

## REGIONE PIEMONTE

*Valutazione di Incidenza e Impatto Ambientale*  
*Progetto Generale Autorizzato con D.G.R. 26-9035 in data 25.06.2008*



## COMUNE DI TRINO

(Vercelli)

**ADEGUAMENTO SEZIONI DI DEFLUSSO CORSI DEMANIALI  
 NUOVO SCOLMATORE DI TRINO  
 2° LOTTO STRALCIO**

**PROG. 325A**

**DATA**

**DICEMBRE 2008**

**AGGIORNAMENTI**

APRILE 2017  
 FEBBRAIO 2018  
 NOVEMBRE 2021

ATTIVITÀ DI PROGETTAZIONE:



**IL PROGETTISTA**  
**(Dott. Ing. Domenico Castelli)**

**2° LOTTO DI COMPLETAMENTO**

**Relazione Idrologica e Idraulica**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**PRATICA N°10437/E**

**Arch. 10437E**

MODIFICHE  
 AGGIORNAMENTI

AGGIORNAMENTO  
 Data

CONTROLLO

Firma

OPERATORE

GV

CONTROLLO

DC

APPROVAZIONE

DC

## INDICE

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>1</b>
<b>2. INDIVIDUAZIONE DEL COMPENSORIO .....</b>	<b>6</b>
<b>3. ANALISI IDROLOGICA DEL COMPENSORIO .....</b>	<b>9</b>
3.1 BACINI IDROGRAFICI – AREE DI COMPETENZA – CARATTERISTICHE IDROLOGICHE .....	10
3.2 VALUTAZIONE DEGLI AFFLUSSI – IL MODELLO AFFLUSSI-DEFLUSSI.....	17
3.3 CALCOLO DELLE PORTATE .....	21
3.3.1 <i>L'idrogramma unitario di piena .....</i>	<i>21</i>
3.3.2 <i>Il metodo S.C.S.....</i>	<i>26</i>
3.3.3 <i>I fenomeni di piena nella attuale configurazione.....</i>	<i>34</i>
<b>4. GLI INTERVENTI PREVISTI IN ATTUAZIONE CON IL PROGRAMMA GENERALE DI INTERVENTO .....</b>	<b>36</b>
4.1 NUOVO CANALE SCOLMATORE AD OVEST DI FONTANETTO PO.....	39
4.2 INTERVENTI PREVISTI SUL CANALE MAGRELLI LUNGO IL TRATTO A MONTE DI SPINAPESCE.....	41
4.3 INTERVENTI PREVISTI AL NODO IDRAULICO DI SPINAPESCE .....	42
<b>5. IL NUOVO CANALE SCOLMATORE DI TRINO .....</b>	<b>44</b>
5.1 IL 2° LOTTO DI COMPLETAMENTO .....	46
5.1.1 <i>Dimensionamento e verifiche idrauliche del nuovo tratto di canale scolmatore.....</i>	<i>46</i>
<b>6. ASPETTI RELATIVI ALLA FILTRAZIONE DEL NUOVO TRATTO DI CANALE DI 2° LOTTO .....</b>	<b>52</b>
6.1 MODELLO GEOTECNICO DELLA FILTRAZIONE .....	52
6.2 MODELLAZIONE DELLA CONFIGURAZIONE DI PROGETTO.....	54
6.3 CONCLUSIONI .....	59
<b>7. DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE D'ARTE INTERFERENTI CON IL NUOVO CANALE SCOLMATORE .....</b>	<b>61</b>
7.1 INTERVENTO 1 .....	61
7.2 INTERVENTO 2 .....	65
7.3 INTERVENTO 3 .....	66
7.3.1 <i>Dimensionamento idraulico del sifone.....</i>	<i>67</i>
7.4 INTERVENTO 4 .....	72
7.5 INTERVENTO 5 .....	74
7.6 INTERVENTO 6 .....	78

### ALLEGATI:

#### ALLEGATO N. 1 - DESCRIZIONE DEL SOFTWARE HEC-RAS UTILIZZATO PER LA REALIZZAZIONE DEL MODELLO MATEMATICO DEL NUOVO CANALE SCOLMATORE

<b>A.1. MODELLO MATEMATICO .....</b>	<b>82</b>
A.1.1. <i>Descrizione del modello.....</i>	<i>82</i>
A.1.2. <i>Opzioni di calcolo .....</i>	<i>90</i>
A.1.2.1. Aree inefficaci al deflusso .....	90
A.1.2.2. Perdite di carico dovute a ponti e tombini .....	91
A.1.2.3. Modifica della sezione in seguito a scavo e risistemazione dell'alveo.....	93

**ALLEGATO N. 2 - DESCRIZIONE DEL SOFTWARE EPA-SWWW UTILIZZATO PER LA REALIZZAZIONE DEL MODELLO MATEMATICO DEL SIFONE E DEL MANUFATTO DI SCARICO DEL RIO POETTO LE SCOLMATORE**

<b>A.2. SWMM.....</b>	<b>99</b>
A.2.1. Generalità.....	100
A.2.1.1. Transport.....	100
A.2.1.2. Extran .....	101
A.2.2. Soluzione numerica .....	104
A.2.2.1. Modulo Extran .....	104

**ALLEGATO N. 3 - CANALE SCOLMATORE DI TRINO - PROFILI DI MOTO PERMANENTE - PORTATA DI PROGETTO: SEZ.81.1: 24 M3/S - SEZ.65.17: 25 M3/S - SEZ.44.38: 33 M3/S - SIMULAZIONE CON CONDIZIONE AL CONTORNO: LIVELLO IDRICO PIENA DI RIFERIMENTO PARI A 127.00 M S.L.M.M. - TABELLE DI CALCOLO IDRAULICO**

**ALLEGATO N. 4 - CANALE SCOLMATORE DI TRINO - PROFILI DI MOTO PERMANENTE - PORTATA DI PROGETTO: SEZ.81.1: 24 M3/S - SEZ.65.17: 25 M3/S - SEZ.44.38: 33 M3/S - SIMULAZIONE CON CONDIZIONE AL CONTORNO: PENDENZA FONDO CANALE 0.6X1000 - TABELLE DI CALCOLO IDRAULICO**

**ALLEGATO N. 5 - CANALE SCOLMATORE DI TRINO - PROFILI DI MOTO PERMANENTE - PORTATA DI PROGETTO: SEZ.81.1: 24 M3/S - SEZ.65.17: 25 M3/S - SEZ.44.38: 33 M3/S - SIMULAZIONE CON CONDIZIONE AL CONTORNO: LIVELLO IDRICO PARI ALL'ALTEZZA CRITICA 126.27 M S.L.M.M. - TABELLE DI CALCOLO IDRAULICO**

**ALLEGATO N. 6 - CANALE SCOLMATORE DI TRINO - PROFILI DI MOTO PERMANENTE - PORTATA DI PROGETTO: SEZ.81.1: 33 M3/S - SIMULAZIONE CON CONDIZIONE AL CONTORNO: LIVELLO IDRICO PIENA DI RIFERIMENTO PARI A 127.00 M S.L.M.M. - TABELLE DI CALCOLO IDRAULICO**

**ALLEGATO N. 7 - CANALE SCOLMATORE DI TRINO - PROFILI DI MOTO PERMANENTE - PORTATA DI PROGETTO: SEZ.81.1: 33 M3/S - SIMULAZIONE CON CONDIZIONE AL CONTORNO: PENDENZA FONDO CANALE 0.6X1000 - TABELLE DI CALCOLO IDRAULICO**

**ALLEGATO N. 8 - CANALE SCOLMATORE DI TRINO - PROFILI DI MOTO PERMANENTE - PORTATA DI PROGETTO: SEZ.81.1: 33 M3/S - SIMULAZIONE CON CONDIZIONE AL CONTORNO: LIVELLO IDRICO PARI ALL'ALTEZZA CRITICA 126.27 M S.L.M.M. - TABELLE DI CALCOLO IDRAULICO**

**ALLEGATO N. 9 - CANALE SCOLMATORE DI TRINO – PLANIMETRIA DI RILIEVO CON UBICAZIONE DELLE SEZIONI**

## **RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA**

### **1. PREMESSA**

Il comprensorio in studio si estende in sinistra idrografica del fiume Po ad occupare una vasta porzione della pianura alluvionale che ha origine poco a valle della confluenza Dora Baltea in Po e giunge sino all'abitato di Trino Vercellese.

La definizione di "terre d'acqua", attribuita alle aree agricole del vercellese, risulta quanto mai calzante in quanto lo scorcio che si può ammirare dai contrafforti collinari del Monferrato denota, oltre alla presenza del fiume Po, il fitto reticolo di canali ad uso irriguo che solcano e caratterizzano questo angolo della pianura vercellese.

Mai come nel recente passato i principali centri abitati ricompresi tra Crescentino e Trino Vercellese hanno sofferto dello stretto rapporto che lega indissolubilmente questo territorio ai corsi d'acqua ivi presenti, sia naturali che artificialmente modellati dall'uomo alle esigenze dell'attività agricola.

E' purtroppo ancora recente la memoria dell'ultima alluvione del fiume Po, evento occorso nell'autunno 2000, quando vaste porzioni di territorio e il centro abitato di Trino V.se furono sommersi dalle acque in piena del fiume.

L'evento alluvionale occorso fu l'ultimo di una serie progressiva di fenomeni esondativi che nel passato non trovano memoria sia in riferimento alla ravvicinata ripetizione del fenomeno sia all'entità delle portate defluenti in alveo.

I molteplici dibattimenti che si sono tenuti e tuttora si tengono sul rapporto tra il mutamento climatico in atto e le conseguenze esercitate sulla formazione dei deflussi nei corsi d'acqua per effetto delle anomale precipitazioni meteoriche trovano conferma dal confronto tra i dati più recentemente rilevati dalla rete delle apparecchiature allo scopo preposte (Stazioni pluviometriche) e i dati rilevati nel periodo dell'immediato dopoguerra.

Dall'esame dei dati disponibili si può rilevare un incremento dei valori riferiti alla "quantità di precipitazione" ma anche di tale valore quando riferito all'unità di tempo, cioè quando si confrontano le intensità delle precipitazioni.

Il numero dei giorni piovosi che possono verificarsi in un anno è sensibilmente aumentato così come l'entità delle precipitazioni medie annue.

Risulta di estrema difficoltà, a fronte delle grandezze che entrano in gioco, adeguare le opere esistenti per la salvaguardia del territorio a quelle che sono le risposte dei corsi d'acqua alle nuove mutate condizioni che originano la formazione dei deflussi.

Le ultime alluvioni sono state caratterizzate e promosse da eventi meteorici ove i centri di scroscio (luoghi ove la precipitazione è più intensa) risultavano molteplici e le perturbazioni, nel contempo, estese a tal punto da coinvolgere più bacini idrografici di pertinenza di corsi d'acqua di primaria importanza quali, nella fattispecie, Dora Baltea e Po.

Agli elevati valori idrometrici registrati in Po facevano riscontro valori parimenti elevati in Dora tanto da indurre ad attribuire a quest'ultima una portata di piena caratterizzata da frequenza di non superamento di almeno duecento anni che andava a sommarsi ad una portata in Po addirittura contraddistinta da tempo di ritorno ben superiore ai duecento anni.

La situazione ora descritta risultò caratterizzare in particolare l'evento alluvionale dell'autunno 2000 ma quanto monitorato nel corso del precedente evento del '94 consente di affermare che i valori di portata in quell'occasione verificatisi furono di poco inferiori.

Il breve quadro tracciato relativamente al verificarsi di eventi alluvionali particolarmente gravosi sui corsi d'acqua naturali che interagiscono e caratterizzano il territorio in studio deve essere completato con l'analisi di quanto invece costituisce il reticolo idrografico minore.

Con tale definizione si intendono generalmente quei corsi d'acqua, naturali e/o artificiali, che per le loro caratteristiche fisiche e idrauliche, risultano costituire in ultima analisi espressione idrologica a valenza inferiore se paragonati a fiumi e torrenti quali quelli in argomento.

Pertanto tale definizione cessa qualora se ne esamini il comportamento dal punto dell'analisi della loro interazione con il territorio.

Nell'ambito in studio il reticolo idrografico minore è rappresentato da corsi d'acqua naturali e da rogge e canali prevalentemente destinati all'uso irriguo, quindi soggetti a regolazioni e ad un regime di portata più o meno controllato (e controllabile).

Questi corsi d'acqua interagiscono con il territorio perché, attraversandolo, giungono ad interferire anche con i centri abitati.

In questa fase occorre preventivamente introdurre l'azione fondamentale che il sistema costituito dal reticolo svolge a fronte delle precipitazioni e del conseguente formarsi dei deflussi.

Ciascun corso d'acqua possiede un proprio bacino o area di competenza che ne alimenta il deflusso in caso di precipitazioni meteoriche.

Le caratteristiche morfologiche delle aree agricole (vaste porzioni di territorio coltivate a risaia), unite alla fittissima rete di colatori e canali che alimentano i ricettori terminali, costituiscono un naturale sistema di regolazione dei deflussi il cui contributo, unito all'efficienza delle regolazioni da compiersi sulle opere idrauliche che regolano le portate e gli scambi di portata tra i canali, si manifesta con un generale effetto di laminazione delle portate di piena mediante un comportamento d'insieme a guisa di invaso.

A tale effetto, come accennato, si somma positivamente la gestione delle portate che viene esplicata dai tecnici del Consorzio attraverso la regolazione dei dispositivi che lungo i canali regolano i livelli idrici al defluire delle portate.

Appare quindi di fondamentale importanza promuovere l'efficienza dell'intero sistema irriguo a fronte del suo duplice utilizzo che ne prevede il funzionamento quale regolatore dei flussi d'acqua in caso di eventi meteorici gravosi.

Occorre infine rammentare che il sistema irriguo interagisce con il territorio, attraversando centri abitati ed anche semplicemente lambendone il nucleo abitato, ma nel contempo può presentare situazioni di diretta interferenza con i corsi d'acqua principali.

E' questo il caso dello scarico in Po del Roggione di Palazzolo e dello scolmatore della Roggia Stura i quali confluiscono congiuntamente in Po in corrispondenza del sito che ospita la Centrale E. Fermi.

In tali situazioni, stante anche l'importanza del nodo idraulico ed il processo di razionalizzazione avviato con la costruzione dell'impianto di sollevamento, risulta fondamentale il gioco dei livelli idrici che si manifestano in Po e nell'alveo del confluente in caso dal momento che tale nodo è disposto proprio nell'esiguo spazio tra il nucleo abitato di Trino Vercellese

e l'argine sinistro del fiume.

Analizzando quanto si verifica a livello di reticolo idrografico minore emergono molteplici situazioni per le quali è necessario provvedere al raggiungimento di condizioni globali di sicurezza nel difficile panorama di gestione delle emergenze.

A far luogo dal Comune di Crescentino e procedendo verso Trino Vercellese si incontrano, costeggiando il Po, i comuni di Fontanetto Po e Palazzolo Vercellese.

La pianura ricompresa tra il Po, il Canale Cavour ed il rilievo che muove da Livorno Ferraris sino a Trino V.se costituisce una sorta di imbuto ove i corsi d'acqua con giacitura Ovest-Est paiono procedere sparsi per poi ricongiungersi proprio in corrispondenza di Trino, vincolati comunque dalla presenza a Nord del rilievo e a Sud dal fiume Po.

In questa prima fase descrittiva appare già come il "nodo di Trino" sia effettivamente tale per quanto concerne l'aspetto idraulico, risultando punto d'incontro e di passaggio della quasi totalità dei corsi d'acqua del reticolo minore.

Non per questo motivo bisogna trascurare le problematiche dei centri abitati precedentemente menzionati, sia perché coinvolti comunque dall'interferenza con il reticolo idrografico in quanto direttamente attraversati dai canali sia perché quanto non effettuato a monte in termini di miglioramento delle condizioni di sicurezza idraulica riverbera effetti negativi verso valle peggiorando anche in maniera drammatica situazioni che potenzialmente tali non erano in origine.

Quanto ora asserito vuole fare intendere che le problematiche inerenti all'abitato di Trino V.se in termini di interferenza con il reticolo idrografico minore devono essere affrontate con interventi strategicamente distribuiti sull'intero territorio, a valenza almeno intercomunale, affinché con l'ausilio di presidi disposti presso nodi idraulicamente rilevanti possano essere ottimizzate le risorse indispensabili alla realizzazione di un opportuno programma di interventi necessari alla messa in sicurezza del comprensorio.

Per questo motivo lo studio predisposto abbraccia l'intero comprensorio disposto nell'area in sinistra Po da Crescentino a Morano.

Il presente studio vuole fornire le indicazioni, ottenute a mezzo della modellazione idrologica del territorio e delle prime valutazioni di natura idraulica, che presuppongono la

realizzazione di un intervento programmatico ritenuto indispensabile per garantire un più ampio margine di sicurezza dei centri abitati di Crescentino, Fontanetto Po, Palazzolo e Trino Vercellese a fronte delle sempre più evidenti emergenze di natura idraulica.

Arrivo: AOO A1800A, N. Prot. 00011493 del 05/03/2024



## 2. INDIVIDUAZIONE DEL COMPENSORIO

Il compensorio in studio è situato nel territorio della provincia di Vercelli, al confine con la provincia di Alessandria a Est e prossimo agli ultimi contrafforti collinari della provincia di Torino ad Ovest.

Il confine meridionale è contraddistinto dalla presenza del fiume Po che ne definisce il limite lungo l'intero tratto.

A Nord il compensorio è caratterizzato dalla presenza di infrastrutture irrigue di primaria importanza quali il Canale Lamporasso e, parzialmente, il Canale di Rive.

Il confine lungo il lato Nord-Est è delimitato dai rilievi collinari che separano il terrazzo di Lucedio e delle Grange dalla conca di Trino.

I principali centri abitati che si trovano ubicati entro il compensorio sono costituiti dai comuni di Crescentino, Palazzolo V.se, Fontanetto Po e Trino V.se distribuiti seguendo, da monte verso valle, il corso del fiume Po.

L'intero compensorio fa parte della rilevante struttura irrigua della pianura vercellese contraddistinta dalla coltivazione del riso.

Tale coltura necessita il ricorso ad una struttura irrigua complessa, articolata nella conduzione di molteplici canali adduttori e colatori con funzione di convogliare a gravità la portata irrigua ai singoli appezzamenti superando quindi le difficoltà pratiche dovute alla presenza di insediamenti, infrastrutture e, non in ultimo, alla morfologia del territorio.

L'altimetria varia dai 170,00-180,00 m s.l.m. circa rilevabili all'estremo Ovest, a monte dell'abitato di Crescentino, per giungere ai 130,00 m s.l.m. della sezione di chiusura complessiva configurabile con il comune di Trino Vercellese.

La giacitura del territorio si presenta orientata lungo la direttrice Ovest-Est, parallela al corso del fiume Po e contraddistingue anche l'andamento dei cavi irrigui principali nella definizione del loro percorso che li porta, come già accennato, a riunirsi poco a monte di Trino Vercellese.

La coltivazione del riso ha conferito al compensorio una conformazione unica e del tutto particolare, presentando una connotazione "terrazzata" dovuta alla presenza della successione delle camere di risaia attraverso le quali la portata immessa si trasferisce da un

estremo all'altro degli appezzamenti per giungere infine nei colatori che provvedono a ridistribuire la portata entro ulteriori camere ovvero a restituirla ai cavi principali affinché possa essere consegnata più a valle.

Il sistema irriguo consente infatti il riutilizzo della quota di portata che non si infiltra definitivamente nel sottosuolo proprio attraverso il recupero a mezzo dei canali colatori.

La rete irrigua è formata, in linea essenziale, dai seguenti componenti:

- il canale adduttore, canale principale che alimenta la rete dei canali secondari che possono giungere ai singoli appezzamenti ed erogare la portata attraverso le bocchette di presa; i canali secondari possono a loro volta essere suddivisi in ulteriori adduttori affinché ciascuna camera di risaia possa essere raggiunta ed alimentata;
- la camera di risaia la quale rappresenta il fine dell'attività irrigua: la portata dell'adacquatore deve consentirne il riempimento per creare le condizioni di nascita e crescita del riso; le camere sono collegate in serie in modo tale che la portata, effettuata la sommersione al livello determinato, possa proseguire da una camera a quella successiva;
- i colatori sono disposti laddove le quote altimetriche consentano di realizzare cavi tali da drenare le acque di filtrazione e le portate in esubero dall'attività di sommersione per restituirla al sistema principale di distribuzione.

L'organizzazione anzi descritta in maniera sintetica ed esemplificativa appartiene ad un sistema che può definirsi su scala locale.

A livello superiore, cioè dell'intero comprensorio, esso è ripetuto con analoga modularità e l'intero sistema irriguo risulta così caratterizzabile.

Come già accennato, oltre alla funzione irrigua, tale sistema svolge con importanza che negli anni è andata sempre più affermandosi, anche la funzione di naturale bacino di micro laminazione delle portate meteoriche causando, grazie alla presenza delle camere di risaia e della vastissima rete di canali, lo sfasamento dei colmi di piena che si propagano lungo i canali principali evitando che ciascuna area scolante contribuisca nell'immediato alla formazione dei deflussi.

Il sistema di camere, colatori e adduttori è in grado di provvedere naturalmente all'invaso delle portate rallentando la formazione dei deflussi a beneficio dei recettori finali.

Il comprensorio in esame è solcato da parecchi "recettori finali" che sono generalmente individuabili con i canali principali i quali, come visto, presentano una doppia fondamentale valenza.

I canali principali che costituiscono il riferimento dell'intero sistema irriguo nel comprensorio sono individuati nei seguenti, da Nord verso Sud:

- Canale Magrelli
- Roggia Stura
- Roggia Cerca
- Roggione di Palazzolo
- Roggia Fonna-Guatta
- Roggia Chiusa
- Roggia Camera
- Roggia Acquarata

A questi canali fa capo l'intero sistema irriguo e di salvaguardia dal rischio idraulico. Questi corsi d'acqua sono tra loro interagenti nel momento in cui attraverso la presenza di edifici di regolazione si attuano scambi di portata (in fase irrigua e di riduzione dei colmi di piena durante le alluvioni) che di fatto rendono idraulicamente comunicanti vaste aree del comprensorio irriguo.

Nel seguito verranno esaurientemente trattati gli aspetti idrologici e idraulici che concorrono alla formazione dei deflussi, alla regolazione delle portate con evidenziazione degli aspetti di maggiore criticità la cui risoluzione definitiva è parte fondamentale di questo studio.

### 3. ANALISI IDROLOGICA DEL COMPRENSORIO

Il comprensorio in studio è pertanto configurabile in linea descrittiva come un vero e proprio bacino idrografico nel quale i corsi d'acqua sono costituiti dai canali e dalle Rogge che lo attraversano oltre che dalla fittissima rete di canalizzazioni secondarie e dalle camere di risaia.

Queste ultime svolgono, al pari dei canali secondari, un'importante azione nel quadro del fenomeno di trasformazione afflussi-deflussi.

A livello generale il bacino complessivo è costituito dall'unione dei sottobacini, ciascuno dotato di proprie caratteristiche idrologiche e idrauliche, di pertinenza dei canali principali (per dimensione della sezione idraulica, per lunghezza, per area scolante di competenza) quali risultano quelli in precedenza individuati.

Si è ritenuto opportuno procedere alla valutazione della risposta idrologica fornita da ogni sottobacino in quanto di fondamentale rilevanza nella determinazione dell'idrogramma di piena complessivo presso le sezioni maggiormente rilevanti.

Inoltre, conoscendo il comportamento del singolo bacino, è possibile intervenire nei nodi giudicati di interesse che si trovano disposti al suo interno.

Informazioni generali, comuni al singolo bacino, possono riguardare aspetti quali l'uso del suolo, la giacitura, la conformazione della rete idraulica, alcuni dettagli quali la struttura geologica del substrato.

Avendo già provveduto a descrivere le informazioni di cui sopra, si ritiene completarle aggiungendo che, per quanto riguarda la conformazione geologica del comprensorio si rileva la presenza, oltre al primo strato colturale di 50-100 cm, di uno strato di 2-3 metri di sabbia/sabbia limosa cui segue uno strato di potenza pari a 8-10 metri di ghiaia a testimonianza delle divagazioni del fiume Po e della presenza di un residuale scaricatore proveniente dal fronte morenico di Ivrea.

Lo strato profondo, impermeabile, è costituito da rocce calcaree.

Prima di proseguire nella trattazione tecnica specificatamente dedicata alla formazione dei deflussi ed al controllo delle piene è opportuno specificare quanto segue.

Stante la conformazione sostanzialmente pianeggiante del territorio, il fitto reticolo di

corsi d'acqua che caratterizza il comprensorio e le manovre eseguite lungo i canali principali si è ritenuto congruo trasformare il termine bacino idrografico in area di competenza, sottintendendo con ciò la difficoltà di definire in maniera netta ed univoca il limite fisico di separazione dell'appartenenza o meno di porzioni di comprensorio ad un bacino piuttosto che ad uno contiguo.

Anche i bacini / aree di competenza individuati paiono dotati di inusuale conformazione: ciò è riconducibile all'esito dei sopralluoghi in situ ed alle informazioni acquisite presso il Consorzio dove sono state tracciate con maggiore precisione le aree effettivamente contribuenti ed attribuibili a determinati corsi d'acqua in quanto alla particolare conformazione del territorio.

### **3.1 Bacini idrografici – Aree di competenza – Caratteristiche idrologiche**

In questo paragrafo vengono evidenziate le caratteristiche idrologiche relative a ciascuno dei corsi d'acqua e all'area di competenza ad essi sottesa, necessarie per le successive elaborazioni tecniche che conducono alla definizione del modello afflussi-deflussi e alla determinazione degli idrogrammi di piena.

#### ▪ Canale Magrelli

Il Canale Magrelli ha origine in località Colombara del comune di Livorno Ferrarsi per derivazione dal Naviletto di Saluggia.

Dopo un percorso di circa 11 Km giunge in corrispondenza di Trino Vercellese ove, procedendo all'esterno del nucleo abitato, prosegue il suo tragitto verso le aree coltivate disposte in provincia di Alessandria.

L'area di competenza del tratto in studio, con sezione di chiusura a monte di Trino Vercellese (nodo idraulico di Spinapesce) è pari a 9,74 Km<sup>2</sup> ove corrisponde la lunghezza dell'asta di 7,5 Km.

L'altimetria varia da 160,00 m s.l.m. ai 130,00 m s.l.m. della sezione di chiusura.

La pendenza media risulta pari a 0,00121.

Le zone ricomprese nel bacino di influenza sono essenzialmente costituite da aree adibite alla coltivazione del riso.

I limiti delle aree coincidono in talune situazioni con il corso d'acqua stesso ovvero con corsi d'acqua limitrofi, quali la roggia Stura, che esercitano una analoga funzione di raccolta delle acque irrigue e/o meteoriche in ragione della pendenza delle aree che condiziona la possibilità di conferire le portate presso un corso d'acqua piuttosto che in un altro.

Diversamente il limite dell'area di competenza può essere valutato in modo netto ed inequivocabile qualora siano presenti, come nel caso di Stura e Magrelli, condizioni della morfologia locale che consentono di definire un probabile spartiacque.

Si rileva parzialmente tale condizione in sinistra, presso la parte terminale del percorso, quando si incontra il terrazzo delle Grange a valle del quale si estende la pianura alluvionale vera e propria.

Il Magrelli, nel tratto compreso tra l'origine e il nodo idraulico di Spinapesce, presenta una sezione naturale, scavata nel terreno in posto, che si alterna a tratti dove il cavo è rivestito sul fondo e sulle sponde.

Tale configurazione diventa pressoché definitiva nel tratto a valle del nodo di Spinapesce.

La funzione del cavo è duplice, consentendo sia l'erogazione di portata irrigua sia la raccolta di acque di piena scaricate entro il suo alveo, a mezzo di manufatti scolmatori, da altri corsi d'acqua.

E' tale il nodo idraulico di Ramezzana ove il Magrelli può ricevere acque provenienti dalla roggia Stura.

Una trattazione a parte merita il nodo di Spinapesce per la criticità che lo contraddistingue e la cui disamina avverrà in seguito in quanto coinvolge più corsi d'acqua di primaria rilevanza quali la Camera e il Roggione di Palazzolo.

#### ▪ Roggia Stura

La roggia Stura ha origine dal Rotto Marcone, poco a valle della frazione S. Genuario in prossimità di Crescentino e prosegue nella pianura alluvionale giungendo a Trino Vercellese.

Il corso della Stura è conformato in modo tale da transitare entro il centro abitato, tombata in alcuni tratti ove riceve gli scarichi di buona parte dell'abitato, e successivamente defluirne a valle per giungere ai limiti della provincia di Alessandria.

La superficie delle aree di competenza della Stura è stata valutata pari a circa 21,05 Km<sup>2</sup> cui corrisponde uno sviluppo dell'asta di 9,6 Km.

La quota massima è di 160,00 m s.l.m. mentre la quota alla sezione di chiusura è di 130,00 m s.l.m..

La sezione di chiusura è stata disposta in corrispondenza dell'esistente scolmatore di Trino, a monte dell'abitato, il quale costituisce un nodo idraulico di estrema importanza. La pendenza media è pari a 0,00165.

Le aree di competenza sono state definite interpretando e ricercando la tessitura del sistema, di drenaggio ed attribuendo al corso d'acqua aree di possibile influenza sulla raccolta di colature e sulla distribuzione irrigua.

Il corso d'acqua si presenta essenzialmente naturale, intendendo con ciò, in questa fase, che l'alveo è principalmente scavato nel terreno in posto.

Procedendo nel suo percorso verso Trino Vercellese la sezione utile ai fini idraulici diventa via via più rilevante sino alla sezione dello scolmatore ove raggiunge le massime dimensioni.

Analogamente al caso precedente la destinazione d'uso del territorio è essenzialmente agricola, essendo la coltura tipica quella del riso.

▪ Roggia Cerca

Il bacino della Roggia Cerca è delimitato dal Cavo Lamporasso il quale risulta costituire il limite a Nord-Nord Est comune a quasi tutti i corsi d'acqua individuati.

Le aree drenano inizialmente nei raccoglitori Canale del Molino Carotole e Roggia Candelera.

Il Canale Molino Carotole confluisce poi nel Rotto Marcone che, dopo aver originato la Stura, prosegue con la denominazione di Roggia Cerca.

Anche per questa roggia si può affermare che le aree di competenza siano caratterizza-

te dalla presenza di sole aree irrigue coltivate a riso.

Complessivamente il bacino della roggia Cerca chiuso alla confluenza in Roggione di Palazzolo (poco a monte del nodo di Spinapesce) risulta pari a 10,78 Km<sup>2</sup> a fronte di una lunghezza complessiva del corso d'acqua di circa 9,88 Km.

L'altimetria varia dai 165,00 m s.l.m. ai 140,00 m s.l.m. della sezione di chiusura disposta in corrispondenza della confluenza in Roggione di Palazzolo.

La pendenza media risulta pari a 0,001%.

▪ Roggia Fonna-Guatta

L'area di competenza è chiusa a Nord dal cavo Lamporasso mentre la restante porzione presenta limite individuabile a mezzo della definizione del reticolo irriguo in quanto compreso tra le aree di competenza della Roggia Camera e della Roggia Cerca.

A causa della presenza di alcune sorgive che alimentano le aree agricole nella regione Ovest il bacino della Fonna-Guatta risulta tra i maggiori del comprensorio.

La roggia nasce come raccoglitrice per assumere, a valle di S. Genuario, la denominazione di roggia Fonna.

Attraversato l'abitato di Fontanetto Po assume infine la denominazione di Guatta ovvero Fonna-Guatta sino alla confluenza in Roggione di Palazzolo.

In corrispondenza di Fontanetto Po riceve il contributo della Roggia Chiusa situata in destra.

L'area di competenza, completamente contraddistinta dall'uso agricolo, risulta di circa 31,65 Km<sup>2</sup> cui corrisponde una lunghezza complessiva dell'asta di 14,72 Km sino alla sezione di chiusura in corrispondenza della confluenza in Roggione di Palazzolo.

L'altimetria varia da 166,00 m s.l.m. ai 135 m s.l.m. della sezione di chiusura.

▪ Roggione di Palazzolo

Il Roggione presenta un'area di competenza piuttosto ridotta, ricompresa tra le pertinenze della Fonna-Guatta e della Cerca.

Nodo fondamentale è la confluenza tra Roggione e Cerca cui, poco a valle, si somma



il contributo di Fonna Guatta / Chiusa.

Dopo aver ricevuto tali immissioni il Roggione si presenta al nodo di Spinapesce superato il quale prosegue il suo percorso per giungere a ridosso dell'argine sinistro del Po e, sottopassando con due chiaviche il rilevato che ospita la centrale Fermi, perviene alla chiavica che ne consente la restituzione al Po.

Il bacino del Roggione vero e proprio, a monte di Spinapesce e delle confluenze, è pari a 3,29 Km<sup>2</sup> per una lunghezza dell'asta di 7,6 Km.

L'alteimetria varia da 145,00 m s.l.m. ai 138,00 m s.l.m. della sezione di chiusura.

- Roggia Chiusa

E' tributaria in destra della Fonna-Guatta nella quale confluisce presso l'abitato di Palazzolo.

L'area di competenza, essenzialmente irrigua, è di circa 3,7 Km<sup>2</sup> mentre la lunghezza dell'asta è di circa 5,6 Km.

L'alteimetria varia da 148,00 m s.l.m. ai 142,00 m s.l.m. in corrispondenza della sezione di chiusura in Fontanetto Po.

- Roggia Camera

La Roggia Camera ha origine dallo sbocco sussidiario del Canale Cavour tra Saluggia a monte e Crescentino a valle.

La roggia, percorsa una prima parte della pianura alluvionale, giunge a Crescentino ove attraversa l'abitato per venire scolmata una prima volta, a valle di quest'ultimo, a mezzo dello scolmatore Rabeto.

Lo scolmatore, attualmente in fase di potenziamento, consente di annullare la portata della Camera a valle permettendo il deflusso di 6 mc/s entro la propria sezione e recapitando la portata scolmata nell'alveo della Doretta Morta, ramo inattivo del fiume Po, e di qui in Po.

Procedendo verso valle la roggia scorre parallelamente al Po sino a giungere a Palazzolo Vercellese per attraversarne il centro abitato e di qui pervenire al nodo idraulico di Spinapesce.

A valle di Spinapesce la camera muove verso Trino Vercellese, attraversandolo e proseguendo verso Est con il nome di Roggia di Balzola.

La superficie di competenza, nonostante il lungo tragitto, è piuttosto ridotta e ammonta a 19,91 Km<sup>2</sup> alla sezione di chiusura per uno sviluppo dell'asta di 23,15 Km.

L'alteimetria muove da 175,00 m s.l.m. ai 130,00 m s.l.m. della sezione di chiusura.

▪ Roggia Acquarata e Roggia Logna

Si tratta di due rogge di modesta rilevanza disposte nella regione meridionale del comprensorio.

La roggia Logna è attualmente adibita, fra l'altro, a scolmatore della roggia Camera alla quale sottrae circa 2 mc/s per restituirli direttamente al Po in corrispondenza di Fontanetto.

La roggia Acquarata confluisce entro il Roggione di Palazzolo a monte di Trino Vercellese e a monte della prima chiavica (tombone) che il Roggione imbocca nel suo tratto terminale.

L'area di competenza è di circa 1,1 Km<sup>2</sup> per uno sviluppo dell'asta di 3 Km.

Come già brevemente accennato nel corso della descrizione dei bacini – aree di competenza dei principali corsi d'acqua presenti nel territorio occorre fare alcune precisazioni su alcuni nodi idraulici fondamentali che sono presenti lungo i corsi d'acqua, premettendo che molteplici sono gli edifici che consentono di porre in comunicazione le principali arterie irrigue tra loro, direttamente o a mezzo di canali secondari.

I nodi idraulici di maggiore rilevanza sono costituiti dai seguenti dispositivi:

▪ Nodo idraulico di Spinapesce

Presso tale località situata circa 2,5 Km a monte dell'abitato di Trino Vercellese (direzione Ovest) è disposto un crocevia idraulico di fondamentale importanza sia dal punto di vista della gestione delle portate irrigue sia sotto l'aspetto della gestione del rischio idraulico.

Al nodo di Spinapesce confluiscono la roggia Camera, il canale Magrelli e il Roggione di Palazzolo, quest'ultimo dopo aver ricevuto i contributi di roggia Cerca e Fonna – Guatta

/Chiusa.

Lungo il Magrelli si trova una centralina di produzione idroelettrica che ne utilizza portata e salto ai fini energetici.

Il nodo idraulico consente scambi di portata fra i tre corsi d'acqua, principalmente tali da configurare il Roggione di Palazzolo quale scaricatore di piena per Camera e Magrelli.

Tenuto conto che il sistema è prossimo a Trino V.se e che il Roggione presenta alcuni limiti idraulici che ne condizionano il deflusso in corrispondenza della centrale E. Fermi (proprio alveo, chiavica e tombone, oltre alla chiavica presso la restituzione in Po ) diventa di estrema importanza provvedere al corretto funzionamento idraulico del nodo sia in chiave locale che remota, cioè a monte del nodo di Spinapesce.

▪ Edifici scolmatori di piena

Tali edifici sono disposti, per quanto riguarda i principali, così individuati in ragione del corso d'acqua su cui insistono e in ragione delle portate che sono in grado di controllare, lungo la roggia Stura e la roggia Camera.

In particolare occorre segnalare:

- Scolmatore della roggia Stura a monte di Trino Vercellese, attualmente soggetto a lavori volti a configurarne l'automazione, in grado di azzerare la portata della Stura consentendo il prelievo massimo di 24 mc/s; la portata scolmata viene immessa entro il tratto terminale del Roggione di Palazzolo poco a monte della chiavica che sovrintende alla restituzione in Po unitamente alla stazione di sollevamento recentemente completata a cura di A.I.P.O. (portata di sollevamento di 24 mc/s).
- Edificio per lo scolmo delle portate della roggia Stura a Ramezzana dove le portate nell'ordine di 2-4 mc/s vengono attualmente deviate entro l'alveo del Canale Magrelli; l'edificio è disposto circa 4 Km a monte di Trino Vercellese e versa in condizioni piuttosto precarie di officiosità idraulica.
- Scolmatore della roggia Camera a Crescentino, attualmente in fase di potenziamento per giungere a deviare fino a 6 mc/s dall'alveo della Camera entro il fosso Rabeto e alla Doretta Morta in Po; il sistema di scolmatori lungo la Camera vede ancora la pre-

senza della roggia Logna a Fontanetto Po che consente di scolmare un massimo di 2 mc/s per restituirli in Po direttamente e lo scaricatore Poetto in corrispondenza dell'ingresso della Camera in Trino.

Ulteriori edifici di ridotta valenza sono distribuiti lungo i corsi d'acqua ma i valori di portata che sono in grado di movimentare consentono di ritenere superflua la loro considerazione.

Da quanto descritto ora emerge la mancanza di dispositivi intermedi, nel tratto Crescentino – Trino Vercellese, sui quali fare affidamento per regolare le corpose masse d'acqua che vengono movimentate nel corso delle emergenze alluvionali.

Simili dispositivi, distribuendo l'azione preventiva presso ulteriori presidi dislocati sul territorio consentirebbero senz'altro di evitare il raggiungimento delle condizioni critiche in più punti dei corsi d'acqua permettendo di svolgere, dal punto di vista della gestione delle emergenze, interventi mirati presso un numero ridotto di nodi distribuiti sul territorio.

Naturalmente ciò deve accompagnarsi ad un intervento di ristrutturazione del patrimonio idraulico costituente l'attuale dotazione laddove ciò risulti necessario.

Nel corso delle analisi che verranno sviluppate con il presente studio tali argomentazioni verranno meglio introdotte nei rispettivi capitoli di pertinenza.

Nelle figure seguenti si riportano la schematizzazione delle aree di competenza come individuate per i singoli bacini unitamente alla rappresentazione dell'intero comprensorio.

### **3.2 Valutazione degli afflussi – Il modello afflussi-deflussi**

Le onde di piena lungo un corso d'acqua sono il risultato della combinazione e sovrapposizione dei deflussi superficiali provocati dalle precipitazioni che avvengono sul bacino imbrifero.

La scelta degli eventi meteorici da considerare nel modello idrodinamico deve essere molto accurata, in modo che si possa dare ai risultati un significato probabilistico ben preciso.

Le curve di possibilità pluviometrica utilizzate nello studio dei corsi d'acqua che com-

pongono il reticolo sono quindi il risultato di un'attenta analisi statistica.

Sono stati utilizzati e messi a confronto due approcci differenti: il metodo TCEV e l'elaborazione dei dati di pioggia dell'Istituto di Pioppicoltura di Casale Monferrato con il metodo della legge log-normale a due parametri.

Il metodo TCEV, acronimo di "Two Component Extreme Value", permette di definire le curve di possibilità pluviometrica in aree in cui risultino carenti, o addirittura assenti, le informazioni statistiche sulle precipitazioni.

Le curve di possibilità pluviometrica per piogge di breve durata per il Piemonte sono state determinate dall'Assessorato Difesa del Suolo e Assetto Idrogeologico della Regione, nell'ambito del progetto VAPI per la regionalizzazione delle piogge. Tale studio ha portato all'individuazione di tre zone omogenee e di sei aree pluviometriche. Per ogni zona omogenea è definita la funzione di probabilità della variabile dimensionale  $x_I$ , definita come rapporto fra l'altezza di pioggia da stimare  $x_T$  e il valore di pioggia  $E$ . Per ciascuna area pluviometrica si può invece assumere una precisa legge di variazione del parametro  $E$  con l'altitudine.

Il comprensorio in studio appartiene all'area pluviometrica omogenea AO3 del Piemonte. Il parametro centrale  $E$  della distribuzione di probabilità della variabile da stimare è dunque legato alla quota con la seguente espressione:

$$E = 22,62 \cdot t^{(0,3377+0,000178 \cdot Z)/1,38}$$

essendo  $t$  la durata dell'evento, espressa in ore, e  $Z$  l'altitudine media del singolo bacino.

Poiché il comprensorio è inserito nella zona omogenea SZO2, la funzione di probabilità della variabile  $x_I$  è data dalla relazione:

$$F(x_I) = \exp(-20,38 \cdot 25,78^{-x_I} - 2,231 \cdot 8,498^{-x_I})$$

in cui  $x_I = x_T/E$ , essendo  $x_T$  l'altezza di pioggia (in mm) misurata o attesa relativa al tempo di ritorno  $T$ .

$$F(x_I) = \frac{T-1}{T}$$

Fissato il tempo di ritorno  $T$  e la durata di pioggia  $t$  si calcolano i valori della funzione

$E$  e del parametro  $x_T$ .

Il modello è fondato sull'analisi statistica di piogge orarie con durata massima di 24 ore.

Diversamente si è proceduto considerando i dati disponibili come rilevati presso l'Istituto di Pioppicoltura di Casale Monferrato al fine di ottenere l'espressione della curva di massima possibilità climatica, tale quindi da individuare le massime altezze attese di pioggia.

La regolarizzazione dei dati, eseguita con la legge log-normale a due parametri, ha fornito altezze di pioggia per tempo di ritorno di cento anni inferiori a quelle ottenute con il metodo TCEV e pertanto si è ritenuto cautelativo procedere direttamente con tale metodologia senza dare ulteriore spazio né risalto alla costruzione del modello previsionale di che trattasi.

E' quindi importante precisare che le elaborazioni idrologiche effettuate hanno come riferimento il tempo di ritorno di cento anni, ritenuto sufficientemente cautelativo a fronte del dimensionamento idraulico successivo alle elaborazioni idrologiche e tale comunque da contenere l'impatto economico delle infrastrutture previste consentendo un buon margine di sicurezza a fronte del preventivo di spesa, evitando perciò opere ridondanti con utilizzo parziale e ridotto nel tempo.

La correlazione tra i volumi affluiti nel corso dell'evento considerato, caratterizzato da tempo di ritorno centennale, e quelli defluiti è avvenuta implementando il calcolo dell'Idrogramma Unitario di piena (U.H.M.) tale da consentire di simulare la risposta di un determinato bacino sottoposto all'evento meteorologico considerato.

A monte della determinazione della pioggia netta, cioè di quella componente che origina il deflusso, è risultato evidentemente necessario valutare la modalità con cui il bacino consente di dare luogo alla formazione del deflusso.

Tale valutazione è stata effettuata con l'utilizzo del metodo del Run-Off proposto da S.C.S. (Soil Conservation Service).

In primo luogo e sempre per ciò che attiene la formazione del deflusso è stata effettuata una considerazione di natura pratica che è stata ritenuta di basilare importanza in quanto riflette ciò che è infine la natura del comprensorio in studio.

Il comprensorio in oggetto è dotato di una sua conformazione del tutto particolare e della quale è impossibile non tenere conto.

Ricordiamo quindi che la coltivazione del riso presuppone di usufruire di una rete capillare di canalizzazioni che consenta in cascata di raggiungere la singola camera, disposta in molteplici casi, a chilometri di distanza dal cavo adduttore principale.

Il compito di raggiungere la singola camera di risaia è ottemperato da cavi e colatori che procedendo lungo il territorio e distribuendo la portata irrigua mutano sezione in continuo.

Il sistema che si viene a creare è quindi equivalente ad una fitta rete ove le portate si distribuiscono e giungono alla destinazione finale per poi, in molti casi, venire recuperate parzialmente (dedotta la quota d'infiltrazione) ed essere riportate ad ulteriori cavi per successiva distribuzione in zone disposte più a valle.

La prima considerazione che è necessario fare è tenere in conto la dispersione entro la rete di una quota parte degli afflussi meteorici i quali, contrariamente al caso di un sistema di drenaggio netto e ben definito, comportano una dilatazione del tempo di formazione dei deflussi con destinazione al recettore terminale.

Le portate vi giungono infatti dopo un periodo che sovente può essere superiore a quello che promuove l'evento critico.

A tale sfasamento, che si riflette anche sulla formazione dell'idrogramma di piena del corso d'acqua, contribuisce anche l'effetto di laminazione-invaso esercitato dalle camere di risaia, sia che esse siano a regime sia che esse siano vuote (stagione extra periodo irriguo).

Le camere di risaia sono contornate da arginelli in terra per consentire l'accumulo e il ristagno dell'acqua irrigua in quanto necessaria al sostentamento della pianta.

Gli arginelli hanno dimensione di 30-40 cm di altezza, comunque tale da permettere un vaso di almeno 20 cm d'acqua entro il perimetro.

Si è considerata quindi la capacità di accumulo di una quota parte della precipitazione tale da poter essere ragionevolmente contenuta all'interno delle camere senza provocare danni al sistema di arginelli e tale da non essere sistematicamente sfiorata da una camera all'altra garantendo comunque un franco utile sufficientemente realistico.

Tale quantità è quella che origina un incremento del tirante idrico in camera di risaia di 5 cm (50 mm) ritenuti pienamente compatibili con le caratteristiche delle camere e con gli arginelli che le contornano.

Tale quantità è stata pertanto considerata quale porzione dell'apporto meteorico non concorrente alla formazione istantanea dei deflussi ma temporaneamente invasata nel sistema irriguo che configura il territorio.

Attraverso tale assunzione si è inteso anche valutare il ritardo alla formazione del colmo di piena cui concorre anche la struttura "a rete" del sistema di canalizzazioni.

Diversamente l'applicazione del metodo del Run-Off e la formazione dell'idrogramma di piena verrebbero applicati ad un bacino qualsiasi a prescindere da ulteriori considerazioni inerenti la morfologia pianeggiante del territorio e le ulteriori caratterizzazioni che lo rendono unico nel genere.

### **3.3 Calcolo delle portate**

Definito il tempo di ritorno dell'evento meteorologico considerato nonché l'entità della pioggia attesa in funzione della durata della stessa, si sono configurati i criteri scelti per la definizione della modalità di formazione dei deflussi ove la capacità di laminazione delle camere di risaia e l'invaso atteso dalla rete di canalizzazioni secondarie si attua con l'invaso di 50 mm dell'apporto meteorico.

Il calcolo dei deflussi procede quindi con la determinazione, per ciascun bacino e presso le sezioni di chiusura prefissate, dell'idrogramma di piena supponendo il verificarsi dell'evento considerato in maniera uniforme sull'intero bacino complessivo.

#### **3.3.1 L'idrogramma unitario di piena**

Il metodo di calcolo fa riferimento all'ipotesi fondamentale che ogni bacino imbrifero abbia un comportamento lineare e stazionario e che l'idrogramma relativo ad un'ipotetica pioggia istantanea e di intensità unitaria (definito proprio come idrogramma unitario istantaneo) sia una caratteristica intrinseca del bacino stesso. Così operando è in grado di determinare la risposta del sistema ad una pioggia d'intensità variabile e durata qualsiasi, semplicemen-



te applicando il principio di sovrapposizione degli effetti.

Attraverso l'implementazione di tale metodo è risultato possibile fornire, per ogni bacino del comprensorio gli idrogrammi di piena relativi agli eventi piovosi considerati, utilizzando come dati di ingresso la geometria del bacino, il tipo di terreno e naturalmente le caratteristiche della pioggia, che deve necessariamente essere assunta di intensità costante per tutta la durata della precipitazione ed uniformemente distribuita sull'intera area. Non si è prevista la possibilità di introdurre un coefficiente di ragguaglio delle precipitazioni sul territorio, al fine di tenere conto del ridursi dell'intensità dell'evento meteorico con il crescere della distanza dal centro di pioggia in quanto alla modesta estensione dei singoli bacini ivi presente e soprattutto in via cautelativa.

L'idrogramma unitario, secondo la teoria proposta da L.K. Sherman è infatti basata sulle considerazioni precedentemente esposte.

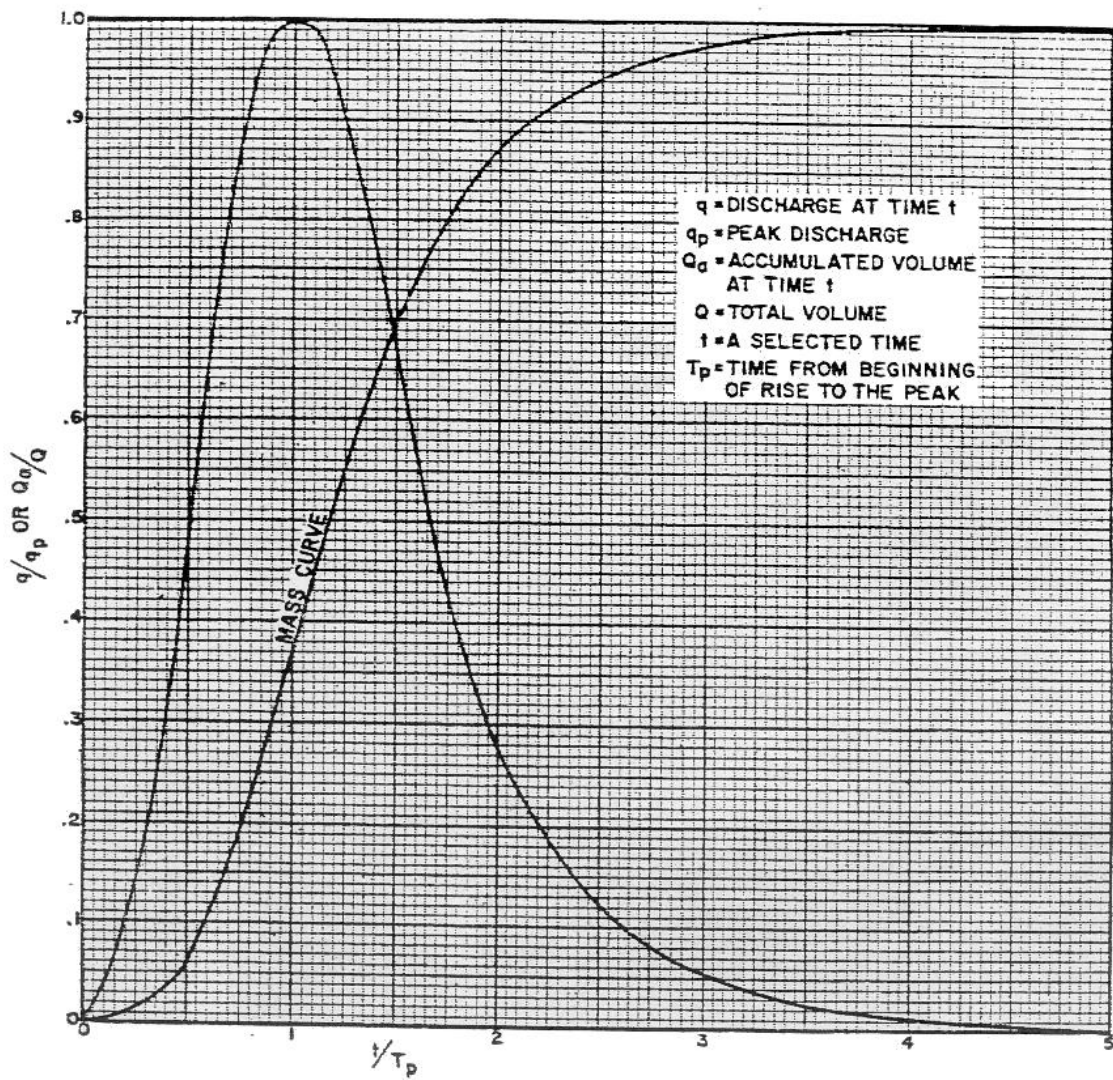
I principali idrogrammi fanno riferimento ai seguenti modelli:

- idrogramma unitario adimensionale
- idrogramma unitario triangolare.

L'idrogramma unitario dimensionale proposto da S.C.S. fu inizialmente sviluppato da V. Mockus come risultato finale di una serie di elaborazioni condotte su idrogrammi rilevati presso bacini aventi caratteristiche note a priori.

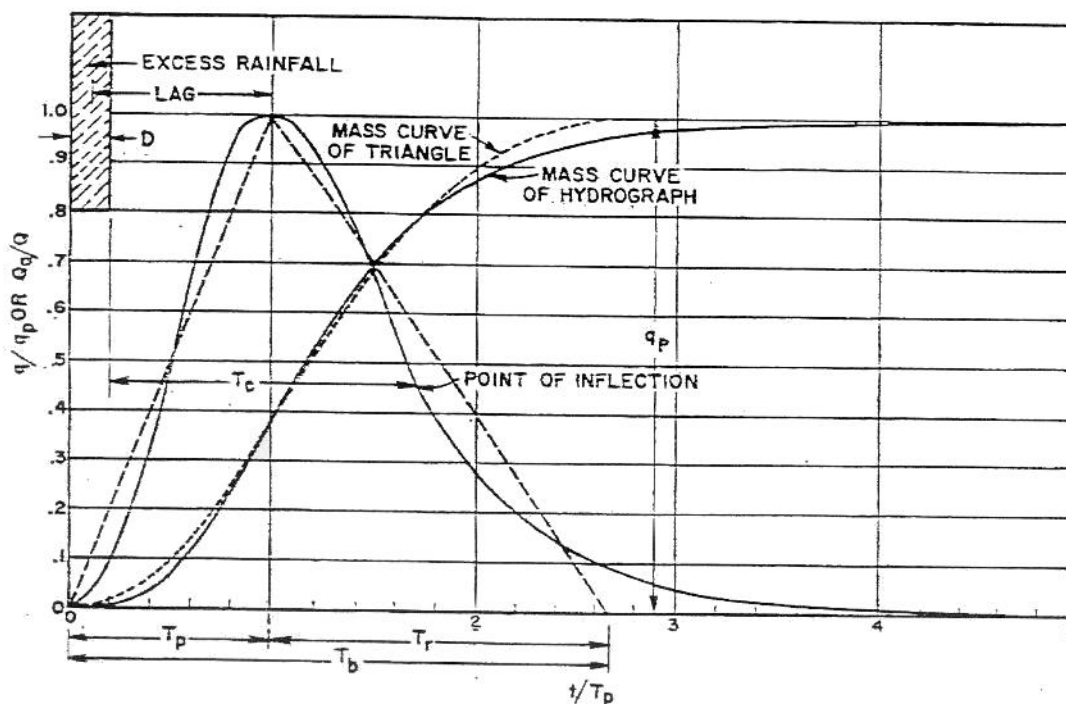
Esso è proposto nella forma riportata nella figura seguente ove le ascisse e le ordinate contengono parametri dimensionali di portata e tempo rispettivamente.

La tabella ripropone i parametri propedeutici al tracciamento dell'idrogramma.



Dimensionless unit hydrograph and mass curve

L'idrogramma unitario dimensionale viene correntemente rappresentato da un equivalente idrogramma triangolare contenente analoghi riferimenti per ciò che concerne gli intervalli di portata e tempo.



Dimensionless curvilinear unit hydrograph and equivalent triangular hydrograph

La conformazione geometrica del triangolo consente la risoluzione e la proposta delle equazioni necessarie alla determinazione di tempo e portate.

Si avrà quindi:

$$T_b = \frac{1,0}{0,375} = 2,67$$

$$T_r = T_b - T_p = 1,67$$

Da queste equazioni si passa a definire l'equazione della portata al colmo.

Ratios for dimensionless unit hydrograph  
and mass curve.

Time Ratios ( $t/T_p$ )	Discharge Ratios ( $q/q_p$ )	Mass Curve Ratios ( $Q_a/Q$ )
0	.000	.000
.1	.030	.001
.2	.100	.006
.3	.190	.017
.4	.310	.035
.5	.470	.065
.6	.660	.107
.7	.820	.163
.8	.930	.228
.9	.990	.300
1.0	1.000	.375
1.1	.990	.450
1.2	.930	.522
1.3	.860	.589
1.4	.780	.650
1.5	.680	.705
1.6	.560	.751
1.7	.460	.790
1.8	.390	.822
1.9	.330	.849
2.0	.280	.871
2.2	.207	.908
2.4	.147	.934
2.6	.107	.953
2.8	.077	.967
3.0	.055	.977
3.2	.040	.984
3.4	.029	.989
3.6	.021	.993
3.8	.015	.995
4.0	.011	.997
4.5	.005	.999
5.0	.000	1.000

(210-VI-NEH-4, Amend. 6, March 1985)

Il volume complessivo trasferito dall'idrogramma triangolare risulta:

$$Q = \frac{q_p \cdot T_p}{2} + \frac{q_p \cdot T_r}{2} = \frac{q_p}{2} \cdot (T_p + T_r)$$

e quindi

$$q_p = \frac{2 \cdot Q}{T_p + T_r}$$

Posto 
$$K = \frac{2}{1 + \frac{T_r}{T_p}}$$

si ottiene 
$$q_p = \frac{K \cdot Q}{T_p}$$

### 3.3.2 Il metodo S.C.S.

Il metodo di Soil Conservation Service è una procedura che consente la ricostruzione delle piene nei bacini idrografici. Il metodo consente sia la semplice determinazione del volume della piena o della sua portata al colmo sia la completa ricostruzione dell'idrogramma di piena.

Per la determinazione del volume di piena il metodo si fonda sull'ipotesi che sia sempre valida la seguente relazione:

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

avendo indicato con  $V$  il volume di deflusso, con  $P_n$  la precipitazione netta, con  $W$  l'invaso del suolo, cioè il volume idrico effettivamente immagazzinato nel suolo, e con  $S$  il valore massimo del suddetto invasore.

La precipitazione netta si ottiene sottraendo alla precipitazione totale  $P$  le perdite iniziali  $I_a$  dovute all'immagazzinamento superficiale, imputabili per esempio, alla presenza sulla superficie del bacino di zone che, per la loro morfologia, consentono l'accumulo di volumi

idrici, all'intercettazione operata dalla copertura vegetale presente e all'infiltrazione prima della formazione del deflusso. La precipitazione netta si ripartisce completamente tra il volume di deflusso superficiale e l'invaso del suolo:

$$P_n = V + W$$

Sostituendo il valore di  $W$  ricavato in precedenza, si ottiene:

$$V = \frac{P_n^2}{P_n + S}$$

Le perdite iniziali sono espresse dalla relazione in pratica costante per ogni tipo di bacino:

$$I_a = 0,2S$$

e tenendo conto che  $P_n = P - I_a$ , si ottiene:

$$V = \frac{(P - 0,2S)^2}{P + 0,8S}$$

L'applicazione dell'espressione ottenuta presuppone, oltre la conoscenza della precipitazione totale  $P$ , la stima del massimo invaso  $S$  del suolo che, teoricamente, può assumere tutti i valori positivi compresi tra 0 (superficie perfettamente impermeabile) e infinito (nessuna formazione di deflusso superficiale).

La valutazione di  $S$  viene condotta mediante la seguente relazione:

$$S = 25,4 \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

in cui figura un parametro  $CN$ , denominato *curve number*, che assume valori compresi tra 100 e 0. Il  $CN$  rappresenta l'attitudine del bacino esaminato a produrre deflusso e si stima, sulla base dei valori riportati in un'apposita tabella, in relazione alle caratteristiche idrologiche dei suoli e di copertura vegetale presenti nel bacino. La stima del  $CN$  presuppone, inizialmente, la determinazione del gruppo idrologico di ciascun suolo ricadente nel bacino e, all'interno di ciascun gruppo, l'individuazione di aree omogenee per destinazione d'uso, sistemazione e condizione idrica. A ciascuna area omogenea, di nota superficie, viene attribuito

l'appropriato *CN* sulla base di quelli riportati in letteratura; il valore di *CN<sub>b</sub>* dell'intero bacino si ottiene come media pesata, con peso la superficie, dei valori stimati per le singole aree omogenee.

Per la stima del *CN* si distinguono i seguenti quattro gruppi idrologici denominati A, B, C e D.

Gruppo A: Bassa capacità di formazione del deflusso. Suoli con elevata infiltrabilità anche in condizioni di completa saturazione. Si tratta di sabbie o ghiaie profonde molto ben drenate. La conducibilità idrica alla saturazione è elevata.

Gruppo B: Suoli con modesta infiltrabilità se saturi. Discretamente drenati e profondi sono caratterizzati da una tessitura medio-grossa e da una conducibilità idrica non molto elevata.

Gruppo C: Suoli con bassa infiltrabilità se saturi. Sono per lo più suoli con uno strato che impedisce il movimento dell'acqua verso il basso (a drenaggio impedito) oppure suoli con tessitura medio-fine e bassa infiltrabilità. La conducibilità idrica è bassa.

Gruppo D: Suoli a elevata capacità di formazione del deflusso. Appartengono a questo gruppo i suoli ricchi di argilla con capacità rigonfianti, i suoli con uno strato di argilla presso la superficie, i suoli poco profondi su substrati impermeabili. La conducibilità idrica è estremamente bassa.

**Gruppi idrologici**

<b>Destinazione</b>	<b>Sistemazione</b>	<b>Condizione idrica</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
Incolto			77	86	91	94
Coltivazione in filari	Rittochino	Povera	72	81	88	91
		Buona	67	78	85	89
	Girapoggio	Povera	70	79	84	88
		Buona	65	75	82	86
	Terrazzato	Povera	66	74	80	82
		Buona	62	71	78	81
Cereali da granella	Rittochino	Povera	65	76	84	88
		Buona	63	75	83	87
	Girapoggio	Povera	63	74	82	85
		Buona	61	73	81	84
	Terrazzato	Povera	61	72	79	82
		Buona	59	70	78	81
Prati di leguminose o a rotazione	Rittochino	Povera	66	77	85	89
		Buona	58	72	81	85
	Girapoggio	Povera	64	75	83	85
		Buona	55	69	78	83
	Terrazzato	Povera	63	73	80	83
		Buona	51	67	76	80
Prato permanente		Buona	30	58	71	78
Boschi		Povera	45	66	77	83
		Discreta	36	60	73	79
		Buona	25	55	70	77
Strade sterrate			74	84	90	92
Superfici impermeabili e superfici d'acqua			100	100	100	100

Il metodo tiene anche conto delle condizioni di umidità del suolo antecedenti all'inizio dell'evento (Antecedent Moisture Conditions, AMC) e a tal fine va precisato che i valori di *CN* riportati si riferiscono a condizioni medie del parametro *AMC* denominate *AMCII*.

La definizione di *AMC* richiede la determinazione della precipitazione totale caduta nei cinque giorni precedenti l'evento in esame che consente di definire la condizione di umidità antecedente l'evento (*AMCI*, *AMCII*, *AMCIII*).



**Definizione delle condizioni di umidità antecedenti l'evento (AMC)**

<b>Periodo vegetativo</b>	<b>Riposo vegetativo</b>	<b>AMC</b>
Altezza di precipitazione caduta nei cinque giorni precedenti l'evento minore di 35 mm	Altezza di precipitazione caduta nei cinque giorni precedenti l'evento minore di 13 mm	I
Altezza di precipitazione caduta nei cinque giorni precedenti l'evento tra 35 e 53 mm	Altezza di precipitazione caduta nei cinque giorni precedenti l'evento tra 13 e 28 mm	II
Altezza di precipitazione caduta nei cinque giorni precedenti l'evento maggiore di 53 mm	Altezza di precipitazione caduta nei cinque giorni precedenti l'evento maggiore di 28 mm	III

Nel caso in cui si ricada nella condizione *AMCI* (secca) o in quella *AMCII* (umida) devono essere utilizzati i valori di *CN* riportati nella tabella seguente. In alternativa i valori di *CN* devono essere corretti utilizzando i fattori *FI* e *FIII*, rispettivamente per la condizione secca e per quella umida, aventi le seguenti espressioni:

**Valori di CN per le condizioni AMCI, AMCII e AMCIII**

<b><i>CN per AMCI</i></b>	<b><i>CN per AMCII</i></b>	<b><i>CN per AMCIII</i></b>
100	100	100
87	95	98
78	90	96
70	85	94
63	80	91
57	75	88
51	70	85
45	65	82
40	60	78
35	55	74
31	50	70
26	45	65
22	40	60
18	35	55
15	30	50
12	25	43
9	20	37
6	15	30
4	10	22
2	5	13

$$FI = 0,3 + 0,00636 \, CN$$

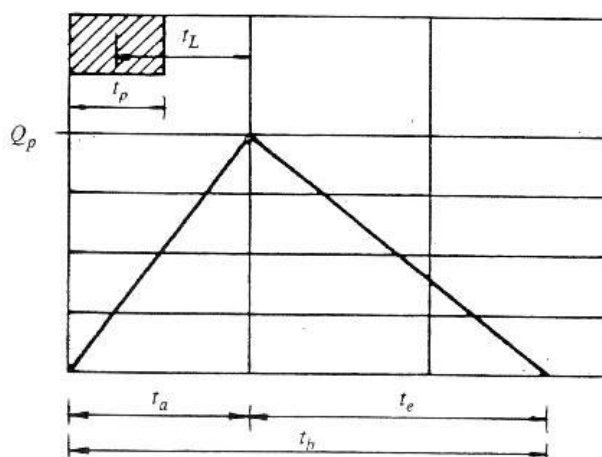
valida per valori di  $20 \leq CN \leq 95$ , e:

$$FIII = 3,4212 - 1,1999 \log CN$$

valida in tutto il campo dei valori di  $CN$  ( $5 \leq CN \leq 100$ )

Dall'idrogramma triangolare definito in precedenza derivano le valutazioni circa la costruzione dell'idrogramma del corso d'acqua in studio.

L'idrogramma di base è quindi riportato nella seguente figura.



Per il calcolo della portata al colmo  $Q_p$  si considera un idrogramma approssimato di forma triangolare che ha una fase crescente di durata  $t_a$  (tempo di accumulo) e una fase di esaurimento di durata  $t_e$  (tempo di esaurimento) e il cui volume  $V$  ha la seguente espressione:

$$V = \frac{Q_p}{2} (t_a + t_e) = \frac{Q_p t_b}{2}$$

avendo indicato con  $t_b$  la durata dell'evento di piena.

Poiché è stato stabilito sperimentalmente che nella fase crescente dell'idrogramma defluisce un volume idrico che è pari al 37,5 % del volume totale  $V$  di deflusso, ne consegue che la durata della fase crescente è pari a 0,375 volte la durata dell'evento di piena  $t_b$  e pertanto:

$$t_b = 2,67 \, t_a$$

Utilizzando tali espressioni, esprimendo il volume di deflusso  $V$  in mm, il tempo  $t_a$  in ore, l'area  $A$  del bacino in  $\text{km}^2$ , si ottiene:

$$Q_p = 0,208 \frac{VA}{t_a}$$

La determinazione di  $t_a$ , nell'ipotesi di precipitazione di intensità costante di durata  $t_p$  e indicando con  $t_L$  il tempo di ritardo (distanza tra il baricentro dello istogramma e il picco dell'idrogramma triangolare), si effettua con la semplice relazione:

$$t_a = 0,5 t_p + t_L$$

Per la determinazione del tempo di ritardo, espresso in ore, si utilizza la formula di Mockus :

$$t_L = 0,342 \frac{L^{0,8}}{s^{0,5}} \left( \frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0,7}$$

in cui  $s$  è la pendenza del bacino espressa in %,  $L$  è la lunghezza dell'asta principale prolungata fino alla dislivello espressa in km.

L'idrogramma unitario SCS relativo a un volume di deflusso  $V$  pari a un millimetro, si costruisce a partire dall'idrogramma adimensionale di Mockus che è una curva dimensionale, ricavata da numerosi idrogrammi unitari ottenuti da idrogrammi di piena registrati in bacini di differente estensione e posizione geografica, che mette in relazione il rapporto tra la generica portata  $Q$  all'istante  $t$  e la portata al colmo  $Q_p$  che si verifica all'istante  $t_a$  (durata della fase di crescita) con la variabile dimensionale  $t/t_a$ . Per il suddetto idrogramma unitario il 37,5% del volume totale di deflusso, che corrisponde ovviamente all'intera area ricadente tra l'idrogramma e l'asse delle ascisse  $t/t_a$ , si verifica in corrispondenza della sola fase ascendente dell'idrogramma stesso. In altri termini il volume di deflusso corrispondente alla fase crescente dell'idrogramma è pari al 37,5% del volume totale di deflusso.

L'idrogramma triangolare già esaminato per il calcolo della portata al colmo di piena è, pertanto, una semplificazione dell'idrogramma di Mockus che è stata costruita facendo in modo che i due idrogrammi (triangolare e Mockus) abbiano la stessa portata al picco  $Q_p$  e sottendano la stessa area, cioè abbiano lo stesso volume totale di deflusso.

**Idrogramma adimensionale di Mockus**

$t/t_a$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
$Q/Q_p$	0,03	0,10	0,19	0,31	0,47	0,66	0,82	0,93
	0,99	1,00	0,99	0,93	0,86	0,78	0,68	0,56
$t/t_a$	1,7	1,8	1,9	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8
	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,5	5,0
$Q/Q_p$	0,46	0,39	0,33	0,28	0,207	0,147	0,107	0,077
	0,055	0,04	0,029	0,021	0,015	0,011	0,005	0,0

La portata al colmo  $Q_p$  dell'idrogramma unitario si ottiene ponendo  $V = 1$  e pertanto ha la seguente espressione:

$$Q_p = 0,208 \frac{A}{t_a}$$

La durata  $t_p$  della precipitazione che produce l'idrogramma unitario viene correlata al tempo di accumulo  $t_a$  dalla seguente relazione:

$$t_p = 0,2 t_a$$

Si ricavano infine le relazioni che legano il tempo di accumulo e la durata  $t_p$  al tempo di ritardo:

$$t_a = \frac{t_L}{0,9}$$

$$t_p = \frac{t_L}{4,5}$$

Poiché le coordinate dell'idrogramma unitario di Mockus sono espresse in termini  $Q/Q_p$  e di  $t/t_a$ , per un particolare bacino occorre calcolare il tempo di accumulo e poi il valore della portata al picco. La determinazione dell'idrogramma unitario di un bacino di note caratteristiche ( $A$ ,  $L$ ,  $s$ ,  $CN$ ) consiste, in definitiva, nell'amplificare l'ascissa e l'ordinata dell'idrogramma unitario di Mockus mediante due fattori, rispettivamente pari a  $t_a$  e  $Q_p$ , che sono specifici del bacino esaminato.

Nel caso più complesso in cui l'evento di pioggia è caratterizzato da una distribuzione cumulata della precipitazione nel tempo, relativa a un certo evento, o sia disponibile la curva di probabilità pluviometrica di assegnato tempo di ritorno, la ricostruzione dell'idrogramma necessita la preliminare determinazione degli incrementi di deflusso relativi agli intervalli di precipitazione di durata  $t_p$ , cioè pari alla durata della precipitazione che provoca l'idrogramma unitario. Amplificando le ordinate dell'idrogramma unitario di Mockus con ciascuno di tali incrementi di deflusso si ottengono una serie di idrogrammi le cui ordinate sommate, per ogni istante  $t$ , forniscono quelle dell'idrogramma della piena.

Il modello idrologico implementato è stato infine validato attraverso il metodo dell'idrogramma  $s$  sulla base delle considerazioni ora esposte confrontando i risultati ottenuti per incrementi costanti del tempo  $\Delta t$  per un periodo massimo di 48 ore riscontrando differenze pressoché nulle nella formazione degli idrogrammi.

In ultimo si precisa che il valore del parametro  $CN$  utilizzato, a fini cautelativi, è stato assunto pari a 91 quale valore tipico per superfici impermeabili al fine di rendere minime le perdite per infiltrazione nel sottosuolo.

Tale assunzione è riconducibile alla scelta originaria di agire direttamente sull'entità della precipitazione lorda affluente al bacino per tenere conto della conformazione del territorio e della sua riconosciuta capacità di invaso e laminazione.

### 3.3.3 I fenomeni di piena nella attuale configurazione

Per ciascuno dei bacini in studio è stato quindi implementato nell'ordine:

- Modello pluviometrico rappresentativo degli afflussi meteorici per il comprensorio su base TCEV, adottando quale tempo di ritorno 100 anni.

La precipitazione sul bacino è stata considerata uniforme in funzione quindi della durata ipotizzata.

La capacità di invaso della rete di bonifica esercitata dalla presenza e dalla conformazione delle camere di risaia è stata valutata considerando una possibilità di accumulo di 50 mm da dedurre dall'apporto meteorico lordo affluente al bacino durante il verificarsi dell'evento.

- Modello numerico per la determinazione dell'idrogramma unitario di risposta del singolo bacino valutato con codice di calcolo HEC-HMS sulla base dei risultati ottenuti dall'implementazione del S.C.S. Curve Number.

Il valore dei parametri *CN* è stato assunto a fini cautelativi pari a 91 per ciascun bacino in studio.

L'idrogramma è stato calcolato, per il singolo bacino, presso le sezioni di chiusura ipotizzate disposte generalmente in corrispondenza della parte terminale dei corsi d'acqua e, nei casi di particolare rilevanza, laddove è presente un manufatto di scolo della portata, anche presso tali sezioni di interesse.

Si è quindi definito l'idrogramma di piena di ciascun bacino, unitamente alle caratteristiche di tempo di formazione del picco di portata e di tempo di corrivazione nonché l'idrogramma complessivo generato nei nodi di confluenza dei corsi d'acqua.

Successivamente è stato valutato, per durate di pioggia derivate dall'unità (3, 6, 12, 18, 24, 36 e 48 ore) e di durata costante, l'idrogramma tipo *S* al fine di valutare e verificare in relazione alla durata ipotizzata la risposta del bacino al nuovo evento preso in esame.

Nella tabella seguente sono riportati i principali valori delle grandezze idrologiche che concorrono alla formazione dell'idrogramma di piena ed i valori della portata al colmo, meglio rappresentati nello schema idraulico di sintesi.

A seguire sono raffigurati gli idrogrammi di piena, suddivisi per ciascun bacino analizzato ed anche relativamente alle confluenze dove si sommano gli effetti indotti dal propagarsi degli eventi piena considerati.

In ultimo è riproposto l'idrogramma per durate di pioggia prefissate, ad intervalli regolari, supposto verificarsi al nodo idraulico di Spinapesce al fine di confrontare gli effetti di precipitazioni anche di lunga durata, distribuite sull'intero bacino afferente al nodo idraulico considerato quale punto critico di cruciale importanza dell'intero sistema.

I risultati conseguiti con questo particolare scenario confermano quanto ottenuto analizzando l'evento critico per il singolo bacino e quindi l'idrogramma derivato quale somma delle risposte parziali.

#### **4. GLI INTERVENTI PREVISTI IN ATTUAZIONE CON IL PROGRAMMA GENERALE DI INTERVENTO**

Lo studio idrologico eseguito per valutare la risposta dei bacini agli eventi meteorici considerati viene ad essere confrontato con quella che attualmente è la capacità / possibilità di risposta del territorio a fronte del rischio idraulico indotto. Le onde di piena in propagazione lungo i corsi d'acqua possono evidenziare situazioni di possibile inadeguatezza di manufatti e infrastrutture che su di essi insistono.

È possibile pertanto configurare tale situazione come assoggettata ad un rischio locale, pure se distribuito entro una superficie di significative dimensioni, ma pur sempre confinata ad una valenza limitata qualora confrontata con i nodi critici che rivestono valenza su scala maggiore.

Ferma restando la necessaria risoluzione del problema delle ricorrenti emergenze presso i Comuni di Crescentino, Fontanetto Po e Palazzolo V.se in relazione alla presenza dei corsi d'acqua entro il perimetro urbano, in primo luogo occorre evidenziare l'importanza decisiva che assume su vasta scala il nodo di Trino V.se. Dalle simulazioni condotte e dai risultati conseguiti si evince come le portate di piena della rete idrografica minore convergano infine al nodo idraulico di Spinapesce, poco a monte dell'abitato di Trino V.se.

Il nodo idraulico di Spinapesce vede convergere corsi d'acqua quali il Roggione di Palazzolo, la Camera ed il Magrelli. Come già accennato in precedenza lo smaltimento delle portate di piena avviene oggi utilizzando l'alveo del Roggione a valle di Spinapesce.

Il Roggione, per la conformazione attuale di Spinapesce e per le caratteristiche proprie del suo alveo oltre alla morfologia del territorio che incontra nel tratto terminale (a monte della centrale Fermi), risulta configurabile quale scaricatore di piena a tutti gli effetti.

La roggia Camera non può essere utilizzata quale scolmatore in quanto, oltre alle dimensioni ridotte della sezione, si dirige direttamente a Trino V.se attraversandone l'abitato e venendo scolmata in maniera assai esigua dallo scolmatore Poetto.

Il Roggione di Palazzolo, a valle della confluenza dell'Acquarata in Roggione, inizia il suo percorso terminale che conduce il corso d'acqua ad approssimarsi alla centrale Fermi.

In prossimità della centrale il Roggione è vincolato da due tratti combinati con sezione utile ridotta.

È possibile quindi che si possano verificare esondazioni di rigurgito a monte di tali manufatti, peraltro tali da non creare pregiudizio e pericolo diretto al centro abitato.

Superato il tratto di interferenza con la centrale Fermi il Roggione riceve il contributo dello scolmatore della roggia Stura che si immette direttamente nell'alveo del Roggione, a monte della centrale di sollevamento.

In questo tratto, sulla base delle simulazioni eseguite, note la potenzialità dello scolmatore della Stura e la portata che può defluire in prima approssimazione attraverso la sezione tombata presso la ex centrale Fermi, la portata che può trovarsi a defluire lungo il tratto terminale del Roggione (dopo l'immissione dello scolmatore Stura) è pari a

$$Q_{\max} = 50 + 24 = 74 \text{ mc/s}$$

dove il valore di 50 mc/s circa corrisponde alla portata di piena al nodo di Spinapesce mentre il valore di 24 mc/s corrisponde alla portata massima che può defluire entro la sezione dello scolmatore della Roggia Stura (valore di calcolo al colmo pari a 21 mc/s).

È ora necessario ed indispensabile analizzare lo scenario che può verificarsi all'atto della restituzione in Po.

Si devono considerare due possibili situazioni dettate dai livelli di piena che possono instaurarsi in Po. Qualora il Po fosse in magra o comunque soggetto ad eventi di morbida il Roggione e lo scolmatore Stura troverebbero la possibilità di restituire al corso d'acqua la portata di loro competenza.

Diversamente, per livelli di piena in Po significativi quali quelli accorsi durante i recenti eventi alluvionali ovvero in caso di eventi tali da interferire con lo scarico libero in Po, si verificherebbe un primo fenomeno di rigurgito nell'alveo del Roggione e dello scolmatore Stura con pericolose ripercussioni nei confronti del funzionamento dell'intero apparato idraulico.

Le conseguenze di tale situazione verrebbero immediatamente risentite dall'intero territorio che gravita su Trino V.se.

Bisogna infine precisare che, per livelli idrici in Po prefissati, le paratoie disposte in



corrispondenza della sezione di restituzione e regolate da appositi automatismi, iniziano la loro manovra di chiusura al fine di evitare l'ingresso delle acque di Po entro l'alveo del Roggione.

Contestualmente avviene l'innesco delle pompe a servizio della stazione di sollevamento la cui capacità di smaltimento è di 24 mc/s a pieno regime. Risulta pertanto un residuo di 50 mc/s che non possono essere smaltiti in alcun modo.

Vigendo tale situazione, che non è certo priva di fondamento e neppure così remota, l'eccesso di portata provocherebbe seri danni e pericoli all'intero concentrico di Trino V.se ed ai territori di valle.

A fronte di tale probabile situazione di emergenza si è ritenuto indispensabile prevedere una serie di interventi volti a ridurre il rischio idraulico disponendone la collocazione in punti strategicamente definiti sul territorio in modo tale da evitare, in sostanza, che l'emergenza si possa verificare proprio nell'area più debole dell'intero comprensorio.

In linea generale gli interventi previsti possono essere descritti come segue:

- Interventi volti alla riduzione dei colmi di piena lungo i corsi d'acqua principali del reticolo idrografico minore a monte di Trino Vercellese (realizzazioni di un canale di gronda a monte di Fontanetto) con ripercussioni positive anche sugli abitati di Fontanetto Po e Palazzolo Vercellese oltre che di Trino.
- Interventi di razionalizzazione dei nodi idraulici principali, quali Spinapesce e Ramezzana, al fine di ottimizzare la gestione delle emergenze con la creazione di dispositivi efficaci nell'ottica della regolazione di livelli e portate.
- Interventi di adeguamento dell'alveo di alcuni corsi d'acqua di primaria importanza, quali il Magrelli a valle dello scaricatore di Ramezzana, il Roggione di Palazzolo e in particolare il Magrelli da Spinapesce a Pobietto, al fine di gestire al meglio ed in sicurezza le portate di piena.
- Interventi previsti a supporto del nodo idraulico di restituzione in Po delle portate di Roggione e scolmatore Stura attraverso la realizzazione di un nuovo canale scolmatore, l'adeguamento del Magrelli da Spinapesce a Pobietto e la realizzazione di un manufatto per il collegamento Magrelli – Nuovo scolmatore, che consentano l'evacuazione delle por-

tate in esubero rispetto alla quota parte smaltibile dalla stazione di sollevamento.

La valutazione degli effetti indotti dalle opere previste in attuazione è stata condotta elaborando una nuova indagine idrologica relativa alla configurazione di progetto, ferme restando le ipotesi di base implementate nel modello numerico circa l'attuale stato dei luoghi.

#### **4.1 Nuovo canale scolmatore ad Ovest di Fontanetto Po.**

La realizzazione di quest'opera consentirà di alleggerire in maniera decisiva i corsi d'acqua intercettati con ripercussioni evidenti al nodo idraulico di Spinapesce oltre che a beneficio degli abitati di Fontanetto Po e Palazzolo V.se. Inoltre, con la riduzione dei colmi di piena, la salvaguardia del nodo di Spinapesce implica il duplice effetto di contenimento dei valori di portata entro soglie inferiori a quella di rischio idraulico per l'intero abitato di Trino V.se in quanto verrà preservato dalle piene di Camera e Roggione di Palazzolo, quest'ultimo nel suo tratto terminale in fase di restituzione al fiume Po.

Il canale di scolmo è previsto avere origine presso il Cavo del Rotto, alimentante la Roggia Stura, e di qui, attraversando trasversalmente il comprensorio, giungere a restituire la portata in Po beneficiando dell'esistente alveo della Roggia Logna e di alcuni cavi esistenti.

La restituzione avverrà in sinistra Po all'incirca in località Cascinale Gianduia. Le caratteristiche geometriche previste per il canale, unitamente alla conformazione del territorio in corrispondenza della restituzione, sono state valutate in modo tale da rendere adeguato il canale anche in caso di livelli di piena in Po particolarmente elevati quali quelli riferentisi alla ricostruzione del profilo di piena in occasione dell'evento con tempo di ritorno duecentennale.

Occorrendo tale evento la quota prevista del tirante idrico nelle elaborazioni contenute nel P.A.I. risulta individuata pari a 141,30 m s.l.m. nelle sezioni disposte nelle immediate adiacenze di Fontanetto Po.

Dai rilievi preliminari eseguiti, propedeutici alla valutazione delle possibilità realizzative proposte in attuazione con il presente studio, il canale scolmatore è interessato in concomitanza dell'evento critico duecentennale in Po da un rigurgito che si estende verso monte per

circa 1300 metri senza che venga comunque impedita la restituzione della portata scolmata al fiume Po.

Il profilo idraulico, determinato con modello matematico, configura quindi la situazione maggiormente sfavorevole cui il funzionamento dell'opera può essere soggetto e sulla base del quale sono stati eseguiti gli opportuni dimensionamenti affinché, vigenti tali condizioni, non risulti compromessa la funzionalità idraulica del manufatto.

La quota idrica in corrispondenza della sezione di interferenza con l'esondazione duecentennale del Po risulta pari a 142,92 m s.l.m..

Ciò è conseguenza dell'aver supposto il livello di piena in Po quale soglia fissa ricercando, conseguentemente, il livello idraulico massimo entro il canale scolmatore tale da garantire in condizioni di libero efflusso il recapito della intera quota di portata al ricettore finale.

La configurazione ora descritta rappresenta certamente la situazione maggiormente sfavorevole che possa verificarsi.

Alla sezione d'imbocco il canale verrà dotato di un edificio di regolazione delle portate in ingresso, con paratoie e sistemi di sfioro che consentano la regolazione anche automatizzata della derivazione.

Il canale verrà ricavato sia potenziando ed adeguando l'attuale alveo di cavi esistenti ovvero ex-novo laddove evidenti sono le necessità di adeguarsi a nuovi tracciati che riducano al massimo l'impatto ambientale e le interferenze con le infrastrutture esistenti.

I corsi d'acqua che beneficeranno dell'azione di scolmo delle portate sono il Cavo del Rotto, la Fonna – Guatta e la Chiusa a monte di Fontanetto Po, unitamente alla Camera.

La seguente tabella riassume i valori di riferimento delle portate defluenti entro il canale in seguito all'azione di scolmo dei picchi di piena sui corsi d'acqua intercettati.

<i>Corso d'acqua</i>	<i>Portata scolmata (mc/s)</i>	<i>Portata defluente nello scolmatore (mc/s)</i>
<i>Cavo del Rotto (Bacino Stura e Cerca)</i>	7	7
<i>Roggia Fonna - Guatta</i>	15	22
<i>Roggia Chiusa</i>	3	25
<i>Roggia Camera</i>	5	30

$$Q_{tot} = 30 \text{ mc/s}$$

Il percorso previsto per lo scolmatore in progetto assomma a circa 5.500 metri, dall'origine alla restituzione in Po, pari ad una pendenza media complessiva di fondo alveo di circa 0,5 ‰.

L'impatto dell'opera è stato ridotto facendo ricorso a tecniche costruttive a ridotto impatto ambientale prevedendo l'utilizzo di massi di cava con raccordo al piano di sponda a mezzo di soluzioni di ingegneria naturalistica quali viminate e copertura diffusa.

In corrispondenza di attraversamenti tombati di strade e/o ferrovie verranno eseguiti, forzatamente, manufatti in conglomerato cementizio armato in quanto inevitabile il ricorso a siffatta tipologia realizzativa.

Ciascun nodo idraulico costituente il collegamento tra lo scolmatore e il cavo soggetto ad alleggerimento dovrà essere dotato di apposito edificio idraulico con paratoie mobili di regolazione, il cui funzionamento in automatico permetterà di evitare la presenza in posto di personale tecnico, non sempre possibile con la necessaria tempestività in occasione di eventi di piena in atto.

Per ciò che concerne la restituzione in Po è previsto un apposito manufatto con invito a seguire la direzione della corrente al fine di attenuare eventuali azioni di rigurgito da parte del recettore finale.

In ogni caso verrà adeguato e potenziato l'esistente scarico della roggia Logna il cui alveo costituisce la parte terminale del canale scolmatore.

Negli allegati alla presente relazione sono proposte alcune delle sezioni tipo previste per la realizzazione del canale scolmatore.

#### ***4.2 Interventi previsti sul Canale Magrelli lungo il tratto a monte di Spinapesce***

Gli interventi previsti consistono nella realizzazione del barraggio di scolmo della roggia Stura in località Ramezzana al fine di potenziare ed adeguare l'esistente edificio che versa in condizioni di palese inadeguatezza a svolgere le indispensabili manovre di alleggerimento della Stura, unitamente all'adeguamento del Canale Magrelli nel tratto tra Ramezzana e il nodo idraulico di Spinapesce.

Il potenziamento del barraggio permetterà di alleggerire la portata della Stura a beneficio della medesima in occasione della successiva e definitiva azione di scolmo dei picchi di piena a monte di Trino.

In tale modo, e come si vedrà nel seguito, la massima portata attesa allo scolmatore di Trino risulterà inferiore ai 24 mc/s che costituiscono la massima portata defluente nello scolmatore con ulteriore beneficio del tratto terminale a valle della confluenza in Roggione di Palazzolo.

L'alveo del Magrelli nel tratto da Ramezzana a Spinapesce verrà adeguato per contenere la portata sottratta alla Stura il cui valore sarà comunque all'incirca di 3-4 mc/s senza che ciò ponga in crisi il nodo di Spinapesce; ciò in relazione alla riduzione delle portate in arrivo al nodo a mezzo del canale scolmatore di Fontanetto Po.

