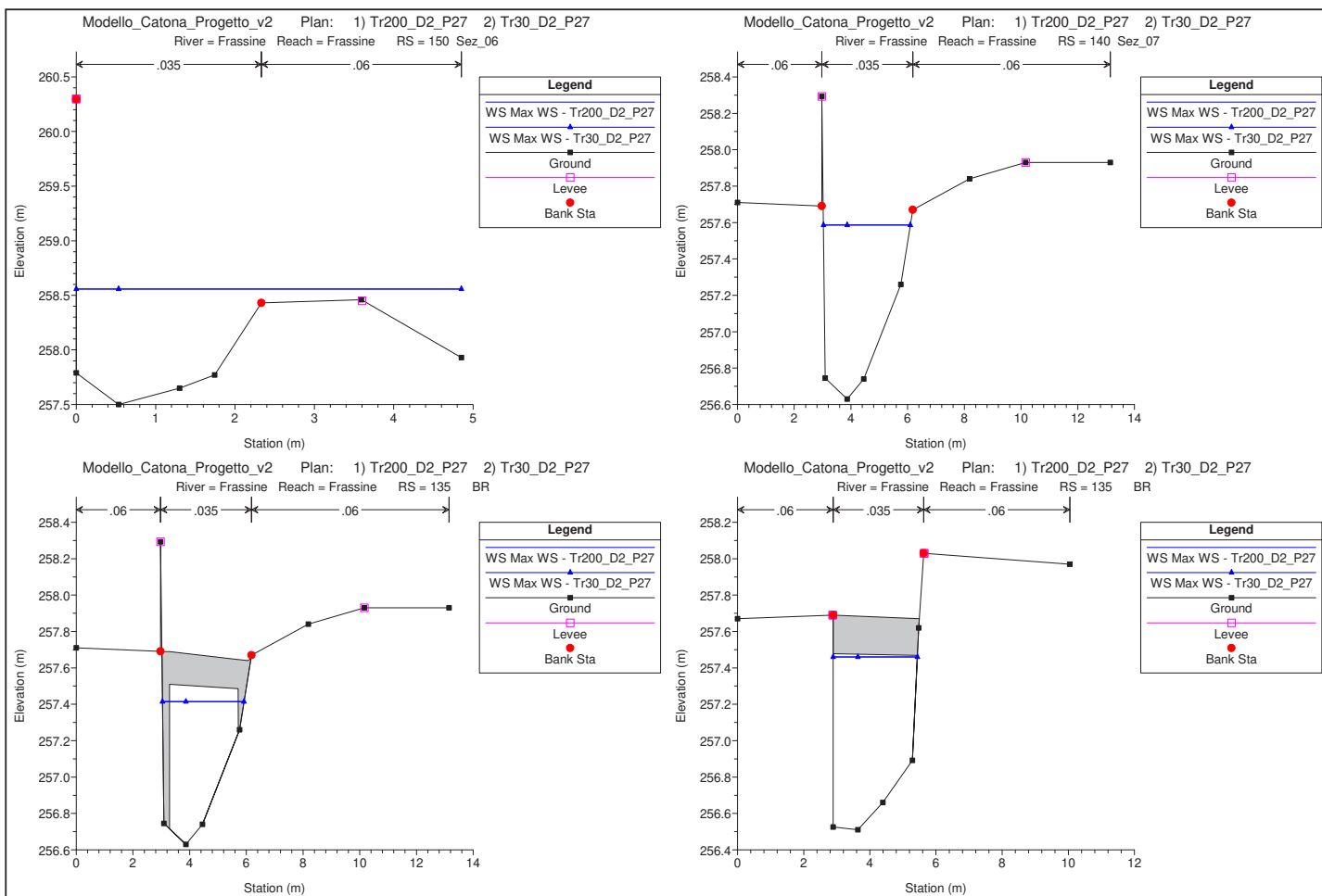
MODELLAZIONE PER TR=30 e 200 ANNI

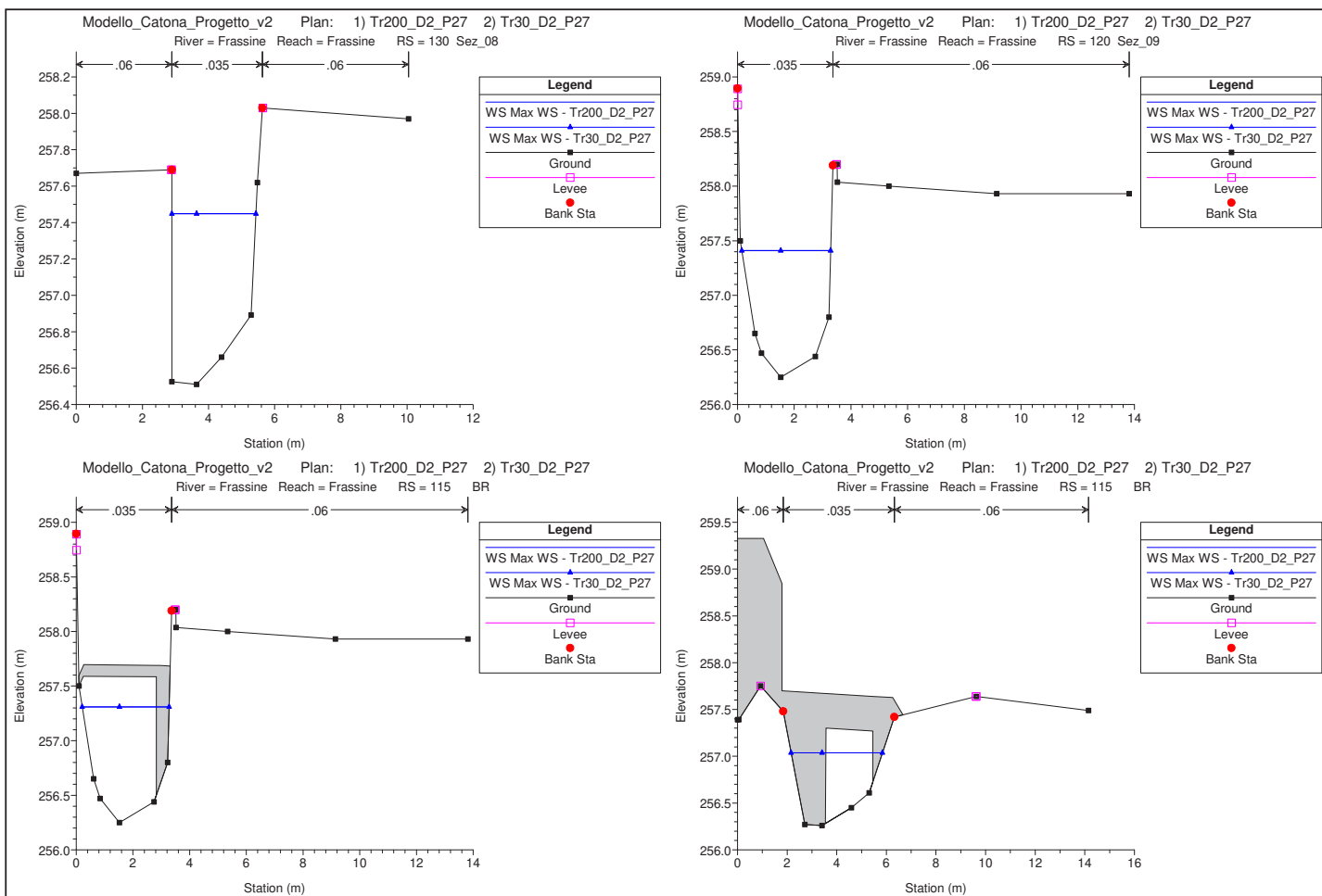
DURATE DI PIOGGIA: 2h

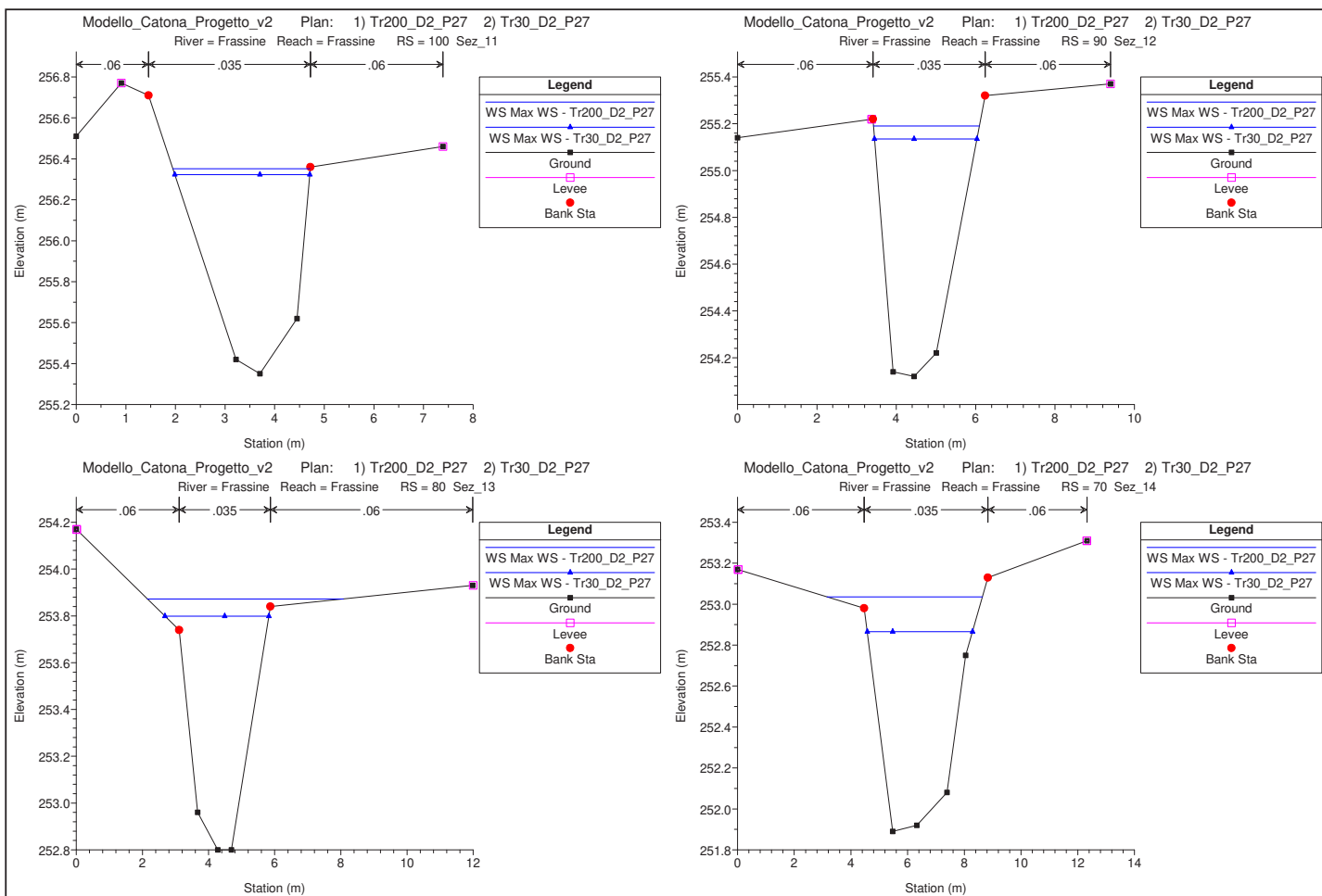
Sezioni Trasversali (da monte verso valle)

