



LOCALITÀ PIETRICCIA  
COMUNE DI CHIANCIANO TERME  
PROVINCIA DI SIENA

20  
25

elaborato REL-004-GEN-Rev.02  
relazione generale idrologico-idraulica

*Ordinanza Commissariale n. 41 del  
09/06/2023 - Intervento 09IR023/CI  
Progetto di fattibilità tecnico  
economica per i lavori di stabilizzazione  
delle sponde del Torrente del Ruoti*

*committente:*  
**Consorzio di Bonifica 2 Alto Valdarno**



Dott. Geol. Michele Sani  
Dott. Ing. Alessio Gabbrielli  
Dott. Agr. Daniele Menabeni

prima emissione: 17/01/2025

revisione n. 2 del 09/04/2025

TERRA & OPERE S.R.L.

Dr. Geol. Gabriele Paolini  
Dr. Geol. Fabio Picchi  
Dr. Geol. Michele Sani

Via G. La Farina, 14, 50132 Firenze  
tel. 0552477474 | fax 0550674063  
e-mail: [terraeopere@terraeopere.com](mailto:terraeopere@terraeopere.com)  
PEC: [terraeopere@pec.terraeopere.com](mailto:terraeopere@pec.terraeopere.com)  
sito web: [www.terraeopere.com](http://www.terraeopere.com)

# INDICE

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
1.1 <i>Introduzione progetto Fosso Cavernano .....</i>	2
1.2 <i>Introduzione progetto Torrente Ruoti .....</i>	2
<b>2. PROGETTO FOSSO CAVERNANO .....</b>	<b>3</b>
2.1 <i>ASPETTI GENERALI .....</i>	3
2.1.1 Bacino e reticolo .....	3
2.1.2 Classificazione di pericolosità da alluvione .....	5
2.2 <i>VERIFICHE IDROLOGICO-IDRAULICHE .....</i>	6
2.2.1 Analisi idrologica e stima degli idrogrammi di piena .....	6
2.2.2 Modellazione idraulica stato attuale .....	12
2.2.3 Modellazione idraulica stato di progetto .....	15
<b>3. PROGETTO TORRENTE RUOTI .....</b>	<b>17</b>
3.1 <i>ASPETTI GENERALI .....</i>	17
3.1.1 Bacino e reticolo .....	17
3.1.2 Classificazione di pericolosità da alluvione .....	19
3.2 <i>VERIFICHE IDROLOGICO-IDRAULICHE .....</i>	20
3.2.1 Analisi idrologica e stima degli idrogrammi di piena .....	20
3.3 <i>Modellazione idraulica stato attuale .....</i>	26
<b>4. ALLEGATI IDRAULICI .....</b>	<b>32</b>

## 1. PREMESSA

La presente relazione è redatta nell'ambito del Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica per i lavori di stabilizzazione delle sponde del Fosso Cavernano, nel Comune di Chianciano Terme (SI).

Il bacino del Fosso Cavernano, all'altezza di Chianciano Terme, presenta due distinte aste, che si incontrano a valle dell'abitato. Si tratta del Fosso Cavernano propriamente detto, e del Torrente Ruoti, che scorrono ai piedi dei due versanti opposti del rilievo collinare su cui si sviluppa l'abitato.

In entrambi i casi gli interventi in progetto consistono in opere di stabilizzazione e consolidamento delle sponde, che attualmente manifestano problematiche di dissesto in alcuni casi piuttosto evidenti; tali interventi si attuano prevalentemente attraverso l'adeguamento geometrico delle sezioni d'alveo dei tratti interessati e il loro completo rivestimento in scogliera.

In questa relazione i due interventi (Fosso Cavernano e Torrente Ruoti) sono descritti in modo indipendente, come si trattasse di progetti distinti, ma al di là della trattazione separata, essi presentano caratteristiche di forte similitudine, sia nelle motivazioni che li muovono, sia nelle scelte progettuali proposte.

Di entrambi i progetti sono illustrate le modellazioni idrologico-idrauliche sulla base delle quali sono stati dimensionati e verificati gli interventi; per maggiori dettagli descrittivi circa le caratteristiche delle opere in progetto si rimanda alla Relazione Tecnica.

La presente relazione sviluppa, per entrambi i progetti, un preliminare inquadramento del reticolo e del sottobacino di studio, prosegue con l'analisi idrologica finalizzata alla stima degli idrogrammi di piena dei corsi d'acqua, e successivamente illustra le modellazioni idrauliche dei tratti fluviali di interesse sia allo stato attuale che, per il solo Fosso Cavernano, anche allo stato di progetto, con le relative considerazioni finali a giustificazione delle scelte progettuali.

### 1.1 Introduzione progetto Fosso Cavernano

L'intervento in progetto sul Fosso Cavernano è stato ritenuto necessario sia a causa dei numerosi fenomeni erosivi e di dissesto che stanno interessando il corso d'acqua in esame sia perché il fosso scorre lungo la scarpata del terrapieno della discarica di rifiuti solidi urbani (RSU) posta in adiacenza ad esso.

Onde evitare eventuali interferenze tra il rilevato della discarica ed il corso d'acqua si è quindi previsto di distanziare l'alveo dal piede del rilevato della discarica, spostandolo verso nord di alcuni metri, di fatto creando una nuova inalveazione.

Per garantire la stabilità delle sponde del nuovo alveo ed il mantenimento, nel tempo, della geometria della sezione, il progetto prevede il rivestimento in scogliera di tutto il tratto oggetto di intervento. Inoltre, per ridurre la pendenza del tratto e limitarne la propensione al dissesto e all'erosione, sono realizzati anche alcuni salti idraulici e, prima della sezione di chiusura, un piccolo bacino di laminazione/decantazione, atto a rallentare le acque prima del rientro nell'alveo naturale non oggetto di modifica.

Il progetto sul Fosso Cavernano ha anche l'obiettivo di garantire il pieno contenimento delle portate di piena entro l'alveo risagomato.

### 1.2 Introduzione progetto Torrente Ruoti

L'intervento in progetto sul Torrente Ruoti è stato ritenuto necessario a causa dei fenomeni di dissesto che stanno interessando il tratto del corso d'acqua a valle di Via Madonna della Rosa fino ad un passaggio a ruota bagnata su strada campestre, per una lunghezza di circa 150 mt.

Il progetto prevede l'adeguamento della sezione d'alveo mediante leggero ampliamento e regolarizzazione della geometria della sezione, ed il completo rivestimento in scogliera della medesima.

Lungo questo tratto fluviale sono presenti anche dei piccoli salti idraulici aventi la finalità di ridurre la pendenza media dell'asta, piuttosto pronunciata; tali salti, per quanto possibile, saranno mantenuti o ricreati.

Si precisa fin d'ora che l'intervento non ha l'obiettivo di ridurre gli allagamenti, tanto meno di garantire il pieno contenimento in alveo delle portate di piena, ma solo quello di risolvere alcune criticità locali delle sponde e del fondo alveo. Pertanto gli interventi in progetto prescindono dai livelli idrometrici massimi raggiunti lungo il corso d'acqua in caso di piene eccezionali.

Le verifiche idrauliche di supporto al progetto sono state quindi sviluppate solo per completezza di indagine e per orientare in modo appropriato le scelte progettuali.

## 2. PROGETTO FOSSO CAVERNANO

### 2.1 ASPETTI GENERALI

#### 2.1.1 *Bacino e reticolo*

Il sito in esame è ubicato in Loc. Cavernano, nel Comune di Chianciano Terme (SI).  
Qui scorre l'omonimo corso d'acqua (Fosso Cavernano), in adiacenza alla discarica di RSU.

Il Fosso Cavernano è un piccolo affluente del Torrente Parce, quest'ultimo tributario del bacino di monte del Canale Maestro della Chiana; Il Fosso Cavernano presenta un bacino di circa 1.15 kmq, per un dislivello di circa 310 mt (da circa 690 m s.l.m. a circa 380 m s.l.m.) ed una pendenza media di circa il 24%.

Secondo il reticolo idrografico regionale il tratto d'asta di interesse (quella che lambisce il piede del rilevato della discarica) è individuata con il codice AV42323.

Nel tratto di interesse il corso d'acqua presenta una sezione altamente irregolare, sia in termini di forma che di pendenza.

In alcuni punti l'alveo risulta maggiormente inciso, in altri appena accennato; sono inoltre presenti alcuni salti idraulici, spesso creati dai fenomeni erosivi e di dissesto in atto.

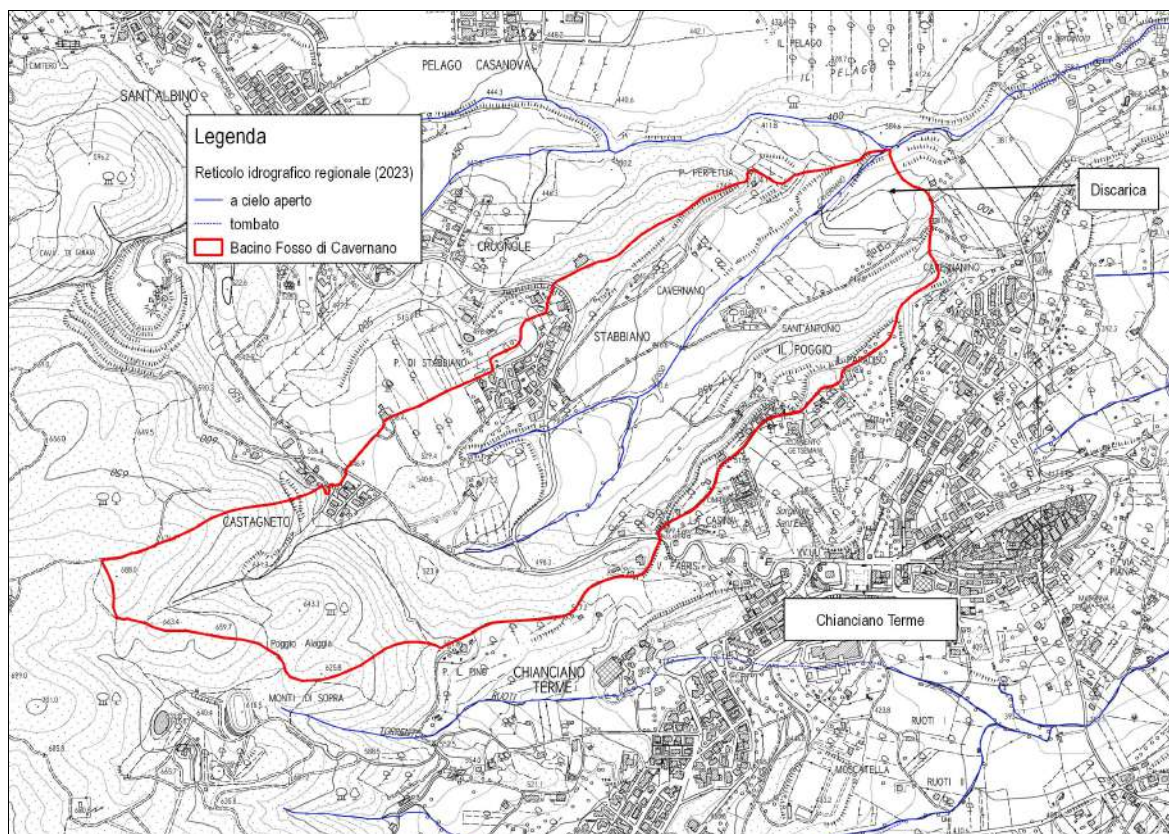
La sponda destra del corso d'acqua (che coincide di fatto con la scarpata del rilevato della discarica) risulta vegetata con vegetazione per lo più arbustiva spontanea, ma sono presenti anche alcune alberature più importanti con  $d \geq 40$  cm.

In sponda sinistra, invece, si apre un falso piano di larghezza di circa 10 mt che accompagna il fosso fino a valle, dove è presente un salto idraulico un po' più pronunciato ed un dissesto piuttosto esteso; a valle di esso il corso d'acqua riprende gradualmente la sua sezione naturale, entrando in area boscata.

Il tratto interessato dal progetto, di lunghezza pari a circa 145 mt, inizia all'altezza di una grande quercia posta in sponda sinistra e termina a valle del dissesto suddetto; esso presenta un dislivello di 14.5 mt circa, più precisamente da 401.56 m s.l.m. a 387.13 m s.l.m., per una pendenza media del 10% circa.

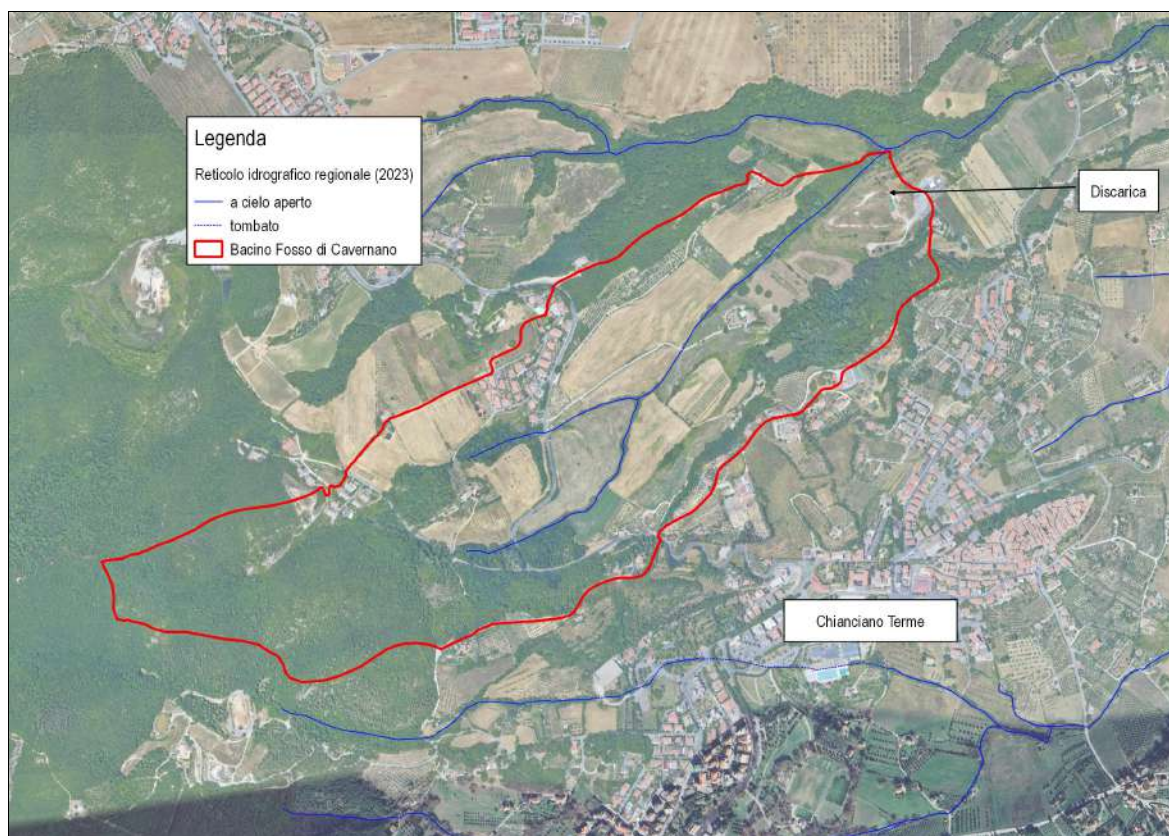
La seguente figura mostra il reticolo idrografico afferente al Fosso Cavernano, ed il suo bacino chiuso a valle del tratto oggetto di intervento.





**Fig. 1** – bacino e reticolo del Fosso Cavernano su CTR 1:10.000

La figura successiva mostra sempre il bacino del corso d'acqua, ma su foto aerea.



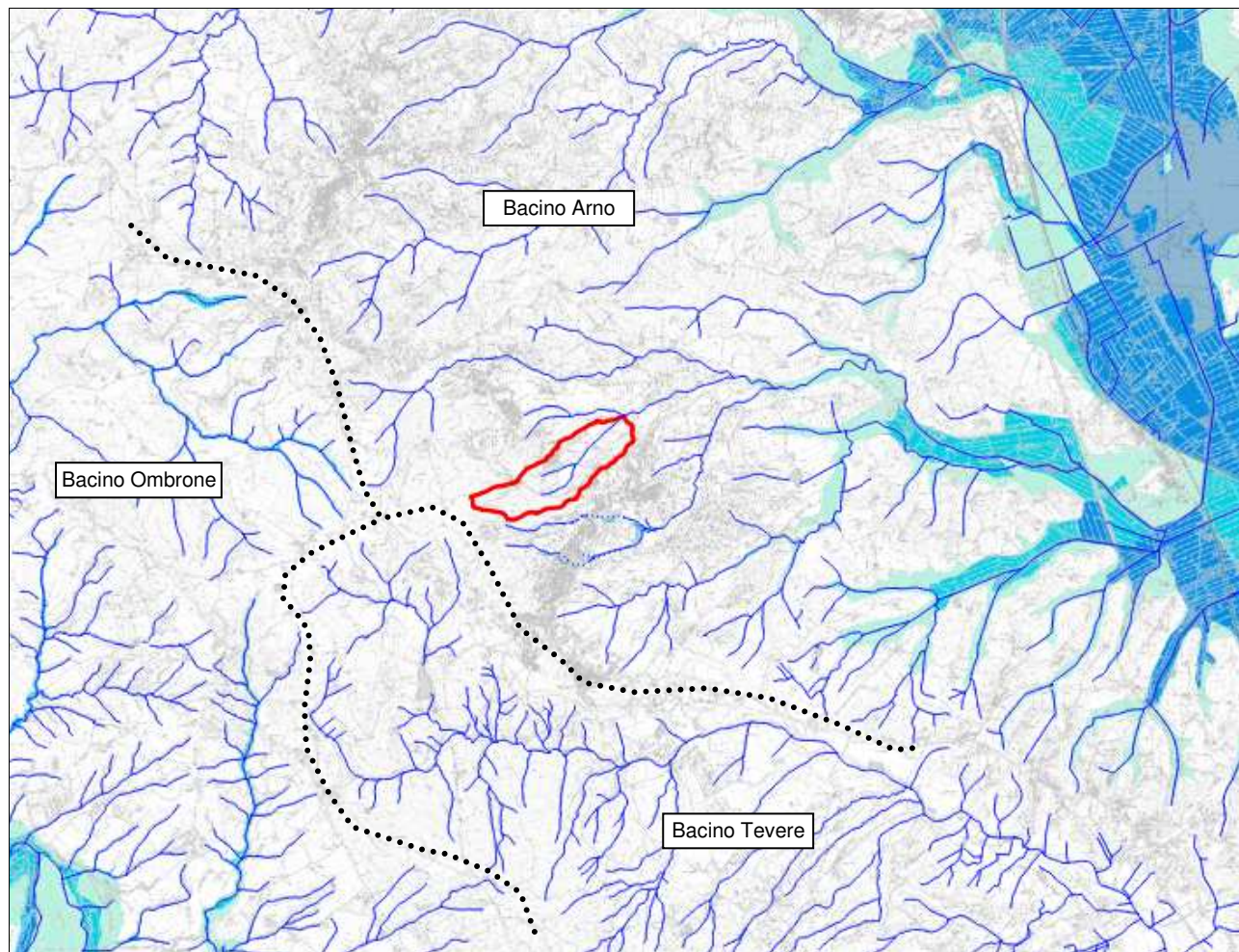
**Fig. 2** – bacino e reticolo del Fosso Cavernano su foto aerea



### 2.1.2 Classificazione di pericolosità da alluvione

Le mappature di pericolosità da alluvione del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto Appennino Settentrionale non assegnano alcuna pericolosità al corso d'acqua in esame, come mostra la successiva figura.

Presumibilmente quest'asta fluviale non è mai stata studiata, anche perché esterna al perimetro del territorio urbanizzato di Chianciano Terme e quindi di scarso interesse ai fini urbanistici.



**Fig. 3** – pericolosità da alluvione PGRA in un intorno esteso ben oltre il bacino del Fosso Cavernano

E' interessante osservare che il bacino del Fosso Cavernano è situato in prossimità delle linee di spartiacque tra i bacini del Fiume Arno, del Fiume Tevere e del Fiume Ombrone (tracciate in modo schematico nelle precedente figura).

## 2.2 VERIFICHE IDROLOGICO-IDRAULICHE

In questo capitolo sono illustrati i vari passaggi della verifica idrologica ed idraulica sul Fosso Cavernano lungo il tratto di interesse.

Dapprima è affrontata l'analisi idrologica del bacino, fino alla stima degli idrogrammi di piena per i tempi di ritorno trentennale e duecentennale da utilizzare nella modellazione.

Successivamente sono descritti i modelli idraulici, sia di stato attuale che di stato di progetto.

I due modelli sono stati redatti con approccio differente. Nel caso del modello di stato attuale premeva soprattutto valutare la dinamica di deflusso ed eventuale esondazione/divagazione lungo il tratto in esame, per calibrare al meglio l'intervento, pertanto è stata predisposta una modellazione puramente bidimensionale sulla base dei dati del rilievo topografico appositamente eseguito. Nel caso del modello di progetto, invece, è stata redatta una modellazione idraulica monodimensionale atta a riprodurre con precisione la geometria di progetto, con l'intento di verificare il contenimento in alveo delle portate di piena.

### 2.2.1 Analisi idrologica e stima degli idrogrammi di piena

L'analisi idrologica volta alla stima delle portate di piena del Fosso Cavernano è affrontata mediante l'implementazione di uno schema di calcolo di uso comune, particolarmente appropriato per lo studio di bacini di piccole dimensioni.

A partire dai dati pluviometrici caratteristici del sito di interesse (ricavati dalle LSPP della Regione Toscana, 2014), per la stima delle precipitazioni nette sul bacino è stato adottato il modello di depurazione proposto dal metodo SCS, fondato sul parametro CN.

Come modello di trasferimento è stato applicato il metodo dell'idrogramma unitario SCS, previa valutazione del tempo di corrivazione mediante alcune note formulazioni empiriche.

Il procedimento adottato è di seguito brevemente illustrato.

Innanzitutto si è provveduto ad estrarre i *raster* dei parametri  $a$  ed  $n$  delle Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica della Regione Toscana, per il tempo di ritorno di 30 e 200 anni.

Attraverso la relazione  $h = a \cdot t^n$  è stata quindi ricavata, in ambiente *Gis*, la distribuzione delle relative altezze di pioggia sul territorio regionale, in funzione di alcune durate di pioggia (nel caso specifico, 0.5, 1 e 2 ore).

La seguente figura mostra un esempio della distribuzione delle altezze di precipitazione sul territorio regionale così calcolate, (in questo le altezze sono riferite al tempo di ritorno di 200 anni e alla durata di pioggia di 1 ora).

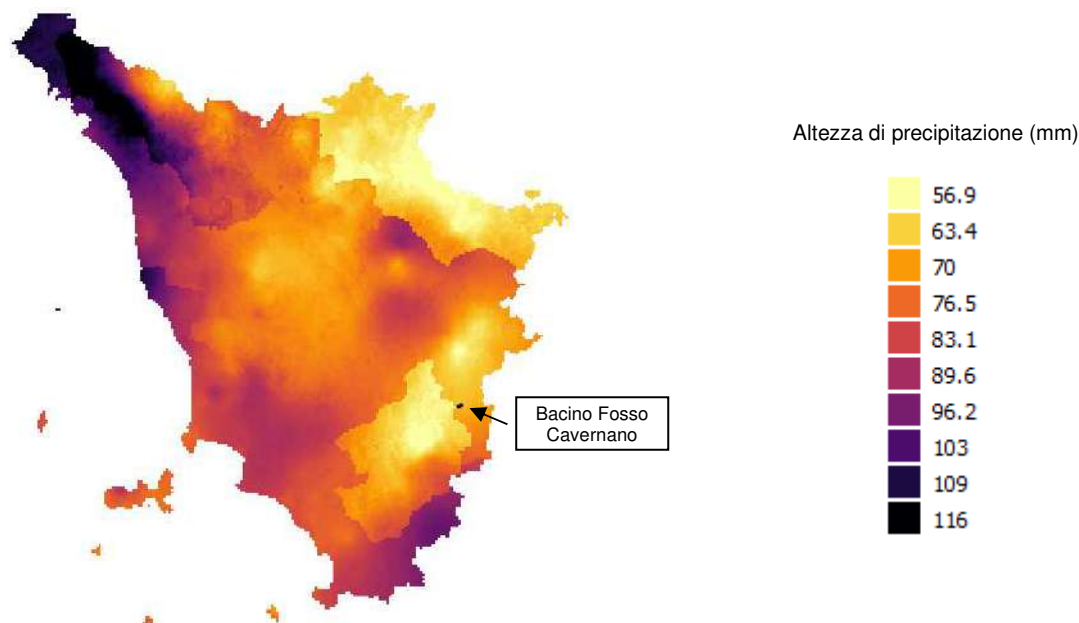


Fig. 4 - esempio di distribuzione delle altezze di precipitazione sul territorio regionale per TR200 e d=1 ora

Le celle del *raster* delle LSPP sono di dimensioni di 1 kmq.

Le altezze di pioggia caratteristiche per il bacino del Fosso Cavernano sono state acquisite dalla cella che presenta i valori più elevati; nella seguente tabella sono riportate le altezze di pioggia, sia per TR30 che per TR200, per le durate considerate.

Altezze di pioggia (mm)	Durata 0.5 h	Durata 1 h	Durata 2 h
h 30	40.36	47.54	56.36
h 200	53.72	66.13	81.92

**Tab. 1** – altezze di precipitazione sul bacino del Fosso Cavernano per TR30 e TR200

L'input meteorico sul bacino è stato schematizzato mediante uno ietogramma di forma triangolare, con picco centrale.

Necessitando di depurazione per effetto delle perdite di immagazzinamento superficiale ed infiltrazione nel terreno, tali altezze di pioggia sono state trasformate da lorde a nette mediante il metodo SCS.

Questo metodo richiede la stima del parametro del Curve Number caratteristico del bacino imbrifero di riferimento.

Il metodo SCS assegna un valore di CN ad ogni porzione di bacino avente caratteristiche di permeabilità del suolo e di uso del suolo omogenee.

Per la permeabilità del suolo il metodo stabilisce 4 distinte classi (da A, molto permeabile, a D, quasi impermeabile).

Per l'uso del suolo il metodo SCS adotta classificazioni che, per la Regione Toscana, lo studio "Implementazione modello distribuito per la Toscana MOBIDIC" (DICEA-Regione Toscana, 2014) ha consentito di derivare e rapportare alle classi di uso del suolo regionali (codici Corine).

I valori di CN sono stati quindi calcolati incrociando dall'Uso del Suolo regionale (2019) con le classi di suolo SCS dal DataBase Geopedologico regionale (2017).

Le seguenti figure mostrano, in serie, le distribuzioni sul bacino del Fosso Cavernano, delle classi di suolo SCS, dell'uso del suolo ed i valori del parametro CN.



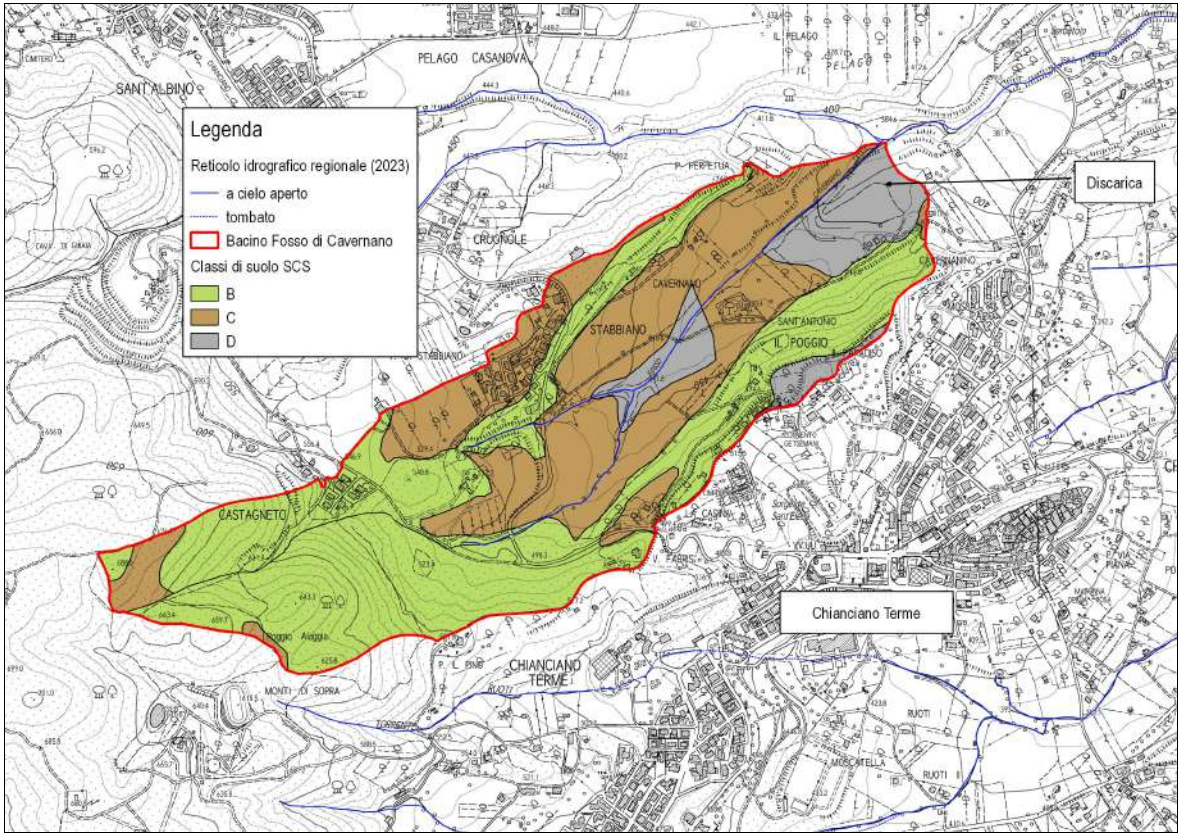


Fig. 5 - distribuzione dei suoli SCS sul bacino del Fosso Cavernano

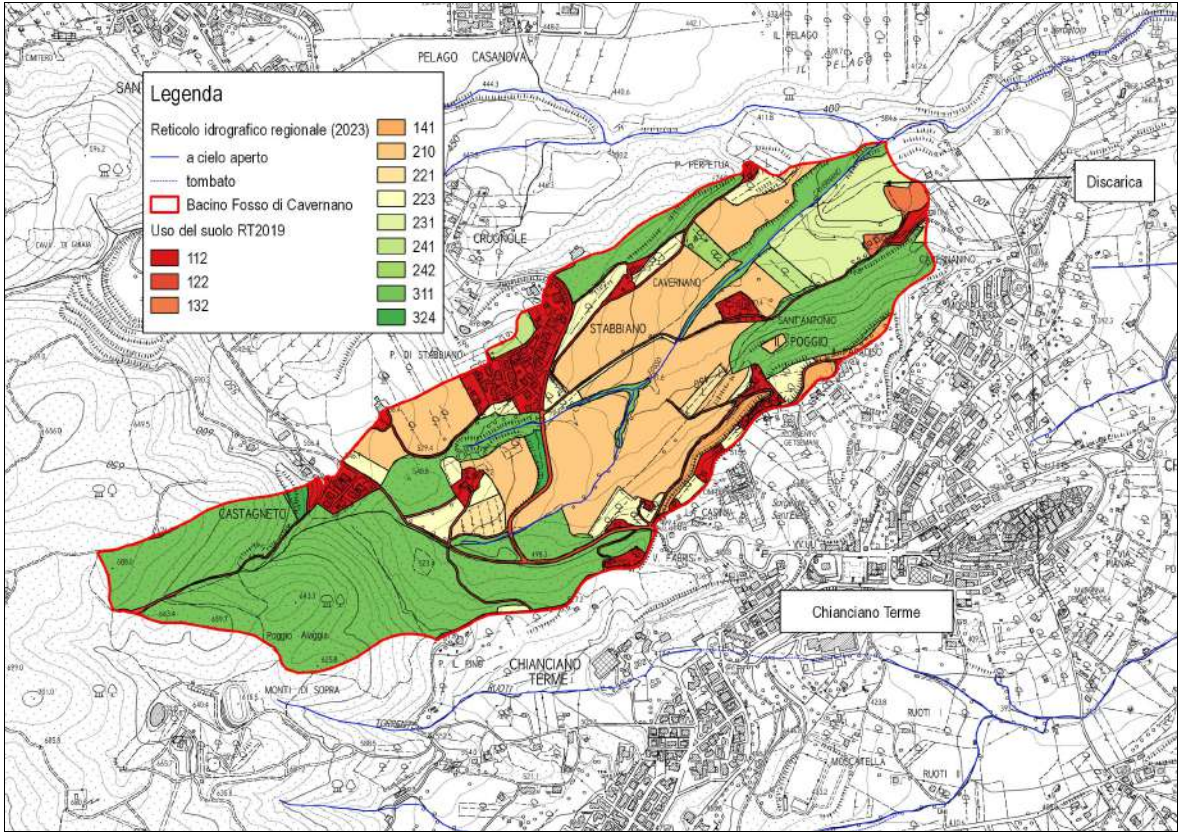
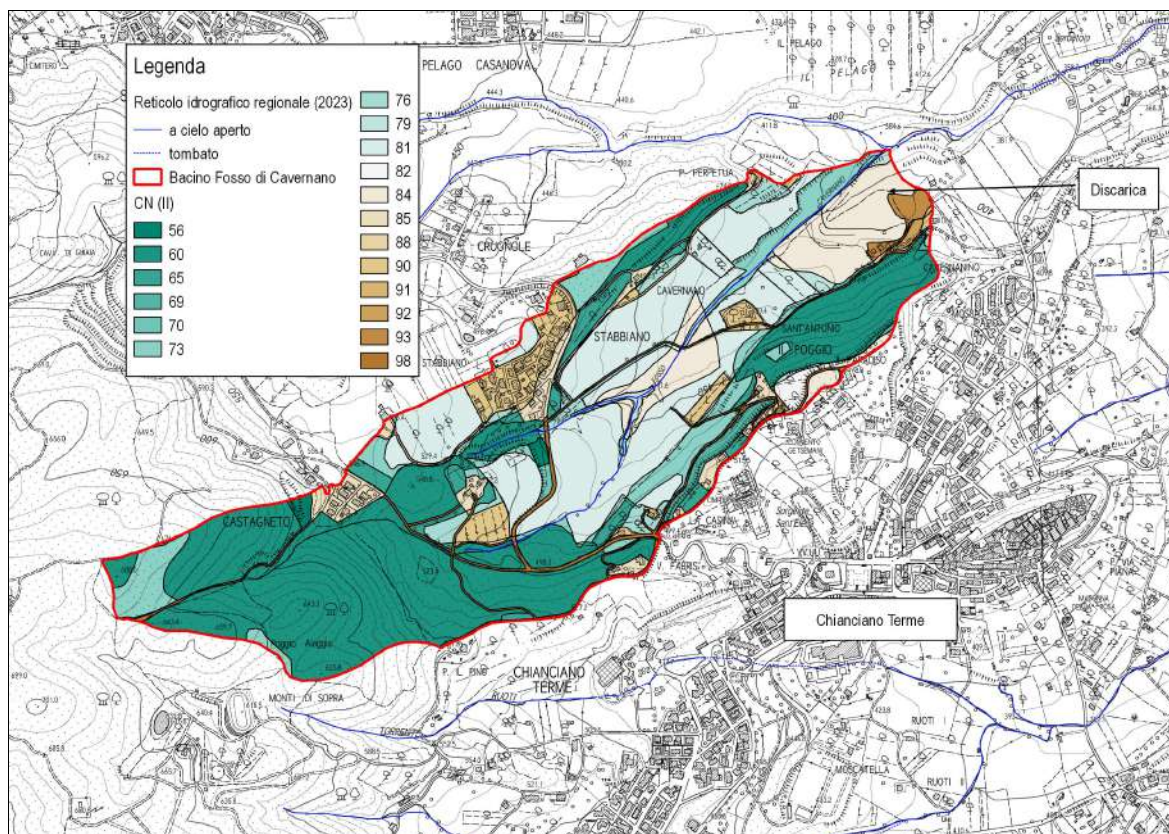


Fig. 6 - distribuzione dell'uso del suolo sul bacino del Fosso Cavernano





**Fig. 7** - distribuzione dei valori di CN II sul bacino del Fosso Cavernano

La precedente figura riporta i valori di CN riferiti a condizioni di media umidità del suolo (CN II), così come proposti dalla Regione Toscana.