La portata massima prevista nell'alveo del Magrelli risulta quindi complessivamente pari a circa 8,4 mc/s. In ragione dell'adeguamento del canale verranno adeguati manufatti ed opere che insistono sul corso d'acqua.

#### ***4.3 Interventi previsti al nodo idraulico di Spinapesce***

Come già più volte evidenziato, il nodo idraulico di Spinapesce costituisce il punto fondamentale e cruciale nell'ambito degli interventi finalizzati alla prevenzione e gestione delle piene che coinvolgono il reticolo idrografico minore.

La configurazione di progetto, stante l'apporto decisivo dello scolmatore di Fontanetto Po, permette di gestire emergenze ridotte rispetto alla attuale situazione. Il colmo di piena associato ai corsi d'acqua che pervengono al nodo di Spinapesce presenta un valore massimo di 31,84 mc/s in confronto ai possibili circa 50 mc/s attuali.

Risulta pertanto un massimo di piena di meno impegnativa gestione ma solamente attraverso la totale ristrutturazione degli edifici di regolazione che attualmente ne sovrintendono il funzionamento idraulico. Occorre prevedere un edificio in conglomerato cementizio dotato di moderne paratoie di regolazione che permettano, in funzione dei livelli idrici registrati, di attivare gli scarichi in Roggione da parte di Magrelli e Camera e di attivare il tronco di

Magrelli (adeguato a funzione di scolmatore) da Spinapesce a Pobietto.

Indissociabili dall'intervento di ristrutturazione di Spinapesce sono:

✓ ***Adeguamento del Canale Magrelli da Spinapesce a Pobietto:***

L'intervento presuppone l'adeguamento del Canale Magrelli e dei relativi manufatti per consentire di trasferire a valle parte della portata di piena di Spinapesce sottraendola al nodo della chiavica che in caso di piena di Po non è sufficiente per smaltire tutte le acque di Roggione e di Stura. Il Canale Magrelli, che assumerebbe così la funzione di canale scolmatore, oltre che irriguo, dovrà essere munito di uno scarico in Po, nel territorio di Pobietto ad ovest delle nuove arginature a protezione dell'abitato di Morano Po. Lo scarico in Po avverrà tramite il tratto terminale del nuovo Scolmatore di Trino est.

✓ ***Adeguamento del Roggione***

Stante la conformazione meandriforme del Roggione e l'inadeguatezza delle sponde in alcuni punti, considerata la funzione fondamentale di scolmatore a monte dell'abitato di Trino presso Spinapesce, risulta necessario provvedere alla ricalibratura del corso d'acqua per consentire alle portate di piena di essere contenute entro la sezione ad un livello di invaso utile per innescare, in corrispondenza della stazione di sollevamento, il nuovo scolmatore di Trino est.

La portata "di progetto" per tempo di ritorno di 100 anni che verrebbe conferita al Roggione a Spinapesce è pari a circa 23,44 mc/s compatibile anche con la strozzatura dei tomboni Enel e gestibile alla zona di confluenza con lo scolmatore della Stura attraverso la realizzazione del nuovo scolmatore del sistema Roggione – Stura a monte dell'impianto di sollevamento.

## 5. IL NUOVO CANALE SCOLMATORE DI TRINO

Già nel corso della redazione dello studio preliminare in data aprile 2003 era risultata di primaria importanza la messa in sicurezza dell'abitato di Trino per il cui ottenimento non si configurava alternativa alcuna alla realizzazione del nuovo scolmatore.

Nota la limitazione insita nel quantitativo massimo evacuabile da parte della stazione di sollevamento (24 mc/sec), l'unica alternativa percorribile per evitare l'allagamento di vaste aree nonché del centro abitato di Trino è risultata appunto quella di realizzare un canale scolmatore che fosse in grado di allontanare le portate di piena del reticolo minore in arrivo allo scarico del Roggione in Po, ove è disposta la centrale di sollevamento, e le restituisse in Po a valle dell'abitato di Trino.

A tal fine, con la progettazione definitiva dell'intervento, il nuovo canale scolmatore fu previsto dotato di un'opera di presa ubicata poco a monte della vasca di accumulo della stazione di sollevamento, in modo tale che il rigurgito a chiavica chiusa sarebbe confluito, per la quota parte in eccesso non smaltibile dal sollevamento, entro l'alveo dello scolmatore avviando il processo di allontanamento delle portate di piena. L'opera di presa fu prevista con demolizione di parte della sponda sinistra del Roggione e con la realizzazione di un edificio di competenza in c.a. per il raccordo all'esistente sponda.

Per lo scarico da Roggione a nuovo canale scolmatore fu previsto un manufatto di sfioro con soglia rialzata di 150 cm rispetto al fondo del Roggione, necessaria per limitare l'afflusso di portata e di materiale solido trasportato. L'opera di presa del canale scolmatore risultava regolata da 3 paratoie piane a strisciamento, motorizzate e movimentate da attuatori elettrici. In fregio alla sponda venne disposto il locale quadri e contatore che ospitava anche il generatore di emergenza dimensionato per garantire il sollevamento contemporaneo di tutte le paratoie.

A valle dell'edificio di presa e di regolazione delle portate ha inizio il vero e proprio alveo dello scolmatore il cui tracciato risultava pressochè parallelo a quello del rilevato arginale in sinistra Po, con sviluppo di circa 4400 metri. La pendenza del canale fu prevista pari a circa lo 0.6 per mille. Le sezioni del canale risultavano di forma trapezia, in gran parte interrate e, in prossimità della restituzione, realizzate con sponde in rilevato rispetto al piano cam-

pagna circostante. Lungo il percorso si riscontrarono interferenze di tipo idraulico con il reticolo irriguo e con alcune infrastrutture, quali il ponte canale del Magrelli e lo scaricatore di piena Poetto, ed altre interferenze con la viabilità provinciale (ponte sulla provinciale Trino-Camino) e interpodereale la cui risoluzione, con il progetto definitivo in data giugno 2005, ne contemplava l'adeguamento e, in taluni casi inevitabili, la rilocalizzazione funzionale. Il progetto definitivo prevedeva la realizzazione dell'intera opera mentre in dipendenza dalle risorse economiche allora disponibili e del lungo iter autorizzativo risultò attuabile l'esecuzione di un primo lotto funzionale ricompreso tra il canale Magrelli (in località Pobbietto) e la restituzione in Po.

Dal punto di vista idraulico il dimensionamento del canale scolmatore fu eseguito con riferimento al livello della piena PAI in Po riscontrata presso la sezione di riferimento più prossima al punto di restituzione. Il canale, il cui deflusso avviene in condizioni di corrente lenta, presenta infatti livelli idrici influenzati dal regime di valle a sua volta condizionato dai livelli di Po. La configurazione maggiormente sfavorevole risultava pertanto quella associata ai livelli idrici indotti dalla piena di riferimento in Po stabilita dagli strumenti di pianificazione territoriale.

Tra le prescrizioni della Conferenza dei Servizi, riportate nella DGR 26-9035 del 25.06.2008, risultò necessario adeguare il dimensionamento del canale al rigurgito del fiume Po indotto dalla piena storica del 2000, fatte salve nuove disposizioni su maggiori portate di riferimento da parte dell'Autorità di Bacino. Inoltre, fu prescritto che il dimensionamento delle sponde avrebbe dovuto garantire un franco di sicurezza ricompreso tra 30 e 50 cm sul profilo di rigurgito determinato dalla piena di Po.

Il presente progetto prevede la realizzazione di 2° lotto di completamento del nuovo canale scolmatore compresa tra il tratto iniziale che origina dall'opera di presa sul Roggione ed il tratto iniziale realizzato con il 1° lotto in località Pobbietto.



## **5.1 Il 2° lotto di completamento**

Il progetto degli interventi di secondo lotto di completamento prevede la realizzazione del canale scolmatore per una lunghezza complessiva di poco più di 2 km, ricompresi tra l'opera di presa dal Roggione di Palazzolo e la deviazione del canale Magrelli.

Oltre all'alveo del canale è prevista la realizzazione di alcuni manufatti, nello specifico:

- l'edificio di regolazione delle portate del nuovo canale e la ricollocazione fosso irriguo esistente (**Intervento 1**);
- a circa 500 metri a valle dell'edificio di regolazione delle portate del nuovo canale è prevista la realizzazione di un ponte per l'attraversamento del canale scolmatore al quale verrà raccordata la viabilità esistente (**Intervento 2**);
- realizzazione del sifone del rio Poetto per oltrepassare il nuovo canale scolmatore (**Intervento 3**);
- in corrispondenza del manufatto di regolazione delle portate del rio Poetto è stato predisposto lo scarico dell'impianto fognario mediante la realizzazione di un collettore DN600 in PVC (**Intervento 4**);
- la realizzazione di un nuovo ponte della strada provinciale S.P. 32 di Pontestura, di un ponticello sul canale Magrelli per la pista ciclabile (**Intervento 5**);
- realizzazione di un nuovo sifone per oltrepassare il canale scolmatore e garantire in tal modo la continuità idraulica ad un fosso irriguo esistente (**Intervento 6**).

### **5.1.1 Dimensionamento e verifiche idrauliche del nuovo tratto di canale scolmatore**

Il calcolo del profilo di rigurgito è stato eseguito con il codice di calcolo HEC-RAS (del quale è fornita una descrizione nell'Appendice 1) per l'intero sviluppo del canale, dall'opera di presa dal Roggione di Palazzolo sino alla restituzione delle portate in Fiume Po in accordo alle modalità già utilizzate precedentemente in occasione della redazione del progetto generale e del progetto di 1° lotto.

La simulazione del deflusso delle portate di dimensionamento entro l'alveo del canale scolmatore è avvenuta valutando il profilo di rigurgito a partire dall'estrema sezione di valle

(restituzione) in riferimento a tre condizioni al contorno:

- la prima condizione utilizzata è consistita nel tracciare un primo profilo della corrente ritenuto utile per definire l'altezza di moto permanente entro il canale, ipotizzato privo di vincoli a valle, quale il livello della piena di Po. In questo caso la simulazione è avvenuta adottando la sola pendenza di fondo del canale quale condizione al contorno per il calcolo dei profili della corrente. Il valore della pendenza è pari a 0.6 %;
- la seconda condizione al contorno rappresenta la situazione maggiormente conservativa la quale si configura con il livello di valle condizionato dalla concomitanza di un evento di piena in Po. Tale evento risulta coincidere con la piena storica del 2000 il livello in Po fu pari a 127.00 m s.l.m.m.;
- la terza condizione al contorno, prevede il calcolo del profilo di moto permanente in caso di diminuzione del livello di piena in Po che per semplicità è stata fissata pari ad un livello coincidente con l'altezza critica che assume il valore di 126.27 m s.l.m.m.

I profili di piena sono stati calcolati in moto permanente. Il valore medio della scabrezza è stato supposto pari a 0.03 secondo Manning, circa  $30 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$  secondo Gauckler-Strickler, considerato che le sezioni saranno in terra con rivestimento erboso.

La scabrezza assunta per le sezioni che descrivono il manufatto di imbocco è pari a 0.015 secondo Manning pari a circa  $67 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$  secondo Gauckler-Strickler. I valori delle scabrezze sono stati desunti dal confronto tra i valori proposti dai manuali a corredo del software e i dati reperibili nell'usuale letteratura tecnica.

La pendenza delle sponde del canale è stata ridotta a  $25^\circ$  rispetto ai  $32^\circ$  previsti con il precedente progetto definitivo in uniformità al tratto realizzato con i lavori di 1° lotto.

Analogamente a quanto fatto con i lavori di 1° lotto la sagoma del canale è stata contenuta entro limiti compatibili con le esigenze di rispetto del territorio e di contenimento dei costi, la larghezza di fondo alveo del canale è stata ridotta da 6 metri a 4 metri. La modellazione è stata comunque eseguita per l'intero canale, al quale sono state applicate le modificazioni della sezione di cui in precedenza, anche se il tratto a valle dello scarico del Magrelli è stato realiz-

zato con i lavori di 1° lotto.

Definite le condizioni al contorno per ogni modello si è fatto riferimento a due condizioni di deflusso diverse:

- la prima condizione di deflusso definisce le portate di immissione secondo le indicazioni progettuali, ossia:
  - ingresso nella sezione di imbocco di monte (Sez. 81.1) della portata scolmata pari a  $24 \text{ m}^3/\text{s}$
  - ingresso nella sezione 65.17 di un ulteriore contributo alla portata scolmata per un valore totale pari a  $25 \text{ m}^3/\text{s}$
  - ingresso nella sezione 44.38 di un ulteriore contributo alla portata scolmata per un valore totale pari a  $33 \text{ m}^3/\text{s}$
- la seconda condizione di deflusso simula eventuali problemi gestionali che comportino l'ingresso nella sezione di imbocco di monte (Sez. 81.1) della portata scolmata pari a  $33 \text{ m}^3/\text{s}$ .

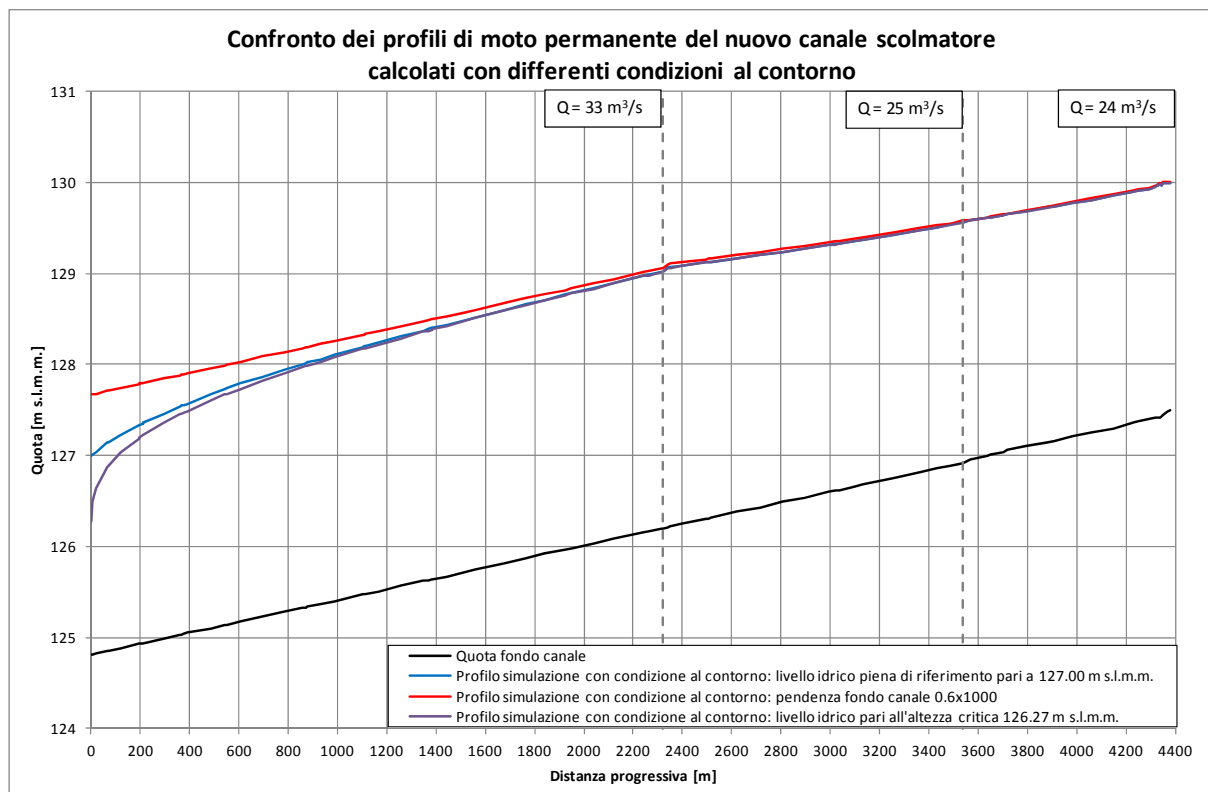
E' stato tracciato un primo modello di simulazione ritenuto utile per definire l'altezza di moto permanente entro il canale, ipotizzato privo di vincoli. In questo caso la simulazione è avvenuta adottando la sola pendenza di fondo del canale quale condizione al contorno per il calcolo dei profili della corrente in occasione del deflusso della portata di  $33 \text{ m}^3/\text{s}$  così come indicato nella seconda condizione di deflusso. Tale condizione rappresenta il valore teorico massimo dei tiranti idrici che possono aversi entro il canale. I tiranti hanno un'altezza idrica di circa 2.9 m, praticamente costanti per tutto lo sviluppo del nuovo canale. I franchi seppur riducendosi sono garantiti, presentando un valore minimo di circa 0.55 m.

Successivamente si è proceduto a modellare il canale scolmatore considerando la quota di partenza del profilo coincidente con il livello idrico della piena di riferimento. Tale livello, come visto, è pari a 127,00 m s.l.m. Il profilo risultante si presenta coincidente con quello di moto permanente a partire dalla presa in Roggione e sino a circa metà dello sviluppo complessivo del canale scolmatore. Da tale sezione, situata poco a valle del manufatto di scarico del Magrelli, il profilo di moto permanente mostra un progressivo abbassamento sino a con-

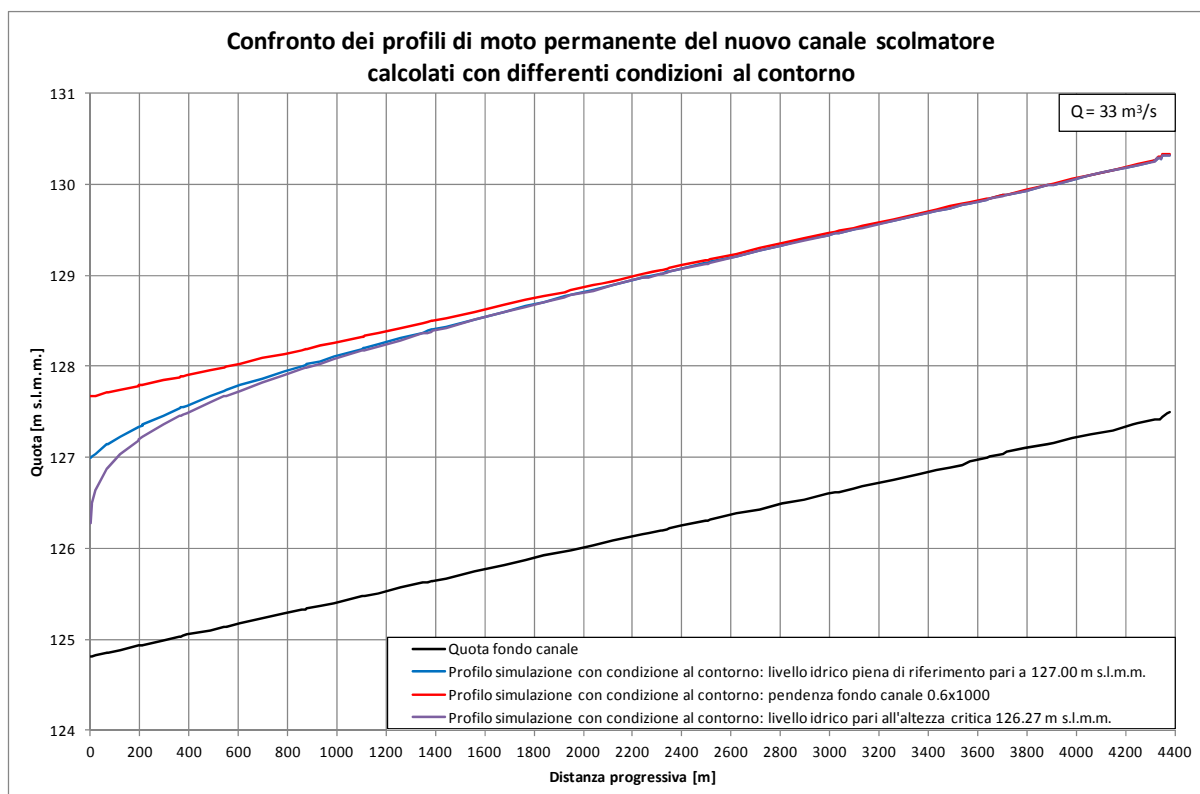
giungersi con la quota in essere alla restituzione in Po.

In ultimo si è valutato il profilo di moto permanente in caso di diminuzione del livello di piena in Po che per semplicità si è fissato un livello coincidente con l'altezza critica.

Nella figura seguente sono riportati, per confronto, i profili di moto permanente riferiti alle tre condizioni al contorno anzi descritte nel caso in cui si abbia l'ingresso delle portate nel canale secondo le ipotesi della prima condizione di deflusso.



Mentre nella figura seguente sono riportati i profili di moto permanente riferiti alle tre condizioni al contorno anzi descritte nel caso in cui si abbia l'ingresso delle portate nel canale secondo le ipotesi della seconda condizione di deflusso.



In caso di evento di piena in Po la portata di dimensionamento del canale scolmatore presenta un profilo di richiamo dettato dal livello in Po (127.00 m s.l.m.m.) per ricongiungersi, circa 2300 metri più a monte, al profilo di moto permanente (configurabile quale profilo di moto uniforme in considerazione delle ipotesi di calcolo). Al diminuire del livello in Po il profilo risente maggiormente del richiamo nella parte terminale (a circa 100 m dallo sbocco), dove presenta un ulteriore e progressivo abbassamento, mentre a monte tende a ricongiungersi con il profilo di moto permanente.

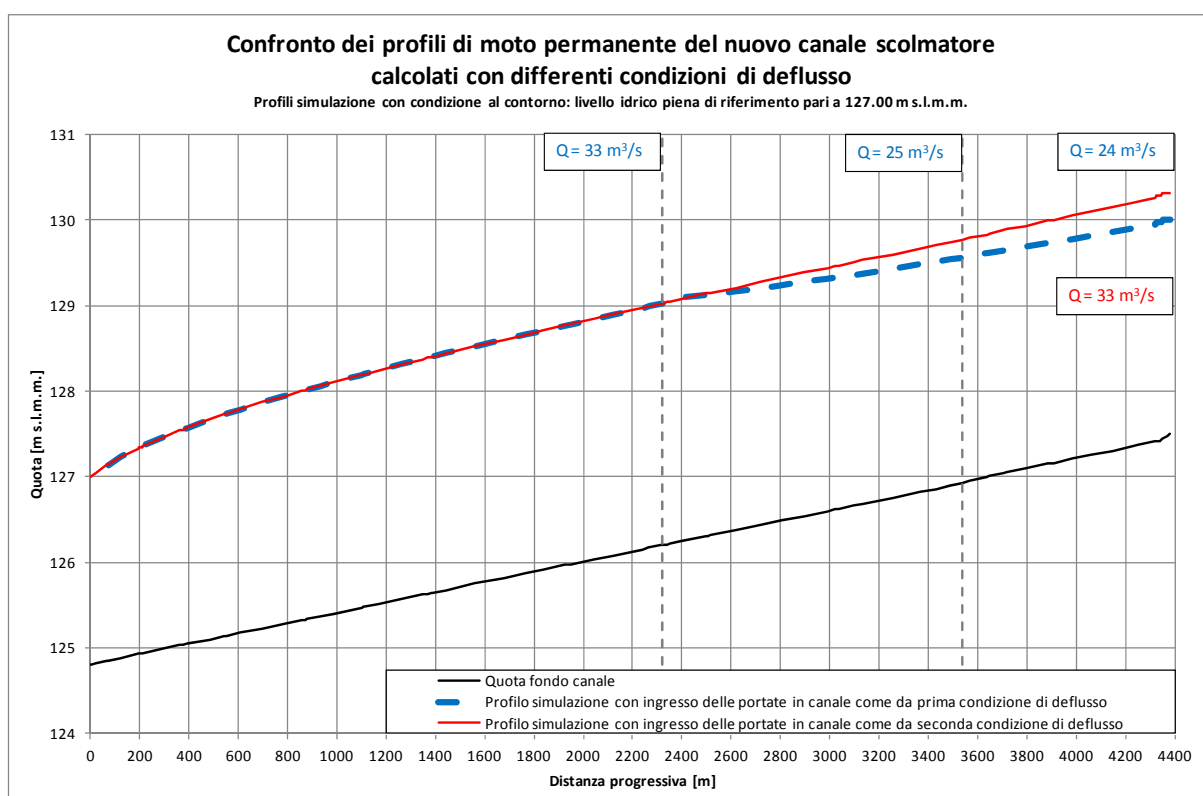
Si percepisce in modo più evidente l'azione di richiamo nel caso di diminuzione del livello di piena in Po fermo restando il ricongiungimento al profilo di moto permanente a circa 1000 metri dalla restituzione. Il profilo di rigurgito che si determina a partire dalla quota di piena in Po si stabilizza sull'altezza di moto permanente a circa 2,3 km dalla restituzione.

La velocità media che si instaura in alveo in occasione delle portate indicate nella prima condizione di deflusso nel canale si attesta su valori poco superiori ad 1 m/s (1.1-1.2 m/s), presentando valori maggiori in corrispondenza della restituzione ove l'azione di richiamo induce un incremento, seppure contenuto, della componente velocità (1.6-1.8 m/s) che può arrivare a circa 2.0-2.6 m/s nel caso di deflusso nella simulazione che prevede come condizione

al contorno il passaggio nella sezione terminale per l'altezza critica.

Il franco di sicurezza minimo sul rigurgito provocato nello scolmatore dal livello in Po associato alle varie condizioni di deflusso e al contorno è pari a circa 50 cm, in conformità alle prescrizioni riportate in tal senso dalla D.G.R. 26-9035.

Per ultimo si propone il confronto tra le due condizioni di deflusso riferite alla condizione al contorno che rappresenta la situazione maggiormente conservativa la quale si configura con il livello di valle condizionato dalla concomitanza di un evento di piena in Po. Tale evento risulta coincidere con la piena storica del 2000 il livello in Po fu pari a 127.00 m s.l.m.m.



Come si può osservare dal grafico il profilo di moto permanente calcolato secondo la prima condizione di deflusso è leggermente inferiore nel primo tratto di monte al profilo calcolato nell'ipotesi della seconda condizione di deflusso. L'incremento di portata di 9 m³/s all'imbocco del canale scolmatore (seconda condizione di deflusso) comporta un innalzamento del profilo idrico massimo di circa 0.30 m che progressivamente si va a raccordare a quello della prima condizione di deflusso 2000 m a valle dell'imbocco. Tale incremento comporta situazioni di deflusso con un franco minimo di circa 55 cm.

## 6. ASPETTI RELATIVI ALLA FILTRAZIONE DEL NUOVO TRATTO DI CANALE DI 2° LOTTO

Nel presente capitolo si è inteso definire la dinamica dei moti di filtrazione verso l'alveo del nuovo tratto di canale scolmatore.

Tali indagini, eseguite con l'implementazione di un modello di filtrazione con il software GeoSlope-SEEP/W, sono state effettuate nella situazione di progetto ad opera realizzata. La modellazione, di tipo bidimensionale, è stata eseguita in condizioni di moto stazionario ipotizzando cautelativamente un livello idrico, dovuto alla pratica irrigua, dei terreni circostanti il tracciato del canale pari ad un tirante di 40 cm ed il livello della falda coincidente con il piano campagna.

I parametri geotecnici necessari allo studio del moto di filtrazione che si origina in occasione del periodo irriguo sono stati determinati dall'analisi e dal confronto dei risultati conseguenti le indagini geognostiche eseguite nel mese di febbraio 2005 ed integrate nell'ottobre 2017.

### 6.1 *Modello geotecnico della filtrazione*

Il modello geotecnico utilizzato per l'analisi della filtrazione è stato desunto dalle risultanze dei sondaggi eseguiti nel mese di febbraio 2005 ed integrati nell'ottobre 2017. Si rimanda alla Relazione Geologica per una trattazione più approfondita.

Le stratigrafie dei sondaggi eseguiti hanno mostrato la presenza di orizzonti sabbiosi, limosi e ghiaiosi che si alternano tra di loro in modo variabile. La presenza di un terreno a granulometria prevalentemente grossolana fino a circa 8/10 metri di profondità permette di affermare e confermare la natura alluvionale dei terreni, prevalentemente limosa nei primi metri di profondità e invece sabbiosa/ghiaiosa più in profondità.

I sondaggi nel loro insieme mostrano una certa somiglianza circa le stratigrafie presenti e le alternanze.

Si evidenzia che alla profondità di circa 7 metri iniziano a presentarsi materiali limosi debolmente argillosi (in special modo nei sondaggi 2017) che possono essere interpretati con la presenza di un cappellaccio delle marne argillose rinvenute con i sondaggi eseguiti nel 2005.

Dall'esame dei sondaggi presenti nella Banca Dati Geotecnica pubblicata dalla Regione Pie-

monte si osserva come i sondaggi più prossimi alle aree indagate presentino stratigrafie analoghe con evidenza della presenza di un substrato marnoso o del suo cappellaccio a profondità diverse che tendono a confermare la natura alluvionale dell'area in esame con la presenza di zone, quelle ascrivibili al cappellaccio marnoso o alla presenza di marne, costituenti un sistema di terrazzi modellati dalle acque digradanti verso valle.

Cautelativamente la filtrazione è stata eseguita riferendosi alle stratigrafie dei sondaggi del 2005 e del 2017 al fine di rappresentare lo scenario di progetto ossia gli effetti indotti dalla presenza del nuovo canale scolmatore.

Sono state analizzate tre sezioni rappresentative del tratto di 2° lotto assegnando ad ognuna il sondaggio 2005 e 2017 più prossimo. Il lato campagna risulta destinato all'utilizzo agricolo del suolo è caratterizzato da terreno pianeggiante dove la coltivazione in atto è quella del riso. In occasione delle tre campagne di indagine eseguite nel corso degli anni, durante i mesi invernali il livello della falda è stato individuato a circa 3-4 metri dal piano campagna.

Le sezioni indagate sono:

- la sezione N. 6: rappresentativa del tratto di canale scolmatore compreso tra il manufatto di imbocco (Sezione N. 2) e il nuovo ponte sul canale scolmatore (Sezione N. 9) in cui i terreni ad uso agricolo sono prossimi al tracciato del canale;
- la sezione N. 21 e la sezione N. 30: rappresentative del restante tratto di canale scolmatore che corre parallelamente al canale Magrelli. La sezione N. 21 rappresenta le sezioni per le quali la distanza tra l'alveo del canale scolmatore ed il canale Magrelli sono più elevate dell'ordine dei 30/40 metri mentre la sezione N. 30 rappresenta le sezioni di canale scolmatore più prossime al canale Magrelli (distanze dell'ordine dei 15 metri). Tali sezioni permettono di verificare l'eventuale influenza sui moti di filtrazione dovute alla presenza del canale Magrelli.

I sondaggi del 2017 sono accompagnati da prove di permeabilità Lefranc a carico variabile che caratterizzano la permeabilità a 2.5m dal piano campagna, il loro ordine di grandezza è confrontabile con l'ordine di grandezza per le permeabilità assunte a caratterizzazione dei vari orizzonti presenti desunte dalla consultazione della letteratura in materia.



Le permeabilità (desunte dai valori correnti di bibliografia) assunte per i vari orizzonti e assegnate alle stratigrafie utilizzate nella modellazione sono riassunte di seguito:

- permeabilità orizzonte sabbioso:  $1.0 \cdot 10^{-5}$  m/s
- permeabilità orizzonte limoso:  $1.0 \cdot 10^{-7}$  m/s
- permeabilità orizzonte ghiaioso:  $1.0 \cdot 10^{-4}$  m/s
- permeabilità orizzonte marnoso:  $1.0 \cdot 10^{-9}$  m/s
- permeabilità materiale assunto impermeabile:  $1.0 \cdot 10^{-10}$  m/s

Le stratigrafie dei sondaggi attribuite alle sezioni indagate sono riassunte nella tabella a seguire:

Sezione	Stratigrafie sondaggi anno:	
	2005	2017
6	S4	S1
21	S3	S2
30	S1	S4

La modellazione, di tipo bidimensionale, è stata eseguita in condizioni di moto stazionario ipotizzando cautelativamente un livello idrico, dovuto alla pratica irrigua, dei terreni circostanti il tracciato del canale pari ad un tirante di 40 cm ed il livello della falda coincidente con il piano campagna.

Nelle analisi che seguiranno la sezione N. 6 è stata indagata predisponendo un diaframma impermeabile di lunghezza 5 m e 6 m al fine di verificare la possibile influenza che esso potrebbe avere sui fenomeni di filtrazione.

## **6.2 Modellazione della configurazione di progetto**

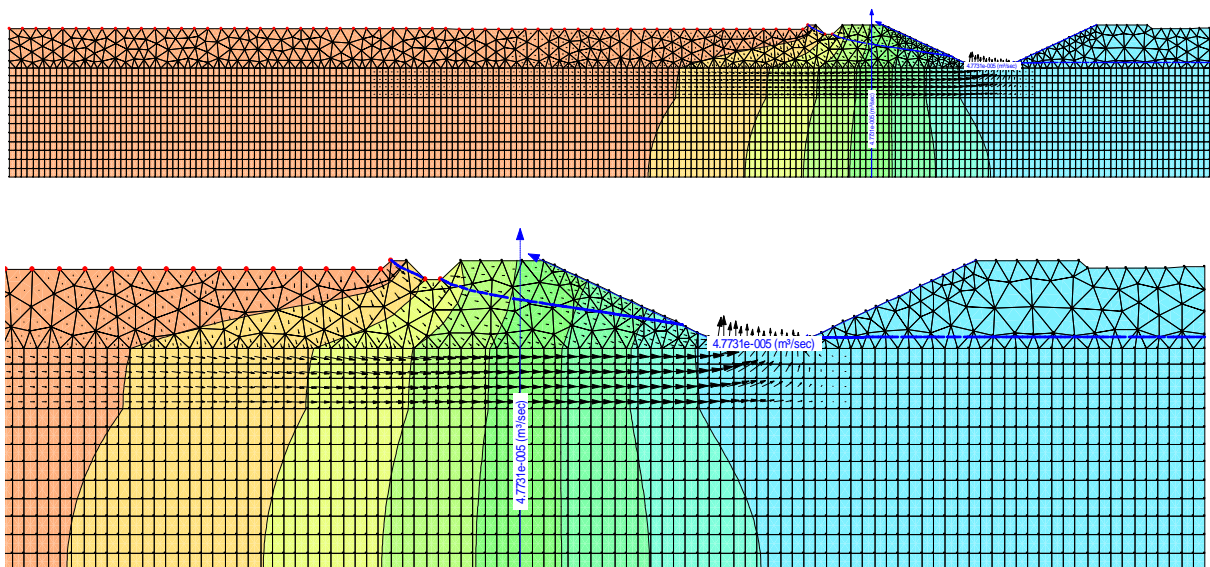
Nel presente capitolo saranno esposti i risultati delle modellazioni effettuate per le sezioni indicate precedentemente riferendosi per ognuna alle stratigrafie rilevate nel 2005 e nel 2017.

Saranno presentati dunque i risultati delle seguenti analisi:

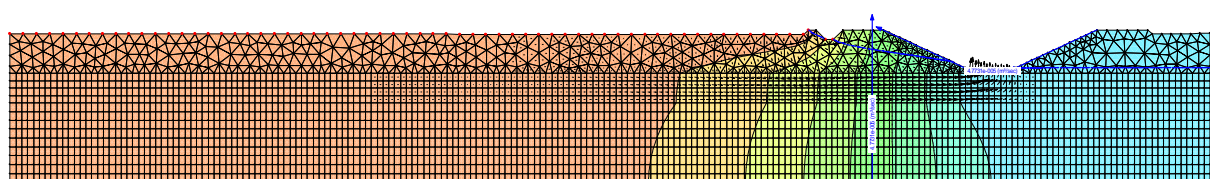
- sezione N. 6: stratigrafie sondaggi anno 2005, senza diaframma
- sezione N. 6: stratigrafie sondaggi anno 2017, senza diaframma
- sezione N. 6: stratigrafie sondaggi anno 2005, con diaframma profondo 5 m
- sezione N. 6: stratigrafie sondaggi anno 2017, con diaframma profondo 5 m
- sezione N. 6: stratigrafie sondaggi anno 2005, con diaframma profondo 6 m
- sezione N. 6: stratigrafie sondaggi anno 2017, con diaframma profondo 6 m
- sezione N. 21: stratigrafie sondaggi anno 2005
- sezione N. 21: stratigrafie sondaggi anno 2017
- sezione N. 30: stratigrafie sondaggi anno 2005
- sezione N. 30: stratigrafie sondaggi anno 2017

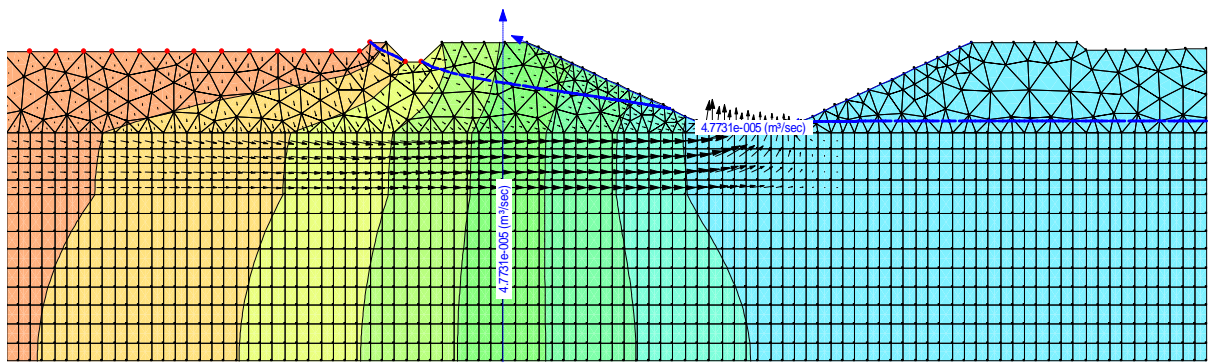
Le condizioni al contorno assunte per ogni modello come i parametri che descrivono la permeabilità dei materiali presenti sono quelle definite nel capitolo precedente.

- **sezione N. 6: stratigrafie sondaggi anno 2005, senza diaframma**

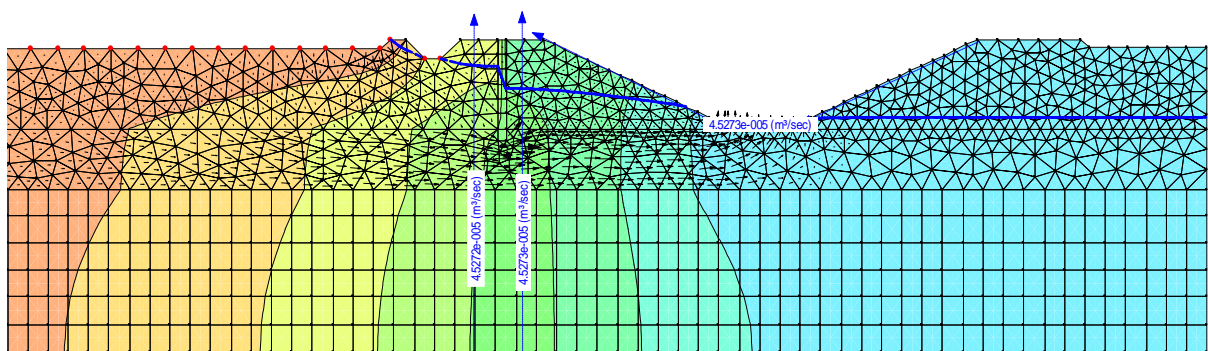
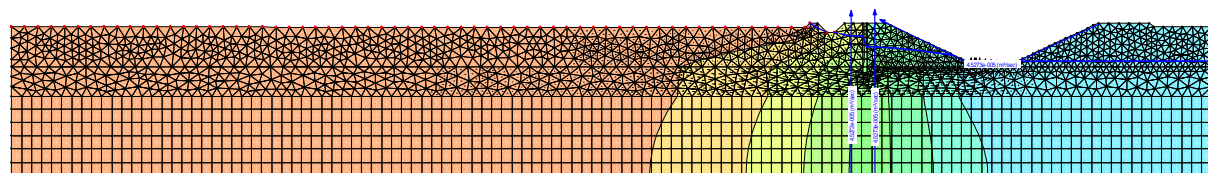


- **sezione N. 6: stratigrafie sondaggi anno 2017, senza diaframma**

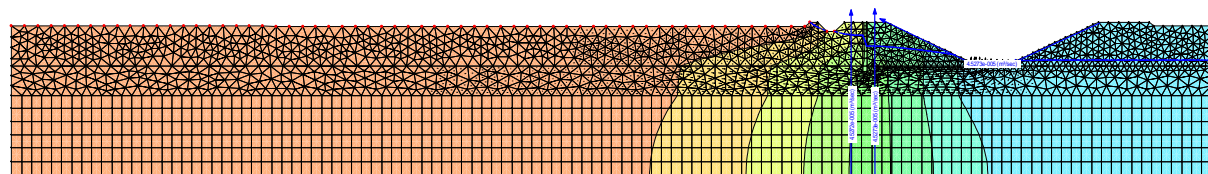




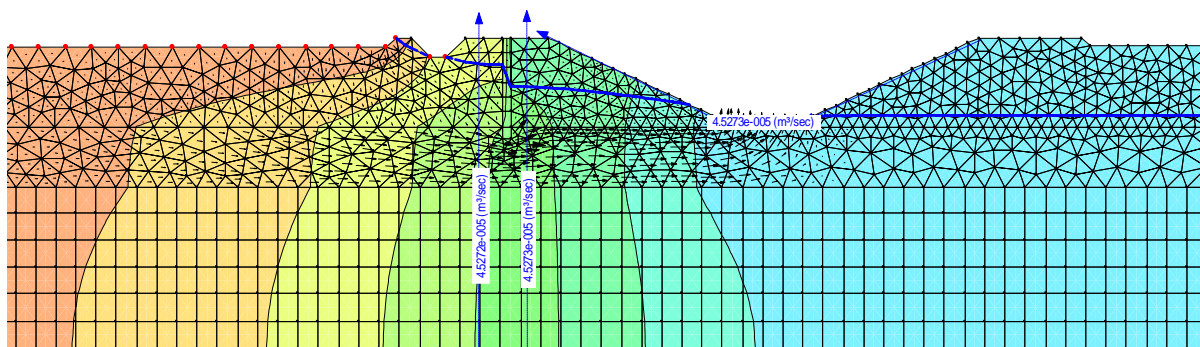
- **sezione N. 6: stratigrafie sondaggi anno 2005, con diaframma profondo 5 m**



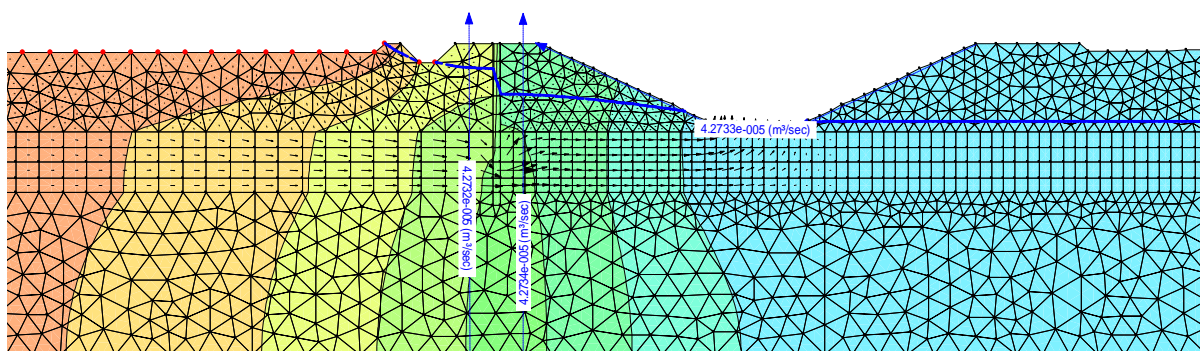
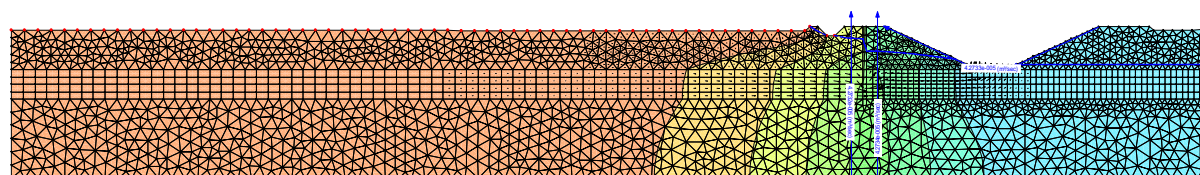
- **sezione N. 6: stratigrafie sondaggi anno 2017, con diaframma profondo 5 m**



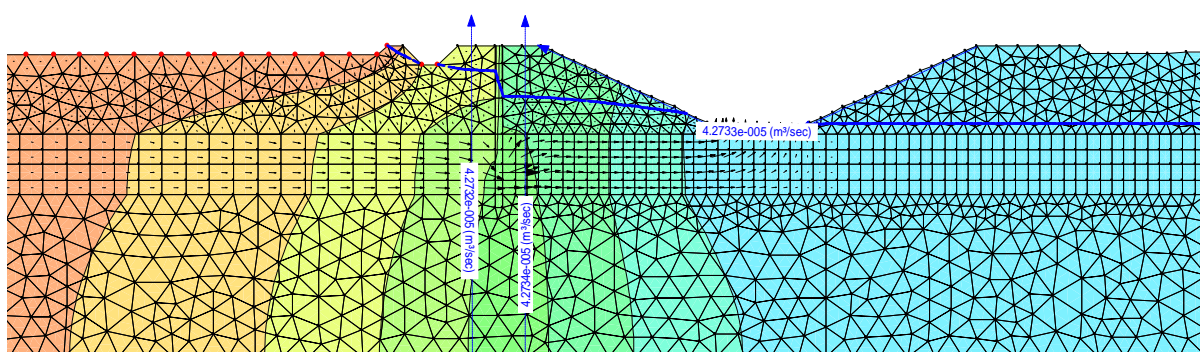
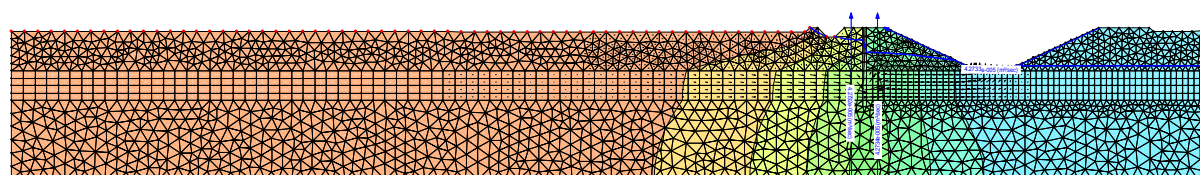




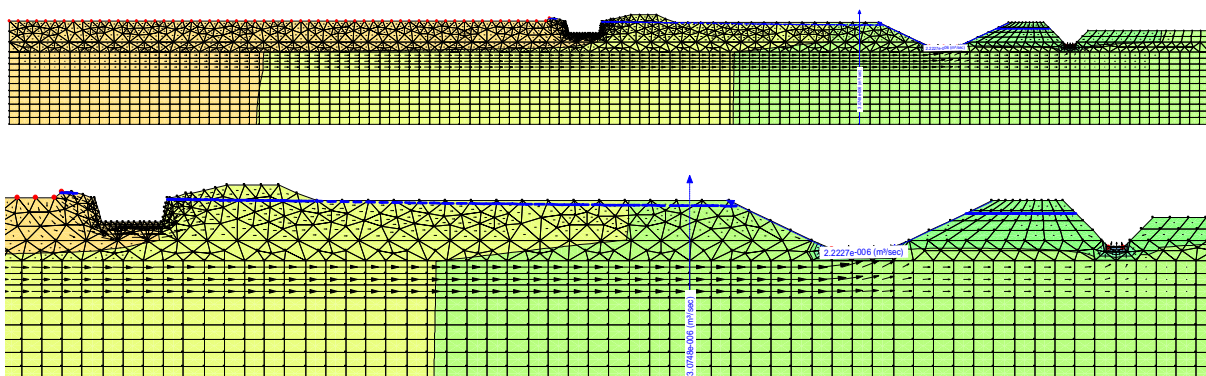
- sezione N. 6: stratigrafie sondaggi anno 2005, con diaframma profondo 6 m



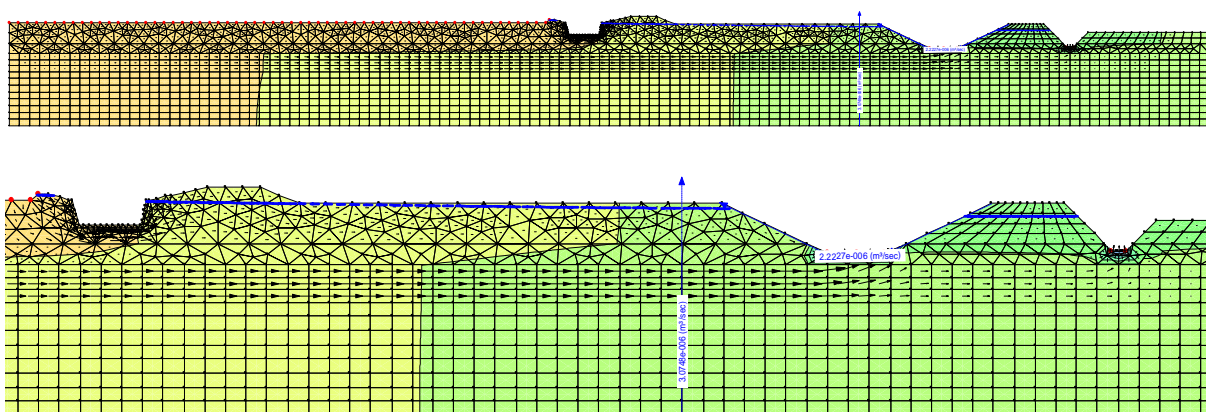
- sezione N. 6: stratigrafie sondaggi anno 2017, con diaframma profondo 6 m



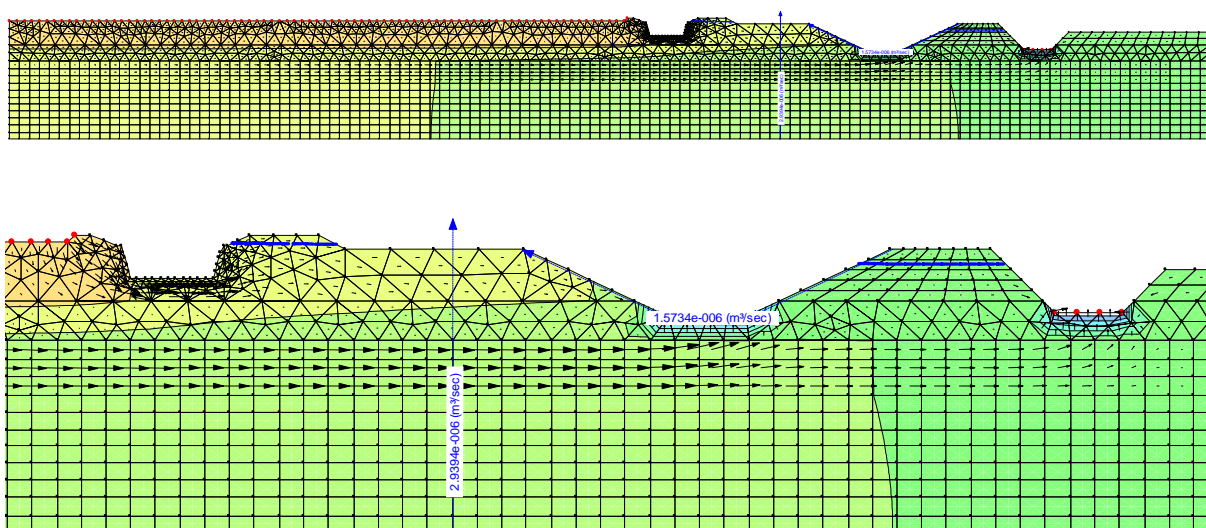
- sezione N. 21: stratigrafie sondaggi anno 2005



- sezione N. 21: stratigrafie sondaggi anno 2017

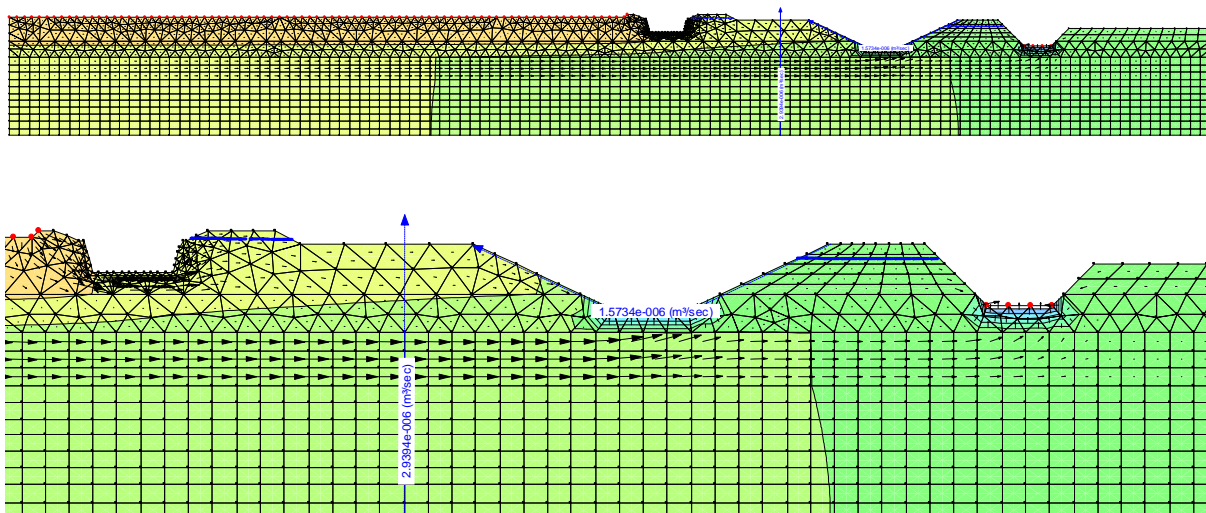


- sezione N. 30: stratigrafie sondaggi anno 2005





- sezione N. 30: stratigrafie sondaggi anno 2017



### 6.3 Conclusioni

I risultati ottenuti dalla modellazione sono in accordo alle permeabilità delle stratigrafie presenti che evidenziano la presenza di orizzonti sabbiosi, limosi e ghiaiosi alternati tra di loro in modo variabile. La presenza di un terreni a granulometria prevalentemente grossolana fino a circa 8/10 metri di profondità di natura alluvionale caratterizza i risultati della modellazione riassunti sinteticamente nella tabella seguente:

Sezione	Portate di filtrazione [m³/s]	
	Stratigrafie sondaggi anno:	
	2005	2017
6	$4.80 \cdot 10^{-5}$	$1.04 \cdot 10^{-5}$
6 diaframma 5m	$4.50 \cdot 10^{-5}$	$1.03 \cdot 10^{-5}$
6 diaframma 6m	$4.30 \cdot 10^{-5}$	$1.03 \cdot 10^{-5}$
21	$2.22 \cdot 10^{-6}$	$9.40 \cdot 10^{-7}$
30	$1.57 \cdot 10^{-6}$	$7.80 \cdot 10^{-6}$

Gli orizzonti grossolani presenti nella sezione N. 6 non risentono della presenza di un eventuale diaframma; la riduzione delle portate di filtrazione confrontando il caso con l'assenza o la presenza di un eventuale diaframma impermeabile mostra risultati pressoché identici con portate di filtrazione dell'ordine di  $10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$ . Le differenze dei valori numerici tra i sondaggi 2005 e 2017 sono dovuti alla diversa stratigrafia e alle conseguenti diverse interazioni tra gli orizzonti presenti.

Le sezioni N. 21 e N. 30 presentano delle portate di filtrazione simili dell'ordine di  $10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$ , la presenza e la distanza del canale Magrelli dal canale scolmatore, proprio in considerazione della natura dei terreni, non influisce sull'andamento generale delle portate di filtrazione. Anche in questo caso le differenze riscontrabili tra i valori numerici delle portate di filtrazione calcolate per le due ipotesi di stratigrafie relative rispettivamente ai sondaggi 2005 e 2017 sono dovuti alla diversa disposizione e potenza degli orizzonti e alle conseguenti diverse interazioni tra gli orizzonti stessi.

Arrivo: AOO A1800A, N. Prot. 00011493 del 05/03/2024

## **7. DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE D'ARTE INTERFERENTI CON IL NUOVO CANALE SCOLMATORE**

Nel presente capitolo si procederà al dimensionamento delle opere idrauliche previste in progetto facendo riferimento ai singoli interventi.

### **7.1 Intervento 1**

L'opera di presa è ubicata poco a monte della vasca di accumulo della stazione di sollevamento, in modo tale che il rigurgito a chiavica chiusa confluisca per la quota parte in eccesso non smaltibile dal sollevamento, entro l'alveo dello scolmatore avviando il processo di allontanamento delle portate di piena. L'opera di presa è prevista con demolizione di parte della sponda sinistra del Roggione e con la realizzazione di un edificio di competenza in c.a. per il raccordo all'esistente sponda.

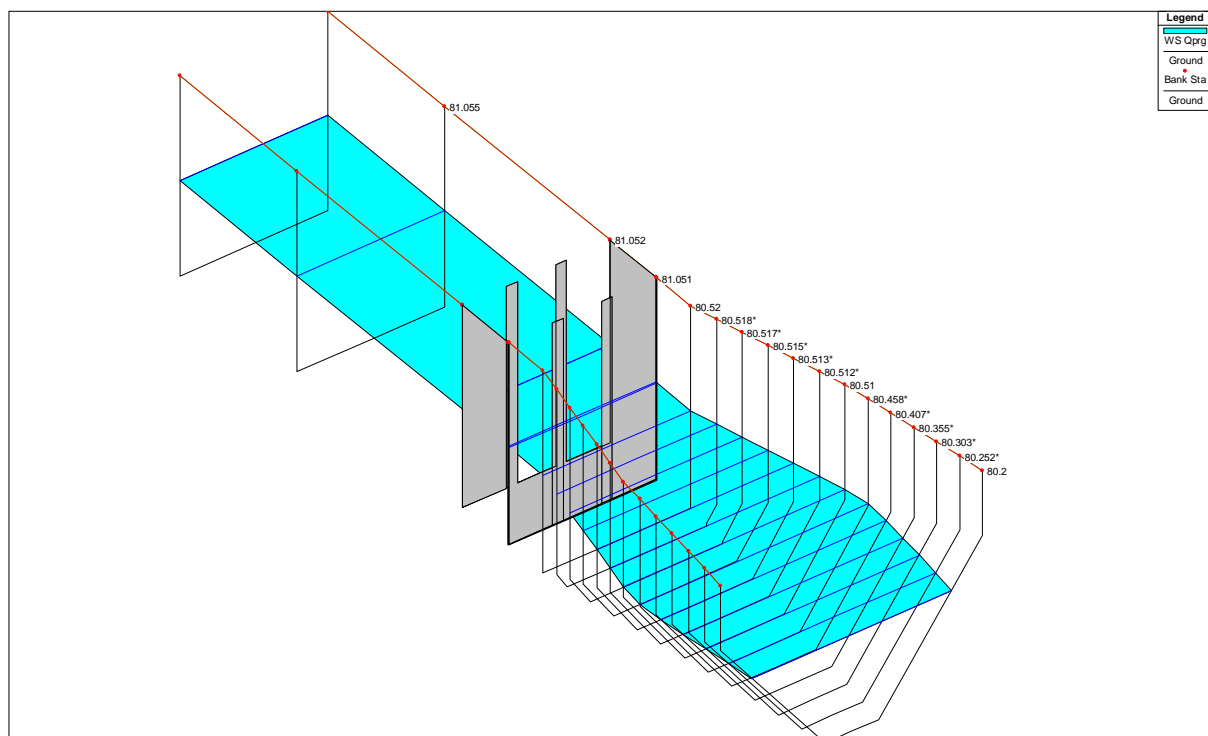
Per lo scarico da Roggione a nuovo canale scolmatore è stato previsto un manufatto di sfioro con soglia rialzata di 1.50 m rispetto al fondo del Roggione, necessaria per limitare l'afflusso di portata e di materiale solido trasportato. L'opera di presa del canale scolmatore è regolata da 3 paratoie piane a strisciamento, motorizzate e movimentate da attuatori elettrici. In fregio alla sponda è stato disposto il locale quadri e contatore che ospita anche il generatore di emergenza dimensionato per garantire il sollevamento contemporaneo di tutte le paratoie.

Il dimensionamento idraulico dell'edificio di imbocco e di presa è stato fatto contestualmente alla realizzazione del modello numerico del canale scolmatore precedentemente illustrato.

Di seguito si riportano gli estratti dal modello utilizzati per le verifiche dei franchi e l'impostazione dei tiranti idrici all'interno del manufatto nell'ipotesi di deflusso delle portate secondo la prima condizione di deflusso che definisce le portate di immissione secondo le indicazioni progettuali, ossia con l'ingresso nella sezione di imbocco dell'opera di presa (Sez. 81.1) della portata scolmata pari a  $24 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Nella figura sottostante sono riportate schematicamente le sezioni che definiscono la geometria del manufatto compresa la zona di transizione dalla sezione rettangolare del manufatto alla sezione trapezia del canale scolmatore.





Nella tabella a seguire sono indicati i livelli idrici entro il manufatto, le sezioni evidenziate con un asterisco in corsivo sono sezioni interpolate entro il modello al fine di cogliere nel dettaglio il comportamento della struttura nel tratto divergente di raccordo tra la sezione del manufatto e quella del canale.

Identificativo sezione	Quota fondo canale (m s.l.m.m.)	Quota pelo libero (m s.l.m.m.)
81.1	127.5	130.00
81.055	127.48	130.00
81.052	127.44	130.00
81.0515	127.44	130.00
81.051	127.43	129.97
80.52	127.43	129.97
<i>80.518*</i>	127.42	129.98
<i>80.517*</i>	127.42	129.98
<i>80.515*</i>	127.42	129.98

Identificativo sezione	Quota fondo canale (m s.l.m.m.)	Quota pelo libero (m s.l.m.m.)
<i>80.513*</i>	127.42	129.98
<i>80.512*</i>	127.42	129.98
80.51	127.42	129.98
80.458*	127.41	129.97
<i>80.407*</i>	127.41	129.97
<i>80.355*</i>	127.41	129.97
<i>80.303*</i>	127.41	129.96
<i>80.252*</i>	127.41	129.95
80.2	127.41	129.95

Si osserva che la sezione N. 81.055 corrisponde alla mezzeria del ponte di 1° categoria in progetto. Il franco in questa sezione tra l'estradosso dell'impalcato è la quota di deflusso è pari a circa 1.31 m che nel caso di incremento del livello conseguente ad un deflusso secondo

le ipotesi della seconda condizione di deflusso si riduce a circa 1 m.

La sezione N. 81.0515 definisce i livelli idrici in corrispondenza del castello delle paratoie.

Nella zona di transizione il progressivo allargamento della sezione comporta una diminuzione del livello idrico nel manufatto di circa 5 cm mentre nei primi metri del manufatto si mantiene pressoché costante al livello 130.00 m s.l.m.m.m.

A completamento dei lavori previsti per la realizzazione del manufatto ci sarà il riposizionamento del cavo irriguo esistente prevedendo la sua ricollocazione sia in sponda sinistra con uno nuovo dotato di pendenza e sezione analoghe all'esistente in modo da preservare la situazione di distribuzione delle portate irrigue esistente sia in sponda destra predisponendo un attraversamento aereo con una tubazione in acciaio DN800 per garantire la continuità idraulica del tracciato del cavo a monte e a valle del manufatto.

Le portate in arrivo nel cavo esistente dal tratto a monte del manufatto di imbocco allo scolmatore saranno regolate predisponendo un apposito manufatto di regolazione dotato di due paratoie ad azionamento manuale; una per la regolazione delle portate avviate in sponda sinistra al nuovo cavo ricollocato ed una per gestire le portate inviate nel tratto di cavo in destra manufatto per mezzo del tratto realizzato con la tubazione DN 800.

Nelle tabelle a seguire sono indicate rispettivamente:

- scala di deflusso delle portate della sezione del cavo irriguo ricollocato in sinistra:

Dati della sezione			
H	90	cm	(Altezza sezione)
b	80	cm	(Base minore sezione)
B	260	cm	(Base maggiore)
Angolo	45	gradi	
Area	1.53	m <sup>2</sup>	
Pendenza	0.6	%	
K	45	Coefficiente di scabrezza di Gauckler - Strickler	

H deflusso (cm)	Contorno bagnato	Area deflusso (m <sup>2</sup> )	Raggio idraulico (m)	Portata (m <sup>3</sup> /s)	Velocità (m/s)
4.5	92.73	0.038	0.041	0.02	0.41
9	105.47	0.080	0.076	0.05	0.63
13.5	118.20	0.126	0.107	0.10	0.78
18	130.93	0.176	0.135	0.16	0.92
22.5	143.66	0.231	0.161	0.24	1.03
27	156.40	0.289	0.185	0.33	1.13
31.5	169.13	0.351	0.208	0.43	1.22
36	181.86	0.418	0.230	0.55	1.31
40.5	194.60	0.488	0.251	0.68	1.39
45	207.33	0.563	0.271	0.82	1.46
49.5	220.06	0.641	0.291	0.98	1.53
54	232.80	0.724	0.311	1.16	1.60
58.5	245.53	0.810	0.330	1.35	1.66
63	258.26	0.901	0.349	1.56	1.73
67.5	270.99	0.996	0.368	1.78	1.79
72	283.73	1.095	0.386	2.02	1.85
76.5	296.46	1.198	0.404	2.28	1.90
81	309.19	1.305	0.422	2.56	1.96
85.5	321.93	1.416	0.440	2.85	2.02
90	334.66	1.531	0.457	3.17	2.07

- scala di deflusso delle portate della tubazione in acciaio DN 800:

## Dati della sezione

Diametro	0.8
Area	0.5027
Pendenza canale	0.006
K	110

m

m<sup>2</sup>

m/m

Coefficiente di scabrezza di Gauckler - Strickler

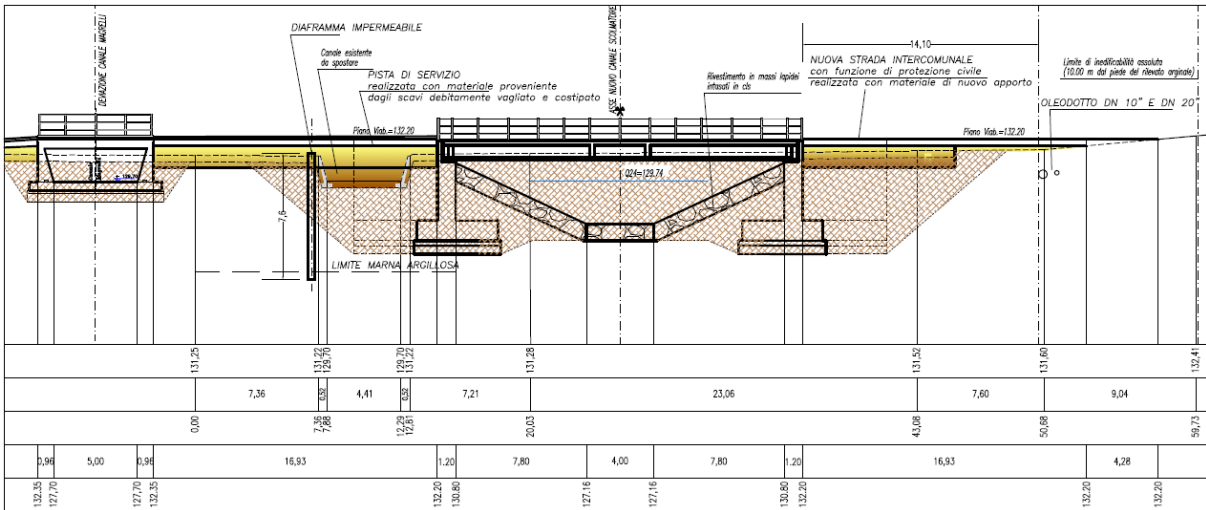
H deflusso (cm)	Area deflusso (m <sup>2</sup> )	Contorno bagnato	Raggio idraulico (m)	Portata (m <sup>3</sup> /s)	Velocità (m/s)
0.040	0.03	0.36	0.07	0.04	1.44
0.080	0.05	0.51	0.10	0.09	1.81
0.120	0.08	0.64	0.12	0.15	2.06
0.160	0.10	0.74	0.14	0.23	2.25
0.200	0.13	0.84	0.15	0.30	2.41
0.240	0.15	0.93	0.16	0.38	2.54
0.280	0.18	1.01	0.17	0.47	2.65
0.320	0.20	1.10	0.18	0.55	2.75
0.360	0.23	1.18	0.19	0.64	2.84
0.400	0.25	1.26	0.20	0.73	2.91
0.440	0.28	1.34	0.21	0.82	2.98
0.480	0.30	1.42	0.21	0.92	3.04
0.520	0.33	1.50	0.22	1.01	3.08

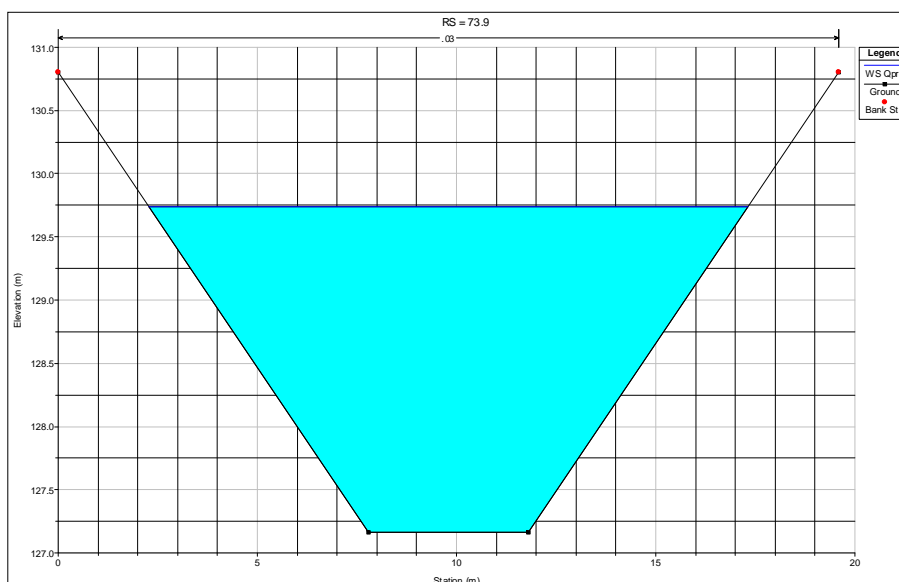
0.560	0.35	1.59	0.22	1.10	3.12
0.600	0.38	1.68	0.22	1.19	3.15
0.640	0.40	1.77	0.23	1.28	3.17
0.680	0.43	1.88	0.23	1.36	3.18
0.720	0.45	2.00	0.23	1.43	3.16
0.760	0.48	2.15	0.22	1.49	3.12
0.800	0.50	2.51	0.20	1.46	2.91

7.2 Intervento 2

L’Intervento 2 prevede il ripristino della viabilità con la realizzazione di un ponte per l’attraversamento del canale scolmatore al quale verrà raccordata la viabilità esistente, opportunamente ricaricata per bilanciare l’incremento di altezza sul piano campagna dovuto alla quota del piano carrabile del manufatto di attraversamento. La quota dell’intradosso dell’impalcato garantirà franco minimo nei confronti della portata di massima piena che defluisce entro il canale di circa 1.25 m.

L’impalcato del ponte non interferisce con l’alveo del nuovo canale scolmatore e non presenta pile in alveo pertanto nel modello idraulico del canale scolmatore non è stato inserito. La sezione in corrispondenza del ponte in progetto è la N. 73.9 che viene riportata in figura.





Il livello idrico in alveo al deflusso delle portate di progetto (prima condizione di deflusso del modello idraulico del canale scolmatore) è pari a 129.74 m s.l.m.m. mentre la quota del piano di installazione degli appoggi in gomma armata dell'impalcato è pari a 130.99 m s.l.m.m., il franco risulta essere pari a circa 1.25 m; la quota dell'intradosso dell'impalcato è a 131.05 m s.l.m.m. per cui il franco rispetto all'impalcato risulta essere pari a 1.31 m.

### 7.3 Intervento 3

A causa delle differenti quote altimetriche il rio Poetto sarà intubato con un manufatto a sezione rettangolare di dimensioni 8.0x2.5 m sottopassando il soprastante canale Magrelli.

Nello spazio tra il canale Magrelli ed il nuovo canale scolmatore sarà realizzato un manufatto di scarico e regolazione delle portate del rio Poetto che permetterà di gestire le portate addotte al sifone del rio Poetto necessario a sorpassare il corso del nuovo canale scolmatore e le eventuali portate scolmate nel nuovo canale scolmatore. A valle del manufatto di regolazione sarà realizzato il sifone del rio Poetto che avrà una lunghezza di circa 50 m con una sezione rettangolare di dimensioni 3.0x2.5 m. Allo sbocco del sifone è previsto il corazzamento dell'alveo naturale del rio mediante la realizzazione sul fondo e sulle sponde di un rivestimento in massi lapidei intasati con calcestruzzo per un tratto di una lunghezza pari a circa 200 m fino allo scarico esistente.

### 7.3.1 Dimensionamento idraulico del sifone

Il sifone del rio Poetto è stato dimensionato e verificato nel suo funzionamento allestendo un modello matematico in grado di descrivere il comportamento del rio al deflusso della portata di progetto prevista, in sede di redazione del Progetto Generale, pari a  $1 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Attualmente la portata in arrivo al rio viene allontanata direttamente verso il Fiume Po attraverso un manufatto di scarico dotato di chiavica che permette di superare l'argine del Po; in occasione di eventi di piena in Po la chiavica viene chiusa dimodochè la portata in arrivo viene invasata progressivamente nell'alveo del rio e laminata nelle zone depresse circostanti.

L'intervento previsto in progetto prevede la realizzazione di un edificio di regolazione delle portate in arrivo ed in particolare della portata di progetto pari a  $1 \text{ m}^3/\text{s}$ .

L'edificio di regolazione delle paratoie consiste di un manufatto dotato di due paratoie:

- una paratoia piana per la regolazione delle portate in ingresso al sifone a comando manuale e predisposta per essere movimentata anche mediante un attuatore portatile tipo Scapin;
- una paratoia a doppio scudo per la regolazione dei livelli a comando manuale e predisposta per ricevere un attuatore portatile tipo Scapin che permette di avviare la portata di progetto di  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  al nuovo canale scolmatore.

Normalmente la portata viene avviata al sifone e da qui allo scarico diretto in Po.

In occasione di eventi di piena i livelli idrici del Fiume Po determinano la chiusura della chiavica di scarico diretto del rio Poetto e nel contempo condizionano i livelli idrici nel canale scolmatore. Per questi motivi per consentire la regolazione delle portate del rio Poetto il manufatto di scarico delle portate nel canale scolmatore è stato dotato di una paratoia a doppio scudo che consente la regolazione dei livelli e quindi delle portate scaricate.

Il caso di riferimento per la verifica del funzionamento del manufatto di regolazione delle portate è quello che coincide con le condizioni di progetto del canale scolmatore che prevedono un deflusso di piena in Po con tempo di ritorno 200 anni e corrispondente livello allo scarico pari a 127.00 m s.l.m.m. In questa condizione il canale scolmatore in corrispondenza del manufatto di regolazione assume un livello idrico pari a 129.58 m s.l.m.m.

La paratoia a doppio scudo ha una quota sommitale pari a 129.65 m s.l.m.m..

La paratoia a doppio scudo in condizioni normali consente la gestione delle portate del rio in

relazione alle eventuali necessità mentre nel caso estremo cui ci si riferisce per la progettazione essa impedisce l'ingresso delle acque del canale scolmatore nel rio Poetto e nel contempo permette di sfiorare la portata di progetto di  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  nel canale scolmatore con un tirante di 0.32 m corrispondente ad una quota assoluta di 129.97 m s.l.m.m.

Il modello matematico del rio Poetto è stato costruito in modo tale da verificare la funzionalità idraulica del sifone sia in condizioni ordinarie sia in condizioni di piena nel Fiume Po.

Il modello rappresenta un tratto di rio Poetto lungo circa 400 m fino alla chiavica di scarico in Po compresi i manufatti idraulici presenti che sono il manufatto di regolazione delle portate con lo sfioro costituito dalla paratoia a doppio scudo. Lo sfioratore conferisce la portata scolmata pari a quella di progetto ( $1 \text{ m}^3/\text{s}$ ) al manufatto di scarico nel canale scolmatore.

Il canale scolmatore è stato modellato per tutto il suo sviluppo fino allo scarico in accordo alla prima condizione di deflusso definita nel capitolo 5.1.1 *Dimensionamento e verifiche idrauliche del nuovo tratto di canale scolmatore*.

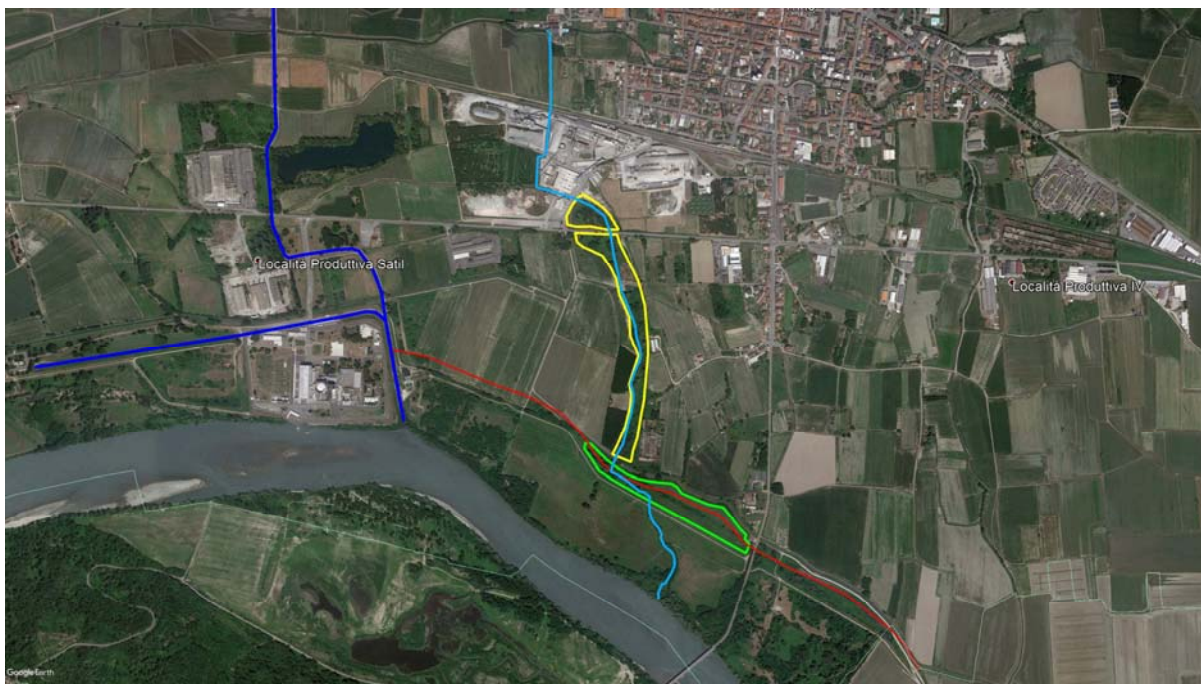
Il modello consente in tal modo di verificare la possibilità di scarico della portata di progetto di  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  nel canale scolmatore quando in esso vengano a stabilirsi i livelli idrici conseguenti al trasferimento delle portate di progetto con gli effetti concomitanti indotti dai livelli di piena due centennale in Po.

Dai risultati della modellazione si evince che in occasione di eventi di piena in Po, quando la chiavica del rio Poetto viene chiusa, la portata in arrivo viene invasata progressivamente nell'alveo del rio e laminata nelle zone depresse circostanti fino al raggiungimento della quota sommitale di 129.65 m s.l.m.m. della paratoia a doppio scudo, che è inferiore alla quota media dei limiti della depressione che contiene l'area depressa la cui sommità è a quota di 130.00 m s.l.m.m.. Al raggiungimento di tale quota la portata di progetto pari a  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  viene sfiorata nel canale scolmatore con un tirante di 0.32 m corrispondente ad una quota assoluta di 129.97 m s.l.m.m.

Nell'immagine satellitare riportata appresso sono evidenziati:

- con il colore rosso il tracciato del canale scolmatore di 2° lotto;
- con il colore verde è stata delimitata l'area golenale attuale del rio Poetto

- con il colore giallo l'area depressa del rio Poetto a monte del canale Magrelli.



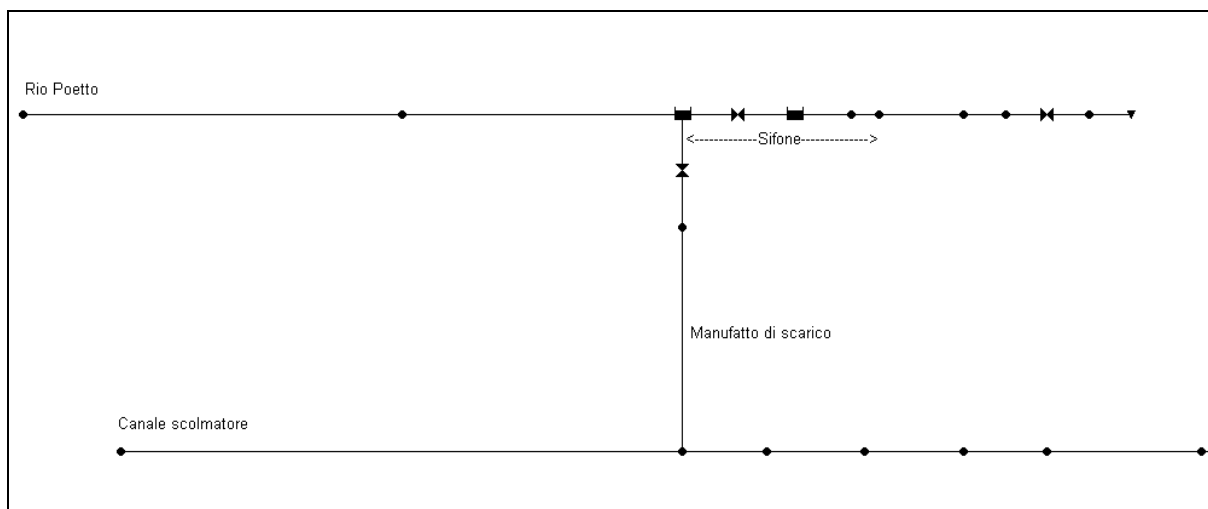
L'area golenale attuale del rio Poetto (evidenziata in colore verde) ha un'area di circa 30000 m<sup>2</sup> che a seguito della realizzazione del nuovo canale scolmatore si ridurrà a circa 15000 m<sup>2</sup>. Tale porzione di area tuttavia non è interessata dai fenomeni di laminazione descritti in precedenza e quindi non influisce sul funzionamento e la gestione del sistema. L'area depressa che lamina attualmente le portate del rio Poetto e che consentirà il funzionamento futuro dello sfioratore a quota 129.65 m s.l.m.m. è quella a monte del canale Magrelli (area delimitata in colore giallo) che è stata preservata nella sua integrità ed ha un area di circa 60000 m<sup>2</sup>.

### 7.3.1.1 Risultati della modellazione numerica

Il modello numerico è stato allestito utilizzando con il software EPA-SWMM (di cui si riporta la descrizione nell'Allegato 2).

Nella figura riportata è indicato lo schema del modello ove sono evidenziati il rio Poetto, il canale scolmatore e il manufatto di scarico che collega i due alvei.

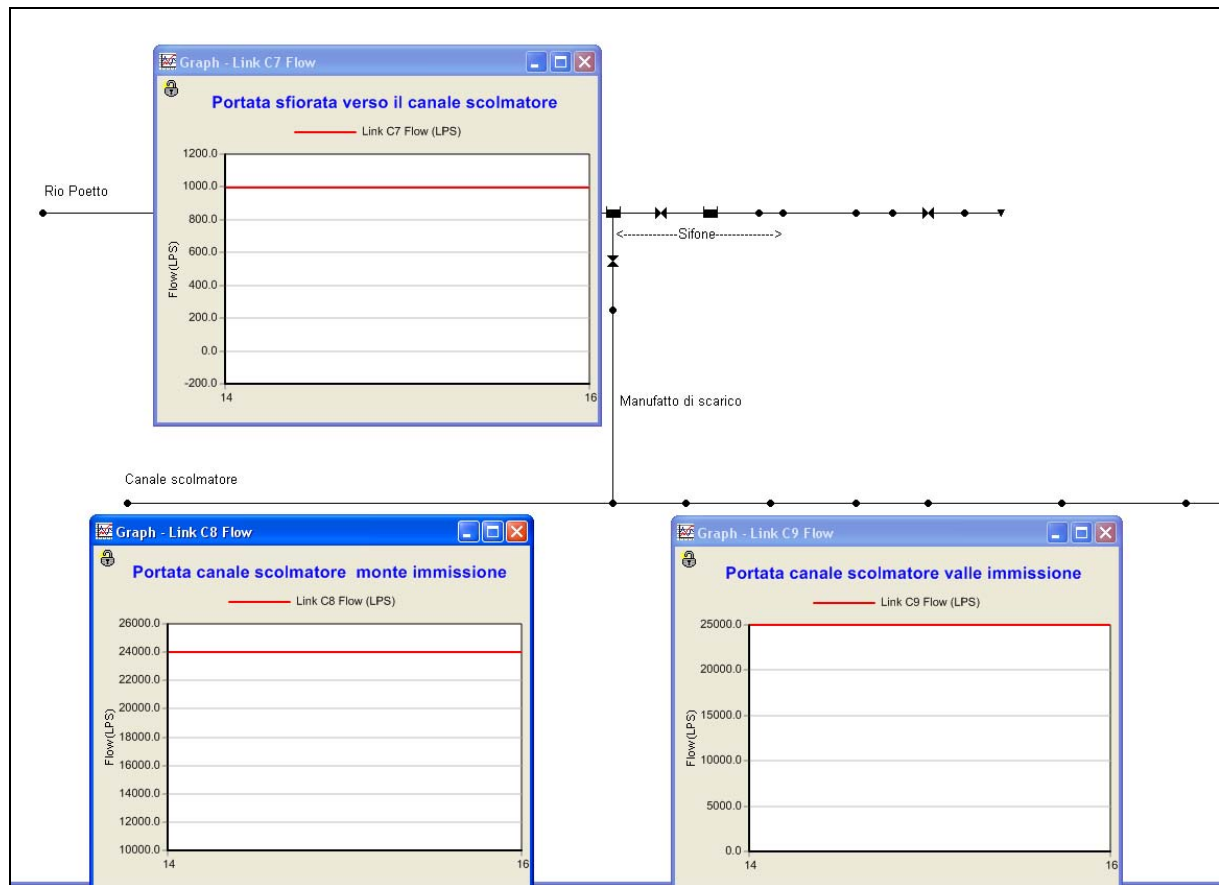




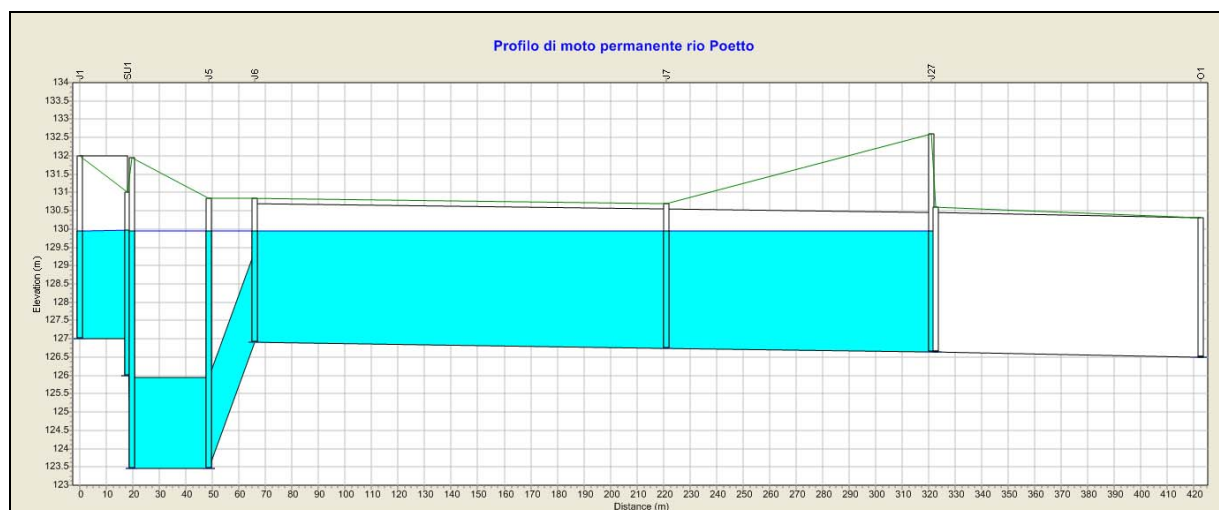
Le sezioni dei manufatti e degli alvei sono desunti dagli elaborati grafici allegati alla documentazione progettuale.

Le scabrezze adottate sono le stesse adottate nel capitolo 5.1.1 *Dimensionamento e verifiche idrauliche del nuovo tratto di canale scolmatore*.

