

REGIONE:

REGIONE
PIEMONTE

COMUNE:



COMUNE DI BRIGA ALTA

PROVINCIA:

PROVINCIA
DI CUNEO

PROGETTO:

CN_CIPe_98-17_12-18_34

Messa in sicurezza ponte del Rio Bavera in frazione Piaggia



Coordinate: Latitudine 44° 4' 42.15" N - Longitudine 07° 44' 44.75" E

PROGETTO DEFINITIVO ai sensi del D.Lgs 50/2016 e s.m.i.

ALLEGATO N°

4

RELAZIONE STRUTTURALE DI CALCOLO E IDRAULICA

DATA:

Maggio 2023

PROTOCOLLO:

05-2022

PROGETTISTI:

Ing. Giorgio Sciolto
Ing. Roberto Sperandio

TIMBRI E FIRME:

REV.:	REDATTO:	VALIDATO:	VERIFICATO:	RESPONSABILE PROCEDIMENTO:
2	Fabio Salomone	Roberto Sperandio	Giorgio Sciolto	

studio associato
INGEOPROJECT

SEDE LEGALE E OPERATIVA:

TORINO
Corso Matteotti, 12 - 10121 Torino
Tel +39 0115 113490
pec: ingeoproject@pec.it

UFFICIO OPERATIVO:

CUNEO
Corso Dante, 64 - 12100 Cuneo
tel +39 0171 681817
e-mail: info@ingeoproject.it

INGEOPROJECT Studio Associato - Ing. Giorgio Sciolto - Ing. Roberto Sperandio - Partita IVA: 09542980017

1 SOMMARIO

1	Sommario	1
2	Riferimenti normativi	3
2.1	Disciplina dei contratti pubblici	3
2.2	Disciplina delle opere in conglomerato cementizio	3
2.3	Disciplina delle opere di fondazione e di sostegno delle terre	3
3	Premessa	4
4	Calcoli idraulici preliminari	9
4.1	Tempo di corrivazione	9
4.2	Portata massima attesa	10
5	Portata solida per trascinamento di fondo	12
5.1	Valutazione del coefficiente caratteristico dei sedimenti Ψ	12
5.2	Valutazione del parametro di trasporto Φ	15
5.3	Condizioni critiche	16
5.3.1	Parametro di mobilità	16
5.3.2	Tensione critica	16
5.3.3	Portata	16
5.4	Fattori correttivi - Alveo non orizzontale	16
5.5	Bassa sommergenza	17
5.6	Presenza di materiale sulle sponde	17
5.7	Presenza di sedimenti disomogenei	17
5.8	Effetto delle forme di fondo	18
5.9	Osservazioni	18
5.10	Legenda - Lista dei simboli	19
5.11	Caratteristiche alveo	21
5.12	Risultati	21
6	Verifica idraulica preliminare del "Ponte Romano"	22
7	Analisi Idraulica con modellazione Hec Ras	24
7.1	Condizioni al contorno	24
7.2	Coefficienti di scabrezza	25
8	Modello Idraulico	30

9	Stato Attuale – Zona Bassa	31
10	Stato di progetto – Zona Bassa	32
11	Stato Attuale – Zona Alta	35
12	Stato di progetto (briglia piena)– Zona Alta	36
13	Considerazioni finali	37

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

2.1 DISCIPLINA DEI CONTRATTI PUBBLICI

- Disposizioni integrative e correttive al decreto legislativo 18 aprile 2016, n. 50».
- Decreto Legislativo 18 aprile 2016, n. 50 - «Attuazione delle direttive 2014/23/UE, 2014/24/UE e 2014/25/UE sull'aggiudicazione dei contratti di concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d'appalto degli enti erogatori nei settori dell'acqua, dell'energia, dei trasporti e dei servizi postali, nonché per il riordino della disciplina vigente in materia di contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture.»
- D.P.R. 5 ottobre 2010, n. 207 - Regolamento di esecuzione ed attuazione del Decreto Legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante «Codice dei contratti pubblici relativi

2.2 DISCIPLINA DELLE OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO

- Legge n. 1086 del 05/11/1971. Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Legge n. 64 del 02/02/1974. Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. LL.PP. del 11/03/1988. Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- Testo Unico delle Norme Tecniche per le Costruzioni, approvato con DM Infrastrutture 14 gennaio 2008
- Circolare Ministeriale n. 617 del 2 febbraio 2009

2.3 DISCIPLINA DELLE OPERE DI FONDAZIONE E DI SOSTEGNO DELLE TERRE

- D.M. LL.PP. del 14/02/1992. Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 9 gennaio 1996 Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 16 gennaio 1996 Norme Tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".
- D.M. 16 gennaio 1996 Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche. - Circolare Ministero LL.PP. 15 ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C. Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 gennaio 1996.
- Circolare Ministero LL.PP. 10 aprile 1997 N. 65/AA.GG. Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 gennaio 1996.
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e successive modificazioni
- Testo Unico delle Norme Tecniche per le Costruzioni, approvato con DM Infrastrutture 14/01/2008
- Circolare Ministeriale n. 617 del 2 febbraio 2009
- Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni, approvato con DM Infrastrutture 17/01/2018
- Circolare Ministeriale n. 7 del 21 gennaio 2019

3 PREMESSA

Come riportato sulla scheda dell'ARPA Piemonte relativa all'evento in oggetto, la testata della valle Tanaro, posta a cavallo fra Liguria (Provincia di Imperia) e Piemonte (Provincia di Cuneo), è formata da due corsi d'acqua, il Negrone e il Tanarello; il primo caratterizza la frazione Viozene del comune di Ormea, mentre il secondo, dopo un tratto in territorio ligure a monte della confluenza con il Negrone da cui nasce il Tanaro, va a costituire, con l'affluente Bavera, il confine fra le due regioni e in particolare fra il comune di Briga Alta (CN), frazione Piaggia, e i comuni di Triora (IM), frazione Monesi di Triora, e di Mendatica (IM), frazione Monesi di Mendatica.

Per il periodo 21-25 novembre, le stazioni della rete piemontese registrano, nel settore comprendente le testate delle valli Tanaro, Casotto, Bormida, cumulate da 450 a 650 mm; nella zona di testata della Valle Tanarello si registrano i massimi piemontesi dell'evento come testimoniato dal rilievo della stazione di Piaggia (CN) (oltre 650 mm di cumulata). Nel novembre 1994 erano stati registrati valori complessivi di circa 300 mm, conseguenti a piogge avvenute in gran parte nella sola giornata del 5 novembre.

Le piogge nel 2016 nell'alta valle Tanaro sono iniziate il 21 novembre, con apporti dell'ordine dei 100 mm/giorno per poi calare il giorno seguente intorno a 20-30 mm; il 23 si registrano piogge rilevanti con una media di circa 120-130 mm/g, ma è nella giornata del 24 novembre che si rileva il maggiore apporto di pioggia con valori medi intorno a 250-300 mm/giorno; segue la coda della precipitazione con in media un ulteriore apporto di 20-30 mm.

Nella notte fra il 23 e il 24 novembre le ingenti piogge scatenano una violenta attività torrentizia lungo il corso del T. Tanarello e del suo affluente T. Bavera; gli effetti sono erosioni della base dei versanti, innesco di frane, ingente trasporto solido, formazione di colate detritiche e deposito di materiale alluvionale. L'attività violenta del corso d'acqua prosegue per tutta la giornata del 24, quando avviene il picco delle precipitazioni. I rii minori si ingrossano a dismisura e le acque ruscellanti corrono lungo i versanti fuori dal reticolo.

Si verificano le prime frane. Il versante destro della valle, in territorio ligure, appare più vulnerabile in quanto caratterizzato da preesistenti accumuli di frana di grandi dimensioni e da sfavorevoli condizioni strutturali (substrato a franapoggio fra i 20 e i 50°, costituito da Flysch ad Helminthoidi – calcari e arenarie fittamente stratificati). Una grande frana coinvolgente all'incirca una superficie di 6 ettari (con un volume stimabile in alcune decine di migliaia di m³) si stacca dal versante destro del Vallone Punta S. Maria (affluente del Bavera) intorno a 1600 m e collassa nel torrente, alimentando ondate di colate detritiche che si ripercuotono a valle nel Bavera e nel Tanarello che incide la valle fra le frazioni di Piaggia (CN) a nord e Monesi di Mendatica (IM) a sud.

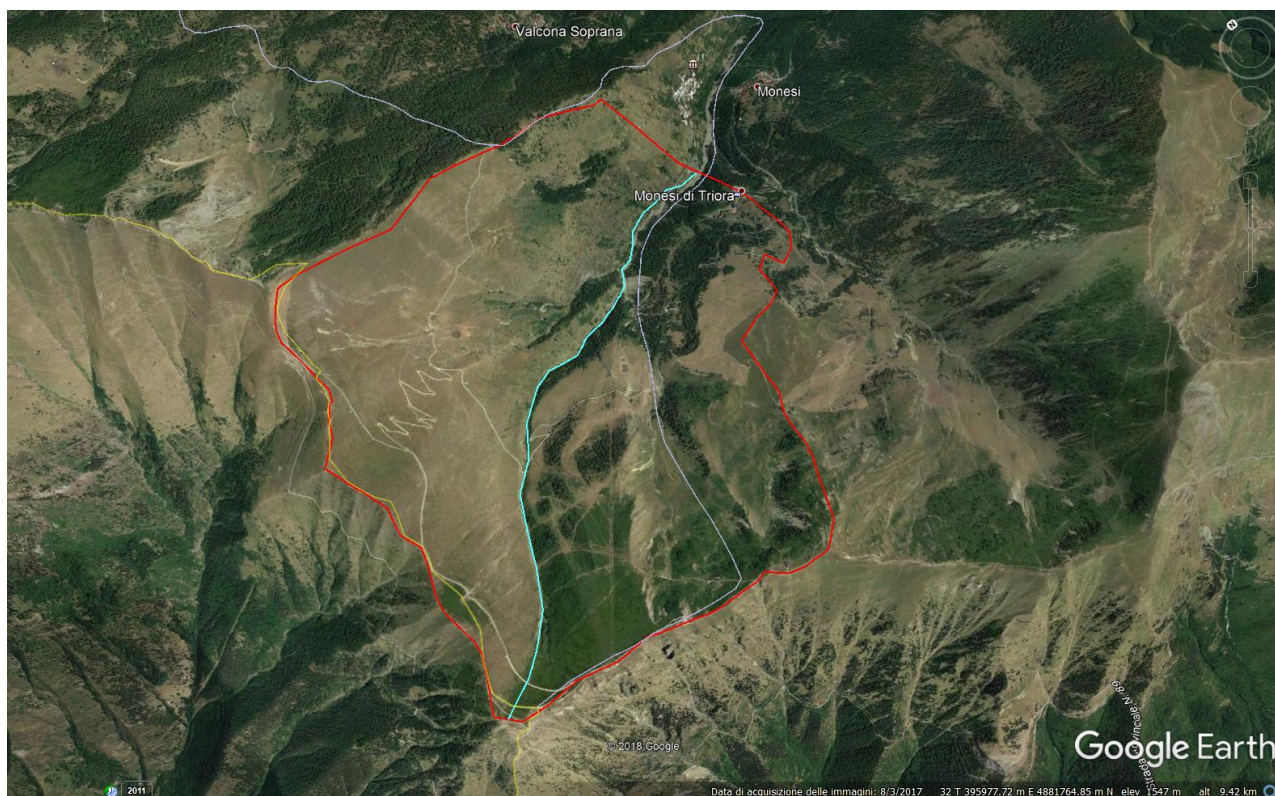
Sotto l'abitato di Monesi di M. nella notte fra il 23 e il 24 novembre, si innesca una prima frana che coinvolge una centrale idroelettrica che viene scalzata e trascinata verso il fondovalle del Tanarello; nei giorni seguenti l'edificio verrà ulteriormente spinto e finirà in alveo andando ad ostacolare il deflusso delle colate detritiche, costituendo una specie di briglia che tratterrà il trasporto solido dando luogo a monte ad una vasta piana di sedimentazione.

Lungo il corso del Bavera prosegue la violenta attività torrentizia che distrugge nella giornata del 24 l'attraversamento stradale inferiore che collegava Liguria e Piemonte. Il ponte, alto circa 6 m, viene completamente ostruito dalle colate detritiche mentre il rilevato di sinistra viene sfondato e percorso dal

nuovo alveo; cordoni detritici ai lati dell'alveo testimoniano depositi di altezza plurimetrica superiori al paramento di imposta di alcune briglie presenti fra la strada bassa e il viadotto superiore di collegamento fra Liguria e Piemonte.

I depositi vengono smantellati ed erosi nei giorni seguenti, mentre a valle dell'attraversamento basso, a partire dalla confluenza Tanarello/Bavera, la valle appare totalmente sovralluvionata, perlomeno fino al rudere della centrale idroelettrica; in questo punto si stima un deposito di 5-7 m di ghiaie e ciottoli, che ha coperto un ponticello pedonale (cosiddetto "Ponte romano") e i due edifici abbandonati del vecchio mulino di Piaggia. I depositi delle colate detritiche forniranno materiale per il trasporto solido del Tanaro a valle, con riattivazioni ad ogni impulso di piena che dureranno per un lungo periodo.

Nell'immagine sottostante è identificato il bacino a monte del "Ponte Romano", con un'area di 5,74 km² ed una lunghezza del tratto di asta torrentizia di 3,8 km.



Nell'immagine a pagina seguente è riportata un'immagine tratta da Google Earth della frana in territorio ligure lungo il Rio Punta S. Maria, affluente di destra del Torrente Bavera, che ha portato al cospicuo accumulo di materiale detritico l'ungo l'asta torrentizia del Bavera.



Nelle immagini riportate nella a pagina seguente l'alveo del Torrente Bavera nel corso della fase parossistica dell'evento meteorologico e franoso.

Nella pagina successiva è invece riportata una più foto recente, in cui il torrente ha inciso un nuovo d'alveo in sinistra orografica, lateralmente al "Ponte Romano", tuttora semisepolto dai depositi della colata detritica.





4 CALCOLI IDRAULICI PRELIMINARI

Il Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica prevede il ripristino della funzionalità del “Ponte Romano”, che si presentava come nella sottostante immagine di repertorio, realizzando due muri a pianta leggermente trapezoidale all’interno delle vecchie spalle, fondati su palificate in barre tipo Dywidag ed ancorati verso monte, così da offrire un sostegno all’antica muratura ed un appoggio sicuro all’impalcato.



Nella versione finale si stima cautelativamente che il ponte presenterà due luci affiancate di circa 7 x 7 m.

4.1 TEMPO DI CORRIVAZIONE

I parametri del bacino sono i seguenti:

INPUT	PARAMETRI DEL BACINO		
	Area bacino	5.74	km ²
	Quota media	1725	m
	Quota minima	1280	m
	Quota massima	2170	m
	PARAMETRI DELL'ASTA		
	Lunghezza asta	3.8	km
	Pendenza bacino	0.234210526	-

I tempi di corrivazione secondo i diversi Autori sono i seguenti (espressi in ore):

Giandotti	0.906
Puglisi	1.519
Ventura	0.629
Pezzoli	0.432
Viparelli	0.662
Tournon	1.600
Valore medio	0.958

4.2 PORTATA MASSIMA ATTESA

Il Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) – "Interventi sulla rete idrografica e sui versanti" fornisce i dati necessari al calcolo della possibilità pluviometrica.

I parametri delle curve di possibilità pluviometrica sono stati ricavati dall'Area AX160, posta alle coordinate 399000 E e 4881000 N, che contiene l'intera aera in oggetto, e sono i seguenti:

INPUT	PARAMETRI DELLE CURVE DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA				
	Tempo di ritorno	20 anni	100 anni	200 anni	500 anni
	Parametro a	40.910	50.900	55.290	60.950
	Parametro n	0.530	0.538	0.540	0.542

Quindi le rispettive intensità di pioggia saranno ottenute dalla formula:

$$h = a \cdot T_R^n$$

CURVE DI POSSIBITA' PLUVIOMETRICA				
Tempo di ritorno	20 anni	100 anni	200 anni	500 anni
h	40.0	49.7	54.0	59.5
n	41.7	51.9	56.4	62.2

Usando la formula razionale si calcola la portata prevista per i diversi tempi di ritorno:

$$Q = \frac{C \cdot h \cdot A_b}{3.6 \cdot T_c}$$

Le portate del Torrente Bavera in corrispondenza del “Ponte Romano”, per tempi di ritorno di 20, 100 e 200 anni sono rispettivamente di:

PORTATE DI PROGETTO				
Tempo di ritorno	20 anni	100 anni	200 anni	500 anni
Q	33.3	41.4	45.0	49.6

5 PORTATA SOLIDA PER TRASCINAMENTO DI FONDO

In letteratura sono presenti diverse formule che permettono di quantificare la portata solida generata dal trascinamento di fondo in una corrente a pelo libero, ciascuna con un proprio campo di applicazione dipendente dalle metodologie adottate per ricavarle, ma la complessità del fenomeno rende difficile individuare a priori la formula che interpreta meglio il fenomeno.

La portata solida per trascinamento di fondo può essere valutata mediante diversi approcci:

- deterministico, si basa su relazioni tra variabili dipendenti ed indipendenti e sulla valutazione delle condizioni di incipiente movimento, espresse come eccesso di una fissata grandezza rispetto al suo valore critico:
 - tensione tangenziale (shear stress) (approccio di Du Boys);
 - portata (approccio di Schoklitsch);
 - potenza (stream power) (approccio di Bagnold);
 - parametro di mobilità;
 - velocità;
 - numero di Froude;
 - pendenza.
- probabilistico (approccio di Einstein);

Riguardo l'approccio deterministico, va notato che è molto difficile riuscire a valutare sul campo la condizione di incipiente movimento per cui è necessario fare riferimento alle misure sperimentali ed alla dispersione dei risultati relativi alle diverse formule di trasporto va sommata la dispersione dei risultati relativi alle diverse condizioni di incipiente movimento. Pertanto, è opportuno utilizzare formule di trasporto e di incipiente movimento omogenee dal punto di vista concettuale e dei dati utilizzati per la taratura al fine di minimizzare la dispersione dei risultati.

5.1 VALUTAZIONE DEL COEFFICIENTE CARATTERISTICO DEI SEDIMENTI Ψ

Schoklitsch (1914)

Schoklitsch (1914), mediante esperienze di laboratorio su sabbie e porcellane di granulometria uniforme, ha ricavato la seguente espressione:

$$\Psi = \frac{0.54}{(\gamma_s - \gamma)}$$

Straub (1935)

Straub (1935), a partire da dati di laboratorio, ha ricavato il seguente legame :

$$\Psi \propto d^{-3/4}$$

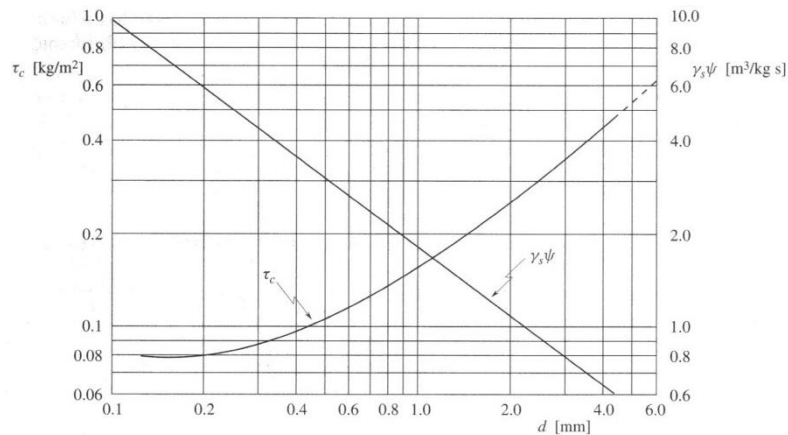
Campo di validità:

- $0.125 < d < 4 \text{ mm}$

Zeller (1963)

Zeller (1963) ha ricavato un grafico che fornisce i valori di ψ e τ_c in funzione del diametro caratteristico delle particelle d e si basa sulla relazione:

$$\psi = \frac{1.8143}{\gamma_s d^{0.7453}} \quad \text{con } d \text{ in [mm].}$$



Abaco di Zeller.

Shields (1936)

La formula di Shields (1936) è poco utilizzata ed è stata ricavata analizzando diversi materiali (ambra, lignite, quarzo, granito):

$$q_s [\text{kg/s m}] = 10 q_i \frac{(\tau - \tau_c)}{(s - 1)d}$$

Campo di validità:

- $1.06 < s < 4.25$;
- $1.56 \leq d \leq 2.47 \text{ mm}$.

Kalinske (1947)

Kalinske (1947), applicando l'equazione di continuità, hanno ricavato la seguente formula:

$$q_s = 2 u_* d \exp\left(\frac{\tau_{cr}}{\tau}\right)$$

Si tratta di un'espressione che non interpreta efficacemente le misure sperimentali in presenza di rilevante portata solida di fondo.

Campo di validità:

- $0.0625 < d < 2$.

Pezzoli (1978)

Pezzoli (1978), partendo dalla formula di Kalinske (1947), ha analizzato il caso di un corso d'acqua il cui fondo è costituito da particelle incoerenti di diametro d disposte in strati e ha dedotto la distribuzione di velocità del materiale trasportato. Integrando tale distribuzione tra il fondo e la profondità a cui si annulla la velocità del materiale solido, ed ipotizzando che il parametro di Shields assuma il valore asintotico, ha ricavato la seguente espressione:

$$q_s = u_* d K_p \left(\frac{\tau_{cr}}{\tau} \right)^{1/6} \left(\sqrt{\frac{\tau}{\tau_{cr}}} - 1 \right)^{5/3}$$

con K_p costante numerica da ricavare per via sperimentale (Pezzoli ha ricavato un valore pari a 0.66). Tale espressione interpreta efficacemente le misure sperimentali anche in presenza di rilevante portata solida di fondo.

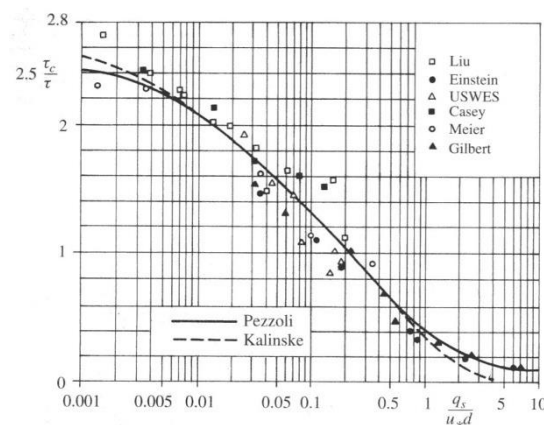


Fig. 1 – Formule di Kalinske-Frijlink (1947) e Pezzoli (1978)

Meyer-Peter et al. (1934)

$$\frac{i}{d} = \frac{0.17}{q_s^{2/3}} + 0.4 \frac{p^{2/3}}{d}$$

con:

$$p = \frac{q_s}{\rho q} \quad \text{rapporto tra portata solida e portata liquida.}$$

Si tratta di un'espressione ricavata mediante esperimenti condotti su materiali a granulometria uniforme, a partire dalla quale è possibile osservare che la pendenza di equilibrio è inversamente proporzionale alla portata liquida specifica e direttamente proporzionale alla portata solida ed alla granulometria del materiale di fondo.

Meyer-Peter e Muller (1948)

Meyer-Peter e Muller (1948) hanno esteso la formula di Meyer-Peter et al. (1934) al caso di materiali a granulometria non uniforme, conducendo esperimenti nel Laboratory for Hydraulic Research della

Eidgenössische Technische Hochschule di Zurigo in un canale a pendenza variabile con formazione di forme di fondo che hanno permesso di separare gli effetti della resistenza dovuta alle particelle solide da quelli dovuti alla morfologia del fondo ed hanno ottenuto la seguente espressione:

$$q_s = \Phi g^{1/2} d^{3/2} (s-1)^{1/2}$$

Si tratta di una formula che permette di ottenere risultati in linea con quelli ottenuti in via sperimentale ed il cui campo di validità è:

- $0.01 < h < 1.2 \text{ m};$
- $0.0004 < i < 0.023;$
- $0.4 < d < 30 \text{ mm};$
- $1.25 < s < 4.2.$

5.2 VALUTAZIONE DEL PARAMETRO DI TRASPORTO Φ

Bathurst et al. (1987)

Bathurst et al. (1987) hanno ricavato un'espressione valida per pendenze rilevanti:

$$\Phi = 8 \left[\theta - \theta_{cr}^0 \right]^{3/2}$$

Il campo di validità della formula è:

- $0.0025 < i < 0.2;$
- $d = 11.5, 22.2, 44.3 \text{ mm}.$

Rickenmann (1990)

Rickenmann (1990), mediante esperimenti condotti all'ETH di Zurigo, ha ricavato la seguente espressione:

$$q_s = 12.6 \left(\frac{d_{90}}{d_{30}} \right)^{0.2} i^2 (q - q_{cr}) (s-1)^{-1.6}$$

Il campo di validità della formula è:

- $0.0004 < i < 0.2;$
- $d = 10 \text{ mm}.$

Rickenmann (2001)

Rickenmann (2001), analizzando i dati di misurati in 19 torrenti ed i dati degli esperimenti condotti da Meyer-Peter e Muller (1948), Smart e Jaeggi (1983) e Rickenmann (1990), ha modificato la sua espressione del 1990:

$$q_s = 3.1 \left(\frac{d_{90}}{d_{30}} \right)^{0.2} i^{1.5} (q - q_{cr}) (s - 1)^{-1.5}$$

Il campo di validità della formula è:

- $0.03 < i < 0.2$;
- $0.4 < d < 80$ mm. (Nota: negli esperimenti di laboratorio $d \leq 30$ mm, i valori superiori sono relativi ai dati di campo).

5.3 CONDIZIONI CRITICHE

Le condizioni critiche sono state ricavate nelle ipotesi di:

- alveo con fondo orizzontale;
- alta sommergenza (la corrente sommerge totalmente i sedimenti), che si realizza per $h > 6 d$;
- materiale di fondo omogeneo con assenza di forze di coesione tra le particelle;
- assenza di materiale lungo le sponde dell'alveo fluviale.

Nel caso in cui tali ipotesi non siano verificate, il parametro critico va moltiplicato per opportuni fattori correttivi.

5.3.1 Parametro di mobilità

Bathurst et al. (1987)

$$\theta_{cr} = 0.047$$

5.3.2 Tensione critica

Schoklitsch

$$\tau_{cr} = \sqrt{0.201 \gamma (\gamma_s - \gamma) \lambda d^3}$$

5.3.3 Portata

Rickenmann (1990)

$$q_{cr} = 0.065 (s - 1)^{1.67} \sqrt{g d^3} i^{-1.12}$$

5.4 FATTORI CORRETTIVI - ALVEO NON ORIZZONTALE

In un alveo con fondo non orizzontale la stabilità delle particelle diminuisce a causa della riduzione dell'effetto stabilizzante della forza di gravità.

Smart e Jaeggi (1983)

$$\theta_{cr} = \theta_{cr}^0 \cos \arctan i \left(1 - \frac{i}{\tan \phi} \right)$$

5.5 BASSA SOMMERGENZA

In alvei caratterizzati da bassa sommergenza (situazione tipica dei corsi d'acqua montani caratterizzati da granulometria grossolana) l'elevata scabrezza del fondo disturba la corrente che presenta, nelle fasi di piena, intensi fenomeni dissipativi (agitazioni, salti, cascatelle, macrovorticità, forti aerazioni ed emulsionamenti). Il parametro critico, pertanto, aumenta al diminuire della sommergenza a causa della ridotta mobilità delle particelle.

Suska (1991)

$$\theta_{cr}^0 = 0.0851 \left(\frac{h}{d} \right)^{-0.266}$$

Fornisce risultati validi solo per $h/d < 6$.

Armanini e Scotton (1994)

$$\theta_{cr}^0 = 0.06 \left(1 + 0.67 \sqrt{\frac{d}{h}} \right)$$

Fornisce risultati validi anche per $h/d > 6$.

5.6 PRESENZA DI MATERIALE SULLE SPONDE

L'inclinazione delle sponde provoca sulle particelle solide un effetto instabilizzante analogo all'effetto dell'inclinazione del fondo.

$$\theta_{cr} = \theta_{cr}^0 \sqrt{1 - \frac{\sin^2 \alpha_s}{\sin^2 \phi}}$$



Alveo con presenza di materiale sulle sponde.

5.7 PRESENZA DI SEDIMENTI DISOMOGENEI

La presenza di materiale disomogeneo comporta l'insorgere dei fenomeni di nascondimento delle particelle e di corazzamento dell'alveo. La formula generale per calcolare il coefficiente correttivo per la j-esima frazione granulometrica è:

$$\theta_{cr} = \theta_{cr}^0 \left(\frac{d}{d_j} \right)^n$$

con n coefficiente minore o uguale all'unità: se è pari ad 1 tutte le particelle costituenti la miscela hanno identica mobilità (condizione di equimobilità);.

Hunziker e Jaeggi (2002)

$$\theta_{cr} = \theta_{cr}^0 \left(\frac{d_{90}}{d} \right)^{2/3}$$

Badoux e Rickenmann (2008)

$$q_{cr} = q_{cr} \left(\frac{d_{90}}{d} \right)^{10/9}$$

5.8 EFFETTO DELLE FORME DI FONDO

Il movimento dei sedimenti tende a conformare il letto dell'alveo fluviale secondo diverse ondulazioni ("forme di fondo"), variabili per misura, forma, disposizione, a loro volta in movimento e la cui natura dipende dai parametri della corrente. Tali forme generano macroscabrezze che influiscono sulla resistenza dell'alveo e, per ridotti tiranti idrici, inducono oscillazioni sulla superficie libera. Si tratta di un fenomeno significativo nei fiumi e poco significativo nei torrenti.

La presenza di forme di fondo va computata nel parametro θ , che va moltiplicato per la quantità:

$$\left(\frac{K}{K_g} \right)^{3/2}$$

Nel caso di fondo piano K coincide con K_g in quanto le resistenze al moto sono imputabili solo alle particelle solide presenti sul fondo. In presenza di forme di fondo, invece, il rapporto K/K_g assume valori all'unità e può essere assunto pari a 0.5 quando le resistenze al moto sono imputabili principalmente alle forme di fondo (strong bedforms) (Graf, 1984).

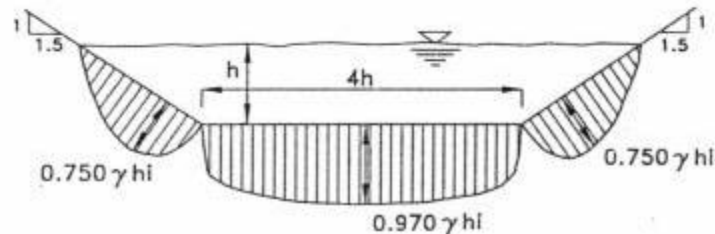
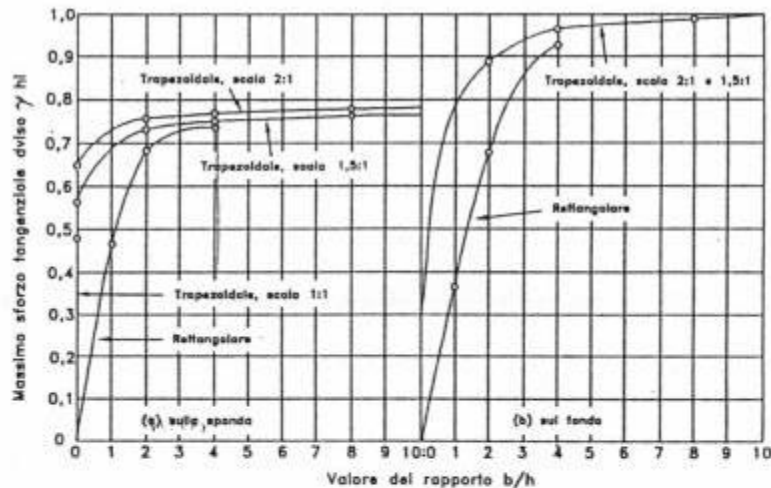
5.9 OSSERVAZIONI

Gli effetti della pendenza e della bassa sommergenza sulla mobilità dei sedimenti sono contrastanti: la prima ne riduce la stabilità mentre la seconda la aumenta ed il legame è univoco solo in condizioni di moto uniforme.

Le formule sono state tarate in condizioni di moto uniforme, in cui pendenza i e cadente piezometrica J coincidono, per valori elevati del numero di Reynolds e per sezioni molto larghe (con correnti indefinite in senso trasversale) in cui il raggio idraulico R_h si può approssimare al tirante idrico h e la tensione è uniformemente distribuita all'interno della sezione.

Le formule non dipendenti da Δ o dalla densità dei sedimenti sono state tarate per valori standard ($\rho_s = 2650 \text{ kg/m}^3$).

Per sezioni di forma generica è necessario inserire il raggio idraulico in luogo di h e, in termini di tensioni, bisogna valutare i punti critici separatamente per fondo e sponde moltiplicando τ per un coefficiente R_t dipendente dalla tipologia di sezione e dal rapporto b/h .



5.10 LEGENDA - LISTA DEI SIMBOLI

α_A	angolo che il fondo forma con l'orizzontale;
α_S	angolo che la sponda forma con l'orizzontale;
γ_s	peso specifico dei sedimenti [kg/m^3];
γ	peso specifico dell'acqua [kg/m^3];
$\Delta = \frac{\gamma_s}{\gamma_a} - 1$	densità specifica dei sedimenti;
$\theta = \frac{u_*^2}{g \Delta d} = \frac{\tau}{(\gamma_s - \gamma) d}$	parametro di mobilità di Shields;
ν	viscosità cinematica dell'acqua [m^2/s];

ρ_s	densità dei sedimenti [$\text{kg}\cdot\text{s}^2/\text{m}^4$];
ρ	densità dell'acqua [$\text{kg}\cdot\text{s}^2/\text{m}^4$];
$\tau = \gamma h i$	tensione tangenziale della corrente [kg/m^2];
τ_c	tensione tangenziale critica [kg/m^2];
Φ	parametro di trasporto;
ϕ	angolo di attrito interno del materiale;
Ψ	coefficiente caratteristico dei sedimenti [$\text{m}^6/\text{kg}^2\text{s}$];
a	costante di proporzionalità;
$C = \frac{v}{u_*}$	coefficiente di resistenza di Chezy;
d	diametro caratteristico dei sedimenti (pari al diametro del setaccio che consente il passaggio del 50% dei sedimenti, se non altrimenti specificato) [m];
d_{30}	diametro del setaccio che consente il passaggio del 30% dei sedimenti [m];
d_{40}	diametro del setaccio che consente il passaggio del 40% dei sedimenti [m];
d_{90}	diametro del setaccio che consente il passaggio del 90% dei sedimenti [m];
$F_R = \frac{v}{\sqrt{g h}}$	numero di Froude;
g	accelerazione di gravità [m/s^2];
h	tirante idrico [m];
i	pendenza del fondo dell'alveo;
K	coefficiente di Gauckler-Strickler relativo al complesso delle resistenze al moto della corrente;
K_g	coefficiente di Gauckler-Strickler relativo alla resistenza delle sole particelle solide (grain resistance);
M	coefficiente di uniformità;
n	coefficiente di Manning;
n_r	coefficiente di Manning associato al solo attrito;
q	portata liquida specifica (per unità di larghezza dell'alveo) [m^3/sm];
q_s	portata solida specifica (per unità di larghezza dell'alveo) [m^3/sm];

$$R_{E_*} = \frac{u_* d}{\nu}$$

numero di Reynolds sul fondo;

$$s = \frac{\gamma_s}{\gamma} = \frac{\rho_s}{\rho}$$

densità relativa dei sedimenti;

$$u_* = \sqrt{\frac{\tau_0}{\rho}}$$

velocità della corrente sul fondo [m/s];

ν

velocità media della corrente [m/s].

Il pedice 0 identifica le condizioni di fondo piano.

5.11 CARATTERISTICHE ALVEO

Formulazione: Meyer-Peter Muller (1948)

PARAMETRO DI MOBILITA': Numero di Shields (Bathurst et al. (1987))

Sezione

Rettangolare

Altezza di moto uniforme

hi: 1 m

Larghezza dell'alveo

Bi: 15 m

Peso per unità di volume dell'acqua

γ_w : 1000 kg/m³

Peso per unità di volume del sedimento

γ_s : 2650 kg/m³

Pendenza media dell'alveo

i: 0.25 m/m

Diametro del setaccio del 50% di passante

d50: 0.01 m

5.12 RISULTATI

Portata specifica dei sedimenti

qs: 1.889412 m³/(m s)

Tensione tangenziale della corrente

τ : 250.000 kg/m

Portata solida

Qs: 28.341 m³/s

6 VERIFICA IDRAULICA PRELIMINARE DEL “PONTE ROMANO”

Le due briglie a monte e a valle del “Ponte Romano” distano circa 250 m, con un dislivello di circa 30 m, che definiscono una pendenza media nell’intorno del ponte del 12%.

Trattandosi di un “corso d’acqua naturale con alveo in ghiaia e movimento di materiale sul fondo”, ricade in Classe 12 cui compete un valore del parametro Gamma pari a 2,3.

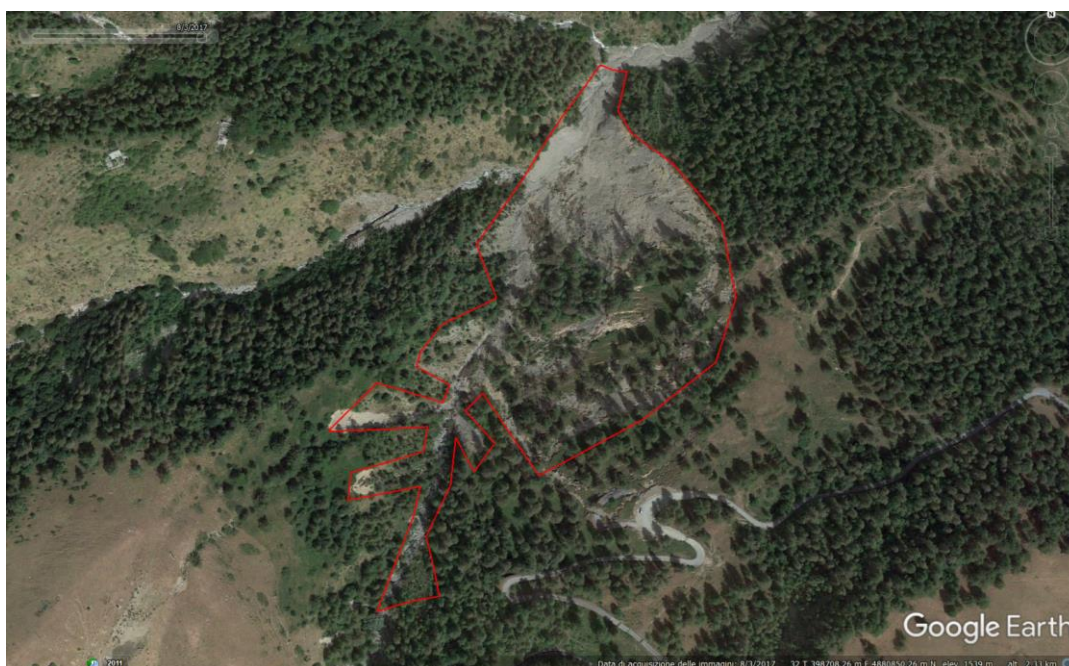
La sezione è stata configurata per ottemperare all’ipotesi che una delle arcate potesse risultare riempita per metà di materiale detritico nel momento di un evento di piena con tempo di ritorno cinquecentennale.

Nell’immagine seguente è riportato il grafico che correla l’altezza del pelo libero e la portata, nelle condizioni indicate.

Si noti che l’altezza dell’acqua non raggiunge il metro, con una velocità di circa 7 m/s, un valore plausibile per un torrente montano con forte acclività del fondo alveo.

Si può quindi concludere che il vero problema del ponte in oggetto consista nel possibile, anzi probabile, reinnesco futuro dei già avvenuti fenomeni di debris-flow.

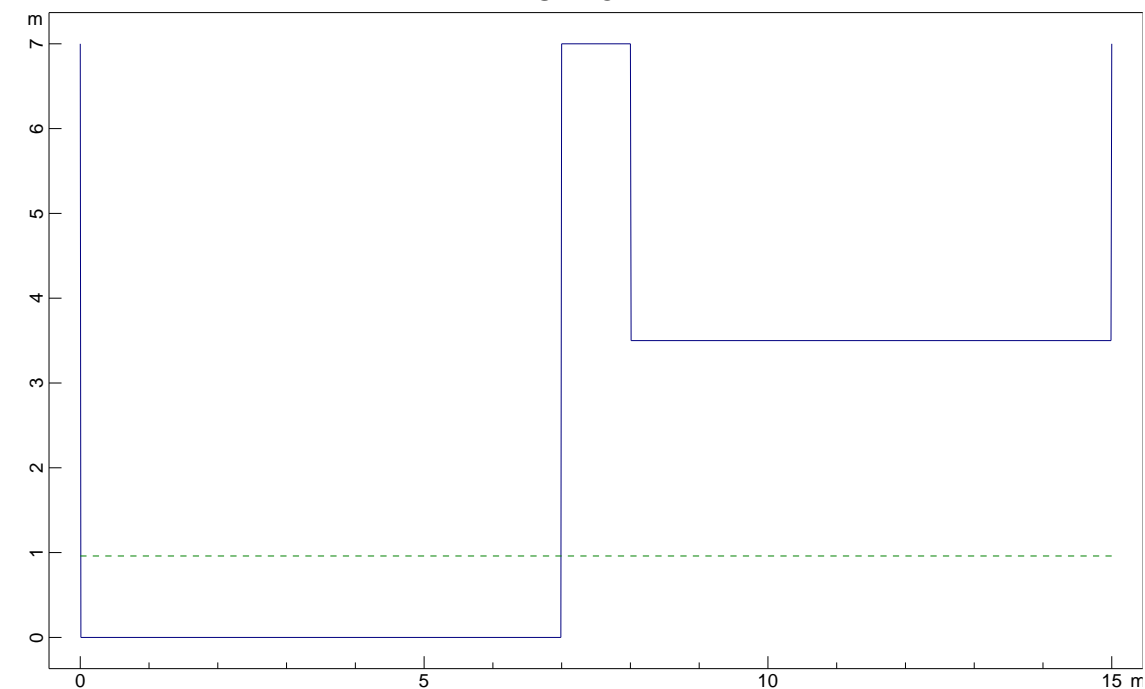
Non si è ritenuto possibile contenere l’intero versante instabile presente in destra orografica a circa 600 metri di distanza a monte del ponte della S.P. 01, con un’area di circa 60 000 m².



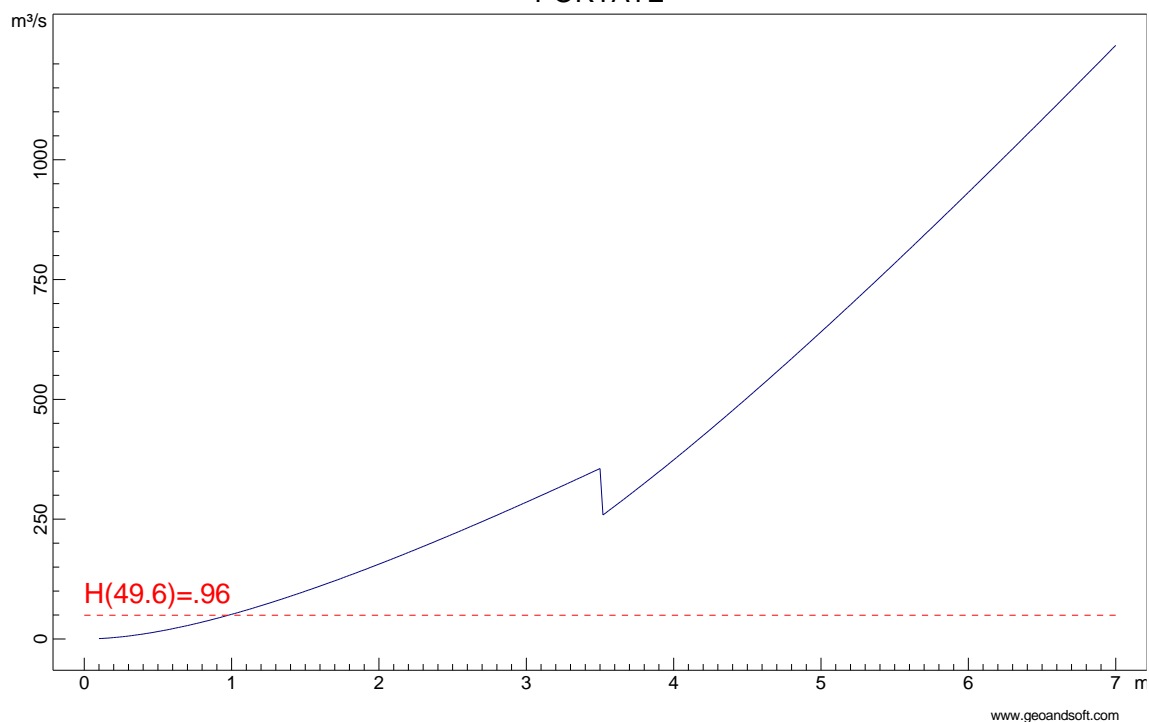
si è quindi optato per la messa in opera di briglie anti-debris flow ad alta resistenza, realizzate in rete metallica e disposte lungo il corso dell’alveo torrentizio, così da interrompere la condizione di flusso non-newtoniano con distribuzione granulometrica inversa che si viene a generare negli eventi di colata detritica, che possono senz’altro mitigare e spesso eliminare del tutto il trasporto in sospensione di grossi blocchi, favorendone la rapida sedimentazione e quindi il ripristino di condizioni ordinarie di semplice piena fluviale.

Regione Piemonte
Provincia di Cuneo
Comune di Briga Alta
Verifica idraulica preliminare
Torrente Bavera
Ponte Romano

SEZIONE



PORTATE



www.geoandsoft.com

7 ANALISI IDRAULICA CON MODELLAZIONE HEC RAS

L'analisi idraulica è stata condotta con modello numerico di moto permanente (o gradualmente variato) HEC-RAS - Version 4.1 – by Hydrologic Engineering Center of US Army Corp of Engineering.

Per il calcolo del profilo di corrente in moto permanente (o gradualmente variato) il codice HEC-RAS utilizza un procedimento iterativo passo a passo basato sulla soluzione dell'equazione di bilancio energetico tra sezioni successive.

$$WS_2 + \frac{(\alpha_1 \cdot V_2^2)}{2g} = WS_1 + \frac{(\alpha_2 \cdot V_1^2)}{2g} + h_e$$

Dove:

WS_1 e WS_2 rappresentano il livello idrico rispettivamente di valle e di monte;

V_1 e V_2 indicano la velocità media rispettivamente di valle e di monte;

α_1 e α_2 sono coefficienti numerici di velocità;

g è l'accelerazione di gravità;

h_e rappresenta la perdita di carico.

7.1 CONDIZIONI AL CONTORNO

Il software hec ras richiede la definizione di condizioni al contorno nel tratto di monte e valle del corpo idrico analizzato. La funzione Reach boundary conditions definisce le condizioni al contorno (selezionando la posizione: monte/valle), per le quali HEC-RAS permette di scegliere fra quattro possibili opzioni:

- Known W.S.: si fornisce il valore noto di altezza del pelo libero, indicato rispetto alla quota del piano di riferimento assunto per le quote relative alle sezioni trasversali;
- Critical depth: si assume come altezza del pelo libero l'altezza critica, automaticamente calcolata per ogni profilo;
- Normal depth: si assume come altezza del pelo libero l'altezza relativa al moto uniforme che il programma calcola per ogni profilo; bisogna fornire in questo caso la pendenza della linea dei carichi totali, che si può approssimare con la pendenza del tratto di canale a monte;
- Rating curve: si fornisce la scala di deflusso relativa alla sezione considerata (curva altezza portata), attraverso la quale il programma procede mediante interpolazione per la determinazione dell'altezza correlata.

Per quanto riguarda l'estremo di monte si è assunta la condizione al contorno Normal depth ed è stata inserita la pendenza media del tratto a monte della sezione iniziale

Pendenza di monte $i_m = 0.02$

Le condizioni al contorno e le condizioni di scabrezza sono rimaste invariate sia nella simulazione con portata Q100

7.2 COEFFICIENTI DI SCABREZZA

Il tratto del torrente Bavera in esame attraversa presenta sponde con scabrezze differenti, si ha sponde in materiale con grana grossa in aree naturaleggianti e scogliere.

Questa varietà di copertura del suolo determina la presenza di diversi gradi di resistenza offerta al moto dell'acqua; quindi, perdite di carico idraulico che cambiano a seconda della rugosità del terreno. Per questo motivo è stato necessario valutare nel dettaglio i valori da attribuire alla scabrezza per le varie classi di uso del suolo, al fine di ottenere una corretta analisi del moto della corrente.

La scabrezza è stata valutata tramite il coefficiente di Strickler $k [m^{1/3}s^{-1}]$, e utilizzata nei modelli attraverso il coefficiente di Manning $n=1/k [m^{-1/3}s]$. Particolare attenzione è stata dedicata all'individuazione della scabrezza delle superfici su cui avviene il deflusso. Tale parametro riveste una notevole importanza nel calcolo delle reali sezioni di deflusso e, quindi, delle eventuali aree esondate. Tuttavia, il valore del coefficiente di Manning, che rappresenta la scabrezza, non è facilmente determinabile, in quanto variabile da sezione a sezione e all'interno di ogni sezione, a seconda delle caratteristiche idrauliche dell'onda di piena in arrivo, e persino in funzione del periodo dell'anno in cui accade l'evento; questa indeterminatezza si ripercuote sui risultati del calcolo.

La scabrezza di ogni sezione, espressa tramite il coefficiente di Manning, viene stimata a partire da un rilievo diretto volto (secondo la metodologia proposta da Cowan e dall'U.S. Soil Conservation Service) a specificare le caratteristiche qualitative dell'alveo che hanno influenza sulla scabrezza. Sulla base di queste rilevazioni è stato stimato il coefficiente di Manning sezione per sezione seguendo la classificazione proposta da V.T. Chow e mediante confronto con casi reali osservati e presentati dall'U.S. Geological Survey¹.

Per quanto riguarda le sezioni naturali del torrente Bavera si sono considerati i valori di scabrezza seguenti:

- 0,03 s/m^{1/3} per la porzione centrale

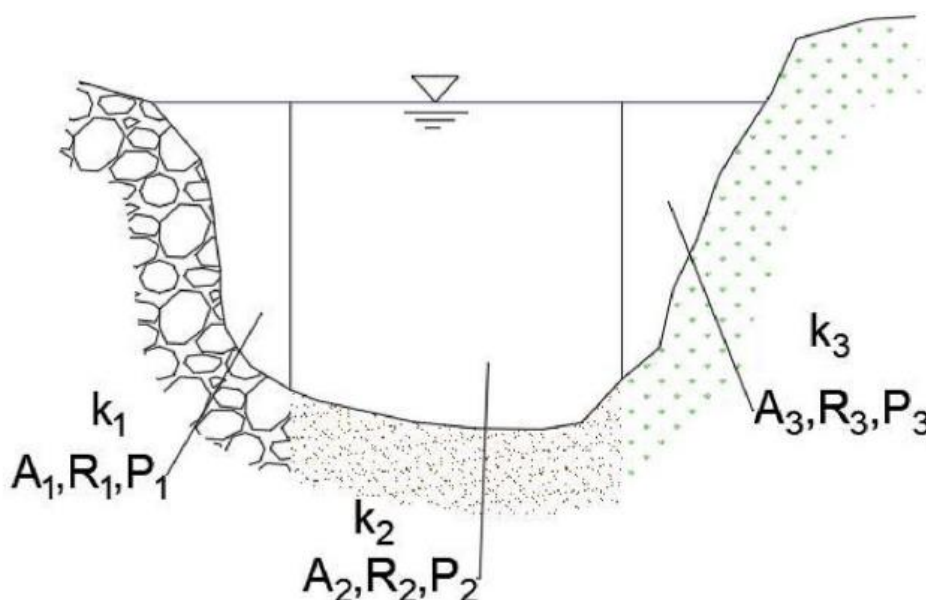
Il materiale presente in alveo è riconducibile ad una pezzatura media, con diffusa presenza di ciottoli e grossi blocchi in parte sommersi, in parte emergenti. Le sponde sono fittamente vegetate, con arbusti ed alberi fino a ridosso della corrente. I parametri caratteristici che si possono stimare sulla base di un esame visivo

sono:

- $d_{90} = 300 \text{ mm}$;
- $d_{50} = 50 \text{ mm}$.

Dalla letteratura è stato infine determinato un valore per il coefficiente di scabrezza di base.

Poiché le sezioni trasversali del corso d'acqua sono generalmente costituite da tratti a scabrezza diversa, è stato necessario riferirsi a un coefficiente di scabrezza equivalente. Per il calcolo di questo coefficiente, sono state individuate diverse situazioni che si verificano lungo il corso del fiume. L'area di ciascuna sezione è stata suddivisa in sotto aree, separate da linee verticali, lungo le quali gli sforzi tangenziali sono stati considerati nulli e all'interno delle quali in moto si è supposto uniforme.



Esempio di suddivisione di una sezione tipo in sub aree a scabrezza differente.

Per ciascuna sezione tipo è stato calcolato il coefficiente di scabrezza equivalente, secondo la formulazione di Lotter-Engelund, sotto l'ipotesi di alveo inciso completamente pieno, dal momento che l'analisi riguarda condizioni di piena tali per cui tutta la sezione dell'alveo attivo risulta interessata dal flusso dell'acqua.

I valori ottenuti sulle singole sezioni sono stati poi estesi all'intero tratto di cui ogni sezione era rappresentativa.

Considerando una sezione costituita dai tratti a scabrezza costante si ha:

$$K_{eq} = \frac{\sum k_i A_i R_i^{0.67}}{A R_{eq}^{0.67}}$$

Dove:

k_i è la scabrezza relativa ogni tratto;

A_i è l'area bagnata relativa a ogni tratto;

R_i è il raggio idraulico di ogni tratto;

A è l'area bagnata della sezione;

R_{eq} è il raggio idraulico equivalente

I valori di scabrezza relativi presenti in letteratura ciascun tronco omogeneo, sono riportati nella tabella seguente:

Condizioni dell'alveo	Valori		
Materiale costituente l'alveo	Terra	n0	0.020
	Roccia		0.025
	Alluvione grossolana		0.028
	Alluvione fine		0.024
Irregolarità della superficie della sezione	Trascurabile	n1	0.000
	Bassa		0.005
	Moderata		0.010
	Elevata		0.020
Variazione della forma e della dimensione della sezione Trasversale	Graduale	n2	0.000
	Variazione occasionale		0.005
	Variazione frequente		0.010÷0.015
Effetto relativo di ostruzioni	Trascurabile	n3	0.000
	Modesto		0.010÷0.015
	Apprezzabile		0.020÷0.030
	Elevato		0.040÷0.060
Effetto della vegetazione	Basso	n4	0.005÷0.010
	Medio		0.010÷0.025
	Alto		0.025÷0.050
	Molto alto		0.050÷0.100
Grado di sinuosità dell'alveo	Modesto	m5	1.000
	Apprezzabile		1.150
	Elevato		1.300

valori di scabrezza relativi

Tipologia del corso d'acqua	Gauckler-Strickler [m ^{1/3} s ⁻¹]
CORSI D'ACQUA MINORI (Raggio idraulico ~ 2 m; larghezza di piena < 30 m)	
Corsi d'acqua di pianura	
- alvei con fondo compatto, senza irregolarità	40÷45
- alvei regolari con vegetazione erbacea	30÷35
- alvei con ciottoli e irregolarità modeste	25÷30
- alvei fortemente irregolari	15÷25
Torrenti montani	
- fondo alveo con prevalenza di ghiaia e ciottoli, pochi grossi massi	25÷30
- alveo in roccia regolare	25÷30
- fondo alveo con ciottoli e molti grossi massi	15÷20
- alveo in roccia irregolare	15÷20
CORSI D'ACQUA MAGGIORI (Raggio idraulico ~ 4 m; larghezza di piena > 30 m)	
- sezioni con fondo limoso, scarpate regolari a debole copertura erbosa	40÷45
- sezioni in depositi alluvionali, fondo sabbioso, scarpate regolari a copertura erbosa	35
- sezioni in depositi alluvionali, fondo regolare, scarpate irregolari con vegetazione arbustiva e arborea	25÷30
- in depositi alluvionali, fondo irregolare, scarpate irregolari con forte presenza di vegetazione arbustiva e arborea	20÷25
AREE GOLENALI (Raggio idraulico ~ 1 m)	
- a pascolo, senza vegetazione arbustiva	20÷40
- coltivate	20÷50
- con vegetazione arbustiva spontanea	10÷25
- con vegetazione arborea coltivata	20÷30
Alveo artificiale in terra	
- materiale compatto, liscio	60
- sabbia compatta, con argilla o pietrisco	50
- sabbia e ghiaia, scarpata lastricata	45÷50
- ghiaietto 10-30 mm	45
- ghiaia media 20-60 mm	40
- ghiaia grossa 50-150 mm	35
- limo in zolle	30
- grosse pietre	25÷30
- sabbia, limo o ghiaia, con forte rivestimento vegetale	20÷25
Alveo artificiale in roccia	
- con lavorazione accurata	25÷30
- con lavorazione media	20÷25
- con lavorazione grossolana	15÷20
Alveo artificiale in muratura	
- muratura in pietra da taglio	70÷80
- muratura accurata in pietra da cava	70
- muratura normale in pietra da cava	60
- pietre grossolanamente squadrate	50
- scarpate lastricate, fondo in sabbia e ghiaia	45÷50
Alveo artificiale in calcestruzzo	
- pavimentazione in cemento	100
- calcestruzzo con casseforme metalliche	90÷100
- calcestruzzo con intonaco	90÷95
- calcestruzzo liscio	90
- intonaco di cemento intatto	80÷90
- calcestruzzo con casseforme in legno, senza intonaco	65÷70
- calcestruzzo costipato, superficie liscia	60÷65
- calcestruzzo vecchio, superficie pulita	60
- rivestimento in calcestruzzo ruvido	55
- superfici irregolari in calcestruzzo	50

Coefficiente scabrezza *c* di Gauckler-Strickler per corsi d'acqua naturali

Per quanto riguarda le aree golenali sono state individuate quattro classi di uso del suolo: aree urbane, aree agricole, vegetazione fitta e vegetazione rada.

A ciascuna classe è stato innanzitutto attribuito un valore di coefficiente di scabrezza di riferimento K_{s0} , che non tiene in considerazione la presenza delle macro-rugosità, costituite da ostacoli, abitazioni, vegetazione. I

valori di K_{s0} sono stati ricavati dalla letteratura (Chow, 1959).

Successivamente è stato stimato il coefficiente di scabrezza effettivo, che tiene conto sia delle micro-rugosità che delle macro-rugosità (vegetazione e ostacoli rigidi). I valori del Ks effettivo sono stati determinati con la formula di Petryks e Bosmajian, che prevede preliminarmente la stima di alcuni parametri, valutati tramite sopralluoghi effettuati nell'ambito dello Studio di Fattibilità: spaziatura, diametro e coefficiente di resistenza

relativi alla vegetazione fitta e rada e alle aree urbane.

Dove:

- R_h è il raggio idraulico dell'area interessata;
- K_{s0} è il coefficiente di Strickler di riferimento del terreno;
- Λ_v è un parametro rappresentativo della densità della vegetazione, definito come:

$$\Lambda_v = C_R \frac{A_{pj}}{a_x a_y}$$

in cui A_{pj} è la sezione orizzontale di ingombro di una pianta, C_R è il coefficiente di resistenza, a_x e a_y sono le distanze tra le piante rispettivamente nella direzione della corrente e nella direzione perpendicolare alla corrente, i cui valori sono stati ricavati da tabelle. Laddove è presente vegetazione o urbanizzazione, i valori di scabrezza equivalente sono stati calcolati con la formula di Petryks e Bosmajian, mentre per le aree agricole dove la vegetazione risulta assente è stato una cortina impermeabile.

Le caratteristiche di scabrezza applicate in funzione dei livelli idrici raggiunti è la seguente:

Fondo alveo $n = 0.03$

Pareti rivestite in massi $n = 0.03$

Pareti in terra $n^\circ = 0.04$

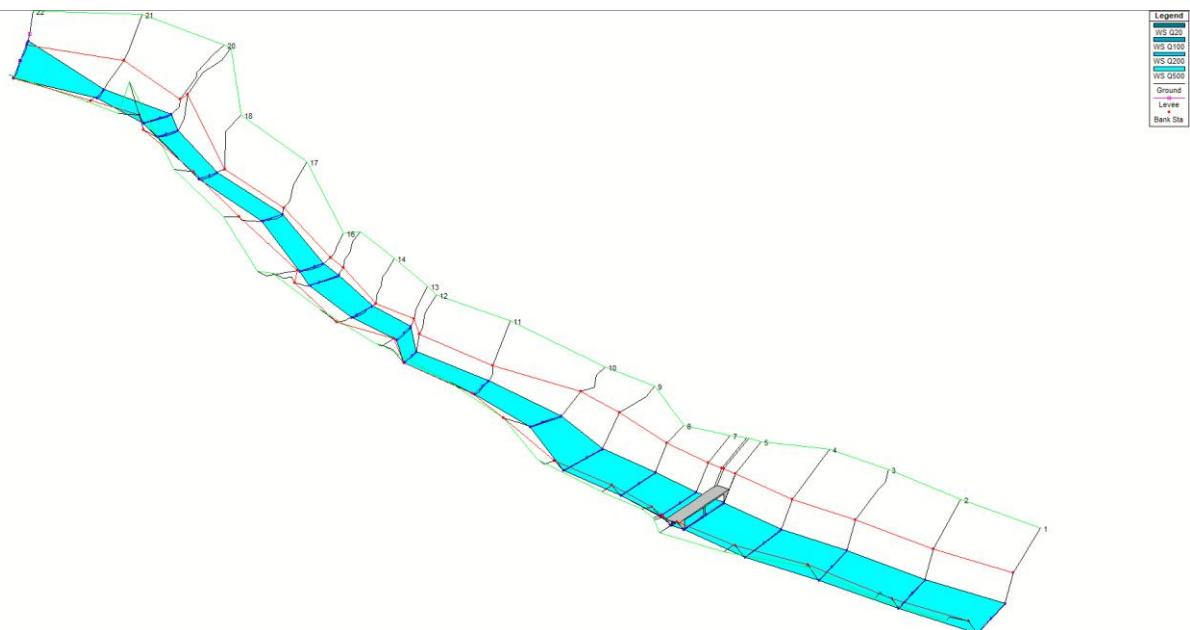
Sulla base di questi parametri viene stimato il livello della portata con tempo di ritorno 100 anni.

8 MODELLO IDRAULICO

Per la modellazione matematica dell'analisi idraulica è stato utilizzato il software HecRas, in cui è stata inserita la geometria del torrente analizzato nel caso studio.

Inoltre, sono state analizzate le diverse soglie andando a inserire due sezioni ravvicinate con una diversa quota dei punti in modo tale da rappresentare il salto che il flusso subisce a causa del cambio di geometria dovuto alla presenza del manufatto inserito lungo il percorso.

Nell'immagine sottostante è riportata la rappresentazione del modello matematico utilizzato con il software Hec Ras.



Nello Specifico sono state fatte 4 modellazioni:

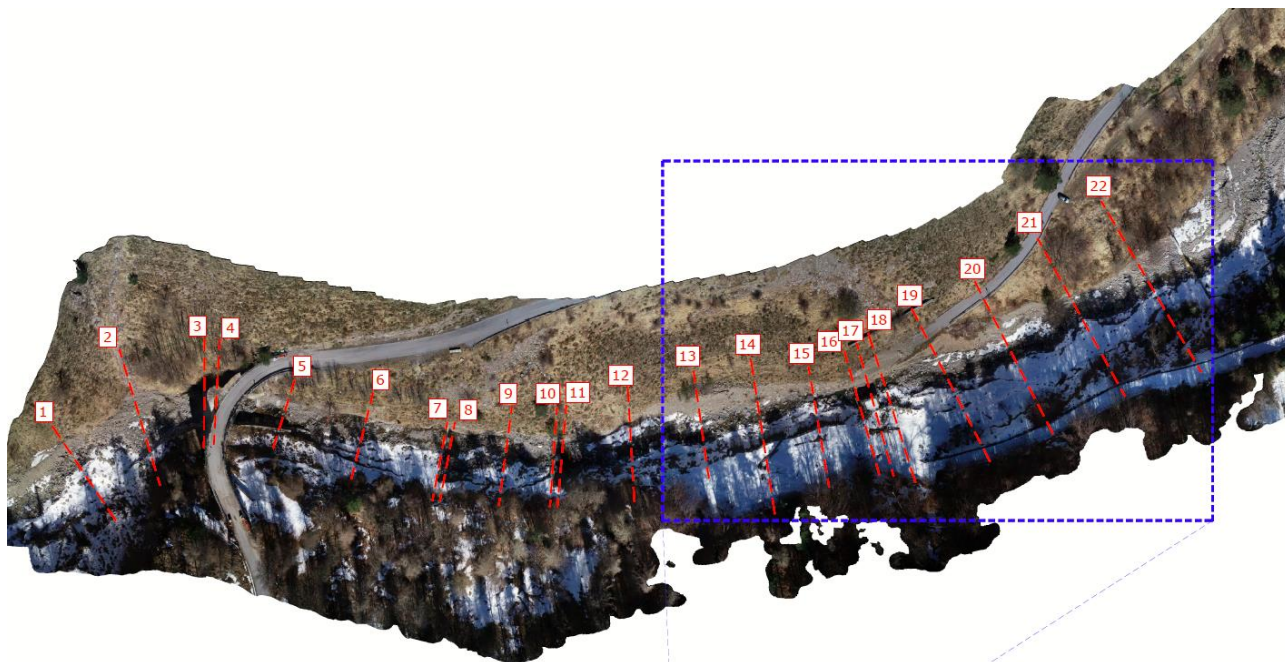
2 modelli nella Zona Bassa (ante e post opera)

2 modelli nella Zona Alta (ante e post opera) dove è stata considerato all'interno della modellazione un salto dovuto al riempimento della briglia come riportato nell'immagine seguente.



