



COMUNE DI GENZANO DI LUCANIA
PROVINCIA DI POTENZA
REGIONE BASILICATA

IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO "RIPA D'API" CONNESSO ALLA RTN DELLA POTENZA DI PICCO P=19'993.87 kWp E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 19'998.02 kWAC, DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN E PIANO AGRONOMOICO PER L'UTILIZZO A SCOPI AGRICOLI DELL'AREA.

Proponente

SOLAR ENERGY NOVE S.R.L.

VIA SEBASTIAN ALTMANN, 9 - 39100 BOLZANO
 C.F. - P.I. - REGISTRO IMPRESE 03058390216
 PEC: solareenergynove.srl@legalmail.it

Progettazione

Dott. Ing. ANTONIO ALFREDO AVALLONE
 Via Lama n.18 - 75012 Bernalda (MT)
 Ordine degli Ingegneri di Matera n. 924
 PEC: antonioavallone@pec.it
 Cell: 339 796 8183



Dott. Ing. LUCIANA GIOSA
 Via Roma, 142
 85050 – Tito (PZ)
 PEC: luciana.giosa@ingpec.eu
 Mob: 3403432481



Preparato

Verificato

Approvato

PROGETTAZIONE DEFINITIVA

Titolo elaborato

IMPIANTO FOTOVOLTAICO "RIPA D'API"
 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

Elaborato N.

A.3

Data emissione

30/04/21

Nome file

A.3 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

N. Progetto

SOLO13a

Pagina

COVER

00

30/04/21

PRIMA EMISSIONE

REV.

DATA

DESCRIZIONE

RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

Dott. Ing. Luciana Giosa

INDICE

| | | |
|----|--------------------------------|----|
| 1. | Premessa..... | 1 |
| 2. | Normativa di riferimento..... | 2 |
| 3. | Analisi idrologica..... | 4 |
| 4. | Analisi idraulica..... | 8 |
| 5. | Considerazioni conclusive..... | 12 |

ALLEGATI

- A.12.a.12 Corografia dei bacini idrografici
- A.3.a Carta dell'area inondabile per T = 30 anni
- A.3.b Carta dell'area inondabile per T = 200 anni
- A.3.c Carta dell'area inondabile per T = 500 anni

1. PREMESSA

La seguente relazione mira a verificare la compatibilità idraulica di un campo fotovoltaico connesso alla RTN della potenza di picco di 19.993,87 kWp e potenza in immissione di 19.998,02 kWAC da realizzarsi nel Comune di Genzano in località “Ripa d’api” per l’utilizzo a scopi agricoli.

La società proponente è la Solar Energy Nove s.r.l. con sede in Bolzano.

La verifica riguarda esclusivamente le aree in cui si prevede di realizzare il campo fotovoltaico e non quelle interessate dal percorso del cavidotto. Tale sito ricade all’interno del bacino idrografico del fiume Bradano di competenza della Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Meridionale (Fig. 1) ed è attraversato da due suoi affluenti.



Fig. 1 - Bacini idrografici della Regione Basilicata – Puglia

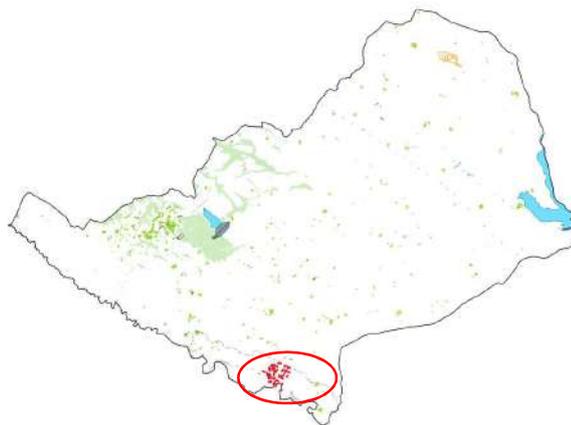


Fig. 2 – Comune di Genzano di Lucania con localizzazione dell’area di interesse (in rosso)

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

In Basilicata la L. R. 30 dicembre 2015 “*Recepimento dei criteri per il corretto inserimento nel paesaggio sul territorio degli impianti da fonti rinnovabili ai sensi del D.M. 10.9.2010*” definisce, tra i siti non idonei all’installazione di tali impianti quelli di seguito elencati:

- art. 1.4 Beni paesaggistici “i fiumi, i torrenti, i corsi d’acqua iscritti negli elenchi previsti dal testo unico delle disposizioni di legge sulle acque ed impianti elettrici, approvato con regio decreto 11 dicembre 1933 n. 1775 e le relative sponde o piedi degli argini per una fascia di 500 metri ciascuna”.
- art. 4.1 aree a rischio idrogeologico medio-alto ed aree soggette a rischio idraulico “sono comprese in questa tipologia le aree individuate dai Piani Stralcio delle Autorità di Bacino”

Il Piano di Indirizzo Energetico Ambientale Regionale (PIEAR), nella sezione dedicata agli impianti fotovoltaici di grande generazione e cioè superiori a 1000 kwp, definisce tra i siti non idonei

- art. 2.2.3.1 “le aree fluviali, umide, lacuali e dighe artificiali con fascia di rispetto di 150 m dalle sponde (ex D. lgs n. 42/2004) ed in ogni caso compatibile con le previsioni dei Piani Stralcio per l’Assetto Idrogeologico”

Su tutto il territorio nazionale le Autorità di Bacino redigono il Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico (PAI) che rappresenta lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d’uso riguardanti la difesa dal rischio idraulico e idrogeologico del territorio di propria competenza.

L’area in cui è previsto l’intervento è di competenza dell’autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Meridionale (sede di Basilicata) che, relativamente al rischio idraulico, ha definito le aree di pertinenza fluviale per le piene con periodo di ritorno di 30, 200 e 500 anni come specificato all’art. 7 delle Norme Tecniche di Attuazione del PAI. Inoltre, per ciascuna fascia fluviale, specifica gli interventi in essa realizzabili.

Vale la pena ricordare che all’interno di tali fasce, anche le opere di interesse pubblico quali le infrastrutture a rete necessitano di uno studio idrologico e idraulico finalizzato a verificare che l’intervento non rappresenti un incremento della pericolosità idraulica (art. 10 delle NTA del PAI).

La perimetrazione delle aree a pericolosità e rischio idraulico realizzata in Basilicata riguarda solo i corsi d’acqua principali; pertanto i torrenti, i fossi e gli impluvi minori sono ad oggi esclusi dallo studio idraulico realizzato dall’Autorità di Bacino. Nel caso di interventi da realizzarsi nei pressi di tali corsi d’acqua minori, si può far riferimento all’art 4 quarter, in cui si legge che “*i progetti di opere o interventi che interessano corsi d’acqua e/o aree limitrofe non ancora*

oggetto di studio da parte dell'AdB dovranno comprendere, obbligatoriamente, uno studio idrologico e idraulico che consideri una portata di piena avente un periodo di ritorno pari a 200 anni. Il livello di approfondimento e dettaglio degli studi dovrà essere adeguato alle condizioni di pericolosità e di rischio idraulico esistenti sull'area e alla tipologia ed importanza delle opere da realizzarsi".

Le particelle interessate dalla realizzazione del campo fotovoltaico intersecano nella parte più meridionale le aree a pericolosità idraulica perimetrata dall'Autorità di Bacino competente come mostra la figura seguente. Ovviamente l'ubicazione del campo fotovoltaico non riguarderà le porzioni di particelle interessate dalla perimetrazione dell'AdB.

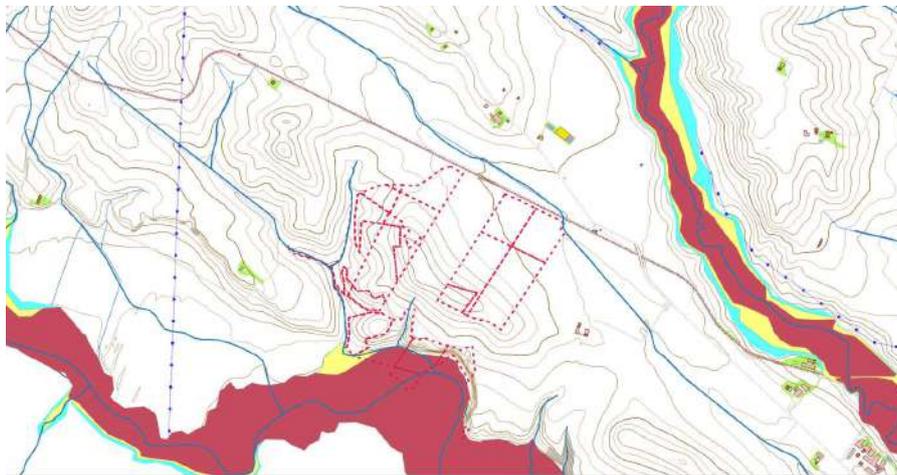


Fig. 3 – Sito di interesse (poligono rosso tratteggiato) e aree a pericolosità idraulica dell'AdB (RSDI Basilicata)

Inoltre, dal momento che sulle particelle in esame insistono due affluenti del Fiume Bradano non studiati dall'Autorità di Bacino, la presente relazione descrive le valutazioni per:

- ✓ la stima delle portate di piena per i periodi di ritorno T di 30, 200 e 500 anni;
- ✓ la costruzione dei profili di corrente in moto permanente per le piene sopra descritte lungo l'impluvio considerato;
- ✓ la perimetrazione delle inondazioni per piene con T pari a 30, 200 e 500 anni.

3. ANALISI IDROLOGICA

Il campo fotovoltaico in progetto è ubicato sul confine meridionale del Comune di Genzano di Lucania in un'area attraversata da due affluenti del Fiume Bradano, identificati come "Affluente 1" e "Affluente 2" secondo quanto riportato nello schema idraulico a margine della presente relazione.

Analizzata la cartografia a disposizione sul sito ufficiale della Regione Basilicata, si evince che le particelle di interesse intersecano marginalmente quelle a pericolosità idraulica e a rischio idraulico definite nel PAI dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale (sede Basilicata). Tali aree saranno escluse dall'intervento.

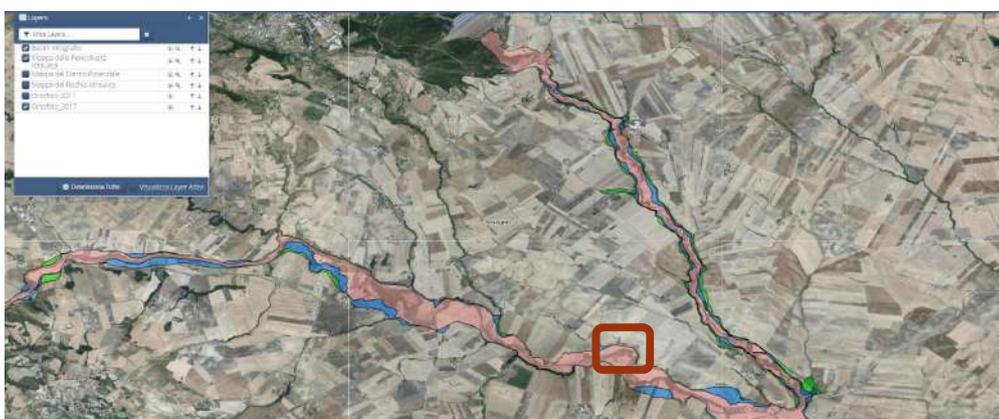


Fig. 4 – Stralcio della carta della pericolosità idraulica (RSDI Basilicata)

Come già specificato, le particelle di interesse sono attraversate da due affluenti del Fiume Bradano non ancora studiati dall'AdB. Pertanto, a partire da quelle che sono le disposizioni delle NTA del PAI Basilicata, è stato redatto uno studio idrologico e idraulico degli Affluenti 1 e 2 finalizzato a perimetrare l'eventuale loro esondazione per la piena con $T = 200$ anni da escludere dall'intervento di progetto.

Per l'analisi idrologica si sono considerati i bacini idrografici riportati nell'allegato "A.12.a.12 Corografia dei bacini idrografici".

| Affluente | Bacino | Area del bacino | Lunghezza dell'asta principale | Pendenza media dell'asta principale |
|------------------|---------------|------------------------|---------------------------------------|--|
| | | Km ² | Km | % |
| Affluente 1 | G3 | 1.4 | 2.8 | 3.9 |
| Affluente 1 | G4 | 0.3 | 0.8 | 5.5 |
| Affluente 1 | G5 | 1.0 | 2.4 | 3.9 |
| Affluente 2 | G6 | 1.5 | 3.2 | 2.0 |

Tab. 1 – Caratteri morfometrici dei bacini considerati

Il calcolo delle portate di piena è stato effettuato utilizzando il modello di trasformazione afflussi-deflussi del metodo del Curve Number (CN), introdotto dal Soil Conservation Service (SCS). Si tratta di una procedura che consente la ricostruzione delle piene in bacini idrografici di superficie non superiore a 20 km². Il metodo si fonda sull'ipotesi che sia valida la seguente relazione:

$$\frac{V}{P_n} = \frac{W}{S}$$

In cui V è il volume di deflusso, P_n è la precipitazione netta, W è il volume immagazzinato dal suolo e S è il valore massimo del suddetto invaso.

La precipitazione netta si ottiene sottraendo alla precipitazione totale P le perdite iniziali I_a, che sono correlate all'invaso massimo del suolo dalla seguente relazione:

$$I_a = 0.2S$$

In definitiva, il volume d'invaso V può essere ottenuto come:

$$V = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}$$

con S ricavato come:

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

In cui il parametro CN, denominato curve number, che assume valori tra 100 e 0, rappresenta l'attitudine del bacino considerato a produrre deflusso e si stima sulla base di valori tabellati. Tale parametro è funzione della natura del suolo, del tipo di copertura vegetale e delle condizioni di umidità del suolo antecedenti la precipitazione.

Per la stima del parametro CN si distinguono i seguenti quattro gruppi idrologici:

- *Gruppo A.* Bassa capacità di formazione di deflusso. Suoli con elevata infiltrabilità anche in condizioni di completa saturazione. Si tratta di sabbie o ghiaie profonde molto ben drenate. La conducibilità idrica alla saturazione è elevata.
- *Gruppo B.* Suoli con modesta infiltrabilità se saturi. Discretamente drenati e profondi sono caratterizzati da una tessitura medio-grossa e da una conducibilità idrica non molto elevata.
- *Gruppo C.* Suoli con bassa infiltrabilità se saturi. Sono per lo più suoli con uno strato che impedisce il movimento dell'acqua verso il basso oppure suoli con tessitura medio-fine e bassa infiltrabilità. La conducibilità è bassa.
- *Gruppo D.* Suoli a elevata capacità di formazione di deflusso. Appartengono a questo gruppo i suoli ricchi di argilla con capacità rigonfianti, i suoli con uno strato di argilla

presso la superficie, i suoli poco profondi su substrati impermeabili. La conducibilità idrica è estremamente bassa.

Il metodo tiene anche conto delle condizioni di umidità del suolo antecedenti la precipitazione.

Per il calcolo della portata al colmo di piena si considera un idrogramma approssimato di forma triangolare che ha una fase crescente di durata t_a (tempo di accumulo) e una durata pari a $2.67t_a$ e si utilizza la seguente relazione:

$$Q_p = 0.208 \frac{VA}{t_a}$$

in cui A rappresenta l'area del bacino e t_a può essere determinato in funzione del tempo di ritardo t_L e della durata della precipitazione t_p utilizzando la relazione:

$$t_a = 0.5t_p + t_L$$

Nel presente studio la durata della precipitazione è stata considerata pari al tempo di corruzione t_c .

La stima del volume di invaso V è stata eseguita per i tempi di ritorno 30, 200 e 500 anni a partire dalle curve di possibilità pluviometrica usualmente scritte nella forma $h=at^n$ facendo riferimento alle raccomandazioni contenute nel rapporto VAPI-Basilicata (P. CLAPS, M. FIORENTINO. *Valutazione delle Piene in Italia, Rapporto di sintesi per la regione Basilicata (bacini del versante ionico)*. GNDICI-CNR. Dipartimento di Ingegneria e Fisica dell'Ambiente, Università della Basilicata-Potenza, 2005).

In definitiva, sulla base delle analisi appena descritte sono stati stimati i valori delle portate al colmo di piena per diversi periodi di ritorno specificati nella tabella seguente.

| Area | CN | t_c | T | Q |
|------------|----|-------|--------|-------------|
| (km^2) | | (ore) | (anni) | (m^3/s) |
| 1.4 | 90 | 1.1 | 30 | 18.7 |
| | | | 200 | 36.1 |
| | | | 500 | 46.9 |

Tab. 2 – Bacino G3. Portate al colmo di piena calcolate con il metodo SCS curve number

| Area | CN | t_c | T | Q |
|------------|----|-------|--------|-------------|
| (km^2) | | (ore) | (anni) | (m^3/s) |
| 0.3 | 90 | 0.17 | 30 | 3.1 |
| | | | 200 | 7.4 |
| | | | 500 | 10.2 |

Tab. 3 – Bacino G4. Portate al colmo di piena calcolate con il metodo SCS curve number

| Area | CN | t_c | T | Q |
|------------|----|-------|--------|-------------|
| (km^2) | | (ore) | (anni) | (m^3/s) |
| 1.0 | 90 | 0.9 | 30 | 9.6 |
| | | | 200 | 23.3 |
| | | | 500 | 32.6 |

Tab. 4 – Bacino G5. Portate al colmo di piena calcolate con il metodo SCS curve number

| Area | CN | t_c | T | Q |
|------------|----|-------|--------|-------------|
| (km^2) | | (ore) | (anni) | (m^3/s) |
| 1.5 | 86 | 1.4 | 30 | 14.0 |
| | | | 200 | 30.0 |
| | | | 500 | 39.0 |

Tab. 5 – Bacino G6. Portate al colmo di piena calcolate con il metodo SCS curve number

4. ANALISI IDRAULICA

La verifica idraulica è stata realizzata costruendo i profili di corrente in moto permanente del reticolo idrografico in prossimità dell'area di interesse.

Le simulazioni sono state realizzate utilizzando il *software* HEC-RAS (River Analysis System) sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center (HEC) per conto dell'U.S. Army Corps of Engineers e hanno consentito di stimare la potenziale area inondabile per gli eventi di piena di 30, 200 e 500 anni.

La morfologia dell'area di interesse è stata modellizzata facendo riferimento alle informazioni ricavate dal DTM con risoluzione 5 m della Regione Basilicata. Il modello idraulico è stato schematizzato considerato l'asta che insiste nell'area di studio come mostra la figura seguente.

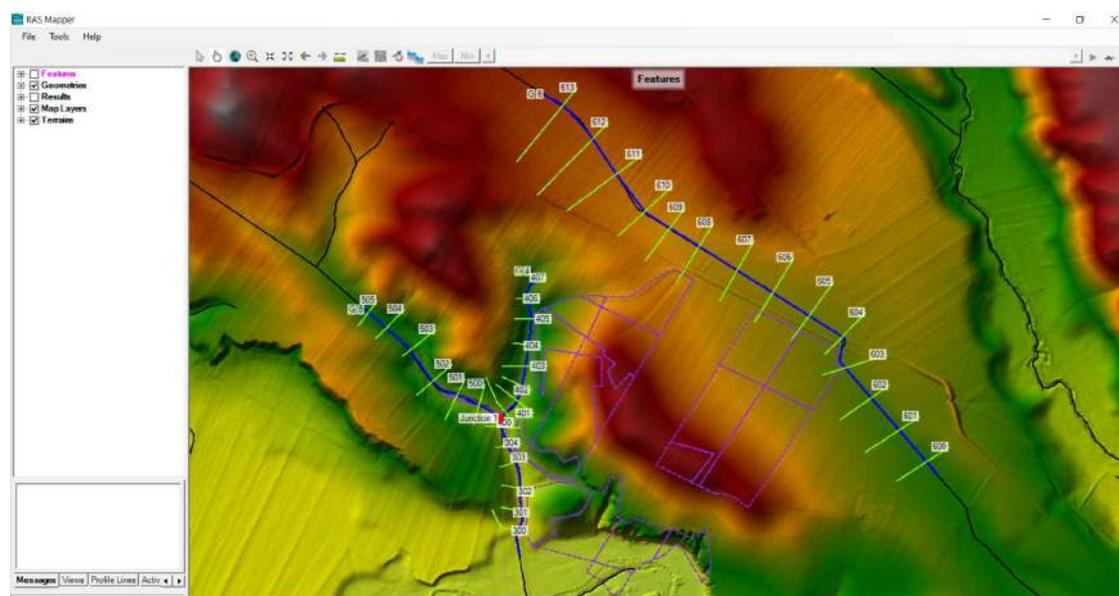


Fig. 5 – Schematizzazione del reticolo idrografico che insiste nell'intorno delle particelle di interesse con il software HEC-RAS

I risultati ottenuti sono sintetizzati negli allegati a margine della presente relazione “Livelli idrici nelle sezioni trasversali” e “Profili di corrente”.

Da tali elaborati si evince che l’Affluente 1 lambisce il lato ovest della particella di interesse lungo i tratti denominati G4 e G3. Lungo l’asta G4 la larghezza in superficie risulta essere pari a 18 m, 20 m e 25 m per le piene con T = 30, 200 e 500 anni rispettivamente, mentre lungo l’asta G3 risulta di 22 m, 27 m e 29 m.

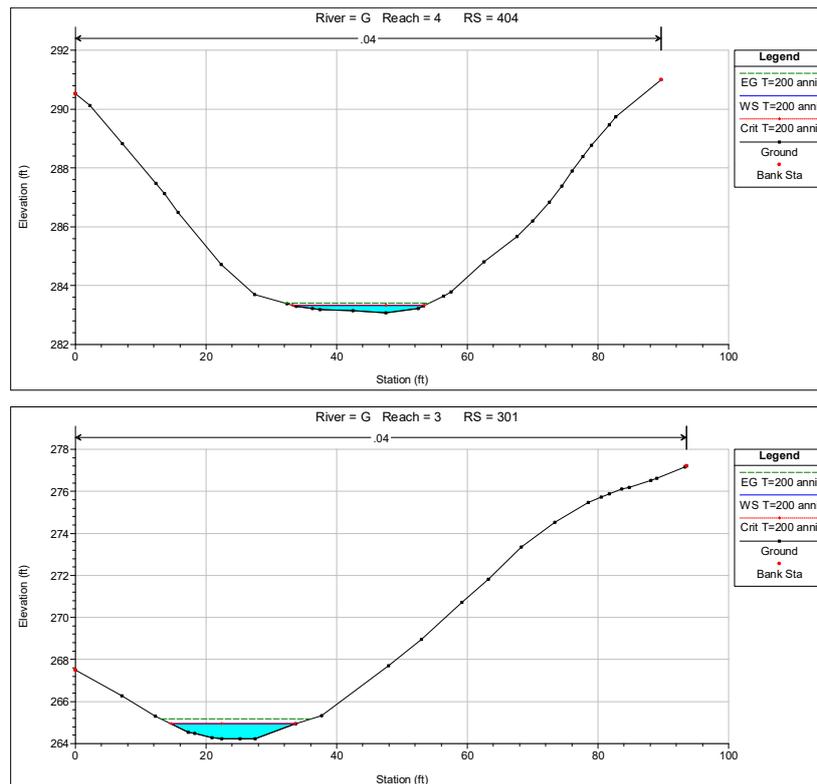


Fig. 6 – Livelli idrici per la portata duecentennale nelle sezioni 404 e 301 dell’Affluente 1.

L’Affluente 2 confina in sponda destra con le particelle interessate dall’intervento in corrispondenza del tracciato della Ferrovia Apulo-Lucana. Proprio il rilevato ferroviario, a monte della sezione 604, impedisce che le piene esondino in destra idrografica. A valle del rilevato ferroviario, invece, non esiste alcun limite fisico di contenimento delle piene e, pertanto, la massima larghezza in superficie risulta essere pari a 83 m, 91 m e 94 m per i tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni rispettivamente.

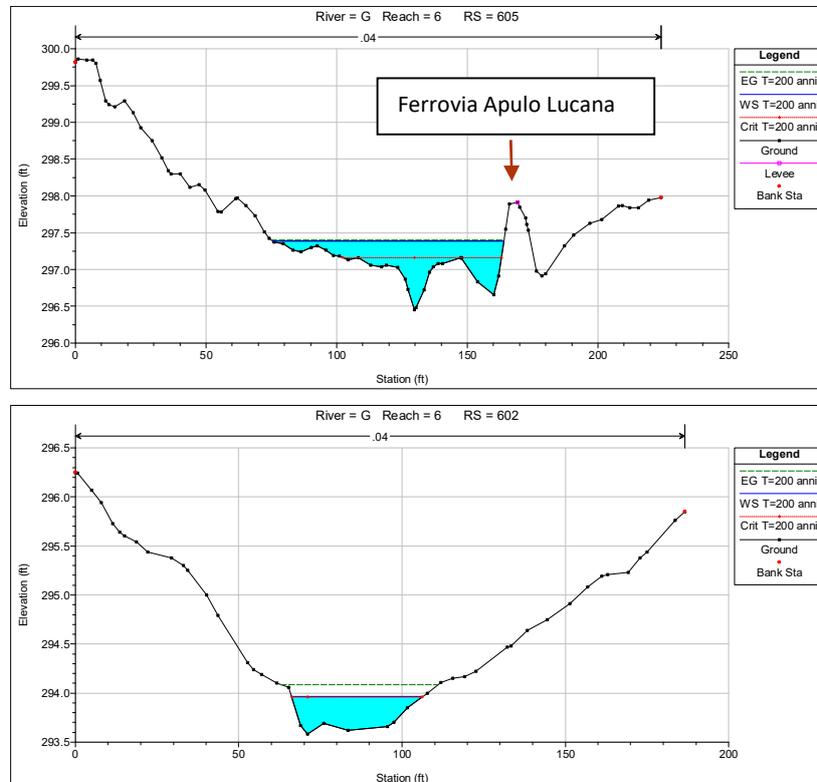


Fig. 7 – Livelli idrici per la portata duecentennale nelle sezioni 605 e 602 dell’Affluente 2.

Dal momento che i risultati ottenuti per la portata di piena con $T = 500$ anni poco si discostano da quelli relativi alla piena con $T = 200$ anni, l’area inondabile proposta quale porzione di terreno da escludere da ogni intervento in progetto è, a vantaggio di sicurezza, quella relativa all’inondazione cinquantennale.



Fig. 8 – Area inondabile per $T=500$ anni

A margine della presente relazione si riportano:

- lo schema idraulico;
- i livelli idrici nelle sezioni trasversali per le piene con $T = 30, 200$ e 500 anni;
- i profili di corrente per le piene con $T = 30, 200$ e 500 anni.

5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Lo studio idrologico e idraulico supporta il progetto definitivo per la realizzazione di un campo fotovoltaico da realizzarsi nel Comune di Genzano di Lucania.

Secondo la cartografia a disposizione sul sito ufficiale della Regione Basilicata, si evince che le particelle di interesse intersecano marginalmente quelle a pericolosità idraulica e a rischio idraulico definite nel PAI dell’Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Meridionale (sede Basilicata).

Inoltre, poiché sulle particelle di interesse insistono anche due affluenti del Fiume Badano denominati “Affluente 1” e “Affluente 2” per i quali l’Autorità di Bacino competente non ha definito il grado di rischio idraulico, il presente studio ha verificato la presenza e l’estensione di potenziali aree inondabili riconducibili alle piene che defluiscono nei due corsi d’acqua nel rispetto delle disposizioni delle NTA del PAI Basilicata.

L’analisi idrologica è stata realizzata utilizzando il metodo SCS Curve Number e le raccomandazioni contenute nel rapporto VAPI per la Basilicata stimando le portate al colmo di piena per i periodi di ritorno di 30, 200 e 500 anni. Sia per la determinazione dei bacini idrografici che per la costruzione del modello idraulico si è fatto riferimento al modello digitale del terreno (DTM) della Regione Basilicata di risoluzione pari a 5 m e, pertanto, i risultati ottenuti risentono del grado di dettaglio di tale modello.

L’analisi idraulica è stata realizzata costruendo i profili di corrente in moto permanente del reticolo idrografico all’interno del sito di interesse utilizzando il software HEC-RAS (River Analysis System) sviluppato dall’Hydrologic Engineering Center (HEC) per conto dell’U.S. Army Corps of Engineers.

Da risultati ottenuti si evince che:

- il limite meridionale delle particelle interessate dall’intervento interseca l’area a pericolosità idraulica individuate dall’AdB competente lungo il Fiume Bradano. Ovviamente le aree che ricadono all’interno di tale perimetro saranno escluse dall’intervento di progetto.
- l’Affluente 1 lambisce il lato ovest delle particelle di interesse lungo i tratti denominati G4 e G3. Lungo l’asta G4 la larghezza in superficie della piena risulta essere pari a 18 m, 20 m e 25 m per le piene con $T = 30, 200$ e 500 anni rispettivamente; mentre lungo l’asta G3 risulta di 22 m, 27 m e 29 m.
- l’Affluente 2 confina con la sua sponda destra e lungo il tracciato della Ferrovia Apulo-Lucana con le particelle considerate. Proprio il rilevato ferroviario a monte della sezione 604 impedisce che le piene esondino in destra idrografica. A valle del rilevato ferroviario, invece, non esiste alcun limite fisico di contenimento delle piene e, pertanto, la massima larghezza in superficie risulta

essere pari a 83 m, 91 m e 94 m per i tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni rispettivamente.

- Relativamente ai due corsi d'acqua "Affluente 1" e "Affluente 2", l'area inondabile proposta quale porzione di terreno da escludere da ogni intervento in progetto è, a vantaggio di sicurezza, quella relativa all'inondazione cinquentennale dal momento che i risultati ottenuti per la piena con $T = 500$ anni poco si discostano da quelli relativi alla piena con $T = 200$ anni.