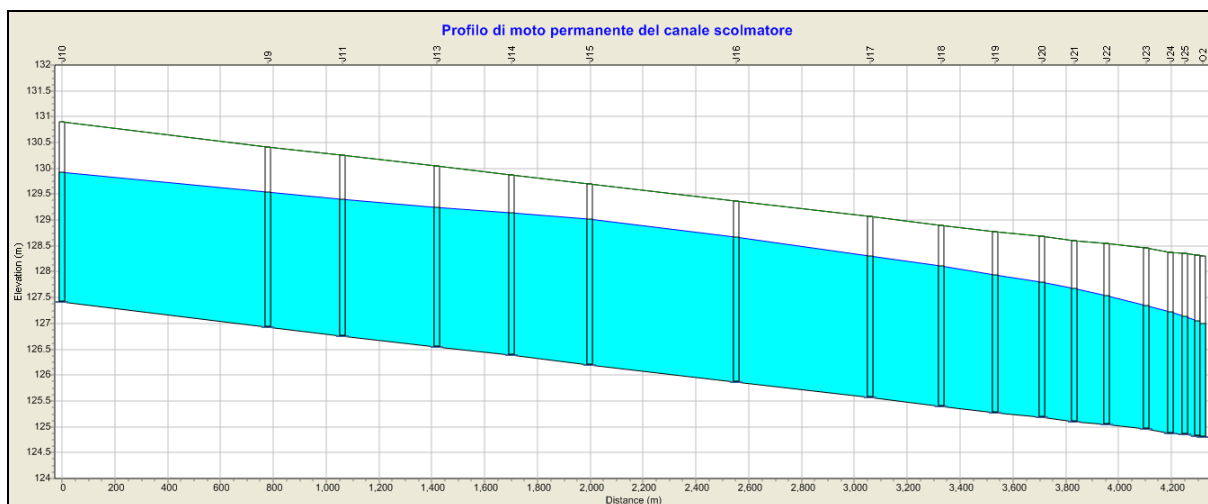
La scabrezza assunta per l'alveo del canale scolmatore e del rio Poetto secondo Manning assume il valore di 0.03 mentre la scabrezza dei tratti realizzati in calcestruzzo e dei manufatti è pari a 0.015.



Il profilo del rio Poetto determinato nelle condizioni di piena del Po con concomitante chiusura della chiavica mostra un progressivo stoccaggio delle portate in arrivo nel tratto di alveo compreso tra il sifone e la chiavica fino al raggiungimento della quota di sfioro.



Il corrispondente profilo del canale è riportato nella figura seguente:



#### 7.4 Intervento 4

L'Intervento 4 prevede la realizzazione di un nuovo collettore fognario di scarico in rio Poetto DN600 mm in PVC strutturato SN8 che, raccolte le acque di scarico dell'impianto di depurazione, le convogli al manufatto di regolazione delle portate del rio Poetto realizzato con l'Intervento 3. La lunghezza complessiva del collettore in progetto è di circa 530 m con una pendenza media dello 0.1%.

In corrispondenza del manufatto di regolazione delle portate del rio Poetto è stato predisposto lo scarico del collettore DN600 dotandolo di valvola antiriflusso. La quota di fondo tubo della tubazione allo sbocco nel manufatto di regolazione è pari a 128.60 m s.l.m.m.

In occasione di eventi di piena i livelli idrici del Fiume Po determinano la chiusura della chiacca di scarico diretto del rio Poetto e nel contempo condizionano i livelli idrici nel canale scolmatore. Per questi motivi per consentire la regolazione delle portate del rio Poetto il manufatto di scarico delle portate nel canale scolmatore è stato dotato di una paratoia a doppio scudo che consente la regolazione dei livelli e quindi delle portate scaricate.

Il caso di riferimento per la verifica del funzionamento del manufatto di regolazione delle portate è quello che coincide con le condizioni di progetto del canale scolmatore che prevedono un deflusso di piena in Po con tempo di ritorno 200 anni e corrispondente livello allo scarico pari a 127.00 m s.l.m.m. In questa condizione il canale scolmatore in corrispondenza del manufatto di regolazione assume un livello idrico pari a 129.58 m s.l.m.m.

La paratoia a doppio scudo ha una quota sommitale pari a 129.65 m s.l.m.m..

La paratoia a doppio scudo in condizioni normali consente la gestione delle portate del rio in relazione alle eventuali necessità mentre nel caso estremo cui ci si riferisce per la progettazione essa impedisce l'ingresso delle acque del canale scolmatore nel rio Poetto e nel contempo permette di sfiorare la portata di progetto di 1 m<sup>3</sup>/s nel canale scolmatore con un tirante di 0.32 m corrispondente ad una quota assoluta di 129.97 m s.l.m.m.

I tiranti che permettono il corretto funzionamento del manufatto regolatore presuppongono dei livelli idrici che superano la quota di fondo tubo della nuova tubazione fognaria in arrivo per tanto essa è stata protetta dall'ingresso delle acque del rio Poetto predisponendo una valvola antiriflusso. La valvola chiudendosi crea un effetto di rigurgito all'interno del collettore il quale riempiendosi progressivamente attiverà lo sfioro dello scolmatore in corrispondenza del manufatto di emergenza veicolando in tal modo le acque nel canale scolmatore.

La morfologia dell'area non consente di rilocalizzare altrove lo sfioro di emergenza dell'impianto di depurazione delle acque reflue, che comunque verrà attivato solo in condizioni di particolari criticità.

Le portate in uscita dall'impianto di depurazione, dedotte dall'esame della documentazione progettuale redatta in occasione della realizzazione del medesimo e dalle indicazioni derivanti dalla successiva gestione dell'impianto, sono variabili entro l'intervallo compreso tra i 120 l/s e i 200 l/s.

Per il calcolo di dimensionamento del nuovo collettore ci si è riferiti alla portata massima prevista pari a 200 l/s.

Le portate massime teoricamente veicolabili dal collettore sono state calcolate determinandone la scala di deflusso riportata in tabella.

Diametro	0.6	m
Area	0.282743	m <sup>2</sup>
Pendenza	0.001	m/m
K <sub>Gaukler-Strickler</sub>	120	

Altezza idrica [m]	Area deflusso [m <sup>2</sup> ]	Contorno Bagnato [m]	Raggio idraulico [m]	Portata [m <sup>3</sup> /s]	Velocità [m/s]
0.03	0.0141	0.2706	0.0522	0.007	0.53
0.06	0.0283	0.3861	0.0732	0.019	0.66
0.09	0.0424	0.4772	0.0889	0.032	0.76
0.12	0.0565	0.5564	0.1016	0.047	0.83
0.15	0.0707	0.6283	0.1125	0.063	0.88
0.18	0.0848	0.6956	0.1219	0.079	0.93
0.21	0.0990	0.7597	0.1303	0.097	0.98
0.24	0.1131	0.8217	0.1376	0.114	1.01
0.27	0.1272	0.8824	0.1442	0.133	1.04
0.30	0.1414	0.9425	0.1500	0.151	1.07
0.33	0.1555	1.0026	0.1551	0.170	1.10
0.36	0.1696	1.0633	0.1595	0.189	1.12
0.39	0.1838	1.1253	0.1633	0.208	1.13
0.42	0.1979	1.1894	0.1664	0.227	1.15
0.45	0.2121	1.2566	0.1687	0.246	1.16
0.48	0.2262	1.3286	0.1703	0.264	1.17
0.51	0.2403	1.4077	0.1707	0.281	1.17
0.54	0.2545	1.4989	0.1698	0.296	1.16
0.57	0.2686	1.6143	0.1664	0.308	1.15
0.60	0.2827	1.8850	0.1500	0.303	1.07

La nuova tubazione in PVC è in grado di smaltire la portata massima prevista di 200 l/s con un grado di riempimento pari a circa il 63%, mentre la portata di 120 l/s con un grado di riempimento del 42 %. La massima portata smaltibile dalla tubazione è pari a 308 l/s con un grado di riempimento del 95%.

### 7.5 Intervento 5

Circa a 10 metri a valle del manufatto di sfioro di emergenza dello scarico dell'impianto di depurazione saranno realizzati:

- il nuovo ponte della strada provinciale S.P. 32 di Pontestura con una porzione della

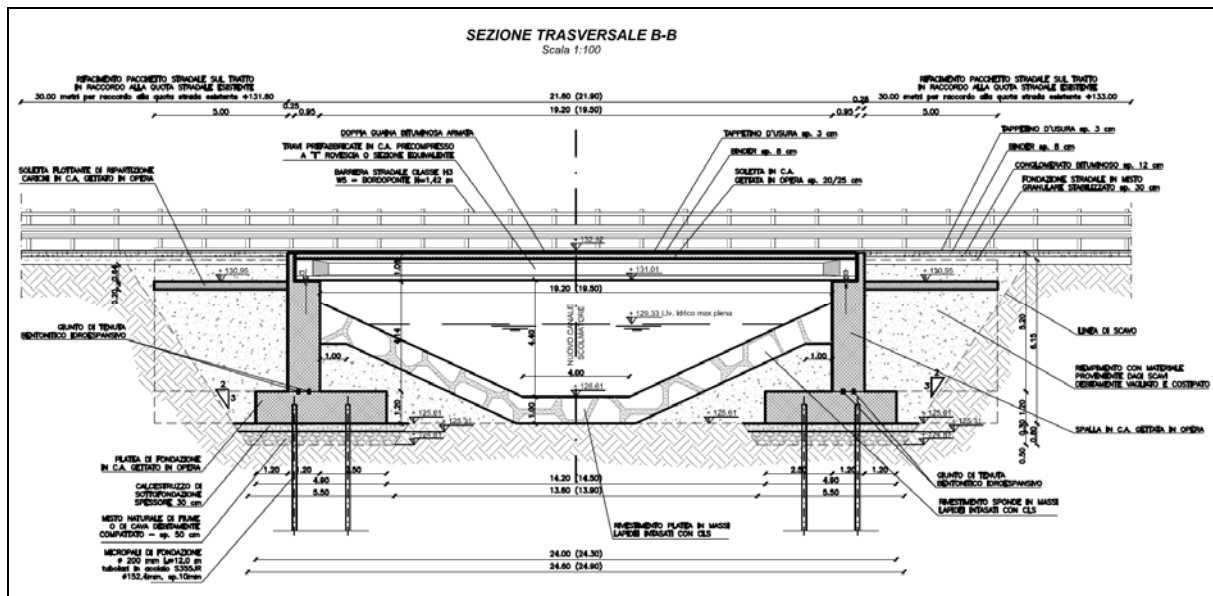
sede stradale che consente la continuità del nuovo tratto in progetto di pista ciclabile di collegamento alla Ciclovía Po – BI2 (avente una lunghezza di circa 180 m). dopo il ponte in direzione Camino è prevista la realizzazione di un riempimento con materiale proveniente dagli scavi per consentire di modellare l'accesso dalla S.P. 32 alla pista di servizio in progetto ed alla viabilità vicinale esistente garantendo in tal modo l'accesso alla sommità dell'argine del Fiume Po e l'accesso ai terreni coltivati situati in golenia. Il ponte avrà una luce di 19.20 m e un'altezza massima tra l'intradosso ed il fondo canale di 4.40 m, la larghezza sarà di circa 15.5 metri;

- il nuovo ponticello sul canale Magrelli per la pista ciclabile che mantiene la sezione esistente del canale senza interferire con essa;

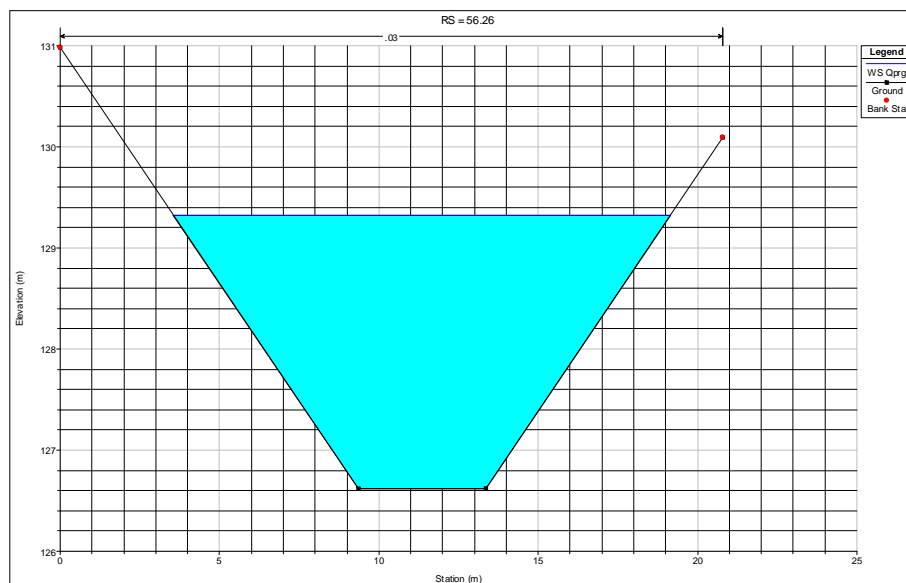
I lavori saranno completati con la realizzazione di un tratto intubato del rio Poetto per una lunghezza di circa 80 metri mediante la posa di una tubazione in c.a. turbocentrifugato DN200 cm per realizzare il sottopasso del rio nella zona in cui sarà realizzato il raccordo tra la viabilità vicinale e delle piste di servizio e la S.P. 32. Il tratto intubato sarà compreso tra due manufatti rispettivamente all'imbocco e allo sbocco che realizzano la transizione della sezione dell'alveo naturale con quella artificiale. Tale opera è necessaria per rendere continue idraulicamente le aree umide evidenziate negli elaborati di progetto.

L'intervento di realizzazione del nuovo ponte della strada provinciale S.P. 32 di Pontestura prevede la realizzazione di un impalcato che non interferisce con l'alveo del nuovo canale scolmatore e non presenta pile in alveo. Alla luce di tali considerazioni il ponte non è stato inserito nel modello idraulico del canale scolmatore.

La quota dell'intradosso dell'impalcato garantirà franco minimo nei confronti della portata di massima piena che defluisce entro il canale di circa 1.62 m.



Poiché l'impalcato del ponte non interferisce con l'alveo del nuovo canale scolmatore e non presenta pile in alveo non è stato inserito nel modello idraulico del canale scolmatore. La sezione in corrispondenza del ponte in progetto è la N. 56.26 che viene riportata in figura.



Il livello idrico in alveo al deflusso delle portate di progetto (prima condizione di deflusso del modello idraulico del canale scolmatore) è pari a 129.33 m s.l.m.m. mentre la quota del piano di installazione degli appoggi in gomma armata dell'impalcato è pari a 130.95 m s.l.m.m., il franco risulta essere pari a circa 1.62 m; la quota dell'intradosso dell'impalcato è a 131.01 m s.l.m.m. per cui il franco rispetto all'impalcato risulta essere pari a 1.68 m.

Il nuovo ponticello sul canale Magrelli per la pista ciclabile mantiene la sezione esistente del canale senza interferire con essa risulta quindi essere trasparente al deflusso non modificando la situazione di stato di fatto.

Infine si è verificata la capacità di smaltimento della tubazione in c.a. turbocentrifugato DN200 cm prevista per la realizzazione del tratto intubato di rio Poetto reso necessario per consentire il sottopasso del rio nella zona in cui sarà realizzato il raccordo tra la viabilità vicinale e delle piste di servizio e la S.P. 32.

La scala di deflusso della tubazione, calcolata assumendo la pendenza di progetto pari a 0.025%, è riportata nella tabella a seguire:

Diametro	2	m
Area	3.14159	m <sup>2</sup>
Pendenza	0.00025	m/m
K <sub>Gaukler-Strickler</sub>	80	

Altezza idrica [m]	Area deflusso [m <sup>2</sup> ]	Contorno Bagnato [m]	Raggio idraulico [m]	Portata [m <sup>3</sup> /s]	Velocità [m/s]
0.10	0.1571	0.9021	0.1741	0.06	0.39
0.20	0.3142	1.2870	0.2441	0.16	0.49
0.30	0.4712	1.5908	0.2962	0.26	0.56
0.40	0.6283	1.8546	0.3388	0.39	0.61
0.50	0.7854	2.0944	0.3750	0.52	0.66
0.60	0.9425	2.3186	0.4065	0.65	0.69
0.70	1.0996	2.5322	0.4342	0.80	0.73
0.80	1.2566	2.7389	0.4588	0.95	0.75
0.90	1.4137	2.9413	0.4806	1.10	0.78
1.00	1.5708	3.1416	0.5000	1.25	0.80
1.10	1.7279	3.3419	0.5170	1.41	0.81
1.20	1.8850	3.5443	0.5318	1.57	0.83
1.30	2.0420	3.7510	0.5444	1.72	0.84
1.40	2.1991	3.9646	0.5547	1.88	0.85
1.50	2.3562	4.1888	0.5625	2.03	0.86
1.60	2.5133	4.4286	0.5675	2.18	0.87
1.70	2.6704	4.6924	0.5691	2.32	0.87
1.80	2.8274	4.9962	0.5659	2.45	0.87
1.90	2.9845	5.3811	0.5546	2.55	0.85
2.00	3.1416	6.2832	0.5000	2.50	0.80



La condotta è in grado di trasferire una portata massima di  $2.55 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Tale condotta si rende necessaria per garantire la continuità idraulica delle aree umide evidenziate negli elaborati di progetto. In relazione a quanto esposto in precedenza nella descrizione dell'Intervento 3 a proposito della gestione delle portate del rio Poetto per il quale è stata definita la portata di progetto pari a  $1 \text{ m}^3/\text{s}$ , tale valore può essere cautelativamente considerato ai fini della verifica idraulica della condotta in progetto.

Come si può desumere dalla scala delle portate una portata di  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  defluisce entro la tubazione con un grado di riempimento circa 45%.

### **7.6 Intervento 6**

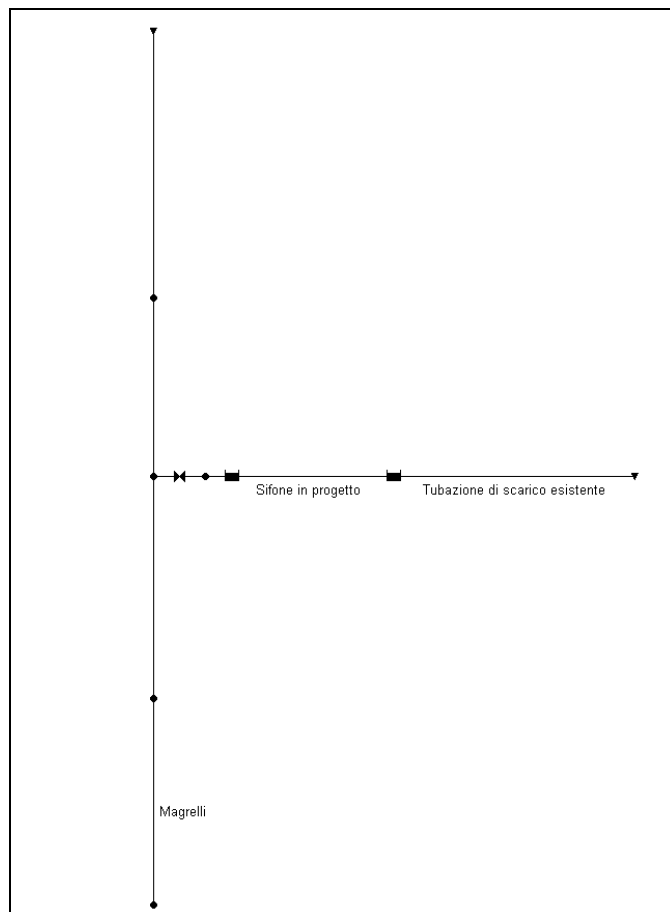
L'intervento prevede la realizzazione a valle di circa 650 m del nuovo ponte sulla S.P. 32 di un sifone del nuovo canale scolmatore per consentire la continuità idraulica di un fosso irriguo esistente che deriva le sue acque dal canale Magrelli e superare in tal modo l'interferenza col nuovo canale scolmatore. L'intervento previsto in progetto per garantire la funzionalità del fosso consisterà nella realizzazione:

- del manufatto di imbocco regolato da una paratoia piana  $1.0 \times 1.20$  avente una soglia alta  $0.73 \text{ m}$ ;
- del sifone realizzato con una tubazione in acciaio bitumato DN1000mm avente uno spessore di  $10 \text{ mm}$ , ed una lunghezza di  $35 \text{ metri}$ . In corrispondenza del passaggio al disotto dell'alveo del nuovo canale scolmatore la condotta sarà calottata in calcestruzzo armato con una rete elettrosaldata  $\phi 8/15 \times 15$  per una lunghezza di  $12 \text{ metri}$ ;
- del manufatto di sbocco per il collegamento alla tubazione di scarico nel fosso irriguo esistente.

La tubazione di scarico nel fosso irriguo esistente è in cls con diametro DN80, la portata che può trasferire con un riempimento dell'80% è pari a circa  $900 \text{ l/s}$ . Poiché le portate irrigue sono variabili in relazione alle modalità di gestione, il sifone è stato dimensionato e verificato riferendosi alla massima portata idraulica che la tubazione esistente può trasferire senza andare in pressione.

A tal fine è stato allestito un modello numerico utilizzando il software EPA-SWMM (di cui si riporta la descrizione nell'Allegato 2).

Nella figura riportata è indicato lo schema del modello ove sono evidenziati il canale Magrelli, il sifone in progetto e la tubazione di scarico nel fosso irriguo esistente.



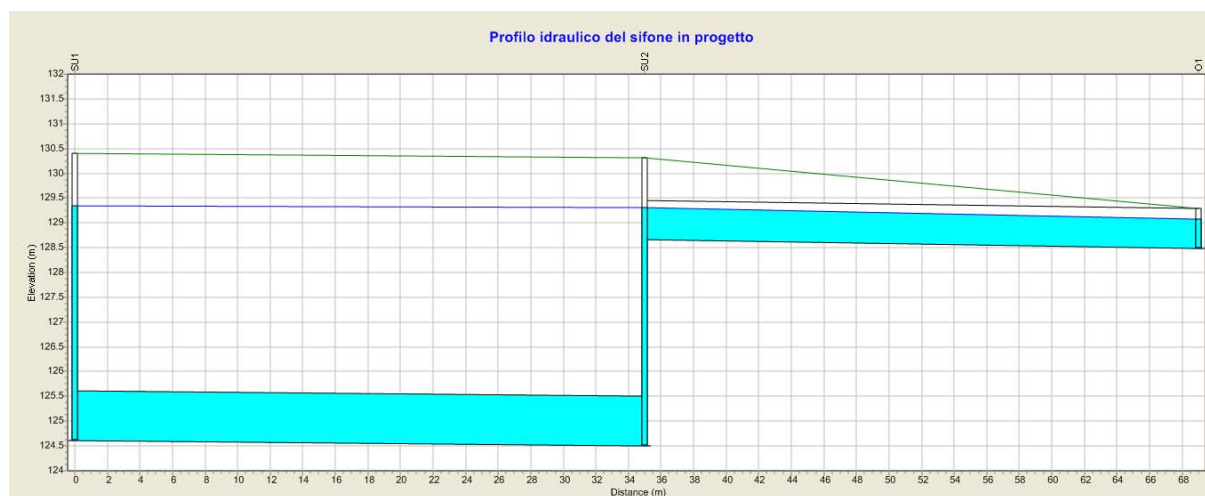
Le sezioni dei manufatti e degli alvei sono desunti dagli elaborati grafici allegati alla documentazione progettuale.

Le scabrezze adottate sono le stesse adottate nel capitolo 5.1.1 *Dimensionamento e verifiche idrauliche del nuovo tratto di canale scolmatore*.

I valori della scabrezza secondo Manning assunta per i vari componenti del sistema in istudio sono:

- canale Magrelli: 0.015;
- sifone in progetto: 0.01;
- tubazione esistente di collegamento al fosso irriguo: 0.015.

Il profilo idraulico che si instaura nel sifone nell'ipotesi di derivare la portata di 900 l/s è riportato in figura:



L'analisi numerica consente di verificare il corretto funzionamento del manufatto.

***ALLEGATO N. 1***

***DESCRIZIONE DEL SOFTWARE HEC-RAS***

***UTILIZZATO PER LA REALIZZAZIONE DEL  
MODELLO MATEMATICO DEL  
NUOVO CANALE SCOLMATORE***

## **A.1. MODELLO MATEMATICO**

Nel presente capitolo viene descritto il modello matematico utilizzato per simulare il deflusso della portata di progetto nell'alveo del canale scolmatore.

La simulazione consiste nel definire la geometria delle sezioni idrauliche interessate e rilevanti ai fini dei calcoli idraulici, precisare i parametri fisici caratterizzanti le equazioni del moto e che governano il deflusso delle portate al fine di poter disporre di una serie di dati prodotti dal modello, tali da consentire la progettazione razionale degli interventi in progetto.

I dati ricavati dalle elaborazioni riguardano ciascuna sezione idraulica di deflusso considerata e in base al valore numerico espresso dalla singola variabile consentono la regolazione opportuna dell'entità dei parametri di progetto nel rispetto delle condizioni di sicurezza dell'ambiente circostante nonché della fruibilità del medesimo garantendo il mantenimento dell'equilibrio territoriale in loco.

La simulazione può essere condotta sia precisando le condizioni attuali di deflusso sia descrivendo il mutamento delle sopraccitate caratteristiche valutandone poi analogie e differenze che consentono di apprezzare i miglioramenti conseguiti.

Definito il tratto di asta torrentizia necessario allo studio progettuale e implementato il modello numerico di calcolo è possibile valutare l'incidenza delle opere in progetto.

### **A.1.1. Descrizione del modello**

Lo studio idraulico del nuovo canale scolmatore tramite il modello numerico è impostato in modo da perseguire i seguenti obiettivi:

- progettare la tipologia strutturale dell'opera di presa maggiormente idonea per consentire il deflusso regolare della portata di piena per tempo di ritorno assegnato;
- definire ed evidenziare le aree soggette a esondazione precisando l'ampiezza della via di piena e le quote raggiunte dal pelo libero nonché gli eventuali rigurgiti causati dai manufatti in alveo;
- progettare le sistemazioni del corso d'acqua in modo da predisporre le opportune difese delle opere esistenti e consentire lo smaltimento della portata defluente garantendo l'incolumità delle opere medesime e di quanto ubicato a valle e nelle zone limitrofe.

Il presente capitolo è pertanto strutturato in modo tale da fornire chiarimenti sul funzionamento del modello numerico adottato e sulla metodologia utilizzata nella scelta delle sezioni trasversali necessarie alle simula-

zioni.

Opportune tabelle riassuntive provvedono a fornire una visione d'insieme dei risultati cui si è pervenuti mediante le simulazioni condotte tramite il modello numerico.

Si allegano inoltre i tabulati di calcolo eseguiti per la portata di piena nella situazione attuale e di progetto.

Il modello è strutturato per calcolare i profili di superficie libera in moto permanente gradualmente vario (in senso spaziale e non temporale) in alvei prismatici e non-prismatici.

Entrambi i tipi di corrente, lenta e veloce, possono essere calcolati così come le conseguenze di diverse tipologie di accidentalità e strutture di cui si conosca la relazione fra carico e portata defluente.

Il modello è comunque vincolato nel suo utilizzo da tre condizioni:

- poiché le equazioni non contengono termini dipendenti dal tempo, il moto deve essere permanente;
- il moto deve essere gradualmente vario in senso spaziale poiché le equazioni ipotizzano la distribuzione idrostatica delle pressioni in seno alla corrente;
- il moto è mono-dimensionale.

E' rilevante e importante evidenziare la capacità del modello di dare attendibili risultati nella gestione delle aree inondabili circostanti gli alvei naturali e non.

In questo senso è quindi possibile:

- determinare le aree inondabili da parte di portate diverse allo scopo di predisporre l'opportuna protezione;
- studiare le conseguenze d'uso delle aree golenali e il loro danneggiamento;
- definire i miglioramenti d'alveo atti a ridurre le conseguenze delle inondazioni.

Proprio nell'ottica di queste problematiche l'utilizzo del modello numerico in questione risulta essere estremamente efficace.

La possibilità di determinare il comportamento del profilo del corso d'acqua tenendo conto anche dell'influenza esercitata dai manufatti in alveo consente di tracciare con buona precisione la via di piena.

Tra le diverse opzioni di calcolo di cui il modello è dotato in relazione alla presenza di strutture che interagiscono direttamente con il corso d'acqua è da evidenziare la possibilità di calcolo del profilo in corrispondenza dei tombini (circolari, scatolari, con o senza muri d'ala....) secondo la normativa proposta da FHWA (Federal Highway Administration-USA).

Il software implementato consente di determinare con precisione l'effetto di rigurgito dovuto alle spalle

dei ponti o all'ingombro delle pile.

Particolare importanza riveste la possibilità di parametrizzare il coefficiente di scabrezza per alveo e golene.

Inoltre è possibile creare all'interno di ciascuna sezione trasversale del corso d'acqua più zone a scabrezza omogenea in modo da approssimare con precisione notevole il valore del suddetto parametro, troppo spesso legato all'imprecisione del coefficiente di scabrezza equivalente.

L'insieme dei dati di output è strutturato in modo da fornire la conoscenza globale dei fenomeni che interessano l'intera area occupata dalla portata di piena.

L'output risulta quindi suddiviso in dati relativi alle aree golenali e al canale principale di deflusso.

Le informazioni fornite riguardano diversi parametri fisici e di progettazione quali, per esempio:

- quota in m s.l.m. del pelo libero;
- quota del gradiente energetico;
- velocità e portata, relativa a golene e canale principale;
- larghezza del pelo libero;
- area bagnata;
- principali parametri geometrici;
- sezioni trasversali;
- profilo di moto permanente.

Per meglio comprendere il funzionamento del modello idraulico utilizzato è opportuno fornire una sintesi delle potenzialità e dei fondamenti teorici che stanno alla base del calcolo dei profili di moto permanente e che sono implementati nel modello stesso.

Al fine di calcolare la quota del pelo libero incognita in una determinata sezione trasversale del corso d'acqua è stata adottata la procedura di calcolo nota come Standard Step Method, consistente nell'integrazione dell'equazione di bilancio energetico.

Le due equazioni che proponiamo rappresentano il metodo di cui sopra:

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

$$h_e = L \cdot \bar{S}f + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right|$$

dove:

$WS_1, WS_2$  = quota del pelo libero fra due sezioni di calcolo

$V_1, V_2$  = velocità media

$\alpha_1, \alpha_2$  = coefficienti energetici moltiplicativi della velocità

$g$  = accelerazione gravitazionale

$h_e$  = perdita di carico

$L$  = distanza fra le sezioni trasversali

$S_f$  = pendenza media

$C$  = coefficiente di perdita per contrazione o espansione

Ulteriore punto fondamentale nella comprensione del funzionamento del modello idraulico è la suddivisione della massa liquida defluente in unità elementari per le quali la velocità è distribuita uniformemente.

Individuata la sezione trasversale del corso d'acqua attraverso la griglia dei punti  $x$  (distanze progressive dall'ascissa  $x = 0$ ) e  $y$  (quote m s.l.m. relative ai punti definiti alle varie progressive), nelle aree golenali le unità elementari di deflusso coincidono con la suddivisione creata dalle progressive all'interno della sezione trasversale.

Nel canale principale di deflusso (o alveo di magra ordinaria) la massa liquida defluente non viene suddivisa tranne nel caso in cui si conferiscano più valori di scabrezza differenti in alveo.

In funzione del numero di differenziazioni del valore della scabrezza saranno individuate corrispondenti unità di deflusso.

La capacità di deflusso per ciascuna suddivisione è pertanto calcolata con la seguente espressione:

$$K = \frac{1,486}{n} a R^{2/3}$$

dove:  $K$  = capacità di deflusso per unità elementare

$n$  = coefficiente di Manning per la scabrezza dell'unità elementare

$a$  = area di deflusso dell'unità elementare

$R$  = raggio idraulico per l'unità di deflusso elementare.

La capacità totale di deflusso per la sezione trasversale è ottenuta per sommatoria delle singole capacità relative alle unità in cui la sezione è stata scomposta.

Sulla base di queste considerazioni il coefficiente  $\alpha$ , relativo alla velocità, si ottiene dalla seguente



espressione:

$$\alpha = \frac{(A_t)^2 \left[ \frac{(K_{lob})^3}{(A_{lob})^2} + \frac{(K_{ch})^3}{(A_{ch})^2} + \frac{(K_{rob})^3}{(A_{rob})^2} \right]}{(K_t)^3}$$

dove:

$A_t$  = area totale di deflusso per la sezione trasversale

$A_{lob}$ ,  $A_{ch}$ ,  $A_{rob}$  = area di deflusso per golena sinistra, canale principale, golena destra

$K_t$  = capacità totale di deflusso (conveyance) della sezione trasversale

$K_{lob}$ ,  $K_{ch}$ ,  $K_{rob}$  = capacità di deflusso di golena sinistra, canale principale e golena destra

Le perdite di carico dovute ad attrito sono calcolate come prodotto della pendenza media, Sf, e della distanza L fra due sezioni trasversali consecutive.

La procedura di calcolo può essere pertanto riassunta nelle seguenti fasi:

1. Definizione della altezza d'acqua alla sezione di partenza.
2. Calcolo della velocità e della capacità totale di trasporto in funzione della quota definita del pelo libero.
3. Risoluzione dell'equazione esprime le perdite energetiche e definizione della pendenza media tramite i valori determinati al punto 2.
4. Calcolo della quota del pelo libero alla sezione incognita con i valori ottenuti dai punti 2 e 3.
5. Confronto tra il valore  $WS_2$  calcolato e i valori adottati al punto 1.

I passi da 1 a 5 vengono ripetuti finché i due valori non risultano essere inferiori a 0,01 metri.

La quota iniziale del pelo libero può essere assunta seguendo diversi criteri.

Il più comune è tracciare la scala di deflusso relativamente alla sezione di partenza del profilo tenendo conto dell'interazione eventuale con altri corsi d'acqua e della situazione idraulica delle aree circostanti provvedendo alle maggiorazioni del caso sulla quota qualora intervengano fattori condizionanti di tale entità.

Qualora vi siano manufatti tali da condizionare la relazione portata defluente - carico, sarà l'esame delle quote che possano verificarsi in alveo a fornire le indicazioni sulla quota di partenza per il tracciamento del profilo.

Altre metodologie più raffinate sono basate sul metodo delle secanti per definire la quota di tolleranza nella differenza tra quota presunta e calcolata.

I dati necessari affinché il modello possa produrre l'output desiderato (cioè la quota del pelo libero alle sezioni trasversali desiderate e il profilo di moto permanente) comprendono:

- tipo di corrente;
- quota iniziale del pelo libero;
- valore/i di portata;
- coefficienti rappresentativi delle perdite;
- geometria delle sezioni trasversali;
- distanze (golene e alveo principale) tra le sezioni trasversali.

Le opzioni di calcolo riguardano la determinazione del profilo in caso di presenza di strutture in alveo e simulazioni di interventi nelle aree golenali con deviazioni del corso d'acqua o costruzione di arginature.

Determinato il tipo di corrente, la quota iniziale del pelo libero, i valori di portata per cui occorre tracciare i profili di moto permanente, è necessario definire i valori di scabrezza.

Il modello utilizzato nelle elaborazioni consente molteplici soluzioni per definire la scabrezza delle singole sezioni trasversali, la qual cosa permette di ridurre moltissimo i margini di dubbio e incertezza legati all'individuazione di questo coefficiente particolarmente importante.

Oltre alle perdite di carico valutate attraverso il coefficiente "n" di Manning (perdite per attrito), è possibile valutare le perdite di transizione per allargamento/restringimento attraverso i coefficienti di espansione/contrazione, le perdite che si originano nell'attraversamento di ponti e tombini in seguito alla forma del manufatto, alla configurazione delle pile, al tipo di moto e alle condizioni di imbocco/sbocco.

Come accennato in precedenza, il coefficiente di scabrezza può assumere diversi valori in una singola sezione trasversale, al fine di poter rappresentare realisticamente la morfologia della stessa.

Oltre a definire un valore di scabrezza per ciascuna suddivisione (golene, alveo principale) è possibile definire la scabrezza in funzione della progressiva della singola sezione trasversale oppure in funzione della quota raggiunta dal pelo libero.

Nella determinazione dei valori del parametro scabrezza si cerca di correlare quella che è la situazione appurata in situ del corso d'acqua con i risultati delle esperienze condotte dai ricercatori.

A tal fine proponiamo le tabelle riportate alle pagine seguenti cui si è fatto costante riferimento nella valutazione dei coefficienti di scabrezza sia per canali artificiali che per corsi d'acqua naturali.

La geometria delle sezioni trasversali e la conoscenza del territorio circostante l'area inondabile, unite alla completa definizione dei manufatti che il corso d'acqua incontra lungo il suo percorso, sono sfruttate al meglio dal modello per riprodurre fedelmente le condizioni che in realtà si verificano al defluire della portata in esame.

La collocazione delle sezioni trasversali lungo il corso d'acqua è quindi volta ad individuare le aree effettive di deflusso per distinguerle da quelle ineffettive o che possono venire attivate sotto un determinato carico idraulico.

Tra le varie opzioni di calcolo di cui è dotato il modello numerico in questione è disponibile l'organizzazione dei dati in modo da specificare dette aree inefficaci al deflusso, sia che esse si trovino nelle aree golenali sia che si trovino nel canale principale sotto forma di sedimenti o ostruzioni di qualsivoglia forma.

Le sezioni trasversali sono quindi ubicate in modo da rappresentare non solo l'area immediatamente circostante il corso d'acqua, ma anche la probabile via di piena.

In generale la disposizione planimetrica delle sezioni è effettuata tenendo conto di:

- variazioni nella portata;
- modifiche sostanziali della pendenza di fondo;
- cambiamenti della morfologia del corso d'acqua;
- mutamenti rilevanti nella granulometria e nella copertura vegetale;
- presenza di ponti, traverse, tombini, ostruzioni artificiali.

La distanza fra le varie sezioni trasversali viene specificata come distanza fra le golene (destra e sinistra) e lungo il canale principale di deflusso.

La distanza viene stabilita in modo da poter individuare le variazioni delle dimensioni trasversali del corso d'acqua nel caso queste si verifichino.

A seconda della morfologia del corso d'acqua e dei manufatti in alveo la presenza delle sezioni può essere o meno infittita.

Lo studio del fenomeno di piena che interessa il corso d'acqua in oggetto è collegato con i dati che individuano la morfologia del territorio che ospita l'asta fluviale.

I dati topografici, intesi nella fattispecie come:

- geometria delle sezioni trasversali,
- geometria dei manufatti in alveo,

- profilo longitudinale del corso d'acqua,

sono stati ottenuti mediante rilievo del tratto di asta torrentizia in studio.

L'ubicazione delle sezioni trasversali nasce quindi da considerazioni di carattere pratico, relative cioè alla situazione attuale di utilizzazione del corso d'acqua e interazione con l'ambiente circostante, e da considerazioni teoriche mirate a compiere un dettagliato studio idraulico del fenomeno di piena ai fini della progettazione delle strutture in alveo.

Nelle allegate tavole progettuali sono riportate le collocazioni planimetriche delle sezioni trasversali utilizzate per la costruzione del modello numerico.

Per la loro individuazione si è proceduto con la seguente metodologia:

- disposizione planimetria dei manufatti in alveo e in golena;
- determinazione delle caratteristiche morfologiche del tratto di corso d'acqua in studio;
- individuazione di aree omogenee in relazione al parametro scabrezza, determinato in funzione del tipo di materiale lapideo in alveo, della copertura vegetale;
- individuazione di tratti caratterizzati dai valori omogenei di pendenza del fondo alveo e altri parametri idraulici.

Ciascuna sezione trasversale rappresenta pertanto le caratteristiche geometriche e idrauliche di una microarea.

Nell'ubicazione planimetrica delle sezioni è stata valutata la distanza fra sezioni successive in modo da poter fornire una serie di dati significativi al modello anche nel senso dello sviluppo longitudinale.

Infatti è necessario tenere in conto anche la variazione della scabrezza non solo entro una singola sezione trasversale, ma fornire una valida descrizione della sua variazione fra sezione e sezione.

Per quanto riguarda la pendenza di fondo del corso d'acqua, il modello numerico è in grado di determinare questa grandezza secondo procedura di calcolo automatica in funzione della geometria delle sezioni trasversali e della distanza tra sezioni successive.

La pendenza di fondo calcolata e che viene riportata sul profilo di moto permanente è da intendersi riferita alla linea di thalweg.

I calcoli del profilo sono comunque svolti anche in funzione della pendenza di fondo delle aree golenali in quanto le elaborazioni numeriche prevedono la suddivisione del corso d'acqua in tre aree golenali in quanto le elaborazioni numeriche prevedono la suddivisione del corso d'acqua in tre aree distinte, ma omogenee, al fine

del calcolo del profilo e dei parametri idraulici relativi:

- golena sinistra
- canale principale
- golena destra.

La suddivisione delle sezioni trasversali mediante una griglia di punti (x, y) ripartita nelle tre zone fondamentali di calcolo consente l'individuazione dei principali parametri (portata, velocità, scabrezza) in queste aree di deflusso il che permette di definire completamente le caratteristiche salienti del moto entro l'intera via di piena consentendo di intervenire globalmente e puntualmente.

La determinazione delle aree soggette ad esondazione consente di porre particolare cura nell'individuazione di eventuali vie preferenziali di propagazione della portata defluente.

#### **A.1.2. Opzioni di calcolo**

Il modello è dotato di numerose opzioni che permettono di determinare la via di piena nonché calcolare le perdite di energia dovute alla presenza di ostruzioni come soglie di sfioro, tombini e ponti e definire i miglioramenti apportabili con rimodellamenti in alveo.

Possono essere selezionate diverse equazioni al fine di calcolare le perdite di carico, determinare l'altezza critica, calcolare la scabrezza secondo formule dirette.

Il modello può inoltre generare automaticamente sezioni trasversali in un tronco di calcolo interpolando i dati tra le due sezioni di estremità, definire le aree ineffettive al deflusso, analizzare le zone di confluenza fra corsi d'acqua, calcolare l'influenza di un'eventuale copertura di ghiaccio sul pelo libero.

Con un'unica elaborazione si possono calcolare più profili variando la quota iniziale del pelo libero e/o la portata per ciascun profilo di calcolo. Così operando è possibile stabilire, note condizioni iniziali e al contorno, quando il profilo di corrente raggiunge la profondità che gli compete a prescindere dalle quote di tentativo imposte alla sezione iniziale del tracciamento.

##### **A.1.2.1. Aree inefficaci al deflusso**

Questa opzione è indispensabile quando occorre rimodellare la sezione trasversale per confinare il deflusso entro vincoli (artificiali o naturali) presenti entro lo sviluppo della sezione trasversale.

Con questa opzione si possono specificare le ostruzioni dovute a sedimenti, gli innalzamenti causati

dall'aumento della quota degli argini eventualmente presenti a protezione delle sponde, analizzare gli effetti di sbarramenti golenali e di tutto quanto ubicato nella sezione in studio tale da condizionare il deflusso verso aree preposte.

#### A.1.2.2. Perdite di carico dovute a ponti e tombini

Le perdite di carico causate da queste strutture sono calcolate in due tempi e modalità.

Inizialmente si determinano le perdite dovute ad espansione e restringimento della sezione trasversale nelle parti di valle e monte della struttura con il metodo implementato (Standard Step Method) per il calcolo della quota del pelo libero.

In un secondo tempo le perdite sono integrate dal calcolo delle perdite di carico che si verificano nell'attraversamento della struttura, queste ultime determinate con le relative opzioni di calcolo.

Il modello distingue quattro tipi di deflusso possibile in corrispondenza dei ponti:

- a) Flusso regolare, al disotto dell'intradosso, suddiviso in ulteriori sottoclassi a seconda che il ponte sia dotato o meno di pile e del livello raggiunto dal pelo libero (superiore o inferiore all'altezza critica).

L'equazione utilizzata è quella proposta da Koch-Carstanjen, basata sulla risoluzione della seguente equazione di momento:

$$m_1 - m_{p1} + Q^2 / gA_1^2 (A_1 - C_D \cdot A_{p1} / 2) = m_2 + Q^2 / gA_2 = m_3 - m_{p3} + Q^2 / gA_3$$

dove:

$A_1, A_3$  = aree liquide alle sezioni di monte e valle, rispettivamente

$A_2$  = area liquida relativa ad una sezione ubicata entro il restringimento dovuto alla struttura  
(area totale - area occupata dalle pile)

$A_{p1}, A_{p3}$  = area ostruita alle sezioni di monte e valle, rispettivamente

$Y_1, Y_2, Y_3$  = distanza verticale dal pelo libero al baricentro delle aree  $A_1, A_2, A_3$

$m_1, m_2, m_3$  =  $A_1 Y_1, A_2 Y_2, A_3 Y_3$ , rispettivamente

$m_{p1}, m_{p3}$  =  $A_{p1} Y_{p1}, A_{p3} Y_{p3}$ , rispettivamente

$C_D$  = coefficiente di ingombro legato alla forma delle pile

$Y_{p1}, Y_{p3}$  = distanza verticale dal pelo libero al baricentro delle aree  $A_{p1}, A_{p3}$ , rispettivamente

$Q$  = portata

$g$  = accelerazione di gravità.

I tre termini dell'equazione di momento rappresentano il momento totale nella strozzatura del tratto in esame, espresso in termini di morfologia del corso d'acqua e profondità della corrente a monte, sul restringimento e a valle del restringimento stesso.

Nel caso in cui la quota del pelo libero si mantenga superiore a quella dell'altezza critica, per determinare la differenza di quota risultante dall'attraversamento della struttura viene utilizzata l'equazione di Yarnell:

$$H_3 = 2 \cdot K \cdot (K + 10\omega - 0,6) \cdot (\alpha + 15 \cdot \alpha^4) \cdot V_3^2 / 2g$$

dove:

$H_3$  = differenza di quota fra le sezioni di monte e valle della struttura

$K$  = coefficiente relativo alla forma delle pile

$\omega$  = rapporto velocità/profondità a valle della struttura

$\alpha$  = area ostruita/area libera

$V_3$  = velocità a valle della struttura.

b) Moto in pressione:

L'equazione utilizzata è la seguente:

$$Q = A \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot H}{K}}$$

dove:

$H$  = differenza di quota tra il gradiente energetico di monte e pelo libero di valle

$K$  = coefficiente di perdita

$A$  = area netta per il deflusso della portata

$g$  = accelerazione di gravità

$Q$  = portata attraverso la luce.

c) Vena liquida stramazzone sul piano rotabile:

Qualora la massa liquida defluisca sopra al manufatto che pertanto funziona come stramazzone o soglia trascinante l'equazione utilizzata è:

$$Q = C \cdot L \cdot H^{3/2}$$

dove:

$C$  = coefficiente di portata

L = lunghezza della soglia

H = differenza di quota fra il gradiente energetico e il piano pavimentazione

Q = portata totale sullo stramazzo.

- d) Deflusso combinato (moto a pelo libero + moto in pressione + stramazzo).

Nel caso in cui si sommino gli effetti di moto a pelo libero, in pressione e stramazzo la procedura di calcolo consente di determinare per i diversi casi l'effettivo valore di portata.

#### A.1.2.3. Modifica della sezione in seguito a scavo e risistemazione dell'alveo

Tra le molteplici opzioni di calcolo è opportuno citare anche la presente che consente di analizzare a priori le eventuali modifiche alla sezione trasversale atte a migliorare il deflusso delle portate.

Nella fattispecie il modello numerico memorizza i possibili cambiamenti che definiscono la nuova tipologia della sezione eseguiti tramite lo scavo (approssimativamente di forma trapezia) e l'asportazione del materiale di accumulo sul fondo della sezione medesima.

Come accennato in precedenza, notevole importanza riveste la definizione dei coefficienti relativi al calcolo delle perdite di carico.

I coefficienti di contrazione ed espansione sono associati alle modifiche relative alla forma delle sezioni o alle aree effettive di deflusso.

Il modello consente di reimpostare ad ogni sezione trasversale i valori dei coefficienti di espansione e contrazione.

Dalla letteratura tecnica riportiamo alcuni coefficienti proposti per la definizione dei suddetti:

#### CONTRACTION AND EXPANSION COEFFICIENTS

	Contraction	Expansion
No transition loss	0.0	0.0
Gradual transitions	0.1	0.3
Bridge sections	0.3	0.5
Abrupt transitions	0.6	0.8

The maximum value for the expansion coefficient would be one (1.0)



Analogamente è proposta anche una tabella relativa ai valori consigliati per definire l'influenza esercitata dalla forma delle pile.

Questi coefficienti vengono utilizzati dal modello nella risoluzione della equazione semi-empirica di Yarnell citata in precedenza.

Pier Shape	K
Semicircular nose and tail	0.09
Twin-cylinder piers with connections diaphragm	0.95
Twin-cylinder piers without diaphragm	1.05
90° triangular nose and tail	1.05
Square nose and tail	1.25

Il coefficiente che esprime le perdite di carico in caso di deflusso in pressione utilizzato nell'equazione ad esso relativa è derivato da alcune considerazioni effettuate nella messa a punto del modello.

L'equazione di cui sopra può considerarsi derivata dall'applicazione della equazione di energia in punti situati immediatamente a valle del ponte e a monte.

L'equazione corrispondente esprime il bilancio energetico tra due sezioni:

$$Y_1 + Z_1 + \alpha_1 V_1^2 / 2g = Y_2 + Z_2 + \alpha_2 V_2^2 / 2g + H_L$$

dove:

Y = profondità dell'acqua

Z = quota del fondo

$\alpha V^2 / 2g$  = termine cinetico

$H_L$  = perdita di carico

Definito H (carico sulla luce) come differenza tra la quota dei carichi totali di monte e il pelo libero di valle si ha:

$$H = (Y_1 + Z_1 + \alpha_1 V_1^2 / 2g) - (Y_2 + Z_2)$$

e sostituendo H nell'equazione precedente si ottiene:

$$H = \alpha_2 V_2^2 / 2g + H_L$$

La perdita di carico  $H_2$  che risulta dall'attraversamento del ponte può essere definita in termini di velocità e coefficiente di perdita  $\alpha$ .

Definito  $K_e$  il coefficiente che tiene conto dell'espansione si ottiene:

$$H_L = K_b \cdot V_b^2/2g + K_e (V_b^2/2g - \alpha_2 V_2^2/2g)$$

intendendo con pedice "b" le grandezze riferite alla sezione di pertinenza della struttura.

La perdita di carico ora determinata viene utilizzata per il calcolo del carico totale.

Qualora  $K_e$  sia posto uguale a 1, dall'equazione di continuità si ottiene nuovamente l'espressione che definisce il moto in pressione

dove  $K = K_b + 1$

Per ciò che concerne i tombini, il modello analizza le perdite ponendole come somma dei termini

$$K_e + K_f + 1$$

dove:

$K_e$  = perdite all'ingresso

$K_f$  = perdite per attrito.

Il coefficiente  $K_f$  viene calcolato a partire dall'equazione di Manning eguagliando le due equazioni che rappresentano le perdite per attrito lungo il tombino (perdite distribuite)

$$S_f \cdot L = K_f \cdot V_b^2/2g$$

dove:

$S_f$  = pendenza media di attrito

$L$  = lunghezza del tombino.

Dall'equazione di Manning si calcola il valore di  $S_f$  sulla base del calcolo della velocità  $V_b$ .

Nella risoluzione del deflusso attraverso i tombini il coefficiente  $S_f$  è definito così come segue:

$$S_f = (V_b^2 \cdot n^2 / 2,22 \cdot R^{4/3})$$

corrispondente a:

$$K_f = (19,6 \cdot n^2 \cdot L / R^{4/3})$$

Tipici valori dei coefficienti risultano essere:

Description	K
Intake ( $K_e$ )	0.1 to 0.09
Intermediate piers	0.05
Friction (Manning's equation)	$K_f$

Nel caso in cui la portata defluente sia obbligata a transitare entro più tombini che "coprono" l'intera sezione trasversale, il modello numerico prevede la risoluzione delle condizioni di moto permanente attraverso l'equazione:

$$Q = (2 \cdot g \cdot H)^{0.5} \cdot A \cdot \left( \frac{1}{K_{eq}} \right)^{0.5}$$

$$K_{eq} = A^2 / \left[ \sum (A_i^2 / K_i)^{0.5} \right]^2$$

dove:

A = area totale

A<sub>i</sub> = area del singolo tombino

K<sub>i</sub> = coefficiente per il singolo tombino

n = numero dei tombini

A questo proposito il modello numerico utilizza gli standard proposti da Federal Highway Administration (FHWA) per il calcolo delle perdite di carico attraverso tombini predefiniti.

Il modello numerico è in grado di distinguere, come nel caso di ponti e viadotti, il tipo di moto, classificando e analizzando secondo opportune metodologie di calcolo le diverse situazioni che si verificano nella realtà.

Nel caso dei tombini funzionanti in pressione, le perdite di carico vengono calcolate tramite l'espressione seguente:

$$L_H = L_E + L_F + L_X$$

dove:

L<sub>F</sub> = perdite di attrito (distribuite)

L<sub>E</sub> = perdite in ingresso

L<sub>X</sub> = perdite in uscita

La perdita distribuita entro la struttura è calcolata utilizzando la formula di Manning:

$$L_F = L \cdot (Q \cdot n / 1.486 \cdot A \cdot R^{2/3})^2$$

L<sub>F</sub> = perdita distribuita

L = lunghezza del tombino

Q = portata entro il tombino

n = coefficiente di scabrezza di Manning

A = area di deflusso

R = raggio idraulico

Nel caso di moto uniforme, supposto che tale condizione si verifichi entro un tombino sotto l'ipotesi di lunghezza del medesimo sufficientemente idonea affinché il moto si stabilizzi, l'equazione utilizzata per il calcolo della profondità è la seguente, risolta per via iterativa:

$$Q = 1.486 \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot \sqrt{\frac{S}{n}}$$

dove:

Q = portata entro il canale

n = coefficiente di scabrezza

A = area bagnata

R = raggio idraulico

S = pendenza della linea dei carichi.

Una ulteriore importante opzione è quella che permette il calcolo del profilo in condizioni estreme come il deflusso a stramazzo sul tombino abbinato a moto in pressione.

**ALLEGATO N. 2**

***DESCRIZIONE DEL SOFTWARE EPA-SWWW***

***UTILIZZATO PER LA REALIZZAZIONE DEL  
MODELLO MATEMATICO  
DEL SIFONE E DEL MANUFATTO DI SCARICO  
DEL RIO POETTO***

## A.2. SWMM

Il motore di calcolo utilizzato è lo *Storm Water Management Model* (SWMM) sviluppato dall'EPA statunitense.

SWMM è un modello matematico complesso in grado di simulare il movimento della precipitazione meteorica dalla superficie del bacino alla rete di canali e condotte che costituiscono il sistema di drenaggio. Il modello può essere utilizzato tanto per la progettazione quanto per la gestione delle reti di fognatura (bianche, nere e miste).

Il motore di calcolo è sostanzialmente basato su una struttura modulare in grado di rispondere alle diverse esigenze progettuali. Ogni modulo ha una specifica ed il risultato che scaturisce dal lancio di un blocco rappresenta la base di partenza per l'utilizzo di un blocco successivo.

I moduli presenti sono suddivisi in moduli di servizio deputati al trattamento dei dati di pioggia, di temperatura e di calcolo statistico ed in moduli simulatori di processo idrologico ed idraulico.

Questi ultimi sono costituiti da un modulo per la modellazione del deflusso superficiale (*Runoff*), un modulo per la propagazione in rete con la schematizzazione dell'onda cinematica (*Transport*), un modulo dinamico (*Extran*) basato sulla risoluzione completa delle equazioni di De Saint Venant che governano il fenomeno idraulico di propagazione all'interno della rete.

Il blocco *Runoff* è il primo passo fondamentale per il lancio di una simulazione di SWMM. Questo blocco riceve in ingresso gli eventuali dati meteorologici definiti come ietogramma espresso in intensità di pioggia/tempo o come precipitazione totale in mm/tempo. *Runoff* analizza il processo afflussi-deflussi utilizzando un approccio basato sulla tecnica dei serbatoi non lineari con un'opzione per l'eventuale presenza di neve. Viene chiaramente analizzato anche il processo di infiltrazione e di evaporazione per arrivare ad ottenere come risultato l'idrogramma di sollecitazione in ogni nodo del reticolo di fognatura. Il blocco può essere lanciato per simulazioni di "evento singolo" (simulazioni nell'arco di qualche giorno) o di "evento continuo" (simulazioni per qualche anno).

L'uscita di questo blocco è l'idrogramma di sollecitazione all'ingresso della rete di drenaggio.

Il blocco *Transport* segue il lancio di *Runoff* e va a modellare il comportamento "quali-quantitativo" del sistema, basando il calcolo idraulico sulla schematizzazione dell'onda cinematica. L'analisi qualitativa è basata su cinetiche del prim'ordine, con criteri di Shield sull'inizializzazione del moto. I risultati consistono in livelli e portate per ogni elemento del sistema rami/nodi.

Il blocco *Extran* (*Extended Transport*) è sostanzialmente il cuore idraulico di SWMM, consente di modellare la propagazione dei deflussi all'interno della rete mediante la risoluzione delle equazioni di De Saint Venant in forma completa. Nello specifico viene utilizzato il metodo "*dynamic wave simulation*". *Extran* è il modulo di calcolo più completo per la simulazione di reti ad albero o magliate; vengono modellati anche fenomeni di rigurgito, moti a pelo libero ed in pressione, inversioni di flusso nei rami. Gli elementi modellabili vanno dalle pompe agli scaricatori di piena alle eventuali posizioni di accumulo (vasche volano, vasche di prima pioggia, stazioni di sollevamento).

I recapiti possono essere modellati sia come sbocchi liberi che vincolati. *Extran* utilizza una descrizione topologica basata su una geometria rami-nodi. I rami ed i nodi hanno proprietà specifiche che combinate tra di loro consentono la rappresentazione idraulica dell'intera rete di deflusso. I rami sono sostanzialmente i condotti della rete e consentono di propagare le portate da un nodo all'altro; i nodi sono la rappresentazione dei pozzetti presenti nel sistema fisico; nei nodi vengono localizzate le portate in ingresso (provenienti da *Runoff* in termini di idrogrammi di piena generati a partire dal modello afflussi-deflussi) e le portate in uscita dalla rete.

Questi blocchi principali costituiscono l'ossatura di SWMM. Il vantaggio della struttura modulare consente di lanciare i blocchi in cascata oppure indipendentemente in maniera asincrona. In aggiunta ai blocchi computazionali esistono i blocchi cosiddetti di servizio che consentono di manipolare i risultati ottenuti.

## A.2.1. Generalità

### A.2.1.1. Transport

Il *Transport* utilizza un modello più semplificato rispetto alle equazioni di De Saint Venant che governano il moto gradualmente variato dei fluidi nei canali a pelo libero. Pertanto a partire da queste ultime:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad [1]$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial \left( \frac{Q^2}{A} \right)}{\partial x} + gA \frac{\partial H}{\partial x} + gAS_f = 0 \quad [2]$$

ove:

A	sezione trasversale bagnata;
Q	portata;
g	costante gravitazionale;
$H = z + h$	carico idraulico;
z	quota dello scorrimento;
h	tirante idrico;
$S_f$	cadente piezometrica;
t	tempo;
x	distanza lungo l'asse del canale/condotto.

La [1] è l'equazione di continuità, la [2] è l'equazione del momento della quantità di moto.

Sotto opportune ipotesi è possibile riformulare la [1] e la [2] in modo da ottenere il modello dell'onda cinematica utilizzata dal blocco *Transport*.

Le equazioni che ne risultano sono:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

$$S_f = i$$

ove:

A	sezione trasversale bagnata;
Q	portata;
$S_f$	cadente piezometrica;
$i$	pendenza di fondo del canale;
t	tempo;
x	distanza lungo l'asse del canale/condotto.

Il blocco *Transport* può:

- simulare la propagazione di un'onda di piena all'interno di una rete di fognatura di tipo dendritico;
- può tener conto della presenza di organi come scaricatori di piena, impianti di sollevamento, vasca di accumulo;
- può effettuare il dimensionamento dei condotti, per la pendenza di posa assegnata, scelti in una lista di tipi di sezione e materiali in commercio editabile dall'utente;
- può effettuare il calcolo delle portate di tempo secco tenendo conto delle variazioni giornaliere e settimanali;
- segnala se dei condotti subiscono un funzionamento in pressione.

Naturalmente proprio a causa della sua schematizzazione matematica dell'onda cinematica, la cui perturbazione si propaga solo verso valle, il *Transport* non può tener conto di fenomeni come inversioni di flusso, rigurgiti e quant'altro si riferisca a possibili fenomeni di interferenza fra i vari elementi della rete.

#### **A.2.1.2. Extran**

La funzione specifica di *Extran* è quella di propagare gli idrogrammi in ingresso, provenienti dal blocco *Runoff*, attraverso la rete di condotti, pozzetti e dispositivi di regolazione/deviazione del flusso propri del sistema di drenaggio, fino agli impianti di trattamento ed ai corpi idrici ricettori.

L'utilizzo del blocco *Extran* è consigliabile quando è necessario rappresentare condizioni di rigurgito per inversioni di flusso, nonché organi speciali di regolazione quali sfioratori, pompe e bacini di accumulo.

D'altra parte, la simulazione dei canali e delle piccole condotte delle regioni più a monte del sistema, dove reggono le assunzioni di serbatoi in cascata non lineari e moto uniforme, meglio si addice alle caratteristiche dei moduli Ruboff-Transport, più semplici, che consentono un notevole risparmio di risorse (dati, memoria, tempi di simulazione).

#### **• Rappresentazione concettuale del sistema**

Come accennato in precedenza, EXTRAN utilizza una descrizione di tipo "rami-nodi" del sistema di drenaggio che facilita la rappresentazione discreta del modello fisico e la soluzione matematica delle equazioni di moto vario gradualmente-variato (De Saint Venant) che costituiscono le basi matematiche del modello.



La rete di drenaggio è idealizzata come una serie di rami o tubazioni collegate tra loro in corrispondenza di nodi. Rami e nodi hanno proprietà ben definite che, considerate insieme, permettono la rappresentazione della rete.

Le proprietà costanti associate ai rami sono il tipo di sezione, la lunghezza, la pendenza e la scabrezza; quelle determinate ad ogni passo di calcolo sono invece la portata, la velocità, l'area bagnata del flusso, il raggio idraulico e la larghezza del pelo libero. Le ultime tre funzione del livello idrico istantaneo.

La variabile indipendente fondamentale nei rami è la portata,  $Q$ , e si assume costante in ogni ramo durante un passo di calcolo. Velocità ed area bagnata del flusso, o livello, sono invece grandezze variabili nello stesso ramo.

Le proprietà costanti associate ai nodi sono la quota di scorrimento (intesa come generatrice inferiore del condotto), la sommità (intesa come generatrice superiore) e la quota del terreno; quelle determinate ad ogni passo di calcolo e funzione del livello idrico istantaneo nel pozzetto sono il volume, l'area della superficie libera e il carico idraulico.

La variabile indipendente fondamentale nei nodi è il carico idraulico  $H$ , variabile nel tempo, ma costante nel singolo nodo durante un passo di calcolo.

Gli afflussi e i deflussi avvengono in corrispondenza dei nodi del sistema di drenaggio.

La variazione di volume nel nodo durante un dato passo di calcolo,  $\Delta t$ , costituisce la base per i calcoli seguenti di portata e carico idraulico.

Le equazioni che il codice dinamico gestisce sono le classiche equazioni differenziali alle derivate parziali del primo ordine di De Saint Venant, composte da:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad [1]$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial \left( \frac{Q^2}{A} \right)}{\partial x} + gA \frac{\partial H}{\partial x} + gAS_f = 0 \quad [2]$$

ove:

A	area bagnata del flusso;
Q	portata;
x	distanza lungo l'asse del condotto;
t	tempo;
g	costante gravitazionale;
H	carico idraulico totale dato da $z+h$ ;
z	quota dello scorrimento;
h	livello idrico;

$S_f$  cadente piezometrica.

La [1] è l'equazione di continuità in moto vario in assenza di afflussi e deflussi laterali, la [2] è l'equazione del momento della quantità di moto; quest'ultima può essere scritta in più forme, dipende dalla scelta delle variabili dipendenti.

Combinando, opportunamente, l'equazione del momento della quantità di moto e l'equazione di continuità, si ottiene un'equazione che deve essere risolta per ogni condotto ad ogni passo di calcolo:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + gAS_f - 2V \frac{\partial A}{\partial t} - V^2 \frac{\partial A}{\partial x} + gA \frac{\partial H}{\partial x} = 0 \quad [3]$$

ove:

Q portata lungo il condotto;  
 V velocità media del condotto;  
 A area trasversale bagnata del condotto;  
 H carico idraulico;  
 $S_f$  cadente piezometrica.

*Extran* prevede tre tipi di soluzione numerica delle equazioni di De Saint Venant mediante altrettanti metodi, noti come “metodo esplicito” (o “metodo di Eulero modificato”), “metodo esplicito potenziato” e “metodo iterativo”.

In questa sede verranno descritti i primi due, di vasta utilizzazione nella pratica.

La forma [3] dell'equazione del moto rappresenta il punto di partenza per il primo dei tre metodi risolutivi citati.

La formula adottata per descrivere la perdita di carico (cadente piezometrica) è definita mediante l'equazione di Manning:

$$S_f = \frac{k}{gAR^{4/3}} \cdot Q[V] \quad [4]$$

ove:

k parametro dato da  $gn^2$ ;  
 n coefficiente di scabrezza di Manning;  
 g costante gravitazionale;  
 Q portata;  
 V velocità media;  
 R raggio idraulico.

La comparsa del termine  $V$  in valore assoluto rende  $S_f$  una grandezza direzionale e assicura che le forze di attrito si oppongano sempre al moto.

Sostituendo l'espressione della categoria [4] nella [3] ed esprimendo il tutto alle differenze finite:

$$Q_{t+\Delta t} = Q_t - \frac{k\Delta t}{R^{4/3}} |V_t| Q_{t+\Delta t} + 2V \left( \frac{\Delta A}{\Delta t} \right)_t \Delta t + V^2 \frac{A_2 - A_t}{L} \Delta t - gA \frac{H_2 - H_1}{L} \Delta t \quad [5]$$

ove:

$\Delta t$  passo di calcolo;

$L$  lunghezza del condotto.

Risolvendo la [5] in  $Q_{t+\Delta t}$  si ottiene la forma finale alle differenze finite dell'equazione del moto:

$$Q_{t+\Delta t} = \frac{1}{1 + \frac{k\Delta t}{\bar{R}^{4/3} |\bar{V}|}} \left[ Q_t + 2\bar{V} \left( \frac{\Delta A}{\Delta t} \right)_t \Delta t + \bar{V}^2 \frac{A_2 - A_t}{L} \Delta t - g\bar{A} \frac{H_2 - H_1}{L} \Delta t \right] \quad [6]$$

Nella [6]  $\bar{V}$ ,  $\bar{R}$  ed  $\bar{A}$  sono medie pesate dei valori alla fine del condotto al tempo  $t$  e  $\left( \frac{\Delta A}{\Delta t} \right)_t$  è calcolata al passo temporale precedente.

Le incognite nella [1] sono  $Q_{t+\Delta t}$ ,  $H_2$  e  $H_1$ . Le variabili  $\bar{V}$ ,  $\bar{R}$  ed  $\bar{A}$  possono essere espresse in funzione di  $Q$  e  $H$ ; si rende comunque necessaria un'ulteriore equazione da mettere a sistema con la [6] che può essere ottenuta scrivendo l'equazione di continuità al nodo.

$$\left( \frac{\partial H}{\partial t} \right)_t = \left( \frac{\sum Q_t}{A_t} \right)_t \quad [7]$$

o alle differenze finite:

$$H_{t+\Delta t} = H_t + \left( \frac{\sum Q_t \Delta t}{A_t} \right)_t \quad [8]$$

ove  $A_s$  è l'area della superficie libera al nodo.

## A.2.2. Soluzione numerica

### A.2.2.1. Modulo Extran

Le equazioni [6] e [8] possono essere risolte sequenzialmente per determinare la portata in ogni ramo e il carico idraulico in ogni nodo ad ogni passo di calcolo  $\Delta t$ . La loro integrazione numerica è in questo caso

effettuata mediante il “metodo di Eulero modificato”. Le prime tre operazioni del metodo calcolano il valore

$\frac{\partial Q}{\partial t}$  in corrispondenza di un passo temporale intermedio. Si assume, in pratica, che la pendenza  $\frac{\partial Q}{\partial t}$  all'istante

$t + \frac{\Delta t}{2}$  sia la pendenza media durante l'intervallo  $\Delta t$ .

Si noti che la determinazione del carico idraulico in un generico nodo al passo di calcolo intermedio richiede la determinazione della portata al medesimo passo di calcolo intero richiede il valore della portata allo stesso passo  $t + \Delta t$  in tutti i rami collegati. In aggiunta, anche gli afflussi e i deflussi da ciascun nodo mediante sfioratori, pompe ed organi idraulici in genere vanno determinati ad entrambi i passi di calcolo, intermedio e intero.

La sequenza dei calcoli di portata nei rami e di carico idraulico nei nodi si può quindi riassumere così:

1. Calcolo della portata nei rami al passo intermedio  $t + \frac{\Delta t}{2}$  basandosi sui valori di carico idraulico nei nodi collegati al passo di calcolo intero precedente.
2. Calcolo dei flussi attraverso pompe e sfioratori al passo intermedio  $t + \frac{\Delta t}{2}$  basandosi sui valori di carico idraulico nei nodi collegati da tali organi al passo di calcolo intero precedente.
3. Calcolo del carico idraulico nei nodi al passo intermedio  $t + \frac{\Delta t}{2}$  basandosi sul valor medio delle portate nei rami collegati al passo di calcolo intero precedente e al corrente passo di calcolo intermedio più i flussi attraverso pompe e sfioratori al corrente passo di calcolo intermedio.
4. Calcolo della portata nei rami al passo di calcolo intero  $t + \Delta t$  basandosi sui valori di carico idraulico nei nodi collegati al passo di calcolo intermedio.
5. Calcolo dei flussi attraverso pompe e sfioratori al passo di calcolo intero  $t + \Delta t$  basandosi sui valori di carico idraulico nei nodi collegati da tali organi al passo di calcolo intermedio.
6. Calcolo del carico idraulico nei nodi al passo di calcolo intero  $t + \Delta t$  basandosi sul valor medio delle portate nei rami collegati al passo di calcolo intero precedente e al corrente passo di calcolo intero più i flussi attraverso pompe e sfioratori al corrente passo di calcolo intero.

## **ALLEGATO N. 3**

### **CANALE SCOLMATORE DI TRINO**

#### **Profili di moto permanente**

##### **Portata di progetto:**

**Sez.81.1: 24 m<sup>3</sup>/s**

**Sez.65.17: 25 m<sup>3</sup>/s**

**Sez.44.38: 33 m<sup>3</sup>/s**

**Simulazione con condizione al contorno:**

**livello idrico piena di riferimento pari a 127.00 m s.l.m.m.**

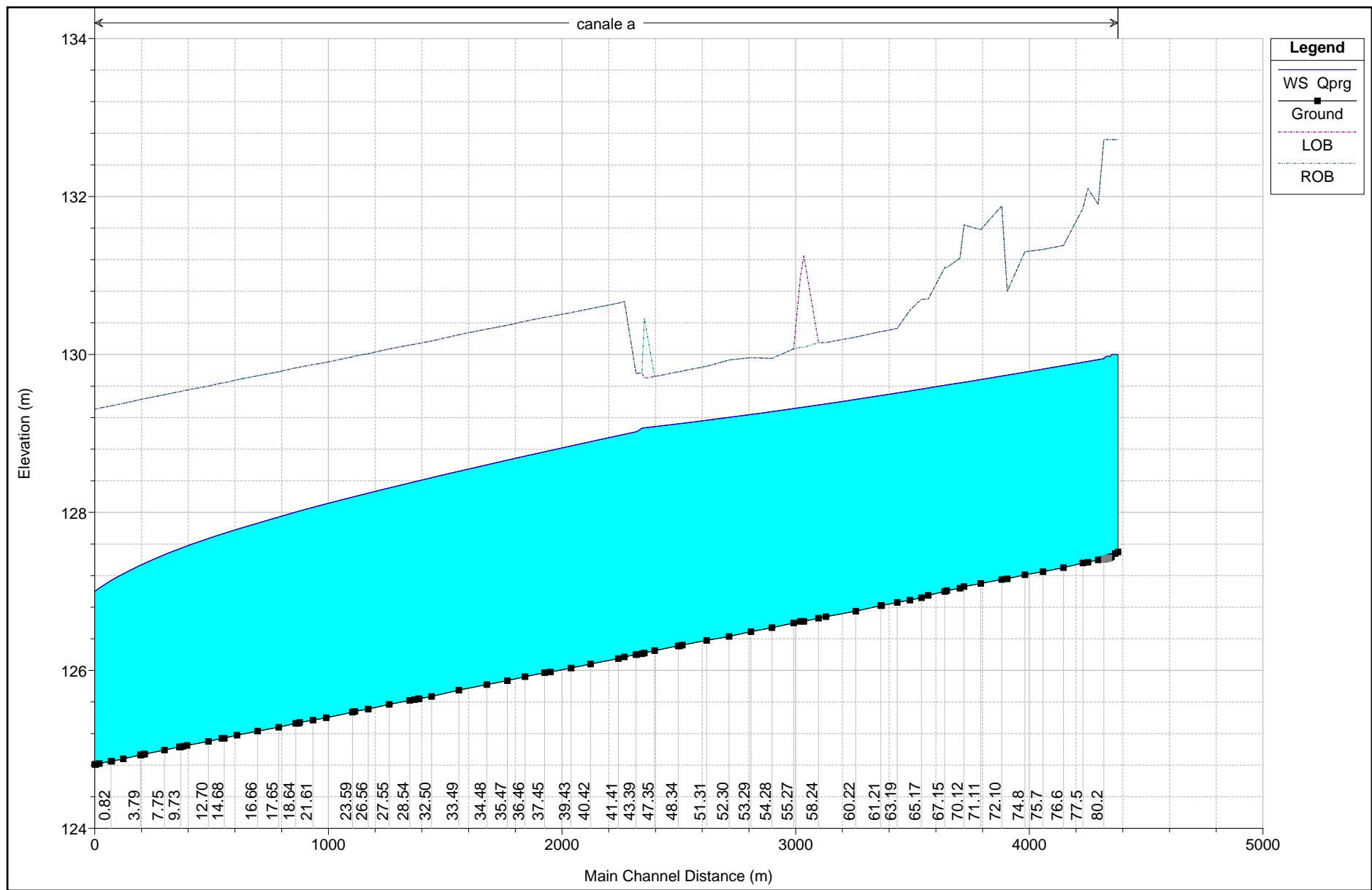
#### **Tabelle di calcolo idraulico**

Arrivo: AOO A1800A, N. Prot. 00011493 del 05/03/2024

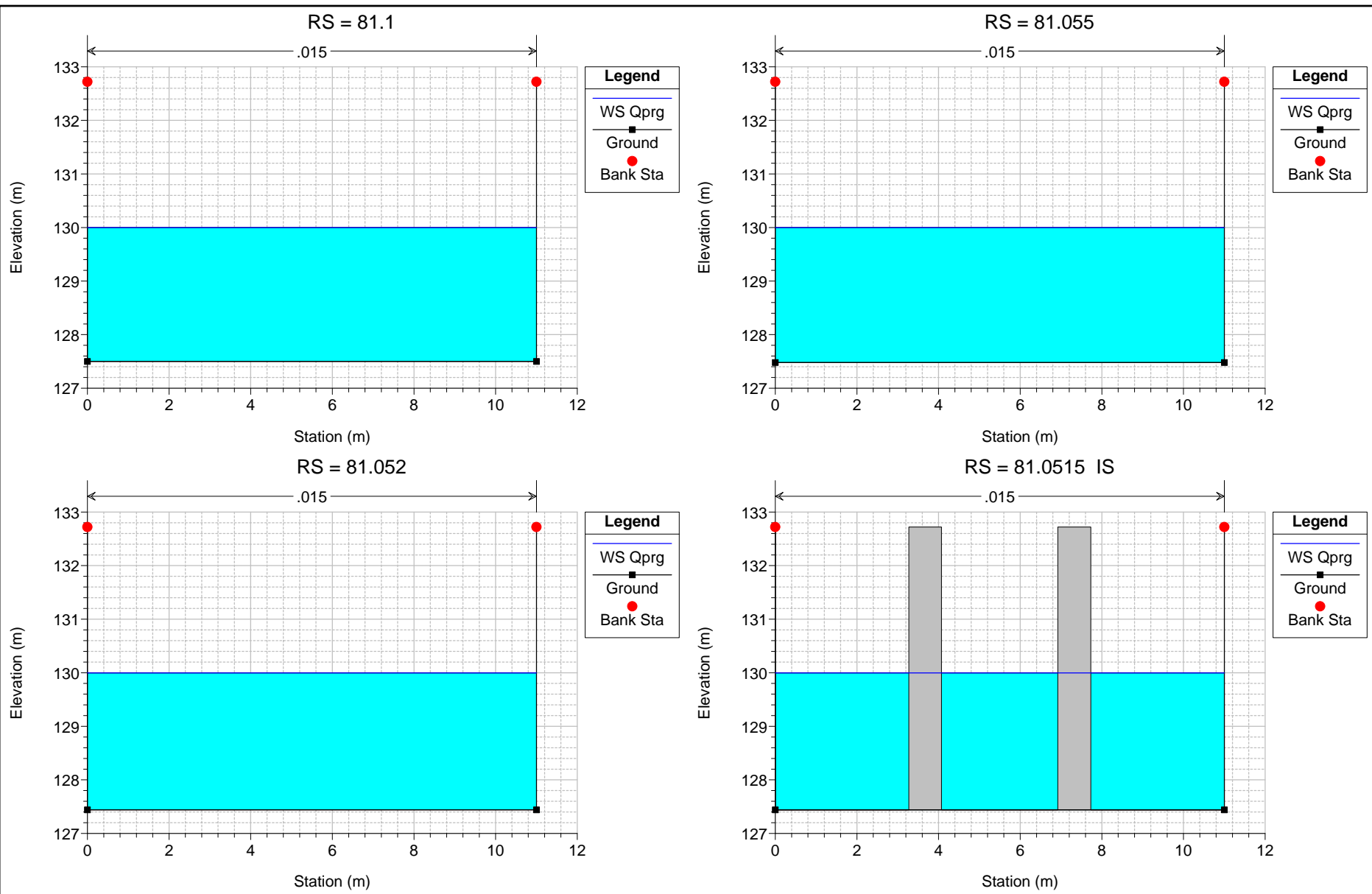
HEC-RAS Plan: scolmatore t River: canale Reach: a Profile: Qprg												
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
a	81.1	Qprg	24.00	127.50	130.00		130.04	0.000083	0.87	27.48	11.00	0.18
a	81.055	Qprg	24.00	127.48	130.00		130.04	0.000081	0.87	27.70	11.00	0.17
a	81.052	Qprg	24.00	127.44	130.00	128.22	130.03	0.000078	0.85	28.13	11.00	0.17
a	81.0515		Inl Struct									
a	81.051	Qprg	24.00	127.43	129.97		130.01	0.000079	0.86	27.99	11.00	0.17
a	80.52	Qprg	24.00	127.43	129.97		130.01	0.000315	0.86	28.02	11.00	0.17
a	80.518*	Qprg	24.00	127.42	129.98		130.01	0.000256	0.80	30.05	11.91	0.16
a	80.517*	Qprg	24.00	127.42	129.98		130.01	0.000225	0.76	31.52	12.83	0.16
a	80.515*	Qprg	24.00	127.42	129.98		130.01	0.000210	0.74	32.43	13.74	0.15
a	80.513*	Qprg	24.00	127.42	129.98		130.01	0.000208	0.73	32.80	14.66	0.16
a	80.512*	Qprg	24.00	127.42	129.98		130.01	0.000218	0.74	32.59	15.57	0.16
a	80.51	Qprg	24.00	127.42	129.98		130.01	0.000241	0.75	31.83	16.49	0.17
a	80.458*	Qprg	24.00	127.41	129.97		130.00	0.000274	0.78	30.74	16.99	0.19
a	80.407*	Qprg	24.00	127.41	129.97		130.00	0.000309	0.81	29.46	16.78	0.20
a	80.355*	Qprg	24.00	127.41	129.97		130.00	0.000348	0.85	28.14	16.34	0.21
a	80.303*	Qprg	24.00	127.41	129.96		130.00	0.000395	0.90	26.78	15.88	0.22
a	80.252*	Qprg	24.00	127.41	129.95		130.00	0.000454	0.95	25.39	15.40	0.24
a	80.2	Qprg	24.00	127.41	129.95		130.00	0.000527	1.00	23.97	14.89	0.25
a	79.3	Qprg	24.00	127.40	129.93		129.99	0.000532	1.01	23.87	14.84	0.25
a	78.4	Qprg	24.00	127.37	129.91		129.96	0.000524	1.00	24.01	14.90	0.25
a	77.5	Qprg	24.00	127.36	129.90		129.95	0.000495	0.97	24.74	15.46	0.24
a	76.6	Qprg	24.00	127.30	129.86		129.91	0.000509	0.99	24.28	14.98	0.25
a	75.7	Qprg	24.00	127.25	129.81		129.86	0.000504	0.98	24.37	15.01	0.25
a	74.8	Qprg	24.00	127.21	129.78		129.83	0.000505	0.99	24.35	14.98	0.25
a	73.9	Qprg	24.00	127.16	129.74		129.79	0.000493	0.98	24.56	15.05	0.24
a	72.10	Qprg	24.00	127.15	129.73		129.78	0.000495	0.98	24.54	15.05	0.24
a	71.11	Qprg	24.00	127.10	129.68		129.73	0.000490	0.97	24.63	15.07	0.24
a	70.12	Qprg	24.00	127.06	129.65		129.70	0.000485	0.97	24.72	15.10	0.24
a	69.13	Qprg	24.00	127.04	129.64		129.69	0.000476	0.96	24.89	15.15	0.24
a	68.14	Qprg	24.00	127.01	129.61		129.66	0.000471	0.96	25.00	15.20	0.24
a	67.15	Qprg	24.00	127.00	129.61		129.66	0.000467	0.96	25.08	15.22	0.24
a	66.16	Qprg	24.00	126.95	129.58		129.62	0.000454	0.95	25.32	15.27	0.24
a	65.17	Qprg	25.00	126.92	129.56		129.61	0.000483	0.98	25.53	15.33	0.24
a	64.18	Qprg	25.00	126.89	129.54		129.59	0.000477	0.97	25.65	15.38	0.24
a	63.19	Qprg	25.00	126.86	129.51		129.56	0.000474	0.97	25.70	15.39	0.24
a	62.20	Qprg	25.00	126.82	129.48		129.53	0.000467	0.97	25.84	15.42	0.24
a	61.21	Qprg	25.00	126.82	129.48		129.53	0.000468	0.97	25.82	15.42	0.24
a	60.22	Qprg	25.00	126.75	129.43		129.48	0.000453	0.96	26.14	15.51	0.24
a	59.23	Qprg	25.00	126.68	129.37		129.42	0.000443	0.95	26.36	15.57	0.23
a	58.24	Qprg	25.00	126.66	129.36		129.41	0.000442	0.95	26.36	15.53	0.23
a	57.25	Qprg	25.00	126.62	129.33		129.38	0.000430	0.94	26.65	15.65	0.23
a	56.26	Qprg	25.00	126.62	129.33		129.37	0.000435	0.94	26.53	15.61	0.23
a	55.27	Qprg	25.00	126.60	129.31		129.36	0.000429	0.94	26.67	15.65	0.23
a	54.28	Qprg	25.00	126.54	129.28		129.32	0.000406	0.92	27.31	15.96	0.22
a	53.29	Qprg	25.00	126.49	129.24		129.28	0.000405	0.92	27.24	15.81	0.22
a	52.30	Qprg	25.00	126.43	129.20		129.25	0.000395	0.91	27.46	15.80	0.22
a	51.31	Qprg	25.00	126.38	129.17		129.21	0.000383	0.90	27.81	15.96	0.22
a	50.32	Qprg	25.00	126.32	129.13		129.17	0.000371	0.89	28.16	16.06	0.21
a	49.33	Qprg	25.00	126.31	129.12		129.16	0.000367	0.88	28.26	16.08	0.21
a	48.34	Qprg	25.00	126.31	129.12		129.16	0.000369	0.89	28.21	16.07	0.21
a	47.35	Qprg	25.00	126.25	129.09		129.12	0.000355	0.87	28.60	16.18	0.21
a	46.36	Qprg	25.00	126.22	129.07		129.11	0.000348	0.87	28.82	16.22	0.21
a	45.37	Qprg	25.00	126.21	129.07		129.11	0.000344	0.86	28.93	16.25	0.21
a	44.38	Qprg	33.00	126.20	129.02		129.09	0.000632	1.16	28.38	16.11	0.28
a	43.39	Qprg	33.00	126.20	129.02		129.09	0.000634	1.16	28.34	16.10	0.28
a	42.40	Qprg	33.00	126.17	128.99		129.06	0.000636	1.17	28.31	16.09	0.28
a	41.41	Qprg	33.00	126.15	128.97		129.04	0.000632	1.16	28.37	16.10	0.28
a	40.42	Qprg	33.00	126.08	128.90		128.97	0.000638	1.17	28.27	16.08	0.28
a	39.43	Qprg	33.00	126.03	128.84		128.91	0.000642	1.17	28.22	16.06	0.28
a	38.44	Qprg	33.00	125.98	128.78		128.86	0.000650	1.17	28.09	16.03	0.28
a	37.45	Qprg	33.00	125.97	128.77		128.84	0.000657	1.18	27.98	16.00	0.28
a	36.46	Qprg	33.00	125.92	128.71		128.78	0.000662	1.18	27.89	15.98	0.29
a	35.47	Qprg	33.00	125.87	128.66		128.73	0.000662	1.18	27.89	15.98	0.29
a	34.48	Qprg	33.00	125.82	128.60		128.67	0.000672	1.19	27.73	15.93	0.29
a	33.49	Qprg	33.00	125.75	128.52		128.59	0.000685	1.20	27.54	15.88	0.29
a	32.50	Qprg	33.00	125.67	128.44		128.51	0.000685	1.20	27.53	15.88	0.29
a	31.51	Qprg	33.00	125.64	128.40		128.48	0.000693	1.20	27.42	15.85	0.29
a	30.52	Qprg	33.00	125.64	128.40		128.47	0.000697	1.21	27.37	15.84	0.29
a	29.53	Qprg	33.00	125.63	128.39		128.46	0.000697	1.21	27.36	15.83	0.29
a	28.54	Qprg	33.00	125.62	128.37		128.45	0.000703	1.21	27.28	15.81	0.29
a	27.55	Qprg	33.00	125.57	128.31		128.39	0.000718	1.22	27.06	15.75	0.30
a	26.56	Qprg	33.00	125.51	128.24		128.32	0.000724	1.22	26.98	15.73	0.30
a	25.57	Qprg	33.00	125.48	128.20		128.28	0.000739	1.23	26.77	15.67	0.30
a	24.58	Qprg	33.00	125.48	128.20		128.28	0.000742	1.23	26.73	15.66	0.30
a	23.59	Qprg	33.00	125.47	128.19		128.27	0.000737	1.23	26.81	15.68	0.30
a	22.60	Qprg	33.00	125.40	128.11		128.19	0.000754	1.24	26.57	15.62	0.30
a	21.61	Qprg	33.00	125.37	128.06		128.14	0.000773	1.25	26.34	15.55	0.31
a	20.62	Qprg	33.00	125.34	128.02		128.10	0.000793	1.26	26.09	15.49	0.31
a	19.63	Qprg	33.00	125.33	128.01		128.09	0.000785	1.26	26.18	15.51	0.31
a	18.64	Qprg	33.00	125.33	128.00		128.09	0.000798	1.27	26.03	15.47	0.31
a	17.65	Qprg	33.00	125.28	127.94		128.03	0.000810	1.28	25.87	15.43	0.31
a	16.66	Qprg	33.00	125.23	127.87		127.95	0.000848	1.30	25.45	15.31	0.32
a	15.67	Qprg	33.00	125.18	127.79		127.87	0.000891	1.32	24.99	15.18	0.33
a	14.68	Qprg	33.00	125.14	127.74		127.83	0.000905	1.33	24.84	15.13	0.33
a	13.69	Qprg	33.00	125.14	127.73		127.82	0.000921	1.34	24.68	15.09	0.33
a	12.70	Qprg	33.00	125.10	127.67		127.76	0.000946	1.35	24.43	15.02	0.34
a	11.71	Qprg	33.00	125.05	127.57		127.67	0.001021	1.39	23.75	14.82	0.35

