



Comune
di Gravina in Puglia

Regione Puglia



proponente:

AMBRA SOLARE 6 S.R.L.

Via Tevere 41, 00187 - Roma (RM) - P.IVA/C.F. 15946071006 - pec: ambrasolare6srl@legalmail.it



id:

TAV_C

GRUPPO
Powertis

DISCIPLINA:	PD	TIPOLOGIA:	R	FORMATO:	A4	CODICE PRATICA:
FOGLIO:	1 di 1	SCALA:	-	Nome file:	Relazione_Idrologica_e_Idraulica_C.pdf	

titolo del progetto:

**PROGETTO PER LA COSTRUZIONE
E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIFOTOVOLTAICO,
DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI,
DENOMINATO "LAMATUFARA"**

nome elaborato:

RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

progettazione:






dott. ing. Emanuele Barbieri dott. ing. Giovanni Guzzo Foliaro dott. ing. Amedeo Costabile dott. ing. Francesco Meringolo

Rev:	Data Revisione	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
00	15/05/2022	PRIMA EMISSIONE	New Dev.	PW	PW



NEW DEVELOPMENTS S.r.l.
piazza Europa, 14 - 87100 Cosenza (CS)

INDICE

1.	PREMESSA	2
2.	AREA DI INTERVENTO	2
3.	DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO.....	3
3.1.	DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI.....	6
3.1.1.	IMPIANTO FOTOVOLTAICO CON ACCUMULO	6
4.	SOVRAPPORZIONE CON CARTOGRAFIA PAI	8
5.	OBIETTIVI DELLO STUDIO IDROLOGICO ED IDRAULICO.....	11
6.	ANALISI IDROLOGICA.....	11
6.1.	ANALISI PROBABILISTICA DELLE PIOGGE	11
6.1.1.	IL PRIMO LIVELLO TCEV	12
6.1.2.	IL TERZO LIVELLO DI REGIONALIZZAZIONE: IL VAPI PUGLIA E IL VAPI BASILICATA	15
6.1.3.	CURVA DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA DI RIFERIMENTO	20
6.1.4.	CURVE DI PIOGGIA INFERIORI ALL'ORA.....	21
6.2.	BACINI IDROGRAFICI DI RIFERIMENTO	22
6.2.1.	CALCOLO DELLE QUOTE CARATTERISTICHE E DELLA PENDENZA DEI VERSANTI.....	23
6.2.2.	PENDENZA LONGITUDINALE DELLE ASTE PRINCIPALI	24
6.2.1.	CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE	25
6.3.	STIMA DELLE PORTATE	26
6.3.1.	COEFFICIENTE DI DEFLUSSO	26
6.3.2.	RISULTATI.....	26
7.	VERIFICHE IDRAULICHE.....	27
7.1.	SCELTA DEL TEMPO DI RITORNO	29
7.2.	IL MODELLO HEC RAS	29
7.2.1.	LA MODELLAZIONE DI PROGETTO	30
7.2.2.	RISULTATI DELLE MODELLAZIONI	33
7.3.	VERIFICHE IN MOTO UNIFORME	33
7.1.	RACCOLTA ACQUE SOTTOSTAZIONE ELETTRICA DI TRASFORMAZIONE	35
8.	RISULTATI E CONCLUSIONI	35
9.	ALLEGATI.....	38
9.1.	VERIFICHE IN MOTO PERMANENTE MONODIMENSIONALE	38

1. PREMESSA

Il seguente studio idrologico e idraulico è parte integrante del Progetto Definitivo inerente alla realizzazione di un impianto agrivoltaico con sistema di accumulo integrato denominato "Lamatufara", sito nel territorio Comunale di **Gravina in Puglia (BA)** E avente potenza nominale pari **37,16608 MWp**, che la società **Ambra Solare 6 s.r.l.** intende realizzare. L'opera sviluppa una superficie recintata complessiva di circa **40,158 Ha** lordi suddivisi in più campi che presentano struttura orografica idonea ad accogliere le opere in progetto. Nei paragrafi a seguire si riportano i risultati ottenuti dallo studio idrologico e idraulico, mirati a mostrare il comportamento dei fossi che defluiscono in prossimità dell'impianto. Saranno quindi mostrate, previo inquadramento dell'area oggetto di intervento, le analisi idrologiche e le verifiche idrauliche che, a partire da uno studio probabilistico delle precipitazioni, hanno consentito di stimare le portate di progetto ad assegnato tempo di ritorno e successivamente di rappresentare il regime idraulico dei corpi idrici esistenti, mediante la modellazione idraulica in moto permanente monodimensionale.

2. AREA DI INTERVENTO

Il sito oggetto di studio ricade nei pressi del comune di Gravina in Puglia in provincia di Bari, come si evince dalla figura 2-1.

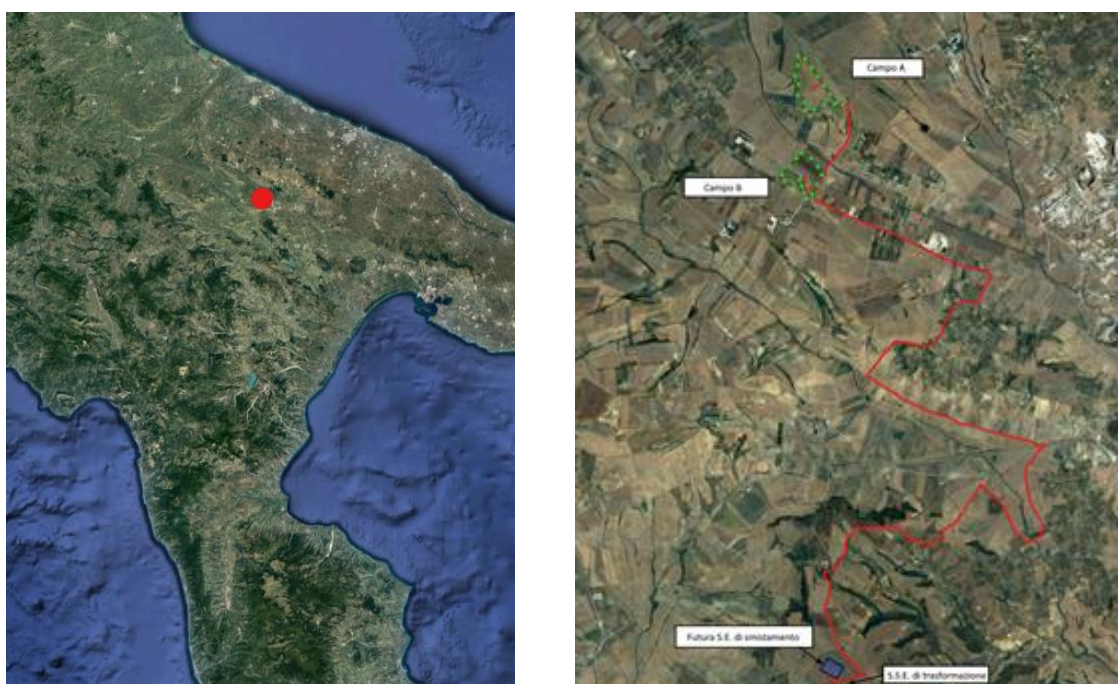


Figura 2-1-Inquadramento area di riferimento

Più in particolare, l'area d'intervento, presenta una morfologia collinare, a destinazione prevalentemente agricola.

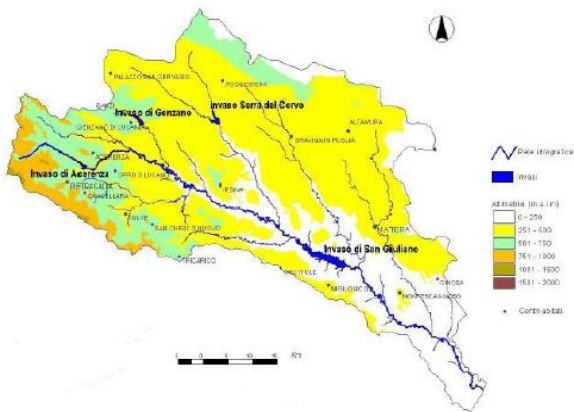


Figura 2-2-Bacino del Fiume Bradano

La stessa area ricade nella perimetrazione del bacino Bradano uno dei corsi d'acqua principali della regione Basilicata, avente una lunghezza d'asta di circa 116 km e presentante un bacino di circa 3000 kmq. Il territorio su cui sarà realizzato l'impianto fotovoltaico è caratterizzato da morfologia collinare, la cui descrizione è dettagliata nei paragrafi a seguire.

3. DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO

Il sito di intervento è costituito da un'alternanza di campi agricoli, caratterizzati da modeste pendenze. Lo stesso si sviluppa a quote superiori di 360 m s.l.m (aree di impianto) fino a quote di 457 m s.l.m (area della SET).



Figura 3-1- Punti di scatto fotografici



Figura 3-2- Posizione di scatto n°1



Figura 3-3- Posizione di scatto n°2



Figura 3-4- Posizione di scatto n°3



Figura 3-5- Posizione di scatto n°4



Figura 3-6- Posizione di scatto n°5



Figura 3-7- Vista campo A

Per quanto riguarda il reticolo idrografico, sono presenti una serie di canali (quale ad esempio il Canale di S. Francesco) e fossi minori, che confluiscono nel T. Gravina.



Figura 3-8- Canale San Francesco

3.1. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

3.1.1. IMPIANTO FOTOVOLTAICO CON ACCUMULO

La potenza nominale complessiva dell'Impianto fotovoltaico è pari a **37,16608** MWp, generata in 2 campi fotovoltaici collegati tra loro tramite cavidotti interrati in media tensione.

I moduli fotovoltaici impiegati sono del tipo mono o poli-cristallino con potenza nominale di circa 680 Watt/cad. Detti moduli saranno disposti su sistemi di inseguimento solare monassiale di *rollio* del tipo *Tracker*. Queste strutture consentono la rotazione dei moduli fotovoltaici ad essi ancorati intorno ad un unico asse orizzontale permettendo l'inseguimento del sole nell'arco della giornata aumentando la produzione energetica dell'impianto fotovoltaico. Dette strutture saranno infisse nel terreno mediante apposita macchina battipalo o, nell'eventuale caso ritrovamenti puntuali di trovanti rocciosi, mediante macchina trivellatrice.

L'interdistanza tra le fila di tracker, per come indicato negli elaborati grafici di dettaglio, si attesta pari a 9 metri minimo.

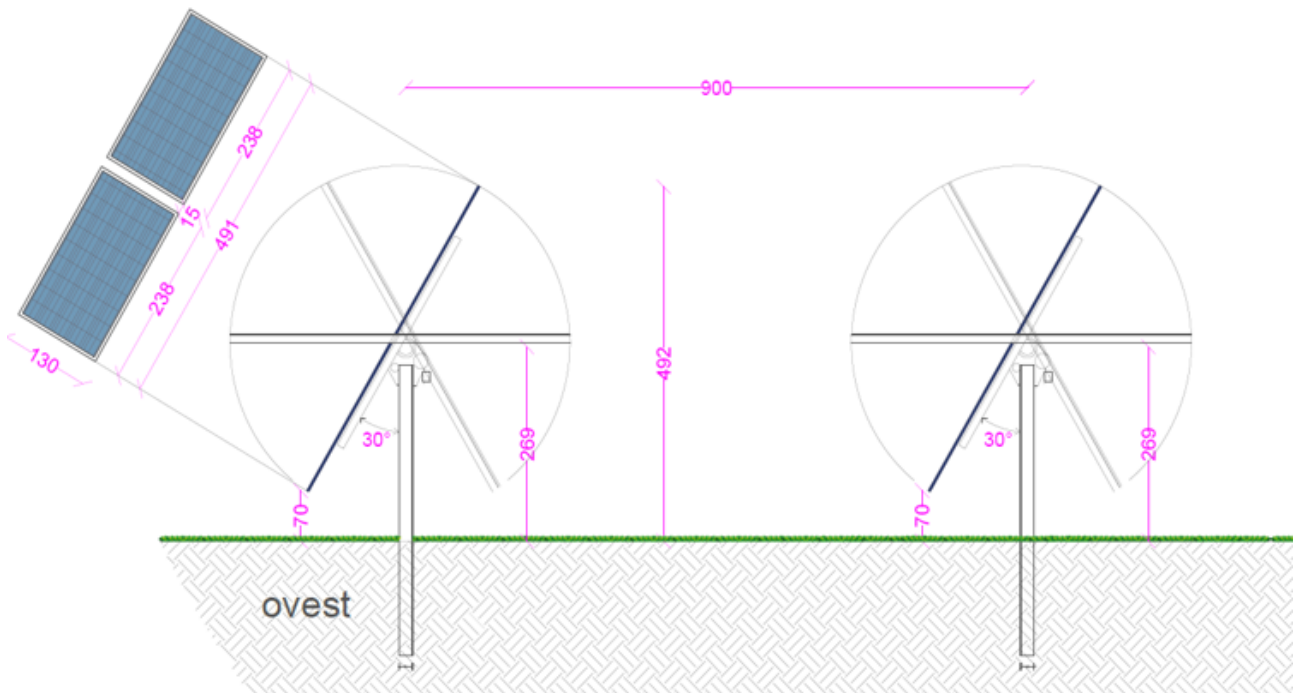


Figura 3-9 – Sezione tipo impianto

Per ogni campo, le stringhe saranno collegate alle stazioni di campo le quali saranno del tipo centralizzate in strutture prefabbricate. All'interno di quest'ultime trovano alloggio gli inverter ed i trasformatori per la conversione in AC dell'energia e la sua trasformazione in MT.

La connessione alla RTN è prevista in un'area individuata in prossimità della stazione elettrica Terna di futura realizzazione nel territorio comunale di Gravina in Puglia e collegata all'area parco mediante elettrodotto interrato MT messo a dimora lungo le strade esistenti.

L'intera area impianto, dove saranno dislocati i moduli e le stazioni di campo, sarà idoneamente recintata verso l'esterno mediante rete a maglie metalliche ancorata al terreno con sistema antiscavalco costituito da filo spinato. L'altezza massima fuori-terra della recinzione sarà di 220 cm.

I cancelli carrabili, anch'essi in materiale metallico, saranno realizzati con idonee guide di scorrimento e saranno posati in opera idoneamente ancorati a pilastri di calcestruzzo armato.

Il campo sarà dotato di impianto di illuminazione con palo metallico dotato di testapalo ed idonea lampada atta a garantire un'uniforma illuminazione. Dal predimensionamento effettuato saranno disposti i punti luce lungo la recinzione perimetrale ad intervallo di 15 metri ed altezza palo 4 metri.

La rete di media tensione a 30 kV sarà composta da circuiti con posa completamente interrata. Il tracciato planimetrico della rete è mostrato nelle tavole di progetto precisando che nel caso di posa su strada esistente

l'esatta posizione del cavidotto rispetto alla carreggiata sarà opportunamente definito in sede di sopralluogo con l'Ente gestore in funzione di tutte le esigenze dallo stesso richieste, pertanto il percorso su strada esistente indicato negli elaborati progettuali è da intendersi, relativamente alla posizione rispetto alla carreggiata, del tutto indicativo.

La sottostazione elettrica di trasformazione sarà invece costituita dalle seguenti opere architettoniche:

- Piattaforma
- Fondazioni
- Basamento e vasca di raccolta olio del trasformatore MT/AT
- Drenaggio di acqua pluviale
- Canalizzazioni elettriche
- Accesso e viali interni
- Recinzione
- Edificio di Controllo SET composto da:
 - Sala celle MT e trafo MT/BT,
 - Sala controllo,
 - Ufficio,
 - Magazzino,
 - Spogliatoio,
 - Bagno con vasca imhoff.

All'interno dell'area SET, verrà inoltre installata una vasca Imhoff, che sarà impiegata al trattamento primario delle acque nere provenienti dal WC a servizio dell'area.

4. SOVRAPPOSIZIONE CON CARTOGRAFIA PAI

Le aree di intervento ricadono nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale ¹(Ex AdB Basilicata). L'eventuale interferenza con le aree a rischio idraulico è stata verificata previa sovrapposizione degli interventi con la perimetrazione delle aree di pericolosità dell'ex AdB Basilicata. Dalla Figura 3-1 e 3-2, si evidenzia quanto segue:

- Le aree di impianto e la SET non interferiscono con le perimetrazioni della pericolosità e del rischio idraulico;
- Alcuni tratti del cavidotto interrato interferiscono con aree a pericolosità idraulica.

¹ L'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale, in base alle norme vigenti, ha fatto proprie le attività di pianificazione e programmazione a scala di Bacino e di Distretto idrografico svolte dalle ex Autorità di Bacino Nazionali, Regionali, Interregionali.

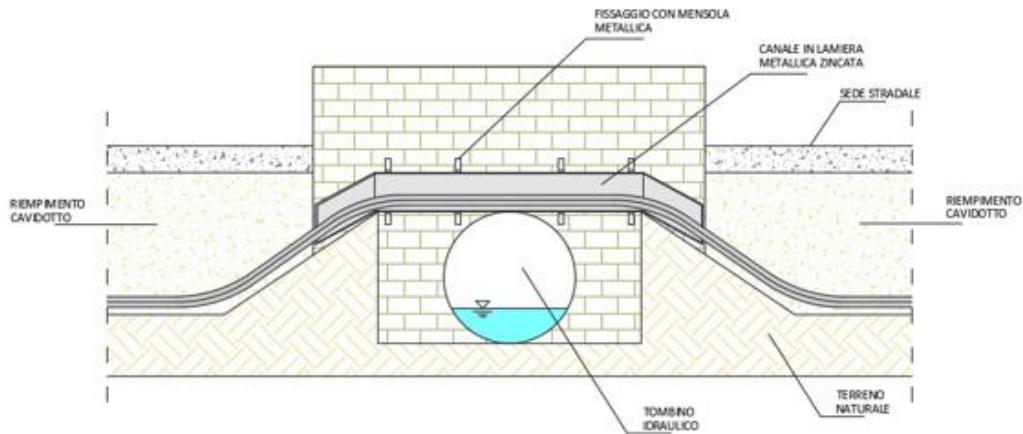


Figura 4-4- Sezione tipo di attraversamento mediante staffatura

In alternativa è possibile ricorrere alla tecnologia di trivellazione orizzontale controllata (TOC) che risulta spesso la soluzione più efficace per l'installazione di sotto-servizi limitando al minimo le zone di lavoro ed eliminando completamente la vista del canale metallico. Con questa tecnica è possibile eseguire l'attraversamento anche sotto il fosso naturale (immediatamente dopo lo sbocco) senza interessare la struttura del tombino idraulico.

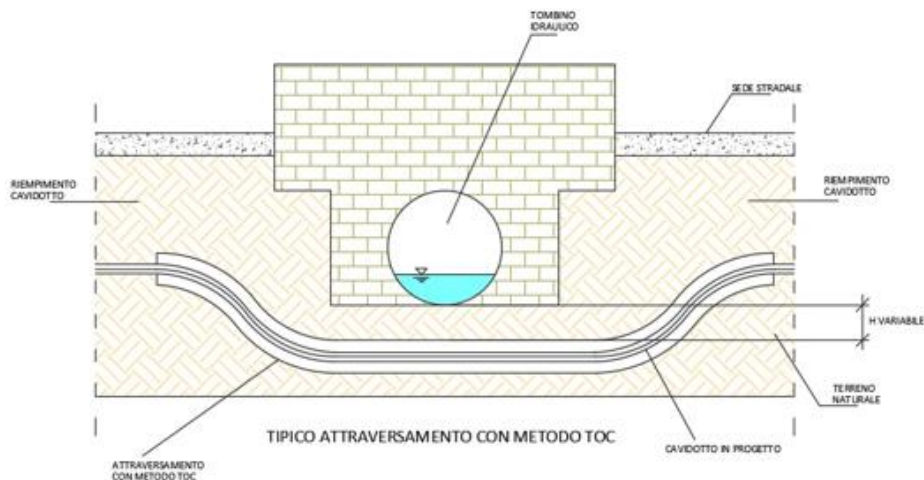


Figura 4-5- Sezione tipo di attraversamento mediante TOC

Per la definizione delle fasi operative e ad integrazione delle analisi idrologiche ed idrauliche effettuate nei successivi capitoli, si procederà, nei livelli successivi di progettazione, ad effettuare uno studio idraulico di maggior dettaglio dell'area, mirato a ottimizzare la gestione del cantiere e, qualora necessario, definire eventuali misure e/o opere di mitigazione temporanee per la sicurezza delle maestranze e mezzi impiegati nelle lavorazioni.

5. OBIETTIVI DELLO STUDIO IDROLOGICO ED IDRAULICO

Seppur le aree di impianto non ricadono in aree a pericolosità/rischio idraulico e il tracciato del cavidotto non interferirà direttamente con il libero deflusso delle acque o sarà ancorato staffato a strutture di attraversamento esistenti, si procederà ad uno studio idrologico ed idraulico di dettaglio, in modo da procedere alle verifiche del tratto di canale S.Francesco ricadente in prossimità delle aree di impianto.

6. ANALISI IDROLOGICA

Le verifiche idrauliche sono state effettuate previa analisi idrologica della zona oggetto di intervento, definendo i valori di portata attraverso metodi di stima indiretta che, a partire dalla definizione delle curve di possibilità pluviometrica (CPP), esprimono la relazione fra le altezze di precipitazione h e la loro durata t , e dalla caratterizzazione dei bacini, hanno consentito la stima delle portate di progetto ad assegnato tempo di ritorno. Nei paragrafi a seguire verranno descritte nel dettaglio le varie fasi dello studio.

6.1. ANALISI PROBABILISTICA DELLE PIOGGE

Lo studio probabilistico delle piogge, necessario per la definizione delle Curve di Possibilità Pluviometrica (CPP) è stato effettuato sull'analisi delle curve di frequenza cumulata (CDF) costruite per le serie storiche dei massimi annuali delle piogge di durata 1,3,6,12,24. Come modello è stato applicato il modello probabilistico TCEV (Two Component Extreme Value), la cui funzione di probabilità è del tipo

$$F_X(x) = \exp\{-\Lambda_1 \exp(-x/\theta_1) - \Lambda_2 \exp(-x/\theta_2)\} \quad x \geq 0$$

in cui è possibile distinguere una componente base (pedice 1), relativa agli eventi normali e più frequenti, ed una componente straordinaria (pedice 2), relativa ad eventi più gravosi e rari. La legge risulta essere funzione di 4 parametri $\Lambda_1, \theta_1, \Lambda_2, \theta_2$, esprimenti il numero medio di eventi indipendenti superiori ad una soglia delle due popolazioni (Λ_1 e Λ_2) e il loro valore medio (θ_1 e θ_2).

Ponendo

$$\theta_* = \theta_2/\theta_1 \quad \Lambda_* = \Lambda_2/\Lambda_1^{1/\theta_*}$$

la funzione di probabilità diventa

$$F_X(x) = \exp\{-\Lambda_1 \exp(-x/\theta_1) - \Lambda_* \Lambda_1^{1/\theta_*} \exp[-x/(\theta_* \theta_1)]\} \quad x \geq 0$$

e il valore della variabile casuale x , corrispondente al periodo di ritorno T , dipendente dai 4 parametri

$$\Lambda_* \theta_* \Lambda_1 \theta_1$$

la cui stima può essere effettuata con il metodo della massima verosimiglianza o dei momenti.

Per ridurre l'incertezza della stima ottenuta con le serie storiche disponibili, si utilizzano delle tecniche di analisi regionale che si basano sull'individuazione di vaste aree, indicate come zone o sottozone omogenee, all'interno delle quali è possibile assumere la costanza di alcuni parametri.

- Al 1° livello di regionalizzazione, i parametri θ^* e Λ^* del modello assumono un valore costante all'interno di ampie zone omogenee.
- Al 2° livello di regionalizzazione, oltre alle zone omogenee vengono identificate anche delle sottozone omogenee, per cui oltre ai valori costanti di θ^* e Λ^* si può ritenere costante anche il parametro di scala Λ_1 .
- Al 3° livello di regionalizzazione si persegue in modo regionale anche alla stima del 4° parametro, che, in dipendenza dal metodo che si vuole adottare, può essere θ_1 o μ , quest'ultimo definito valore indice e rappresentante un valore caratteristico della distribuzione.

Le analisi idrologiche presentate all'interno del seguente studio, verranno condotte adoperando sia il primo che il terzo livello di regionalizzazione. In quest'ultimo caso è stato adottato il metodo indice che, in luogo della variabile casuale x_T adopera la variabile adimensionale $x'_T = x_T / \mu$, dove μ (fattore indice) viene assunto pari al valore medio. Con tale approccio la stima di x si ottiene con due passi distinti:

- 1) Stima del fattore di crescita x'_T relativo al tempo di ritorno T , per cui è necessario conoscere i parametri $\Lambda^* \theta^* \Lambda_1 \theta_1$;
- 2) Stima del valore indice μ , direttamente dai dati campionari o da regressioni empiriche locali.

6.1.1. IL PRIMO LIVELLO TCEV

Come già anticipato, le curve di possibilità (o di probabilità) pluviometrica (CPP) esprimono la relazione fra le altezze massime annuali di precipitazione h e la loro durata t , per un assegnato valore del periodo di ritorno T . Utilizzando le serie storiche dei massimi annuali delle altezze di precipitazione di durata 1, 3, 6, 12, 24 ore sono state definite le curve di possibilità pluviometrica per periodi di ritorno di 10,30, 50, 100, 200 e 500 anni, usando il modello probabilistico TCEV al secondo livello di regionalizzazione. Tali CPP, sono descritte da una legge di potenza monomia del tipo:

$$h_{t,T} = a t^n$$

dove h è l'altezza di pioggia, espressa in mm, t indica la durata della precipitazione espressa in ore ed infine a e n sono dei parametri dipendenti dal periodo di ritorno T .

Il modello TCEV di I livello è stato applicato sul campione di dati pluviometrici della stazione di ALTAMURA, della quale si riportano 62 misurazioni dal 1952 al 2020.