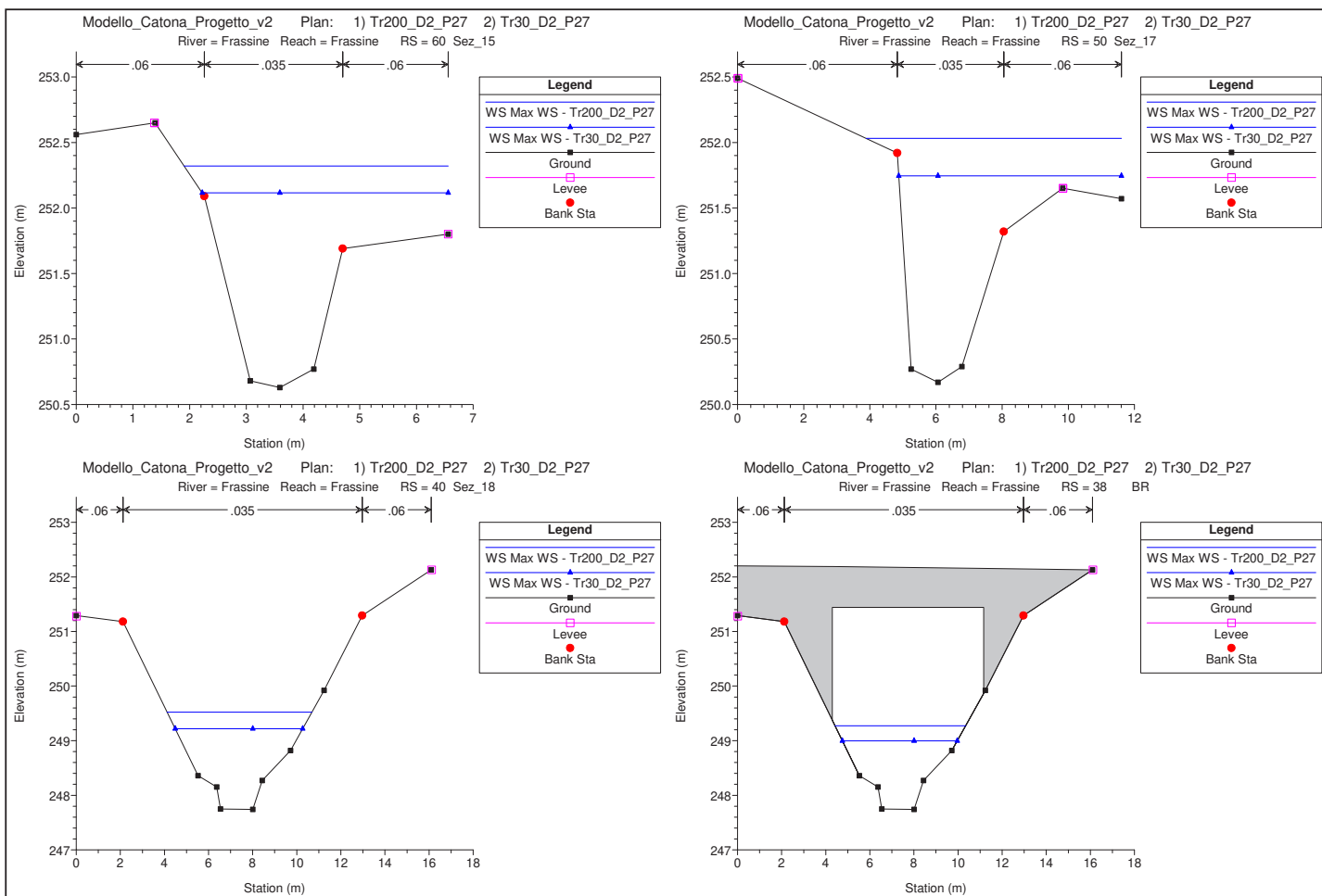


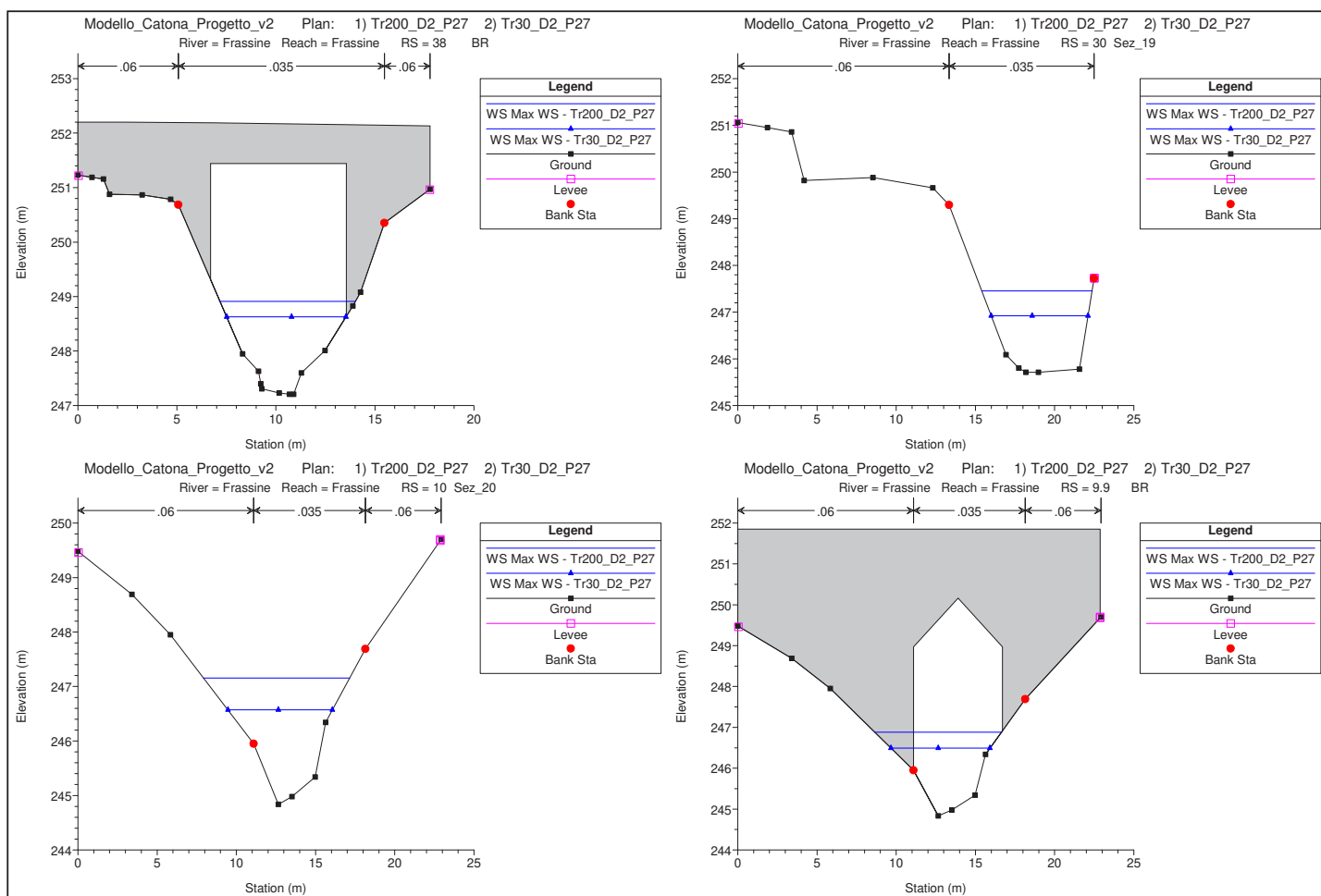


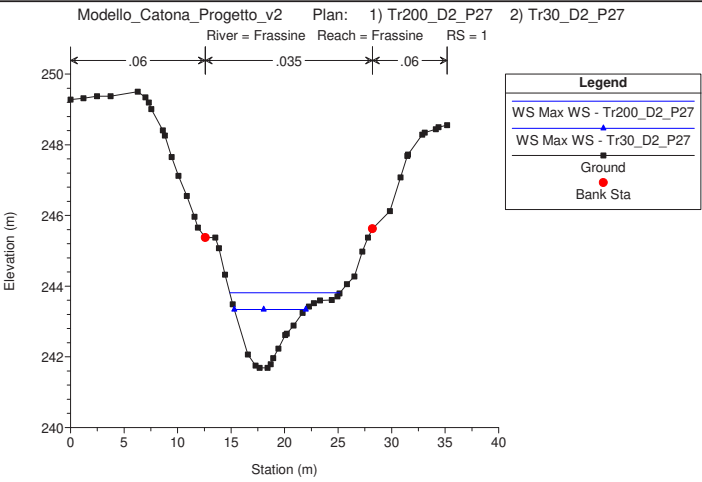
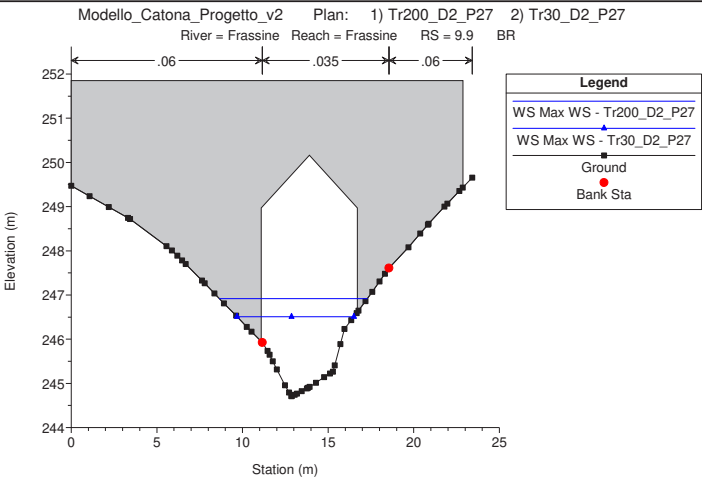














ALLEGATI

MODELLAZIONE HEC-RAS 5.0.3 "Torrente Frassine"

TORRENTE FRASSINE

MODELLAZIONE PER TR=30 e 200 ANNI

DURATE DI PIOGGIA: 2h

Dati idraulici

HEC-RAS River: Frassine Reach: Frassine Profile: Max WS

Reach	River Sta	Profile	Plan	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Frassine	200	Max WS	Tr200_D2_P27	27.20	260.88	263.03	263.22	264.06	0.021554	4.84	7.36	5.69	1.19
Frassine	200	Max WS	Tr30_D2_P27	15.20	260.88	262.64	262.73	263.27	0.017616	3.68	5.18	5.69	1.03
Frassine	199			Lat Struct									
Frassine	198			Lat Struct									
Frassine	190	Max WS	Tr200_D2_P27	4.90	259.97	261.32	261.28	261.55	0.014764	2.17	2.47	4.62	0.85
Frassine	190	Max WS	Tr30_D2_P27	4.70	259.97	261.30	261.26	261.53	0.014474	2.13	2.40	4.59	0.84
Frassine	180	Max WS	Tr200_D2_P27	4.46	258.70	259.91	259.71	260.07	0.007336	1.78	2.74	5.22	0.65
Frassine	180	Max WS	Tr30_D2_P27	4.38	258.70	259.91	259.70	260.06	0.007256	1.76	2.71	5.21	0.64
Frassine	170	Max WS	Tr200_D2_P27	4.30	258.28	259.28	259.03	259.41	0.006179	1.60	2.69	3.61	0.59
Frassine	170	Max WS	Tr30_D2_P27	4.25	258.28	259.28	259.03	259.41	0.006168	1.59	2.66	3.60	0.59
Frassine	165			Bridge									
Frassine	160	Max WS	Tr200_D2_P27	4.30	258.22	259.19	258.95	259.33	0.007108	1.66	2.63	4.08	0.60
Frassine	160	Max WS	Tr30_D2_P27	4.25	258.22	259.19	258.95	259.32	0.007039	1.65	2.62	4.06	0.60
Frassine	159			Lat Struct									
Frassine	150	Max WS	Tr200_D2_P27	3.25	257.50	258.56	258.32	258.68	0.006976	1.58	2.48	4.85	0.56
Frassine	150	Max WS	Tr30_D2_P27	3.24	257.50	258.56	258.32	258.67	0.006936	1.57	2.48	4.85	0.56
Frassine	149.5			Lat Struct									
Frassine	140	Max WS	Tr200_D2_P27	2.67	256.63	257.59	257.31	257.67	0.005065	1.29	2.07	3.07	0.50
Frassine	140	Max WS	Tr30_D2_P27	2.67	256.63	257.59	257.31	257.67	0.005058	1.29	2.07	3.06	0.50
Frassine	135			Bridge									
Frassine	130	Max WS	Tr200_D2_P27	2.67	256.51	257.45	257.13	257.54	0.005475	1.34	1.99	2.55	0.48
Frassine	130	Max WS	Tr30_D2_P27	2.67	256.51	257.45	257.14	257.54	0.005478	1.34	1.99	2.54	0.48
Frassine	129.999			Lat Struct									
Frassine	120	Max WS	Tr200_D2_P27	2.67	256.25	257.41	256.90	257.46	0.002045	0.96	2.78	3.14	0.33
Frassine	120	Max WS	Tr30_D2_P27	2.67	256.25	257.41	256.90	257.46	0.002043	0.96	2.78	3.14	0.33
Frassine	115			Bridge									
Frassine	110	Max WS	Tr200_D2_P27	2.67	256.26	256.98	256.84	257.09	0.007611	1.46	1.83	3.57	0.65
Frassine	110	Max WS	Tr30_D2_P27	2.67	256.26	256.97	256.84	257.08	0.007926	1.48	1.81	3.56	0.66
Frassine	100	Max WS	Tr200_D2_P27	2.86	255.35	256.35	256.14	256.48	0.007846	1.59	1.81	2.77	0.63
Frassine	100	Max WS	Tr30_D2_P27	2.74	255.35	256.32	256.12	256.45	0.008117	1.59	1.73	2.72	0.64
Frassine	90	Max WS	Tr200_D2_P27	3.19	254.12	255.19	254.96	255.33	0.008161	1.66	1.92	2.67	0.63
Frassine	90	Max WS	Tr30_D2_P27	2.87	254.12	255.13	254.91	255.27	0.008152	1.62	1.77	2.58	0.62
Frassine	80	Max WS	Tr200_D2_P27	3.54	252.80	253.87	253.68	254.03	0.008350	1.77	2.09	5.93	0.66
Frassine	80	Max WS	Tr30_D2_P27	3.02	252.80	253.80	253.62	253.94	0.008555	1.69	1.80	3.14	0.66
Frassine	70	Max WS	Tr200_D2_P27	3.81	251.89	253.04	252.62	253.11	0.003273	1.20	3.20	5.48	0.44
Frassine	70	Max WS	Tr30_D2_P27	3.14	251.89	252.87	252.54	252.95	0.004219	1.26	2.49	3.71	0.49
Frassine	69.999			Lat Struct									
Frassine	60	Max WS	Tr200_D2_P27	9.55	250.63	252.32	252.18	252.65	0.011274	2.67	4.27	4.66	0.75
Frassine	60	Max WS	Tr30_D2_P27	8.14	250.63	252.11	252.09	252.49	0.015846	2.82	3.34	4.34	0.86
Frassine	50	Max WS	Tr200_D2_P27	13.57	250.17	252.03	251.87	252.33	0.008424	2.56	6.49	7.72	0.68
Frassine	50	Max WS	Tr30_D2_P27	10.11	250.17	251.74	251.59	252.07	0.010682	2.56	4.50	6.74	0.75
Frassine	40	Max WS	Tr200_D2_P27	16.31	247.74	249.52	249.27	249.80	0.007746	2.33	7.01	6.57	0.72
Frassine	40	Max WS	Tr30_D2_P27	10.52	247.74	249.22	248.99	249.43	0.007622	2.05	5.13	5.78	0.70
Frassine	38			Bridge									
Frassine	30	Max WS	Tr200_D2_P27	16.48	245.71	247.46	246.83	247.61	0.003216	1.73	9.52	6.97	0.47
Frassine	30	Max WS	Tr30_D2_P27	10.16	245.71	246.92	246.55	247.07	0.004429	1.69	6.02	6.11	0.54
Frassine	10	Max WS	Tr200_D2_P27	22.21	244.83	247.16	246.69	247.41	0.004688	2.28	11.00	9.23	0.59
Frassine	10	Max WS	Tr30_D2_P27	12.89	244.83	246.57	246.23	246.80	0.005820	2.15	6.37	6.60	0.63
Frassine	9.9			Bridge									
Frassine	1	Max WS	Tr200_D2_P27	22.20	241.69	243.81	243.44	244.05	0.006411	2.13	10.41	10.30	0.68
Frassine	1	Max WS	Tr30_D2_P27	12.88	241.69	243.34	243.04	243.55	0.006440	2.02	6.36	6.68	0.66



ALLEGATI

MODELLAZIONE HEC-RAS 5.0.3 "Torrente Gavardello"

TORRENTE GAVARDELLO

MODELLAZIONE PER TR=30 e 200 ANNI

DURATA DI PIOGGIA: 2h

Profilo longitudinale

Sezioni Trasversali

Dati idraulici



ALLEGATI

MODELLAZIONE HEC-RAS 5.0.3 "Torrente Gavardello"