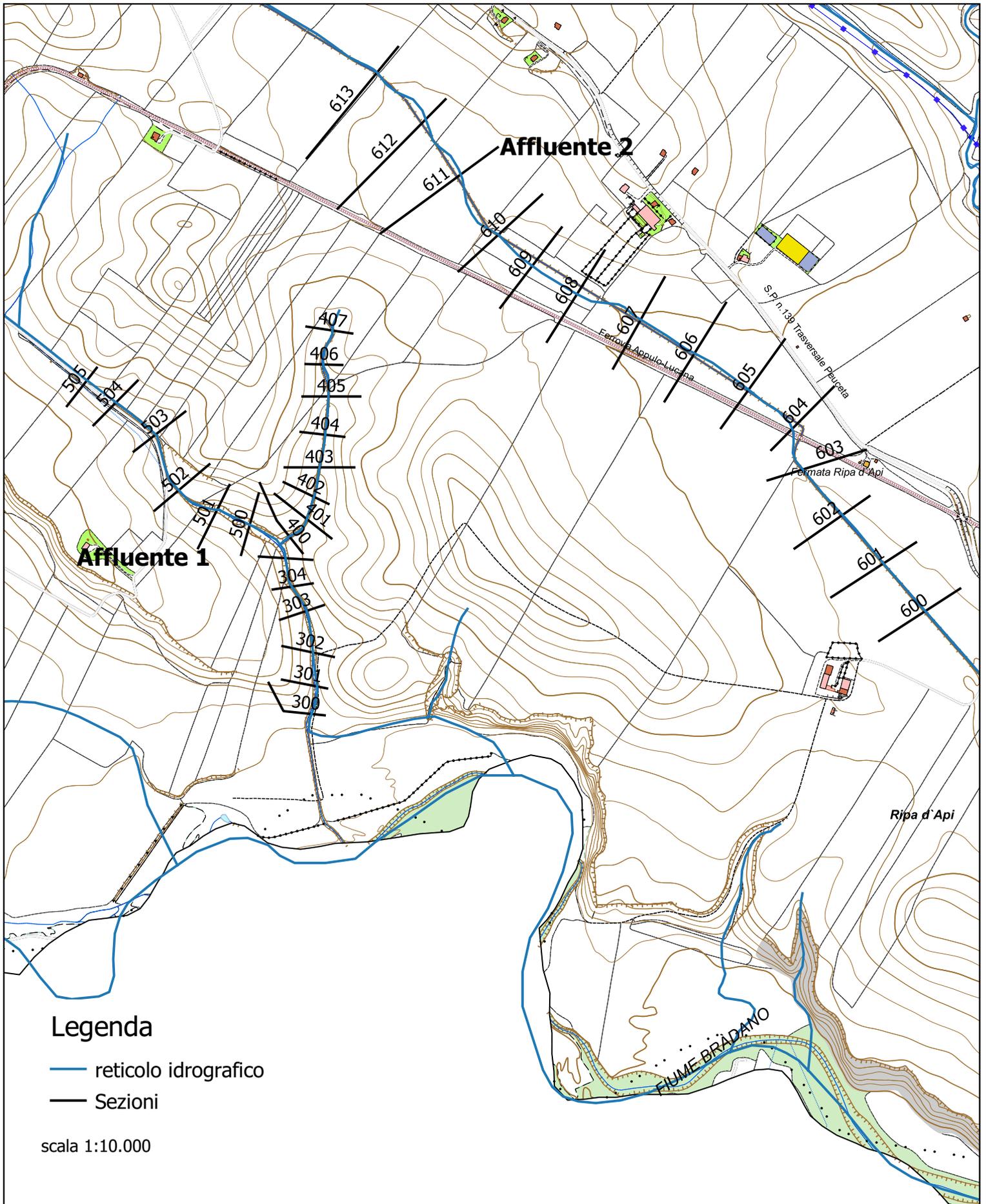
Tito, giugno 2021

Dr Ing Luciana Giosa

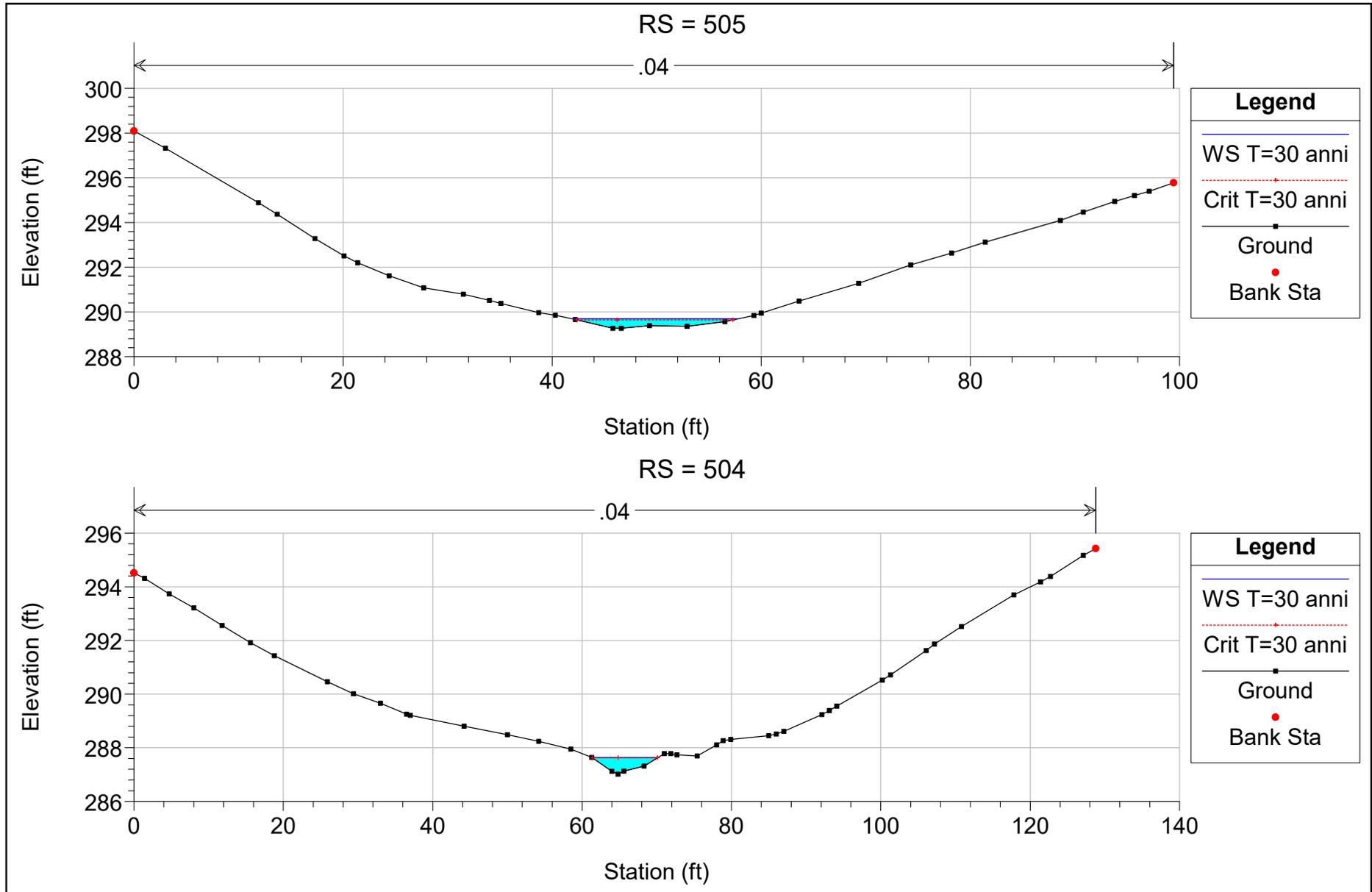


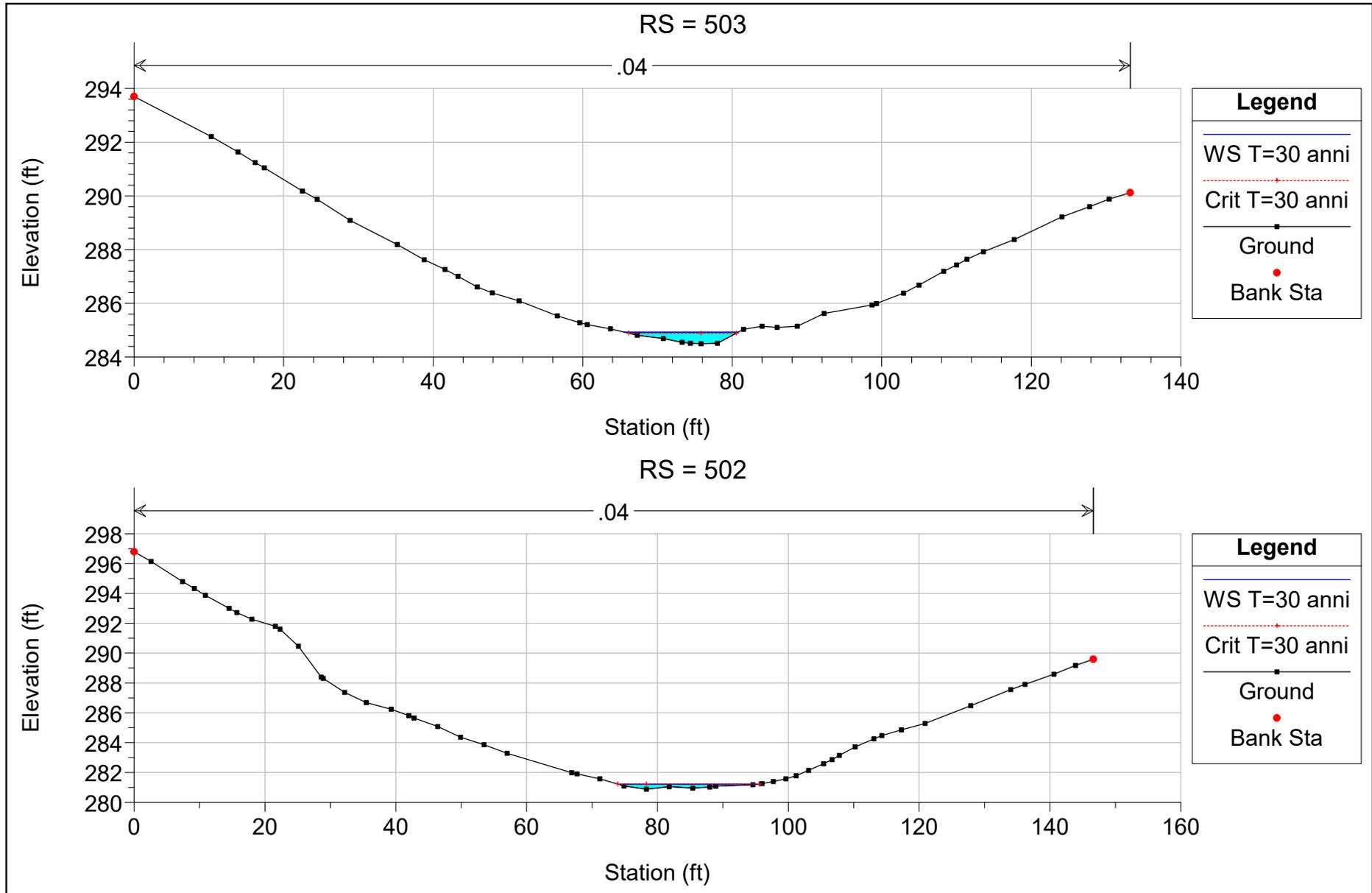
ALLEGATI

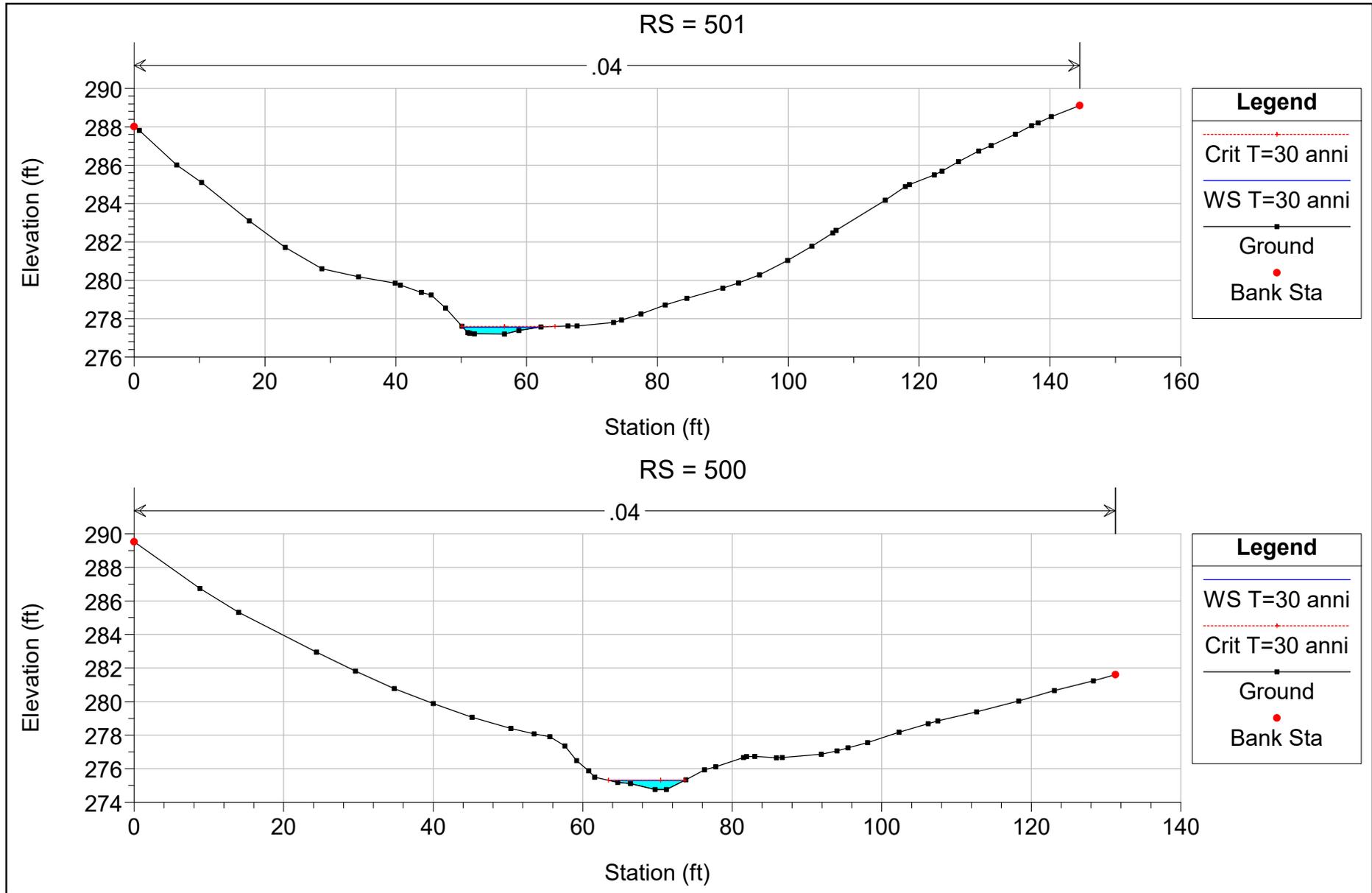
SCHEMA IDRAULICO

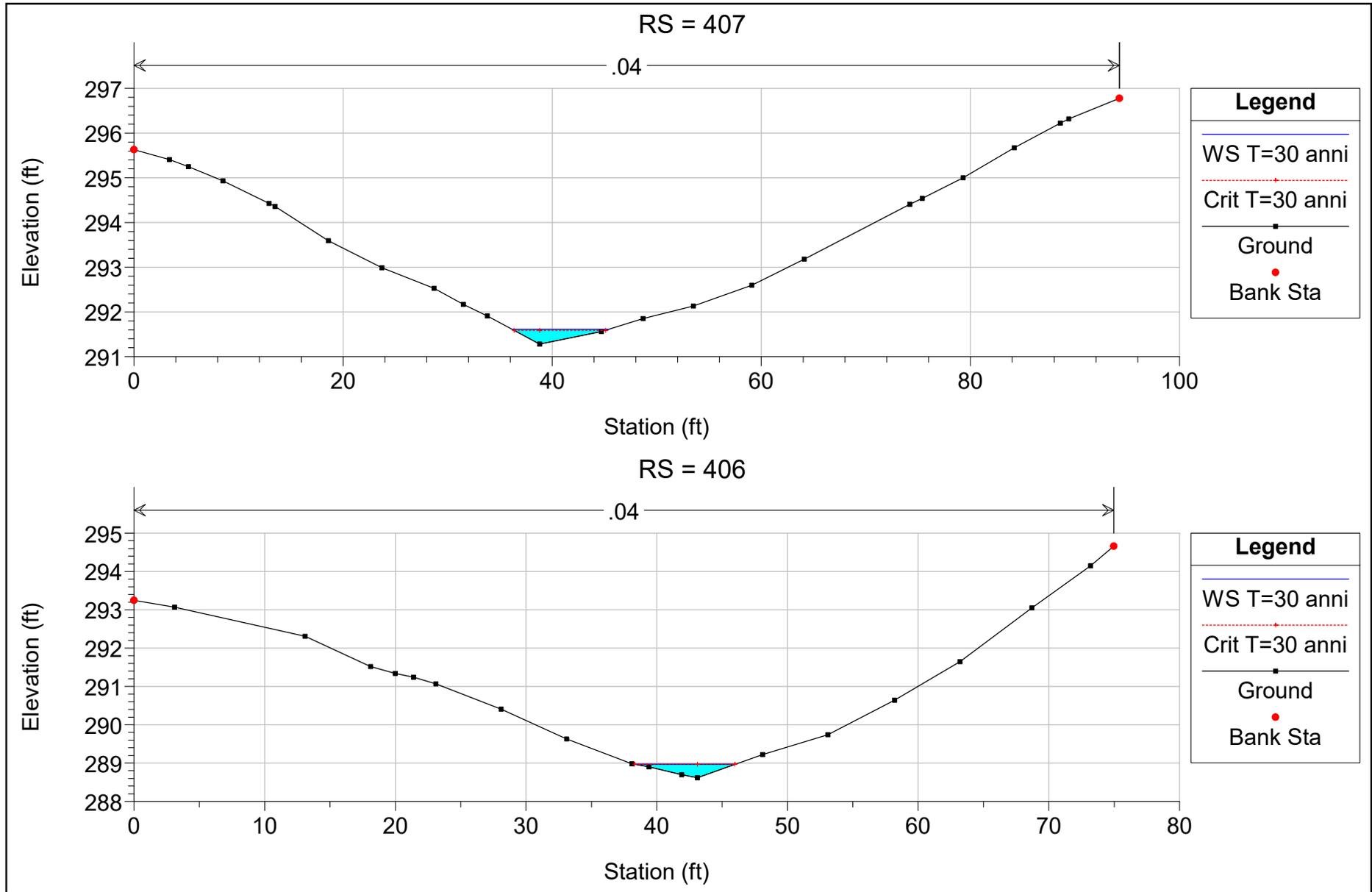


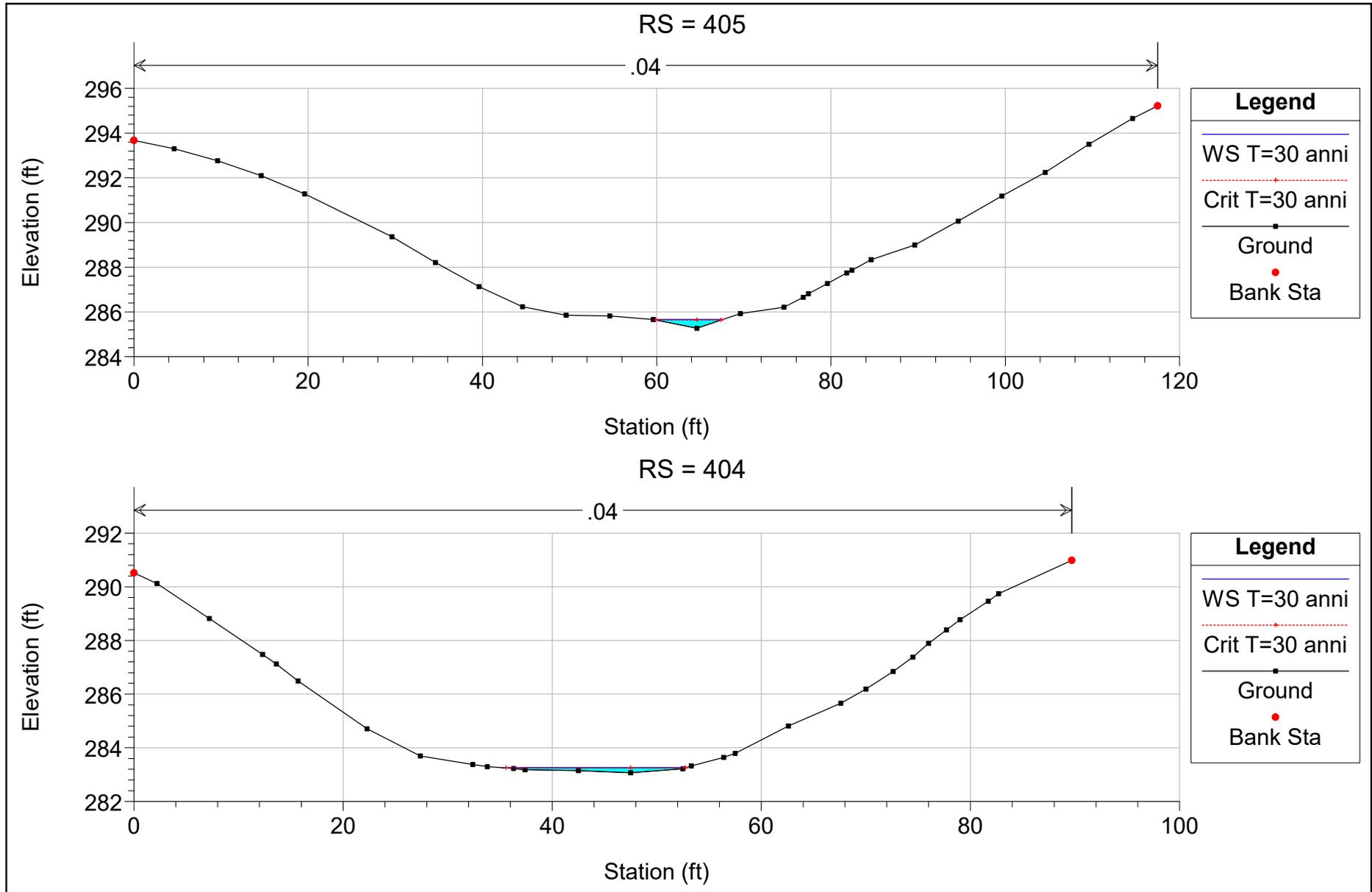
Livelli idrici
per T=30, 200 e 500 anni

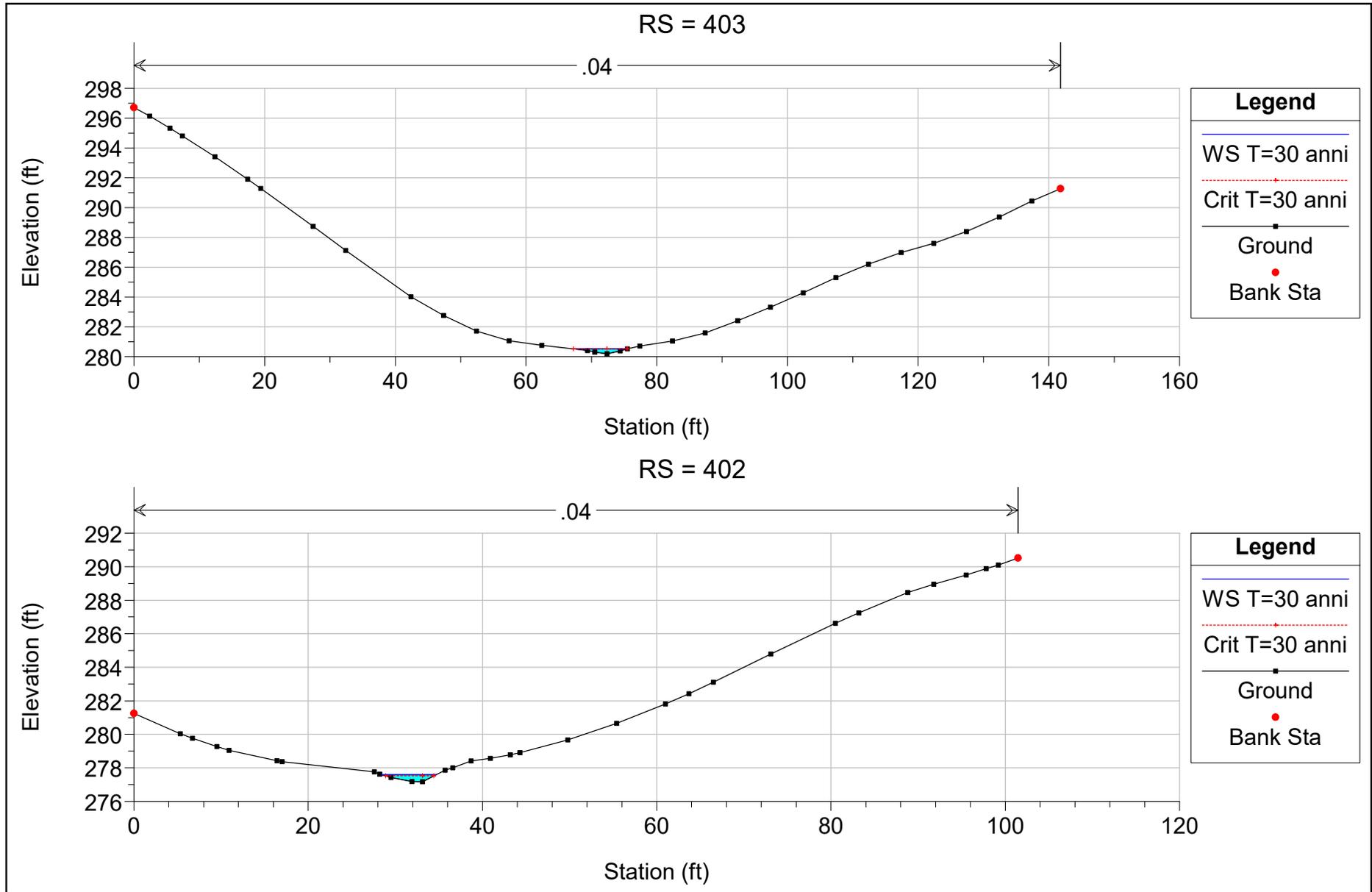


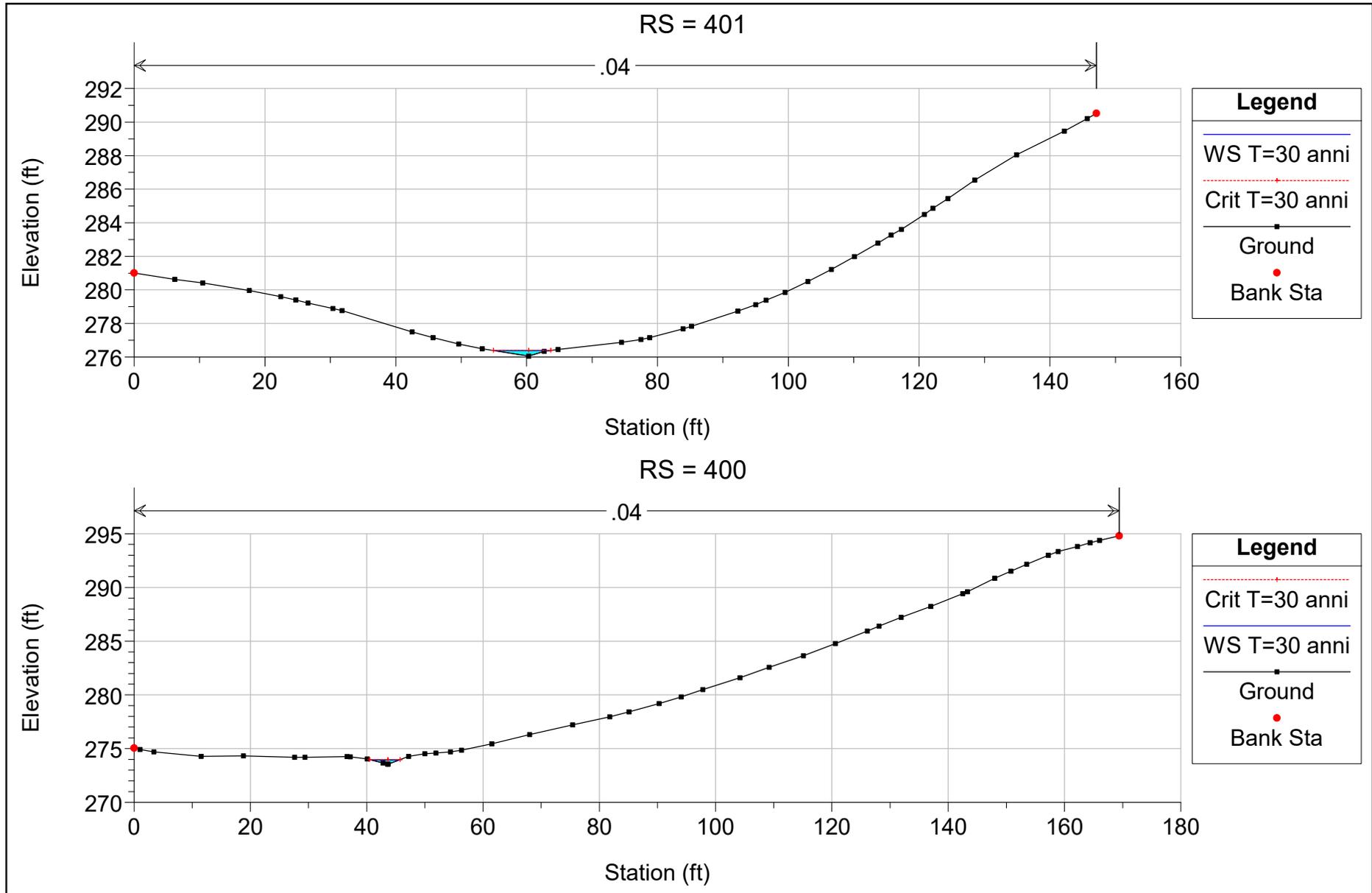


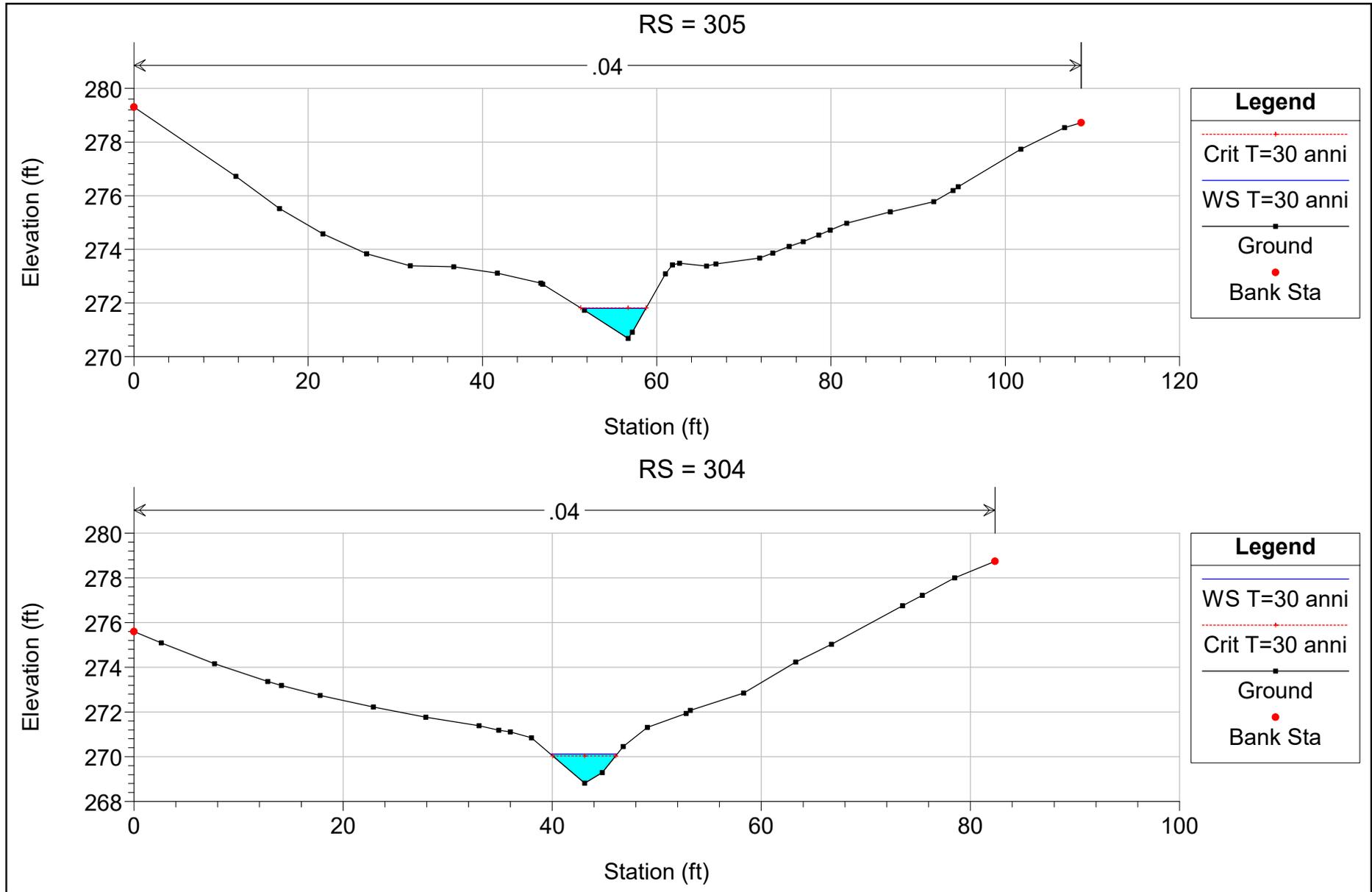


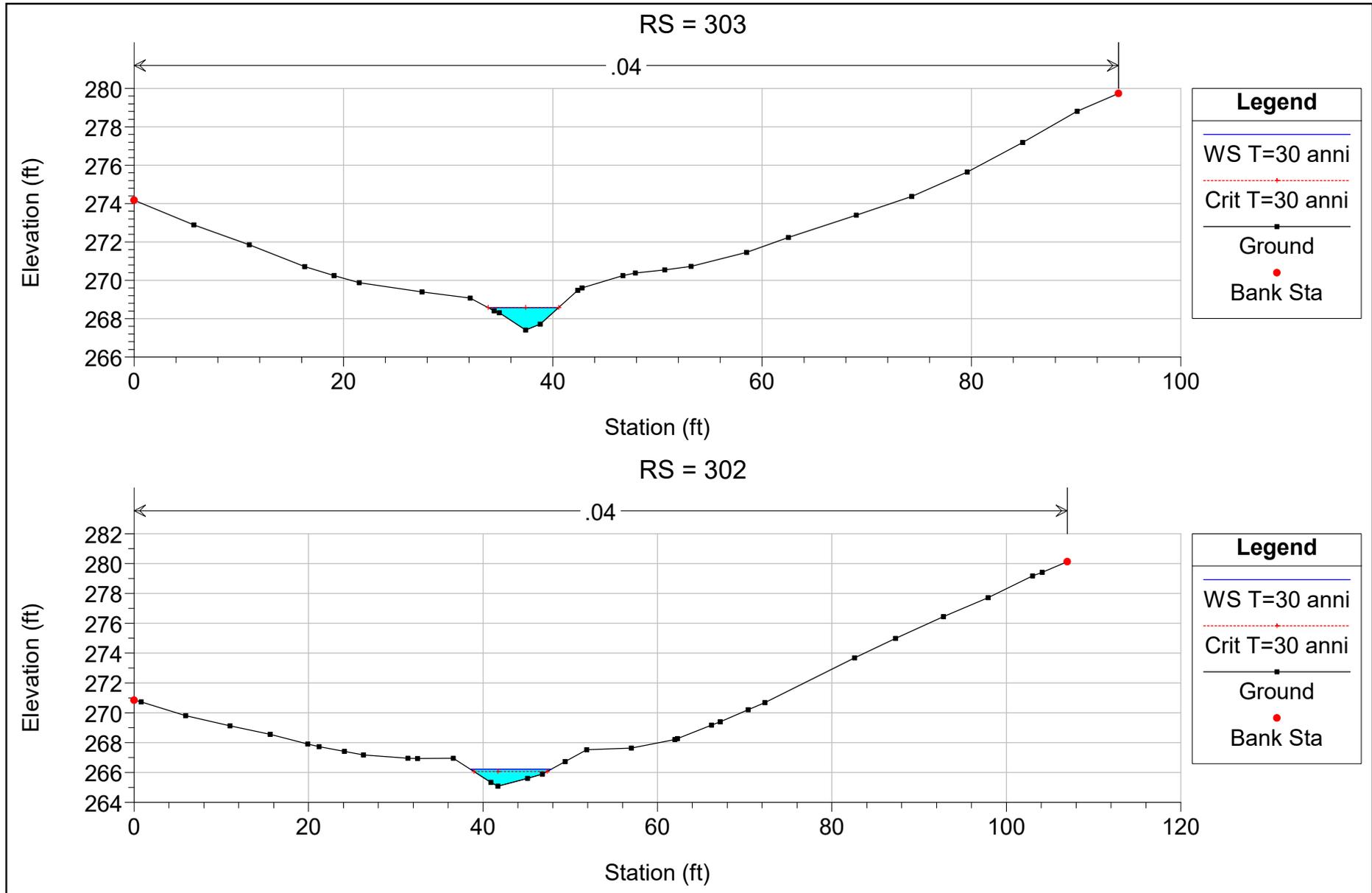


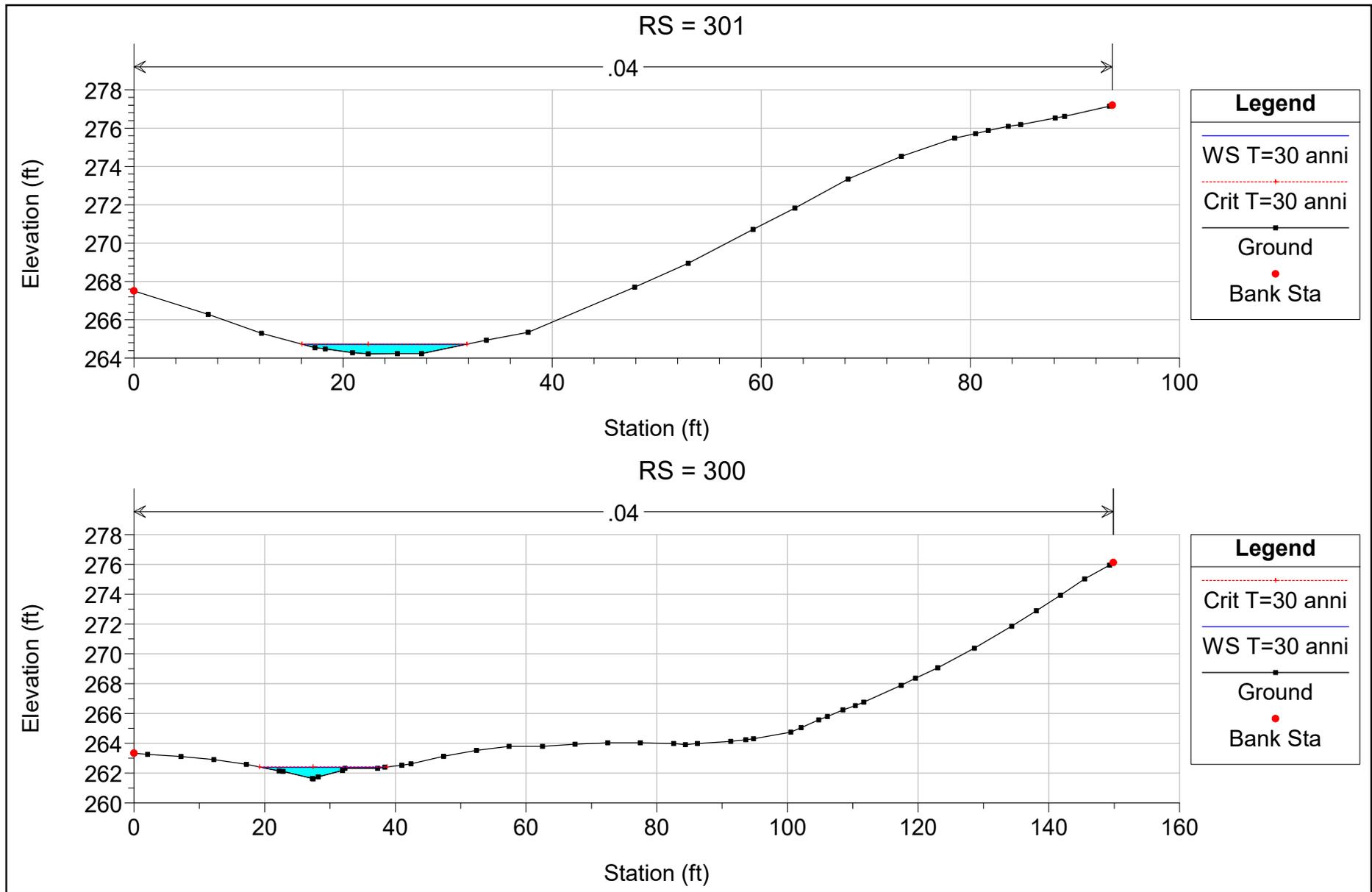


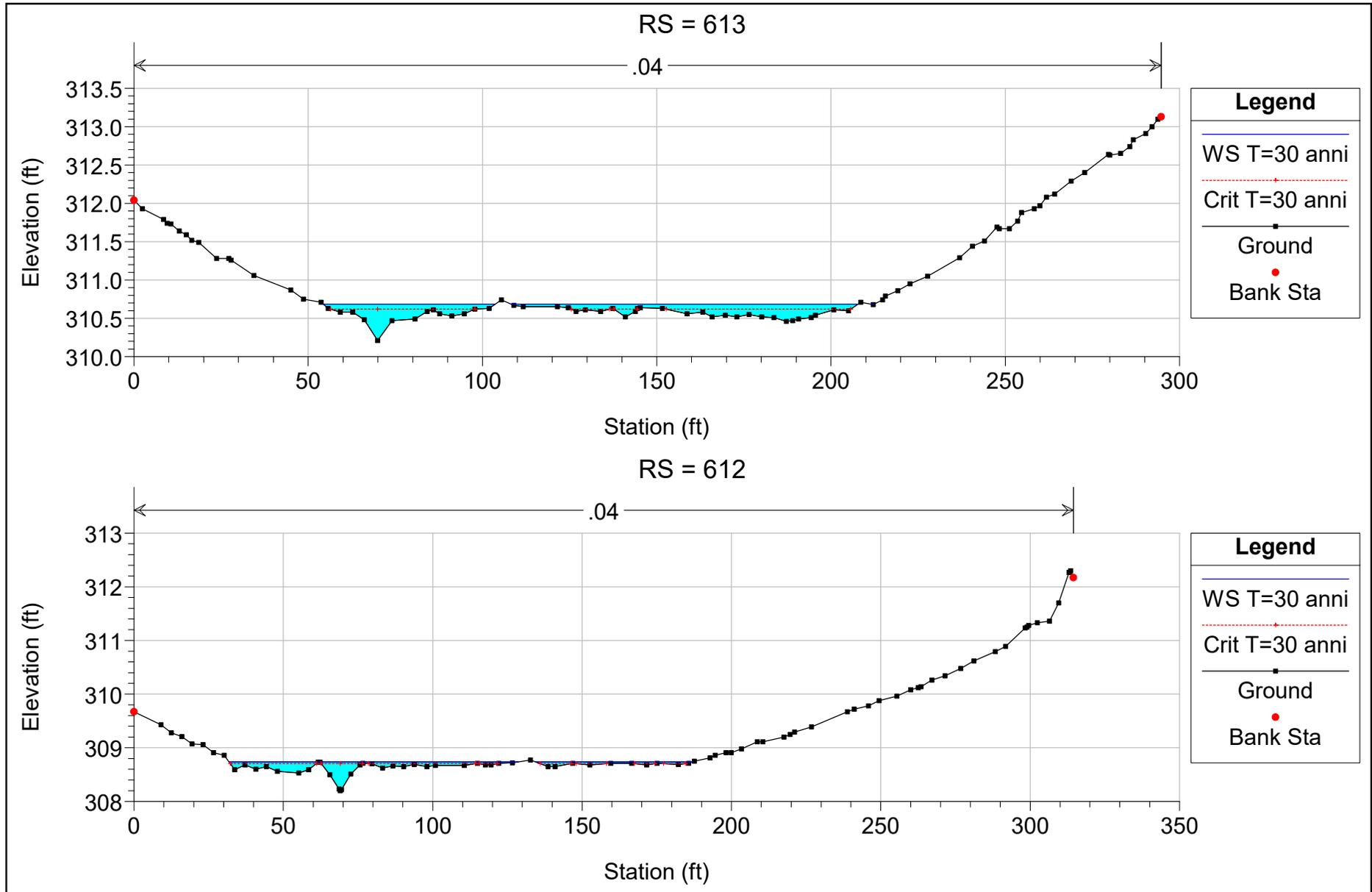


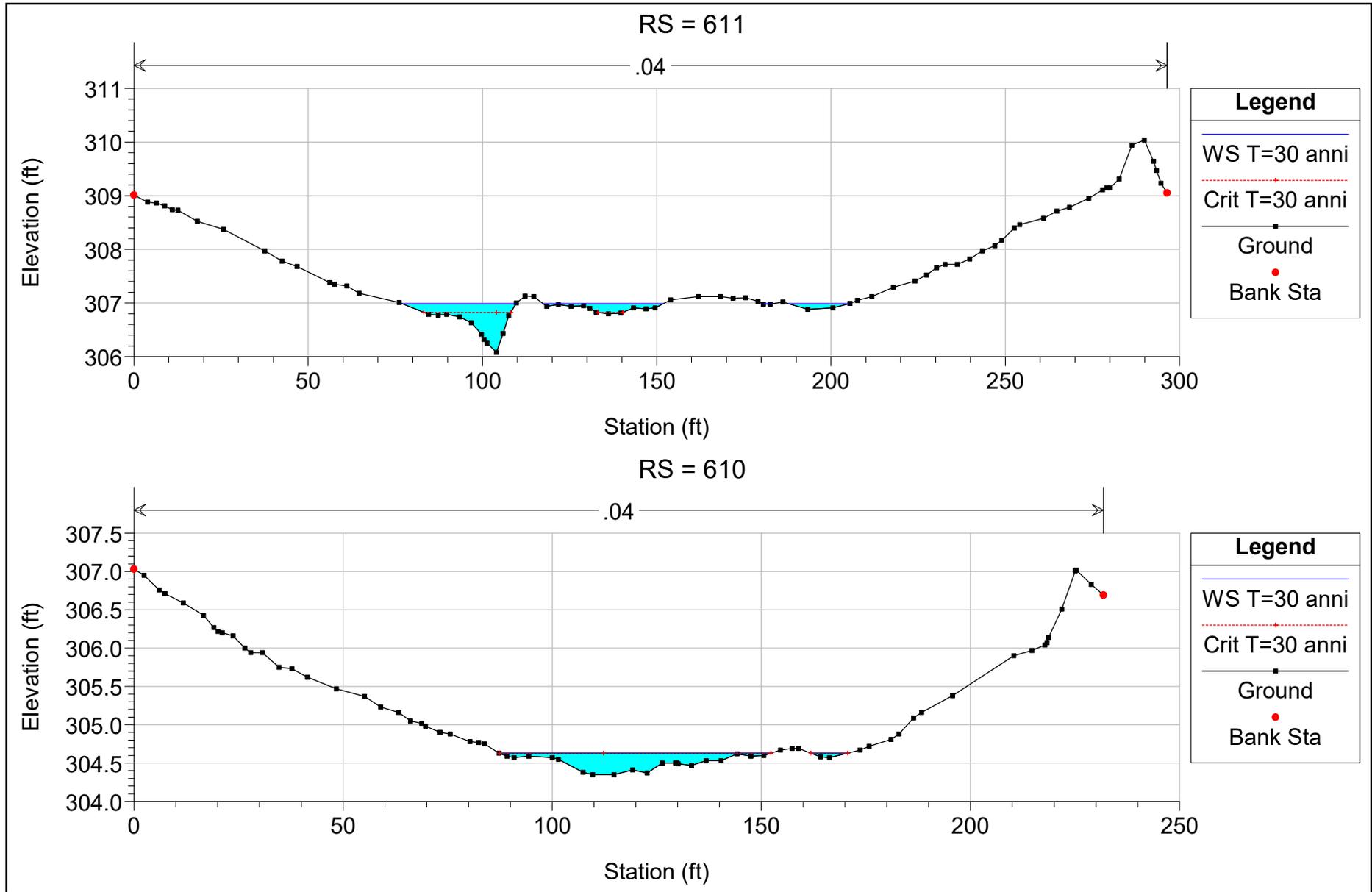


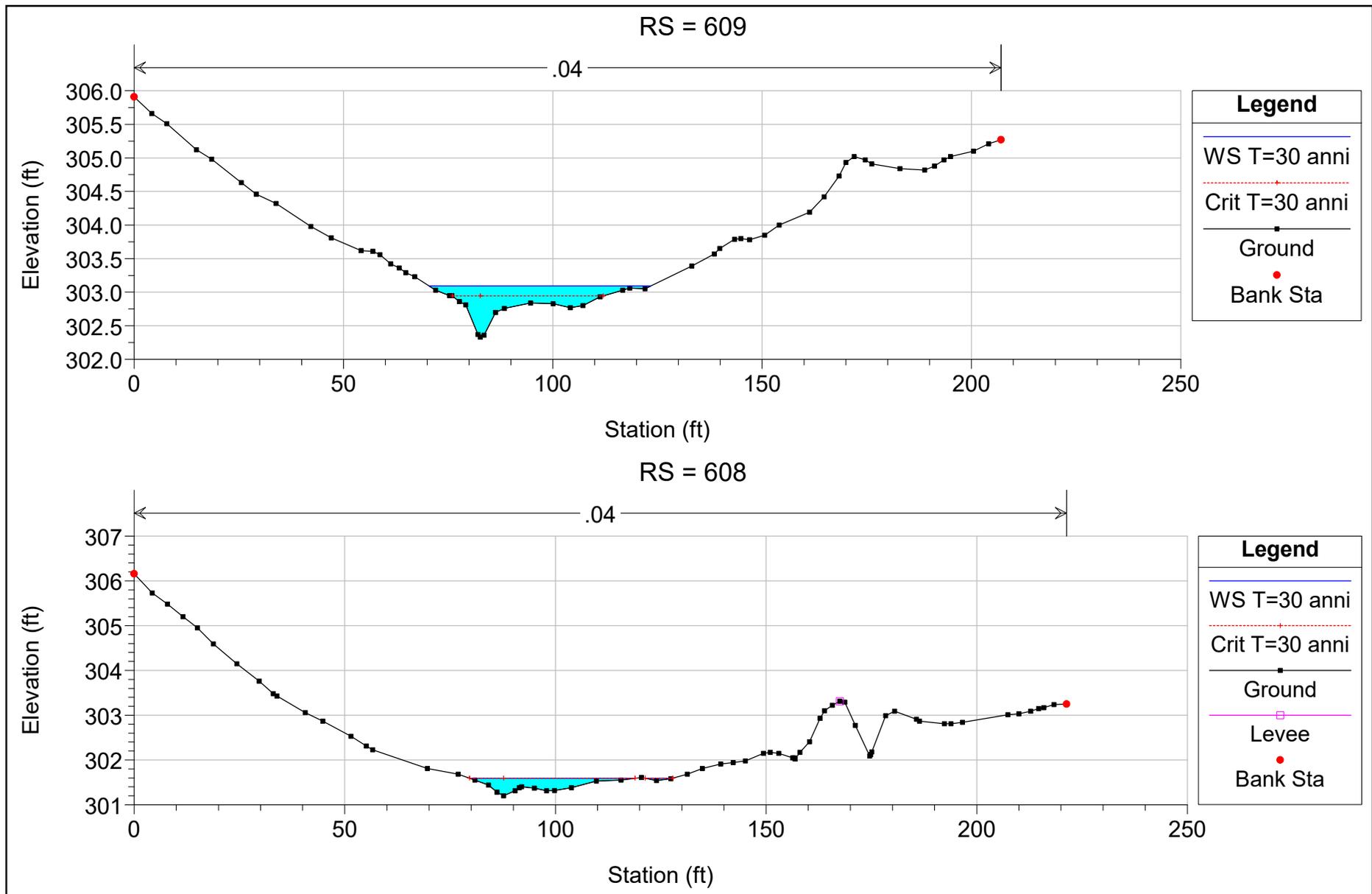


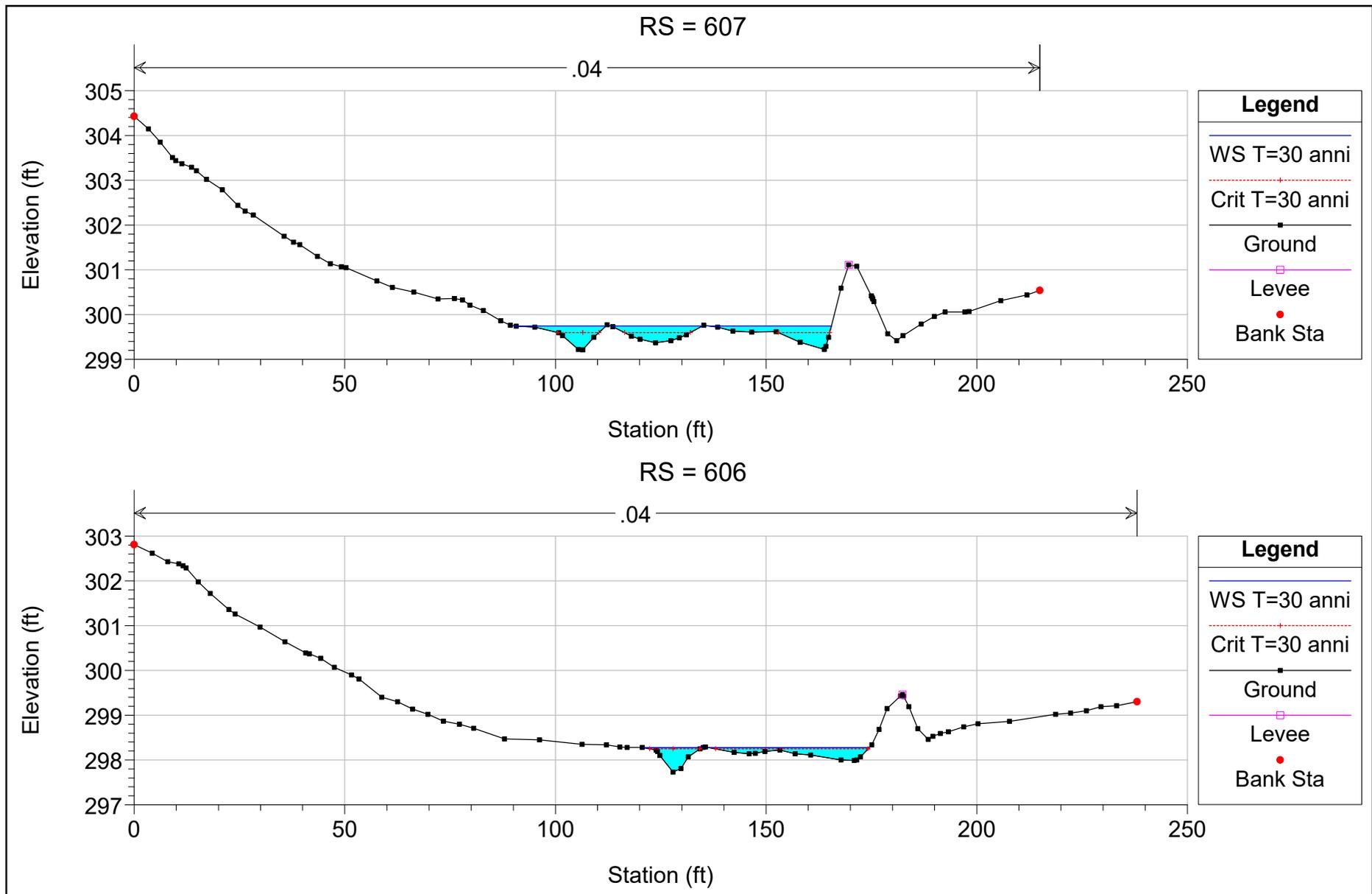


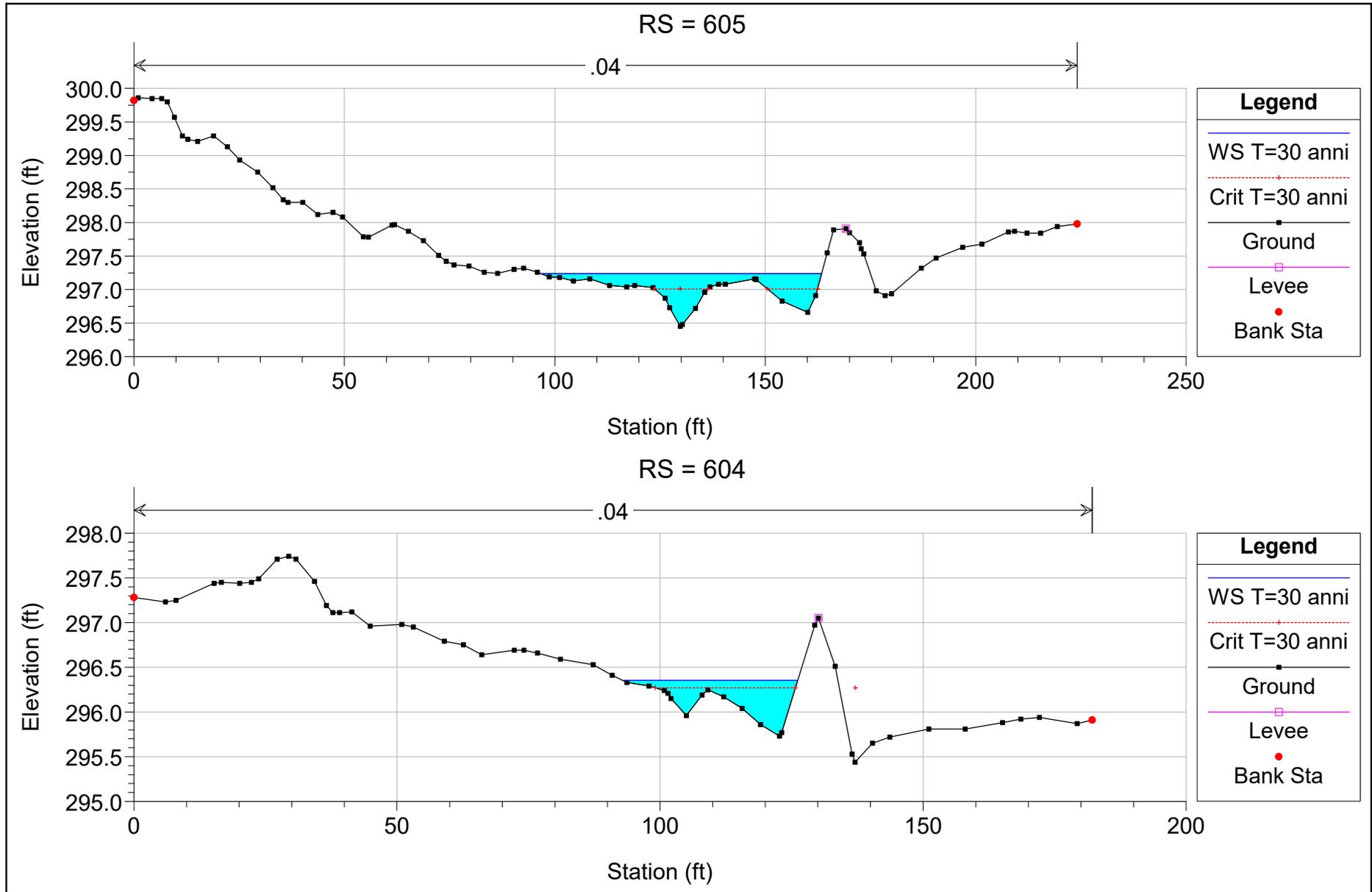


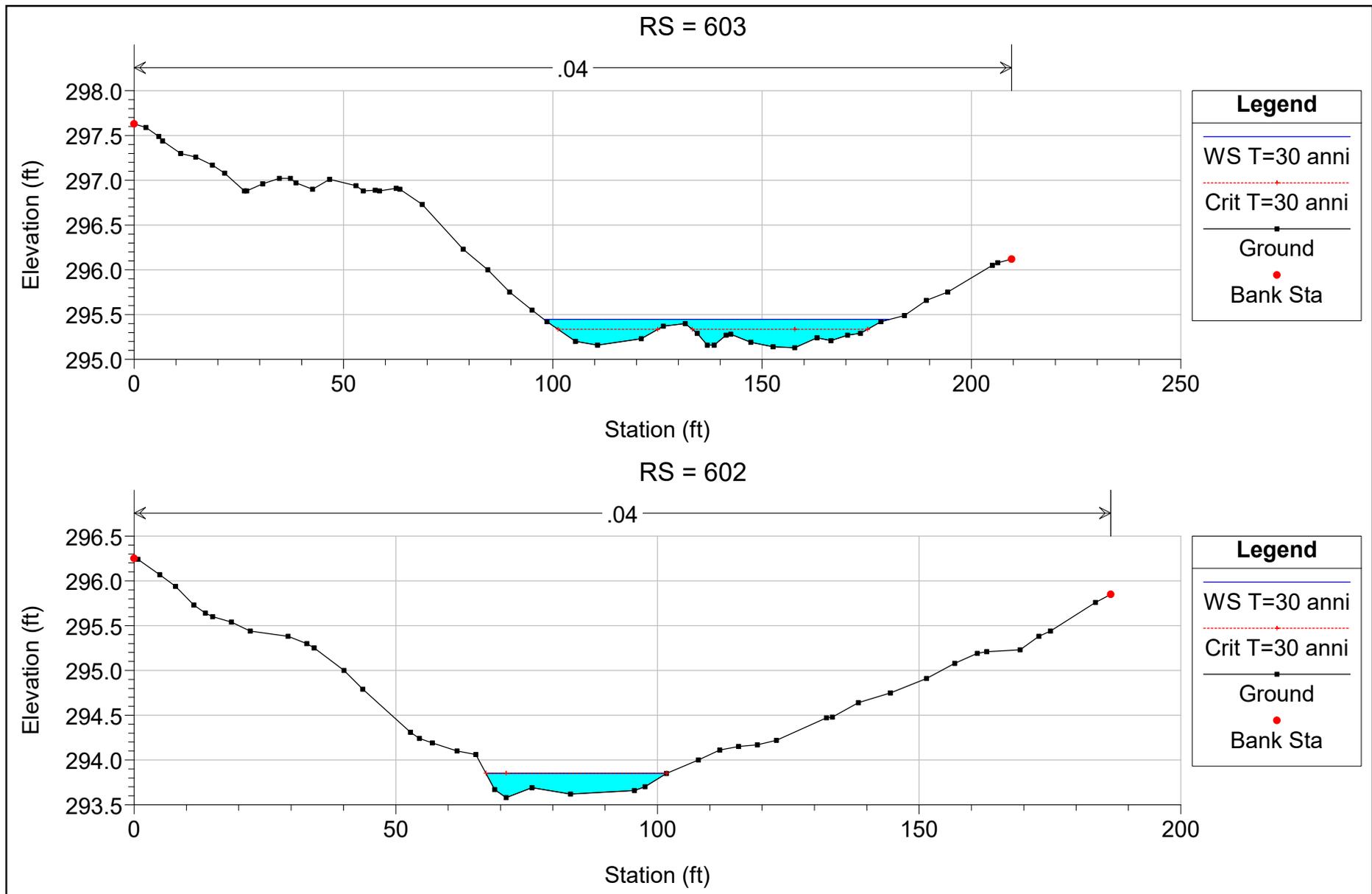


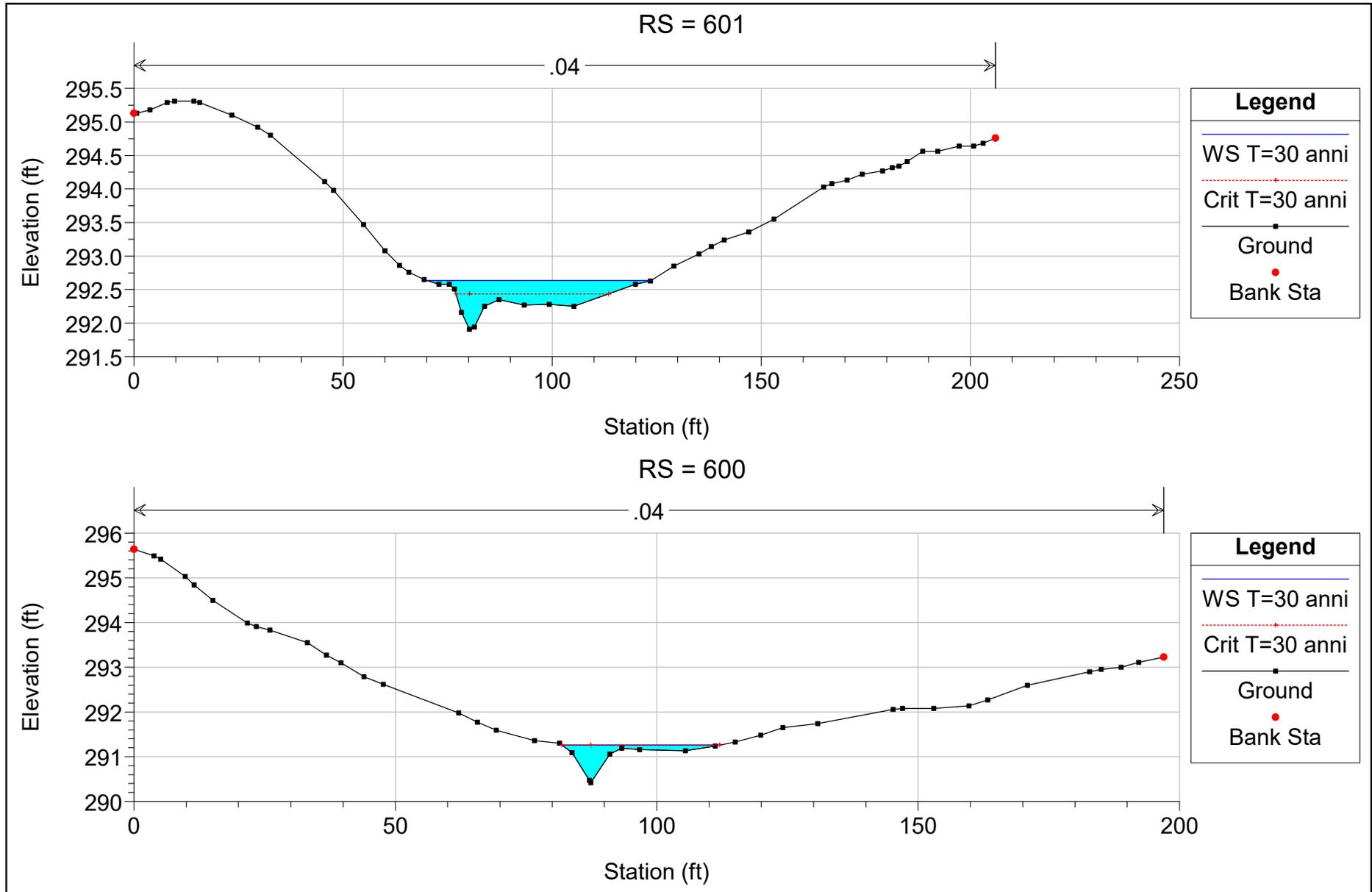


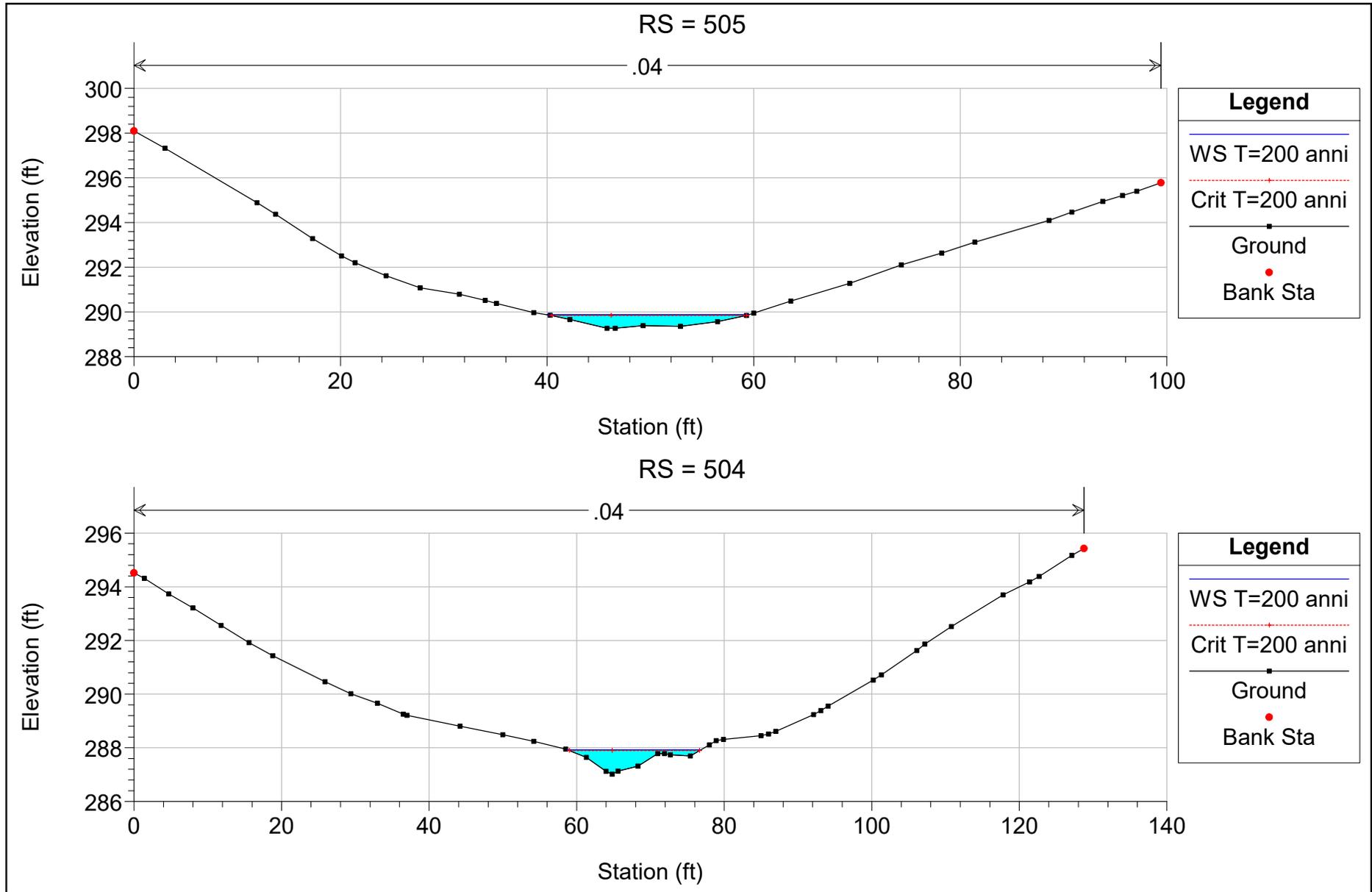


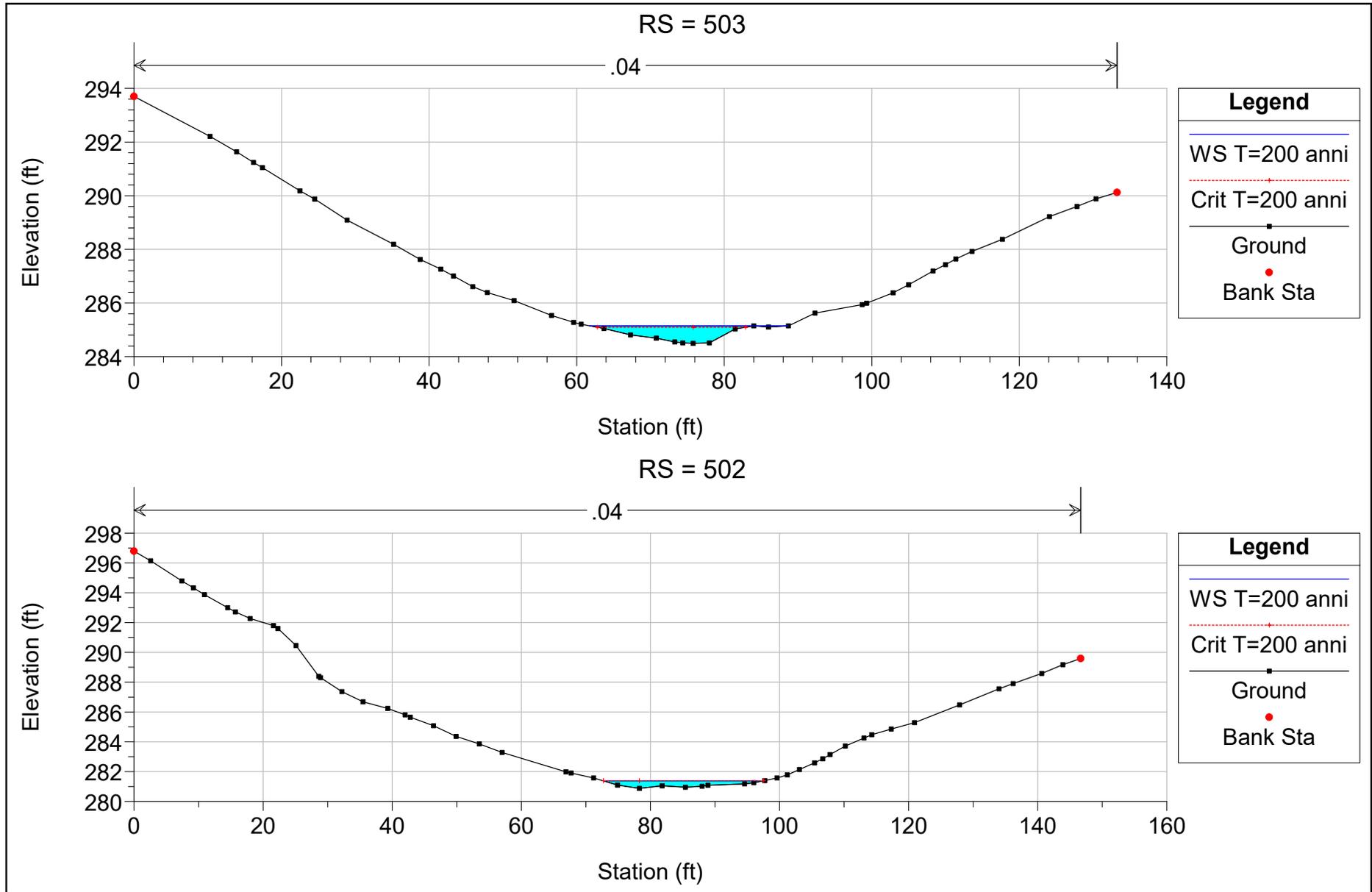


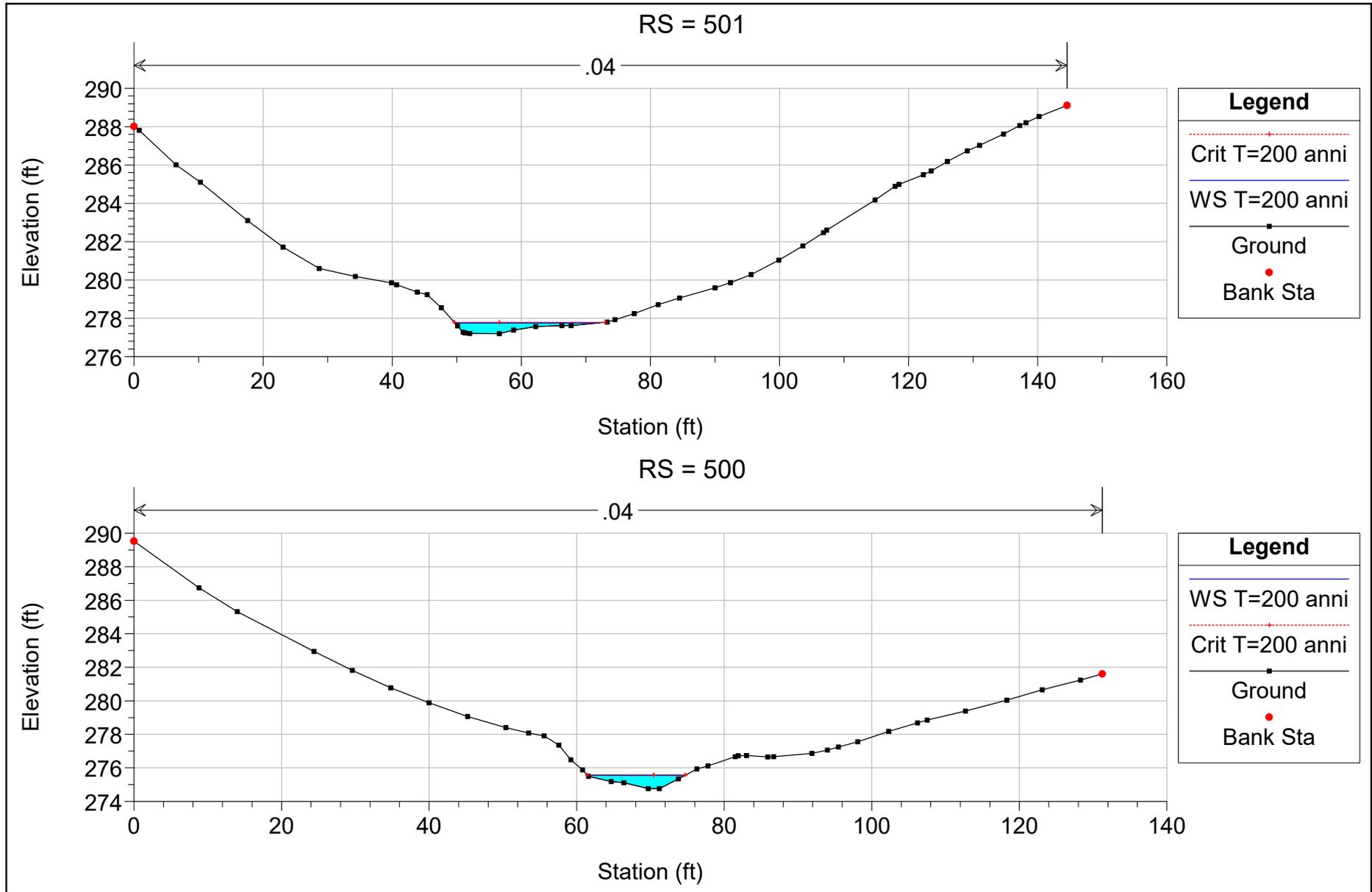


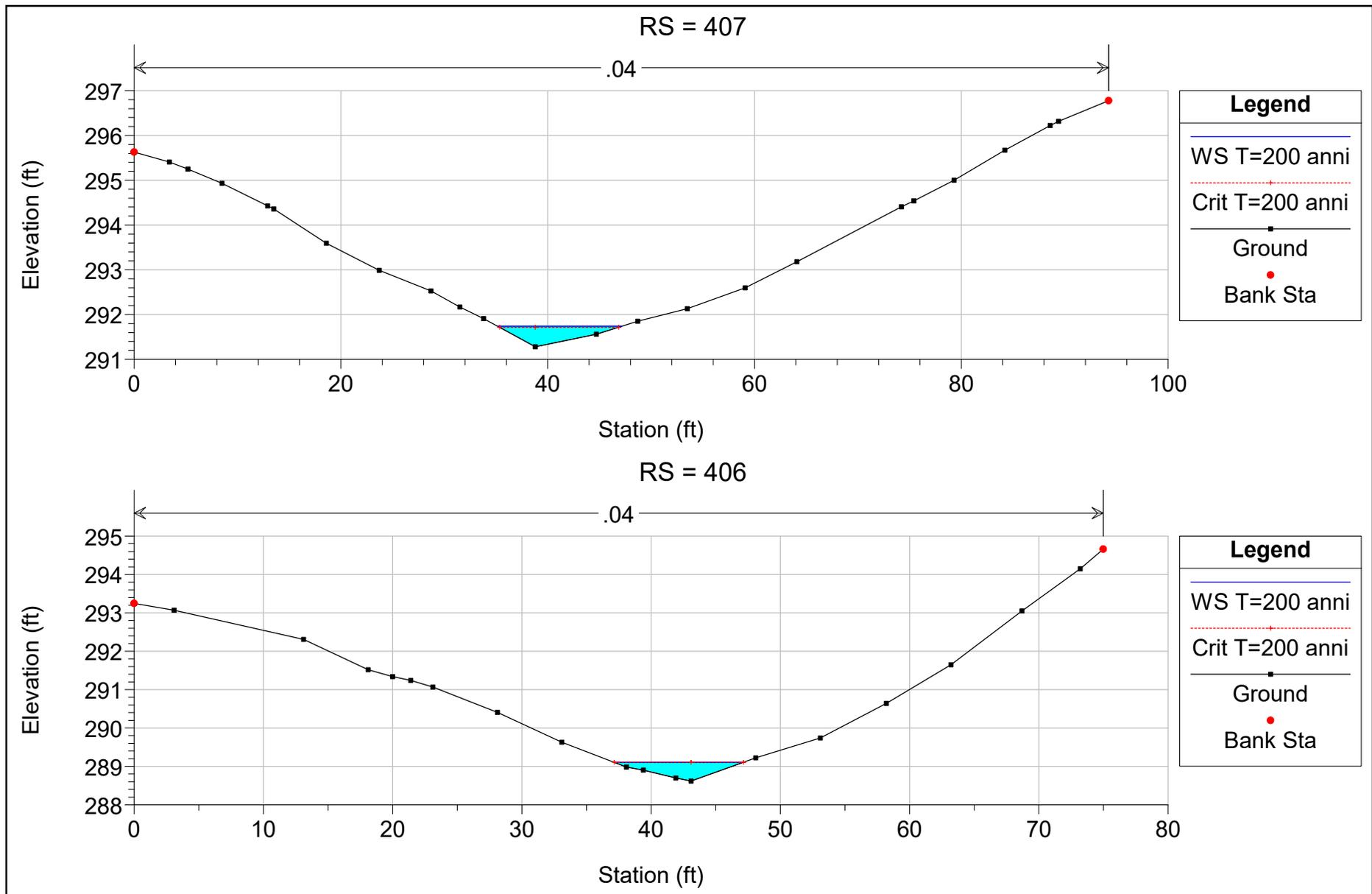


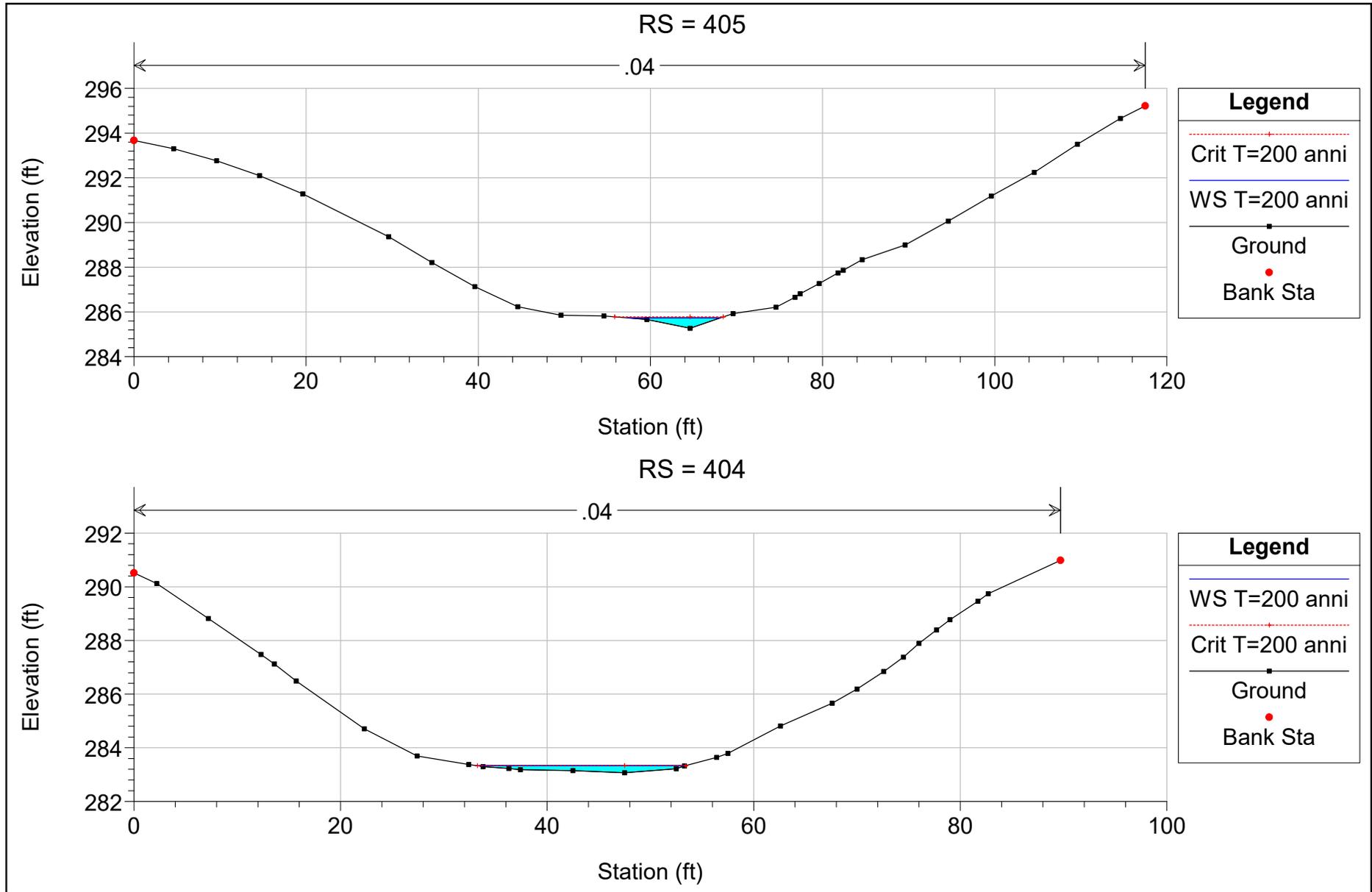


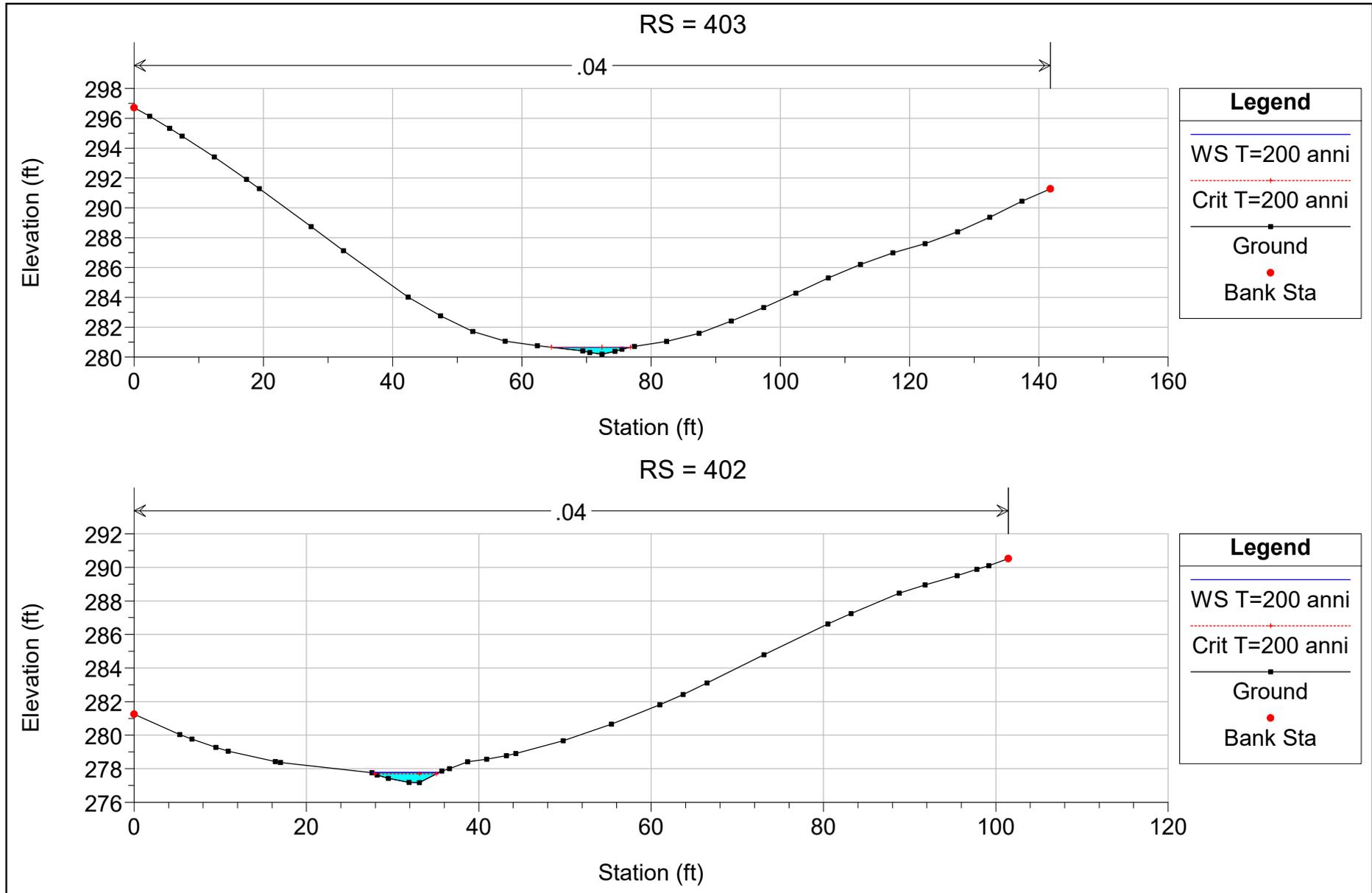


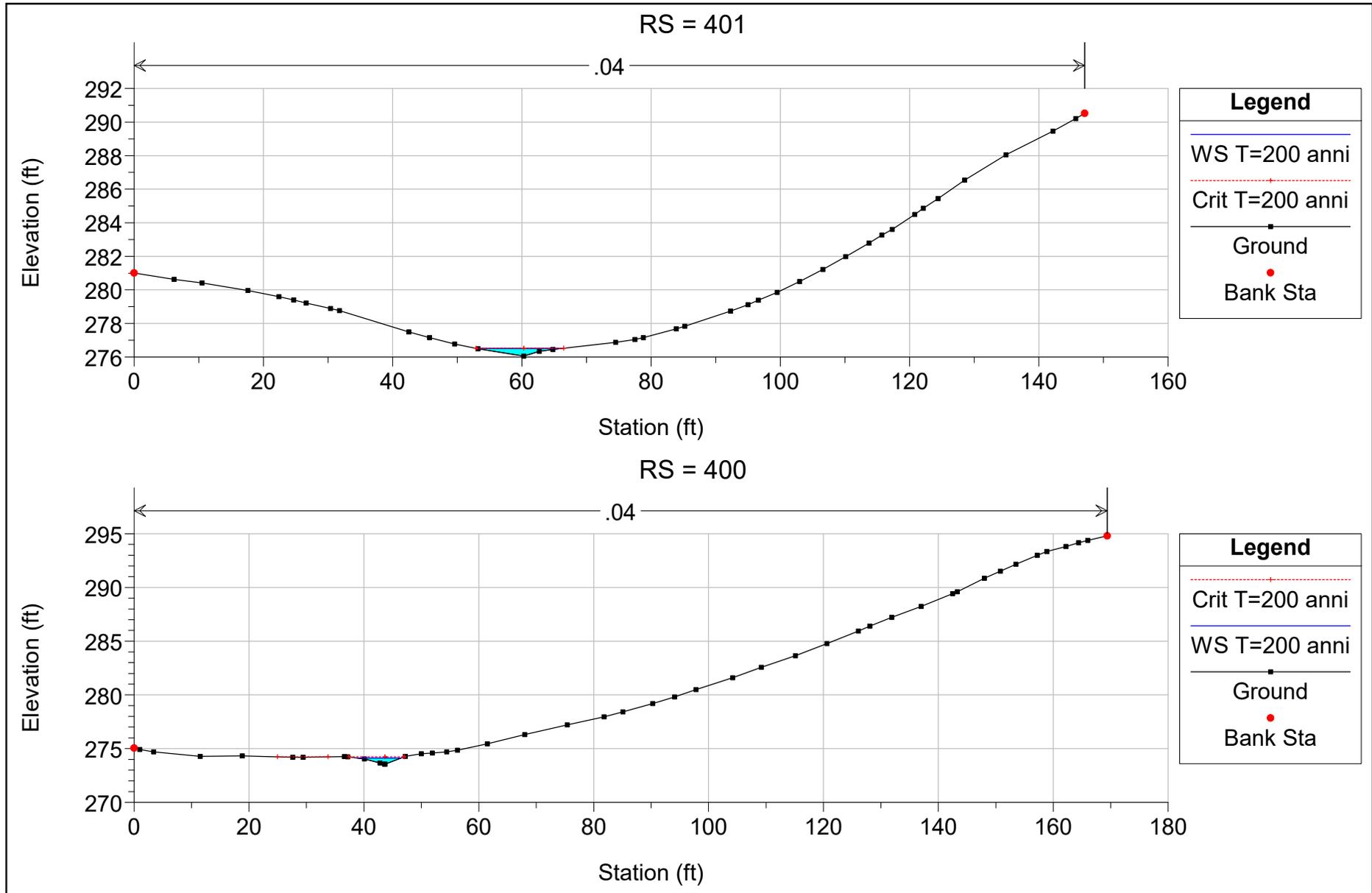


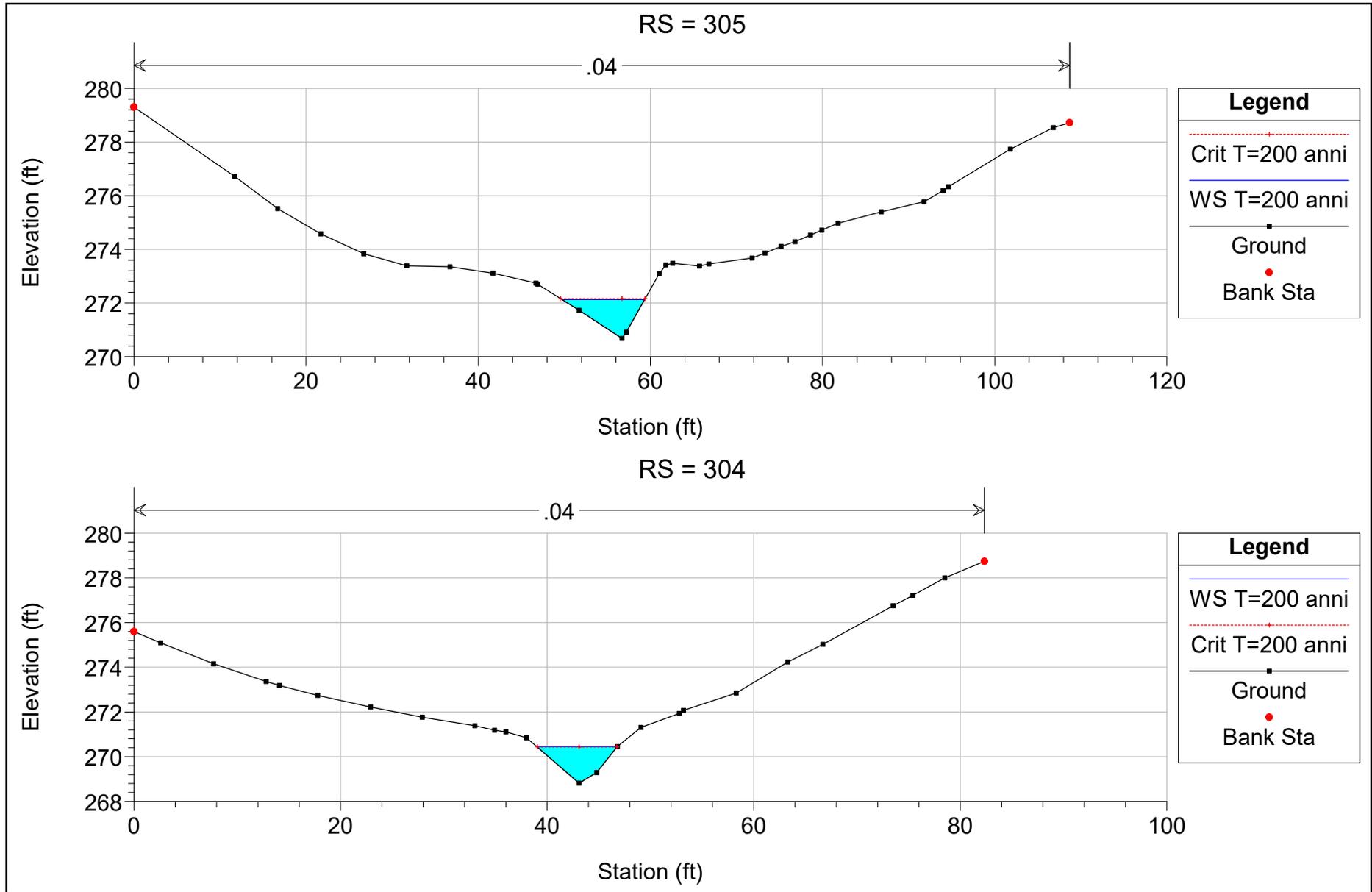


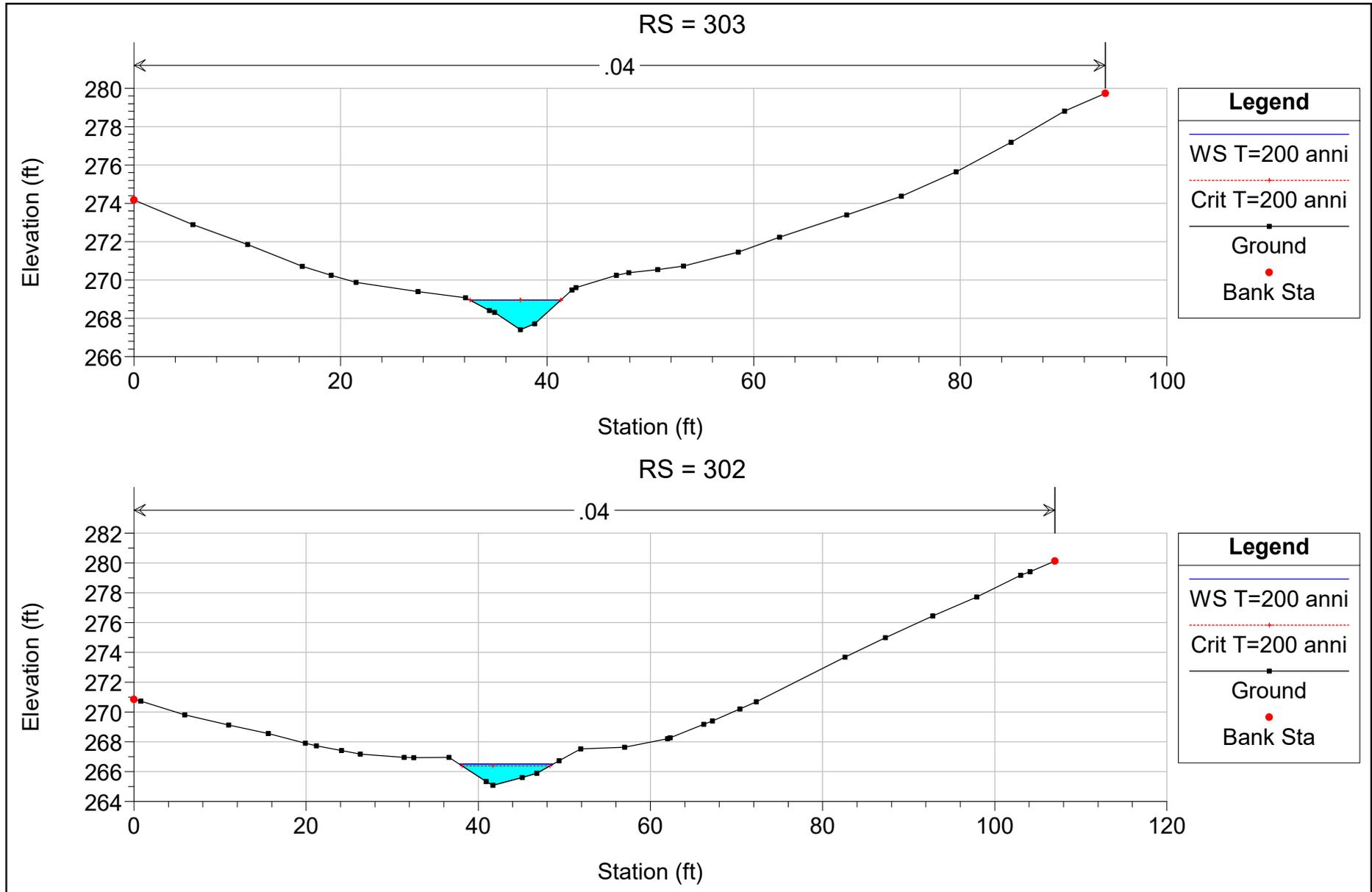


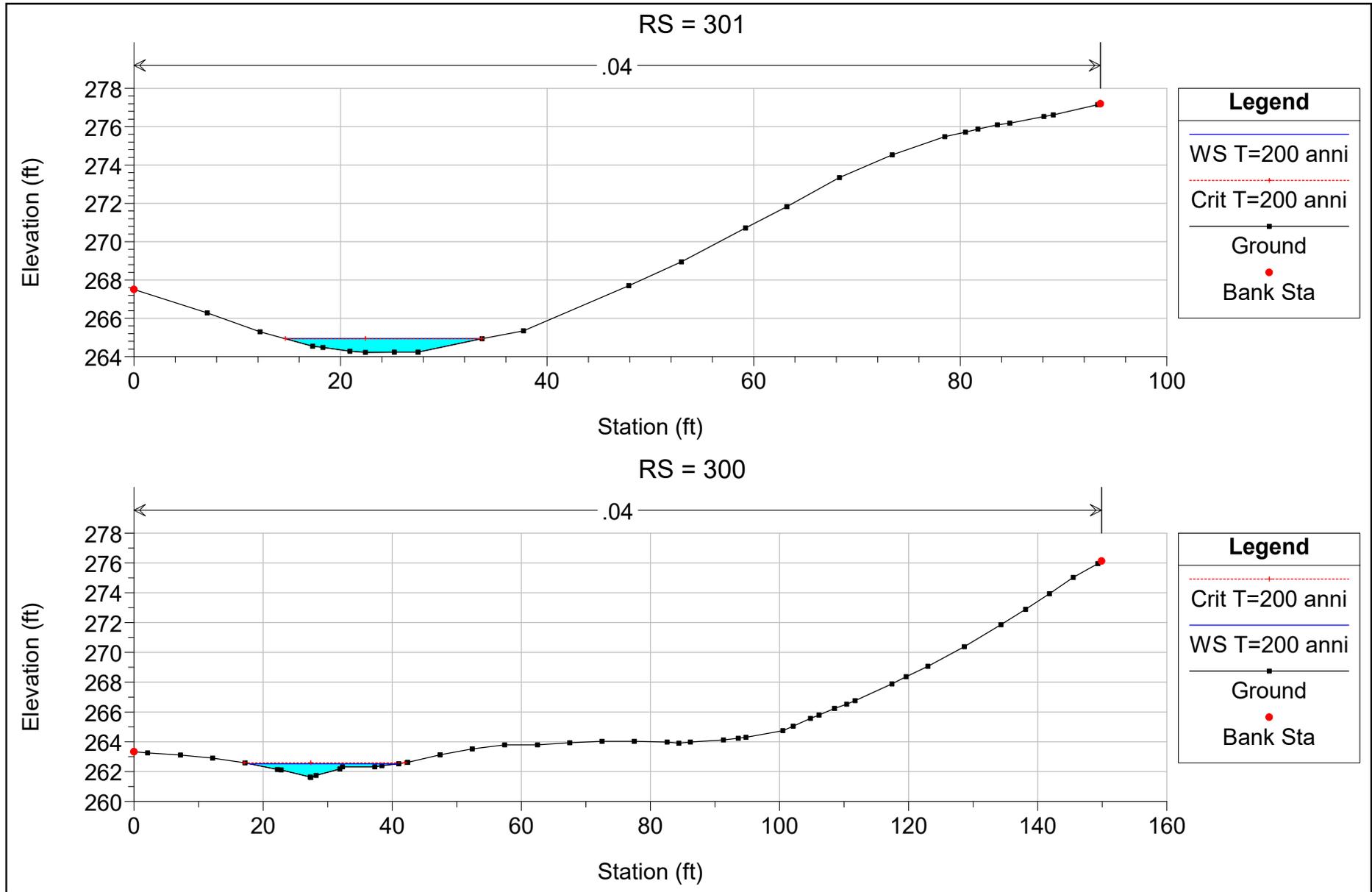


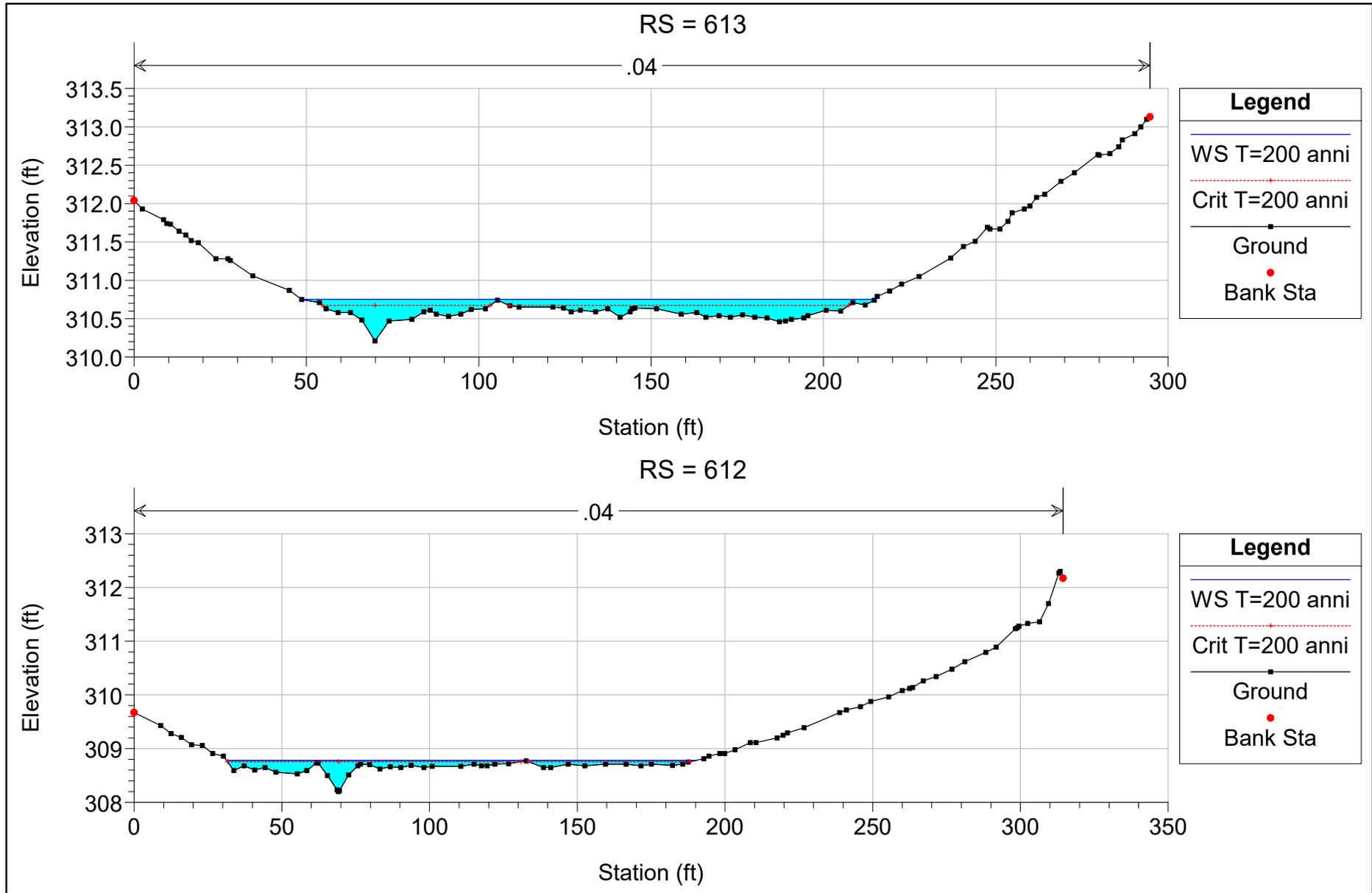