62 [Misurazioni]	1 ORA	3 ORE	6 ORE	12 ORE	24 ORE
ANNO	mm	mm	mm	mm	mm
1952	23.8	28	28	28	44.2
1954	22.2	30	38.6	60.6	91.2
1956	20	25.6	27.2	27.2	29.8
1957	34.8	53.4	58.2	63.2	81.8
1958	21	30	35.4	39.6	45
1959	23.6	40	51	78.4	138.6
1960	22	24.2	30	32	44.6
1961	31.8	32.8	39.2	54	61.4
1962	30.2	30.2	30.4	34.4	43.2
1963	54.6	66.6	71.2	88.6	96.6
1964	38.4	38.4	43	44.4	74.2
1965	29	29	29.2	29.4	33.2
1966	11	19.2	25	29.8	31
1967	27	27	27	27	40.8
1968	16.6	24.2	25.4	25.4	30.6
1970	30	36	36.6	37.6	45.8
1971	31	46.4	46.4	46.4	50.6
1972	51.6	58	67	76.4	76.8
1973	22.2	27.2	28.2	29.6	42.4
1974	18.2	25.2	30	42.6	43.8
1975	30.4	42.6	54.2	57.4	57.8
1976	17.2	25	27.8	33.6	39.8
1977	11.8	13.2	19.2	28.8	40
1978	18	19.2	22	28.8	34.2
1979	26.4	26.8	30.6	41.6	57
1980	31	37.8	38	42	62.2
1981	23.4	25.8	26.8	26.8	43.8
1982	25.6	37.6	39.8	52.4	69.4
1983	20.4	29	29.8	35.4	42
1984	13.8	19	28	46.2	62.2
1985	11.2	15.2	23	23	39
1987	30.4	30.4	30.4	30.4	41.4
1988	26	47.6	57.6	60.4	66.6
1990	13.6	32.2	55.8	90	112.4
1991	38.2	41.6	41.6	41.6	41.6
1992	20	22.2	27.6	27.8	33
1993	31.6	43.8	43.8	43.8	43.8

1994	39.8	46.4	46.4	56.2	66.4
1995	24.4	26.6	27.2	27.6	33
1996	28.2	28.2	28.2	29	29.2
1998	30.8	33.8	33.8	33.8	45.6
1999	70.4	77.8	78	78	90.8
2000	29.6	35.8	44.2	65.4	109
2001	11	18.4	22.8	36.8	43.2
2002	16.4	31.2	37.6	48.4	50.2
2003	48.6	49.6	49.6	49.6	49.6
2004	27.2	30	36.4	39	44.4
2005	30.2	32.4	32.6	32.6	32.6
2006	16.8	21.4	24.6	35.8	42.4
2007	39.4	51.4	63.8	79.4	86.2
2008	25	37.4	51	61.8	92.2
2009	52.6	59.6	59.6	59.6	59.6
2010	35	63	79.8	83.8	84
2011	49.4	51.6	62.2	89	107.2
2012	38.8	39	39	52	63.8
2013	21.8	40	64.4	99.4	117.6
2014	20.4	25.6	25.6	30.8	48.4
2015	22.8	38	44.4	45.6	49.2
2017	13.6	22.4	29.4	30.8	33.6
2018	66.8	67.8	67.8	67.8	68.2
2019	48.4	57.6	70.2	79	79.4
2020	61.8	64.2	64.2	76.2	92.8

Considerando²

Λ^*	θ^*
0.104	2.632

e applicando il I Livello di regionalizzazione sono stati ottenuti i seguenti risultati della CPP

² Si è fatto riferimento ai valori riportati nel VAPI Basilicata, in quanto l'intervento ricade nel territorio di competenza dell'ex AdB Basilicata.

T [anni]	10		30		50		100		200		500	
t [h]	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n
	44.85	0.197	58.46	0.191	65.88	0.189	77.51	0.187	90.92	0.185	110.33	0.183
1	44.85		58.46		65.88		77.51		90.92		110.33	
3	55.69		72.11		81.08		95.19		111.41		134.90	
6	63.83		82.32		92.43		108.36		126.65		153.14	
12	73.17		93.97		105.37		123.36		143.98		173.85	
24	83.88		107.27		120.12		140.43		163.68		197.37	

Tabella 1 – Calcolo CPP I Livello di regionalizzazione

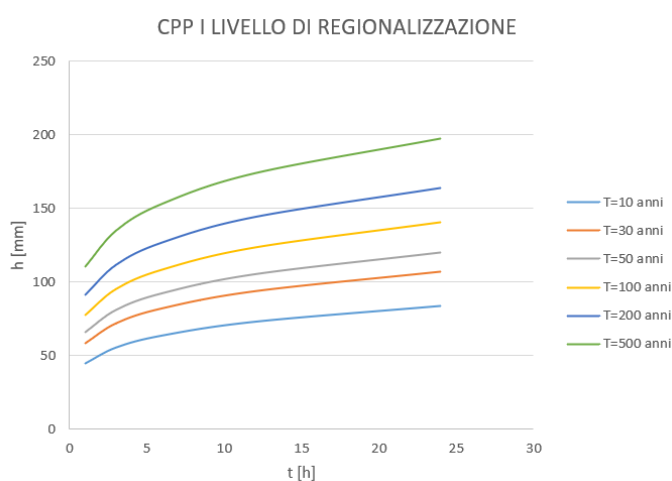


Figura 6-1 - CPP I Livello di regionalizzazione

6.1.2. IL TERZO LIVELLO DI REGIONALIZZAZIONE: IL VAPI PUGLIA E IL VAPI BASILICATA

La stima al terzo livello di regionalizzazione è stata effettuata considerando sia il rapporto VAPI Puglia (considerato che l'area di intervento ricade in provincia di Bari) che, per un ulteriore confronto, il rapporto VAPI Basilicata (considerato che l'intervento ricade nel territorio di competenza di competenza dell'ex AdB Basilicata). Nel rapporto VAPI Puglia, il territorio di competenza dell'ex Autorità di Bacino Interregionale (soppressa con D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.)³, da un punto di vista dell'approccio pluviometrico, è diviso in 6 aree Pluviometriche Omogenee, per ognuna delle quali è possibile calcolare la curva di possibilità pluviometrica sulla base delle seguenti equazioni:

³ Con D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. sono state sopresse le Autorità di Bacino di cui alla ex L.183/89 e istituite, in ciascun distretto idrografico, le Autorità di Bacino Distrettuali.

- Zona 1: $x(t,z) = 26.8 t^{[(0.720+0.00503 z)/3.178]}$
- Zona 2: $x(t) = 22.23 t^{0.247}$
- Zona 3: $x(t,z) = 25.325 t^{[(0.0696+0.00531 z)/3.178]}$
- Zona 4: $x(t) = 24.70 t^{0.256}$
- Zona 5: $x(t,z) = 28.2 t^{[(0.628+0.0002 z)/3.178]}$
- Zona 6: $x(t,z) = 33.7 t^{[(0.488+0.0022 z)/3.178]}$



Figura 6-2 - Suddivisione in aree pluviometriche omogenee

Ai valori ottenuti, vanno applicati i seguenti fattori:

- Fattore di crescita K_T , funzione del tempo di ritorno dell'evento di progetto che nelle zone 5-6 può essere calcolato dalla seguente relazione:

$$K_T = 0.1599 + 0.5166 \ln(T)$$

T[anni]	2	5	10	20	25	40	50	100	200	500	1000
KT	0.52	0.99	1.35	1.71	1.82	2.07	2.18	2.54	2.90	3.37	3.73

- Fattore di riduzione Areale K_A , funzione della superficie di bacino e della durata dell'evento di progetto e definito dalla seguente relazione

$$K_A = 1 - (1 - e^{(-0.0021A)}) e^{(-0.53d^{-0.25})}$$

L'area oggetto di intervento ricade all'interno della zona pluviometrica 5. I risultati ottenuti per il BACINO 1 (vedi paragrafo 5.2) sono stati i seguenti:

T[anni]	2	5	10	20	25	40	50	100	200	500	1000
t [h]	h[mm]	h[mm]	h[mm]	h[mm]	h[mm]	h[mm]	h[mm]	h[mm]	h[mm]	h[mm]	h[mm]
1	9.09	17.40	23.69	29.97	31.99	36.26	38.28	44.57	50.85	70.76	65.44
3	20.50	39.24	53.41	67.58	72.15	81.76	86.32	100.49	114.67	155.29	147.58
6	34.24	65.54	89.21	112.88	120.51	136.56	144.18	167.85	191.52	254.34	246.49
12	57.11	109.30	148.79	188.27	200.98	227.75	240.46	279.94	319.43	415.47	411.10
24	94.99	181.80	247.46	313.13	334.27	378.80	399.94	465.60	531.27	676.56	683.74

Tabella 2 - Altezze di pioggia calcolate con metodo VAPI Puglia

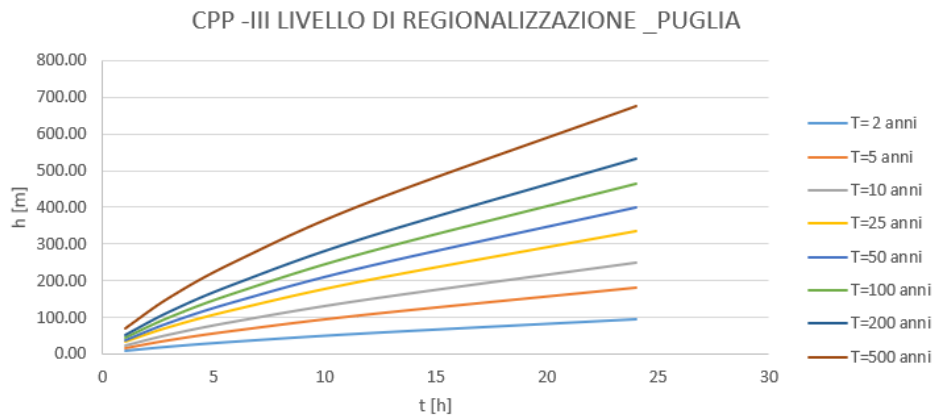


Figura 6-3 - CPP III Livello di Regionalizzazione _Puglia

Per quanto riguarda invece la regione Basilicata, al terzo livello di regionalizzazione, la stima del valor medio della distribuzione dei massimi annuali delle piogge brevi viene condotta mediante la definizione di relazioni utili. In assenza delle indicazioni su eventuali aree omogenee, l'analisi delle medie delle piogge brevi è consistita nell'identificazione delle isoiete di $m[h(d)]$, per le diverse durate, utilizzando un metodo geostatistico, il kriging, che consente di interpolare tenendo conto della relazione fra la varianza campionaria e la varianza spaziale dei dati, secondo un approccio di tipo stocastico. Si sono interpolati i valori osservati nelle stazioni di misura attraverso il kriging, ottenendo delle isolinee per i due parametri a ed n .



Figura 6-4 Isolinee del coefficiente a della curva di probabilità pluviometrica.

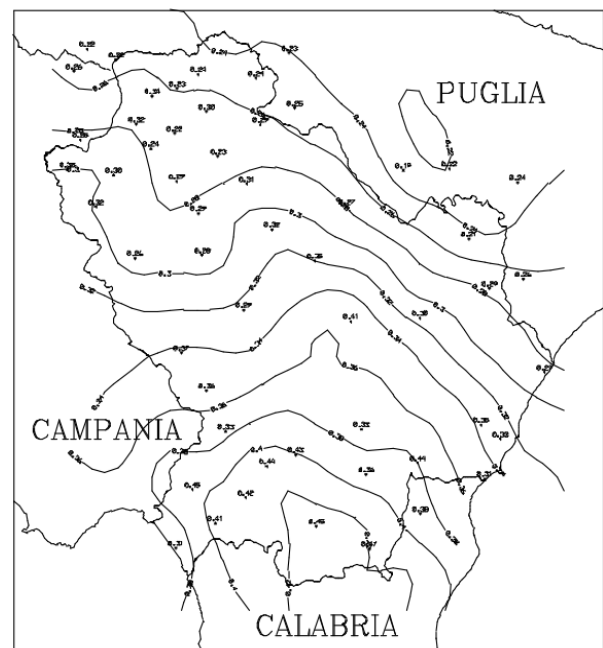


Figura 6-5 Isolinee dell'esponente n della curva di probabilità pluviometrica

Poiché non si sono individuate aree omogenee rispetto alle leggi di probabilità pluviometriche, la loro determinazione su un'area viene determinata a seguito di una operazione di media sui parametri a ed n della legge di pioggia. Questa operazione è stata eseguita non solo per tutti i bacini monitorati in passato dal SIMN in Basilicata, incluse le aree comprese tra sezioni successive lungo il corso d'acqua, ma anche per celle di 10 Km di lato che ricoprono l'intero territorio lucano:

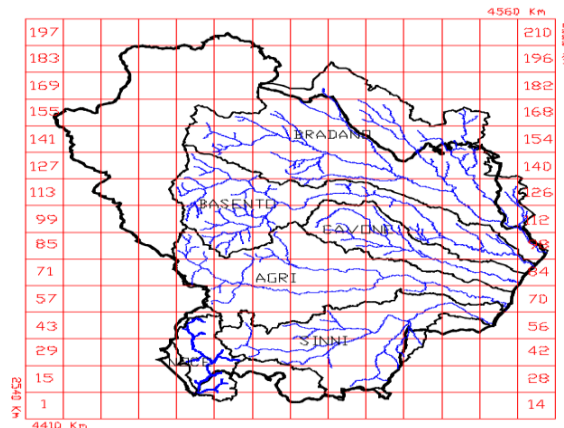


Figura 6-6-Suddivisione della regione in esame in celle di lato 10 Km

Si riportano di seguito i risultati tabellari riportati nel Rapporto VAPI Basilicata:

Stazione	a	n	Stazione	a	n
Acerenza	19.96	0.31	Monticchio Bagni	23.77	0.32
Altamura	27.25	0.22	Muro Lucano	22.91	0.32
Anzi	19.20	0.29	Nova Siri Scalo	32.40	0.31
Atella	24.06	0.24	Oriolo	29.14	0.38
Calitri	24.48	0.25	Palazzo San Gervasio	20.88	0.29
Castel Lagopesole	23.70	0.29	Pescopagano	24.59	0.35
Castelsaraceno	22.06	0.44	Picerno	20.97	0.26
Cogliandrino	24.68	0.42	Policoro	24.69	0.33
Diga Rendina	22.49	0.23	Potenza	22.51	0.28
Ferrandina	22.62	0.30	Recoleta	20.87	0.35
Forenza	26.29	0.23	Ripacandida	26.30	0.22
Ginosa	30.27	0.26	Rocchetta S. Antonio	26.13	0.22
Gravina in Puglia	34.16	0.19	Rocchetta S. A. scalo	25.58	0.22
Irsina	23.06	0.27	S. Arcangelo	20.50	0.33
Isca di Tramutola	18.99	0.36	S. Chirico Raparo	16.52	0.43
Lacedonia	26.23	0.26	S. Fele	22.42	0.30
Lagonegro	29.35	0.45	S. Mauro Forte	21.35	0.41
Lauria inferiore	32.43	0.41	S. Nicola di Avigliano	18.76	0.29
Lavello	24.68	0.24	S. Severino Lucano	20.15	0.45
Maratea	31.51	0.31	Santeramo in Colle	29.02	0.24
Marsico Nuovo	20.09	0.37	Senise	22.22	0.36
Matera	28.35	0.21	Spinazzola	24.62	0.25
Melfi	23.17	0.34	Terranova del Pollino	22.80	0.47
Metaponto	28.20	0.27	Tolve	19.62	0.32
Minervino	30.66	0.23	Tricarico	19.66	0.35
Moliterno	23.48	0.33	Valsinni	25.26	0.44
Montemilone	25.03	0.24	Venosa	21.49	0.30
Montescaglioso	26.77	0.29			

Tabella 3- Stime puntuali dei parametri della curva di probabilità pluviometrica

Numero cella	X (Km)	Y (Km)	log(a)	n
5	2585	4415	1.477	0.381
6	2595	4415	1.457	0.398
7	2605	4415	1.431	0.412
8	2615	4415	1.407	0.420
9	2625	4415	1.406	0.420
10	2635	4415	1.414	0.420
18	2575	4425	1.455	0.372
19	2585	4425	1.477	0.380
20	2595	4425	1.455	0.403
21	2605	4425	1.414	0.414
22	2615	4425	1.379	0.420
23	2625	4425	1.376	0.420
24	2635	4425	1.399	0.415
32	2575	4435	1.467	0.375
33	2585	4435	1.465	0.390
34	2595	4435	1.437	0.404
35	2605	4435	1.382	0.416
36	2615	4435	1.345	0.420
37	2625	4435	1.350	0.417
38	2635	4435	1.390	0.403
39	2645	4435	1.415	0.384
47	2585	4445	1.427	0.386
48	2595	4445	1.395	0.399
49	2605	4445	1.342	0.409
50	2615	4445	1.315	0.406
51	2625	4445	1.332	0.394
52	2635	4445	1.370	0.389

Numero cella	X (Km)	Y (Km)	log(a)	n
53	2645	4445	1.408	0.377
54	2655	4445	1.415	0.355
55	2665	4445	1.423	0.340
61	2585	4455	1.378	0.370
62	2595	4455	1.351	0.377
63	2605	4455	1.317	0.389
64	2615	4455	1.301	0.385
65	2625	4455	1.321	0.377
66	2635	4455	1.349	0.372
67	2645	4455	1.377	0.364
68	2655	4455	1.395	0.346
69	2665	4455	1.414	0.325
74	2575	4465	1.363	0.350
75	2585	4465	1.336	0.354
76	2595	4465	1.317	0.356
77	2605	4465	1.301	0.366
78	2615	4465	1.304	0.370
79	2625	4465	1.321	0.367
80	2635	4465	1.339	0.361
81	2645	4465	1.363	0.347
82	2655	4465	1.380	0.331
83	2665	4465	1.407	0.310
84	2675	4465	1.434	0.295
87	2565	4475	1.356	0.333
88	2575	4475	1.339	0.338
89	2585	4475	1.318	0.341
90	2595	4475	1.301	0.339

Tabella 4-Valori medi per celle dei parametri della curva di probabilità pluviometrica

Numero cella	X (Km)	Y (Km)	log(a)	n
91	2605	4475	1.301	0.347
92	2615	4475	1.311	0.360
93	2625	4475	1.326	0.359
94	2635	4475	1.341	0.347
95	2645	4475	1.365	0.331
96	2655	4475	1.391	0.309
97	2665	4475	1.419	0.293
98	2675	4475	1.443	0.279
101	2565	4485	1.342	0.323
102	2575	4485	1.333	0.319
103	2585	4485	1.316	0.320
104	2595	4485	1.301	0.322
105	2605	4485	1.301	0.333
106	2615	4485	1.316	0.346
107	2625	4485	1.334	0.347
108	2635	4485	1.355	0.327
109	2645	4485	1.380	0.307
110	2655	4485	1.407	0.294
111	2665	4485	1.435	0.280
112	2675	4485	1.435	0.280
116	2575	4495	1.336	0.299
117	2585	4495	1.320	0.299
118	2595	4495	1.311	0.304
119	2605	4495	1.304	0.322
120	2615	4495	1.321	0.327
121	2625	4495	1.342	0.322
122	2635	4495	1.377	0.303

Numero cella	X (Km)	Y (Km)	log(a)	n
123	2645	4495	1.405	0.281
124	2655	4495	1.428	0.270
125	2665	4495	1.447	0.260
126	2675	4495	1.455	0.260
131	2585	4505	1.331	0.287
132	2595	4505	1.324	0.298
133	2605	4505	1.322	0.310
134	2615	4505	1.334	0.306
135	2625	4505	1.366	0.292
136	2635	4505	1.405	0.275
137	2645	4505	1.431	0.257
138	2655	4505	1.447	0.240
139	2665	4505	1.455	0.240
145	2585	4515	1.348	0.280
146	2595	4515	1.339	0.285
147	2605	4515	1.341	0.291
148	2615	4515	1.357	0.286
149	2625	4515	1.397	0.270
150	2635	4515	1.442	0.248
151	2645	4515	1.447	0.233
152	2655	4515	1.455	0.230
153	2665	4515	1.455	0.235
159	2585	4525	1.374	0.273
160	2595	4525	1.356	0.272
161	2605	4525	1.356	0.272
162	2615	4525	1.384	0.264
163	2625	4525	1.423	0.254
164	2635	4525	1.447	0.235
165	2645	4525	1.455	0.220
166	2655	4525	1.455	0.220
167	2665	4525	1.455	0.220
175	2605	4535	1.382	0.258
176	2615	4535	1.412	0.250
177	2625	4535	1.441	0.240
178	2635	4535	1.452	0.230
190	2615	4545	1.441	0.241
191	2625	4545	1.447	0.235

Tabella 5 - Valori medi per celle dei parametri della curva di probabilità pluviometrica

Per il caso di studio si farà riferimento ai seguenti valori:

- 1) Cella 151 : **log a= 1.447; n= 0.233**
- 2) **Parametri Gravina di Puglia: a= 34.16; n=0.19**

Considerando i coefficienti della cella 151 sono stati ottenuti i seguenti valori delle CPP

T [anni]		2	5	10	20	25	40	50	100	200	500	1000	
t [h]	a	n	h[mm]	h[mm]	h[mm]	h[mm]	h[mm]	h[mm]	h[mm]	h[mm]	h[mm]	h[mm]	
1	27.99	0.233	25.75	34.99	41.70	48.70	51.22	56.82	59.90	69.69	81.45	97.96	111.12
3	27.99	0.233	33.26	45.19	53.87	62.91	66.16	73.39	77.37	90.03	105.21	126.54	143.54
6	27.99	0.233	39.09	53.12	63.31	73.94	77.76	86.26	90.93	105.81	123.65	148.72	168.69
12	27.99	0.233	45.94	62.43	74.41	86.90	91.39	101.38	106.87	124.35	145.33	174.79	198.26
24	27.99	0.233	54.00	73.37	87.45	102.13	107.41	119.15	125.60	146.15	170.80	205.43	233.01

Tabella 6 - Calcolo CPP al III livello di regionalizzazione

CPP -III LIVELLO DI REGIONALIZZAZIONE _BASILICATA

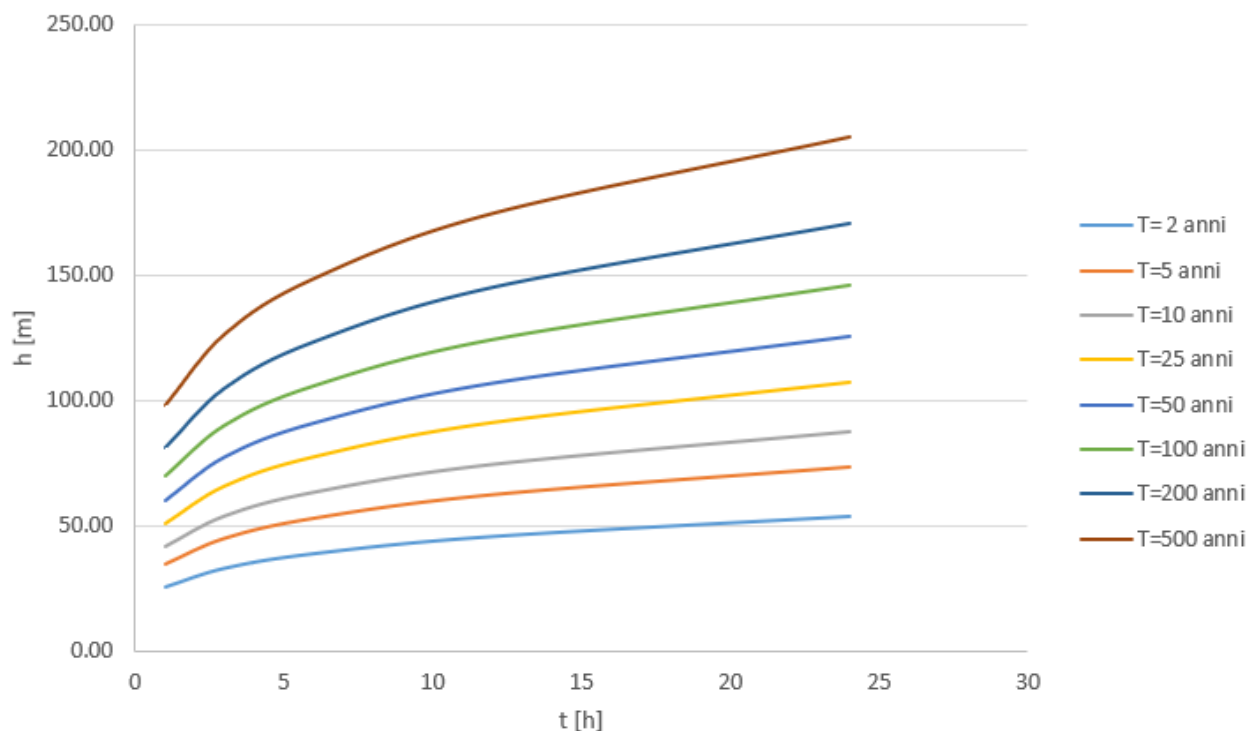


Figura 6-7 - CPP al III livello di regionalizzazione da VAPI Basilicata

6.1.3. CURVA DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA DI RIFERIMENTO

Per la stima delle portate si prenderanno come riferimento le CPP relative al I livello di regionalizzazione (Tabella 2).

6.1.4. CURVE DI PIOGGIA INFERIORI ALL'ORA

La definizione delle curve di possibilità pluviometrica, per gli eventi di durata inferiori all'ora, è stata effettuata mediante l'applicazione della formula di Bell (1969)

$$\frac{h_{d,T}}{h_{60,T}} = 0.54 * d^{0.25} - 0.50$$

dove

d è la durata dell'evento espressa in min;

T è il tempo di ritorno in anni;

h_{60T} è l'altezza di pioggia per un evento di pioggia di durata 60 min e tempo di ritorno T.