Per l'analisi idrologica, però, sono state assunte, a favore di sicurezza, condizioni di elevata umidità dei suoli, ovvero adottando il parametro CN III in luogo di CN II.

E' stata quindi applicata la seguente relazione correttiva, proposta dal metodo SCS:

$$CN III = 23 CN II / (10 + 0,13 CN II)$$

Il valore medio di CN III sul bacino del Fosso Cavernano risulta quindi pari a 85.5, in luogo di un valore di 72.9 di CN II.

Una volta determinato il valore caratteristico di CN è possibile attuare la depurazione delle precipitazioni mediante l'implementazione del metodo SCS.

Esso prevede che la precipitazione netta cumulata sia legata a quella lorda secondo la seguente relazione:

$$P_n = (P - I_a)^2 / (P - I_a + S) \quad \text{se } P > I_a, \text{ altrimenti } P_n = 0 \text{ se } P \leq I_a.$$

$I_a$  rappresenta la cosiddetta perdita iniziale ed è legata ad  $S$  dalla relazione  $I_a = 0,2 \cdot S$ , mentre  $S$  (massimo volume d'acqua che il terreno può trattenere in condizioni di saturazione) è legato al CN mediante la seguente relazione:

$$S = 254 \cdot (100 - CN) / CN.$$

Una volta depurate le piogge secondo il metodo appena descritto, si è applicato il metodo dell'idrogramma unitario adimensionale SCS per la trasformazione afflussi-deflussi.

Preliminarmente, però, si è reso necessario valutare il tempo di corrivazione del bacino.

Per fare ciò sono state messe a confronto alcune formulazioni empiriche di uso comune, fondate su dati geomorfologici caratteristici del bacino idrografico.

I tempi di corrivazione (h) sono stati calcolati mediante i seguenti metodi:

### SCS

$$T_c = 0,342 \cdot L_{\max}^{0,8} \cdot (1000/CN-9)^{0,7} \cdot i_{\text{bac}\%}^{-0,5}$$

### PEZZOLI

$$T_c = 0,55 \cdot L \cdot i_{\text{asta}\%}^{-0,5}$$

### PUGLISI

$$T_c = 6 \cdot L^{2/3} \cdot (H_{\max} - H_0)^{-1/3}$$

### FERRO

$$T_c = 0,675 \cdot A^{0,5}$$

### GIANDOTTI

$$T_c = (4 \cdot A^{0,5} + 1,5 \cdot L_{\max}) / (0,8 \cdot \Delta H_{\text{mean0}}^{0,5})$$

### KIRPICH

$$T_c = (0,0662 \cdot L_{\max}^{0,77} \cdot i_{\text{perc}\max\%}^{-0,385})$$

in cui  $L_{\max}$  (km) rappresenta la massima distanza percorsa dall'acqua,  $L$  (km) la lunghezza dell'asta principale,  $A$  (kmq) la superficie del bacino,  $i_{\text{perc}\max\%}$ ,  $i_{\text{asta}\%}$  e  $i_{\text{bac}\%}$  rispettivamente le pendenze medie, espresse in percentuale, della massima distanza percorsa dall'acqua, dell'asta principale e del bacino,  $H_{\max}$  e  $H_0$  (m s.l.m.) rispettivamente l'altitudine massima del bacino e l'altitudine alla sezione di chiusura, e  $\Delta H_{\text{mean0}}$  (m) l'altezza media sulla sezione di chiusura.

Mediante analisi geomorfologica del bacino in ambiente *Gis* sono stati calcolati tutti i parametri necessari per applicare le formulazioni sopra riportate; per la pendenza media del bacino si è fatto riferimento al D.T.M. a maglia 10x10 mt fornito dalla Regione Toscana a partire dalla C.T.R. in scala 1:10.000 (*DTM Idrologico*).

La seguente **Tab. 2** mostra i valori dei parametri suddetti, la successiva **Tab. 3** riporta i tempi di corrivazione valutati con ciascuna delle precedenti formulazioni.

A (kmq)	H <sub>max</sub> (m s.l.m.)	H <sub>0</sub> (m s.l.m.)	H <sub>mean</sub> (m s.l.m.)	ΔH <sub>mean0</sub> (m)	L <sub>max</sub> (km)	L (km)	i <sub>perc</sub> <sub>max</sub> (%)	i <sub>asta</sub> (%)	i <sub>bac</sub> (%)	CN <sub>III</sub>
1.151	687	379	502	123	2.58	1.56	12	8	24	85.5

**Tab. 2** - principali parametri geomorfologici del bacino in esame

T <sub>c</sub> SCS	T <sub>c</sub> Pezzoli	T <sub>c</sub> Puglisi	T <sub>c</sub> Ferro	T <sub>c</sub> Giandotti	T <sub>c</sub> Kirpich	T <sub>c</sub> MEDIO
0.30 [ore]	0.31	1.19	0.72	0.75	0.31	<b>0.6</b>
18 [min]	18	72	43	45	19	<b>36</b>

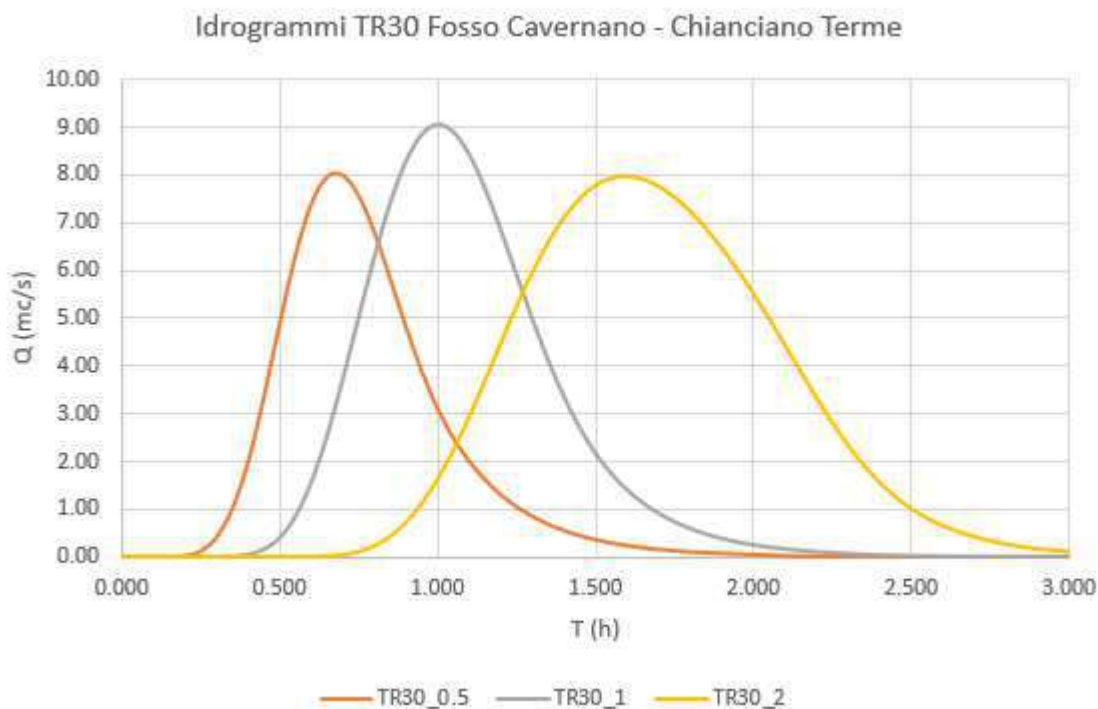
**Tab. 3** - tempi di corrivazione

Alla luce di questi confronti e questi calcoli, come tempo di corrivazione di progetto è stato assunto quello medio, (0.6 ore = 36 minuti).

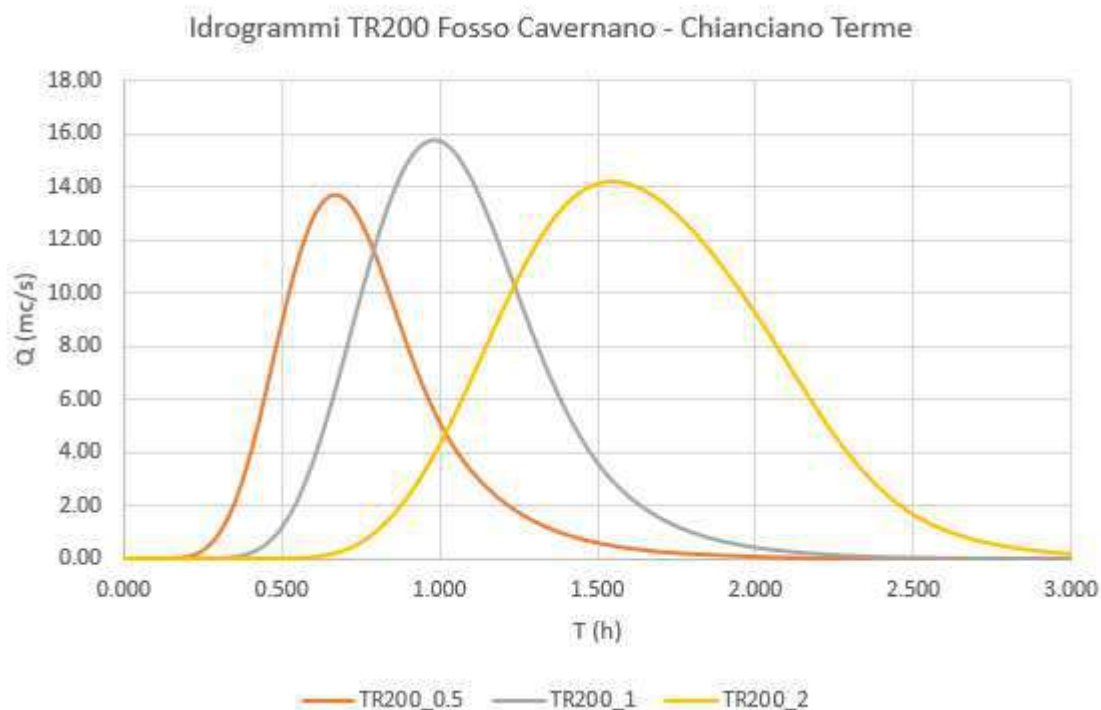
I calcoli idrologici sono stati sviluppati mediante il codice di calcolo HecHms 4.6.1, implementando un modello elementare, costituito da un unico *Subbasin*.

Come anticipato, i calcoli idrologici sono stati condotti per i tempi di ritorno di 30 e 200 anni e le durate di pioggia di 0.5, 1 e 2 ore.

Le seguenti figure mostrano rispettivamente gli idrogrammi di piena per le durate di pioggia considerate ed i tempi di ritorno di 30 e 200 anni in esito alle elaborazioni idrologiche.



**Fig. 8** – idrogrammi di piena per TR30 e durate di precipitazione da 0.5 ore a 2 ore



**Fig. 9** – idrogrammi di piena per TR200 e durate di precipitazione da 0.5 ore a 2 ore

Come si può osservare, la durata di precipitazione che massimizza il colmo coincide con la durata di 1 ora, per la quale si raggiunge un valore di picco di circa 16 mc/s nello scenario duecentennale.

La seguente tabella riassume detti valori al colmo sia per TR30 che per TR200.



Durata di pioggia (h)	Q30 (mc/s)	Q200 (mc/s)
0.5	8.01	13.61
1	9.05	15.75
2	7.97	14.23

**Tab. 4** – valori al colmo delle portate di piena del Fosso Cavernano per TR30 e TR200

Le verifiche idrauliche di cui ai successivi paragrafi sono state effettuate implementando gli idrogrammi relativi alla durata critica di precipitazione di 1 ora.

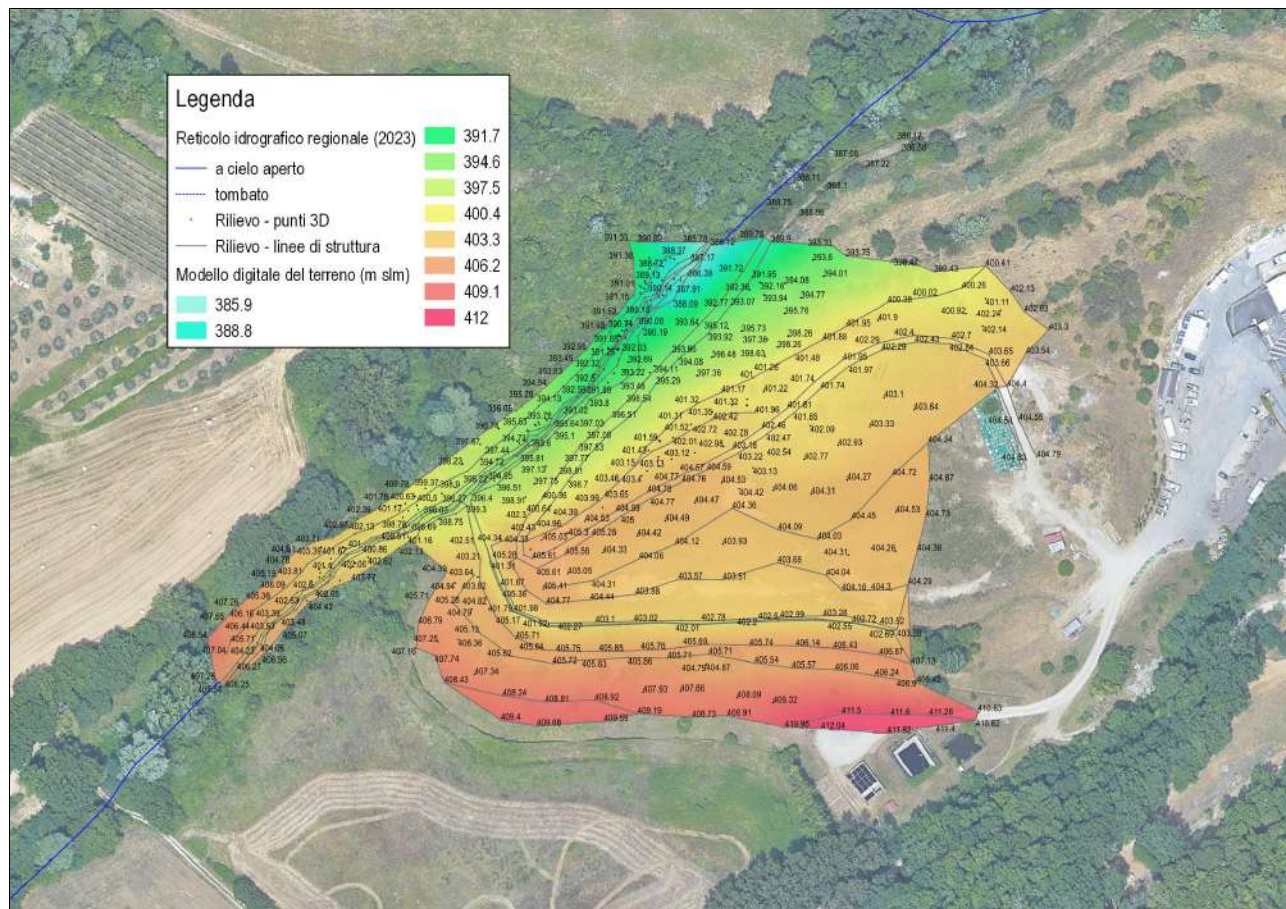
## 2.2.2 Modellazione idraulica stato attuale

Una volta definite le portate di piena si è proceduto a predisporre le verifiche idrauliche del tratto in esame del Fosso Cavernano. Le verifiche idrauliche sono state effettuate mediante il software *freeware* HecRas 5.0.7.

Dapprima è stata predisposta la verifica dello stato attuale.

Data la finalità dello studio, per quanto riguarda lo stato attuale si è ritenuto sufficiente effettuare una verifica idraulica puramente bidimensionale basata sui dati del rilievo topografico appositamente eseguito sull'area di lavoro, allo scopo di valutare esclusivamente il grado di contenimento in alveo delle portate di piena e le caratteristiche qualitative del deflusso.

La seguente figura mostra un estratto planimetrico dell'esteso rilievo topografico realizzato e del DTM da esso ricreato.



**Fig. 10** – modello digitale del terreno e rilievo topografico

Il Modello Digitale del Terreno è stato predisposto mediante triangolazione TIN in ambiente Gis sulla base dei punti rilevati e le numerose linee di struttura (*breakline* quotate) appositamente ricostruite; la maglia del DTM è di 1 x 1 mt.

Al di là di qualche possibile imperfezione, questa base bidimensionale rappresenta molto fedelmente l'andamento e la morfologia del terreno sull'area di interesse.

Il modello idraulico di stato attuale è quindi fondato sull'utilizzo di questo DTM come *terrain model*, e sulla creazione di un'unica *2DFlowArea*.

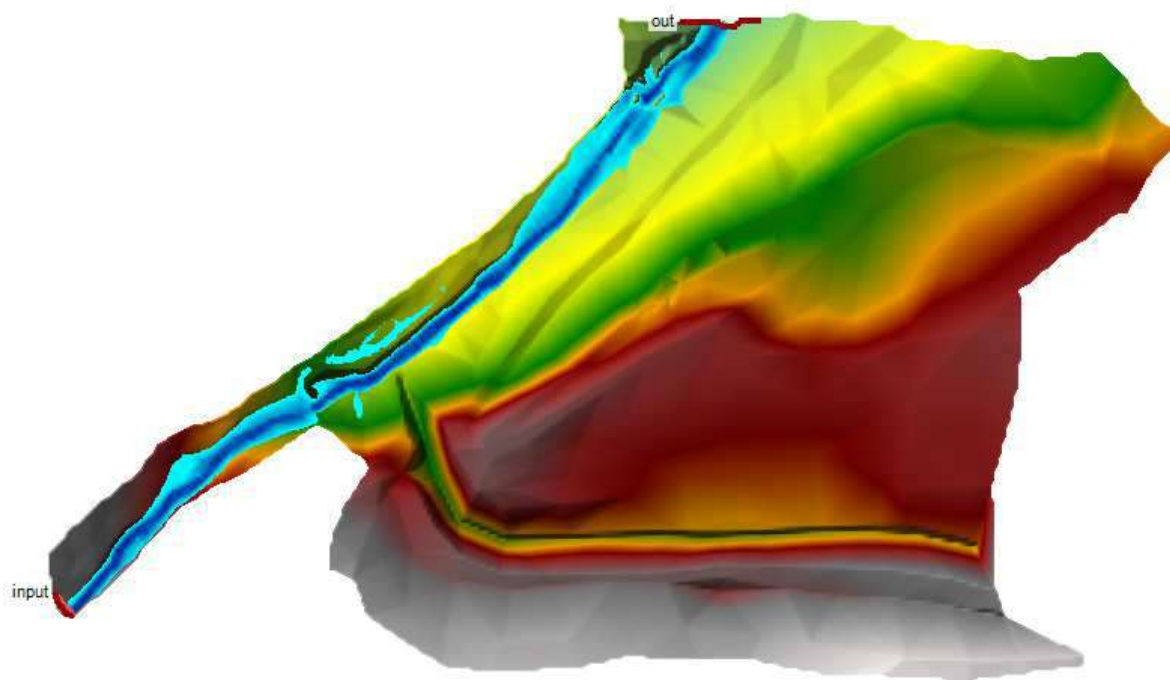
Alla *mesh* della *2DFlowArea* è stata assegnata una maglia di 2 x 2 mt.

Per quanto riguarda la scabrezza, alla base bidimensionale del modello è stata assegnata una scabrezza costante pari un valore del coefficiente n di Manning di  $0.05 \text{ s/m}^{1/3}$ .

Non avendo alcuna asta monodimensionale da modellare, l'input meteorico (idrogramma di Fig. 9, relativo alla durata di precipitazione di 1 ora e tempo di ritorno di 200 anni) è stato inserito in testa al modello direttamente sulla base bidimensionale, con un elemento del tipo *BCLine*.

A valle dell'asta, in uscita dal modello, è stata inserita un ulteriore elemento del tipo *BCLine*, a cui è stata assegnata una condizione di pendenza di moto uniforme (*normal depth*).

Nel modello le due *BCLine* sono denominate INPUT ed OUT, come mostra la seguente figura, che riporta lo schema modellistico con la base 2D, ed anticipa già i risultati della simulazione con TR200 e d=1 ora.



**Fig. 11** – schema del modello idraulico di stato attuale, con risultati della simulazione TR200-1h



Per completezza, i risultati della modellazione di stato attuale per l'evento TR200-1h sono di seguito mostrati anche in sovrapposizione alla foto aerea.



**Fig. 12** – aree allagate del modello idraulico di stato attuale, con risultati della simulazione TR200-1h

Dalla precedente figura emerge in modo chiaro come le criticità idrauliche del corso d'acqua in esame non siano di natura esondativa.

Si notano soltanto alcune divagazioni dall'alveo in sinistra idraulica, soprattutto nel tratto di valle; del resto il rilevato della discarica risulta molto più alto rispetto al corso d'acqua.

Una volta appurato, seppur con una modellazione semplificata, che non vi fossero particolari problematiche legate al mancato contenimento in alveo delle portate di piena (infatti è stata simulata proprio la portata critica duecentennale), l'attenzione è stata rivolta alla criticità da erosione e dissesto, assai più significative.

### 2.2.3 Modellazione idraulica stato di progetto

Preso atto delle criticità del corso d'acqua, la scelta progettuale si è indirizzata verso il completo adeguamento, o rifacimento, dell'alveo lungo il tratto in esame.

E' stato previsto, quindi, di allontanare leggermente l'alveo dal piede del rilevato della discarica, di ampliarne e regolarizzarne (in forma e dimensione) la sezione, di ridurre la pendenza del tratto con n. 3 salti idraulici e, infine, di rivestire interamente il fondo e le sponde del corso d'acqua.

Dal punto di vista della verifica idraulica, l'aspetto maggiormente saliente ai fini del dimensionamento dell'intervento è stato quello di garantire il pieno contenimento in alveo della portata duecentennale, tenuto anche conto del rigurgito in corrispondenza dei salti idraulici.

Sotto l'aspetto modellistico, come detto, l'approccio è stato differente rispetto alla verifica dello stato attuale.

Per le verifiche di progetto non necessitava più una modellazione idraulica bidimensionale, piuttosto era necessario valutare il deflusso all'interno dell'alveo attivo.

A partire dal rilievo topografico precedentemente mostrato, sono state ricavate alcune sezioni estese del corso d'acqua attuale.

Una volta definito l'asse del nuovo alveo (connesso a monte ed a valle con l'alveo attuale), le sezioni di progetto sono state ricreate sulla medesima traccia di quelle di stato attuale; in alcuni casi la sezione attuale è stata semplicemente risagomata o solo leggermente spostata, in altri – per lo più nel tratto centrale – è stata disegnata una nuova sezione, in sinistra, e quella attuale “riempita”.

Questa nuova geometria, come detto, è stata introdotta nel modello idraulico dello stato di progetto, di cui, nella seguente figura, è mostrata la schematizzazione.



**Fig. 13** – schema del modello idraulico di stato di progetto

Complessivamente il modello di progetto si compone di n. 15 sezioni, oltre a quelle interpolate.

Nella figura precedente sono anche visibili (tracce in nero) i n. 3 salti idraulici previsti, che nel modello sono riprodotti come *Inline Structure*.



Dal momento che la sezione del corso d'acqua, lungo tutto il tratto di intervento, sarà interamente rivestita in scogliera, con configurazione e dimensioni variabili (si vedano, a tal proposito, gli elaborati grafici del progetto), nella modellazione è stata considerata una scabrezza inferiore a quella di stato attuale, ovvero pari a  $0.03-0.035 \text{ s/m}^{1/3}$  per il fondo alveo e per le sponde.

Le verifiche di progetto sono state effettuate sia per lo scenario duecentennale che per quello trentennale (in entrambi i casi per la sola durata critica di 1 ora), implementando gli idrogrammi di cui alle Figg. 8 e 9 nella sezione di testa del modello e adottando, come condizione di valle, la medesima pendenza di moto uniforme (*normal depth*) utilizzata nella verifica di stato attuale.

Le simulazioni di progetto dimostrano che l'intervento proposto è in grado di garantire il pieno contenimento in alveo anche delle portate duecentennali lungo tutto il tratto di interesse.

L'intervento riduce inoltre la pendenza del corso d'acqua, e quindi determina il rallentamento della corrente e, auspicabilmente, la mitigazione del fenomeno erosivo (anche grazie al completo rivestimento dell'alveo).

In Allegato alla presente relazione sono mostrati risultati delle simulazioni di stato di progetto sia in termini tabellari che grafici (profili e sezioni).

### 3. PROGETTO TORRENTE RUOTI

#### 3.1 ASPETTI GENERALI

##### 3.1.1 Bacino e reticolo

Il sito in esame è ubicato a Sud del centro storico di Comune di Chianciano Terme (SI), in territorio aperto.

Il corso d'acqua in questione è il Torrente Ruoti, identificato dal codice AV42390 del reticolo idrografico regionale, ed ha origine da due rami che nascono a monte dell'abitato di Chianciano Terme, e che si incontrano a valle di esso dopo averlo attraversato con dei tratti tombati.

Il Torrente Ruoti, alla sezione di attraversamento di Via Madonna della Rosa (inizio tratto di intervento) presenta un bacino di circa 1.86 kmq, per un dislivello di circa 320 mt (da circa 700 m s.l.m. a circa 380 m s.l.m.) ed una pendenza media di circa il 18%.

Nel tratto di interesse il corso d'acqua presenta una sezione di piccole dimensioni ed abbastanza incassata, ma sostanzialmente di forma trapezoidale abbastanza regolare, al netto dei franamenti visibili soprattutto in sponda destra e di alcuni restringimenti spesso coincidenti con i salti idraulici

Il tratto interessato dal progetto è di lunghezza pari a circa 140 mt, ed inizia a valle del ponte su Via Madonna della Rosa.

Il dislivello lungo questi circa 140 mt (tratto netto di intervento) è pari a circa 4.5 mt, per una pendenza media del 3-3.5%.

In generale la pendenza tende a decrescere spostandosi verso valle. All'altezza della sezione di valle la pendenza risulta assai modesta.

Le sponde risultano scarsamente vegetate. Si individuano alcune querce di dimensioni più significative, per il resto si tratta per lo più di vegetazione arbustiva spontanea.

La seguente figura mostra il reticolo idrografico afferente al Torrente Ruoti, ed il suo bacino chiuso all'altezza del tratto oggetto di intervento.

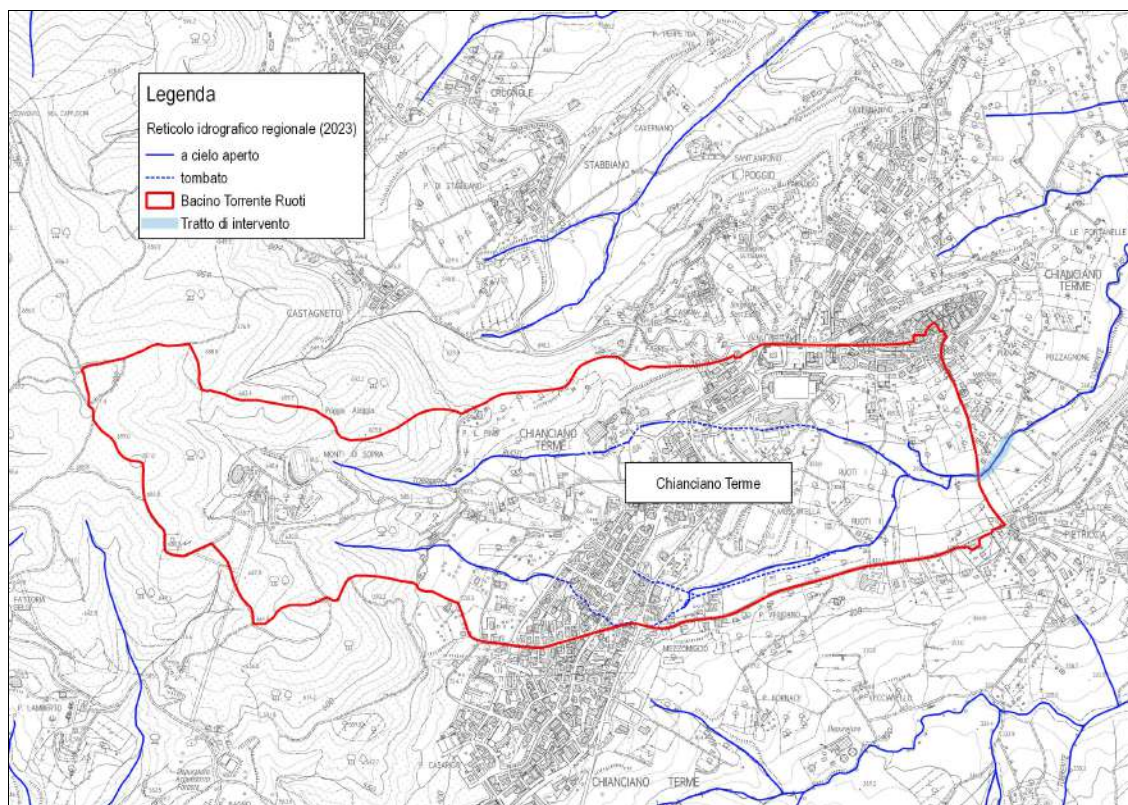
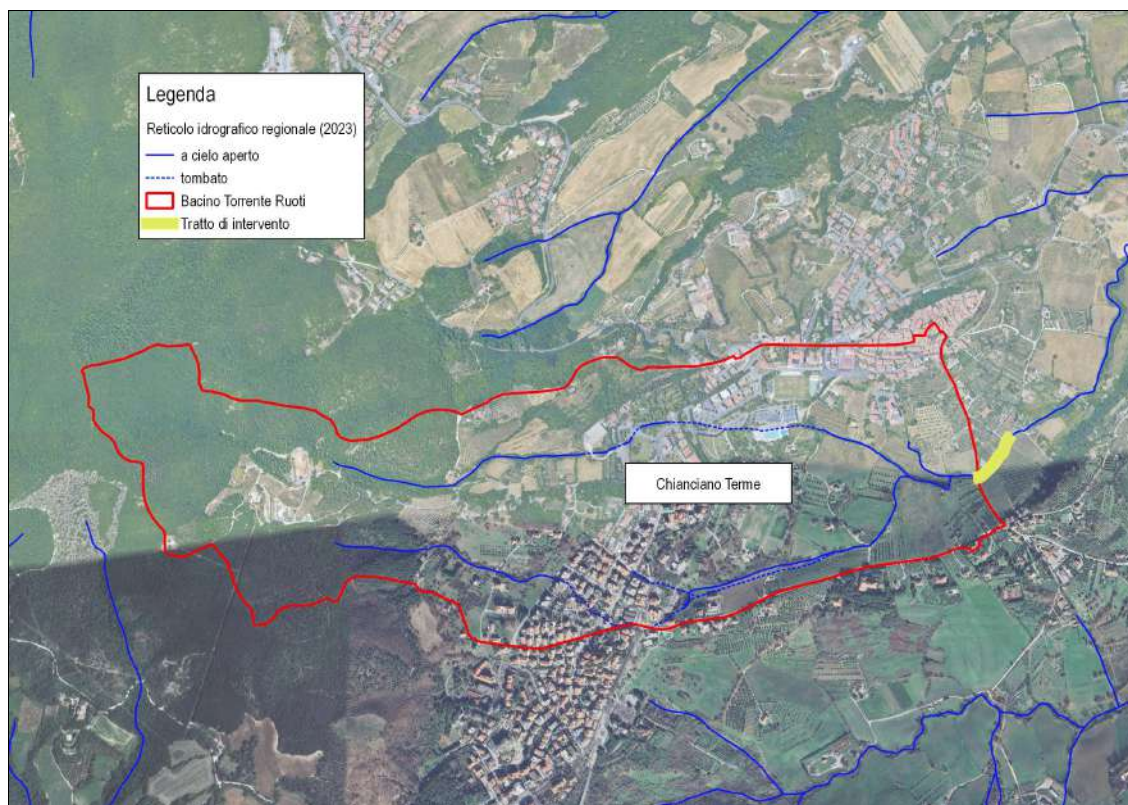


Fig. 14 – bacino e reticolo del Torrente Ruoti su CTR 1:10.000

La figura successiva mostra sempre il bacino del corso d'acqua, ma su foto aerea.

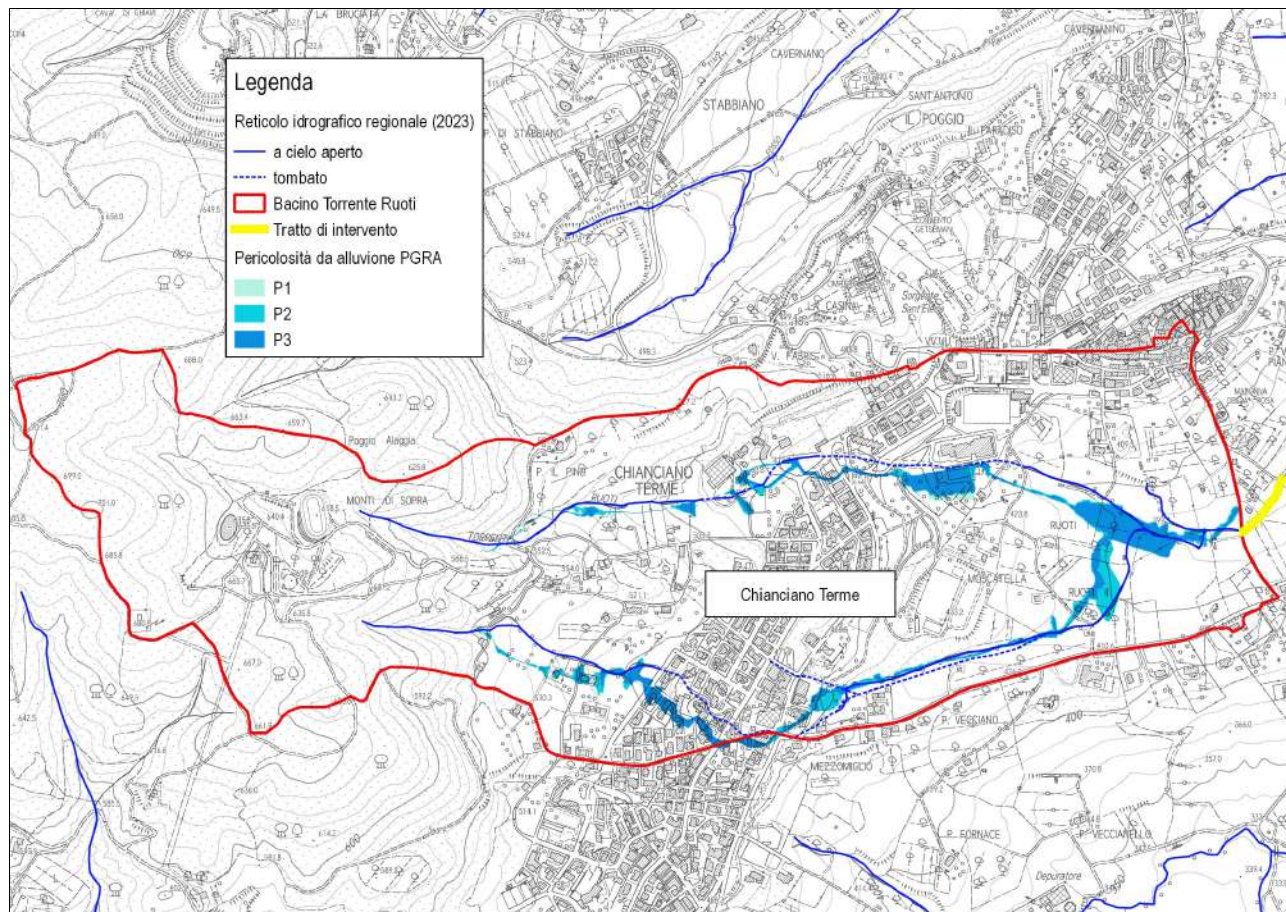


**Fig. 15** – bacino e reticolo del Torrente Ruoti su foto aerea



### 3.1.2 Classificazione di pericolosità da alluvione

Le mappature di pericolosità da alluvione del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto Appennino Settentrionale non assegnano alcuna pericolosità al tratto in esame, ma appena più a monte ed a ridosso dell'abitato di Chianciano la pericolosità lungo i due rami del Torrente Ruoti è mappata; probabilmente ciò è stato fatto a supporto della redazione di strumenti urbanistici comunali, e le perimetrazioni sono poi confluite nel PGRA.