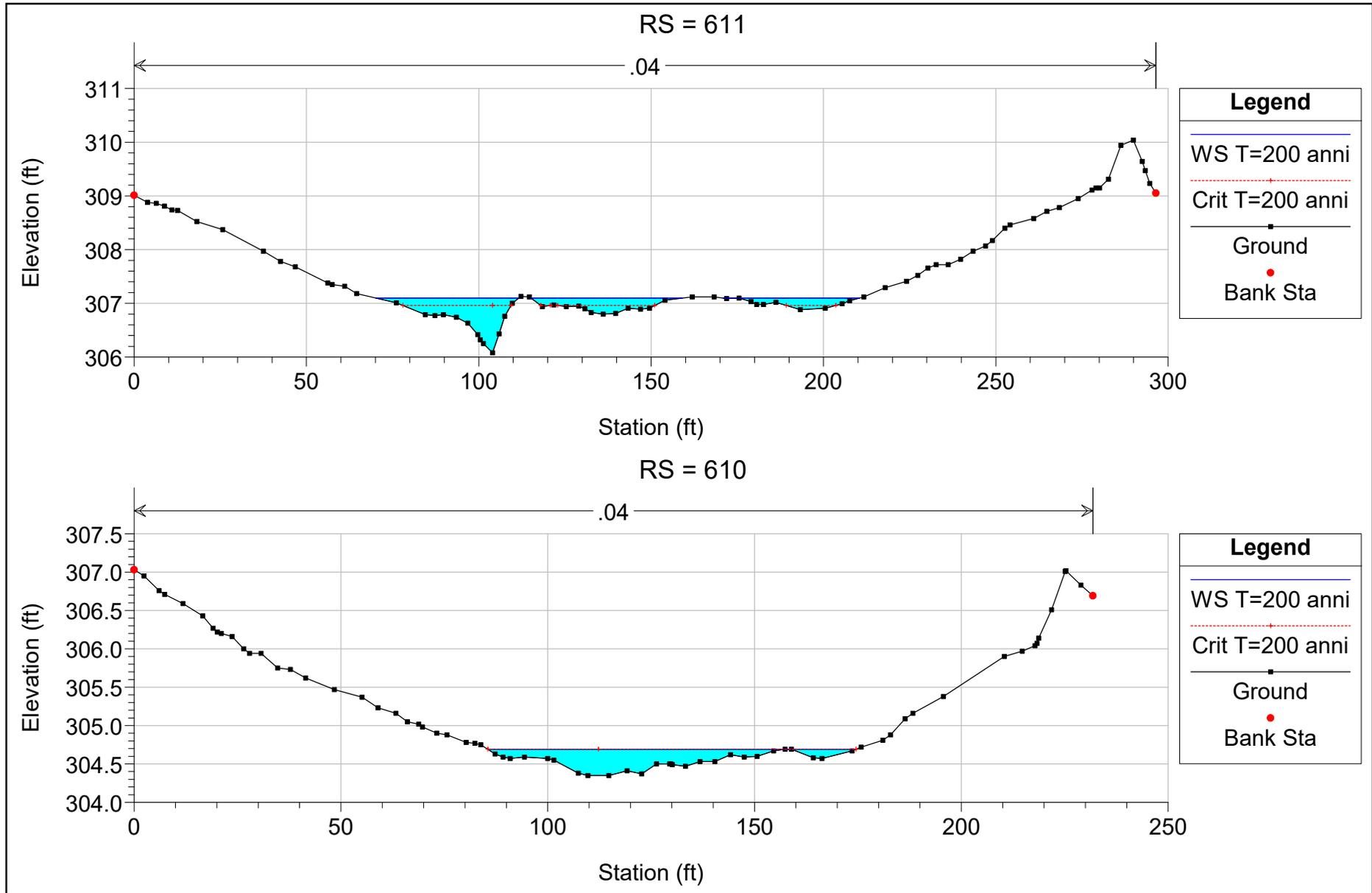


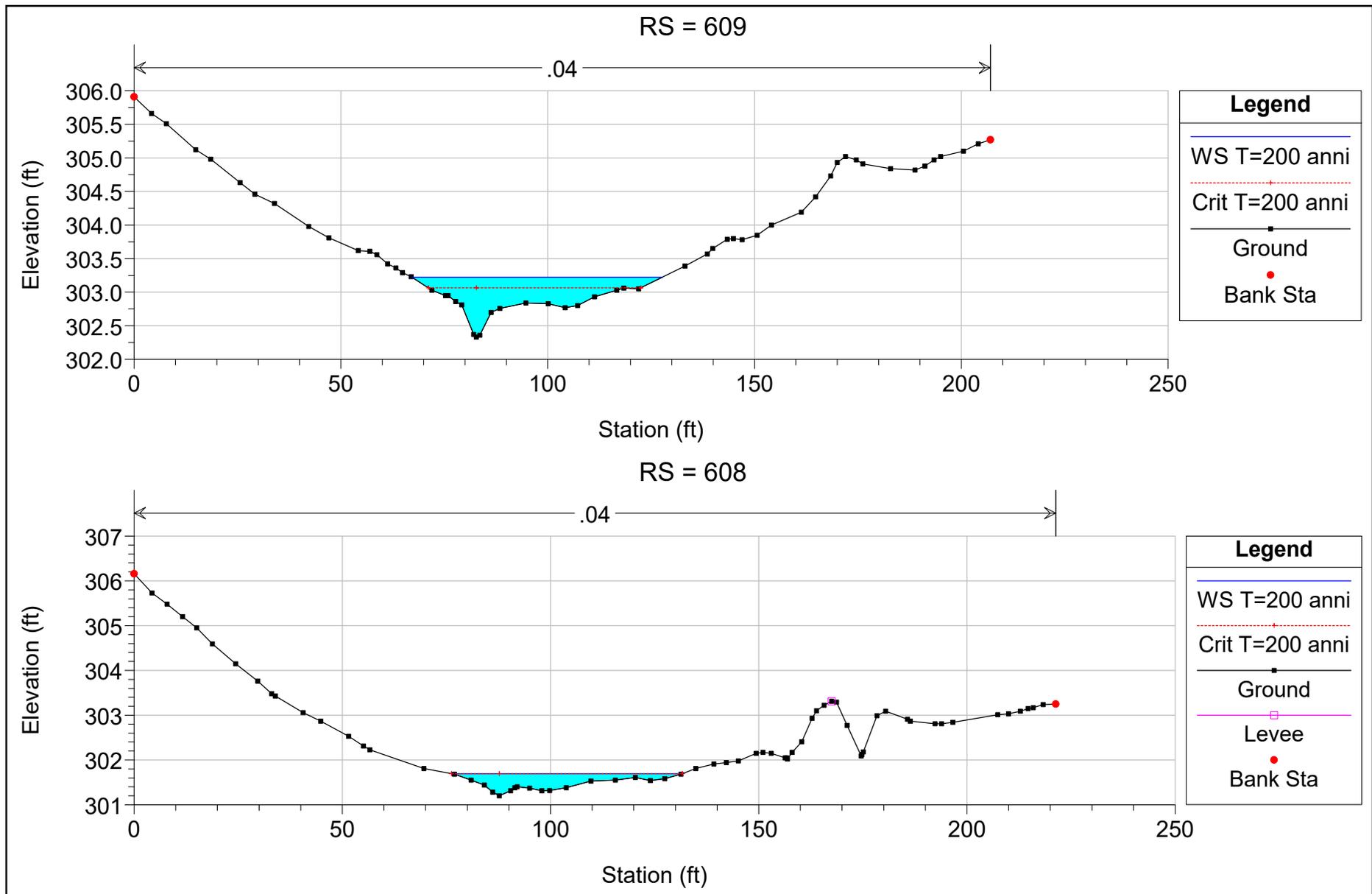


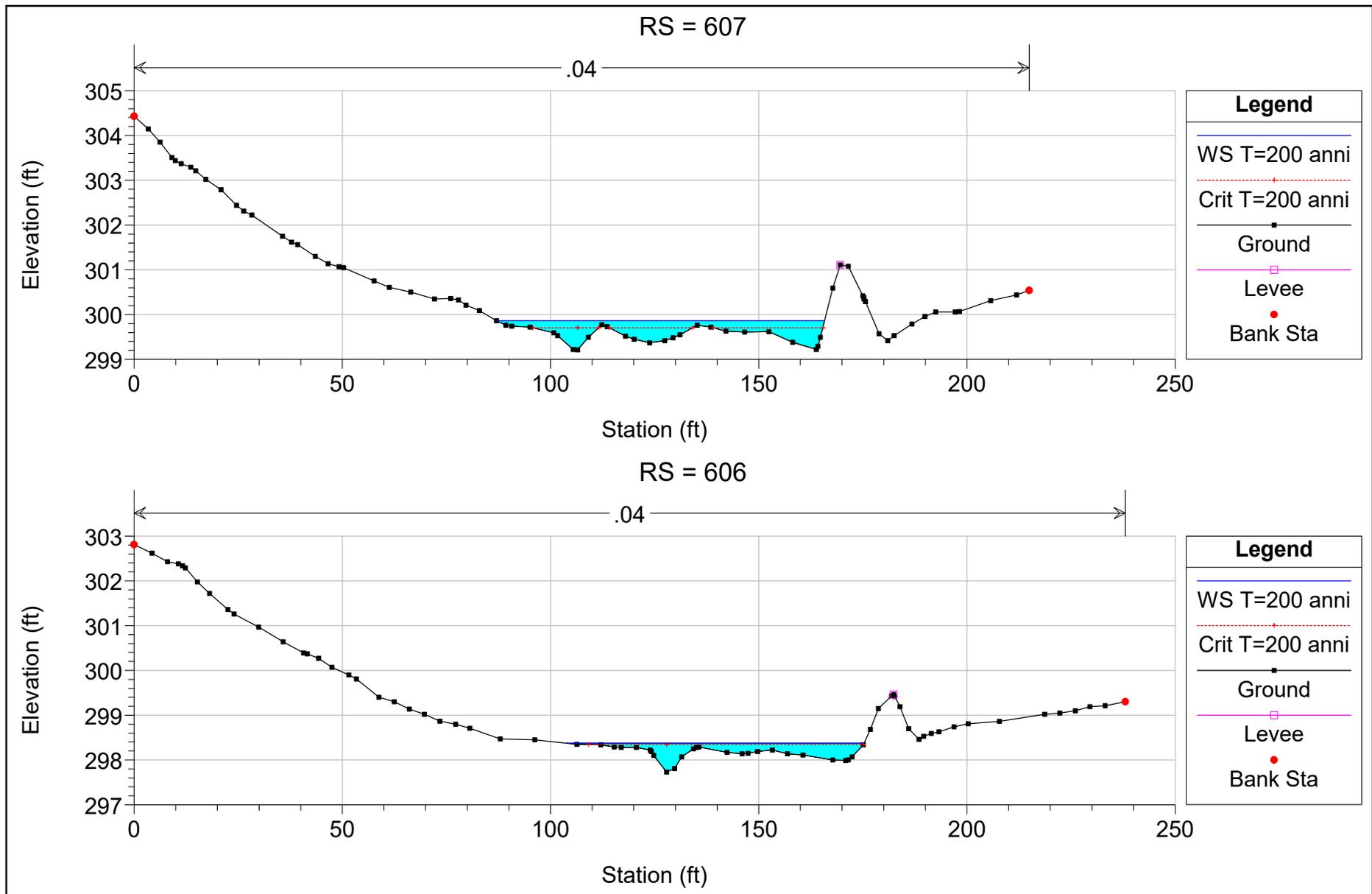


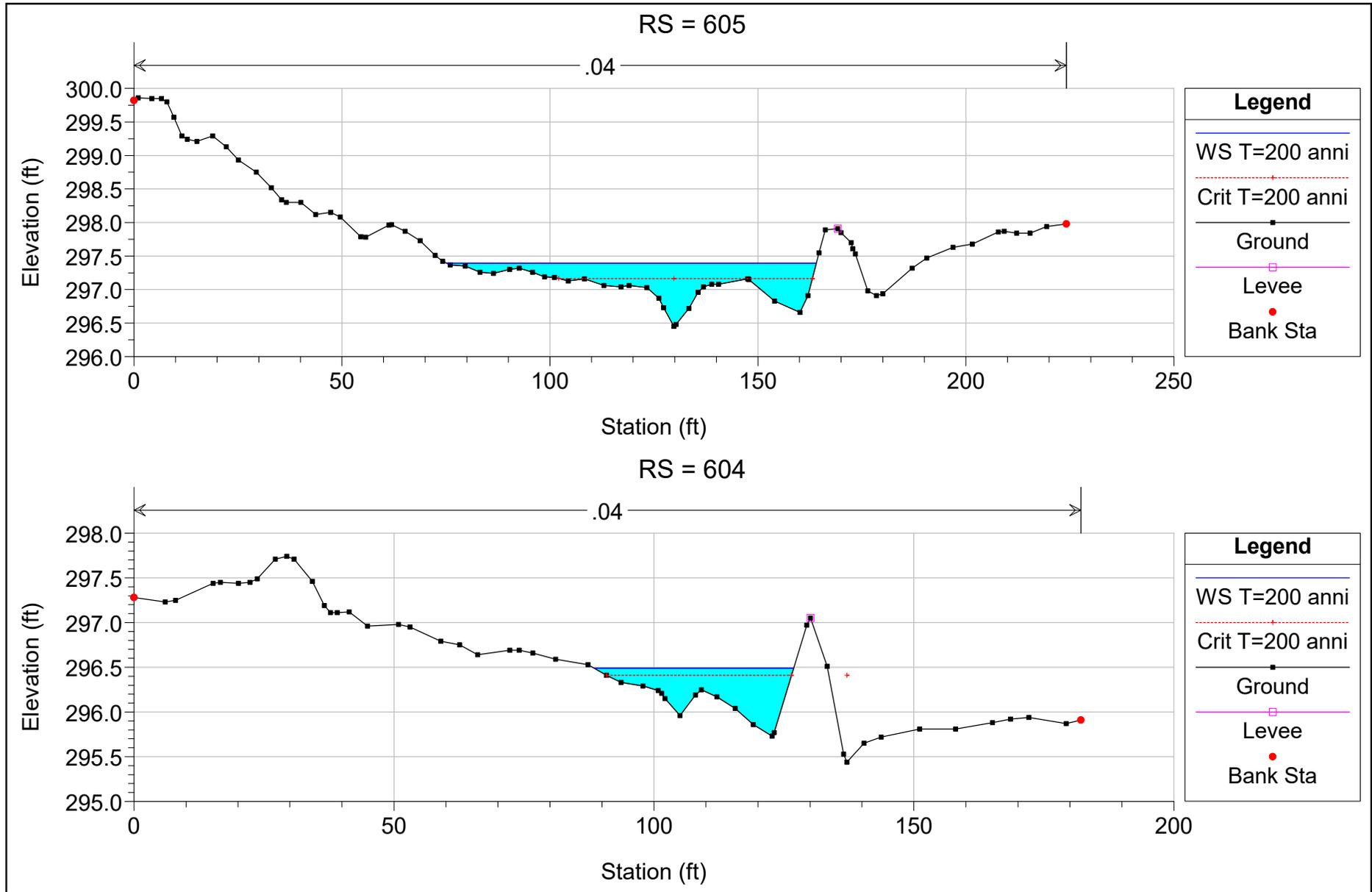


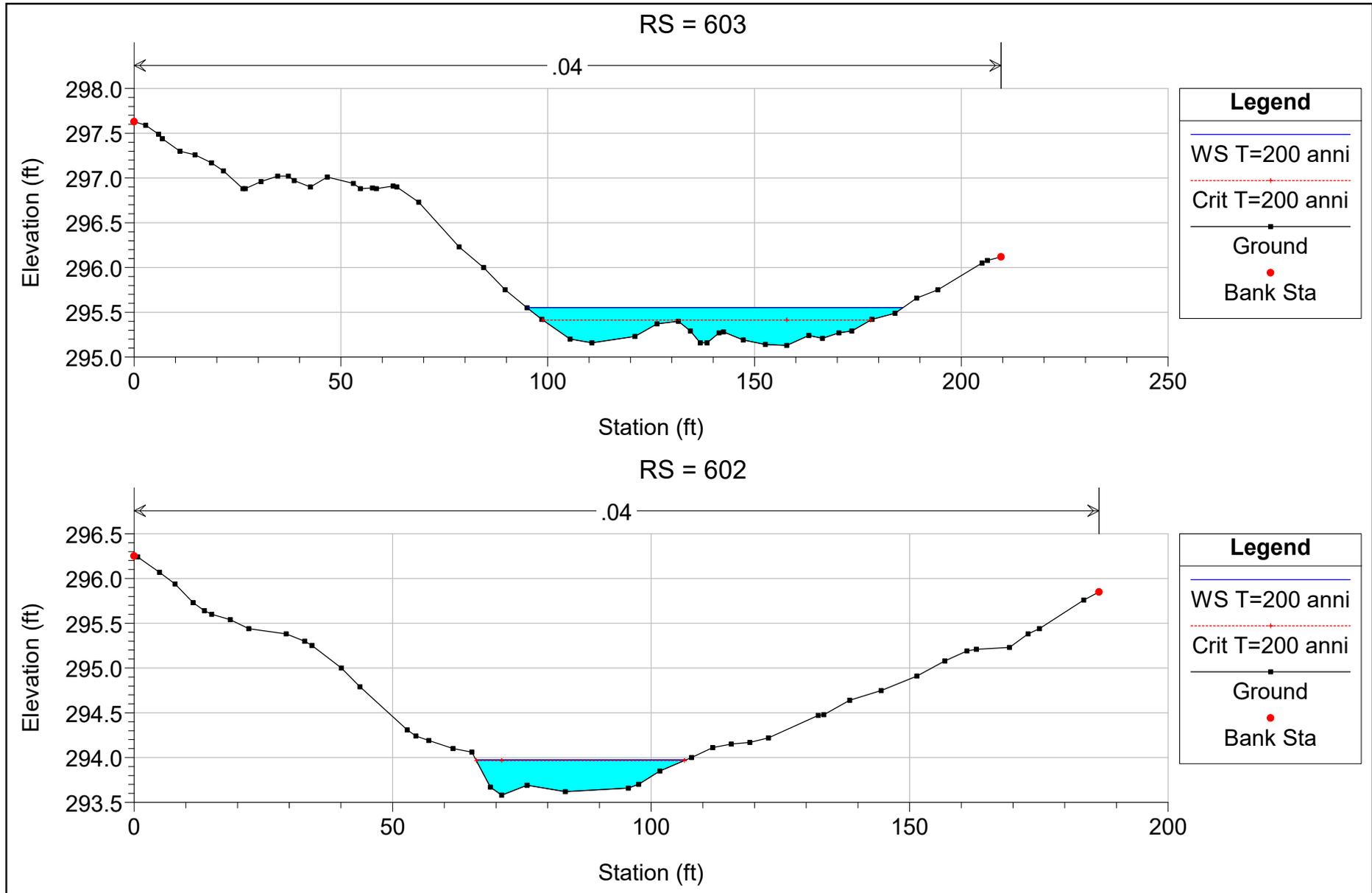


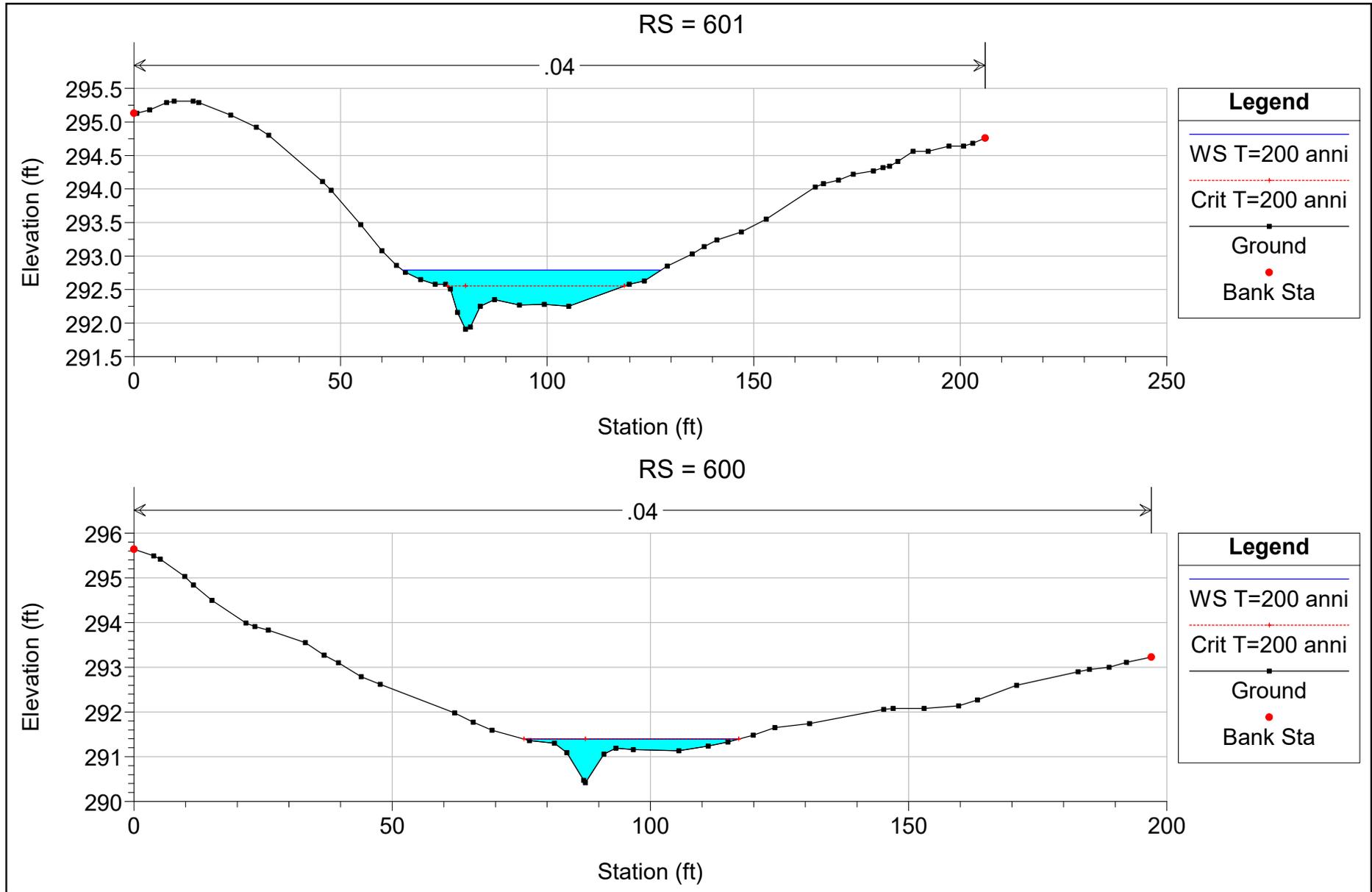


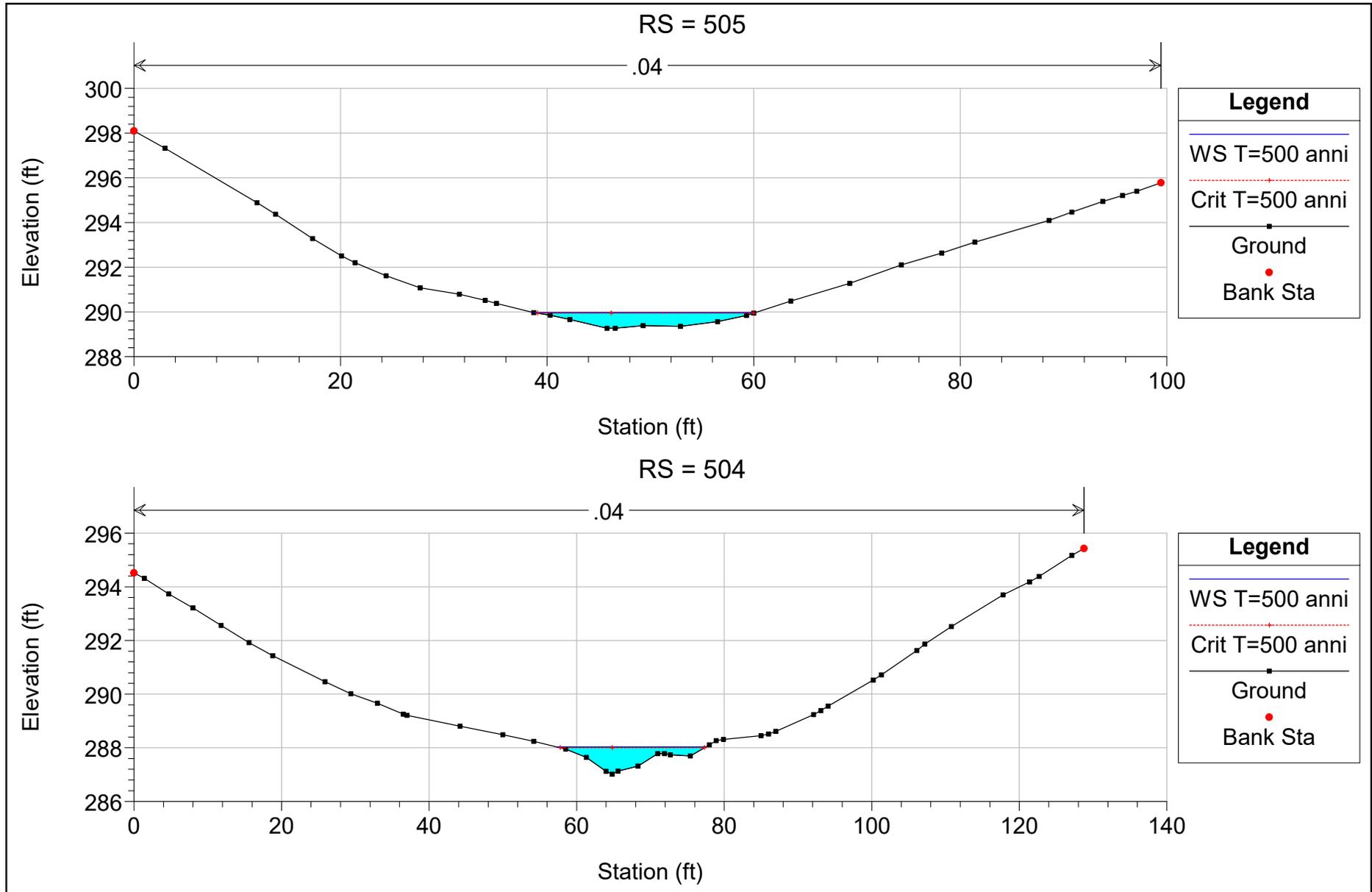


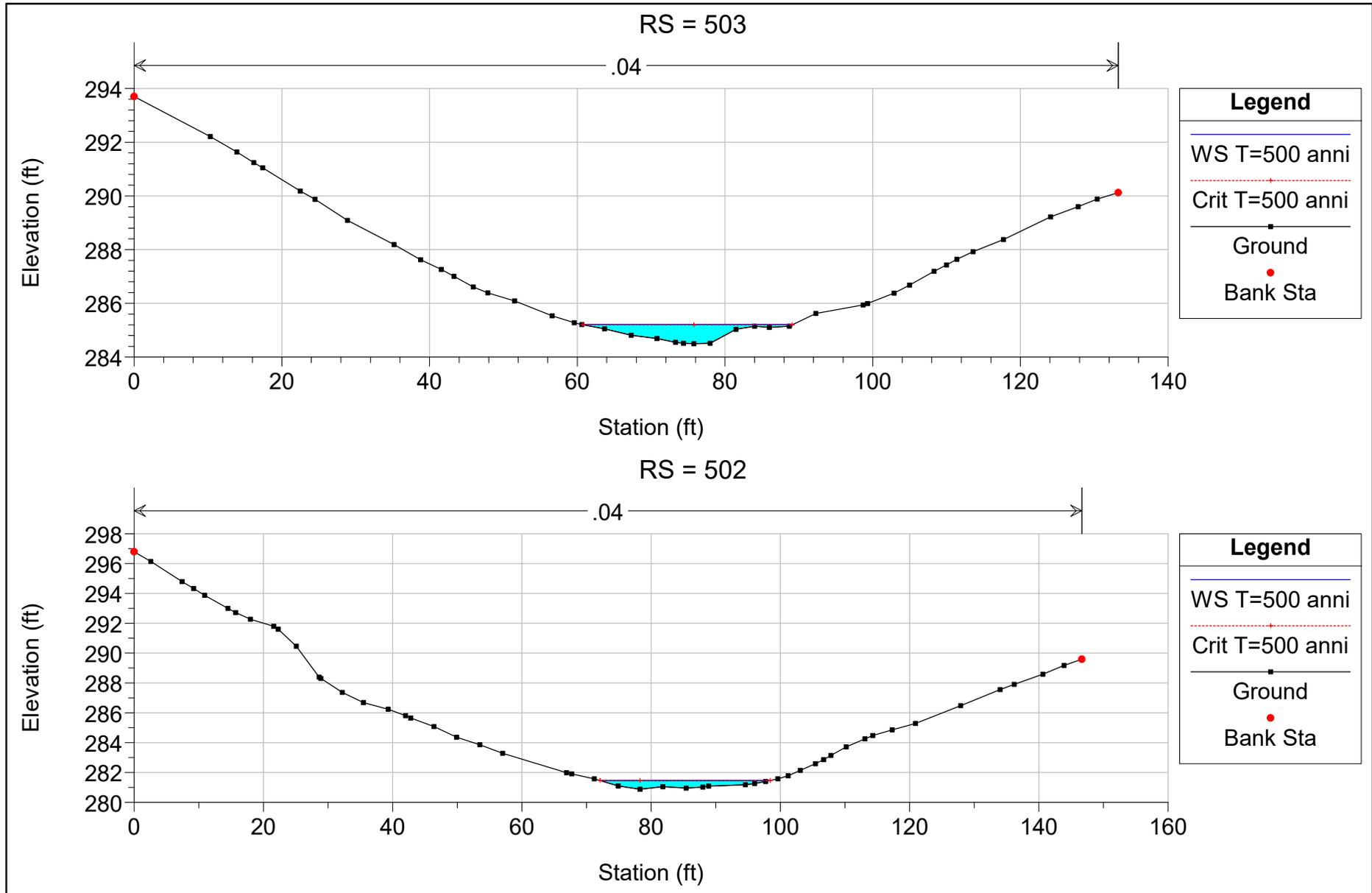


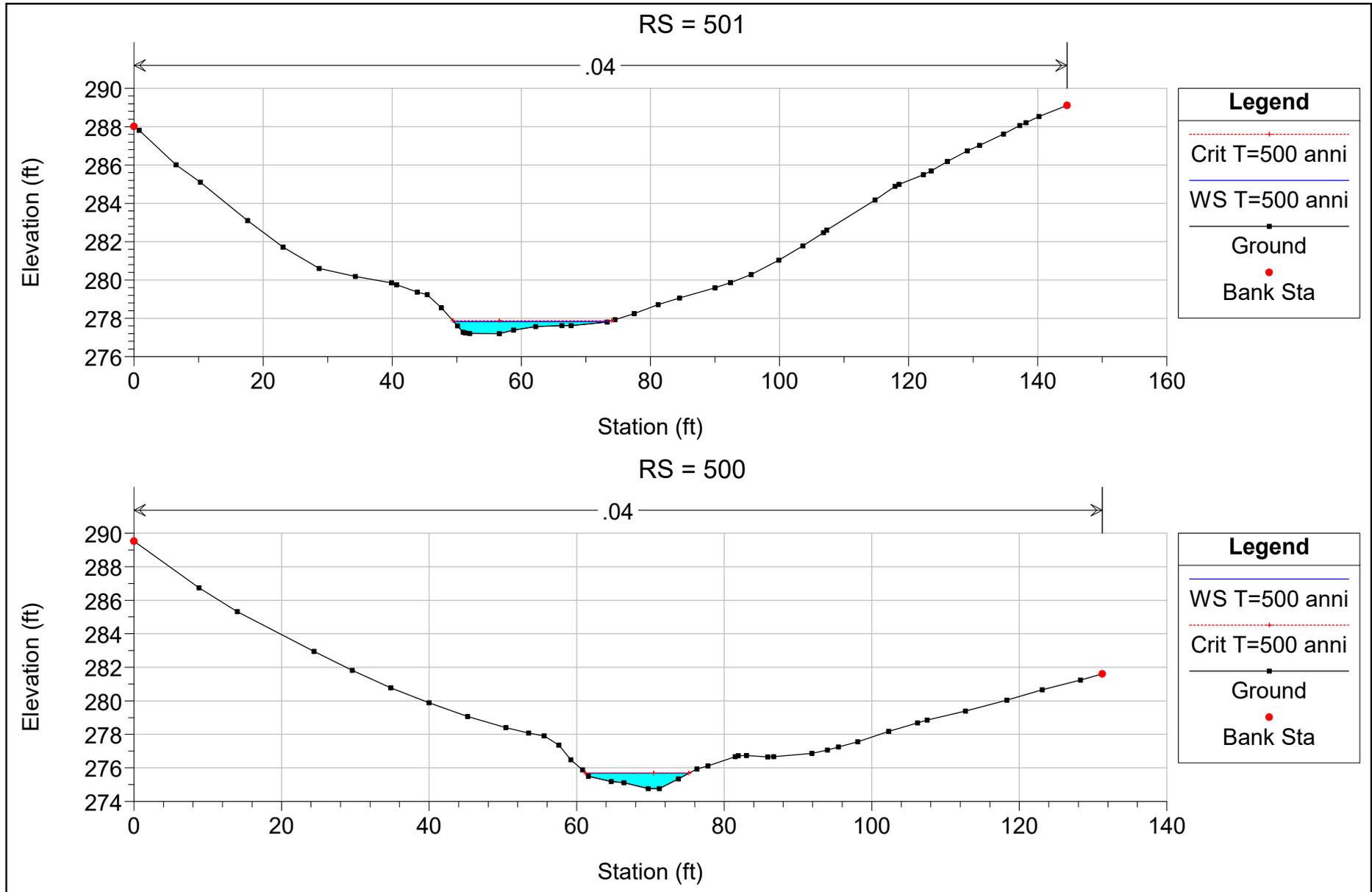


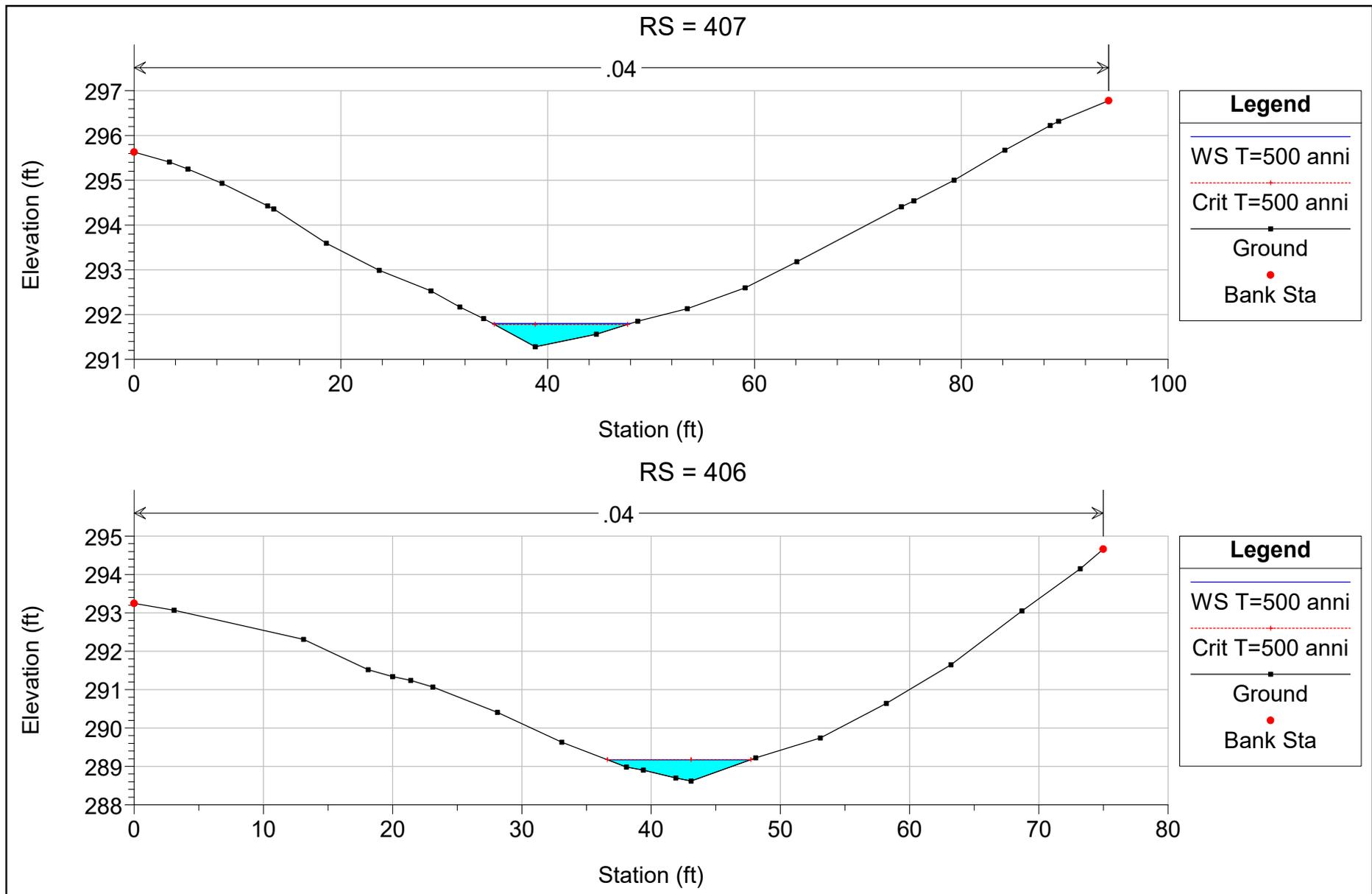


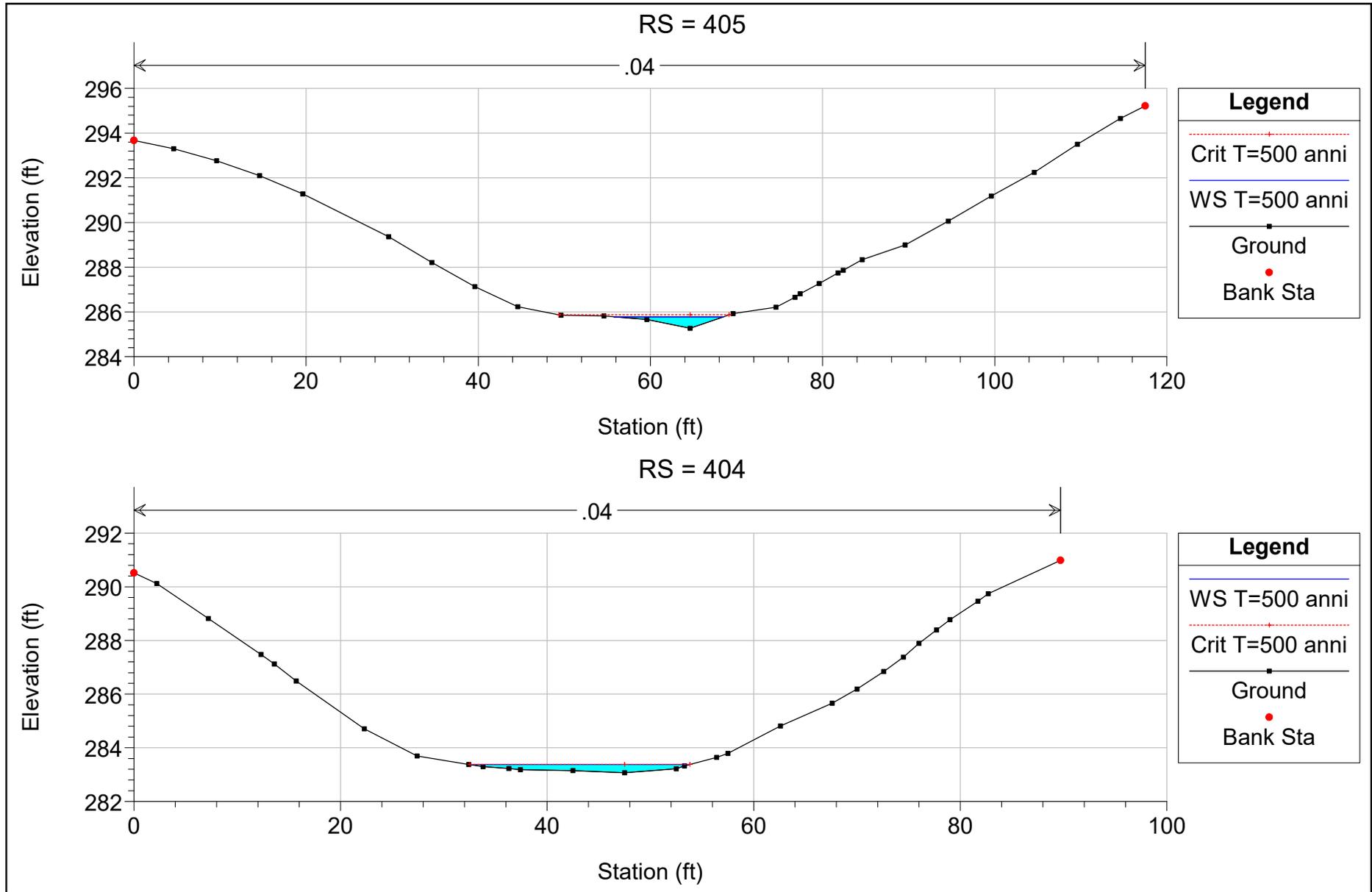


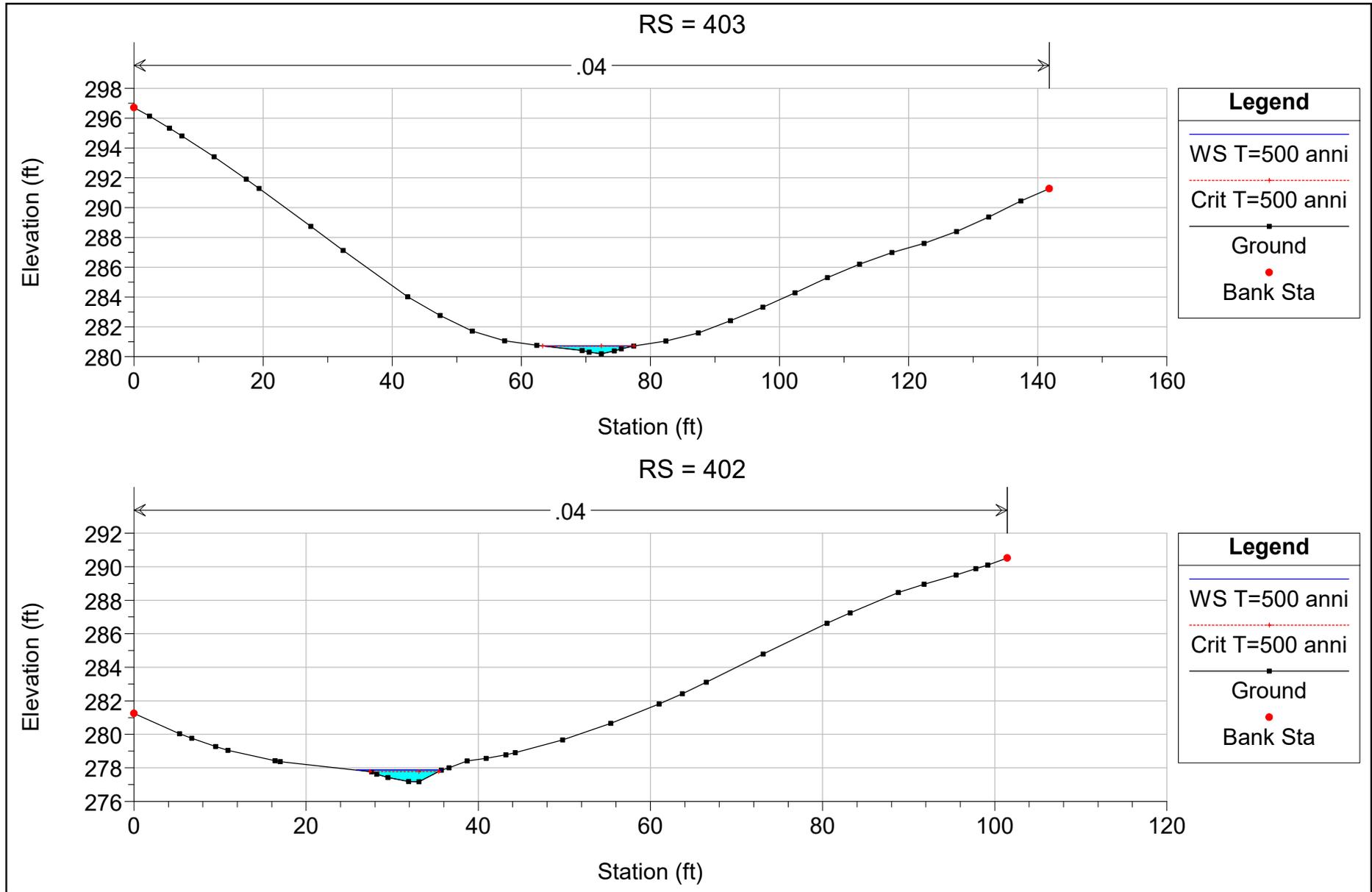


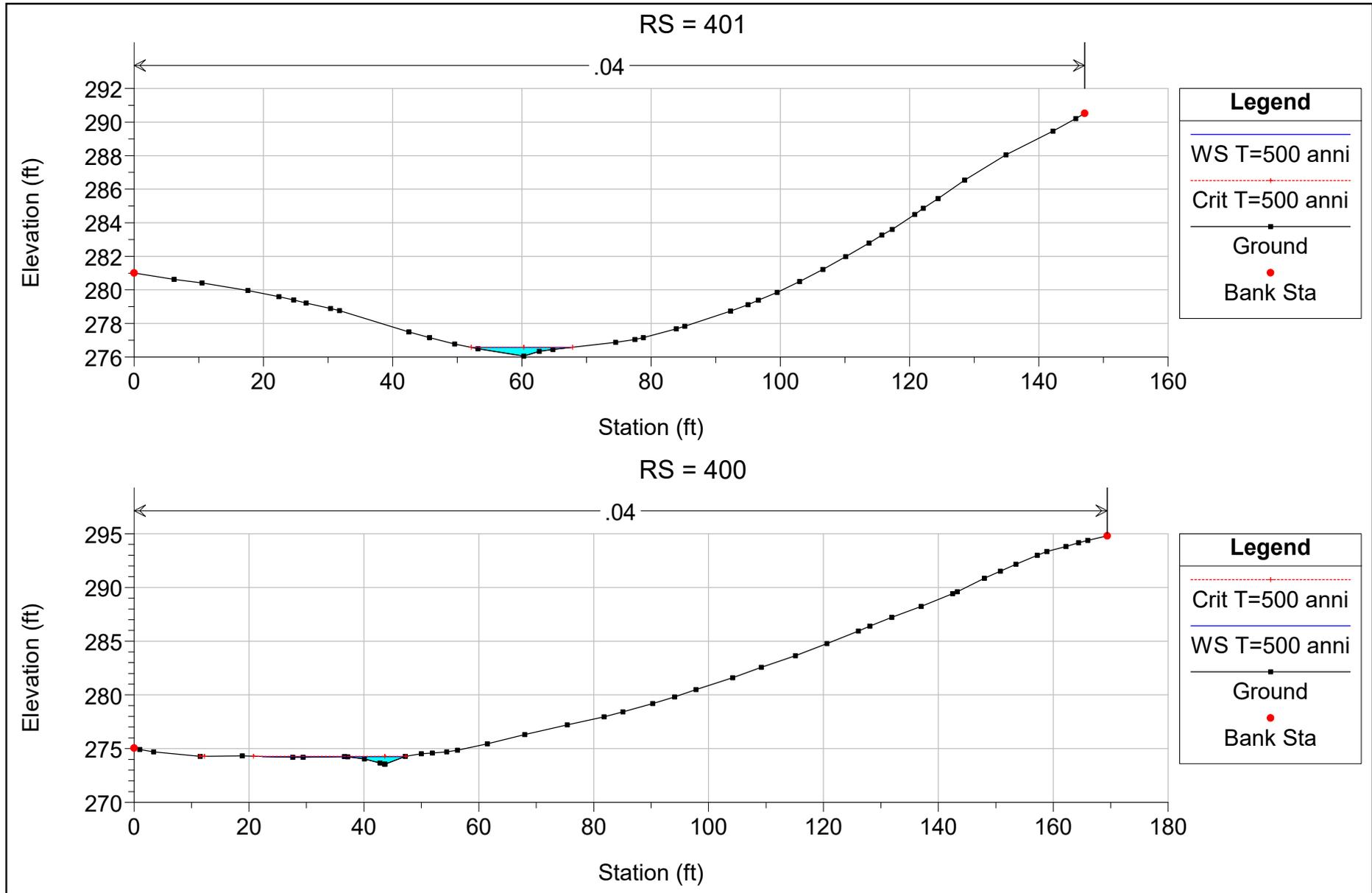


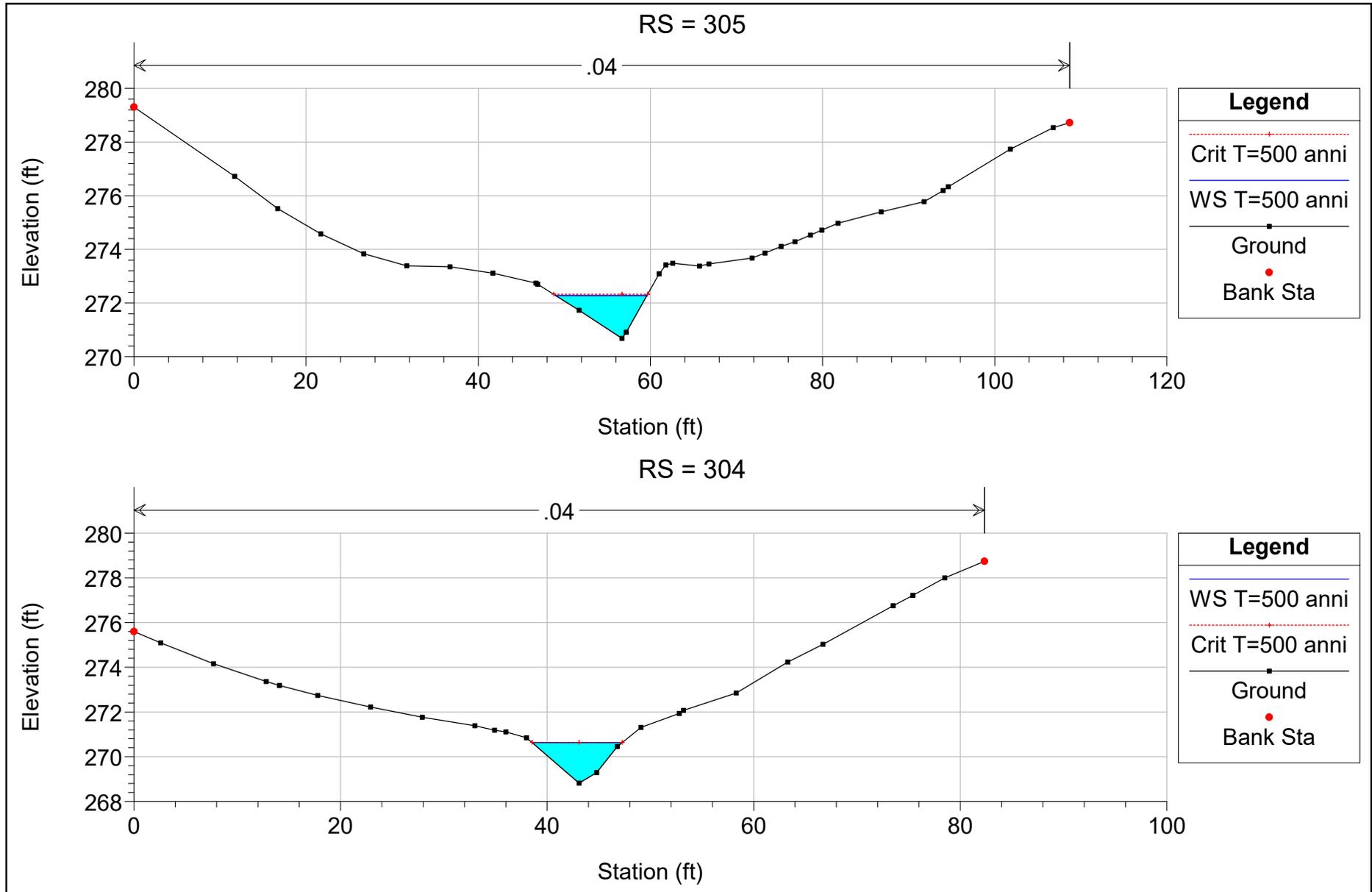


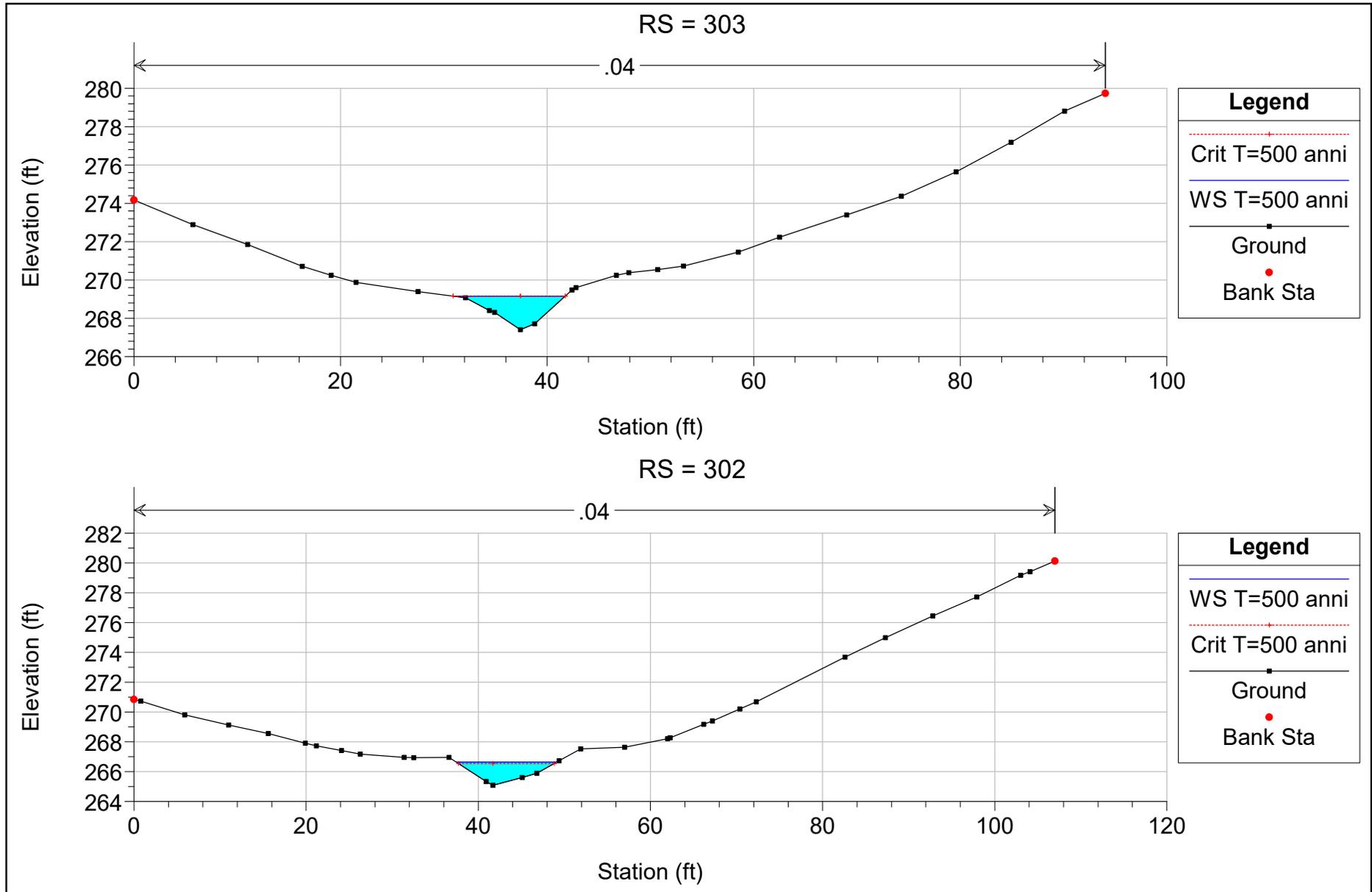


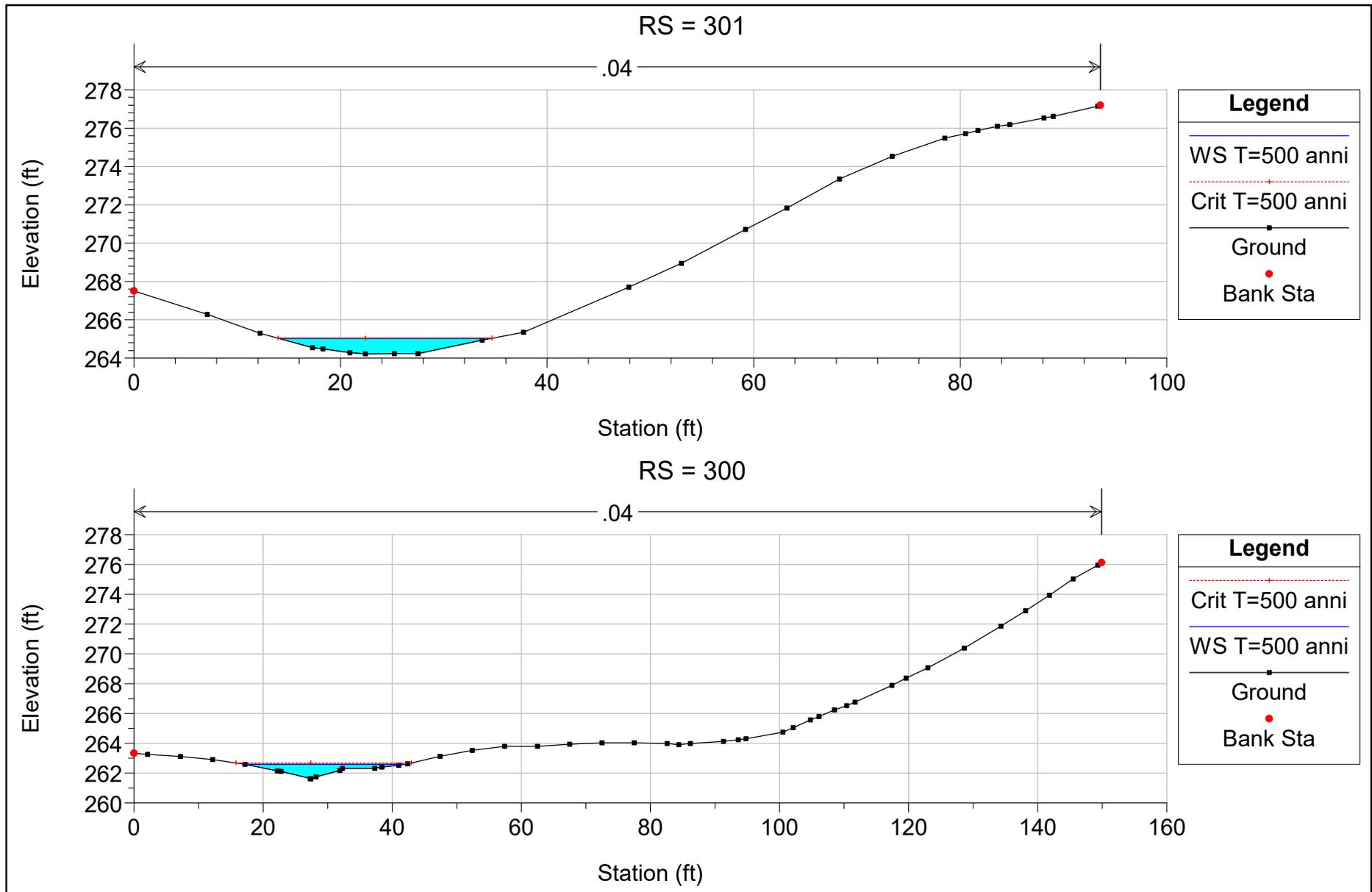


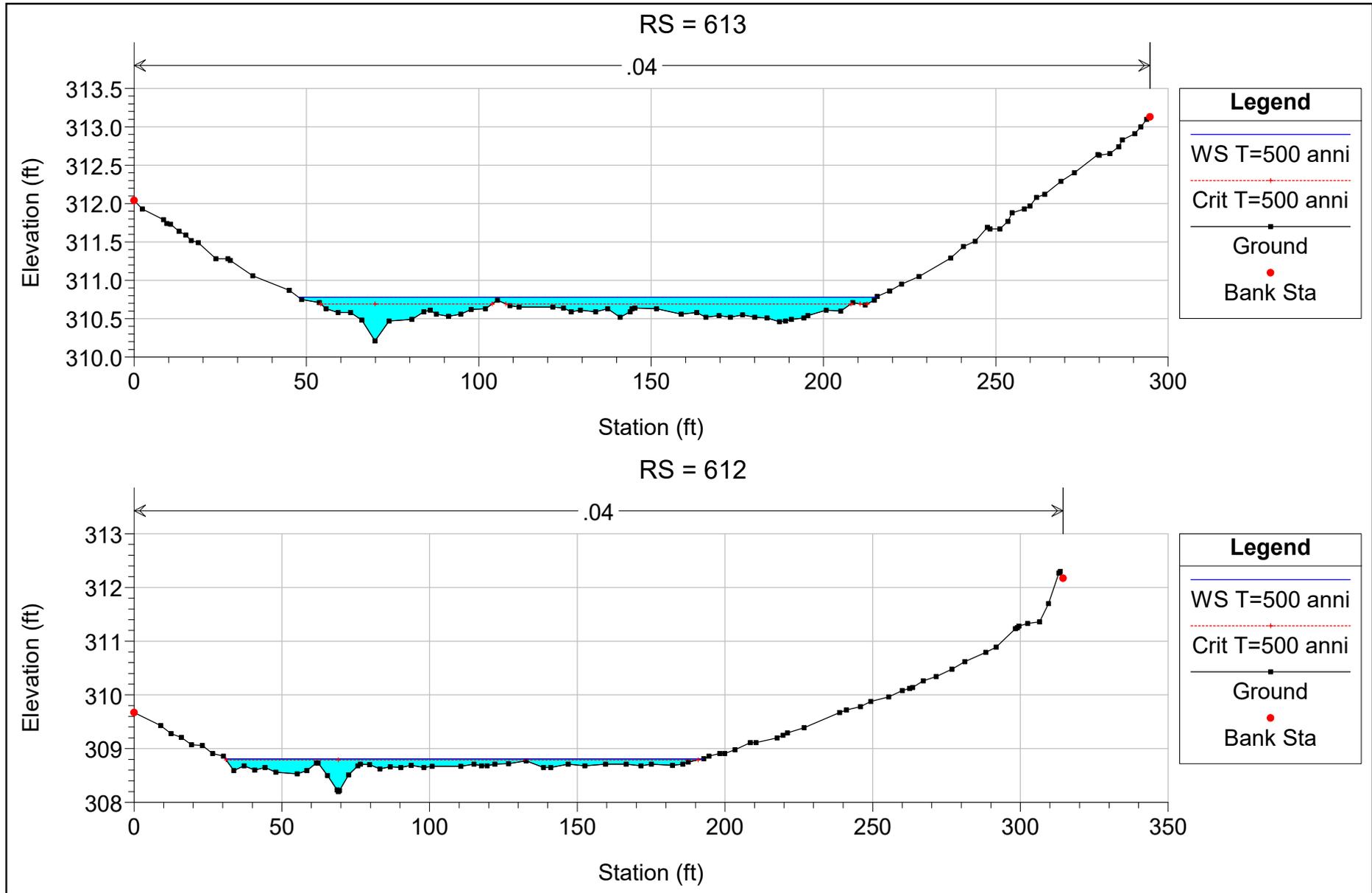


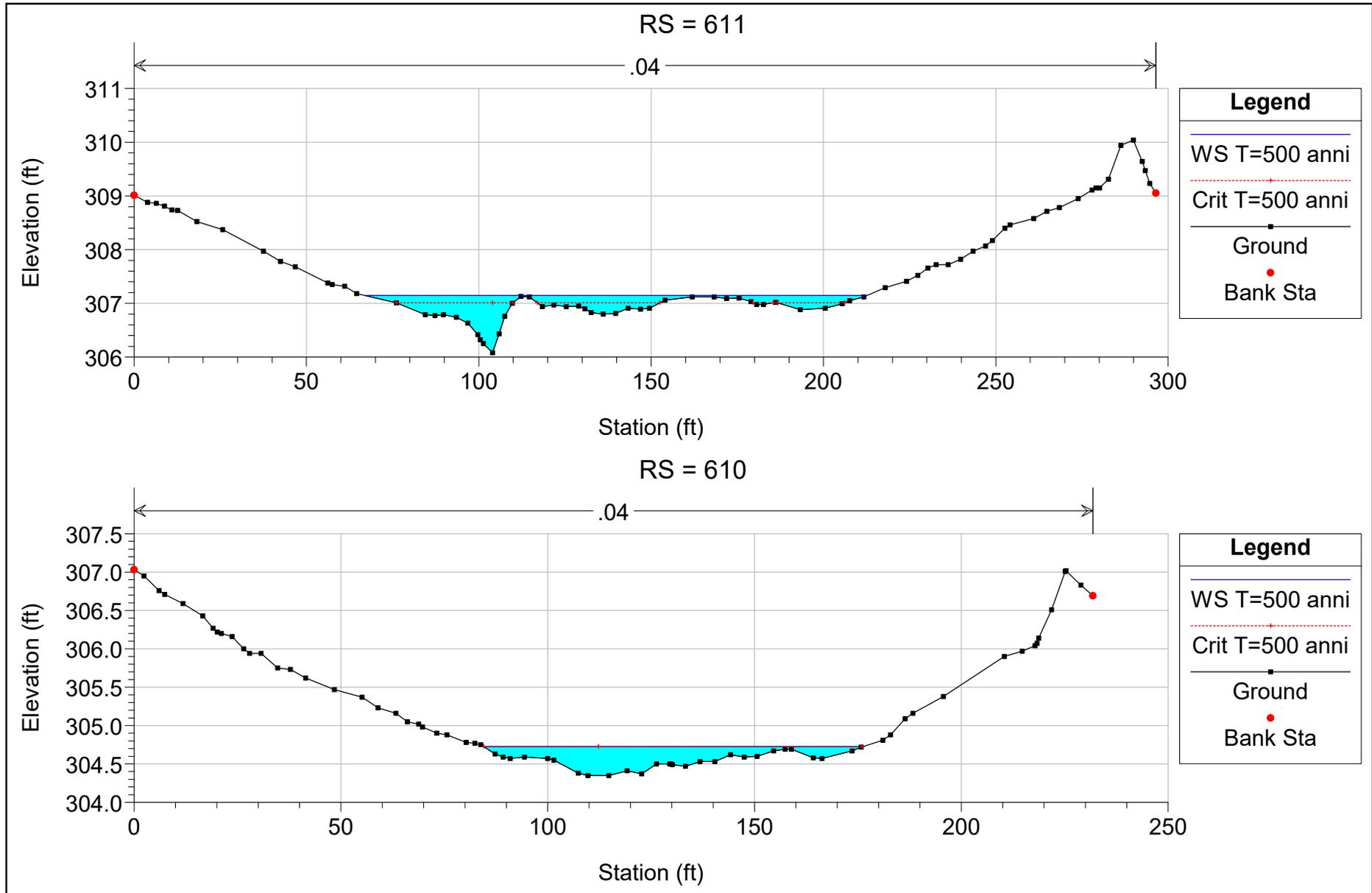


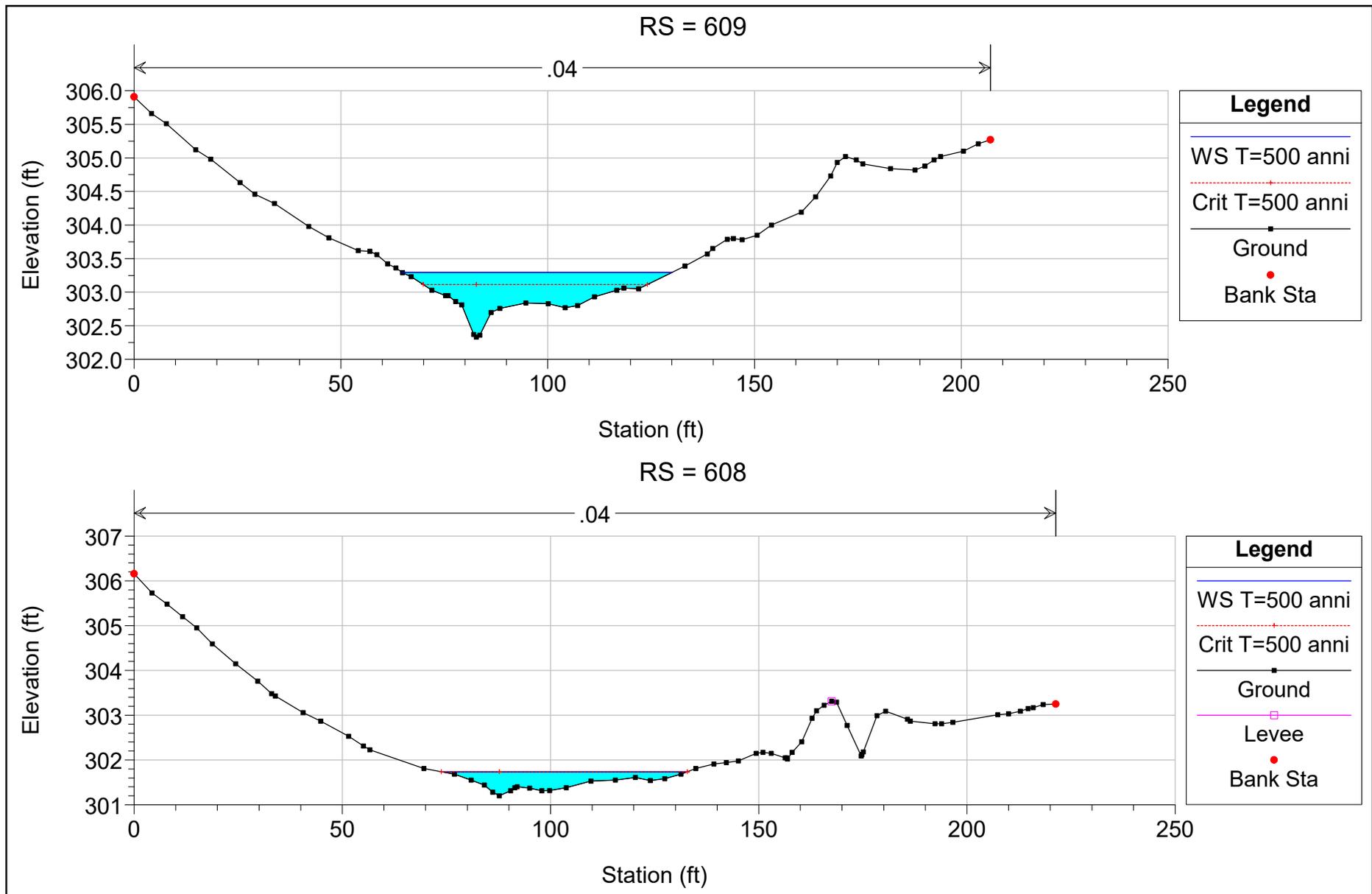


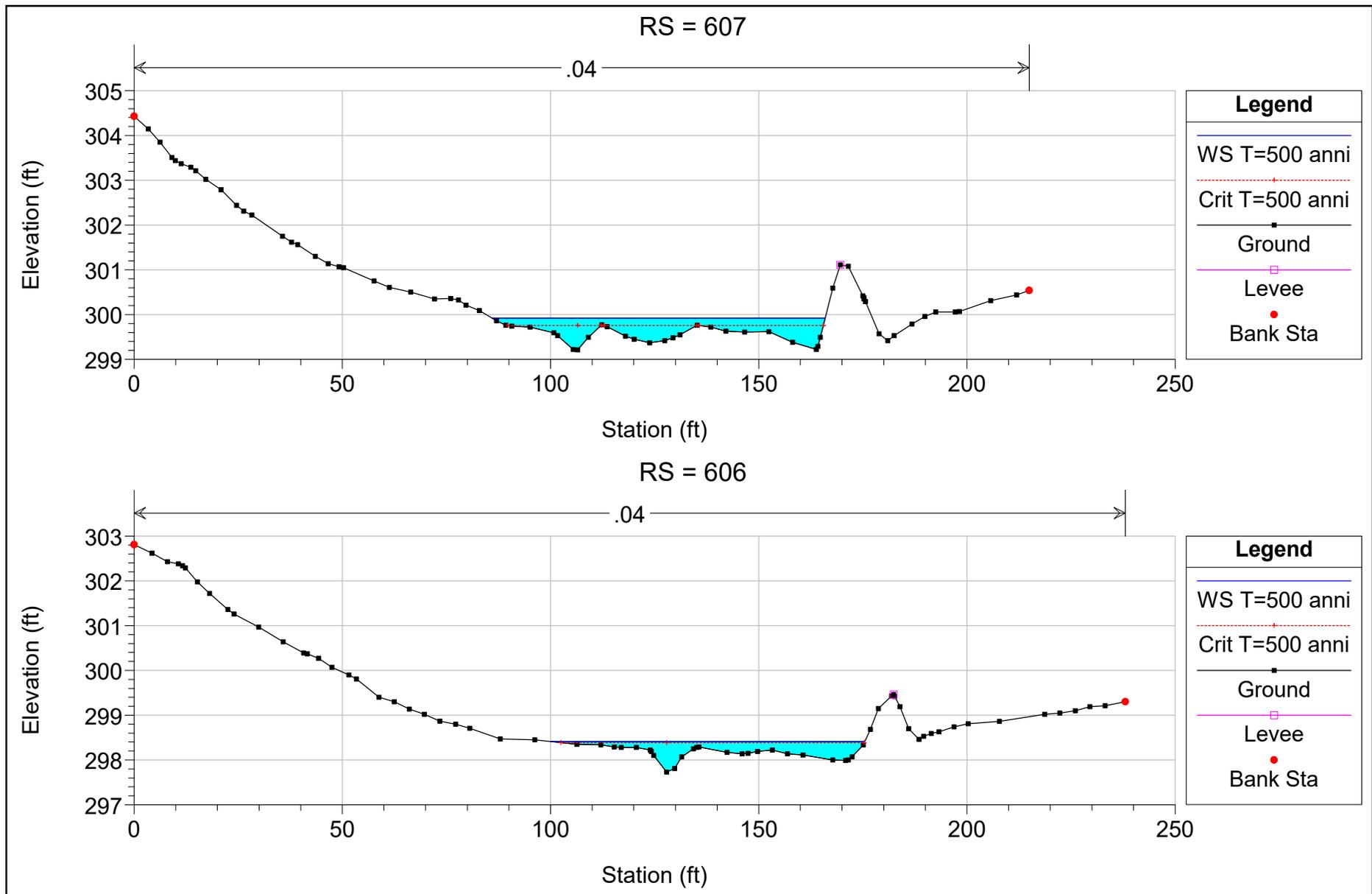


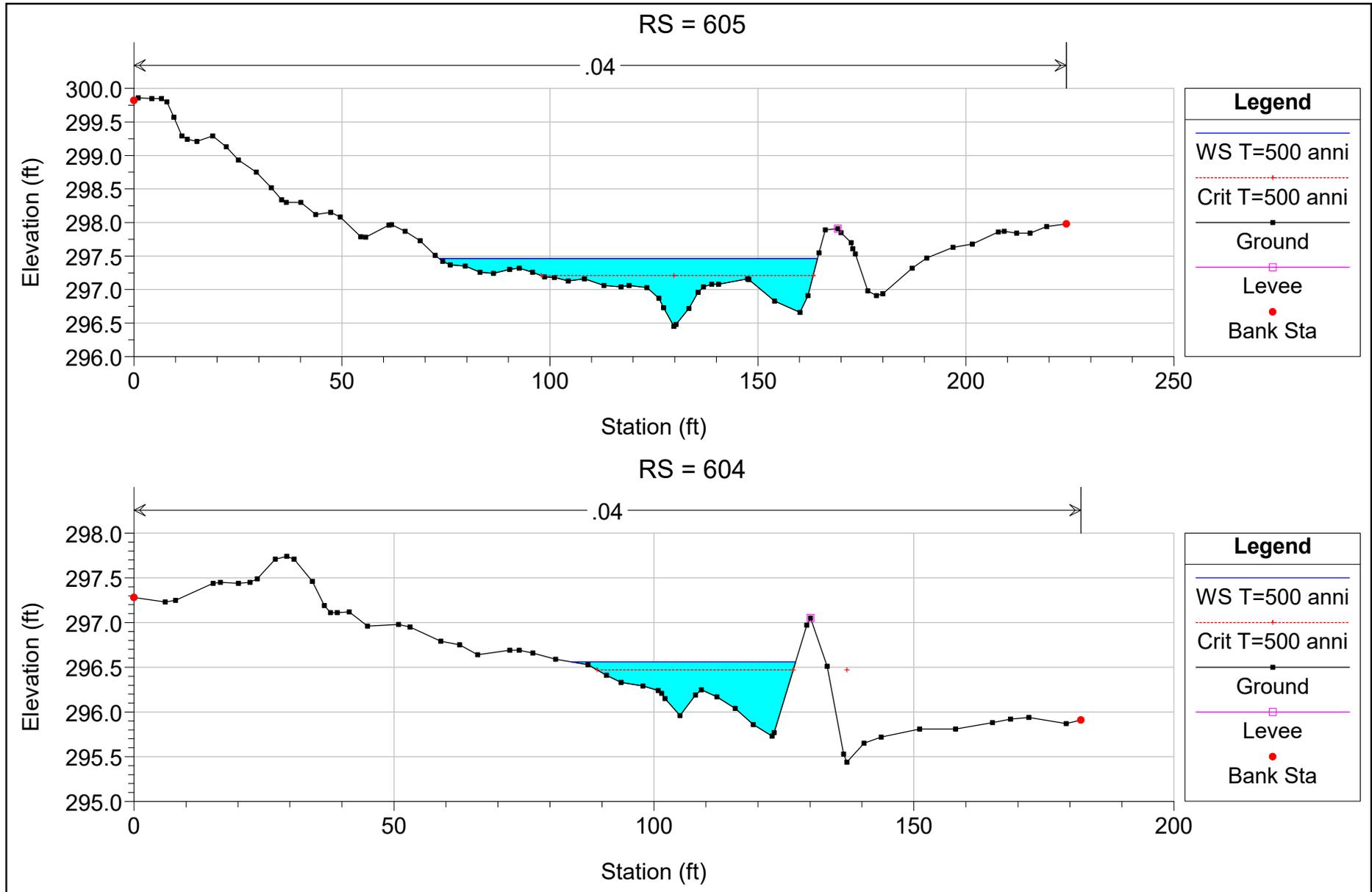


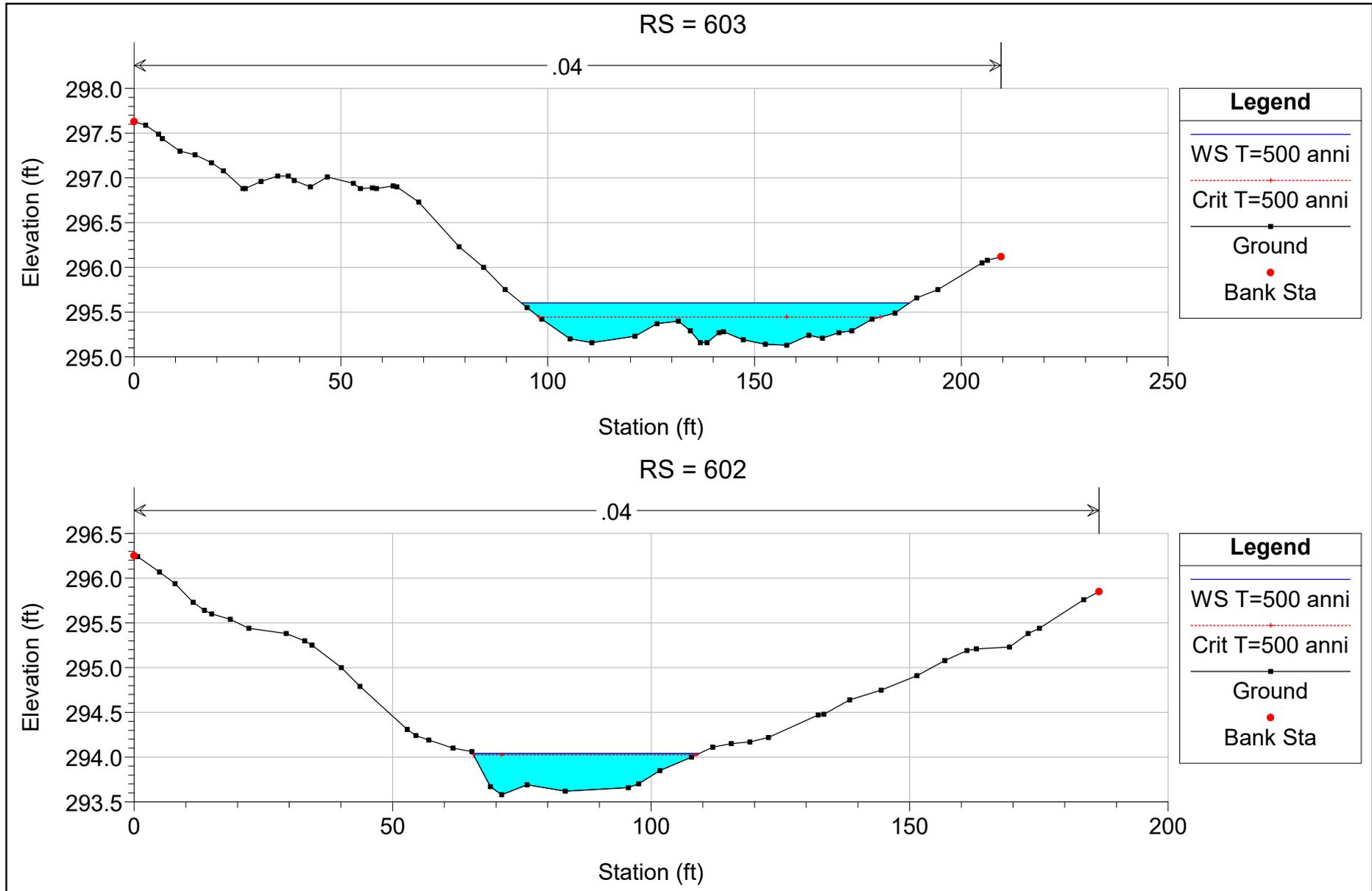


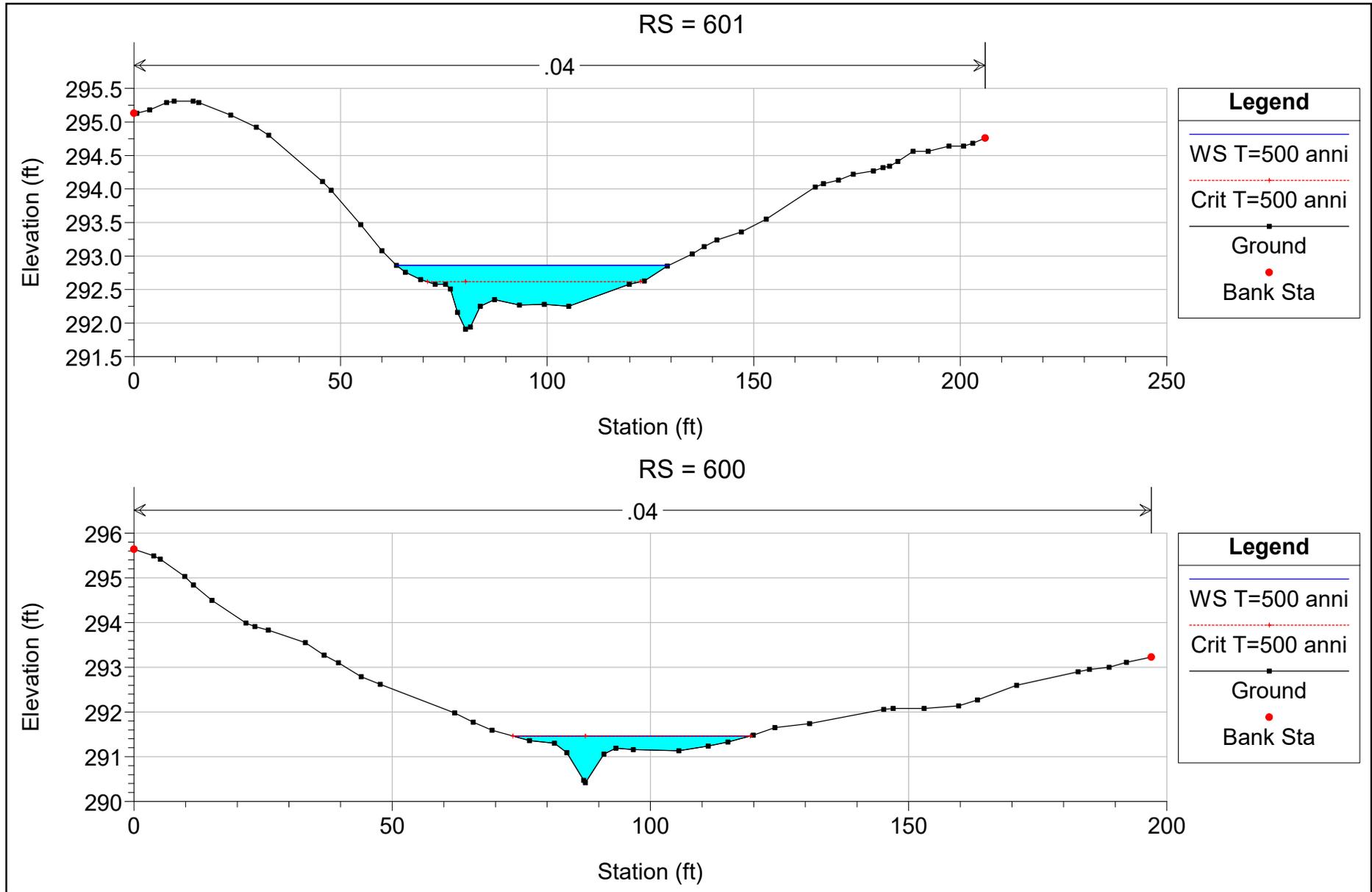












*Profili di corrente
per $T=30, 200$ e 500 anni*

| <i>Asta</i> | <i>Sezione</i> | <i>Portata</i> | <i>Quota di fondo alveo</i> | <i>Livello idrico</i> | <i>Altezza critica</i> | <i>Energia totale</i> | <i>Velocità in alveo</i> | <i>Area bagnata</i> | <i>Larghezza in superficie</i> | <i>Froude</i> |
