



# REGIONE SICILIA

## CITTA' METROPOLITANA DI PALERMO

PROGETTO:

Località Impianto  
 COMUNE DI PARTINICO (PA) CONTRADA BOSCO  
 COMUNE DI MONREALE (PA) CONTRADA CAMBUCA  
 Località Connessione  
 COMUNE DI PARTINICO (PA) CONTRADA TAMMI'

Oggetto:

### PROGETTO DEFINITIVO

Realizzazione impianto eolico  
 denominato "S&P 16" di 110,00 MW

CODICE ELABORATO:

PROPONENTE	TIPOLOGIA DOCUMENTO	PROGRESSIVO	REV
SP16	REL	021	00

EPD = ELABORATO DEL PROGETTO DIGITALE; REL = RELAZIONE;  
 ADD = ALTRA DOCUMENTAZIONE; IST = ISTANZA

DATA:

14/02/2023

ELABORATO:

SP16REL021\_00-Relazione\_Idraulica

TAV:

REL021

PAG:

153

Rev.	Data Rev.	Data Rev.

PROGETTISTI:

Ing. Sapienza Angelo



Ing. Rizzuto Vincenzo



SPAZIO RISERVATO PER LE APPROVAZIONI

SOCIETA':

S&P 16 S.R.L.

SICILIA E PROGRESSO  
 sede legale: Corso dei Mille 312, 90047 Partinico (PA)  
 P.iva.: 07035610828 tel.: 0915567418  
 email: sviluppousep16@gmail.com  
 pec: sviluppousep16@pec.it



## INDICE

INDICE.....	1
1. PREMESSA .....	3
2. PRESENTAZIONE DEL PROGETTO.....	4
2.1 Descrizione del progetto.....	4
3. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO .....	10
4. METODO TCEV SICILIA – PIOGGE BREVI - SUPERFICI DI INFLUENZA.....	12
5. MODELLO AFFLUSSI DEFLUSSI.....	18
6. VERIFICHE IDRAULICHE.....	23
6.1 Modello di calcolo utilizzato .....	23
6.2 Modello Digitale del Terreno .....	25
6.3 Impostazioni di calcolo .....	25
6.4 Risultati della modellazione idraulica.....	26
7. CONCLUSIONI - COMPATIBILITA' IDRAULICA.....	30
8. ATTRAVERSAMENTI DEL RETICOLO IDROGRAFICO .....	30
8.1 Calcolo erosione .....	31
9. INVARIANZA IDRAULICA.....	32
9.1 Studio Invarianza Idraulica- Stazione di rete.....	34
9.2 Stima dei volumi di compenso ai fini dell'invarianza idraulica .....	35
9.3 Studio Invarianza Idraulica – Impianto eolico.....	38
ALLEGATO 1 – SEZIONI HEC RAS.....	39

## 1. PREMESSA

Il presente studio è redatto al fine di definire la compatibilità idraulica per la realizzazione di un parco eolico denominato “S&P 16” da realizzarsi, in Contrada Bosco e Contrada Tammi nel territorio di Partinico (PA), ed in Contrada Cambuca nel territorio di Monreale (PA), presentato dalla società S&P 16 s.r.l.

La presente relazione riporta i risultati dell’analisi idrologica ed idraulica del bacino di pertinenza all’interno del quale ricade l’area di interesse.

Lo studio condotto si è basato partendo dal modello digitale del terreno (DTM) 2m x 2m della porzione di territorio relativa sezioni 607010 (sito Bosco, parte di impianto eolico ricadente a Partinico e Stazione di Trasformazione), 607020 (parte di impianto eolico ricadente a Monreale) e 594130 (Stazione Utente-Rete), della Carta Tecnica Regionale in scala 1: 10.000.

Si è effettuata un’elaborazione mediante simulazione di calcolo con software HEC-RAS versione 5.0.7 sviluppato dall’Hydrologic Engineering Center dello US Army Corps of Engineers, avendo impostato nei dati di input le portate di picco di piena e le opportune condizioni al contorno.

Le simulazioni per le verifiche idrauliche sono state condotte su base DTM attraverso un modello idraulico stazionario mono-dimensionale, per un tempo di ritorno pari a 5 per i tratti del reticolo in prossimità del campo eolico, in ottemperanza alle procedure dettate dal PAI e nel rispetto della disciplina contenuta nel Regio Decreto 523/1904 e nel DSG 119/2022.

Nei paragrafi a seguire si riportano i risultati ottenuti dallo studio idrologico e idraulico. Più in particolare, verranno mostrate le analisi idrologiche e le verifiche idrauliche che hanno consentito di stimare le portate di progetto ad assegnato tempo di ritorno e successivamente di rappresentare gli effetti dell’intervento sul regime idraulico a monte e a valle dell’area interessata, mediante la modellazione idraulica in moto permanente monodimensionale di quei tratti del reticolo esistente che potrebbero interferire con il futuro assetto di progetto.

## 2. PRESENTAZIONE DEL PROGETTO

### 2.1 Descrizione del progetto

S&P 16 s.r.l., redattrice del progetto, è una società attiva nella produzione di energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili, in particolar modo, dall'eolico e dal solare fotovoltaico. È iscritta presso la Camera di Commercio di Palermo con n. Rea PA-432743, Partita IVA 07035610828, ha sede legale presso Partinico (PA) in corso dei Mille n. 312.

S&P 16 s.r.l. si propone di realizzare un impianto eolico per sé stessa con consegna alla rete dell'energia prodotta, curando in proprio tutte le attività necessarie.

Nella filosofia progettuale di S&P 16 s.r.l. si intende valorizzare l'energia prodotta con tecnologia fotovoltaica, contestualizzando al meglio l'impianto nel rispetto delle caratteristiche territoriali e ambientali peculiari dei siti in cui essi vengono realizzati.

L'impianto che la S&P 16 srl presenta in autorizzazione è composto da:

- N. 22 turbine eoliche, ricadenti in C. da Bosco (Partinico, PA) e in C. da Cambuca (Monreale, PA);
- Stazione Utente-Rete, ricadente in C. da Tammi (Partinico, PA), denominata "Partinico 2";
- Stazione di distribuzione, ricadente in C. da Bosco nel comune di Partinico (PA);
- Cavidotti di collegamento MT (30 kV), ricadenti nei territori dei Comuni di Partinico e Monreale (PA);
- Cavidotti di collegamento AT (220 kV), ricadenti nel Comune di Partinico (PA).

L'impianto avrà una potenza di 110.000,00 kWp (100.000,00 kW) e l'energia prodotta sarà ceduta alla rete elettrica di alta tensione, tramite la costruenda stazione di trasformazione a 220 kV, idonea ad accettare la potenza. L'area di interesse ricade nella Zona Territoriale Omogenea "ZONA E", ossia Zona Agricola e non vi è alcun tipo di vincolo in corrispondenza delle strutture, locali e attrezzature che compongono l'impianto.

L'area ricade all'interno del bacino idrografico BAC-043 "Fiume Jato" e BAC-044 "Area territoriale tra il Bacino del F. Jato e del F. San Bartolomeo", secondo il piano del bacino dell'assetto idrogeologico (PAI), il reticolo idrografico del sito di interesse è costituito da fossi naturali che adducono le acque captate al reticolo principale. Gli aerogeneratori si sviluppano prevalentemente in corrispondenza dello spartiacque superficiale tra i sottobacini.

L'impianto del progetto S&P 16 è previsto nei Comuni di Partinico (PA) e Monreale (PA), in particolare:

- La realizzazione del campo eolico ricadente nei territori dei Comuni di Partinico (PA), Contrada Bosco, e Monreale (PA), contrada Cambuca, sono individuate ai seguenti punti:

<b>Cod. Turbina</b>	<b>Comune</b>	<b>Foglio</b>	<b>Particelle</b>
<b>WTG-1</b>	Partinico	102	681
<b>WTG-2</b>	Partinico	102	265
<b>WTG-3</b>	Partinico	109	158-787
<b>WTG-4</b>	Partinico	110	268
<b>WTG-5</b>	Partinico	112	50
<b>WTG-6</b>	Partinico	113	172
<b>WTG-7</b>	Partinico	115	122
<b>WTG-8</b>	Partinico	115	373-344
<b>WTG-9</b>	Monreale	85	1
<b>WTG-10</b>	Partinico	118	516
<b>WTG-11</b>	Partinico	118	277-278
<b>WTG-12</b>	Partinico	118	435
<b>WTG-13</b>	Partinico	119	8-20-29
<b>WTG-14</b>	Partinico	119	86
<b>WTG-15</b>	Partinico	119	372
<b>WTG-16</b>	Partinico	119	162
<b>WTG-17</b>	Partinico	116	366-374
<b>WTG-18</b>	Partinico	120	459
<b>WTG-19</b>	Partinico	112	339
<b>WTG-20</b>	Monreale	85	182
<b>WTG-21</b>	Monreale	94	30-31
<b>WTG-22</b>	Monreale	86	279-280-475

- La realizzazione dell'area della stazione di rete e della stazione Utente ricadenti nel territorio del Comune di Partinico (PA), contrada Tammi, è individuata al N.C.T del comune di Partinico nelle particelle catastali n. 1001, 1002, 613, 477, 237, 623, 615, 616, 239, 634, 254, 481 del foglio di mappa n. 55 del comune di Partinico (PA), e nelle particelle catastali n.334, 180, 333, 179, 427, 432, 433, 428, 177, 178, 195, 444, 355, 358, 352, 445, 194, 443, 353, 354, 340, 338, 379, 183, 378, 623, 625, 181, 196, 359, 622 del foglio di mappa n.54.

Le coordinate geografiche dei siti di impianto delle turbine eoliche, della stazione di trasformazione e della stazione Utente-Rete sono:

Cod. Turbina	Comune	Coordinate	
		Latitudine	Longitudine
WTG-1	Partinico	37°59'16.28"N	13°1'43.77"E
WTG-2	Partinico	37°59'23.08"N	13°2'2.85"E
WTG-3	Partinico	37°58'55.23"N	13°2'16.37"E
WTG-4	Partinico	37°59'11.39"N	13°2'46.58"E
WTG-5	Partinico	37°58'55.26"N	13°3'4.71"E
WTG-6	Partinico	37°59'1.58"N	13°3'20.00"E
WTG-7	Partinico	37°59'18.11"N	13°4'10.65"E
WTG-8	Partinico	37°58'58.54"N	13°4'8.80"E
WTG-9	Monreale	37°58'59.89"N	13°4'36.36"E
WTG-10	Partinico	37°58'33.21"N	13°2'50.00"E
WTG-11	Partinico	37°58'19.84"N	13°2'34.44"E
WTG-12	Partinico	37°58'3.74"N	13°2'30.40"E
WTG-13	Partinico	37°58'19.24"N	13°3'4.18"E
WTG-14	Partinico	37°58'5.34"N	13°3'17.28"E
WTG-15	Partinico	37°58'6.93"N	13°3'32.41"E
WTG-16	Partinico	37°58'22.72"N	13°3'32.66"E
WTG-17	Partinico	37°58'38.43"N	13°4'6.58"E
WTG-18	Partinico	37°58'20.00"N	13°4'12.23"E
WTG-19	Partinico	37°58'21.36"N	13°4'27.42"E
WTG-20	Monreale	37°58'40.47"N	13°5'10.40"E
WTG-21	Monreale	37°58'27.21"N	13°5'27.47"E
WTG-22	Monreale	37°58'51.66"N	13°5'29.09"E
Stazione di Trasformazione	Partinico	37°59'31.74"N	13°1'14.63"
Stazione Utente-Rete "Partinico 2"	Partinico	38°2'9.53"N	13°4'38.95"E

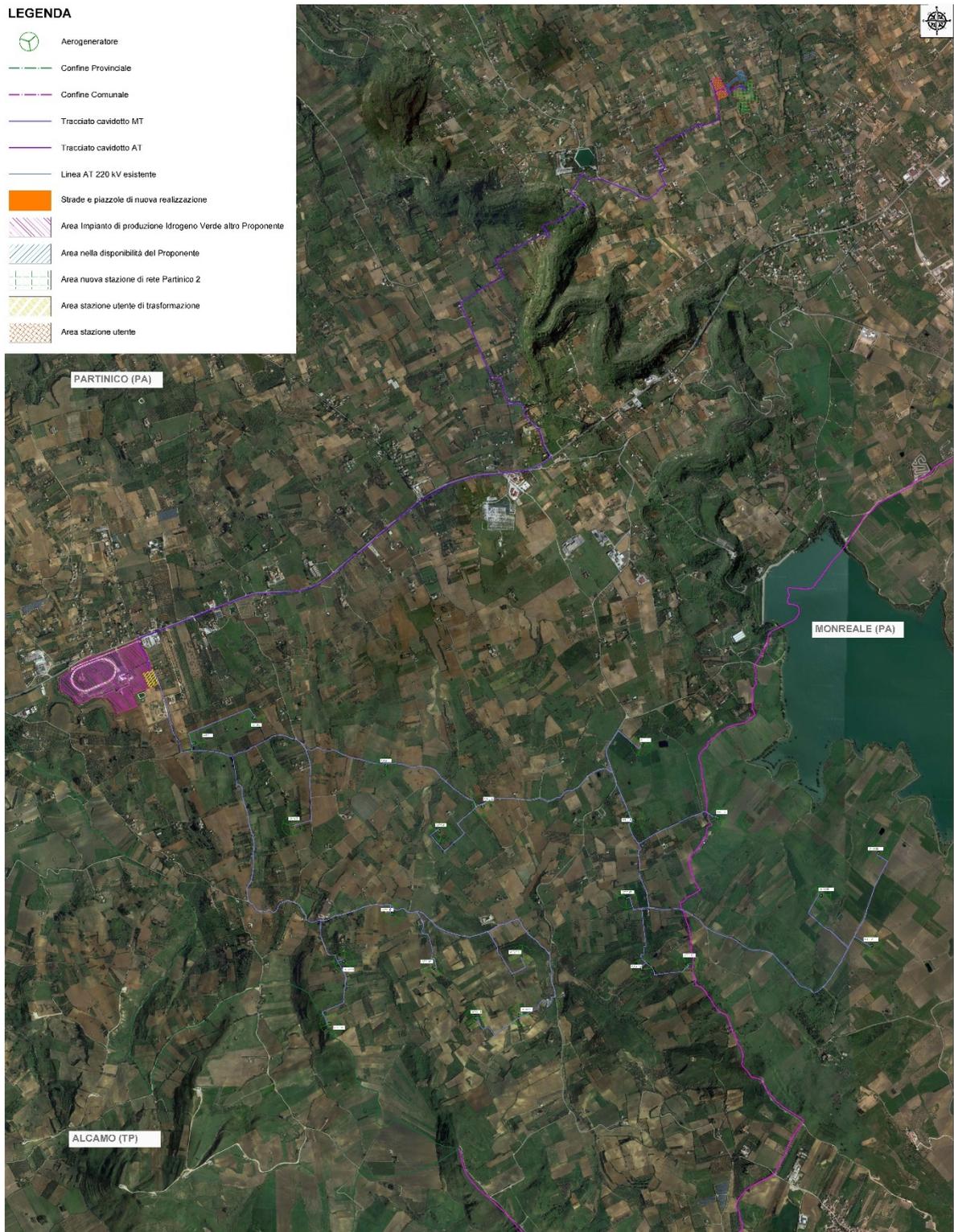


Figura 1 - Ortofoto dell'area di impianto, della stazione Utente-Rete e della stazione di trasformazione ricadenti in Contrada Bosco e Contrada Tammì (Partinico, PA) e Contrada Cambuca (Monreale, PA)

I siti degli impianti sono individuati nella Tavoletta "Alcamo", Foglio N°258, Quadrante IV, Orientamento N.O., nella Tavoletta "Palermo", Foglio N° 249, Quadrante III, Orientamento S.E. e nella Tavoletta "Alcamo", Foglio N°. 258, Quadrante IV, Orientamento N.E. della Carta d'Italia scala 1: 25.000 edita dall'I.G.M., e nelle sezioni 607010 (sito Bosco, parte di impianto eolico ricadente a Partinico e Stazione di Trasformazione), 607020 (parte di impianto eolico ricadente a Monreale) e 594130 (Stazione Utente-Rete), della Carta Tecnica Regionale in scala 1: 10.000.

La S&P 16 s.r.l. ha ottenuto dal gestore di rete Terna la soluzione tecnica minima generale (STMG) per connettere 100 MW sul territorio di Partinico in data 20/10/2021 (cod. pratica 202200048), la quale prevede che il parco eolico venga collegato alla Linea AT del distributore tramite la costruenda stazione AT da 220 kV.

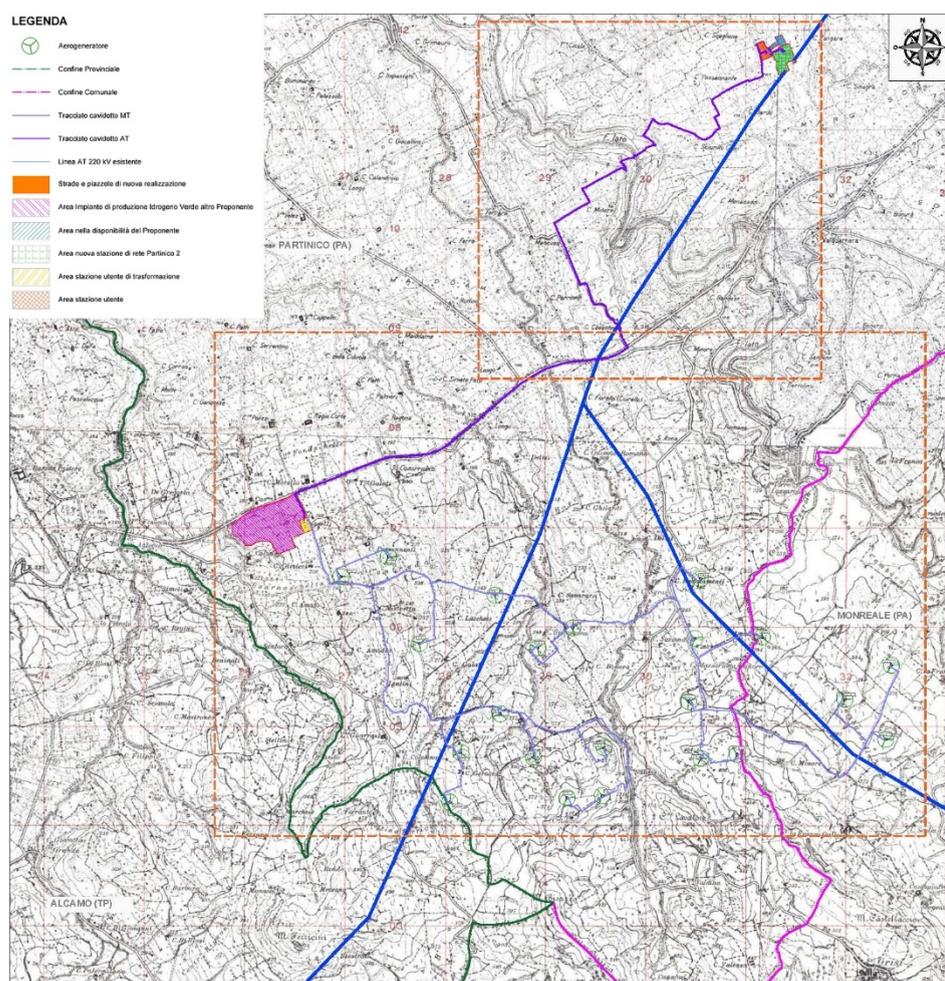


Figura 2 – Inquadramento territoriale di S&P 16 I.G.M. scala 1:25.000 (TAV. IT-COG)

**LEGENDA**

-  Aerogeneratore
-  Confine Provinciale
-  Confine Comunale
-  Tracciato cavidotto MT
-  Tracciato cavidotto AT
-  Linea AT 220 kV esistente
-  Strade e piazzole di nuova realizzazione
-  Area Impianto di produzione Idrogeno Verde altro Proponente
-  Area nella disponibilità del Proponente
-  Area nuova stazione di rete Partinico 2
-  Area stazione utente di trasformazione
-  Area stazione utente

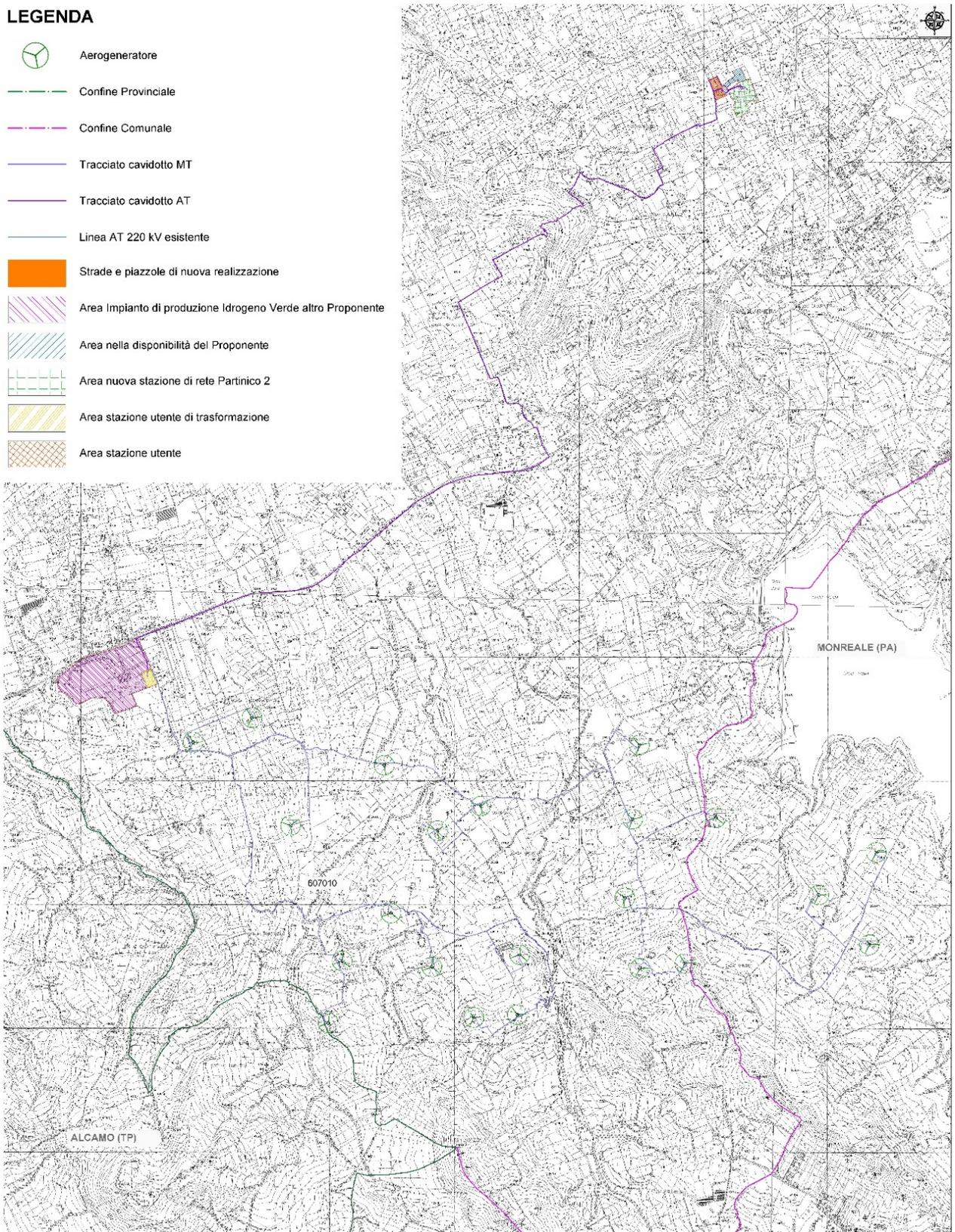


Figura 3 – Inquadramento territoriale dell'area del parco eolico e delle stazioni di trasformazione e rete-utente

L'accesso all'area in cui sarà realizzato l'impianto S&P 16 è raggiungibile attraverso due bretelle principali: l'autostrada A29 Palermo – Mazara del Vallo con uscita Partinico e la SS 113 – Settentrionale Sicula; i siti di impianto e della relativa stazione di trasformazione sono raggiungibili attraverso una serie di strade statali (SS 113) e provinciali (tra cui la SP2, SP10, SP30, SP39, SP122) che garantiscono il collegamento oltre che con l'impianto anche con i Comuni limitrofi.

### 3. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

Dall'analisi del P.A.I. si rileva che l'area oggetto di intervento ricade all'interno de bacini idrografico indicati come "BAC- 043" – Fiume Jato e "BAC-044" Area territoriale tra il bacino del Fiume Jato e il Fiume San Bartolomeo.

I due bacini, ubicati nel versante settentrionale della Sicilia, si estendono rispettivamente per circa 195 Km<sup>2</sup> e 94 Km<sup>2</sup> e ricadono nei territori provinciali di Palermo e Trapani.

Il bacino del Fiume Jato "BAC-043" ha una forma allungata in direzione NW – SE e s'inserisce tra il bacino del fiume Nocella a Nord-Est ed i bacini del Fiume Belice ad Est e del Fiume San Bartolomeo ad Ovest e Sud-Ovest. Il fiume Jato nasce in prossimità di Monte La Pizzuta, presso il comune di Piana degli Albanesi, e si sviluppa per circa 32 Km. Lungo il suo percorso riceve le acque di molti affluenti tra i quali: il Fosso della Ginestra, il Vallone di Passarello, il Vallone Desisa, il Vallone Muffoletto, Fosso della Procura, Fosso della Chiusa, Fosso della Pernice e Fosso della Traversa. In prossimità della confluenza tra il Fiume Jato s.s. e il Fosso Desisa, procedendo verso la foce, ha inizio l'invaso artificiale del Lago Poma (detto anche vaso dello Jato) dovuto allo sbarramento del Fiume Jato in corrispondenza della diga costruita in contrada case Bertolino – Sansone.

La rete idrografica si presenta con andamento "pinnato" nella porzione nordorientale del bacino, ove si imposta su versanti rocciosi morfologicamente ripidi e caratterizzati da vallecicole a V, poi evolve con andamento dendritico nelle aree caratterizzate da litologie a comportamento incoerente. Nell'area centrale del bacino il reticolo assume un andamento sub-dendritico, poiché alle basse pendenze dei versanti si associano litologie a permeabilità differente che determinano diverso grado di erosione ad opera delle acque dilavanti.

L'asta principale si presenta a meandri incassati, con due distinti gradi di maturità evolutiva: uno stadio più maturo nella parte terminale, dopo lo sbarramento, ed uno stadio meno maturo a monte del Lago Poma dove il fondo vallivo non è minimamente calibrato.

Nella parte terminale dello Jato vi scorre parallelamente un affluente che si origina dalle colline di Grisi, impostandosi con iniziale andamento dendritico su terreni argillosi, poi rettilineo sulle litologie

a comportamento marnoso dei Valloni Ciarro Murro e Passarello; in località Pantalina confluisce nell'asta principale dello Jato.

Il bacino del F. Jato ricade interamente nella provincia di Palermo e comprende un totale di 7 territori comunali, e al suo interno, in particolare nei territori comunali di Partinico e Monreale, ricade l'invaso del Lago Poma, derivante dallo sbarramento del Fiume Jato.

L'Area Territoriale tra il bacino del Fiume Jato e il Fiume San Bartolomeo ("BAC-044") si colloca invece tra Monte Bisazza a SE e Monte Bonifato a SW in prossimità del centro abitato di Alcamo. L'area in esame essendo racchiusa tra il bacino del Fiume S. Bartolomeo ad ovest e a sud, il bacino del Fiume Jato ad est e la linea di costa a nord assume una forma pressoché rettangolare.

L'attuale condizione geomorfologica del bacino del Fiume S. Bartolomeo e delle aree territoriali contigue è dovuta all'azione di varie fasi tettoniche che hanno interessato, a partire dalla fine del Terziario, i settori strutturali implicati nello scontro delle placche europea ed africana cui ha fatto seguito l'azione degli agenti esogeni i quali, modellando la superficie topografica, hanno generato le attuali morfo-sculture. Lo stile tettonico a falde e scaglie impilate ha determinato profonde discontinuità morfologiche che hanno condizionato l'altitudine e l'andamento delle scarpate e dei rilievi montuosi e collinari. La natura accidentata del territorio, con frequenti e rapide variazioni di quota, è ascrivibile, però, anche al contrapporsi di colline argillose dai pendii dolci e poco acclivi e di rilievi lapidei dai pendii acclivi e scoscesi. Analizzando la distribuzione e le pendenze delle aste fluviali che costituiscono il reticolo idrografico sviluppatosi nelle aree territoriali adiacenti al bacino del Fiume S. Bartolomeo e, soprattutto, all'interno di quest'ultimo, si può asserire che esso si sia evoluto fino ad uno stadio di erosione fluviale "senile" poiché si presenta abbastanza gerarchizzato. La presenza di un reticolato idrografico discretamente sviluppato contribuisce fortemente alla genesi di fenomeni di dissesto idrogeologico; infatti, all'interno delle aree oggetto di studio risultano molto diffusi i fenomeni franosi generati dai processi erosivi e dal ruscellamento superficiale delle acque piovane.

In generale, nell'arco di ogni singolo anno, i giorni più piovosi ricadono nel semestre autunno-inverno e, in particolare, nell'intervallo temporale ottobre-febbraio mentre le precipitazioni diventano decisamente di scarsa entità nel periodo compreso tra maggio e settembre.

Dai dati termo-pluviometrici presenti nel PAI è possibile evidenziare che l'andamento climatico è assimilabile a quello medio della Sicilia nord-occidentale: pertanto, è classificabile come temperato-mediterraneo, poiché caratterizzato da un periodo piovoso che ricade nel periodo ottobre-aprile e minimi stagionali da giugno ad agosto, quando si raggiungono le temperature più elevate.

Seppur le aree di impianto non ricadono in aree a pericolosità/rischio idraulico, considerata la

presenza di elementi del reticolo in prossimità delle aree di intervento, si procederà ad uno studio di idrologico ed idraulico di dettaglio, mirato alla determinazione dei profili di corrente e alla verifica dei fossi esistenti. Più in particolare saranno effettuate le seguenti verifiche in moto permanente monodimensionale dei fossi naturali prossimi alle aree di impianto agro-fotovoltaico e dell'area della stazione di trasformazione.

Il presente capitolo ha l'obiettivo di definire la curva di probabilità pluviometrica necessaria alla progettazione delle opere idrauliche per la raccolta e l'allontanamento delle acque meteoriche.

La pioggia è all'origine del processo di formazione delle portate di piena nei bacini idrografici relativi all'area in esame. I fenomeni metereologici che generano le precipitazioni sono talmente complessi da non potere essere trattati come un processo deterministico a partire da condizioni iniziali e al contorno note. Pertanto, sotto il profilo pratico, lo studio delle piogge si limita ad utilizzare metodologie statistiche basate sulle osservazioni pluviometriche.

Nel caso in esame, la risposta idrologica dei bacini è condizionata da brevi tempi di corrivazione e, pertanto, le precipitazioni rilevanti sono quelle d'intensità elevata e breve durata. La maggior parte dei metodi che l'idrologia propone per ricostruire eventi di piena sono metodi indiretti, ossia metodi che stimano l'idrogramma di piena utilizzando un modello di trasformazione piogge-portate che prevede, come input, la definizione di un particolare evento di pioggia.

In particolare, volendo stimare eventi di piena di dato tempo di ritorno, bisogna prima ricostruire l'evento di pioggia di pari tempo di ritorno (assumendo come vera l'ipotesi che un evento di pioggia di tempo di ritorno  $T$  genera un evento di piena con la stessa probabilità di non superamento).

#### 4. METODO TCEV SICILIA – PIOGGE BREVI - SUPERFICI DI INFLUENZA

Il modello TCEV (*Two Component Extreme Value Distribution*) permette di determinare le altezze di pioggia  $h$  e le relative intensità  $i$ , seguendo una tecnica di regionalizzazione dei dati pluviometrici messa a punto dal progetto VAPI.

La regionalizzazione delle piogge mira a superare i limiti relativi alla scarsa informazione pluviometrica (spesso costituita da singole serie di durata limitata e poco attendibili per le elaborazioni statistiche), utilizzando in modo coerente tutta l'informazione pluviometrica disponibile sul territorio, per individuare la distribuzione regionale delle caratteristiche delle precipitazioni.

La peculiarità del modello TCEV è quella di tradurre in termini statistici la differente provenienza degli estremi idrologici, riconducendosi formalmente al prodotto di due funzioni di probabilità del tipo Gumbel. La prima, denominata componente base, assume valori non elevati ma frequenti, mentre la

seconda (componente straordinaria) genera eventi più rari ma mediamente più rilevanti (appartenenti ad una differente fenomenologia metereologica).

La TCEV rappresenta pertanto la distribuzione del massimo valore di una combinazione di due popolazioni ed ha, quindi, la caratteristica di prestarsi all'interpretazione di variabili fortemente asimmetriche, con presenza di alcuni valori molto elevati, di cui difficilmente le distribuzioni usuali (Gumbel, Log-Normale, etc.) riescono a rendere conto.

Per il calcolo delle curve di probabilità pluviometrica si farà pertanto riferimento alla procedura descritta nel progetto VAPI Sicilia (Ferro e Cannarozzo, 1993) utilizzando la modellazione introdotta da Conti et al., 2007.

La procedura gerarchica di regionalizzazione si articola su tre livelli successivi in ognuno dei quali è possibile ritenere costanti alcuni statistici.

Nel primo livello di regionalizzazione si ipotizza che il coefficiente di asimmetria teorico  $G_t$  delle serie dei massimi annuali delle piogge di assegnata durata  $t$  sia costante per la regione Sicilia. La Sicilia si può pertanto ritenere una zona pluviometrica omogenea ed i valori dei parametri  $\Theta^* = 2.24$  e  $\Lambda^* = 0.71$  sono costanti ed indipendenti dalla durata  $t$ .

Il secondo livello di regionalizzazione riguarda l'individuazione di sottozone omogenee, interne a quella individuata al primo livello, nelle quali risulti costante, oltre al coefficiente di asimmetria, anche il coefficiente di variazione della legge teorica. Al secondo livello di regionalizzazione la Sicilia è suddivisa in cinque sottozone pluviometriche omogenee: Z0 –Z5, Z1, Z2, Z3, Z4.

A ciascuna di esse è stato attribuito un valore costante del parametro  $\lambda_1$  (parametro della TCEV che rappresenta il numero medio di eventi della componente base) indicato con il simbolo  $\Lambda_1$  (tabella 4.1), che risulta indipendente dalla durata. Le sottozone Z0 e Z5, possono anche essere "unite" e considerate come una sottozona unica, visti i valori pressoché identici del parametro  $\Lambda_1$ .

In ogni sottozona la variabile adimensionale  $h'_{t,T} = ht/\mu$  (valore dell'altezza di pioggia di fissata durata  $t$  e tempo di ritorno  $T$  rapportata alla media  $\mu$  della legge TCEV) assume la seguente espressione:

$$h'_{t,T} = K_T = a \cdot \ln(T) + b$$

In tale relazione i coefficienti  $a$  e  $b$  sono stati tarati in funzione della particolare sottozona.

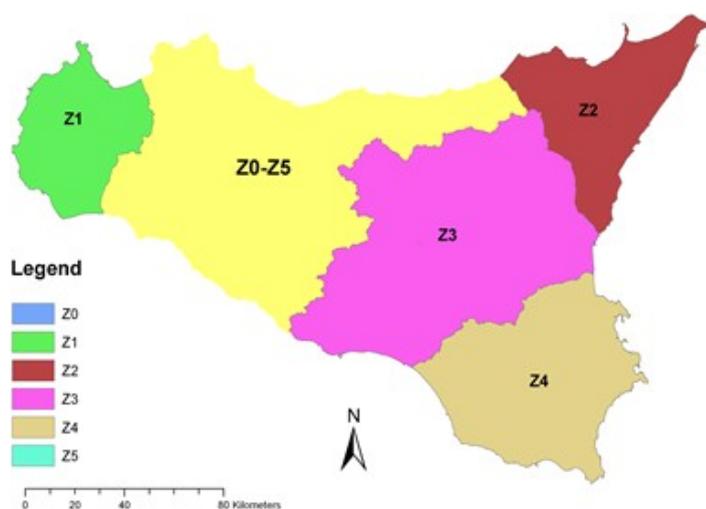


Figura 4: - Sottozone pluviometriche omogenee per la regione Sicilia (Lo Conti et al, 2007).

$K_T$  è definito fattore di crescita e misura la variabilità relativa degli eventi estremi alle diverse frequenze. Esso è dunque indipendente dalla durata della precipitazione e funzione della collocazione geografica del sito per il quale si vogliono calcolare le altezze di pioggia (a mezzo dei coefficienti a e b) e del tempodi ritorno T dell'evento meteorico.

Sottozona Parametro	$Z_0$	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	$Z_4$	$Z_5$
$\Lambda_1$	24,429	19,58	17,669	14,517	15,397	24,402

Tabella 1: Valore del parametro  $\Lambda_1$  per ogni sottozona in cui è stata suddivisa la regione Sicilia (Lo Conti et al, 2007).

Sottozona Parametro	$Z_0 - Z_5$	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	$Z_4$
$a$	0.4485	0.4695	0.4799	0.5011	0.4946
$b$	0.5117	0.4889	0.4776	0.4545	0.4616

Tabella 2: Valori, per la regione Sicilia, dei coefficienti a e b per la definizione del fattore di crescita (Lo Conti et al., 2007).

Il terzo livello di regionalizzazione prevede, infine, la ricerca di relazioni regionali tra il parametro centrale della distribuzione di probabilità  $\mu$  e le grandezze - prevalentemente geografiche (altitudine, distanza dalmare, superficie del bacino idrografico) - relative al sito di misura.

Pertanto, l'espressione della curva di probabilità pluviometrica sarà:

$$h_{t,T} = K_T \cdot \mu(t)$$

in cui  $h_{t,T}$  è l'altezza di pioggia di assegnata durata  $t$  e fissato tempo di ritorno T.

Per le stazioni pluviografiche siciliane la media teorica  $\mu$  risulta coincidente con quella campionaria; per ciascuna delle 172 stazioni siciliane che vantano almeno 10 anni di funzionamento è stato riconosciuto il seguente legame di tipo potenza tra la media campionaria e la durata  $t$ :

$$\mu(t) = a \cdot t^n$$

Per ogni stazione pluviografica i valori dei coefficienti  $a$  ed  $n$  sono tabellati. Per i siti sprovvisti di stazioni di misura i coefficienti  $a$  ed  $n$  possono essere stimati sulla base della carta delle iso- $a$  e delle iso- $n$  (Cannarozzo et al, 1995). Nelle figg. a seguire è possibile vedere la variazione dei coefficienti  $a$  ed  $n$  per la regione Sicilia (Lo Conti et al, 2007)

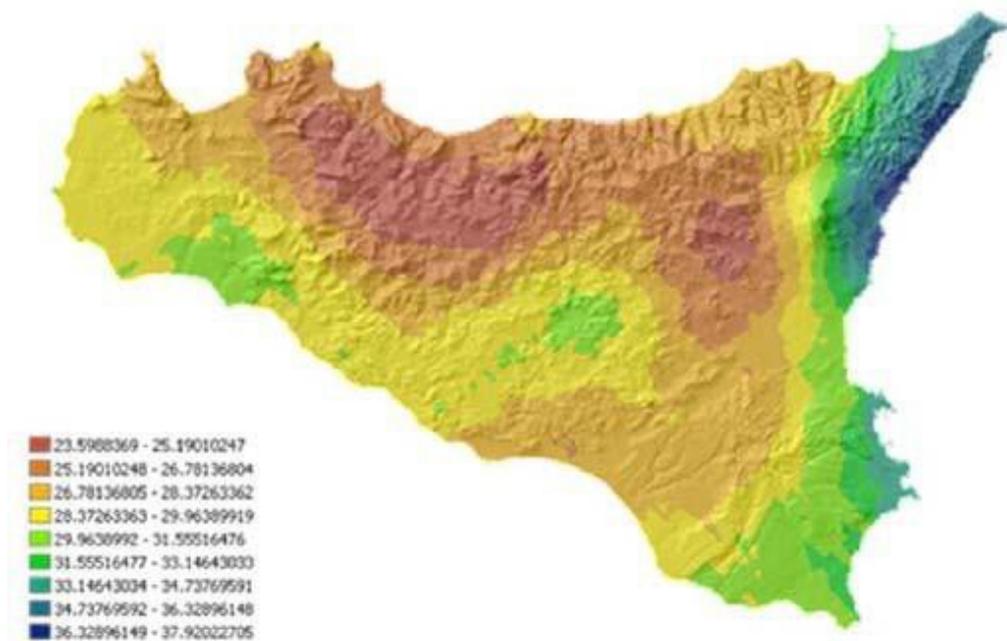


Figura 5a - Valori dei coefficienti  $a$  per il territorio siciliano (Lo Conti et al, 2007)

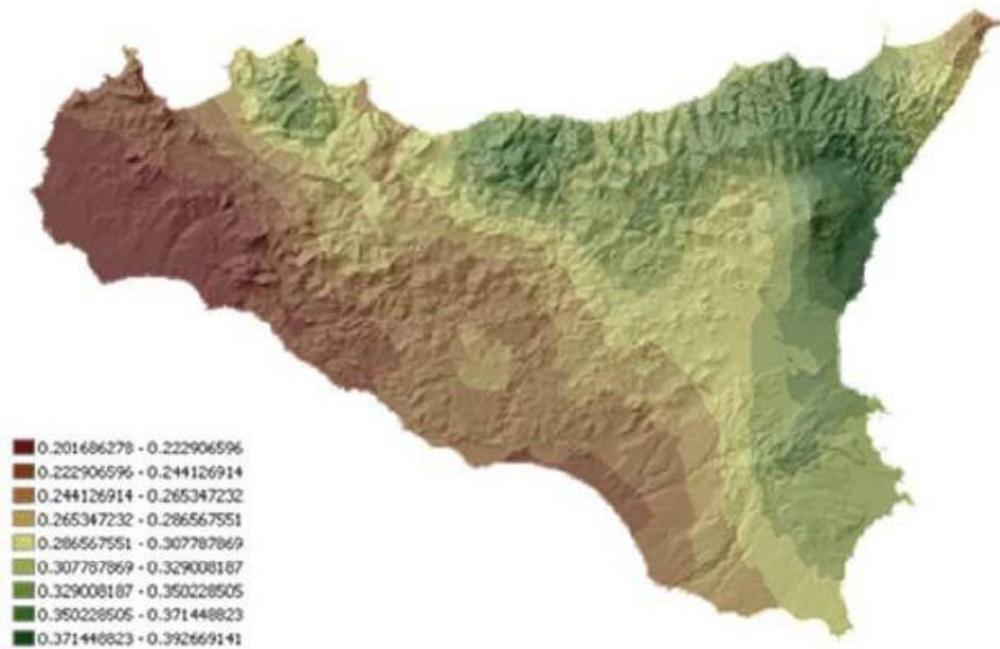


Figura 5b – Valori dei coefficienti n per il territorio siciliano (Lo Conti et al, 2007).

Sono quindi stati calcolati, per il tempo di ritorno di interesse i valori delle altezze di pioggia massima di assegnata durata  $h_{t,T}$  e la legge di probabilità pluviometrica.

#### SUPERFICI DI INFLUENZA E CALCOLI

- **CALCOLO DELLA C.P.P.**

I bacini oggetto del presente studio si trovano nella sottozona pluviometrica omogenea  $Z_0 - Z_5$ : il fattore di crescita è calcolato attraverso la seguente espressione, utilizzando gli appropriati valori dei coefficienti  $a$  e  $b$ :

$$Kt = 0.4485 \ln(T) + 0.5117$$

Fissato il tempo di ritorno della sollecitazione meteorica di progetto ed individuata la stazione pluviometrica più vicina al sito in esame, è quindi possibile calcolare le altezze di pioggia di data frequenza di accadimento e di fissata durata.

La stazione pluviometrica di riferimento è quella di Calatafimi. Per essa, come per le restanti stazioni pluviometriche siciliane, i valori di  $a$  ed  $n$  risultano tabellati. Per tale stazione sono individuati i seguenti valori:  $a = 26,78$  ed  $n = 0,244$ .

È quindi possibile individuare la curva di probabilità pluviometrica per i siti in esame, per i corrispondenti tempi di ritorno.

Tabella Valori di riferimento Stazione					
T	a	b	$K_T$	a	n
5	0,4485	0,5117	1.2335	28,37	0,257

Tabella 3a: Fattori di crescita Stazione

Tabella Valori di riferimento Campo eolico					
T	a	b	$K_T$	a	n
5	0,4485	0,5117	1.2335	28,37	0,257

Tabella 3b: Fattori di crescita impianto eolico

- PIOGGE BREVI

È necessario inoltre osservare che poiché gli eventi di pioggia brevi e quelli lunghi seguono differenti dinamiche meteorologiche, dai campioni di altezze  $h_t$  aventi durate  $1 \div 2 \text{ ore} \leq t \leq 24$  non può essere tratta alcuna informazione inerente agli eventi brevi.

La curva di probabilità pluviometrica, costruita con riferimento alle piogge aventi durata compresa tra 1 e 24 ore, non può essere pertanto estrapolata per valori della durata  $t$  inferiore ad un'ora. È stato però dimostrato che il rapporto tra l'altezza di pioggia  $h_{t,T}$  con  $t$  minore di 60 minuti, e l'altezza di pioggia  $h_{60,T}$  di durata pari a 60 minuti e pari tempo di ritorno  $T$  è relativamente poco dipendente dalla località e dipendente solo dalla durata  $t$  espressa in minuti. Il legame funzionale, per la regione Sicilia, può essere pertanto espresso nella forma seguente, utilizzando la formula di Ferreri-Ferro, in cui il coefficiente  $s$  è stato opportunamente calibrato da Ferro e Bagarello (*"Rainfall depth-duration relationship for South Italy", 1996*).

$$h_{t,T}/h_{60,T} = (t/60)^{0.386}$$

- SUPERFICI DI INFLUENZA

Date le ridotte dimensioni dei bacini ( $S < 10 \text{ km}^2$ ), non verrà effettuato il ragguglio parziale delle precipitazioni (ARF=1).

Il tracciamento dei bacini idrografici è stato effettuato facendo riferimento alla carta CTR 10.000. Considerata lo sviluppo planimetrico dell'asta principale, il calcolo delle portate è stato effettuato su 9 sottobacini.

## 5. MODELLO AFFLUSSI DEFLUSSI

Le portate di progetto sono state calcolate attraverso metodi indiretti, che consentono la determinazione delle portate di piena a partire dalle precipitazioni che si abbattano sui diversi bacini. Nello specifico, si è valutata la portata di piena con la formula razionale. La formula razionale consente la valutazione della portata di piena di assegnato tempo di ritorno T mediante la seguente relazione:

$$Q_T = \frac{\phi \cdot i_T \cdot S}{3,6}$$

ove:

- $Q_T$  è la portata di piena di assegnato tempo di ritorno T ed è espressa in m<sup>3</sup>/s;
- $\phi$  è il coefficiente di afflusso, adimensionale;
- $i_T$  è l'intensità critica della precipitazione di assegnato tempo di ritorno (corrispondente al tempo di corrivazione) in mm/h;
- S è la superficie del bacino espressa in km<sup>2</sup>;
- 3,6 è un fattore di conversione delle unità di misura.

La modellazione matematica dei fenomeni idrologico-idraulici, innescati dalle precipitazioni sull'area di progetto, segue il processo descritto nei paragrafi seguenti.

### - INDIVIDUAZIONE DELLA PIOGGIA CRITICA

Dopo avere ricostruito le relazioni intensità-durata-frequenza (IDF, espresse dalla c.p.p.) è necessario individuare la *intensità critica* della precipitazione, cioè l'intensità costante di quella pioggia, supposta anche uniformemente distribuita sul bacino, che determina la portata massima nell'idrogramma di piene di tempo di ritorno T.

La pioggia critica è quella di intensità pari al *tempo di corrivazione* o *di concentrazione*, definito come segue:

- il tempo di corrivazione di un bacino è quello necessario alla goccia di pioggia che cade nel punto idraulicamente più lontano per raggiungere la sezione di chiusura del bacino;
- il tempo di corrivazione è quel tempo che, una volta eguagliato dalla durata della precipitazione (precipitazione *critica*, ovvero che mette in crisi la rete idrografica), determina il raggiungimento del valore più elevato di portata nella sezione di chiusura del bacino.

Esso può essere calcolato tramite diverse formule; nel caso in esame, e cioè per piccoli bacini aventi estensione inferiore a 10 km<sup>2</sup>), il tempo di corrivazione è calcolato attraverso la formula di Kirpich:

$$t_c = 0.01947 \frac{L^{0.77}}{i^{0.385}}$$

dove  $t_c$  è espresso in minuti, L (lunghezza dell'asta principale, a partire dallo spartiacque) è espressa in metri ed  $i$  è la pendenza media del percorso (m/m).

#### - IL COEFFICIENTE DI AFFLUSSO

L'infiltrazione costituisce il fenomeno di maggiore rilevanza per la determinazione del bilancio tra pioggia sul bacino e pioggia efficace ai fini del deflusso nei bacini scolanti. Nell'applicare un modello afflussi- deflussi risulta pertanto necessario quantificare le perdite per infiltrazione allo scopo di potere valutare la pioggia netta, ovvero quella che dà effettivamente luogo al deflusso.

Nel presente studio, all'interno della formula razionale, è stato utilizzato il *metodo del coefficiente di afflusso*  $\Phi$ . Tale coefficiente rappresenta il rapporto tra il volume totale di deflusso e il volume totale di pioggia caduto sull'area sottesa ad una data sezione, e il suo uso comporta considerare le perdite proporzionali all'intensità media di pioggia.

La stima del valore di  $\phi$ , relativamente a ciascuna superficie omogena (tipo di suolo, tessitura, caratteristiche locali di permeabilità) è stata condotta facendo riferimento ai valori tabellati da Benini (*Sistemazioni idraulico-forestali*, 1990) come segue in tabella 4a.

Nello specifico, si sono utilizzati i seguenti valori del coefficiente di afflusso  $\phi = 0,6$  per l'intera area drenante appartenente allo strato superficiale argilloso nella relazione geologica allegata al progetto. Ai fini del calcolo della portata di progetto, il coefficiente di afflusso è stato calcolato secondo la formula seguente:

$$\phi = \frac{\sum_{i=1}^n \phi_i \cdot A_i}{A_{tot}}$$

dove  $\phi_i$  è il coefficiente di afflusso dell'area elementare  $A_i$  ed  $A_{tot}$  è la superficie complessiva del bacino. In questa maniera, il valore del coefficiente di afflusso per i bacini analizzati è dato dalla media pesata dei coefficienti di ciascuna area elementare in cui il bacino è divisibile.

Copertura del bacino	Pendenza dei versanti	Tipo di suolo		
		Terreni Leggeri	Terreni di medio impasto	Terreni compatti
Boschi	> 10%	0.13	0.18	0.25
	< 10%	0.16	0.21	0.36
Pascoli	> 10%	0.16	0.36	0.56
	< 10%	0.22	0.42	0.62
Colture agrarie	> 10%	0.40	0.60	0.70
	< 10%	0.52	0.72	0.82

**Tabella 4a : Valori del coefficiente  $\phi$  del metodo razionale per diversi tipi di superficie, in funzione della tipologia di suolo e della copertura del bacino (Benini, 1990 e Ferro, 2006).**

- IL CALCOLO DELLE PORTATE

Per ciascun bacino, i valori delle portate  $Q$  per il tempo di ritorno di interesse  $T$ , insieme agli altri parametri posti alla base del calcolo, sono riassunti nelle tabelle sottostanti.

Nello specifico, le grandezze caratteristiche poste a base dei calcoli, insieme alle rispettive U.M. sono:

- ID Bacino delle varie aree dell'impianto;
- Superficie del bacino drenante  $S$  (sia in  $m^2$  che in  $km^2$ );
- Lunghezza dell'asta principale  $L$  (in m);
- Quota massima dell'asta principale,  $H_{max}$  (m);
- Quota minima dell'asta principale,  $H_{min}$  (m);
- Dislivello geodetico tra gli estremi dell'asta,  $\Delta h$  (m);
- Pendenza media del percorso  $i$  (%);
- Durata dell'evento pluviometrico critico, pari al tempo di corrivazione  $t_c$  (in minuti);
- Coefficiente di afflusso  $\phi$ ;
- Valore dell'intensità critica  $i_T$  (mm/h);
- Portata al colmo della piena,  $Q$ , (in  $m^3/s$ );

Le tabelle che seguono sono pertanto relative al calcolo della portata di progetto (relativa a ciascun bacino) causata da un evento pluviometrico critico di fissato tempo di ritorno  $T$ .

ID Bacino	Portate di progetto			
	Superficie $S$		Lunghezza asta principale $L$	Portata al colmo di piena $Q$
	ha	$m^2$	m	$m^3/s$
1	1226.2	12262138	7300	71.45
2	1003.8	10037956	8500	53.85

3	783.8	7837536	6000	48.43
4	224.1	2240752	671	25.07
5	27.2	271623.20	467	3.34
6	126.0	1259754	946	13.61
7	121.0	1209840	2000	11.00
8	202.2	2021917	2900	16.51
B - STAZIONE	679.9	6799050	600	63.51

Tabella 5: portate di progetto impianto eolico TR 5

Si riporta a seguire un estratto della tavola SP16EPD014\_00-SeP\_16- BACINI\_SCOLANTI – Planimetria con individuazione dei bacini scolanti con l'evidenza dei bacini oggetto di calcolo.

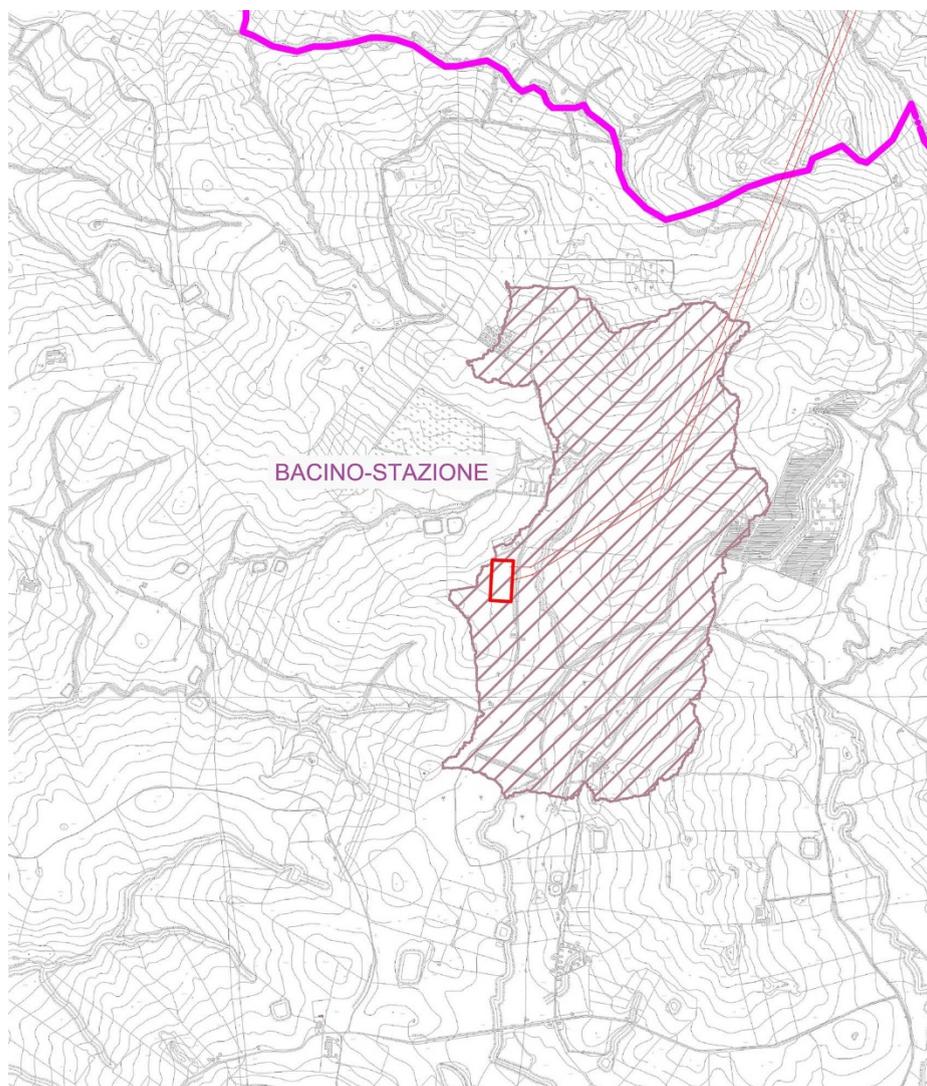


Figura 6a - Indicazione Bacini Scolanti – Stazione di rete

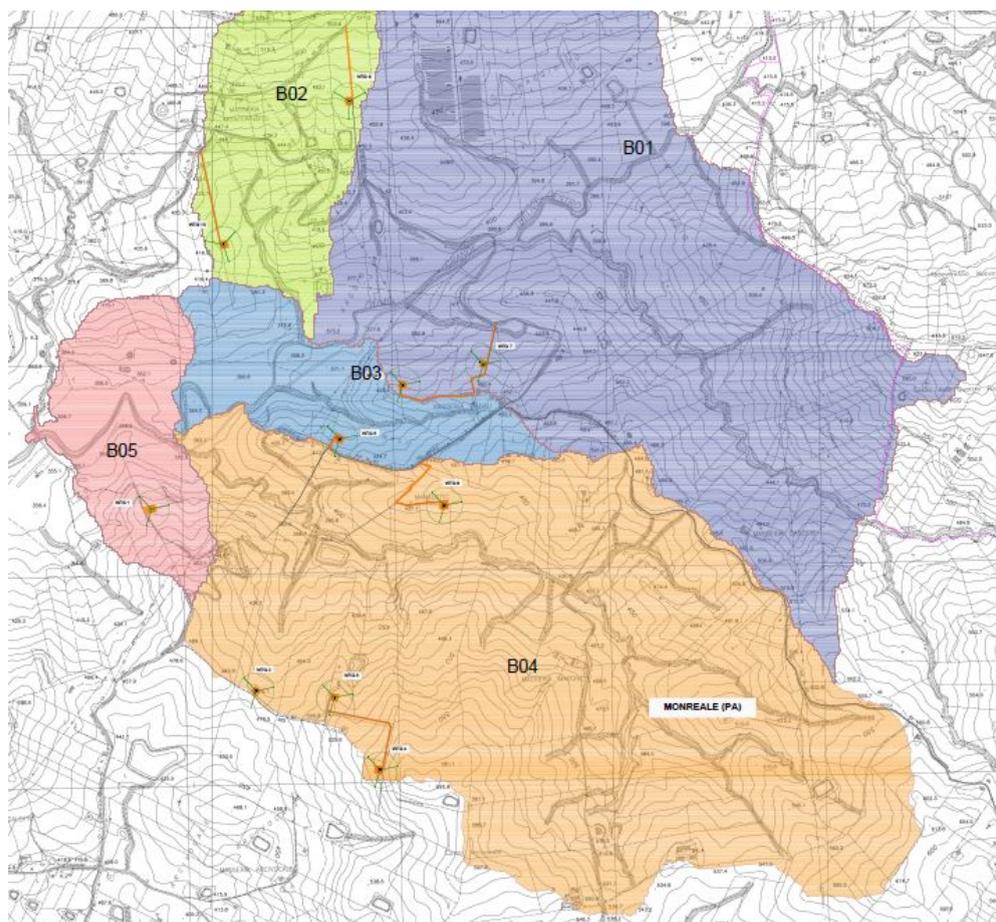


Figura 6b: Indicazione Bacini Scolanti – campo eolico

## 6. VERIFICHE IDRAULICHE

Nei paragrafi a seguire verranno mostrate le fasi e le scelte progettuali delle verifiche e delle modellazioni idrauliche in moto permanente monodimensionale, quest'ultime effettuate per alcune aste del reticolo, per la definizione dei profili di corrente, durante il passaggio delle piene di progetto con tempi di ritorno 5 anni in prossimità della stazione di rete e dell'impianto eolico.

### 6.1 Modello di calcolo utilizzato

La simulazione della propagazione dell'onda di piena lungo i tratti del bacino considerato, con conseguente ricostruzione delle aree di inondazione in prossimità dell'area di interesse, per dato tempo di ritorno, è stata effettuata in moto permanente monodimensionale con l'ausilio del software HEC-RAS sviluppato dall' "Hydrologic Engineering Center" dello US Army Corps of Engineers, inottemperanza alle procedure di "metodologia completa" dettate dal PAI.

Il codice di calcolo permette di descrivere in maniera dettagliata la geometria delle singole sezioni idrauliche, tenendo conto di scabrezze differenti, non solo in diversi tratti del corso d'acqua, ma anche all'interno della stessa sezione (ad esempio per differenziare le zone golenali e il canale principale).

Per l'analisi del moto, HEC RAS richiede la portata nota su ogni ramo (o parte di esso), inoltre è necessario definire le condizioni al contorno a monte e a valle dei rami unitamente alle caratteristiche delle confluenze; il software permette di imporre una corrente lenta, un regime di corrente veloce ovvero di determinare autonomamente il profilo della corrente in regime misto.

Le condizioni al contorno utilizzabili sono:

- altezza nota del pelo libero;
- passaggio per l'altezza critica;
- altezza di moto uniforme (per una particolare pendenza assegnata), condizione utilizzate per le simulazioni qui esposte.
- scala delle portate.

Nello specifico il calcolo dei profili di corrente viene effettuato all'interno del software attraverso la risoluzione dell'equazione monodimensionale dell'energia tra due sezioni consecutive, mediante un processo iterativo (standard step method), in cui le perdite di carico sono valutate tramite il coefficiente di scabrezza di Manning.

L'analisi idraulica ha lo scopo di determinare i profili di corrente relativi ai tempi di ritorno per i quali sono state calcolate le portate di piena nell'ambito dello studio idrologico.

Tali profili sono necessari per la successiva fase di perimetrazione delle aree a pericolosità idraulica, al fine di valutare le mutate condizioni di pericolosità idraulica e conseguentemente il potenziale rischio idraulico.

Il punto di partenza è l'input della geometria del sistema, costituito dal corso d'acqua principale e da tutti gli affluenti, le sezioni trasversali, tutte le interferenze (qualsiasi variazione di sezione e/o la sua ostruzione). Ogni sezione, di un determinato ramo del corso d'acqua, è identificata univocamente da un numero positivo, crescente nel verso opposto a quello di scorrimento della corrente (quindi da valle verso monte).

In generale ognuna di queste sezioni è suddivisa in tre porzioni che in prima istanza possono essere pensate come la savanella centrale (main channel) e le due aree golenali adiacenti (left overbank e right overbank). Tale suddivisione consente di ripartire la corrente in tre porzioni, considerando, per ognuna, velocità, portata e scabrezza diverse, ma con pari energia totale.

Una volta completato l'input geometrico dei dati, che è stato qui condotto mediante RAS MAPPER, occorre fornire i valori di portata da inputare nelle sezioni. Nei casi di moto permanente il valore della portata  $Q$  è costante nel tempo, e sarà possibile fornire un valore di  $Q$  per ciascuna sezione, o, più semplicemente, si può inserire il valore solo nelle sezioni che hanno un cambiamento di portata. Nei casi di moto vario è possibile fornire un idrogramma con portata variabile col passo temporale desiderato.

I risultati ottenuti tramite il calcolo possono essere visualizzati graficamente, quali ad esempio l'andamento del profilo longitudinale con l'indicazione del fondo del corso d'acqua, l'altezza critica, l'altezza di moto uniforme, la quota del pelo libero, l'altezza totale e tutte le altre grandezze che servono a descrivere compiutamente il moto.

Ovviamente le stesse grandezze possono essere ricavate in forma tabellare sezione per sezione. Si attingerà a tutte queste modalità di restituzione dei risultati nel prosieguo.

## 6.2 Modello Digitale del Terreno

Nello sviluppo della geometria è fondamentale definire il modello del terreno su cui simulare l'evento di allagamento dovuto al sormonto arginale.

Nel caso in esame si è utilizzato il DTM relativo alla base cartografica CTR n° 607010, 607020, 594130, che nello specifico ha una risoluzione 2m x 2m, messo a disposizione dal geoportale della Regione Sicilia e opportunamente rielaborato con i software GIS. Da tale file sono state estrapolate le superfici del reticolo idrografico e importate sul software HEC RAS.

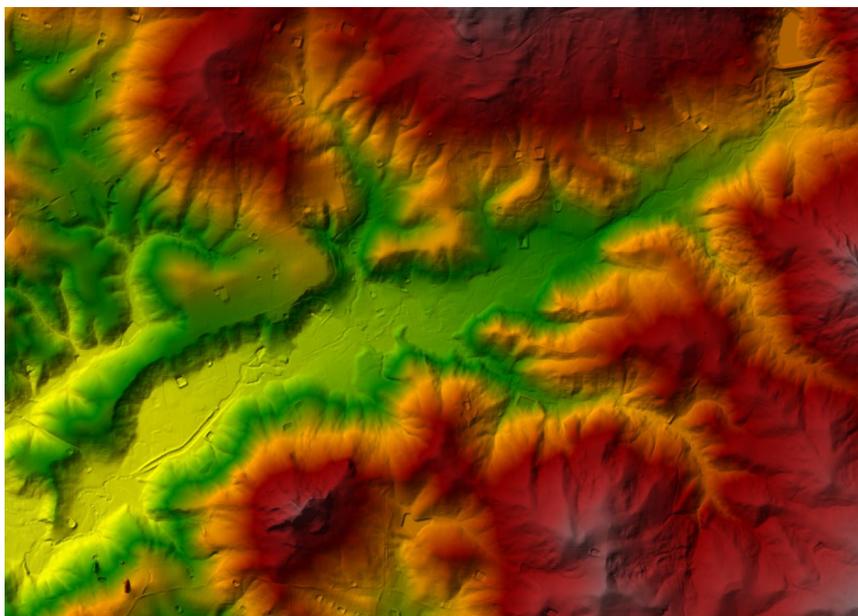


Figura 7 - Modello digitale del terreno (2m x 2m)

## 6.3 Impostazioni di calcolo

I primi dati da inserire nel modello utilizzato sono: l'andamento planimetrico del corso d'acqua e le sezioni trasversali più significative. La scelta di queste ultime è basata sulla necessità di suddividere l'asta in tratti omogenei per caratteristiche idrauliche. Le sezioni inserite nel modello idraulico sono state opportunamente scelte per rappresentare convenientemente l'alveo e le sue variazioni lungo l'ascissa curvilinea.

L'operazione di "input" nella configurazione è consistita nell'inserimento delle sezioni trasversali e dei parametri di scabrezza. Per ciascuna sezione è stato assegnato un valore di scabrezza che tiene conto anche delle previste operazioni di manutenzione ordinaria di pulizia dell'alveo da eseguirsi annualmente, per tale motivo considerando inoltre che nella configurazione di progetto la piena risulta essere sempre contenuta nella parte incisa dell'alveo, si è adottato un coefficiente di scabrezza di Manning pari a 0.035. La morfologia dell'alveo, luogo deputato alla propagazione

stessa, è stata desunta, come già accennato sopra, dal DEM a 2 m x 2 m della Regione Sicilia.