9 STATO ATTUALE – ZONA BASSA

Nell'immagine seguente è riportata la planimetria



Nelle pagine seguenti sono riportati le sezioni e i tabulati relativi allo stato attuale.

Legend

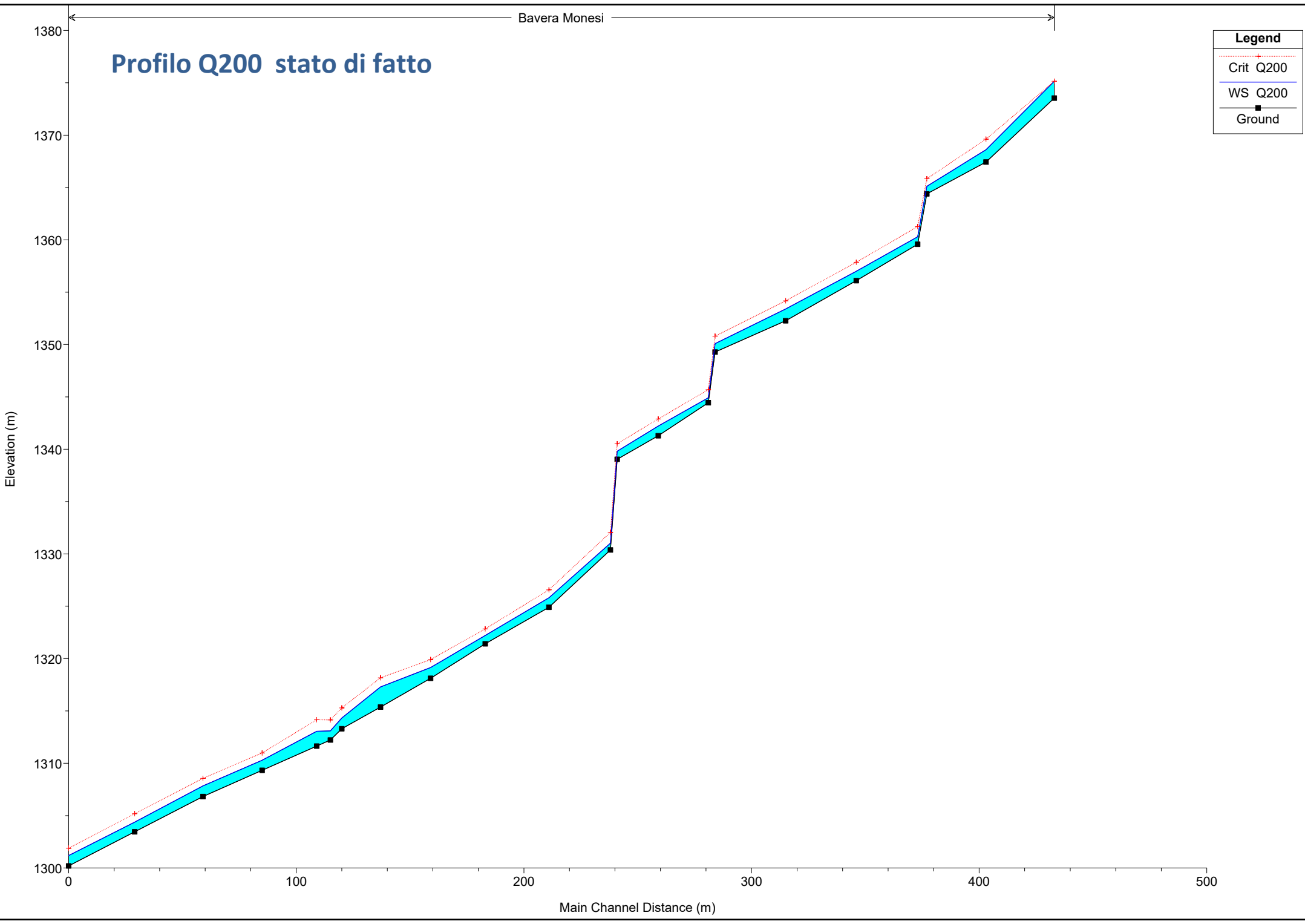
Crit Q200

WS Q200

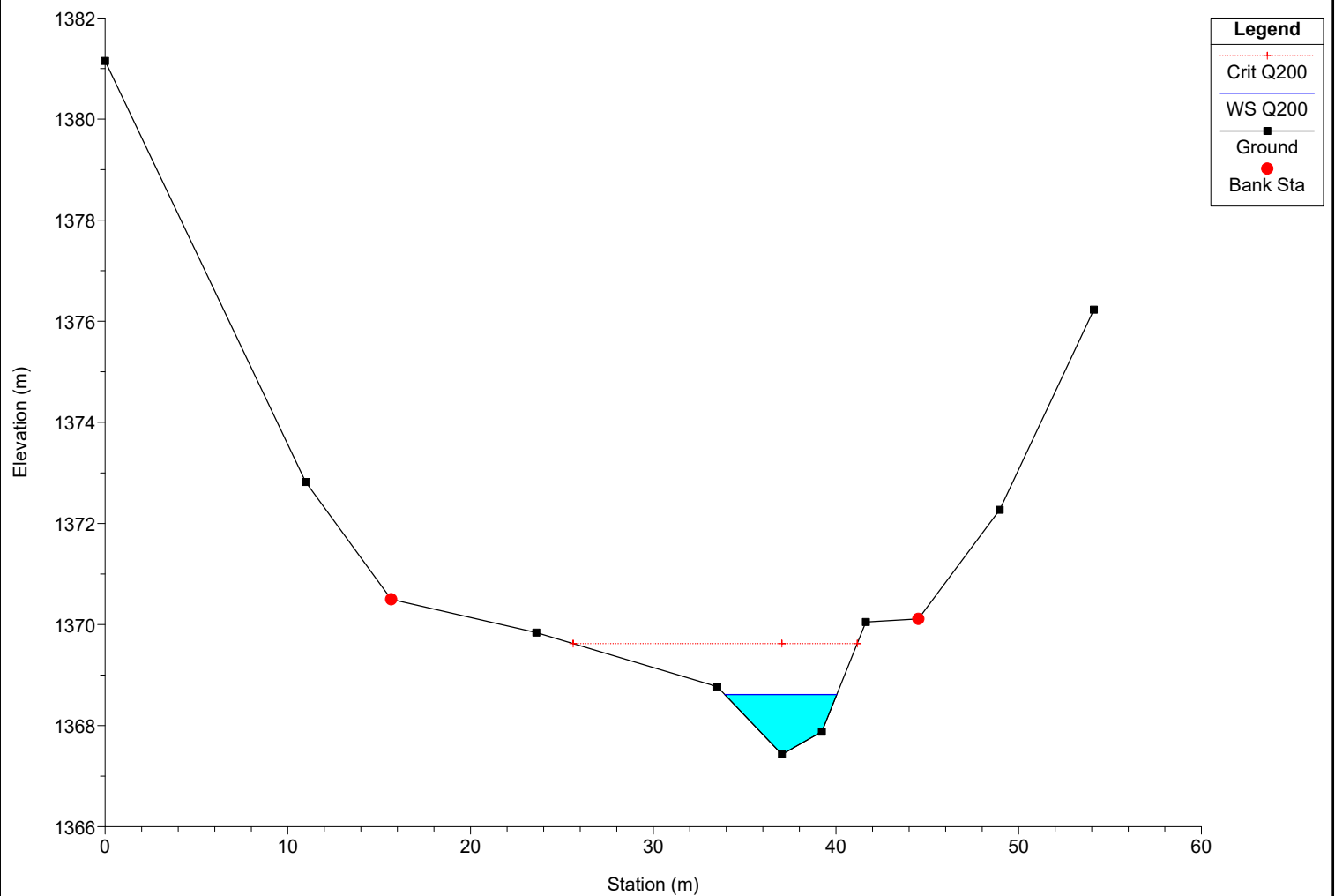
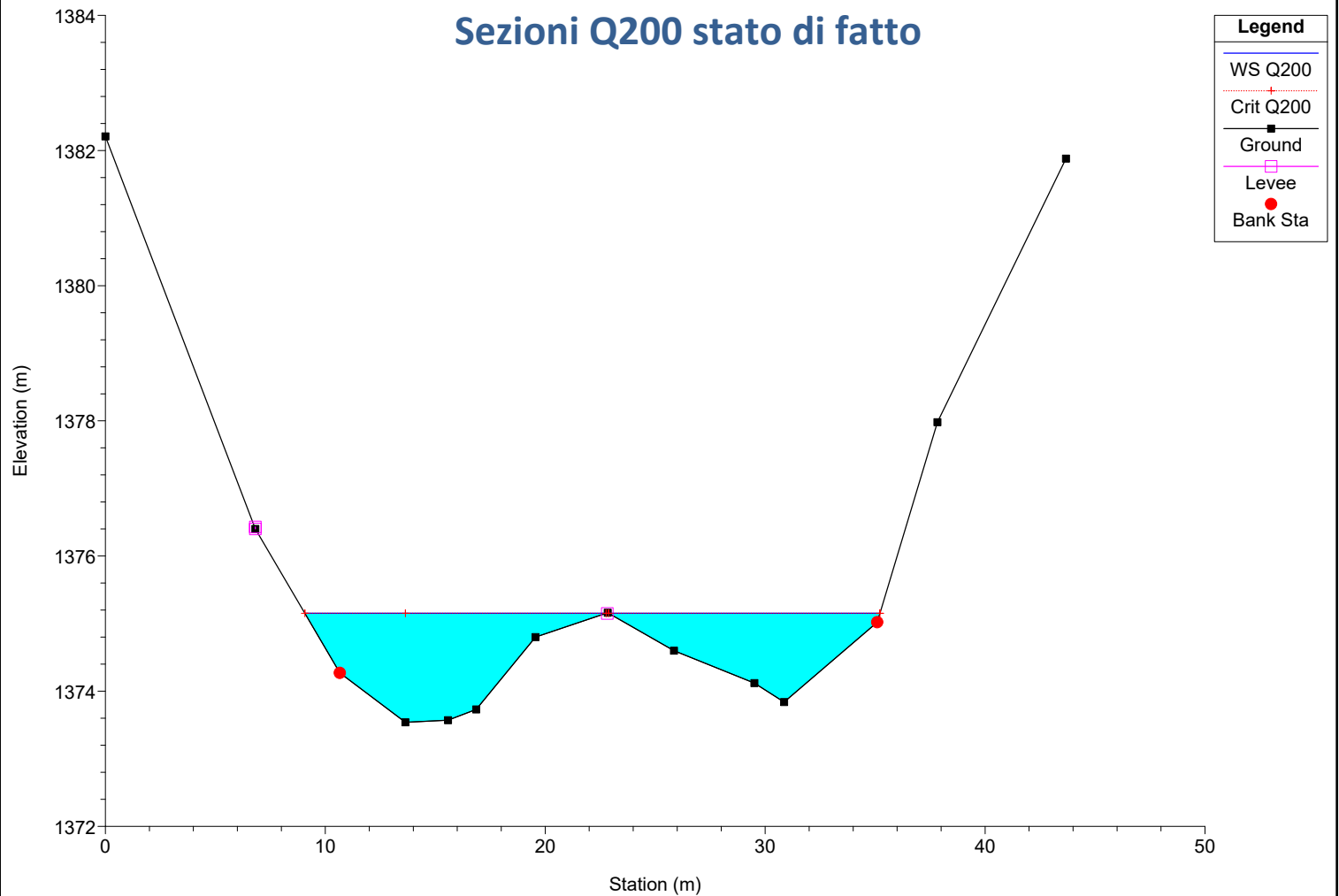
Ground

Profilo Q200 stato di fatto

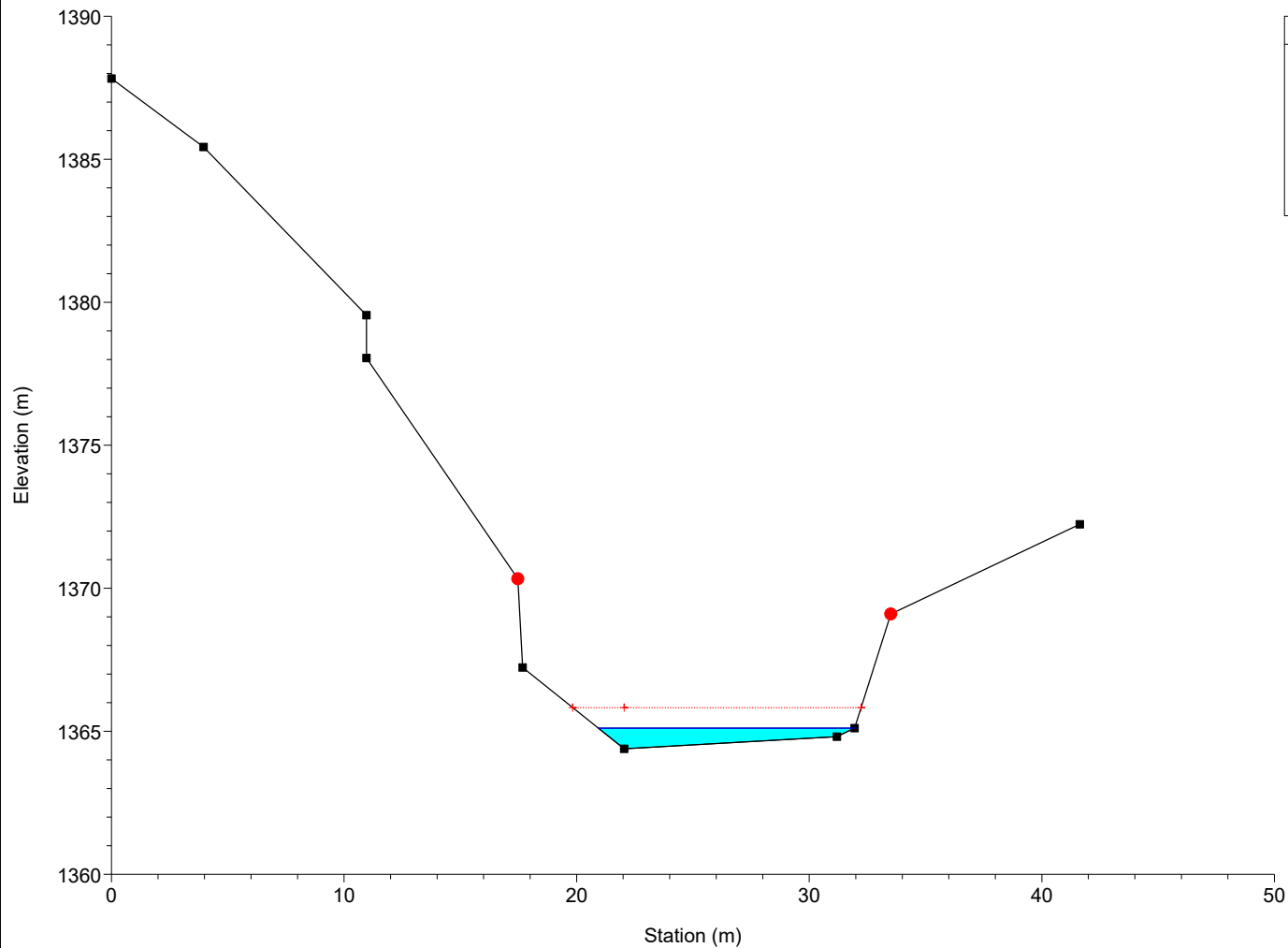
Bavera Monesi



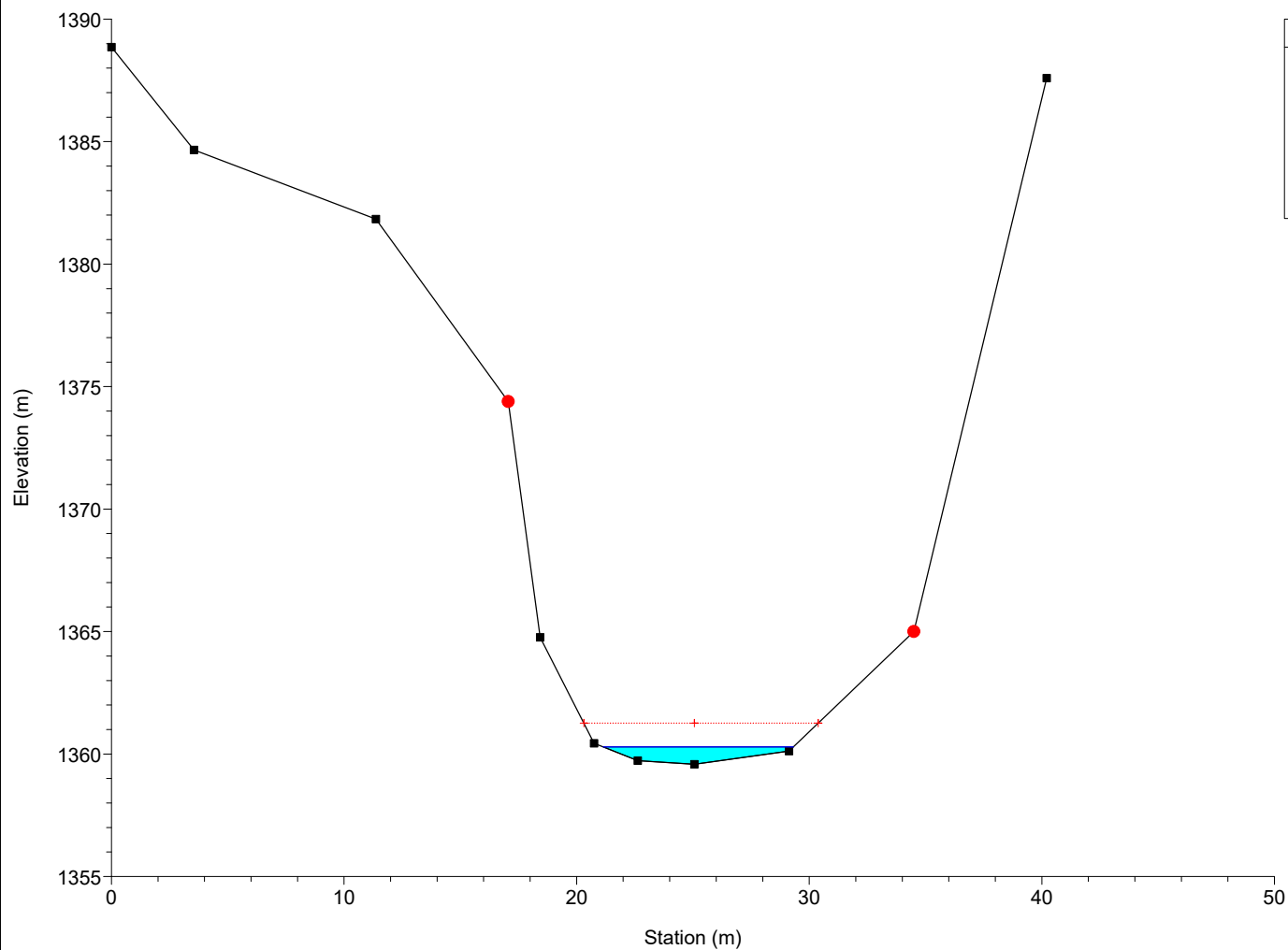
Sezioni Q200 stato di fatto



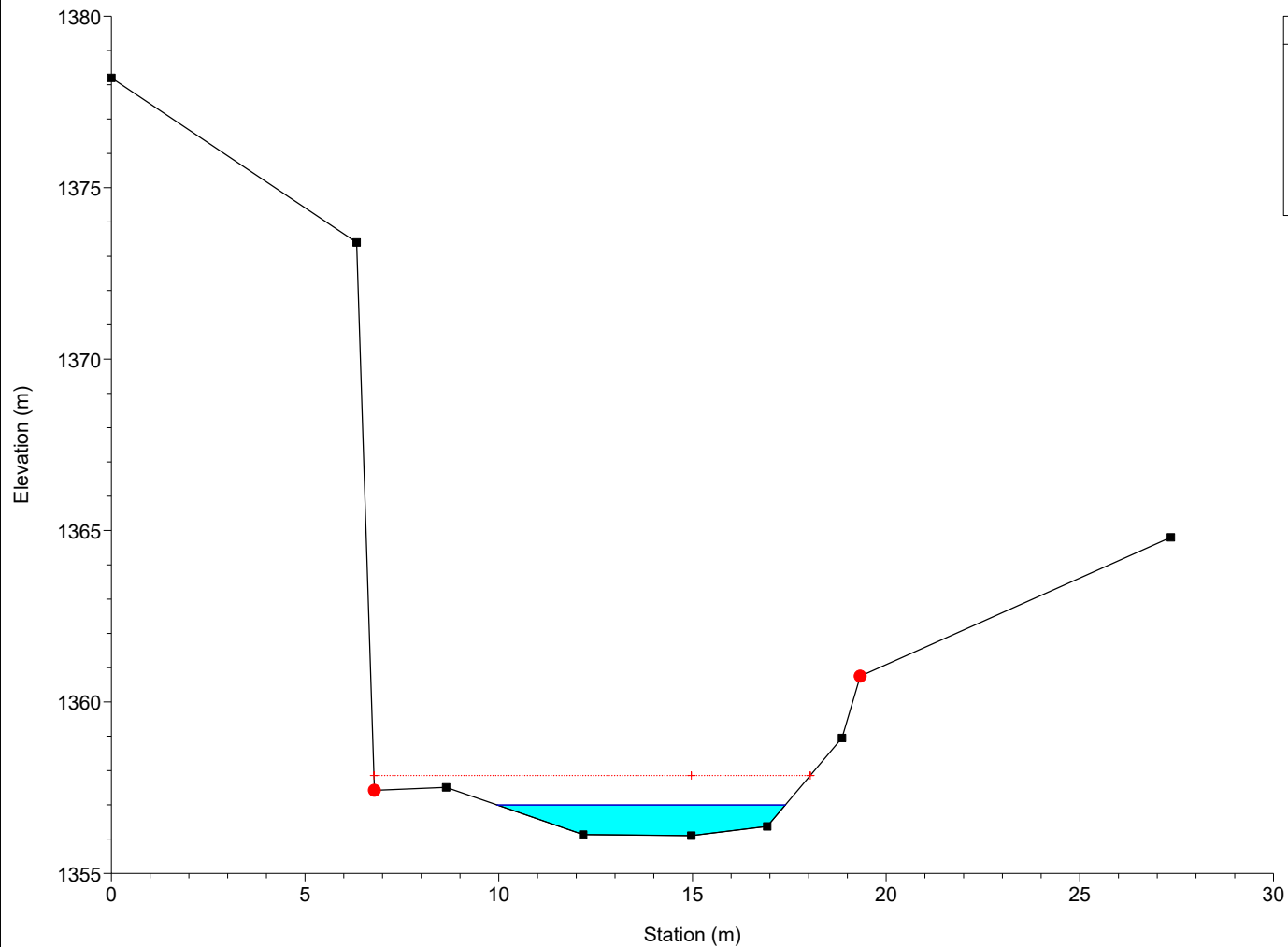
River = Bavera Reach = Monesi RS = 20 Sez.3



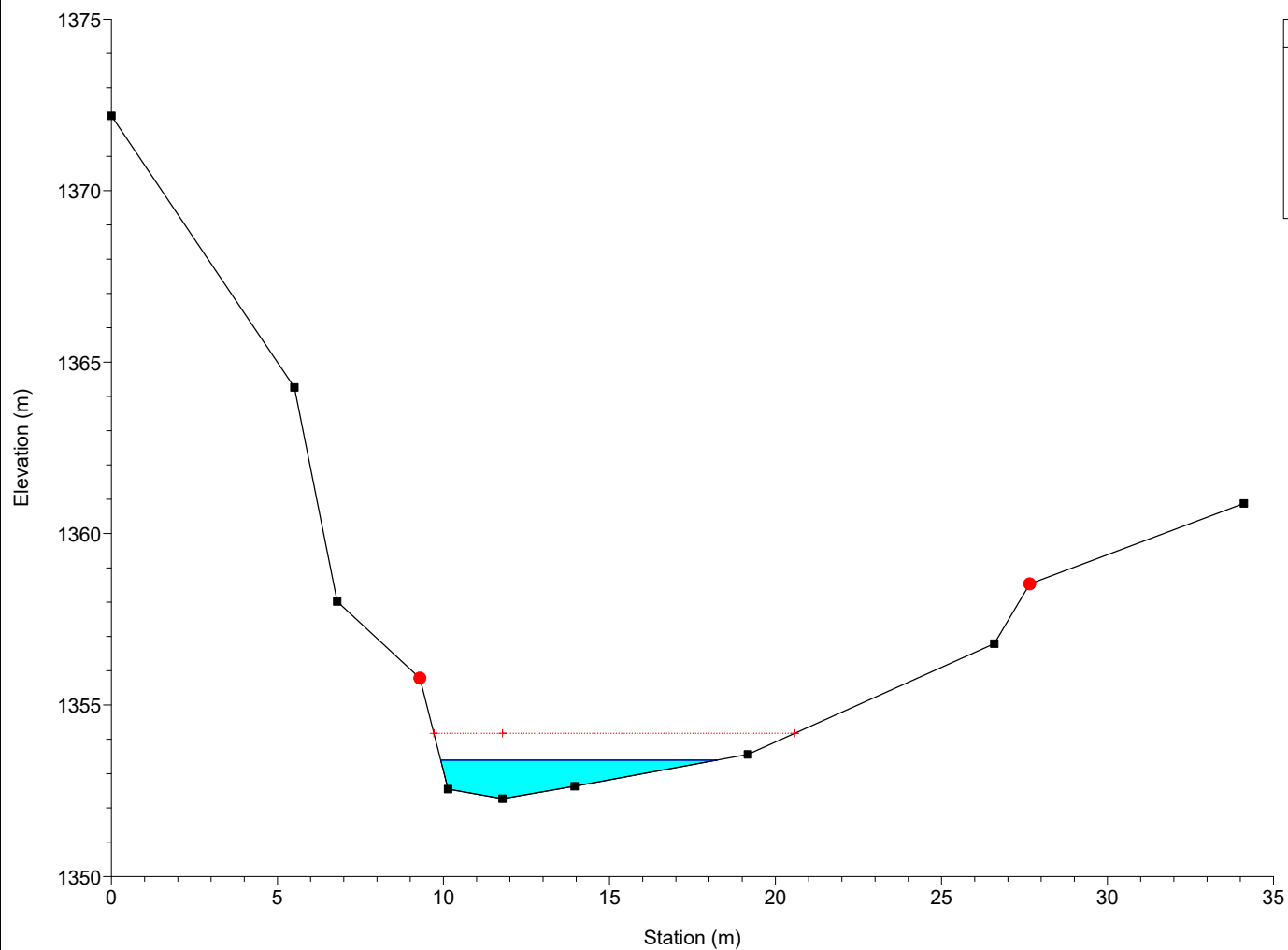
River = Bavera Reach = Monesi RS = 19 Sez.4



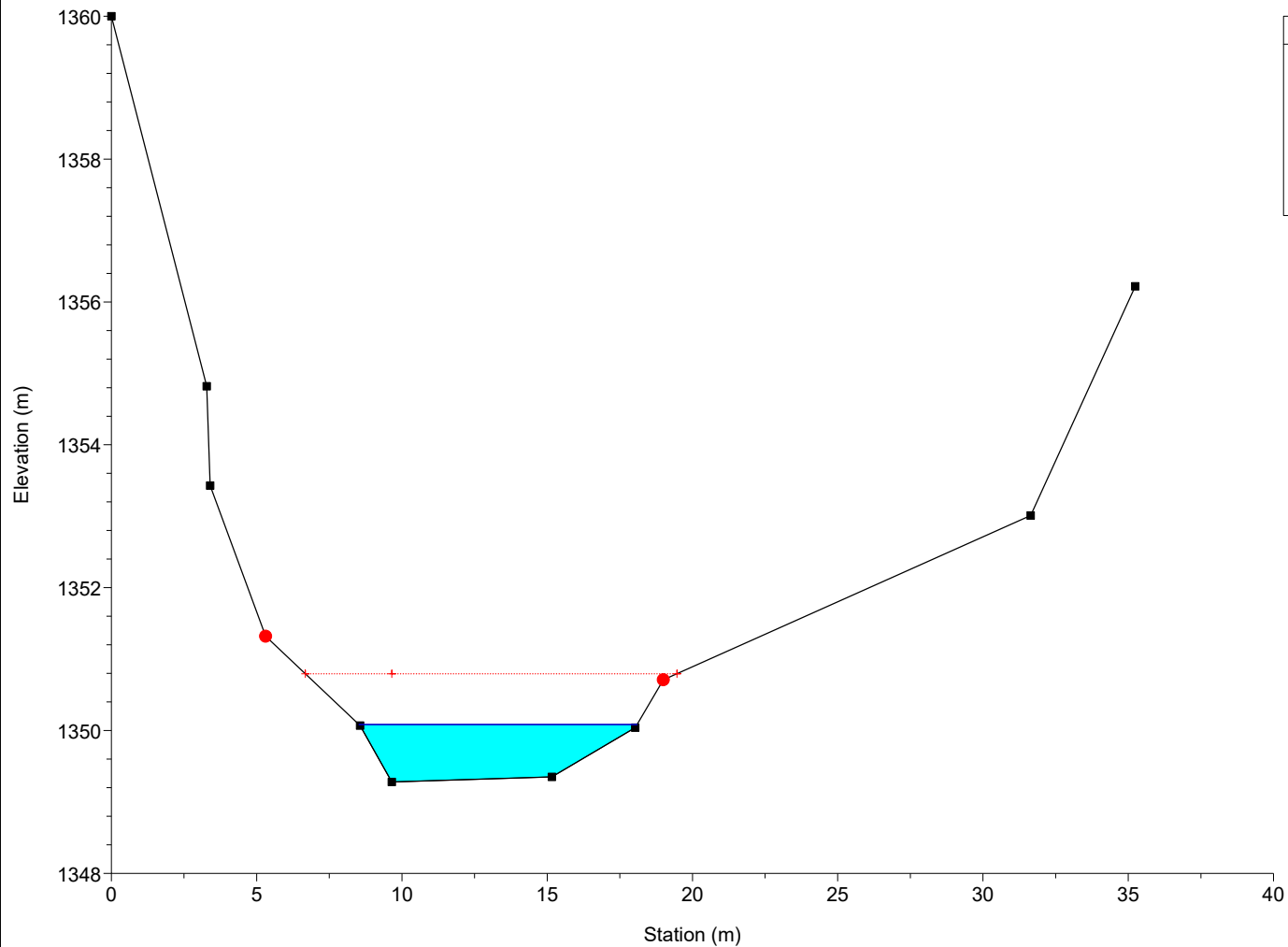
River = Bavera Reach = Monesi RS = 18 Sez.5



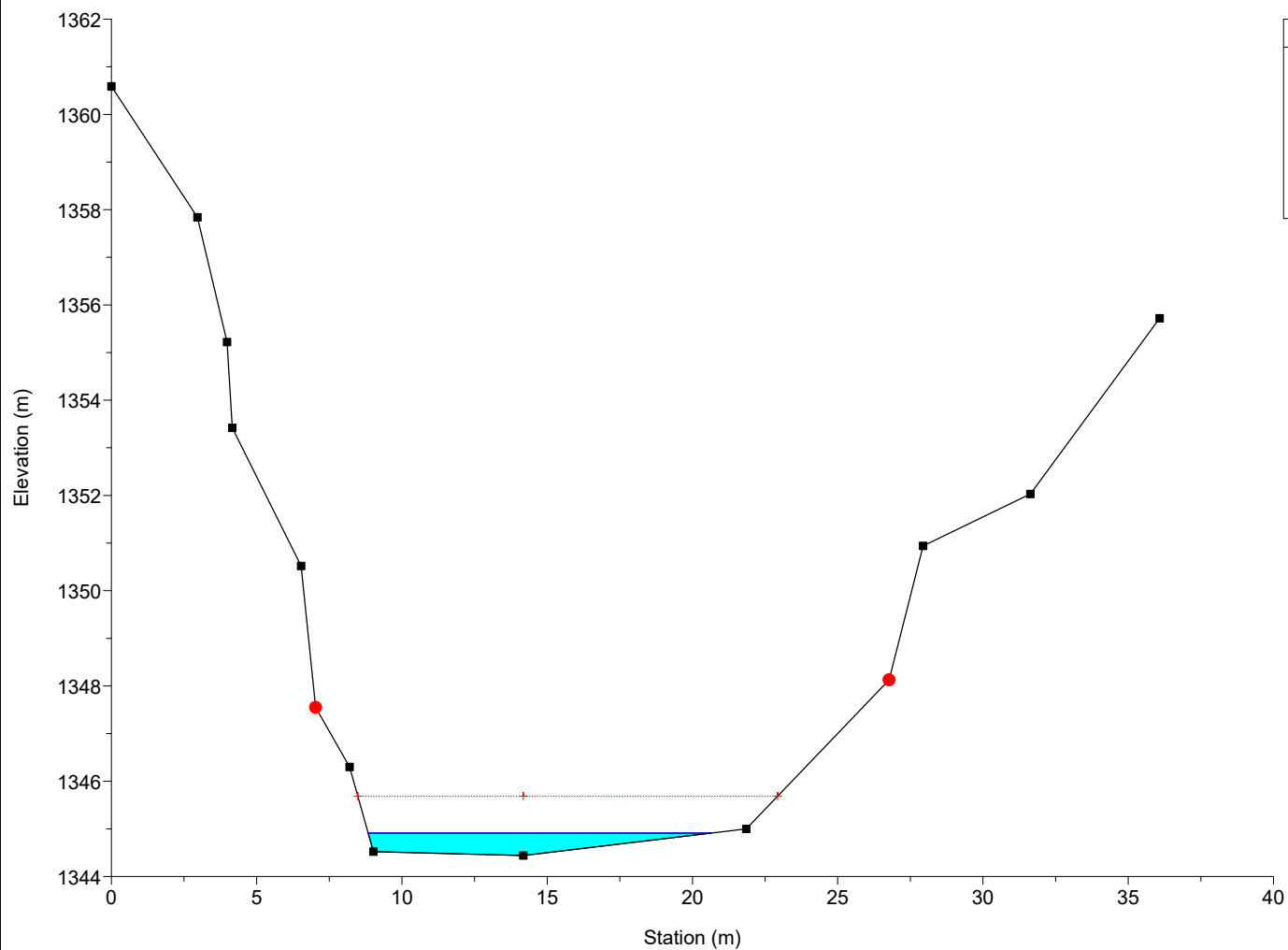
River = Bavera Reach = Monesi RS = 17 Sez.6



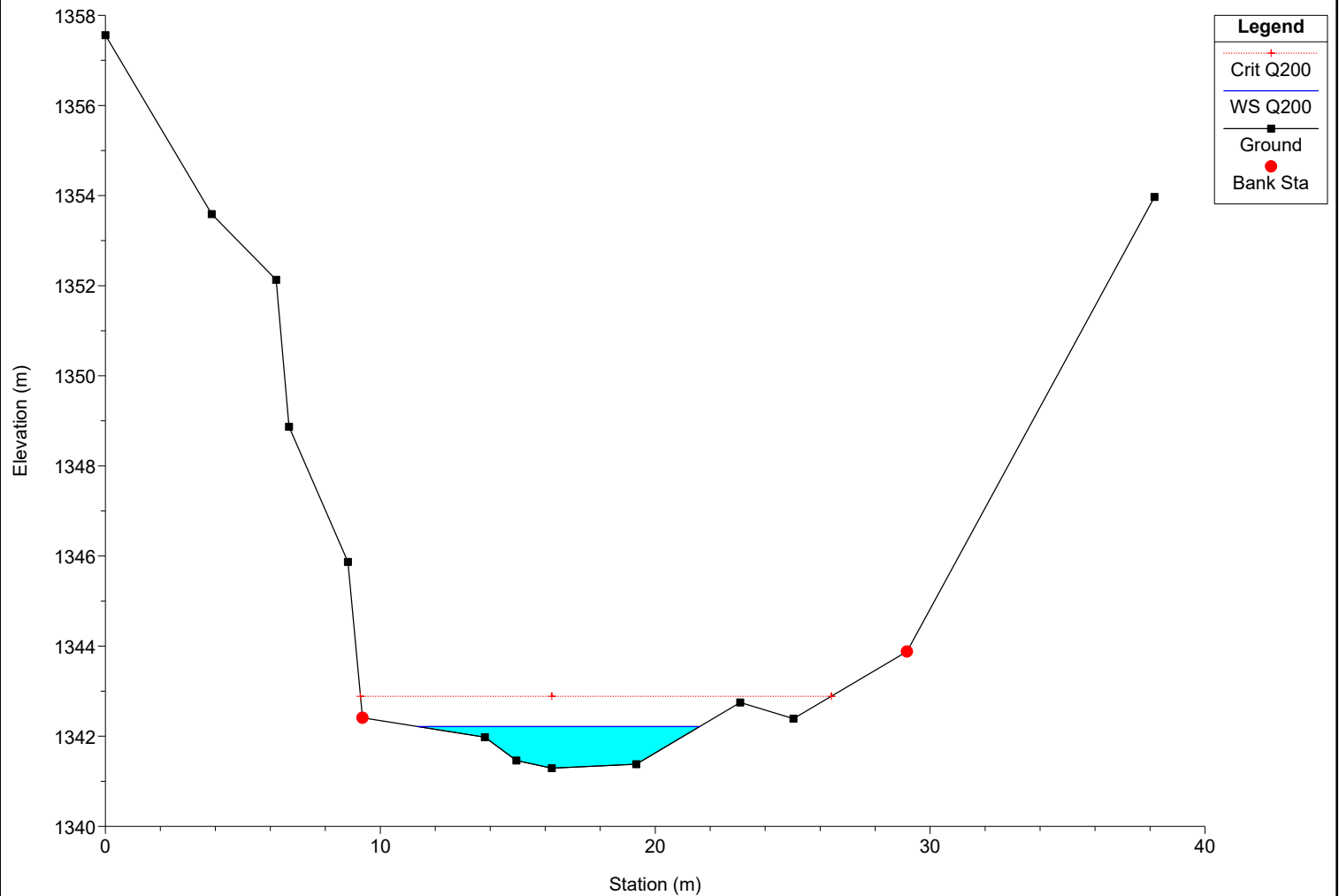
River = Bavera Reach = Monesi RS = 16 Sez.7



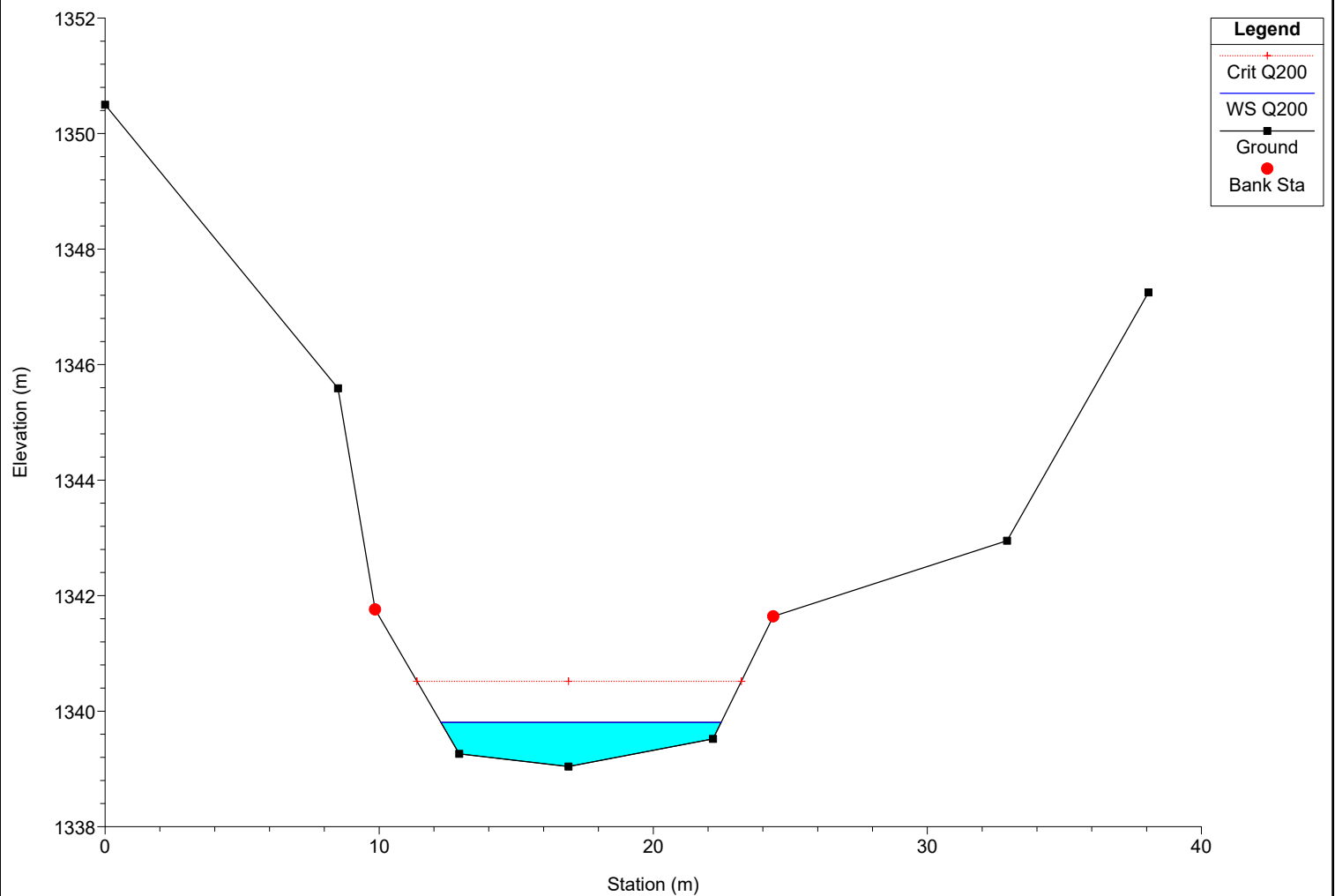
River = Bavera Reach = Monesi RS = 15 Sez.8



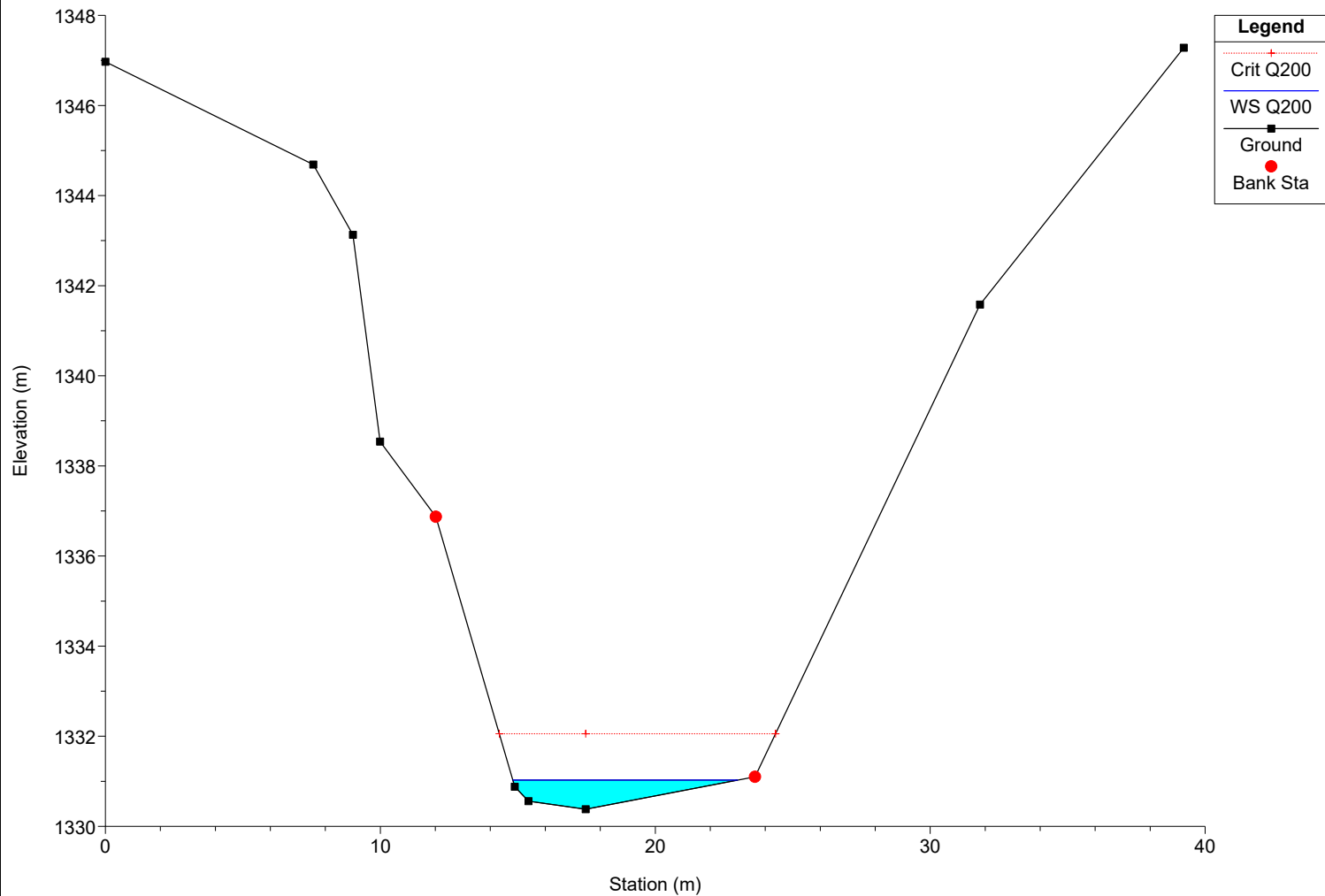
River = Bavera Reach = Monesi RS = 14 Sez.9



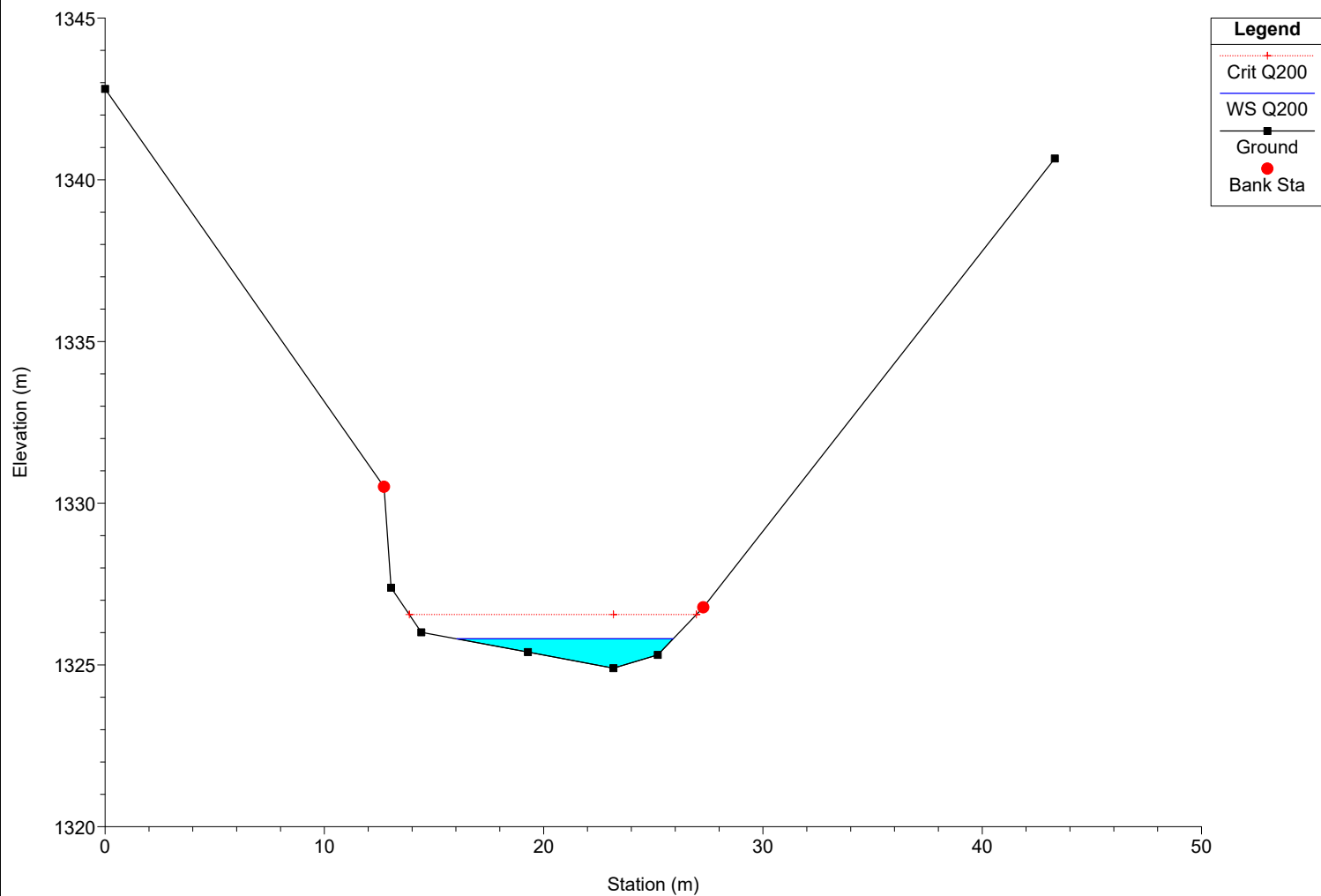
River = Bavera Reach = Monesi RS = 13 Sez.10

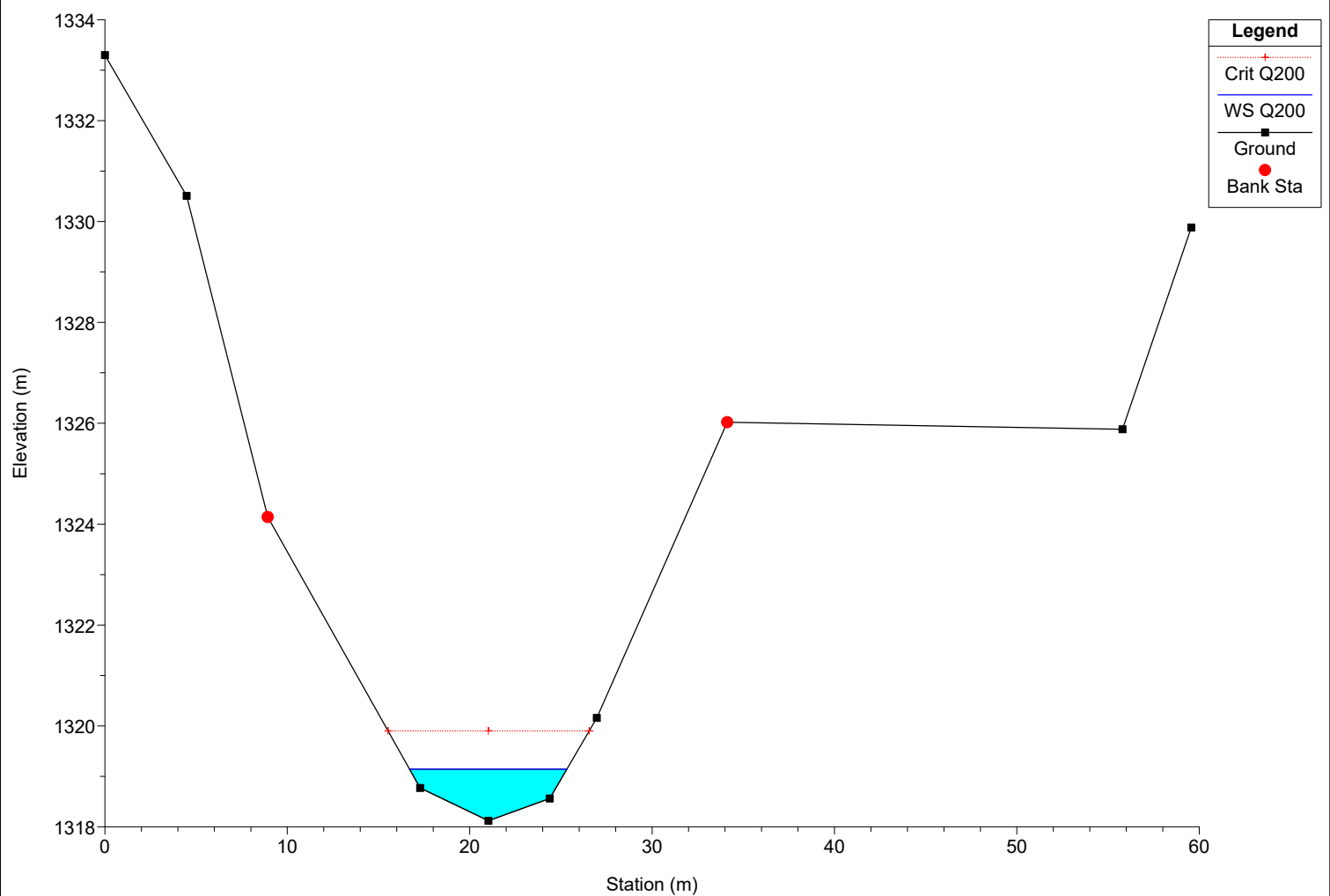
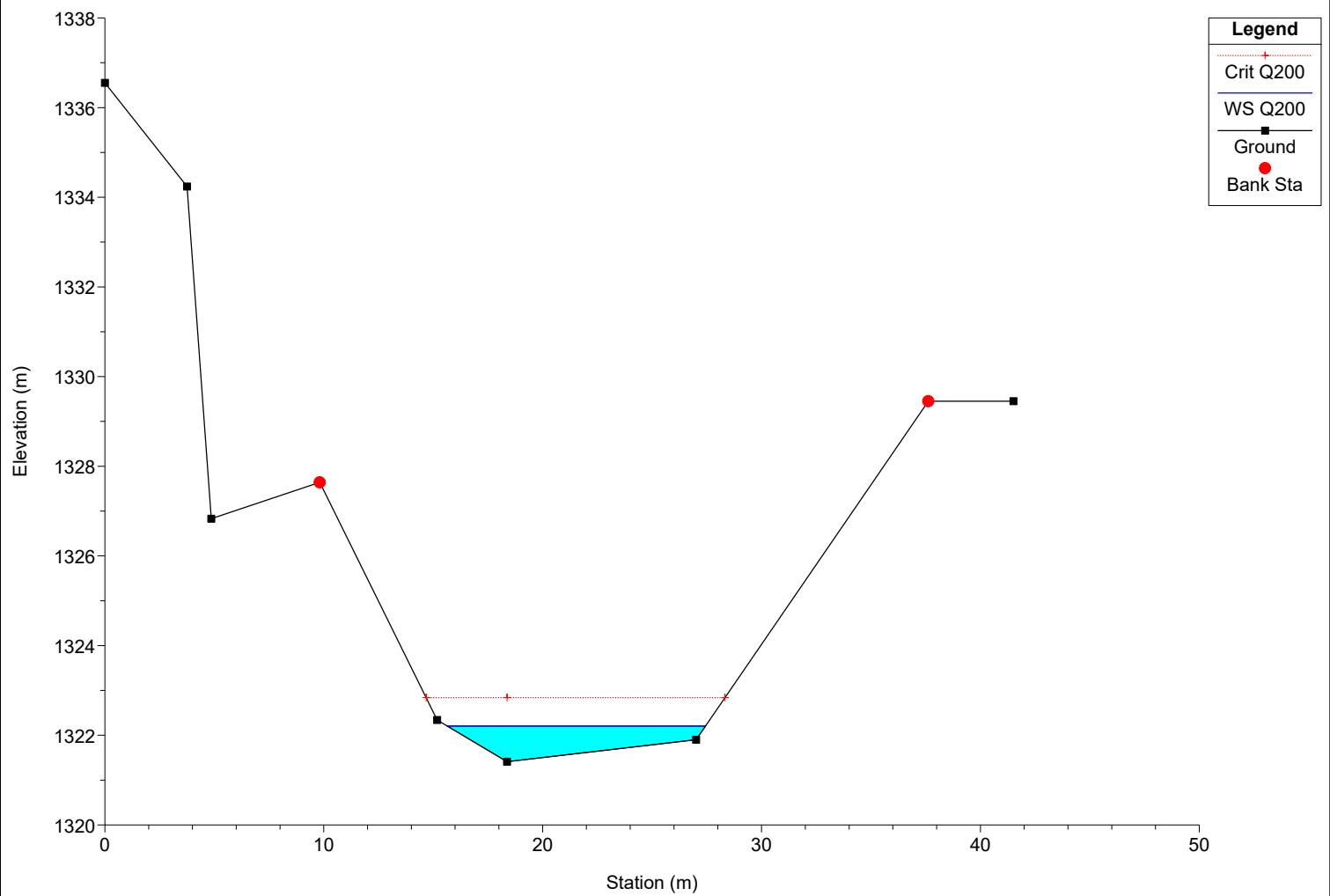


River = Bavera Reach = Monesi RS = 12 Sez.11

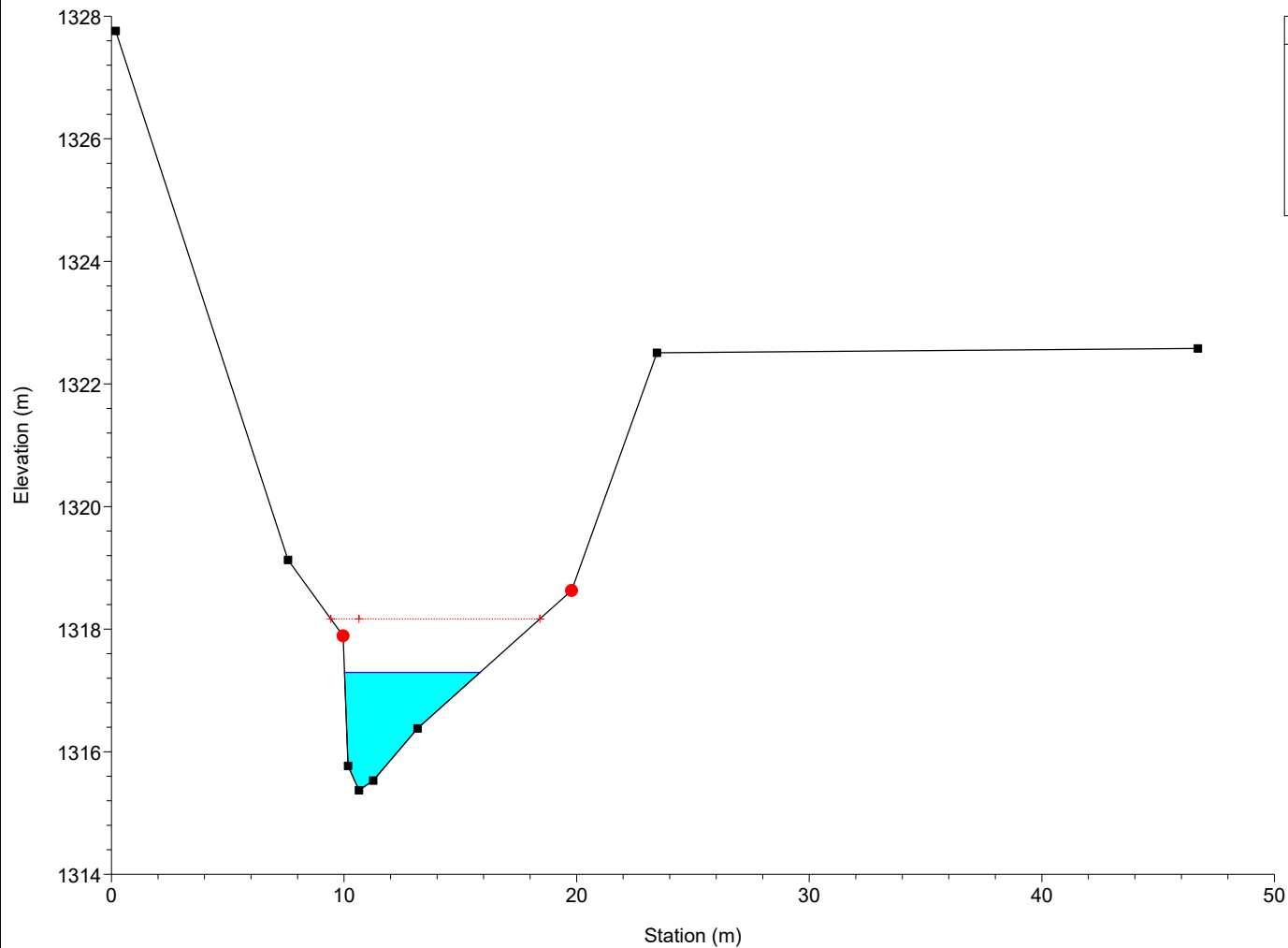


River = Bavera Reach = Monesi RS = 11 Sez.12

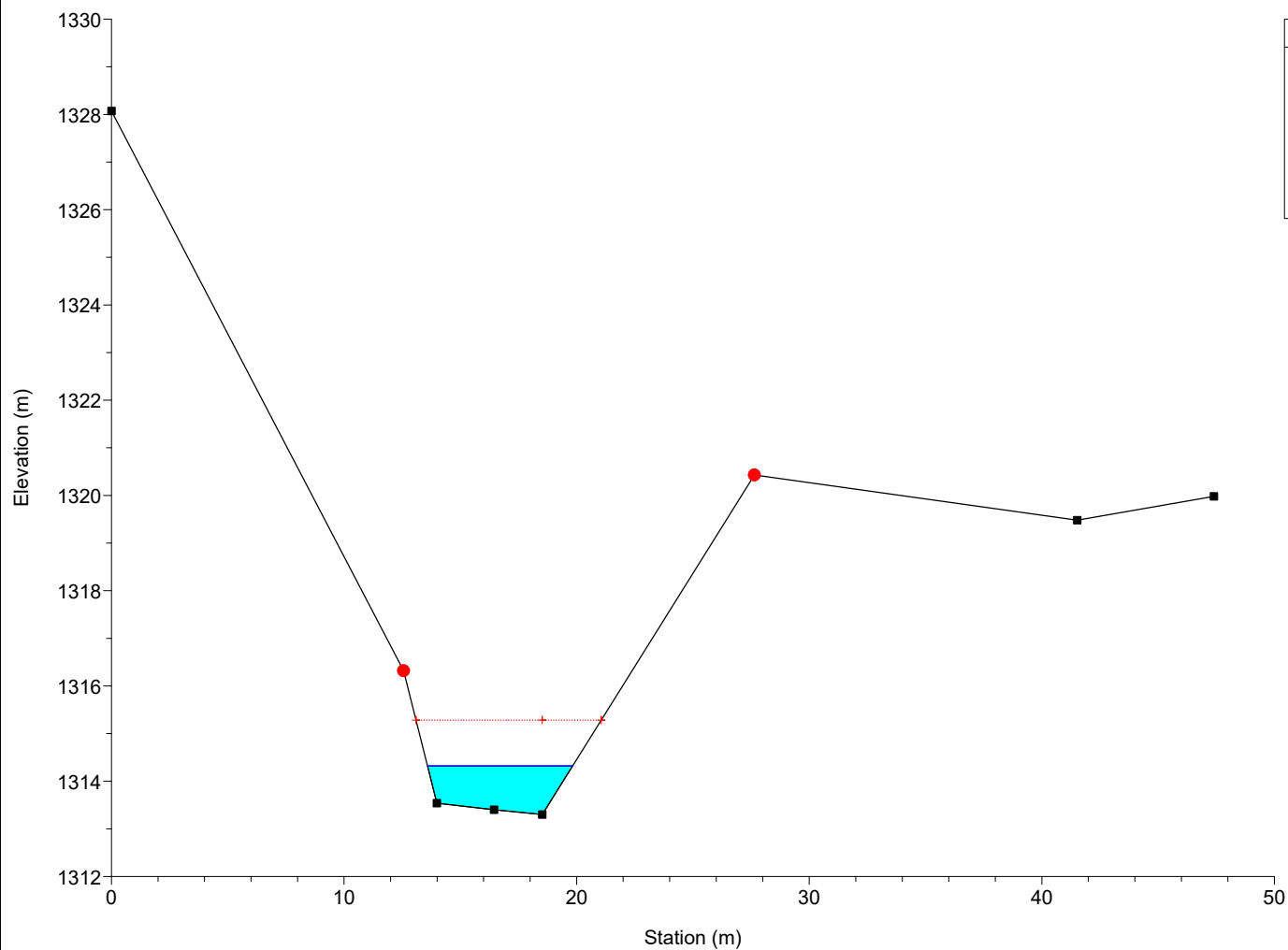




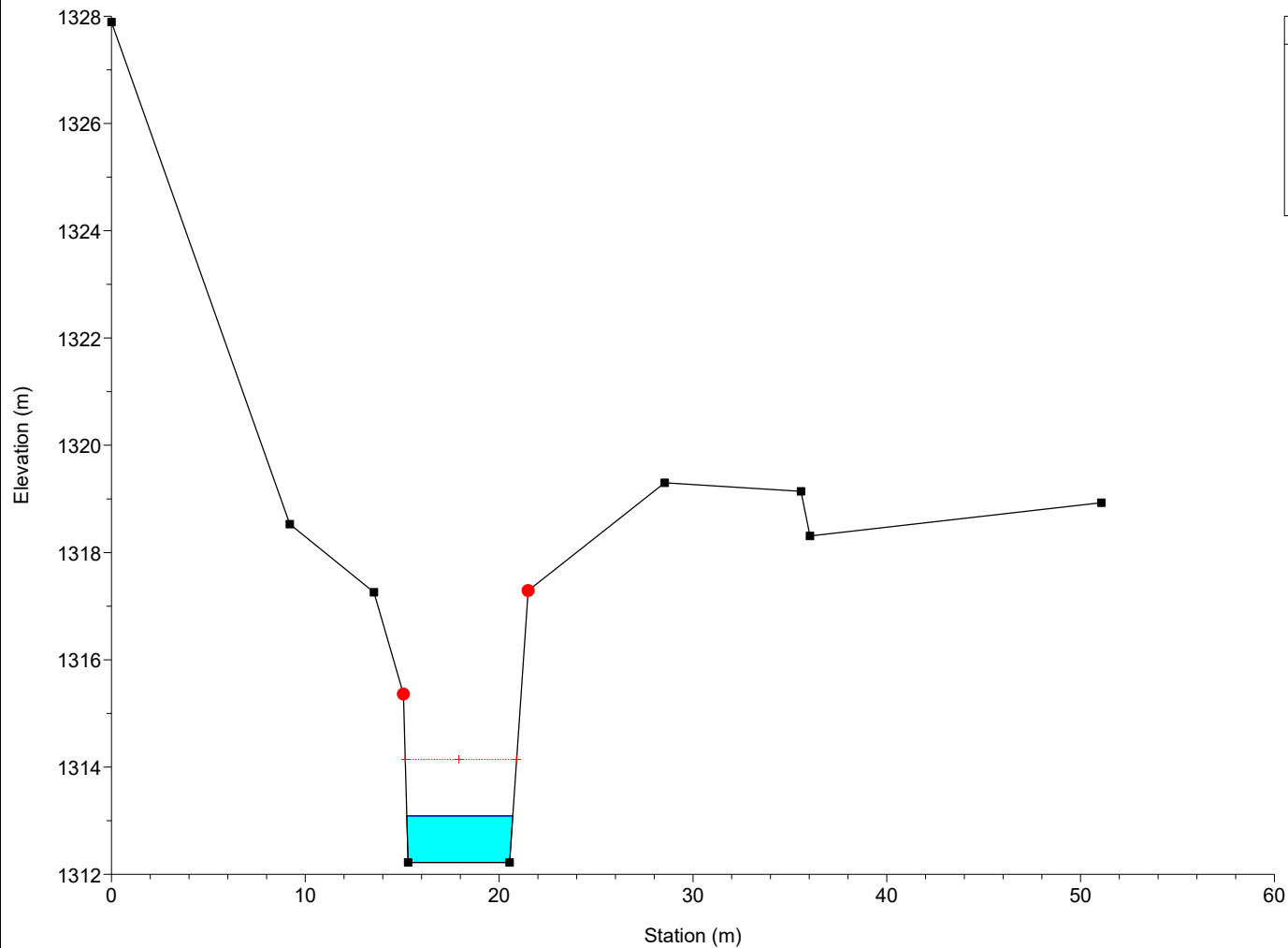
River = Bavera Reach = Monesi RS = 8 Sez.15