|-------------|----------------|----------------|-----------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------|---------------------|--------------------------------|---------------|
| | | | [m] | [m] | [m] | [m] | [m/s] | [m ²] | [m] | [--] |
| 5 | 505 | 9.6 | 289.3 | 289.7 | 289.7 | 289.8 | 2.3 | 4.1 | 15.8 | 0.8 |
| 5 | 504 | 9.6 | 287.0 | 287.6 | 287.6 | 287.8 | 3.2 | 3.0 | 8.8 | 1.0 |
| 5 | 503 | 9.6 | 284.5 | 284.9 | 284.9 | 285.0 | 2.4 | 4.1 | 15.3 | 0.8 |
| 5 | 502 | 9.6 | 280.9 | 281.2 | 281.2 | 281.3 | 2.5 | 3.9 | 21.6 | 1.0 |
| 5 | 501 | 9.6 | 277.2 | 277.6 | 277.6 | 277.7 | 3.4 | 2.9 | 11.6 | 1.2 |
| 5 | 500 | 9.6 | 274.8 | 275.3 | 275.3 | 275.5 | 3.1 | 3.1 | 10.2 | 1.0 |
| 4 | 407 | 3.1 | 291.3 | 291.6 | 291.6 | 291.7 | 1.9 | 1.6 | 9.3 | 0.8 |
| 4 | 406 | 3.1 | 288.6 | 289.0 | 289.0 | 289.1 | 2.4 | 1.3 | 7.7 | 1.0 |
| 4 | 405 | 3.1 | 285.3 | 285.7 | 285.6 | 285.7 | 2.0 | 1.5 | 7.9 | 0.8 |
| 4 | 404 | 3.1 | 283.1 | 283.3 | 283.3 | 283.3 | 1.6 | 1.9 | 17.7 | 0.9 |
| 4 | 403 | 3.1 | 280.2 | 280.5 | 280.5 | 280.6 | 2.3 | 1.4 | 8.2 | 1.0 |
| 4 | 402 | 3.1 | 277.2 | 277.6 | 277.5 | 277.7 | 1.9 | 1.7 | 6.4 | 0.7 |
| 4 | 401 | 3.1 | 276.1 | 276.4 | 276.4 | 276.5 | 2.2 | 1.4 | 8.8 | 1.0 |
| 4 | 400 | 3.1 | 273.6 | 274.0 | 274.0 | 274.1 | 2.9 | 1.1 | 5.1 | 1.1 |
| 3 | 305 | 18.7 | 270.7 | 271.8 | 271.8 | 272.1 | 4.5 | 4.2 | 7.4 | 1.1 |