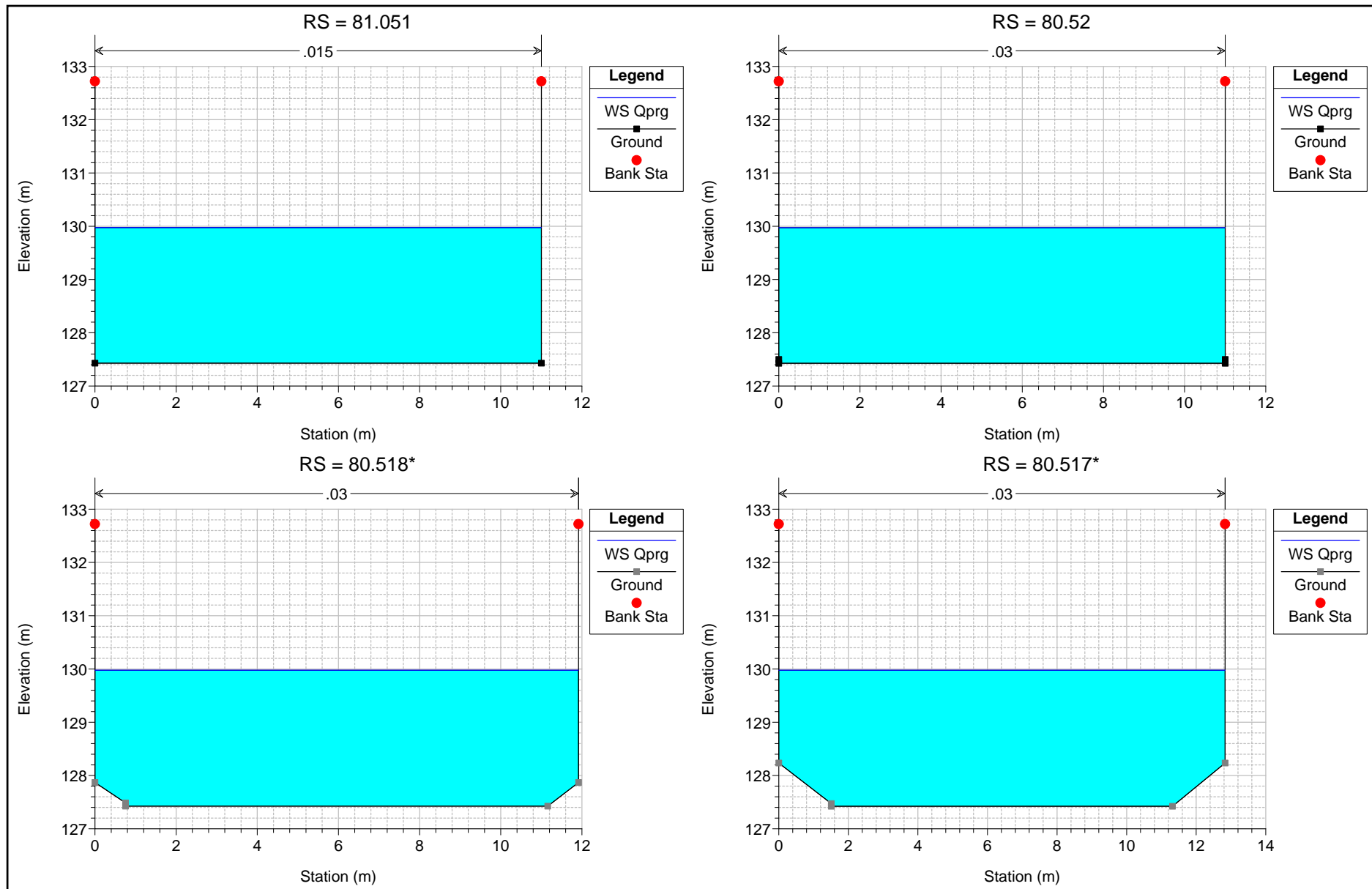
HEC-RAS Plan: scolmatore t River: canale Reach: a Profile: Qprg (Continued)

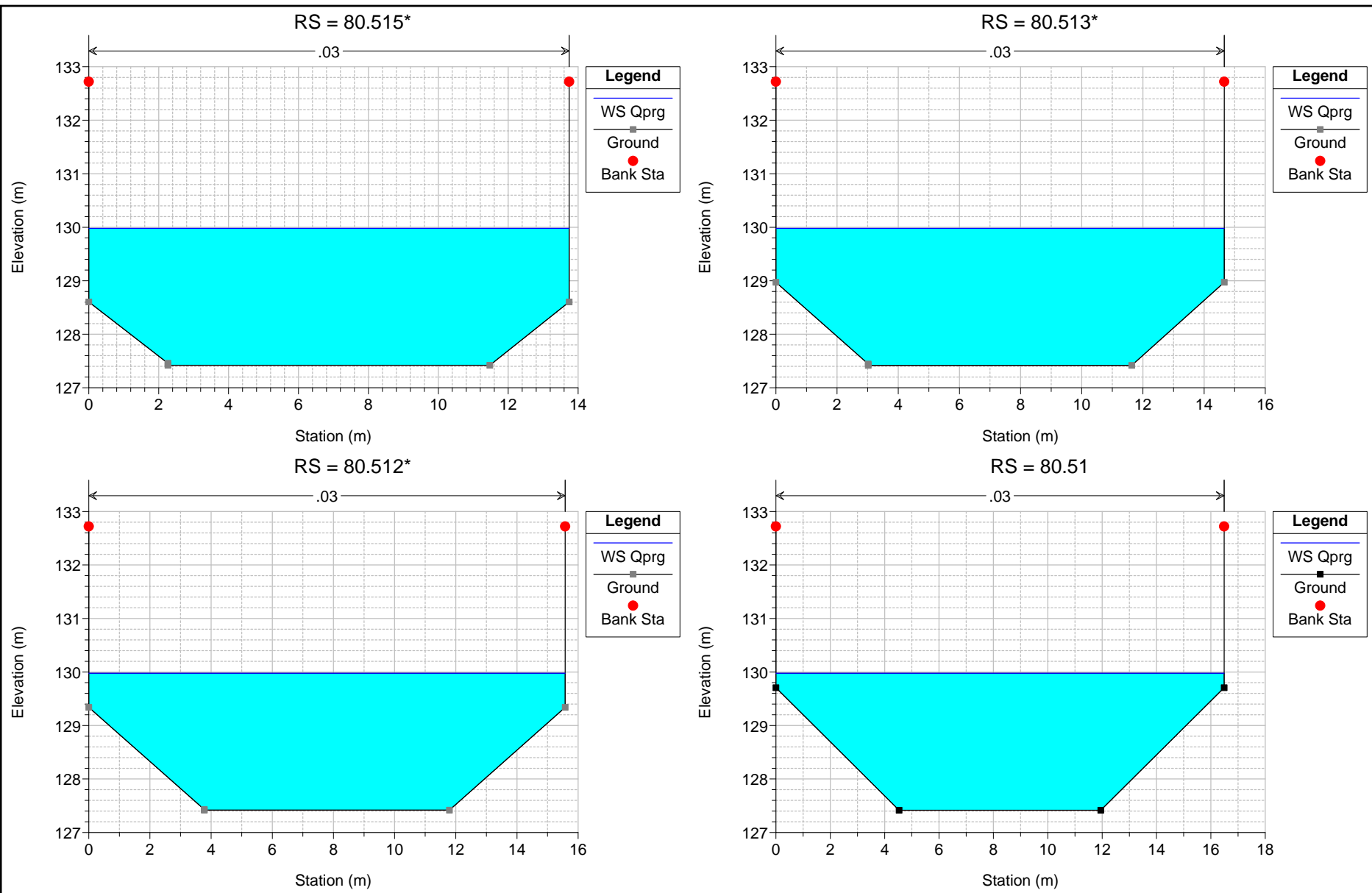
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
a	10.72	Qprg	33.00	125.04	127.55		127.65	0.001036	1.40	23.62	14.79	0.35
a	9.73	Qprg	33.00	125.03	127.55		127.64	0.001036	1.40	23.63	14.79	0.35
a	8.74	Qprg	33.00	125.03	127.54		127.64	0.001047	1.40	23.53	14.76	0.35
a	7.75	Qprg	33.00	124.99	127.46		127.57	0.001110	1.43	23.03	14.61	0.36
a	6.76	Qprg	33.00	124.94	127.36		127.47	0.001226	1.49	22.20	14.37	0.38
a	5.77	Qprg	33.00	124.94	127.35		127.47	0.001236	1.49	22.13	14.35	0.38
a	4.78	Qprg	33.00	124.93	127.34		127.45	0.001247	1.50	22.05	14.32	0.39
a	3.79	Qprg	33.00	124.93	127.33		127.45	0.001258	1.50	21.99	14.30	0.39
a	2.80	Qprg	33.00	124.88	127.23		127.35	0.001392	1.56	21.18	14.06	0.41
a	1.81	Qprg	33.00	124.85	127.14		127.28	0.001530	1.61	20.45	13.84	0.42
a	0.82	Qprg	33.00	124.85	127.14		127.27	0.001546	1.62	20.37	13.81	0.43
a	0.81	Qprg	33.00	124.82	127.04		127.19	0.001745	1.69	19.48	13.53	0.45
a	0.80	Qprg	33.00	124.81	127.01		127.16	0.001813	1.72	19.21	13.44	0.46
a	0.79	Qprg	33.00	124.81	127.00	126.27	127.15	0.001855	1.73	19.05	13.39	0.46

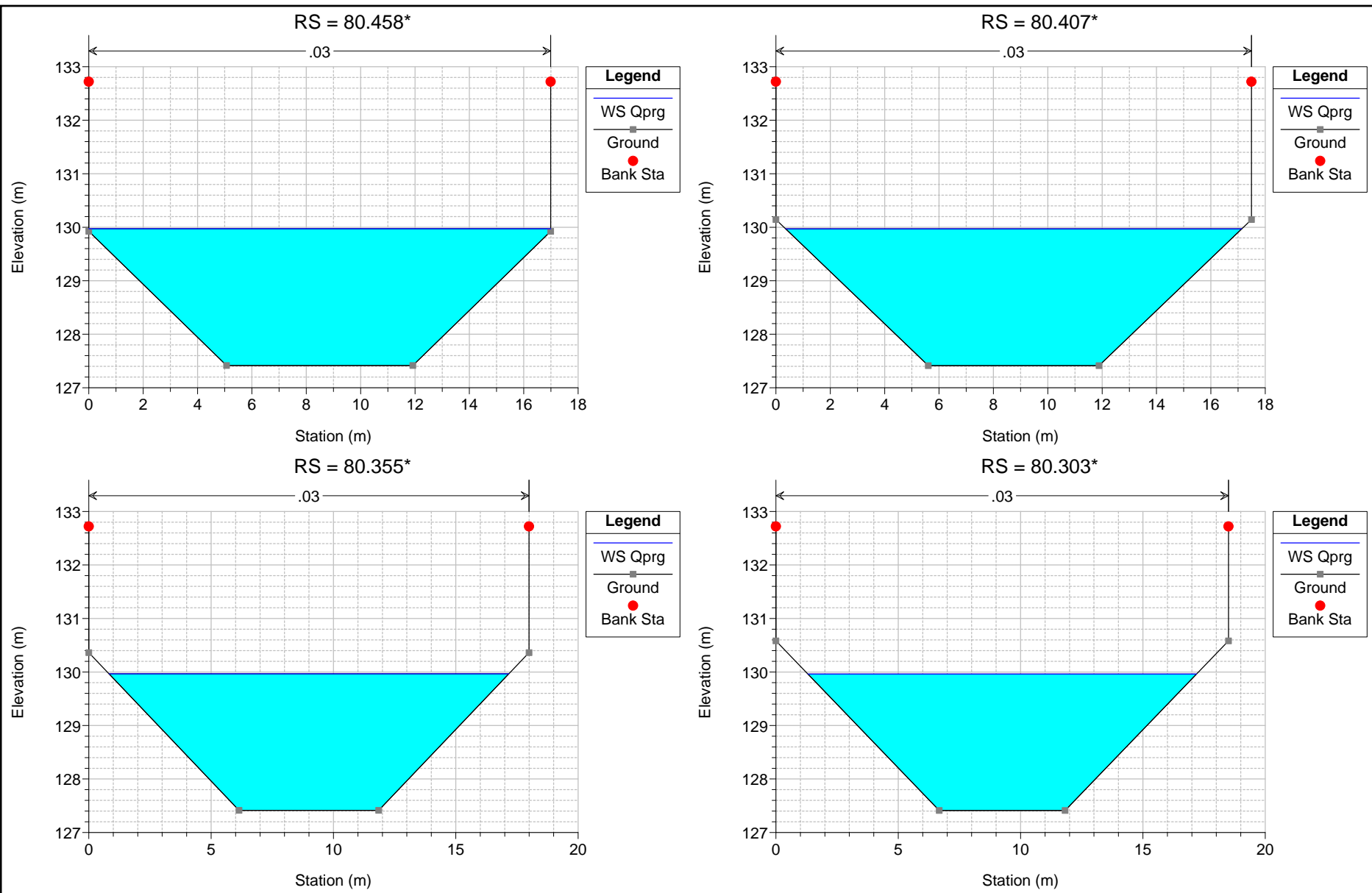


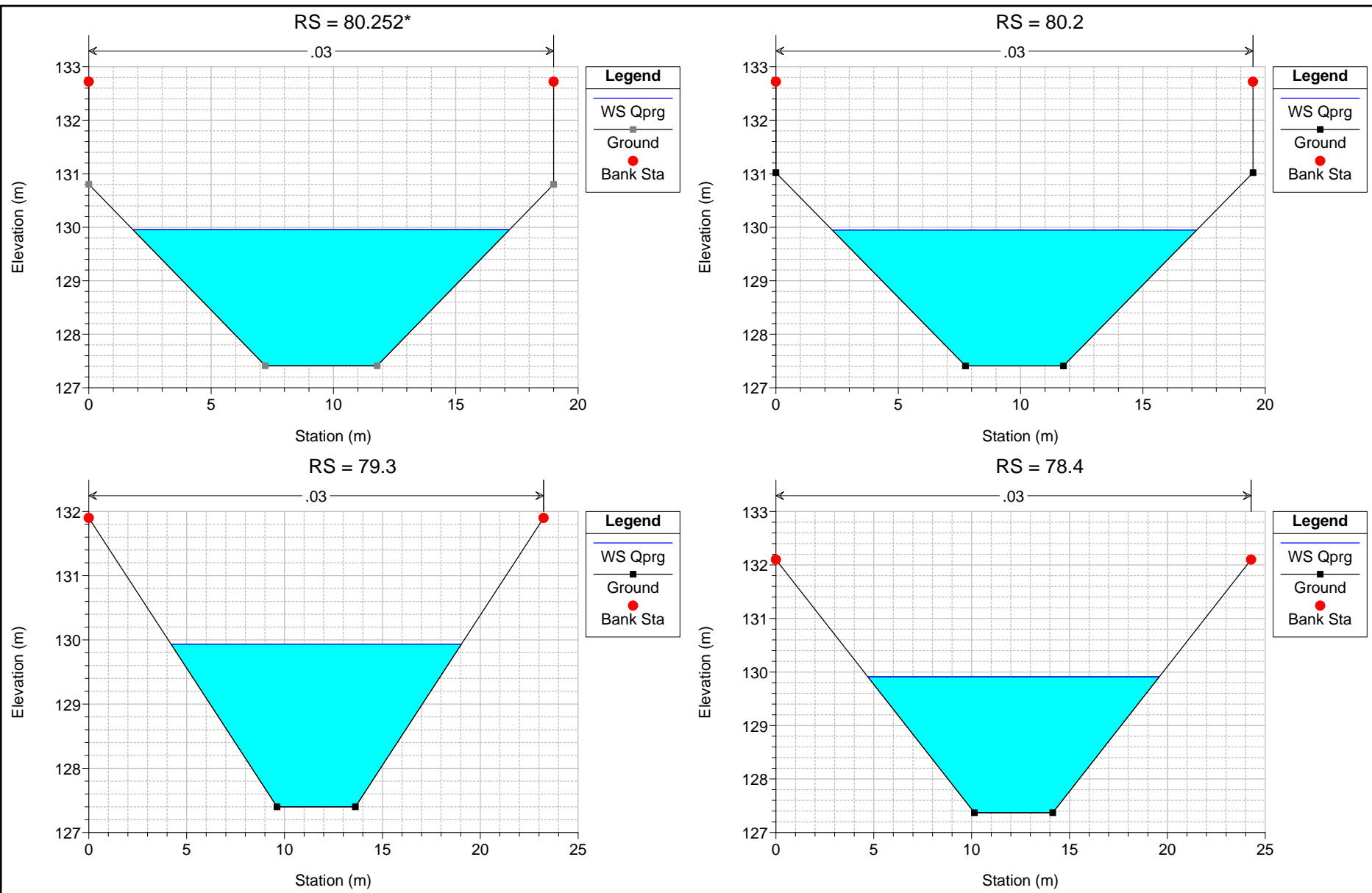


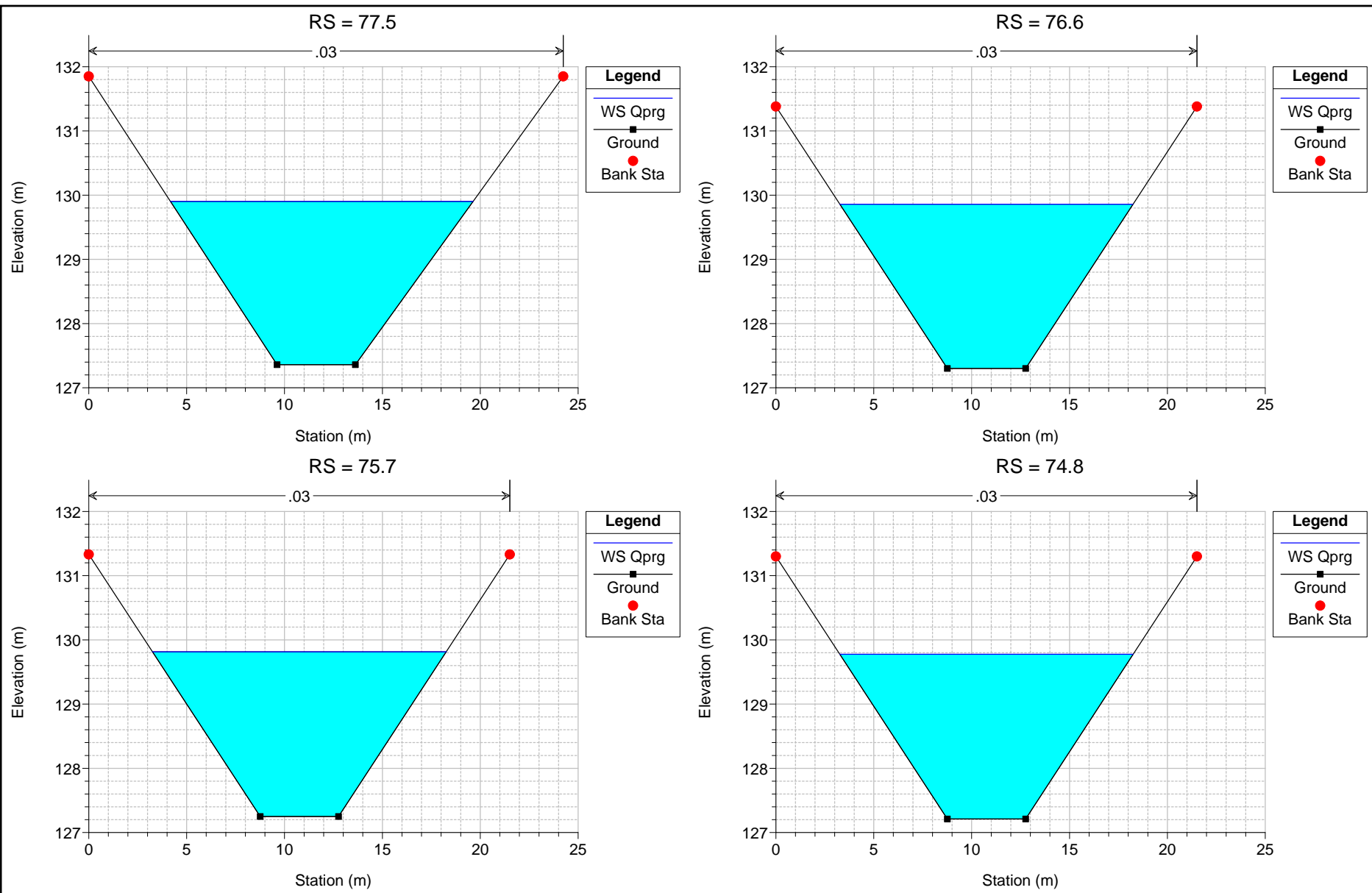


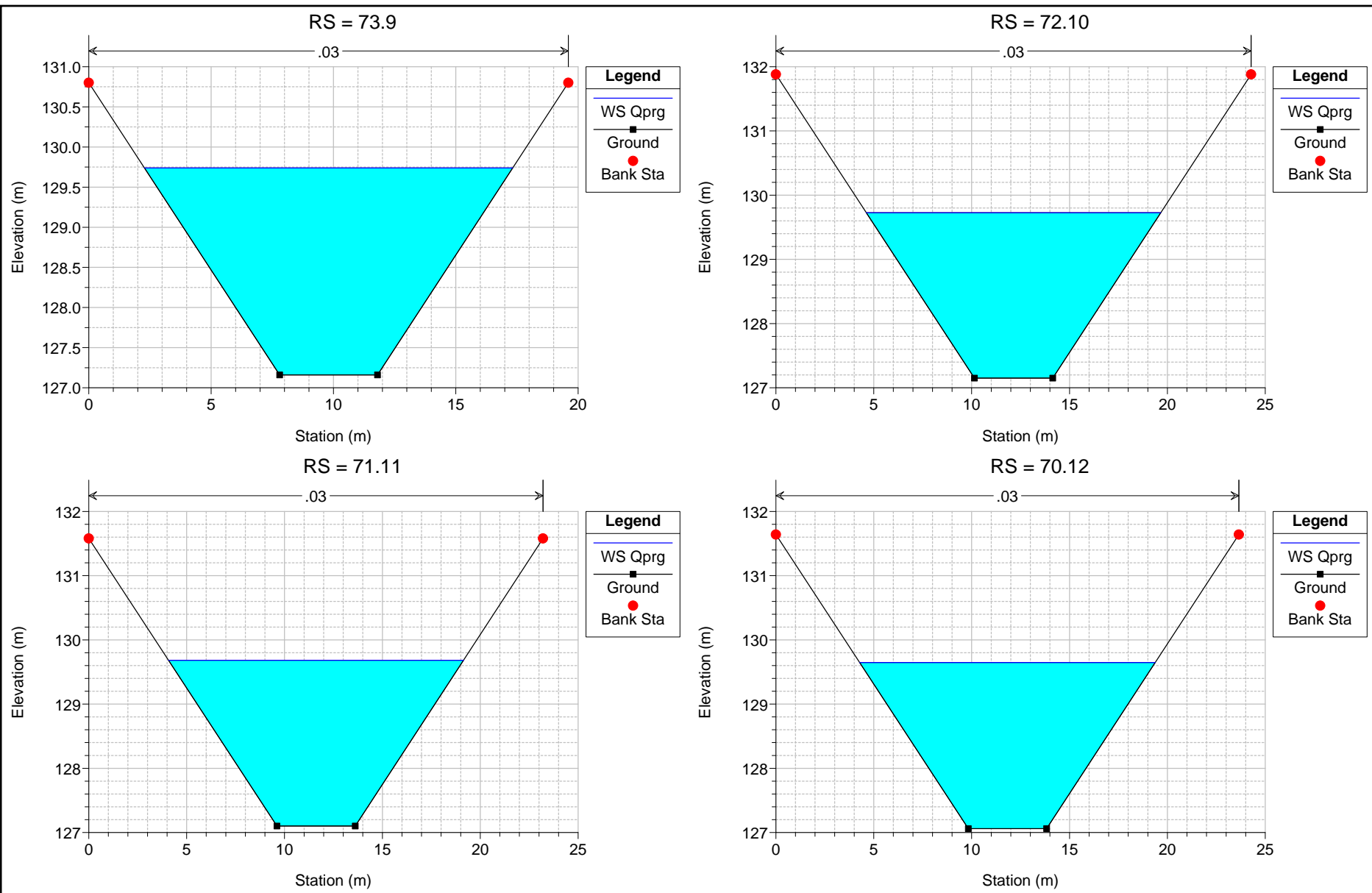


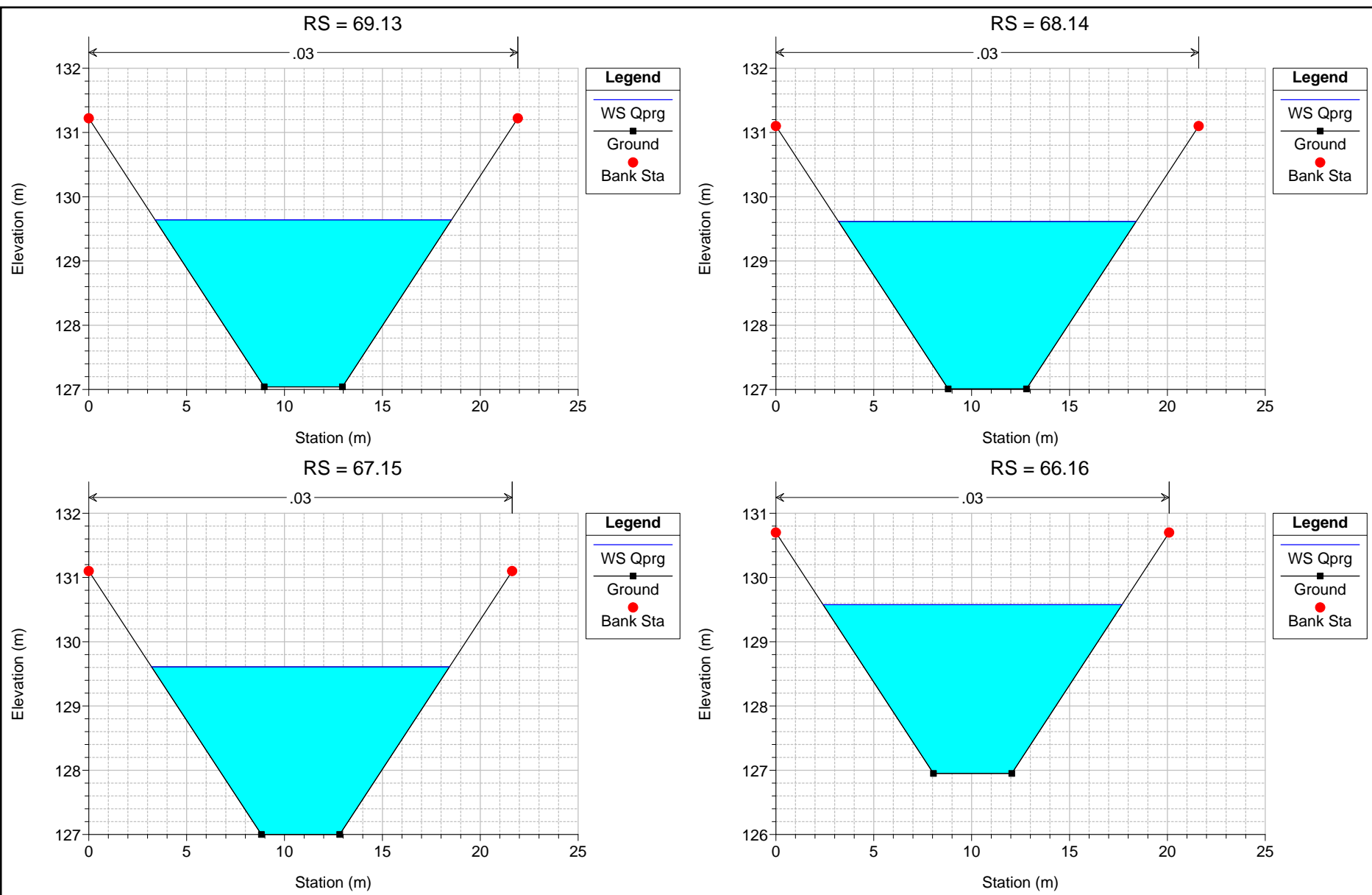




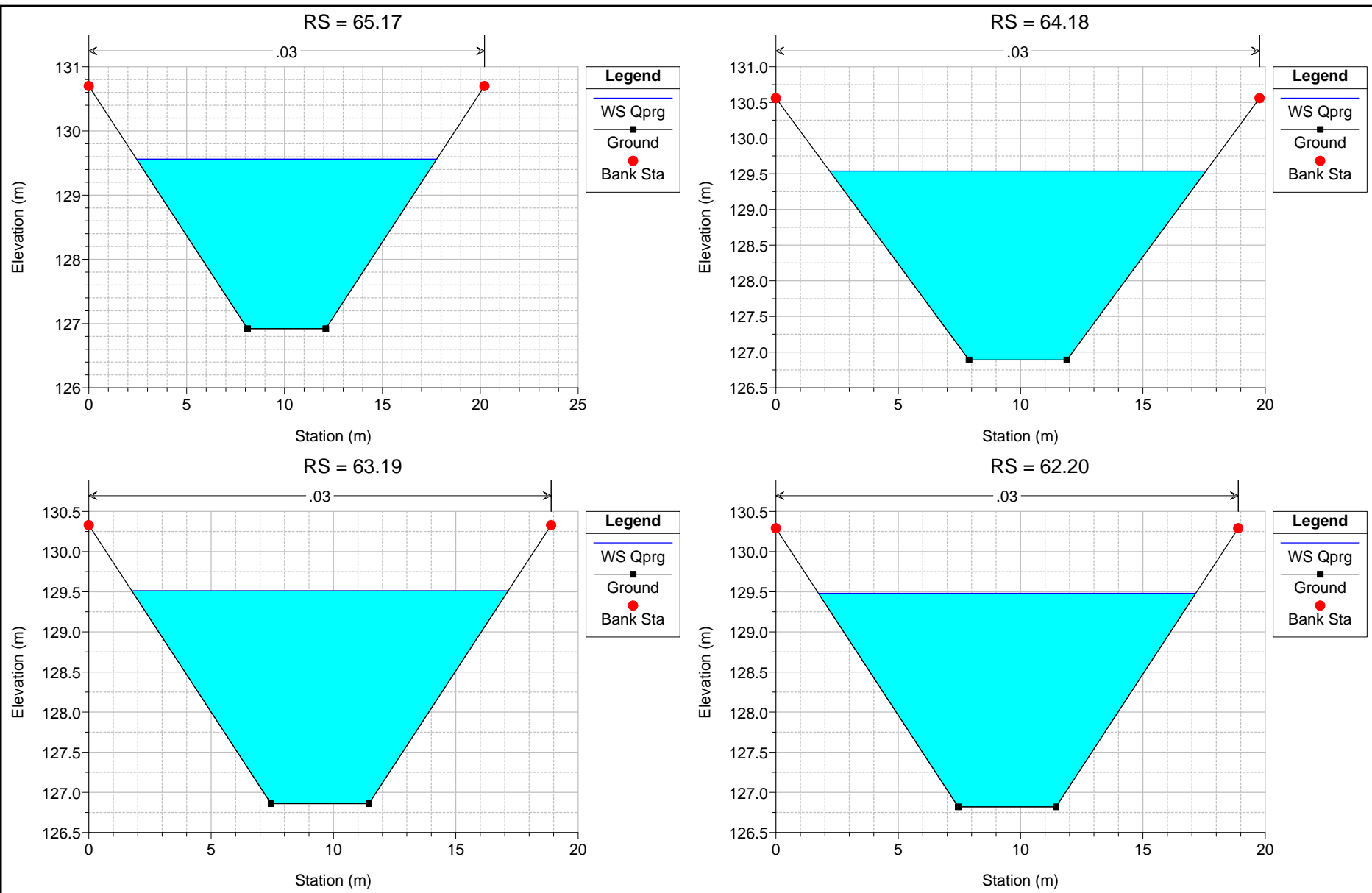


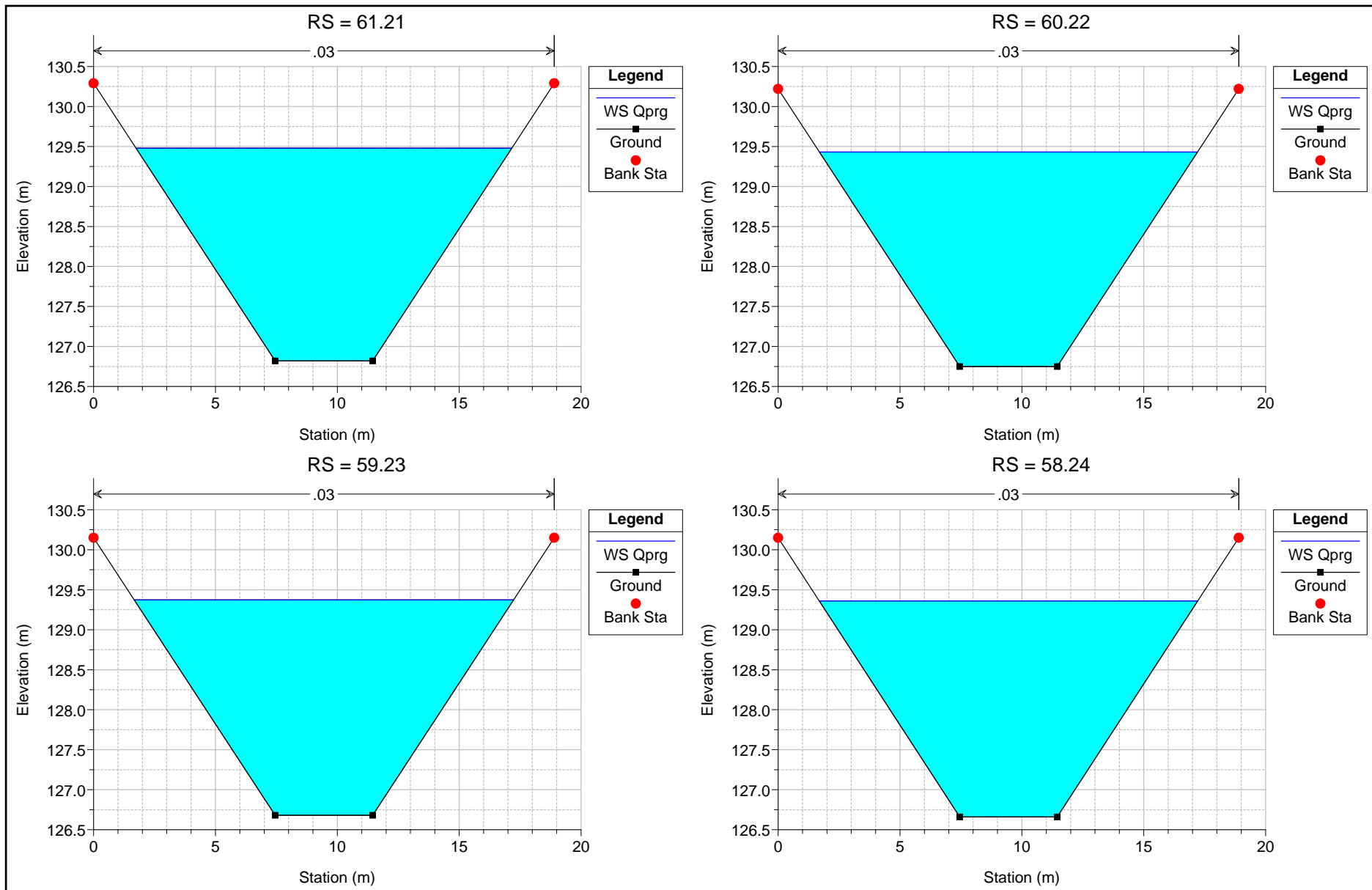


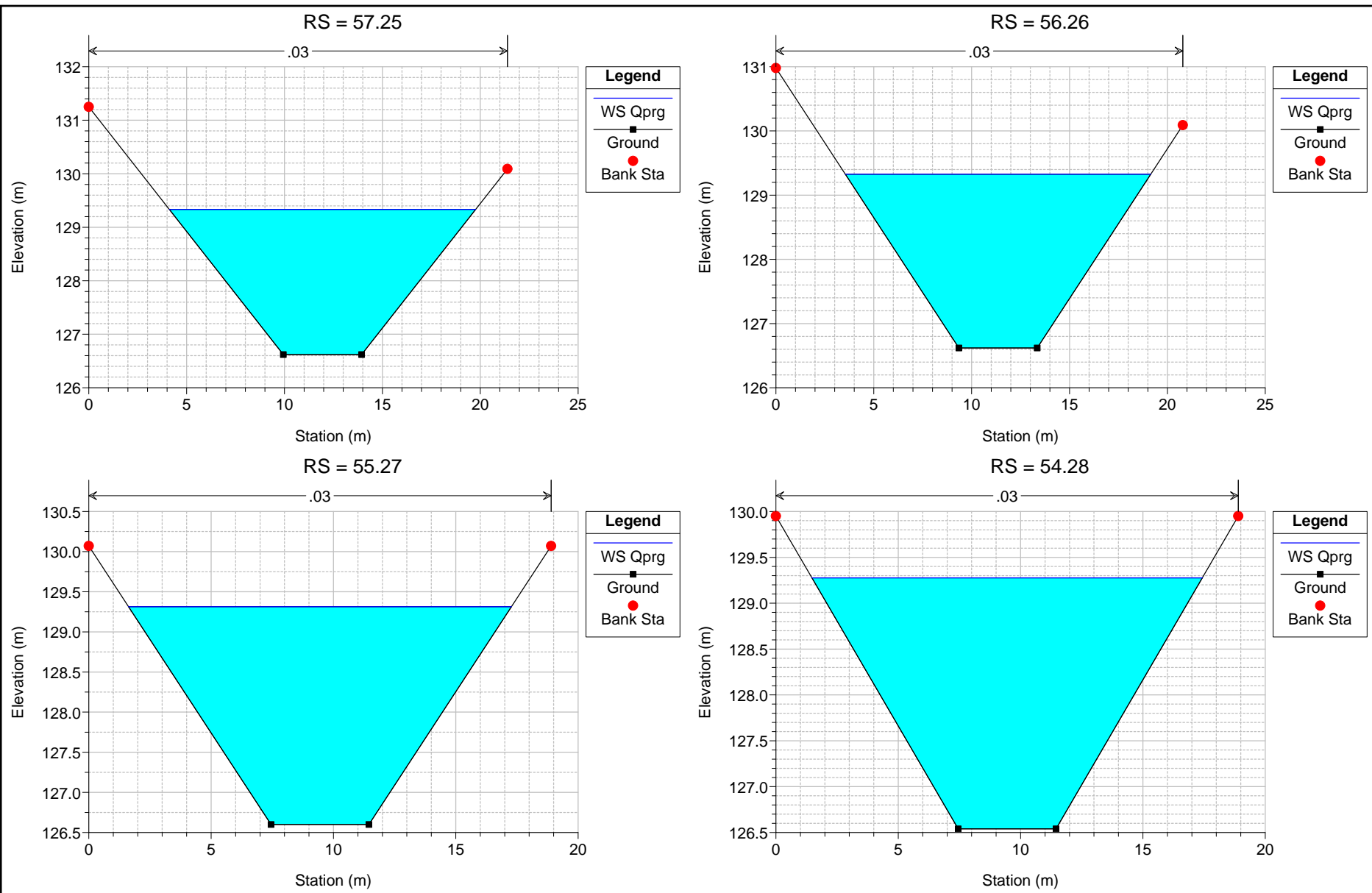


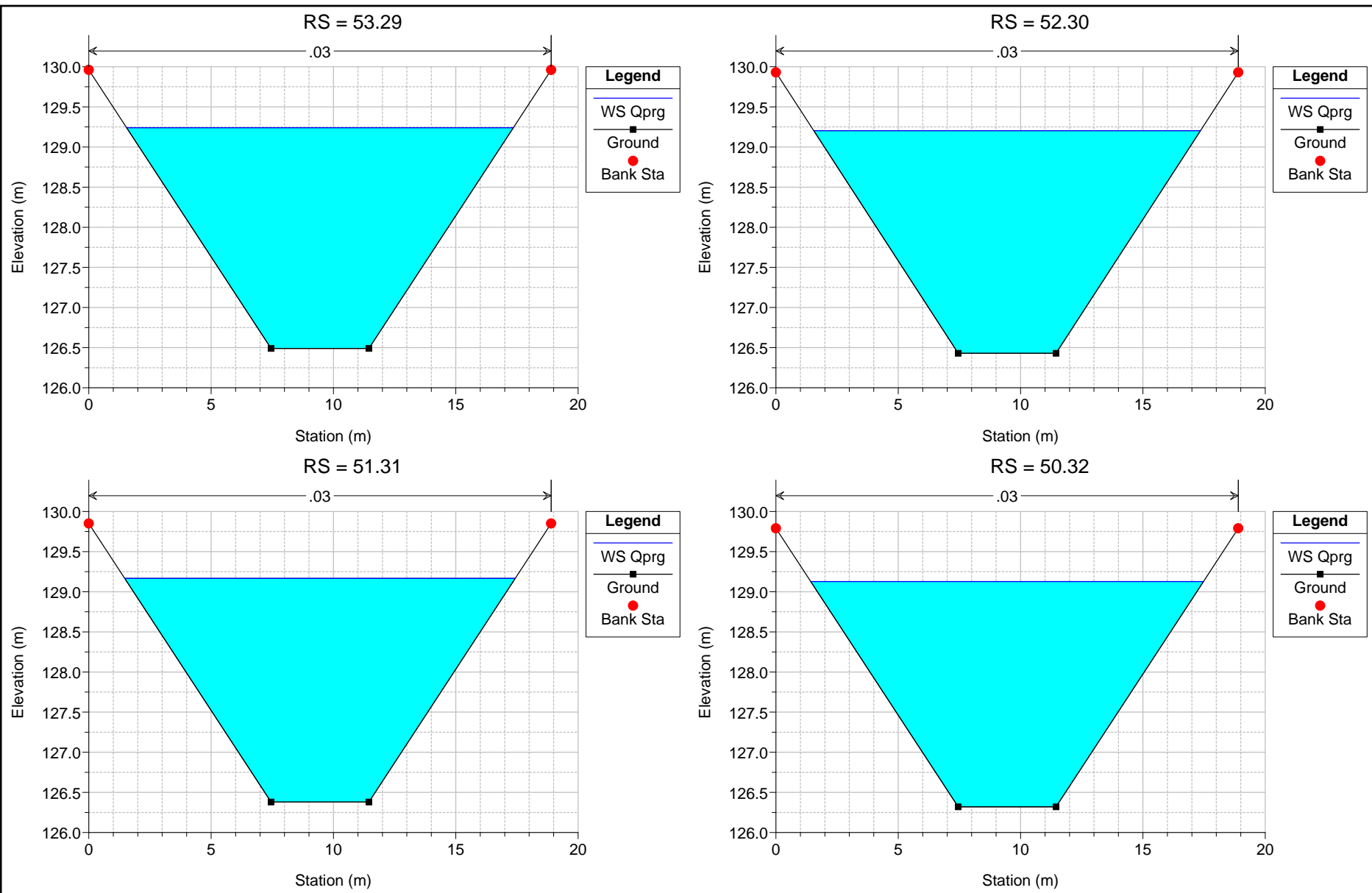


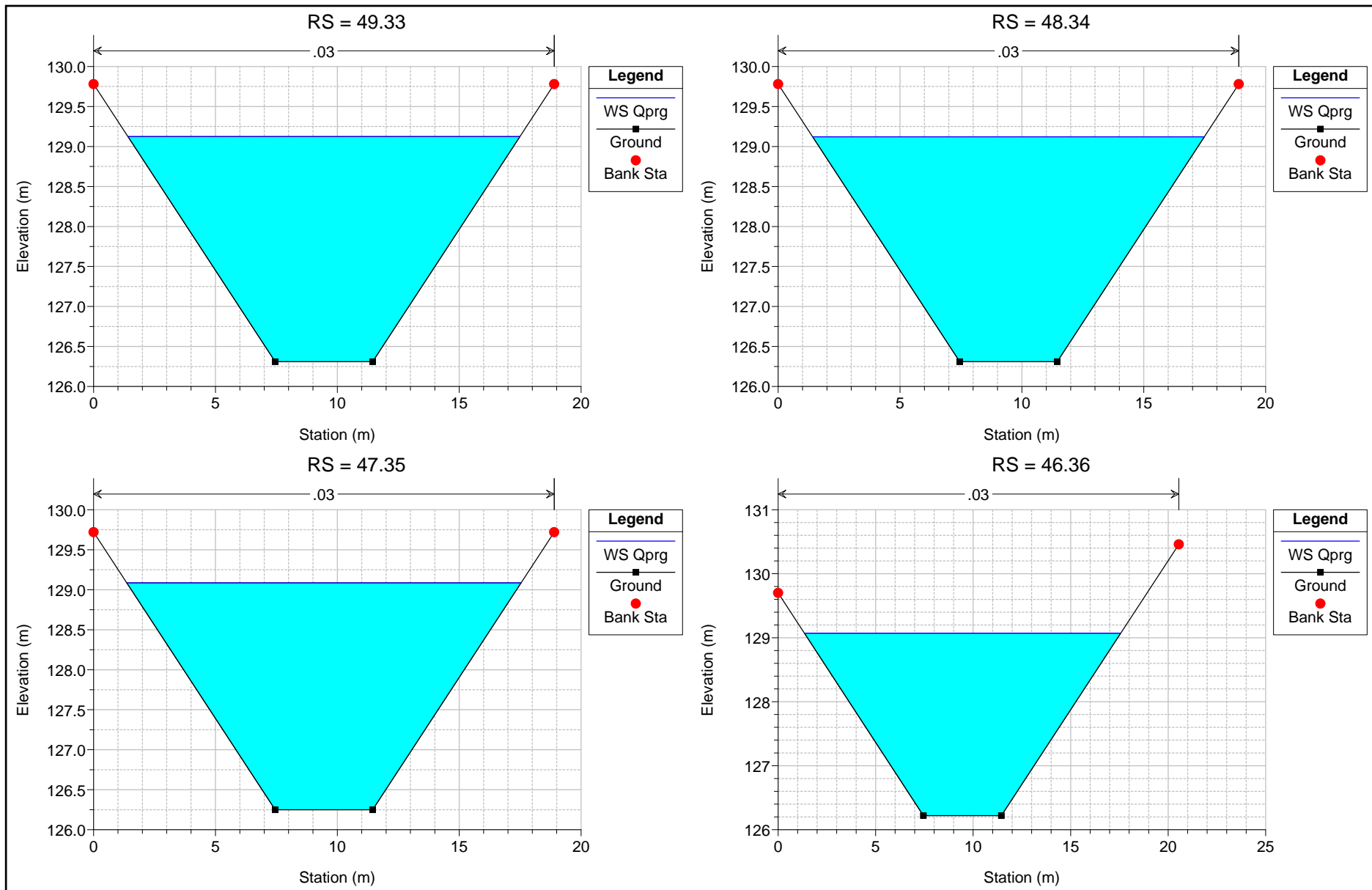


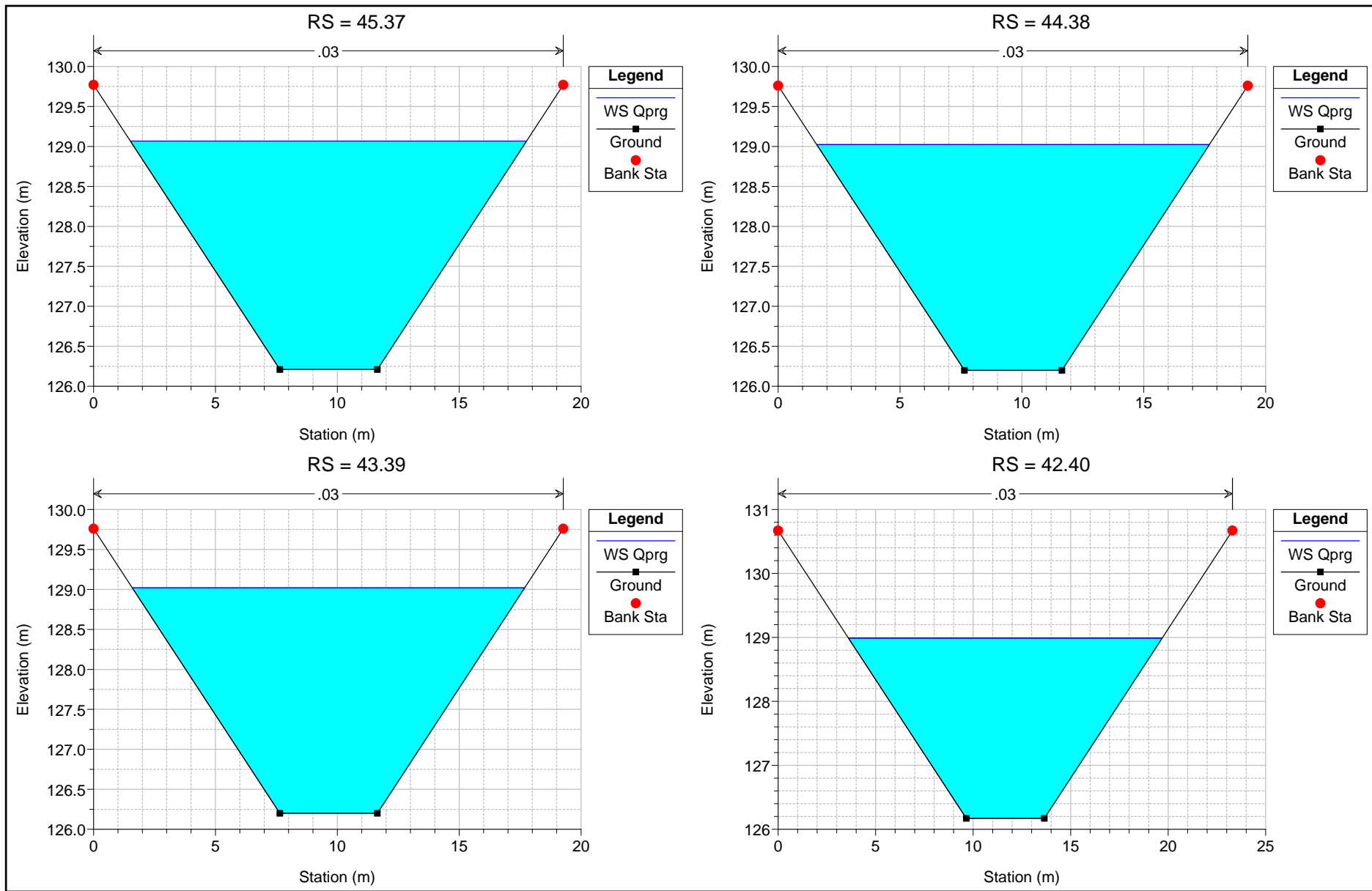


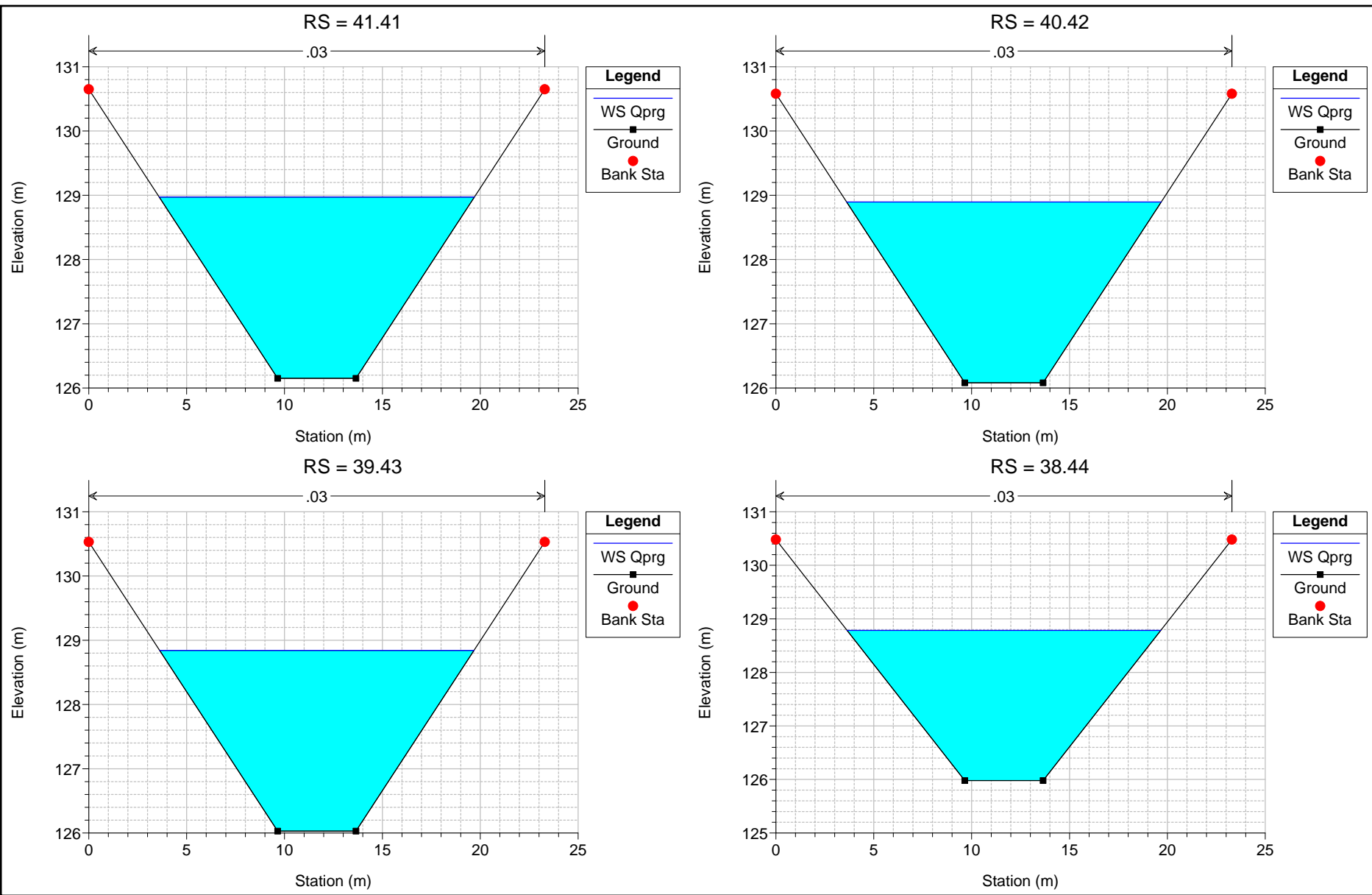


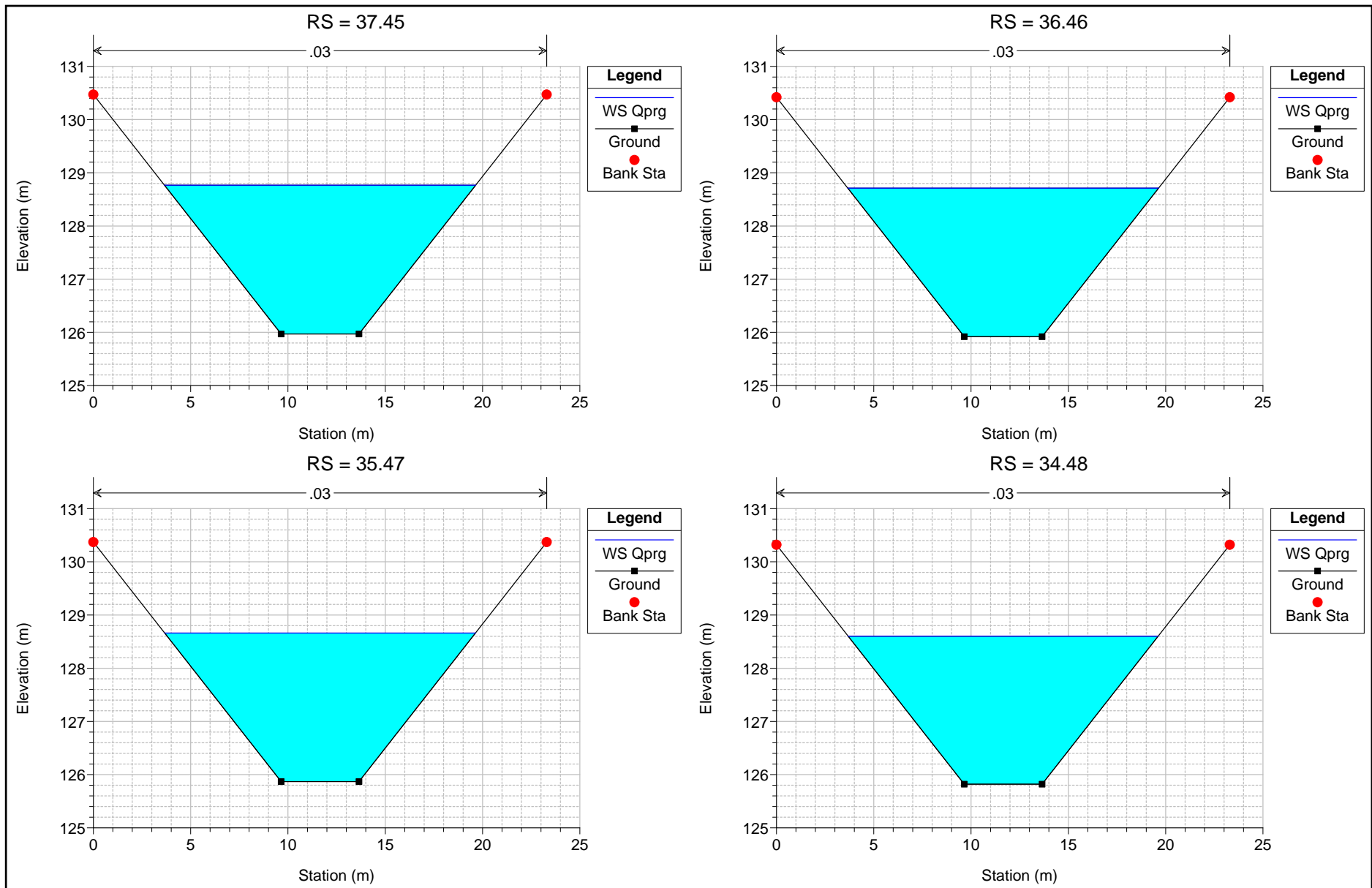




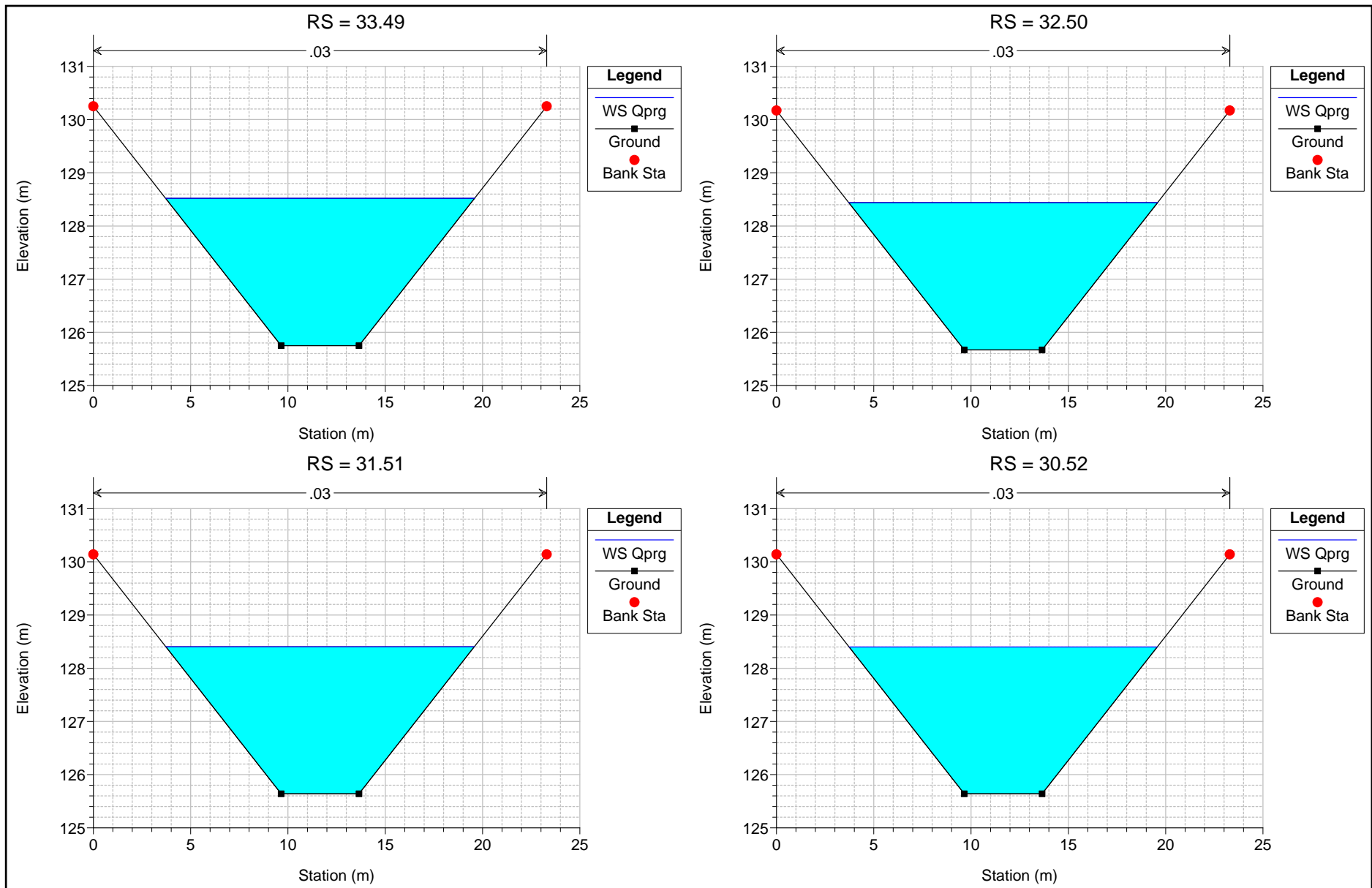


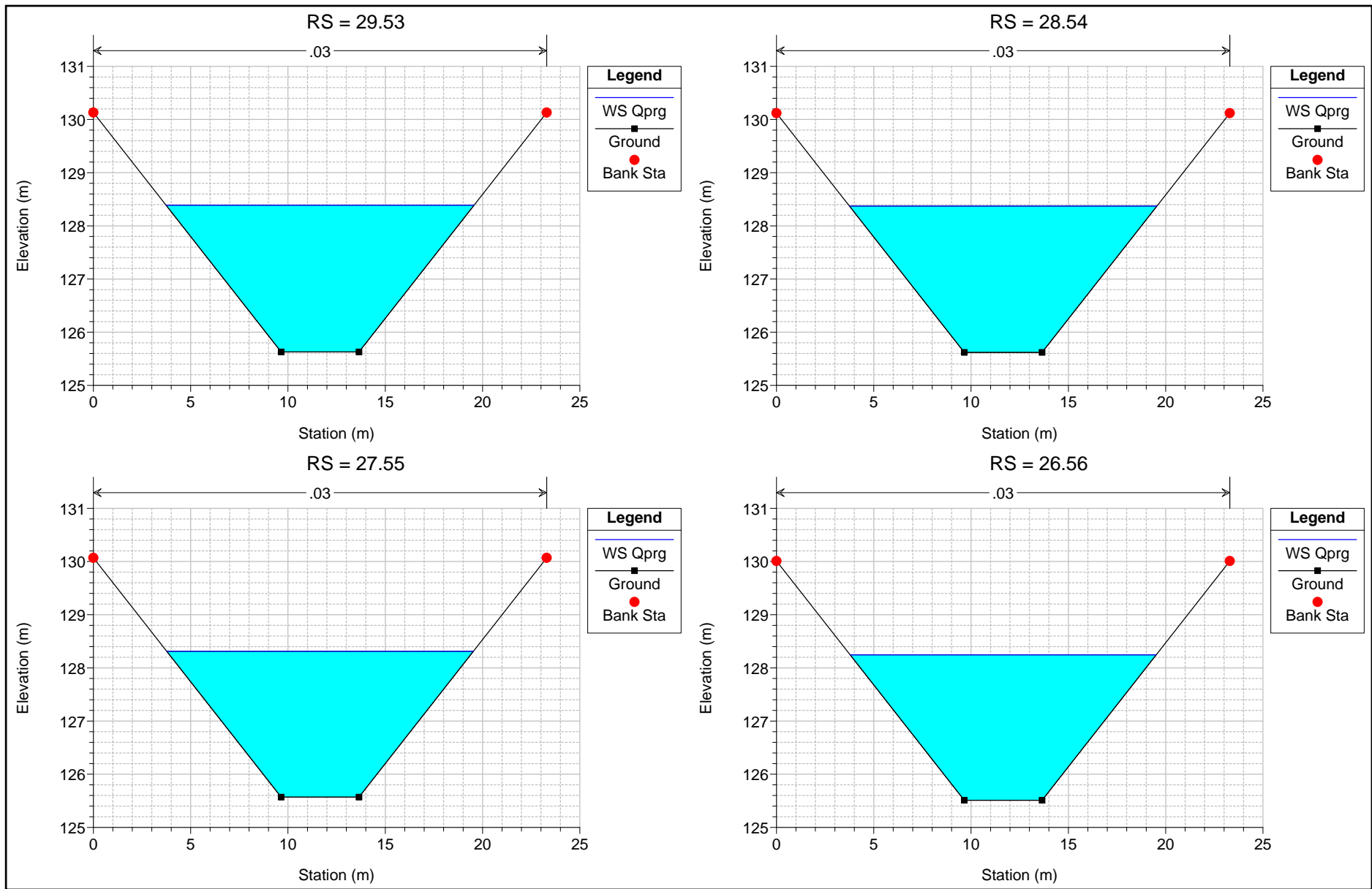


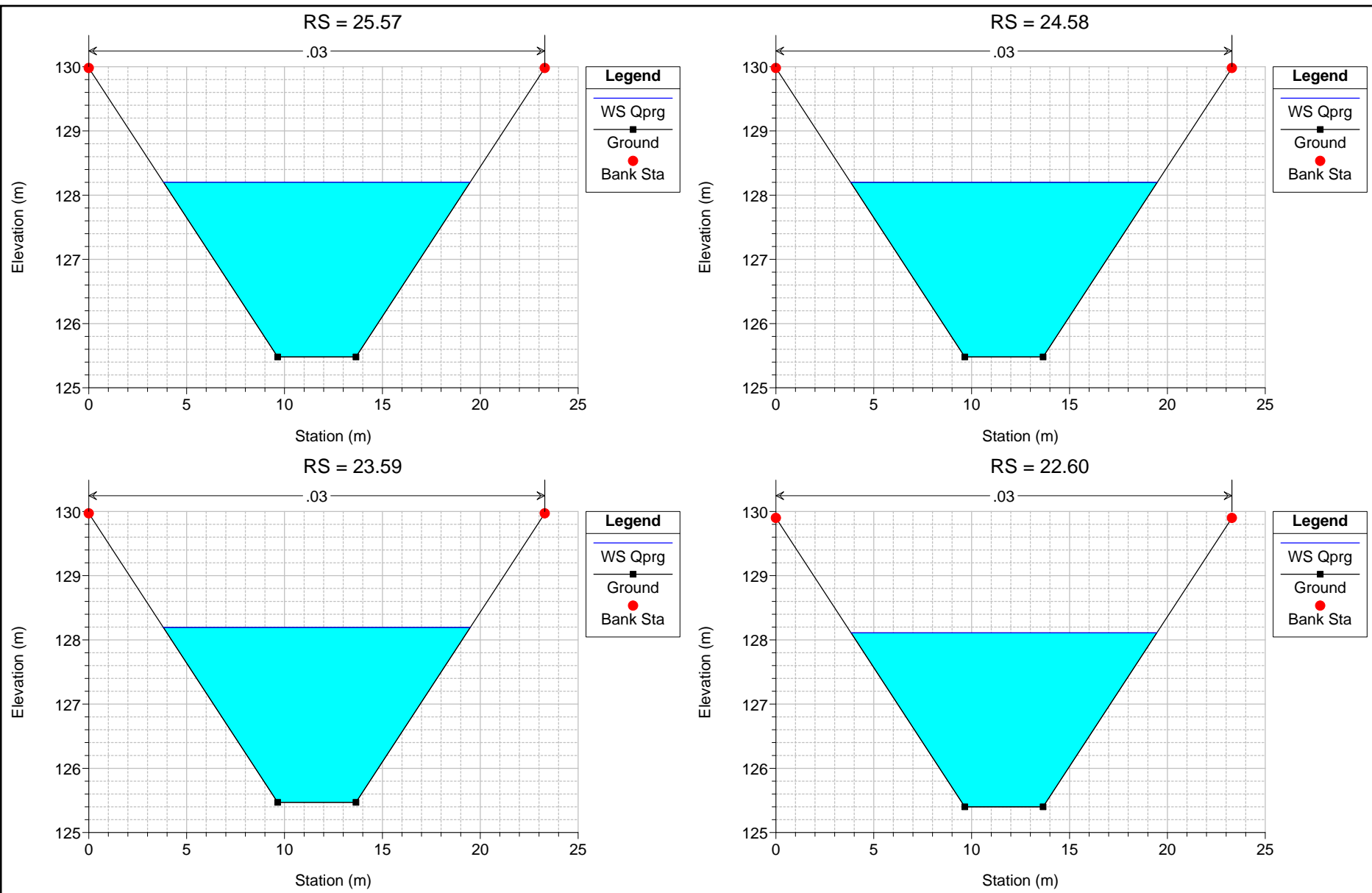


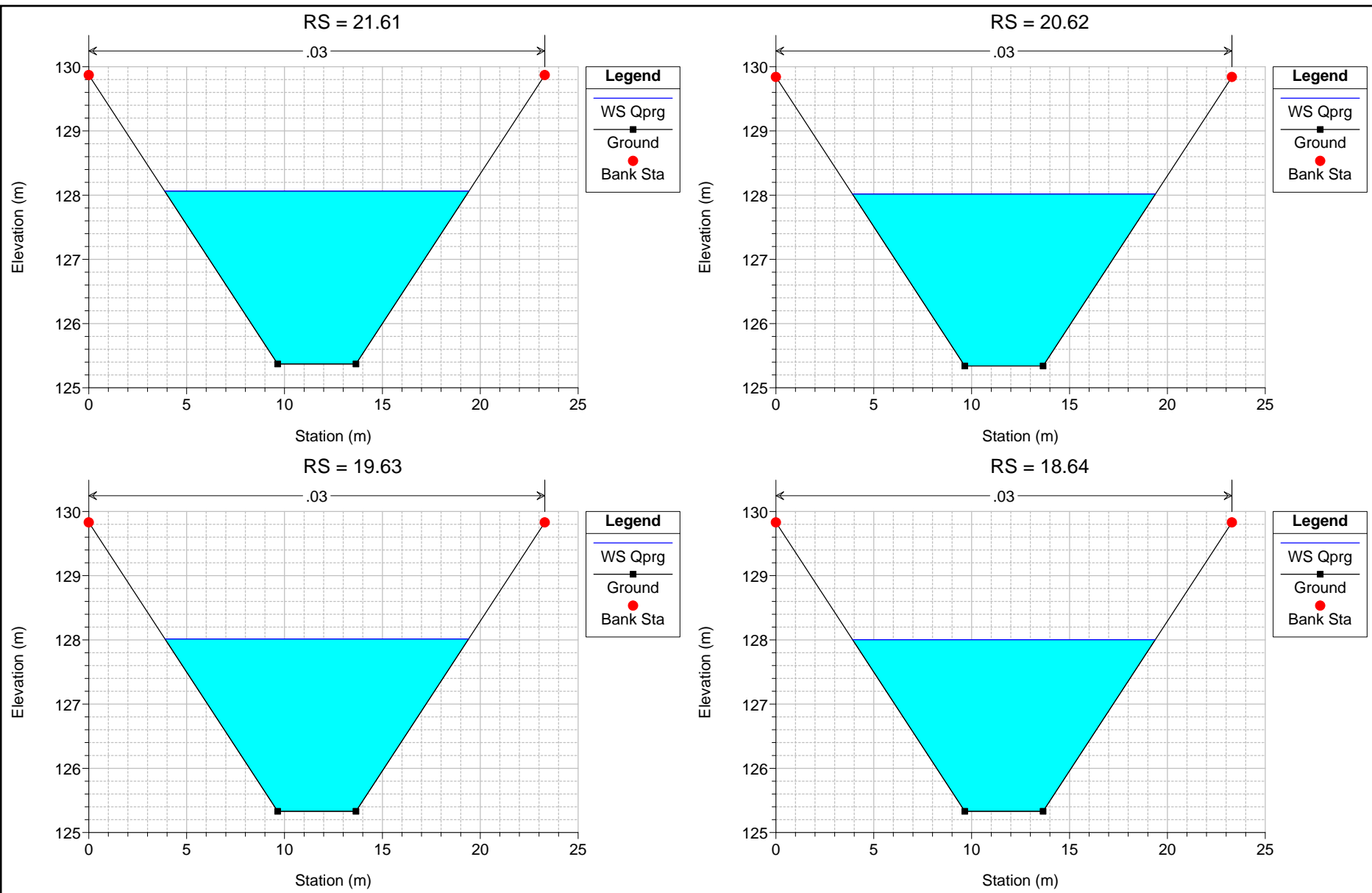


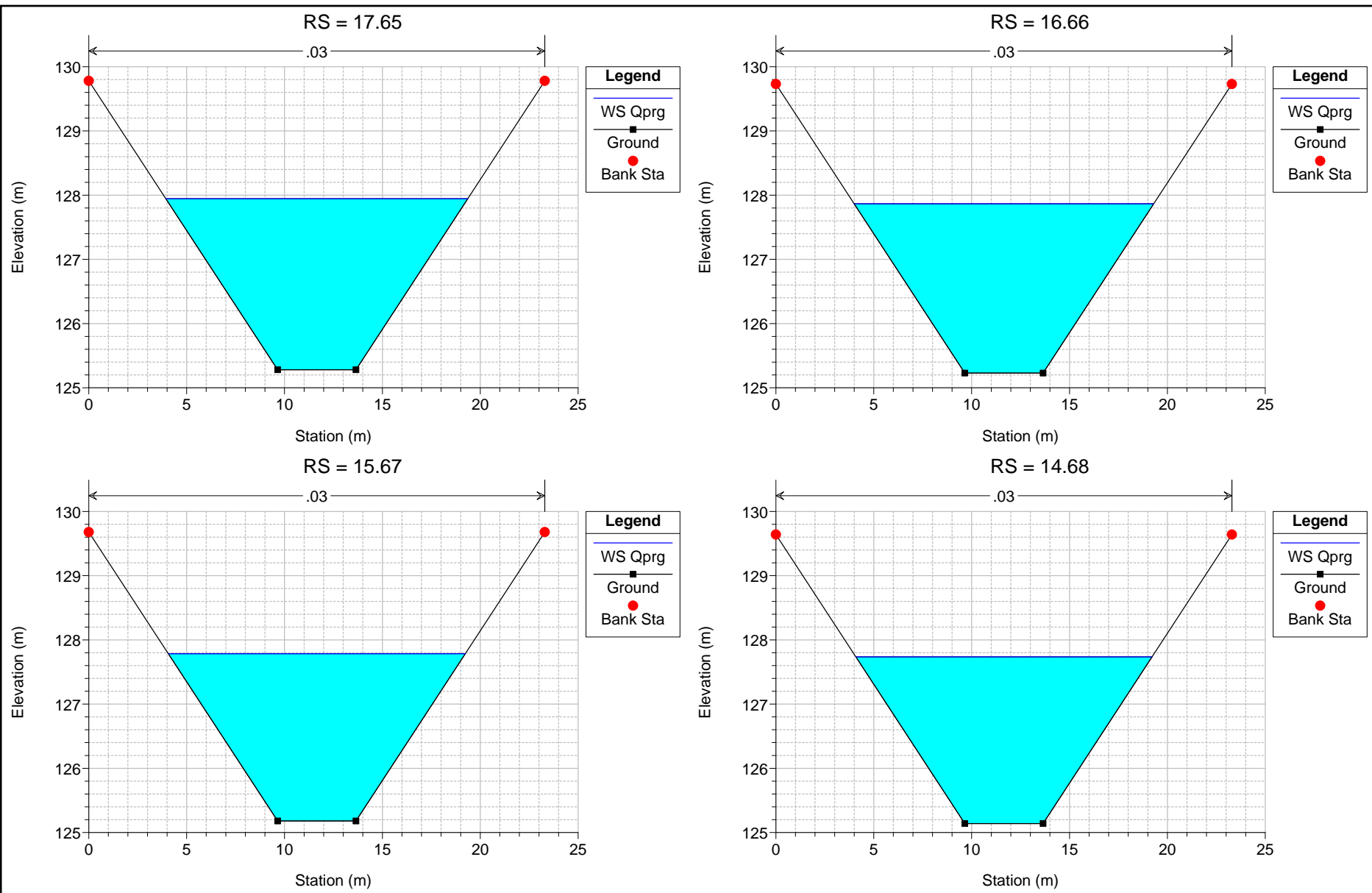


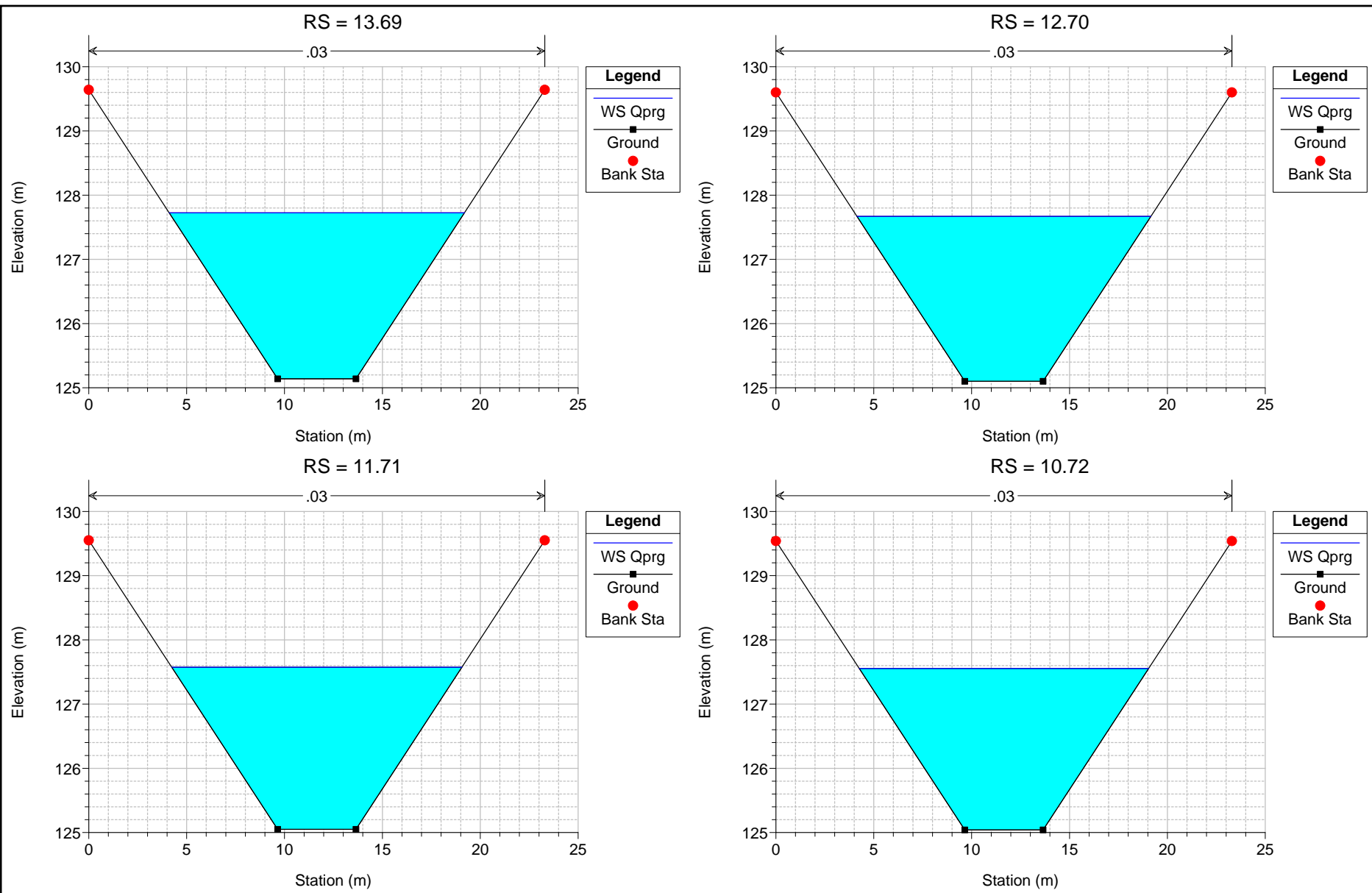


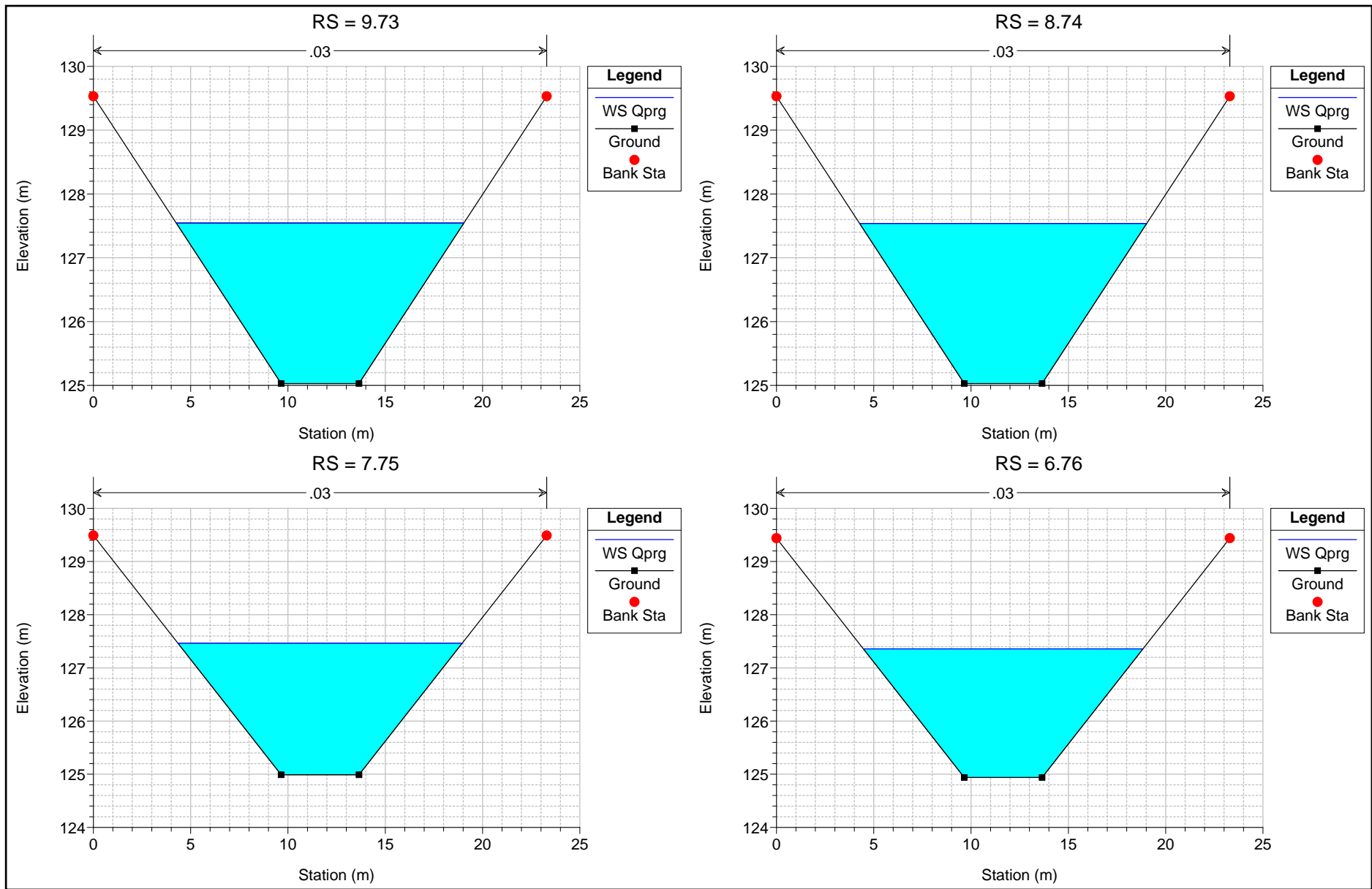


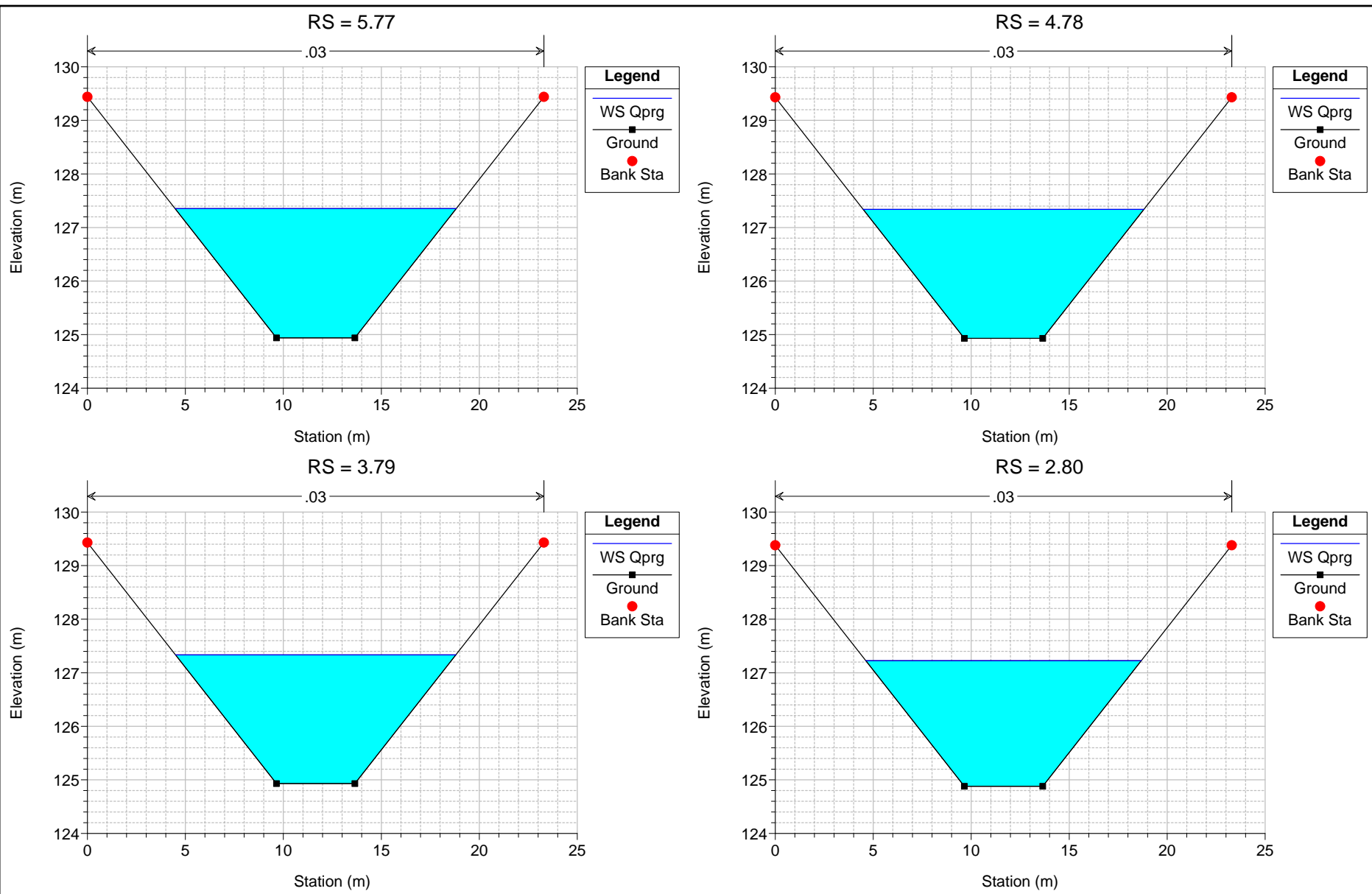




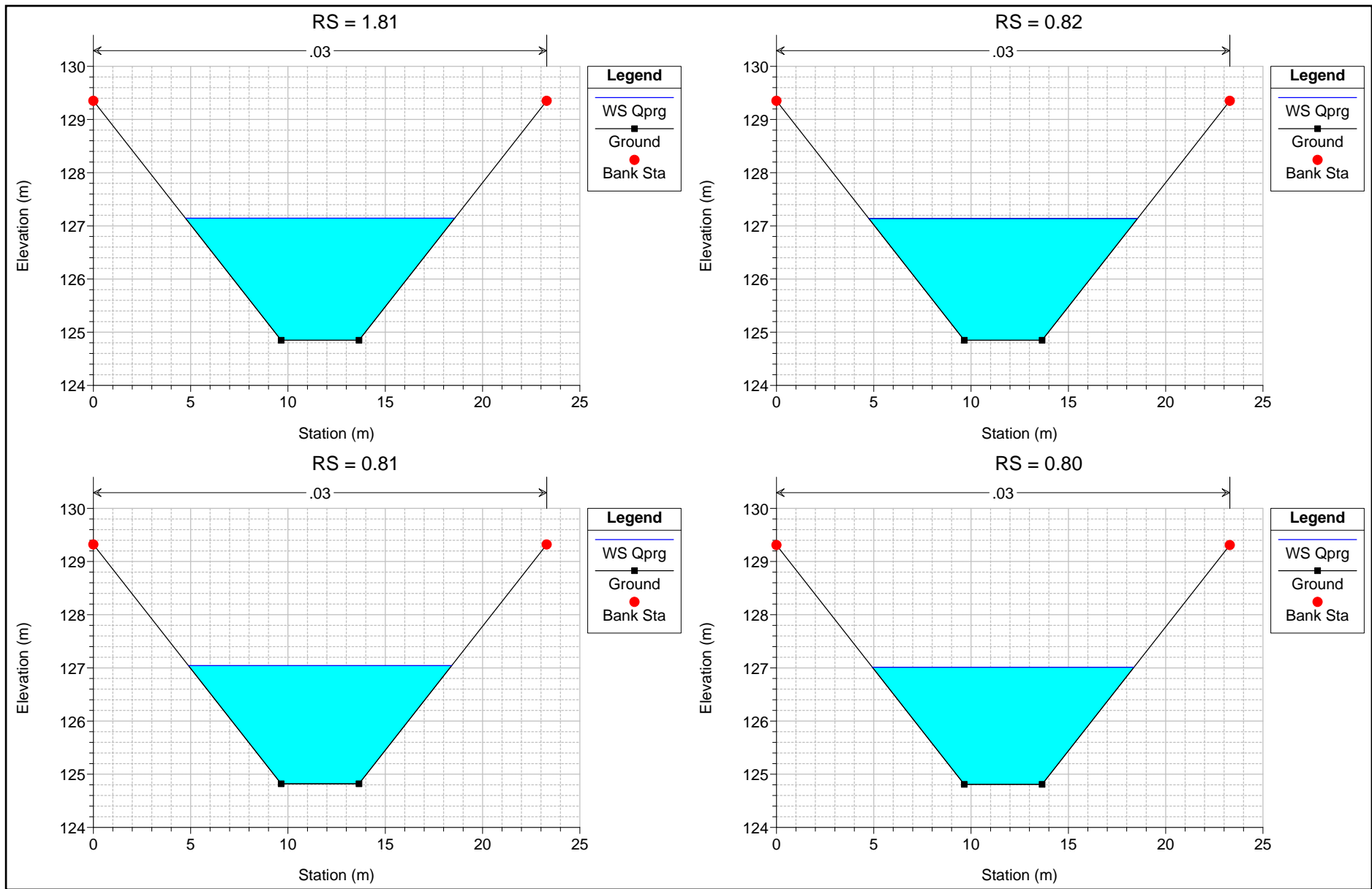


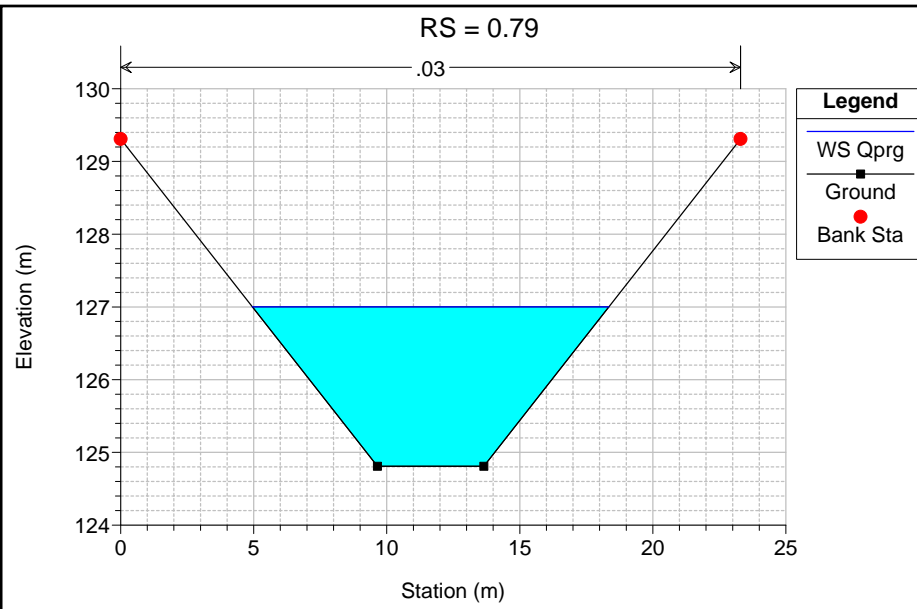












## **ALLEGATO N. 4**

### **CANALE SCOLMATORE DI TRINO**

#### **Profili di moto permanente**

##### **Portata di progetto:**

**Sez.81.1: 24 m<sup>3</sup>/s**

**Sez.65.17: 25 m<sup>3</sup>/s**

**Sez.44.38: 33 m<sup>3</sup>/s**

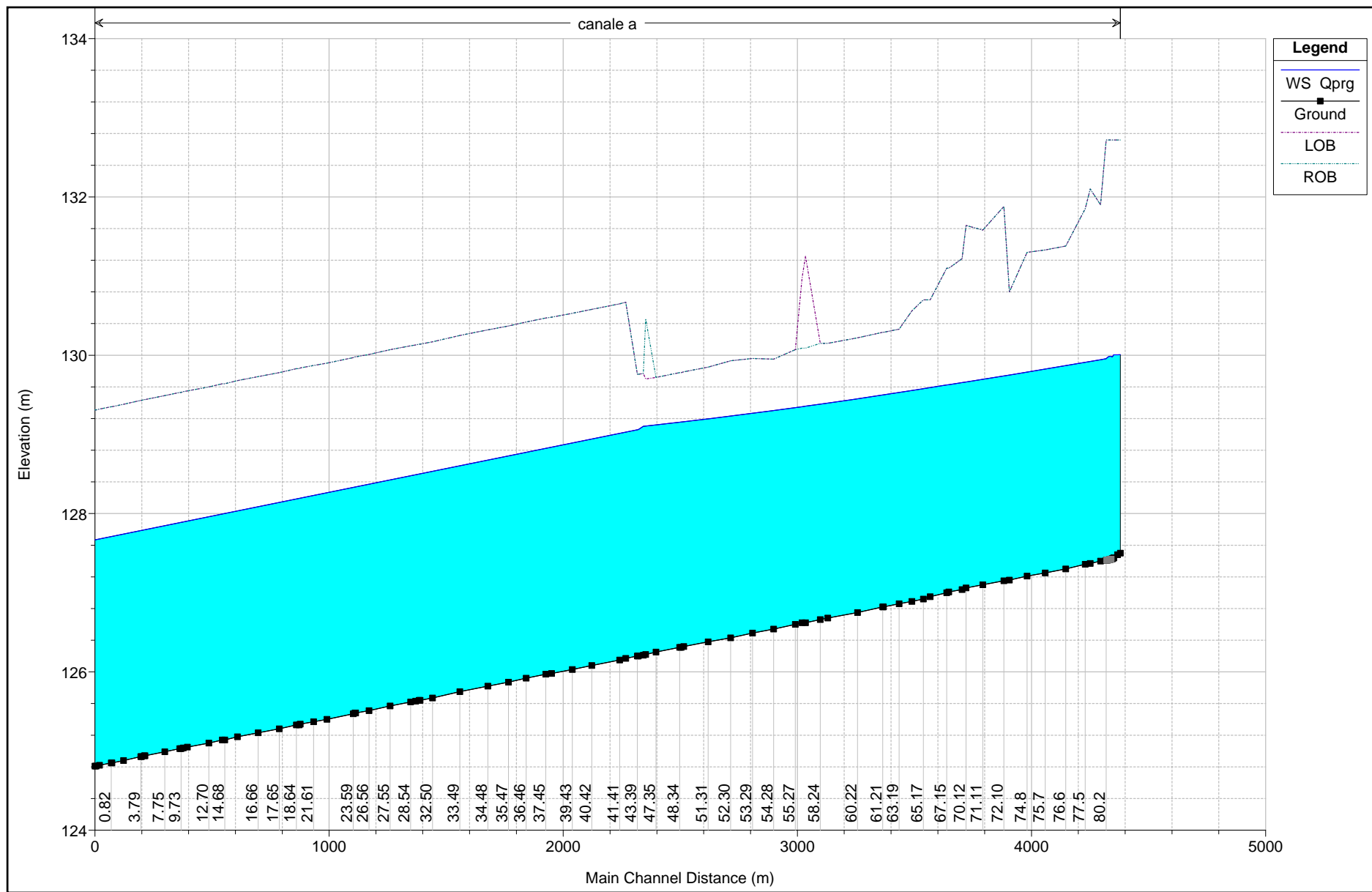
**Simulazione con condizione al contorno:  
pendenza fondo canale 0.6x1000**