**Fig. 16** – pericolosità da alluvione PGRA sul bacino del Torrente Ruoti



## 3.2 VERIFICHE IDROLOGICO-IDRAULICHE

In questo capitolo sono illustrati i vari passaggi della verifica idrologica ed idraulica sul Torrente Ruoti lungo il tratto di interesse.

Dapprima è affrontata l'analisi idrologica del bacino, fino alla stima degli idrogrammi di piena per i tempi di ritorno trentennale e duecentennale poi utilizzati nella modellazione.

Successivamente è descritta la modellistica idraulica.

La modellazione ha riguardato soltanto lo stato attuale (anche perché dal punto di vista geometrico lo scenario di progetto è particolarmente dissimile da quello attuale, salvo un leggero ampliamento della sezione e la presenza dei rivestimenti). Essa è stata eseguita in moto permanente, verificando sia lo scenario con tempo di ritorno trentennale che quello duecentennale.

### 3.2.1 Analisi idrologica e stima degli idrogrammi di piena

L'analisi idrologica volta alla stima delle portate di piena del Torrente Ruoti è affrontata mediante l'implementazione di uno schema di calcolo di uso comune, particolarmente appropriato per lo studio di bacini di piccole dimensioni.

A partire dai dati pluviometrici caratteristici del sito di interesse (ricavati dalle LSPP della Regione Toscana, 2014), per la stima delle precipitazioni nette sul bacino è stato adottato il modello di depurazione proposto dal metodo SCS, fondato sul parametro CN.

Come modello di trasferimento è stato applicato il metodo dell'idrogramma unitario SCS, previa valutazione del tempo di corrivazione mediante alcune note formulazioni empiriche.

Il procedimento adottato è di seguito brevemente illustrato.

Innanzitutto si è provveduto ad estrarre i *raster* dei parametri  $a$  ed  $n$  delle Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica della Regione Toscana, per il tempo di ritorno di 30 e 200 anni.

Attraverso la relazione  $h = a \cdot t^n$  è stata quindi ricavata, in ambiente *Gis*, la distribuzione delle relative altezze di pioggia sul territorio regionale, in funzione di alcune durate di pioggia (nel caso specifico, 0.5, 1 e 2 ore).

La seguente figura mostra un esempio della distribuzione delle altezze di precipitazione sul territorio regionale così calcolate, (in questo le altezze sono riferite al tempo di ritorno di 200 anni e alla durata di pioggia di 1 ora).

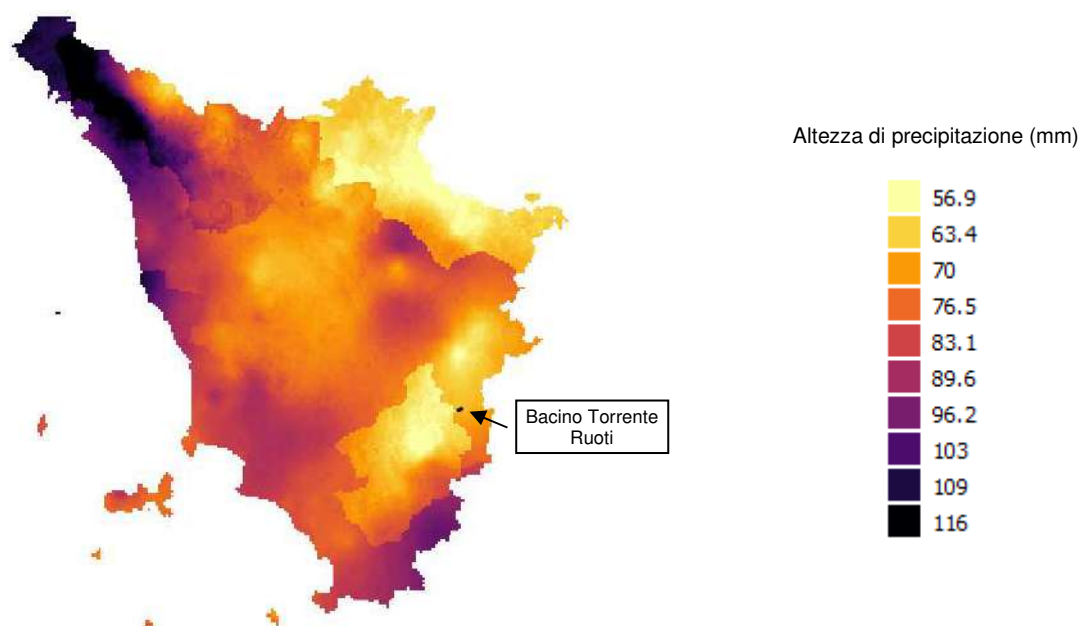


Fig. 17 - esempio di distribuzione delle altezze di precipitazione sul territorio regionale per TR200 e d=1 ora

Le celle del *raster* delle LSPP sono di dimensioni di 1 kmq.

Le altezze di pioggia caratteristiche per il bacino del Torrente Ruoti sono state acquisite dalla cella che presenta i valori più elevati; nella seguente tabella sono riportate le altezze di pioggia, sia per TR30 che per TR200, per le durate considerate.

Altezze di pioggia (mm)	Durata 0.5 h	Durata 1 h	Durata 2 h
h 30	40.36	47.54	56.36
h 200	53.72	66.13	81.92

**Tab. 5** – altezze di precipitazione sul bacino del Torrente Ruoti per TR30 e TR200

L'input meteorico sul bacino è stato schematizzato mediante uno ietogramma di forma triangolare, con picco centrale.

Necessitando di depurazione per effetto delle perdite di immagazzinamento superficiale ed infiltrazione nel terreno, tali altezze di pioggia sono state trasformate da lorde a nette mediante il metodo SCS.

Questo metodo richiede la stima del parametro del Curve Number caratteristico del bacino imbrifero di riferimento.

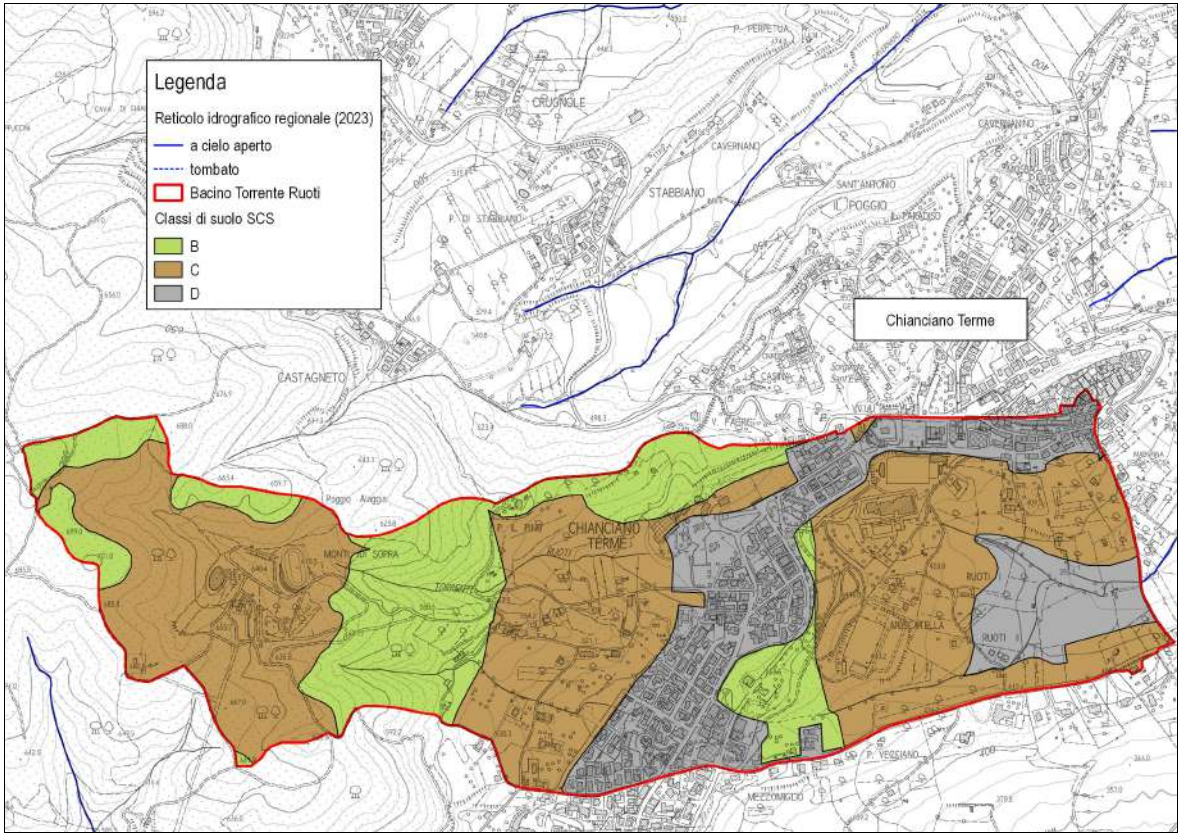
Il metodo SCS assegna un valore di CN ad ogni porzione di bacino avente caratteristiche di permeabilità del suolo e di uso del suolo omogenee.

Per la permeabilità del suolo il metodo stabilisce 4 distinte classi (da A, molto permeabile, a D, quasi impermeabile).

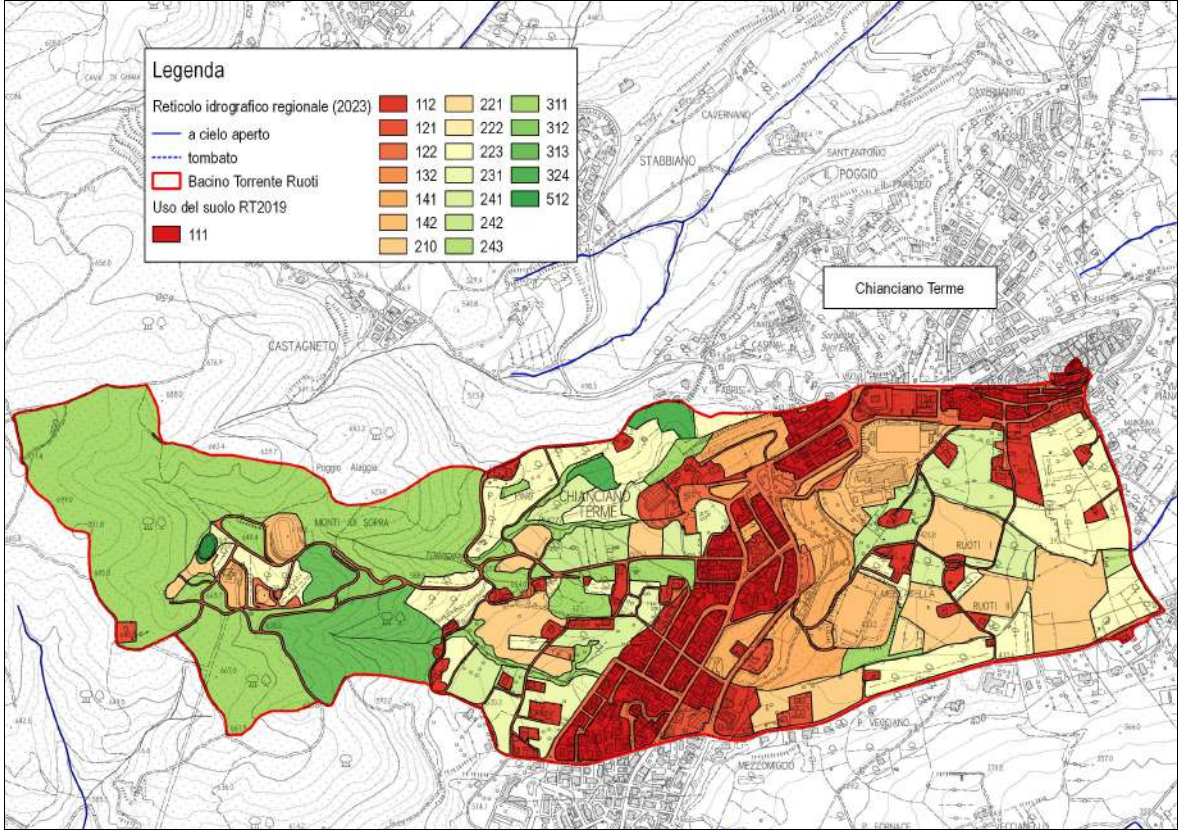
Per l'uso del suolo il metodo SCS adotta classificazioni che, per la Regione Toscana, lo studio "Implementazione modello distribuito per la Toscana MOBIDIC" (DICEA-Regione Toscana, 2014) ha consentito di derivare e rapportare alle classi di uso del suolo regionali (codici Corine).

I valori di CN sono stati quindi calcolati incrociando dall'Uso del Suolo regionale (2019) con le classi di suolo SCS dal DataBase Geopedologico regionale (2017).

Le seguenti figure mostrano, in serie, le distribuzioni sul bacino del Torrente Ruoti delle classi di suolo SCS, dell'uso del suolo ed i valori del parametro CN.

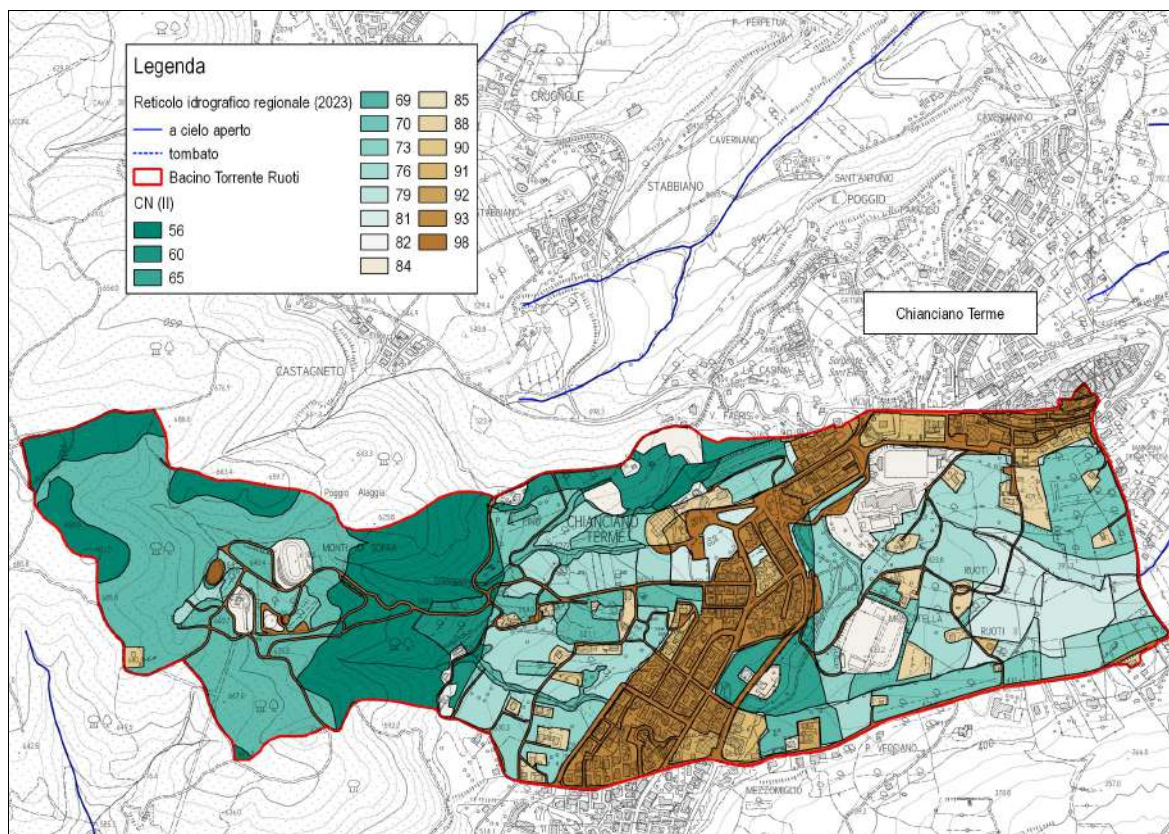


**Fig. 18** - distribuzione dei suoli SCS sul bacino del Torrente Ruoti



**Fig. 19** - distribuzione dell'uso del suolo sul bacino del Torrente Ruoti





**Fig. 20** - distribuzione dei valori di CN II sul bacino del Torrente Ruoti

La precedente figura riporta i valori di CN riferiti a condizioni di media umidità del suolo (CN II), così come proposti dalla Regione Toscana.

Per l'analisi idrologica, però, sono state assunte, a favore di sicurezza, condizioni di elevata umidità dei suoli, ovvero adottando il parametro CN III in luogo di CN II.

E' stata quindi applicata la seguente relazione correttiva, proposta dal metodo SCS:

$$CN III = 23 CN II / (10 + 0,13 CN II)$$

Il valore medio di CN III sul bacino del Torrente Ruoti risulta quindi pari a 89,5, in luogo di un valore di 79,6 di CN II.

Una volta determinato il valore caratteristico di CN è possibile attuare la depurazione delle precipitazioni mediante l'implementazione del metodo SCS.

Esso prevede che la precipitazione netta cumulata sia legata a quella lorda secondo la seguente relazione:

$$P_n = (P - I_a)^2 / (P - I_a + S) \quad \text{se } P > I_a, \text{ altrimenti } P_n = 0 \text{ se } P \leq I_a.$$

$I_a$  rappresenta la cosiddetta perdita iniziale ed è legata ad  $S$  dalla relazione  $I_a = 0,2 \cdot S$ , mentre  $S$  (massimo volume d'acqua che il terreno può trattenere in condizioni di saturazione) è legato al CN mediante la seguente relazione:

$$S = 254 \cdot (100 - CN) / CN.$$

Una volta depurate le piogge secondo il metodo appena descritto, si è applicato il metodo dell'idrogramma unitario adimensionale SCS per la trasformazione afflussi-deflussi.

Preliminarmente, però, si è reso necessario valutare il tempo di corrivazione del bacino.

Per fare ciò sono state messe a confronto alcune formulazioni empiriche di uso comune, fondate su dati geomorfologici caratteristici del bacino idrografico.



I tempi di corrivazione (h) sono stati calcolati mediante i seguenti metodi:

### SCS

$$T_c = 0,57 \cdot L_{\max}^{0,8} \cdot (1000/CN-9)^{0,7} \cdot i_{\text{bac}\%}^{-0,5}$$

### PEZZOLI

$$T_c = 0,55 \cdot L \cdot i_{\text{asta}\%}^{-0,5}$$

### PUGLISI

$$T_c = 6 \cdot L^{2/3} \cdot (H_{\max} - H_0)^{-1/3}$$

### FERRO

$$T_c = 0,675 \cdot A^{0,5}$$

### GIANDOTTI

$$T_c = (4 \cdot A^{0,5} + 1,5 \cdot L_{\max}) / (0,8 \cdot \Delta H_{\text{mean0}}^{0,5})$$

### KIRPICH

$$T_c = (0,0662 \cdot L_{\max}^{0,77} \cdot i_{\text{perc}\max\%}^{-0,385})$$

in cui  $L_{\max}$  (km) rappresenta la massima distanza percorsa dall'acqua,  $L$  (km) la lunghezza dell'asta principale,  $A$  (kmq) la superficie del bacino,  $i_{\text{perc}\max\%}$ ,  $i_{\text{asta}\%}$  e  $i_{\text{bac}\%}$  rispettivamente le pendenze medie, espresse in percentuale, della massima distanza percorsa dall'acqua, dell'asta principale e del bacino,  $H_{\max}$  e  $H_0$  (m s.l.m.) rispettivamente l'altitudine massima del bacino e l'altitudine alla sezione di chiusura, e  $\Delta H_{\text{mean0}}$  (m) l'altezza media sulla sezione di chiusura.

Mediante analisi geomorfologica del bacino in ambiente *Gis* sono stati calcolati tutti i parametri necessari per applicare le formulazioni sopra riportate; per la pendenza media del bacino si è fatto riferimento al D.T.M. a maglia 10x10 mt fornito dalla Regione Toscana a partire dalla C.T.R. in scala 1:10.000 (*DTM Idrologico*).

La seguente Tab. 6 mostra i valori dei parametri suddetti, la successiva Tab. 7 riporta i tempi di corrivazione valutati con ciascuna delle precedenti formulazioni.

A (kmq)	H <sub>max</sub> (m s.l.m.)	H <sub>0</sub> (m s.l.m.)	H <sub>mean</sub> (m s.l.m.)	ΔH <sub>mean0</sub> (m)	L <sub>max</sub> (km)	L (km)	i <sub>perc</sub> <sub>max</sub> (%)	i <sub>asta</sub> (%)	i <sub>bac</sub> (%)	CN <sub>III</sub>
1.86	702	379	516	137	3.18	0.58	10	40	18	89.5

**Tab. 6** - principali parametri geomorfologici del bacino in esame

T <sub>c</sub> SCS	T <sub>c</sub> Pezzoli	T <sub>c</sub> Puglisi	T <sub>c</sub> Ferro	T <sub>c</sub> Giandotti	T <sub>c</sub> Kirpich	T <sub>c</sub> MEDIO
0.82 [ore]	0.05	0.61	0.92	0.68	0.39	<b>0.58</b>
49 [min]	3	37	55	41	23	<b>35</b>

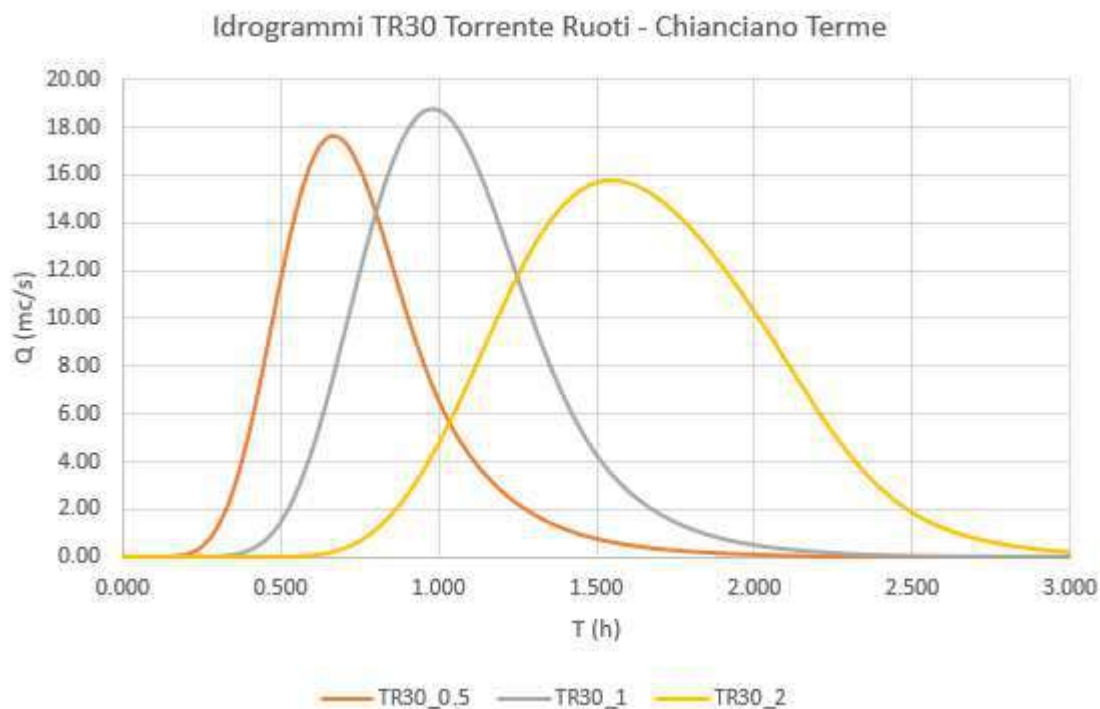
**Tab. 7** - tempi di corrivazione

Alla luce di questi confronti e questi calcoli, come tempo di corrivazione di progetto è stato assunto quello medio, (0.58 ore = 35 minuti).

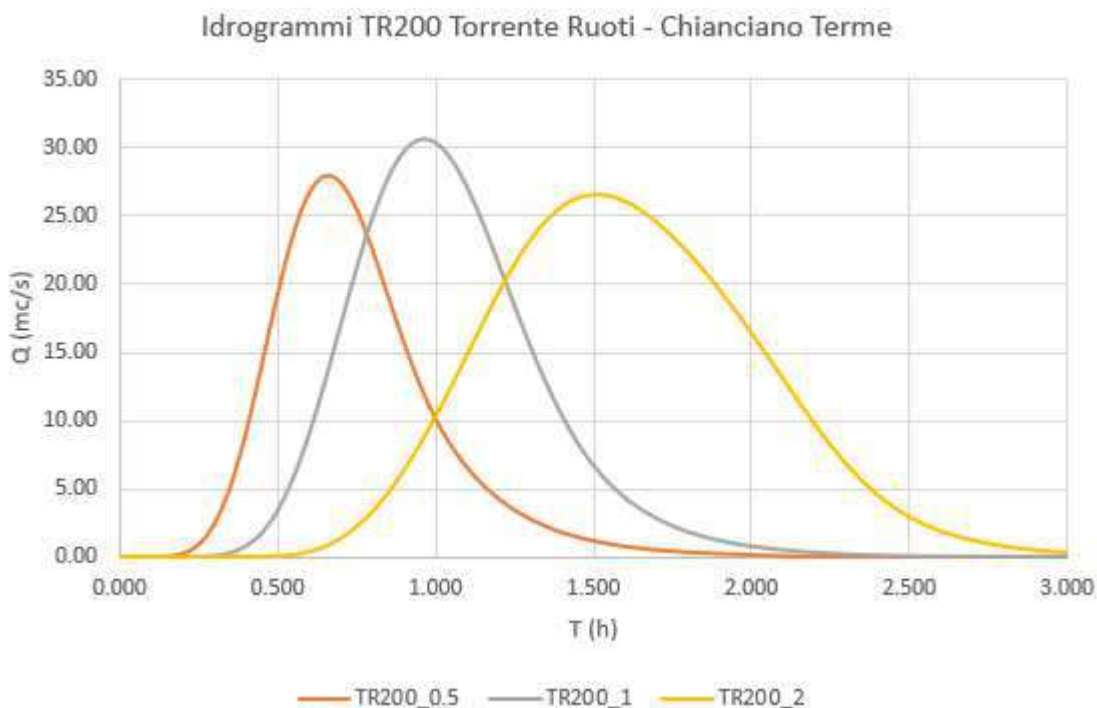
I calcoli idrologici sono stati sviluppati mediante il codice di calcolo HecHms 4.6.1, implementando un modello elementare, costituito da un unico *Subbasin*.

Come anticipato, i calcoli idrologici sono stati condotti per i tempi di ritorno di 30 e 200 anni e le durate di pioggia di 0.5, 1 e 2 ore.

Le seguenti figure mostrano rispettivamente gli idrogrammi di piena per le durate di pioggia considerate ed i tempi di ritorno di 30 e 200 anni in esito alle elaborazioni idrologiche.



**Fig. 21** – idrogrammi di piena per TR30 e durate di precipitazione da 0.5 ore a 2 ore



**Fig. 22** – idrogrammi di piena per TR200 e durate di precipitazione da 0.5 ore a 2 ore

Come si può osservare, la durata di precipitazione che massimizza il colmo coincide con la durata di 1 ora, per la quale si raggiunge un valore di picco di 30.5 mc/s nello scenario duecentennale.

La seguente tabella riassume detti valori al colmo sia per TR30 che per TR200.

Durata di pioggia (h)	Q30 (mc/s)	Q200 (mc/s)
0.5	17.6	28
1	18.7	30.5
2	15.8	26.5

**Tab. 8** – valori al colmo delle portate di piena del Torrente Ruoti per TR30 e TR200

Le verifiche idrauliche di cui ai successivi paragrafi sono state effettuate implementando gli idrogrammi relativi alla durata critica di precipitazione di 1 ora.

### 3.3 Modellazione idraulica stato attuale

Una volta definite le portate di piena si è proceduto a predisporre le verifiche idrauliche del tratto in esame del Torrente Ruoti. Le verifiche idrauliche sono state effettuate mediante il software *freeware* HecRas 6.4.1.

Come anticipato, la modellazione idraulica è stata predisposta al solo fine di comprendere le dinamiche di piena e verificare se, ed in quale misura, le sponde del corso d'acqua potessero essere superate dal pelo libero in caso di evento eccezionale, in modo da poter valutare correttamente la fattibilità e l'adeguatezza dell'intervento proposto.

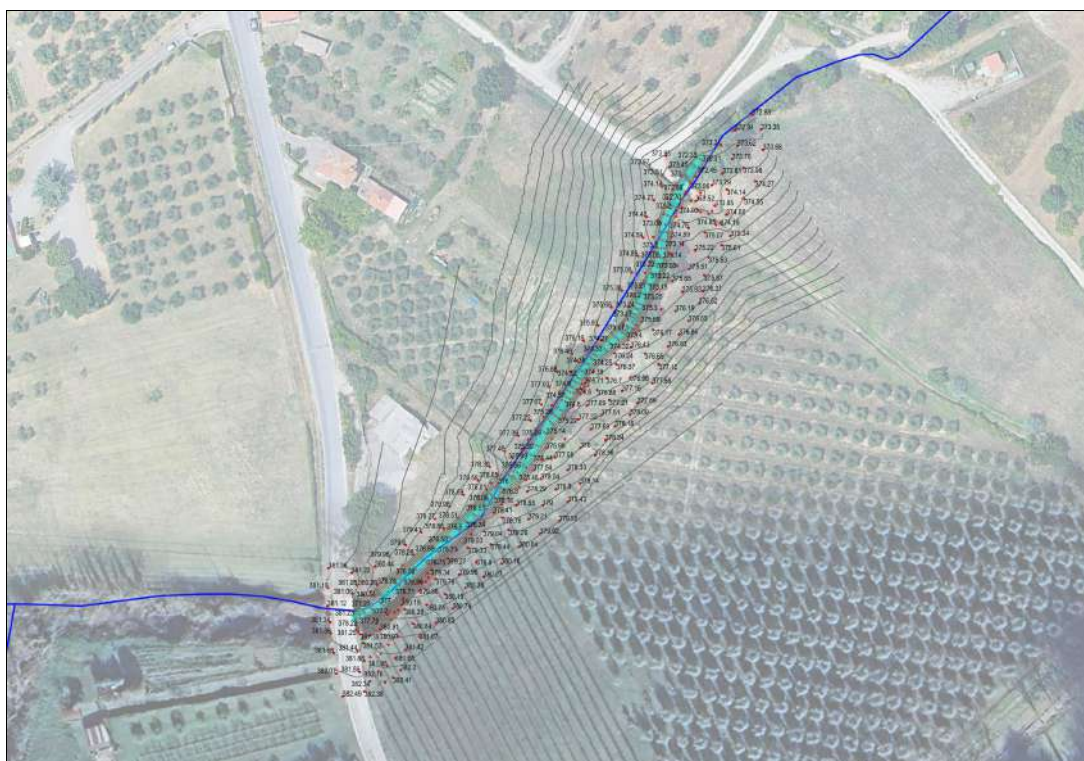
La verifica idraulica ha pertanto riguardato solo lo stato attuale.

La simulazione è stata condotta in moto permanente, negli scenari di piena critici per i tempi di ritorno di 30 e 200 anni.

La geometria del corso d'acqua è stata riprodotta assai fedelmente grazie ad un rilievo topografico di dettaglio, che ha permesso di implementare nel modello ben n. 65 sezioni idrauliche in un tratto di soli 155 mt (la chiusura del modello è stata estesa un po' oltre la sezione in cui termina il tratto oggetto di intervento).

Di seguito è mostrata la planimetria del rilievo topografico, con ricostruzione delle curve di livello.





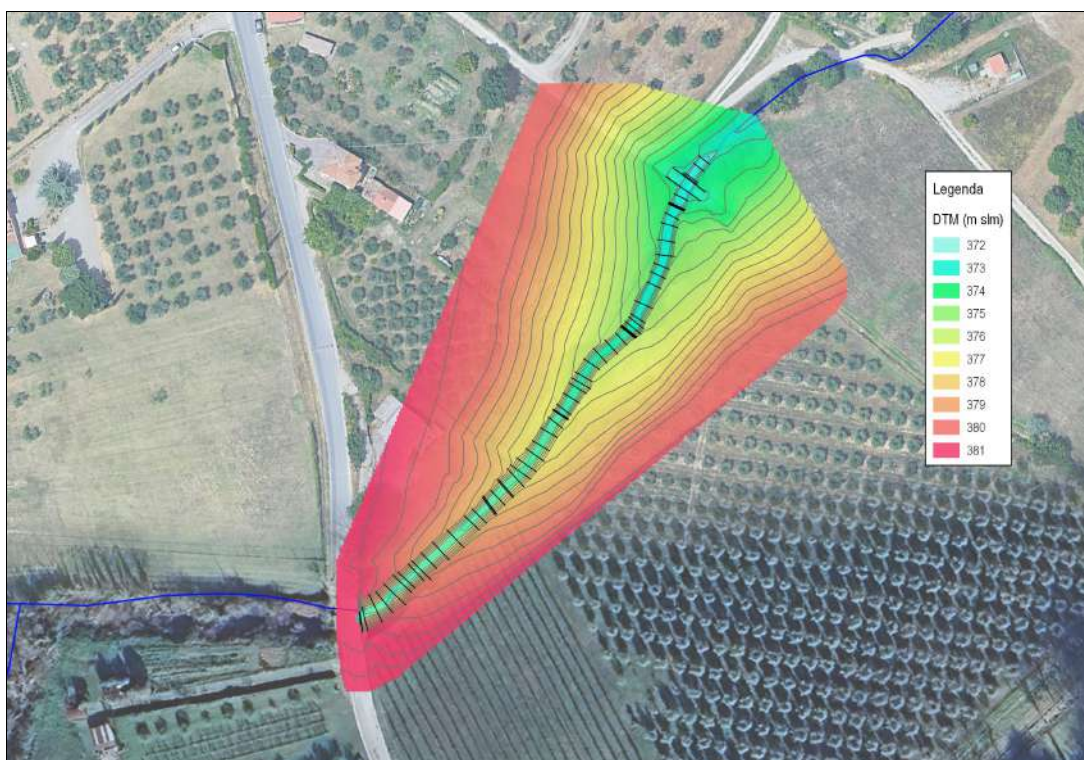
**Fig. 23** – planimetria del rilievo topografico

Grazie a questo rilievo di dettaglio è stato possibile ricavare le sezioni idrauliche ed anche ricostruire un Modello Digitale del Terreno locale.

Il DTM è stato predisposto mediante triangolazione TIN in ambiente Gis sulla base dei punti rilevati e le linee di struttura (*breakline* quotate) appositamente ricostruite lungo i cigli ed i piedi di sponda; la maglia del DTM è di 1 x 1 mt.

Al di là di qualche possibile imperfezione, questa base bidimensionale rappresenta molto fedelmente l'andamento e la morfologia del terreno sull'area di interesse.

La seguente figura riporta la traccia delle sezioni del modello limitate all'alveo inciso ed il DTM.

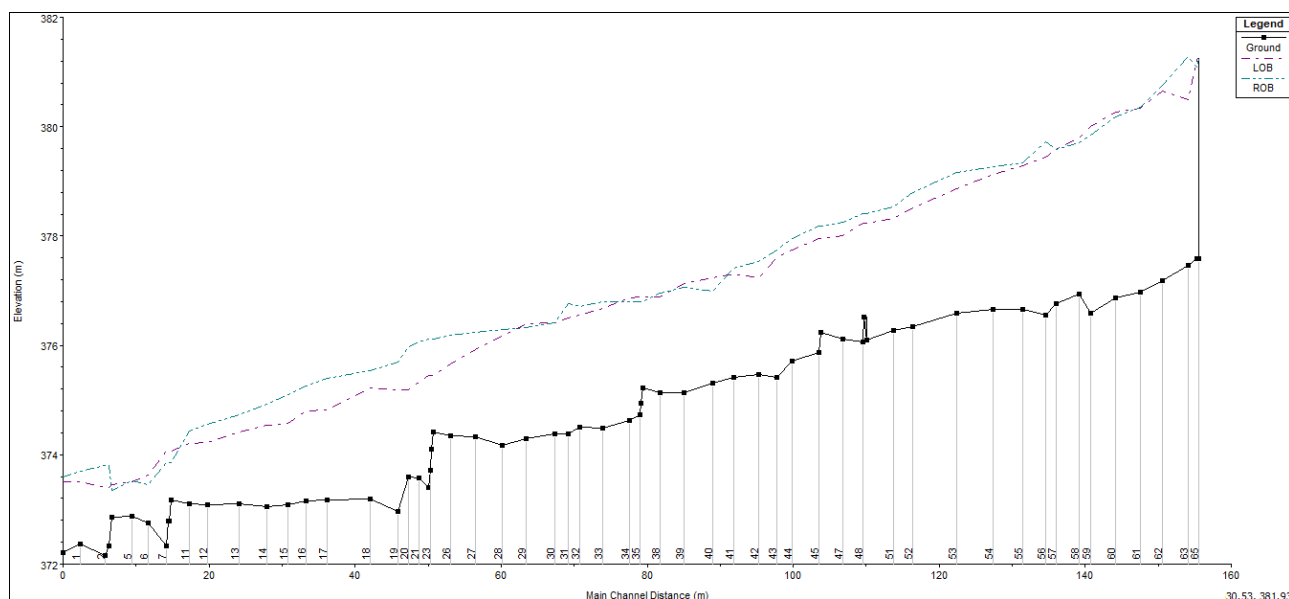


**Fig. 24** – DTM e tracce delle sezioni

Il modello idraulico di stato attuale è stato realizzato per simulazioni in moto permanente, quindi le sezioni della figura precedente sono state estese fino a quasi il limite del DTM in modo da poter abbracciare l'eventuale flusso esondativo.