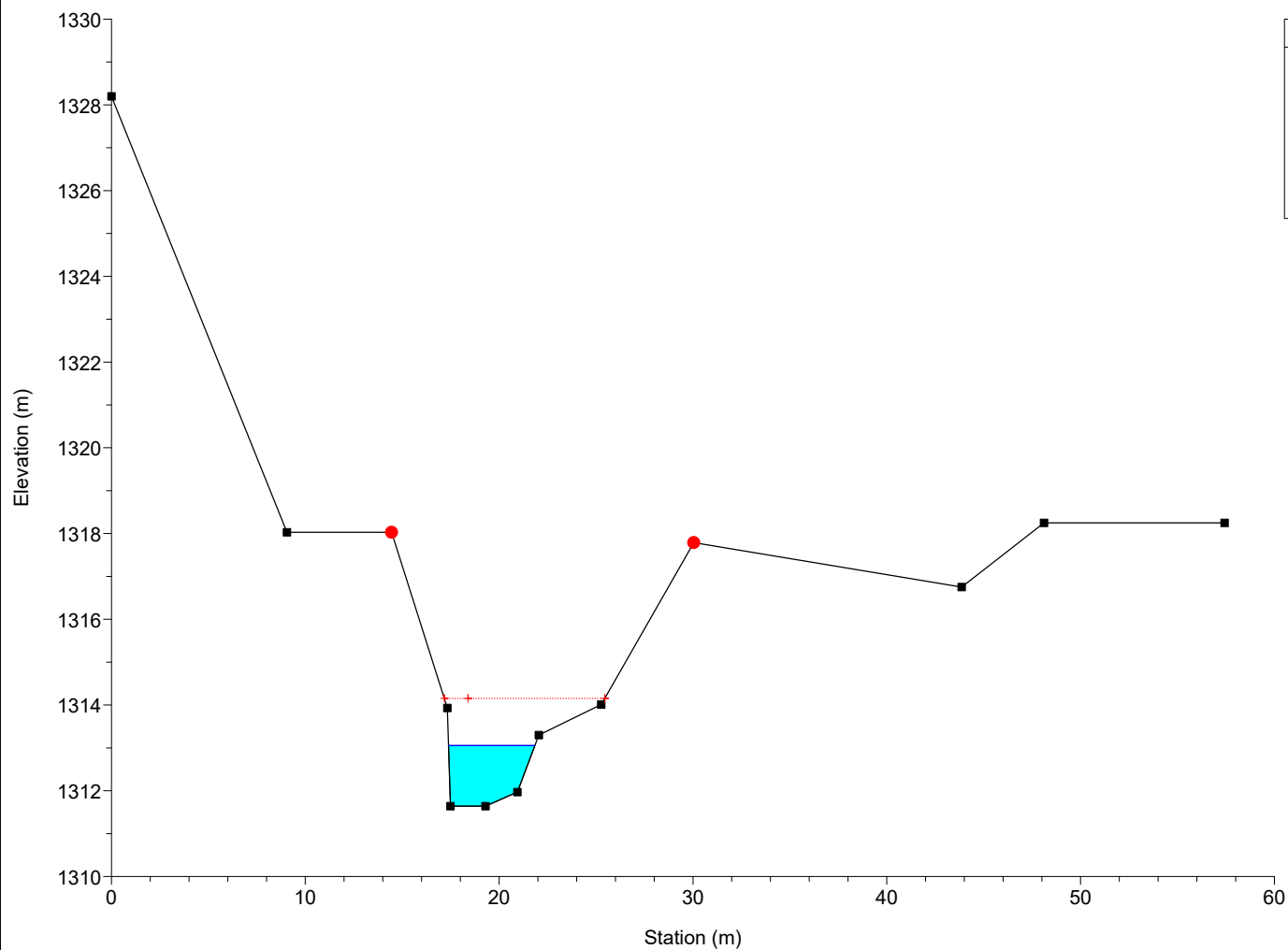
River = Bavera Reach = Monesi RS = 7 Sez.16



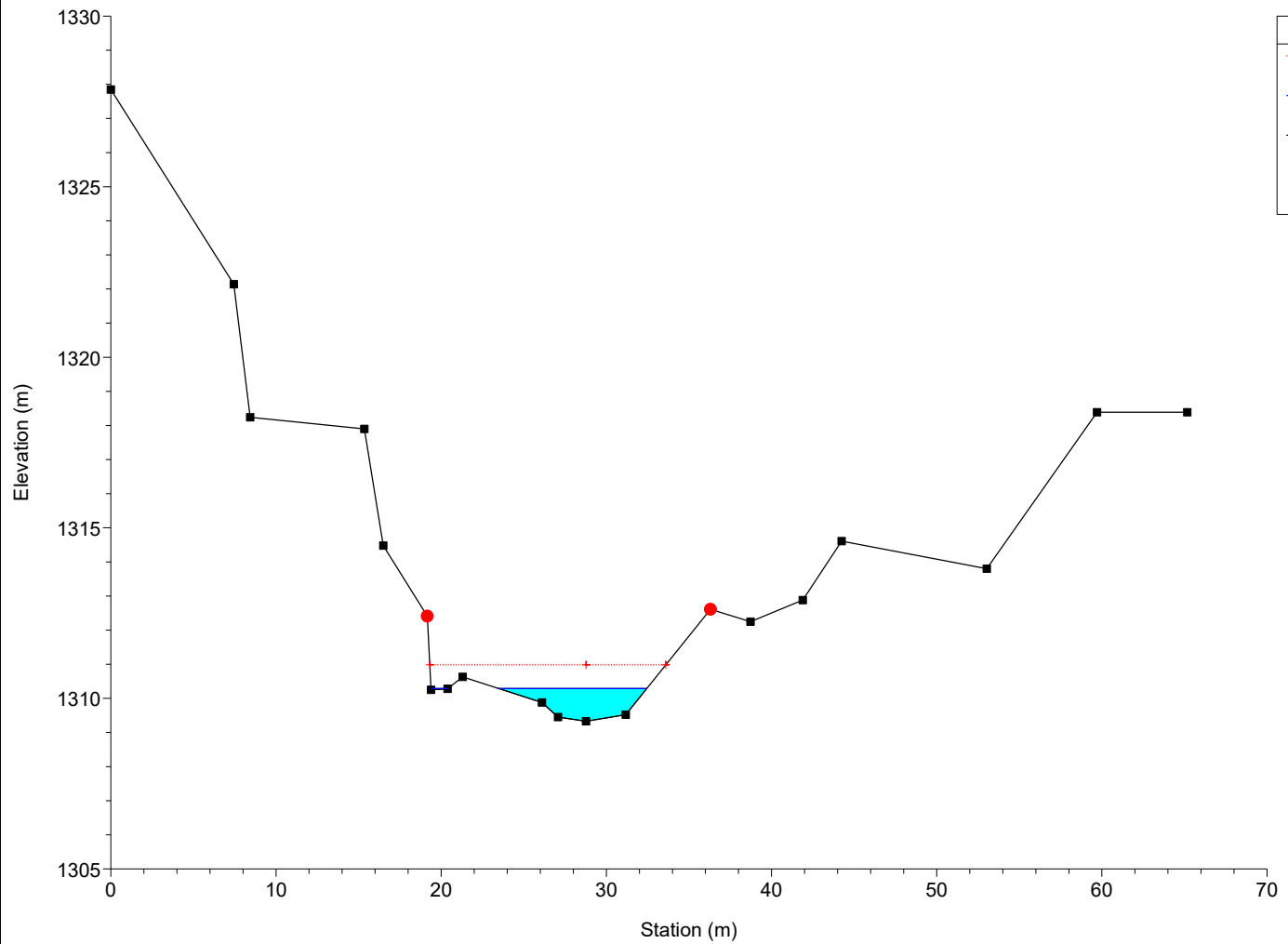
River = Bavera Reach = Monesi RS = 6 Sez.17



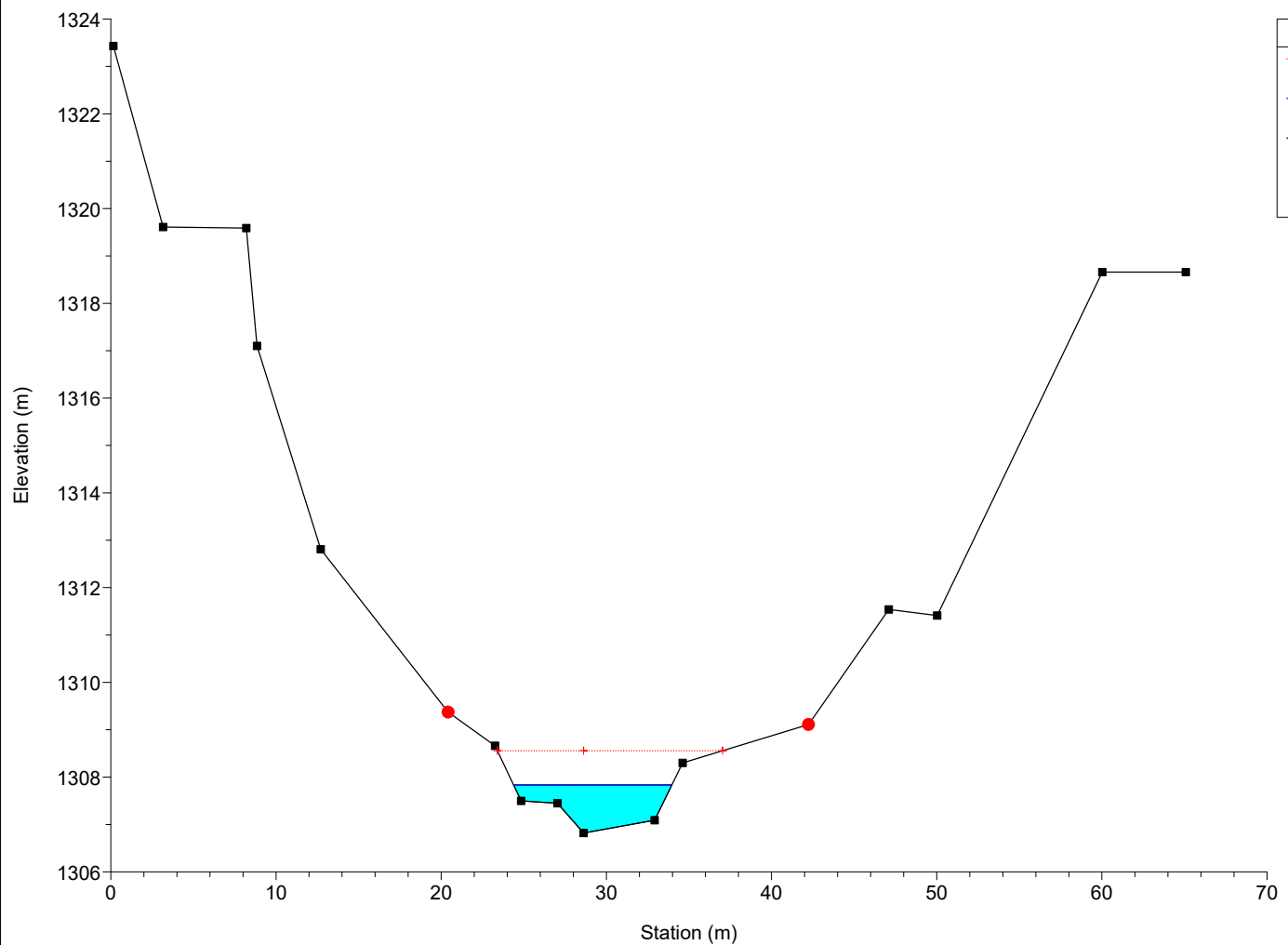
River = Bavera Reach = Monesi RS = 5 Sez.18



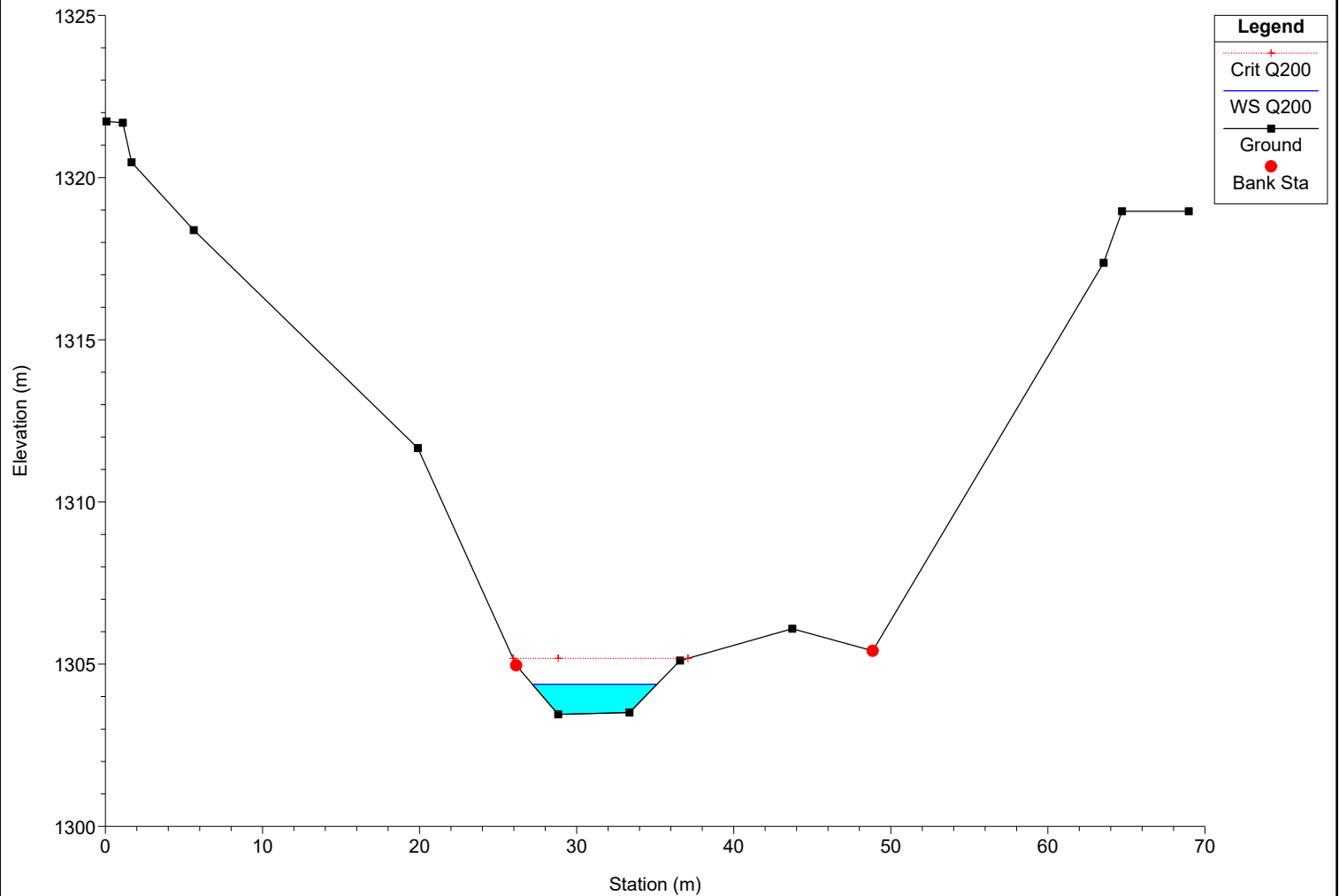
River = Bavera Reach = Monesi RS = 4 Sez.19



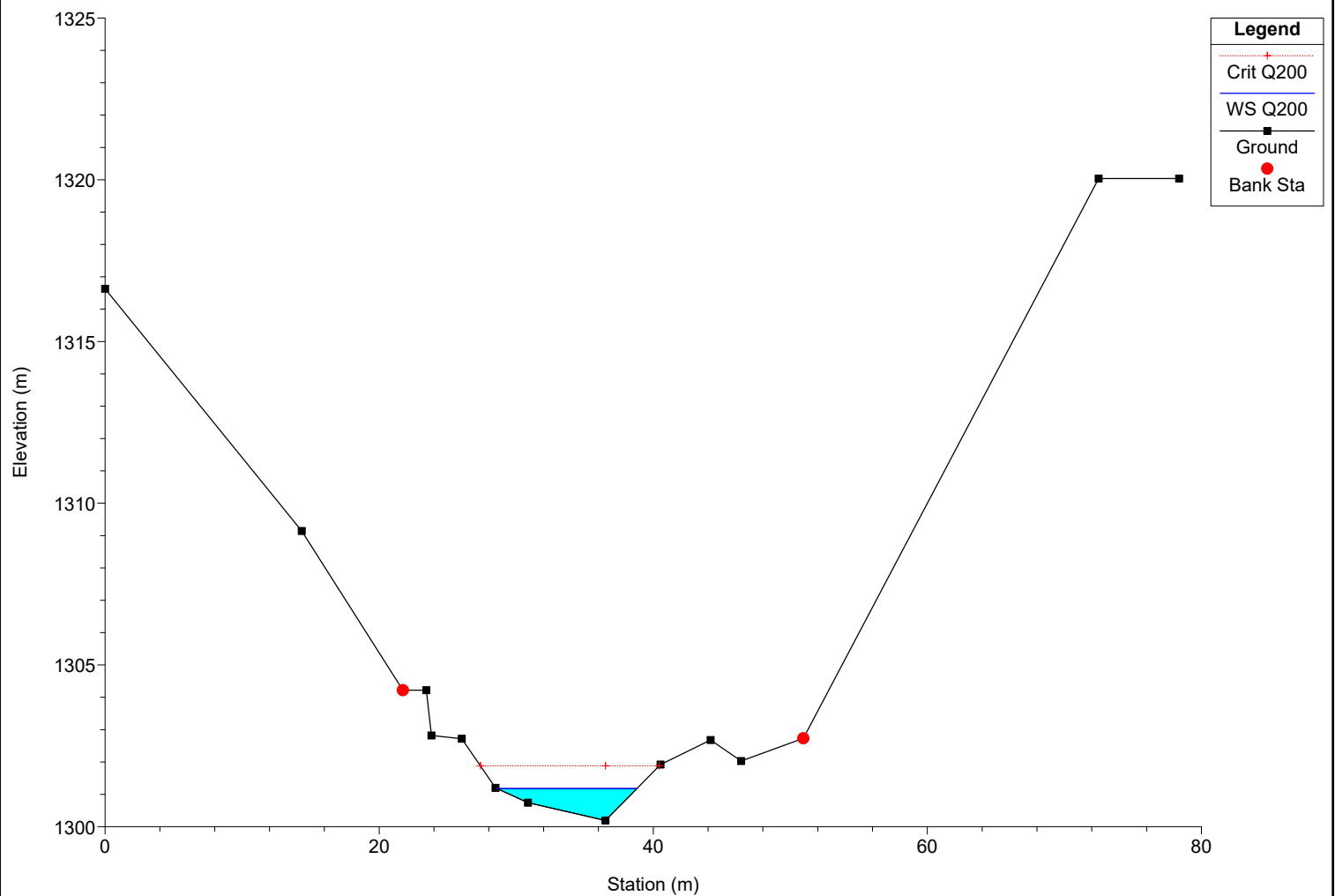
River = Bavera Reach = Monesi RS = 3 Sez.20



River = Bavera Reach = Monesi RS = 2 Sez.21



River = Bavera Reach = Monesi RS = 1 Sez.22



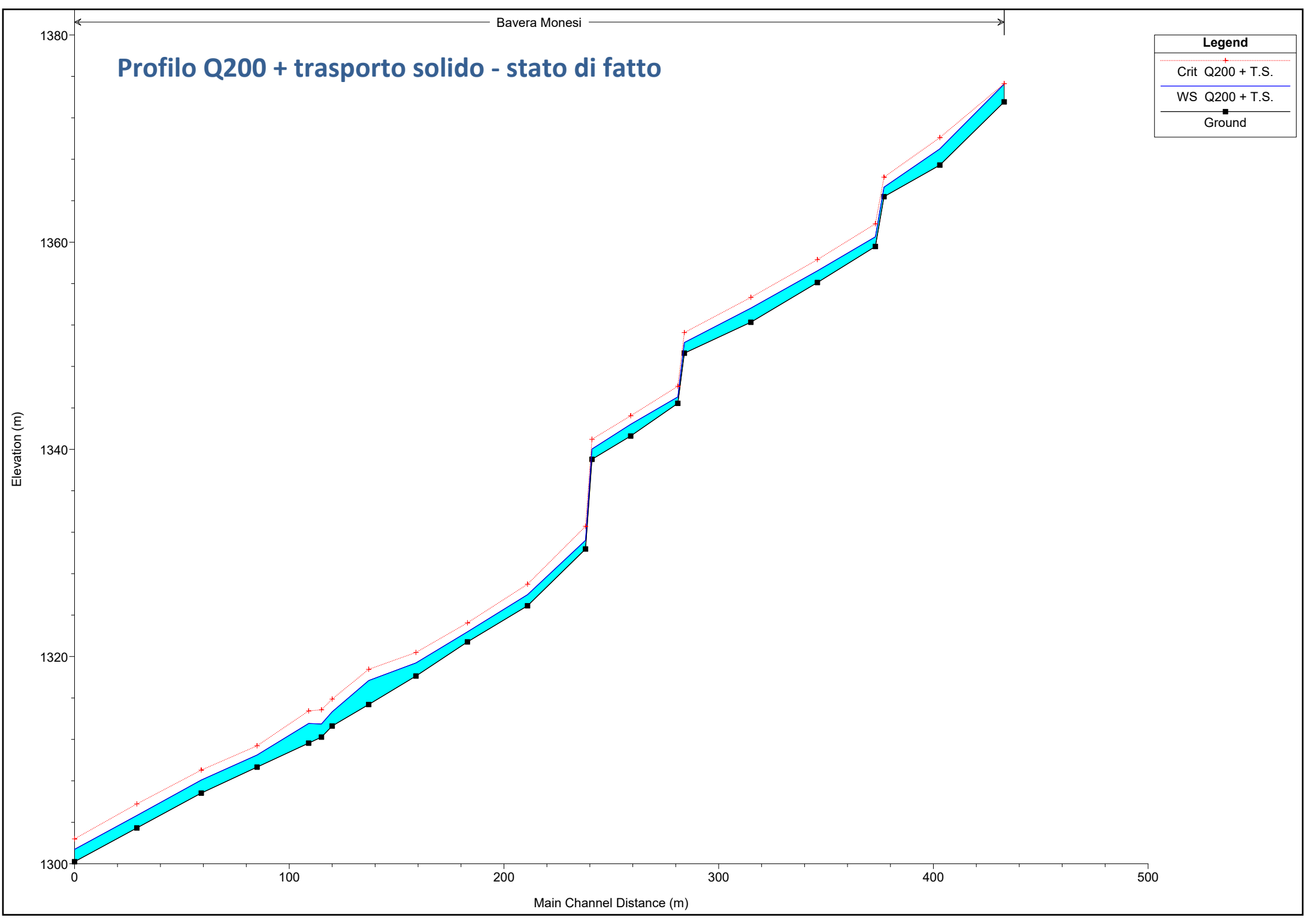
Legend

Crit Q200 + T.S.

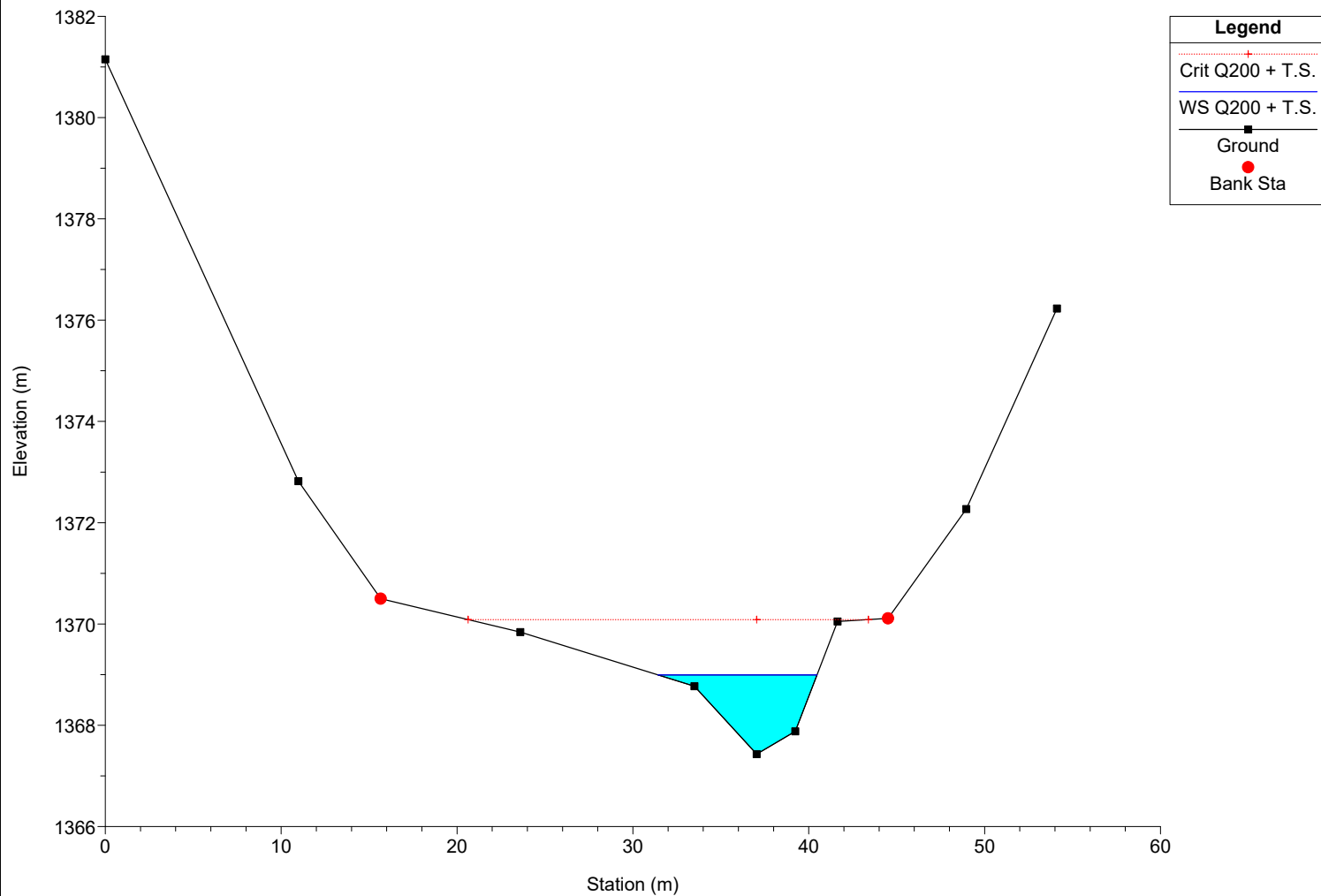
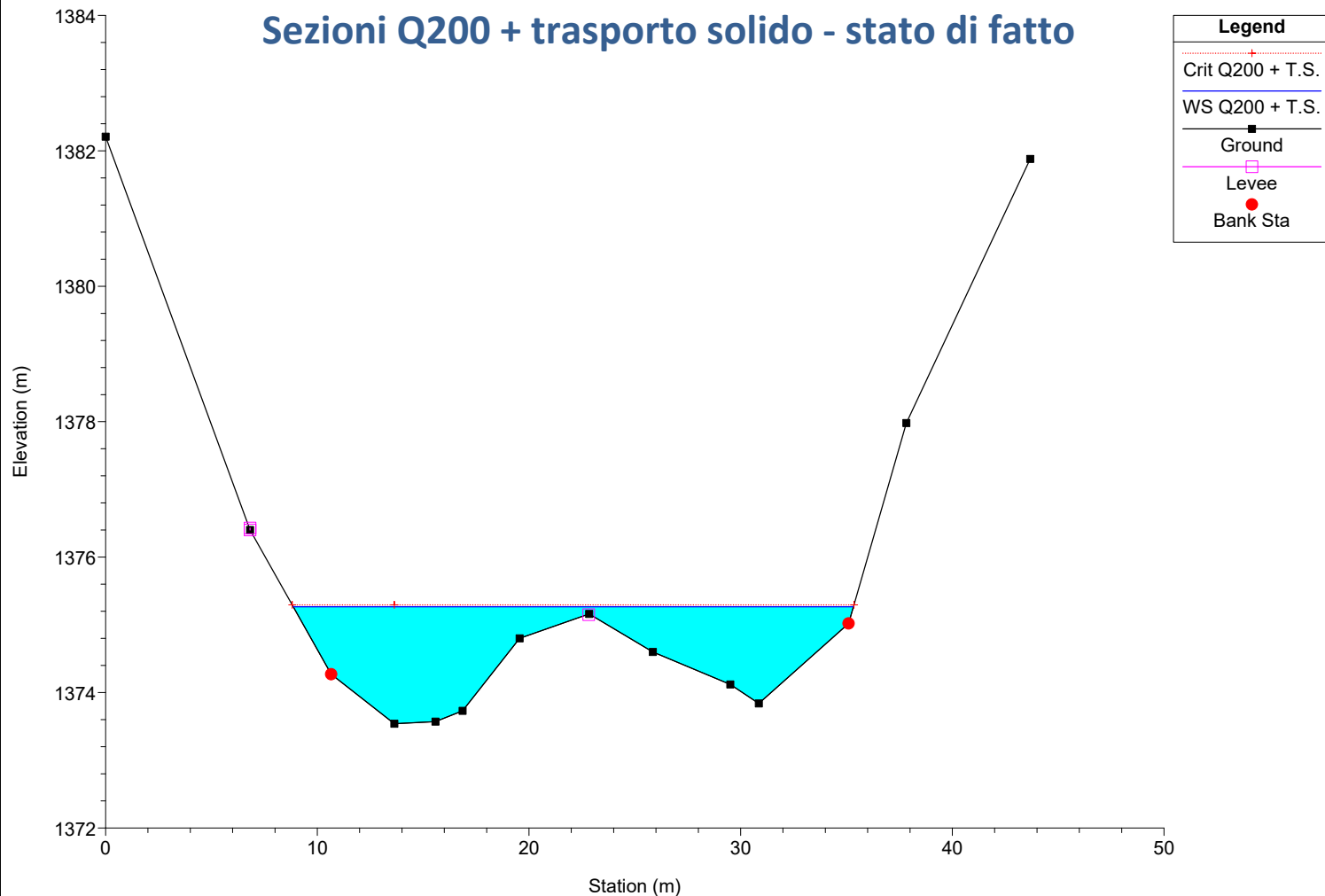
WS Q200 + T.S.

Ground

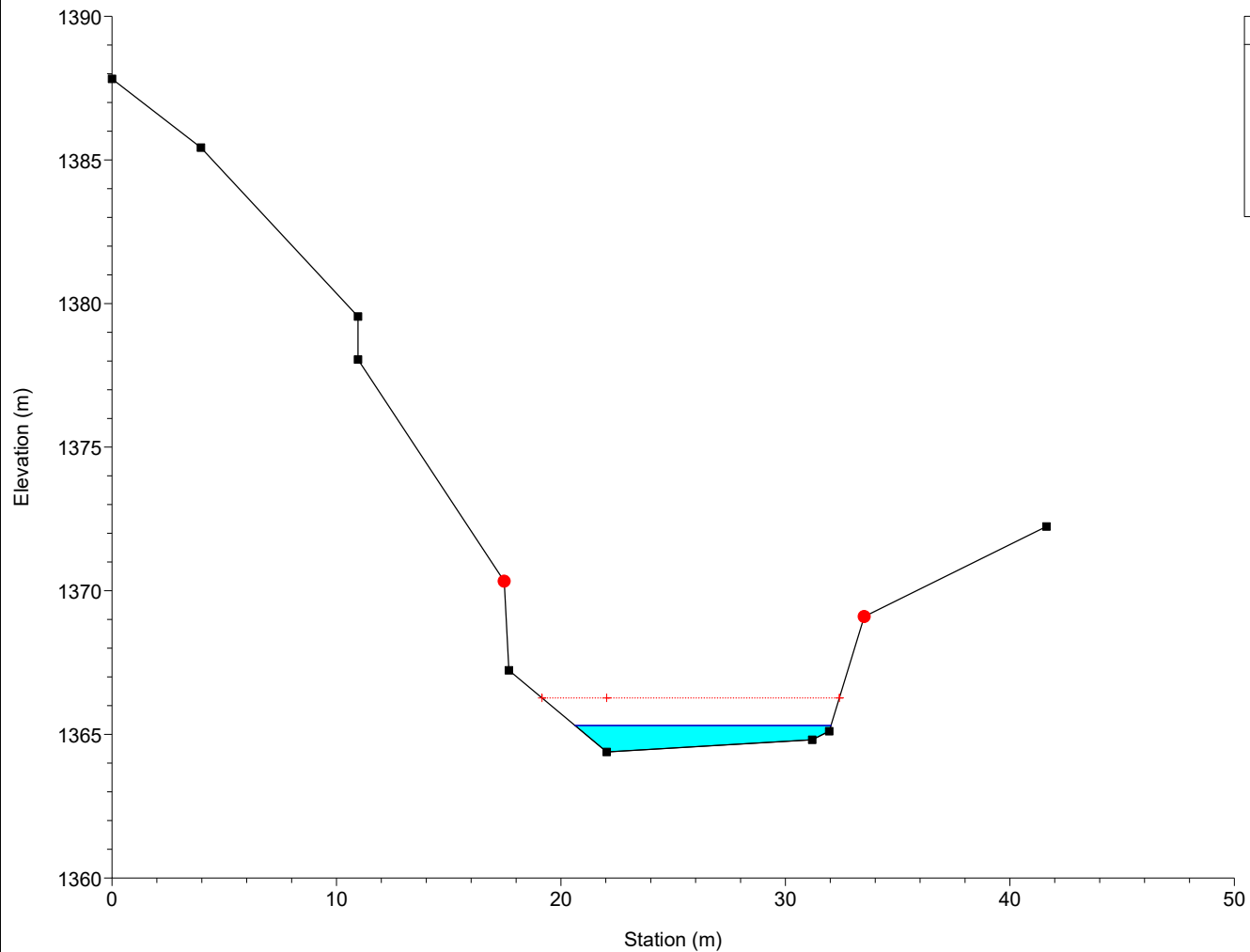
Profilo Q200 + trasporto solido - stato di fatto



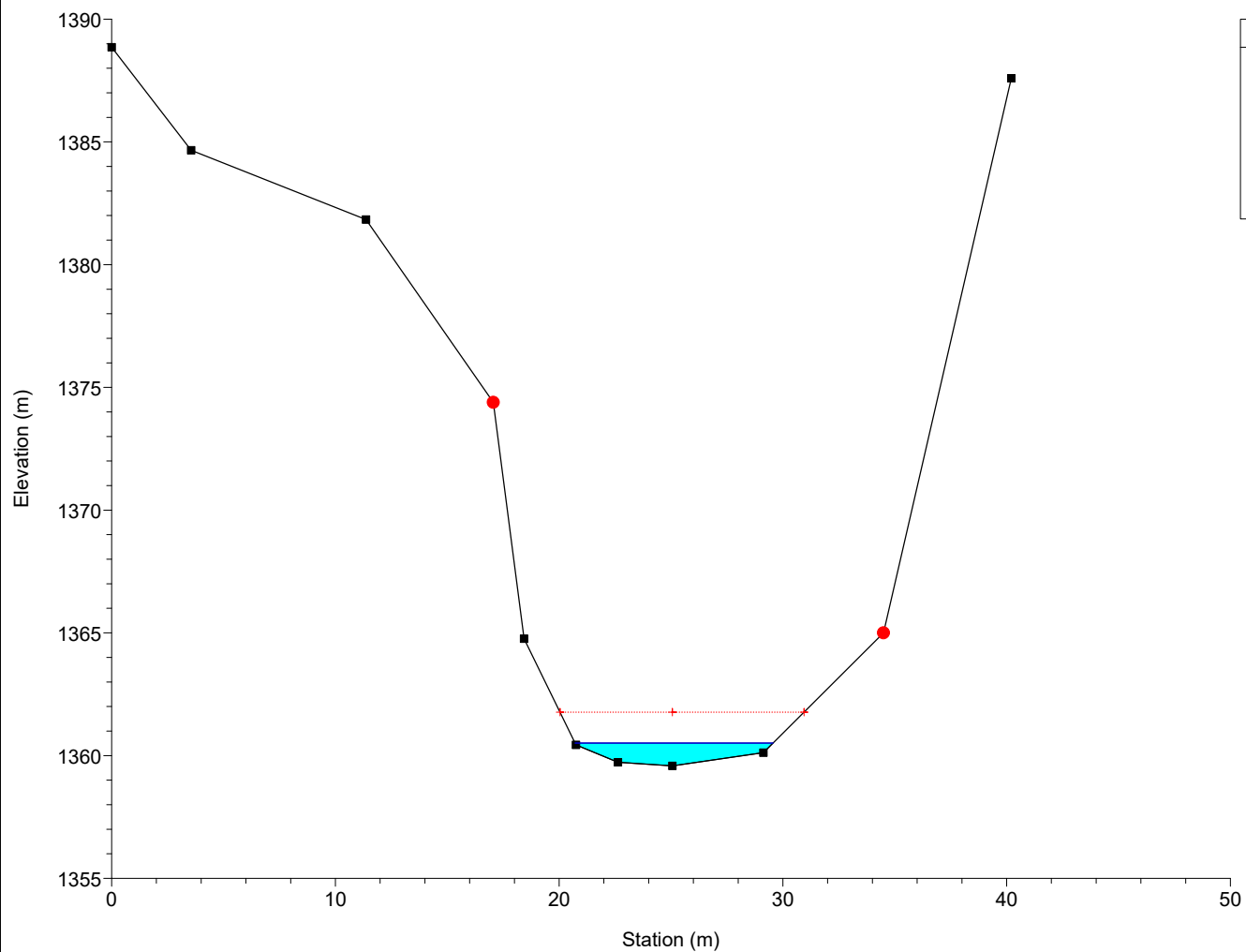
Sezioni Q200 + trasporto solido - stato di fatto



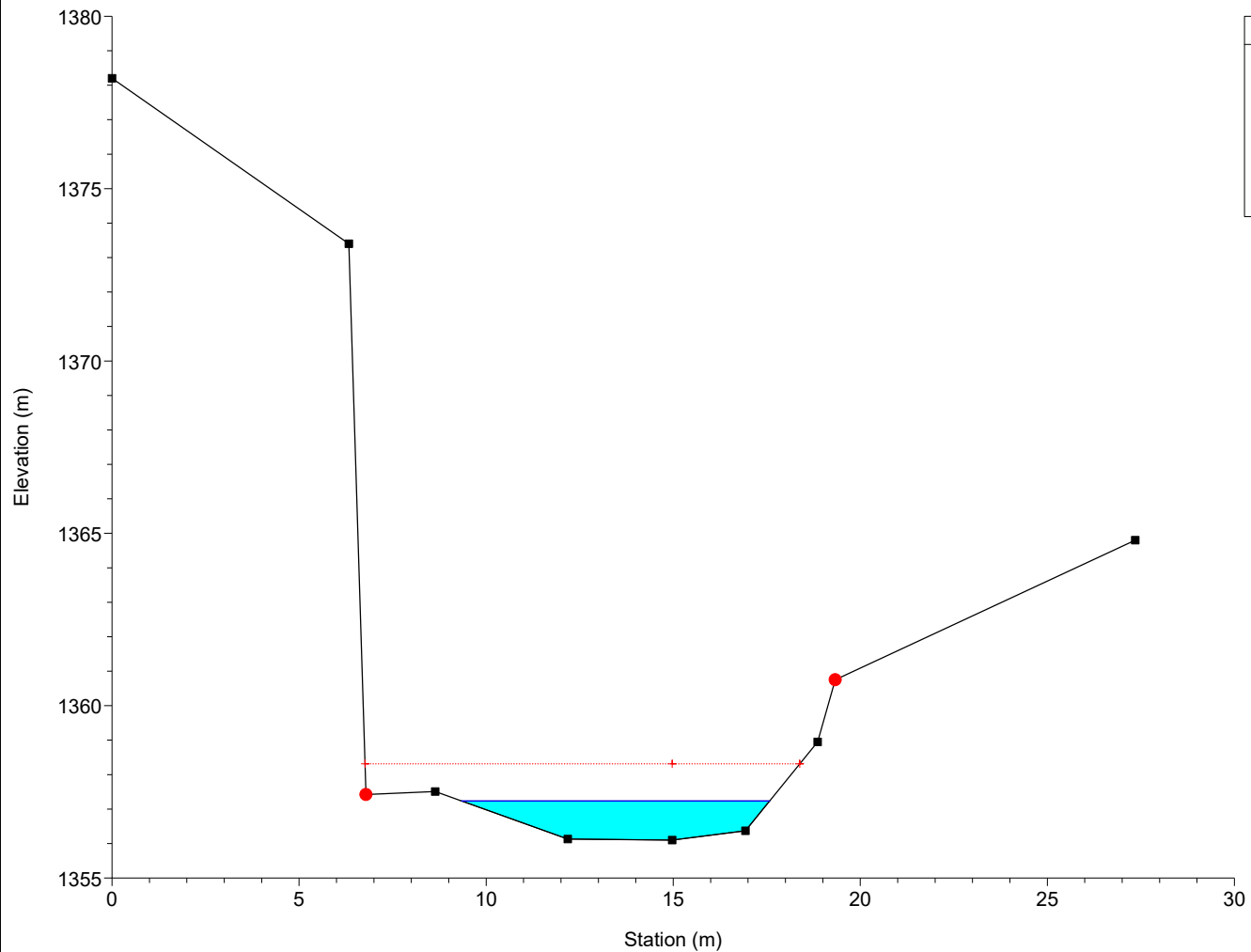
River = Bavera Reach = Monesi RS = 20 Sez.3



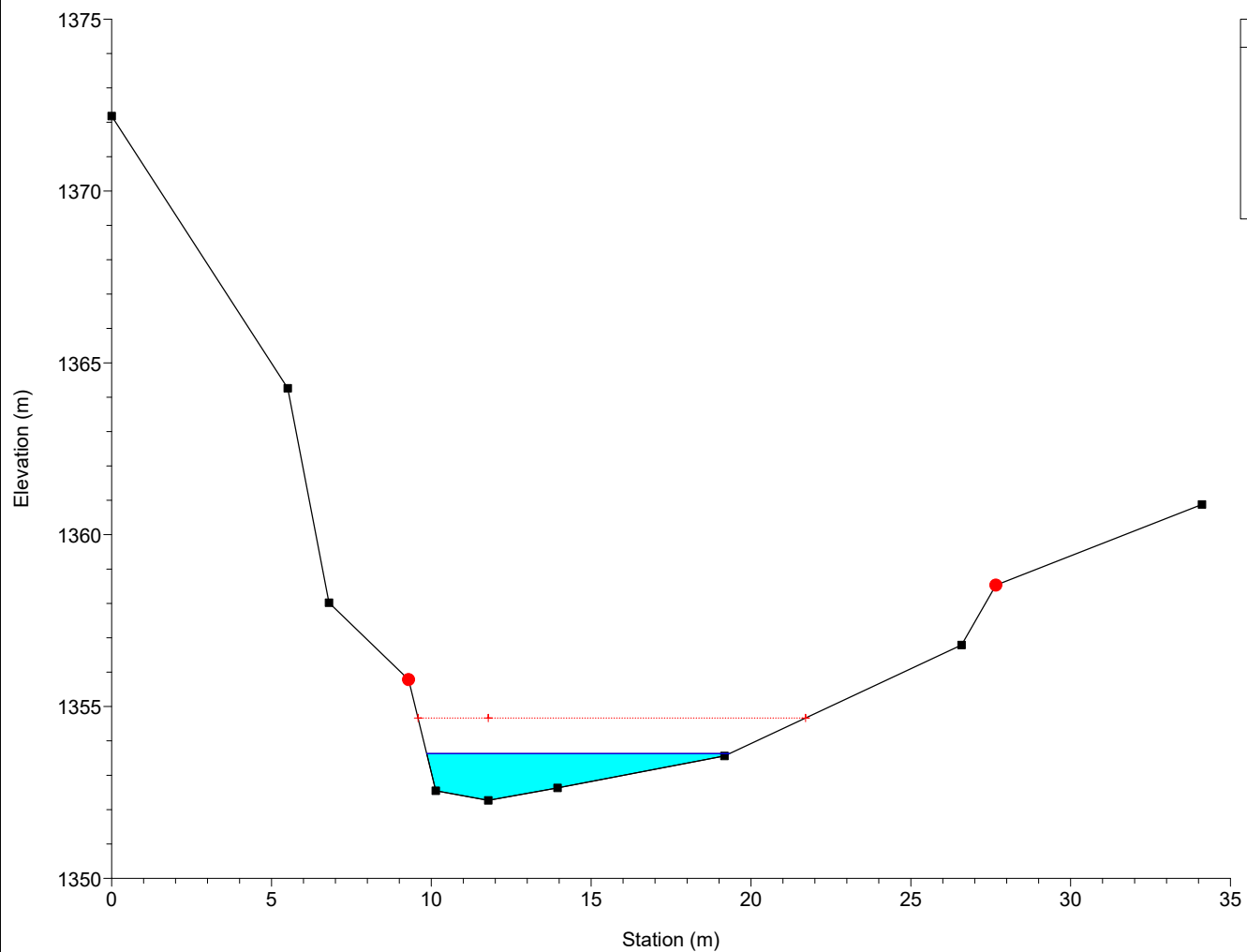
River = Bavera Reach = Monesi RS = 19 Sez.4



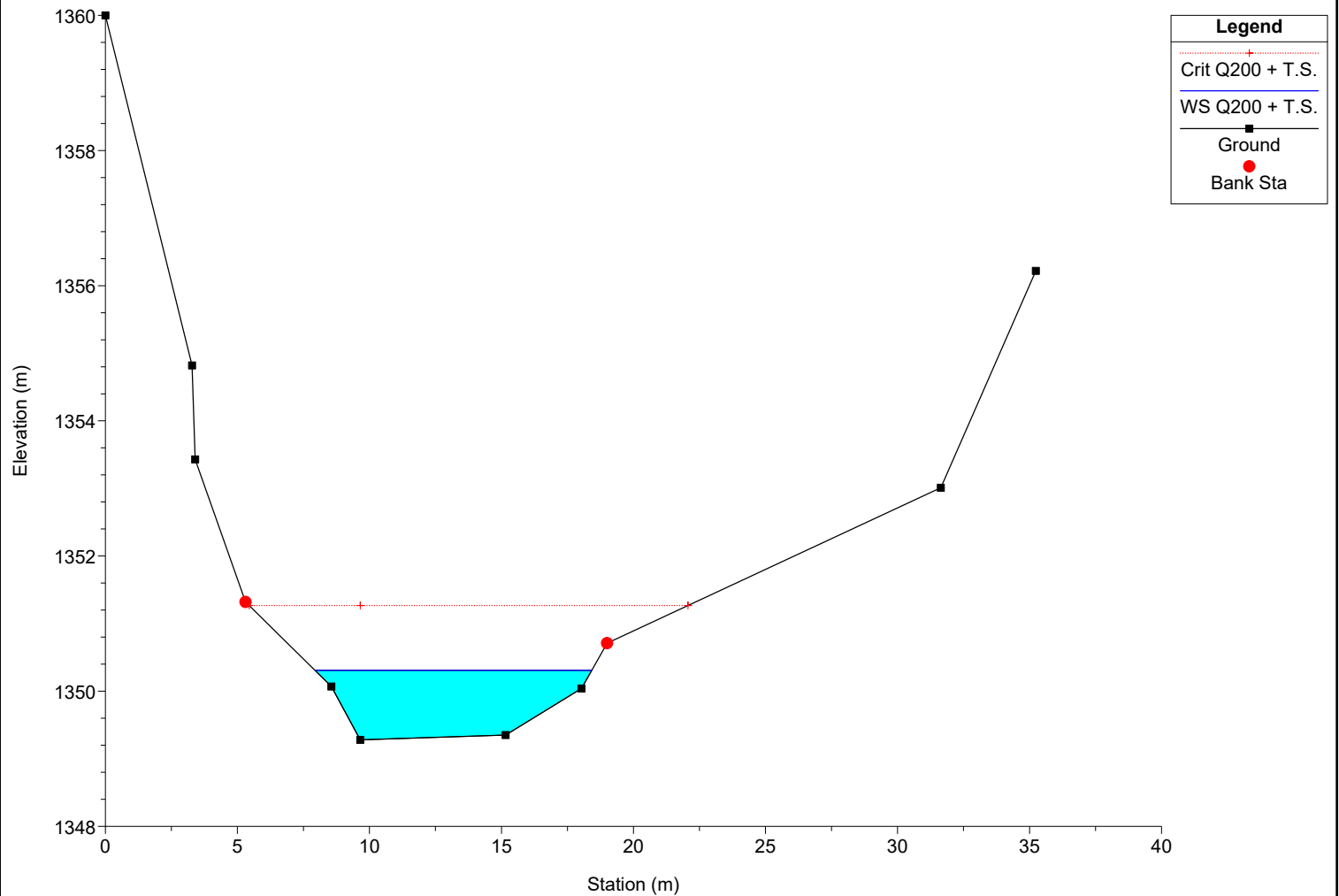
River = Bavera Reach = Monesi RS = 18 Sez.5



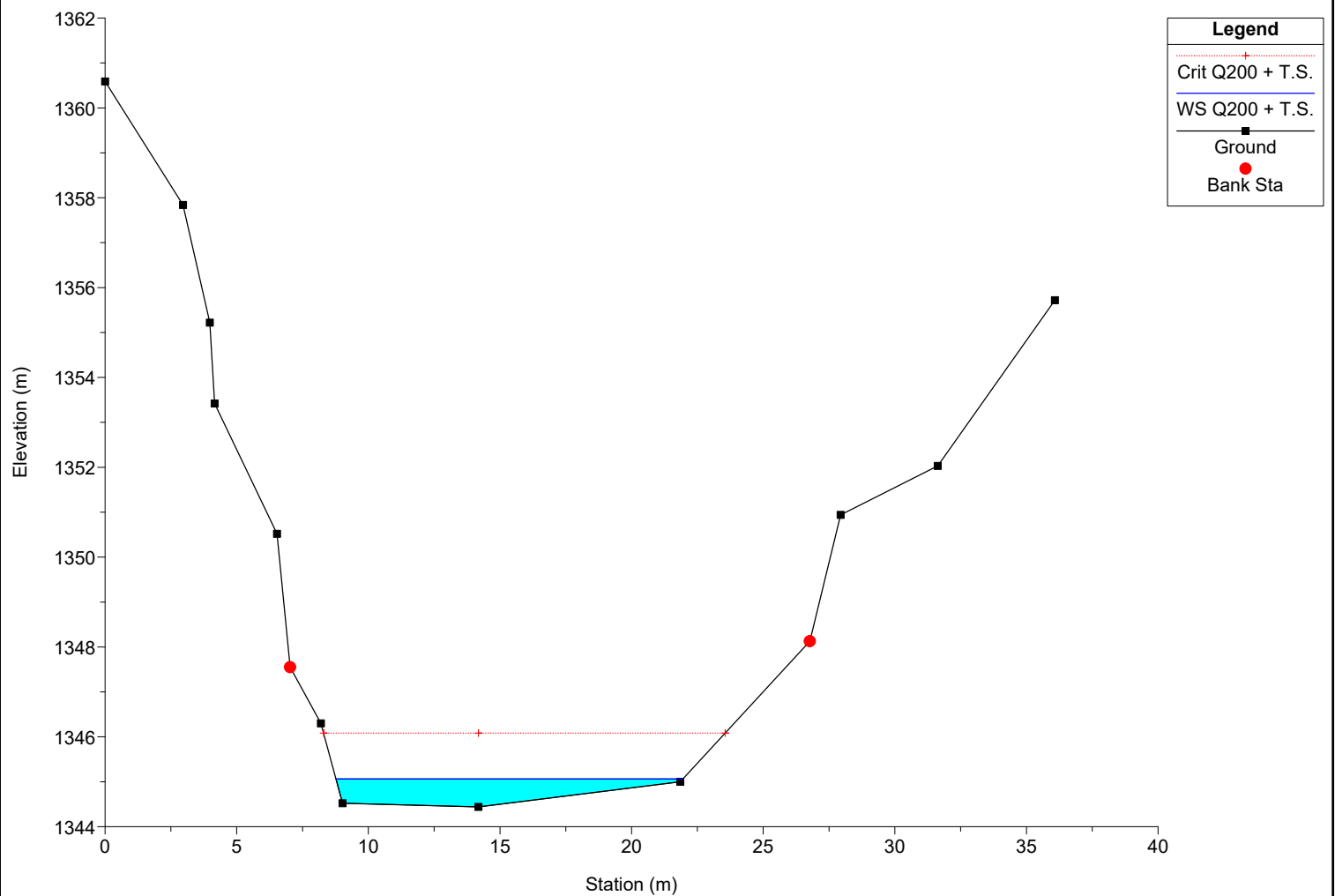
River = Bavera Reach = Monesi RS = 17 Sez.6



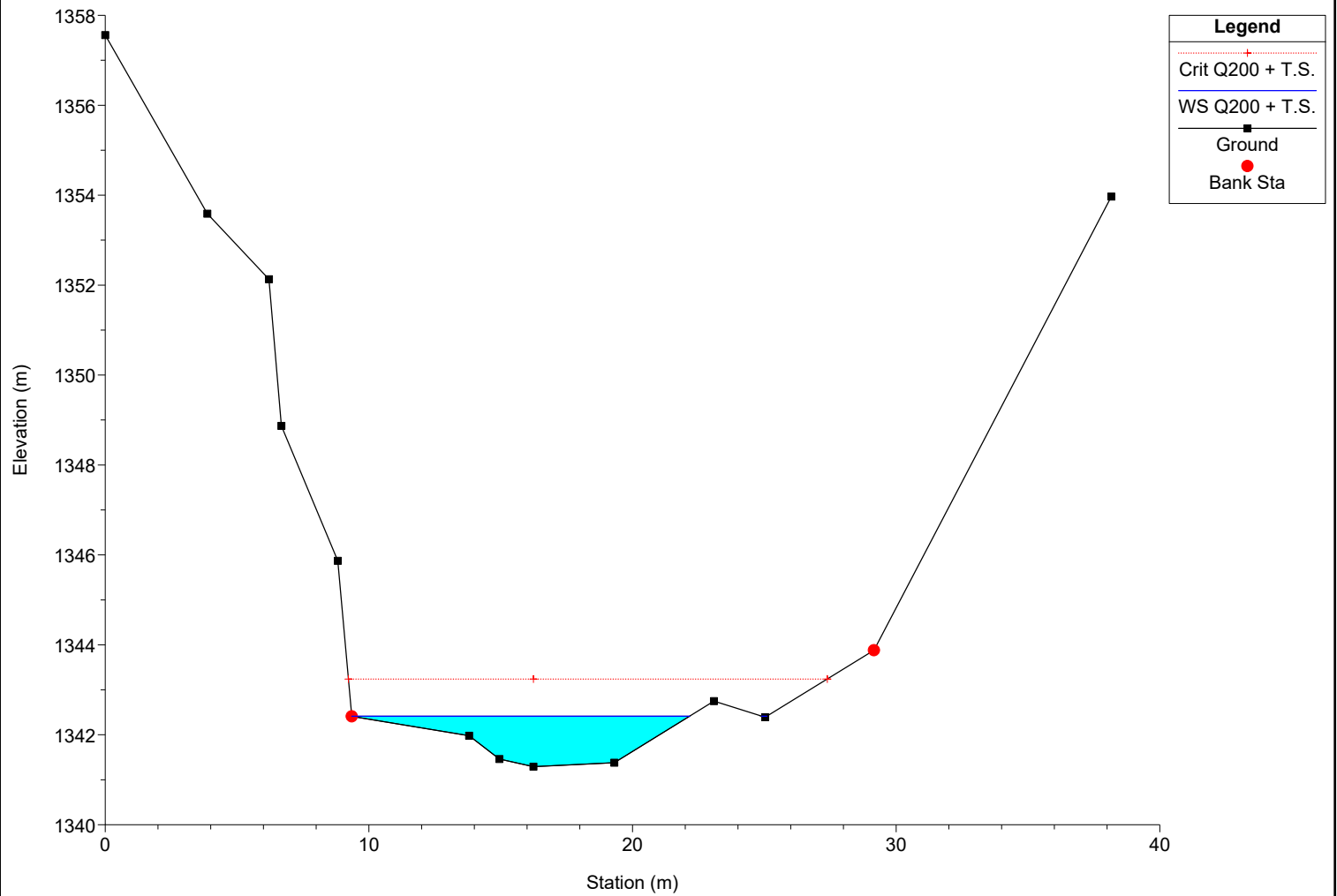
River = Bavera Reach = Monesi RS = 16 Sez.7



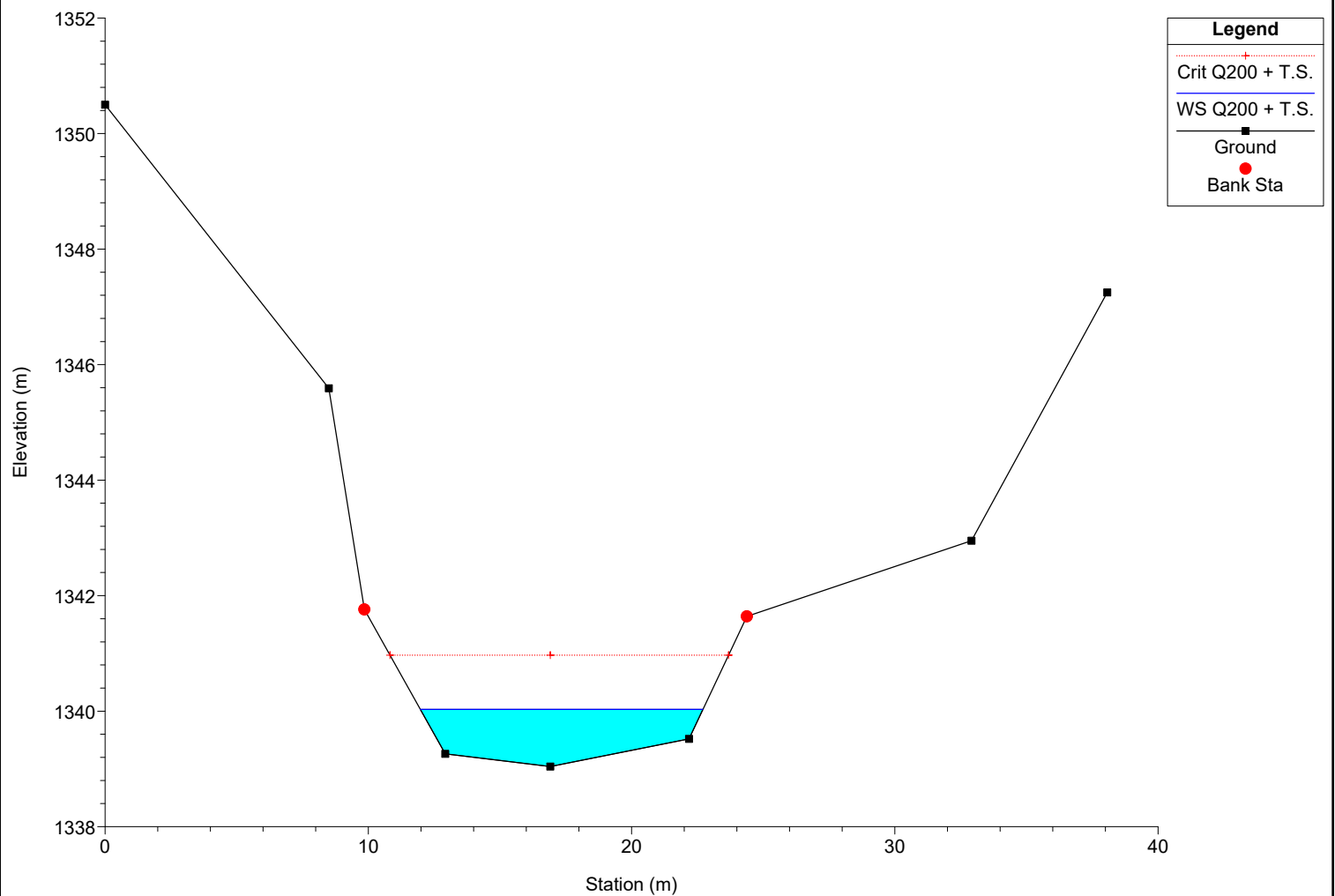
River = Bavera Reach = Monesi RS = 15 Sez.8