Facendo riferimento ai tempi di ritorno 30,50,100, 200 e 500 anni sono stati ottenuti i seguenti risultati

d [min]	$h_{d,30}$ [mm]	$h_{d,50}$ [mm]	$h_{d,100}$ [mm]	$h_{d,200}$ [mm]	$h_{d,500}$ [mm]
5	17.98	20.26	23.83	27.96	33.93
10	26.91	30.32	35.68	41.85	50.78
15	32.90	37.07	43.62	51.16	62.08
20	37.53	42.29	49.76	58.37	70.83
30	44.65	50.32	59.20	69.44	84.27
60	58.63	66.07	77.74	91.18	110.65

Tabella 7 – Altezze di pioggia per eventi inferiori all'ora

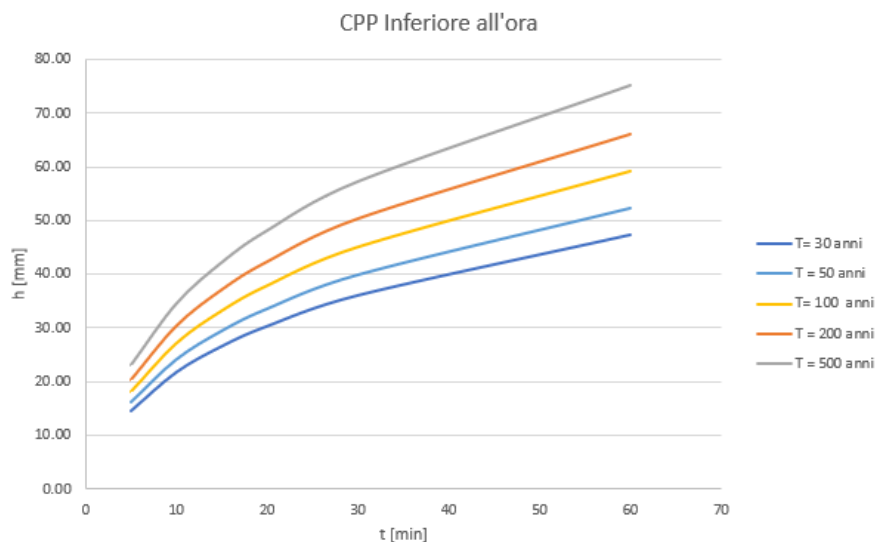


Figura 6-8 - CPP Inferiori all'ora

T	a	n
30	8.84	0.473
50	9.96	0.473
100	11.72	0.473
200	13.74	0.473
500	16.68	0.473

Tabella 8 – CPP per eventi inferiori all'ora

6.2. BACINI IDROGRAFICI DI RIFERIMENTO

Le analisi idrologiche sono state effettuate su 4 bacini, la cui delimitazione è stata tracciata sulla base del DTM 5x5 messo a disposizione dal geoportale della Regionale e della carta IGM 25.000.

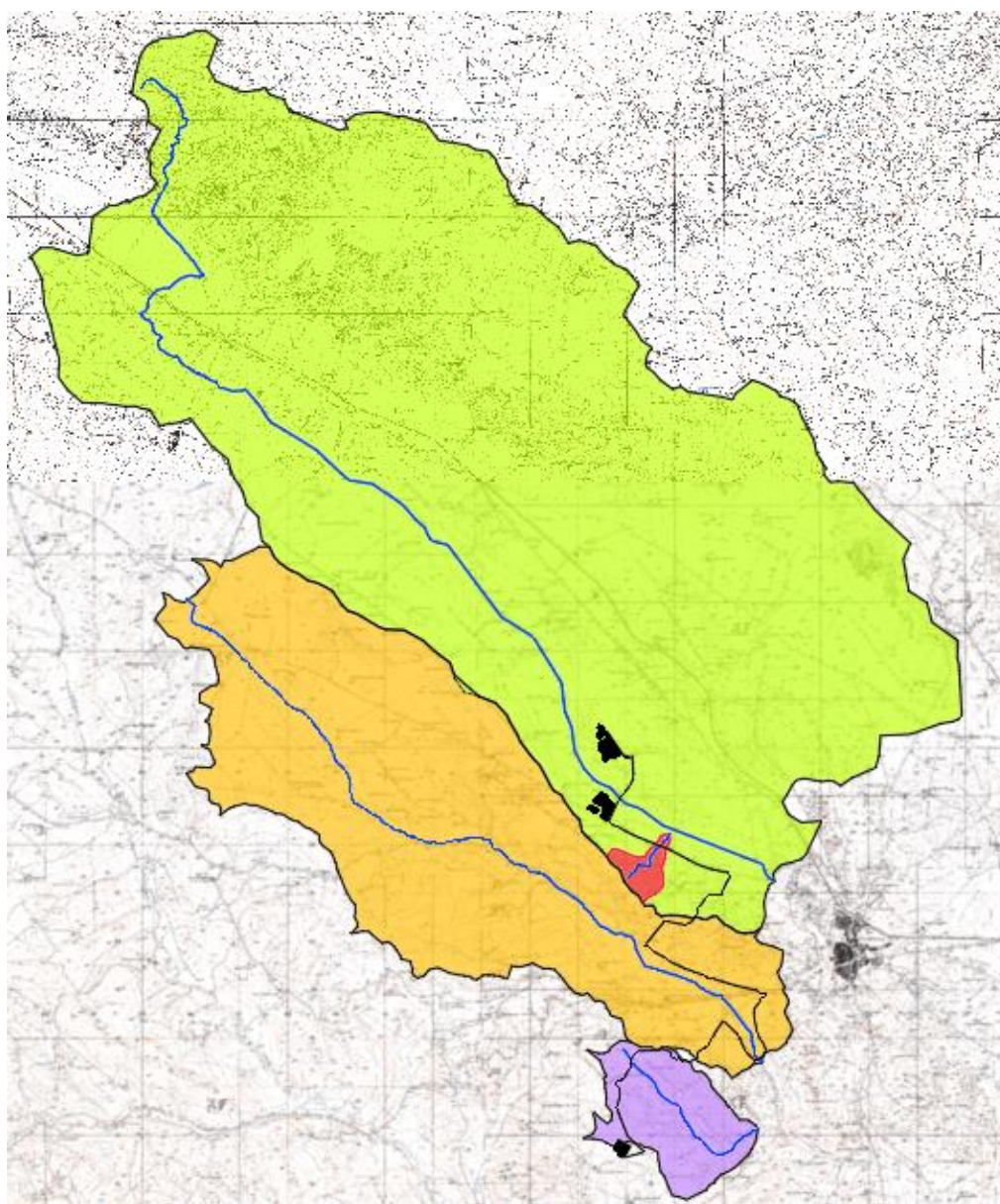


Figura 6-9 - Bacini idrografici di riferimento

Si riportano di seguito le caratteristiche plano altimetriche individuate:

BACINO	A [mq]	A [Kmq]	L[m]	L [Km]
BACINO 1	162700458.05	162.70	25825.65	25.83
BACINO 2	55359309.39	55.36	16807.33	16.81
BACINO 3	6410719.05	6.41	4143.38	4.14
BACINO 4	875032.05	0.88	1404.20	1.40

Tabella 9 - Caratteristiche dei bacini: Area (A) e lunghezza asta principale (L)

6.2.1. CALCOLO DELLE QUOTE CARATTERISTICHE E DELLA PENDENZA DEI VERSANTI

Per ciascun bacino idrografico sono state ricavate, mediante strumentazione GIS, la pendenza media dei versanti i_v e l'altitudine media, a partire dal DTM messo a disposizione dal geoportale regionale.

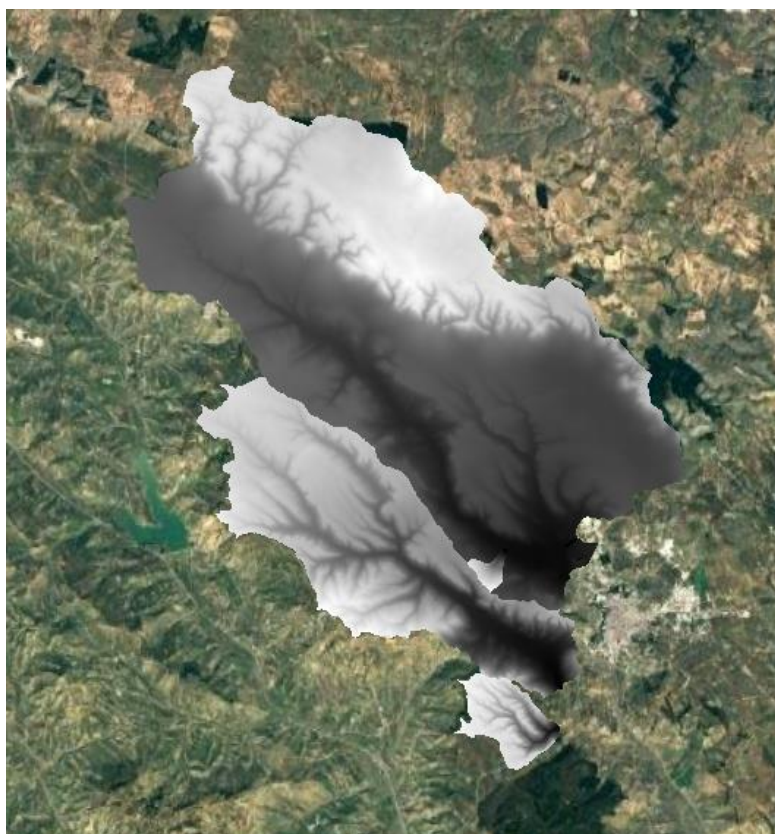


Figura 6-10 – Ritaglio DTM Bacini

Si riportano di seguito i risultati ottenuti per ciascun bacino:

BACINO	A [mq]	A [Kmq]	L[m]	L [Km]	H _{max} [m s.l.m]	H _{med} [m s.l.m]	H _{min} [m s.l.m]	i_v [%]
BACINO 1	162700458.05	162.70	25825.65	25.83	670.16	487.70	313.82	8.50
BACINO 2	55359309.39	55.36	16807.33	16.81	500.38	420.61	305.11	9.17
BACINO 3	6410719.05	6.41	4143.38	4.14	467.39	425.62	307.75	15.55
BACINO 4	875032.05	0.88	1404.20	1.40	427.03	399.23	347.62	5.77

Tabella 10 - Parametri dei bacini idrografici

6.2.2. PENDENZA LONGITUDINALE DELLE ASTE PRINCIPALI

Il profilo longitudinale del corso d'acqua principale è stato ottenuto suddividendo quest'ultimo in una serie di tratti di lunghezza L_j con pendenza i_j . L'andamento delle pendenze dell'asta principale e in particolare la pendenza media è stata definita mediante la formula di Taylor-Schwartz.

$$i_m = \frac{L^2}{\left(\sum_i \frac{L_j}{\sqrt{i_j}}\right)^2}$$

Le aste oggetto di studio sono state suddivise in n tratti con differenza di quota pressoché costante. I risultati ottenuti sono stati i seguenti

Pendenza Asta Bacino 1					
H [m.s.l.m]	H [m.s.l.m]	L [m]	ΔH [m]	ij	L/ij ^{0.5}
641.41	590	904.55	51.41	0.057	3794.24
600	550	1505.58	50.00	0.033	8261.73
550	500	1209.28	50.00	0.041	5947.10
500	450	2937.46	50.00	0.017	22515.05
450	400	6768.74	50.00	0.007	78754.75
400	350	8996.08	50.00	0.006	120668.79
350	337.92	3503.96	12.08	0.003	59676.76
Pendenza Asta Bacino 2					
H [m.s.l.m]	H [m.s.l.m]	L [m]	ΔH [m]	ij	L/ij ^{0.5}
468.25	450	1570.01	18.25	0.012	14562.04
450	400	3583.93	50.00	0.014	30342.70
400	350	4294.27	50.00	0.012	39796.88
350	304.75	7359.12	45.25	0.006	93848.98
Pendenza Asta Bacino 3					
H [m.s.l.m]	H [m.s.l.m]	L [m]	ΔH [m]	ij	L/ij ^{0.5}
454.52	450	88.64	4.52	0.051	392.53
450	400	1532.96	50.00	0.033	8488.11
400	350	1352.75	50.00	0.037	7036.25
350	307.224	1169.03	42.78	0.037	6111.37
Pendenza Asta Bacino 4					
H [m.s.l.m]	H [m.s.l.m]	L [m]	ΔH [m]	ij	L/ij ^{0.5}
413.4	400	279.22	13.40	0.048	1274.61
400	350	985.16	50.00	0.051	4372.96
350	347.34	139.82	2.66	0.019	1013.71

Tabella 11- Pendenze medie delle aste principali

Si riportano di seguito i valori di pendenza media ottenuti per le aste principali di ciascun bacino.

ID BACINO	Lasta [Km]	i_m
BACINO_1	25.70	0.007
BACINO_2	16.81	0.009
BACINO_3	4.14	0.035
BACINO_4	1.40	0.045

Tabella 12 – Valori di pendenza media aste principali

6.2.1. CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE

Per procedere al calcolo della portata di piena ad assegnato tempo di ritorno è necessario valutare il tempo di corrivazione, inteso come il tempo impiegato da una goccia di acqua, caduta nel punto più sfavorito, per raggiungere la sezione di chiusura. Considerate le dimensioni dei bacini, la stima di tale parametro è stata così effettuata:

- 1) Per il BACINO 1 e il BACINO 2 adottando la formula di Giandotti

$$t_c = \frac{4 * \sqrt{A} + 1.5 * L_p}{0.8 * \sqrt{H_m - H_{min}}}$$

in cui t_c è misurato in ore, L_p (lunghezza dell'asta principale) in km, A è l'area del bacino in kmq, H_m è la quota media del bacino (m . s.l.m.), H_{min} è la quota della sezione di chiusura (m .s.l.m).

- 2) Per il BACINO 3 e il BACINO 4 facendo riferimento alla media dei valori ottenuti tra la formula empirica di Kirpich, così espressa

$$t_c = 0.000325 * L^{0.77} * (i_v)^{-0.385}$$

e la formula di Puglisi

$$t_c = 6L^{\frac{2}{3}} * \Delta H^{-\frac{1}{3}}$$

in cui t_c è misurato in ore, L (lunghezza dell'asta principale) in m, ΔH è il dislivello del bacino e i_v è la pendenza dei versanti.

Applicando tali formule sono stati ottenuti i seguenti valori di tempo di corrivazione:

BACINO	t_c [h]			Media
	Giandotti	Kirpich	Puglisi	
BACINO 1	8.51	-	-	-
BACINO 2	6.39	-	-	-
BACINO 3	-	0.41	2.85	1.63
BACINO 4	-	0.26	1.75	1.00

Tabella 13 - Calcolo dei tempi di corrivazione

6.3. STIMA DELLE PORTATE

La stima delle portate ad assegnato tempo di ritorno è stata effettuata mediante la formula razionale, il cui approccio si basa sull'utilizzo della curva di possibilità pluviometrica e sull'ipotesi che a parità di tempo di ritorno, la portata al colmo maggiore è prodotta dall'evento la cui durata è identica al tempo di corrivazione.

$$Q = \frac{\Phi i_c A}{3.6}$$

in cui

- Φ è il coefficiente di deflusso, indicante il rapporto tra i deflussi e gli afflussi [ad]
- i_c è l'intensità di pioggia di un evento avente durata $d = t_c$ [mm/ora]
- A è la superficie del bacino (o area scolante) [Km²]
- Q è la portata al colmo di piena che defluisce alla sezione di chiusura in corrispondenza di un evento di durata t_c e tempo di ritorno T [m³/s].

6.3.1. COEFFICIENTE DI DEFLUSSO

Considerata la descrizione dei luoghi riportata nel paragrafo 3 si è deciso di adottare cautelativamente un valore di ϕ pari 0.60⁴, corrispondente a terreni poco permeabili e soggetti alle pratiche agricole.

Tipo di suolo	Copertura del bacino		
	Coltivi	Pascoli	Boschi
Suoli molto permeabili sabbiosi o ghiaiosi	0,20	0,15	0,10
Suoli mediamente permeabili (senza strati di argilla). Terreni di medio impasto o simili	0,40	0,35	0,30
Suoli poco permeabili Suoli fortemente argillosi o simili, con strati di argilla vicino alla superficie. Suoli poco profondi sopra roccia impermeabile.	0,50	0,45	0,40

Tabella 14 - Coefficienti di deflusso da letteratura

6.3.2. RISULTATI

Si riportano di seguito i risultati ottenuti dall'applicazione della formula razionale. Nelle tabelle, le intensità di pioggia sono espresse in mm/h. e le portate in mc/s.

⁴ I pannelli, essendo sollevati dal piano campagna, non alterano l'attuale stato critico idraulico di fatto (in termini di afflussi), in quanto risultano ancorati su sistemi di inseguimento solare monoassiale di rollio del tipo Tracker, infissi puntualmente a terra. Durante la manifestazione di un evento meteorico, le acque, in caduta sull'area del parco fotovoltaico, defluiranno sulla superficie del generico pannello e raggiungeranno il terreno, infiltrandosi in esso.

T = 30 ANNI							
BACINO	A [Kmq]	a	n	t _c [h]	i[mm/h]	φ	Q[mc/S]
BACINO 1	162.70	58.46	0.191	8.51	10.34	0.6	280.43
BACINO 2	55.36	58.46	0.191	6.39	13.03	0.6	120.23
BACINO 3	6.41	58.46	0.191	1.63	39.38	0.6	42.08
BACINO 4	0.88	58.46	0.191	1.00	58.25	0.6	8.50

Tabella 15 - Calcolo portate per T= 30 anni

T = 100 ANNI							
BACINO	A [Kmq]	a	n	t _c [h]	i[mm/h]	φ	Q[mc/S]
BACINO 1	162.70	77.51	0.187	8.51	13.59	0.6	368.64
BACINO 2	55.36	77.51	0.187	6.39	17.15	0.6	158.24
BACINO 3	6.41	77.51	0.187	1.63	52.11	0.6	55.68
BACINO 4	0.88	77.51	0.187	1.00	77.23	0.6	11.26

Tabella 16 - Calcolo portate per T= 100 anni

T = 200 ANNI							
BACINO	A [Kmq]	a	n	t _c [h]	i[mm/h]	φ	Q[mc/S]
BACINO 1	162.70	90.92	0.185	8.51	15.88	0.6	430.57
BACINO 2	55.36	90.92	0.185	6.39	20.04	0.6	184.92
BACINO 3	6.41	90.92	0.185	1.63	61.07	0.6	65.25
BACINO 4	0.88	90.92	0.185	1.00	90.59	0.6	13.21

Tabella 17 - Calcolo portate per T= 200 anni

T = 500 ANNI							
BACINO	A [Kmq]	a	n	t _c [h]	i[mm/h]	φ	Q[mc/S]
BACINO 1	162.70	110.33	0.183	8.51	19.19	0.6	520.26
BACINO 2	55.36	110.33	0.183	6.39	24.23	0.6	223.57
BACINO 3	6.41	110.33	0.183	1.63	74.03	0.6	79.10
BACINO 4	0.88	110.33	0.183	1.00	109.93	0.6	16.03

Tabella 18 - Calcolo portate per T= 500 anni

7. VERIFICHE IDRAULICHE

Nei paragrafi a seguire verranno mostrate le analisi idrauliche sui tratti d'asta prossimi alle aree di impianto, effettuate sulla base di tempi di ritorno 30,200 e 500 anni. Più nello specifico saranno effettuate le verifiche del tratto di Canale San Francesco, che defluisce tra le due aree di impianto.

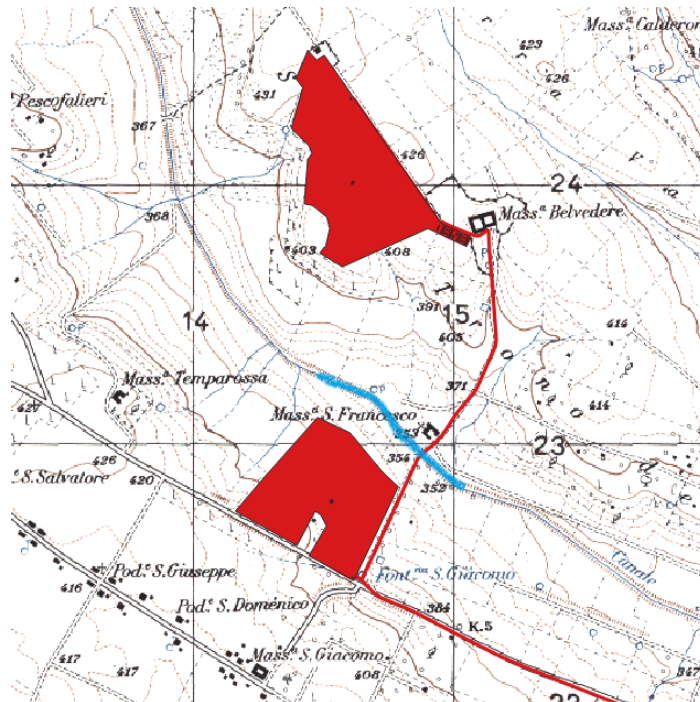


Tabella 19 - Tratto d'asta oggetto di verifica

Sono stati altresì considerati due fossi ricadenti in prossimità dell'area parco SUD, rappresentati anche su cartografia IGM, di modeste dimensioni; il primo con andamento S-N confluisce nel canale San Francesco; il secondo con andamento S-N oltrepassato il tombino della SP52, si immette nel fosso bordo strada a est dell'area di progetto.



Figura 7-1 - Canale prossimi ed interni all'area al parco

Per quanto riguarda invece l'area parco Nord, in prossimità del perimetro del progetto sono presenti alcuni fossi che con andamento N-S confluiscono nel canale San Francesco.

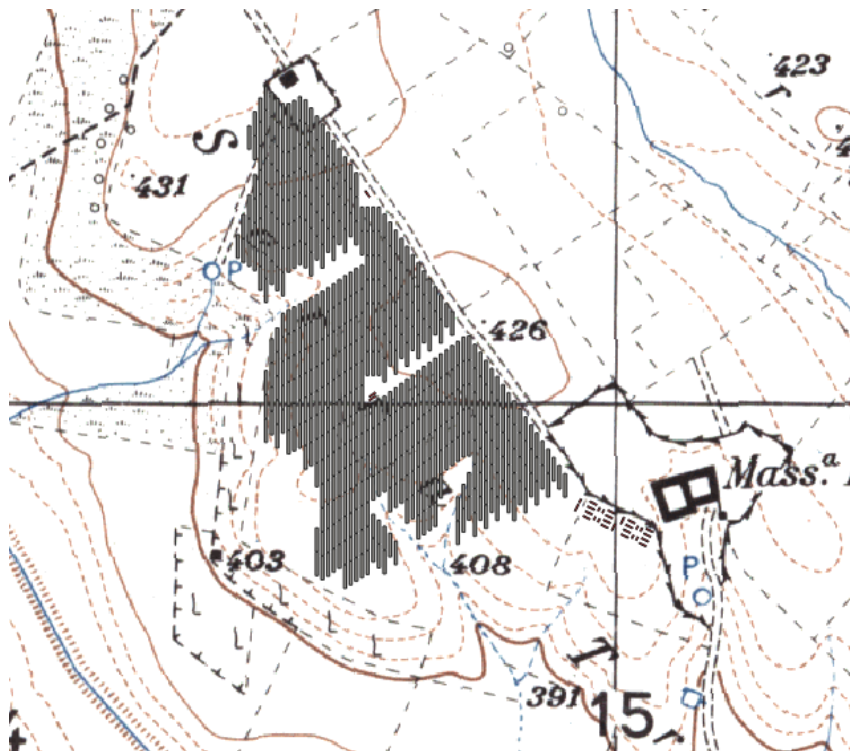


Figura 7-2 - Fossi esistenti area Nord

La presenza degli elementi idraulici di figura 7-1 e 7-2 è stata considerata nella definizione del layout di progetto, disponendo i pannelli a debita distanza dagli stessi.

7.1. SCELTA DEL TEMPO DI RITORNO

I tempi di ritorno adottati sono i seguenti:

- 200 anni, per la verifica e la riprofilatura dei fossi minori;
- 30,200 e 500 Anni per la definizione dei profili di corrente di alcune aste del reticolo minore prossime alle opere di intervento.

7.2. IL MODELLO HEC RAS

La definizione dei profili di corrente, è stata condotta in moto permanente monodimensionale, utilizzando il codice di calcolo HEC-RAS versione 6.0, sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center dell'U.S. Army Corps of Engineers. HEC-RAS è l'abbreviazione di Hydrologic Engineering Center's River Analysis System. Attraverso il software possono essere analizzate condizioni di moto in corrente lenta, condizioni di moto critiche e condizioni di regime misto. Il codice di calcolo permette di descrivere in maniera dettagliata la geometria delle singole sezioni idrauliche, tenendo conto di scabrezze differenti, non solo in diversi tratti del corso d'acqua, ma anche all'interno della stessa sezione (ad esempio per differenziare le zone golenali e il canale

principale). Esso consente inoltre di modellare l'andamento meandriforme di un corso d'acqua, indicando differenti lunghezze del tratto che separano due sezioni adiacenti, sia per la gola in sponda sinistra, che per la gola in sponda destra, che per il canale principale. Nello specifico il calcolo dei profili di corrente viene effettuato all'interno del software attraverso la risoluzione dell'equazione dell'energia tra due sezioni consecutive, mediante un processo iterativo (standard step method).

7.2.1. LA MODELLAZIONE DI PROGETTO

- GEOMETRIA DELLO STATO DI FATTO

La geometria dello stato di fatto è stata modellata sulla base di un rilievo aereofotogrammetrico effettuato sull'area di intervento, attraverso il quale è stato possibile estrapolare le curve di livello tridimensionali e procedere alla modellazione dei corsi d'acqua esistenti. Da tale file sono state estrapolate le sezioni idrauliche e le informazioni da importare sul software HEC RAS.