HEC-RAS permette di inserire 4 tipologie di condizioni al contorno:

- Stage Hydrograph;
- Flow Hydrograph;
- Rating Curve;
- Normal Depth.

L'analisi sviluppata è stata un'analisi di moto stazionario di tipo misto (mixed flow). Quali condizioni al contorno di monte e di valle si è assunto l'uguaglianza della pendenza della linea dell'energia con quella di fondo alveo, nell'ipotesi di moto uniforme in corrispondenza delle sezioni estreme a monte ed a valle. I calcoli idraulici sono stati effettuati per valori di portata corrispondente ad un tempo di ritorno di 5 anni per la stazione di rete e per l'impianto eolico.

#### 6.4 Risultati della modellazione idraulica

Di seguito sono riportati i risultati della simulazione per il tempo di ritorno considerato. Le principali grandezze idrauliche relative ad ogni sezione, così come calcolate dal modello, sono invece inserite in forma tabellare.

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude # Chl
B02-aff1	4487	TR5	54.00	339.86	340.71	340.89	341.30	0.036121	3.41	15.82	39.97	1.73
B02-aff1	4484	TR5	54.00	333.43	334.39	334.60	335.10	0.026861	3.71	14.55	25.89	1.58
B02-aff1	4477.2	TR5	54.00	324.53	325.55	325.94	326.94	0.067563	5.23	10.32	21.83	2.43
B02-aff1	4473	TR5	54.00	314.68	316.23	316.59	317.39	0.035093	4.77	11.32	16.36	1.83
B02-aff1	4467	TR5	54.00	306.59	307.64	308.05	308.98	0.051032	5.12	10.54	18.55	2.17
B02-aff1	4462	TR5	54.00	297.43	298.44	298.74	299.39	0.044121	4.32	12.50	25.62	1.98
B02-aff1	4456	TR5	54.00	290.80	291.77	291.98	292.45	0.027417	3.66	14.75	27.20	1.59
B02-aff1	4451	TR5	54.00	282.35	282.92	283.16	283.78	0.078146	4.12	13.10	44.51	2.43
B02-aff1	4446	TR5	54.00	273.95	274.88	275.06	275.46	0.025383	3.36	16.06	31.81	1.51
B02-aff1	4440	TR5	54.00	266.53	267.16	267.40	267.96	0.060465	3.95	13.66	40.72	2.18
B02-aff1	4436	TR5	54.00	260.28	261.15	261.25	261.55	0.019207	2.82	19.16	40.16	1.30
B02-aff1	4429	TR5	54.00	253.82	254.52	254.79	255.42	0.055437	4.19	12.88	32.95	2.14
B02-aff1	4426	TR5	54.00	248.85	249.52	249.56	249.80	0.016073	2.34	23.11	56.18	1.16
B02-aff1	4418	TR5	54.00	243.06	243.60	243.88	244.48	0.050417	4.15	13.00	31.40	2.06
B02-aff1	4416	TR5	54.00	237.79	238.73	238.82	239.14	0.015838	2.82	19.12	34.53	1.21
B02-aff1	4407	TR5	54.00	231.60	232.36	232.74	233.61	0.057241	4.96	10.90	22.17	2.26
B02	4487	TR5	54.00	312.01	313.54	313.99	314.87	0.036754	5.12	10.55	14.25	1.90
B02	4482	TR5	54.00	304.48	305.33	305.59	306.14	0.050733	3.99	13.54	34.93	2.04
B02	4476.9	TR5	54.00	294.54	295.15	295.47	296.15	0.048985	4.42	12.23	26.33	2.07
B02	4471	TR5	54.00	282.70	284.26	284.70	285.76	0.054656	5.42	9.97	16.61	2.23
B02	4466	TR5	54.00	275.95	276.96	277.15	277.58	0.029976	3.47	15.55	33.22	1.62
B02	4460	TR5	54.00	269.38	270.01	270.20	270.63	0.040720	3.49	15.47	41.32	1.82
B02	4456	TR5	54.00	262.37	262.97	263.12	263.44	0.031562	3.04	17.78	48.36	1.60
B02	4449	TR5	54.00	255.11	255.76	255.94	256.37	0.039765	3.46	15.59	41.06	1.79
B02	4446	TR5	54.00	250.35	250.90	250.96	251.19	0.017607	2.39	22.63	56.69	1.21
B02	4438	TR5	54.00	244.33	245.03	245.26	245.74	0.046922	3.72	14.53	39.29	1.95
B02	4436	TR5	54.00	237.49	238.89	239.17	239.72	0.020821	4.04	13.38	17.09	1.46
B02	4427	TR5	54.00	232.17	233.14	233.32	233.75	0.045097	3.45	15.63	45.43	1.88
B06	3943	TR5	13.60	263.09	263.75	264.20	265.47	0.099422	5.81	2.34	5.48	2.84
B06	3230	TR5	13.60	240.00	240.63	241.04	242.41	0.135243	5.91	2.30	6.74	3.23
B06	3220	TR5	13.60	223.60	224.20	224.43	224.96	0.059152	3.87	3.52	10.60	2.14
B06-aff1	3230	TR5	13.60	241.41	241.84	242.08	242.68	0.084081	4.04	3.37	12.42	2.48
B06-aff1	3220	TR5	13.60	224.67	225.33	225.59	226.23	0.080364	4.20	3.24	10.81	2.45
B03	4496	TR5	48.50	329.24	330.24	330.44	330.88	0.029115	3.55	13.68	27.63	1.61
B03	4489	TR5	48.50	319.35	320.10	320.57	321.87	0.076320	5.89	8.23	15.94	2.62
B03	4486	TR5	48.50	315.91	316.95	316.95	317.28	0.010174	2.56	18.97	28.48	1.00
B03	4478	TR5	48.50	311.85	312.33	312.52	313.02	0.067591	3.69	13.13	47.05	2.23
B03	4476.5	TR5	48.50	304.94	306.04	306.16	306.51	0.018800	3.02	16.05	29.74	1.31

Realizzazione impianto eolico "S&P 16" Potenza 110,00 MW

B03	4457	TR5	48.50	299.87	300.72	300.96	301.47	0.034926	3.83	12.66	26.12	1.76
B03-aff1	4480	TR5	48.50	390.27	391.54	391.95	392.85	0.036114	5.06	9.58	13.03	1.89
B03-aff1	4476.7	TR5	48.50	364.88	365.95	367.20	375.41	0.356540	13.62	3.56	5.88	5.59
B03-aff1	4469	TR5	48.50	350.15	351.09	351.48	352.38	0.048073	5.05	9.61	16.60	2.12
B03-aff1	4466	TR5	48.50	333.74	334.79	335.60	338.26	0.109320	8.26	5.87	8.72	3.21
B03-aff1	4458	TR5	48.50	322.05	323.34	323.90	325.16	0.040938	5.97	8.13	9.19	2.03
B03-aff1	4456	TR5	48.50	311.26	312.63	313.33	315.13	0.061977	7.01	6.92	8.24	2.44
B03-aff1	4447	TR5	48.50	302.76	303.78	304.11	304.86	0.039991	4.60	10.55	18.23	1.93
B02-aff2	4202	TR5	54.00	227.05	228.68	229.05	229.82	0.030252	4.74	11.58	18.08	1.73
B02-aff2	3504	TR5	54.00	219.99	221.32	221.82	222.85	0.035090	5.54	10.24	16.68	1.90
B02-aff2	2584	TR5	54.00	210.33	211.82	212.29	213.27	0.033111	5.36	10.28	14.40	1.83
B02-aff2	1788	TR5	54.00	203.26	204.80	205.15	205.94	0.027038	5.00	12.94	27.67	1.66
B02-aff2	1092	TR5	54.00	198.20	199.57	199.95	200.69	0.022678	4.75	12.47	23.64	1.55
B03-bis	4486	TR5	48.50	288.09	288.91	289.60	291.80	0.120705	7.52	6.45	12.07	3.29
B03-bis	4479	TR5	48.50	282.28	283.69	283.87	284.40	0.015569	3.72	13.02	14.92	1.27
B03-bis	4476	TR5	48.50	277.20	278.14	278.55	279.46	0.043692	5.09	9.53	15.10	2.04
B03-bis	4468	TR5	48.50	273.92	275.30	275.30	275.56	0.011604	2.27	21.40	42.33	1.02
B03-bis	4466	TR5	48.50	268.83	269.63	270.07	271.07	0.057213	5.31	9.13	16.70	2.29
B03-bis	4457	TR5	48.50	263.76	264.53	264.65	264.99	0.017382	3.20	16.57	32.19	1.30
B03-bis	3944	TR5	48.50	258.41	259.08	259.32	259.86	0.041139	4.83	13.48	38.89	1.98
B03-bis	3942.9	TR5	48.50	251.79	253.65	253.90	254.34	0.019591	4.27	15.01	34.78	1.43
B03-bis	3933	TR5	48.50	248.48	249.01	249.14	249.49	0.030018	3.06	15.84	40.76	1.57
B03-bis	3220.1	TR5	48.50	242.91	244.09	244.24	244.65	0.019863	3.31	14.67	24.67	1.37
B03-bis	3210	TR5	48.50	238.59	239.53	239.67	239.99	0.027263	3.00	16.17	39.96	1.51
B03-bis	3155	TR5	48.50	233.75	235.02	235.16	235.57	0.018178	3.31	14.67	23.06	1.32
B03-bis	3117	TR5	48.50	228.04	229.55	229.71	230.09	0.045854	3.25	14.92	48.14	1.87
B03-bis	3115.6	TR5	48.50	224.26	225.90	225.90	226.28	0.010192	2.71	17.90	24.47	1.01
B03-bis	3106	TR5	48.50	222.25	222.96	223.07	223.37	0.022367	2.83	17.11	39.86	1.38
B03-bis	3092	TR5	48.50	216.04	217.58	217.89	218.63	0.024449	4.53	10.72	12.76	1.58
B03-bis	3064	TR5	48.50	213.46	214.01	214.09	214.38	0.016977	2.03	17.98	37.24	1.14
B1	4477	TR5	71.50	246.57	247.86	248.46	251.16	0.083921	8.53	10.18	24.77	2.90
B1	4476.5	TR5	71.50	228.33	229.73	230.46	233.29	0.103863	8.52	8.99	16.32	3.10
B1	4468	TR5	71.50	215.01	216.43	217.06	219.40	0.060246	8.61	11.34	23.07	2.47
B1	4458	TR5	71.50	208.98	210.27	210.68	213.51	0.070414	8.79	12.41	54.83	2.64
B02-bis	3943	TR5	54.00	225.13	226.04	226.04	226.29	0.011887	2.22	24.35	50.23	1.02
B02-bis	3766	TR5	54.00	219.99	220.80	221.08	221.76	0.056275	4.33	12.46	30.65	2.17
B02-bis	3220	TR5	54.00	214.41	214.94	215.00	215.20	0.020368	2.28	23.68	71.33	1.26
B05	3164	TR5	3.40	214.90	215.12	215.24	215.54	0.089759	2.86	1.19	7.75	2.33
B05	3155	TR5	3.40	201.48	201.78	201.92	202.26	0.087204	3.06	1.11	6.39	2.34
B06-fin	3164	TR5	13.60	207.56	207.90	208.11	208.63	0.096150	3.79	3.59	16.15	2.57
B06-fin	3155	TR5	13.60	200.63	201.33	201.46	201.73	0.026310	2.77	4.91	13.31	1.46
B08	3954	TR5	16.50	285.92	286.54	286.85	287.61	0.073892	4.58	3.60	9.90	2.43
B08	3952	TR5	16.50	268.18	268.93	269.39	270.72	0.096581	5.93	2.78	6.20	2.83
B08	3943	TR5	16.50	254.13	254.72	254.97	255.54	0.059134	4.02	4.10	11.68	2.17
B08	3231	TR5	16.50	241.50	242.09	242.36	242.99	0.066588	4.20	3.93	11.40	2.29
B08	3228	TR5	16.50	233.29	233.87	234.00	234.30	0.029739	2.93	5.64	15.48	1.55
B08	3220	TR5	16.50	223.99	224.48	224.70	225.28	0.075645	3.96	4.17	14.63	2.37
B08	3154.97	TR5	16.50	213.55	214.35	214.62	215.13	0.036373	3.90	4.23	8.59	1.78
B08	3151	TR5	16.50	205.60	206.04	206.17	206.49	0.050889	2.97	5.56	22.34	1.90
B07	3952	TR5	11.00	283.34	284.02	284.25	284.76	0.057061	3.79	2.90	8.62	2.09
B07	3943	TR5	11.00	269.15	269.59	269.81	270.40	0.092950	3.99	2.75	11.12	2.56
B07	3230	TR5	11.00	253.87	254.25	254.41	254.78	0.065834	3.23	3.41	14.69	2.14
B07	3220	TR5	11.00	243.06	243.44	243.55	243.76	0.046315	2.50	4.39	21.28	1.76
B07	3164	TR5	11.00	231.74	232.28	232.46	232.90	0.064225	3.47	3.17	11.94	2.15
B07	3156	TR5	11.00	221.36	222.17	222.40	222.79	0.040766	3.50	3.14	8.22	1.81
B07	3154.97	TR5	11.00	212.31	212.66	212.82	213.16	0.057315	3.11	3.54	14.56	2.01
B07	3135	TR5	11.00	202.61	203.28	203.39	203.61	0.039965	2.54	4.34	18.37	1.67
B01	4483	TR5	71.50	257.43	258.42	258.76	259.55	0.034833	4.70	15.21	22.83	1.84
B01	4477.1	TR5	71.50	247.41	248.41	248.76	249.56	0.046211	4.76	15.01	27.59	2.06
B01	4382	TR5	71.50	235.58	236.71	237.11	238.04	0.045825	5.10	14.01	23.00	2.09
B01	4376.9	TR5	71.50	223.01	224.28	224.75	225.86	0.051638	5.56	12.85	20.15	2.23
B01	4281	TR5	71.50	214.19	215.23	215.49	216.05	0.029596	4.02	17.80	30.26	1.67
B01	4276.8	TR5	71.50	205.24	205.88	206.15	206.75	0.048107	4.14	17.26	40.44	2.02
B01	4180	TR5	71.50	197.05	197.93	198.09	198.48	0.023643	3.29	21.75	42.30	1.46
B01	4076.7	TR5	71.50	187.52	188.26	188.60	189.39	0.062094	4.69	15.25	35.90	2.30
B01	3479	TR5	71.50	179.41	180.15	180.27	180.61	0.021727	3.00	23.82	49.40	1.38
B01	3376.6	TR5	71.50	173.34	174.10	174.27	174.68	0.025879	3.37	21.22	41.80	1.51
B01	3278	TR5	71.50	166.24	167.60	167.73	168.08	0.026706	3.06	23.33	54.79	1.50
B01	3176.5	TR5	71.50	159.75	160.51	160.67	161.07	0.029419	3.30	21.70	49.30	1.59
B01	3077	TR5	71.50	152.84	153.75	153.83	154.07	0.026129	2.54	28.16	87.01	1.42
B-Stazione	42	TR5	64.00	164.69	165.39	165.48	165.74	0.026206	2.65	24.12	69.66	1.44
B-Stazione	37	TR5	64.00	160.52	161.64	161.80	162.24	0.020740	3.43	18.68	30.83	1.41
B-Stazione	35	TR5	64.00	157.23	157.98	158.17	158.65	0.027807	3.62	17.70	33.59	1.59
B-Stazione	32	TR5	64.00	152.72	153.80	154.05	154.65	0.025337	4.08	15.67	23.02	1.58
B-Stazione	24	TR5	64.00	148.64	149.35	149.70	150.54	0.051105	4.85	13.21	25.50	2.15

Tabella 6 – Dati idraulici e geometrici sulle sezioni delle aree di progetto

L'output del modello è di tipo grafico e riporta le aree di inondazione in seguito ad evento di piena con tempo di ritorno fissato pari a T = 5 anni.

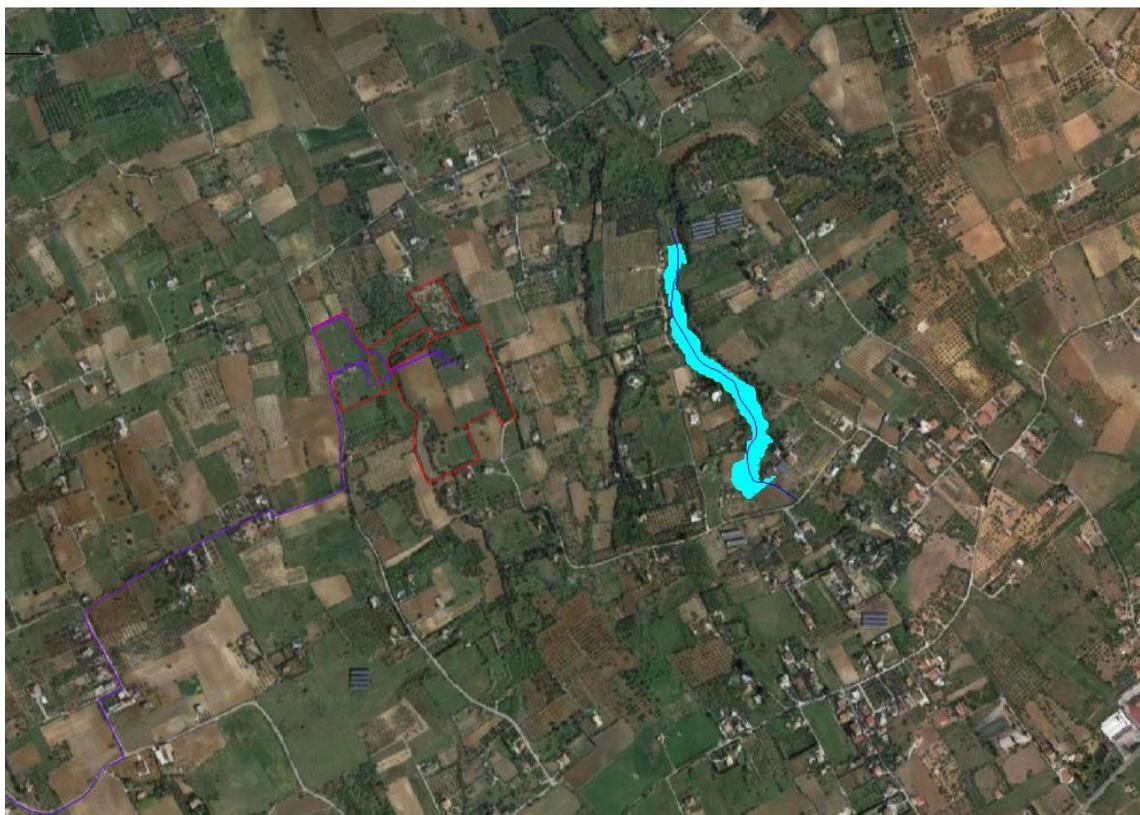


Figura 8 - Individuazione zone di inondazione con sovrapposizione dell'area di interesse – Stazione di rete

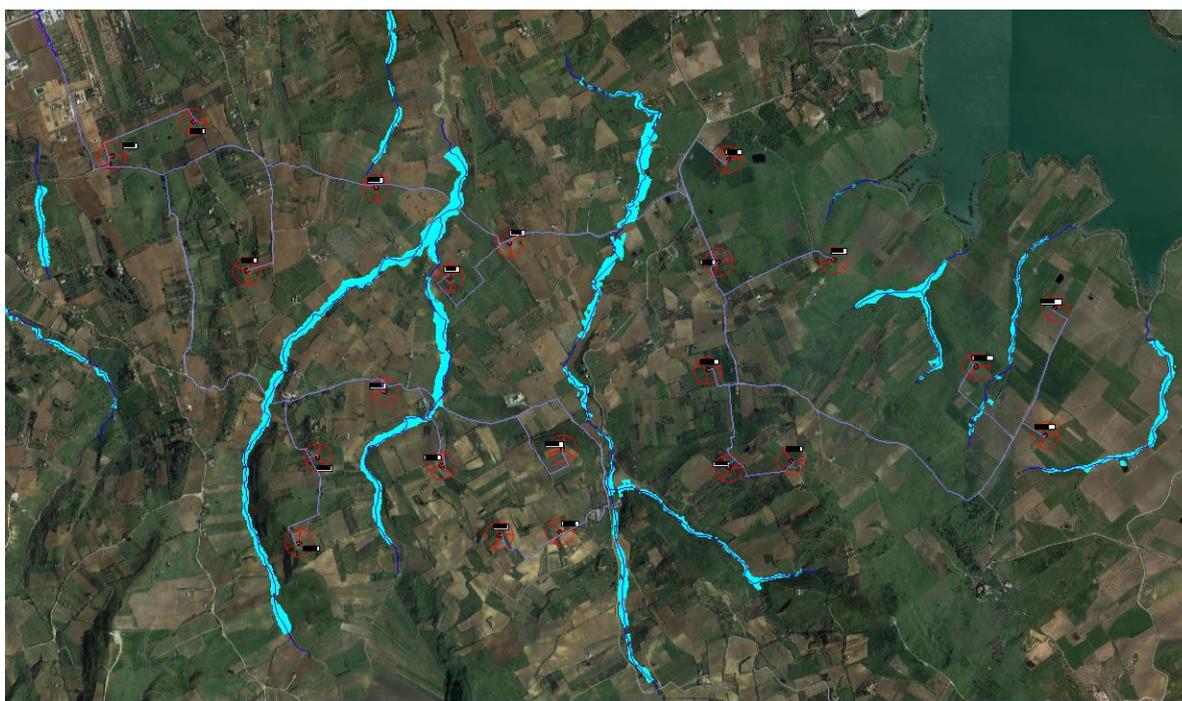


Figura 9 - Individuazione zone di inondazione con sovrapposizione delle aree di impianto

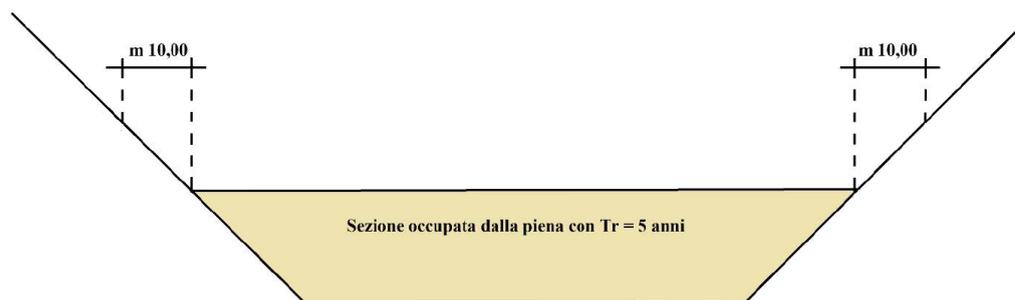


Figura 10 - Particolare sezione idraulica - DSG 119/2022

Dai risultati si evince che gli impianti in progetto saranno realizzati in aree nonricadenti con le zone di inondazione così calcolate e comunque distanziati almeno 10 m della superficie di allagamento, in modo tale da assicurare la distanza di rispetto dai canali fluviali.

## 7. CONCLUSIONI - COMPATIBILITA' IDRAULICA

Alla luce delle verifiche effettuate ed in seguito al calcolo idrologico e alla simulazione idraulica, è possibile concludere che gli affluenti non comportano situazioni di rischio per le opere in progetto. È possibile concludere inoltre che:

- le opere in progetto, secondo le Norme del PAI, rientrano fra quelle consentite, data la valutazione di rischio nullo ad esse associato e dall'analisi degli effetti indotti sulle aree limitrofe;
- l'impatto delle opere da realizzare sull'attuale assetto idraulico nelle zone limitrofe a monte e a valle non determina una variazione delle attuali nulle condizioni del rischio d'inondazione;
- Le aree di inondazione, in seguito ad evento di piena corrispondente ai tempi di ritorno considerati, non rientrano all'interno dell'area oggetto di studio, non si sovrappongono con l'area destinata all'ubicazione della stazione e dell'impianto eolico.

## 8. ATTRAVERSAMENTI DEL RETICOLO IDROGRAFICO

Obiettivo del presente studio è anche quello di individuare la migliore modalità per la realizzazione dei cavidotti, evidenziati nei punti indicati nella Tav. SP16REL004 (in corrispondenza delle interferenze del reticolo idrografico).

Al fine di evitare la realizzazione di opere che possano alterare la sicurezza idraulica post-operam, tutti gli attraversamenti verranno realizzati con la tecnica del *no dig*.

Nel dettaglio, in corrispondenza delle interferenze del reticolo idrografico prima indicate, l'attraversamento avverrà ad una profondità maggiore di 3,00 m dal punto depresso del terreno in prossimità del reticolo idrografico. Valore ottenuto a seguito del calcolo dell'erosione effettuato prendendo in considerazione il reticolo idrografico con la portata più significativa.

A seguire si restituiscono alcuni schemi semplificativi della NO-DIG.

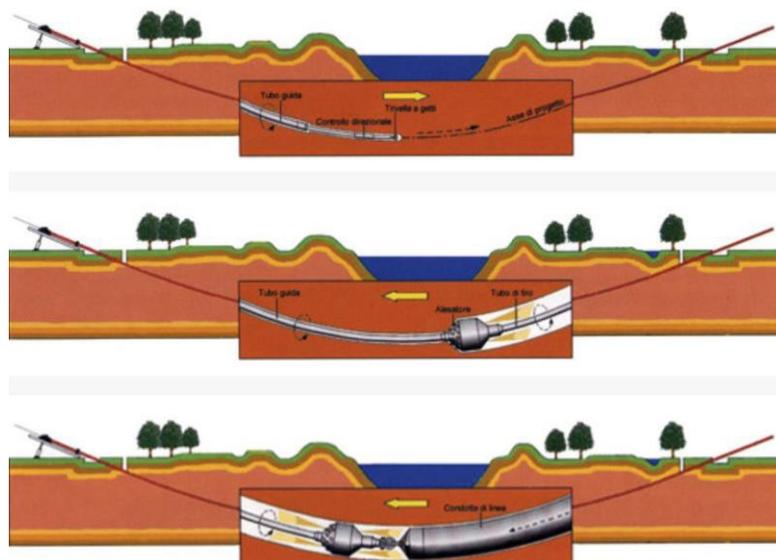


Figura 11 - Operazioni di scavo direzionali con NO-DIG

### 8.1 Calcolo erosione

In generale, la corrente idrica esercita un'azione di trascinamento sui grani di materiale disposti sul contorno bagnato e, se questi non sono sufficientemente stabili, li sposta ossia, erode il letto fluviale mobile. L'erosione può provocare l'abbassamento del letto e/o il crollo delle sponde con allargamento e spostamento dell'alveo.

Il calcolo dell'erosione è stato eseguito per i seguenti reticoli per i quali si hanno le portate più significative:

Codice Interferenza	Tipologia alveo	Parte opera che interferisce
Interferenza 4	Canale rinvenuto da carta CTR	Cavidotto esterno interrato

Per le valutazioni più speditive si può ricavare la profondità di erosione ( $H_{\text{dilatamento}}$ ) come differenza tra il tirante d'acqua  $h$  antecedente alla erosione e il tirante d'acqua  $h_e$  a fenomeno avvenuto:

$$H_{\text{dilatamento}} = h_e - h$$

dove:

$h_e$ : tirante successivo all'erosione (calcolato con le formule empiriche di Blench)

$h$ : tirante antecedente all'erosione.

Il tirante d'acqua  $h_e$  a fenomeno avvenuto si ricava da formule del tutto empiriche e senza giustificazione teorica, dall'equilibrio dei canali a regime.

La formula di Blench (1969) propone:

$$h_e = 0.379 q^{2/3} d_{50}^{-1/6} \quad \text{per sabbia e limo} \quad \text{con } 6 \cdot 10^{-5} < d_{50} \text{ (m)} < 0.002$$

$$h_e = 0.692 q^{2/3} d_{50}^{-1/12} \quad \text{per sabbia e ghiaia} \quad \text{con } 0.002 < d_{50} \text{ (m)}$$

Per il calcolo di "q" si utilizza il tirante e velocità forniti dal modello idraulico lungo le sezioni stesse.

Si valuta a seguire il fenomeno per l'interferenza D.

Si è assunto, in maniera cautelativa, che detti valori massimi, misurati in corrispondenza delle sezioni di attraversamento prossime all'interferenza, possano definire le suddette portate per unità di larghezza del canale q se li si considera rappresentativi per tutta la sezione stessa, fissando, in questo modo, una sezione rettangolare per gli alvei. Questa posizione è, di fatto, ampiamente cautelativa in quanto in una sezione mistilinea i valori di tirante e velocità variano dai valori massimi adottati fino a quelli molto più modesti che si ritrovano lungo i bordi delle aree allagabili.

Erosione Interferenza 4:

Tirante:  $h = 0,91 \text{ m}$

Velocità =  $2,22 \text{ m/sec}$

$d_{50} = 0,002$  (sabbie e limi)

Portata unitaria  $q = 2,02 \text{ m}^2/\text{sec}$

$h_e = 1,82 \text{ m}$

$H_{\text{dilatamento}} = 1,82 - 0,91 = 0,91 \text{ m}$

Per quanto appena esposto il cavidotto interrato MT, in corrispondenza degli attraversamenti verrà realizzato con tecnica NO-DIG; per tali tratti la profondità di posa prevista è di 3,00 m, in modo tale che il cavidotto non potrà essere interessato da fenomeni erosivi.

## 9. INVARIANZA IDRAULICA

Per invarianza idraulica si intende il principio in base al quale le portate di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate, o comunque interessate da un progetto ove sia prevista una modifica alla permeabilità del suolo, nei recettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione o alle opere di che trattasi.

In base a tale principio si richiede a chi propone una trasformazione di uso del suolo di accollarsi, attraverso opportune azioni compensative, gli oneri del consumo della risorsa territoriale costituita dalla capacità di un bacino di regolare le piene. In altre parole e in maniera più sintetica questo

principio è volto a mantenere le condizioni di naturalità del bacino idrografico. Sia ben inteso che le condizioni di riferimento sono le portate naturali al picco che attraversano una sezione di chiusura di un bacino per assegnato tempo di ritorno.

Lo scopo del presente paragrafo è quello di verificare che gli interventi di trasformazione territoriale, per tramite della realizzazione di opportune misure di compensazione opportunamente dimensionate, non alterino la risposta idraulica del bacino oggetto dell'intervento, tenendo conto degli indirizzi tecnici per la progettazione di misure di invarianza idraulica e idrologica contenuti nel D.D.G. 102/2021.

La procedura per il calcolo dell'invarianza idraulica, descritta nel D.D.G. 102/2021, consiste nei passi descritti nel seguito:

- i. Preliminare valutazione della possibilità di limitare l'impermeabilizzazione del suolo preferendo, per quanto possibile, volumetrie edilizie che si sviluppano in altezza e sistemazioni permeabili delle aree scoperte possibilmente a verde;
- ii. Determinazione dei coefficienti di deflusso e delle portate ante operam e post operam;
- iii. Stima del volume delle acque defluenti da superfici potenzialmente non inquinate (escluse quindi strade, parcheggi, piazzali, aree di servizio e di movimentazione merci pericolose, ecc.) e del reale fabbisogno idrico per il riuso locale compatibile (innaffiamento aree a verde, lavaggio aree esterne, riserva antincendio, ecc.).
- iv. Definizione della portata da accumulare, laminare e/o infiltrare che, per il principio di invarianza idraulica, dovrà essere uguale alla differenza tra la portata post operam e quella ante operam. Si verificherà, dunque, che la portata massima al collettore pubblico o nel corpo idrico ricettore non aumenti per effetto della realizzazione delle opere in progetto;
- v. Determinazione del volume di laminazione necessario a compensare l'aumento di impermeabilizzazione del suolo; in alternativa o in aggiunta al volume di laminazione, si potrà valutare il volume di infiltrazione nel suolo;
- vi. Individuazione della soluzione tecnica attraverso cui ottenere il volume d'invaso (laminazione) e il diametro della tubazione di scarico (strozzatura di controllo); determinazione della soluzione tecnica per realizzare l'infiltrazione nel suolo;
- vii. Determinazione e verifica della portata rilasciata dalla vasca di laminazione e/o infiltrata nel suolo.

Lo studio idrologico e idraulico delle aree interessate dalle opere del progetto eolico ha messo a confronto lo scenario ante-operam e quello post-operam, come richiesto dal D.D.G. 102/2021, analizzando il possibile impatto del progetto da un punto di vista idrologico (valutazione invarianza idraulica, delle variazioni del coefficiente di deflusso e modifiche al deflusso naturale delle acque meteoriche) e da un punto di vista idraulico (valutazione delle variazioni degli apporti durante eventi intensi al ricettore finale).

Nell'analisi dell'invarianza idraulica relativa alla stazione di trasformazione si è tenuto conto della variazione di capacità di infiltrazione dei terreni dovuti alla realizzazione di infrastrutture incrementando per la superficie dell'area di intervento (a favore di sicurezza) il coefficiente di deflusso pari ad 1. Successivamente è stato effettuato un confronto tra le portate al colmo defluenti sulle aree oggetto di studio in condizioni ante e post-operam, come previsto dalla normativa.

### 9.1 Studio Invarianza Idraulica- Stazione di rete

L'impermeabilizzazione delle superfici e la loro regolarizzazione contribuiscono in modo determinante all'incremento del coefficiente di deflusso delle aree trasformate.

Per queste trasformazioni dell'uso del suolo che provocano una variazione di permeabilità superficiale si prevedono misure compensative volte a mantenere costanti le portate di assegnato tempo di ritorno secondo il principio dell'invarianza idraulica.

Giova, ai fini dei calcoli idrologici di seguito illustrati, distinguere una situazione ex ante (cioè prima della realizzazione delle opere) ed ex post (cioè dopo la realizzazione delle opere). Le due situazioni individuano in ogni punto del bacino in esame un diverso coefficiente di afflusso, prima e dopo la realizzazione delle opere.

Attualmente l'area di intervento non risulta edificata e/o pavimentata e quindi il coefficiente di afflusso è ricavabile dall'uso del suolo e dalle caratteristiche dei terreni.

Le opere di progetto interessano una parte del bacino idrografico su cui insiste l'opera stessa. In corrispondenza dell'opera si induce una modifica del coefficiente di afflusso, incrementato all'unità, in ragione della piena impermeabilità indotta. In vero però la maggior parte del bacino non è interessata da impermeabilizzazioni di sorta e di questo va opportunamente tenuto conto.

Per le considerazioni di cui sopra, il calcolo della portata di progetto per le eventuali opere di compenso e i corrispondenti volumi, è stato effettuato calcolando il coefficiente di deflusso nello stato attuale ( $\phi_a$ ) e nello stato post-intervento ( $\phi_p$ ) con riferimento all'intero bacino drenato.

## 9.2 Stima dei volumi di compenso ai fini dell'invarianza idraulica

Considerato lo stato di fatto dei luoghi e il futuro assetto di progetto, il calcolo del coefficiente di deflusso è stato effettuato in funzione anche dell'aliquota di superficie impermeabile presente nei bacini oggetto di studio ( $A_{imp}$ ) e assumendo come valore quello medio ponderato sull'area:

$$\varphi = \frac{(\varphi_{perm} \times A_{perm}) + (\varphi_{imp} * A_{imp})}{A_{tot}}$$

Dove

- $A_{perm}$  è l'aliquota di area permeabile;
- $A_{impermeabile}$  è l'aliquota di area impermeabile;

Per quanto riguarda la variazione di capacità di infiltrazione dei terreni dovuti alla realizzazione di infrastrutture si stima che la superficie dell'area di intervento è pari a circa 30.500 mq, ove si suppone, a favore di sicurezza di incrementare il coefficiente di afflusso ad uno.

Considerando l'evento piovoso con tempo di ritorno di 50 anni, si determinerebbe un incremento dei deflussi superficiali pari a 0.49 m<sup>3</sup>/sec. Tale incremento è legato alla impermeabilizzazione di una piccola parte del bacino sotteso e, matematicamente, all'incremento, in vero di modesta entità, del coefficiente di afflusso a scala di bacino.

Si osservi anche che le opere di che trattasi non insistono esattamente sulla sezione di chiusura del bacino, per cui le portate in aggiunta, nel transito in rete idrografica avrebbero tempo e modo di infiltrarsi. Purtroppo, a favore di sicurezza, si è ritenuto opportuno porre in essere delle misure di mitigazione progettate al fine di rispettare il principio di invarianza idraulica mediante detenzione dei volumi.

Il calcolo del volume da assegnare alle opere di detenzione, in linea teorica, è ottenibile tramite il calcolo della differenza degli idro-grammi di piena nella situazione ex post e quello ex ante. Le due curve, come è ben noto in letteratura, oltre a mostrare una differenza nell'intensità del picco, presentano uno shift temporale: la curva ex post infatti anticipa il picco, come illustrato in figura 12.

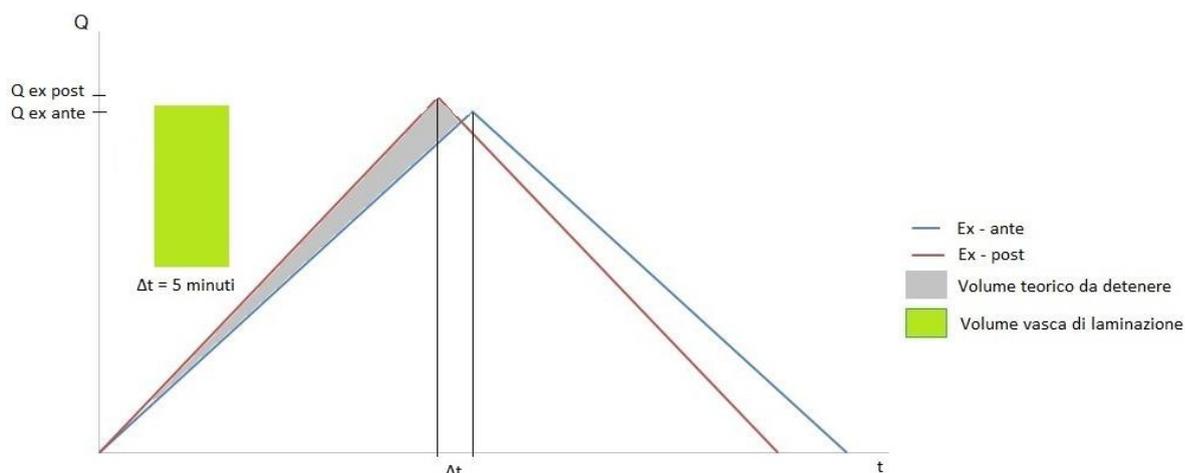


Figura 12 – Idro-gramma di piena ex ante ed ex post

Nel caso in esame, l'anticipo è di qualche secondo (rappresenta, a conti fatti, una frazione del tempo dicorrvazione del bacino).

Sempre a favore di sicurezza però, il calcolo del volume da assegnare all'opera di detenzione è stato ottenuto moltiplicando la differenza di portata per un tempo di 5 minuti, abbondantemente superiore alla distanza temporale tra i due picchi di piena. Il calcolo porge un volume di detenzione pari al circa 146 m<sup>3</sup>.

Data l'intenzione di conservare lo stato naturale del recapito finale attualmente in esercizio, senza variazioni di quantità delle portate dal sito di intervento, si ritiene ragionevole installare delle vasche di laminazione il cui ruolo principale è quello di detenere temporaneamente l'eccesso delle acque di piena. Le acque temporaneamente stoccate vengono poi restituite a valle, quando è passato il colmo dell'onda di piena.

Sarà previsto, dunque, un drenaggio delle acque meteoriche all'interno dell'area della stazione con un sistema di caditoie puntuali e tubazioni in PVC che, captati i deflussi meteorici li convoglierà alle vasche.

### CALCOLO DELLA PORTATA MASSIMA ALLO SCARICO E STROZZATURA DI CONTROLLO

L'obiettivo progettuale è di limitare il coefficiente udometrico post intervento a 20 l/s\*ha, pari a quello per le aree agricole ante-operam passate da permeabili ad impermeabili. Risulta dunque necessario verificare l'efficacia idraulica della tubazione terminale di scarico dalla vasca di laminazione verso il fosso recettore (strozzatura di controllo).

Considerando che la superficie dell'area di intervento è pari a circa 30.500 mq, il valore limite da non superare allo scarico nel ricettore finale risulta essere:

$$Q_{\max} = 20 \cdot 30.500 / 10.000 = 61 \text{ l/s}$$

determinato dal fatto che allo stato ante operam l'area oggetto di studio era permeabile e contribuiva quindi per 20 l/s\*ha, dunque deve essere garantito dalla "strozzatura di controllo" terminale.

Per la determinazione della portata smaltibile è possibile considerare un funzionamento a battente e sbocco libero, per il quale si utilizza la seguente formula:

$$Q = \mu A \sqrt{2gh}$$

Q = portata

$$\mu = 0.6$$

g = 9,8 m/s<sup>2</sup> accelerazione di gravità

h = battente



Considerando che ciascuna vasca di laminazione prevista avrà dimensioni 20 m X 5 m ed una altezza di 1 m ed una capacità di 100 m<sup>3</sup>, adottando un battente di 0,7 m e un tubazione in PVC DN160 per la strozzatura in uscita dalle vasche di laminazione, si ottiene una portata massima di 40,35 l/s, inferiore a quella massima ammissibile pari a 61 l/s all'uscita di ogni vasca.

Tenendo conto, inoltre, che il volume della vasca è superiore rispetto al volume calcolato ai fini dell'invarianza, in condizioni di normale funzionamento del sistema, anche per eventi particolarmente intensi, il battente risulterà inferiore e di conseguenza calerà la portata in uscita verso il fosso recettore.

### 9.3 Studio Invarianza Idraulica – Impianto eolico

L'installazione degli aerogeneratori all'interno dell'area in questione è tale da non presentare alterazioni alla permeabilità del suolo. Allo stesso tempo, è bene ribadirlo, le opere non inducono immissione di scarichi di nessun tipo, né di natura civile, né industriale.

All'interno dell'area oggetto di intervento si ritiene rispettato il principio di invarianza idraulica, tale affermazione è giustificata dal fatto che la superficie occupata dagli aerogeneratori è trascurabile rispetto al sottobacino idrografico.

Saranno comunque previste delle canalette di raccolta delle acque meteoriche lungo la viabilità, le acque raccolte saranno disperse sul terreno utilizzando gli impluvi esistenti o lungo i versanti, ma mai in forma concentrata onde evitare l'erosione del versante o l'innescare di fenomeni di dissesto.

Il principio dell'invarianza idraulica, può considerarsi rispettato e dunque non sono necessarie ulteriori opere di compensazione a seguito dell'intervento in progetto.

## ALLEGATO 1 – SEZIONI HEC RAS

A seguire si riportano le sezioni idrauliche della simulazione.

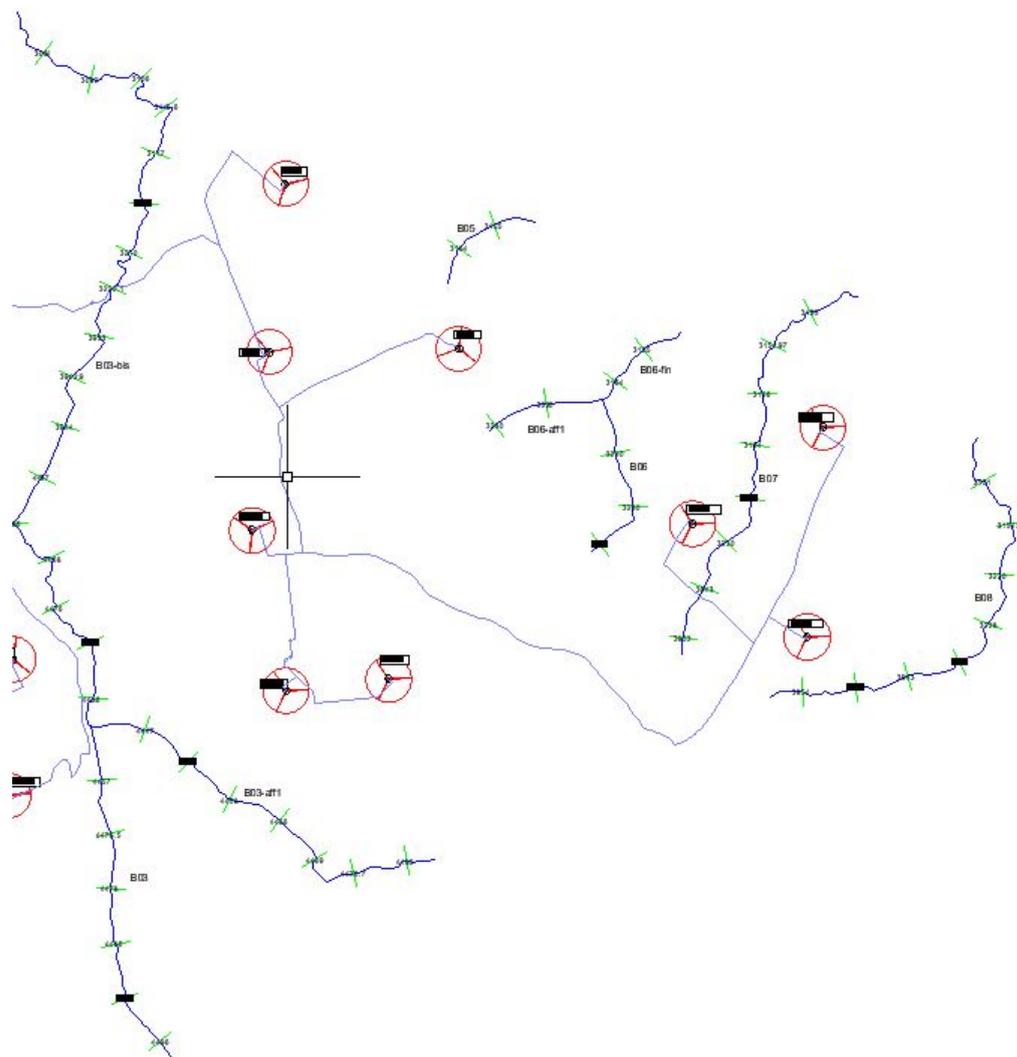


Fig. 13 a – Sezioni idrauliche area di impianto

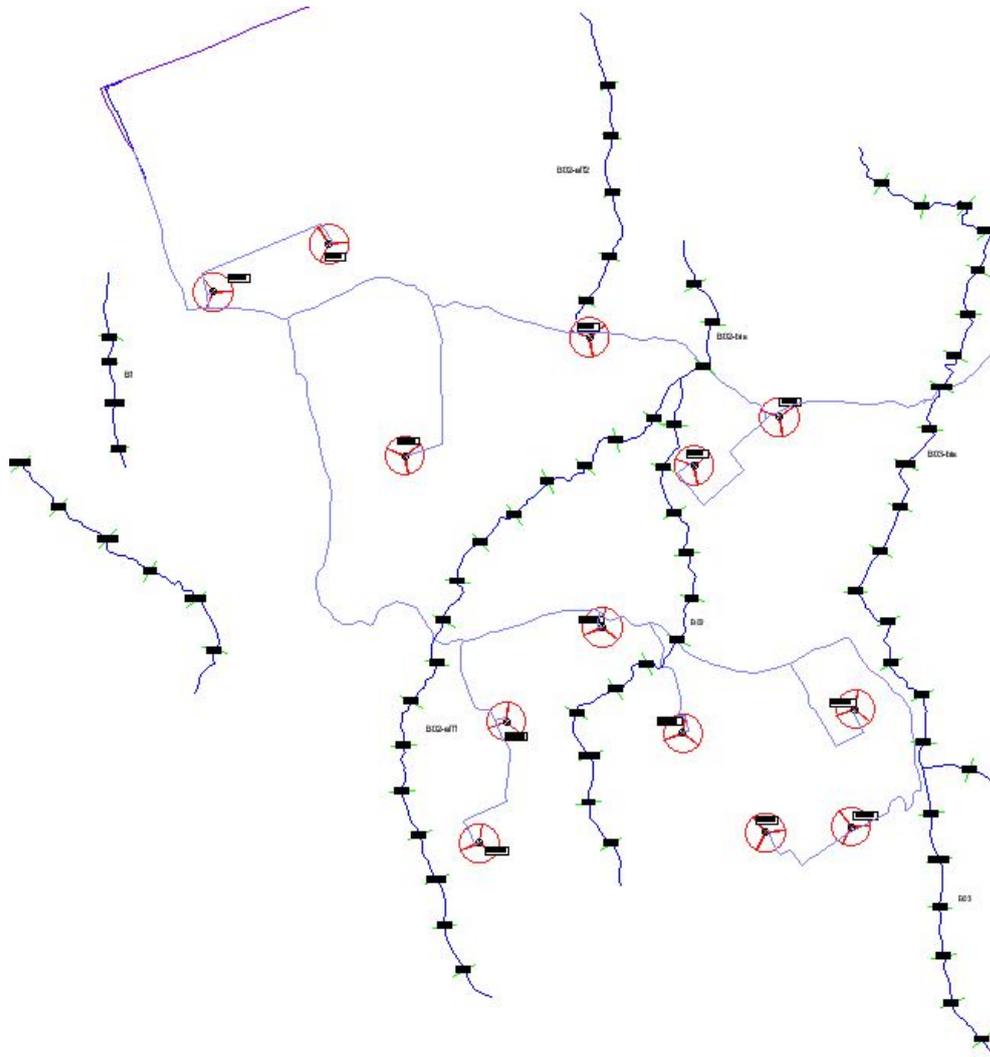


Fig. 13 b – Sezioni idrauliche area di impianto

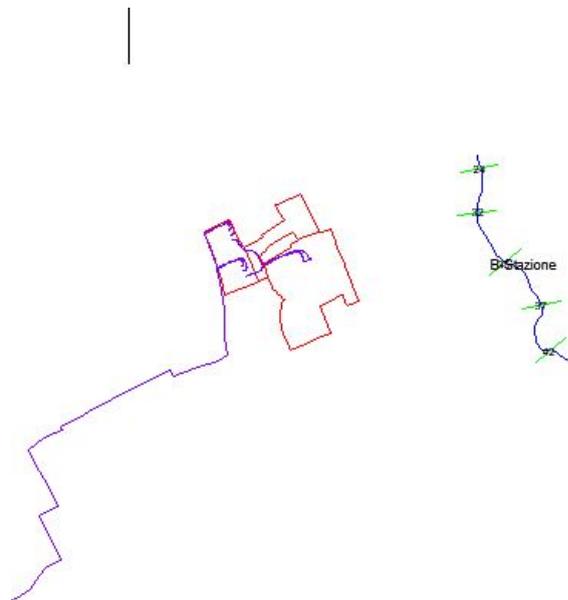
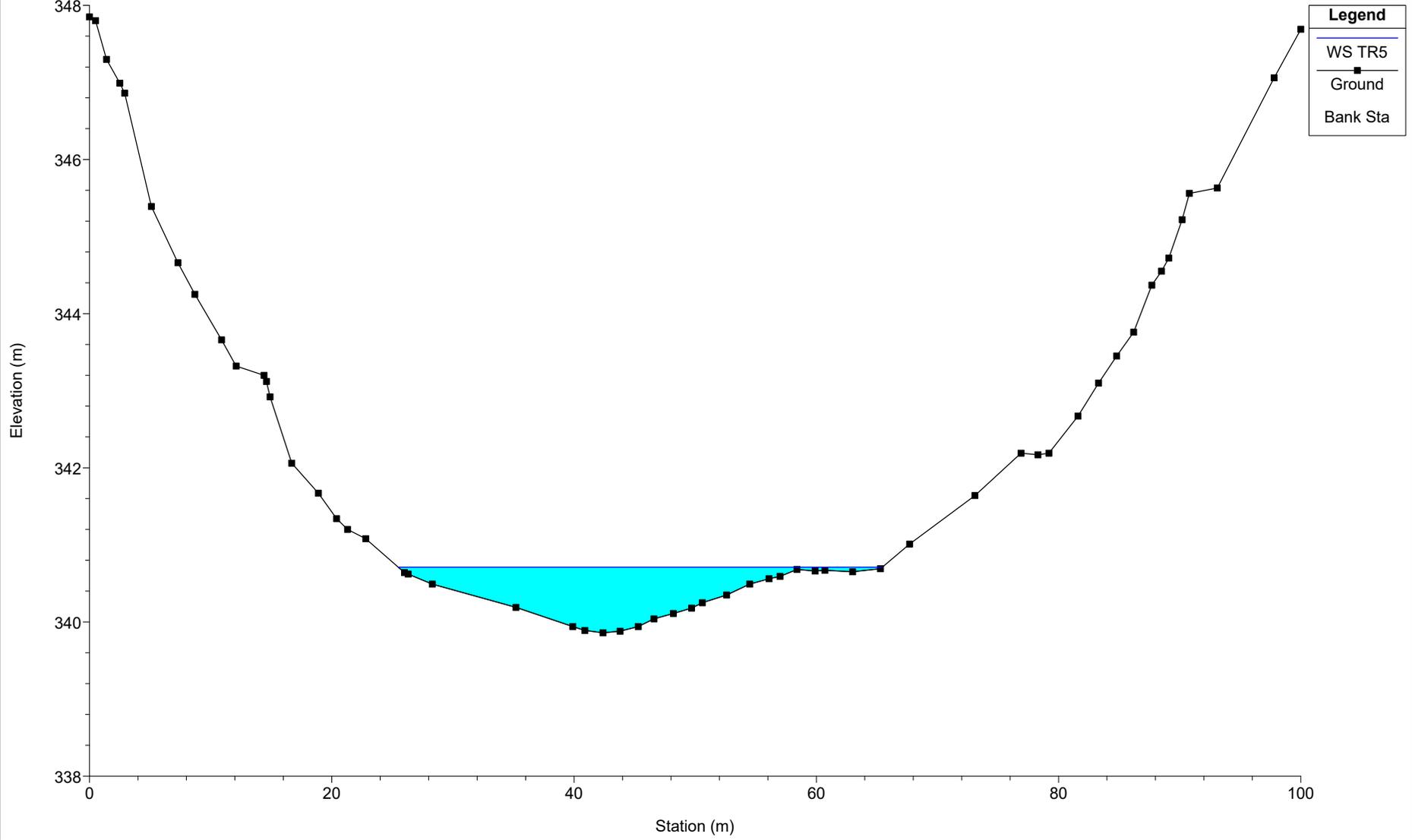