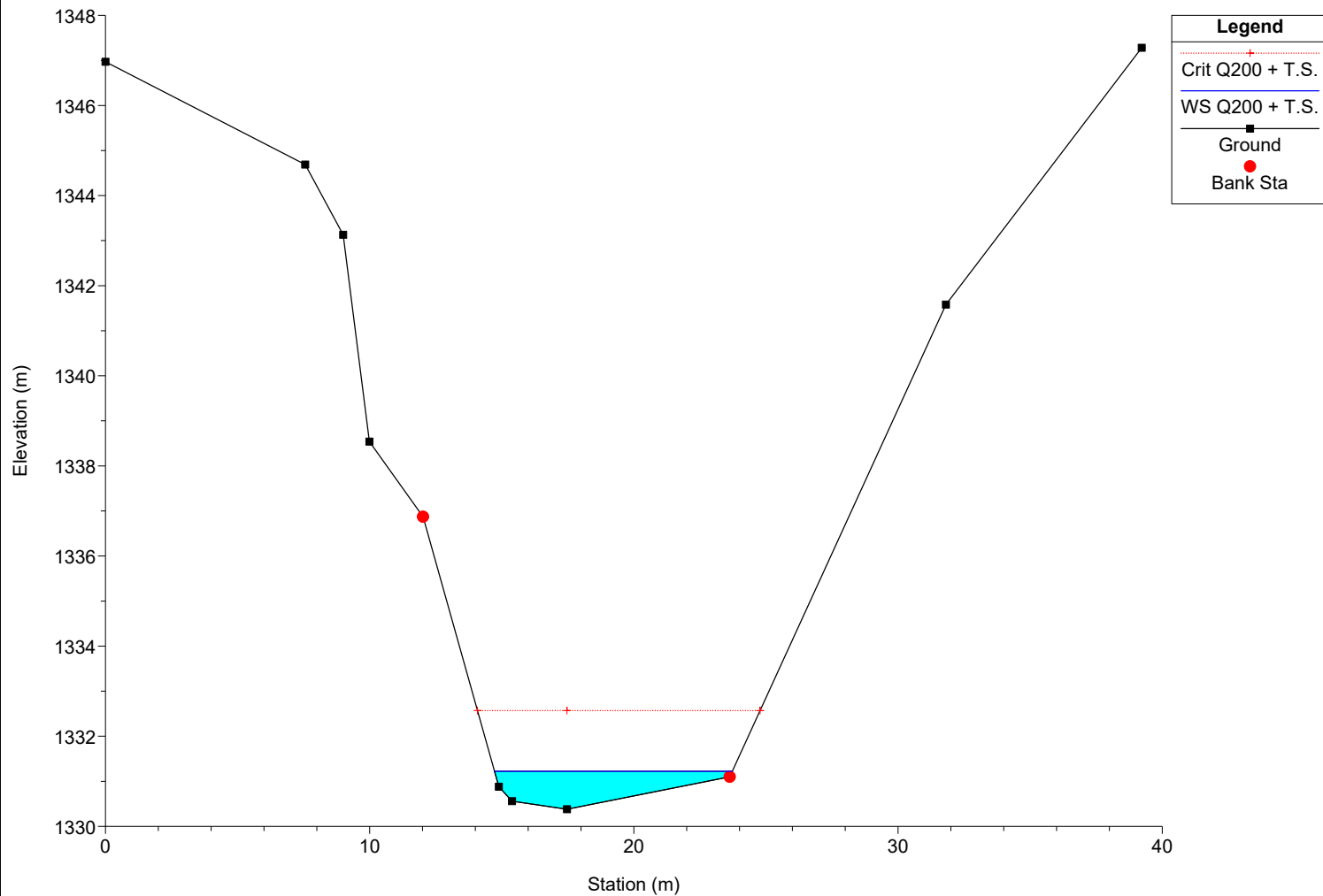
River = Bavera Reach = Monesi RS = 14 Sez.9



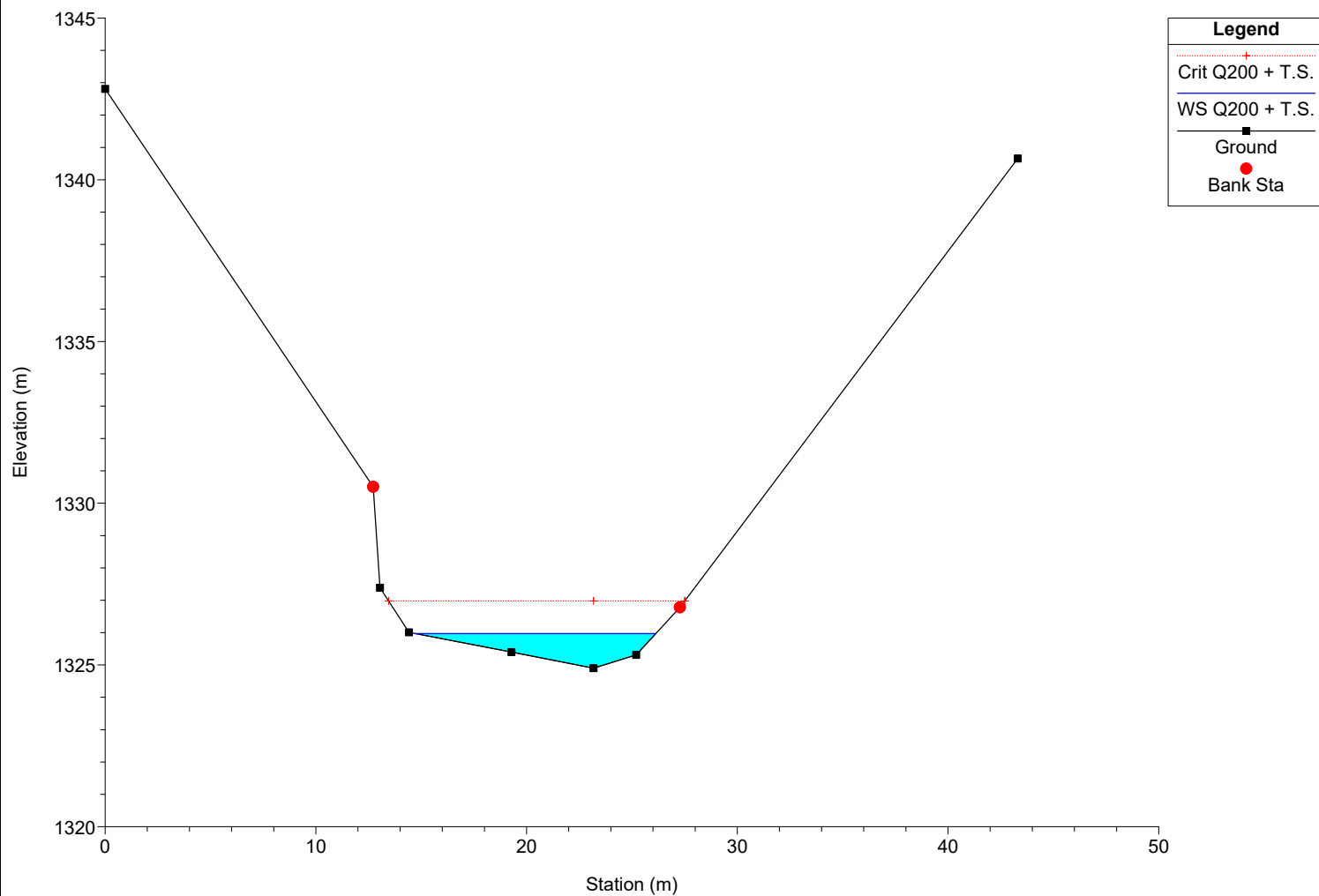
River = Bavera Reach = Monesi RS = 13 Sez.10



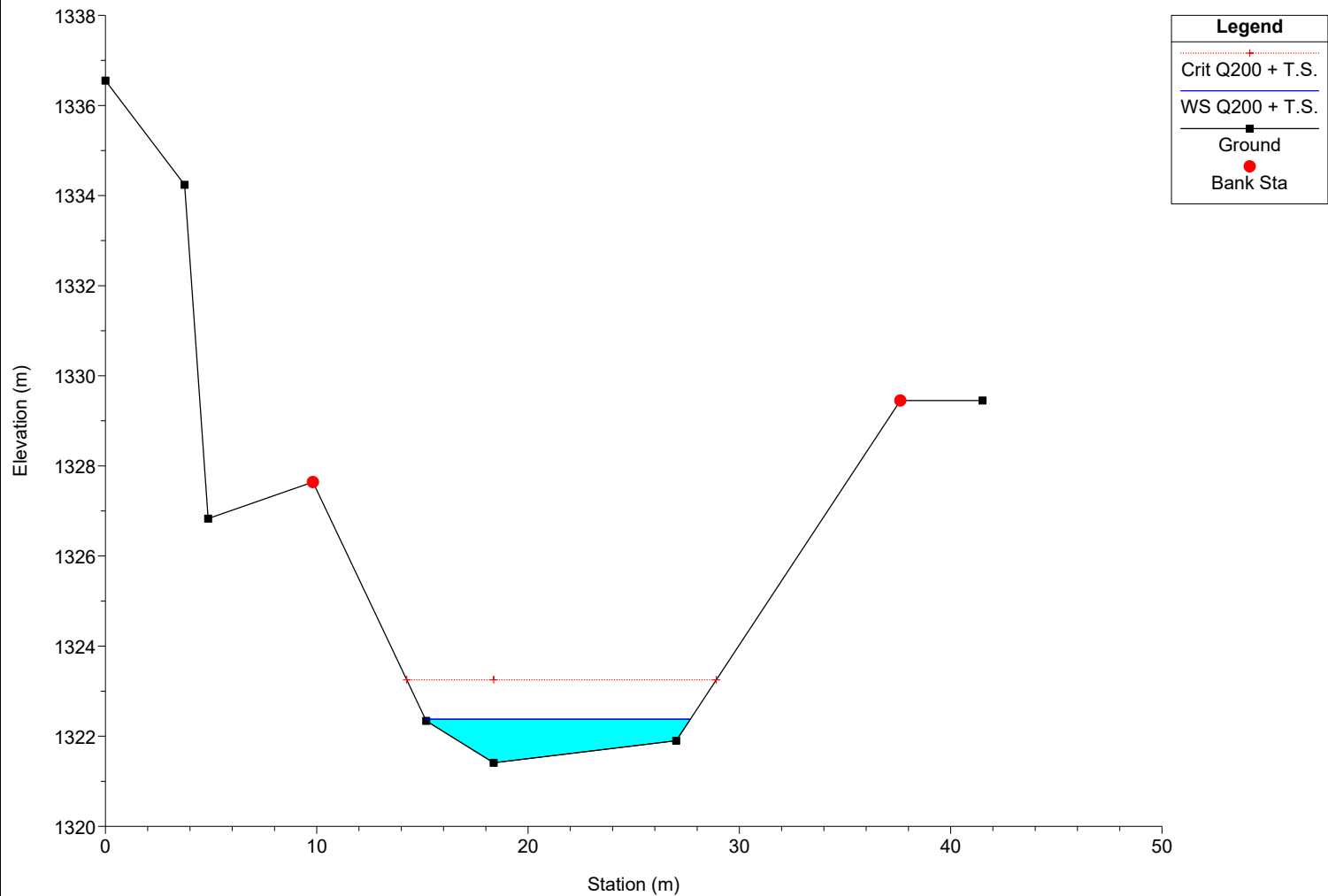
River = Bavera Reach = Monesi RS = 12 Sez.11



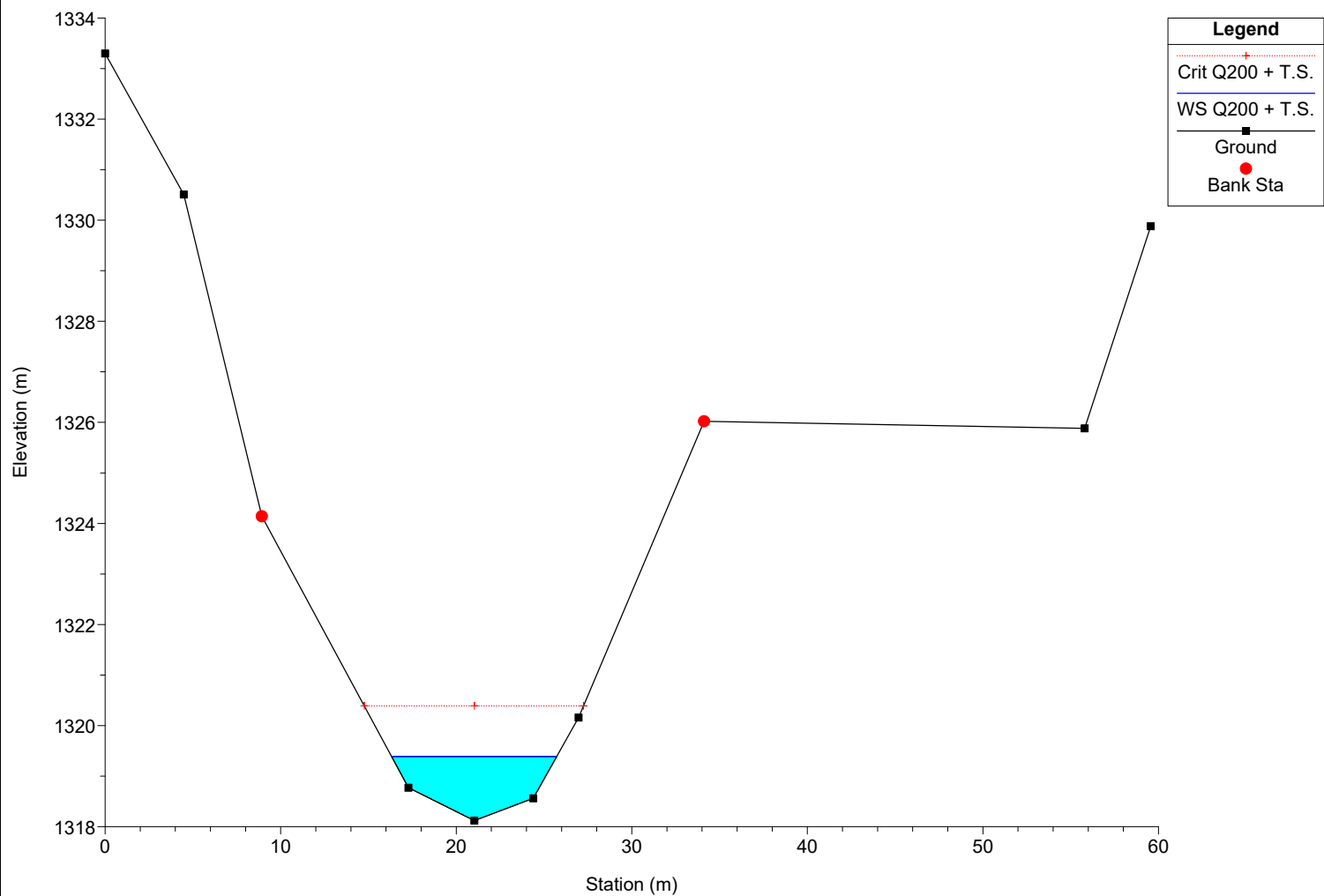
River = Bavera Reach = Monesi RS = 11 Sez.12



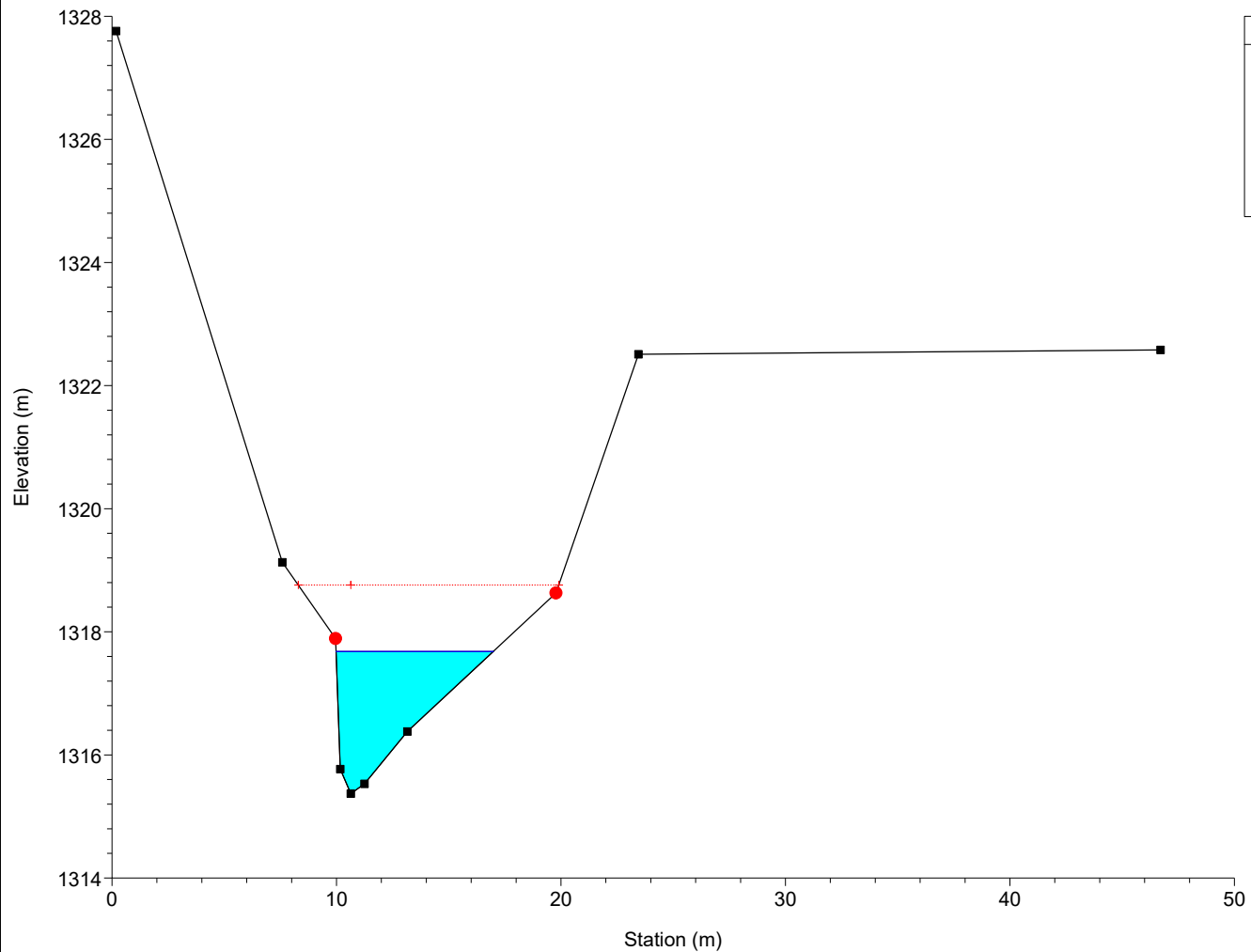
River = Bavera Reach = Monesi RS = 10 Sez.13



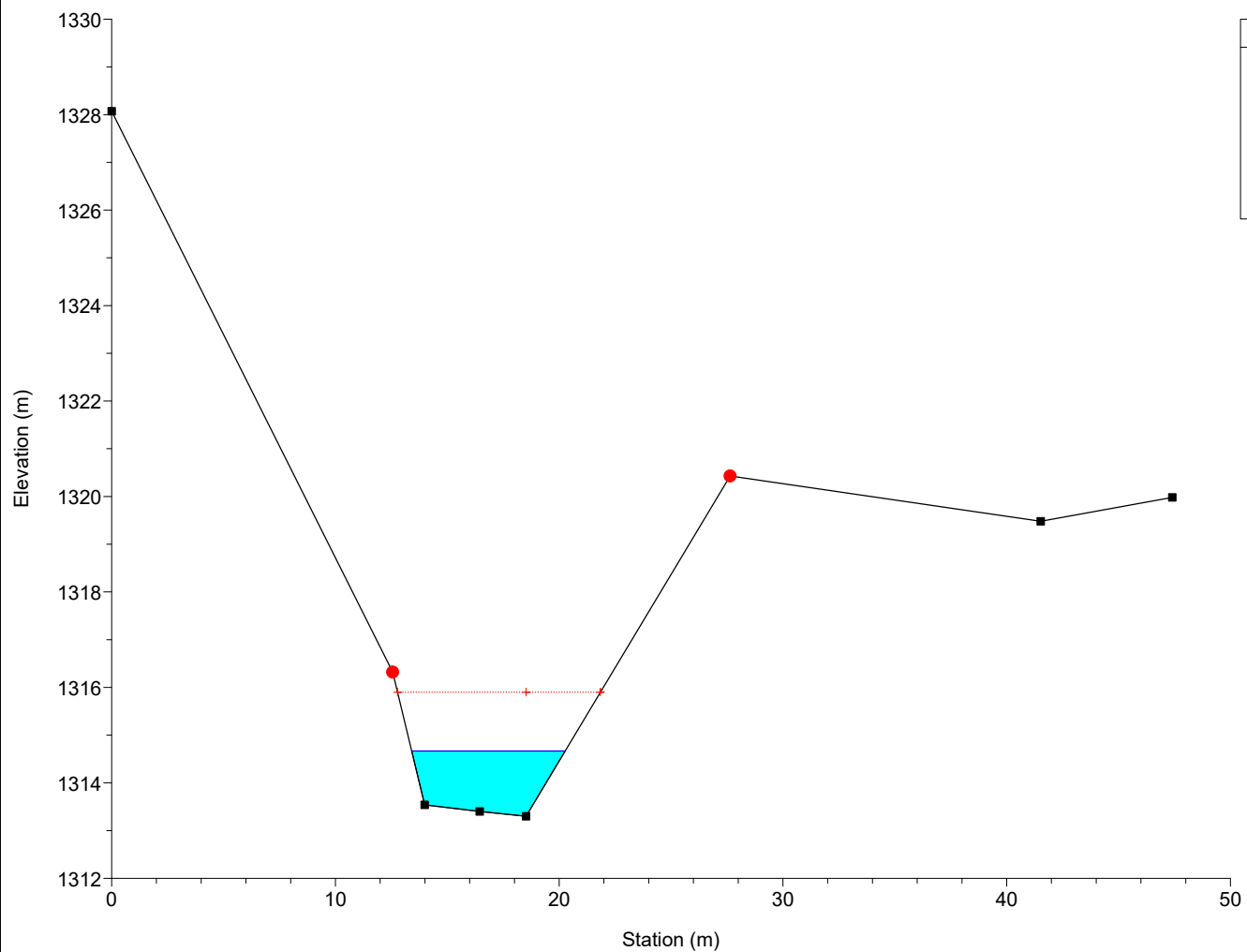
River = Bavera Reach = Monesi RS = 9 Sez.14



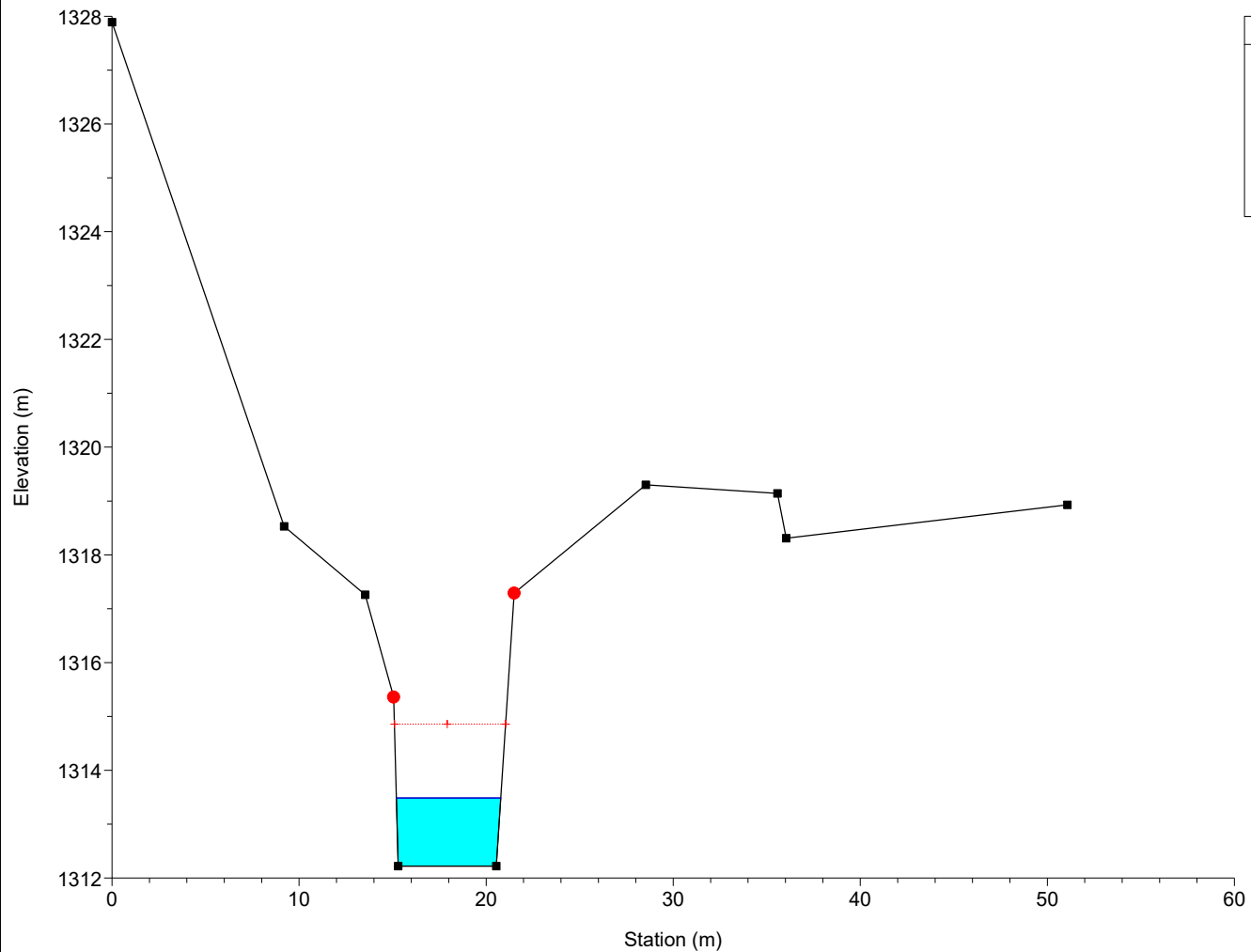
River = Bavera Reach = Monesi RS = 8 Sez.15



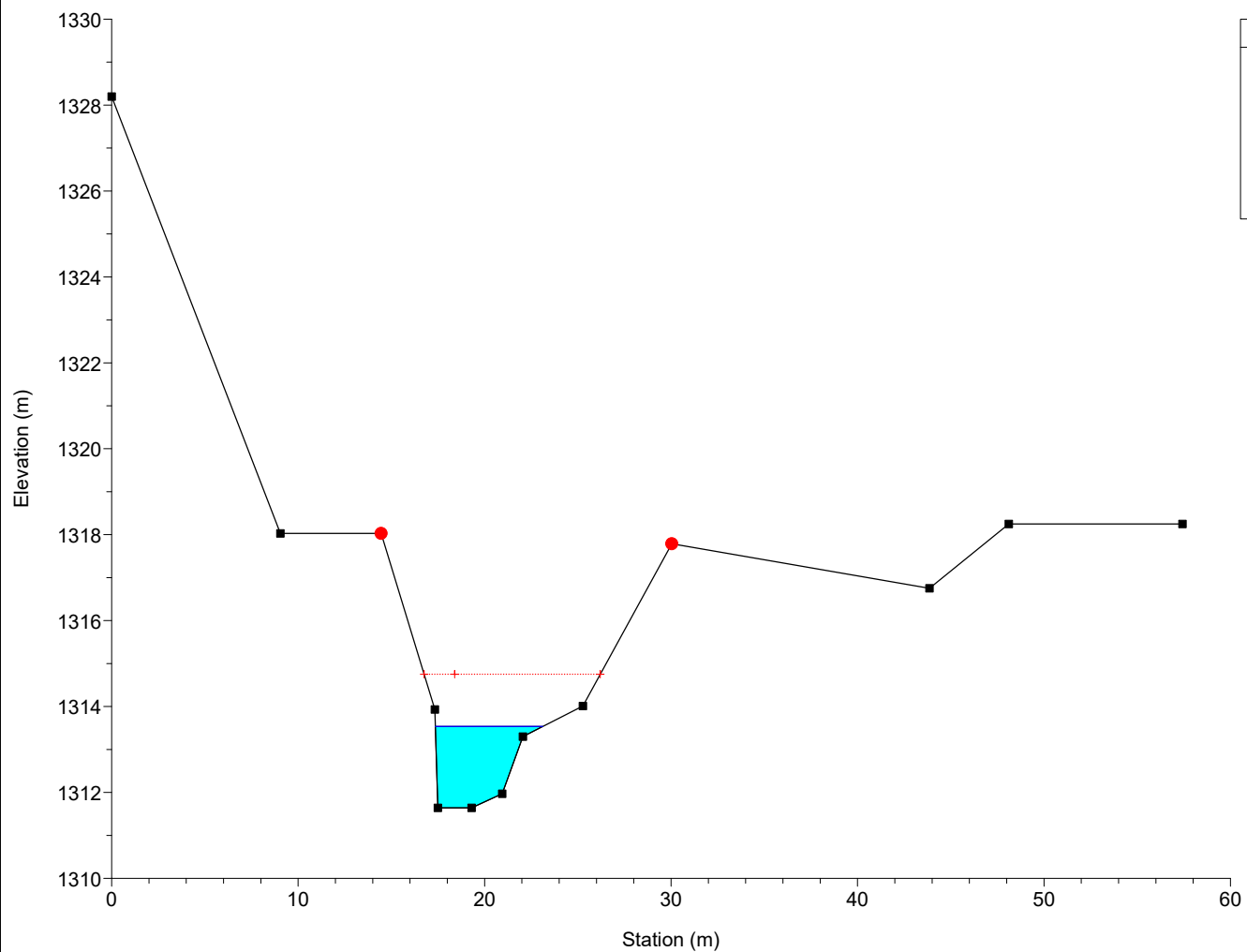
River = Bavera Reach = Monesi RS = 7 Sez.16



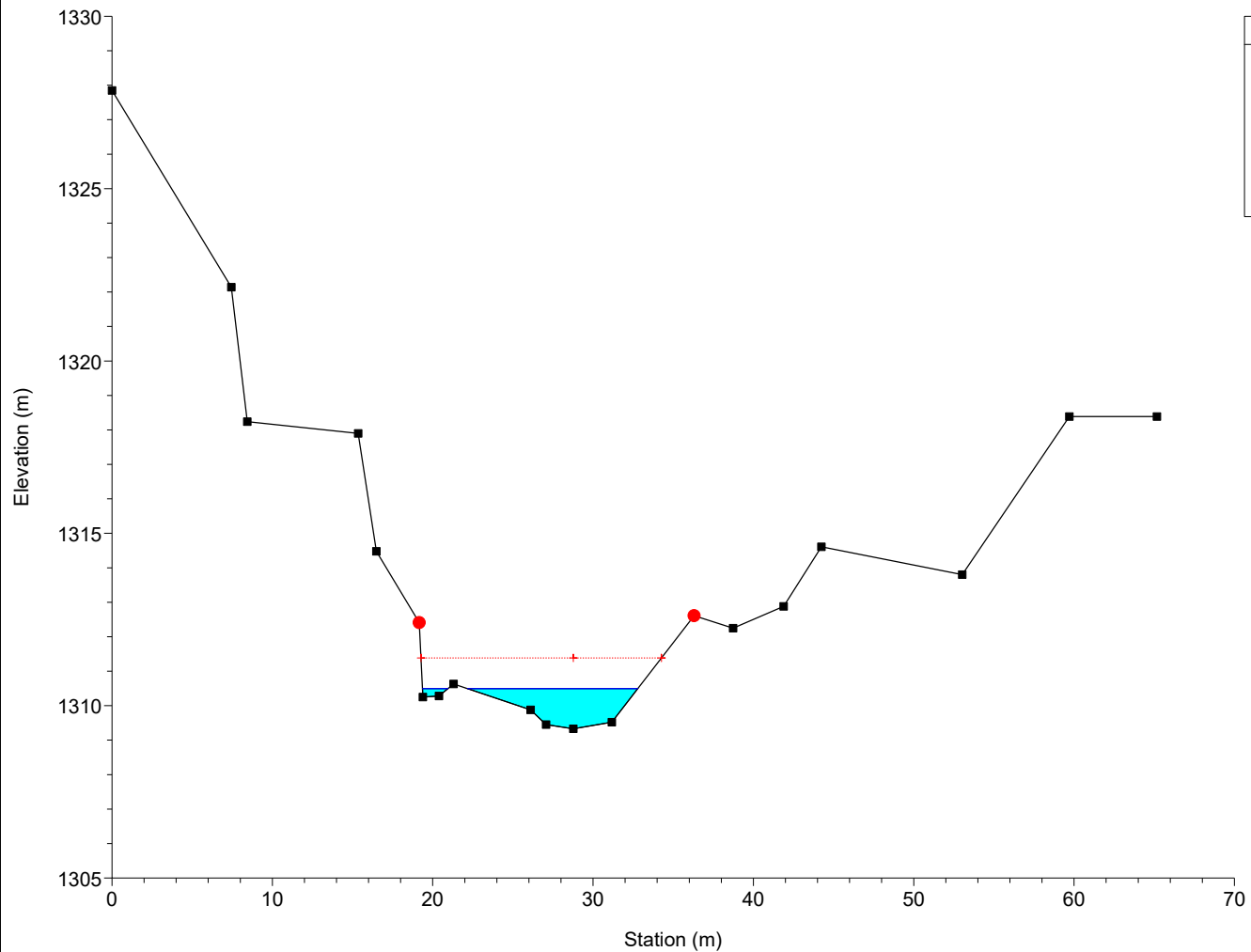
River = Bavera Reach = Monesi RS = 6 Sez.17



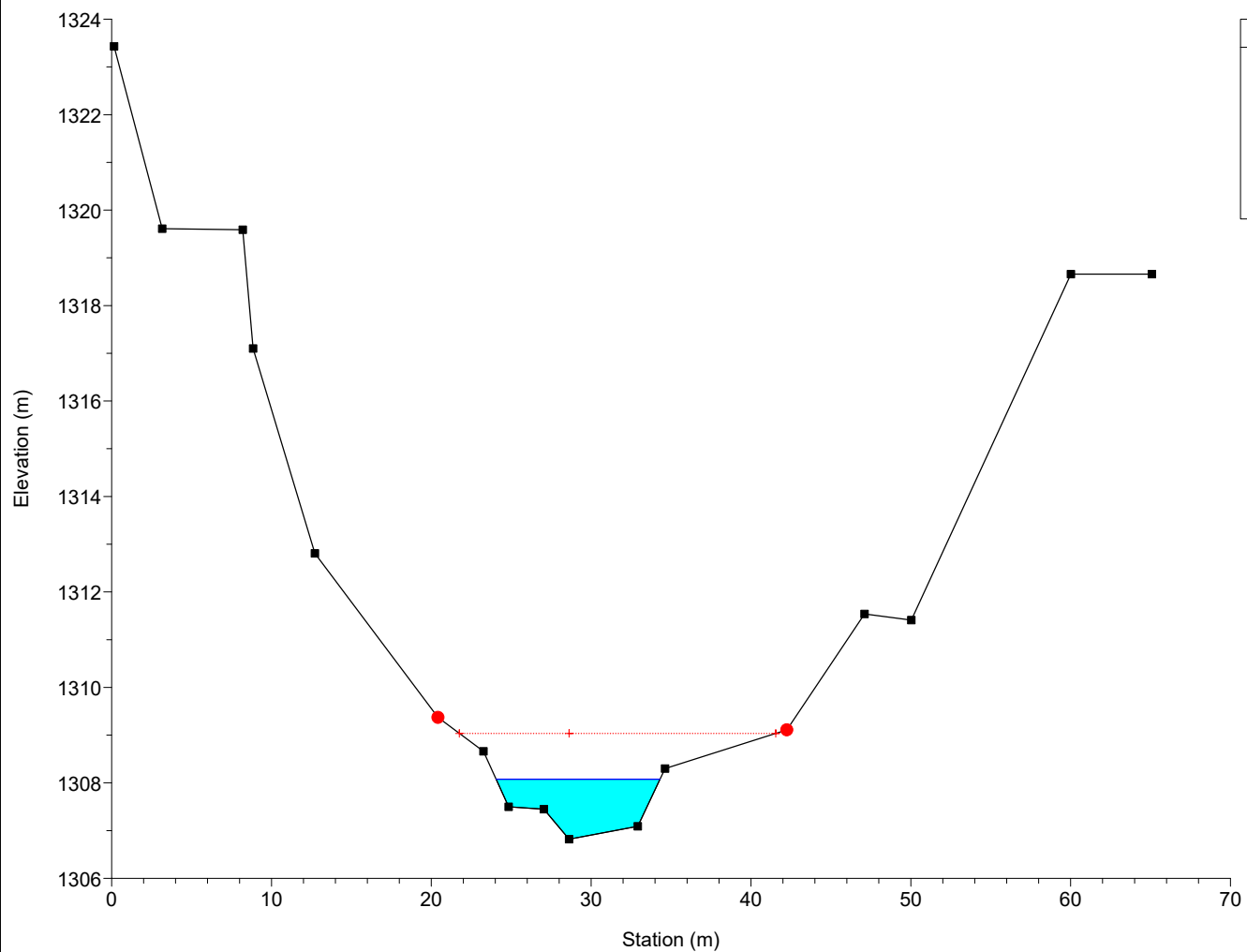
River = Bavera Reach = Monesi RS = 5 Sez.18



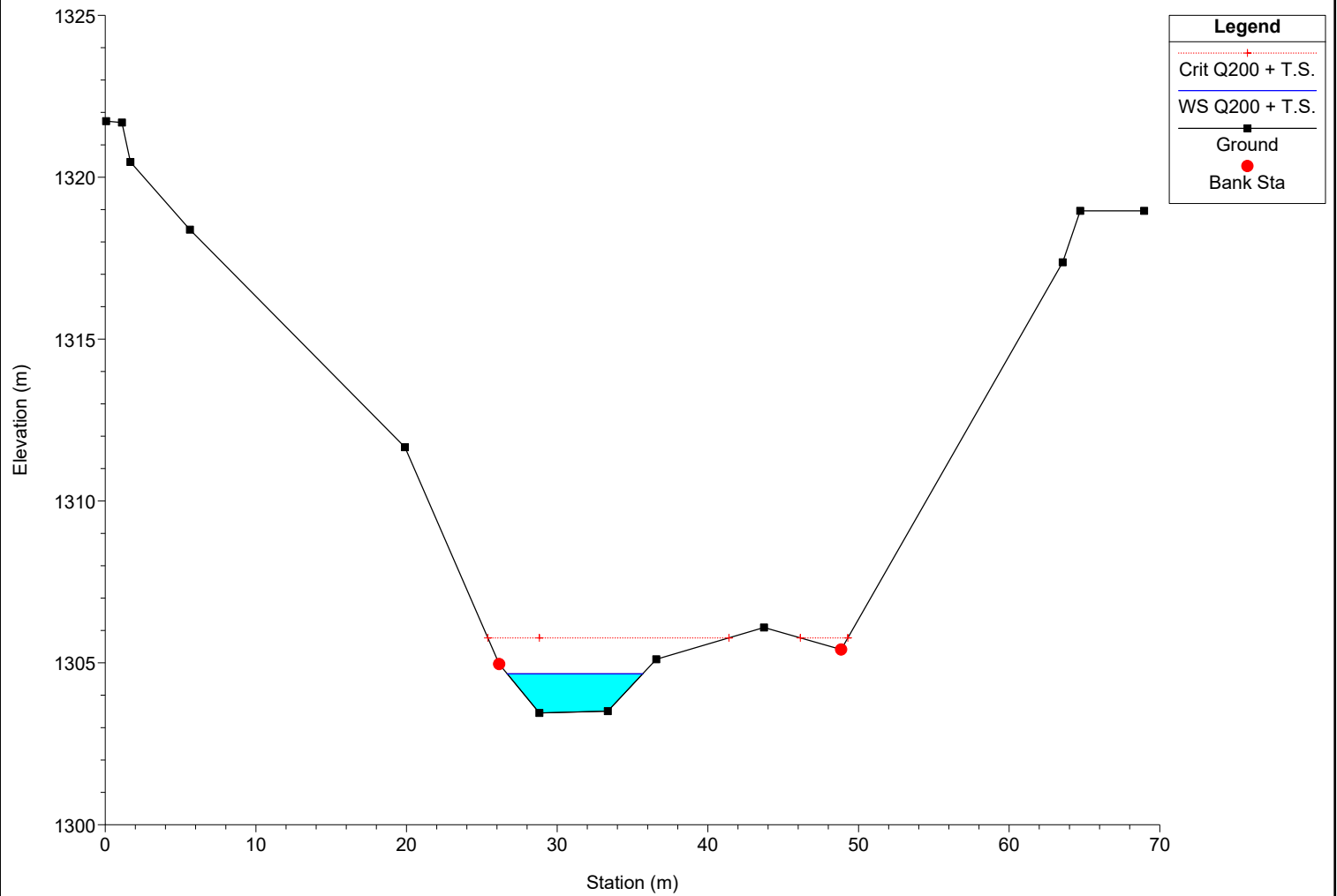
River = Bavera Reach = Monesi RS = 4 Sez.19



River = Bavera Reach = Monesi RS = 3 Sez.20



River = Bavera Reach = Monesi RS = 2 Sez.21



River = Bavera Reach = Monesi RS = 1 Sez.22

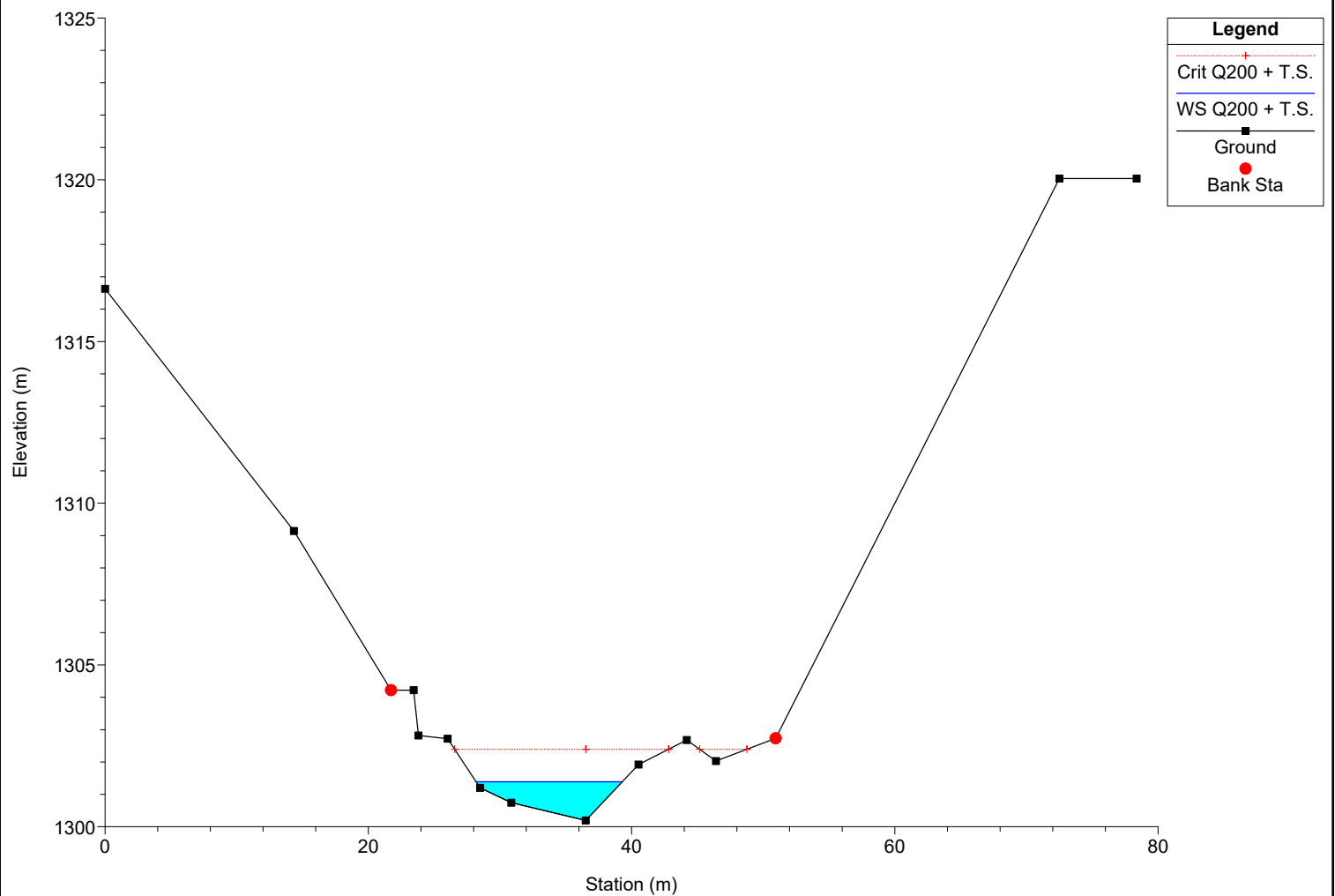


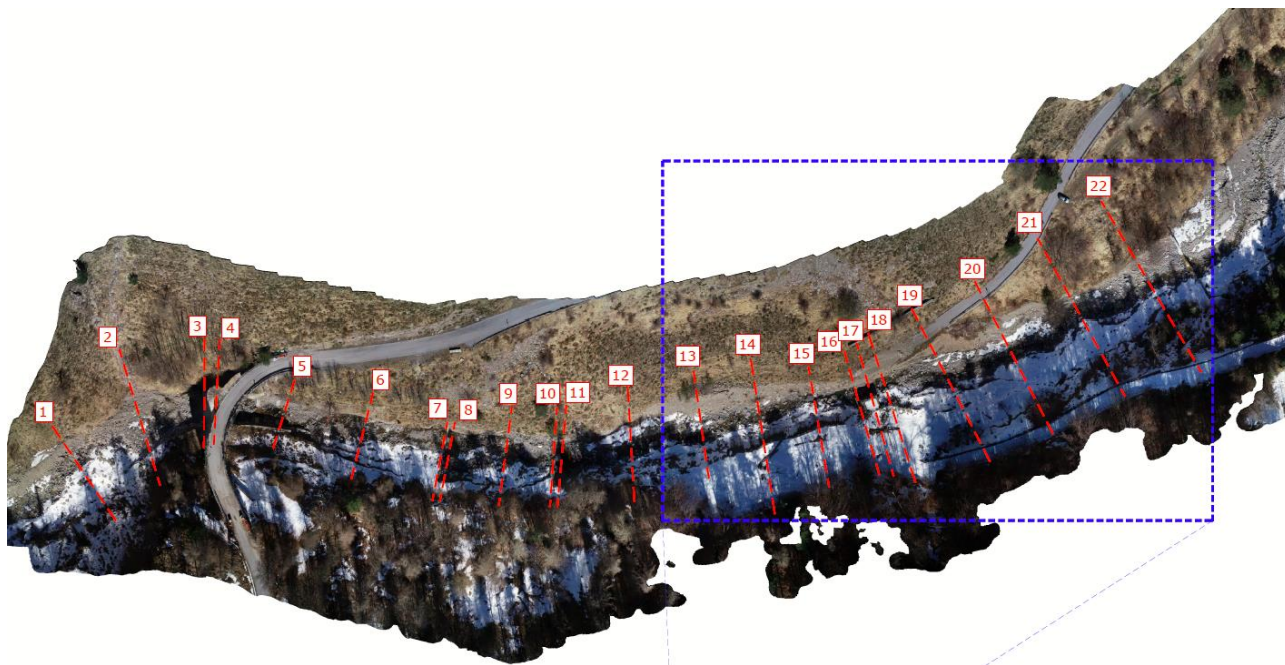
Tabelle Q200 - stato di fatto

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: Bavera Reach: Monesi

Reach	River Sta		Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
				(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Monesi	22	Sez.1	Q200	45.00	1373.54	1375.15	1375.15	1375.40	0.005856	2.21	20.77	26.04	0.78
Monesi	22	Sez.1	Q200 + T.S.	73.00	1373.54	1375.27	1375.30	1375.76	0.010002	3.14	23.78	26.46	1.04
Monesi	21	Sez.2	Q200	45.00	1367.43	1368.61	1369.62	1374.34	0.184913	10.60	4.24	6.13	4.07
Monesi	21	Sez.2	Q200 + T.S.	73.00	1367.43	1369.00	1370.09	1374.50	0.151054	10.39	7.02	9.05	3.77
Monesi	20	Sez.3	Q200	45.00	1364.39	1365.11	1365.83	1368.92	0.188425	8.63	5.21	11.02	4.01
Monesi	20	Sez.3	Q200 + T.S.	73.00	1364.39	1365.31	1366.27	1370.25	0.163423	9.84	7.42	11.40	3.90
Monesi	19	Sez.4	Q200	45.00	1359.58	1360.29	1361.26	1367.54	0.370926	11.92	3.77	8.17	5.60
Monesi	19	Sez.4	Q200 + T.S.	73.00	1359.58	1360.51	1361.77	1369.04	0.289206	12.93	5.64	8.85	5.17
Monesi	18	Sez.5	Q200	45.00	1356.10	1357.00	1357.85	1361.04	0.130102	8.90	5.05	7.44	3.45
Monesi	18	Sez.5	Q200 + T.S.	73.00	1356.10	1357.23	1358.31	1362.92	0.140362	10.56	6.91	8.22	3.68
Monesi	17	Sez.6	Q200	45.00	1352.27	1353.40	1354.18	1356.93	0.125037	8.33	5.40	8.33	3.30
Monesi	17	Sez.6	Q200 + T.S.	73.00	1352.27	1353.63	1354.67	1358.44	0.131955	9.71	7.52	9.48	3.48
Monesi	16	Sez.7	Q200	45.00	1349.28	1350.08	1350.80	1353.15	0.110605	7.75	5.80	9.57	3.18
Monesi	16	Sez.7	Q200 + T.S.	73.00	1349.28	1350.31	1351.27	1354.50	0.111457	9.07	8.05	10.48	3.30
Monesi	15	Sez.8	Q200	45.00	1344.44	1344.91	1345.69	1352.09	0.593495	11.86	3.79	11.81	6.68
Monesi	15	Sez.8	Q200 + T.S.	73.00	1344.44	1345.06	1346.08	1353.47	0.473551	12.85	5.68	13.17	6.25
Monesi	14	Sez.9	Q200	45.00	1341.29	1342.22	1342.89	1345.50	0.134200	8.02	5.61	10.26	3.46
Monesi	14	Sez.9	Q200 + T.S.	73.00	1341.29	1342.42	1343.24	1346.76	0.153988	9.23	7.91	13.01	3.78
Monesi	13	Sez.10	Q200	45.00	1339.04	1339.81	1340.52	1343.08	0.134072	8.01	5.62	10.23	3.45
Monesi	13	Sez.10	Q200 + T.S.	73.00	1339.04	1340.03	1340.97	1344.31	0.119390	9.16	7.97	10.74	3.39
Monesi	12	Sez.11	Q200	45.00	1330.38	1331.03	1332.05	1341.77	0.717592	14.52	3.10	8.18	7.53
Monesi	12	Sez.11	Q200 + T.S.	73.00	1330.38	1331.22	1332.57	1342.92	0.493506	15.15	4.82	9.00	6.57
Monesi	11	Sez.12	Q200	45.00	1324.90	1325.81	1326.56	1330.27	0.212314	9.36	4.81	9.86	4.28
Monesi	11	Sez.12	Q200 + T.S.	73.00	1324.90	1325.97	1326.98	1332.28	0.241202	11.12	6.57	11.41	4.68
Monesi	10	Sez.13	Q200	45.00	1321.41	1322.21	1322.84	1325.15	0.133932	7.60	5.92	11.80	3.43
Monesi	10	Sez.13	Q200 + T.S.	73.00	1321.41	1322.38	1323.25	1326.60	0.139867	9.10	8.02	12.54	3.63
Monesi	9	Sez.14	Q200	45.00	1318.12	1319.14	1319.90	1322.32	0.103114	7.90	5.70	8.63	3.10
Monesi	9	Sez.14	Q200 + T.S.	73.00	1318.12	1319.39	1320.39	1323.72	0.103255	9.22	7.92	9.41	3.21
Monesi	8	Sez.15	Q200	45.00	1315.37	1317.30	1318.17	1320.32	0.077398	7.70	5.84	5.83	2.46
Monesi	8	Sez.15	Q200 + T.S.	73.00	1315.37	1317.68	1318.76	1321.60	0.080333	8.77	8.32	7.01	2.57
Monesi	7	Sez.16	Q200	45.00	1313.30	1314.32	1315.28	1318.57	0.121411	9.13	4.93	6.24	3.28
Monesi	7	Sez.16	Q200 + T.S.	73.00	1313.30	1314.67	1315.90	1319.91	0.106839	10.14	7.20	6.86	3.16
Monesi	6	Sez.17	Q200	45.00	1312.22	1313.09	1314.14	1317.86	0.144829	9.67	4.65	5.47	3.35
Monesi	6	Sez.17	Q200 + T.S.	73.00	1312.22	1313.49	1314.86	1319.28	0.121713	10.66	6.85	5.58	3.07
Monesi	5	Sez.18	Q200	45.00	1311.64	1313.06	1314.16	1316.91	0.088827	8.70	5.17	4.45	2.58
Monesi	5	Sez.18	Q200 + T.S.	73.00	1311.64	1313.54	1314.75	1318.34	0.095396	9.71	7.52	5.76	2.71
Monesi	4	Sez.19	Q200	45.00	1309.33	1310.29	1310.98	1314.05	0.164848	8.59	5.24	9.97	3.79
Monesi	4	Sez.19	Q200 + T.S.	73.00	1309.33	1310.49	1311.39	1315.32	0.174476	9.73	7.50	12.18	3.96
Monesi	3	Sez.20	Q200	45.00	1306.82	1307.83	1308.56	1310.58	0.093665	7.34	6.13	9.58	2.93
Monesi	3	Sez.20	Q200 + T.S.	73.00	1306.82	1308.08	1309.04	1311.80	0.090781	8.55	8.54	10.25	2.99
Monesi	2	Sez.21	Q200	45.00	1303.45	1304.38	1305.18	1307.65	0.098335	8.00	5.62	7.94	3.04
Monesi	2	Sez.21	Q200 + T.S.	73.00	1303.45	1304.66	1305.77	1308.94	0.096496	9.16	7.97	8.99	3.11
Monesi	1	Sez.22	Q200	45.00	1300.19	1301.18	1301.88	1304.39	0.128290	7.93	5.68	10.22	3.40
Monesi	1	Sez.22	Q200 + T.S.	73.00	1300.19	1301.39	1302.39	1305.74	0.126492	9.24	7.90	11.11	3.50

10 STATO DI PROGETTO – ZONA BASSA

Nell'immagine seguente è riportata la planimetria

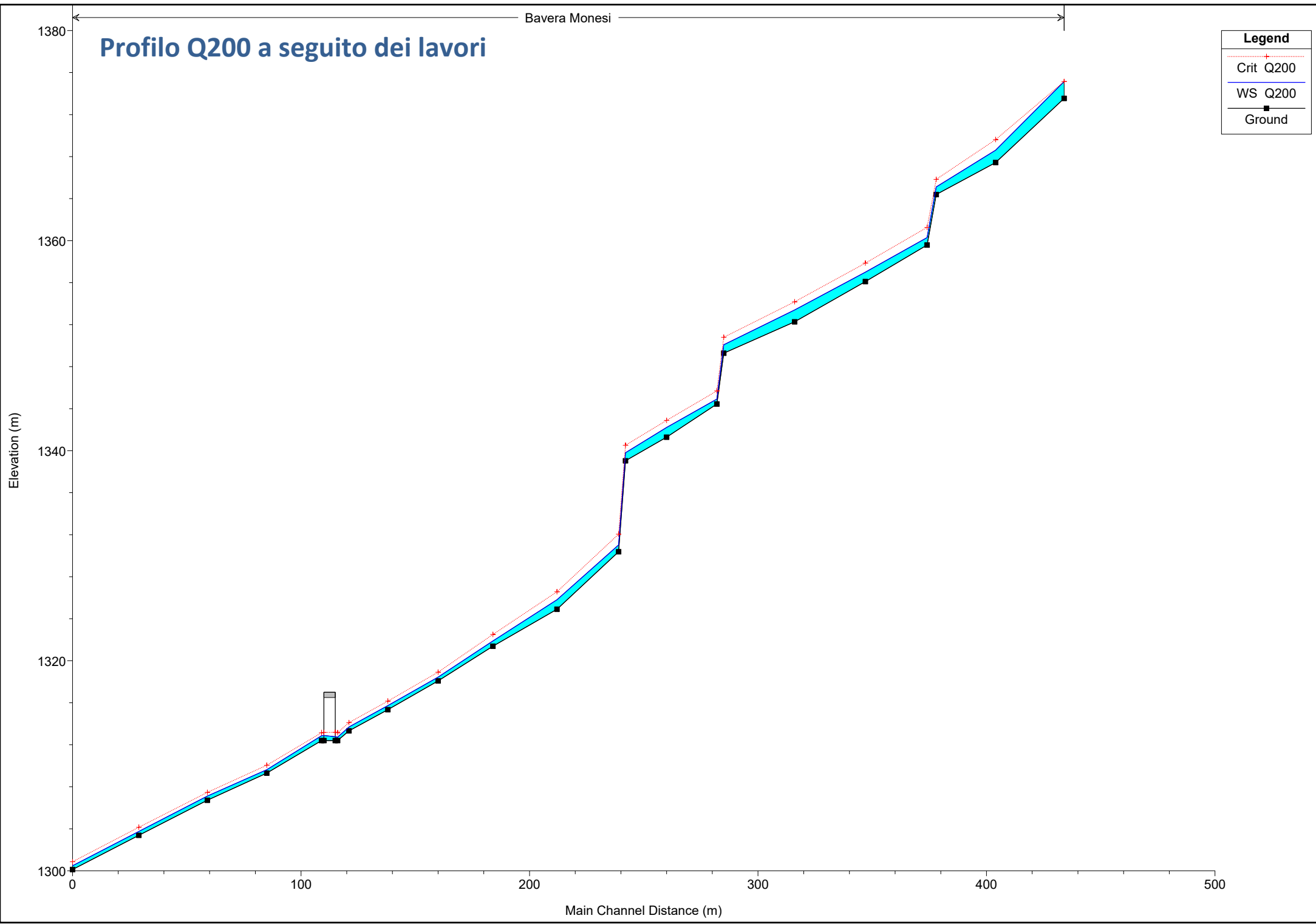


Nelle pagine seguenti sono riportati le sezioni e i tabulati relativi allo stato di progetto (ripristino situazione originale)