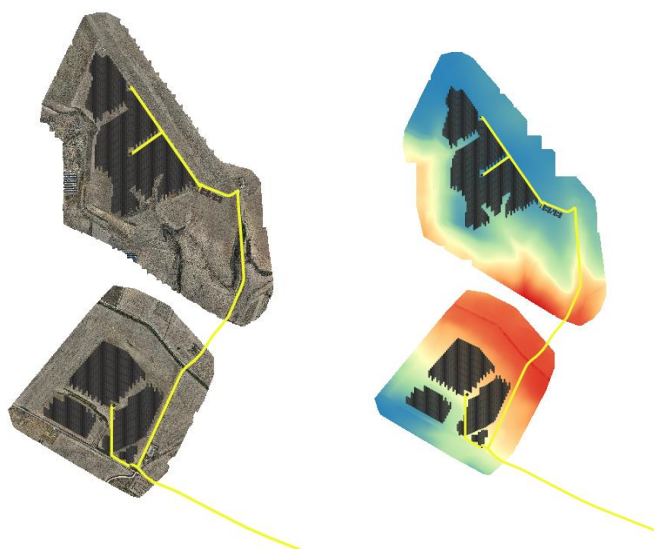


Figura 7-3- DEM da rilievo 2021

- SCABREZZE DEI CORSI D'ACQUA

Per la determinazione del coefficiente di scabrezza, si è fatto riferimento alla seguente tabella

tipo di superficie	Minimo	Normale	Massimo
ALVEI DI PIANURA			
non vegetati, rettilinei, corrente regolare	0.025	0.030	0.033
come sopra ma con pietre e alghe	0.030	0.035	0.040
non vegetati, tortuosi con molenti e rapide	0.033	0.040	0.045
come sopra ma con pietre e alghe	0.035	0.045	0.050
come sopra, in magra	0.040	0.048	0.055
non vegetati, tortuosi, pietre, molenti e rapide	0.045	0.050	0.060
molto irregolari e alghe molto fitte	0.075	0.100	0.150
ALVEI DI MONTAGNA (SPONDE CON ALBERI E CESPUGLI)			
sul fondo: ghiaia, ciotoli e massi radi	0.030	0.040	0.050
sul fondo: ciotoli e grandi massi	0.040	0.050	0.070
GOLENE E PIANE INONDABILI			
prato senza cespugli, erba bassa	0.025	0.030	0.035
prato senza cespugli, erba alta	0.030	0.035	0.050
campi incolti	0.020	0.030	0.040
coltivazioni a filari	0.025	0.035	0.045
colture di cereali in pieno sviluppo	0.030	0.040	0.050
aree con cespugli sparsi e erba alta	0.035	0.050	0.070
aree con cespugli bassi e alberi, in inverno	0.035	0.050	0.060
aree con cespugli bassi e alberi, in estate	0.040	0.060	0.080
cespugli fitti, in inverno	0.045	0.070	0.110
cespugli fitti, in estate	0.070	0.100	0.160
CANALI CON FONDO IN GHIAIA E SPONDE IN			
lastre di calcestruzzo	0.017	0.020	0.025
pietrame con giunti stilati	0.020	0.023	0.026
scogliera	0.023	0.033	0.036
CANALI IN TERRA NON RIVESTITI			
rettilinei, non vegetati, buona manutenzione	0.016	0.018	0.020
rettilinei, non vegetati, mediocre manutenzione	0.018	0.022	0.025
rettilinei, non vegetati, con ghiaia	0.022	0.025	0.030
rettilinei, poco inerbiti, rare alghe	0.022	0.027	0.033
ALVEI IN TERRA REGOLARIZZATI O ROGGE			
non vegetati	0.023	0.025	0.030
poco inerbiti, rare alghe	0.025	0.030	0.033
molto vegetati, molte alghe	0.028	0.030	0.035
con sponde in pietrame	0.028	0.030	0.035
con sponde ben inerbite	0.025	0.035	0.040
con fondo in ciotoli e sponde non vegetate	0.030	0.040	0.050
CANALI MANTENUTI CON DRAGAGGIO			
non vegetati	0.025	0.028	0.033
poco inerbiti, rare alghe	0.035	0.050	0.060
ALVEI IN ROCCIA			
con sezione ben regolarizzata	0.025	0.035	0.040
irregolari	0.035	0.040	0.050
CANALI IN TERRA RINATURALIZZATI (CON ALGHE E CESPUGLI)			
con sezione interamente occupata da alghe	0.050	0.080	0.120
con rare alghe e sponde mediamente cespugliate	0.045	0.070	0.110
con alghe e sponde fortemente cespugliate	0.080	0.100	0.140

Considerato l'attuale stato di manutenzione del canale, l'analisi è stata svolta adottando

cautelativamente i seguenti coefficienti di Manning:

MODELLAZIONE	CANALE CENTRALE	SPONDE DX,SX
STATO DI FATTO	0.03 m ^{1/3} /s	0.040 m ^{1/3} /s

- CONDIZIONI AL CONTORNO

Come condizioni al contorno si è deciso di definire sia a monte che a valle una "normal depth" ovvero un valore noto di pendenza dell'energia, approssimativamente assunto pari alla pendenza di fondo alveo nelle sezioni più a monte e più a valle del tratto oggetto di intervento.

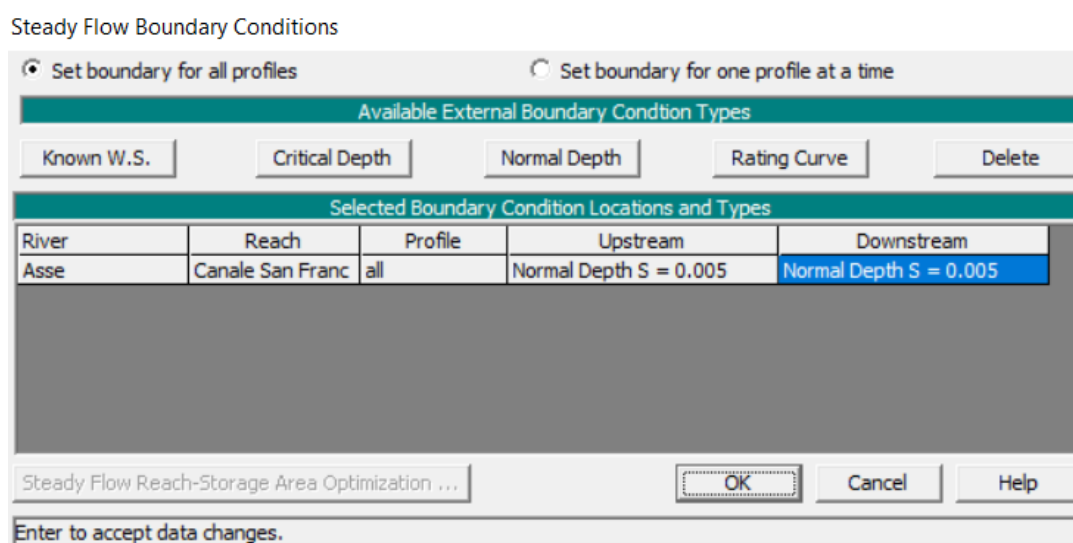


Figura 7-4- Condizioni al contorno

- PORTATE DI PROGETTO

Facendo riferimento alla tabella 15,17,18 sono state adoperate le seguenti portate di progetto

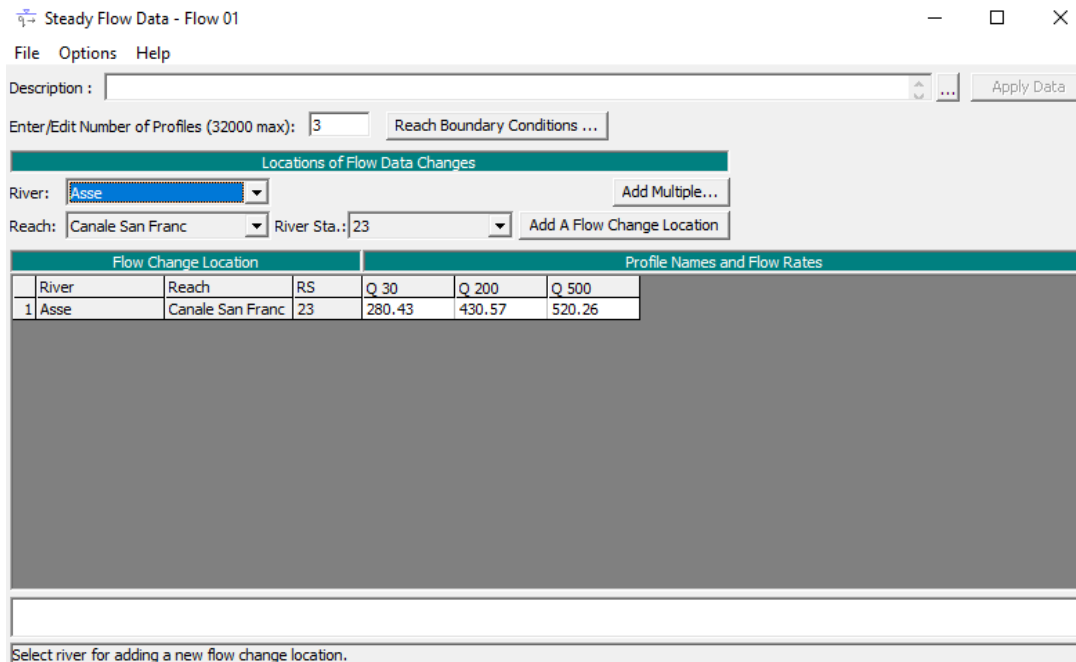


Figura 7-5 - Portate di progetto

7.2.2. RISULTATI DELLE MODELLAZIONI

I risultati delle modellazioni sono riportati nella sezione allegati.

7.3. VERIFICHE IN MOTO UNIFORME

Ad integrazione delle verifiche in moto permanente monodimensionale, si è proceduto, per i fossi minori individuati a in prossimità dell'area parco a SUD, ad effettuare verifiche in moto uniforme, mediante la formula di Gauckler Strickler di seguito riportata:

$$Q = K * A * R^{\frac{2}{3}} * i^{0.5}$$

Dove

K è un coefficiente di scabrezza, assunto pari a 33 per i fossi in terra $[m^{\frac{1}{3}}/s]$;

A è l'aria della sezione idraulica $[m^2]$;

i è la pendenza del canale;

R è il raggio idraulico $[m]$;

Le portate di progetto sono state stimate sui bacini rappresentati nella figura seguente

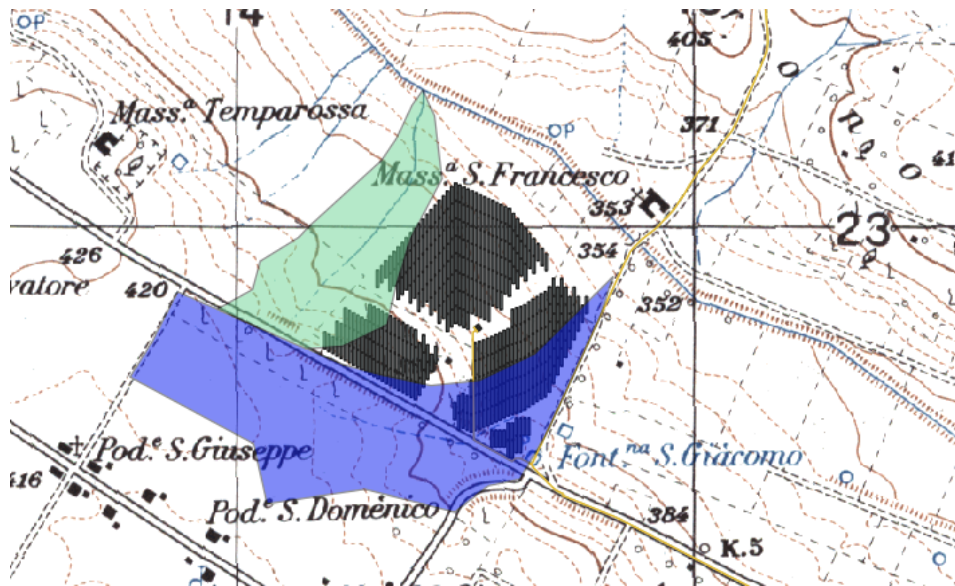


Figura 7-6- Bacini di riferimento; in verde il bacino relativo al fosso 1; in blu il bacino relativo al fosso 2

Facendo riferimento ad un tempo di ritorno pari a 200 anni, un coefficiente di deflusso pari a 0.50^5 (vedi tabella 14) e ad un evento meteorico di durata 15 min, sono stati ottenuti i seguenti risultati:

BACINO	A [Kmq]	a	n	t_c [h]	i [mm/h]	ϕ	Q [mc/S]
FOSSO 1	0.11	90.92	0.185	0.25	281.41	0.5	4.44
FOSSO 2	0.25	90.92	0.185	0.25	281.41	0.5	9.69

Figura 7-7 - Portate bacini fossi minori

Si riportano di seguito le verifiche in moto uniforme per ciascun fosso. Più in particolare:

- Per il fosso 1 si è proceduto ad effettuare la verifica su una sezione media, estrapolata da rilievo e approssimabile ad un elemento trapezio con dimensioni 0.10/4.25*0.55 m e pendenza media 0.09;

b [m]	h [m]	a [m]	B [m]	A [mq]	P [m]	R [m]	K [m ^{1/3} /s]	i	Q [mc/s]
0.10	0.55	2.07	4.25	1.20	4.39	0.27	33.00	0.09	4.97

Figura 7-8 - Verifica fosso 1

- Per il fosso 2, essendo interno al campo, si riporta la sezione di progetto, definita sulla base delle portate stimate e di una pendenza di circa 0.06 (da rilievo):

b [m]	h [m]	a [m]	B [m]	A [mq]	P [m]	R [m]	K [m ^{1/3} /s]	i	Q [mc/s]
1.60	0.8	0.8	3.2	1.92	3.86	0.50	33.00	0.06	9.74

Figura 7-9 – Sezione di riprofilatura fosso 2

Le verifiche risultano soddisfatte. Considerata la dinamicità di trasformazione territoriale dettata dalle

⁵ È stato assunto il coefficiente relativo alle aree soggette a pratiche agricole

pratiche agricole, in fase di progettazione esecutiva si procederà ad aggiornare il censimento dei fossi esistenti, quindi integrare (se necessario) le verifiche effettuate in fase di progettazione definitiva ed eventualmente predisporre interventi, quali riprofilature delle sezioni idrauliche.

7.1. RACCOLTA ACQUE SOTTOSTAZIONE ELETTRICA DI TRASFORMAZIONE

Il drenaggio delle acque meteoriche all'interno dell'area della sottostazione elettrica avverrà mediante un sistema di caditoie puntuali e tubazioni in PEAD (o PVC) che, captato i deflussi meteorici li convoglierà successivamente nel recettore finale esistente.

8. RISULTATI E CONCLUSIONI

L'intervento riguarda la realizzazione di un impianto agrivoltaico con sistema di accumulo integrato denominato "Lamatufara", sito nel territorio Comunale di **Gravina in Puglia (BA)**. Seppur le aree di impianto e della SET non interferiscono con aree a pericolosità/rischio idraulico, si è proceduto ad effettuare una modellazione in moto permanente monodimensionale di un tratto del canale artificiale San Francesco, ubicato poco più a Est dell'area SUD di progetto. Le verifiche, effettuate per tempi di ritorno 30,200 e 500 anni, seppur hanno mostrato fenomeni di esondazione dalla sezione idraulica e tracimazione in corrispondenza dell'attraversamento esistente⁶, non hanno messo in evidenza particolari criticità da associare alle opere in progetto, in quanto:

- i deflussi di piena, per ciascun tempo di ritorno, non interessano il parco fotovoltaico.
- Il futuro assetto di progetto non altererà l'attuale stato critico idraulico di fatto (in termini di afflussi).

I pannelli risultano sollevati dal piano campagna, in quanto ancorati su sistemi di inseguimento solare monoassiale di rollio del tipo Tracker, infissi puntualmente a terra. Durante la manifestazione di un evento meteorico, le acque, in caduta sull'area del parco fotovoltaico, defluiranno sulla superficie del generico pannello e raggiungeranno il terreno, infiltrandosi in esso.

⁶ Si è fatto riferimento allo stato attuale del canale, considerando la presenza di vegetazione infestante

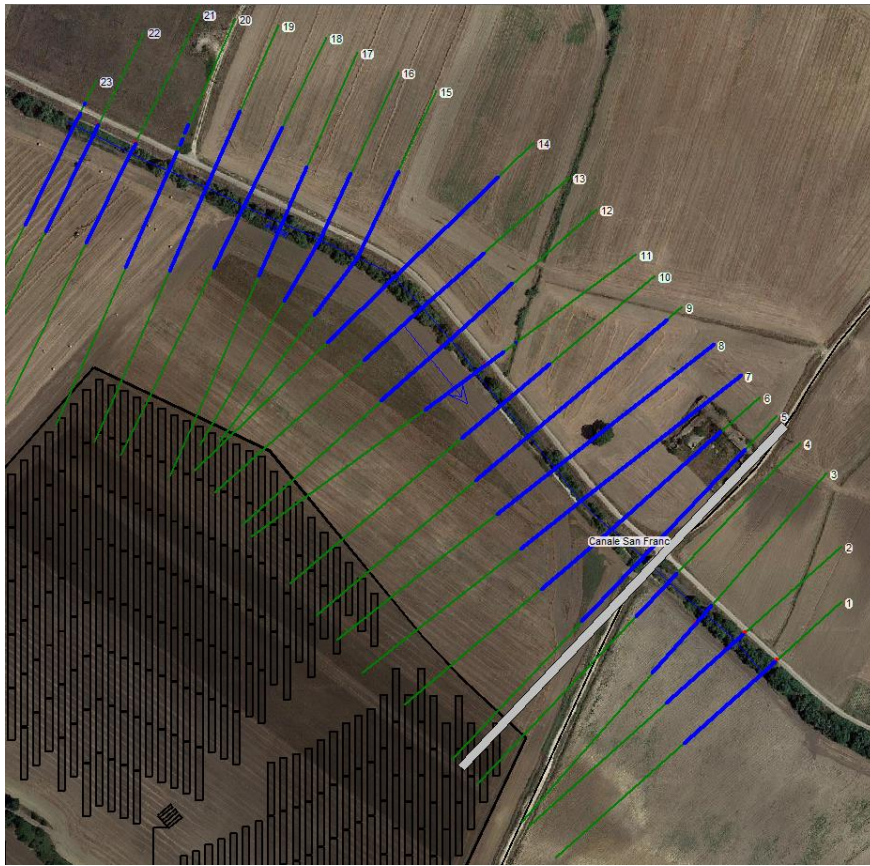


Figura 8-1 - Risultati per tempo di ritorno 30 anni



Figura 8-2 - Risultati per tempo di ritorno 200 anni

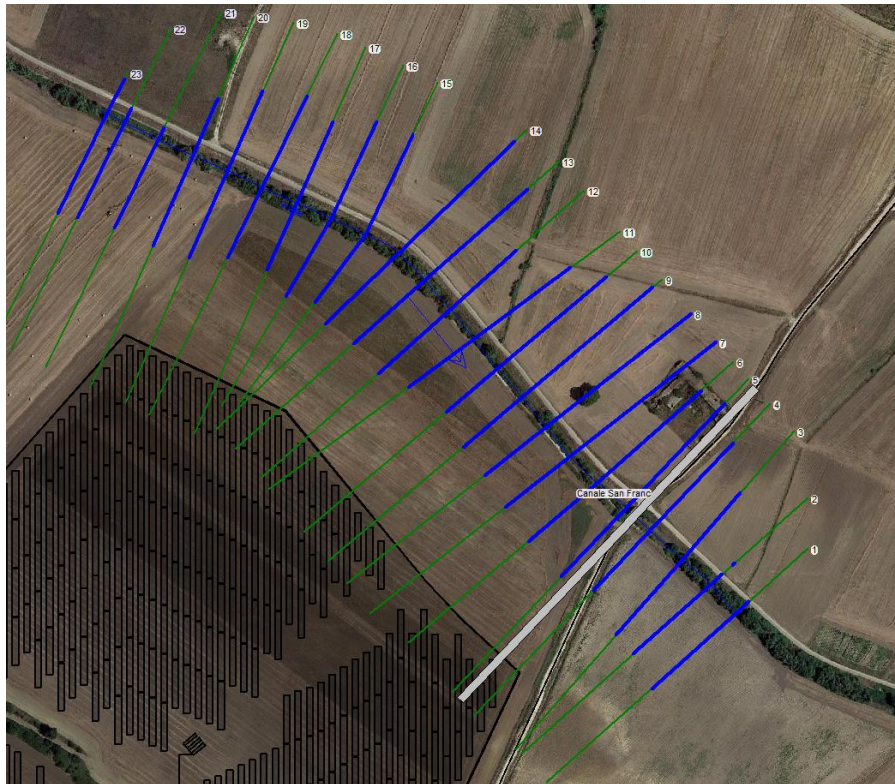


Figura 8-3 - Risultati per tempo di ritorno 500 anni

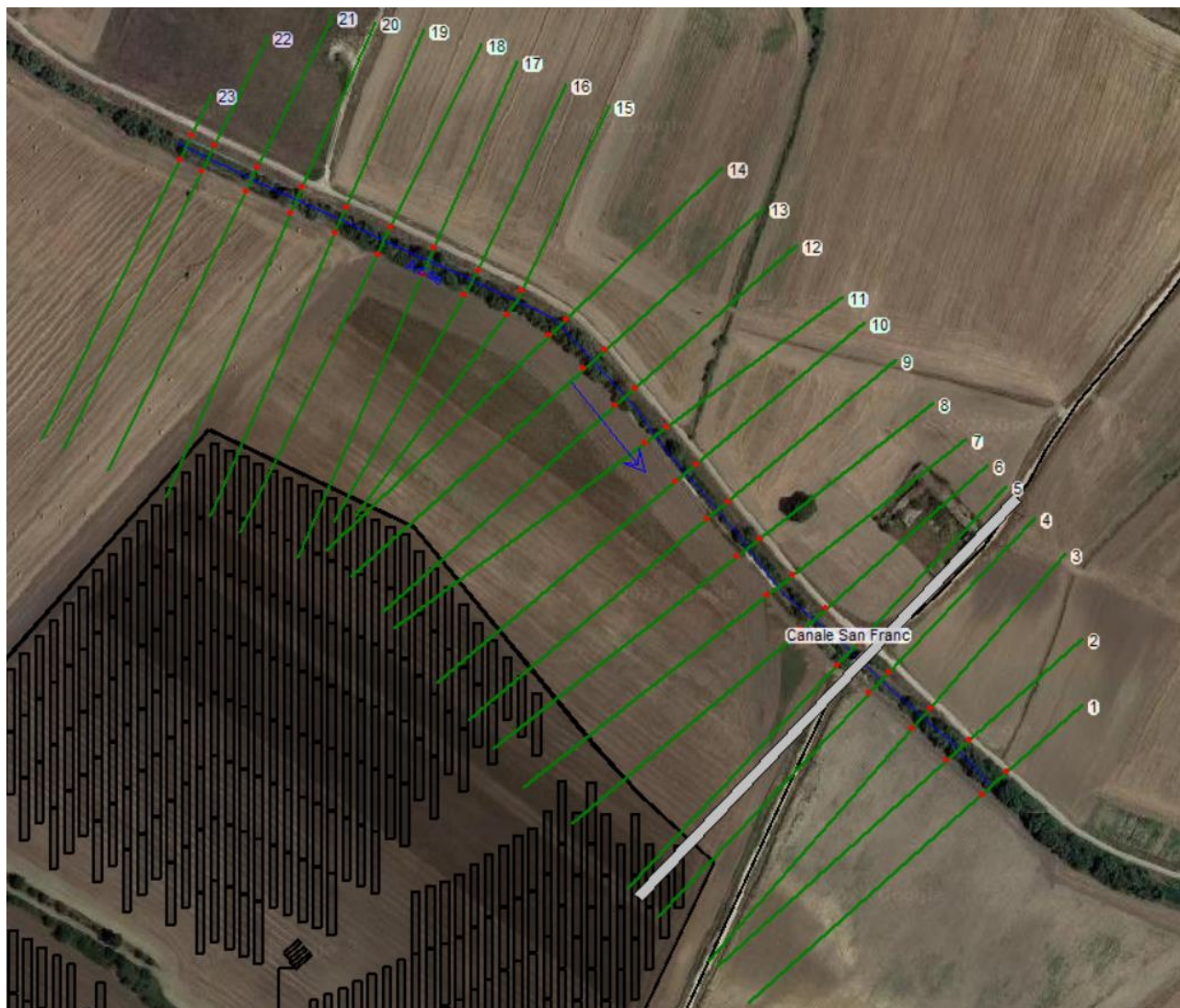
Per quanto riguarda invece il cavidotto interrato, che in più tratti interferisce con le aree a pericolosità/rischio idraulico, si precisa che l'elemento sarà posato a profondità oltre 1.00 m rispetto al piano campagna e che non interferirà direttamente con il libero deflusso delle acque del reticolo esistente, in particolar modo nei punti di attraversamento (ponti/tombini), in corrispondenza dei quali sarà ancorato/staffato alle strutture. Considerata l'evoluzione territoriale dovuta alle pratiche agricole e quindi la variabilità nel tempo del reticolo minore, in fase successiva di progettazione, si procederà ad effettuare un aggiornamento del censimento dei fossi e a meglio dettagliare quanto già riportato in fase di progetto definitivo. Qualora risultasse necessario procedere alla realizzazione di ulteriori interventi, quali riprofilature delle sezioni idrauliche e/o inserimento di fossi e tombini nelle aree dei campi, gli stessi saranno adeguatamente dimensionati.