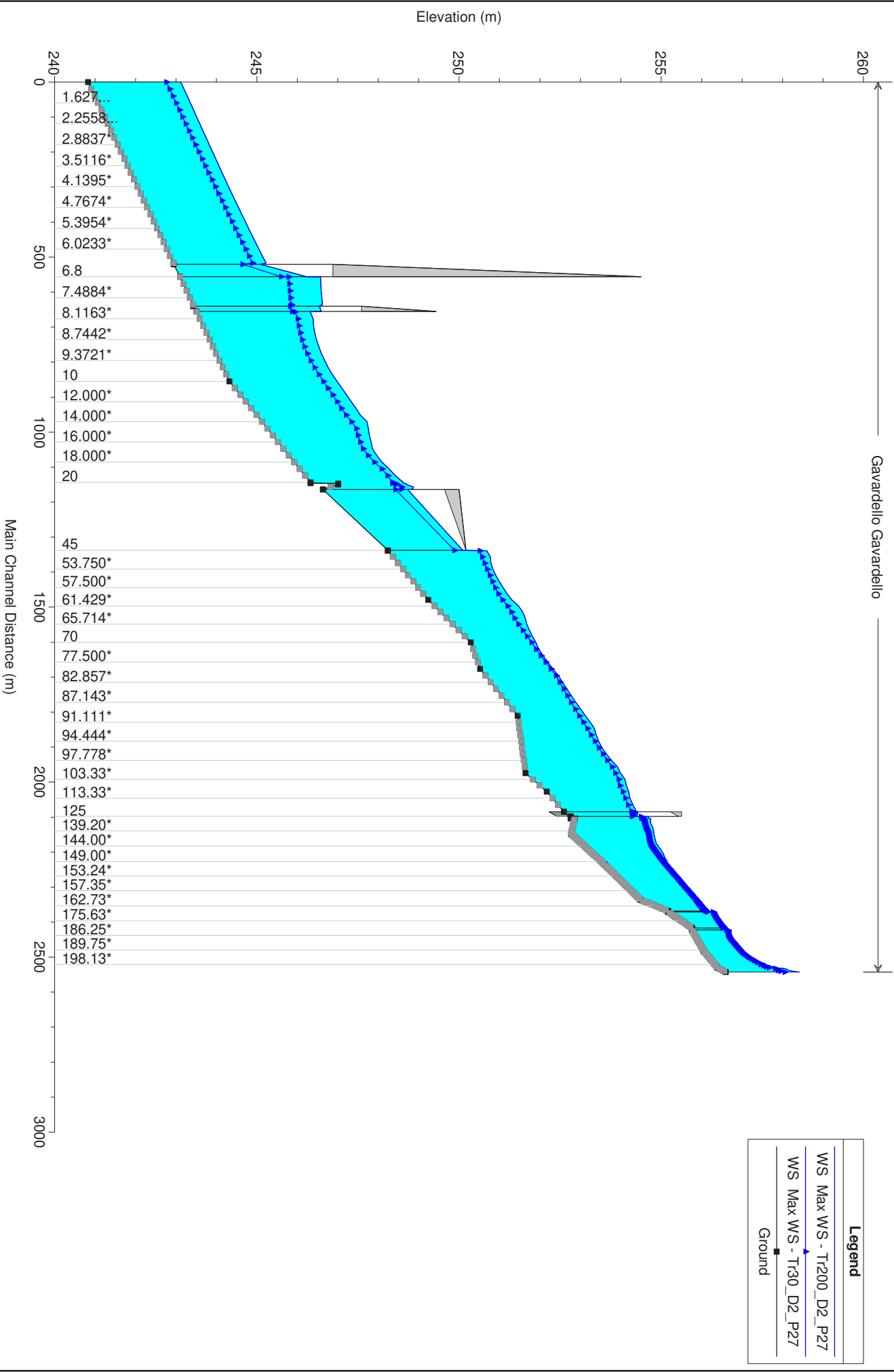
TORRENTE GAVARDELLO

MODELLAZIONE PER TR=30 e 200 ANNI

DURATE DI PIOGGIA: 2h

Profilo longitudinale

Gavardello Gavardello





ALLEGATI

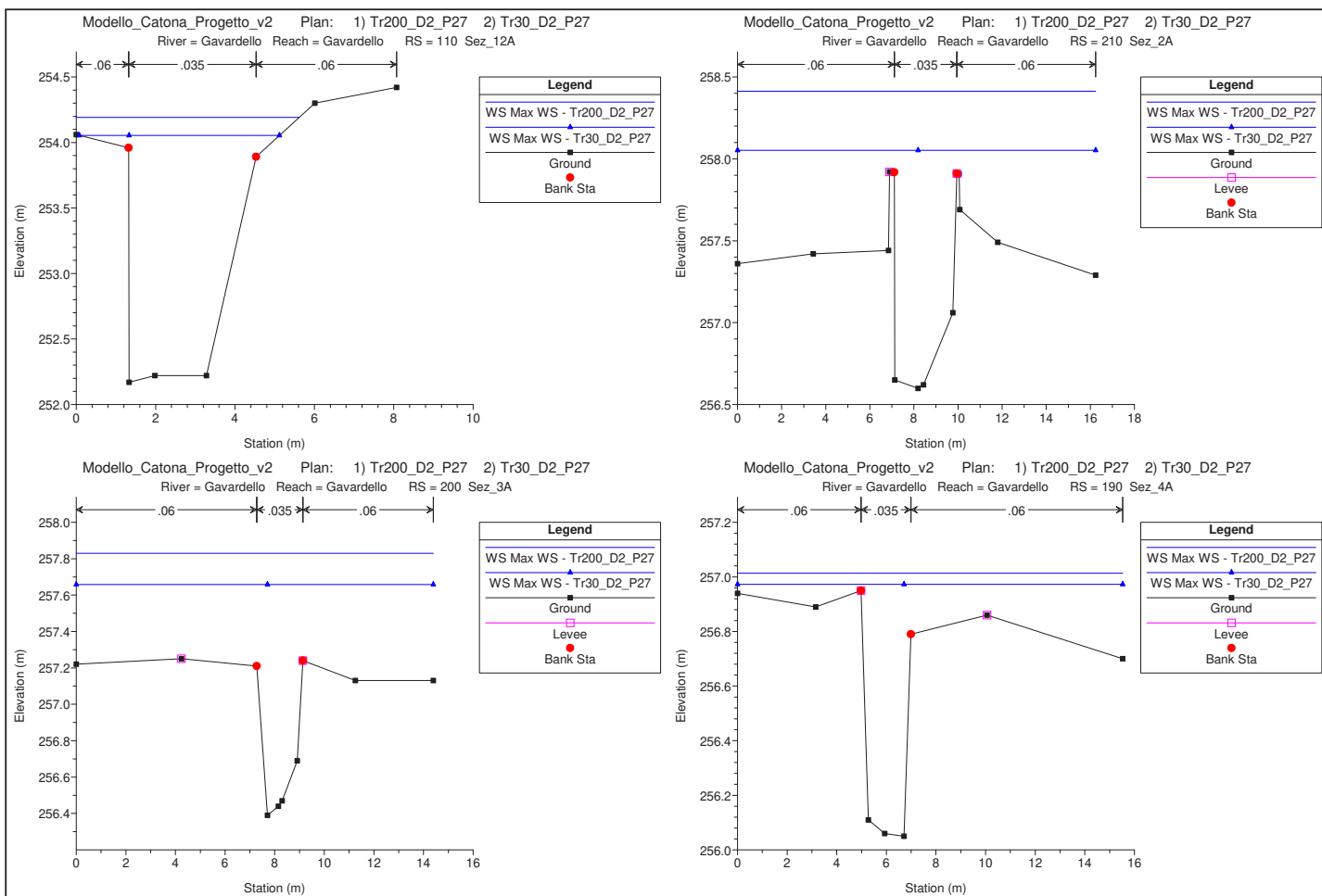
MODELLAZIONE HEC-RAS 5.0.3 "Torrente Gavardello"

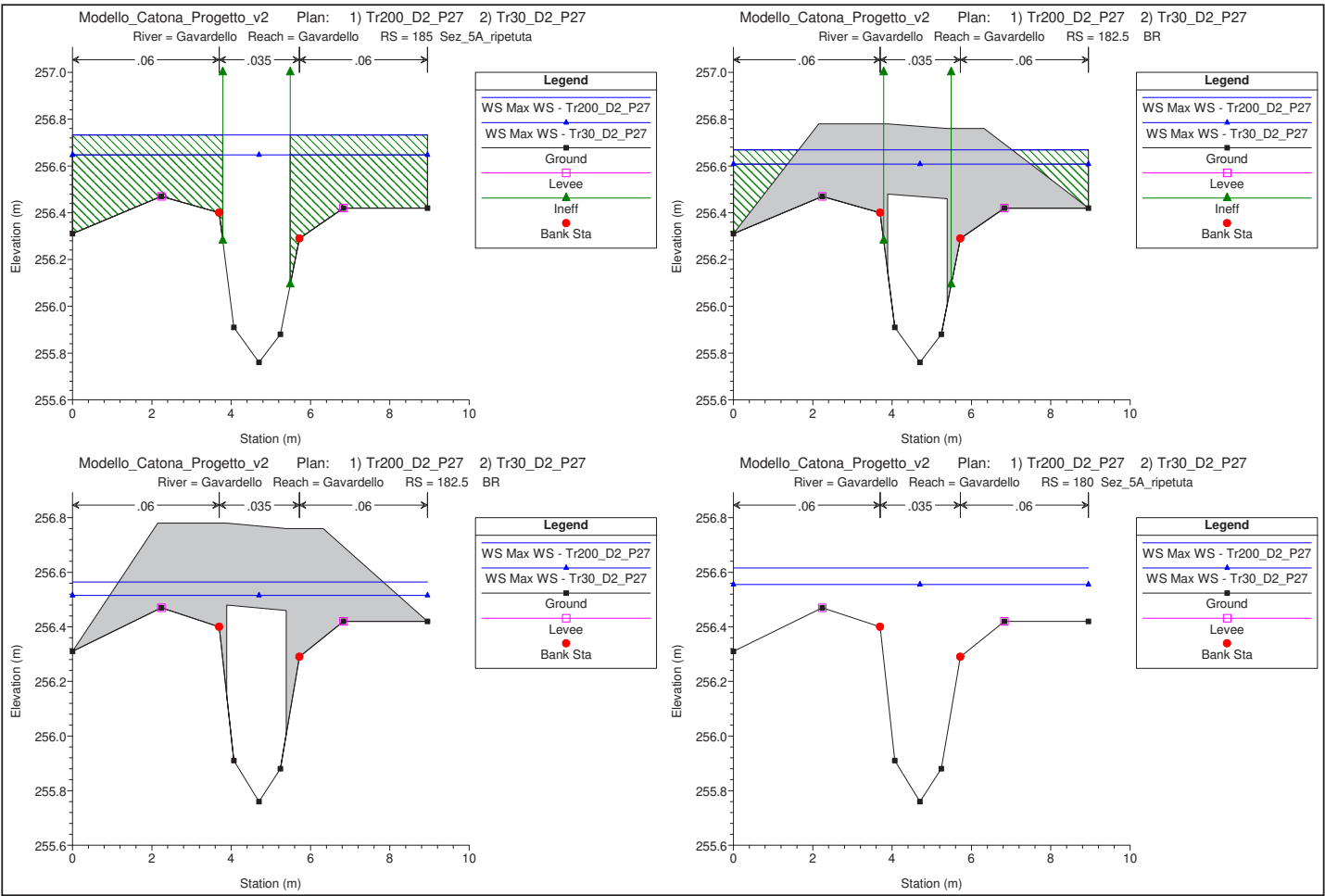
TORRENTE GAVARDELLO

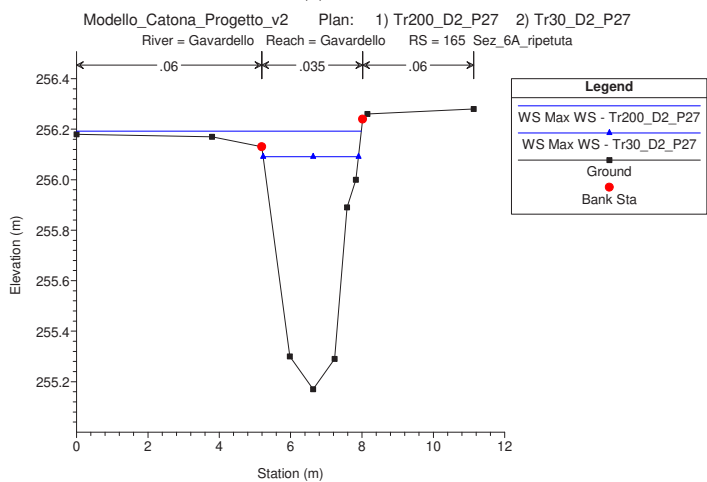
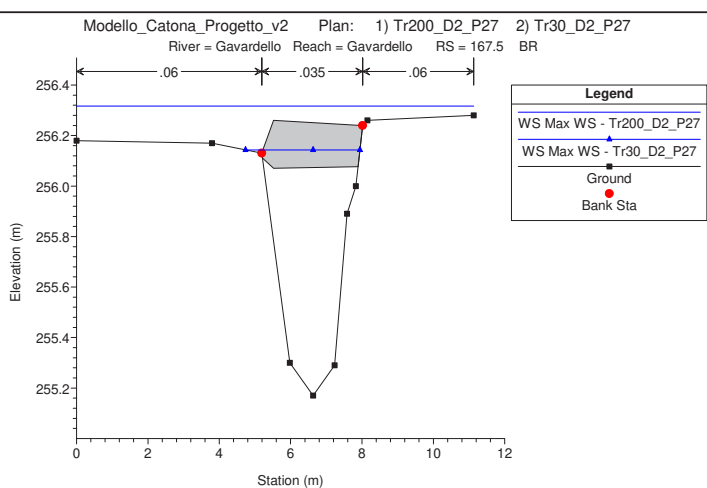
MODELLAZIONE PER TR=30 e 200 ANNI

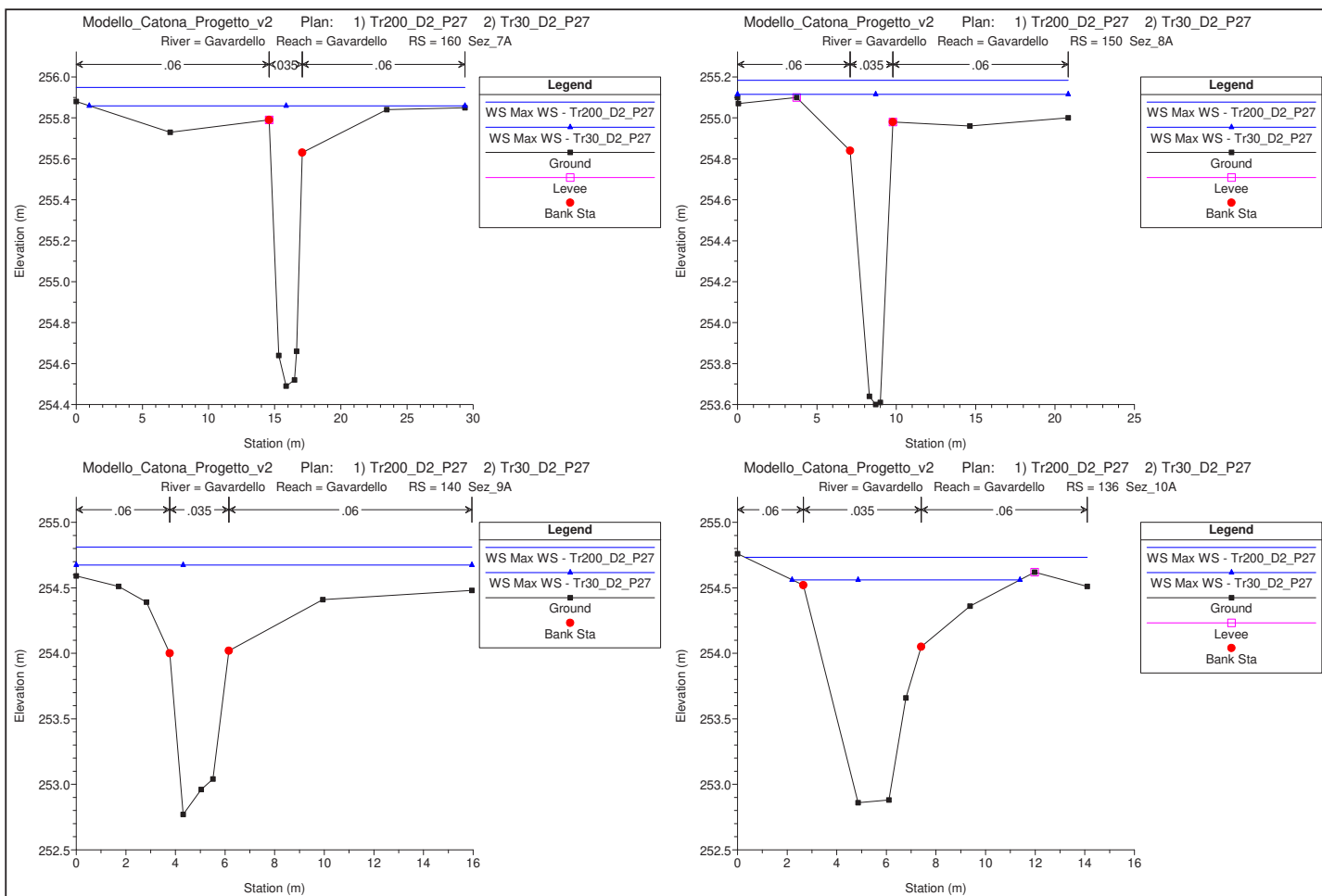
DURATE DI PIOGGIA: 2h

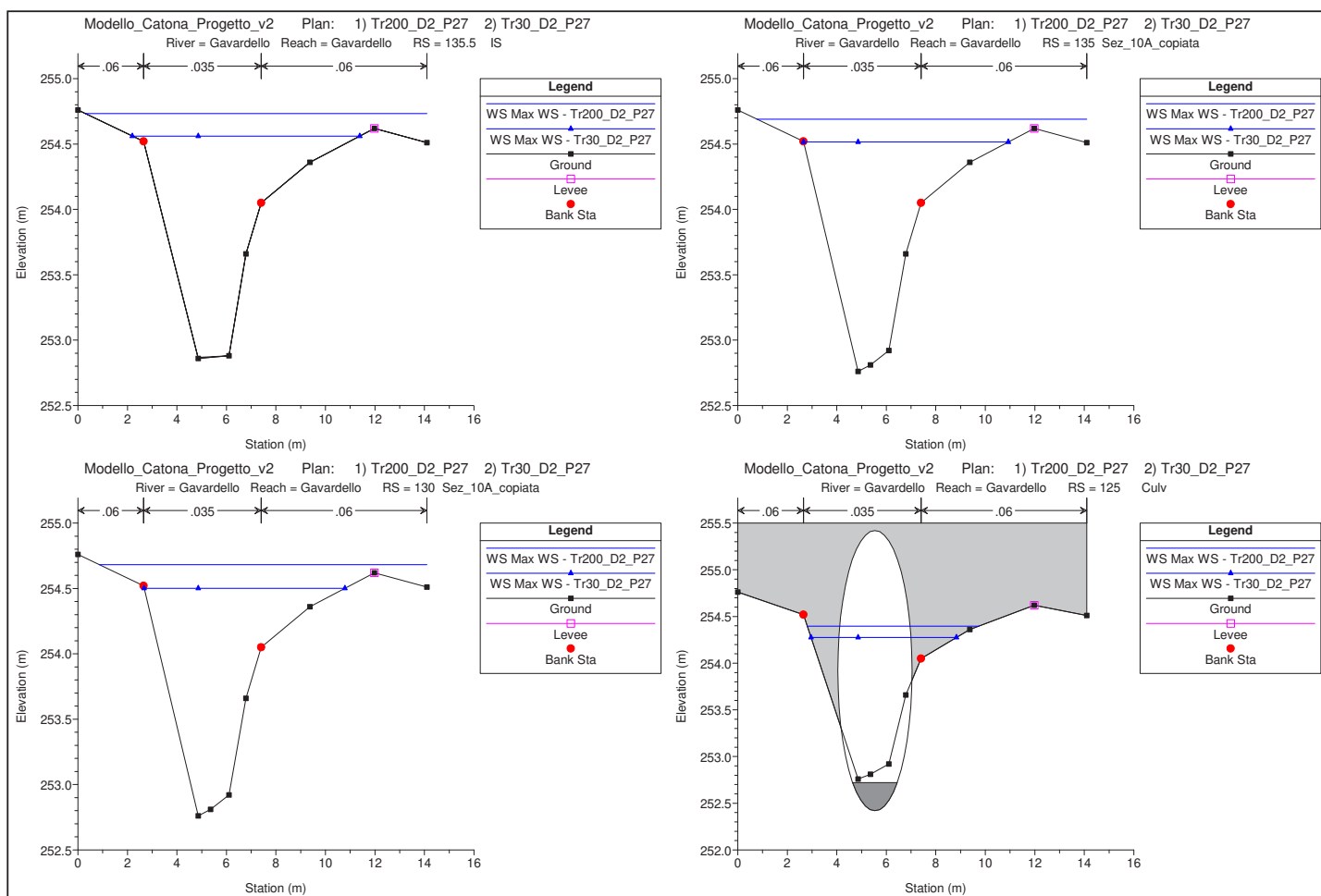
Sezioni Trasversali (da monte verso valle)