Profilo Q200 a seguito dei lavori

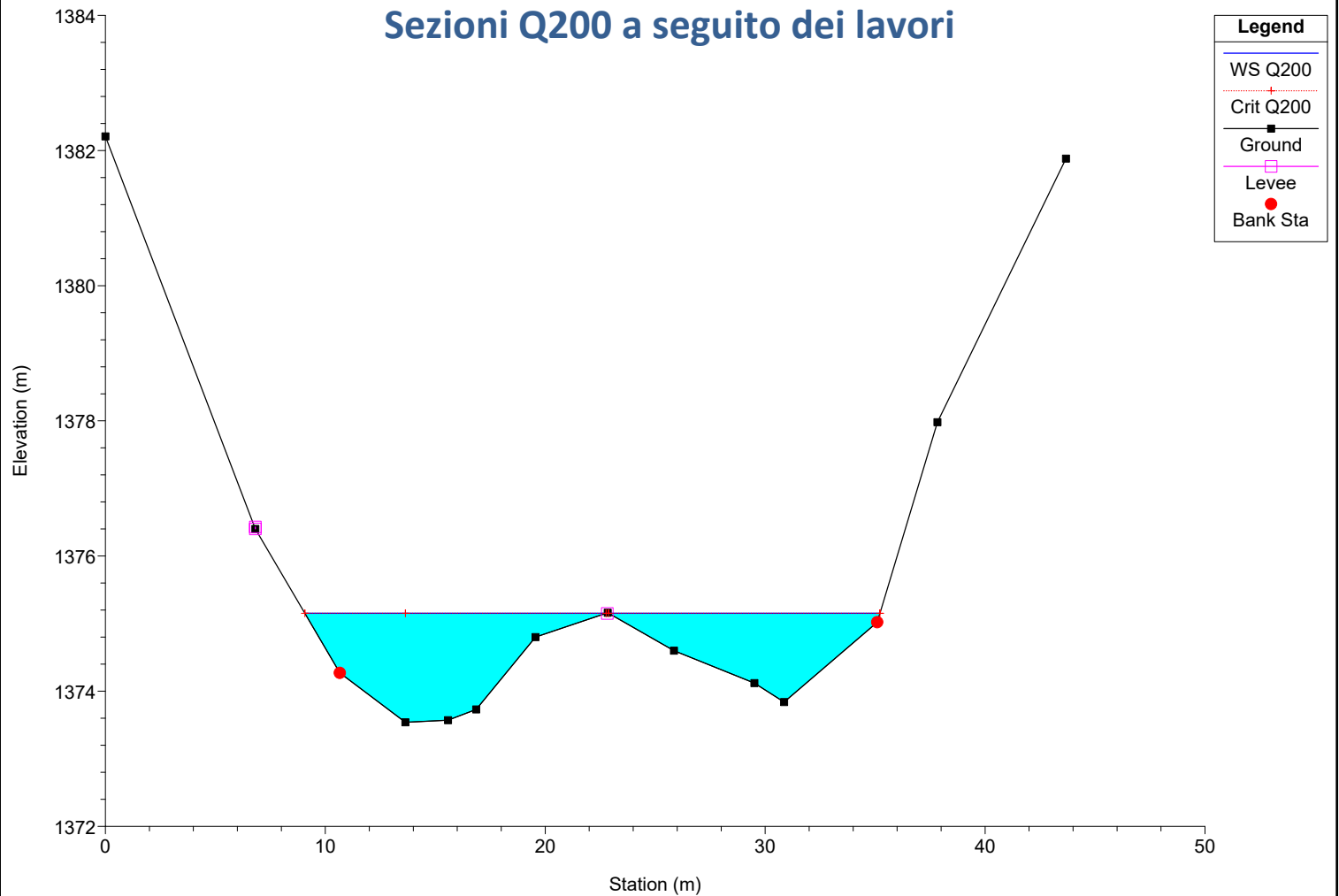
Bavera Monesi

Legend	
Crit Q200	
WS Q200	
Ground	

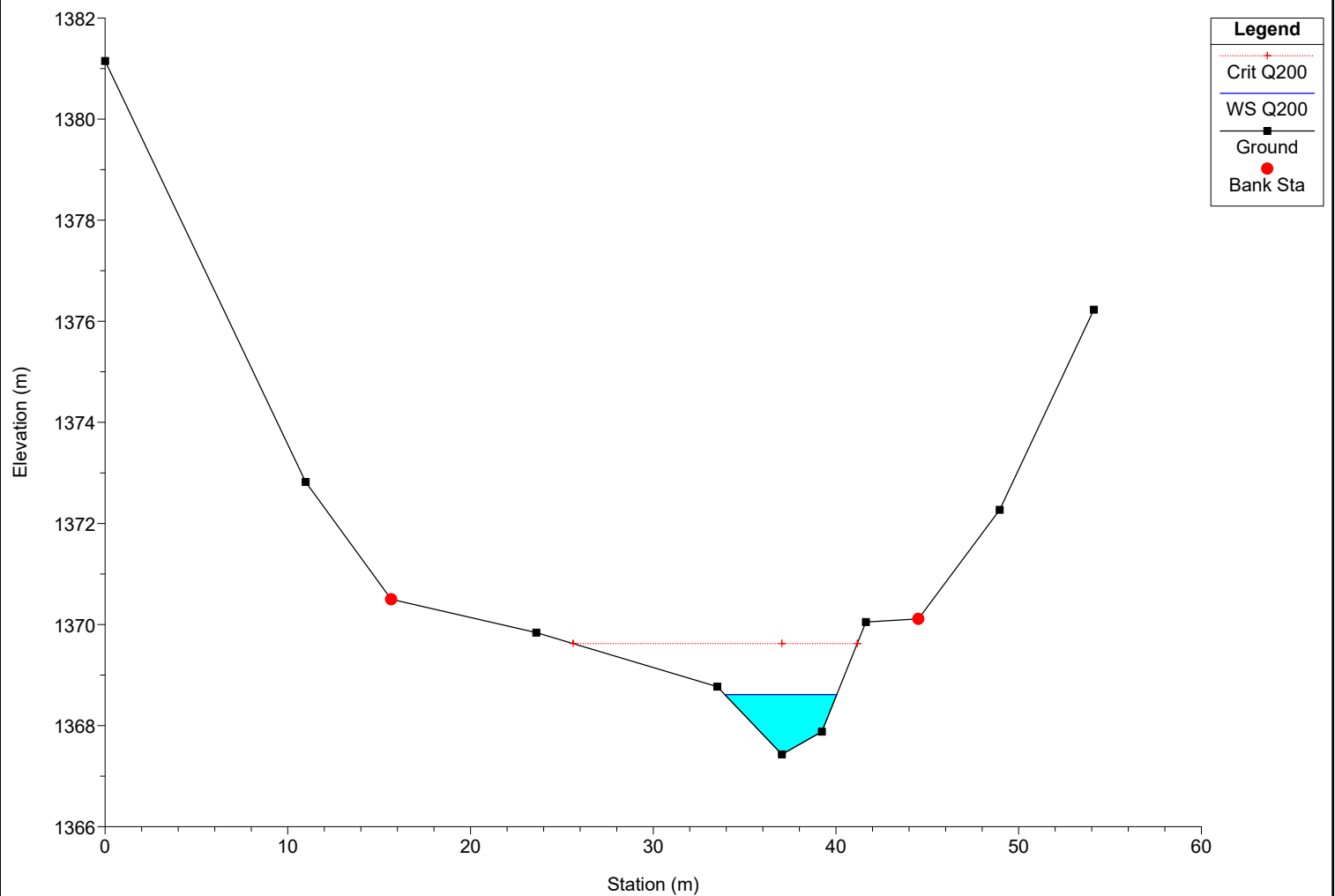


River = Bavera Reach = Monesi RS = 22 Sez.1

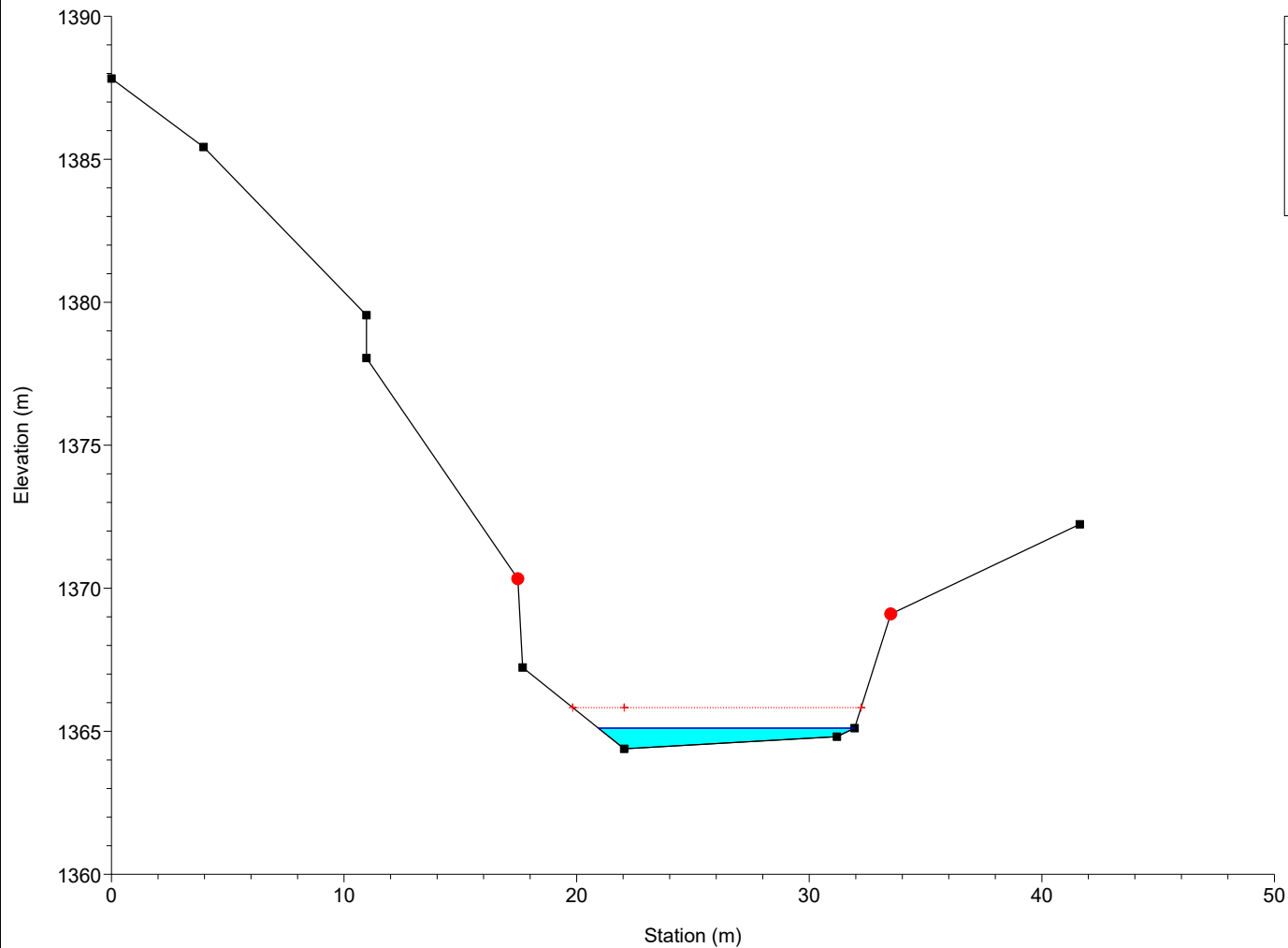
Sezioni Q200 a seguito dei lavori



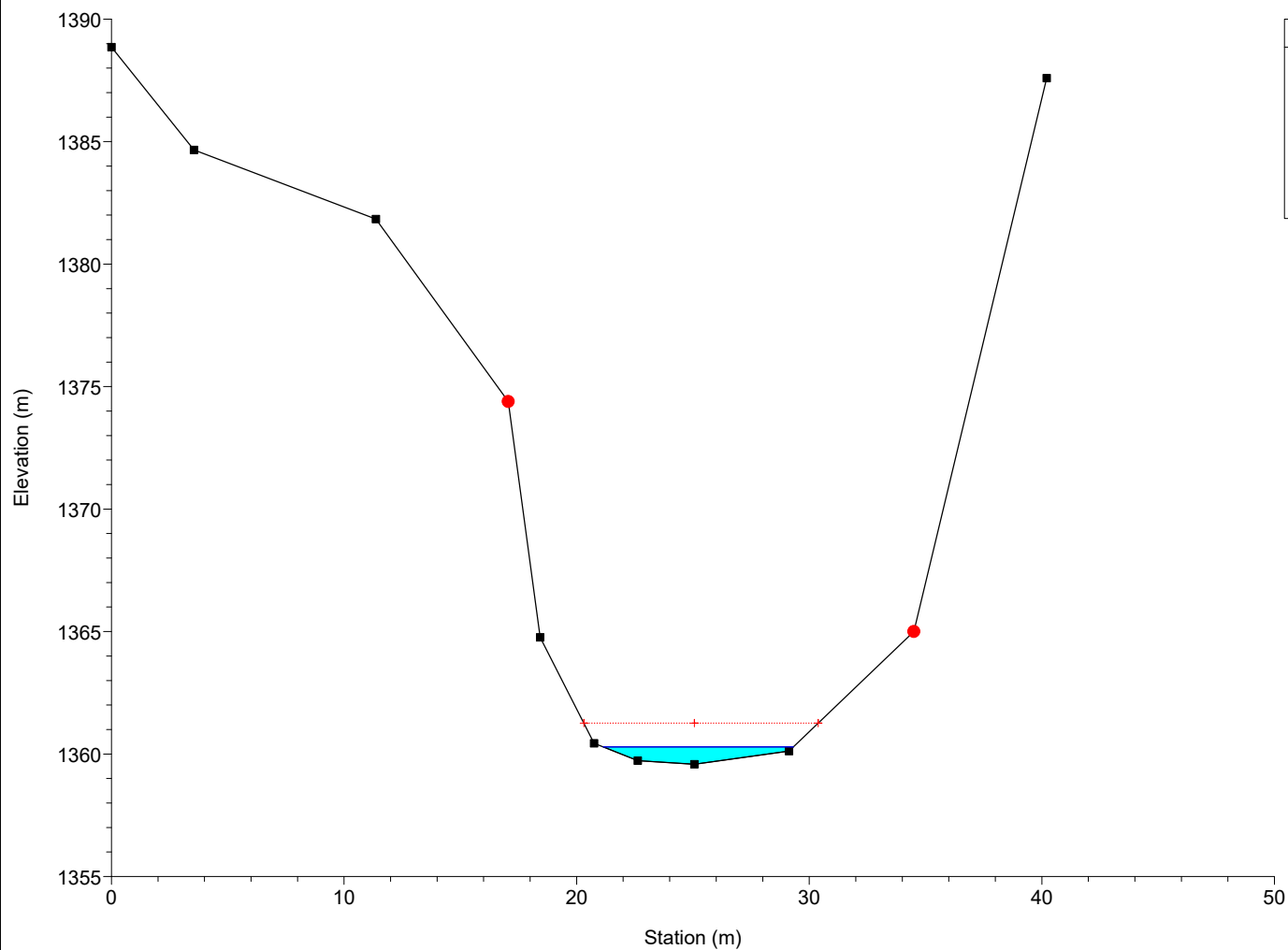
River = Bavera Reach = Monesi RS = 21 Sez.2



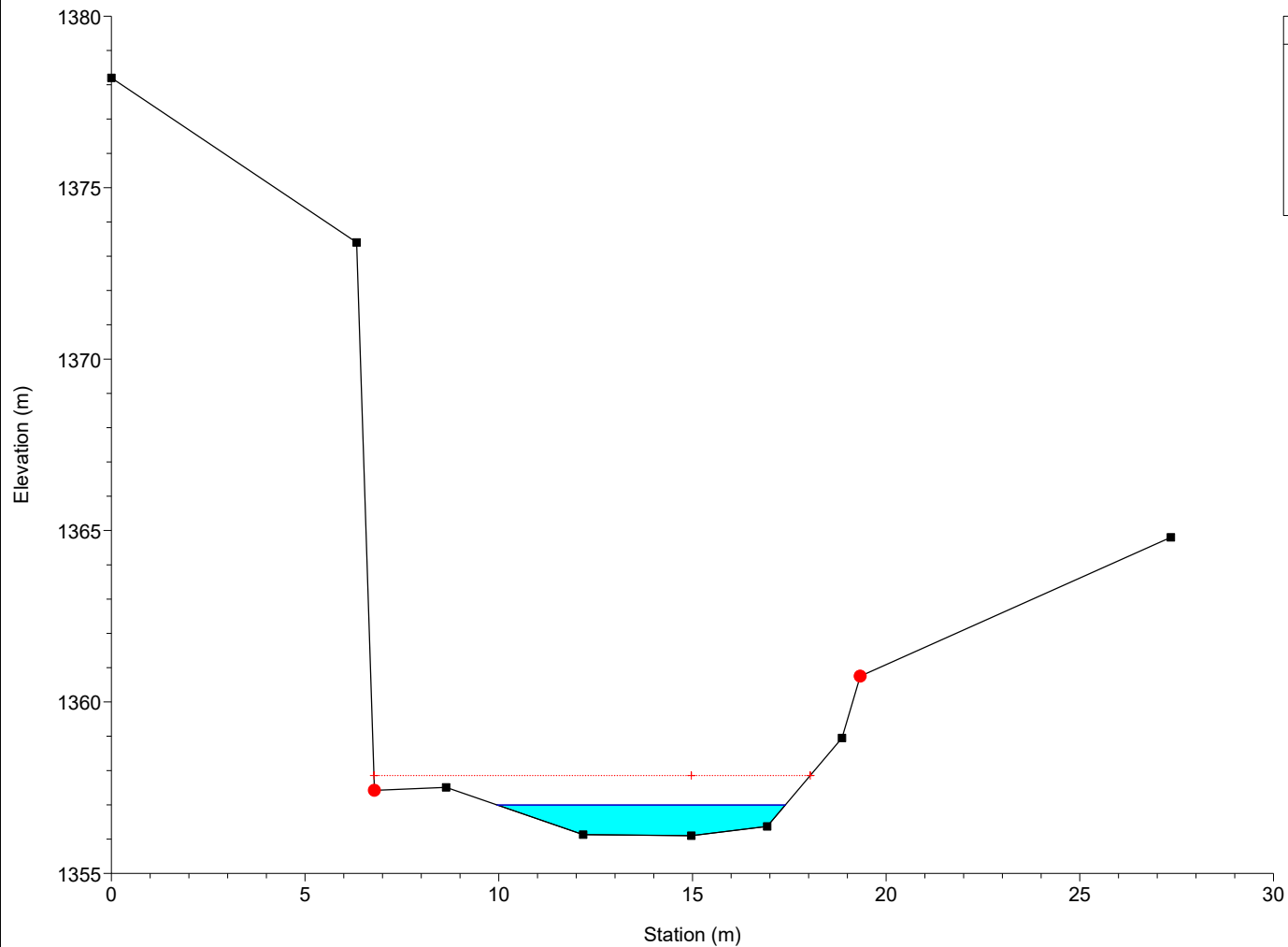
River = Bavera Reach = Monesi RS = 20 Sez.3



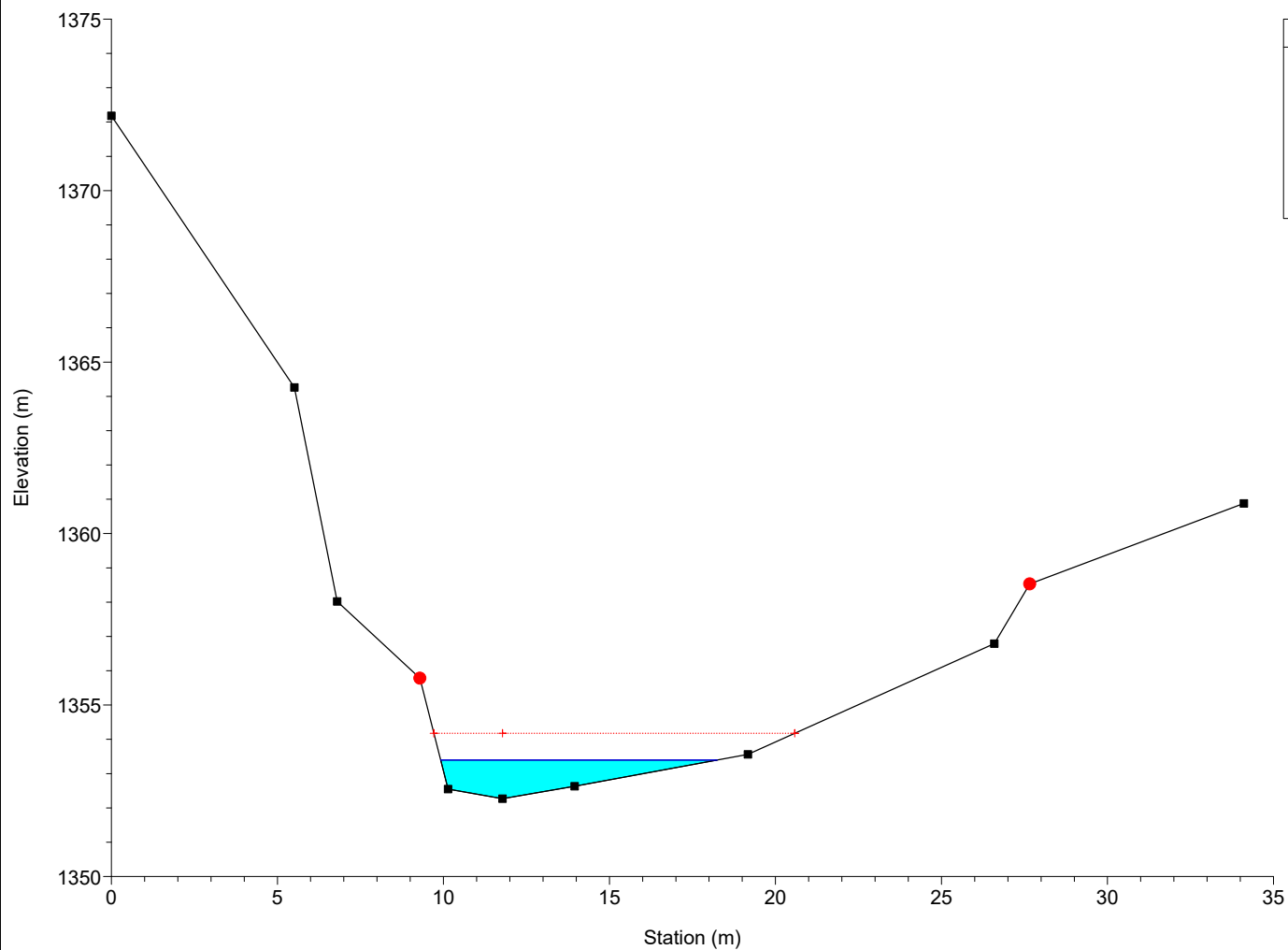
River = Bavera Reach = Monesi RS = 19 Sez.4



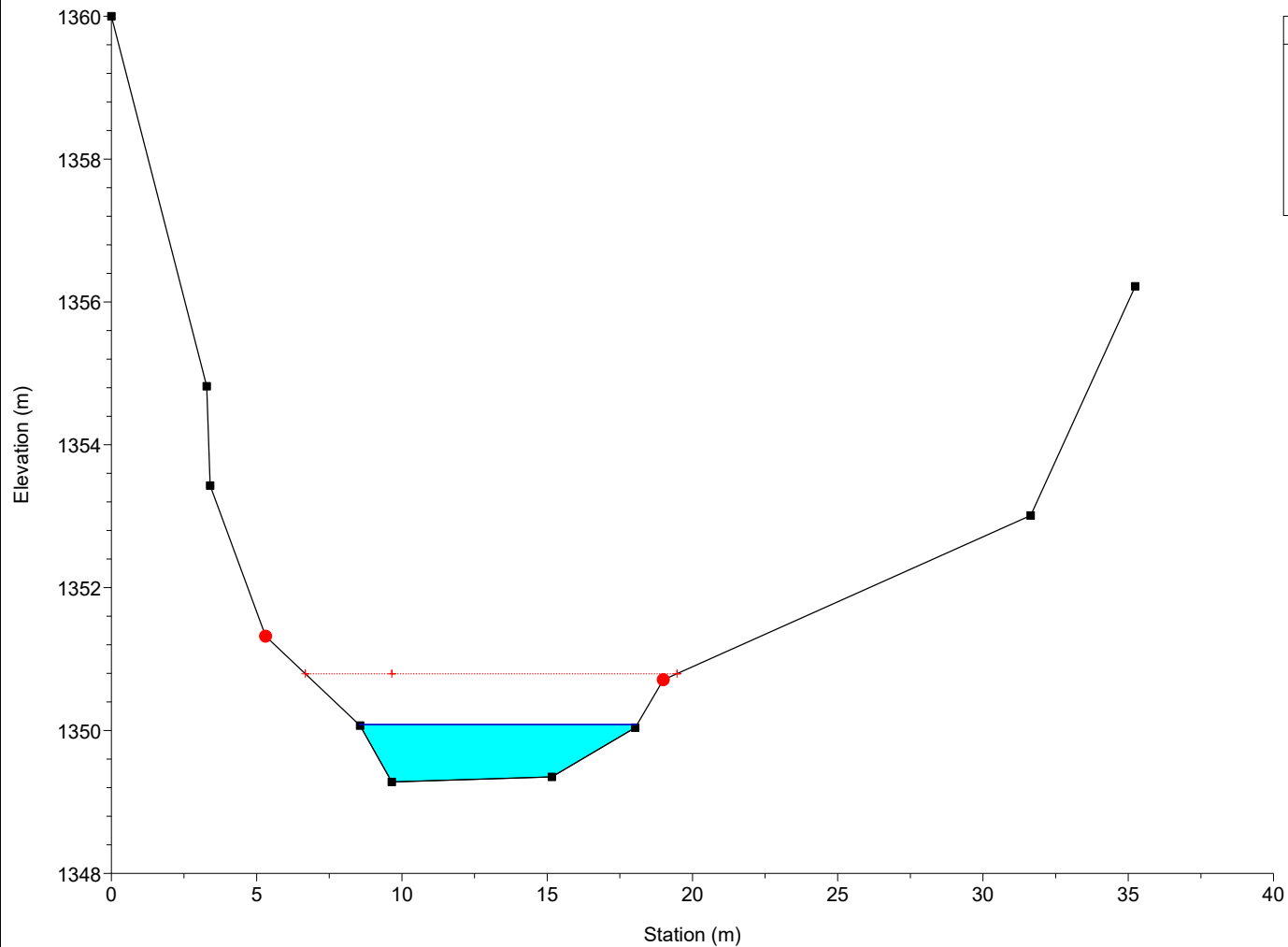
River = Bavera Reach = Monesi RS = 18 Sez.5



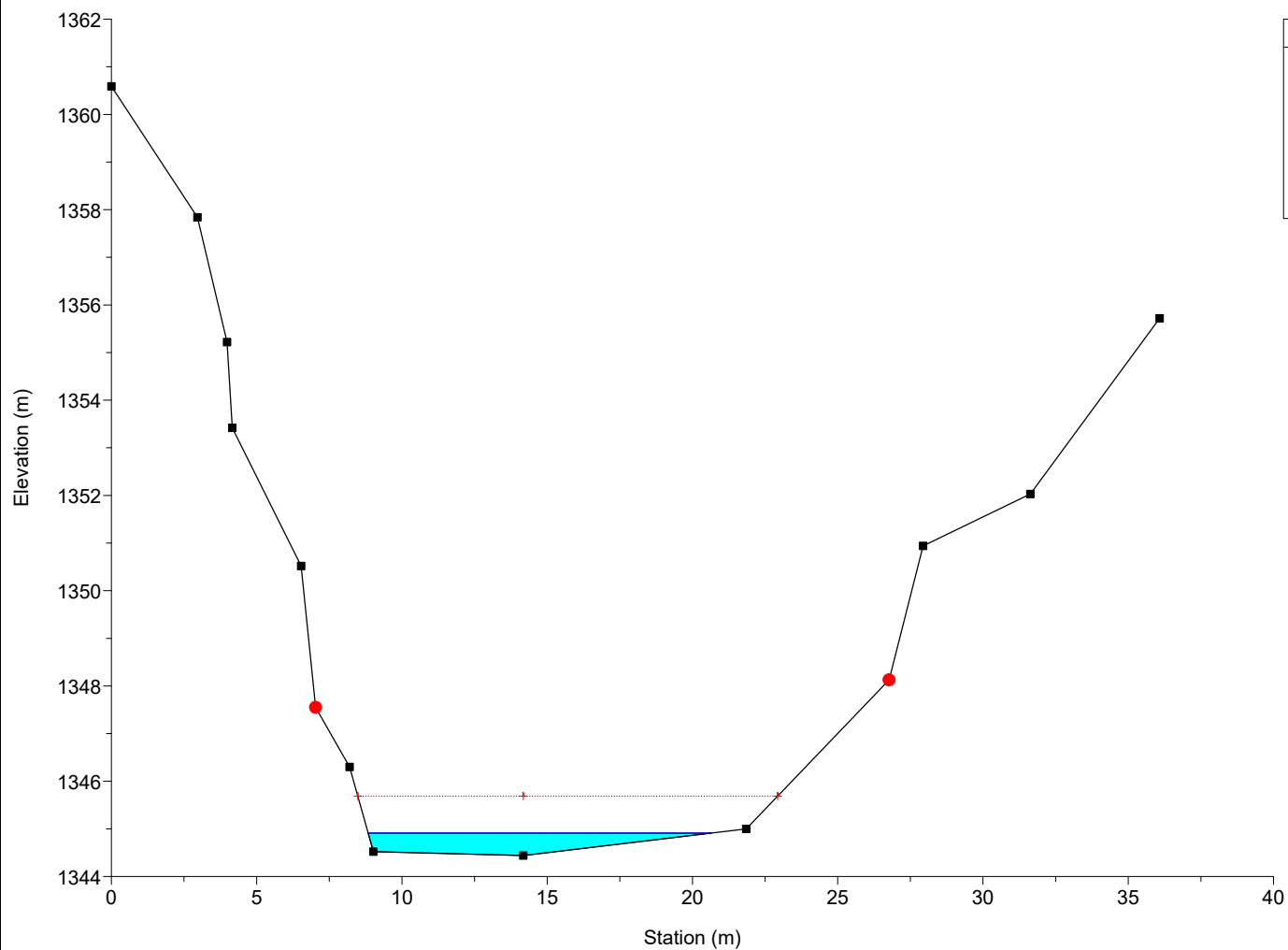
River = Bavera Reach = Monesi RS = 17 Sez.6



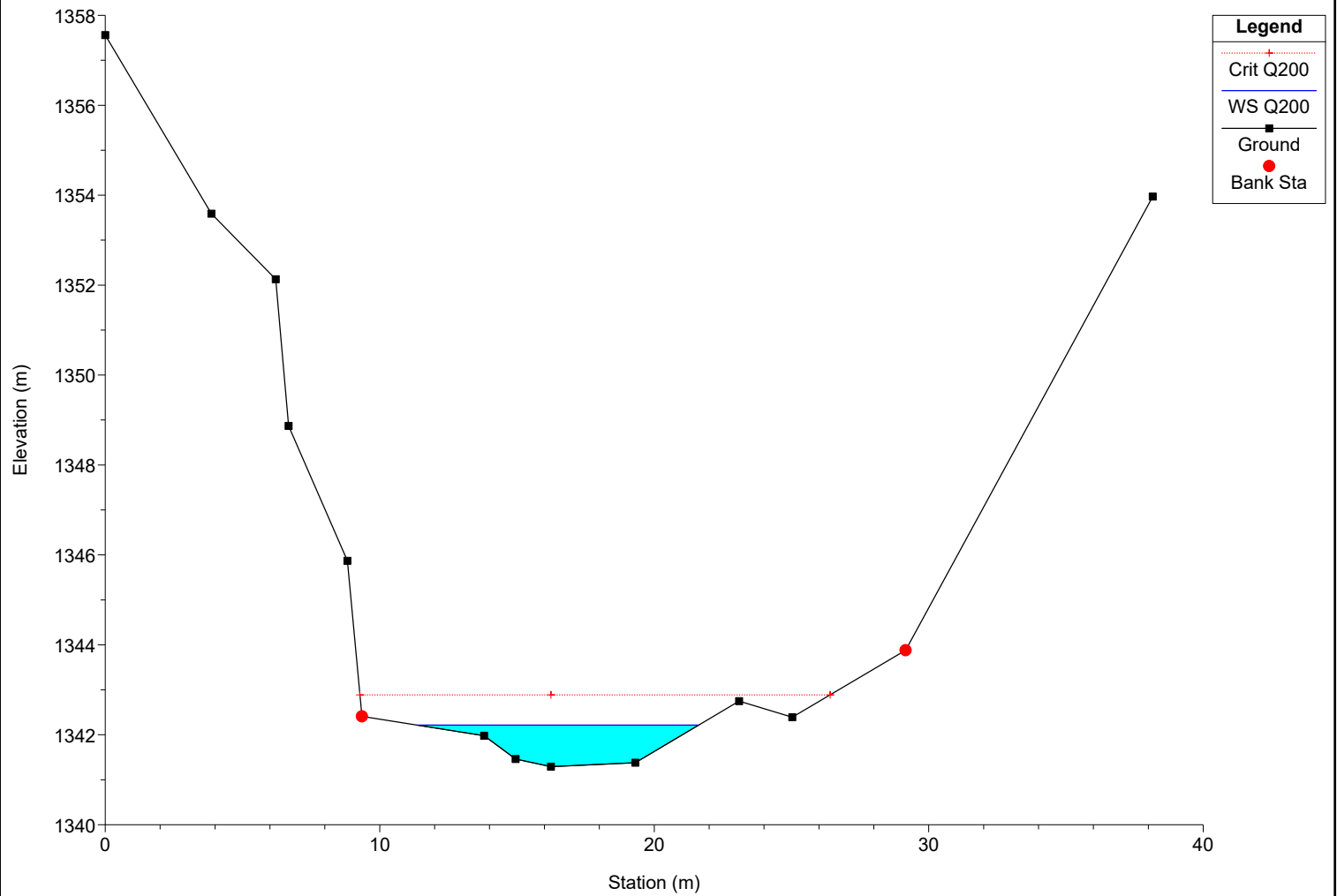
River = Bavera Reach = Monesi RS = 16 Sez.7



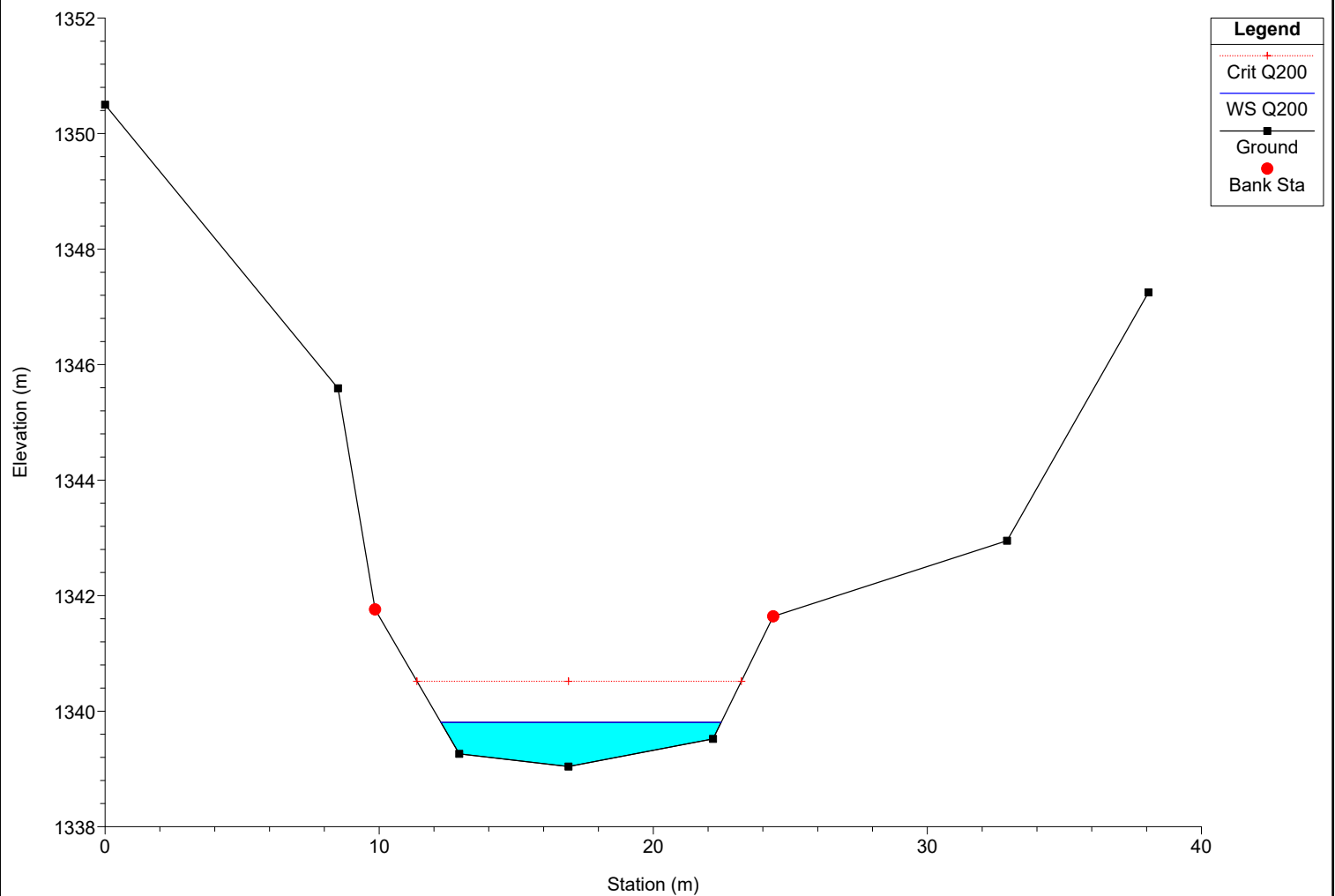
River = Bavera Reach = Monesi RS = 15 Sez.8



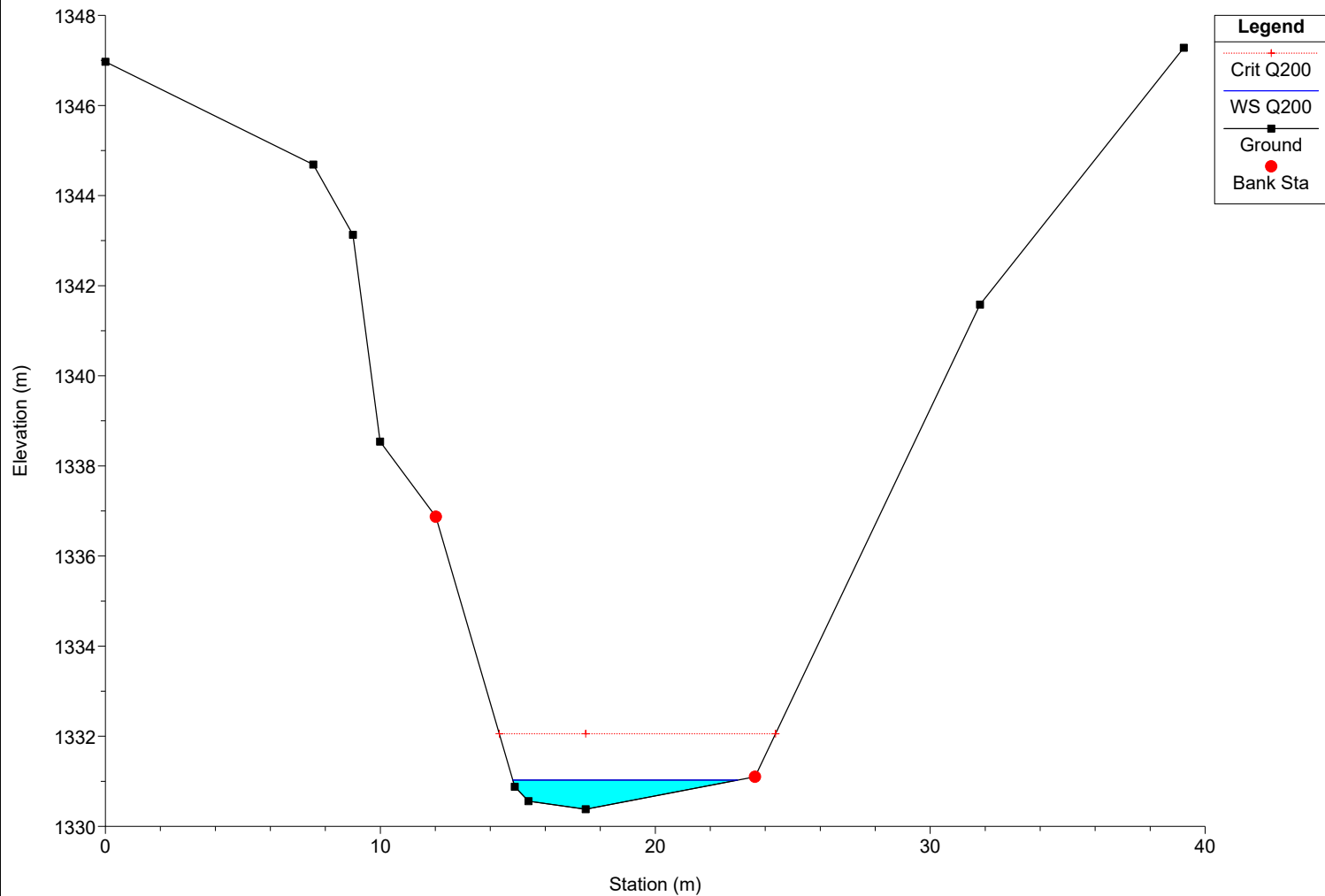
River = Bavera Reach = Monesi RS = 14 Sez.9



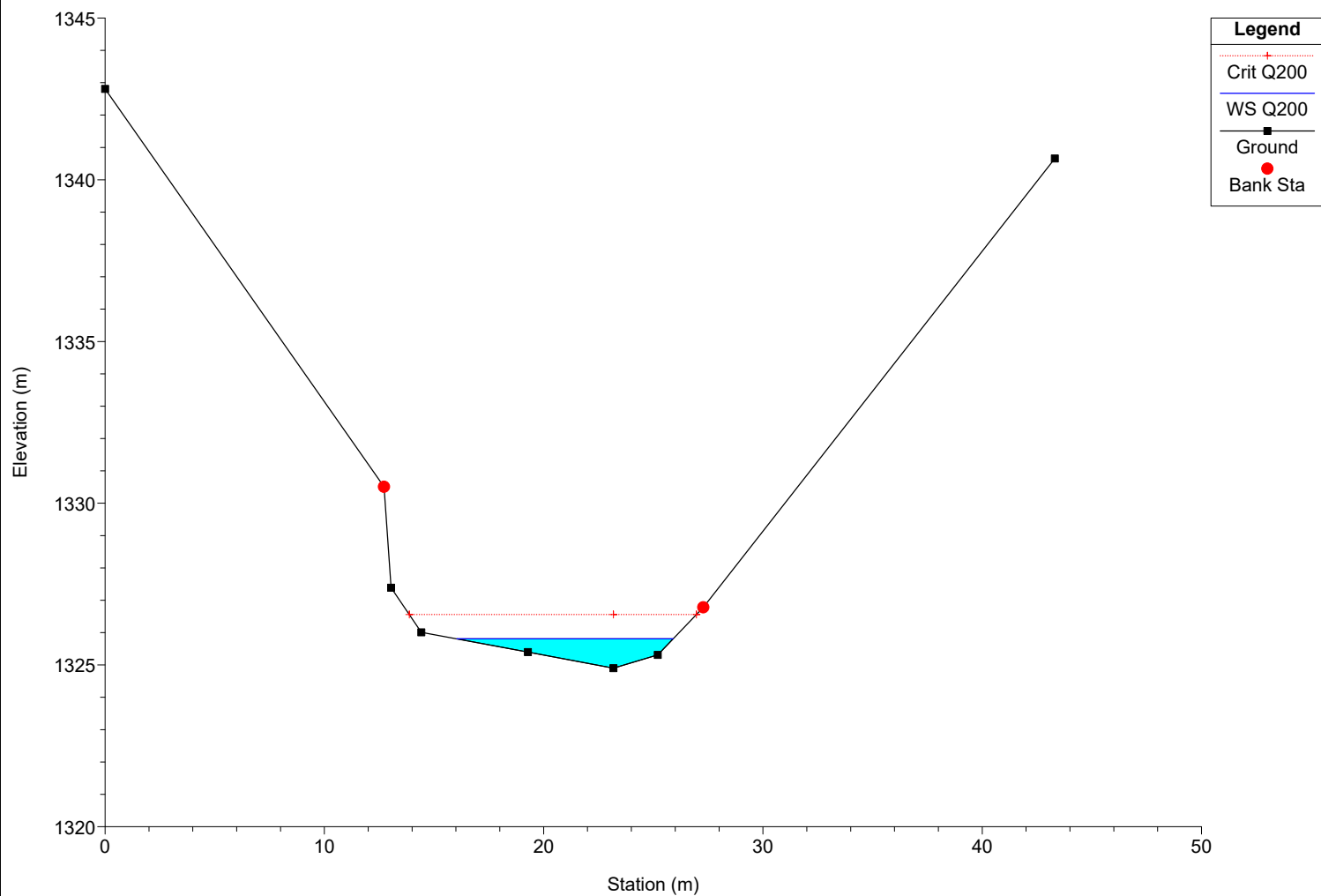
River = Bavera Reach = Monesi RS = 13 Sez.10



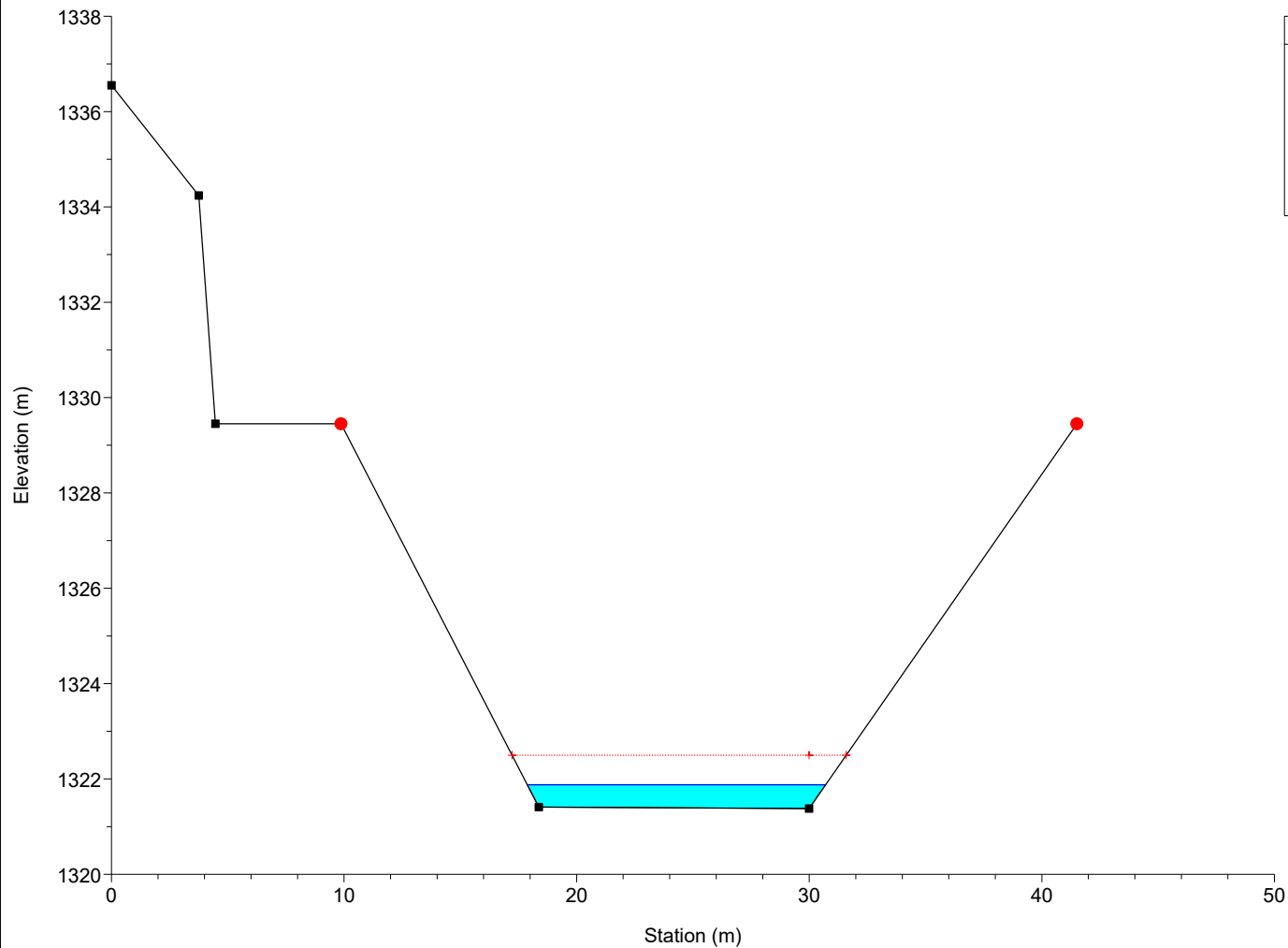
River = Bavera Reach = Monesi RS = 12 Sez.11



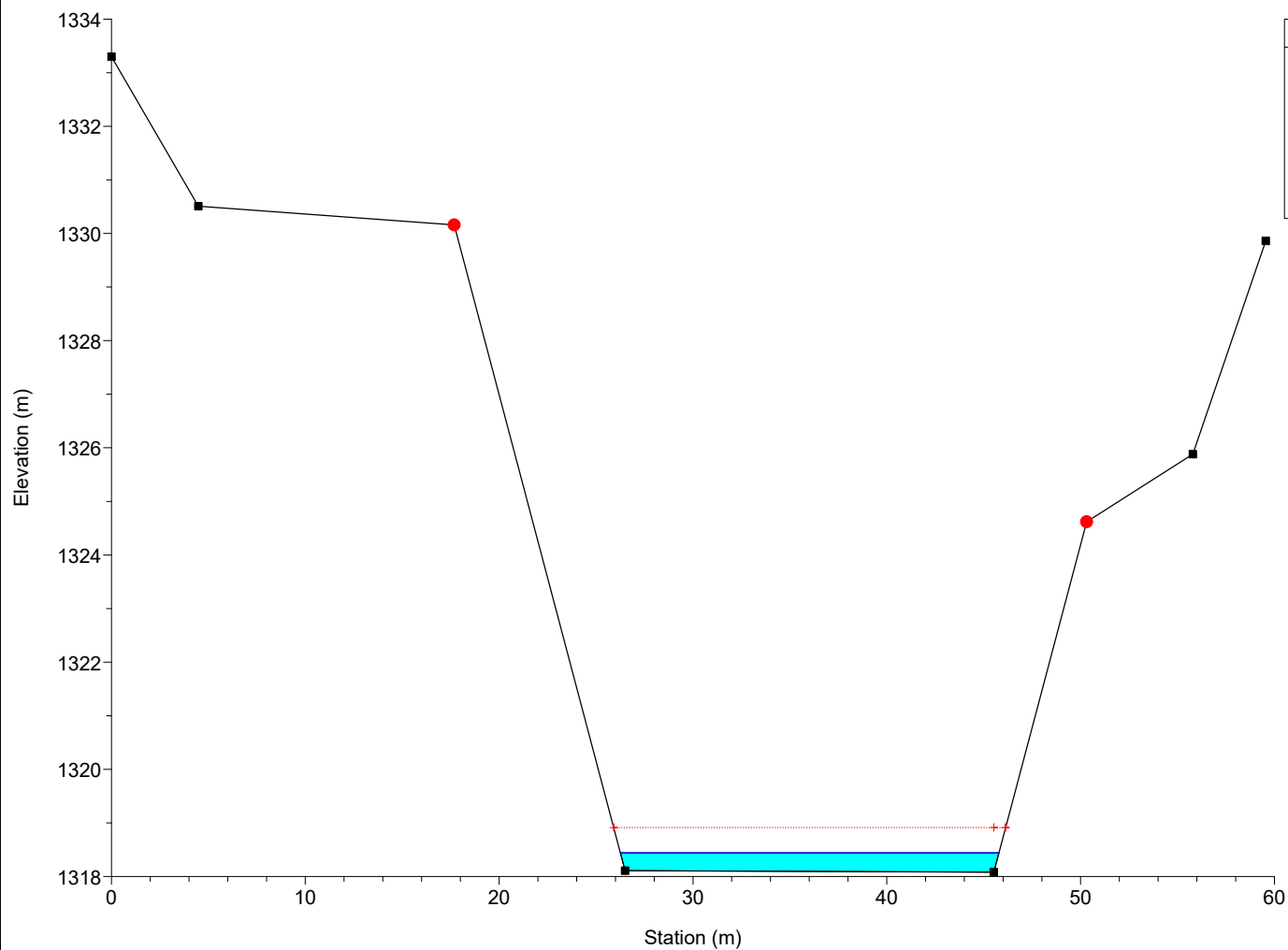
River = Bavera Reach = Monesi RS = 11 Sez.12



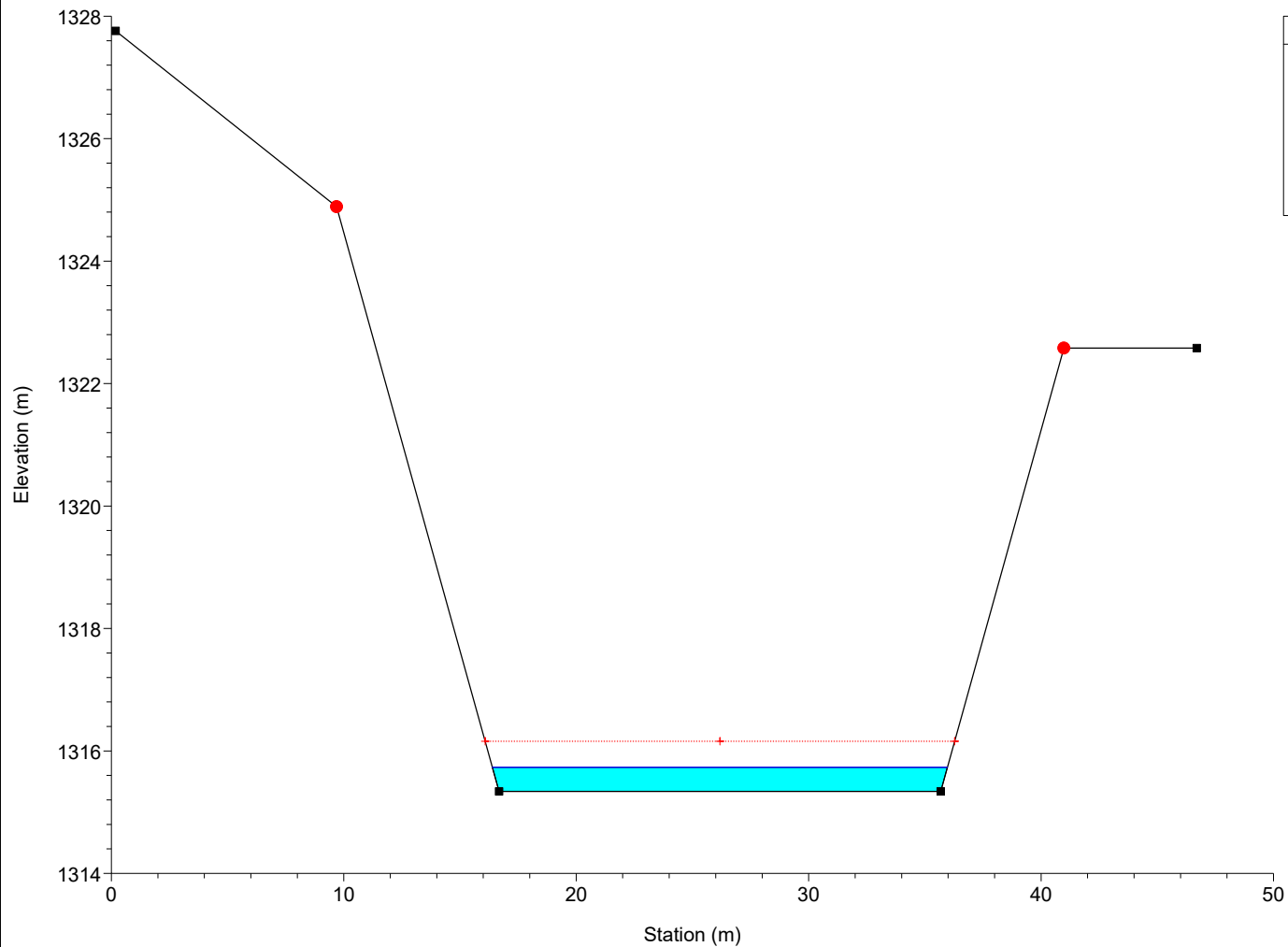
River = Bavera Reach = Monesi RS = 10 Sez.13



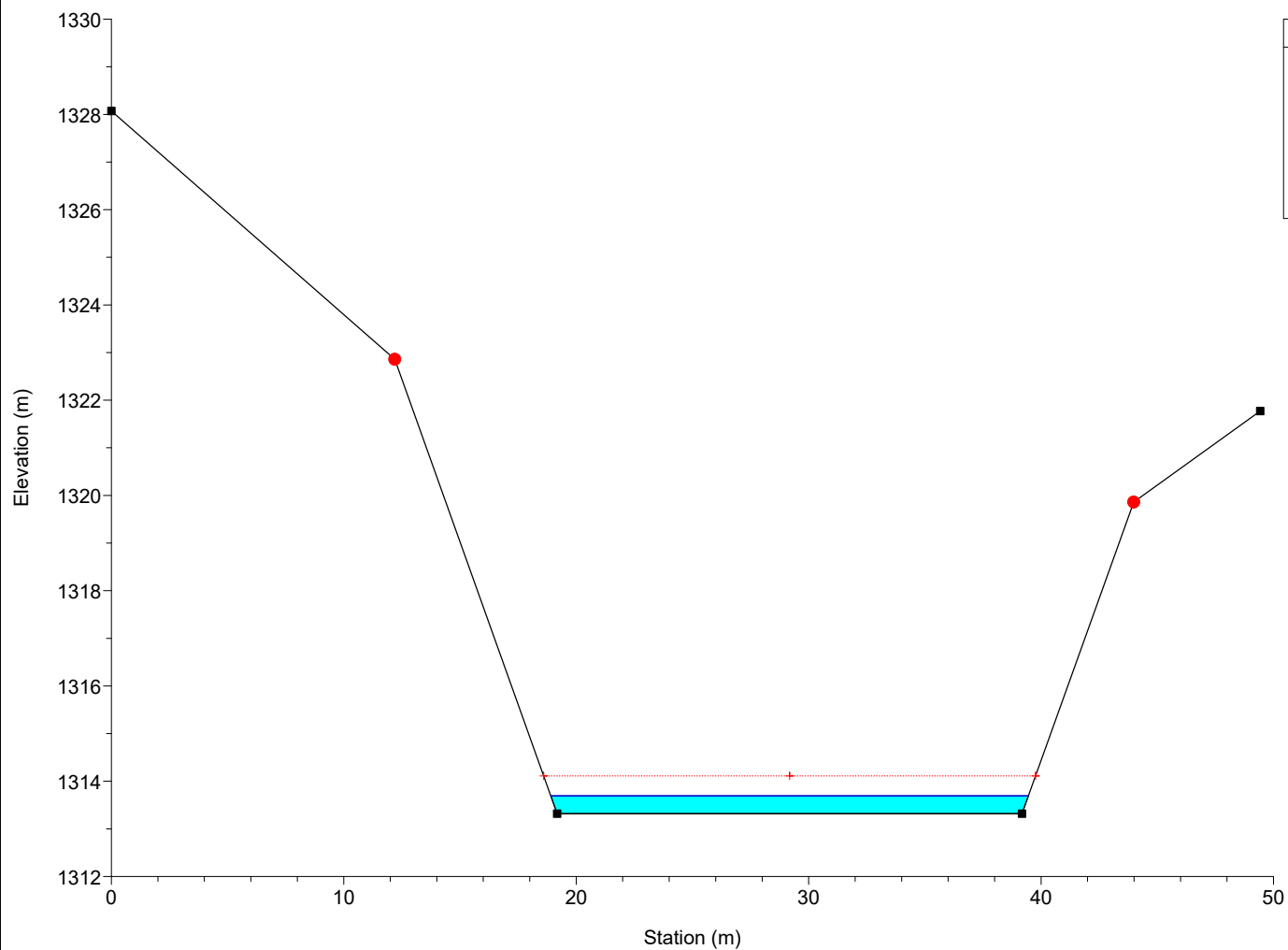
River = Bavera Reach = Monesi RS = 9 Sez.14



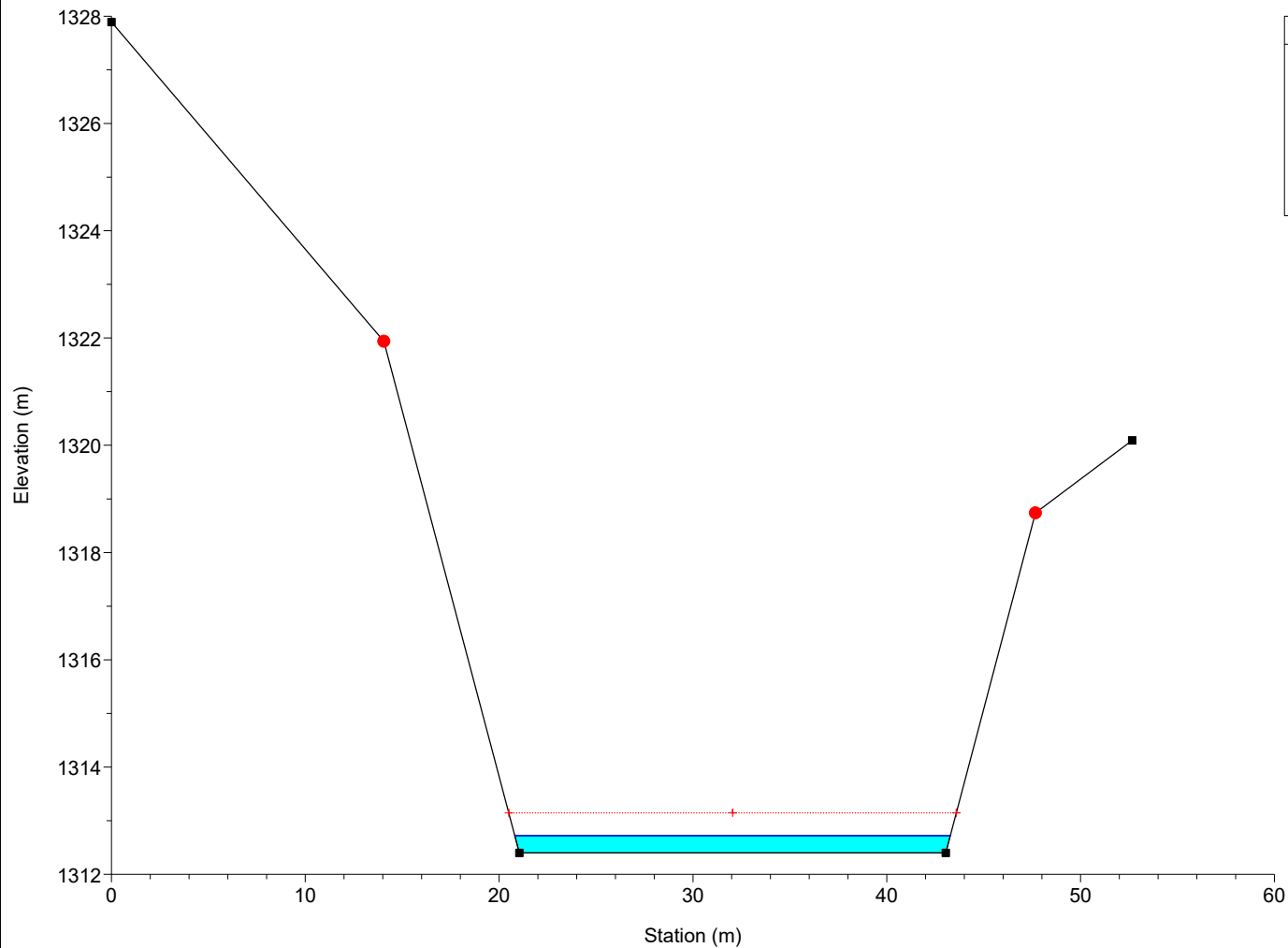
River = Bavera Reach = Monesi RS = 8 Sez.15



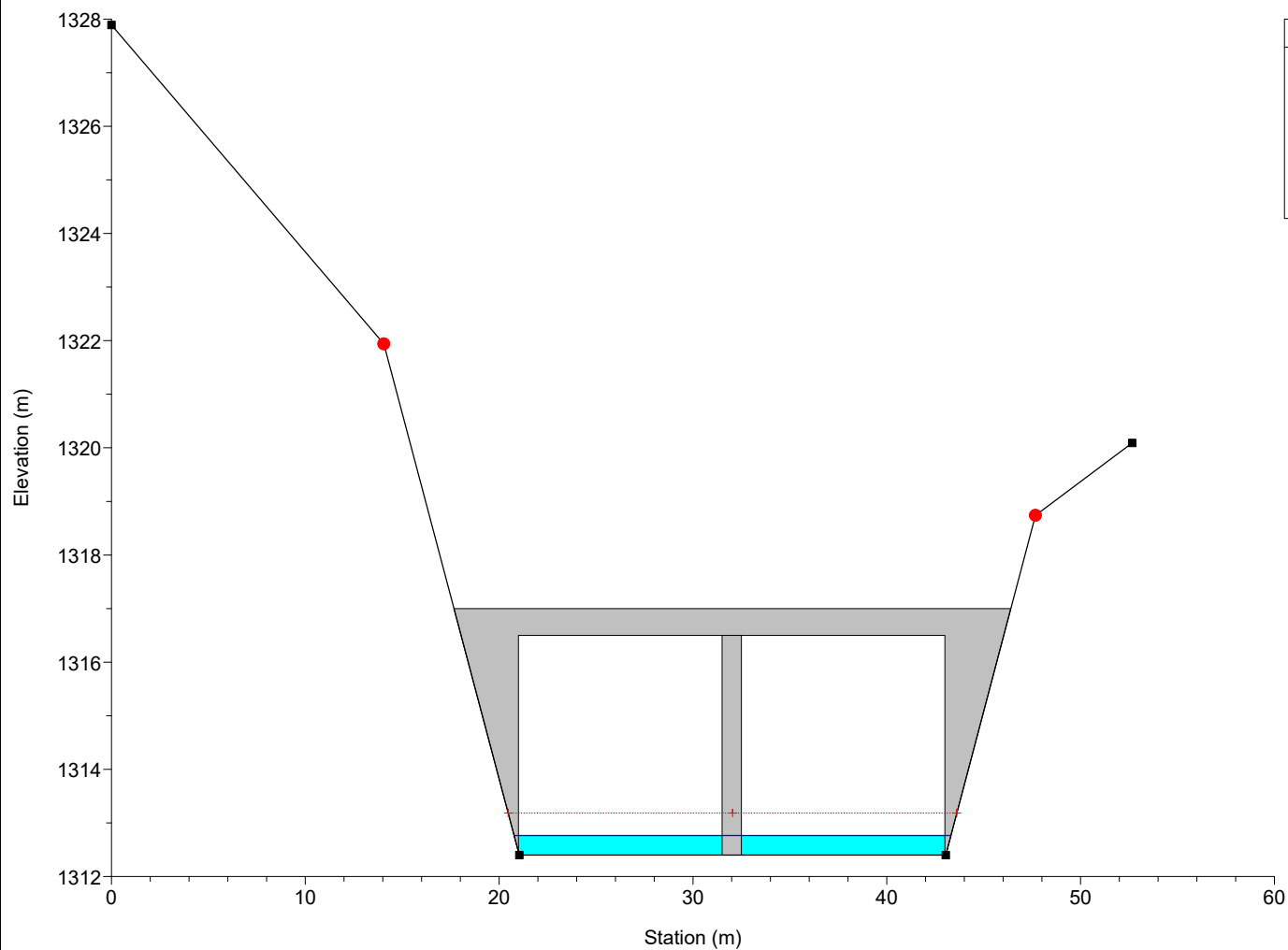
River = Bavera Reach = Monesi RS = 7 Sez.16