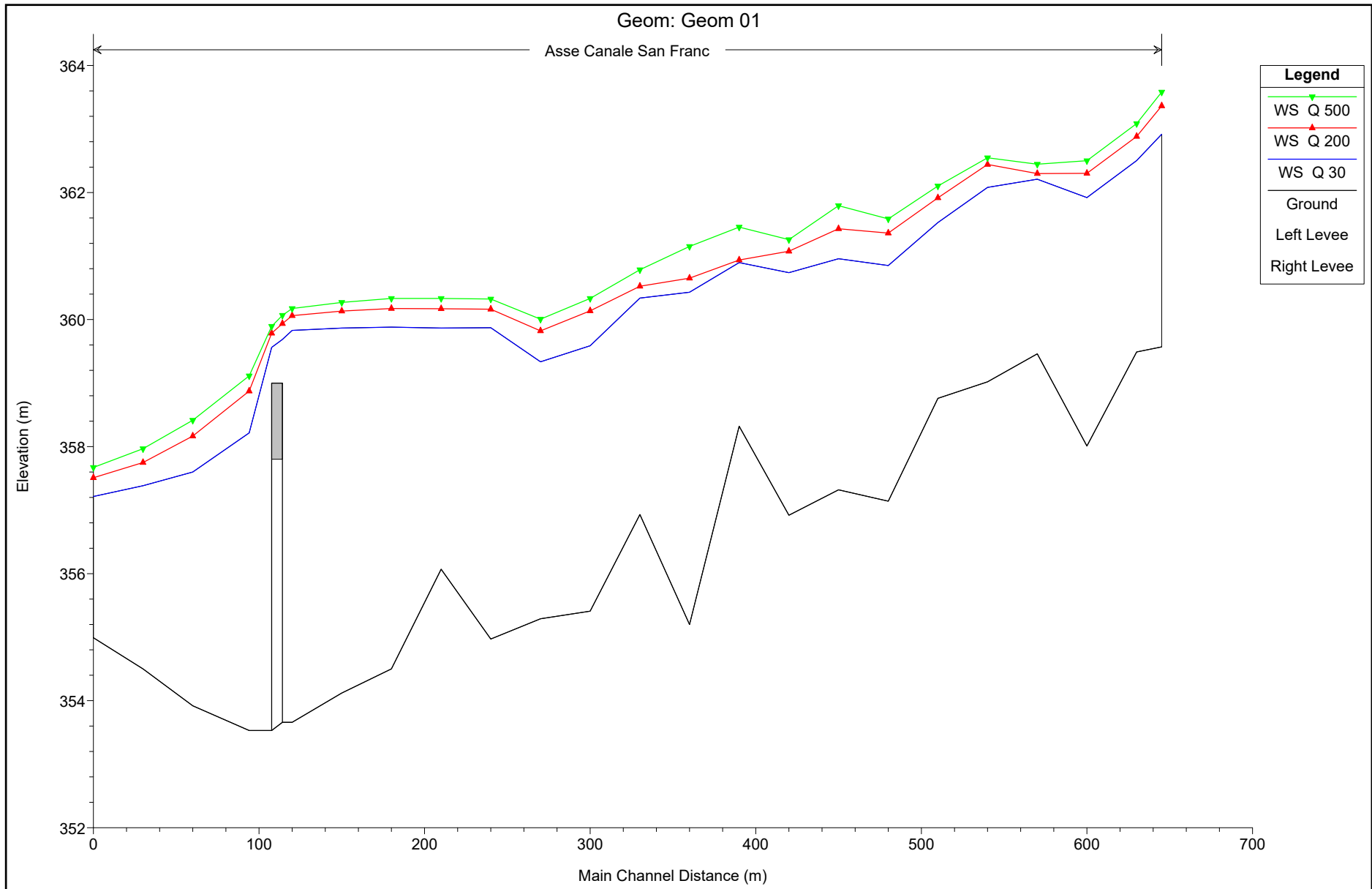
9. ALLEGATI

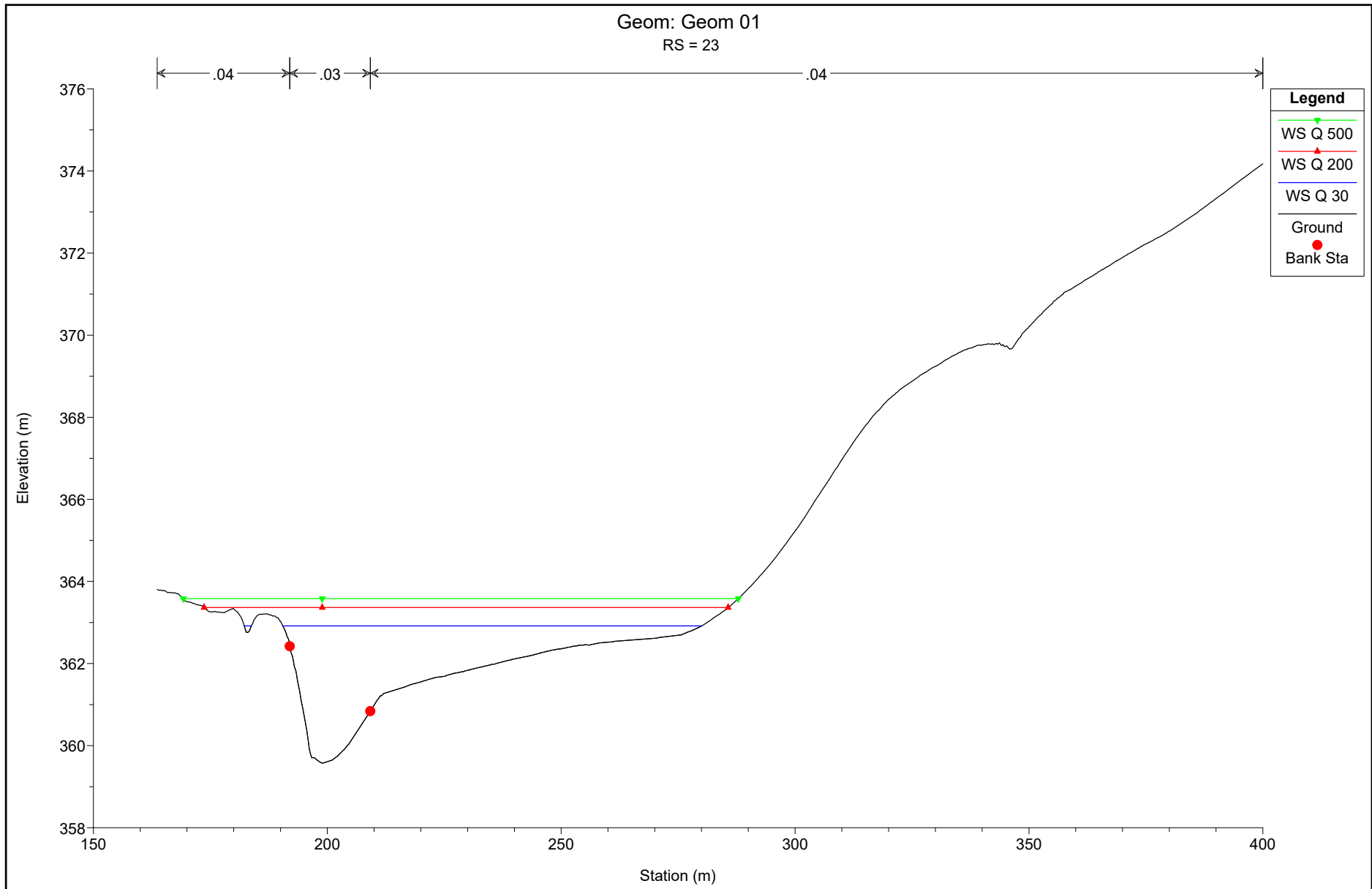
I risultati delle verifiche verranno mostrati di seguito.

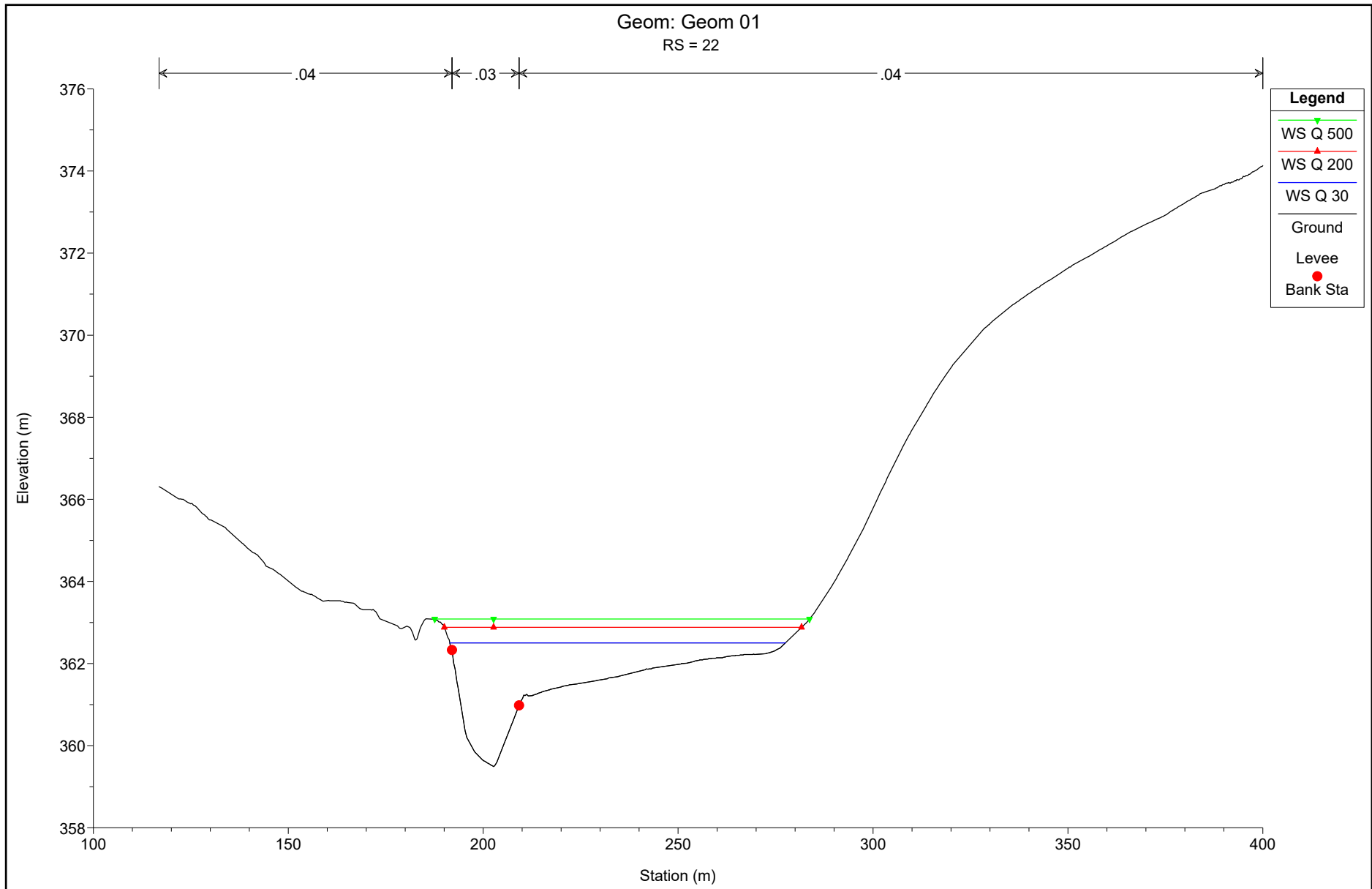
9.1. VERIFICHE IN MOTO PERMANENTE MONODIMENSIONALE