Il DTM è stato inserito nel modello come *terrain model*, così che anche la simulazione in moto permanente potesse restituire, seppur indicativamente, l'estensione del fenomeno esondativo, laddove presente.

La seguente figura mostra il profilo "a secco" del modello, con tutte le n. 65 sezioni di cui si compone. Sono evidenti i piccoli salti idraulici presenti lungo l'asta, alcuni dei quali di realizzazione antropica, altri forse formatisi nel tempo per dinamiche naturali di trasporto ed accumulo.



**Fig. 25** – profilo del fondo alveo lungo il tratto in esame, e cigli di sponda

Nella parte finale del tratto di studio si osserva come l'alveo del corso d'acqua tende a perdere la propria forma incassata, tipica delle sezioni più a monte, e la pendenza diminuisce.

E' proprio in questo punto che ci si attendono le maggiori fuoriuscite.

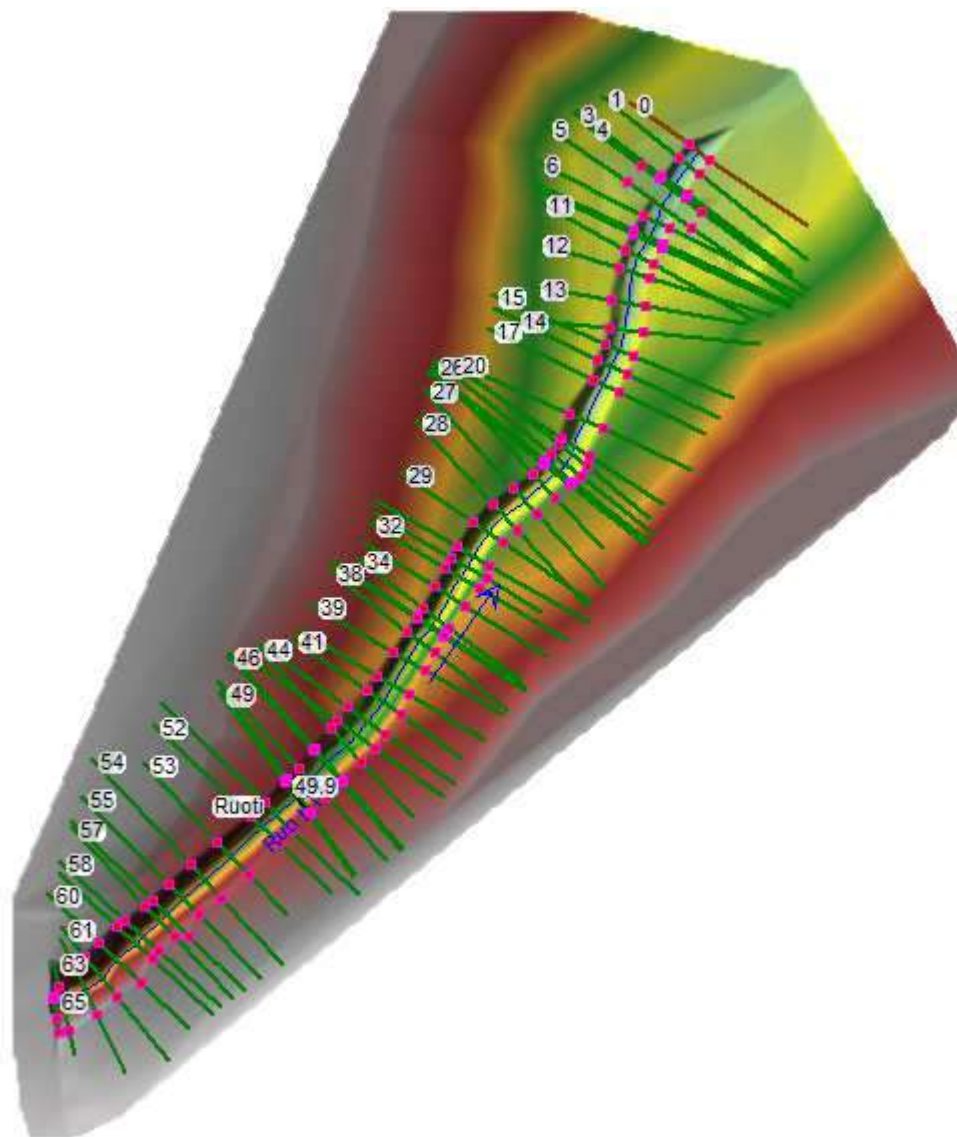
Come detto, sono presenti diversi salti, che permettono di attenuare la pendenza del tratto. Inoltre, a monte si vede la sezione "filo valle" del ponte sulla strada comunale.

Alle sezioni è stata assegnata una scabrezza costante pari un valore del coefficiente  $n$  di Manning di  $0.035 \text{ s/m}^{1/3}$ .

I valori di portata implementati corrispondono ai valori massimi, per TR30 e TR200, di cui alla precedente Tab. 8.

Quali condizioni al contorno di monte e di valle del modello in moto permanente sono state assegnate le condizione di pendenza di moto uniforme (*normal depth*); le pendenze tra le due sezioni iniziali e le due sezioni finali risultano uguali, pari a 6.7%

Nella figura seguente è mostrata la schematizzazione geometrica del modello.



**Fig. 26** – schema del modello idraulico

La simulazione idraulica conferma le attese riguardo alle dinamiche di piena.

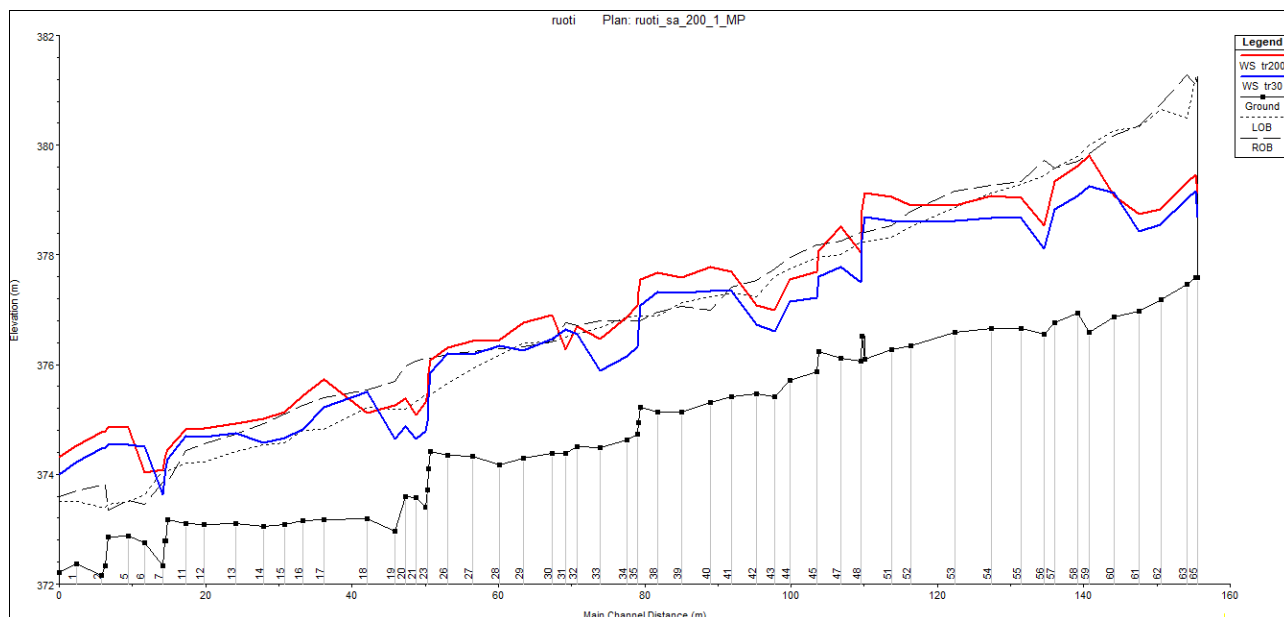
Il corso d'acqua non è in grado di contenere interamente la portata in transito, neanche per l'evento di piena di 30 anni, seppur in questo caso il superamento del ciglio di sponda è abbastanza limitato.

Invece per l'evento con tempo di ritorno di 200 anni gran parte delle sezioni non risultano sufficienti a tenere la portata.

I risultati della simulazione in termini di profili, sezioni e tabulati di calcolo sono allegati in calce alla presente relazione.

Di seguito è anticipato il profilo della corrente, da cui si può apprezzare in modo chiaro la dinamica e l'entità del fenomeno.





**Fig. 27** – profilo della corrente allo stato attuale per TR30 e TR200

Da un primo esame il profilo di Fig. 27 potrebbe apparire affetto da errore, vista la forma un po' frastagliata del profilo.

In realtà questo andamento irregolare è dovuto alla presenza di moltissime sezioni ravvicinate, che costringono il software a risolvere le equazioni del moto tra sezioni molto ravvicinate.

Inoltre vi è anche una indubbia influenza dei numerosi salti idraulici che, per quanto di piccole dimensioni, non permettono al pelo libero di assestarsi e contribuiscono a creare questo andamento ondulato.

Al di là di queste considerazioni, l'importanza di questa verifica è quella di poter accertare l'estensione e l'entità dei fenomeni di superamento dei cigli di sponda.

Si vede come la sponda sinistra sia in molti tratti più bassa della destra, e come nella parte di valle le possibili fuoriuscite siano maggiori che a monte.

Di seguito, per completezza, sono mostrate anche le planimetrie dei risultati delle modellazioni con l'estensione delle aree allagate per TR30 e TR200 anni, secondo la modalità di tracciamento che il software propone per modelli in moto permanente dotati di base bidimensionale.

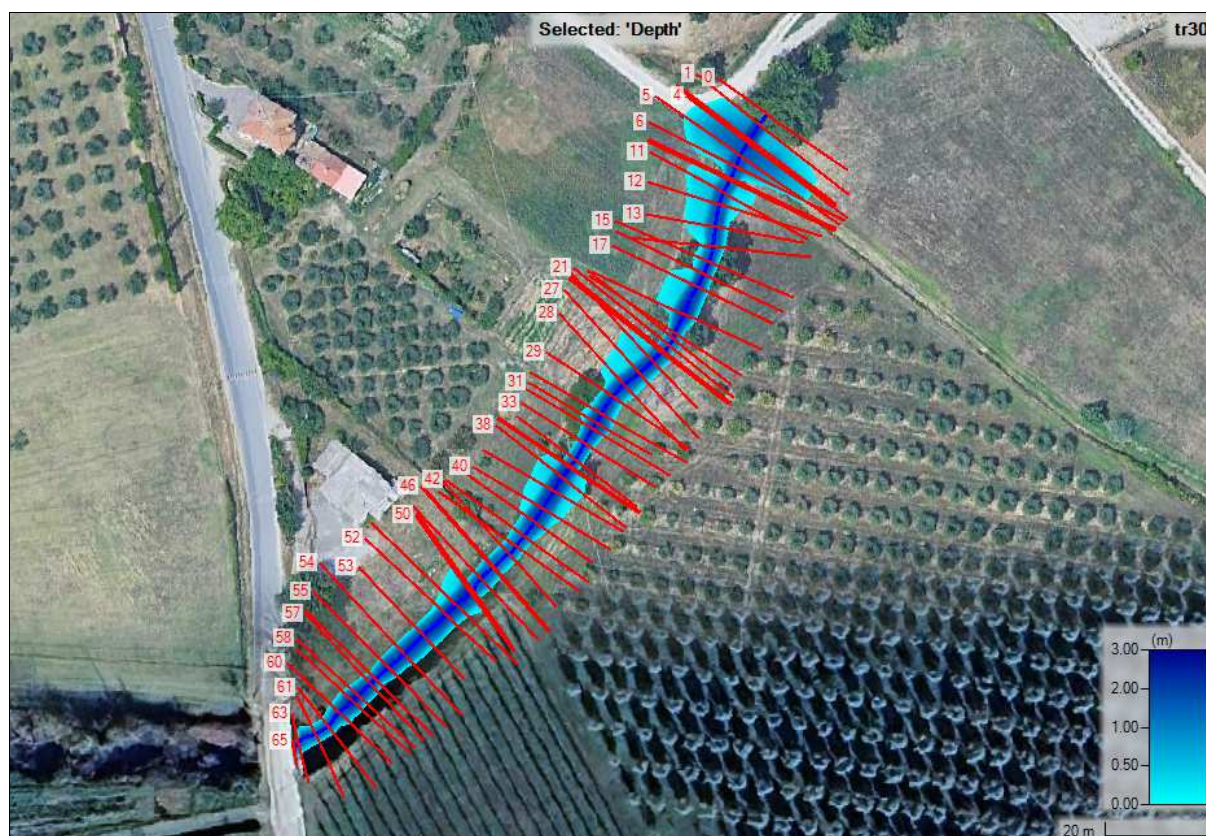


Fig. 28 – planimetria aree allagate per TR30

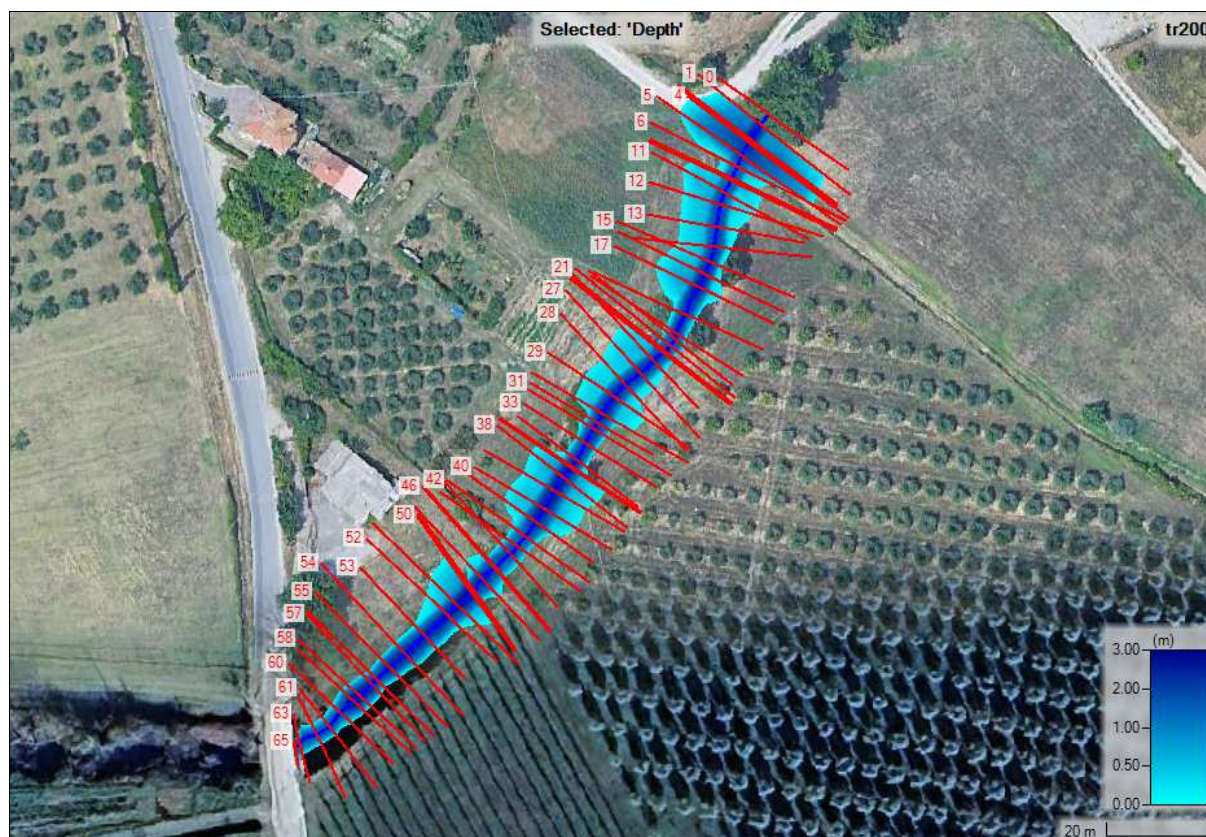


Fig. 29 – planimetria aree allagate per TR200

Alla luce delle dinamiche idrauliche riscontrate si ritiene che l'intervento di stabilizzazione delle sponde del Torrente Ruoti sia pienamente compatibile e privo di controindicazioni ad esse correlate.

Piuttosto, il leggero ampliamento della sezione e l'eventuale rialzamento dei cigli di sponda per spandimento e regolarizzare del terreno in esubero potrà comportare anche un piccolo incremento del grado di contenimento della portata in alveo, quindi anche da questo punto di vista l'intervento proposto appare decisamente migliorativo

Per ogni altro aspetti tecnico-progettuale si rimanda alla consultazione degli elaborati grafici di progetto e della Relazione Tecnica.

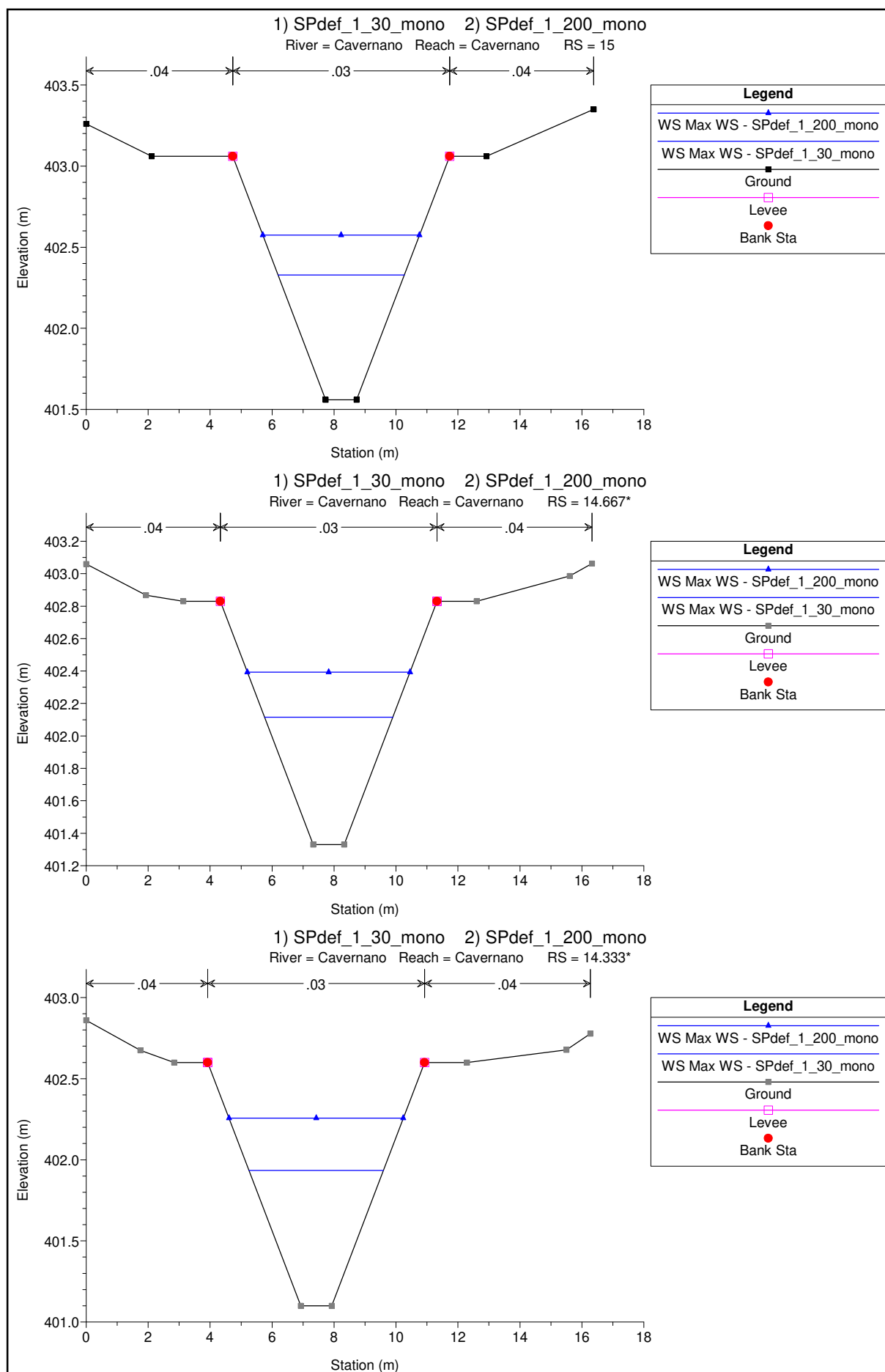
## **4. ALLEGATI IDRAULICI**

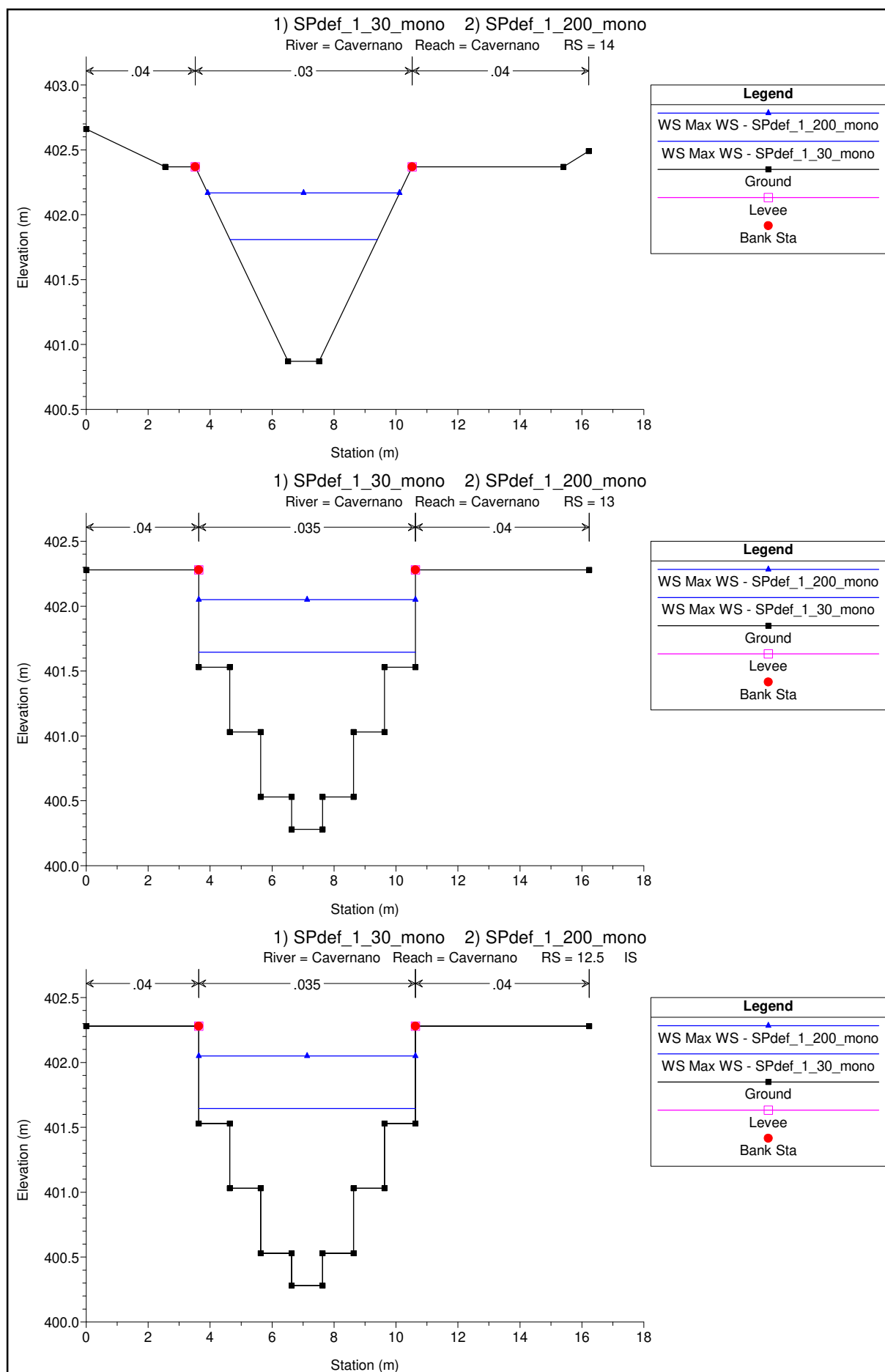
Di seguito sono riportati i risultati delle verifiche idrauliche allo stato attuale nella forma di tabulati, sezioni e profili della corrente sia delle modellazioni effettuate per il Fosso Cavernano che di quelle sviluppate per il Torrente Ruoti.



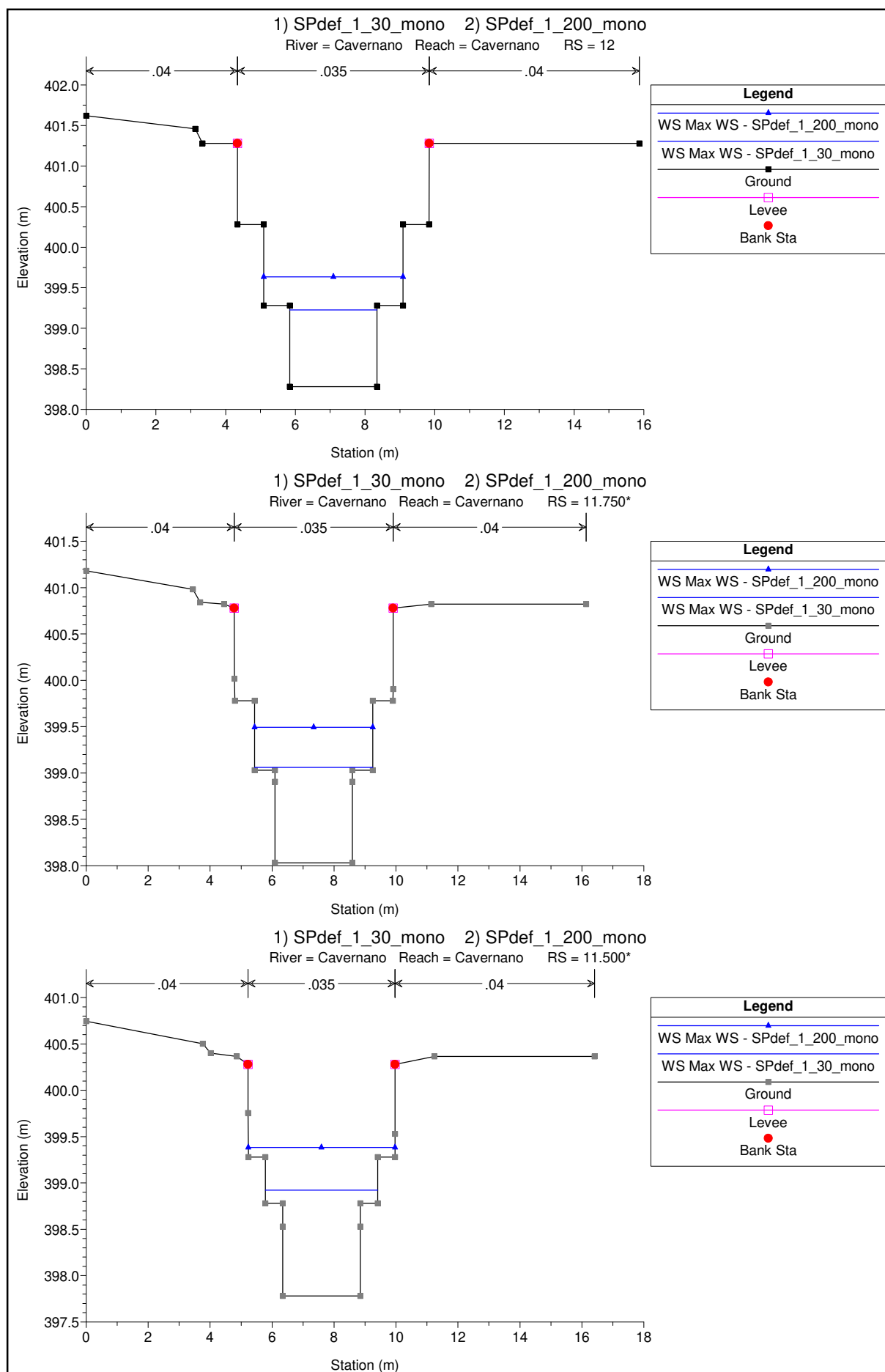
HEC-RAS River: Cavernano Reach: Cavernano Profile: Max WS