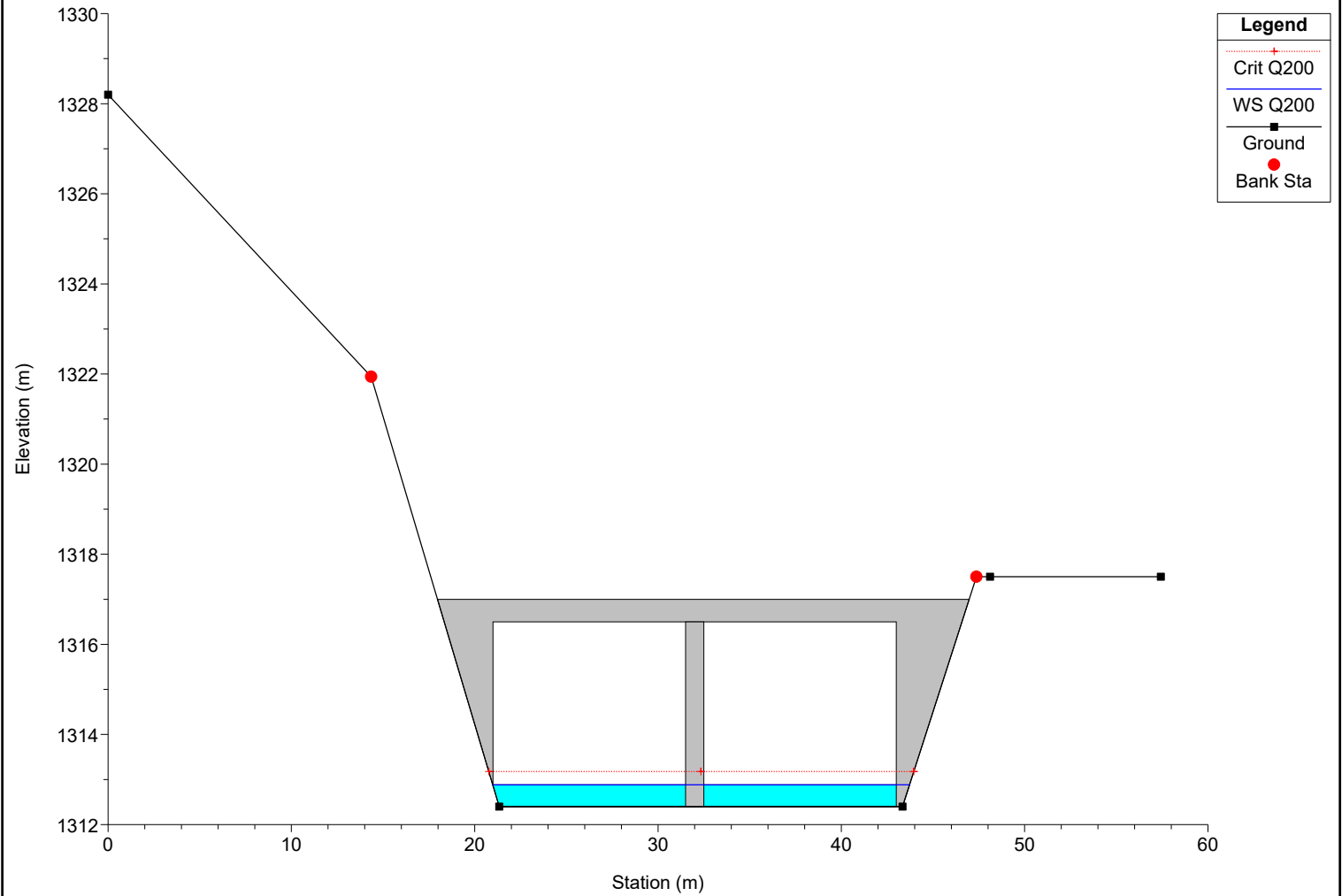
River = Bavera Reach = Monesi RS = 6 Sez.17



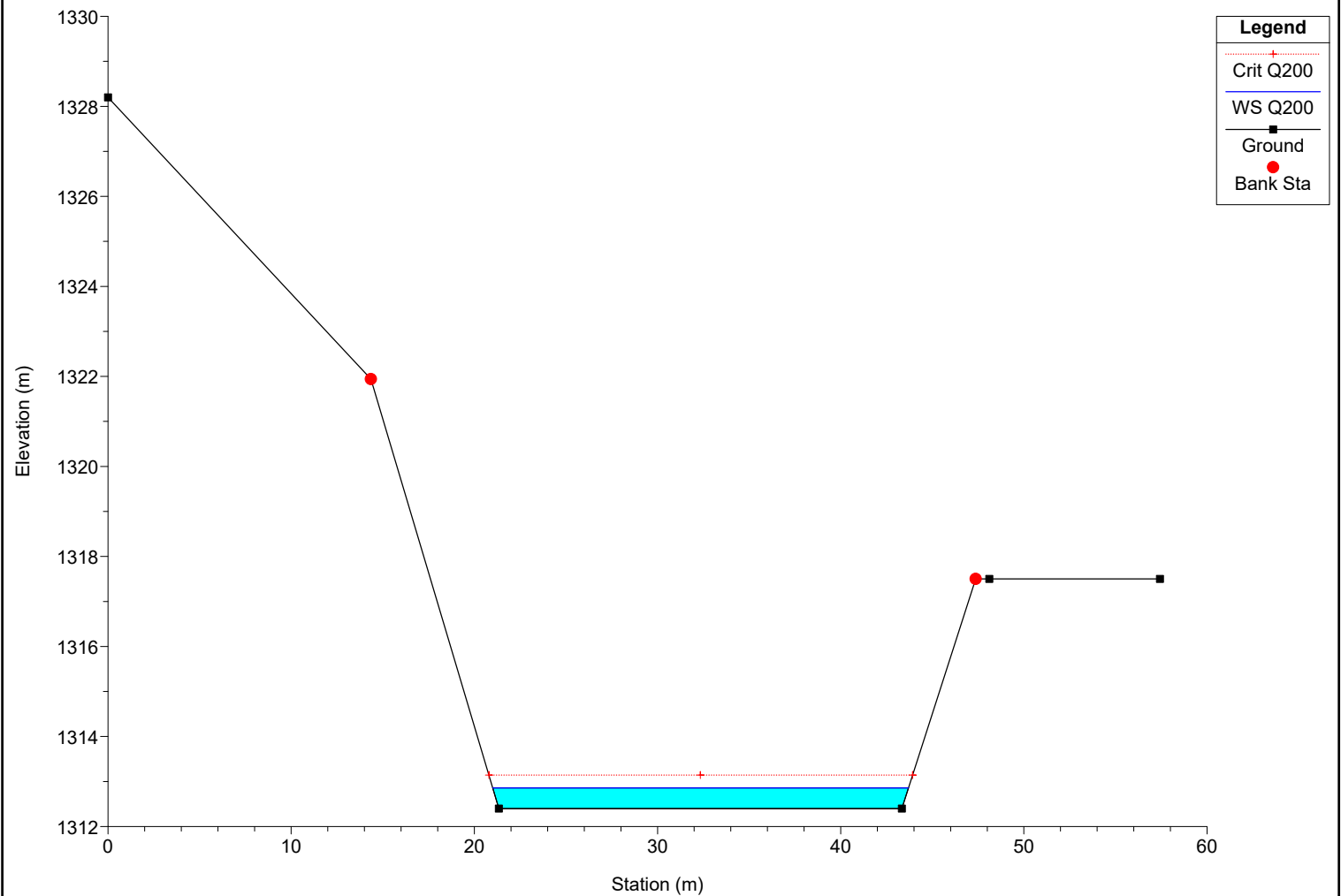
River = Bavera Reach = Monesi RS = 5.5 BR



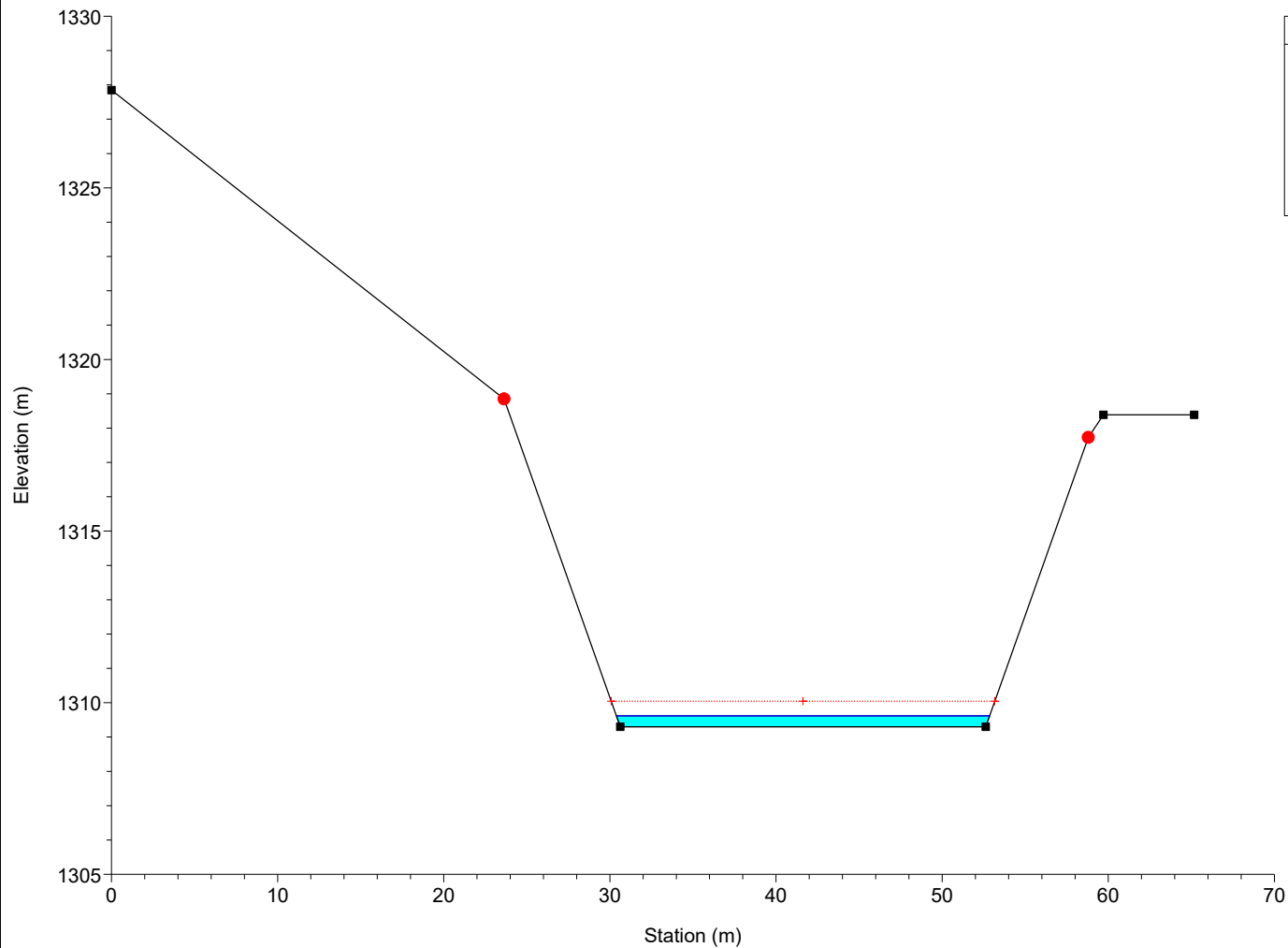
River = Bavera Reach = Monesi RS = 5.5 BR



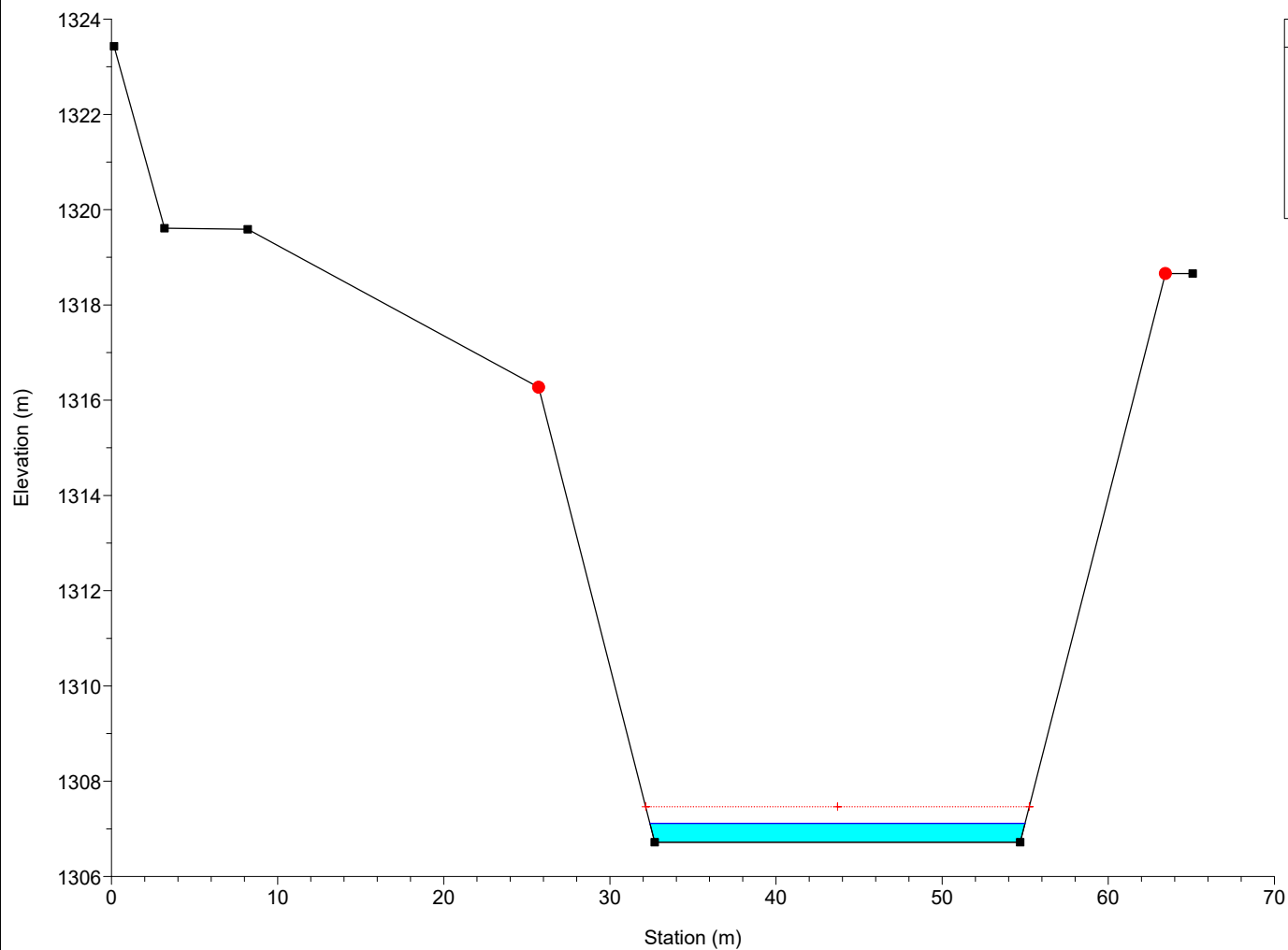
River = Bavera Reach = Monesi RS = 5 Sez. 18



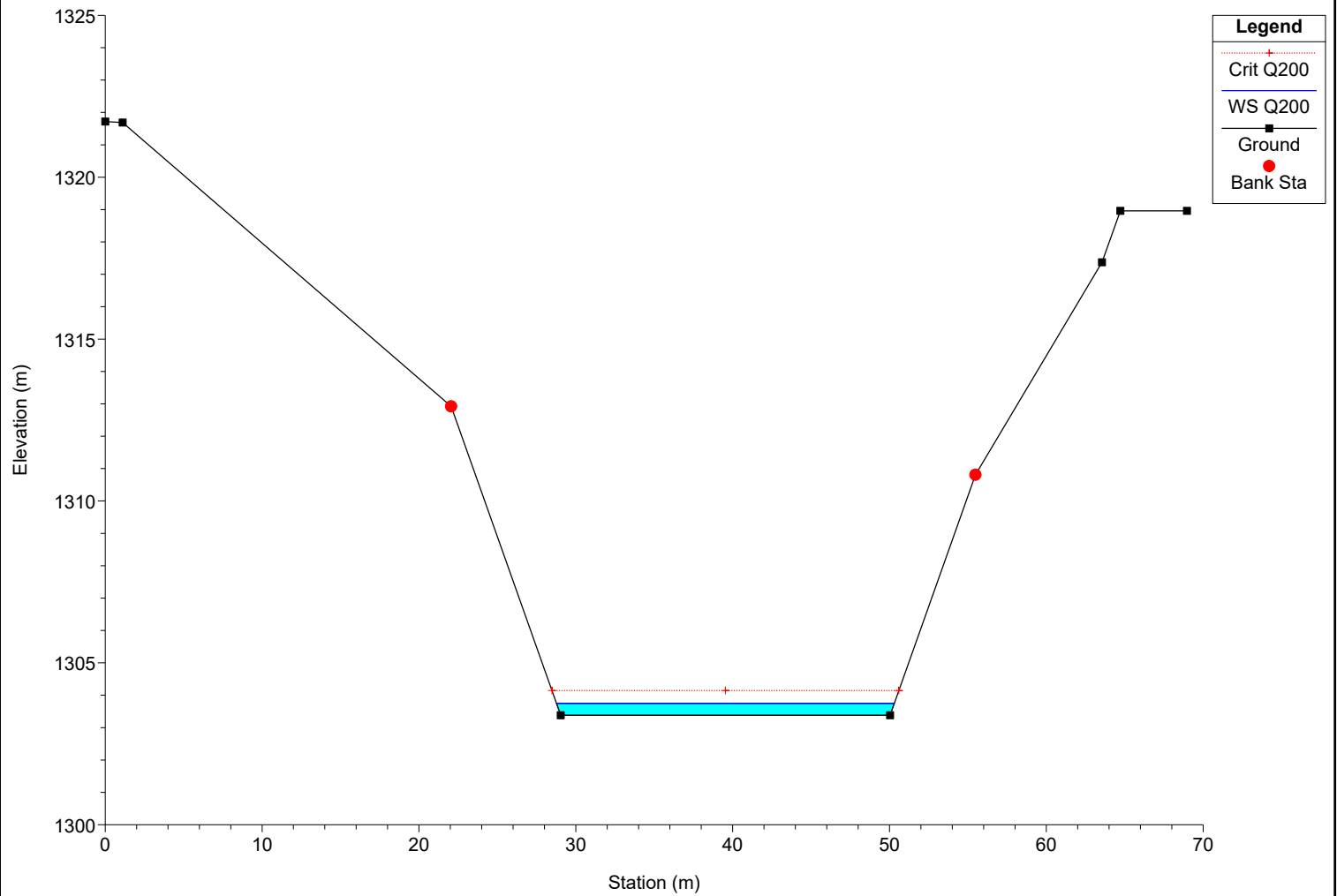
River = Bavera Reach = Monesi RS = 4 Sez.19



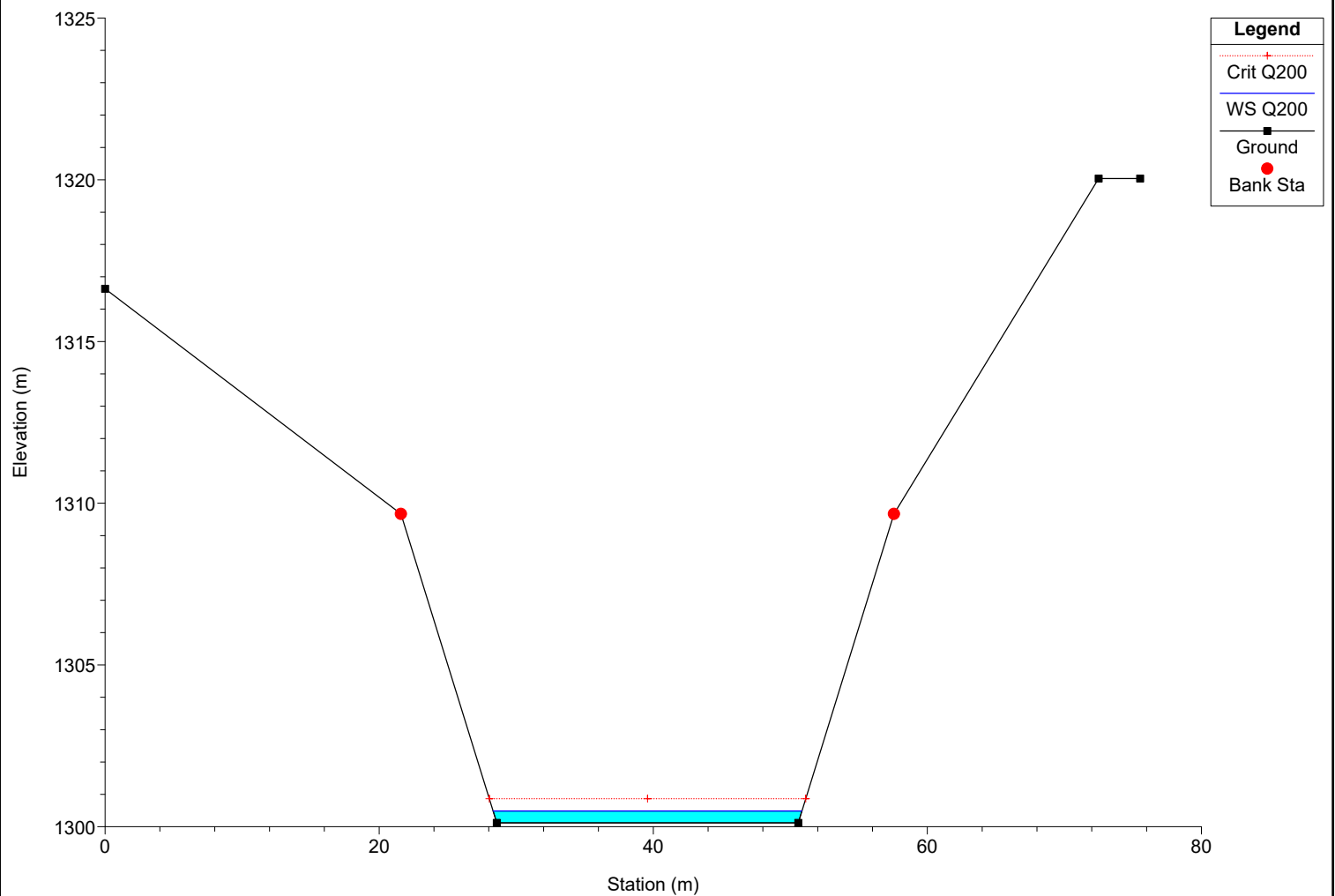
River = Bavera Reach = Monesi RS = 3 Sez.20



River = Bavera Reach = Monesi RS = 2 Sez.21

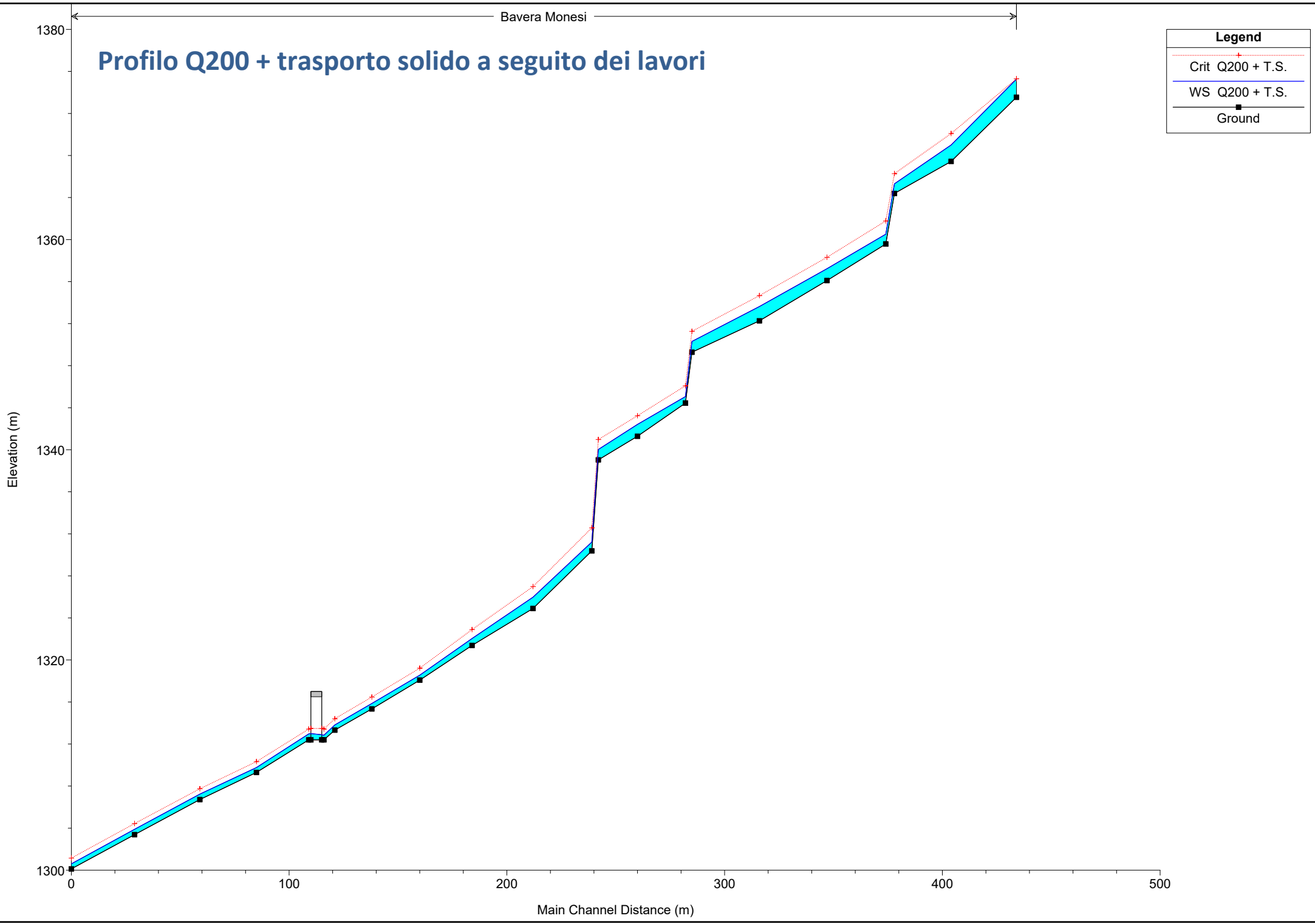


River = Bavera Reach = Monesi RS = 1 Sez.22

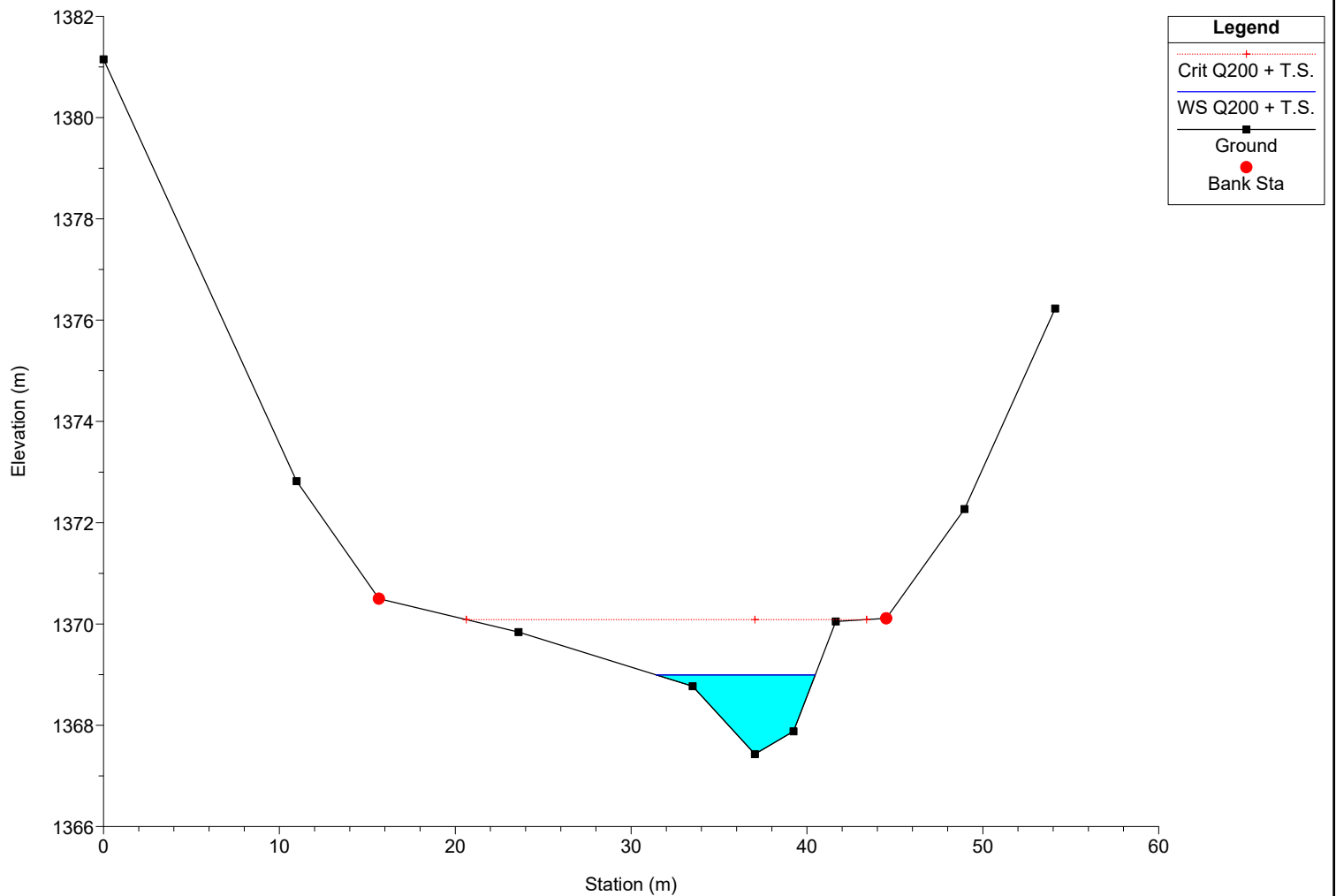
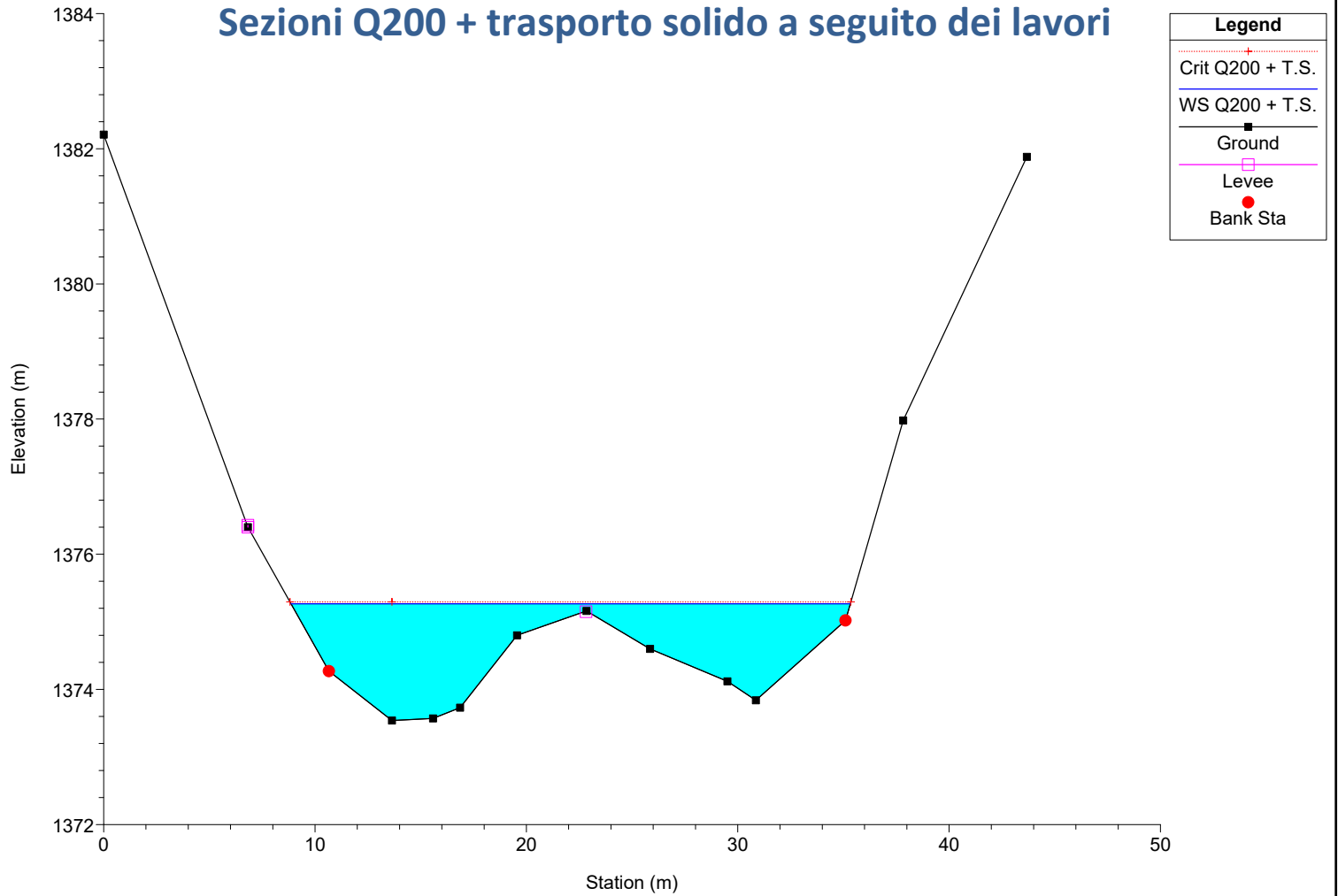


Profilo Q200 + trasporto solido a seguito dei lavori

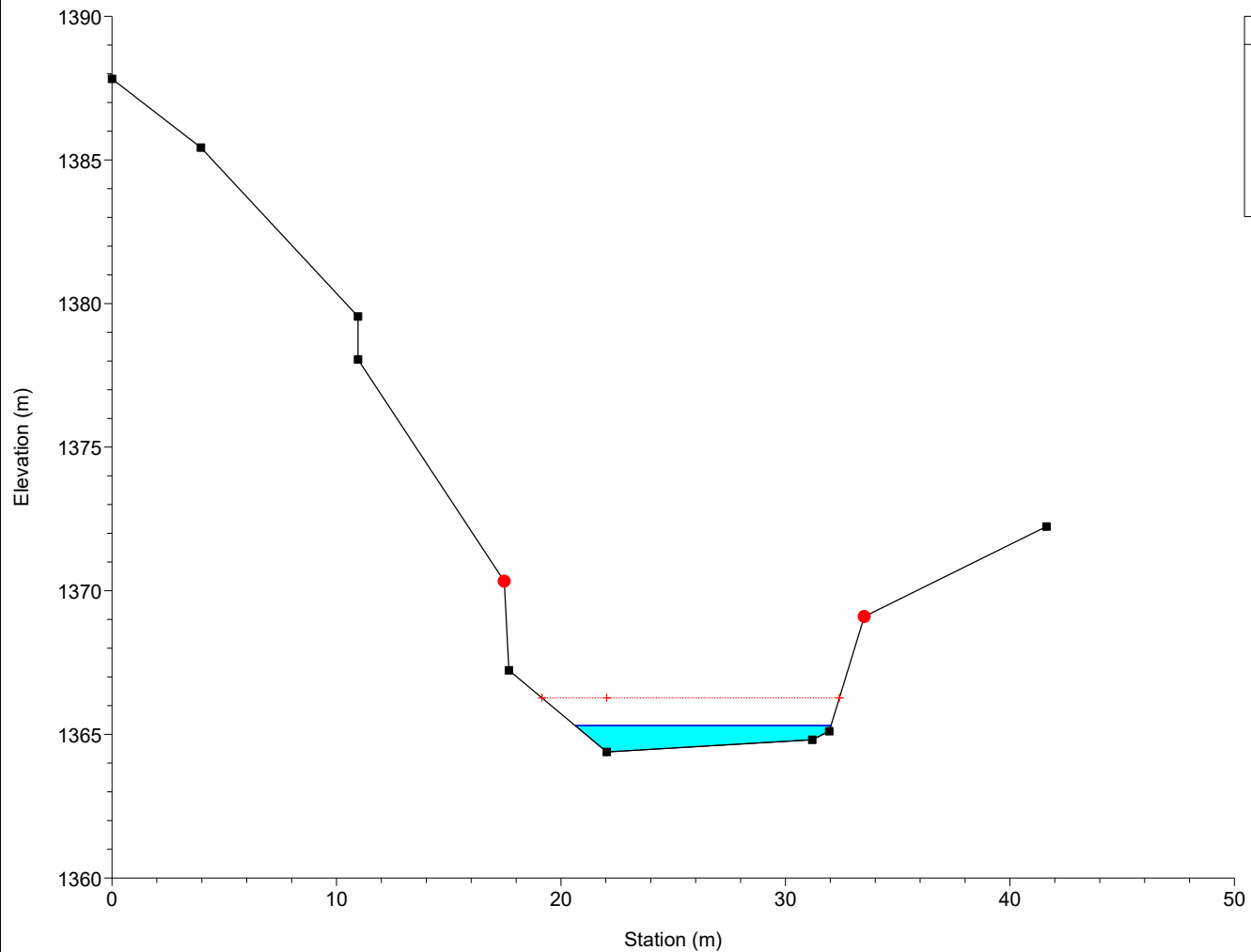
Legend	
Crit Q200 + T.S.	+
WS Q200 + T.S.	—
Ground	■



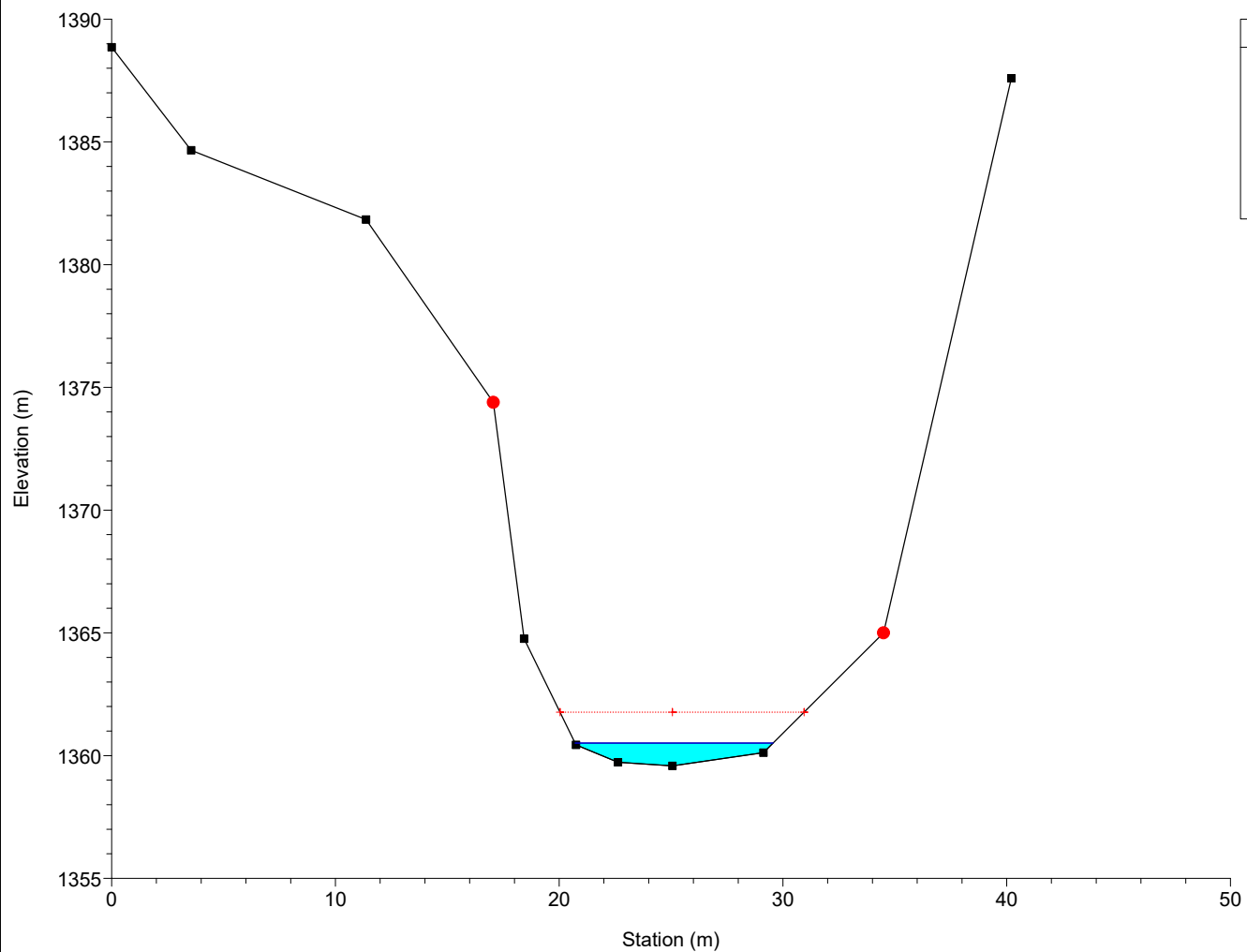
Sezioni Q200 + trasporto solido a seguito dei lavori



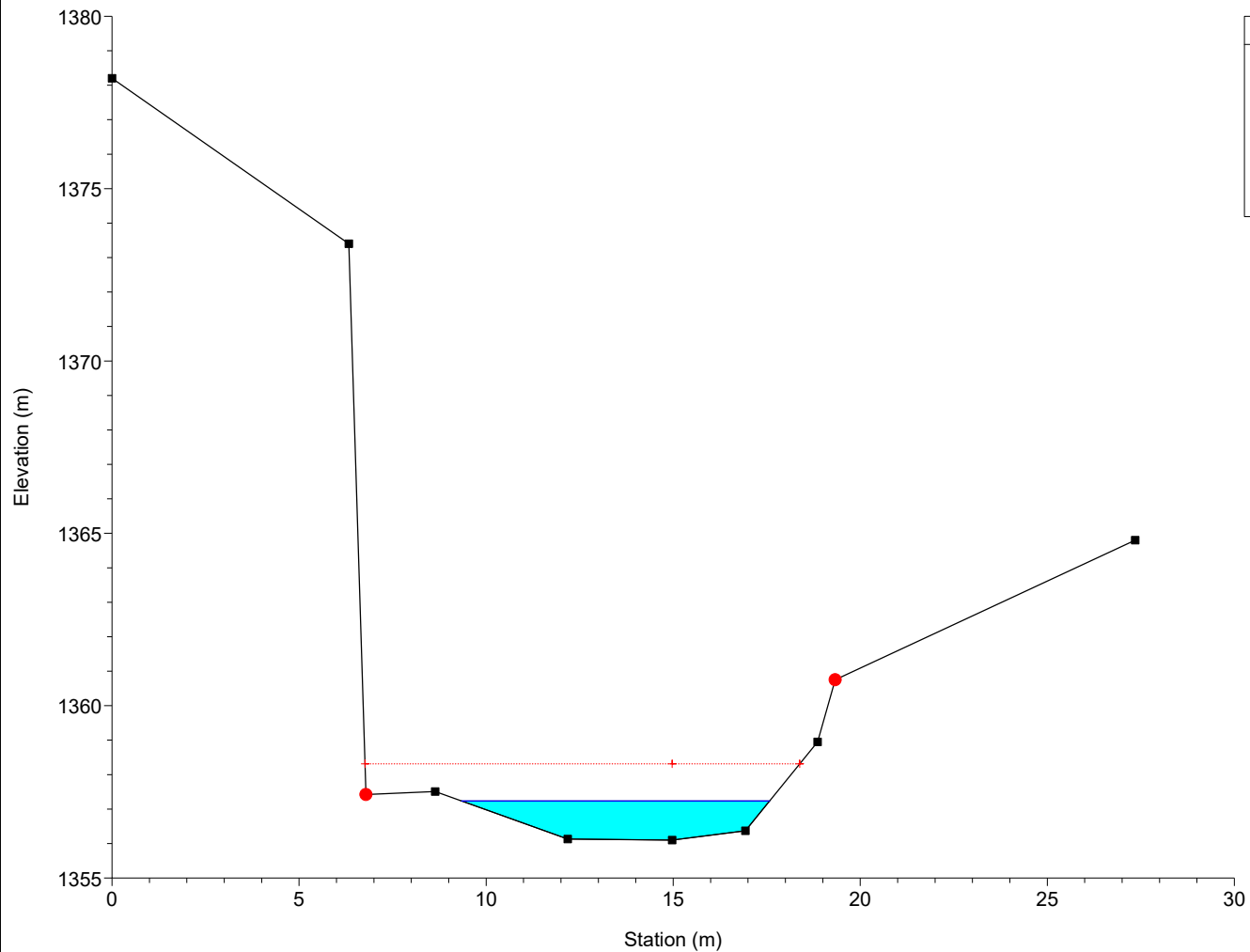
River = Bavera Reach = Monesi RS = 20 Sez.3



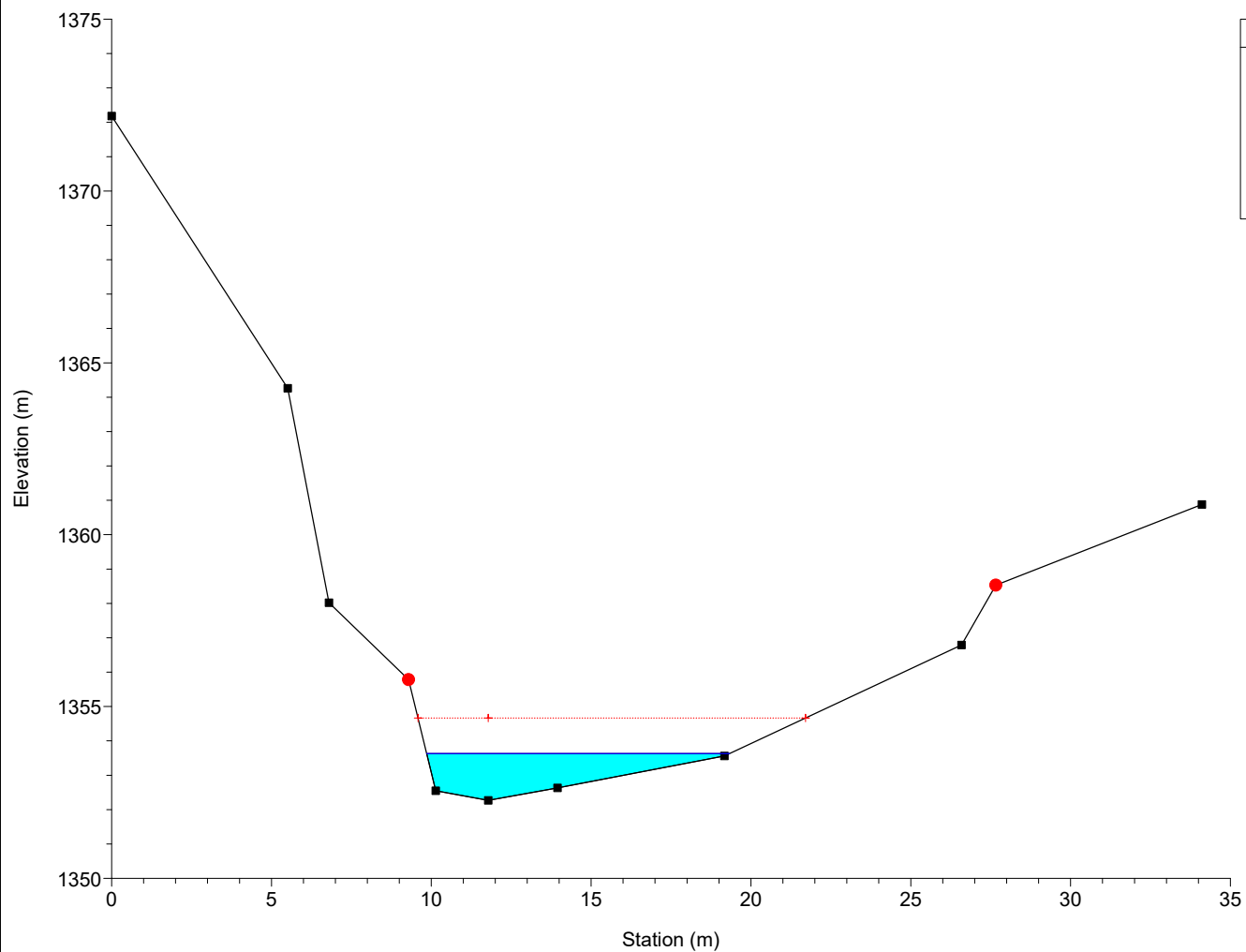
River = Bavera Reach = Monesi RS = 19 Sez.4



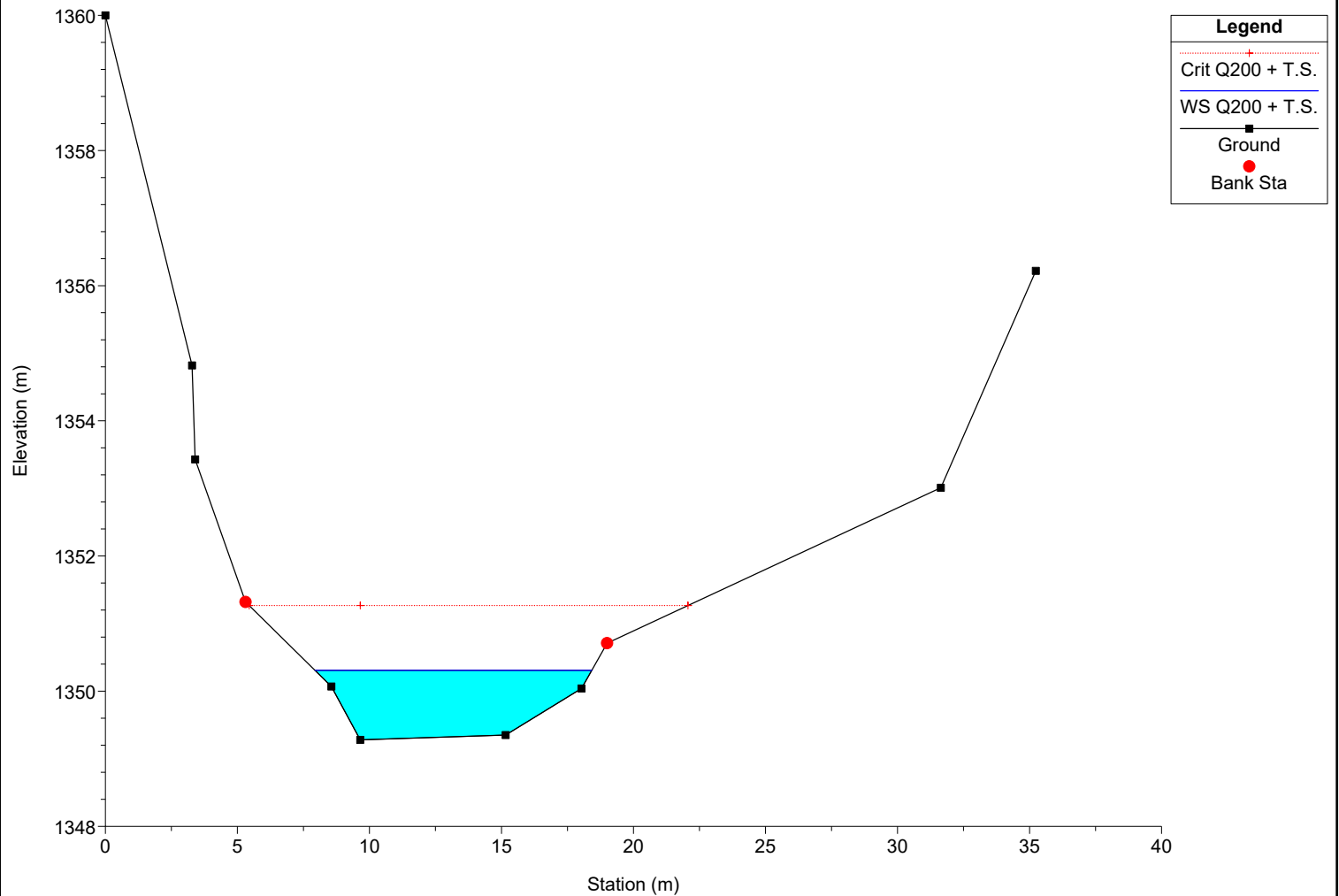
River = Bavera Reach = Monesi RS = 18 Sez.5



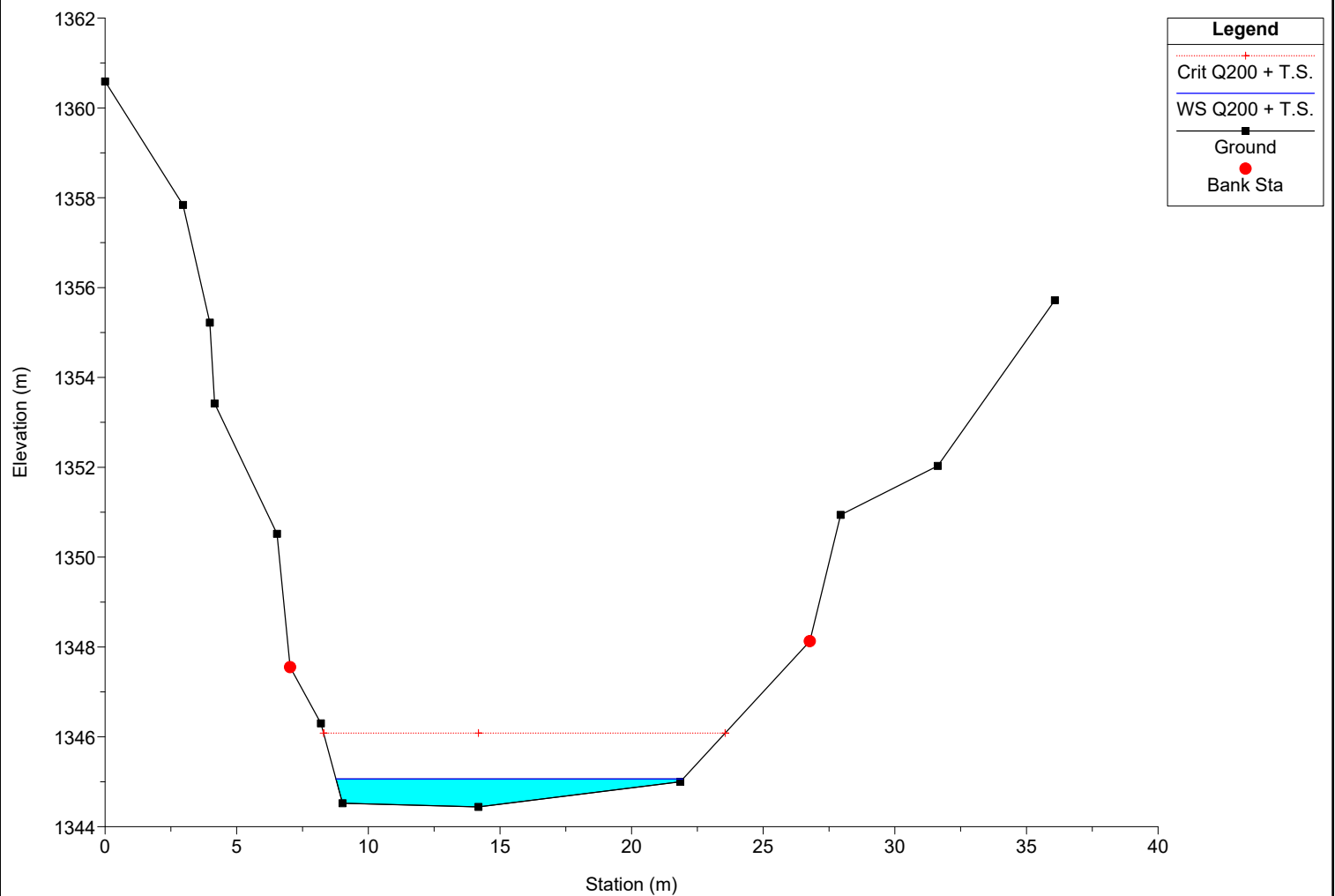
River = Bavera Reach = Monesi RS = 17 Sez.6



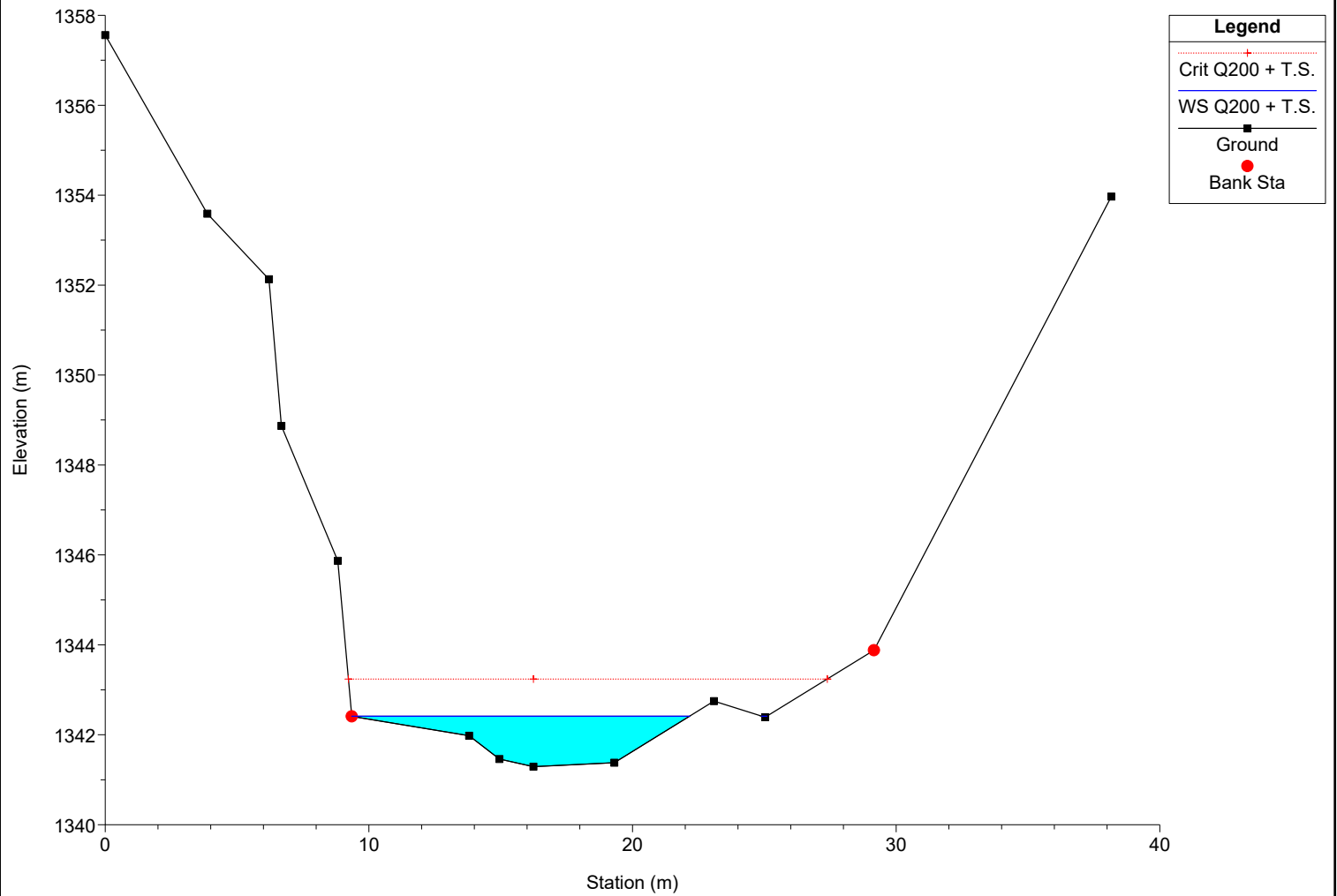
River = Bavera Reach = Monesi RS = 16 Sez.7



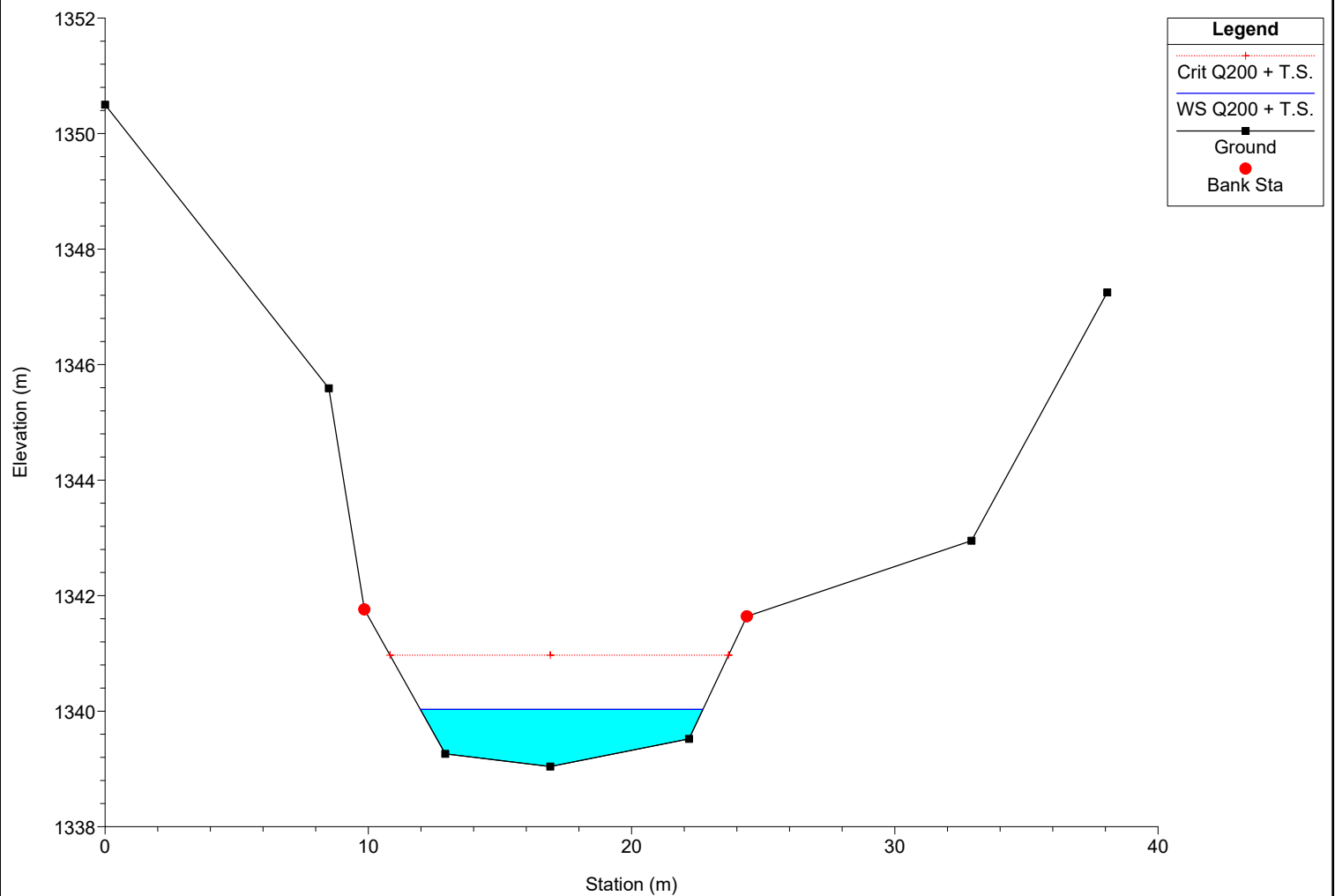
River = Bavera Reach = Monesi RS = 15 Sez.8



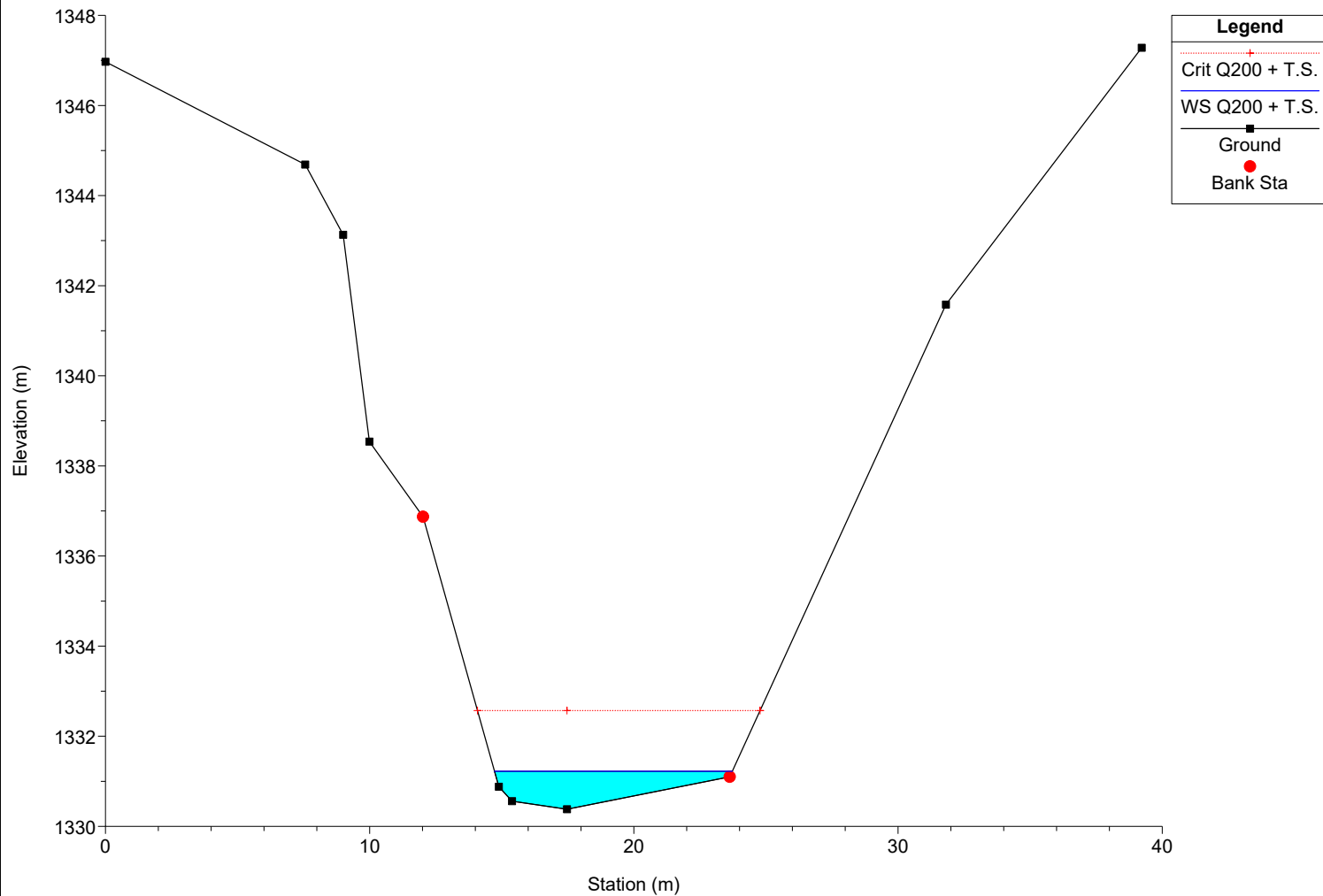
River = Bavera Reach = Monesi RS = 14 Sez.9