Fig. 13 c – Sezioni idrauliche area stazione di rete

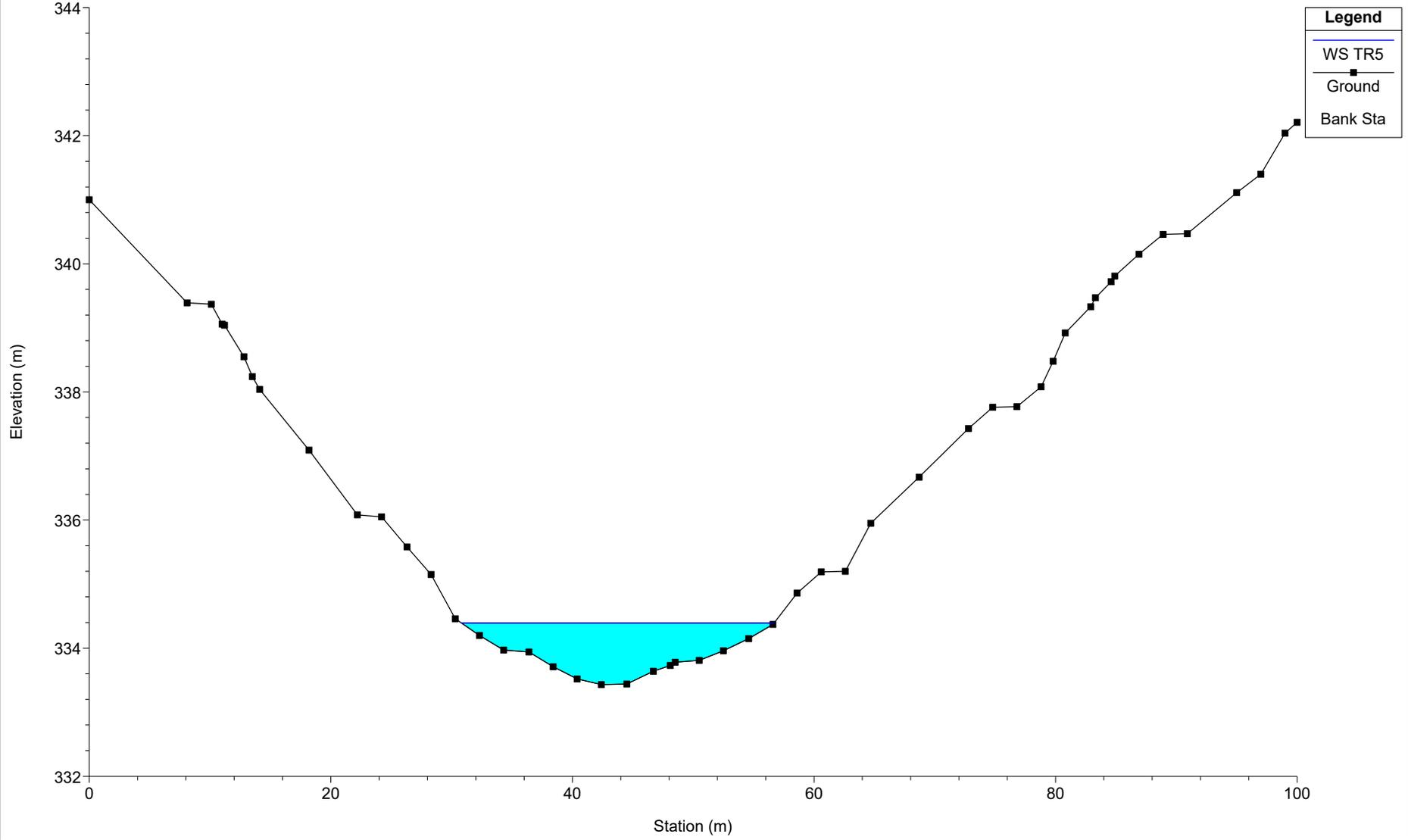
SEP16

River = SEP16 Reach = B02-aff1 RS = 4487



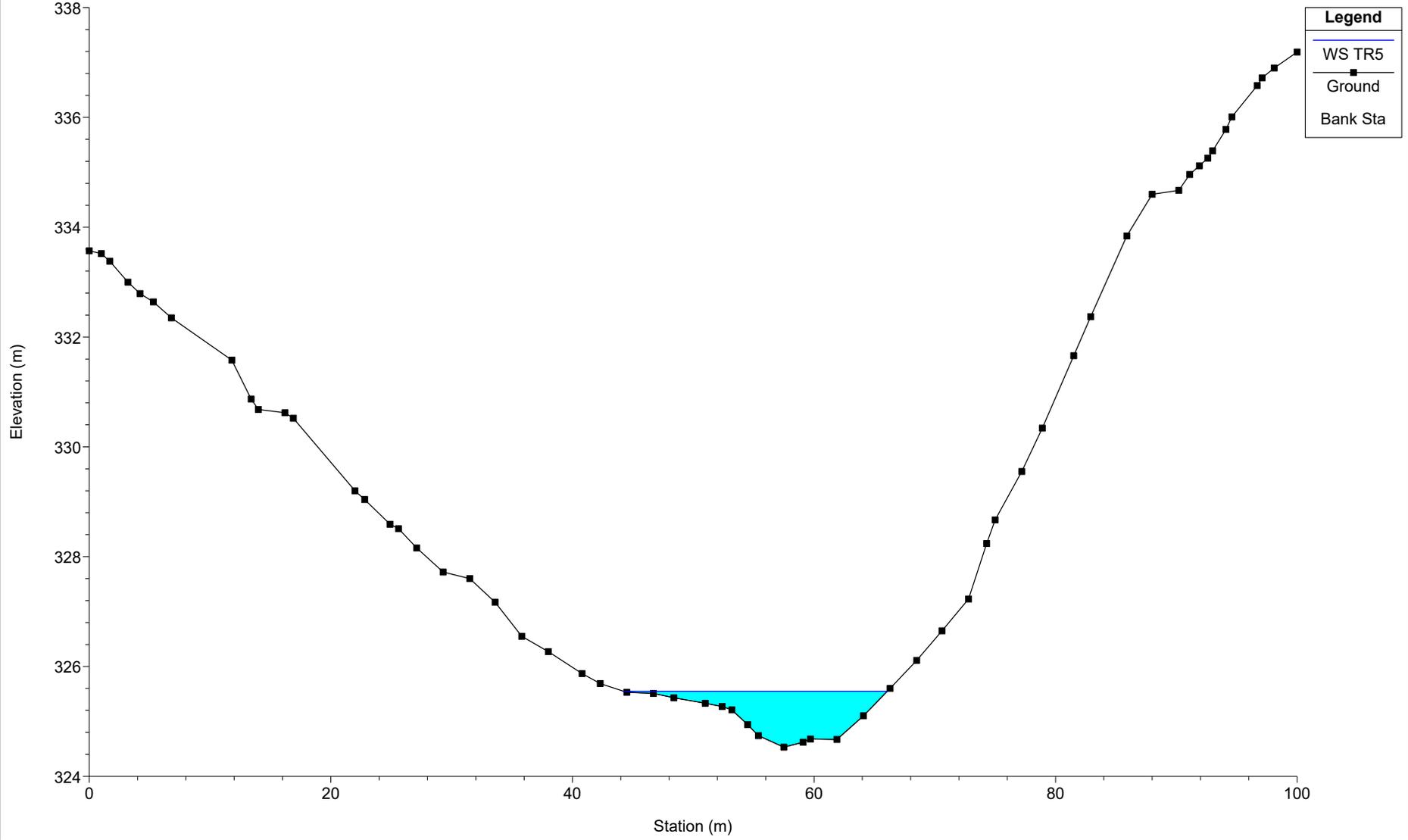
SEP16

River = SEP16 Reach = B02-aff1 RS = 4484



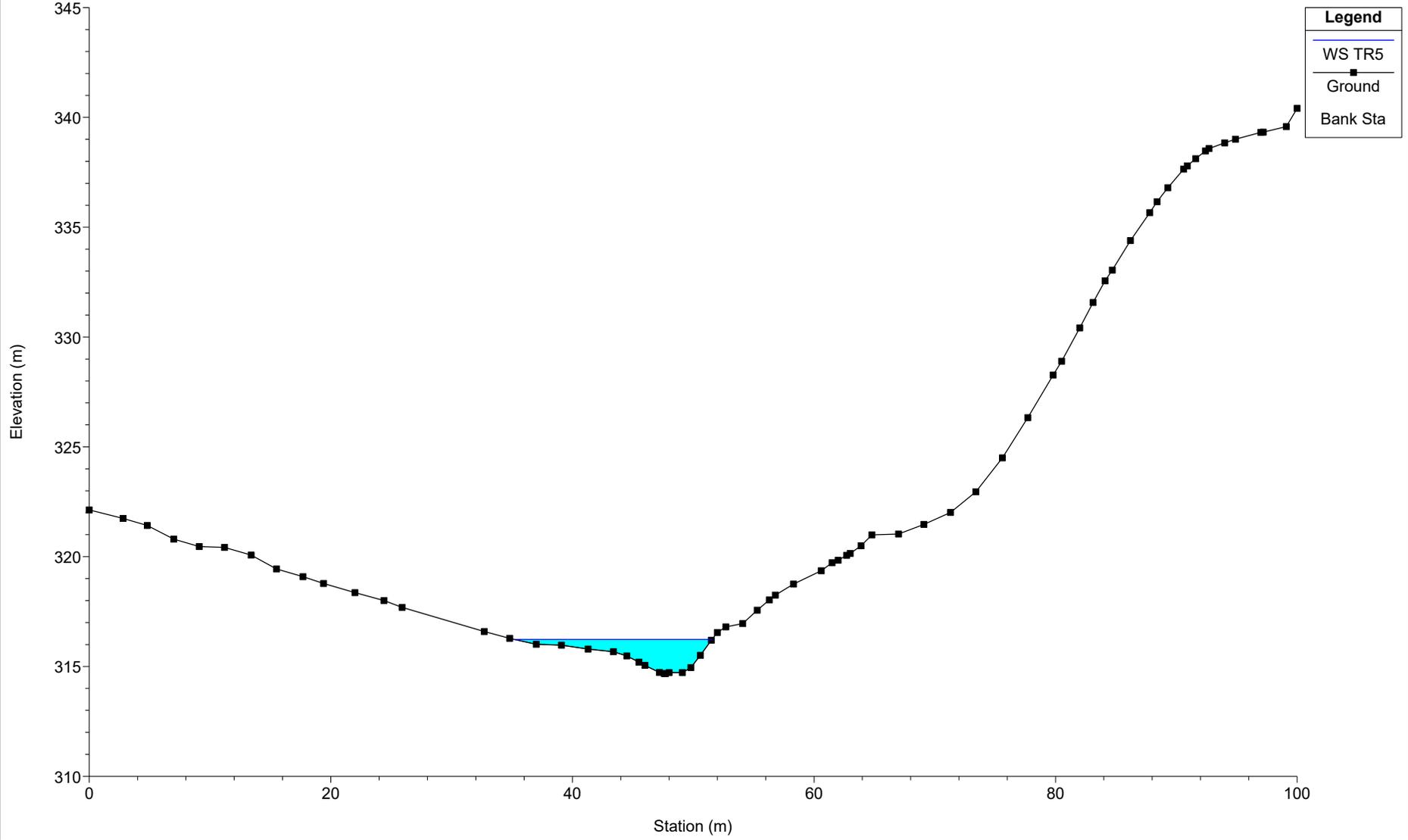
SEP16

River = SEP16 Reach = B02-aff1 RS = 4477.2



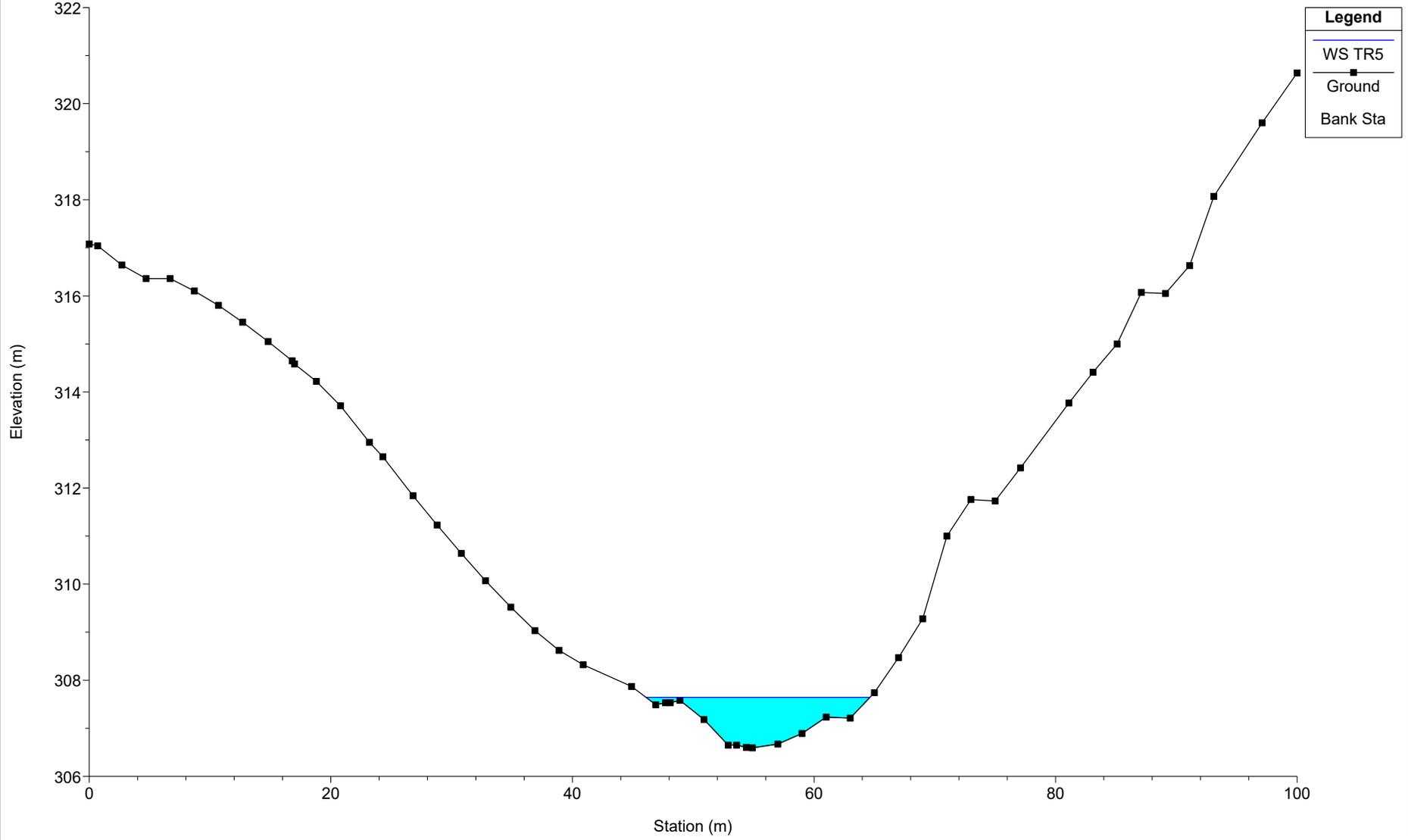
SEP16

River = SEP16 Reach = B02-aff1 RS = 4473



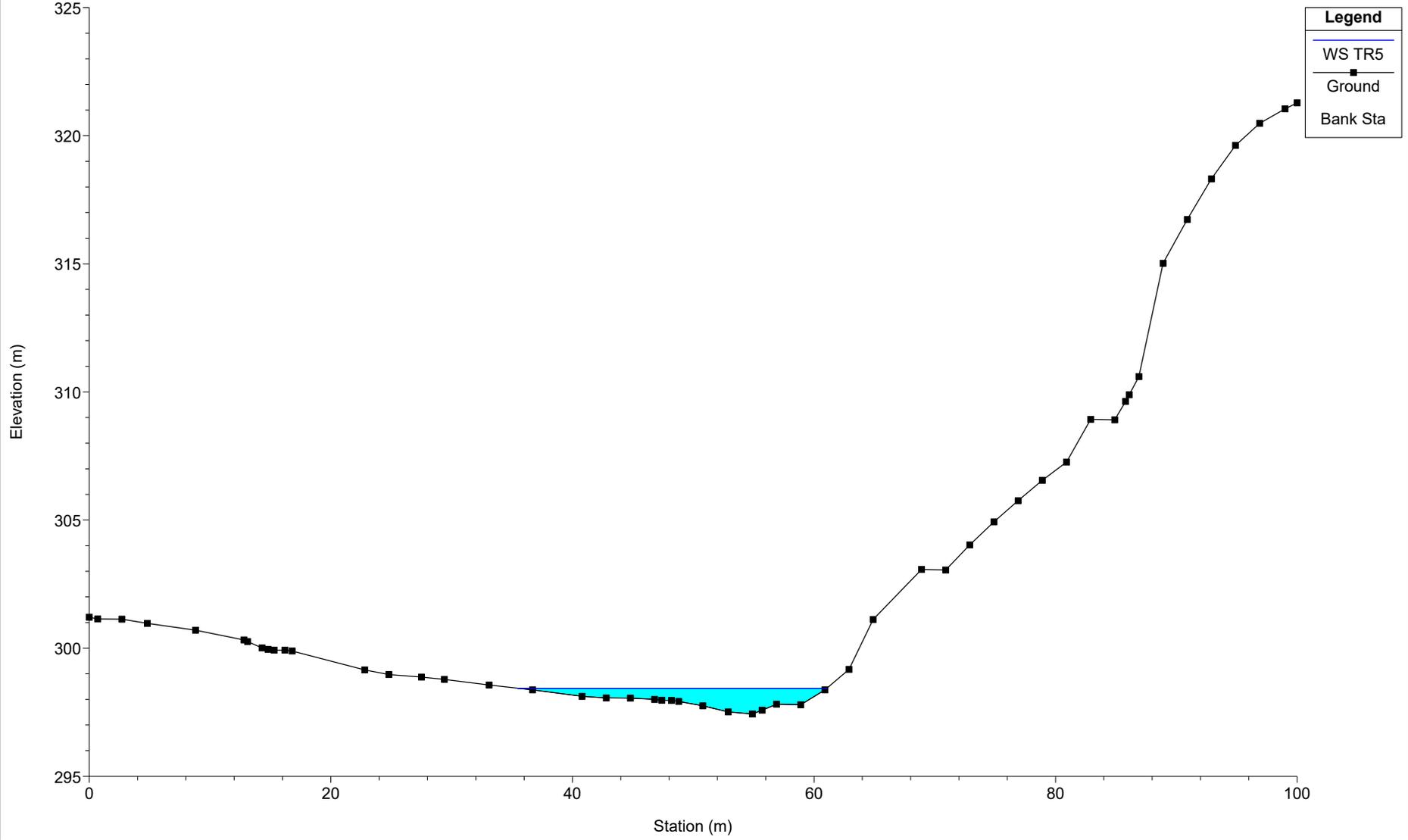
SEP16

River = SEP16 Reach = B02-aff1 RS = 4467



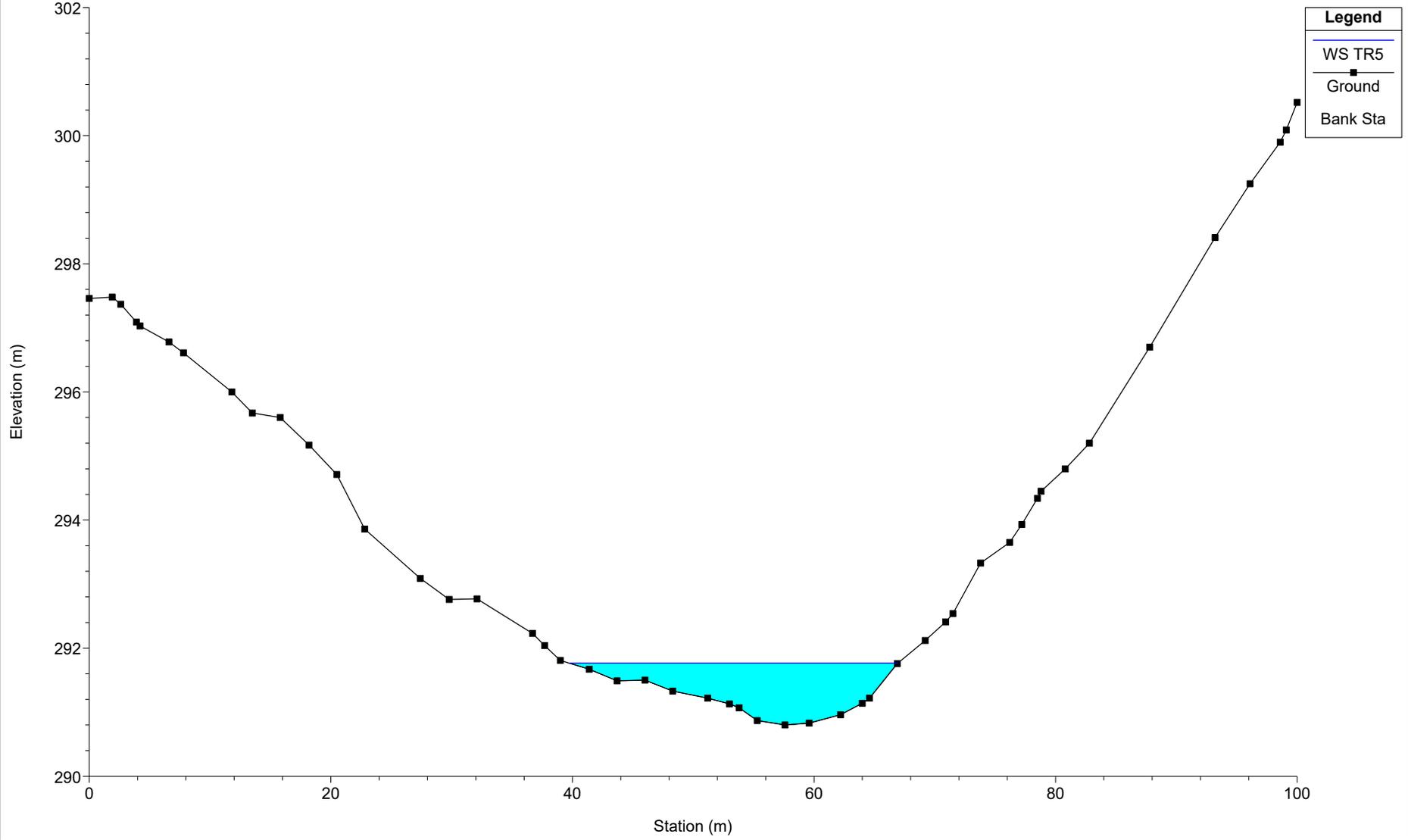
SEP16

River = SEP16 Reach = B02-aff1 RS = 4462



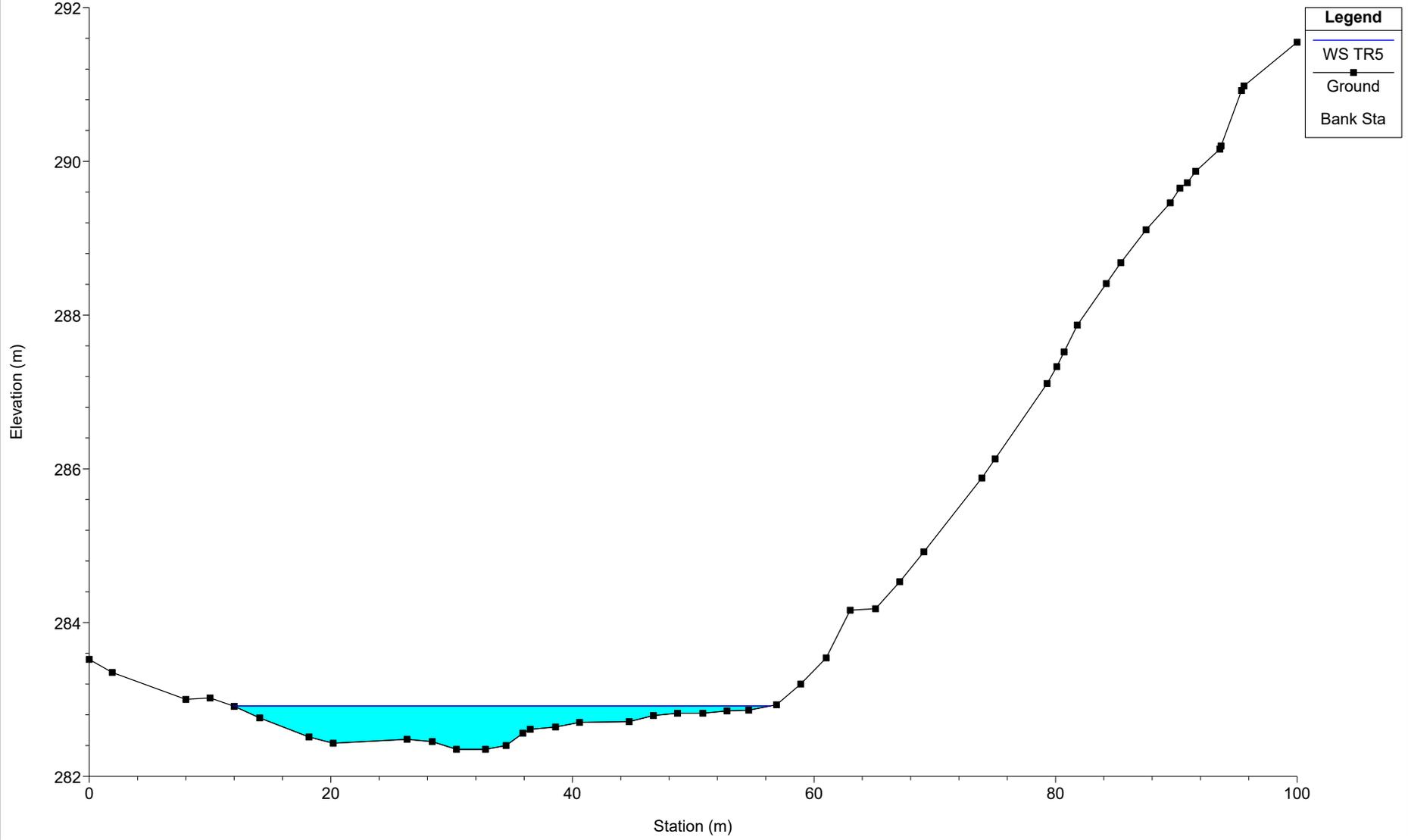
# SEP16

River = SEP16 Reach = B02-aff1 RS = 4456



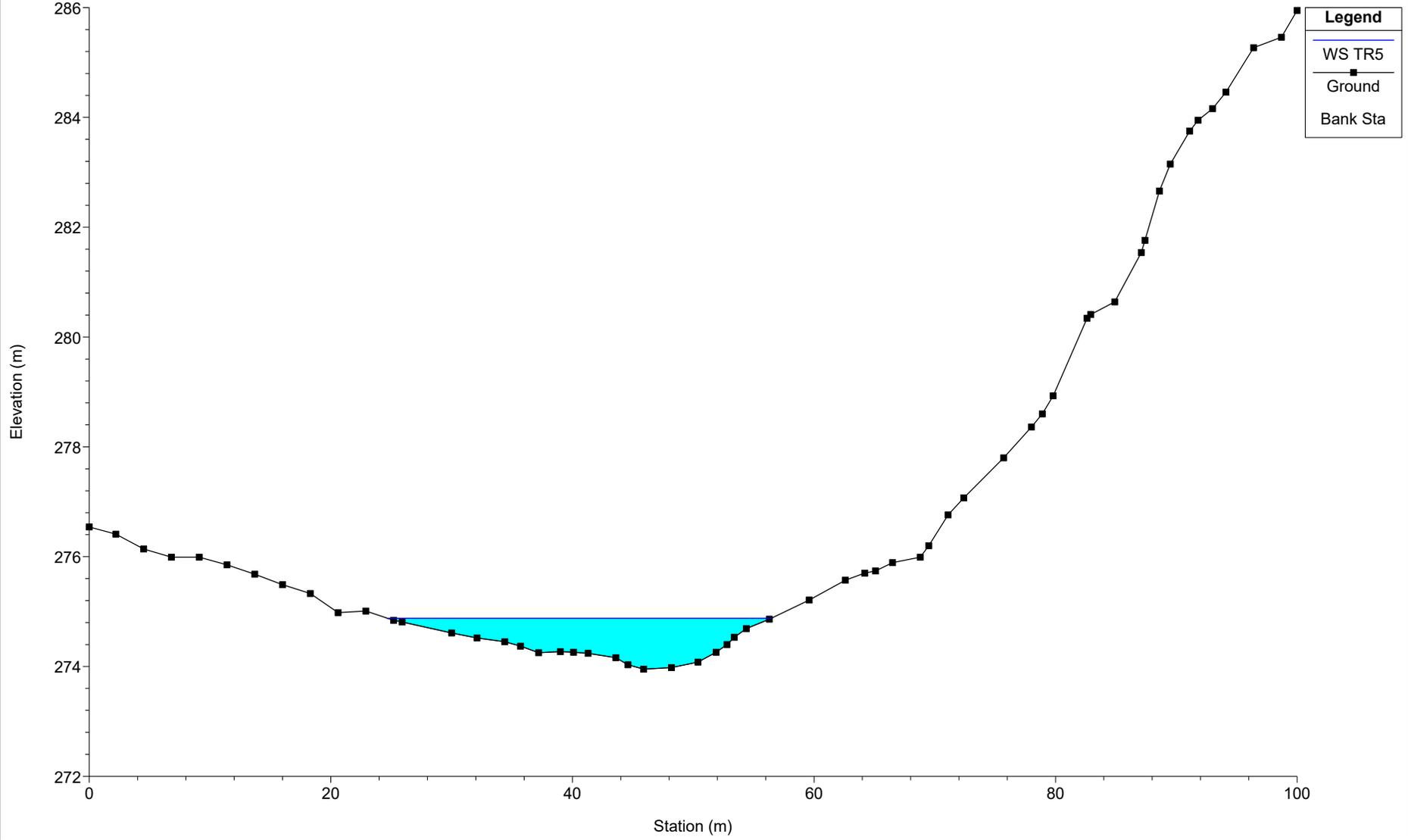
SEP16

River = SEP16 Reach = B02-aff1 RS = 4451



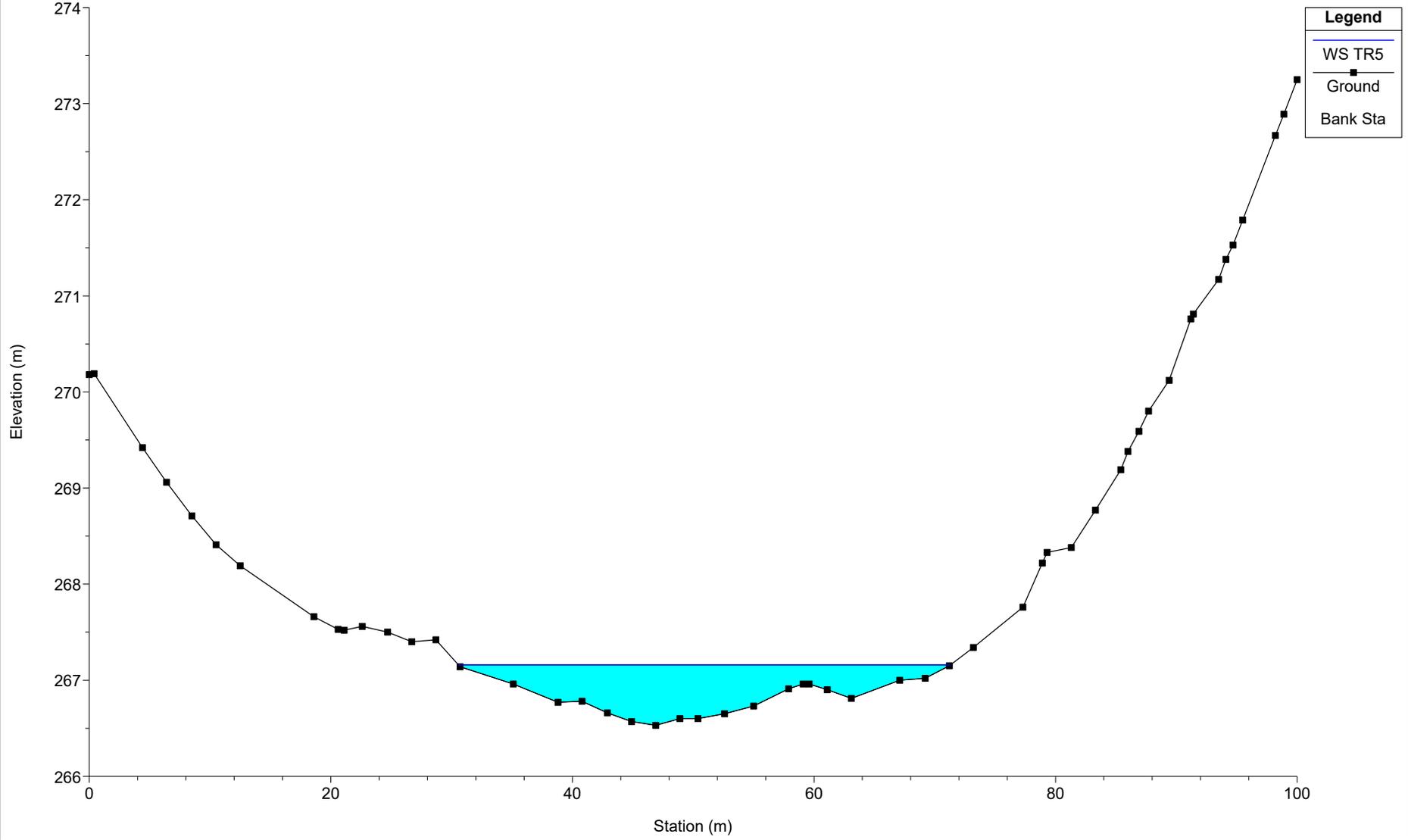
SEP16

River = SEP16 Reach = B02-aff1 RS = 4446



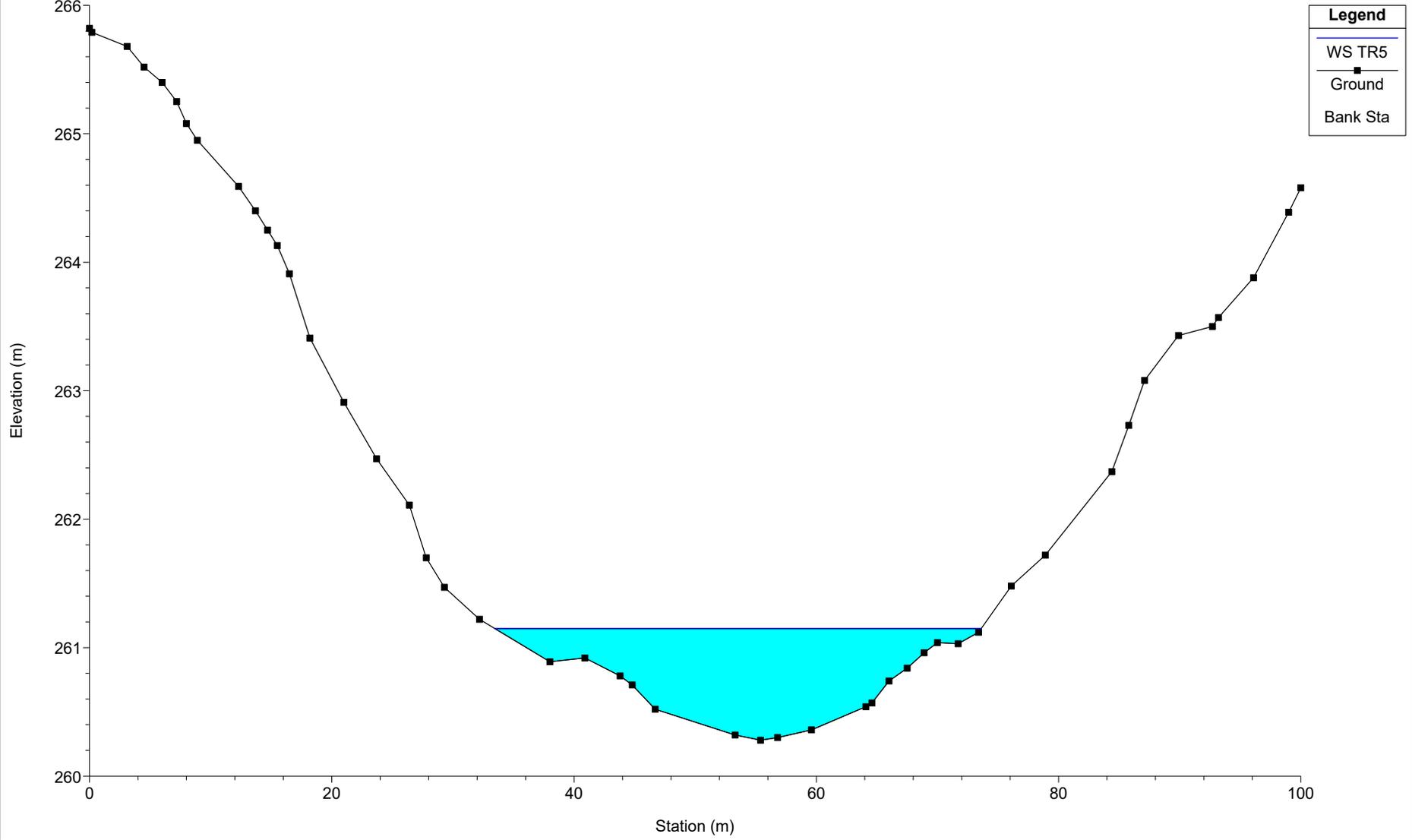
SEP16

River = SEP16 Reach = B02-aff1 RS = 4440



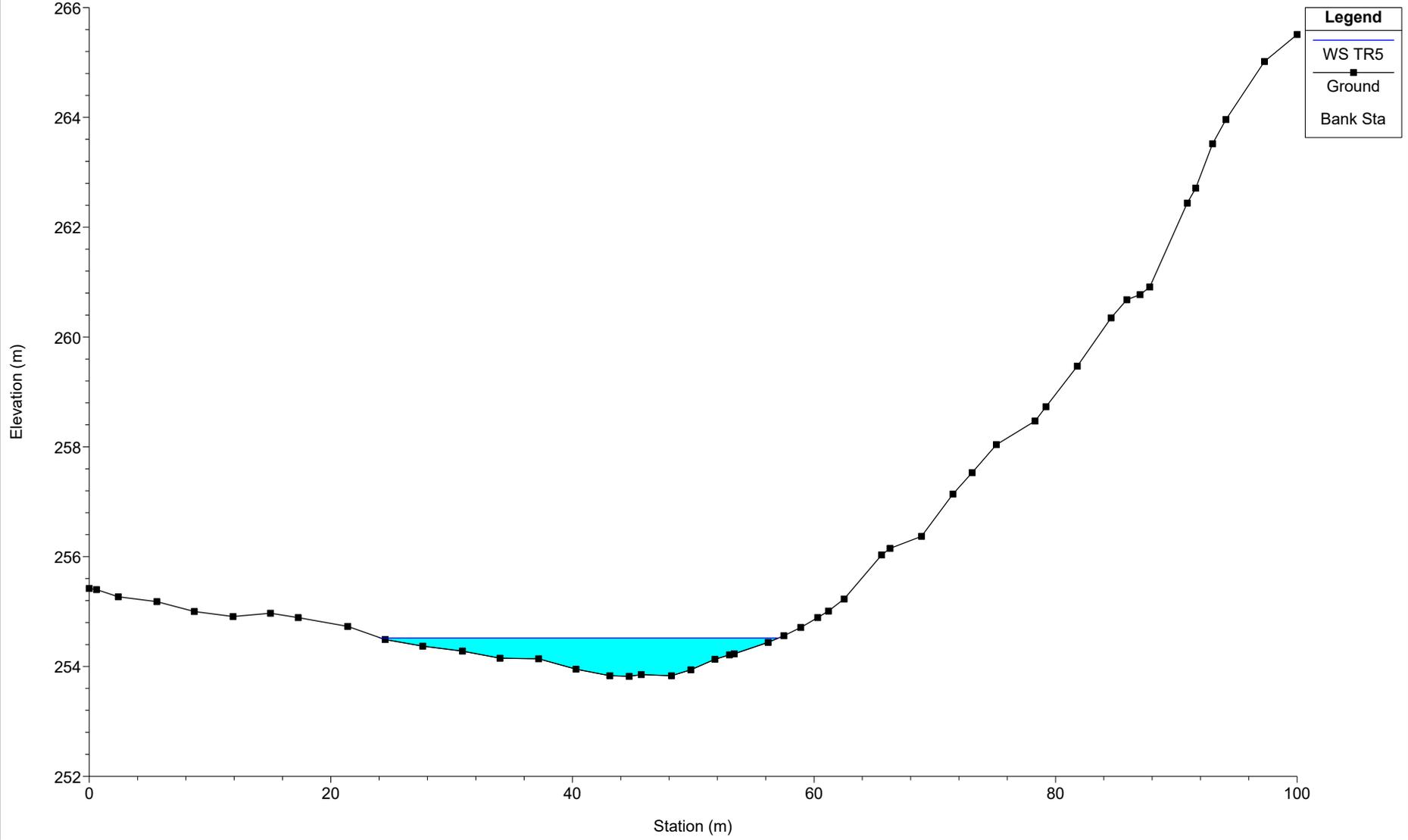
SEP16

River = SEP16 Reach = B02-aff1 RS = 4436



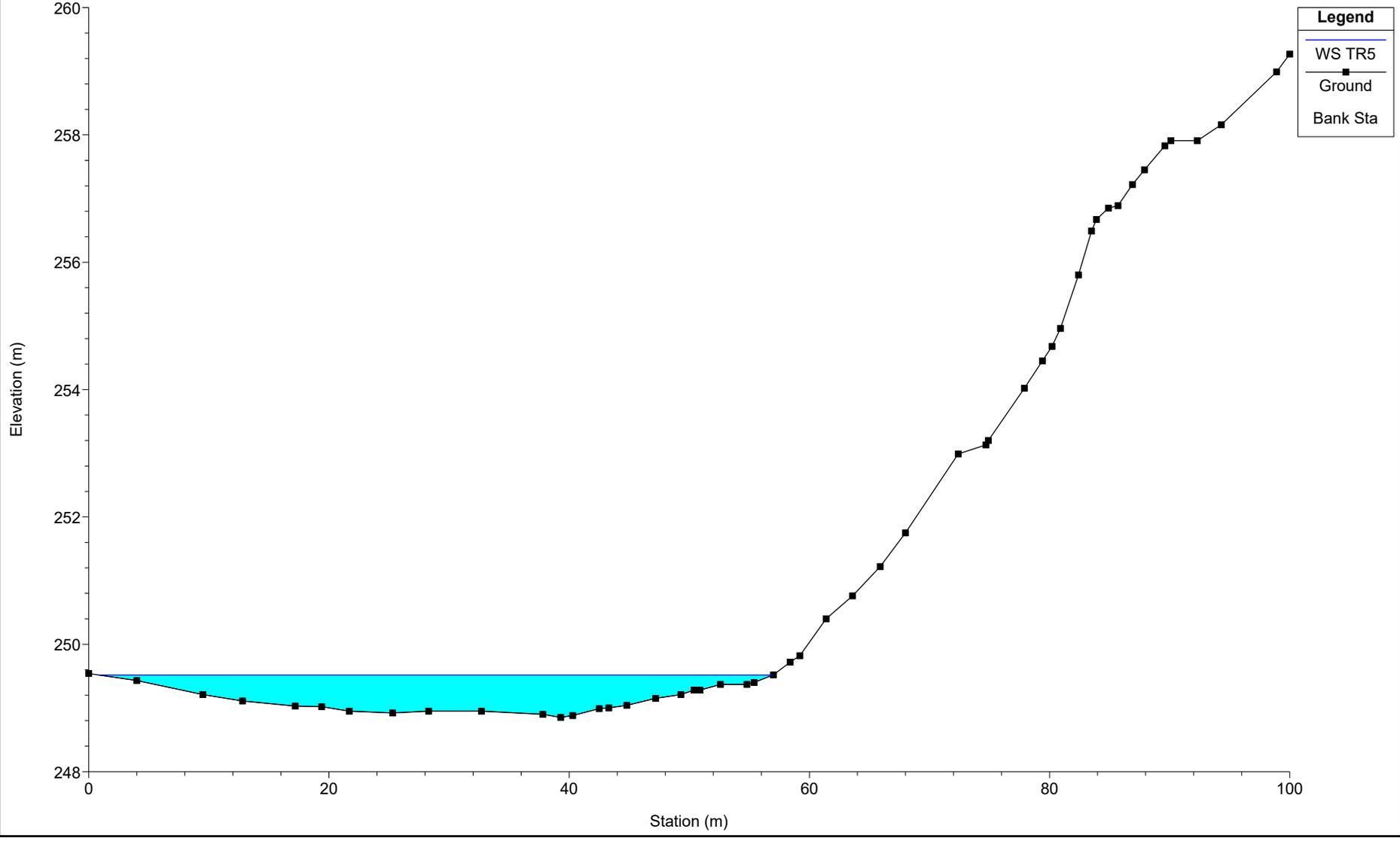
SEP16

River = SEP16 Reach = B02-aff1 RS = 4429



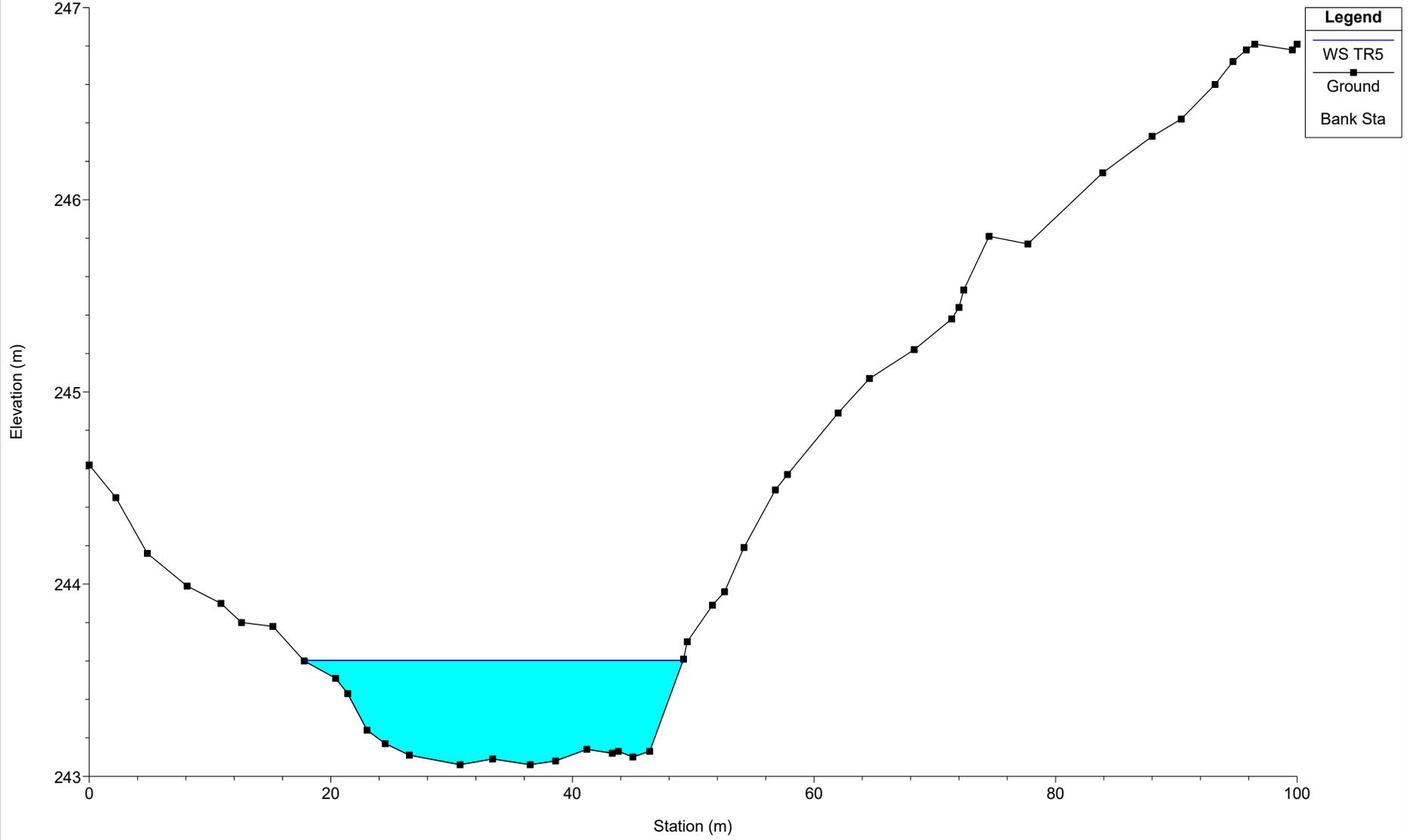
# SEP16

River = SEP16 Reach = B02-aff1 RS = 4426



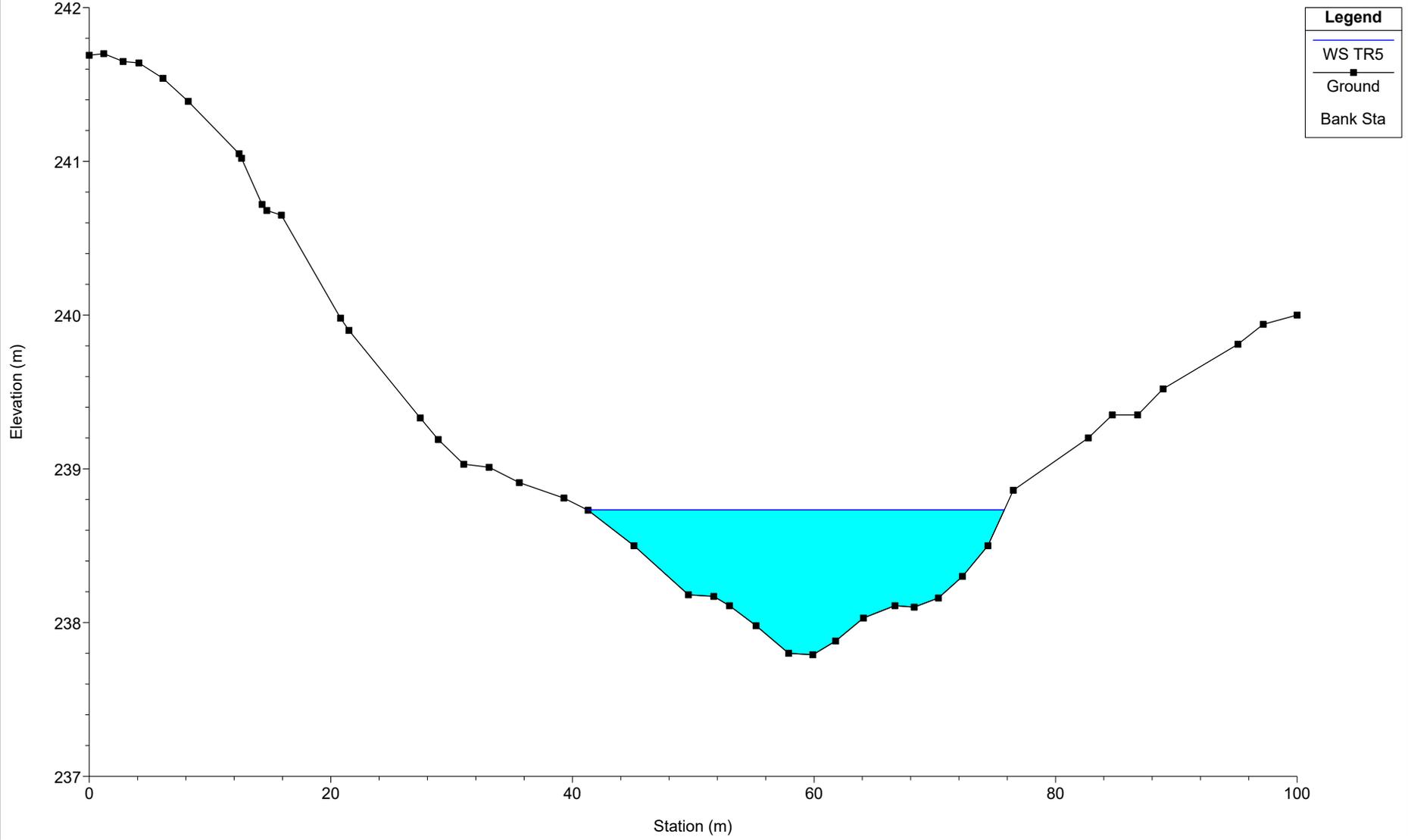
SEP16

River = SEP16 Reach = B02-aff1 RS = 4418



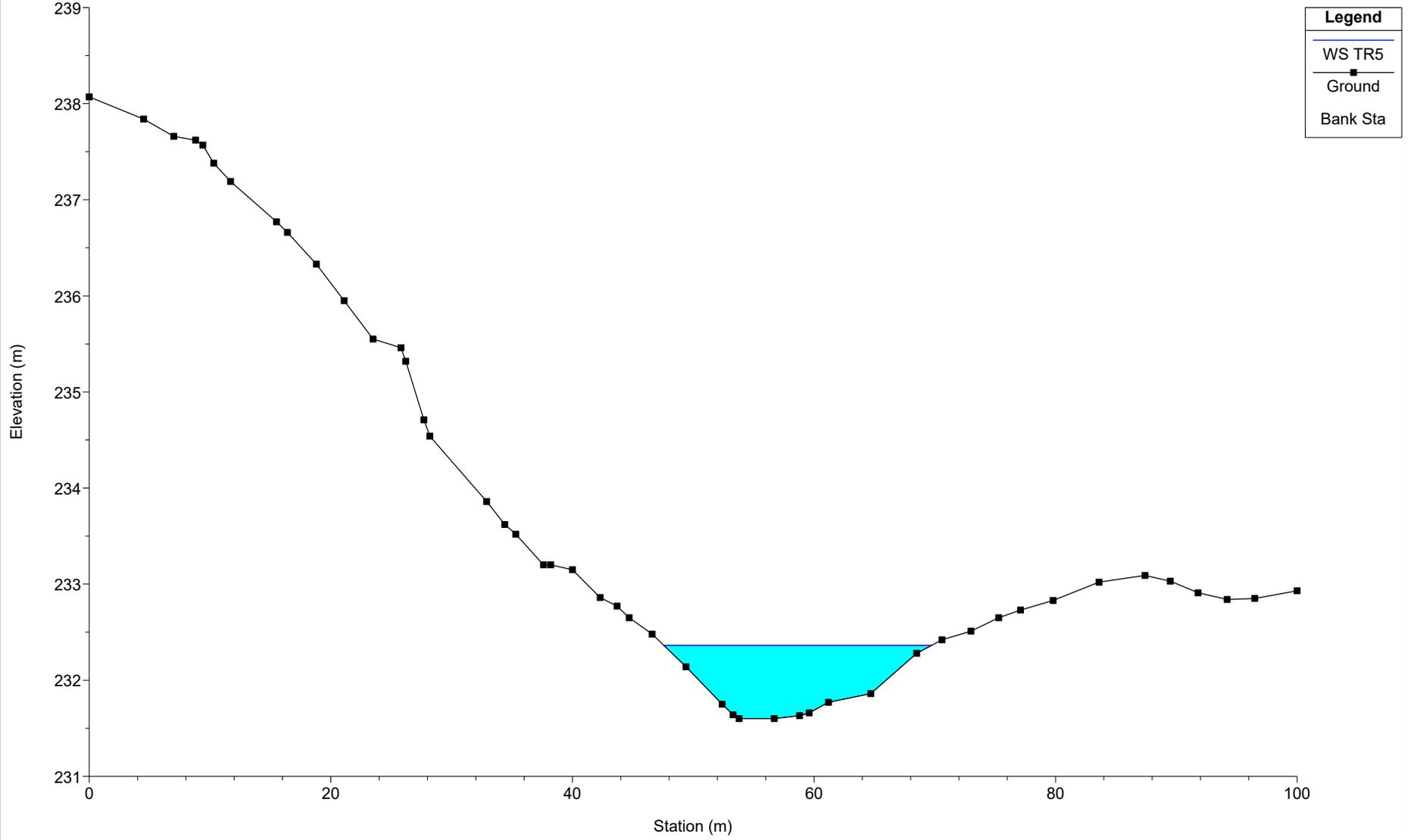
SEP16

River = SEP16 Reach = B02-aff1 RS = 4416



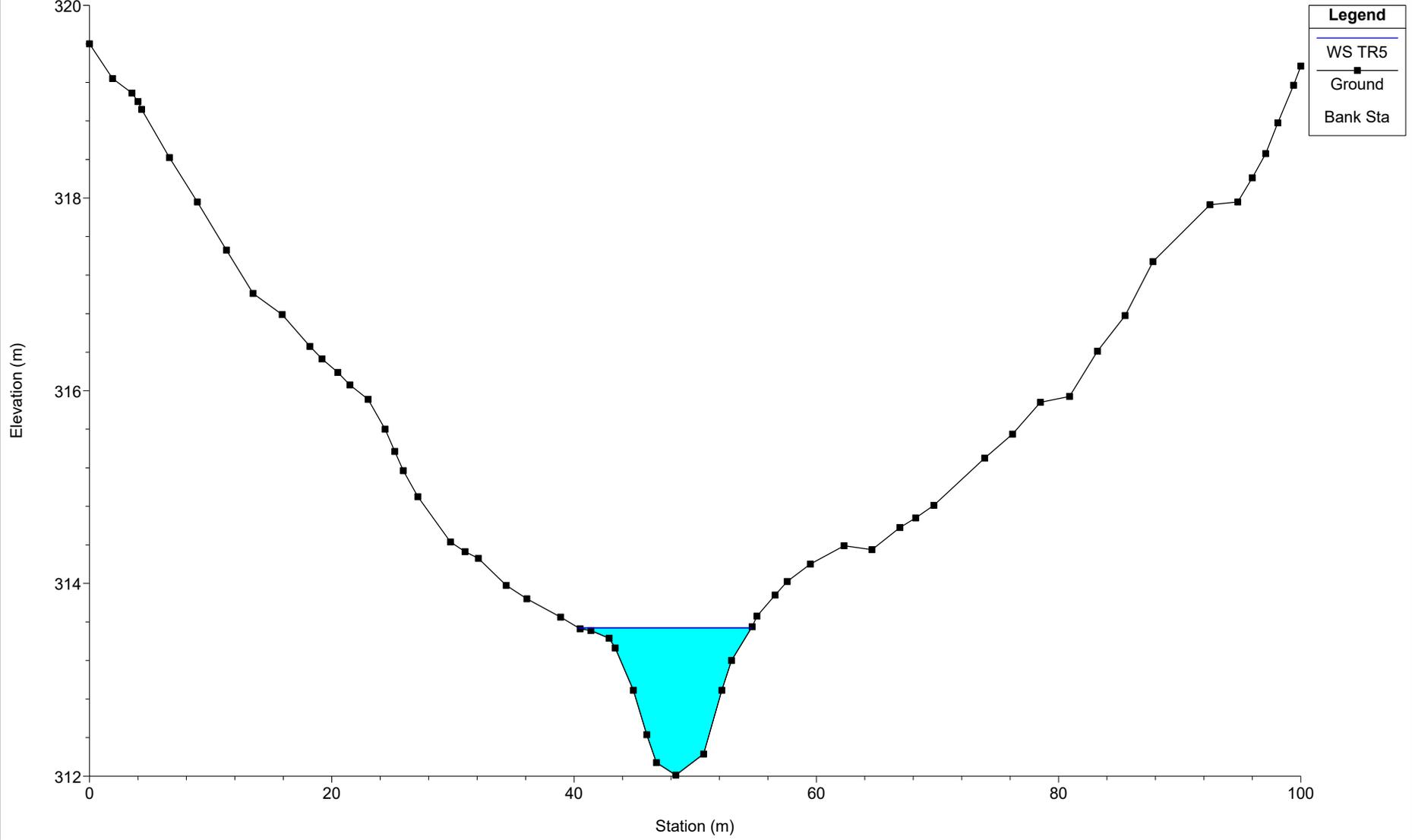
SEP16

River = SEP16 Reach = B02-aff1 RS = 4407



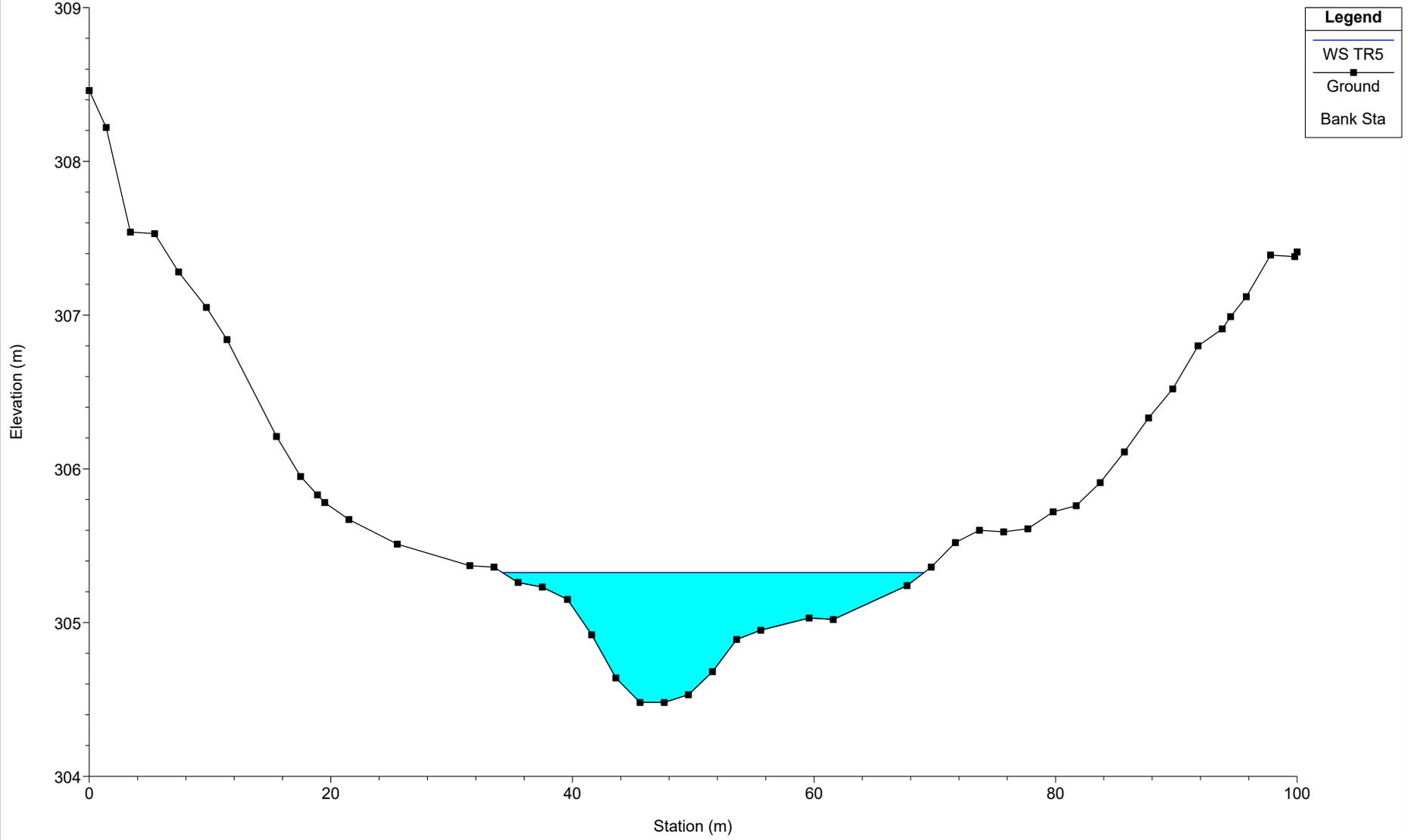
SEP16

River = SEP16 Reach = B02 RS = 4487



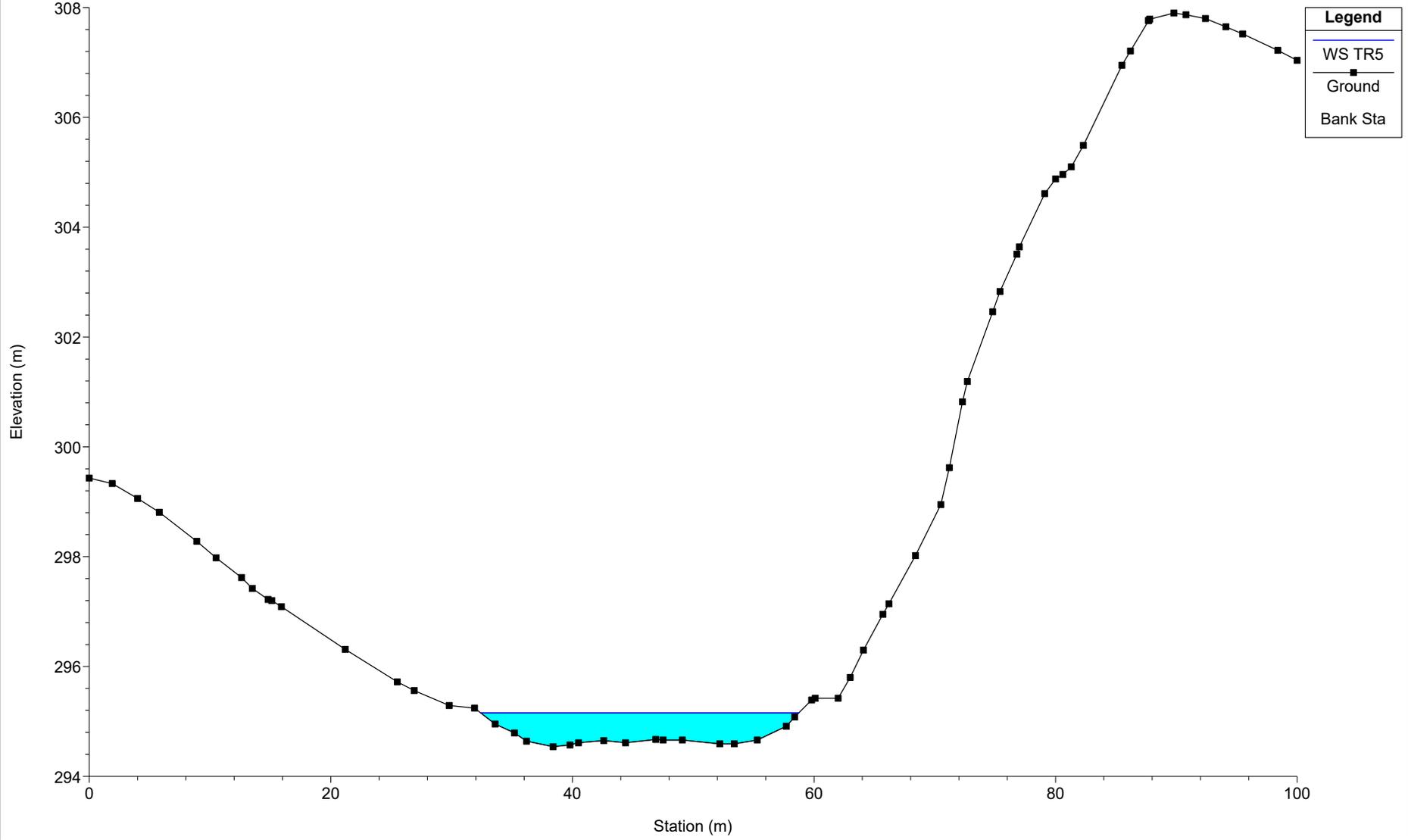
SEP16

River = SEP16 Reach = B02 RS = 4482