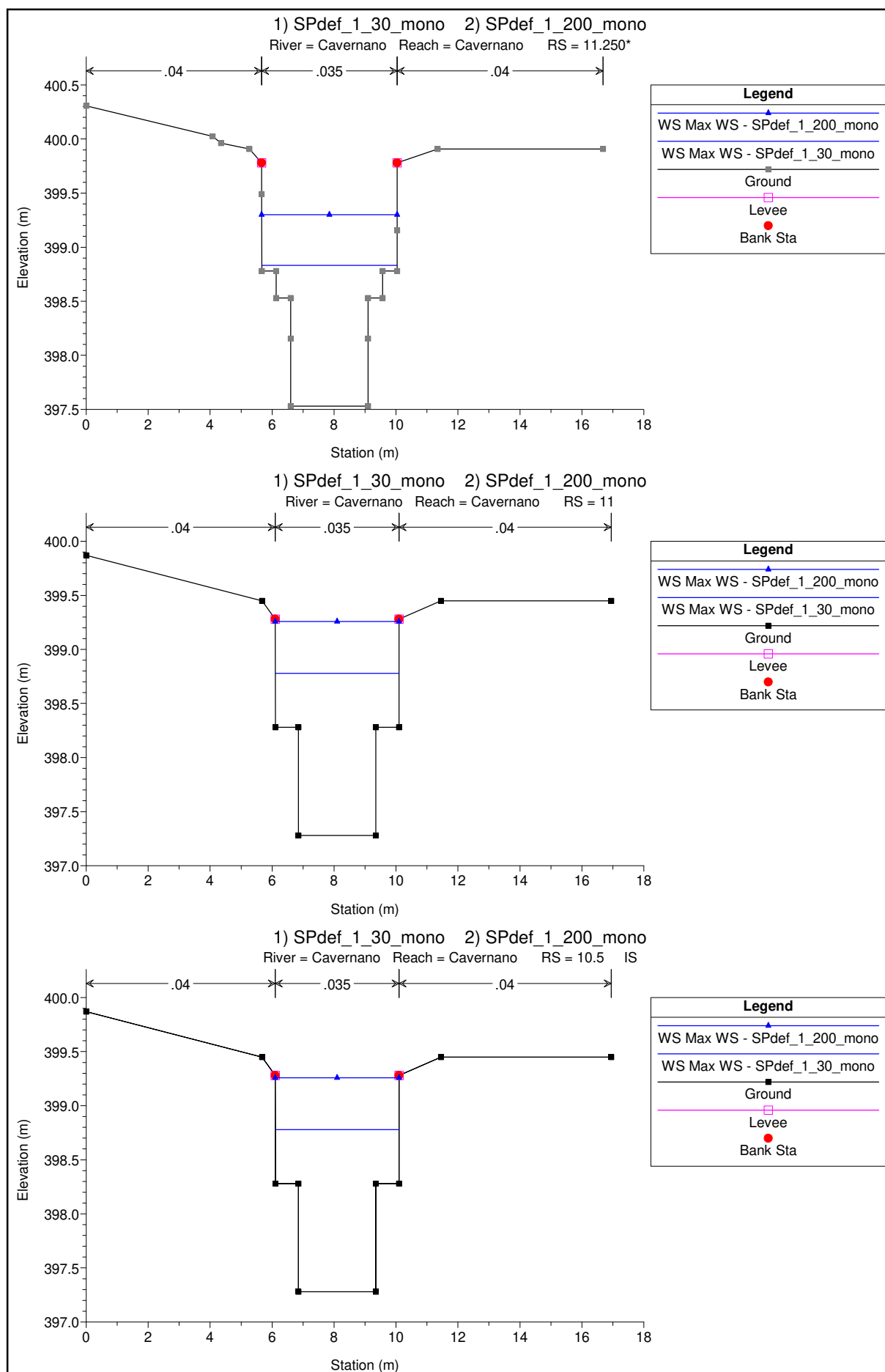
Reach	River Sta	Profile	Plan	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Cavernano	15	Max WS	SPdef_1_30_mono	9.05	401.56	402.33	402.67	403.43	0.057864	4.64	1.95	4.08	2.14
Cavernano	15	Max WS	SPdef_1_200_mono	15.75	401.56	402.57	403.00	403.91	0.051789	5.12	3.07	5.06	2.10
Cavernano	14.667*	Max WS	SPdef_1_30_mono	9.05	401.33	402.12	402.44	403.14	0.052899	4.48	2.02	4.14	2.05
Cavernano	14.667*	Max WS	SPdef_1_200_mono	15.75	401.33	402.39	402.76	403.54	0.041967	4.74	3.33	5.25	1.90
Cavernano	14.333*	Max WS	SPdef_1_30_mono	9.05	401.10	401.93	402.21	402.78	0.040618	4.06	2.23	4.34	1.81
Cavernano	14.333*	Max WS	SPdef_1_200_mono	15.75	401.10	402.26	402.54	403.12	0.028718	4.11	3.83	5.63	1.59
Cavernano	14	Max WS	SPdef_1_30_mono	9.05	400.87	401.81	401.98	402.38	0.024101	3.35	2.70	4.76	1.42
Cavernano	14	Max WS	SPdef_1_200_mono	15.75	400.87	402.17	402.30	402.75	0.016951	3.38	4.67	6.19	1.24
Cavernano	13	Max WS	SPdef_1_30_mono	9.05	400.28	401.65	401.38	401.81	0.009360	1.79	5.06	7.00	0.67
Cavernano	13	Max WS	SPdef_1_200_mono	15.75	400.28	402.05	401.73	402.25	0.007183	2.00	7.89	7.00	0.60
Cavernano	12.5			Inl Struct									
Cavernano	12	Max WS	SPdef_1_30_mono	9.05	398.28	399.23	399.46	399.97	0.041009	3.83	2.36	2.50	1.26
Cavernano	12	Max WS	SPdef_1_200_mono	15.75	398.28	399.63	399.82	400.46	0.040668	4.02	3.91	4.00	1.30
Cavernano	11.750*	Max WS	SPdef_1_30_mono	9.05	398.03	399.06	399.20	399.67	0.043146	3.46	2.61	3.81	1.33
Cavernano	11.750*	Max WS	SPdef_1_200_mono	15.75	398.03	399.49	399.58	400.19	0.030731	3.69	4.26	3.81	1.12
Cavernano	11.500*	Max WS	SPdef_1_30_mono	9.05	397.78	398.92	398.95	399.38	0.026969	3.00	3.02	3.62	1.05
Cavernano	11.500*	Max WS	SPdef_1_200_mono	15.75	397.78	399.38	399.42	399.93	0.025855	3.28	4.80	4.74	1.04
Cavernano	11.250*	Max WS	SPdef_1_30_mono	9.05	397.53	398.83		399.16	0.018848	2.52	3.59	4.36	0.89
Cavernano	11.250*	Max WS	SPdef_1_200_mono	15.75	397.53	399.30		399.70	0.014998	2.79	5.64	4.37	0.79
Cavernano	11	Max WS	SPdef_1_30_mono	9.05	397.28	398.78	398.46	398.99	0.008977	2.02	4.49	4.00	0.61
Cavernano	11	Max WS	SPdef_1_200_mono	15.75	397.28	399.26	398.82	399.57	0.009841	2.46	6.41	4.00	0.62
Cavernano	10.5			Inl Struct									
Cavernano	10	Max WS	SPdef_1_30_mono	9.05	395.28	396.12	396.46	397.06	0.056609	4.30	2.10	2.50	1.50
Cavernano	10	Max WS	SPdef_1_200_mono	15.75	395.28	396.48	396.82	397.64	0.066699	4.75	3.31	4.00	1.67
Cavernano	9	Max WS	SPdef_1_30_mono	9.04	394.30	395.20	395.64	396.60	0.064998	5.24	1.73	2.82	2.14
Cavernano	9	Max WS	SPdef_1_200_mono	15.75	394.30	395.49	396.06	397.34	0.064943	6.02	2.61	3.40	2.19
Cavernano	8.7500*	Max WS	SPdef_1_30_mono	9.04	394.02	394.92	395.35	396.32	0.064892	5.24	1.73	2.82	2.14
Cavernano	8.7500*	Max WS	SPdef_1_200_mono	15.75	394.02	395.20	395.77	397.05	0.064918	6.02	2.61	3.40	2.19
Cavernano	8.5000*	Max WS	SPdef_1_30_mono	9.04	393.73	394.63	395.07	396.03	0.064943	5.24	1.73	2.82	2.14
Cavernano	8.5000*	Max WS	SPdef_1_200_mono	15.75	393.73	394.92	395.49	396.77	0.064946	6.03	2.61	3.39	2.19
Cavernano	8.2500*	Max WS	SPdef_1_30_mono	9.04	393.45	394.35	394.78	395.75	0.064938	5.24	1.73	2.81	2.14
Cavernano	8.2500*	Max WS	SPdef_1_200_mono	15.75	393.45	394.64	395.21	396.49	0.064929	6.03	2.61	3.39	2.19
Cavernano	8	Max WS	SPdef_1_30_mono	9.04	393.16	394.07	394.49	395.47	0.065054	5.24	1.72	2.81	2.14
Cavernano	8	Max WS	SPdef_1_200_mono	15.75	393.16	394.35	394.92	396.21	0.065106	6.03	2.61	3.38	2.19
Cavernano	7.8000*	Max WS	SPdef_1_30_mono	9.04	392.87	393.78	394.21	395.18	0.065045	5.24	1.72	2.81	2.14
Cavernano	7.8000*	Max WS	SPdef_1_200_mono	15.75	392.87	394.06	394.69	395.92	0.065097	6.03	2.61	3.38	2.19
Cavernano	7.6000*	Max WS	SPdef_1_30_mono	9.04	392.58	393.49	393.92	394.89	0.065079	5.24	1.72	2.81	2.14
Cavernano	7.6000*	Max WS	SPdef_1_200_mono	15.75	392.58	393.78	394.42	395.63	0.065122	6.03	2.61	3.38	2.19
Cavernano	7.4000*	Max WS	SPdef_1_30_mono	9.04	392.30	393.20	393.64	394.60	0.065067	5.24	1.72	2.81	2.14
Cavernano	7.4000*	Max WS	SPdef_1_200_mono	15.74	392.30	393.49	394.13	395.34	0.065109	6.03	2.61	3.38	2.19
Cavernano	7.2000*	Max WS	SPdef_1_30_mono	9.04	392.01	392.91	393.35	394.31	0.064960	5.24	1.73	2.81	2.14
Cavernano	7.2000*	Max WS	SPdef_1_200_mono	15.74	392.01	393.20	393.83	395.05	0.064957	6.03	2.61	3.38	2.19
Cavernano	7	Max WS	SPdef_1_30_mono	9.05	391.72	392.63	393.06	394.02	0.064815	5.24	1.73	2.81	2.13
Cavernano	7	Max WS	SPdef_1_200_mono	15.74	391.72	392.91	393.54	394.76	0.064837	6.02	2.61	3.38	2.19
Cavernano	6.6667*	Max WS	SPdef_1_30_mono	9.04	391.44	392.34	392.78	393.74	0.064930	5.24	1.73	2.81	2.14
Cavernano	6.6667*	Max WS	SPdef_1_200_mono	15.75	391.44	392.63	393.25	394.48	0.064929	6.03	2.61	3.38	2.19
Cavernano	6.3333*	Max WS	SPdef_1_30_mono	9.04	391.15	392.06	392.49	393.46	0.064829	5.24	1.73	2.81	2.13
Cavernano	6.3333*	Max WS	SPdef_1_200_mono	15.74	391.15	392.35	392.97	394.19	0.064786	6.02	2.61	3.38	2.19
Cavernano	6	Max WS	SPdef_1_30_mono	9.04	390.87	391.78	392.21	393.18	0.065034	5.24	1.72	2.81	2.14
Cavernano	6	Max WS	SPdef_1_200_mono	15.74	390.87	392.06	392.68	393.91	0.064814	6.02	2.61	3.38	2.19
Cavernano	5.6667*	Max WS	SPdef_1_30_mono	9.04	390.57	391.48	391.92	392.88	0.065239	5.25	1.72	2.81	2.14
Cavernano	5.6667*	Max WS	SPdef_1_200_mono	15.74	390.57	391.77	392.38	393.61	0.064494	6.01	2.62	3.39	2.18
Cavernano	5.3333*	Max WS	SPdef_1_30_mono	9.04	390.28	391.18	391.62	392.61	0.066931	5.30	1.71	2.80	2.17
Cavernano	5.3333*	Max WS	SPdef_1_200_mono	15.74	390.28	391.47	392.09	393.31	0.064033	6.00	2.63	3.39	2.18
Cavernano	5	Max WS	SPdef_1_30_mono	9.04	389.98	390.84	391.32	392.45	0.077943	5.61	1.61	2.73	2.33
Cavernano	5	Max WS	SPdef_1_200_mono	15.74	389.98	391.18	391.88	392.98	0.062093	5.93	2.66	3.41	2.14
Cavernano	4	Max WS	SPdef_1_30_mono	9.04	389.00	390.27	389.93	390.44	0.007735	1.82	4.96	5.50	0.61
Cavernano	4	Max WS	SPdef_1_200_mono	15.74	389.00	390.72	390.30	390.95	0.006968	2.11	7.45	5.50	0.58
Cavernano	3.5			Inl Struct									
Cavernano	3	Max WS	SPdef_1_30_mono	9.04	387.50	388.45		388.68	0.010604	2.13	4.25	5.00	0.74
Cavernano	3	Max WS	SPdef_1_200_mono	15.74	387.50	388.79		389.15	0.011730	2.64	5.97	5.00	0.77
Cavernano	2	Max WS	SPdef_1_30_mono	9.04	387.30	388.40	388.64	389.18	0.029415	3.90	2.32	3.21	1.46
Cavernano	2	Max WS	SPdef_1_200_mono	15.74	387.30	388.75	389.06	389.75	0.028872	4.45	3.54	3.89	1.49
Cavernano	1	Max WS	SPdef_1_30_mono	9.04	387.13	388.23	388.51	389.12	0.034951	4.18	2.16	2.94	1.56
Cavernano	1	Max WS	SPdef_1_200_mono	15.74	387.13	388.57	389.04	389.75	0.034975	4.80	3.28	3.54	1.59