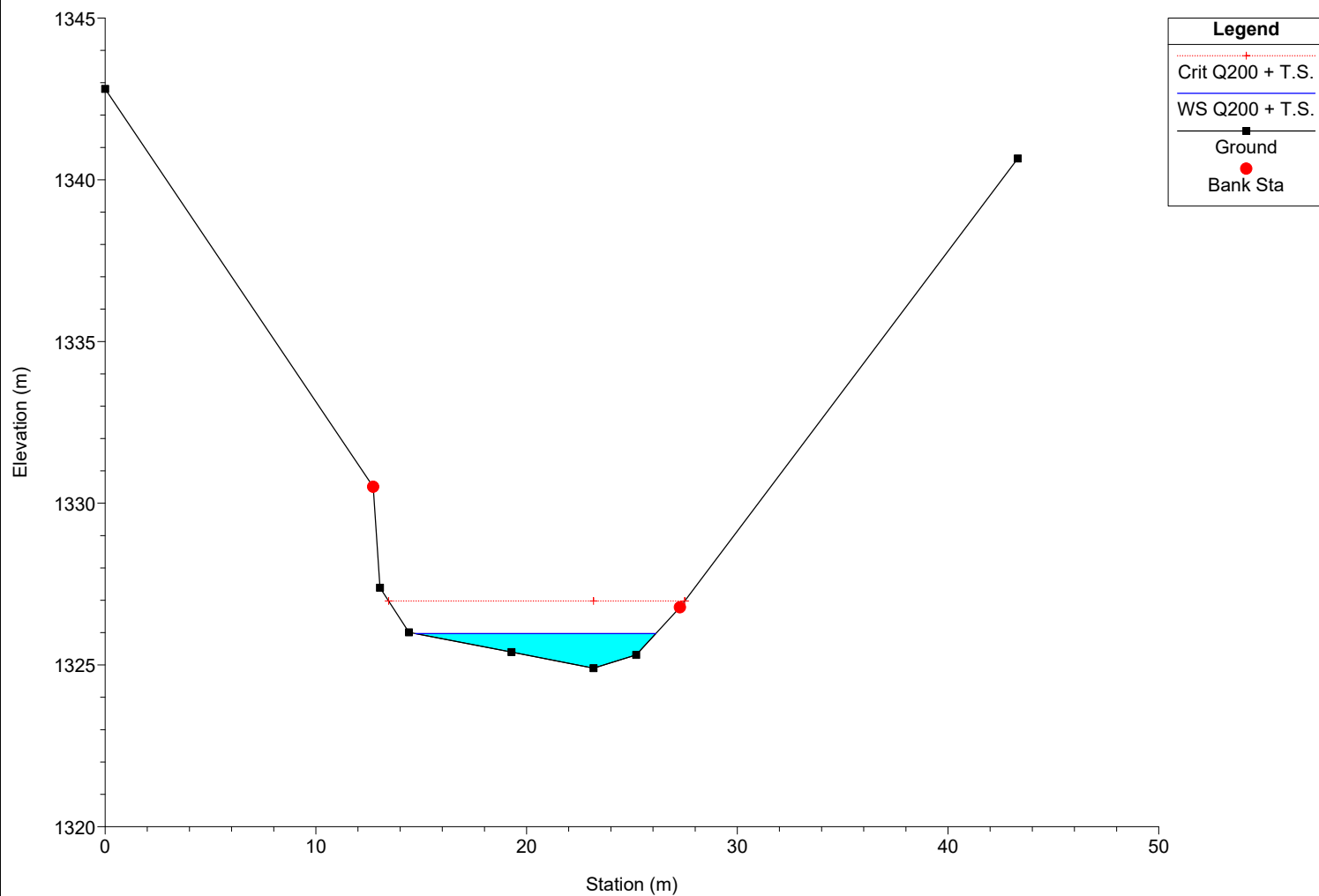
River = Bavera Reach = Monesi RS = 13 Sez.10



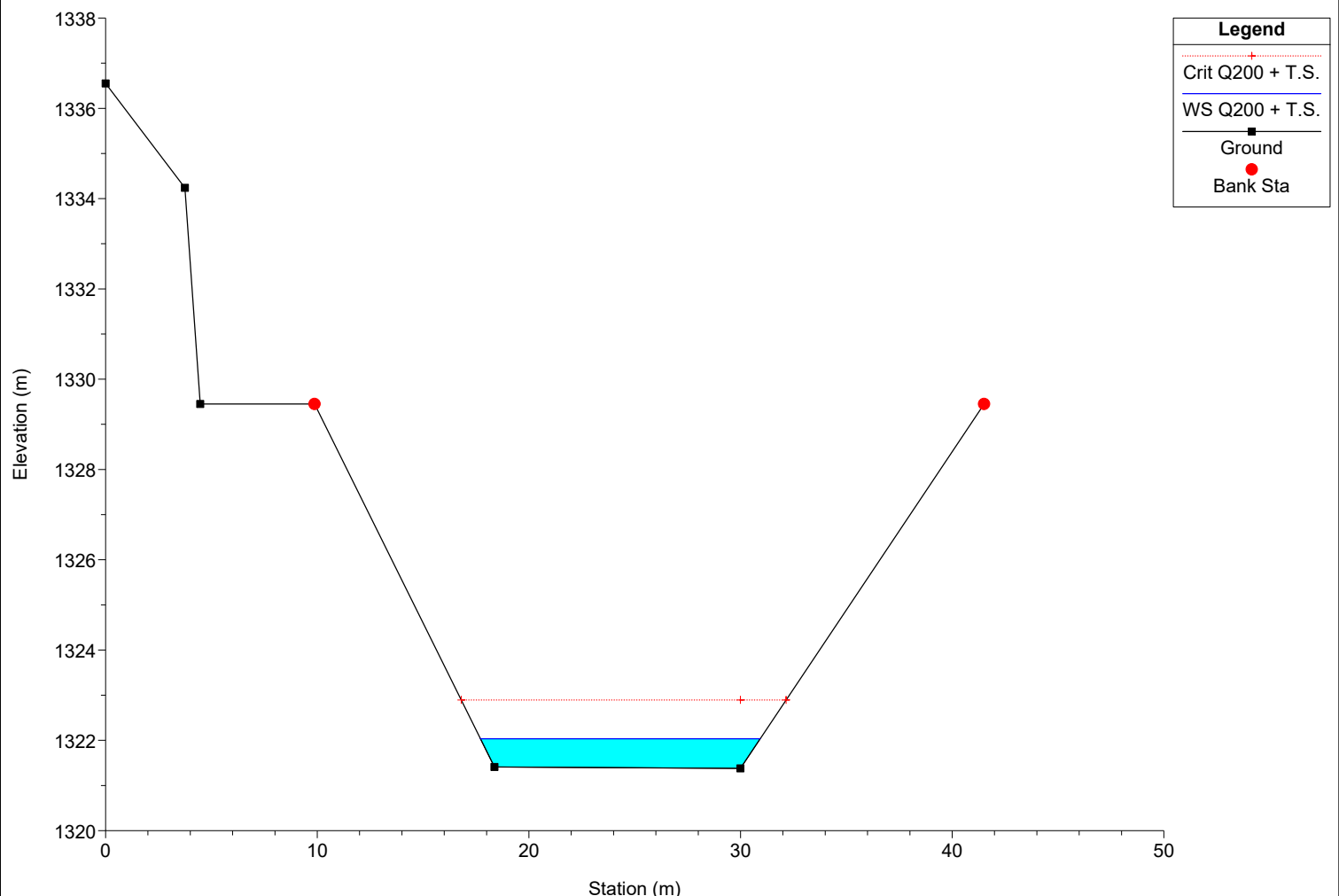
River = Bavera Reach = Monesi RS = 12 Sez.11



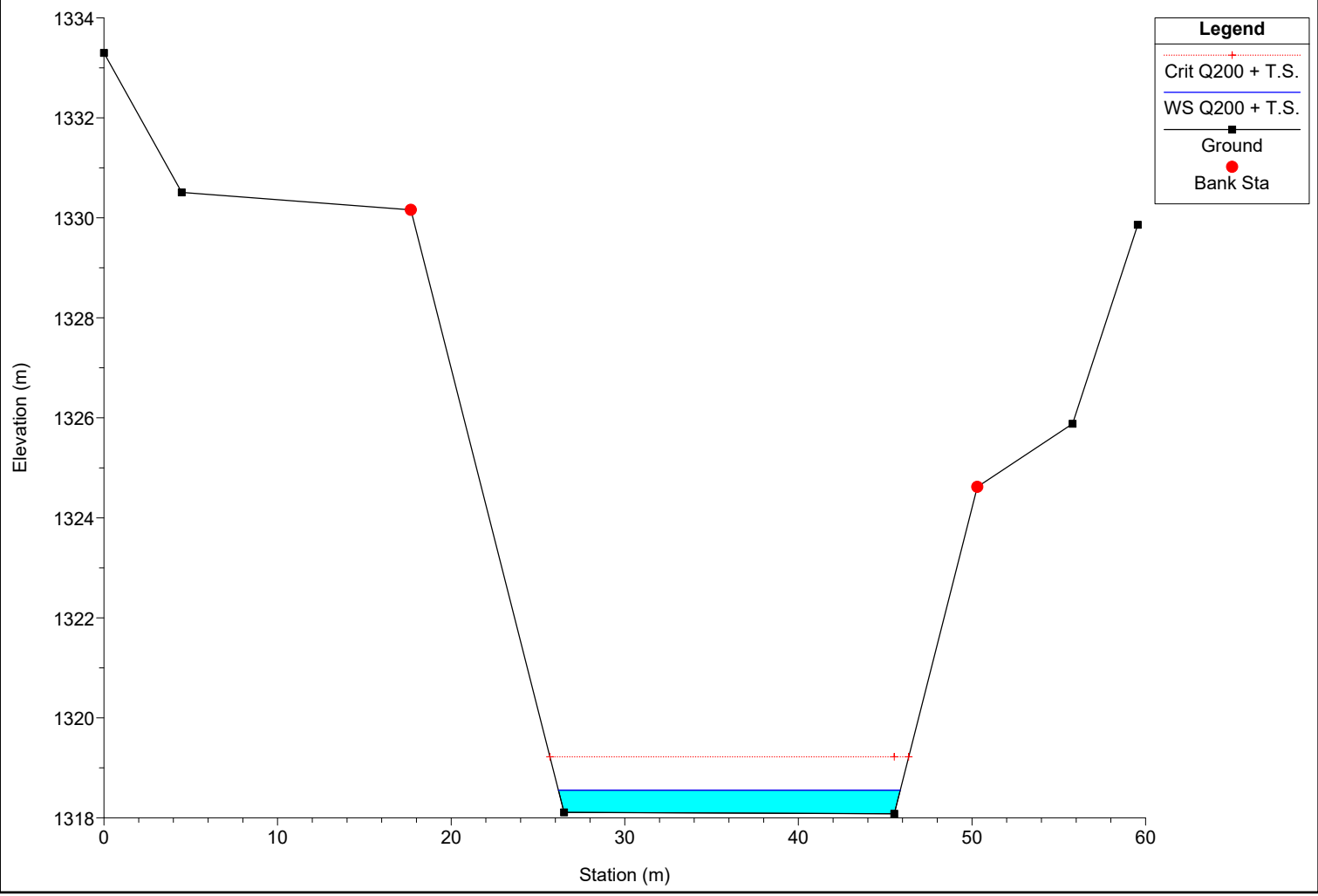
River = Bavera Reach = Monesi RS = 11 Sez.12



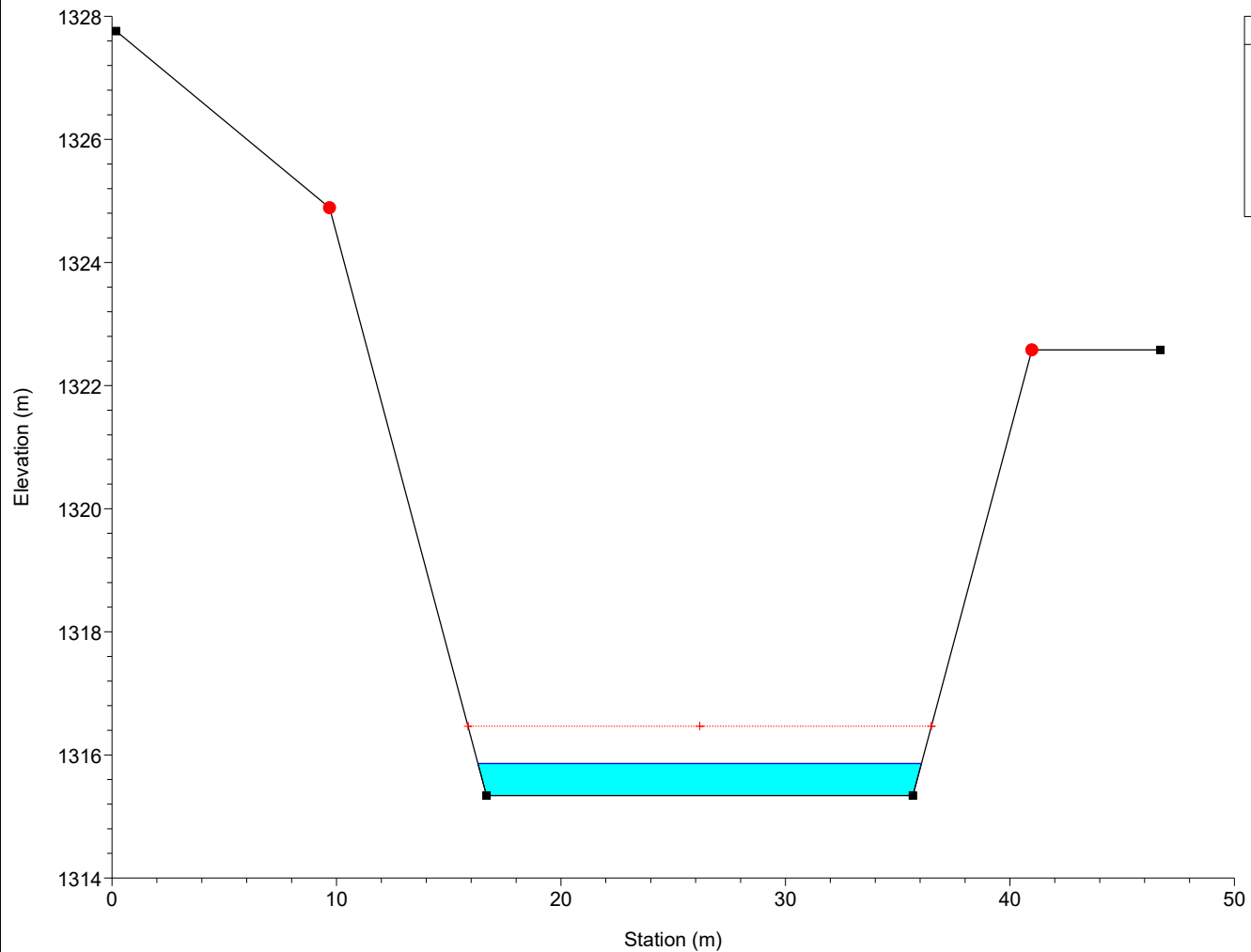
River = Bavera Reach = Monesi RS = 10 Sez.13



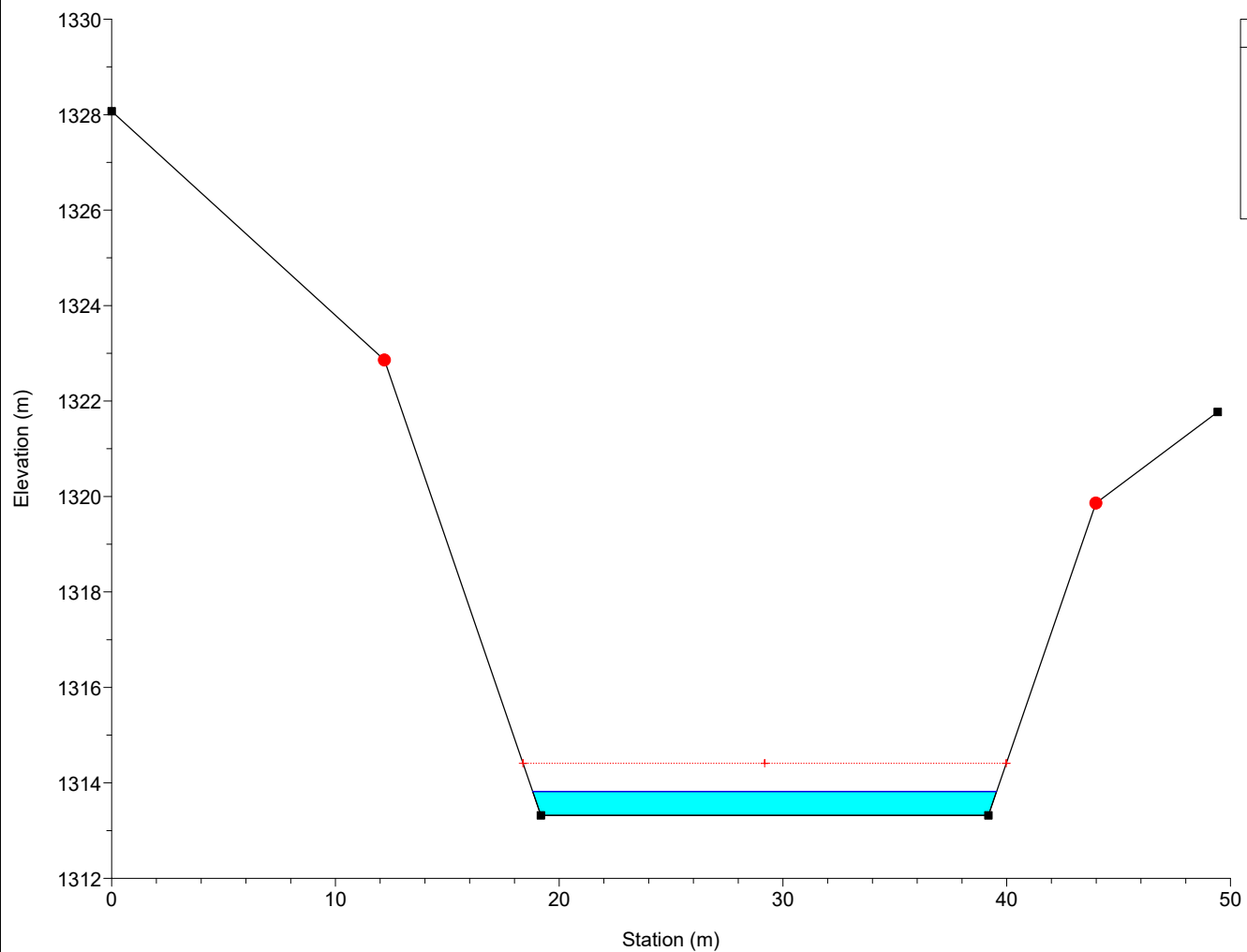
River = Bavera Reach = Monesi RS = 9 Sez.14



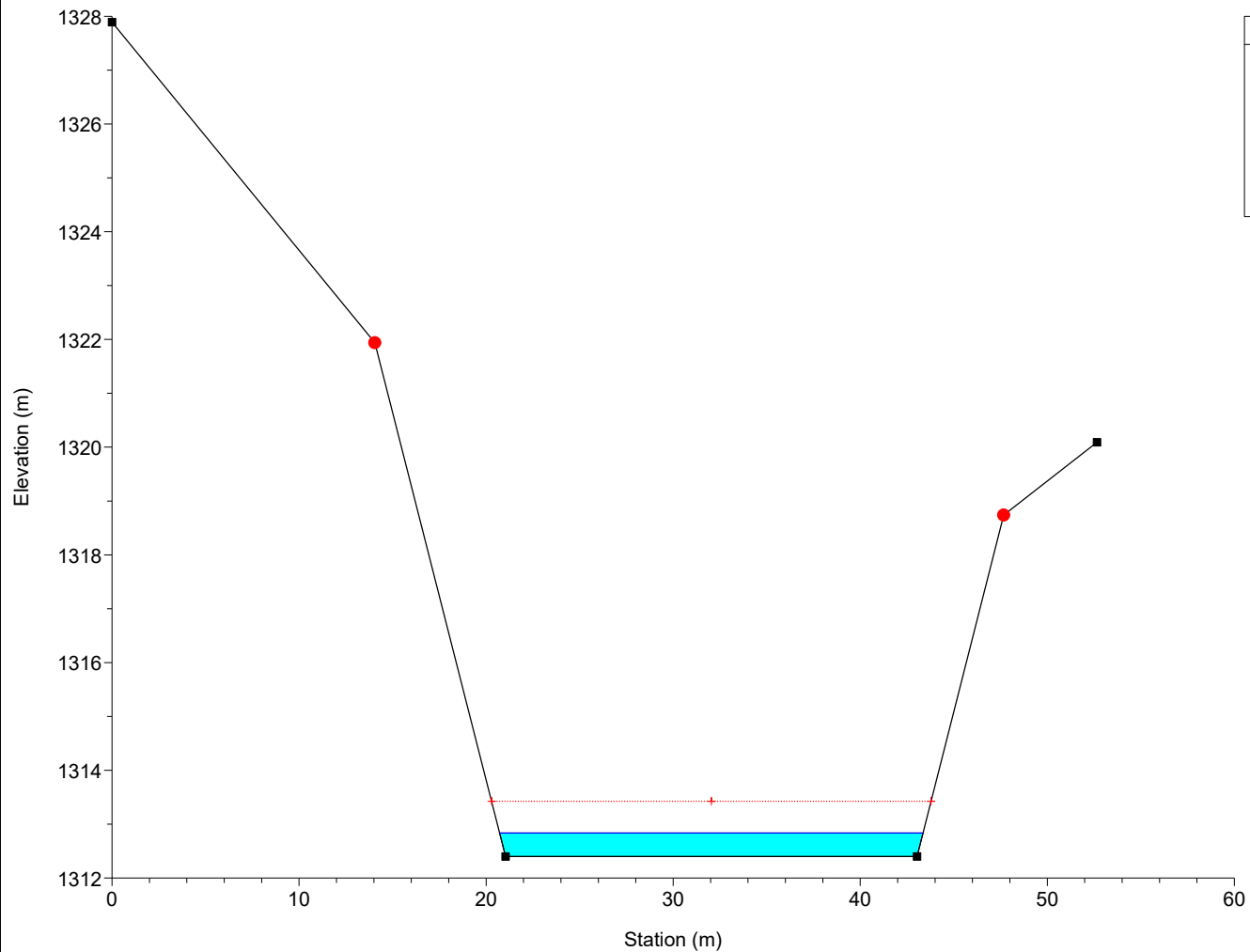
River = Bavera Reach = Monesi RS = 8 Sez.15



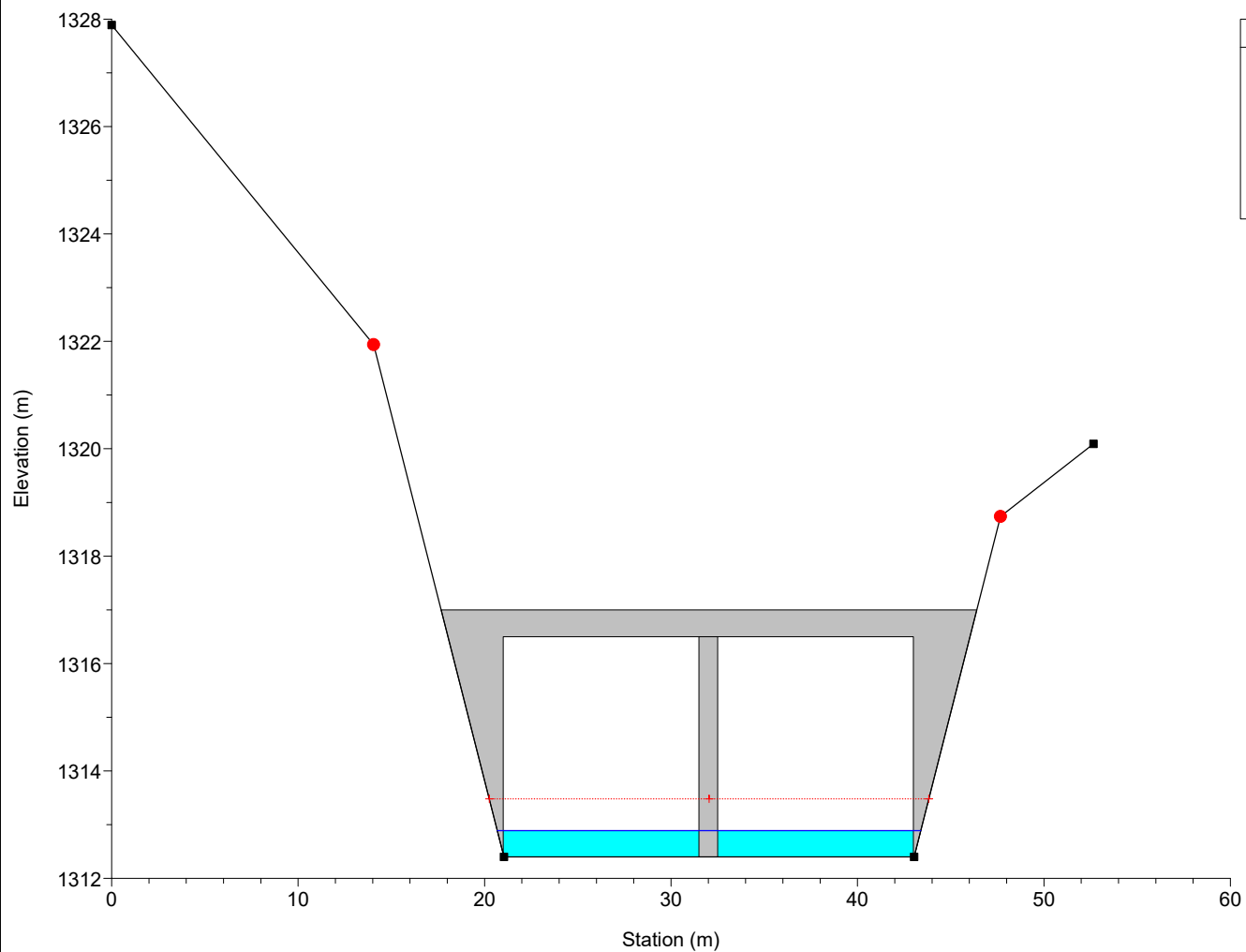
River = Bavera Reach = Monesi RS = 7 Sez.16



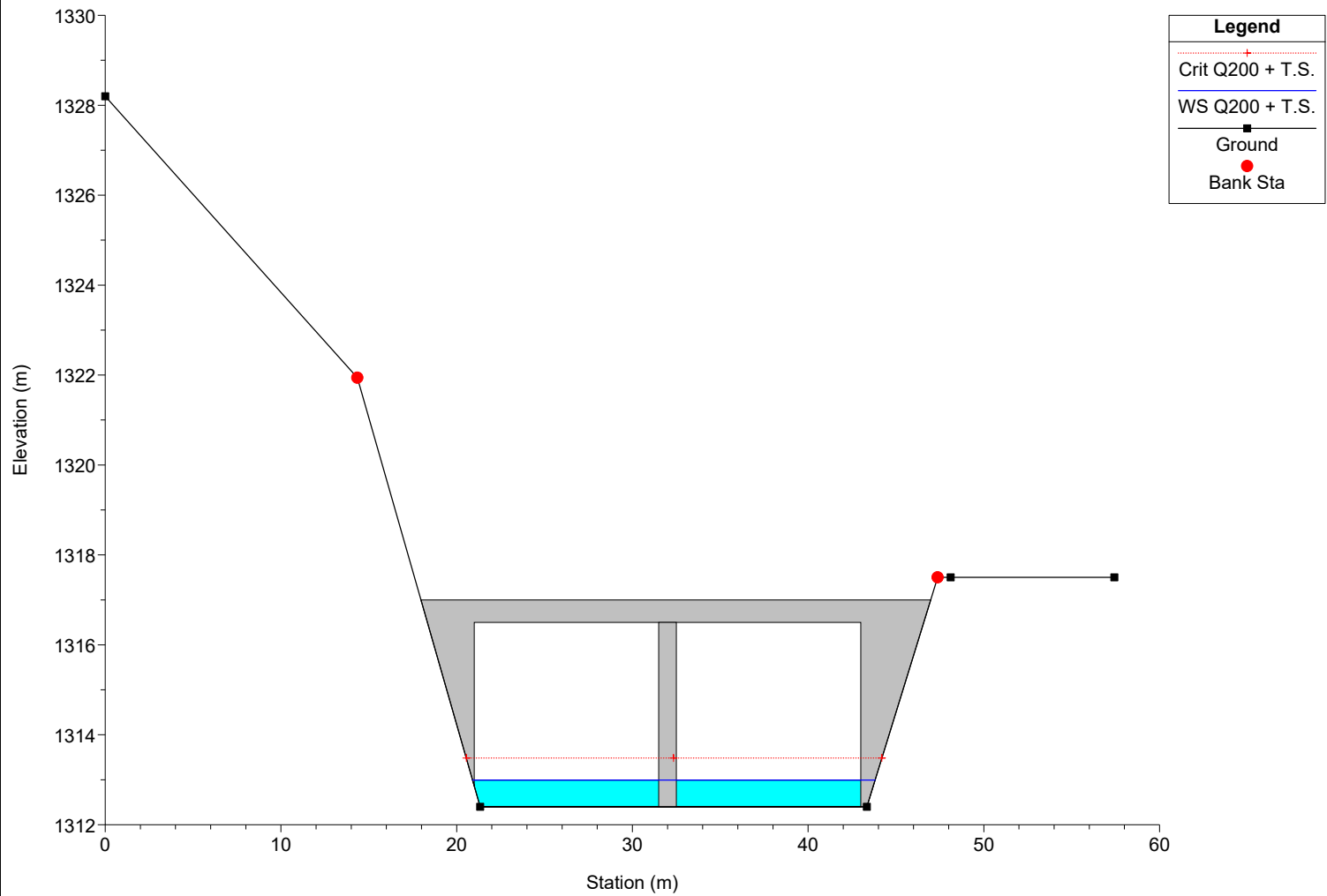
River = Bavera Reach = Monesi RS = 6 Sez.17



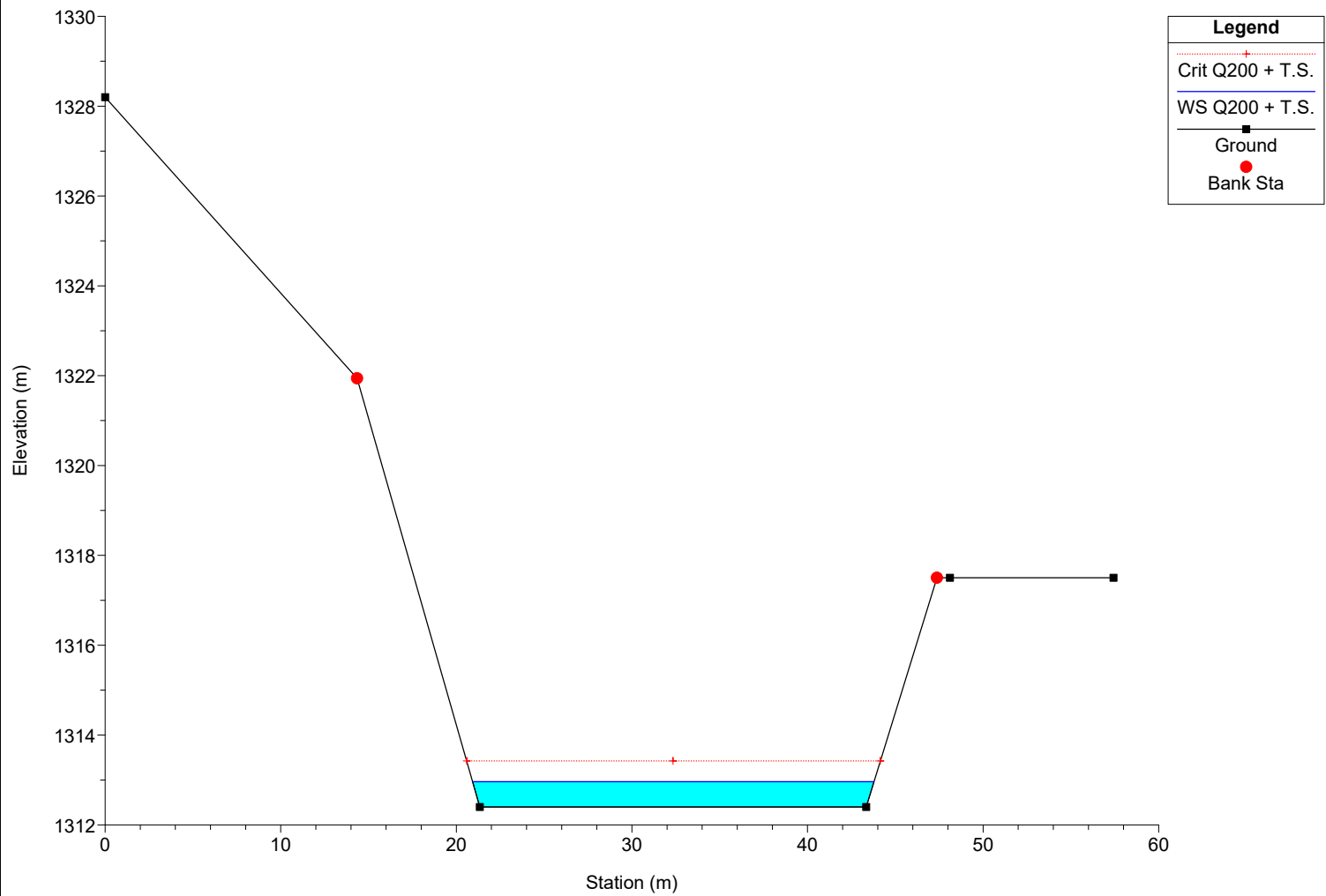
River = Bavera Reach = Monesi RS = 5.5 BR



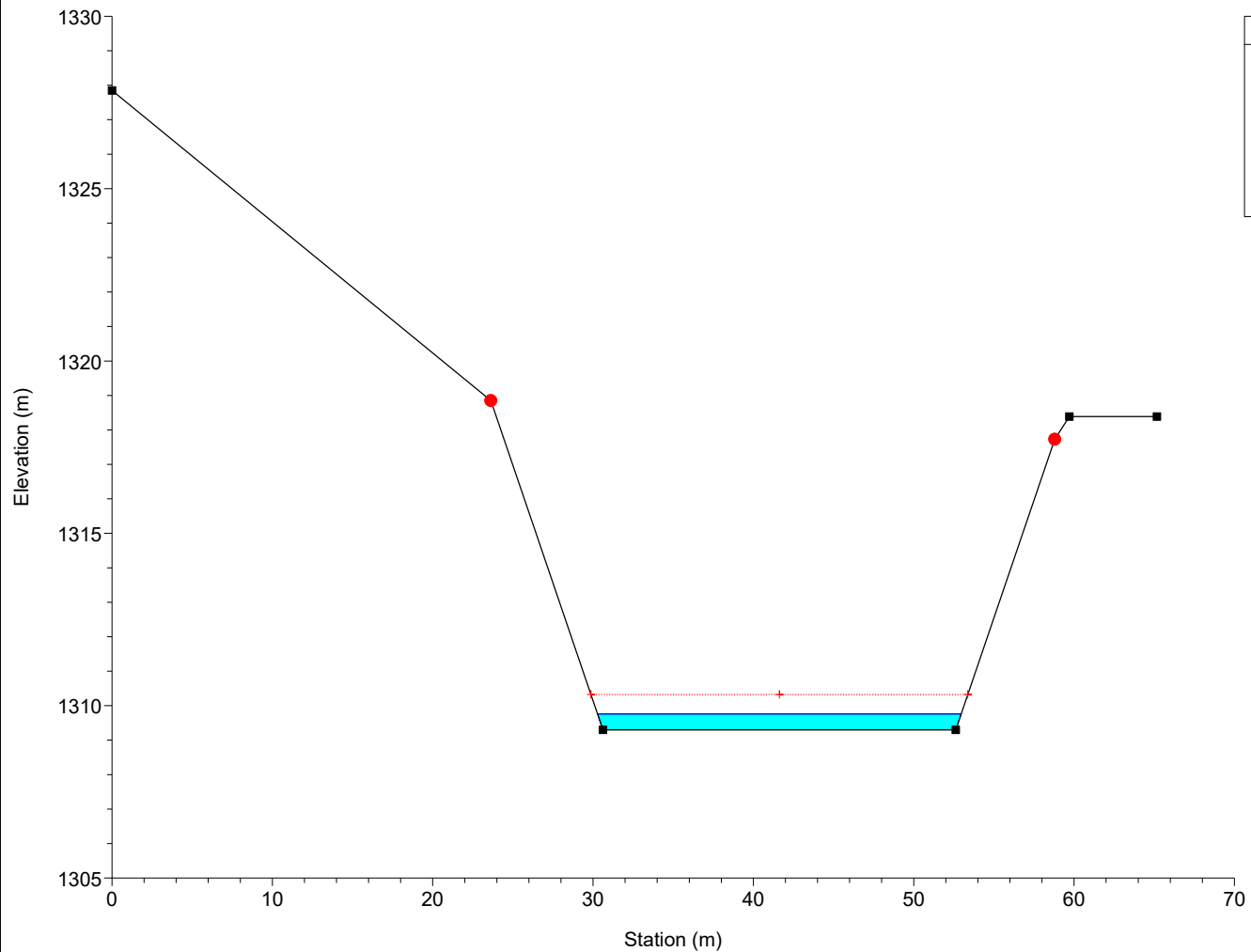
River = Bavera Reach = Monesi RS = 5.5 BR



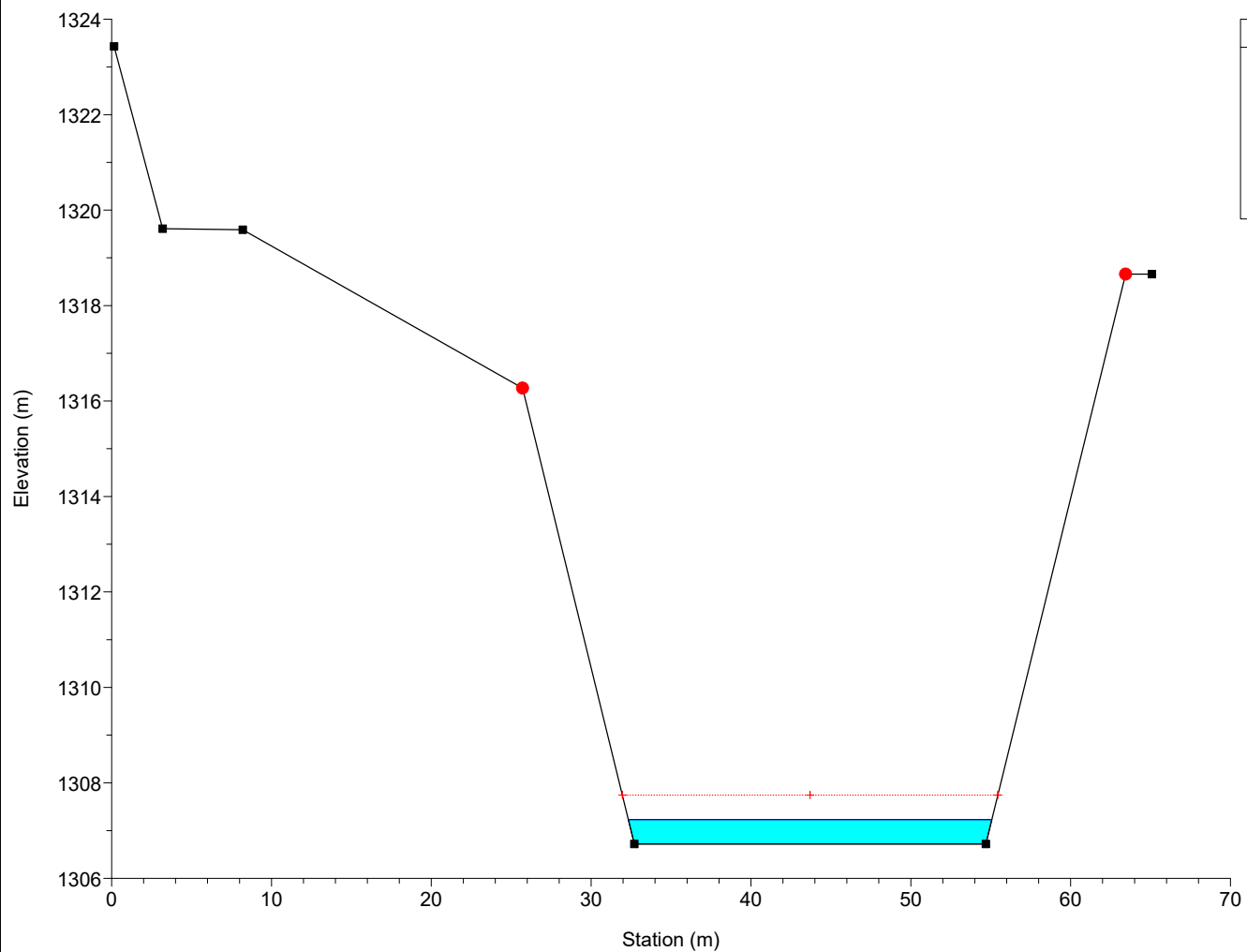
River = Bavera Reach = Monesi RS = 5 Sez. 18



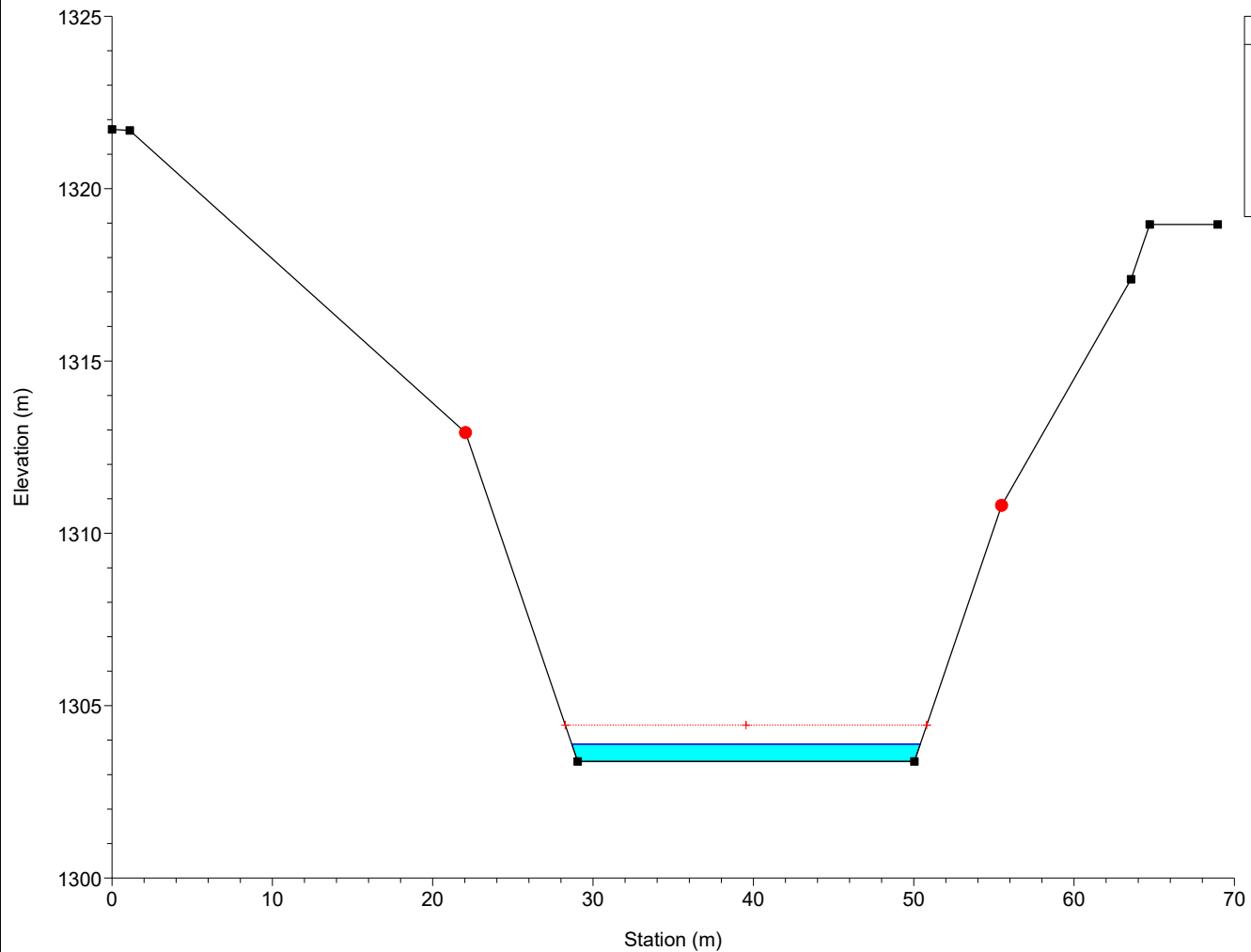
River = Bavera Reach = Monesi RS = 4 Sez.19



River = Bavera Reach = Monesi RS = 3 Sez.20



River = Bavera Reach = Monesi RS = 2 Sez.21



River = Bavera Reach = Monesi RS = 1 Sez.22

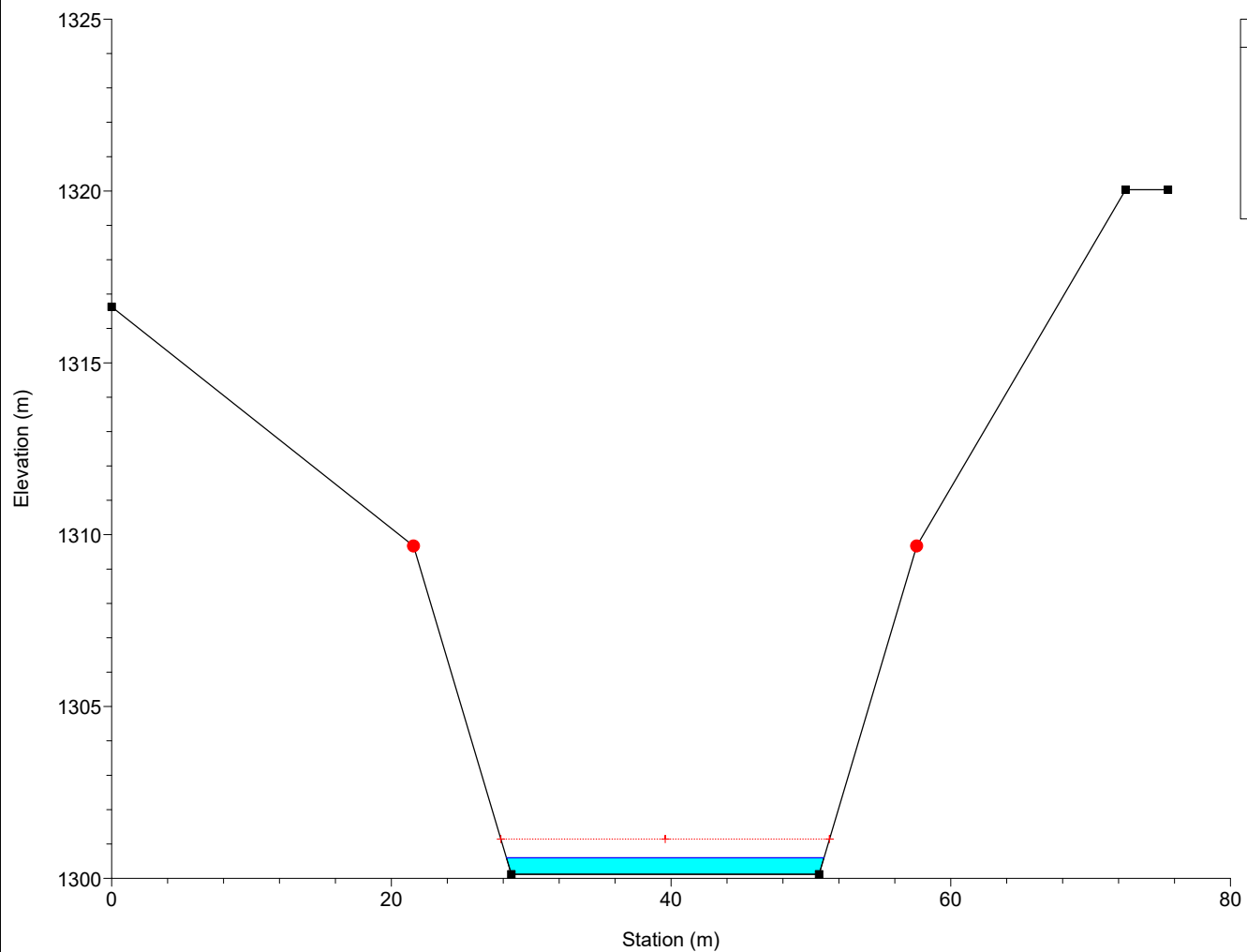


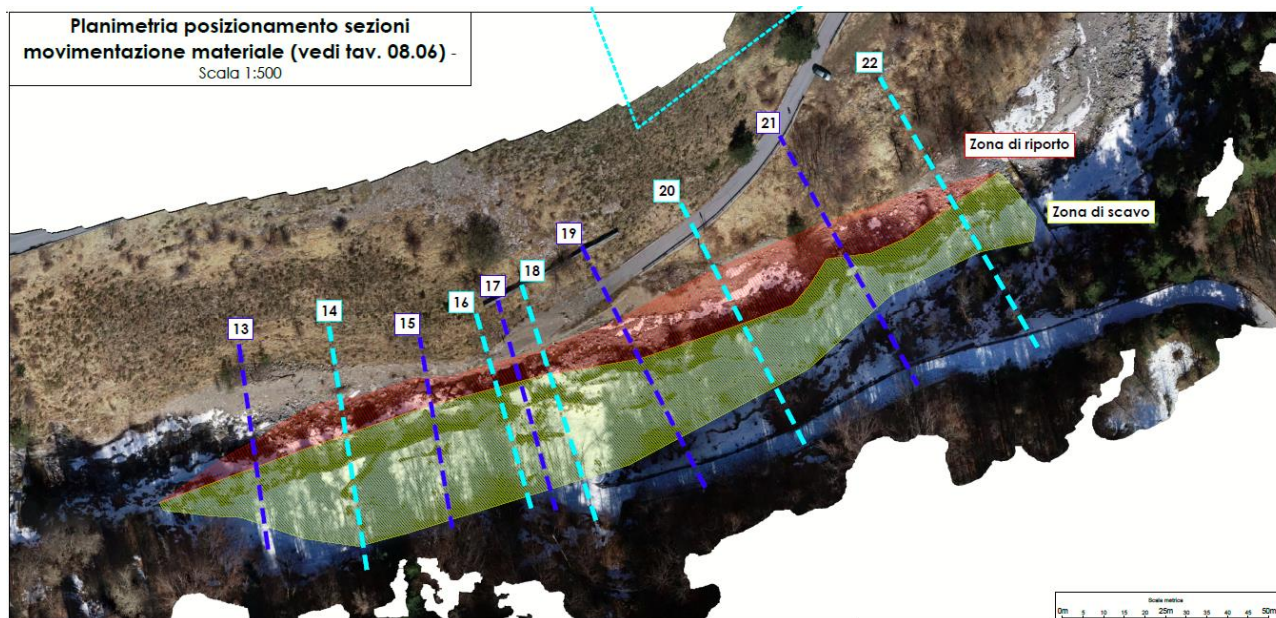
Tabella a seguito dei lavori

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: Bavera Reach: Monesi

Reach	River Sta		Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
				(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Monesi	22	Sez.1	Q200	45.00	1373.54	1375.15	1375.15	1375.40	0.005856	2.21	20.77	26.04	0.78
Monesi	22	Sez.1	Q200 + T.S.	73.00	1373.54	1375.27	1375.30	1375.76	0.010002	3.14	23.78	26.46	1.04
Monesi	21	Sez.2	Q200	45.00	1367.43	1368.61	1369.62	1374.34	0.184913	10.60	4.24	6.13	4.07
Monesi	21	Sez.2	Q200 + T.S.	73.00	1367.43	1369.00	1370.09	1374.50	0.151054	10.39	7.02	9.05	3.77
Monesi	20	Sez.3	Q200	45.00	1364.39	1365.11	1365.83	1368.92	0.188425	8.63	5.21	11.02	4.01
Monesi	20	Sez.3	Q200 + T.S.	73.00	1364.39	1365.31	1366.27	1370.25	0.163423	9.84	7.42	11.40	3.90
Monesi	19	Sez.4	Q200	45.00	1359.58	1360.29	1361.26	1367.54	0.370926	11.92	3.77	8.17	5.60
Monesi	19	Sez.4	Q200 + T.S.	73.00	1359.58	1360.51	1361.77	1369.04	0.289206	12.93	5.64	8.85	5.17
Monesi	18	Sez.5	Q200	45.00	1356.10	1357.00	1357.85	1361.04	0.130102	8.90	5.05	7.44	3.45
Monesi	18	Sez.5	Q200 + T.S.	73.00	1356.10	1357.23	1358.31	1362.92	0.140362	10.56	6.91	8.22	3.68
Monesi	17	Sez.6	Q200	45.00	1352.27	1353.40	1354.18	1356.93	0.125037	8.33	5.40	8.33	3.30
Monesi	17	Sez.6	Q200 + T.S.	73.00	1352.27	1353.63	1354.67	1358.44	0.131955	9.71	7.52	9.48	3.48
Monesi	16	Sez.7	Q200	45.00	1349.28	1350.08	1350.80	1353.15	0.110605	7.75	5.80	9.57	3.18
Monesi	16	Sez.7	Q200 + T.S.	73.00	1349.28	1350.31	1351.27	1354.50	0.111457	9.07	8.05	10.48	3.30
Monesi	15	Sez.8	Q200	45.00	1344.44	1344.91	1345.69	1352.09	0.593495	11.86	3.79	11.81	6.68
Monesi	15	Sez.8	Q200 + T.S.	73.00	1344.44	1345.06	1346.08	1353.47	0.473551	12.85	5.68	13.17	6.25
Monesi	14	Sez.9	Q200	45.00	1341.29	1342.22	1342.89	1345.50	0.134200	8.02	5.61	10.26	3.46
Monesi	14	Sez.9	Q200 + T.S.	73.00	1341.29	1342.42	1343.24	1346.76	0.153988	9.23	7.91	13.01	3.78
Monesi	13	Sez.10	Q200	45.00	1339.04	1339.81	1340.52	1343.08	0.134072	8.01	5.62	10.23	3.45
Monesi	13	Sez.10	Q200 + T.S.	73.00	1339.04	1340.03	1340.97	1344.31	0.119390	9.16	7.97	10.74	3.39
Monesi	12	Sez.11	Q200	45.00	1330.38	1331.03	1332.05	1341.77	0.717592	14.52	3.10	8.18	7.53
Monesi	12	Sez.11	Q200 + T.S.	73.00	1330.38	1331.22	1332.57	1342.92	0.493506	15.15	4.82	9.00	6.57
Monesi	11	Sez.12	Q200	45.00	1324.90	1325.81	1326.56	1330.27	0.212314	9.36	4.81	9.86	4.28
Monesi	11	Sez.13	Q200 + T.S.	73.00	1324.90	1325.97	1326.98	1332.28	0.241202	11.12	6.57	11.41	4.68
Monesi	10	Sez.13	Q200	45.00	1321.38	1321.88	1322.50	1324.83	0.151467	7.61	5.92	12.83	3.58
Monesi	10	Sez.13	Q200 + T.S.	73.00	1321.38	1322.04	1322.89	1326.32	0.155255	9.16	7.97	13.22	3.77
Monesi	9	Sez.14	Q200	45.00	1318.08	1318.44	1318.91	1320.75	0.173758	6.72	6.69	19.53	3.67
Monesi	9	Sez.14	Q200 + T.S.	73.00	1318.08	1318.55	1319.22	1322.03	0.183911	8.25	8.84	19.69	3.93
Monesi	8	Sez.15	Q200	45.00	1315.34	1315.73	1316.16	1317.52	0.114671	5.92	7.60	19.58	3.04
Monesi	8	Sez.15	Q200 + T.S.	73.00	1315.34	1315.86	1316.47	1318.55	0.120836	7.26	10.06	19.76	3.25
Monesi	7	Sez.16	Q200	45.00	1313.32	1313.69	1314.11	1315.50	0.123852	5.95	7.56	20.55	3.13
Monesi	7	Sez.16	Q200 + T.S.	73.00	1313.32	1313.82	1314.41	1316.45	0.123933	7.18	10.17	20.73	3.27
Monesi	6	Sez.17	Q200	45.00	1312.40	1312.72	1313.15	1314.76	0.169534	6.32	7.12	22.47	3.58
Monesi	6	Sez.17	Q200 + T.S.	73.00	1312.40	1312.84	1313.42	1315.72	0.161403	7.52	9.71	22.64	3.67
Monesi	5.5			Bridge									
Monesi	5	Sez.18	Q200	45.00	1312.40	1312.86	1313.14	1313.84	0.051445	4.39	10.25	22.70	2.09
Monesi	5	Sez.18	Q200 + T.S.	73.00	1312.40	1312.96	1313.42	1314.68	0.069122	5.80	12.59	22.86	2.49
Monesi	4	Sez.19	Q200	45.00	1309.30	1309.62	1310.04	1311.67	0.171901	6.35	7.09	22.47	3.61
Monesi	4	Sez.19	Q200 + T.S.	73.00	1309.30	1309.76	1310.32	1312.34	0.134508	7.11	10.27	22.67	3.37
Monesi	3	Sez.20	Q200	45.00	1306.72	1307.12	1307.46	1308.44	0.083448	5.09	8.84	22.58	2.60
Monesi	3	Sez.20	Q200 + T.S.	73.00	1306.72	1307.23	1307.74	1309.29	0.093304	6.36	11.48	22.75	2.86
Monesi	2	Sez.21	Q200	45.00	1303.38	1303.75	1304.15	1305.44	0.118429	5.76	7.81	21.54	3.06
Monesi	2	Sez.21	Q200 + T.S.	73.00	1303.38	1303.88	1304.44	1306.24	0.109590	6.79	10.75	21.74	3.09
Monesi	1	Sez.22	Q200	45.00	1300.12	1300.48	1300.86	1302.07	0.112161	5.57	8.08	22.53	2.97
Monesi	1	Sez.22	Q200 + T.S.	73.00	1300.12	1300.60	1301.14	1302.96	0.116470	6.80	10.73	22.70	3.16

10.1 MOVIMENTAZIONE MATERIALE:

Nell'immagine successiva è riportata la planimetria con il posizionamento delle sezioni riportate in tavola 8.5

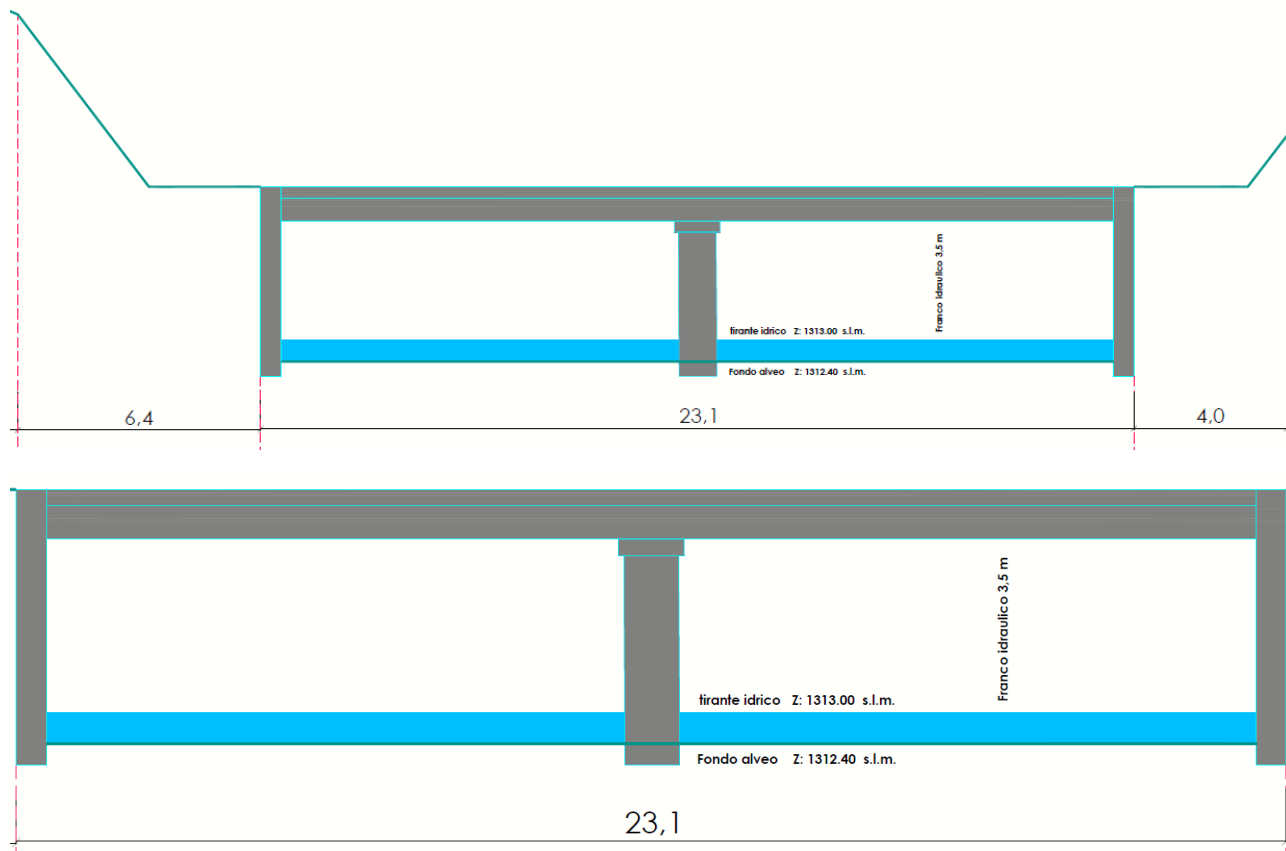


Nella tabella successiva è riportata la volumetria degli scavi:

	Sez. 13	Sez. 14	Sez. 15	Sez. 16	Sez. 17	Sez. 18	Sez. 19	Sez. 20	Sez. 21	Sez. 22	
Lunghezza influenza	35	22	19.5	11	6	15	25	28	29.5	28	
	Area [m ²]										
Riporto	25	142	67	67	80	80	150	145	51	65	
Scavo	32	52	136	124	151	94	91	120	42	30	
	Volume [m ³]										TOT
Volume Riporto	875	4970	2345	2345	2800	2800	5250	5075	1785	2275	30520
Volume Scavo	-1120	-1820	-4760	-4340	-5285	-3290	-3185	-4200	-1470	-1050	-30520
Differenza	-245	3150	-2415	-1995	-2485	-490	2065	875	315	1225	0

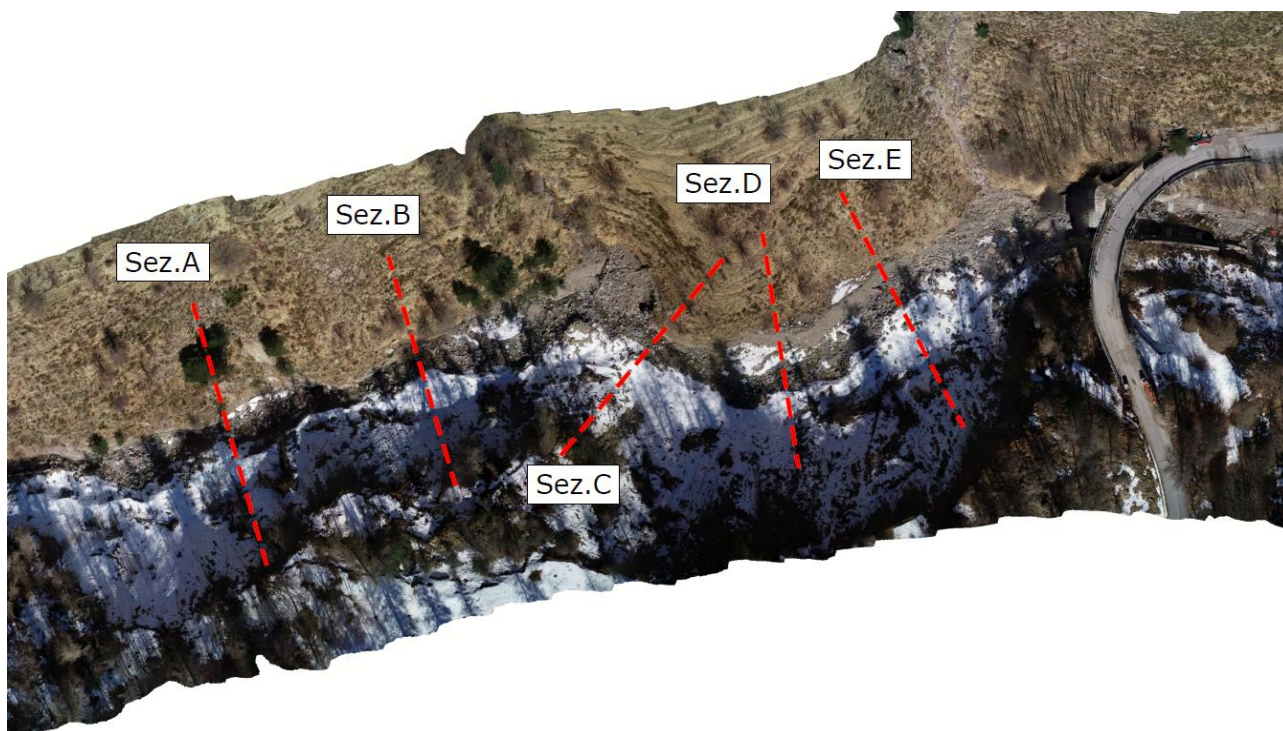
10.2 FRANCO IDRAULICO

A seguito della modellizzazione si riportano i valori del franco idraulico inerenti alla portata Q200+ trasporto solido sulla sezione del ponte esistente.