| 3 | 304 | 18.7 | 268.8 | 270.1 | 270.0 | 270.4 | 4.2 | 4.5 | 6.4 | 0.9 |
| 3 | 303 | 18.7 | 267.4 | 268.6 | 268.6 | 268.9 | 4.5 | 4.2 | 6.8 | 1.0 |
| 3 | 302 | 18.7 | 265.1 | 266.2 | 266.1 | 266.4 | 3.2 | 5.8 | 9.3 | 0.7 |
| 3 | 301 | 18.7 | 264.2 | 264.7 | 264.7 | 264.9 | 3.4 | 5.5 | 15.8 | 1.0 |
| 3 | 300 | 18.7 | 261.6 | 262.4 | 262.4 | 262.6 | 3.5 | 5.4 | 18.8 | 1.1 |

Tabella 1. Aste G3, G4, G5. Risultati della simulazione idraulica per T = 30 anni

| Asta | Sezione | Portata | Quota di fondo alveo | Livello idrico | Altezza critica | Energia totale | Velocità in alveo | Area bagnata | Larghezza in superficie | Froude |
|-------------|----------------|----------------|-----------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------|---------------------|--------------------------------|---------------|
| | | | [m] | [m] | [m] | [m] | [m/s] | [m ²] | [m] | [--] |
| 6 | 613 | 15.5 | 310.2 | 310.7 | 310.6 | 310.7 | 0.9 | 18.0 | 149.5 | 0.4 |
| 6 | 612 | 15.5 | 308.2 | 308.7 | 308.7 | 308.8 | 1.2 | 12.7 | 149.4 | 0.7 |
| 6 | 611 | 15.5 | 306.1 | 307.0 | 306.8 | 307.0 | 1.1 | 14.6 | 86.6 | 0.5 |
| 6 | 610 | 15.5 | 304.4 | 304.6 | 304.6 | 304.7 | 1.8 | 8.8 | 73.8 | 0.9 |
| 6 | 609 | 15.5 | 302.3 | 303.1 | 302.9 | 303.1 | 1.2 | 13.3 | 53.1 | 0.4 |