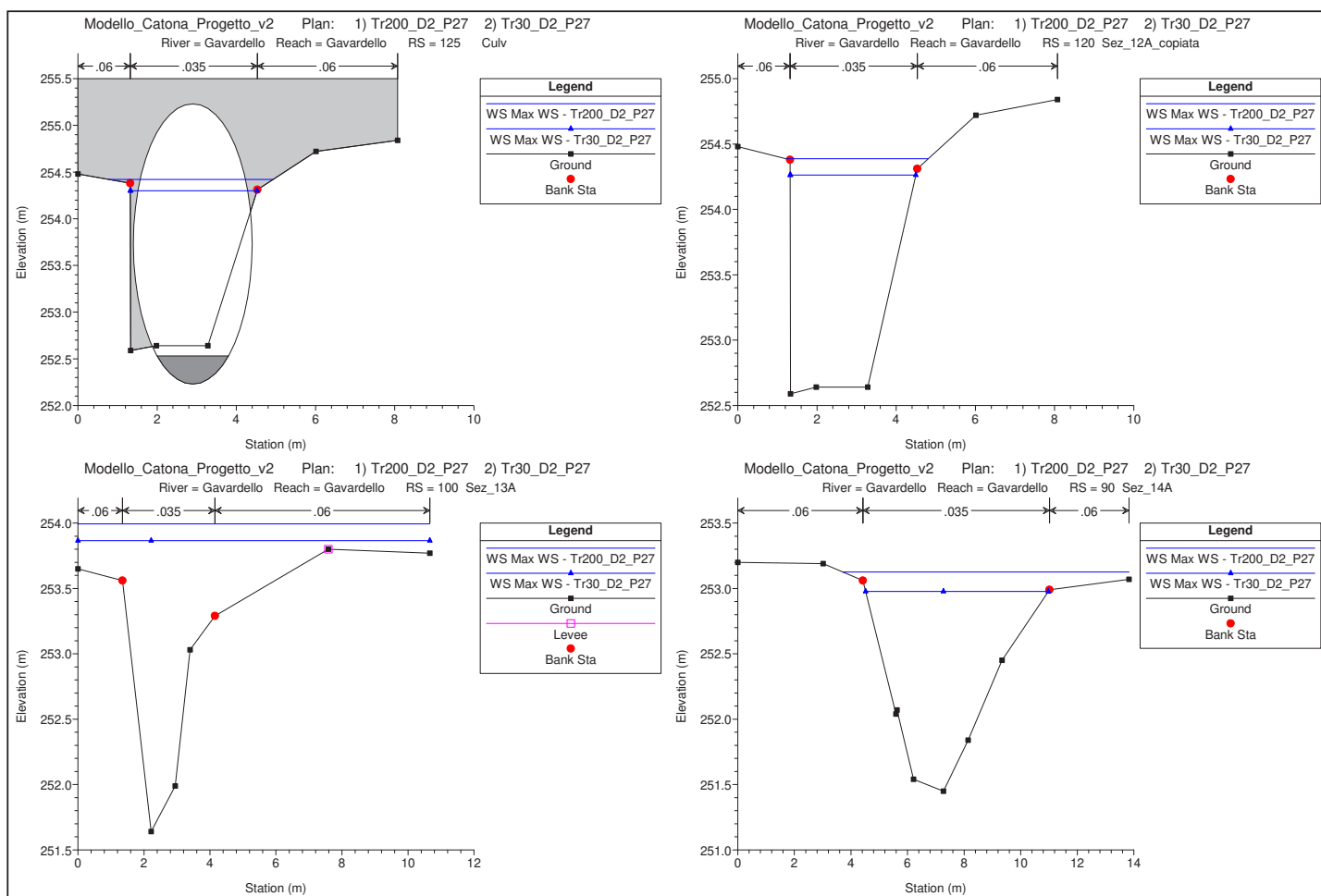


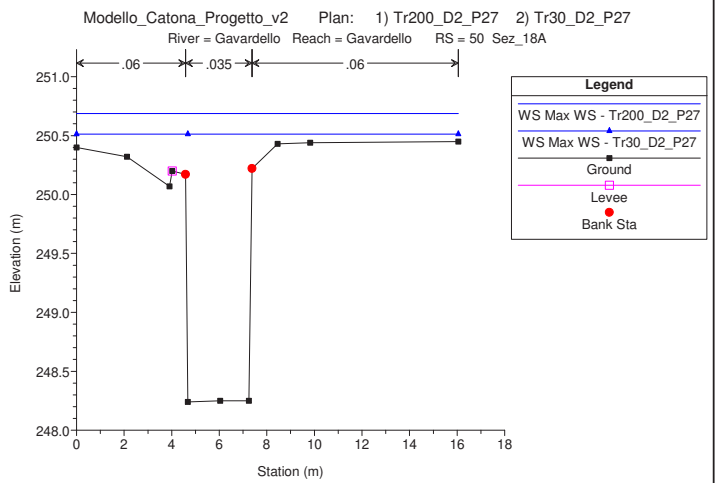
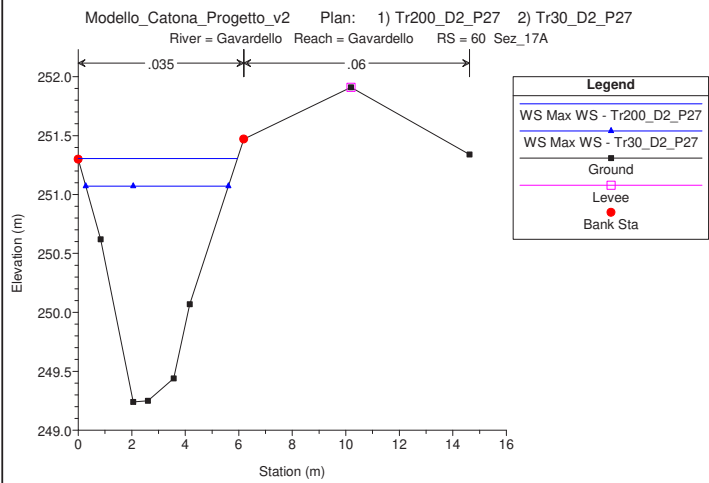
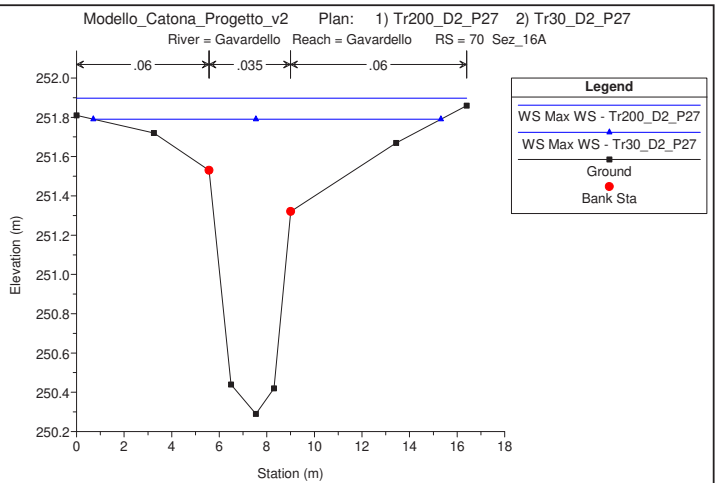
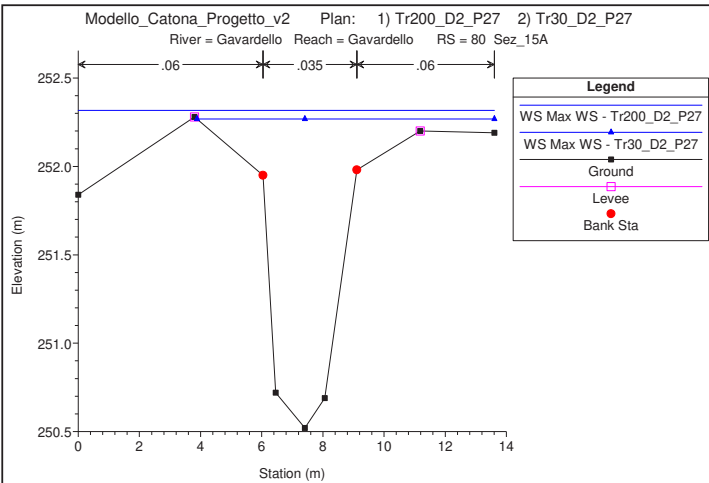


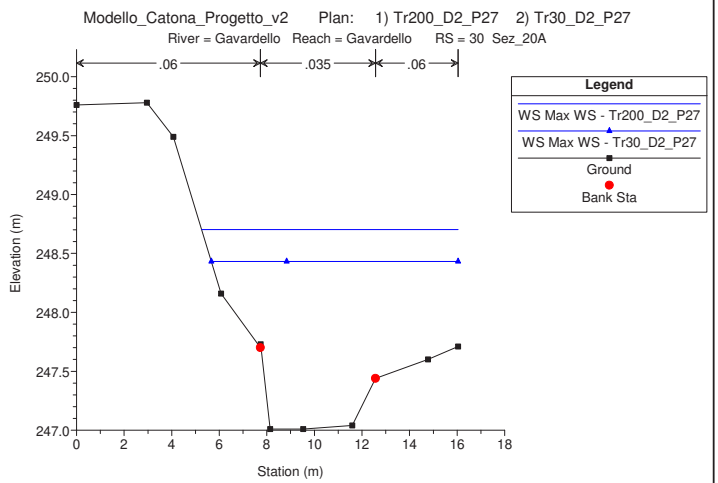
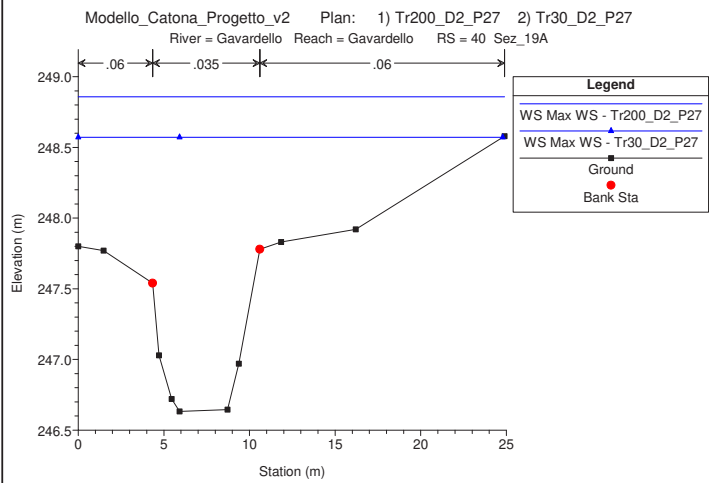
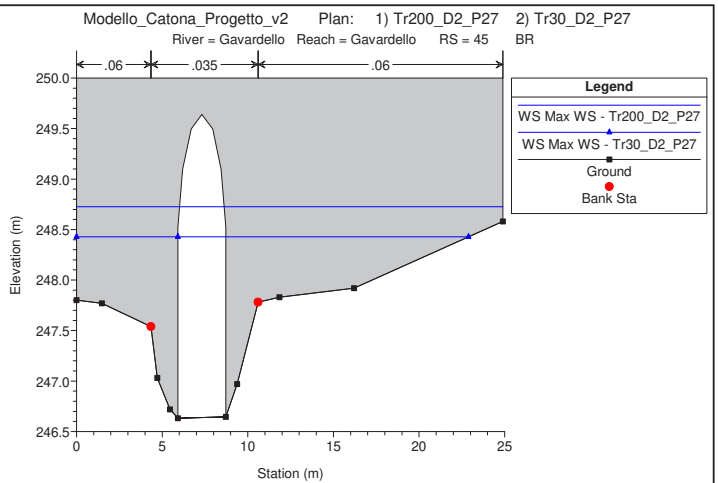
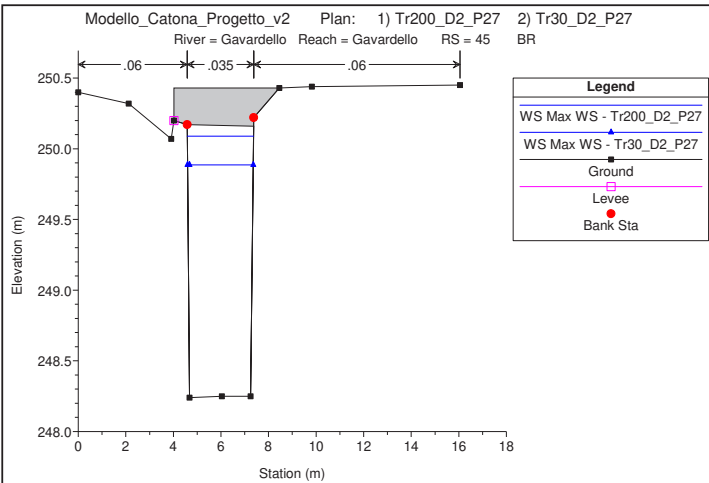