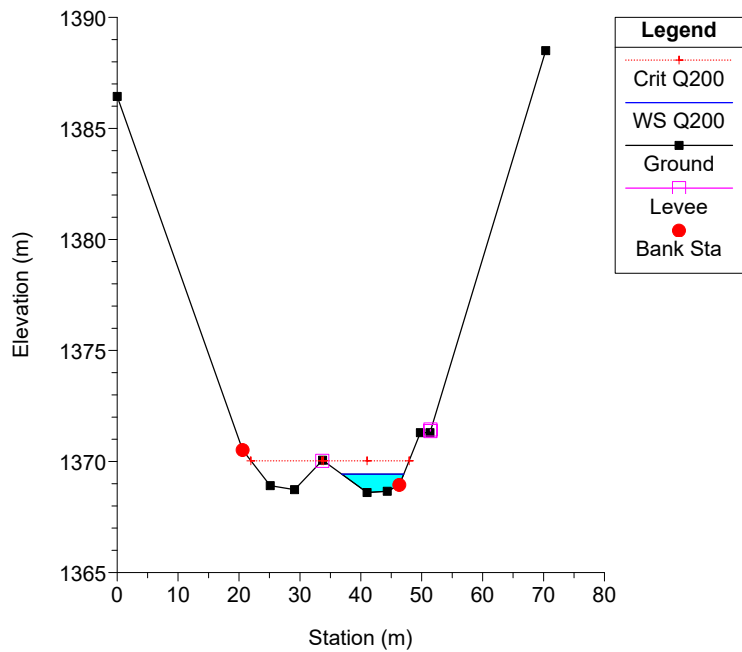
11 STATO ATTUALE – ZONA ALTA

Nell'immagine successiva è riportata la planimetria con le sezioni utilizzate nel modello.

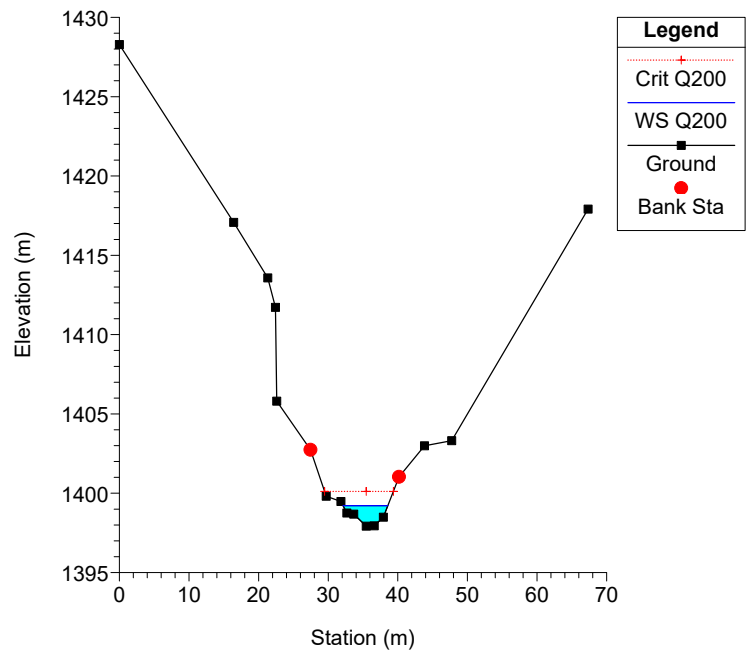


Nelle pagine seguenti sono riportati le sezioni e i tabulati relativi allo stato attuale.

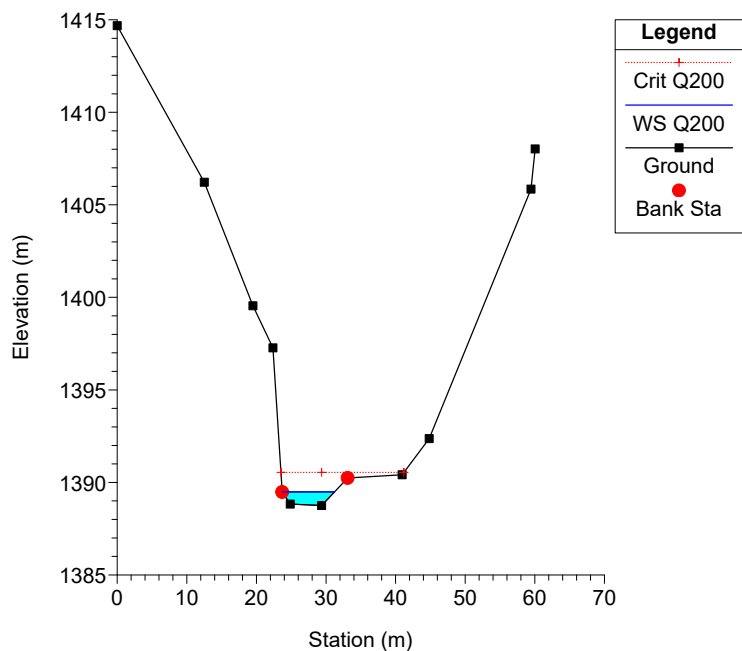
River = Bavera Reach = Monesi RS = 1 Sez.E



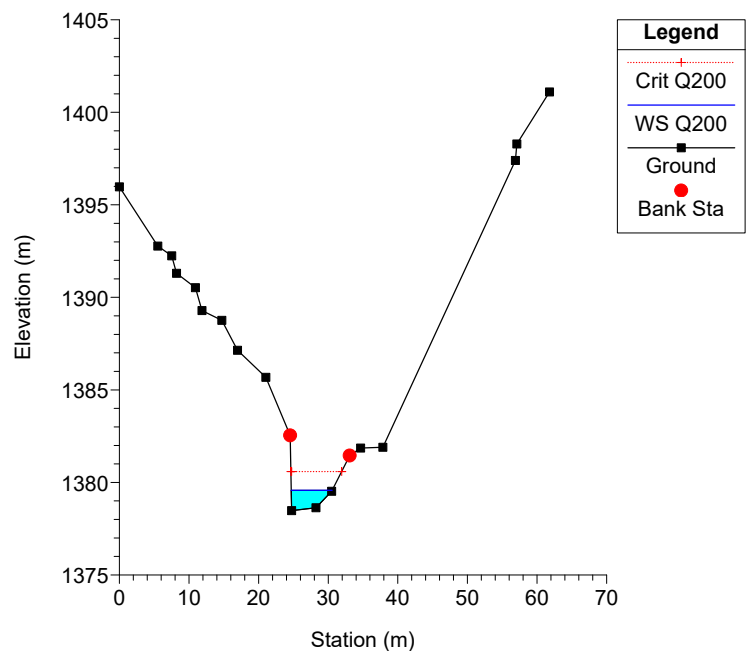
River = Bavera Reach = Monesi RS = 5 Sez.A



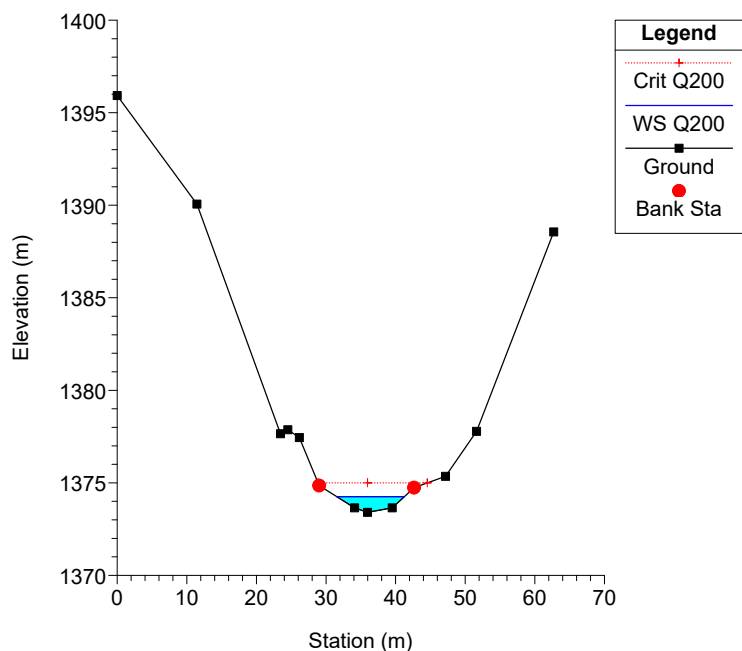
River = Bavera Reach = Monesi RS = 4 Sez.B

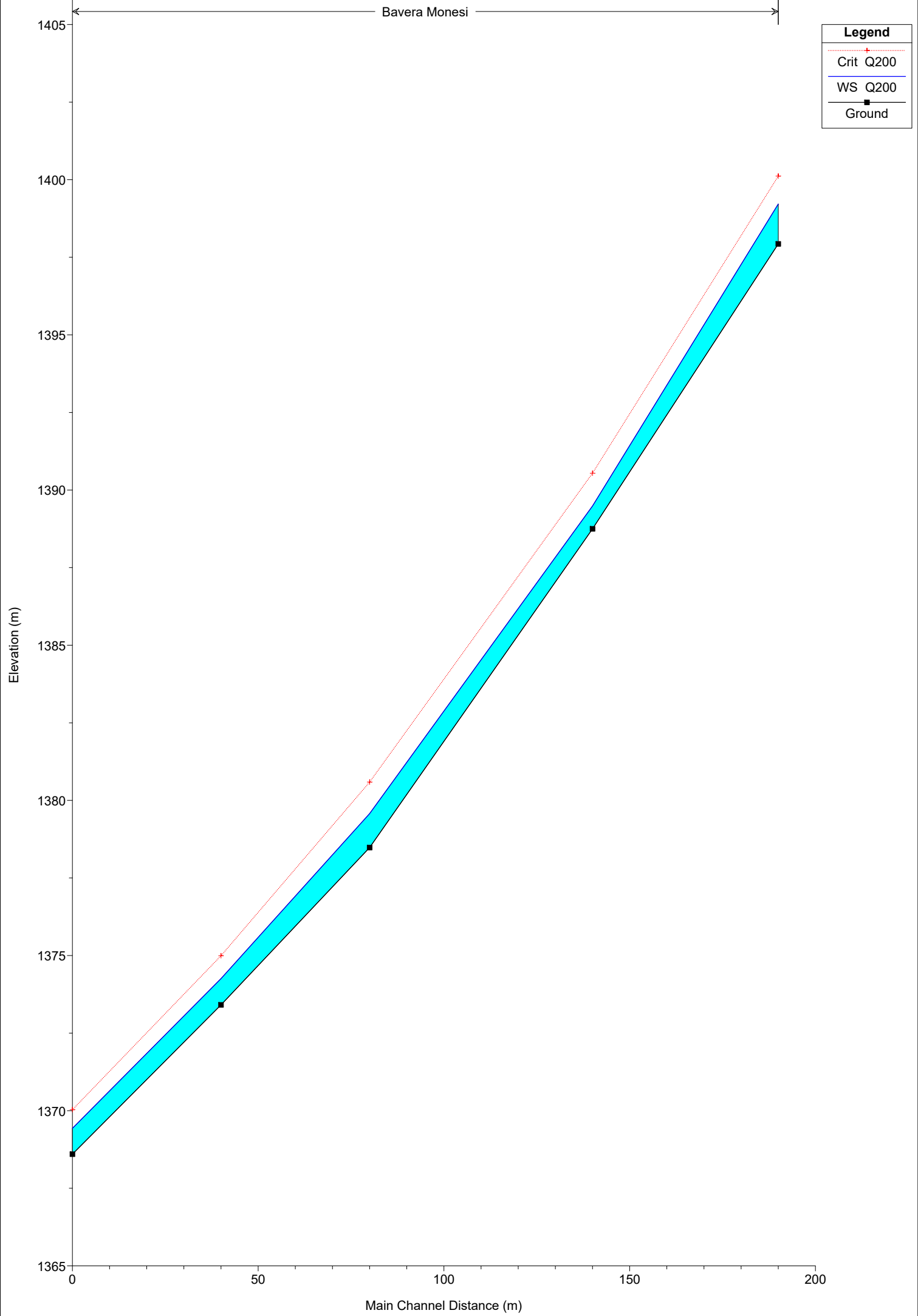


River = Bavera Reach = Monesi RS = 3 Sec.C (briglia)

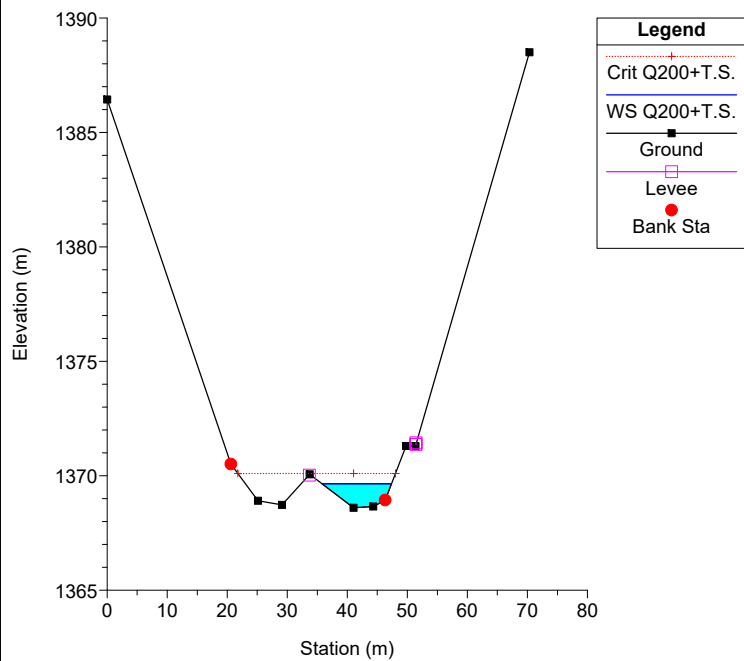


River = Bavera Reach = Monesi RS = 2 Sez.D

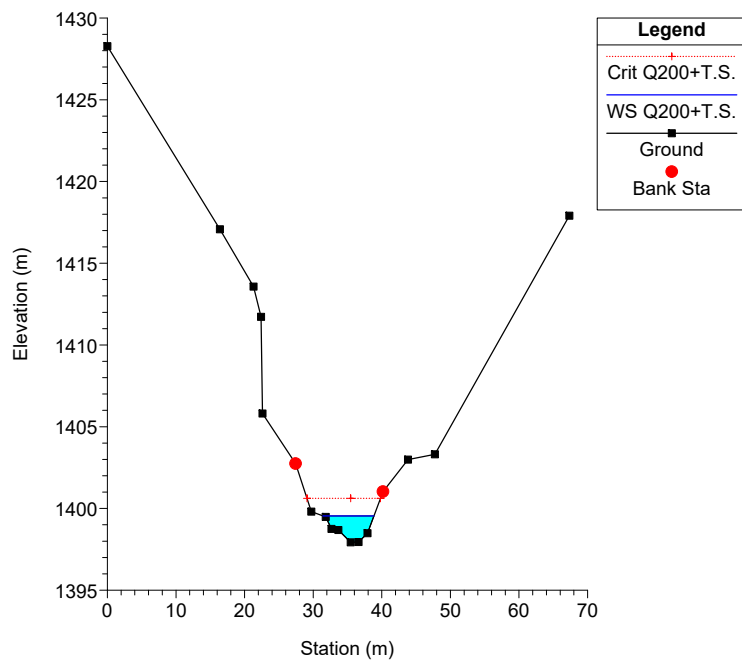




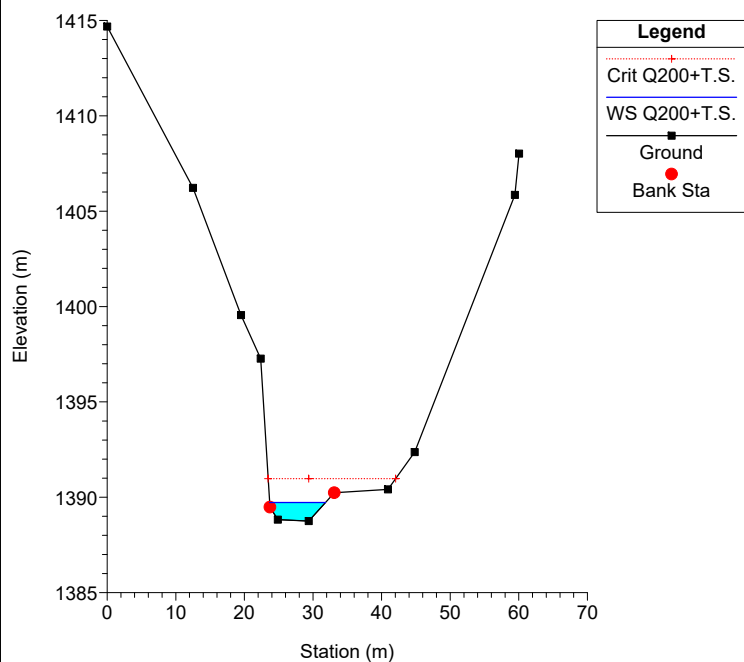
River = Bavera Reach = Monesi RS = 1 Sez.E



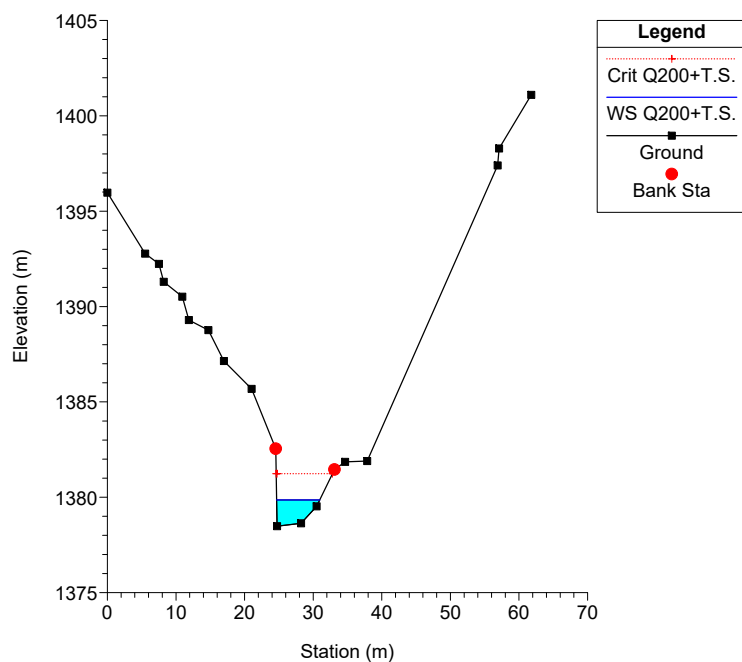
River = Bavera Reach = Monesi RS = 5 Sez.A



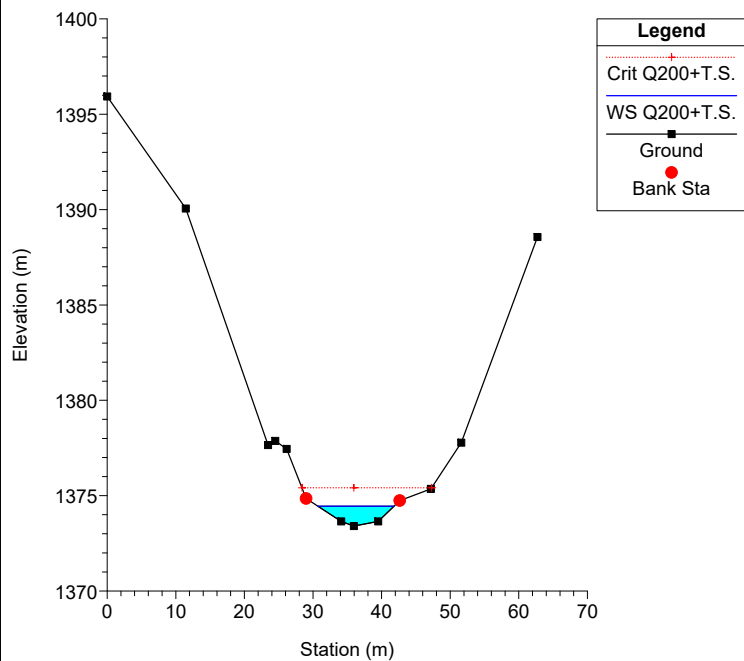
River = Bavera Reach = Monesi RS = 4 Sez.B

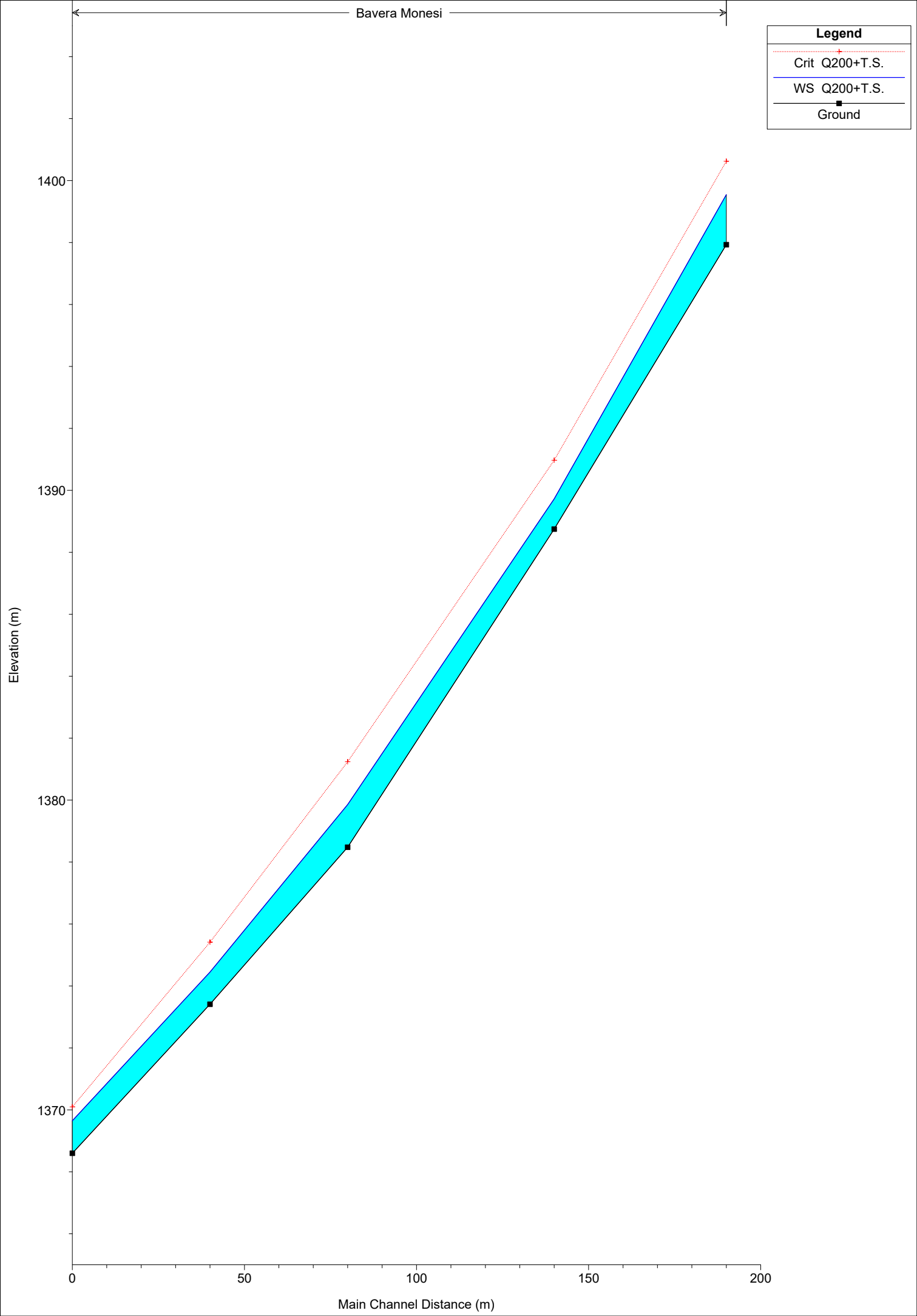


River = Bavera Reach = Monesi RS = 3 Sec.C (briglia)



River = Bavera Reach = Monesi RS = 2 Sez.D

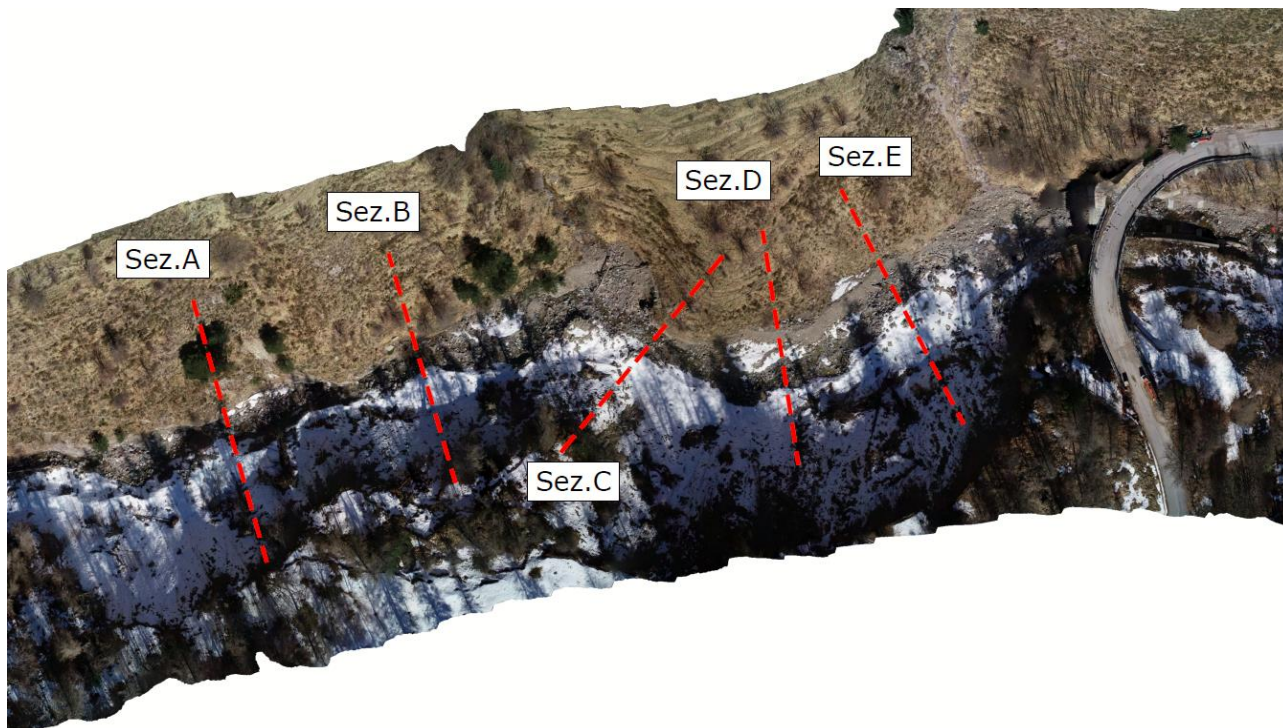




Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Monesi	5	Q200	45.00	1397.93	1399.22	1400.12	1402.95	0.100103	8.56	5.26	6.43	3.02
Monesi	5	Q200+T.S.	73.00	1397.93	1399.54	1400.62	1404.38	0.100169	9.74	7.50	7.44	3.10
Monesi	4	Q200	45.00	1388.75	1389.49	1390.54	1395.37	0.238193	10.74	4.19	7.50	4.59
Monesi	4	Q200+T.S.	73.00	1388.75	1389.72	1390.97	1397.17	0.205793	12.08	6.05	8.14	4.47
Monesi	3	Q200	45.00	1378.48	1379.57	1380.59	1384.19	0.140663	9.52	4.73	5.89	3.39
Monesi	3	Q200+T.S.	73.00	1378.48	1379.86	1381.24	1386.39	0.150680	11.32	6.45	6.28	3.57
Monesi	2	Q200	45.00	1373.41	1374.26	1374.99	1378.02	0.155781	8.59	5.24	9.73	3.74
Monesi	2	Q200+T.S.	73.00	1373.41	1374.45	1375.41	1379.64	0.167252	10.09	7.23	11.10	3.99
Monesi	1	Q200	45.00	1368.60	1369.43	1370.03	1372.56	0.112765	7.88	5.83	10.19	3.26
Monesi	1	Q200+T.S.	73.00	1368.60	1369.65	1370.10	1373.86	0.114493	9.16	8.18	11.59	3.40

12 STATO DI PROGETTO (BRIGLIA PIENA) – ZONA ALTA

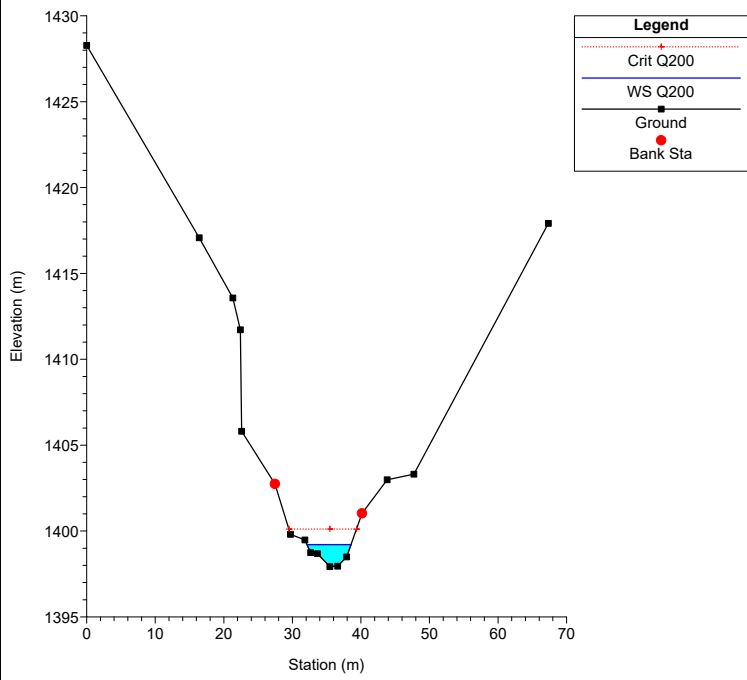
Nell'immagine successiva è riportata la planimetria con le sezioni utilizzate nel modello.



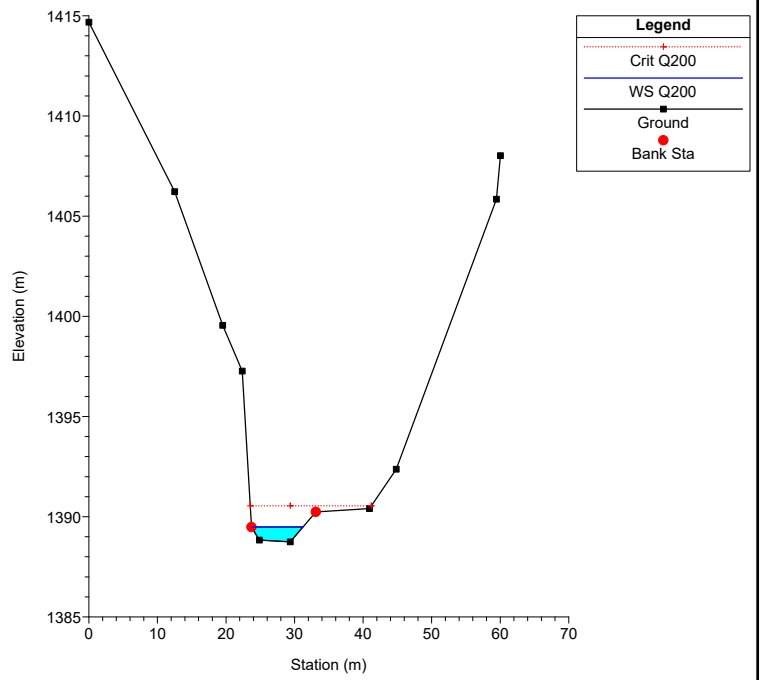
Come descritto in precedenza la Sezione C è stata suddivisa in due sezioni (Sezione C1 e Sezione C2) poste 1 m di distanza una dall'altra in modo tale da ricostruire il salto che si viene a formare.

Nelle pagine seguenti sono riportati le sezioni e i tabulati relativi allo stato di progetto .

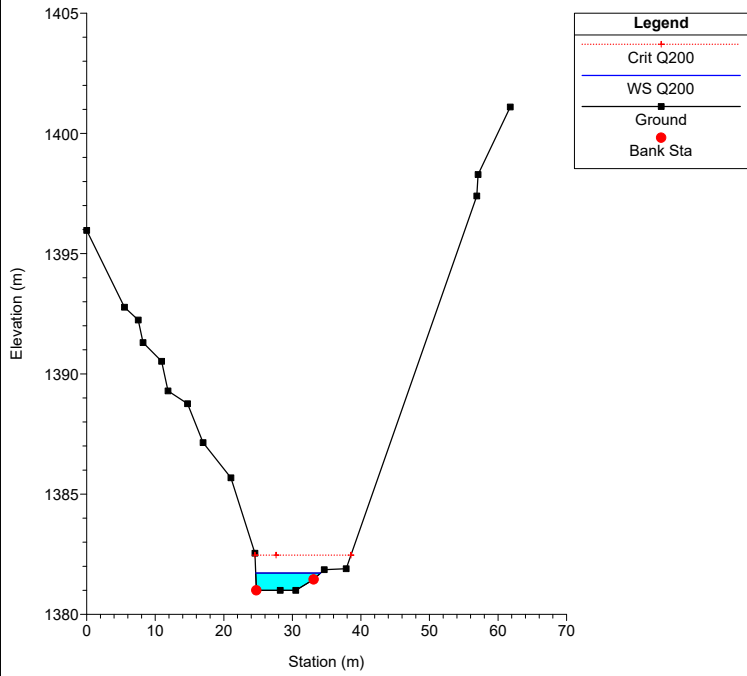
River = Bavera Reach = Monesi RS = 5 Sez.A



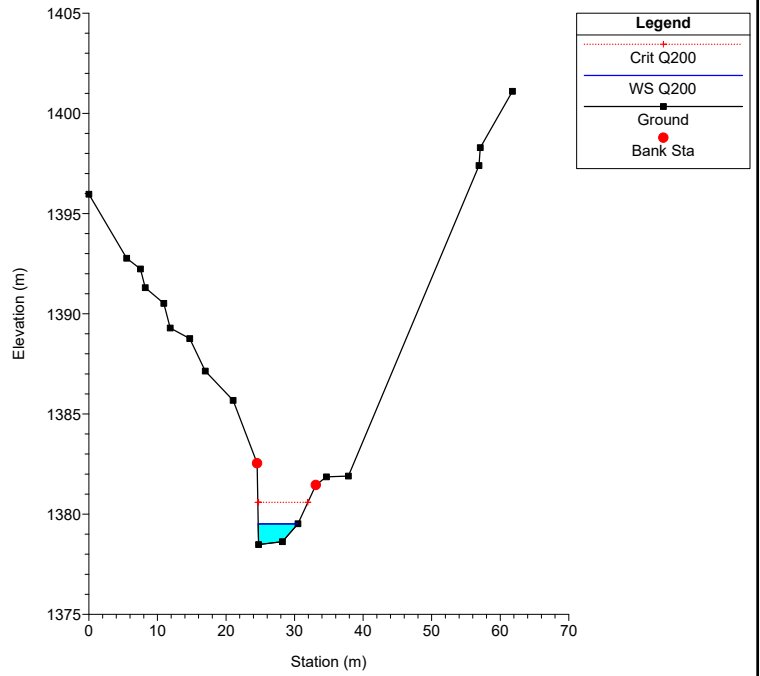
River = Bavera Reach = Monesi RS = 4 Sez.B



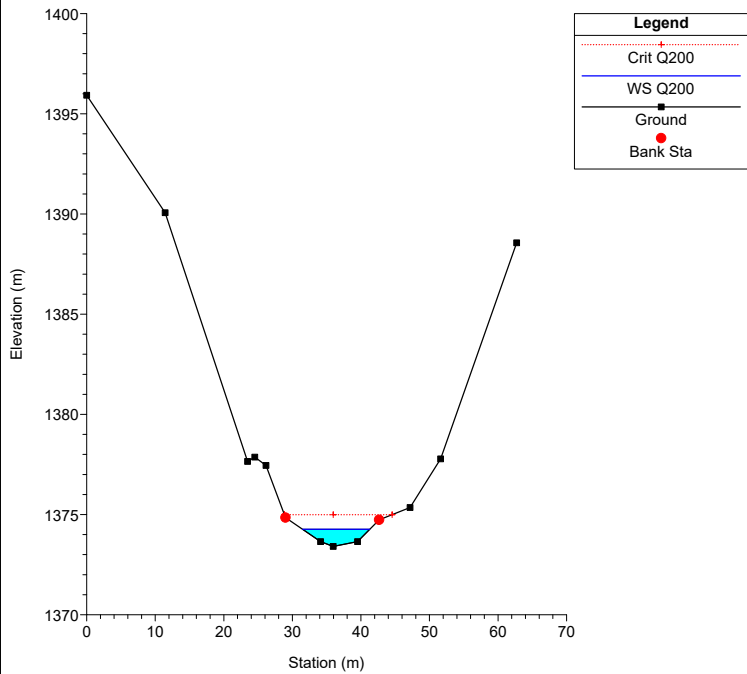
River = Bavera Reach = Monesi RS = 3.5



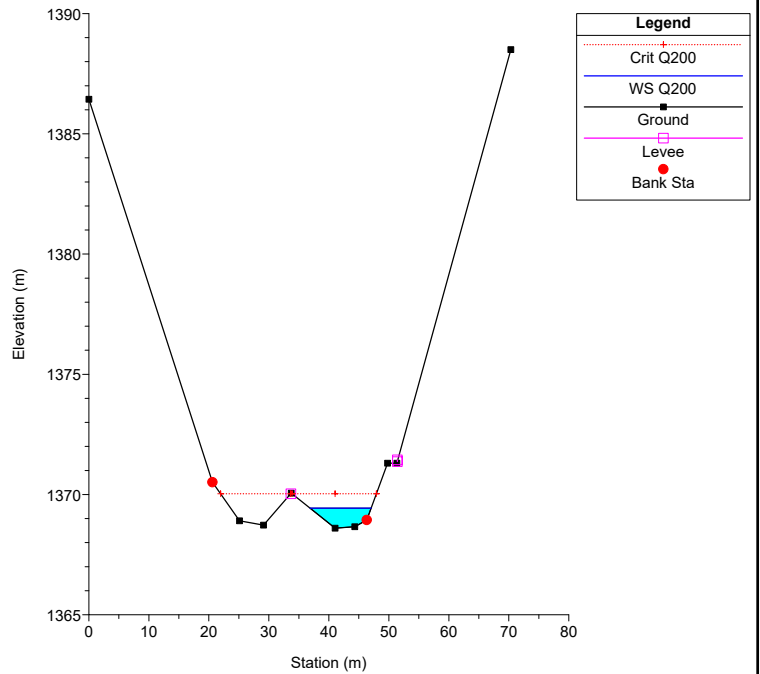
River = Bavera Reach = Monesi RS = 3 Sec.C (briglia)

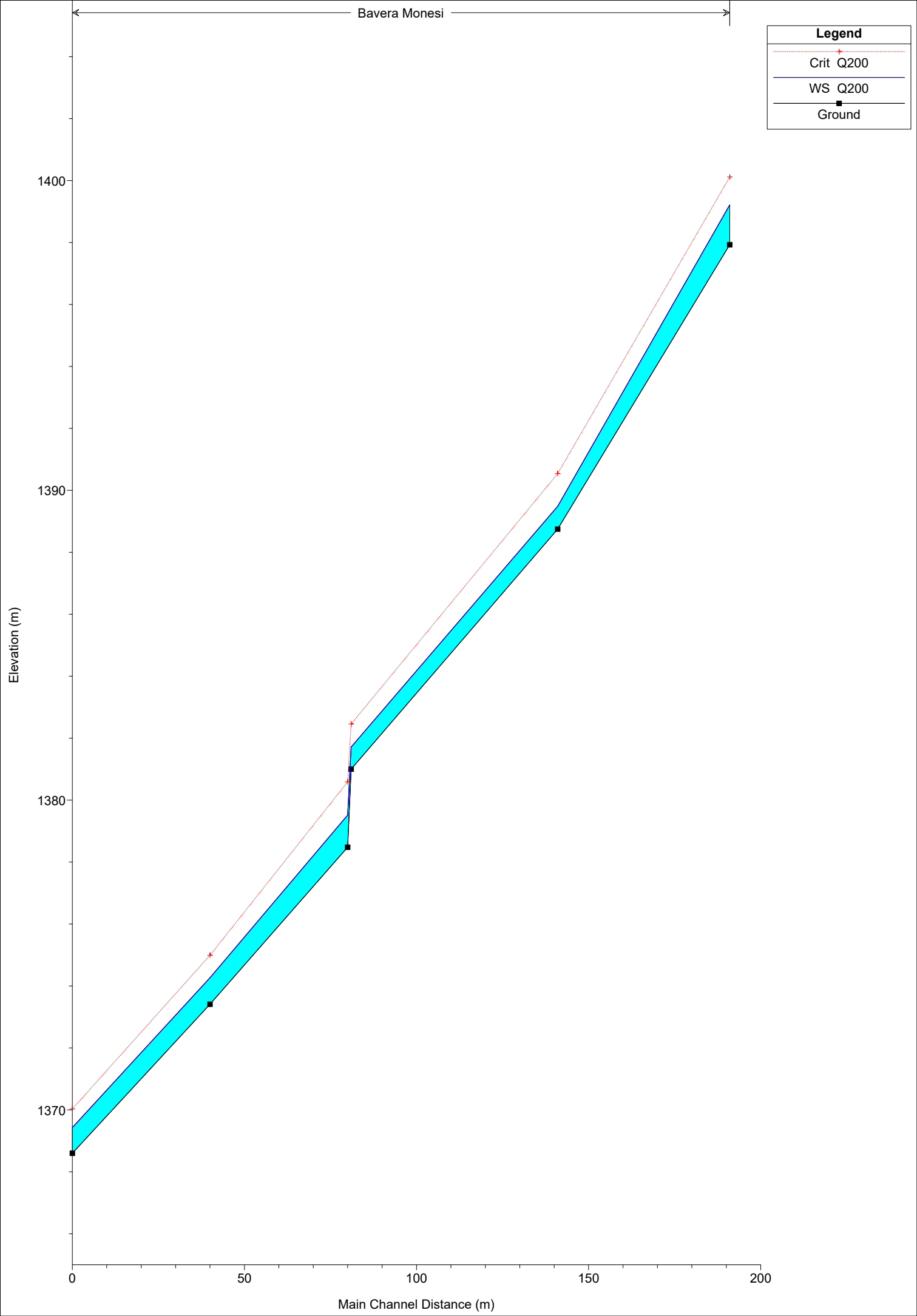


River = Bavera Reach = Monesi RS = 2 Sez.D

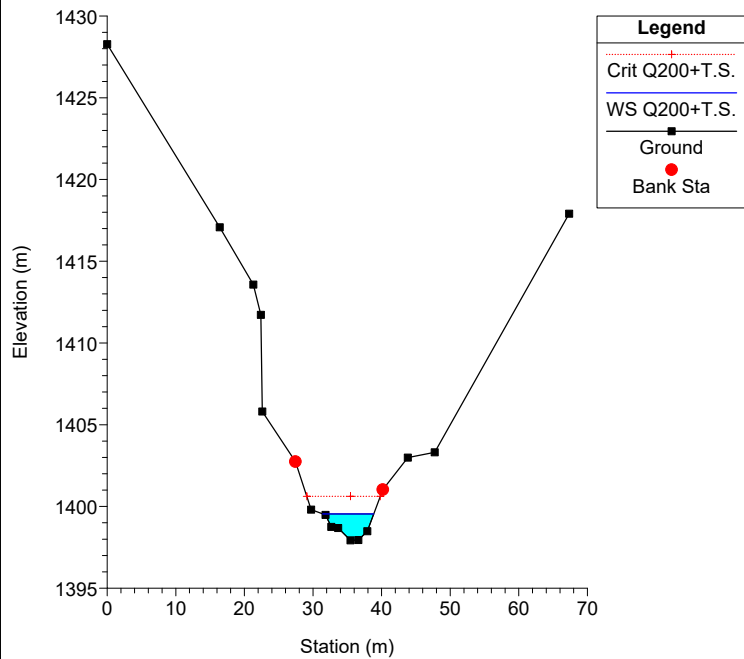


River = Bavera Reach = Monesi RS = 1 Sez.E

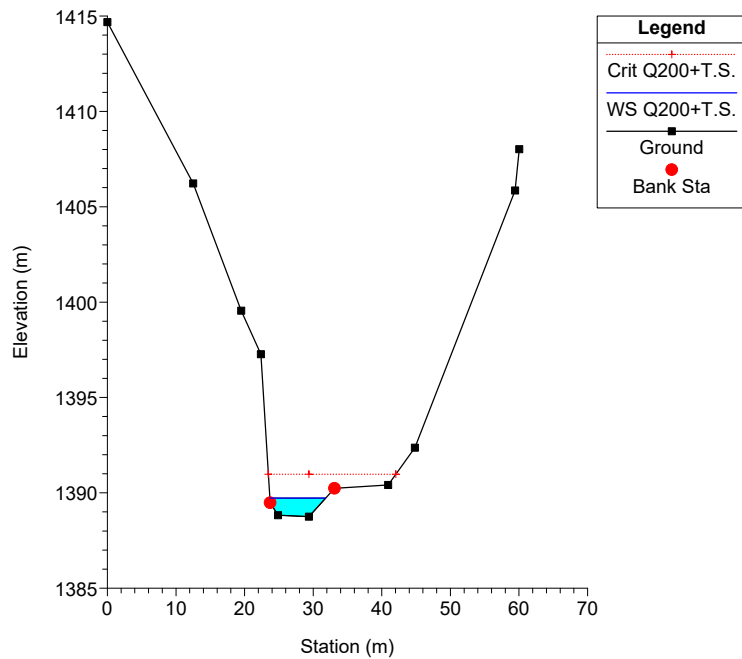




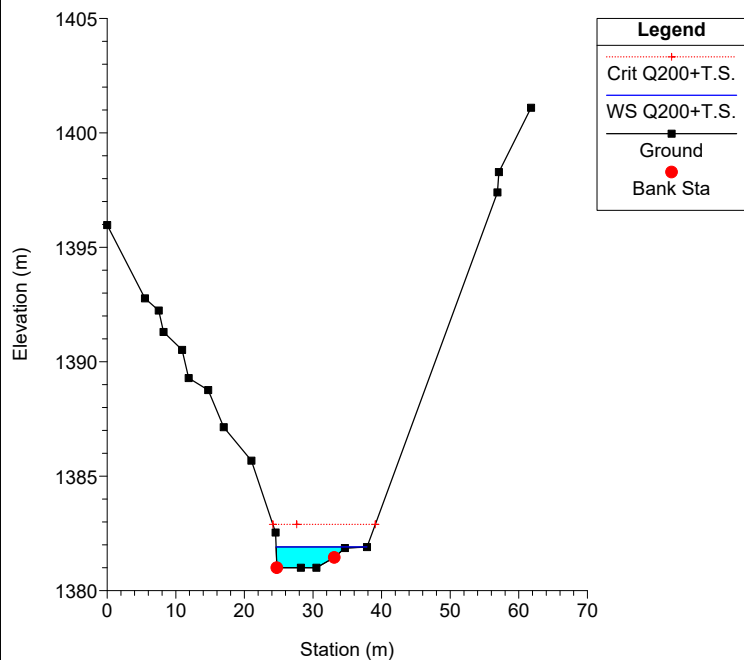
River = Bavera Reach = Monesi RS = 5 Sez.A



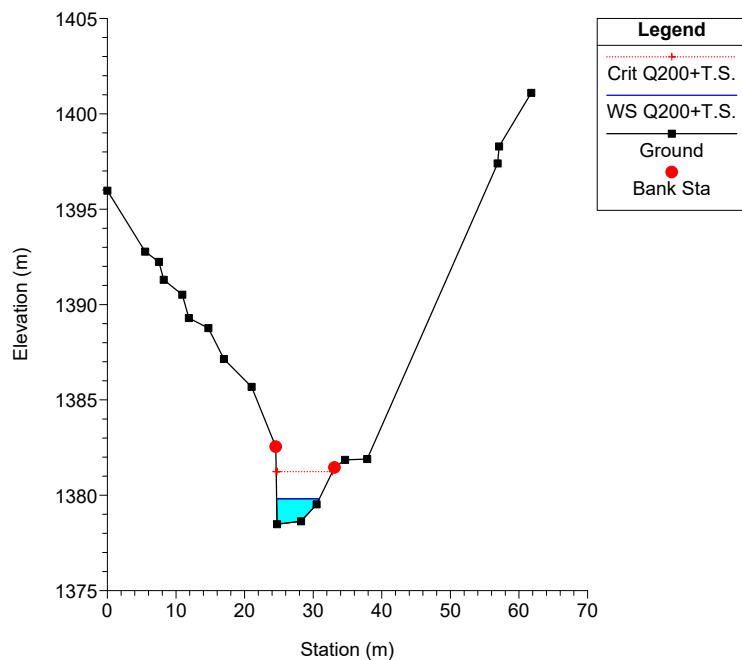
River = Bavera Reach = Monesi RS = 4 Sez.B



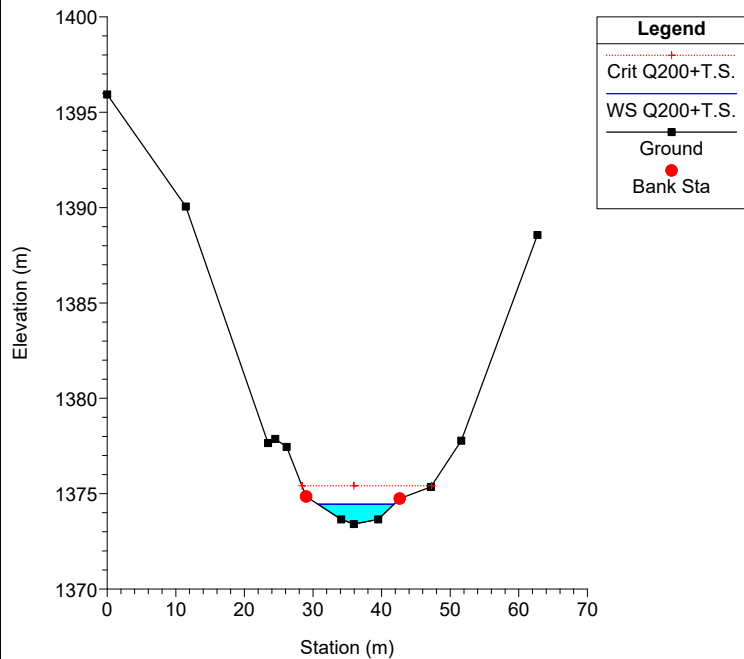
River = Bavera Reach = Monesi RS = 3.5



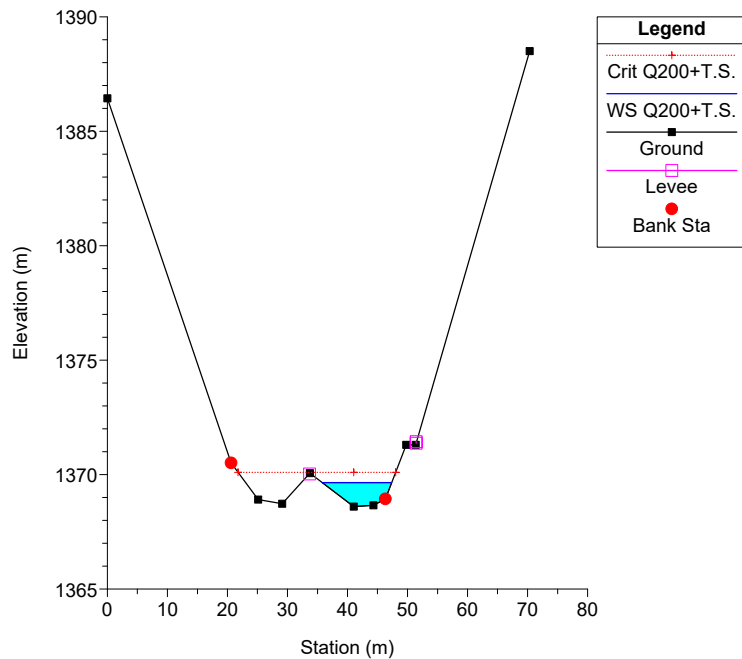
River = Bavera Reach = Monesi RS = 3 Sec.C (briglia)



River = Bavera Reach = Monesi RS = 2 Sez.D



River = Bavera Reach = Monesi RS = 1 Sez.E

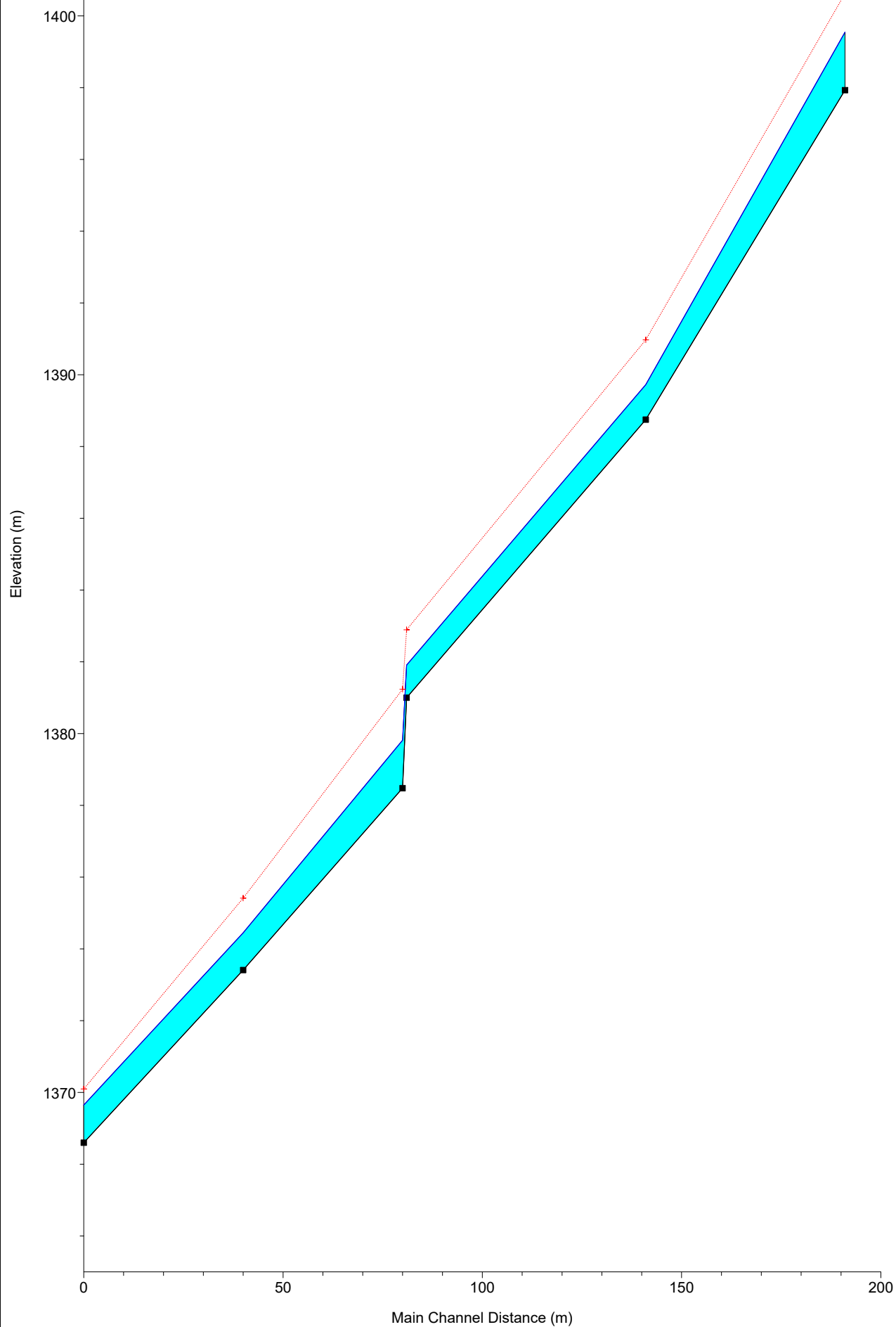


Legend

Crit Q200+T.S.

WS Q200+T.S.

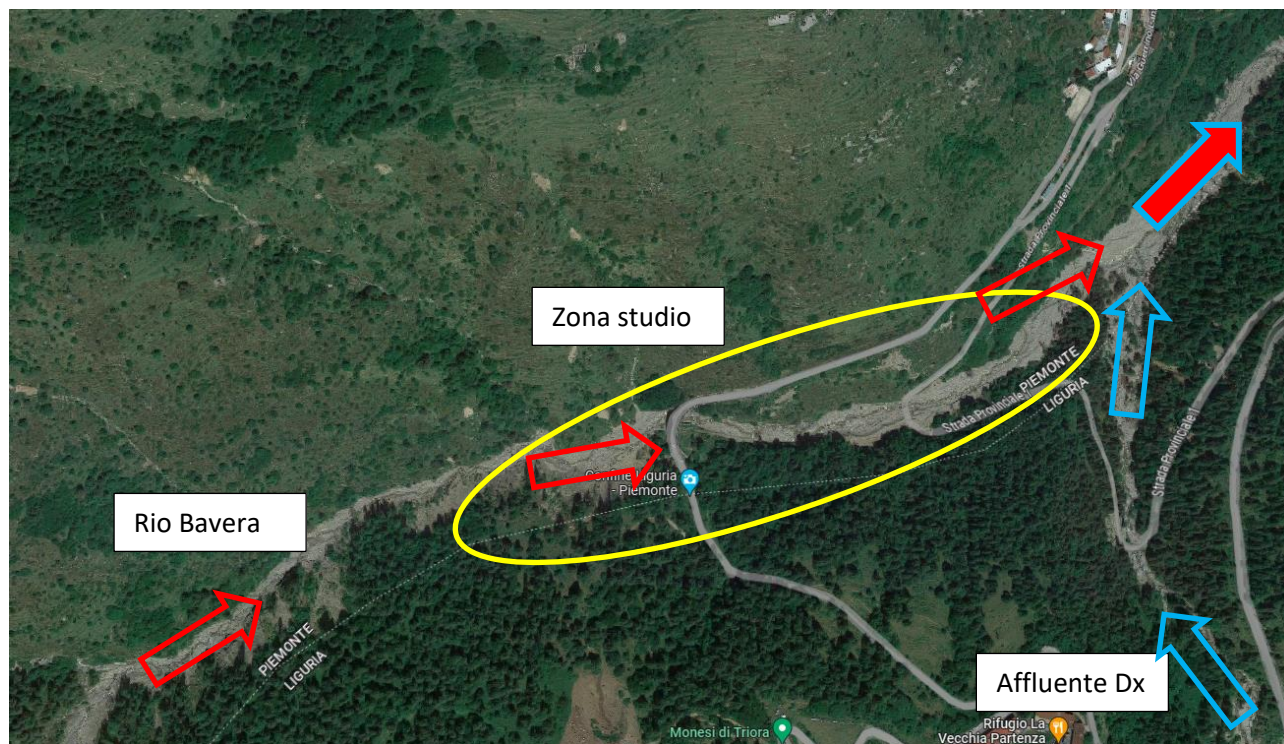
Ground



Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Monesi	5	Q200	45.00	1397.93	1399.22	1400.12	1402.95	0.100103	8.56	5.26	6.43	3.02
Monesi	5	Q200+T.S.	73.00	1397.93	1399.54	1400.62	1404.38	0.100169	9.74	7.50	7.44	3.10
Monesi	4	Q200	45.00	1388.75	1389.49	1390.54	1395.37	0.238193	10.74	4.19	7.50	4.59
Monesi	4	Q200+T.S.	73.00	1388.75	1389.72	1390.97	1397.17	0.205793	12.08	6.05	8.14	4.47
Monesi	3.5	Q200	45.00	1381.00	1381.71	1382.46	1385.20	0.111833	8.29	5.55	9.45	3.30
Monesi	3.5	Q200+T.S.	73.00	1381.00	1381.91	1382.89	1387.23	0.121056	10.28	7.54	13.25	3.59
Monesi	3	Q200	45.00	1378.48	1379.52	1380.59	1384.87	0.174654	10.25	4.39	5.80	3.76
Monesi	3	Q200+T.S.	73.00	1378.48	1379.82	1381.24	1386.91	0.169342	11.79	6.19	6.22	3.78
Monesi	2	Q200	45.00	1373.41	1374.27	1374.99	1377.91	0.149212	8.46	5.32	9.79	3.66
Monesi	2	Q200+T.S.	73.00	1373.41	1374.45	1375.41	1379.62	0.166095	10.07	7.25	11.11	3.98
Monesi	1	Q200	45.00	1368.60	1369.43	1370.03	1372.58	0.113683	7.90	5.81	10.18	3.27
Monesi	1	Q200+T.S.	73.00	1368.60	1369.65	1370.10	1373.86	0.114493	9.16	8.18	11.59	3.40

13 CONSIDERAZIONI FINALI

Lo studio idraulico riguarda esclusivamente il tratto del torrente Bavera in corrispondenza del ponte romanico.



In corrispondenza della zona in esame non sono presenti affluenti in sponda destra.

Il Tanarello (evidenziato con la freccia blu nell'immagine precedente) confluisce a valle della zona esaminata, pertanto non è stato valutato.

La zona in esame non ricada all'interno delle aree Pi3, Pi2 e Pi1 relative alla DGR 428/2021.

A seguito dei modelli riportati si riscontra che:

- la movimentazione del materiale migliora l'ufficiosità idraulica in corrispondenza del ponte romanico che rispetta il franco idraulico previsto dalla normativa vigente
- la costruzione di una briglia a rete contiene il materiale trasportato durante fenomeni di debris-flow e una volta riempito si crea un salto (come una briglia in calcestruzzo) che dissipa l'energia cinetica del flusso idrico andando a diminuire la velocità che risulta essere considerevole durante gli eventi di piena.