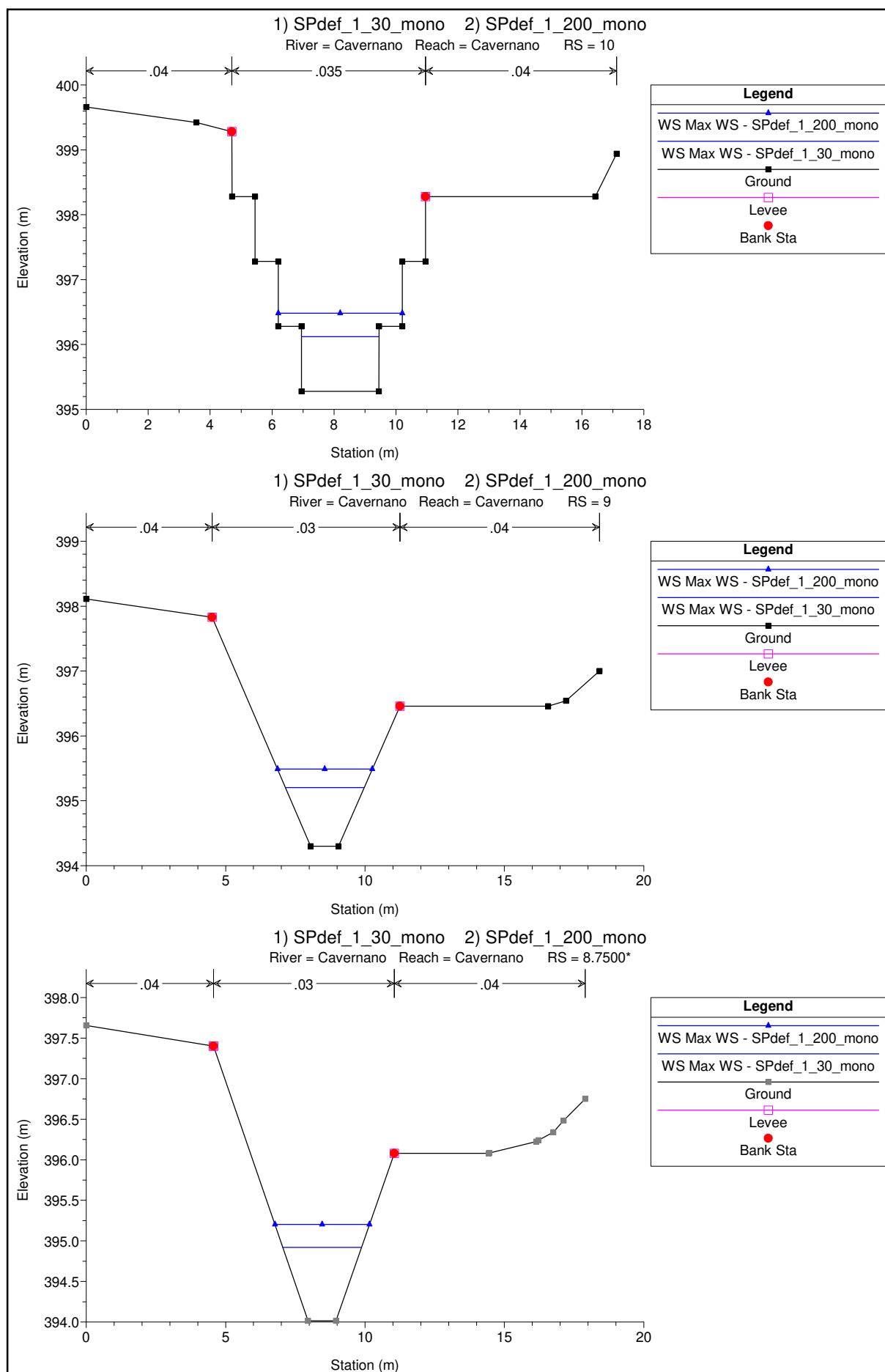




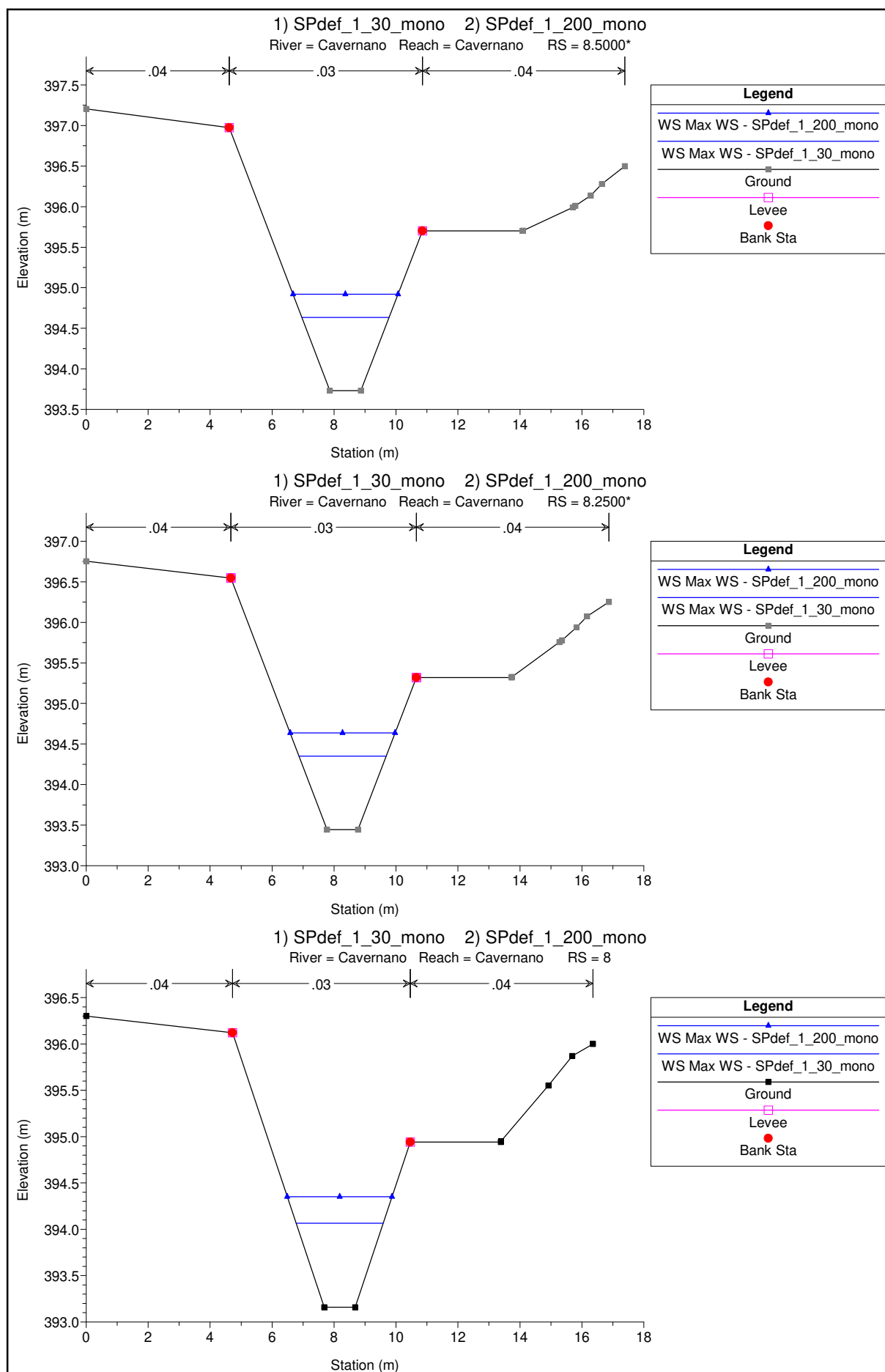


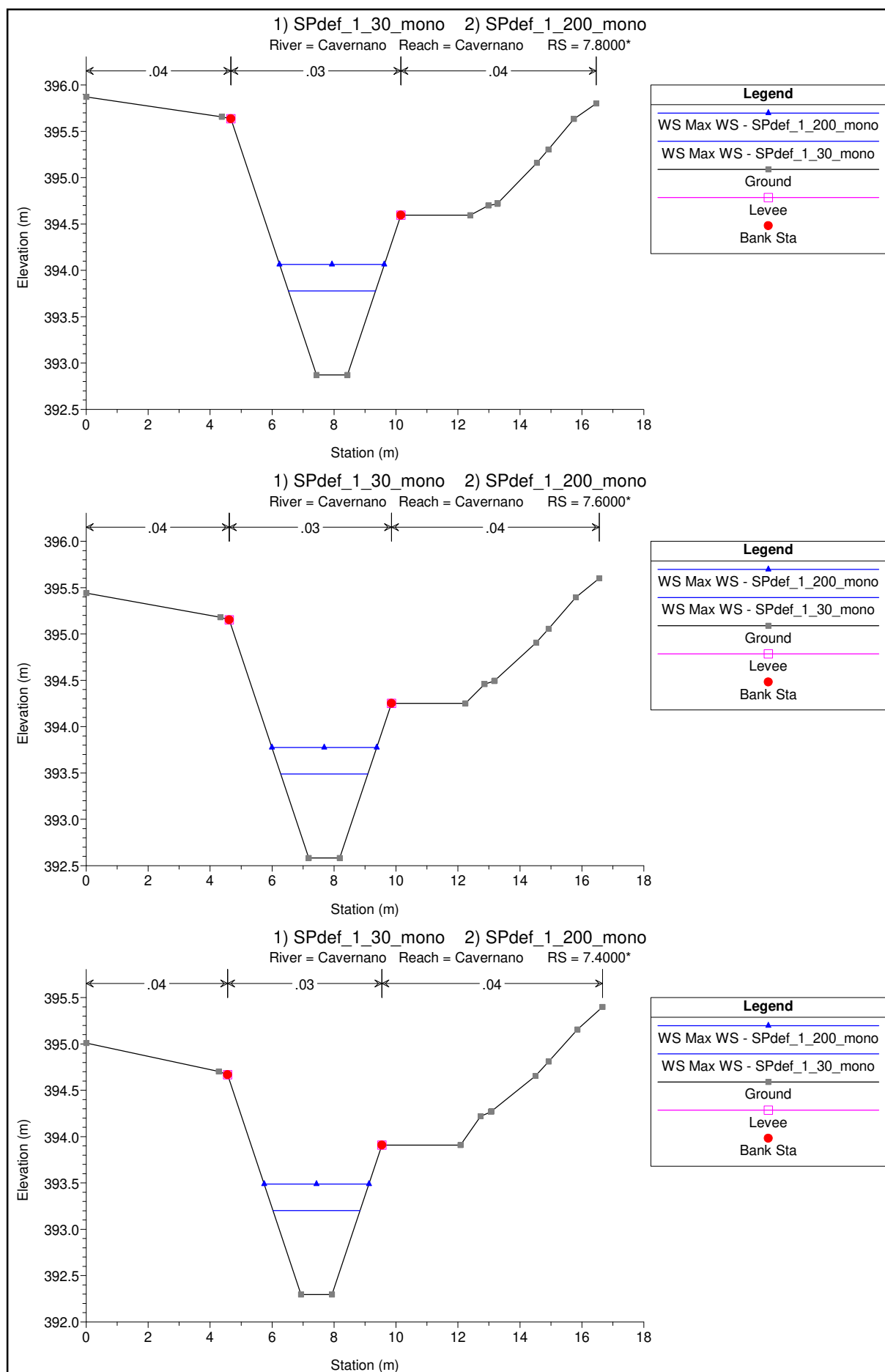


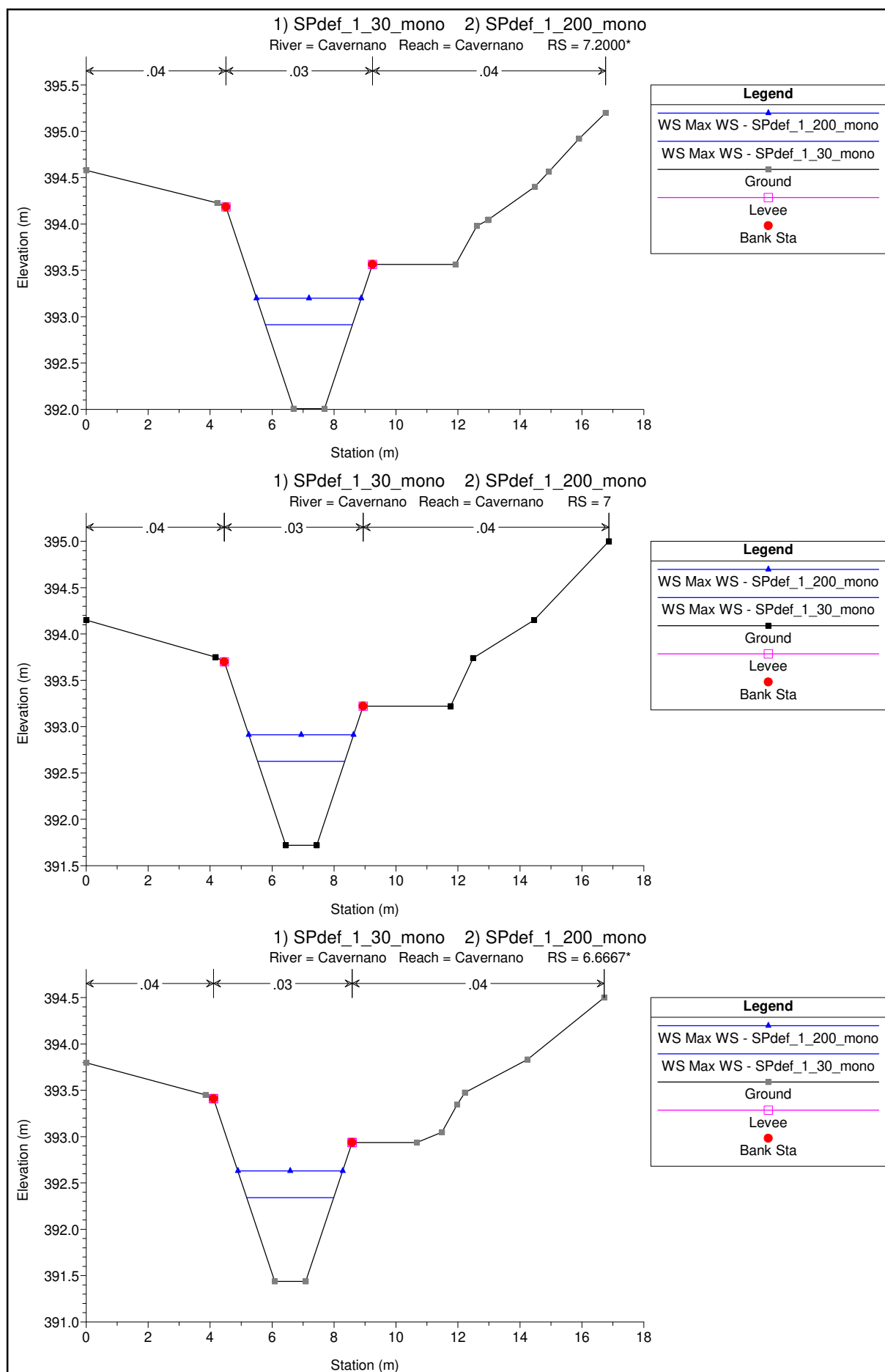




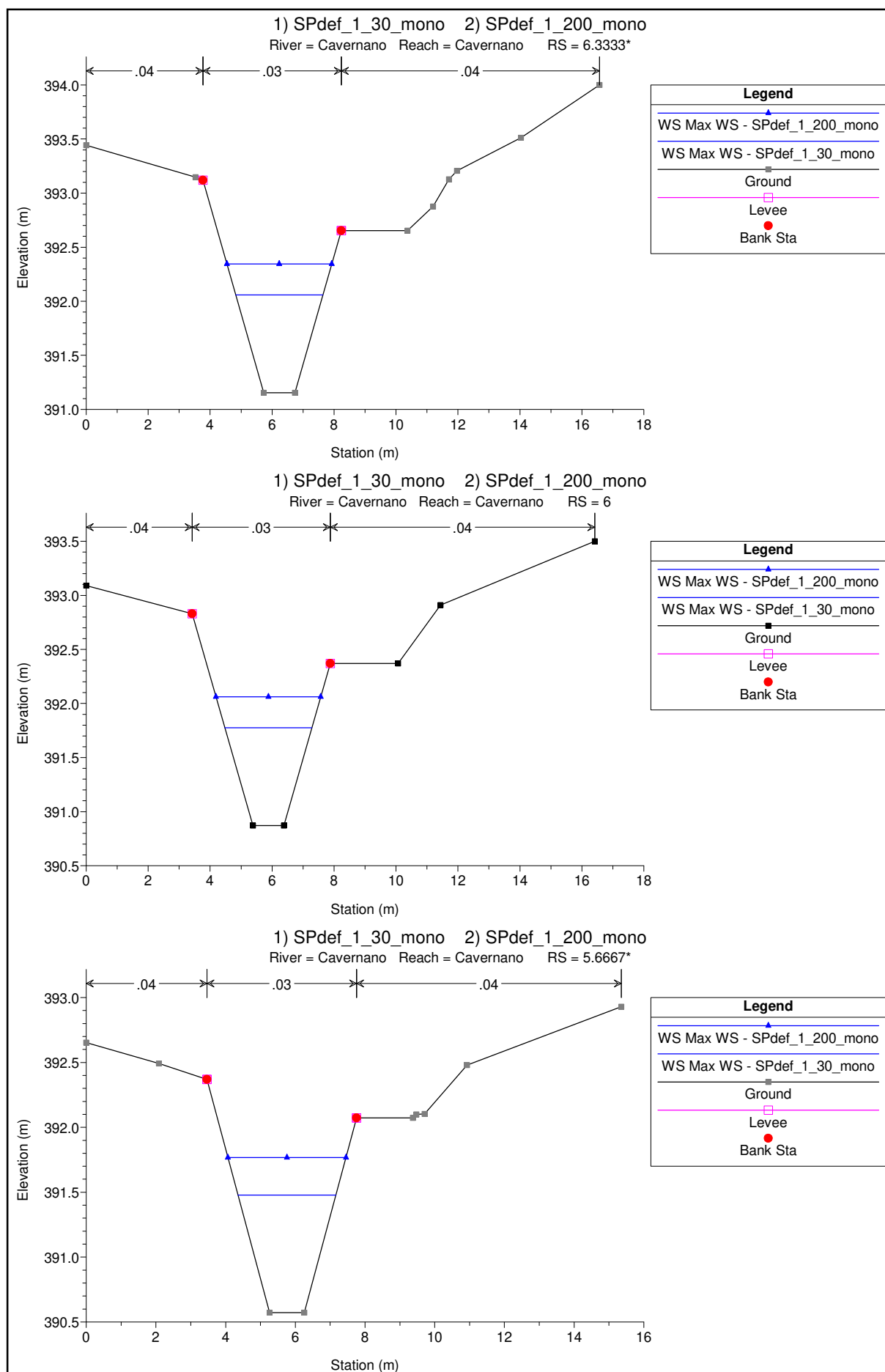


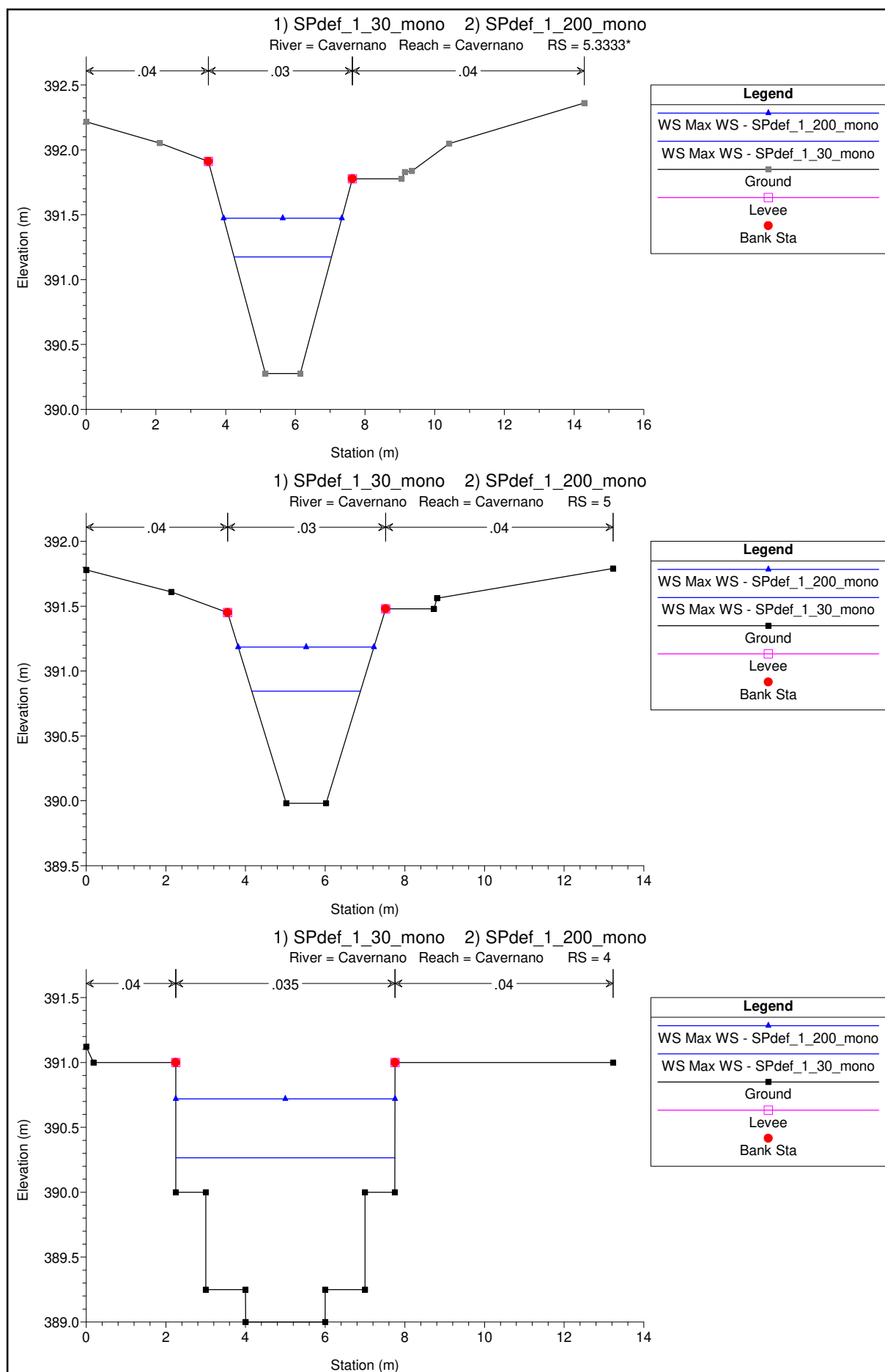


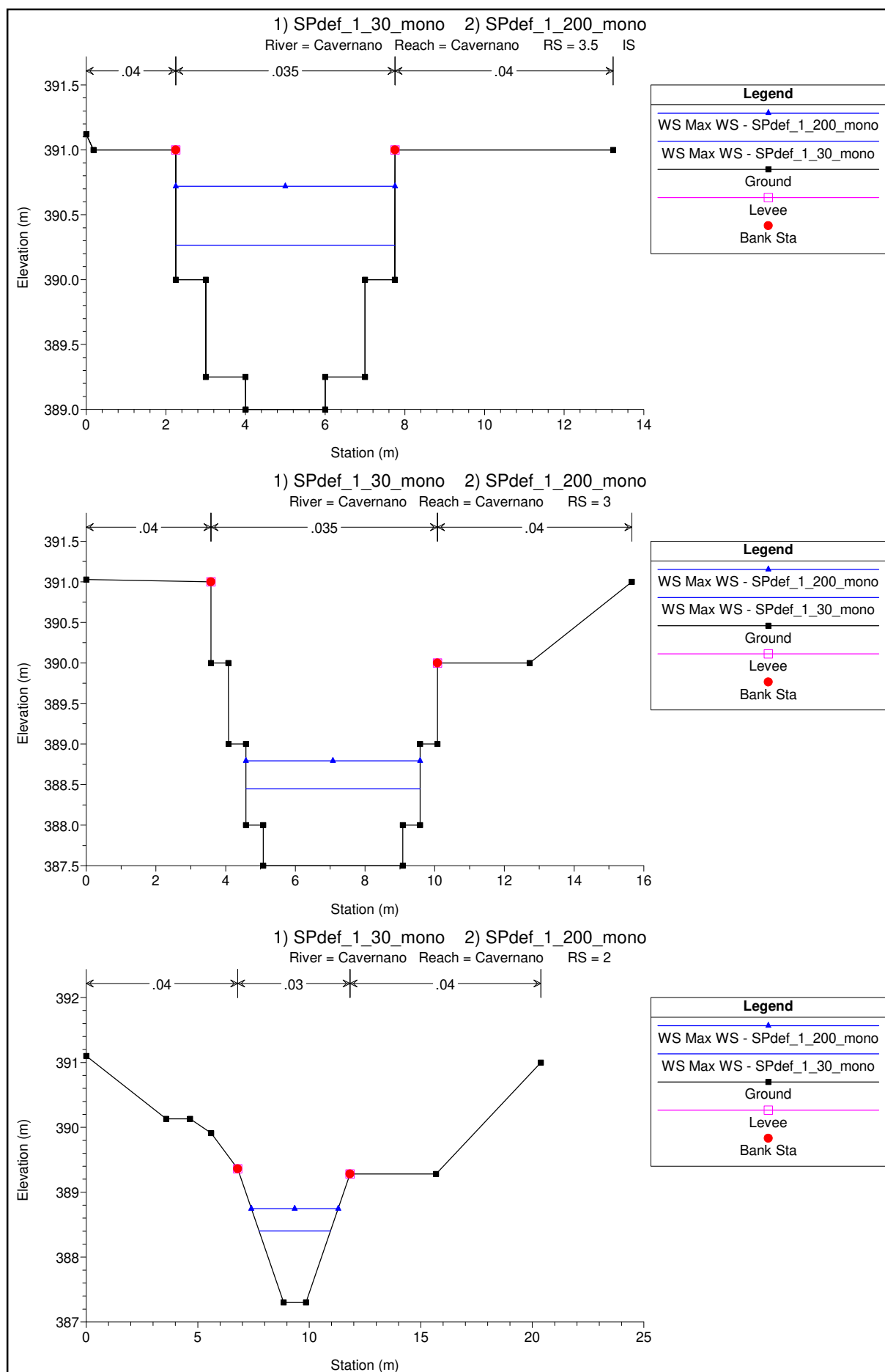




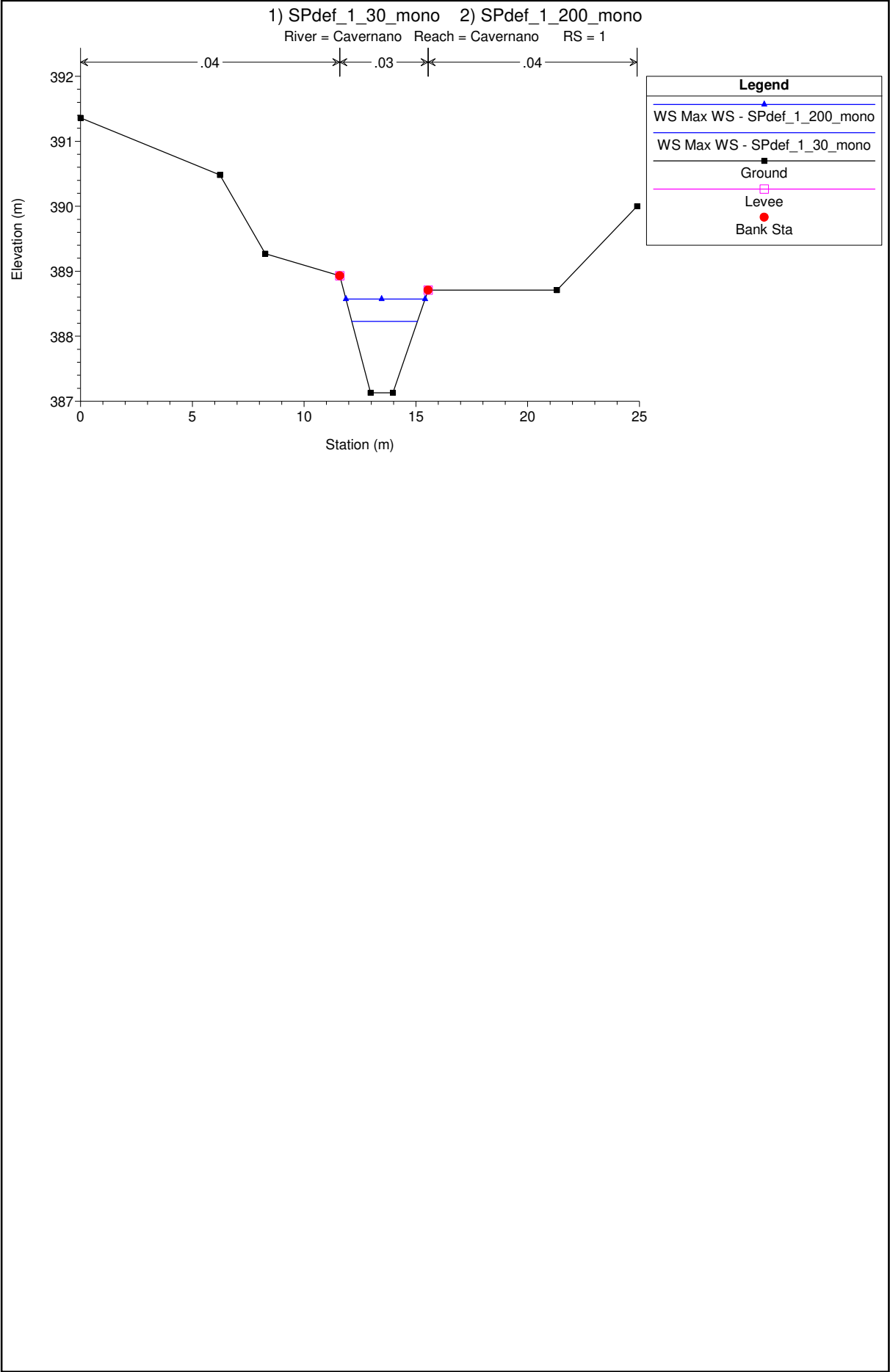


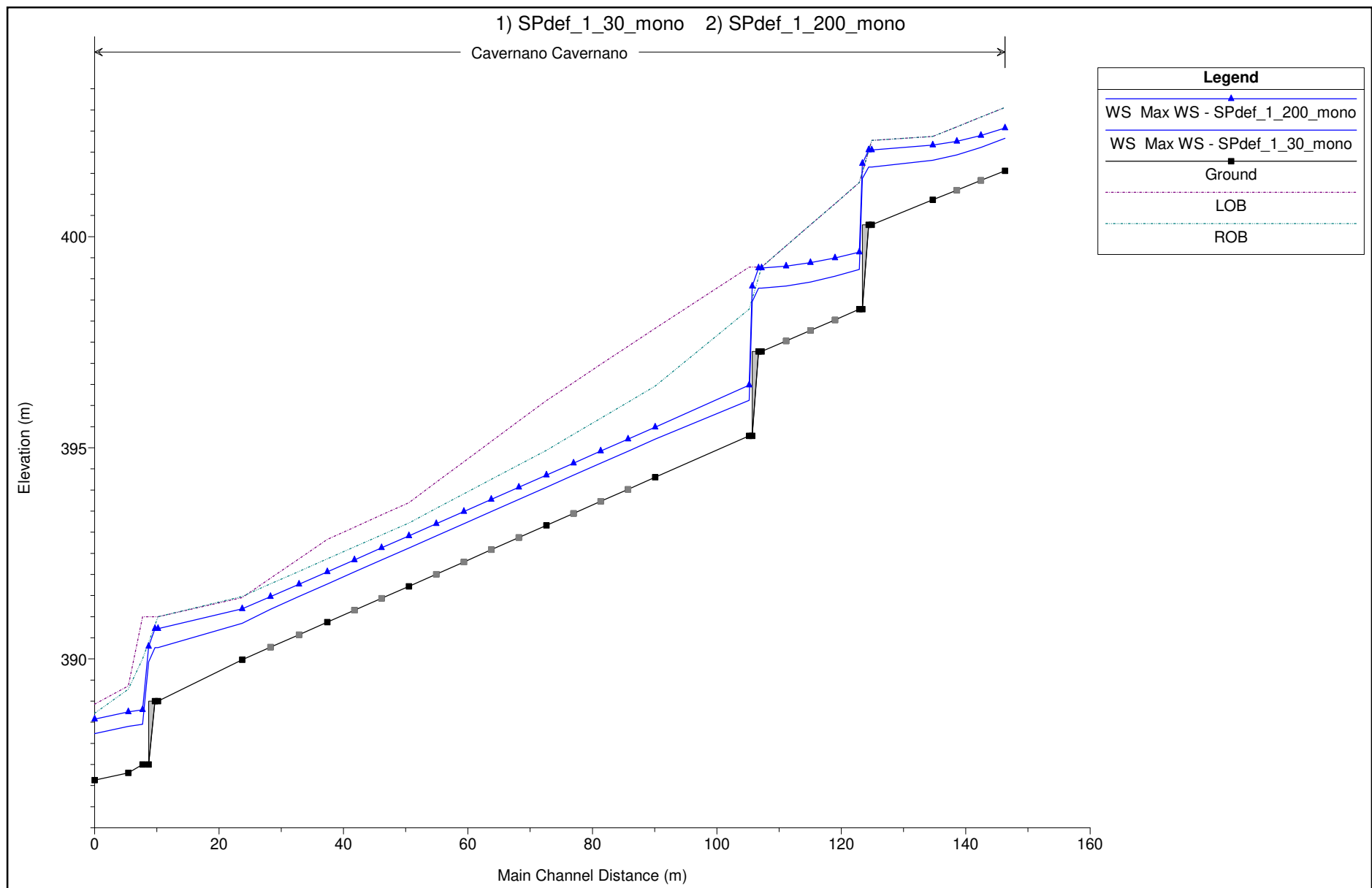












HEC-RAS Plan: ruoti\_sa\_MP River: Ruoti Reach: Ruoti

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Ruoti	65	tr200	30.50	377.58	379.12	379.86	381.65	0.067110	7.04	4.33	3.01	1.87
Ruoti	65	tr30	18.70	377.58	378.69	379.26	380.63	0.067016	6.16	3.03	3.01	1.96
Ruoti	64	tr200	30.50	377.58	379.46	380.10	381.48	0.066304	6.29	4.85	3.71	1.76
Ruoti	64	tr30	18.70	377.58	379.16	379.54	380.40	0.048177	4.92	3.80	3.45	1.50
Ruoti	63	tr200	30.50	377.46	379.32	379.98	381.39	0.066027	6.37	4.79	3.94	1.85
Ruoti	63	tr30	18.70	377.46	379.03	379.45	380.33	0.049384	5.06	3.69	3.54	1.58
Ruoti	62	tr200	30.50	377.19	378.84	379.55	381.12	0.074857	6.69	4.56	4.42	2.10
Ruoti	62	tr30	18.70	377.19	378.55	379.06	380.11	0.062338	5.53	3.38	3.85	1.88
Ruoti	61	tr200	30.50	376.98	378.74	379.42	380.87	0.067967	6.46	4.72	4.36	1.98
Ruoti	61	tr30	18.70	376.98	378.43	378.91	379.91	0.058050	5.39	3.47	3.79	1.80
Ruoti	60	tr200	30.50	376.86	379.07	379.53	380.47	0.042743	5.23	5.83	5.37	1.60
Ruoti	60	tr30	18.70	376.86	379.13	379.06	379.60	0.013959	3.04	6.15	5.51	0.92
Ruoti	59	tr200	30.50	376.58	379.82	379.20	380.16	0.006032	2.59	11.79	6.59	0.62
Ruoti	59	tr30	18.70	376.58	379.25	378.68	379.51	0.005602	2.23	8.38	5.57	0.58
Ruoti	58	tr200	30.50	376.93	379.62	379.35	380.13	0.010193	3.16	9.64	6.06	0.80
Ruoti	58	tr30	18.70	376.93	379.08	378.85	379.48	0.010357	2.82	6.62	5.06	0.79
Ruoti	57	tr200	30.50	376.77	379.34	379.34	380.07	0.016438	3.77	8.09	5.54	1.00
Ruoti	57	tr30	18.70	376.77	378.83	378.83	379.42	0.017442	3.42	5.47	4.58	1.00
Ruoti	56	tr200	30.50	376.56	378.54	379.00	379.96	0.040854	5.28	5.77	4.97	1.57
Ruoti	56	tr30	18.70	376.56	378.11	378.50	379.32	0.045358	4.87	3.84	4.09	1.61
Ruoti	55	tr200	30.50	376.65	379.04	379.02	379.75	0.015593	3.73	8.17	5.50	0.98
Ruoti	55	tr30	18.70	376.65	378.67	378.51	379.13	0.011913	2.99	6.25	4.86	0.84
Ruoti	54	tr200	30.50	376.66	379.08	378.95	379.66	0.012227	3.38	9.01	6.17	0.89
Ruoti	54	tr30	18.70	376.66	378.67	378.46	379.07	0.010277	2.81	6.66	5.34	0.80
Ruoti	53	tr200	30.50	376.58	378.90	378.90	379.58	0.015102	3.65	8.37	6.50	0.99
Ruoti	53	tr30	18.70	376.58	378.62	378.43	379.02	0.010287	2.79	6.71	5.52	0.81
Ruoti	52	tr200	30.50	376.34	378.90	378.90	379.47	0.011181	3.38	9.53	9.81	0.85
Ruoti	52	tr30	18.70	376.34	378.60	378.28	378.95	0.008427	2.62	7.16	6.08	0.72
Ruoti	51	tr200	30.50	376.28	379.05	378.85	379.37	0.005424	2.65	13.38	15.61	0.62
Ruoti	51	tr30	18.70	376.28	378.62	378.22	378.91	0.006207	2.38	8.16	8.70	0.63
Ruoti	50	tr200	30.50	376.10	379.12	378.56	379.32	0.002885	2.11	17.23	18.48	0.47
Ruoti	50	tr30	18.70	376.10	378.68	378.00	378.86	0.003214	1.90	10.59	11.54	0.47
Ruoti	49.9		Inl Struct									
Ruoti	49	tr200	30.50	376.51	378.82	378.82	379.27	0.008235	3.08	11.12	13.71	0.79
Ruoti	49	tr30	18.70	376.51	378.26	378.26	378.78	0.015252	3.20	5.84	5.80	1.00
Ruoti	48	tr200	30.50	376.06	378.05	378.41	379.20	0.030131	4.74	6.43	5.25	1.37
Ruoti	48	tr30	18.70	376.06	377.50	377.89	378.71	0.044899	4.88	3.83	4.14	1.62
Ruoti	47	tr200	30.50	376.11	378.52	378.52	379.02	0.009438	3.23	10.30	11.76	0.81
Ruoti	47	tr30	18.70	376.11	377.78	377.90	378.48	0.021761	3.71	5.04	4.75	1.15
Ruoti	46	tr200	30.50	376.24	378.08	378.35	378.95	0.020378	4.12	7.47	7.15	1.18
Ruoti	46	tr30	18.70	376.24	377.60	377.81	378.40	0.026530	3.95	4.73	5.03	1.30
Ruoti	45	tr200	30.50	375.87	377.70	378.09	378.91	0.032003	4.86	6.27	5.34	1.43
Ruoti	45	tr30	18.70	375.87	377.23	377.59	378.36	0.040972	4.70	3.98	4.39	1.58
Ruoti	44	tr200	30.50	375.72	377.55	377.97	378.78	0.034284	4.91	6.21	5.68	1.50
Ruoti	44	tr30	18.70	375.72	377.16	377.48	378.18	0.037265	4.48	4.17	4.71	1.52
Ruoti	43	tr200	30.50	375.41	376.99	377.53	378.65	0.050002	5.70	5.35	5.11	1.78
Ruoti	43	tr30	18.70	375.41	376.60	377.06	378.04	0.058320	5.32	3.52	4.28	1.87
Ruoti	42	tr200	30.50	375.47	377.07	377.56	378.46	0.041107	5.22	5.84	5.75	1.65
Ruoti	42	tr30	18.70	375.47	376.74	377.09	377.82	0.041226	4.61	4.06	4.88	1.62
Ruoti	41	tr200	30.50	375.42	377.70	377.63	378.20	0.009258	3.20	10.12	10.80	0.82
Ruoti	41	tr30	18.70	375.42	377.34	377.09	377.69	0.008520	2.61	7.17	6.16	0.75
Ruoti	40	tr200	30.50	375.31	377.79	377.62	378.14	0.005719	2.76	12.76	14.35	0.65
Ruoti	40	tr30	18.70	375.31	377.34	377.04	377.66	0.006952	2.52	7.70	8.25	0.69
Ruoti	39	tr200	30.50	375.14	377.59	377.59	378.09	0.009017	3.24	10.44	11.75	0.78
Ruoti	39	tr30	18.70	375.14	377.32	376.93	377.63	0.006721	2.50	7.73	7.97	0.66

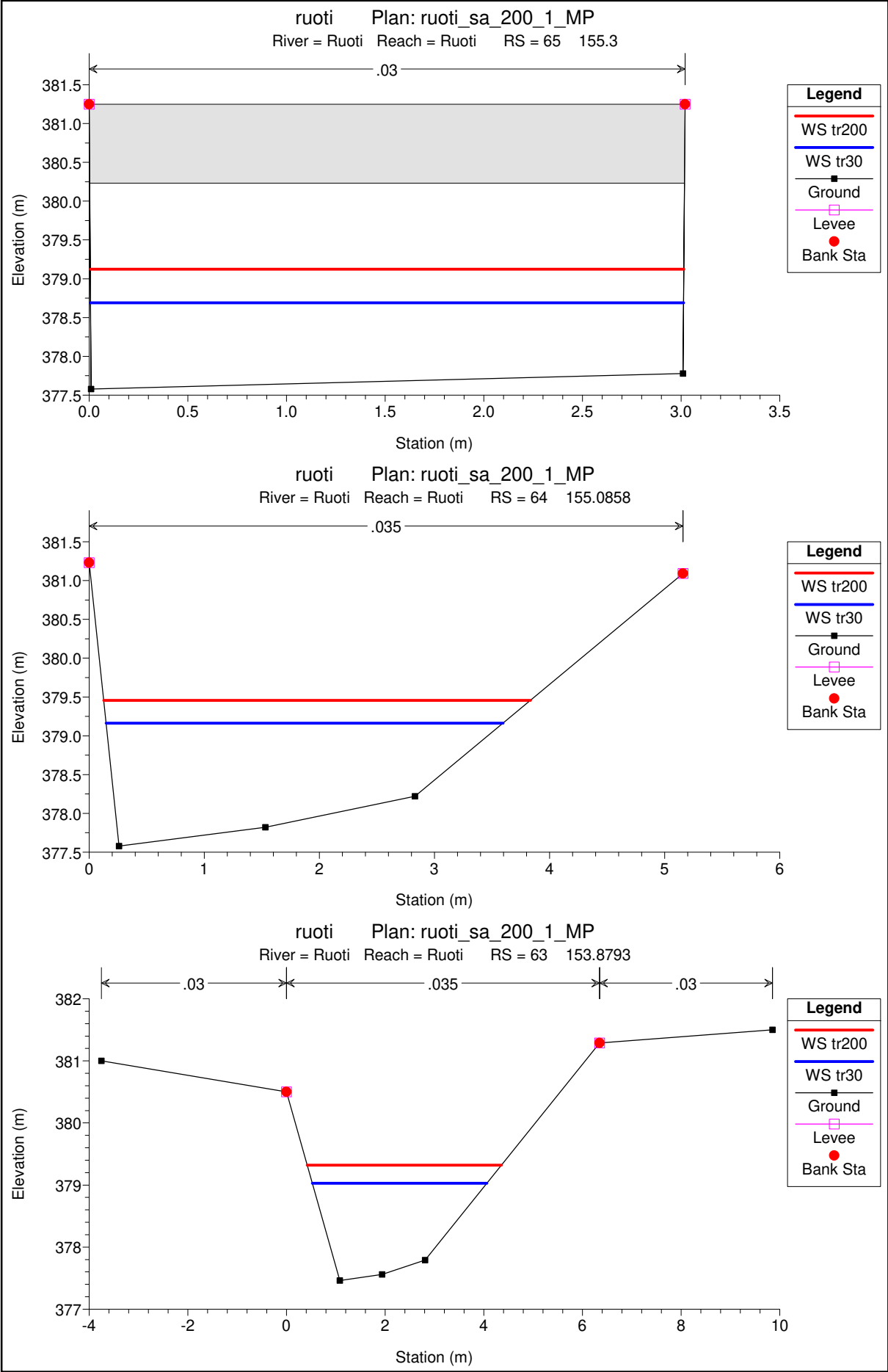


HEC-RAS Plan: ruoti\_sa\_MP River: Ruoti Reach: Ruoti (Continued)

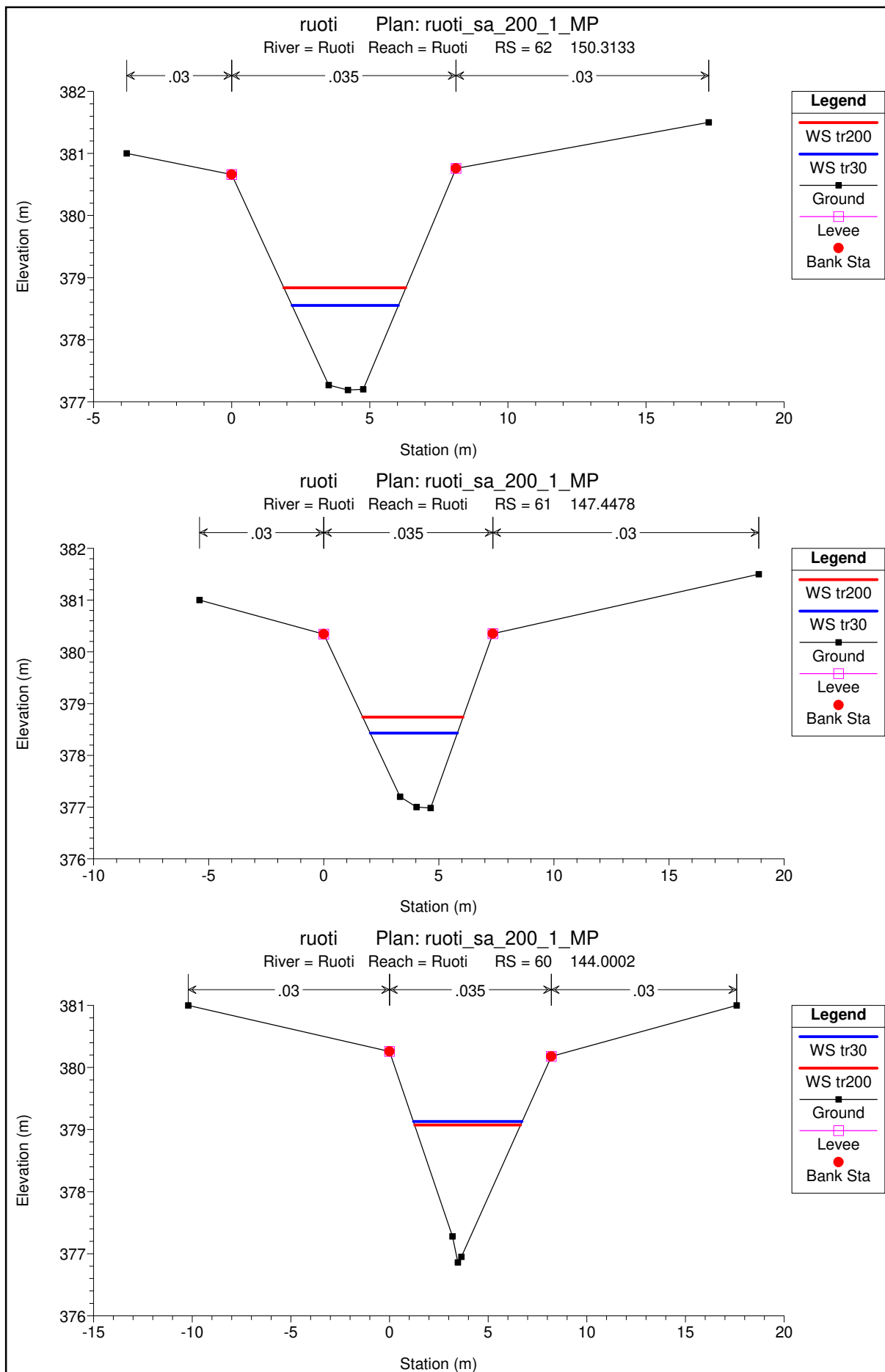
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Ruoti	38	tr200	30.50	375.13	377.67	377.53	378.01	0.005797	2.78	12.92	14.57	0.64
Ruoti	38	tr30	18.70	375.13	377.33	376.89	377.60	0.005275	2.33	8.74	10.17	0.59
Ruoti	37	tr200	30.50	375.22	377.56	377.56	377.99	0.007788	3.11	11.55	13.97	0.75
Ruoti	37	tr30	18.70	375.22	377.07	377.07	377.56	0.011975	3.11	6.27	7.67	0.88
Ruoti	36	tr200	30.50	374.94	377.32	377.48	377.97	0.012737	3.69	9.17	10.86	0.92
Ruoti	36	tr30	18.70	374.94	376.63	376.86	377.51	0.029237	4.17	4.49	4.28	1.30
Ruoti	35	tr200	30.50	374.74	377.08	377.37	377.95	0.018609	4.15	7.62	7.76	1.07
Ruoti	35	tr30	18.70	374.74	376.32	376.68	377.48	0.040785	4.76	3.93	3.83	1.50
Ruoti	34	tr200	30.50	374.63	376.86	377.27	377.90	0.025073	4.50	6.79	5.20	1.20
Ruoti	34	tr30	18.70	374.63	376.15	376.55	377.41	0.045220	4.96	3.77	3.69	1.56
Ruoti	33	tr200	30.50	374.48	376.46	376.91	377.76	0.034690	5.05	6.04	4.58	1.41
Ruoti	33	tr30	18.70	374.48	375.88	376.31	377.22	0.050259	5.13	3.65	3.72	1.65
Ruoti	32	tr200	30.50	374.51	376.70	376.94	377.55	0.019353	4.09	7.51	6.28	1.11
Ruoti	32	tr30	18.70	374.51	376.56	376.33	376.96	0.009982	2.79	6.70	5.24	0.79
Ruoti	31	tr200	30.50	374.39	376.27	376.64	377.48	0.031630	4.87	6.27	5.22	1.42
Ruoti	31	tr30	18.70	374.39	376.65	376.15	376.90	0.005270	2.24	8.42	6.64	0.59
Ruoti	30	tr200	30.50	374.38	376.90	376.90	377.40	0.008883	3.20	10.57	12.15	0.78
Ruoti	30	tr30	18.70	374.38	376.47	376.27	376.88	0.010305	2.83	6.62	5.98	0.80
Ruoti	29	tr200	30.50	374.30	376.76	376.89	377.35	0.011377	3.47	9.68	12.02	0.88
Ruoti	29	tr30	18.70	374.30	376.25	376.25	376.81	0.016117	3.31	5.66	4.96	0.99
Ruoti	28	tr200	30.50	374.18	376.44	376.75	377.28	0.018427	4.07	7.81	9.03	1.10
Ruoti	28	tr30	18.70	374.18	376.34	376.12	376.72	0.009225	2.73	6.95	7.20	0.77
Ruoti	27	tr200	30.50	374.33	376.43	376.69	377.19	0.016676	3.99	8.40	11.00	1.06
Ruoti	27	tr30	18.70	374.33	376.19	376.18	376.67	0.012603	3.10	6.24	7.22	0.90
Ruoti	26	tr200	30.50	374.35	376.31	376.59	377.13	0.019728	4.22	8.16	10.88	1.13
Ruoti	26	tr30	18.70	374.35	376.20	376.20	376.60	0.010407	2.92	7.10	9.36	0.81
Ruoti	25	tr200	30.50	374.42	376.08	376.43	377.06	0.025932	4.60	7.38	9.89	1.34
Ruoti	25	tr30	18.70	374.42	375.85	376.08	376.54	0.021256	3.77	5.32	7.77	1.19
Ruoti	24	tr200	30.50	374.11	375.83	376.27	377.03	0.030340	4.93	6.54	7.70	1.39
Ruoti	24	tr30	18.70	374.11	375.40	375.81	376.49	0.038999	4.63	4.04	4.24	1.52
Ruoti	23	tr200	30.50	373.72	375.48	376.08	376.99	0.042092	5.45	5.60	4.68	1.55
Ruoti	23	tr30	18.70	373.72	374.96	375.44	376.44	0.058372	5.39	3.47	3.77	1.79
Ruoti	22	tr200	30.50	373.40	375.30	375.98	376.96	0.047844	5.71	5.34	4.27	1.63
Ruoti	22	tr30	18.70	373.40	374.78	375.31	376.41	0.065031	5.67	3.30	3.49	1.86
Ruoti	21	tr200	30.50	373.57	375.08	375.78	376.88	0.053017	5.95	5.13	4.52	1.78
Ruoti	21	tr30	18.70	373.57	374.64	375.16	376.32	0.070567	5.74	3.26	4.02	2.04
Ruoti	20	tr200	30.50	373.60	375.37	375.88	376.67	0.032544	5.06	6.13	6.12	1.42
Ruoti	20	tr30	18.70	373.60	374.87	375.27	376.10	0.044643	4.92	3.80	4.05	1.62
Ruoti	19	tr200	30.50	372.96	375.25	375.81	376.62	0.036985	5.18	5.90	4.67	1.40
Ruoti	19	tr30	18.70	372.96	374.65	375.09	376.02	0.051804	5.19	3.60	3.41	1.61
Ruoti	18	tr200	30.50	373.19	375.11	375.63	376.47	0.036819	5.16	5.91	4.73	1.48
Ruoti	18	tr30	18.70	373.19	375.50	375.02	375.78	0.006042	2.37	8.10	7.16	0.61
Ruoti	17	tr200	30.50	373.18	375.73	375.73	376.16	0.008713	3.13	11.38	13.83	0.73
Ruoti	17	tr30	18.70	373.18	375.23	375.23	375.71	0.012618	3.14	6.33	7.06	0.84
Ruoti	16	tr200	30.50	373.16	375.43	375.63	376.11	0.014042	3.77	8.95	10.67	0.94
Ruoti	16	tr30	18.70	373.16	374.82	375.04	375.63	0.025324	3.99	4.69	4.19	1.20
Ruoti	15	tr200	30.50	373.08	375.13	375.47	376.04	0.021115	4.35	7.61	8.76	1.15
Ruoti	15	tr30	18.70	373.08	374.67	374.98	375.56	0.027917	4.17	4.51	4.83	1.27
Ruoti	14	tr200	30.50	373.05	375.02	375.39	375.97	0.022174	4.43	7.38	9.09	1.22
Ruoti	14	tr30	18.70	373.05	374.57	374.88	375.47	0.029603	4.20	4.45	4.66	1.34
Ruoti	13	tr200	30.50	373.11	374.93	375.29	375.89	0.022393	4.47	7.51	10.72	1.24
Ruoti	13	tr30	18.70	373.11	374.74	374.86	375.30	0.015190	3.33	5.85	7.29	1.00
Ruoti	12	tr200	30.50	373.08	374.84	375.18	375.79	0.022687	4.53	7.74	12.32	1.26
Ruoti	12	tr30	18.70	373.08	374.68	374.85	375.23	0.014908	3.37	6.03	9.21	1.00
Ruoti	11	tr200	30.50	373.11	374.82	375.14	375.72	0.021353	4.45	8.10	13.18	1.23
Ruoti	11	tr30	18.70	373.11	374.70	374.83	375.18	0.012396	3.19	6.65	11.01	0.92

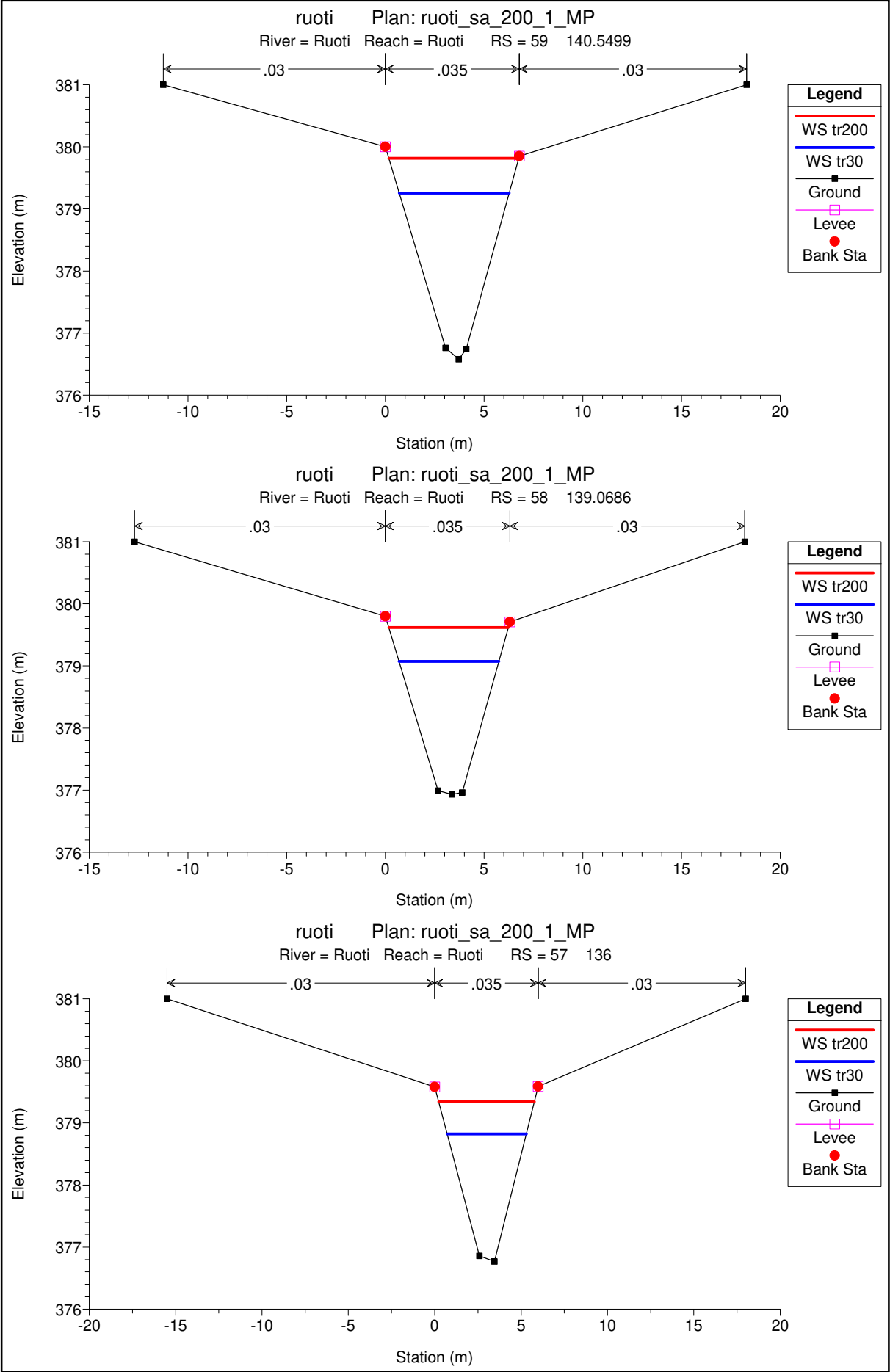
HEC-RAS Plan: ruoti\_sa\_MP River: Ruoti Reach: Ruoti (Continued)

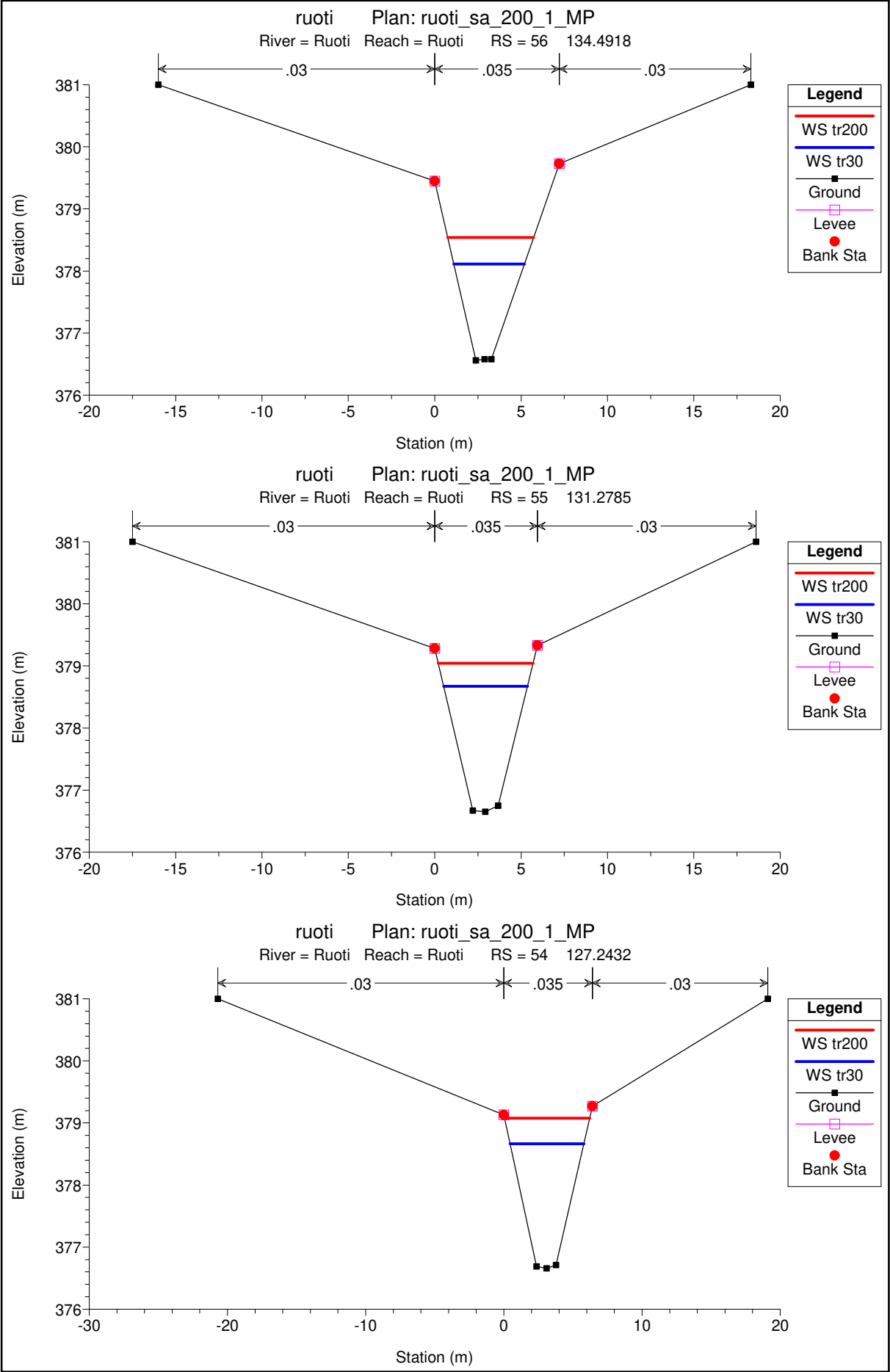
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Ruoti	10	tr200	30.50	373.17	374.45	374.83	375.62	0.034442	5.17	7.03	13.09	1.59
Ruoti	10	tr30	18.70	373.17	374.28	374.56	375.10	0.028653	4.19	5.02	10.09	1.41
Ruoti	9	tr200	30.50	372.78	374.35	374.77	375.61	0.034901	5.20	6.68	11.33	1.54
Ruoti	9	tr30	18.70	372.78	374.10	374.47	375.08	0.034813	4.42	4.41	7.06	1.48
Ruoti	8	tr200	30.50	372.79	374.27	374.73	375.59	0.034678	5.23	6.43	10.09	1.52
Ruoti	8	tr30	18.70	372.79	373.95	374.40	375.06	0.039804	4.65	4.05	5.31	1.56
Ruoti	7	tr200	30.50	372.33	374.08	374.65	375.57	0.039967	5.43	5.79	6.85	1.57
Ruoti	7	tr30	18.70	372.33	373.63	374.17	375.02	0.053469	5.22	3.58	3.96	1.75
Ruoti	6	tr200	30.50	372.76	374.04	374.47	375.44	0.042707	5.66	6.40	11.78	1.73
Ruoti	6	tr30	18.70	372.76	374.50	374.21	374.61	0.002628	1.78	13.46	18.89	0.46
Ruoti	5	tr200	30.50	372.88	374.85	374.09	374.91	0.000851	1.17	30.26	28.32	0.29
Ruoti	5	tr30	18.70	372.88	374.55	373.85	374.59	0.000744	0.96	22.19	24.40	0.26
Ruoti	4	tr200	30.50	372.85	374.85	374.05	374.91	0.000831	1.18	29.87	26.35	0.29
Ruoti	4	tr30	18.70	372.85	374.55	373.82	374.59	0.000698	0.95	22.34	23.11	0.25
Ruoti	3	tr200	30.50	372.34	374.78	374.37	374.90	0.002009	1.83	21.77	25.43	0.41
Ruoti	3	tr30	18.70	372.34	374.48	374.00	374.58	0.001842	1.57	14.98	20.01	0.38
Ruoti	2	tr200	30.50	372.15	374.77	374.39	374.90	0.002269	1.91	20.88	24.82	0.43
Ruoti	2	tr30	18.70	372.15	374.47	374.03	374.58	0.002104	1.66	14.27	19.40	0.40
Ruoti	1	tr200	30.50	372.37	374.53	374.53	374.87	0.007516	3.03	13.88	19.79	0.72
Ruoti	1	tr30	18.70	372.37	374.22	374.22	374.54	0.008036	2.77	8.65	14.30	0.72
Ruoti	0	tr200	30.50	372.21	374.30	374.45	374.83	0.011831	3.63	11.30	17.64	0.90
Ruoti	0	tr30	18.70	372.21	374.00	374.15	374.50	0.012996	3.32	6.79	11.86	0.91