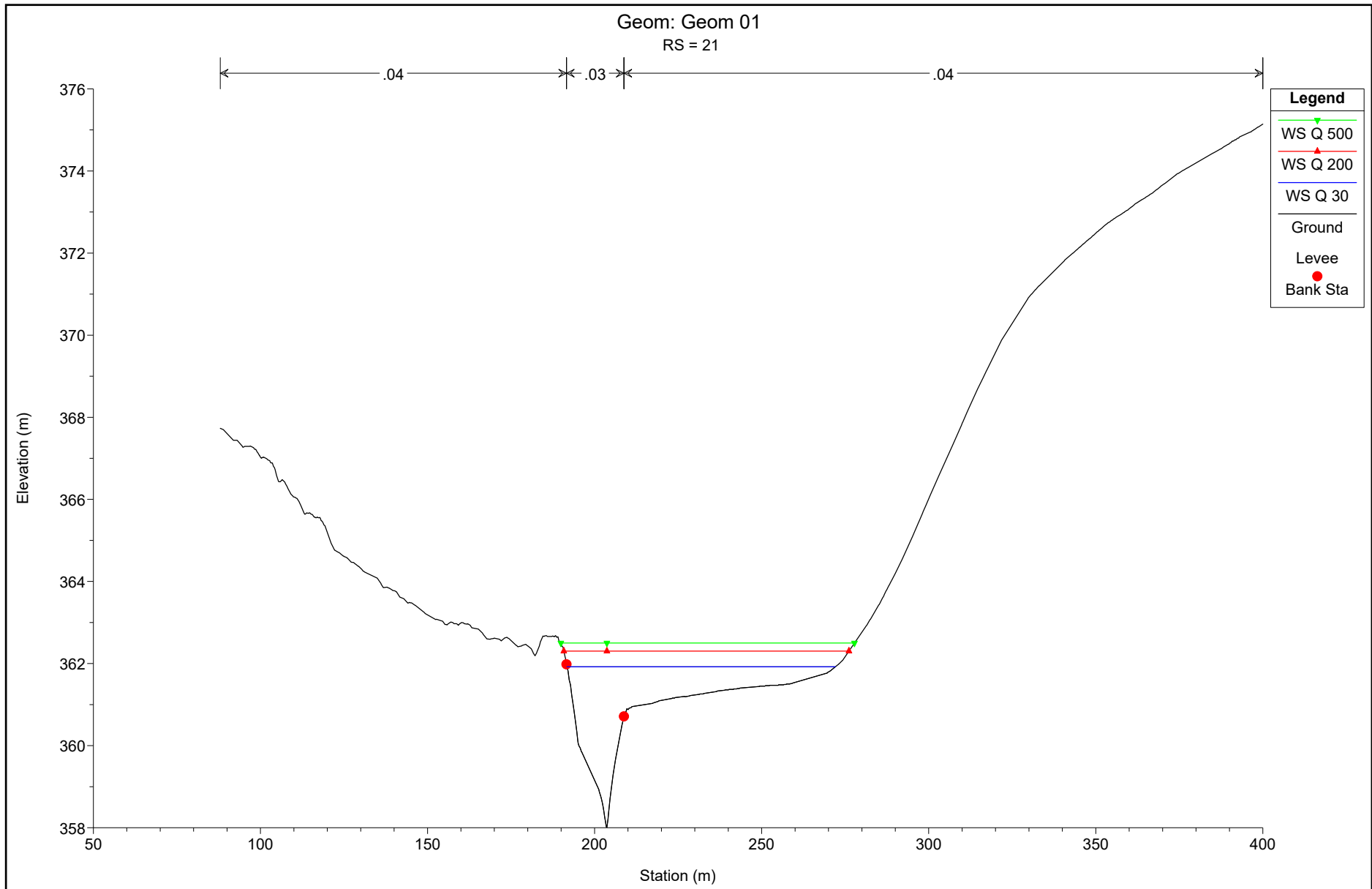
ASTA BACINO 1: STATO DI FATTO

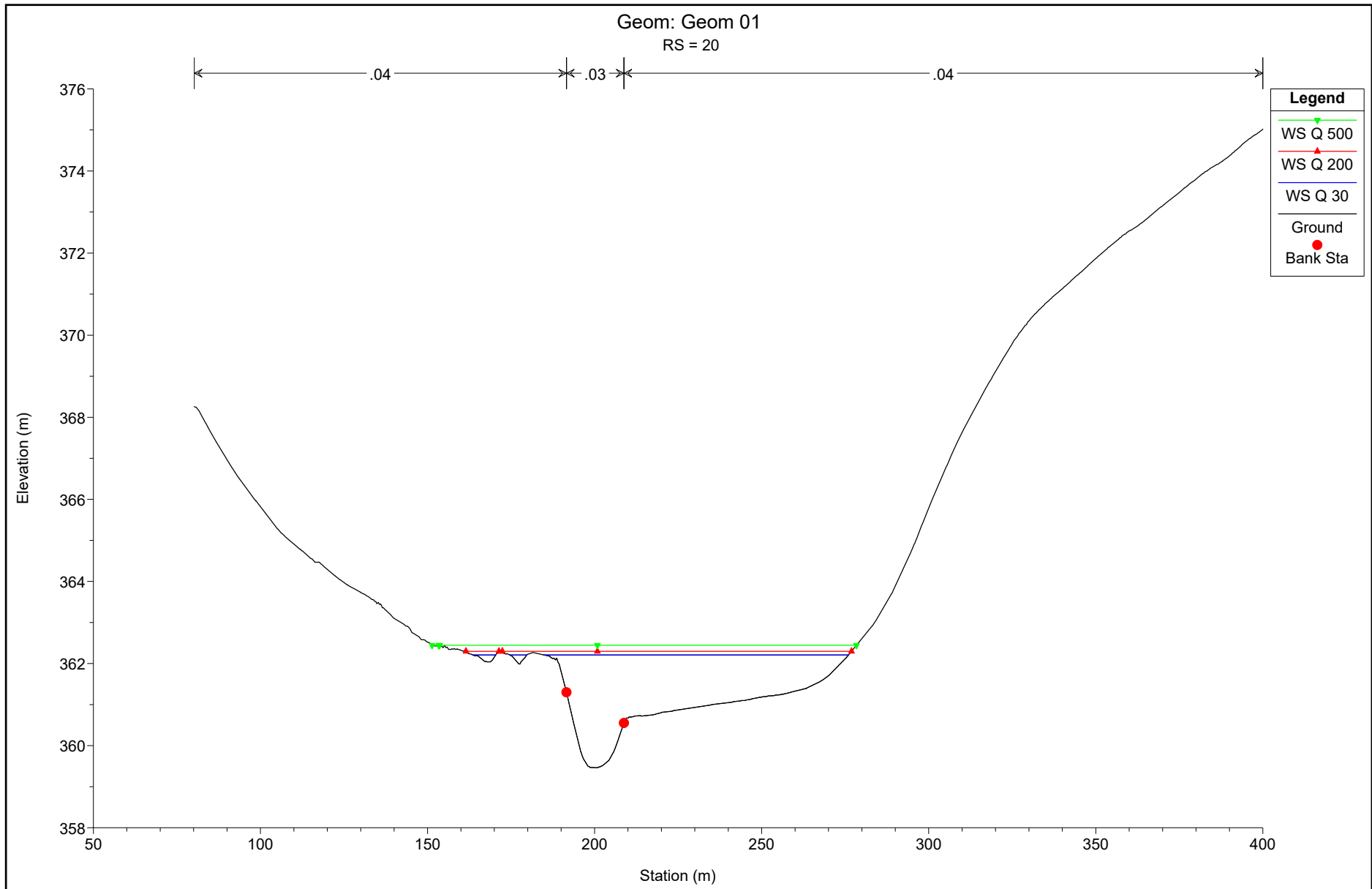


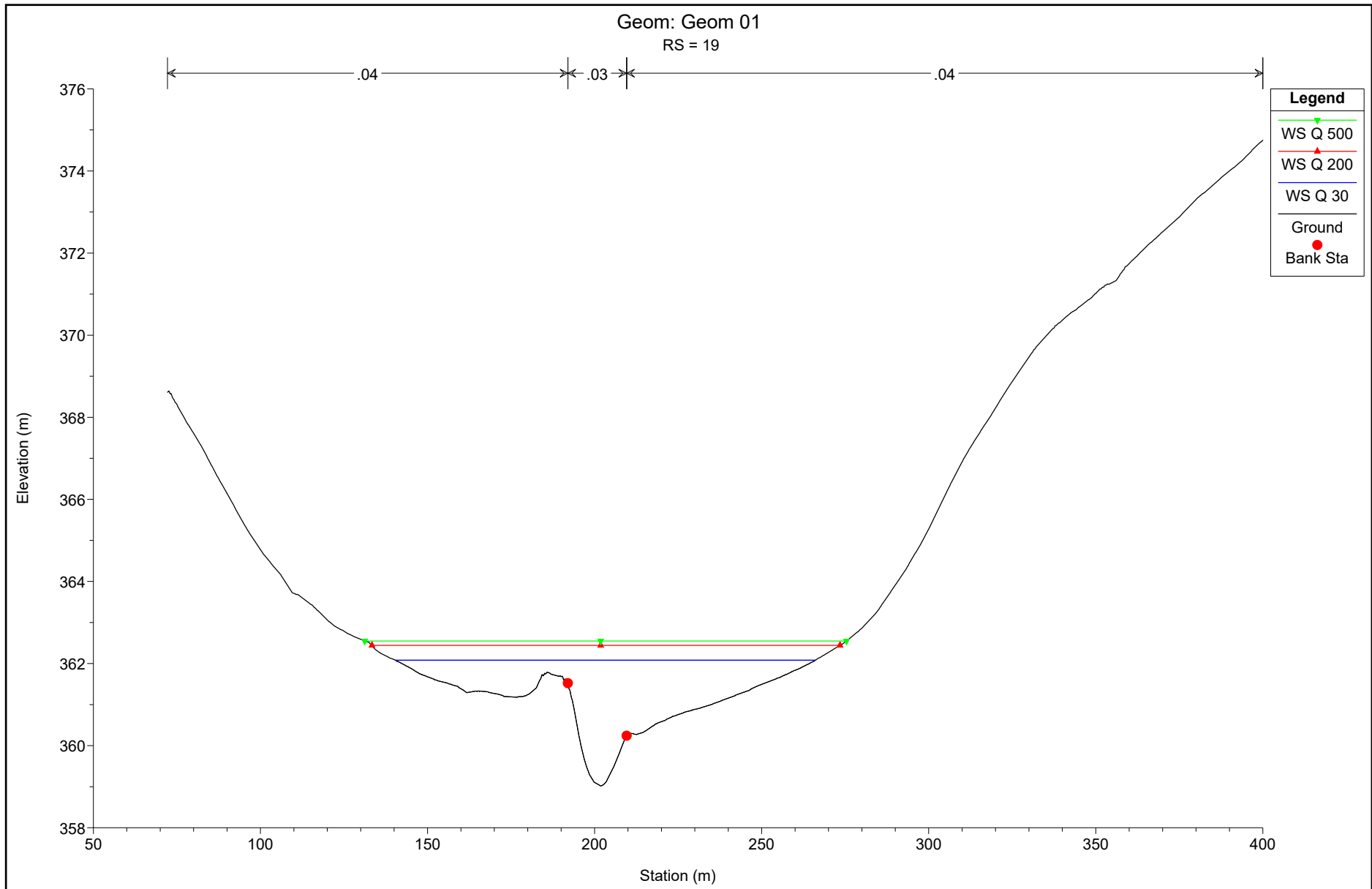


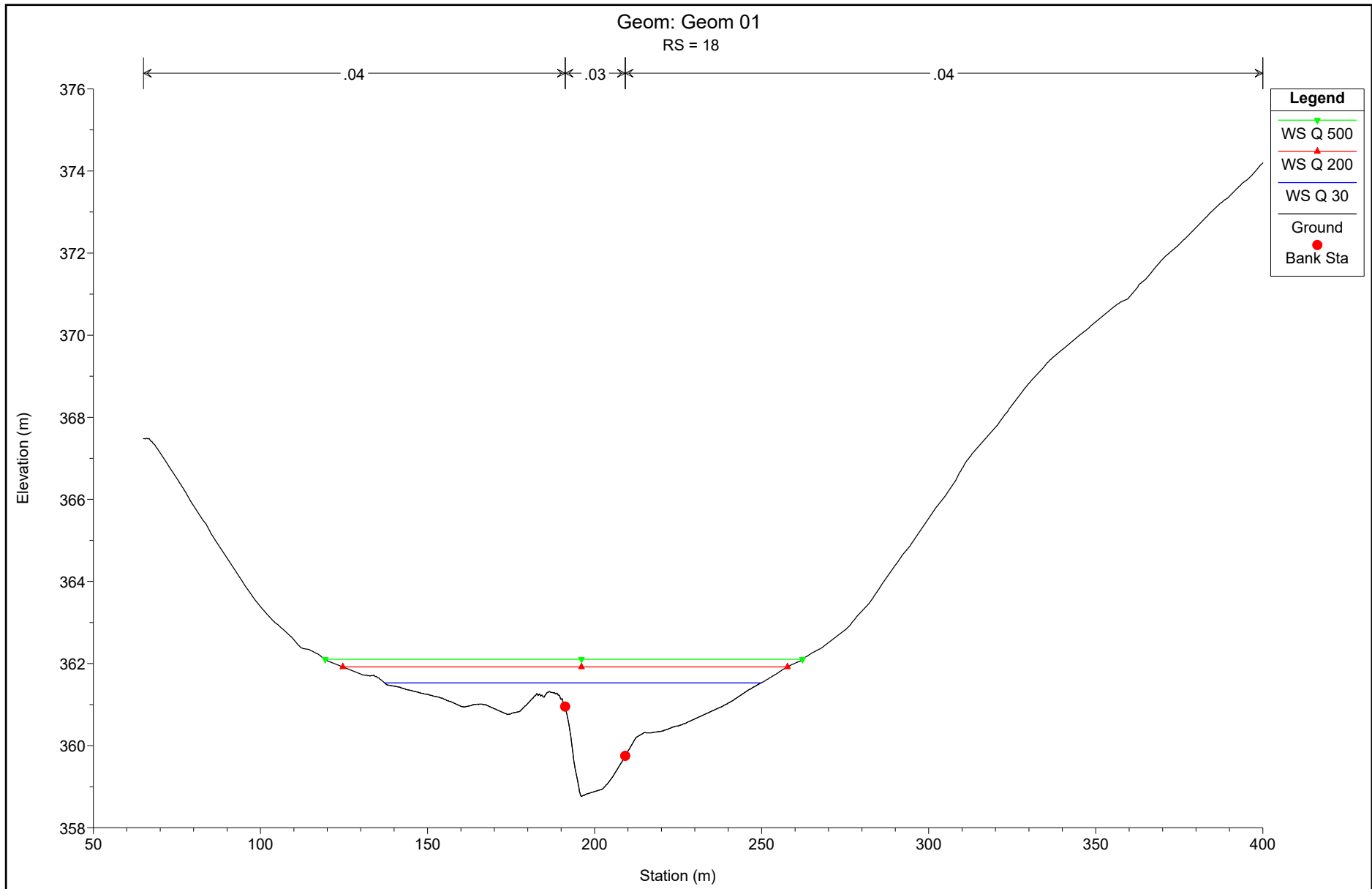


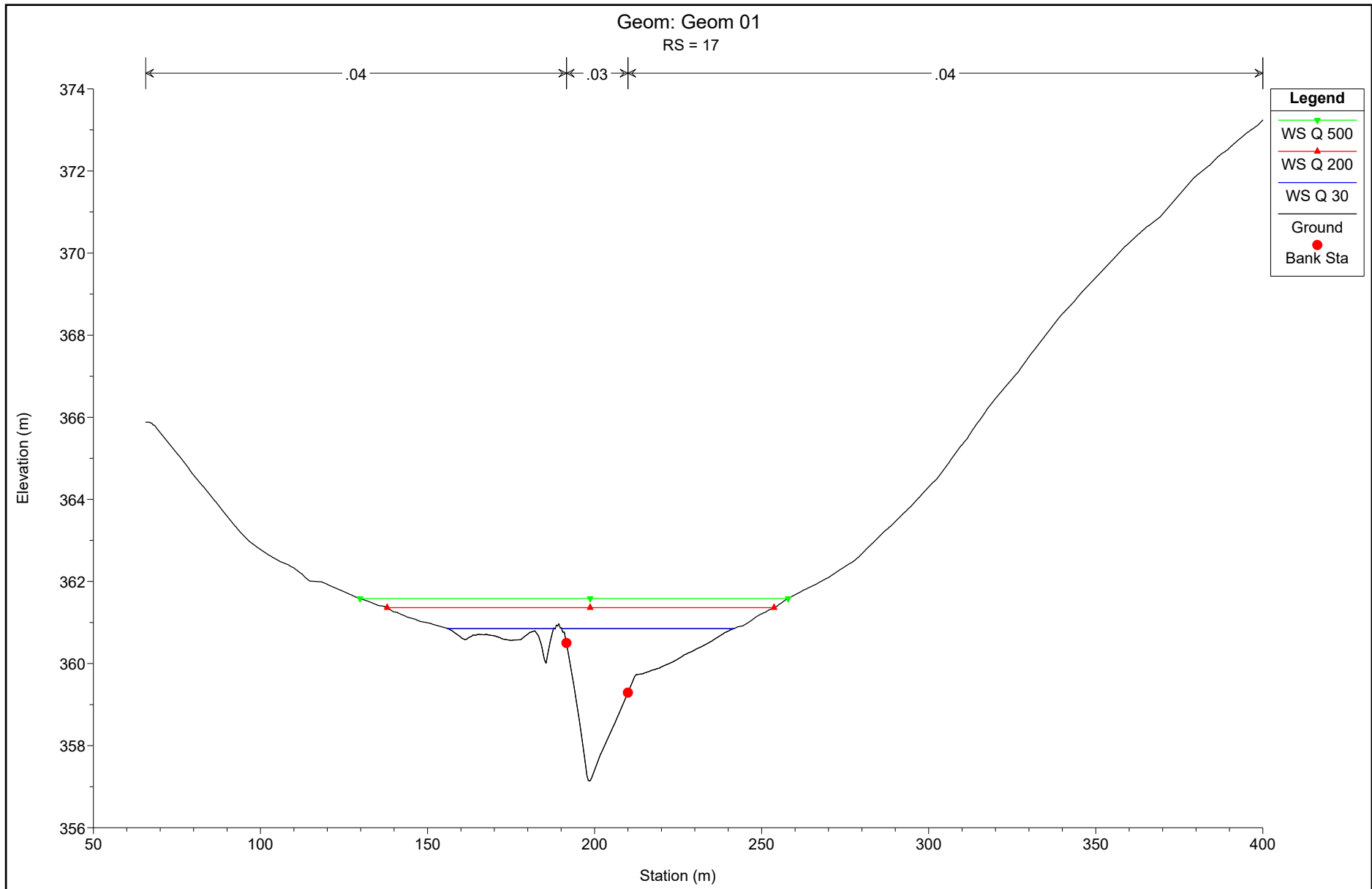


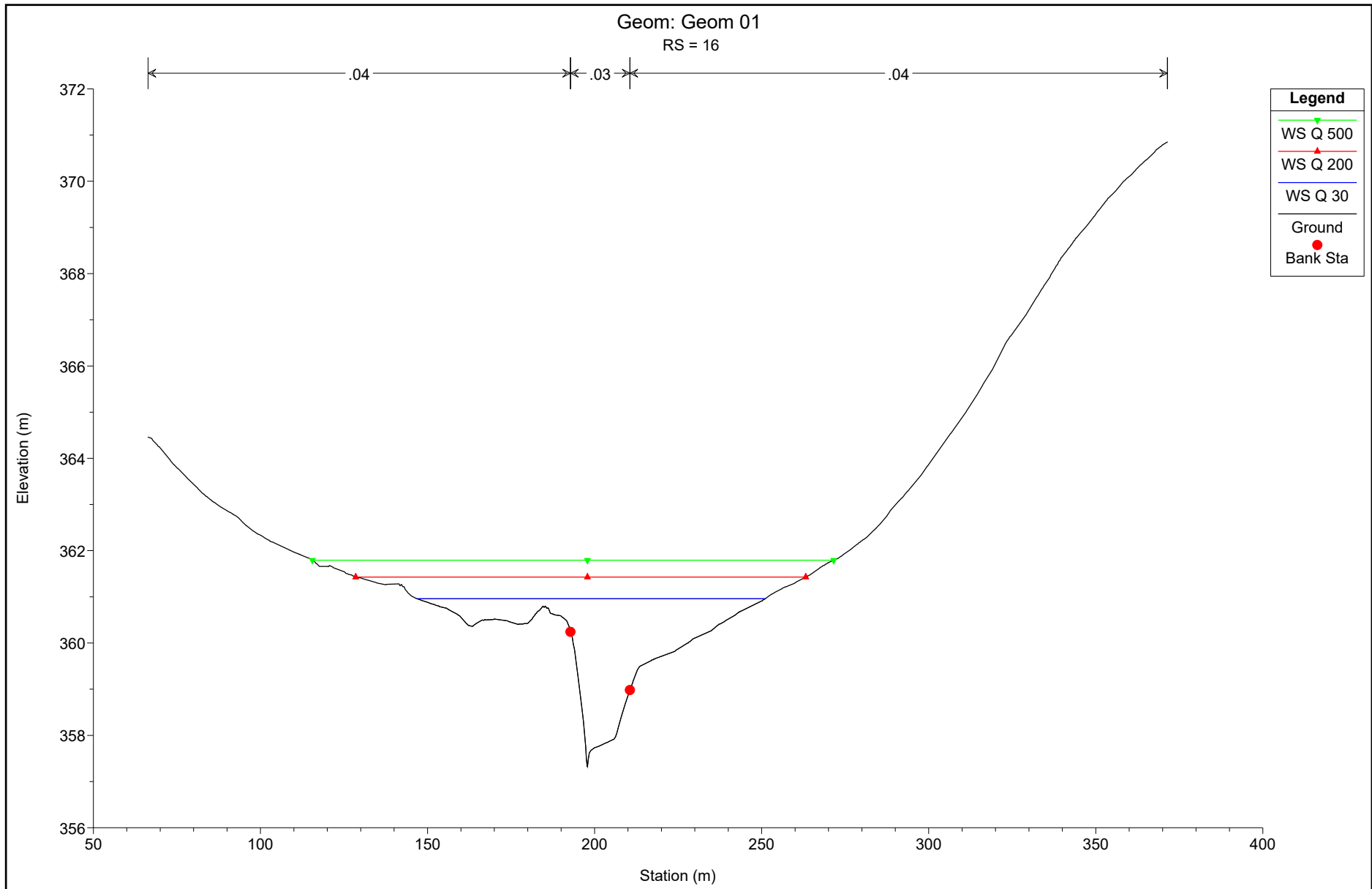


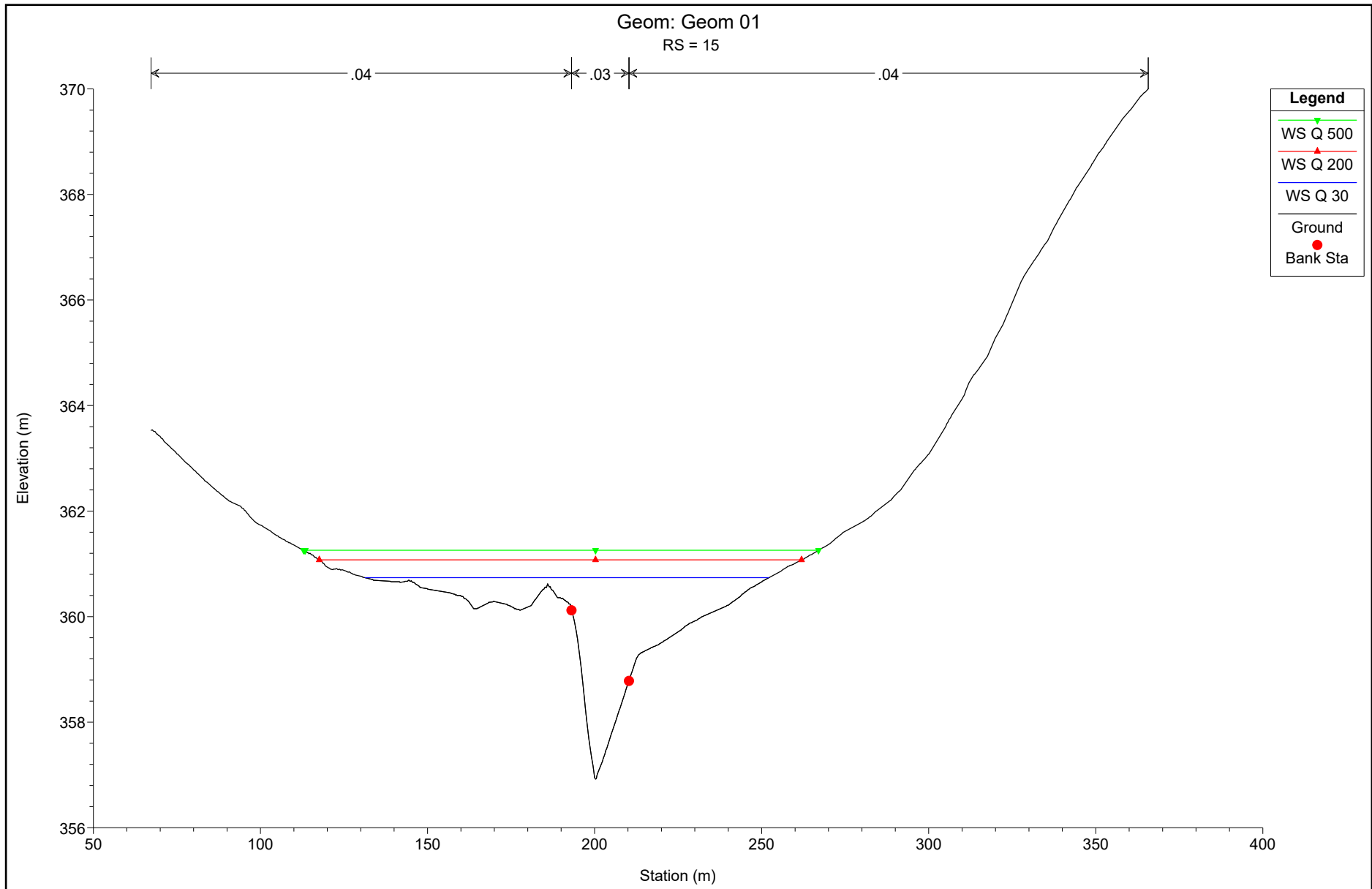


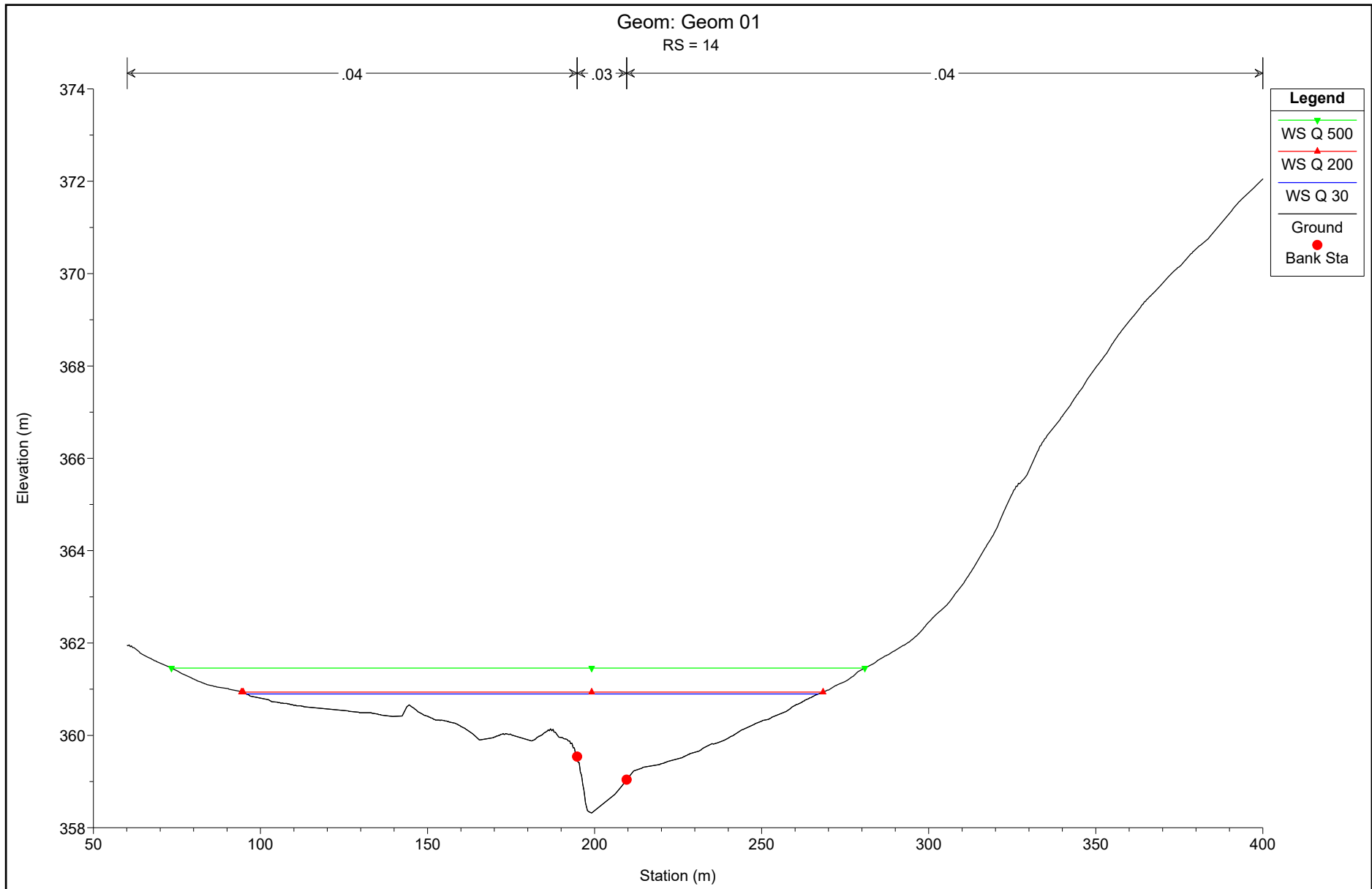


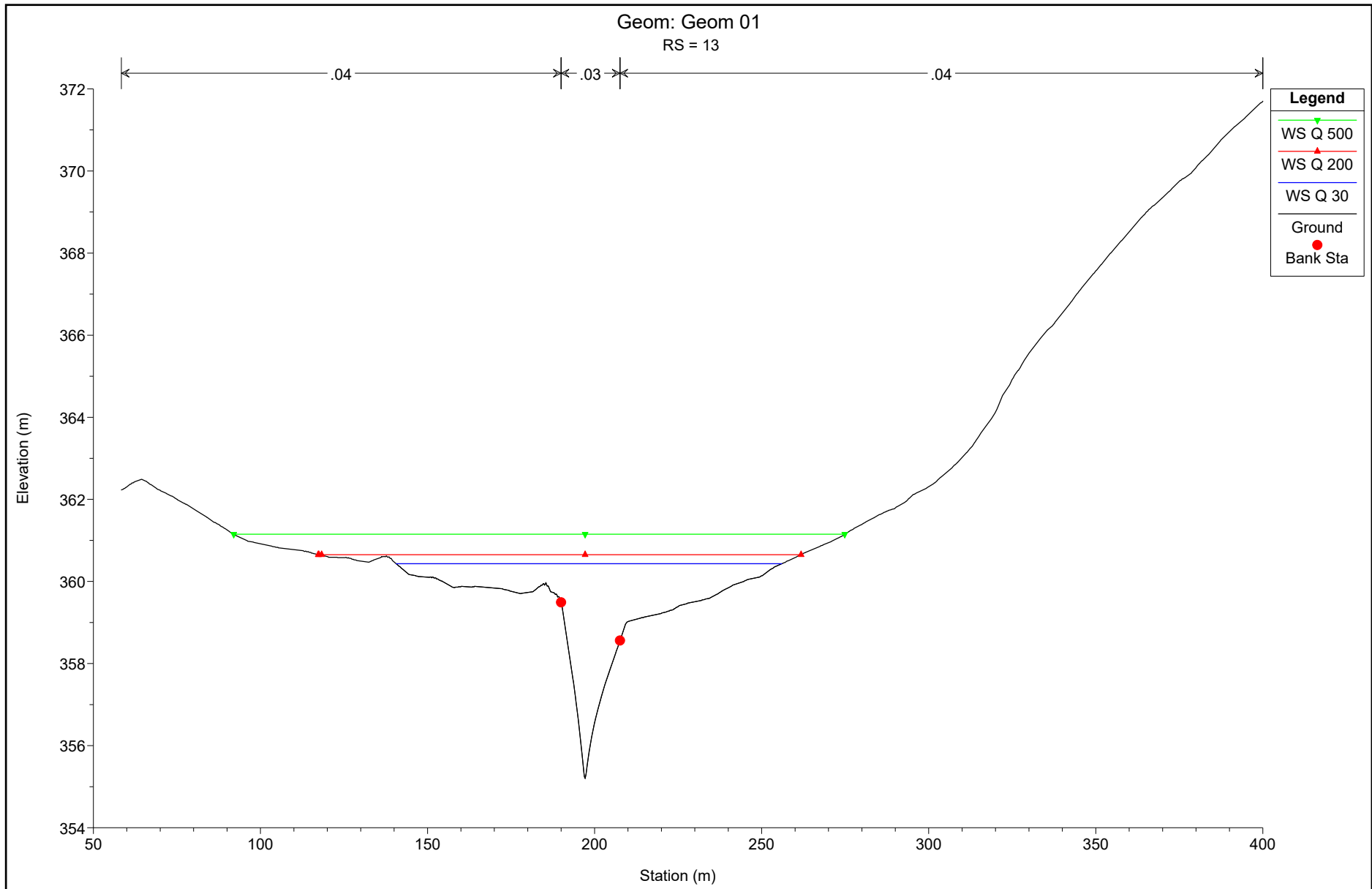


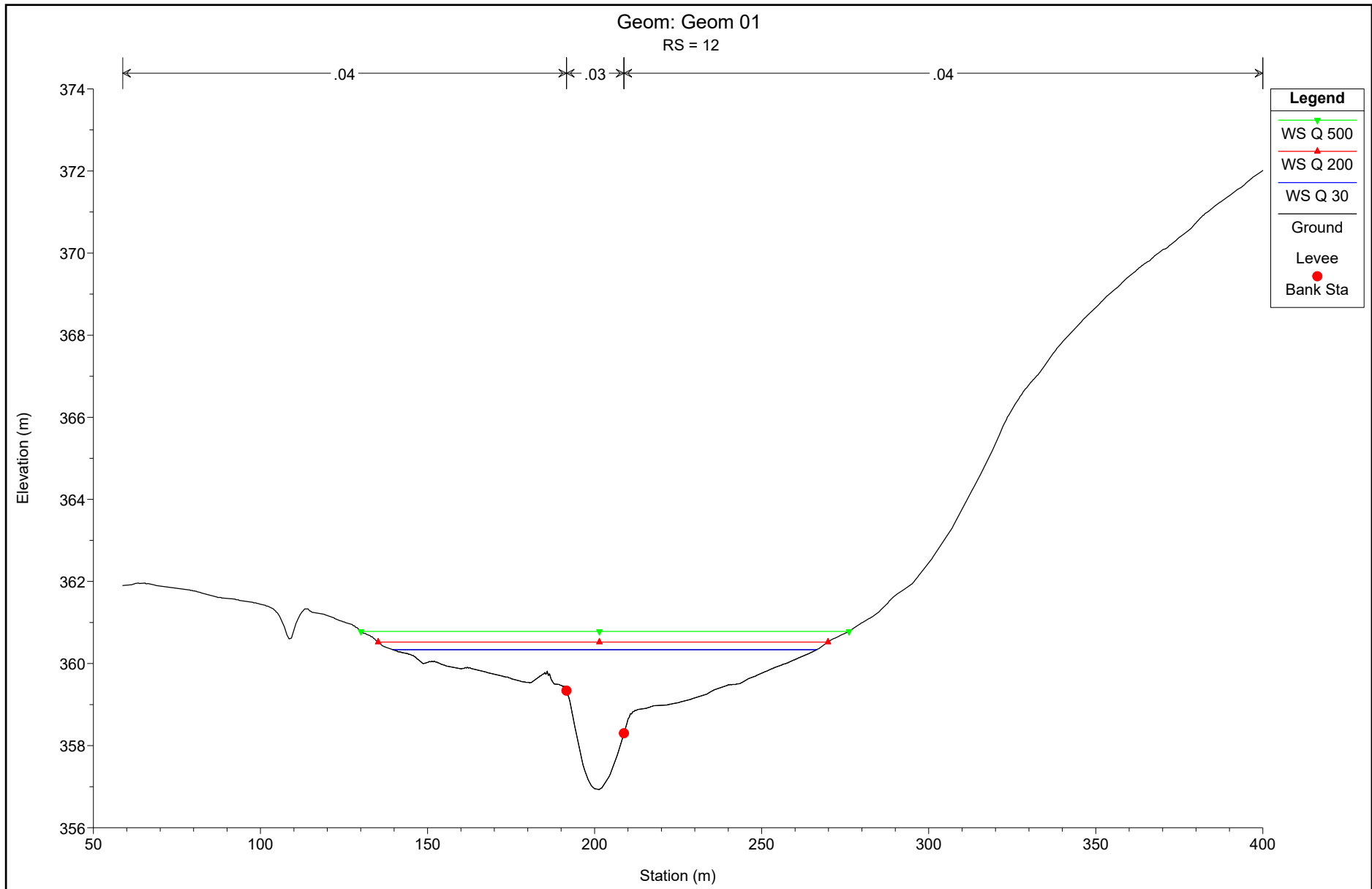


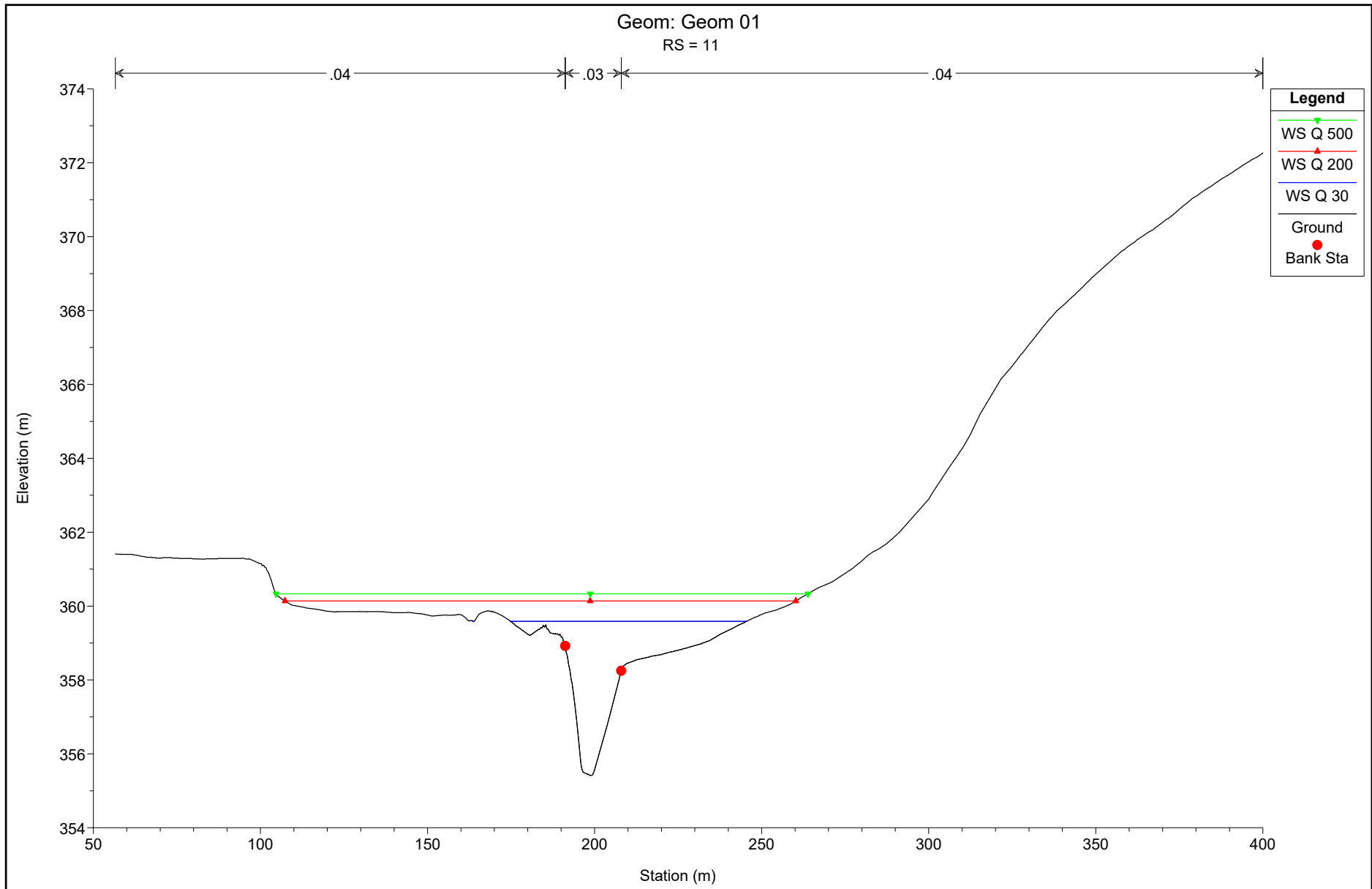


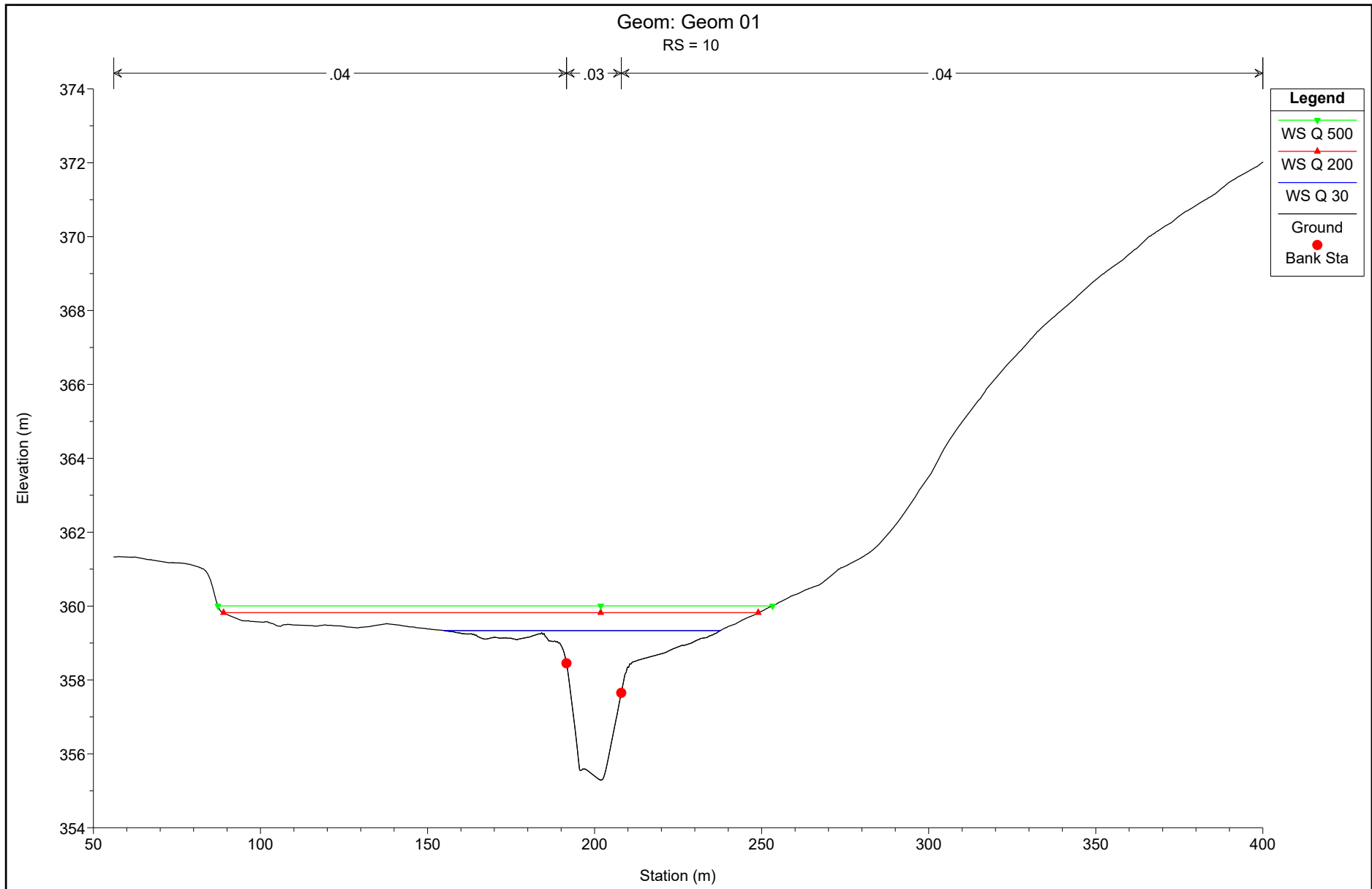


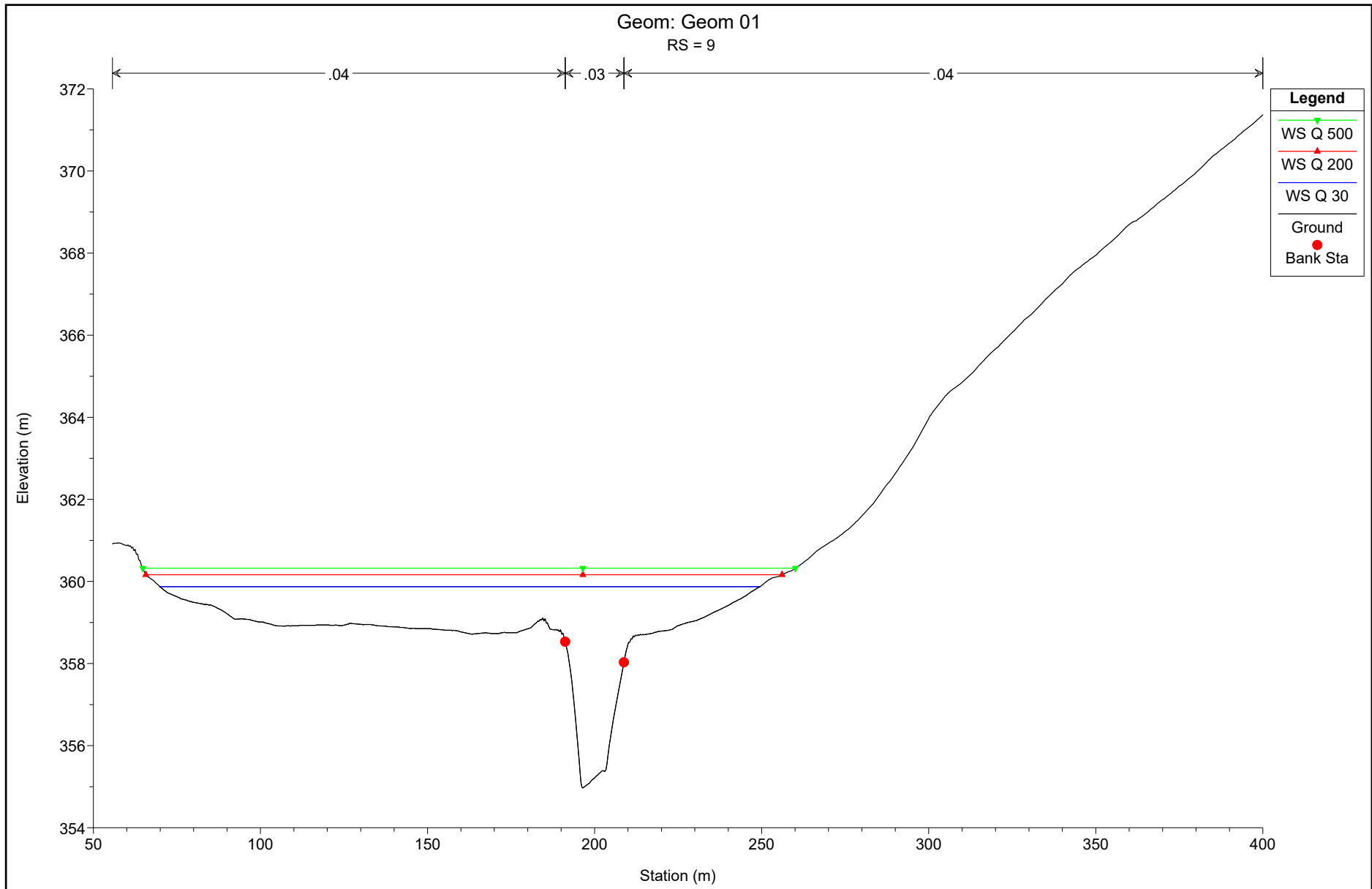


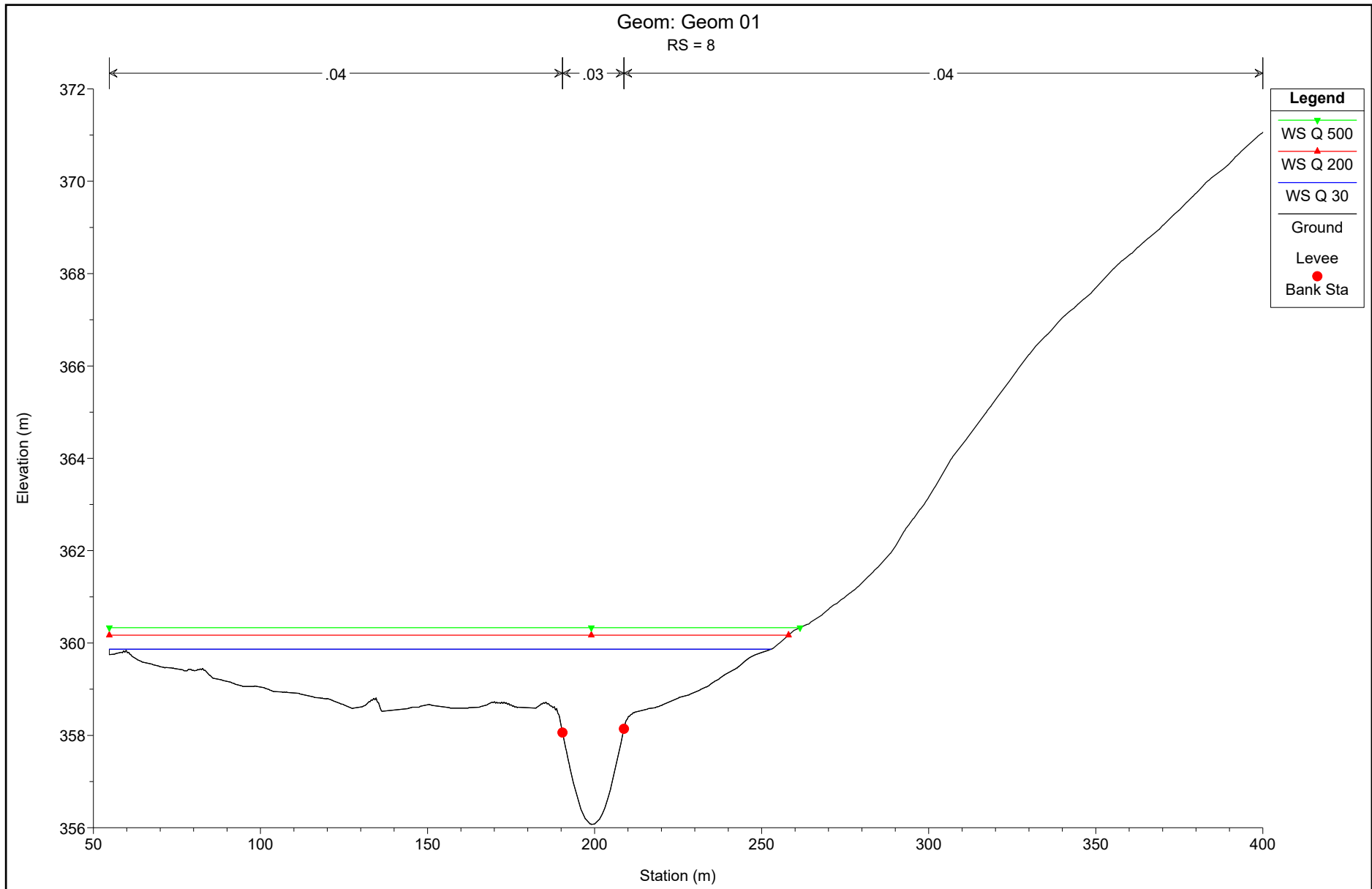


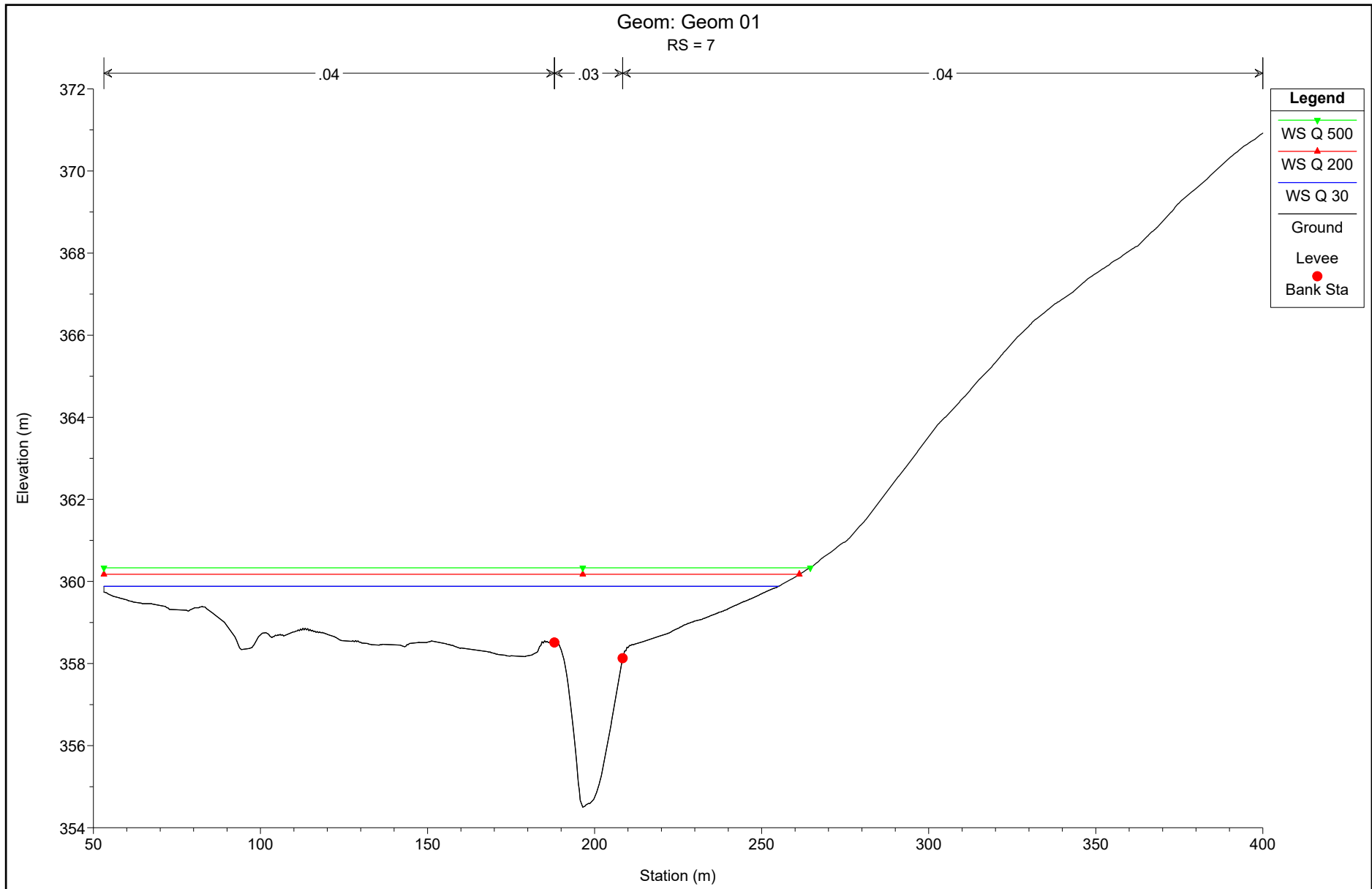


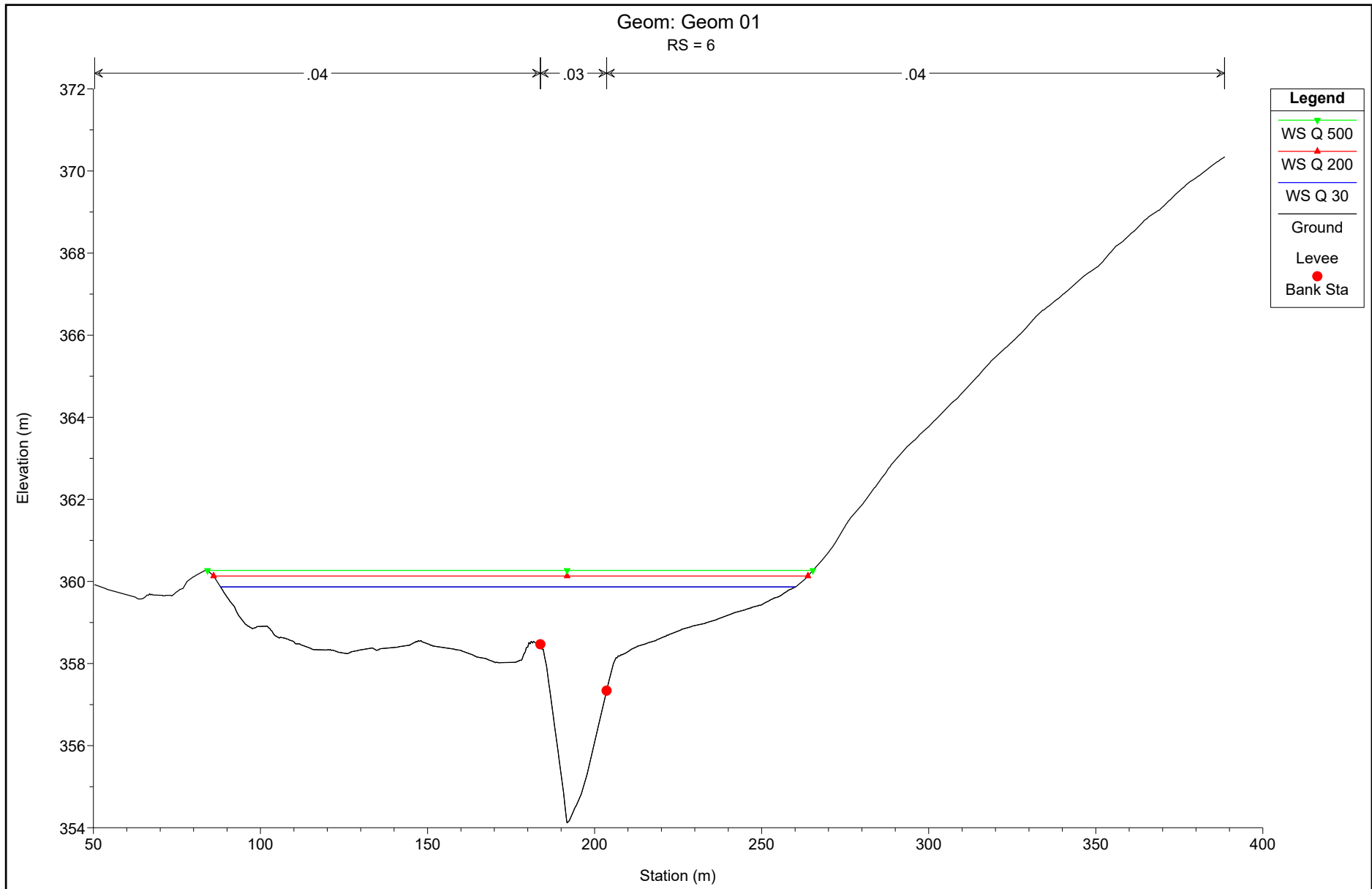


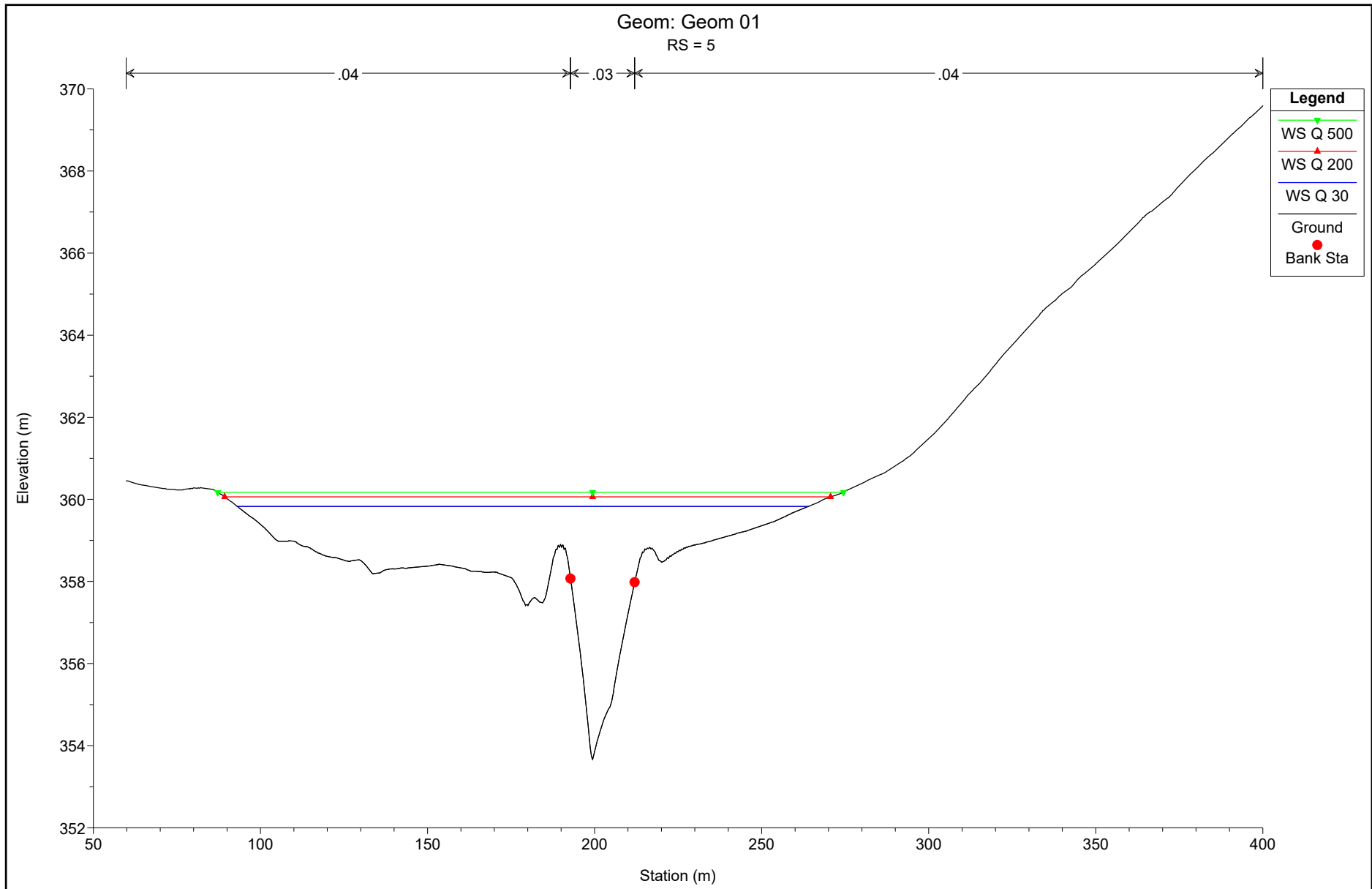


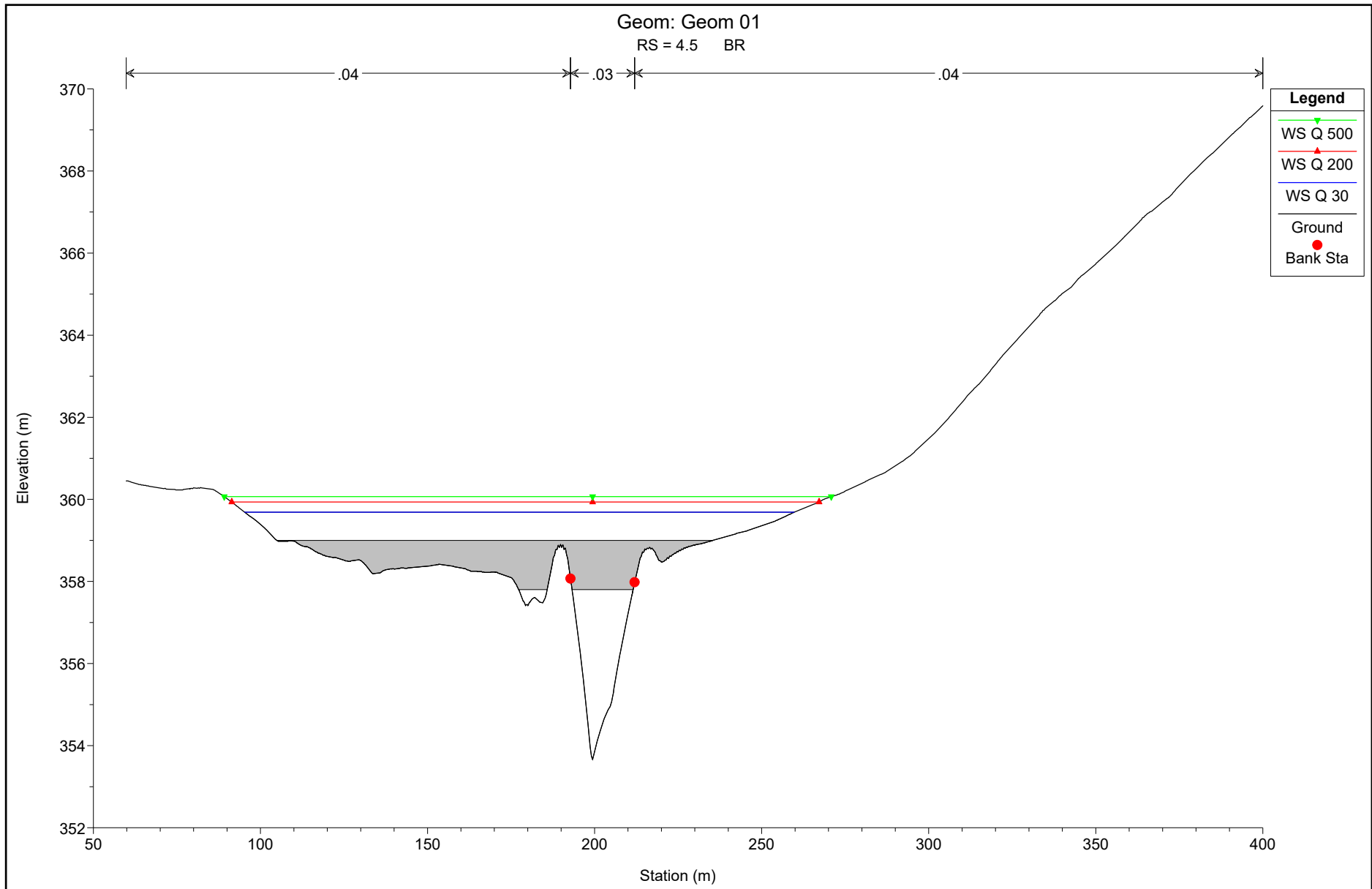


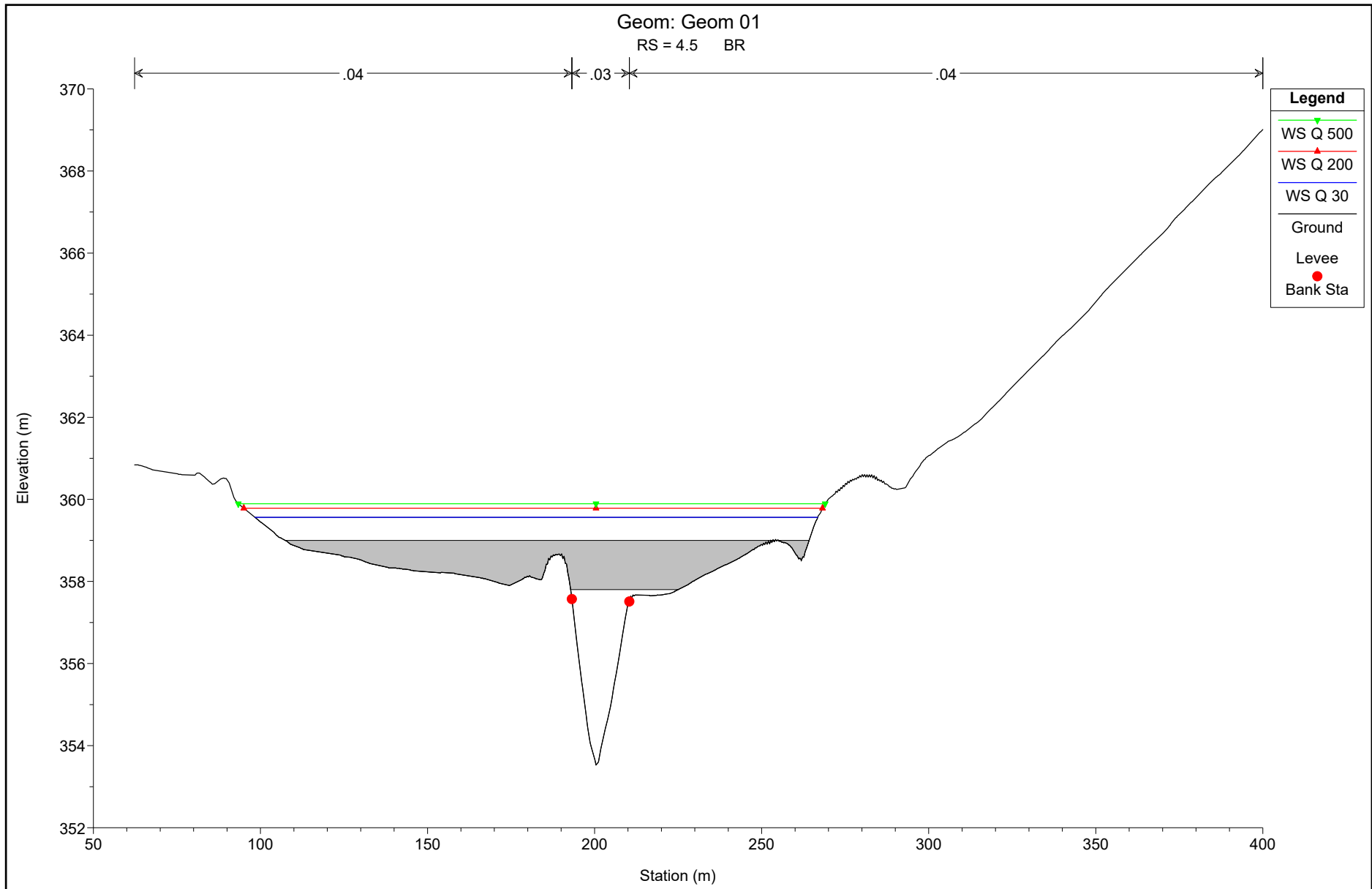


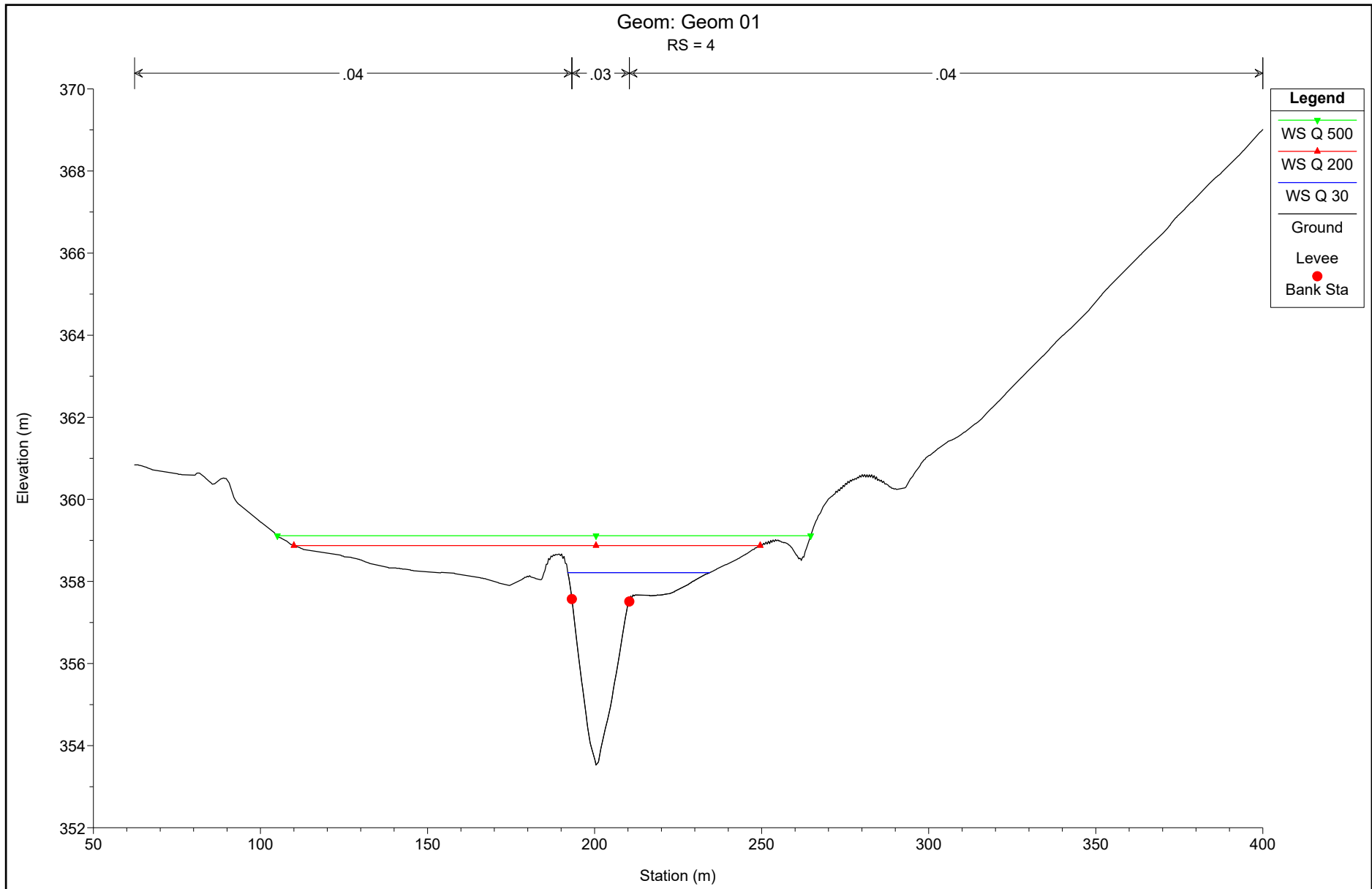


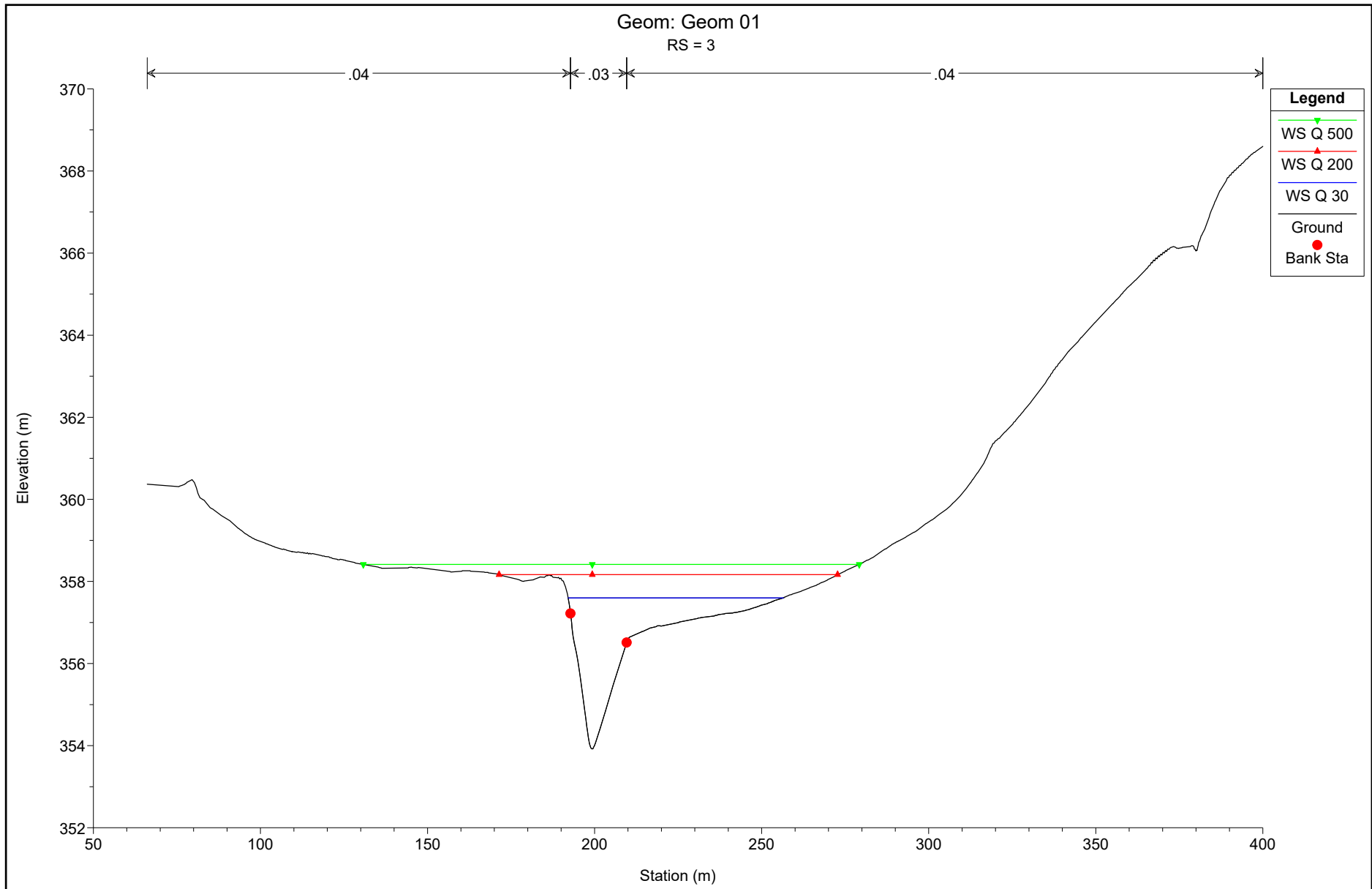


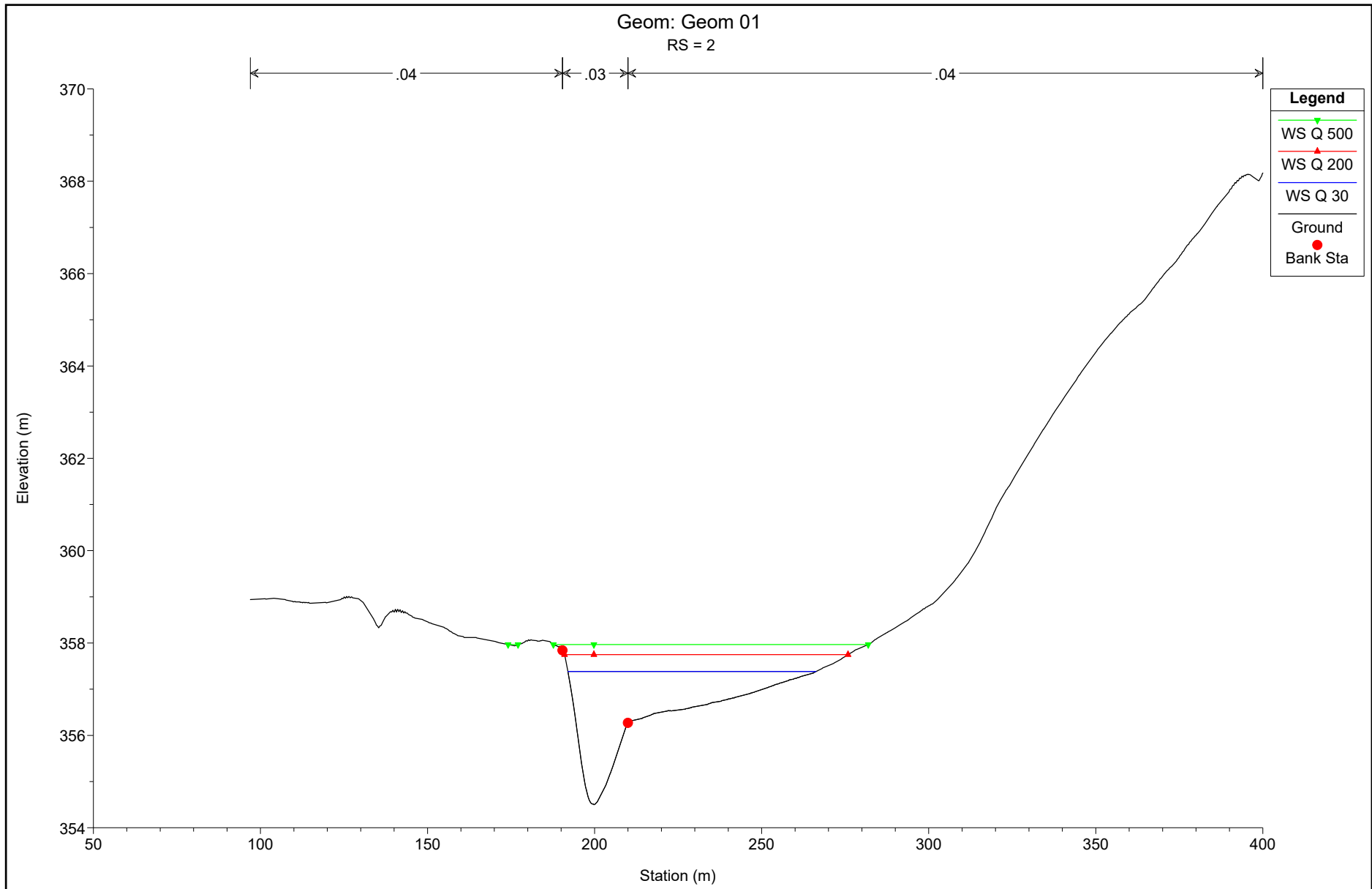


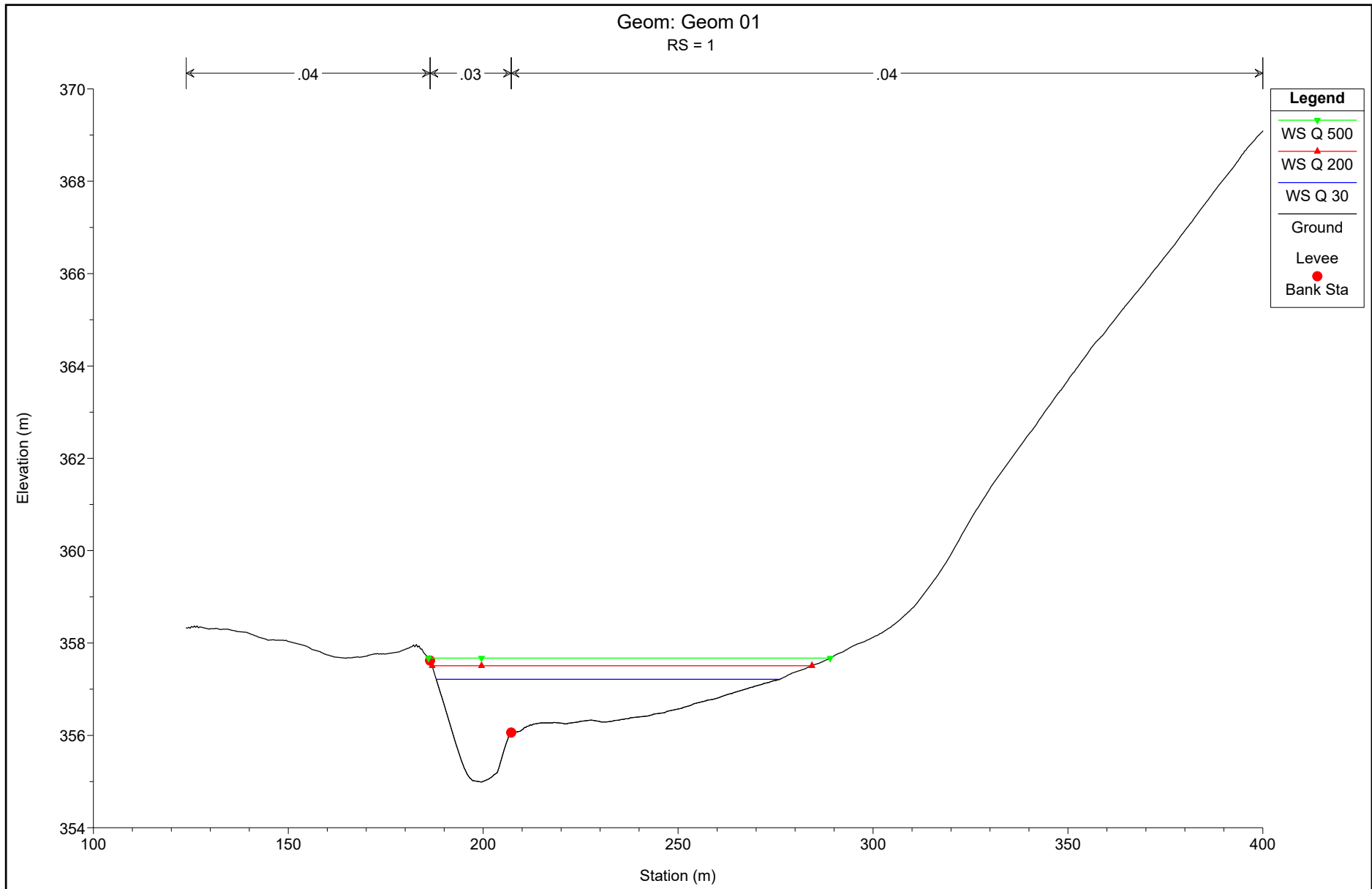












HEC-RAS Plan: Plan 01 River: Asse Reach: Canale San Franc

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
Canale San Franc	23	Q 30	280.43	359.57	362.92	363.02	363.63	0.005007	4.34	101.39	91.10	0.86
Canale San Franc	23	Q 200	430.57	359.57	363.36	363.48	364.14	0.005003	4.82	145.85	112.03	0.88
Canale San Franc	23	Q 500	520.26	359.57	363.58	363.65	364.40	0.005000	5.04	170.92	118.65	0.89
Canale San Franc	22	Q 30	280.43	359.49	362.50	362.80	363.50	0.008458	5.12	84.92	86.08	1.09
Canale San Franc	22	Q 200	430.57	359.49	362.88	363.22	364.01	0.008649	5.75	118.61	91.65	1.13
Canale San Franc	22	Q 500	520.26	359.49	363.09	363.43	364.27	0.008552	6.00	137.68	96.15	1.14
Canale San Franc	21	Q 30	280.43	358.01	361.92	362.33	363.19	0.010766	5.61	74.77	80.33	1.20
Canale San Franc	21	Q 200	430.57	358.01	362.30	362.77	363.70	0.010873	6.23	106.49	85.31	1.23
Canale San Franc	21	Q 500	520.26	358.01	362.50	362.97	363.96	0.010759	6.51	123.68	87.85	1.24
Canale San Franc	20	Q 30	280.43	359.46	362.21	362.12	362.70	0.004627	3.87	113.65	103.10	0.82
Canale San Franc	20	Q 200	430.57	359.46	362.30	362.57	363.28	0.009015	5.54	123.38	114.39	1.15
Canale San Franc	20	Q 500	520.26	359.46	362.45	362.78	363.55	0.009628	5.97	141.31	126.78	1.20
Canale San Franc	19	Q 30	280.43	359.02	362.08	362.08	362.56	0.004492	3.85	124.81	125.62	0.81
Canale San Franc	19	Q 200	430.57	359.02	362.44	362.44	362.99	0.004753	4.36	173.22	140.12	0.85
Canale San Franc	19	Q 500	520.26	359.02	362.55	362.58	363.22	0.005627	4.87	188.17	144.18	0.93
Canale San Franc	18	Q 30	280.43	358.76	361.53	361.77	362.35	0.007158	4.74	96.35	112.66	1.01