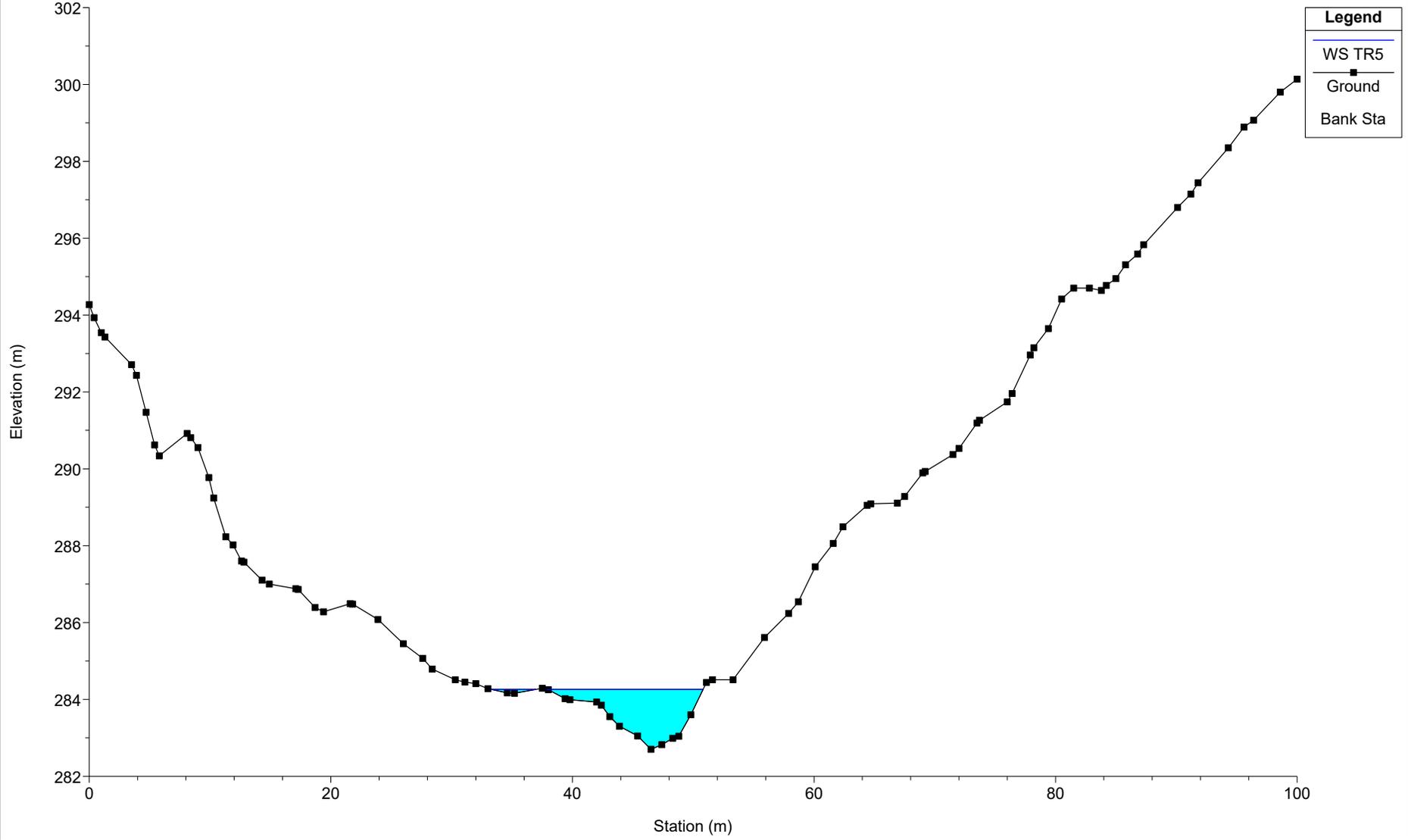
SEP16

River = SEP16 Reach = B02 RS = 4476.9



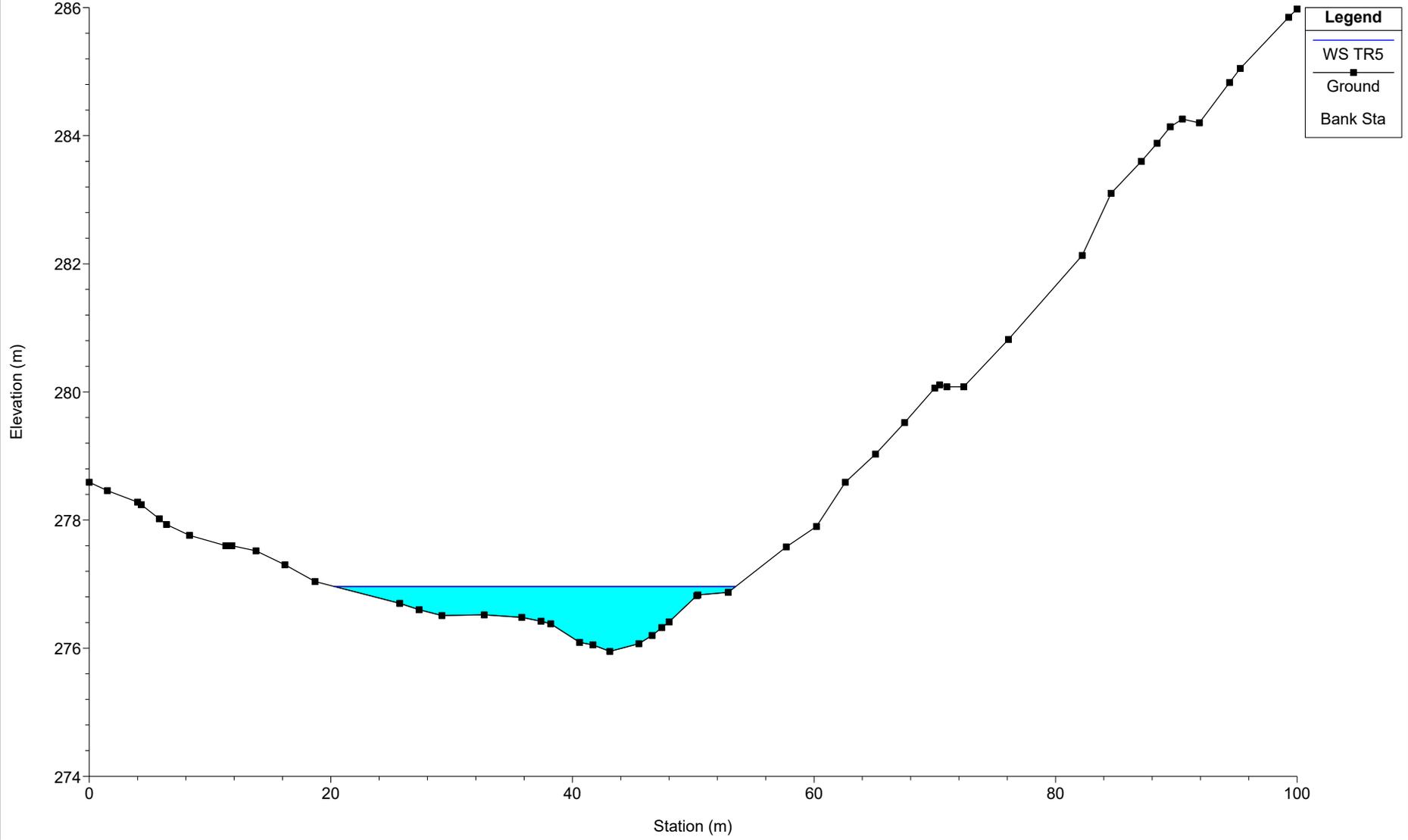
SEP16

River = SEP16 Reach = B02 RS = 4471



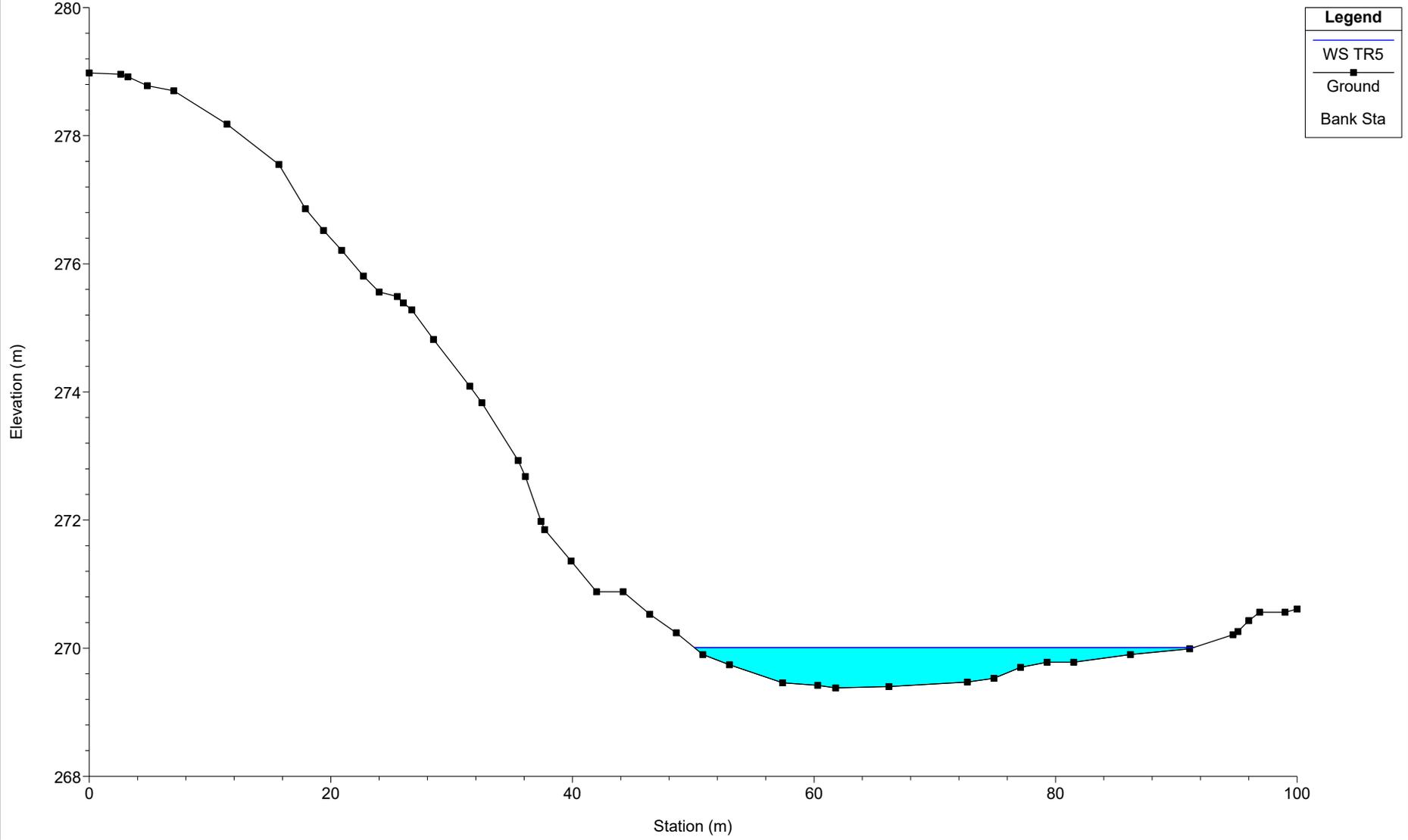
# SEP16

River = SEP16 Reach = B02 RS = 4466



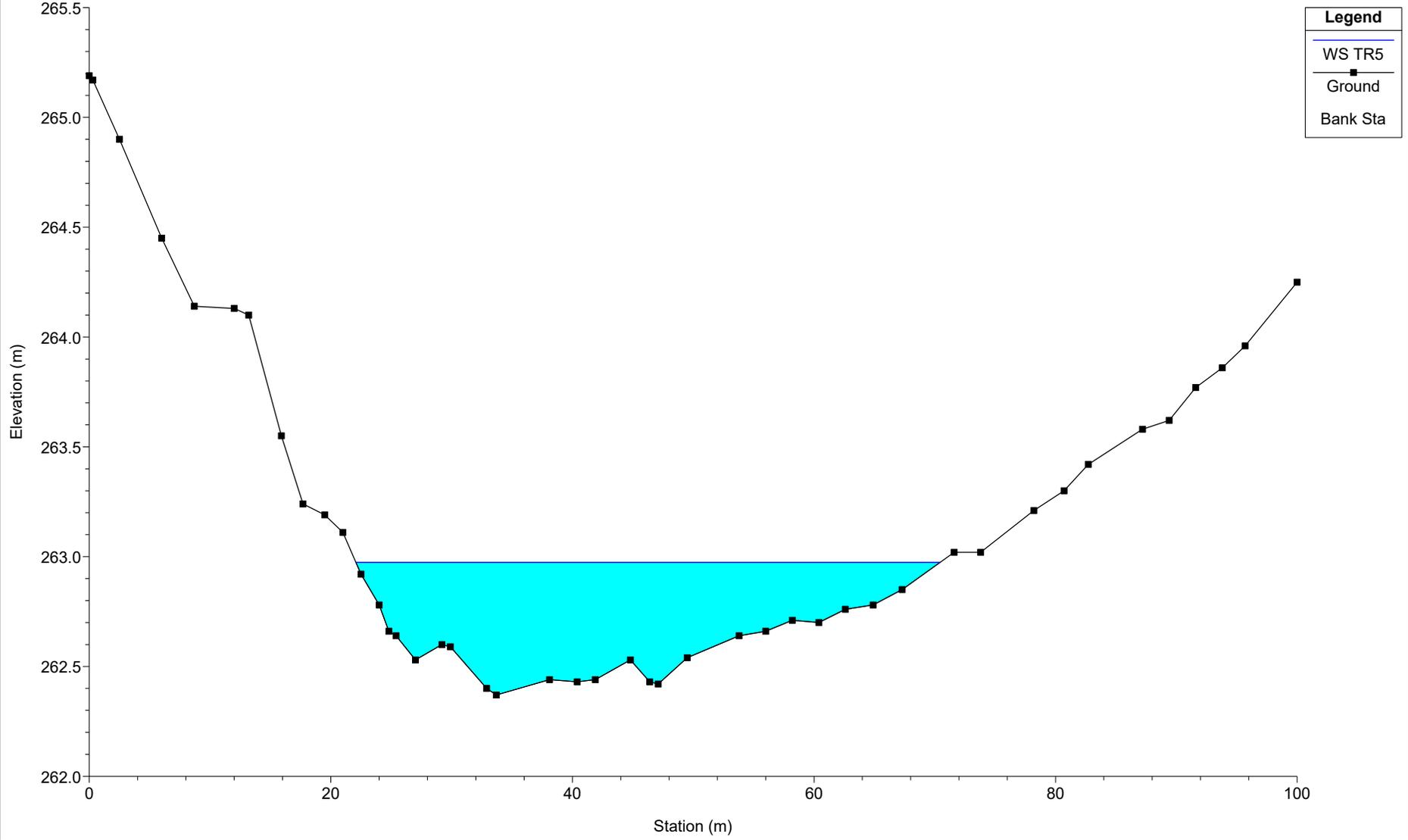
# SEP16

River = SEP16 Reach = B02 RS = 4460



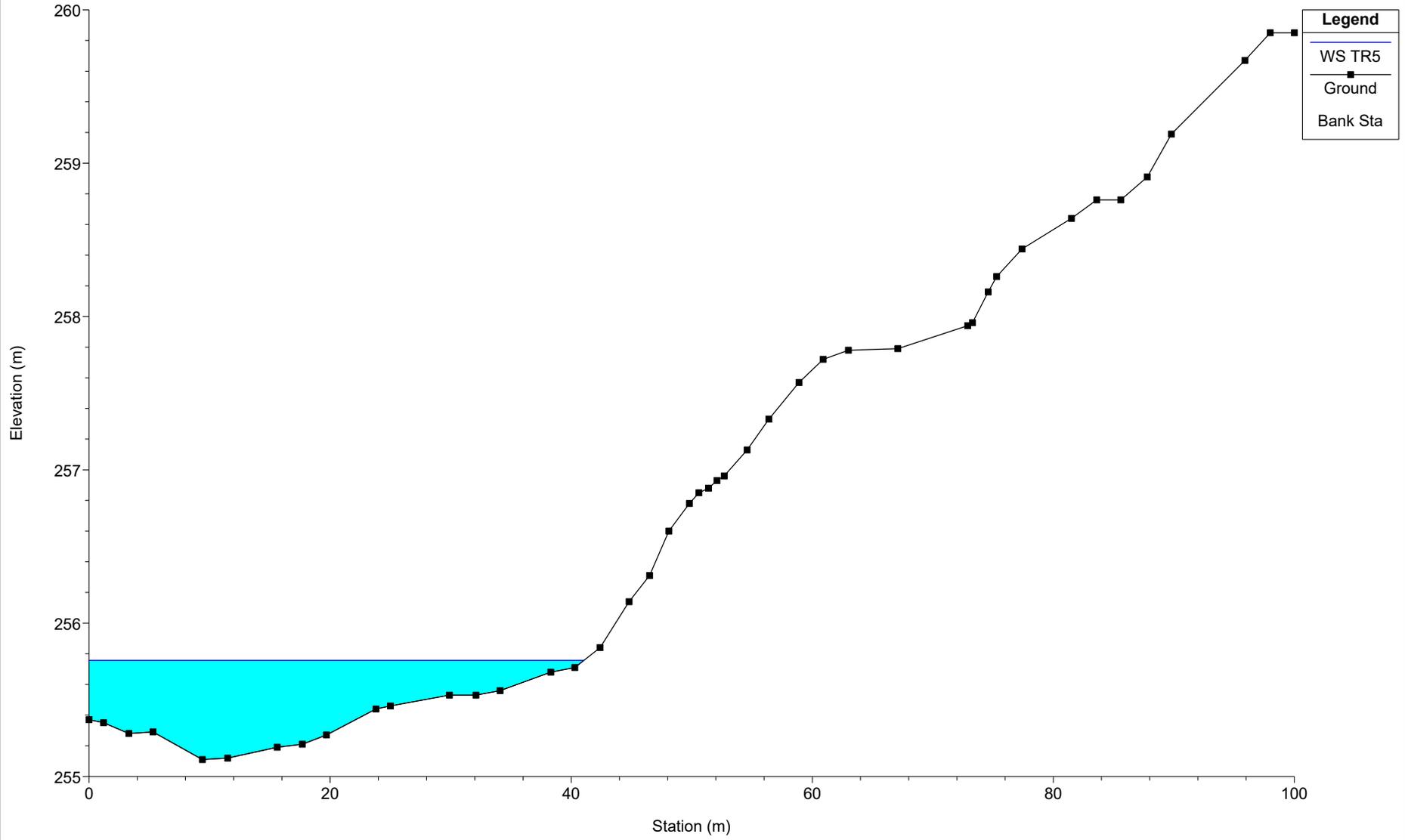
# SEP16

River = SEP16 Reach = B02 RS = 4456



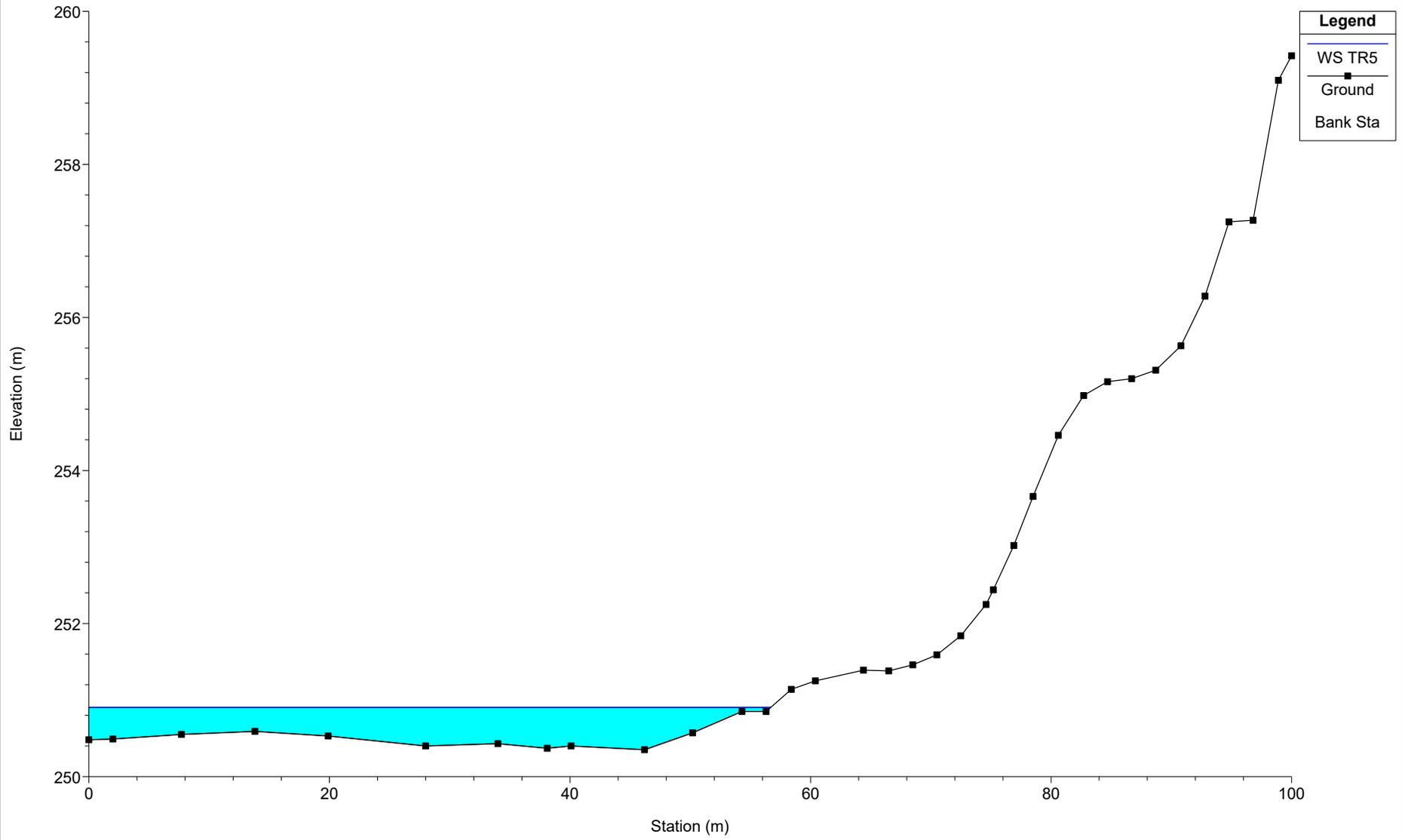
SEP16

River = SEP16 Reach = B02 RS = 4449



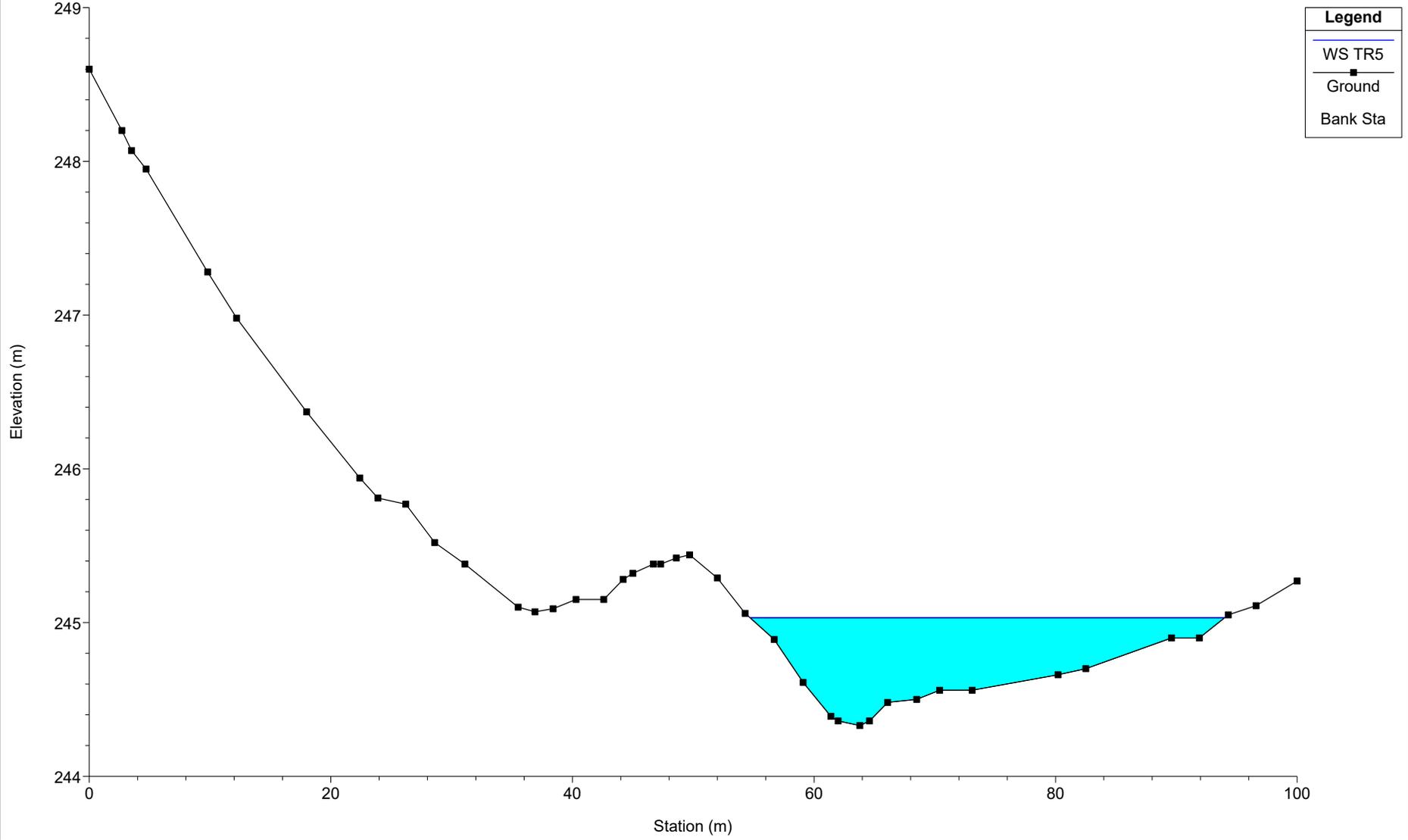
# SEP16

River = SEP16 Reach = B02 RS = 4446



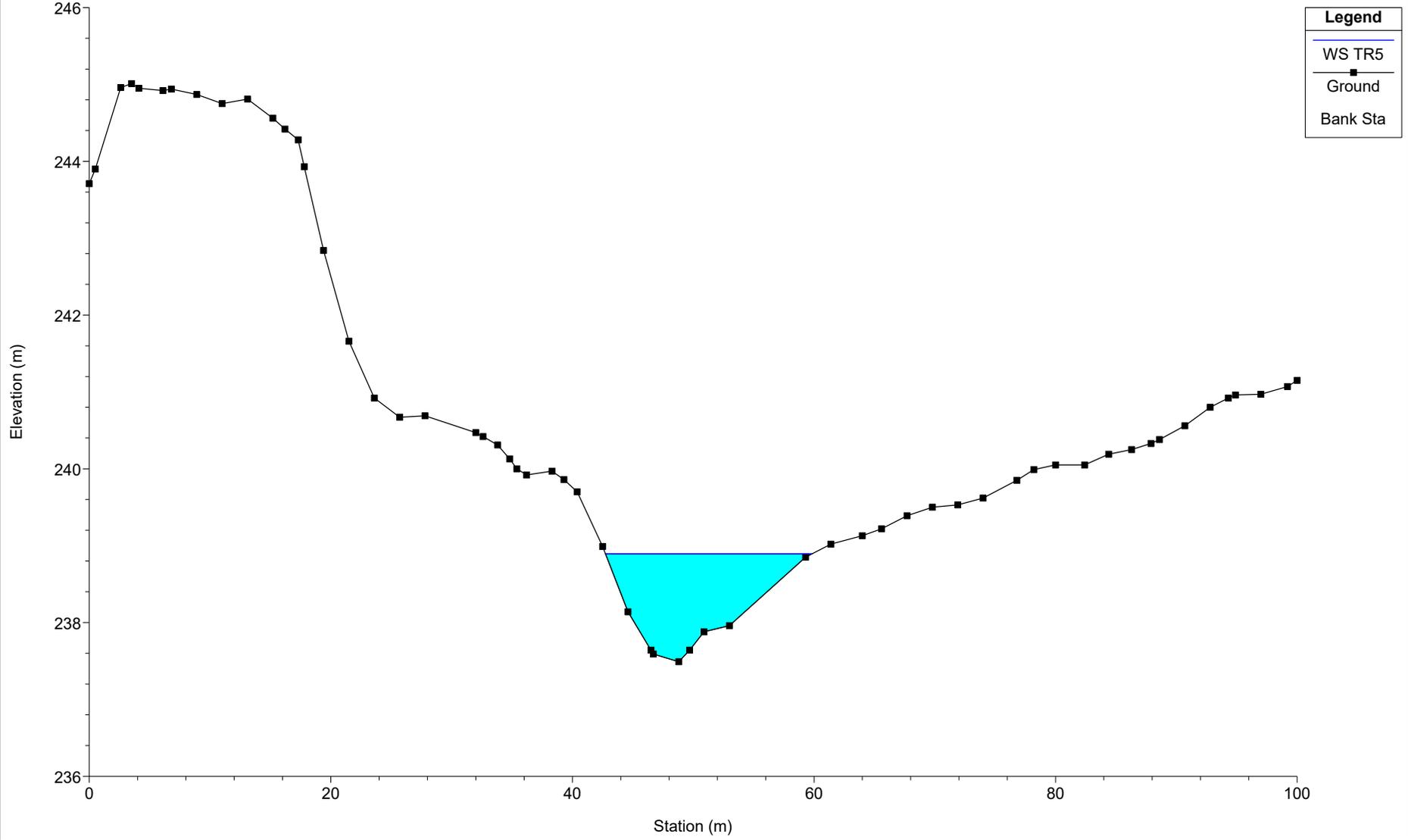
SEP16

River = SEP16 Reach = B02 RS = 4438



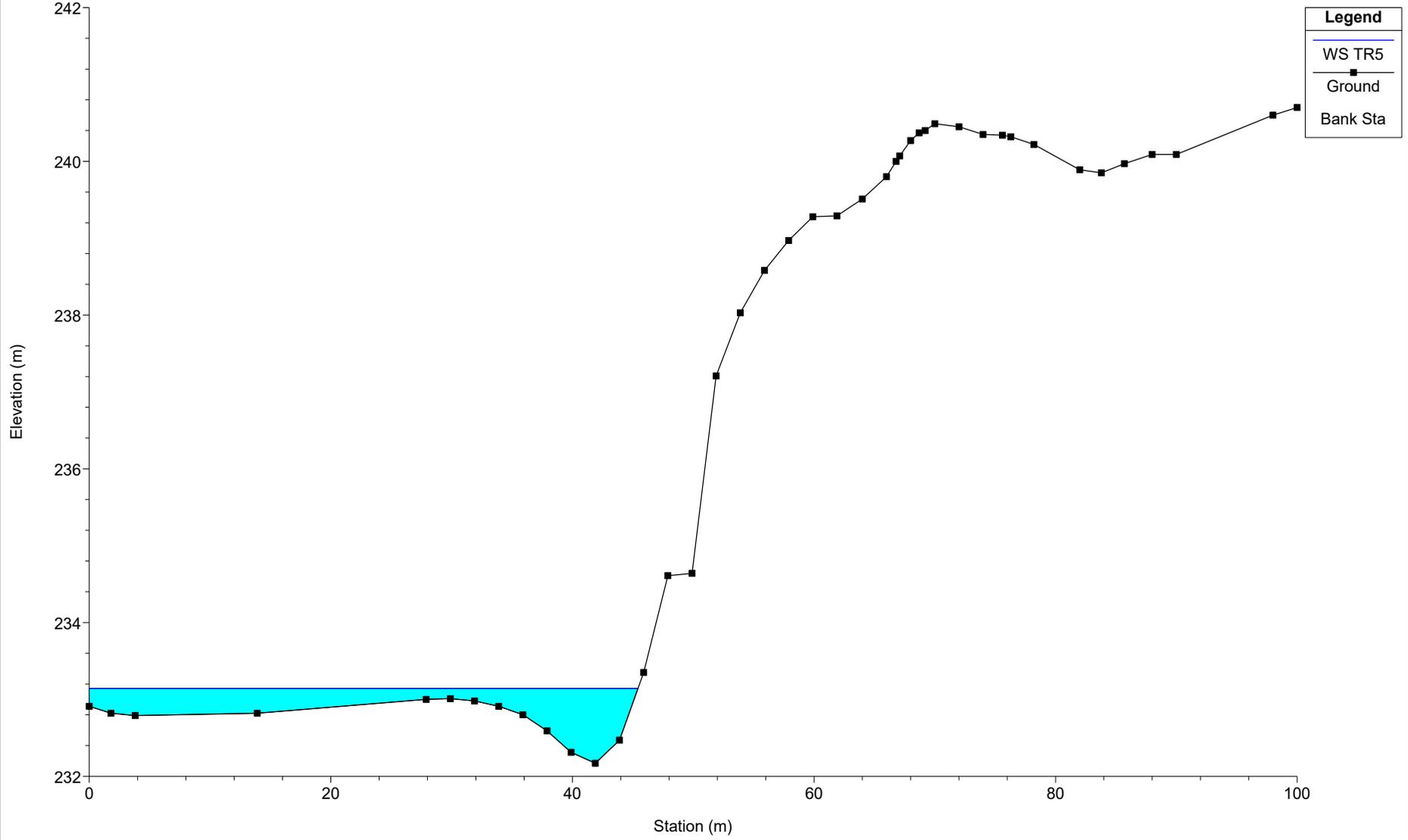
SEP16

River = SEP16 Reach = B02 RS = 4436



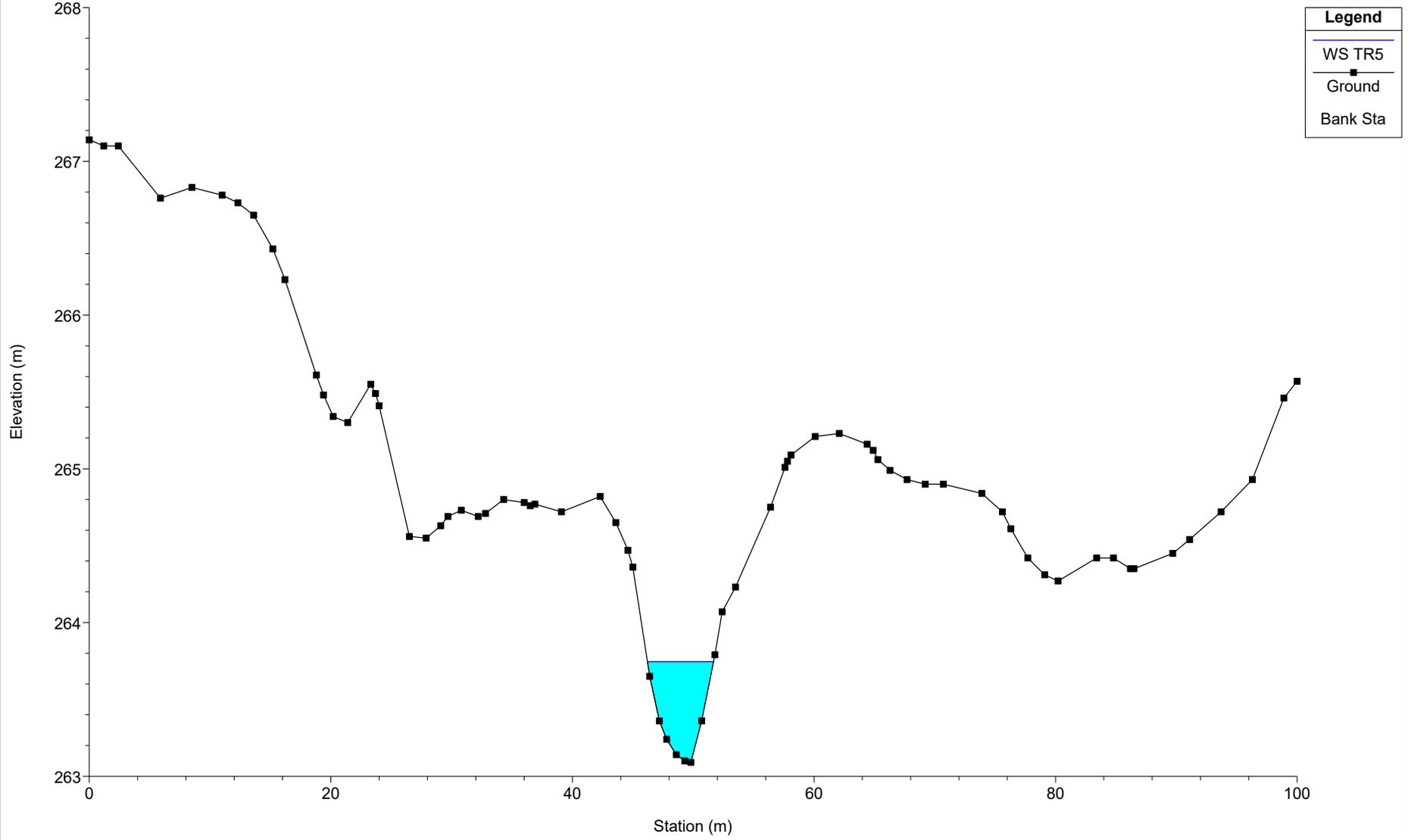
SEP16

River = SEP16 Reach = B02 RS = 4427



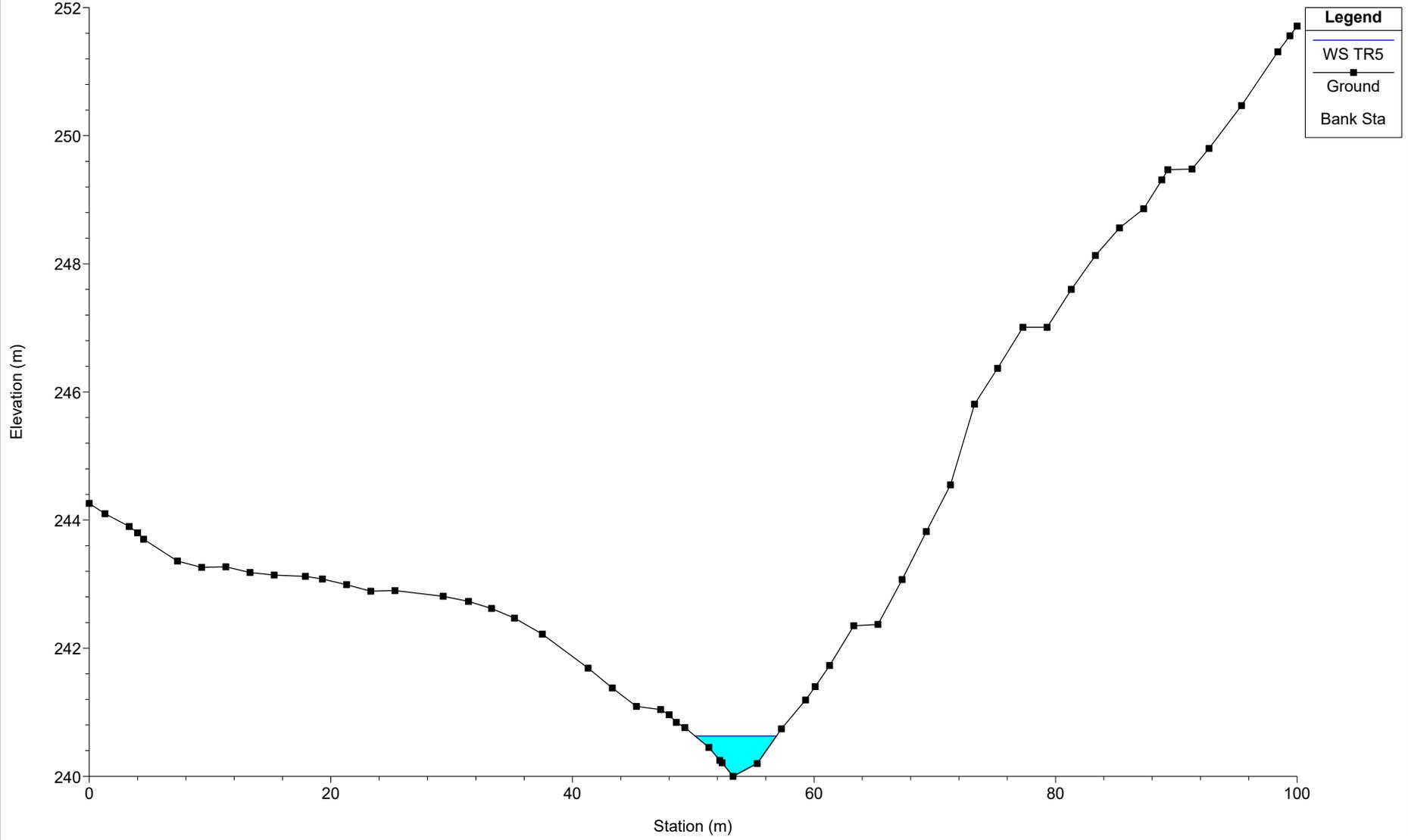
SEP16

River = SEP16 Reach = B06 RS = 3943



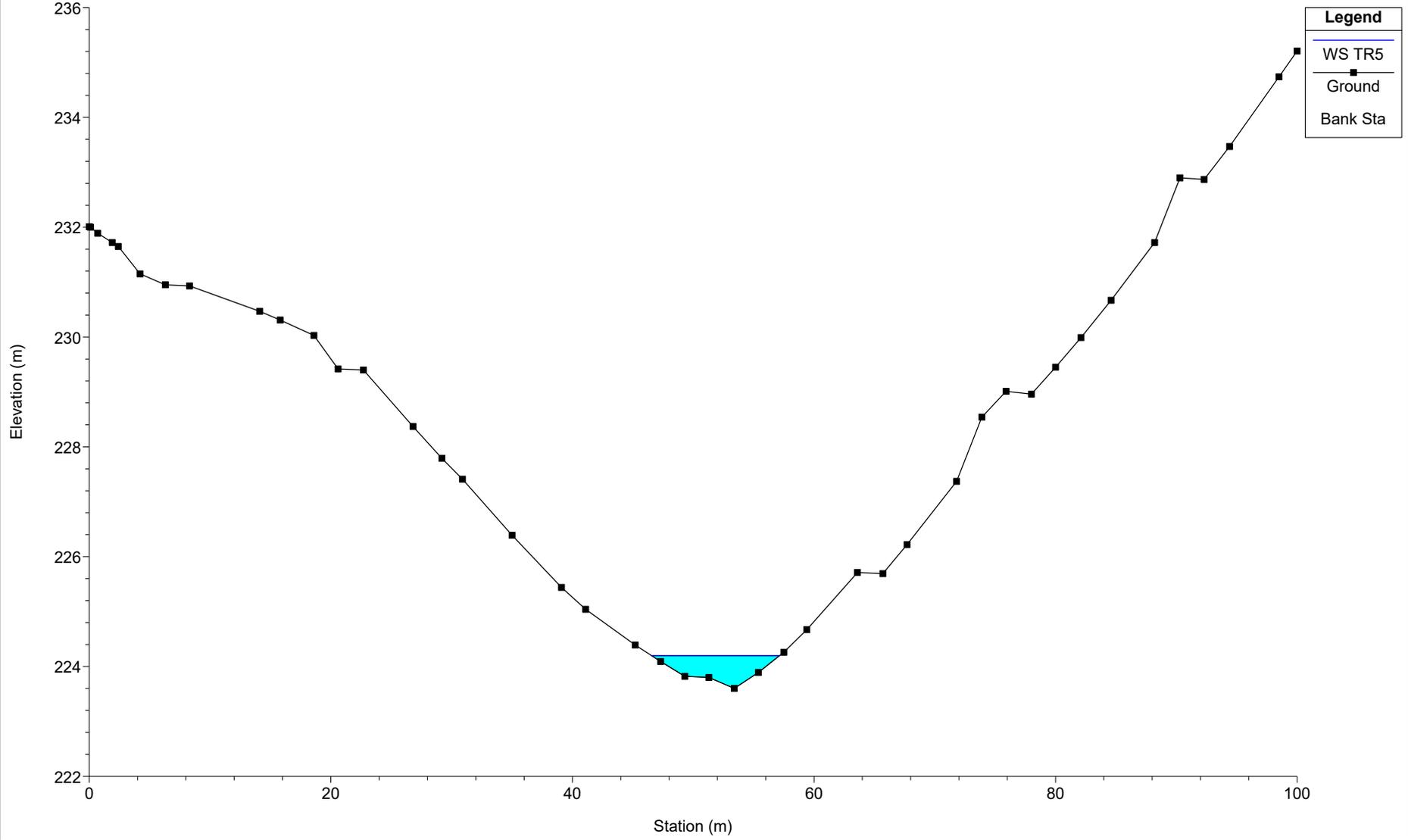
SEP16

River = SEP16 Reach = B06 RS = 3230



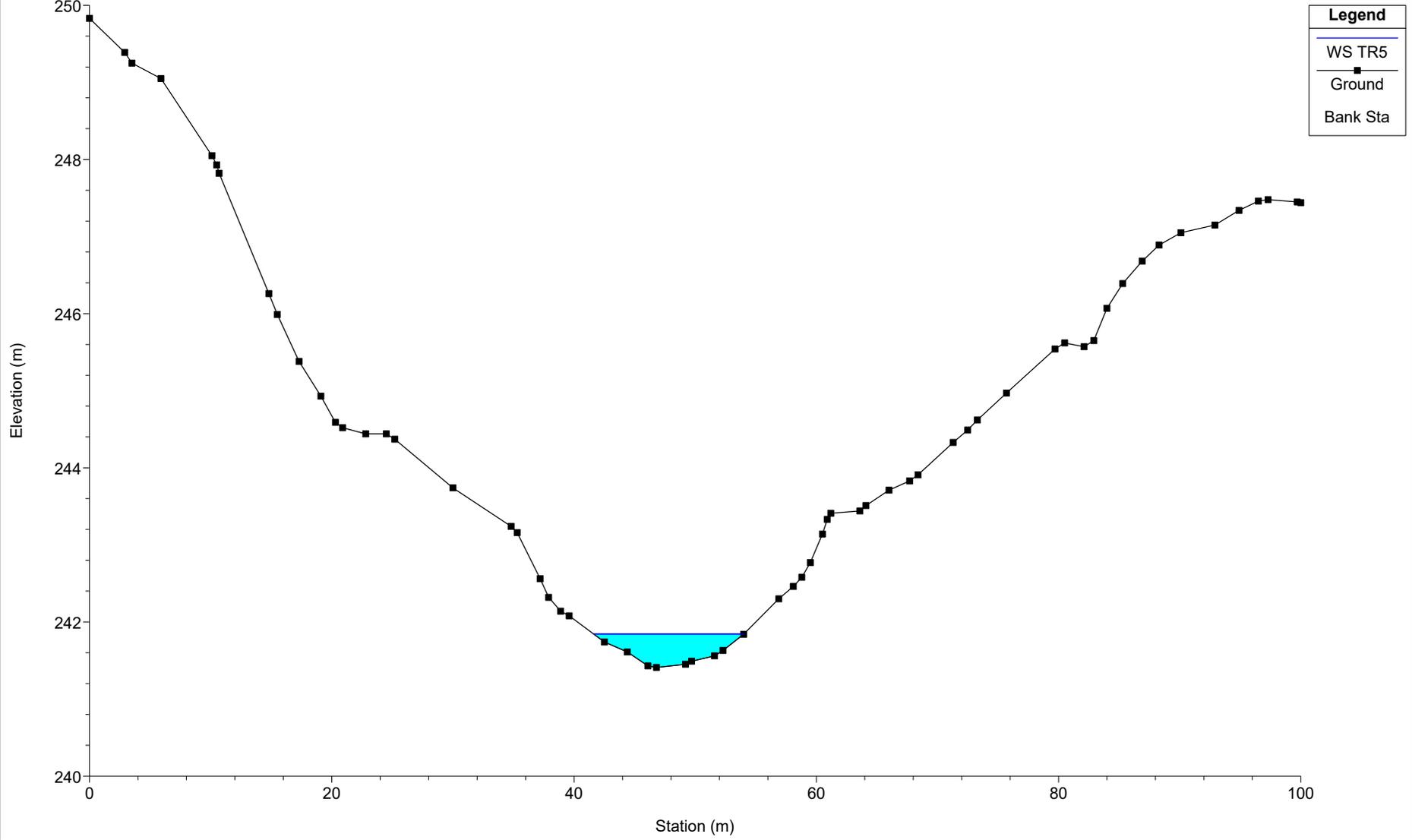
SEP16

River = SEP16 Reach = B06 RS = 3220



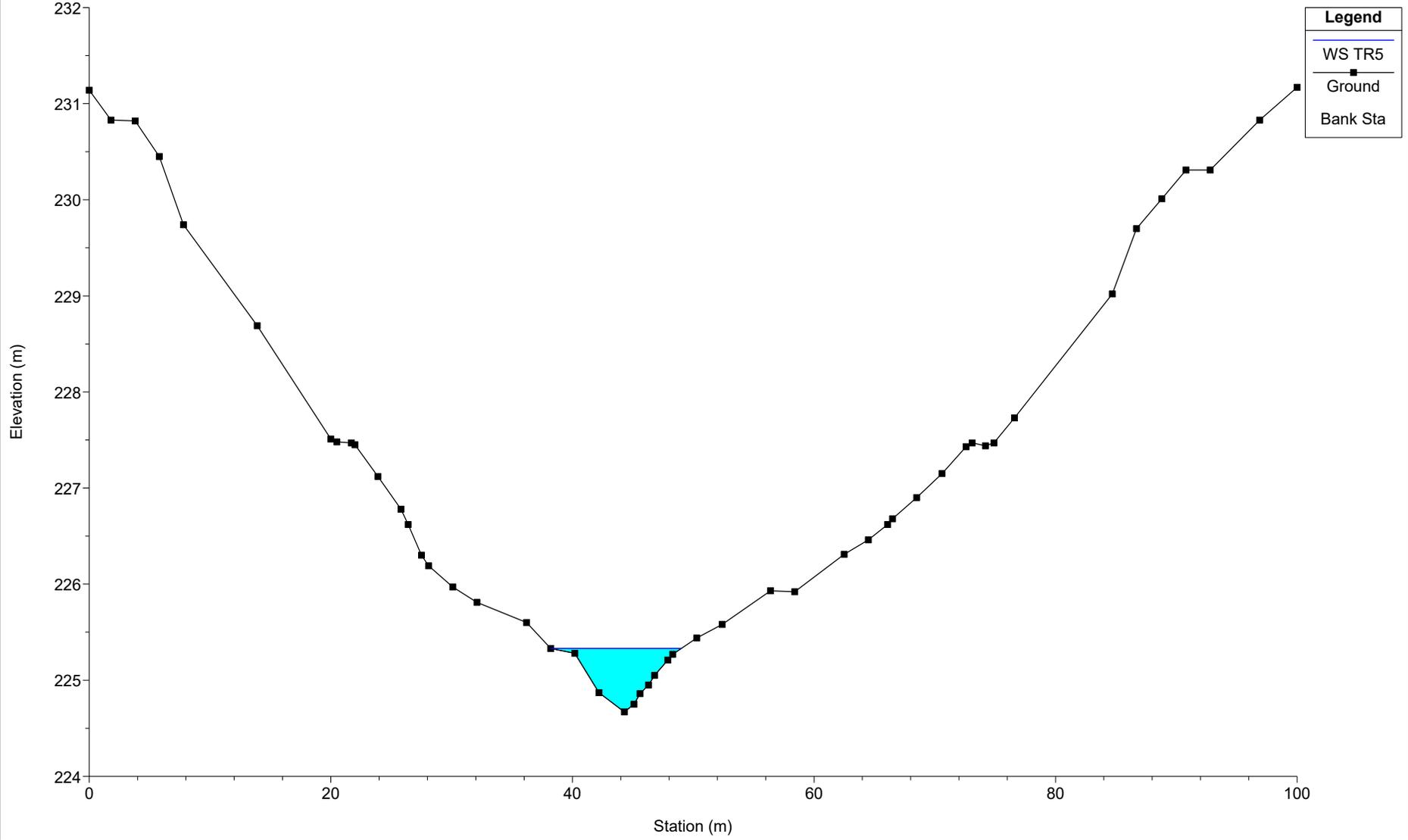
SEP16

River = SEP16 Reach = B06-aff1 RS = 3230



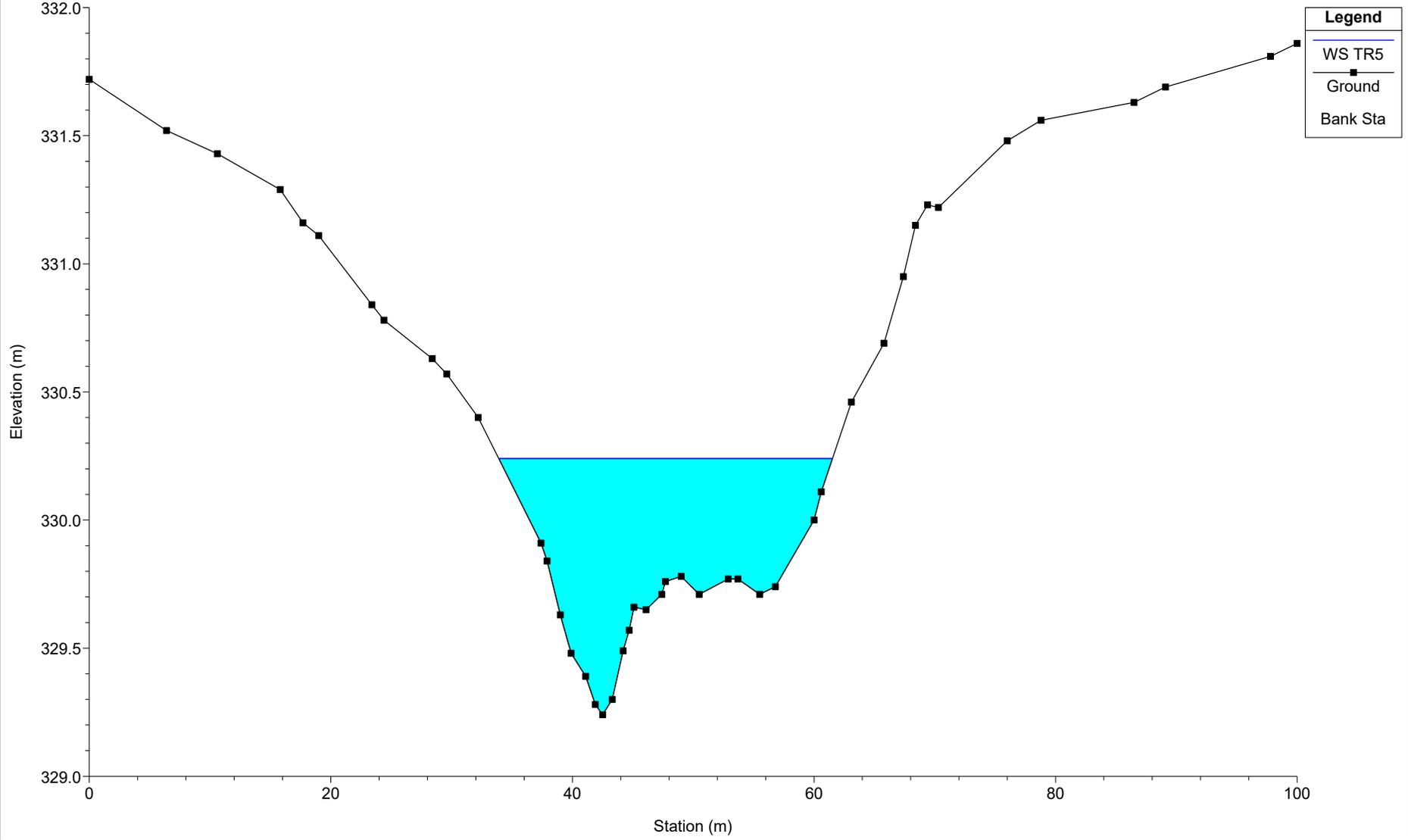
SEP16

River = SEP16 Reach = B06-aff1 RS = 3220



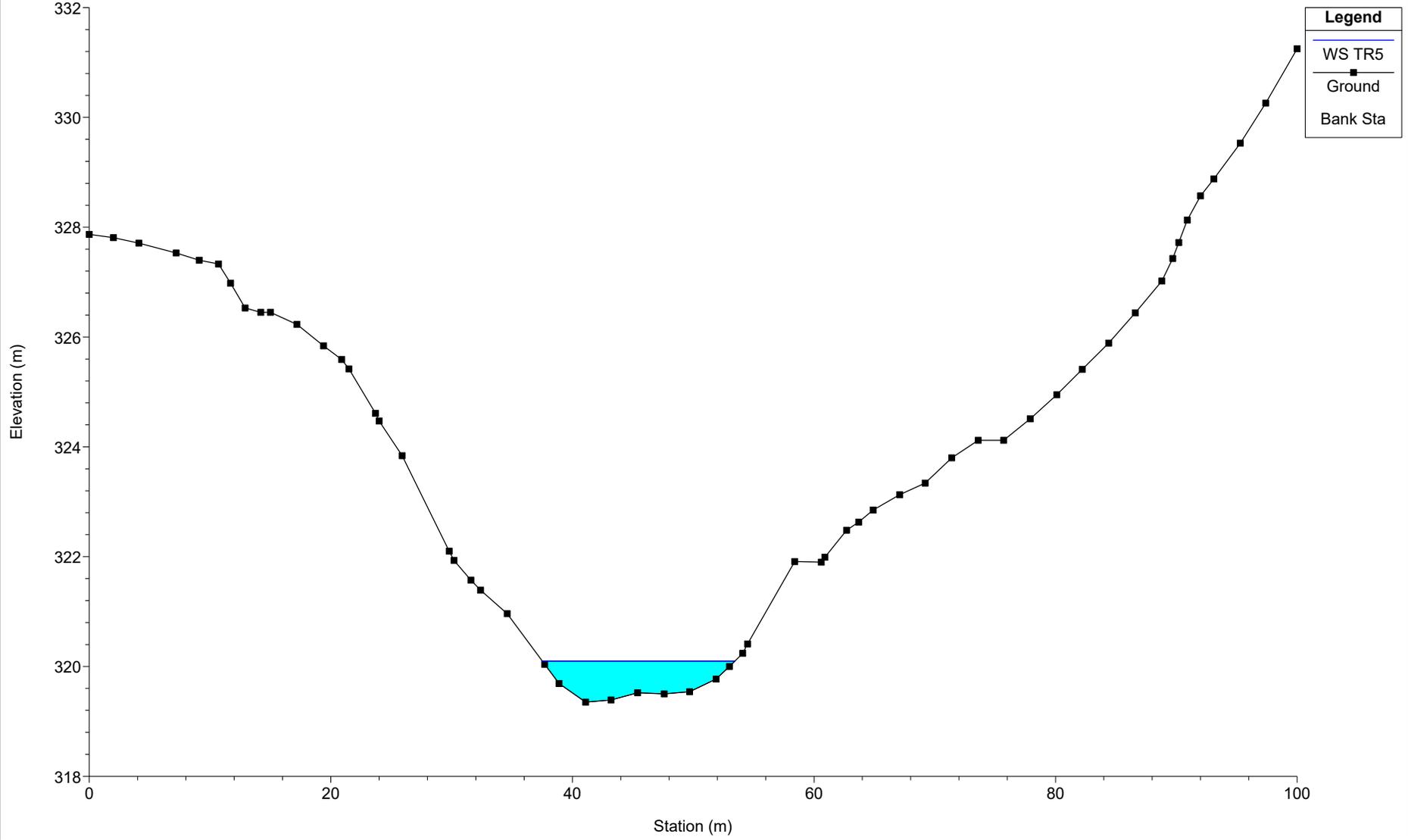
SEP16

River = SEP16 Reach = B03 RS = 4496



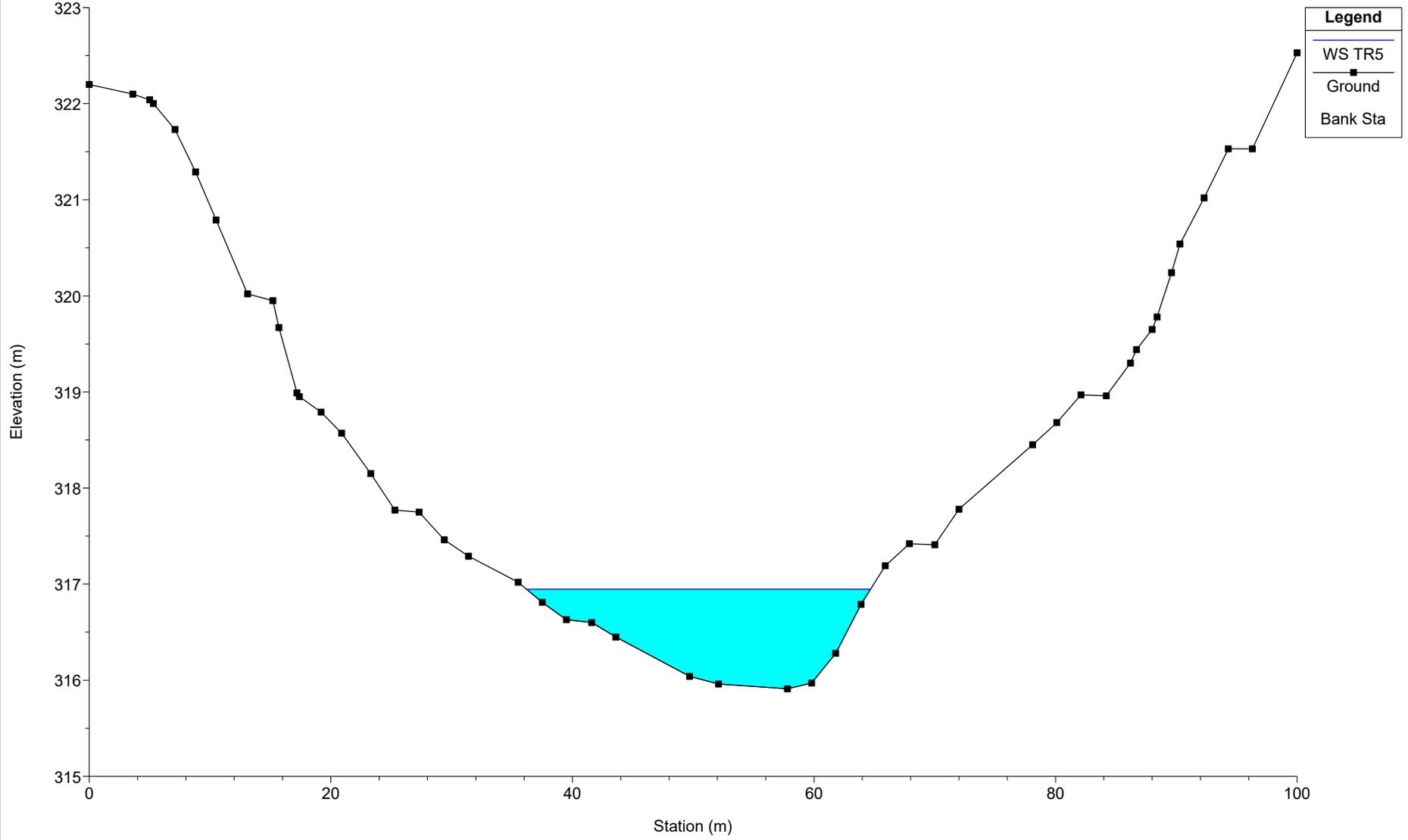
SEP16

River = SEP16 Reach = B03 RS = 4489



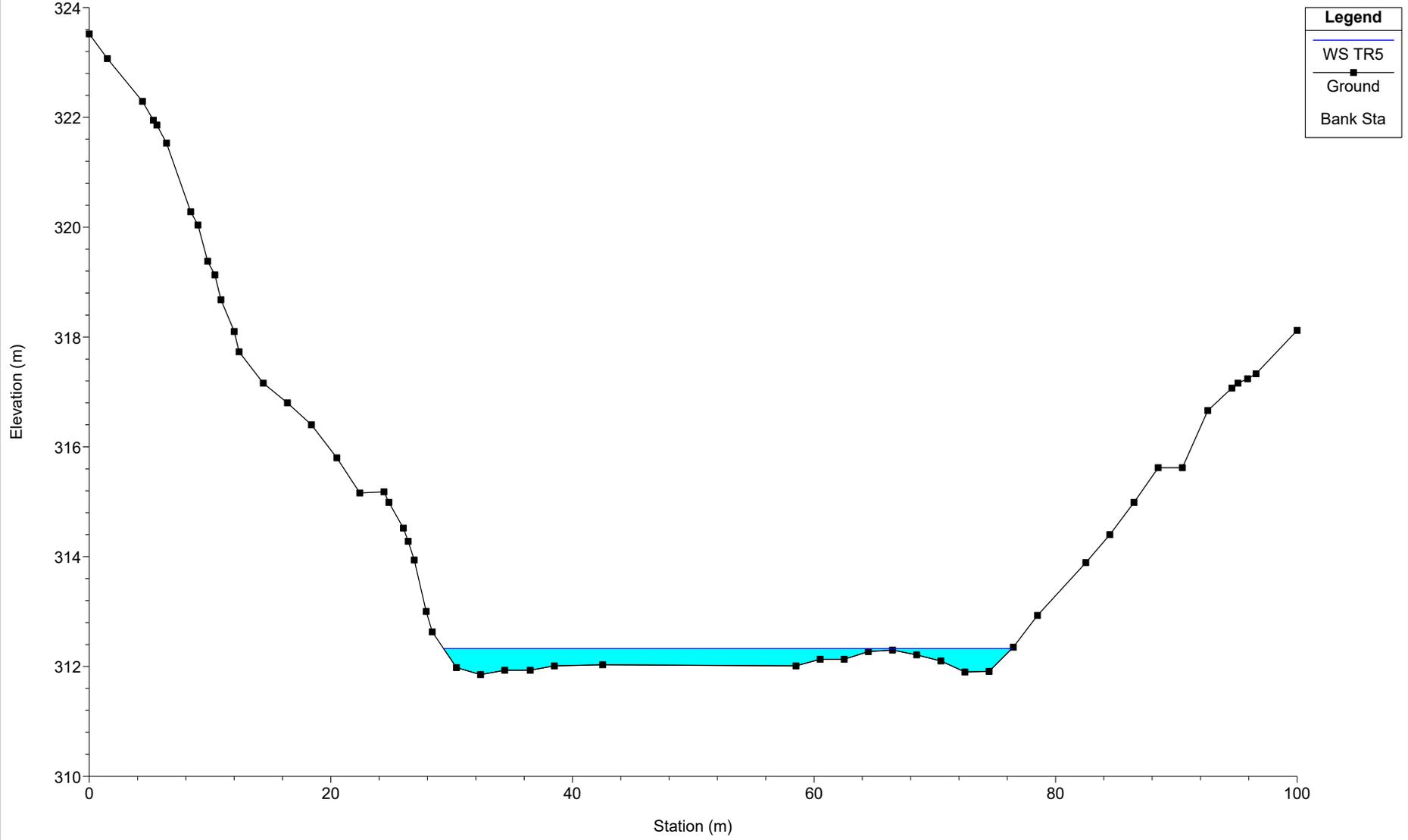
SEP16

River = SEP16 Reach = B03 RS = 4486



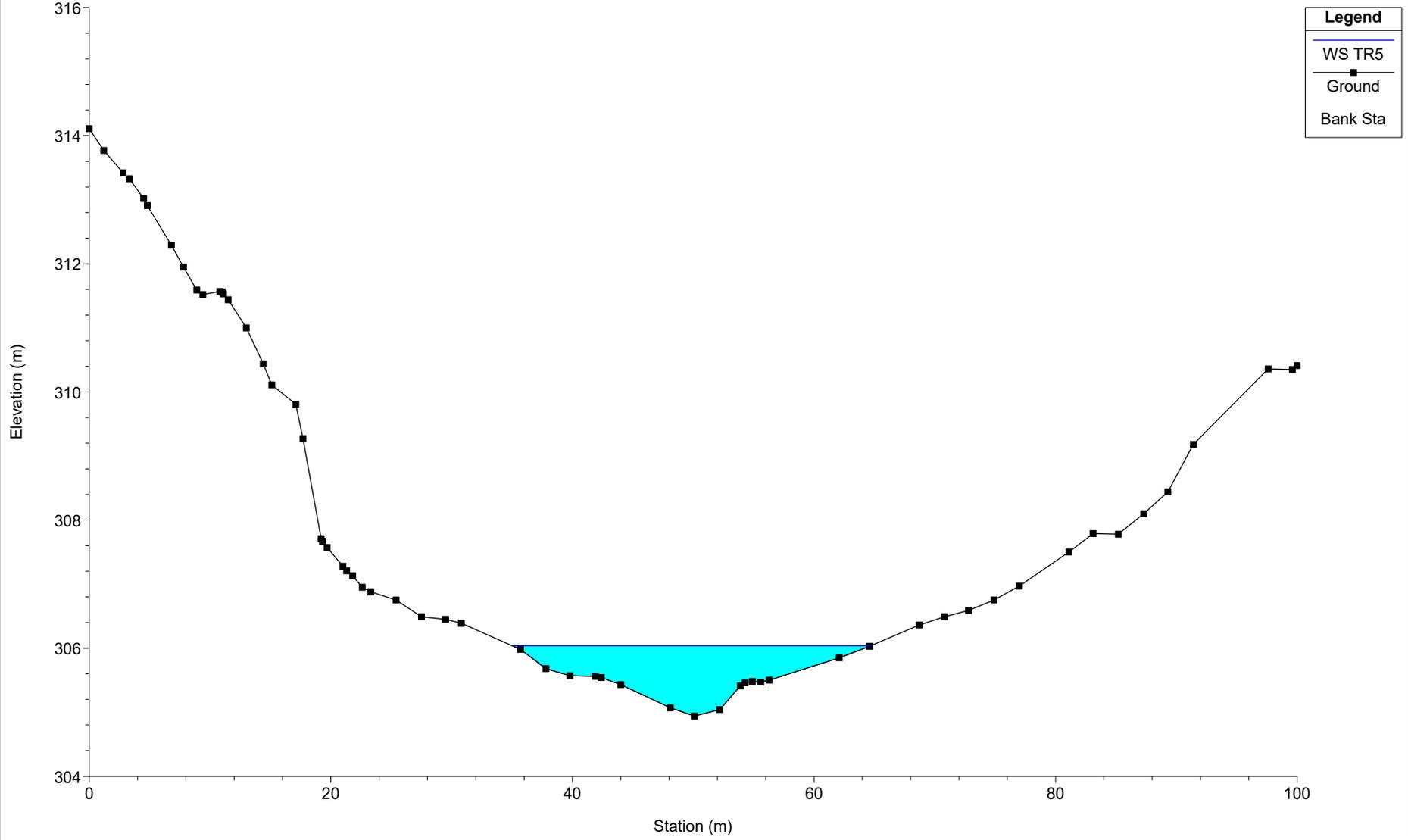
# SEP16

River = SEP16 Reach = B03 RS = 4478



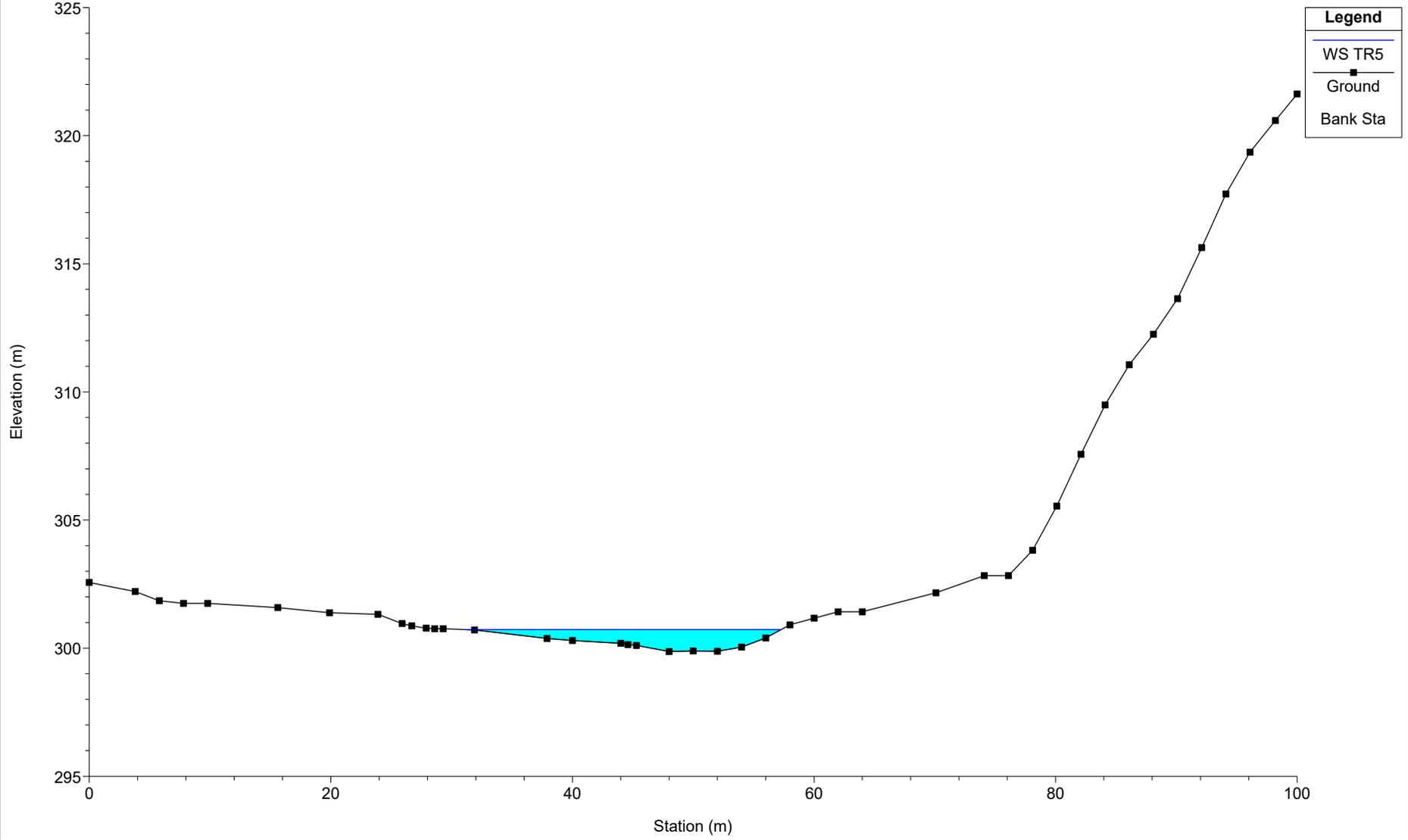