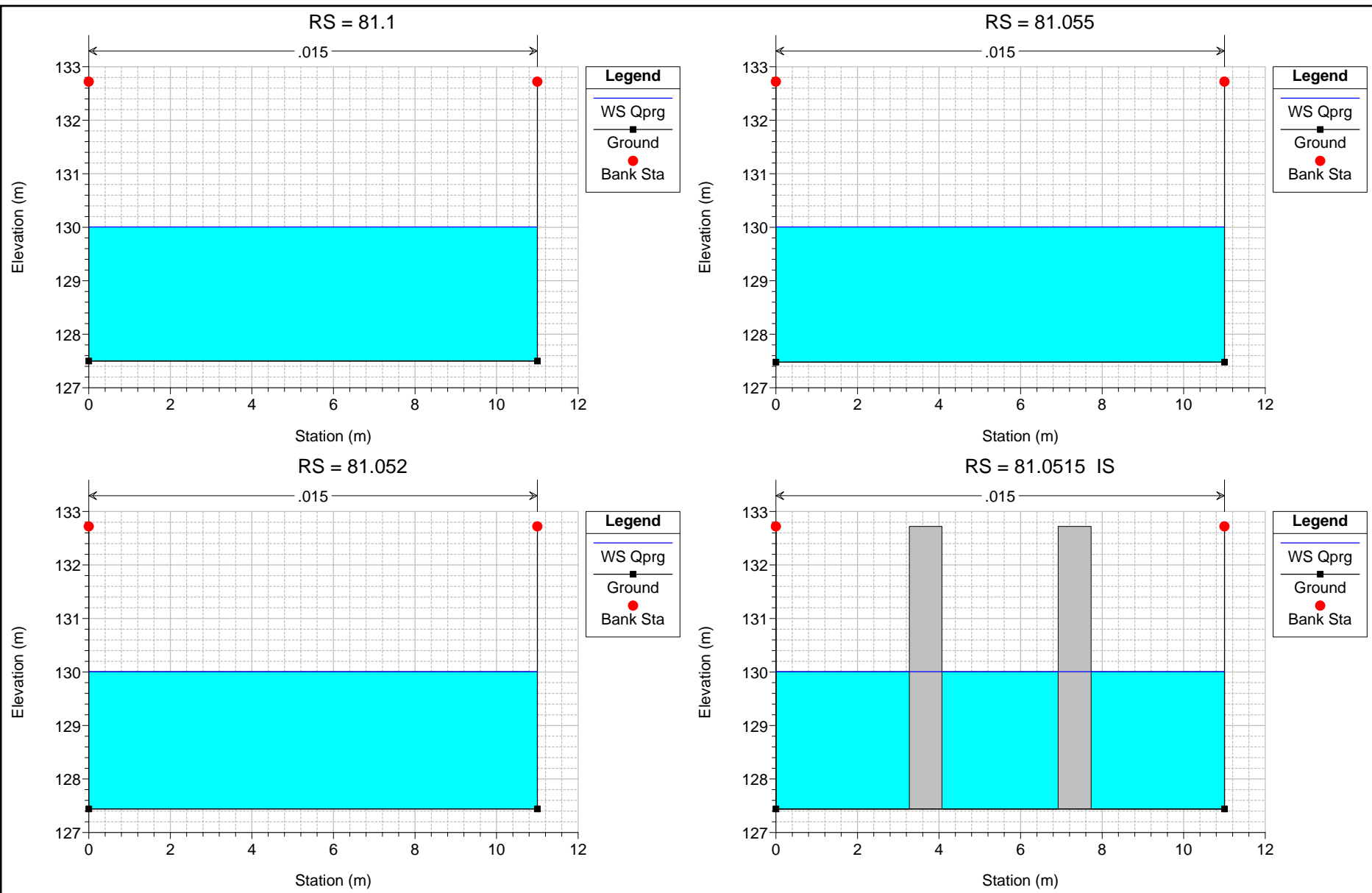
**Tabelle di calcolo idraulico**

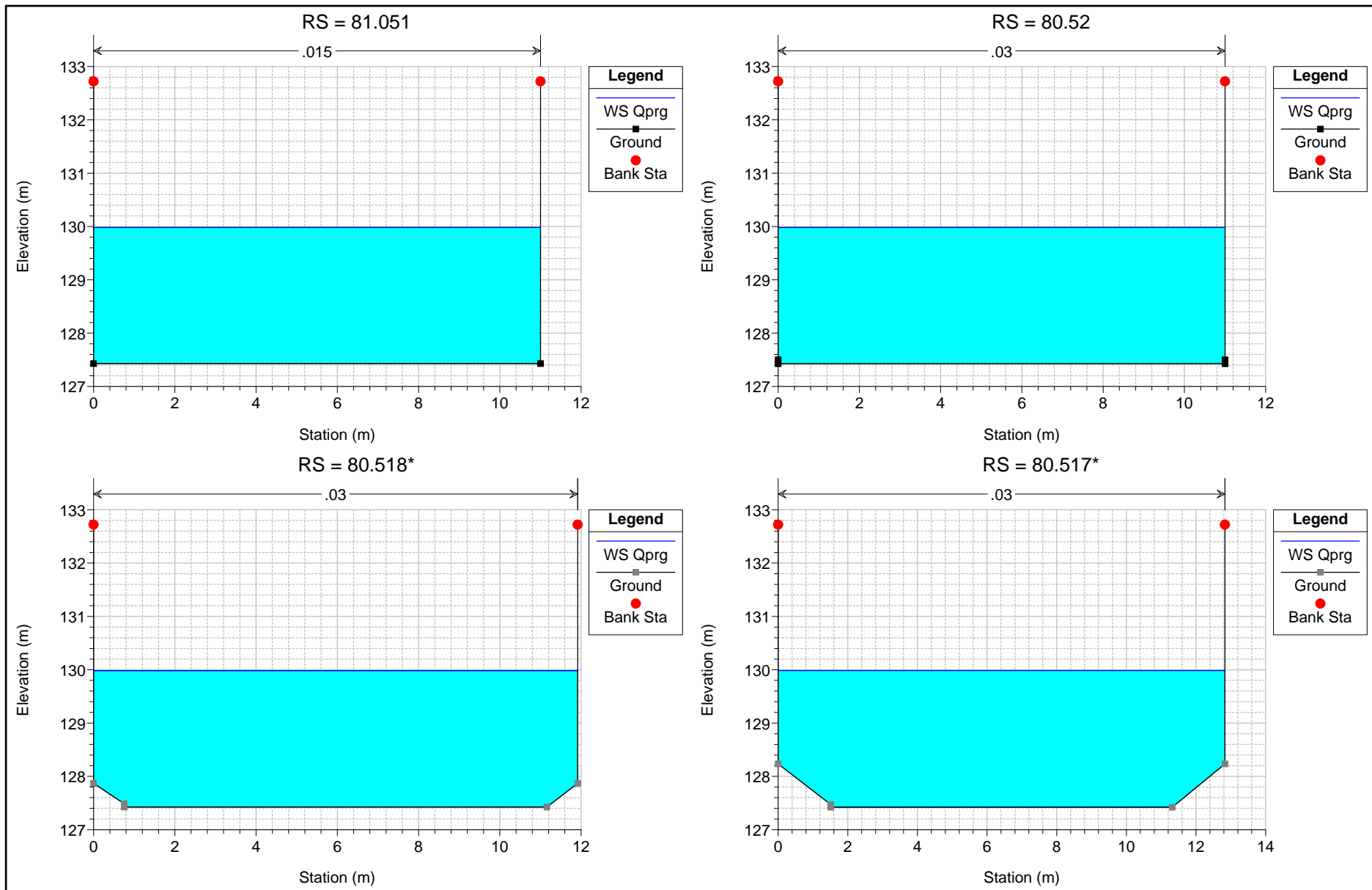
HEC-RAS Plan: scolmatore t River: canale Reach: a Profile: Qprg												
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
a	81.1	Qprg	24.00	127.50	130.01		130.05	0.000083	0.87	27.57	11.00	0.18
a	81.055	Qprg	24.00	127.48	130.01		130.04	0.000081	0.86	27.79	11.00	0.17
a	81.052	Qprg	24.00	127.44	130.01	128.22	130.04	0.000077	0.85	28.22	11.00	0.17
a	81.0515		Inl Struct									
a	81.051	Qprg	24.00	127.43	129.98		130.02	0.000078	0.85	28.07	11.00	0.17
a	80.52	Qprg	24.00	127.43	129.98		130.02	0.000312	0.85	28.11	11.00	0.17
a	80.518*	Qprg	24.00	127.42	129.98		130.02	0.000254	0.80	30.15	11.91	0.16
a	80.517*	Qprg	24.00	127.42	129.99		130.02	0.000223	0.76	31.62	12.83	0.15
a	80.515*	Qprg	24.00	127.42	129.99		130.01	0.000208	0.74	32.54	13.74	0.15
a	80.513*	Qprg	24.00	127.42	129.99		130.01	0.000205	0.73	32.91	14.66	0.16
a	80.512*	Qprg	24.00	127.42	129.99		130.01	0.000215	0.73	32.72	15.57	0.16
a	80.51	Qprg	24.00	127.42	129.98		130.01	0.000238	0.75	31.96	16.49	0.17
a	80.458*	Qprg	24.00	127.41	129.98		130.01	0.000270	0.78	30.88	16.99	0.18
a	80.407*	Qprg	24.00	127.41	129.98		130.01	0.000305	0.81	29.60	16.81	0.20
a	80.355*	Qprg	24.00	127.41	129.97		130.01	0.000343	0.85	28.27	16.37	0.21
a	80.303*	Qprg	24.00	127.41	129.97		130.01	0.000390	0.89	26.91	15.91	0.22
a	80.252*	Qprg	24.00	127.41	129.96		130.01	0.000448	0.94	25.52	15.43	0.23
a	80.2	Qprg	24.00	127.41	129.96		130.01	0.000520	1.00	24.10	14.93	0.25
a	79.3	Qprg	24.00	127.40	129.94		129.99	0.000525	1.00	23.99	14.87	0.25
a	78.4	Qprg	24.00	127.37	129.92		129.97	0.000517	0.99	24.14	14.93	0.25
a	77.5	Qprg	24.00	127.36	129.91		129.96	0.000488	0.96	24.88	15.50	0.24
a	76.6	Qprg	24.00	127.30	129.87		129.92	0.000501	0.98	24.43	15.02	0.25
a	75.7	Qprg	24.00	127.25	129.83		129.87	0.000495	0.98	24.53	15.05	0.24
a	74.8	Qprg	24.00	127.21	129.79		129.84	0.000495	0.98	24.52	15.03	0.24
a	73.9	Qprg	24.00	127.16	129.75		129.80	0.000484	0.97	24.74	15.10	0.24
a	72.10	Qprg	24.00	127.15	129.74		129.79	0.000485	0.97	24.72	15.10	0.24
a	71.11	Qprg	24.00	127.10	129.70		129.74	0.000479	0.97	24.83	15.13	0.24
a	70.12	Qprg	24.00	127.06	129.66		129.71	0.000474	0.96	24.93	15.16	0.24
a	69.13	Qprg	24.00	127.04	129.65		129.70	0.000465	0.96	25.10	15.21	0.24
a	68.14	Qprg	24.00	127.01	129.63		129.67	0.000460	0.95	25.23	15.27	0.24
a	67.15	Qprg	24.00	127.00	129.62		129.67	0.000456	0.95	25.30	15.28	0.24
a	66.16	Qprg	24.00	126.95	129.59		129.64	0.000443	0.94	25.56	15.34	0.23
a	65.17	Qprg	25.00	126.92	129.58		129.62	0.000470	0.97	25.77	15.40	0.24
a	64.18	Qprg	25.00	126.89	129.55		129.60	0.000464	0.97	25.91	15.45	0.24
a	63.19	Qprg	25.00	126.86	129.53		129.58	0.000461	0.96	25.97	15.46	0.24
a	62.20	Qprg	25.00	126.82	129.50		129.55	0.000454	0.96	26.12	15.50	0.24
a	61.21	Qprg	25.00	126.82	129.50		129.54	0.000455	0.96	26.10	15.50	0.24
a	60.22	Qprg	25.00	126.75	129.45		129.50	0.000438	0.95	26.45	15.59	0.23
a	59.23	Qprg	25.00	126.68	129.40		129.44	0.000428	0.94	26.70	15.66	0.23
a	58.24	Qprg	25.00	126.66	129.38		129.43	0.000426	0.94	26.70	15.62	0.23
a	57.25	Qprg	25.00	126.62	129.36		129.40	0.000414	0.93	27.02	15.75	0.23
a	56.26	Qprg	25.00	126.62	129.35		129.39	0.000419	0.93	26.90	15.71	0.23
a	55.27	Qprg	25.00	126.60	129.34		129.38	0.000413	0.92	27.05	15.76	0.23
a	54.28	Qprg	25.00	126.54	129.30		129.34	0.000390	0.90	27.72	16.07	0.22
a	53.29	Qprg	25.00	126.49	129.27		129.31	0.000389	0.90	27.67	15.92	0.22
a	52.30	Qprg	25.00	126.43	129.23		129.27	0.000378	0.90	27.91	15.93	0.22
a	51.31	Qprg	25.00	126.38	129.20		129.24	0.000366	0.88	28.30	16.09	0.21
a	50.32	Qprg	25.00	126.32	129.16		129.20	0.000353	0.87	28.68	16.19	0.21
a	49.33	Qprg	25.00	126.31	129.16		129.19	0.000349	0.87	28.78	16.22	0.21
a	48.34	Qprg	25.00	126.31	129.15		129.19	0.000351	0.87	28.74	16.21	0.21
a	47.35	Qprg	25.00	126.25	129.12		129.16	0.000337	0.86	29.16	16.32	0.20
a	46.36	Qprg	25.00	126.22	129.11		129.14	0.000330	0.85	29.39	16.37	0.20
a	45.37	Qprg	25.00	126.21	129.10		129.14	0.000326	0.85	29.51	16.41	0.20
a	44.38	Qprg	33.00	126.20	129.06		129.13	0.000597	1.14	28.99	16.27	0.27
a	43.39	Qprg	33.00	126.20	129.06		129.12	0.000599	1.14	28.94	16.26	0.27
a	42.40	Qprg	33.00	126.17	129.03		129.09	0.000599	1.14	28.95	16.26	0.27
a	41.41	Qprg	33.00	126.15	129.01		129.08	0.000595	1.14	29.03	16.28	0.27
a	40.42	Qprg	33.00	126.08	128.94		129.01	0.000596	1.14	29.01	16.27	0.27
a	39.43	Qprg	33.00	126.03	128.89		128.96	0.000595	1.14	29.02	16.28	0.27
a	38.44	Qprg	33.00	125.98	128.84		128.91	0.000598	1.14	28.97	16.26	0.27
a	37.45	Qprg	33.00	125.97	128.82		128.89	0.000603	1.14	28.88	16.24	0.27
a	36.46	Qprg	33.00	125.92	128.77		128.84	0.000603	1.14	28.88	16.24	0.27
a	35.47	Qprg	33.00	125.87	128.73		128.79	0.000599	1.14	28.95	16.26	0.27
a	34.48	Qprg	33.00	125.82	128.68		128.74	0.000602	1.14	28.90	16.25	0.27
a	33.49	Qprg	33.00	125.75	128.60		128.67	0.000604	1.14	28.86	16.24	0.27
a	32.50	Qprg	33.00	125.67	128.53		128.60	0.000594	1.14	29.04	16.28	0.27
a	31.51	Qprg	33.00	125.64	128.50		128.57	0.000596	1.14	29.01	16.27	0.27
a	30.52	Qprg	33.00	125.64	128.50		128.57	0.000598	1.14	28.97	16.26	0.27
a	29.53	Qprg	33.00	125.63	128.49		128.56	0.000597	1.14	28.98	16.27	0.27
a	28.54	Qprg	33.00	125.62	128.48		128.54	0.000600	1.14	28.93	16.25	0.27
a	27.55	Qprg	33.00	125.57	128.42		128.49	0.000602	1.14	28.89	16.24	0.27
a	26.56	Qprg	33.00	125.51	128.37		128.44	0.000596	1.14	28.99	16.27	0.27
a	25.57	Qprg	33.00	125.48	128.34		128.40	0.000601	1.14	28.92	16.25	0.27
a	24.58	Qprg	33.00	125.48	128.33		128.40	0.000602	1.14	28.89	16.24	0.27
a	23.59	Qprg	33.00	125.47	128.33		128.40	0.000597	1.14	28.98	16.27	0.27
a	22.60	Qprg	33.00	125.40	128.26		128.33	0.000594	1.14	29.03	16.28	0.27
a	21.61	Qprg	33.00	125.37	128.23		128.30	0.000598	1.14	28.96	16.26	0.27
a	20.62	Qprg	33.00	125.34	128.19		128.26	0.000602	1.14	28.89	16.24	0.27
a	19.63	Qprg	33.00	125.33	128.19		128.26	0.000596	1.14	29.01	16.27	0.27
a	18.64	Qprg	33.00	125.33	128.18		128.25	0.000602	1.14	28.89	16.24	0.27
a	17.65	Qprg	33.00	125.28	128.14		128.21	0.000597	1.14	28.99	16.27	0.27
a	16.66	Qprg	33.00	125.23	128.09		128.15	0.000601	1.14	28.92	16.25	0.27
a	15.67	Qprg	33.00	125.18	128.03		128.10	0.000604	1.14	28.86	16.24	0.27
a	14.68	Qprg	33.00	125.14	128.00		128.07	0.000597	1.14	28.99	16.27	0.27
a	13.69	Qprg	33.00	125.14	127.99		128.06	0.000603	1.14	28.88	16.24	0.27
a	12.70	Qprg	33.00	125.10	127.96		128.03	0.000598	1.14	28.97	16.26	0.27
a	11.71	Qprg	33.00	125.05	127.90		127.97	0.000602	1.14	28.89	16.24	0.27

HEC-RAS Plan: scolmatore t River: canale Reach: a Profile: Qprg (Continued)

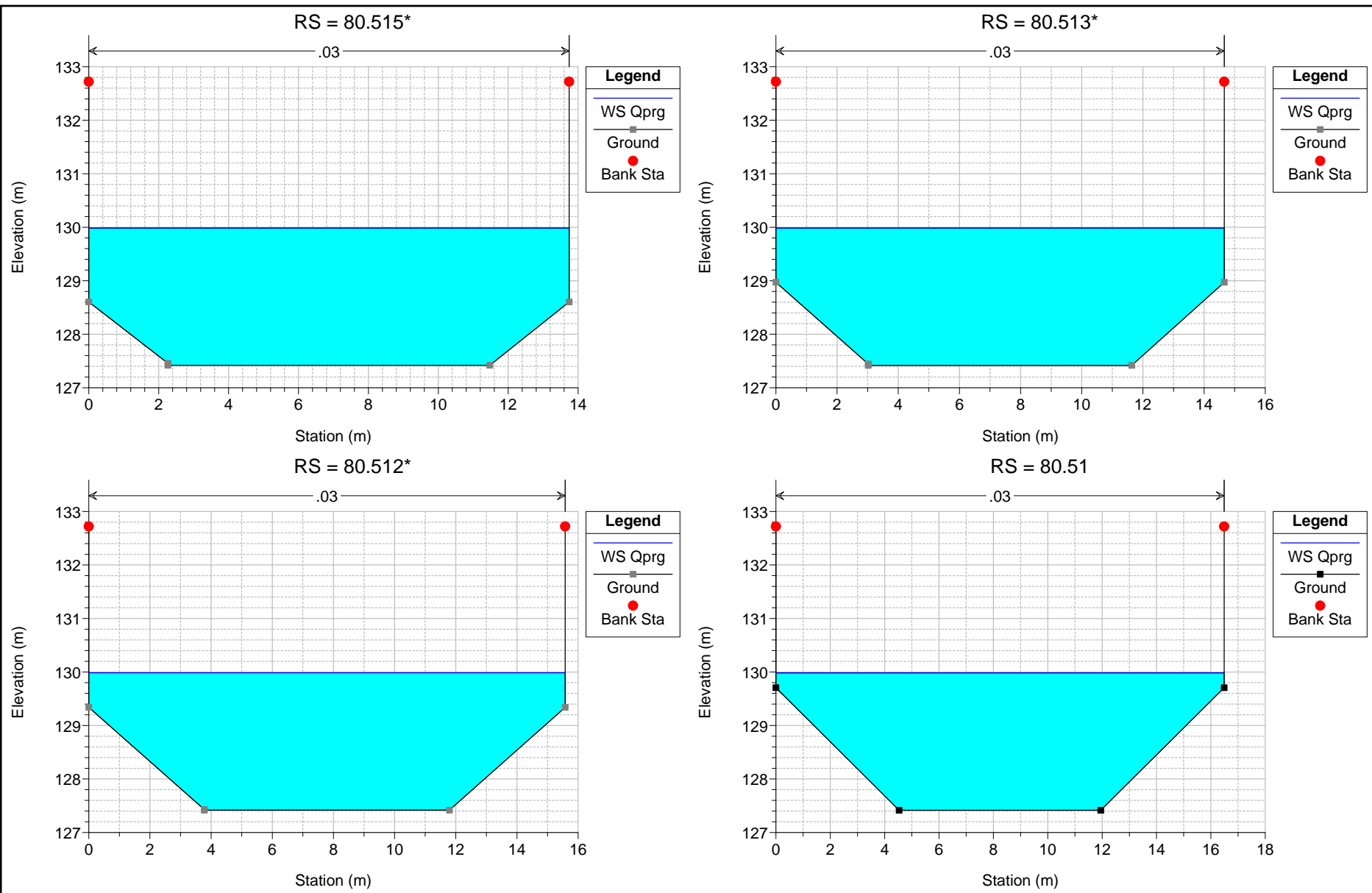
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
a	10.72	Qprg	33.00	125.04	127.89		127.96	0.000603	1.14	28.88	16.24	0.27
a	9.73	Qprg	33.00	125.03	127.89		127.95	0.000599	1.14	28.95	16.26	0.27
a	8.74	Qprg	33.00	125.03	127.88		127.95	0.000602	1.14	28.90	16.24	0.27
a	7.75	Qprg	33.00	124.99	127.85		127.91	0.000601	1.14	28.92	16.25	0.27
a	6.76	Qprg	33.00	124.94	127.80		127.86	0.000601	1.14	28.90	16.25	0.27
a	5.77	Qprg	33.00	124.94	127.79		127.86	0.000603	1.14	28.87	16.24	0.27
a	4.78	Qprg	33.00	124.93	127.79		127.85	0.000601	1.14	28.92	16.25	0.27
a	3.79	Qprg	33.00	124.93	127.78		127.85	0.000603	1.14	28.88	16.24	0.27
a	2.80	Qprg	33.00	124.88	127.74		127.81	0.000597	1.14	28.98	16.27	0.27
a	1.81	Qprg	33.00	124.85	127.71		127.78	0.000597	1.14	28.99	16.27	0.27
a	0.82	Qprg	33.00	124.85	127.71		127.77	0.000599	1.14	28.96	16.26	0.27
a	0.81	Qprg	33.00	124.82	127.68		127.74	0.000598	1.14	28.96	16.26	0.27
a	0.80	Qprg	33.00	124.81	127.67		127.74	0.000597	1.14	28.98	16.27	0.27
a	0.79	Qprg	33.00	124.81	127.67	126.27	127.73	0.000600	1.14	28.93	16.25	0.27