Canale San Franc	18	Q 200	430.57	358.76	361.92	362.16	362.79	0.006976	5.20	143.97	133.09	1.02
Canale San Franc	18	Q 500	520.26	358.76	362.10	362.31	363.01	0.006972	5.44	169.67	142.82	1.04
Canale San Franc	17	Q 30	280.43	357.14	360.85	361.28	362.08	0.008342	5.30	73.29	83.48	1.09
Canale San Franc	17	Q 200	430.57	357.14	361.36	361.74	362.55	0.007260	5.62	125.25	115.79	1.05
Canale San Franc	17	Q 500	520.26	357.14	361.58	361.93	362.77	0.007040	5.81	152.44	128.17	1.04
Canale San Franc	16	Q 30	280.43	357.32	360.96	361.15	361.76	0.005316	4.48	97.31	104.06	0.88
Canale San Franc	16	Q 200	430.57	357.32	361.43	361.64	362.26	0.005141	4.91	152.25	134.68	0.89
Canale San Franc	16	Q 500	520.26	357.32	361.79	361.81	362.46	0.003926	4.62	205.25	156.04	0.79
Canale San Franc	15	Q 30	280.43	356.92	360.74	361.00	361.58	0.005851	4.65	97.66	120.83	0.92
Canale San Franc	15	Q 200	430.57	356.92	361.08	361.37	362.07	0.006676	5.39	142.95	144.34	1.01
Canale San Franc	15	Q 500	520.26	356.92	361.26	361.55	362.27	0.006713	5.63	170.02	153.96	1.02
Canale San Franc	14	Q 30	280.43	358.32	360.90	360.91	361.30	0.004749	3.85	142.09	171.19	0.83

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: Asse Reach: Canale San Franc (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
Canale San Franc	14	Q 200	430.57	358.32	360.94	361.22	361.78	0.009966	5.64	149.20	173.95	1.20
Canale San Franc	14	Q 500	520.26	358.32	361.46	361.35	361.84	0.004021	4.12	249.42	207.54	0.79
Canale San Franc	13	Q 30	280.43	355.20	360.43	360.41	360.98	0.003144	3.75	121.10	115.38	0.68
Canale San Franc	13	Q 200	430.57	355.20	360.65	360.91	361.57	0.005094	5.00	149.46	143.66	0.87
Canale San Franc	13	Q 500	520.26	355.20	361.15	361.15	361.71	0.003073	4.26	232.21	182.88	0.69
Canale San Franc	12	Q 30	280.43	356.93	360.34	360.34	360.87	0.003837	3.91	124.07	126.79	0.76
Canale San Franc	12	Q 200	430.57	356.93	360.52	360.73	361.38	0.006059	5.13	148.53	134.63	0.97
Canale San Franc	12	Q 500	520.26	356.93	360.78	360.94	361.57	0.005335	5.10	184.91	146.10	0.92
Canale San Franc	11	Q 30	280.43	355.41	359.59	360.07	360.67	0.006143	4.96	77.90	71.06	0.94
Canale San Franc	11	Q 200	430.57	355.41	360.14	360.44	361.19	0.005556	5.31	141.99	152.89	0.92
Canale San Franc	11	Q 500	520.26	355.41	360.33	360.64	361.38	0.005566	5.51	172.34	159.20	0.93
Canale San Franc	10	Q 30	280.43	355.29	359.34	359.83	360.49	0.005316	4.96	74.56	82.62	0.89
Canale San Franc	10	Q 200	430.57	355.29	359.82	360.23	361.01	0.005385	5.48	139.13	160.04	0.92
Canale San Franc	10	Q 500	520.26	355.29	360.01	360.39	361.20	0.005499	5.73	169.37	166.01	0.93