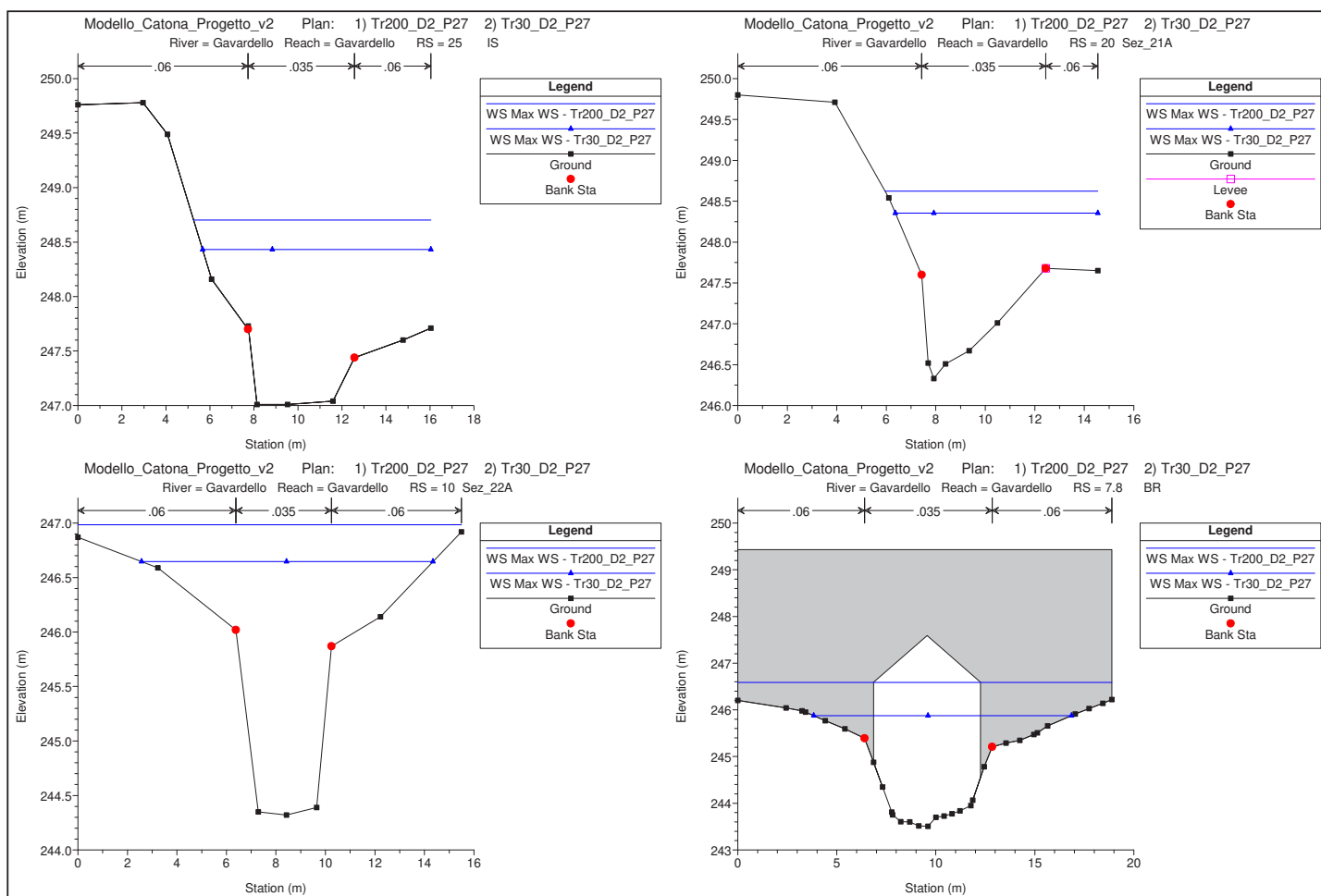


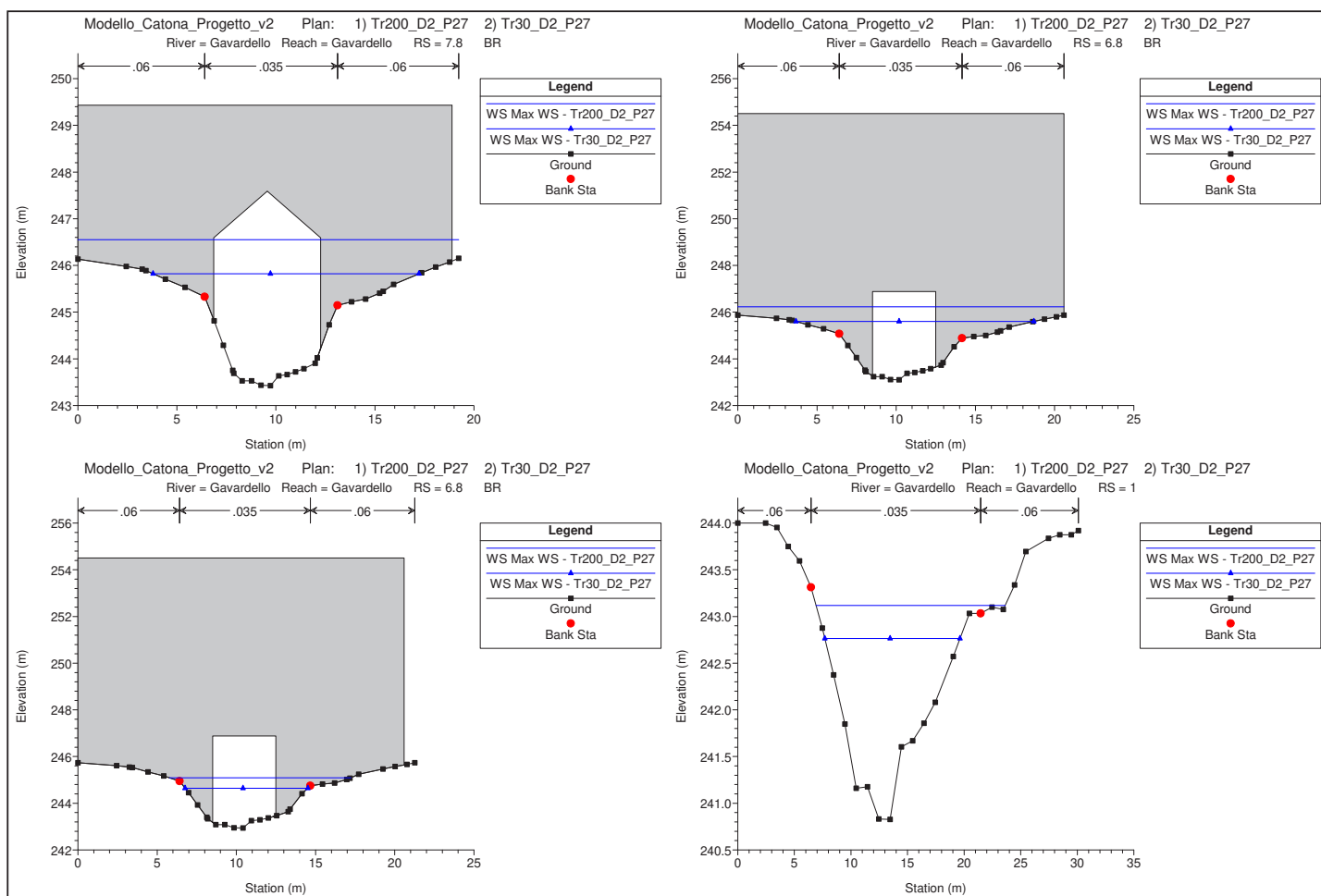














ALLEGATI

MODELLAZIONE HEC-RAS 5.0.3 "Torrente Gavardello"

TORRENTE GAVARDELLO

MODELLAZIONE PER TR=30 e 200 ANNI

DURATE DI PIOGGIA: 2h

Dati idraulici

Reach	River Sta	Profile	Plan	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Gavardello	210	Max WS	Tr200_D2_P27	27.70	256.60	258.41	258.12	258.58	0.007709	2.43	17.65	16.24	0.61
Gavardello	210	Max WS	Tr30_D2_P27	15.50	256.60	258.05	257.92	258.19	0.007970	2.09	11.80	16.24	0.59
Gavardello	209.99			Lat Struct									
Gavardello	209.98			Lat Struct									
Gavardello	200	Max WS	Tr200_D2_P27	16.91	256.39	257.83	257.76	258.04	0.013451	2.87	10.13	14.39	0.84
Gavardello	200	Max WS	Tr30_D2_P27	11.18	256.39	257.66	257.63	257.84	0.013227	2.57	7.67	14.39	0.81
Gavardello	190	Max WS	Tr200_D2_P27	4.33	256.05	257.01	257.02	257.14	0.009674	1.85	4.01	15.53	0.65
Gavardello	190	Max WS	Tr30_D2_P27	3.52	256.05	256.97	256.97	257.09	0.008928	1.72	3.37	15.53	0.62
Gavardello	185	Max WS	Tr200_D2_P27	1.43	255.76	256.73	256.31	256.78	0.001954	1.01	1.42	8.95	0.35
Gavardello	185	Max WS	Tr30_D2_P27	1.28	255.76	256.65	256.28	256.70	0.002217	1.00	1.28	8.95	0.37
Gavardello	182.5			Bridge									
Gavardello	180	Max WS	Tr200_D2_P27	1.43	255.76	256.62	256.32	256.64	0.001754	0.80	2.82	8.95	0.31
Gavardello	180	Max WS	Tr30_D2_P27	1.28	255.76	256.55	256.29	256.59	0.002263	0.86	2.27	8.95	0.35
Gavardello	179.999			Lat Struct									
Gavardello	170	Max WS	Tr200_D2_P27	2.86	255.17	256.37	255.96	256.42	0.002445	1.05	3.77	11.13	0.37
Gavardello	170	Max WS	Tr30_D2_P27	2.71	255.17	256.28	255.94	256.35	0.003780	1.21	2.75	11.13	0.45
Gavardello	167.5			Bridge									
Gavardello	165	Max WS	Tr200_D2_P27	3.32	255.17	256.19	256.03	256.35	0.009377	1.77	1.99	7.98	0.69
Gavardello	165	Max WS	Tr30_D2_P27	2.71	255.17	256.09	255.94	256.24	0.010067	1.71	1.59	2.67	0.71
Gavardello	160	Max WS	Tr200_D2_P27	6.01	254.49	255.95	255.75	256.05	0.004923	1.61	7.18	29.38	0.49
Gavardello	160	Max WS	Tr30_D2_P27	4.63	254.49	255.86	255.51	255.98	0.005651	1.64	4.57	28.40	0.52
Gavardello	159.999			Lat Struct									
Gavardello	159.998			Lat Struct									
Gavardello	150	Max WS	Tr200_D2_P27	6.86	253.60	255.18	255.16	255.32	0.006296	1.85	6.31	20.83	0.57
Gavardello	150	Max WS	Tr30_D2_P27	6.07	253.60	255.11	254.91	255.28	0.007611	1.94	4.87	20.83	0.62
Gavardello	140	Max WS	Tr200_D2_P27	7.40	252.77	254.81	254.28	254.87	0.001951	1.29	9.76	15.95	0.32
Gavardello	140	Max WS	Tr30_D2_P27	5.81	252.77	254.67	254.03	254.74	0.002097	1.26	7.56	15.95	0.33
Gavardello	139.999			Lat Struct									
Gavardello	139.998			Lat Struct									
Gavardello	136	Max WS	Tr200_D2_P27	8.08	252.86	254.73	254.04	254.80	0.001636	1.21	8.45	13.81	0.34
Gavardello	136	Max WS	Tr30_D2_P27	6.94	252.86	254.56	253.95	254.64	0.002126	1.25	6.25	9.19	0.38
Gavardello	135.5			Int Struct									
Gavardello	135	Max WS	Tr200_D2_P27	8.08									

HEC-RAS River: Gavardello Reach: Gavardello Profile: Max WS (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Plan	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Gavardello	40	Max WS	Tr200_D2_P27	10.82	246.63	248.86	247.52	248.87	0.000206	0.61	28.34	24.90	0.14
Gavardello	40	Max WS	Tr30_D2_P27	9.06	246.63	248.57	247.43	248.59	0.000296	0.66	21.23	24.79	0.16
Gavardello	39.999			Lat Struct									
Gavardello	39.998			Lat Struct									
Gavardello	30	Max WS	Tr200_D2_P27	17.81	247.01	248.70	248.14	248.84	0.002420	1.80	13.21	10.78	0.45
Gavardello	30	Max WS	Tr30_D2_P27	14.96	247.01	248.43	248.04	248.58	0.003373	1.88	10.35	10.37	0.52
Gavardello	25			Inl Struct									
Gavardello	20	Max WS	Tr200_D2_P27	17.77	246.33	248.62	248.04	248.79	0.002914	1.90	11.18	8.60	0.47
Gavardello	20	Max WS	Tr30_D2_P27	14.82	246.33	248.35	247.93	248.53	0.003781	1.93	8.94	8.19	0.52
Gavardello	10	Max WS	Tr200_D2_P27	30.69	244.32	246.99	246.67	247.33	0.005571	2.83	15.36	15.49	0.59
Gavardello	10	Max WS	Tr30_D2_P27	22.04	244.32	246.65	246.26	246.97	0.005918	2.63	10.55	11.77	0.60
Gavardello	7.8			Bridge									
Gavardello	6.8			Bridge									
Gavardello	1	Max WS	Tr200_D2_P27	33.68	240.83	243.12	242.62	243.31	0.004117	1.96	17.28	16.72	0.58
Gavardello	1	Max WS	Tr30_D2_P27	22.66	240.83	242.76	242.34	242.93	0.004107	1.80	12.56	11.95	0.56



ALLEGATI

MODELLAZIONE HEC-RAS 5.0.3 "Scarico Gavardello"

SCARICO GAVARDELLO

MODELLAZIONE PER TR=30 e 200 ANNI

DURATA DI PIOGGIA: 2h

Profilo longitudinale

Sezioni Trasversali

Dati idraulici



ALLEGATI

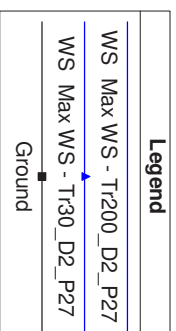
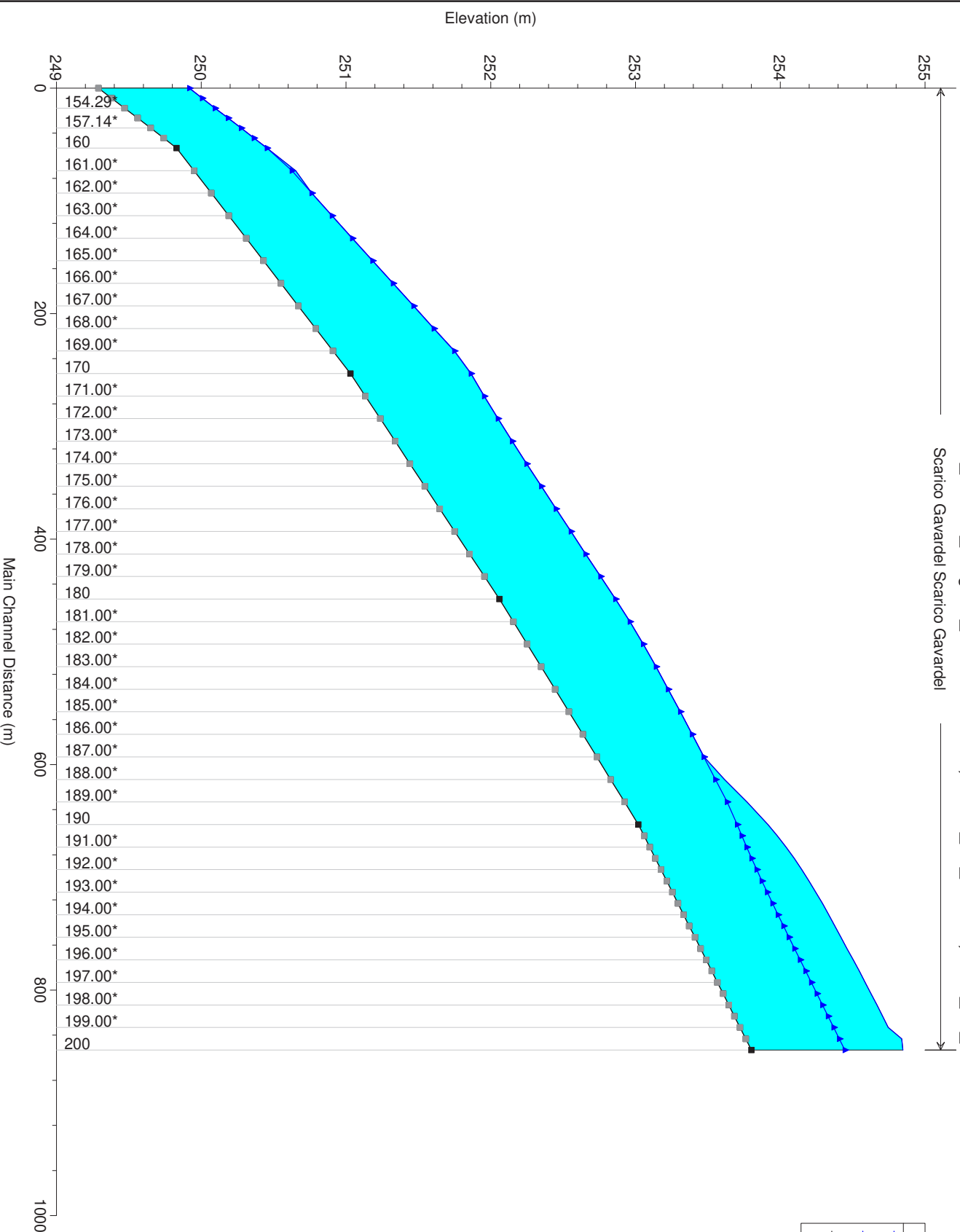
MODELLAZIONE HEC-RAS 5.0.3 "Scarico Gavardello"