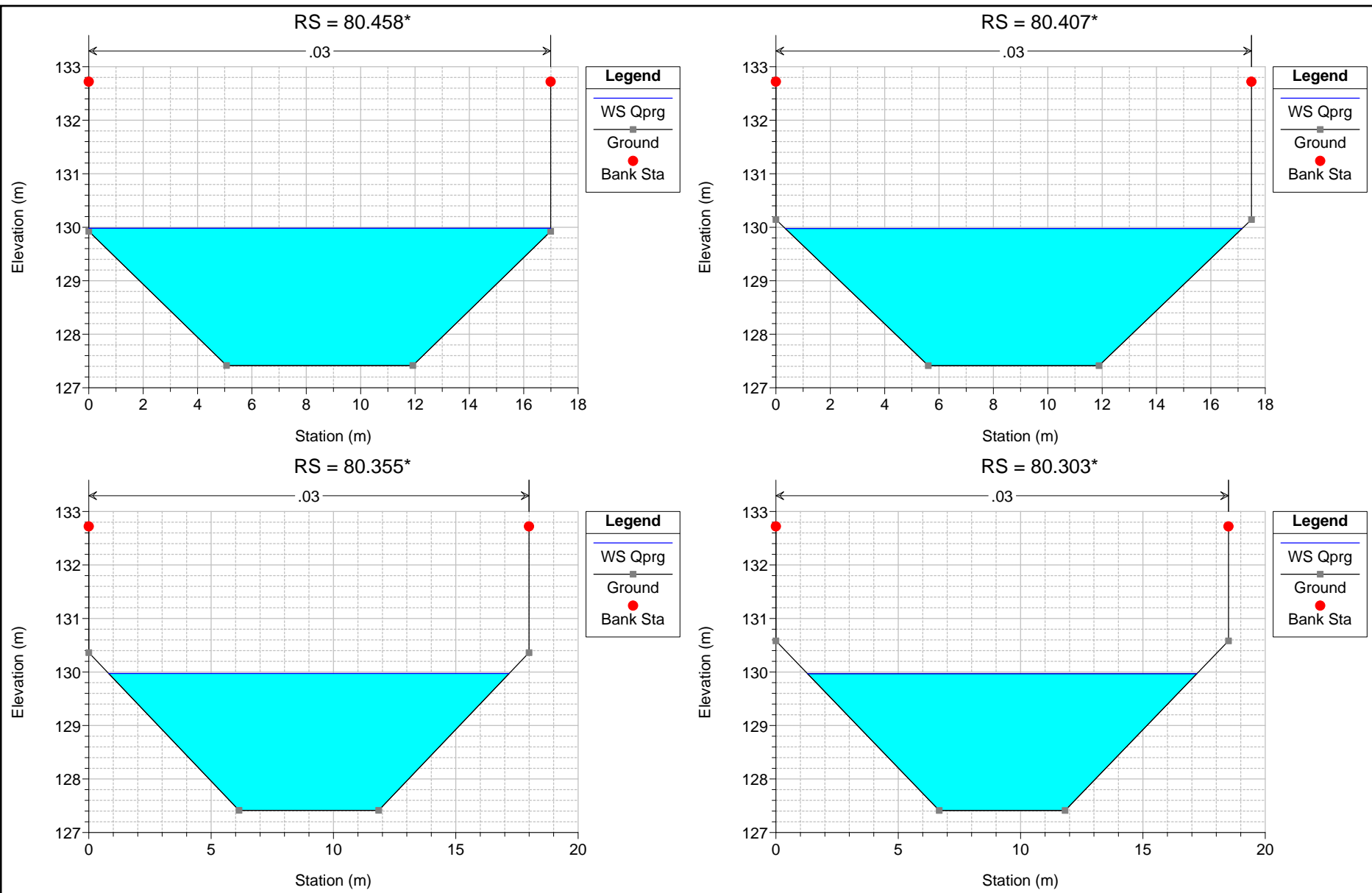


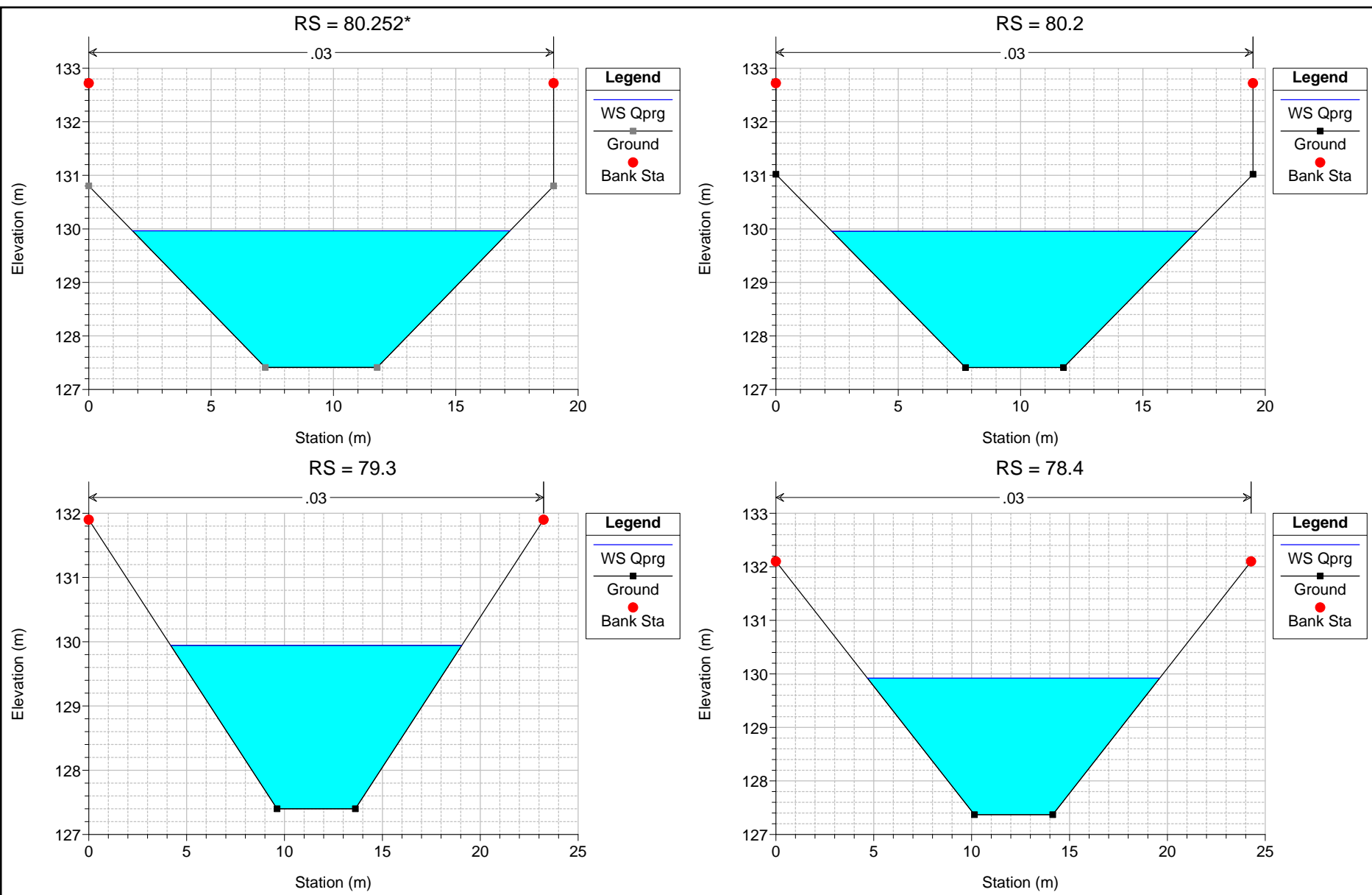


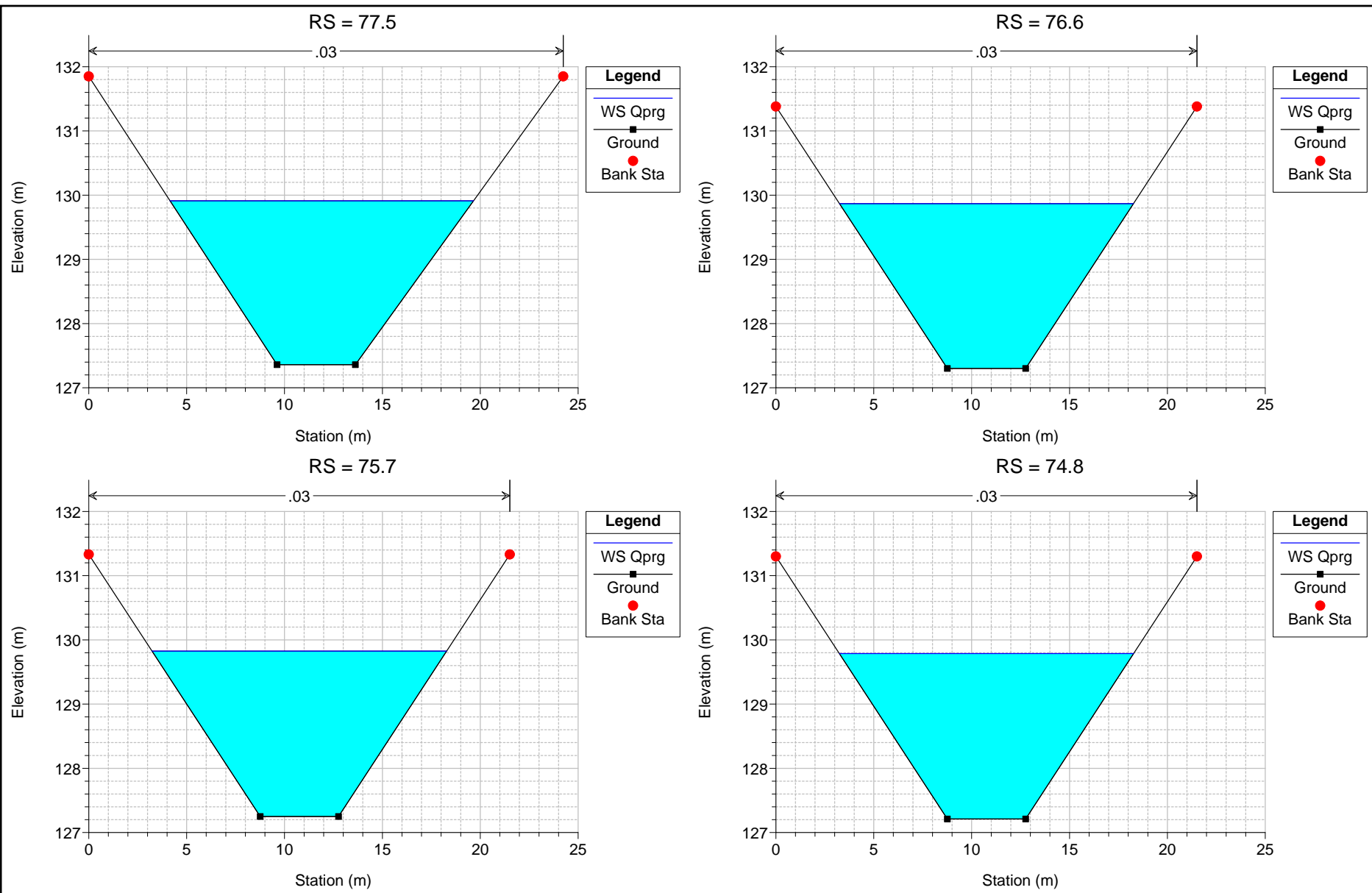


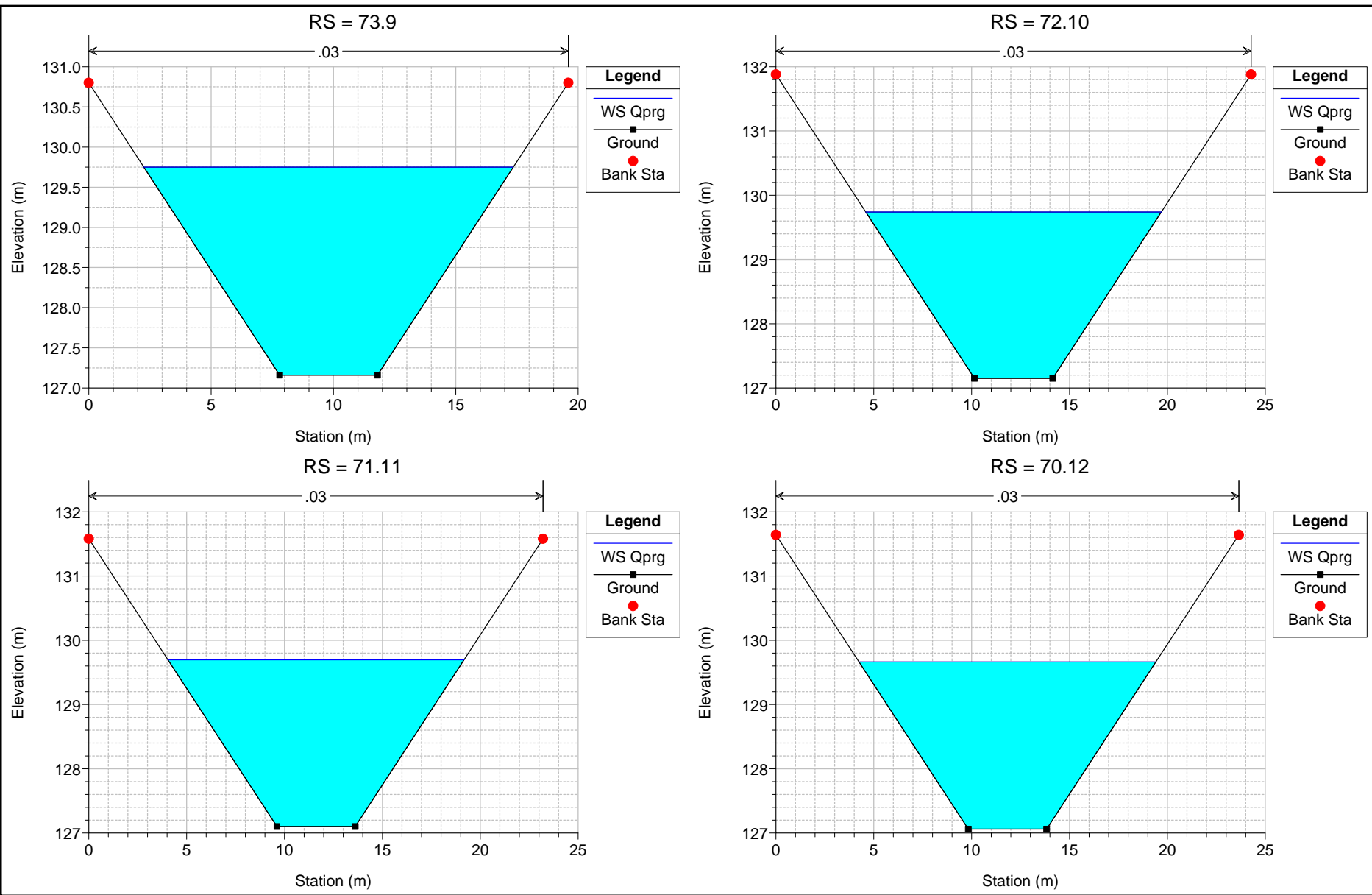


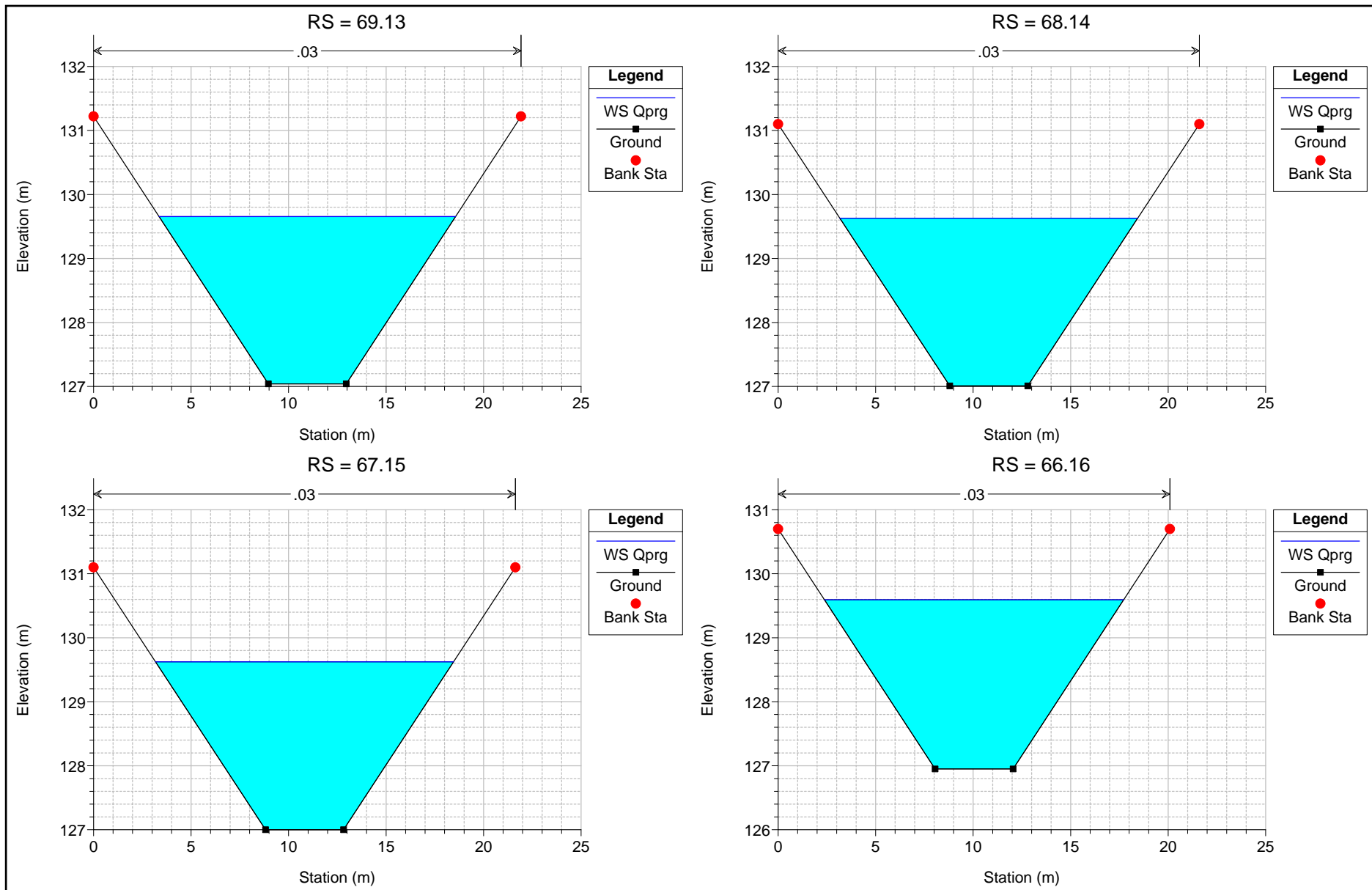


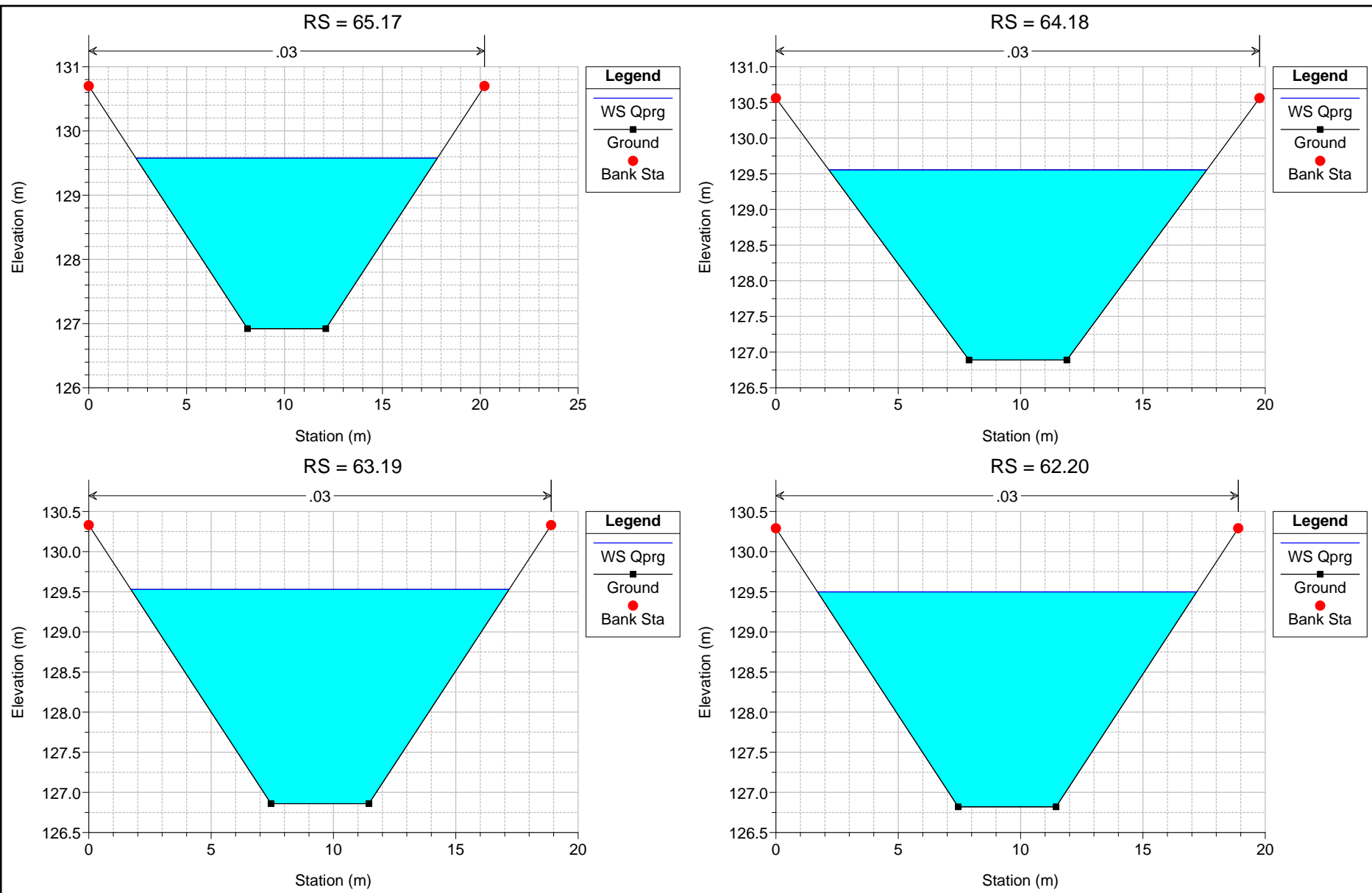


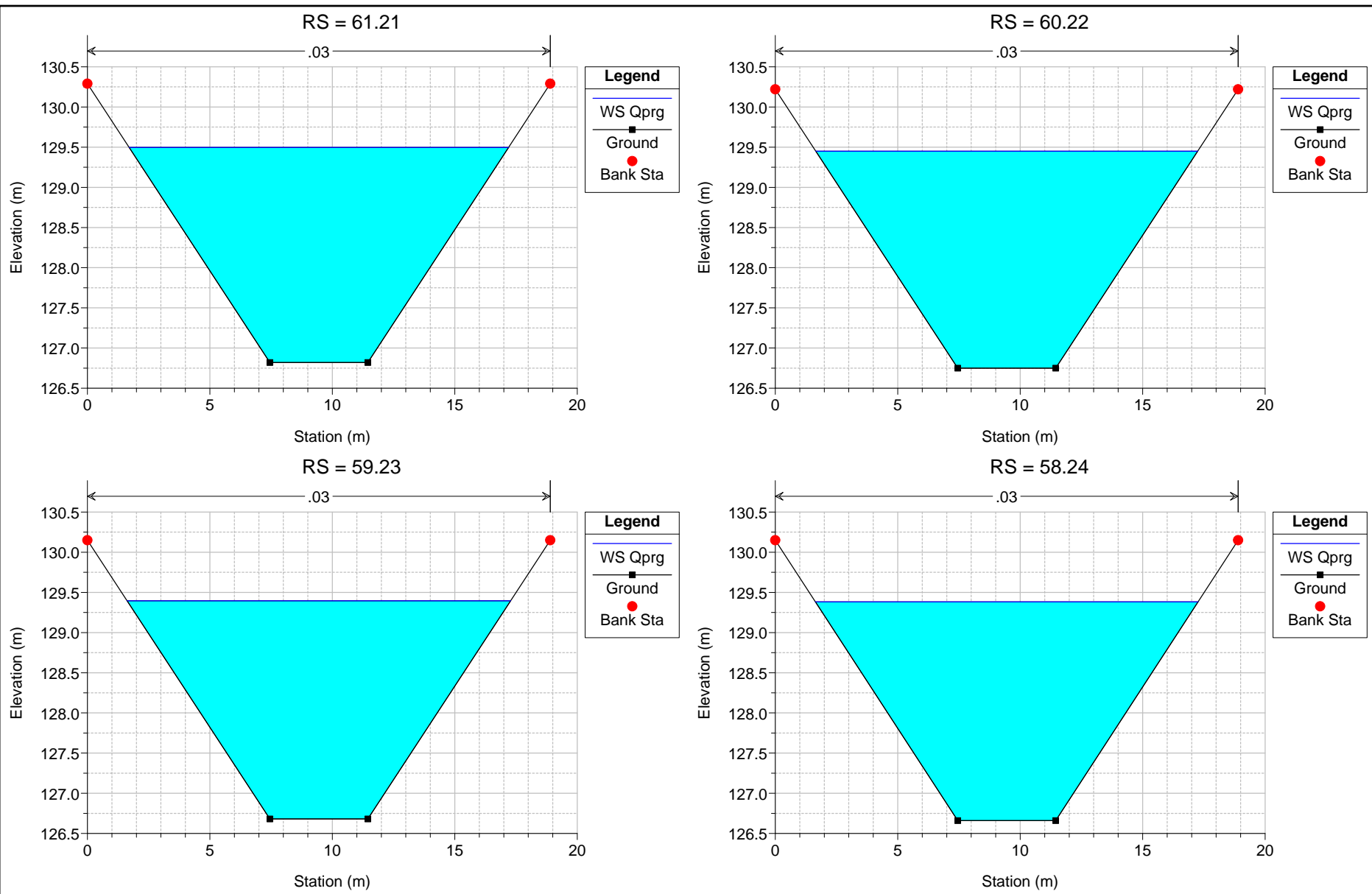




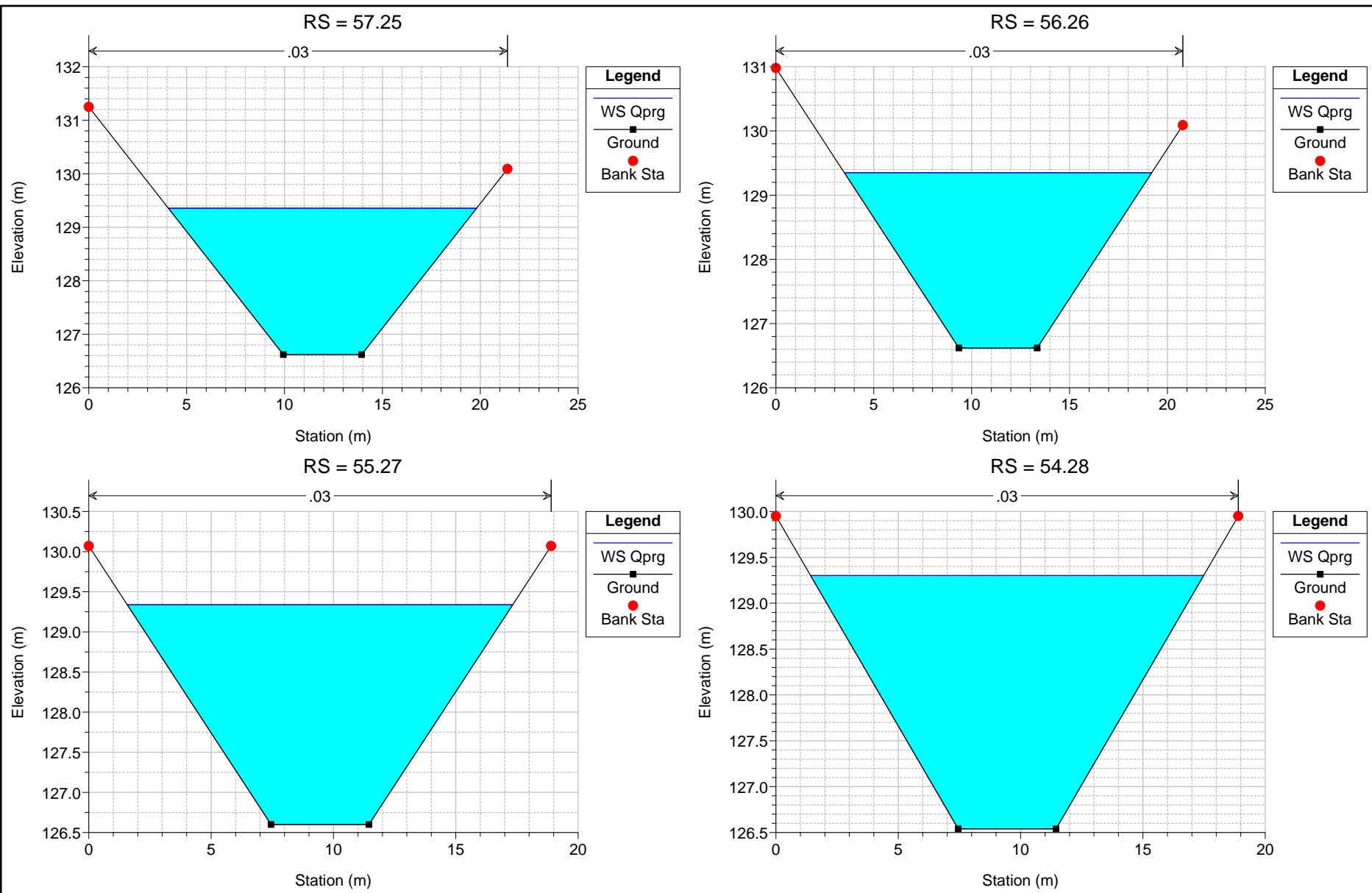


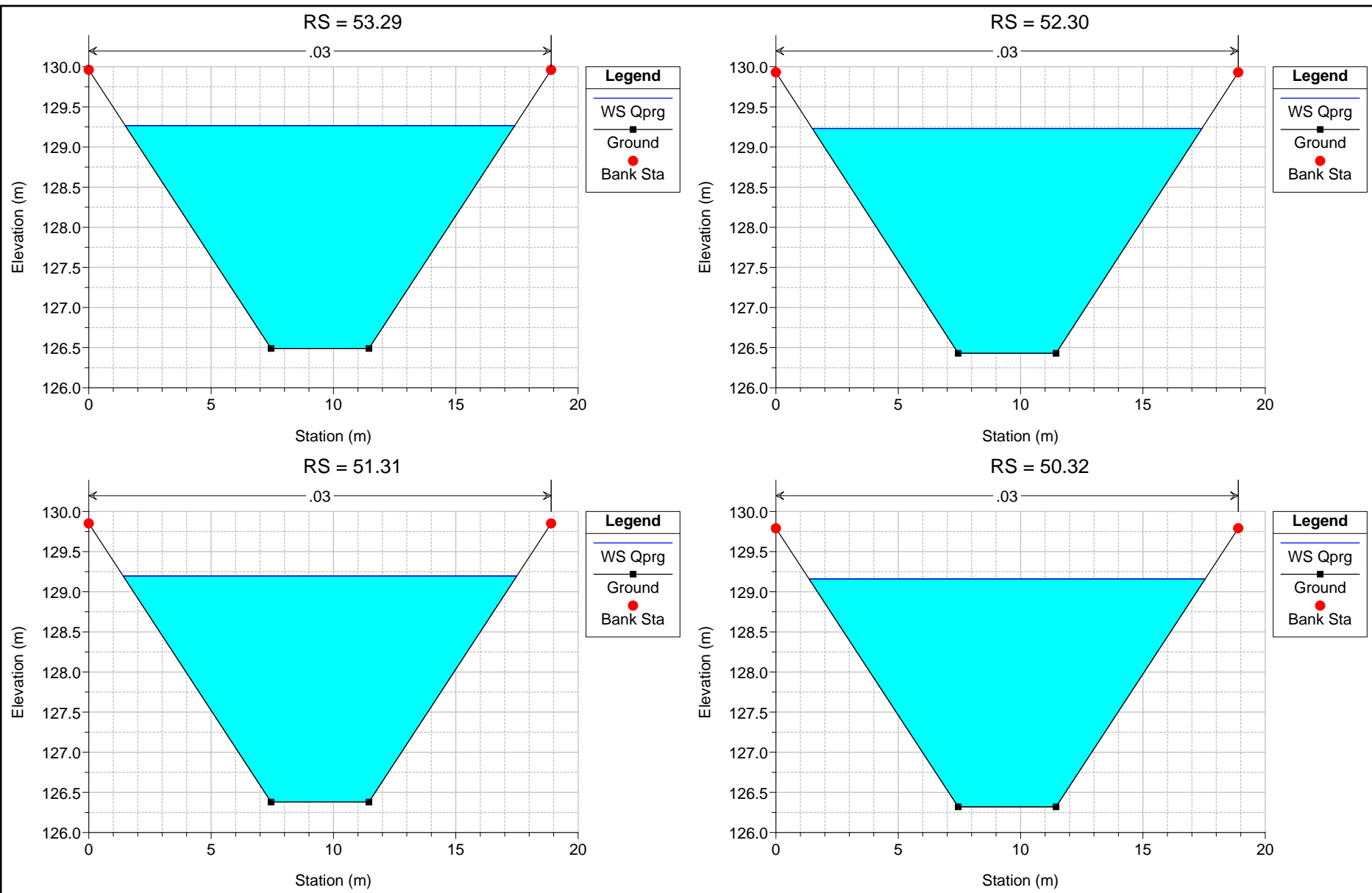


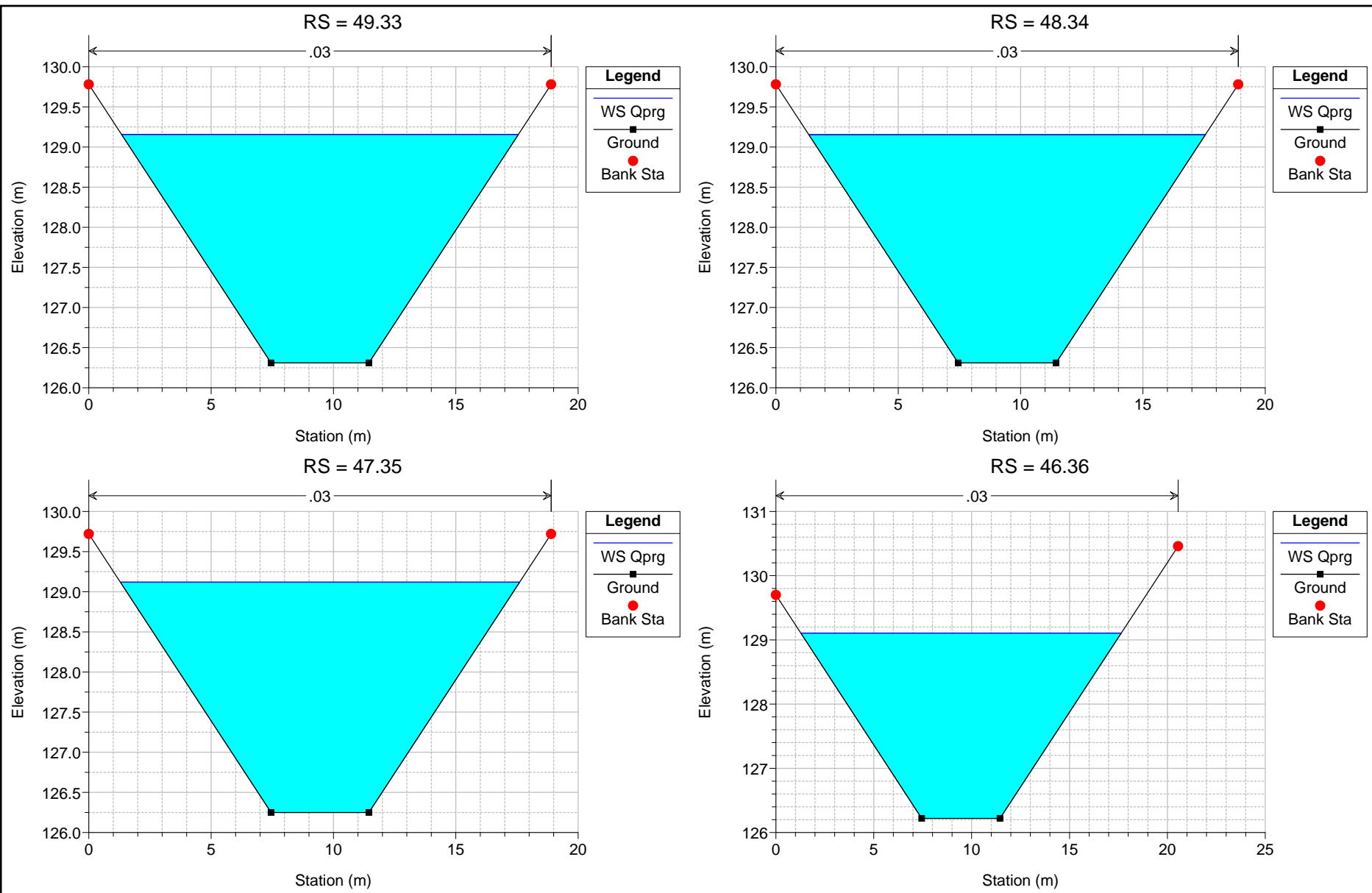


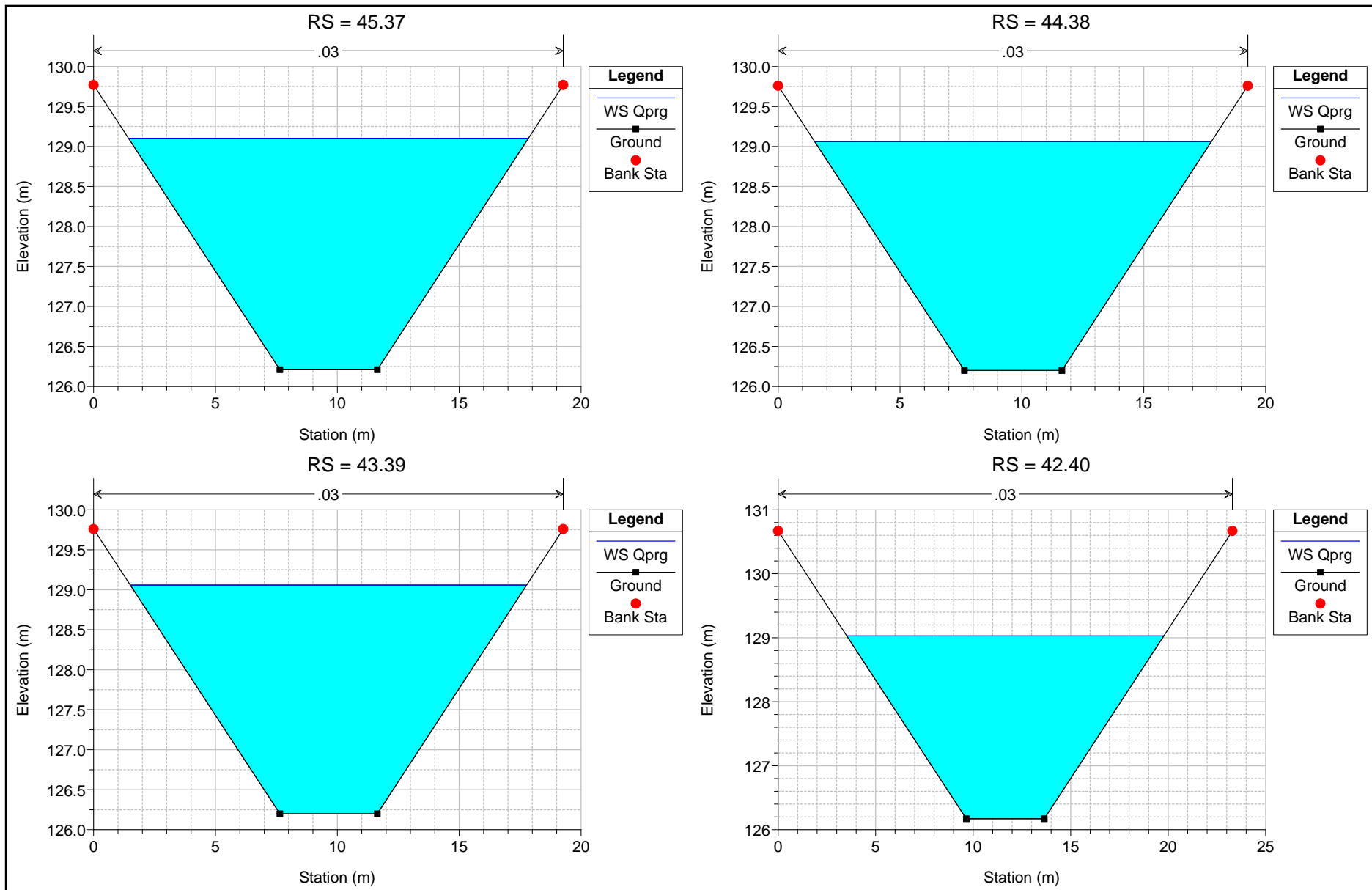


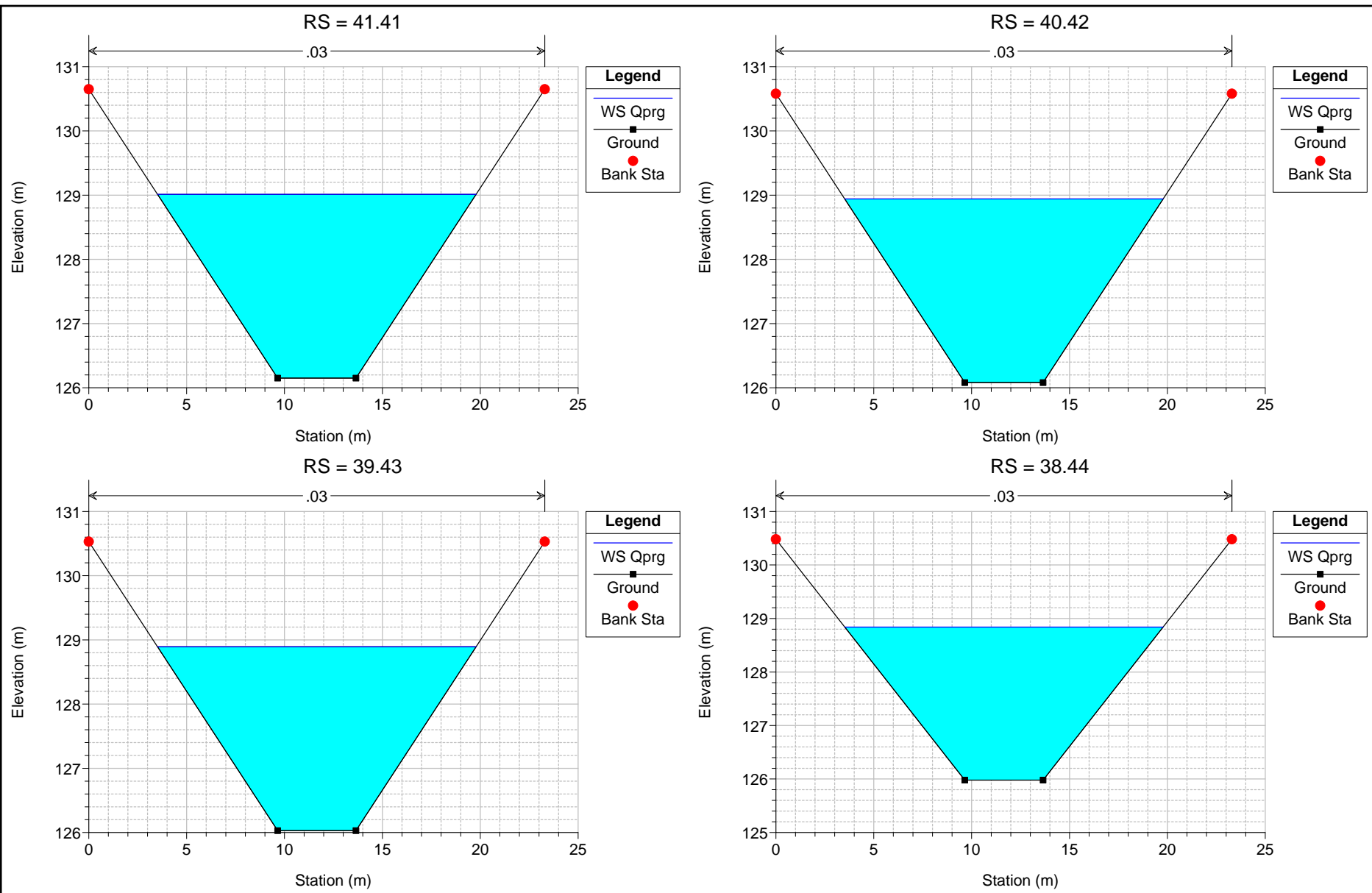


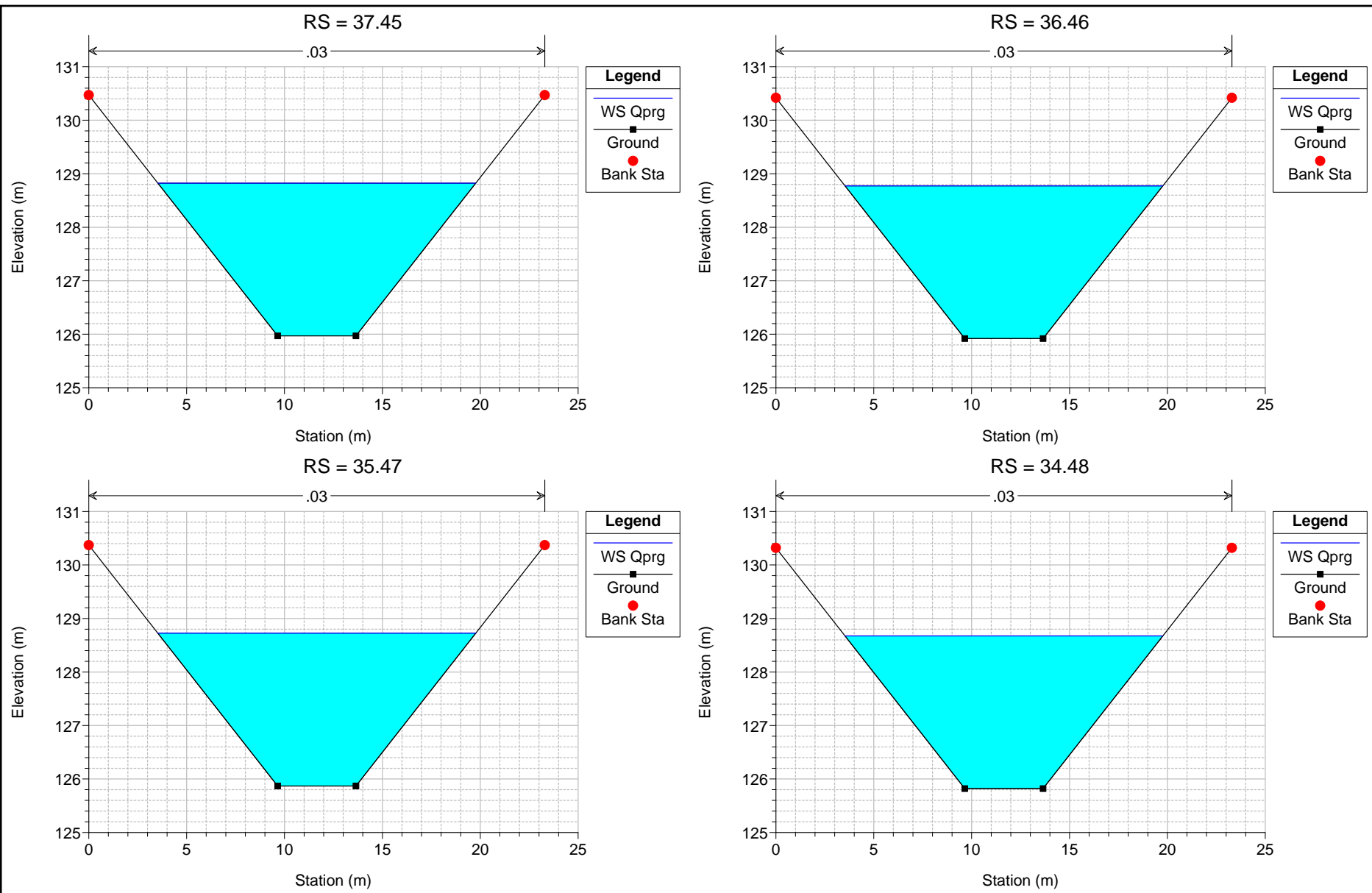


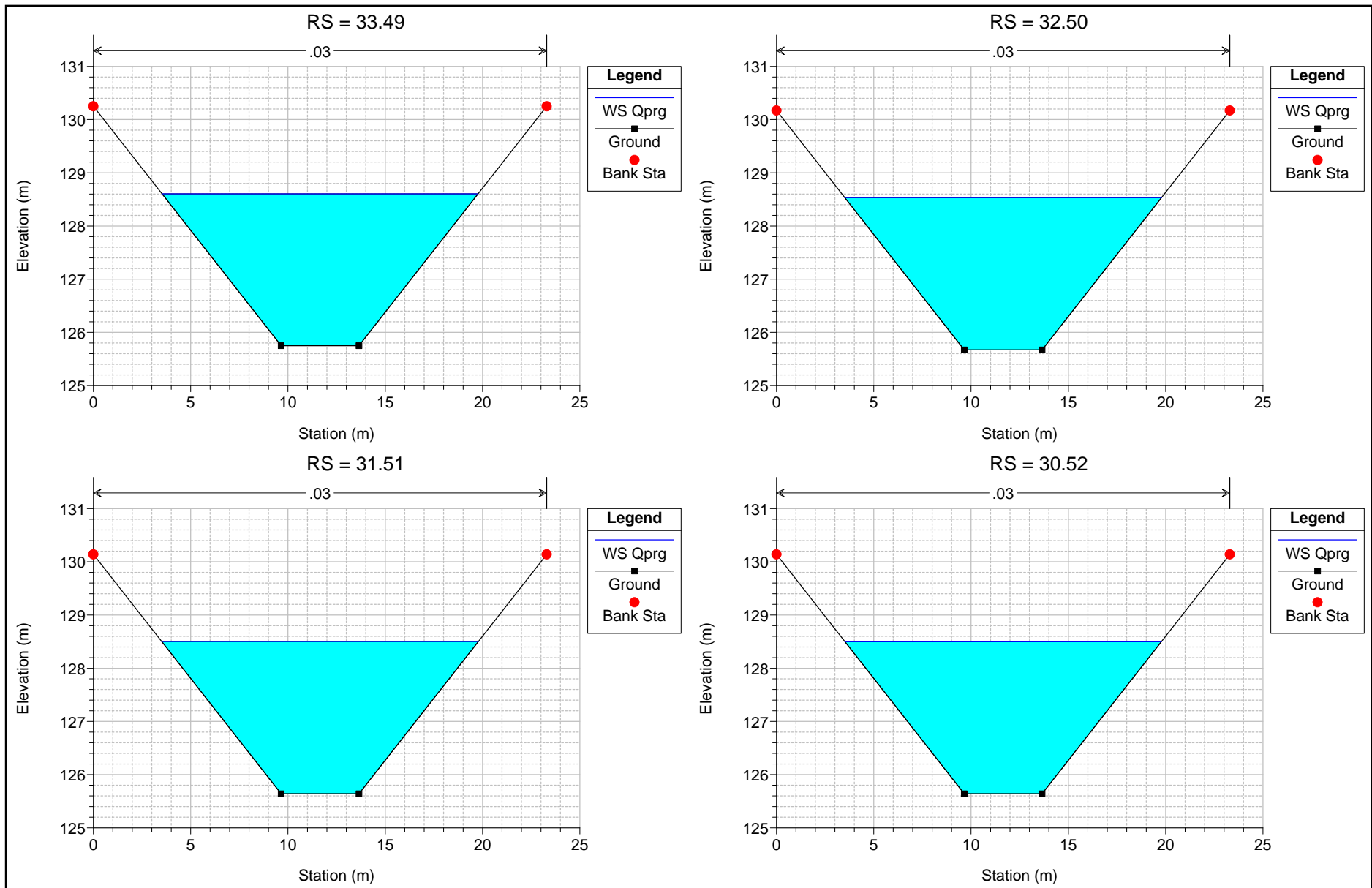


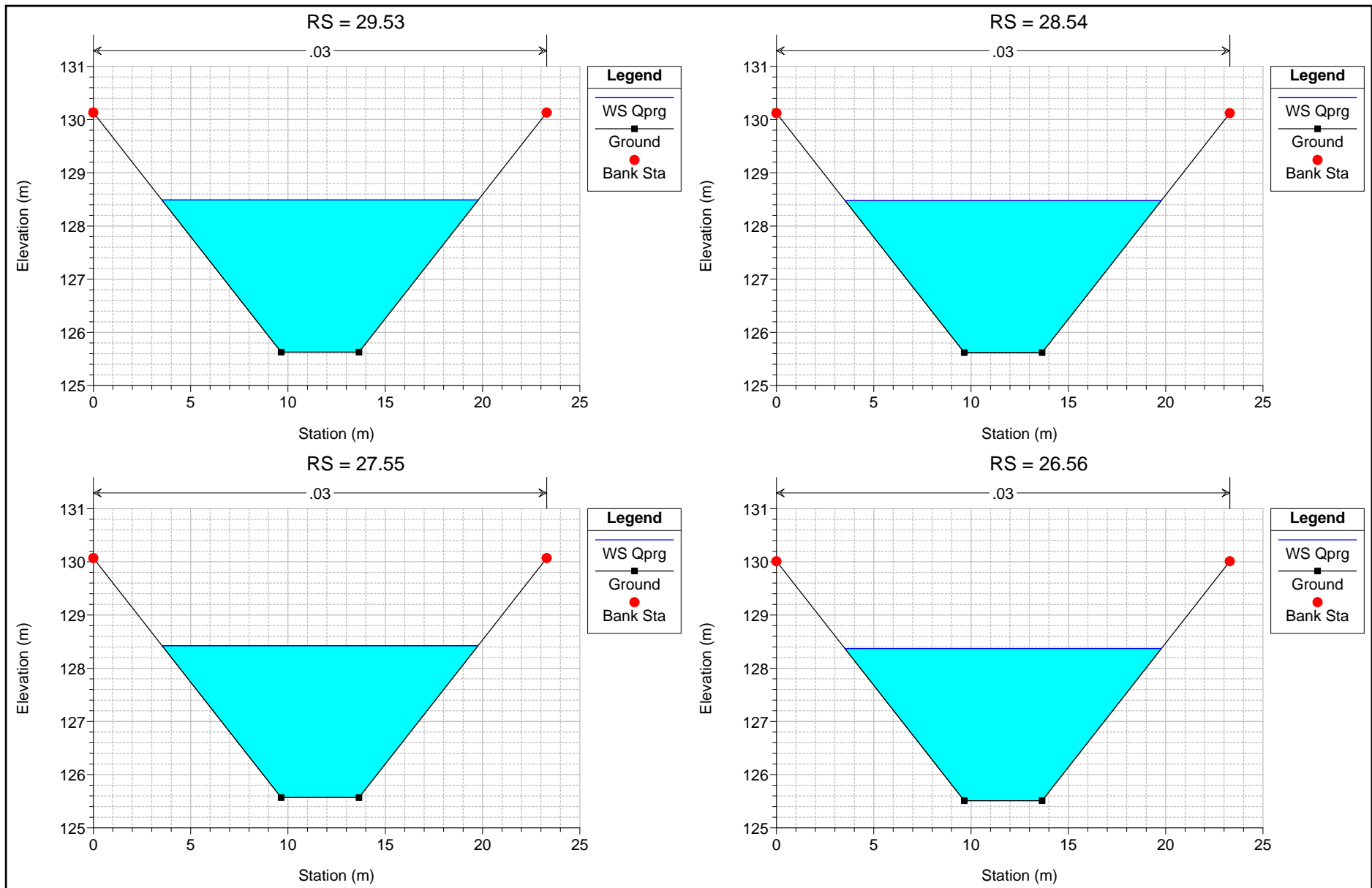




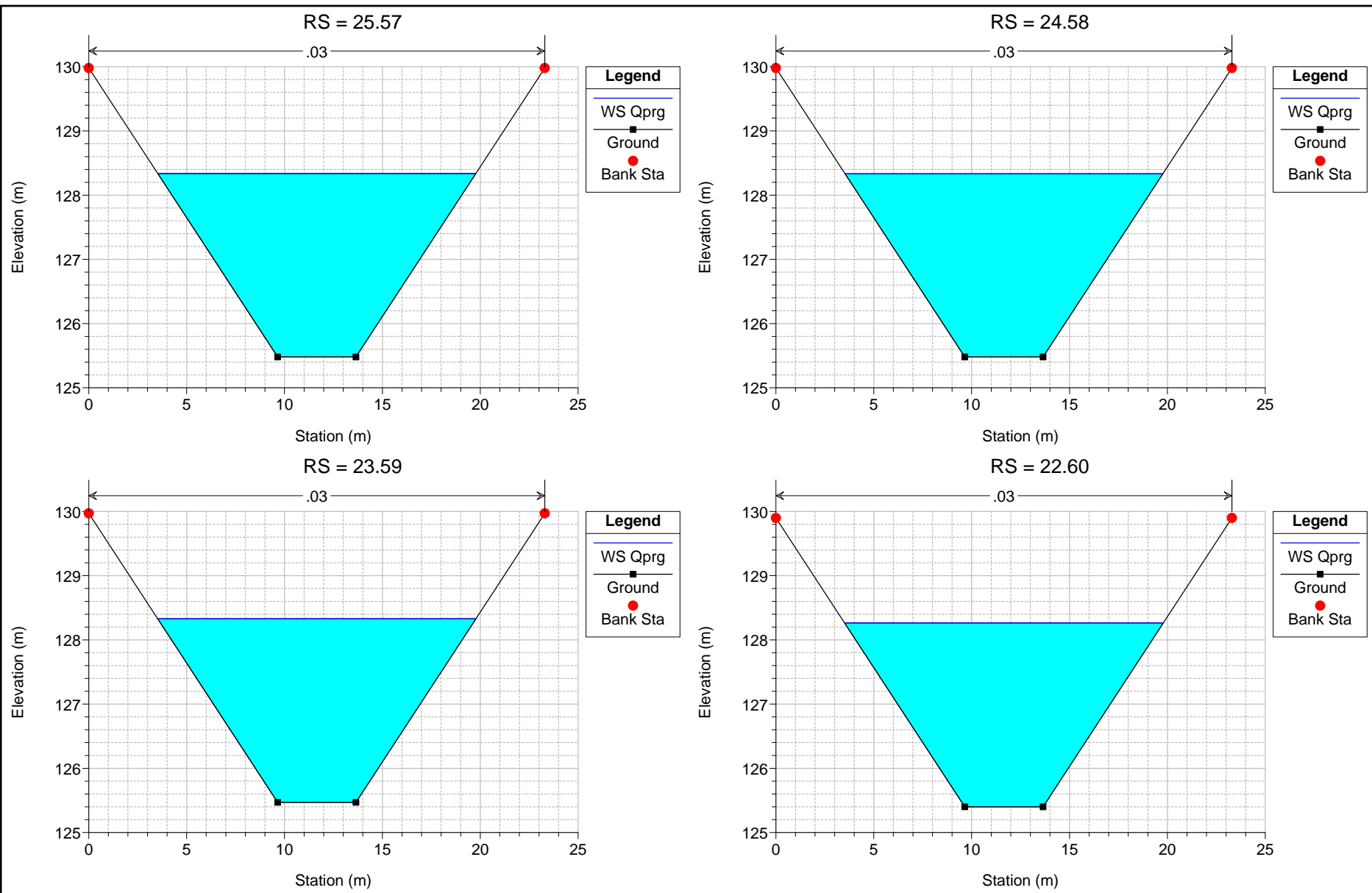


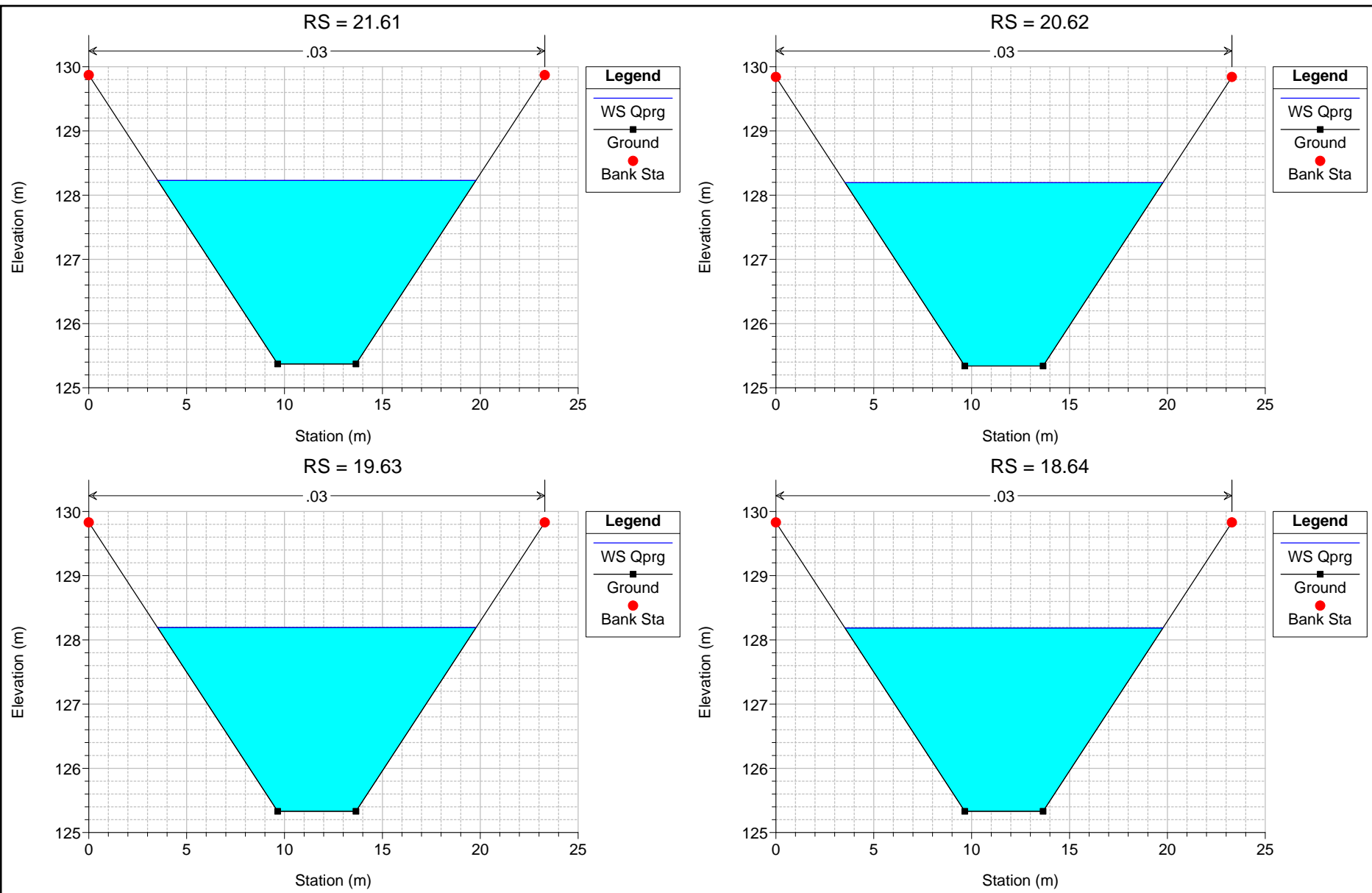


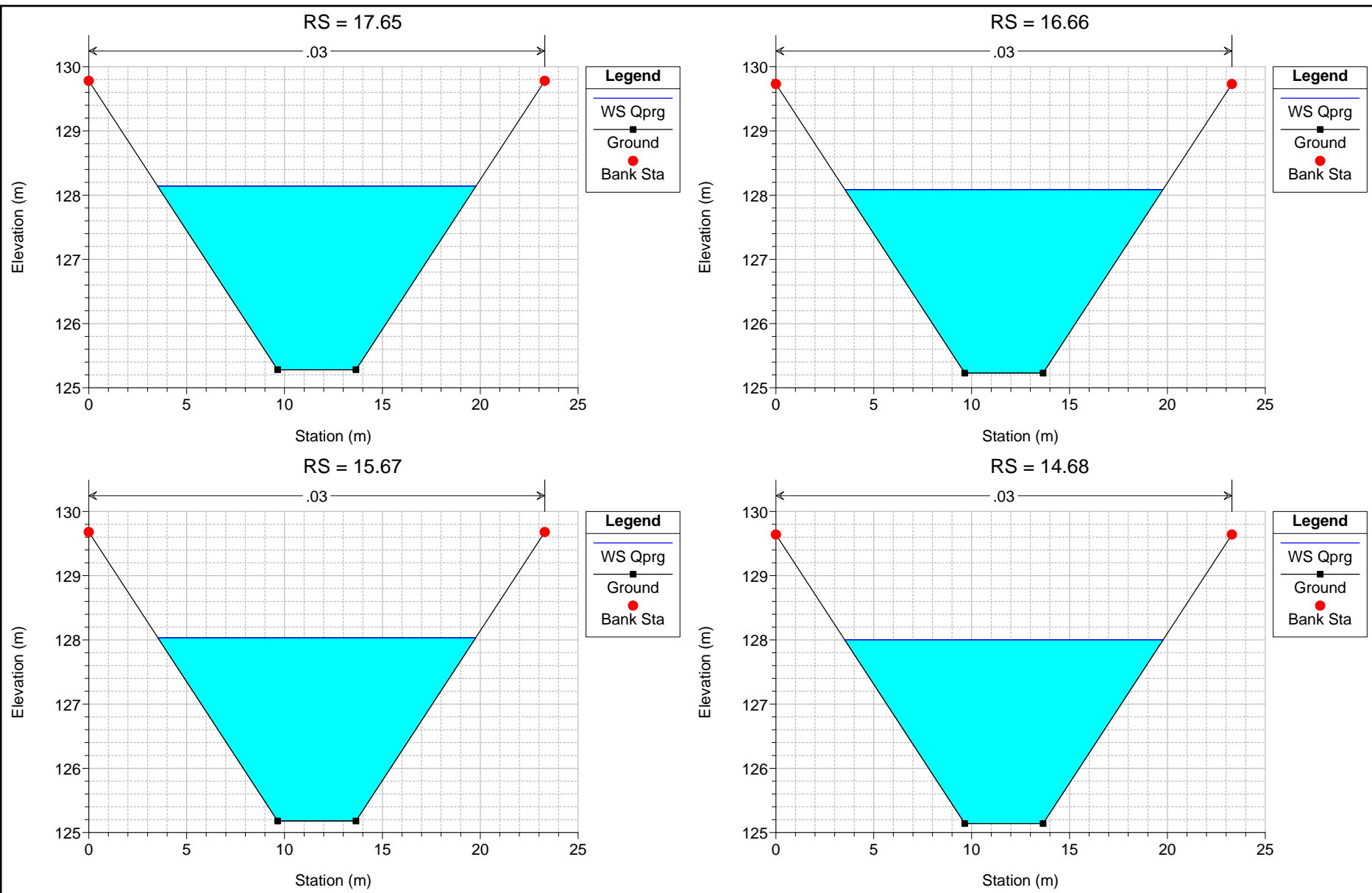


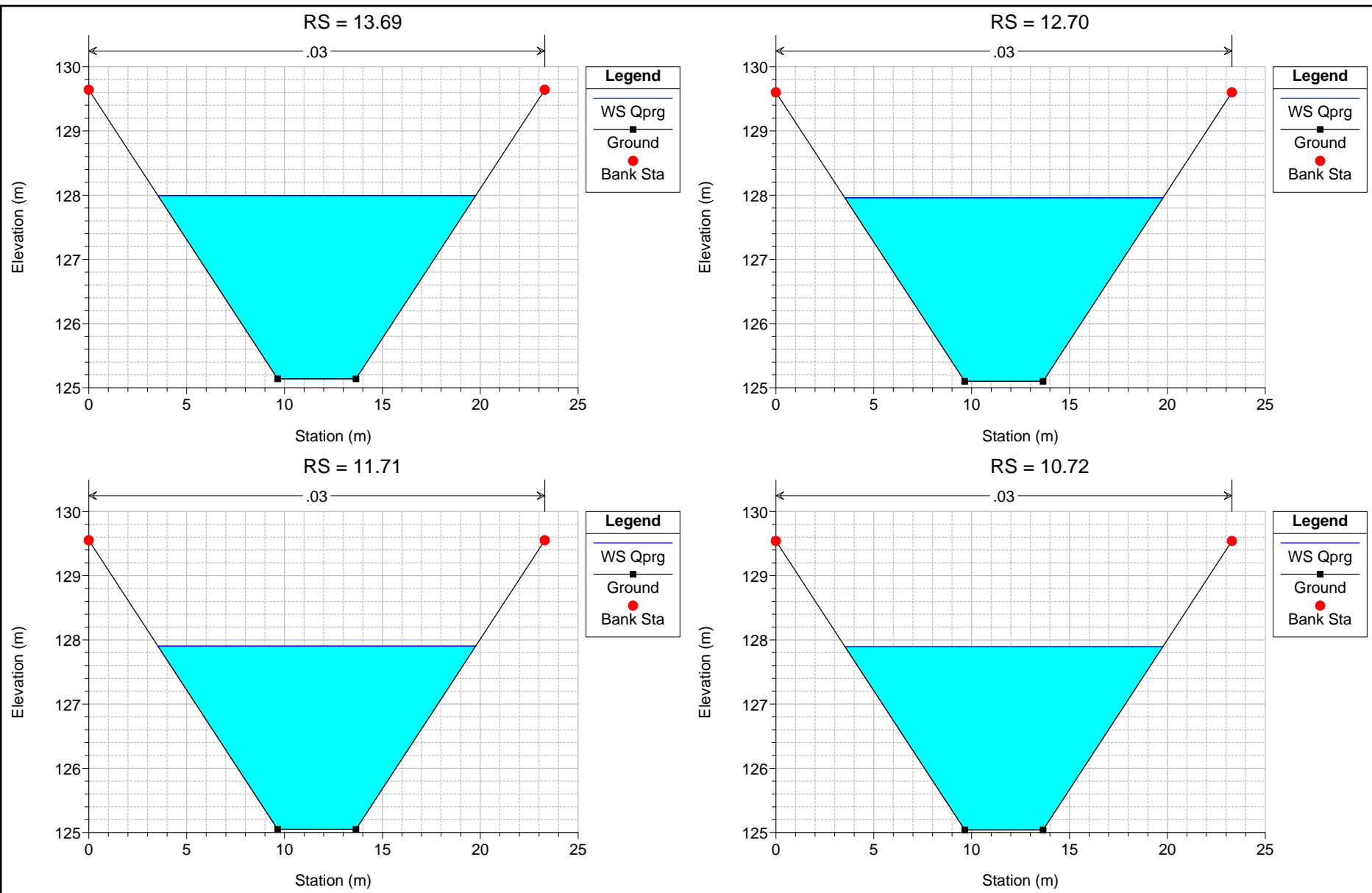


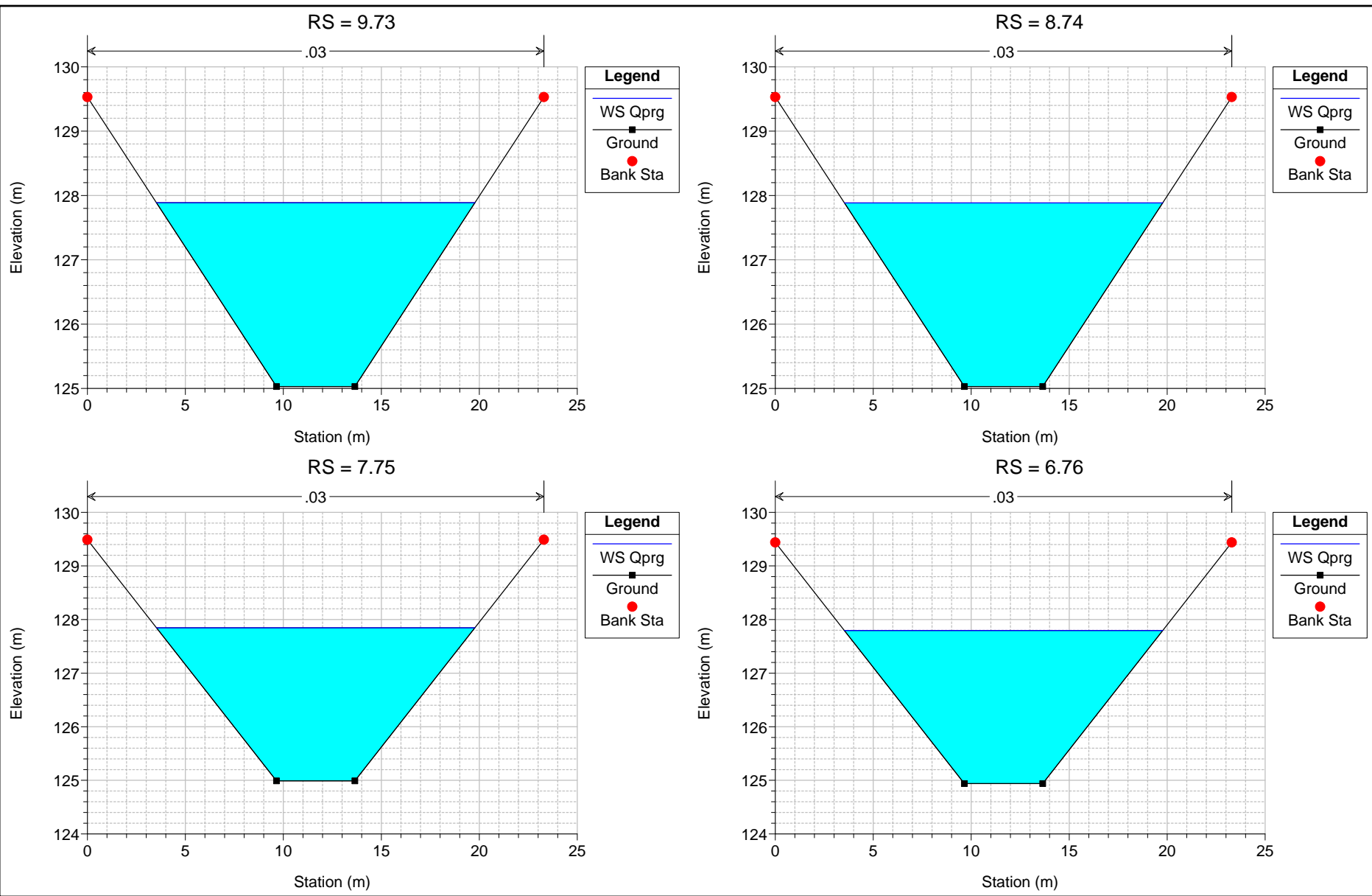


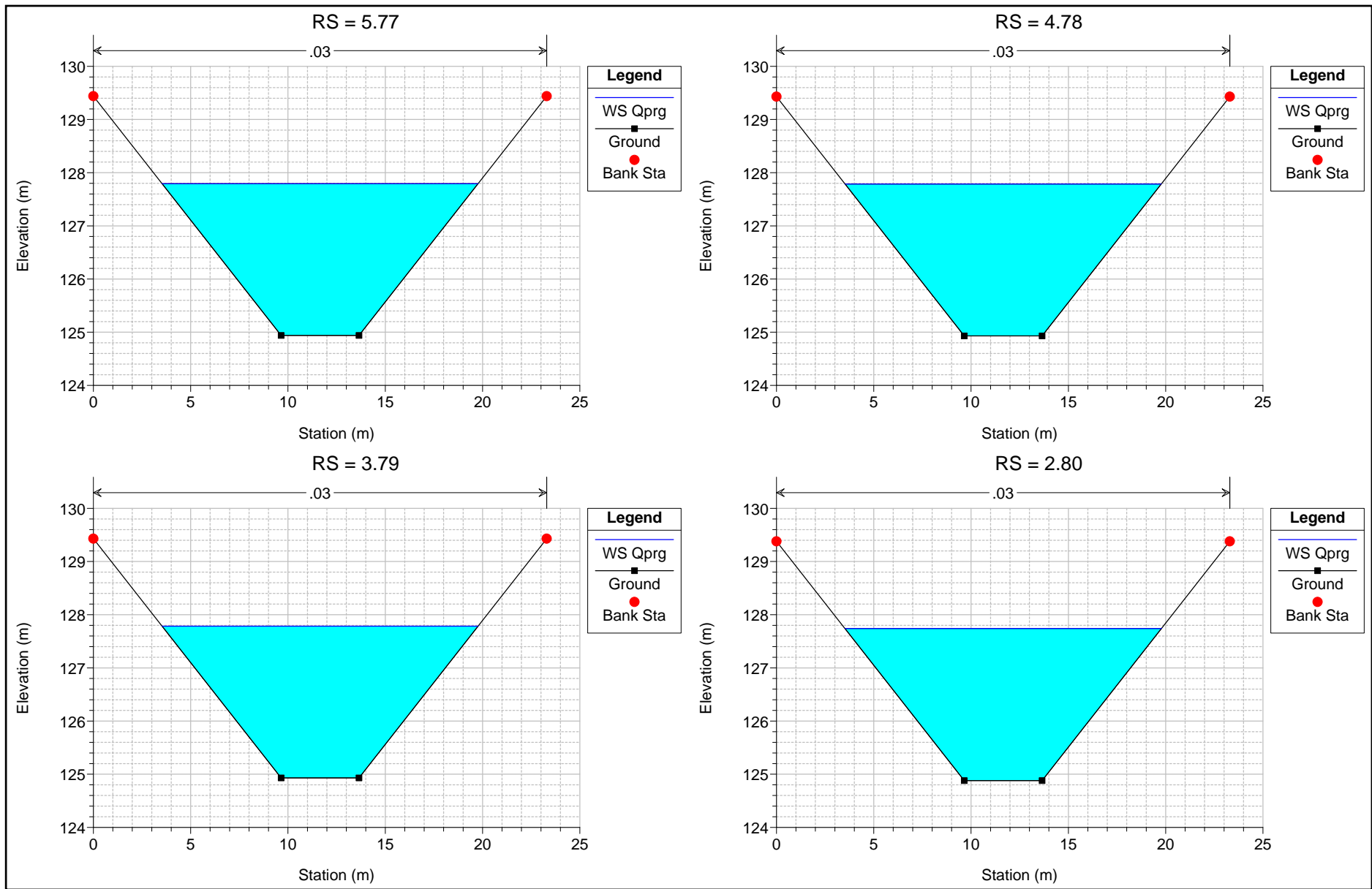


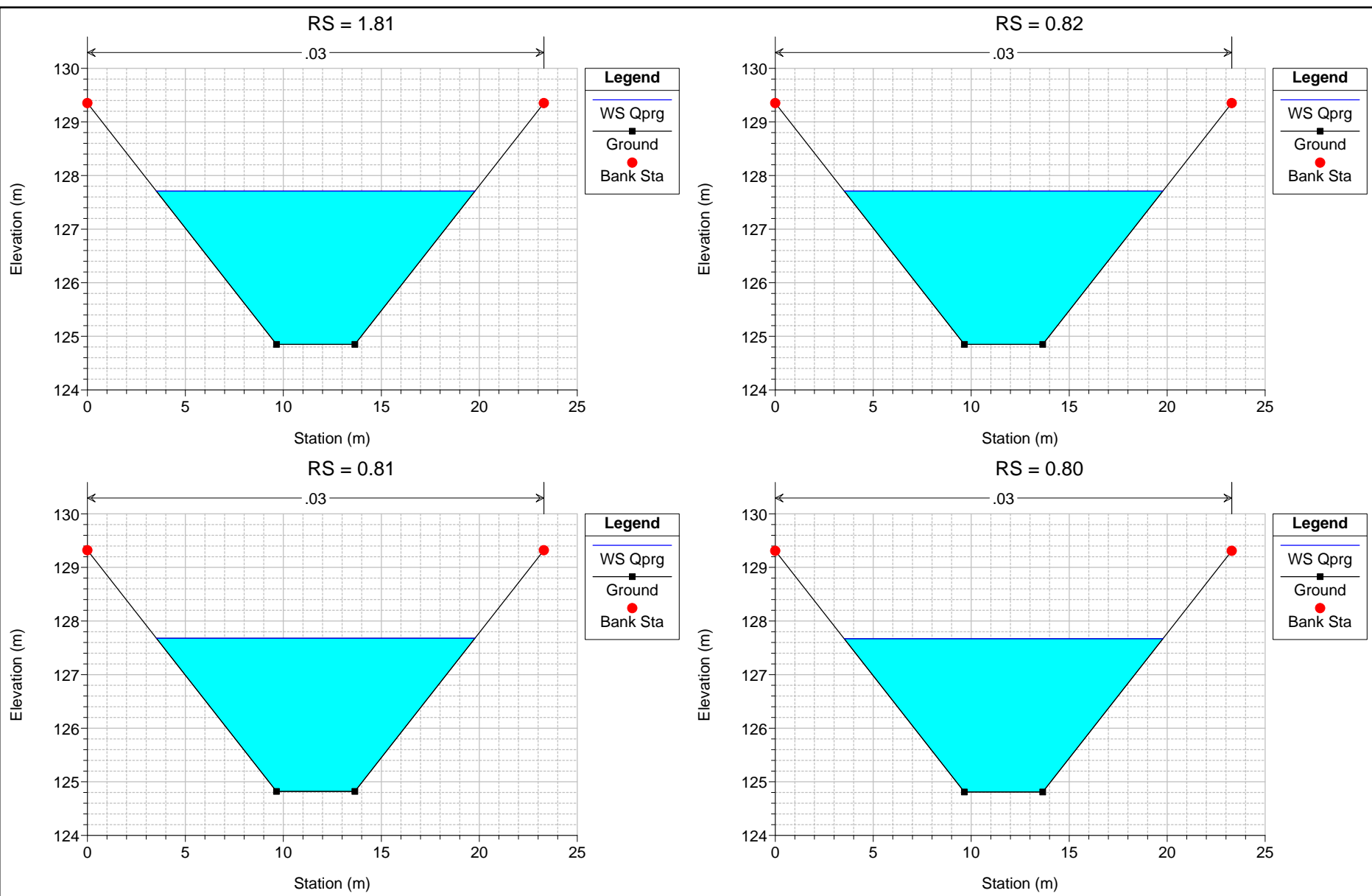


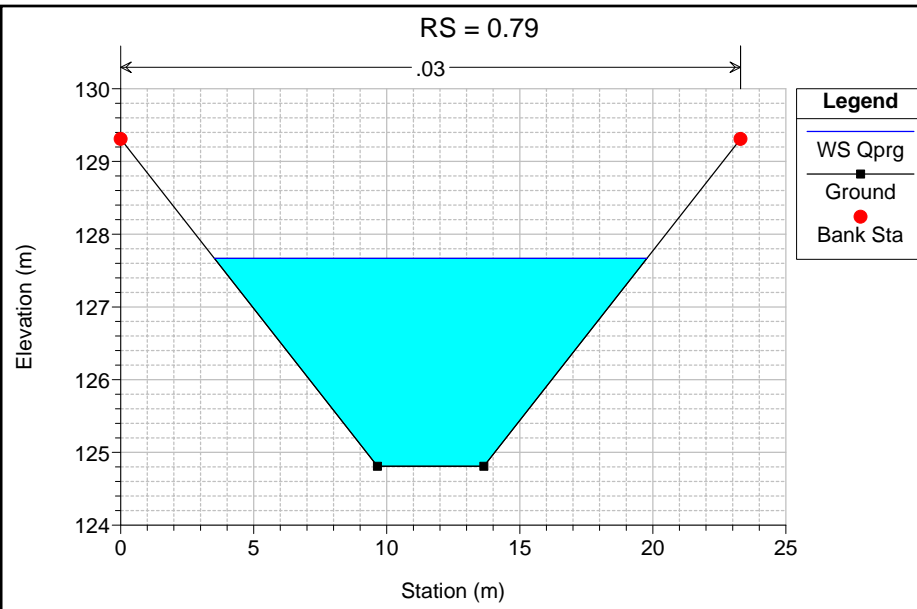














## **ALLEGATO N. 5**

### **CANALE SCOLMATORE DI TRINO**

#### **Profili di moto permanente**

##### **Portata di progetto:**

**Sez.81.1:           24 m<sup>3</sup>/s**

**Sez.65.17:         25 m<sup>3</sup>/s**

**Sez.44.38:         33 m<sup>3</sup>/s**

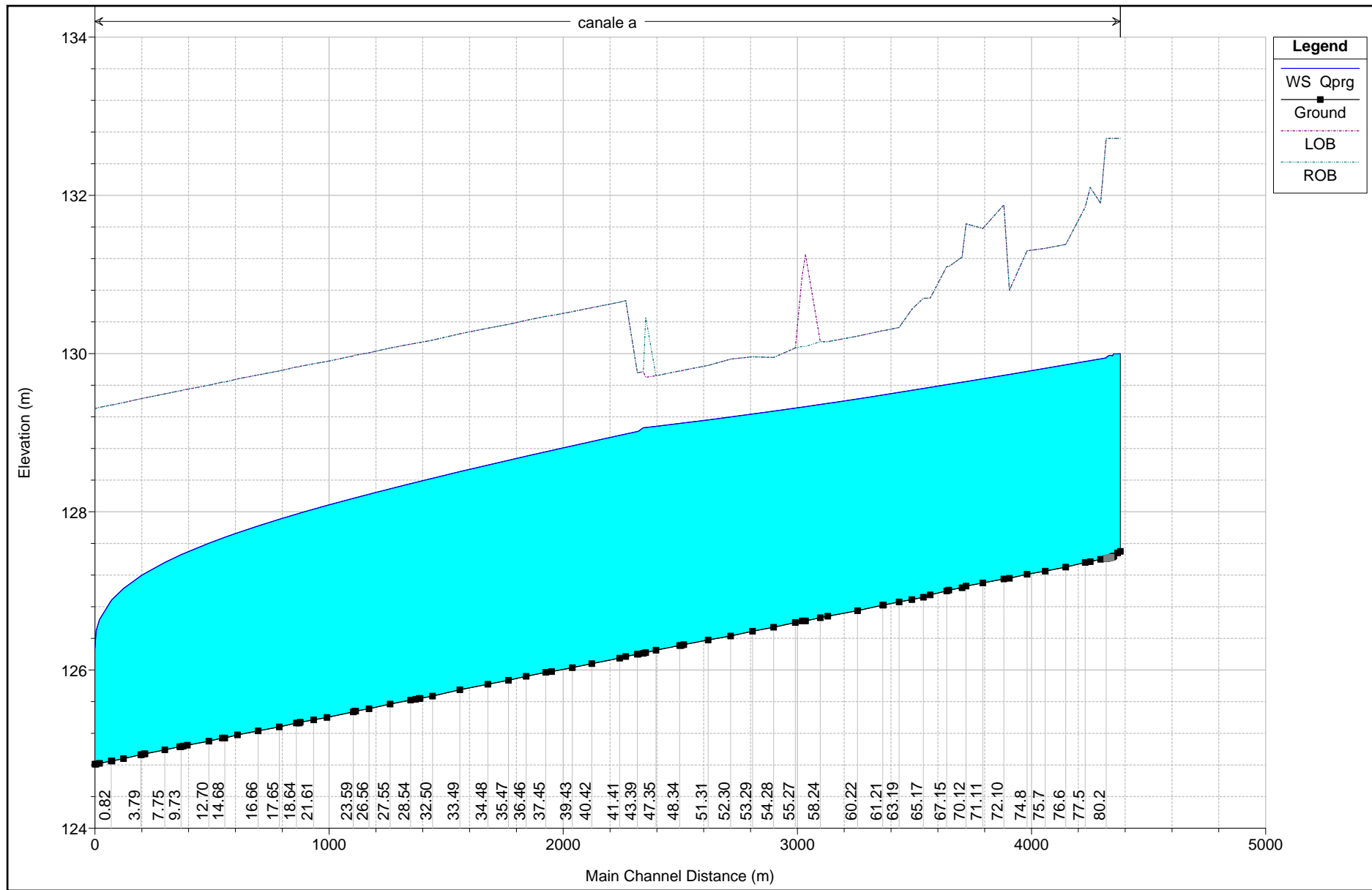
**Simulazione con condizione al contorno:  
livello idrico pari all'altezza critica 126.27 m s.l.m.m.**

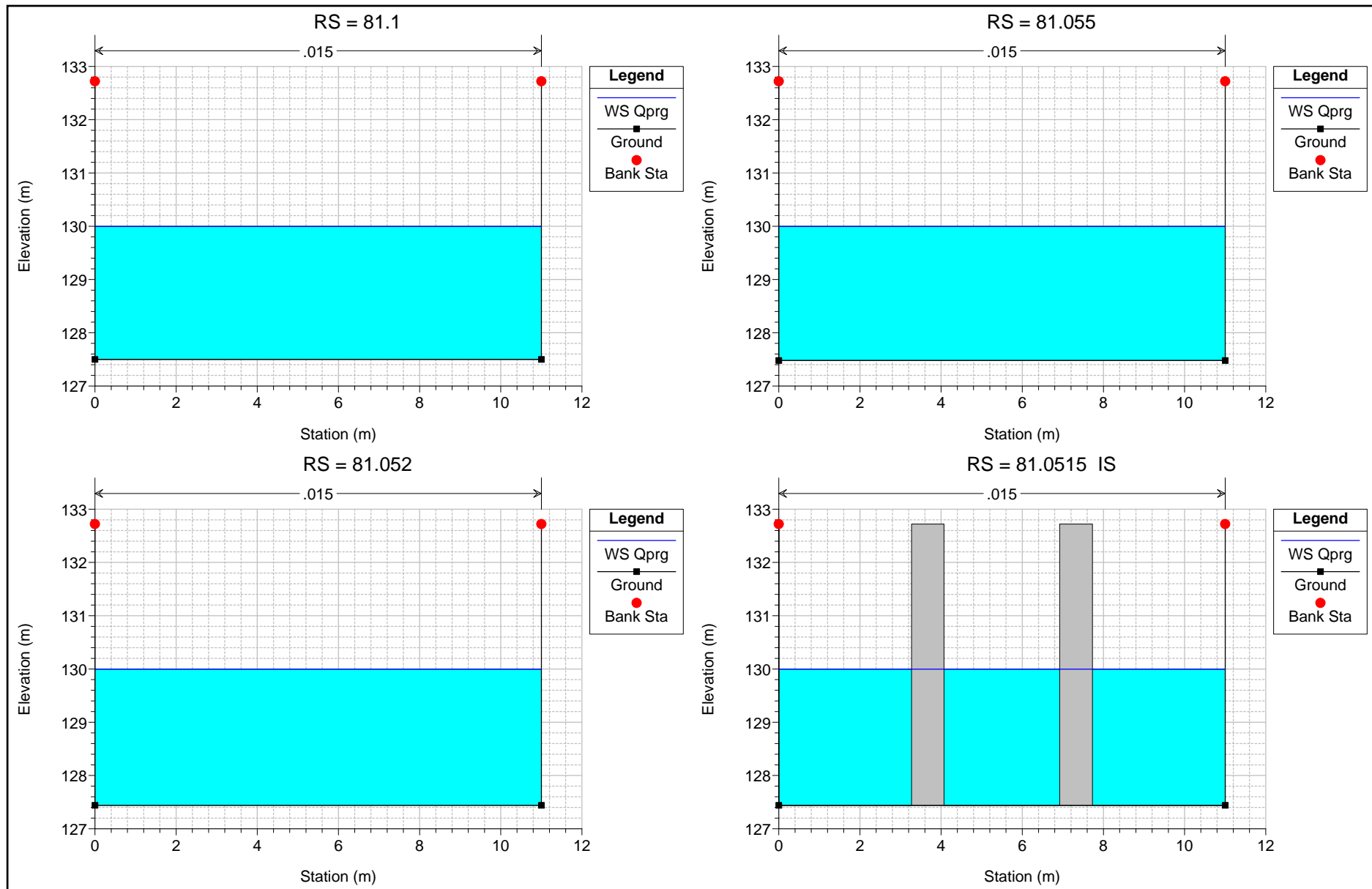
#### **Tabelle di calcolo idraulico**

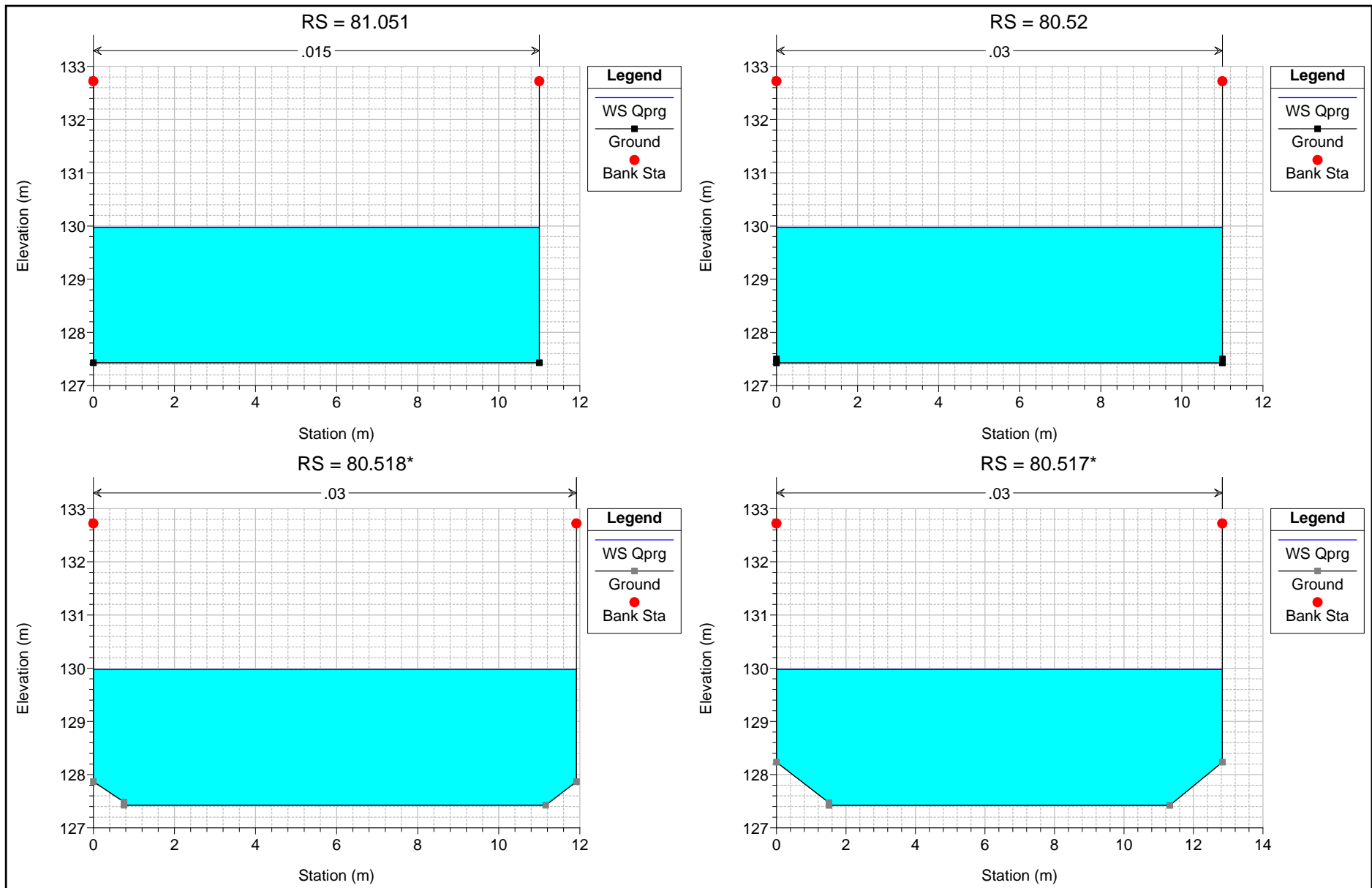
HEC-RAS Plan: scolmatore t River: canale Reach: a Profile: Qprg												
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
a	81.1	Qprg	24.00	127.50	130.00		130.04	0.000083	0.87	27.47	11.00	0.18
a	81.055	Qprg	24.00	127.48	130.00		130.04	0.000082	0.87	27.69	11.00	0.17
a	81.052	Qprg	24.00	127.44	130.00	128.22	130.03	0.000078	0.85	28.12	11.00	0.17
a	81.0515		Inl Struct									
a	81.051	Qprg	24.00	127.43	129.97		130.01	0.000079	0.86	27.97	11.00	0.17
a	80.52	Qprg	24.00	127.43	129.97		130.01	0.000316	0.86	28.01	11.00	0.17
a	80.518*	Qprg	24.00	127.42	129.98		130.01	0.000256	0.80	30.04	11.91	0.16
a	80.517*	Qprg	24.00	127.42	129.98		130.01	0.000225	0.76	31.50	12.83	0.16
a	80.515*	Qprg	24.00	127.42	129.98		130.01	0.000210	0.74	32.42	13.74	0.15
a	80.513*	Qprg	24.00	127.42	129.98		130.00	0.000208	0.73	32.78	14.66	0.16
a	80.512*	Qprg	24.00	127.42	129.98		130.00	0.000218	0.74	32.57	15.57	0.16
a	80.51	Qprg	24.00	127.42	129.97		130.00	0.000242	0.75	31.81	16.49	0.17
a	80.458*	Qprg	24.00	127.41	129.97		130.00	0.000275	0.78	30.72	16.99	0.19
a	80.407*	Qprg	24.00	127.41	129.97		130.00	0.000309	0.82	29.44	16.77	0.20
a	80.355*	Qprg	24.00	127.41	129.96		130.00	0.000348	0.85	28.12	16.33	0.21
a	80.303*	Qprg	24.00	127.41	129.96		130.00	0.000396	0.90	26.76	15.87	0.22
a	80.252*	Qprg	24.00	127.41	129.95		130.00	0.000455	0.95	25.37	15.39	0.24
a	80.2	Qprg	24.00	127.41	129.95		130.00	0.000528	1.00	23.95	14.89	0.25
a	79.3	Qprg	24.00	127.40	129.93		129.98	0.000533	1.01	23.85	14.83	0.25
a	78.4	Qprg	24.00	127.37	129.91		129.96	0.000526	1.00	23.99	14.89	0.25
a	77.5	Qprg	24.00	127.36	129.90		129.95	0.000496	0.97	24.72	15.45	0.25
a	76.6	Qprg	24.00	127.30	129.86		129.91	0.000510	0.99	24.26	14.97	0.25
a	75.7	Qprg	24.00	127.25	129.81		129.86	0.000505	0.99	24.35	15.00	0.25
a	74.8	Qprg	24.00	127.21	129.77		129.82	0.000506	0.99	24.32	14.98	0.25
a	73.9	Qprg	24.00	127.16	129.74		129.79	0.000495	0.98	24.53	15.04	0.24
a	72.10	Qprg	24.00	127.15	129.72		129.77	0.000496	0.98	24.51	15.04	0.24
a	71.11	Qprg	24.00	127.10	129.68		129.73	0.000491	0.98	24.60	15.06	0.24
a	70.12	Qprg	24.00	127.06	129.65		129.69	0.000487	0.97	24.69	15.09	0.24
a	69.13	Qprg	24.00	127.04	129.64		129.69	0.000478	0.97	24.86	15.14	0.24
a	68.14	Qprg	24.00	127.01	129.61		129.66	0.000473	0.96	24.97	15.20	0.24
a	67.15	Qprg	24.00	127.00	129.61		129.65	0.000469	0.96	25.04	15.21	0.24
a	66.16	Qprg	24.00	126.95	129.58		129.62	0.000456	0.95	25.29	15.26	0.24
a	65.17	Qprg	25.00	126.92	129.56		129.61	0.000485	0.98	25.49	15.32	0.24
a	64.18	Qprg	25.00	126.89	129.53		129.58	0.000479	0.98	25.61	15.37	0.24
a	63.19	Qprg	25.00	126.86	129.51		129.56	0.000476	0.97	25.66	15.37	0.24
a	62.20	Qprg	25.00	126.82	129.48		129.53	0.000469	0.97	25.79	15.41	0.24
a	61.21	Qprg	25.00	126.82	129.48		129.52	0.000470	0.97	25.77	15.41	0.24
a	60.22	Qprg	25.00	126.75	129.43		129.47	0.000455	0.96	26.10	15.50	0.24
a	59.23	Qprg	25.00	126.68	129.37		129.42	0.000445	0.95	26.30	15.55	0.23
a	58.24	Qprg	25.00	126.66	129.36		129.40	0.000444	0.95	26.30	15.51	0.23
a	57.25	Qprg	25.00	126.62	129.33		129.37	0.000432	0.94	26.60	15.63	0.23
a	56.26	Qprg	25.00	126.62	129.32		129.37	0.000437	0.94	26.47	15.59	0.23
a	55.27	Qprg	25.00	126.60	129.31		129.36	0.000431	0.94	26.61	15.64	0.23
a	54.28	Qprg	25.00	126.54	129.27		129.32	0.000408	0.92	27.25	15.94	0.22
a	53.29	Qprg	25.00	126.49	129.24		129.28	0.000408	0.92	27.17	15.79	0.22
a	52.30	Qprg	25.00	126.43	129.20		129.24	0.000398	0.91	27.39	15.79	0.22
a	51.31	Qprg	25.00	126.38	129.16		129.20	0.000386	0.90	27.73	15.94	0.22
a	50.32	Qprg	25.00	126.32	129.12		129.16	0.000374	0.89	28.08	16.03	0.21
a	49.33	Qprg	25.00	126.31	129.12		129.16	0.000370	0.89	28.17	16.06	0.21
a	48.34	Qprg	25.00	126.31	129.12		129.16	0.000371	0.89	28.13	16.05	0.21
a	47.35	Qprg	25.00	126.25	129.08		129.12	0.000358	0.88	28.52	16.15	0.21
a	46.36	Qprg	25.00	126.22	129.06		129.10	0.000351	0.87	28.73	16.20	0.21
a	45.37	Qprg	25.00	126.21	129.06		129.10	0.000347	0.87	28.84	16.23	0.21
a	44.38	Qprg	33.00	126.20	129.02		129.09	0.000637	1.17	28.29	16.08	0.28
a	43.39	Qprg	33.00	126.20	129.01		129.08	0.000640	1.17	28.24	16.07	0.28
a	42.40	Qprg	33.00	126.17	128.98		129.05	0.000642	1.17	28.21	16.06	0.28
a	41.41	Qprg	33.00	126.15	128.97		129.04	0.000639	1.17	28.27	16.08	0.28
a	40.42	Qprg	33.00	126.08	128.89		128.96	0.000646	1.17	28.15	16.05	0.28
a	39.43	Qprg	33.00	126.03	128.83		128.91	0.000650	1.17	28.09	16.03	0.28
a	38.44	Qprg	33.00	125.98	128.78		128.85	0.000658	1.18	27.95	15.99	0.29
a	37.45	Qprg	33.00	125.97	128.76		128.83	0.000666	1.19	27.83	15.96	0.29
a	36.46	Qprg	33.00	125.92	128.70		128.77	0.000672	1.19	27.73	15.93	0.29
a	35.47	Qprg	33.00	125.87	128.65		128.72	0.000674	1.19	27.71	15.93	0.29
a	34.48	Qprg	33.00	125.82	128.59		128.66	0.000685	1.20	27.54	15.88	0.29
a	33.49	Qprg	33.00	125.75	128.51		128.58	0.000700	1.21	27.32	15.82	0.29
a	32.50	Qprg	33.00	125.67	128.42		128.50	0.000703	1.21	27.28	15.81	0.29
a	31.51	Qprg	33.00	125.64	128.39		128.46	0.000712	1.22	27.15	15.78	0.30
a	30.52	Qprg	33.00	125.64	128.38		128.46	0.000715	1.22	27.10	15.76	0.30
a	29.53	Qprg	33.00	125.63	128.37		128.45	0.000716	1.22	27.09	15.76	0.30
a	28.54	Qprg	33.00	125.62	128.36		128.43	0.000723	1.22	26.99	15.73	0.30
a	27.55	Qprg	33.00	125.57	128.29		128.37	0.000741	1.23	26.75	15.67	0.30
a	26.56	Qprg	33.00	125.51	128.22		128.30	0.000750	1.24	26.63	15.63	0.30
a	25.57	Qprg	33.00	125.48	128.18		128.26	0.000768	1.25	26.39	15.57	0.31
a	24.58	Qprg	33.00	125.48	128.18		128.25	0.000771	1.25	26.35	15.56	0.31
a	23.59	Qprg	33.00	125.47	128.17		128.25	0.000766	1.25	26.43	15.58	0.31
a	22.60	Qprg	33.00	125.40	128.08		128.16	0.000790	1.26	26.12	15.49	0.31
a	21.61	Qprg	33.00	125.37	128.03		128.12	0.000812	1.28	25.85	15.42	0.31
a	20.62	Qprg	33.00	125.34	127.98		128.07	0.000837	1.29	25.57	15.34	0.32
a	19.63	Qprg	33.00	125.33	127.98		128.06	0.000829	1.29	25.65	15.36	0.32
a	18.64	Qprg	33.00	125.33	127.97		128.05	0.000844	1.29	25.49	15.32	0.32
a	17.65	Qprg	33.00	125.28	127.91		127.99	0.000863	1.31	25.28	15.26	0.32
a	16.66	Qprg	33.00	125.23	127.82		127.91	0.000913	1.33	24.76	15.11	0.33
a	15.67	Qprg	33.00	125.18	127.73		127.83	0.000972	1.36	24.19	14.95	0.34
a	14.68	Qprg	33.00	125.14	127.68		127.77	0.000997	1.38	23.96	14.88	0.35
a	13.69	Qprg	33.00	125.14	127.67		127.76	0.001017	1.39	23.79	14.83	0.35
a	12.70	Qprg	33.00	125.10	127.60		127.70	0.001058	1.41	23.44	14.73	0.36
a	11.71	Qprg	33.00	125.05	127.49		127.60	0.001174	1.46	22.56	14.47	0.37

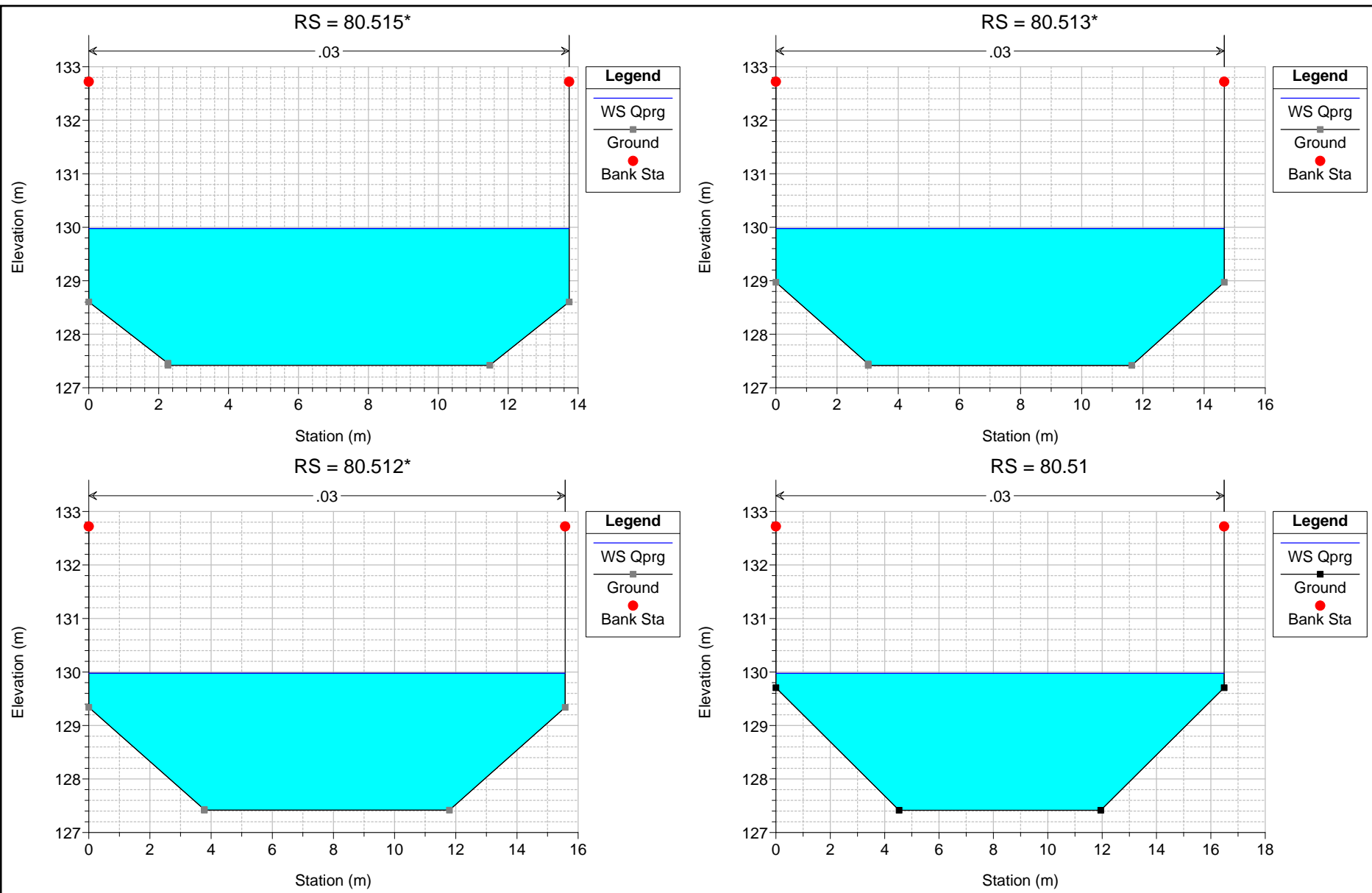
HEC-RAS Plan: scolmatore t River: canale Reach: a Profile: Qprg (Continued)

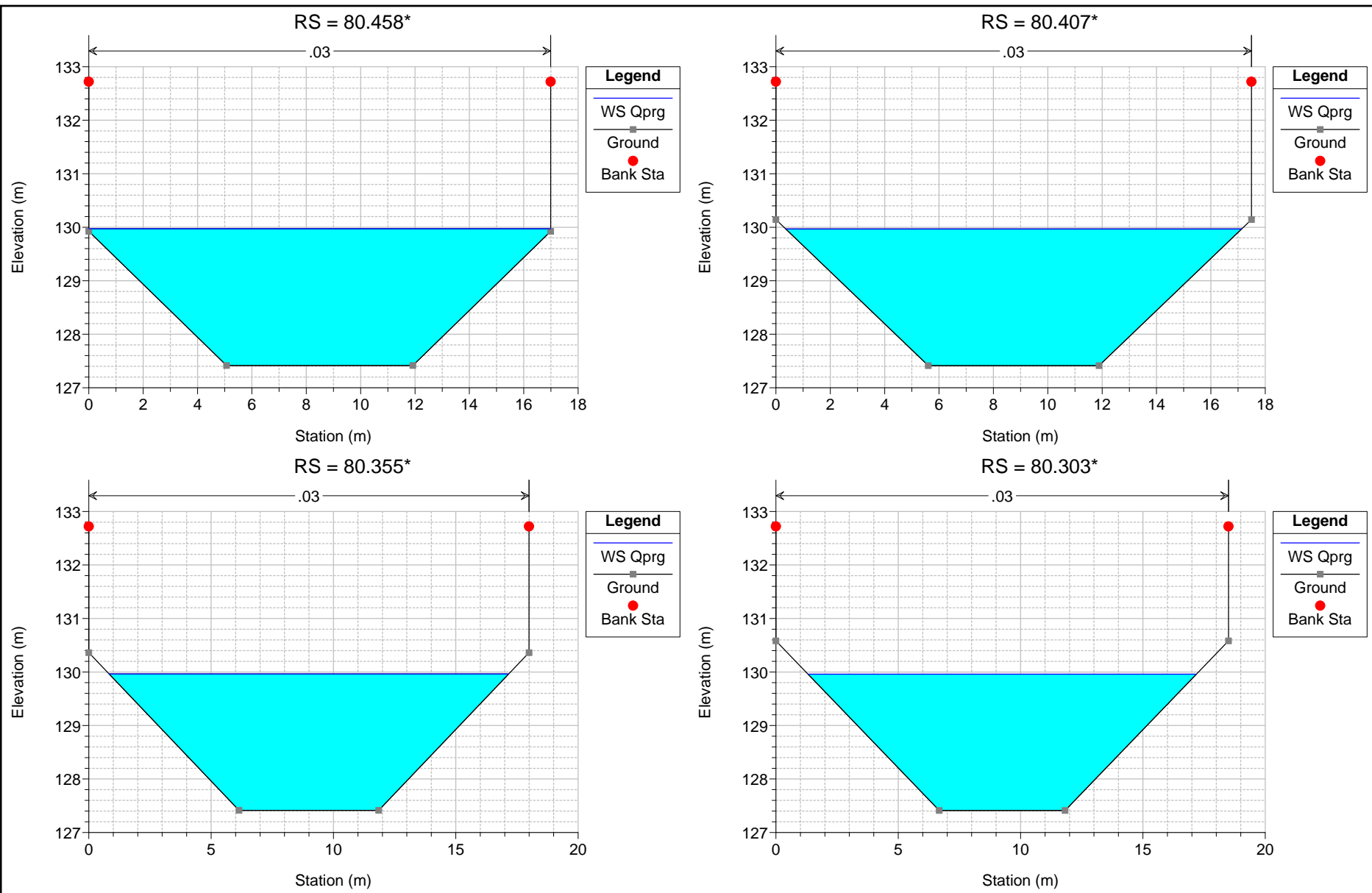
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
a	10.72	Qprg	33.00	125.04	127.47		127.58	0.001200	1.47	22.38	14.42	0.38
a	9.73	Qprg	33.00	125.03	127.46		127.57	0.001202	1.48	22.36	14.41	0.38
a	8.74	Qprg	33.00	125.03	127.45		127.56	0.001219	1.48	22.24	14.38	0.38
a	7.75	Qprg	33.00	124.99	127.36		127.48	0.001332	1.53	21.53	14.16	0.40
a	6.76	Qprg	33.00	124.94	127.22		127.36	0.001562	1.63	20.30	13.79	0.43
a	5.77	Qprg	33.00	124.94	127.22		127.35	0.001580	1.63	20.21	13.76	0.43
a	4.78	Qprg	33.00	124.93	127.20		127.33	0.001611	1.64	20.06	13.71	0.43
a	3.79	Qprg	33.00	124.93	127.19		127.33	0.001631	1.65	19.97	13.69	0.44
a	2.80	Qprg	33.00	124.88	127.03		127.19	0.001998	1.78	18.53	13.23	0.48
a	1.81	Qprg	33.00	124.85	126.89		127.08	0.002493	1.93	17.08	12.75	0.53
a	0.82	Qprg	33.00	124.85	126.88		127.07	0.002550	1.95	16.94	12.70	0.54
a	0.81	Qprg	33.00	124.82	126.64		126.91	0.003991	2.30	14.36	11.80	0.66
a	0.80	Qprg	33.00	124.81	126.50	126.27	126.83	0.005395	2.57	12.86	11.24	0.77
a	0.79	Qprg	33.00	124.81	126.27	126.27	126.78	0.009531	3.16	10.45	10.28	1.00