| 6 | 608 | 15.5 | 301.2 | 301.6 | 301.6 | 301.7 | 2.3 | 6.9 | 45.9 | 1.0 |
| 6 | 607 | 15.5 | 299.2 | 299.8 | 299.6 | 299.8 | 1.0 | 15.2 | 73.0 | 0.4 |
| 6 | 606 | 15.5 | 297.7 | 298.3 | 298.3 | 298.3 | 1.8 | 8.6 | 52.3 | 0.8 |
| 6 | 605 | 15.5 | 296.5 | 297.2 | 297.0 | 297.3 | 0.9 | 16.9 | 66.6 | 0.3 |
| 6 | 604 | 15.5 | 295.4 | 296.4 | 296.3 | 296.4 | 1.9 | 8.3 | 33.3 | 0.7 |
| 6 | 603 | 15.5 | 295.1 | 295.5 | 295.3 | 295.5 | 1.0 | 16.2 | 82.6 | 0.4 |
| 6 | 602 | 15.5 | 293.6 | 293.9 | 293.9 | 293.9 | 2.4 | 6.4 | 34.5 | 1.0 |
| 6 | 601 | 15.5 | 291.9 | 292.6 | 292.4 | 292.7 | 1.0 | 15.0 | 53.6 | 0.3 |
| 6 | 600 | 15.5 | 290.4 | 291.3 | 291.3 | 291.4 | 2.6 | 5.9 | 30.2 | 1.1 |

Tabella 2. Asta G6. Risultati della simulazione idraulica per T = 30 anni

| Asta | Sezione | Portata | Quota di fondo alveo | Livello idrico | Altezza critica | Energia totale | Velocità in alveo | Area bagnata | Larghezza in superficie | Froude |
|-------------|----------------|----------------|-----------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------|---------------------|--------------------------------|---------------|
| | | | [m] | [m] | [m] | [m] | [m/s] | [m ²] | [m] | [--] |
| 5 | 505 | 23.3 | 289.3 | 289.9 | 289.8 | 290.0 | 3.1 | 7.4 | 19.5 | 0.9 |
| 5 | 504 | 23.3 | 287.0 | 287.9 | 287.9 | 288.1 | 3.3 | 7.1 | 18.1 | 0.9 |