SCARICO GAVARDELLO

MODELLAZIONE PER TR=30 e 200 ANNI

DURATE DI PIOGGIA: 2h

Profilo longitudinale





ALLEGATI

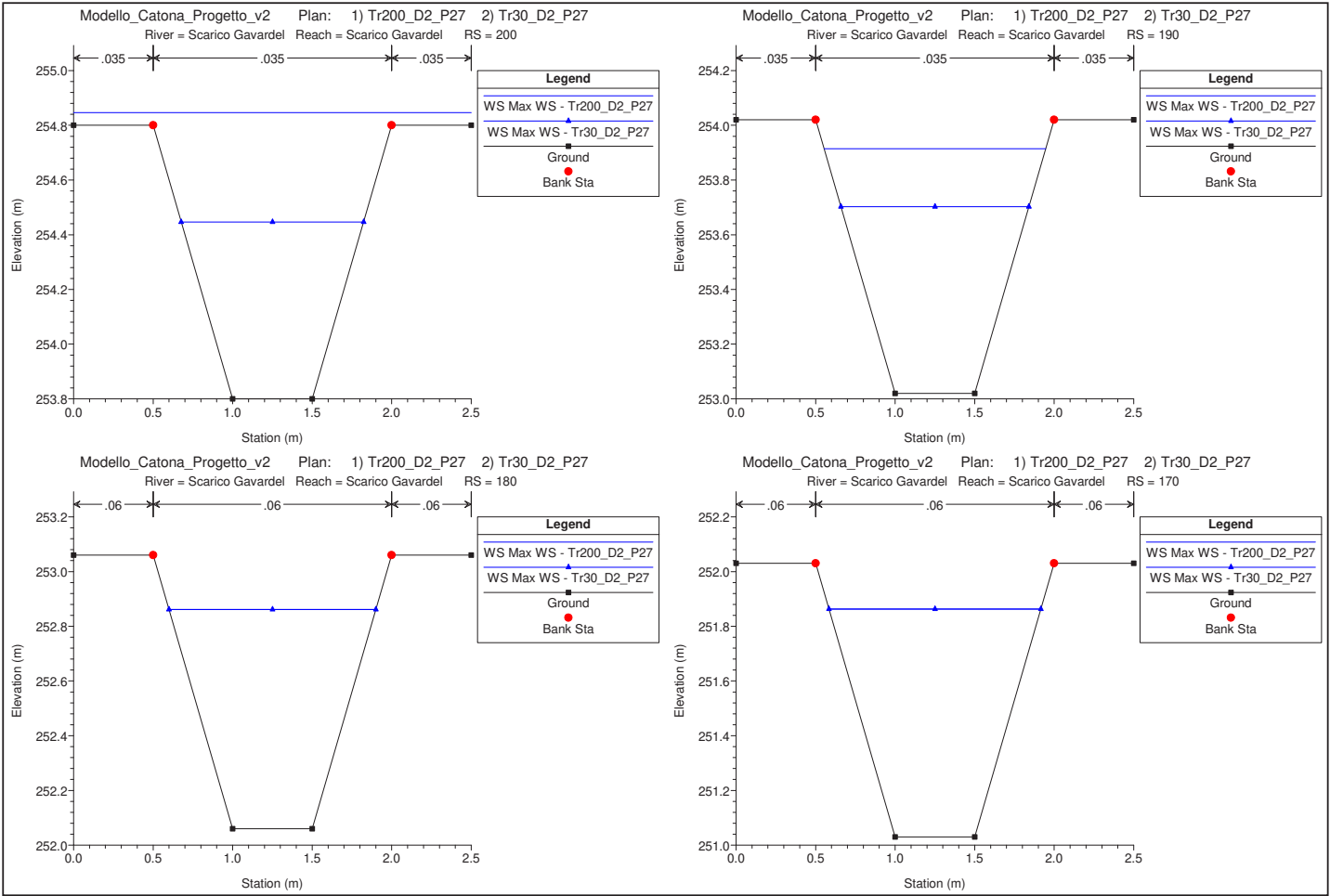
MODELLAZIONE HEC-RAS 5.0.3 "Scarico Gavardello"

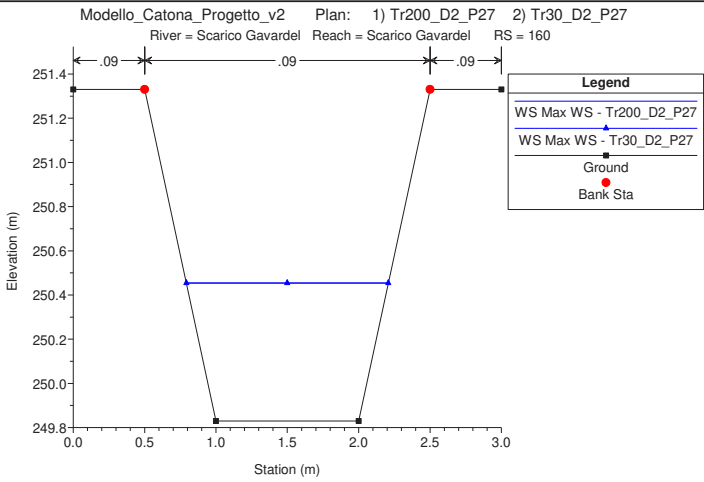
SCARICO GAVARDELLO

MODELLAZIONE PER TR=30 e 200 ANNI

DURATE DI PIOGGIA: 2h

Sezioni Trasversali (da monte verso valle)







ALLEGATI

MODELLAZIONE HEC-RAS 5.0.3 "Scarico Gavardello"

SCARICO GAVARDELLO

MODELLAZIONE PER TR=30 e 200 ANNI

DURATE DI PIOGGIA: 2h

Dati idraulici

HEC-RAS River: Scarico Gavardel Reach: Scarico SR71 Profile: Max WS

Reach	River Sta	Profile	Plan	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Scarico SR71	1900	Max WS	Tr200_D2_P27	0.04	249.80	250.87	249.84	250.87	0.000000	0.02	3.12	3.50	0.01
Scarico SR71	1900	Max WS	Tr30_D2_P27	0.04	249.80	250.60	249.84	250.60	0.000001	0.02	2.18	3.50	0.01
Scarico SR71	1890			Lat Struct									
Scarico SR71	1880			Lat Struct									
Scarico SR71	1000	Max WS	Tr200_D2_P27	0.55	249.25	250.80	249.55	250.81	0.000142	0.23	2.41	3.00	0.07
Scarico SR71	1000	Max WS	Tr30_D2_P27	0.27	249.25	250.60	249.44	250.60	0.000056	0.14	1.95	1.90	0.04
Scarico SR71	150	Max WS	Tr200_D2_P27	2.79	249.20	250.74	250.04	250.81	0.011029	1.19	2.38	3.00	0.35
Scarico SR71	150	Max WS	Tr30_D2_P27	2.14	249.20	250.55	249.91	250.61	0.010598	1.09	1.95	1.90	0.34
Scarico SR71	145			Bridge									
Scarico SR71	140	Max WS	Tr200_D2_P27	0.90	249.10	250.25	249.51	250.27	0.003177	0.56	1.60	1.77	0.19
Scarico SR71	140	Max WS	Tr30_D2_P27	0.90	249.10	250.25	249.51	250.27	0.003177	0.56	1.60	1.77	0.19
Scarico SR71	139.9			Lat Struct									
Scarico SR71	130	Max WS	Tr200_D2_P27	0.90	248.34	249.58	248.75	249.60	0.002889	0.51	1.76	1.83	0.17
Scarico SR71	130	Max WS	Tr30_D2_P27	0.90	248.34	249.58	248.75	249.60	0.002889	0.51	1.76	1.83	0.17
Scarico SR71	120	Max WS	Tr200_D2_P27	0.90	247.81	248.81	248.22	248.84	0.013940	0.67	1.34	1.67	0.24
Scarico SR71	120	Max WS	Tr30_D2_P27	0.90	247.81	248.81	248.22	248.84	0.013940	0.67	1.34	1.67	0.24
Scarico SR71	110	Max WS	Tr200_D2_P27	0.90	244.70	245.70	245.11	245.72	0.014009	0.67	1.34	1.67	0.24
Scarico SR71	110	Max WS	Tr30_D2_P27	0.90	244.70	245.70	245.11	245.72	0.014009	0.67	1.34	1.67	0.24



ALLEGATI

MODELLAZIONE HEC-RAS 5.0.3 "Scarico Gavardello"

SCARICO GAVARDELLO - LUNGO SR71

MODELLAZIONE PER TR=30 e 200 ANNI

DURATA DI PIOGGIA: 2h

Profilo longitudinale

Sezioni Trasversali

Dati idraulici



ALLEGATI

MODELLAZIONE HEC-RAS 5.0.3 "Scarico Gavardello"

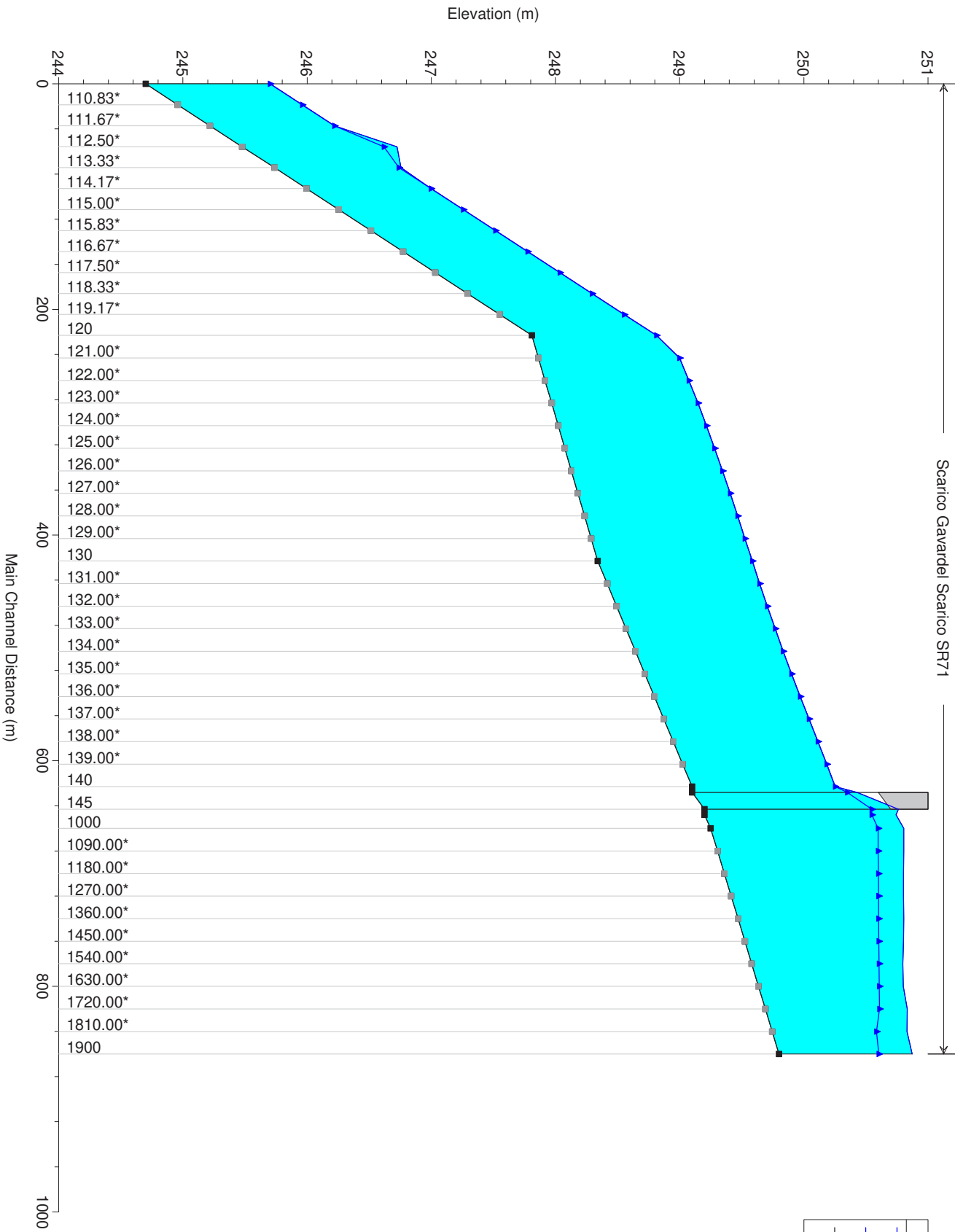
SCARICO GAVARDELLO - LUNGO SR71

MODELLAZIONE PER TR=30 e 200 ANNI

DURATE DI PIOGGIA: 2h

Profilo longitudinale

Scarico Gavardei Scarico SR71



Legend

WS Max WS - Tr200_D2_P27

WS Max WS - Tr30_D2_P27

Ground



ALLEGATI

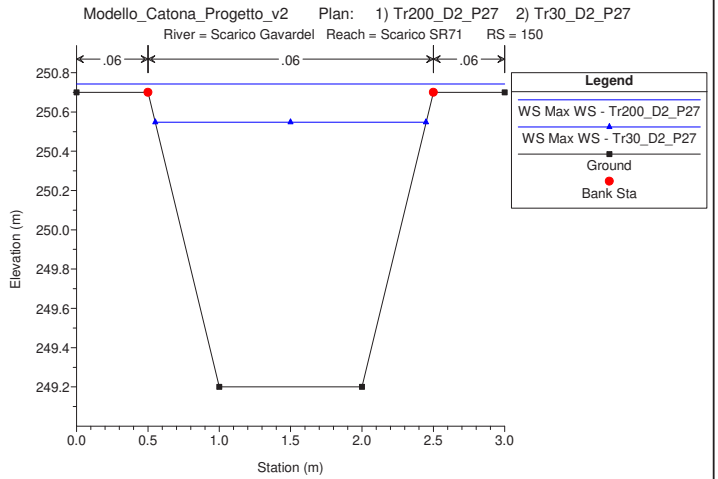
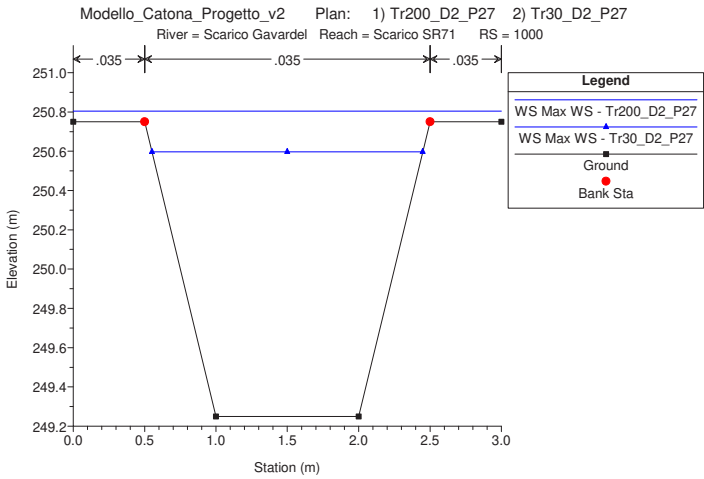
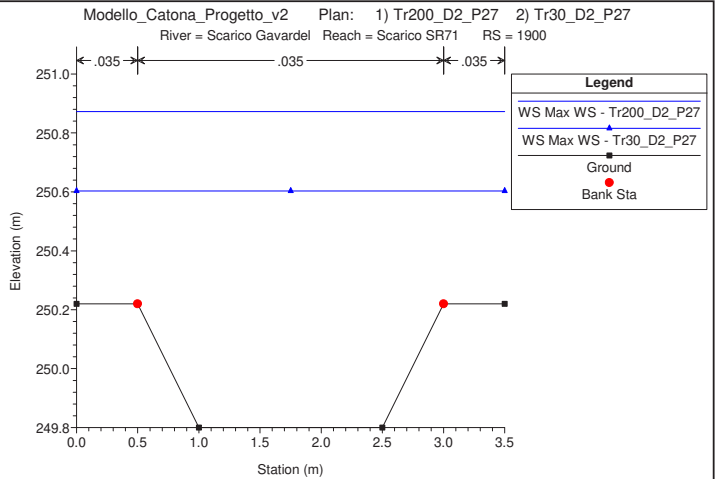
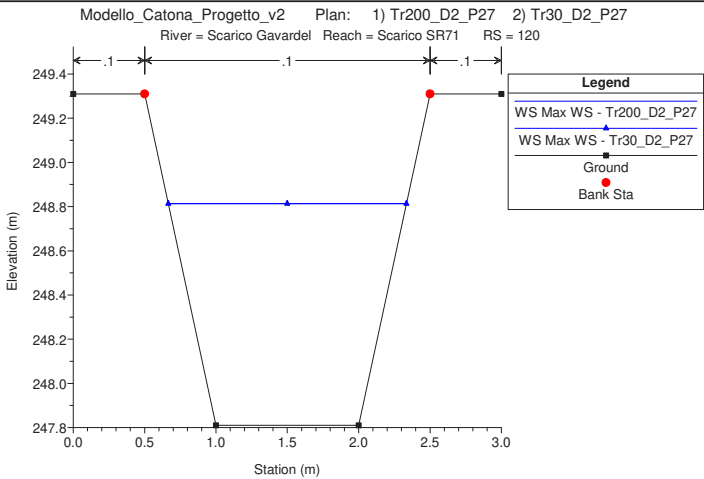
MODELLAZIONE HEC-RAS 5.0.3 "Scarico Gavardello"