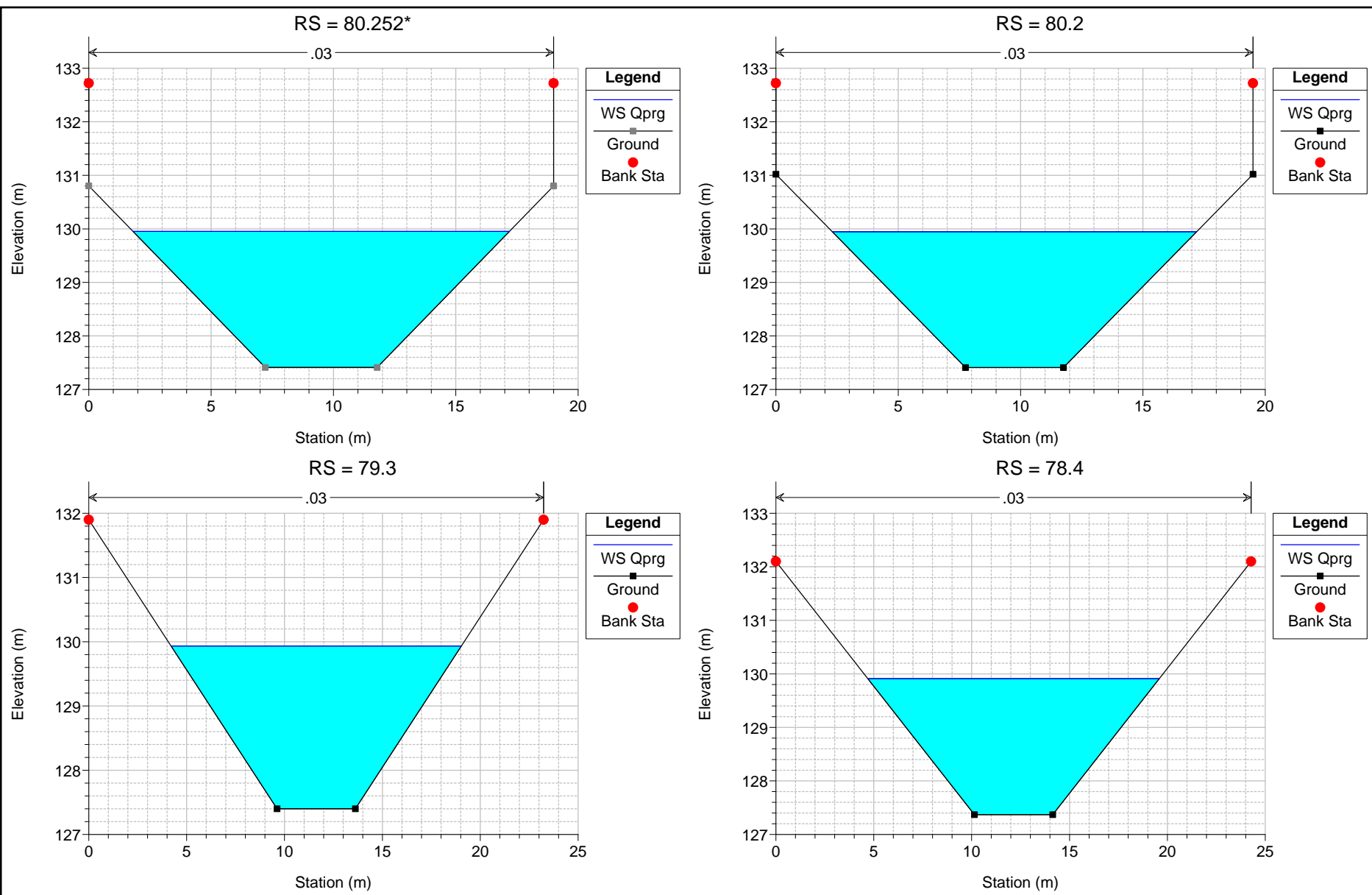


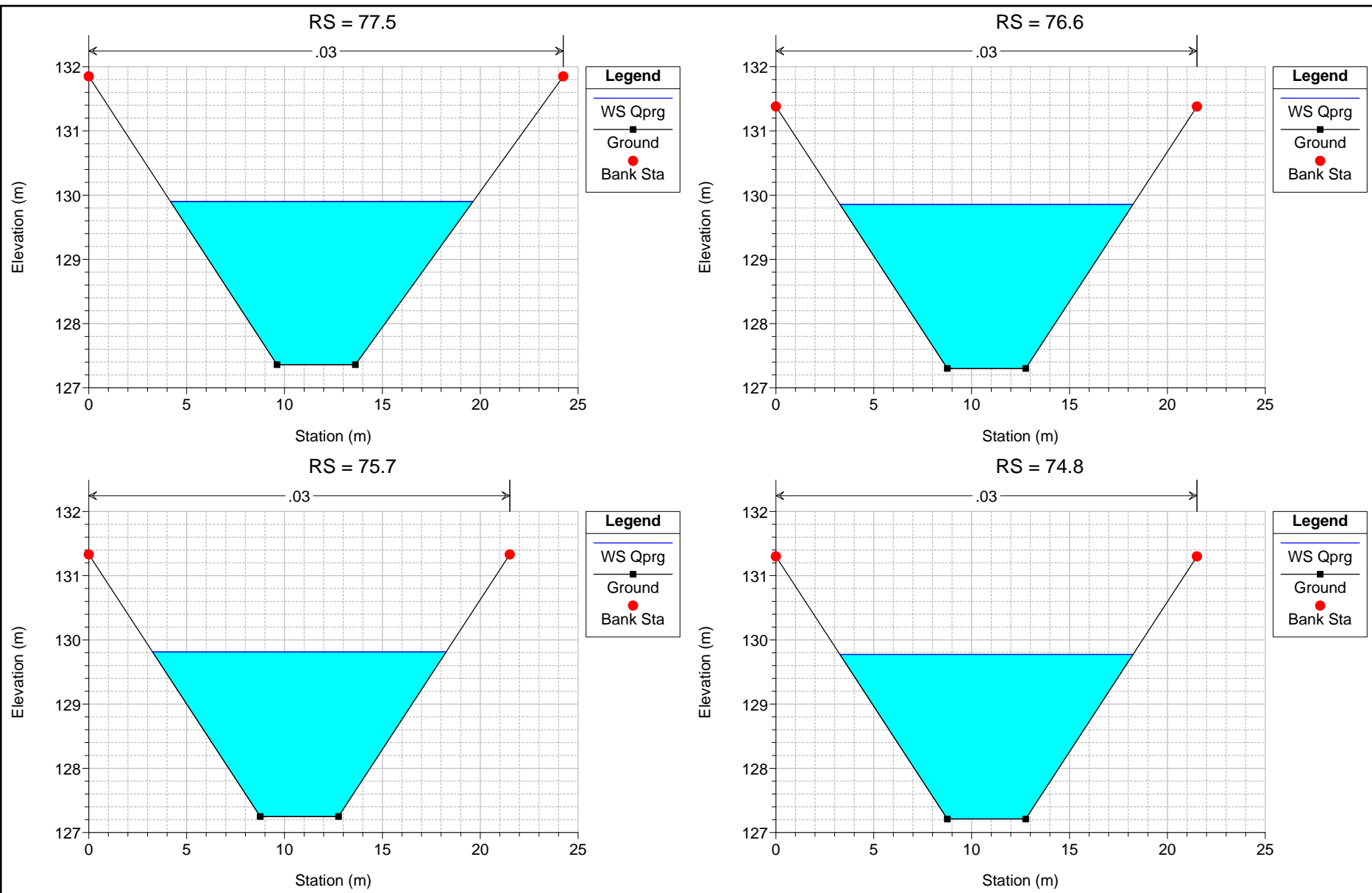


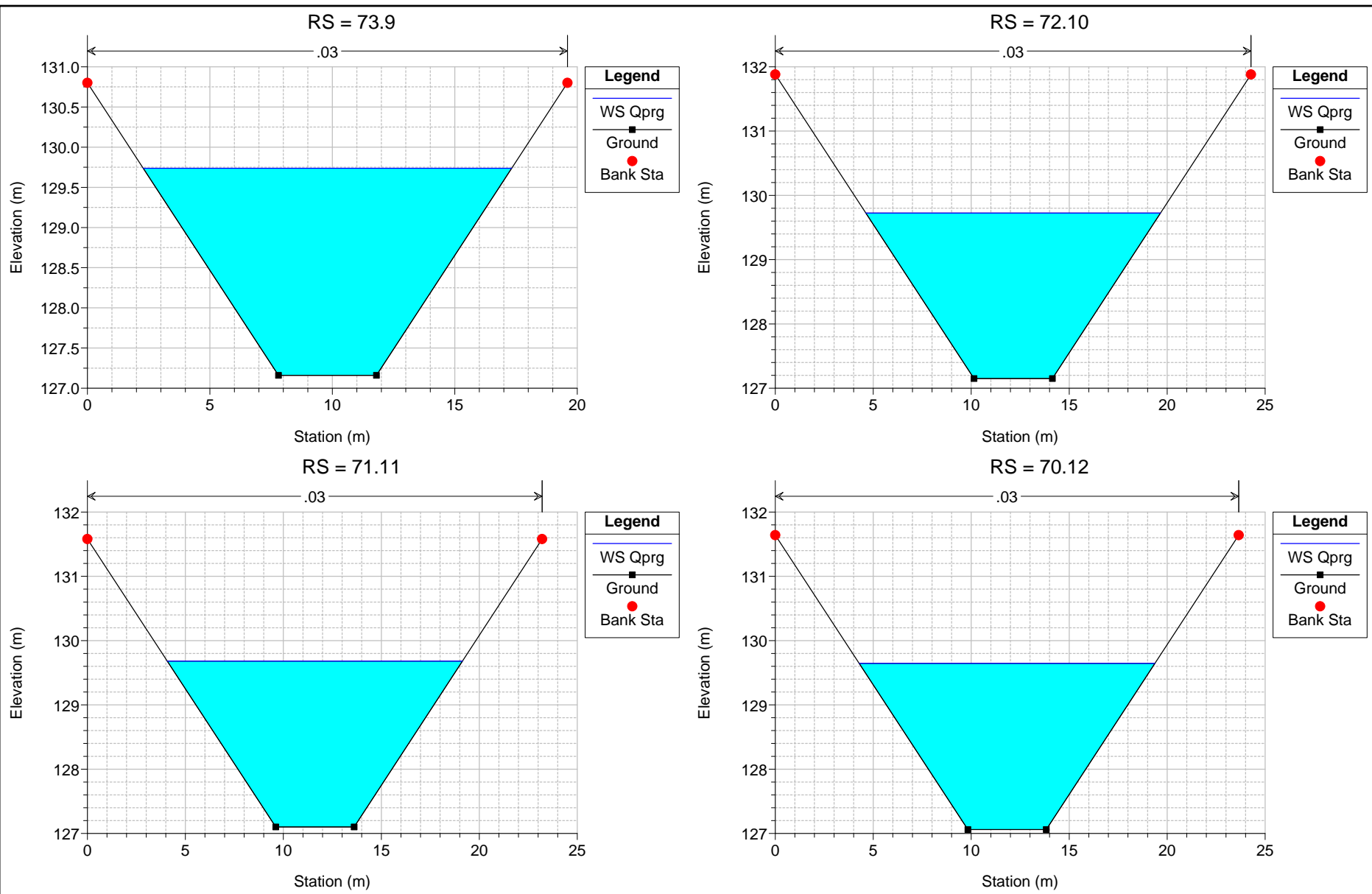


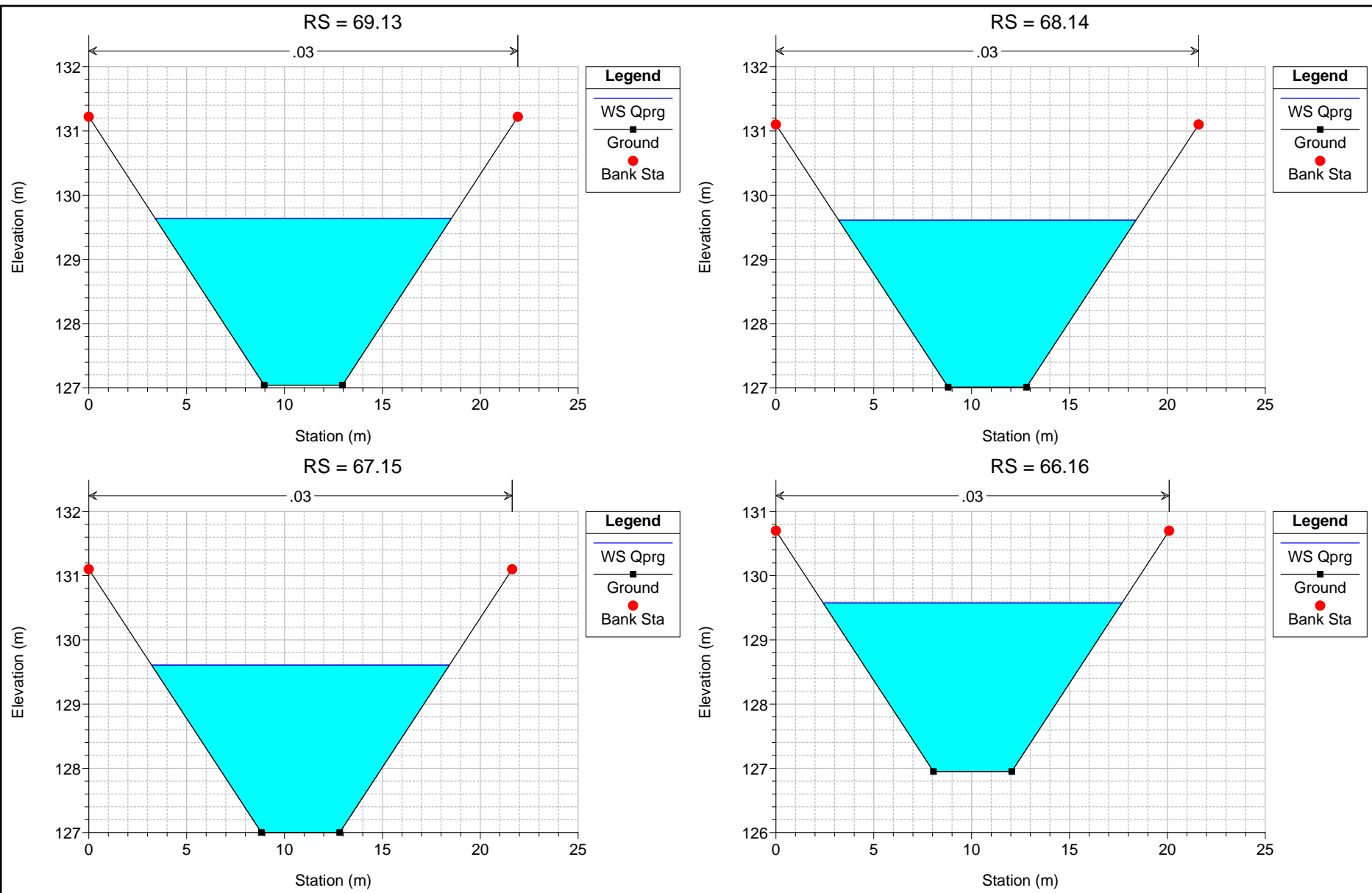


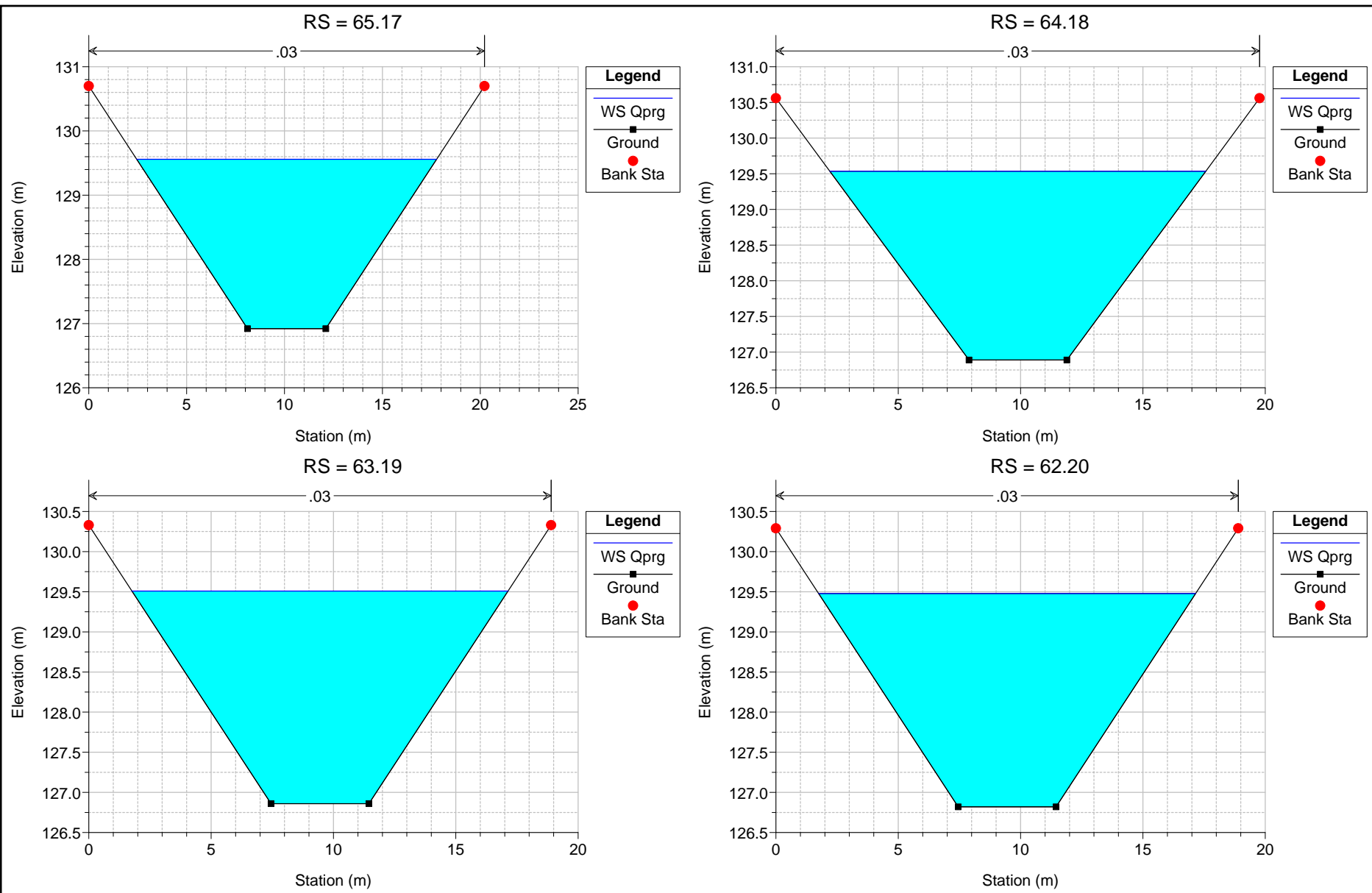


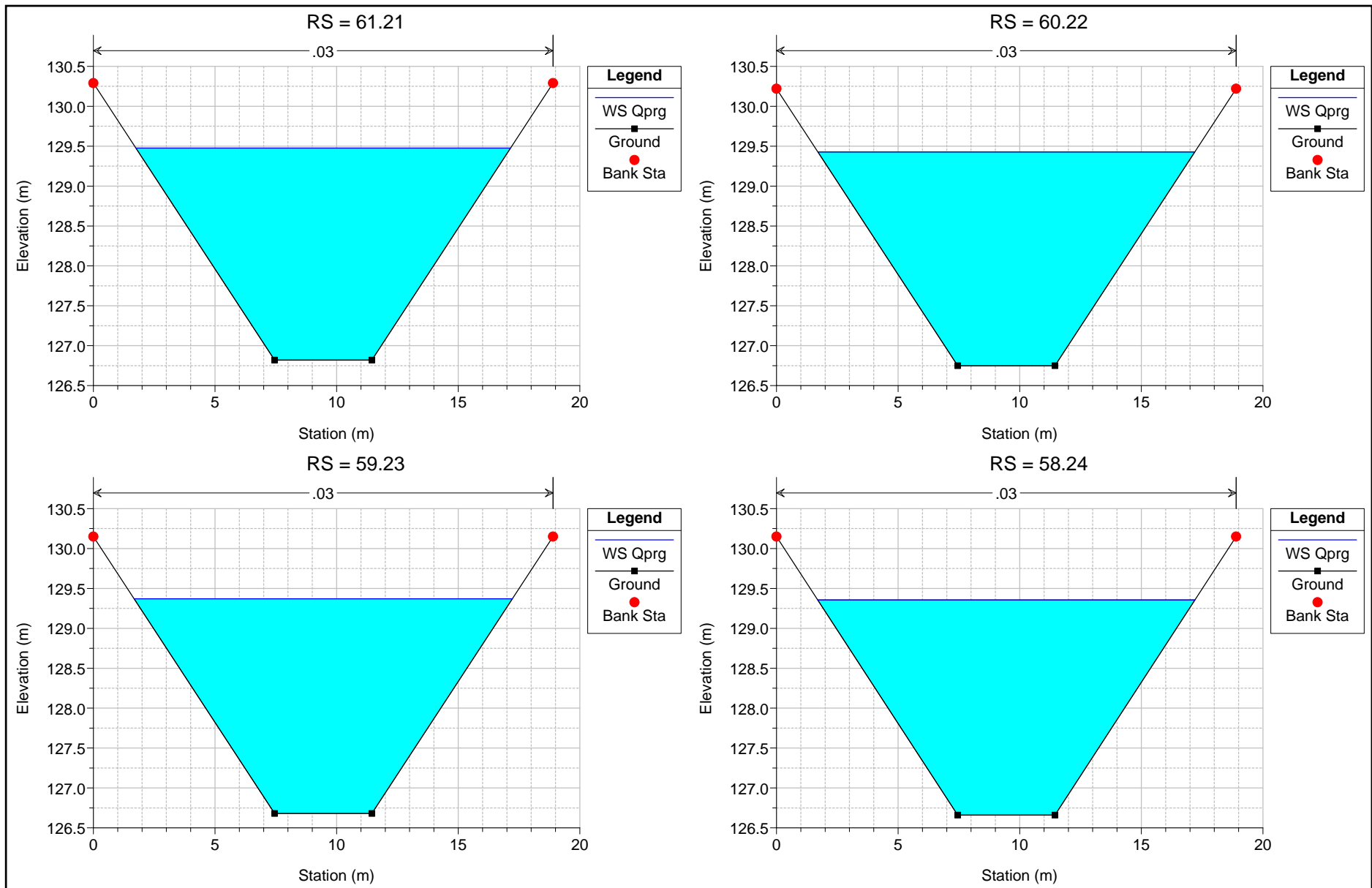


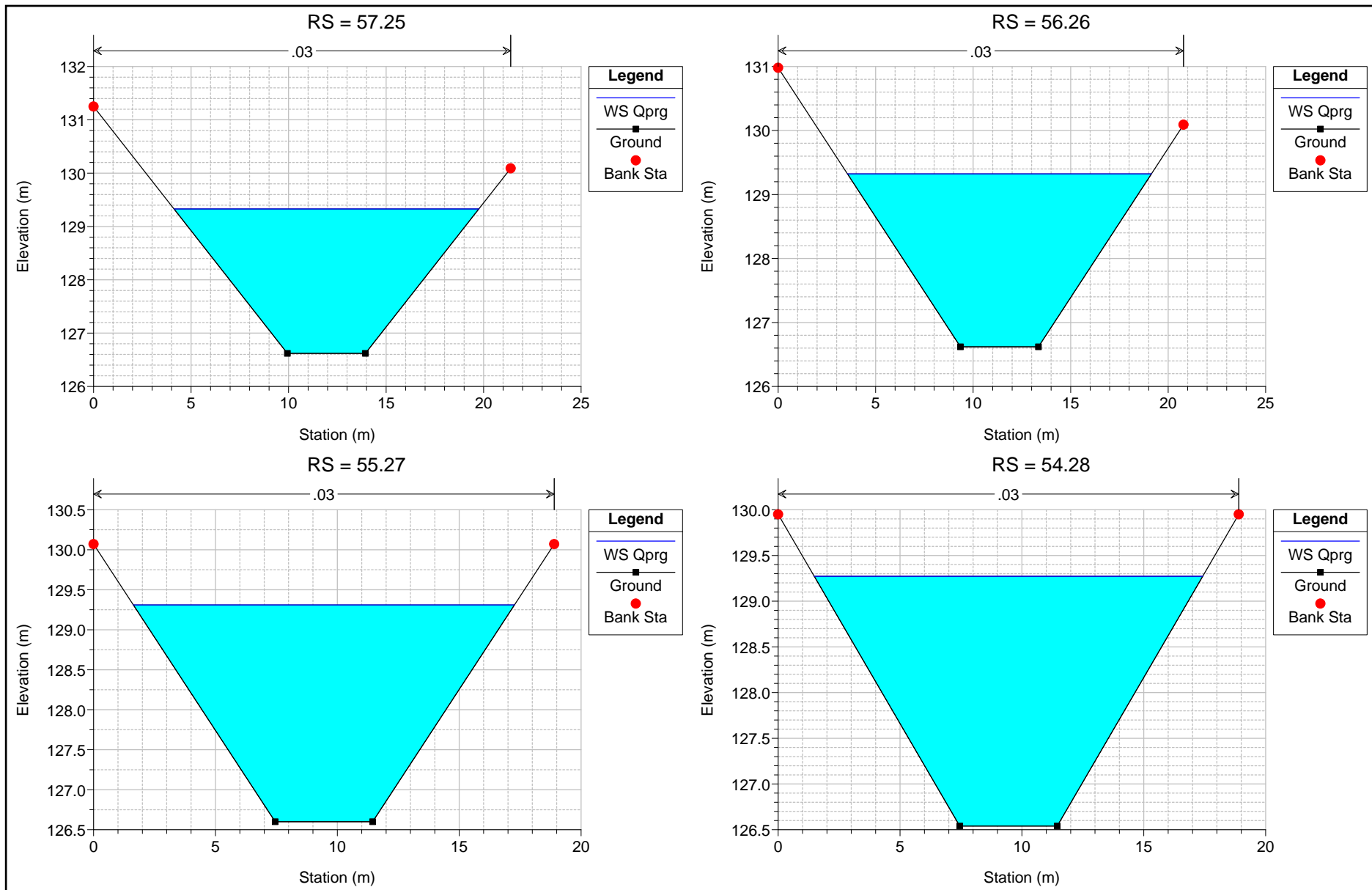


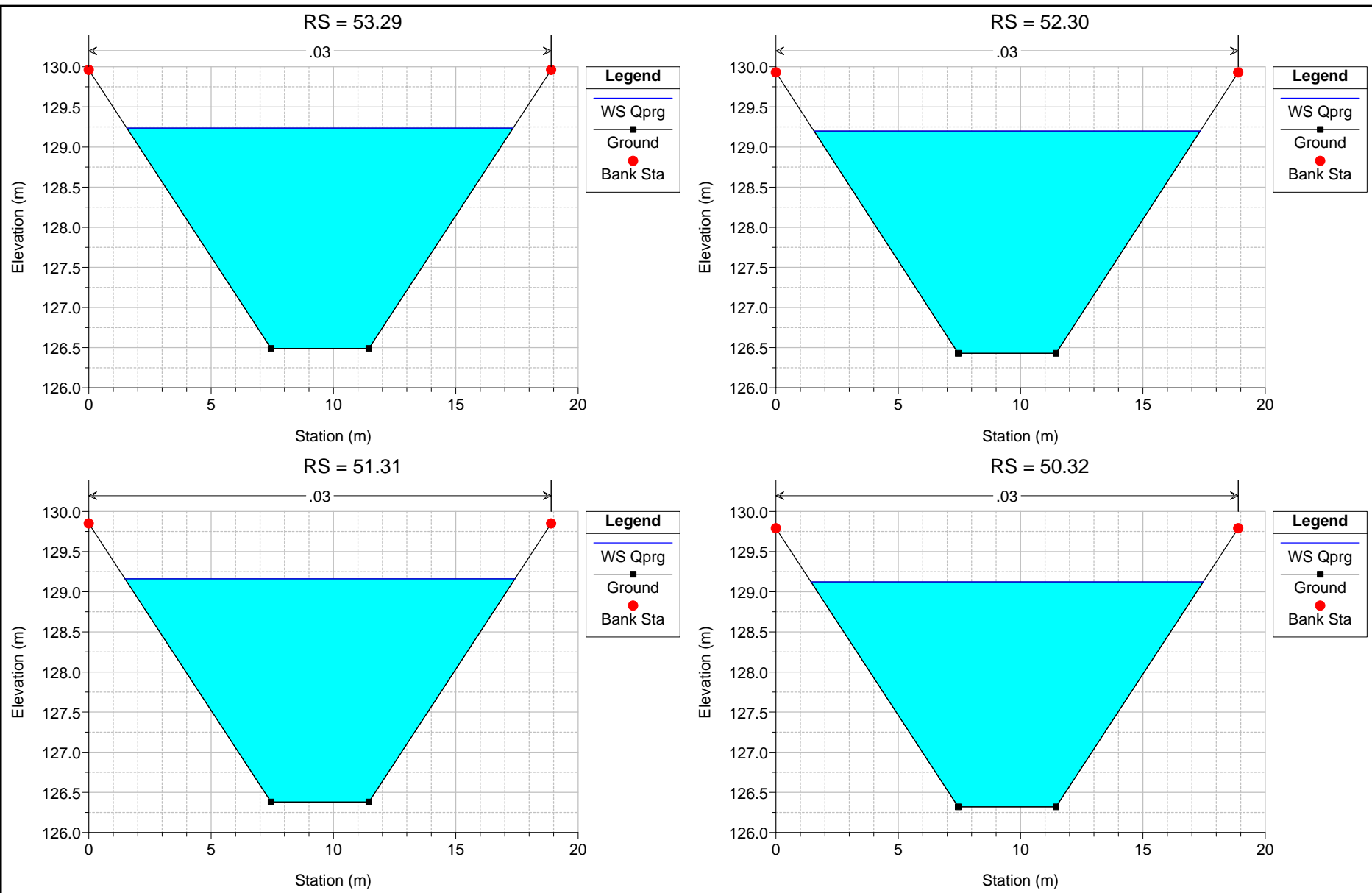




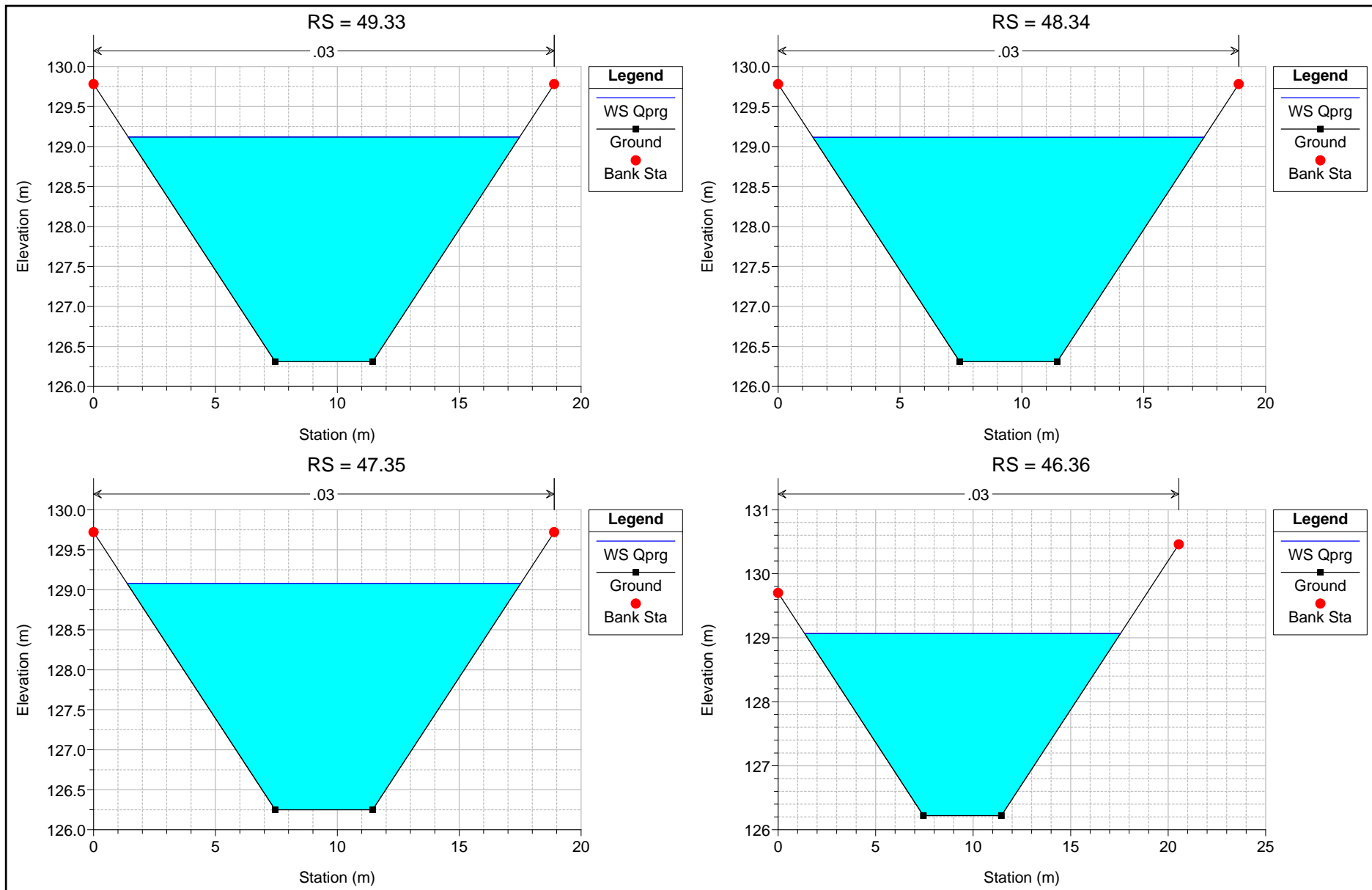


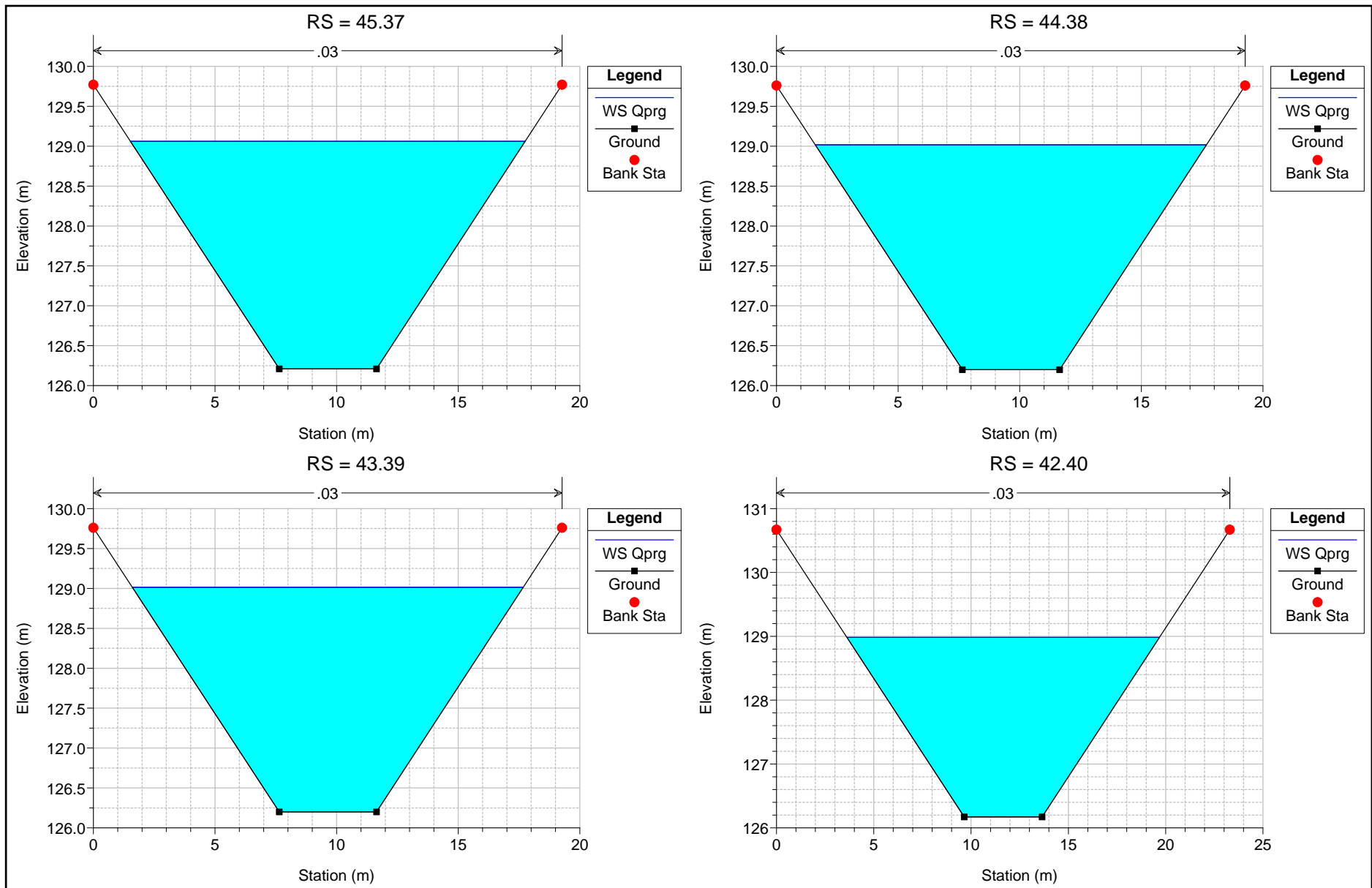


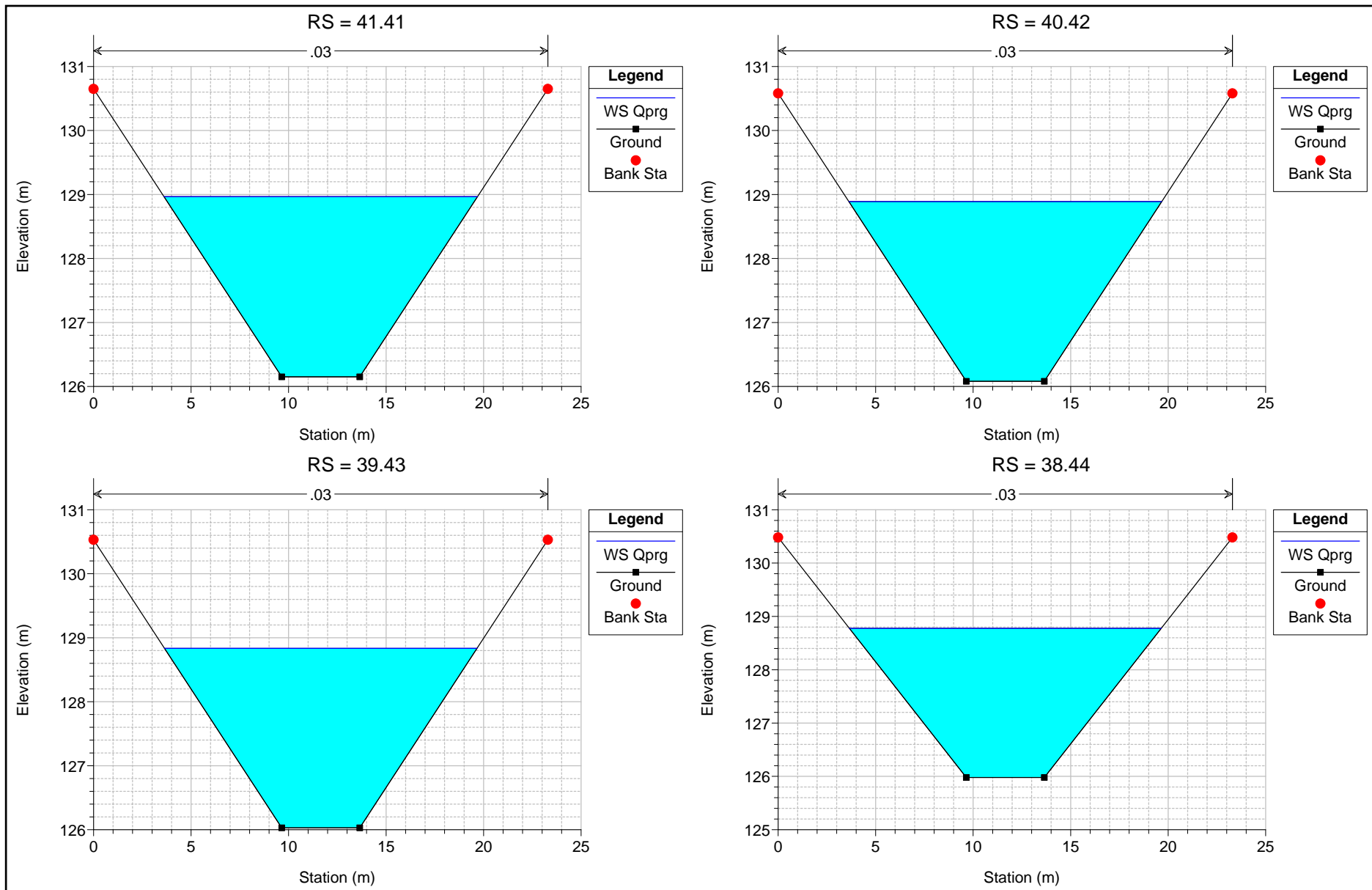


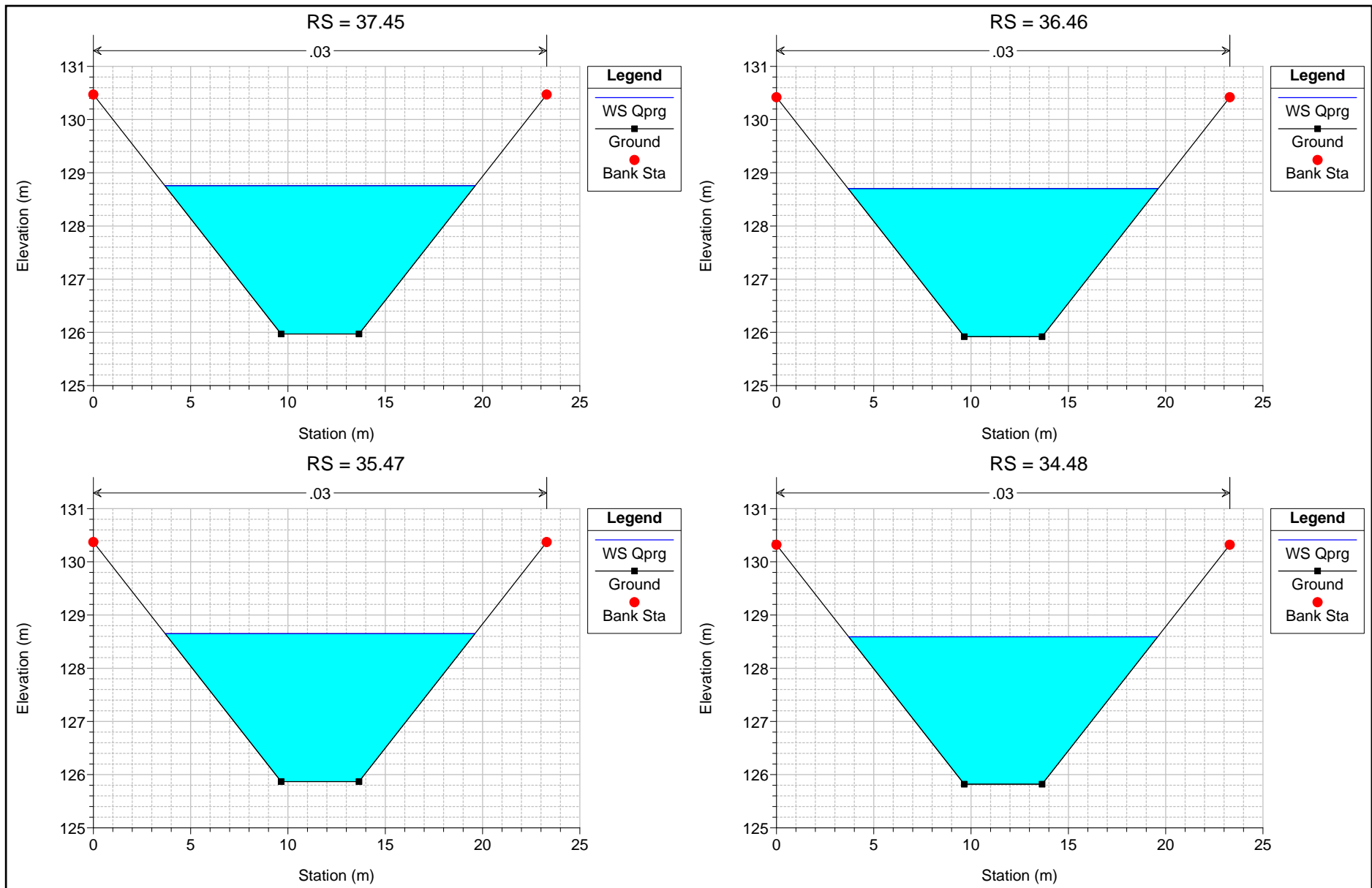


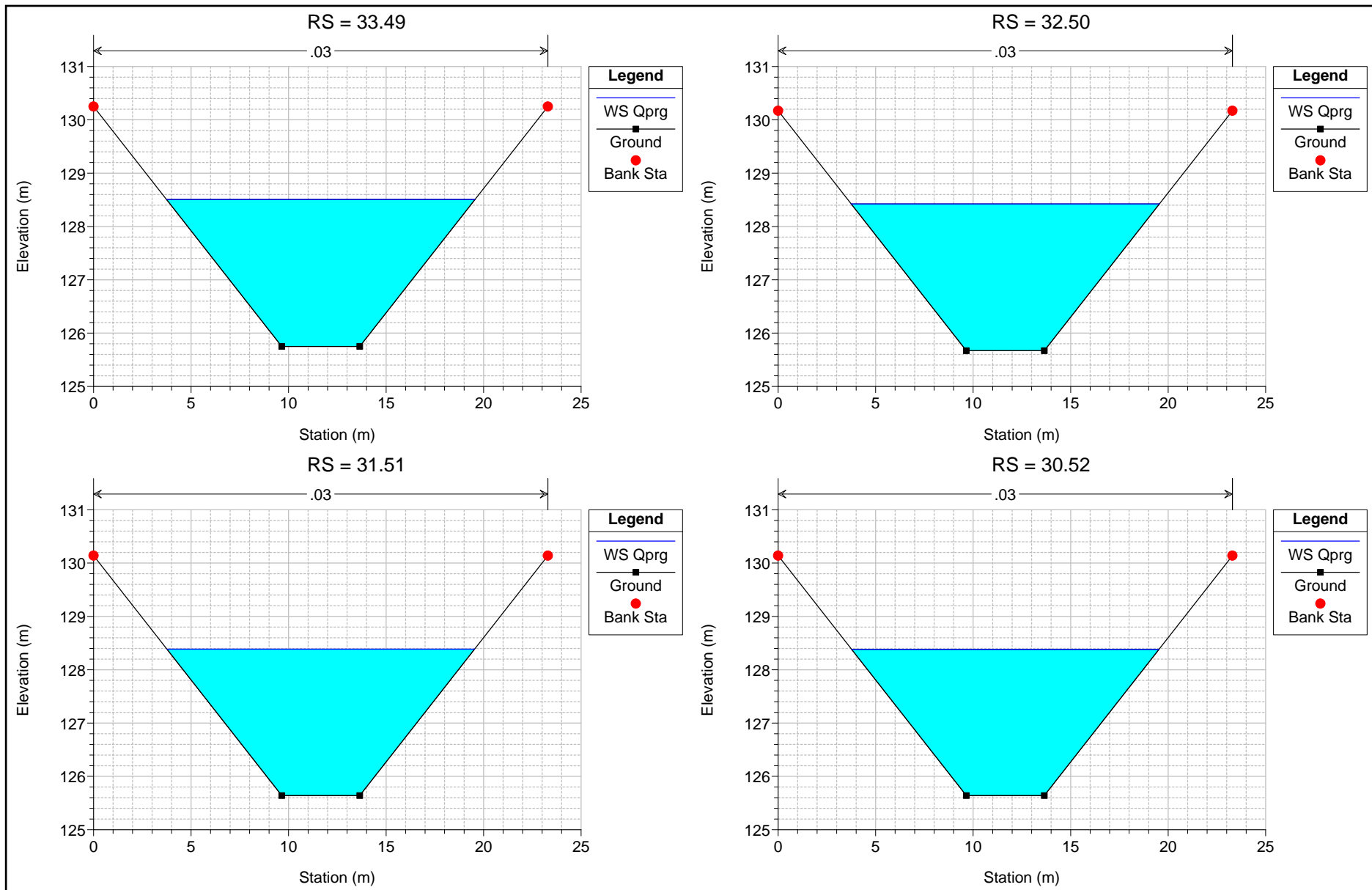


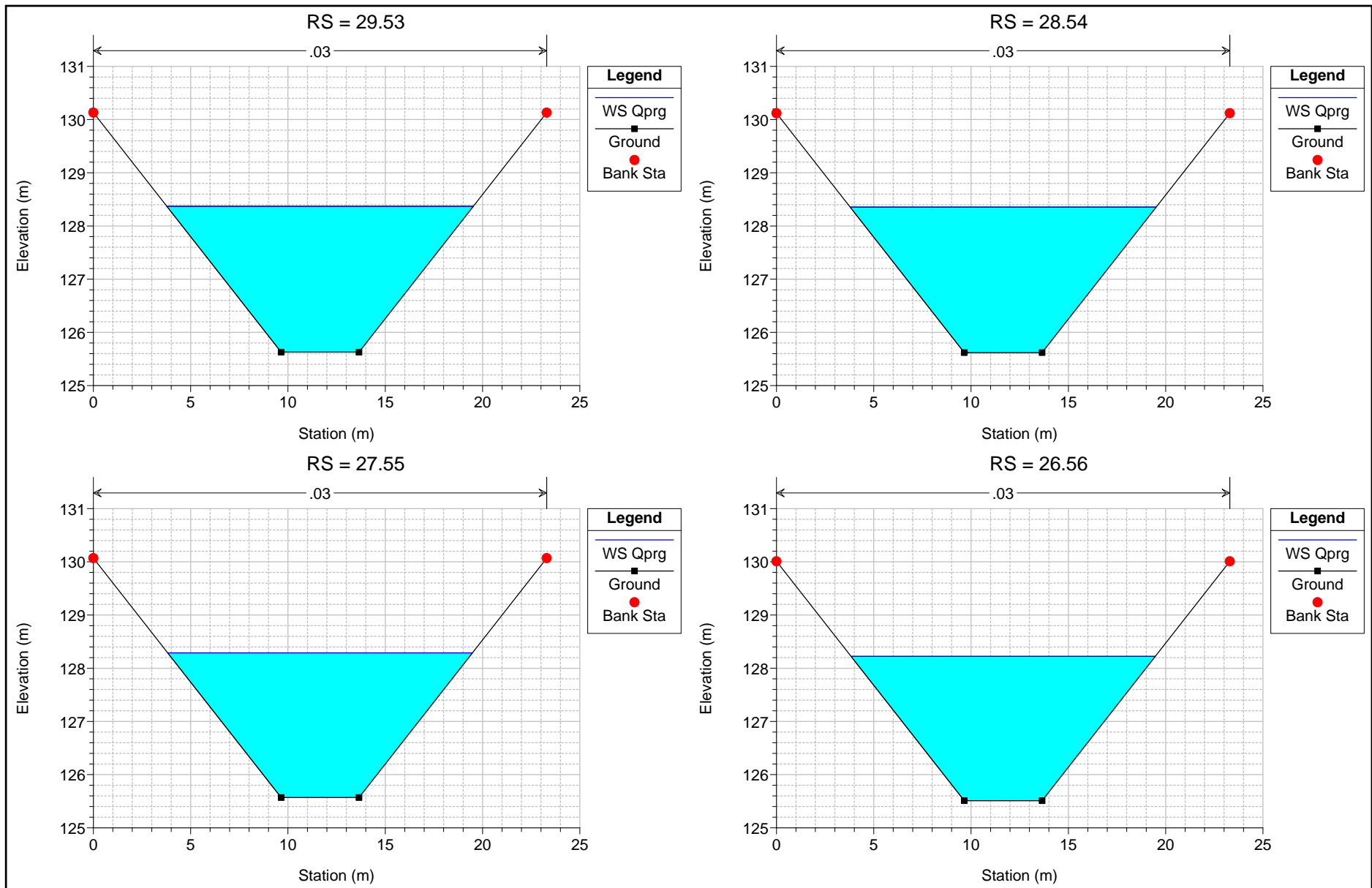


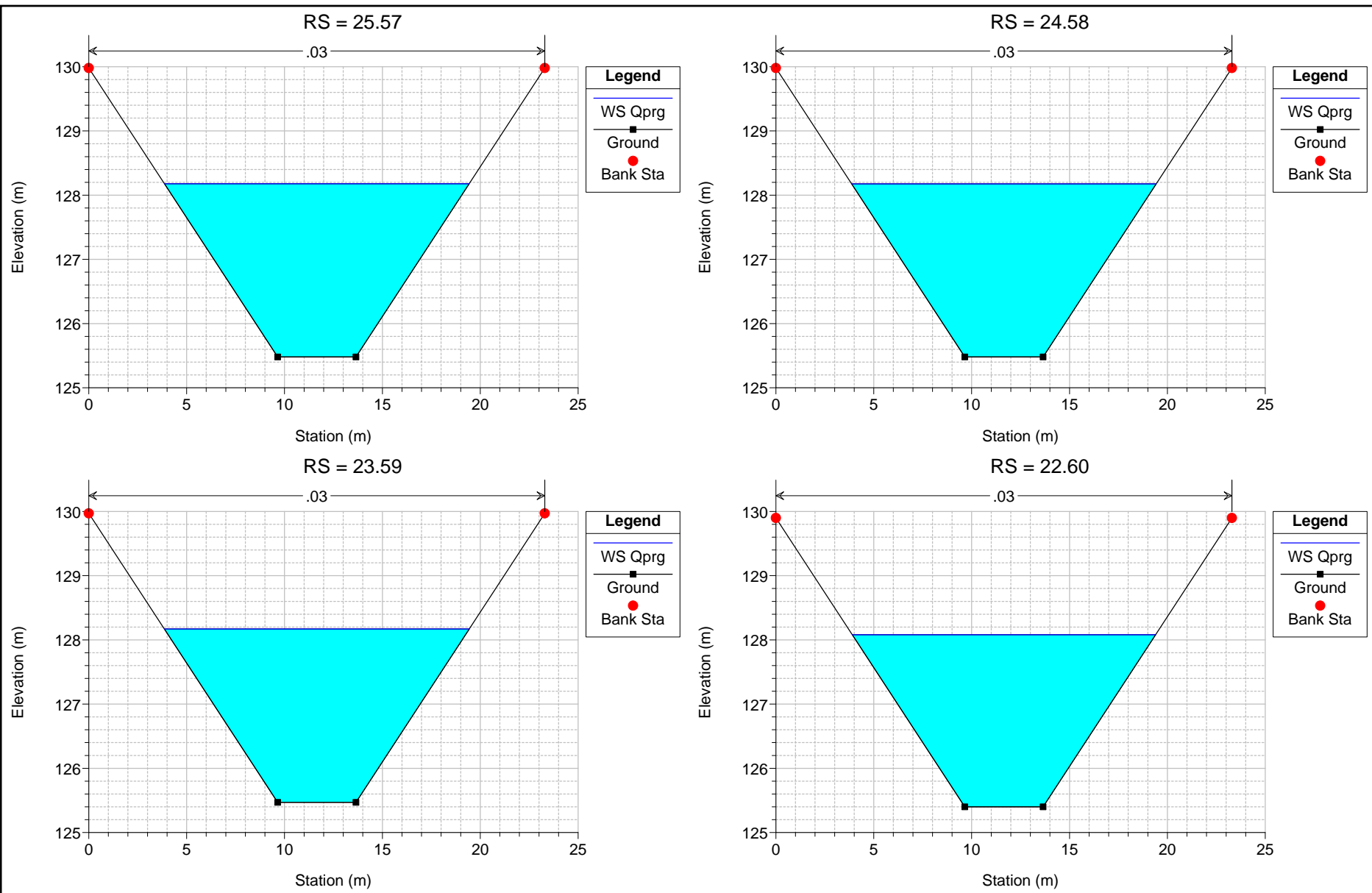


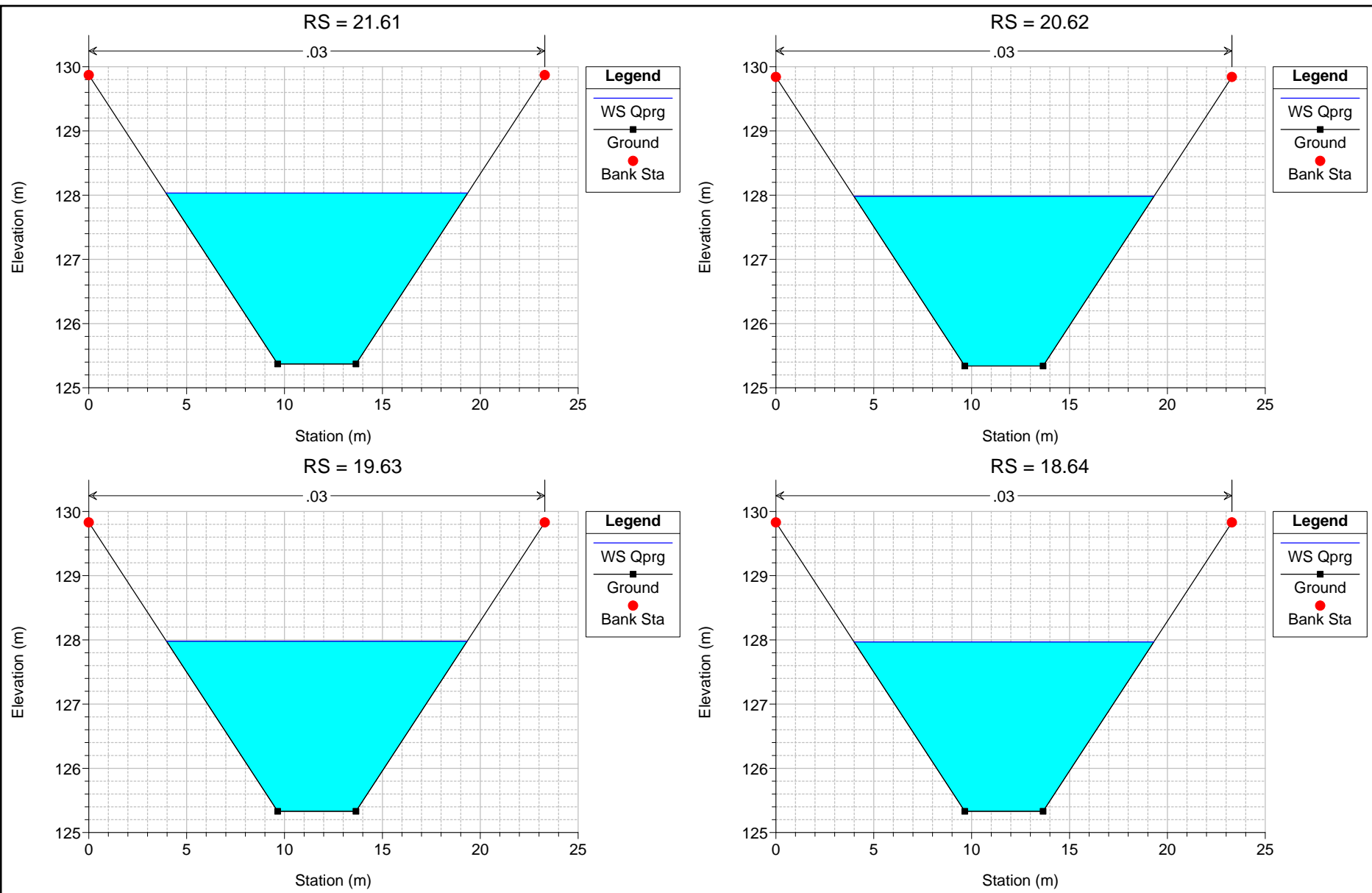




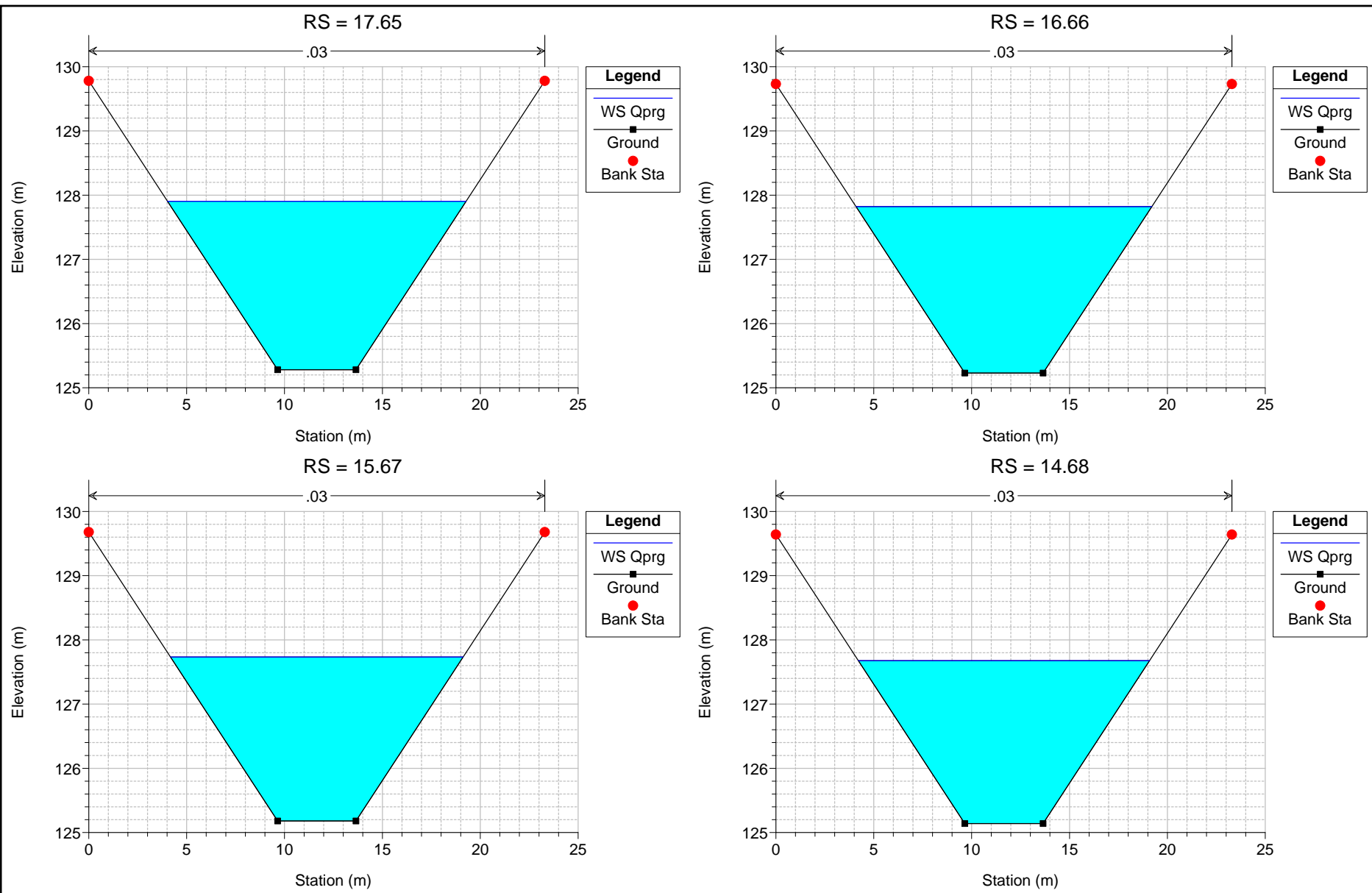


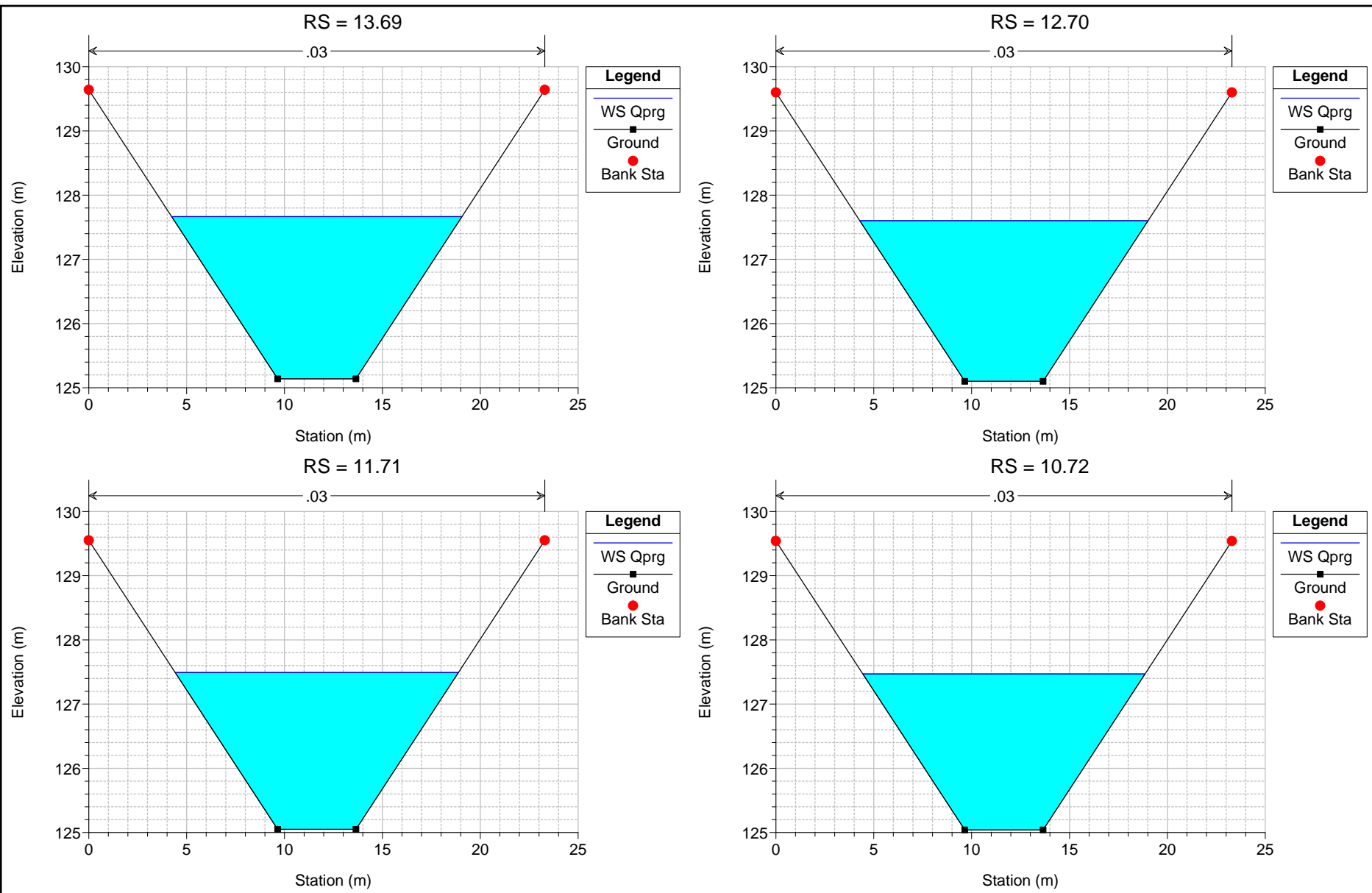


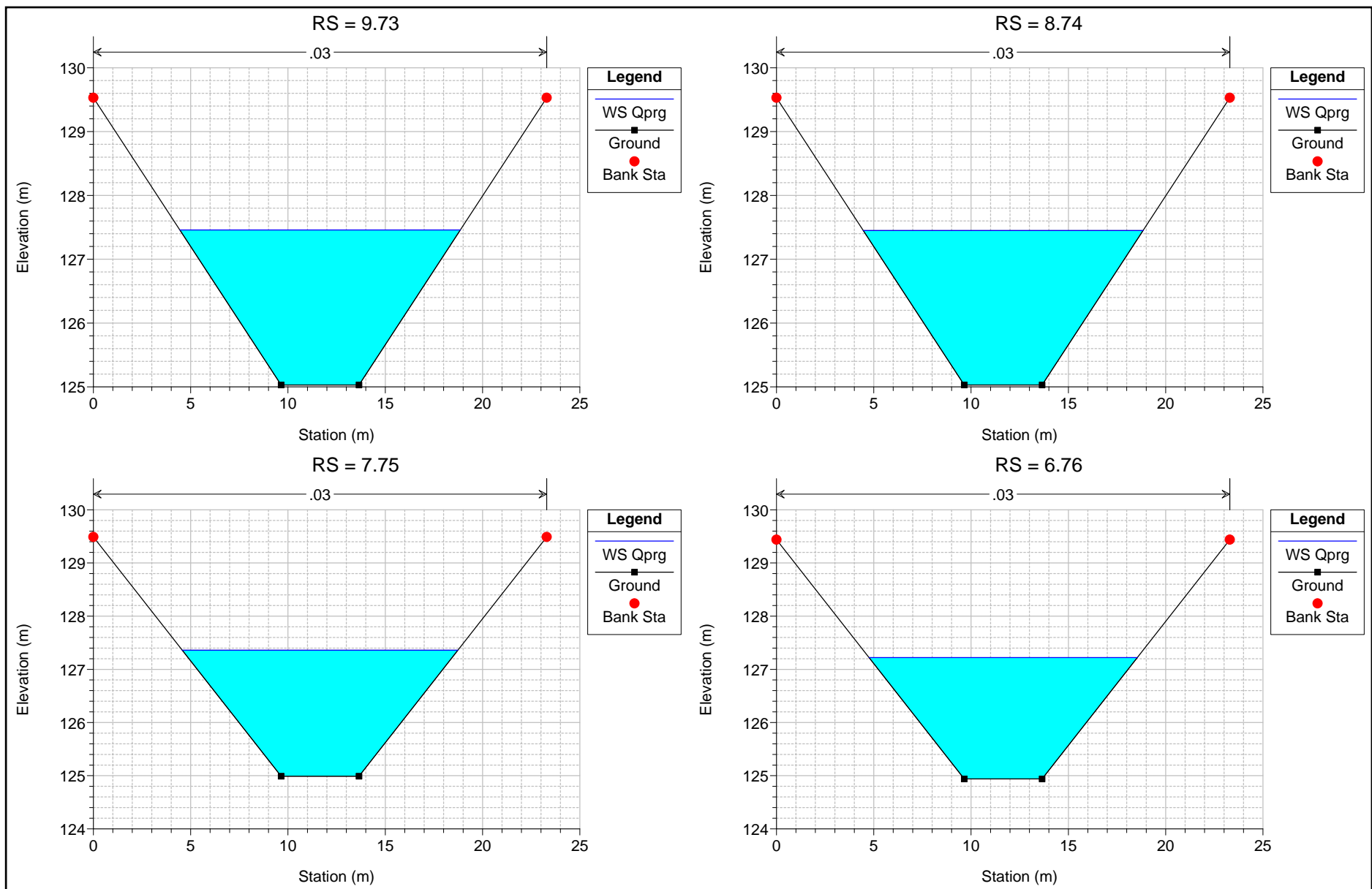


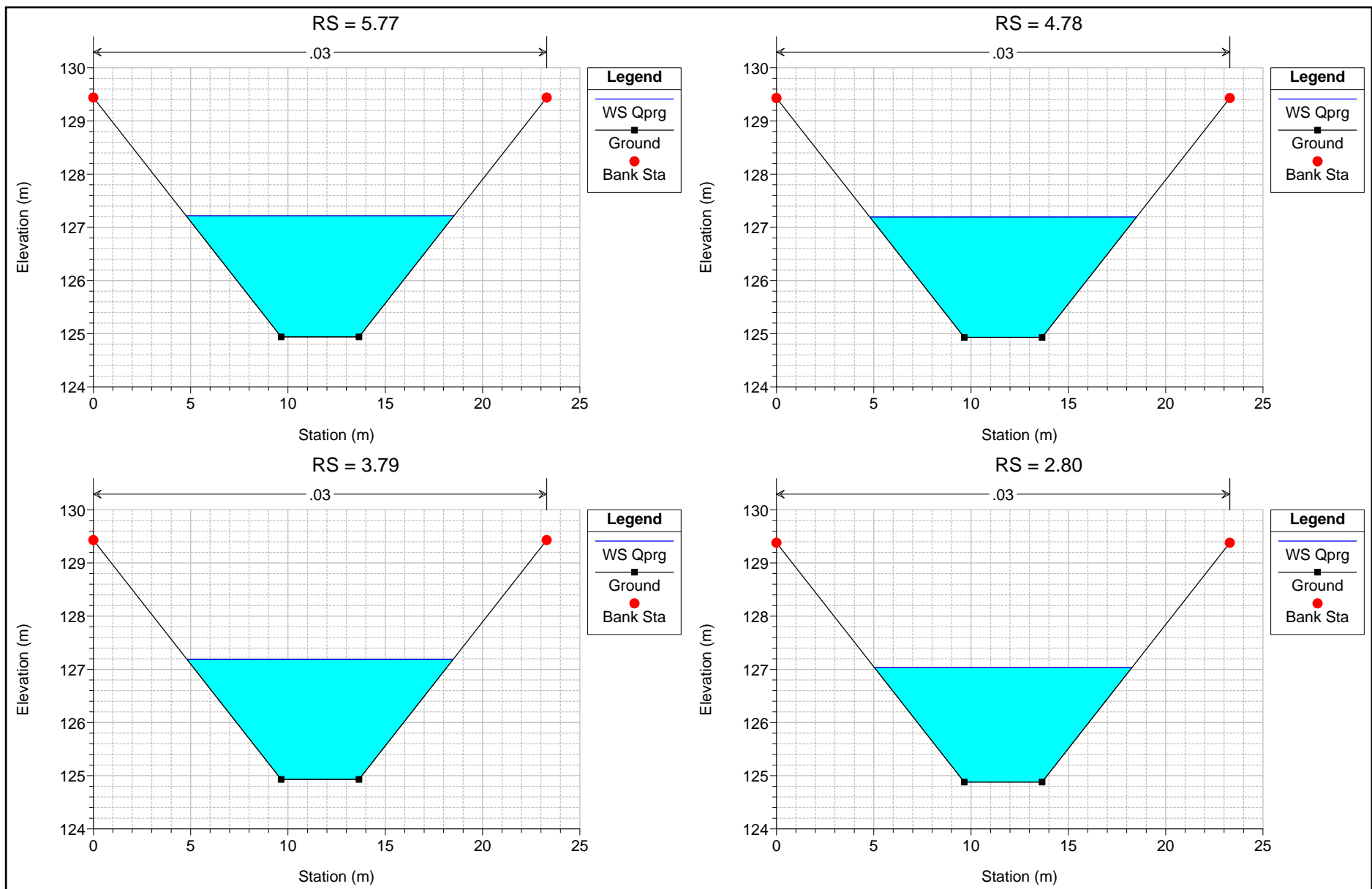


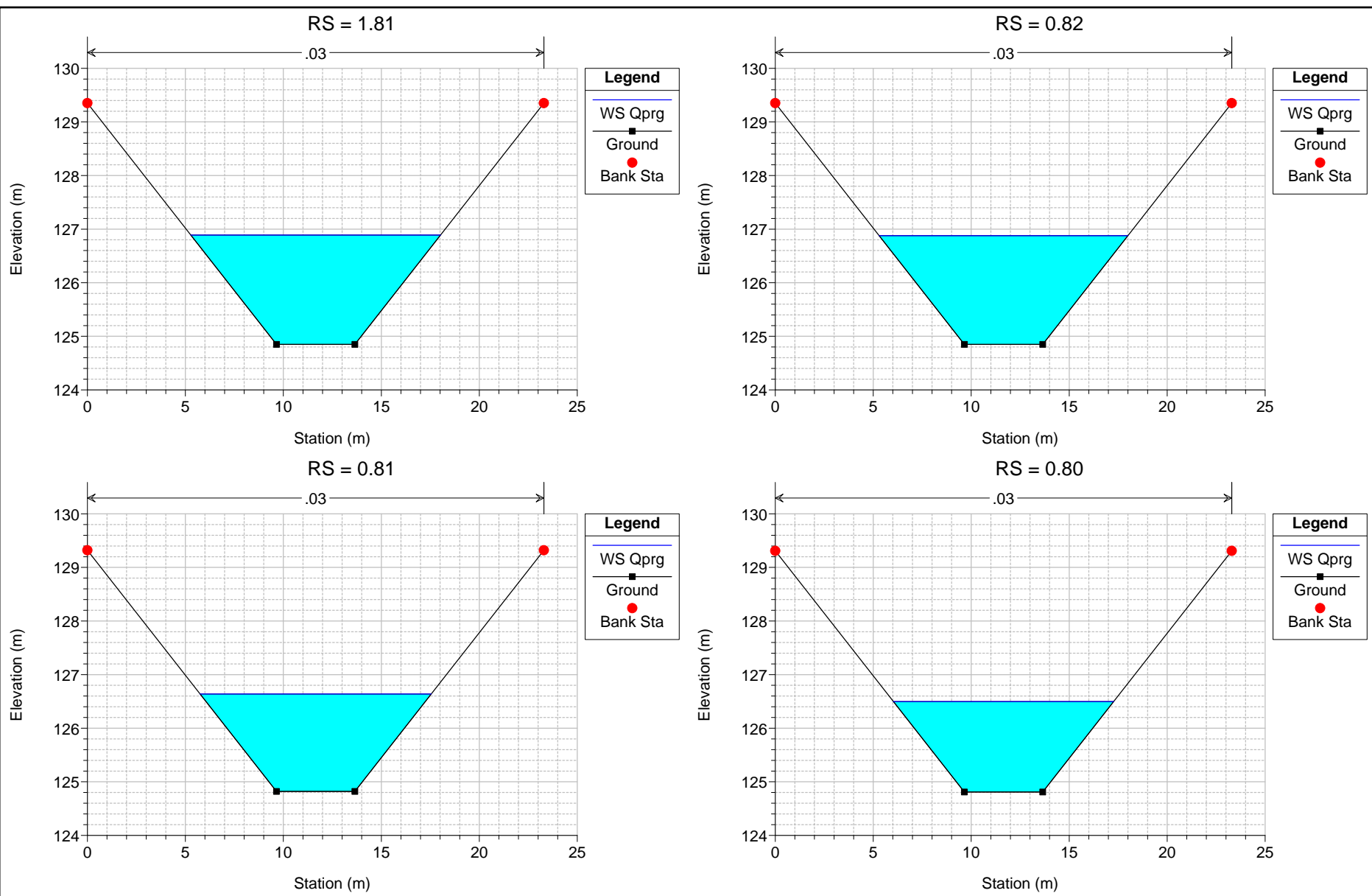


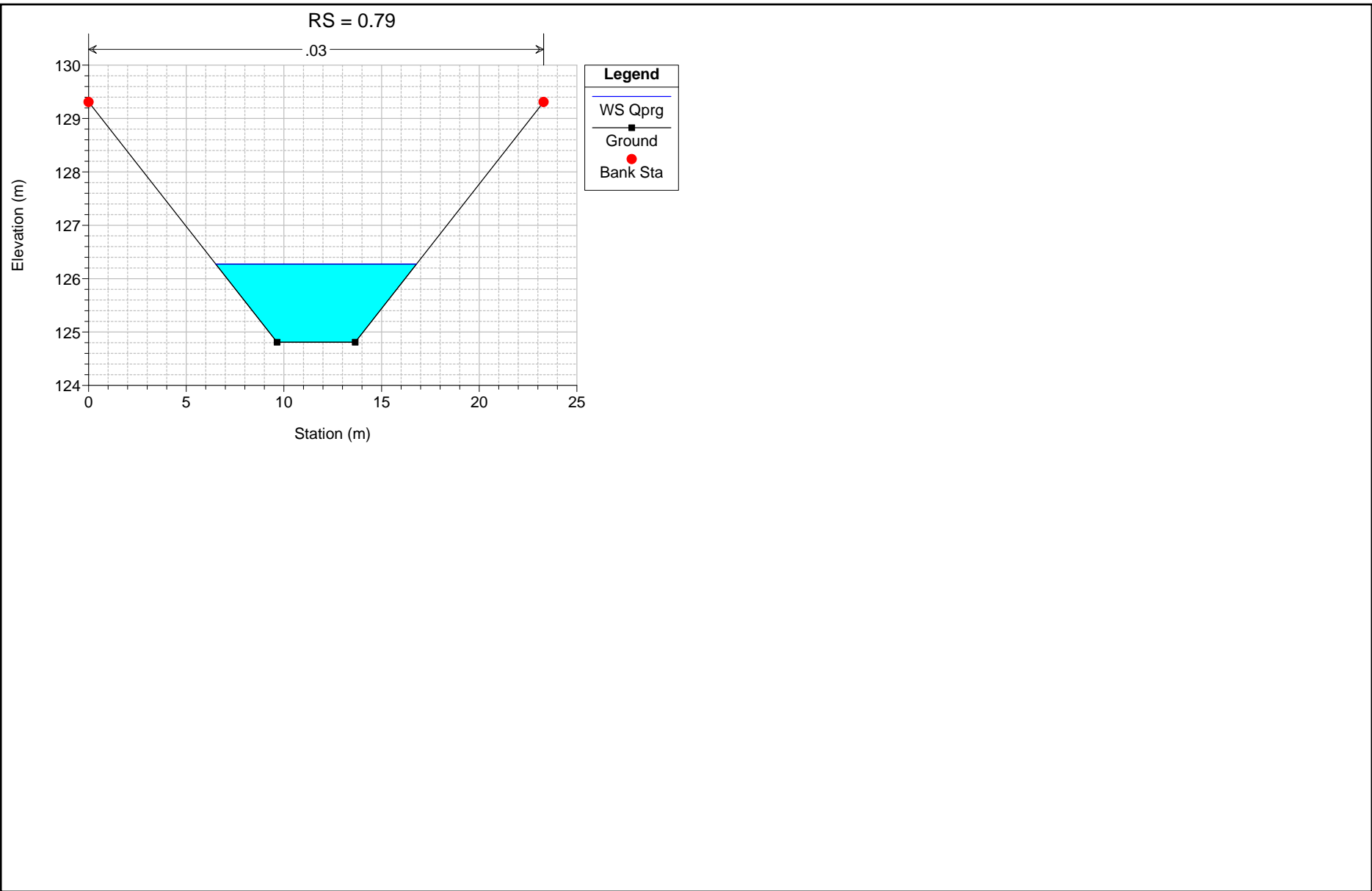












**ALLEGATO N. 6**

**CANALE SCOLMATORE DI TRINO**

***Profili di moto permanente***

***Portata di progetto:***

**Sez.81.1:      33 m<sup>3</sup>/s**

***Simulazione con condizione al contorno:***

***livello idrico piena di riferimento pari a 127.00 m s.l.m.m.***

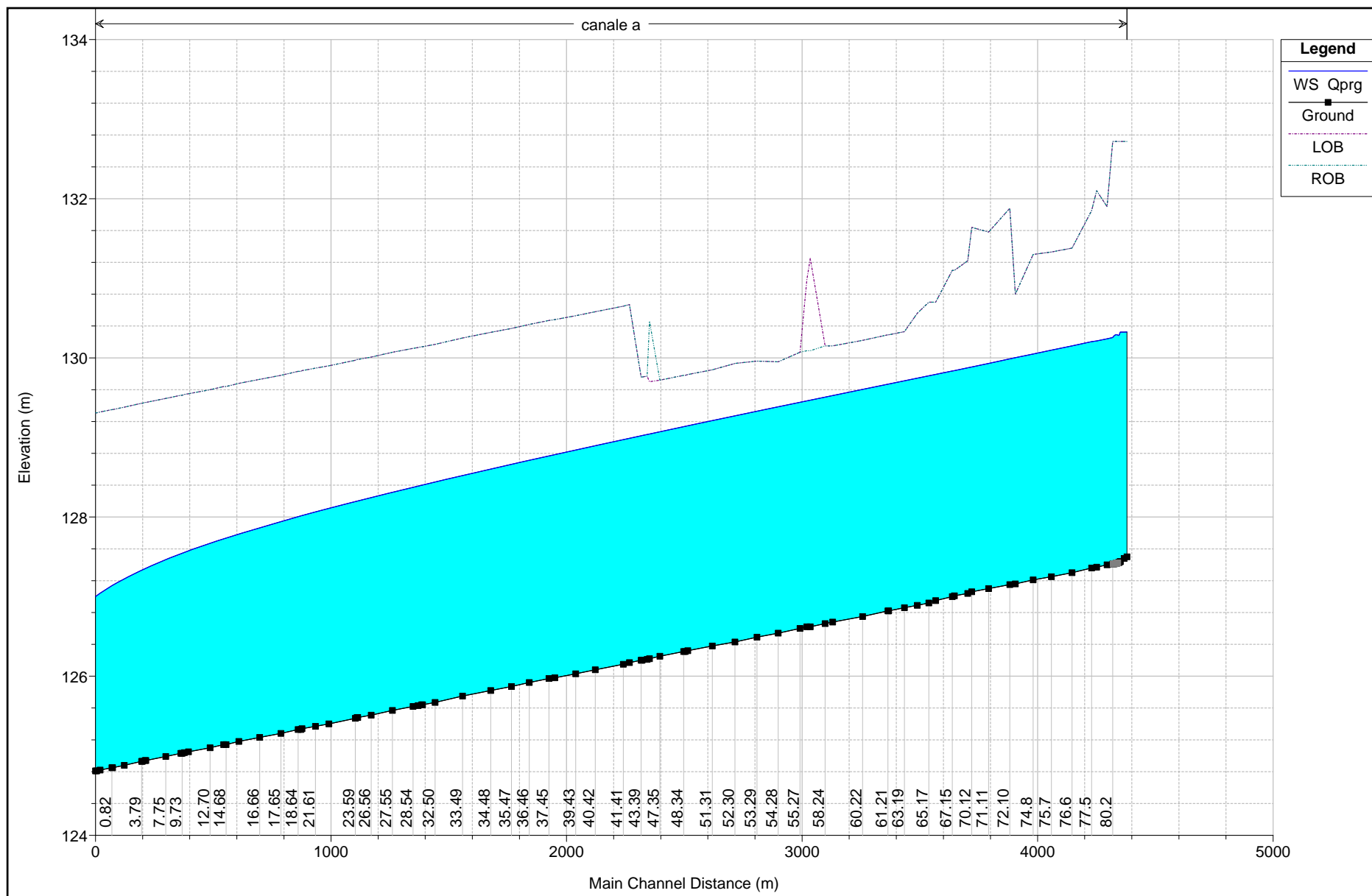
***Tabelle di calcolo idraulico***

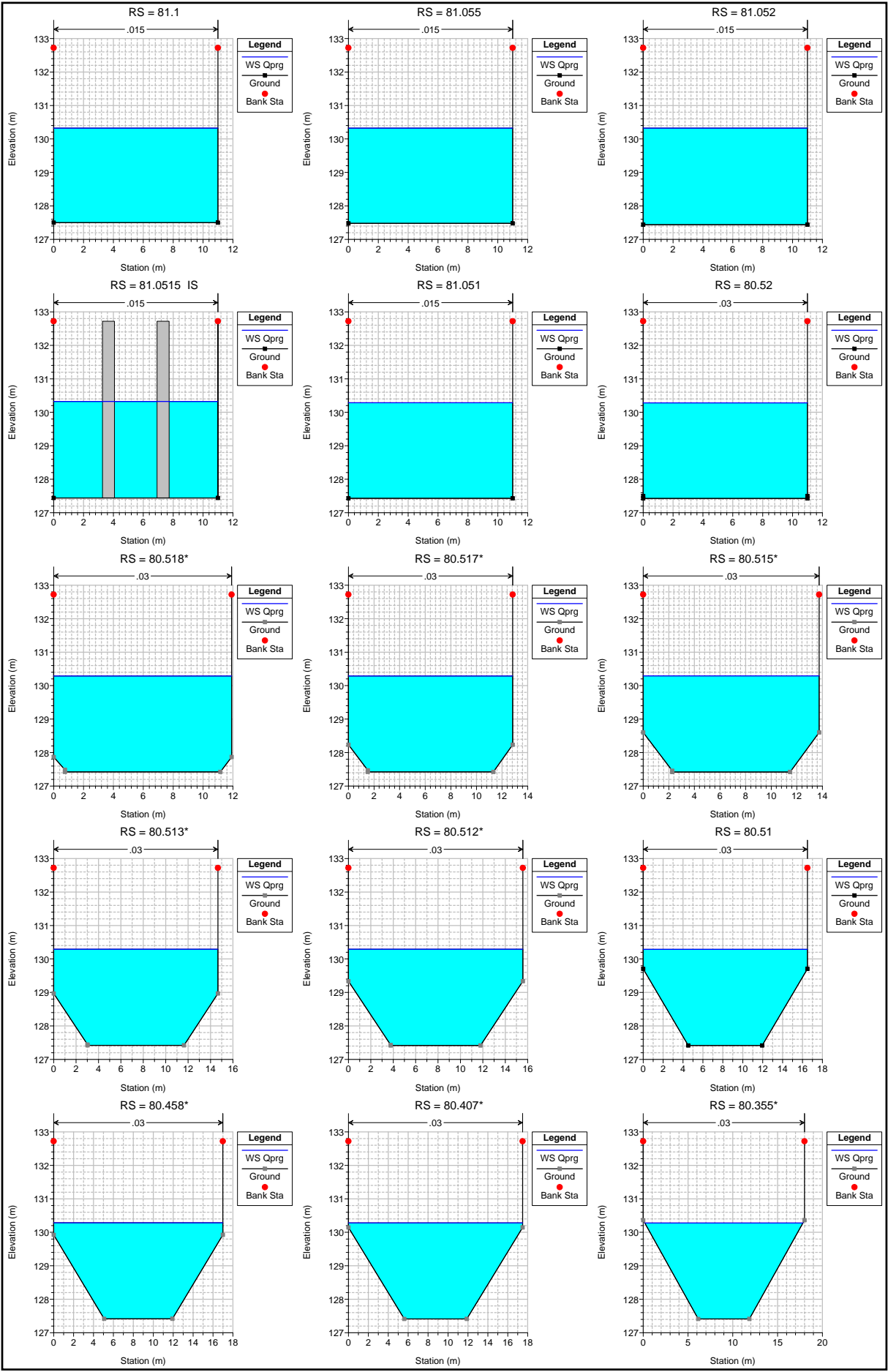
HEC-RAS Plan: scolmatore t River: canale Reach: a Profile: Qprg												
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
a	81.1	Qprg	33.00	127.50	130.32		130.38	0.000110	1.06	31.07	11.00	0.20
a	81.055	Qprg	33.00	127.48	130.32		130.38	0.000108	1.05	31.28	11.00	0.20
a	81.052	Qprg	33.00	127.44	130.32	128.41	130.38	0.000104	1.04	31.71	11.00	0.20
a	81.0515		Inl Struct									
a	81.051	Qprg	33.00	127.43	130.28		130.34	0.000107	1.05	31.39	11.00	0.20
a	80.52	Qprg	33.00	127.43	130.28		130.34	0.000428	1.05	31.43	11.00	0.20
a	80.518*	Qprg	33.00	127.42	130.29		130.34	0.000345	0.98	33.76	11.91	0.19
a	80.517*	Qprg	33.00	127.42	130.29		130.33	0.000299	0.93	35.52	12.83	0.18
a	80.515*	Qprg	33.00	127.42	130.29		130.33	0.000275	0.90	36.73	13.74	0.18
a	80.513*	Qprg	33.00	127.42	130.29		130.33	0.000266	0.88	37.39	14.66	0.18
a	80.512*	Qprg	33.00	127.42	130.29		130.33	0.000270	0.88	37.48	15.57	0.18
a	80.51	Qprg	33.00	127.42	130.29		130.33	0.000289	0.89	37.00	16.49	0.19
a	80.458*	Qprg	33.00	127.41	130.29		130.33	0.000318	0.91	36.07	16.99	0.20
a	80.407*	Qprg	33.00	127.41	130.28		130.33	0.000359	0.95	34.88	17.49	0.21
a	80.355*	Qprg	33.00	127.41	130.28		130.33	0.000411	0.99	33.45	17.64	0.23
a	80.303*	Qprg	33.00	127.41	130.27		130.33	0.000464	1.03	31.93	17.19	0.24
a	80.252*	Qprg	33.00	127.41	130.26		130.32	0.000529	1.09	30.36	16.71	0.26
a	80.2	Qprg	33.00	127.41	130.26		130.32	0.000610	1.15	28.76	16.22	0.28
a	79.3	Qprg	33.00	127.40	130.24		130.31	0.000618	1.15	28.60	16.14	0.28
a	78.4	Qprg	33.00	127.37	130.21		130.28	0.000613	1.15	28.70	16.19	0.28
a	77.5	Qprg	33.00	127.36	130.20		130.27	0.000578	1.12	29.59	16.82	0.27
a	76.6	Qprg	33.00	127.30	130.15		130.22	0.000606	1.14	28.83	16.23	0.27
a	75.7	Qprg	33.00	127.25	130.10		130.16	0.000609	1.15	28.78	16.22	0.27
a	74.8	Qprg	33.00	127.21	130.05		130.12	0.000618	1.15	28.60	16.15	0.28
a	73.9	Qprg	33.00	127.16	130.00		130.07	0.000614	1.15	28.67	16.18	0.28
a	72.10	Qprg	33.00	127.15	129.99		130.06	0.000619	1.15	28.60	16.16	0.28
a	71.11	Qprg	33.00	127.10	129.93		130.00	0.000625	1.16	28.50	16.14	0.28
a	70.12	Qprg	33.00	127.06	129.89		129.95	0.000629	1.16	28.42	16.12	0.28
a	69.13	Qprg	33.00	127.04	129.88		129.94	0.000621	1.16	28.57	16.15	0.28
a	68.14	Qprg	33.00	127.01	129.84		129.91	0.000622	1.16	28.55	16.18	0.28
a	67.15	Qprg	33.00	127.00	129.83		129.90	0.000619	1.15	28.61	16.19	0.28
a	66.16	Qprg	33.00	126.95	129.79		129.86	0.000614	1.15	28.68	16.19	0.28
a	65.17	Qprg	33.00	126.92	129.77		129.84	0.000602	1.14	28.90	16.25	0.27
a	64.18	Qprg	33.00	126.89	129.74		129.81	0.000601	1.14	28.93	16.27	0.27
a	63.19	Qprg	33.00	126.86	129.71		129.78	0.000604	1.14	28.87	16.24	0.27
a	62.20	Qprg	33.00	126.82	129.67		129.74	0.000605	1.14	28.85	16.24	0.27
a	61.21	Qprg	33.00	126.82	129.67		129.74	0.000606	1.14	28.83	16.23	0.27
a	60.22	Qprg	33.00	126.75	129.60		129.67	0.000601	1.14	28.91	16.26	0.27
a	59.23	Qprg	33.00	126.68	129.53		129.59	0.000608	1.15	28.79	16.22	0.27
a	58.24	Qprg	33.00	126.66	129.51		129.57	0.000612	1.15	28.69	16.15	0.28
a	57.25	Qprg	33.00	126.62	129.47		129.54	0.000607	1.15	28.82	16.23	0.27
a	56.26	Qprg	33.00	126.62	129.46		129.53	0.000617	1.15	28.64	16.18	0.28
a	55.27	Qprg	33.00	126.60	129.44		129.51	0.000613	1.15	28.70	16.20	0.28
a	54.28	Qprg	33.00	126.54	129.39		129.45	0.000596	1.13	29.09	16.44	0.27
a	53.29	Qprg	33.00	126.49	129.33		129.40	0.000615	1.15	28.68	16.20	0.28
a	52.30	Qprg	33.00	126.43	129.27		129.34	0.000620	1.16	28.55	16.10	0.28
a	51.31	Qprg	33.00	126.38	129.21		129.28	0.000623	1.16	28.54	16.16	0.28
a	50.32	Qprg	33.00	126.32	129.15		129.21	0.000628	1.16	28.45	16.14	0.28
a	49.33	Qprg	33.00	126.31	129.14		129.21	0.000625	1.16	28.51	16.15	0.28
a	48.34	Qprg	33.00	126.31	129.14		129.20	0.000629	1.16	28.44	16.13	0.28
a	47.35	Qprg	33.00	126.25	129.07		129.14	0.000633	1.16	28.37	16.11	0.28
a	46.36	Qprg	33.00	126.22	129.04		129.11	0.000632	1.16	28.37	16.10	0.28
a	45.37	Qprg	33.00	126.21	129.04		129.11	0.000628	1.16	28.44	16.12	0.28
a	44.38	Qprg	33.00	126.20	129.02		129.09	0.000632	1.16	28.38	16.11	0.28
a	43.39	Qprg	33.00	126.20	129.02		129.09	0.000634	1.16	28.34	16.10	0.28
a	42.40	Qprg	33.00	126.17	128.99		129.06	0.000636	1.17	28.31	16.09	0.28
a	41.41	Qprg	33.00	126.15	128.97		129.04	0.000632	1.16	28.37	16.10	0.28
a	40.42	Qprg	33.00	126.08	128.90		128.97	0.000638	1.17	28.27	16.08	0.28
a	39.43	Qprg	33.00	126.03	128.84		128.91	0.000642	1.17	28.22	16.06	0.28
a	38.44	Qprg	33.00	125.98	128.78		128.86	0.000650	1.17	28.09	16.03	0.28
a	37.45	Qprg	33.00	125.97	128.77		128.84	0.000657	1.18	27.98	16.00	0.28
a	36.46	Qprg	33.00	125.92	128.71		128.78	0.000662	1.18	27.89	15.98	0.29
a	35.47	Qprg	33.00	125.87	128.66		128.73	0.000662	1.18	27.89	15.98	0.29
a	34.48	Qprg	33.00	125.82	128.60		128.67	0.000672	1.19	27.73	15.93	0.29
a	33.49	Qprg	33.00	125.75	128.52		128.59	0.000685	1.20	27.54	15.88	0.29
a	32.50	Qprg	33.00	125.67	128.44		128.51	0.000685	1.20	27.53	15.88	0.29
a	31.51	Qprg	33.00	125.64	128.40		128.48	0.000693	1.20	27.42	15.85	0.29
a	30.52	Qprg	33.00	125.64	128.40		128.47	0.000697	1.21	27.37	15.84	0.29
a	29.53	Qprg	33.00	125.63	128.39		128.46	0.000697	1.21	27.36	15.83	0.29
a	28.54	Qprg	33.00	125.62	128.37		128.45	0.000703	1.21	27.28	15.81	0.29
a	27.55	Qprg	33.00	125.57	128.31		128.39	0.000718	1.22	27.06	15.75	0.30
a	26.56	Qprg	33.00	125.51	128.24		128.32	0.000724	1.22	26.98	15.73	0.30
a	25.57	Qprg	33.00	125.48	128.20		128.28	0.000739	1.23	26.77	15.67	0.30
a	24.58	Qprg	33.00	125.48	128.20		128.28	0.000742	1.23	26.73	15.66	0.30
a	23.59	Qprg	33.00	125.47	128.19		128.27	0.000737	1.23	26.81	15.68	0.30
a	22.60	Qprg	33.00	125.40	128.11		128.19	0.000754	1.24	26.57	15.62	0.30
a	21.61	Qprg	33.00	125.37	128.06		128.14	0.000773	1.25	26.34	15.55	0.31
a	20.62	Qprg	33.00	125.34	128.02		128.10	0.000793	1.26	26.09	15.49	0.31
a	19.63	Qprg	33.00	125.33	128.01		128.09	0.000785	1.26	26.18	15.51	0.31
a	18.64	Qprg	33.00	125.33	128.00		128.09	0.000798	1.27	26.03	15.47	0.31
a	17.65	Qprg	33.00	125.28	127.94		128.03	0.000810	1.28	25.87	15.43	0.31
a	16.66	Qprg	33.00	125.23	127.87		127.95	0.000848	1.30	25.45	15.31	0.32
a	15.67	Qprg	33.00	125.18	127.79		127.87	0.000891	1.32	24.99	15.18	0.33
a	14.68	Qprg	33.00	125.14	127.74		127.83	0.000905	1.33	24.84	15.13	0.33
a	13.69	Qprg	33.00	125.14	127.73		127.82	0.000921	1.34	24.68	15.09	0.33
a	12.70	Qprg	33.00	125.10	127.67		127.76	0.000946	1.35	24.43	15.02	0.34
a	11.71	Qprg	33.00	125.05	127.57		127.67	0.001021	1.39	23.75	14.82	0.35

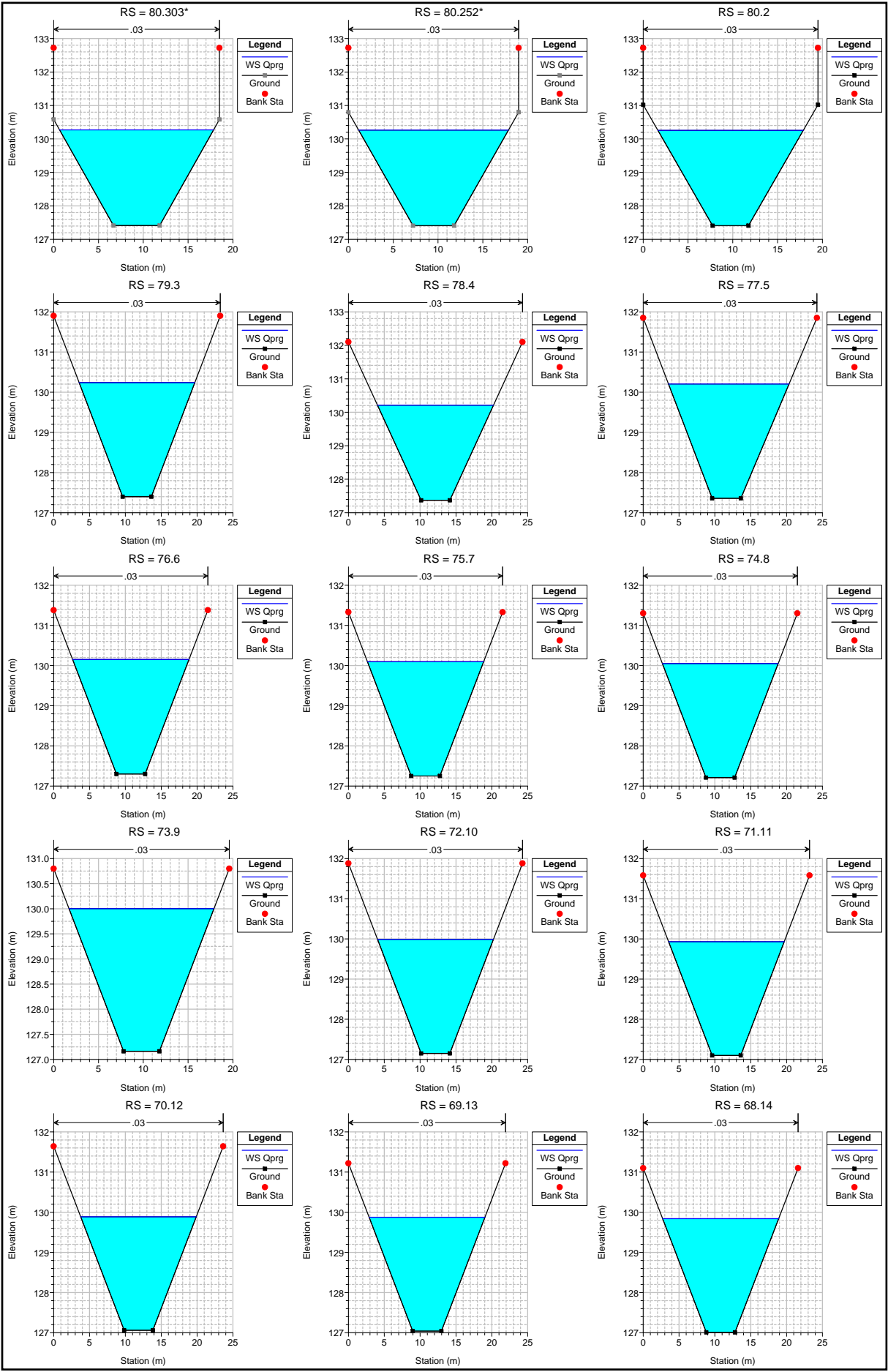


HEC-RAS Plan: scolmatore t River: canale Reach: a Profile: Qprg (Continued)

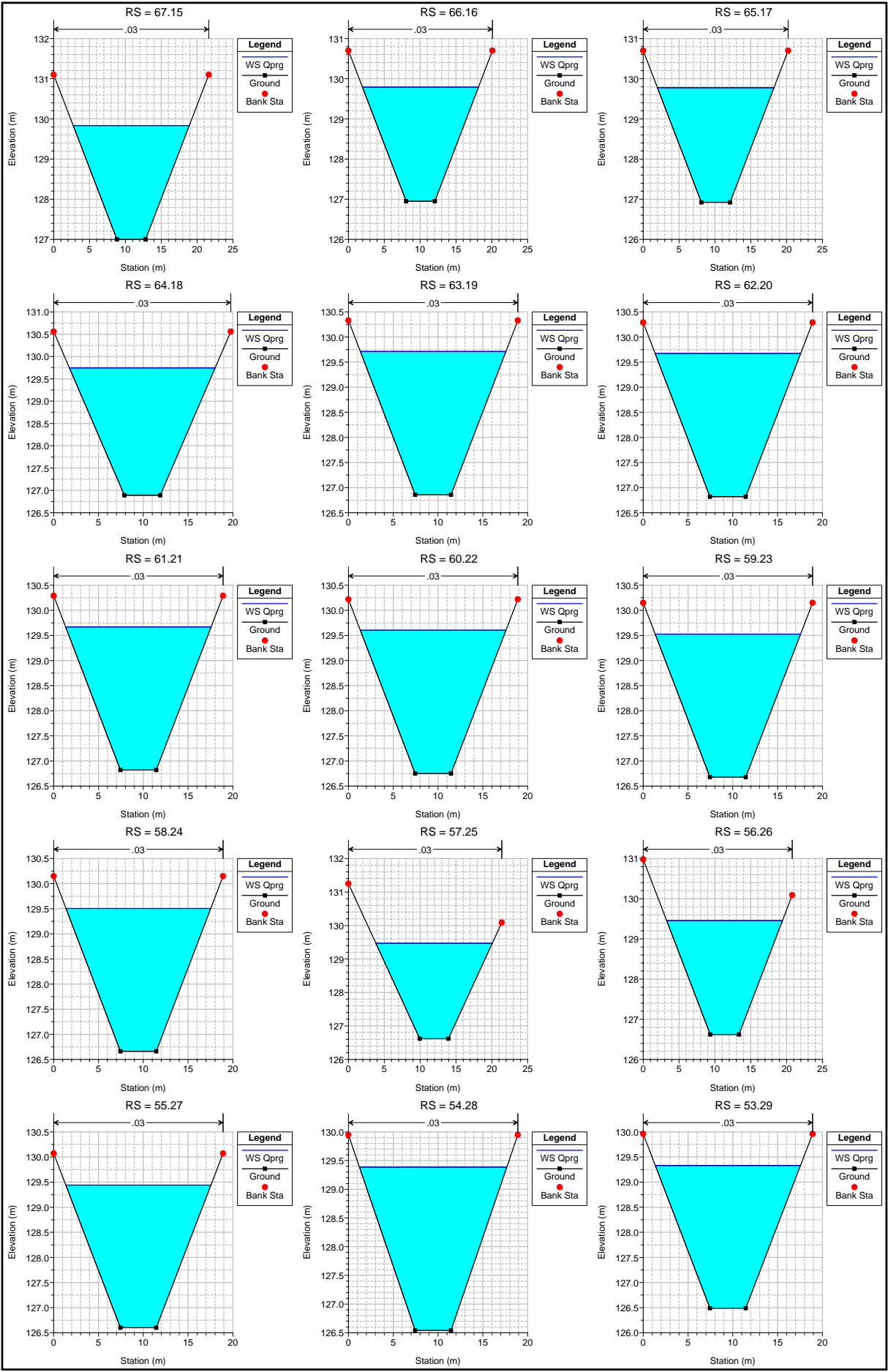
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
a	10.72	Qprg	33.00	125.04	127.55		127.65	0.001036	1.40	23.62	14.79	0.35
a	9.73	Qprg	33.00	125.03	127.55		127.64	0.001036	1.40	23.63	14.79	0.35
a	8.74	Qprg	33.00	125.03	127.54		127.64	0.001047	1.40	23.53	14.76	0.35
a	7.75	Qprg	33.00	124.99	127.46		127.57	0.001110	1.43	23.03	14.61	0.36
a	6.76	Qprg	33.00	124.94	127.36		127.47	0.001226	1.49	22.20	14.37	0.38
a	5.77	Qprg	33.00	124.94	127.35		127.47	0.001236	1.49	22.13	14.35	0.38
a	4.78	Qprg	33.00	124.93	127.34		127.45	0.001247	1.50	22.05	14.32	0.39
a	3.79	Qprg	33.00	124.93	127.33		127.45	0.001258	1.50	21.99	14.30	0.39
a	2.80	Qprg	33.00	124.88	127.23		127.35	0.001392	1.56	21.18	14.06	0.41
a	1.81	Qprg	33.00	124.85	127.14		127.28	0.001530	1.61	20.45	13.84	0.42
a	0.82	Qprg	33.00	124.85	127.14		127.27	0.001546	1.62	20.37	13.81	0.43
a	0.81	Qprg	33.00	124.82	127.04		127.19	0.001745	1.69	19.48	13.53	0.45
a	0.80	Qprg	33.00	124.81	127.01		127.16	0.001813	1.72	19.21	13.44	0.46
a	0.79	Qprg	33.00	124.81	127.00	126.27	127.15	0.001855	1.73	19.05	13.39	0.46



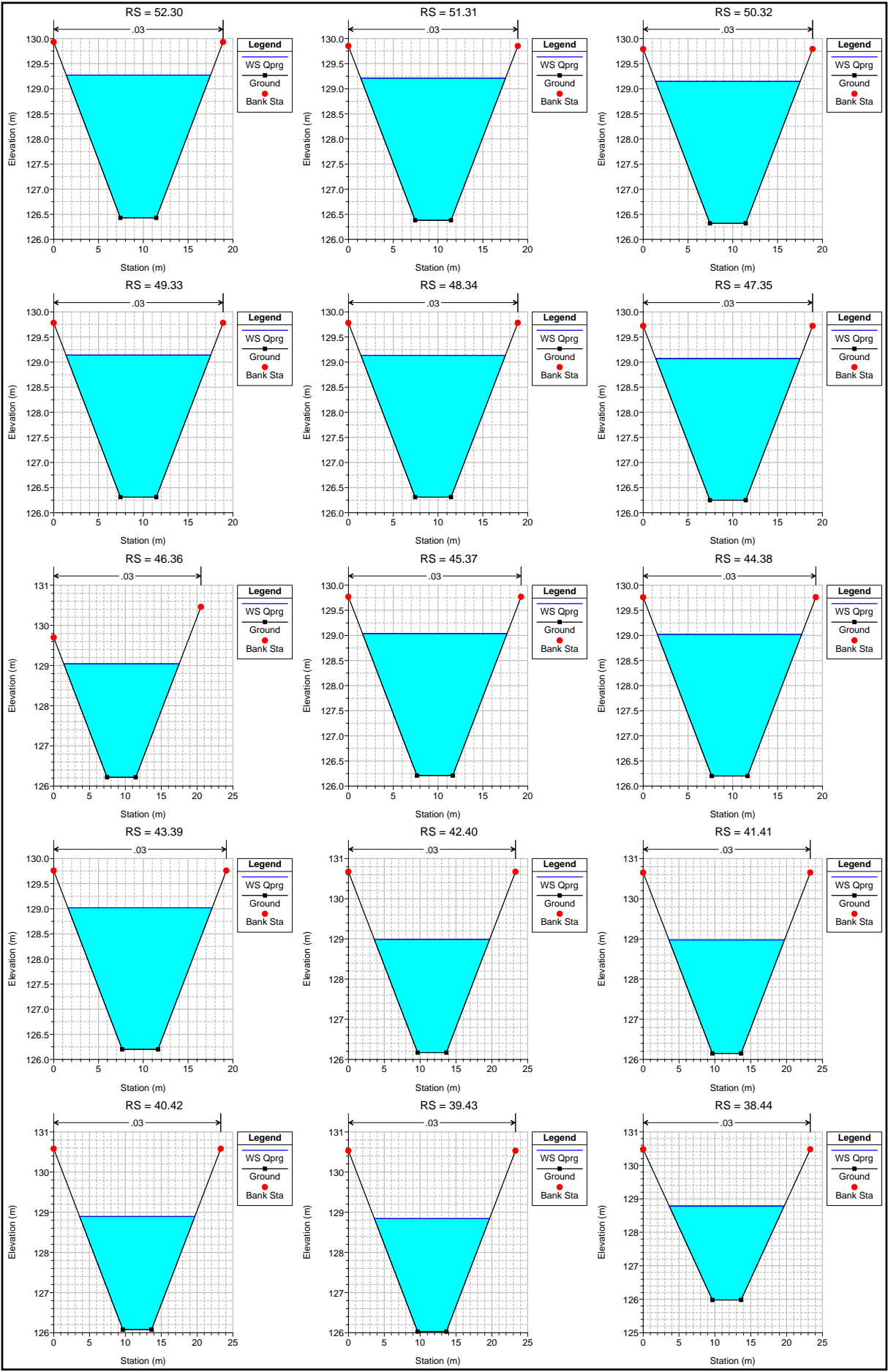




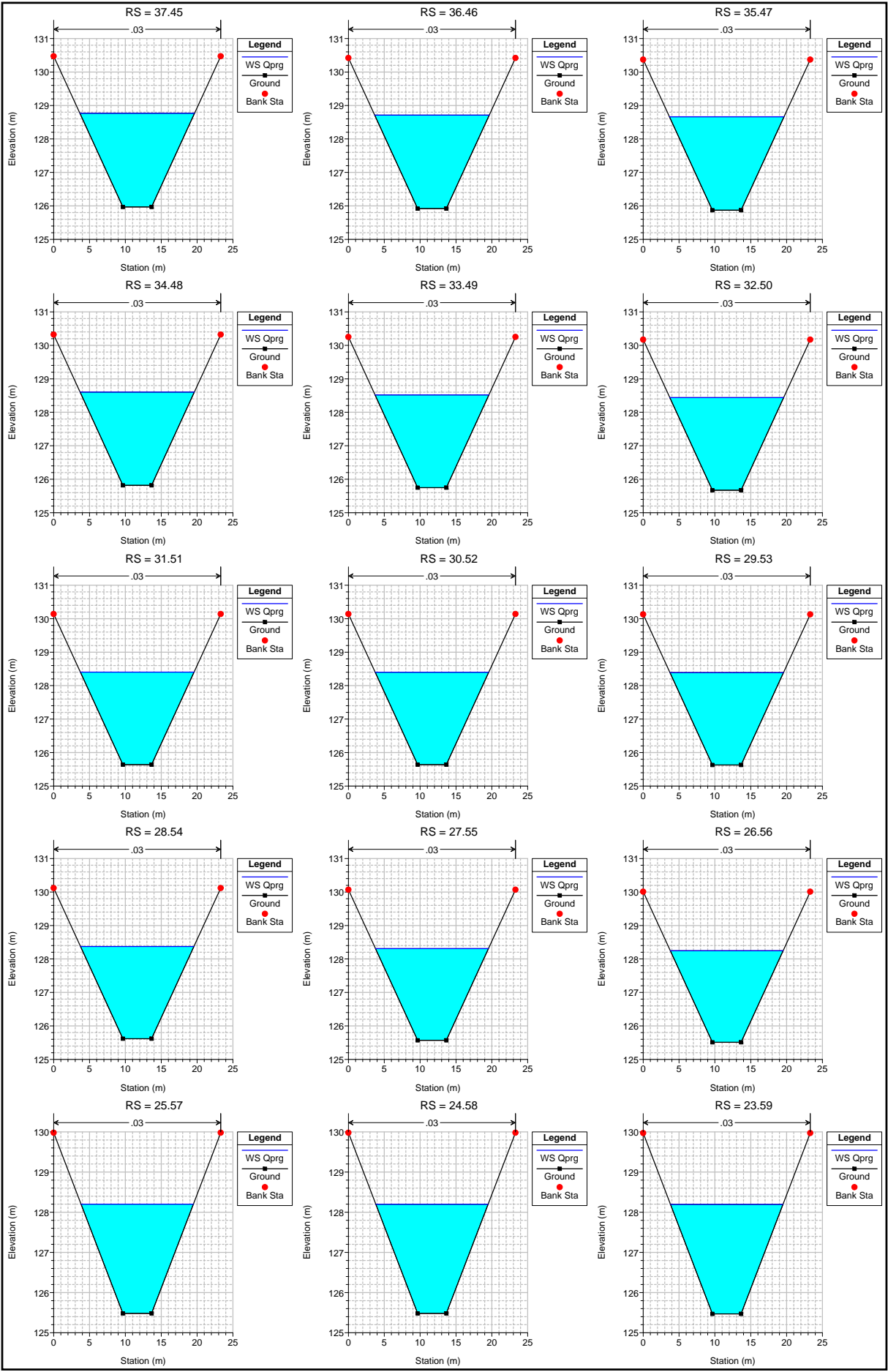
Arrivo: AOO A1800A, N. Prot. 00011493 del 05/03/2024