SEP16

River = SEP16 Reach = B03 RS = 4476.5



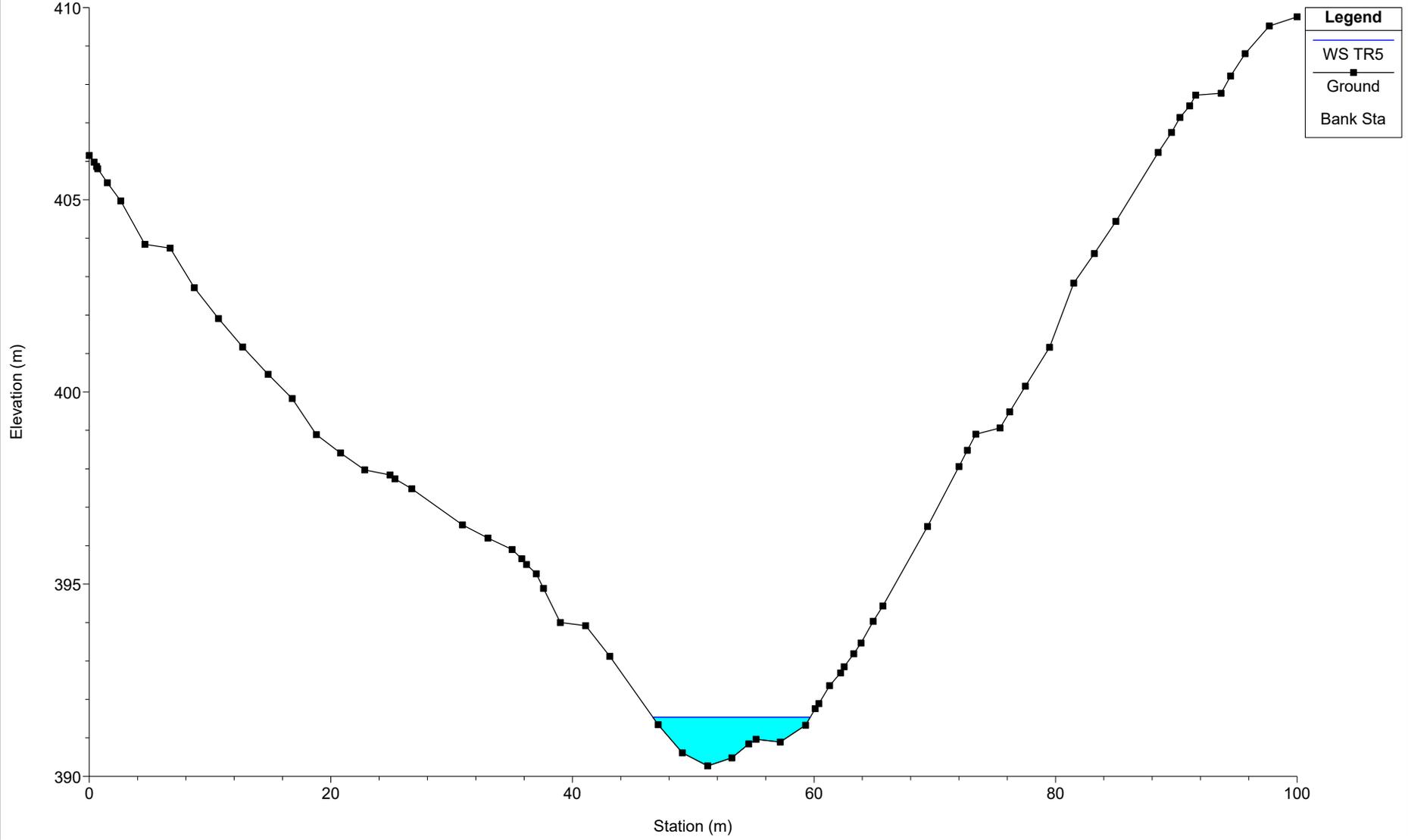
SEP16

River = SEP16 Reach = B03 RS = 4457



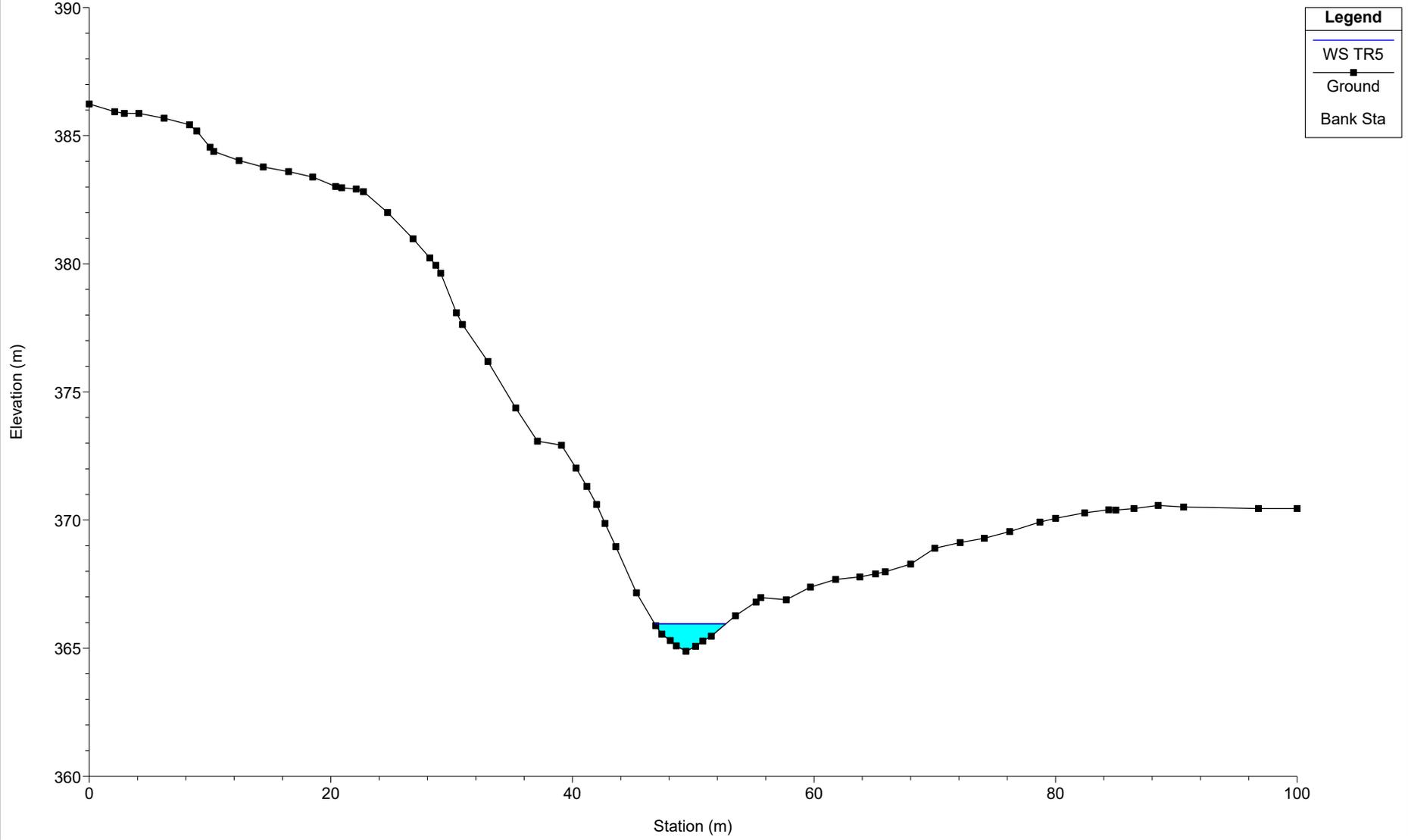
SEP16

River = SEP16 Reach = B03-aff1 RS = 4480



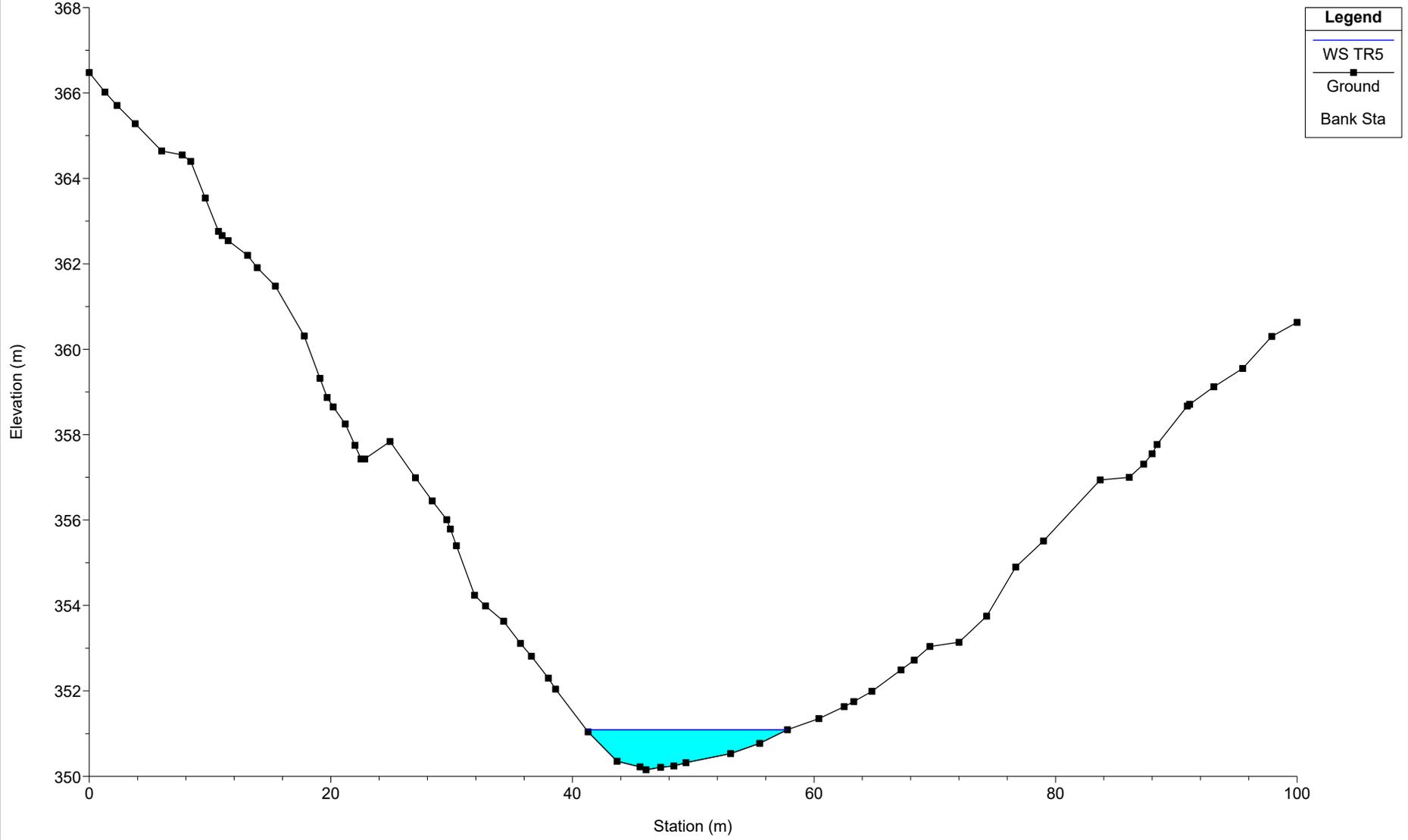
SEP16

River = SEP16 Reach = B03-aff1 RS = 4476.7



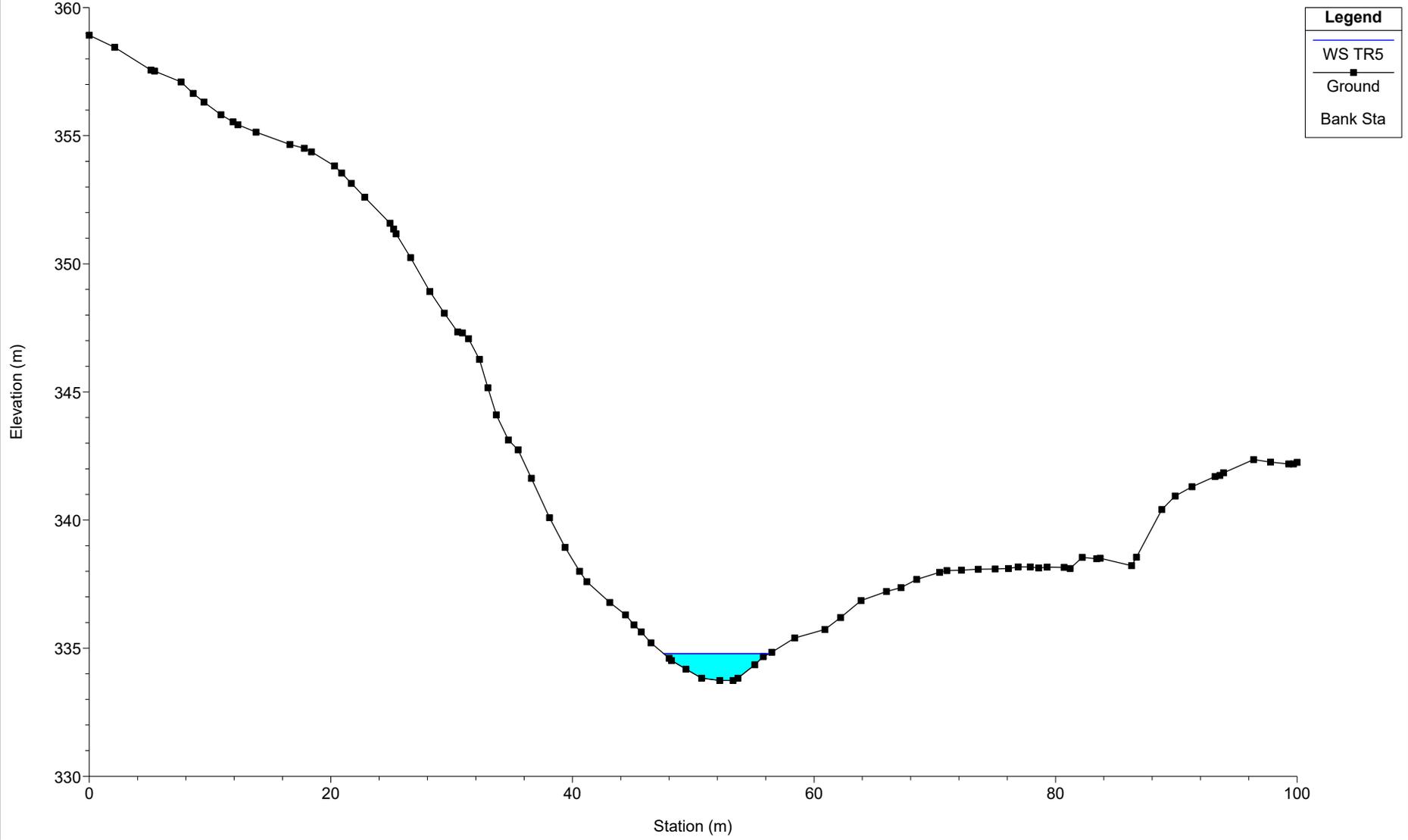
# SEP16

River = SEP16 Reach = B03-aff1 RS = 4469



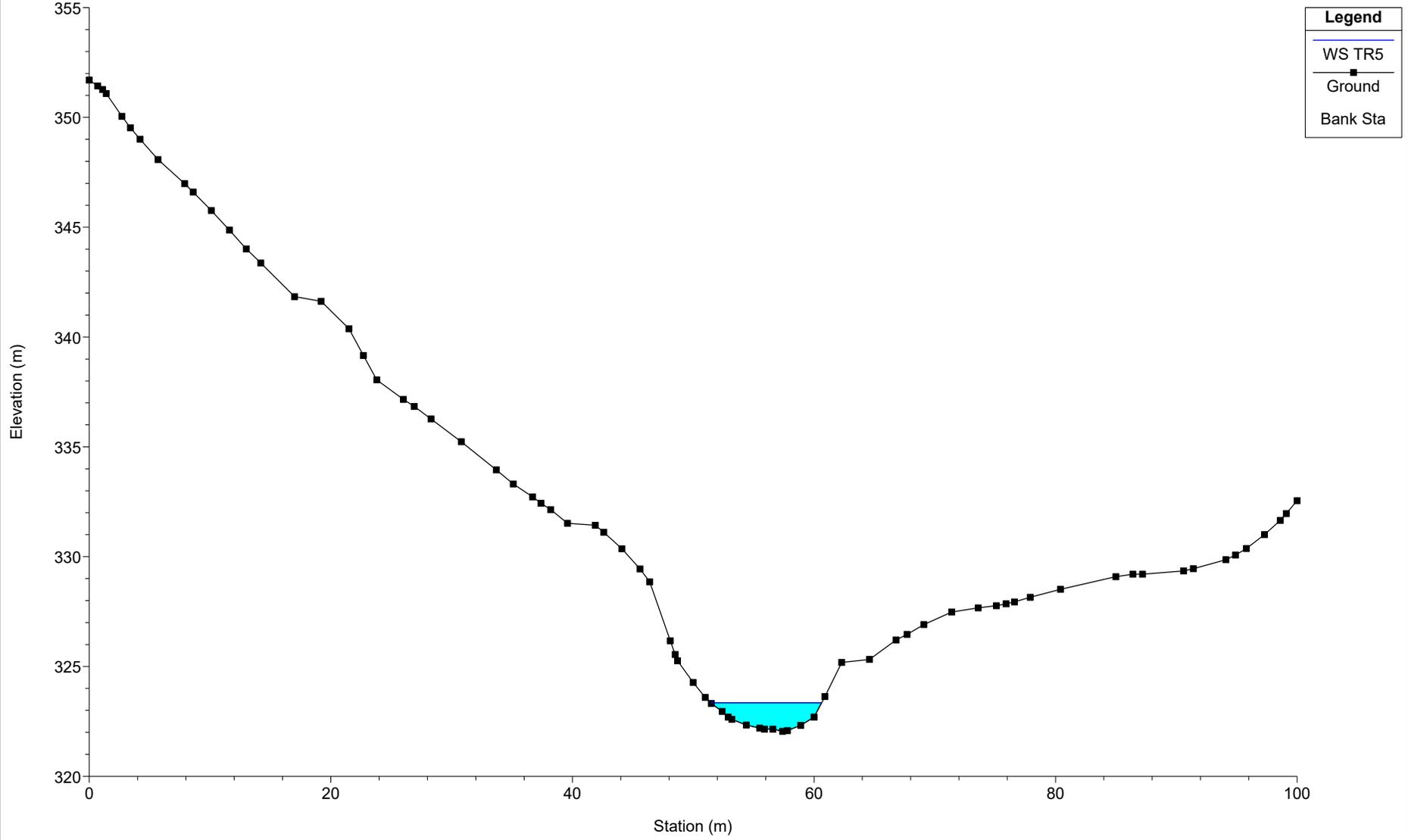
SEP16

River = SEP16 Reach = B03-aff1 RS = 4466



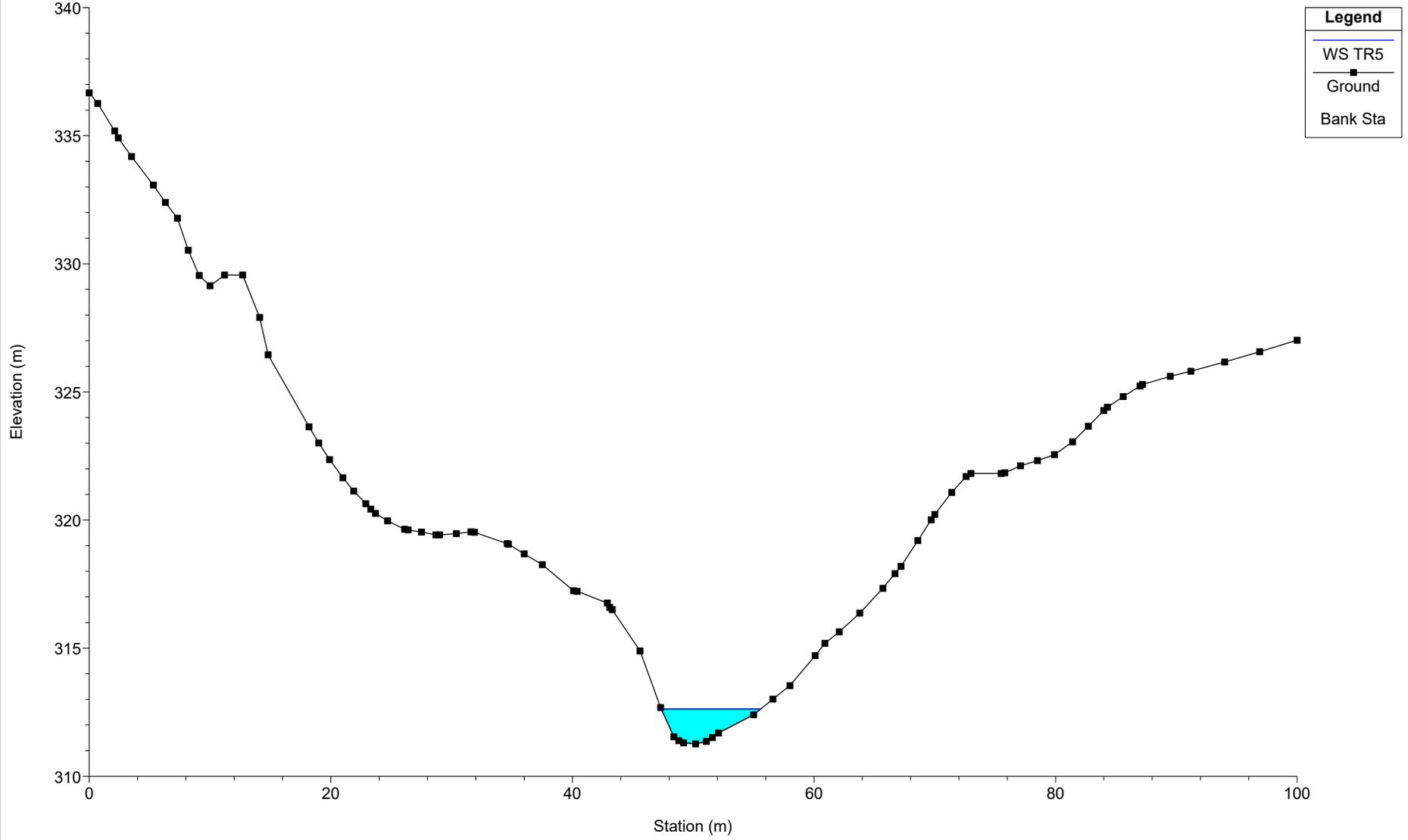
SEP16

River = SEP16 Reach = B03-aff1 RS = 4458



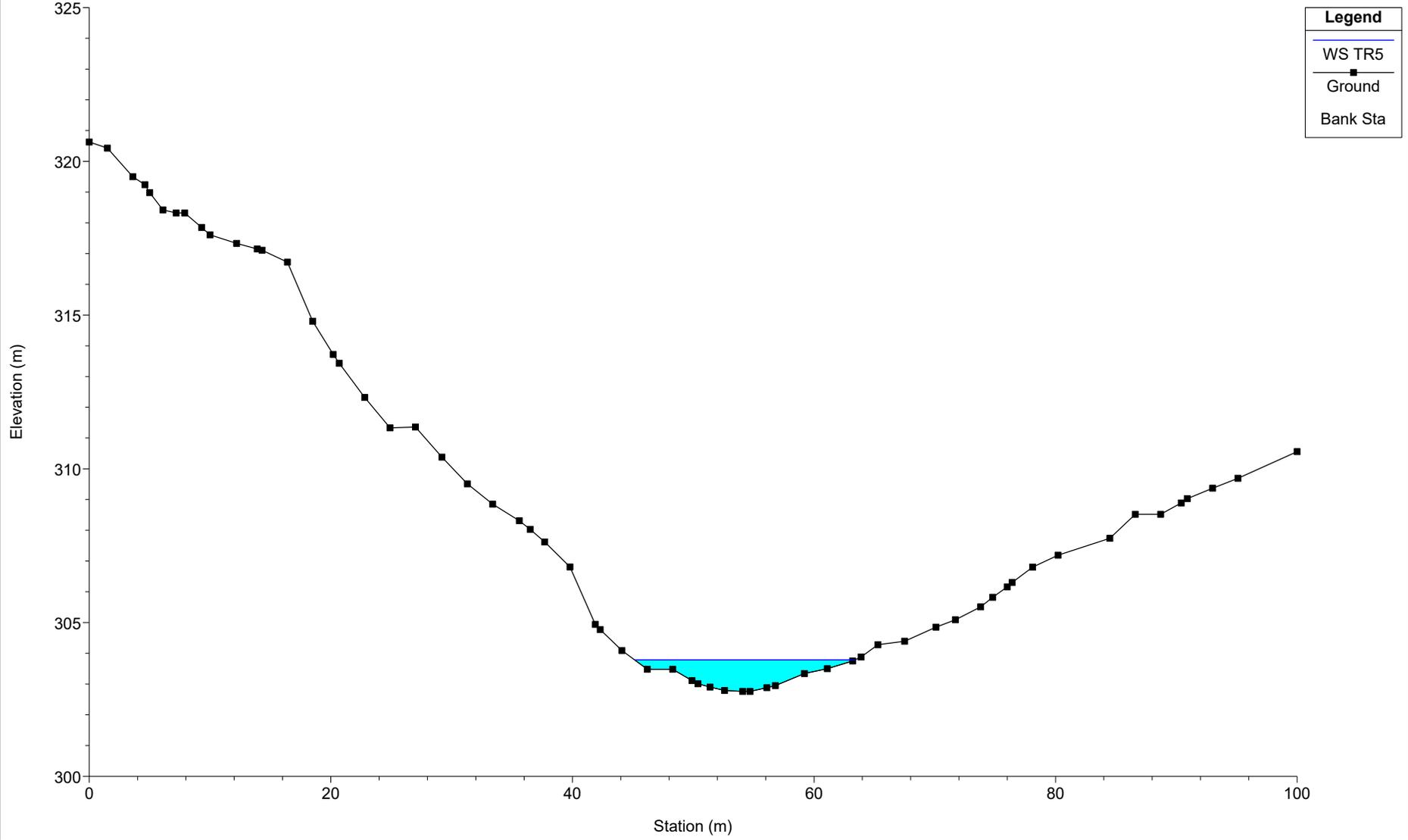
SEP16

River = SEP16 Reach = B03-aff1 RS = 4456



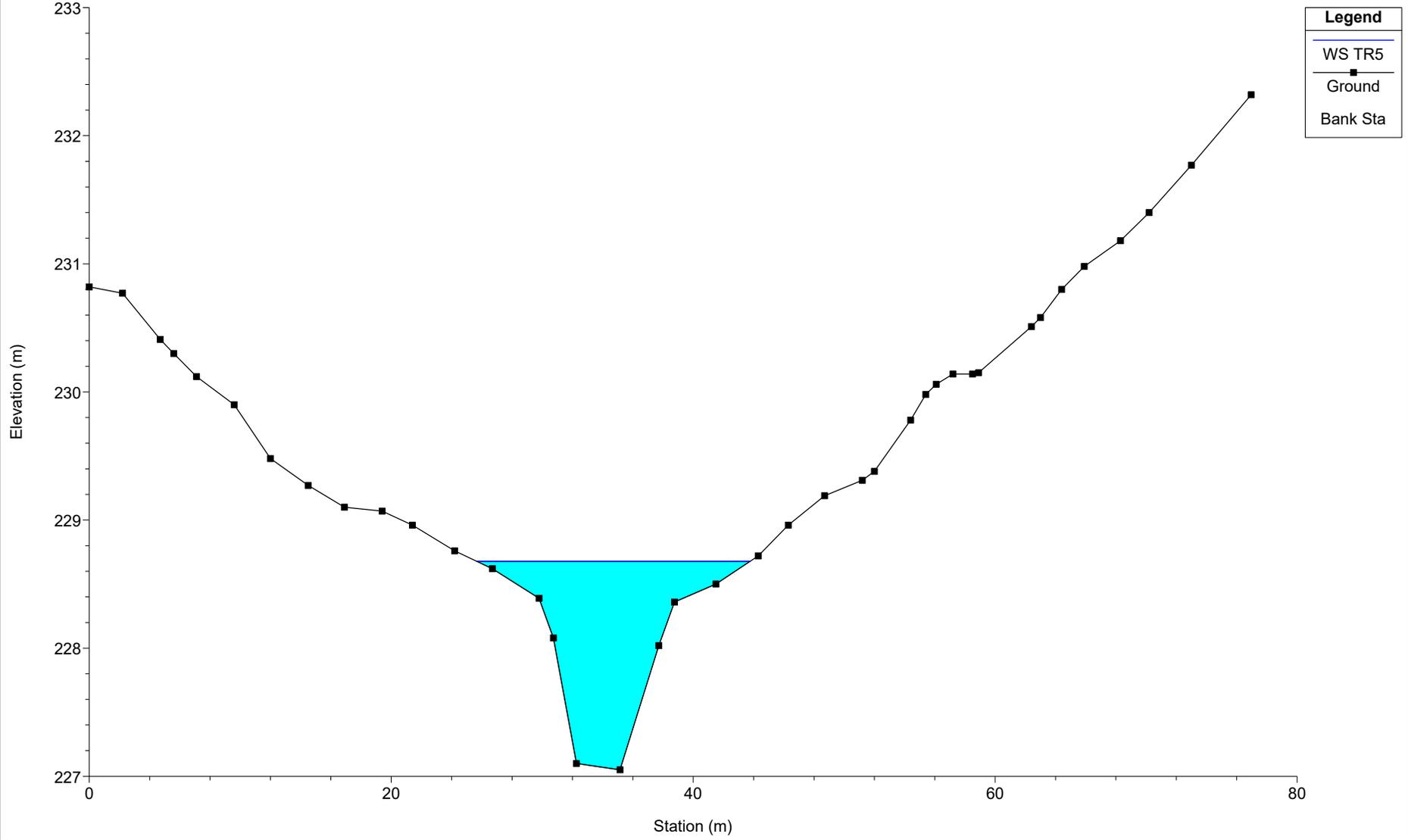
SEP16

River = SEP16 Reach = B03-aff1 RS = 4447



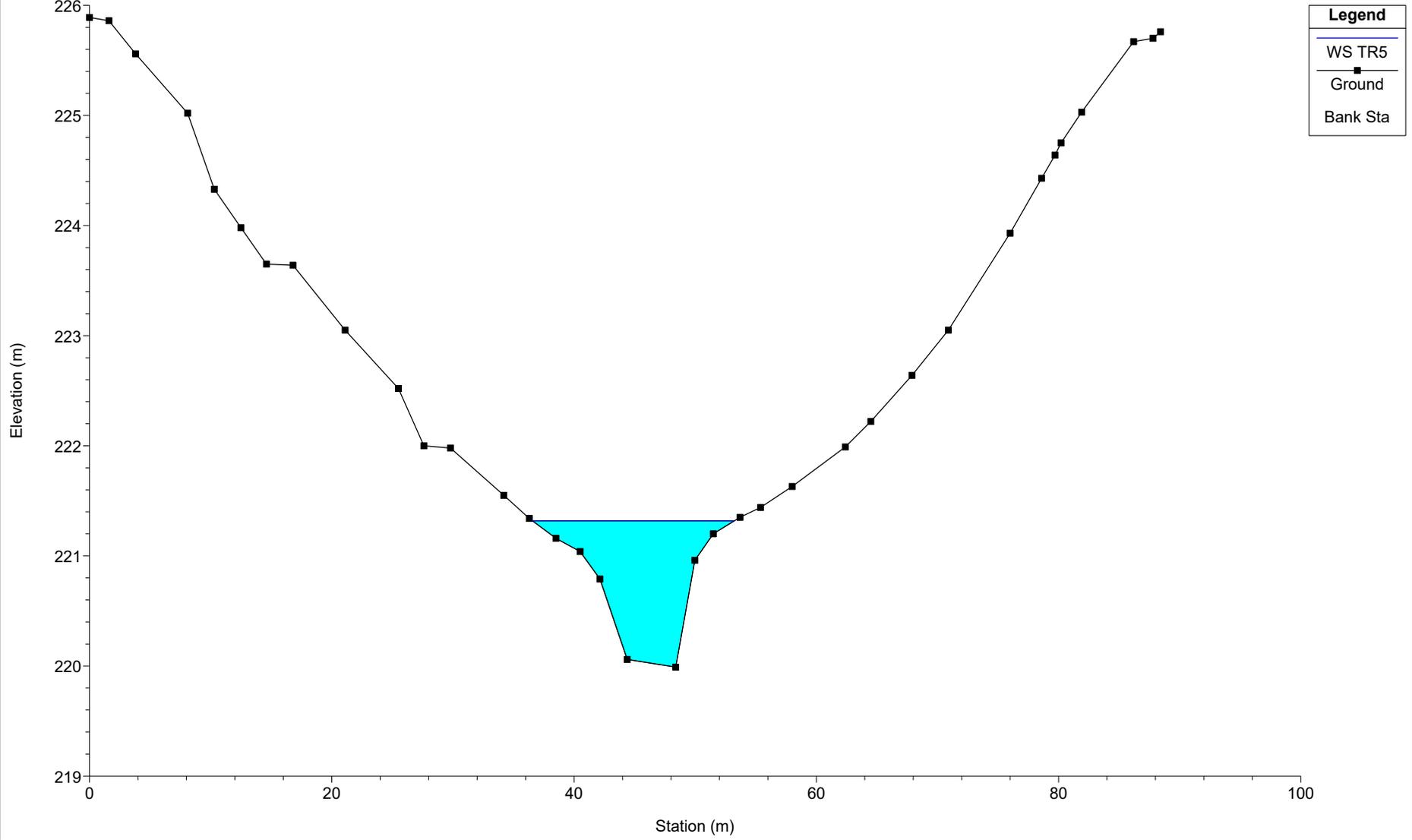
SEP16

River = SEP16 Reach = B02-aff2 RS = 4202



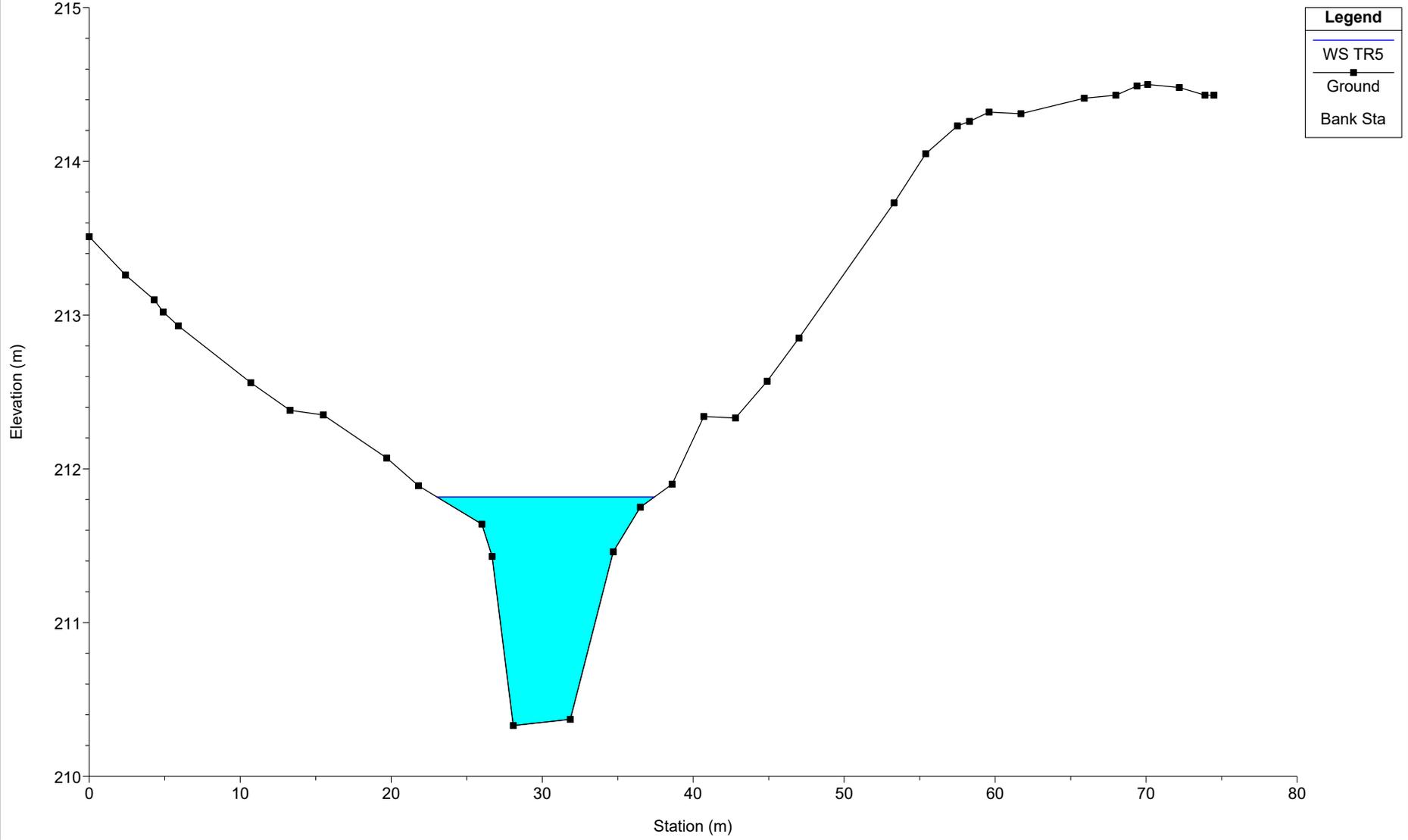
SEP16

River = SEP16 Reach = B02-aff2 RS = 3504



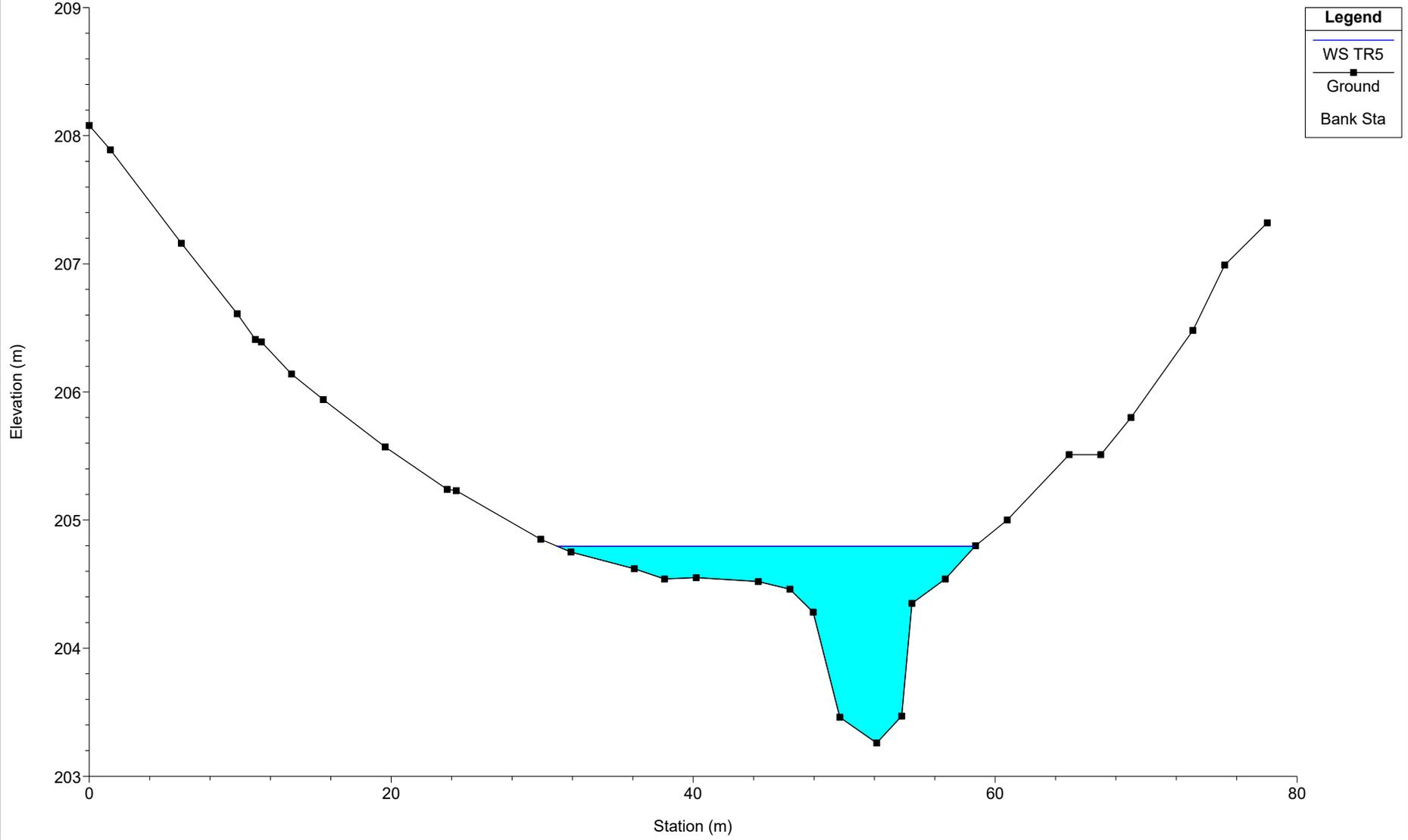
SEP16

River = SEP16 Reach = B02-aff2 RS = 2584



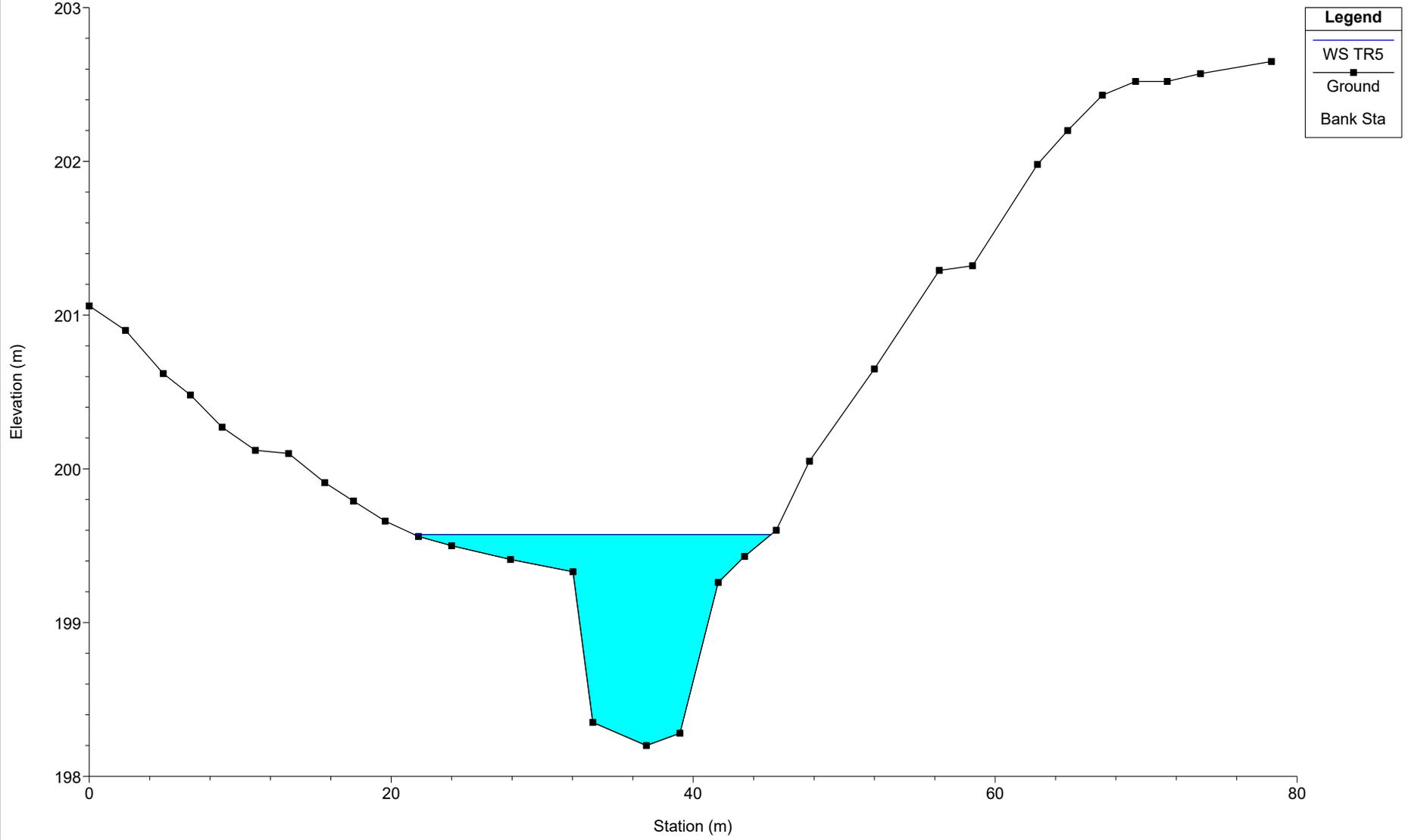
SEP16

River = SEP16 Reach = B02-aff2 RS = 1788



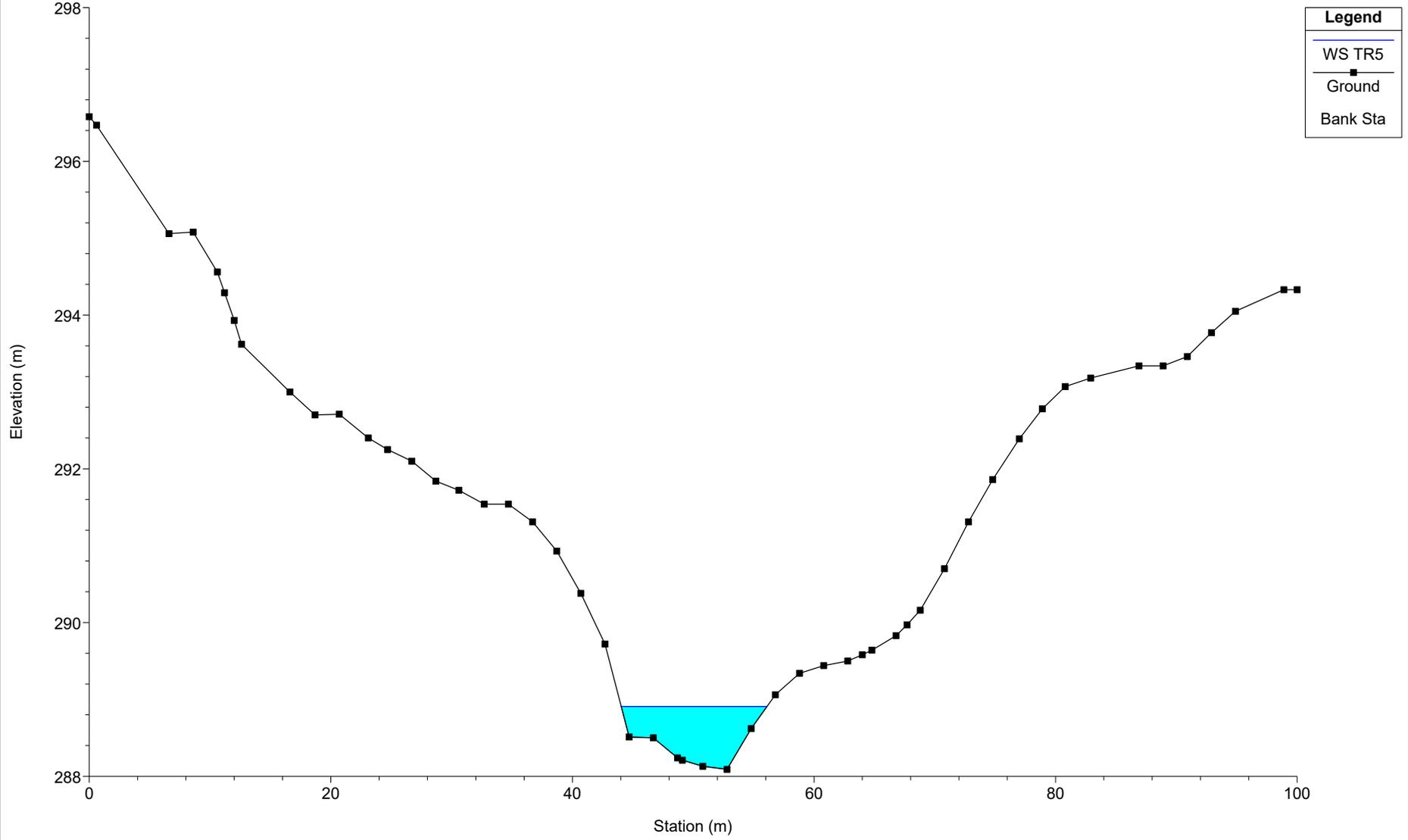
SEP16

River = SEP16 Reach = B02-aff2 RS = 1092



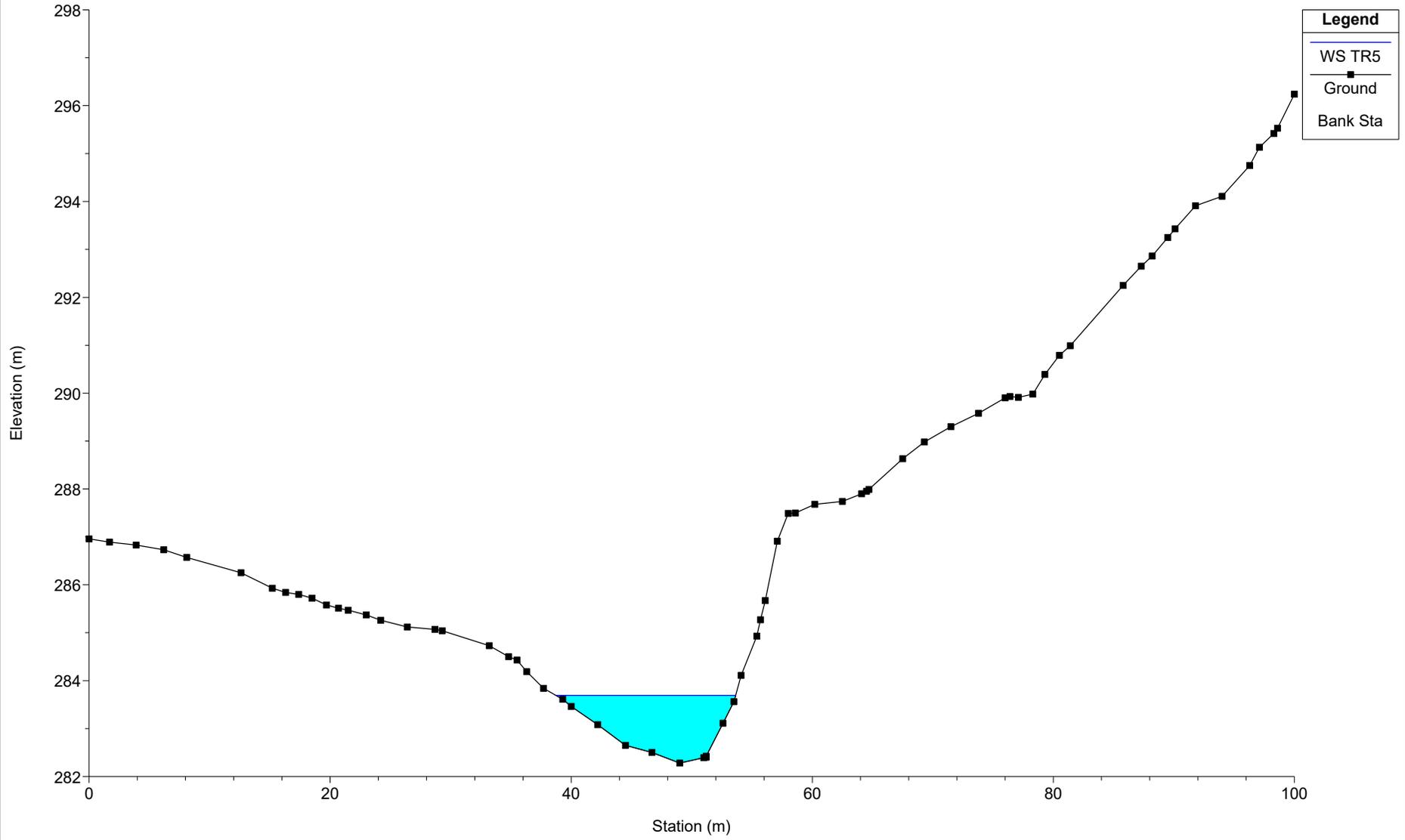
SEP16

River = SEP16 Reach = B03-bis RS = 4486



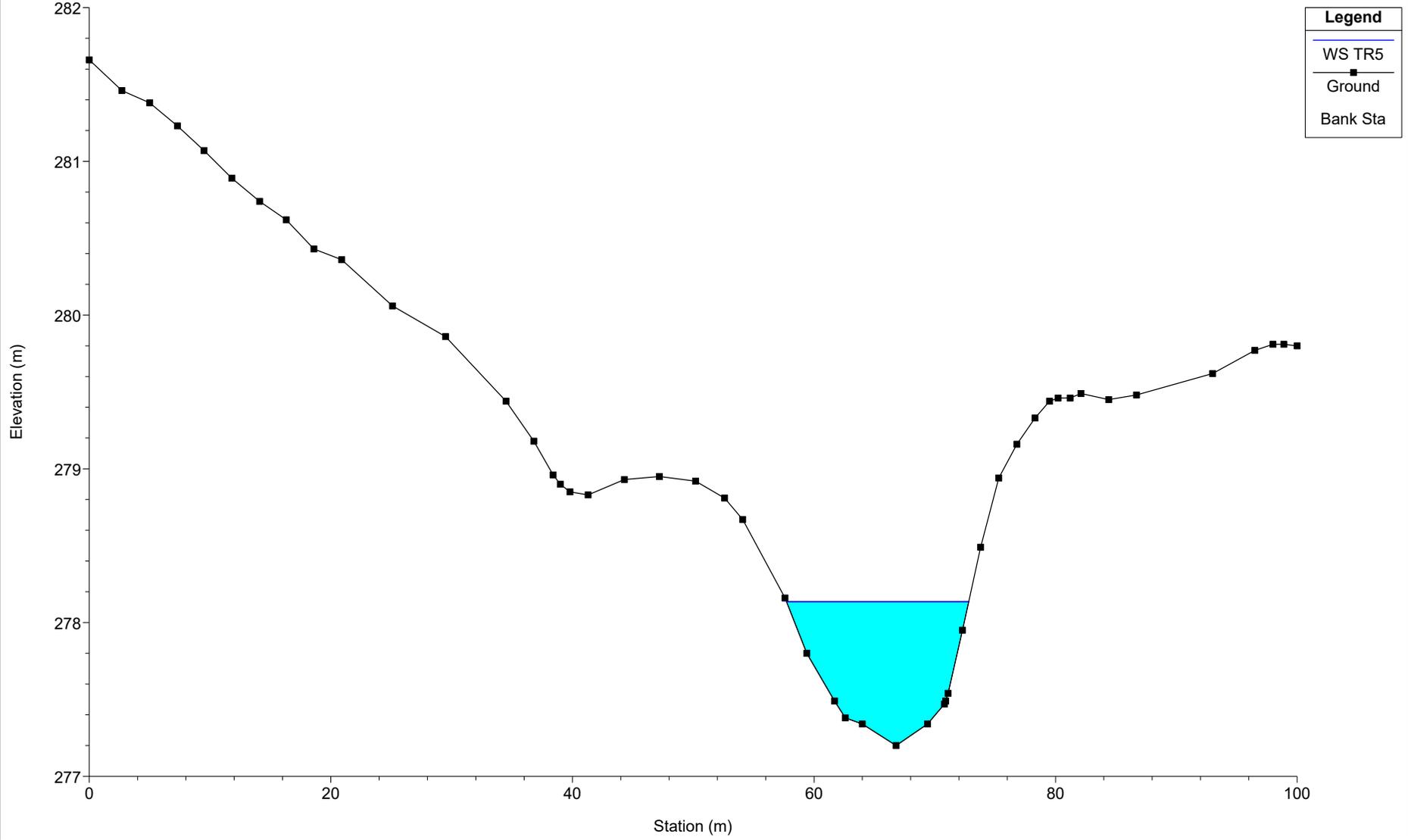
# SEP16

River = SEP16 Reach = B03-bis RS = 4479



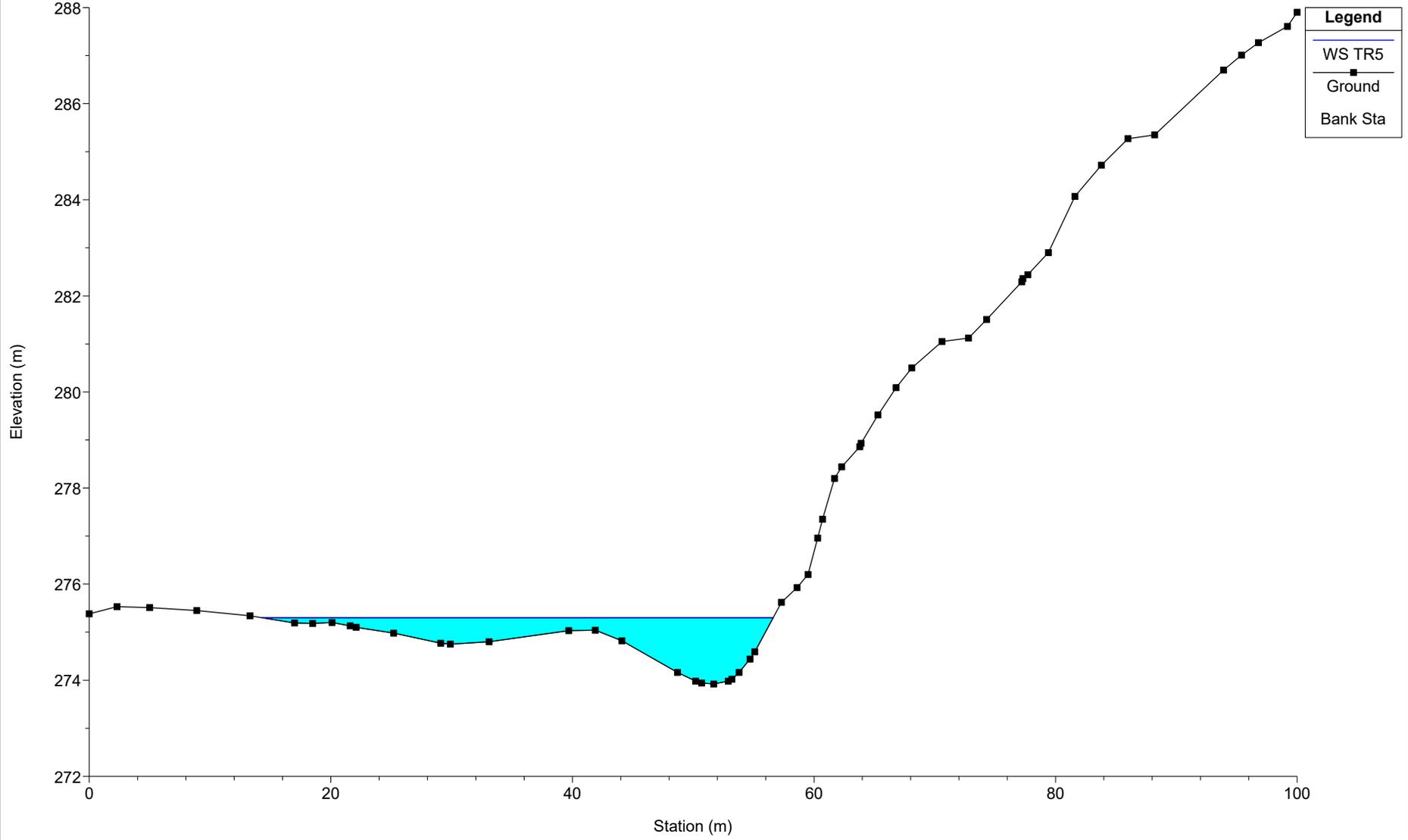
SEP16

River = SEP16 Reach = B03-bis RS = 4476



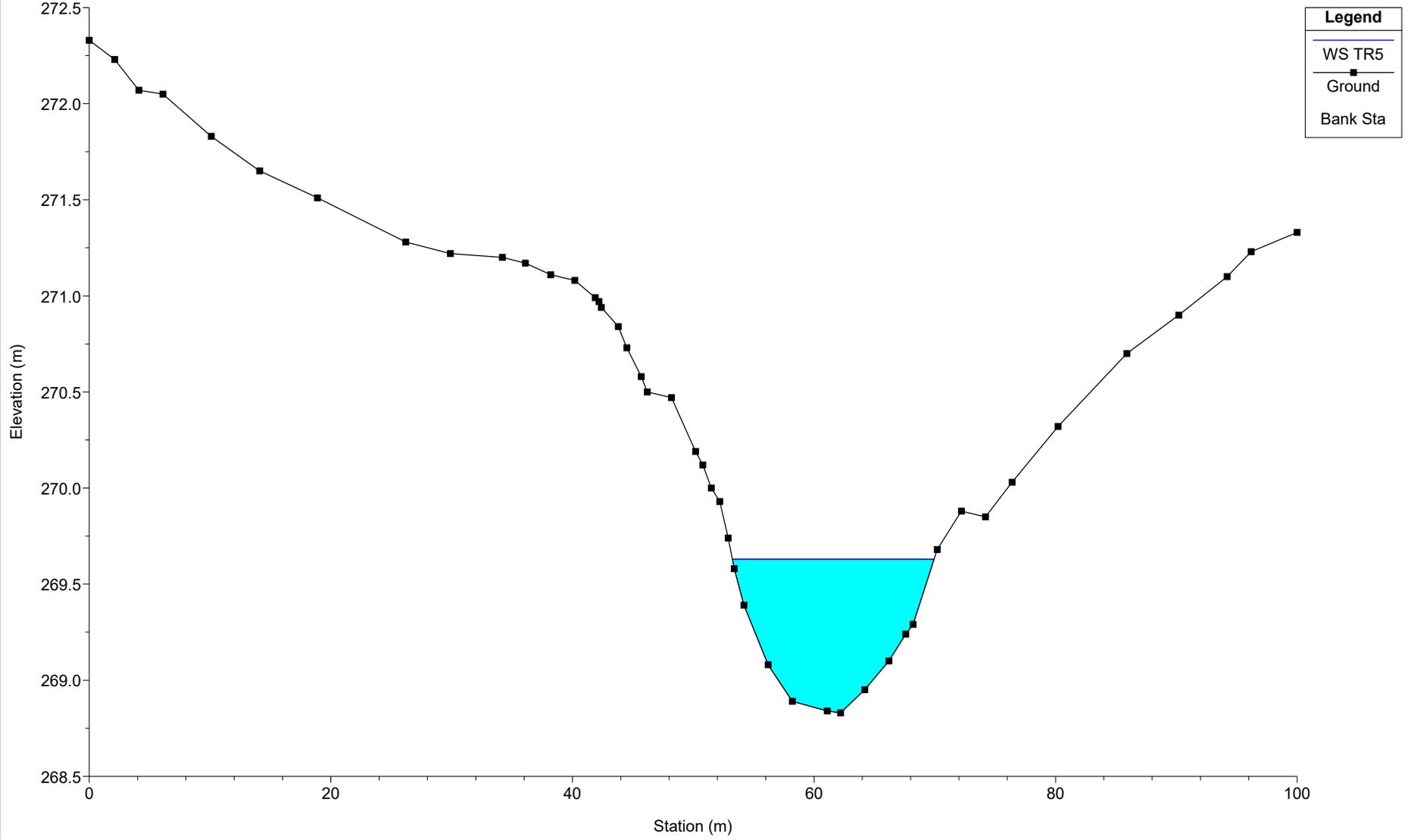
# SEP16

River = SEP16 Reach = B03-bis RS = 4468



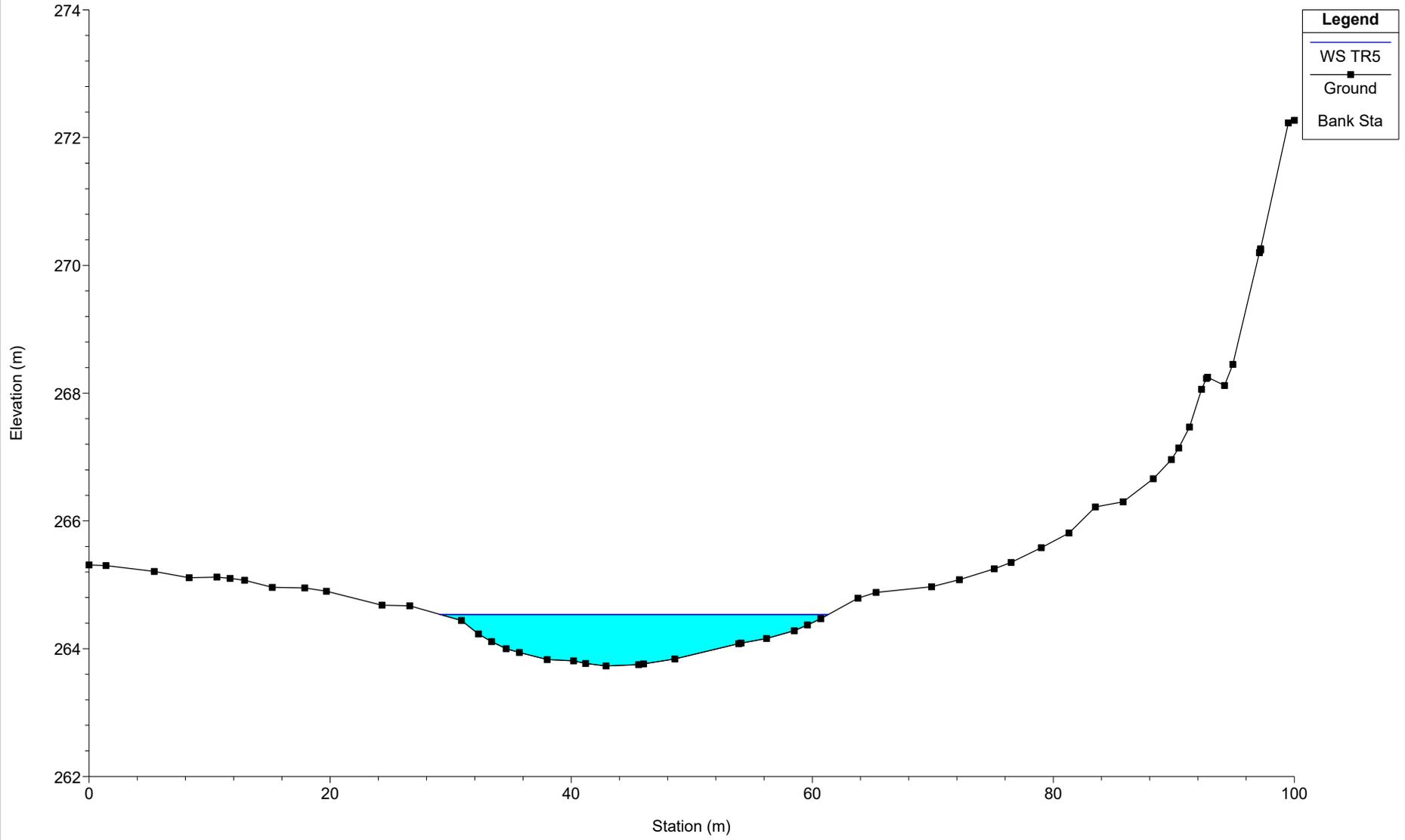
# SEP16

River = SEP16 Reach = B03-bis RS = 4466