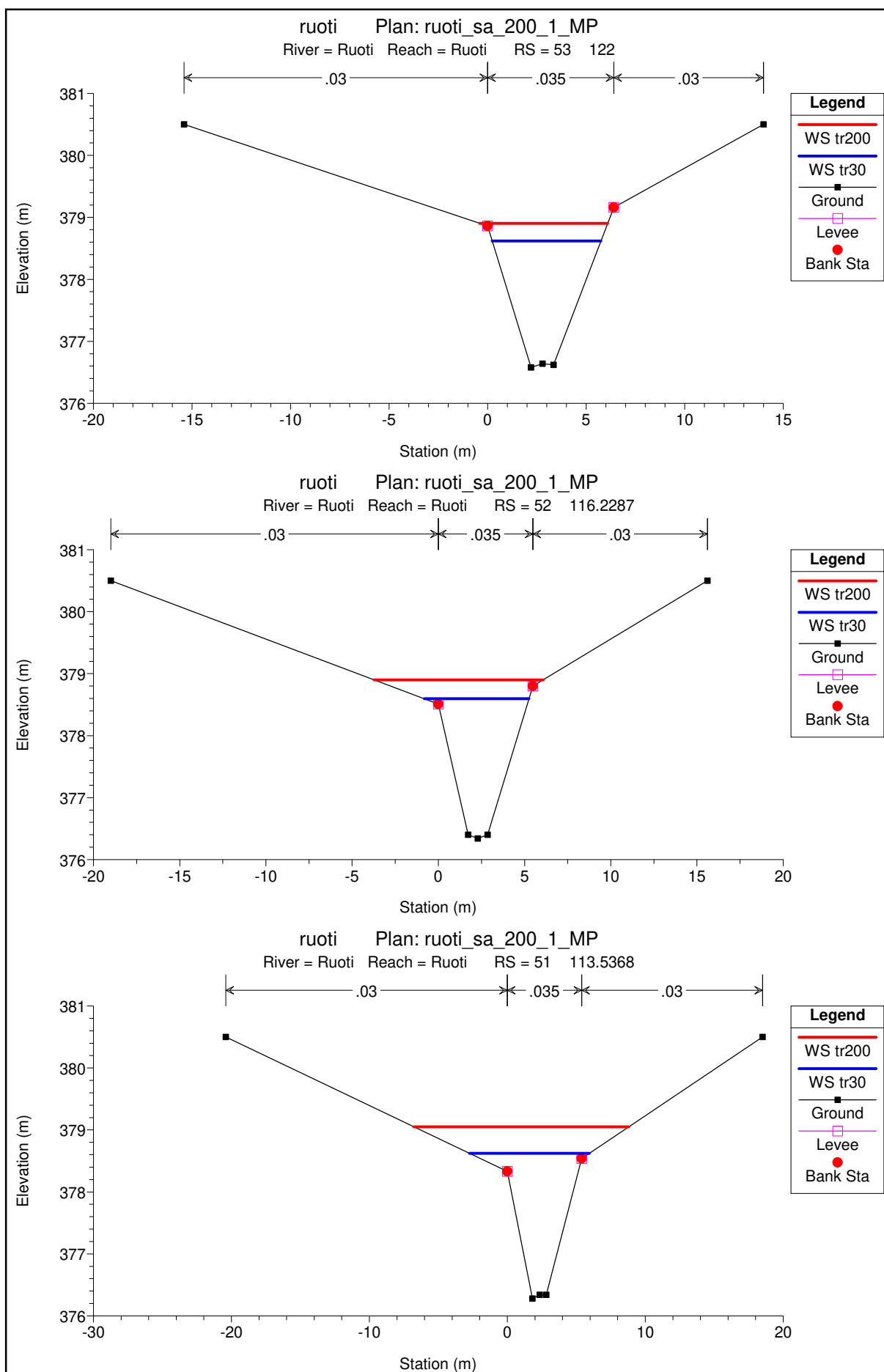




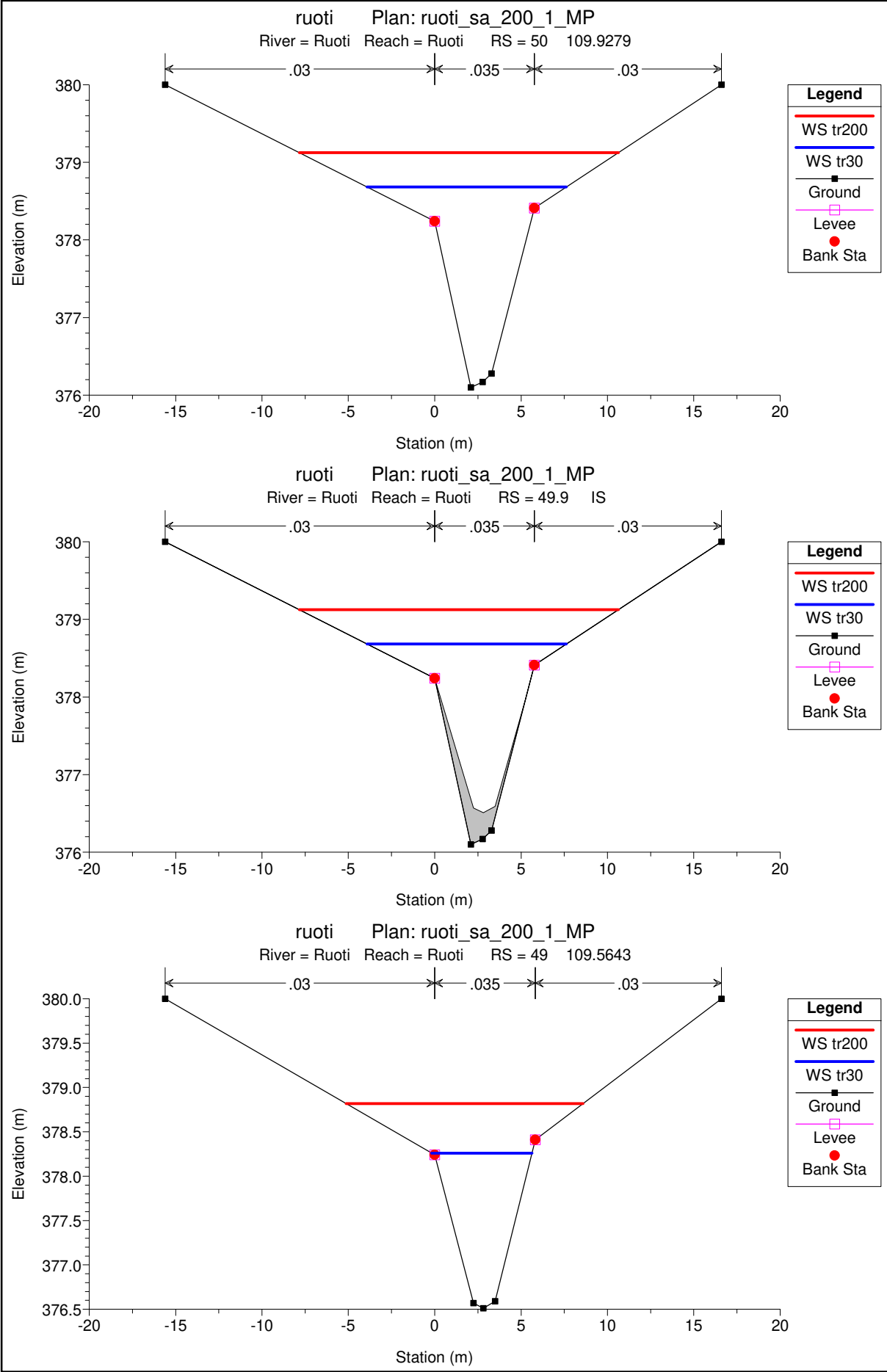


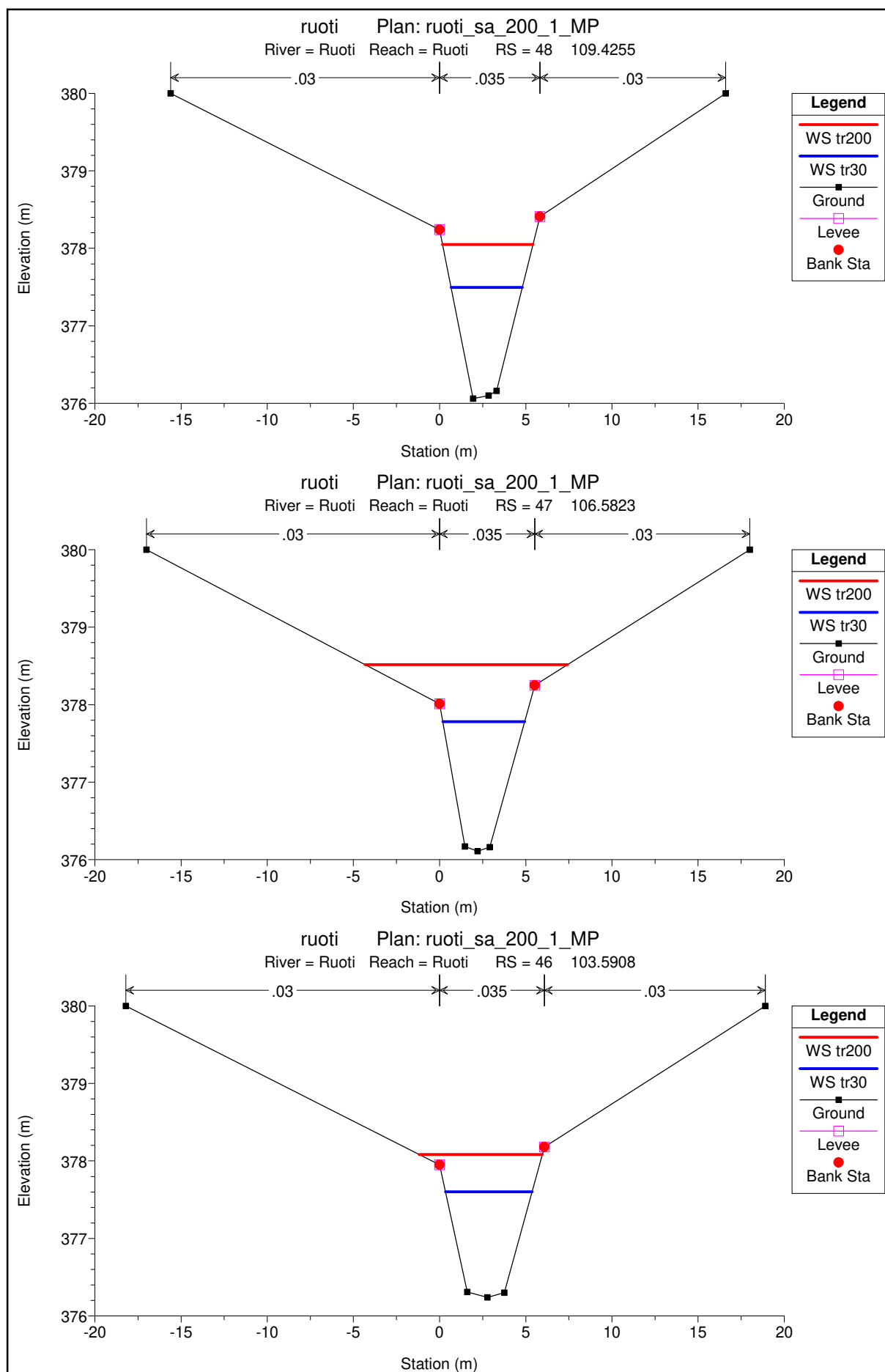


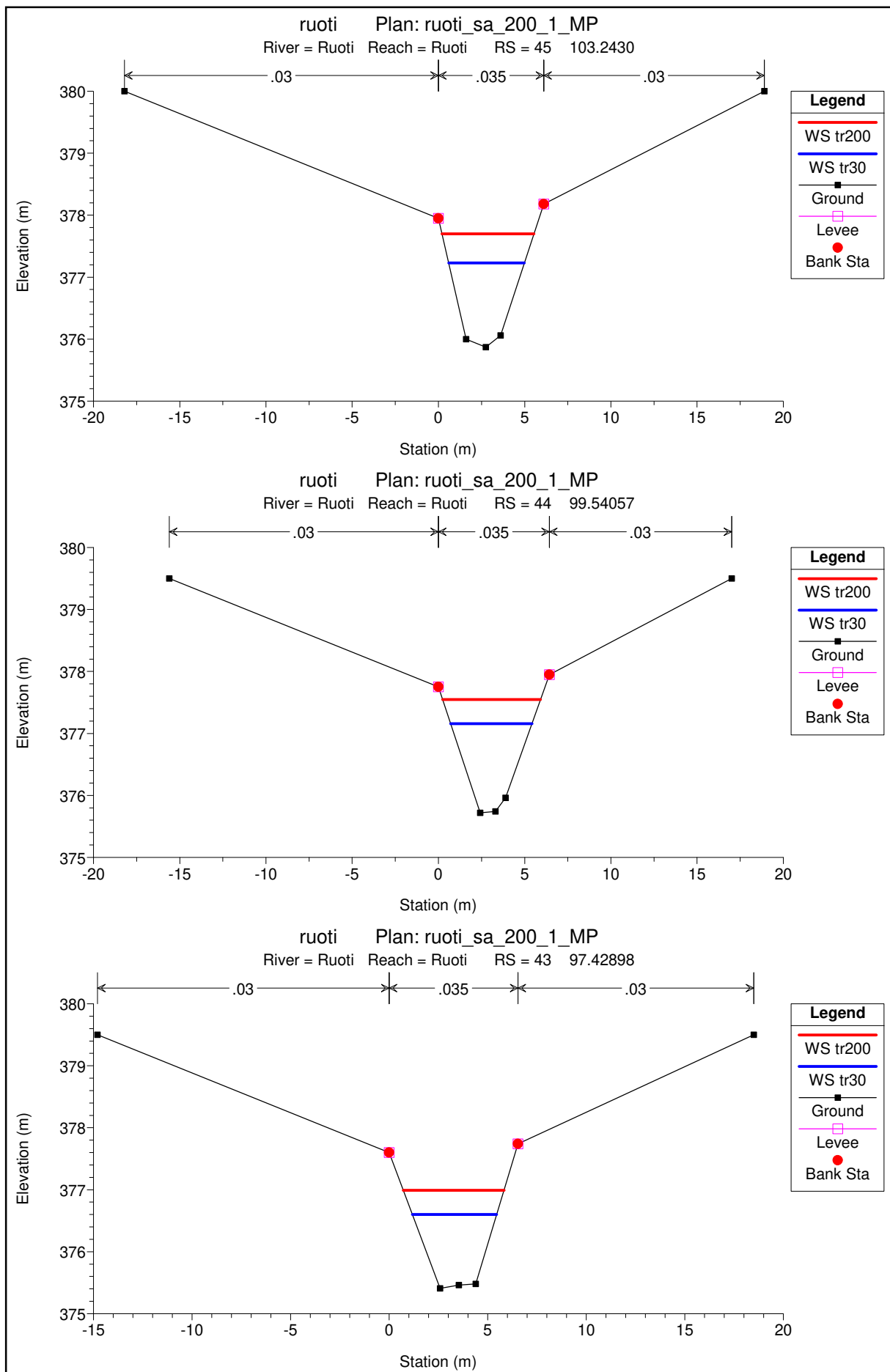


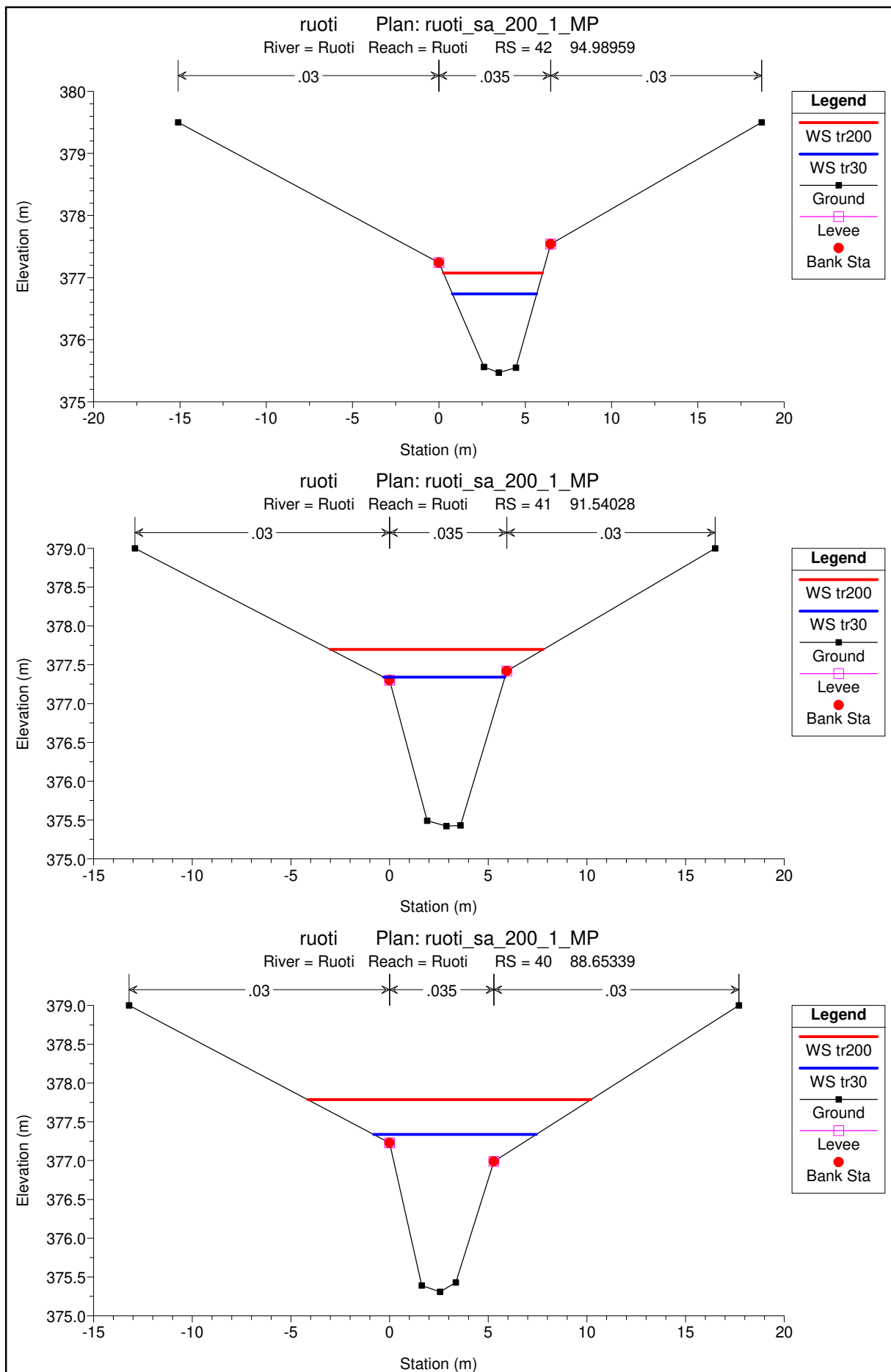




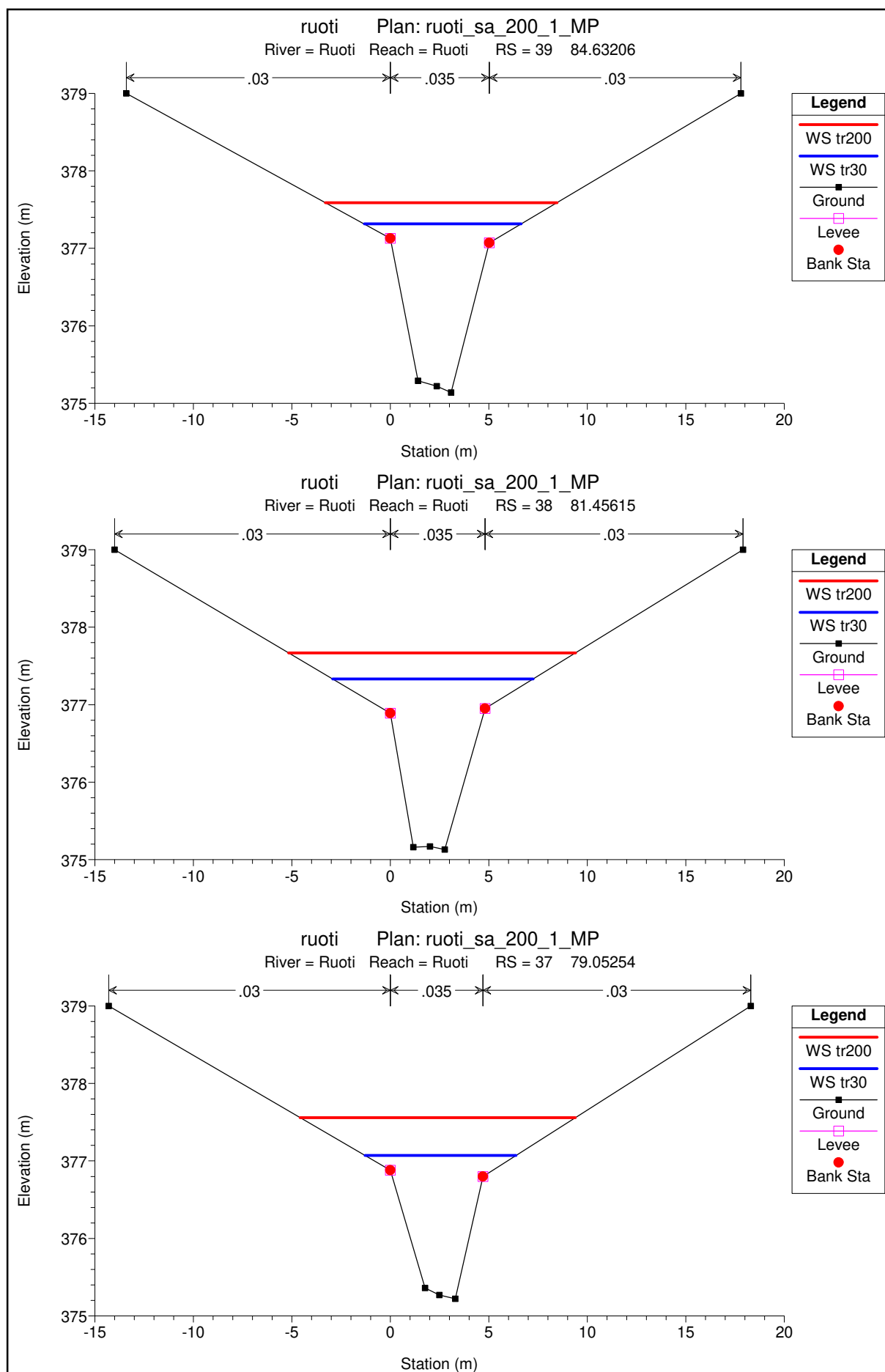


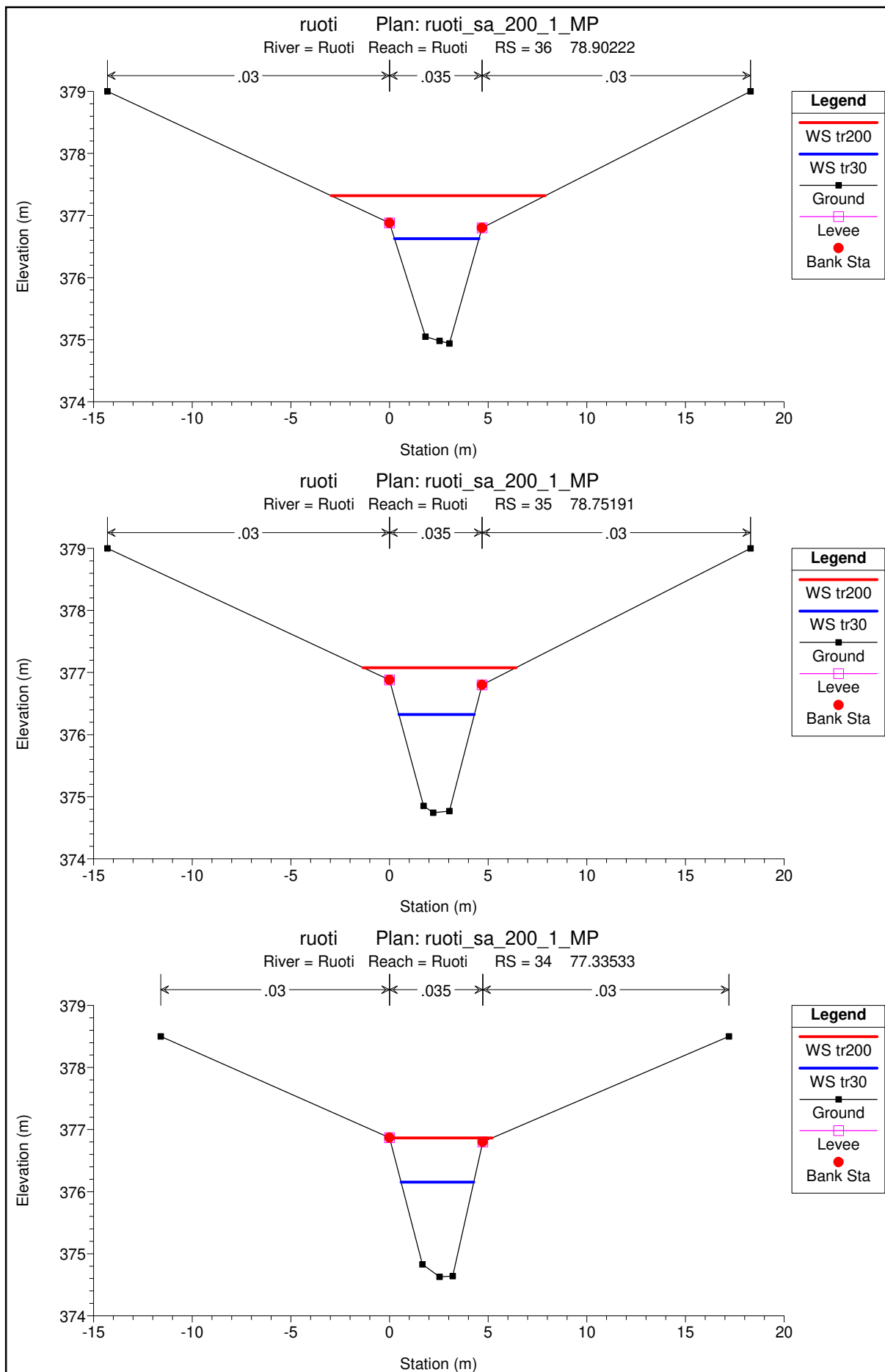


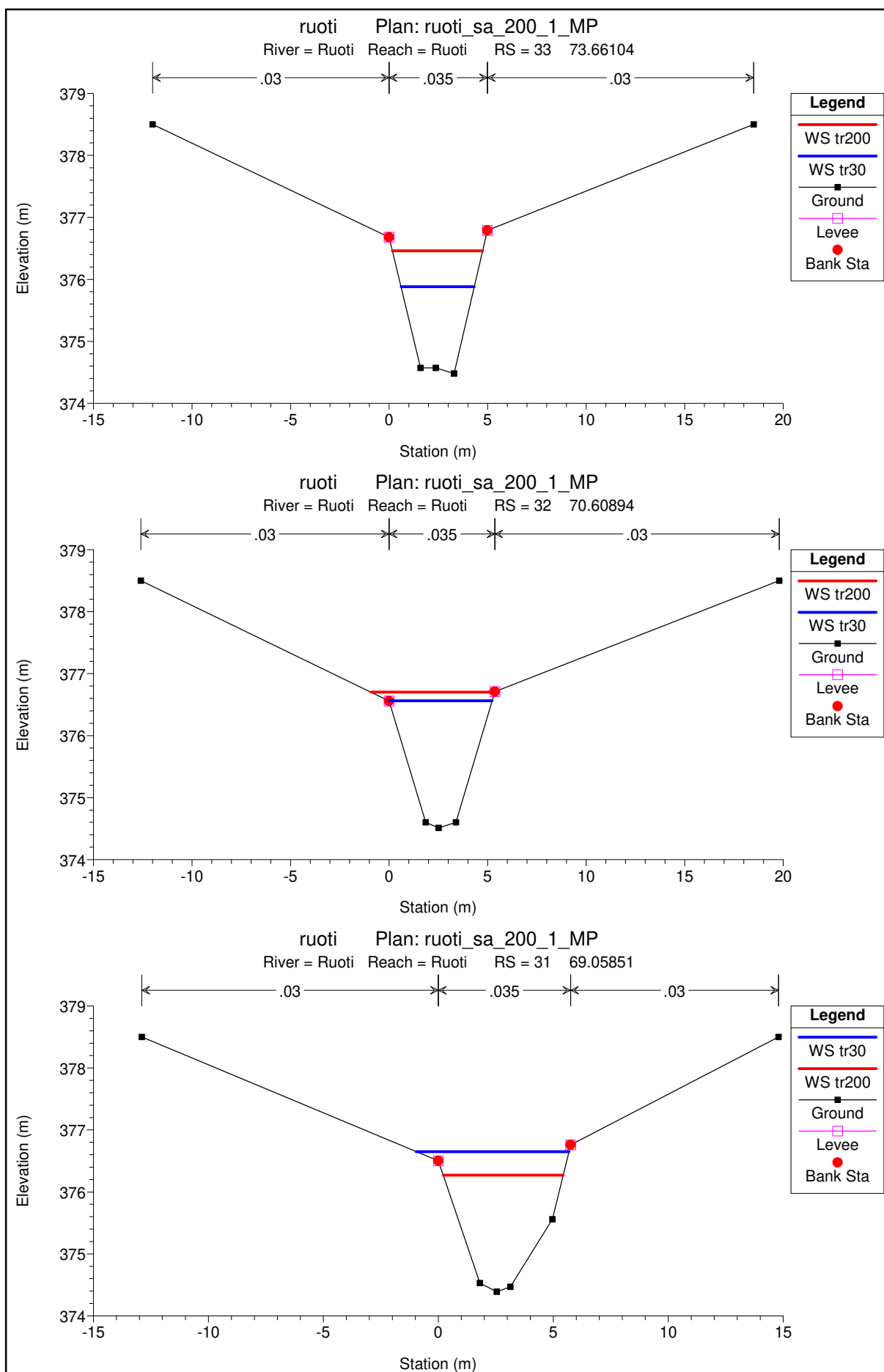


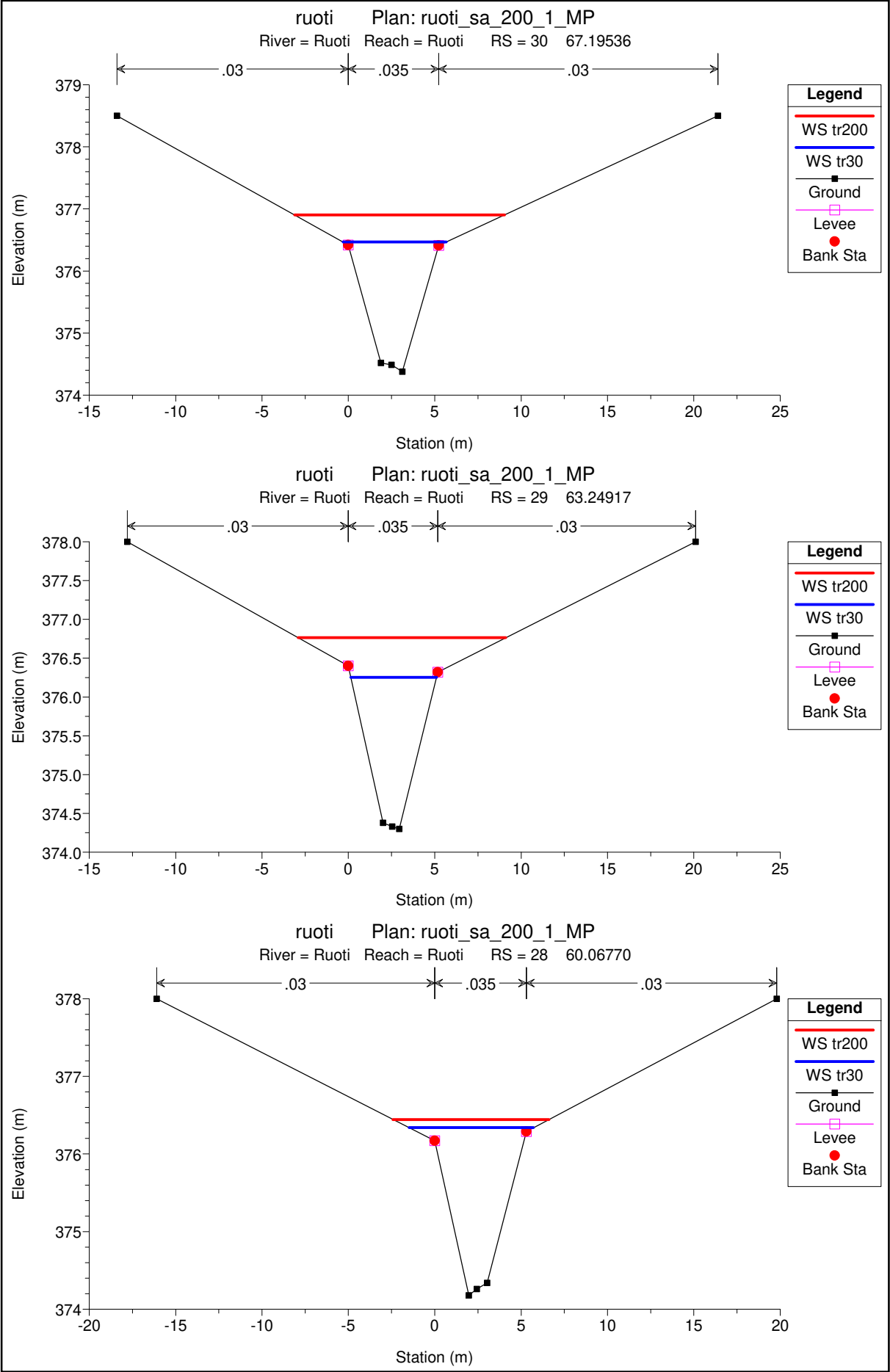




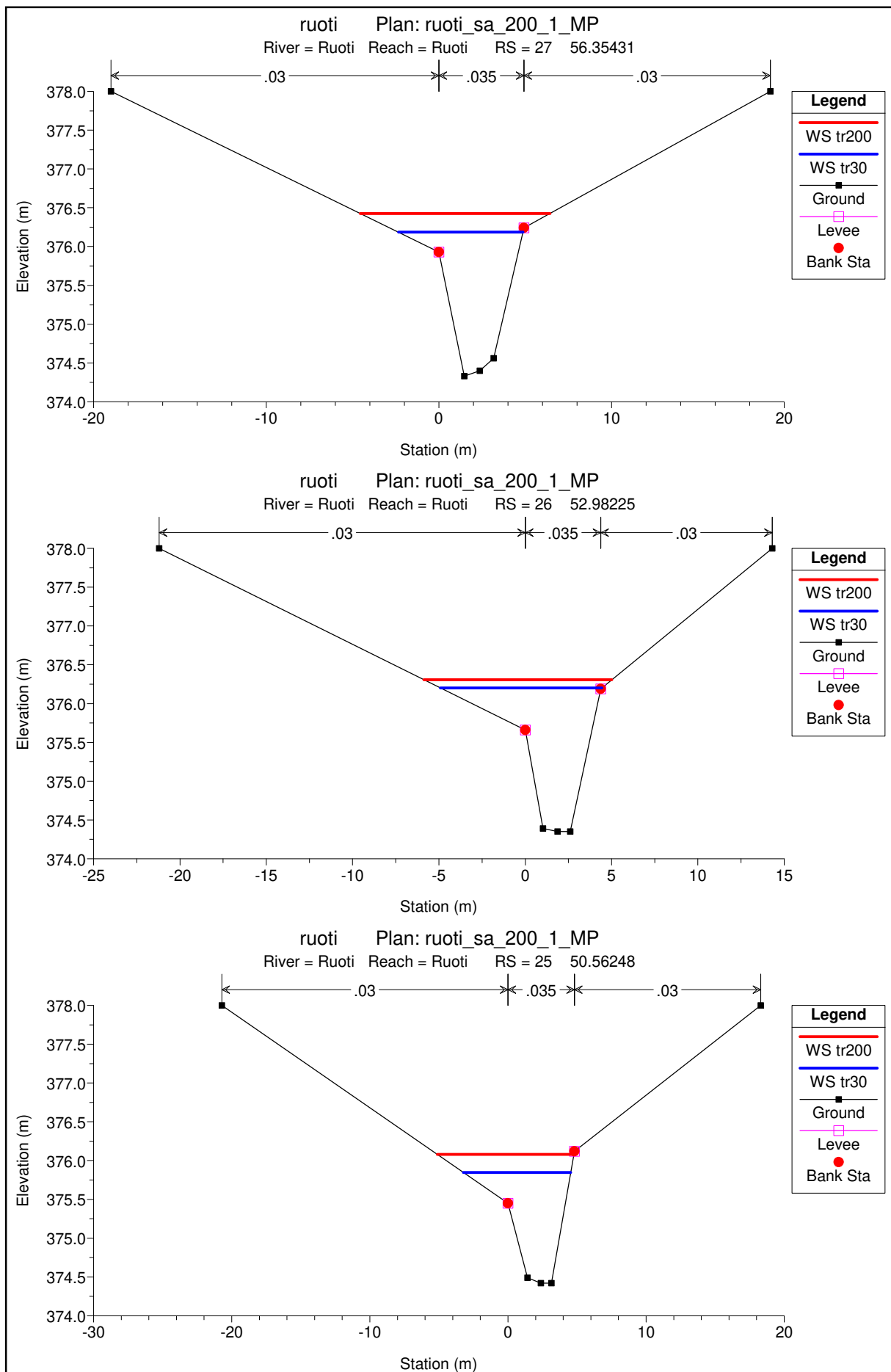