Arrivo: AOO A1800A, N. Prot. 00011493 del 05/03/2024

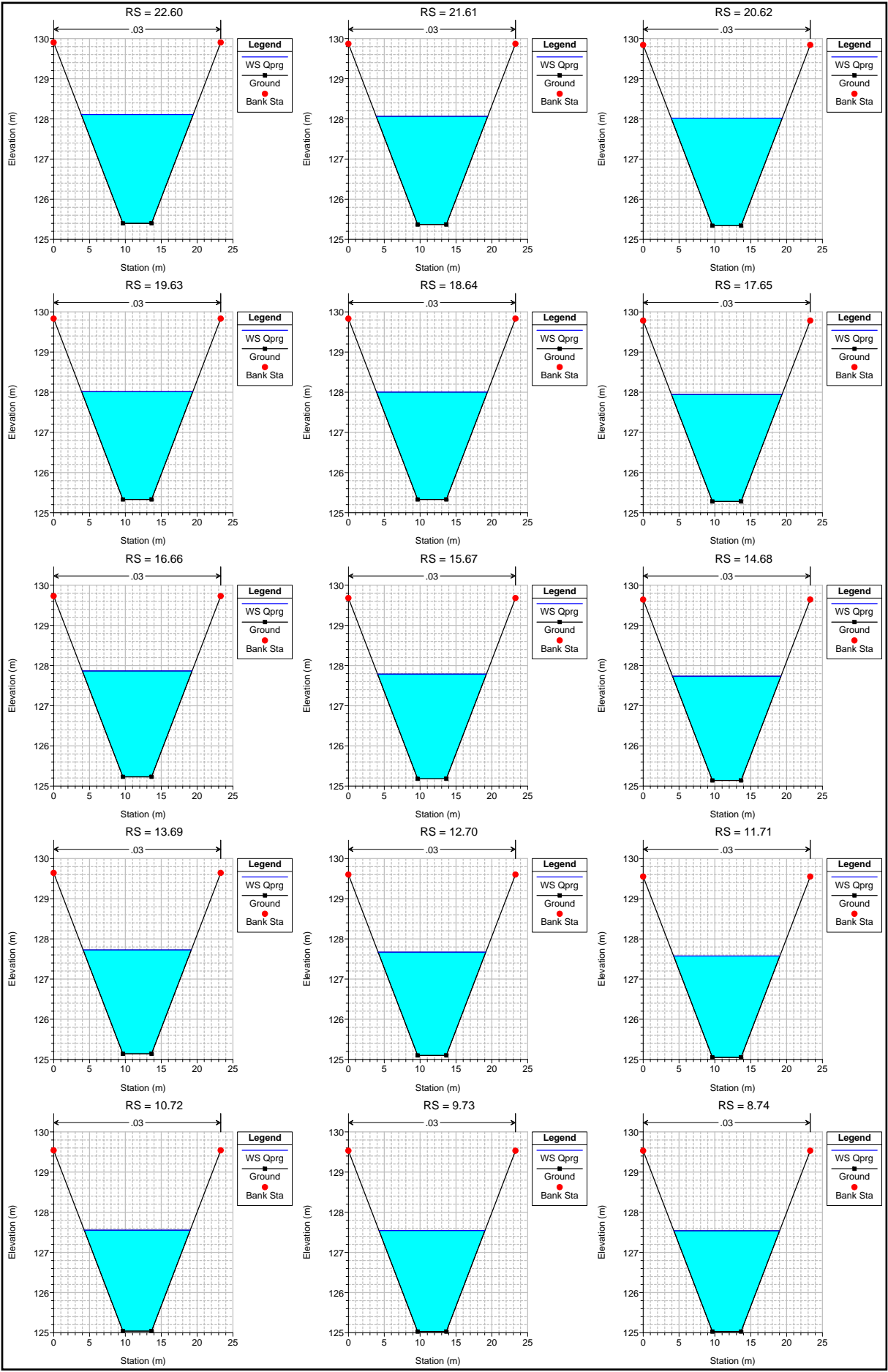


Arrivo: AOO A1800A, N. Prot. 00011493 del 05/03/2024



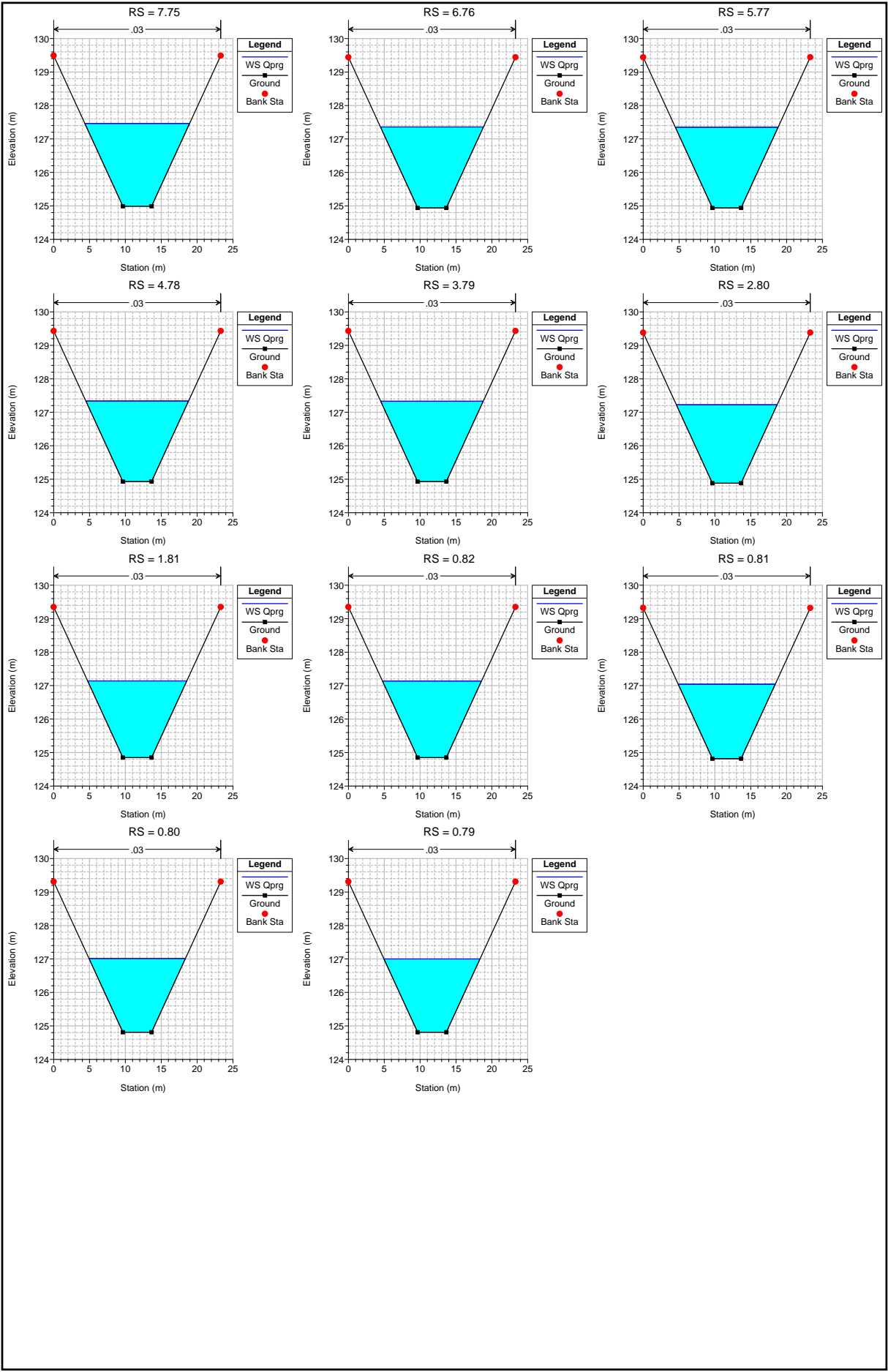


Arrivo: AOO A1800A, N. Prot. 00011493 del 05/03/2024





Arrivo: AOO A1800A, N. Prot. 00011493 del 05/03/2024



***ALLEGATO N. 7***

***CANALE SCOLMATORE DI TRINO***

***Profili di moto permanente***

***Portata di progetto:***

***Sez.81.1:      33 m<sup>3</sup>/s***

***Simulazione con condizione al contorno:***

***pendenza fondo canale 0.6x1000***

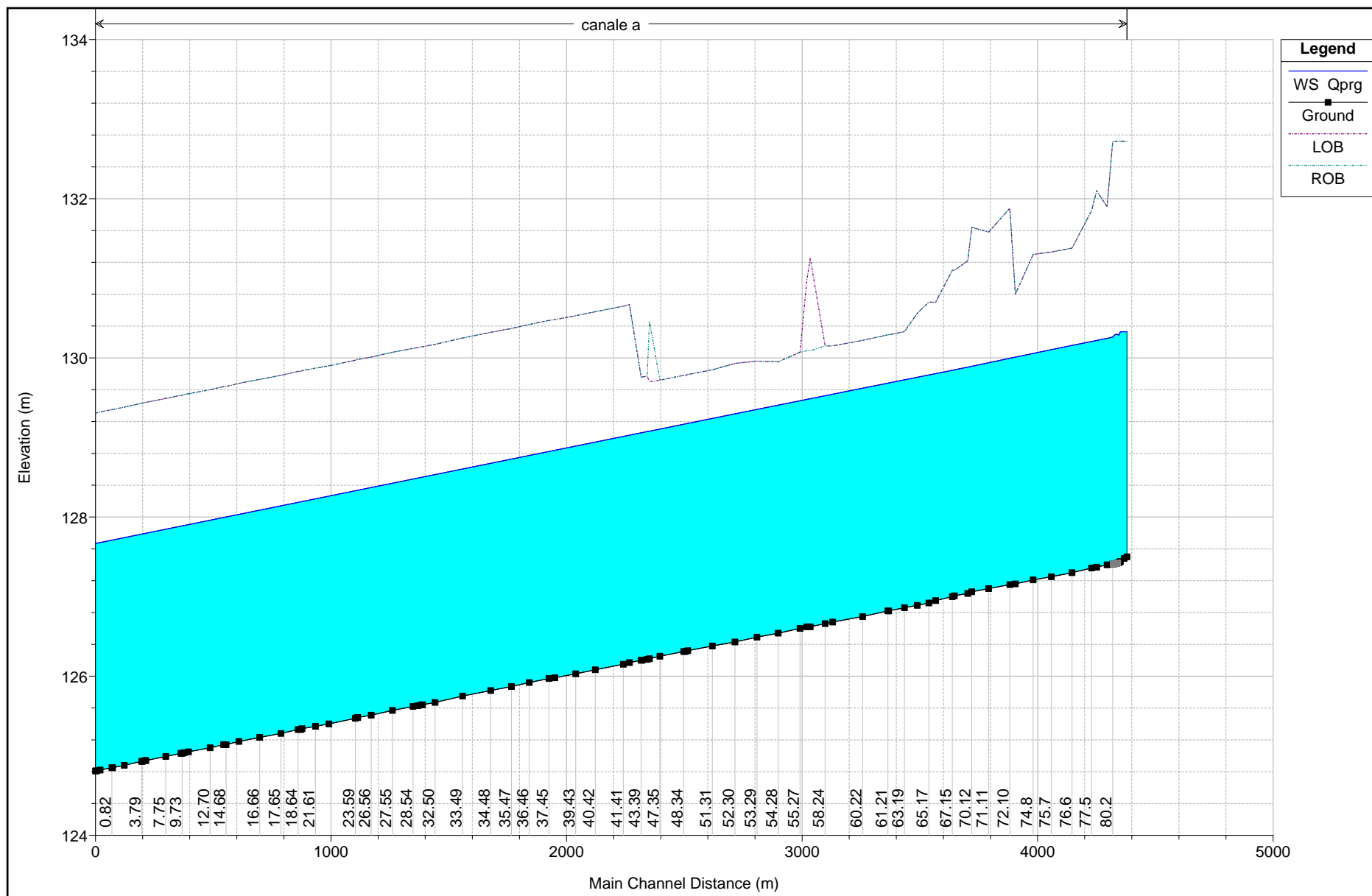
***Tabelle di calcolo idraulico***

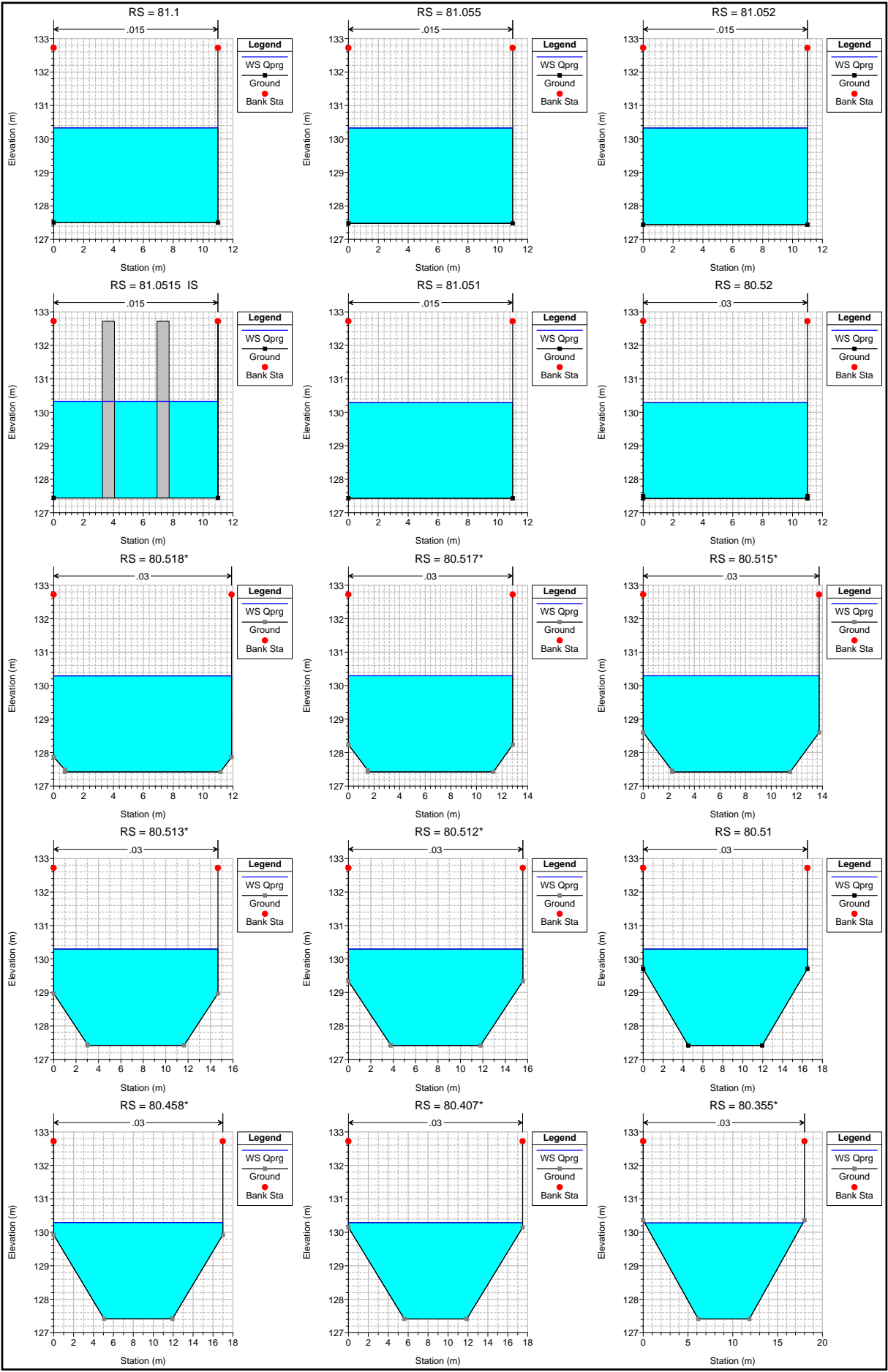
Arrivo: AOO A1800A, N. Prot. 00011493 del 05/03/2024

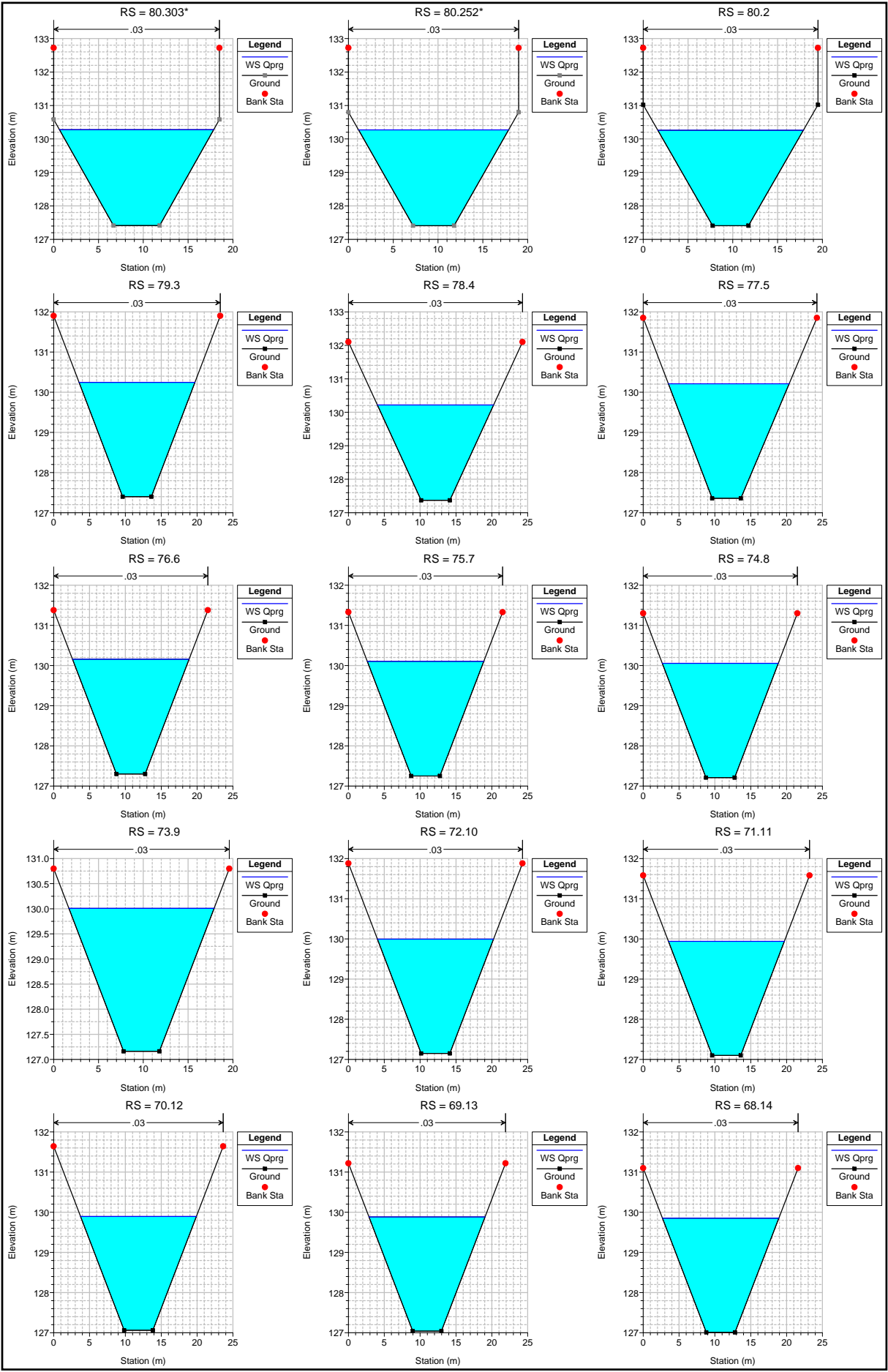
EC-RAS Plan: scolmatore t River: canale Reach: a Profile: Qprg												
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
a	81.1	Qprg	33.00	127.50	130.33		130.39	0.000110	1.06	31.12	11.00	0.20
a	81.055	Qprg	33.00	127.48	130.33		130.39	0.000108	1.05	31.34	11.00	0.20
a	81.052	Qprg	33.00	127.44	130.33	128.41	130.38	0.000104	1.04	31.77	11.00	0.20
a	81.0515		Inl Struct									
a	81.051	Qprg	33.00	127.43	130.29		130.34	0.000107	1.05	31.44	11.00	0.20
a	80.52	Qprg	33.00	127.43	130.29		130.34	0.000426	1.05	31.48	11.00	0.20
a	80.518*	Qprg	33.00	127.42	130.29		130.34	0.000344	0.98	33.81	11.91	0.18
a	80.517*	Qprg	33.00	127.42	130.29		130.34	0.000298	0.93	35.58	12.83	0.18
a	80.515*	Qprg	33.00	127.42	130.30		130.34	0.000273	0.90	36.80	13.74	0.18
a	80.513*	Qprg	33.00	127.42	130.30		130.34	0.000264	0.88	37.46	14.66	0.18
a	80.512*	Qprg	33.00	127.42	130.30		130.34	0.000269	0.88	37.55	15.57	0.18
a	80.51	Qprg	33.00	127.42	130.29		130.34	0.000287	0.89	37.08	16.49	0.19
a	80.458*	Qprg	33.00	127.41	130.29		130.33	0.000316	0.91	36.15	16.99	0.20
a	80.407*	Qprg	33.00	127.41	130.29		130.33	0.000356	0.94	34.97	17.49	0.21
a	80.355*	Qprg	33.00	127.41	130.28		130.33	0.000408	0.98	33.53	17.66	0.23
a	80.303*	Qprg	33.00	127.41	130.28		130.33	0.000460	1.03	32.01	17.21	0.24
a	80.252*	Qprg	33.00	127.41	130.27		130.33	0.000525	1.08	30.45	16.74	0.26
a	80.2	Qprg	33.00	127.41	130.26		130.33	0.000605	1.14	28.85	16.24	0.27
a	79.3	Qprg	33.00	127.40	130.25		130.31	0.000613	1.15	28.69	16.17	0.28
a	78.4	Qprg	33.00	127.37	130.22		130.29	0.000608	1.15	28.79	16.21	0.27
a	77.5	Qprg	33.00	127.36	130.21		130.27	0.000573	1.11	29.69	16.84	0.27
a	76.6	Qprg	33.00	127.30	130.16		130.22	0.000600	1.14	28.93	16.26	0.27
a	75.7	Qprg	33.00	127.25	130.10		130.17	0.000603	1.14	28.89	16.25	0.27
a	74.8	Qprg	33.00	127.21	130.06		130.12	0.000612	1.15	28.71	16.18	0.28
a	73.9	Qprg	33.00	127.16	130.01		130.08	0.000607	1.15	28.80	16.21	0.27
a	72.10	Qprg	33.00	127.15	130.00		130.06	0.000611	1.15	28.73	16.20	0.28
a	71.11	Qprg	33.00	127.10	129.94		130.01	0.000616	1.15	28.64	16.17	0.28
a	70.12	Qprg	33.00	127.06	129.89		129.96	0.000620	1.15	28.58	16.16	0.28
a	69.13	Qprg	33.00	127.04	129.88		129.95	0.000612	1.15	28.72	16.19	0.28
a	68.14	Qprg	33.00	127.01	129.85		129.92	0.000613	1.15	28.72	16.22	0.28
a	67.15	Qprg	33.00	127.00	129.84		129.91	0.000609	1.15	28.78	16.23	0.28
a	66.16	Qprg	33.00	126.95	129.80		129.87	0.000604	1.14	28.86	16.24	0.27
a	65.17	Qprg	33.00	126.92	129.79		129.85	0.000592	1.13	29.08	16.30	0.27
a	64.18	Qprg	33.00	126.89	129.76		129.82	0.000590	1.13	29.12	16.32	0.27
a	63.19	Qprg	33.00	126.86	129.72		129.79	0.000593	1.14	29.07	16.30	0.27
a	62.20	Qprg	33.00	126.82	129.68		129.75	0.000593	1.14	29.07	16.30	0.27
a	61.21	Qprg	33.00	126.82	129.68		129.75	0.000594	1.14	29.04	16.29	0.27
a	60.22	Qprg	33.00	126.75	129.62		129.68	0.000588	1.13	29.15	16.32	0.27
a	59.23	Qprg	33.00	126.68	129.54		129.61	0.000593	1.14	29.06	16.30	0.27
a	58.24	Qprg	33.00	126.66	129.52		129.59	0.000597	1.14	28.97	16.23	0.27
a	57.25	Qprg	33.00	126.62	129.49		129.55	0.000590	1.13	29.12	16.31	0.27
a	56.26	Qprg	33.00	126.62	129.48		129.54	0.000599	1.14	28.94	16.26	0.27
a	55.27	Qprg	33.00	126.60	129.46		129.53	0.000596	1.14	29.01	16.28	0.27
a	54.28	Qprg	33.00	126.54	129.41		129.47	0.000578	1.12	29.43	16.53	0.27
a	53.29	Qprg	33.00	126.49	129.35		129.42	0.000594	1.14	29.05	16.29	0.27
a	52.30	Qprg	33.00	126.43	129.30		129.36	0.000596	1.14	28.96	16.20	0.27
a	51.31	Qprg	33.00	126.38	129.24		129.31	0.000597	1.14	28.99	16.28	0.27
a	50.32	Qprg	33.00	126.32	129.18		129.24	0.000599	1.14	28.95	16.27	0.27
a	49.33	Qprg	33.00	126.31	129.17		129.24	0.000596	1.14	29.01	16.28	0.27
a	48.34	Qprg	33.00	126.31	129.17		129.23	0.000600	1.14	28.94	16.26	0.27
a	47.35	Qprg	33.00	126.25	129.11		129.17	0.000600	1.14	28.93	16.26	0.27
a	46.36	Qprg	33.00	126.22	129.08		129.15	0.000598	1.14	28.96	16.26	0.27
a	45.37	Qprg	33.00	126.21	129.07		129.14	0.000594	1.14	29.04	16.28	0.27
a	44.38	Qprg	33.00	126.20	129.06		129.13	0.000597	1.14	28.99	16.27	0.27
a	43.39	Qprg	33.00	126.20	129.06		129.12	0.000599	1.14	28.94	16.26	0.27
a	42.40	Qprg	33.00	126.17	129.03		129.09	0.000599	1.14	28.95	16.26	0.27
a	41.41	Qprg	33.00	126.15	129.01		129.08	0.000595	1.14	29.03	16.28	0.27
a	40.42	Qprg	33.00	126.08	128.94		129.01	0.000596	1.14	29.01	16.27	0.27
a	39.43	Qprg	33.00	126.03	128.89		128.96	0.000595	1.14	29.02	16.28	0.27
a	38.44	Qprg	33.00	125.98	128.84		128.91	0.000598	1.14	28.97	16.26	0.27
a	37.45	Qprg	33.00	125.97	128.82		128.89	0.000603	1.14	28.88	16.24	0.27
a	36.46	Qprg	33.00	125.92	128.77		128.84	0.000603	1.14	28.88	16.24	0.27
a	35.47	Qprg	33.00	125.87	128.73		128.79	0.000599	1.14	28.95	16.26	0.27
a	34.48	Qprg	33.00	125.82	128.68		128.74	0.000602	1.14	28.90	16.25	0.27
a	33.49	Qprg	33.00	125.75	128.60		128.67	0.000604	1.14	28.86	16.24	0.27
a	32.50	Qprg	33.00	125.67	128.53		128.60	0.000594	1.14	29.04	16.28	0.27
a	31.51	Qprg	33.00	125.64	128.50		128.57	0.000596	1.14	29.01	16.27	0.27
a	30.52	Qprg	33.00	125.64	128.50		128.57	0.000598	1.14	28.97	16.26	0.27
a	29.53	Qprg	33.00	125.63	128.49		128.56	0.000597	1.14	28.98	16.27	0.27
a	28.54	Qprg	33.00	125.62	128.48		128.54	0.000600	1.14	28.93	16.25	0.27
a	27.55	Qprg	33.00	125.57	128.42		128.49	0.000602	1.14	28.89	16.24	0.27
a	26.56	Qprg	33.00	125.51	128.37		128.44	0.000596	1.14	28.99	16.27	0.27
a	25.57	Qprg	33.00	125.48	128.34		128.40	0.000601	1.14	28.92	16.25	0.27
a	24.58	Qprg	33.00	125.48	128.33		128.40	0.000602	1.14	28.89	16.24	0.27
a	23.59	Qprg	33.00	125.47	128.33		128.40	0.000597	1.14	28.98	16.27	0.27
a	22.60	Qprg	33.00	125.40	128.26		128.33	0.000594	1.14	29.03	16.28	0.27
a	21.61	Qprg	33.00	125.37	128.23		128.30	0.000598	1.14	28.96	16.26	0.27
a	20.62	Qprg	33.00	125.34	128.19		128.26	0.000602	1.14	28.89	16.24	0.27
a	19.63	Qprg	33.00	125.33	128.19		128.26	0.000596	1.14	29.01	16.27	0.27
a	18.64	Qprg	33.00	125.33	128.18		128.25	0.000602	1.14	28.89	16.24	0.27
a	17.65	Qprg	33.00	125.28	128.14		128.21	0.000597	1.14	28.99	16.27	0.27
a	16.66	Qprg	33.00	125.23	128.09		128.15	0.000601	1.14	28.92	16.25	0.27
a	15.67	Qprg	33.00	125.18	128.03		128.10	0.000604	1.14	28.86	16.24	0.27
a	14.68	Qprg	33.00	125.14	128.00		128.07	0.000597	1.14	28.99	16.27	0.27
a	13.69	Qprg	33.00	125.14	127.99		128.06	0.000603	1.14	28.88	16.24	0.27
a	12.70	Qprg	33.00	125.10	127.96		128.03	0.000598	1.14	28.97	16.26	0.27
a	11.71	Qprg	33.00	125.05	127.90		127.97	0.000602	1.14	28.89	16.24	0.27

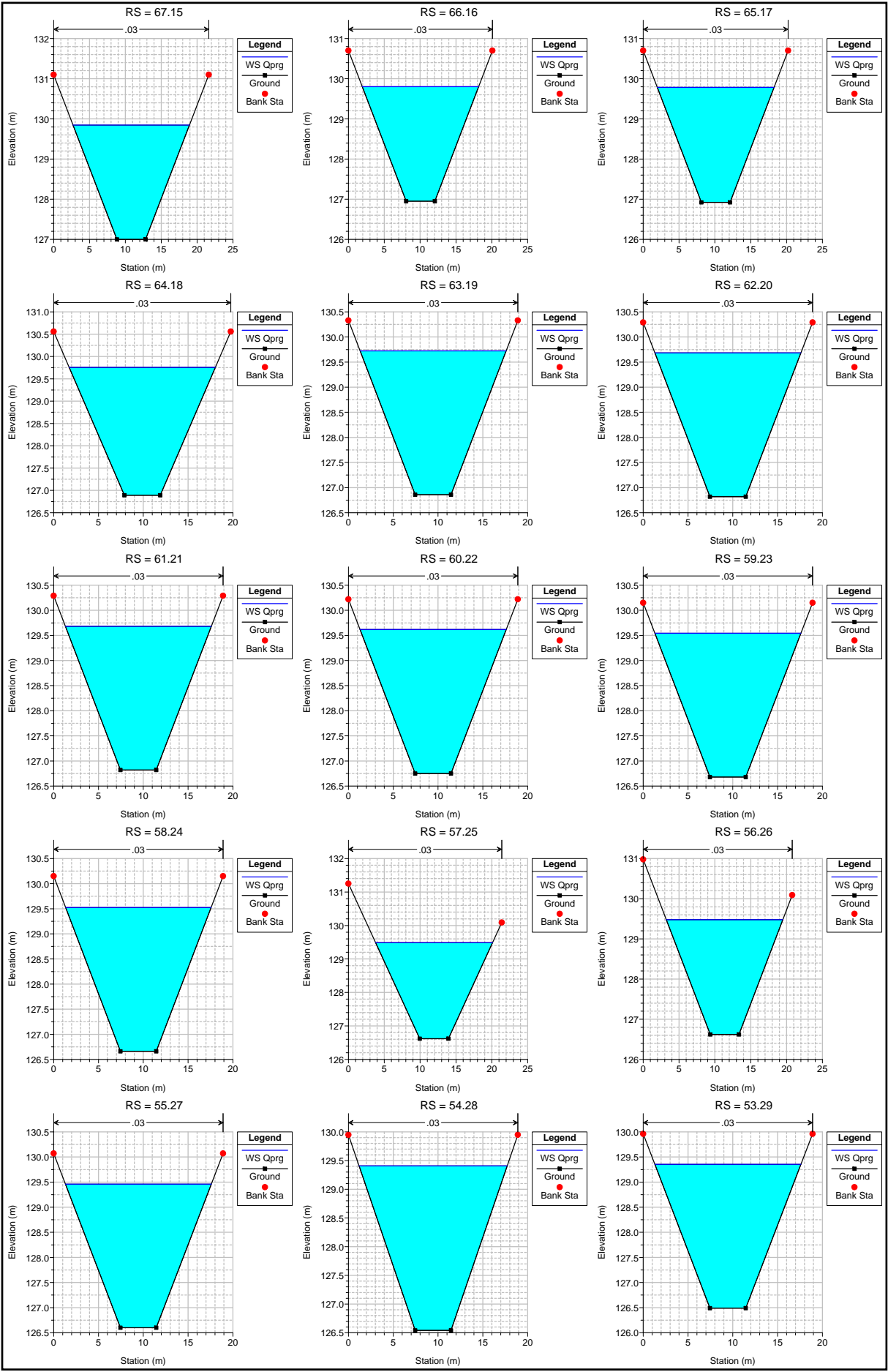
HEC-RAS Plan: scolmatore t River: canale Reach: a Profile: Qprg (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
a	10.72	Qprg	33.00	125.04	127.89		127.96	0.000603	1.14	28.88	16.24	0.27
a	9.73	Qprg	33.00	125.03	127.89		127.95	0.000599	1.14	28.95	16.26	0.27
a	8.74	Qprg	33.00	125.03	127.88		127.95	0.000602	1.14	28.90	16.24	0.27
a	7.75	Qprg	33.00	124.99	127.85		127.91	0.000601	1.14	28.92	16.25	0.27
a	6.76	Qprg	33.00	124.94	127.80		127.86	0.000601	1.14	28.90	16.25	0.27
a	5.77	Qprg	33.00	124.94	127.79		127.86	0.000603	1.14	28.87	16.24	0.27
a	4.78	Qprg	33.00	124.93	127.79		127.85	0.000601	1.14	28.92	16.25	0.27
a	3.79	Qprg	33.00	124.93	127.78		127.85	0.000603	1.14	28.88	16.24	0.27
a	2.80	Qprg	33.00	124.88	127.74		127.81	0.000597	1.14	28.98	16.27	0.27
a	1.81	Qprg	33.00	124.85	127.71		127.78	0.000597	1.14	28.99	16.27	0.27
a	0.82	Qprg	33.00	124.85	127.71		127.77	0.000599	1.14	28.96	16.26	0.27
a	0.81	Qprg	33.00	124.82	127.68		127.74	0.000598	1.14	28.96	16.26	0.27
a	0.80	Qprg	33.00	124.81	127.67		127.74	0.000597	1.14	28.98	16.27	0.27
a	0.79	Qprg	33.00	124.81	127.67	126.27	127.73	0.000600	1.14	28.93	16.25	0.27



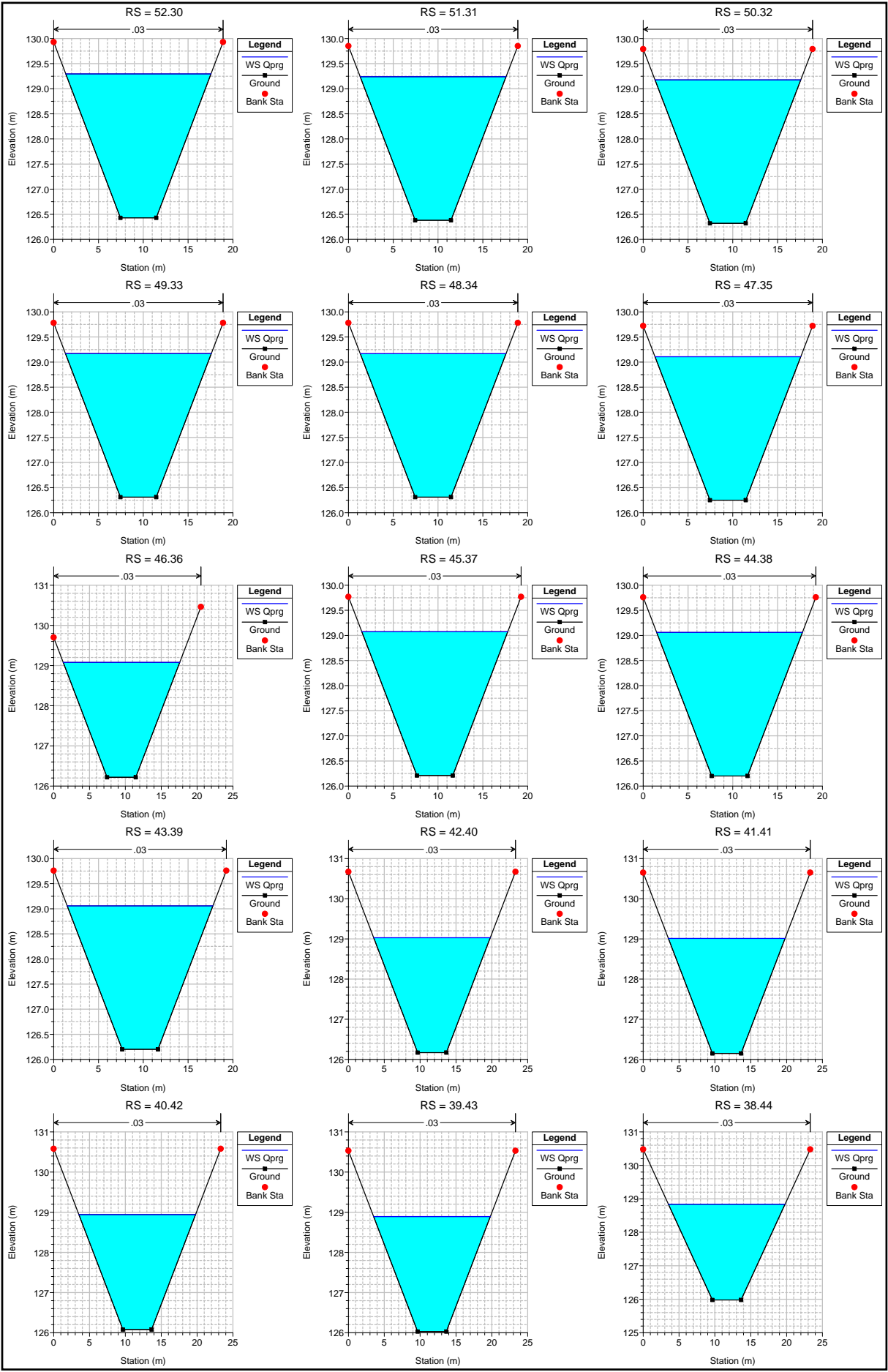




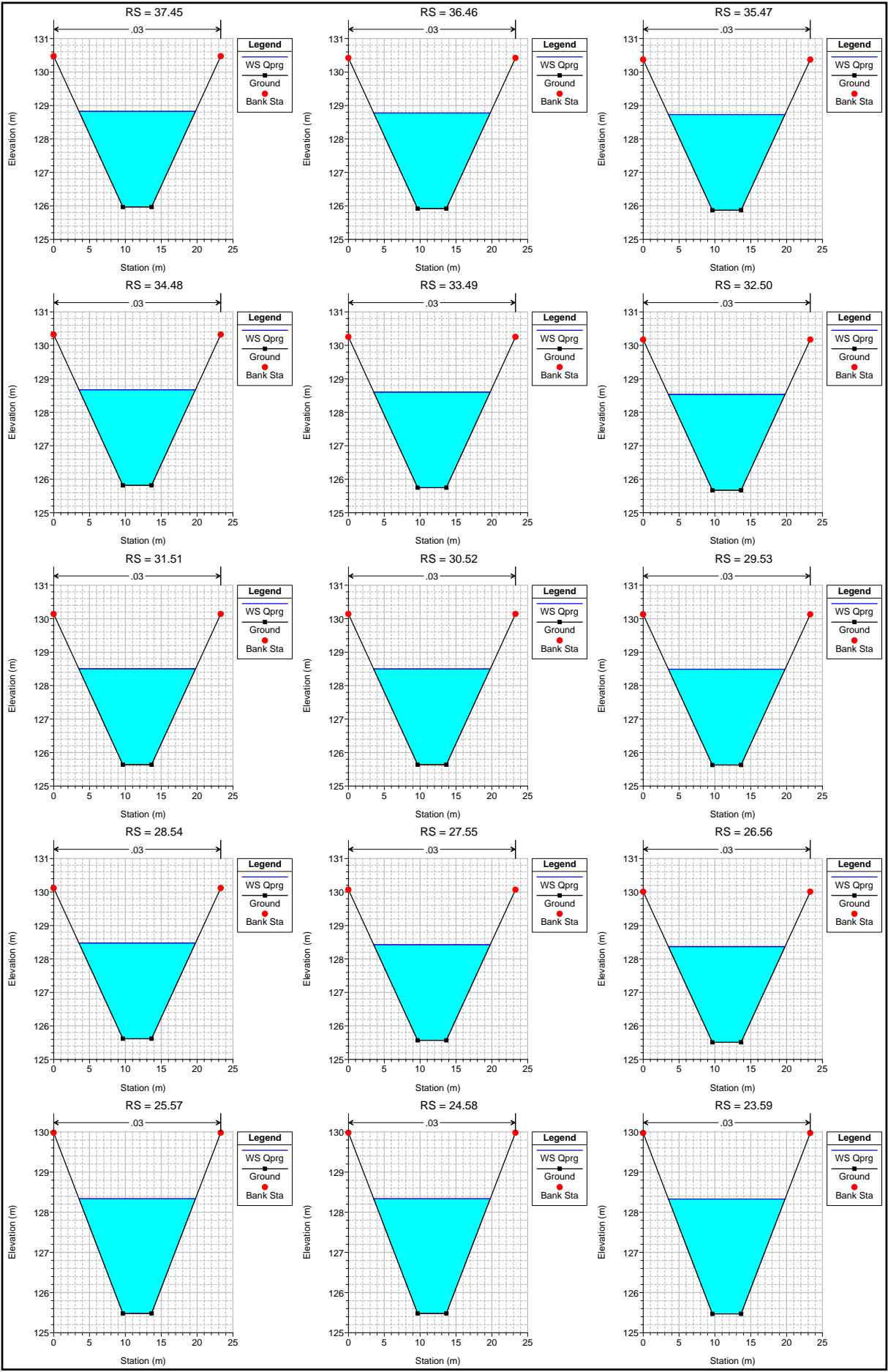




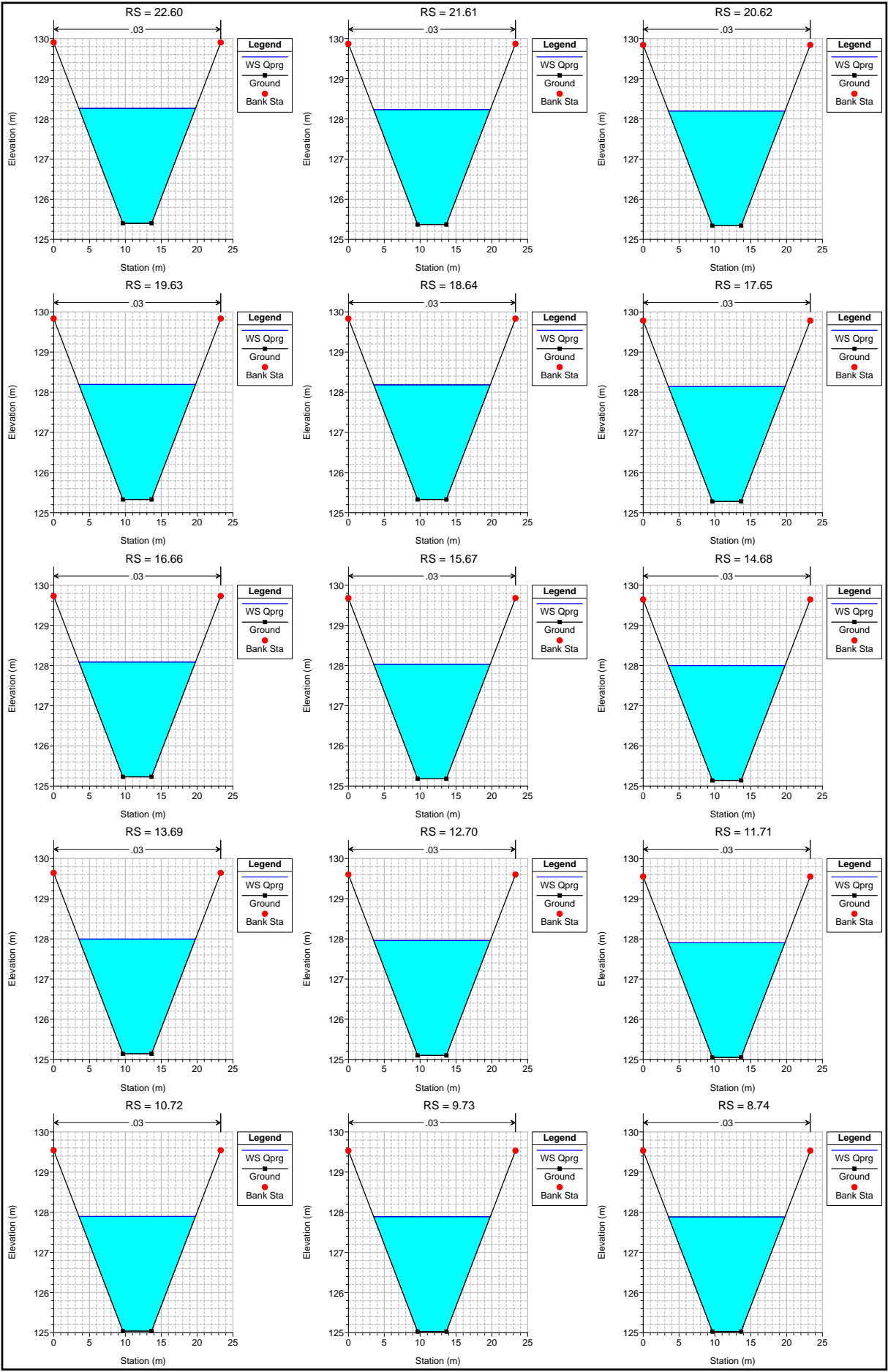
Arrivo: AOO A1800A, N. Prot. 00011493 del 05/03/2024



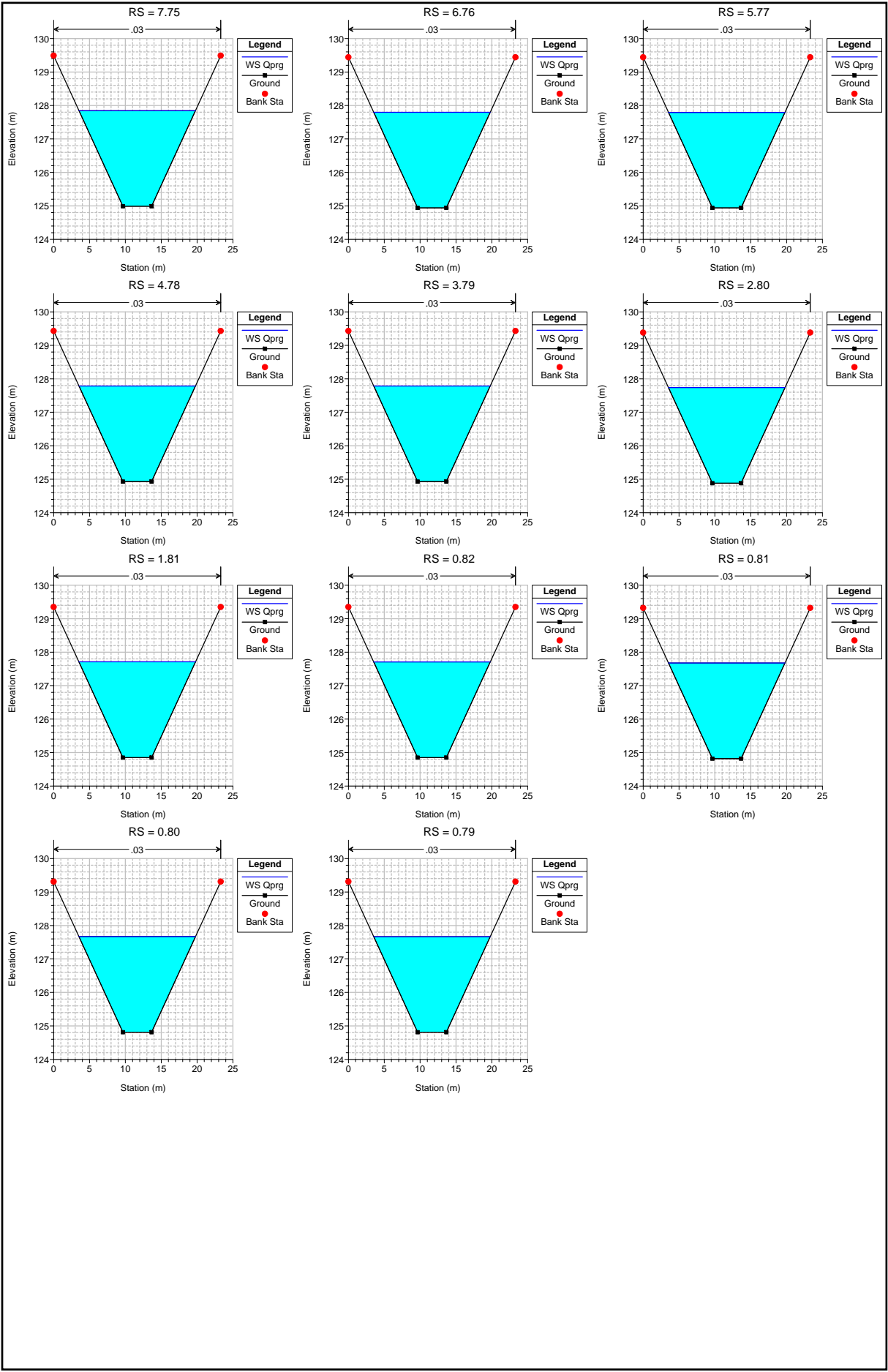
Arrivo: AOO A1800A, N. Prot. 00011493 del 05/03/2024



Arrivo: AOO A1800A, N. Prot. 00011493 del 05/03/2024



Arrivo: AOO A1800A, N. Prot. 00011493 del 05/03/2024



**ALLEGATO N. 8**

**CANALE SCOLMATORE DI TRINO**

***Profili di moto permanente***

***Portata di progetto:***

**Sez.81.1:      33 m<sup>3</sup>/s**

***Simulazione con condizione al contorno:***

***livello idrico pari all'altezza critica 126.27 m s.l.m.m.***

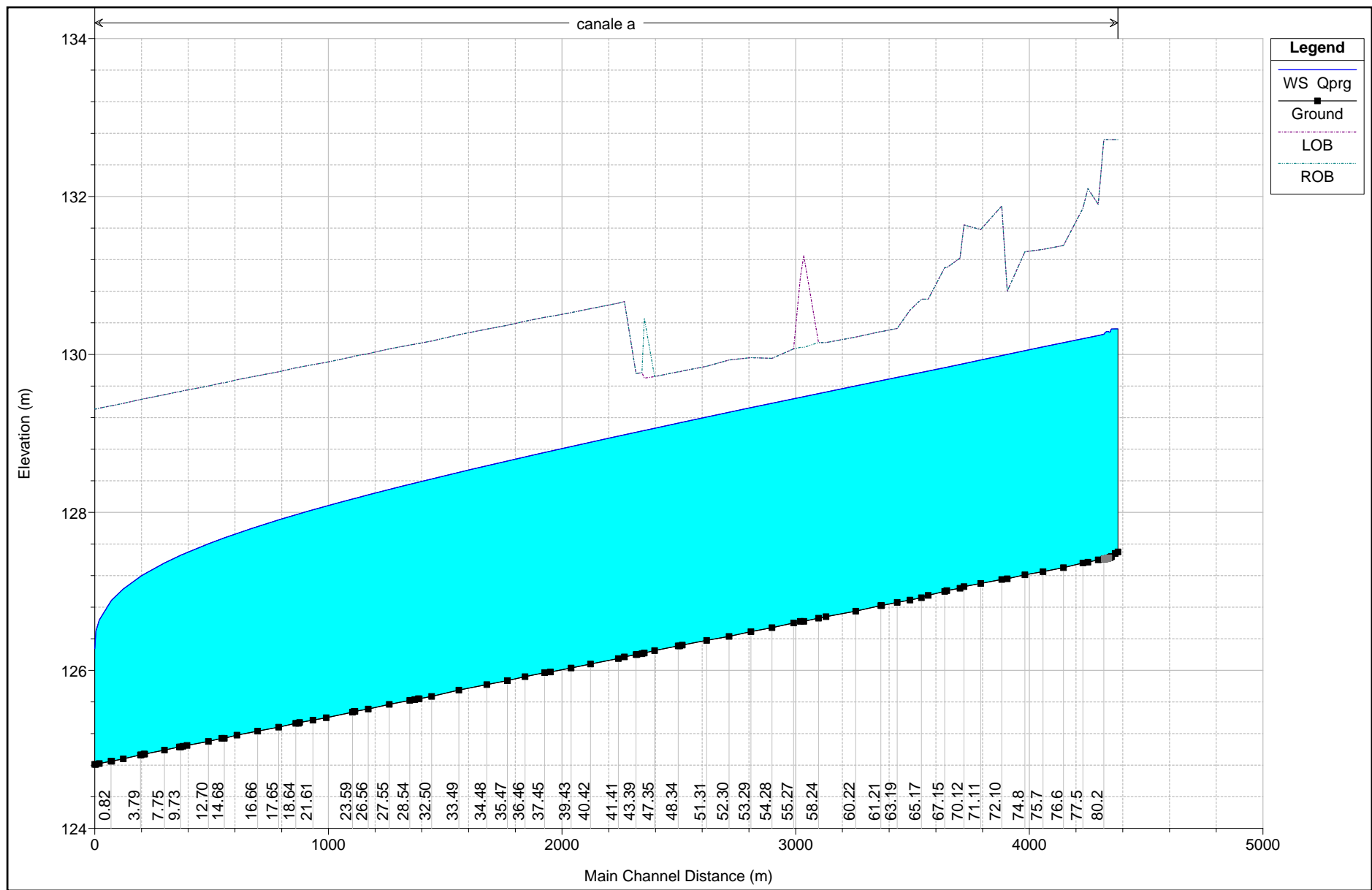
***Tabelle di calcolo idraulico***

Arrivo: AOO A1800A, N. Prot. 00011493 del 05/03/2024

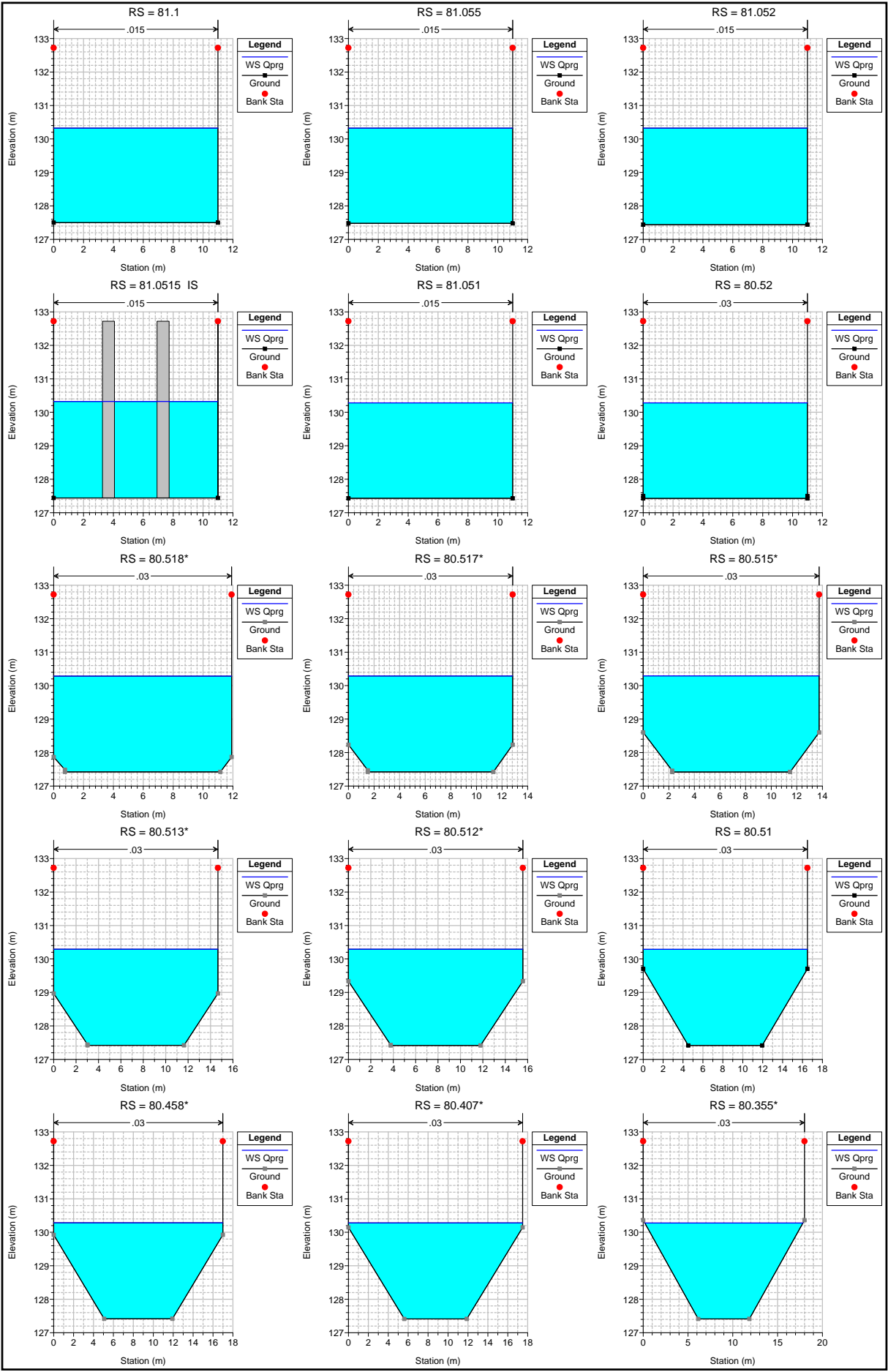
HEC-RAS Plan: scolmatore t River: canale Reach: a Profile: Qprg												
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
a	81.1	Qprg	33.00	127.50	130.32		130.38	0.000111	1.06	31.06	11.00	0.20
a	81.055	Qprg	33.00	127.48	130.32		130.38	0.000108	1.06	31.28	11.00	0.20
a	81.052	Qprg	33.00	127.44	130.32	128.41	130.38	0.000104	1.04	31.71	11.00	0.20
a	81.0515		Inl Struct									
a	81.051	Qprg	33.00	127.43	130.28		130.34	0.000107	1.05	31.38	11.00	0.20
a	80.52	Qprg	33.00	127.43	130.28		130.34	0.000428	1.05	31.42	11.00	0.20
a	80.518*	Qprg	33.00	127.42	130.29		130.34	0.000346	0.98	33.75	11.91	0.19
a	80.517*	Qprg	33.00	127.42	130.29		130.33	0.000300	0.93	35.51	12.83	0.18
a	80.515*	Qprg	33.00	127.42	130.29		130.33	0.000275	0.90	36.72	13.74	0.18
a	80.513*	Qprg	33.00	127.42	130.29		130.33	0.000266	0.88	37.38	14.66	0.18
a	80.512*	Qprg	33.00	127.42	130.29		130.33	0.000271	0.88	37.46	15.57	0.18
a	80.51	Qprg	33.00	127.42	130.29		130.33	0.000289	0.89	36.99	16.49	0.19
a	80.458*	Qprg	33.00	127.41	130.29		130.33	0.000318	0.92	36.06	16.99	0.20
a	80.407*	Qprg	33.00	127.41	130.28		130.33	0.000360	0.95	34.87	17.49	0.21
a	80.355*	Qprg	33.00	127.41	130.28		130.33	0.000411	0.99	33.43	17.64	0.23
a	80.303*	Qprg	33.00	127.41	130.27		130.33	0.000464	1.03	31.91	17.19	0.24
a	80.252*	Qprg	33.00	127.41	130.26		130.32	0.000529	1.09	30.35	16.71	0.26
a	80.2	Qprg	33.00	127.41	130.25		130.32	0.000610	1.15	28.75	16.21	0.28
a	79.3	Qprg	33.00	127.40	130.24		130.31	0.000619	1.15	28.59	16.14	0.28
a	78.4	Qprg	33.00	127.37	130.21		130.28	0.000614	1.15	28.69	16.19	0.28
a	77.5	Qprg	33.00	127.36	130.20		130.27	0.000579	1.12	29.58	16.81	0.27
a	76.6	Qprg	33.00	127.30	130.15		130.22	0.000606	1.15	28.82	16.23	0.27
a	75.7	Qprg	33.00	127.25	130.10		130.16	0.000610	1.15	28.76	16.21	0.28
a	74.8	Qprg	33.00	127.21	130.05		130.12	0.000620	1.15	28.58	16.15	0.28
a	73.9	Qprg	33.00	127.16	130.00		130.07	0.000616	1.15	28.65	16.17	0.28
a	72.10	Qprg	33.00	127.15	129.99		130.05	0.000620	1.15	28.58	16.16	0.28
a	71.11	Qprg	33.00	127.10	129.93		130.00	0.000626	1.16	28.48	16.13	0.28
a	70.12	Qprg	33.00	127.06	129.88		129.95	0.000631	1.16	28.40	16.11	0.28
a	69.13	Qprg	33.00	127.04	129.87		129.94	0.000622	1.16	28.54	16.15	0.28
a	68.14	Qprg	33.00	127.01	129.84		129.91	0.000624	1.16	28.53	16.17	0.28
a	67.15	Qprg	33.00	127.00	129.83		129.90	0.000620	1.15	28.58	16.18	0.28
a	66.16	Qprg	33.00	126.95	129.79		129.86	0.000616	1.15	28.65	16.18	0.28
a	65.17	Qprg	33.00	126.92	129.77		129.84	0.000604	1.14	28.87	16.24	0.27
a	64.18	Qprg	33.00	126.89	129.74		129.81	0.000602	1.14	28.90	16.26	0.27
a	63.19	Qprg	33.00	126.86	129.71		129.78	0.000606	1.14	28.84	16.24	0.27
a	62.20	Qprg	33.00	126.82	129.67		129.74	0.000606	1.15	28.82	16.23	0.27
a	61.21	Qprg	33.00	126.82	129.67		129.73	0.000608	1.15	28.79	16.23	0.27
a	60.22	Qprg	33.00	126.75	129.60		129.67	0.000603	1.14	28.87	16.25	0.27
a	59.23	Qprg	33.00	126.68	129.52		129.59	0.000611	1.15	28.75	16.21	0.28
a	58.24	Qprg	33.00	126.66	129.50		129.57	0.000615	1.15	28.65	16.14	0.28
a	57.25	Qprg	33.00	126.62	129.47		129.53	0.000609	1.15	28.77	16.22	0.27
a	56.26	Qprg	33.00	126.62	129.46		129.52	0.000619	1.15	28.59	16.16	0.28
a	55.27	Qprg	33.00	126.60	129.44		129.51	0.000616	1.15	28.65	16.19	0.28
a	54.28	Qprg	33.00	126.54	129.38		129.45	0.000599	1.14	29.04	16.42	0.27
a	53.29	Qprg	33.00	126.49	129.33		129.39	0.000618	1.15	28.62	16.18	0.28
a	52.30	Qprg	33.00	126.43	129.27		129.34	0.000623	1.16	28.49	16.08	0.28
a	51.31	Qprg	33.00	126.38	129.21		129.28	0.000627	1.16	28.47	16.14	0.28
a	50.32	Qprg	33.00	126.32	129.14		129.21	0.000632	1.16	28.38	16.12	0.28
a	49.33	Qprg	33.00	126.31	129.13		129.20	0.000629	1.16	28.43	16.13	0.28
a	48.34	Qprg	33.00	126.31	129.13		129.20	0.000634	1.16	28.36	16.11	0.28
a	47.35	Qprg	33.00	126.25	129.07		129.14	0.000638	1.17	28.28	16.09	0.28
a	46.36	Qprg	33.00	126.22	129.04		129.11	0.000638	1.17	28.28	16.08	0.28
a	45.37	Qprg	33.00	126.21	129.03		129.10	0.000634	1.16	28.35	16.10	0.28
a	44.38	Qprg	33.00	126.20	129.02		129.09	0.000637	1.17	28.29	16.08	0.28
a	43.39	Qprg	33.00	126.20	129.01		129.08	0.000640	1.17	28.24	16.07	0.28
a	42.40	Qprg	33.00	126.17	128.98		129.05	0.000642	1.17	28.21	16.06	0.28
a	41.41	Qprg	33.00	126.15	128.97		129.04	0.000639	1.17	28.27	16.08	0.28
a	40.42	Qprg	33.00	126.08	128.89		128.96	0.000646	1.17	28.15	16.05	0.28
a	39.43	Qprg	33.00	126.03	128.83		128.91	0.000650	1.17	28.09	16.03	0.28
a	38.44	Qprg	33.00	125.98	128.78		128.85	0.000658	1.18	27.95	15.99	0.29
a	37.45	Qprg	33.00	125.97	128.76		128.83	0.000666	1.19	27.83	15.96	0.29
a	36.46	Qprg	33.00	125.92	128.70		128.77	0.000672	1.19	27.73	15.93	0.29
a	35.47	Qprg	33.00	125.87	128.65		128.72	0.000674	1.19	27.71	15.93	0.29
a	34.48	Qprg	33.00	125.82	128.59		128.66	0.000685	1.20	27.54	15.88	0.29
a	33.49	Qprg	33.00	125.75	128.51		128.58	0.000700	1.21	27.32	15.82	0.29
a	32.50	Qprg	33.00	125.67	128.42		128.50	0.000703	1.21	27.28	15.81	0.29
a	31.51	Qprg	33.00	125.64	128.39		128.46	0.000712	1.22	27.15	15.78	0.30
a	30.52	Qprg	33.00	125.64	128.38		128.46	0.000715	1.22	27.10	15.76	0.30
a	29.53	Qprg	33.00	125.63	128.37		128.45	0.000716	1.22	27.09	15.76	0.30
a	28.54	Qprg	33.00	125.62	128.36		128.43	0.000723	1.22	26.99	15.73	0.30
a	27.55	Qprg	33.00	125.57	128.29		128.37	0.000741	1.23	26.75	15.67	0.30
a	26.56	Qprg	33.00	125.51	128.22		128.30	0.000750	1.24	26.63	15.63	0.30
a	25.57	Qprg	33.00	125.48	128.18		128.26	0.000768	1.25	26.39	15.57	0.31
a	24.58	Qprg	33.00	125.48	128.18		128.25	0.000771	1.25	26.35	15.56	0.31
a	23.59	Qprg	33.00	125.47	128.17		128.25	0.000766	1.25	26.43	15.58	0.31
a	22.60	Qprg	33.00	125.40	128.08		128.16	0.000790	1.26	26.12	15.49	0.31
a	21.61	Qprg	33.00	125.37	128.03		128.12	0.000812	1.28	25.85	15.42	0.31
a	20.62	Qprg	33.00	125.34	127.98		128.07	0.000837	1.29	25.57	15.34	0.32
a	19.63	Qprg	33.00	125.33	127.98		128.06	0.000829	1.29	25.65	15.36	0.32
a	18.64	Qprg	33.00	125.33	127.97		128.05	0.000844	1.29	25.49	15.32	0.32
a	17.65	Qprg	33.00	125.28	127.91		127.99	0.000863	1.31	25.28	15.26	0.32
a	16.66	Qprg	33.00	125.23	127.82		127.91	0.000913	1.33	24.76	15.11	0.33
a	15.67	Qprg	33.00	125.18	127.73		127.83	0.000972	1.36	24.19	14.95	0.34
a	14.68	Qprg	33.00	125.14	127.68		127.77	0.000997	1.38	23.96	14.88	0.35
a	13.69	Qprg	33.00	125.14	127.67		127.76	0.001017	1.39	23.79	14.83	0.35
a	12.70	Qprg	33.00	125.10	127.60		127.70	0.001058	1.41	23.44	14.73	0.36
a	11.71	Qprg	33.00	125.05	127.49		127.60	0.001174	1.46	22.56	14.47	0.37

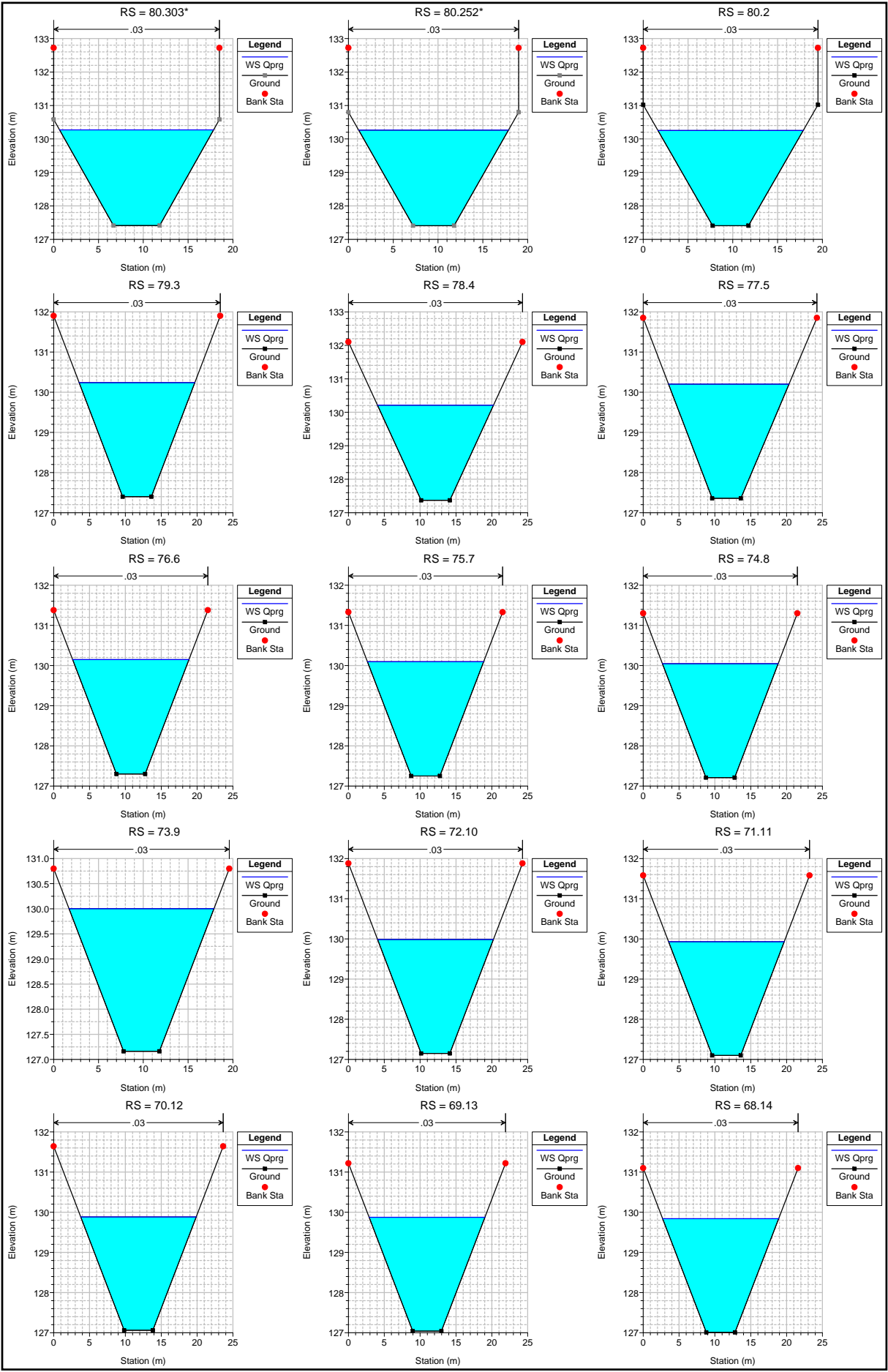
HEC-RAS Plan: scolmatore t River: canale Reach: a Profile: Qprg (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
a	10.72	Qprg	33.00	125.04	127.47		127.58	0.001200	1.47	22.38	14.42	0.38
a	9.73	Qprg	33.00	125.03	127.46		127.57	0.001202	1.48	22.36	14.41	0.38
a	8.74	Qprg	33.00	125.03	127.45		127.56	0.001219	1.48	22.24	14.38	0.38
a	7.75	Qprg	33.00	124.99	127.36		127.48	0.001332	1.53	21.53	14.16	0.40
a	6.76	Qprg	33.00	124.94	127.22		127.36	0.001562	1.63	20.30	13.79	0.43
a	5.77	Qprg	33.00	124.94	127.22		127.35	0.001580	1.63	20.21	13.76	0.43
a	4.78	Qprg	33.00	124.93	127.20		127.33	0.001611	1.64	20.06	13.71	0.43
a	3.79	Qprg	33.00	124.93	127.19		127.33	0.001631	1.65	19.97	13.69	0.44
a	2.80	Qprg	33.00	124.88	127.03		127.19	0.001998	1.78	18.53	13.23	0.48
a	1.81	Qprg	33.00	124.85	126.89		127.08	0.002493	1.93	17.08	12.75	0.53
a	0.82	Qprg	33.00	124.85	126.88		127.07	0.002550	1.95	16.94	12.70	0.54
a	0.81	Qprg	33.00	124.82	126.64		126.91	0.003991	2.30	14.36	11.80	0.66
a	0.80	Qprg	33.00	124.81	126.50	126.27	126.83	0.005395	2.57	12.86	11.24	0.77
a	0.79	Qprg	33.00	124.81	126.27	126.27	126.78	0.009531	3.16	10.45	10.28	1.00

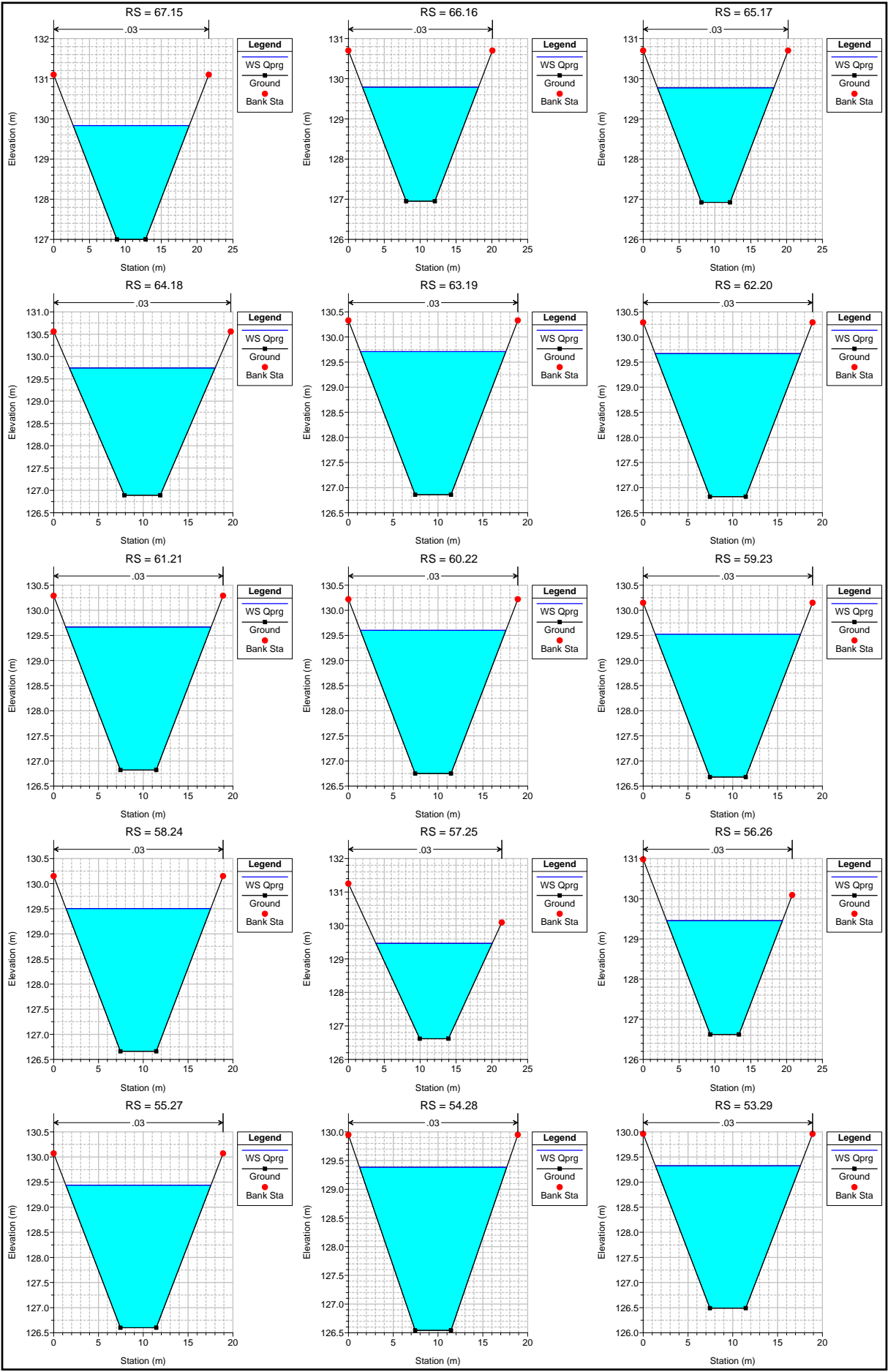




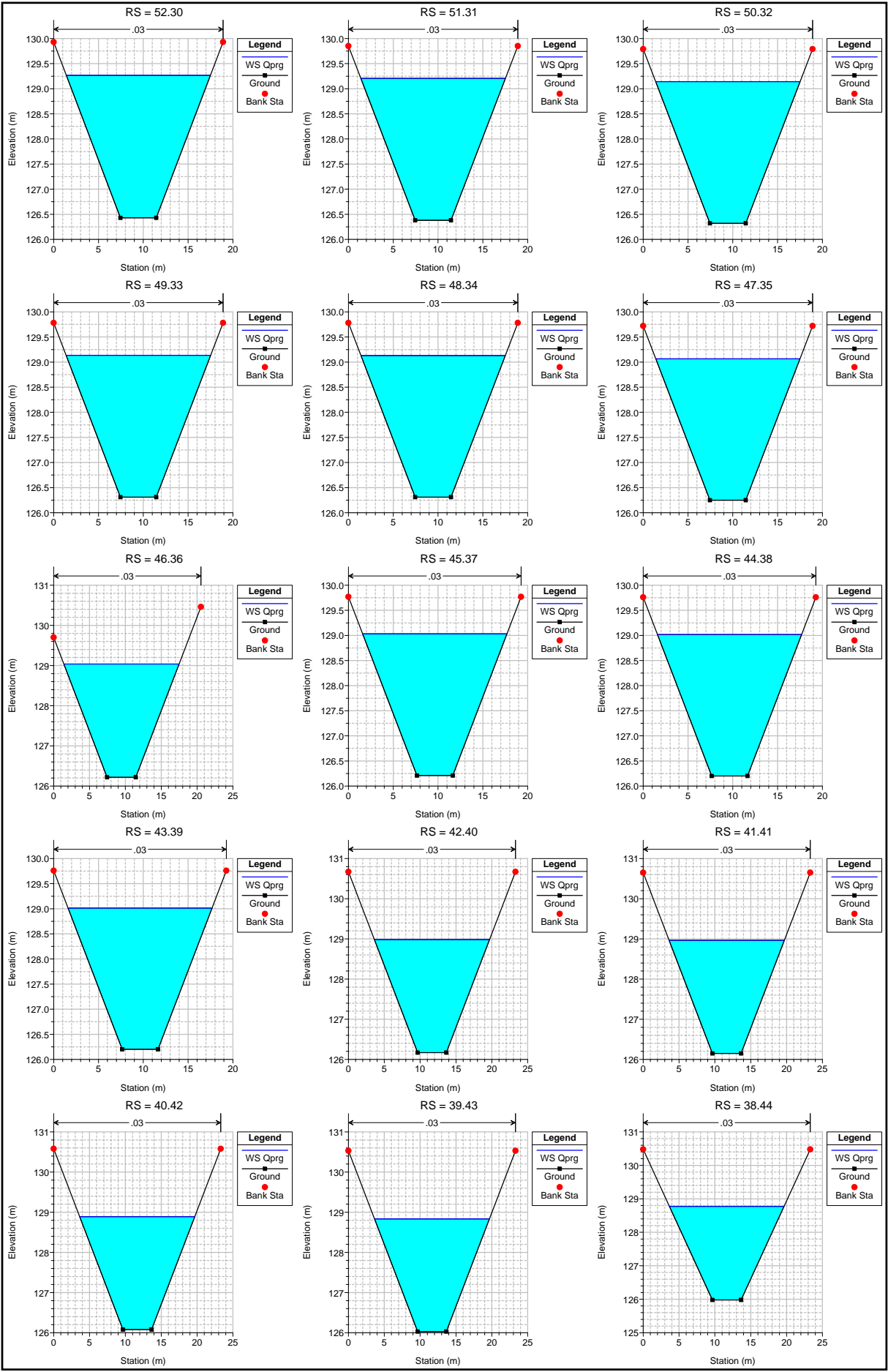




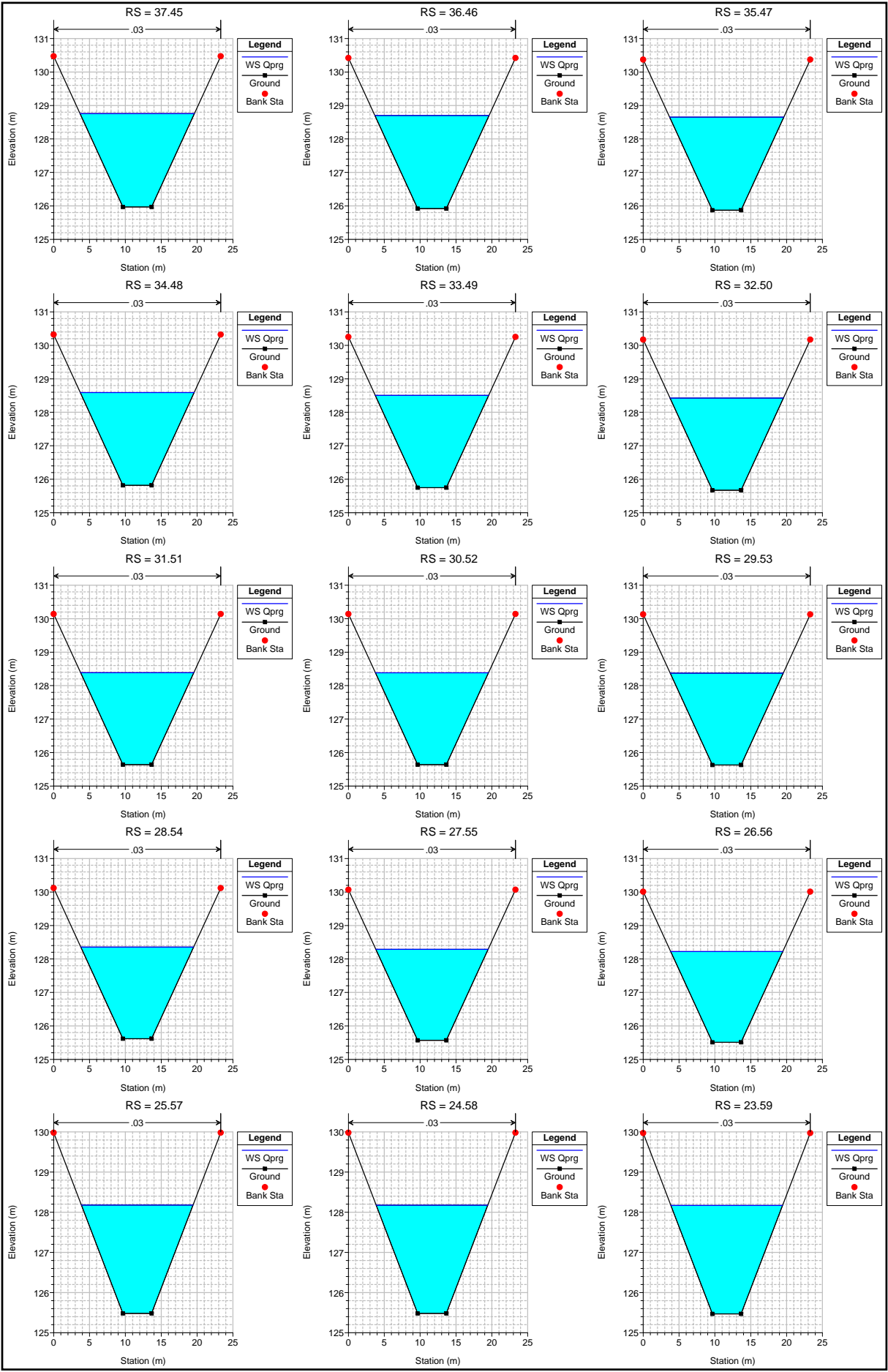
Arrivo: AOO A1800A, N. Prot. 00011493 del 05/03/2024



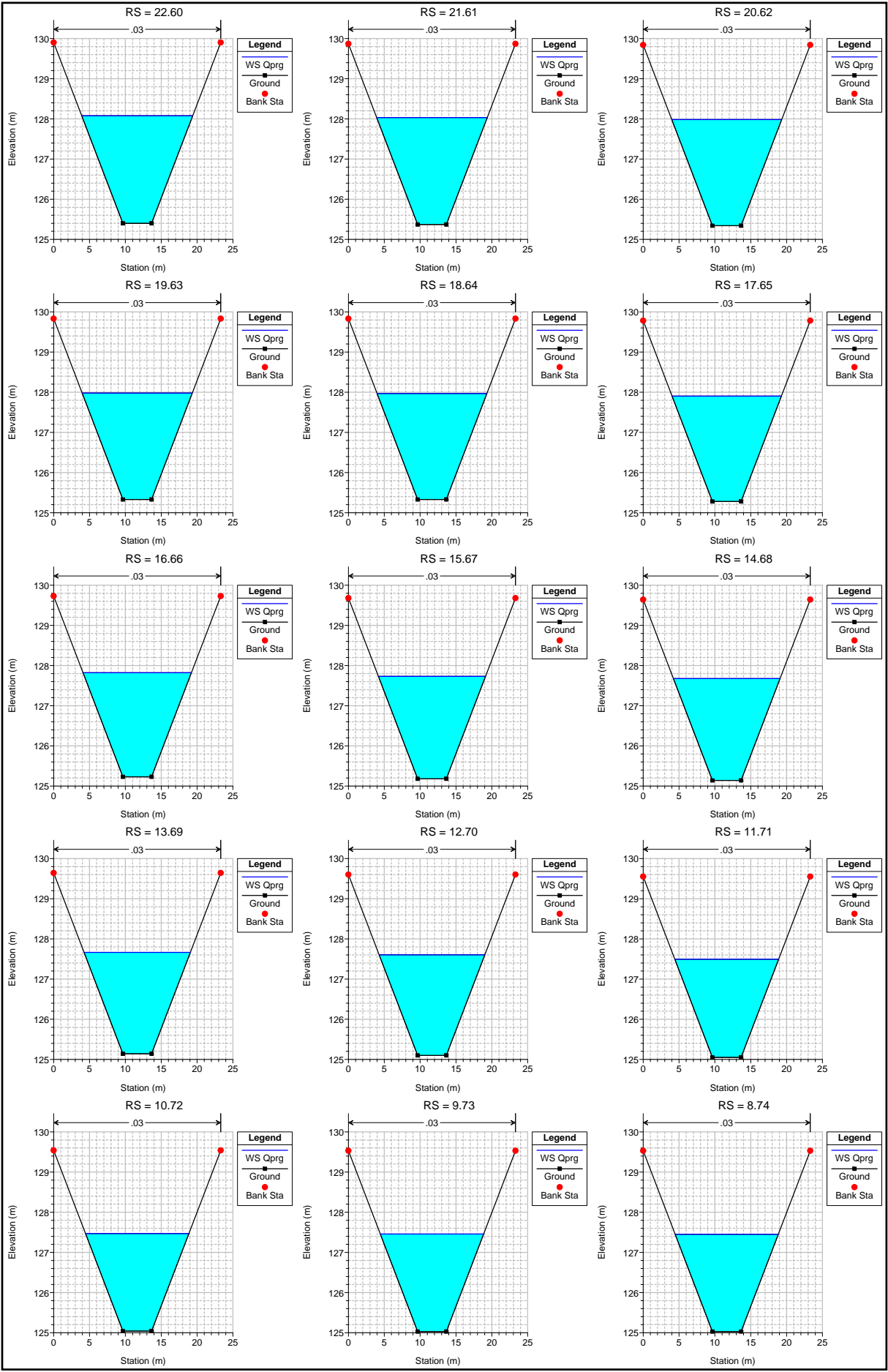
Arrivo: AOO A1800A, N. Prot. 00011493 del 05/03/2024



Arrivo: AOO A1800A, N. Prot. 00011493 del 05/03/2024

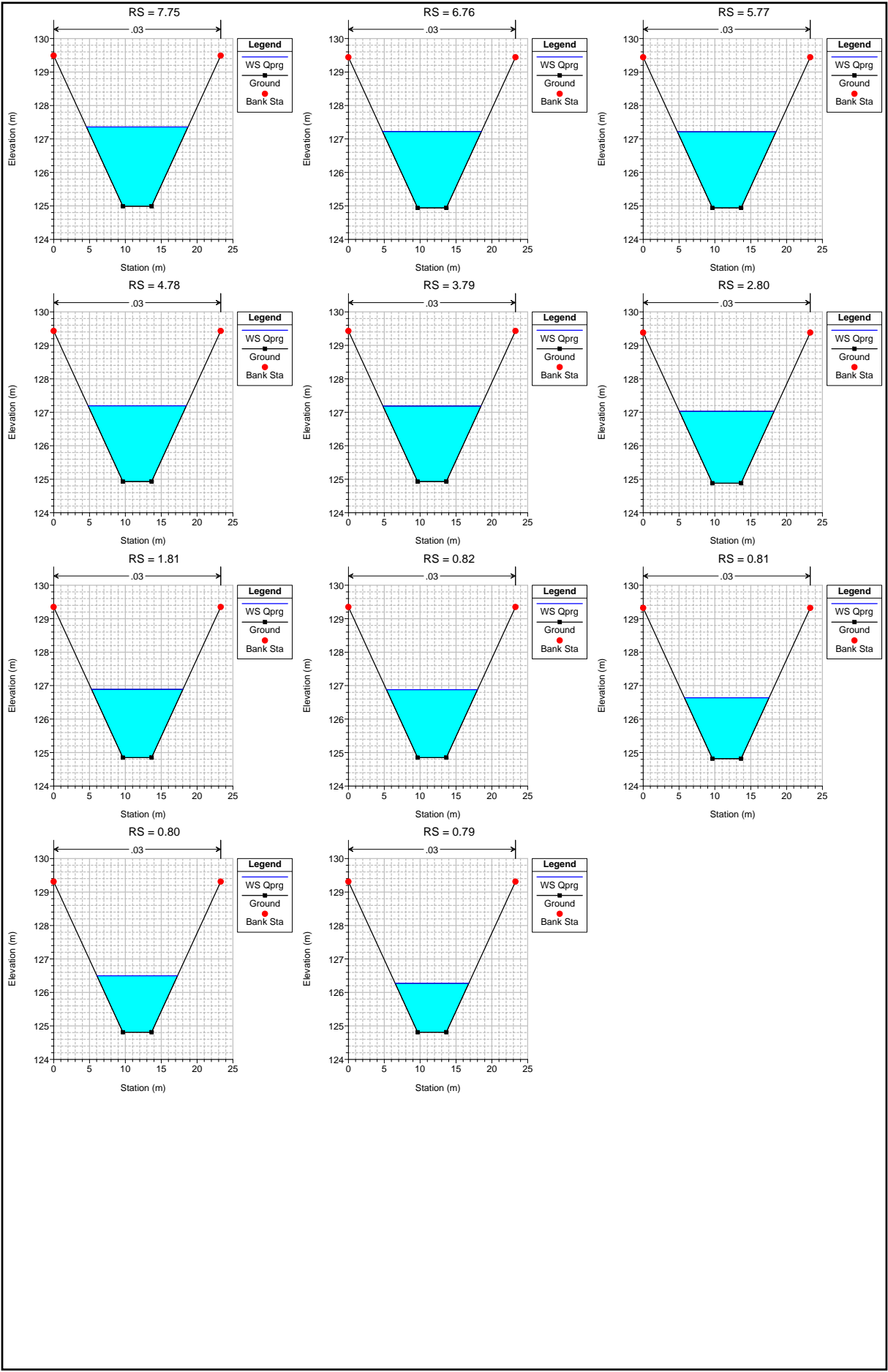


Arrivo: AOO A1800A, N. Prot. 00011493 del 05/03/2024





Arrivo: AOO A1800A, N. Prot. 00011493 del 05/03/2024



***ALLEGATO N. 9***

***CANALE SCOLMATORE DI TRINO***

***Planimetria di rilievo con ubicazione delle sezioni***



PLANIMETRIA DI RILIEVO CON  
UBICAZIONE DELLE SEZIONI IDRAULICHE