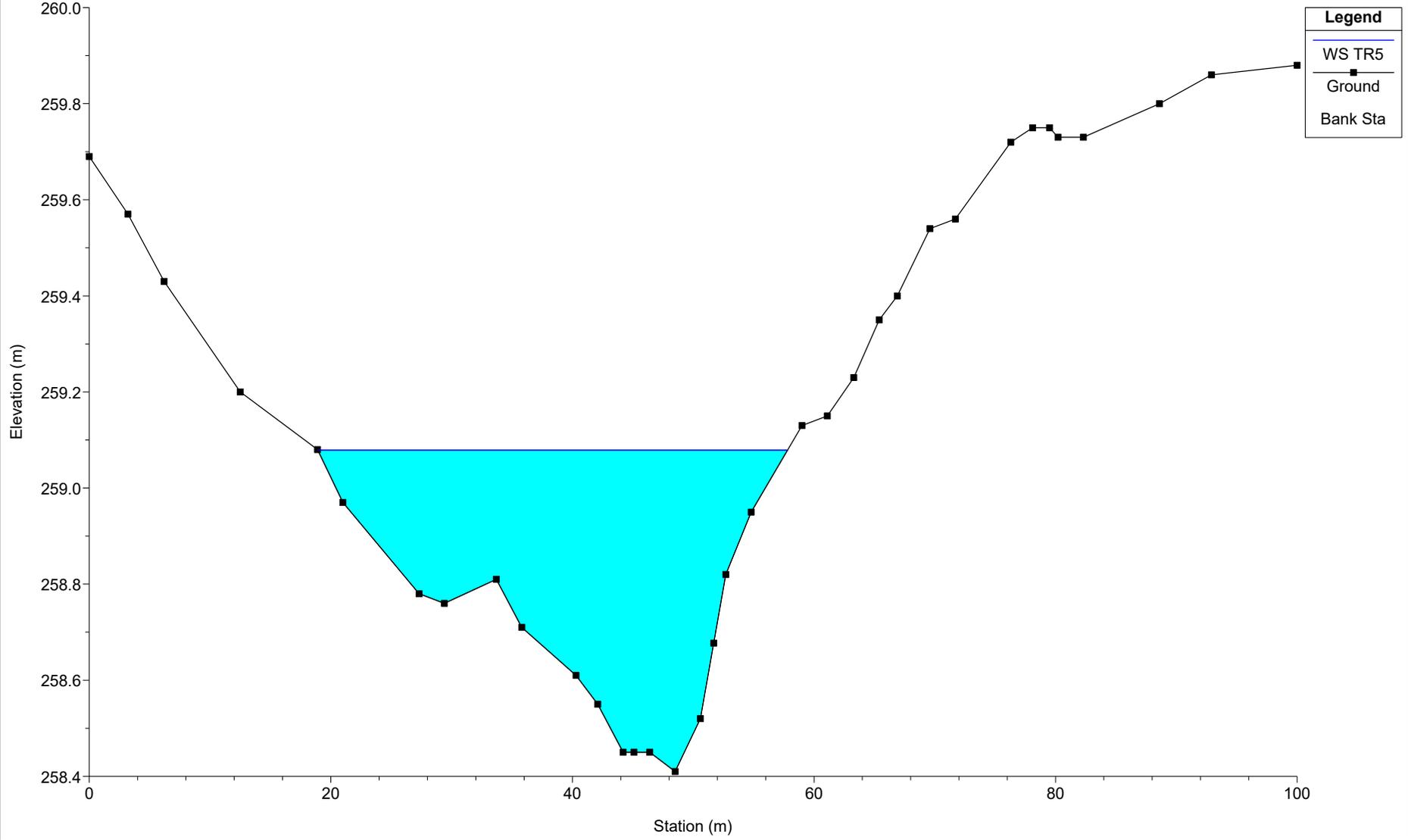
SEP16

River = SEP16 Reach = B03-bis RS = 4457



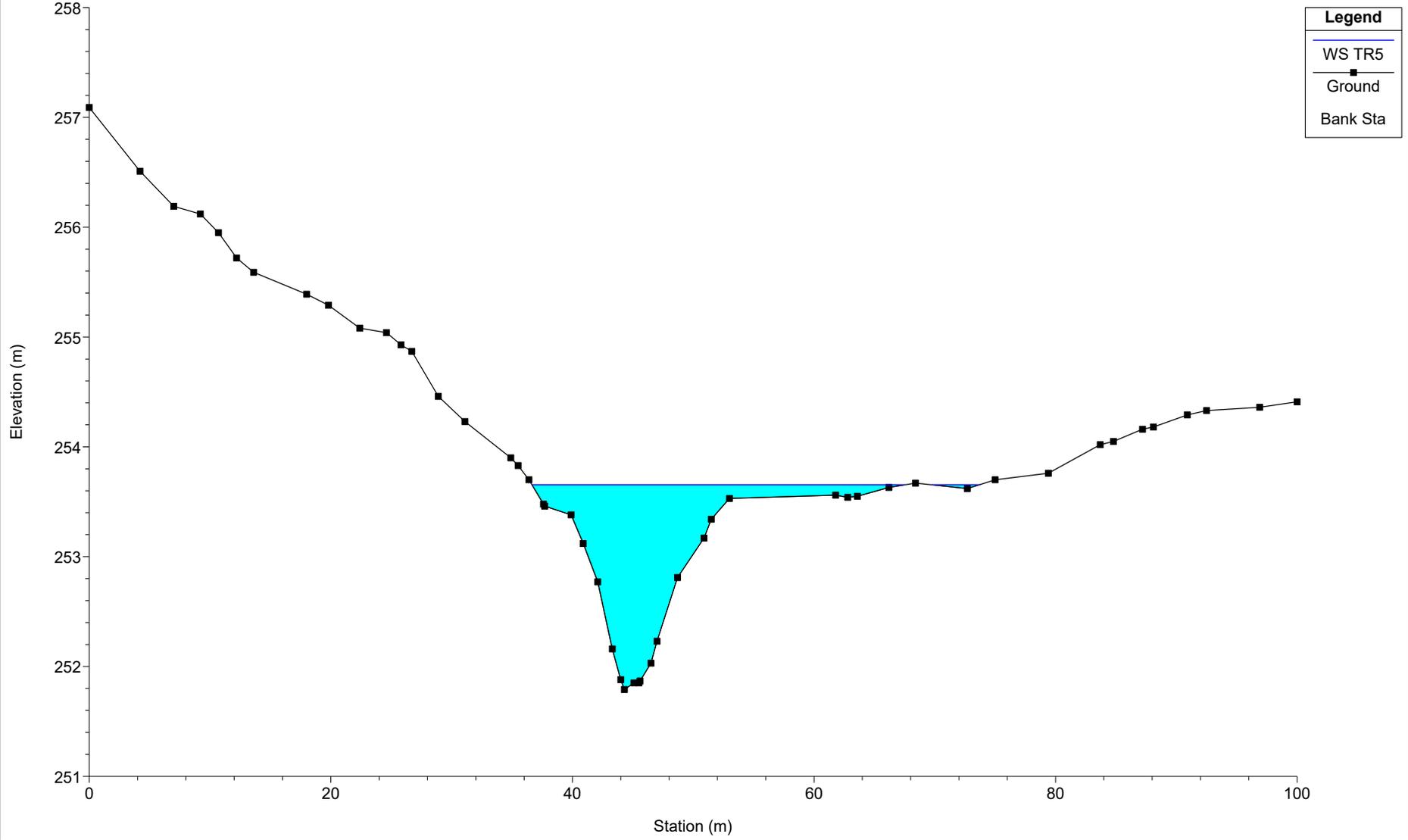
SEP16

River = SEP16 Reach = B03-bis RS = 3944



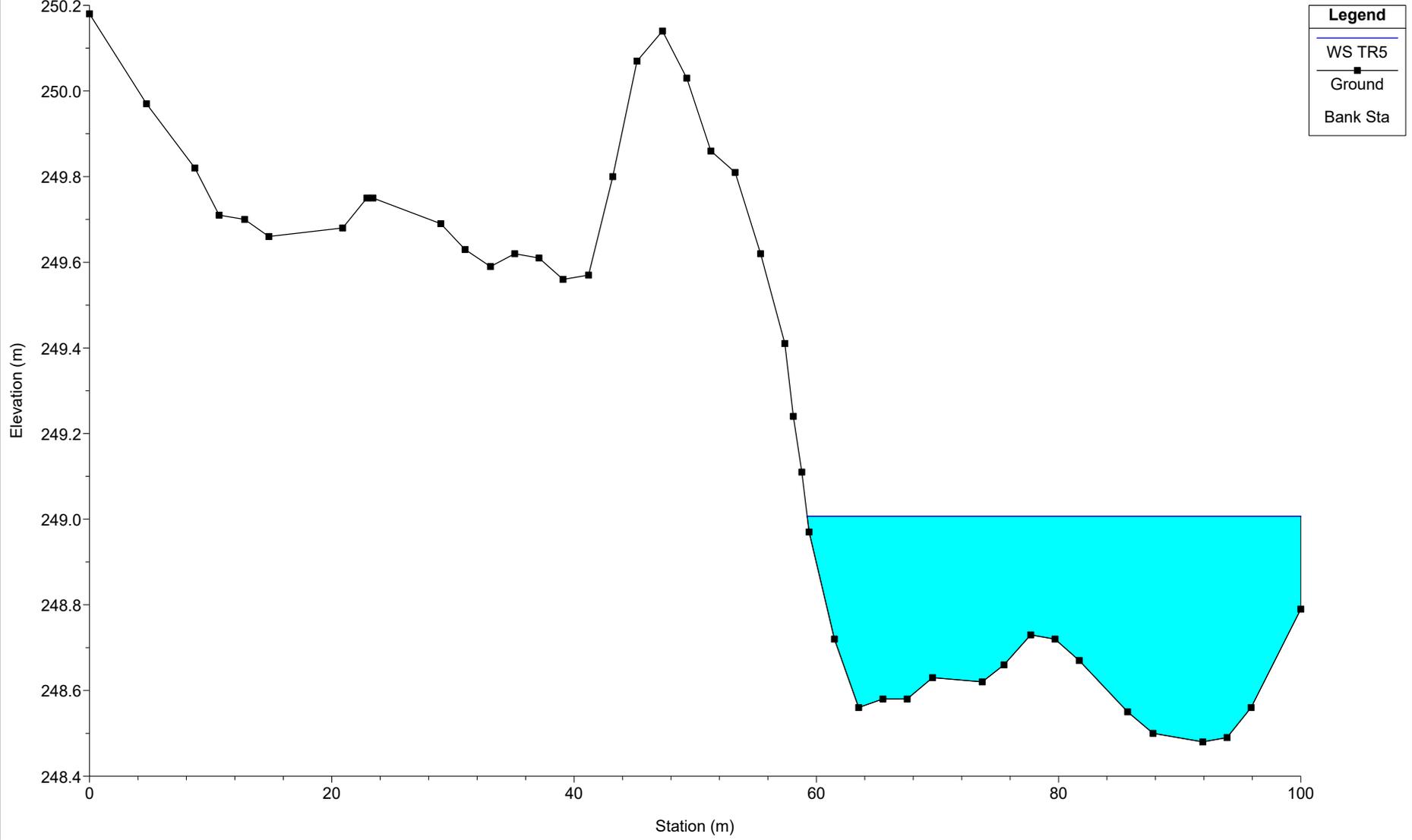
SEP16

River = SEP16 Reach = B03-bis RS = 3942.9



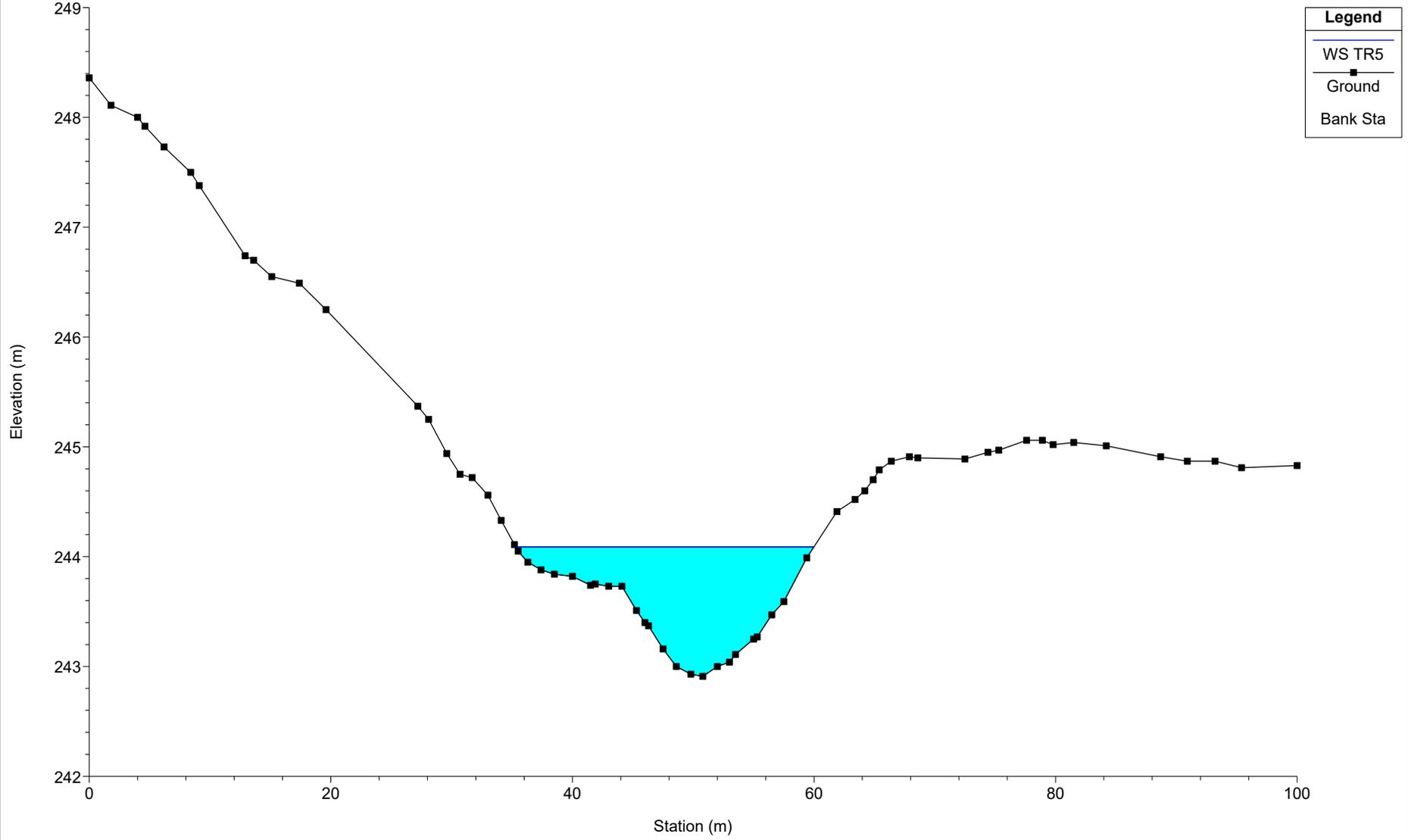
SEP16

River = SEP16 Reach = B03-bis RS = 3933



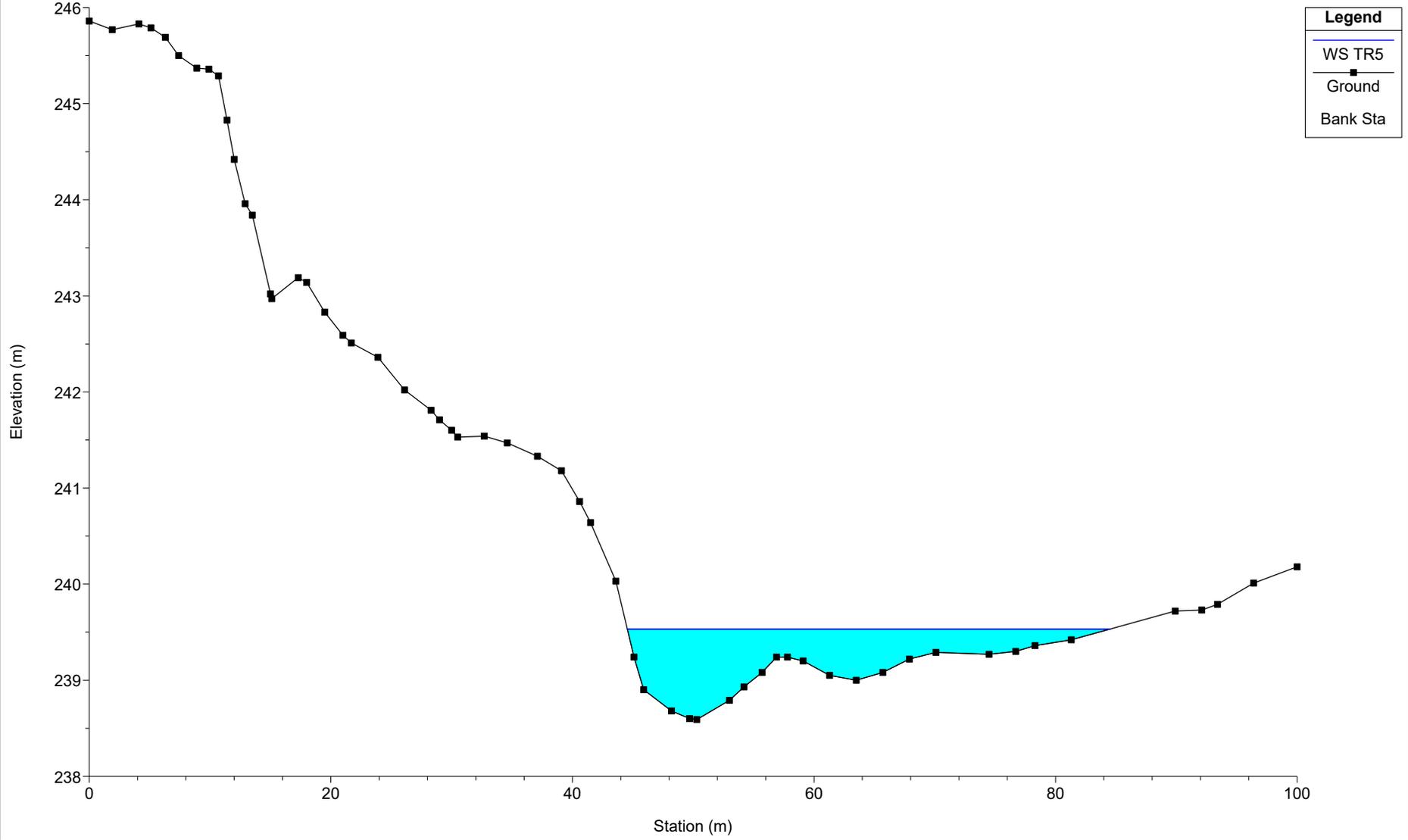
SEP16

River = SEP16 Reach = B03-bis RS = 3220.1



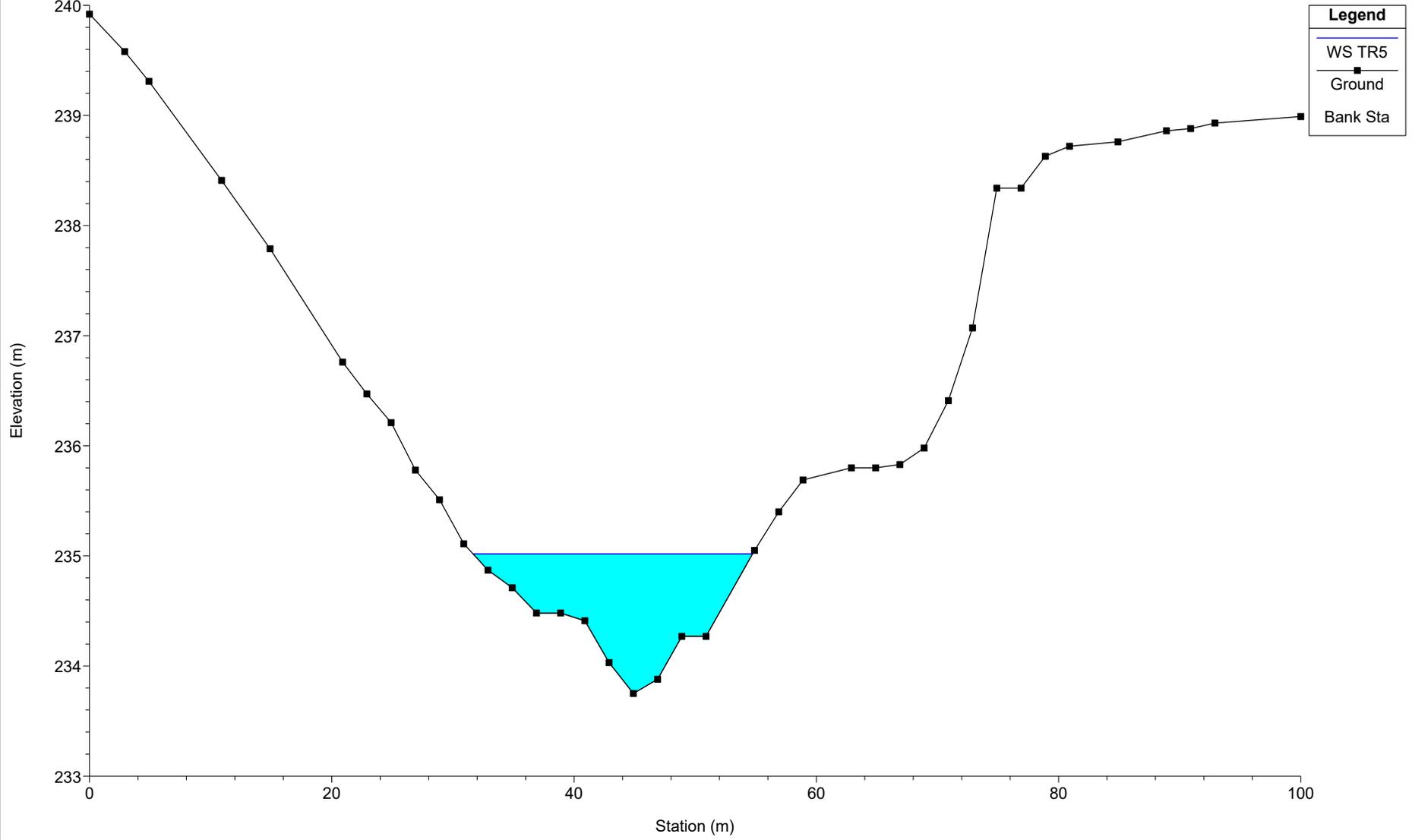
# SEP16

River = SEP16 Reach = B03-bis RS = 3210



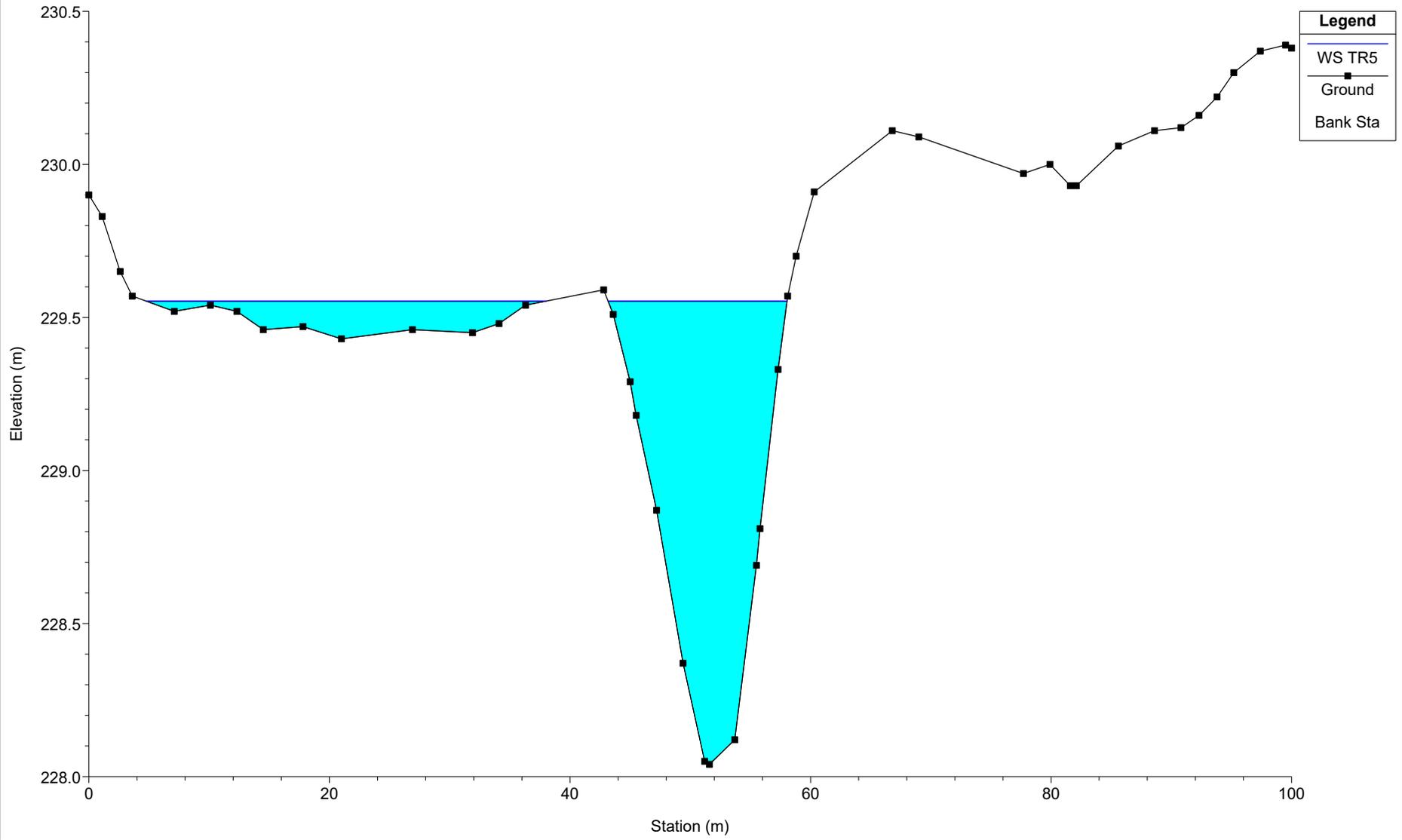
SEP16

River = SEP16 Reach = B03-bis RS = 3155



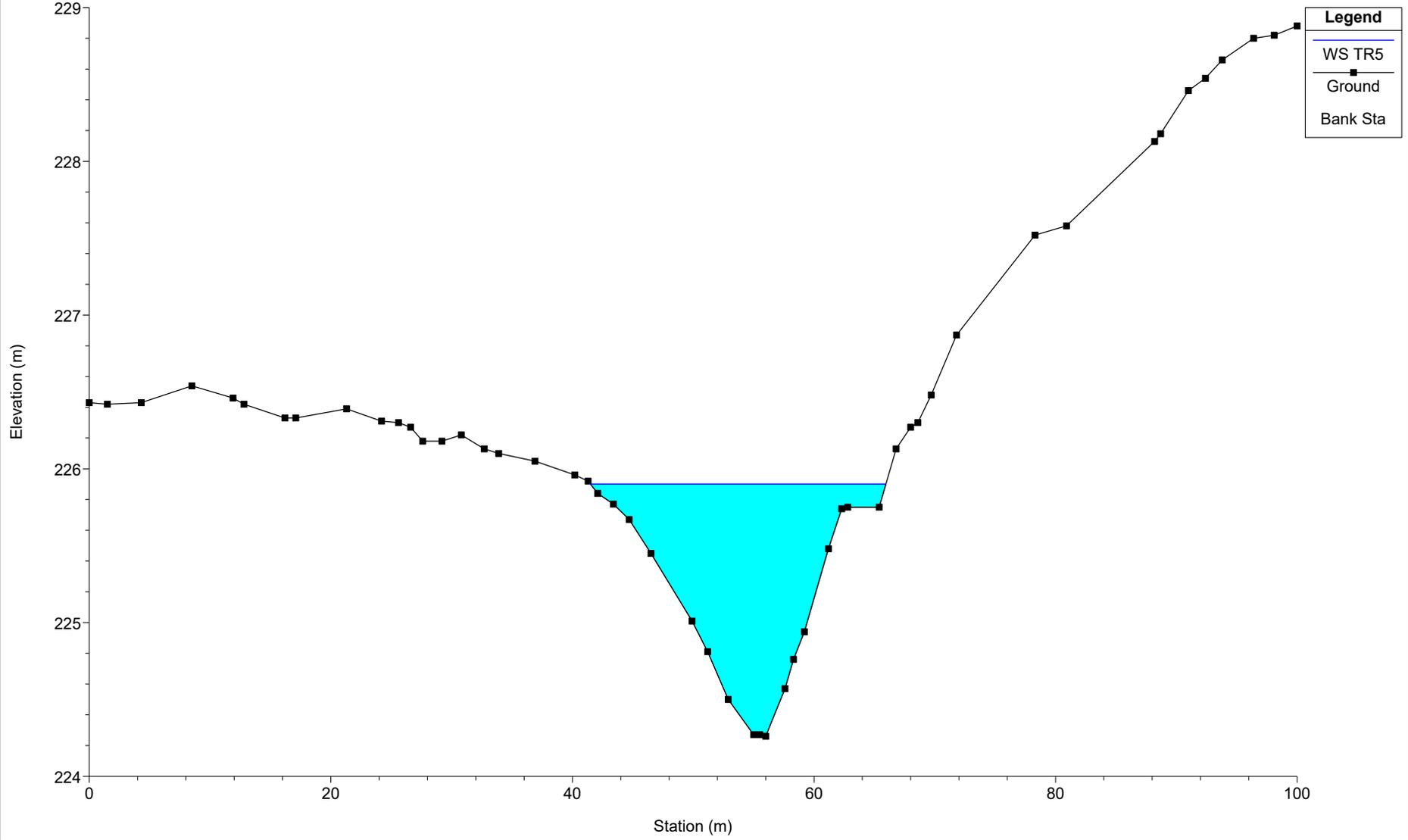
# SEP16

River = SEP16 Reach = B03-bis RS = 3117



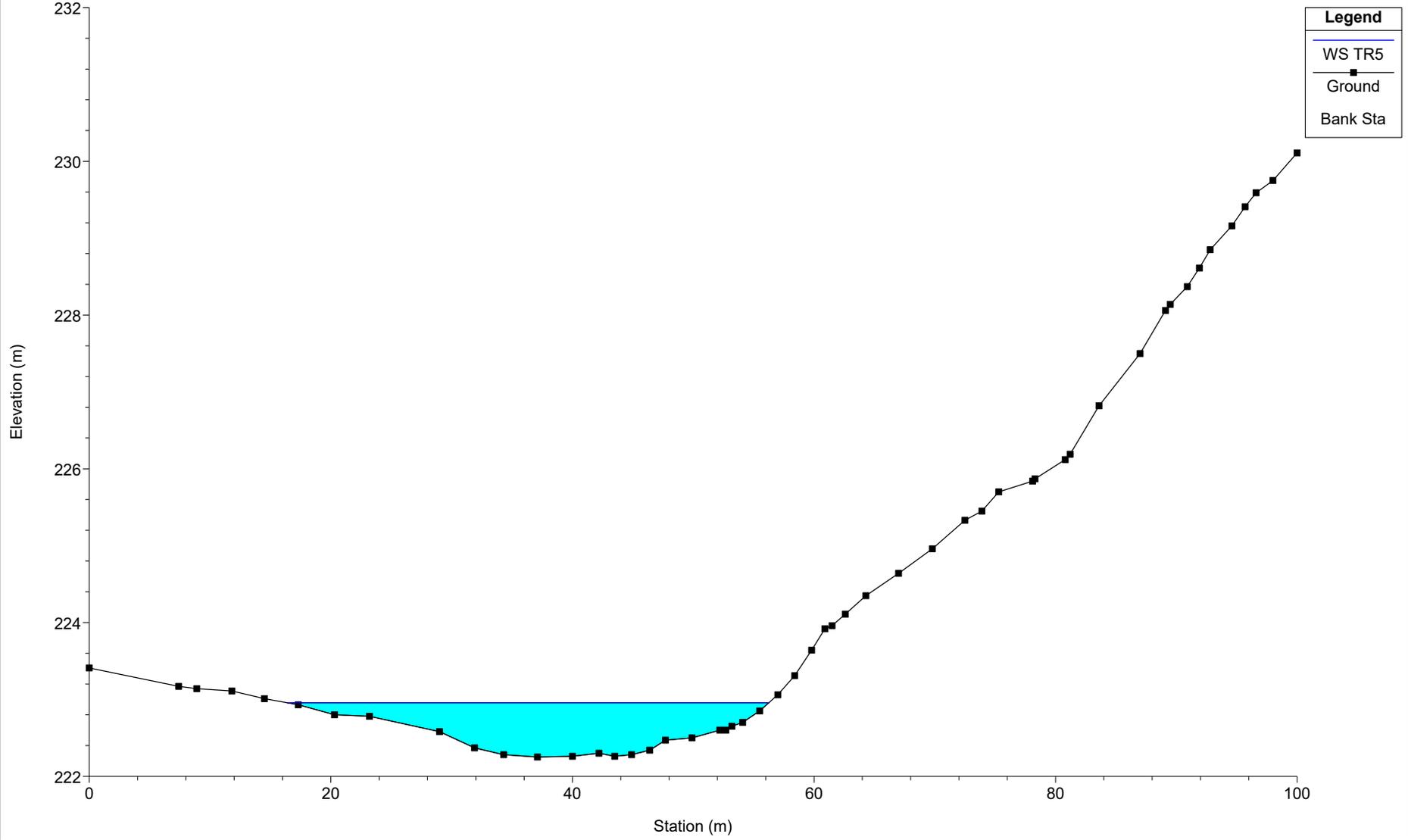
SEP16

River = SEP16 Reach = B03-bis RS = 3115.6



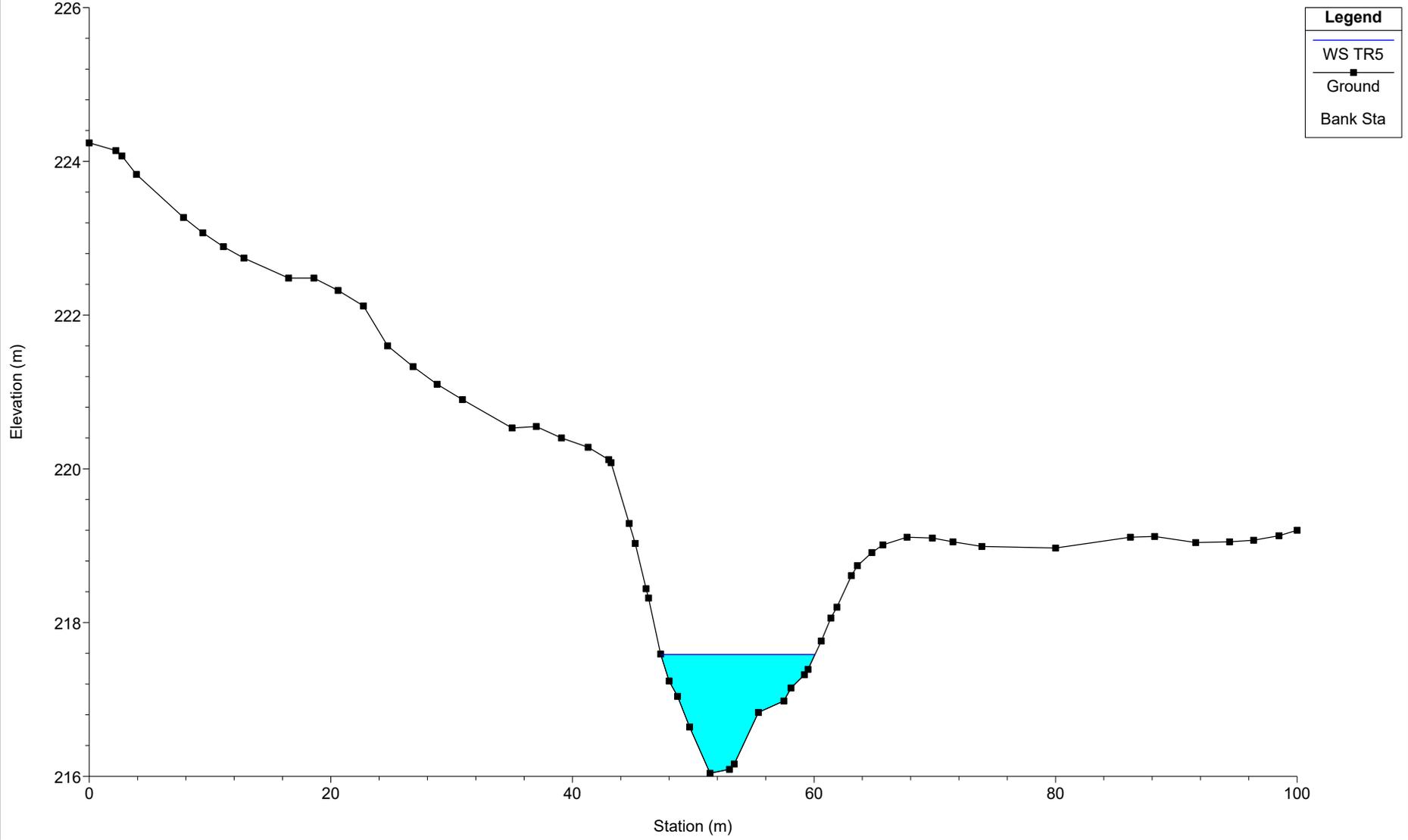
SEP16

River = SEP16 Reach = B03-bis RS = 3106



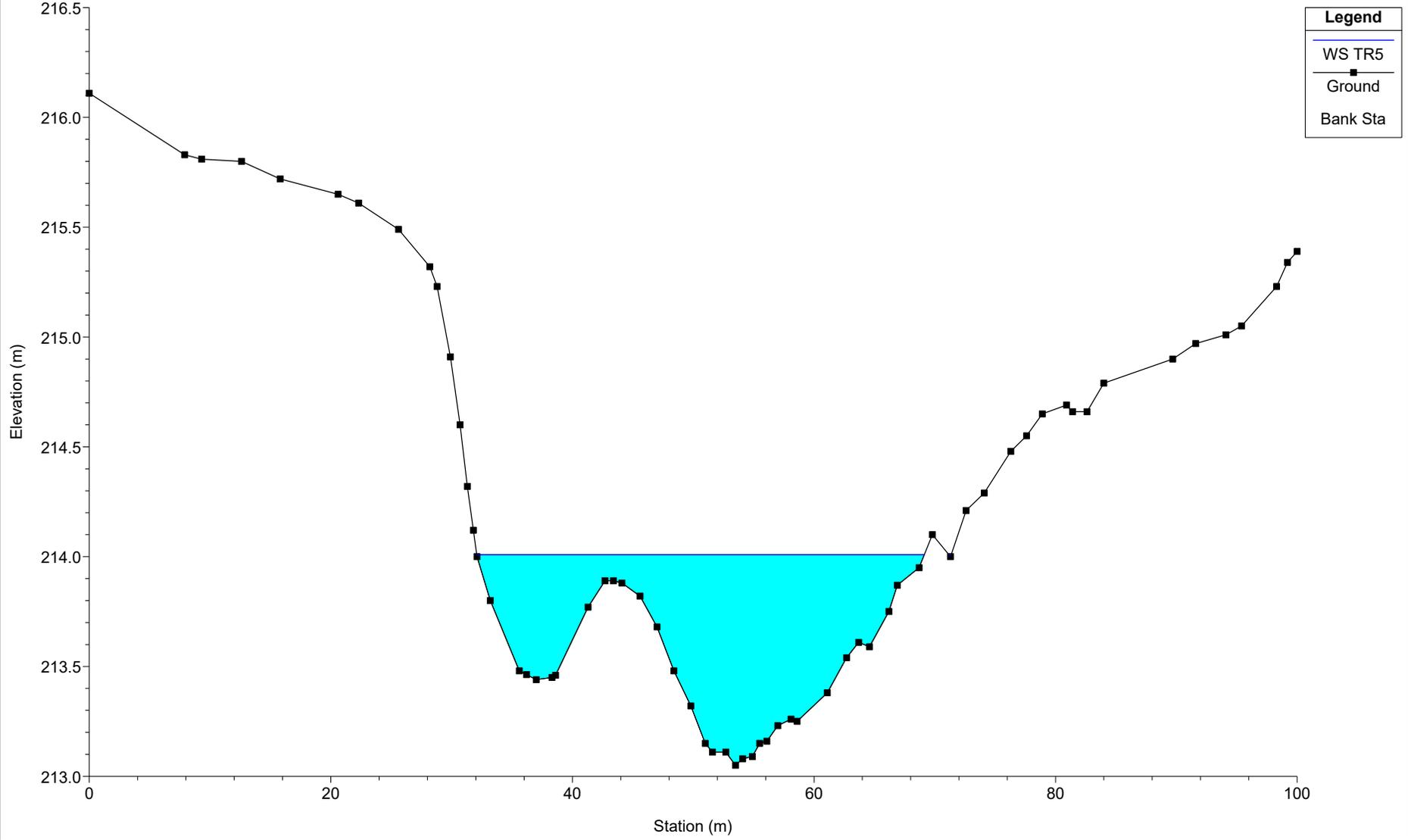
SEP16

River = SEP16 Reach = B03-bis RS = 3092



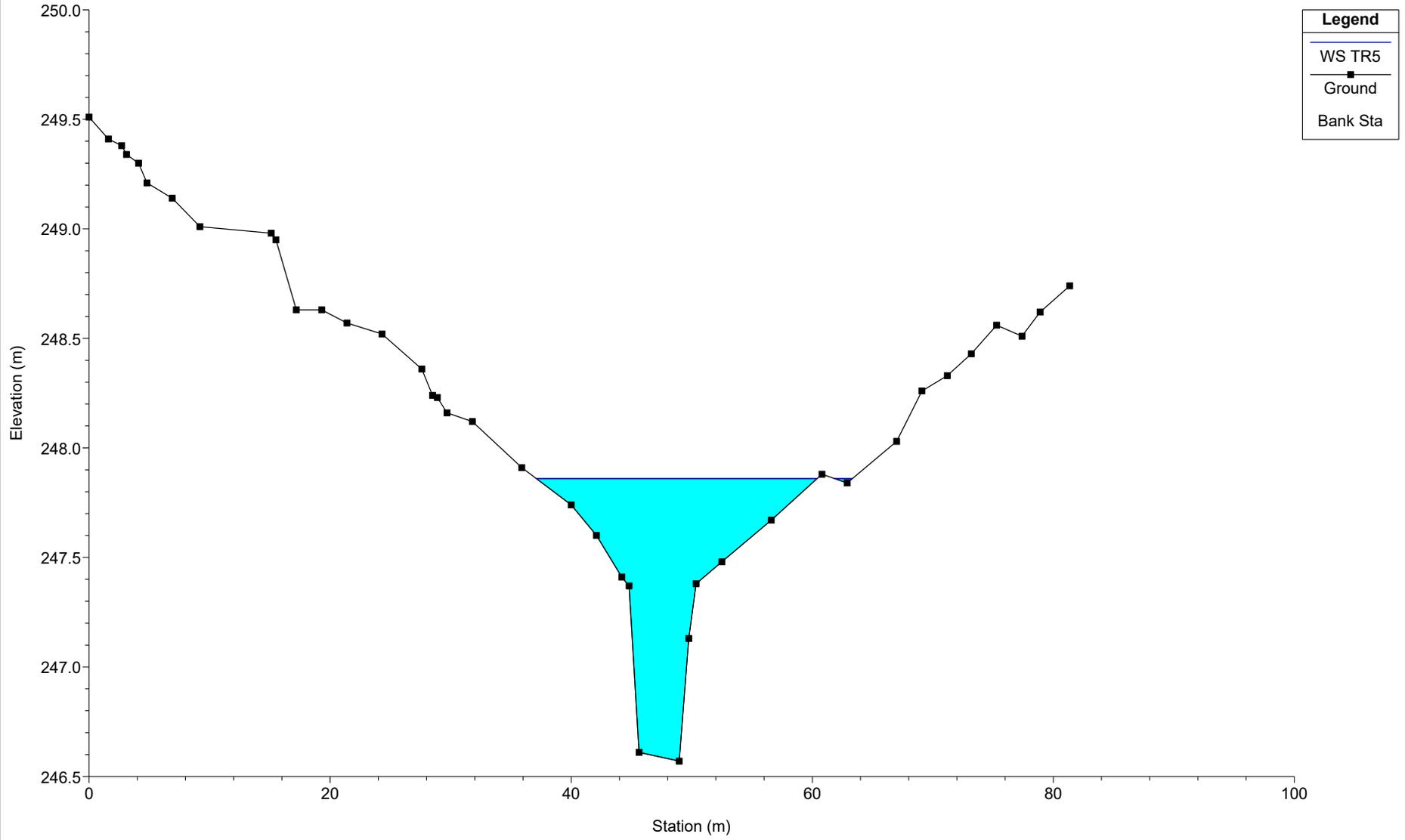
SEP16

River = SEP16 Reach = B03-bis RS = 3064



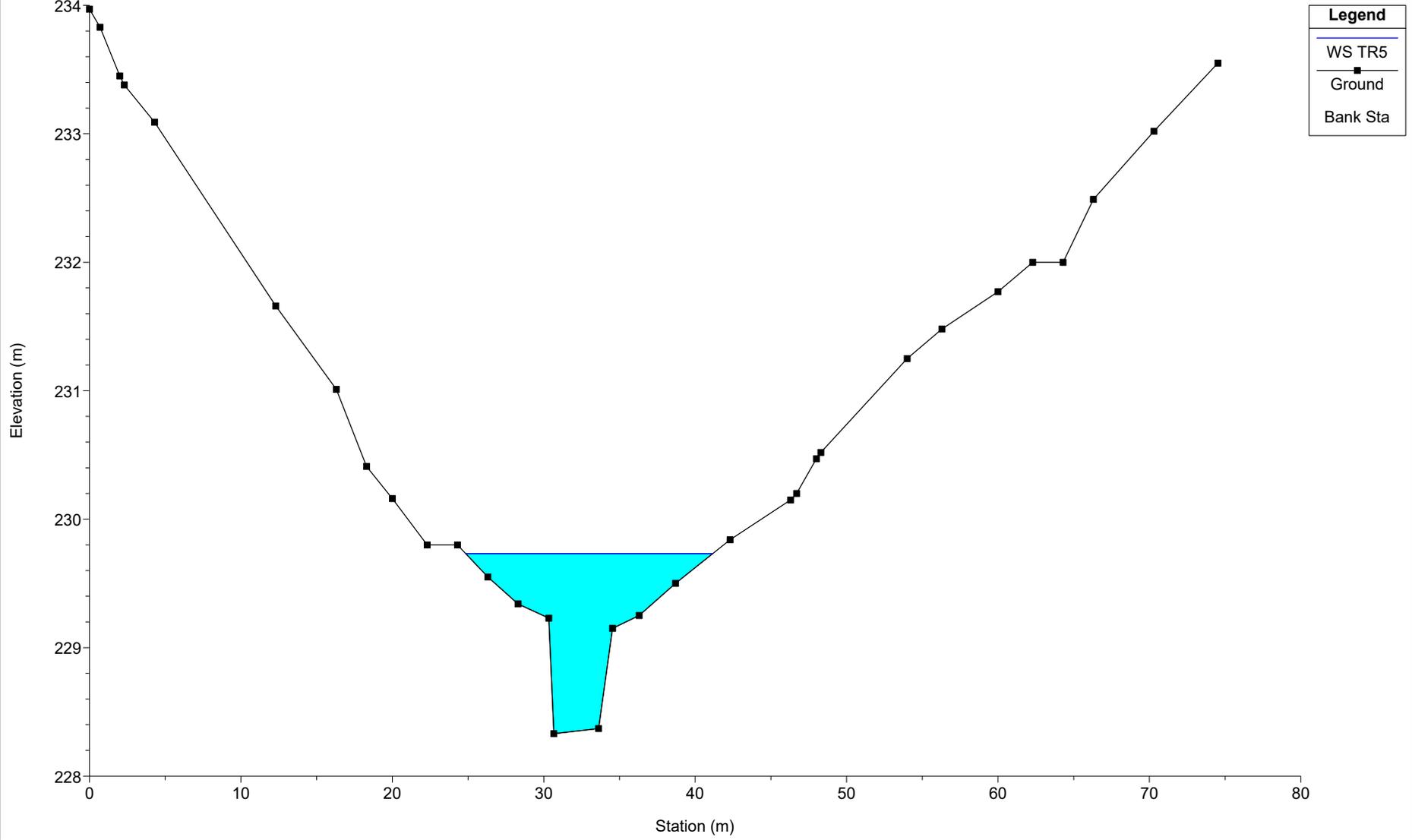
SEP16

River = SEP16 Reach = B1 RS = 4477



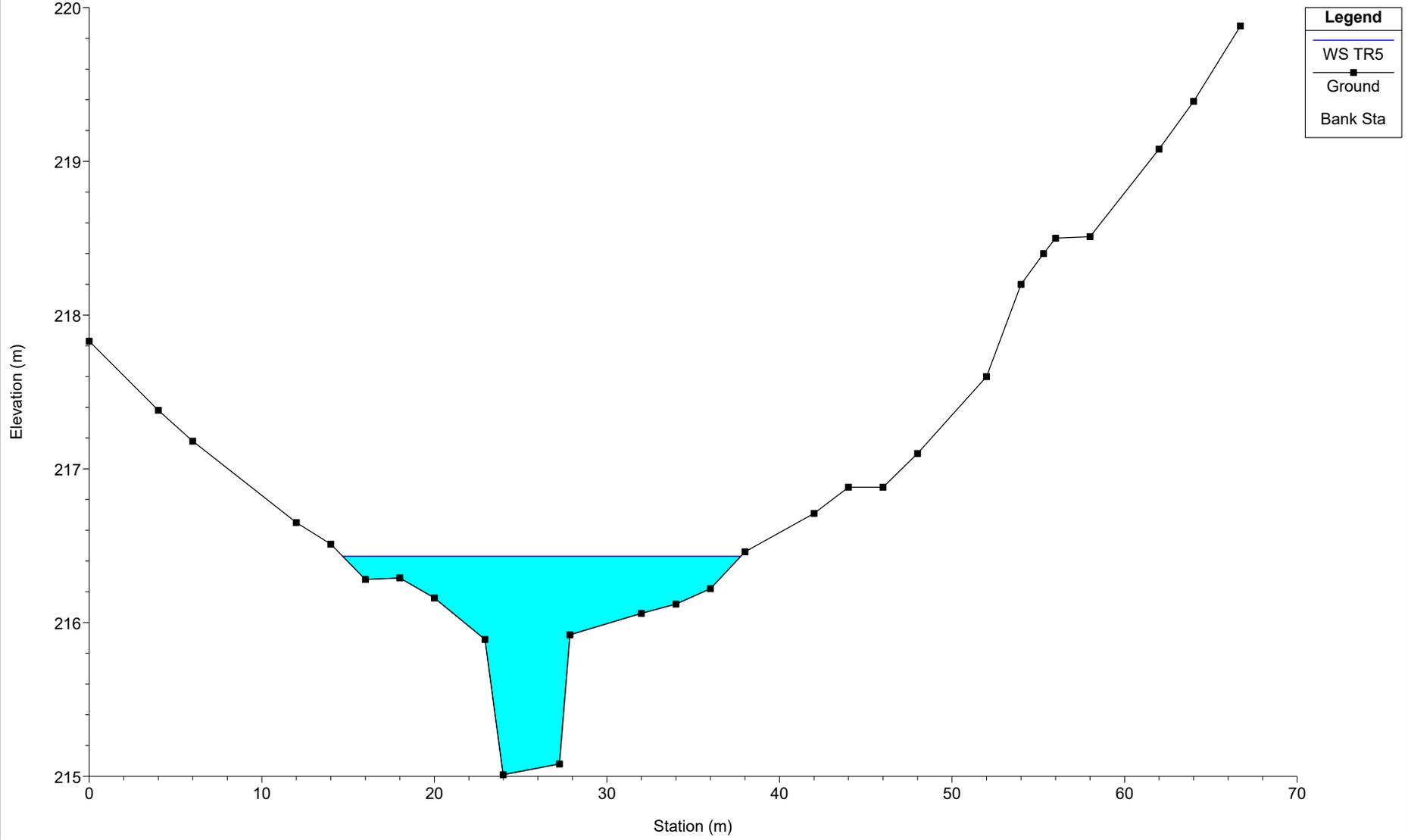
SEP16

River = SEP16 Reach = B1 RS = 4476.5

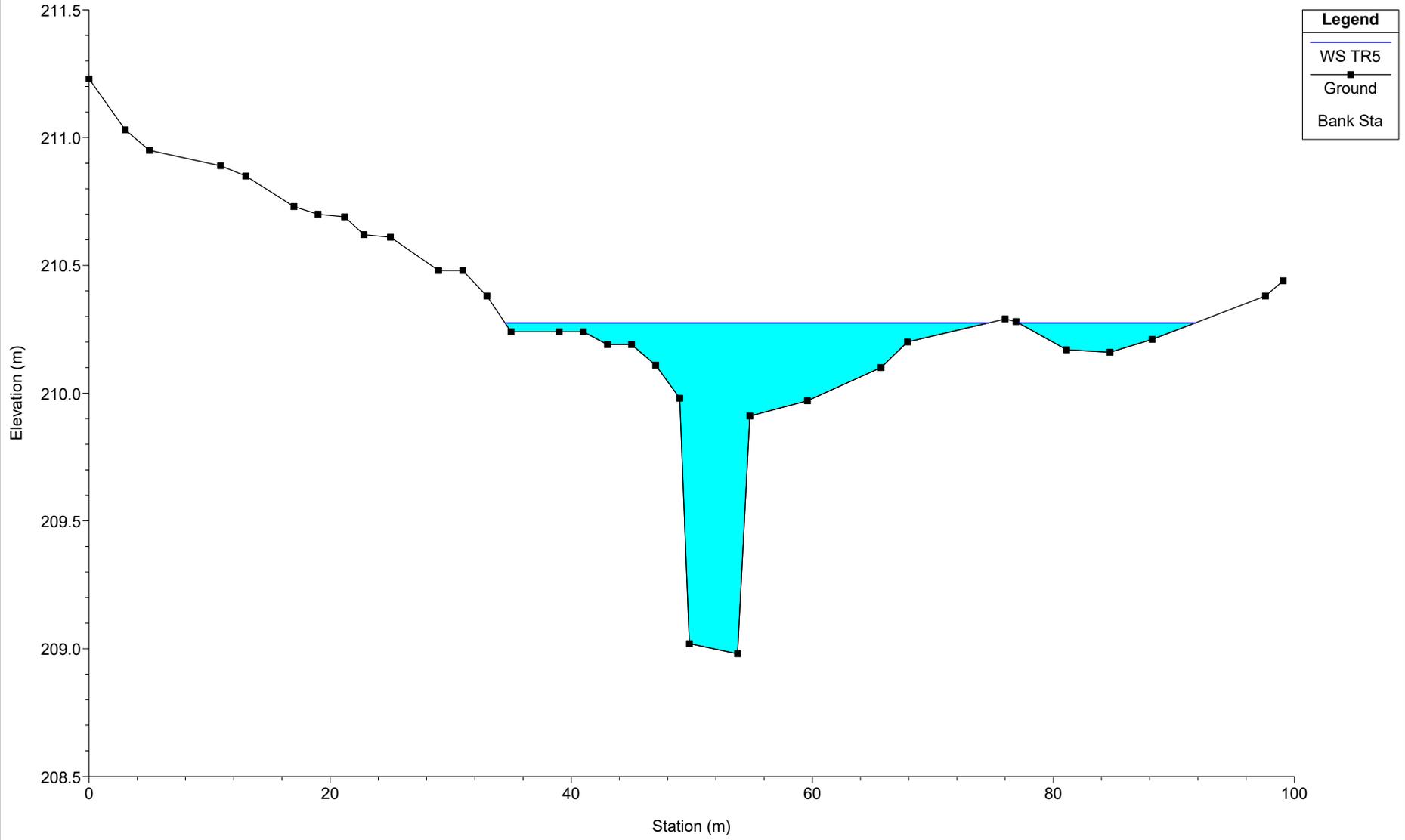


SEP16

River = SEP16 Reach = B1 RS = 4468

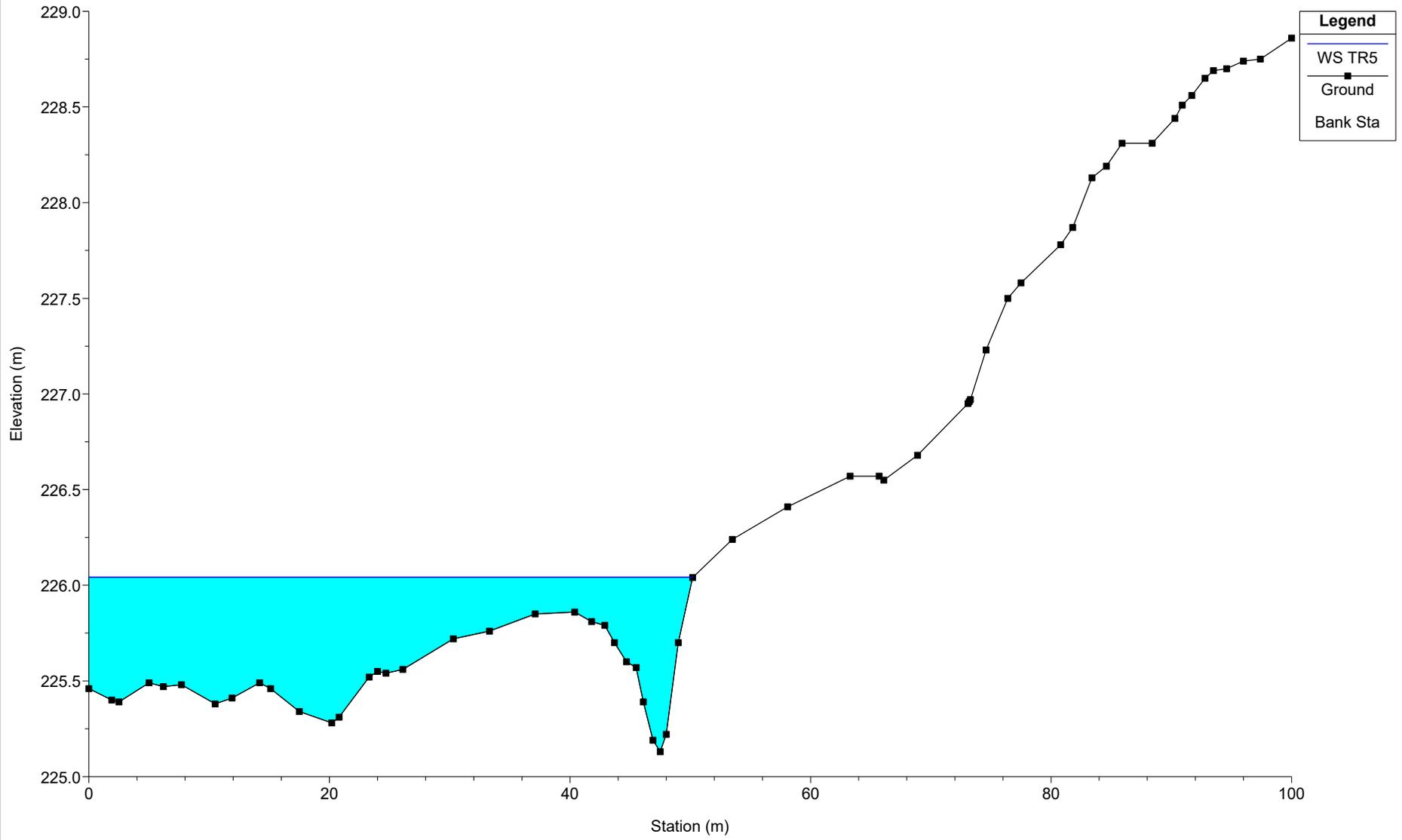


SEP16  
River = SEP16 Reach = B1 RS = 4458



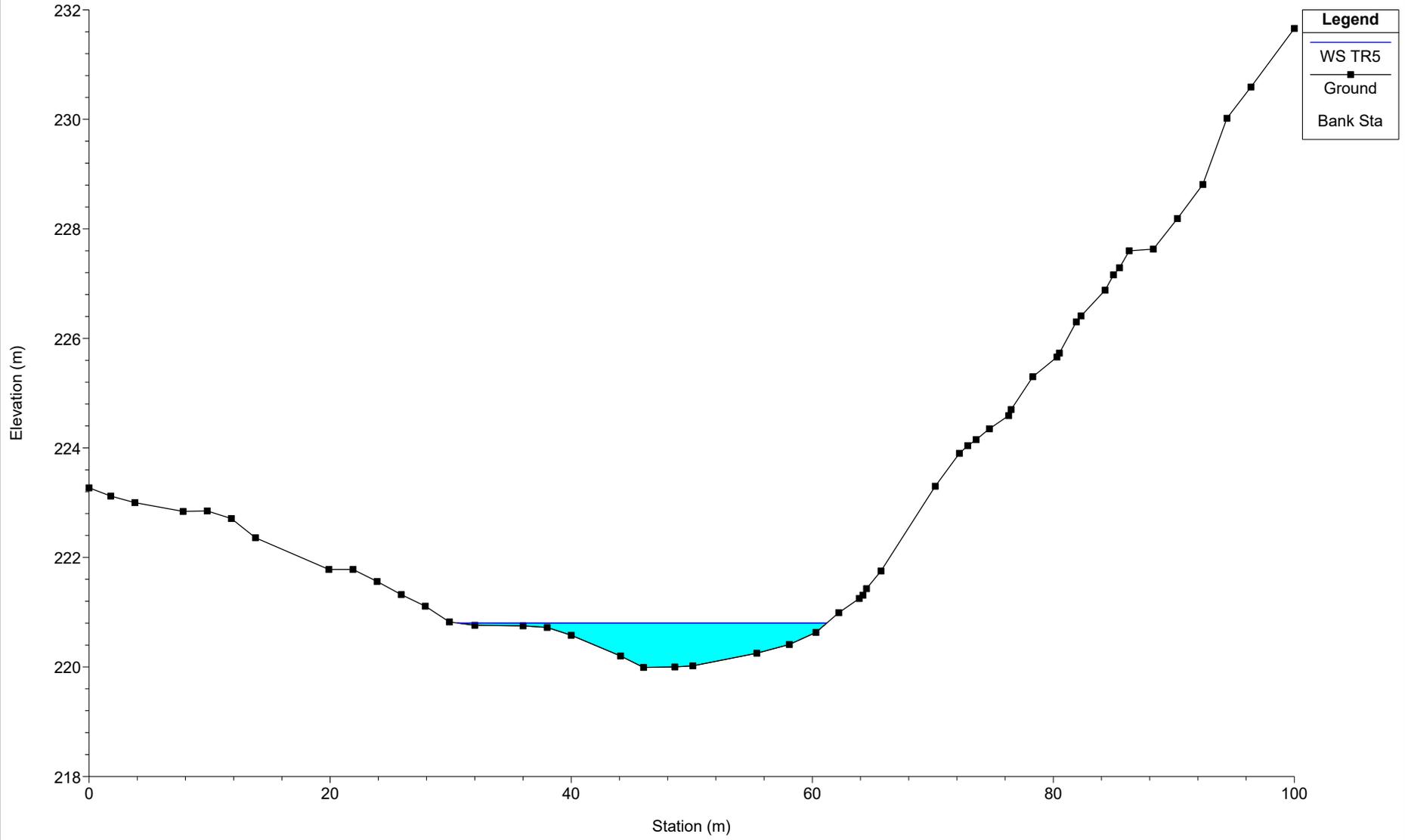
# SEP16

River = SEP16 Reach = B02-bis RS = 3943



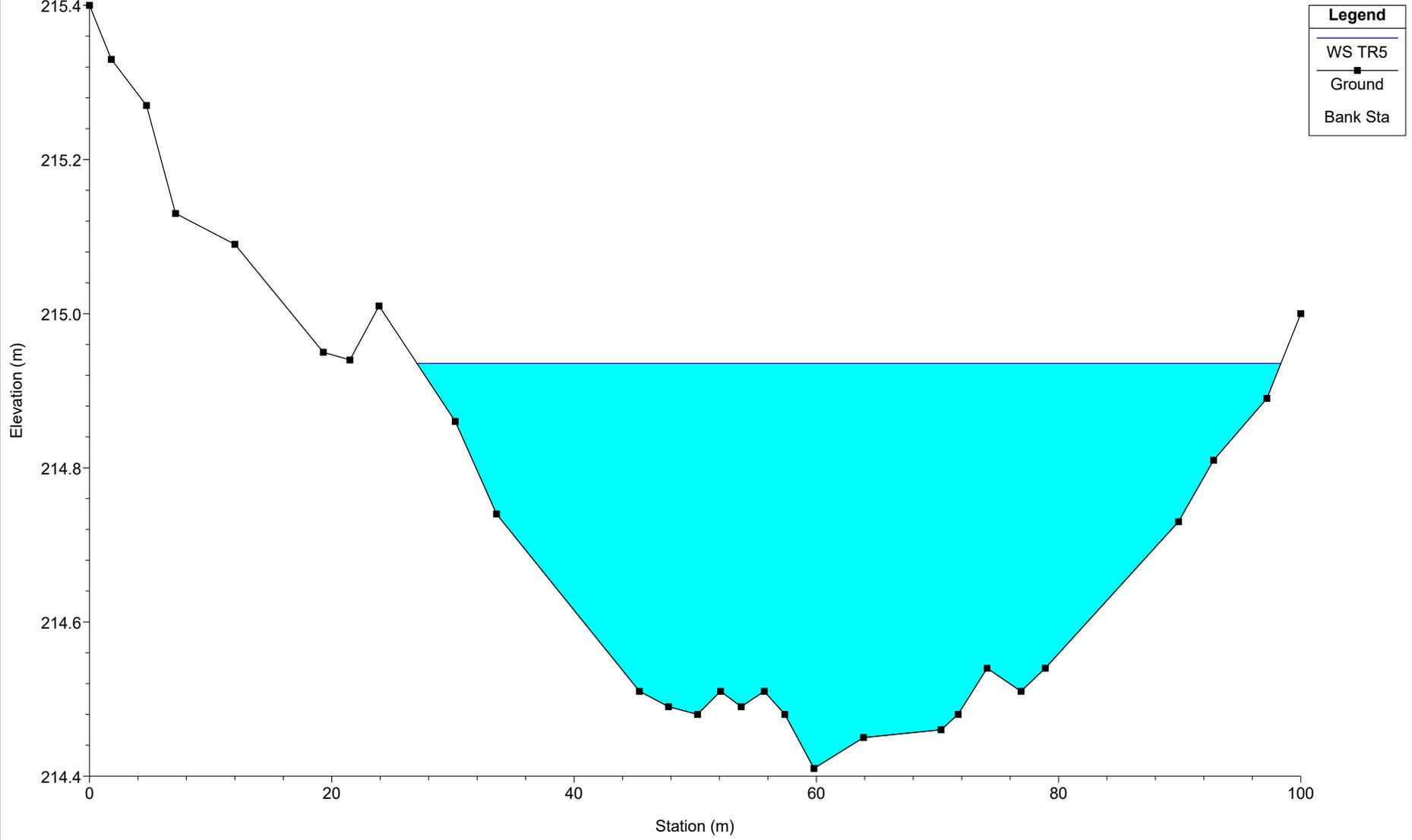
# SEP16

River = SEP16 Reach = B02-bis RS = 3766



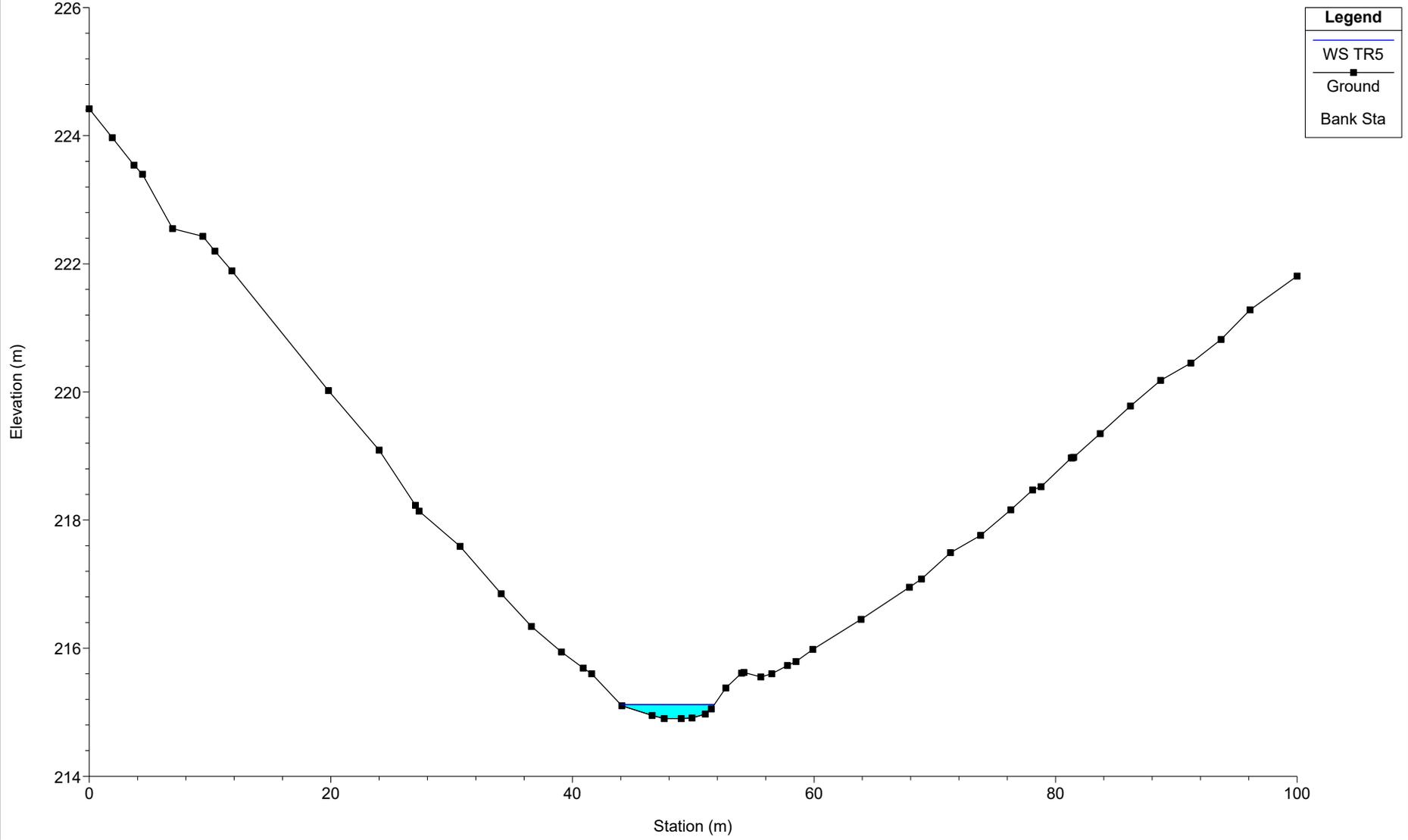
SEP16

River = SEP16 Reach = B02-bis RS = 3220