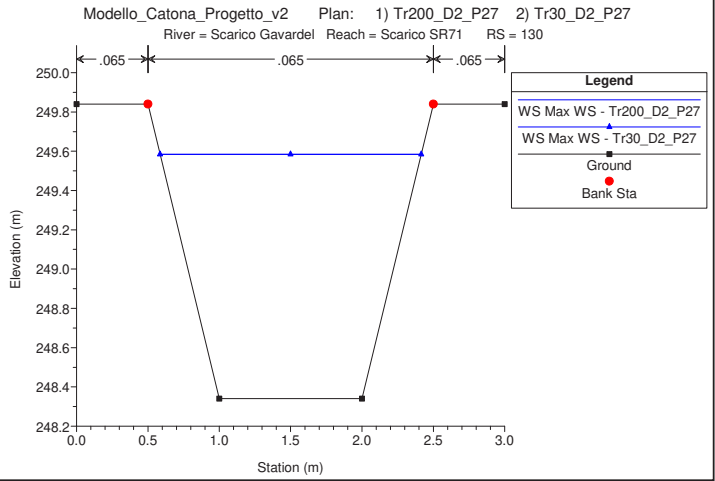
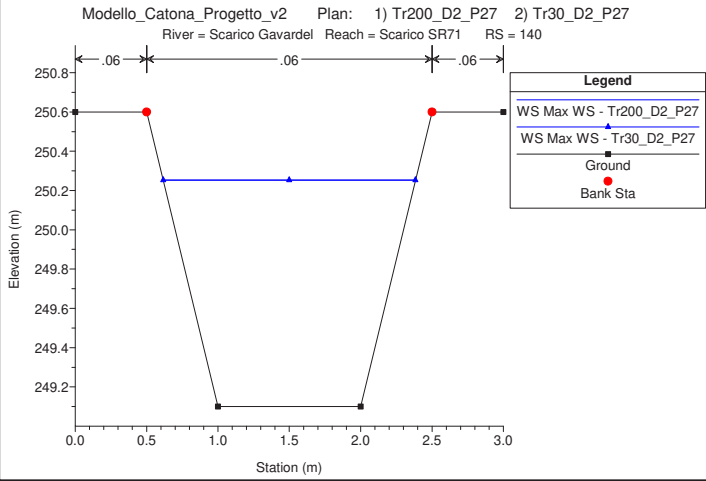
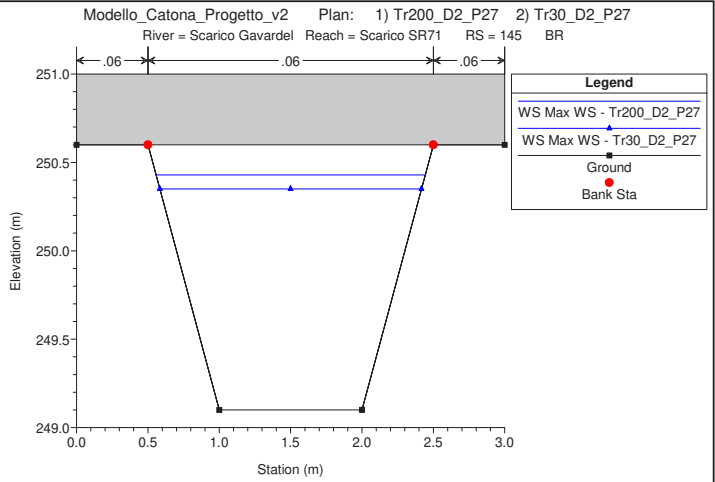
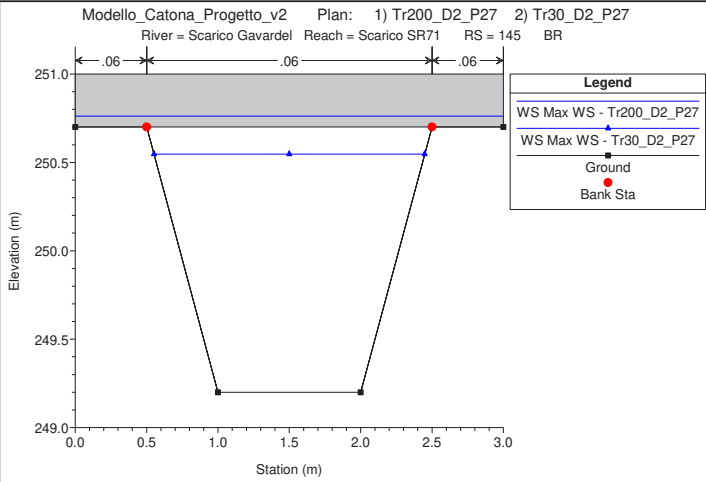
SCARICO GAVARDELLO - LUNGO SR71

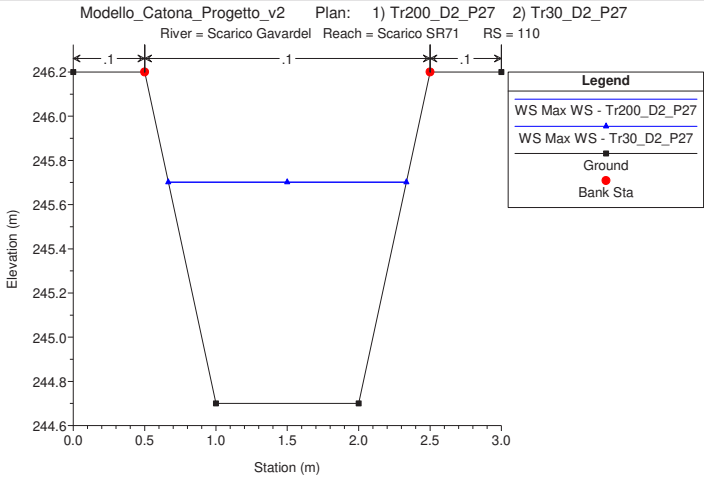
MODELLAZIONE PER TR=30 e 200 ANNI

DURATE DI PIOGGIA: 2h

Sezioni Trasversali (da monte verso valle)









ALLEGATI

MODELLAZIONE HEC-RAS 5.0.3 "Scarico Gavardello"

SCARICO GAVARDELLO - LUNGO SR71

MODELLAZIONE PER TR=30 e 200 ANNI

DURATE DI PIOGGIA: 2h

Dati idraulici

HEC-RAS River: Scarico Gavardel Reach: Scarico SR71 Profile: Max WS

Reach	River Sta	Profile	Plan	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Scarico SR71	1900	Max WS	Tr200_D2_P27	0.04	249.80	250.87	249.84	250.87	0.000000	0.02	3.12	3.50	0.01
Scarico SR71	1900	Max WS	Tr30_D2_P27	0.04	249.80	250.60	249.84	250.60	0.000001	0.02	2.18	3.50	0.01
Scarico SR71	1890			Lat Struct									
Scarico SR71	1880			Lat Struct									
Scarico SR71	1000	Max WS	Tr200_D2_P27	0.55	249.25	250.80	249.55	250.81	0.000142	0.23	2.41	3.00	0.07
Scarico SR71	1000	Max WS	Tr30_D2_P27	0.27	249.25	250.60	249.44	250.60	0.000056	0.14	1.95	1.90	0.04
Scarico SR71	150	Max WS	Tr200_D2_P27	2.79	249.20	250.74	250.04	250.81	0.011029	1.19	2.38	3.00	0.35
Scarico SR71	150	Max WS	Tr30_D2_P27	2.14	249.20	250.55	249.91	250.61	0.010598	1.09	1.95	1.90	0.34
Scarico SR71	145			Bridge									
Scarico SR71	140	Max WS	Tr200_D2_P27	0.90	249.10	250.25	249.51	250.27	0.003177	0.56	1.60	1.77	0.19
Scarico SR71	140	Max WS	Tr30_D2_P27	0.90	249.10	250.25	249.51	250.27	0.003177	0.56	1.60	1.77	0.19
Scarico SR71	139.9			Lat Struct									
Scarico SR71	130	Max WS	Tr200_D2_P27	0.90	248.34	249.58	248.75	249.60	0.002889	0.51	1.76	1.83	0.17
Scarico SR71	130	Max WS	Tr30_D2_P27	0.90	248.34	249.58	248.75	249.60	0.002889	0.51	1.76	1.83	0.17
Scarico SR71	120	Max WS	Tr200_D2_P27	0.90	247.81	248.81	248.22	248.84	0.013940	0.67	1.34	1.67	0.24
Scarico SR71	120	Max WS	Tr30_D2_P27	0.90	247.81	248.81	248.22	248.84	0.013940	0.67	1.34	1.67	0.24
Scarico SR71	110	Max WS	Tr200_D2_P27	0.90	244.70	245.70	245.11	245.72	0.014009	0.67	1.34	1.67	0.24
Scarico SR71	110	Max WS	Tr30_D2_P27	0.90	244.70	245.70	245.11	245.72	0.014009	0.67	1.34	1.67	0.24



ALLEGATI

MODELLAZIONE HEC-RAS 5.0.3 "Scarico Maspino"

SCARICO MASPINO

MODELLAZIONE PER TR=30 e 200 ANNI

DURATA DI PIOGGIA: 2h

Profilo longitudinale

Sezioni Trasversali

Dati idraulici



ALLEGATI

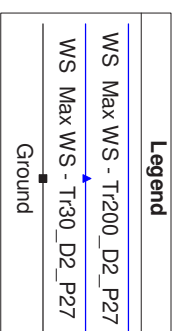
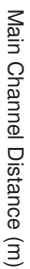
MODELLAZIONE HEC-RAS 5.0.3 "Scarico Maspino"

SCARICO MASPINO

MODELLAZIONE PER TR=30 e 200 ANNI

DURATE DI PIOGGIA: 2h

Profilo longitudinale





ALLEGATI

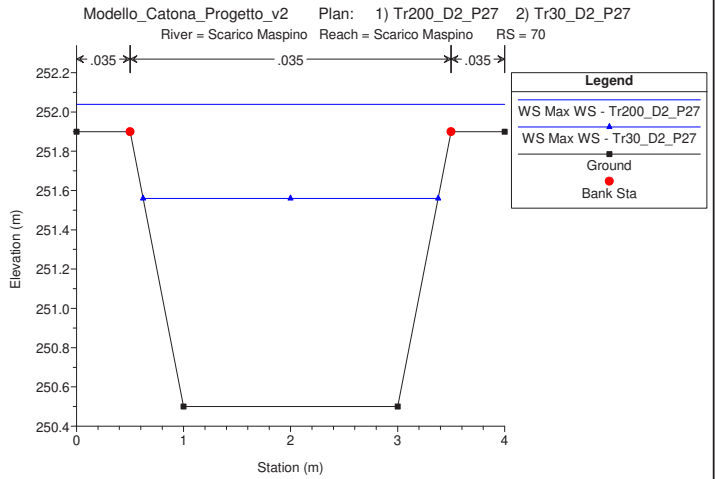
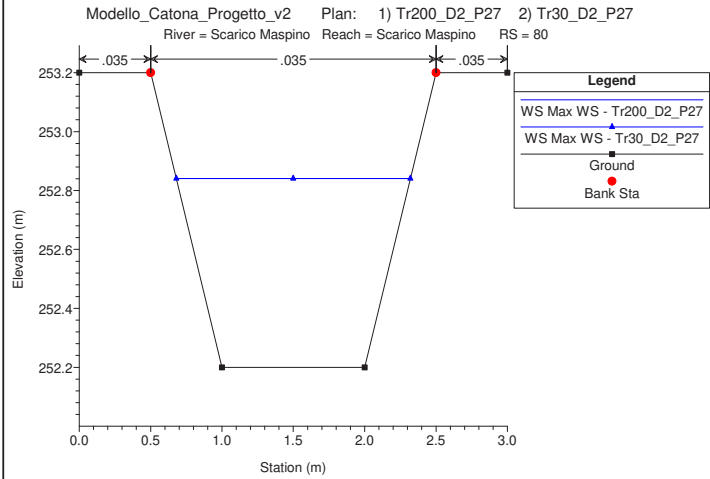
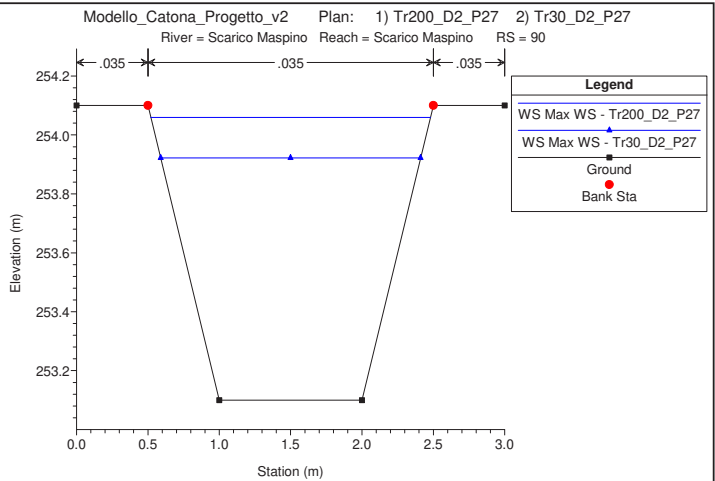
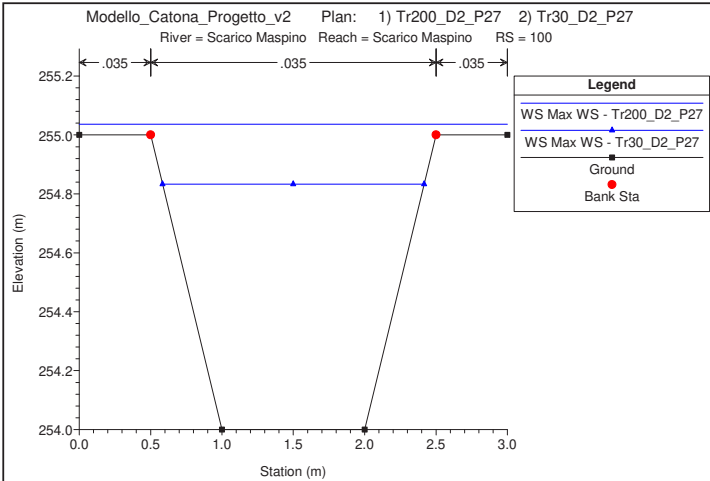
MODELLAZIONE HEC-RAS 5.0.3 "Scarico Maspino"