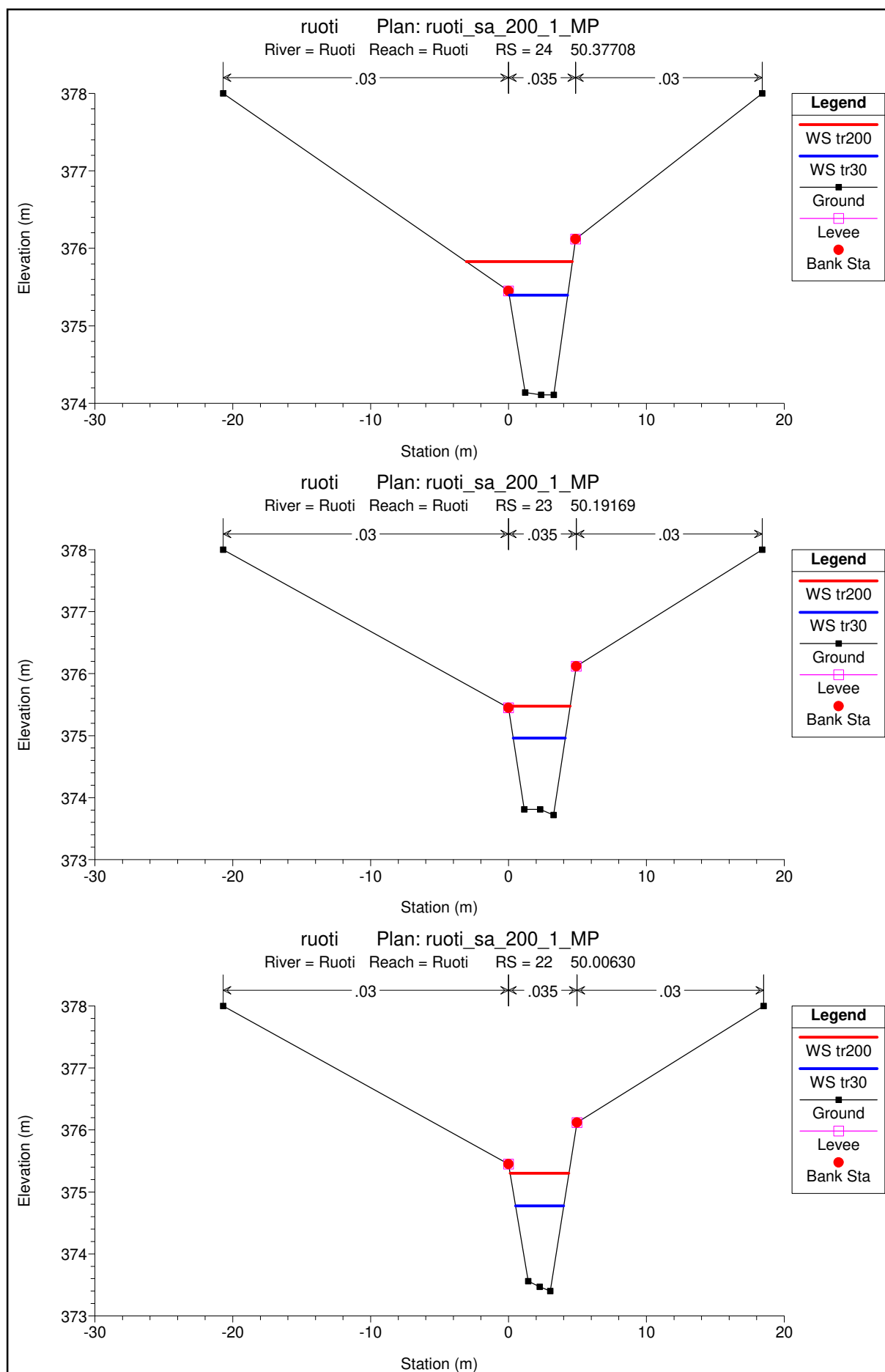


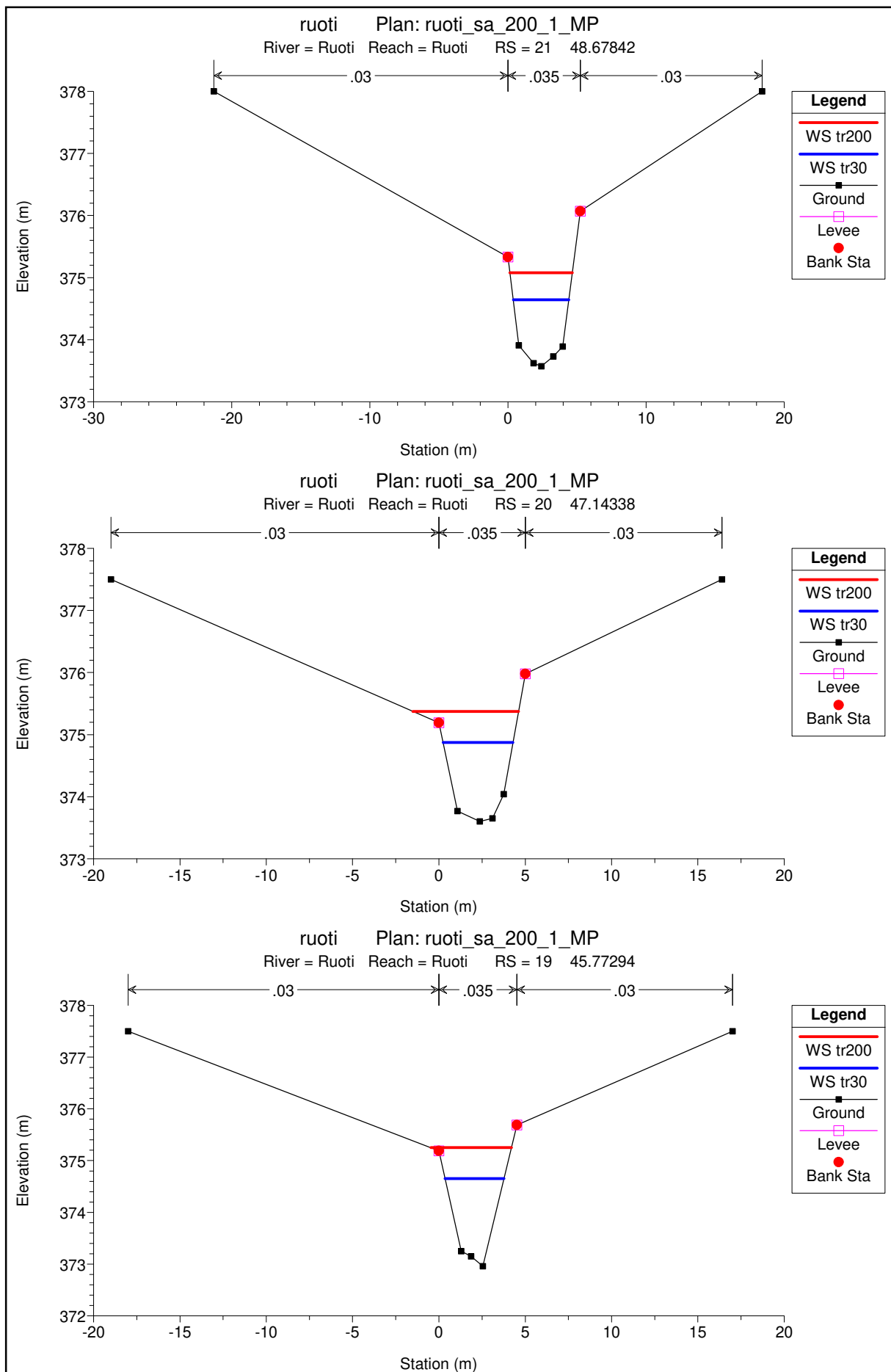


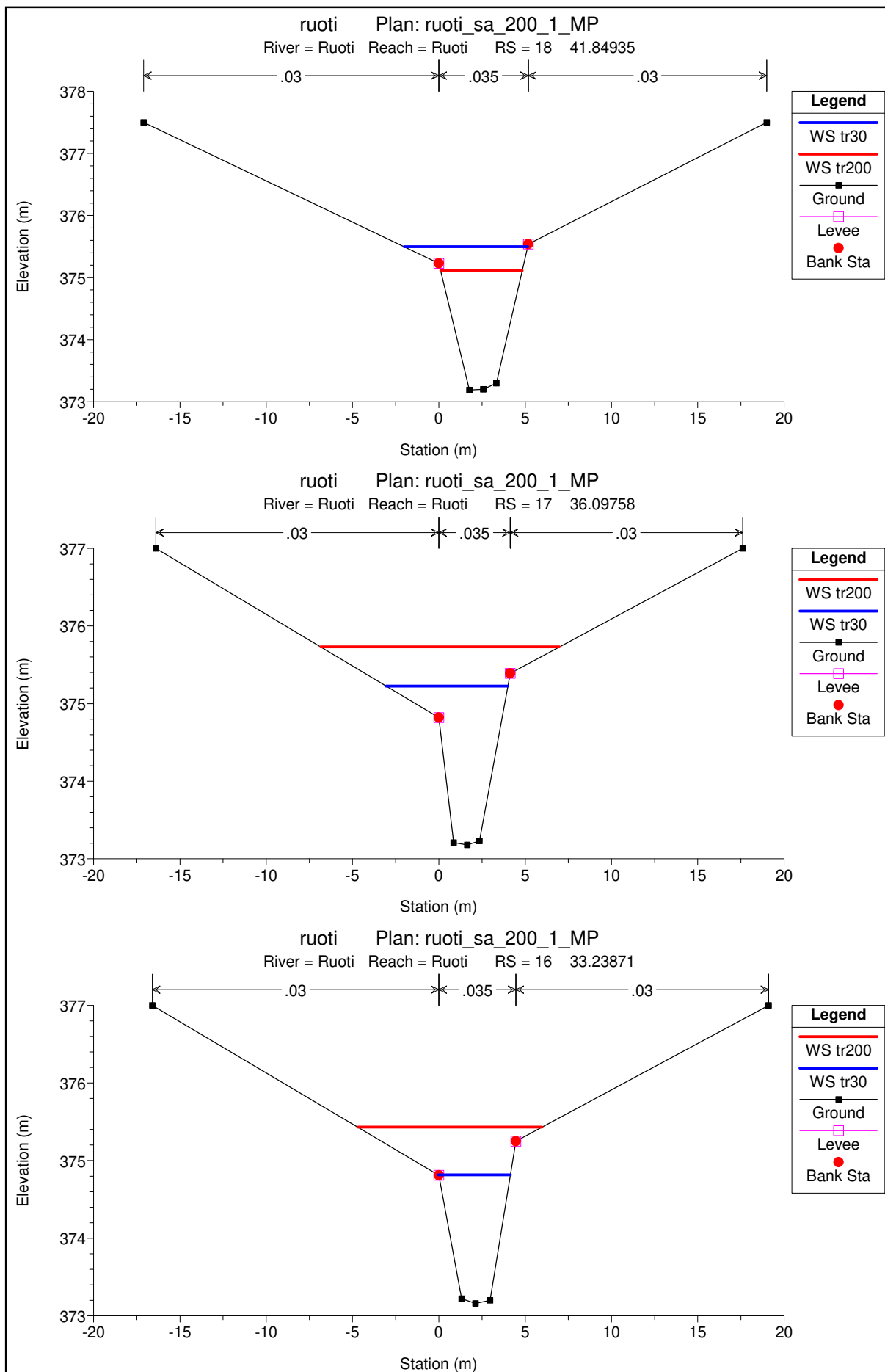


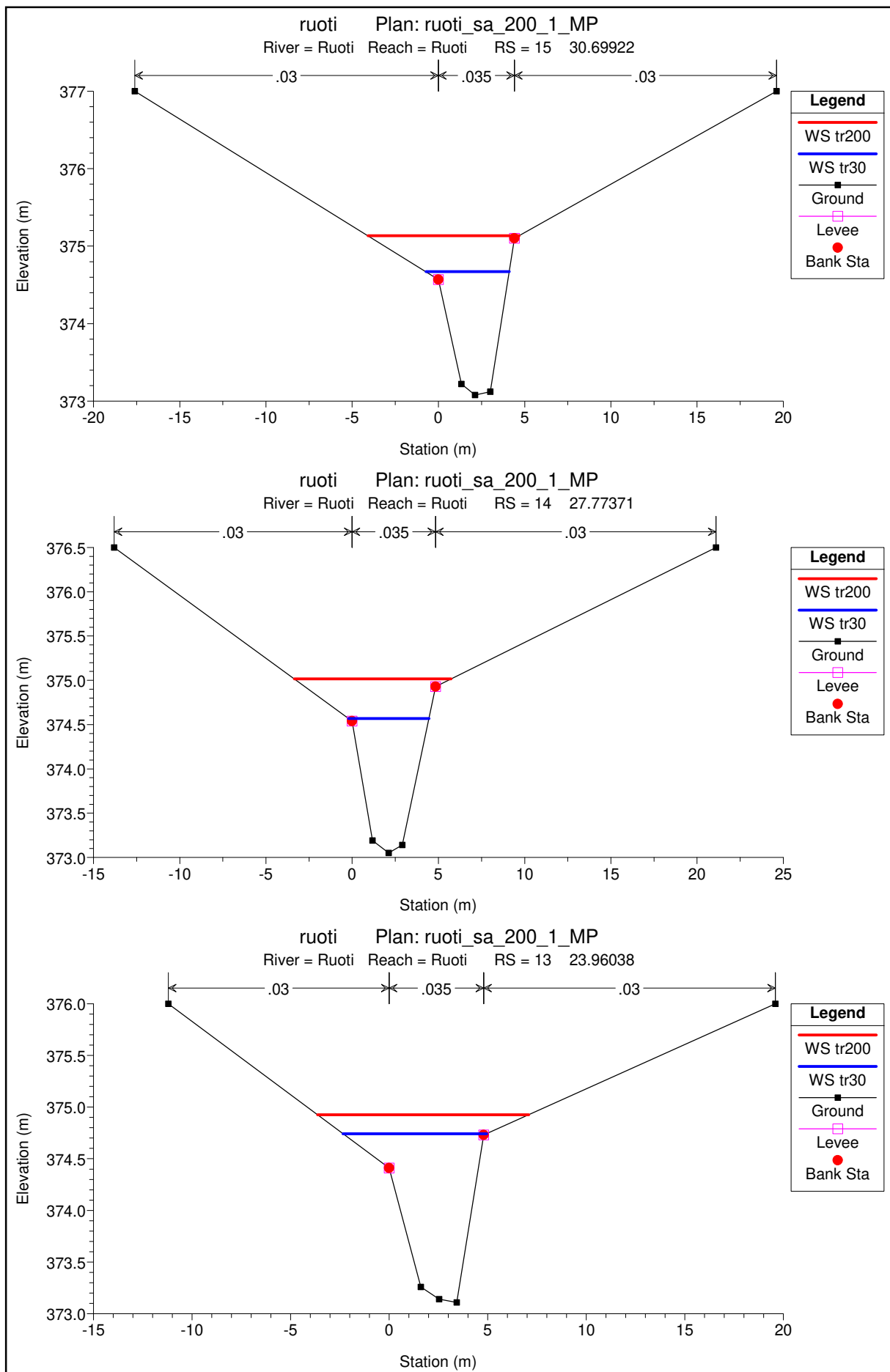




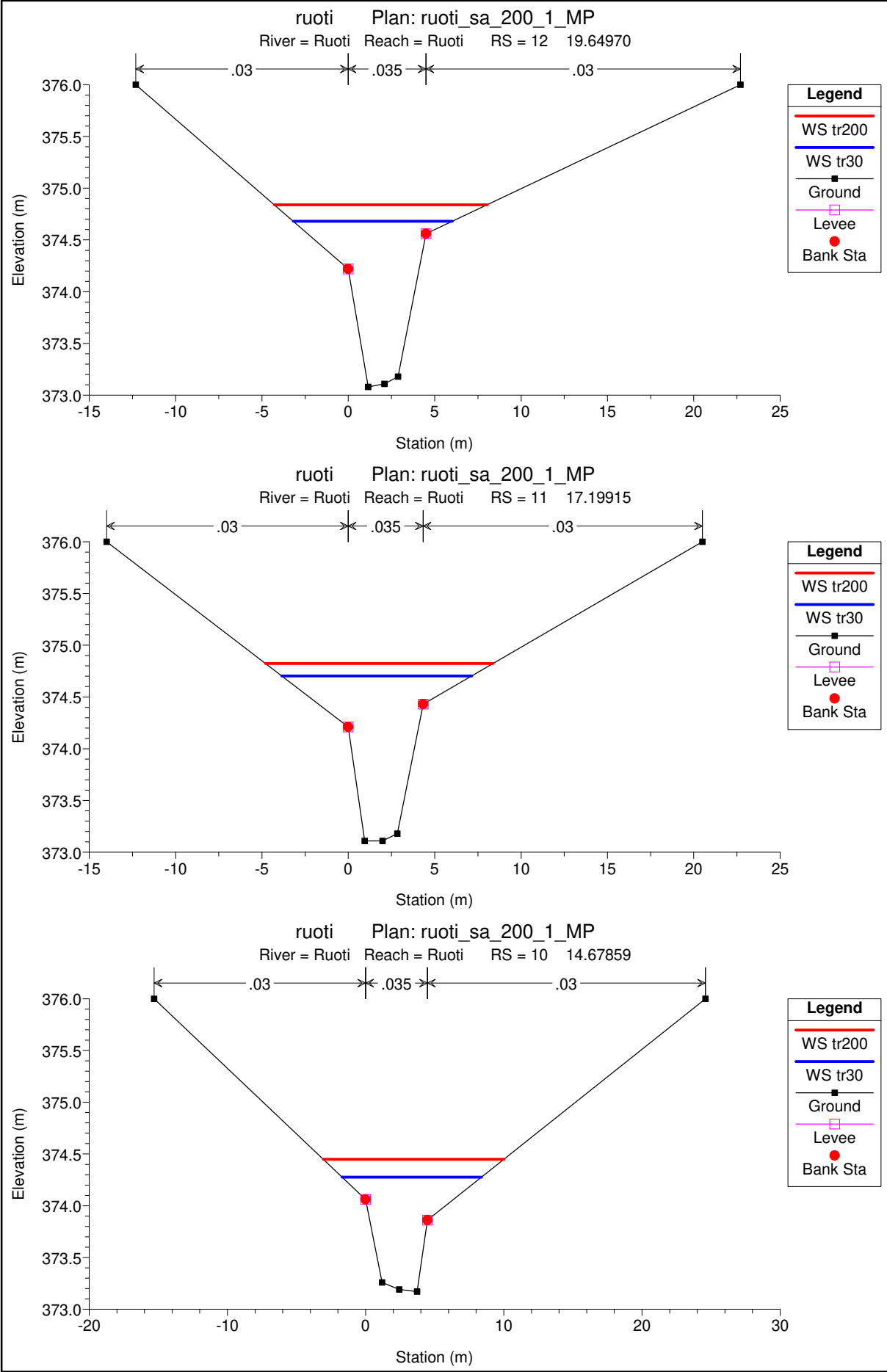


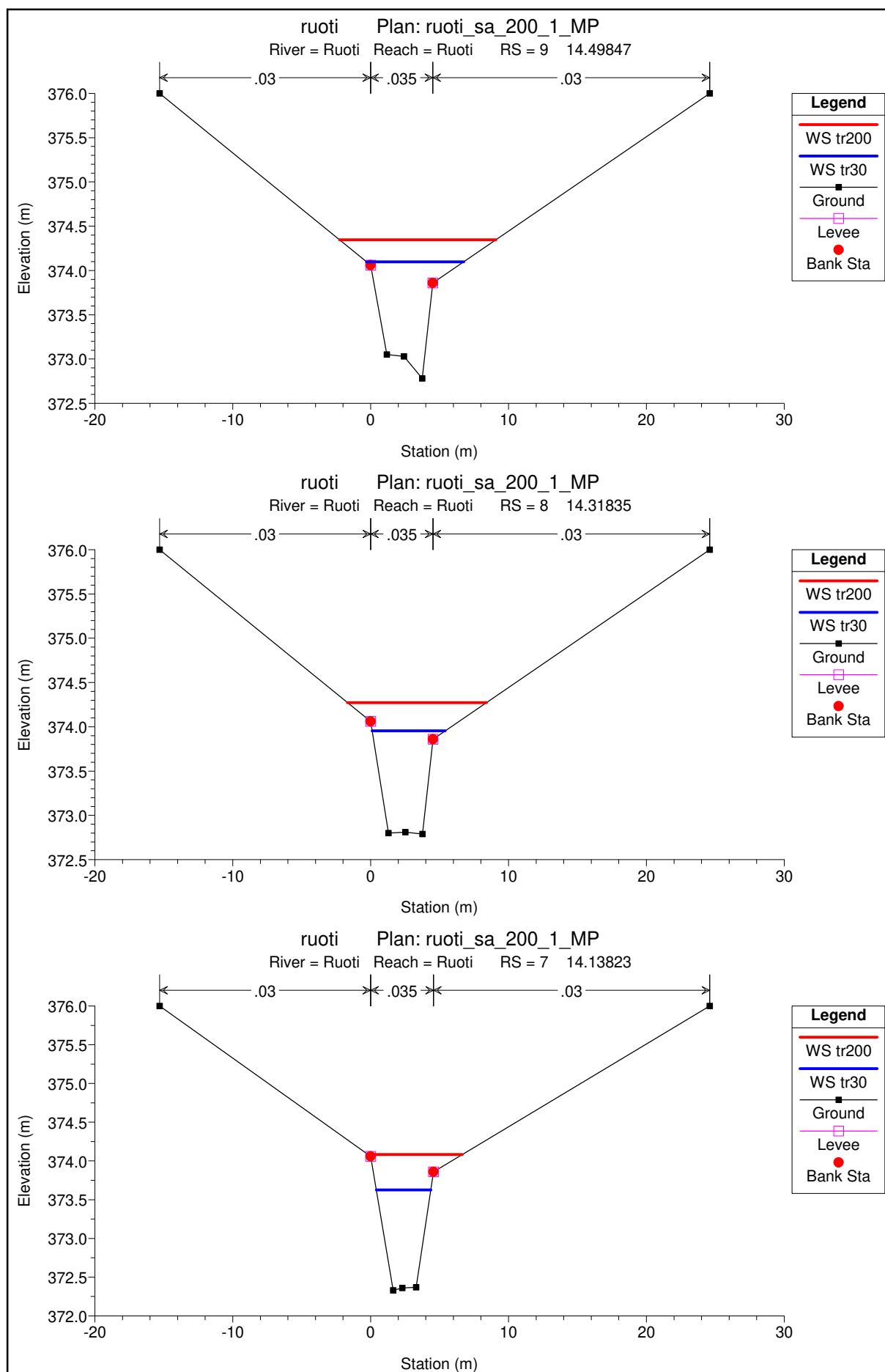


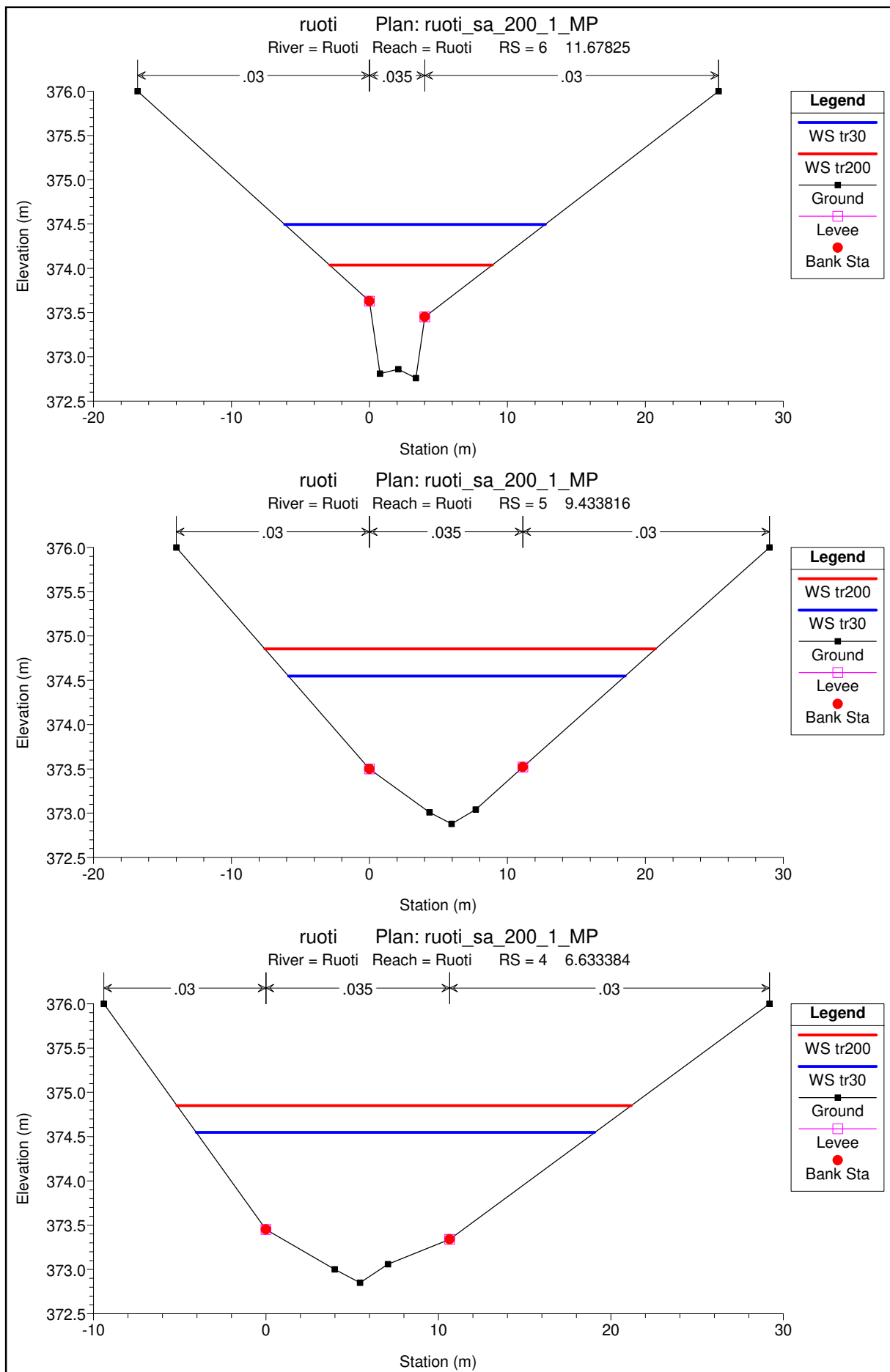


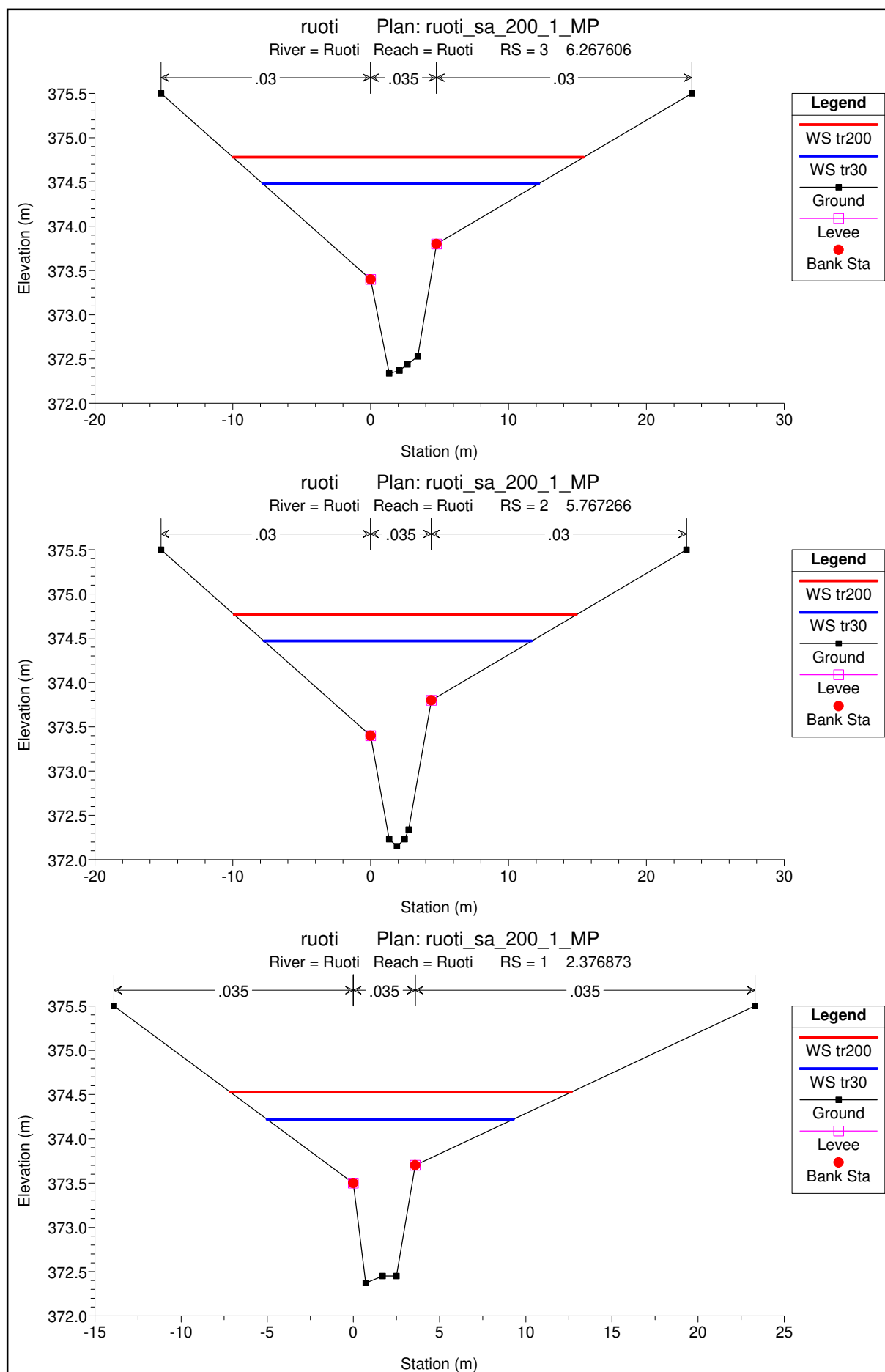


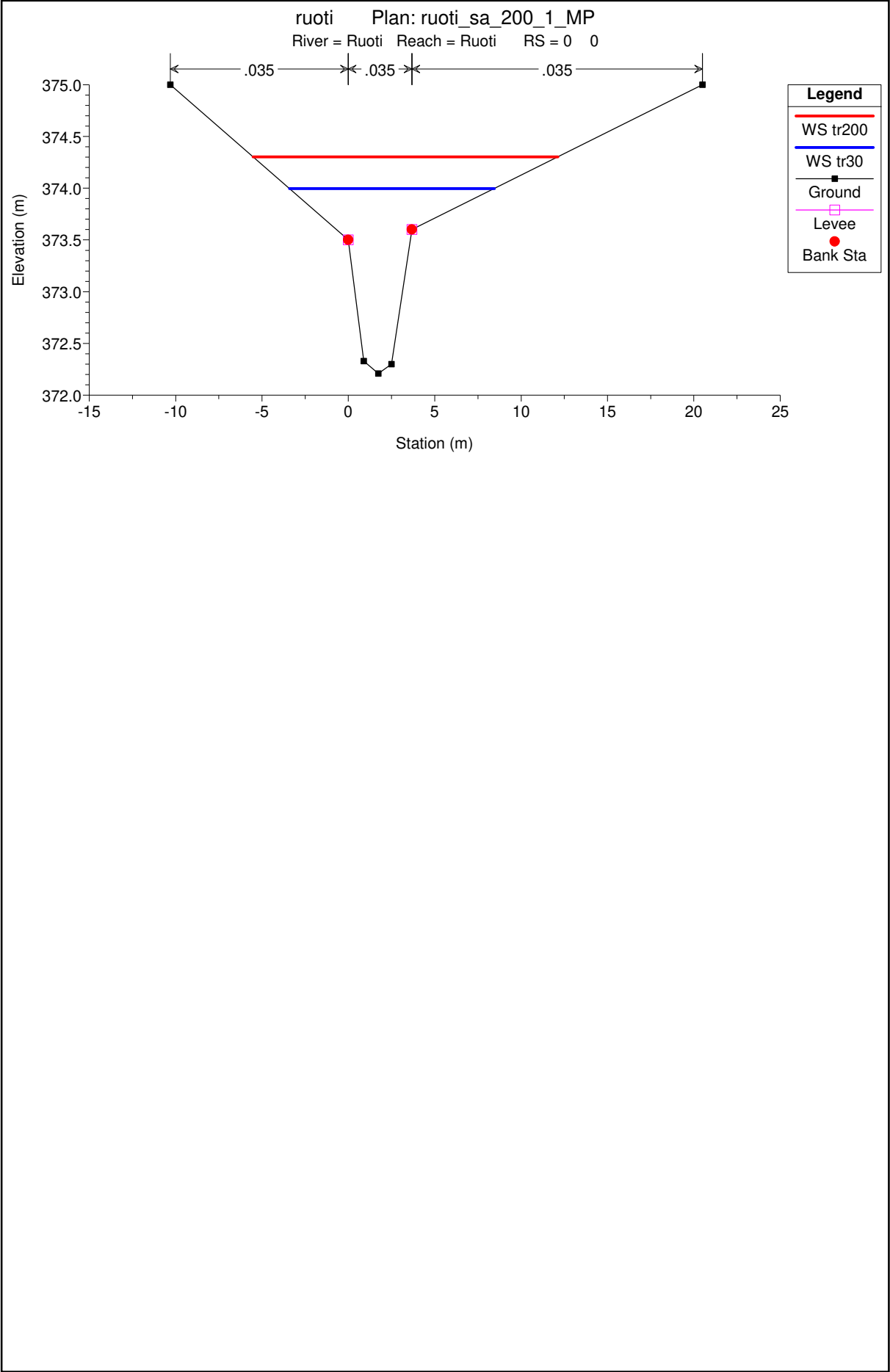














ruoti Plan: ruoti\_sa\_200\_1\_MP