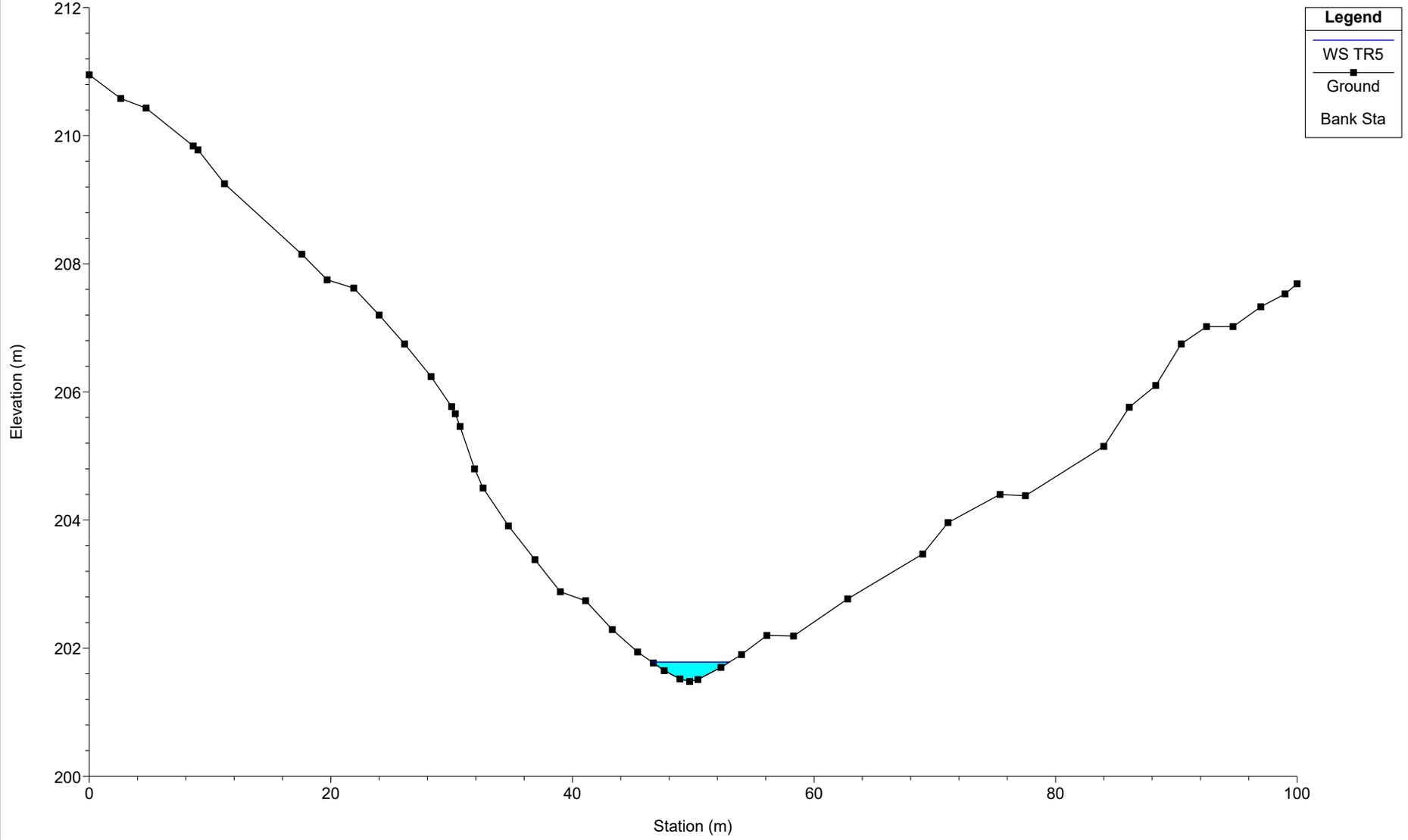
SEP16

River = SEP16 Reach = B05 RS = 3164



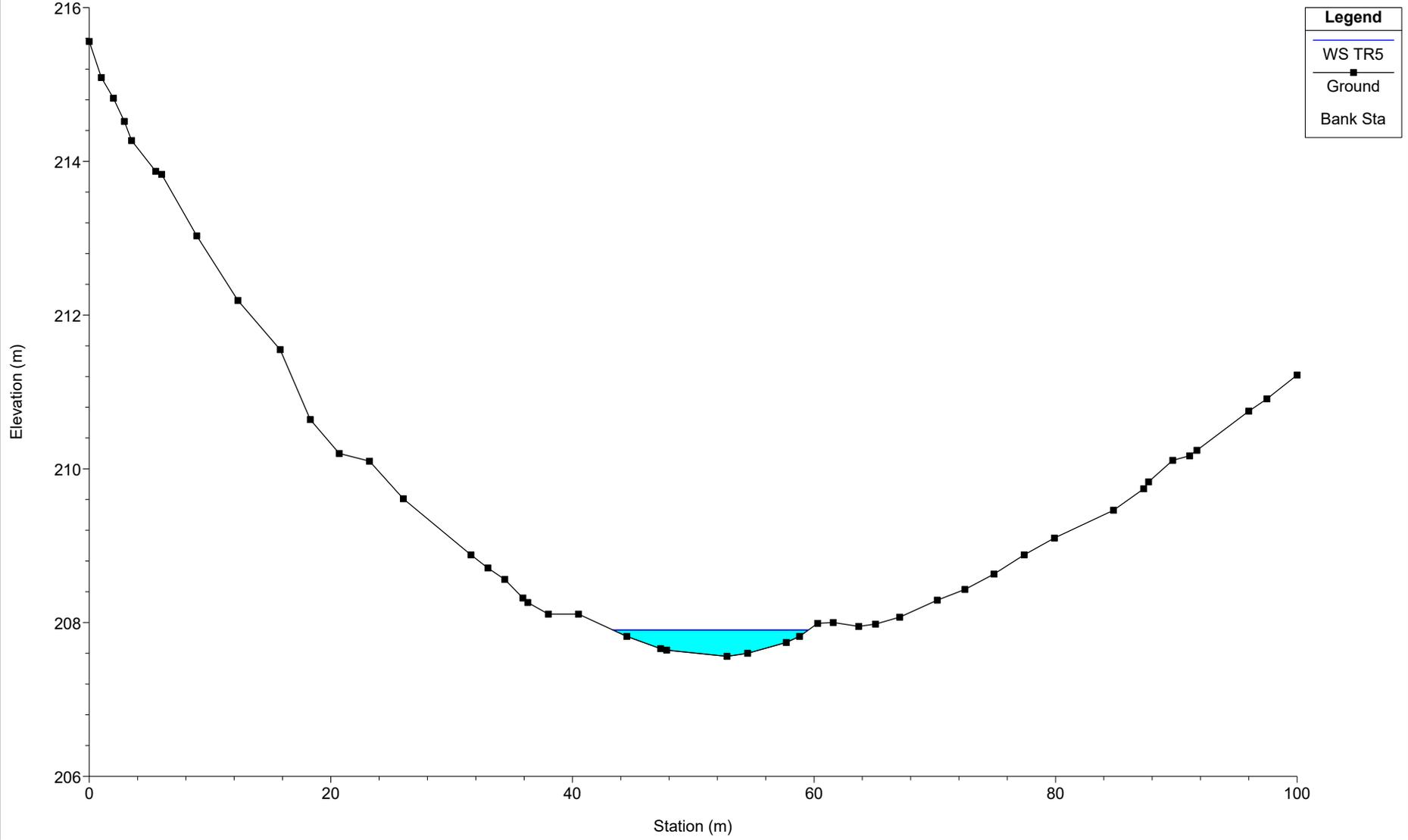
SEP16

River = SEP16 Reach = B05 RS = 3155



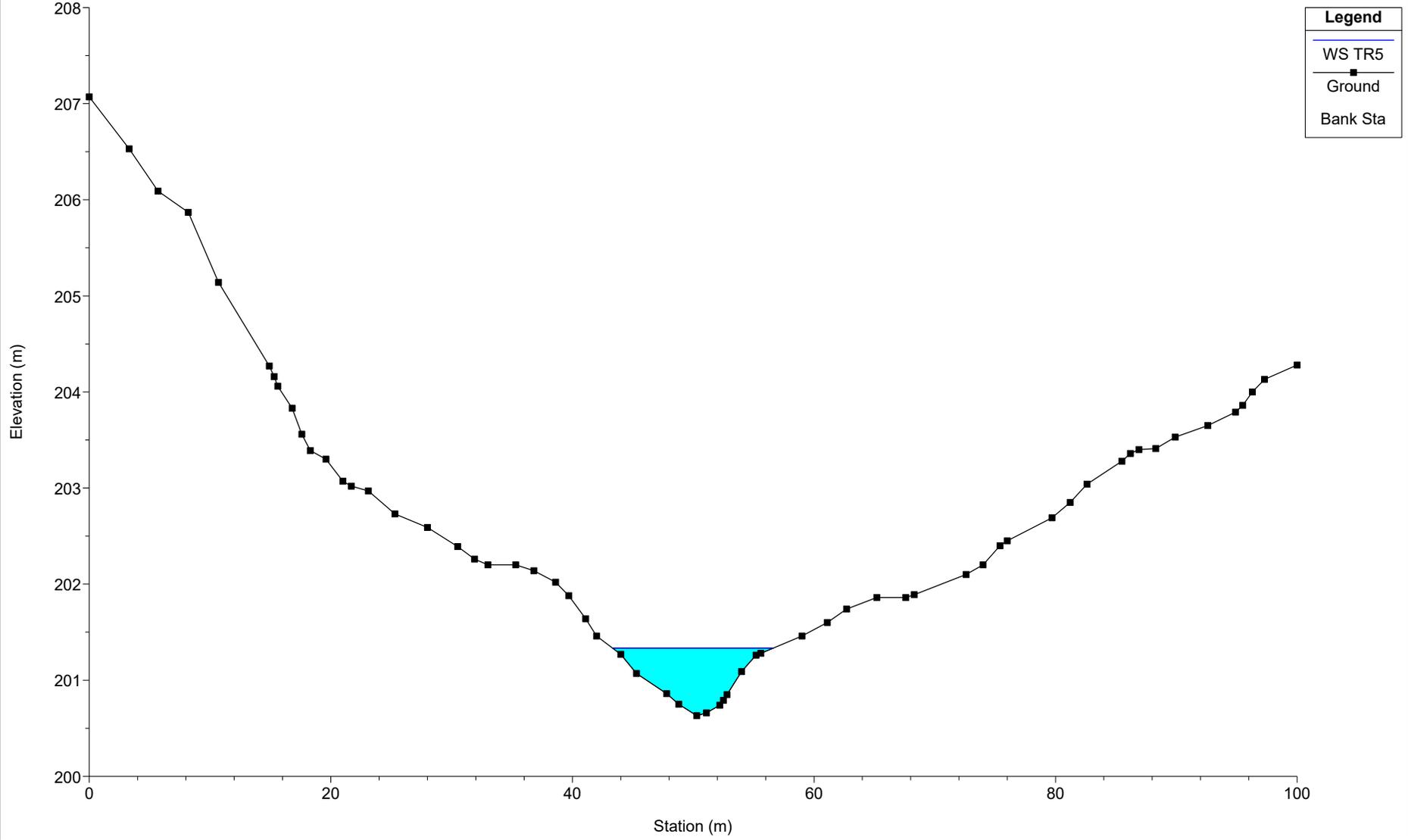
SEP16

River = SEP16 Reach = B06-fin RS = 3164



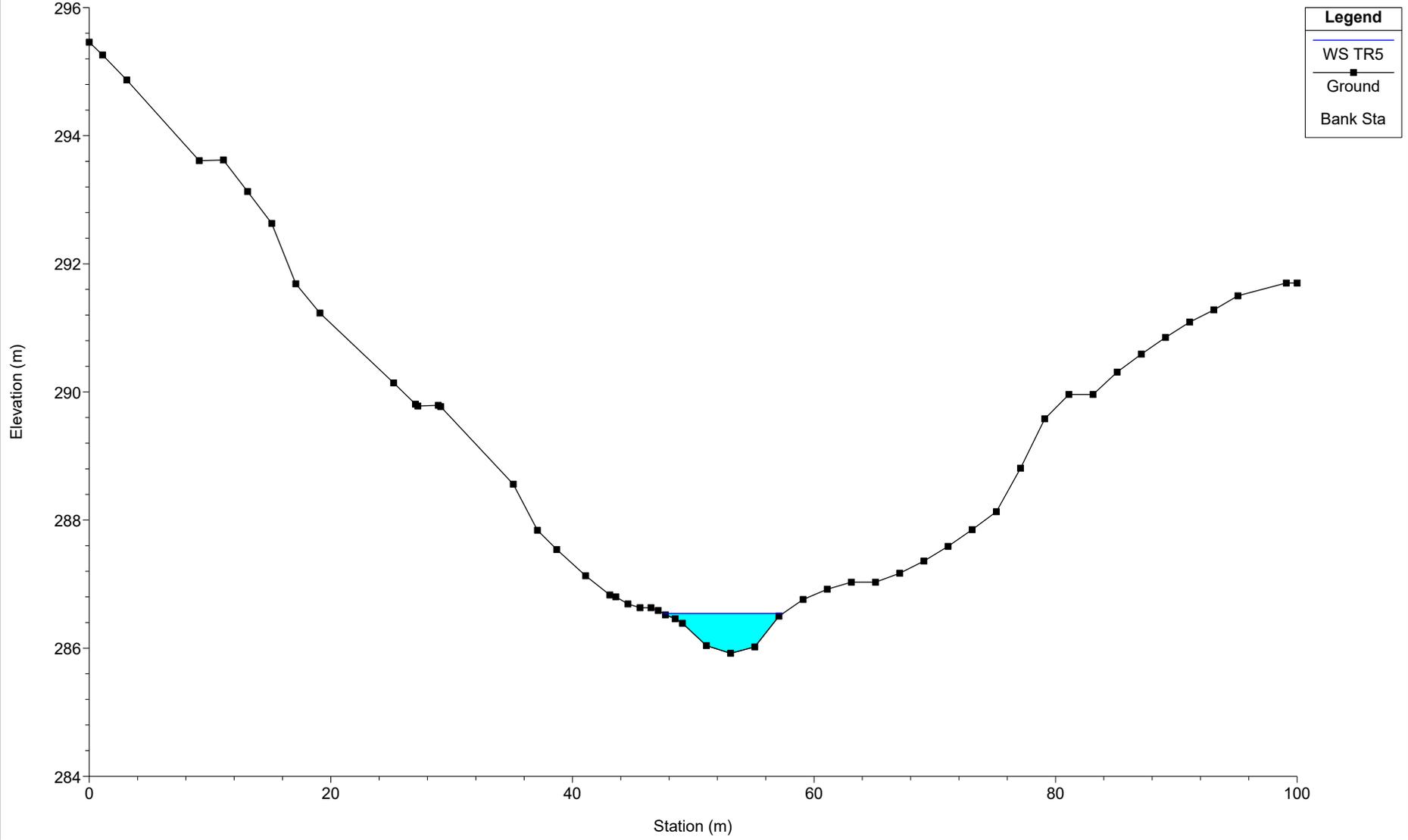
SEP16

River = SEP16 Reach = B06-fin RS = 3155



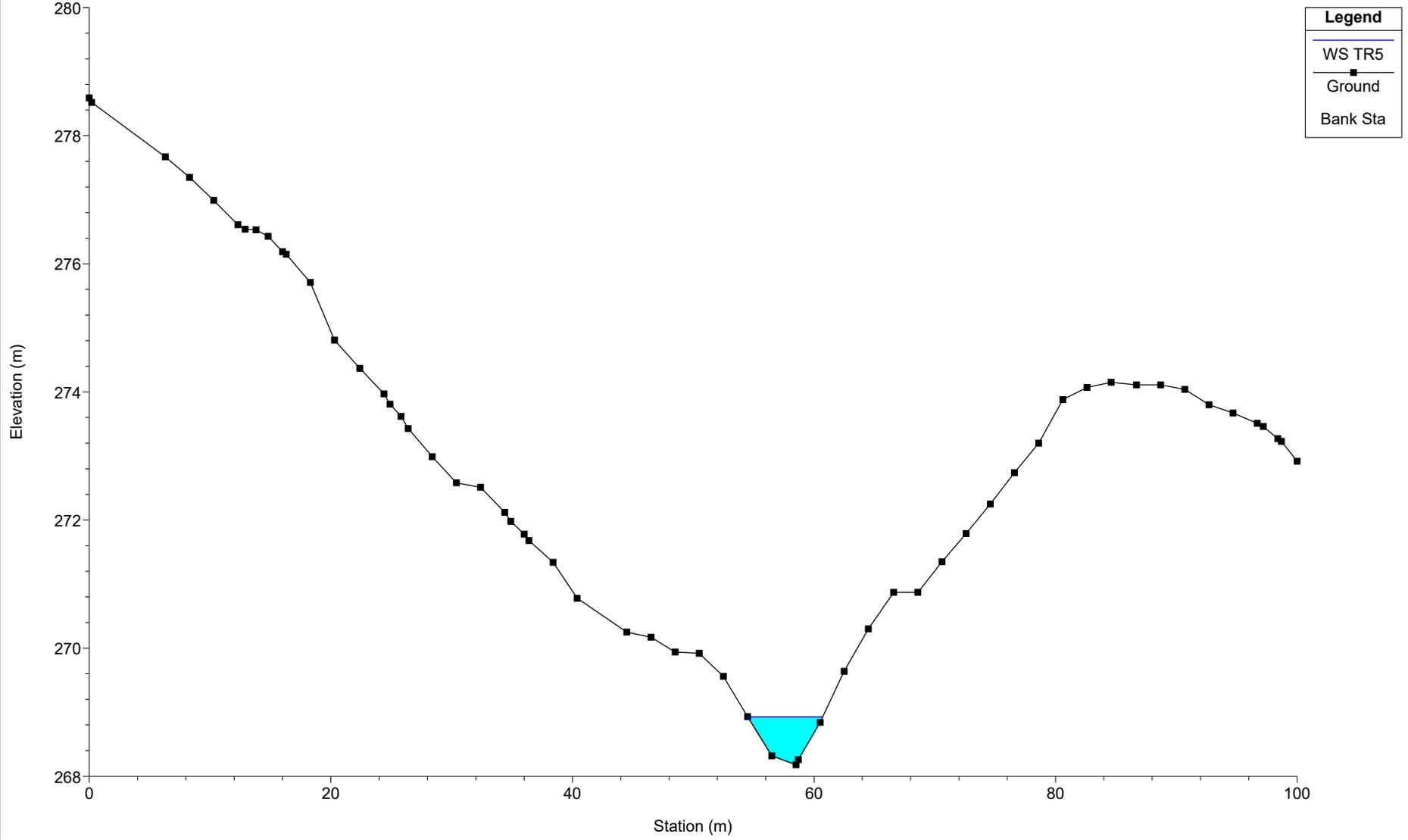
SEP16

River = SEP16 Reach = B08 RS = 3954



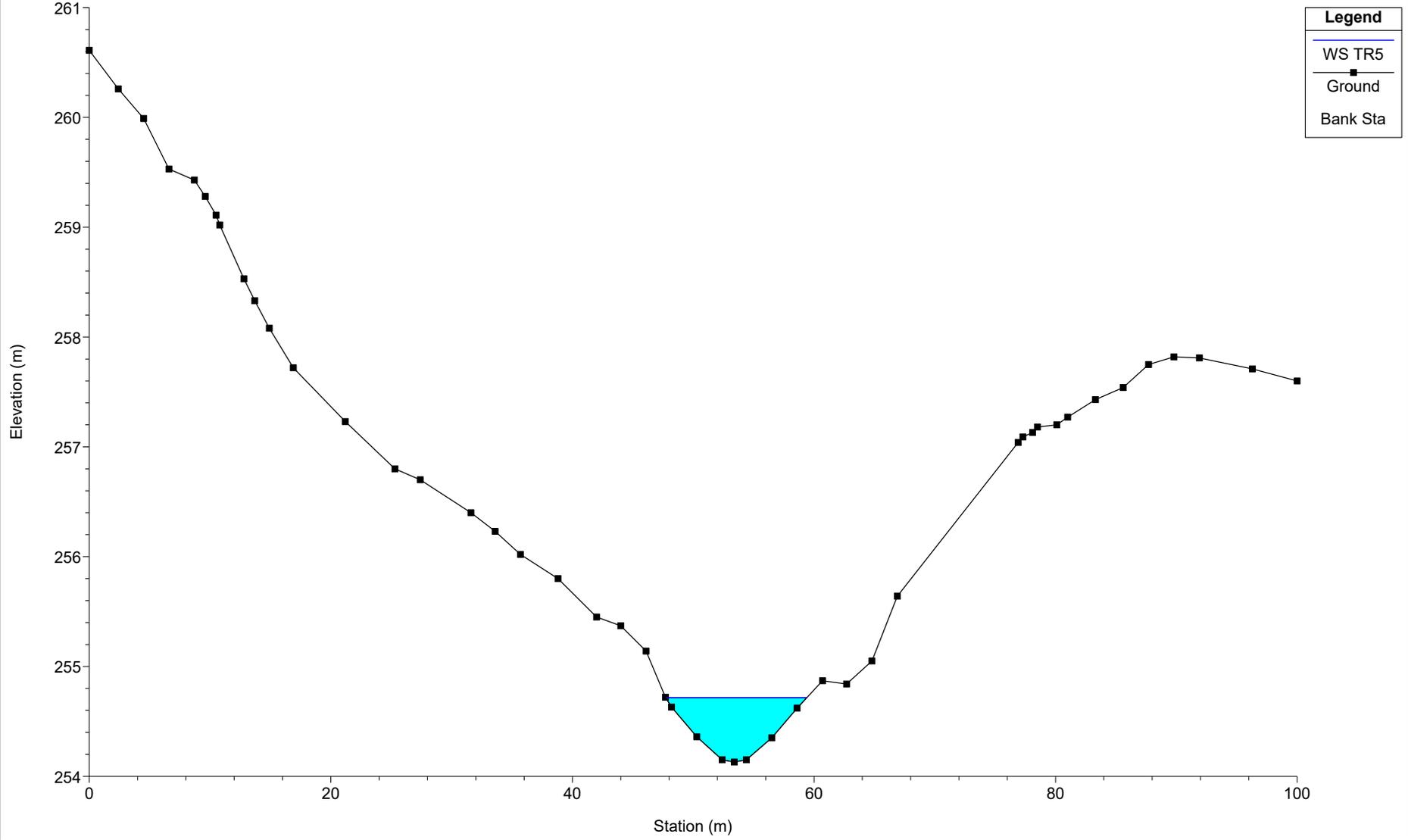
SEP16

River = SEP16 Reach = B08 RS = 3952



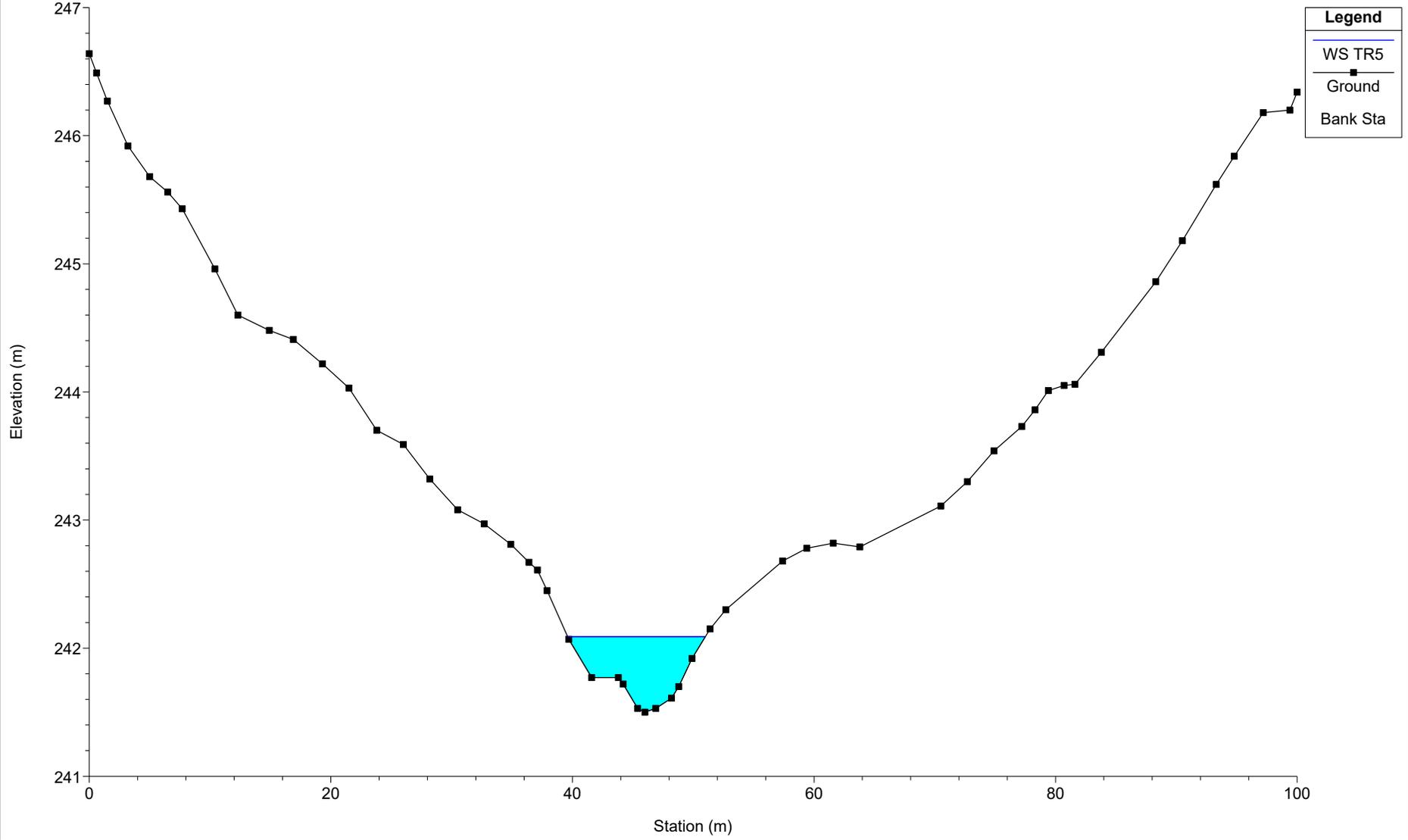
SEP16

River = SEP16 Reach = B08 RS = 3943



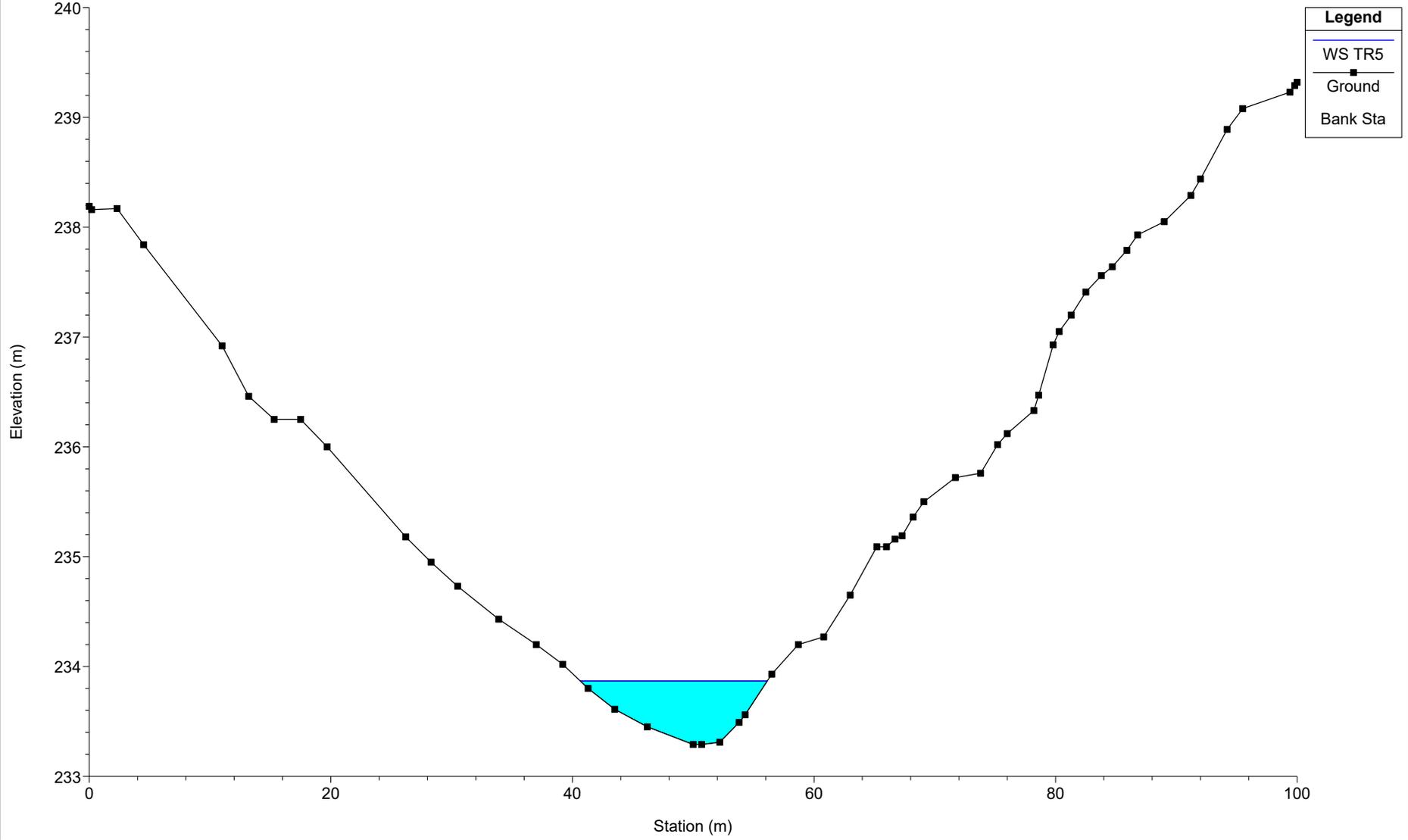
SEP16

River = SEP16 Reach = B08 RS = 3231



SEP16

River = SEP16 Reach = B08 RS = 3228

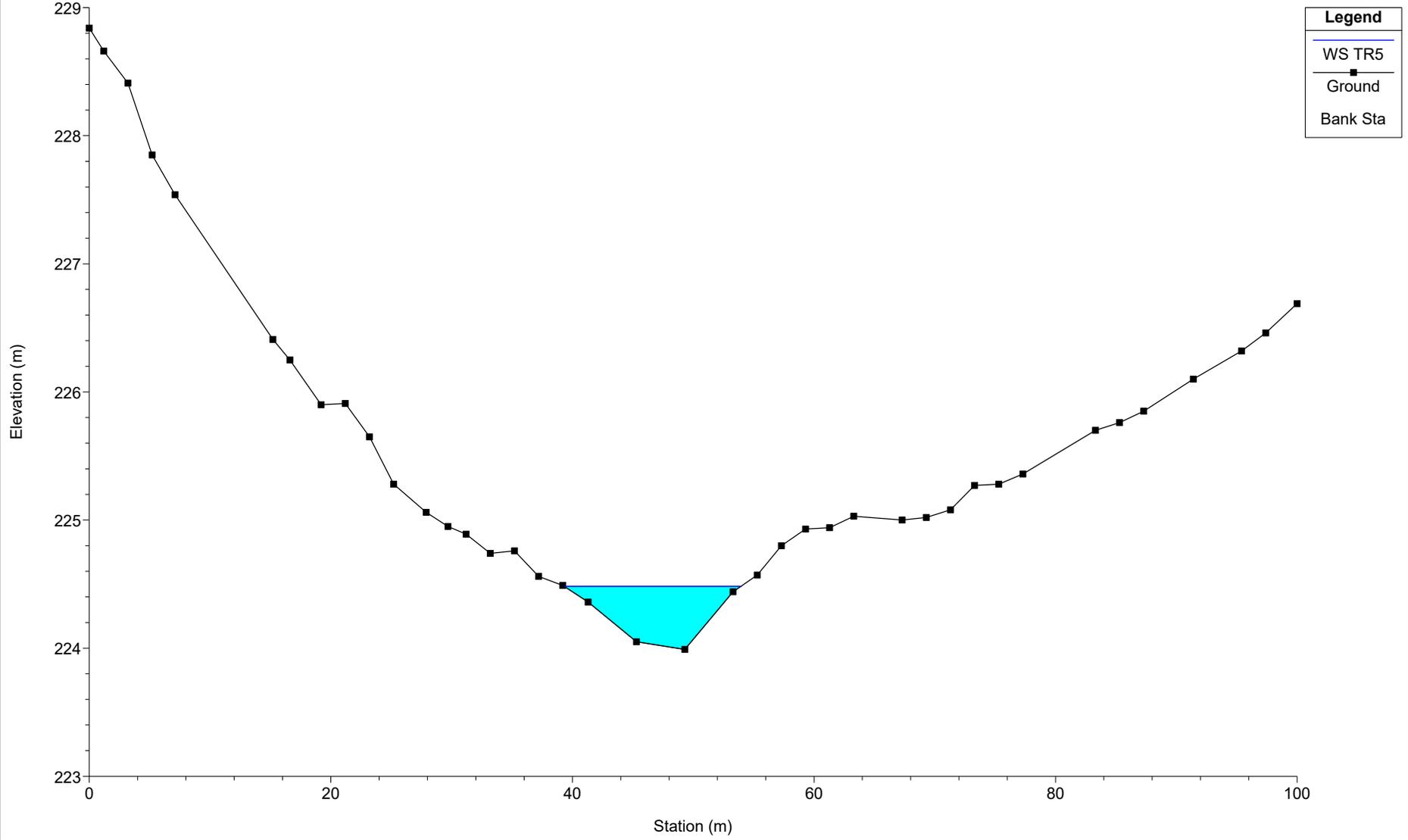


**Legend**

- WS TR5
- Ground
- Bank Sta

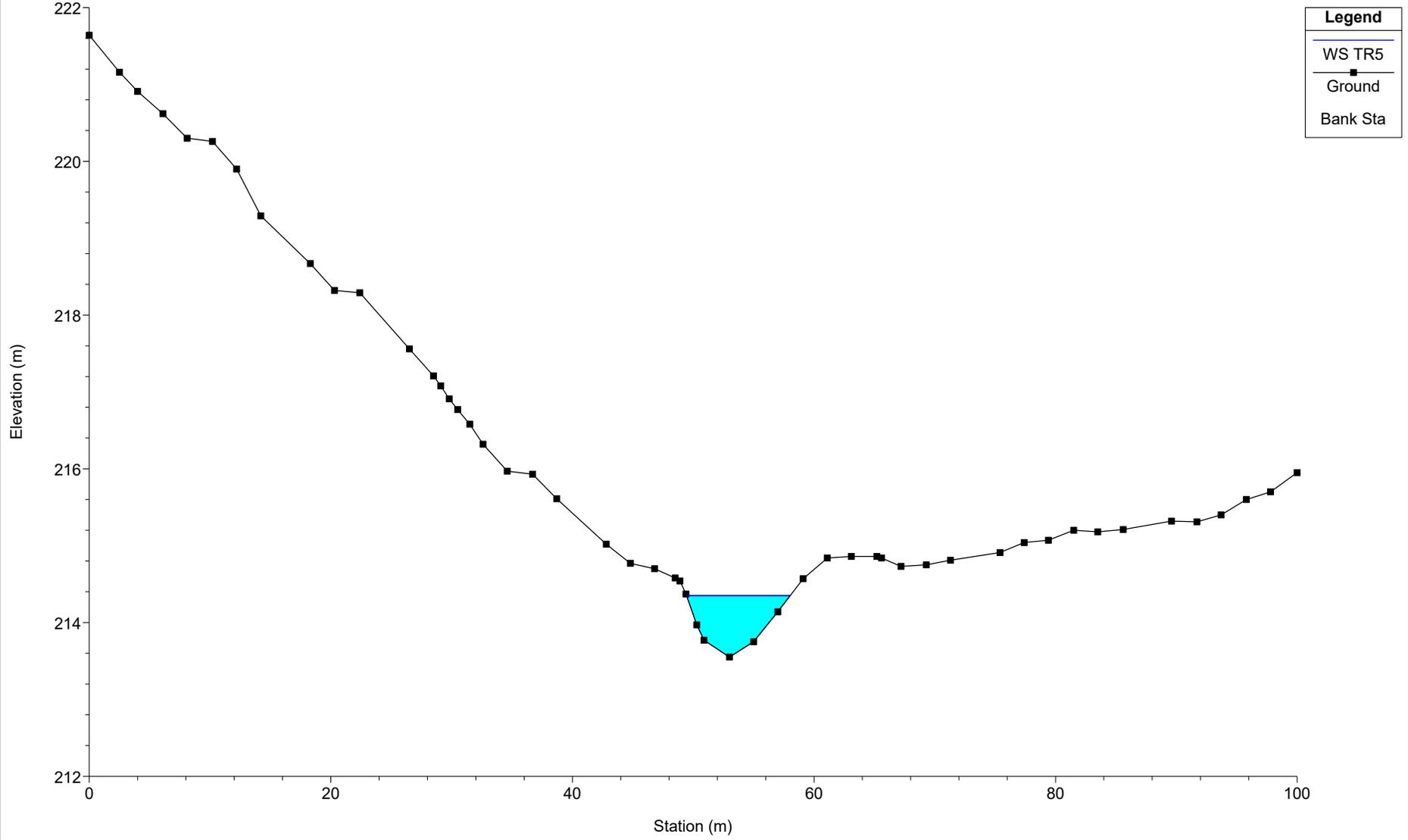
SEP16

River = SEP16 Reach = B08 RS = 3220



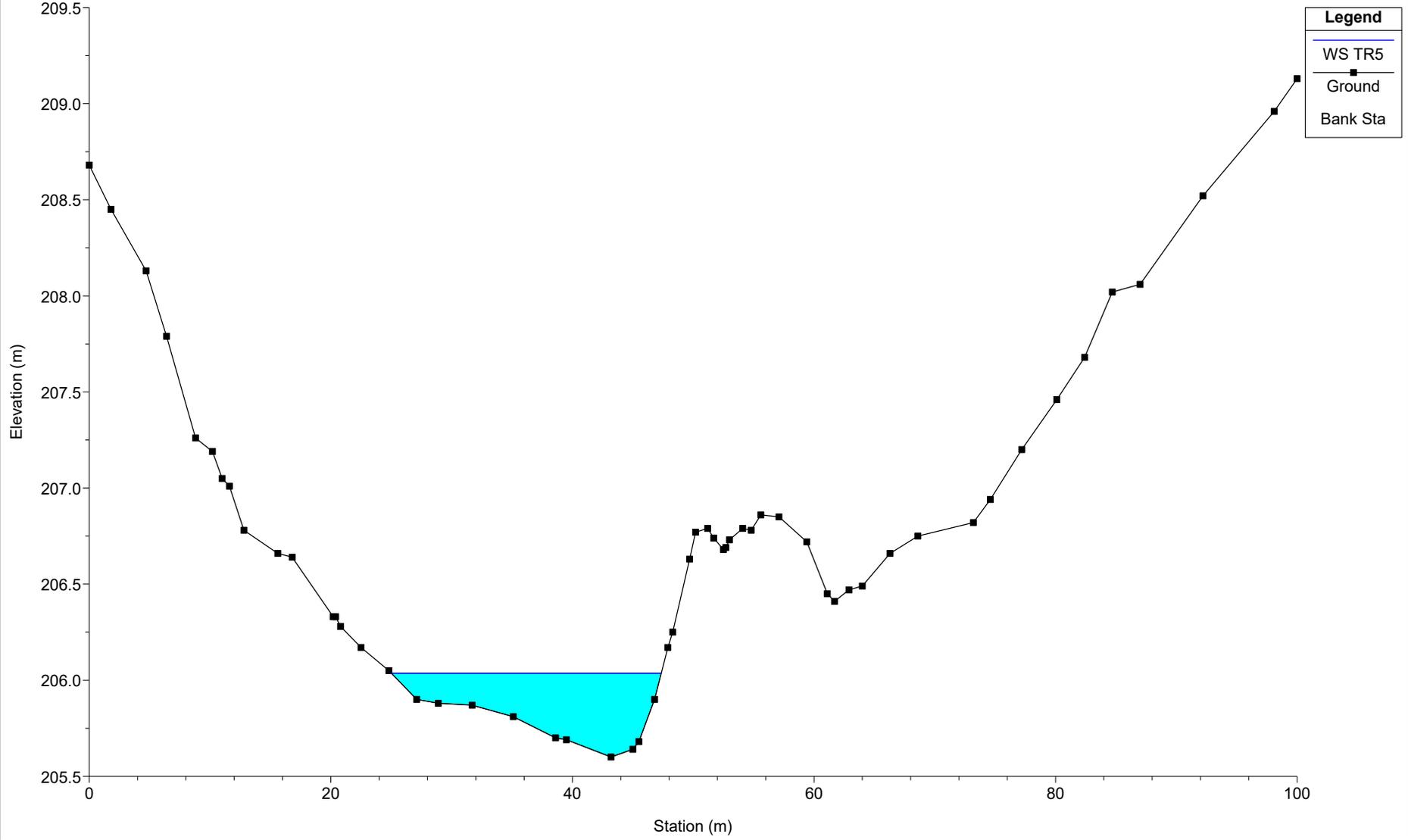
SEP16

River = SEP16 Reach = B08 RS = 3154.97



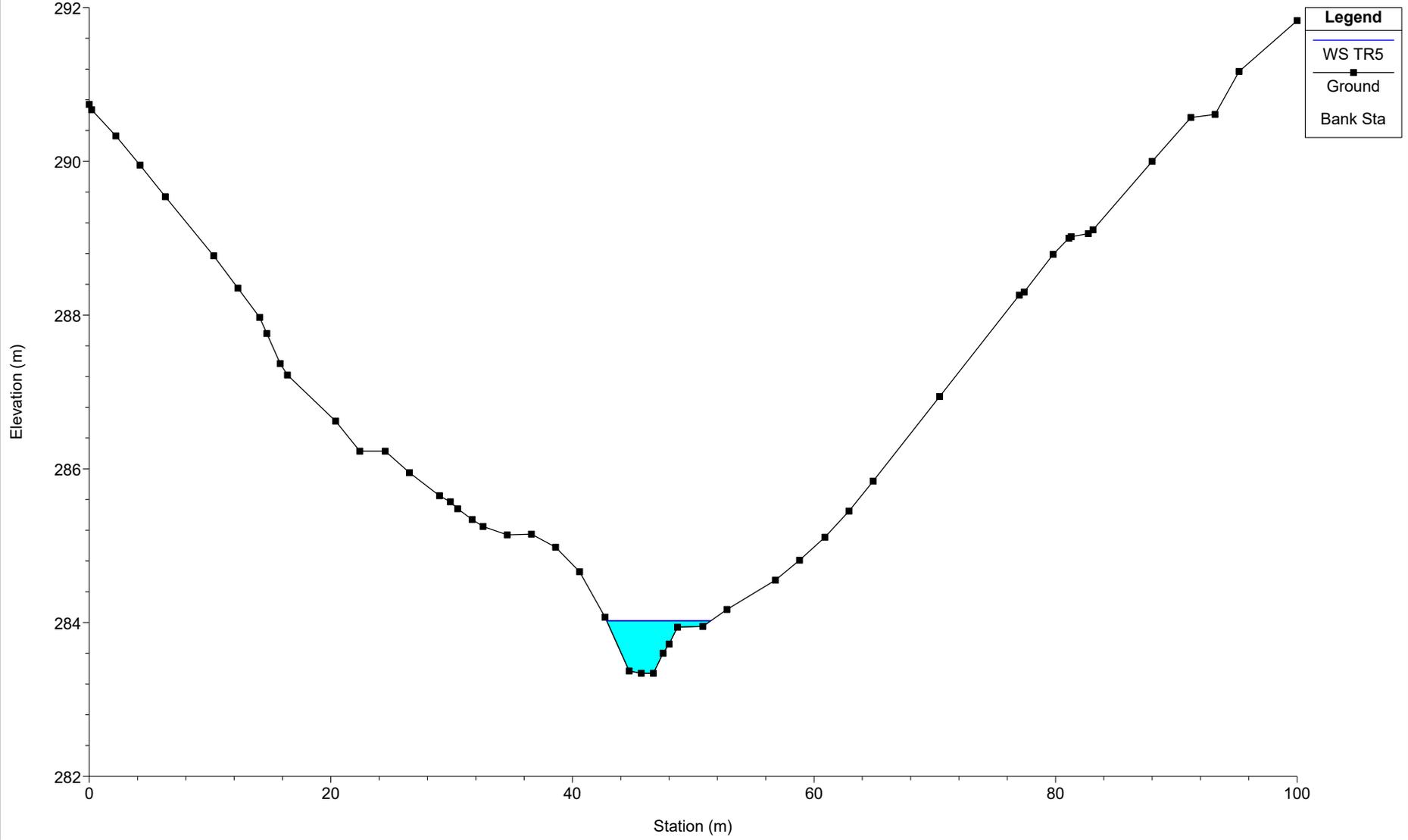
SEP16

River = SEP16 Reach = B08 RS = 3151



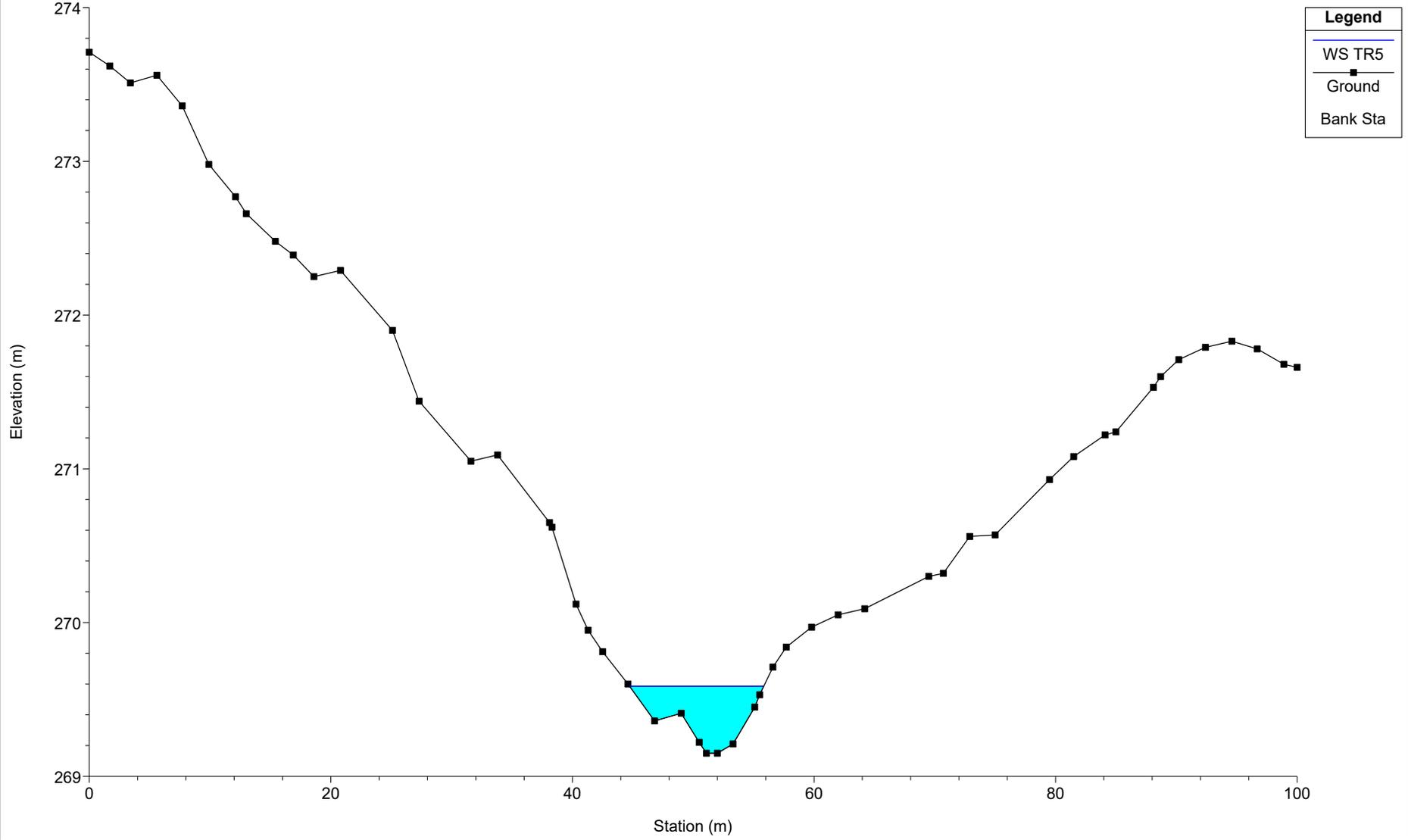
SEP16

River = SEP16 Reach = B07 RS = 3952



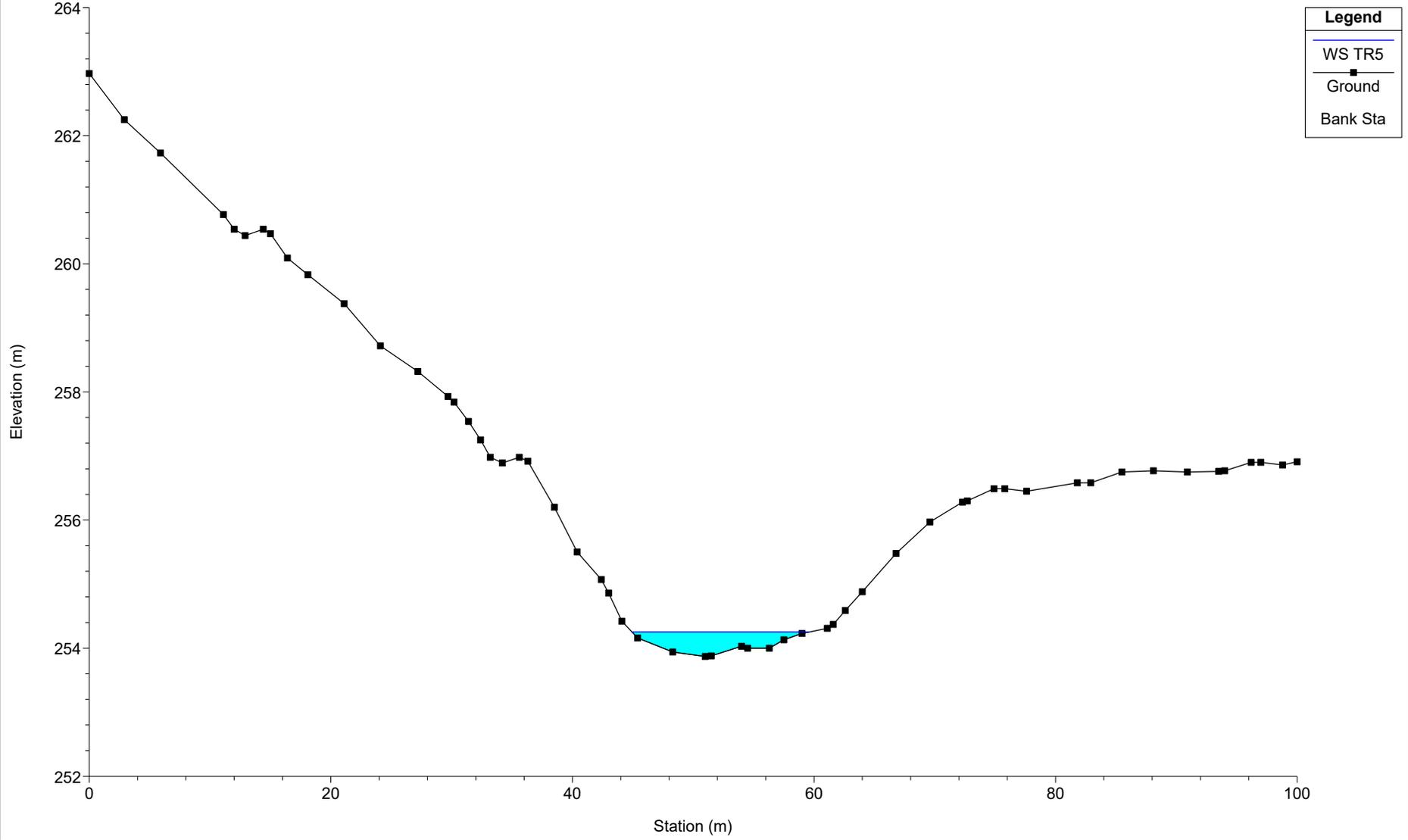
SEP16

River = SEP16 Reach = B07 RS = 3943



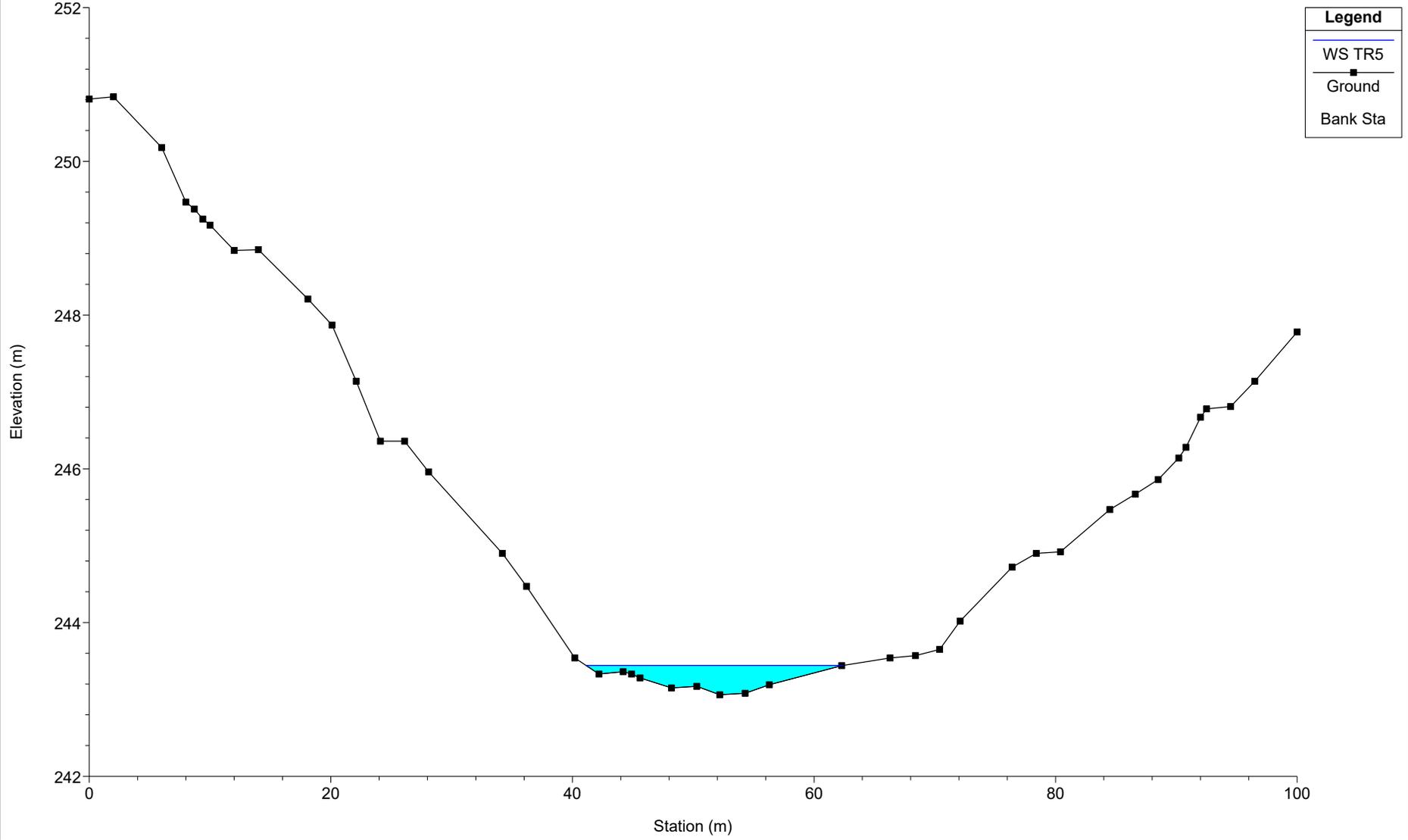
SEP16

River = SEP16 Reach = B07 RS = 3230



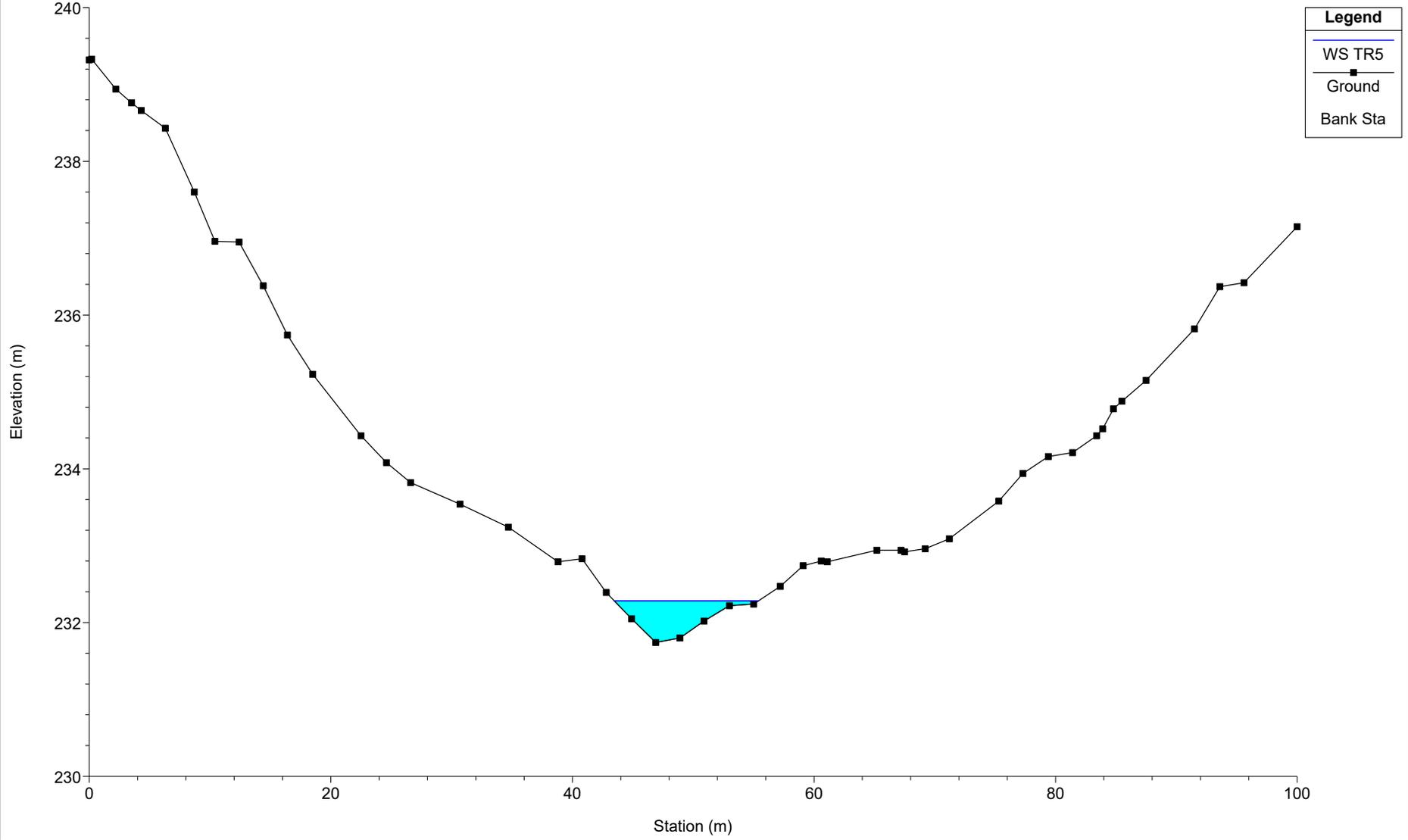
SEP16

River = SEP16 Reach = B07 RS = 3220



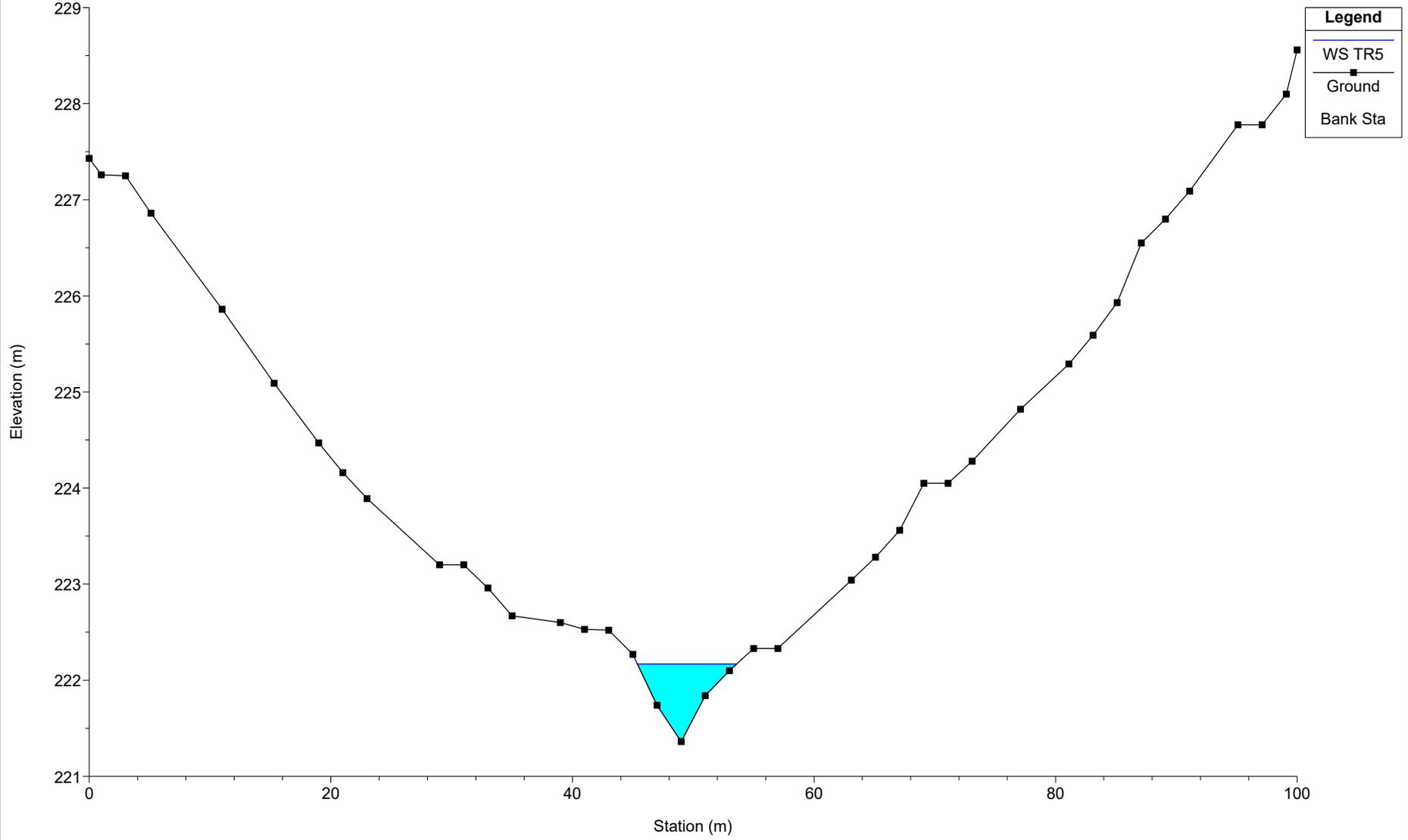
SEP16

River = SEP16 Reach = B07 RS = 3164



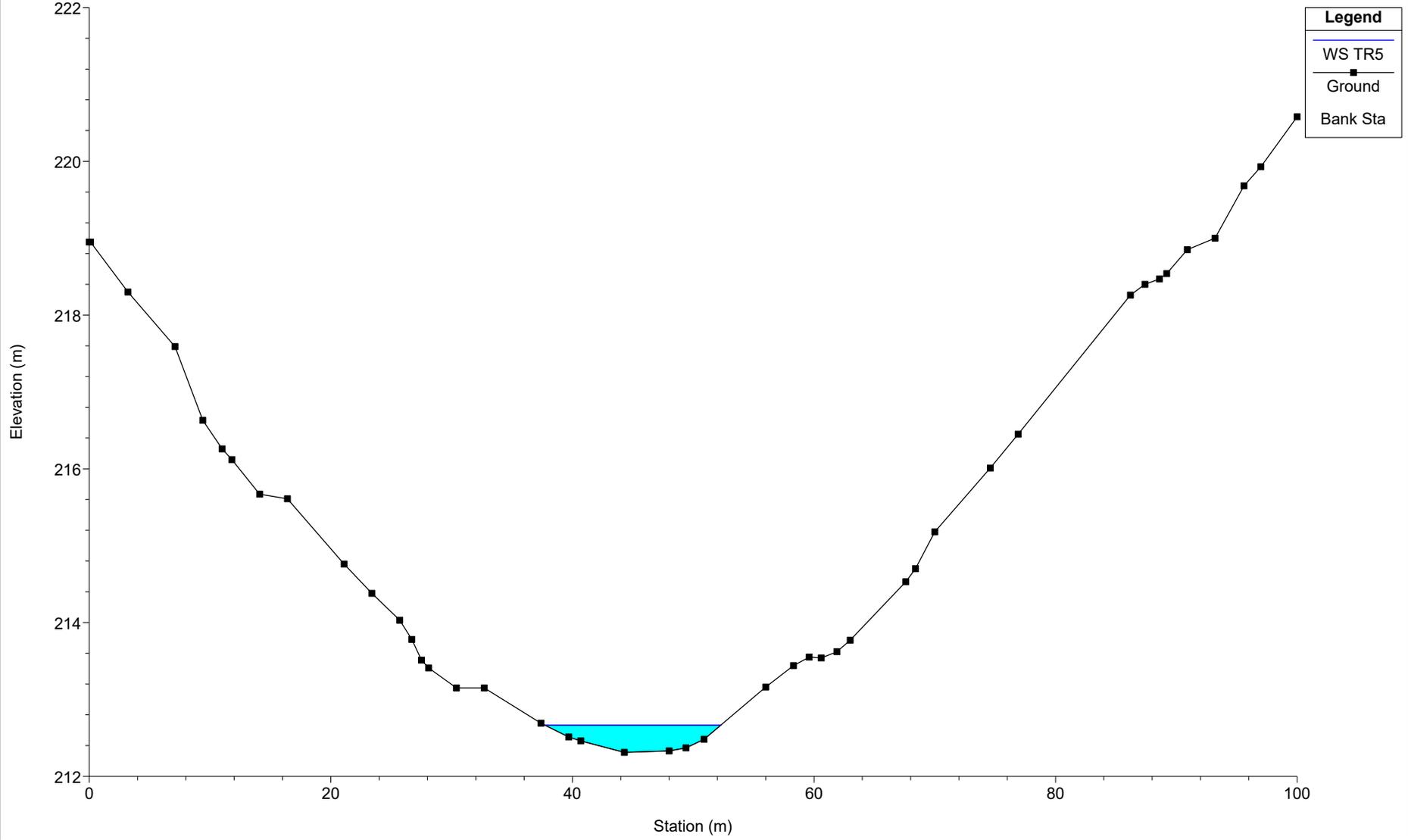
SEP16

River = SEP16 Reach = B07 RS = 3156



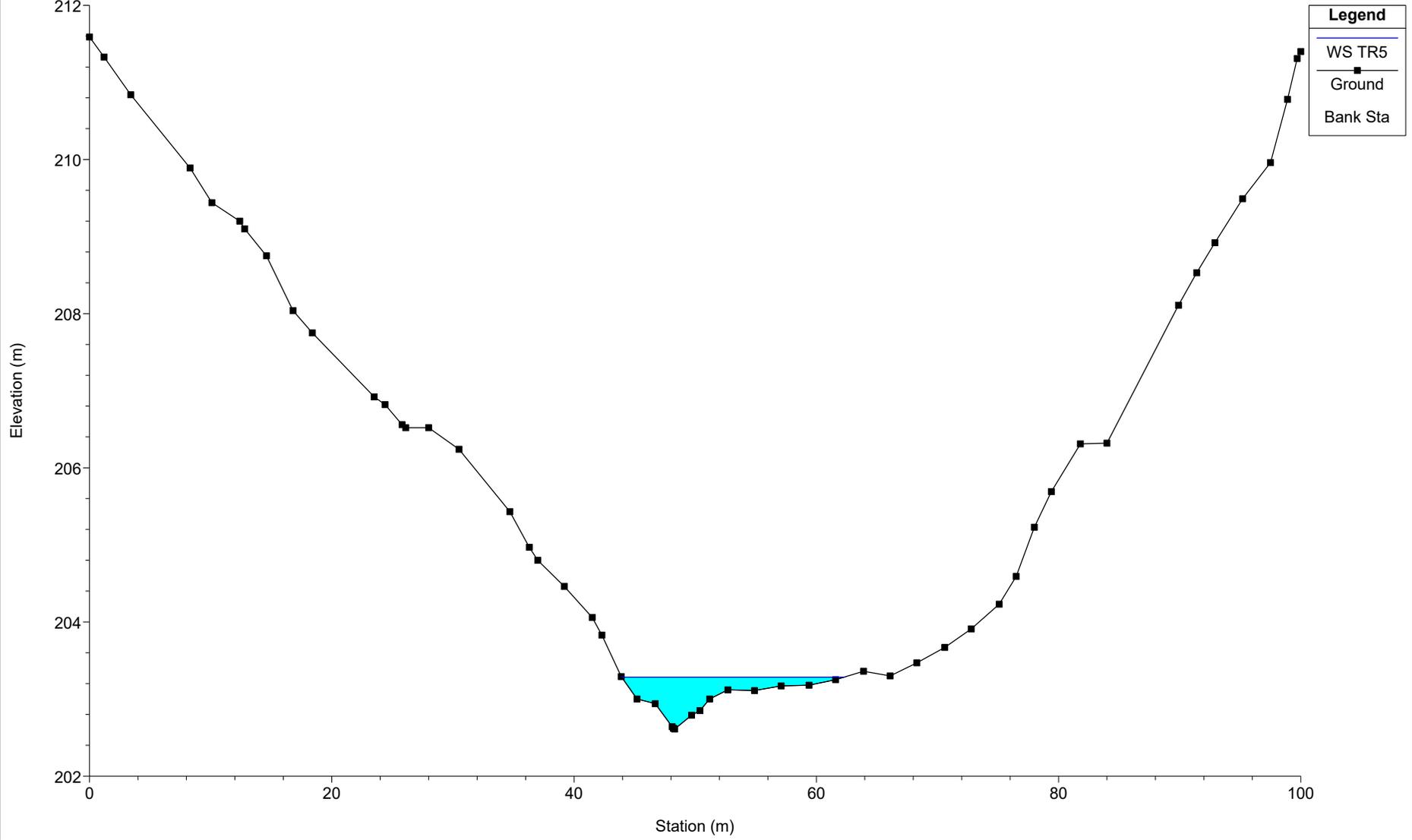
SEP16

River = SEP16 Reach = B07 RS = 3154.97