Canale San Franc	9	Q 30	280.43	354.97	359.87	359.52	360.10	0.001257	2.63	202.97	179.60	0.44
Canale San Franc	9	Q 200	430.57	354.97	360.16	359.90	360.47	0.001719	3.24	256.73	190.43	0.52
Canale San Franc	9	Q 500	520.26	354.97	360.32	360.04	360.67	0.001898	3.49	287.50	195.35	0.55
Canale San Franc	8	Q 30	280.43	356.07	359.87	359.44	360.05	0.001327	2.51	219.32	198.00	0.46
Canale San Franc	8	Q 200	430.57	356.07	360.17	359.82	360.40	0.001634	2.97	280.37	203.27	0.52
Canale San Franc	8	Q 500	520.26	356.07	360.33	359.84	360.58	0.001759	3.17	313.46	206.73	0.54
Canale San Franc	7	Q 30	280.43	354.50	359.88	359.17	360.00	0.000729	1.99	264.01	201.91	0.34
Canale San Franc	7	Q 200	430.57	354.50	360.17	359.39	360.34	0.001007	2.47	324.36	208.12	0.40
Canale San Franc	7	Q 500	520.26	354.50	360.33	359.76	360.52	0.001135	2.69	357.30	211.39	0.43
Canale San Franc	6	Q 30	280.43	354.12	359.87	359.02	359.98	0.000583	1.91	264.56	171.99	0.31
Canale San Franc	6	Q 200	430.57	354.12	360.13	359.42	360.31	0.000909	2.49	311.44	177.88	0.39
Canale San Franc	6	Q 500	520.26	354.12	360.27	359.60	360.49	0.001095	2.79	335.84	181.18	0.43
Canale San Franc	5	Q 30	280.43	353.66	359.83	358.91	359.96	0.000636	2.01	251.06	170.92	0.32
Canale San Franc	5	Q 200	430.57	353.66	360.06	359.39	360.28	0.001057	2.69	292.13	181.38	0.41

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: Asse Reach: Canale San Franc (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
Canale San Franc	5	Q 500	520.26	353.66	360.17	359.60	360.45	0.001318	3.05	312.71	187.29	0.46
Canale San Franc	4.5		Bridge									
Canale San Franc	4	Q 30	280.43	353.53	358.22	358.82	359.66	0.007462	5.42	59.64	42.50	1.02
Canale San Franc	4	Q 200	430.57	353.53	358.87	359.02	360.01	0.005537	5.36	136.75	139.54	0.91
Canale San Franc	4	Q 500	520.26	353.53	359.11	359.44	360.18	0.005248	5.45	174.50	159.62	0.90
Canale San Franc	3	Q 30	280.43	353.92	357.60	358.21	359.31	0.012231	6.19	61.72	64.43	1.29
Canale San Franc	3	Q 200	430.57	353.92	358.17	358.74	359.72	0.009681	6.37	105.16	101.28	1.19
Canale San Franc	3	Q 500	520.26	353.92	358.41	358.93	359.91	0.008949	6.47	136.24	148.43	1.16
Canale San Franc	2	Q 30	280.43	354.50	357.38	357.83	358.83	0.014280	6.03	68.15	74.30	1.38
Canale San Franc	2	Q 200	430.57	354.50	357.75	358.31	359.36	0.014914	6.68	97.36	84.82	1.44
Canale San Franc	2	Q 500	520.26	354.50	357.97	358.51	359.56	0.014155	6.80	116.75	97.17	1.42
Canale San Franc	1	Q 30	280.43	354.99	357.21	357.54	358.27	0.015140	5.53	77.35	88.18	1.40
Canale San Franc	1	Q 200	430.57	354.99	357.51	357.91	358.78	0.016600	6.27	104.59	97.46	1.49
Canale San Franc	1	Q 500	520.26	354.99	357.67	358.15	359.03	0.016592	6.54	120.97	103.05	1.51