| 5 | 503 | 23.3 | 284.5 | 285.2 | 285.1 | 285.3 | 2.8 | 8.2 | 26.9 | 0.9 |
| 5 | 502 | 23.3 | 280.9 | 281.4 | 281.4 | 281.5 | 3.1 | 7.5 | 24.8 | 1.0 |
| 5 | 501 | 23.3 | 277.2 | 277.8 | 277.8 | 278.0 | 3.5 | 6.7 | 22.5 | 1.1 |
| 5 | 500 | 23.3 | 274.8 | 275.6 | 275.6 | 275.8 | 3.8 | 6.1 | 13.3 | 1.0 |
| 4 | 407 | 7.4 | 291.3 | 291.7 | 291.7 | 291.8 | 2.5 | 3.0 | 12.0 | 0.9 |
| 4 | 406 | 7.4 | 288.6 | 289.1 | 289.1 | 289.2 | 2.9 | 2.6 | 10.0 | 1.0 |
| 4 | 405 | 7.4 | 285.3 | 285.7 | 285.8 | 285.9 | 3.3 | 2.2 | 10.7 | 1.3 |
| 4 | 404 | 7.4 | 283.1 | 283.3 | 283.3 | 283.4 | 2.2 | 3.4 | 20.3 | 0.9 |
| 4 | 403 | 7.4 | 280.2 | 280.7 | 280.7 | 280.8 | 2.7 | 2.7 | 12.3 | 1.0 |
| 4 | 402 | 7.4 | 277.2 | 277.8 | 277.7 | 277.9 | 2.6 | 2.9 | 7.8 | 0.7 |
| 4 | 401 | 7.4 | 276.1 | 276.5 | 276.5 | 276.6 | 2.6 | 2.8 | 13.6 | 1.0 |
| 4 | 400 | 7.4 | 273.6 | 274.1 | 274.2 | 274.3 | 3.5 | 2.1 | 7.7 | 1.2 |
| 3 | 305 | 36.1 | 270.7 | 272.1 | 272.2 | 272.6 | 5.2 | 7.0 | 9.6 | 1.1 |
| 3 | 304 | 36.1 | 268.8 | 270.5 | 270.4 | 270.9 | 5.2 | 7.0 | 7.9 | 1.0 |
| 3 | 303 | 36.1 | 267.4 | 269.0 | 269.0 | 269.4 | 5.1 | 7.0 | 8.8 | 1.0 |
| 3 | 302 | 36.1 | 265.1 | 266.5 | 266.4 | 266.8 | 4.2 | 8.7 | 10.9 | 0.8 |
| 3 | 301 | 36.1 | 264.2 | 264.9 | 264.9 | 265.2 | 4.0 | 9.1 | 19.0 | 1.0 |
| 3 | 300 | 36.1 | 261.6 | 262.5 | 262.6 | 262.8 | 4.3 | 8.3 | 23.0 | 1.3 |