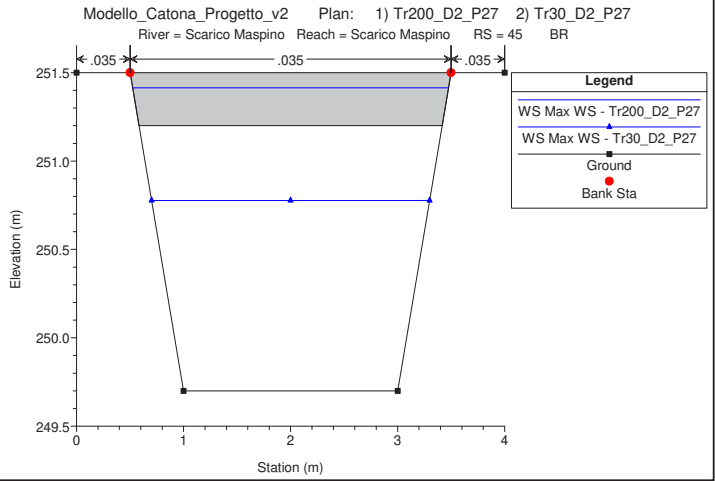
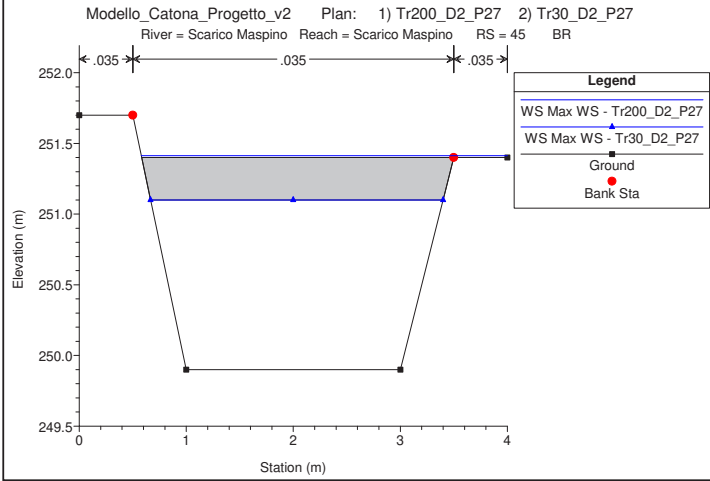
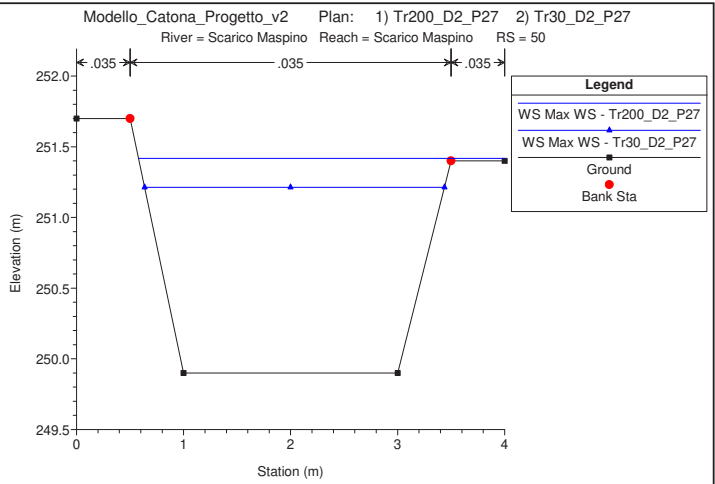
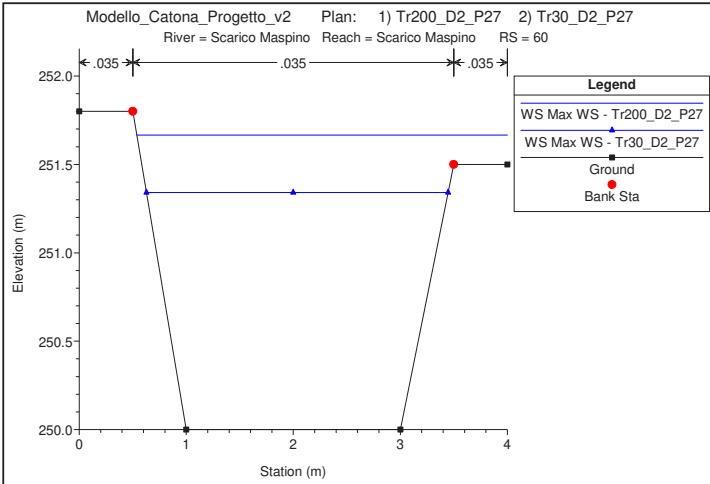
SCARICO MASPINO

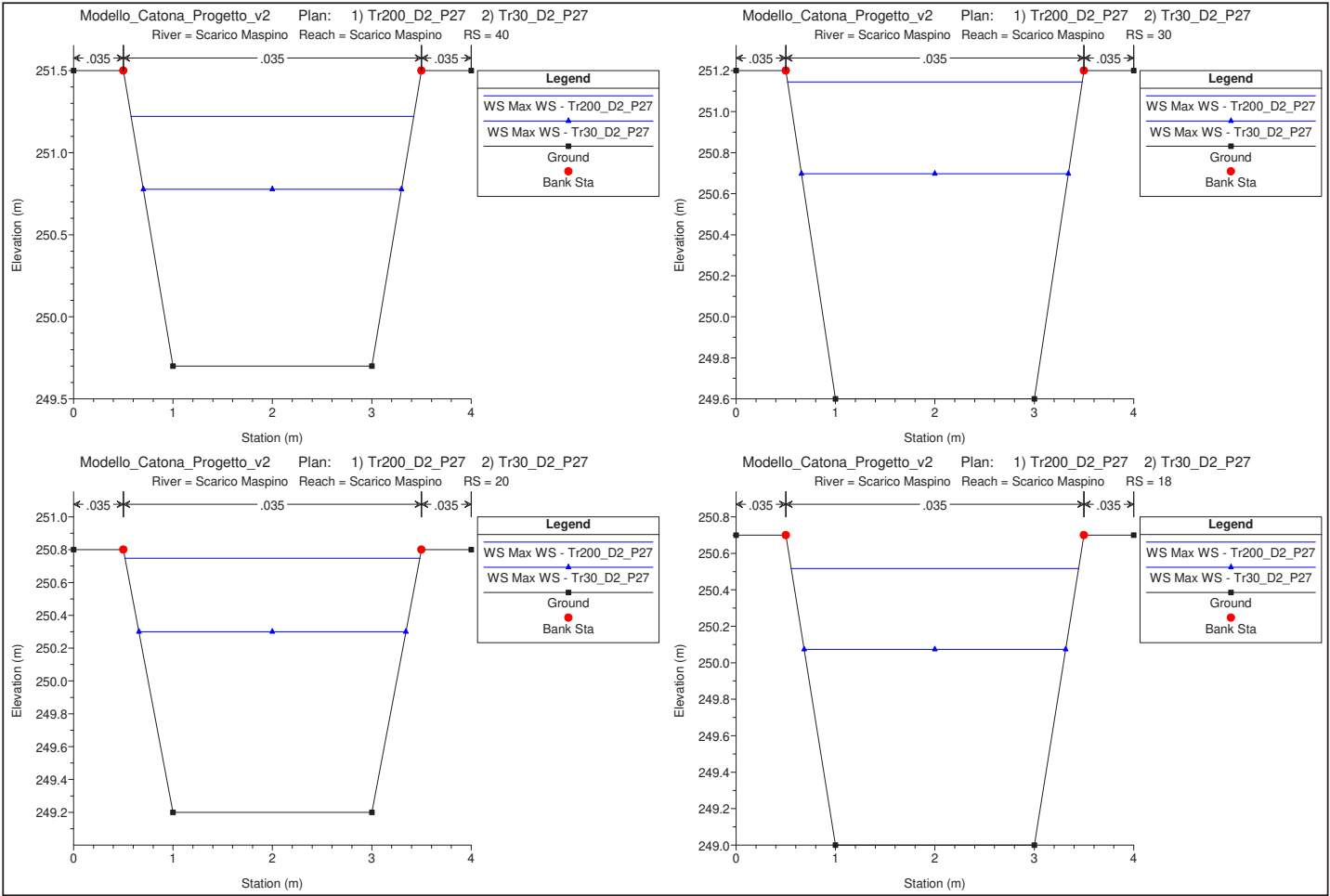
MODELLAZIONE PER TR=30 e 200 ANNI

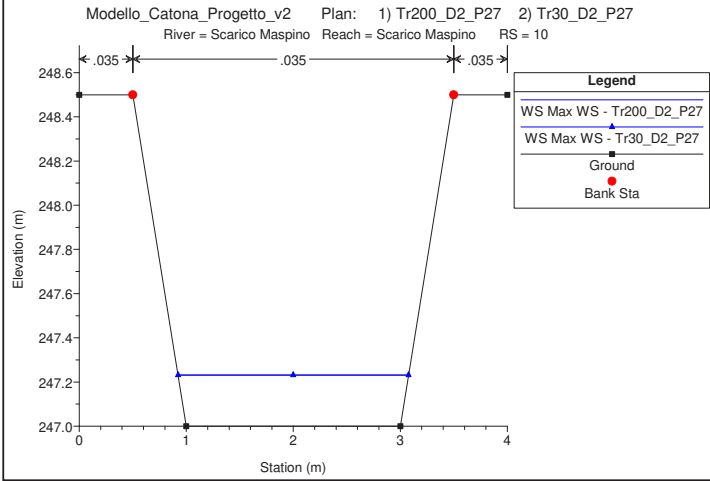
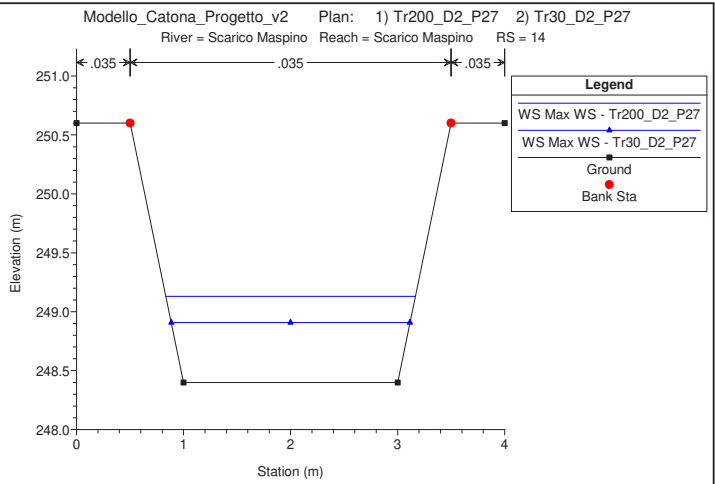
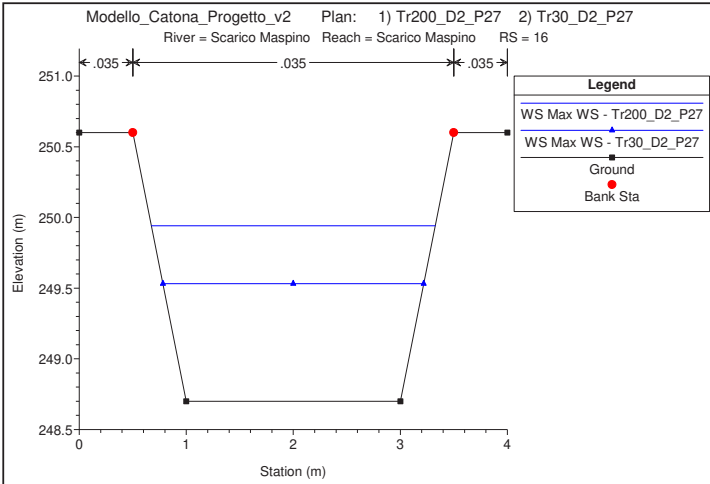
DURATE DI PIOGGIA: 2h

Sezioni Trasversali (da monte verso valle)











ALLEGATI

MODELLAZIONE HEC-RAS 5.0.3 "Scarico Maspino"

SCARICO MASPINO

MODELLAZIONE PER TR=30 e 200 ANNI

DURATE DI PIOGGIA: 2h

Dati idraulici

HEC-RAS River: Scarico Maspino Reach: Scarico Maspino Profile: Max WS

Reach	River Sta	Profile	Plan	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Scarico Maspino	100	Max WS	Tr200_D2_P27	0.07	254.00	255.04	254.07	255.04	0.000005	0.04	1.61	3.00	0.01
Scarico Maspino	100	Max WS	Tr30_D2_P27	1.20	254.00	254.83	254.48	254.89	0.004130	1.02	1.18	1.83	0.40
Scarico Maspino	99.9			Lat Struct									
Scarico Maspino	99.8			Lat Struct									
Scarico Maspino	90	Max WS	Tr200_D2_P27	1.62	253.10	254.06	253.68	254.13	0.004614	1.14	1.42	1.96	0.43
Scarico Maspino	90	Max WS	Tr30_D2_P27	1.24	253.10	253.92	253.59	253.98	0.004607	1.07	1.16	1.82	0.43
Scarico Maspino	80	Max WS	Tr200_D2_P27	1.20	252.20	252.84	252.68	252.94	0.010063	1.42	0.85	1.64	0.63
Scarico Maspino	80	Max WS	Tr30_D2_P27	1.20	252.20	252.84	252.68	252.94	0.010063	1.42	0.85	1.64	0.63
Scarico Maspino	70	Max WS	Tr200_D2_P27	2.30	250.50	252.04	251.00	252.06	0.000570	0.58	4.05	4.00	0.16
Scarico Maspino	70	Max WS	Tr30_D2_P27	0.55	250.50	251.56	250.70	251.56	0.000118	0.22	2.52	2.76	0.07
Scarico Maspino	60	Max WS	Tr200_D2_P27	5.65	250.00	251.67	250.89	251.76	0.003060	1.35	4.26	3.46	0.36
Scarico Maspino	60	Max WS	Tr30_D2_P27	3.25	250.00	251.34	250.62	251.39	0.002106	1.01	3.23	2.82	0.30
Scarico Maspino	59			Lat Struct									
Scarico Maspino	50	Max WS	Tr200_D2_P27	5.63	249.90	251.42	250.79	251.53	0.004252	1.50	3.75	3.42	0.42
Scarico Maspino	50	Max WS	Tr30_D2_P27	3.18	249.90	251.21	250.51	251.26	0.002151	1.01	3.15	2.80	0.30
Scarico Maspino	45			Bridge									
Scarico Maspino	40	Max WS	Tr200_D2_P27	5.63	249.70	251.22	250.59	251.34	0.004468	1.53	3.69	2.85	0.43
Scarico Maspino	40	Max WS	Tr30_D2_P27	3.35	249.70	250.78	250.34	250.87	0.004573	1.35	2.48	2.60	0.44
Scarico Maspino	30	Max WS	Tr200_D2_P27	5.63	249.60	251.15	250.48	251.25	0.003990	1.47	3.84	2.97	0.41
Scarico Maspino	30	Max WS	Tr30_D2_P27	3.34	249.60	250.70	250.23	250.78	0.004099	1.30	2.57	2.69	0.42
Scarico Maspino	27			Lat Struct									
Scarico Maspino	20	Max WS	Tr200_D2_P27	5.62	249.20	250.75	250.08	250.86	0.003963	1.46	3.85	2.97	0.41
Scarico Maspino	20	Max WS	Tr30_D2_P27	3.32	249.20	250.30	249.83	250.38	0.004023	1.29	2.58	2.69	0.42
Scarico Maspino	18	Max WS	Tr200_D2_P27	5.62	249.00	250.52	249.89	250.63	0.004371	1.52	3.71	2.89	0.43
Scarico Maspino	18	Max WS	Tr30_D2_P27	3.31	249.00	250.07	249.63	250.16	0.004417	1.33	2.48	2.63	0.44
Scarico Maspino	16	Max WS	Tr200_D2_P27	5.62	248.70	249.94	249.59	250.13	0.008548	1.95	2.89	2.65	0.60
Scarico Maspino	16	Max WS	Tr30_D2_P27	3.29	248.70	249.53	249.33	249.69	0.009888	1.78	1.85	2.44	0.65
Scarico Maspino	14	Max WS	Tr200_D2_P27	5.62	248.40	249.13	249.30	249.77	0.044680	3.56	1.58	2.33	1.38
Scarico Maspino	14	Max WS	Tr30_D2_P27	3.29	248.40	248.91	249.03	249.39	0.046054	3.06	1.07	2.23	1.41
Scarico Maspino	10	Max WS	Tr200_D2_P27	1.20	247.00	247.23	247.33	247.55	0.068420	2.50	0.48	2.15	1.69
Scarico Maspino	10	Max WS	Tr30_D2_P27	1.20	247.00	247.23	247.33	247.55	0.068420	2.50	0.48	2.15	1.69