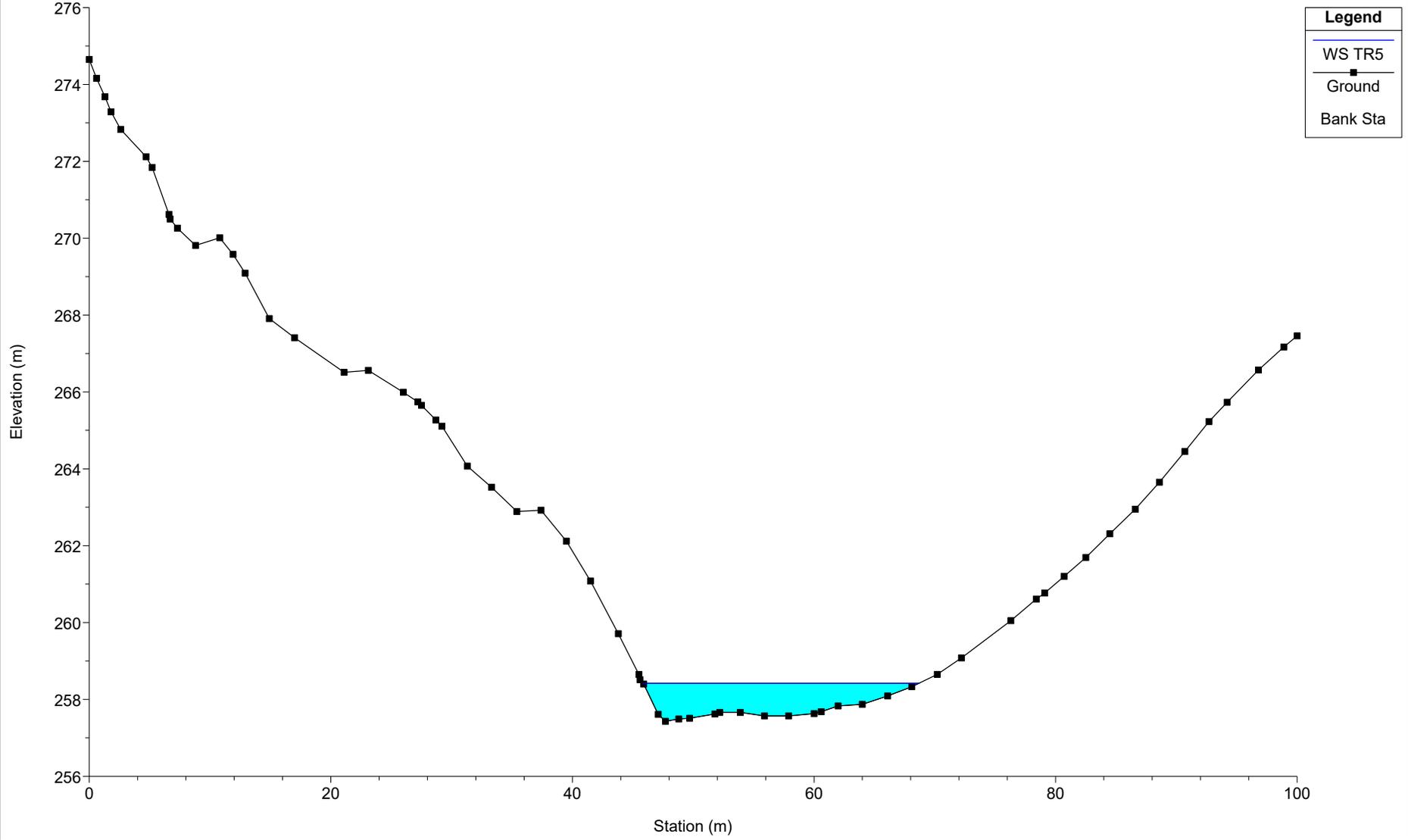
SEP16

River = SEP16 Reach = B07 RS = 3135



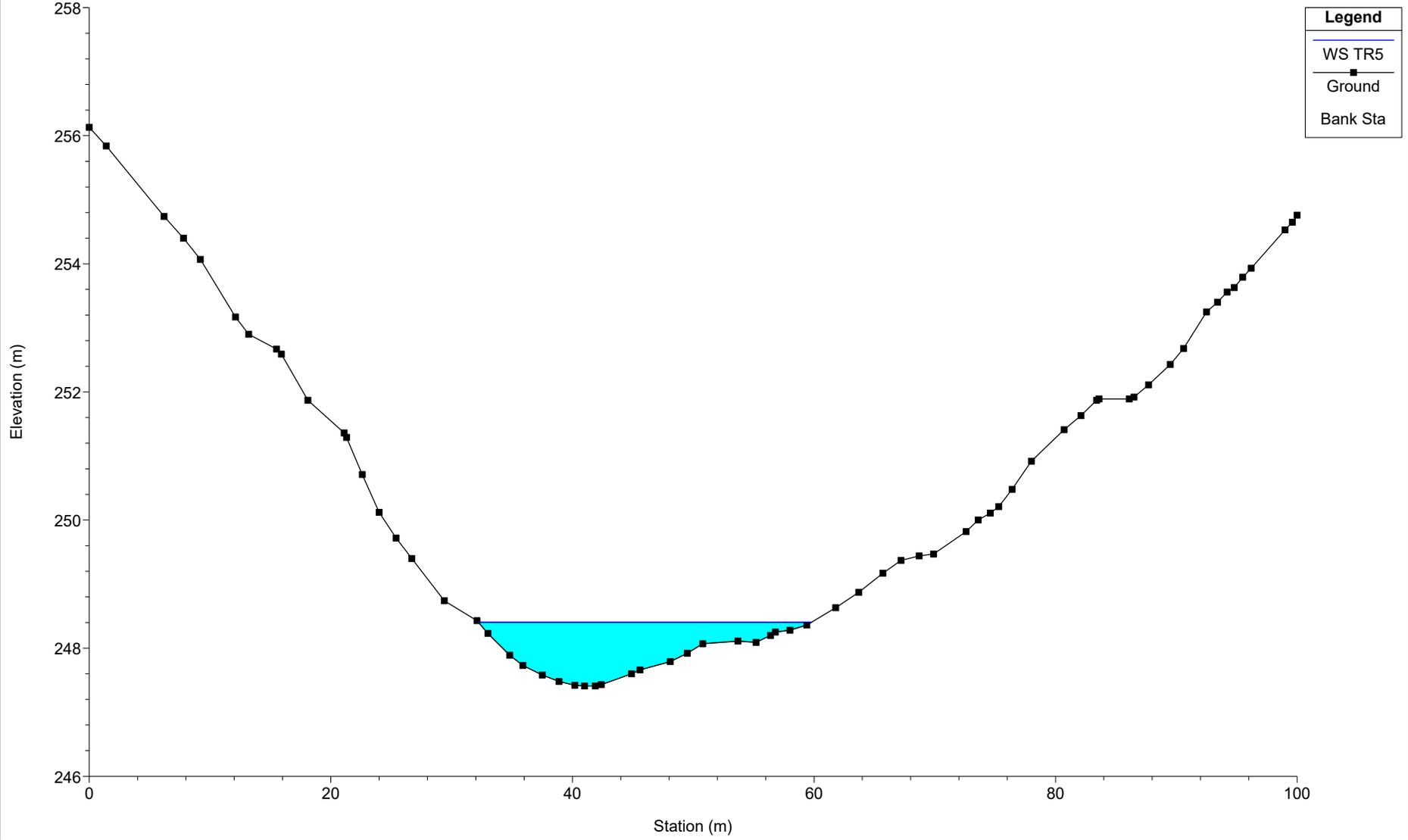
SEP16

River = SEP16 Reach = B01 RS = 4483



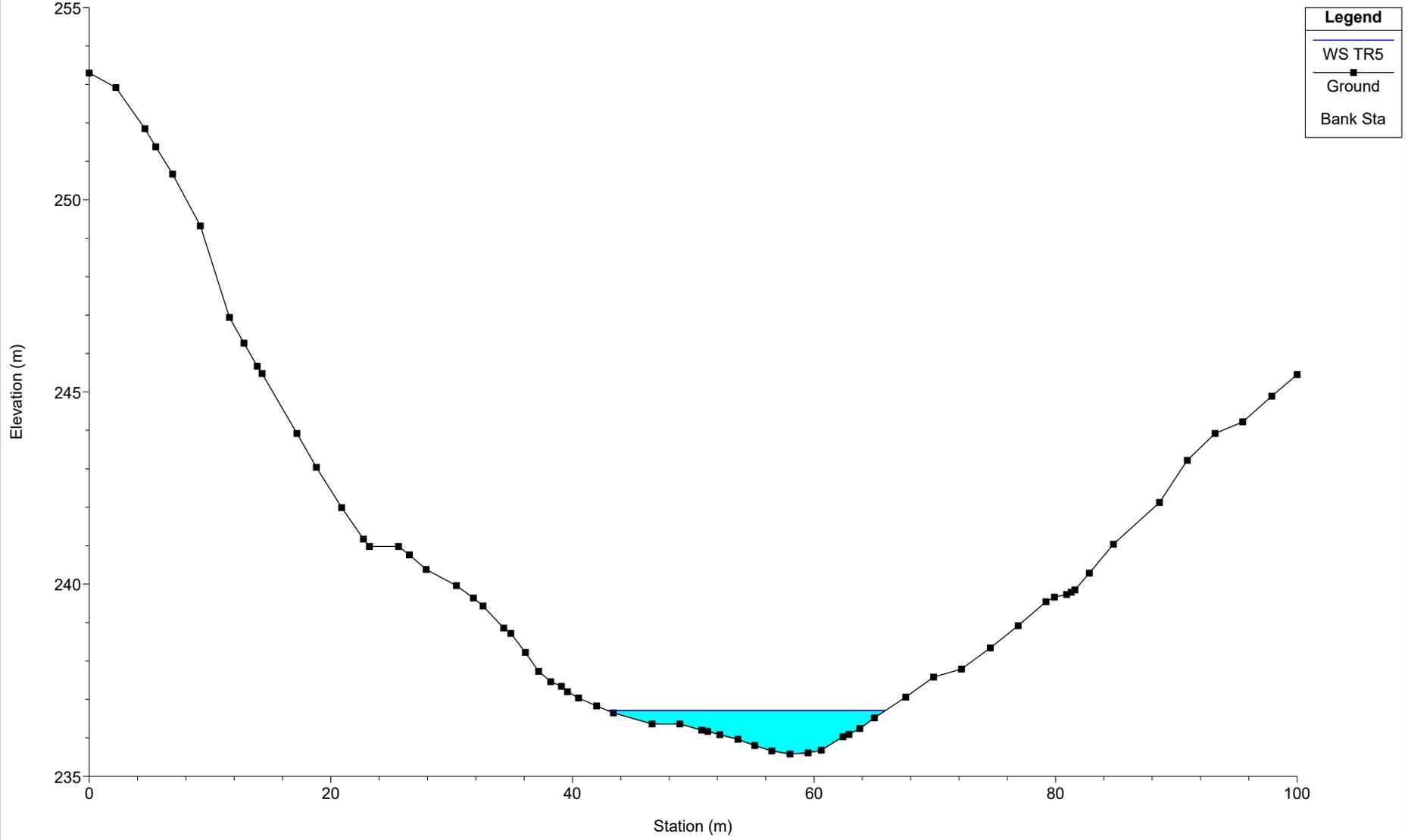
SEP16

River = SEP16 Reach = B01 RS = 4477.1



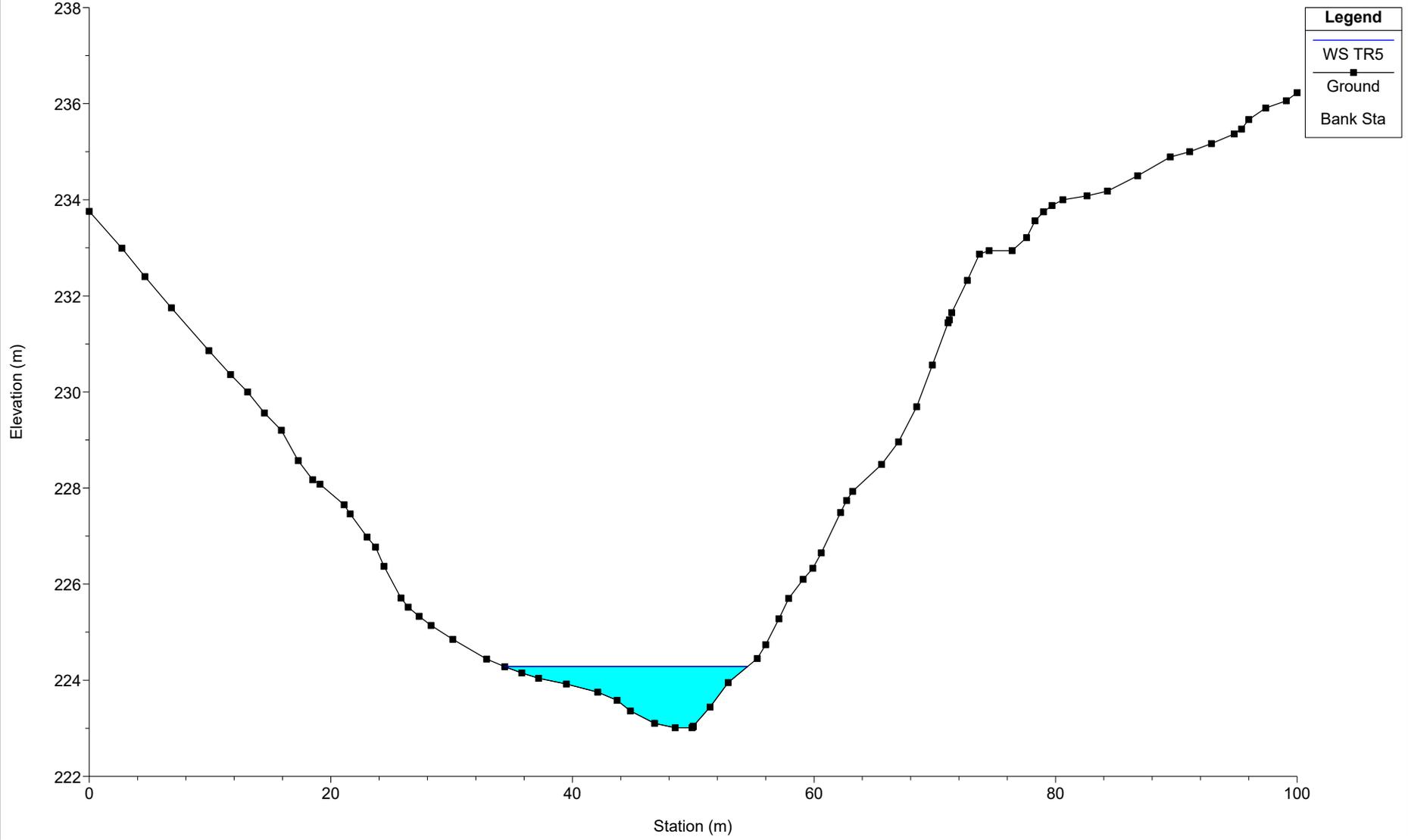
SEP16

River = SEP16 Reach = B01 RS = 4382



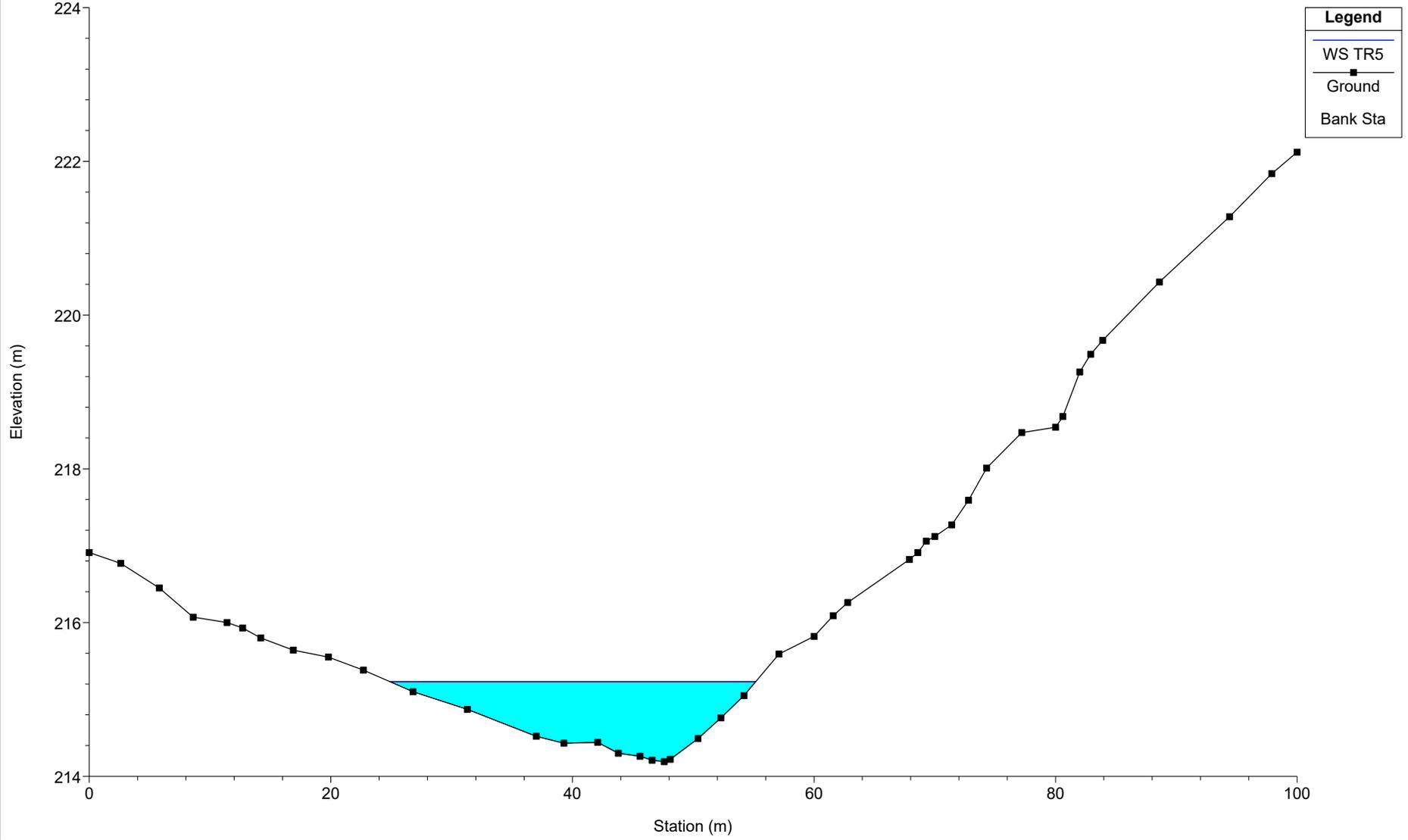
SEP16

River = SEP16 Reach = B01 RS = 4376.9



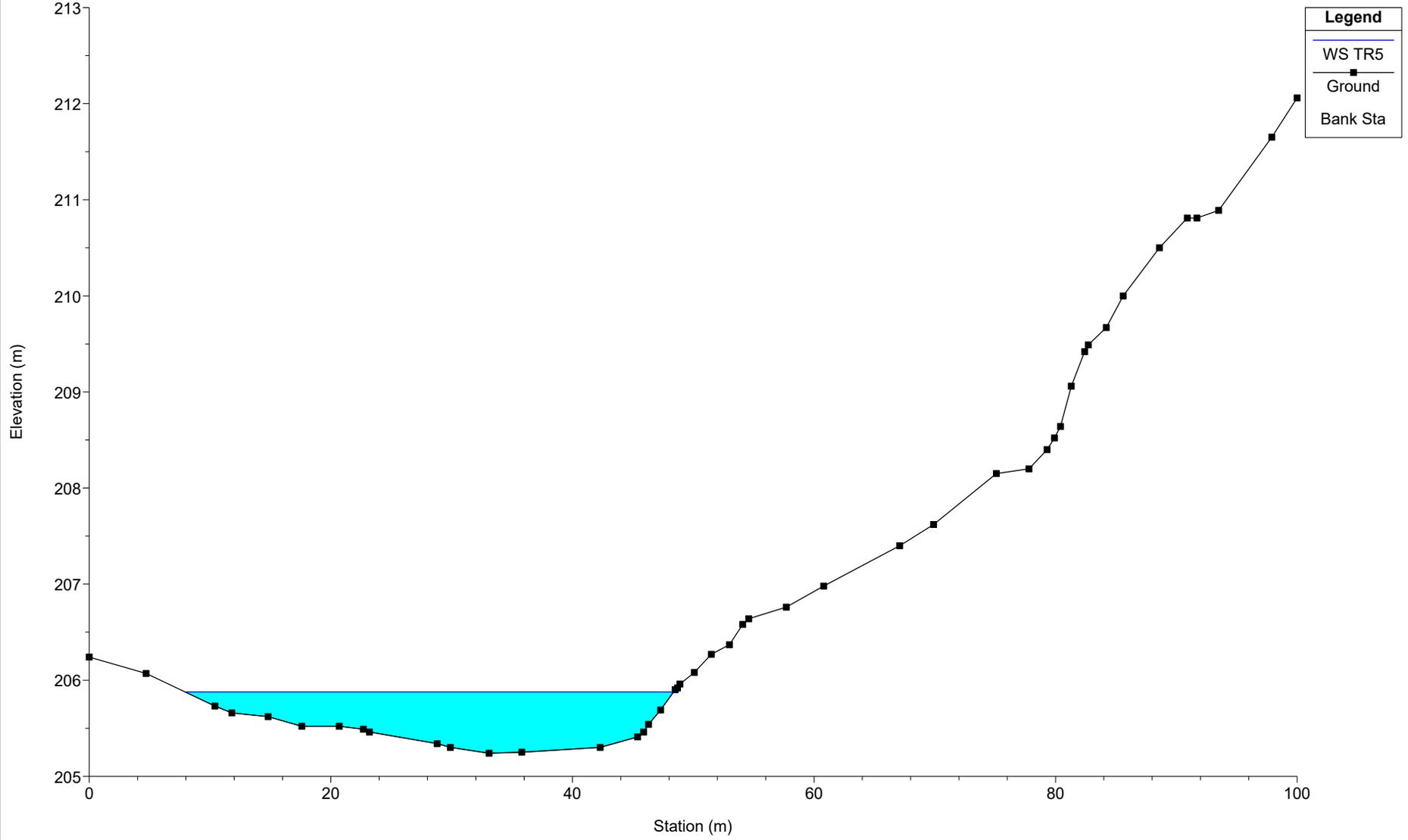
SEP16

River = SEP16 Reach = B01 RS = 4281



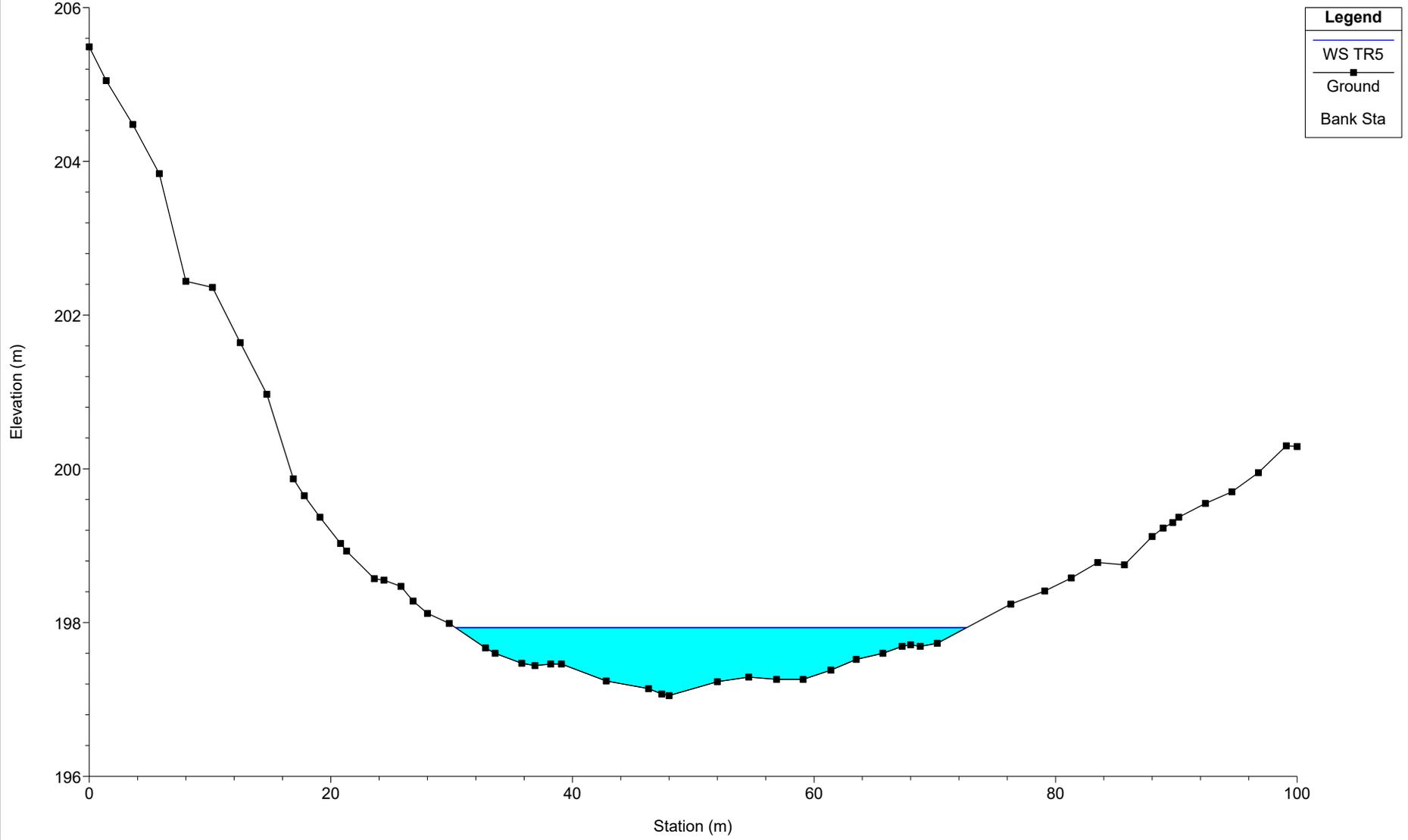
SEP16

River = SEP16 Reach = B01 RS = 4276.8



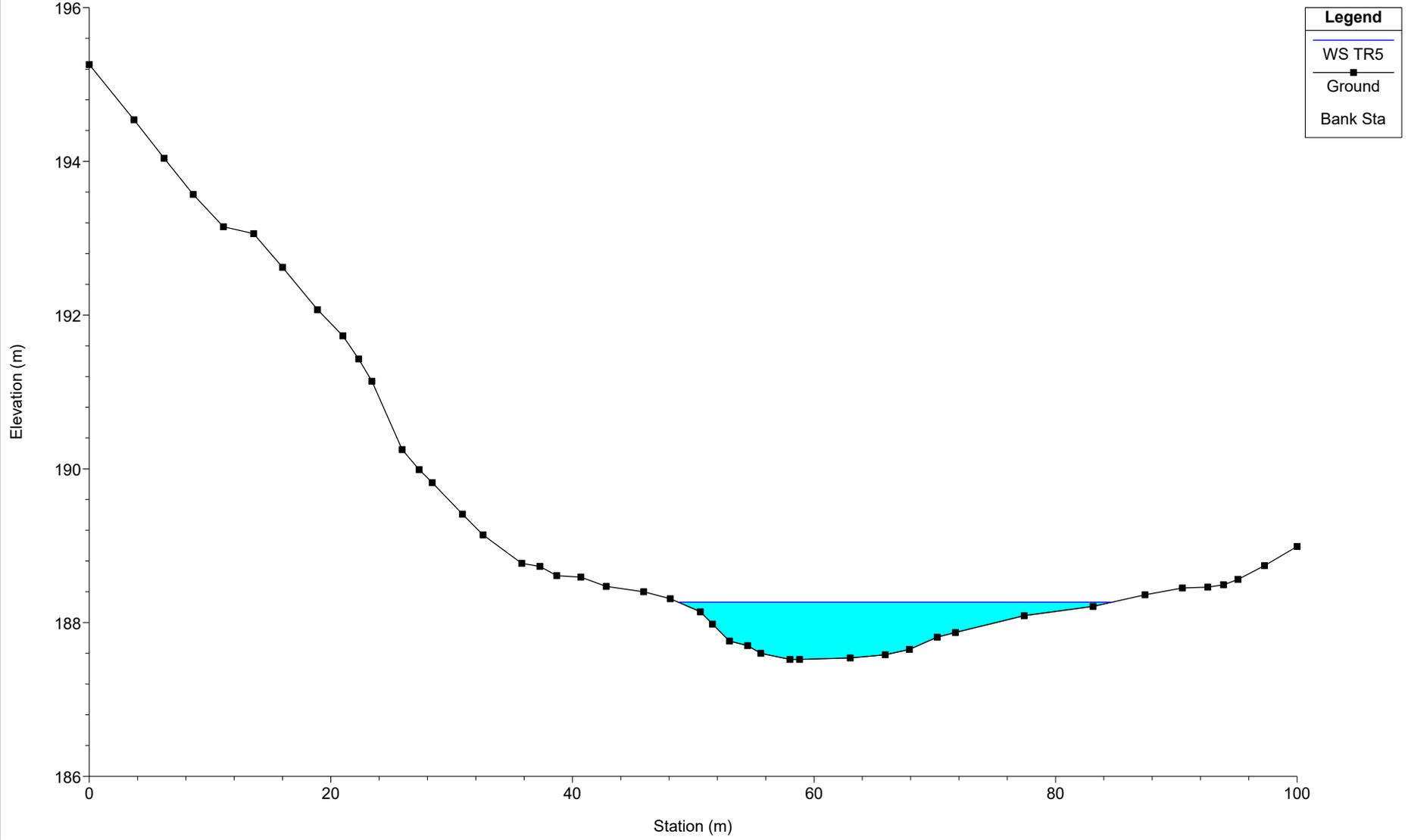
SEP16

River = SEP16 Reach = B01 RS = 4180



SEP16

River = SEP16 Reach = B01 RS = 4076.7

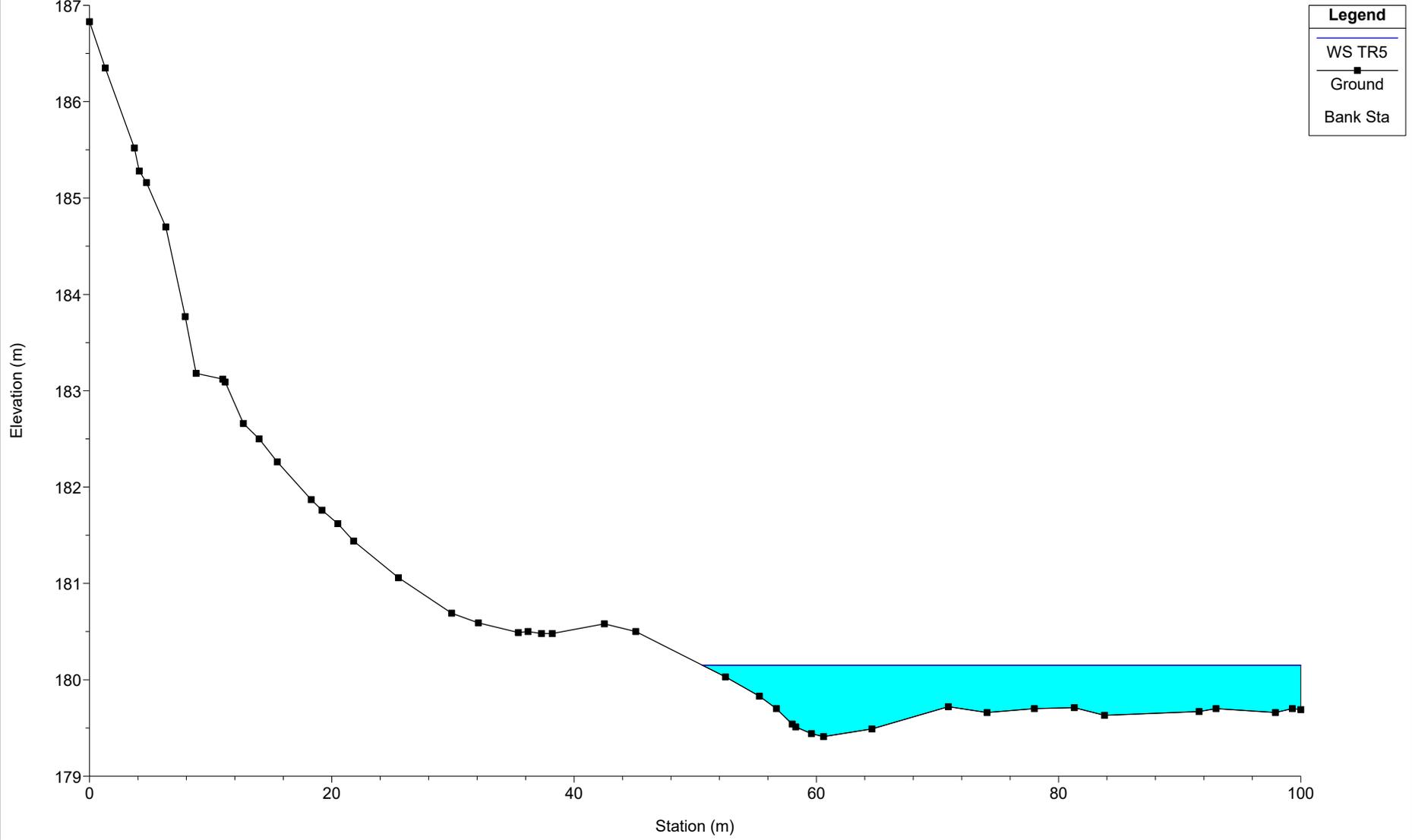


**Legend**

- WS TR5
- Ground
- Bank Sta

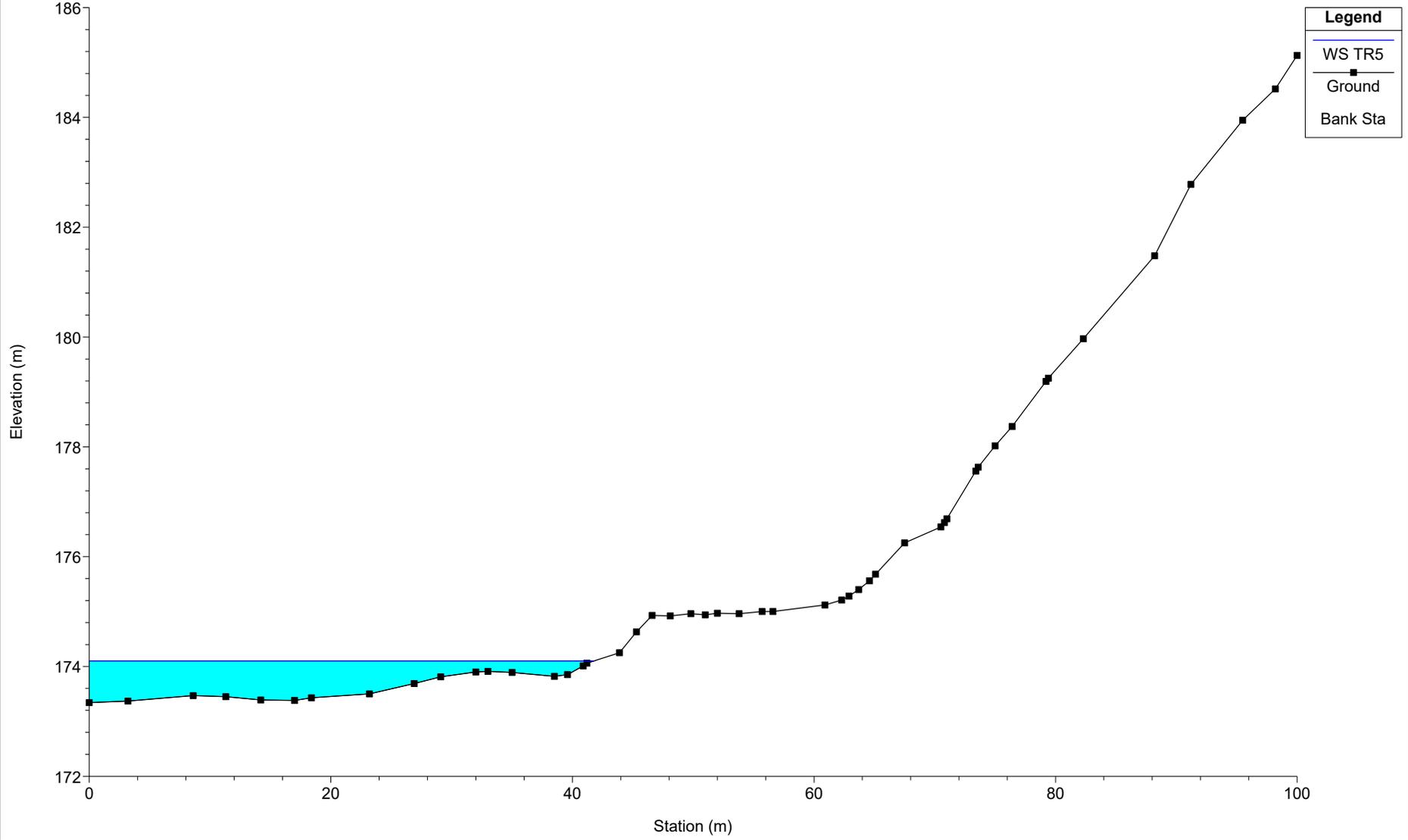
SEP16

River = SEP16 Reach = B01 RS = 3479



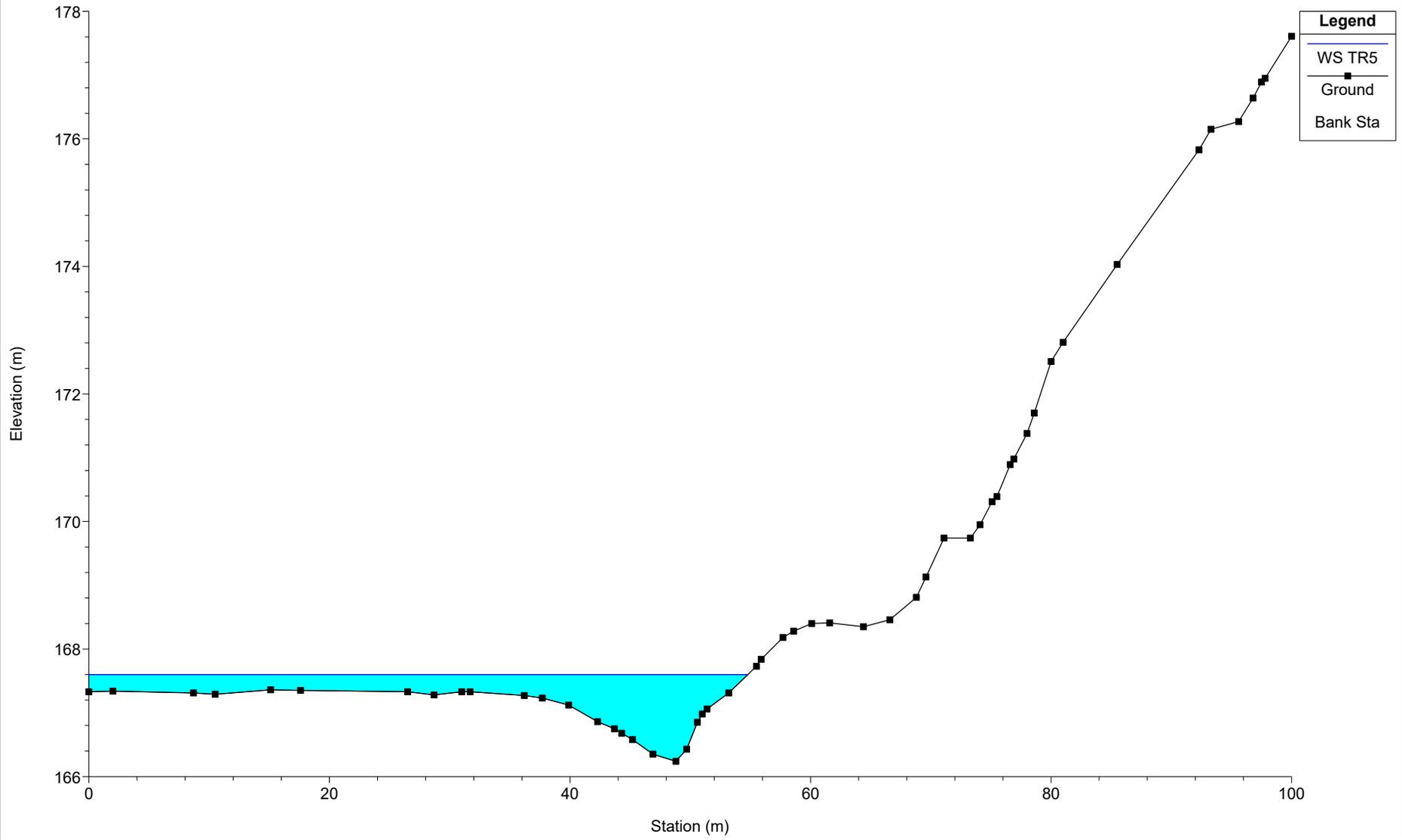
SEP16

River = SEP16 Reach = B01 RS = 3376.6



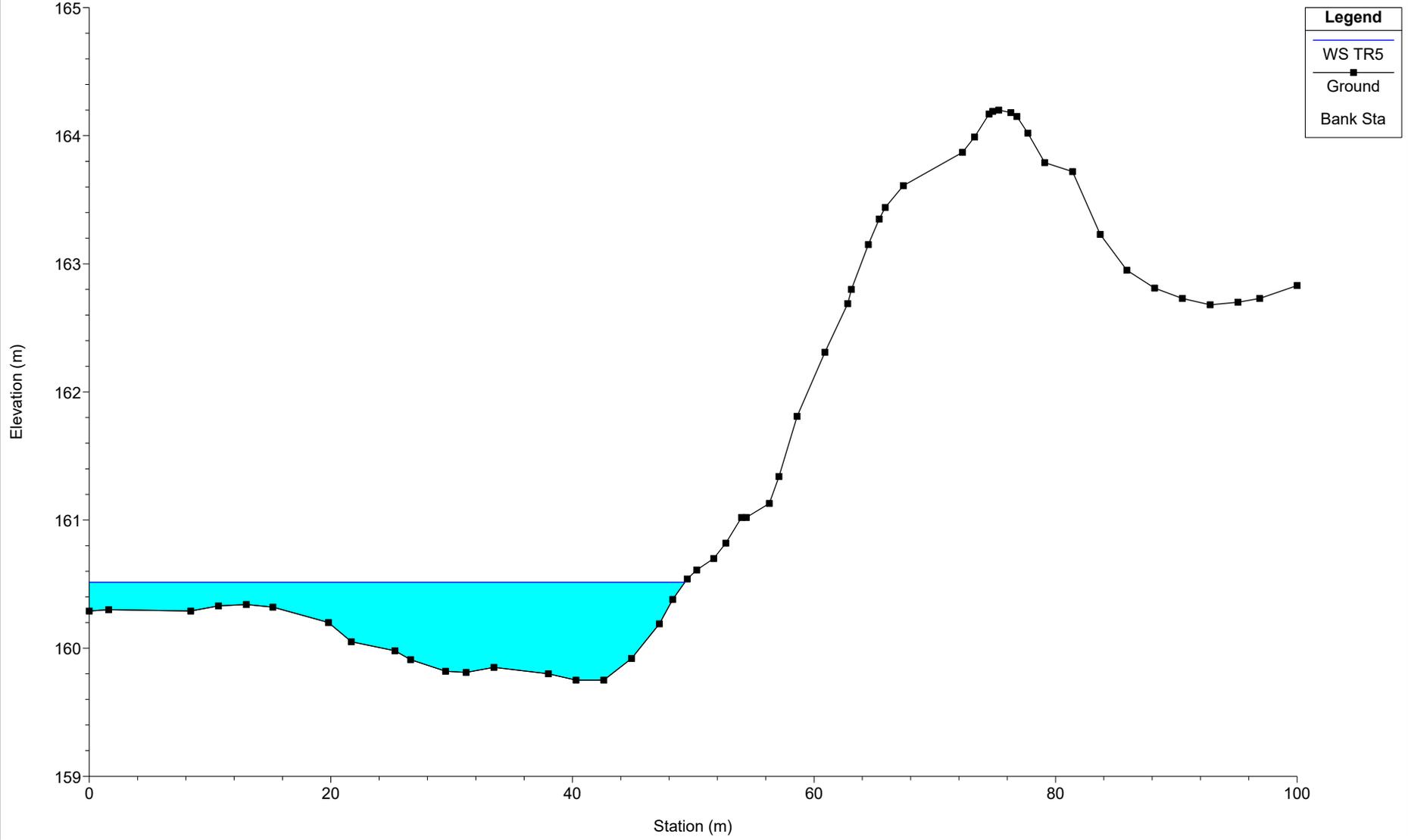
# SEP16

River = SEP16 Reach = B01 RS = 3278



SEP16

River = SEP16 Reach = B01 RS = 3176.5

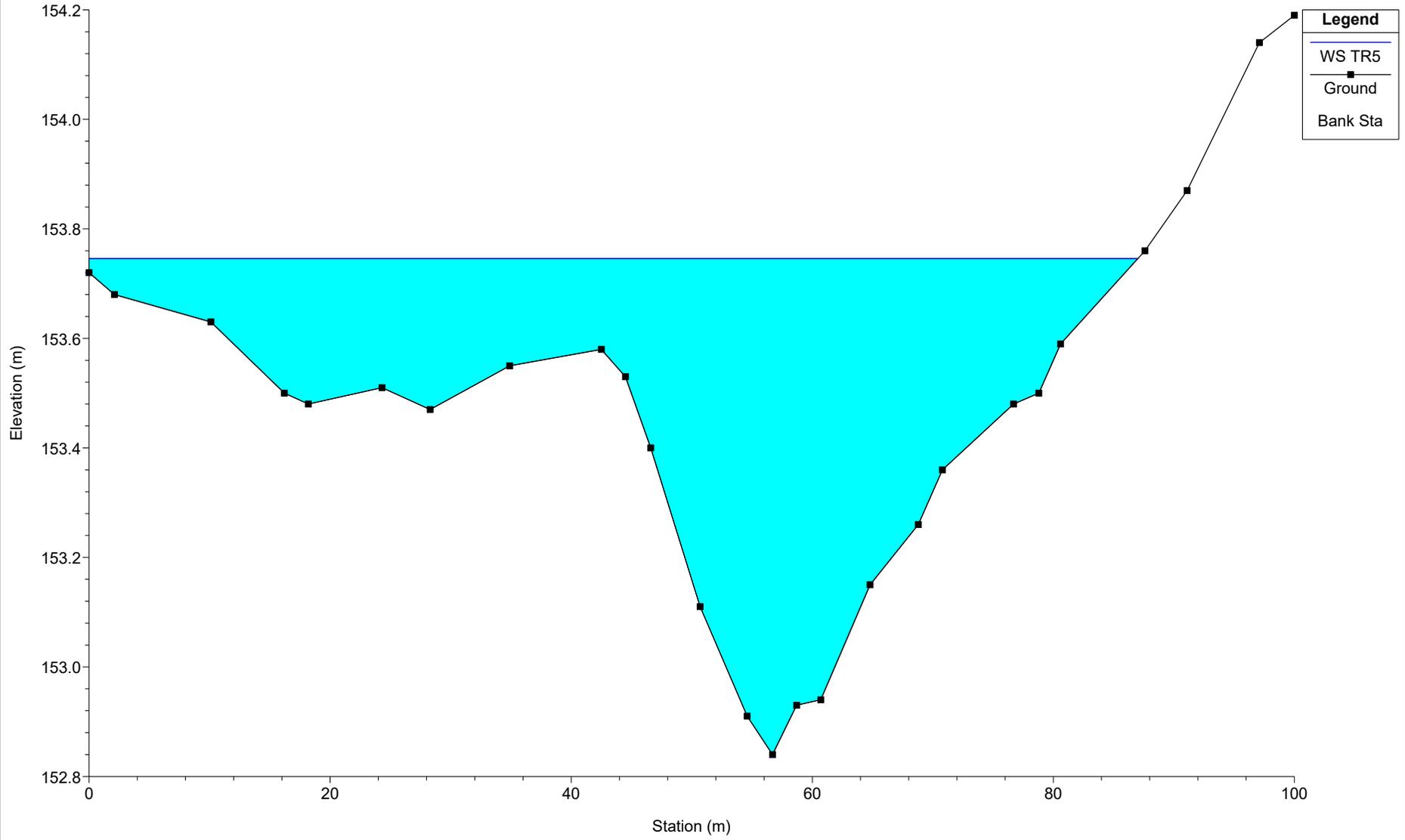


**Legend**

- WS TR5
- Ground
- Bank Sta

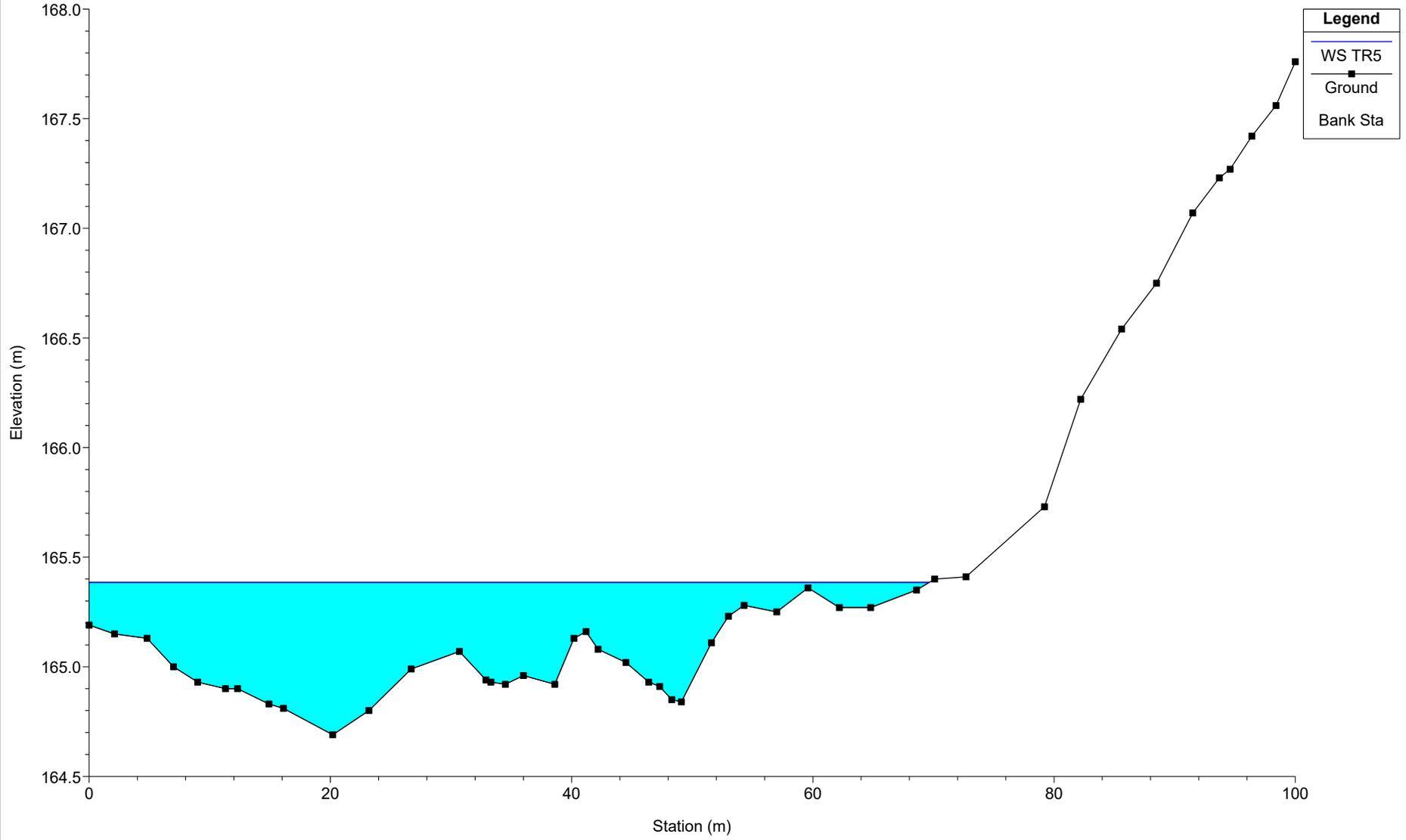
# SEP16

River = SEP16 Reach = B01 RS = 3077



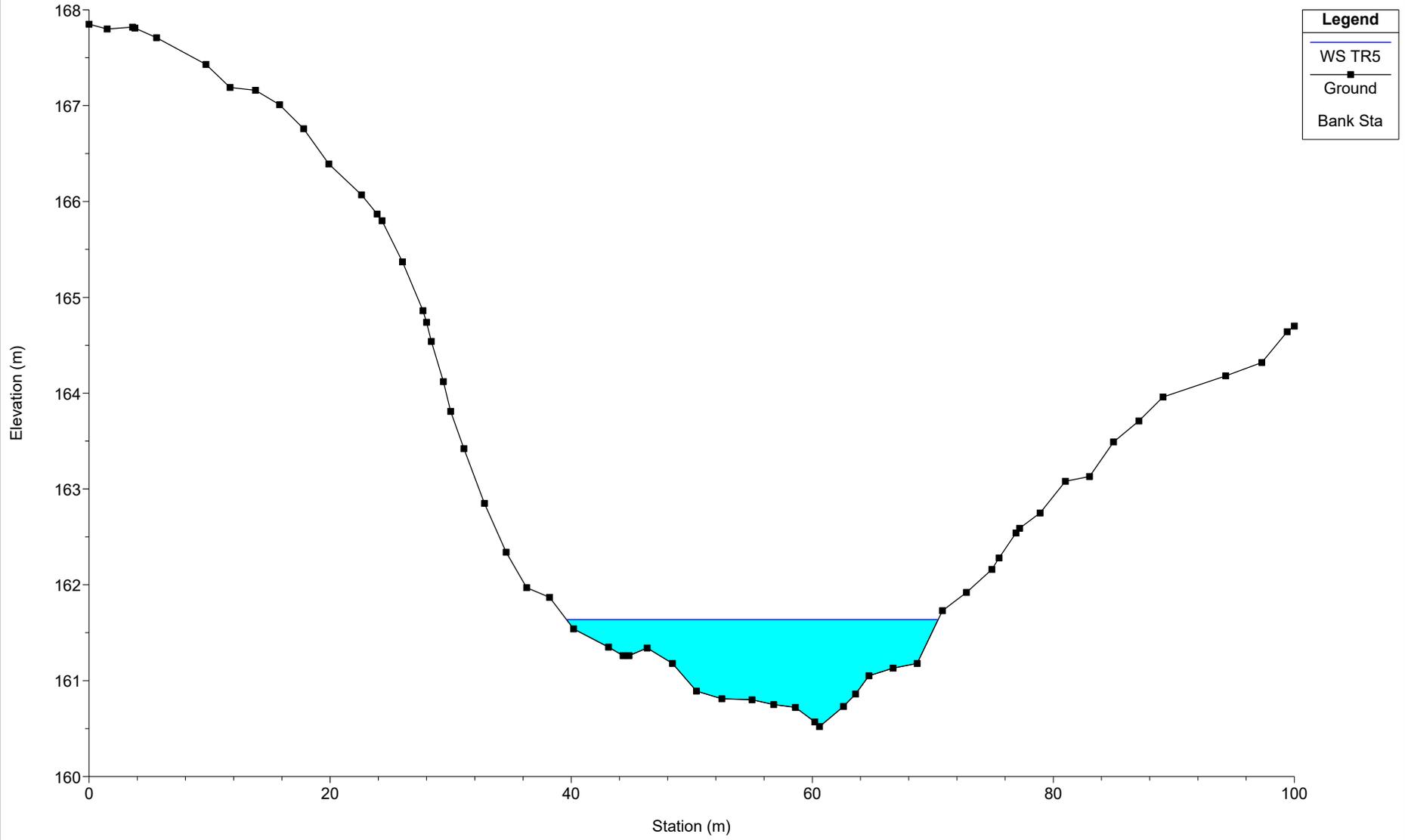
# SEP16

River = SEP16 Reach = B-Stazione RS = 42



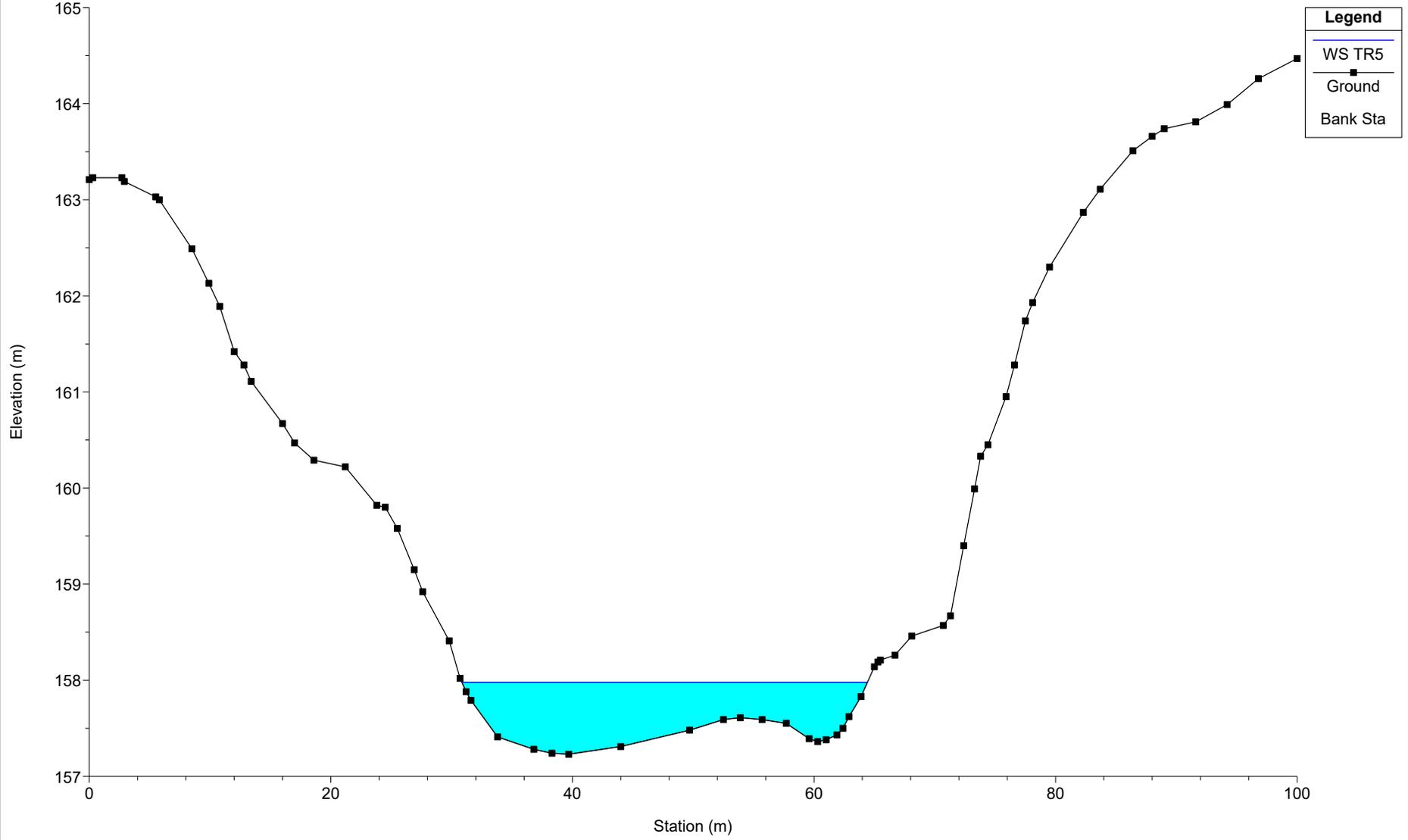
# SEP16

River = SEP16 Reach = B-Stazione RS = 37



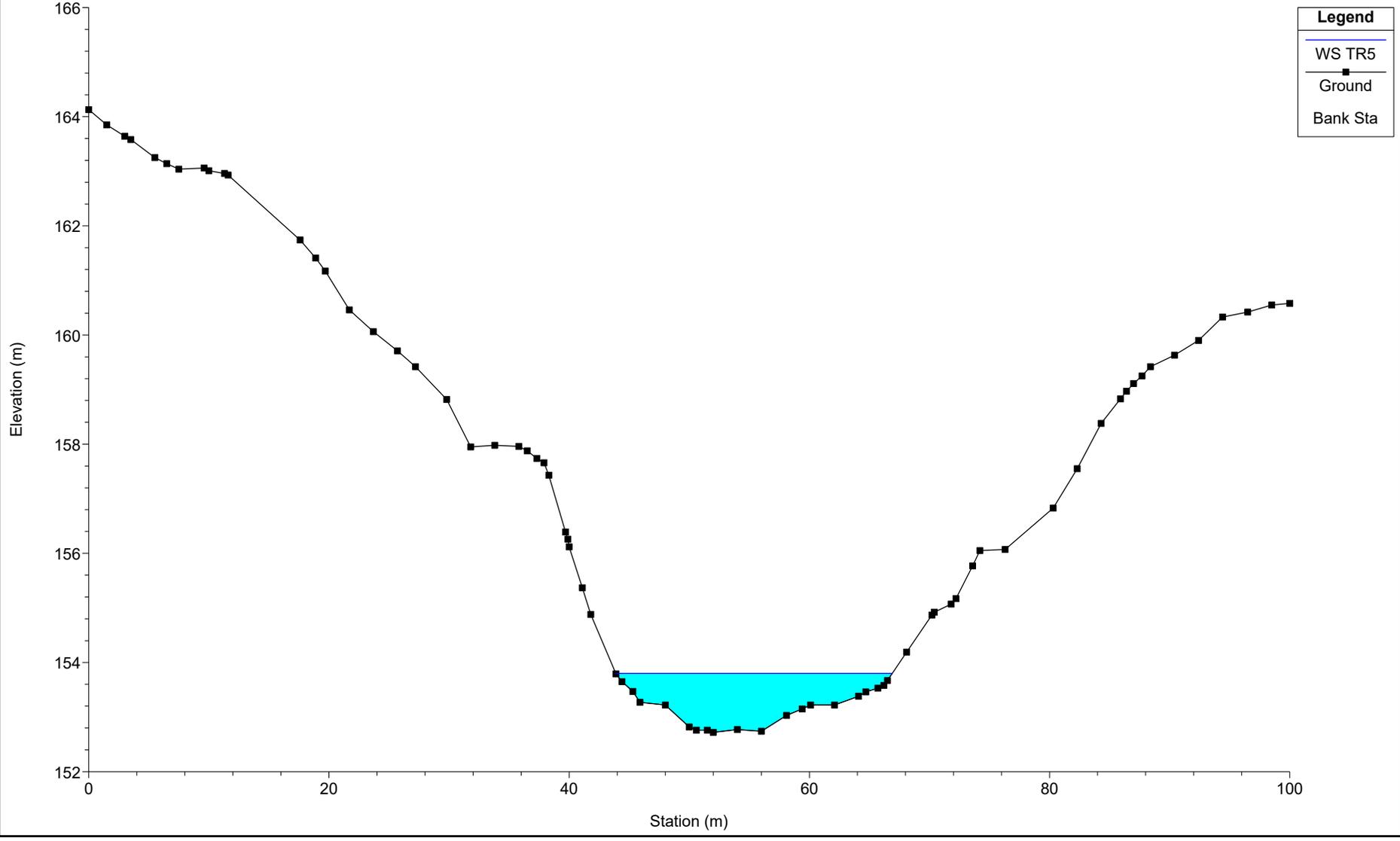
SEP16

River = SEP16 Reach = B-Stazione RS = 35



# SEP16

River = SEP16 Reach = B-Stazione RS = 32



SEP16

River = SEP16 Reach = B-Stazione RS = 24