Tabella 3. Aste G3, G4, G5. Risultati della simulazione idraulica per $T = 200$ anni

| Asta | Sezione | Portata | Quota di fondo alveo | Livello idrico | Altezza critica | Energia totale | Velocità in alveo | Area bagnata | Larghezza in superficie | Froude |
|-------------|----------------|----------------|-----------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------|---------------------|--------------------------------|---------------|
| | | | [m] | [m] | [m] | [m] | [m/s] | [m ²] | [m] | [--] |
| 6 | 613 | 31.4 | 310.2 | 310.8 | 310.7 | 310.8 | 1.1 | 28.8 | 166.5 | 0.5 |
| 6 | 612 | 31.4 | 308.2 | 308.8 | 308.8 | 308.8 | 1.6 | 19.7 | 159.1 | 0.8 |
| 6 | 611 | 31.4 | 306.1 | 307.1 | 307.0 | 307.1 | 1.2 | 26.3 | 124.4 | 0.5 |
| 6 | 610 | 31.4 | 304.4 | 304.7 | 304.7 | 304.8 | 2.3 | 13.8 | 89.0 | 1.0 |
| 6 | 609 | 31.4 | 302.3 | 303.2 | 303.1 | 303.3 | 1.5 | 20.8 | 60.7 | 0.5 |
| 6 | 608 | 31.4 | 301.2 | 301.7 | 301.7 | 301.8 | 2.6 | 12.1 | 55.5 | 1.0 |
| 6 | 607 | 31.4 | 299.2 | 299.9 | 299.7 | 299.9 | 1.3 | 24.0 | 78.8 | 0.4 |
| 6 | 606 | 31.4 | 297.7 | 298.4 | 298.4 | 298.4 | 2.1 | 14.8 | 71.4 | 0.8 |
| 6 | 605 | 31.4 | 296.5 | 297.4 | 297.2 | 297.4 | 1.1 | 29.5 | 88.9 | 0.3 |
| 6 | 604 | 31.4 | 295.4 | 296.5 | 296.4 | 296.6 | 2.4 | 13.2 | 38.3 | 0.7 |
| 6 | 603 | 31.4 | 295.1 | 295.6 | 295.4 | 295.6 | 1.2 | 25.5 | 91.0 | 0.4 |
| 6 | 602 | 31.4 | 293.6 | 294.0 | 294.0 | 294.1 | 2.9 | 11.0 | 40.6 | 1.0 |
| 6 | 601 | 31.4 | 291.9 | 292.8 | 292.6 | 292.8 | 1.3 | 24.0 | 62.6 | 0.4 |
| 6 | 600 | 31.4 | 290.4 | 291.4 | 291.4 | 291.5 | 2.9 | 10.7 | 41.6 | 1.0 |

Tabella 4. Asta G6. Risultati della simulazione idraulica per $T = 200$ anni

| Asta | Sezione | Portata | Quota di fondo alveo | Livello idrico | Altezza critica | Energia totale | Velocità in alveo | Area bagnata | Larghezza in superficie | Froude |
|-------------|----------------|----------------|-----------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------|---------------------|--------------------------------|---------------|
| | | | [m] | [m] | [m] | [m] | [m/s] | [m ²] | [m] | [--] |
| 5 | 505 | 32.6 | 289.3 | 290.0 | 289.9 | 290.2 | 3.5 | 9.4 | 21.4 | 0.9 |
| 5 | 504 | 32.6 | 287.0 | 288.0 | 288.0 | 288.2 | 3.6 | 9.1 | 20.2 | 0.9 |
| 5 | 503 | 32.6 | 284.5 | 285.2 | 285.2 | 285.4 | 3.2 | 10.2 | 28.8 | 1.0 |
| 5 | 502 | 32.6 | 280.9 | 281.5 | 281.5 | 281.6 | 3.4 | 9.5 | 26.3 | 1.0 |
| 5 | 501 | 32.6 | 277.2 | 277.8 | 277.9 | 278.1 | 4.0 | 8.2 | 24.1 | 1.2 |
| 5 | 500 | 32.6 | 274.8 | 275.7 | 275.7 | 276.0 | 4.2 | 7.7 | 14.0 | 1.0 |
| 4 | 407 | 10.2 | 291.3 | 291.8 | 291.8 | 291.9 | 2.8 | 3.7 | 13.3 | 0.9 |
| 4 | 406 | 10.2 | 288.6 | 289.2 | 289.2 | 289.3 | 3.1 | 3.3 | 11.1 | 1.0 |
| 4 | 405 | 10.2 | 285.3 | 285.8 | 285.9 | 286.0 | 3.6 | 2.8 | 12.7 | 1.4 |
| 4 | 404 | 10.2 | 283.1 | 283.4 | 283.4 | 283.5 | 2.5 | 4.2 | 21.3 | 1.0 |
| 4 | 403 | 10.2 | 280.2 | 280.7 | 280.7 | 280.8 | 2.9 | 3.5 | 14.1 | 1.0 |
| 4 | 402 | 10.2 | 277.2 | 277.9 | 277.8 | 278.0 | 2.7 | 3.8 | 9.9 | 0.8 |
| 4 | 401 | 10.2 | 276.1 | 276.6 | 276.6 | 276.7 | 2.8 | 3.7 | 15.7 | 1.0 |
| 4 | 400 | 10.2 | 273.6 | 274.3 | 274.3 | 274.4 | 2.6 | 4.0 | 24.9 | 1.1 |
| 3 | 305 | 46.9 | 270.7 | 272.3 | 272.3 | 272.8 | 5.5 | 8.5 | 10.6 | 1.1 |
| 3 | 304 | 46.9 | 268.8 | 270.6 | 270.6 | 271.1 | 5.6 | 8.4 | 8.7 | 1.0 |
| 3 | 303 | 46.9 | 267.4 | 269.2 | 269.2 | 269.6 | 5.2 | 9.0 | 10.8 | 1.0 |
| 3 | 302 | 46.9 | 265.1 | 266.6 | 266.6 | 267.0 | 4.6 | 10.2 | 11.7 | 0.9 |
| 3 | 301 | 46.9 | 264.2 | 265.0 | 265.0 | 265.3 | 4.2 | 11.2 | 20.7 | 1.0 |
| 3 | 300 | 46.9 | 261.6 | 262.6 | 262.7 | 262.9 | 4.8 | 9.8 | 24.8 | 1.3 |

Tabella 5. Aste G3, G4, G5. Risultati della simulazione idraulica per $T = 500$ anni

| Asta | Sezione | Portata | Quota di fondo alveo | Livello idrico | Altezza critica | Energia totale | Velocità in alveo | Area bagnata | Larghezza in superficie | Froude |
|-------------|----------------|----------------|-----------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------|---------------------|--------------------------------|---------------|
| | | | [m] | [m] | [m] | [m] | [m/s] | [m ²] | [m] | [--] |
| 6 | 613 | 41.4 | 310.2 | 310.8 | 310.7 | 310.8 | 1.2 | 33.5 | 167.8 | 0.5 |
| 6 | 612 | 41.4 | 308.2 | 308.8 | 308.8 | 308.9 | 1.7 | 24.1 | 161.8 | 0.8 |
| 6 | 611 | 41.4 | 306.1 | 307.2 | 307.0 | 307.2 | 1.3 | 32.7 | 145.7 | 0.5 |
| 6 | 610 | 41.4 | 304.4 | 304.7 | 304.7 | 304.8 | 2.5 | 16.8 | 91.6 | 1.0 |
| 6 | 609 | 41.4 | 302.3 | 303.3 | 303.1 | 303.3 | 1.6 | 25.2 | 65.4 | 0.5 |
| 6 | 608 | 41.4 | 301.2 | 301.7 | 301.7 | 301.9 | 2.9 | 14.5 | 59.1 | 1.0 |
| 6 | 607 | 41.4 | 299.2 | 299.9 | 299.8 | 300.0 | 1.4 | 28.7 | 80.0 | 0.4 |
| 6 | 606 | 41.4 | 297.7 | 298.4 | 298.4 | 298.5 | 2.4 | 17.5 | 75.3 | 0.9 |
| 6 | 605 | 41.4 | 296.5 | 297.5 | 297.2 | 297.5 | 1.2 | 35.7 | 91.0 | 0.3 |
| 6 | 604 | 41.4 | 295.4 | 296.6 | 296.5 | 296.7 | 2.6 | 16.1 | 43.1 | 0.7 |
| 6 | 603 | 41.4 | 295.1 | 295.6 | 295.5 | 295.6 | 1.4 | 30.3 | 93.9 | 0.4 |
| 6 | 602 | 41.4 | 293.6 | 294.0 | 294.0 | 294.2 | 3.0 | 13.7 | 43.7 | 1.0 |
| 6 | 601 | 41.4 | 291.9 | 292.9 | 292.6 | 292.9 | 1.5 | 28.6 | 66.1 | 0.4 |
| 6 | 600 | 41.4 | 290.4 | 291.5 | 291.5 | 291.6 | 3.0 | 13.7 | 46.0 | 1.0 |

Tabella 6. Asta G6. Risultati della simulazione idraulica per $T = 500$ anni

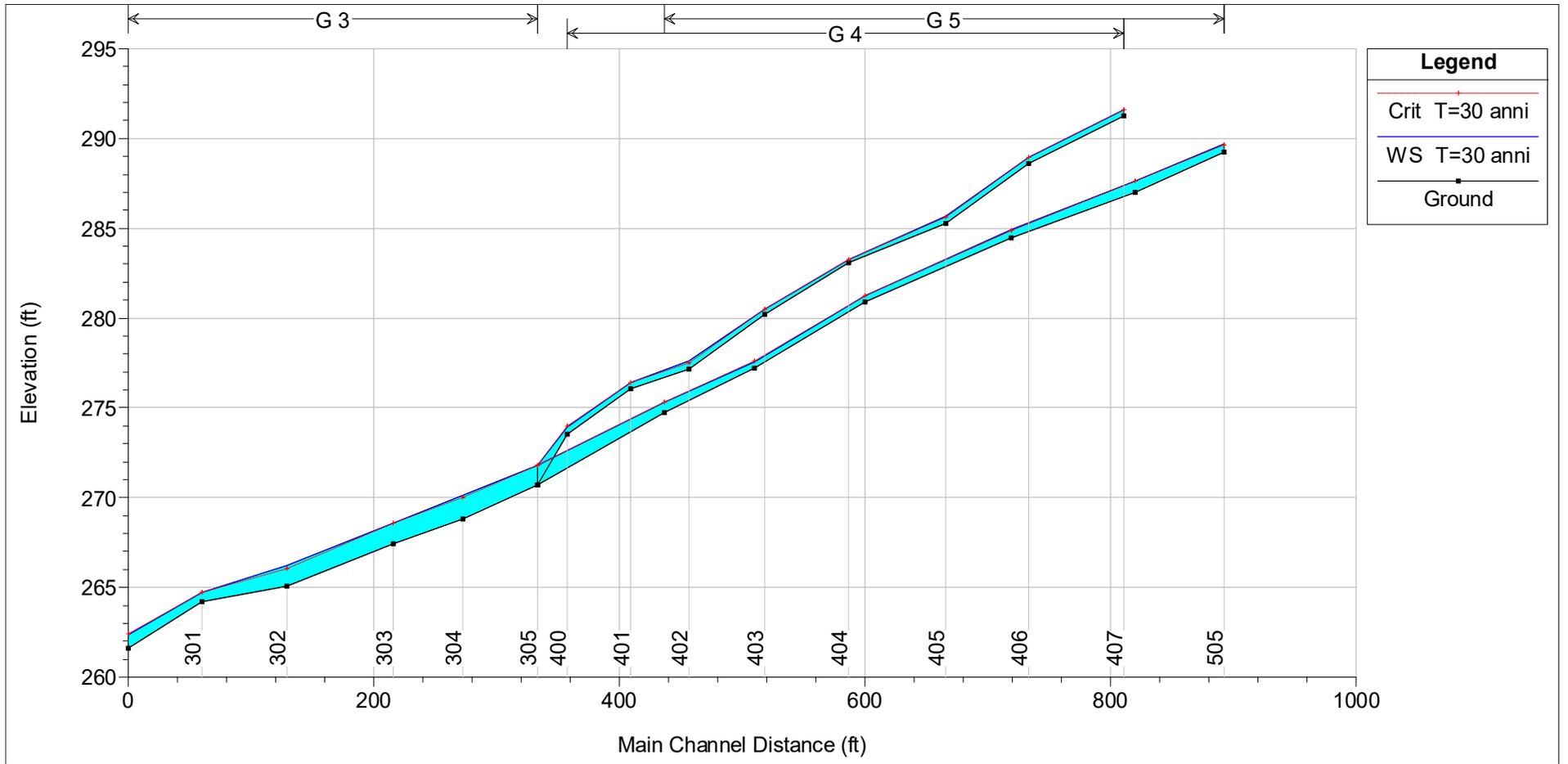


Figura 1. Aste G3, G4 e G5 Profili di corrente in moto permanente per la portata con tempo di ritorno $T = 30$ anni.

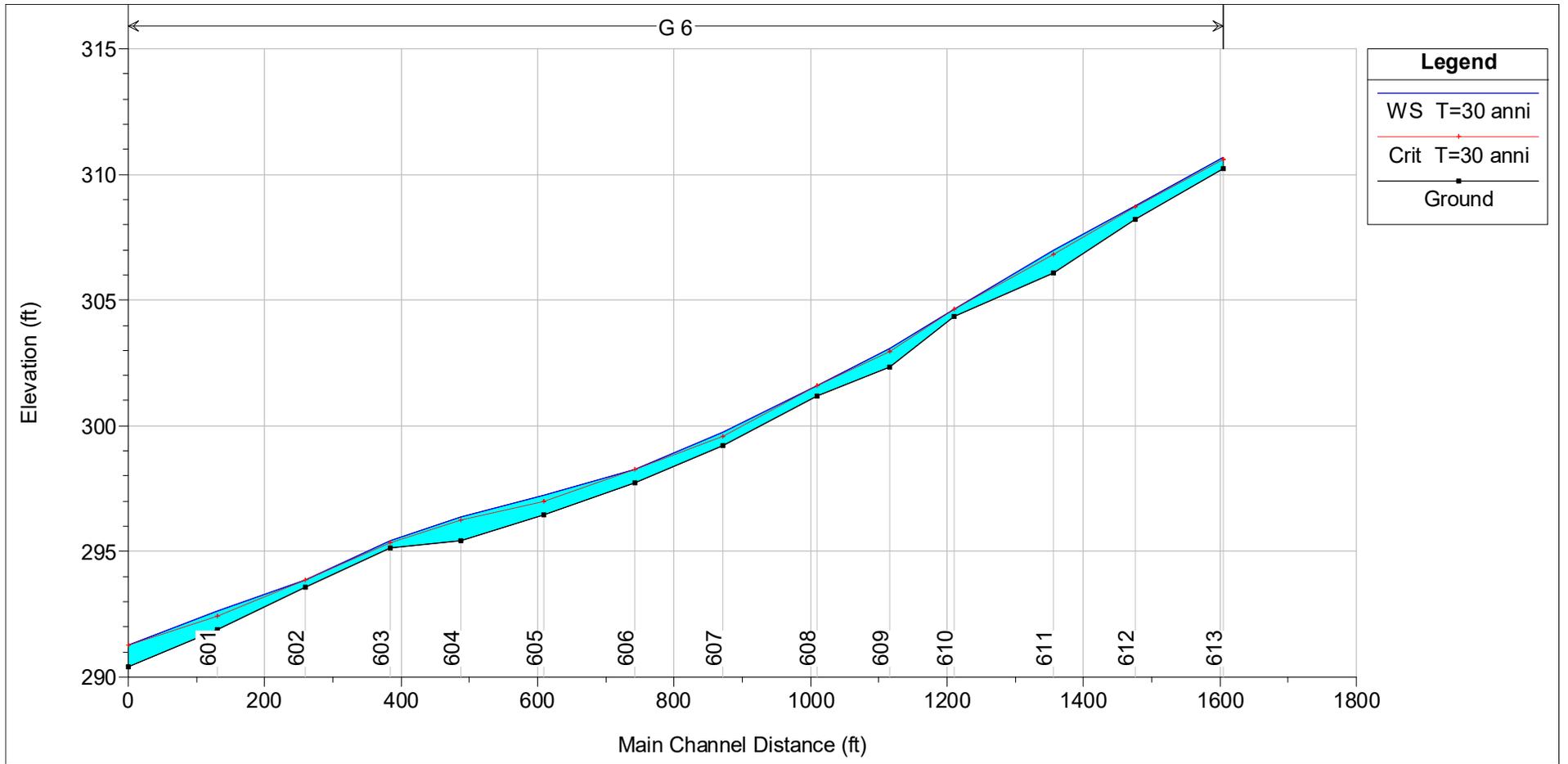


Figura 2. Asta G6 Profili di corrente in moto permanente per la portata con tempo di ritorno $T = 30$ anni.

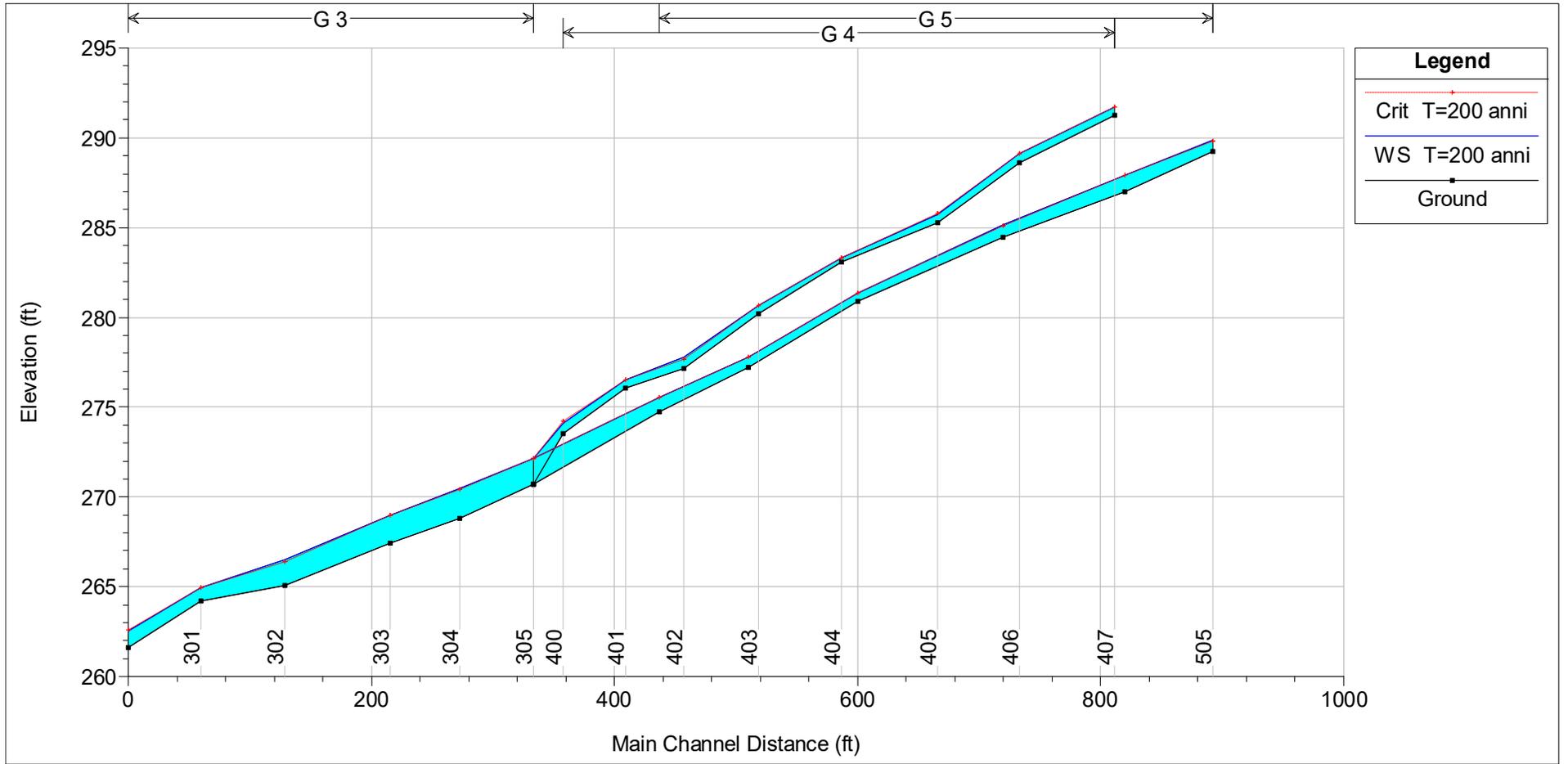


Figura 3. Aste G3, G4 e G5 Profili di corrente in moto permanente per la portata con tempo di ritorno $T = 200$ anni.

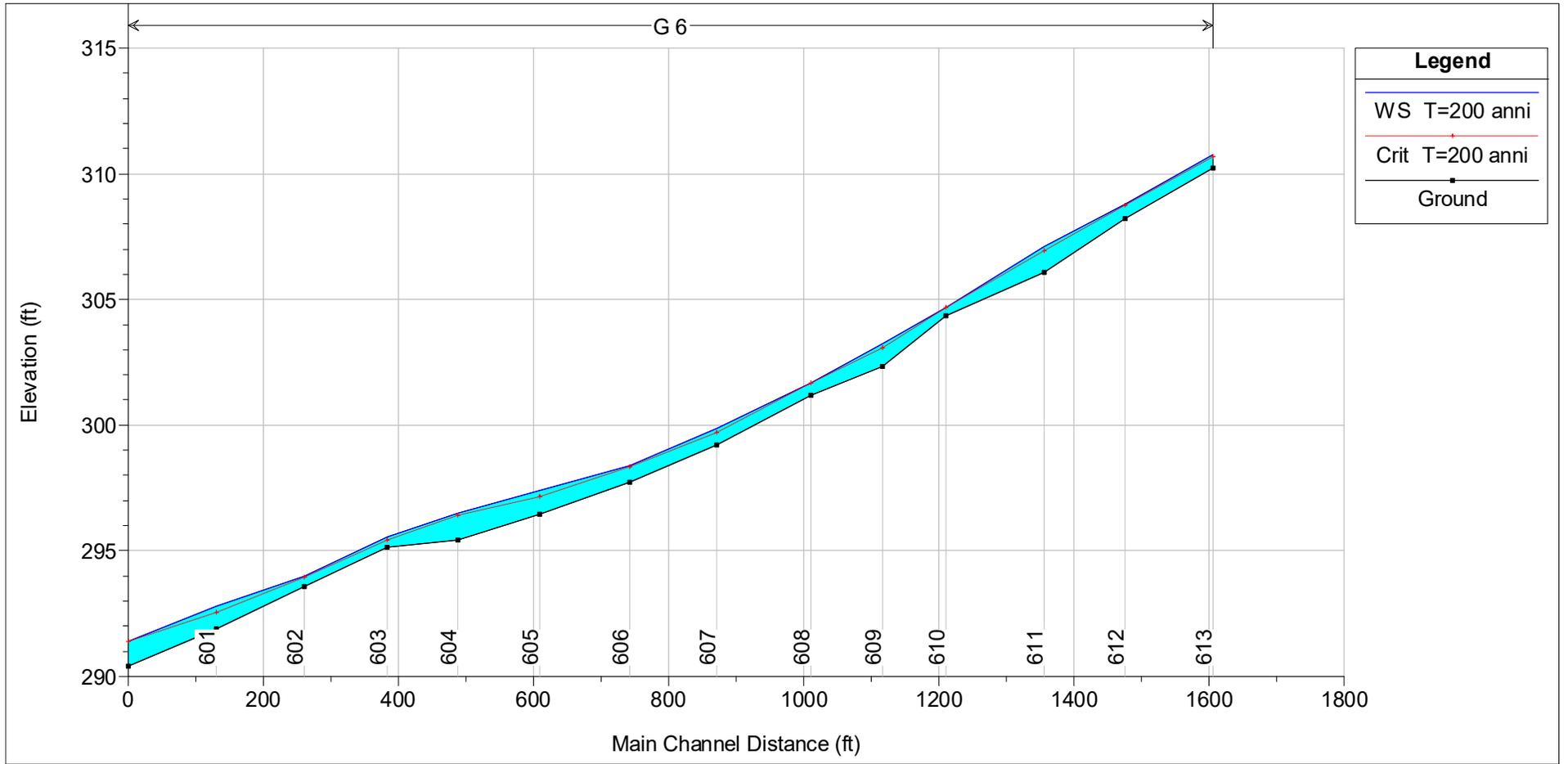


Figura 4. Asta G6 Profili di corrente in moto permanente per la portata con tempo di ritorno $T = 200$ anni.

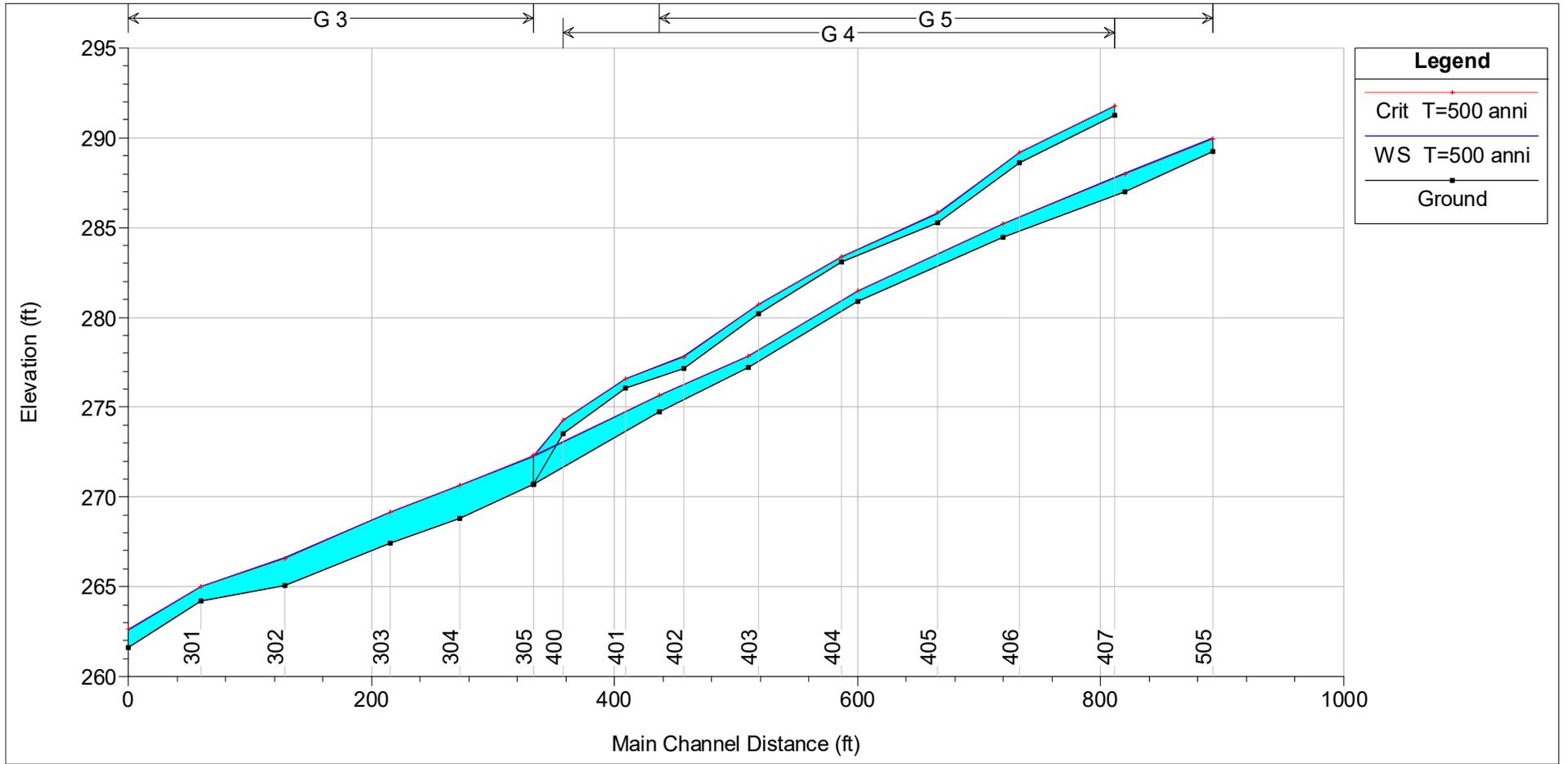


Figura 5. Aste G3, G4 e G5 Profili di corrente in moto permanente per la portata con tempo di ritorno $T = 500$ anni.

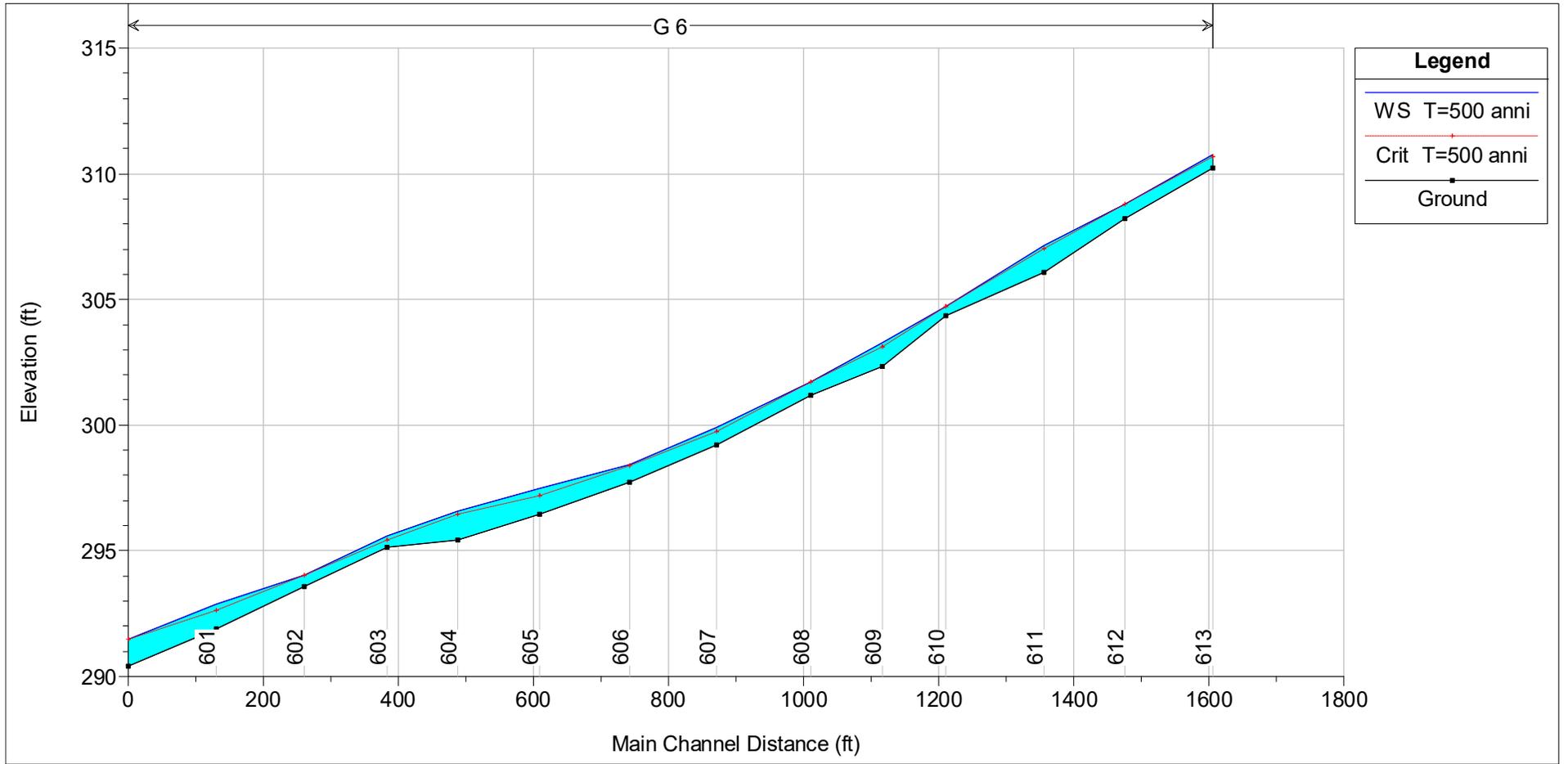


Figura 6. Asta G6 Profili di corrente in moto permanente per la portata con tempo di ritorno $T = 500$ anni.